

SÉRIE  
**Make:**

Queime coisas, bagunce coisas – é assim que se aprende.

# Eletrônica para Makers

**Charles Platt**

Um manual prático  
para o novo  
entusiasta de  
eletrônica



novatec

**Make:**  
makezine.com

# **Eletrônica para Makers**

**Um manual prático para o novo entusiasta de eletrônica**

**Charles Platt**



Novatec

São Paulo | 2019

Authorized Portuguese translation of the English edition of *Make: Electronics*, 2nd Edition, ISBN 9781680450262 © 2015 Charles Platt, published by Maker Media Inc. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

Tradução em português autorizada da edição em inglês da obra Make: Electronics, 2nd Edition, ISBN 9781680450262 © 2015 Charles Platt, publicada pela Maker Media Inc. Esta tradução é publicada e vendida com a permissão da O'Reilly Media, Inc., detentora de todos os direitos para publicação e venda desta obra.

© Novatec Editora Ltda. 2016.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998. É proibida a reprodução desta obra, mesmo parcial, por qualquer processo, sem prévia autorização, por escrito, do autor e da Editora.

Editor: Rubens Prates

Assistente editorial: Priscila A. Yoshimatsu

Tradução: Cláudio José Adas

Revisão gramatical: Smirna Cavalheiro

Editoração eletrônica: Carolina Kuwabata

ISBN: 978-85-7522-758-9

Histórico de edições impressas:

Maio/2018 Segunda reimpressão

Novembro/2017 Primeira reimpressão

Setembro/2016 Primeira edição

Novatec Editora Ltda.  
Rua Luís Antônio dos Santos 110  
02460-000 – São Paulo, SP – Brasil  
Tel.: +55 11 2959-6529  
E-mail: [novatec@novatec.com.br](mailto:novatec@novatec.com.br)  
Site: [www.novatec.com.br](http://www.novatec.com.br)  
Twitter: [twitter.com/novateceditora](https://twitter.com/novateceditora)  
Facebook: [facebook.com/novatec](https://facebook.com/novatec)  
LinkedIn: [linkedin.com/in/novatec](https://linkedin.com/in/novatec)

## Dedicatória

Aos leitores da primeira edição (em inglês) do *Eletrônica para makers*, que contribuíram com muitas ideias e sugestões para esta segunda edição. Em particular: Jeremy Frank, Russ Sprouse, Darral Teeple, Andrew Shaw, Brian Good, Behram Patel, Brian Smith, Gary White, Tom Malone, Joe Everhart, Don Girvin, Marshall Magee, Albert Qin, Vida John, Mark Jones, Chris Silva e Warren Smith. Vários deles também se ofereceram para revisar o texto à procura de erros. O feedback de meus leitores continua sendo um recurso incrível.

## Agradecimentos

Eu descobri a eletrônica com meus amigos de escola. Nós éramos nerds antes de a palavra existir. Patrick Fagg, Hugh Levinson, Graham Rogers e John Witty me mostraram algumas das possibilidades.

Foi Mark Frauenfelder quem me encorajou a retomar o hábito de construir coisas. Gareth Branwyn facilitou o *Eletrônica para makers* e Brian Jepson possibilitou a sequência e esta nova edição. Eles são três dos melhores editores que eu já conheci e também três de minhas pessoas favoritas. A maioria dos escritores não tem a mesma sorte.

Também sou grato a Dale Dougherty, por iniciar algo que eu nunca pensei que pudesse se tornar tão significativo e por me acolher como participante.

Russ Sprouse e Anthony Golin construíram e testaram os circuitos. A verificação técnica dos fatos ficou a cargo de Philipp Marek, Fredrik Jansson e Steve Conklin. A culpa não é deles se ainda há erros neste livro. É muito mais fácil eu cometer um erro do que alguém encontrá-lo.



# Sumário

## Novidades da segunda edição

### Prefácio: como se divertir com este livro

## 1 Noções básicas

### Itens necessários para o Capítulo 1

Experimento 1: Sinta a potência!

Experimento 2: Vamos abusar da bateria!

Experimento 3: Seu primeiro circuito

Experimento 4: Resistência variável

Experimento 5: Vamos fazer uma bateria

## 2 Comutação

### Itens necessários para o capítulo 2

Experimento 6: Comutação bem simples

Experimento 7: Investigando um relé

Experimento 8: Um oscilador com relé

Experimento 9: Tempo e capacitores

Experimento 10: Comutação via transistor

Experimento 11: Luz e som

## 3 Falando um pouco mais sério

### Itens necessários para o Capítulo 3

Experimento 12: Unindo dois fios

Experimento 13: Queimando um LED

Experimento 14: Um brilho pulsante para se vestir

Experimento 15: Alarme contra invasão, parte um

## 4 Chips à vista!

### Itens necessários para o Capítulo 4

Experimento 16: Emitindo um pulso

[Experimento 17: Ajuste seu tom](#)

[Experimento 18: Alarme contra invasão \(quase\) completo](#)

[Experimento 19: Testador de reflexos](#)

[Experimento 20: Aprendendo lógica](#)

[Experimento 21: Uma combinação poderosa](#)

[Experimento 22: Correndo para a vitória](#)

[Experimento 23: Sacudir e repicar](#)

[Experimento 24: Os dados estão lançados](#)

## [5 E agora?](#)

[Ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos](#)

[Personalizando sua área de trabalho](#)

[Etiquetas](#)

[Na bancada](#)

[Fontes de referência online](#)

[Livros](#)

[Experimento 25: Magnetismo](#)

[Experimento 26: Geração de energia em cima de sua mesa](#)

[Experimento 27: Destruição de um alto-falante](#)

[Experimento 28: Fazendo uma bobina reagir](#)

[Experimento 29: Filtrando as frequências](#)

[Experimento 30: Distorcendo as coisas](#)

[Experimento 31: Um rádio, sem solda e sem alimentação](#)

[Experimento 32: Hardware encontra o software](#)

[Experimento 33: Verificando o mundo real](#)

[Experimento 34: Dados mais legais](#)

## [6 Ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos](#)

[Kits](#)

[Pesquisando e comprando online](#)

[Listas de controle de suprimentos e componentes](#)

[Outros componentes](#)

[Fornecedores](#)

## Novidades da segunda edição

Todo o texto da primeira edição (em inglês) deste livro foi reescrito e a maioria das fotos e esquemas foi substituída.

*Placas de ensaio de barramento único* agora são usadas em todos os experimentos (assim como no livro *Make: More Electronics*) para reduzir o risco de erros de fiação. Esta mudança implicou na reconstrução dos circuitos, mas acho que valeu a pena.

*Diagramas mostrando a localização dos componentes* agora são usados em vez de fotos dos circuitos sobre as placas de ensaio. Eu acho que os diagramas são mais claros.

*As visões internas das conexões na placa de ensaio* foram redesenhadas para combinar com as revisões mencionadas acima.

*Novas fotos* de ferramentas e suprimentos foram incluídas. Para itens pequenos, eu usei um fundo pautado para indicar a escala.

Sempre que possível, eu substituí componentes por outros que custam menos. Eu também reduzi a gama de itens que precisam ser comprados.

Três experimentos foram totalmente revisados:

- O projeto Nice Dice que usava chips 74xx da série LS na primeira edição (em inglês) agora usam chips 74HCxx para uma consistência com o restante do livro e com a moderna utilização.
- O projeto que usava um transistor de unijunção foi substituído por um circuito multivibrador astável, usando dois transistores bipolares.
- A seção sobre microcontroladores agora reconhece que o Arduino se tornou a opção mais popular na comunidade Maker.

Além disso, dois projetos envolvendo fabricação de oficinas usando plástico ABS foram omitidos já que muitos leitores não os consideraram úteis.

Todos os layouts das páginas foram alterados para torná-las facilmente adaptáveis a dispositivos de mão (somente para ebooks). A formatação é controlada por uma linguagem de marcação do tipo texto comum para que futuras revisões sejam mais simples e rápidas. Queremos que o livro permaneça relevante e útil por muitos anos.

Charles Platt, 2015

## Prefácio: como se divertir com este livro

Todo mundo usa dispositivos eletrônicos, mas a maioria de nós não sabe realmente o que acontece dentro deles.

Talvez você ache que não precisa saber. Você pode dirigir um carro sem entender o funcionamento de um motor de combustão interna, então por que você deveria aprender sobre eletricidade e eletrônica?

Acho que existem três razões:

- Ao saber como a tecnologia funciona você se torna mais capaz de controlar seu mundo, em vez de ser controlado por ele. Quando você encontrar problemas poderá resolvê-los, em vez de se sentir frustrado com eles.
- Aprender eletrônica pode ser divertido, desde que você aborde o processo da forma certa. Ela também é muito barata.
- O conhecimento de eletrônica pode aumentar seu valor como funcionário ou talvez até mesmo direcioná-lo para uma carreira totalmente nova.

### Aprendizado pela descoberta

A maioria dos guias de introdução começa usando definições e teoria para explicar alguns conceitos fundamentais. Circuitos são incluídos para demonstrar aquilo que foi dito.

O ensino de ciências nas escolas geralmente segue um plano semelhante. Eu considero este método como um *aprendizado por explicação*.

Este livro funciona de modo inverso. Queremos que você mergulhe de cabeça e comece a juntar componentes sem, necessariamente, saber o que esperar. Quando vir o resultado, você descobrirá o que está acontecendo. Isto é um *Aprendizado pela descoberta*, que eu considero mais divertido, mais interessante e mais inesquecível.

Quando você trabalha de forma exploratória corre o risco de cometer erros. No entanto, eu não considero isso ruim, pois os erros são uma maneira valiosa de aprender. Quero que você queime e estrague coisas para ver por si próprio o comportamento e limitações dos itens com os quais está trabalhando. As tensões muito baixas usadas ao longo deste livro podem danificar componentes sensíveis, mas não irão prejudicá-lo.

O requisito básico do aprendizado pela descoberta é que ele precisa ser prático. Você pode extrair algum valor deste livro simplesmente lendo-o, mas terá uma experiência muito mais valiosa se realizar você mesmo os experimentos.

Felizmente, as ferramentas e componentes necessários são baratos. A eletrônica como um hobby não deve custar muito mais que uma recreação, como um bordado, por exemplo, e você não precisa de um laboratório. Tudo pode ser feito em cima de uma mesa.

## Vai ser difícil?

Eu presumo que você esteja começando sem qualquer conhecimento prévio. Consequentemente, os primeiros experimentos serão extremamente simples e você nem mesmo usará placas de prototipagem ou um ferro de solda.

Não creio que os conceitos serão difíceis de entender. Claro que será desafiador se você quiser estudar eletrônica mais formalmente e criar seu próprio projeto de circuitos. Porém, neste livro eu mantive um mínimo de teoria e a única matemática necessária será nas operações de soma, subtração, multiplicação e divisão. Talvez também seja útil (mas não absolutamente necessário) se você puder mover as vírgulas decimais de uma posição para outra.

## Como este livro é organizado

Um livro de introdução pode apresentar informações de duas formas: em tutoriais ou em seções de referência. Eu decidi usar ambos os métodos.

Você encontrará os *tutoriais* nas seções cujos títulos são:

- Experimentos
- O que será necessário
- Cuidados

Os experimentos são a essência do livro e sua sequência permite que o conhecimento adquirido no início possa ser aplicado em projetos subsequentes. Eu sugiro que você execute os experimentos na ordem numérica, pulando o mínimo possível deles.

Você encontrará as [seções de referência](#) sob os seguintes títulos:

- Fundamentos
- Teoria
- Histórico

Acho que as seções de referência são importantes (caso contrário, eu não as teria incluído), mas se você estiver impaciente, pode explorá-las aleatoriamente ou pulá-las e voltar a elas mais tarde.

## Se algo não funcionar

Geralmente só existe uma maneira de construir um circuito que funcione enquanto existem centenas de maneiras de cometer erros que impedirão seu funcionamento. Portanto, as probabilidades estão contra você, a menos que você prossiga de forma realmente cuidadosa e metódica.

Sei como é frustrante quando componentes simplesmente não reagem, mas se você construir um circuito que não funciona, comece seguindo o procedimento de análise de falhas que recomendei (veja “Fundamentos: identificação de falhas”). Farei o melhor que puder para responder aos emails dos leitores que encontrarem problemas, mas é razoável você tentar resolver seus problemas primeiro.

## Comunicação entre escritor e leitor (em inglês)

Existem três situações em que você e eu talvez desejemos nos comunicar:

- Eu posso querer informá-lo se o livro contiver um erro que impeça

você de construir um projeto com sucesso. Talvez eu também queira informá-lo se um kit de peças, vendido juntamente com o livro (somente na edição americana), tem algo de errado. Este feedback é do tipo *eu-informando-você*.

- Você pode querer me informar (em inglês) se acha que encontrou um erro no livro ou em um kit de peças. Este feedback é do tipo *você-me-informando*.
- Talvez você esteja com problemas para fazer algo funcionar e não sabe se eu cometi um erro ou se você cometeu um erro. Você quer uma ajuda e este feedback é do tipo *você-me-perguntando*.

Eu explicarei como lidar com cada uma dessas situações.

## Eu informando você (em inglês)

Se você já se registrou comigo em relação ao meu outro livro, *Make: More Electronics* (ainda não publicado no Brasil), não é preciso se registrar novamente para obter atualizações relacionadas ao *Eletrônica para makers*. No entanto, se você ainda não se registrou, este é o procedimento.

Eu não posso avisá-lo se houver um erro no livro ou em um kit de peças se eu não tiver suas informações de contato. Portanto, peço que você me envie seu endereço de email para as seguintes finalidades (seu email não será usado para outra finalidade).

- Eu irei notificá-lo se qualquer erro significativo for encontrado neste livro ou no livro *Make: More Electronics*, e fornecerei uma solução.
- Eu irei notificá-lo sobre erros ou problemas relacionados aos kits de componentes vendidos junto com este livro (somente na edição americana) ou no livro *Make: More Electronics*.
- Eu irei notificá-lo se houver uma edição completamente nova deste livro ou do livro *Make: More Electronics* ou de meus outros livros. Essas notificações serão muito raras.

Nós conhecemos bem aqueles cartões de registro que prometem um sorteio de prêmios. Eu irei oferecer-lhe um acordo muito melhor. Se você enviar seu endereço de email, que só poderá ser usado para as



três finalidades listadas acima, eu lhe enviarei um projeto eletrônico inédito com esquemas de construção completos no formato de um arquivo PDF de duas páginas (em inglês). Ele será divertido, único e relativamente fácil. Não existe qualquer outra forma de consegui-lo.

O motivo pelo qual eu encorajo você a participar é que se um erro for encontrado e eu não tiver como informá-lo, e você descobrir sozinho mais tarde, provavelmente se aborrecerá. Isso prejudicará minha reputação e a reputação de meu trabalho. É de meu total interesse evitar uma reclamação sua.

Basta enviar um email vazio (ou incluir algum comentário nele, em inglês, se desejar) para [make.electronics@gmail.com](mailto:make.electronics@gmail.com). Coloque REGISTER na linha de assunto.

## Você me informando

Se você só quiser me avisar de um erro que encontrou, realmente é melhor usar o sistema de “errata” mantido por meu editor. O editor usa as informações da “errata” para corrigir o erro nas atualizações deste livro.

Se tiver certeza de ter encontrado um erro, visite:

<http://shop.oreilly.com/category/customer-service/faq-errata.do>

A página da internet informará como submeter (em inglês) uma errata.

## Você me perguntando (em inglês)

Meu tempo é obviamente limitado, mas se você anexar uma foto de um projeto que não funciona, talvez eu tenha uma sugestão. A foto é essencial.

Você pode usar o email [make.electronics@gmail.com](mailto:make.electronics@gmail.com) para esse fim. Coloque a palavra HELP na linha de assunto.

## Opinião pública

Existem dezenas de fóruns online (em inglês) nos quais é possível discutir este livro e mencionar quaisquer problemas que estiver

tendo, mas esteja ciente do poder que você tem como leitor e use-o de forma razoável. Uma única crítica negativa pode causar um efeito maior do que você imagina. Ela certamente terá um peso maior que meia dúzia de críticas positivas.

As respostas que recebo são, em geral, muito positivas, mas em alguns casos as pessoas se aborrecem com pequenas questões, como a incapacidade de encontrar uma peça online. Eu teria ajudado essas pessoas com prazer se elas tivessem me perguntado.

Eu leio as críticas de meus livros na Amazon cerca de uma vez por mês e sempre respondo se necessário.

Claro que se você simplesmente não gostou da forma como escrevi este livro, fique à vontade para dizê-lo.

## Próximos passos

Depois de explorar este livro, você terá entendido muitos dos princípios básicos de eletrônica. Se você quiser saber mais, acredito que meu livro *Make: More Electronics* (ainda não publicado no Brasil) seja o próximo passo ideal. Ele é um pouco mais difícil, mas usa o mesmo método de “Aprendizado pela descoberta” que usei aqui. Minha intenção é que você acabe adquirindo o que eu considero um conhecimento “intermediário” de eletrônica.

Eu não sou qualificado para escrever um guia “avançado”, portanto não espero criar um terceiro livro chamado “Make: Even More Electronics” (Make: Ainda mais eletrônica).

Se quiser saber mais sobre a teoria da eletrônica, eu recomendo o livro *Eletrônica prática para inventores*, de Paul Scherz. Você não precisa ser um inventor para achá-lo útil.

## Como entrar em contato com a Novatec

Envie comentários e dúvidas sobre este livro à editora, escrevendo para: [novatec@novatec.com.br](mailto:novatec@novatec.com.br).

Temos uma página web para este livro na qual incluímos erratas, exemplos e quaisquer outras informações adicionais.

- Página da edição em português

<http://www.novatec.com.br/livros/eletronica-para-makers>

- Página da edição original em inglês

[http://bit.ly/make\\_elect\\_2e](http://bit.ly/make_elect_2e)

Para obter mais informações sobre os livros da Novatec, acesse nosso site em <http://www.novatec.com.br>.

## Noções básicas

O Capítulo 1 deste livro contém os Experimentos 1 a 5.

No Experimento 1, quero que você sinta a eletricidade – literalmente! Você sentirá a corrente elétrica e descobrirá a natureza da resistência elétrica, não apenas em fios e componentes, mas no mundo ao seu redor.

Os Experimentos 2 a 5 mostrarão como medir e entender a pressão e o fluxo de eletricidade e, finalmente, como gerar eletricidade com itens do dia a dia usando a superfície plana de uma mesa.

Mesmo que você tenha conhecimento prévio de eletrônica, eu o encorajo a realizar estes experimentos antes de se aventurar nas partes seguintes do livro. Eles são divertidos e esclarecem alguns conceitos básicos.

### Itens necessários para o Capítulo 1

Cada capítulo deste livro começa com imagens e descrições das ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos que serão necessários. Depois de conhecê-los, você pode consultar as últimas páginas do livro nas quais há um resumo das opções de compra para referência rápida.

- Para comprar ferramentas e equipamentos, veja “Comprando ferramentas e equipamentos”.
- Para componentes, veja “Componentes”.
- Para suprimentos, veja “Suprimentos”.
- Se você preferir adquirir um conjunto predefinido de componentes que precisará, existe a opção de kits. Veja “Kits”, para mais informações.

Eu classifico *ferramentas e equipamentos* como itens que serão

úteis indefinidamente. Eles vão de alicates a um multímetro. *Suprimentos*, como fios e solda, serão consumidos gradualmente em uma variedade de projetos, mas as quantidades recomendadas devem ser suficientes para todos os experimentos do livro. *Componentes* serão listados para projetos individuais e farão parte desses projetos.

## Multímetro

Começarei minha visão geral sobre ferramentas e equipamentos com o multímetro, pois eu o considero o equipamento mais essencial. Ele informará quanta tensão existe entre dois pontos em um circuito, ou quanta corrente passa pelo circuito. Ele o ajudará a encontrar um erro de fiação e também poderá avaliar um componente para determinar sua resistência elétrica – ou sua capacitância, que é a capacidade de armazenar uma carga elétrica.

Se você estiver começando com pouco ou nenhum conhecimento, esses termos podem parecer confusos e talvez você ache que um multímetro pareça complicado e difícil de usar. Não é o caso. Ele facilita o aprendizado, pois revela o que não pode ser visto.

Antes de discutir qual multímetro comprar, direi qual não comprar. Você não vai querer um multímetro antigo com um ponteiro que se move ao longo de uma escala, como mostrado na Figura 1.1. Trata-se de um multímetro *analógico*.

É preferível um multímetro *digital*, que exibe os valores numericamente – e para dar uma ideia dos equipamentos disponíveis, eu selecionei quatro exemplos.

A Figura 1.2 mostra o multímetro digital mais barato que encontrei, custando menos do que um livro de bolso ou meia dúzia de refrigerantes. Ele não consegue medir resistências muito altas ou tensões muito baixas, sua precisão é ruim e ele não mede capacitância. Entretanto, se seu orçamento for muito apertado, ele provavelmente o ajudará a executar os experimentos deste livro.



*Figura 1.1 – Este tipo de multímetro analógico é inadequado para suas finalidades. Você precisa de um multímetro digital.*



*Figura 1.2 – O multímetro mais barato que achei.*

O multímetro na Figura 1.3 oferece mais precisão e mais recursos. Este multímetro, ou semelhante a este, é uma boa opção básica enquanto estiver aprendendo eletrônica.



*Figura 1.3 – Qualquer multímetro semelhante a este é uma boa opção básica.*

O exemplo na Figura 1.4 é um pouco mais caro, mas muito melhor. Este modelo em particular foi descontinuado, mas você pode encontrar muitos iguais a ele, provavelmente custando duas ou três vezes mais que a marca NT da Figura 1.3. A Extech é uma empresa bem estabelecida que tenta manter seus padrões frente a concorrentes com preços menores.





*Figura 1.4 – Um multímetro melhor com um preço um pouco mais elevado.*

A Figura 1.5 mostra meu multímetro preferido no momento em que escrevia este livro. Ele é fisicamente resistente, possui todos os recursos que eu poderia desejar e mede uma ampla gama de valores com uma precisão extremamente boa. Entretanto, ele custa mais de vinte vezes o valor do produto mais barato, do tipo que se compra com desconto em alguma loja de ofertas. Eu o considero um investimento de longo prazo.



*Figura 1.5 – Um produto de alta qualidade.*

Como decidir qual multímetro comprar? Se você estivesse aprendendo a dirigir, não precisaria necessariamente de um carro caro. Da mesma forma, você não precisa de um multímetro caro enquanto estiver aprendendo eletrônica. Por outro lado, o multímetro mais barato pode apresentar desvantagens, como um fusível interno que não pode ser substituído facilmente ou uma chave giratória cujos contatos se desgastam rapidamente. Aqui vai uma regra geral se você quiser algo que eu considero barato, mas aceitável:

- Procure o modelo mais barato no eBay, então dobre o preço e use esse valor como referência.

Independentemente de quanto você gastar, os seguintes atributos e recursos são importantes.

## Intervalo

Um multímetro mede tantos valores que precisa ter uma maneira de limitar o intervalo. Alguns multímetros têm um *ajuste manual de intervalo*, o que significa que você gira um dial para escolher um valor aproximado para a quantidade de seu interesse. Um intervalo

poderia ser entre 2 e 20 volts, por exemplo.

Outros multímetros têm *ajuste automático de intervalo*, o que é mais conveniente, porque basta conectar o multímetro e aguardar até ele resolver tudo. A palavra-chave, porém, é “aguardar”. Cada vez que você usar um multímetro com ajuste automático, você aguardará alguns segundos até ele executar uma avaliação interna. Pessoalmente, tendo a ser impaciente, por isso prefiro multímetros manuais.

Outro problema com o ajuste automático de intervalo é que, como você não selecionou o intervalo é preciso prestar atenção às letrinhas no display para saber quais unidades o multímetro decidiu usar. Por exemplo, a diferença entre um “K” ou um “M” ao medir a resistência elétrica é um fator de 1.000. Isto nos leva à minha recomendação pessoal:

- Sugiro usar um multímetro manual para suas aventuras iniciais. Haverá menos chances de cometer erros e ele deve custar um pouco menos.

A descrição do fabricante do multímetro deve dizer se ele usa um ajuste automático ou manual de intervalo, mas se não disser, você pode descobrir olhando uma fotografia de seu dial seletor. Se você não vir números no dial, é um multímetro automático. O multímetro na Figura 1.4 tem ajuste automático de intervalo. Os outros que mostrei não.

## Valores

O dial também revela que tipos de medições são possíveis. No mínimo, você deve esperar:

*Volts*, *amperes* e *ohms*, geralmente abreviados com a letra V, a letra A e o símbolo ohm, que é a letra grega ômega, mostrada na Figura 1.6. Talvez você não saiba o que esses atributos significam no momento, mas eles são fundamentais.



*Figura 1.6 – Três exemplos do símbolo grego ômega, usado para representar resistência elétrica.*

Seu multímetro deve também ser capaz de medir miliamperes (abreviado como *mA*) e milivolts (abreviado como *mV*). Talvez isto não esteja imediatamente claro no dial do multímetro, mas estará listado em suas especificações.

*DC/AC* significa corrente contínua e corrente alternada. Essas opções podem ser selecionadas com um botão DC/AC ou podem ser escolhidas no seletor principal do dial. Um botão é provavelmente mais conveniente.

*Teste de continuidade*. Este recurso útil permite verificar conexões ruins ou interrupções em um circuito elétrico. Idealmente, ele deve emitir um alerta sonoro, que será representado simbolicamente por um pequeno ponto com linhas semicirculares irradiando dele, como mostrado na Figura 1.7.



*Figura 1.7 – Este símbolo indica a opção de testar a continuidade de um circuito com um feedback sonoro. É um recurso muito útil.*

Gastando um pouco mais, você deve conseguir comprar um multímetro que faz as seguintes medições. Em ordem de importância:

**Capacitância.** Capacitores são pequenos componentes necessários na maioria dos circuitos eletrônicos. Uma vez que os pequenos geralmente não têm seus valores impressos no próprio componente, a capacidade de medir seus valores pode ser importante, especialmente se alguns deles se misturarem ou (pior) caírem no chão. Multímetros muito baratos geralmente não medem capacitância. Quando o recurso existe, ele é geralmente indicado pela letra F, que significa farads, ou seja, as unidades de medida. A abreviatura CAP também pode ser usada.

**Teste de transistor,** indicado por pequenos furos marcados E, B, C e E. Encaixe o transistor nos furos. Isto permite verificar qual a posição do transistor no circuito ou se você queimou o transistor.

**Frequência,** abreviado por Hz. Isto não tem importância para os experimentos deste livro, mas pode ser útil se você quiser avançar.

Quaisquer outros recursos além desses não são significativos.

Se você ainda não tiver certeza sobre qual multímetro comprar, continue a leitura para ter uma ideia de como o multímetro será usado nos Experimentos 1, 2, 3 e 4.

## Óculos de segurança

Para o Experimento 2 você precisará usar óculos de segurança. O tipo mais barato de plástico é satisfatório para esta pequena aventura, já que o risco de uma bateria explodir é quase inexistente, e provavelmente sua ocorrência seria de pequena intensidade.

Óculos comuns são um substituto aceitável ou você pode visualizar o experimento através de um pequeno pedaço de plástico transparente (por exemplo, você pode cortar o pedaço de uma garrafa de água).

## Baterias e conectores

Uma vez que baterias e conectores são parte de um circuito, eu os classifico como componentes. Veja “Outros componentes”, para detalhes sobre como encomendar esses itens.

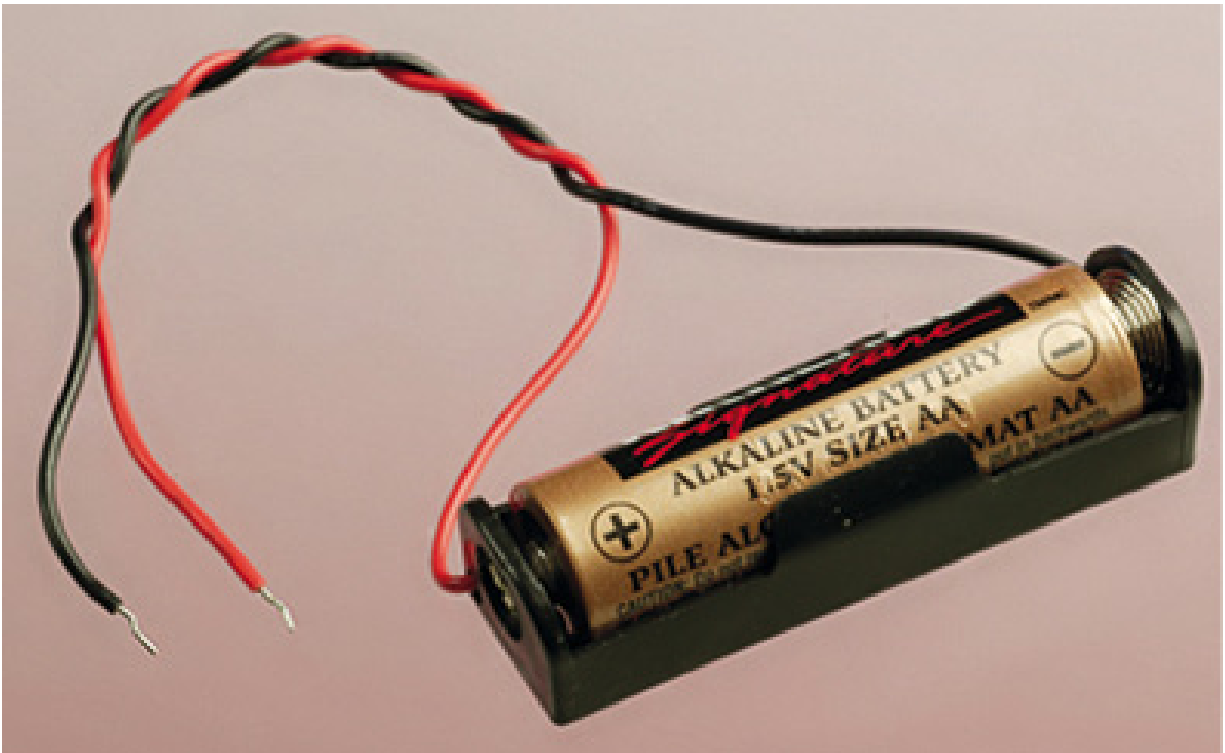
Quase todos os experimentos deste livro usarão uma fonte de alimentação de 9 volts. Isto pode ser obtido de uma bateria básica de nove volts vendida em supermercados e lojas de conveniência. Mais adiante irei sugerir uma atualização para um adaptador AC, mas ele não é necessário no momento.

Para o Experimento 2 você precisará de duas baterias AA de 1,5 volt. Elas devem ser do tipo alcalino. Você não deve realizar este experimento com qualquer tipo de bateria recarregável.

Para transferir energia de uma bateria para um circuito, é preciso um conector para a bateria de 9 volts, como mostrado na Figura 1.8, e um suporte para uma única bateria AA, como mostrado na Figura 1.9. Um suporte será suficiente, mas eu sugiro providenciar pelo menos três conectores de 9 volts para uso futuro.



*Figura 1.8 – Conector para transferir energia de uma bateria de 9 volts.*

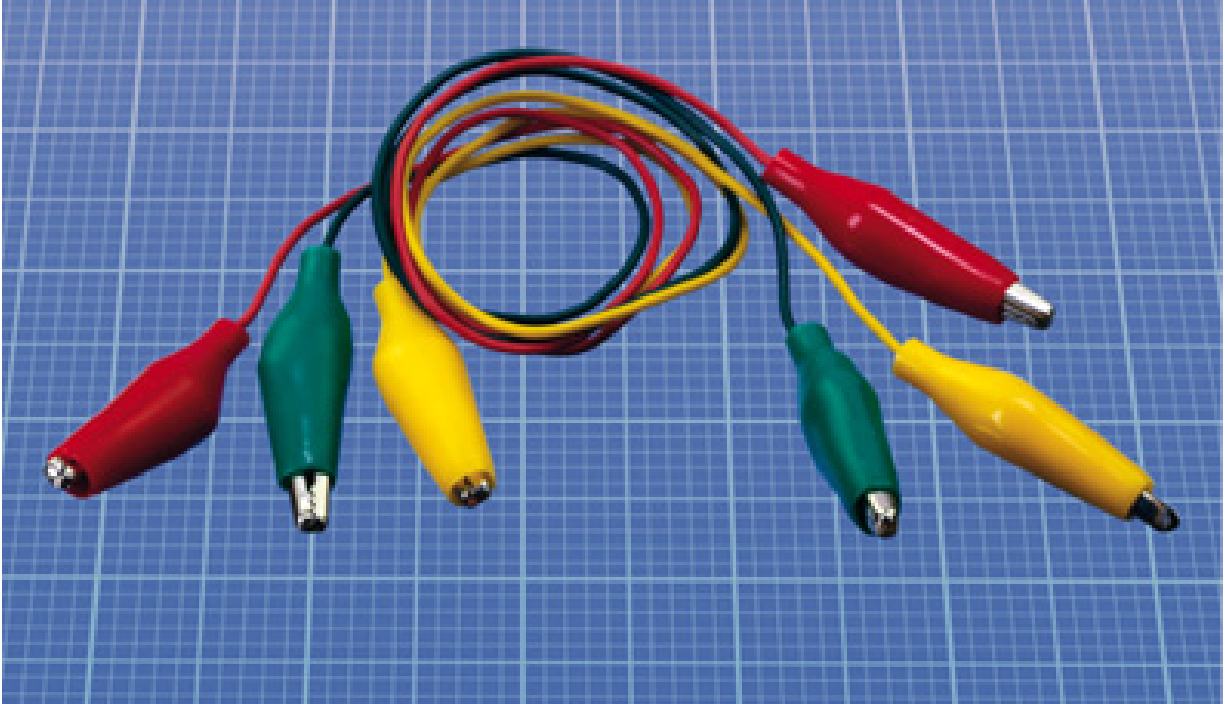


*Figura 1.9 – Você precisa de um suporte como este para uma única bateria AA. Não compre o tipo de suporte que acomoda duas baterias (ou três ou quatro).*

## Cabos de teste

Você usará cabos de teste para conectar componentes entre si nos primeiros experimentos. O tipo de cabo de que estou falando é o de *duas pontas*. Claro que qualquer pedaço de fio tem duas pontas, então por que chamá-la de “duas pontas”? O termo geralmente significa que cada ponta é equipada com um *clipe do tipo jacaré* como mostrado na Figura 1.10. Cada clipe pode estabelecer uma conexão, prendendo-se firmemente a um componente e liberando você para usar as mãos em outra parte.





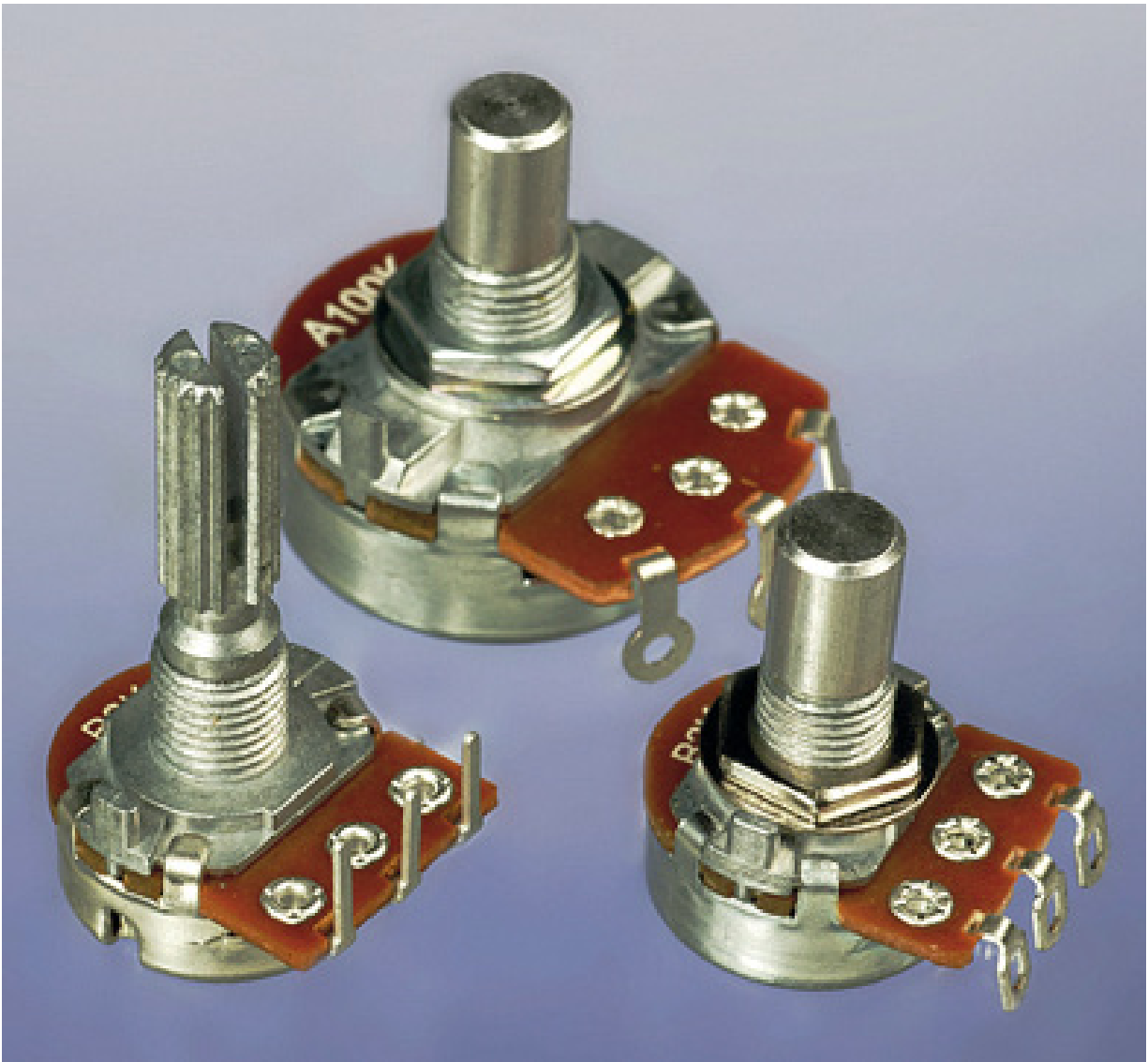
*Figura 1.10 – Cabos de teste com um clipe jacaré em cada ponta.*

Não recomendo o tipo de cabo de teste com um plugue em cada ponta. Às vezes, eles são conhecidos como *jumpers*.

Cabos de teste são classificados como equipamentos para efeitos desse livro. Veja “Comprando ferramentas e equipamentos”, para mais informações.

## Potenciômetro

Um potenciômetro funciona como o controle de volume em um aparelho estéreo antigo. Os tipos mostrados na Figura 1.11 são considerados grandes pelos padrões modernos, mas é disso que você precisa, pois você prenderá os terminais com os cliques jacaré de seus cabos de teste. Um potenciômetro de uma polegada de diâmetro é preferido e sua resistência deve estar indicada como 1 K. Se você for comprar seu próprio potenciômetro, veja “Outros componentes”, para mais detalhes.



*Figura 1.11 – Potenciômetros do tipo genérico necessários para seus primeiros experimentos.*

## Fusível

Um fusível interrompe um circuito se muita eletricidade passar por ele. O ideal é você deve comprar um fusível automotivo de 3 amperes mostrado na Figura 1.12, que é fácil de prender com os cabos de teste e revela claramente o elemento dentro dele. Fusíveis automotivos são vendidos em vários tamanhos, mas desde que você use um indicado para 3 amperes, as dimensões não importam. Compre três para que você possa destruí-los intencional ou acidentalmente. Se você não quiser usar um fornecedor de peças

automotivas, um fusível de cartucho de vidro de 3 amperes e tamanho 2 AG do tipo mostrado na Figura 1.13 estará disponível em lojas de suprimentos eletrônicos, embora ele não seja exatamente fácil de usar.



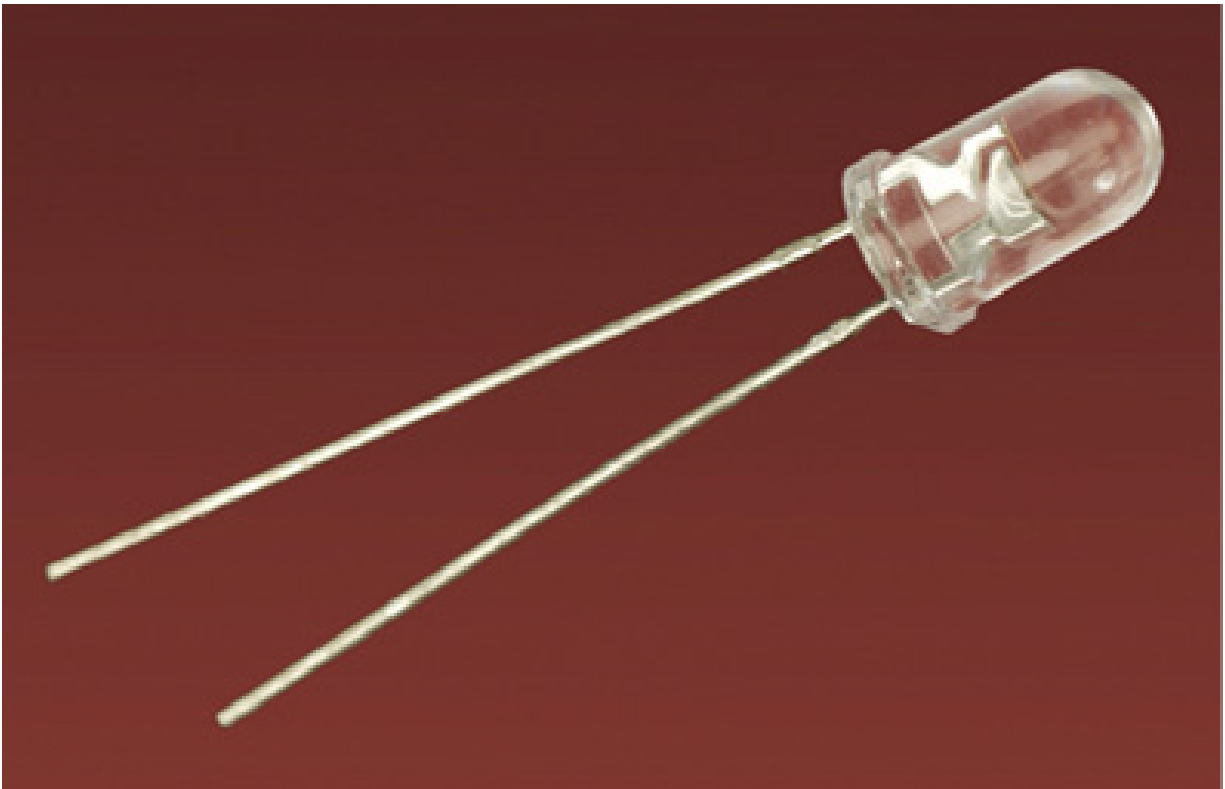
*Figura 1.12 – Este tipo de fusível automotivo é mais fácil de usar que fusíveis de cartucho usados em equipamentos eletrônicos.*



*Figura 1.13 – Você pode usar um fusível de cartucho como este, embora seus cliques jacaré não poderão ser presos tão facilmente.*

## Diodos emissores de luz

Mais conhecidos como *LEDs*, eles vêm em vários tamanhos e formas. Os que usaremos são conhecidos como *indicadores de LED* e são frequentemente descritos como *LEDs-padrão* em catálogos. O exemplo da Figura 1.14 tem diâmetro de 5 mm, mas, às vezes, o de 3 mm é mais fácil de encaixar em um circuito quando o espaço é limitado. Qualquer um dos dois serve.



*Figura 1.14 – Um diodo emissor de luz (LED) com diâmetro de aproximadamente 5 mm.*

Ao longo deste livro farei referência a *LEDs genéricos*, ou seja, os mais baratos que não emitem uma luz de alta intensidade e geralmente estão disponíveis nas cores vermelho, amarelo ou verde. Em geral, eles são vendidos em grandes quantidades e são usados em tantas aplicações que eu sugiro comprar pelo menos uma dúzia de cada cor.

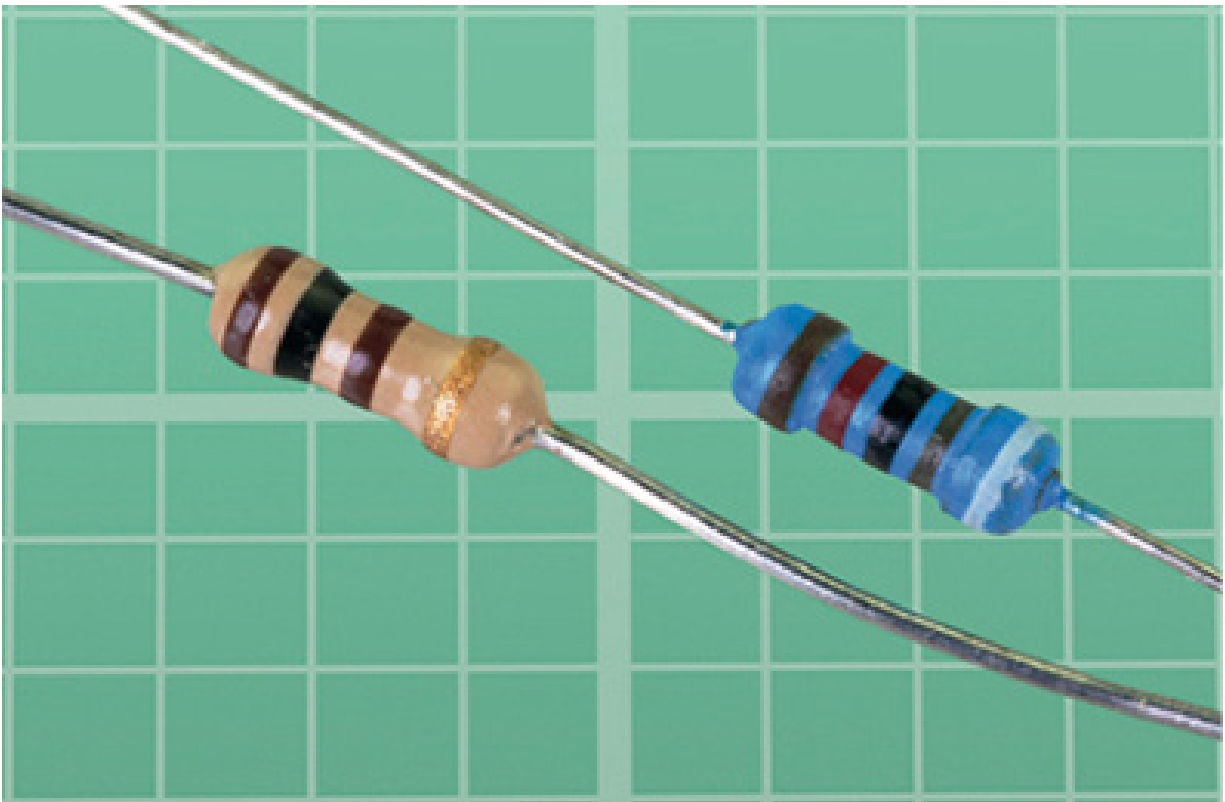
Alguns LEDs genéricos são encapsulados em plástico ou resina “transparente”, mas emitem uma cor quando energizados. Outros LEDs são encapsulados em plástico ou resina colorida na mesma cor que eles emitirão. Quaisquer dos dois tipos é aceitável.

Em alguns experimentos, *LEDs de baixa corrente* são preferíveis. Eles custam um pouco mais, mas são mais sensíveis. Por exemplo, no Experimento 5, no qual você irá gerar uma pequena quantidade de corrente com uma bateria improvisada, os resultados serão melhores com um LED de baixa corrente. Veja “Outros componentes”, para uma orientação adicional, se você não estiver usando componentes

que não foram fornecidos em um kit.

## Resistores

Você precisará de uma variedade de resistores para limitar a tensão e a corrente em várias partes de um circuito. Eles devem se parecer com aqueles da Figura 1.15. A cor do corpo do resistor não importa. Mais adiante eu explicarei como as faixas coloridas indicam o valor do componente.



*Figura 1.15 – Dois resistores do tipo que você precisará, ambos indicados para 1/4 watt.*

Se você estiver comprando seus próprios resistores, eles são tão pequenos e baratos que seria bobagem selecionar apenas os valores listados em cada experimento. Compre uma seleção predefinida em grande quantidade de locais que vendam excedentes ou com desconto. Para mais informações sobre resistores, incluindo uma lista completa de todos os valores usados neste livro, veja “Componentes”.

Não serão necessários outros componentes para você realizar os Experimentos 1 a 5. Vamos começar!

## Experimento 1: Sinta a potência!

Você consegue sentir a eletricidade? Parece que sim.

### O que será necessário

- Bateria de 9 volts (1)
- Multímetro (1)

Isso é tudo!

### Cuidado: não mais do que nove volts

Este experimento deve usar apenas uma bateria de 9 volts. *Não* tente executá-lo com uma tensão maior e *não* use uma bateria maior, que forneça mais corrente. Além disso, se você usar aparelho nos dentes, cuidado para não encostá-lo na bateria. E o mais importante: nunca aplique corrente elétrica de uma bateria de qualquer tamanho através de uma lesão em sua pele.

### Procedimento

Umedeça sua língua e encoste a ponta nos terminais metálicos de uma bateria de 9 volts, como mostrado na Figura 1.16. (Talvez sua língua não seja tão grande quanto a da imagem. A minha certamente não é. Mas este experimento funcionará independentemente do tamanho de sua língua.)

Sentiu um formigamento? Agora afaste a bateria, bote a língua para fora e seque bem a ponta com um tecido. Toque a bateria com sua língua novamente e o formigamento será menor.



*Figura 1.16 – Um intrépido Maker testa as características de uma bateria alcalina.*

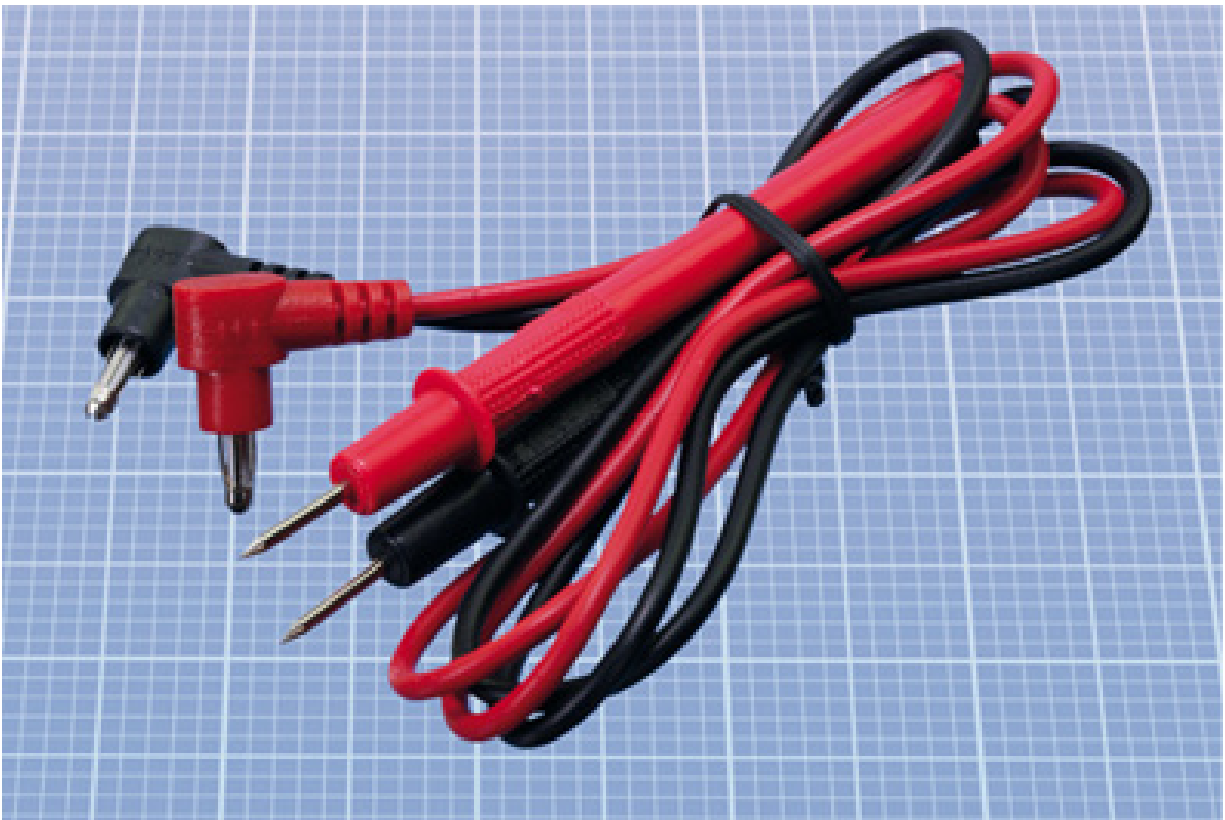


O que está acontecendo? Você pode usar um multímetro para descobrir.

## Configurando seu multímetro

Seu multímetro tem uma bateria pré-instalada? Selecione qualquer função com o dial e espere para ver se o display exibe um número. Se não aparecer nada, talvez você tenha que abrir o multímetro e instalar uma bateria antes de usá-lo. Para descobrir como fazer isso, verifique as instruções que vieram com o multímetro.

Multímetros são fornecidos com uma ponta de prova vermelha e uma preta. Cada ponta de prova tem um plugue em uma das extremidades e um pino de aço na outra. Você insere os plugues no multímetro e encosta as pontas de aço nos locais onde deseja saber o que está acontecendo. Veja a Figura 1.17.



*Figura 1.17 – Pontas de prova de um multímetro com terminações metálicas.*

As pontas detectam eletricidade; elas não a emitem em quantidades

significativas. Quando você está lidando com as correntes e tensões pequenas dos experimentos deste livro, as pontas de prova não irão machucá-lo (a menos que você se espete com as extremidades afiadas).

A maioria dos multímetros tem três soquetes, mas alguns têm quatro. Veja os exemplos nas Figuras 1.18, 1.19 e 1.20. Aqui estão as regras gerais:

- Um soquete deve estar identificado como COM. Ele é o ponto *comum* para todas as medições. Encaixe a ponta de prova preta neste soquete e deixe-a aí.
- Outro soquete deve estar identificado com o símbolo ohm (ômega) e a letra V para volts. Ele pode medir tanto a resistência quanto a tensão. Encaixe a ponta de prova vermelha neste soquete.
- O soquete de tensão/ohms também pode ser usado para medir pequenas correntes em mA (miliamperes)... ou você pode usar um soquete separado para isso, o que o obrigará eventualmente a mover a ponta de prova vermelha. Falaremos disso mais tarde.
- Um soquete adicional pode estar identificado como 2A, 5A, 10A, 20A, ou algo semelhante, indicando o número máximo de amperes. Ele é usado para medir correntes altas. Não precisaremos dele para os projetos deste livro.



Figura 1.18 – Observe as indicações dos soquetes deste multímetro.

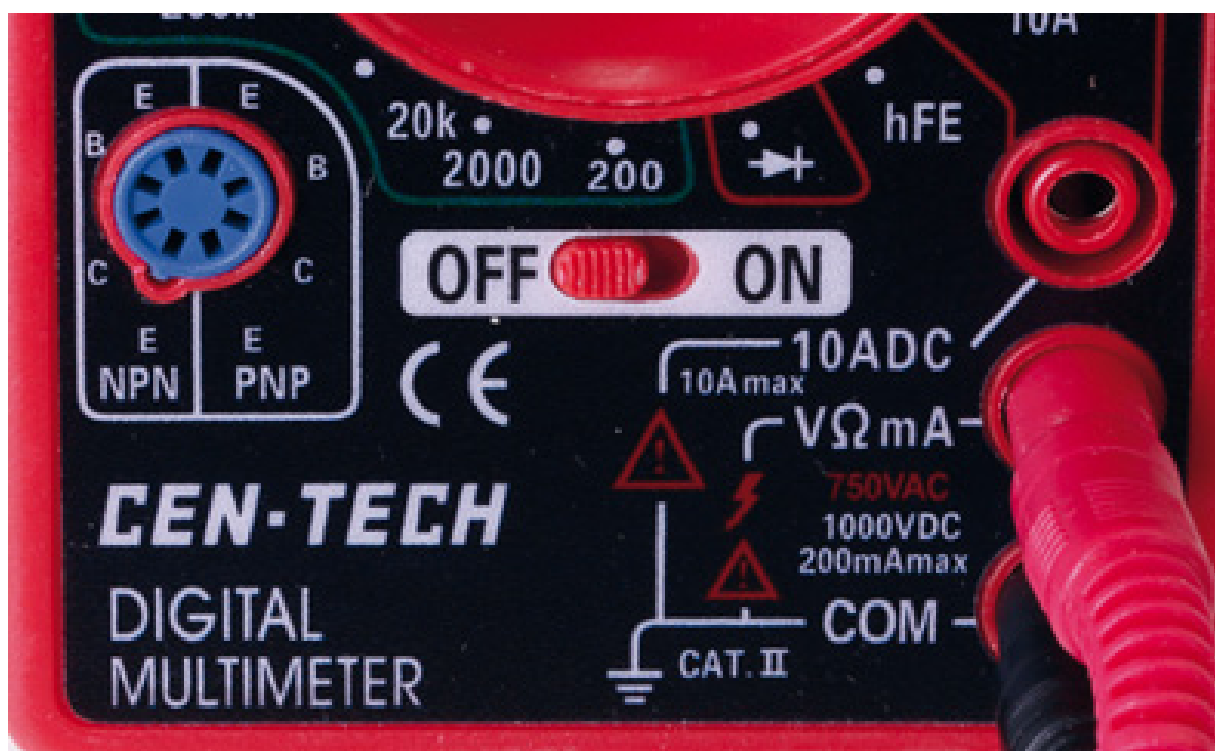


Figura 1.19 – As funções dos soquetes estão divididas de outra forma neste multímetro.



Figura 1.20 – Soquetes de outro multímetro.

## Fundamentos: ohms

Você irá avaliar a resistência de sua língua em ohms. Mas o que é um ohm?

A distância é medida em quilômetros, o peso em quilogramas e a temperatura em graus centígrados. E a resistência elétrica é medida em ohms, que é uma unidade internacional em homenagem a Georg Simon Ohm, que foi um pioneiro no campo de eletricidade.

O símbolo grego ômega indica ohms, mas para resistências acima de 999 ohms a letra maiúscula K é usada para indicar *quilohm*, o equivalente a mil ohms. Por exemplo, uma resistência de 1.500 ohms será indicada como 1,5 K.

Acima de 999.999 ohms, a letra maiúscula M é usada para indicar *megohm*, que é um milhão de ohms. No dia a dia, um megohm geralmente é chamado de um “mega”. Se alguém estiver usando um “resistor de dois ponto dois mega”, seu valor será 2,2 M.

A Figura 1.21 mostra uma tabela de conversão para ohms, quilohms e megohms.

Ohms	Quilohms	Megohms
1 $\Omega$	0.001K	0.000001M
10 $\Omega$	0.01K	0.00001M
100 $\Omega$	0.1K	0.0001M
1,000 $\Omega$	1K	0.001M
10,000 $\Omega$	10K	0.01M
100,000 $\Omega$	100K	0.1M
1,000,000 $\Omega$	1,000K	1M

Figura 1.21 – Tabela de conversão para os múltiplos mais comuns de ohms.

- Na Europa, a letra R, K ou M é substituída por um ponto decimal para reduzir o risco de erros. Portanto, 5K6 em um diagrama europeu de circuito significa 5,6 K, 6M8 significa 6,8 M e 6R8 significa 6,8 ohms. Não usarei o estilo europeu neste livro, mas você pode encontrá-lo em alguns diagramas de circuito em outras publicações.

Um material que tem alta resistência elétrica é conhecido como um *isolante*. A maioria dos plásticos, incluindo o revestimento colorido dos fios, é isolante.

Um material com uma resistência muito baixa é um *condutor*. Metais como cobre, alumínio, prata e ouro são excelentes condutores.

### Medindo sua língua

Verifique o dial na parte frontal de seu multímetro e você encontrará pelo menos uma posição identificada com o símbolo ohm. Em um multímetro com ajuste automático, gire o dial para apontar para o

símbolo ohm como mostrado na Figura 1.22, encoste as pontas de prova *levemente* em sua língua e aguarde o multímetro escolher um intervalo automaticamente. Observe a letra K no display numérico. Nunca espete as pontas de prova *em* sua língua!



*Figura 1.22 – Em um multímetro automático, basta girar o dial até o símbolo ohm (ômega).*

Em um multímetro manual, é preciso escolher o intervalo de valores. Para a medição de uma língua, provavelmente 200 K (200.000 ohms) será adequado. Observe que os números ao lado do dial são valores máximos, portanto 200 K significa “não mais do que 200.000 ohms” e 20 K significa “não mais de 20.000 ohms”. Veja os detalhes dos multímetros manuais nas Figuras 1.23 e 1.24.



*Figura 1.23 – Um multímetro manual requer que você selecione o intervalo.*



*Figura 1.24 – Um dial diferente de multímetro manual, mas o princípio é o mesmo.*

Encoste as pontas de prova em sua língua deixando um espaço de cerca de 2,5 cm com entre elas. Observe a leitura do multímetro,

que deve ser em torno de 50 K. Retire as pontas de prova, mostre sua língua e use um tecido para secar bem a ponta, como feito anteriormente. Sem deixar que sua língua se umedeça novamente, repita o teste e a leitura deve ser maior. Usando um multímetro manual, talvez você precise selecionar um intervalo maior para medir o valor da resistência.

- Quando sua pele está úmida (por exemplo, se você estiver transpirando), sua resistência elétrica diminui. Este princípio é usado em detectores de mentira, pois alguém que está sabidamente mentindo, sob condições de estresse, tende a transpirar.

Esta é a conclusão que seu teste pode sugerir. Uma resistência menor permite um fluxo maior de corrente elétrica, e no primeiro teste em sua língua, mais corrente criou um formigamento maior.

## Fundamentos: por dentro de uma bateria

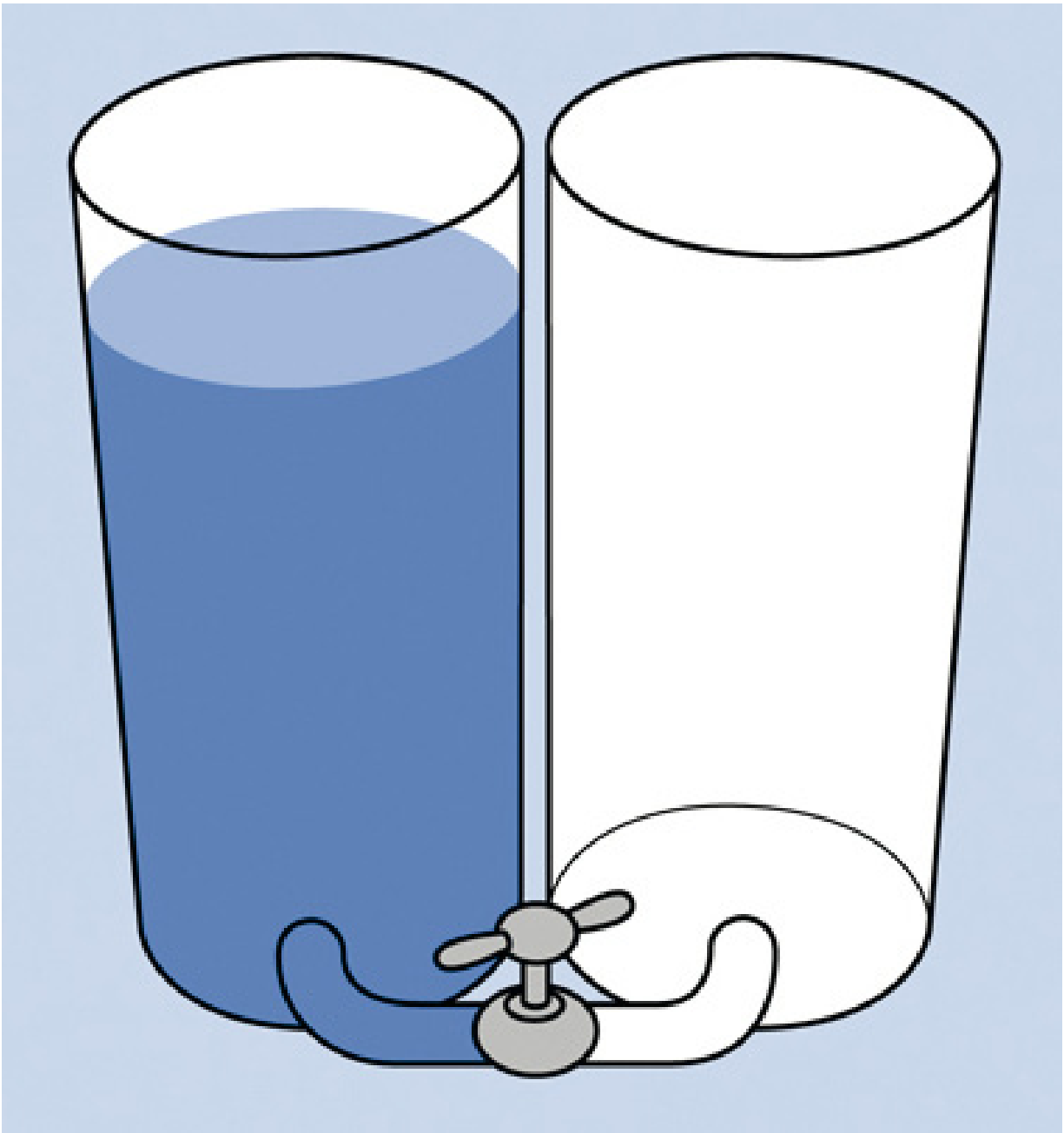
Quando você usou uma bateria para o teste original com a língua, não mencionei o funcionamento de uma bateria. Agora é hora de corrigir essa omissão.

Uma bateria de 9 volts contém substâncias químicas que liberam *elétrons* (partículas de eletricidade), que querem fluir de um terminal para o outro como resultado de uma reação química. Pense nas células dentro de uma bateria como dois tanques de água – um deles cheio e o outro vazio. Se os tanques estiverem conectados entre si por um cano e uma válvula e você abrir a válvula, a água fluirá entre eles até que os níveis fiquem iguais. A Figura 1.25 talvez ajude a visualizar a situação.

Do mesmo modo, quando você abre um percurso elétrico entre os dois lados de uma bateria, os elétrons fluem entre eles, mesmo que o percurso consista apenas na umidade de sua língua.

Os elétrons fluem mais facilmente através de algumas substâncias (como uma língua úmida) do que outras (como uma língua seca).





*Figura 1.25 – Você pode imaginar uma bateria como um par de reservatórios de água interconectados.*

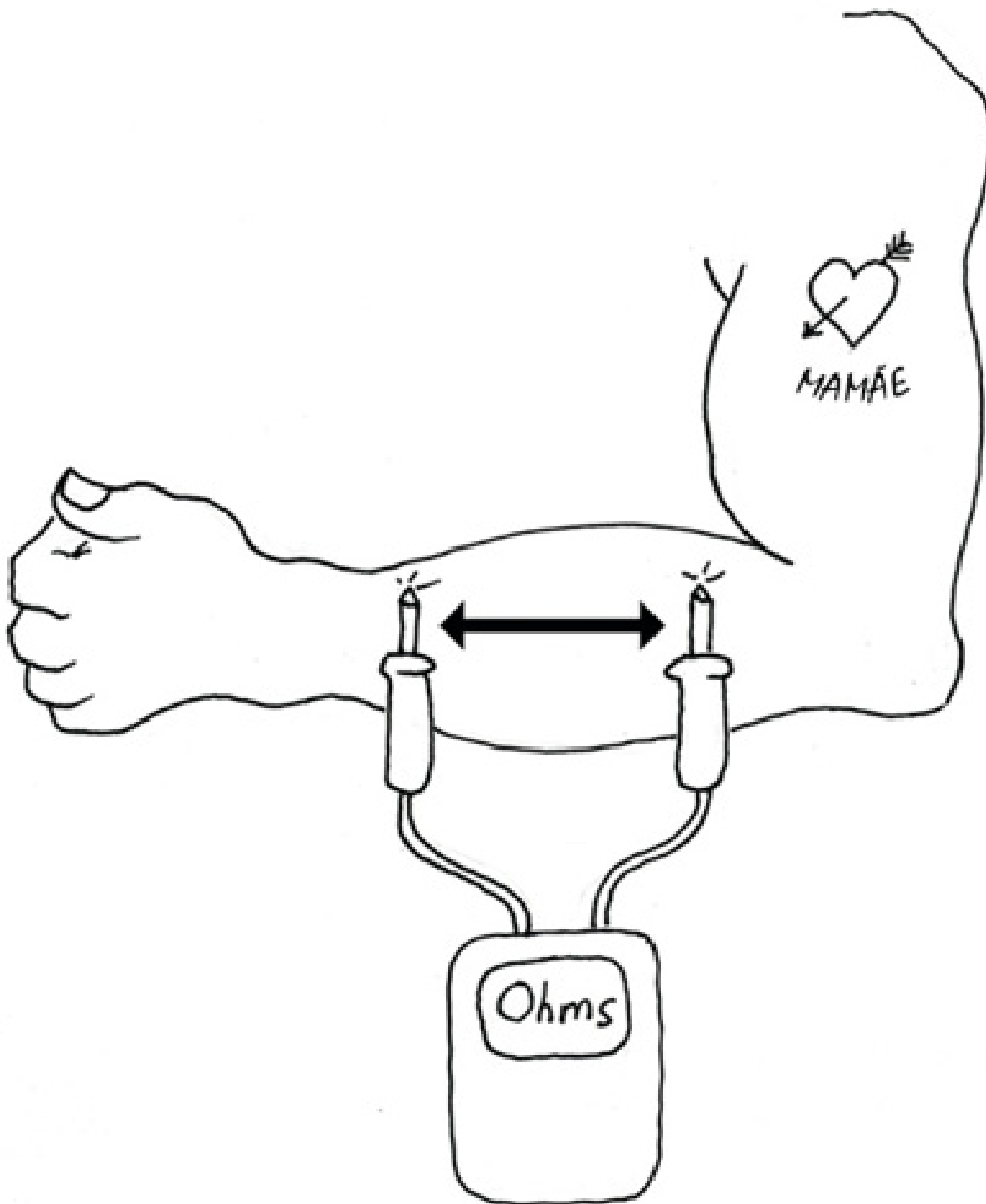
### Outras investigações

O teste da língua não foi um experimento muito bem controlado, pois a distância entre as pontas de prova pode ter variado um pouco entre um teste e outro. Você acha que isso pode ser significativo? Vamos descobrir.

Segure as pontas de prova com um espaço de apenas 0,6 cm entre elas. Encoste-as em sua língua úmida. Agora aumente o espaço entre as pontas para 2,5 cm e tente novamente. Que valores apareceram?

Quando a eletricidade atravessa uma distância menor, ela encontra menor resistência. Como resultado, a corrente será maior.

Tente um experimento semelhante em seu braço, como mostrado na Figura 1.26. Você pode variar a distância entre as pontas de prova em incrementos fixos, como 0,6 cm, e observar a resistência exibida pelo multímetro. Você acha que dobrando a distância entre as pontas dobrará a resistência exibida pelo multímetro? Como confirmar ou não esta hipótese?



*Figura 1.26 – Varie a distância entre as pontas de prova e observe a leitura em seu multímetro.*

Se a resistência for muito alta para o seu multímetro, você verá uma mensagem de erro, como L, em vez de números. Tente umedecer

sua pele, então repita o teste e você deverá obter um resultado. O único problema é que, assim que umidade em sua pele evaporar, a resistência irá mudar. Você está vendo como é difícil controlar todos os fatores em um experimento. Os fatores aleatórios são corretamente conhecidos como *variáveis não controladas*.

Há ainda outra variável que não mencionei, isto é, a quantidade de pressão entre cada ponta de prova e a pele. Se você pressionar mais forte, suspeito que a resistência diminuirá. Você pode provar isso? Como criar um experimento para eliminar esta variável?

Se você está cansado de medir a resistência da pele, pode tentar mergulhar as pontas de prova em um copo de água. Então dissolva um pouco de sal na água e teste novamente. Claro que você já ouviu que água conduz eletricidade, mas a história toda é mais complicada. As impurezas na água têm um papel importante.

O que você acha que acontecerá se você tentar medir a resistência da água que não contém impureza alguma? O primeiro passo será obter um pouco de água pura. A chamada *água purificada* geralmente recebe minerais depois de purificada, portanto este tipo não serve. Do mesmo modo, a *água mineral* não é totalmente pura. O que você precisa é *água destilada*, também conhecida como *água deionizada*. Geralmente ela é vendida em supermercados. Você descobrirá que sua resistência, por cm entre as pontas de prova, é maior que a resistência de sua língua. Faça o teste para descobrir.

Esses são todos os experimentos relacionados à resistência que consigo imaginar no momento. No entanto, ainda tenho informações históricas para você.

### **Histórico: o homem que descobriu a resistência**

Georg Simon Ohm, mostrado na Figura 1.27, nasceu na Baviera, em 1787, e trabalhou na obscuridade grande parte de sua vida, estudando a natureza da eletricidade usando fio metálico que ele mesmo tinha que fabricar (não dava para ir a uma loja de suprimentos elétricos mais próxima para comprar rolos de fio elétrico no início dos anos 1800).

Apesar dos recursos limitados e das habilidades matemáticas inadequadas, Ohm conseguiu demonstrar, em 1827, que a resistência elétrica de um condutor como cobre variava na proporção inversa da área de seu corte transversal, e a corrente que passava por ele era proporcional à tensão aplicada, desde que a temperatura fosse mantida constante. Quatorze anos depois, a Royal Society em Londres finalmente reconheceu a importância de sua contribuição e concedeu-lhe a Medalha Copley. Hoje sua descoberta é conhecida como a Lei de Ohm. Falarei mais a respeito no Experimento 4.



*Figura 1.27 – Georg Simon Ohm, depois de ser homenageado por seu trabalho pioneiro, boa parte dele feita em relativa obscuridade.*

## Limpeza e reciclagem

Sua bateria não deve ter sido danificada ou descarregada

significativamente por este experimento. Você pode usá-la novamente.

Não se esqueça de desligar seu multímetro antes de guardá-lo. Muitos multímetros emitem um bipe para que você não se esqueça de desligá-lo se não for usá-lo por um tempo, mas alguns não. Um multímetro consome pouquíssima eletricidade enquanto está ligado, mesmo quando você não o está usando para medir algo.

## Experimento 2: Vamos abusar da bateria!

Para entender melhor a energia elétrica, você precisará fazer o que a maioria dos livros não recomenda. Você colocará uma bateria em curto. (Um *curto-circuito* é um atalho entre os dois lados de uma fonte de energia.)

### Cuidado: use uma bateria pequena

O experimento que vou descrever é seguro, mas alguns curtos-circuitos podem ser perigosos. Nunca coloque uma tomada em curto na sua casa: ocorrerá uma explosão, um clarão e o fio ou ferramenta que você estiver usando derreterá parcialmente, enquanto partículas de metal derretido podem queimá-lo ou cegá-lo.

Se você colocar em curto uma bateria de carro, o fluxo de corrente será tão alto que a bateria pode até explodir, ensopando você de ácido. Pergunte ao cara da Figura 1.28 (se ele for capaz de responder).

Baterias de lítio são geralmente usadas em ferramentas elétricas, laptops e outros dispositivos portáteis. Nunca coloque uma bateria de lítio em curto: ela pode pegar fogo e queimá-lo. Baterias de lítio são conhecidas por pegarem fogo mesmo se você não as colocar em curto, como mostrado na Figura 1.29. Depois que os primeiros laptops se autodestruíram, as baterias de lítio foram modificadas para evitar este tipo de acidente. Porém, colocá-las em curto continua sendo uma má ideia.



*Figura 1.28 – Derrubar uma chave-inglesa entre os terminais de uma bateria de carro pode ser prejudicial à sua saúde. Curtos-circuitos podem ser dramáticos, mesmo com “meros” 12 volts, se a bateria for grande o*



*suficiente.*



*Figura 1.29 – Nunca brinque com baterias de lítio.*

Use apenas baterias alcalinas neste experimento, e apenas uma única bateria AA. Recomendo também usar óculos de segurança caso sua bateria esteja com defeito.

### O que será necessário

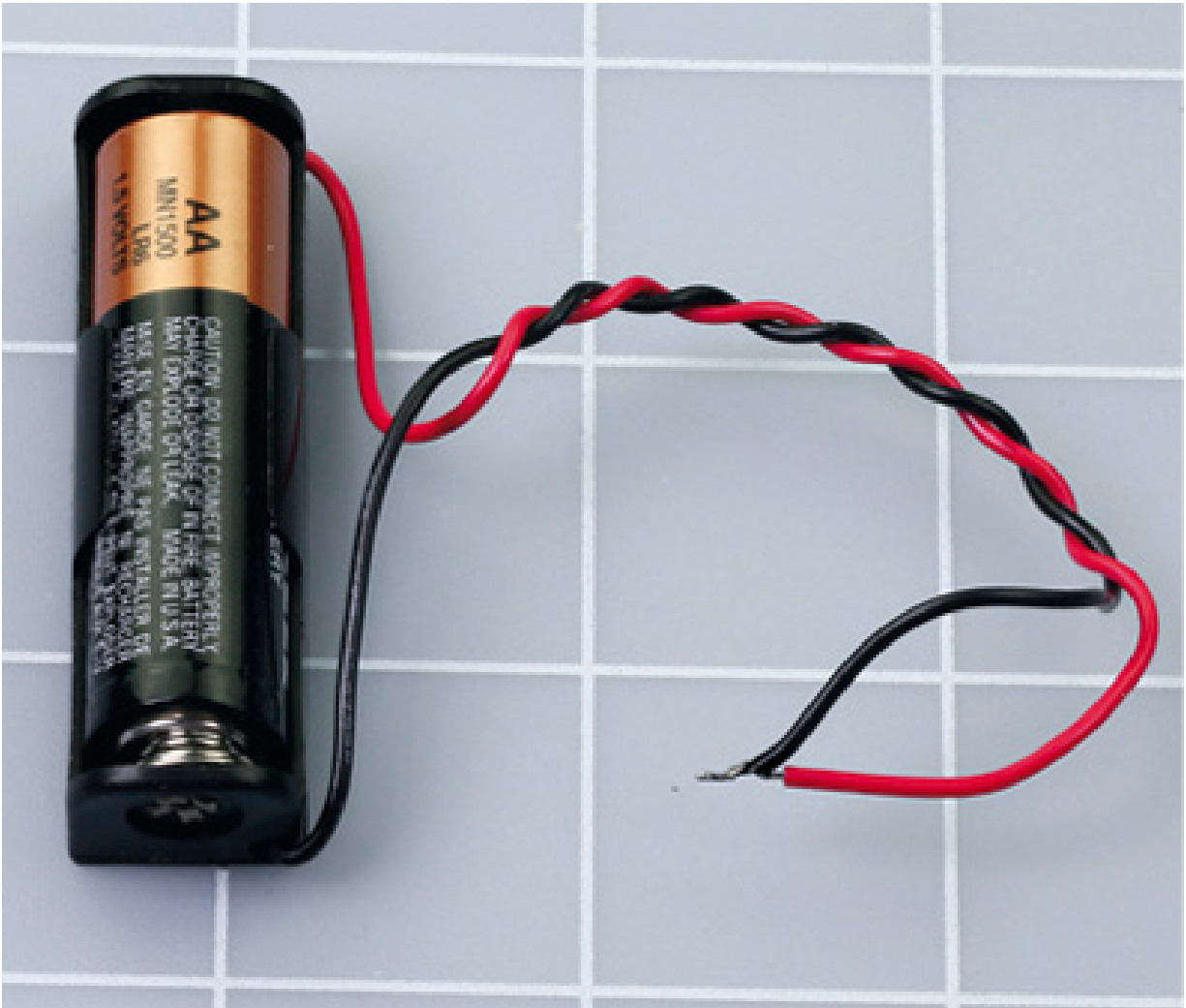
- Bateria AA de 1,5 volt (2)
- Suporte de bateria (1)
- Fusível de 3 amperes (2)
- Óculos de segurança (óculos comuns ou óculos de sol também servem)
- Cabos de teste com cliques jacaré em cada ponta (2)

### Gerando calor com corrente

Use uma bateria alcalina. Não use nenhum tipo de bateria

recarregável.

Coloque a bateria em um suporte terminado por dois fios finos, como mostrado na Figura 1.9. Enrosque as duas pontas desencapadas dos fios, como mostrado na Figura 1.30. A princípio parece que nada acontece. Espere um minuto e você verá que os fios estão esquentando. Espere mais um minuto e a bateria também esquentará.



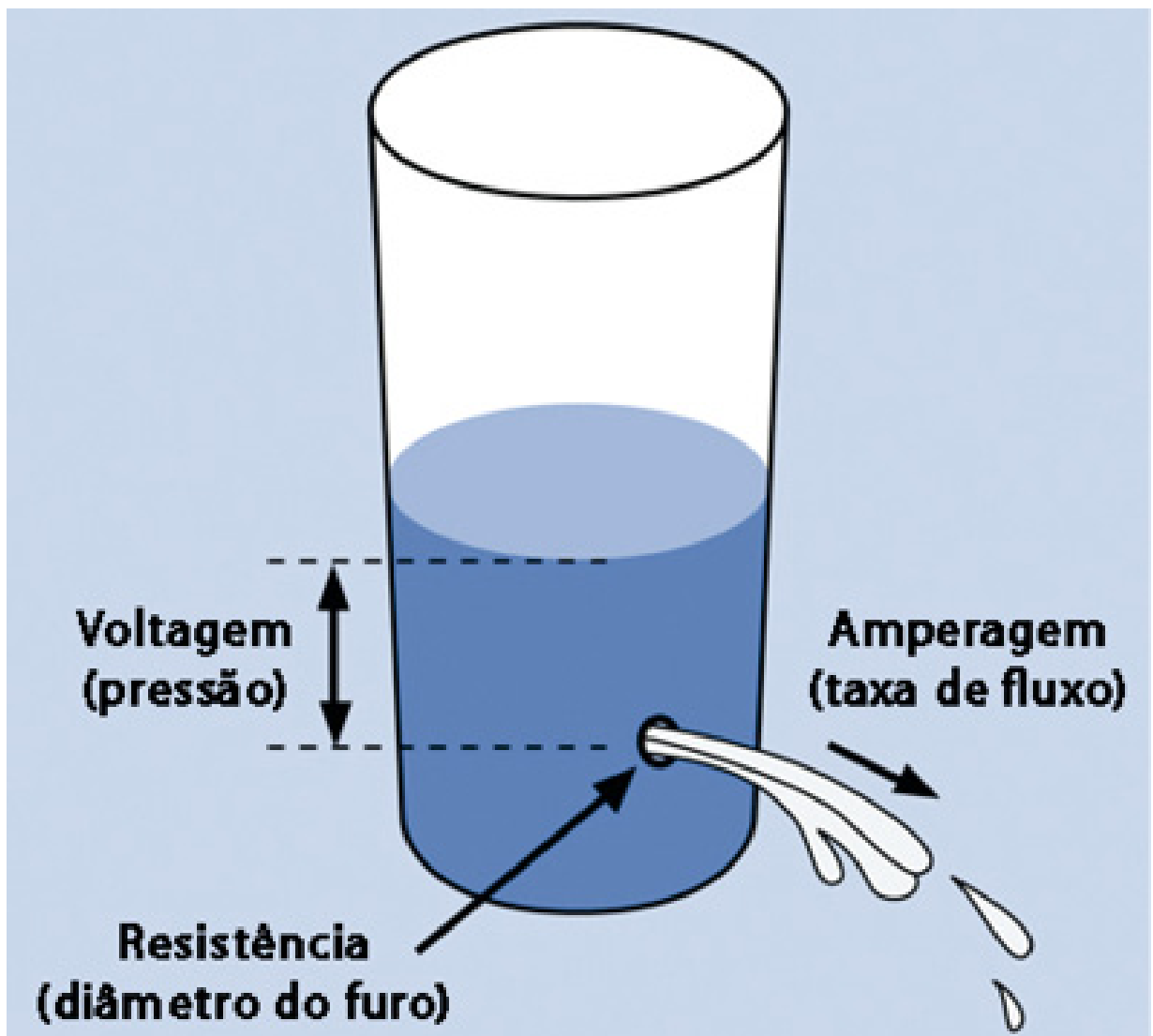
*Figura 1.30 – Colocar uma bateria alcalina em curto pode ser seguro se você seguir as instruções corretamente.*

O calor é causado pela eletricidade que flui pelos fios e pelo **eletrólito** (o fluido condutor) dentro da bateria. Se você já usou uma bomba manual para encher os pneus de uma bicicleta sabe que a bomba esquenta. A eletricidade se comporta da mesma forma. Você

pode imaginar a eletricidade como composta de partículas (elétrons) que esquentam o fio à medida que o atravessam. Não é uma analogia perfeita, mas serve para os nossos propósitos.

De onde vêm os elétrons? Reações químicas dentro da bateria os liberam, criando uma pressão elétrica. O nome certo para esta pressão é *voltagem*, que é medida em volts e tem esse nome em homenagem a Alessandro Volta, outro pioneiro das pesquisas com eletricidade.

Voltando à analogia da água: a altura da água em um tanque é proporcional à pressão da água e é semelhante à voltagem. A Figura 1.31 pode ajudá-lo a visualizar isto.



*Figura 1.31 – A pressão em uma fonte de água é análoga à voltagem em uma fonte de eletricidade.*

Mas os volts são apenas uma parte da história. Quando elétrons fluem através de um fio, a quantidade do fluxo durante um período de tempo é conhecida como **amperagem**, um nome que homenageia outro pioneiro da pesquisa com eletricidade, André-Marie Ampère. Este fluxo também é normalmente conhecido como **corrente**. A corrente – a amperagem – gera calor.

- Pense na voltagem como pressão.
- Pense nos amperes como a quantidade de fluxo, mais conhecida como corrente.

### Histórico: por que sua língua não esquentou?

Quando você encostou sua língua em uma bateria de 9 volts sentiu um formigamento, mas nenhum calor perceptível. Quando você colocou uma bateria em curto, você gerou uma quantidade perceptível de calor, mesmo tendo usado apenas uma bateria de 1,5 volt. Qual a explicação?

Seu multímetro mostrou que a resistência elétrica de sua língua é muito alta. Esta alta resistência reduziu o fluxo de elétrons.

A resistência de um fio é muito baixa, portanto, se houver um fio conectando os dois terminais de uma bateria, mais corrente passará por ele do que a que passou em sua língua, criando mais calor. Se todos os outros fatores permanecerem constantes:

- Uma resistência menor permite um fluxo maior de corrente.
- O calor gerado pela eletricidade é proporcional à quantidade de eletricidade (a corrente) que passa por um condutor em um período de tempo. (Esta relação deixará de ser exatamente verdadeira se a resistência do fio mudar à medida que ele esquenta. Mas ela continua aproximadamente verdadeira.)

Aqui vão alguns outros conceitos básicos:

- O fluxo de eletricidade por segundo é medido em amperes, comumente abreviado para **amps**.

- A pressão da eletricidade que causa o fluxo é medida em *volts*.
- A resistência ao fluxo é medida em *ohms*.
- Uma resistência maior restringe a corrente.
- Uma tensão maior consegue superar melhor a resistência e aumentar a corrente.

A relação entre tensão, resistência e amperagem (pressão, resistência e fluxo) é ilustrada na Figura 1.32.



*Figura 1.32 – A resistência bloqueia a tensão e reduz o fluxo – na água e na eletricidade.*

### Fundamentos: noções básicas sobre o volt

O volt é uma unidade internacional representada por uma letra V maiúscula. Nos Estados Unidos e grande parte da Europa, a alimentação AC para uso doméstico é fornecida em 110 V, 115 V ou 120 V, com circuitos separados para aparelhos de uso intenso, oferecendo 220 V, 230 V ou 240 V. Componentes eletrônicos de estado sólido geralmente requerem alimentação DC com tensões

entre 5 V e cerca de 20 V, embora dispositivos modernos instalados sobre uma superfície podem usar menos de 2 V. Alguns componentes, como um microfone, oferecem voltagem medida em milivolts, abreviados para mV, sendo que cada milivolt é a milésima parte de um volt. Quando a eletricidade é distribuída por longas distâncias, ela é medida em quilovolts, abreviado para kV. Umas poucas linhas de longa distância usam megavolts. Uma tabela de conversão para milivolts, volts e quilovolts é mostrada na Figura 1.33.

Milivolts	Volts	Quilovolts
1mV	0.001V	0.000001kV
10mV	0.01V	0.00001kV
100mV	0.1V	0.0001kV
1,000mV	1V	0.001kV
10,000mV	10V	0.01kV
100,000mV	100V	0.1kV
1,000,000mV	1,000V	1kV

Figura 1.33 – Tabela de conversão para os múltiplos mais comuns de volts.

### Fundamentos: noções básicas sobre ampere

O ampere é uma unidade internacional, representada por uma letra A maiúscula. Aparelhos domésticos podem puxar vários amperes, e um típico disjuntor nos Estados Unidos é classificado como 20 A. Componentes eletrônicos geralmente são classificados em miliamperes, abreviado para mA, cada um sendo uma milésima parte de um ampere. Dispositivos como displays de cristal líquido podem puxar microamperes, abreviado  $\mu\text{A}$ , cada um sendo uma milésima parte de um miliampere. Uma tabela de conversão para amperes,

miliamperes e microamperes é mostrada na Figura 1.34.

Microamperes	Miliamperes	Amperes
1 $\mu$ A	0.001mA	0.000001A
10 $\mu$ A	0.01mA	0.00001A
100 $\mu$ A	0.1mA	0.0001A
1,000 $\mu$ A	1mA	0.001A
10,000 $\mu$ A	10mA	0.01A
100,000 $\mu$ A	100mA	0.1A
1,000,000 $\mu$ A	1,000mA	1A

Figura 1.34 – Tabela de conversão para os múltiplos mais comuns de amperes.

## Como explodir um fusível

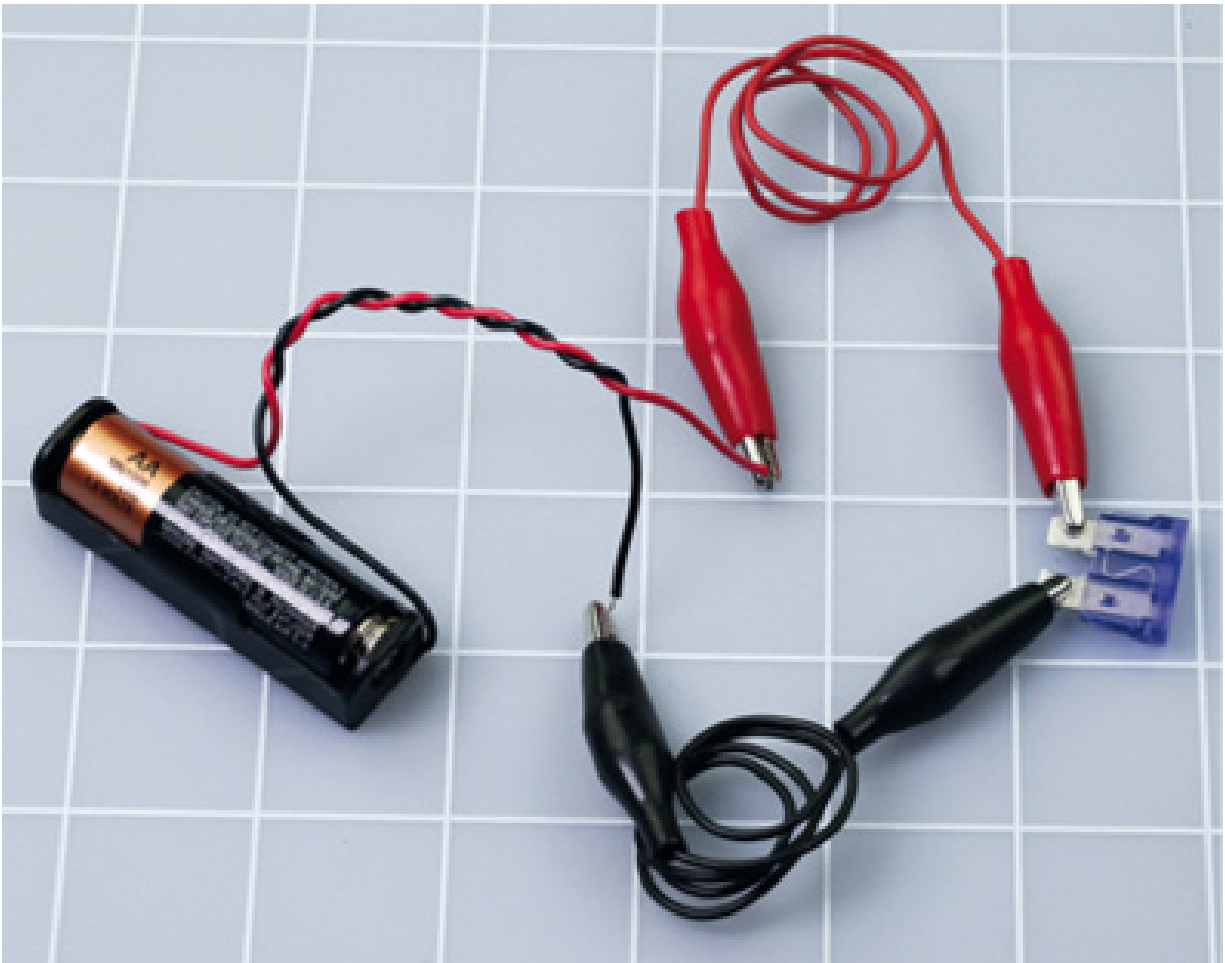
Qual a quantidade exata de corrente que fluiu através dos fios do suporte de bateria quando você a colocou em curto? Seria possível medi-la?

Não seria fácil, pois se você tentar usar seu multímetro para medir alta corrente, o fusível interno pode queimar. Deixe o multímetro de lado e vamos usar o fusível de 3 amperes, que podemos sacrificar pois ele não custou muito.

Primeiro inspecione o fusível usando uma lente de aumento, se tiver. Em um fusível automotivo, você verá um minúsculo formato em S na janela transparente no centro. Este S é uma seção fina do metal que derrete facilmente. Você o viu na Figura 1.12. Em fusível do tipo cartucho de vidro, existe um pedaço de fio fino que tem a mesma finalidade.

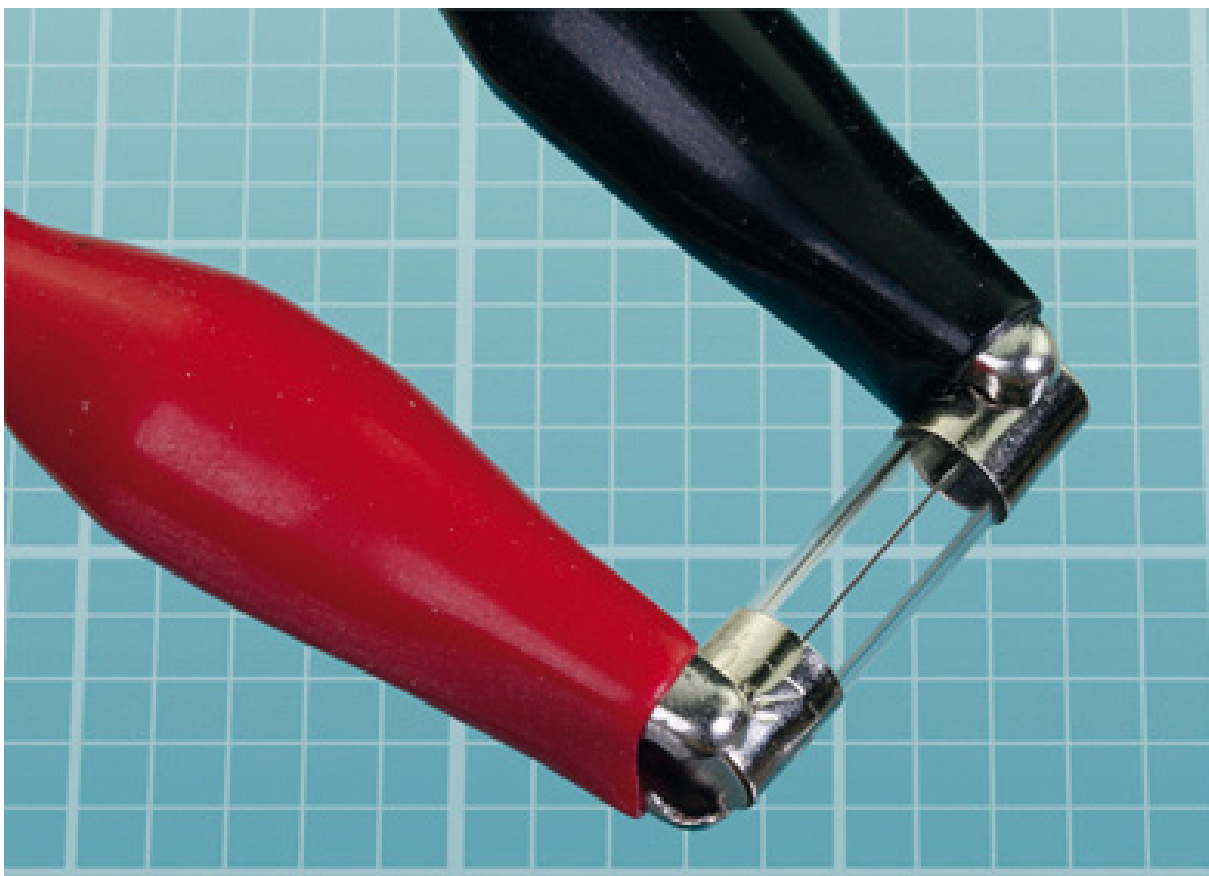
Remova a bateria de 1,5 volt de seu suporte. A bateria não é mais

útil para nada e deve ser reciclada, se possível. Separe os dois fios cujas pontas você torceu e use os dois cabos de teste para conectar o suporte com o fusível, como mostrado nas Figura 1.35 ou 1.36. Observe o fusível enquanto insere uma nova bateria no suporte. Deve ocorrer uma ruptura no centro do fusível, onde o metal derreteu. As Figura 1.37 e 1.38 mostram o que estou dizendo.



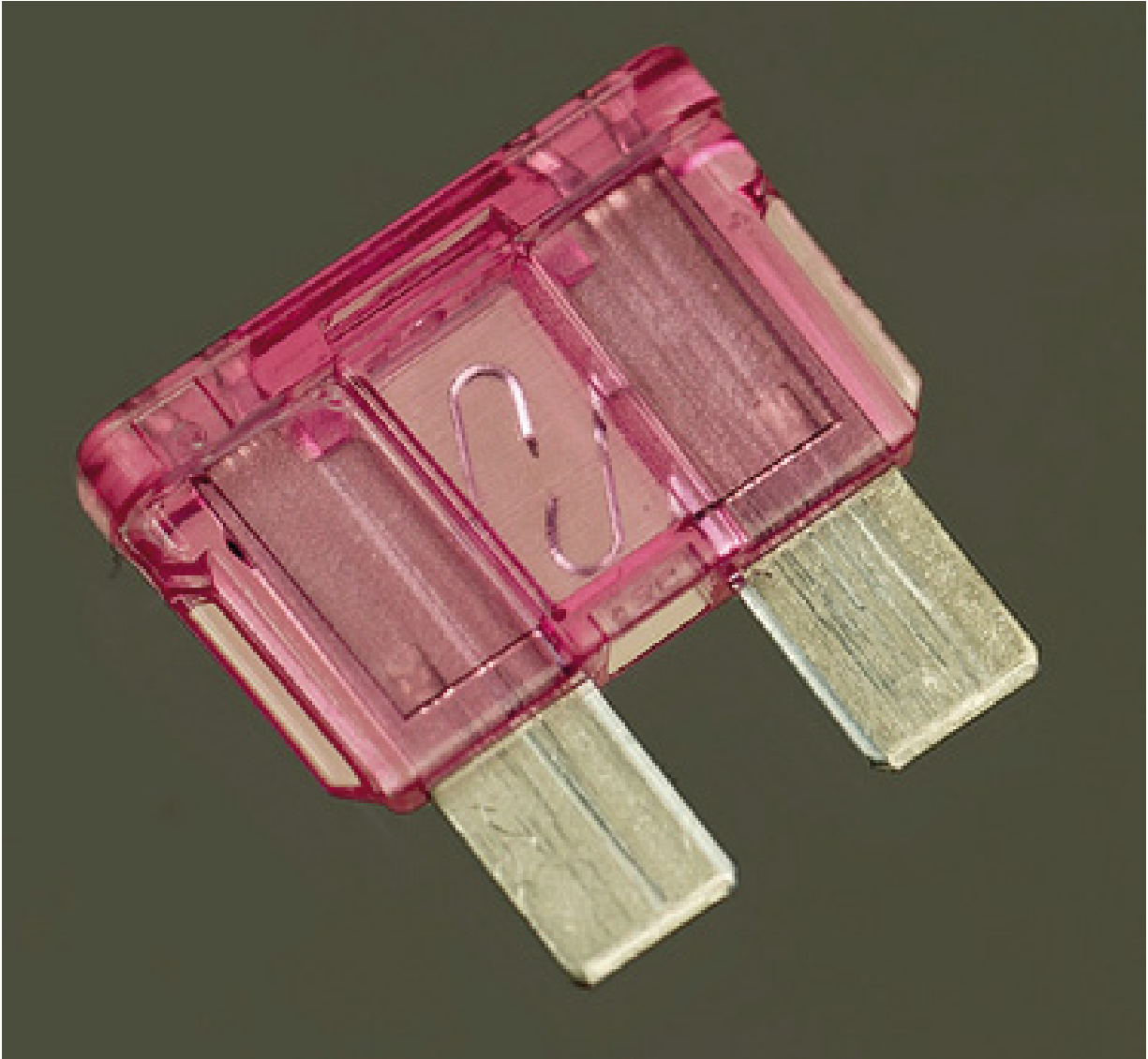
*Figura 1.35 – Como dar um curto-circuito em um fusível automotivo.*



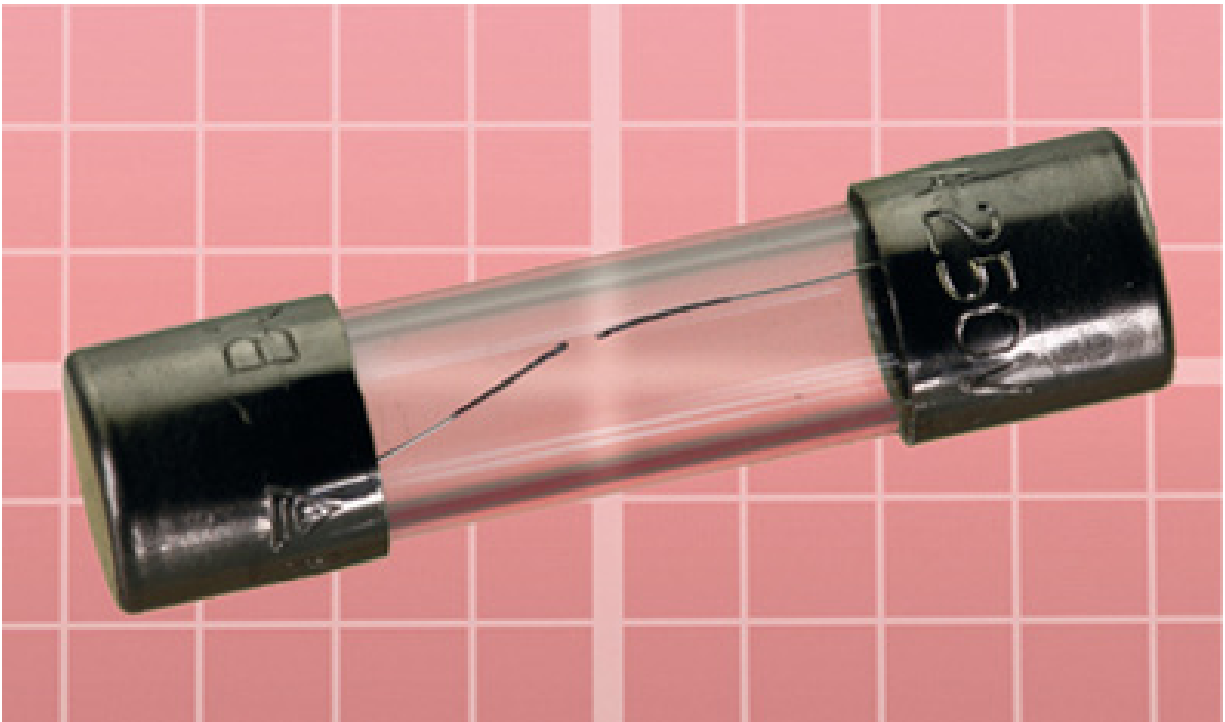


*Figura 1.36 – Como aplicar seus cabos de teste a um pequeno fusível de cartucho.*

Alguns fusíveis de 3 amperes queimam mais facilmente que outros, mesmo que todos tenham a mesma classificação. Se você acha que seu fusível não foi afetado, tente ligar os fios da bateria diretamente nele, sem que a corrente passe pelos cabos de teste. Se você não está usando uma bateria AA nova, talvez você tenha que esperar alguns segundos para que o fusível responda. Se tudo mais falhar, você pode aplicar uma célula C ou célula D, que têm a mesma voltagem que uma bateria AA, mas pode fornecer mais corrente. Mas isto não deve ser necessário.



*Figura 1.37 – Observe a ruptura no elemento.*



*Figura 1.38 – Uma ruptura semelhante aparece em um fusível de cartucho em curto-circuito.*

É assim que funciona um fusível: ele derrete para proteger o resto do circuito. Aquela pequena ruptura dentro do fusível impede que a corrente continue fluindo.

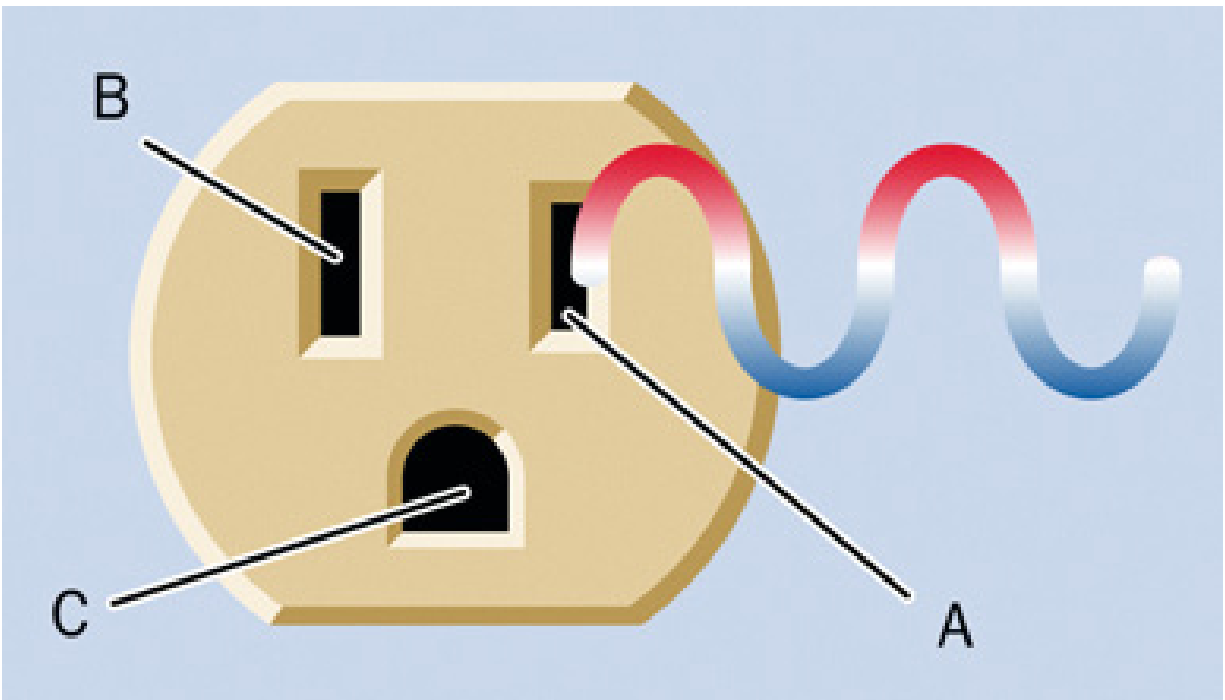
### Fundamentos: corrente contínua e alternada

O fluxo de corrente obtido de uma bateria é conhecido como *corrente contínua* ou DC. Como o fluxo de água de uma torneira, ele é um fluxo contínuo em uma direção.

O fluxo de corrente obtido de uma tomada em sua casa é muito diferente. O lado “vivo” da tomada muda de positivo para negativo em relação ao lado “neutro”, a uma taxa de 60 vezes por segundo (em muitos países estrangeiros, incluindo a Europa, 50 vezes por segundo). Isto é conhecido como *corrente alternada* ou AC, que é mais parecido com o fluxo pulsante de uma mangueira elétrica para lavar carros.

A corrente alternada é essencial para algumas finalidades, como aumentar a voltagem para que a eletricidade possa ser distribuída

para longas distâncias. A corrente alternada também é útil em motores e aparelhos domésticos. As partes de uma tomada são exibidas na Figura 1.39. Esse estilo de tomada é encontrado na América do Norte, América do Sul, Japão e alguns outros países. Tomadas europeias têm aspecto diferente, mas o princípio permanece o mesmo.



*Figura 1.39 – As partes de uma tomada.*

Na figura, o soquete A é o lado “quente” ou “vivo” da tomada, fornecendo tensão que alterna entre positivo e negativo em relação ao soquete B, que é o lado “neutro”. Se um aparelho apresentar um defeito como um fio interno solto, ele deve protegê-lo derrubando a tensão através do soquete C, chamado terra.

Nos Estados Unidos, a tomada exibida no diagrama é classificada para 110 a 120 volts. Outras configurações de tomada são usadas para tensões maiores, mas elas ainda têm os fios vivo, neutro e terra – com a exceção das tomadas trifásicas, que são usadas principalmente na indústria.

Na maior parte deste livro eu mencionarei a alimentação DC por duas razões: primeiro, a maioria dos circuitos eletrônicos simples são

alimentados por uma fonte DC e, em segundo lugar, seu modo de funcionamento é muito mais fácil de entender.

- Não vou me preocupar em mencionar repetidamente que estou lidando com DC. Basta assumir que tudo é DC, exceto quando indicado de outra forma.

## Histórico: inventor da bateria

Alessandro Volta, mostrado na Figura 1.40, nasceu na Itália, em 1745, muito antes de a ciência ser dividida em especialidades. Depois de estudar química (ele descobriu o metano em 1776) ele se tornou professor de física e desenvolveu um interesse na chamada resposta galvânica, segundo a qual a perna de uma rã irá se contrair em resposta a um choque de eletricidade estática.

Usando uma taça de vinho cheia de água salgada, Volta demonstrou que a reação química entre dois eletrodos (um feito de cobre e outro de zinco) gerará uma corrente elétrica contínua. Em 1800, ele refinou seu aparelho empilhando placas de cobre e zinco, separadas por papelão embebido em água e sal. Esta “pilha voltaica” foi a primeira bateria elétrica da civilização ocidental.



*Figura 1.40 – Alessandro Volta descobriu que reações químicas podem criar eletricidade.*

Histórico: pai do eletromagnetismo

Nascido em 1775, na França, André-Marie Ampère (mostrado na Figura 1.41) foi um prodígio da matemática que se tornou um professor de ciências, apesar de ter sido praticamente um autodidata graças à biblioteca de seu pai. Seu trabalho mais conhecido foi derivar uma teoria do eletromagnetismo em 1820, descrevendo a forma como uma corrente elétrica gera um campo magnético. Ele também construiu o primeiro instrumento para medir o fluxo de eletricidade (agora conhecido como *galvanômetro*) e descobriu o elemento flúor.



*Figura 1.41 – André-Marie Ampère descobriu que uma corrente elétrica passando por um fio cria um campo magnético ao redor dele. Ele usou este princípio para fazer as primeiras medições confiáveis daquilo que veio a ser conhecido como amperagem.*



## Limpeza e reciclagem

Você pode descartar a bateria que foi danificada quando você a colocou em curto. Jogar baterias no lixo não é uma boa ideia, pois elas contêm metais pesados, que devem ficar longe do ecossistema. Seu estado ou cidade deve incluir baterias em um esquema local de reciclagem. (A Califórnia exige que quase todas as baterias sejam recicladas.) Verifique seus regulamentos locais para detalhes.

O fusível queimado não serve mais e pode ser jogado fora.

A segunda bateria, que foi protegida pelo fusível, ainda deve estar OK.

O suporte de bateria pode ser reusado posteriormente.

## Experimento 3: Seu primeiro circuito

Chegou a hora de usar a eletricidade para fazer algo mais útil. Para isso, você usará componentes conhecidos como resistores e um diodo emissor de luz ou LED.

### O que será necessário

- Bateria de 9 volts (1)
- Resistores: 470 ohms (1), 1K (1), 2.2K (1)
- LED genérico (1)
- Cabos de teste com cliques jacaré em cada ponta (3)
- Multímetro (1)

### Configuração

É hora de se familiarizar com o componente mais fundamental que usaremos em circuitos eletrônicos: o humilde resistor. Como o nome diz, ele resiste ao fluxo de eletricidade. Como esperado, seu valor é medido em ohms.

Se você comprou um sortimento de resistores em uma liquidação, talvez eles sejam entregues em sacos sem indicação de valor. Sem problemas; podemos determinar seus valores facilmente. Na

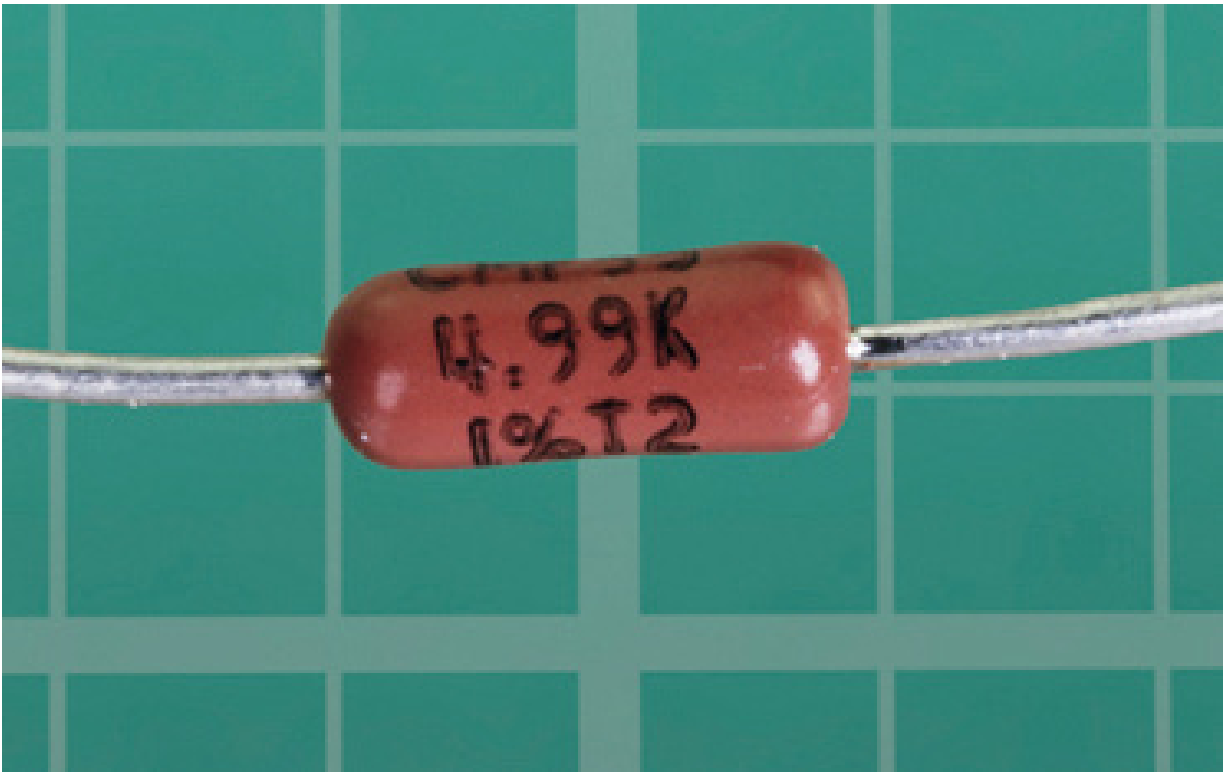
verdade, mesmo que os pacotes estejam etiquetados claramente, recomendo verificar os resistores à medida que avançarmos, pois é fácil misturá-los. Você tem duas alternativas:

- usar seu multímetro depois de configurá-lo para medir ohms;
- aprender os códigos de cores que estão impressos na maioria dos resistores. Eu explicarei como fazê-lo logo a seguir.

Depois de verificar os valores dos resistores, é uma boa ideia separá-los em compartimentos etiquetados em pequenas caixas plásticas com divisórias, normalmente encontradas em ferragens ou lojas de utilidades domésticas.

### Fundamentos: decodificando os resistores

Alguns resistores têm um valor claramente indicado em uma impressão microscópica que pode ser lida com uma lente de aumento, como mostrado na Figura 1.42.



*Figura 1.42 – Apenas uma minoria de resistores tem seus valores impressos neles.*

Entretanto, a maioria dos resistores é codificada com faixas coloridas. A Figura 1.43 mostra o esquema de codificação.

A Figura 1.44 mostra alguns exemplos. De cima para baixo: 1.500.000 ohms (1,5 M) com tolerância de 10%, 560 ohms com tolerância de 5%, 4.700 ohms (4,7 K) com tolerância de 10% e 65.500 ohms (65,5 K) com tolerância de 5%.

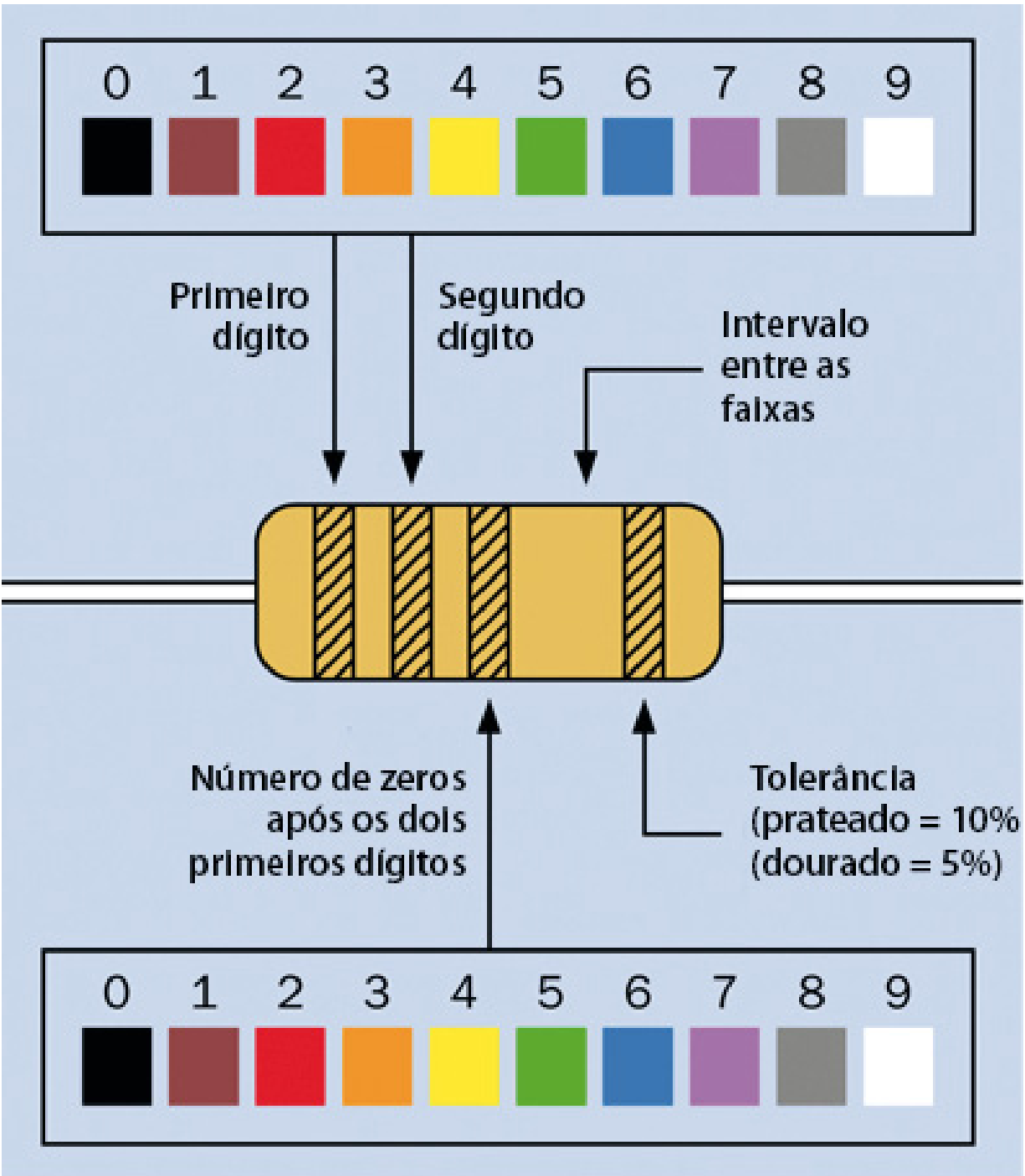


Figura 1.43 – O esquema de codificação que mostra o valor de um resistor. Alguns resistores têm quatro faixas do lado esquerdo em vez de três, como explicado no texto.



Figura 1.44 – Quatro exemplos de resistores com códigos de cores.

O código pode ser resumido da seguinte forma:

- Ignore a cor do corpo do resistor. (A exceção a esta regra seria um resistor branco que pode ser à prova de fogo ou conter um fusível e precisa ser substituído pelo mesmo tipo. Mas é improvável encontrar um desses.)
- Procure uma faixa prateada ou dourada. Se encontrar, gire o resistor para que a faixa fique do lado direito. A cor prateada indicada que o valor do resistor tem precisão dentro da faixa de 10% e a cor dourada indica que a precisão é dentro da faixa de 5%. Isto é conhecido como a *tolerância* do resistor.
- Se não houver uma faixa prateada ou dourada, gire o resistor de

modo que as faixas coloridas fiquem do lado esquerdo. Normalmente existem três faixas. Se houver quatro, explicarei em seguida.

- As cores das primeiras duas faixas, da esquerda para a direita, são os primeiros dois dígitos do valor do resistor. A cor da terceira faixa a partir da esquerda indica quantos zeros vêm depois dos dois números. O valor das cores é mostrado na Figura 1.43.

Se você encontrar um resistor com quatro faixas em vez de três, as primeiras *três* faixas são dígitos e a *quarta* faixa é o número de zeros. A terceira faixa numérica permite que o resistor tenha um valor intermediário.

Confuso? Também dá para usar seu multímetro para verificar os valores. Lembre-se que a leitura do multímetro pode ser ligeiramente diferente do valor indicado no resistor. Isto acontece porque seu multímetro não é absolutamente preciso ou porque o resistor não é absolutamente preciso, ou ambos os casos. Pequenas variações não importam para os projetos deste livro.

## Acendendo um LED

Dê uma olhada em um de seus LEDs genéricos. Lâmpadas antigas costumavam desperdiçar energia ao converter eletricidade em calor. Os LEDs são muito mais inteligentes: eles convertem quase toda a energia em luz e duram quase indefinidamente – desde que sejam tratados de forma correta!

Um LED é muito exigente em relação à quantidade de energia que recebe e à forma como ela é fornecida. Sempre siga estas regras:

- O fio *mais longo* que sai do LED deve receber uma tensão *mais positiva* em relação ao fio mais curto.
- A diferença positiva de tensão aplicada entre o fio longo e o fio curto não pode exceder o limite definido pelo fabricante. Este limite é conhecido como *tensão direta*.
- A corrente que entra no LED pelo fio longo e sai pelo fio curto não pode exceder o limite definido pelo fabricante. Este limite é

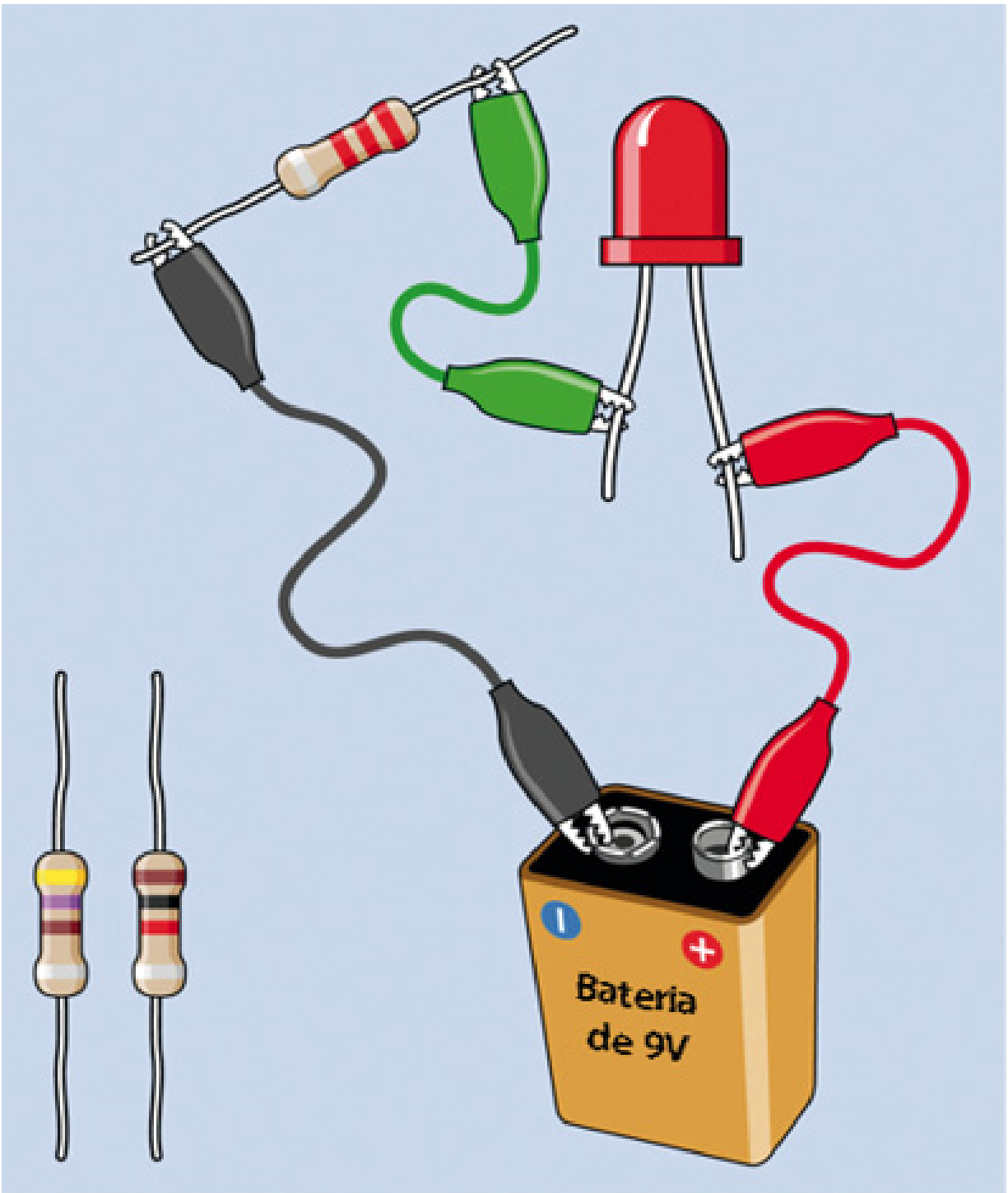
conhecido como *corrente direta*.

O que acontece se você desobedecer a essas regras? Você descobrirá no Experimento 4.

Lembre-se de usar uma bateria de 9 volts nova. Você poderia usar um conector com a bateria, como mostrado na Figura 1.8, mas acho mais fácil prender um par de cabos de teste diretamente nos terminais da bateria como na Figura 1.45.

Selecione um resistor de 2,2 K. Lembre-se que 2,2 K significa 2.200 ohms. Por que 2.200 e não simplesmente um valor redondo como 2.000? Explicarei em breve. Veja “Histórico: números intrigantes”, se quiser saber imediatamente.

As faixas coloridas em seu resistor de 2,2 K devem ser vermelho-vermelho-vermelho, o que significa 2 seguido de outro 2 e mais dois zeros. Você também precisará de um resistor de 1 K (marrom-preto-vermelho) e um resistor de 470 ohms (amarelo-violeta-marrom), portanto deixe-os à mão.



*Figura 1.45 – Seu primeiro circuito para acender um LED.*

Prenda o resistor de 2.2 K ao circuito mostrado na Figura 1.45. Lembre-se de usar a bateria na posição certa, com seu terminal positivo à direita.

- O símbolo “mais” sempre significa “positivo”.



- O símbolo “menos” sempre significa “negativo”.

Certifique-se de que a perna mais comprida do LED esteja à direita e cuidado para que os cliques jacaré não encostem um no outro. O LED deve emitir um brilho fraco.

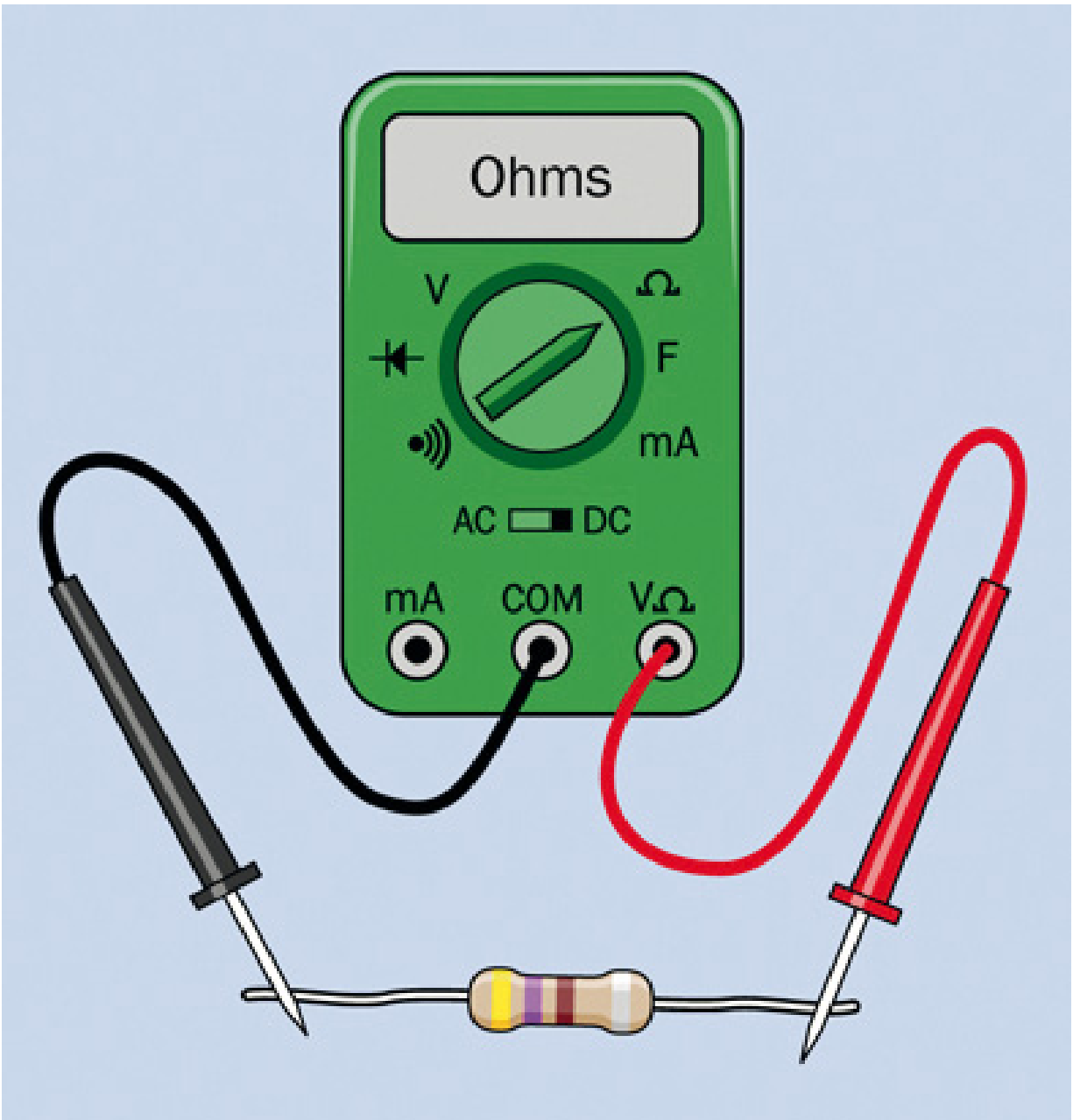
Agora troque seu resistor de 2,2 K por um de 1 K. O LED deve emitir um brilho mais intenso.

Troque o resistor de 1 K por um de 470 ohms e o LED brilhará com intensidade ainda maior.

Isto pode parecer óbvio, mas esta é uma questão importante. O resistor bloqueia uma porcentagem da corrente no circuito. Um resistor de maior valor bloqueia mais corrente, deixando menos para o LED.

## Verificando um resistor

Eu mencionei que você pode usar um multímetro para verificar o valor de um resistor. Isto é realmente fácil. O procedimento é mostrado na Figura 1.46. Primeiro, não se esqueça de configurar seu multímetro para ohms. Desconecte o resistor de qualquer outro componente e aplique as pontas de prova do multímetro. Se for um multímetro manual, é preciso configurá-lo para um valor maior que aquele que espera medir. Caso contrário, você verá uma mensagem de erro.



*Figura 1.46 – Testando o valor de um resistor.*

Lembre-se de que você obterá uma leitura mais precisa se pressionar firmemente as pontas de prova sobre os terminais do resistor. Não segure os resistores e as pontas de prova com os dedos – não queremos medir a resistência de seu corpo juntamente com a resistência do resistor. Coloque o resistor sobre uma superfície isolante, como uma mesa não metálica. Segure as pontas de prova pelas partes de plástico e pressione firmemente as pontas

metálicas sobre os terminais do resistor.

Outra forma é usar um par de cabos de teste. Prenda um dos cliques de cada cabo de teste às extremidades do resistor e o outro clipe aos contatos do multímetro. Agora você pode testar o resistor sem usar as mãos, o que é muito mais fácil.

## Histórico: números intrigantes

Depois de verificar alguns resistores (ou comprá-los online) você perceberá que o mesmo par de dígitos sempre aparece.

Em milhares de ohms, nós encontramos com frequência os valores 1,0 K, 1,5 K, 2,2 K, 3,3 K, 4,7 K e 6,8 K. Em dezenas de milhares de ohms, nós encontramos 10 K, 15 K, 22 K, 33 K, 47 K e 68 K.

Os pares de dígitos são conhecidos como *multiplicadores*, pois você pode multiplicá-los por 1 ou 1.000, ou 10.000 ou 100 ou 10 para obter os valores básicos de resistor em ohms.

Há uma razão lógica para isso. Há muito tempo, muitos resistores tinham uma precisão de mais ou menos 20%, e um resistor de 1,0 K poderia apresentar uma resistência real de até  $1 + 20\% = 1,2$  K enquanto um resistor de 1,5 K poderia apresentar uma resistência tão baixa quanto  $1,5 - 20\% = 1,2$  K. Portanto, não fazia sentido ter valores entre 1 K e 1,5 K. Da mesma forma, um resistor de 68 ohms poderia ter um valor tão alto quanto  $68 + 20\% =$  um pouco acima de 80 ohms, enquanto um resistor de 100 poderia ter um valor tão baixo quanto  $100 - 20\% = 80$  ohms; portanto, era desnecessário ter um valor entre 68 e 100.

Na linha superior da tabela na Figura 1.47, os números brancos eram os multiplicadores originais para os resistores. Os números ainda são os mais usados atualmente, mesmo que os valores dos resistores modernos apresentem uma precisão de mais ou menos 10% ou melhor.

Se você incluir os números em preto com os números em branco, obterá todos os possíveis multiplicadores para resistores de 10%. Se então você incluir os valores em azul, terá todos os possíveis multiplicadores para resistores com precisão de 5%.

1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8
1.1	1.6	2.4	3.6	5.1	7.5
1.2	1.8	2.7	3.9	5.6	8.2
1.3	2.0	3.0	4.3	6.2	9.1

*Figura 1.47 – Multiplicadores tradicionais para valores de resistor e capacitor. Veja o texto para detalhes.*

Para os projetos neste livro eu só usei os seis multiplicadores originais para minimizar a gama de resistores que serão necessários. Se a precisão for importante (no Experimento 19, por exemplo, quando um circuito mede a velocidade de seus reflexos) você pode usar um potenciômetro para um ajuste fino da saída – como mostrarei no próximo experimento.

## Limpeza e reciclagem

Você usará a bateria e o LED no próximo experimento. Os resistores podem ser reusados no futuro.

## Experimento 4: Resistência variável

Você pode variar a resistência em um circuito inserindo um *potenciômetro*, que irá controlar a corrente. O potenciômetro neste experimento permitirá que você aprenda mais sobre voltagem, amperagem e a relação entre elas. Você também aprenderá a ler as especificações de um fabricante.

## O que será necessário

- Bateria de 9 volts (1)
- Resistores: 470 ohms (1) e 1 K (1)
- LEDs genéricos (2)

- Cabos de teste com clipe jacaré em cada ponta (4)
- Potenciômetro, 1 K linear (2)
- Multímetro (1)

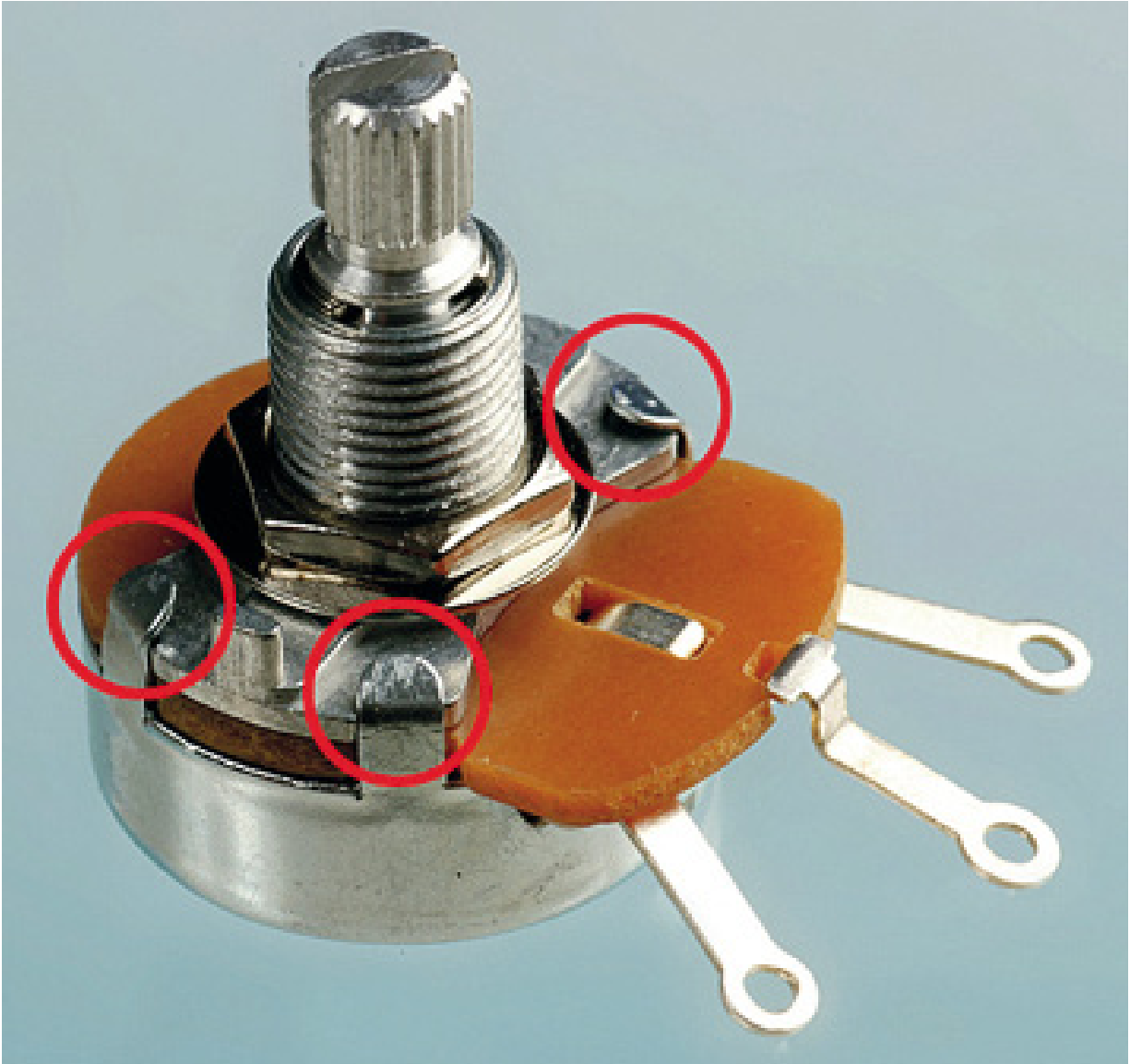
## Por dentro de seu potenciômetro

A primeira coisa que quero que você faça é ver como funciona um potenciômetro e a melhor maneira de fazê-lo é abrindo-o. É por isso que eu pedi que você comprasse dois potenciômetros para este experimento – caso você não consiga remontar o primeiro.

Alguns leitores da primeira edição deste livro reclamaram que era um desperdício correr o risco de destruir um potenciômetro ao desmontá-lo. Mas quase toda experiência de aprendizado consome recursos, desde canetas e papel até canetas de quadro branco. Se você realmente não quer arriscar o futuro de seu potenciômetro, você pode deixá-lo intocado enquanto estuda as fotos a seguir.

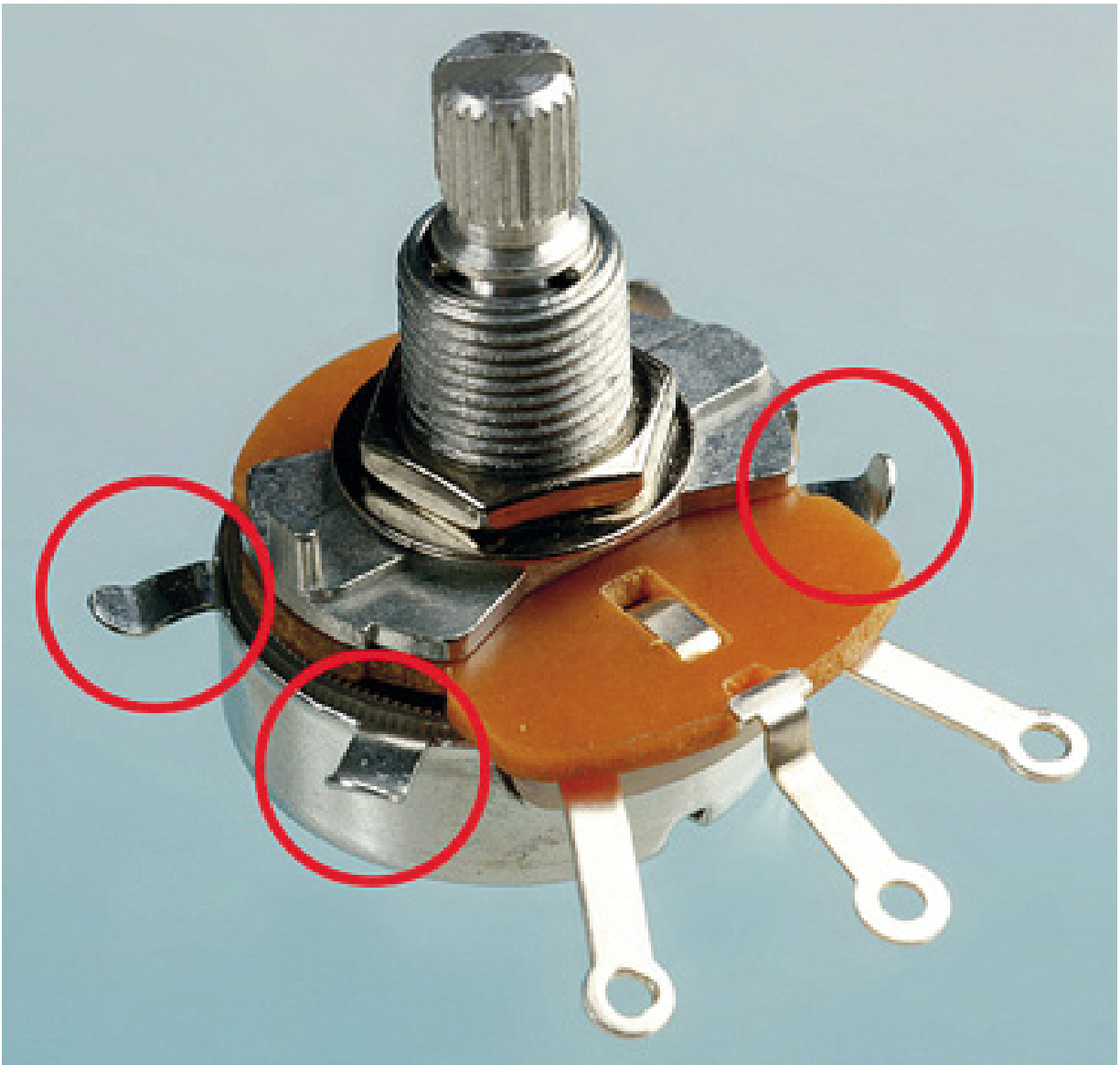
A maioria dos potenciômetros é presa por pequenas abas de metal. É preciso dobrar as abas para cima. Uma maneira de fazê-lo é enfiar a ponta de uma faca e usá-la como alavanca. Outra forma é usar uma chave de fenda – ou talvez alguns alicates. Eu não especifiquei nenhuma ferramenta para este experimento, pois espero que você já tenha uma faca, chave de fenda ou alicate em casa.

A Figura 1.48 mostra as abas indicadas por círculos vermelhos. (Uma quarta aba está oculta atrás do eixo do componente.) A Figura 1.49 mostra as abas dobradas para cima e para fora.



*Figura 1.48 – As abas que prendem o potenciômetro.*

Depois de dobrar as abas, puxe o eixo para cima com cuidado, enquanto segura o corpo do potenciômetro com a outra mão.



*Figura 1.49 – As abas foram dobradas para cima e para fora. As peças devem se separar como mostrado na Figura 1.50.*



*Figura 1.50 – O cursor do potenciômetro é indicado por um círculo.*

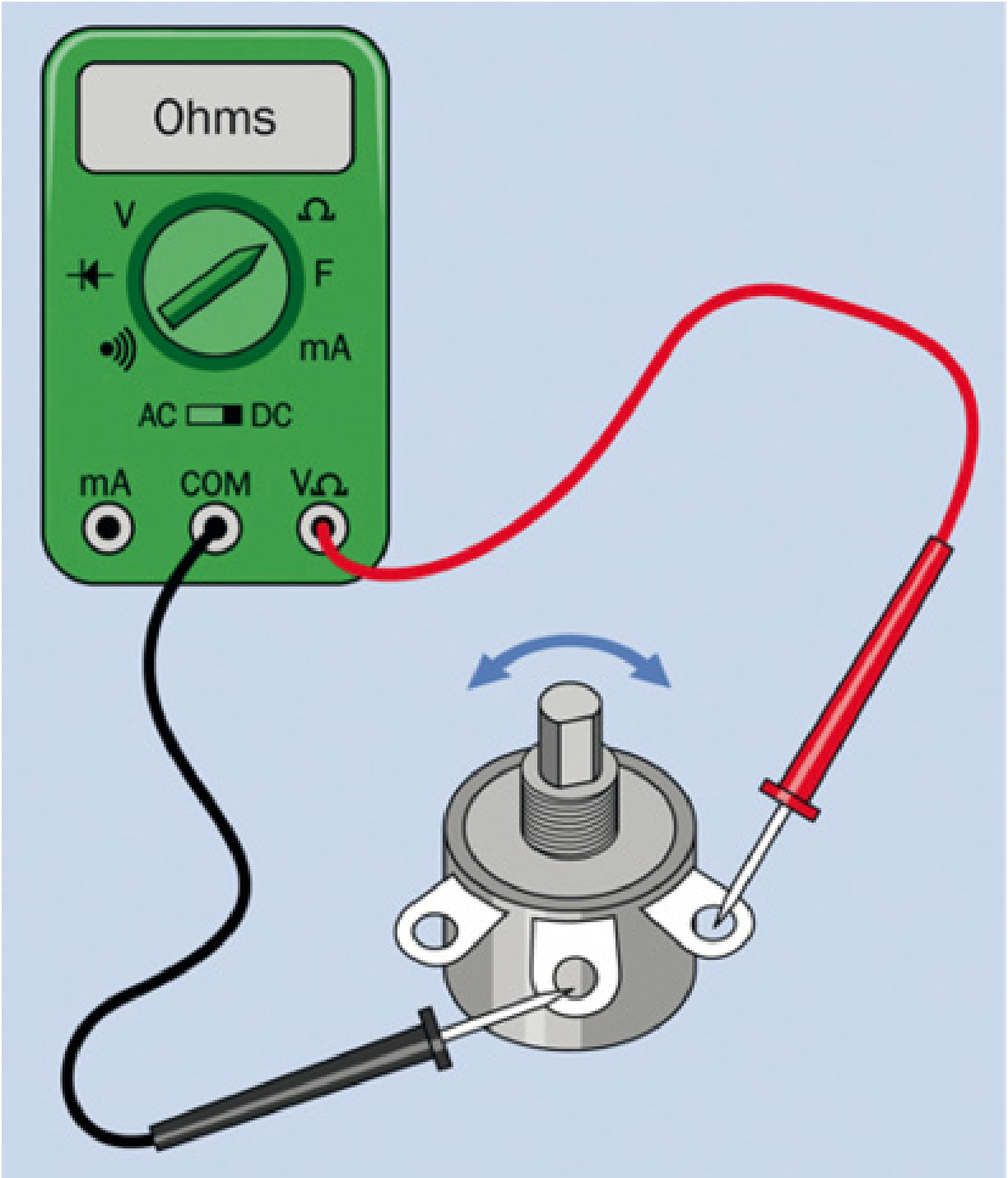
Dentro do invólucro há uma *trilha* circular. Dependendo se seu potenciômetro é do tipo bem barato ou um pouco mais sofisticado, a trilha será feita de plástico condutor ou terá um fio fino envolvendo-a, como mostrado na foto. De qualquer forma, o princípio é o mesmo. O fio ou o plástico tem certa resistência (um total de 1.000 ohms em um potenciômetro de 1 K) e, à medida que você gira o eixo, um *cursor* encosta na resistência, proporcionando um atalho a qualquer ponto do terminal central. O cursor está indicado por um círculo na Figura 1.50.

Provavelmente você conseguirá remontá-lo, mas, se necessário, use seu potenciômetro reserva.

## Testando o potenciômetro



Configure seu multímetro para medir resistência (no mínimo 1 K, em um multímetro manual) e encoste as duas pontas nos dois terminais adjacentes mostrados na Figura 1.51.



*Figura 1.51 – Procedimento para testar o comportamento de um potenciômetro.*

Você perceberá que girando o eixo do potenciômetro no sentido horário (visto de cima), a resistência diminui a quase zero. Girando o eixo no sentido anti-horário, a resistência aumenta para cerca de 1 K. Mantenha a ponta de prova preta na posição atual e encoste a ponta vermelha no terminal oposto. O comportamento do potenciômetro será o inverso.

Você acha que, talvez, o terminal do meio esteja conectado ao cursor dentro do potenciômetro? Você acha que os outros dois terminais estão conectados às extremidades da trilha?

Se você trocar as posições das pontas vermelha e preta, a resistência entre elas não mudará. Ela é a mesma em ambas as direções. Ao contrário de um LED, que precisa ser conectado na posição certa, um potenciômetro *não tem polaridade*.

### Cuidado: não acrescente energia

Não alimente um circuito enquanto tenta medir a resistência. Seu multímetro usa uma pequena quantidade de tensão de sua bateria interna quando você está medindo resistência. Você não quer que essa tensão brigue com a tensão aplicada por uma bateria.

### Cuidado: experimento destrutivo a seguir

Executei o próximo procedimento várias vezes sem qualquer problema, mas um leitor reportou que seu LED rompeu. Recomendo o uso de óculos de segurança se quiser ser cuidadoso. Óculos comuns são aceitáveis.

### Reduzindo o brilho de seu LED

Agora você pode usar o potenciômetro para controlar o brilho de seu LED. Conecte tudo exatamente como mostrado na Figura 1.52. Certifique-se de que os cliques jacaré estejam nos terminais mostrados. Agora você usará uma resistência variável (o potenciômetro) em vez do resistor fixo do Experimento 3 (veja a Figura 1.45).

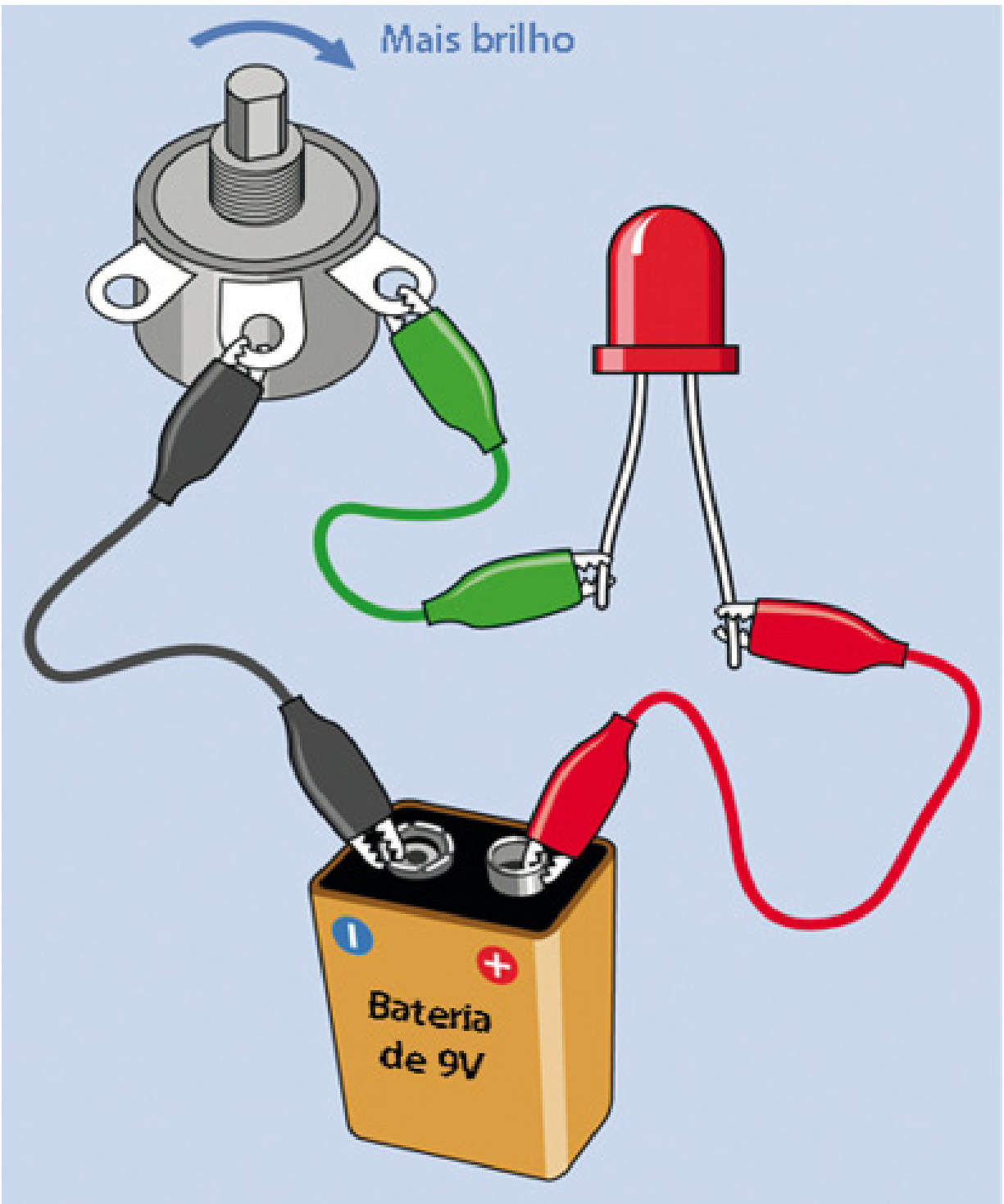


Figura 1.52 – Ajustando o brilho de um LED com um potenciômetro.

Comece com o eixo girado totalmente no *sentido anti-horário* (visto de cima), caso contrário você queimará o LED antes de começar. Agora gire o eixo no sentido horário, bem lentamente, como

mostrado pela seta azul. Você perceberá que o LED brilhará cada vez mais, e mais, e mais – até, ops, ficar escuro! Viu como é fácil destruir os modernos componentes eletrônicos? Quando eu chamei este procedimento de “Reduzindo o brilho de seu LED”, você provavelmente não percebeu que eu estava falando sobre reduzir seu brilho permanentemente.

Descarte o LED. Sinto informar, mas ele nunca mais brilhará.

Substitua por um novo LED e desta vez iremos protegê-lo. Adicione um resistor de 470 ohms, como mostrado na Figura 1.53.

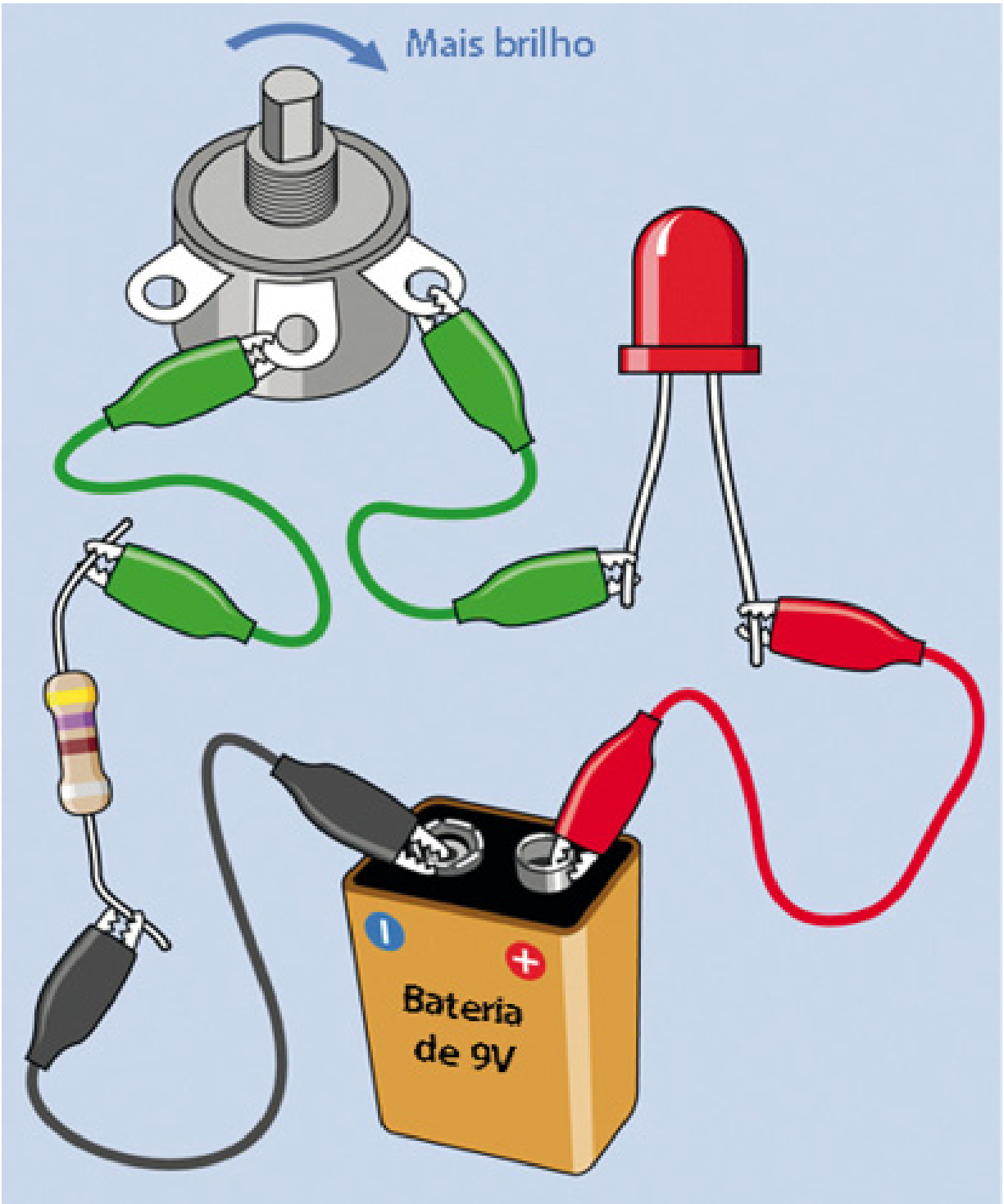


Figura 1.53 – Protegendo o LED.

A eletricidade agora passará através do resistor de 470 ohms, além do potenciômetro, assim o LED estará protegido mesmo se a resistência do potenciômetro cair para zero. Você pode girar o eixo

do potenciômetro sem se preocupar se irá destruir algo.

A lição que espero que você tenha aprendido é que um LED é muito sensível para ser conectado diretamente a uma bateria de 9 volts. Ele sempre precisa ser protegido por alguma resistência extra no circuito.

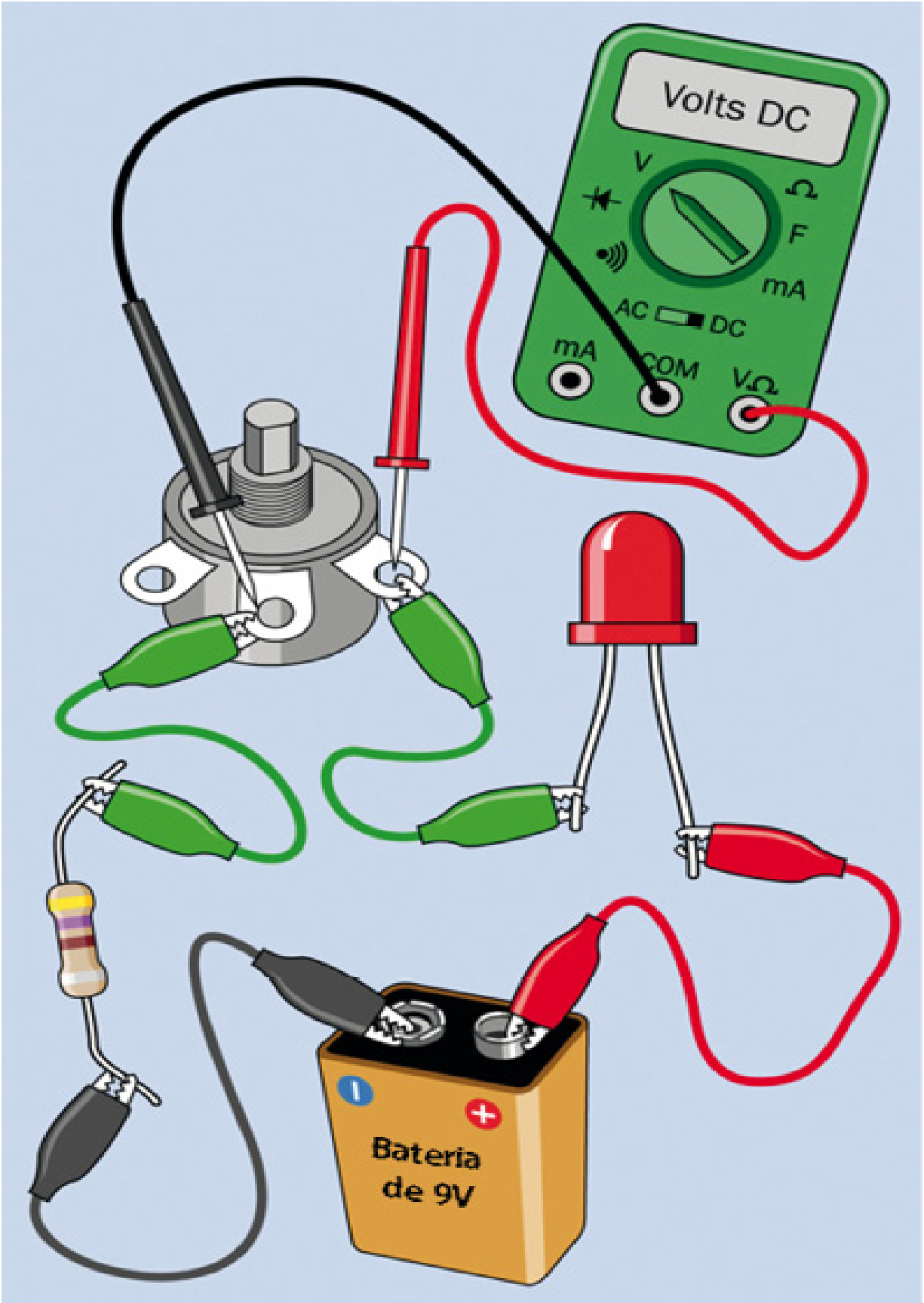
É possível alimentar um LED diretamente com uma bateria de 1,5 volt? Tente. Talvez você obtenha um brilho fraco, mas 1,5 volt está abaixo do *limiar* do LED. Vamos descobrir de quanta tensão um LED precisa.

### Medindo a diferença de potencial

Com a bateria conectada ao circuito, configure seu multímetro para medir volts DC. Você pode deixar a ponta vermelha na posição anterior, pois o soquete para medir volts é o mesmo daquele para medir ohms.

Se seu multímetro for de ajuste manual, configure a tensão para acima de 9 volts. Lembre-se que os números ao lado do dial do multímetro são o máximo em cada intervalo.

Agora encoste as pontas de prova nos terminais do potenciômetro, como mostrado na Figura 1.54.



*Figura 1.54 – Medindo a diferença de potencial entre os terminais de um LED.*

Tente manter a posição das pontas de prova enquanto você gira o eixo do potenciômetro um pouco para um lado e para outro. Você verá a tensão mudar de acordo. Chamamos isso de *diferença de potencial* entre as duas pontas de prova.

- “Diferença de potencial” significa o mesmo que a tensão entre dois pontos.

Se você medir a diferença de potencial entre os terminais do LED, ela mudará quando você ajustar o potenciômetro, embora não tanto quanto se poderia esperar. Um LED se ajusta automaticamente até certo ponto, modificando sua resistência conforme as flutuações de tensão e corrente.

E se você trocar as posições das pontas vermelha e preta? Um sinal de menos deve aparecer no display do multímetro. Isso não danificará o multímetro, mas é menos confuso se você sempre medir a tensão com a ponta vermelha mais positiva que a preta.

Por fim, encoste as pontas de prova nos terminais do resistor de valor fixo e mais uma vez a diferença de potencial irá mudar quando você mudar o potenciômetro. A tensão da bateria é compartilhada por todos os componentes neste circuito simples. Quando o potenciômetro reduz sua cota, uma diferença de tensão maior está disponível para o resistor de valor fixo e o LED. Além disso, quando o potenciômetro tem uma resistência menor, a resistência total no circuito é menor, permitindo um fluxo maior de corrente.

Alguns lembretes:

- Se você somar as diferenças de potencial entre todos os dispositivos no circuito, o total será a tensão fornecida pela bateria.
- Você mede a tensão *relativa* entre dois pontos de um circuito. É isto que significa diferença de potencial.
- Ao medir a tensão, aplique seu multímetro como um estetoscópio, sem atrapalhar ou interromper as conexões no circuito.



## Verificando o fluxo

Agora eu quero que você faça uma medição diferente. Quero que você verifique a amperagem no circuito, usando seu multímetro configurado para mA (miliamperes). Ao medir corrente, você precisa observar estas regras:

- Você só pode medir corrente (amperagem) quando ela passa *através* do multímetro.
- Você precisa inserir seu multímetro no circuito.
- Muita corrente irá queimar o fusível interno do multímetro.
- Você deve usar um soquete no multímetro marcado como mA. Ele pode ser o mesmo soquete que você vem usando ou pode ser diferente.

Lembre-se de girar o dial de seu multímetro para medir mA, e não volts, antes de tentar isso.

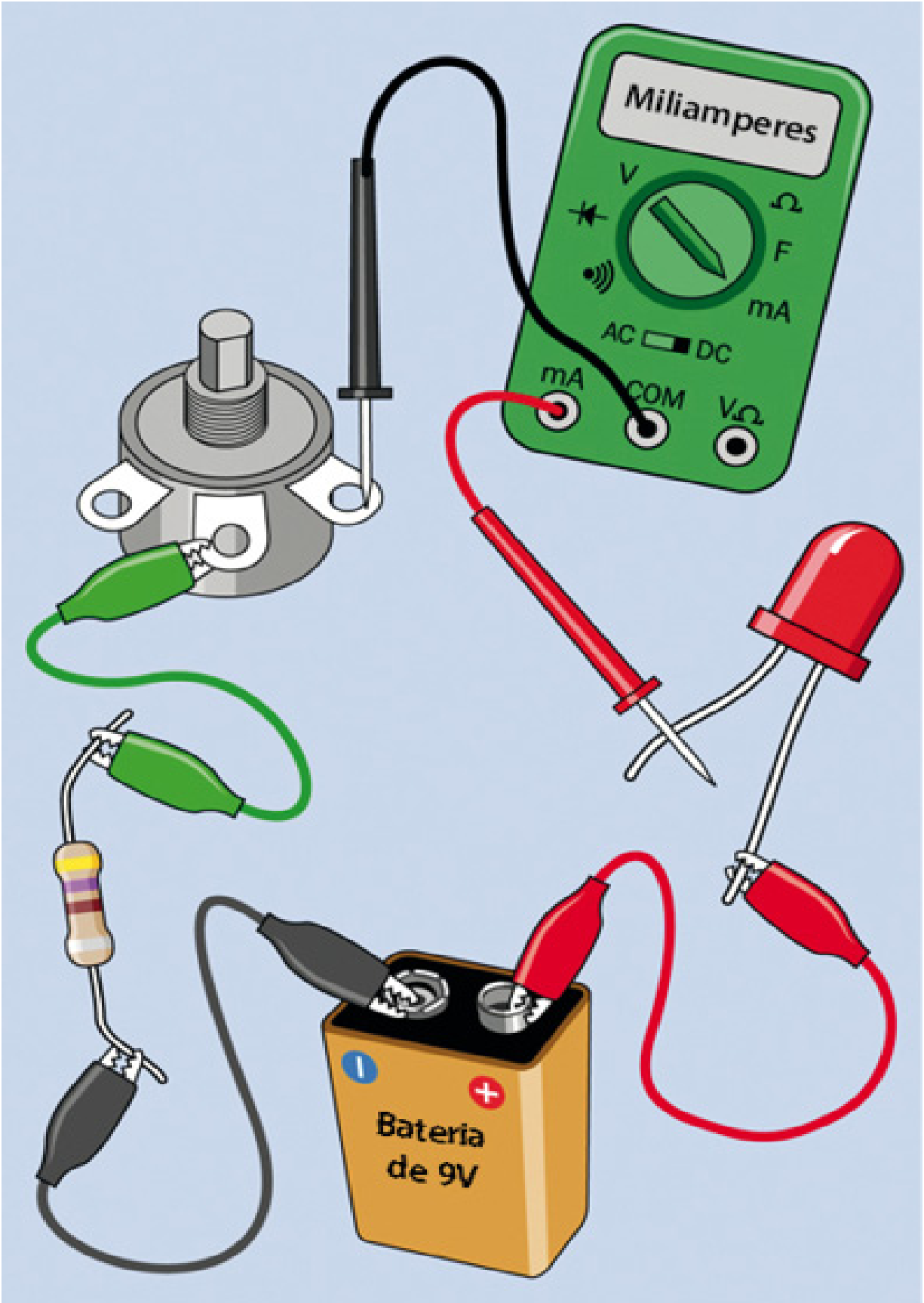
## Cuidado: sobrecarga do multímetro

Cuidado ao medir corrente. Por exemplo, se você encostar as pontas de prova diretamente nos terminais de uma bateria e o multímetro estiver configurado para medir mA, você criará uma sobrecarga instantânea e o fusível interno do multímetro queimará. Um multímetro barato não incluirá fusíveis extras, portanto você terá que abrir o estojo, verificar o valor do fusível e procurar online até achar um substituto exato. É muito chato (já passei por isso mais de uma vez). Um multímetro muito barato talvez nem tenha um fusível fácil de substituir.

- Sempre meça a corrente quando houver componentes no circuito para restringir o fluxo.
- Como precaução, se seu multímetro tiver um soquete separado para medir corrente, conecte a ponta vermelha nesse soquete apenas quando estiver realizando a tarefa. Depois disso, mova a ponta vermelha para o soquete volts/ohms.

## Verificando a corrente

Insira o multímetro entre o LED e o potenciômetro, como mostrado na Figura 1.55.

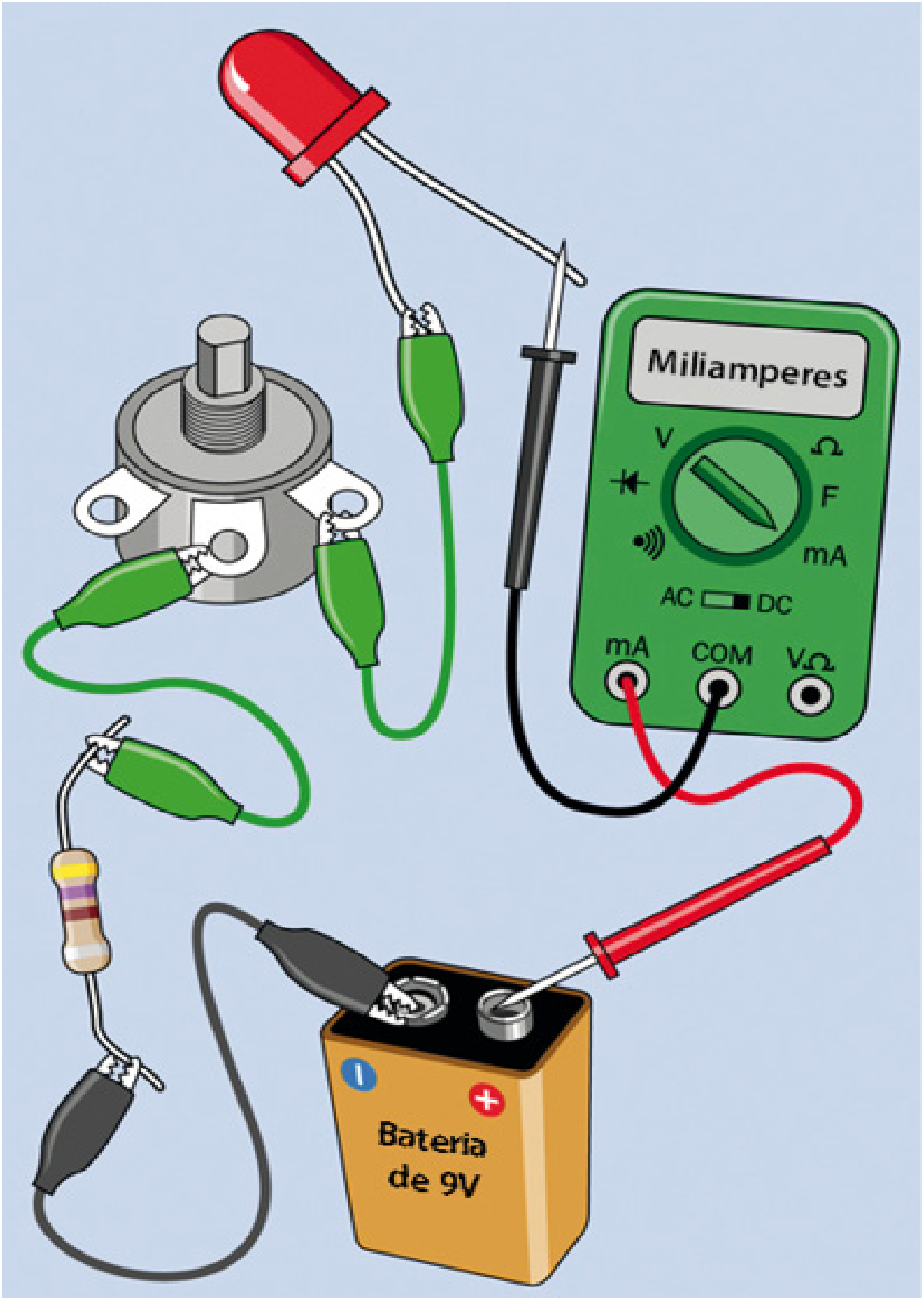


*Figura 1.55 – A corrente passa pelo multímetro ao circular pelo circuito.*

À medida que você ajusta o potenciômetro para cima e para baixo perceberá que a resistência variante no circuito muda o fluxo de corrente – a *amperagem*. O LED queimou no experimento anterior, pois a corrente excessiva esquentou-o e o calor derreteu seu interior, como um fusível. Uma resistência maior limita a amperagem.

Aqui está um teste interessante. Gire o potenciômetro totalmente no sentido anti-horário. Anote o valor de corrente medida.

Sem reajustar o potenciômetro, mova o multímetro e insira-o entre a bateria e o LED, como mostrado na Figura 1.56.



*Figura 1.56 – A corrente que flui por um circuito simples é sempre a mesma em qualquer ponto do circuito, independentemente de onde ela seja medida.*

Qual o valor da corrente agora? Ele deve ser exatamente o mesmo que antes – ou quase o mesmo, admitindo pequenas mudanças na resistência resultantes da mudança dos cliques jacaré.

- A corrente é a mesma em todos os pontos de um circuito simples. Ela tem que ser, pois o fluxo de elétrons não tem outro lugar para ir.

## Fazendo medições

Chegou a hora de resolver esta questão com alguns números. Isto permitirá estabelecer a regra mais fundamental de toda a eletrônica.

Remova o LED do circuito e insira o multímetro diretamente entre a bateria e o potenciômetro. Remova o resistor de 470 ohms e substitua-o pelo de 1 K (com as cores marrom-preto-vermelho), como mostrado na Figura 1.57. Agora a única resistência no circuito é fornecida pelo potenciômetro de 1 K e o resistor de 1 K. (Seu multímetro também tem certa resistência, mas ela é tão pequena que podemos ignorá-la. Os fios e os cliques jacaré também apresentam uma pequena resistência, mas os valores são ainda menores que a do multímetro.)

Gire o potenciômetro totalmente no sentido horário para que ele apresente uma resistência quase zero. Agora a única resistência no circuito é o resistor de 1.000 ohms. Quanta corrente seu multímetro indica que está fluindo pelo circuito?

Gire o potenciômetro até uma posição média para que ele crie uma resistência de 500 ohms. A resistência total no circuito é agora de aproximadamente 1.500 ohms. Quanta corrente seu multímetro indica agora?

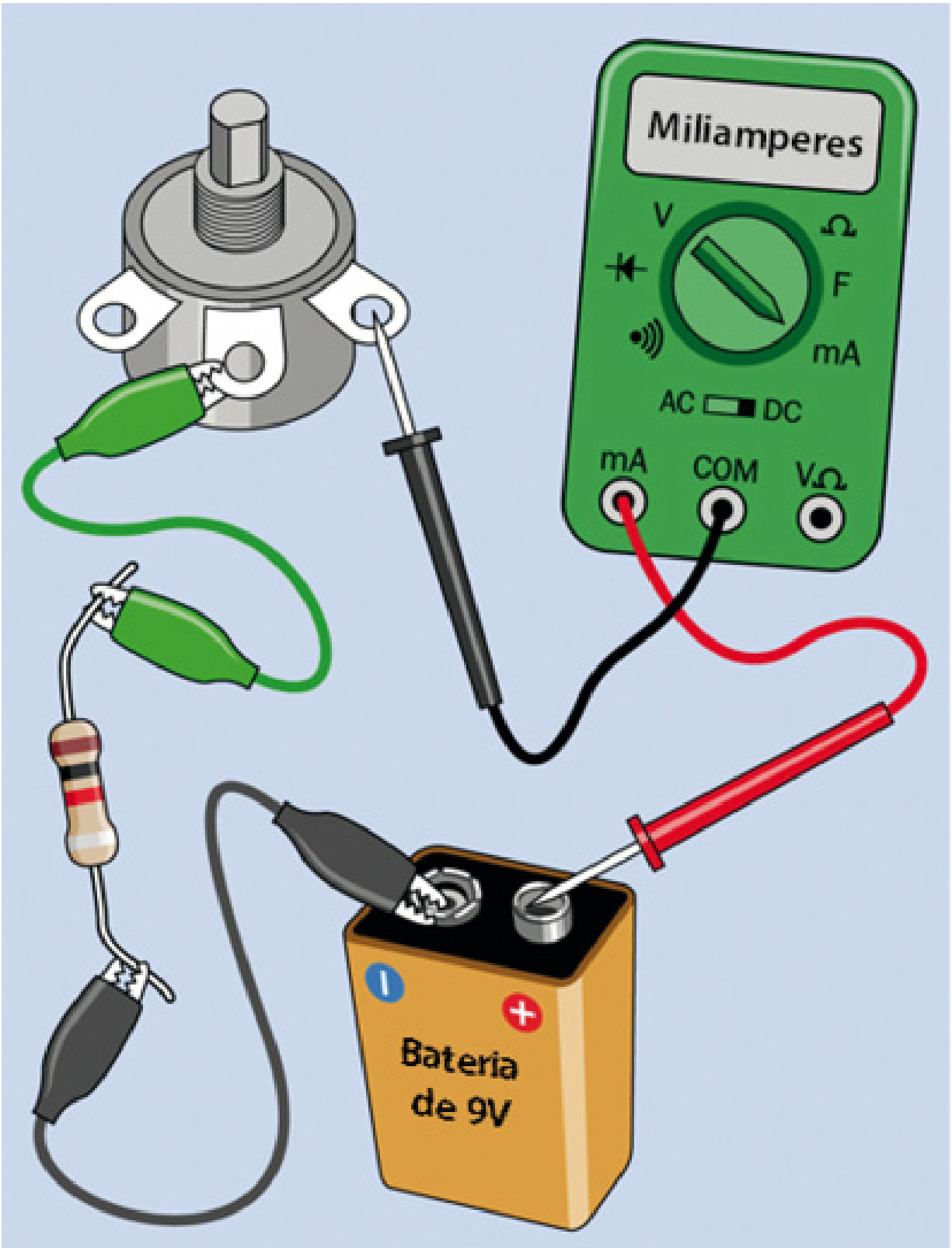


Figura 1.57 – Neste teste final com o LED você irá se livrar dele. Gire o potenciômetro totalmente no sentido anti-horário para que sua

resistência total faça parte do circuito, além do resistor, totalizando 2.000 ohms. Qual a amperagem agora?

Quando eu fiz este experimento, eu obtive os valores mostrados abaixo. Seus valores devem ser praticamente os mesmos.

9 mA com resistência total de 1 K

6 mA com resistência total de 1,5 K

4,5 mA com resistência total de 2 K

Notou algo de interessante? Em cada linha, se você multiplicar o número à esquerda pelo número à direita, o resultado é sempre 9. E por acaso 9 volts é a tensão da bateria.

Nós temos apenas três medições, mas se você executar um teste mais detalhado usando uma série de resistores de valores fixos, aposto que o resultado será o mesmo. Resumindo a questão:

tensão da bateria = miliamperes × quilohms

Espera um pouco: 1 K é 1.000 ohms e 1 mA é 1/1.000 de um ampere. Portanto, usando as unidades fundamentais de volts, amperes e ohms, na verdade nossa fórmula deveria ser:

tensão = (amperes / 1.000) × (ohms × 1.000)

(Estou usando o símbolo /, normalmente chamado de “barra”, para dizer “dividido por”.)

Os dois fatores de 1.000 se cancelam e nós chegamos a:

volts = amperes × ohms

Esta é conhecida como a *Lei de Ohm*. Ela é absolutamente fundamental.

## Fundamentos: Lei de Ohm

A forma geral de expressar a Lei de Ohm é:

tensão = corrente × resistência

que geralmente é abreviada assim:

$$V = I \times R$$

A letra I representa o fluxo de corrente, pois originalmente a corrente



era medida por sua *indutância*, isto é, a capacidade de induzir efeitos magnéticos. Talvez fosse mais útil se outra letra, como C, fosse usada para representar a corrente, mas é tarde demais para convencer todo mundo a mudar. Você só precisa lembrar que I quer dizer corrente.

Deslocando os termos, obtemos estas versões da fórmula:

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Para aplicar a fórmula, é preciso garantir que as unidades sejam consistentes. Se V for medida em volts e I for medida em amperes, então R precisa ser medida em ohms.

E se você mediu uma corrente em miliamperes? Você precisa expressá-la em amperes. Por exemplo, uma corrente de 30 mA precisa ser escrita como 0,03 na fórmula, pois 0,03 A = 30 mA. Se estiver confuso, use uma calculadora para dividir miliamperes por 1.000 para obter um valor em amperes. Da mesma forma, divida milivolts por 1.000 para obter um valor em volts.

Para minimizar o risco de erros, você pode memorizar a Lei de Ohm usando as unidades reais, assim:

$$\text{volts} = \text{amperes} \times \text{ohms}$$

$$\text{amperes} = \text{volts} / \text{ohms}$$

$$\text{ohms} = \text{volts} / \text{amperes}$$

Lembre-se:

- Volts são medidos como uma *diferença de tensão* entre dois pontos em um circuito simples. Ohms são a resistência entre os mesmos dois pontos. Amperes são a corrente que flui pelo circuito.

## Fundamentos: série e paralelo

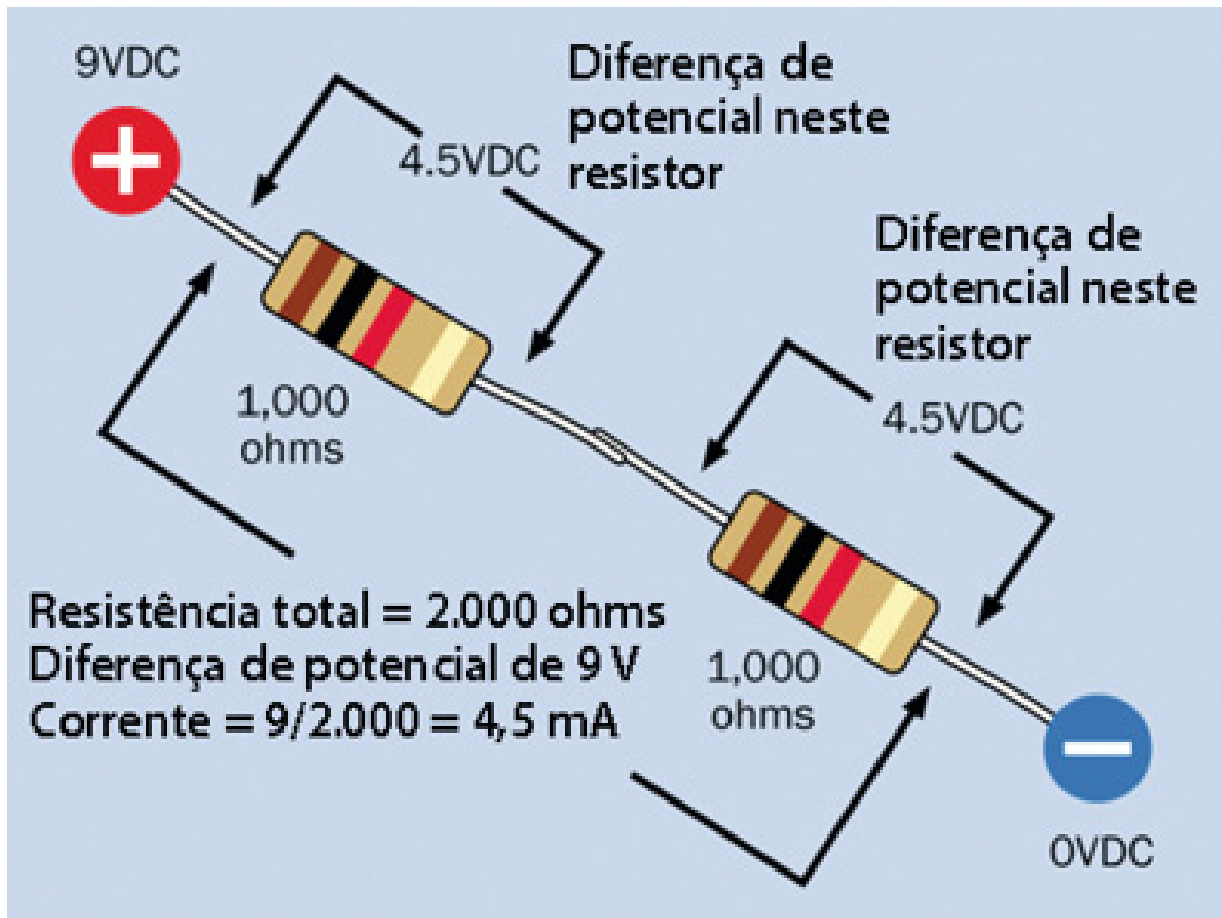
Em seu circuito de teste, o resistor e o potenciômetro foram conectados em *série*, o que significa que a eletricidade precisou passar por um antes de atravessar o outro. A alternativa seria colocá-los lado a lado, em *paralelo*.

- Resistores em série são posicionados de modo que um venha

depois do outro.

- Resistores em paralelo são posicionados lado a lado.

Quando você coloca dois resistores de igual valor em série, você dobra a resistência total, pois a eletricidade tem que passar por duas barreiras em sequência. Isto é mostrado na Figura 1.58.



*Figura 1.58 – Dois resistores de mesmo valor em série.*

Quando você coloca dois resistores de igual valor em paralelo, você reduz a resistência total pela metade, pois você está oferecendo à eletricidade dois caminhos de igual resistência ao invés de um. Isto é mostrado na Figura 1.59.

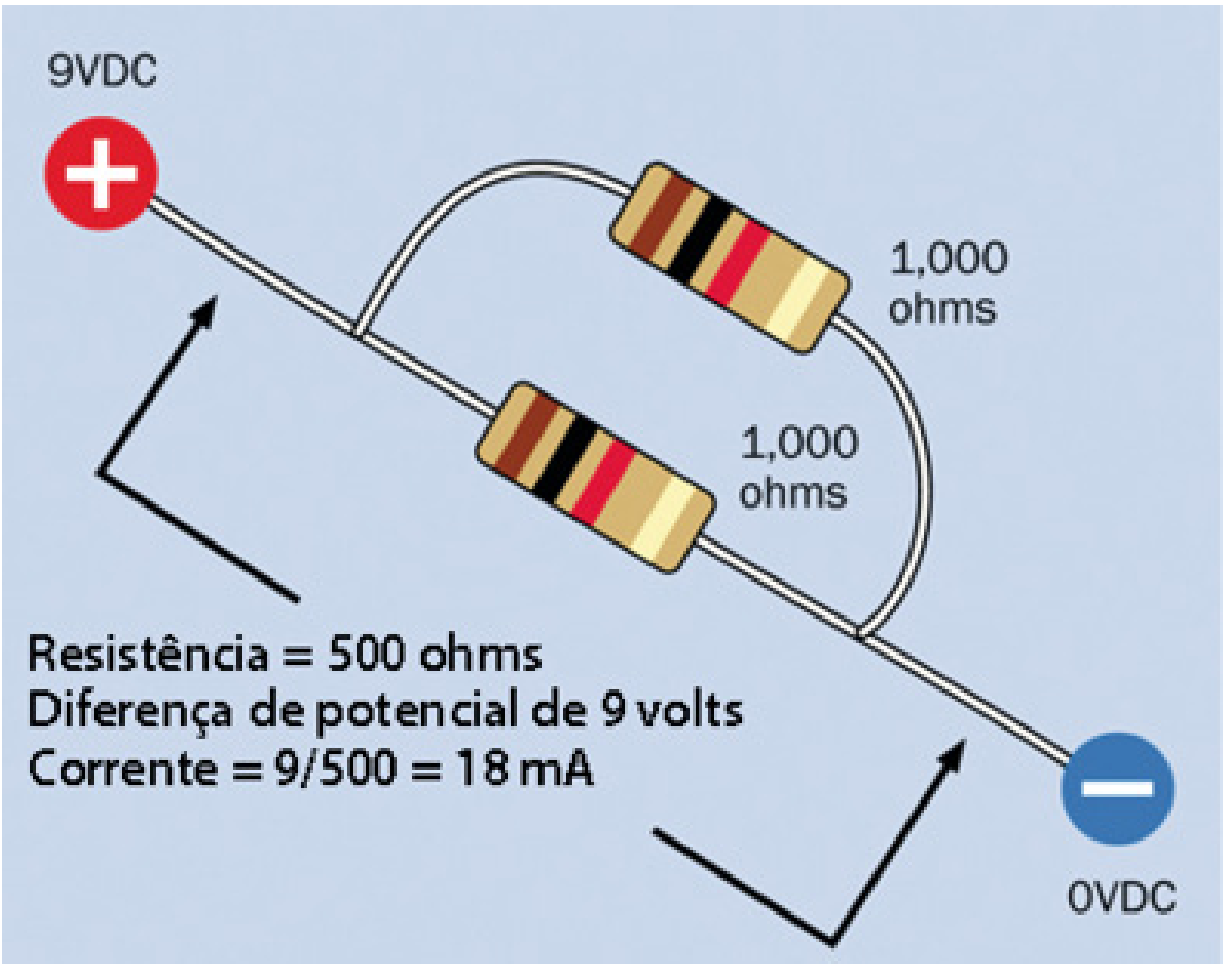


Figura 1.59 – Dois resistores de mesmo valor em paralelo.

Em ambas as figuras, a corrente em miliamperes foi calculada usando a Lei de Ohm.

Na verdade, normalmente não precisamos colocar dois resistores em paralelo, mas, em geral, colocamos outros tipos de componentes em paralelo. Todas as lâmpadas em sua casa, por exemplo, são ligadas em paralelo em relação à alimentação principal. Portanto, é útil entender que a resistência em um circuito diminui se você continuar acrescentando componentes em paralelo. Ao mesmo tempo, à medida que você adiciona mais caminhos para a eletricidade fluir, a corrente total pelo circuito aumenta.

### Usando a Lei de Ohm

A Lei de Ohm é extremamente útil. Por exemplo, ela pode dizer com

precisão qual resistência colocar em série com um LED para protegê-lo adequadamente e ao mesmo tempo gerar o máximo de luz possível.

O primeiro passo é descobrir a especificação do LED definida pelo fabricante. Essas informações estão facilmente disponíveis em uma especificação que pode ser localizada online. Suponha que você tem um LED fabricado pela Vishay Semiconductors. Você sabe que o código da peça é TLHR5400, pois ele está impresso em uma etiqueta quando você recebeu uma sacola de LEDs pelo correio e separou a etiqueta e guardou junto com os LEDs. (Pelo menos, é o que você deveria ter feito.)

Basta pesquisar no Google o código de peça e o nome do fabricante:

vishay tlhr5400

O primeiro resultado é a especificação mantida pela Vishay. Descendo, você encontrará as informações necessárias. Eu incluí o lado esquerdo e direito de uma captura de tela na Figura 1.60. Eu destaquei o código de peça do componente em vermelho no lado esquerdo e dois tipos de tensão direta à direita. “Típ” significa típica e “Máx”, como você deve ter adivinhado, significa máxima. Portanto, o LED funciona tipicamente com uma diferença potencial de 2 V. Mas o que significa “a ID (mA)”? Lembre-se que a letra I é usada para representar a corrente que passa pelo circuito. A letra D significa “Direto”. Portanto, a tensão direta na tabela é medida com uma corrente direta de 20 mA, que é o valor recomendado para este LED.

## PRODUCT GROUP AND PACKAGE DATA

- Product group: LED
- Package: 5 mm
- Product series: standard
- Angle of half intensity:  $\pm 30^\circ$

PARTS TABLE			FORWARD VOLTAGE (V)					TEC
PART	COLOR	LUMINO	$I_F$ nA)	MIN. TYP. MAX.			at $I_F$ (mA)	
		MIN		MIN.	TYP.	MAX.		
TLHR5400	Red	1.7	10	-	2	3	20	GaA
TLHR5400-AS12Z	Red	1.7	10	-	2	3	20	GaA
TLHR5401	Red	1.5	10	-	2	3	20	GaA
TLHR5405	Red	1.25	10	-	2	3	20	GaA
TLHR5405-AS12Z	Red	1.25	10	-	2	3	20	GaA
TLHR5405-AS21	Red	1.25	10	-	2	3	20	GaA

Figura 1.60 – Captura de tela das especificações de um LED.

E se o LED for um Kingbright WP7113SGC? Desta vez, o segundo resultado da pesquisa do Google leva às especificações adequadas, na qual a segunda página especifica uma tensão direta típica de 2,2 V, tensão máxima de 2,5 V e uma corrente direta máxima de 25 mA. O layout das especificações da Kingbright é diferente do da Vishay, mas as informações continuam sendo fáceis de achar.

Vamos ficar com o LED da Vishay. Agora que você sabe que ele funciona bem com 2 V e 20 mA, a Lei de Ohm determina o resto.

### Qual o valor do resistor?

No circuito simples mostrado na Figura 1.61, é preciso saber o valor correto do resistor. Lembre-se da regra que mencionei antes:

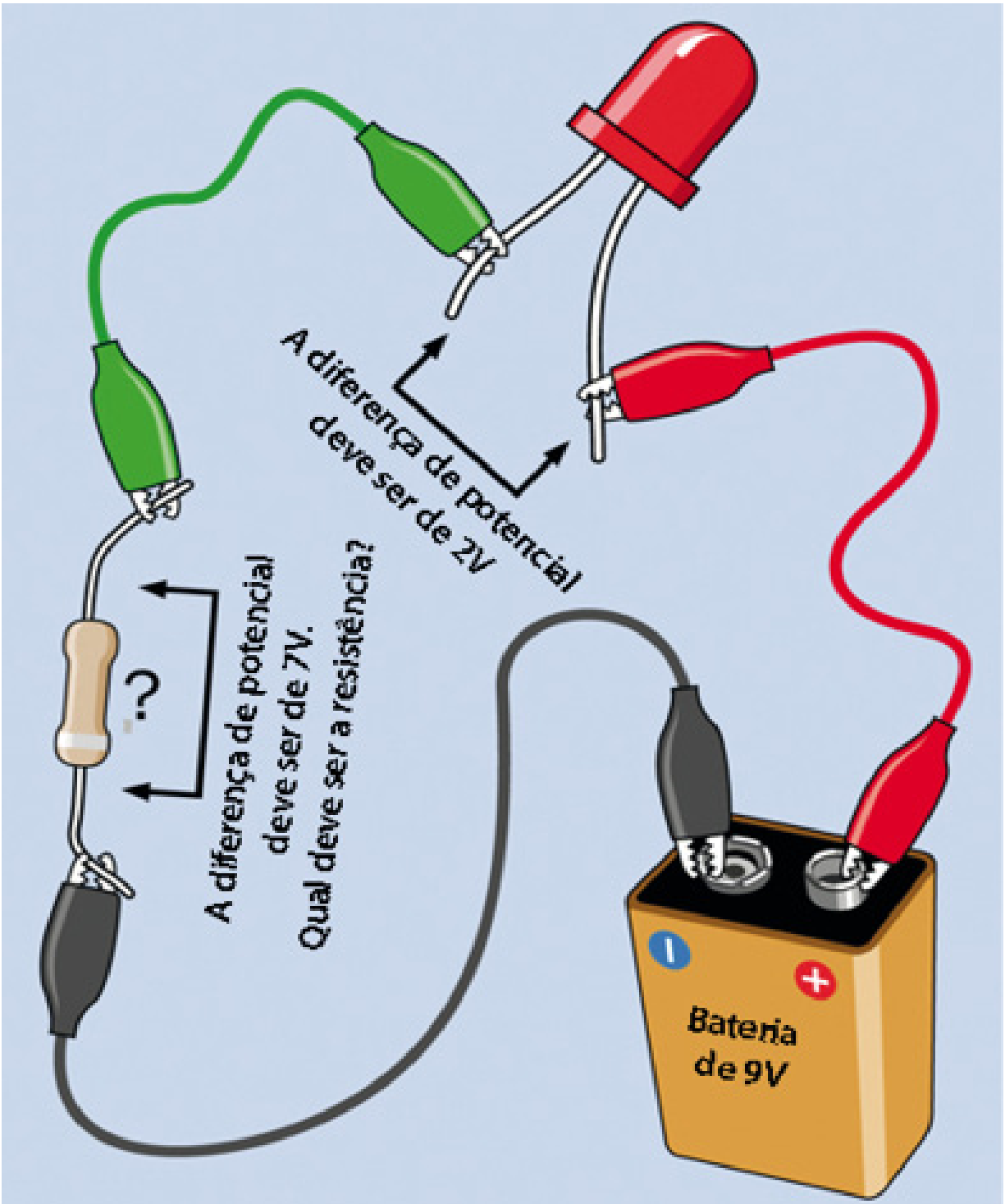


Figura 1.61 – Este circuito básico permite calcular o valor do resistor.

- Se você somar as diferenças de potencial de todos os dispositivos no circuito, o total será o mesmo que a tensão fornecida pela bateria.

A bateria é de 9 V, dos quais queremos que o LED fique com 2 V. Portanto, o resistor precisa reduzir a tensão em 7 V. E a corrente? Lembre-se da outra regra mencionada anteriormente:

- A corrente em um circuito simples é a mesma em todos os pontos do circuito.

Portanto, a corrente pelo resistor será a mesma corrente que passa pelo LED. Sua meta é 20 mA, mas a Lei de Ohm requer que você torne as unidades compatíveis. Se você está lidando com volts e ohms, é preciso expressar a corrente em amperes. Bem, 20 mA são 20 / 1.000 amperes, o que dá 0,02 amperes.

Vamos agora anotar o que já sabemos, o que é sempre o primeiro passo:

$$V = 7$$

$$I = 0,02$$

Que versão da fórmula da Lei de Ohm deve ser usada? Aquela em que o valor desconhecido que você quer saber fica à esquerda. No caso, seria essa:

$$R = V / I$$

Aplique os valores de V e I à fórmula, desta forma:

$$R = 7 / 0,02$$

Vou lhe contar um truque para fazer cálculos envolvendo vírgulas decimais, mas para economizar tempo, use sua calculadora para obter a resposta:

$$7 / 0,02 = 350 \text{ ohms}$$

Este não é um valor-padrão para resistores, mas 330 ohms é. Caso você use um LED mais sensível, você pode também escolher o próximo valor-padrão de resistência, que é 470 ohms. Lembra que eu usei um resistor de 470 ohms no Experimento 3? Agora você sabe a razão: eu fiz as contas.

Algumas pessoas cometem o erro de pensar que quando dividem volts por amperes para descobrir o valor correto do resistor em série, elas devem usar a tensão de alimentação (9 V neste caso). Isto não é correto, porque a tensão de alimentação é aplicada ao

resistor e ao LED. Para descobrir o valor do resistor, é preciso considerar apenas a diferença de potencial entre seus terminais, que é 7V.

O que acontece se você usar uma fonte de alimentação diferente? Mais adiante, eu usarei uma alimentação de 5 V em vários experimentos. Como isso alterará o valor correto do resistor?

O LED ainda precisa de 2 V. A alimentação é de 5 V, portanto o resistor precisa reduzir 3 V. A corrente deve continuar a mesma e o cálculo agora fica assim:

$$R = 3 / 0,02$$

Portanto, a resistência deve ser de 150 ohms. Mas você não precisa que o LED emita seu brilho máximo e talvez você use um LED que apresente um limite menor que 20 mA. Além disso, se uma bateria está alimentando o circuito, é bom reduzir o consumo de energia para que ela dure mais tempo. Tendo isso em mente, você pode usar o próximo valor-padrão de resistor, que seria 220 ohms.

### Histórico: fios quentes

Já mencionei que fios têm uma resistência muito baixa. Ela é tão baixa a ponto de poder ser ignorada? Na verdade, não. Se uma corrente alta passar pelo fio, ele esquentará como você viu quando a bateria de 1,5 volt foi colocada em curto no Experimento 2. E se o fio esquentar, você pode ter certeza de que alguma tensão está sendo bloqueada pelo fio, deixando menos tensão disponível para outros dispositivos ligados a ele.

Mais uma vez, você pode usar a Lei de Ohm para estabelecer alguns valores.

Suponha que um pedaço muito longo de fio tenha uma resistência de 0,2 ohm. Você quer passar uma corrente de 15 amperes por ele para alimentar um dispositivo que consome muita energia.

Comece anotando os valores conhecidos:

$$R = 0,2 \text{ (resistência do fio)}$$

$$I = 15 \text{ (amperagem pelo circuito)}$$



Você deseja saber o valor de  $V$ , a queda de tensão entre uma extremidade e a outra do fio. Então deve usar a versão da Lei de Ohm, na qual  $V$  está à esquerda:

$$V = I \times R$$

Aplique os valores:

$$V = 15 \times 0,2 = 3 \text{ volts}$$

Três volts não é muito se você tem uma fonte de alimentação de alta voltagem, mas se você estiver usando uma bateria automotiva de 12 volts, este comprimento de fio ficará com um quarto da tensão disponível.

Agora você sabe por que os fios nos automóveis são relativamente grossos – para gastar o mínimo possível da tensão de 12 V.

## Fundamentos: decimais

O lendário político britânico, Sir Winston Churchill, é famoso por reclamar das “malditas vírgulas”. Ele estava se referindo às vírgulas decimais. Como Churchill era ministro das Finanças à época, supervisionava todas as despesas do governo, mas sua dificuldade com decimais era um problema. Mesmo assim, ele conseguiu se virar no tradicional estilo inglês e você também conseguirá.

Suponha que você tem decimais em uma divisão. É possível facilitar o cálculo movendo a vírgula decimal na parte de cima e de baixo da divisão pelo mesmo número de casas. Quando quiser saber o resultado da divisão  $7 / 0,02$  para descobrir o valor do resistor a ser colocado em série com o LED, você pode mover a vírgula duas casas decimais para a direita:

$$7 / 0,02 = 700 / 2$$

É muito mais fácil. Observe que se mover uma vírgula decimal para a direita além do dígito, é preciso adicionar um zero para cada posição extra. Quando você move a vírgula decimal em  $7,0$  duas casas para a direita, o resultado é 700.

E se houver decimais em uma multiplicação? Por exemplo, você precisa multiplicar  $0,03$  por  $0,002$ . Uma vez que você está

multiplicando em vez de dividir, é preciso mover as casas decimais nas direções opostas. Assim:

$$0,03 \times 0,002 = 3 \times 0,00002$$

O resultado é 0,00006. Mais uma vez, se você estiver muito confuso, pode usar uma calculadora. Mas, às vezes, é mais rápido usar caneta e papel – ou mesmo fazer de cabeça.

## Teoria: a matemática na ponta da língua

Voltarei à pergunta que fiz no experimento anterior: por que sua língua não esquentou?

Agora que você conhece a Lei de Ohm, já pode descobrir a resposta. Suponha que a bateria fornece os 9 volts nominais e sua língua tem uma resistência de 50 K, isto é, 50.000 ohms. Como sempre, comece anotando as informações disponíveis:

$$V = 9$$

$$R = 50.000$$

Você quer saber a corrente,  $I$ , então deve usar a versão da Lei de Ohm que coloque esta variável à esquerda:

$$I = V / R$$

Aplicando os valores:

$$I = 9 / 50.000 = 0,00018 \text{ amperes}$$

Mova a vírgula decimal três posições para converter de amperes para miliamperes:

$$I = 0,18 \text{ mA}$$

Esta corrente é muito baixa. Ela não produzirá muito calor.

E quando você colocou a bateria em curto? Quanto de corrente é necessário para esquentar os fios? Bem, suponha que os fios tenham uma resistência de 0,1 ohms (provavelmente é menos, mas vamos supor 0,1 para começar). Anote os dados conhecidos:

$$V = 1,5$$

$$R = 0,1$$

Mais uma vez estou tentando descobrir a corrente  $I$ , então usarei:

$$I = V / R$$

Aplicando os valores:

$$I = 1,5 / 0,1 = 15 \text{ amperes}$$

Isto é quase 100.000 vezes a corrente que talvez tenha passado pela sua língua. Ela gerou um calor significativo em um fio fino.

Um aquecedor ou uma ferramenta elétrica de grande porte, como uma serra de mesa, pode puxar 15 amperes. Talvez você esteja se perguntando se aquela pequena bateria AA realmente poderia fornecer tanta corrente assim. A resposta é... não tenho certeza. Não pude medir a corrente com meu multímetro, porque 15 A queimaria seu fusível, mesmo se seu conectar a ponta de prova no soquete de alta corrente indicado como 10 A. Mas eu tentei com um fusível de 10 amperes em vez de 3 amperes e o fusível sobreviveu.

Por quê? A Lei de Ohm diz que a corrente deve ser de 15 A, mas por algum motivo ela foi menor. Talvez a resistência do fio no suporte da bateria fosse maior que 0,1 ohms? Não, provavelmente era menor. Então, o que estava limitando a corrente a um valor menor que aquele previsto pela Lei de Ohm?

A resposta é que tudo no mundo cotidiano tem alguma resistência elétrica, *mesmo uma bateria*. Sempre se lembre que uma bateria é uma parte ativa do circuito.

Lembra-se que ao colocar a bateria em curto, ele esquentou, assim como os fios? Definitivamente, a bateria tem alguma *resistência interna*. Você pode ignorá-la quando lida com correntes baixas em miliamperes, mas, para correntes altas, a bateria está ativamente envolvida.

É por isso que alertei para o uso de uma bateria maior (especialmente uma bateria de carro). Baterias maiores têm resistência interna muito menor, permitindo correntes muito maiores, o que pode gerar quantidades explosivas de calor. Uma bateria de carro é projetada para fornecer literalmente centenas de amperes quando ela liga um motor de arranque. É corrente suficiente para derreter fios e causar queimaduras sérias. Na verdade, você pode soldar metal usando uma bateria de carro.

Baterias de lítio também têm uma baixa resistência interna, o que as torna muito perigosas quando colocadas em curto.

Aqui vai uma mensagem para ter sempre em mente:

- Corrente alta não é tão perigosa quanto alta tensão. Mas é perigosa mesmo assim.

## Histórico: o watt

Até agora não mencionei uma unidade com a qual todos estão familiarizados: watts.

Um watt é uma unidade de potência e quando a potência é aplicada durante um período de tempo, ela realiza algum trabalho. Um engenheiro talvez dissesse que trabalho é feito quando uma pessoa, um animal ou uma máquina leva algo a superar a resistência mecânica. Exemplos poderiam ser um carro trafegando por um trecho plano de estrada (superando o atrito e a resistência do ar) ou uma pessoa subindo uma escada (superando a força da gravidade).

Quando um watt de potência é aplicado por um segundo, o trabalho realizado é de um *joule*, geralmente representado pela letra J. Se P for usado para representar potência:

$$J = P \times s$$

Ou se a fórmula for invertida:

$$P = J / s$$

Quando os elétrons se deslocam por um circuito, eles estão superando um tipo de resistência e, portanto estão realizando um trabalho.

A definição elétrica de um watt é fácil:

$$\text{watts} = \text{volts} \times \text{amperes}$$

Ou, usando as unidades normalmente atribuídas, com W significando watts, estas três fórmulas significam a mesma coisa:

$$W = V \times I \text{ (watts = volts} \times \text{ amperes)}$$

$$V = W / I$$

$$I = W / V$$

Os termos miliwatts (mW), quilowatts (kW) e megawatts (MW) são comumente usados em diferentes situações—megawatts geralmente reservados para equipamentos de grande porte como geradores em centrais elétricas. Cuidado para não confundir o m minúsculo na abreviatura de miliwatts com o M maiúsculo na abreviatura de megawatts. Uma tabela de conversão para miliwatts, watts e quilowatts é mostrada na Figura 1.62.

Miliwatts	Watts	Quilowatts
1mW	0.001W	0.000001kW
10mW	0.01W	0.00001kW
100mW	0.1W	0.0001kW
1,000mW	1W	0.001kW
10,000mW	10W	0.01kW
100,000mW	100W	0.1kW
1,000,000mW	1,000W	1kW

*Figura 1.62 – Tabela de conversão para os múltiplos mais comuns de watts.*

Lâmpadas incandescentes antigas são calibradas em watts. E os sistemas estéreos também. O watt é uma homenagem a James Watt, inventor do motor a vapor. Incidentalmente, watts podem ser convertidos em cavalos-vapor e vice-versa.

Resistores geralmente são classificados como sendo capazes de lidar com 1/4 watt, 1/2 watt, 1 watt e valores maiores. Para todos os projetos deste livro, você pode usar resistores de 1/4 watt. Como sei disso?

Voltemos ao primeiro circuito com LED, usando uma bateria de 9 V. Lembre-se que você queria que o resistor tivesse uma diferença de

potencial de 7 volts com uma corrente de 20 mA. Quantos watts de potência o resistor teria que suportar?

Anote os dados conhecidos:

$$V = 7 \text{ (diferença de potencial no resistor)}$$

$$I = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ amperes}$$

Você quer saber o valor de  $W$ , portanto use esta versão da fórmula:

$$W = V \times I$$

Aplique os valores:

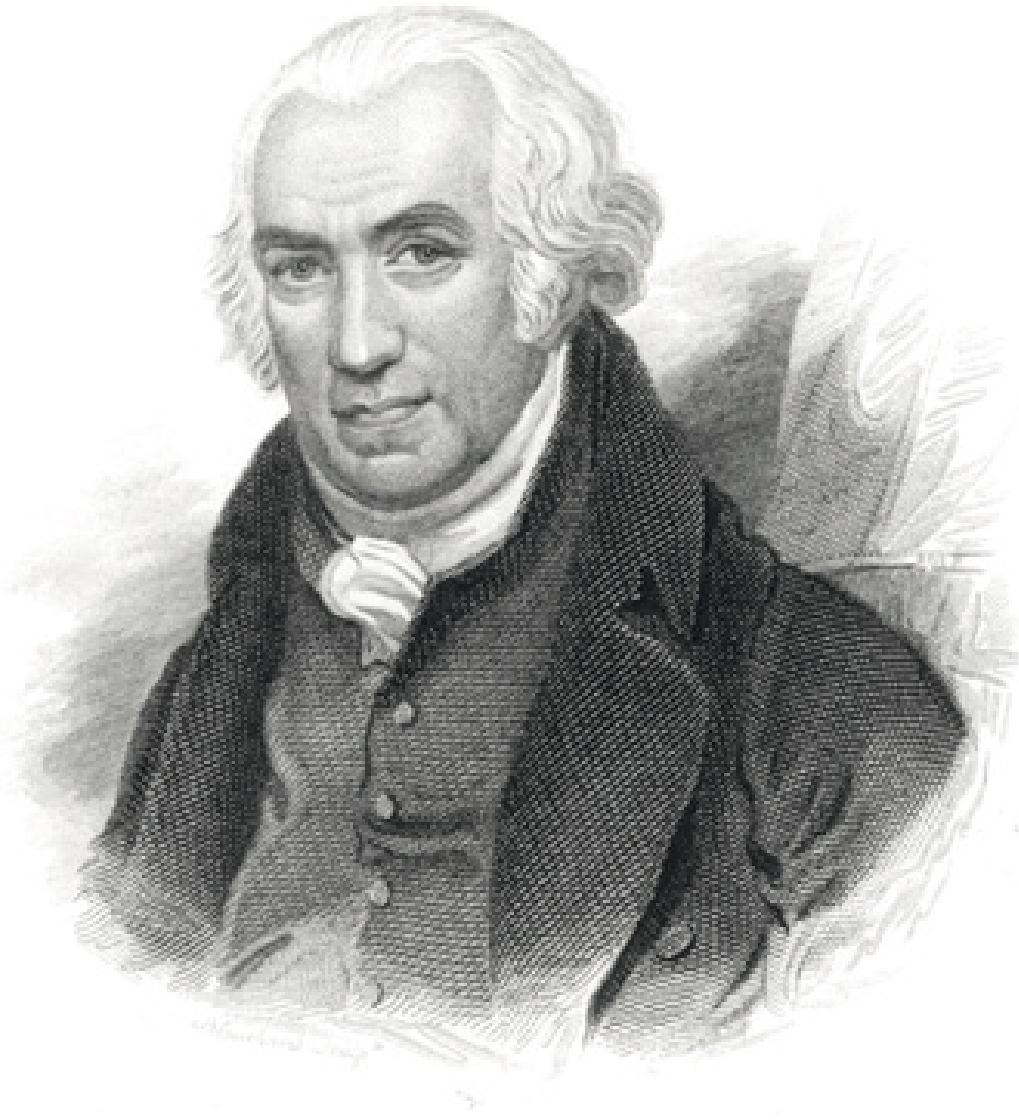
$$W = 7 \times 0,02 = 0,14 \text{ watts}$$

Esta é a potência dissipada pelo resistor.

Uma vez que 1/4 watt é o mesmo que 0,25 watts, um resistor de 1/4 watt não terá problemas para lidar com 0,14 watts. Na verdade, você poderia usar um resistor de 1/8 watt, mas em futuros experimentos podemos precisar de resistores que suportem 1/4 watt, e não há problema em usar um resistor classificado para mais watts do que o necessário. Eles apenas custam um pouco mais e são um pouco maiores.

### Histórico: as origens da potência em watts

James Watt, mostrado na Figura 1.63, é conhecido como o inventor do motor a vapor.



*Figura 1.63 – James Watt desenvolve o motor a vapor, possibilitando a revolução industrial. Depois de sua morte, ele foi homenageado ao ter seu nome aplicado à unidade básica de potência elétrica.*

Nascido em 1736, na Escócia, ele montou uma pequena oficina na Universidade de Glasgow, onde batalhou para aperfeiçoar um projeto eficiente para usar vapor para mover um pistão em um cilindro. Problemas financeiros e o estado primitivo da metalurgia atrasaram sua aplicação prática até 1776.

Apesar das dificuldades para obter patentes (que na época só poderiam ser concedidas por um Ato do Parlamento), Watt e seu parceiro de negócios acabaram por ganhar muito dinheiro com suas inovações. Embora ele seja anterior aos pioneiros da eletricidade,

em 1889 (70 anos após sua morte) seu nome foi atribuído à unidade básica de potência elétrica, que pode ser definida multiplicando-se amperes por volts.

## Limpeza e reciclagem

O LED queimado pode ser jogado fora. Todo o resto é reutilizável.

## Experimento 5: Vamos fazer uma bateria

Muito tempo atrás, antes de a internet existir, as crianças eram terrivelmente carentes e tentavam se divertir com experimentos caseiros como fazer uma bateria enfiando um prego e uma moeda em um limão. Difícil de acreditar, mas é verdade!

Agora que LEDs modernos emitem luz quando alguns miliampères passam por eles, o experimento antigo da bateria de limão é mais interessante. Se você nunca tentou, agora é o momento certo.

## O que será necessário

- Limões (2) ou uma garrafinha de suco concentrado de limão (1)
- Moedas revestidas de cobre, como moedas de cinco centavos de real (4)
- Suportes de aço revestidos de zinco de uma polegada (ou mais) de uma loja de ferragens (4)
- Cabos de teste com cliques jacaré em cada ponta (5)
- Multímetro (1)
- LED de baixa corrente (1). (Veja “Diodos emissores de luz”, para relembrar a diferença entre LEDs genéricos e de baixa corrente.)

## Configuração

Uma bateria é um dispositivo *eletroquímico*, o que quer dizer que reações químicas geram eletricidade. Naturalmente, isso só funciona se você tiver os elementos químicos corretos e os que vou usar são cobre, zinco e suco de limão.



O suco é fácil de arrumar. Limões são baratos ou você pode comprar uma daquelas garrafinhas de suco concentrado de limão. Qualquer um dos dois funciona.

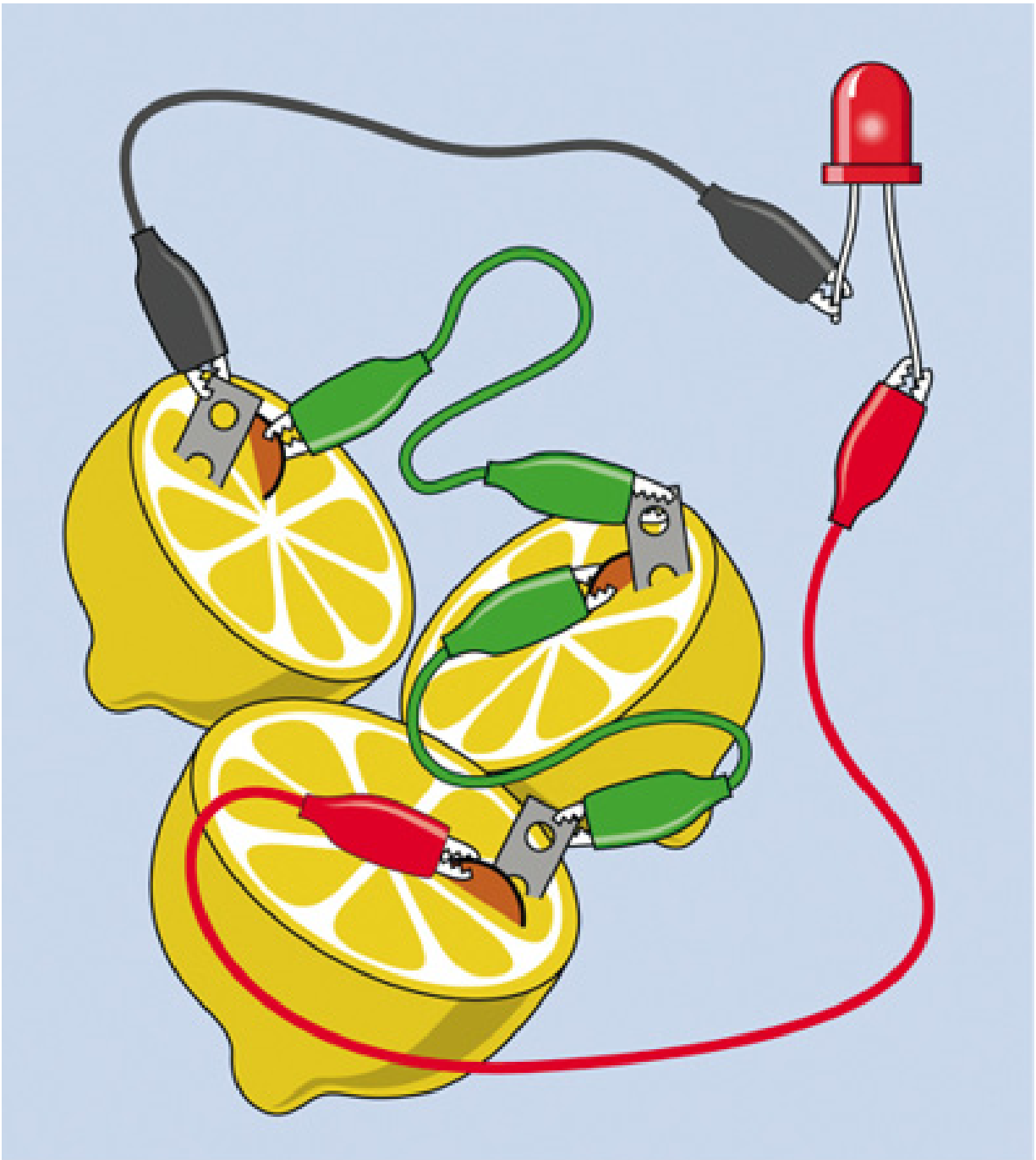
As moedas de cinco centavos são revestidas de cobre e isso é suficiente. Certifique-se de que suas moedas sejam novas e brilhantes. Se o cobre oxidou, a moeda terá uma coloração marrom e o experimento não funcionará.

O zinco é um pouco mais problemático. O que você precisa é de um pedaço de metal *galvanizado*, o que quer dizer revestido de zinco para evitar ferrugem. Pequenos suportes de aço galvanizado devem estar disponíveis em lojas de ferragens e não custam muito. Suportes que medem uma polegada (2,5 cm) de cada lado servem.

### Teste do limão: parte um

Corte um limão ao meio e insira uma moeda de cinco centavos nele. Insira o suporte galvanizado o mais perto possível da moeda (mas não a tocando). Agora configure o multímetro para medir até 2 V DC e encoste uma das pontas na moeda e a outra no suporte. Você perceberá que o multímetro detecta entre 0,8 e 1 V.

Para alimentar um LED típico, você precisa de mais tensão. Como obtê-la? Colocando baterias em série. Em outras palavras, mais limões! Você usará os cabos de teste para ligar as baterias, como mostrado na Figura 1.64. Observe que cada cabo de teste conecta um suporte a uma moeda. Não conecte moedas com moedas ou suportes com suportes.



*Figura 1.64 – Uma bateria de três limões deve gerar energia suficiente para iluminar um LED de baixa corrente.*

Se você configurar tudo com atenção, mantendo as moedas e os suportes pertos um do outro, mas sem se tocar, você será capaz de iluminar seu LED com três baterias de limão em série.

Outra opção é usar uma caixa para guardar pequenas peças,

dividida em pequenas seções, como mostrado na Figura 1.65. Quando tudo estiver corretamente alinhado, despeje um pouco de suco de limão concentrado. Vinagre ou suco de grapefruit também podem funcionar.



*Figura 1.65 – Suco de limão, da própria fruta ou de uma garrafa de suco concentrado, produzirá resultados confiáveis, mesmo que o equipamento não pareça tão legal. Aqui uma caixa para guardar pequenas peças foi transformada em bateria de suco de quatro células.*

Decidi por uma bateria de suco de quatro células, pois o LED derruba um pouco a tensão e a bateria não é capaz de fornecer corrente suficiente para danificar o LED. A configuração na foto funcionou imediatamente.

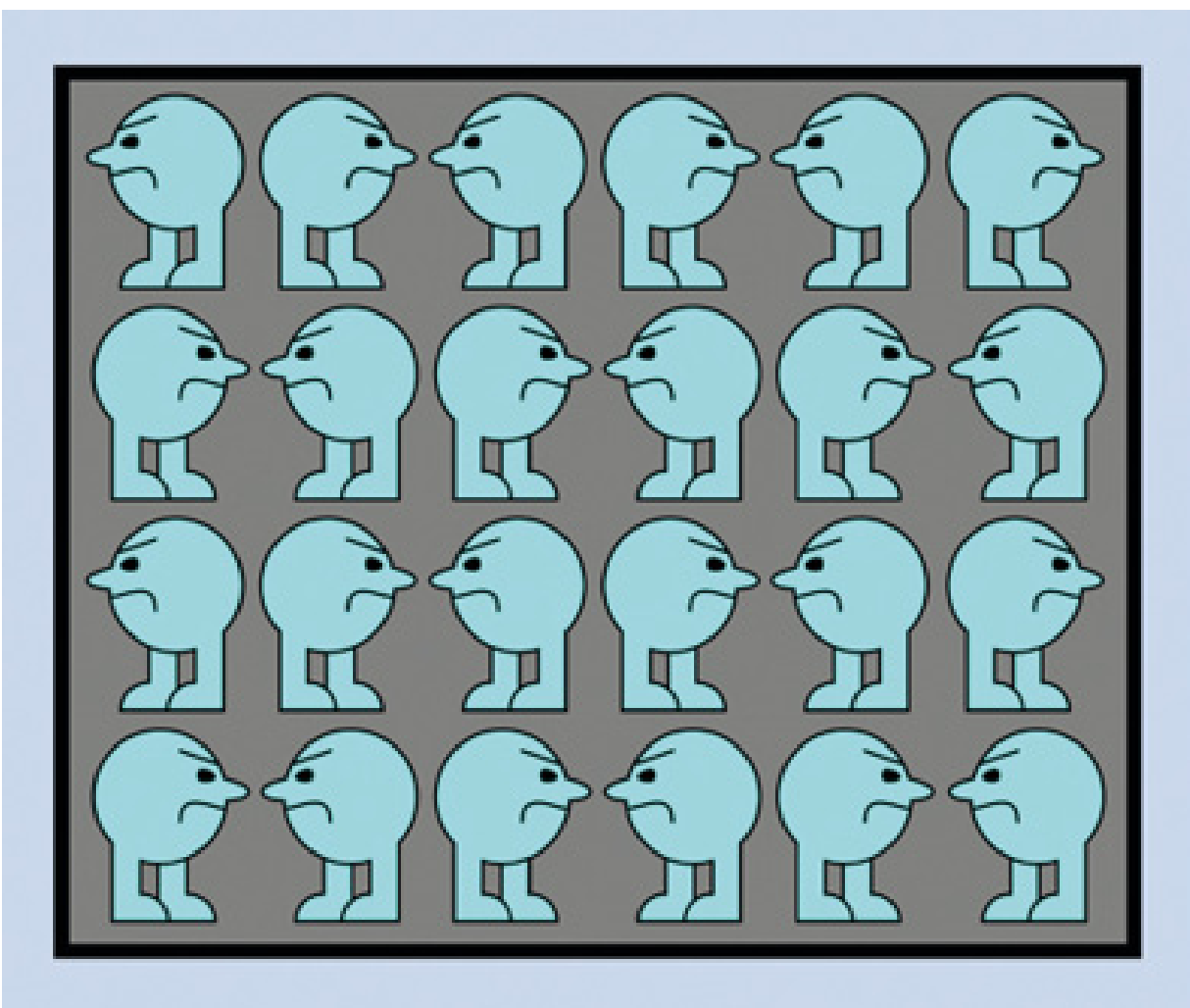
### Teoria: a natureza da eletricidade

Para entender por que a bateria de limão funciona, é preciso começar com algumas informações básicas sobre átomos. Cada átomo consiste em um núcleo central contendo partículas chamadas

prótons, que têm uma carga positiva. O núcleo é envolto por elétrons, que carregam uma carga negativa.

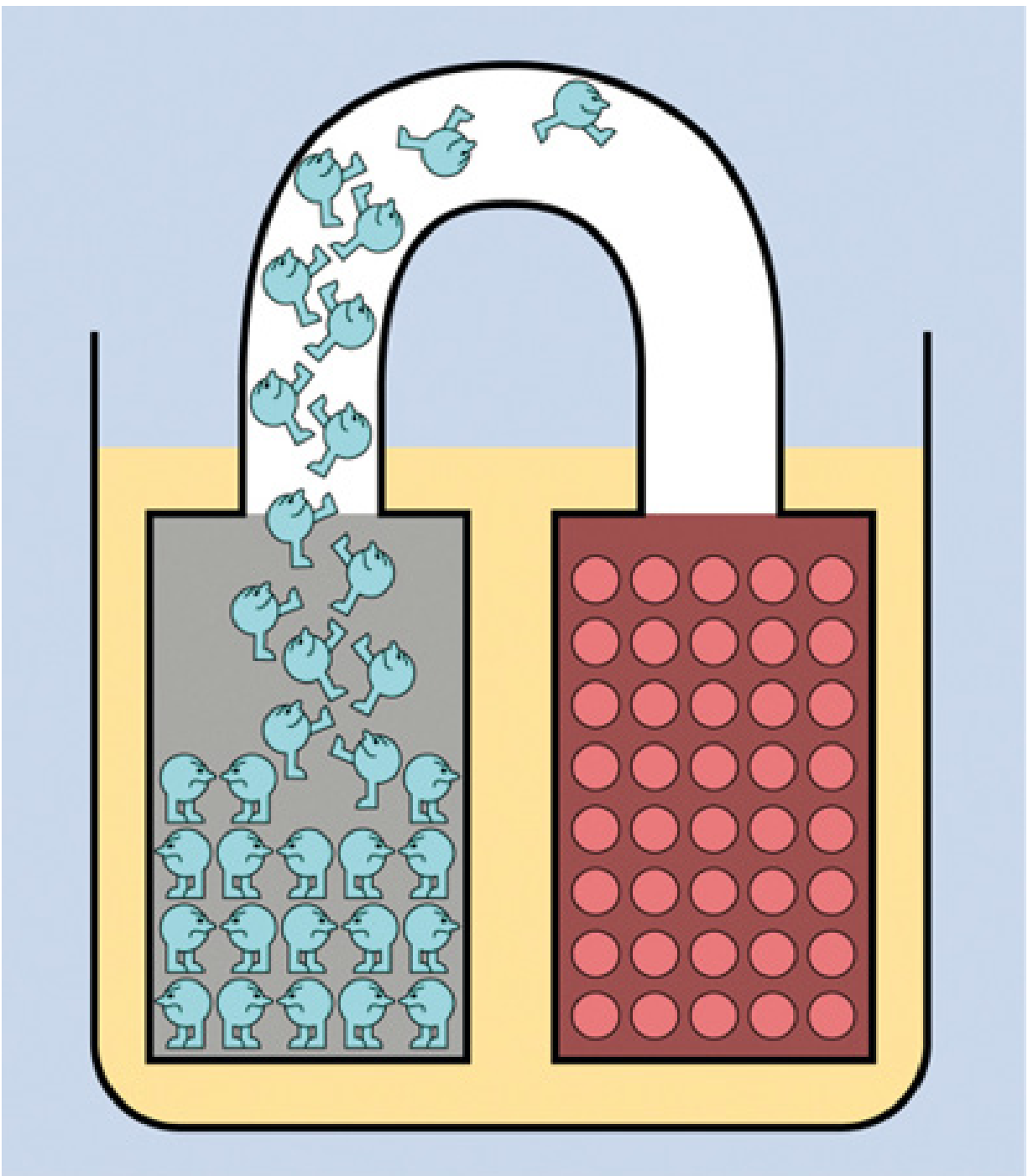
Quebrar o núcleo de um átomo requer muita energia e também pode liberar muita energia – como acontece em uma explosão nuclear. Mas convencer alguns elétrons a sair do átomo (ou entrar em um átomo) consome bem pouca energia. Por exemplo, quando o zinco reage quimicamente com um ácido, isto pode liberar elétrons.

A reação logo para se a peça revestida de zinco não estiver conectada a nada, já que os elétrons se acumulam e não têm para onde ir. Eles têm uma força mútua de repulsão e você pode imaginá-los como uma multidão de pessoas hostis, cada uma querendo que as outras se afastem e se recusando a permitir que outras pessoas se juntem a elas, como mostrado na Figura 1.66.



*Figura 1.66 – Elétrons em um eletrodo apresentam um mau comportamento conhecido como mútua repulsão.*

Agora pense no que acontece quando um fio conecta o eletrodo de zinco, que tem um excesso de elétrons, a outro eletrodo, feito de um material diferente (como cobre), que contém “lacunas” para os elétrons ocuparem. Os elétrons podem passar pelo fio facilmente pulando de um átomo para o outro. Assim que abrimos este caminho, a mútua repulsão faz com que os elétrons tentem escapar uns dos outros para sua nova morada o mais rápido possível. Assim é criada uma corrente elétrica. Veja a Figura 1.67.



*Figura 1.67 – Elétrons escapando de um eletrodo de zinco para um eletrodo de cobre.*

Agora que a população de elétrons no eletrodo de zinco foi reduzida, a reação zinco-ácido pode continuar, substituindo os elétrons faltantes por novos – que prontamente imitam seus antecessores e tentam fugir uns dos outros passando pelo fio. Eles se movem com

tanta força que podemos desviá-los através de um LED e eles liberarão parte de sua energia acendendo-o.

O processo continua até que a reação zinco-ácido para, geralmente porque cria uma camada de um composto como óxido de zinco, que não reage com o ácido e evita que o ácido reaja com o zinco subjacente. (É por isso que o eletrodo de zinco estava com a aparência suja de fuligem quando você o retirou do eletrólito ácido.)

Esta descrição se aplica a uma *bateria primária*, isto é, uma bateria que está pronta para gerar eletricidade assim que uma conexão entre seus terminais permitir que os elétrons se transfiram de um eletrodo para outro. A quantidade de corrente que uma bateria primária pode gerar é determinada pela velocidade na qual as reações químicas dentro da bateria podem liberar elétrons. Quando o metal bruto nos eletrodos tiver sido todo usado em reações químicas, a bateria não pode gerar mais eletricidade e morre. Ela não pode ser recarregada facilmente, pois as reações químicas não são facilmente reversíveis e os eletrodos podem ter se oxidado.

Em uma bateria recarregável, também conhecida como *bateria secundária*, uma escolha mais inteligente de eletrodos e eletrólitos permite reverter as reações químicas.

## Histórico: positivo e negativo

Eu já mencionei que eletricidade é um fluxo de elétrons, que têm uma carga negativa. Neste caso, por que venho falando como se a eletricidade fluísse de um terminal positivo para o terminal negativo de uma bateria nos experimentos que realizei até agora?

A história começou com um fato constrangedor na história da pesquisa em eletricidade. Quando Benjamin Franklin estava tentando entender a natureza da corrente elétrica estudando fenômenos como relâmpagos durante tempestades, ele achava ter observado um fluxo de “fluido elétrico” entre o positivo e o negativo. Ele propôs este conceito em 1747.

Na verdade, Franklin havia cometido um erro infeliz que não foi corrigido até que o físico J. J. Thomson anunciou sua descoberta do

elétron em 1897. A eletricidade é um fluxo de partículas com carga negativa de uma área de maior carga negativa para outro local “menos negativo” ou “mais positivo”. Em uma bateria, os elétrons se originam no terminal negativo e fluem para o terminal positivo.

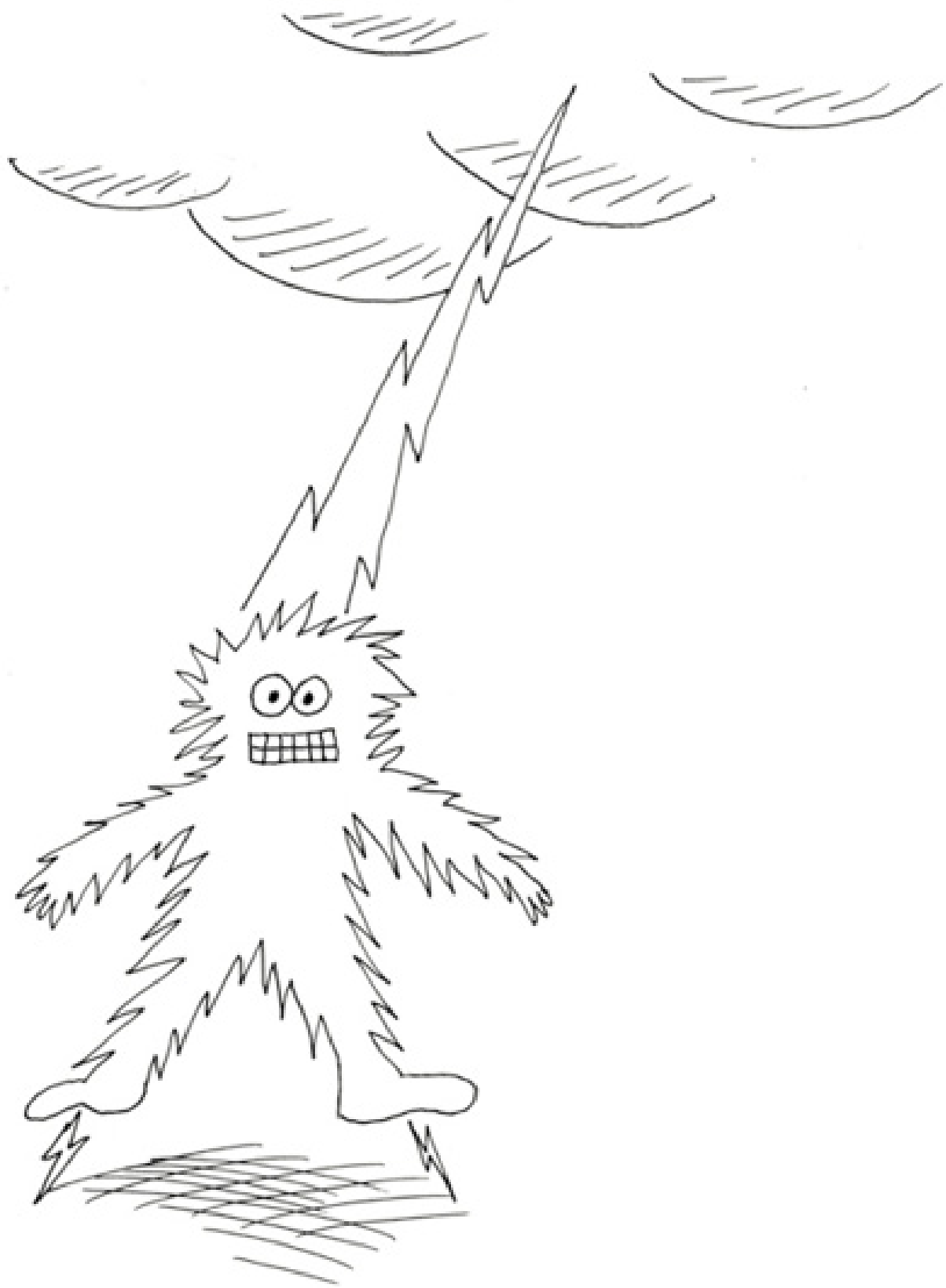
Talvez você ache que quando este fato foi estabelecido, todos deveriam ter descartado a ideia de Franklin de um fluxo do terminal positivo para o negativo. Mas as pessoas vinham pensando naqueles termos há 150 anos. Além disso, quando um elétron se move por um fio, você pode pensar como uma carga igual e positiva fluindo da direção oposta. Quando o elétron sai de casa, ele leva uma pequena carga negativa com ele; portanto, sua casa fica mais positiva. Quando o elétron chega a seu destino, sua carga negativa torna o destino um pouco menos positivo. É isso que aconteceria se uma partícula imaginária positiva fluísse na direção oposta. Além disso, todos os cálculos matemáticos descrevendo o comportamento elétrico continuam válidos se você aplicá-los ao fluxo imaginário de cargas positivas.

Por questões de tradição e conveniência, o conceito equivocado de Franklin sobre o fluxo do terminal positivo para o negativo sobreviveu e, no fim das contas, não faz diferença.

Nos símbolos que representam componentes como diodos e transistores, você encontrará setas indicando a posição em que esses componentes devem ser colocados no circuito – e as setas sempre apontam do positivo para o negativo, mesmo que as coisas não funcionem assim.

Quando Franklin estudou os relâmpagos, ele os via como uma carga elétrica que se movia de um domínio positivo (as nuvens no céu) para um reservatório negativo (o planeta Terra). Bem, é verdade que as nuvens são mais positivas, mas isto significa que na realidade o relâmpago é uma transferência de elétrons do solo para o céu. Isso mesmo: alguém “atingido por um relâmpago” pode se ferir por *emitir* elétrons e não por recebê-los, como mostrado na Figura 1.68.





*Figura 1.68 – Em algumas condições climáticas, o fluxo de elétrons durante um relâmpago pode sair do solo, passar por seus pés, sair pela sua cabeça e chegar até as nuvens. Benjamin Franklin teria ficado surpreso.*

## Teoria: medições básicas

Voltarei no tempo até as definições que você normalmente encontraria no início de um texto sobre eletrônica.

O potencial elétrico é medido adicionando-se as cargas dos elétrons individuais. A unidade básica é o *coulomb*, igual à carga total de 6.241.509.629.152.650.000 elétrons.

Se você souber quantos elétrons passam por um pedaço de fio por segundo, é possível calcular o fluxo de eletricidade, que pode ser expresso em amperes. Na verdade:

1 ampere = 1 coulomb/segundo

(cerca de 6,24 quintilhões de elétrons/segundo)

Mesmo se você conseguisse ver um fio por dentro enquanto a corrente elétrica passa por ele, os elétrons são menores que o comprimento de onda da luz visível, portanto você não poderia observá-los e há muitos deles, se movendo muito rápido. Entretanto, existem maneiras indiretas de detectá-los. Por exemplo, o movimento de um elétron cria uma onda de força eletromagnética. Mais elétrons criam mais força e esta força pode ser medida. Nós podemos calcular a amperagem a partir daí. O medidor de eletricidade instalado em sua casa pela companhia de luz funciona com este princípio.

A força necessária para empurrar elétrons por um condutor é a tensão, e ela cria um fluxo que pode gerar calor, como você viu quando colocou a bateria em curto. (Se o fio que você usou tivesse resistência zero, a eletricidade passando por ele não teria criado calor algum.) Podemos usar o calor diretamente, como em um forno elétrico, ou podemos usar a energia elétrica de outras formas – para acionar um motor, por exemplo. De qualquer forma, estamos usando a energia dos elétrons para realizar algum trabalho.

Um volt pode ser definido como a quantidade de pressão necessária para criar um fluxo de 1 ampere, que realiza um trabalho de 1 watt. Como definido anteriormente,  $1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampere}$ , mas, na verdade, a definição se originou de outra forma:

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ watt} / 1 \text{ ampere}$$

Faz mais sentido desta forma, pois um watt pode ser definido em termos não elétricos. Caso você esteja interessado, podemos fazer o caminho inverso pelas unidades do sistema métrico desta forma:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / \text{segundo}$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ newton força atuando através de } 1 \text{ metro}$$

$$1 \text{ newton acelera } 1 \text{ kg por } 1 \text{ m/s a cada seg.}$$

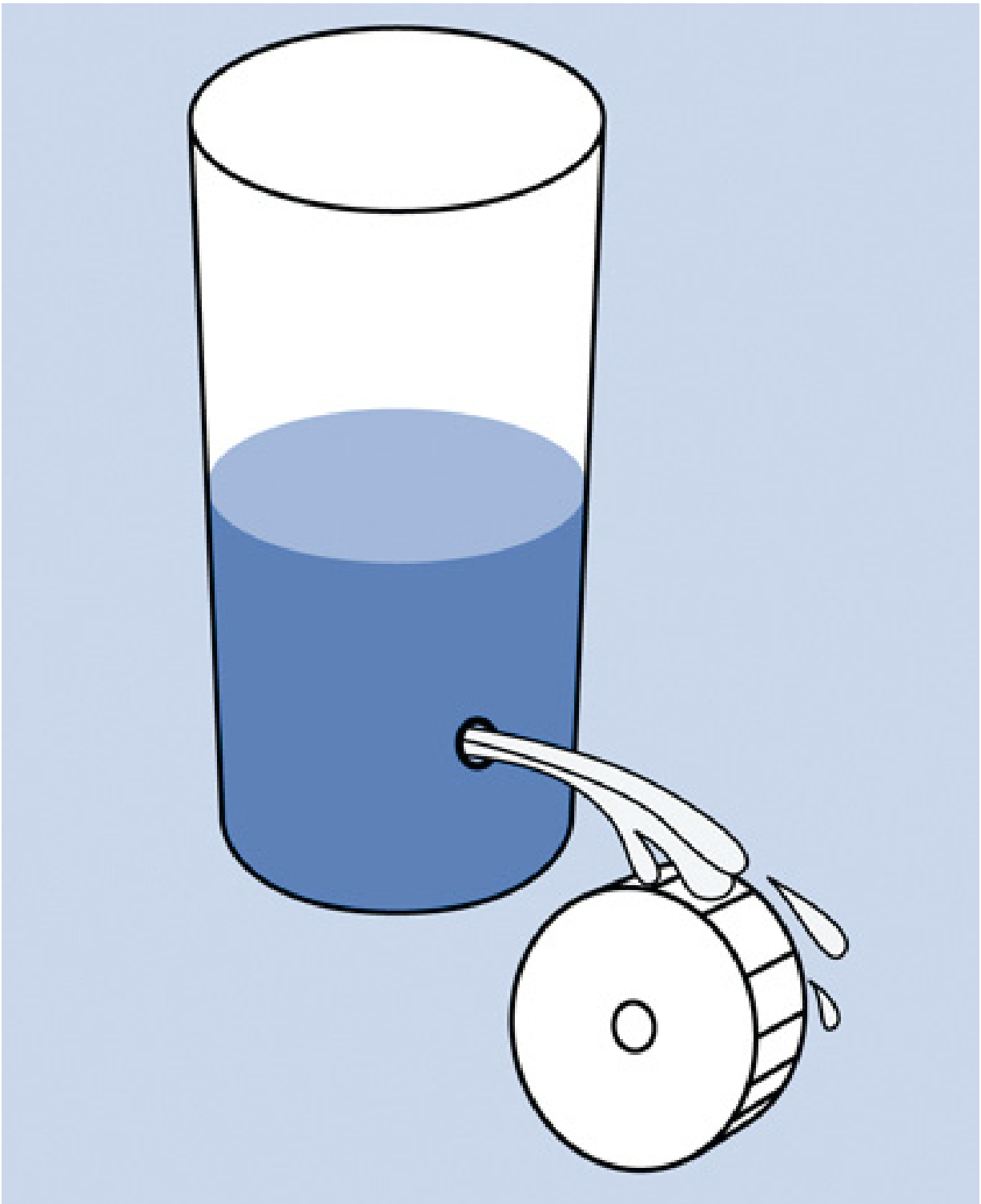
Baseado nisso, as unidades elétricas podem todas ser ancoradas com observações de peso, tempo e carga dos elétrons.

## Em termos práticos

Em termos práticos, penso que um conhecimento intuitivo de eletricidade pode ser mais útil que a teoria. Gostaria de voltar às analogias com água, que têm sido usadas por décadas nos manuais de eletricidade.

Na Figura 1.31 eu mostrei como a taxa de vazamento da água por um furo em um tanque pode ser comparada com amperagem, enquanto a altura da água no tanque cria pressão, comparável à voltagem e o tamanho do furo é equivalente à resistência.

O que é a potência nesta imagem? Suponha que você coloque uma pequena roda d'água na direção do fluxo de água que sai pelo furo, como mostrado na Figura 1.69. Você poderia acoplar alguma máquina à roda d'água. Agora o fluxo estaria realizando algum trabalho. (Lembre-se, a potência em watts é uma medida da taxa de realização de um trabalho.)



*Figura 1.69 – Se a roda extrai energia do fluxo de água, o fluxo agora está realizando algum trabalho, que poderia ser medido em watts durante um período de tempo.*

Talvez pareça que você está obtendo algo a partir de nada, extraindo

energia do fluxo de água sem devolver energia ao sistema. Lembrese, o nível de água no tanque está caindo. Assim que eu incluir alguns ajudantes para levar água de volta para o tanque, fica claro que é preciso colocar energia para extrair energia. Veja a Figura 1.70.

Da mesma forma, uma bateria parece fornecer energia sem receber nada, mas as reações químicas dentro dela estão transformando metais puros em compostos metálicos, e a energia que extraímos da bateria é possível graças a esta mudança de estado. Se for uma bateria recarregável, temos que devolver energia a ela durante o processo de carga para inverter as reações químicas.

Voltando ao tanque de água, suponha que não seja possível obter a energia suficiente para mover a roda. Uma resposta seria aumentar a altura da água para criar mais força, como na Figura 1.71.

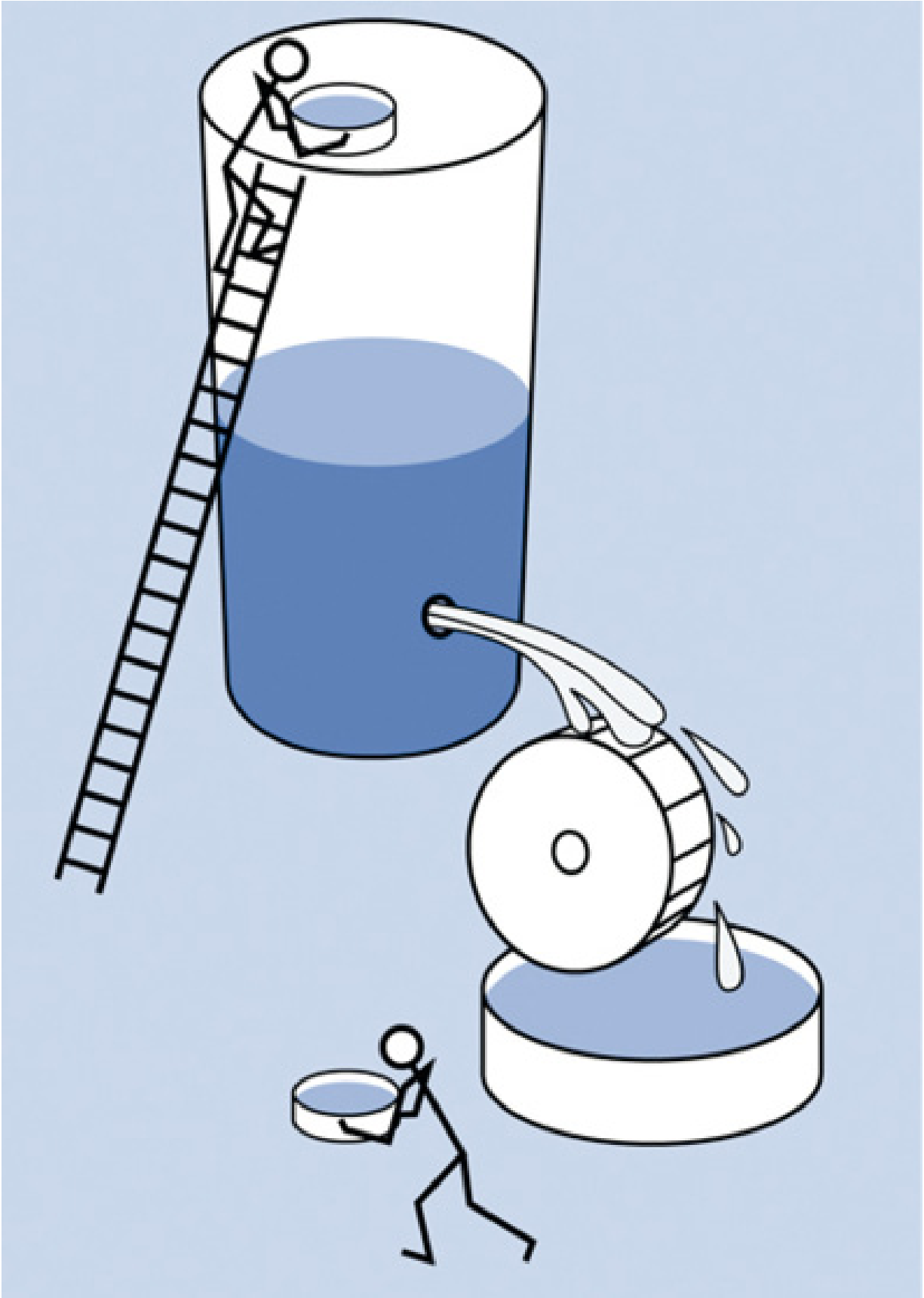


Figura 1.70 – Para continuar obtendo energia do sistema, é preciso gastar energia.

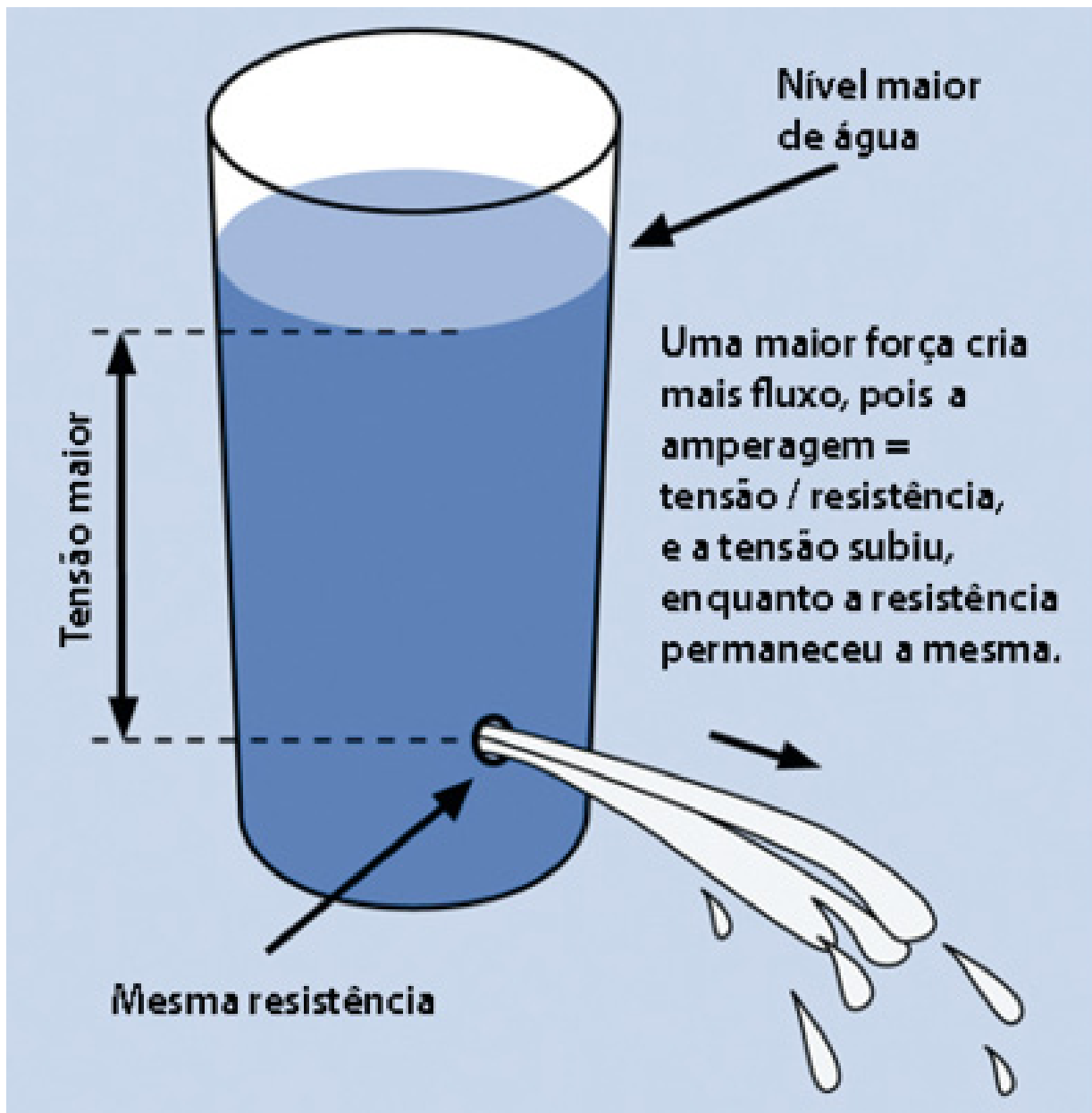
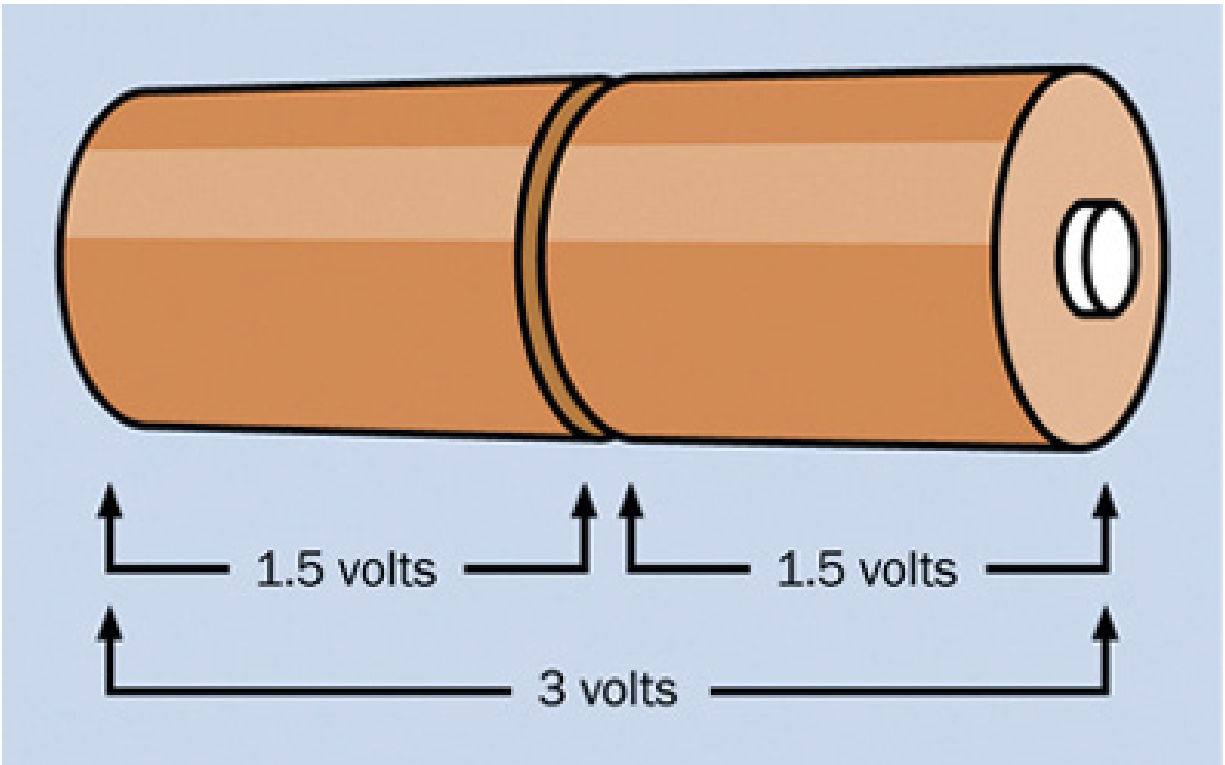


Figura 1.71 – A quantidade de potência disponível aumentará com maior pressão da água.

Isto seria o mesmo que colocar duas baterias em série, positivo com negativo (como sugeri com limões, na bateria de limão). Duas baterias em série dobra a voltagem, como mostrado na Figura 1.72. Desde que a resistência do circuito continue a mesma, maior voltagem criará mais amperagem, pois amperagem = voltagem /

resistência.



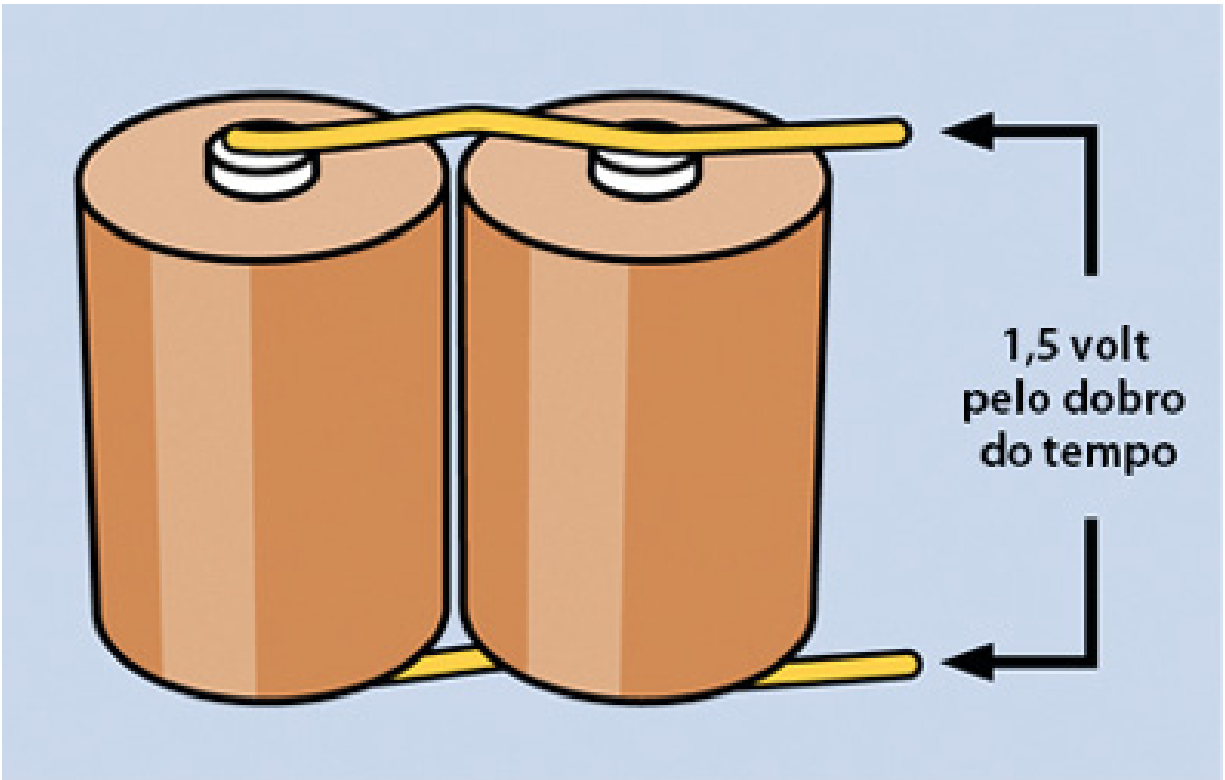
*Figura 1.72 – Duas baterias em série fornecem o dobro de voltagem de uma única bateria, desde que elas estejam totalmente carregadas.*

Pensando novamente na analogia do tanque, e se quisermos girar a roda pelo dobro do tempo e não for mais possível aumentar a capacidade do tanque? Talvez devêssemos construir um segundo tanque e juntar suas saídas. Da mesma forma, se você ligar duas baterias em paralelo, você obterá a mesma voltagem, mas as baterias durarão o dobro. E as duas baterias podem ser capazes de fornecer mais corrente que se você usar apenas uma. Veja a Figura 1.73.

Resumindo:

- Duas baterias em série fornecem o dobro de voltagem.
- Duas baterias em paralelo podem fornecer a mesma corrente pelo dobro do tempo, ou o dobro da corrente pelo mesmo período de tempo.





*Figura 1.73 – Baterias em paralelo, alimentando a mesma carga de antes, durarão o dobro. Além disso, elas podem fornecer o dobro de corrente que uma única bateria pelo mesmo período.*

Chega de teoria por enquanto. No próximo capítulo, continuarei com alguns experimentos que usarão os conhecimentos básicos de eletricidade para gradualmente levá-lo a dispositivos que possam ser divertidos e úteis.

### Limpeza e reciclagem

O hardware que você inseriu nos limões ou no suco de limão pode ter perdido a cor, mas pode ser reutilizado. Lembre-se que alguns íons de zinco podem ter sido depositados nos limões, portanto comê-los pode não ser uma boa ideia.

## Comutação

Este capítulo do livro contém os Experimentos 6 a 11, que exploram o tópico aparentemente simples da comutação – não apenas o controle manual, mas o uso de um fluxo de eletricidade para comutar, ou controlar, outro. É um princípio tão importante que nenhum dispositivo digital pode existir sem ele.

Hoje em dia, grande parte da comutação é feita com transistores. Tratarei deles em detalhe, mas antes disso darei um passo atrás e ilustrarei o conceito apresentando a você os relés, que são mais fáceis de entender, pois é possível ver o que acontece dentro deles. E antes de falar dos relés, vou mostrar como chaves ativadas manualmente podem demonstrar alguns dos conceitos seguintes. Portanto, a sequência será chaves-relés-transistores.

Este capítulo também tratará do conceito de capacitância, pois ele é quase tão fundamental quanto a resistência nos circuitos eletrônicos.

### Itens necessários para o capítulo 2

Como anteriormente, ao comprar ferramentas e equipamentos, veja “Comprando ferramentas e equipamentos”, para obter uma lista de compras. Se você quiser kits contendo componentes e suprimentos, veja “Kits”. Se você preferir comprar seus próprios componentes e suprimentos online, veja “Componentes”.

### Essencial: chaves de fenda pequenas

Um conjunto como aquele feito pela Stanley (código de produto 66-052) é mostrado na Figura 2.1. As chaves de fenda que você talvez já tenha em casa serão muito grandes para a maioria dos parafusos que você encontra nos componentes.

Você pode comprar conjuntos mais baratos de chaves de fenda

semelhantes ao da Figura 2.1, mas acho que a qualidade do aço é melhor em chaves de fenda de marcas conhecidas.



*Figura 2.1 – Chaves de fenda pequenas, com pontas planas e pontas Phillips. As linhas brancas estão separadas por intervalos de 1 polegada (2,5 cm).*

### Essencial: alicates de bico pequeno

Os *alicates de bico pequeno* necessários não medem mais que 12,5 cm de ponta a ponta. Eles serão usados para dobrar fios com precisão ou para apanhar pequenas peças nos locais em que um dedo ou polegar são muito grandes ou desajeitados. Para esse tipo de operação não vejo grande vantagem em gastar dinheiro extra em ferramentas de alta qualidade, portanto sinta-se à vontade para comprar os mais baratos. Um exemplo é mostrado na Figura 2.2. Esses têm cabos com molas, o que não agrada a algumas pessoas, mas você pode remover as molas – se você tiver um segundo par de

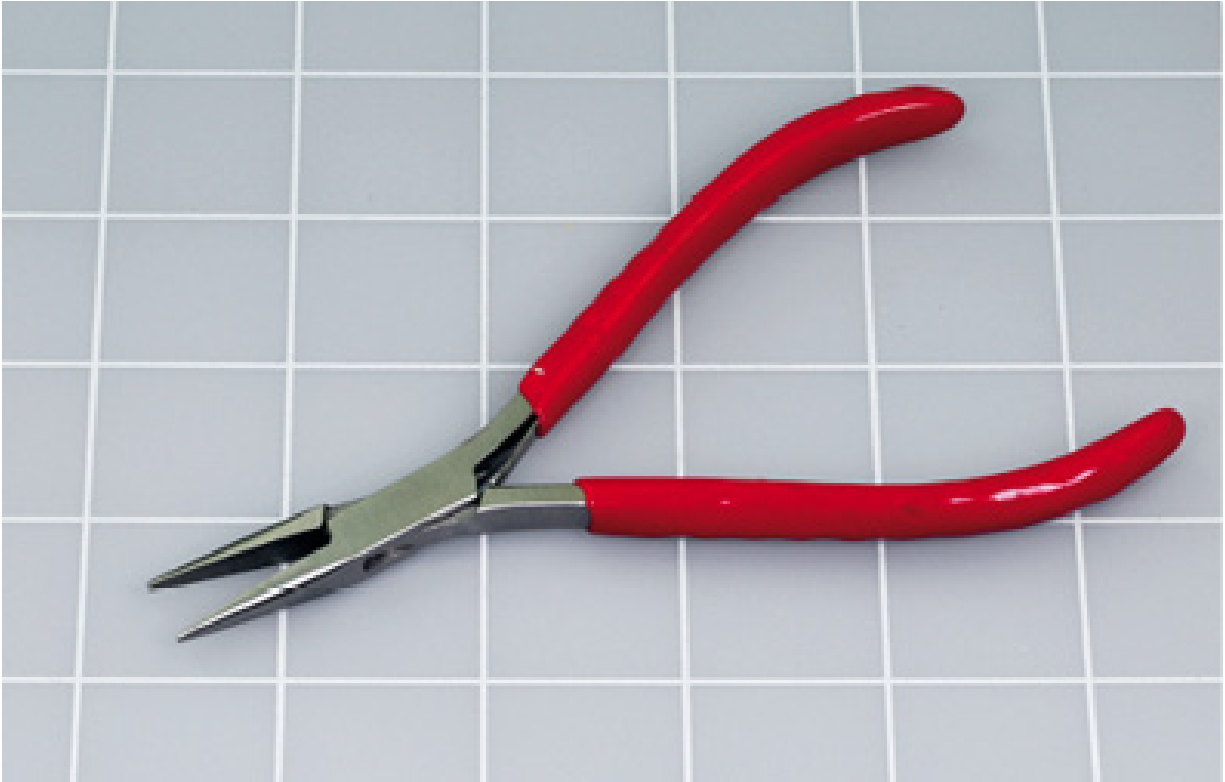
alicates para fazê-lo.



*Figura 2.2 – Alicates adequados para trabalho em eletrônica não devem medir mais de 12,5 cm.*

### Opcional: alicates de bico longo

Estes são como alicates de bico pequeno, mas com cabeças pontudas e muito precisas. Eu gosto deles para acessar componentes muito próximos uns dos outros em uma matriz de contato. Sua melhor fonte é um site ou loja especializada em artesanato como trabalhos com miçangas. Cuidado, porém, para não comprar alicates para artesanato com miçangas, que têm pontas arredondadas para fazer laços em fios. Para nossa finalidade, a superfície interna das cabeças deve ser plana, como mostrado na Figura 2.3.



*Figura 2.3 – Alicates de bico longo possibilitam um trabalho muito preciso em uma escala pequena.*

### Essencial: alicates de corte

Alicates geralmente têm bordas cortantes perto da articulação, que podem ser usadas para cortar fios. Frequentemente, porém, um pedaço de fio ficará preso a outra coisa e não será possível alcançá-lo com seu alicate. Você realmente precisa de *alicates de corte* como aqueles mostrados na Figura 2.4. Eles não devem ser maiores que 12 cm. Desde que você os use para cortar fios de cobre finos e macios, eles não precisam ser de alta qualidade.



*Figura 2.4 – Alicates de corte não devem medir mais de 12 cm.*

#### Opcional: alicates de corte diagonal

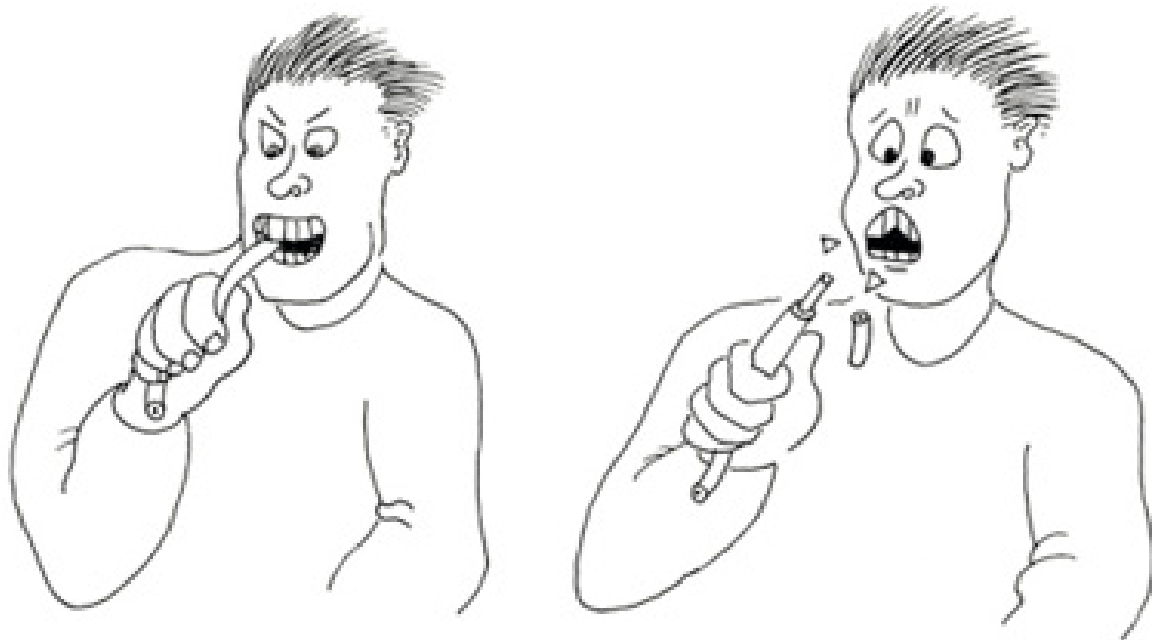
*Alicates de corte diagonal*, como o mostrado na Figura 2.5, são semelhantes ao alicate de corte e fazem o mesmo trabalho, mas são mais finos, menores e conseguem alcançar espaços menores. Entretanto, eles são menos robustos. Usá-los ou usar alicates de corte é uma questão de preferência pessoal. Pessoalmente, gosto de alicates de corte.



*Figura 2.5 – Alicates de corte diagonal podem alcançar espaços menores em comparação com alicates de corte.*

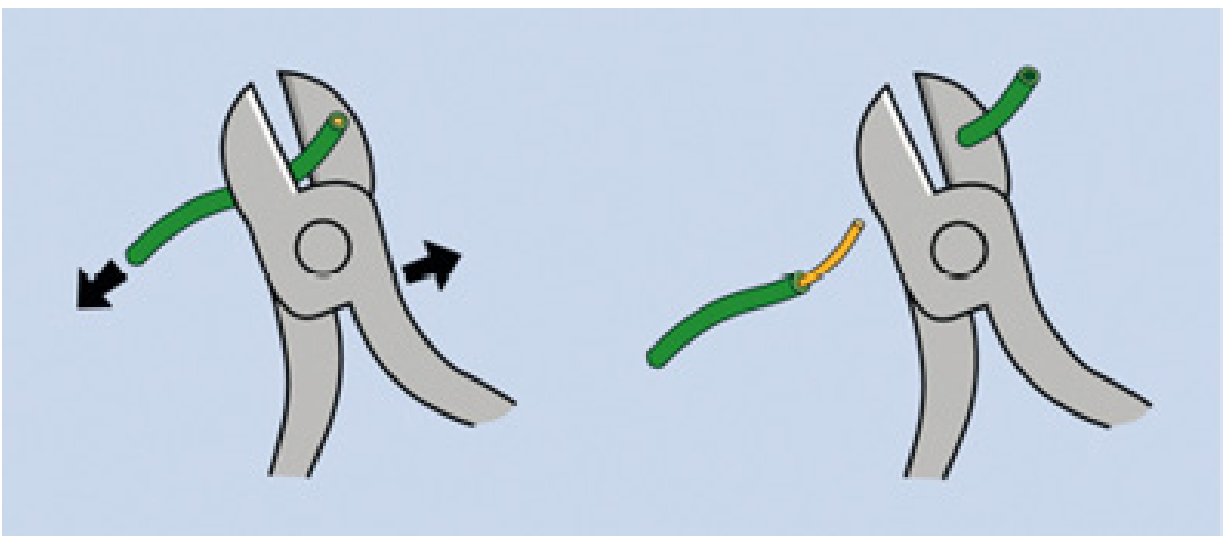
### Essencial: desencapador de fios

O tipo de fio que usaremos tem um revestimento de plástico isolante. *Desencapadores de fios* são projetados especificamente para remover uma pequena seção do isolante para expor o condutor dentro dele. Amadores metidos a machões podem dizer que não precisam de nenhuma ferramenta para esta tarefa, mas meus dois dentes frontais lascados são a prova de que essa é uma péssima ideia (veja Figura 2.6).



*Figura 2.6 – Está com pressa? Não consegue achar o desencapador de fios? A tentação é óbvia, mas não é uma boa ideia.*

Outra opção é usar desencapadores de fios, como mostrado na Figura 2.7. Você segura o fio com uma mão, usa a outra para prender o fio suavemente com o desencapador e então afasta as duas mãos. Entretanto, esta é uma habilidade que requer prática. Às vezes, o desencapador não faz nada ou ele pode cortar o fio em vez de desencapá-lo.



*Figura 2.7 – Como usar alicates de corte para remover o isolante.*



*Desencapadores de fios são mais fáceis de usar.*

Por alguns reais a mais, um par de desencapadores de fios facilita muito o trabalho.

A primeira edição deste livro incluía uma opção de comprar os chamados desencapadores automáticos de fio, que podem ser usados com uma das mãos apenas. Infelizmente, eles eram bem mais caros que os outros tipos de desencapadores e muitas marcas não funcionam bem com fios 22 AWG, necessários para todos os circuitos neste livro. Portanto, eu não os recomendo mais.

O tipo de ferramenta mostrada na Figura 2.8 está disponível de vários fabricantes. Algumas marcas têm cabos em ângulo, algumas têm cabos retos e algumas têm cabos curvos. Isso não tem importância. Eles todos trabalham do mesmo modo: você insere o fio em um orifício de tamanho adequado, fecha as partes da cabeça do alicate e remove o material isolante.



*Figura 2.8 – Os desencapadores de fio recomendados são projetados para fios de espessura entre 20 e 30 AWG.*

É preciso ter cuidado, porém, para que a ferramenta seja adequada para o tamanho correto de fio.

**AWG** é uma medida da espessura de um condutor. Um número maior indica um fio mais fino. Para o nosso uso, um fio 20 AWG é muito grosso e o fio 24 AWG é muito fino. A espessura ideal é 22 AWG e você terá muito menos problema se comprar uma ferramenta calibrada para esse tamanho específico. Como você pode ver na Figura 2.8, o intervalo entre 20 e 30 AWG inclui um pequeno orifício para a medida 22 AWG. Esta é a ferramenta correta para a tarefa.

### Essencial: matrizes de contato

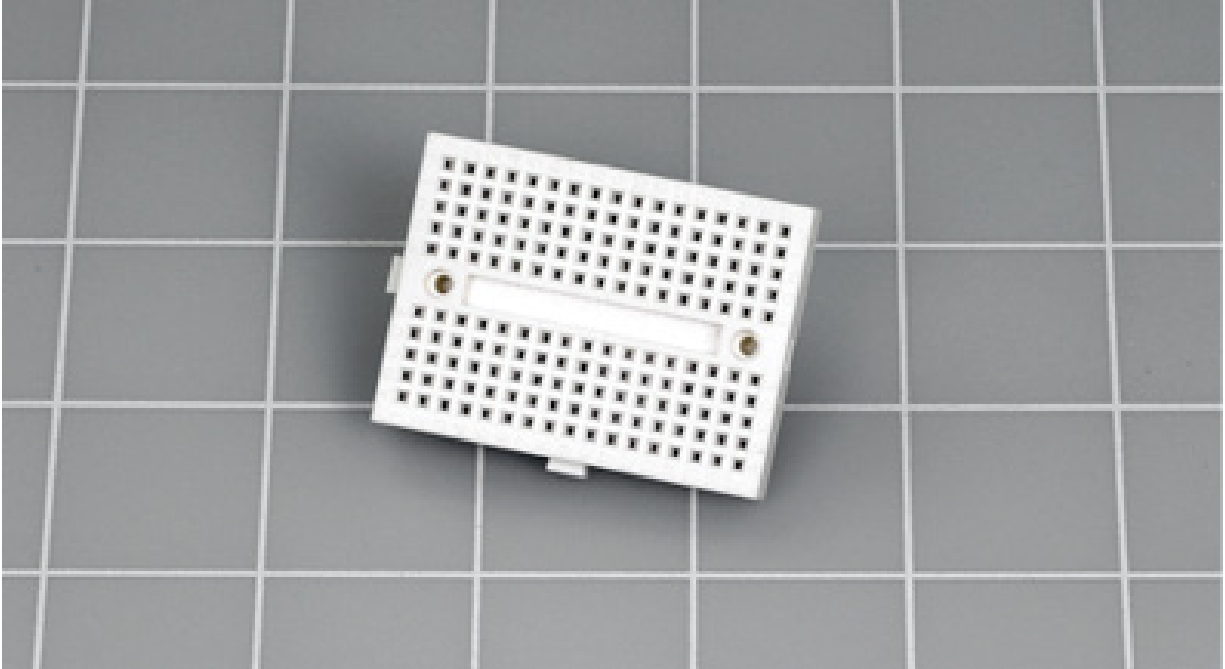
**Matrizes de contato** só serão necessárias a partir do Experimento 8, mas apresentarei uma breve introdução aqui. A matriz de contato é uma pequena placa de plástico com furos separados por intervalos de 0,25 cm. Você encaixa os componentes e fios nos furos. Ocultos sob o plástico estão condutores que fazem conexões ao longo das fileiras de furos.

Uma matriz de contato permite conectar componentes de forma mais organizada que com cabos de teste que usamos até agora, e mais facilmente (e de modo reversível) que se usássemos solda para uni-los.

- Uma matriz de contato é corretamente conhecida como uma **matriz de contato sem solda** e, às vezes, é chamada de **placa de prototipagem**.

A marca ou o local de compra não são importantes, mas você deve prestar atenção para comprar a mesma configuração que usei ao longo deste livro. Existem três opções e apenas uma é a correta:

**Matriz de contato opção 1: A mini**, mostrada na Figura 2.9. Geralmente vendida como sendo “adequada para Arduino”, ela não tem furos suficientes para as nossas finalidades, portanto não compre uma dessas.

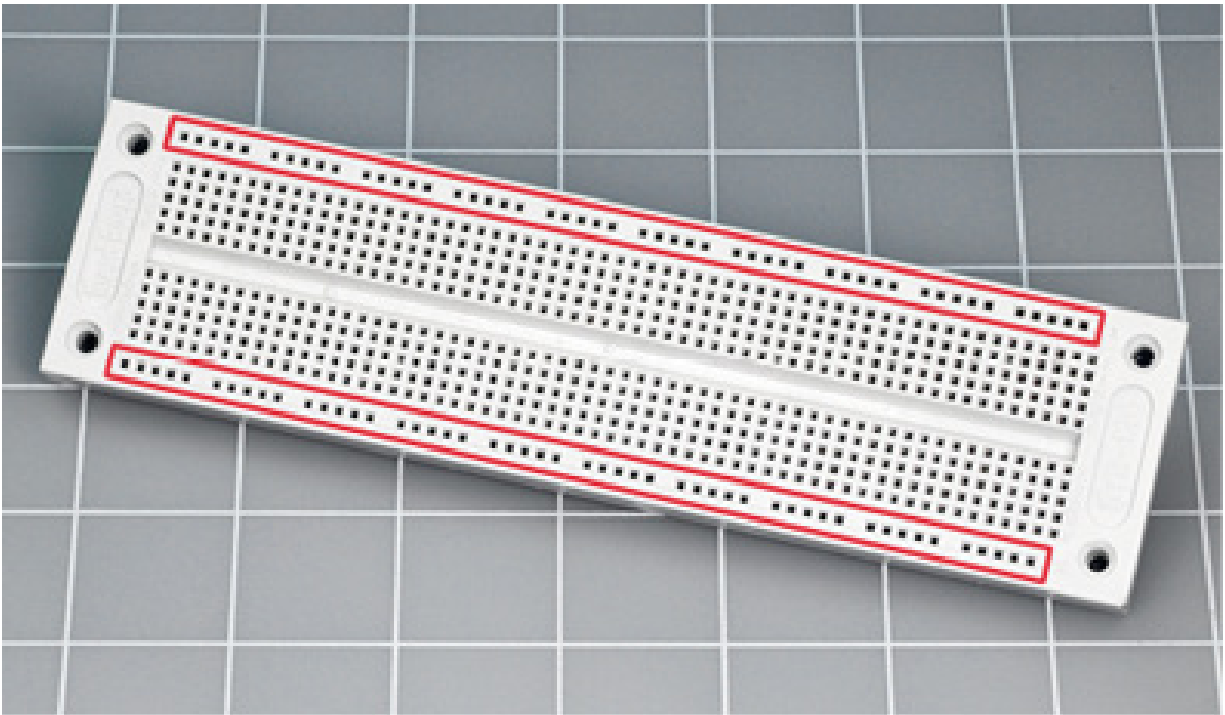


*Figura 2.9 – Uma miniplaca não é grande o suficiente para muitos projetos neste livro.*

**Matriz de contato opção 2: Barramento único**, mostrada na Figura 2.10. O termo “barramento” se refere a uma longa coluna de furos ao lado das fileiras curtas e numeradas de furos. Existe um barramento único em cada lado, destacado em vermelho na foto. Esta é o tipo de placa que recomendo. Verifique uma foto do produto que está comprando para ter certeza. Além disso, observe que ela deve ter 60 fileiras de furos e 700 pontos de conexão (também conhecidos como pontos de ligação). Se você está comprando sua própria placa, procure por:

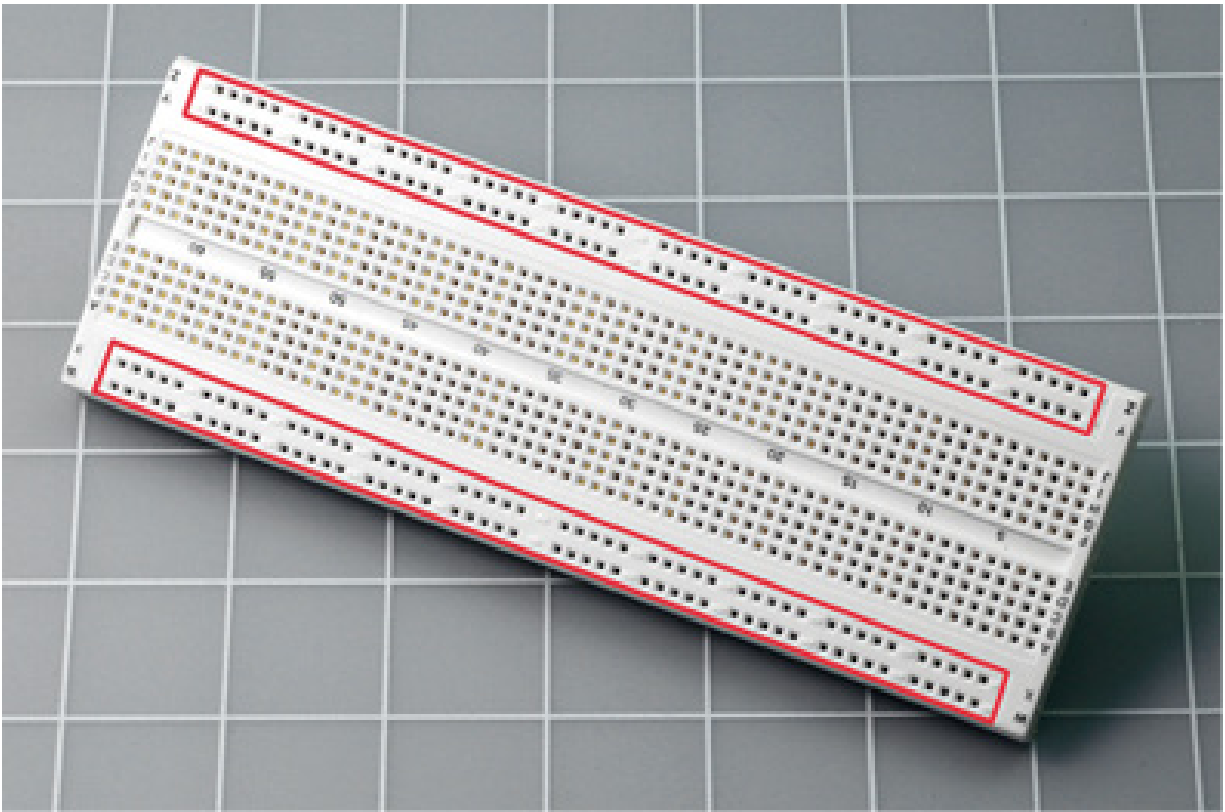
matriz de contato sem solda 700

Se preferir, você pode usar uma matriz de contato com barramento duplo e ignorar os furos extras.



*Figura 2.10 – Uma matriz de contato de barramento único tem uma única longa fileira de furos de cada lado.*

**Matriz de contato opção 3: Barramento duplo**, mostrada na Figura 2.11. Ela tem duas longas fileiras de furos de cada lado, que são o barramento duplo, destacadas em vermelho na foto. Eu usei este tipo de placa na primeira edição deste livro, pois ela é mais conveniente. Depois vi que ela encorajava erros de ligação quando as pessoas a usavam pela primeira vez, portanto não recomendo mais o uso de matrizes de contato de barramento duplo.



*Figura 2.11 – Uma matriz de contato de barramento duplo tem dois pares de longas fileiras de furos, destacadas em vermelho nesta foto. Este estilo de placa não é mais recomendado.*

Agora que defini o tipo de placa que recomendo, quantas serão necessárias? Eu costumava dizer “apenas uma”, considerando que elas são reutilizáveis, mas seu preço caiu tanto que eu acho que você deveria pensar em comprar duas ou três. Dessa forma, você pode criar protótipos de novos circuitos sem ter que desmontar os antigos primeiro.

### Suprimentos

Se quiser comprar um kit contendo componentes e suprimentos, veja “Kits”. Ao comprar seus próprios suprimentos, veja “Suprimentos”.

### Essencial: fio de conexão

O tipo de fio necessário para fazer conexões em uma matriz de contato é geralmente chamado *fio de conexão*, embora ele possa ser encontrado, às vezes, sob a categoria geral de *fio a granel*. De

qualquer forma, ele precisa ter um núcleo sólido (não trançado) e espessura 22 AWG.

Normalmente ele é vendido em bobinas de plástico de 7,6 m e 30 m, como mostrado na Figura 2.12.



*Figura 2.12 – Fio de conexão está disponível em bobinas de 7,6 m e 30 m, mostradas aqui.*

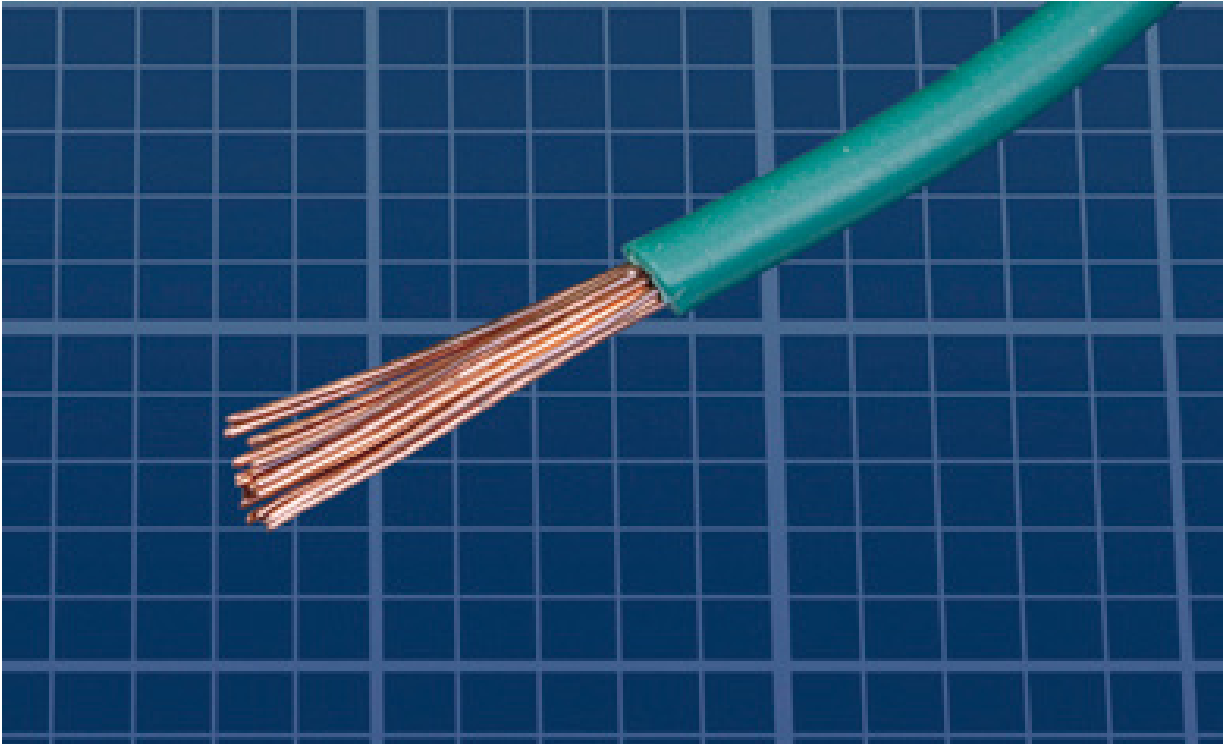
Fio é mais barato, por metro, se você comprar uma bobina de 30 m, mas eu sugiro comprar quantidades menores em pelo menos três cores diferentes de isolante. A razão é que a cor dos fios pode ser útil quando você tenta achar um erro em um circuito que você construiu. Vermelho e azul podem ser usados para conexões com polos positivo e negativo, e outra cor para outras conexões.

Quando o plástico isolante é arrancado, ele revela um condutor sólido, como mostrado na Figura 2.13. Compare isto com o fio trançado, mostrado na Figura 2.14. O fio trançado tem alguns usos,

sobre os quais falarei em breve, mas se você tentar encaixá-lo nos buracos de uma matriz de contato, provavelmente ficará frustrado rapidinho. O que você precisa é de fio sólido.



*Figura 2.13 – Dentro do isolante plástico deve haver um único condutor de fio sólido.*



*Figura 2.14 – Para fins específicos (descritos no texto) fio trançado pode ser uma opção útil.*

Assim como enfatizei a necessidade de desencapadores de fio projetados especificamente para fios 22 AWG, agora insistirei que o fio precisa ser 22 AWG, não 20 AWG ou 24 AWG. Você descobrirá que o fio 24 AWG não se encaixa perfeitamente nos furos de uma matriz de contato e não cria conexões confiáveis, enquanto um fio 20 AWG é grosso demais e quando você tentar encaixá-lo em um furo ele poderá dobrar em vez de encaixar-se – e se você conseguir encaixá-lo será difícil arrancá-lo.

Alguns fios de cobre têm um revestimento prateado quando você remove o isolante. São chamados de “estanhados”. Outros fios são apenas de cobre e não tenho opinião formada sobre qual tipo é melhor.

Quanto será necessário? Para montar os circuitos neste livro, 7,5 m de cada cor é mais que suficiente. Entretanto, os Experimentos 26, 28 e 29 requerem que você construa bobinas de fios para explorar a relação entre eletricidade e magnetismo, e para criar seu próprio rádio de galena. Se você quiser realizar esses projetos (que acho



que valem a pena), precisará de 60 m de fios. A decisão é sua já que nenhum dos kits para este livro contém tanto fio. Veja “Suprimentos”, para informações sobre comprar fios.

## Jumpers

Se você cortar um pedaço de fio, desencape pelo menos 0,6 cm, mas não mais que 0,9 cm do isolante em cada ponta, dobre as pontas e encaixe-as nos furos de uma matriz de contato. Você acabou de fazer um  *jumper* , que cria uma conexão pulando (“jump”) furos intermediários em uma placa. Jumpers desse tipo resultam um circuito organizado, no qual é possível encontrar erros facilmente.

O problema é que desencapar fios e dobrá-los em ângulos retos é tedioso, mesmo com as ferramentas adequadas. Portanto, talvez você queira comprar  *fios pré-cortados*  e que já foram transformados em jumpers. Um sortimento deles se parece com o da Figura 2.15. Para orientação sobre onde encontrar uma seleção como essa, veja “Suprimentos”.

Eu costumava usar fios pré-cortados, mas desisti, pois os segmentos são coloridos de acordo com seu comprimento e não sua função. Todos os fios vermelhos têm 0,5 cm, os amarelos 0,75 cm, e assim por diante.



*Figura 2.15 – Um sortimento de fios pré-cortados, desencapados e dobrados para uso em uma matriz de contato.*

Eu quero que as cores dos fios reflitam sua função em um circuito. Dessa forma, os fios vermelhos devem sempre ser conectados ao terminal positivo da fonte de alimentação, independentemente de seu comprimento.

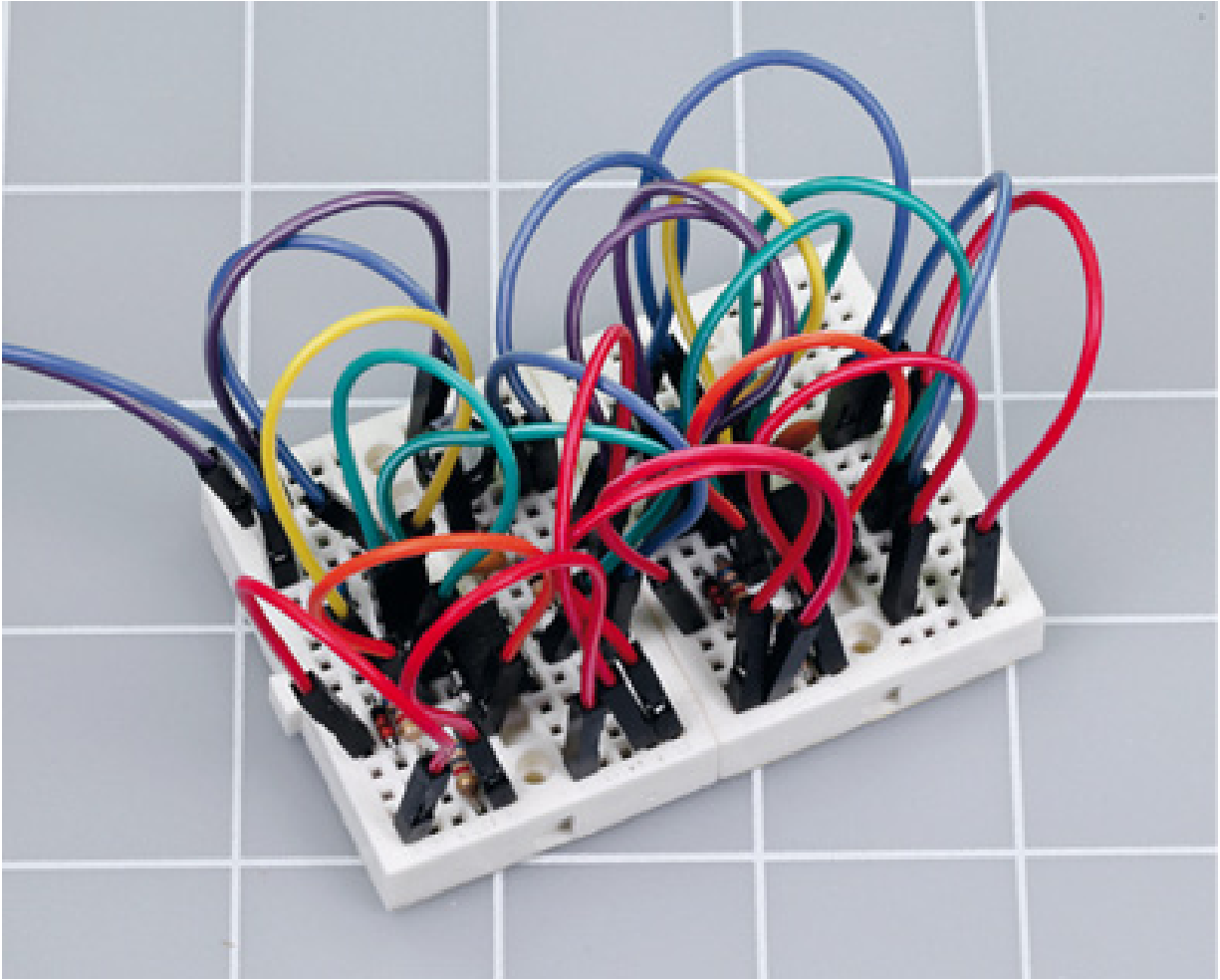
A única maneira de conseguir isso é cortar seus próprios fios, que é o que eu faço. Fique à vontade para usar fios pré-cortados se assim decidir, mas, além de serem coloridos de forma confusa, eles costumam mais.

Existe mais uma questão a ser esclarecida a respeito dos jumpers. Muitas pessoas gostam de usar um tipo diferente de jumper com um pequeno plugue em cada ponta, do tamanho exato para serem inseridos nos furos de uma matriz de contato. Esses “jumpers com plugues” são vendidos em pacotes e são provavelmente a primeira

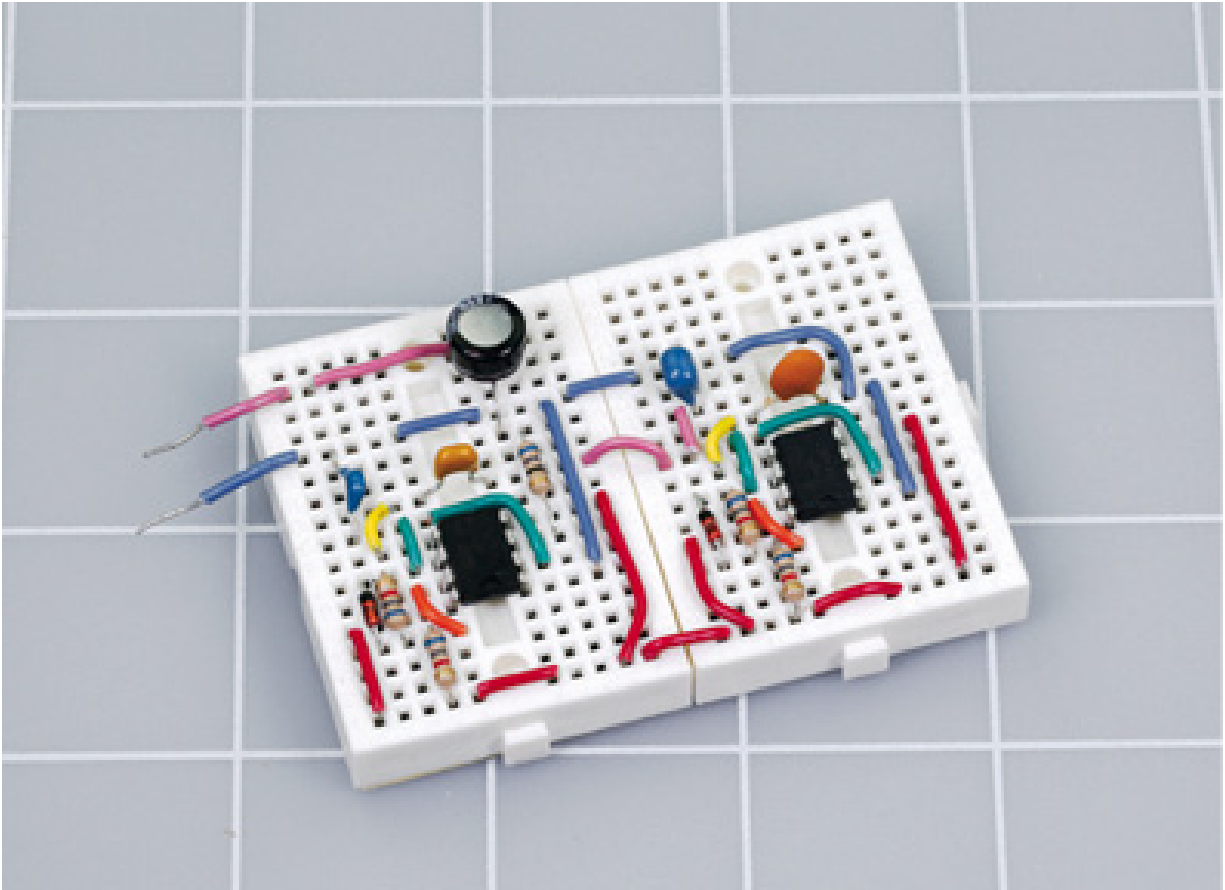
coisa que você encontrará ao procurar jumpers online.

Uma vez que eles são flexíveis e geralmente medem 7,5 cm de comprimento, você pode usá-los para fazer qualquer tipo de conexão que provavelmente precisará em um circuito na matriz de contato. Eles são reutilizáveis e parecem ser a opção mais simples, rápida e barata.

Até aí tudo bem, mas se você cometer um erro terá problemas em encontrá-lo. A Figura 2.16 mostra um pequeno circuito para uma aplicação fora deste livro, usando jumpers flexíveis com plugues em cada ponta. A Figura 2.17 mostra exatamente o mesmo circuito com jumpers cortados à mão, usando fios sólidos de espessura 22 AWG. Cada um desses circuitos contém um erro de fiação. Naquele usando fios cortados à mão, eu consigo descobrir o erro em segundos. No circuito que usa jumpers flexíveis, eu teria que pesquisar por um bom tempo, provavelmente usando um multímetro para encontrar a falha.



*Figura 2.16 – Um circuito em duas minimatrizes de contato usando jumpers flexíveis com um plugue em cada ponta.*



*Figura 2.17 – O mesmo circuito que o da figura anterior, mas usando jumpers sólidos cortados à mão.*

Para piorar as coisas, os plugues em jumpers flexíveis às vezes apresentam defeitos e podem conter conexões soltas. Isto pode tornar a identificação de falhas quase impossível. Portanto:

- Eu não recomendo jumpers flexíveis com plugues em cada ponta.

### Opcional: fio trançado

Voltando a falar de fios trançados, eles têm uma vantagem. São muito mais flexíveis que os fios sólidos, o que pode ser útil se você for ligar o circuito em uma placa a um comutador ou potenciômetro. A flexibilidade pode ser essencial, se o fio for usado para fazer uma conexão com um objeto que se move ou vibra.

Embora fios flexíveis não sejam essenciais para nenhum projeto deste livro, ocasionalmente fios trançados 22 AWG de 7,5 cm podem ser úteis. Se você comprar um pouco desse fio, sugiro escolher uma

cor diferente das cores dos fios sólidos para não os confundir.

## Componentes

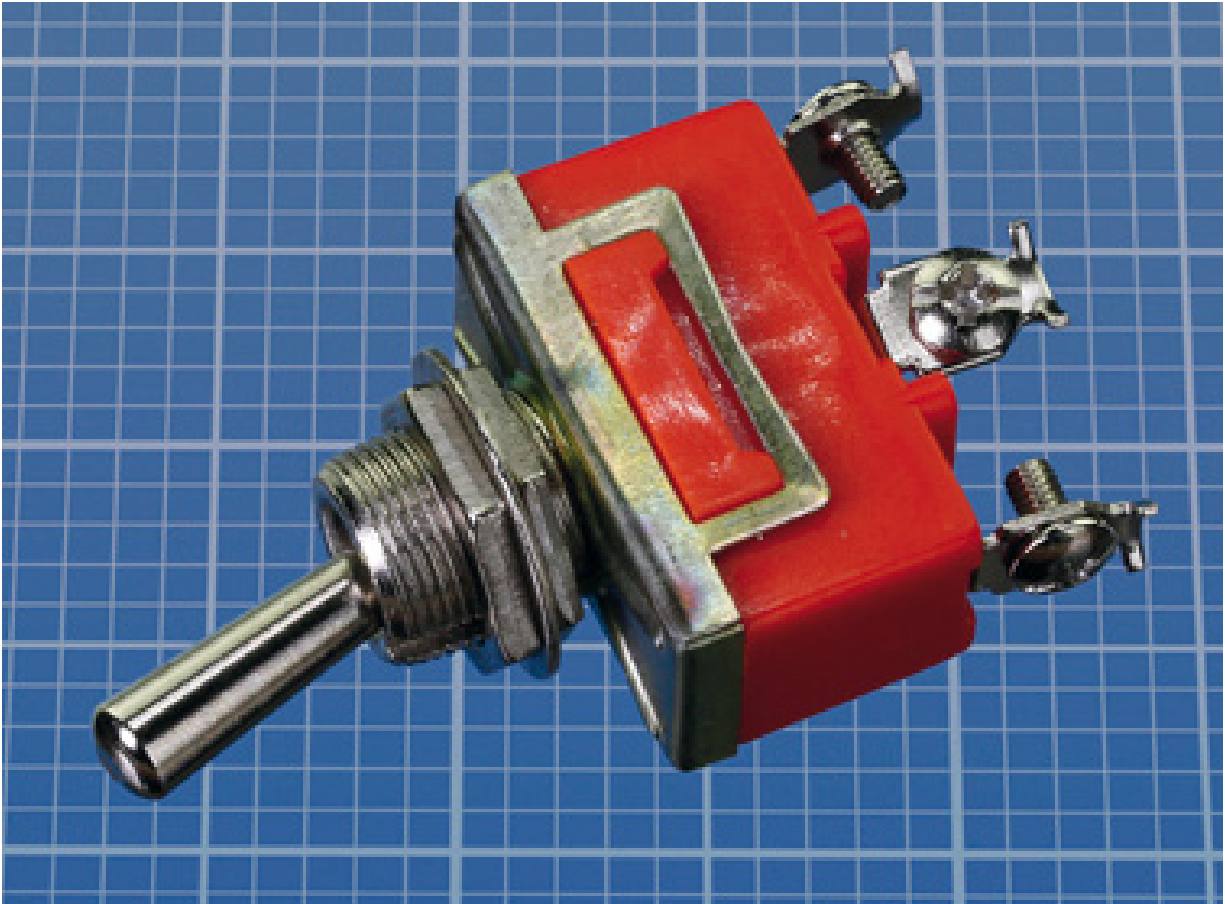
Volto a lembrá-lo que kits de componentes estão disponíveis para os projetos neste livro. Veja “Kits”. Se preferir comprar seus próprios componentes online, veja “Componentes”.

### Essencial: interruptor

Um *interruptor* em tamanho real é um dispositivo antiquado, mas útil para seus experimentos de comutação. Você precisará de dois. Eles devem ser descritos como SPDT (single pole double-throw, ou polo único). Explicarei em detalhes mais tarde. Também é possível usar o tipo DPDT (double-pole double-throw, ou polo duplo), mas eles custam um pouco mais.

Um interruptor com *terminais aparafusados* reduz o inconveniente de conectá-lo a um fio, mas outros tipos de terminais são aceitáveis.

Um interruptor típico é mostrado na Figura 2.18. O E-Switch ST16DD00 é um exemplo, mas alternativas genéricas mais baratas podem ser encontradas no comércio.



*Figura 2.18 – Um interruptor em tamanho real.*

### Essencial: chave tátil

Estranhamente, uma chave tátil não é aquilo que você consideraria uma chave. É um botão bem pequeno. Se você o encaixar em sua matriz de contato, ele oferece uma maneira conveniente para um circuito receber input de um usuário.

As chaves tácteis mais usadas têm quatro pequenas pernas para encaixe em uma placa e podem ser irritantes, pois as pernas geralmente não encaixam adequadamente. O componente é passível de pular para fora da placa como um pequeno gafanhoto em momentos inesperados. Sugiro usar uma chave tátil com dois pinos espaçados 0,5 cm entre si. O Alps SKRGAFD-010 será usado em projetos ao longo deste livro e é mostrado na Figura 2.19. Qualquer outra chave tátil com dois pinos espaçados em 0,5 cm pode substituir, como o Panasonic EVQ-11.



*Figura 2.19 – A chave tátil recomendada para os projetos deste livro.*

### Essencial: relé

Uma vez que a função dos pinos não é padronizada entre os fabricantes, é preciso tomar cuidado ao fazer substituições quando comprar um [relé](#). Recomendo o Omron G5V-2-H1-DC9, mostrado na Figura 2.20, que deve minimizar a confusão, pois a função de seus pinos está impressa neles.

A Omron é uma grande fabricante de relés, portanto tenho esperança de que esse que estou recomendando continue sendo vendido por mais um tempo. Você também pode usar o Axicom

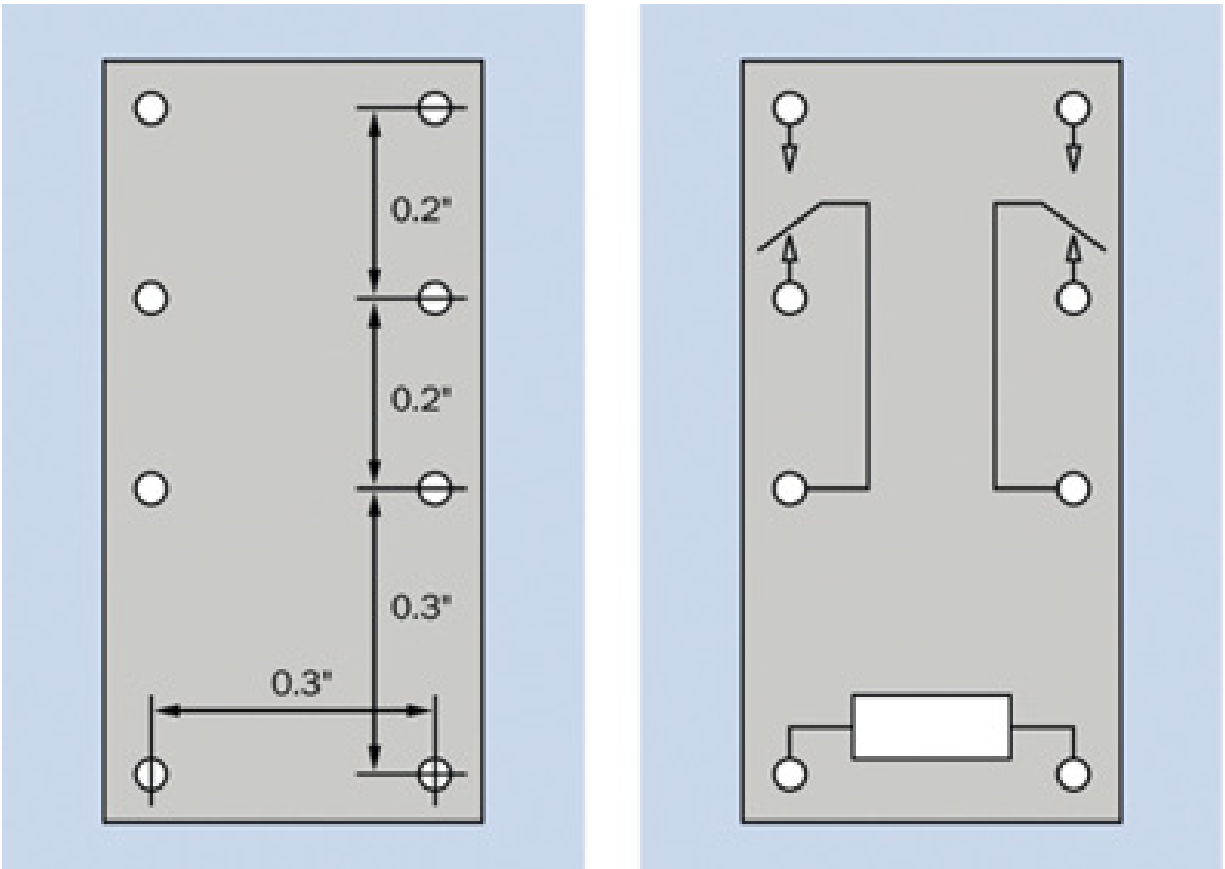


V23105-A5006-A201 ou o Fujitsu RY-9W-K. Todos eles são relés DPDT de 9 VDC, com pinos espaçados como mostrado do lado esquerdo da Figura 2.21. Se o espaçamento for mostrado em milímetros, 5 mm ou 5,08 mm são substitutos aceitáveis para 0,2 polegada, e 7,5 mm ou 7,62 mm podem substituir o de 0,3 polegada.



*Figura 2.20 – O relé recomendado para uso com este livro.*

Se um diagrama estiver impresso no relé, ele deve ser igual ao do lado direito da Figura 2.21. As especificações do relé quase sempre contêm essas informações. Você pode usar relés com diferentes funções de pinos, mas eles causarão algum inconveniente, pois não estarão de acordo com os esquemas que fornecerei.



*Figura 2.21 – O espaçamento entre pinos e as conexões internas em um relé devem ser como mostrado.*

Os relés que recomendei são do tipo de alta sensibilidade, o que significa que eles consomem menos corrente. Você pode substituí-los por outros, mais eles puxarão mais corrente. Qualquer que seja o tipo de relé usado, ele precisa ter a mesma tensão de bobina de 9 VDC e o mesmo espaçamento entre pinos.

Ao comprar relés é preciso ficar atento à sua polaridade, o que significa a necessidade de aplicar corrente em uma direção específica, pois o relé não funcionará quando a corrente fluir por sua bobina na direção inversa. Eu recomendei relés que não requerem polaridade. Muitos relés Panasonic o fazem, portanto leia as especificações atentamente antes de comprá-los.

Por fim, qualquer relé que você comprar precisa ser do tipo *sem trava*.

Se isto parece confuso e muito técnico, você pode esperar o

Experimento 7 para comprar o relé, quando então seu funcionamento será descrito. Você precisará de dois relés para realizar o experimento completamente.

### Essencial: trimpot

Em vez do potenciômetro grande e pesado usado no Experimento 4, você usará um *trimpot*, que é menor, mais barato e se encaixa em uma matriz de contatos.

Exemplos (com vários valores arbitrários) são mostrados na Figura 2.22.

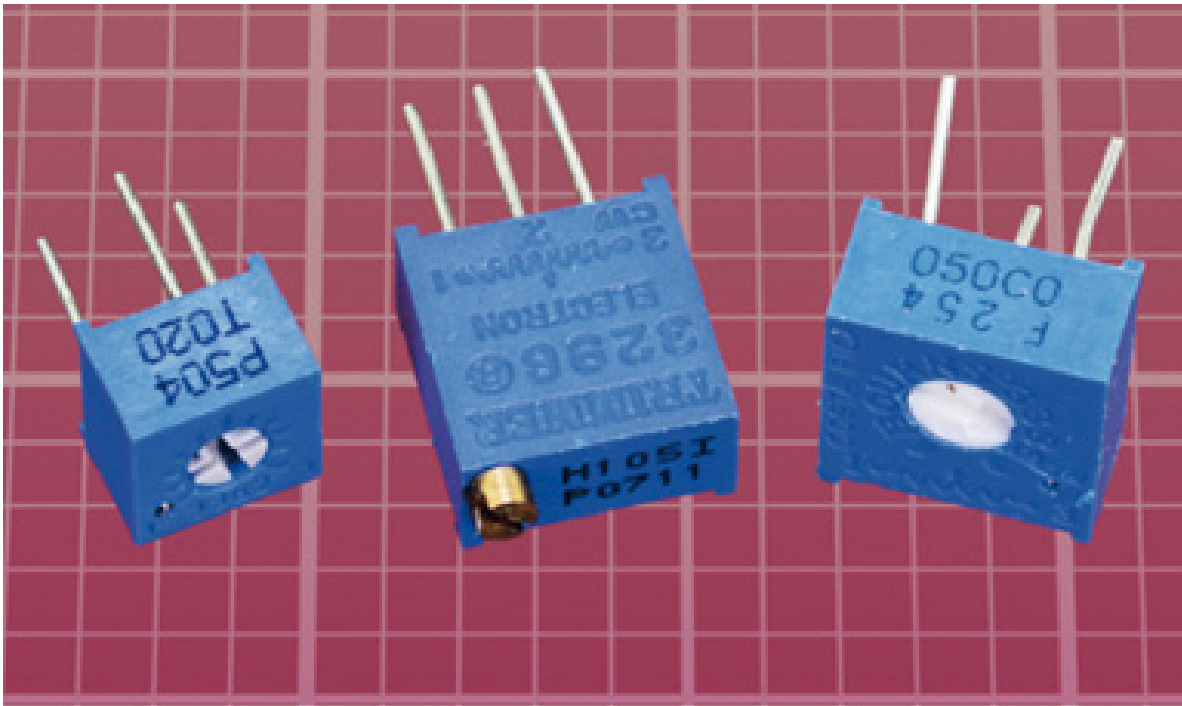


Figura 2.22 – Trimpots.

Os trimpots à esquerda e direita desta foto são os tipos que escolhi usar neste livro. Eles ficarão rente à matriz de contato quando forem encaixados nos furos. A única diferença entre os dois é que um é um pouco maior que o outro. Eles também estão disponíveis em variantes que ficam em um ângulo de 90 graus em relação à placa, mas esses são menos acessíveis.

Aquele no centro da foto é um *trimpot multivoltas*, que permite um ajuste muito mais fino via um parafuso de latão conectado a uma

engrenagem helicoidal dentro do componente. Ele é menos conveniente, mais caro e desnecessário para nossos propósitos, já que não precisaremos deste grau de precisão.

### Essencial: transistores

Apenas um tipo de *transistor* é usado neste livro. O código de peça genérico é 2N2222, mas infelizmente nem todos os transistores 2N2222 são iguais.

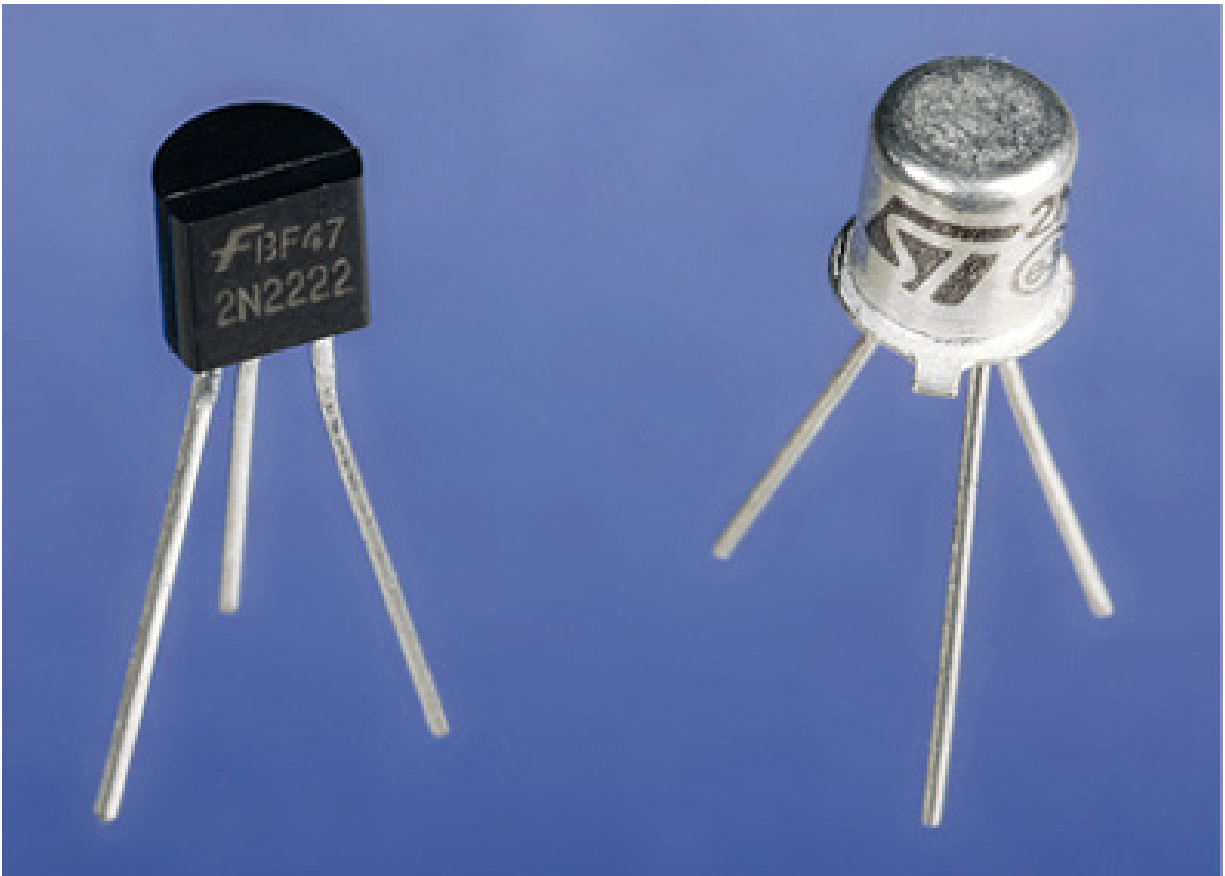
Se você estiver usando um kit, você não terá problemas. Se você preferir comprar os próprios componentes, é preciso evitar absolutamente qualquer item que tenha P2N antes do número 2222. Quando o P2N2222 foi introduzido, os fabricantes inverteram as funções dos pinos do 2N2222, que estavam padronizadas há décadas. (Por que eles fariam isso? Não sei.)

Aqui está a regra.

- Códigos 2N2222 ou PN2222 ou PN2222A são OK. O PN2222 tornou-se uma designação mais comum do que o 2N2222, mas ambos funcionam.
- Códigos P2N2222 ou P2N2222A *não* são OK.

A pegadinha é que se você está procurando o 2N2222, o resultado indicará um P2N2222, pois o mecanismo de busca mostrará peças que têm letras extras antes do número. Portanto, compre com atenção! E se você tiver um multímetro que testa transistores, verifique cada um deles. Se o transistor tiver as funções tradicionais dos pinos, o multímetro indicará que ele tem uma taxa de amplificação de mais de 200. Se o transistor for do tipo errado, seu multímetro indicará um erro ou valor de amplificação menor que 50.

Transistores 2N2222 costumavam ser encapsulados em pequenas latas metálicas. Atualmente, eles quase sempre são encapsulados em plástico preto. Exemplos de ambos os tipos são mostrados na Figura 2.23. Invólucros de plástico e metal funcionam igualmente bem, desde que o código do transistor não comece com P2N.



*Figura 2.23 – Dois transistores 2N2222. Ambos podem ser usados.*

### Essencial: capacitores

**Capacitores** não são tão baratos quanto resistores, mas baratos o suficiente para que você considere comprar um sortimento de pequenos capacitores. Os valores de capacitor no intervalo que usaremos são geralmente medidos em microfarads, abreviados como  $\mu\text{F}$ . Explicarei isso em detalhes quando você começar a usar capacitores em seus circuitos.

Para valores pequenos, capacitores **cerâmicos** são recomendados. Para valores maiores, os **eletrolíticos** são mais baratos. Para uma orientação adicional sobre a compra de capacitores, veja “Componentes”. Vários capacitores são mostrados na Figura 2.24. Os cilíndricos são eletrolíticos e os demais são cerâmicos.

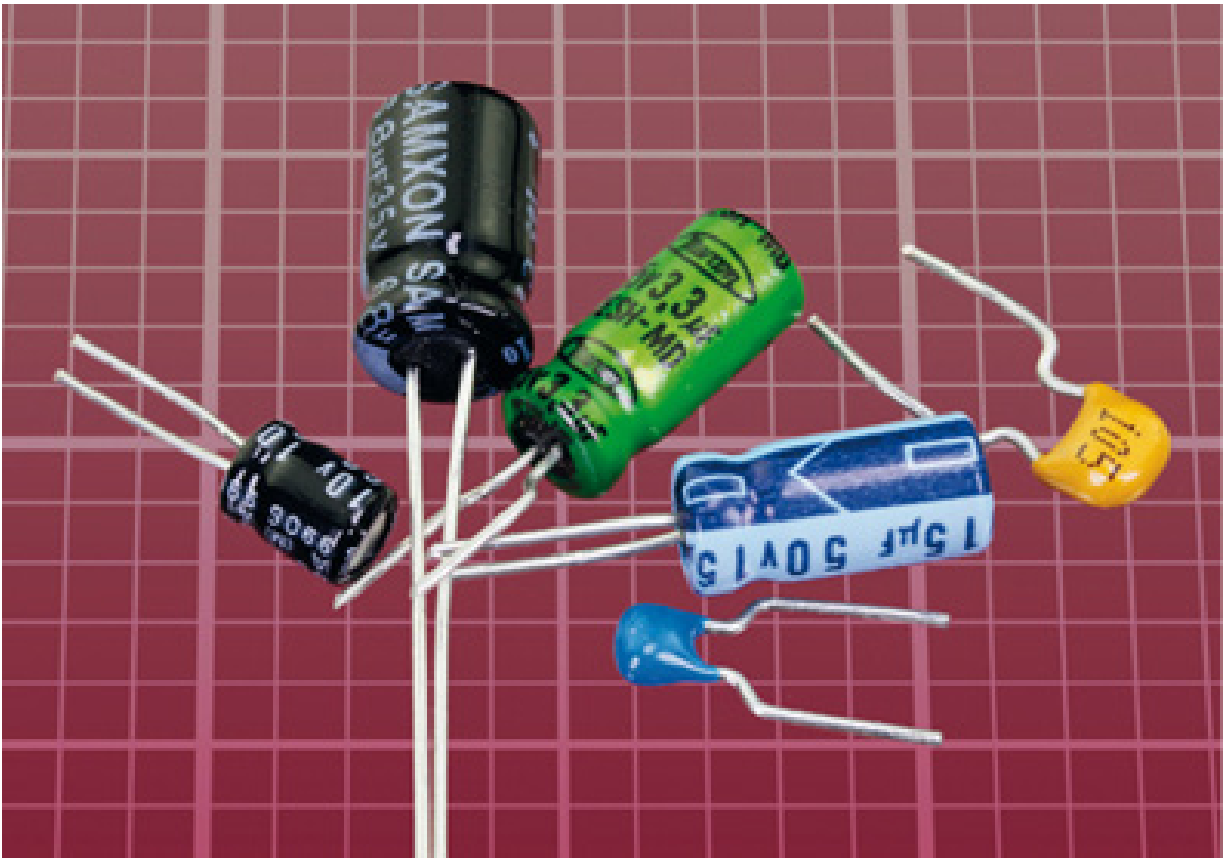


Figura 2.24 – Uma variedade de capacitores.

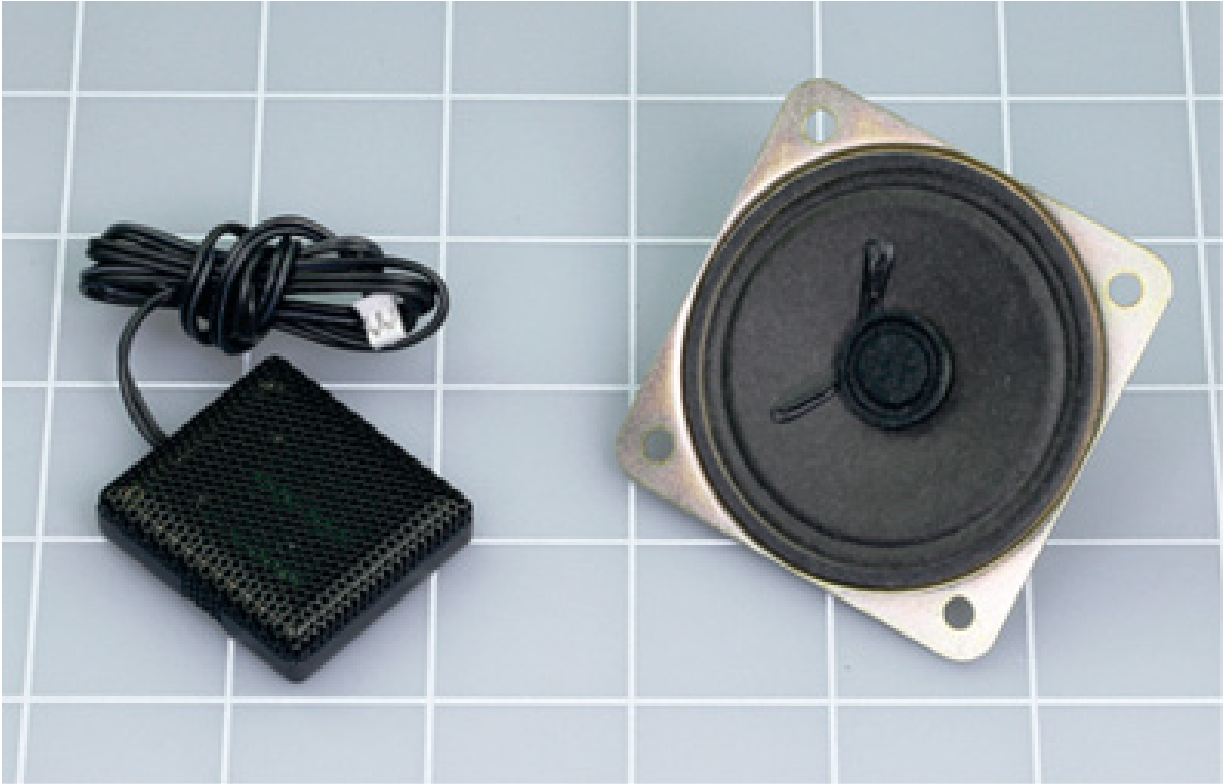
### Essencial: resistores

Se você está comprando seus próprios componentes, assumo que já comprou uma boa seleção de resistores como sugeri para o Experimento 1.

### Essencial: alto-falante

O diâmetro mínimo para um *alto-falante* é 2,5 cm, mas um diâmetro de 5 cm é bom. Um diâmetro de 7,5 cm é o máximo. A impedância deve ser de 8 ohms ou superior.

Nós não trabalharemos com som de alta fidelidade, portanto qualquer alto-falante barato serve. Alguns exemplos são mostrados na Figura 2.25.



*Figura 2.25 – Dois alto-falantes, um com diâmetro de 2,5 cm e o outro medindo 5 cm.*

### E mais ainda?

Você deve estar achando que especifiquei muitos componentes. Fique tranquilo, pois quase tudo que listei aqui será reutilizável e você não precisará de peças adicionais para os demais capítulos do livro.

### Experimento 6: Comutação bem simples

Este experimento irá familiarizá-lo com a função de interruptores operados manualmente. Você talvez pense que já sabe como usar um interruptor, mas quando dois interruptores de dupla via (double-throw) são combinados em um circuito, a questão fica um pouco mais interessante.

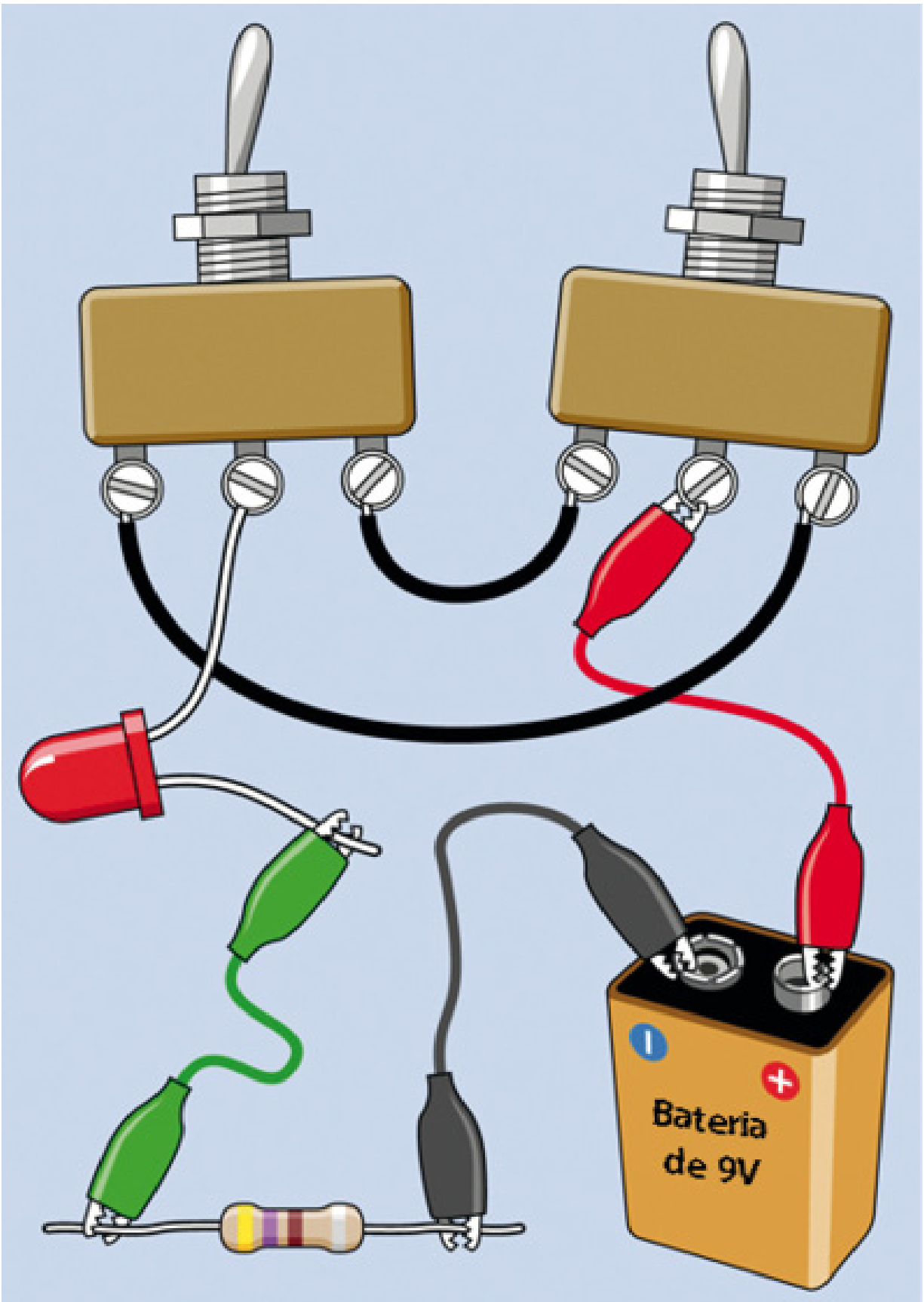
### O que será necessário

- Chave de fenda, alicates de corte, desencapadores de fio
- Fio 22 AWG, não mais do que 30 cm

- Bateria de 9 volts (1)
- LED genérico (1)
- Interruptores, SPDT ou DPDT (2)
- Resistor de 470 ohms (1)
- Cabos de teste com cliques jacaré em cada ponta (2)

Monte as peças como mostrado na Figura 2.26. Você precisará praticar suas habilidades de desencapador de fios para desencapar as pontas dos dois pedaços de fio preto. Para prendê-los aos terminais dos interruptores, tente usar seus alicates para curvar a ponta de cada fio até ele ficar parecido com a letra J. Então, o encaixe sob o parafuso da esquerda para que fique firme quando o parafuso for apertado no sentido horário.





*Figura 2.26 – Seu primeiro experimento conectando interruptores.*

A perna longa do LED também se encaixa em um dos terminais parafusados. Não use a perna curta do LED por engano. Lembre-se de que a perna longa precisa sempre ser mais positiva que a perna curta.

Se seus interruptores não tiverem terminais parafusados, você precisará usar alguns cliques jacaré em vez dos fios pretos, e outro cabo de teste para conectar o LED com o terminal central do interruptor da esquerda.

Depois de conectar a bateria, tente acionar os interruptores. O que acontece?

Se o LED estiver aceso, acionando qualquer um dos interruptores, ele irá apagar. Se o LED estiver apagado, qualquer um dos interruptores irá acendê-lo. Explicarei em breve este comportamento interessante (veja “Introduzindo diagramas esquemáticos”), mas primeiro preciso falar sobre alguns fundamentos e informações históricas.

### Fundamentos: tudo sobre interruptores

A *chave* de um interruptor é a parte que você aciona com o dedo. No tipo de interruptor mostrado na Figura 2.26, acionar a chave conecta o terminal central com um dos terminais ao lado dele, como mostrado na Figura 2.27.

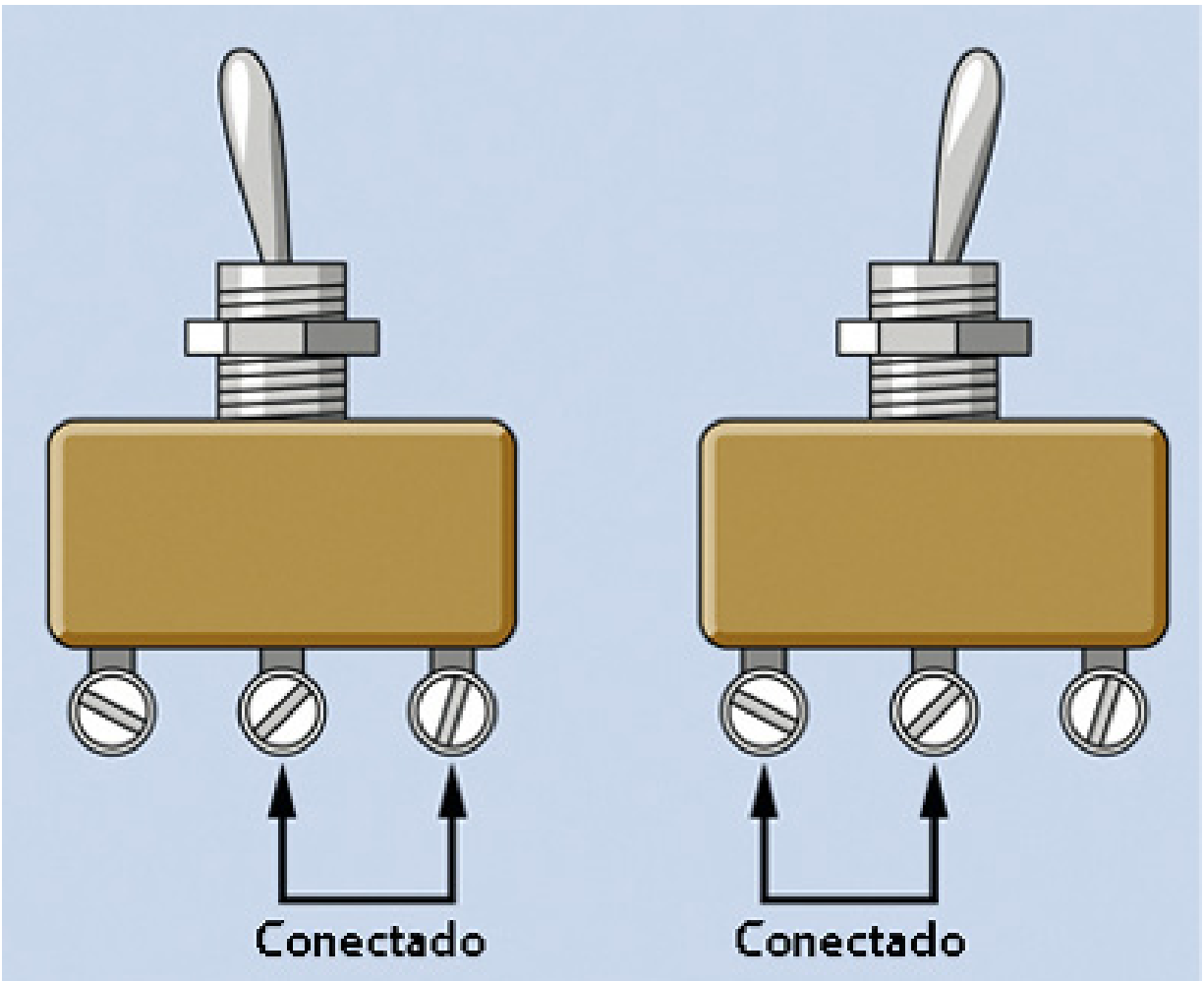


Figura 2.27 – Em geral, mas não absolutamente, interruptores funcionam assim.

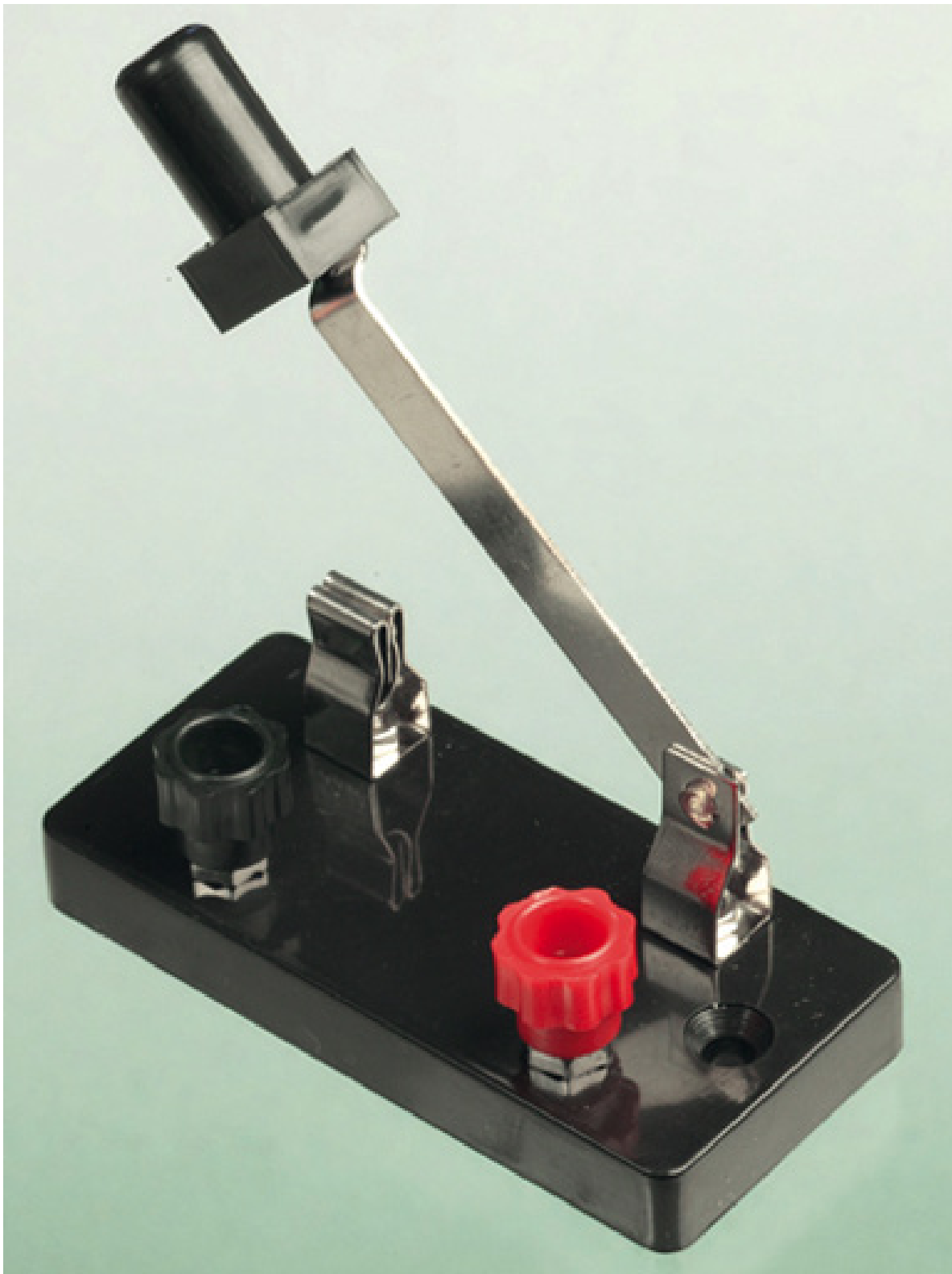
O terminal central é chamado **polo** do interruptor. Já que você pode acionar este interruptor para estabelecer duas conexões possíveis, ele é chamado de interruptor de **duas vias**, abreviado como DT (ou, às vezes, 2T). Um interruptor de polo único e duas vias é abreviado como SPDT (ou, às vezes, 1P2T).

Alguns interruptores têm apenas dois terminais em vez de três. Eles são do tipo ON/OFF, o que significa que, se posicioná-los em uma direção, eles fazem contato, mas na direção oposta não fazem contato algum. A maioria dos interruptores de luz em sua casa é assim. Eles são conhecidos como interruptores de **via única**. Um interruptor de polo único e duas vias é abreviado como **SPST** (ou, às vezes, 1P1T).

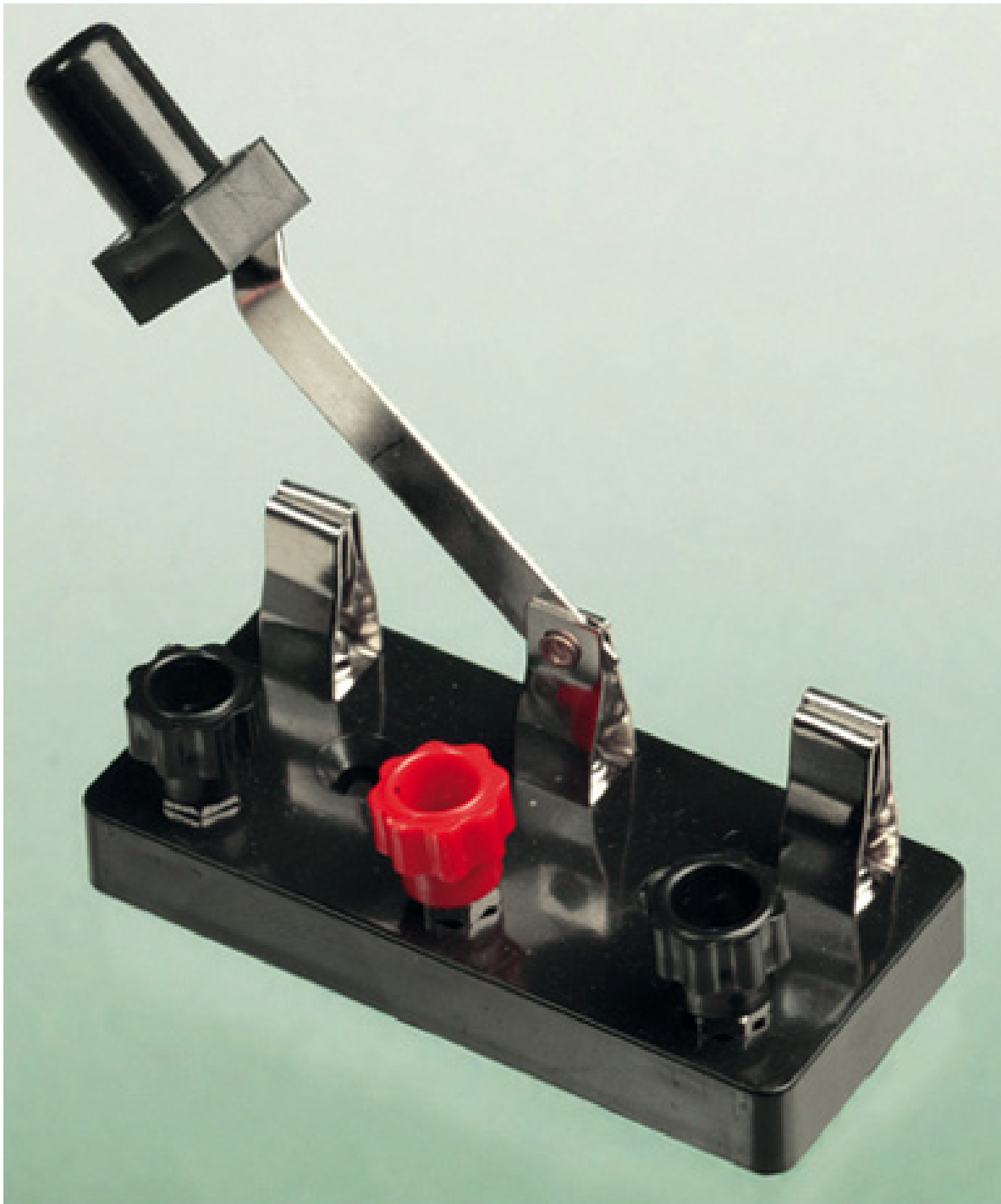
Alguns interruptores têm dois polos totalmente separados, portanto você pode fazer duas conexões separadas simultaneamente quando acionar a chave. Eles são chamados de interruptores de *duplo polo*, abreviado como DP (ou, às vezes, 2P). As Figuras 2.28, 2.29 e 2.30 mostram fotos de interruptores antigos de “faca”, que ainda são usados às vezes para ensinar eletrônica para crianças na escola. Esses interruptores não são usados para fins práticos, mas eles ilustram muito claramente as diferenças entre conexões SPST, SPDT e DPST.

O lugar em que você talvez veja um interruptor de faca sendo usado para fins sérios é em um filme de terror. Na Figura 2.31, um cientista maluco está alimentando seu experimento com um interruptor de faca com polo único, convenientemente instalado na parede de seu laboratório no porão.

Para tornar as coisas mais interessantes, você pode comprar interruptores com três ou quatro polos. (Alguns interruptores rotativos têm ainda mais polos, mas nós não os usaremos.) Além disso, alguns interruptores DT têm uma posição “central” adicional.



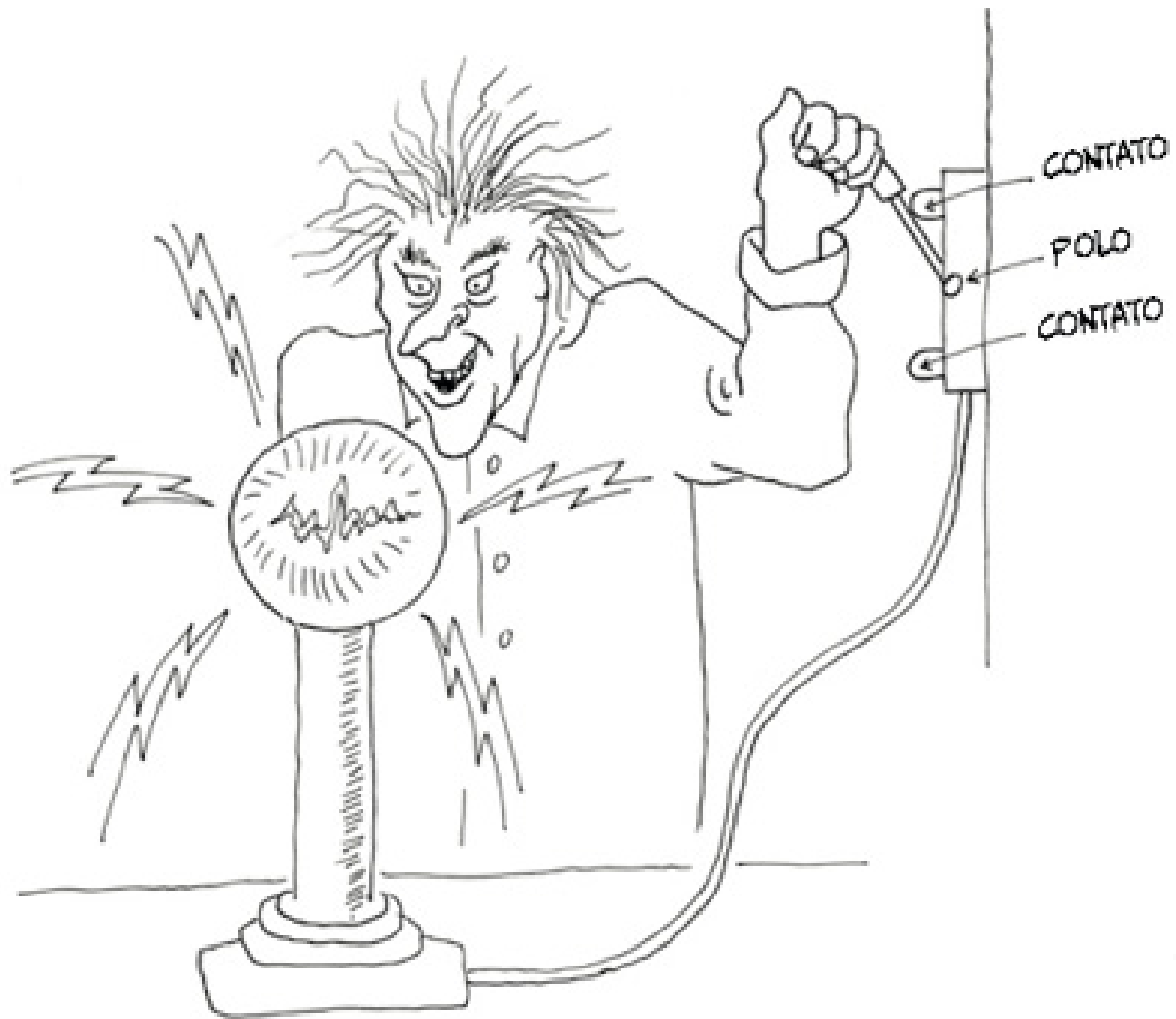
*Figura 2.28 – Fabricados para uso educacional, este é um interruptor SPST (polo único, uma via).*



*Figura 2.29 – Um interruptor SPDT (polo único, duas vias) conecta um polo a diferentes contatos.*



*Figura 2.30 – Um interruptor DPST (polo duplo, uma via) tem dois polos que são totalmente isolados um do outro. Cada polo pode conectar-se a apenas um contato.*



*Figura 2.31 – Esquerda: cientista maluco. Direita: interruptor SPDT de faca.*  
Para resumir, eu criei uma tabela mostrando alguns possíveis tipos de interruptores e as abreviaturas que os descrevem. Botões usam as mesmas abreviaturas. Veja a Figura 2.32. Se você estiver lendo um catálogo de peças, pode consultar esta tabela para se lembrar do significado das abreviaturas.



	Polo único	Polo duplo	Três polos	Quatro polos
Via única	SPST (ou 1P1T) on-off	DPST (ou 2P1T) on-off	3PST (ou 3P1T) on-off	4PST (ou 4P1T) on-off
Via dupla	SPDT (ou 1P2T) on-on	DPDT (ou 2P2T) on-on	3PDT (ou 3P2T) on-on	4PDT (ou 4P2T) on-on
Via dupla com centro deslocado	SPDT (ou 1P2T) on-off-on	DPDT (ou 2P2T) on-off-on	3PDT (ou 3P2T) on-off-on	4PDT (ou 4P2T) on-off-on

*Figura 2.32 – Esta tabela resume as várias opções de interruptores (e botões de pressão).*

Alguns interruptores têm uma mola, de modo que voltam à posição-padrão quando você libera a pressão sobre eles. Quando você vir ON ou OFF entre parênteses, você saberá que precisa manter a pressão sobre o interruptor para mantê-lo na posição.

Aqui estão alguns exemplos:

- OFF-(ON): Uma vez que o estado ON está entre parênteses, ele é um estado momentâneo. Portanto, este interruptor de polo único faz contato apenas quando acionado e desfaz o contato quando você solta a chave. Ele também é conhecido como um interruptor momentâneo “normalmente aberto”, abreviado como “NO”. A maioria dos botões de pressão funciona assim.
- ON-(OFF): O tipo oposto ao interruptor momentâneo. Ele está normalmente na posição ON, mas quando pressionado, a conexão é interrompida. Portanto, o estado OFF é momentâneo. Ele é conhecido como interruptor momentâneo “normalmente fechado”, abreviado como “NC”.
- (ON)-OFF-(ON): Este interruptor tem uma posição central. Quando

quando você o aciona em qualquer direção, ele cria um contato momentâneo e volta à posição central quando você solta a chave.

Outras variações são possíveis, como ON-OFF-(ON) ou ON-(ON). Desde que você se lembre de que o parêntese indica o estado momentâneo, não haverá problemas em entender o funcionamento desses interruptores.

## Faíscas

Quando você estabelece e interrompe uma conexão elétrica, há a tendência de criar uma faísca. Faíscas não são boas para os contatos do interruptor. Elas os corroem até que o interruptor deixe de fazer uma conexão confiável. Por este motivo, é preciso usar um interruptor adequado para a voltagem e amperagem com as quais você está trabalhando.

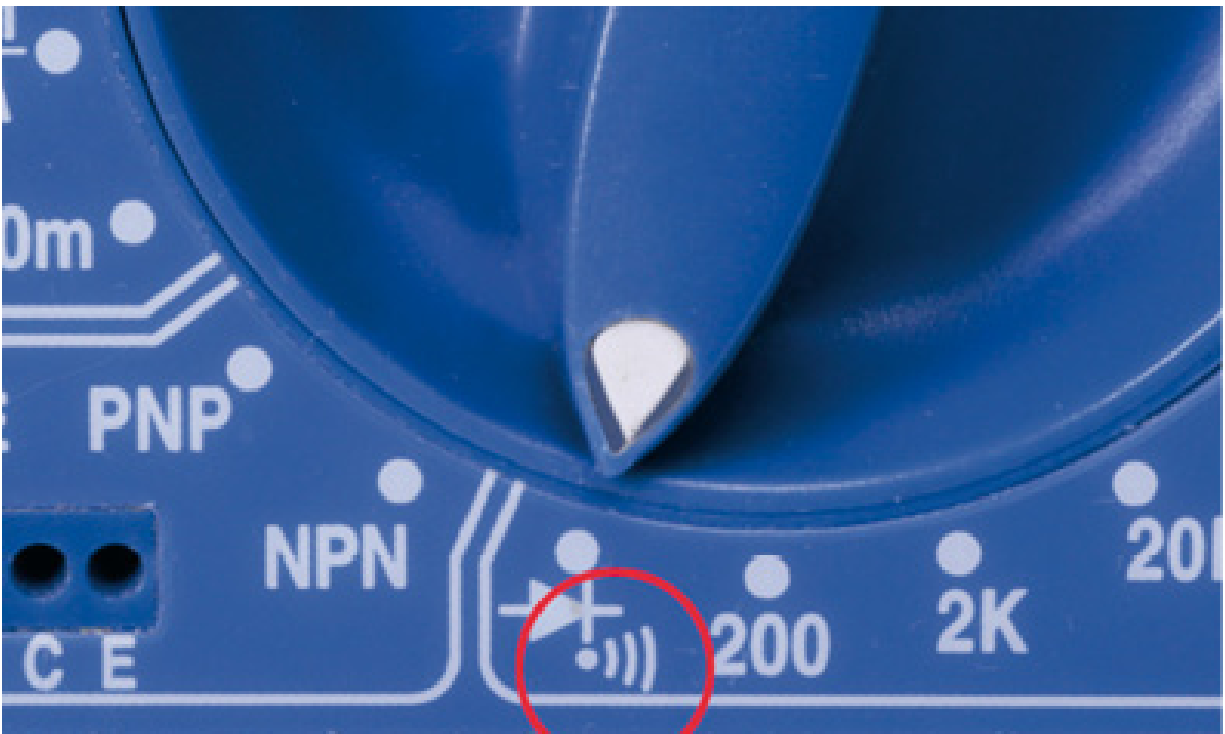
Os circuitos eletrônicos neste livro são de baixa corrente e baixa tensão, então é possível usar praticamente qualquer interruptor; se você estiver acionando um motor, ele tenderá a puxar uma corrente inicial que é pelo menos o dobro da corrente nominal de funcionamento. Por exemplo, provavelmente você deve usar um interruptor de 4 amperes para ligar e desligar um motor de 2 amperes.

## Verificando a continuidade

É possível usar o multímetro para verificar um interruptor. Isso permite descobrir quais contatos estão conectados quando você aciona a chave para um lado ou para outro. Ele também é útil se você tem um botão de pressão e não se lembra se ele é do tipo normalmente aberto (você pressiona para fazer uma conexão) ou normalmente fechado (você pressiona para interromper a conexão).

É conveniente configurar seu multímetro para medir “continuidade” ao verificar um interruptor. O multímetro emitirá um bipe (ou uma identificação visual) se detectar uma conexão e não fará nada caso contrário. Veja as Figuras 2.33, 2.34 e 2.35 para exemplos de multímetros que são configurados para medir continuidade. Lembre-

se de que no Experimento 1 mostrei o símbolo que é usado em multímetros para representar continuidade. Veja a Figura 1.7.



*Figura 2.33 – O dial de um multímetro configurado para medir continuidade.*



Figura 2.34 – Outro dial de multímetro para medir continuidade.

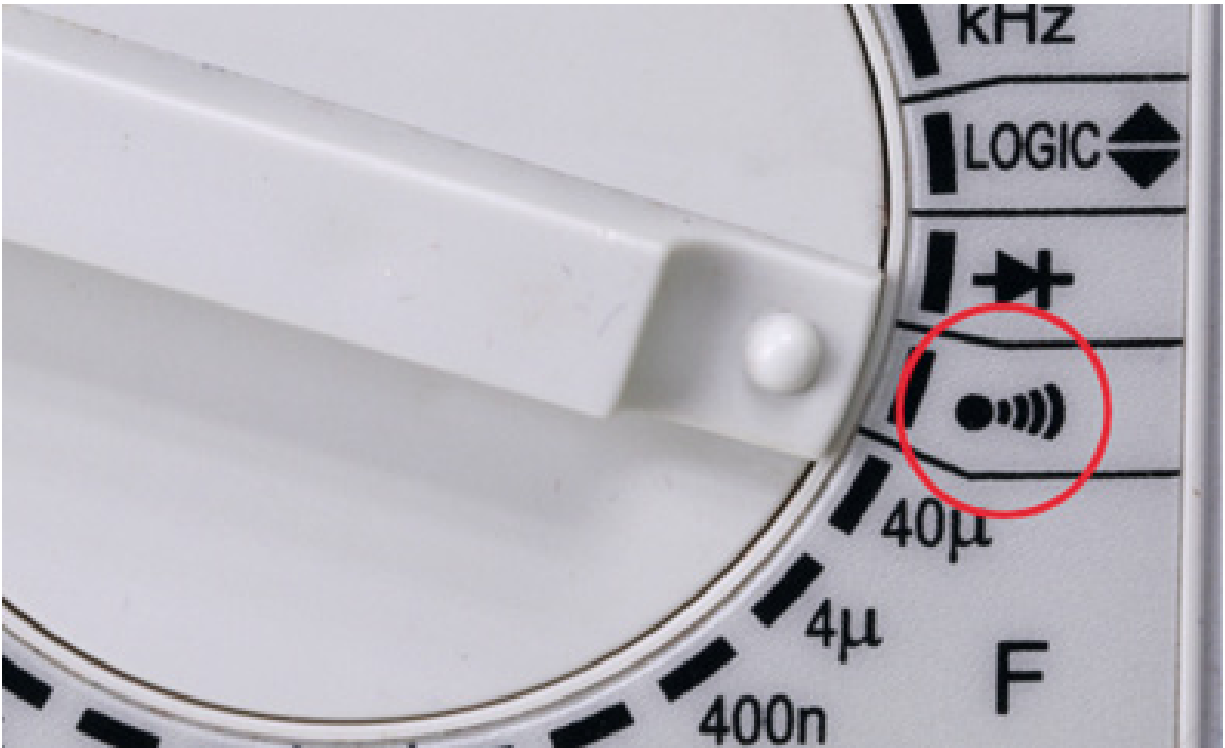


Figura 2.35 – Um terceiro multímetro medindo continuidade.

### Histórico: primeiros sistemas de comutação

Interruptores parecem uma característica fundamental de nosso mundo e seu conceito é tão simples que facilmente esquecemos que eles passaram por um processo gradual de evolução. Interruptores primitivos de faca foram bastante adequados para os pioneiros da eletricidade, que simplesmente queriam conectar e desconectar aparelhos em um laboratório, mas uma abordagem mais sofisticada foi necessária quando os sistemas de telefonia começaram a se proliferar. Tipicamente, uma operadora em uma “central telefônica” precisa conectar qualquer par de 10 mil linhas da mesa. Como isso poderia ser feito?

Em 1878, Charles E. Scribner (mostrado na Figura 2.36) desenvolveu um “interruptor canivete”, assim chamado porque a parte dele manipulado pela operadora se parecia com o cabo de um canivete. Um plugue saliente era encaixado em um soquete, criando um contato dentro do soquete. O soquete, na verdade, continha os

contatos do interruptor.

Conectores de áudio em guitarras e amplificadores ainda usam o mesmo princípio e quando nos referimos a eles como “jacks”, o termo remete à invenção de Scribner (do termo jack-knife, ou canivete). Os contatos do interruptor ainda são montados dentro de um soquete.



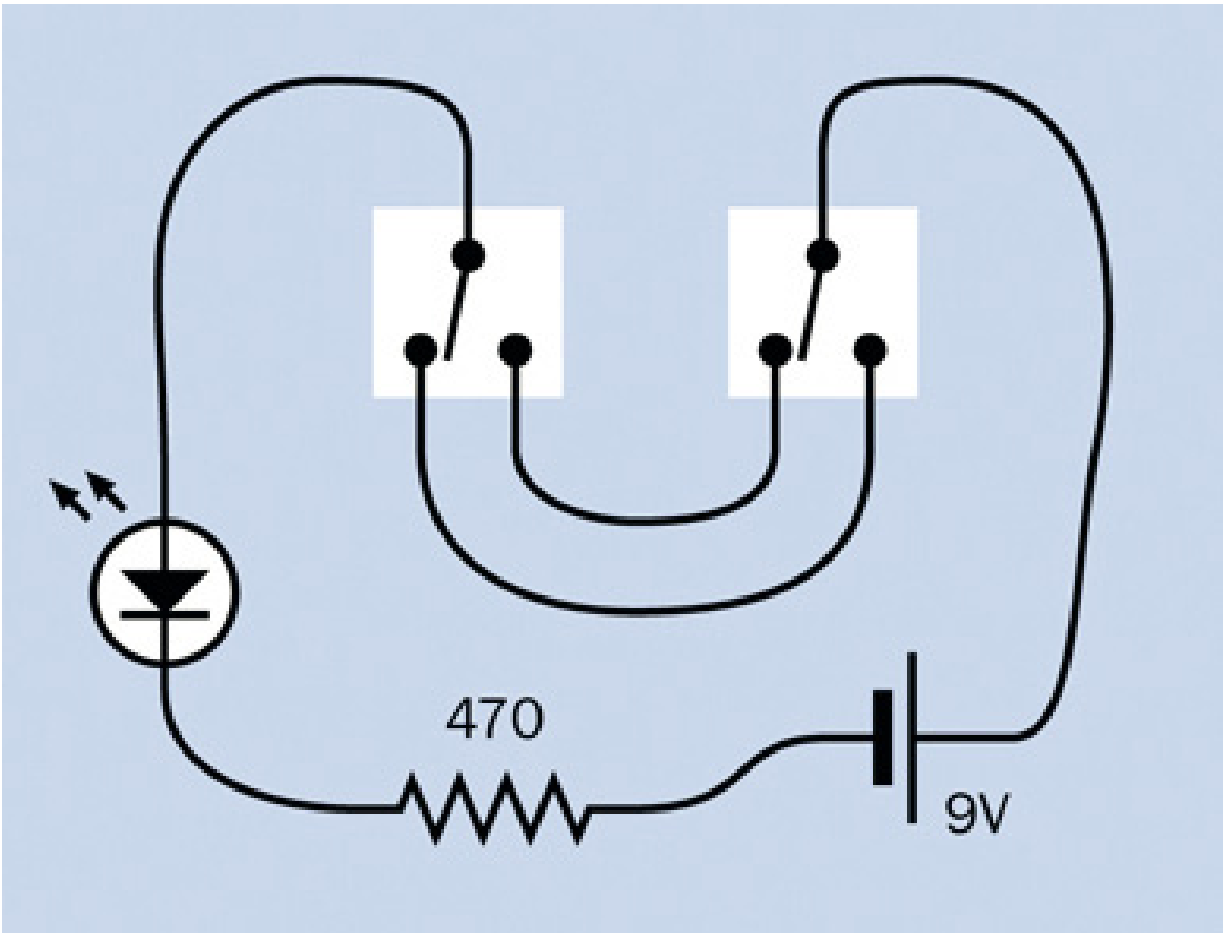
*Figura 2.36 – Charles E. Scribner inventou o “interruptor canivete” para satisfazer a necessidades de comutação de sistemas de telefonia no final*

*do século XIX. Os atuais conectores de áudio ainda usam o mesmo princípio.*

Hoje em dia, claro, centrais telefônicas se tornaram tão raras quanto as telefonistas. Inicialmente, tais centrais foram substituídas por relés – interruptores operados eletricamente, sobre os quais falarei mais adiante neste capítulo. E então os relés foram substituídos por transistores, que possibilitam toda a operação sem partes que se moviam. No Experimento 10 comutaremos a corrente com transistores.

### Introduzindo diagramas esquemáticos

Na Figura 2.37 redesenhei o circuito da Figura 2.26 de forma simplificada conhecida como “diagrama”. Daqui em diante ilustrarei circuitos com diagramas, pois eles facilitam a compreensão das conexões. Você só precisa conhecer alguns símbolos para interpretá-los.



*Figura 2.37 – O circuito com dois interruptores é redesenhado como um diagrama.*

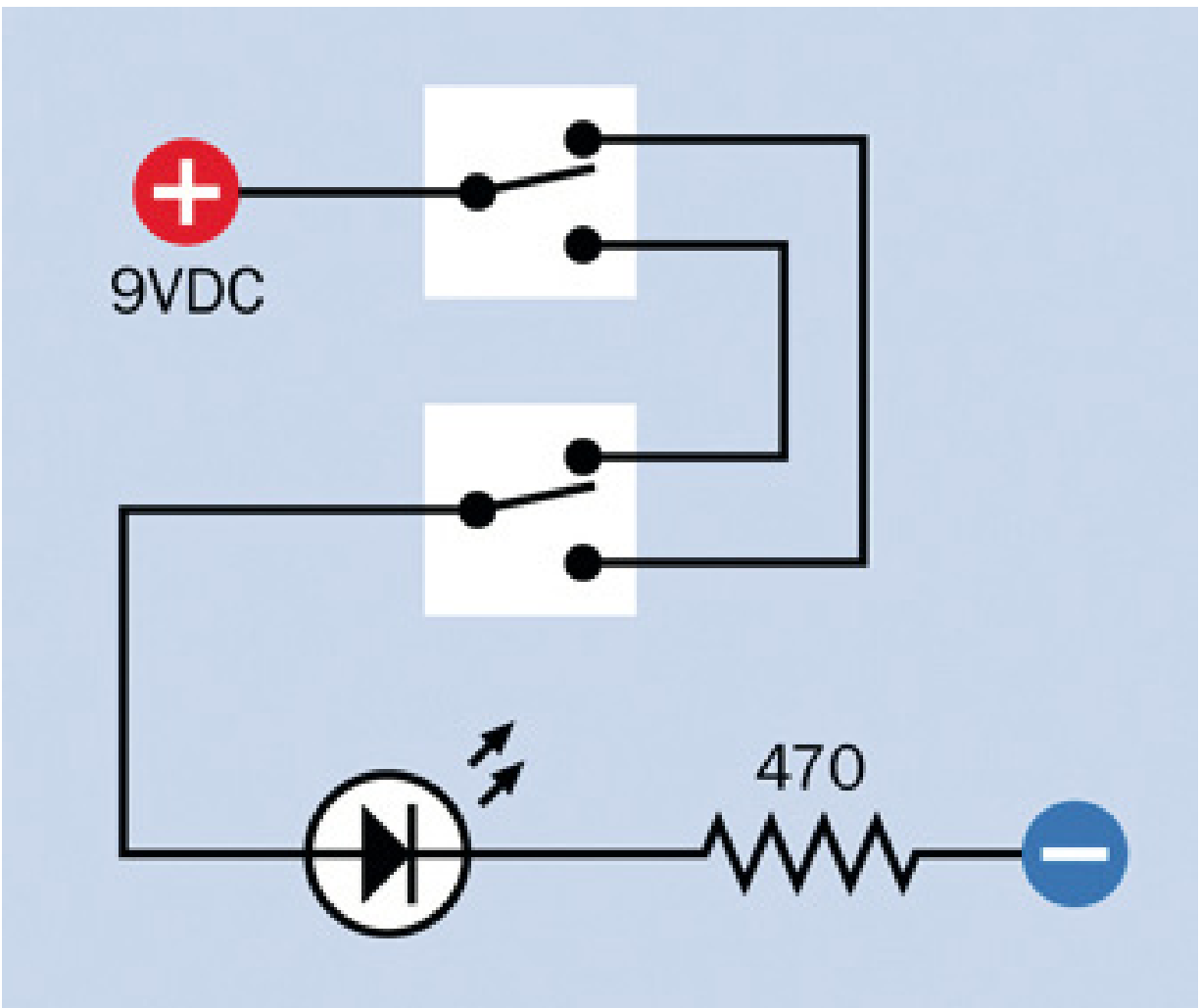
As Figuras 2.26 e 2.37 mostram os mesmos componentes e conexões entre eles. No diagrama, o elemento em ziguezague é o resistor, o símbolo com duas setas diagonais é o LED e a bateria é mostrada como duas linhas paralelas de tamanhos diferentes.

O triângulo grande no símbolo do LED indica a direção do fluxo de *corrente convencional*, o que significa o fluxo imaginário que vai do terminal positivo para o negativo. O par de setas diagonais indica que este diodo é do tipo que *emite luz* (falarei sobre outros tipos de diodos mais tarde). No símbolo da bateria, a maior das duas linhas identifica o lado positivo.

Trace o caminho da eletricidade pelo circuito e imagine os interruptores em uma posição ou outra. Você deve ver claramente agora porque qualquer um dos interruptores inverterá o estado do

LED de ligado para desligado e vice-versa.

A Figura 2.38 mostra o diagrama um pouco mais limpo. As linhas são retas e a fonte de alimentação agora é mostrada com o terminal positivo no canto superior esquerdo e o terminal negativo no canto inferior direito. Em diagramas, a tendência é ver a corrente convencional se mover de cima para baixo, enquanto sinais de certo tipo (como entrada de áudio de um amplificador) se movem da esquerda para a direita. A organização de cima para baixo de um circuito facilita sua compreensão.



*Figura 2.38 – O diagrama anterior foi reorganizado de forma mais convencional.*

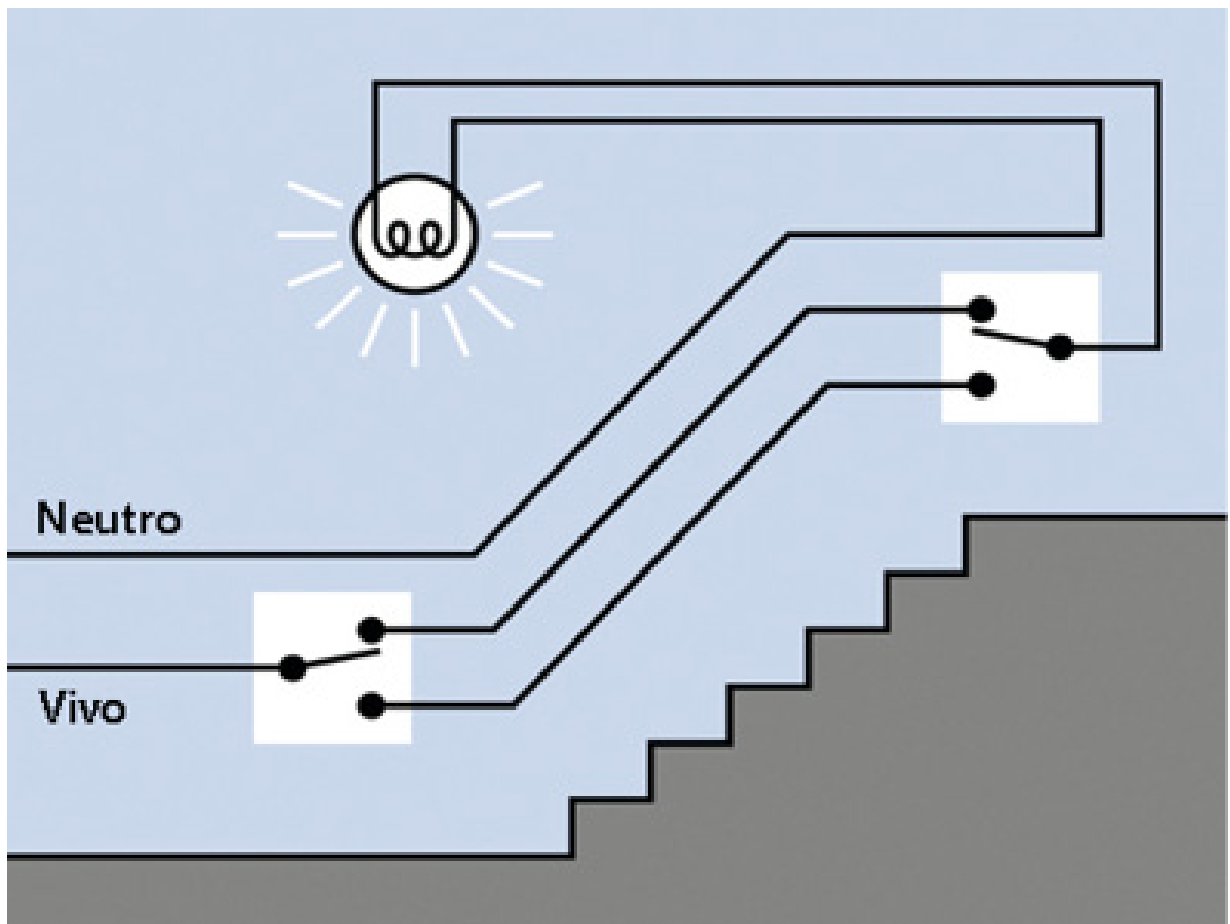
O importante é entender que os dois diagramas mostram exatamente o mesmo circuito, mesmo que pareçam diferentes. O



importante é o tipo de componentes e o modo como eles estão conectados. A localização exata dos componentes é irrelevante.

- Um diagrama não diz onde colocar os componentes. Ele apenas diz como conectá-los.

Por acaso, é provável que você tenha um exemplo do circuito na Figura 2.38 em sua casa, especialmente se dois interruptores de luz estiverem colocados na parte de baixo e de cima de um lance de escadas, e qualquer um dos interruptores puder ser usado para ligar e desligar a luz. Isto é mostrado na Figura 2.39, em que os fios vivo e neutro da fonte AC são mostrados no canto inferior esquerdo.



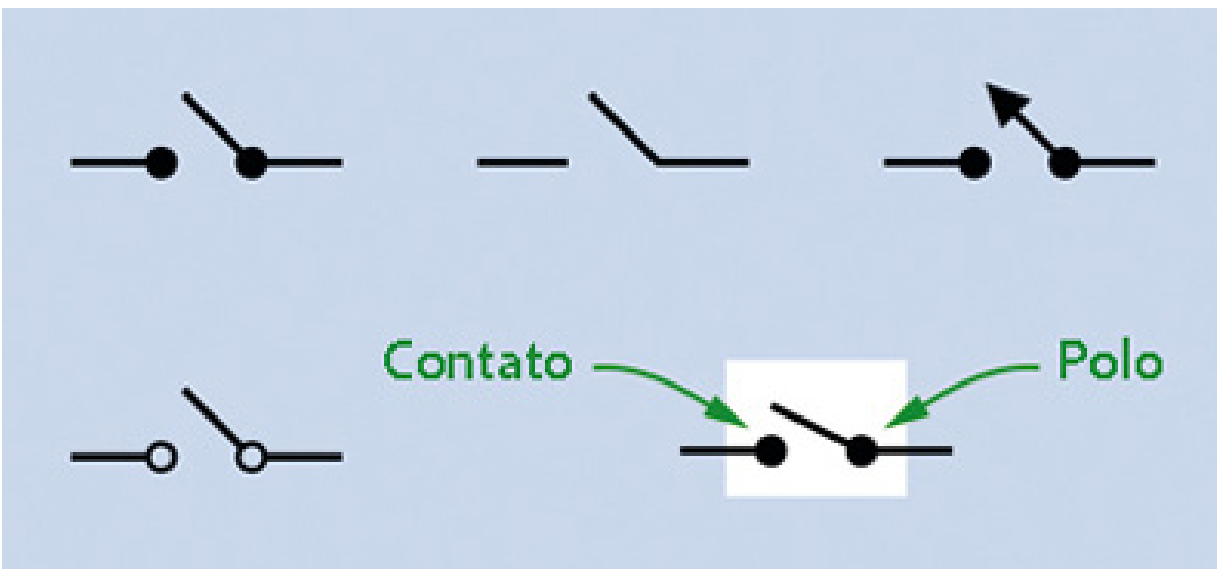
*Figura 2.39 – O mesmo circuito mostrado na figura anterior é usado em casas, nas quais dois interruptores controlam a mesma luz.*

O fio vivo é comutado enquanto o fio neutro corre junto dele até a lâmpada (o círculo branco com uma linha enrolada representa o elemento de uma antiga lâmpada incandescente).

O único problema com diagramas é que alguns símbolos não são padronizados. Você verá muitas variantes do mesmo elemento. Explicarei seus significados ao longo do livro.

### Fundamentos: símbolos básicos em diagramas

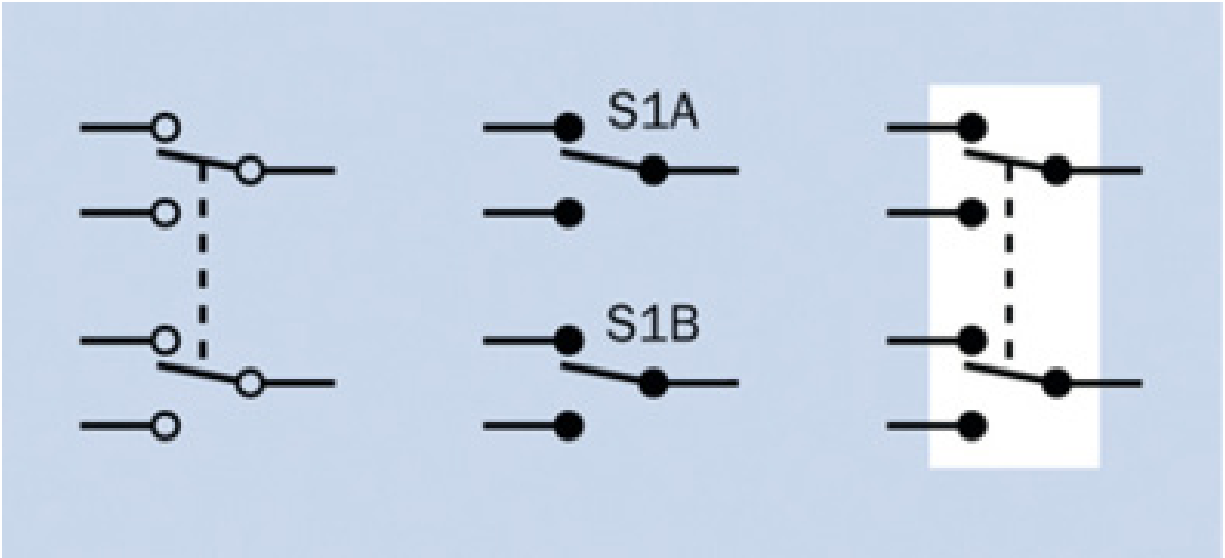
**1. O interruptor.** A Figura 2.40 mostra cinco variações deste componente básico, um interruptor de polo único (SPST). Em cada caso, o polo está à direita e o contato à esquerda, embora com um interruptor SPST isto não faça muita diferença. Neste livro escolhi incluir um retângulo branco em torno de cada interruptor para enfatizar que, embora tenham duas partes, eles são um único componente.



*Figura 2.40 – Cinco variações do símbolo de um interruptor SPST. Todos funcionam de modo idêntico.*

A Figura 2.41 mostra como as coisas ficam um pouco mais complicadas quando você tem um interruptor de polo duplo e dupla via (DTDP). Uma linha pontilhada indica que ambos os segmentos do interruptor se movem juntos quando o interruptor é acionado, mesmo que cada polo e conjunto de contatos estejam eletricamente isolados uns dos outros. A variação central é encontrada, às vezes, em diagramas grandes, nos quais o layout dificulta colocar as seções de um interruptor perto umas das outras. Cada conjunto de contatos é

identificado por uma abreviatura terminando em A, B, C . . . e você deve entender que os contatos estão realmente contidos em um interruptor.



*Figura 2.41 – Três variações do símbolo do interruptor DPDT.*

**2. Fonte de alimentação.** A fonte de alimentação de um circuito DC (corrente contínua) pode ser indicada de várias formas. A seção superior da Figura 2.42 mostra os símbolos de uma bateria. Uma linha curta indica o terminal negativo e a linha mais longa indica o terminal positivo. Tradicionalmente, um único par de linhas representa uma única bateria de 1,5 volt, dois pares de linhas uma bateria de 3 volts, e assim por diante. Porém, quando circuitos usavam alta tensão, com tubos de vácuo, a pessoa que desenhava o diagrama geralmente mostraria uma linha pontilhada entre as baterias em vez de desenhar uma dúzia deles em fila.

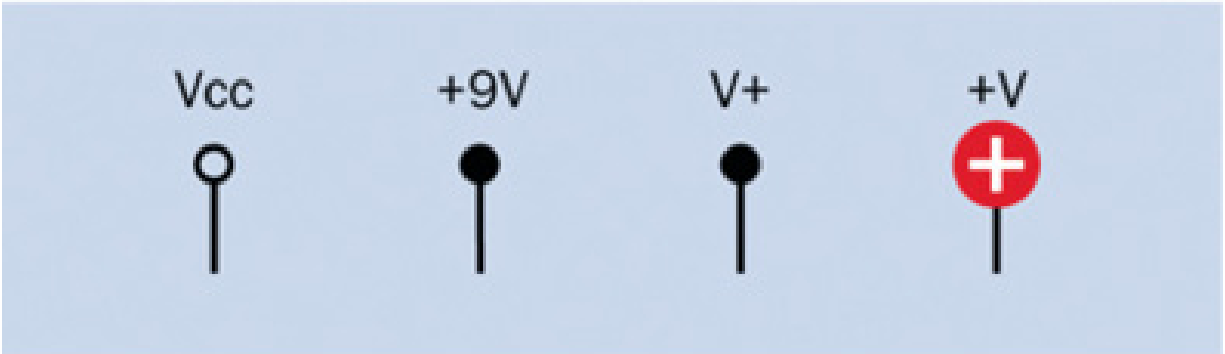
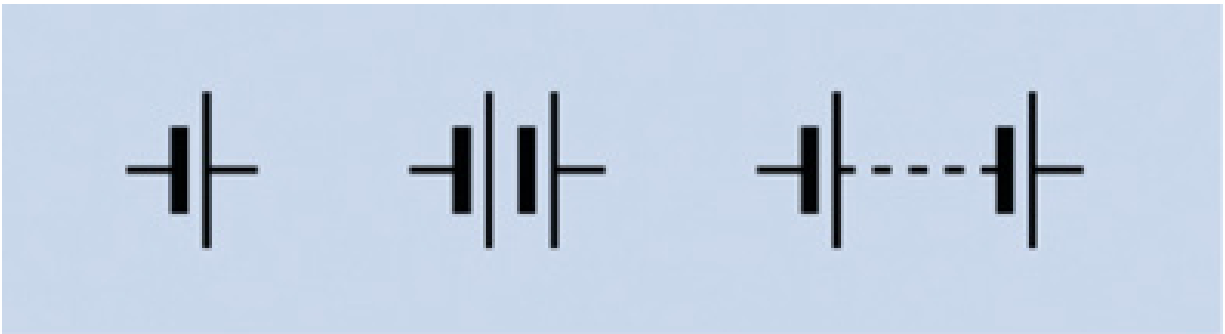


Figura 2.42 – Várias formas de mostrar os terminais positivo e negativo de uma fonte DC em um circuito.

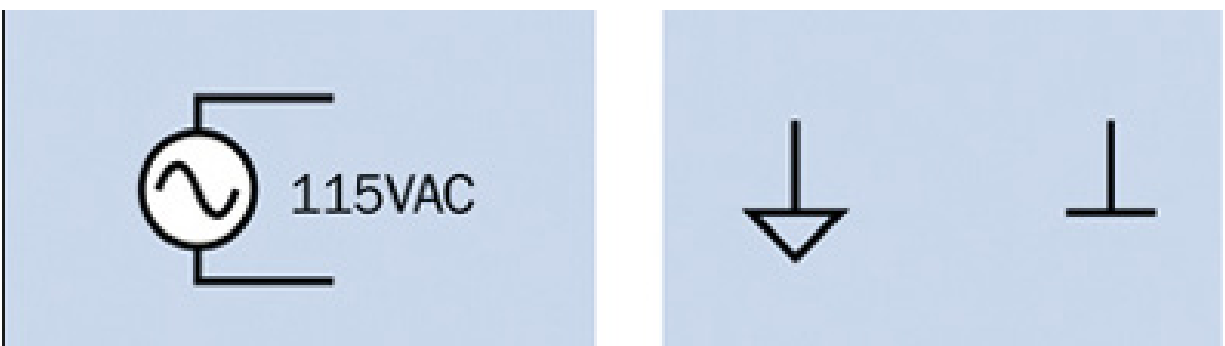
O símbolo de uma bateria ainda pode ser usado em um diagrama simples, mas em geral os polos positivo e negativo de uma fonte DC são indicados por símbolos separados, mostrados na seção central e na seção inferior da Figura 2.42. O polo positivo é aplicado a um local de um circuito marcado como  $V_{cc}$ ,  $VCC$  ou  $V+$ ,  $+V$  ou  $+V$  com um número acrescentado para indicar a voltagem. Originalmente, o termo  $VC$  se referia à voltagem no coletor de um transistor.  $VCC$  significava a tensão de alimentação para todo o circuito e agora é usado independentemente se o circuito tem transistores ou não. Muitas pessoas dizem “vê cê cê” sem saber sua origem.

Neste livro, como pude me dar o luxo de reprodução colorida, usei um símbolo + em um círculo vermelho para indicar o polo positivo.

O polo negativo da fonte de alimentação pode ser exibido com qualquer um dos símbolos na seção inferior da Figura 2.42. Pode ser chamado de “terra negativo” ou simplesmente “terra”. Uma vez que várias partes de um circuito podem compartilhar um potencial negativo, vários símbolos de terra podem ser encontrados espalhados pelo diagrama. Isto é mais conveniente que desenhar linhas ligando-os todos.

Neste livro optei por usar o sinal de menos em um círculo azul, pois ele é intuitivamente óbvio. Você não o verá usado com frequência em diagramas em geral.

Minha discussão até o momento fez referência a dispositivos alimentados por bateria. Em um aparelho que usa alimentação AC de uma tomada, a situação é mais complicada, pois a tomada tem três entradas para conexões do tipo vivo, neutro e terra. Um diagrama tipicamente mostra a fonte AC como um S deitado, como na Figura 2.43. Normalmente, o valor da fonte de alimentação é mostrado e nos EUA ele é geralmente 110, 115 ou 120 volts. Em outras partes do circuito, os símbolos mostrados do lado direito da Figura 2.43 se referem ao chassi do dispositivo no qual o circuito eletrônico está montado.



*Figura 2.43 – Representação simbólica da alimentação AC (esquerda) e do chassi em um dispositivo AC (direita).*

Observe que o pino terra em uma tomada AC caseira não se conecta realmente com o terra fora do prédio. Um dispositivo eletrônico com um chassi metálico que se conecta com esse pino

está “aterrado”. Em um circuito alimentado por bateria sem voltagens altas, o aterramento literal (na terra propriamente dito) é desnecessário, mas o símbolo de terra ainda pode ser usado.

**3. Resistor.** Só existem duas variantes do símbolo do resistor, mostrados na Figura 2.44. O símbolo à esquerda é usado nos Estados Unidos, com um número ao lado indicando sua resistência em ohms. Ou então o resistor pode ser identificado como R1, R2, R3 . . . com uma lista separada de peças mostrando os valores. O símbolo à direita na Figura 2.44 se originou na Europa e novamente o número é o valor da resistência em ohms. O valor de 220 ohms na figura foi selecionado arbitrariamente.



*Figura 2.44 – Símbolo de um resistor nos Estados Unidos (esquerda) e Europa (direita).*

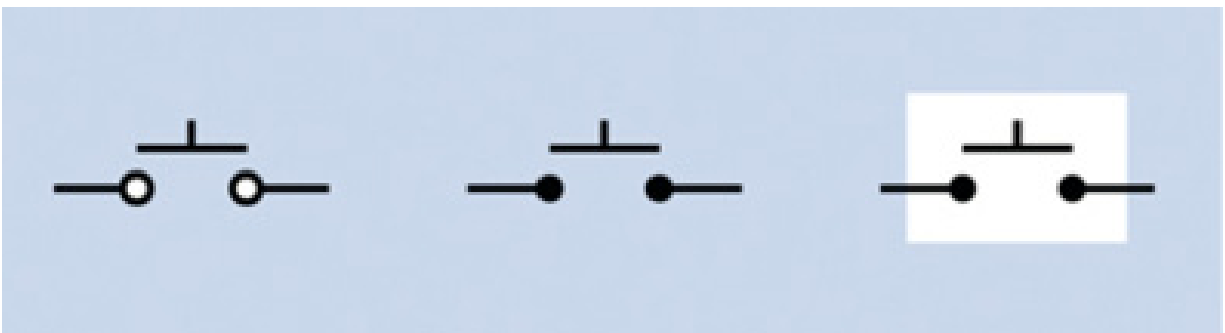
Lembre-se de que sempre que o valor da resistência incluir uma vírgula decimal, os europeus omitem a vírgula e a substituem por um K ou M, enquanto as resistências menores que 1 K são mostradas como um ou mais dígitos seguidos pela letra R.

**4. Potenciômetro.** Na Figura 2.45 o símbolo à esquerda é usado nos Estados Unidos e o símbolo à direita se originou na Europa. Em ambos os símbolos, a seta identifica o cursor do potenciômetro. O valor de 470 ohms foi selecionando aleatoriamente.



*Figura 2.45 – O símbolo à esquerda para um potenciômetro é usado nos Estados Unidos e o símbolo à direita teve origem na Europa.*

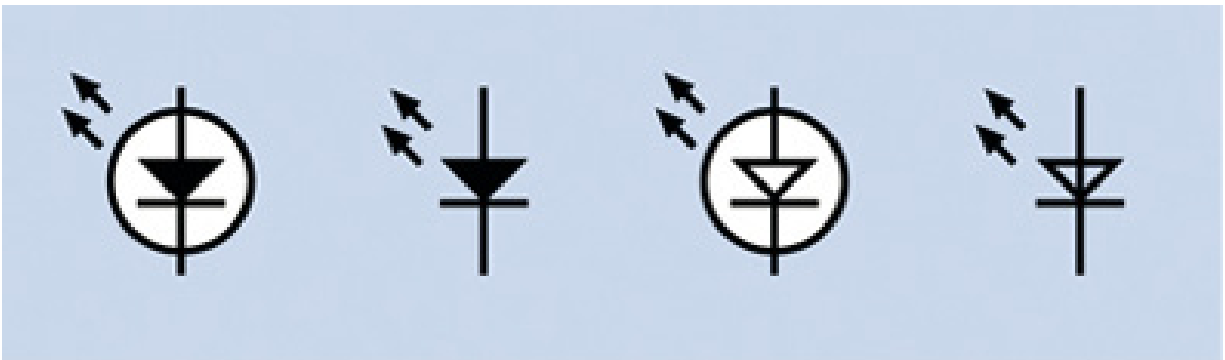
**5. Botão de pressão.** Três possíveis símbolos do botão de pressão são mostrados na Figura 2.46. Esses símbolos representam o tipo mais comum de botão de pressão normalmente aberto ou interruptor momentâneo, nos quais a pressão fecha dois contatos e soltar o botão abre o circuito. Em botões de pressão mais complexos, em que uma simples pressão do botão fecha ou abre numerosos contatos, o símbolo de um interruptor de múltiplos polos pode ser usado.



*Figura 2.46 – Três variantes do símbolo de um botão de pressão. O retângulo branco é acrescentado neste livro para clareza, mas não é usado em outros lugares.*

**6. Diodos Emissores de Luz (LED).** A Figura 2.47 mostra quatro variantes de um símbolo que representa um LED. O significado é o mesmo, independentemente se um círculo for incluído e se o triângulo for sólido ou vazado. O destaque branco no círculo foi acrescentado neste livro para clareza, mas não é usado em outros lugares. Símbolos de LED podem ser orientados em qualquer

direção para facilitar o desenho do esquema do circuito. As setas também podem apontar em qualquer direção.



*Figura 2.47 – Quatro maneiras de representar um LED. Elas são funcionalmente idênticas.*

Explorarei outras variantes de símbolos mais adiante no livro. Enquanto isso, os aspectos mais importantes a serem lembrados são:

- As posições dos componentes em um diagrama não afetam sua funcionalidade.
- Os estilos dos símbolos usados em um diagrama não são importantes.
- As conexões entre os componentes são extremamente importantes.

### Layout do diagrama

Eu mencionei que os diagramas geralmente mostram o polo positivo da alimentação no canto superior e o polo negativo no canto inferior. Esta convenção ajuda muito a entender o funcionamento do circuito, mas não ajuda em nada quando você realmente quer construir o circuito, pois é quase certo que você começará usando uma matriz de contatos que impõe uma geometria totalmente diferente.

Quase todos os livros de eletrônica que vi esperam que você altere o layout de um circuito representando no diagrama para construí-lo na matriz de contato. Isto pode ser desafiador e representar uma barreira significativa no aprendizado de eletrônica. Portanto, os diagramas neste livro são todos concebidos em um padrão



semelhante ao de uma matriz de contatos. Isto fará mais sentido após você se deparar com uma matriz de contato no Experimento 8.

### Cruzamento de fios

O último tópico a ser mencionado sobre diagramas tem a ver com o modo como eles mostram dois fios que se cruzam. Nos circuitos simples que você construiu até aqui, não ocorreram cruzamentos, mas, à medida que os circuitos ficam mais complicados, fios precisam passar uns sobre os outros sem fazer uma conexão elétrica. Como um diagrama pode ilustrar isto?

Na primeira edição deste livro eu usei um estilo em que o cruzamento de fios era representado por um pequeno “pulo” semicircular. Isto é identificado como “Estilo antigo” na Figura 2.48. Eu ainda prefiro este estilo, pois é possível ver claramente que os fios não fazem uma conexão elétrica. Entretanto, há algumas décadas representar o pulo tornou-se mais difícil já que os circuitos passaram a ser criados com software em vez de caneta e tinta. Nesse momento, os pulos passaram a ser usados com menos frequência.

Uma alternativa, identificada como “Estilo mais novo” na Figura 2.48, mostrava um dos fios com uma interrupção. Isto era confuso e não facilmente reproduzido por softwares automatizados de desenho de circuito. Consequentemente, ele também se tornou raro.

O terceiro estilo, chamado de “Convencional”, agora é extremamente comum. Nesta edição do *Eletrônica para makers* eu decidi que deveria me conformar com o estilo convencional que é usado no resto do mundo, embora eu não considere este estilo tão claro quanto o estilo antigo.

Talvez você esteja se perguntado: se duas linhas que se cruzam não estão conectadas eletricamente, como desenhá-las quando elas se conectam? A resposta é: use um ponto para evitar confusão. O ponto deve ser grande e não apenas uma espetada de agulha. A seção inferior da Figura 2.48 mostra o que estou dizendo. Isto nos leva à regra geral:

- Duas linhas que se cruzam não indicam uma conexão elétrica.

- Quando existe um ponto no cruzamento das linhas, existe uma conexão elétrica.

Há ainda mais uma observação. Para fins de clareza, acho uma boa prática evitar o estilo mostrado na parte inferior da Figura 2.48. Ele é muito confuso. Se evitarmos essa configuração e usarmos aquela imediatamente acima, saberemos que fios que se cruzam não se conectam de modo algum.



Quando fios se cruzam entre si sem fazer uma conexão elétrica.



Quando os fios fazem uma conexão elétrica entre si.



*Figura 2.48 – Vários estilos de representar fios que se conectam ou não.  
Veja o texto para detalhes.*

## Condutores coloridos

Eu falei que o cruzamento de fios seria meu último tópico sobre diagramas esquemáticos? Na verdade, existe mais um pequeno aspecto. Já que não quero que você se confunda sobre os polos positivo e negativo de uma fonte de alimentação, vou colorir todos os condutores positivos de vermelho nos diagramas no restante do livro, enquanto o polo negativo/terra será colorido em azul. Leitores me disseram que isso era muito útil quando usei esse método ocasionalmente no passado, portanto agora vou usá-lo de forma consistente em todo o livro.

Preto é uma cor mais comum para o polo negativo/terra (como o fio preto de seu multímetro ou o fio preto de um conector de bateria). Mas, às vezes, o azul é usado e ele destaca melhor a questão.

Lembre-se de que os diagramas que você encontrar em outros lugares fora deste livro não usarão esta útil convenção de cores. Todos os fios serão pretos e você precisará descobrir quais estão conectados à fonte de alimentação.

## Experimento 7: Investigando um relé

O próximo passo em nossa exploração da comutação é usar um interruptor controlado remotamente. Quando digo “controlado remotamente” isto significa que ele abre ou fecha em resposta a um sinal recebido. Este tipo de interruptor é conhecido como *relé*, pois ele transmite (relay, em inglês) uma instrução de uma parte do circuito para outra.

- Em geral, um relé é controlado por uma baixa tensão ou pequena corrente e comuta uma tensão ou corrente maiores.

Isto pode ser muito útil. Quando você dá partida em seu carro, por exemplo, uma chave de ignição relativamente pequena e barata envia um pequeno sinal por um pedaço de fio fino e barato para um relé que está próximo do motor de arranque. O relé ativa o motor por

meio de um pedaço de fio mais curto, muito mais grosso e mais caro, capaz de suportar até 100 amperes.

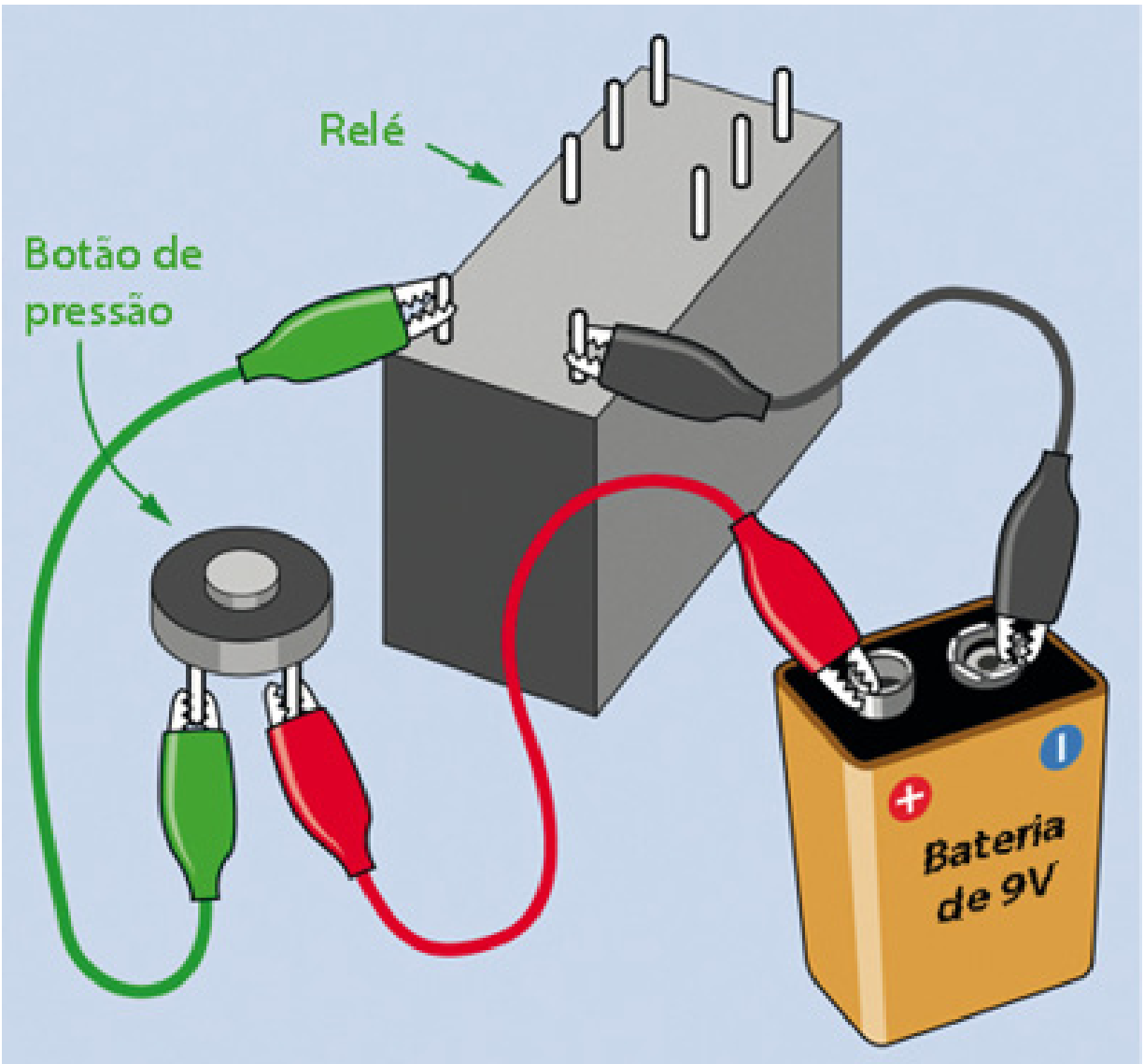
Da mesma forma, se você abrir a porta de uma antiga máquina de lavar roupa com abertura superior durante o ciclo de centrifugação, você fecha um pequeno interruptor que envia um pequeno sinal por meio de fio fino até um relé. O relé é responsável pela tarefa de desligar o grande motor que está girando o tambor cheio de roupas úmidas.

### O que será necessário:

- Bateria de 9 volts (1)
- Relés DPDT de 9 VDC (2)
- Botão tátil, SPST (1)
- Cabos de teste com cliques jacaré em cada ponta (5)
- Estilete (1)
- Multímetro (1)

### O relé

O tipo de relé que quero que você use tem dois pinos em uma das pontas e seis pinos na outra. Os seis pinos estão agrupados em duas linhas de três pinos, como na Figura 2.49 (onde o relé está de ponta-cabeça com seus pinos voltados para cima). Se você comprar dois relés, poderá usar um deles para fins de investigação, o que significa que você irá abri-lo para dar uma olhada por dentro dele. Se você o fizer com muito, muito cuidado, o relé ainda poderá ser usado mais tarde. Caso contrário, bem, você terá um sobressalente.



*Figura 2.49 – O primeiro passo para descobrir o que acontece dentro de um relé.*

### Cuidado: problemas de polaridade

Alguns relés são exigentes em relação à maneira de aplicar tensão à bobina interna. Tudo funciona bem com a eletricidade fluindo em certa direção através da bobina, mas se você inverter as conexões positiva e negativa (em outras palavras, se inverter a polaridade) o relé para de funcionar.

Isto é especialmente irritante quando a especificação do relé não deixa isso claro. Os relés que recomendei não requerem uma

polaridade particular. Veja “Essencial: Relé”.

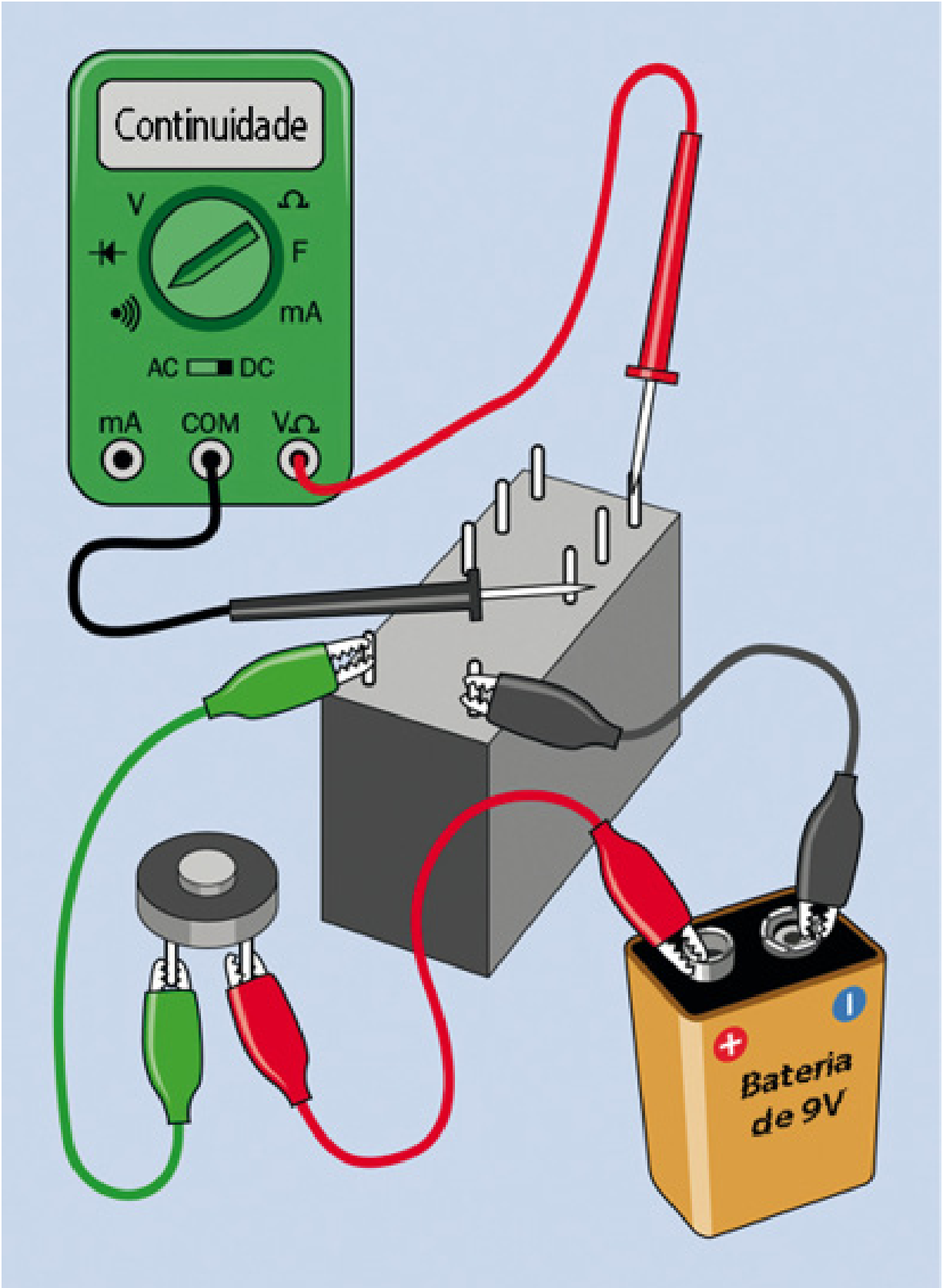
### Procedimento

Conecte os cabos de teste e um botão táctil (botão de pressão) como mostrado na Figura 2.49. (Observe que as peças nesses diagramas não estão desenhadas em escala.)

Quando você pressiona o botão para aplicar 9 volts ao par de pinos que estão separados dos outros, você deve ouvir um clique bem fraco. Solte o botão e você ouvirá outro clique. (Se sua audição não for boa, toque o relé delicadamente com a ponta dos dedos e você sentirá uma leve vibração quando ocorrer o clique.)

O que está acontecendo? Seu multímetro o ajudará na investigação. Configure-o para medir continuidade e verifique se está funcionando ao encostar as duas pontas dos cabos de teste. Se não ouvir um bipe, ele não foi configurado para medir continuidade ou a bateria está morta, ou um dos cabos de teste está conectado ao soquete errado.

Agora encoste os cabos de teste nos pinos como mostrado na Figura 2.50 e pressione o botão. O multímetro deve emitir um bipe enquanto o botão estiver pressionado.





*Figura 2.50 – Passo 2: Medindo a continuidade.*

Este teste diz que alguns contatos devem fechar dentro do relé quando se aplica tensão ao par de terminais na extremidade mais próxima de você. Talvez você esteja com dificuldade para encostar as pontas de prova do multímetro nos pinos ao mesmo tempo em que pressiona o botão. Neste caso, tente usar um par de cabos de teste como mostrado na Figura 2.51. Com uma ponta de cada cabo presa a uma ponta de prova e a outra ponta presa ao pino do relé, suas mãos ficarão livres.

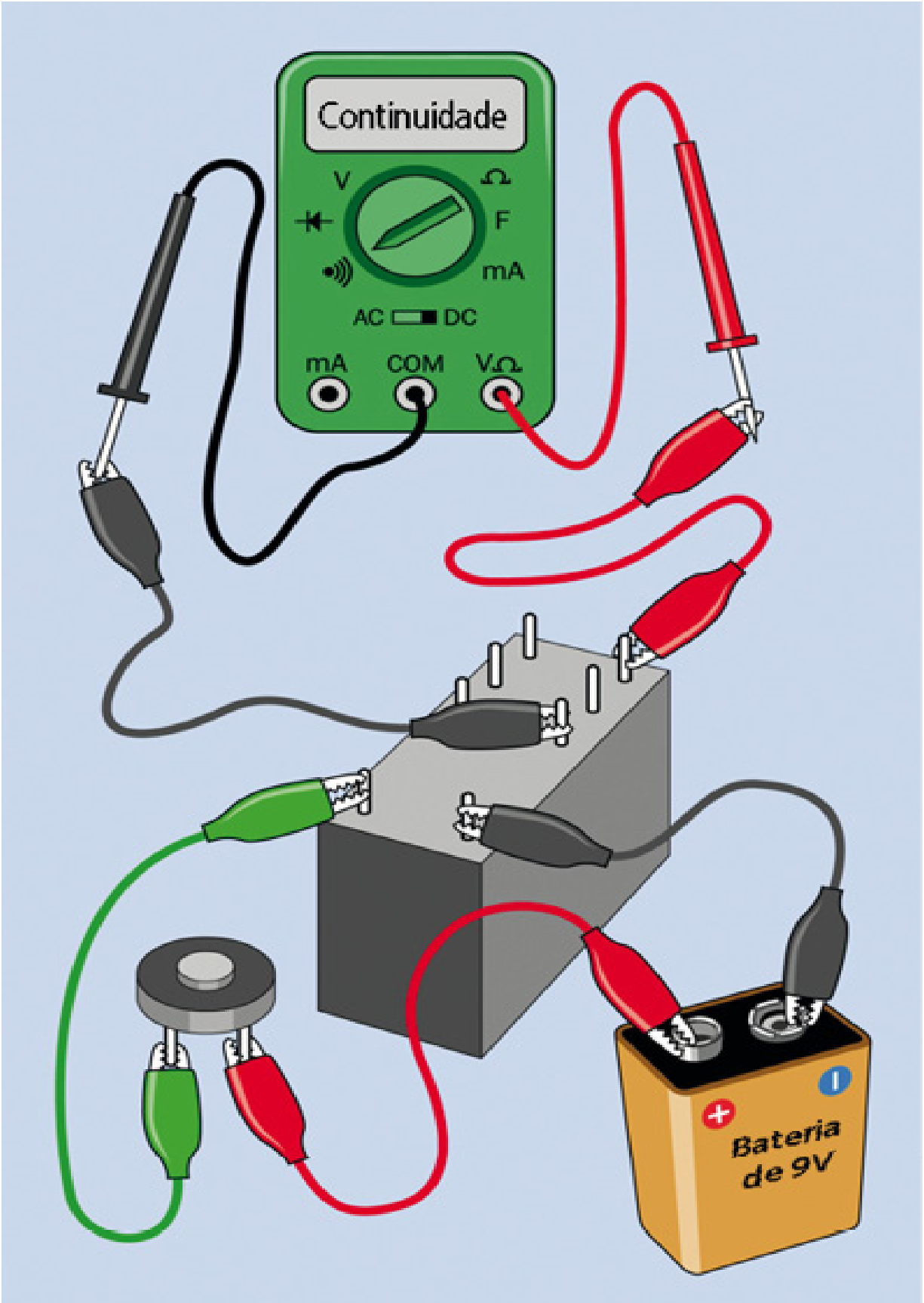
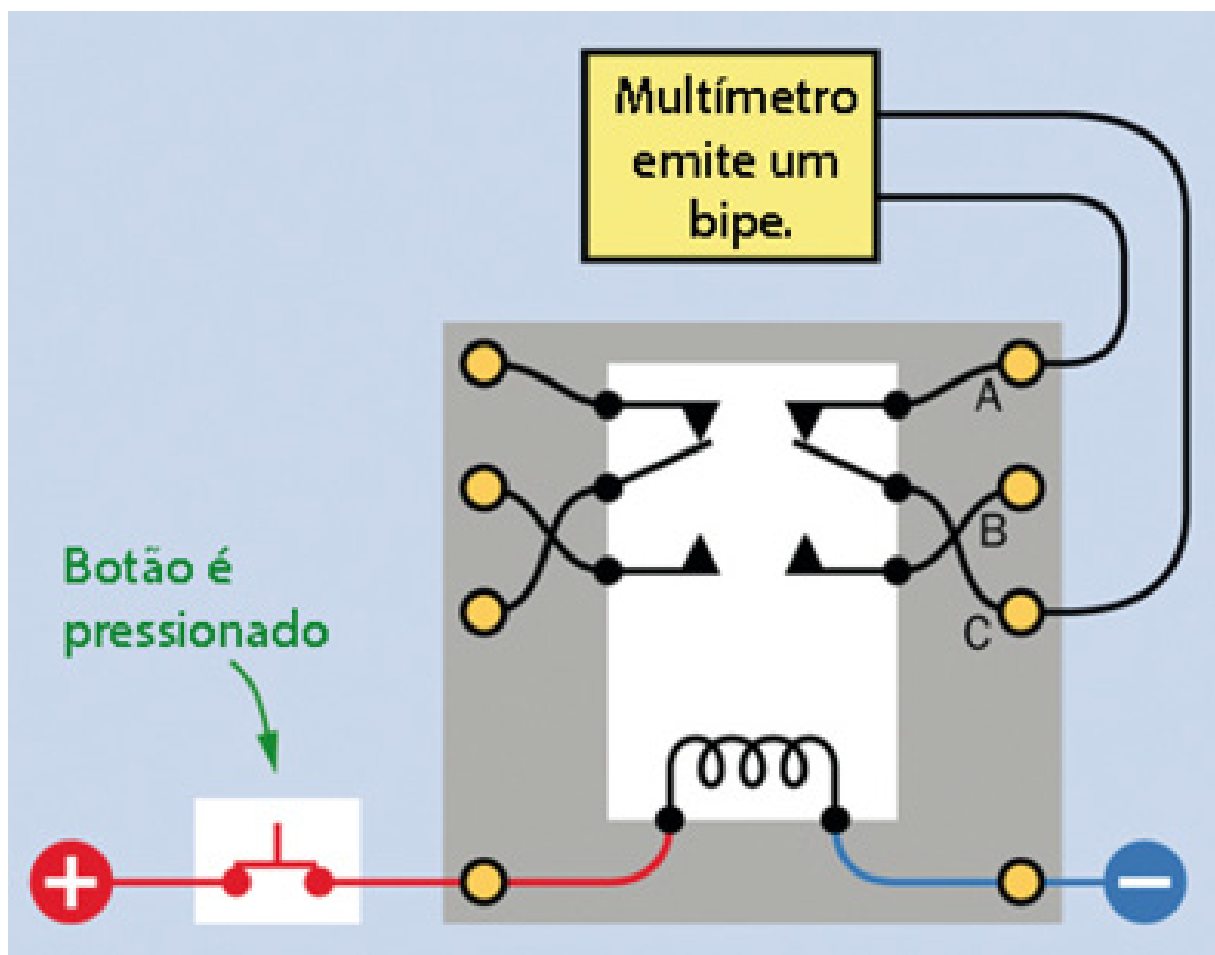


Figura 2.51 – Você pode estender as pontas de prova do multímetro com cabos de teste para não ter que segurá-las.

Agora tente mover o cabo de teste vermelho do pino do relé mais afastado de você para o pino vazio ao lado dele. Você observará que o comportamento do multímetro é o inverso, isto é, ele emite um bipe quando você não pressiona o botão e silencia quando você o pressiona.

### O que acontece dentro do relé

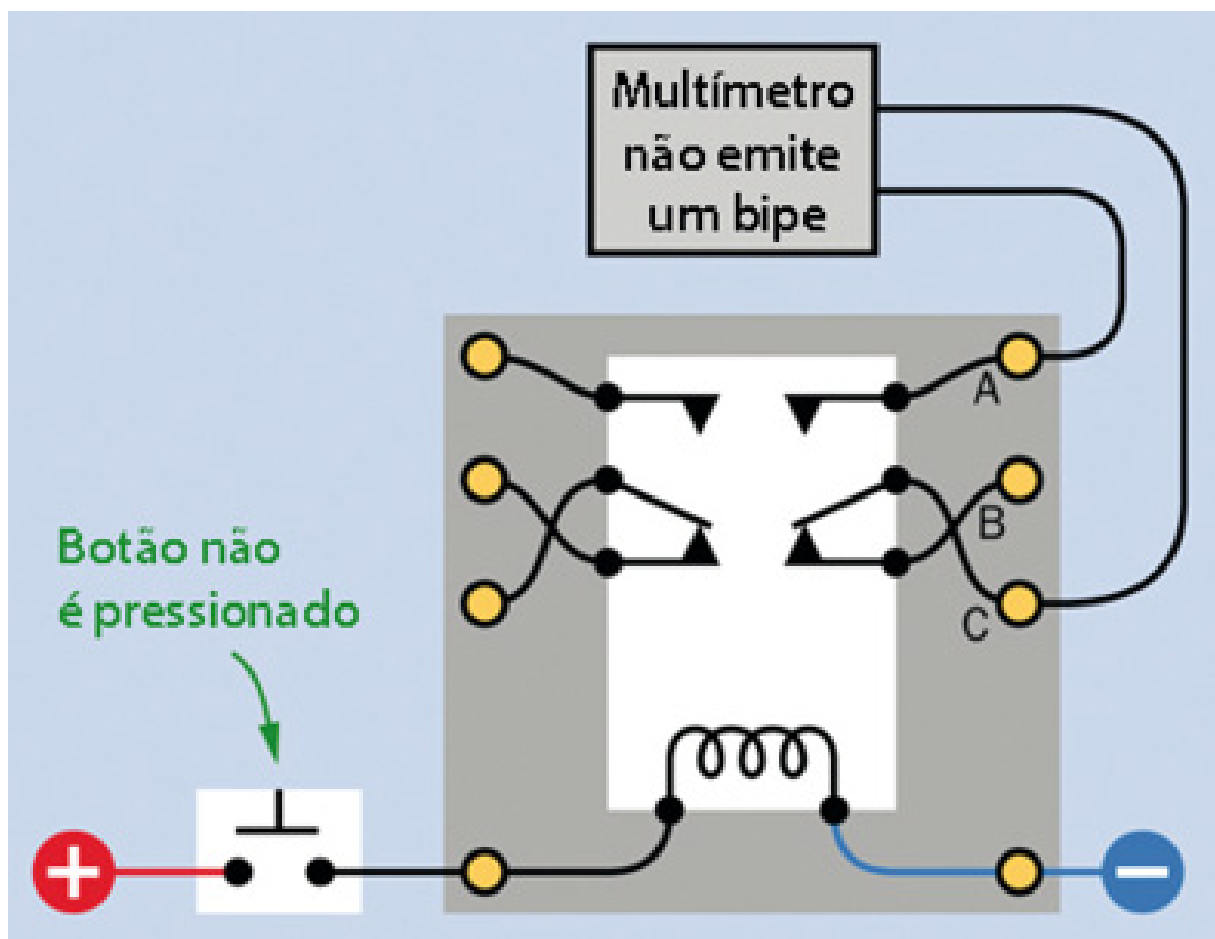
A Figura 2.52 mostra um raio-X do interior do relé quando você pressionou o botão. O relé contém uma bobina na parte inferior, que gera um campo magnético, que move um par de interruptores internos. A bobina moveu o interruptor da direita para conectar os pinos A e C internamente, por isso o multímetro emitiu o bipe.



*Figura 2.52 – Dentro do relé, quando o botão é pressionado, o multímetro começa a emitir um bipe.*

Você deve estar se perguntando por que a bobina no relé parece empurrar o interruptor interno para longe dela. A razão é que existe uma ligação mecânica dentro do relé, que converte uma força de atração em força de repulsão. Você poderá observar isso quando abrir o relé mais adiante neste experimento.

A Figura 2.53 mostra o que aconteceu quando você não estava pressionando o botão. Os contatos do interruptor relaxaram em seu estado oposto, interrompendo a conexão entre A e B e estabelecendo a conexão entre B e C. Os contatos permanecem na mesma posição quando não há corrente percorrendo a bobina do relé.



*Figura 2.53 – Dentro do relé, quando o botão não é pressionado e o multímetro não emite um bipe.*

## Outros relés

Acredito que as funções dos pinos que descrevi são as mais comuns para este tamanho de relé, mas sei que há exceções que fazem as coisas de modo diferente. Na verdade, a primeira edição deste livro usava um relé que tinha funções diferentes de pino.

Quando você encontra um relé de polo duplo e dupla via (DPDT) pela primeira vez, é possível determinar o que acontece dentro dele? Você testa diferentes pares de pinos com o multímetro enquanto aplica tensão à bobina. Por um processo de eliminação, você pode descobrir como os pinos estão conectados.

Você também pode ler as especificações do fabricante. Ela deve conter diagramas como o da Figura 2.21.

Isso é tudo que você precisa saber sobre relés? Não, eu mal arranhei a superfície.

- Alguns são *relés de travamento*, o que significa que os interruptores internos permanecem na mesma posição quando desenergizados. Relés de travamento geralmente têm *duas bobinas* para mover os interruptores em cada direção. Não usarei este tipo de relé neste livro.
- Alguns relés têm dois polos, alguns apenas um; alguns são do tipo dupla via (double-throw) e outros do tipo via única (single-throw).
- Algumas bobinas funcionam com AC, outras com DC, e como mencionei, algumas bobinas DC requerem que você aplique tensão DC com a polaridade correta.

Como sempre, as especificações devem fornecer as informações necessárias.

A Figura 2.54 mostra uma seleção de símbolos esquemáticos para os vários tipos de relés. O Tipo A é de polo único e via única (SPST). O Tipo B é de polo único e dupla via (SPDT). O Tipo C é de polo único e via única (SPST), desenhado no estilo que prefiro usar, com um retângulo branco lembrando você que as peças estão encapsuladas em um único componente. O Tipo D é de polo único e dupla via (SPDT). O Tipo E é de polo duplo e dupla via (DPDT). O

Tipo F é de polo único e dupla via (SPDT) com travamento.

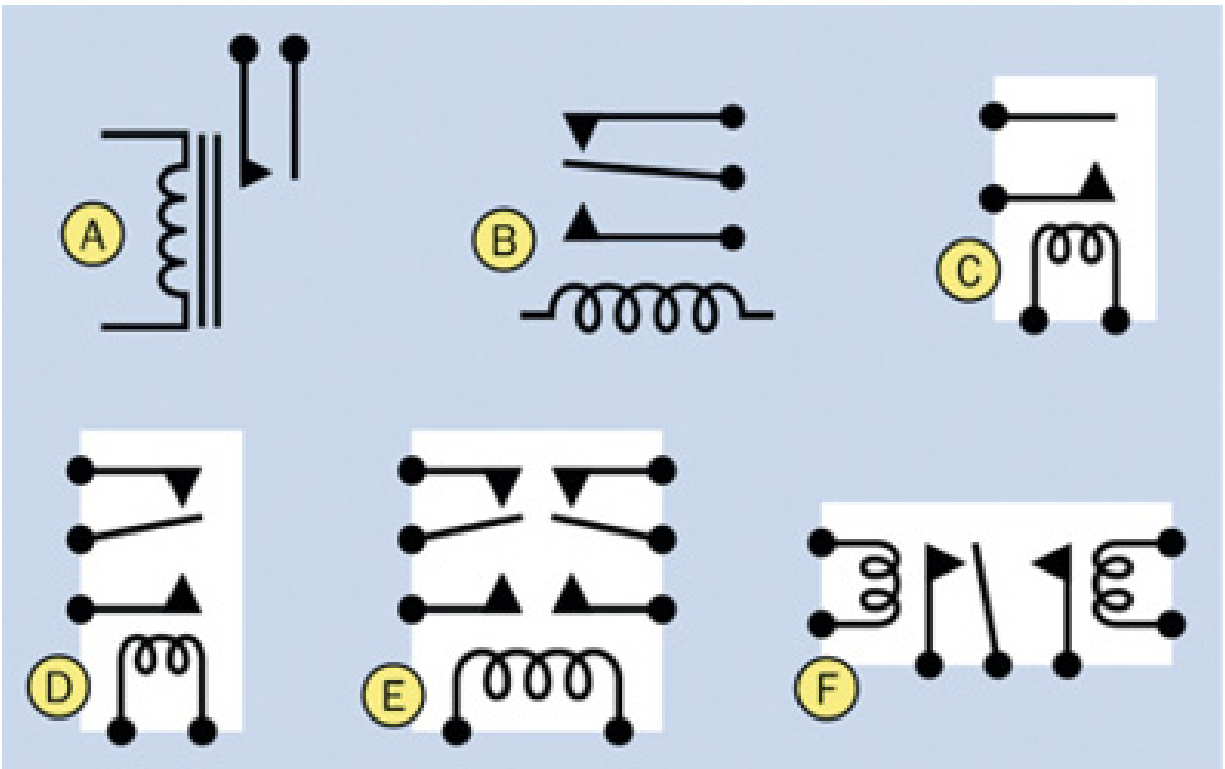


Figura 2.54 – Vários símbolos esquemáticos de relés. Veja o texto para detalhes.

Os diagramas de relé são sempre desenhados com o interruptor interno em sua posição relaxada, quando nenhuma tensão é aplicada, com exceção do relé de travamento, no qual a posição do interruptor é arbitrária.

O tipo de relé que você está testando é um *relé de sinal pequeno*, o que significa que ele não pode comutar muita corrente. Relés maiores são capazes de comutar muitos amperes. É importante escolher um relé classificado para a corrente máxima de seu circuito (ou maior), pois sobrecarregar um relé causará faíscas que rapidamente corroem seus contatos.

Em experimentos futuros, você descobrirá alguns usos práticos para um relé – por exemplo, em um sistema de segurança de uma casa. Antes disso, vou mostrar como transformar um relé em um oscilador que emite um zumbido. Porém, primeiro, acho que chegou a hora de olhar dentro do relé.

## Abrindo o relé

Se você for do tipo impaciente, é possível abrir seu relé usando métodos como os das Figuras 2.55 e 2.56. Em geral, porém, é melhor usar um equipamento mais comum: um estilete.

As Figuras 2.57 e 2.58 ilustram a técnica que gosto de usar. Você raspa as bordas da cápsula plástica, chanfrando-as até ver uma pequena abertura. Pare por aí; as peças internas estão muito próximas de sua lâmina. Agora levante a parte superior. Repita este procedimento com as outras bordas da cápsula e, se você for bastante cuidadoso, o relé será exposto, mas continuará funcionando quando você energizar a bobina.

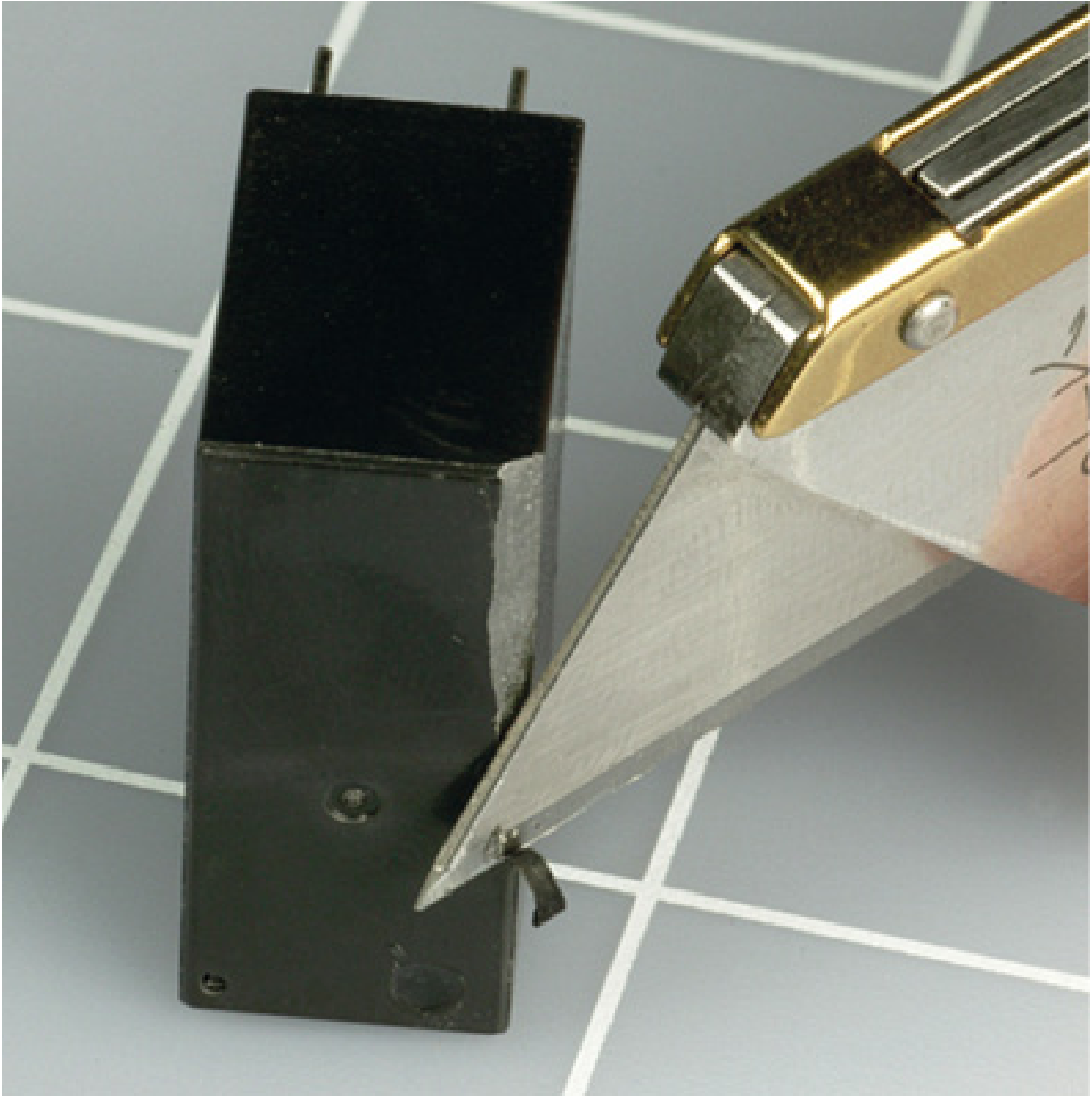


*Figura 2.55 – Opção 1 para abrir um relé (não recomendado).*

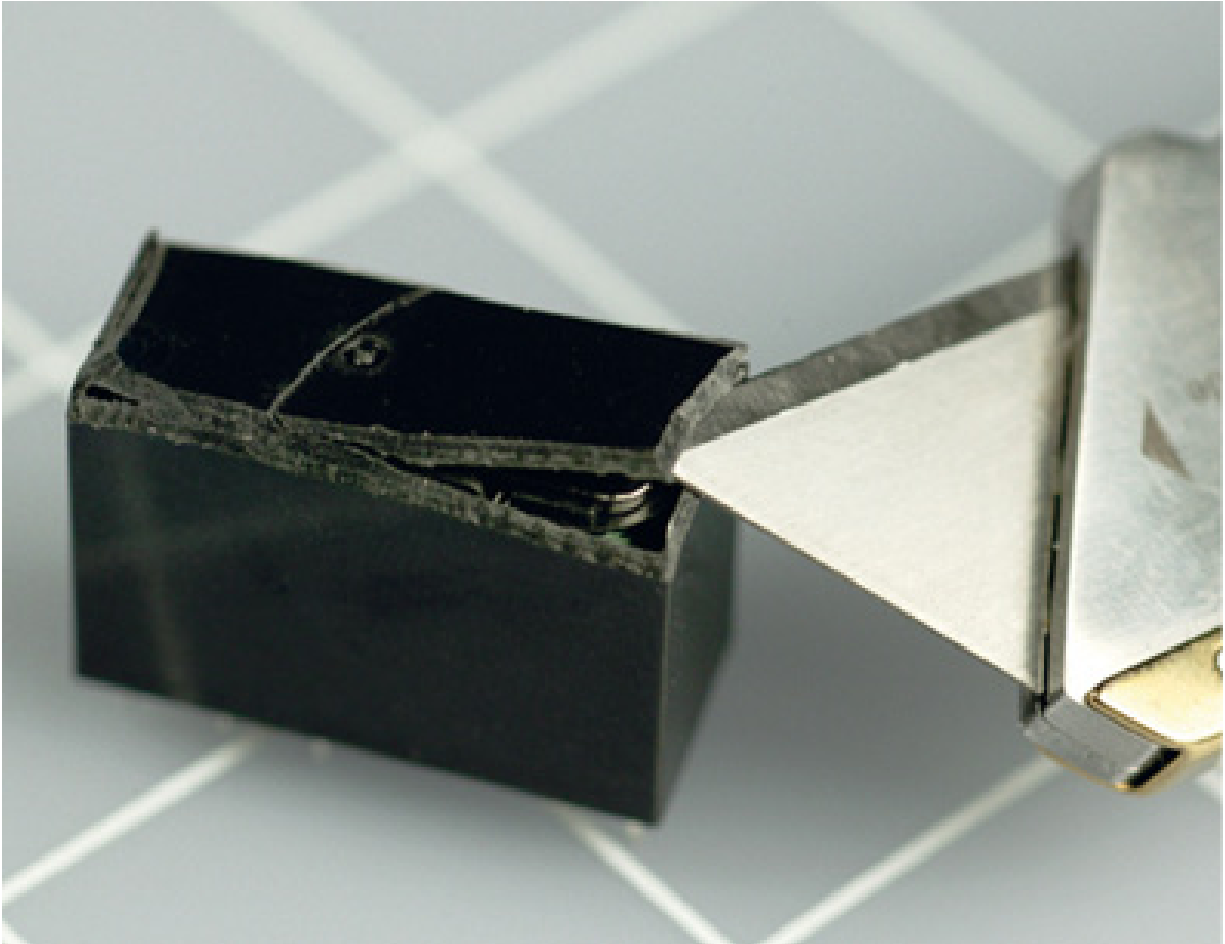




*Figura 2.56 – Opção 2 para abrir um relé (definitivamente não recomendado).*



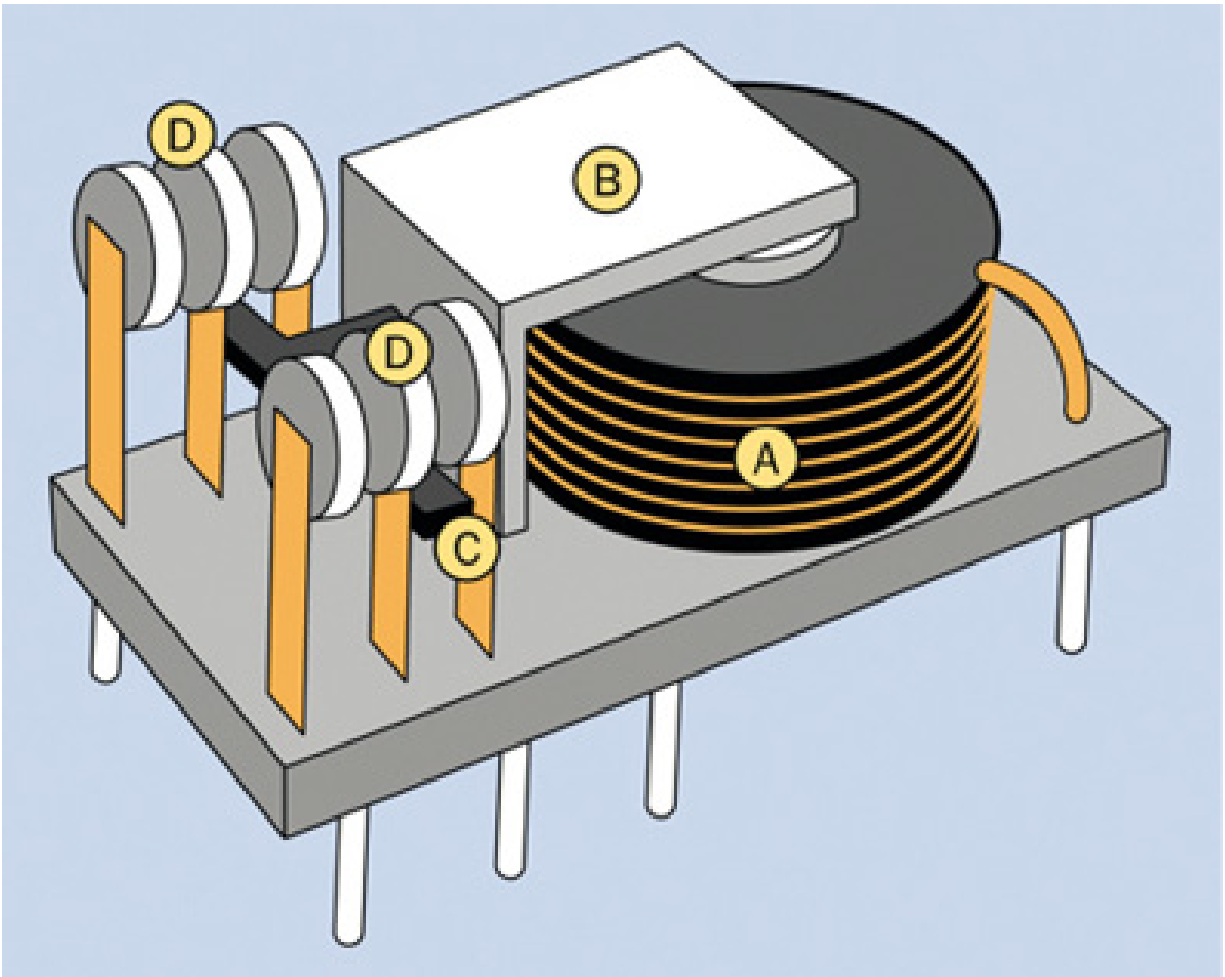
*Figura 2.57 – Raspar as bordas da cápsula plástica de um relé é o primeiro passo para abri-lo. Sempre corte na direção oposta a você e para baixo, em direção à bancada de trabalho.*



*Figura 2.58 – Depois de raspar as bordas, deve ser possível abrir uma seção do invólucro.*

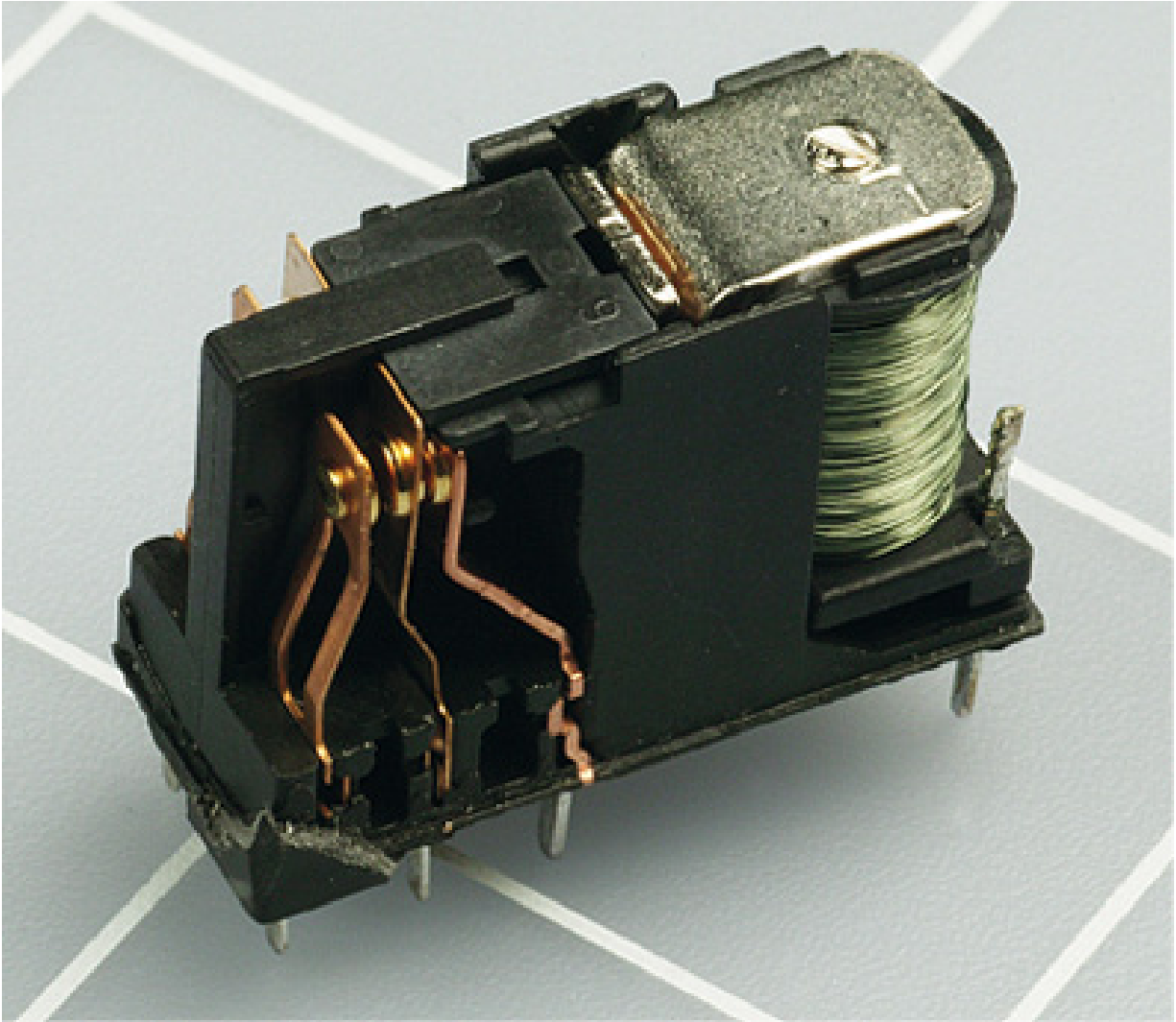
### O que tem dentro?

A Figura 2.59 mostra uma visão simplificada das peças em um relé típico. A bobina, A, gera uma atração magnética que puxa a alavanca B para baixo. Uma extensão plástica, C, empurra as tiras de metal flexível e move os polos do relé, D, entre os contatos. (Esta é uma configuração um pouco diferente da do relé recomendado para os experimentos deste livro, mas o princípio geral é o mesmo.)



*Figura 2.59 – Visão simplificada do interior de um relé. Veja o texto para detalhes.*

Você pode comparar o diagrama com o relé real que abri, como na Figura 2.60.



*Figura 2.60 – Um relé real, exposto. Os quadrados na placa de corte medem  $2,5 \times 2,5$  cm.*

Vários tamanhos de relés são mostrados com suas cápsulas removidas na Figura 2.61. Todos foram projetados para 12 volts DC. O relé automotivo no canto esquerdo é o mais simples e fácil de entender, pois ele é projetado sem se preocupar com o tamanho do invólucro. Relés menores são projetados de forma mais engenhosa, são mais complexos e difíceis de entender. Geralmente, mas não sempre, um relé menor é projetado para comutar menos corrente que um maior.



Figura 2.61 – Uma variedade de relés de 12 volts. Veja texto para detalhes.

### Fundamentos: terminologia de relés

**Tensão da bobina** é a tensão que o relé deve receber quando você o energiza. Ela pode ser AC ou DC.

**Tensão operacional** é a tensão mínima que o relé aceita para fechar seu interruptor. Ela é um pouco menor que a tensão ideal da bobina. Na prática, um relé provavelmente trabalha com menos tensão que a tensão operacional, mas ela indica a tensão mínima em que o relé tem a garantia de trabalhar.

**Corrente operacional** é o consumo de potência da bobina, geralmente em miliamperes, quando o relé é energizado. Às vezes, a potência é expressa em milliwatts.

**Capacidade de comutação** é a quantidade máxima de corrente que

os contatos dentro do relé podem comutar sem se danificar. Geralmente este valor é especificado para uma *carga resistiva*, o que significa um dispositivo passivo como uma lâmpada incandescente. Quando você usa um relé para acionar um motor, ele impõe uma *carga indutiva*, que cria um pico inicial de corrente antes de adquirir velocidade. Desligar o motor cria outro pico. Se as especificações do relé não classificarem sua capacidade de lidar com carga indutiva, uma regra básica é assumir que um motor pode puxar o dobro de corrente quando ele é acionado em comparação com a corrente de funcionamento.

## Experimento 8: Um oscilador com relé

Quando você usou cabos de teste com cliques jacaré nos experimentos anteriores, eles tinham duas grandes vantagens: era possível montar um circuito rapidamente e visualizar suas conexões facilmente.

Mais cedo ou mais tarde, porém, você precisa se familiarizar com um método mais rápido, mais conveniente, mais compacto e mais versátil de construir circuitos, e esse momento chegou. Estou me referindo ao dispositivo de prototipagem mais usado: uma *matriz de contatos sem solda*.

Nos anos 1940, os circuitos eram construídos em uma plataforma que realmente se parecia com uma tábua para cortar pão (daí o nome em inglês breadboard). Fios e componentes eram pregados, grampeados ou aparafusados em seus lugares, pois era muito mais fácil que a alternativa, que era montá-los em peças de chapas metálicas. Lembre-se de que praticamente não existia plástico naquela época. (Um mundo sem plástico, dá para imaginar?)

Hoje o termo “matriz de contato” é usado para uma pequena placa de 5 cm × 17,5 cm, e não mais de 1,2 cm de espessura, como mostrado na Figura 2.10. Este é um sistema incrivelmente rápido e fácil para montar componentes. O único problema é que ele cria conexões internas entre os componentes que são difíceis de visualizar, embora eu conheça maneiras de ajudá-lo a lidar com isso.

A melhor maneira de aprender sobre matriz de contatos é montar um circuito, que é exatamente o que faremos a seguir, aprimorando o experimento anterior com um relé.

## O que será necessário

- Bateria de 9 volts (1)
- Conector de bateria (1)
- Matriz de contato (1)
- Relé DPDT 9VDC (1)
- LEDs genéricos (2)
- Botão tátil (1)
- Resistor, 470 ohms (1)
- Capacitor, 1.000  $\mu$ F (1)
- Alicates, alicates de corte, desencapadores de fio (1 de cada)
- Não mais que 30 cm de fio, pelo menos duas cores de cada

## Uma matriz para iniciantes

A Figura 2.62 mostra uma visão superior de sua matriz de contatos com os componentes que gostaria que você encaixasse nela.

Caso você esteja se perguntando o que são exatamente alguns desses componentes, a Figura 2.63 mostra todos os símbolos pictóricos que serão usados no resto do livro nos diagramas de matriz de contato. A maioria desses componentes ainda não apareceu, mas você pode consultar este diagrama futuramente.



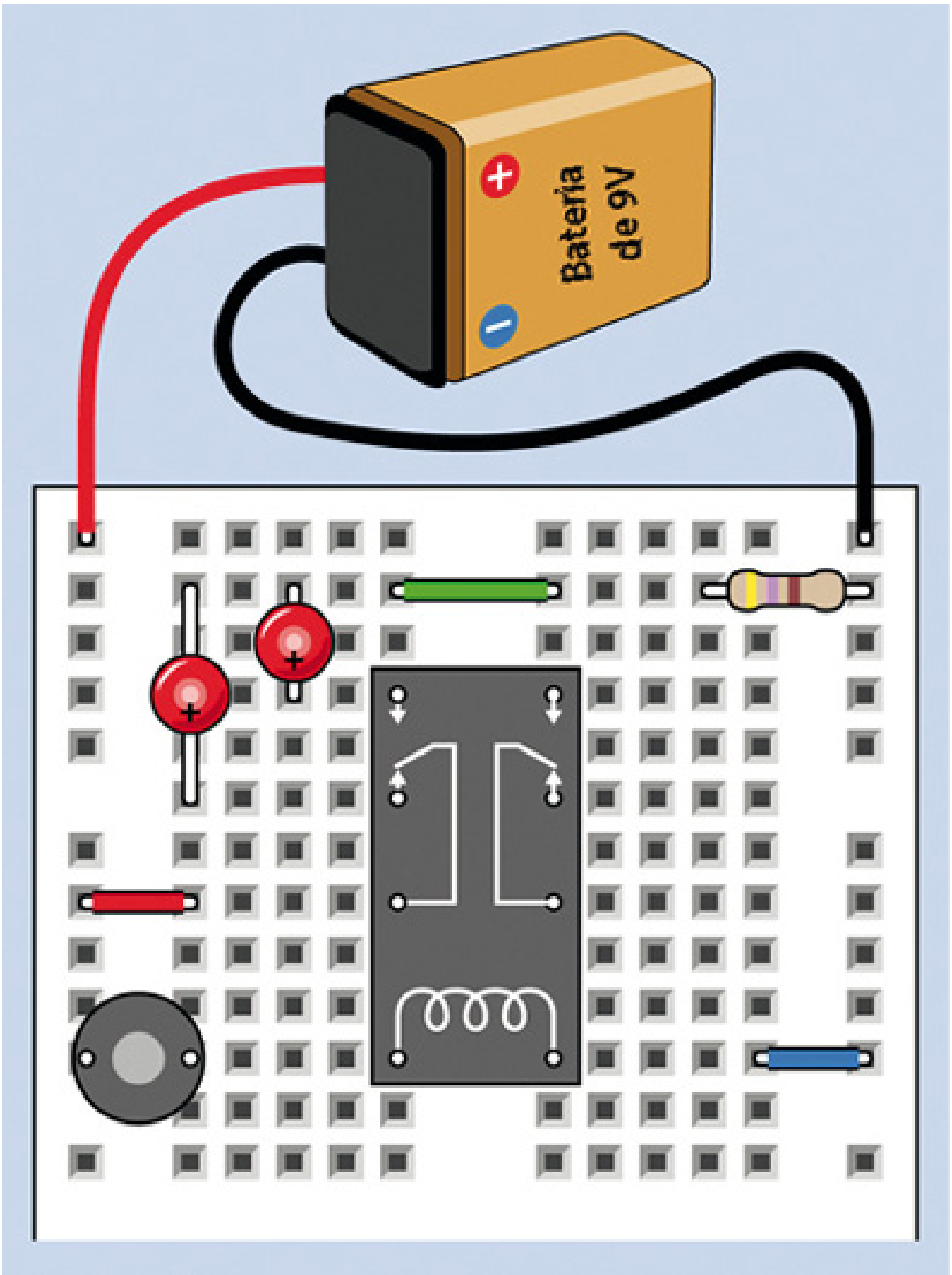


Figura 2.62 – Um circuito de teste de relé montado em uma matriz de

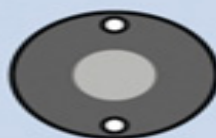
*contato.*

Na Figura 2.62 o relé do experimento anterior está no centro. Não é possível ver os pinos de cima, pois eles estão encaixados na placa. Eu mostrei suas posições para que você saiba a posição correta do relé (isto é, com os pinos da bobina na parte inferior). Também mostrei as conexões que existem dentro do relé apenas para lembrá-lo de como elas estão configuradas. O interruptor está na posição desenergizada. Esta é a posição “relaxada”.

O objeto cinza circular é o botão de pressão, mais corretamente conhecido como botão táctil. Também mostrei uma visão de raio-X da posição de seus pinos, para que você saiba como deve ser sua orientação.



**Interruptor deslizante**  
(com visão de raio-X dos pinos)



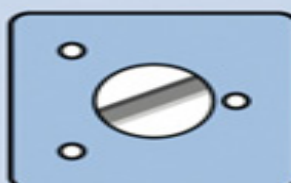
**Botão de pressão**  
(com visão de raio-X dos pinos)



**LED**  
(observe a polaridade)



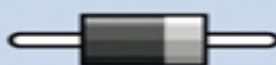
**Resistor**  
(1/4 watt)



**Trimpot**  
(vários valores, com visão de raio-X dos pinos)

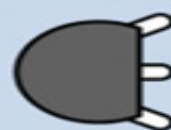


**Diodo 1N4148**



**Diodo 1N4001**

(ponta negativa é marcada)

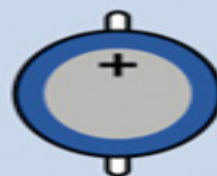


Coletor  
Base  
Emissor

(Transistor 2N2222)



**Capacitores de cerâmica**  
(vários valores)



**Capacitor eletrolítico**  
(vários valores)



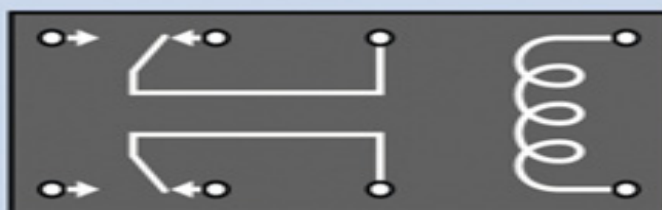
**Regulador de tensão**



**Chip de silício**



**Termistor**



**Relé**  
(com visão de raio-X dos pinos e contatos internos)

*Figura 2.63 – Representação dos componentes em uma matriz de contatos.*

Os dois objetos circulares vermelhos são LEDs. Lembre-se de que a perna maior de cada um deve estar do lado do sinal positivo.

O valor do resistor é 470 ohms, mas isso você já sabia observando as faixas coloridas.

Os segmentos vermelho, verde e azul, que se parecem com pedaços de fio encaixados na matriz de contato, realmente são fios encaixados na matriz de contato. Minha próxima tarefa é dizer como fazê-los.

### Fazendo jumpers

Se você comprou um sortimento de fios pré-cortados, também conhecidos como jumpers, vá em frente e encaixe-os na matriz de contatos nas posições mostradas, embora eles não tenham as mesmas cores que aqueles em minha ilustração.

Como mencionei, eu defendo que você faça seus próprios jumpers. O procedimento exato que uso é mostrado na Figura 2.64. Primeiro, desencape alguns centímetros de alguns fios. Para fazê-lo, segure o fio com sua mão esquerda (ou sua mão direita, se for canhoto). Segure o desencapador de fios com a outra mão. Feche o desencapador de modo que o fio ocupe a posição marcada “22”. Afaste o desencapador de fio e a isolação plástica deve sair com esse movimento. (Se você está se perguntando por que envolver o fio na posição marcada “22”, é porque o fio tem espessura 22 AWG. Pelo menos, espero que você esteja usando fios deste tamanho.)

Em seguida, calcule o tamanho de fio desencapado necessário para ele ser encaixado na matriz de contato. Chamarei esta distância de X centímetros. Meça X centímetros de isolante que permanece no fio. Empurre uma seção de isolante de comprimento X centímetros até que ela esteja a cerca de 1 cm da extremidade do fio.

Usando seus alicates de corte ou lâminas embutidas no desencapador de fios, corte o fio 1 cm atrás da seção de X centímetros de isolante que você acabou de puxar com o fio.

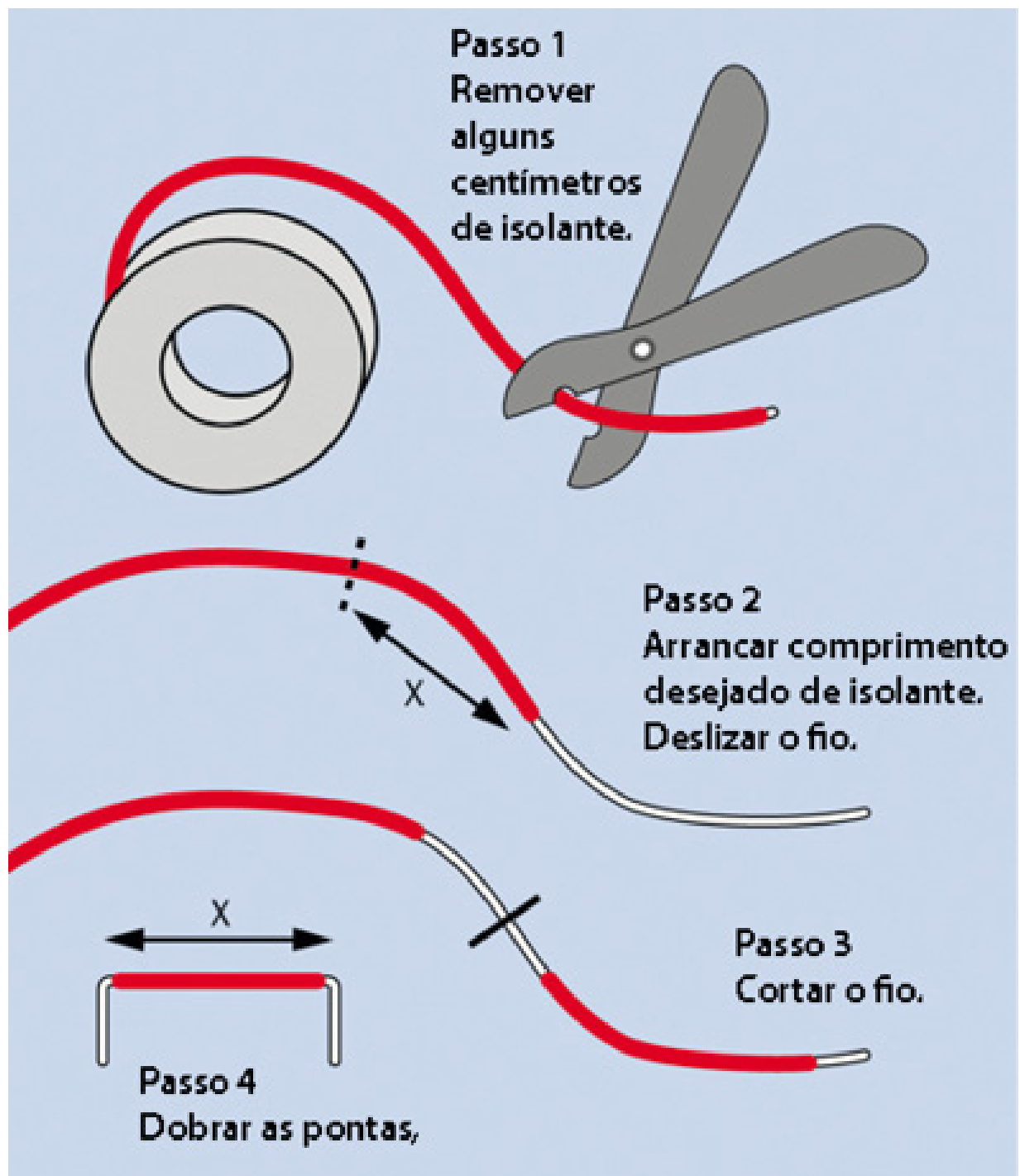


Figura 2.64 – Procedimento para fazer jumpers. Veja o texto para detalhes.

Finalmente, use seus alicates para fazer um ângulo reto em cada extremidade e encaixe-o na matriz. Espere, o encaixe não funciona? Se você praticar um pouco, logo chegará o ponto em que você fará jumpers com o comprimento certo só de olhar.

## Alimentação

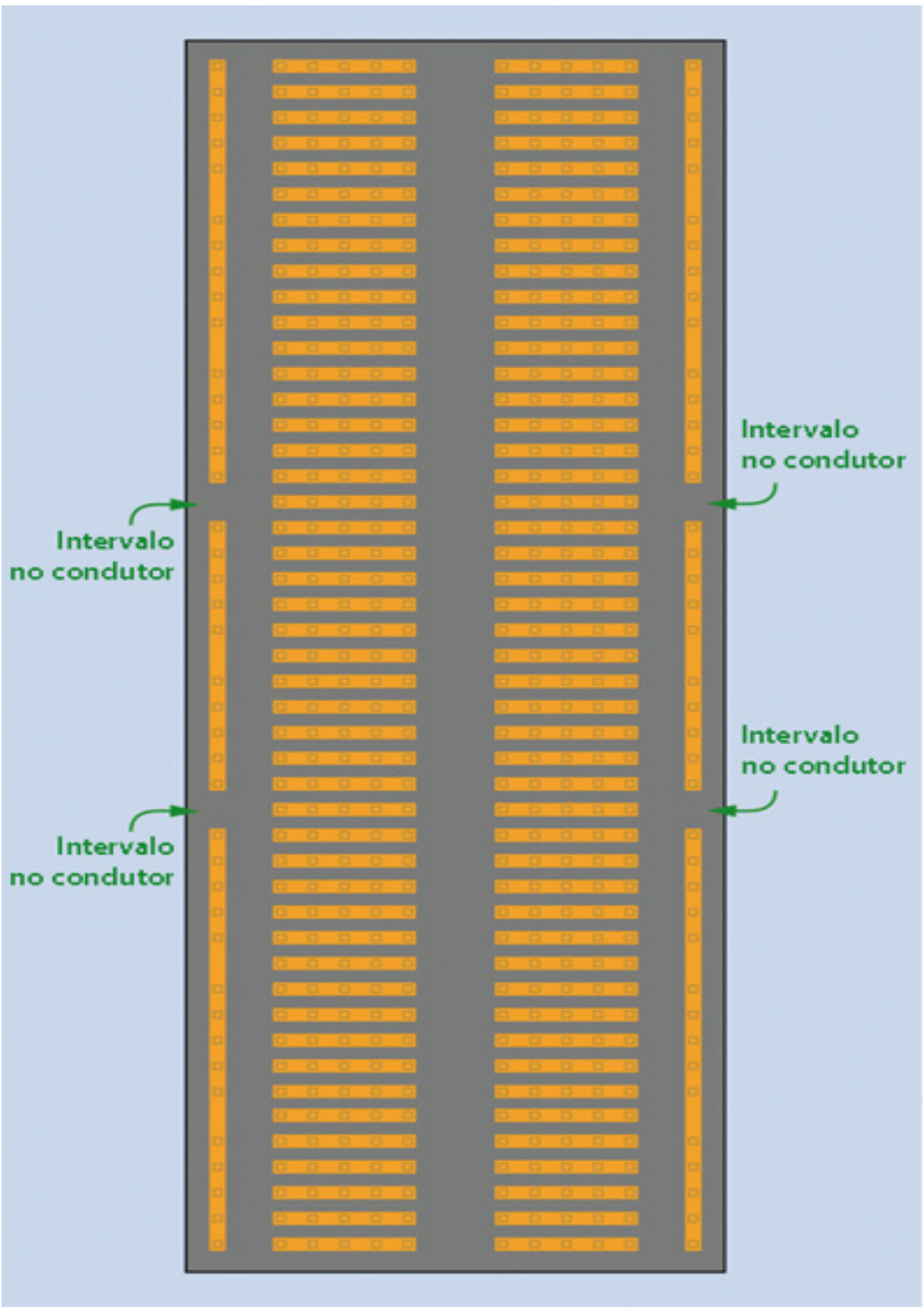
Por fim, você precisa energizar o circuito com a bateria de 9 volts. Você perceberá que os fios ligados ao conector terminam em pequenas extremidades soldadas que se encaixam nos furos da matriz de contato. Se estiver com dificuldade, tente enfiá-los com a ponta do alicate. Se ainda assim não funcionar, talvez seja preciso desencapar mais alguns milímetros de isolante usando o desencapador de fios.

Depois de encaixar os fios na matriz de contatos, encaixe o conector na bateria, como sugerido na Figura 2.62. Assim que você tiver alimentado a matriz de contato, o LED à esquerda deve acender. Ao pressionar o botão, o comutador dentro do relé fechará e o LED à direita acenderá. Parabéns! Você acabou de construir seu primeiro circuito sobre uma matriz de contatos.

Por que ele funciona?

## Dentro da placa

A Figura 2.65 revela as tiras de cobre ocultas dentro da matriz de contatos. Os pequenos quadrados mostram onde cada ponta de um componente pode ser encaixada para fazer contato com as tiras dentro da placa.



*Figura 2.65 – Uma matriz de contato com barramento único contém tiras de conexão de cobre nesta configuração.*

Cada uma das longas tiras verticais é conhecida como um **barramento**. Este tipo de barramento transporta elétrons, já que os terminais positivo e negativo da fonte de alimentação são tipicamente conectados com os barramentos.

- Neste livro, eu coloco consistentemente o lado positivo da fonte de alimentação no barramento da esquerda e o lado negativo no barramento direito.

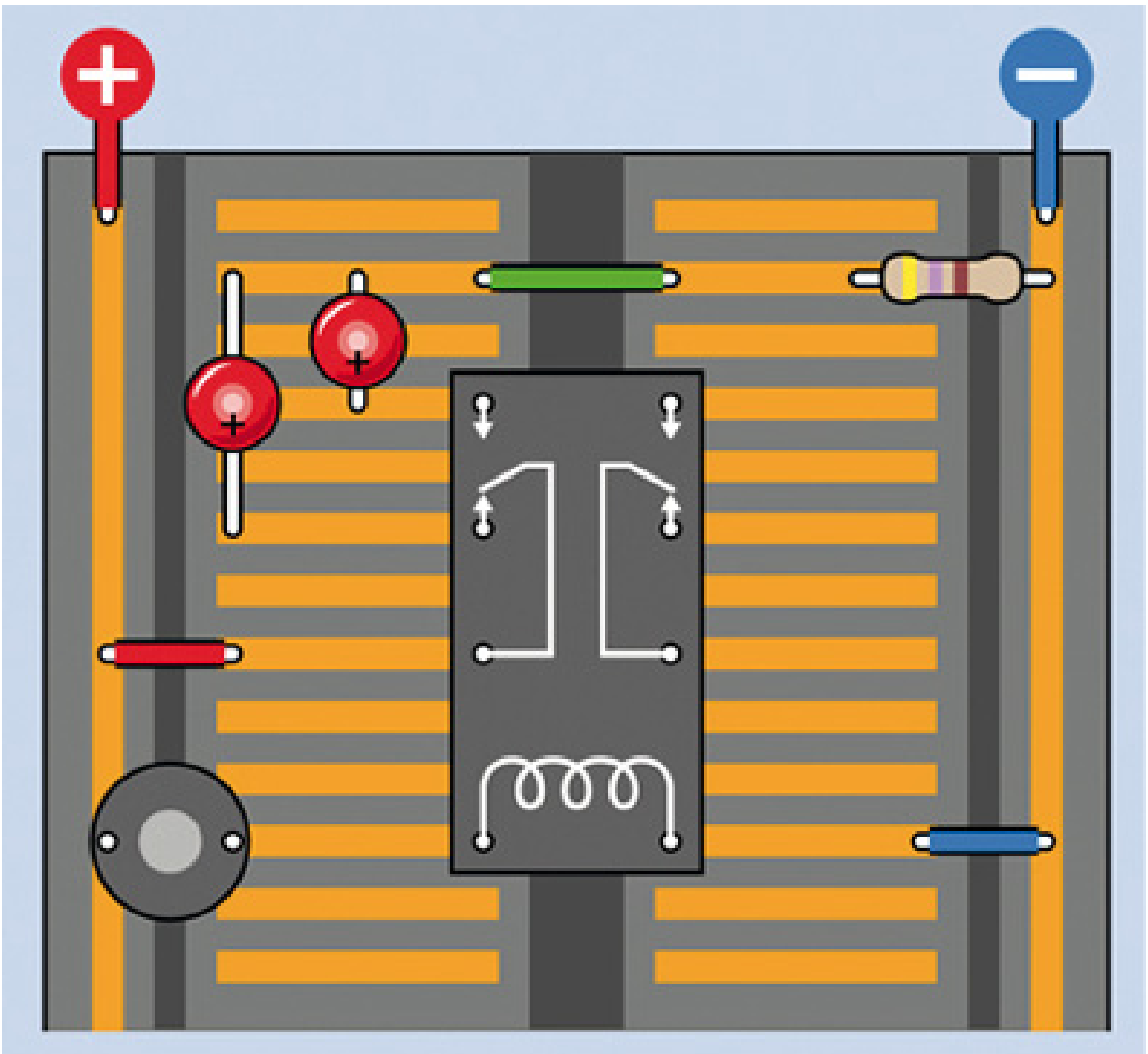
Algo importante a notar é que cada barramento tem dois intervalos. Nem todas as matrizes de contato têm esta característica, mas muitas têm. A finalidade é permitir que você use várias fontes de alimentação de diferentes voltagens em diferentes locais da placa. Na prática, isso não ocorre com frequência e os intervalos nos barramentos incomodam, pois a tendência é nos esquecermos deles. Quando você constrói um circuito que se estende ao longo de toda a placa e você percebe uma misteriosa falta de energia lá pela metade da extensão da placa, você perceberá que talvez tenha se esquecido de acrescentar um jumper para eliminar os intervalos no barramento. Quando necessário, eu o lembrarei para cuidar deste pequeno detalhe.

### Revelando o circuito do relé

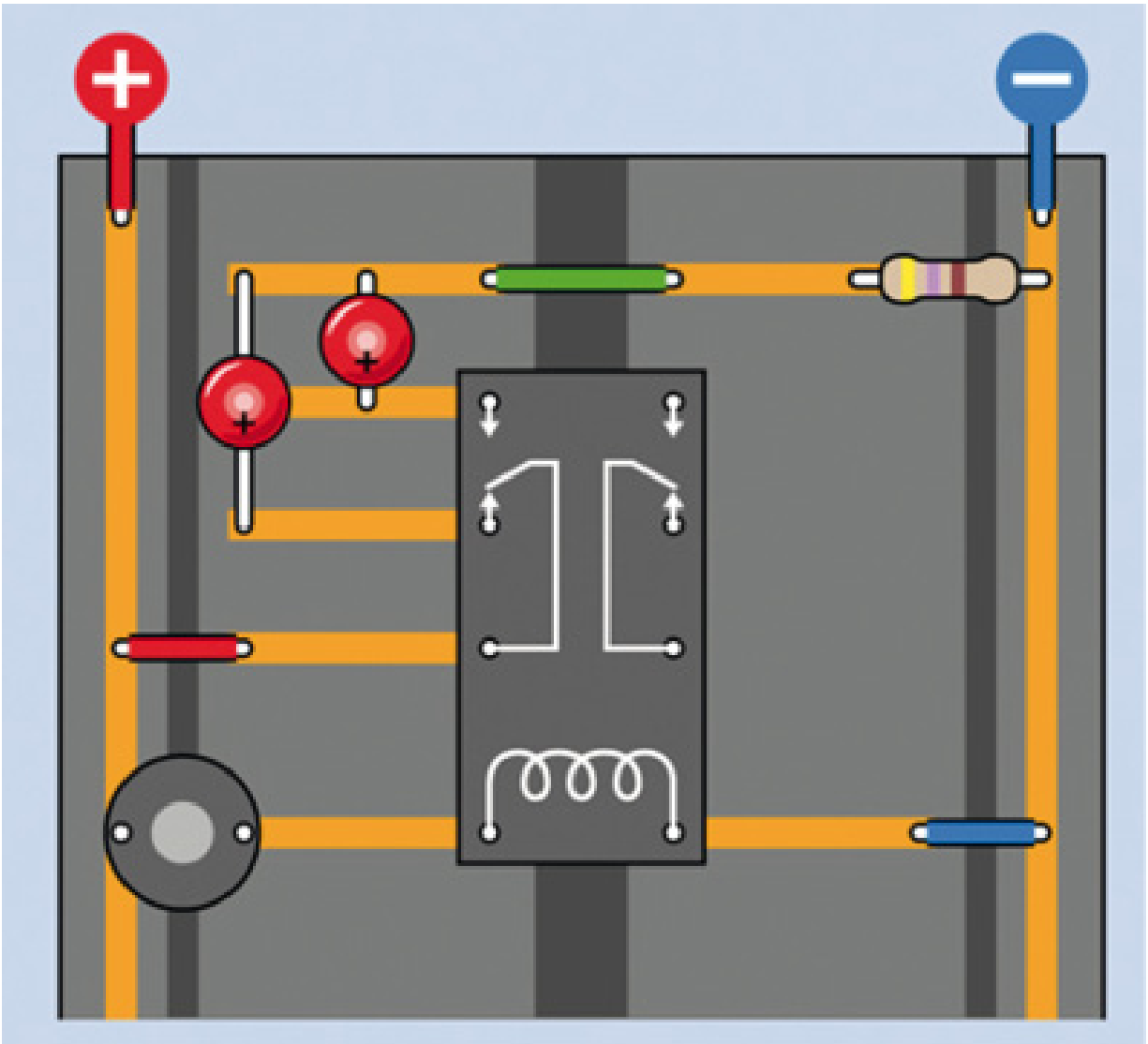
A Figura 2.66 mostra as tiras de cobre ocultas dentro da matriz de contatos. Elas fazem a conexão entre os componentes encaixados na matriz. A eletricidade faz um caminho em ziguezague, mas a resistência das tiras de cobre é tão baixa que o comprimento do caminho não importa.

Talvez o diagrama seja mais fácil de entender se eu ocultar as tiras de cobre que não têm função e mostre apenas aquelas que são parte do circuito, como mostrado na Figura 2.67.





*Figura 2.66 – Componentes na matriz de cobre são conectados por meio das tiras de cobre dentro dela.*



*Figura 2.67 – O diagrama anterior é modificado para omitir as tiras de cobre que não são parte ativa do circuito.*

Olhe o diagrama para o mesmo circuito, mostrado na Figura 2.68.

Eu defini o layout para que ele se parecesse com o da matriz de contatos para enfatizar a semelhança. Ao longo deste livro me basearei cada vez mais em diagramas e espero que você possa criar seus próprios layouts para a matriz de contatos. No entanto, isso ainda levará um tempo.

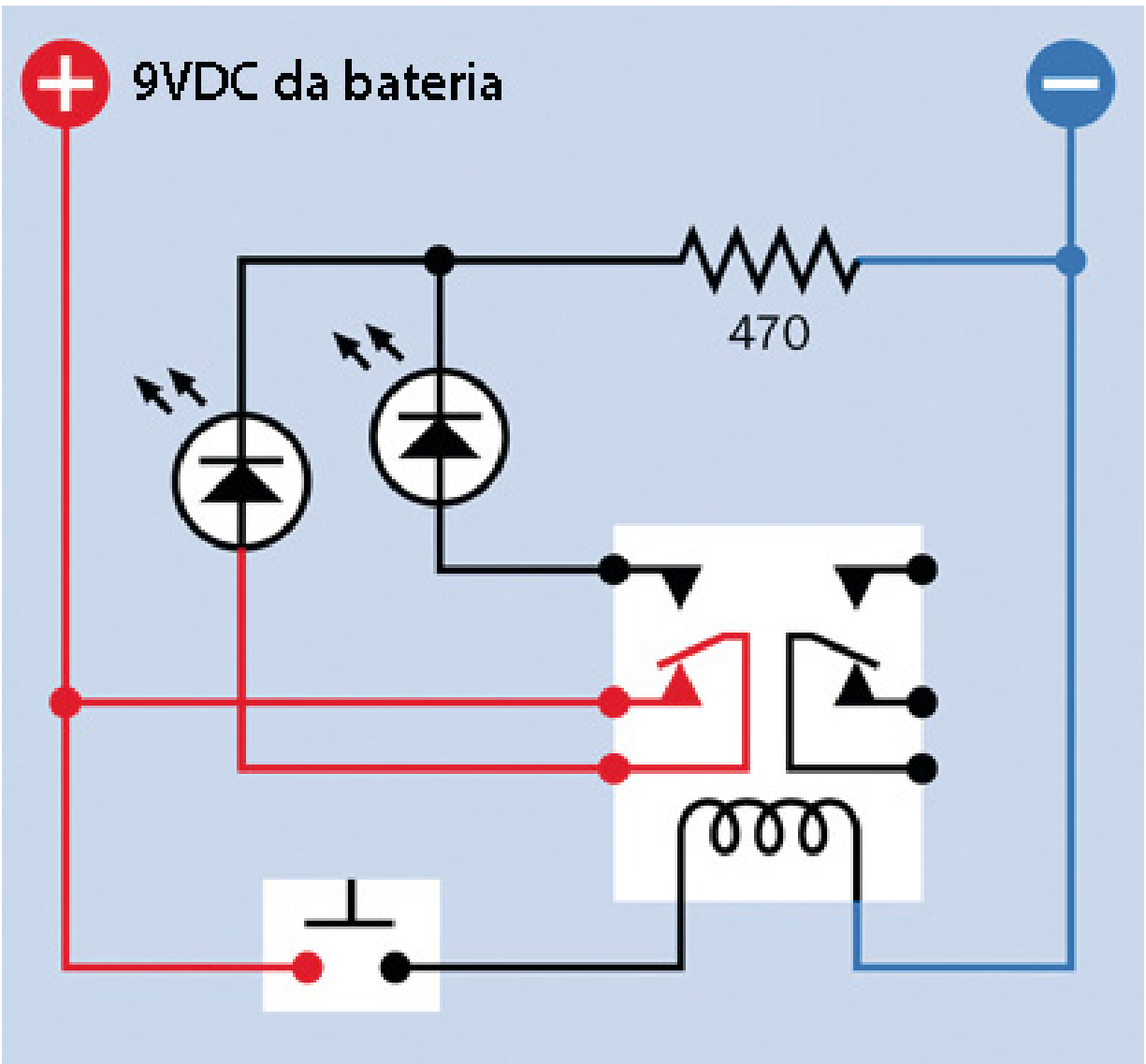


Figura 2.68 – Um diagrama que corresponde às conexões já mostradas na matriz de contatos.

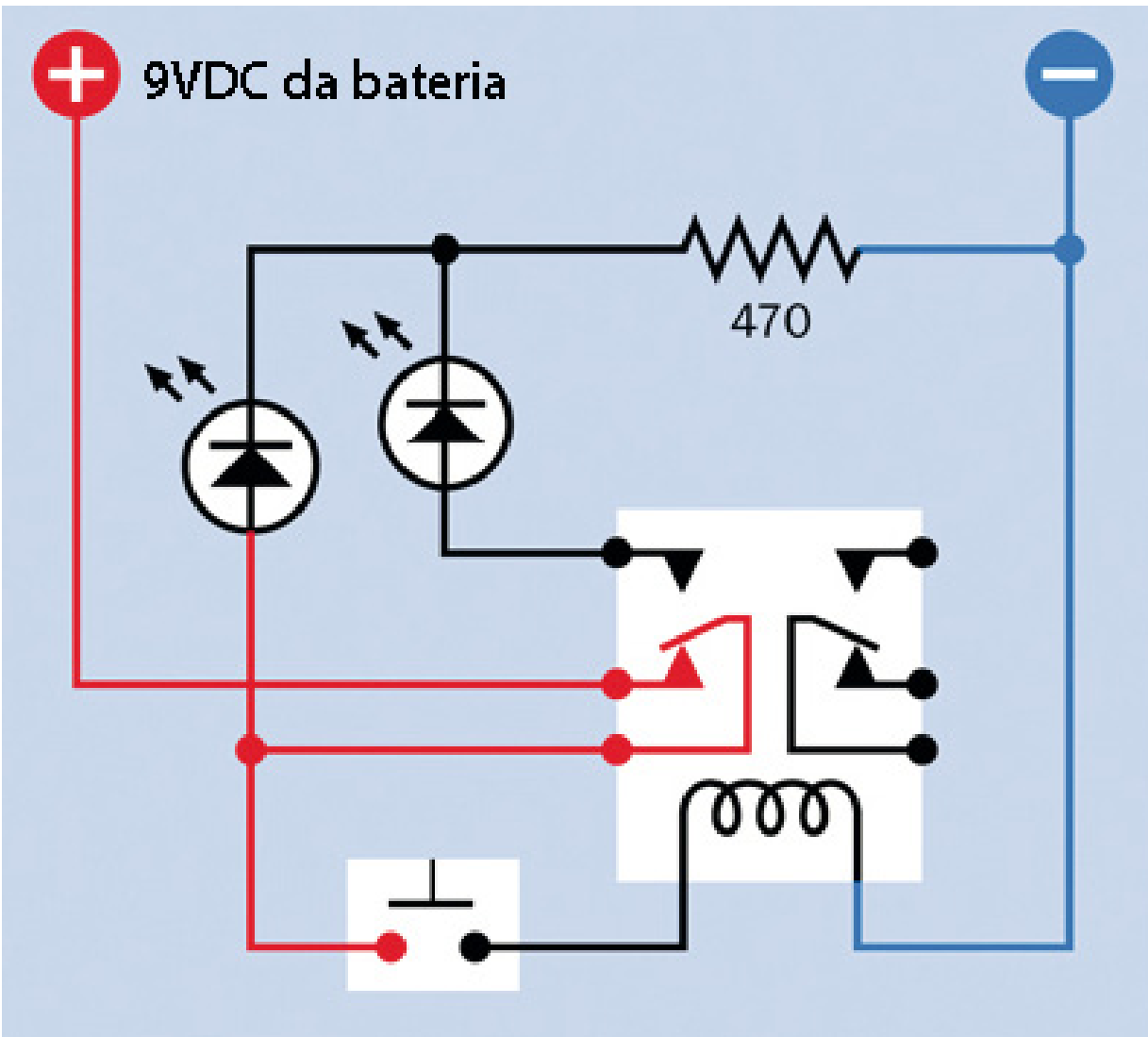
Se você está se perguntando por que há apenas um resistor de 470 ohms para proteger dois LEDs, o motivo é que os LEDs só acendem um por vez.

### Emitindo um zumbido

O próximo passo é modificar seu circuito para torná-lo mais interessante. Observe o novo diagrama na Figura 2.69. Compare-o com a versão anterior na Figura 2.68. Você consegue identificar a diferença? Na versão antiga, o botão de pressão que energizava a

bobina era alimentado diretamente pela bateria de 9 V. Na nova versão, o botão de pressão é alimentado pelo contato inferior do relé. Qual o efeito disso?

A Figura 2.70 mostra como adaptar seu circuito anterior para que ele reflita o novo diagrama. Basta girar o botão de pressão em 90 graus e usar um jumper extra (na cor verde na figura) para conectá-lo com o mesmo pino do relé que energiza o LED à esquerda.



*Figura 2.69 – Uma versão revisada do diagrama anterior agora alimenta o botão de pressão por meio do contato inferior do relé.*

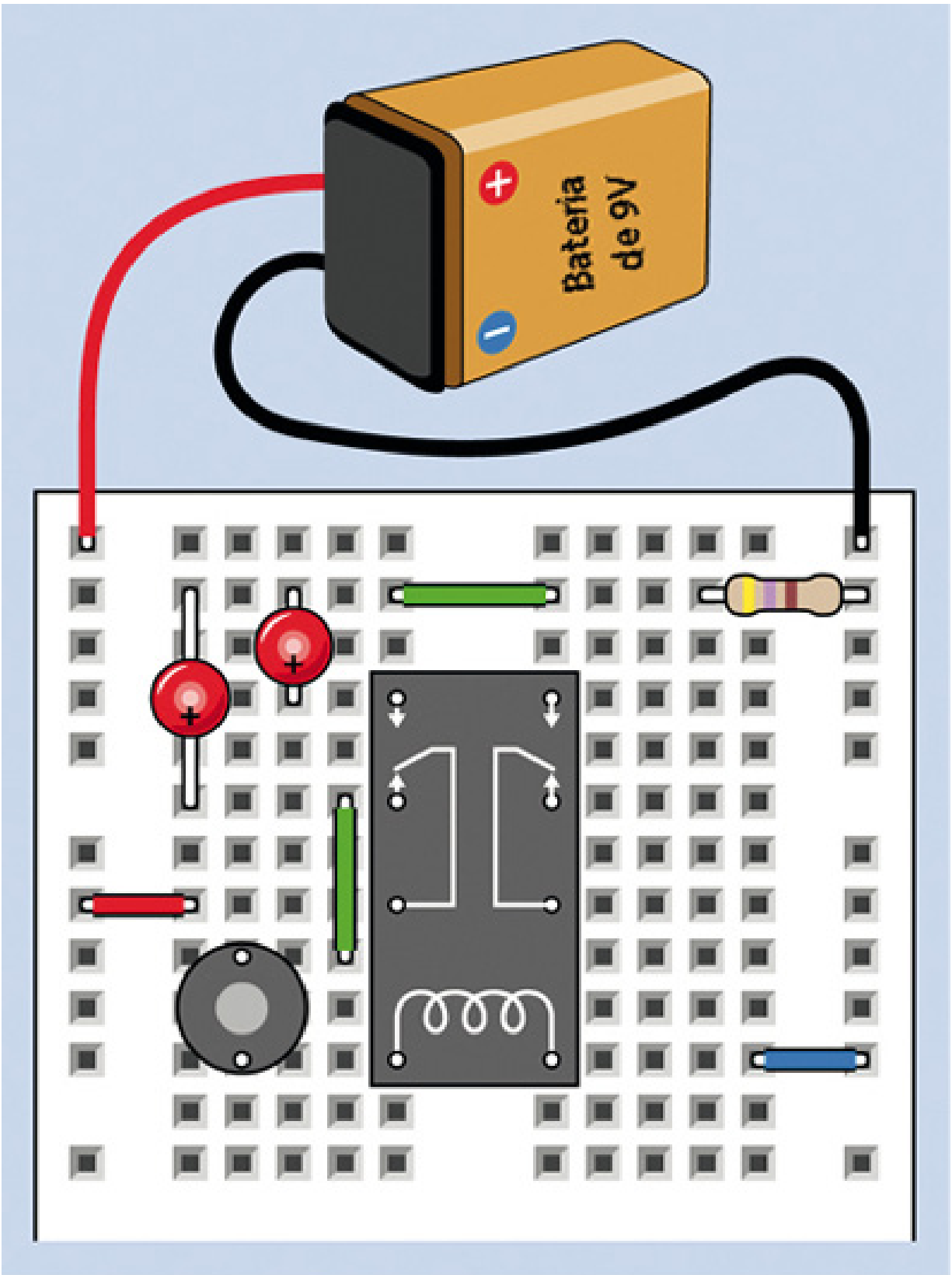


Figura 2.70 – O circuito anterior foi modificado para refletir o diagrama

*revisado.*

Aperte o botão – brevemente! – e o que acontece? O relé emite um zumbido. (Se sua audição não for boa, toque o relé para senti-lo vibrar.)

Percebeu o que está acontecendo? Em seu estado relaxado, o comutador dentro do relé se apoia no contato inferior. Isto alimenta positivamente o LED esquerdo e também o botão de pressão. Conseqüentemente, quando você pressiona o botão, a bobina do relé é energizada. A bobina empurra o comutador interno para cima, mas, assim que isso acontece, a conexão que alimenta a bobina é interrompida. Desta forma, o comutador volta para sua posição relaxada. Isso energiza a bobina novamente e o ciclo se repete.

O relé está *oscilando* entre seus dois estados.

Uma vez que você está usando um relé pequeno, ele liga e desliga muito rapidamente. Na verdade, ele oscila cerca de 20 vezes por segundo (muito rápido para os LEDs mostrarem o que está realmente acontecendo).

- Quando você força um relé a se comportar dessa maneira, ele está sujeito a queimar ou destruir seus contatos. Você também está controlando um pouco mais de corrente que o botão tátil foi projetado para aguentar. Portanto, não pressione o botão por muito tempo! Para tornar o circuito menos autodestrutivo, é preciso fazer as coisas acontecerem mais lentamente. Farei isso usando um capacitor.

### Acrescentando capacitância

Acrescente um capacitor eletrolítico de 1.000  $\mu\text{F}$  em paralelo com a bobina do relé como mostrado no diagrama na Figura 2.71, certificando-se de que o fio *curto* do capacitor esteja conectado ao lado *negativo* do circuito; caso contrário, ele não funcionará. Além do fio curto, você deve achar um sinal de menos no corpo do capacitor, que é um lembrete de qual lado deve ser mais negativo. No diagrama eu usei um símbolo de mais, porque é mais óbvio que um símbolo de menos, e eu queria ser consistente com o estilo que usei para os

LEDs.

- Capacitores eletrolíticos reagem muito mal quando são conectados incorretamente. Eles podem se autodestruir. Verifique muito bem a polaridade.





*Figura 2.71 – Com o acréscimo de um capacitor grande, o comportamento do circuito desacelera.*

Quando você pressionar o botão, agora o relé deve emitir um clique intermitente em vez do zumbido.

Um capacitor é como uma pequena bateria recarregável. Ele é tão pequeno que é carregado em uma fração de segundo, antes que o relé tenha tempo de abrir seu par inferior de contatos. Assim, quando os contatos estiverem abertos, o capacitor alimenta o relé (e o LED da esquerda). Isso mantém a bobina do relé energizada por um momento. Depois que o capacitor esgotar sua reserva de energia, o relé relaxa e o processo se repete.

Durante este processo, o capacitor *carrega e descarrega*.

Desconecte o LED da direita e você perceberá que o LED da esquerda pulsa de maneira agradável, gradualmente perdendo brilho à medida que a tensão do capacitor diminui.

Uma vez que o capacitor recebe um pico de corrente quando carrega, seu botão tátil pode sobreaquecer se você o mantiver pressionado por muito tempo durante este experimento.

### Fundamentos: informações básicas sobre Farad

A capacidade de armazenamento de um capacitor é medida em farads, representado pela letra maiúscula F. O termo é uma homenagem a Michael Faraday, outro membro do panteão dos pioneiros nos estudos de eletricidade.

O farad é uma unidade grande e é dividida em microfarads (abreviado  $\mu\text{F}$ , que representa um  $1/1.000.000$  de um farad), nanofarads (abreviado nF, que representa  $1/1.000$  de um microfarad) e picofarads (abreviado pF, que representa  $1/1.000$  de um nanofarad). Nos Estados Unidos, o nanofarad é usado menos que na Europa. Em vez disso, os valores podem ser expressos em picofarads e frações de um microfarad.

Uma tabela de conversão para picofarads, nanofarads, microfarads e farads é exibida na Figura 2.72.

Picofarads	Nanofarads	Microfarads	Farads
1pF	0.001nF	0.000001μF	
10pF	0.01nF	0.00001μF	
100pF	0.1nF	0.0001μF	
1,000pF	1nF	0.001μF	
10,000pF	10nF	0.01μF	
100,000pF	100nF	0.1μF	
1,000,000pF	1,000nF	1μF	0.000001F
		10μF	0.00001F
		100μF	0.0001F
		1,000μF	0.001F
		10,000μF	0.01F
		100,000μF	0.1F
		1,000,000μF	1F

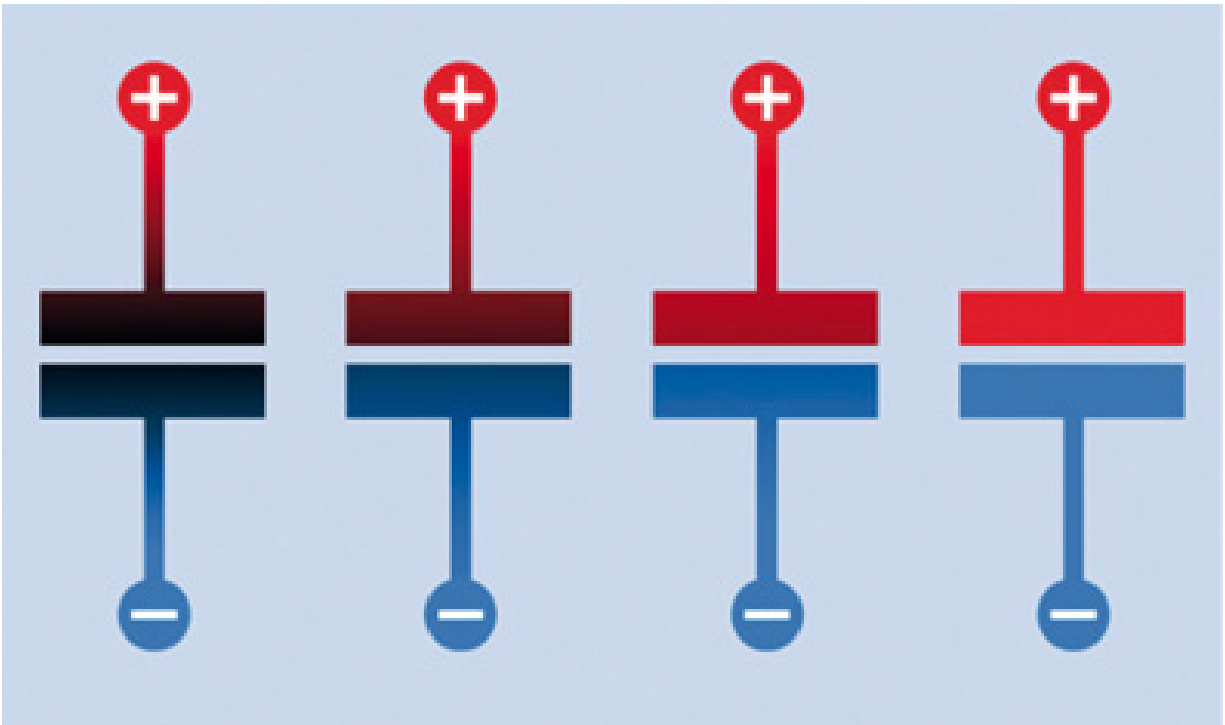
*Figura 2.72 – Tabela de conversão para frações de farads.*

### Cuidado: eletrocutado por capacitores

Se um grande capacitor for carregado com uma alta tensão, ele pode reter esta tensão por minutos ou mesmo horas. Já que os circuitos neste livro usam baixas tensões, você não precisa se preocupar com esta questão, mas se você for descuidado o suficiente para abrir um antigo aparelho de TV e começar a fuçar lá dentro (o que não recomendo), você pode ter uma surpresa desagradável. Um capacitor grande carregado pode matá-lo tão facilmente quanto se você enfiasse seu dedo em uma tomada elétrica.

## Fundamentos: noções básicas sobre capacitor

Não existem conexões elétricas dentro de um capacitor. Seus dois terminais são conectados internamente a *placas* que estão afastadas por uma minúscula distância, separadas por um isolante conhecido como *dielétrico*. Conseqüentemente, corrente DC não consegue fluir através de um capacitor. Entretanto, se você conectar um capacitor a uma bateria, ele irá se carregar como sugere a Figura 2.73, pois a carga em uma placa atrai a carga oposta na outra placa.



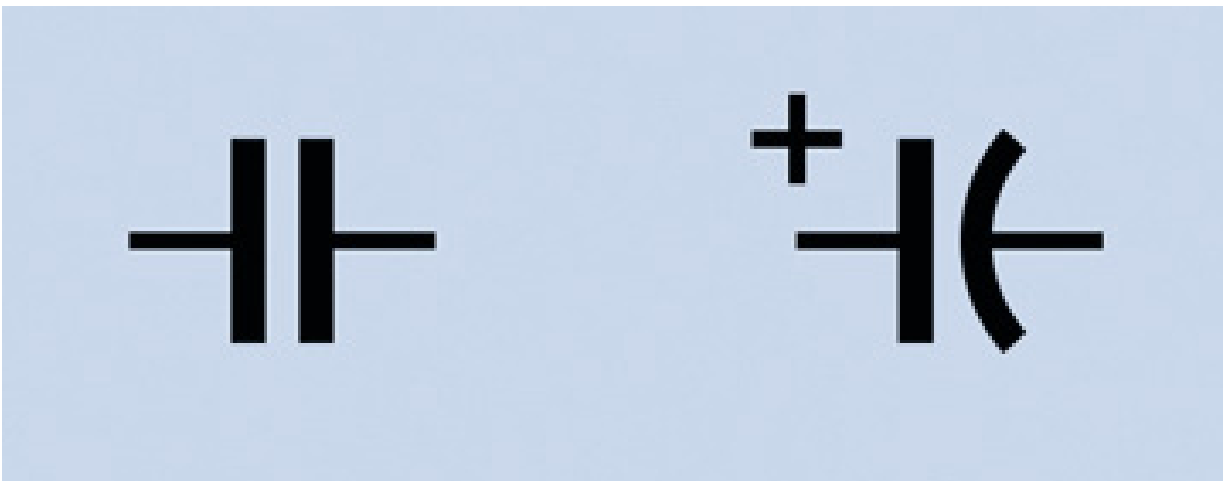
*Figura 2.73 – Um capacitor conectado a uma bateria irá acumular cargas iguais e opostas, como sugerido aqui.*

Em modernos capacitores, as placas foram reduzidas a faixas de filme metálico muito fino e flexível.

As duas variedades mais comuns de capacitores são os cerâmicos (geralmente pequenos, para armazenar uma carga relativamente pequena) e os eletrolíticos (que podem ser bem maiores). Em geral, os eletrolíticos têm o formato de minúsculas latas e podem ter qualquer cor, embora preta seja a mais comum. Antigos capacitores de cerâmica têm formato de disco, embora os mais novos se pareçam com pequenas gotas redondas.

Capacitores de cerâmica não têm polaridade, o que significa que você não precisa se preocupar sobre sua posição em um circuito. Os eletrolíticos têm polaridade e não funcionam se você conectá-los na posição errada.

O símbolo esquemático de um capacitor contém duas linhas representando as duas placas dentro dele. Se ambas as linhas forem retas, o capacitor não tem polaridade – ele pode ser usado em qualquer posição. Se uma das linhas for curva, esse lado do capacitor precisa ser mais negativo que o outro. Um sinal + pode ser incluído para lembrá-lo da polaridade. As variantes são mostradas na Figura 2.74.



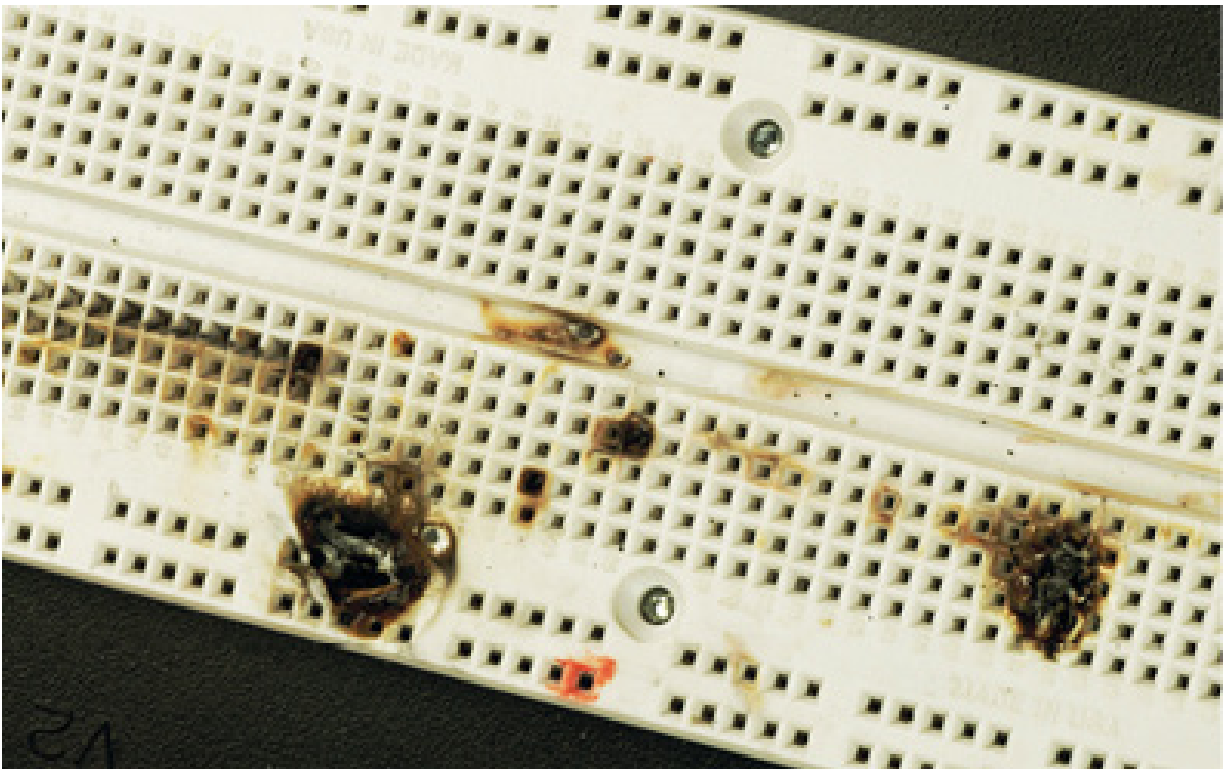
*Figura 2.74 – Duas variantes do símbolo que representa um capacitor. Ver texto para detalhes.*

O símbolo com a placa curva não é mais usado com frequência. As pessoas assumem que se você tem um capacitor eletrolítico, você deve ser inteligente o suficiente para conectá-lo corretamente. Além disso, capacitores de cerâmica multicamada estão disponíveis em valores maiores e podem ser substituídos por eletrolíticos.

- Meus diagramas só usarão o símbolo do capacitor não polarizado. Usar um capacitor eletrolítico ou cerâmico é escolha sua.
- Meus diagramas de matriz de contato exibirão capacitores eletrolíticos quando seu uso for o mais provável. Mesmo assim, é possível substituir os capacitores de cerâmica, se desejar.

### Cuidado: Observe a polaridade do capacitor!

O tipo mais comum de capacitor eletrolítico usa placas de alumínio. Dois outros tipos usam tântalo e nióbio, respectivamente. Todos esses capacitores são exigentes quanto à polaridade. Na Figura 2.75, um capacitor de tântalo foi encaixado na matriz de contatos e conectado incorretamente a uma fonte capaz de oferecer muita corrente. Depois de um minuto mais ou menos deste abuso, o capacitor se rebelou e estourou espalhando pequenos pedaços flamejantes, que danificaram a matriz de contatos. Lição aprendida: observe a polaridade!



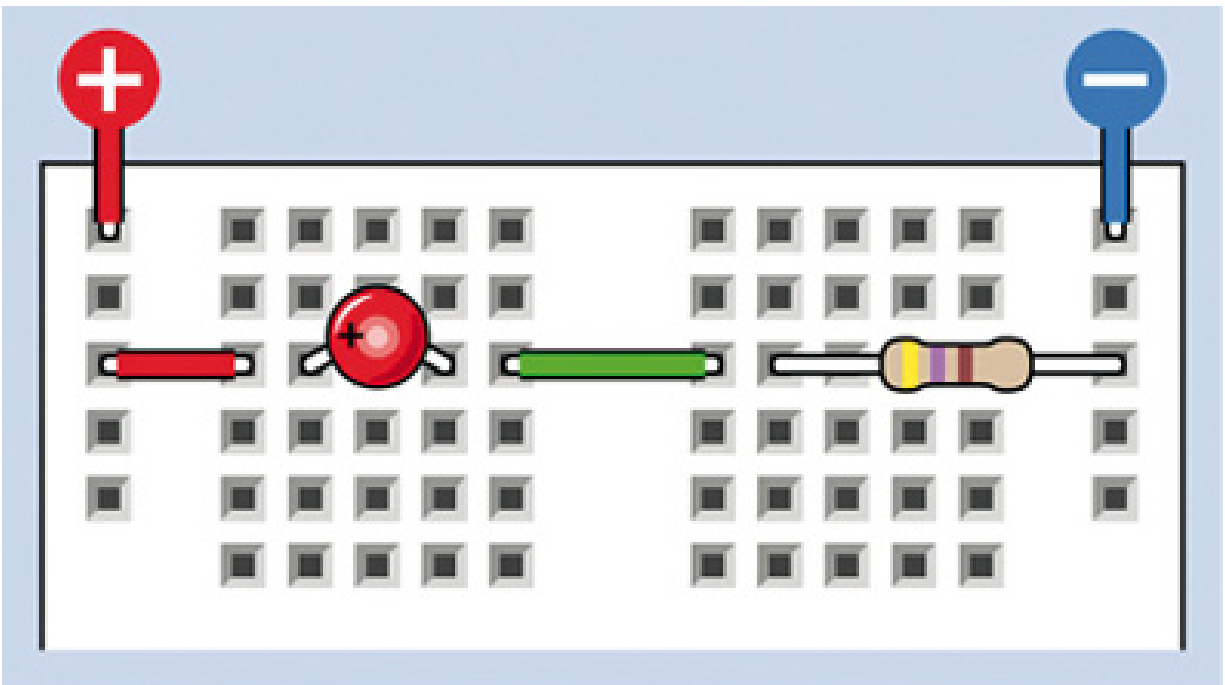
*Figura 2.75 – O resultado de um erro de polarização do capacitor de tântalo que foi conectado invertido a uma fonte de alimentação capaz de fornecer uma corrente substancial.*

### Fundamentos: identificação de falhas

À medida que você construir mais circuitos em matrizes de contato e eles se tornarem mais complexos, a probabilidade de erros aumentará. Ninguém está imune a este fato infeliz.

Um erro frequente em matrizes de contato é encaixar um fio na fileira errada. Isto é especialmente fácil quando você tem um componente como um relé, em que os pinos estão ocultos. Em geral, eu retiro o componente, dou outra olhada e o coloco de volta, apenas para ter certeza.

Um erro mais sutil ocorre quando você esquece as conexões feitas pelas tiras de cobre ocultas dentro da placa. Olhe a Figura 2.76. O que poderia ser mais simples? Claramente, o terminal positivo da fonte de alimentação fornece corrente através do LED, do jumper e de um resistor até o barramento negativo. Porém, se você montar os componentes como mostrado aqui, eu garanto que eles não funcionarão.

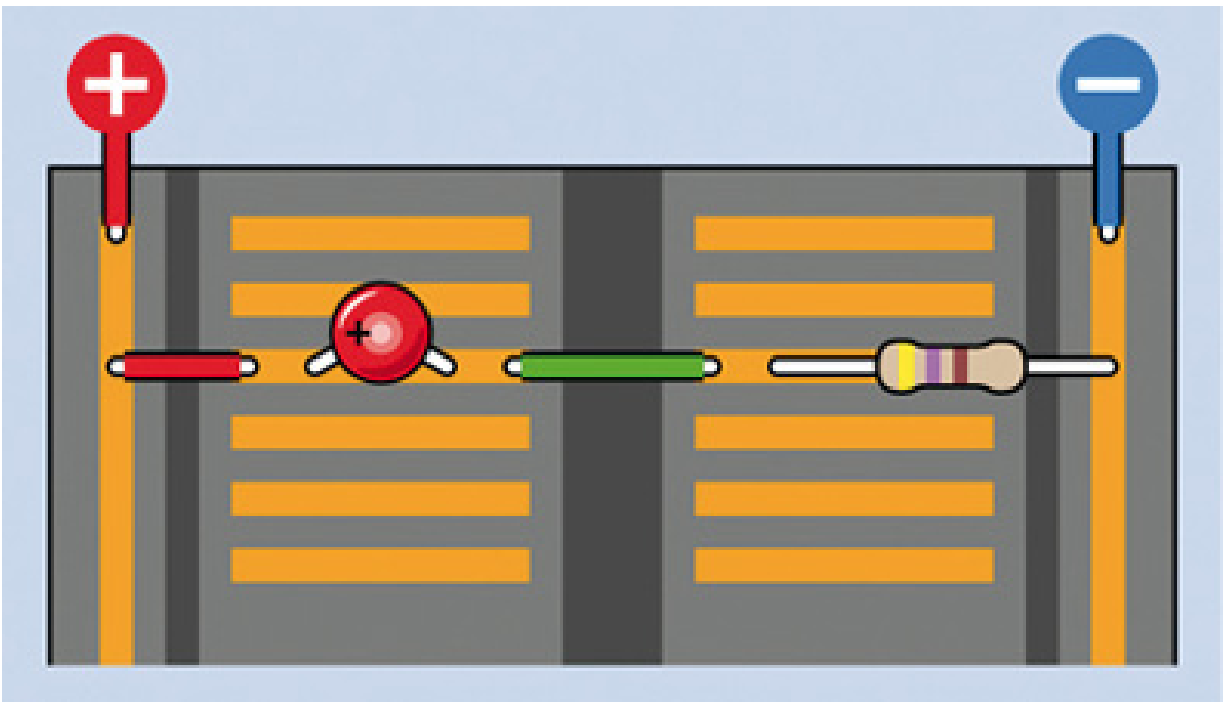


*Figura 2.76 – Este circuito não funciona. Você sabe por quê?*

A situação piora muito se você trocar as posições do resistor e do LED. Agora o circuito queimará o LED imediatamente.

A explicação fica clara quando você observa a visão de raio-X na Figura 2.77. O problema é que ambos os terminais do LED estão encaixados na mesma tira de cobre dentro da placa. A eletricidade tem a opção de passar pelo LED ou pela tira de cobre, e já que a resistência da tira de cobre é uma pequena fração da resistência do

LED, a maioria dos elétrons prefere a tira e o LED permanece apagado.



*Figura 2.77 – Uma visão de raio-X ajuda a explicar porque o circuito não funciona.*

Muitos outros tipos de erros são possíveis. Como encontrá-los de forma mais rápida e eficiente? Basta ser metódico. Tente seguir estes passos:

- 1. Verifique as tensões.** Encaixe o cabo de teste vermelho do multímetro em uma conexão perto da parte superior do barramento positivo em sua matriz de contatos. Configure o multímetro para medir volts (volts DC, a menos que um experimento sugira o contrário). Certifique-se de que o circuito esteja alimentado. Agora encoste a ponta de prova preta de seu multímetro em vários locais do barramento negativo. A leitura do multímetro deve ser próxima da tensão de alimentação. Se você encontrar um valor próximo de zero, provavelmente esqueceu-se de incluir um jumper para saltar um dos intervalos no barramento negativo. Se você encontrar um valor de alguns volts, mas muito abaixo da tensão de alimentação, pode haver um curto-circuito em alguma parte derrubando a tensão da bateria (se você estiver usando uma bateria).

Agora prenda a ponta de prova preta a uma conexão perto da parte superior do barramento negativo e verifique o barramento positivo de cima a baixo.

Finalmente, com a ponta de prova preta ainda conectada ao barramento negativo, use a ponta de prova vermelha para verificar as tensões em locais aleatórios de seu circuito. Se você encontrar uma tensão perto de zero, provavelmente está faltando uma conexão em alguma parte, ou um componente ou fio não estão fazendo contato dentro da matriz de contatos.

**2. Verifique a localização.** Certifique-se de que todos os jumpers e terminais dos componentes estejam exatamente onde deveriam estar na matriz de contatos.

**3. Verifique a orientação dos componentes.** Diodos, transistores e capacitores que têm polaridade precisam estar na posição correta. Quando você começar a usar chips de circuito integrado, mais adiante neste livro, verifique se eles estão na posição correta e se nenhum dos pinos do chip foi entortado e ficou oculto sob o chip.

**4. Verifique as conexões.** Às vezes (raramente, mas pode acontecer) um componente pode estabelecer uma conexão ruim dentro da matriz de contatos. Se encontrar uma falha intermitente inexplicável ou tensão zero, tente reposicionar alguns dos componentes. Em minha experiência este problema provavelmente ocorre quando você compra matrizes de contato muito baratas. A probabilidade é maior se você usar fio com diâmetro menor que 22 AWG. (Lembre-se de que quanto maior o valor, menor o diâmetro.)

**5. Verifique o valor dos componentes.** Verifique se todos os valores de resistor e capacitor estão corretos. Meu procedimento-padrão é verificar cada resistor com um multímetro antes de encaixá-lo na placa. Isto é demorado, mas pode economizar tempo no longo prazo.

**6. Verifique se há peças defeituosas.** Circuitos integrados e transistores podem ser danificados por tensões incorretas, polaridade errada ou eletricidade estática. Tenha peças



sobressalentes à mão para eventuais substituições.

**7. Verifique se você é o problema!** Se tudo mais não der resultado, faça uma pausa. Trabalhar obsessivamente por longos períodos pode criar uma visão de túnel, que impede que você identifique o que está errado. Se você desviar sua atenção para outra coisa por um tempo e então voltar ao problema, a resposta pode parecer repentinamente óbvia.

Recomendo salvar esta lista de procedimentos de identificação de falhas e voltar a ela mais tarde se algo não funcionar.

### Histórico: Michael Faraday e capacitores

Como mencionado, a unidade farad é uma homenagem a Michael Faraday. Ele foi um químico e físico inglês que viveu de 1791 a 1867. Veja a Figura 2.78.



*Figura 2.78 – Michael Faraday, homenageado com o nome da unidade farad.*

Embora Faraday fosse relativamente pouco instruído e tivesse poucos conhecimentos de matemática, ele teve a oportunidade de ler uma grande variedade de livros durante os sete anos em que trabalhou como aprendiz de encadernador e desta forma conseguiu se educar. Além disso, ele vivia em um tempo em que experimentos

relativamente simples podiam revelar propriedades fundamentais da eletricidade. Ele fez grandes descobertas, incluindo a indução eletromagnética, que levou ao desenvolvimento dos motores elétricos. Ele também descobriu que o magnetismo podia afetar os raios de luz.

Seu trabalho rendeu-lhe muitas homenagens e sua imagem estampou as notas inglesas de 20 libras esterlinas entre 1991 e 2001.

## Experimento 9: Tempo e capacitores

Elétrons viajam praticamente na velocidade da luz e mesmo assim podemos usá-los para medir o tempo em segundos, minutos ou mesmo horas. Este experimento mostrará como.

### O que será necessário

- Matriz de contatos, fio, alicates de corte, desencapador de fios, cabos de teste, multímetro
- Bateria de 9 volts e conector (1)
- Botões táteis (2)
- LED genérico (1)
- Resistores: 470 ohms, 1 K, 10 K (um de cada)
- Capacitores: 0,1  $\mu$ F, 1  $\mu$ F, 10  $\mu$ F, 100  $\mu$ F, 1.000  $\mu$ F (um de cada)

### Carregando um capacitor

Primeiro configure seu multímetro para medir volts DC e meça a tensão de uma bateria de 9 volts com ele. Se ela for menor que 9,2 V, você precisará de uma nova bateria para este experimento em particular.

Instale dois botões táteis, um resistor de 1 K e um capacitor de 1.000  $\mu$ F em sua matriz de contatos como mostrado na Figura 2.79. Use um par de cabos de teste para conectar seu multímetro para que você possa medir a tensão entre os terminais do capacitor sem usar as mãos.



9VDC

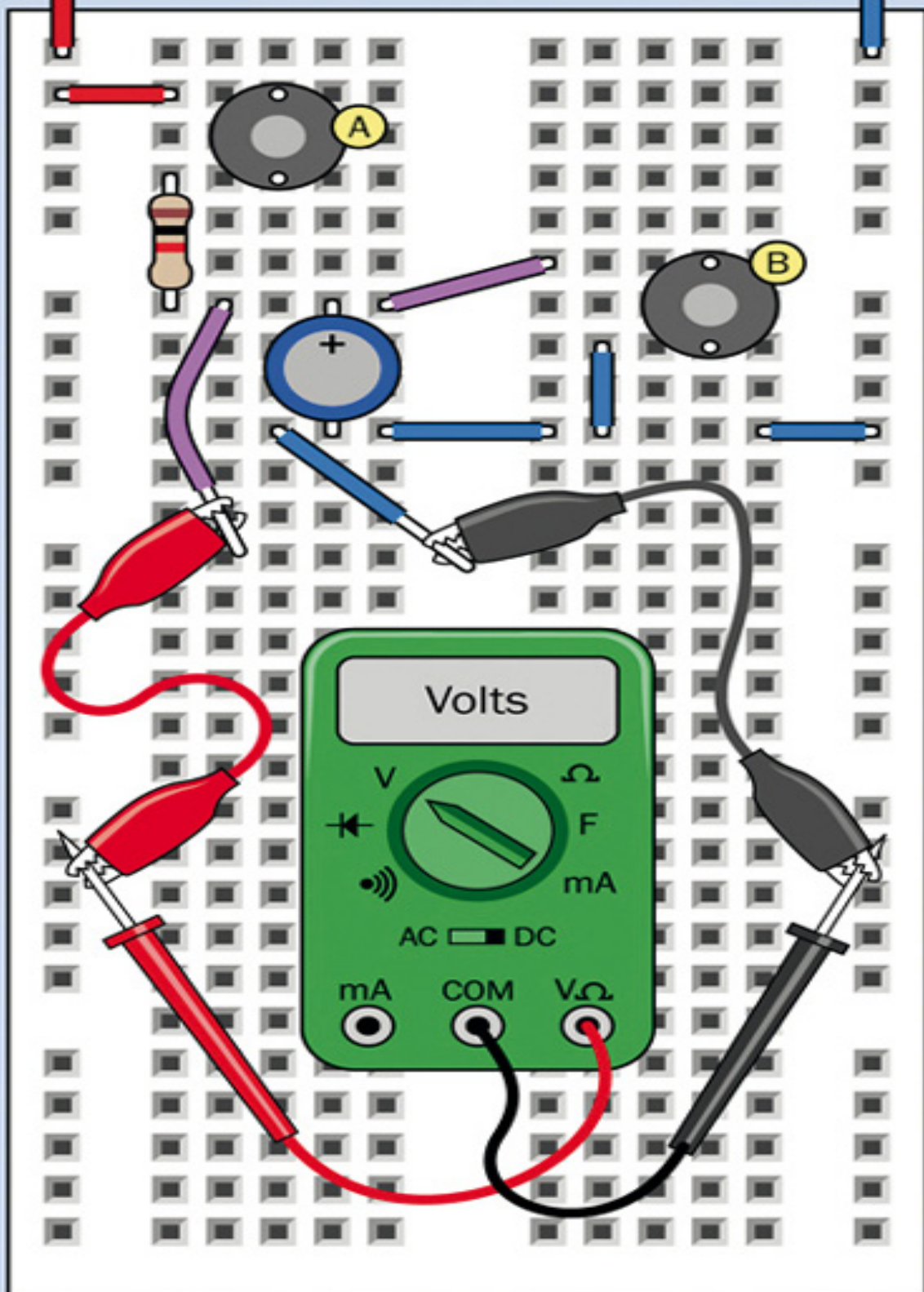


Figura 2.79 – Uma configuração simples para calcular o tempo de carga de um capacitor. O capacitor é de  $1.000\ \mu\text{F}$  e o resistor de  $1\ \text{K}$ .

Prenda um conector à sua bateria e encaixe os fios na matriz de contatos para fornecer 9 VDC aos dois barramentos da placa, sendo o positivo à esquerda, como mostrado na figura.

Se o multímetro medir mais de  $0,1\ \text{V}$ , descarregue o capacitor pressionando o botão B, que coloca em curto os dois lados do capacitor.

Um diagrama na Figura 2.80 mostra o mesmo circuito e pode ajudá-lo a ver o que está acontecendo.

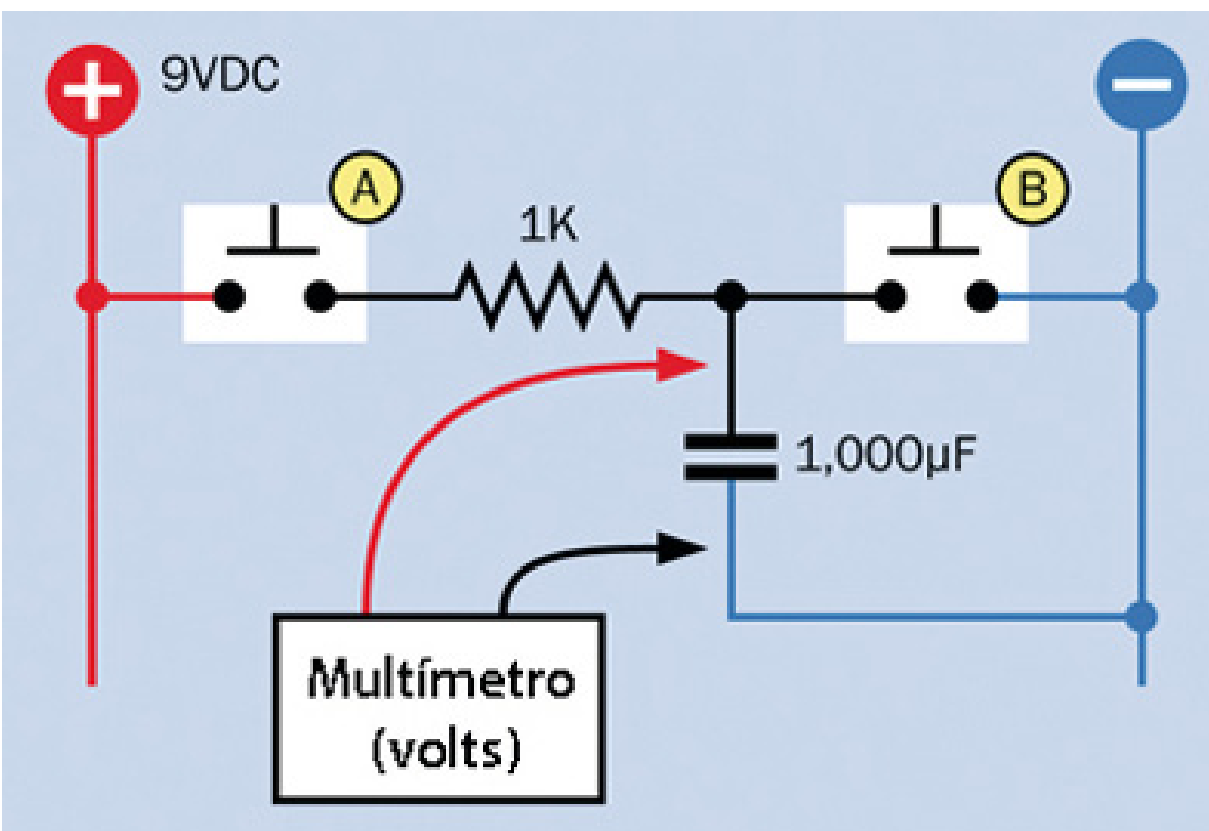


Figura 2.80 – Este diagrama mostra o mesmo circuito da figura anterior, que é a versão com matriz de contatos.

Mantenha o botão A pressionado e use um relógio ou smartphone para contar quantos segundos o capacitor leva para carregar-se até  $9,0\ \text{V}$ . Se seu multímetro for de ajuste automático, ele deve mudar automaticamente de uma medição de milivolts, no início, para uma

medição de volts à medida que a carga aumenta. Quando realizei este experimento, o multímetro indicou pouco mais de três segundos.

O lado positivo do capacitor tornou-se “mais positivo”, e o lado negativo se tornou “mais negativo” à medida que lacunas e elétrons foram atraídos uns para os outros nas placas. A diferença de potencial entre os terminais do capacitor aumentou, enquanto a corrente não passa por ele. Uma das primeiras declarações que você encontrará ao ler um texto de introdução à eletrônica é:

- Um capacitor bloqueia corrente contínua (DC).

Desde que você aplique um potencial elétrico constante ao capacitor, isto é verdade.

### Uma rede RC

Remova o resistor de 1 K e o substitua por um de 10 K. Se o multímetro mostrar que ainda há tensão no capacitor, descarregue-o pressionando o botão B.

Agora repita o teste. Quanto tempo leva para o capacitor chegar a 9.0 V, carregando através de um resistor de 10 K?

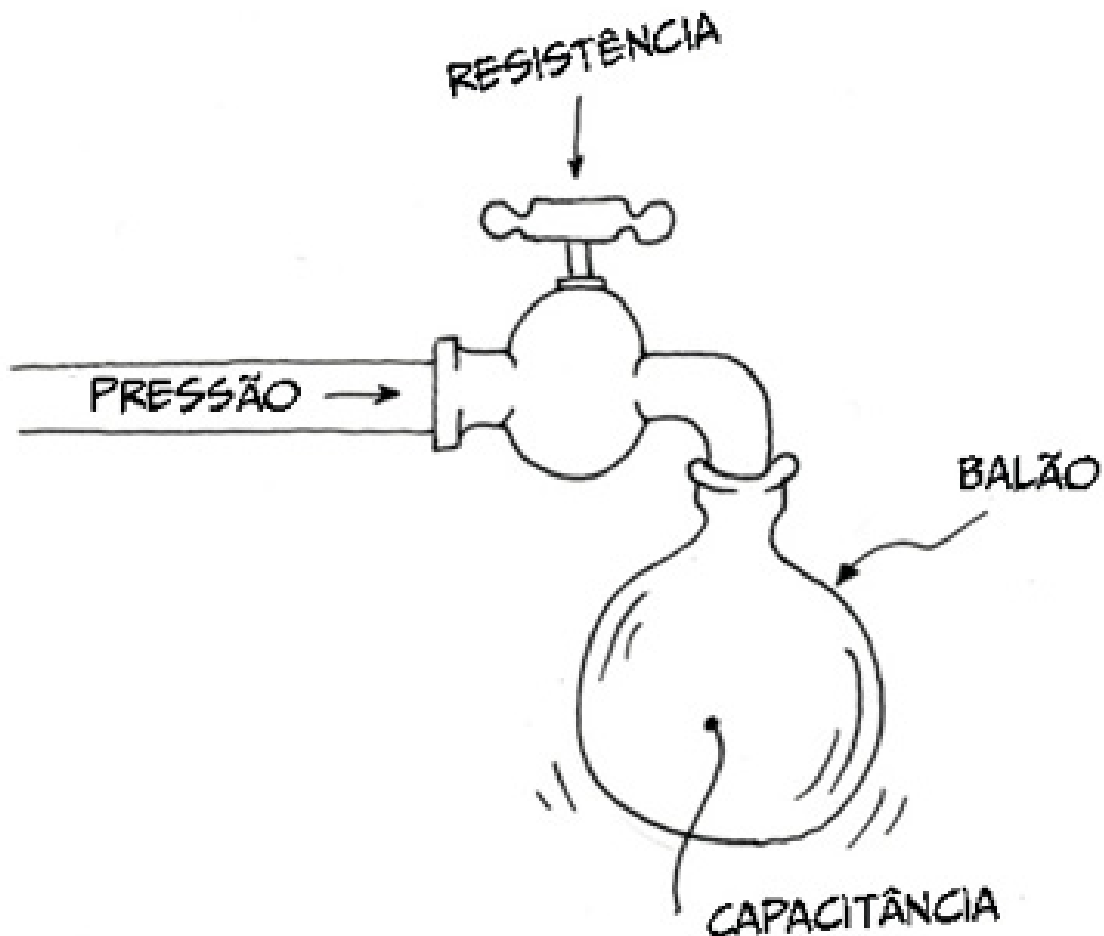
Essa simples combinação de um capacitor e um resistor é conhecida como uma *rede RC* (R de resistor, C de capacitor). É um conceito muito importante em eletrônica. Antes de eu explicar o que ela faz, aqui vão algumas perguntas a serem consideradas:

- O capacitor levou exatamente 10 vezes mais tempo para atingir 9 volts quando você usou o resistor de 10 K em vez do resistor de 1 K?
- A tensão no capacitor aumentou a uma taxa constante, ou aumentou mais rapidamente no começo do experimento ou no final?
- Se você esperar o suficiente, o capacitor irá atingir o valor inicial que você mediu como a tensão da bateria?

### Tensão, resistência e capacitância

Pense no resistor como uma torneira que limita o fluxo de água e o

capacitor como um balão que você está tentando encher (veja a Figura 2.81). Se você fechar a torneira de modo que apenas um fio de água saia dela, o balão levará mais tempo para encher. Porém, mesmo um fluxo lento de água deve encher o balão se você esperar o suficiente. Assumindo que o balão não estoure, o processo termina quando a pressão dentro do balão for igual à pressão da água no cano que alimenta a torneira.



*Figura 2.81 – Água fluindo para dentro de um balão pode ser comparada com os elétrons fluindo para dentro de um capacitor.*

No entanto, esta descrição ignora um fator importante. À medida que o balão começa a encher, ele expande exercendo mais pressão sobre seu conteúdo. E conforme a pressão dentro do balão cresce, ela pressiona o fluxo de água que está entrando. Conseqüentemente, podemos esperar que a água flua mais lentamente à proporção que

o processo continua.

Como isso se compara com os elétrons fluindo para dentro de um capacitor? O conceito é semelhante. Inicialmente, os elétrons fluem rapidamente, mas à medida que ocupam mais lacunas, os recém-chegados levam mais tempo para encontrar um local de repouso. O processo de carga fica cada vez mais lento. Na verdade, teoricamente, a carga do capacitor nunca alcança a tensão que é aplicada sobre ele.

### Histórico: a constante de tempo

A velocidade de carga de um capacitor é medida com uma função conhecida como “constante de tempo”. A definição é muito simples:

$$T = R \times C$$

onde T é a constante de tempo, em segundos, se um capacitor de valor C (medido em farads) está sendo carregado através de um resistor de R ohms.

Voltando ao circuito do primeiro teste, usando um resistor de 1 K podemos aplicar os valores dos componentes usados à fórmula de constante de tempo, mas apenas se convertermos as unidades para ohms e farads. Bem, 1 K é igual a 1.000 ohms e 1.000  $\mu\text{F}$  é igual a 0,001 farads. Assim, o cálculo fica bem fácil:

$$TC = 1.000 / 0.001$$

Portanto, para esses valores de resistor e capacitor,  $TC = 1$ .

Porém, o que isso significa exatamente? Significa que o capacitor estará totalmente carregado em um segundo? Lamento, mas não é tão simples.

- T, a constante de tempo, é o número de segundos necessários para um capacitor atingir 63% da tensão fornecida a ele se ele começar com zero volt.

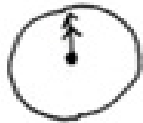
E se o capacitor não começar do zero? Se começarmos a medir depois que o capacitor já adquiriu certa tensão, a definição fica um pouco mais complicada. Se  $V_{\text{DIF}}$  for a diferença entre a tensão no capacitor e a tensão de alimentação, T é o número de segundos



necessários para um capacitor acrescentar 63% de  $V_{DIF}$  à sua atual carga.

(Por que 63%? Por que não 62 ou 64 ou 50%? A resposta é muito complicada para este livro e você precisará estudar constantes de tempo em outro lugar se quiser saber mais. Prepare-se para equações diferenciais.)

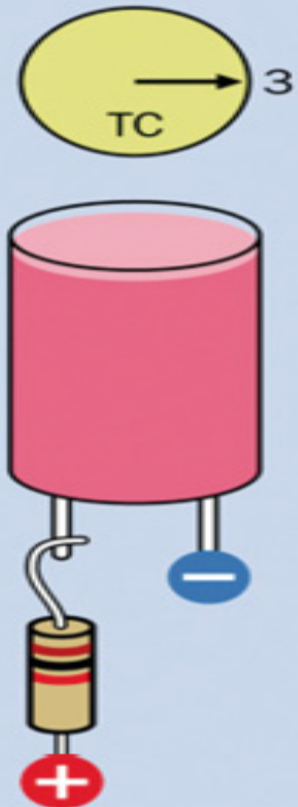
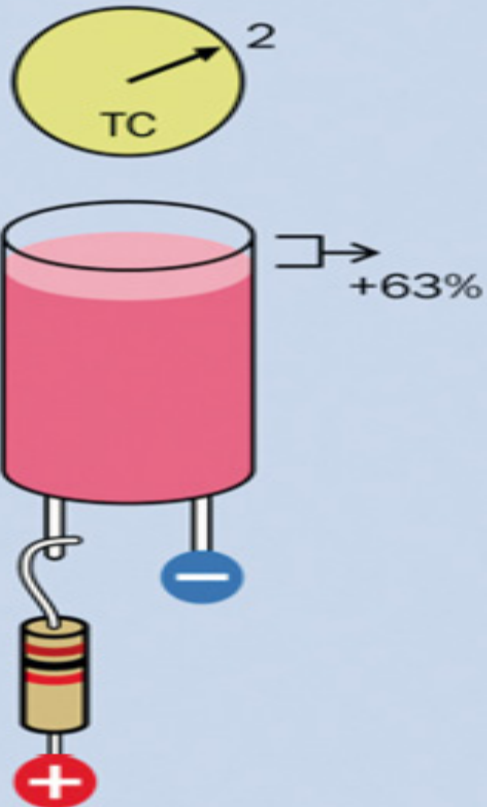
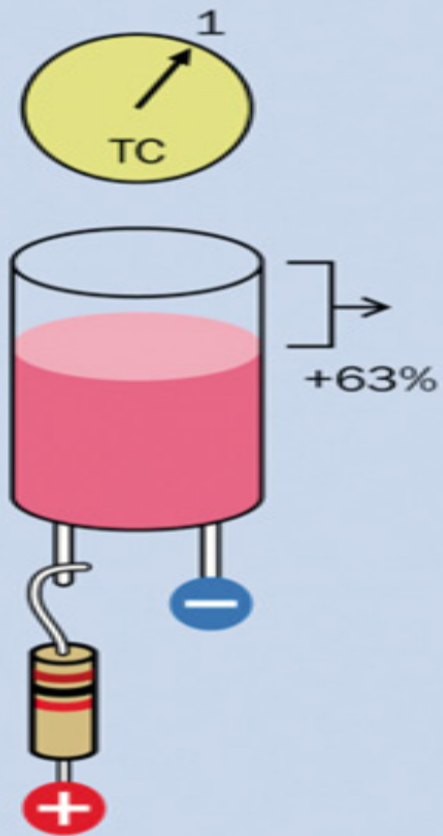
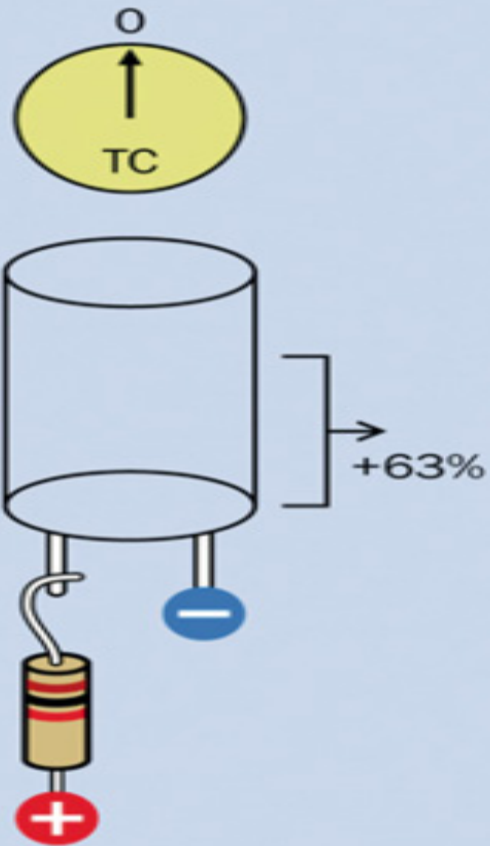
Uma comparação pode ser útil. A Figura 2.82 mostra um sujeito voraz que está pronto para comer bolo.



*Figura 2.82 – Se nosso gourmet sempre come apenas 63% do bolo que ainda está no prato, ele “carrega” seu estômago da mesma forma que a carga de um capacitor. Não importa quanto tempo ele fique comendo, o bolo nunca acaba e seu estômago nunca é totalmente preenchido.*

No início ele está faminto e come 63% do bolo em um segundo, que é sua constante de tempo para comer bolo. Em sua segunda mordida, ele come outros 63% do restante do bolo, e como não está mais tão faminto, ele leva mais um segundo (lembre-se, esta é sua constante de tempo). Em sua terceira mordida, ele come 63% do que ainda resta e leva mais um segundo. E assim por diante. Aos poucos ele vai se enchendo de bolo, como um capacitor vai se enchendo de elétrons. No entanto, ele não chega a comer o bolo todo, pois ele só consome 63% do restante do bolo.

A Figura 2.83 mostra o processo de outra forma.



*Figura 2.83 – Outra maneira de ilustrar a carga de um capacitor.*

Depois de cada constante de tempo (que é um segundo, se tivermos um capacitor de 1.000  $\mu\text{F}$  e um resistor de 1 K), o capacitor adquire outros 63% da diferença entre a carga que ele tinha e a tensão de alimentação.

Em um mundo perfeito de componentes perfeitos, o processo de carga de um capacitor continuaria infinitamente. No mundo real, podemos dizer arbitrariamente:

- Depois de cinco constantes de tempo, a carga do capacitor estará tão próxima de cem por cento que podemos considerar o processo como concluído.

### Histórico: ilustrando em um gráfico

Quero desenhar um gráfico mostrando a tensão em um capacitor durante sua carga. Para isso, calcularei os dados usando a fórmula da constante de tempo.

Suponha que  $V_{\text{CAP}}$  é a tensão em um capacitor neste momento, enquanto  $V_{\text{DIF}}$  é a diferença entre essa quantidade de carga e a tensão da bateria (como antes). A fórmula mostrada a seguir irá dizer qual será a nova tensão no capacitor depois de uma constante de tempo. Chamarei a nova tensão de  $V_{\text{NOV}}$ . A fórmula fica assim:

$$V_{\text{NOV}} = V_{\text{CAP}} + (0,63 \times V_{\text{DIF}})$$

O valor 0,63 é o mesmo que 63 por cento.

Suponha que a bateria fornece exatos 9 V e o capacitor começou com exatos 0 V. Portanto,  $V_{\text{CAP}} = 0$  e  $V_{\text{DIF}} = 9$ . Aplique os valores à fórmula:

$$V_{\text{NOV}} = 0 + (0,63 \times 9)$$

Minha calculadora diz que  $0,63 \times 9 = 5,67$ . Portanto, depois de uma constante de tempo (um segundo, com um resistor de 1 K e um capacitor de 1.000  $\mu\text{F}$ ) o capacitor adquiriu 5,67 volts.

E após mais um segundo? Temos que repetir o cálculo, usando os novos valores. A atual tensão no capacitor,  $V_{\text{CAP}}$ , agora é 5,67. A

bateria continua fornecendo 9 V, portanto VDIF é igual a 9 menos 5,67, o que é 3,33. Aplicamos esses valores à mesma fórmula:

$$V_{\text{NOV}} = 5,67 + (0,63 \times 3,33)$$

Minha calculadora diz que 0,63 vezes 3,33 é igual a 2,1, aproximadamente. E 2,1 mais 5,67 é igual a 7,77. Portanto, depois de dois segundos o capacitor atingiu uma tensão de 7,77 volts.

Podemos repetir este cálculo quantas vezes quisermos, criando uma sequência de números como esta (arredondado para duas casas decimais), mostrando a tensão no capacitor ao final de cada segundo, assumindo uma alimentação de 9 V:

Depois de 1 segundo: 5,67 volts

Depois de 2 segundos: 7,77 volts

Depois de 3 segundos: 8,54 volts

Depois de 4 segundos: 8,83 volts

Depois de 5 segundos: 8,94 volts

Depois de 6 segundos: 8,98 volts

O gráfico na Figura 2.84 foi criado desenhando-se uma curva suave usando esses valores. Não me preocupei em calcular acima de seis segundos, pois os valores chegam muito perto de 9 V.

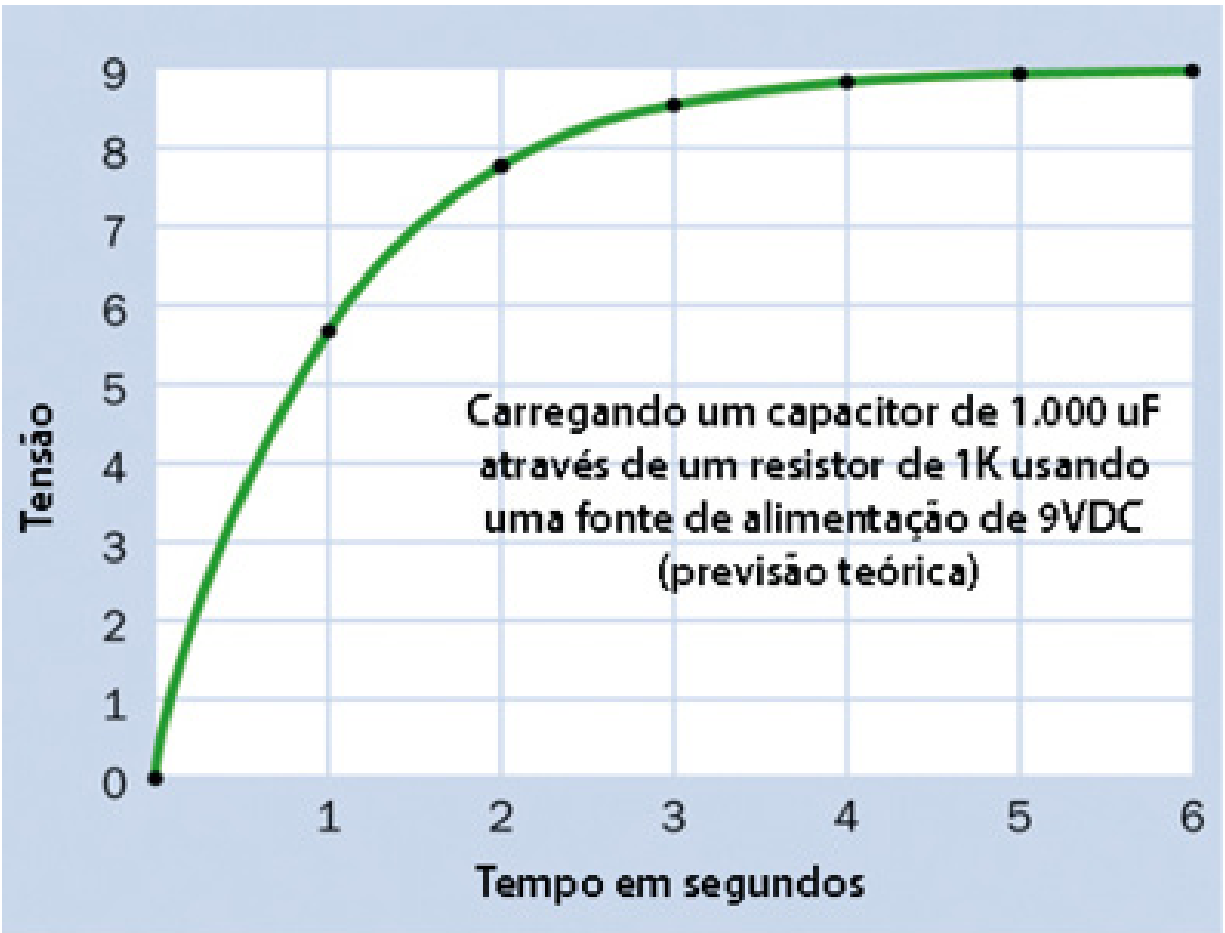


Figura 2.84 – Um gráfico pode ajudar a mostrar como a carga se acumula em um capacitor durante um período de tempo.

### Verificação experimental

Já mostrei como calcular a carga em um capacitor em uma rede RC. No entanto, como você sabe que estou certo? Minha palavra é o suficiente?

Talvez você devesse testar por si próprio. Em outras palavras, que tal um pouco de *verificação experimental*, que é uma parte importante do método de Aprendizado pela descoberta.

Volte ao circuito que usou antes e certifique-se de que o resistor é de 10 K e não 1 K. Peça para um amigo sentar-se ao seu lado para controlar o tempo enquanto você observa o display de volts em seu multímetro. A cada 10 segundos, seu amigo diz “Agora!” e você anota a tensão no multímetro naquele momento. Siga este

procedimento por um minuto.

Uma vez que você está usando um resistor de 10 K em vez de 1 K, a constante de tempo agora é de 10 segundos em vez de 1 segundo. Portanto, suas leituras devem parecer com a série de tensões que tabulei acima em intervalos de 1 segundo, exceto que seu intervalo será de 10 segundos.

As tensões medidas devem ser próximas às minhas, mas elas não serão exatamente iguais. Por quê? Posso pensar em vários motivos.

- Sua bateria não fornece exatamente a mesma tensão que a minha.
- Seu resistor não tem exatamente 10.000 ohms.
- Seu capacitor não tem exatamente 1.000 microfarads.
- Seu multímetro não é totalmente preciso.
- Você leva alguns microssegundos para ler o multímetro.
- Seu amigo pode não ter avisado em intervalos precisos de 10 segundos.

Existem dois outros fatores que você pode não ter considerado. Primeiro, os capacitores não armazenam eletricidade perfeitamente. Eles sofrem um fenômeno chamado *fuga*, em que a carga gradualmente é vazada. Isso acontece mesmo quando o capacitor está carregando. Perto do fim do processo de carga, os elétrons estão gotejando tão lentamente que a fuga (a taxa na qual os elétrons escapam) se torna significativa em comparação.

Além disso, seu multímetro tem uma resistência interna. Ela é muito alta, mas ainda assim existe. Isso significa que o multímetro rouba um pouco de carga de seu capacitor enquanto você mede a tensão. Sim, o processo de medição altera o valor que você está tentando medir! Na verdade, esse é um problema comum em física e engenharia.

Consigo pensar em maneiras de minimizar todos esses fatores, mas não uma maneira de eliminá-los completamente. Sempre haverá algum erro experimental. Esse é o desafio quando você usa um experimento para verificar uma teoria. A verificação pode ser um processo muito demorado, exigindo muita paciência, por isso os



teóricos tendem a ter personalidades diferentes em relação aos experimentalistas.

### Acoplamento capacitivo

Agora que já falei sobre a carga e descarga dos capacitores, voltarei à declaração que fiz anteriormente:

- Um capacitor bloqueia DC (corrente contínua).

Você se lembra de que eu também disse que “Desde que você aplique um potencial elétrico constante ao capacitor, isto é verdade”.

Entretanto, e se não houver um potencial elétrico constante? O que acontece no momento em que um capacitor passa de uma carga zero para uma conexão repentina a uma fonte de tensão?

Ah, aí a questão muda. Sob essas circunstâncias, o capacitor *permite que um sinal passe por ele*.

Como isso é possível? As placas dentro do capacitor não se tocam, como pode um pulso de eletricidade pular de uma placa para a outra?

Em breve falarei do “como” e do “por que”. Primeiro, você precisa ter certeza de que o que estou falando realmente acontece.

Observe os componentes na matriz de contatos na Figura 2.85. O layout é semelhante ao do circuito na Figura 2.79, mas o resistor de 10 K passou do lado esquerdo para o direito, e foram acrescentados o LED e o resistor de 470 ohms.

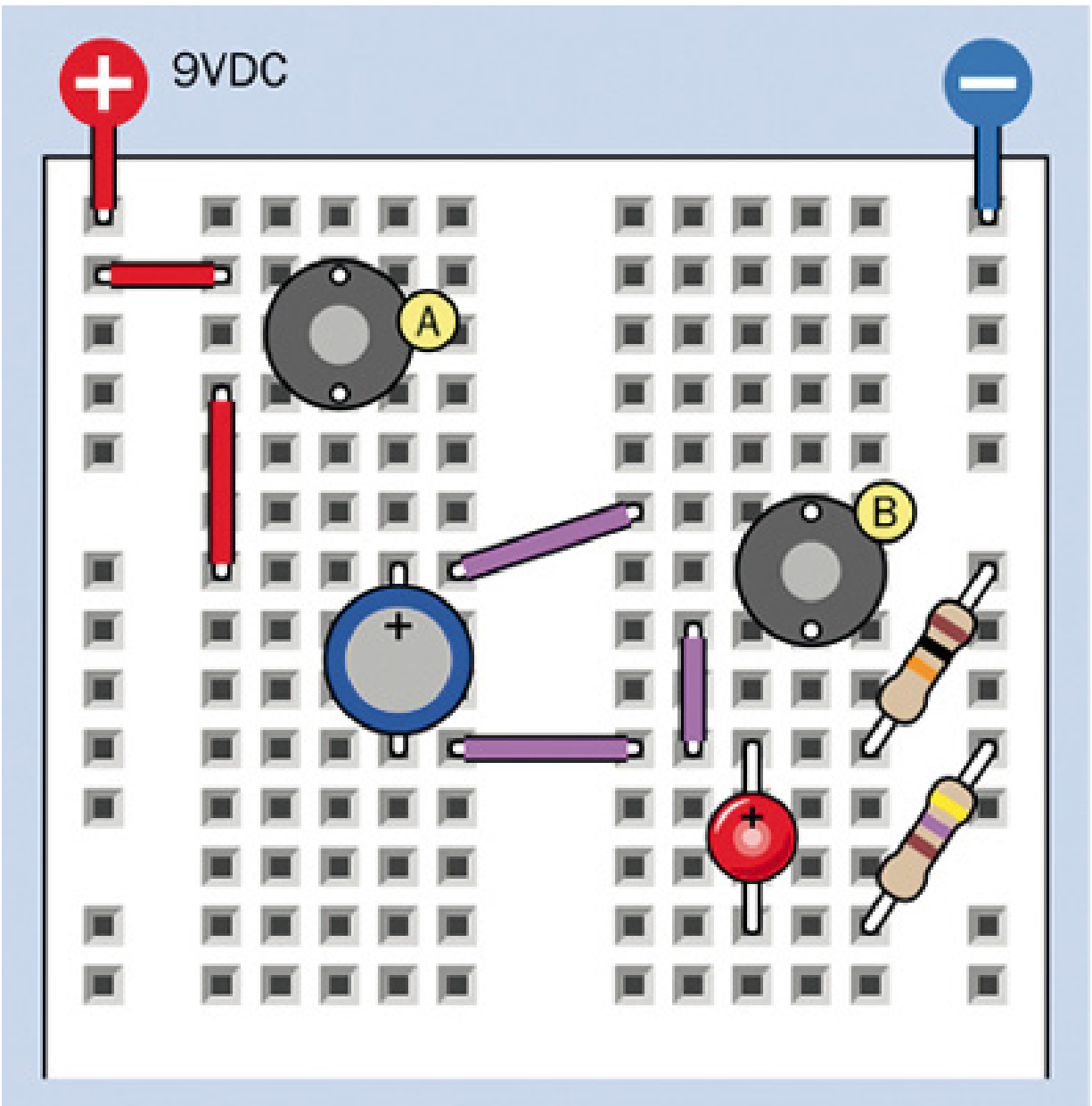
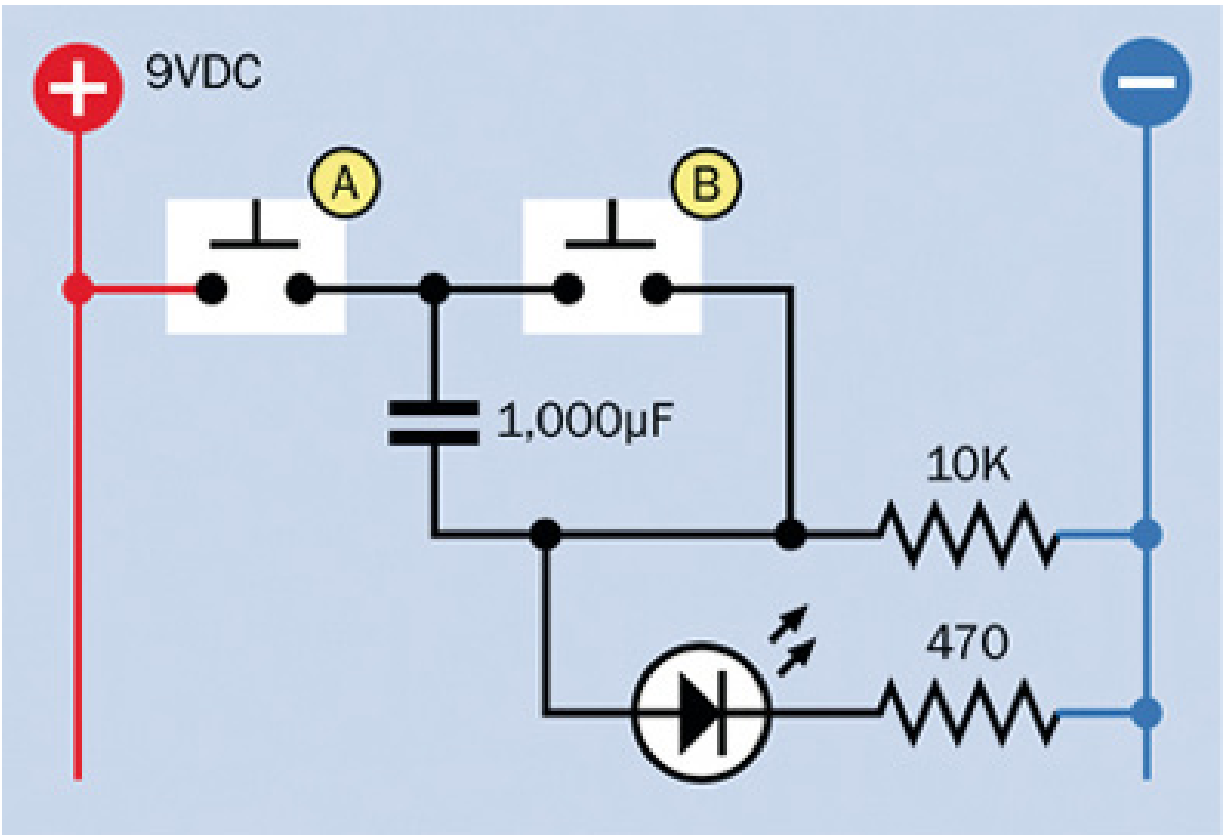


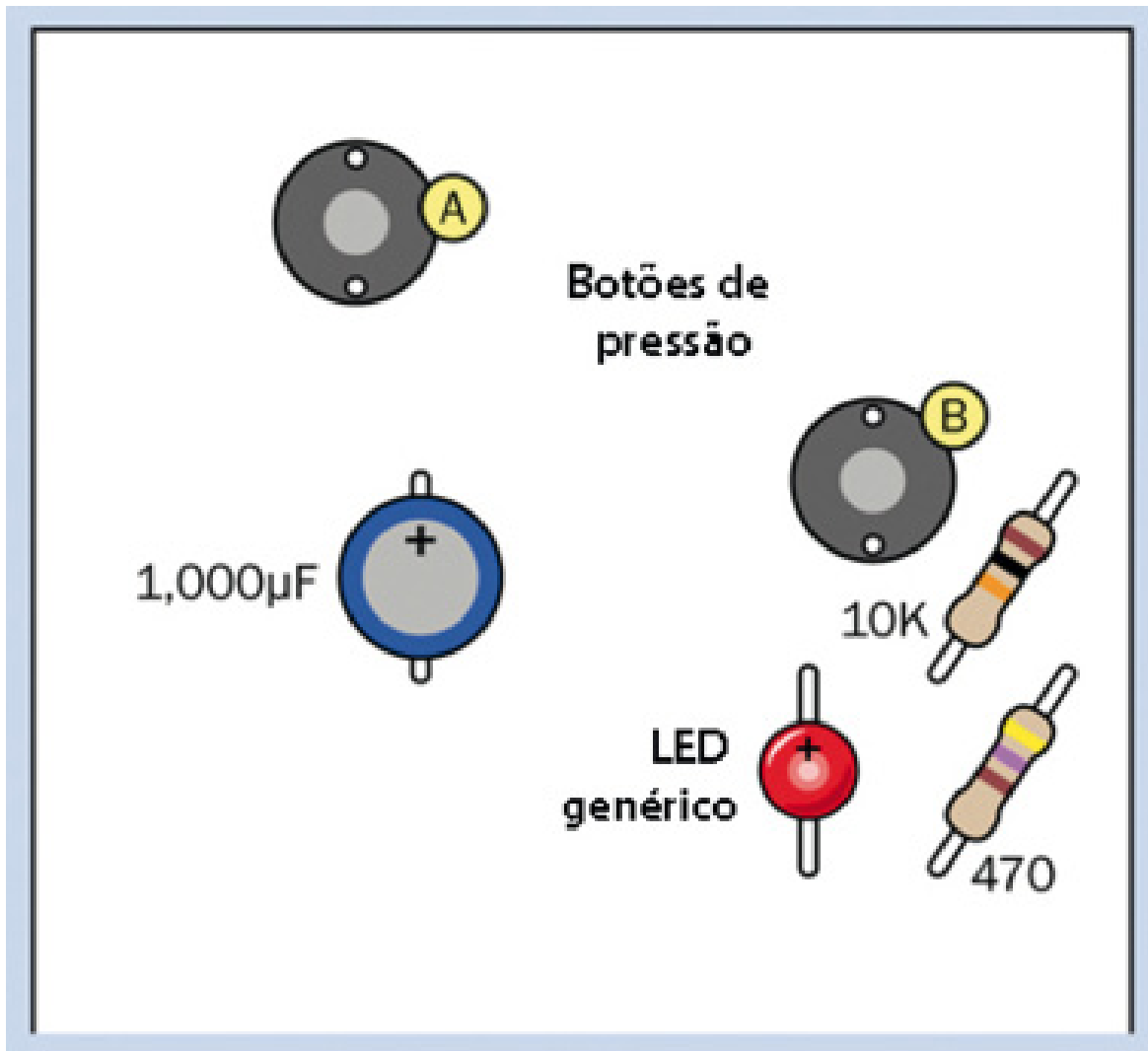
Figura 2.85 – O piscar de um LED vermelho mostra como o comportamento de um capacitor muda quando há uma repentina mudança de tensão. O circuito na matriz de contatos foi redesenhado como um diagrama na Figura 2.86, o que pode ajudar a esclarecê-lo.



*Figura 2.86 – Este diagrama mostra o mesmo circuito da figura anterior, que é a versão da matriz de contato.*

E para não haver confusão, mostro os valores dos componentes na Figura 2.87.

Depois de montar o circuito, primeiro lembre-se de pressionar o botão B para descarregar o capacitor. Agora pressione o botão A, e... Por que o LED piscou e lentamente apagou?



*Figura 2.87 – Valores de componentes para o circuito da matriz de contatos.*

Pressione o botão A novamente. Desta vez praticamente nada acontece. Evidentemente, o capacitor precisa começar em um estado descarregado para que o experimento funcione. Portanto, pressione o botão B para descarregá-lo. Agora pressione o botão A novamente e o LED volta a piscar.

Sabemos que o capacitor começou com praticamente nenhuma tensão positiva em seu pino inferior, pois ele estava conectado ao negativo por meio do resistor de 10 K. Também sabemos que o capacitor começou com quase nenhuma tensão positiva em seu pino superior, pois o botão B colocou os lados do capacitor em curto. (Por isso pedi para você descarregá-lo.)

Então você pressionou o botão A, aplicando um repentino pulso positivo e o LED acendeu do outro lado do capacitor. A corrente através do LED teve que vir de algum lugar e a única explicação é que ela veio do capacitor.

### Corrente de deslocamento

Vamos tentar novamente, usando seu multímetro em vez do LED e seu resistor em série. A Figura 2.89 mostra o layout da matriz de contatos, enquanto a Figura 2.88 mostra o diagrama. Descarregue o capacitor pressionando o botão B e então verifique a leitura em seu multímetro. Ela deve ser quase 0 V.

9VDC

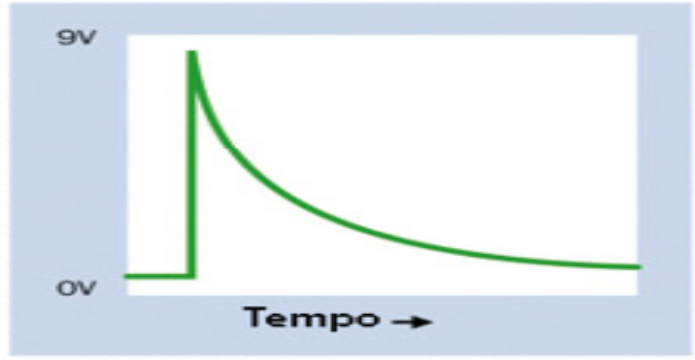
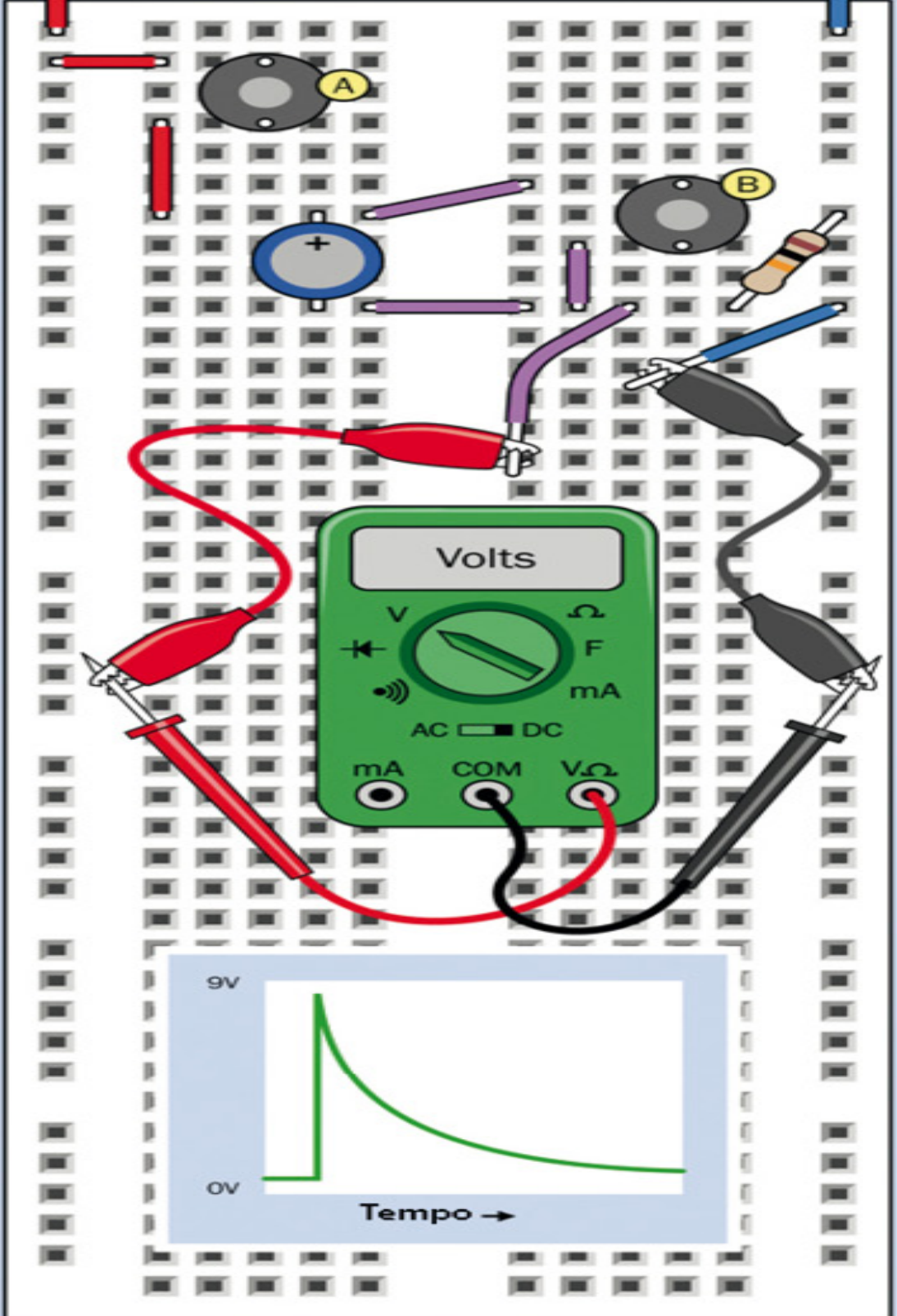


Figura 2.88 – O diagrama do circuito anterior, que foi montado na matriz de contatos.

Observe seu multímetro com atenção enquanto pressiona o botão A. Um multímetro digital não responde muito rapidamente, mas mesmo assim você verá um aumento repentino da tensão, após o que a tensão diminui gradualmente.

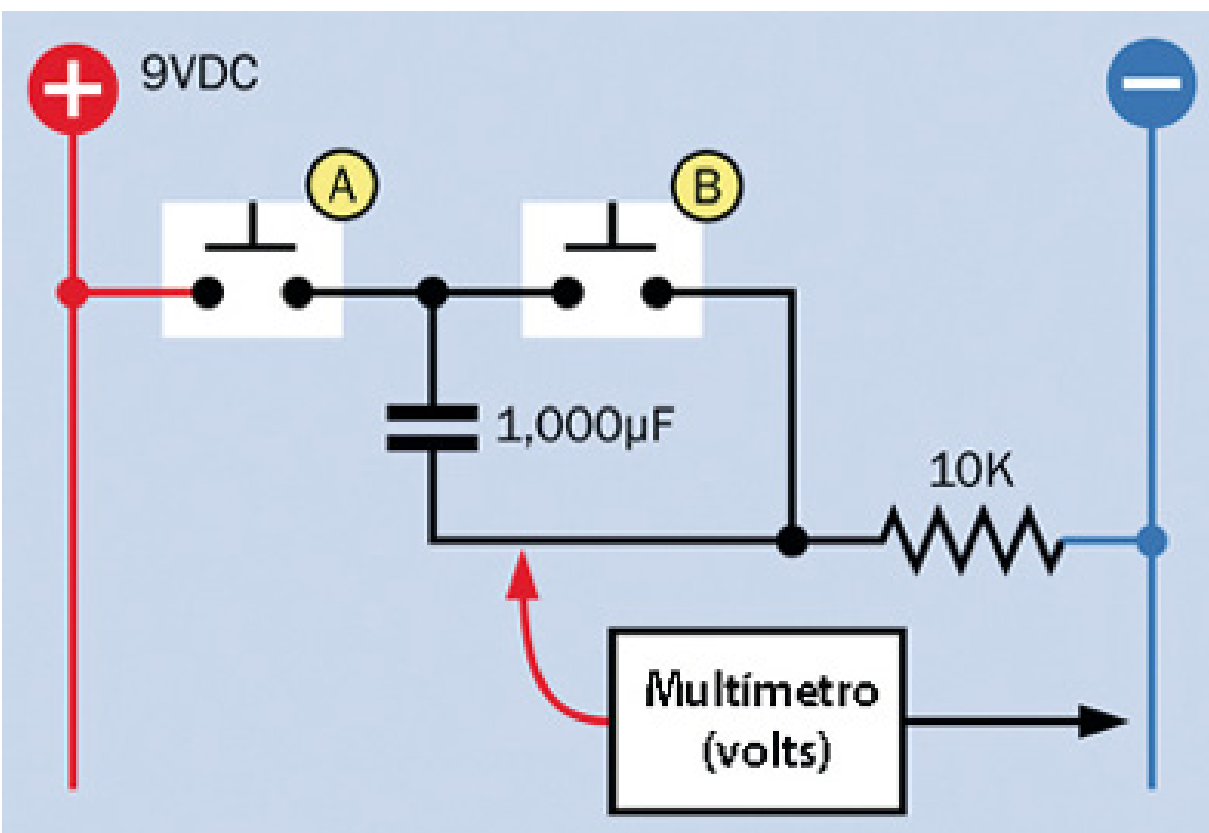


Figura 2.89 – Um multímetro substituiu o LED e o resistor de 470 ohms em série que foram usados na versão anterior deste circuito.

Quando conectei esse circuito a um osciloscópio, que consegue medir e exibir mudanças muito rápidas de tensão, o desenho parecia uma curva que acrescentei à parte inferior da Figura 2.89. O aumento de tensão foi tão rápido que ele pareceu instantâneo.

O modo como um capacitor permite que uma flutuação repentina de tensão passe por ele é bem conhecido e usado com frequência em eletrônica. Porém, como isso acontece?

Essa questão interessou um cientista pioneiro chamado James

Maxwell, que achava que isso não deveria acontecer; então ele desenvolveu uma teoria e inventou uma frase para descrever o que via. Ele chamou o fenômeno de *corrente de deslocamento*. Isso estava de acordo com algumas teorias que ele estava desenvolvendo na época.

Hoje existem outras teorias. Aparentemente, um influxo de corrente cria um efeito de campo dentro do capacitor, e esse efeito pode induzir tensão na placa oposta. Entretanto, este conceito se torna complicado muito rapidamente e a maioria dos livros simplesmente diz algo como “um capacitor bloqueará corrente contínua, mas deixará passar flutuações de tensão”.

Se você substituir por um capacitor menor, descobrirá que ele deixa passar um pulso mais breve. Remova o multímetro, coloque de volta no circuito o LED e seu resistor de 470 ohms em série, e experimente capacitores de 100  $\mu\text{F}$ , 10  $\mu\text{F}$ , 1  $\mu\text{F}$  e 0,1  $\mu\text{F}$ . Ao final do teste, o LED mal piscará.

### Corrente alternada

Se você inverter o circuito, ele continua funcionando, embora a corrente flua na direção oposta. A Figura 2.91 mostra o circuito, com o resistor de 10 K deslocado para a esquerda e o botão A deslocado para a direita. O multímetro ainda mede a tensão no ponto entre o resistor e o capacitor. O diagrama na Figura 2.90 mostra a mesma revisão.

Depois de pressionar e soltar o botão B para descarregar o capacitor, o multímetro mede aproximadamente 9 VDC, pois o pino superior do capacitor está conectado ao barramento positivo por meio do resistor de 10 K. O capacitor está bloqueando corrente contínua, portanto ele parece ter uma resistência infinita e a carga positiva “não tem para onde ir”. Isso está ilustrado na Figura 2.92, que mostra como a tensão entre um par de resistores aumenta quando a resistência aumenta entre esse ponto e o terra.

Entretanto, quando você pressiona o botão A em seu circuito, isto cria um pulso negativo. A resistência efetiva do capacitor desaparece



momentaneamente enquanto o pulso o atravessa, fazendo com que a leitura do multímetro caia. Então o capacitor se recarrega lentamente, assim como fez no primeiro teste neste experimento.

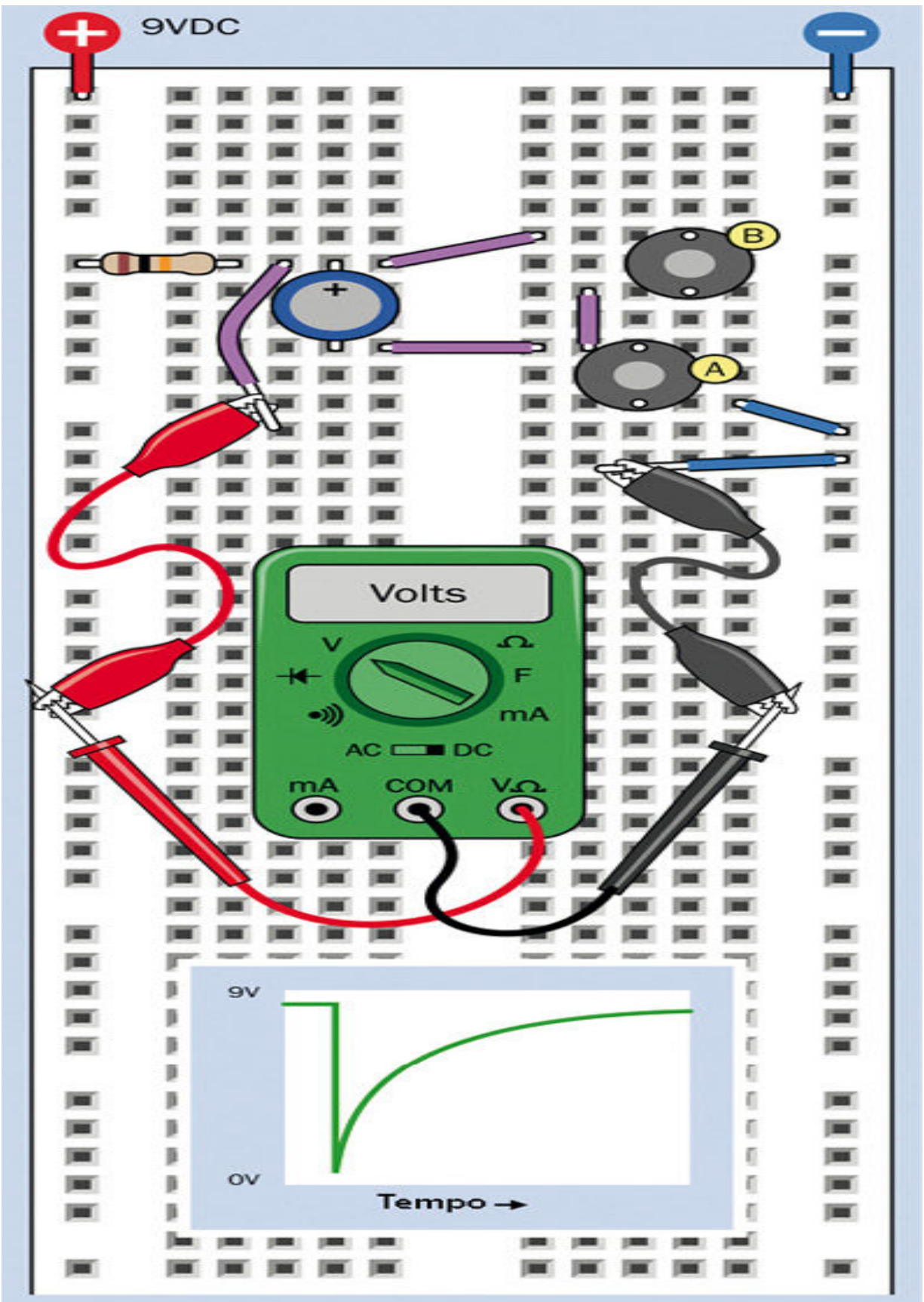


Figura 2.90 – Um diagrama do circuito anterior.

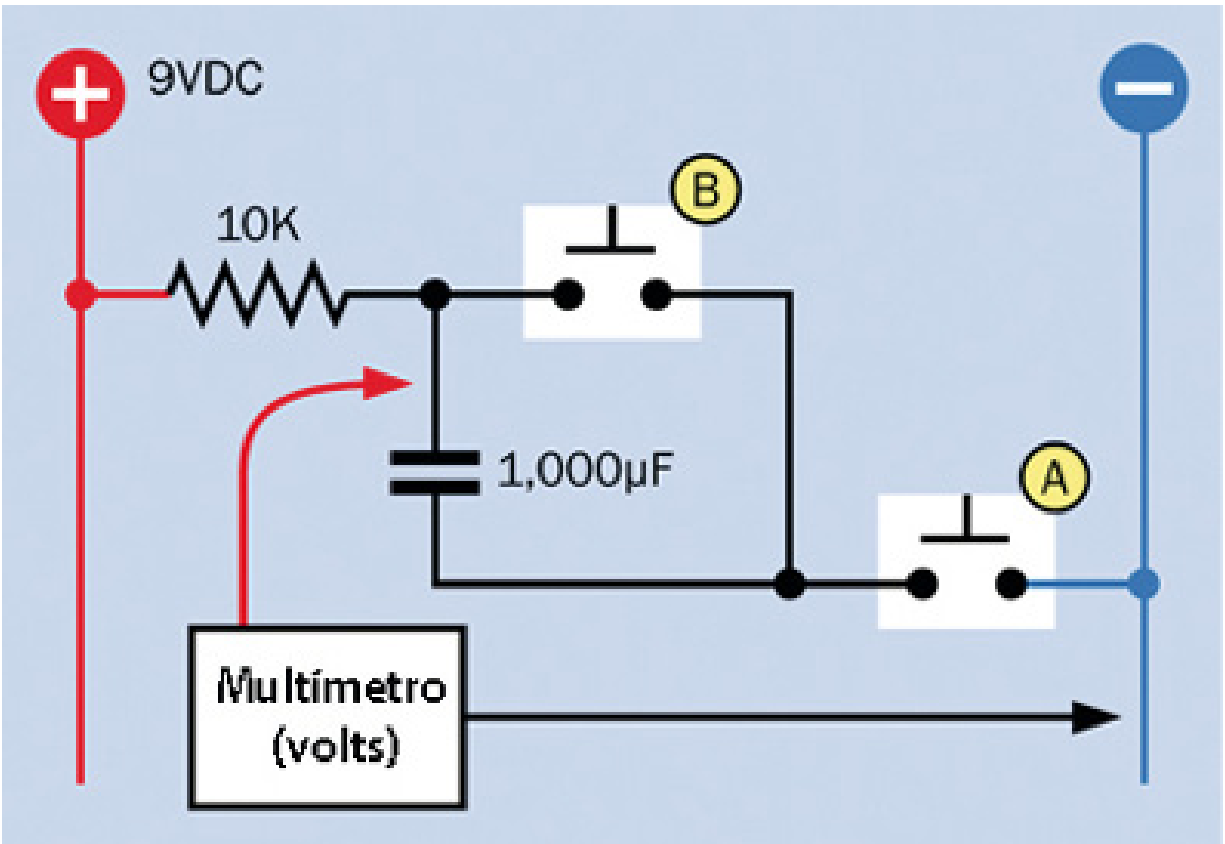
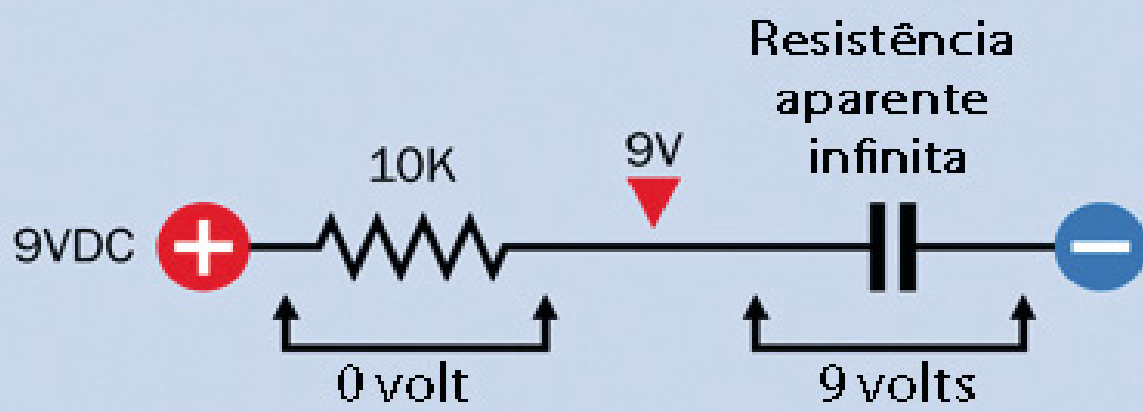
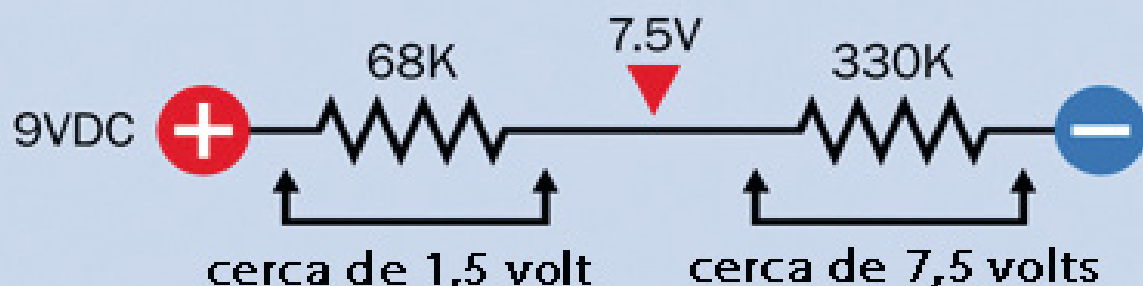
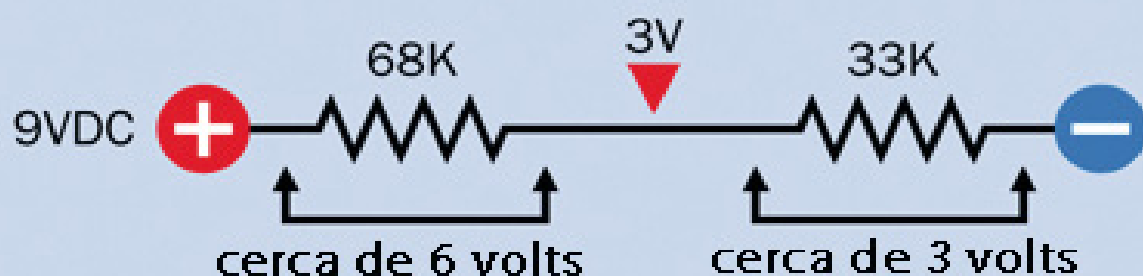
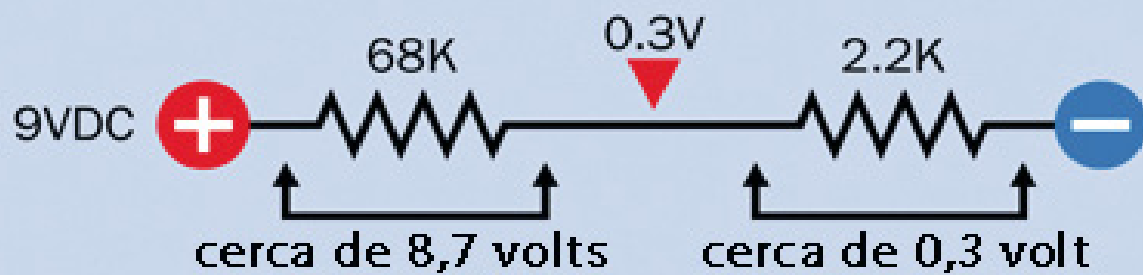


Figura 2.91 – O circuito anterior foi modificado, com as tensões invertidas.



*Figura 2.92 – Quando você tem um par de resistores em série e o da esquerda está conectado à fonte de alimentação enquanto o da direita está conectado ao terra, a tensão entre os resistores aumenta à medida que o valor do resistor direito aumenta. Um capacitor tem uma resistência efetiva quase infinita à corrente DC.*

O gráfico na Figura 2.91 dá uma ideia aproximada de como a carga no capacitor muda.

- Um capacitor bloqueia corrente contínua (DC).
- O mesmo capacitor permitirá a passagem de uma breve flutuação, independentemente da direção do fluxo de corrente.
- O capacitor então acumula carga, como descrevi no início deste experimento.

Isso nos leva a uma importante conclusão. Uma vez que a corrente alternada (AC) é uma rápida série de pulsos relativamente negativos e relativamente positivos, um capacitor permitirá sua passagem.

O tamanho do capacitor será importante. Quando você o substituiu por valores menores, você percebeu que eles respondiam brevemente. Um capacitor menor permite a passagem de flutuações de alta frequência, mas bloqueia flutuações de baixa frequência, e este comportamento é útil em muitas aplicações, incluindo áudio. Você descobrirá isso por si mesmo no Experimento 29. Lembre-se de que sinais de áudio são uma forma de corrente alternada, pois eles flutuam rapidamente.

Quando um capacitor é posicionado em um circuito para deixar passar corrente alternada (AC) e bloquear corrente contínua (DC) é chamado de *capacitor de acoplamento*. Ele pode permitir que um sinal trafegue de uma parte do circuito para outra, enquanto bloqueia suas tensões DC, o que pode ser completamente diferente. Usarei este conceito quando chegarmos ao Experimento 11.

## Experimento 10: Comutação via transistor

Agora que você já viu o comportamento de capacitores, passarei para outro componente fundamental: o transistor. Depois que você aprender seu funcionamento, verá como capacitores e transistores

podem ser usados juntos.

## O que será necessário

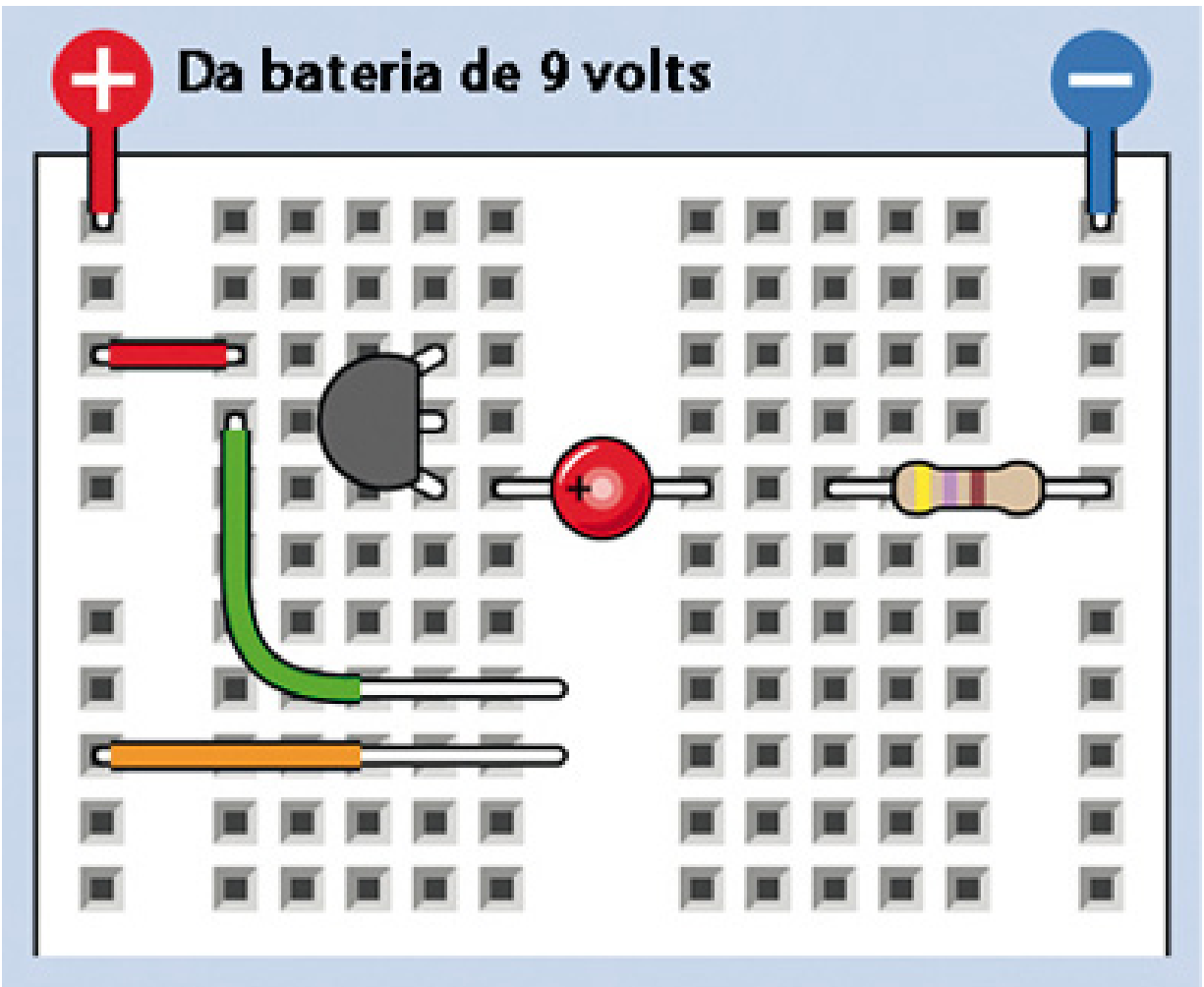
- Matriz de contatos, fios, alicates de corte, desencapadores de fio, multímetro
- Transistor, 2N2222 (1)
- Bateria de 9 volts e conector (1)
- Resistores: 470 ohms (2), 1 M (1)
- Trimpot, 500 K (1)
- LED genérico (1)

## O teste do dedo

Usarei o transistor 2N2222, que é o semicondutor mais usado de todos os tempos (ele foi introduzido pela Motorola em 1962 e vem sendo produzido desde então, de uma forma ou de outra).

Uma vez que as patentes da Motorola sobre o 2N2222 expiraram há muito tempo, qualquer empresa pode fabricar sua versão dele. Algumas versões são encapsuladas em uma pequena peça de plástico preto enquanto outras usam uma pequena “lata” de metal. Eu mostrei essas duas versões na Figura 2.23. Para nossa finalidade, qualquer versão serve. Entretanto, observe o aviso que incluí anteriormente sobre os códigos de peça (veja “Essencial: Transistores”). Alguns 2N2222s não são iguais aos outros e você precisa usar o tipo correto.

Encaixe seu transistor na matriz de contatos junto com um LED e um resistor de 470 ohms, como mostrado na Figura 2.93. Certifique-se de que o terminal mais longo do LED esteja posicionado à esquerda, como indicado pelo sinal de +. Além disso, verifique se o lado plano do transistor está virado para a direita. No caso improvável em que você esteja usando um transistor em um invólucro de metal, a aba que sai do invólucro deve apontar para baixo e para a esquerda.



*Figura 2.93 – Configuração da matriz de contatos para seu primeiro teste com transistor.*

Observe que os fios verde e laranja apresentam uma parte desencapada maior. Se estiver usando jumpers pré-fabricados, será preciso dobrar a perna de cada um deles para que fiquem planos sobre a placa.

Agora a parte divertida. Pressione seu dedo sobre a parte metálica dos jumpers verde e laranja como mostrado na Figura 2.94, enquanto observa o LED. Se nada acontecer, umedeça seu dedo e tente novamente. Quanto mais forte você pressionar, mais o LED brilhará. O transistor amplifica a pequena quantidade de corrente que flui através de seu dedo.

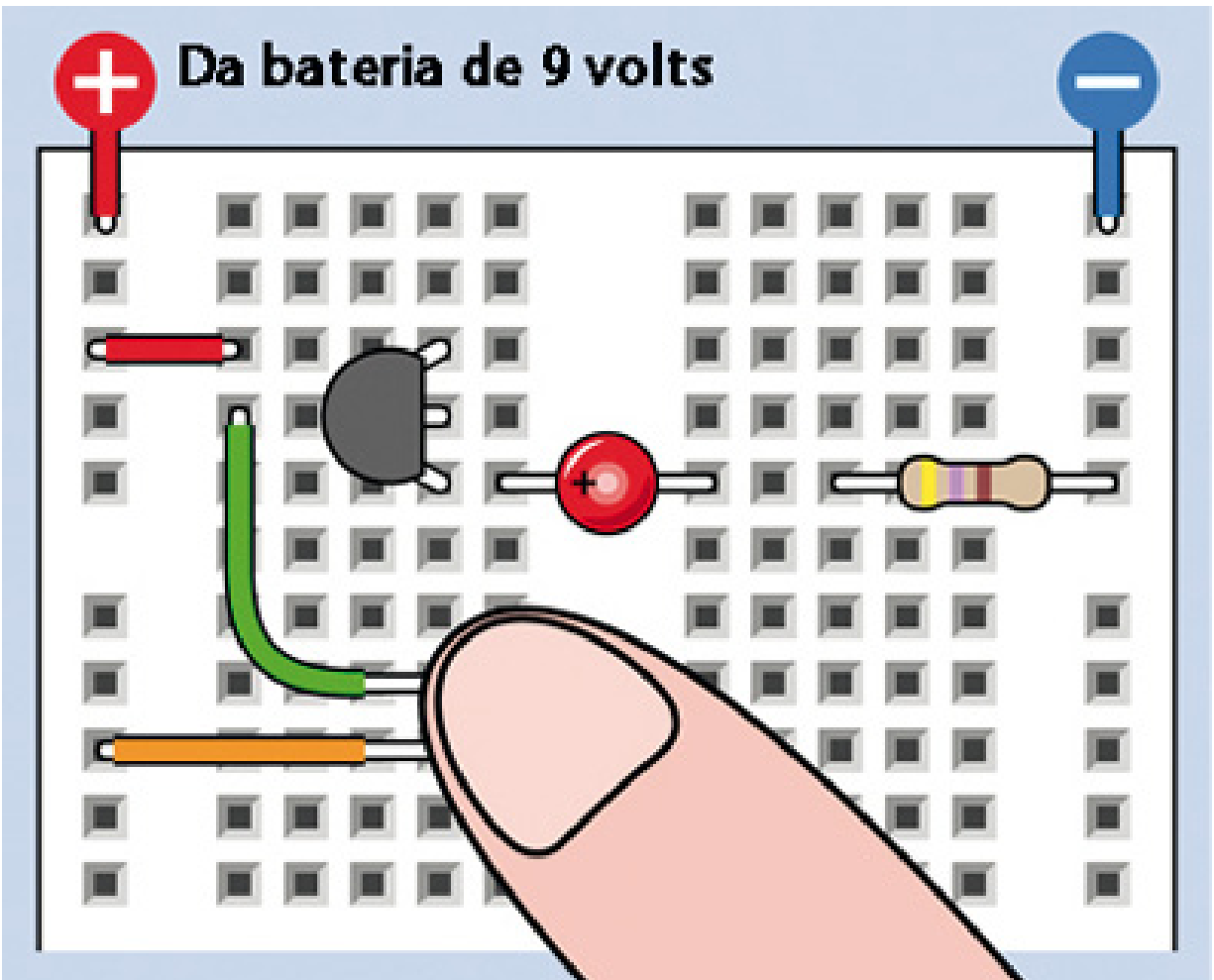


Figura 2.94 – Acrescentar seu dedo faz o experimento funcionar.

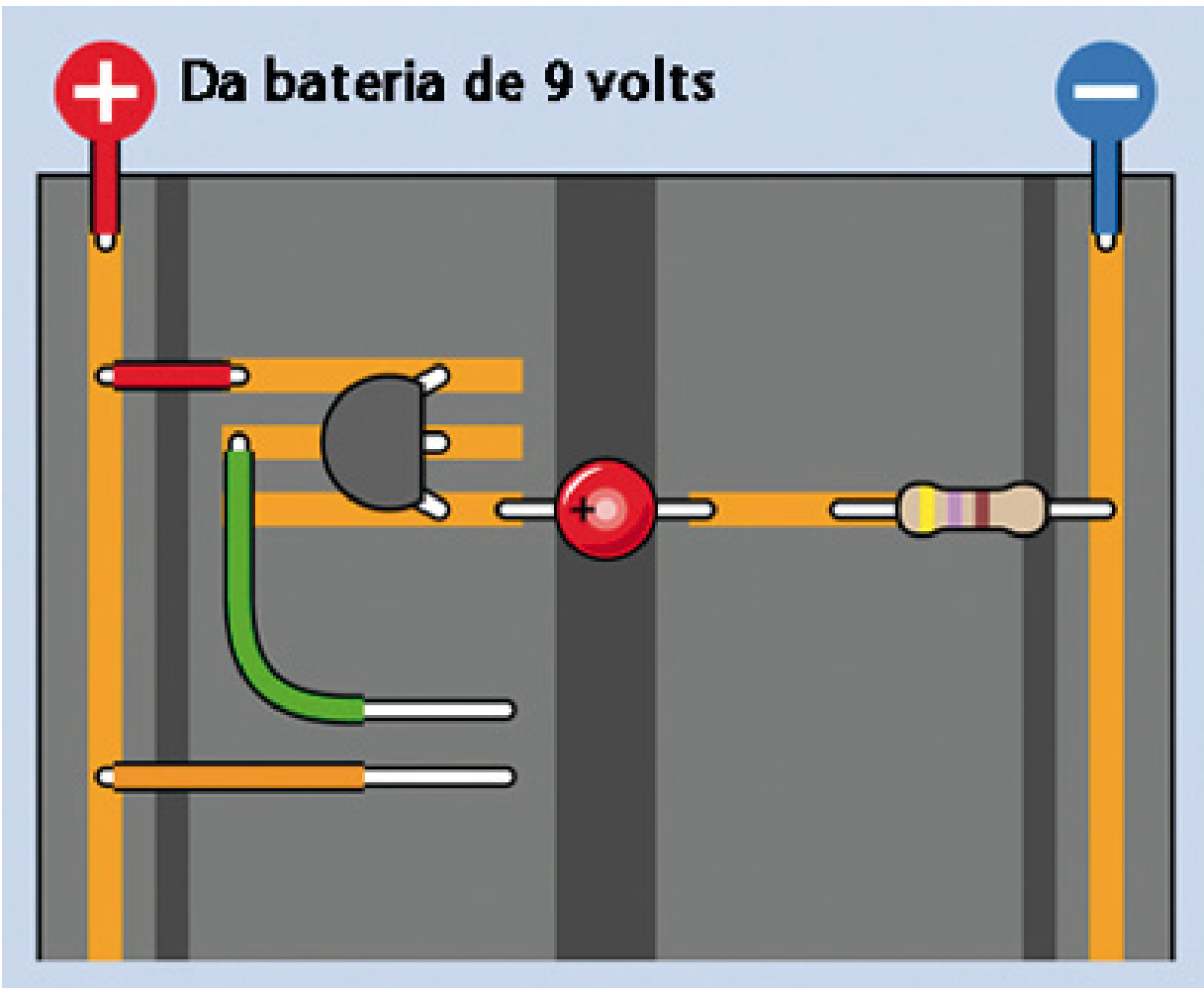
#### Cuidado: nunca use as duas mãos

O teste da comutação usando a ponta do dedo é seguro se a eletricidade passar apenas através dele. Você não sente, pois são 9 volts DC de uma pequena bateria. Porém, não é uma boa ideia encostar o dedo de uma das mãos em um fio e o dedo da outra mão no outro fio. Isto permitiria que a eletricidade passasse através de seu corpo. Embora não haja chance de se ferir com este circuito devido à baixa corrente, você *não deve nunca criar o hábito de permitir que a eletricidade atravesse seu corpo passando por suas mãos*. Além disso, ao tocar os fios, *não permita que eles penetrem sua pele*. Isto também significa que você não deve aplicar tensão a nenhum enfeite que já esteja perfurando sua pele.



### Por dentro do teste do dedo

Observe a Figura 2.95, que revela os conectores dentro da matriz de contato, omitindo aqueles que não estão conectados neste experimento. Veja que o contato inferior do transistor está conectado ao LED através da matriz de contatos e ao barramento negativo através do resistor de 470 ohms. Desta forma, havia corrente suficiente saindo do transistor para iluminar o LED.



*Figura 2.95 – Visão de raio-X da matriz de contatos da figura anterior.*

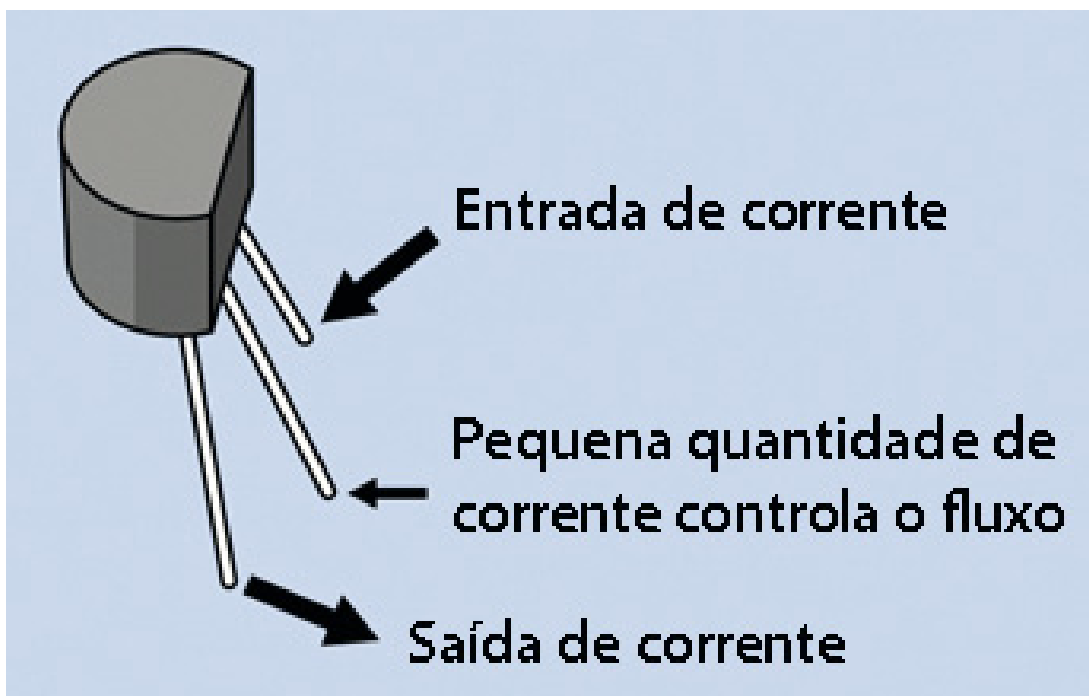
De onde veio essa corrente? Bem, parte da eletricidade atravessou a pele de seu dedo em direção ao contato central do transistor. No entanto, ela não era suficiente para acender um LED.

Só há outra explicação. O transistor tem um terceiro contato, na parte superior, que está conectado ao barramento positivo. A

eletricidade entrou no transistor por este contato. E então, de alguma forma, este fluxo de corrente foi controlado pela quantidade menor de corrente que atravessou seu dedo em direção ao contato central do transistor.

Esse princípio está ilustrado na Figura 2.96.

Incidentalmente, esse fenômeno é muito diferente do comportamento do capacitor que você observou no experimento anterior. Um capacitor apenas permitiu a passagem de um rápido pulso de eletricidade. Um transistor controla um fluxo constante.



*Figura 2.96 – A função básica de um transistor NPN.*

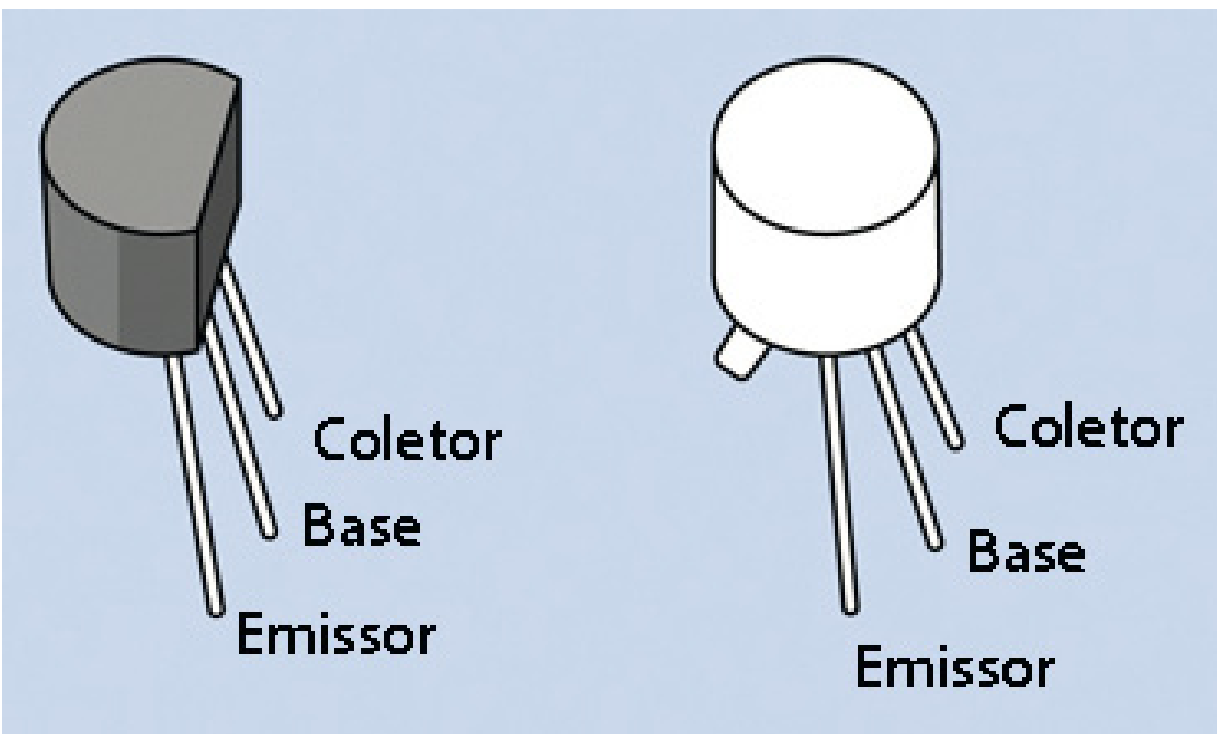
### Fundamentos: variantes de transistor

O componente que você está usando neste experimento é um *transistor bipolar*. Ele vem em duas variantes chamadas *NPN* e *PNP*. O tipo NPN, que você tem usado, contém três camadas de silício, das quais duas camadas “N” têm um excesso de cargas negativas. Uma terceira camada, impressada entre as outras duas, é a camada “P”, com um excesso de cargas positivas. Não entrarei em detalhes sobre o funcionamento do transistor em nível atômico, pois neste

livro estou mais interessado naquilo que um transistor faz que na teoria que explica como ele faz aquilo. Você pode encontrar essas informações em qualquer livro técnico ou em muitas fontes online.

Os três contatos de um transistor bipolar NPN são chamados coletor, base e emissor, como mostrado na Figura 2.97.

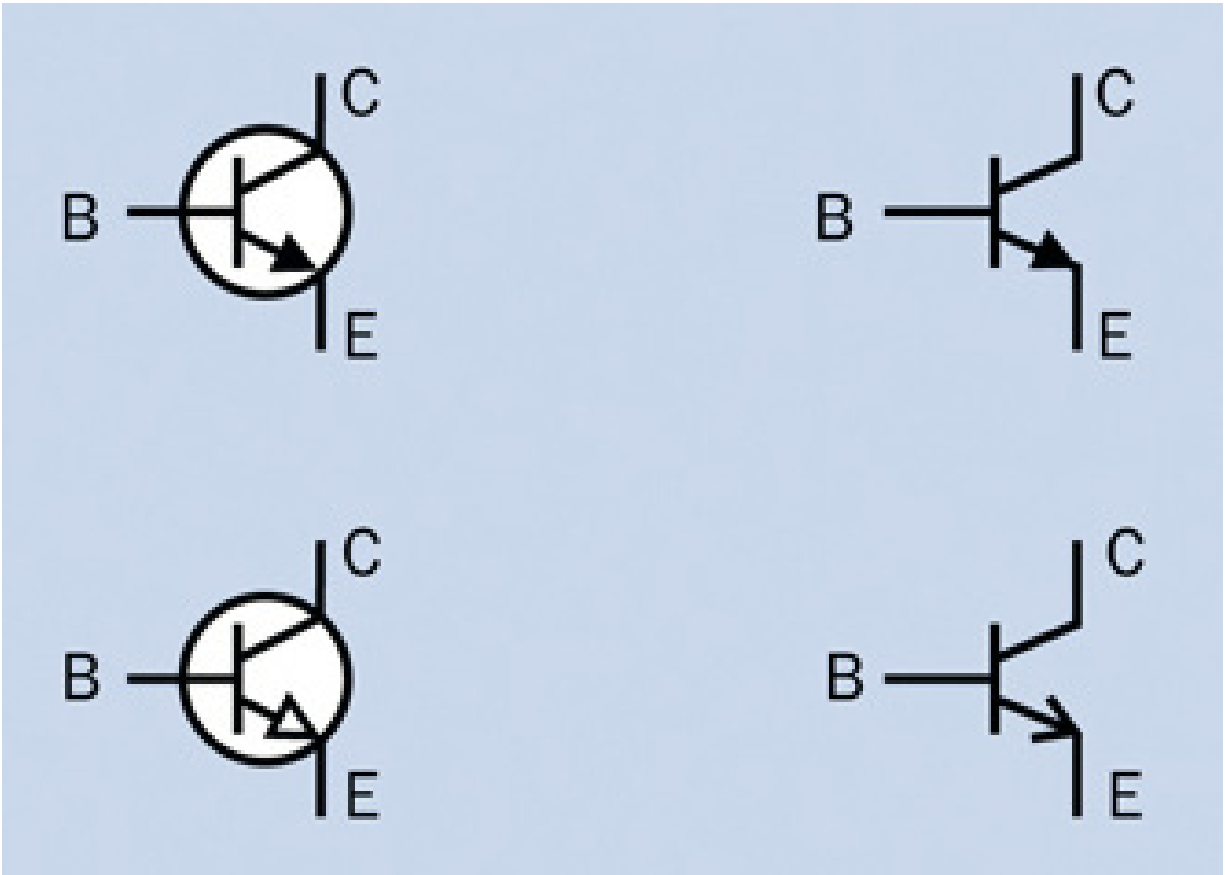
- Quando a base de um transistor NPN é um pouco mais positiva que seu emissor, o transistor permite que correntes positivas fluam do coletor para o emissor.
- Dessa forma, uma corrente muito pequena entrando na base do transistor pode controlar uma corrente maior que entra pelo coletor.



*Figura 2.97 – O nome dos três contatos de um transistor bipolar NPN, disponível em um invólucro plástico (esquerda) e metálico (direita).*

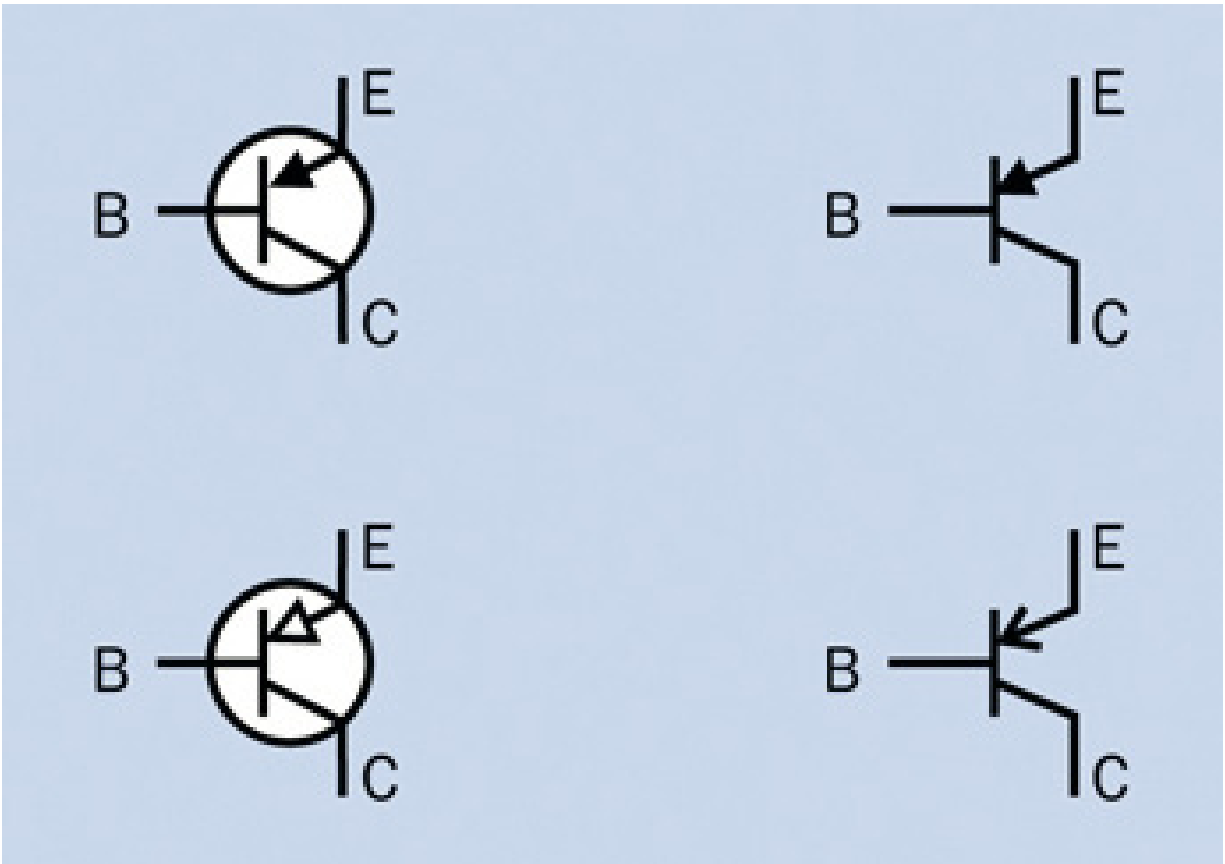
Um transistor PNP funciona ao contrário de um transistor NPN. Ele permite que uma corrente negativa flua do coletor para o emissor quando a base for ligeiramente mais negativa que o emissor. Às vezes, os transistores PNP são mais convenientes em um circuito, mas são usados com menos frequência. Eu não os usarei no [Eletrônica para makers](#).

Quatro variantes do símbolo esquemático de um transistor NPN são mostradas na Figura 2.98. Elas funcionam todas da mesma forma. As letras C, B e E indicam que essas conexões são do coletor, base e emissor.



*Figura 2.98 – Qualquer um desses símbolos pode ser usado para representar um transistor NPN.*

Quatro variantes do símbolo esquemático de um transistor PNP são mostradas na Figura 2.99. Elas funcionam todas da mesma forma.



*Figura 2.99 – Qualquer um desses símbolos pode ser usado para representar um transistor PNP.*

É fácil confundir os símbolos dos transistores PNP e NPN, mas há uma maneira simples de lembrar qual é qual. A seta no símbolo do NPN aponta para fora, nunca para dentro. Basta pensar em “NPN” como uma abreviatura para “nunca apontando para dentro”.

### Acrescentando um potenciômetro

Para saber mais sobre o funcionamento de um transistor, precisamos de um componente que seja mais controlável que a ponta de seu dedo. Acho que um potenciômetro cumpre essa função, mas não o tipo grande usado anteriormente. Estou pensando em um *trimpot*, como mostrado na Figura 2.22.

Mesmo que tenham formatos e tamanhos diferentes, eles todos têm três pinos. Esses pinos são funcionalmente iguais às três etiquetas de um potenciômetro grande do tipo usado anteriormente. O pino do meio sempre se conecta ao cursor dentro do trimpot, enquanto os

outros dois pinos se conectam às extremidades da trilha resistiva dentro dele. Esta é a regra básica que deve sempre ser seguida:

- Ao encaixar um trimpot em sua matriz de contatos, cada pino deve se conectar a uma fileira separada de furos na placa.

Esta regra está ilustrada na Figura 2.100. Na parte superior da figura eu desenhei uma visão plana dos três tipos de trimpots, incluindo o tipo multivoltas, porque, mesmo não recomendando seu uso, algum dia talvez você acabe usando um desses. Os pinos não estão visíveis de cima, mas mostrei suas posições como se você pudesse vê-los através do componente. A posição varia, mas sempre há três pinos e eles devem estar separados verticalmente por 0,25 cm.

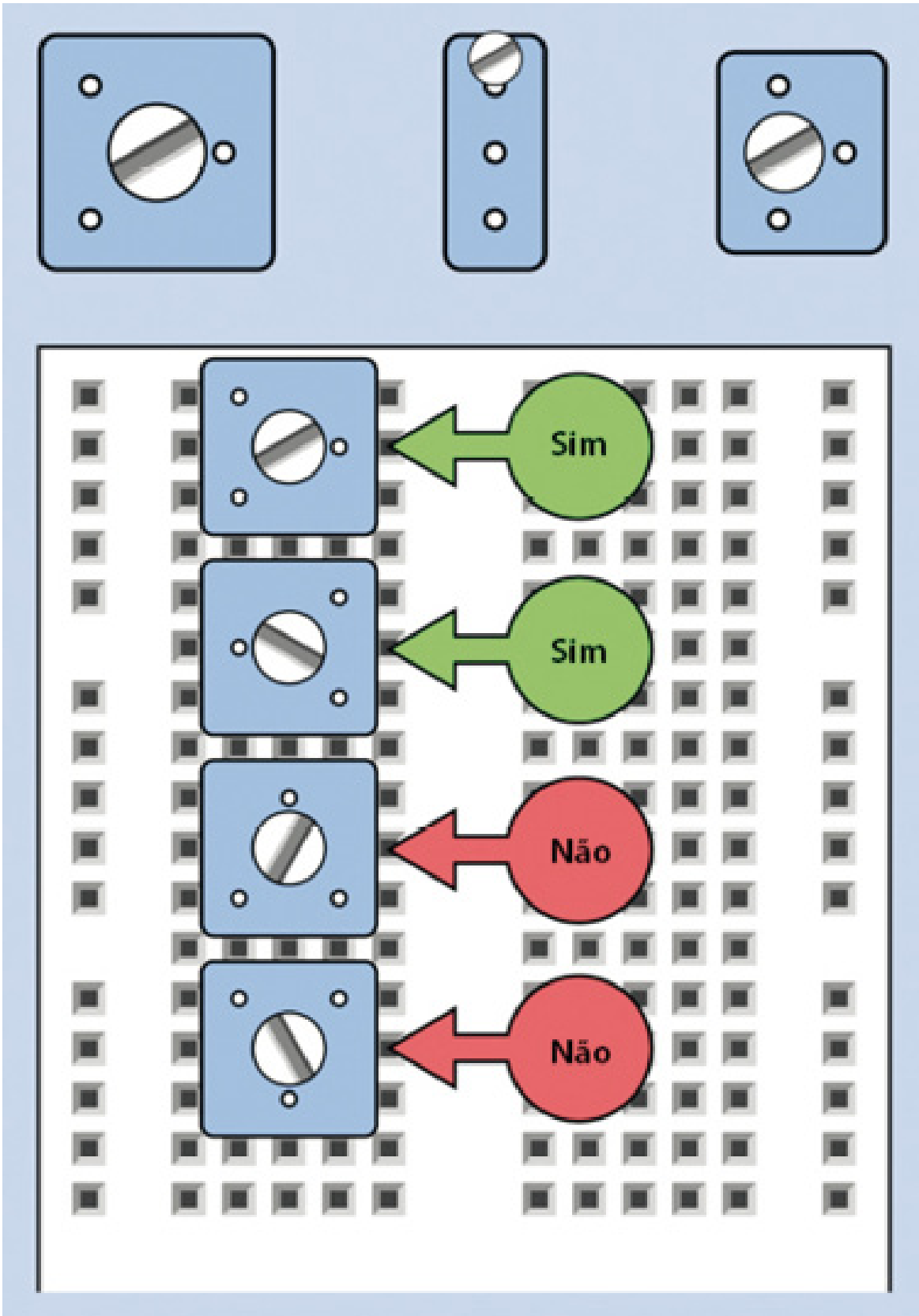
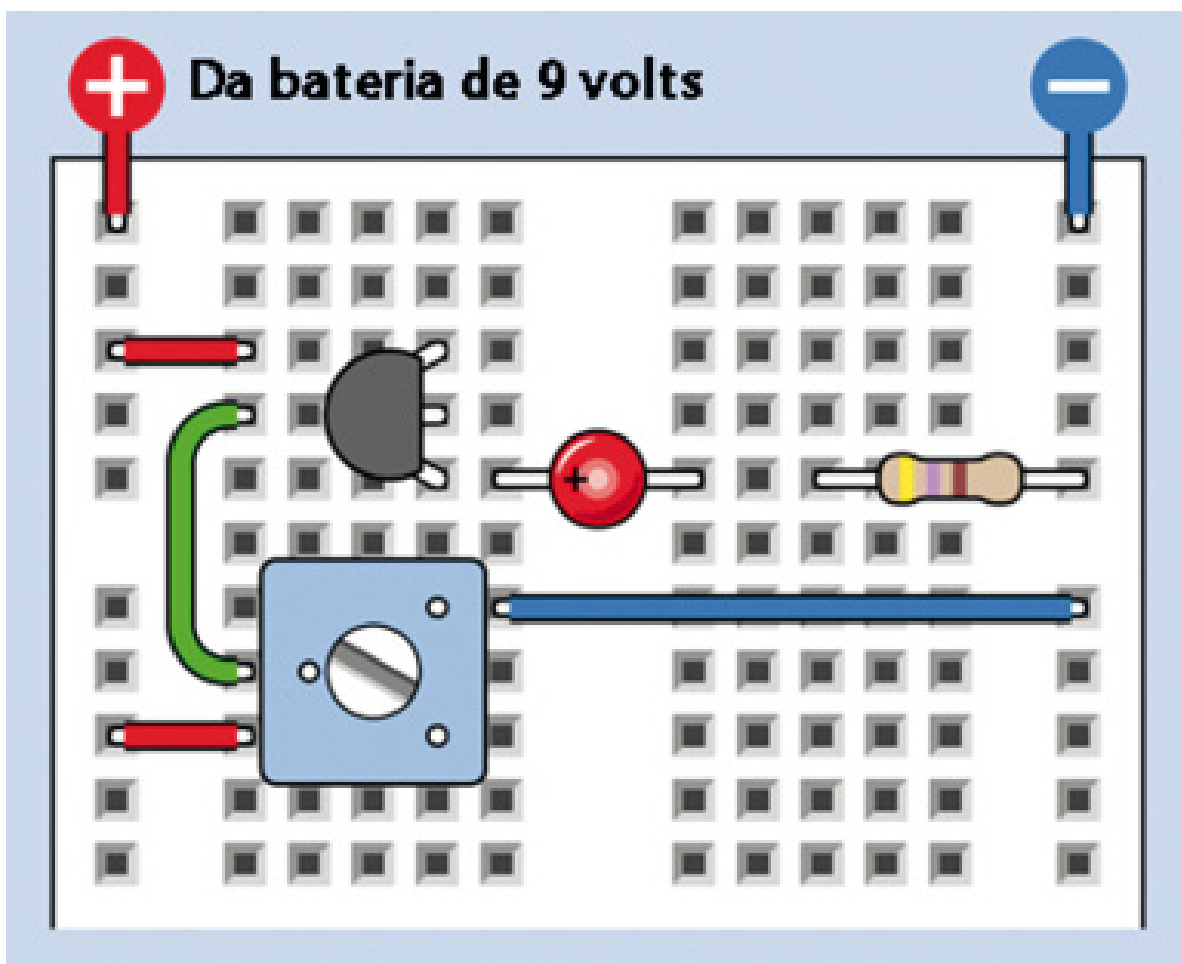


Figura 2.100 – Três tipos de trim pots e a orientação correta de seus pinos.

Na parte inferior da figura, os dois exemplos “Sim” funcionam, pois cada pino se conecta a uma diferente fileira de furos na placa. Os dois exemplos “Não” são inaceitáveis, pois um par de pinos será colocado em curto pelo condutor dentro da placa.

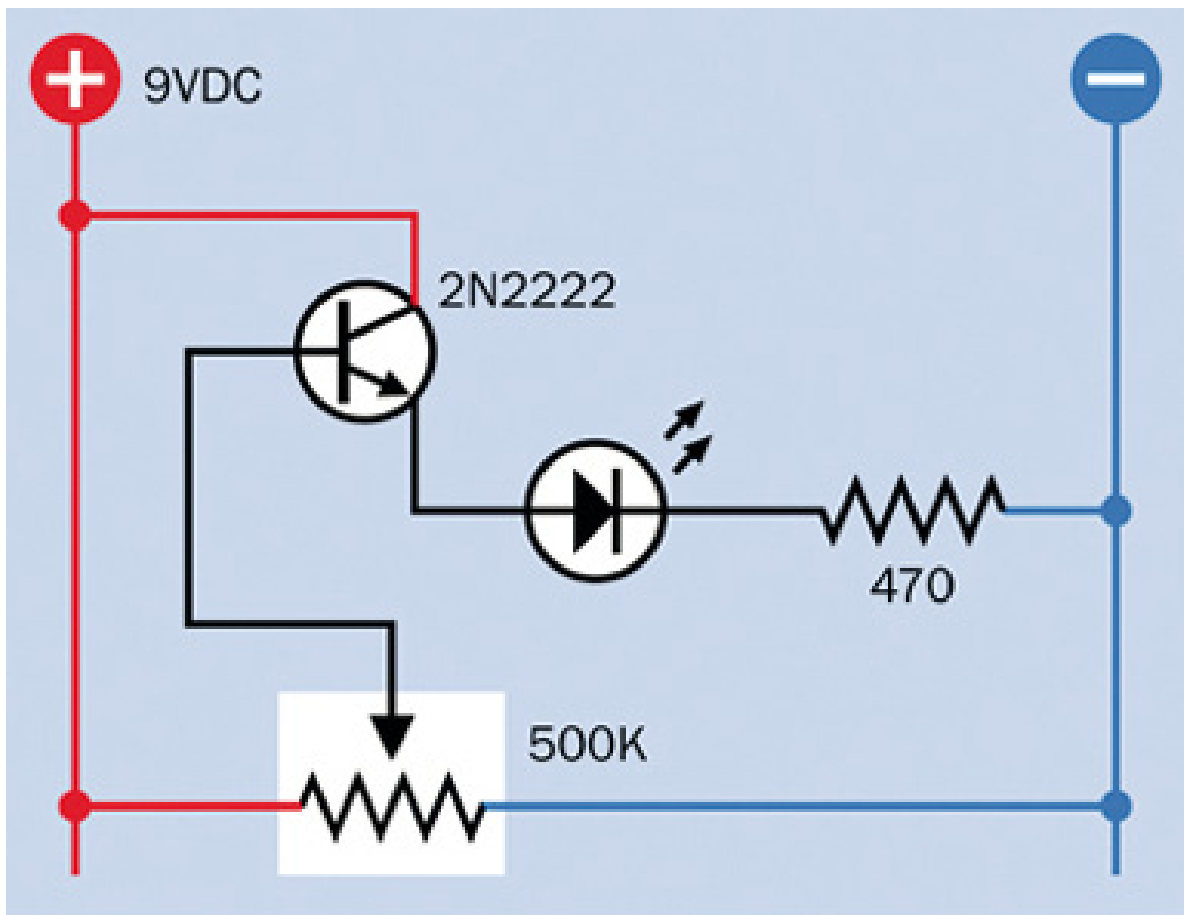
Depois de tratar das informações básicas sobre trimpots, quero acrescentar um trimpot de 500 K ao circuito do transistor. Isto é mostrado na Figura 2.101. Conecte a energia e use uma pequena chave de fenda para girar o trimpot totalmente no sentido horário e totalmente no sentido anti-horário. Observe que se você começar com o LED totalmente apagado, é preciso girar o parafuso do trimpot um pouco antes de o LED começar a brilhar.



*Figura 2.101 – O circuito anterior agora tem um trimpot para que você possa controlar o transistor com mais precisão que no experimento do dedo.*



Observe o diagrama na Figura 2.102, que mostra as mesmas conexões feitas na placa, mas em um formato mais fácil de entender.



*Figura 2.102 – Este diagrama mostra o mesmo circuito que você construiu usando um trimpot.*

O valor dos componentes também é mostrado na Figura 2.103.

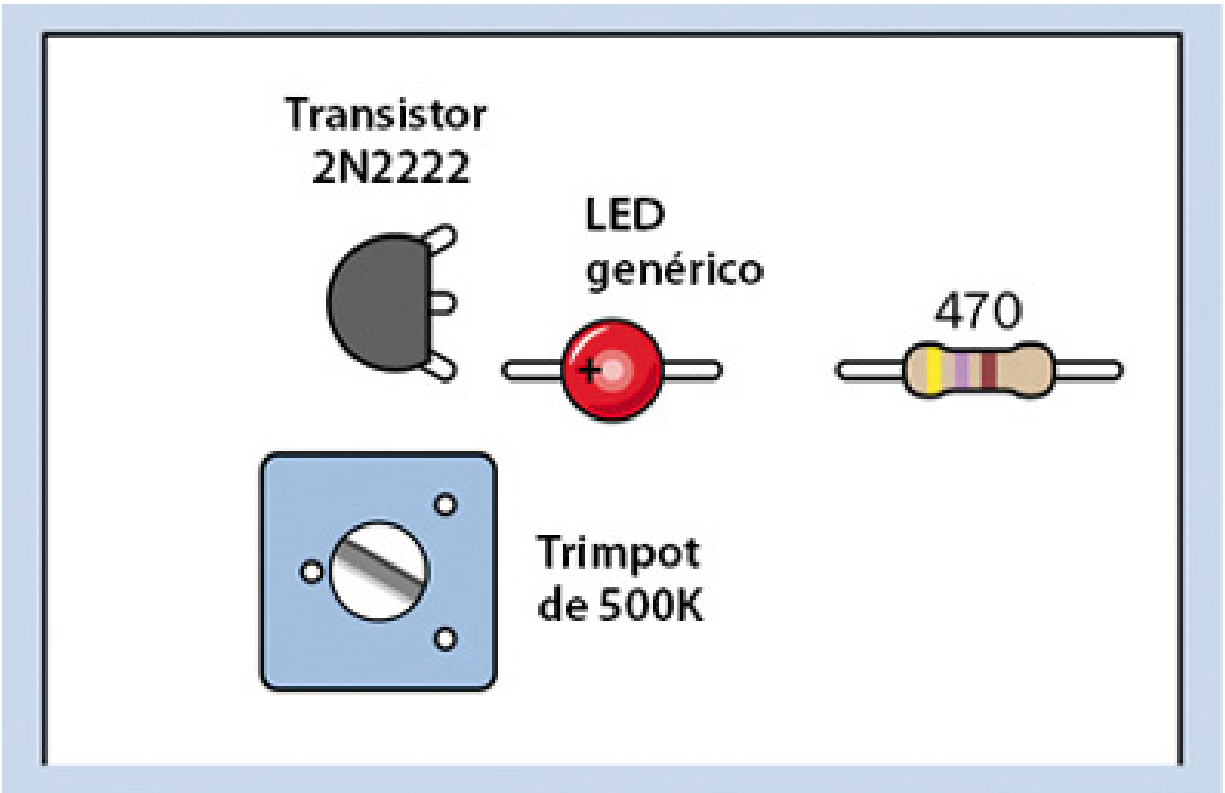


Figura 2.103 – Valores dos componentes do circuito na placa.

O potenciômetro é conectado entre o barramento positivo e o barramento negativo. Nesta orientação, nós o chamamos de *divisor de tensão*. Quando o cursor está em uma das extremidades da trilha, ele se conecta diretamente ao lado positivo da fonte de alimentação. No outro extremo da trilha, ele se conecta diretamente ao terra negativo. Nas posições intermediárias, ele divide a tensão. Os potenciômetros são geralmente usados desta forma para fornecer uma gama completa de tensões.

Eu mencionei que o LED não acendeu quando você começou a mover o cursor do potenciômetro do lado negativo para o positivo. Seria porque o LED não está recebendo energia suficiente? Não exatamente. O transistor bipolar deduz parte da energia como pagamento por fornecer um serviço. Ele não responde até que a tensão em sua base seja superior à tensão no emissor (geralmente por volta de 0,7 V). Neste modo, o transistor é de *polarização positiva*.

O conceito geral é ilustrado na Figura 2.104.

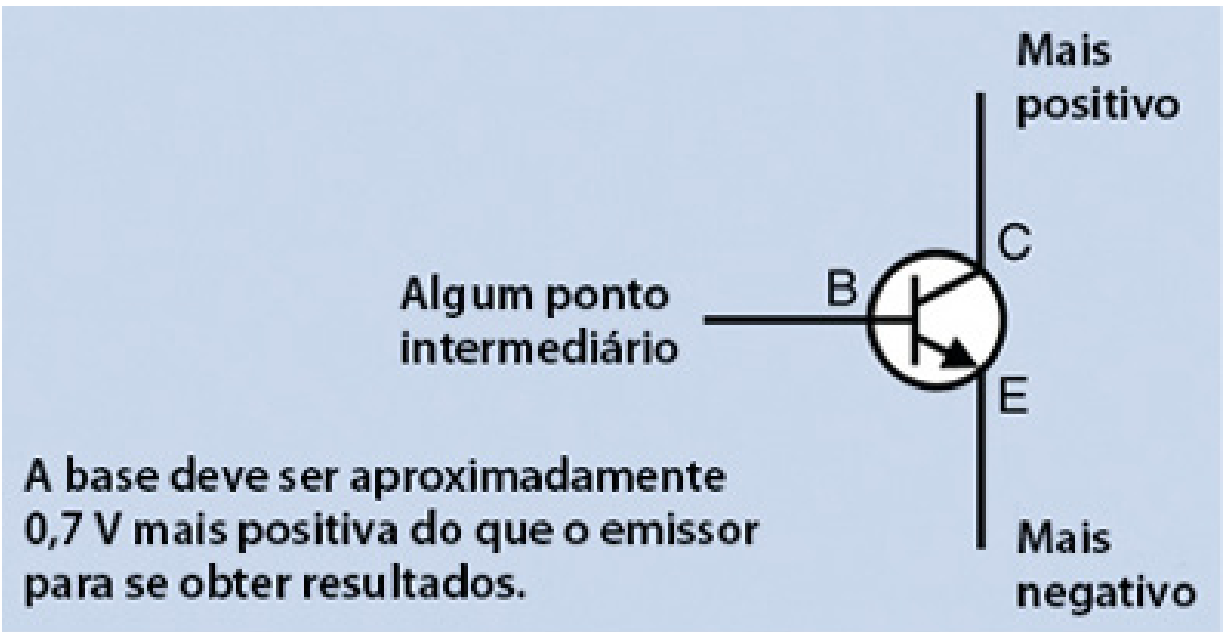


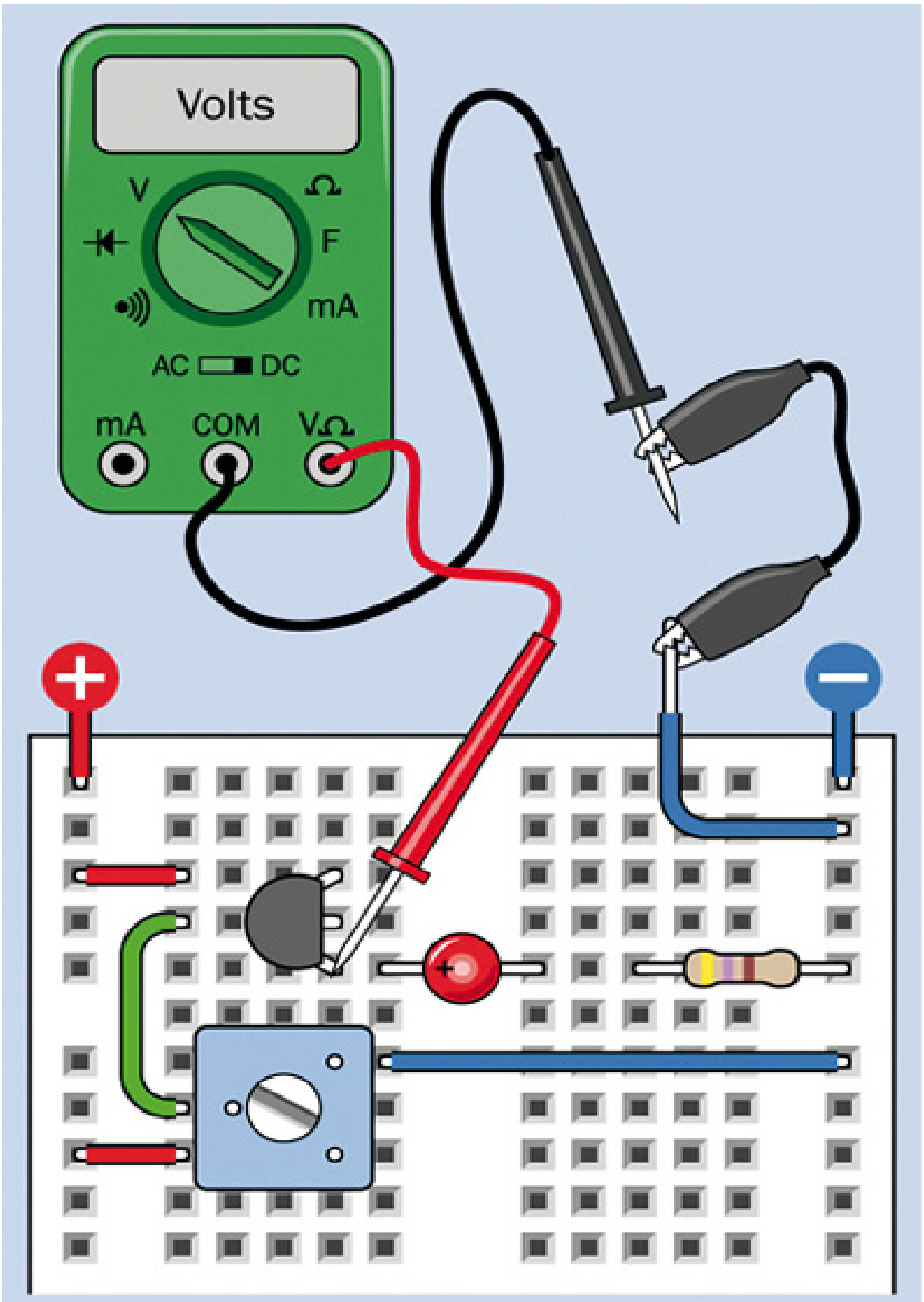
Figura 2.104 – Regra básica para usar um transistor NPN.

### Tensão e corrente

Você viu que a tensão na base de um transistor bipolar controla a saída do transistor. Isso significa que o transistor amplifica a tensão? Você pode descobrir por si próprio. Pegue o multímetro, configure-o para medir volts e use um cabo de teste para fixar a ponta de prova negativa ao barramento negativo da placa, como mostrado na Figura 2.105. Encoste a ponta de prova vermelha no pino emissor do transistor, anote a tensão e mova a ponta de prova para o pino base. Garanto que a tensão no emissor será menor que a tensão na base. Reajuste o trimpot para uma posição diferente e tente novamente. Independentemente de como você alterar a tensão no pino base, o pino emissor sempre terá uma tensão menor.

Seria porque o resistor de 470 ohms não oferece muita resistência entre o emissor do transistor e o barramento negativo? Será que ele está derrubando a tensão?

Vamos descobrir. Remova o LED e o resistor de 470 ohms e os substitua por um resistor de 1 M entre o emissor do transistor e o terra negativo. Não fará diferença. A tensão no emissor ainda será menor que a tensão na base.



*Figura 2.105 – Testando para descobrir se um transistor amplifica a tensão.*

Se você tiver paciência para testar a **corrente** que entra na base e sai pelo emissor, descobrirá algo muito diferente. Isso implica configurar seu multímetro para medir miliamperes e inseri-lo no circuito em cada local. Lembre-se de que a corrente precisa passar **através** do multímetro para poder ser medida.

Vou lhe dizer o que você descobrirá. Este transistor particular amplifica a corrente que entra em sua base por um fator de mais de 200:1. Isso é chamado de **valor beta** de um transistor e leva a uma constatação fundamental:

- Um transistor bipolar amplifica corrente e não tensão.

No livro **Make: More Electronics** (ainda não publicado no Brasil) é possível encontrar muito mais sobre este tópico. Como este é um livro de introdução, serei breve sobre esse tema.

Agora resumirei os fatos sobre transistores bipolares para sua futura referência.

### Fundamentos: tudo sobre transistores NPN e PNP

Um transistor é um **semicondutor**, algo intermediário entre um condutor e um isolante. Sua resistência interna efetiva varia, dependendo da tensão aplicada em sua base.

Todos os transistores bipolares têm três conexões: Coletor, Base e Emissor, abreviados como C, B e E nas especificações do fabricante, que irá identificar os pinos para você.

- Transistores NPN são ativados por tensão **positiva** na base em relação ao emissor.
- Transistores PNP são ativados por tensão **negativa** na base em relação ao emissor.

Em seu estado passivo, ambos os tipos bloqueiam o fluxo de eletricidade entre o coletor e o emissor, da mesma forma que um relé SPST, no qual os contatos estão normalmente abertos. (Na verdade, um transistor permite uma pequena quantidade de corrente, conhecida como **corrente de fuga**.)

No diagrama, a orientação de um transistor pode variar. O emissor pode estar na parte superior e o coletor na parte inferior, ou vice-versa. A base pode estar à esquerda ou à direita, dependendo do que for mais conveniente para a pessoa que estiver desenhando o diagrama. Lembre-se de observar a direção da seta no transistor e se o componente é do tipo NPN ou PNP. Você pode danificar um transistor conectando-o incorretamente.

Transistores vêm em diferentes tamanhos e configurações. Em muitos deles não dá para dizer qual fio se conecta ao emissor, coletor ou base. Será preciso consultar as especificações do fabricante para descobrir.

Se você esquecer qual terminal é qual, muitos multímetros têm uma função para identificar o emissor, o coletor e a base para você. Tipicamente, existem quatro furos marcados E, B, C e E. Quando você encaixar o terminal emissor de seu transistor em quaisquer dos furos marcados E, o terminal base no B e o terminal coletor no C, o multímetro exibirá o valor beta do transistor. Em qualquer outra orientação, a leitura do multímetro será instável ou vazia ou zero, ou muito abaixo do que deveria ser (quase sempre abaixo de 50 e geralmente abaixo de 5).

### Cuidado: componente frágil!

Transistores podem ser danificados facilmente e o dano será permanente.

- Nunca ligue uma fonte de alimentação diretamente entre quaisquer dois pinos de um transistor. Você pode queimá-lo com muita corrente.
- Sempre limite a corrente que flui entre o emissor e o coletor de um transistor usando outro componente como um resistor, da mesma forma que você protegeria um LED.
- Não aplique tensão na orientação invertida. O coletor de um transistor NPN deve sempre ser mais positivo que a base, que deve ser mais positiva que o emissor.

## Histórico: origens do transistor

Embora alguns historiadores remetam as origens do transistor à invenção dos diodos (que permitem o fluxo de eletricidade em uma direção e evitam a inversão do fluxo), o primeiro transistor prático e totalmente funcional foi desenvolvido no Bell Laboratories, em 1948, por John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain.

Shockley era o líder da equipe e previu como um comutador de estado sólido poderia ser potencialmente importante. Bardeen era o teórico e Brattain foi quem realmente fez o transistor funcionar. Foi uma colaboração altamente produtiva, e até que deu certo. Nesse momento, Shockley começou a manobrar para patentear o transistor exclusivamente em seu nome. Quando ele avisou seus colaboradores, naturalmente eles não ficaram nada satisfeitos.

Uma foto publicitária amplamente divulgada não ajudou, já que mostrava Shockley sentado ao centro em frente a um microscópio, como se ele tivesse feito o trabalho prático, enquanto os outros estão em pé atrás dele, indicando que desempenhavam um papel menor. Uma cópia desta imagem apareceu na capa da revista *Electronics* (veja Figura 2.106). Na verdade, Shockley, como supervisor, estava raramente presente no laboratório onde o trabalho propriamente dito era feito.

A colaboração produtiva rapidamente se desfez. Brattain pediu para ser transferido para um laboratório diferente na AT&T. Bardeen mudou-se para a Universidade de Illinois para seguir carreira em física teórica. Shockley acabou saindo da Bell Labs e fundou a Shockley Semiconductor no local que viria a ser o Vale do Silício, mas suas ambições superavam as possibilidades tecnológicas da época. Sua empresa nunca fabricou um produto lucrativo.

Oito dos colaboradores de Shockley em sua empresa acabaram traindo-o e abrindo seu próprio negócio, a Fairchild Semiconductor, que se tornou altamente bem-sucedida como fabricante de transistores e, posteriormente, de chips de circuito integrado.



*Figura 2.106 – Na frente, William Shockley. Atrás, John Bardeen. À direita, Walter Brattain. Por sua colaboração no desenvolvimento do primeiro*



*transistor do mundo em 1948, eles dividiram um prêmio Nobel em 1956.*

### Fundamentos: transistores e relés

Uma limitação dos transistores NPN e PNP é que eles requerem energia para realizar sua função, ao contrário de um relé, que pode ligar ou desligar sem qualquer energia.

Os relés também oferecem mais opções de comutação. Diferentes versões podem ser: normalmente aberto, normalmente fechado ou travado em uma das posições. Um relé pode conter um interruptor de dupla via, que permite escolher duas posições “ligado”. Ele também pode conter um interruptor de polo duplo, que estabelece (ou rompe) duas conexões totalmente separadas. Dispositivos com um único transistor não conseguem oferecer esses recursos, embora seja possível projetar circuitos mais complexos que emulam tal comportamento.

Uma tabela comparando os atributos de transistores e relés aparece na Figura 2.107.

	<b>Transistor</b>	<b>Relé</b>
<b>Confiabilidade de longo prazo</b>	<b>Excelente</b>	<b>Limitada</b>
<b>Pode comutar no modo DP ou DT</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>
<b>Pode comutar correntes altas</b>	<b>Limitada</b>	<b>Sim</b>
<b>Pode comutar corrente alternada</b>	<b>Geralmente não</b>	<b>Sim</b>
<b>Acionável por corrente alternada</b>	<b>Geralmente não</b>	<b>Opcional</b>
<b>Adequado para miniaturização</b>	<b>Excelente</b>	<b>Muito limitada</b>
<b>Capaz de comutar a altas velocidades</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Vantagem de preço para alta tensão/corrente</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>
<b>Vantagem de preço para baixa tensão/corrente</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Fuga de corrente ao não conduzir</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>

*Figura 2.107 – Comparação entre os principais atributos de relés e transistores.*

A decisão de usar um relé ou transistor dependerá de cada aplicação em particular.

Chega de teoria. O que podemos fazer com um transistor e que seja divertido ou útil, ou ambos? Podemos realizar o Experimento 11!

## Experimento 11: Luz e som

Chegou a hora de seu primeiro projeto com uma função e um propósito. Ele culminará em um sintetizador de som ultrassimples.

### O que será necessário

- Matriz de contatos, fios, alicates de corte, desencapadores de fio, multímetro
- Bateria de 9 volts e conector (1)
- Resistores: 470 (2), 1 K (1), 4,7 K (4), 100 K (2), 220 K (2), 470 K (4)
- Capacitores: 0,01  $\mu\text{F}$  (2), 0,1  $\mu\text{F}$  (2), 0,33  $\mu\text{F}$  (2), 1  $\mu\text{F}$  (1), 3,3  $\mu\text{F}$  (2), 33  $\mu\text{F}$  (1), 100  $\mu\text{F}$  (1), 220  $\mu\text{F}$  (1)
- Transistores: 2N2222 (6)
- LED genérico (1)
- Alto-falante, 8 ohms, 1" ou (preferencialmente) 2" (1)

### Flutuações

A Figura 2.108 mostra o novo circuito que eu gostaria que você criasse em sua matriz de contatos. Não há muito espaço entre os componentes, portanto talvez seja mais fácil instalá-los usando os alicates em vez dos dedos. Conte os furos na placa com cuidado e certifique-se de que tudo esteja exatamente no lugar certo.

Os valores dos componentes são mostrados na Figura 2.109.

Energize a placa e o LED deve acender por aproximadamente um segundo e apagar por aproximadamente um segundo.

Isso é tudo? Não, é só o começo. Primeiro, porém, você precisa entender seu funcionamento. Verifique o layout na Figura 2.110 se estiver com dificuldade para visualizar como os componentes são conectados dentro da placa. Observe então o diagrama na Figura 2.111 e verá que as conexões entre os componentes são as mesmas. Usarei o diagrama para explicar o que está acontecendo.

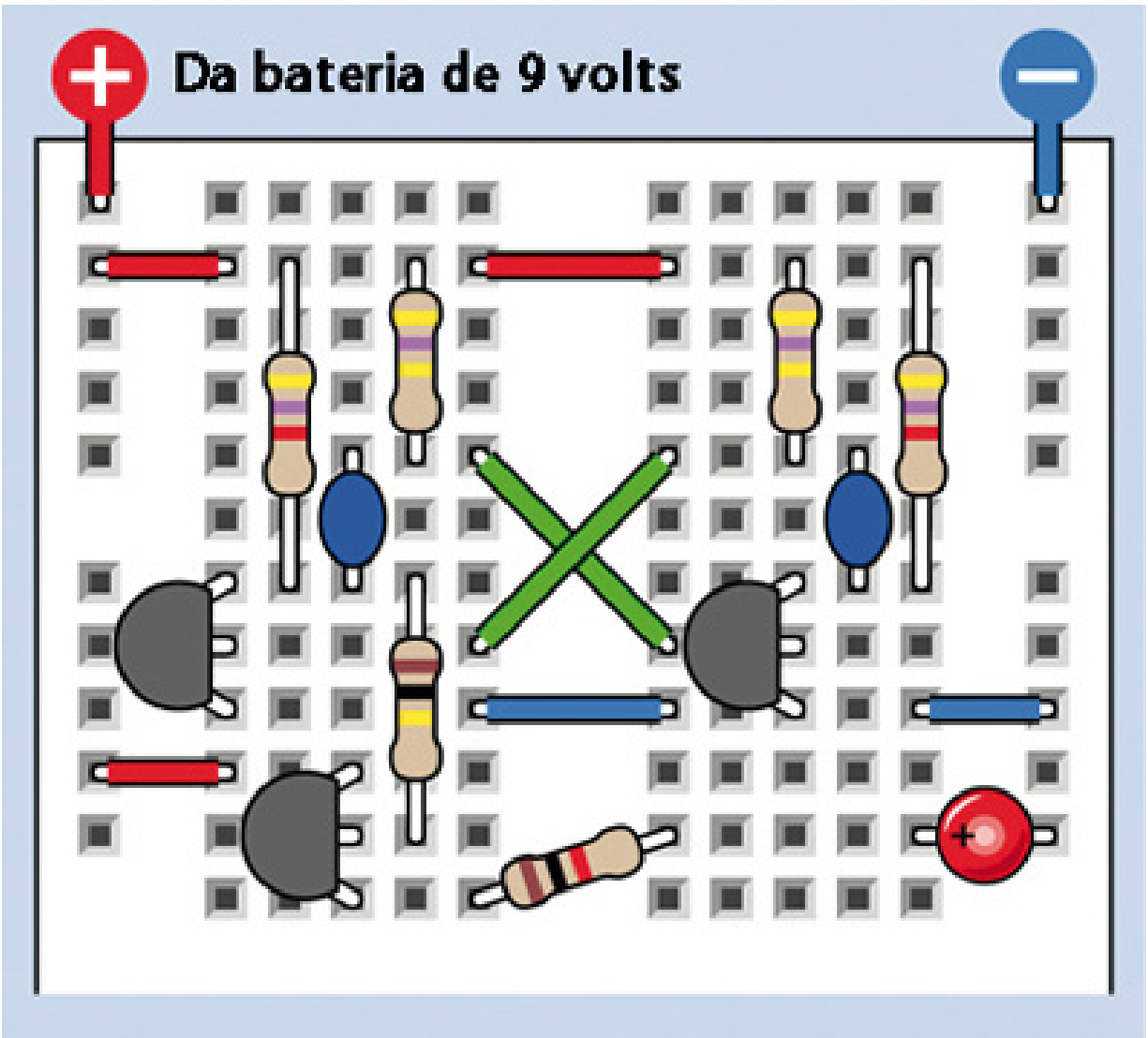


Figura 2.108 – Layout da placa para um circuito com oscilador.

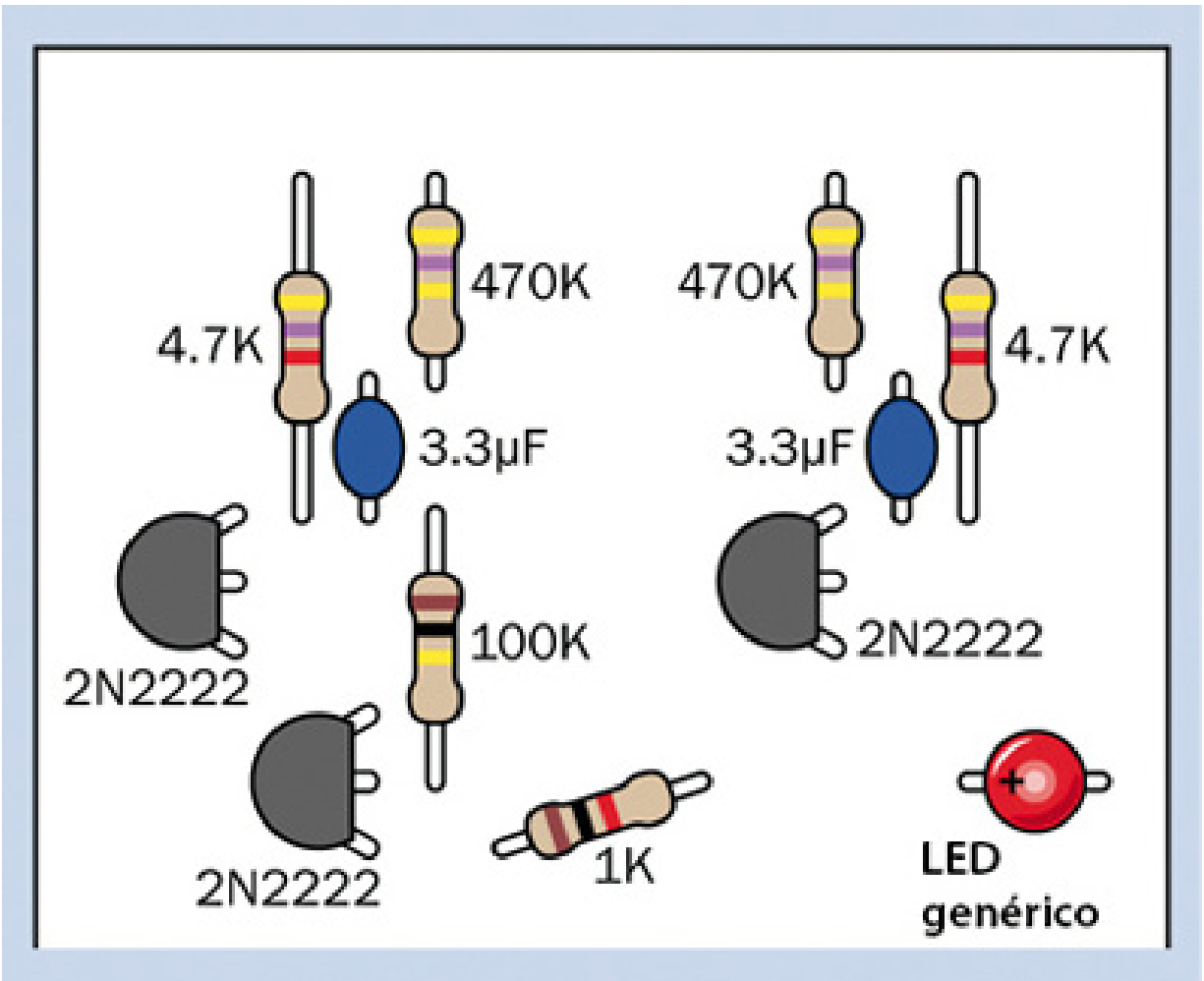
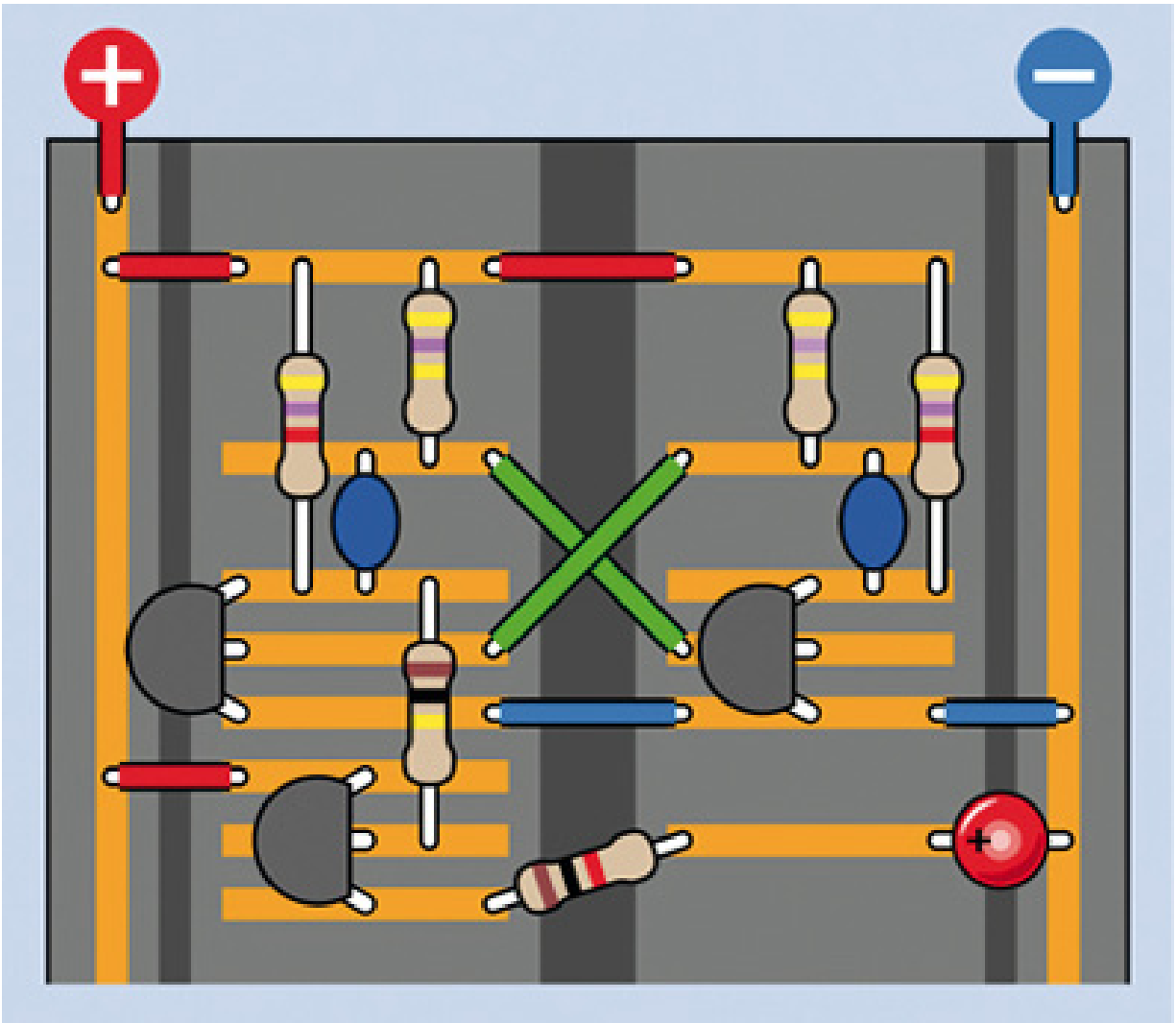


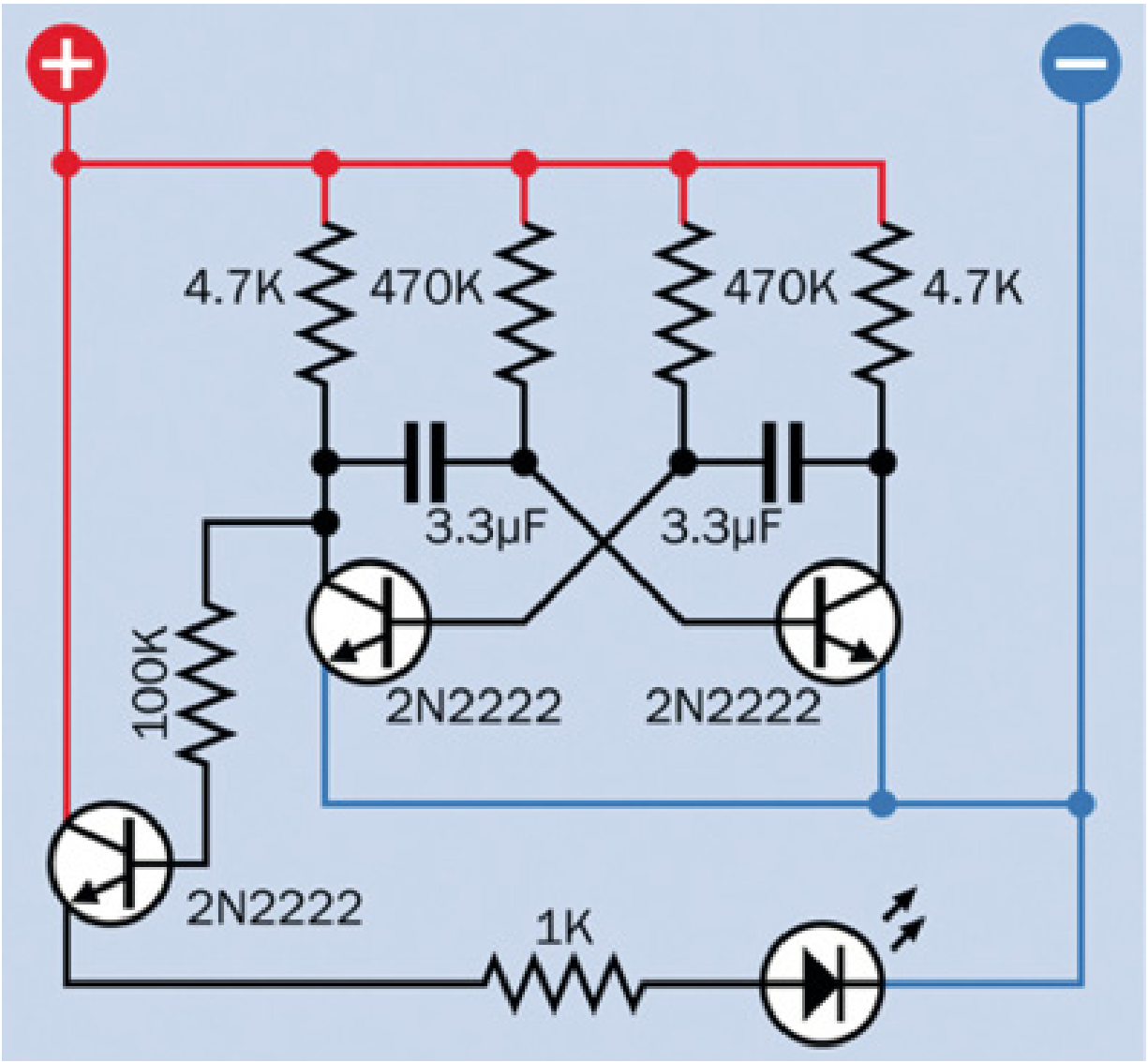
Figura 2.109 – Valor dos componentes no circuito da placa.

A primeira coisa a notar é que o circuito é um pouco simétrico. Isso significa que o lado direito e o lado esquerdo fazem a mesma coisa? Sim, mas não ao mesmo tempo. Na verdade, uma metade liga o LED e a outra metade o desliga.

Entender isso em detalhes é complicado, pois as tensões estão constantemente flutuando e mais de uma coisa acontece em determinado momento. Entretanto, criei quatro instantâneos para mostrar o funcionamento interno em intervalos, e espero que eles tornem tudo mais claro.



*Figura 2.110 – Esta visão de raio-X pode ajudar a elucidar as interconexões entre os componentes.*



*Figura 2.111 – Os componentes neste diagrama estão em posições semelhantes às do layout da matriz de contatos.*

Omiti o terceiro transistor e o LED de cada instantâneo, já que eles não desempenham nenhum papel em criar a oscilação no circuito.

O primeiro instantâneo está na Figura 2.112. Codifiquei as cores dos fios desta forma:

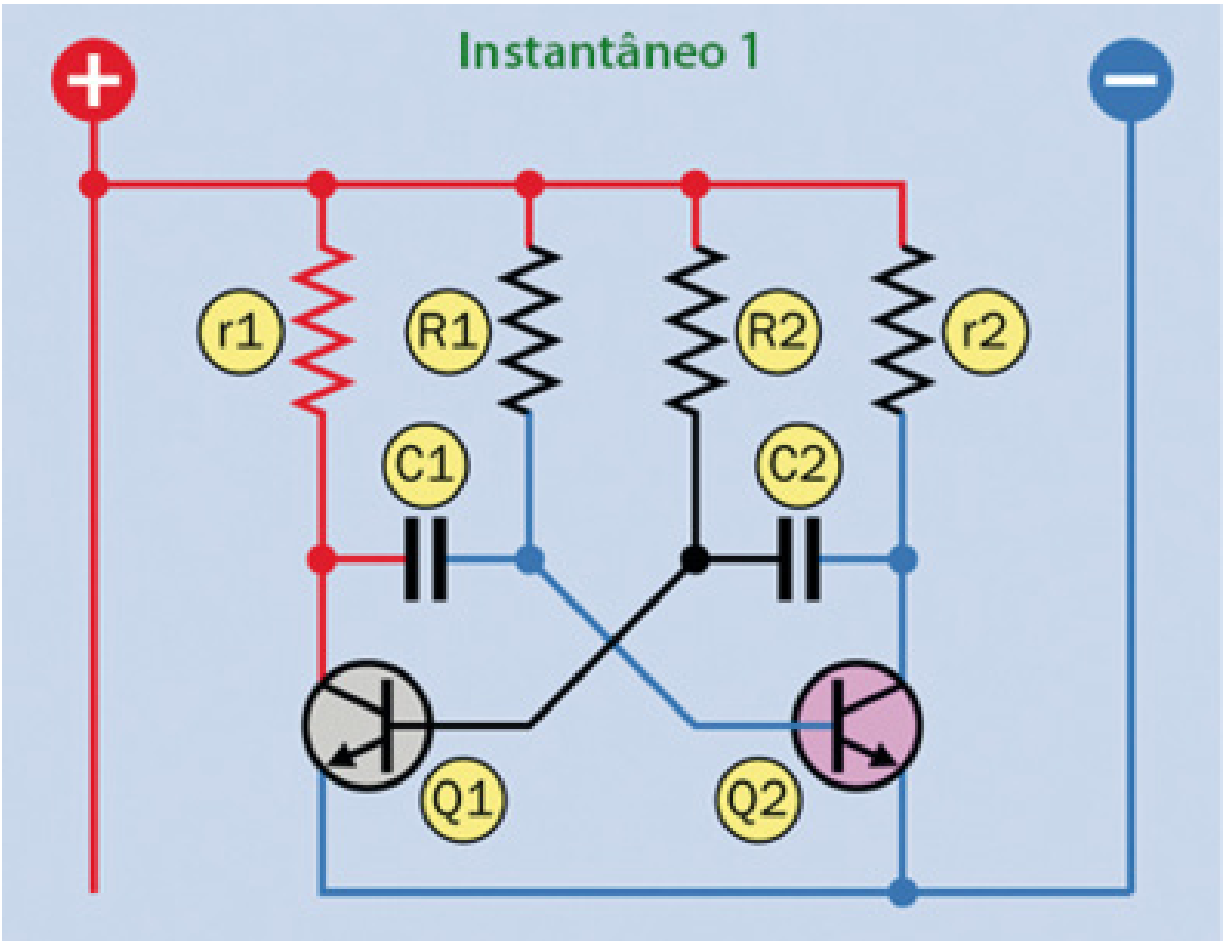


Figura 2.112 – O primeiro de quatro instantâneos mostrando as tensões no circuito do LED piscante. Veja o texto para detalhes.

- Condutores e componentes pretos têm uma tensão desconhecida ou indeterminada.
- Condutores azuis têm tensão quase zero.
- Condutores vermelhos têm tensão positiva aumentando até o valor da alimentação.
- Condutores brancos são brevemente trazidos para uma tensão mais negativa (abaixo do terra negativo), por motivos que explicarei em seguida.

Quanto aos transistores:

- Um transistor cinza não conduz eletricidade do coletor para o emissor. Você pode considerá-lo como “desligado”.
- Um transistor rosa está conduzindo.



Os transistores são marcados Q1 e Q2, pois esta é uma forma comum de identificar semicondutores. A pequena aba que saía de um transistor antigo de invólucro de metal dava a ele a aparência de uma letra Q quando visto de cima, e as pessoas se acostumaram a identificar os transistores desta forma.

Para distinguir entre os dois lados do circuito, r1 e R1 estão à esquerda, e r2 e R2 estão à direita. Letras minúsculas identificam resistores de menor valor.

Uma última observação antes de começar a explicação. Tenha em mente o comportamento fundamental de um transistor:

- Quando a corrente em sua base muda para “on”, sua resistência interna efetiva cai bastante. Consequentemente, se seu emissor estiver aterrado a aproximadamente 0 volt, seu coletor também estará próximo de 0 volt, assim como tudo que estiver conectado diretamente ao coletor. A base também pode ter uma tensão relativamente baixa, desde que não seja tão baixa quanto a do emissor. Você pode ver isso acontecendo a Q2 no Instantâneo 1.
- Quando a corrente passa para “off”, a resistência interna efetiva do transistor sobe para pelo menos 5 K. Consequentemente, qualquer componente ligado a seu coletor não está mais aterrado através do transistor e pode acumular carga positiva.

### Passo a passo

Começarei em um momento arbitrário enquanto o circuito já está funcionando. Depois de passar pela sequência de eventos, abordarei a questão de como ele começou a oscilar.

No Instantâneo 1, vamos supor que Q1 passou para o estado off e Q2 passou para o estado on. O lado inferior de r1 estava sendo aterrado através do Q1, mas agora que Q1 está off, a tensão em seu coletor começa a subir e isso aumenta a tensão do lado esquerdo de C1. A tensão na base de Q1 também começa a subir, mas não tão rapidamente, pois R2 tem um valor maior. Enquanto isso, uma vez que Q2 está on, ele puxa corrente de r2, derrubando a tensão. A base de Q2 também está puxando corrente através do

transistor para o terra negativo.

Esta é a configuração. E o que vem depois?

No Instantâneo 2, mostrado na Figura 2.113, a tensão na base de Q1 cresceu o suficiente para que ele comece a conduzir. Agora ele puxa corrente de C1 e também através de sua base, por isso os fios agora são azuis. A repentina mudança de tensão do lado esquerdo de C1 momentaneamente induz uma queda igual do lado direito, como resultado do efeito de campo que também pode ser descrito como corrente de deslocamento, descrita no Experimento 9. Na verdade, a tensão do lado direito de C1 cai para abaixo de zero, o que é representado pelo fio branco. Isto imediatamente desativa o Q2 ao impor uma polaridade negativa em sua base.

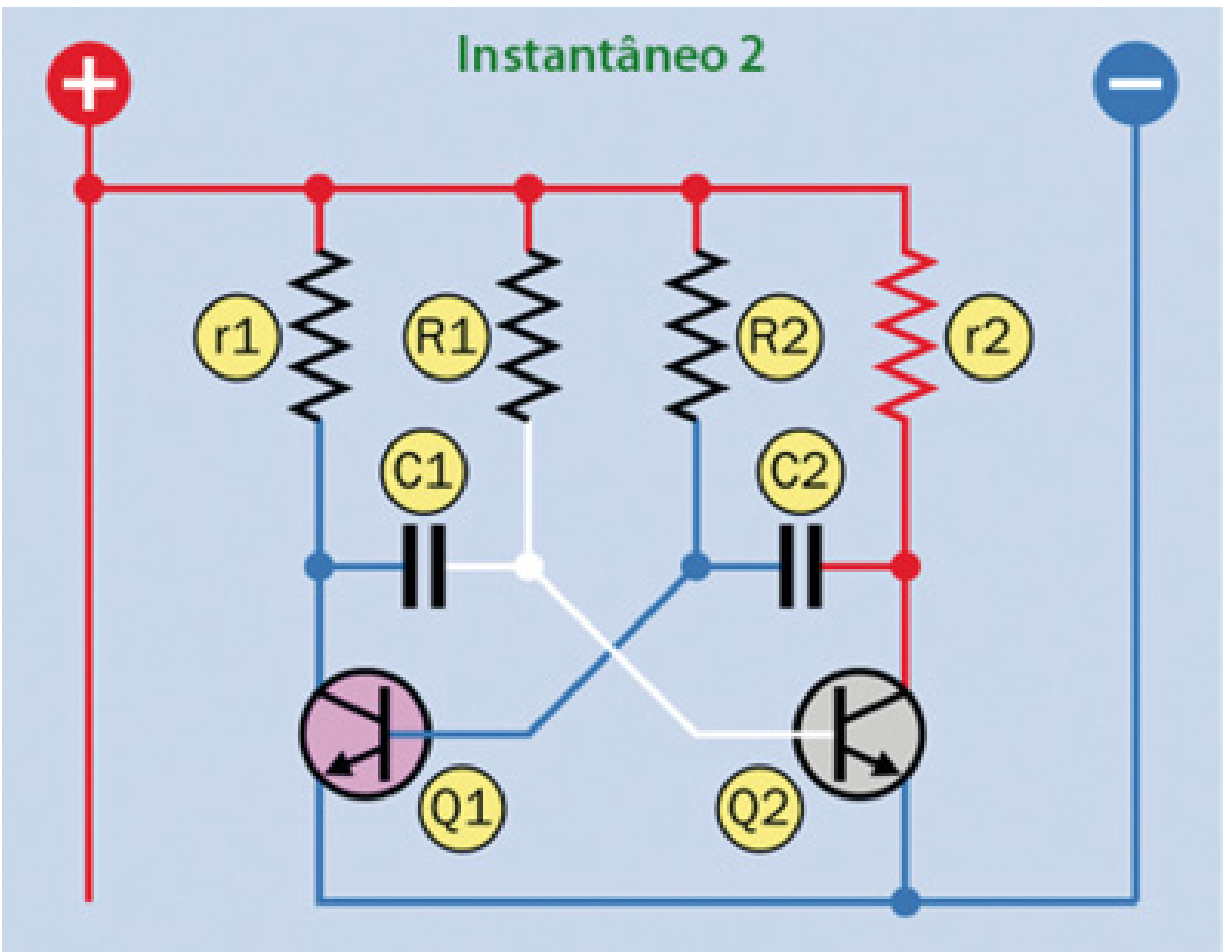


Figura 2.113 – O segundo instantâneo.

No Instantâneo 3, mostrado na Figura 2.114, Q1 ainda está on

enquanto Q2 ainda está off. Esta é a imagem espelhada da condição do Instantâneo 1. C1 começou a carregar na direção oposta, através de R1. Gradualmente isto aumenta a tensão na base de Q2.

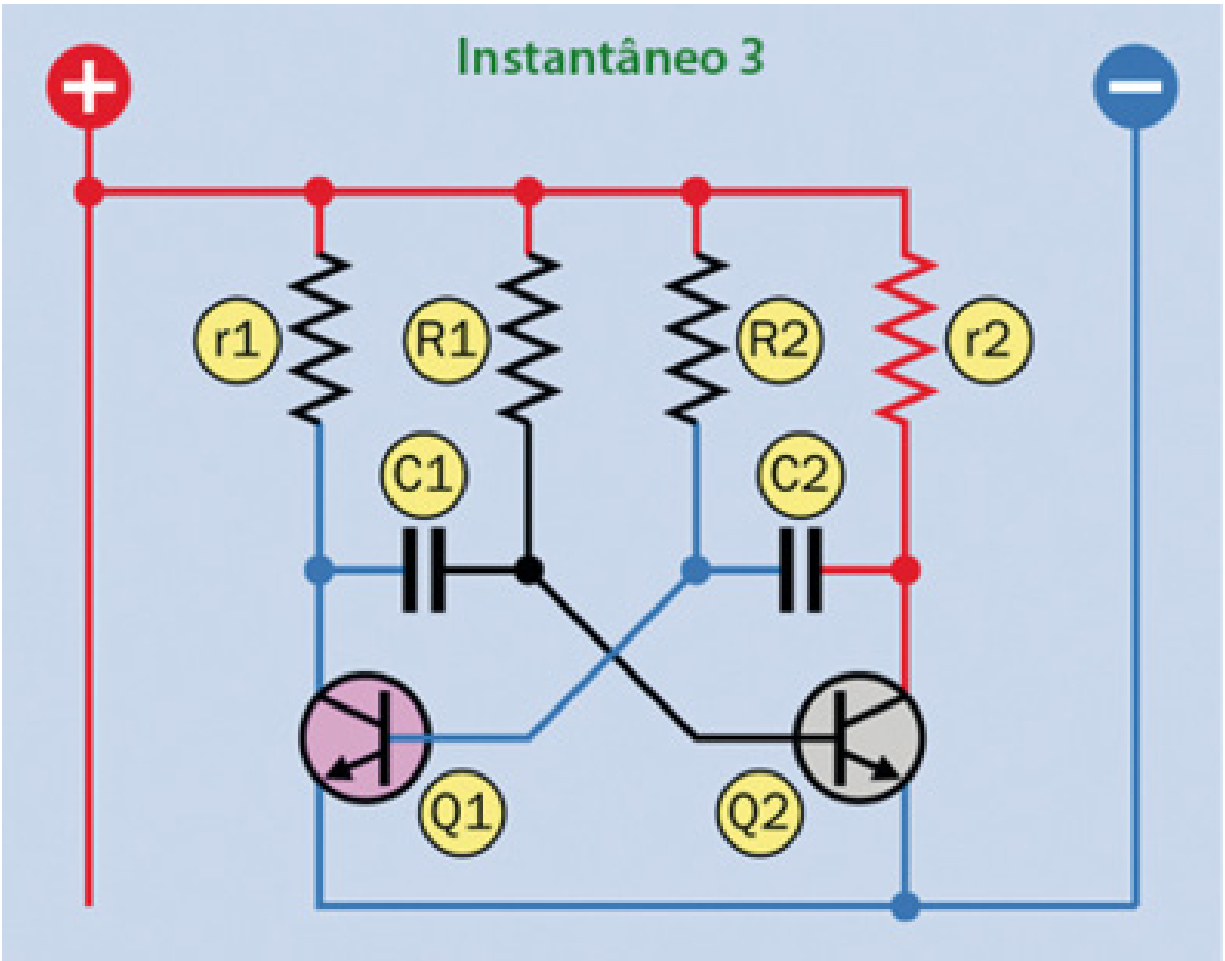


Figura 2.114 – O terceiro instantâneo.

No Instantâneo 4, mostrado na Figura 2.115, Q2 começou a conduzir, aterrando o lado direito de C2. Esta transição derruba a tensão do lado esquerdo de C2 para abaixo de zero e desativa Q1, aterrando sua base. Esta é a imagem espelhada do Instantâneo 2.

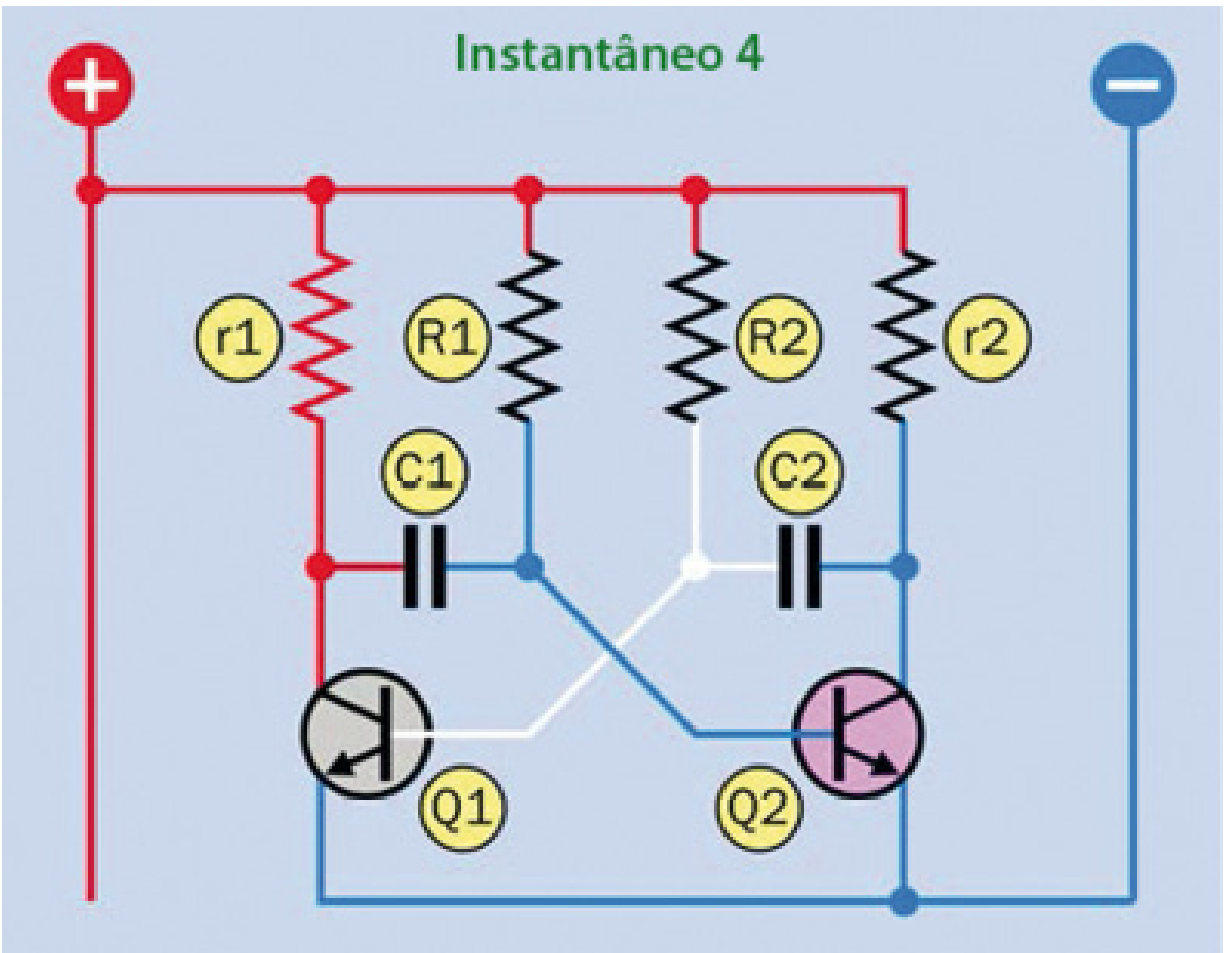


Figura 2.115 – O quarto instantâneo. Depois deste, a sequência se repete.

Depois do quarto instantâneo, a sequência se repete partindo do Instantâneo 1. Se o transistor extra e o LED estiverem conectados como na Figura 2.111, o LED deve acender durante os instantâneos 1 e 4.

### Capacitor de acoplamento

Como se vê, osciladores podem ser de difícil compreensão. Este circuito particular é extremamente comum. Na verdade, se você procurar “oscilador” no Google Images, isto é o que você provavelmente encontrará. Mesmo assim, muitas pessoas têm dificuldade com ele.

O ponto-chave é que nos Instantâneos 2 e 4 uma queda repentina de tensão em um lado do capacitor cria uma igual queda de tensão do outro lado – o efeito de acoplamento que você viu no Experimento 9.

## Mas como começou?

Lembre-se de que o circuito é basicamente simétrico. Quando você o energiza pela primeira vez, por que ambos os transistores não estão on ou off?

Em um mundo perfeito, em que dois transistores ou dois resistores podem ser absolutamente idênticos, o circuito se iniciaria simetricamente. No entanto, na verdade, sempre há uma pequena diferença de manufatura entre os resistores e capacitores, fazendo com que um transistor comece a conduzir antes do outro. Assim que isso acontece, o circuito sai do equilíbrio e começa a oscilar como descrito anteriormente.

Outra questão a esclarecer é: como decidi de onde tirar uma saída do circuito oscilador? No diagrama original, observe que os valores de  $r_1$  e  $r_2$  são muito menores que  $R_1$  e  $R_2$ . Isto permite que o lado esquerdo de  $C_1$  se carregue rapidamente, quase até o valor total da fonte de alimentação, e o lado direito de  $C_2$  se comporta da mesma forma. Portanto, é possível obter uma ampla gama de tensões de ambos os lados. Eu escolhi o lado esquerdo, simplesmente porque ele possibilitava um layout mais fácil dos componentes adicionais no diagrama.

Se o circuito puxa muita corrente, isto desacelera o processo de carga do capacitor e afeta a temporização e o equilíbrio do oscilador. Portanto, eu alimentei o sinal através de um resistor de 100 K na base de outro transistor. Esse transistor puxará pouca corrente através de sua base, mas irá amplificar o sinal para que você possa fazer algo de útil com ele.

## Por que é tão complicado?

Na primeira edição deste livro (em inglês) sugeri um projeto de LED piscante usando um componente chamado Transistor Unijunção Programável (PUT). Seu comportamento é muito mais fácil de entender e só é preciso um para obter o resultado. Porém, PUTs não são mais usados e alguns leitores reclamaram que não é possível adquiri-los com facilidade, enquanto outros disseram que usar um

PUT era muito antiquado.

Ainda é possível comprar PUTs, mas eles estão quase obsoletos. Transistores bipolares ainda são muito usados, portanto eu acatei os comentários dos leitores e abandonei o PUT. Eu considerei vários diagramas alternativos de oscilador antes de decidir por este, principalmente porque este circuito é mais comum que os outros. Além disso, acho que todos os circuitos de oscilador são um pouco difíceis de entender.

### Um pulso processado

Você aprendeu que dois transistores podem criar um sinal que pulsa e um terceiro transistor pode amplificar este sinal para alimentar um LED. Pense nos experimentos anteriores. O que você aprendeu com eles e que poderia aplicar neste?

Temos uma saída que flutua lentamente. Podemos torná-la mais interessante acrescentando uma rede RC. (Veja “Uma rede RC”, se você precisar refrescar sua memória em relação a este conceito.)

Olhe a Figura 2.116. A nova seção RC está na parte inferior.

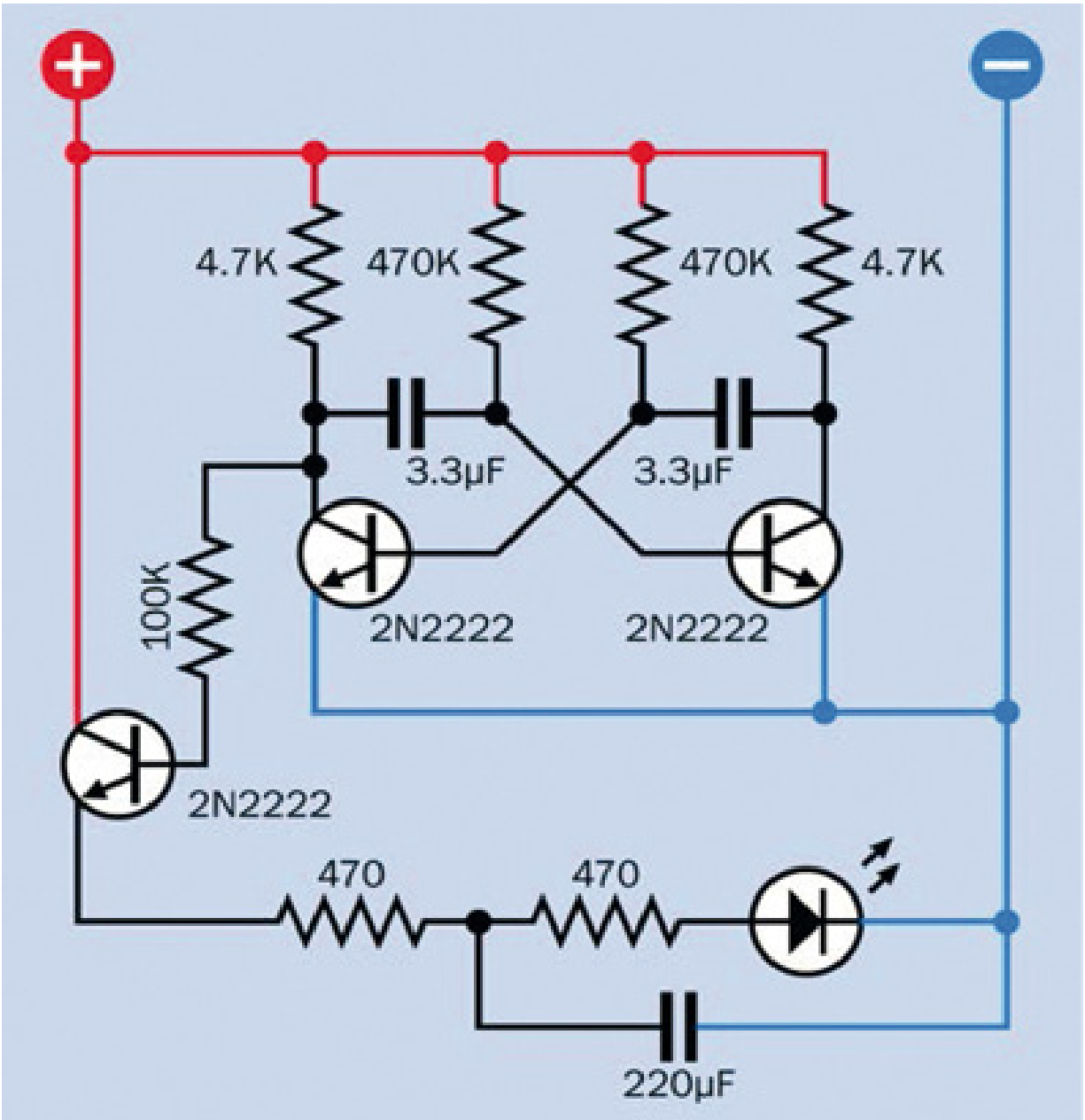
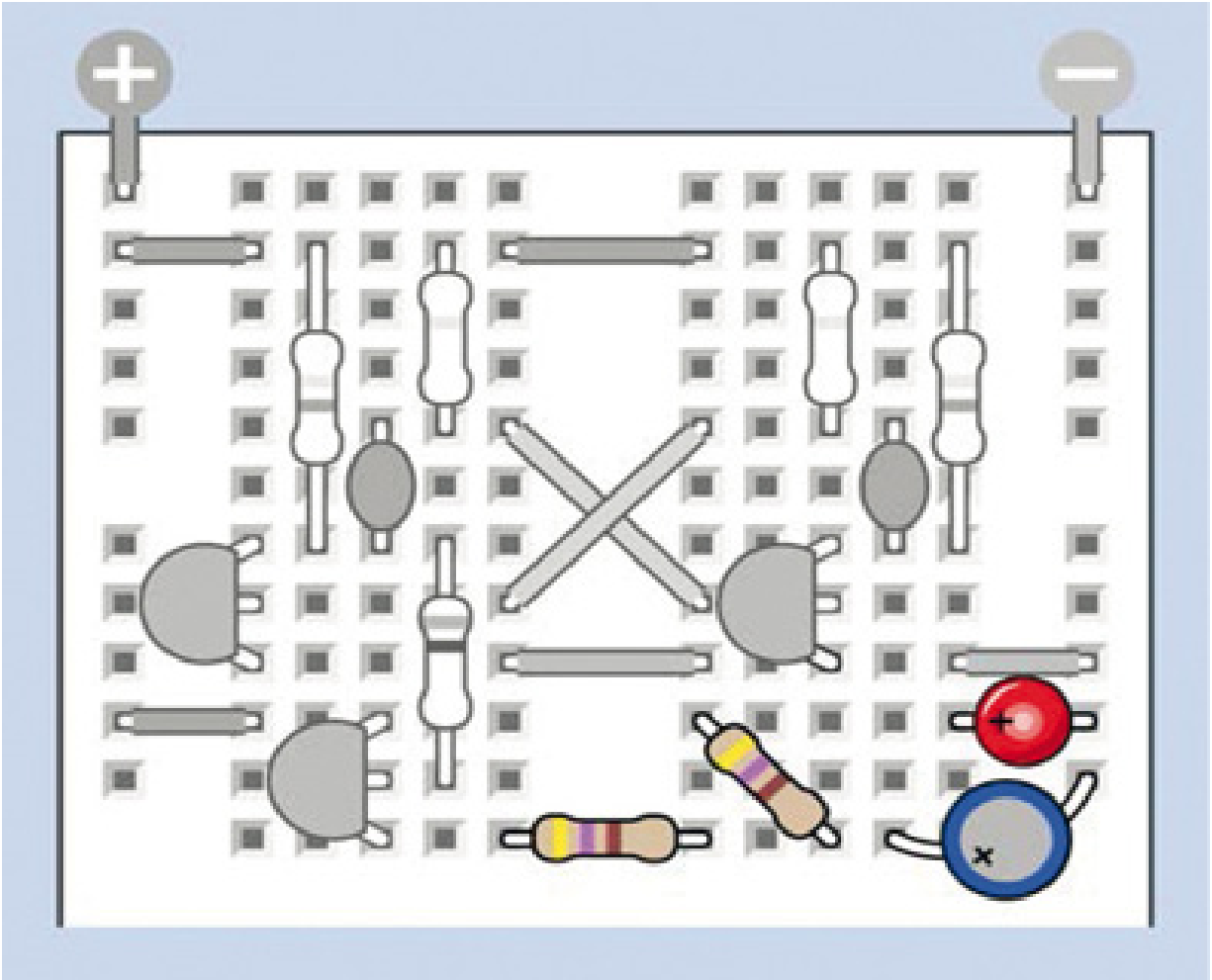


Figura 2.116 – O diagrama anterior foi modificado com um resistor adicional e um capacitor de 220  $\mu\text{F}$  na parte inferior, criando uma rede RC. Na Figura 2.117 os componentes que foram adicionados ou reposicionados estão coloridos no canto inferior direito, enquanto os componentes inalterados estão em cinza.

Agora quando o circuito estiver em funcionamento, o LED pulsa suavemente em vez de piscar. Por quê? O capacitor se carrega através do primeiro resistor de 470 ohms e então se descarrega através do outro. Qual a importância disso? Bem, vamos supor que

você esteja pensando em criar joias eletrônicas. Ajustar a frequência de pulsação pode ser um importante fator estético. Em antigos laptops da Apple, o logo costumava pulsar em vez de piscar.



*Figura 2.117 – Componentes coloridos foram adicionados ou reposicionados. O novo capacitor é do tipo eletrolítico de 220  $\mu$ F.*

### Aumentando a velocidade

Que mais podemos fazer com este circuito? Você pode facilmente ajustar a velocidade. Remova os dois capacitores de 3,3  $\mu$ F e substitua por dois de 0,33  $\mu$ F. Eles devem carregar dez vezes mais rapidamente e, portanto o LED deve piscar 10 vezes mais rápido também. É isso que acontece?

E se você reduzir os valores do capacitor ainda mais, para 0,01  $\mu$ F? Acima de 50 piscadas por segundo, você passou de uma frequência



que você pode ver para uma frequência que você pode ouvir.

Como mudar a saída deste circuito para que ela seja audível em vez de visível? É fácil! Remova o LED, os resistores de 470 ohms e o capacitor de 220  $\mu\text{F}$  e substitua por um pequeno alto-falante, um capacitor de acoplamento de 100  $\mu\text{F}$  e um resistor de 1 K como mostrado na Figura 2.118. O resistor aterra o emissor do transistor, pois um transistor só funciona se seu emissor tiver uma tensão definida e abaixo da tensão da base. O capacitor bloqueia a componente DC do sinal, permitindo a passagem de corrente alternada. No diagrama, só incluí as partes que mudaram. Como elas devem ser instaladas na matriz de contatos? Acho que você consegue descobrir.

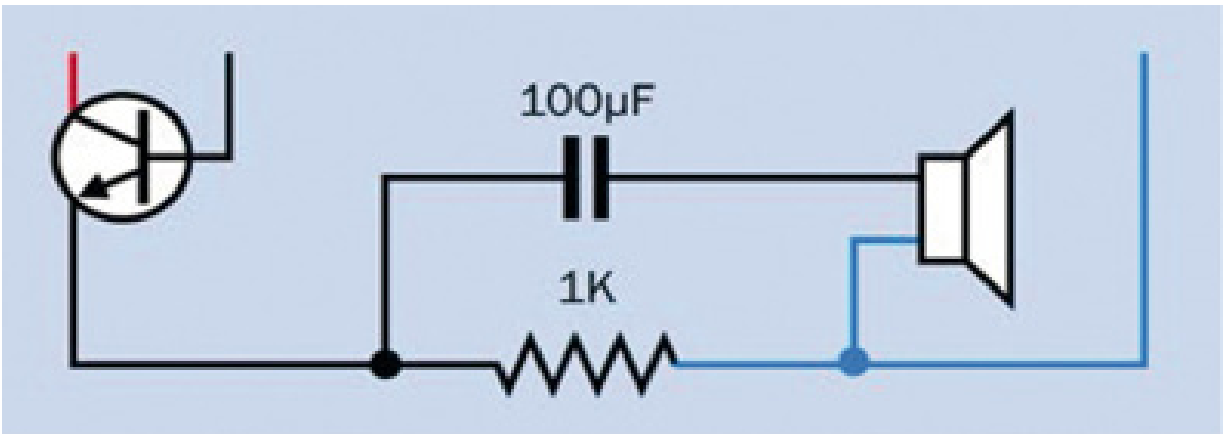


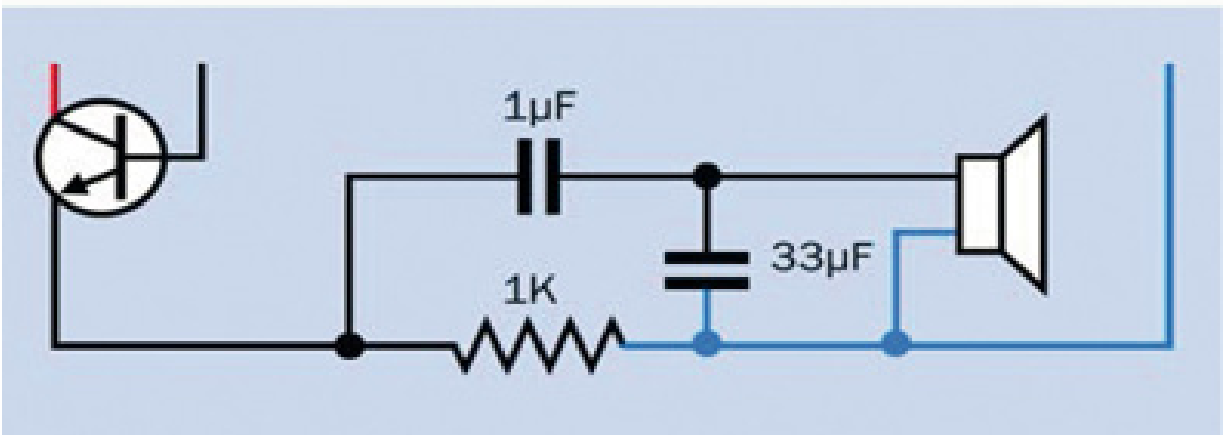
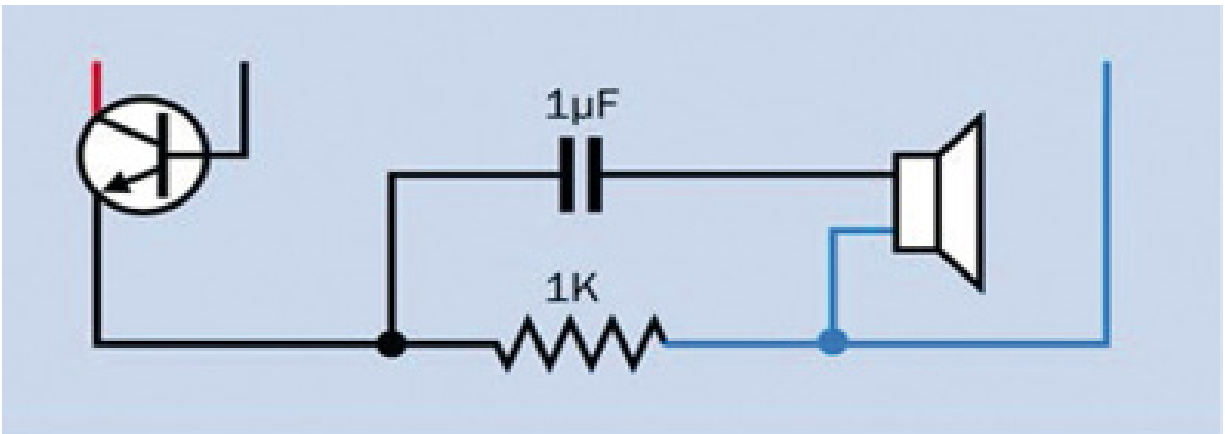
Figura 2.118 – Modificando o circuito para gerar áudio.

### Mais modificações

Agora que você tem som, que tal aumentar a frequência do som? Basta substituir por resistores ou capacitores menores no circuito do oscilador. Você pode remover os resistores de 470 K e substituir por resistores de 220 K (ou um valor intermediário). Transistores podem comutar um sinal mais de um milhão de vezes por segundo, logo você certamente não estará forçando seus limites ao fazer o oscilador funcionar mais rápido. Um sinal que oscila 10 mil vezes por segundo soa muito agudo. Se você elevar para 20 mil vezes por segundo, ele ultrapassará o limite audível de quase todos os seres humanos.

Que tal mudar o caráter do som?

Na parte superior da Figura 2.119 eu substituí o capacitor de  $100\ \mu\text{F}$  por um capacitor de acoplamento de  $1\ \mu\text{F}$  em série com o alto-falante. O valor menor do capacitor permitirá passar apenas altas frequências (pulsos curtos), e irá bloquear as frequências mais baixas do som.

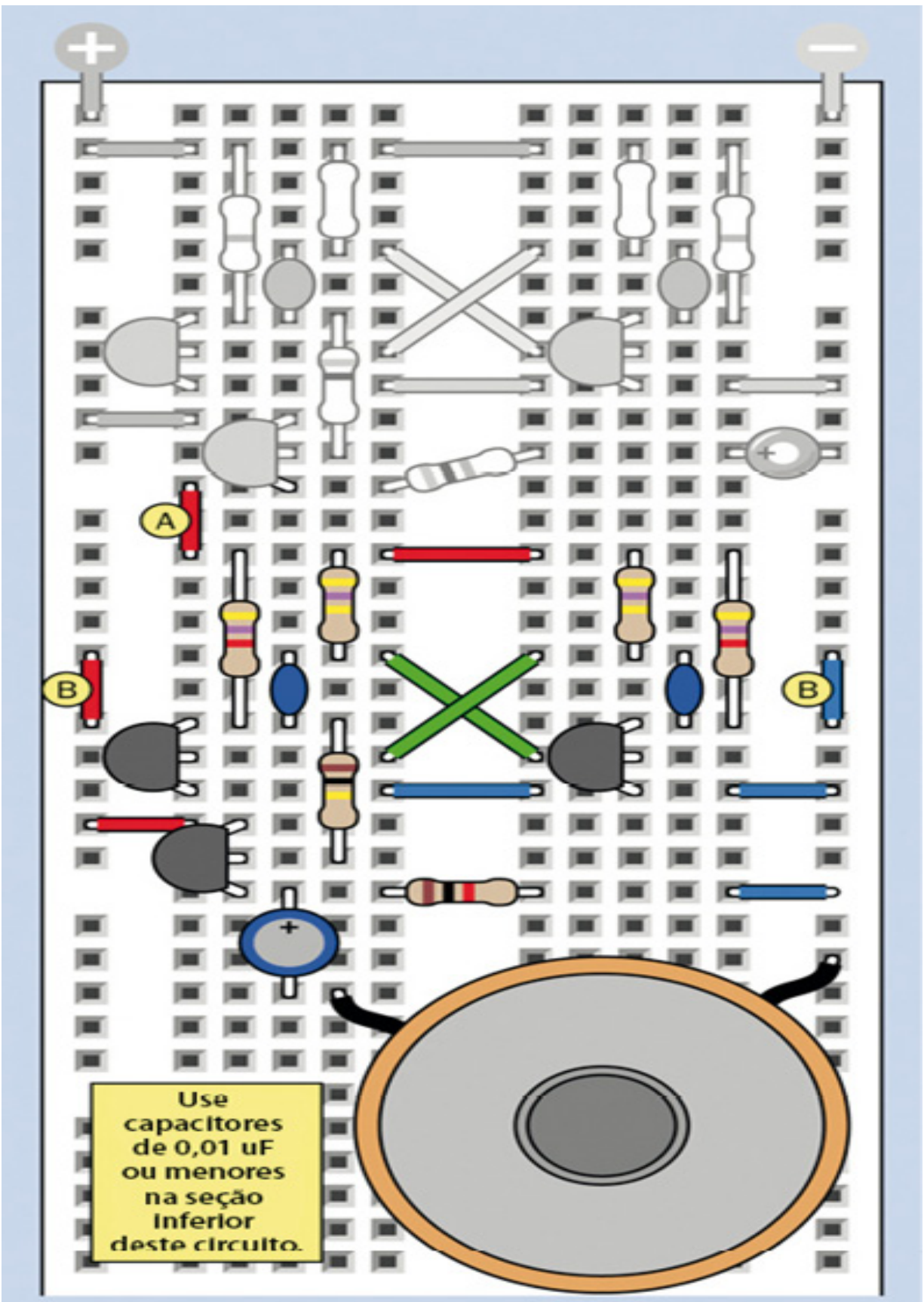


*Figura 2.119 – Substituir por um capacitor de acoplamento de menor valor bloqueia as frequências mais baixas de áudio, de modo que você só ouvirá as frequências mais altas. Colocar um capacitor para contornar o alto-falante fará com que as frequências mais altas sejam redirecionadas para o terra negativo e você só ouvirá as frequências mais baixas.*

E se você colocar um capacitor em paralelo com o alto-falante, como mostrado na parte inferior da Figura 2.119? Agora ocorre o efeito oposto, pois o capacitor permite a passagem de altas frequências, mas as desvia do alto-falante. Nesta configuração, você tem um capacitor de *desacoplamento*.

Essas são formas simples de modificar um circuito. Se você estiver se sentindo ousado, pode duplicar o circuito e usar uma seção para controlar a outra.

Restaure os valores originais dos componentes da Figura 2.109, para que ele funcione na velocidade baixa original. Então use sua saída para alimentar a seção duplicada abaixo dele na matriz de contatos com capacitores de  $0,01 \mu\text{F}$  para gerar uma frequência de áudio. Isto é mostrado na Figura 2.120, na qual a parte que você construiu originalmente neste projeto está representada em cinza, e a seção de áudio está na parte inferior.



*Figura 2.120 – Alimentando a seção de áudio do circuito usando uma duplicata mais lenta para fornecer uma energia flutuante.*

O pedaço vermelho de fio marcado como A foi reposicionado de modo que a seção inferior do circuito agora é alimentada pela saída da seção superior. Os segmentos de fio azul e vermelho marcados como B foram acrescentados para transpor os intervalos que possam existir nos barramentos de sua matriz de contatos.

O que acontece se você mudar o valor do capacitor ou resistor na parte superior do circuito para controlar mais rapidamente a parte inferior?

O que aconteceria se você pegar um capacitor de 220  $\mu\text{F}$  e aplicá-lo entre vários pontos (tanto na seção superior quanto na inferior do circuito) e o terra negativo? Você não danificará nenhum componente, portanto sinta-se à vontade para experimentar.

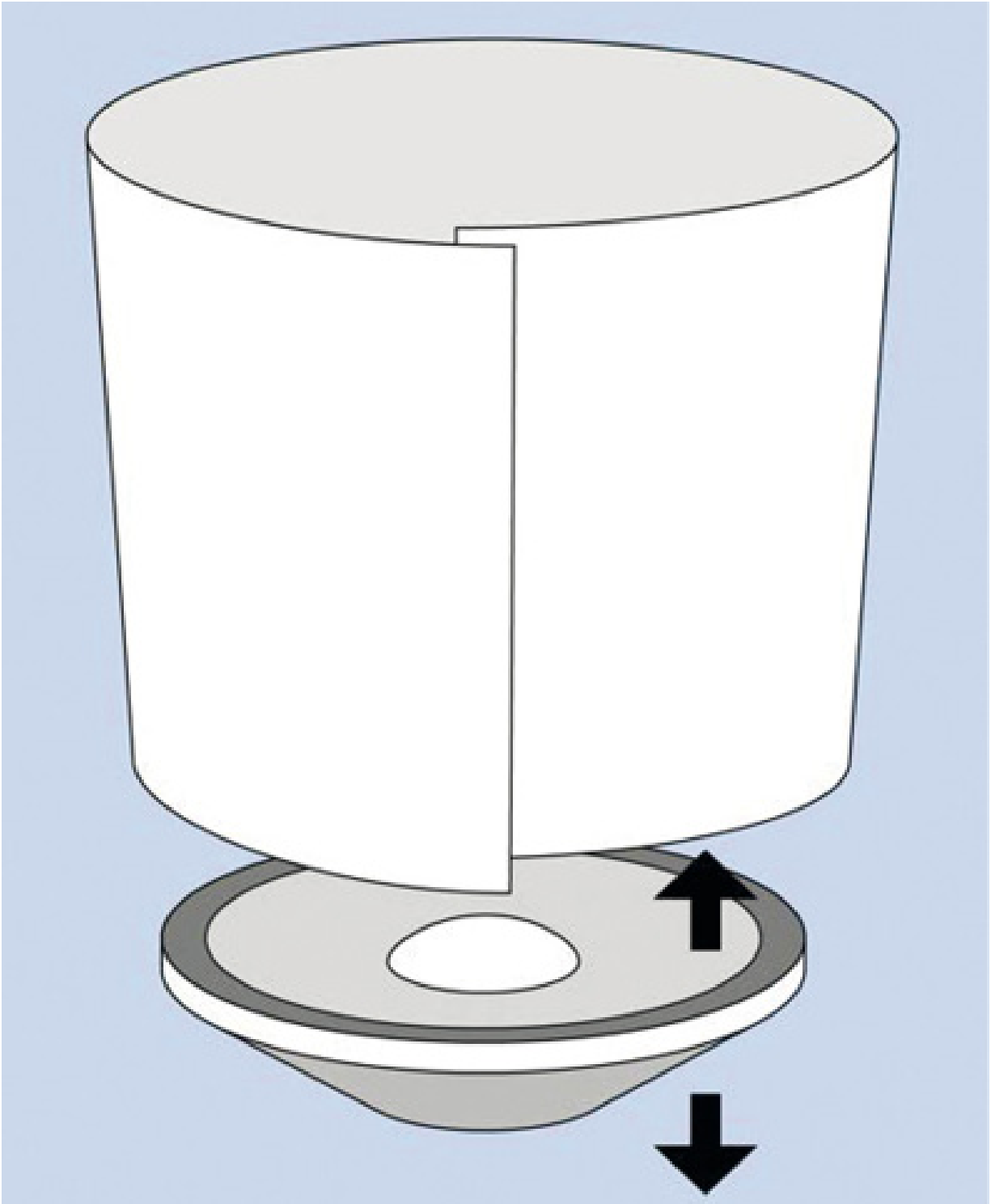
Outra opção é voltar ao “pulso processado” de luz, criado na Figura 2.116, e mudar a forma em que os componentes estão fisicamente conectados. Você pode removê-los da matriz de contato e reconstruí-los em um pequeno objeto que possa ser vestido.

Vou mostrar como fazer isto no Experimento 14. Claro, isto implicará alguma soldagem, mas aprender a soldar componentes é o que quero que você faça no Experimento 12, que vem a seguir.

### Histórico: montando um alto-falante

O *diafragma* de um alto-falante, também conhecido como seu *cone*, foi projetado para irradiar som. Entretanto, à medida que ele oscila para cima e para baixo, ele emite som de sua parte traseira, assim como da parte dianteira. Uma vez que os sons têm fases opostas, eles tendem a se cancelar.

A saída perceptível de um alto-falante pode aumentar dramaticamente se você adicionar uma corneta na forma de um tubo que concentra a saída pela parte frontal. Para um alto-falante miniatura de uma polegada, você pode envolvê-lo com um pedaço de cartolina e prendê-lo com durex. Veja a Figura 2.121.



*Figura 2.121 – Um tubo de papel ou papelão aumenta o volume perceptível de um alto-falante.*

Melhor ainda, monte em uma caixa com furos para permitir que o som da parte frontal do alto-falante irradie, enquanto a parte fechada

da caixa absorve o som da parte traseira do alto-falante.

## Falando um pouco mais sério

Este terceiro capítulo do livro aplica o que você aprendeu até agora a alguns projetos concluídos. Mostrarei como fazer uma versão do projeto “brilho pulsante” do Experimento 11 que você pode vestir e o guiarei pelo processo inicial de desenvolvimento de um alarme contra invasão. Mais adiante, no Capítulo 4, você adentrará o universo dos chips de circuito integrado.

As ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos descritos a seguir serão úteis nos Experimentos 12 a 15, além dos itens que foram recomendados anteriormente.

### Itens necessários para o Capítulo 3

Como referido, ao comprar ferramentas e equipamentos, veja “Comprando ferramentas e equipamentos”, para uma lista de compras. Se você quiser kits contendo componentes e suprimentos, veja “Kits”. Se você preferir comprar seus próprios componentes de lojas online, veja “Componentes”. Para suprimentos, veja “Suprimentos”.

### Essencial: fonte de alimentação

Você poderia continuar usando baterias de 9 volts para todos os projetos no livro, mas estou classificando um *adaptador AC* como essencial, pois ele é muito mais conveniente. Além disso, acho que ele deve acabar saindo mais barato que comprar baterias quando você começar a construir circuitos que requerem mais energia.

Existem três opções para converter a corrente AC de uma tomada em sua casa:

Um *adaptador universal* como o da Figura 3.1 é a opção mais versátil, proporcionando uma gama selecionável de saídas.



Tipicamente elas incluem 3 V, 4,5 V ou 5 V, 6 V, 9 V e 12 V. Adaptadores universais têm a finalidade de alimentar pequenos dispositivos como gravadores de voz, telefones e reprodutores de mídia. Eles podem não fornecer uma saída DC perfeitamente regular ou precisa, mas você mesmo pode fazê-lo com alguns capacitores, como ilustrarei quando chegarmos a um projeto que usa o adaptador.



*Figura 3.1 – Este adaptador AC se encaixa na tomada da parede e oferece uma gama de opções de tensões DC por meio de uma pequena chave.*

Uma alternativa é comprar um adaptador AC de *tensão única* para fornecer 9 volts DC, como mostrado na Figura 3.2. Quando começar a usar chips de lógica digital que requerem 5 volts, você pode converter os 9 volts com um componente pequeno e barato chamado *regulador de tensão*. (O regulador também funciona com a tensão de uma bateria de 9 volts.)



*Figura 3.2 – Um adaptador AC que fornece uma saída fixa de 9 volts DC.*

Sua terceira opção é gastar muito mais em uma adequada [fonte de alimentação de bancada](#) que oferece saídas DC variáveis de 0 a +15 V e de 0 a -15 V, além de uma saída fixa de 5 V. Ela também deve ter várias matrizes de contato montadas convenientemente sobre seu gabinete. Não há dúvida de que ela será muito útil se você continuar no campo da eletrônica, mas talvez você ainda não se sinta seguro a respeito.

Se você decidir comprar um adaptador universal, veja “Outros componentes”, e vá até a parte relativa ao Capítulo 3 do livro para instruções sobre como pesquisar.

Qualquer que seja o adaptador que você comprar, ele deve ter estas características:

- A saída deve ser DC, não AC. Quase todos os adaptadores AC fornecem uma saída DC, mas há algumas exceções.

- A corrente de saída nominal deve ser de, pelo menos, 500 mA (que deve estar indicado como 0,5 A).
- Não importa o tipo de plugue na extremidade da saída do DC, pois você irá cortá-lo fora de qualquer modo.
- Pela mesma razão, se um adaptador universal oferecer uma gama de adaptadores de plugues de saída, não se preocupe com o tipo, já que eles não serão usados.
- Adaptadores AC muito baratos podem se tornar não confiáveis se você puxar corrente até o limite nominal. Nos Estados Unidos procure o símbolo UL, que significa certificação pelo Underwriters Laboratories.

### Essencial: ferro de solda de baixa potência

Embora uma matriz de contatos seja indispensável para montar um circuito rapidamente e entender seu funcionamento, um *ferro de solda* é necessário para fazer conexões elétricas permanentes em um circuito que você quer manter. O fio de solda funciona derretendo um fio fino composto de uma liga chamada *solda* até que ela forme uma bolha em torno dos fios de cobre ou componentes que você quer unir. Quando a solda esfria, a junta torna-se resistente.

Não é absolutamente necessário ter um ferro de solda. Você pode concluir todos os projetos deste livro simplesmente usando a matriz de contatos. Entretanto, existe um prazer especial em construir algo durável e usar um ferro de solda é uma habilidade útil. Por essas razões, eu classifiquei o ferro de solda como “essencial”.

Pessoalmente, prefiro um ferro de solda de baixa potência para peças pequenas que são vulneráveis ao calor excessivo, e um ferro de solda genérico para tarefas mais pesadas (descritas imediatamente a seguir). Algumas pessoas preferem usar apenas um ferro de solda termostaticamente controlado para tudo, mas se ele for pequeno, não acho que ele consiga fornecer o aquecimento que, às vezes, é necessário, e se ele for de tamanho médio, não é tão fácil de usar para trabalhos delicados. Além disso, uma unidade controlada termostaticamente pode ser cara.

Um ferro de solda de baixa potência deve ser classificado como 15 W, e quanto menor ele for, mais fácil de manusear. A extremidade deve terminar em uma ponta fina e arredondada, como um lápis recém-apontado. Uma ponta galvanizada é preferível, embora o fabricante possa não declarar que a ponta seja galvanizada. Um ferro de solda de 15 W com bastante uso é mostrado na Figura 3.3. A descoloração é uma consequência normal do calor e não degrada seu funcionamento.



*Figura 3.3 – Um ferro de solda de baixa potência projetado para trabalhos precisos em eletrônica.*

### Essencial: ferro de solda genérico

A capacidade limitada de aquecimento de um ferro de solda de 15 W será insuficiente se você precisar conectar fios mais grossos, especialmente a componentes como interruptores de grande porte com terminais projetados para lidar com correntes substanciais. Os terminais podem absorver calor tão rapidamente que o ferro de baixa potência não conseguirá criar uma temperatura alta o suficiente para derreter a solda. Você pode encontrar uma situação semelhante

quando tentar conectar um fio a um ponto de solda em um potenciômetro grande.

Para essas situações, você precisará de um ferro de solda de 30 a 40 watts. Embora ele não seja necessário para a maioria dos projetos deste livro, eu recomendo seu uso quando você for criar suas primeiras juntas de solda, pois sua capacidade maior de aquecimento facilitará o trabalho. Um ferro de 30 W geralmente é mais barato que um de 15 W e representa uma despesa adicional relativamente pequena. Acho que uma ponta em formato de cinzel possibilita uma melhor transferência de calor, e como você não usará este ferro para tarefas delicadas, uma ponta afilada não é realmente necessária.

### Terminologia de ferro de solda

Alguns ferros de solda têm um *sugador de solda* embutido para ajudar a desfazer uma junta de solda. Ele é um pistão que você puxa com os dedos para sugar um pouco de ar através da ponta do ferro. Não acho que ele funcione muito bem. De qualquer forma, eu só vi um desses em ferros de solda de 30 W, que são muito potentes para serem usados em muitas aplicações de eletrônica.

Alguns ferros de solda vêm com um dispositivo chamado *Terceira Mão*, que pode segurar pequenas peças enquanto você trabalha com elas. Vale a pena considerar esta combinação, pois ela deve custar menos que comprar os itens separadamente. O dispositivo Terceira Mão é descrito a seguir.

Se um ferro de solda for vendido com solda incluída, não a use a menos que ela seja descrita como solda elétrica com um *núcleo de resina orgânica*.

Muitos ferros de solda são descritos como do *tipo lápis*. O termo não traz muita informação, já que pode ser aplicado tanto a um ferro de 15 W quanto a um de 30 W.

Entretanto, um ferro de solda do tipo lápis tem aparência diferente de um ferro de solda do *tipo pistola*, como o Weller Therma-Boost, mostrado na Figura 3.4. Algumas pessoas preferem a ergonomia

deste tipo de empunhadura e o Therma-Boost apresenta um ótimo recurso de inicialização rápida, que permite atingir a temperatura operacional em menos de um minuto, tornando-o ideal para pessoas que tendem a ser impacientes. Entretanto, os ferros do tipo pistola são todos de 30 W ou mais, e tendem a ser mais caros que o tipo comum lápis.



*Figura 3.4 – Um ferro de solda Weller Therma-Boost de 30 W pode ser útil em tarefas com fios mais grossos e componentes maiores.*

### Essencial: Terceira Mão

A chamada *Terceira Mão* tem dois cliques jacaré que podem segurar componentes ou pedaços de fio com precisão na posição correta enquanto você os une com a solda. Algumas versões da Terceira Mão também apresentam uma lente de aumento, uma espiral metálica para descansar seu ferro de solda e uma pequena esponja que pode ser usada para limpar a ponta de seu ferro quando ela estiver suja. Esses recursos adicionais são bons, mas não essenciais. Veja a Figura 3.5.



*Figura 3.5 – Uma Terceira Mão com acessórios.*

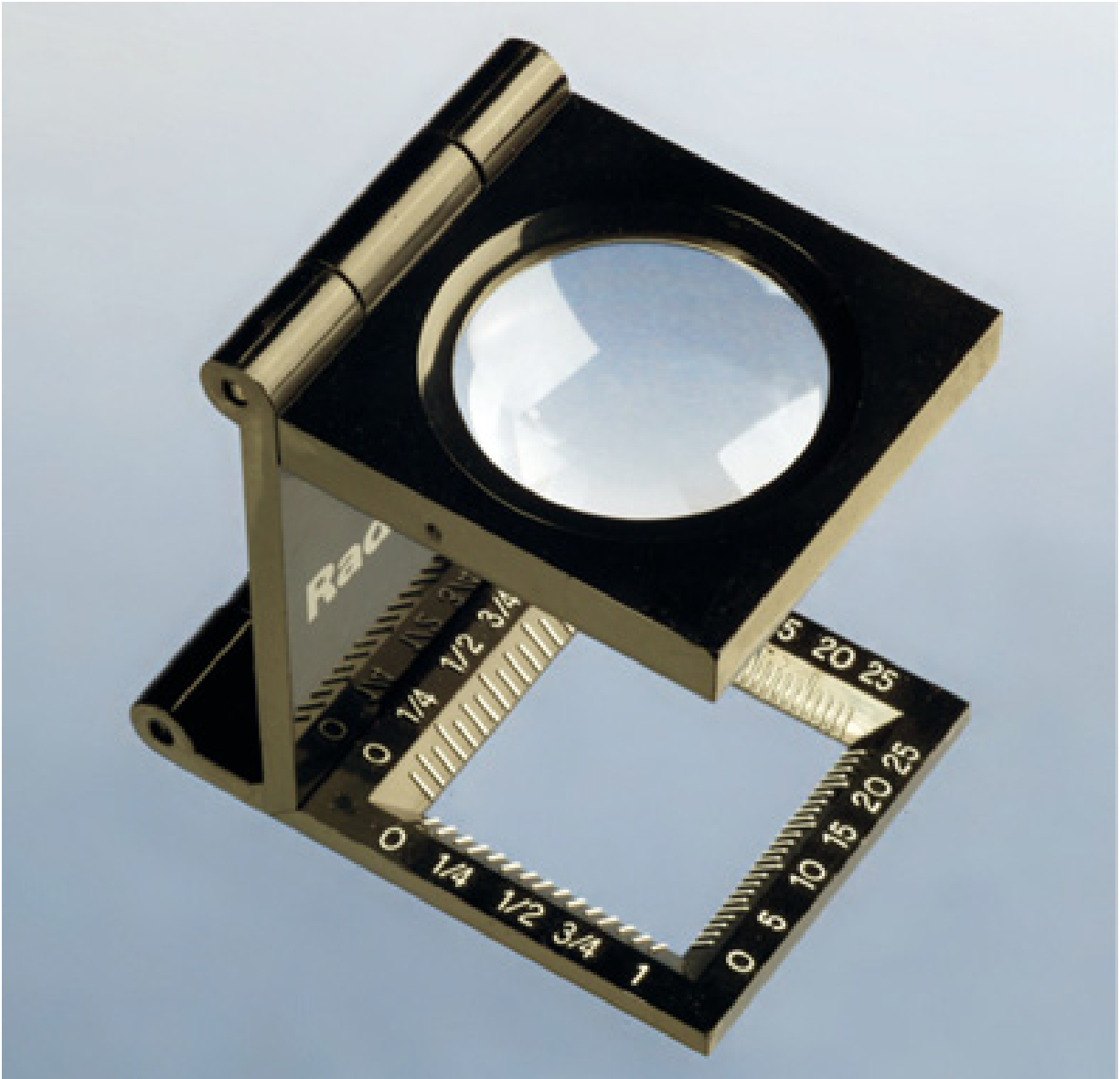
### Essencial: lente de aumento

Não importa quão boa seja a sua visão, uma pequena, potente e portátil lente de aumento é essencial quando você estiver verificando as juntas de solda em uma placa perfurada. O conjunto de três lentes da Figura 3.6 foi projetado para ser usado próximo ao seu olho e é mais potente que a lente grande em uma Terceira Mão, que não considero muito útil. A lente dobrável na Figura 3.7 fica sobre a bancada para ser usada sem as mãos. Ambas estão disponíveis em lojas para amadores ou lojas online, como eBay e Amazon. Lentes de plástico são aceitáveis, se você tomar cuidado com elas.



*Figura 3.6 – Lente de aumento portátil é essencial para inspecionar as juntas de solda.*





*Figura 3.7 – Este tipo de lente de aumento dobrável pode ficar sobre a bancada.*

### Opcional: cabos de teste Clip-on Meter Test Leads

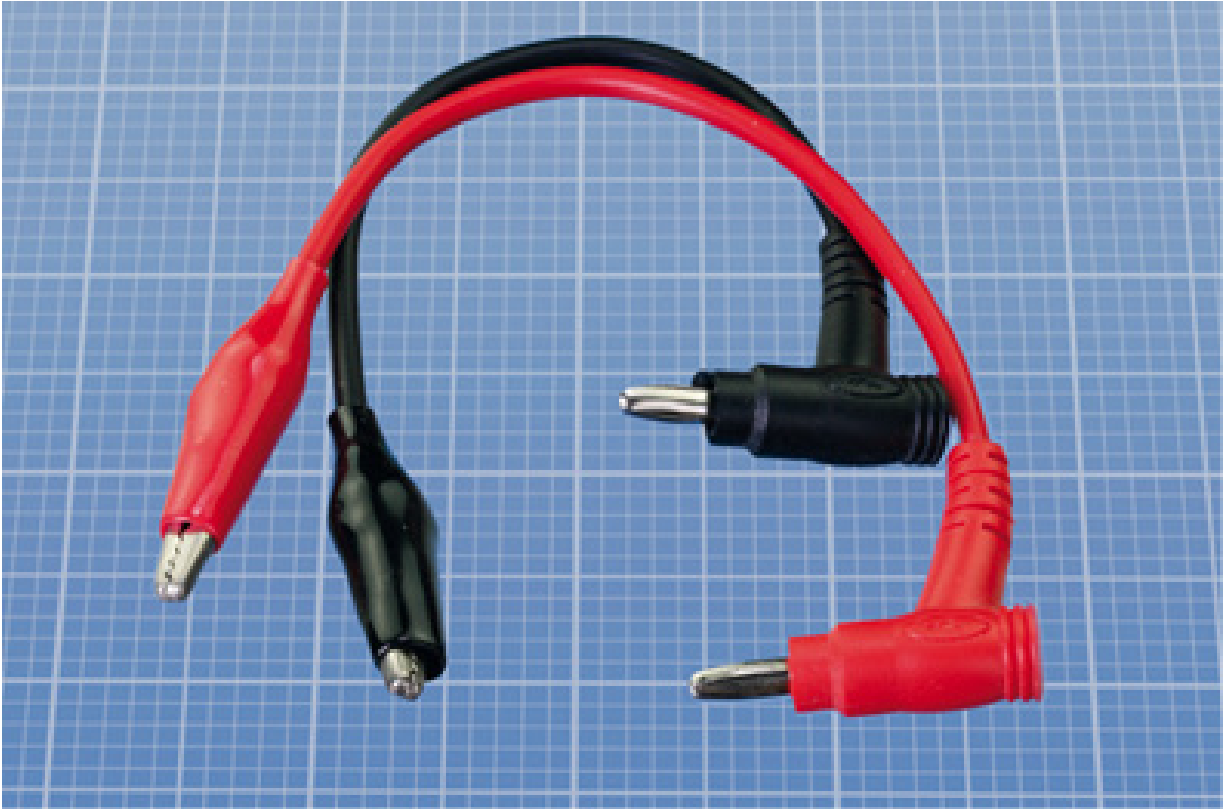
Nos experimentos anteriores eu sugeri que você prendesse a ponta do cabo do multímetro com clipe jacaré a um cabo de teste e usasse o clipe jacaré na outra ponta do cabo para prender um fio ou um componente.

Uma alternativa mais elegante é comprar pontas de prova com pequenas garras com mola na extremidade. O modelo Pomona

6244-48-0 (mostrado na Figura 3.8) dá conta do recado. Entretanto, esta é uma opção relativamente cara. Talvez você prefira procurar cabos que terminam em pequenos cliques jacaré, como aqueles da Figura 3.9. Normalmente esses são a opção mais barata. Ou você pode continuar usando os cabos de teste do modo que sugeri anteriormente.



*Figura 3.8 – Estas “minigarras” dos cabos servem para se prender aos fios ou terminais de componentes.*



*Figura 3.9 – Cabos que terminam em pequenos cliques jacaré.*

### Opcional: soprador térmico

Se você unir dois fios com solda, frequentemente é preciso isolá-los. Você pode usar fita elétrica (às vezes chamada de fita isolante), mas ela tende a descolar. Uma opção melhor é o tubo termorretrátil, que forma uma proteção segura e permanente ao redor da junta metálica. Para encolher o tubo você usa um soprador térmico, que é como um secador de cabelo muito potente. Veja a Figura 3.10. Eles estão disponíveis em qualquer loja de ferramentas e sugiro comprar o modelo mais barato que encontrar.



*Figura 3.10 – Quando um soprador térmico é aplicado a um tubo termorretrátil, o tubo pode criar uma proteção confortável e isolante ao redor do fio.*

Para um trabalho preciso, recomendo usar um soprador térmico miniatura, como aquele mostrado na Figura 3.11.



*Figura 3.11 – Um soprador térmico miniatura é um pouco mais fácil de manusear do que o tipo maior.*

### Opcional: equipamento de dessoldagem

Um *sugador de solda* deve sugar solda quente e derretida quando você tenta remover uma junta de solda que fez no local errado. Veja a Figura 3.12. Alguns de meus leitores insistem que esse equipamento deve ser essencial e não opcional, mas é uma questão de gosto. Pessoalmente, se eu cometer um erro de soldagem, prefiro cortá-lo fora e refazer.



*Figura 3.12 – Para remover uma junta de solda, é possível sugar a solda derretida para dentro desta bomba de borracha.*

*Malha de dessoldagem*, também conhecida como *fita de dessoldagem*, tem o objetivo de absorver a solda juntamente com o sugador de solda. Veja a Figura 3.13.



*Figura 3.13 – Uma opção adicional para remover solda líquida é embebê-la nesta malha de cobre.*

#### Opcional: suporte de soldagem

Quando não estiver usando o ferro quente de solda você pode apoiá-lo no suporte, da mesma forma que apoiaria uma faca de cozinha em um rack. Veja a Figura 3.14.



*Figura 3.14 – Um suporte seguro e simples para um ferro de solda quente. A esponja amarela pode ser umedecida com água para limpeza da ponta do ferro.*

Se você não quiser gastar dinheiro em um suporte, é possível improvisar um substituto, como um pedaço de conduíte elétrico de aço ou mesmo uma lata velha presa a um pedaço de madeira. Ou



você pode apoiar o ferro de solda na borda de sua bancada e tomar muuuito cuidado para não o derrubar. (Já aconteceu comigo.) Quando – e não se – o ferro de solda cair no chão, ele derreterá carpete sintético ou ladrilhos de plástico. Sabendo disso, você pode tentar pegá-lo durante a queda. Se você o agarrar pelo lado quente, você irá soltá-lo imediatamente, portanto é melhor deixá-lo cair no chão sem a etapa intermediária de se queimar.

Talvez um suporte de soldagem devesse ser considerado essencial.

### Opcional: serra manual miniatura

Mais cedo ou mais tarde, você desejará montar um projeto concluído de eletrônica em um invólucro de boa aparência. Para isso, você precisará de ferramentas para cortar, moldar e aparar plástico fino. Por exemplo, talvez você queira cortar um furo quadrado para montar um interruptor quadrado nele.

Ferramentas elétricas são um exagero para este tipo de trabalho delicado. Uma serra manual miniatura é ideal para aparar itens para um encaixe perfeito. A X-Acto fabrica uma gama de pequenas serras. Veja a Figura 3.15.



*Figura 3.15 – Útil para cortar pequenos furos para montar componentes em caixas de plástico.*

#### Opcional: ferramenta de rebarbação

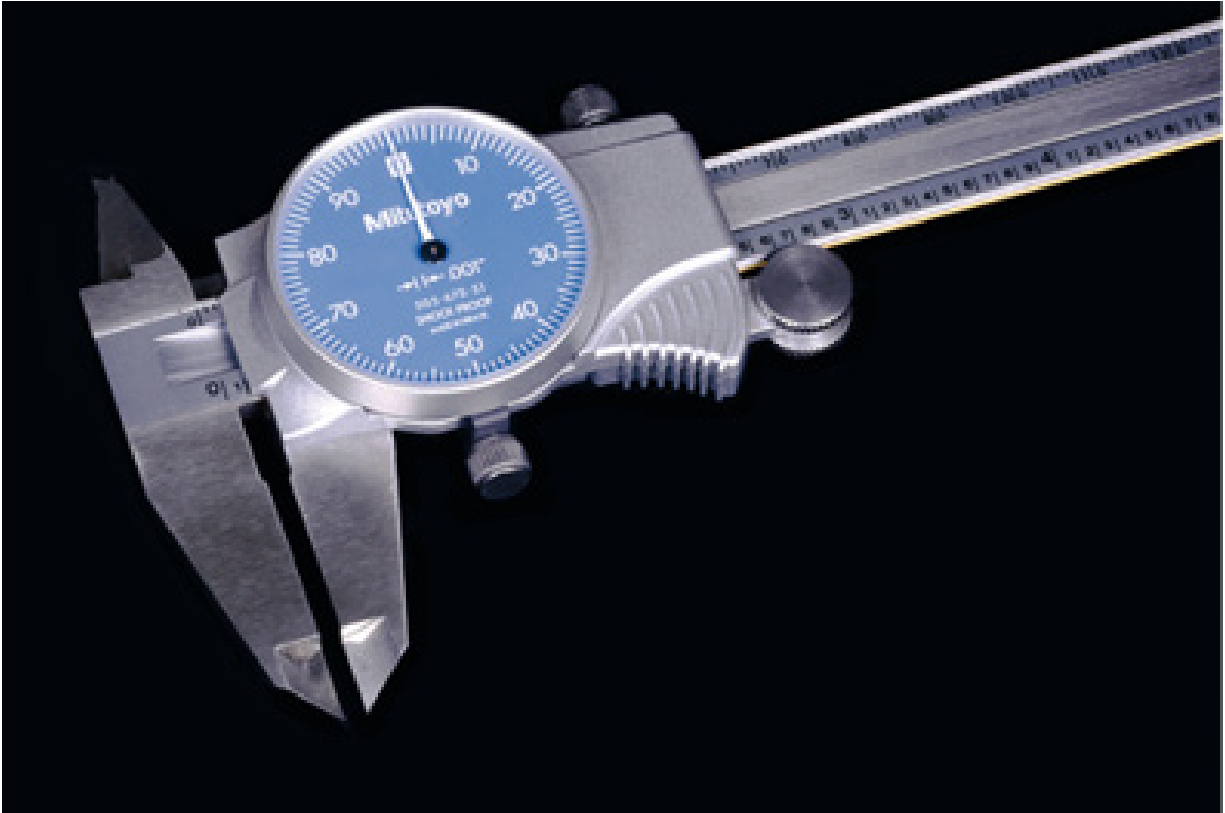
Uma ferramenta de rebarbação alisa e chanfra instantaneamente qualquer borda de plástico ou alumínio serrada grosseiramente, e também pode alargar furos ligeiramente. Isto pode ser necessário, pois alguns componentes são fabricados em tamanhos métricos que não se encaixam nos furos feitos com brocas americanas. Veja a Figura 3.16.



*Figura 3.16 – Uma ferramenta de rebarbação.*

### Opcional: calibradores

Este pode parecer um item de luxo, mas ele é muito útil para medir o diâmetro externo de um objeto redondo (como a rosca em um interruptor ou potenciômetro) ou o diâmetro interno de um furo (no qual você pode querer encaixar um interruptor ou potenciômetro). Veja a Figura 3.17. Se você escolher um que tenha uma saída digital alimentado por uma pilha botão, ele poderá ser alternado entre unidades métricas e polegadas.



*Figura 3.17 – Calibradores podem medir diâmetros internos e externos.*

### Suprimentos

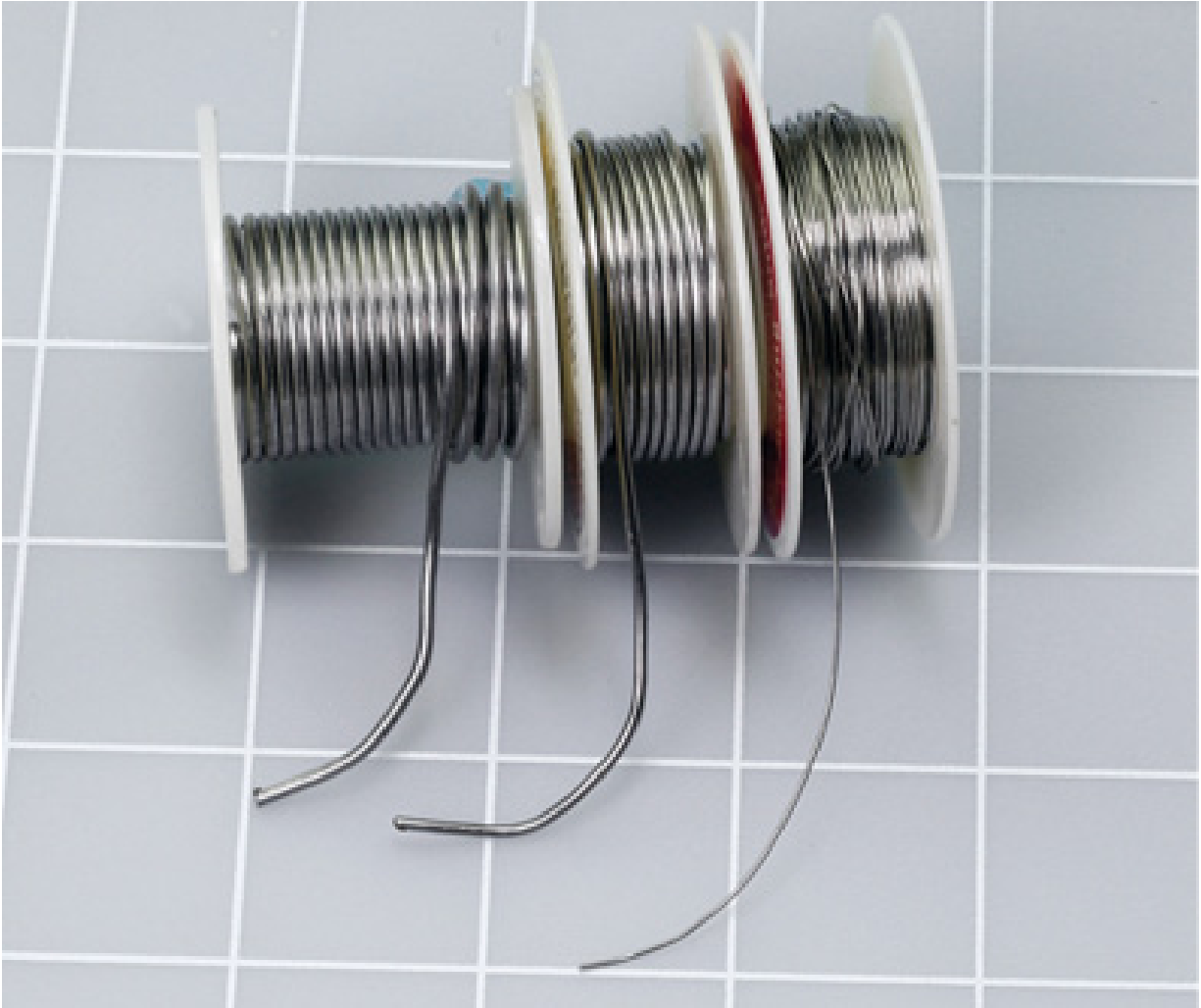
Embora muitas das ferramentas listadas sejam opcionais, os suprimentos tendem a ser essenciais, a menos que você tenha certeza absoluta de que nunca desejará construir uma versão permanente de um dispositivo. As ferramentas e materiais para construir projetos permanentes custarão quase o mesmo que um mês de TV a cabo. Acho que é um investimento válido.

### Essencial: solda

Este é o material que você derreterá para juntar componentes de forma permanente (esperamos). É bom ter uma solda bem fina, 0,5 a 1 mm de diâmetro, para componentes muito pequenos. Uma gama de espessuras de solda é mostrada na Figura 3.18. Para os projetos deste livro, uma quantidade mínima de solda (14 g ou talvez 90 cm) será o suficiente.

Evite comprar solda destinada para encanadores ou para fins de

artesanato, como a criação de bijuterias. A palavra “eletrônica” deve aparecer na descrição do fabricante como uma das finalidades da solda.



*Figura 3.18 – Bobinas de solda de várias espessuras.*

Há certa controvérsia sobre o uso de solda que contém chumbo. Um operador de máquina experiente me garante que este tipo mais antigo de solda cria juntas melhores e mais fáceis a uma temperatura menor, e implica riscos mínimos à saúde, se usada com parcimônia. Ele destacou que solda sem chumbo tem seus próprios problemas, já que contém mais resina orgânica, o que cria mais fumaça. A questão provocou um significativo debate online (em inglês), como você pode observar se procurar por:

lead tin solder safety

Pessoalmente, falta-me conhecimento técnico para avaliar. Sei que se você mora na União Europeia, você não deve usar solda com chumbo por questões ambientais.

Você precisa mesmo é de solda com núcleo de resina orgânica voltada para uso em eletrônica. A escolha é sua se ela contém chumbo ou não.

### Opcional: tubo termorretrátil

Para uso com o soprador térmico, descrito anteriormente. É bom ter uma gama de tamanhos em cores de sua escolha. Veja a Figura 3.19. Você desliza o tubo termorretrátil sobre uma junta de solda e então aplica calor de um soprador térmico. O tubo encolhe em torno da junta, isolando-a. O diâmetro após o encolhimento é tipicamente metade do diâmetro original, mas alguns tubos têm uma taxa de encolhimento menor. Diferentes materiais oferecem características variadas em termos de isolamento, resistência à abrasão e outros fatores. Uma gama incrível de tubos termorretráteis pode ser encontrada na McMaster-Carr, com detalhes sobre as diversas propriedades. Para nossa finalidade, o tubo mais barato deve ser satisfatório, desde que ele seja classificado para 240 volts (ou mais). Um saco ou caixa contendo um sortimento de cinco ou seis diâmetros será suficiente. É mais provável que você use os pequenos em vez dos grandes.



*Figura 3.19 – Uma variedade de tubos termorretráteis.*

### Essencial: cliques jacaré de cobre

Eles absorvem calor quando você está soldando componentes delicados. Não se deixe enganar por cliques de aço que são revestidos de cobre; você deve adquirir realmente o tipo de clipe de cobre sólido. Compre o menor número possível, já que você pode reutilizá-los indefinidamente. Apenas dois são suficientes.



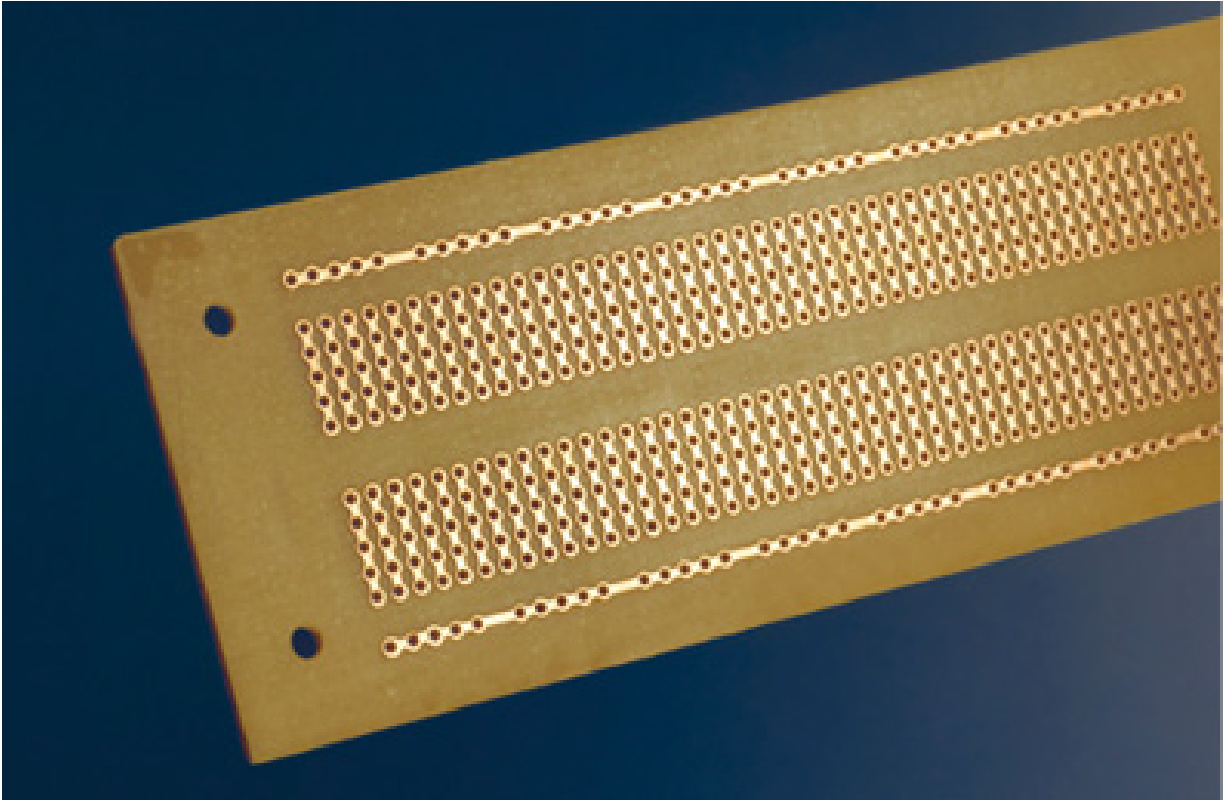
*Figura 3.20 – Estes pequenos cliques de cobre absorvem o calor para proteger os componentes quando você os está soldando.*

### Opcional: placa perfurada

Quando você estiver pronto para passar seu circuito de uma matriz de contatos para um local mais permanente, recomendo soldá-lo a um pedaço de placa perfurada, frequentemente conhecida como “placa de prototipagem”.

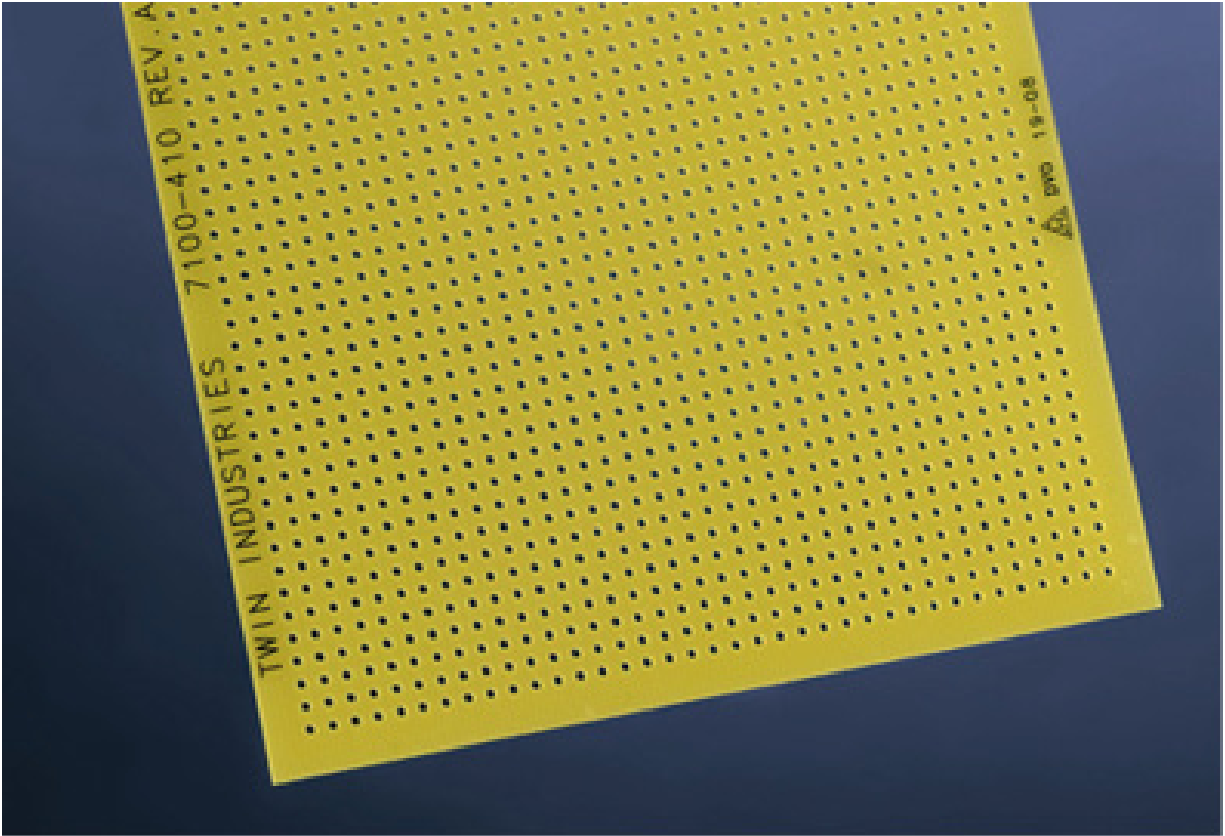
O tipo mais fácil de usar é uma revestida de trilhas de cobre na parte traseira, usando exatamente o mesmo layout dos condutores ocultos dentro de uma matriz de contatos. Isto permite minimizar erros mantendo o mesmo layout de seus componentes quando eles migrarem para a placa perfurada. Veja a Figura 3.21. Inicialmente compre apenas uma placa.





*Figura 3.21 – Esta placa perfurada tem um padrão de trilhas de cobre idêntico ao padrão de condutores dentro de uma matriz de contatos.*

A desvantagem de usar o layout de componentes da matriz de contatos é que ele não é muito eficiente em termos de espaço. Para comprimir um circuito para um tamanho mínimo, você pode tentar uma ligação ponto a ponto em uma placa perfurada simples – mostrarei como fazê-lo no Experimento 14. Talvez você precise de apenas um pequeno pedaço de placa, mas pode comprar um pedaço maior e cortar quanto quiser. Veja a Figura 3.22.



*Figura 3.22 – Placa perfurada simples (sem trilhas de cobre) para ligações ponto a ponto.*

Outra possibilidade é usar a placa perfurada com um padrão diferente de trilhas de cobre. Uma *placa de corte*, por exemplo, apresenta trilhas paralelas que você pode cortar com uma faca no ponto em que quiser interromper uma conexão. Todos que trabalham com soldagem parecem ter um tipo favorito de configuração de placa, mas acho que você precisa se familiarizar com o processo de soldagem antes de começar a explorar as opções.

#### **Opcional: placa de madeira compensada**

Quando você usa um ferro de solda, gotas de solda quente tendem a cair na mesa ou bancada. A solda solidifica quase instantaneamente, pode ser difícil de remover e deixa marcas. Considere usar uma placa de madeira compensada de 60 cm × 60 cm e 1,25 cm de espessura como item descartável de proteção. Você pode comprar uma placa pré-cortada em qualquer loja grande de ferragens.

### Opcional: parafusos de máquina

Para montar componentes atrás de um painel, você precisa de pequenos *parafusos de máquina* (mais conhecidos como “parafusos”). O ideal é eles serem de cabeça chata e que se encaixem rente ao painel, desde que você rebaixe os furos. Sugiro parafusos de aço inoxidável, tamanho #4, nos comprimentos 3/8” e 1/2”, com porcas #4 do tipo que tem insertos de nylon para que não fiquem frouxas.

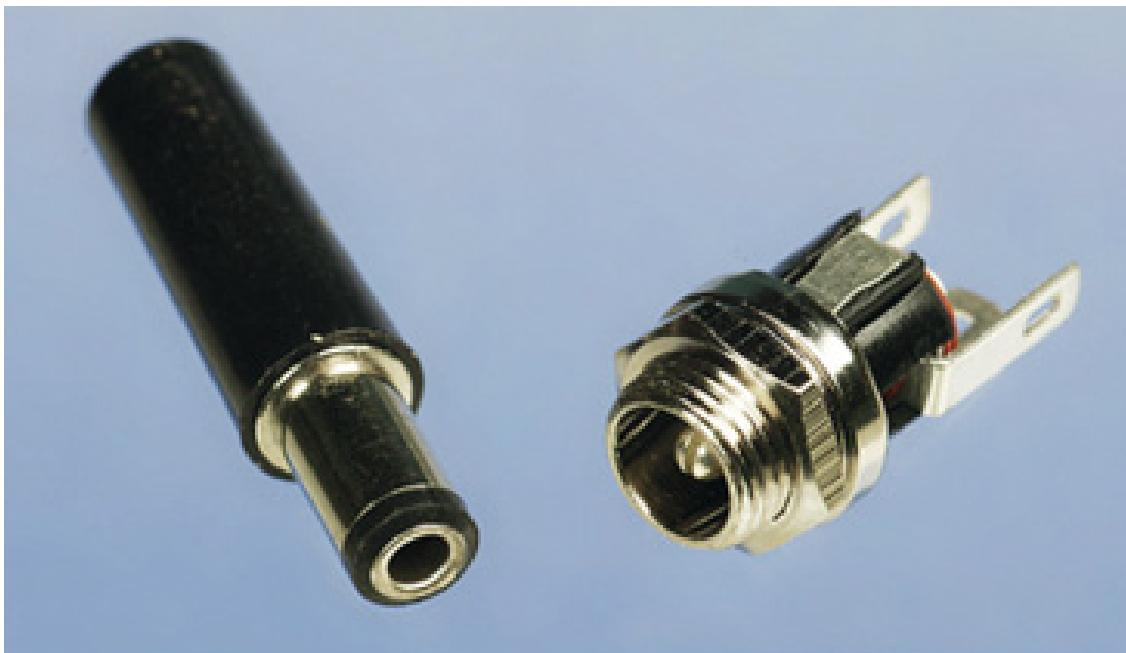
### Essencial: caixas de projeto

Uma caixa de projeto é apenas uma pequena caixa (geralmente de plástico) com uma tampa removível. Como o nome já diz, sua finalidade é guardar um de seus projetos de eletrônica. Você monta seus interruptores, potenciômetros e LEDs em furos que você faz na tampa e prende seu circuito em uma placa perfurada que vai dentro da caixa. Você também pode usar uma caixa de projeto para conter um pequeno alto-falante.

Para o projeto do alarme contra invasão do Experimento 15, você pode usar uma caixa medindo aproximadamente 15 cm de comprimento, 4,5 cm de largura e 5 cm de altura.

### Essencial: conectores de alimentação

Depois de concluir um projeto e colocá-lo em uma caixa, você precisará de uma maneira conveniente de alimentá-lo. Você pode comprar o tipo de par soquete-plugue de baixa tensão DC mostrado na Figura 3.23. Eles são conhecidos como “plugues coaxiais” e “soquetes coaxiais”, mas você também pode encontrá-los descritos como “plugue 6VDC” e “soquete 6VDC”. Eles estão disponíveis em vários tamanhos, mas isto não importa, desde que seus conectores sejam do mesmo tamanho.



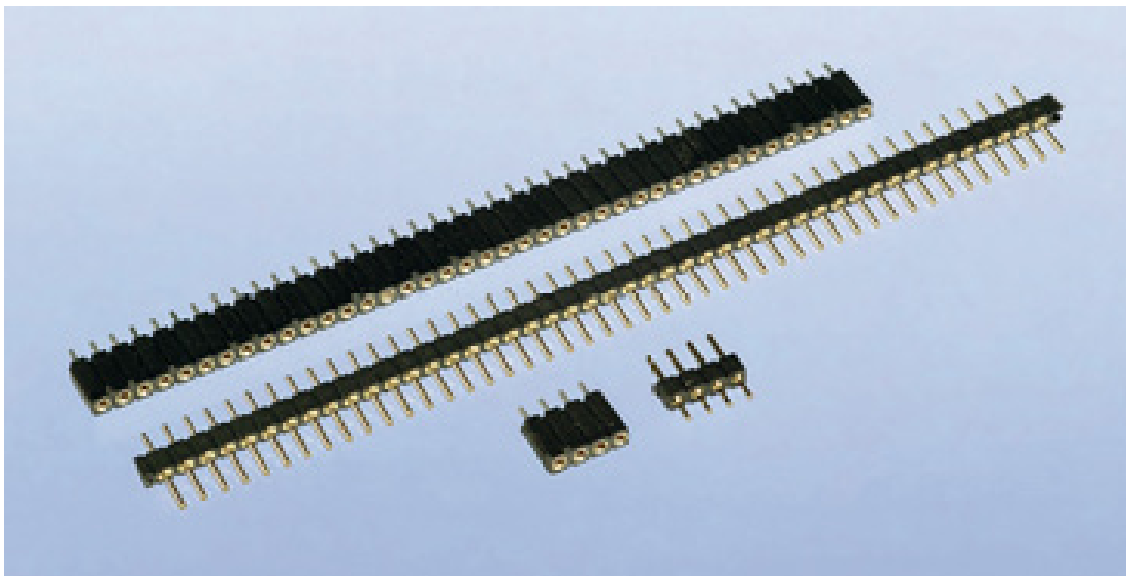
*Figura 3.23 – O soquete da direita pode ser montado em uma caixa de projeto para receber alimentação do plugue à esquerda, que pode ser ligado ao fio de um adaptador AC.*

### Opcional: conectores

Depois de soldar um circuito a uma placa perfurada, você precisará conectá-la a interruptores e botões de pressão separados. Uma conexão não encaixável é preferível, caso você precise corrigir uma falha na placa.

Conhecidos às vezes como *fileira única de soquetes e conectores*, mas também conhecidos como *soquetes para montagem em placa e fileira de conectores*, pequenos conectores vêm em tiras de 36 ou mais e você pode destacar quantos precisar.

A Figura 3.24 mostra fileiras de pinos antes e depois de separados em pequenas seções. Certifique-se de que as interconexões tenham um espaçamento de terminal de 0,1" para corresponder ao espaçamento de sua placa perfurada. (Algumas interconexões têm espaçamento em unidades métricas.)



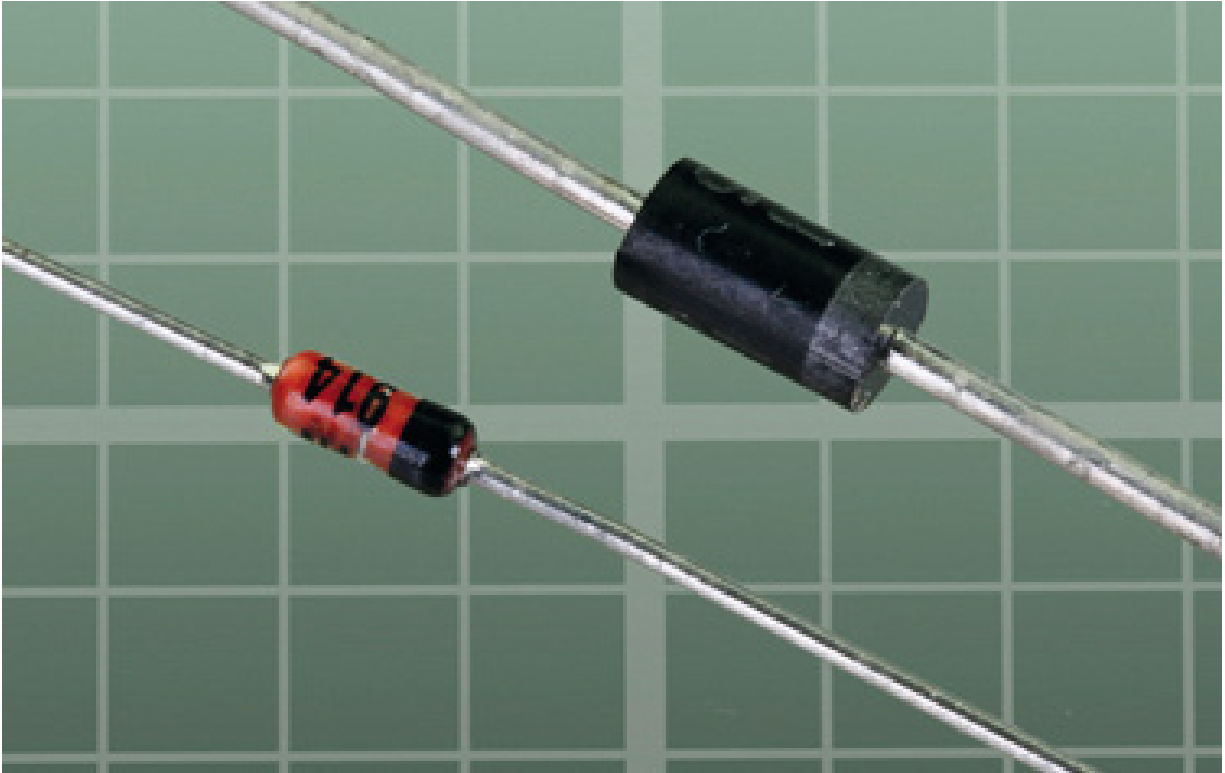
*Figura 3.24 – Interconexões miniaturas são frequentemente conhecidas como “conectores”.*

## Componentes

Vou lembrá-lo novamente que estão disponíveis kits de componentes. Veja “Kits”. Se você preferir comprar seus próprios componentes online, veja “Componentes”. Além dos componentes descritos no início do Capítulo 2 (veja “Componentes”), você precisará do seguinte.

## Diodos

Um diodo permite a passagem de corrente elétrica em uma direção e bloqueia na direção oposta. O terminal do diodo que deve ser mais negativo é conhecido como *catodo*. Ele é marcado com uma linha, como mostrado na Figura 3.25. O diodo da direita, nesta foto, é um 1N4001, cuja corrente nominal é um pouco maior que a do 1N4148, à esquerda. Eles são baratos e provavelmente serão úteis no futuro, portanto compre 10 de cada. O fabricante é irrelevante.



*Figura 3.25 – Dois diodos. O terminal mais negativo está indicado.*

## Experimento 12: Unindo dois fios

Agora você está pronto para começar a usar tudo que acabei de descrever e o primeiro item deve ser um ferro de solda.

Sua aventura no mundo da soldagem começa com uma tarefa prosaica de unir dois fios, mas rapidamente você será levado a criar um circuito eletrônico completo em uma placa perfurada. Vamos começar!

### O que será necessário

- Fio, alicate de corte, desencapador de fio
- Ferro de solda de 30 ou 40 W
- Ferro de solda de 15 W
- Solda fina
- Opcional: solda média
- Suporte “Terceira Mão” para segurar seu trabalho

- Opcional: tubo termorretrátil, variados
- Opcional: soprador térmico
- Opcional: um pedaço de papelão grosso ou madeira compensada para proteger sua área de trabalho das gotas de solda

### Cuidado: ferros de solda esquentam!

Tome estas precauções básicas:

Use um suporte adequado (como aquele incorporado à Terceira Mão) para segurar seu ferro de solda. Não deixe o ferro de solda sobre uma bancada.

Se tiver filhos ou animais de estimação, lembre-se de que eles podem brincar, agarrar ou pegar o fio de seu ferro de solda. Eles podem se machucar (ou machucar você).

Cuidado para nunca encostar a ponta quente do ferro no cabo de alimentação que fornece energia para o ferro. Ele pode derreter o plástico em segundos e causar um perigoso curto-circuito.

Se você derrubar um ferro de solda, não banque o herói tentando pegá-lo.

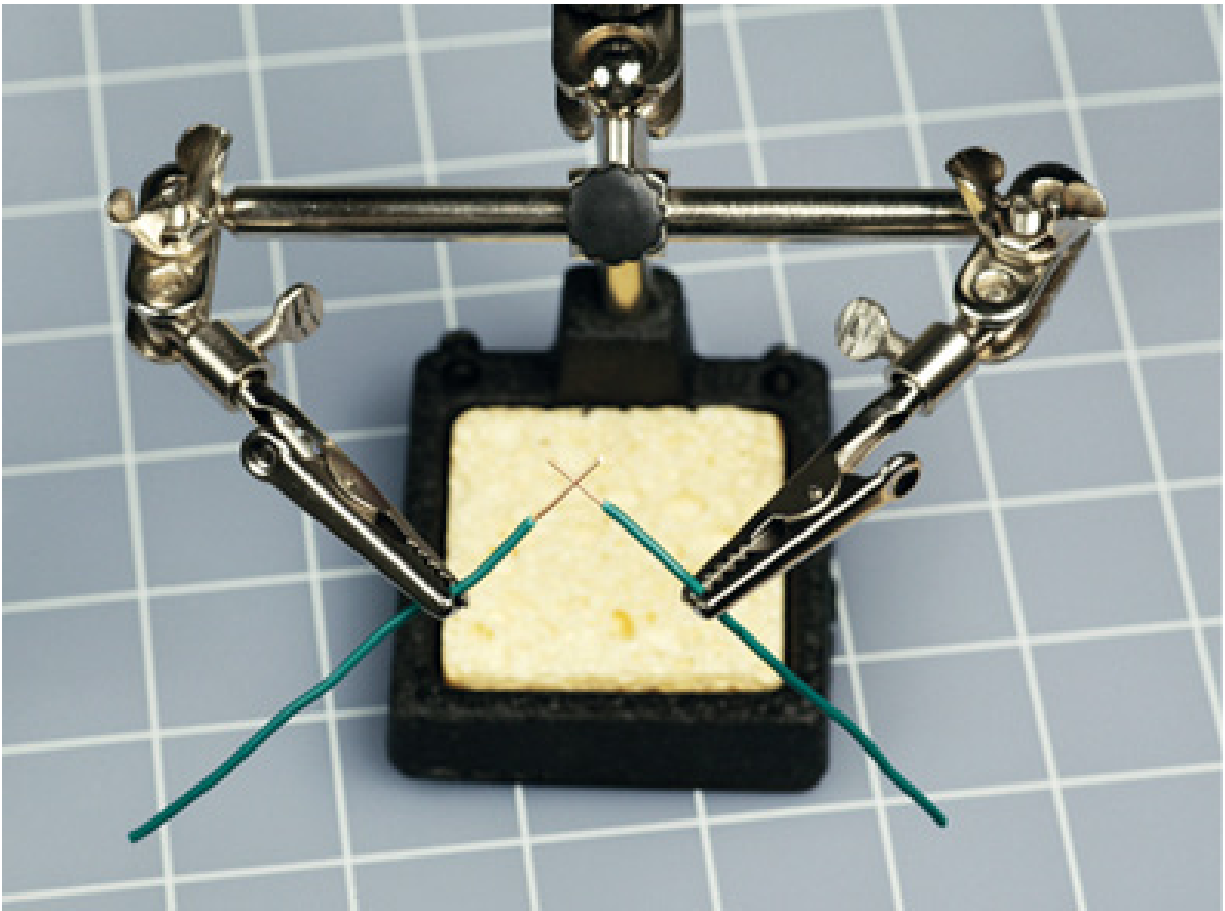
A maioria dos ferros de solda não tem avisos luminosos indicando que estão ligados. Como regra geral, sempre assuma que um ferro de solda está quente, mesmo que ele esteja desligado da tomada. Ele pode reter calor suficiente para queimá-lo por mais tempo do que imagina.

### Sua primeira junta de solda

Começaremos com o ferro de solda de uso geral, aquele com potência nominal de 30 ou 40 watts. Ligue-o na energia, apoie-o com segurança em seu suporte e procure algo para fazer por cinco minutos. Se você tentar usar um ferro de solda sem esperar até que ele aqueça totalmente, você não criará juntas boas, pois a solda pode não derreter completamente.

Remova o isolante das extremidades de dois pedaços de fio sólido 22 AWG e prenda-os em sua Terceira Mão de modo que eles se

cruzem e se toquem, como mostrado na Figura 3.26.



*Figura 3.26 – Pronto para sua primeira aventura de soldagem.*

Para ter certeza de que o ferro está quente, encoste sua ponta em um pedaço fino de solda. A solda deve derreter instantaneamente. Se ela derreter lentamente, então o ferro ainda não está quente o suficiente.

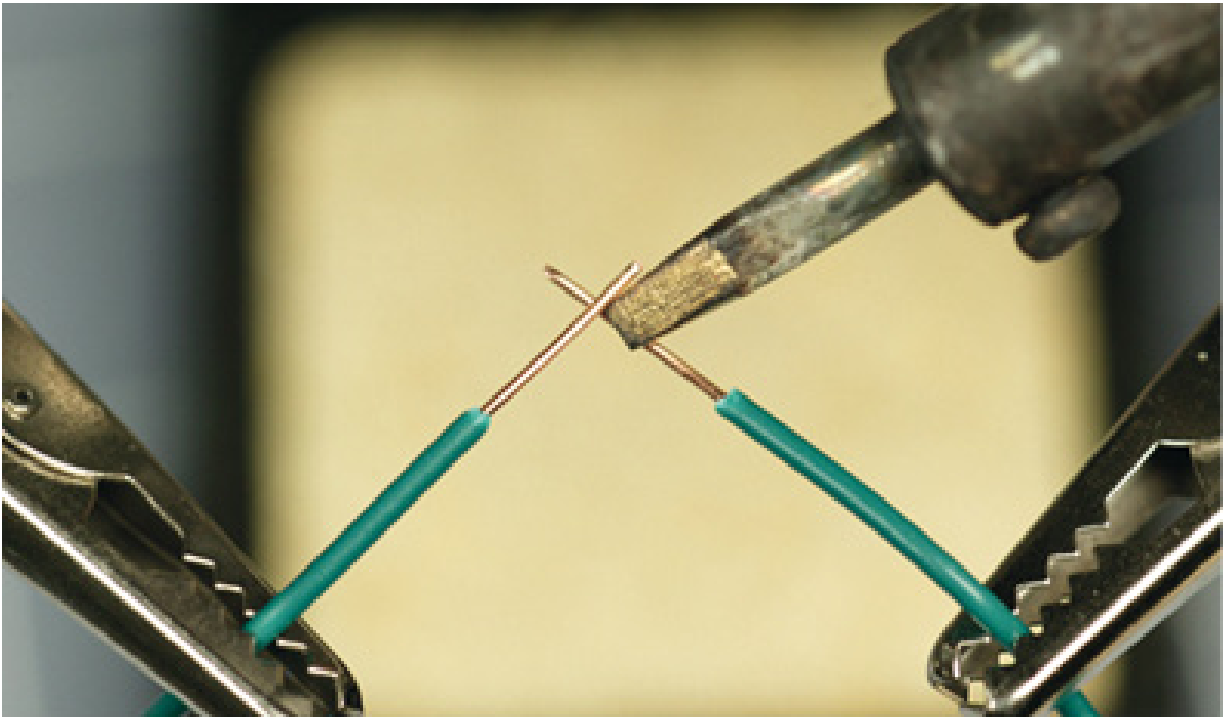
Se a ponta de seu ferro de solda estiver suja, você deve limpá-la. O procedimento usual é umedecer a esponja integrada ao suporte do ferro de solda e esfregar a ponta do ferro na esponja. Pessoalmente eu prefiro não proceder assim, pois acredito que umedecer a ponta causa expansão e contração térmica, o que pode resultar em pequenas fissuras no revestimento da ponta. Eu esfrego um pedaço de papel amassado na ponta do ferro de solda, bem rápido para evitar chauscar o papel. Em seguida, aplico uma minúscula quantidade de solda e esfrego a ponta novamente, até que ela fique



uniformemente brilhante.

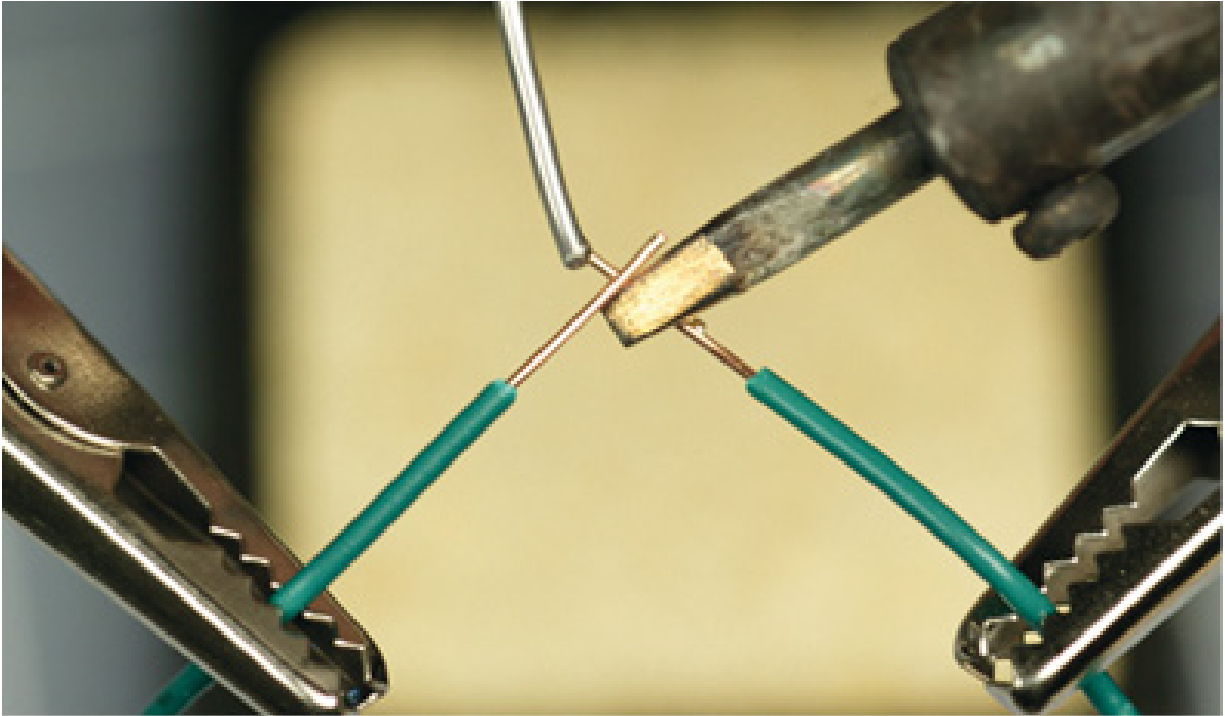
Quando a ponta do ferro de solda estiver limpa, siga os passos mostrados nas Figuras 3.27, 3.28, 3.29, 3.30 e 3.31.

**Passo 1.** Encoste a ponta quente do ferro na intersecção dos fios por três segundos para aquecê-los.



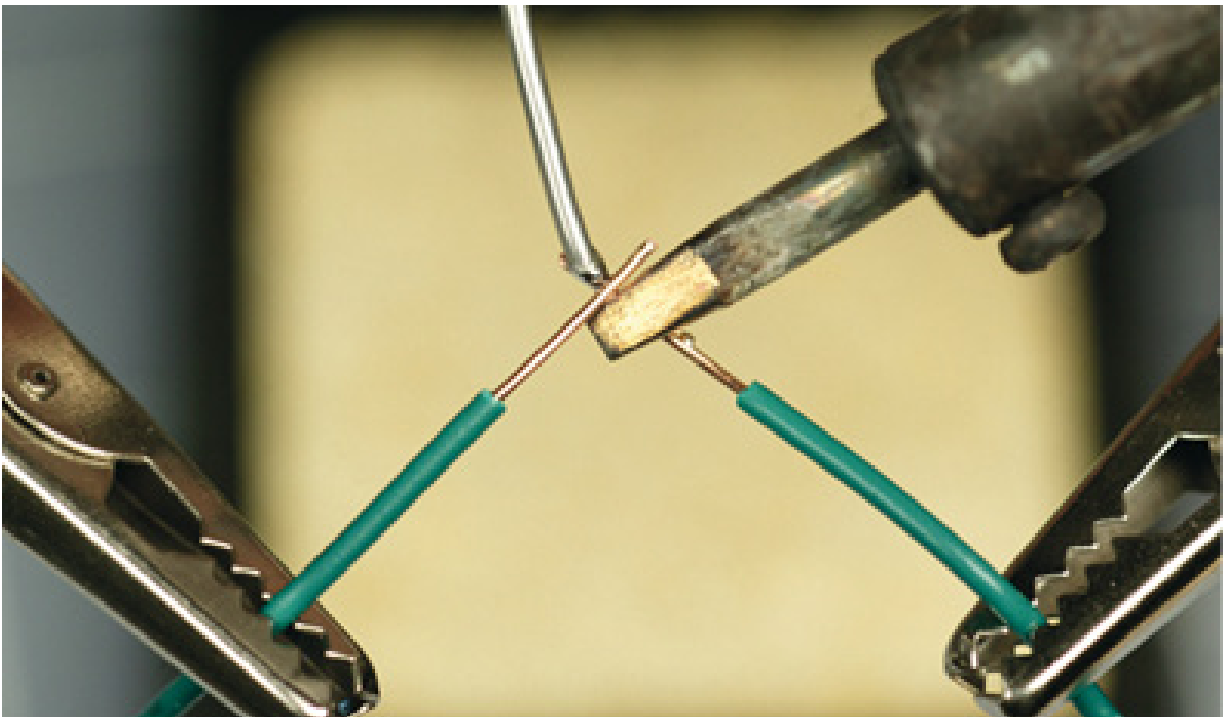
*Figura 3.27 – Passo 1.*

**Passo 2.** Enquanto mantém o ferro nesta posição, coloque um pouco de solda na intersecção dos fios, também tocando a ponta do ferro de solda. Desta forma, os dois fios, a solda e a ponta do ferro devem se unir em um único ponto.



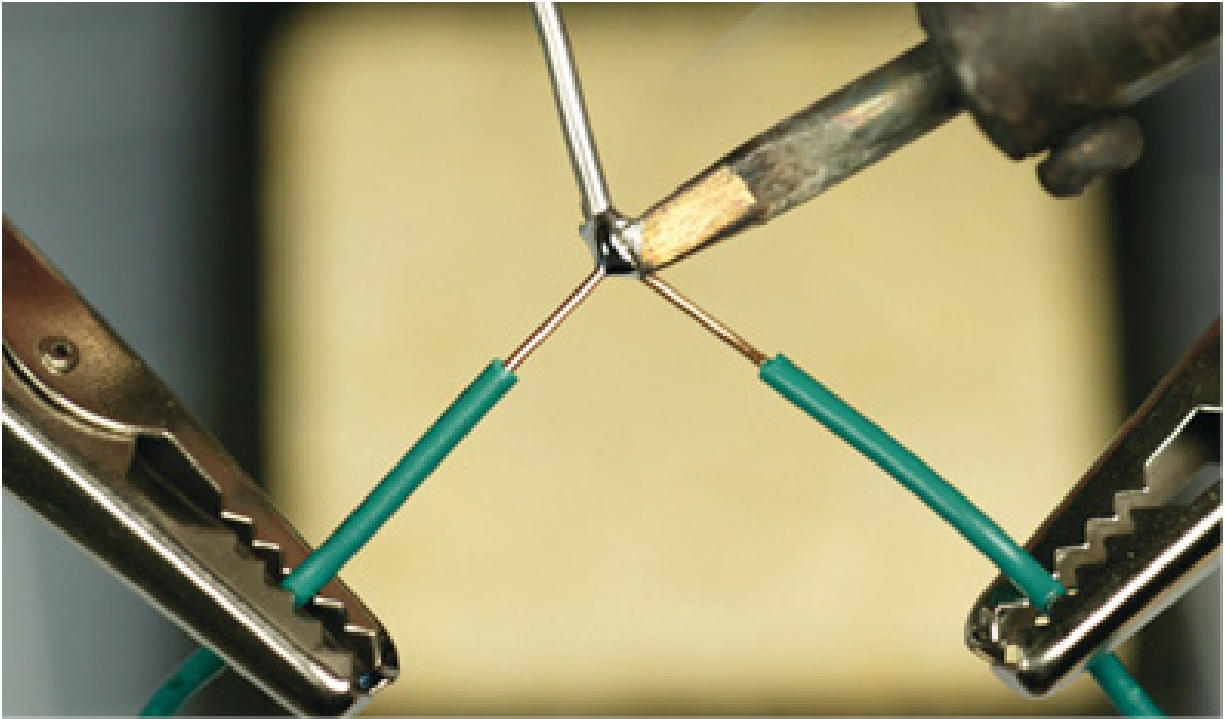
*Figura 3.28 – Passo 2.*

**Passo 3.** Inicialmente, a solda pode derreter lentamente. Tenha paciência.



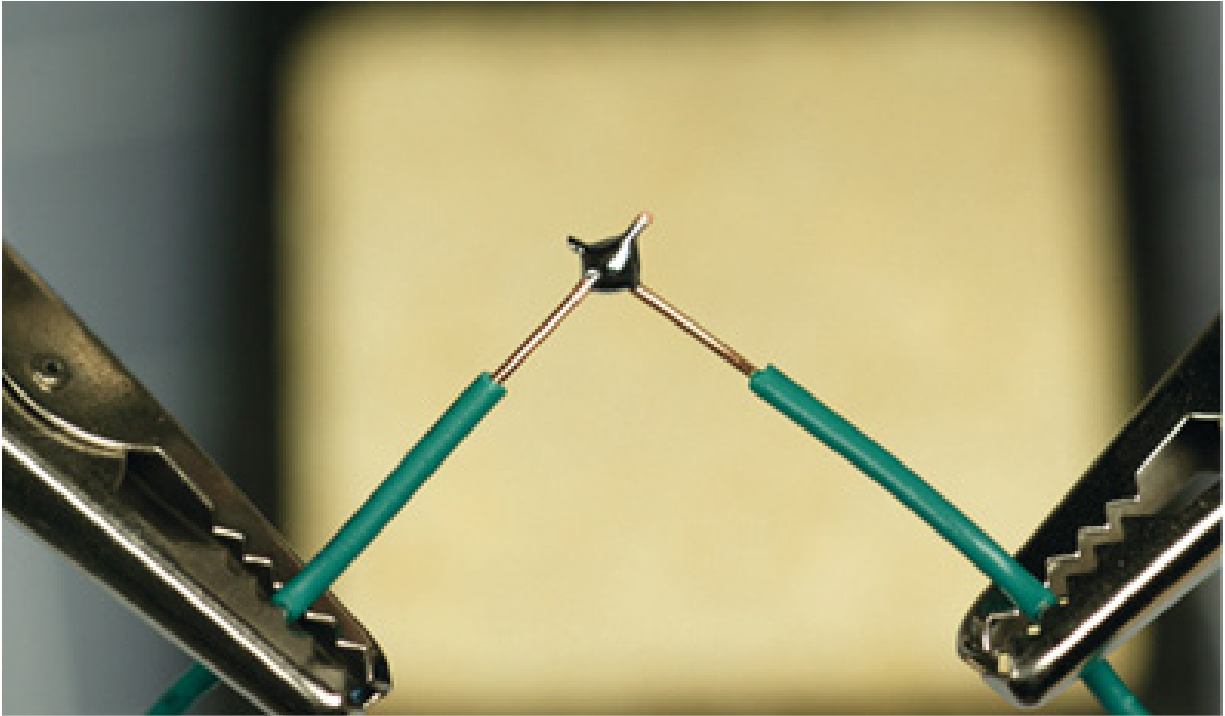
*Figura 3.29 – Passo 3.*

**Passo 4.** Agora você verá a solda formando uma bela gota redonda.



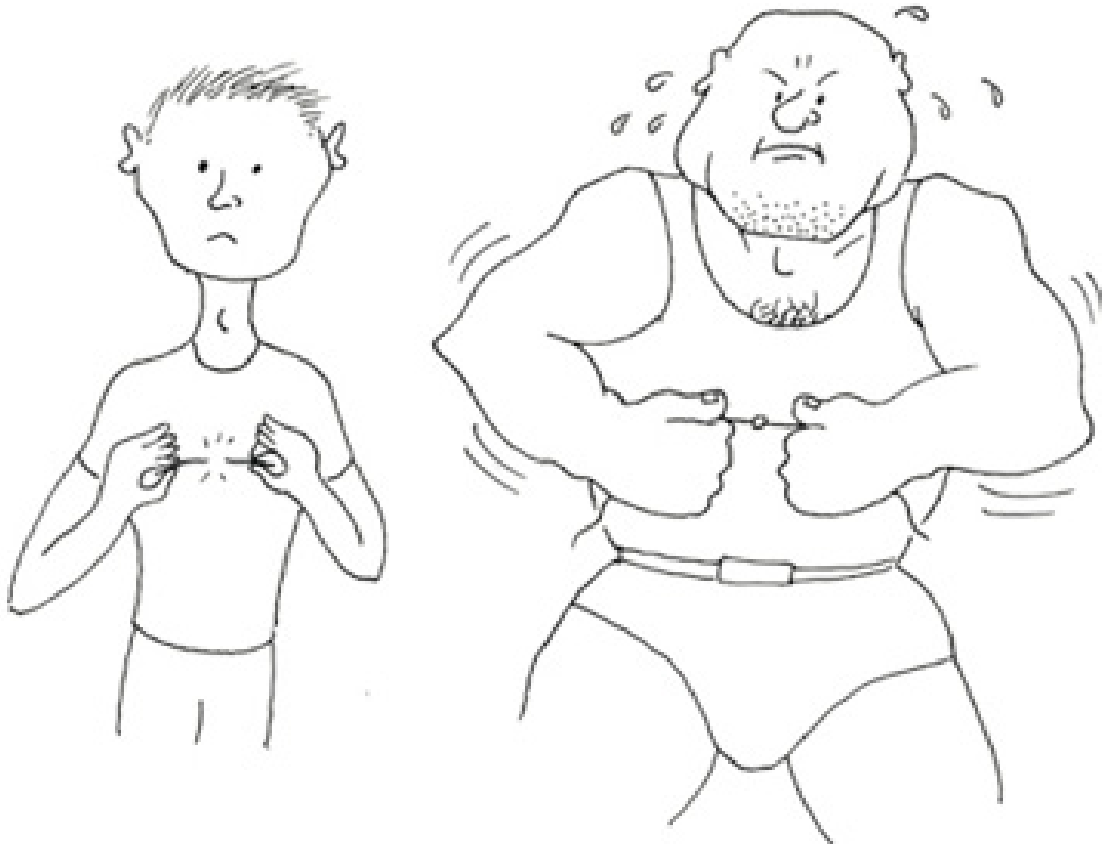
*Figura 3.30 – Passo 4.*

**Passo 5.** Remova o ferro e a solda. Sopre sobre a junta para esfriá-la. Dentro de 10 segundos, ela deve estar fria o suficiente para ser tocada. A junta concluída deve ser brilhante, uniforme e de formato arredondado.



*Figura 3.31 – Passo 5.*

Quando a junta esfriar, solte os fios das garras e tente separá-los. Puxe com força! Se eles derrotarem suas melhores tentativas de separá-los, os fios estão eletricamente unidos e continuarão unidos. Se você não fez uma boa junta, você conseguirá separar os fios relativamente fácil, provavelmente porque não aplicou calor ou solda suficiente. A Figura 3.32 dá uma ideia geral.



*Figura 3.32 – Diferenciar entre uma má junta de solda (esquerda) e uma boa junta (direita) não é tão difícil.*

O motivo pelo qual eu pedi para você começar usando o ferro de solda de alta potência é que ele fornece mais calor, o que facilita seu uso.

Os passos do processo de soldagem podem ser resumidos assim: aplique calor aos fios, incorpore a solda enquanto mantém o calor, aguarde a solda começar a derreter, aguarde mais um pouco para ela formar uma gota completamente derretida e então remova o calor. Todo o processo deve levar entre quatro e seis segundos.

### Histórico: mitos sobre soldagem

**Mito nº 1: Soldagem é muito difícil.** Milhões de pessoas aprenderam como soldar e elas não devem ser mais competentes do que você. Eu tenho um problema antigo de tremor nas mãos, o que dificulta segurar pequenos objetos com firmeza. Eu também fico impaciente com tarefas detalhadas e repetitivas. Se eu consigo

soldar componentes, praticamente qualquer um pode.

**Mito nº 2: Soldagem coloca sua saúde em risco com elementos químicos venenosos.** Você deve evitar inalar a fumaça, mas isso também se aplica a produtos do dia a dia como alvejantes e tinta. Você deve lavar as mãos depois de mexer com solda e para o trabalho ficar completo, use uma escova de unha. No entanto, se a soldagem representasse um risco significativo à saúde, teríamos visto uma alta taxa de mortalidade entre os praticantes de eletrônica como hobby décadas atrás.

**Mito nº 3: Ferros de solda são perigosos.** Um ferro de solda é menos perigoso que o ferro usado para passar roupa, pois ele fornece menos calor. Na verdade, em minha experiência, soldagem é mais seguro que a maioria das atividades em uma típica oficina caseira. Claro que isso não significa que você possa ser descuidado. O ferro é quente o suficiente para queimar sua pele se você encostar nele.

### Fundamentos: oito erros de soldagem

**Calor insuficiente.** A junta parece OK, mas como não foi aplicado calor suficiente, a solda não derreteu o bastante para realinhar sua estrutura molecular interna. Ela permaneceu granular em vez de se tornar uma gota sólida e uniforme, e você acaba ficando com uma *junta de solda fria*, que irá se desfazer quando você puxar os fios. Reaqueça a junta completamente e aplique nova solda.

**Levar solda até a junta.** Uma importante causa de solda subaquecida é a tentação de derreter um pouco de solda no ferro e então levá-la até o local onde será aplicada. Isto significa que os fios estarão frios quando você tentar fazer com que a solda grude neles. O que você deve fazer é esquentar os fios com o ferro de solda antes e depois aplicar a solda. Desta forma, os fios estarão quentes a ajudarão a derreter a solda.

- Uma vez que este é um problema universal, vou repetir. Não se deve colocar solda quente em fios frios. O recomendado é colocar solda fria em fios quentes.

**Calor demais.** Isto não prejudica a solda, mas pode danificar tudo ao redor. A isolação de vinil irá derreter, expondo fio demais e aumentando o risco de curto-circuito. Você pode facilmente danificar semicondutores e até mesmo derreter as partes internas de plástico dos interruptores e conectores. Componentes danificados precisam ser dessoldados e substituídos, o que leva tempo e é uma chateação. Se sua tentativa de soldagem não está funcionando por algum motivo, recue, faça uma pausa e deixe tudo esfriar um pouco antes de tentar novamente.

**Solda insuficiente.** Uma conexão fina entre dois condutores pode não ser forte o suficiente. Ao unir dois fios, sempre verifique o lado de baixo da junta para ver se a solda penetrou totalmente.

**Mover a junta antes de a solda solidificar.** Isto pode criar uma fratura não necessariamente visível. Ela pode não impedir que seu circuito funcione, mas em algum momento futuro, como resultado de vibração ou estresse térmico, a fratura pode aumentar e romper o contato elétrico. Descobrir esse problema será uma tarefa difícil. Se você prender os componentes antes de uni-los ou usar uma placa perfurada para manter os componentes firmes, é possível evitar este problema.

**Sujeira ou gordura.** A solda elétrica contém resina orgânica que limpa o metal com o qual você está trabalhando, mas os contaminantes ainda podem impedir que a solda grude. Se qualquer componente parecer sujo, limpe-o com uma lixa fina antes de soldá-lo.

**Carbono na ponta de seu ferro de solda.** O ferro gradualmente acumula manchas de carbono escuro durante o uso e elas podem funcionar como uma barreira para a transferência de calor. Limpe a ponta, como descrito anteriormente.

**Materiais inadequados.** A solda elétrica foi projetada para componentes eletrônicos. Ela não funciona com alumínio, aço inoxidável e vários outros metais. Talvez você consiga fazê-la aderir a itens cromados, mas com dificuldade.

**Não testar a junta.** Não assuma que tudo está OK. Sempre teste a

junta aplicando força manual. Se você não conseguir segurar a junta, flexione-a um pouco usando a lâmina de uma chave de fenda ou use pequenos alicates para tentar separar as partes. Não se preocupe em arruinar seu trabalho. Se sua junta não sobreviver a este tratamento brusco, ela não era uma boa junta.

Dos oito erros, juntas de solda fria são de longe o pior, pois são fáceis de cometer e podem parecer OK.

### Histórico: alternativas à soldagem

Até a década de 1950, as conexões dentro de aparelhos eletrônicos como rádios ainda eram soldadas à mão por trabalhadores em linhas de produção. Porém, o crescimento das centrais telefônicas criou a necessidade de uma maneira mais rápida de criar um grande número de conexões ponto a ponto velozes e confiáveis, e o *wire-wrap* se tornou uma alternativa viável.

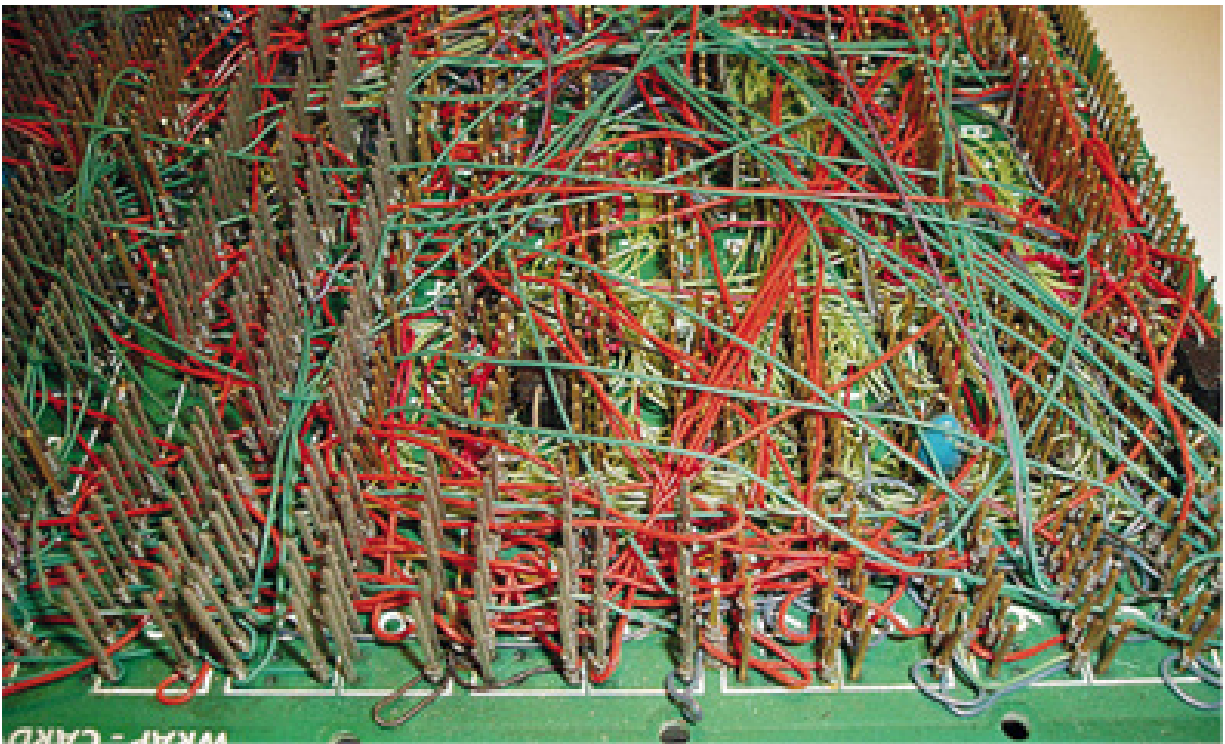
Em um projeto de eletrônica usando a tecnologia wire-wrap, os componentes são montados em uma placa de circuito que tem pinos longos, quadrados, banhados a ouro e de cantos afiados saindo de sua parte traseira. Um fio especial revestido de prata é usado com 2,5 cm de isolante removido de cada uma de suas pontas. Uma ferramenta manual ou elétrica enrola a extremidade de um fio em torno de um dos pinos, aplicando tensão suficiente para “soldar a frio” o pino ao revestimento prateado macio do fio. Esse processo exerce pressão suficiente para criar uma junta muito confiável, especialmente porque são aplicadas de sete a nove voltas do fio, cada volta tocando os quatro cantos do pino.

Durante as décadas de 1970 e 1980, este sistema foi adotado por amadores que construíaam seu próprio computador doméstico. Uma placa de circuito com wire-wrap de um computador construído à mão é exibida na Figura 3.33. A técnica foi usada pela NASA para a fiação do computador do veículo espacial Apollo em sua viagem à Lua, mas, hoje em dia, esta técnica tem poucas aplicações comerciais.

O uso industrial disseminado de componentes “encaixados”, como os



chips dos primeiros computadores desktop, encorajou o desenvolvimento de soldagem por onda, no qual uma onda ou cascata de solda derretida é aplicada mecanicamente ao lado inferior de uma placa de circuito preaquecida, onde os chips foram inseridos. Uma técnica de mascaramento evita que a solda grude onde não deve.



*Figura 3.33 – Esta foto mostra parte dos circuitos construídos com a técnica de “wire-wrap” do computador personalizado e CPU de 8 bits de Steve Chamberlin. Conectar tal rede de fios com soldagem à mão teria sido muito demorado e propenso a falhas. Crédito da foto: Steve Chamberlin.*

Hoje em dia, componentes de montagem em superfície (que são significativamente menores do que seus equivalentes encaixados) são colados a uma placa de circuito com uma pasta de solda, e toda a montagem é então aquecida, derretendo a pasta para criar uma conexão permanente.

### Sua segunda junta de solda

Chegou a hora de testar seu ferro de solda de 15 W. Mais uma vez,

você precisa deixá-lo ligado na tomada por uns cinco minutos para garantir que ele esteja quente o suficiente. Enquanto isso, lembre-se de desligar o outro ferro de solda da tomada e guarde-o em algum lugar seguro enquanto esfria.

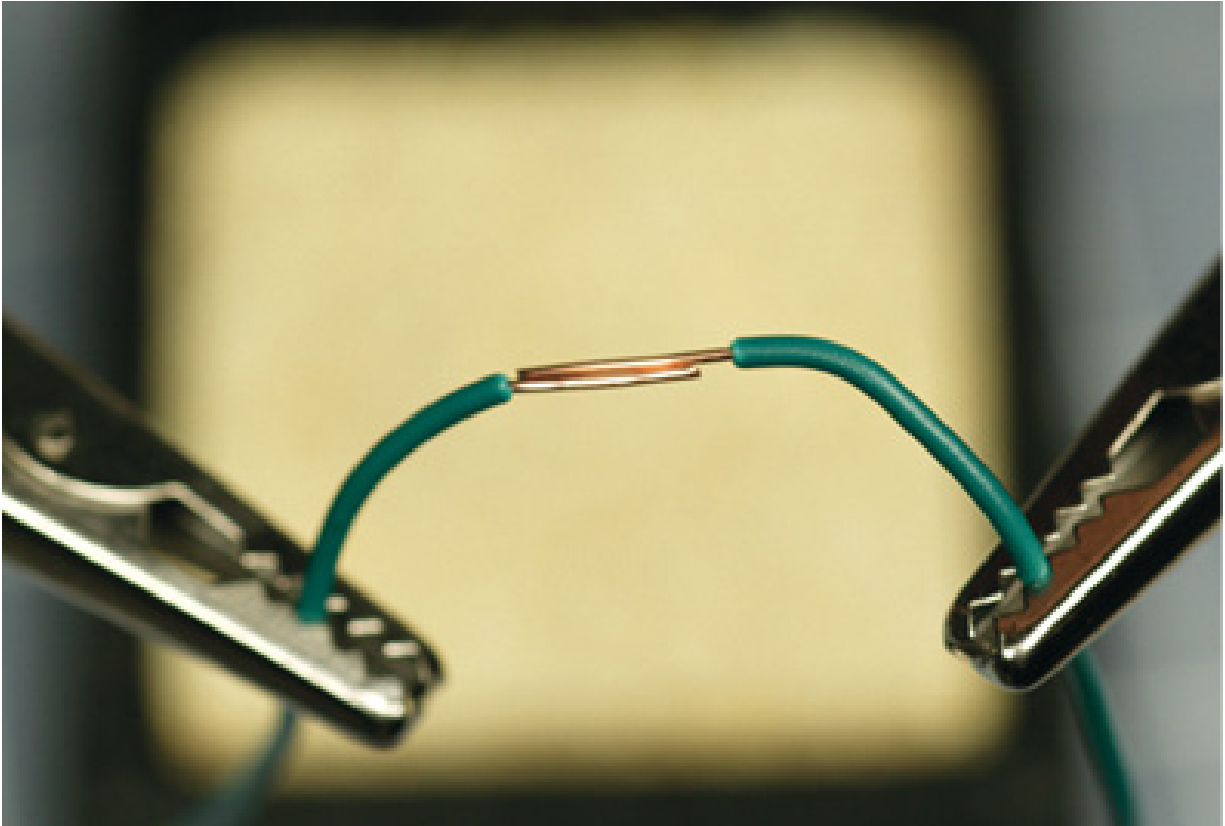
Use solda fina para fazer esta junta. Ela precisa de menos calor do ferro de solda menos potente.

Desta vez quero que você alinhe os fios em paralelo. Uni-los desta forma é um pouco mais difícil que uni-los quando estão cruzados, mas é uma habilidade necessária. Caso contrário, você não conseguirá deslizar o tubo termorretrátil sobre a junta concluída para isolá-la.

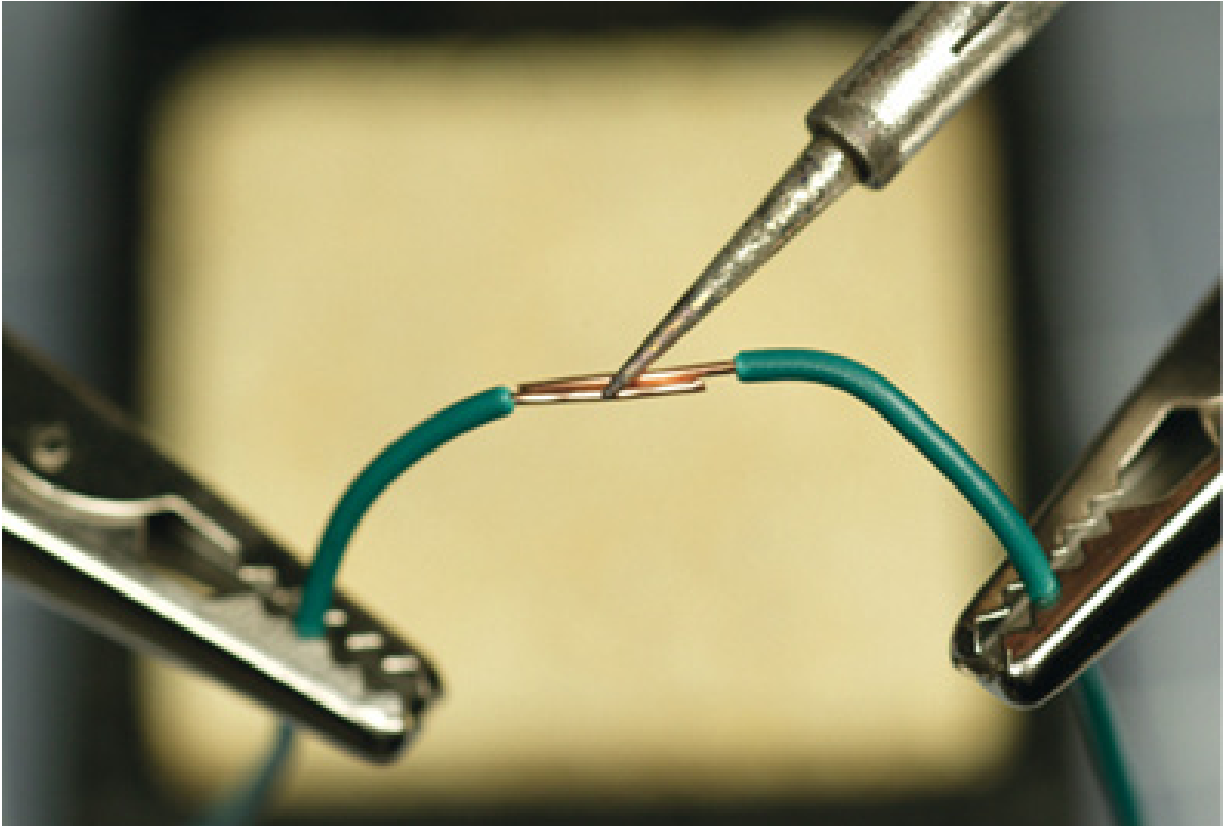
Os cinco passos para criar esta junta são mostrados nas Figuras 3.34, 3.35, 3.36, 3.37 e 3.38. No começo, os dois fios não precisam estabelecer um contato perfeito entre eles; a solda preencherá os pequenos intervalos. Assim como antes, os fios precisam estar quentes o suficiente para que solda flua e isto pode levar alguns segundos a mais quando se usa um ferro de baixa potência.

Certifique-se de fornecer solda como mostrado nas figuras. Lembre-se: não tente carregar a solda até a junta na ponta do ferro de solda. Aqueça os fios primeiro e então encoste a solda nos fios e na ponta do ferro, enquanto mantém contato com os fios. Espere até que solda se liquefaça e você a verá escorrendo avidamente até a junta. Se isto não acontecer, seja mais paciente e aplique o calor por mais um tempo.

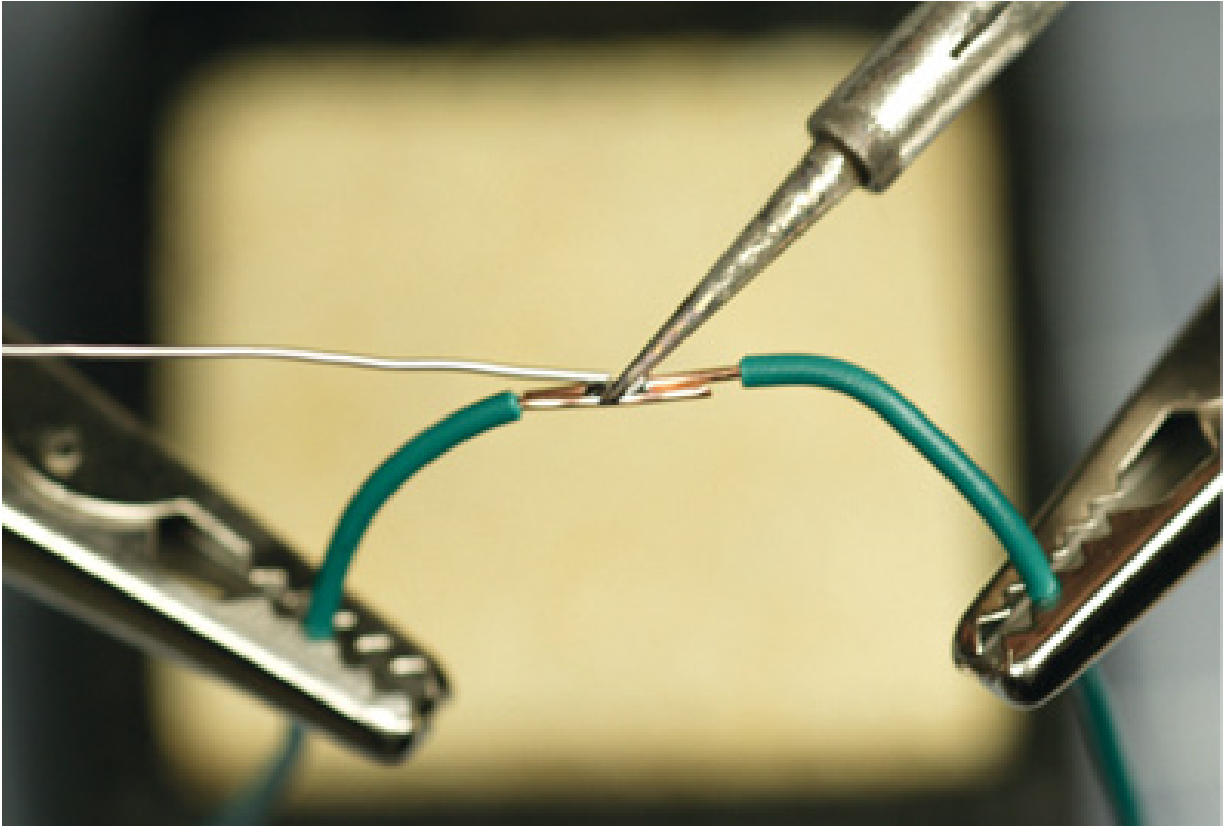
A junta concluída tem solda suficiente em termos de robustez, mas não tanta solda que impeça que o tubo termorretrátil deslize sobre ela. Falarei disso em breve.



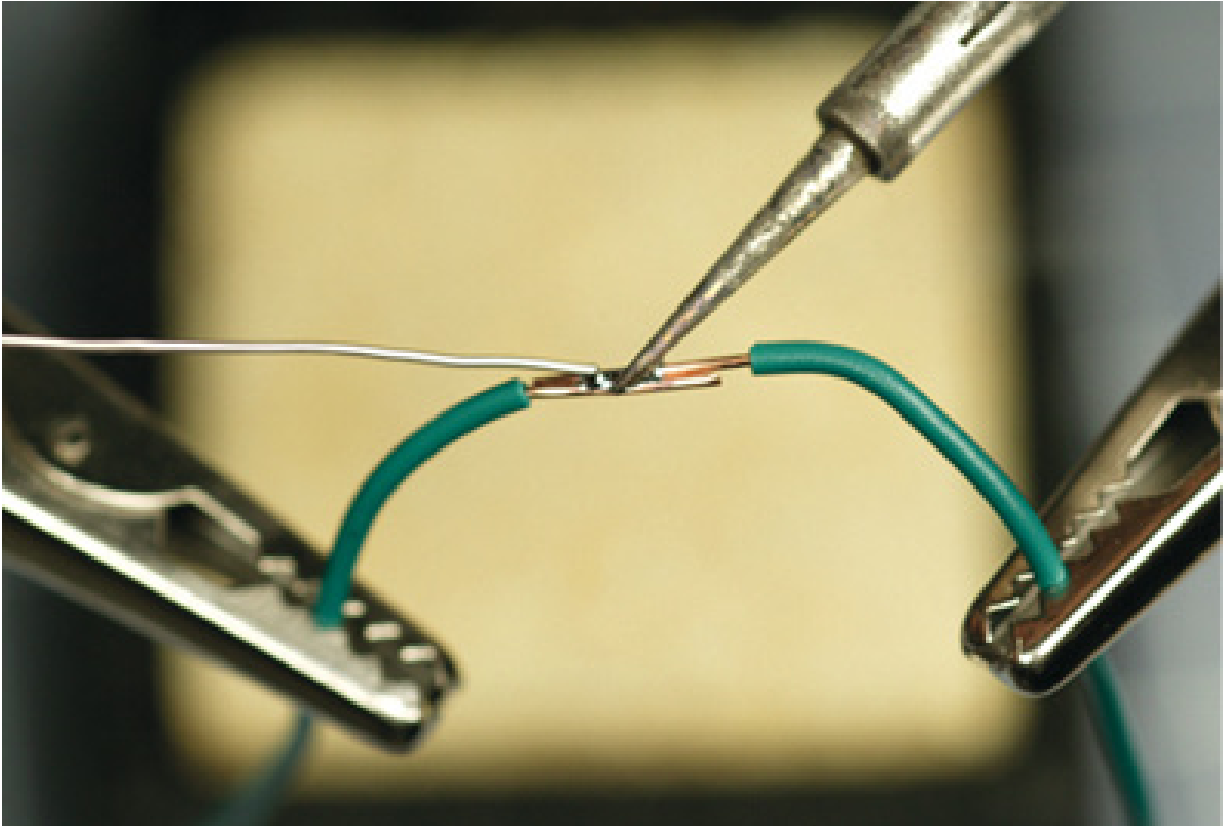
*Figura 3.34 – Passo 1: Alinhe os fios.*



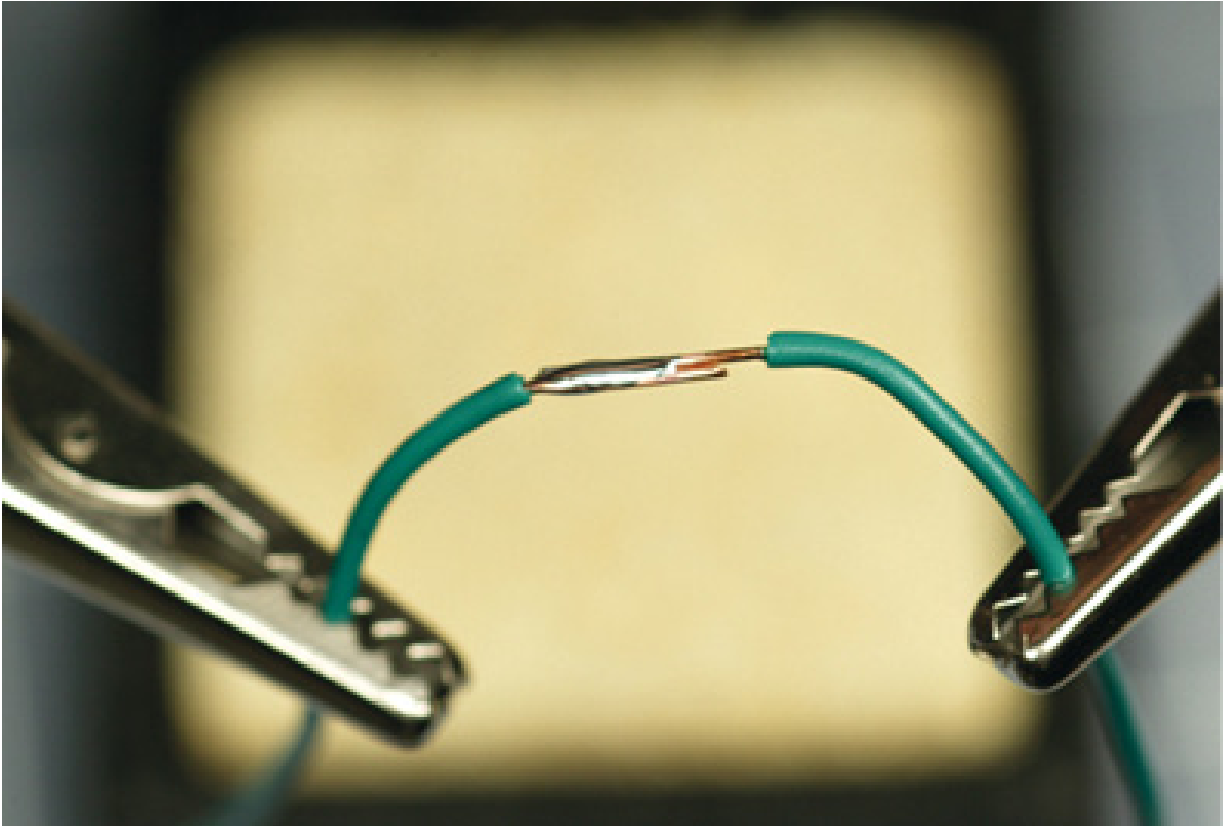
*Figura 3.35 – Passo 2: Aqueça os fios.*



*Figura 3.36 – Passo 3: Continue aquecendo os fios e aplique a solda. Aguarde até ela começar a derreter. Tenha paciência.*



*Figura 3.37 – A solda agora está derretendo para dentro da junta.*

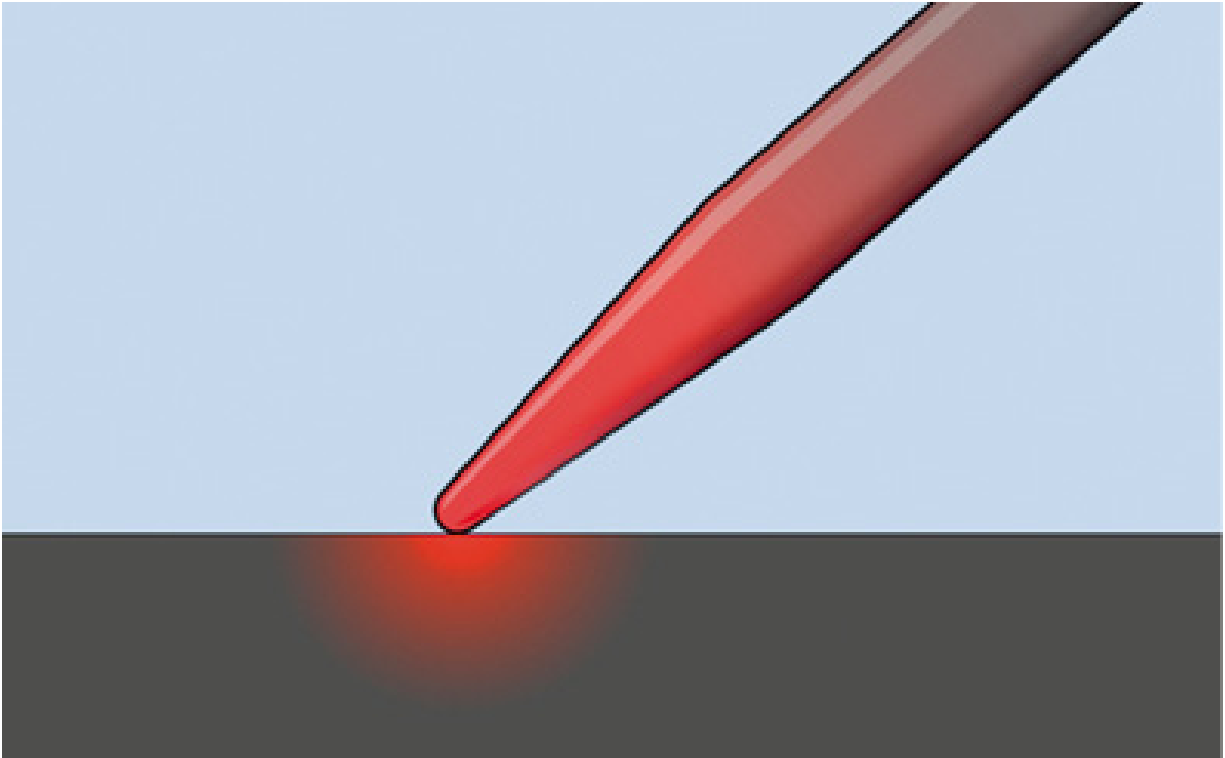


*Figura 3.38 – A junta concluída é brilhante e a solda se espalhou pelos fios de cobre.*

### Teoria: transferência de calor

Quanto melhor você entender o processo de soldagem, mais fácil será criar boas juntas de solda.

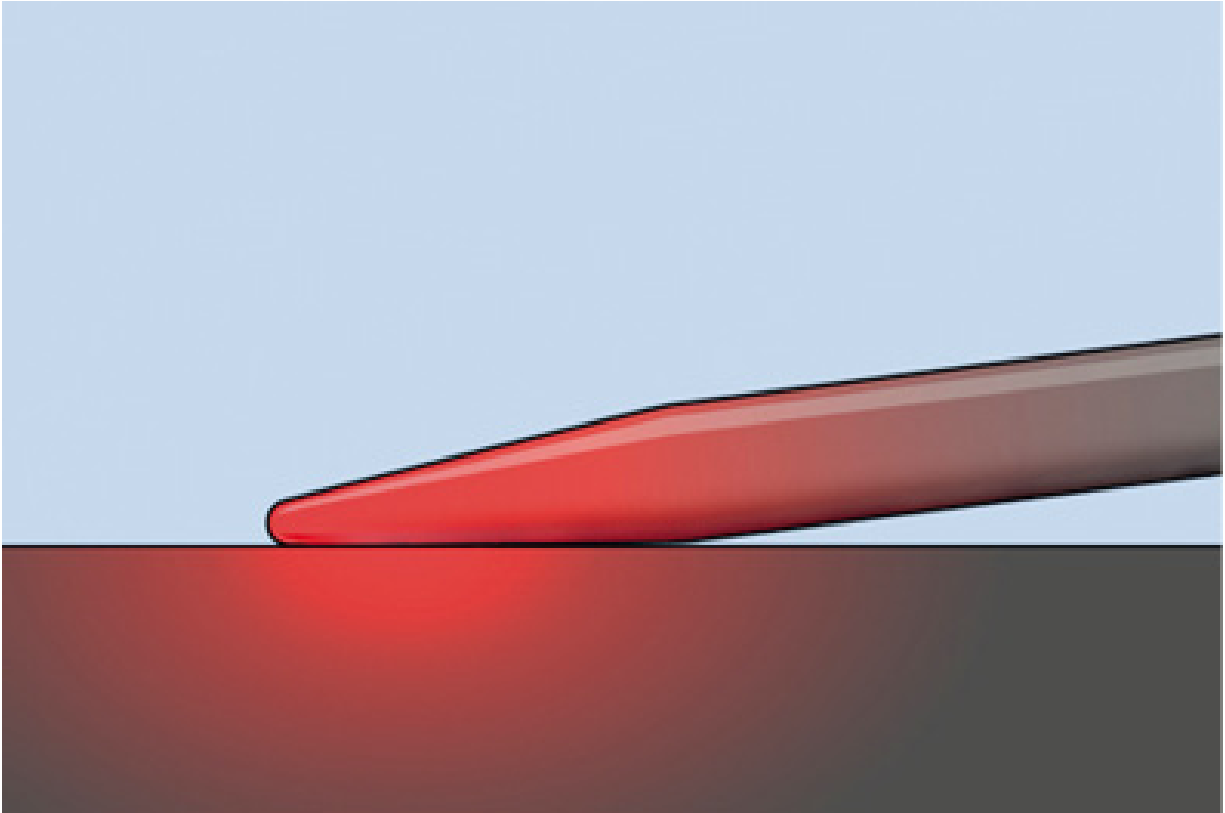
A ponta do ferro de solda está quente e você quer transferir esse calor para a junta que você está tentando fazer. Por esta razão, você deve ajustar o ângulo do ferro de solda para que ele faça o maior contato possível. Veja as Figuras 3.39 e 3.40.



*Figura 3.39 – Uma pequena área de contato entre o ferro e a superfície de trabalho permite uma transferência de calor insuficiente.*

Assim que a solda começa a derreter, ela amplia a área de contato, o que ajuda a transferir mais calor, assim o processo acelera naturalmente. Iniciá-lo é a parte complicada.





*Figura 3.40 – Uma área maior de contato aumenta a transferência de calor.*

Outro aspecto do fluxo de calor a ser considerado é que ele pode sugar calor dos locais desejados e fornecê-lo aos lugares indesejados. Se você está tentando soldar um pedaço muito grosso de fio de cobre, a junta pode nunca esquentar o suficiente para derreter a solda, pois o fio grosso conduz calor para fora da junta. Você verá que até mesmo um ferro de 40 watts não é potente o suficiente para resolver este problema. Ao mesmo tempo, embora o cobre não se aqueça o suficiente para derreter a solda, ele pode ficar muito quente e derreter seu isolante.

Como regra geral, se você não conseguir concluir uma junta de solda em 10 segundos, você não está aplicando calor suficiente.

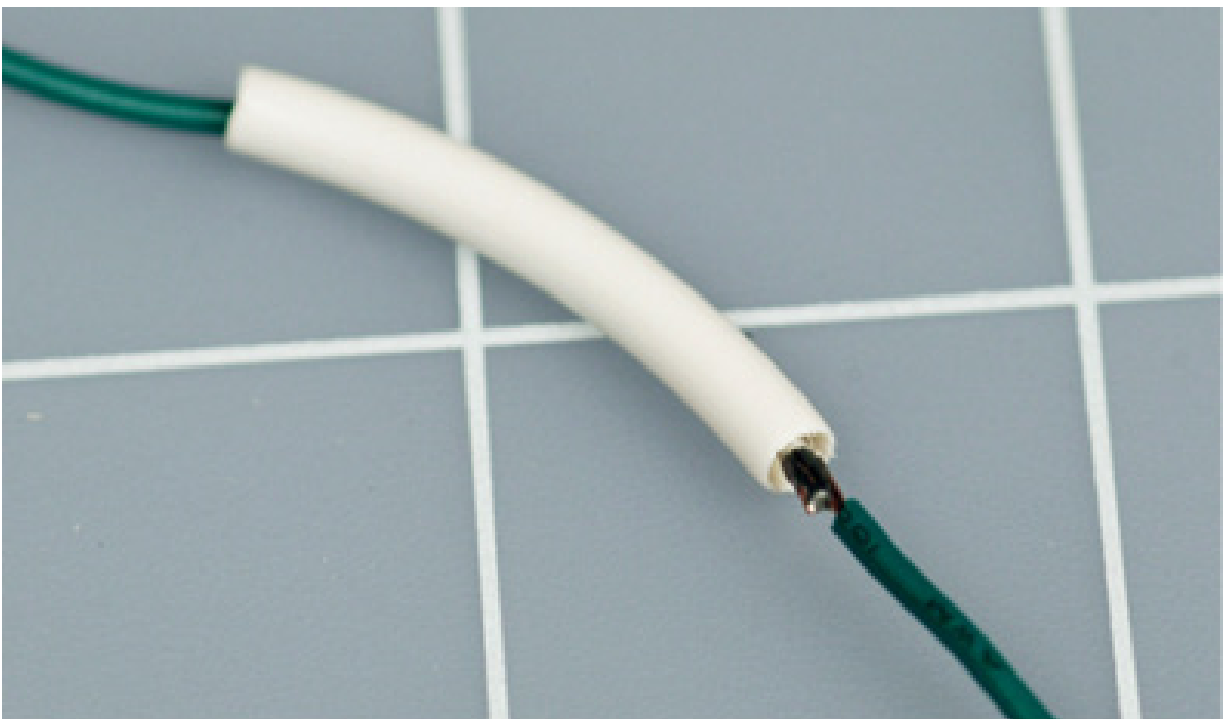
### Isolando a junta de solda

Depois de ter feito com sucesso uma boa conexão de solda em paralelo entre dois fios, chegou a hora da parte fácil. Escolha um pedaço de tubo termorretrátil de tamanho suficiente para deslizar sobre a junta com um pouco de folga.

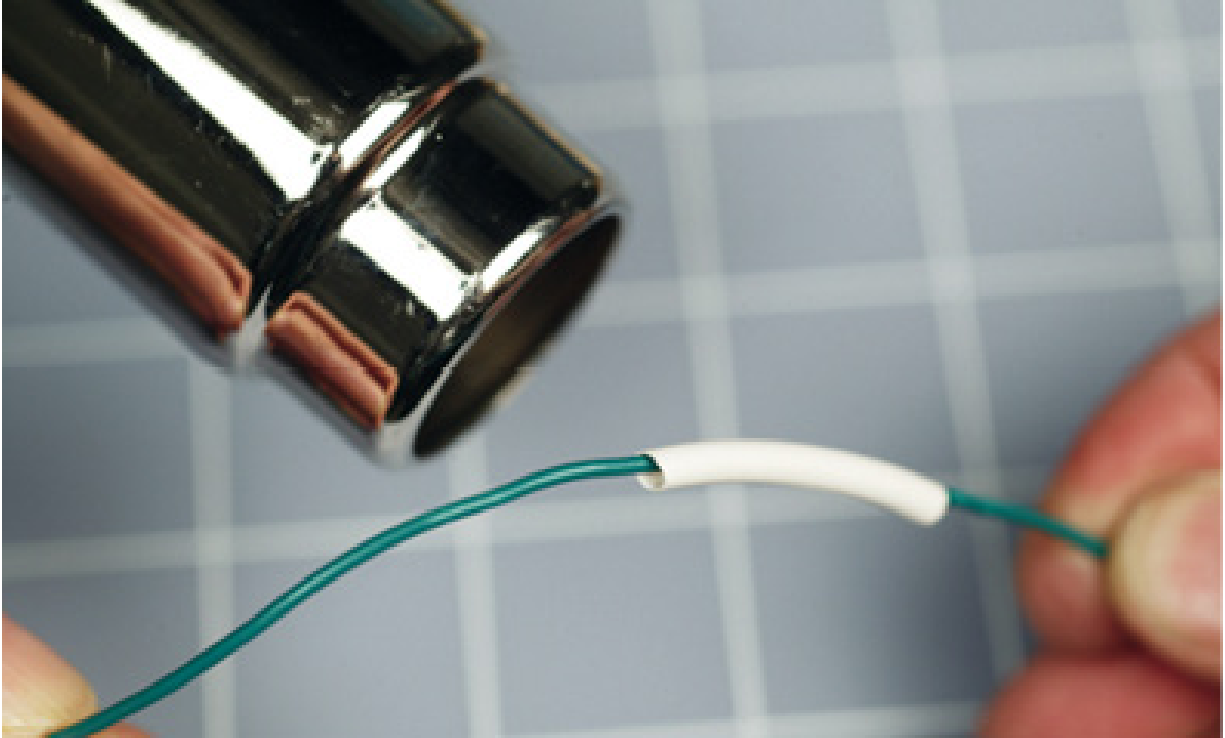
Claro que você precisa planejar com antecedência. Em geral, você precisa deslizar um pedaço de tubo sobre um dos fios *antes* de uni-los. Você verá como funciona quando chegarmos ao procedimento passo a passo a seguir.

Assumindo que o tubo termorretrátil está cobrindo um dos fios, deslize-o até que a junta fique no centro dele. Segure-o em frente ao soprador térmico, ligue o soprador (mantenha seus dedos longe do fluxo de ar quente). Gire o fio para aquecer ambos os lados. O tubo deve encolher em torno da junta em meio minuto. Se você sobreaquecer o tubo, ele pode encolher demais e romper, quando então você precisará removê-lo e começar de novo. Assim que o tubo estiver justo, seu trabalho terminou e não é preciso mais aquecimento. Observe que, embora o tubo encolha principalmente no sentido transversal, também ocorre um pouco de encolhimento do sentido longitudinal.

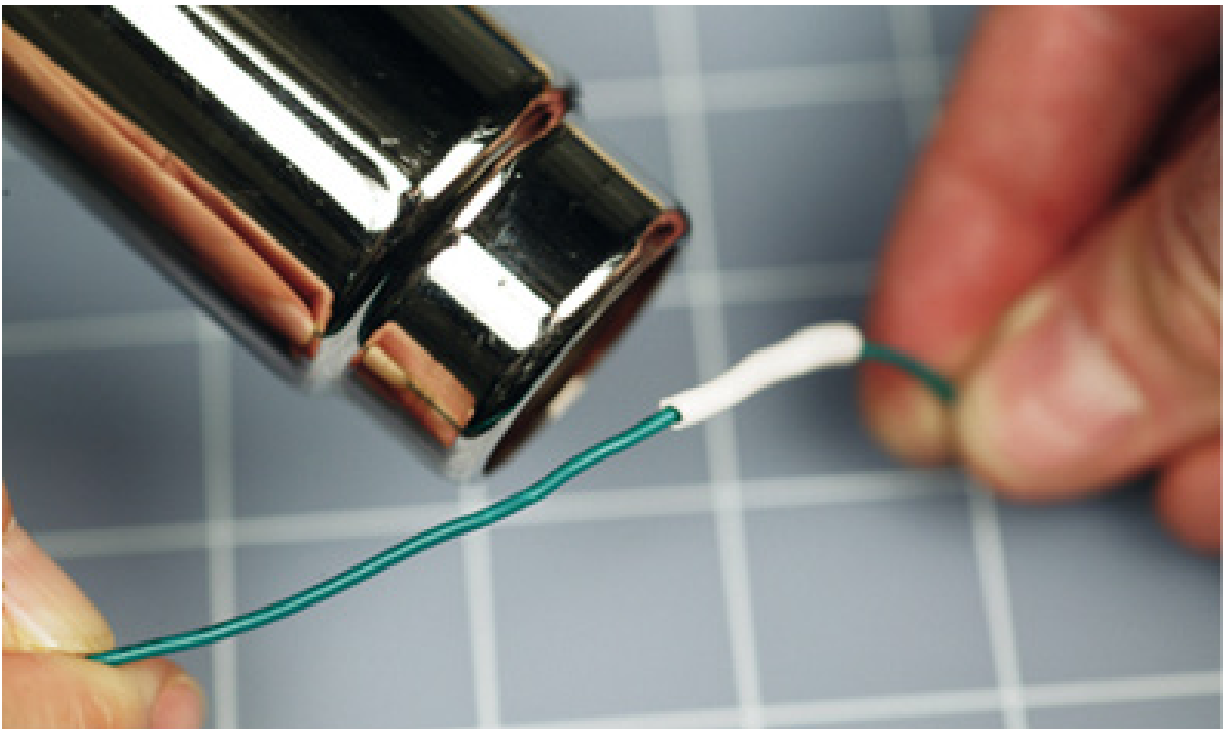
As Figuras 3.41, 3.42 e 3.43 mostram o resultado desejado. Usei um tubo branco, pois ele aparece bem em fotos. Diferentes cores de tubos retroportáteis funcionam do mesmo modo.



*Figura 3.41 – Deslize o tubo sobre sua junta.*



*Figura 3.42 – Aplique calor ao tubo.*



*Figura 3.43 – Mantenha o calor sobre o tubo até que ele encolha e cubra firmemente a junta.*

### Cuidado: sopradores térmicos esquentam!

Observe o tubo de aço cromado na extremidade do soprador térmico. Aço custa mais que plástico, portanto o fabricante deve ter colocado ele ali por uma boa razão, e a razão é que o ar que sai deste tubo é tão quente que derreteria um tubo de plástico.

O tubo de metal continua quente o suficiente para queimá-lo, mesmo vários minutos após seu uso. E, como no caso dos ferros de solda, outras pessoas (e animais de estimação) são vulneráveis, pois eles não sabem necessariamente que o soprador térmico é perigoso. Mais importante de tudo, certifique-se de que ninguém em sua casa jamais cometa o erro de usar um soprador térmico como secador de cabelo (veja a Figura 3.44).



*Figura 3.44 – Membros de sua família devem entender que um soprador térmico não é o mesmo que um secador de cabelo.*

Esta ferramenta é um pouco mais perigosa do que parece. Um soprador térmico pequeno pode implicar menos risco, mas ainda assim deve ser tratado com respeito.

### Ligando sua fonte de alimentação

A próxima aplicação para suas habilidades como soldador será mais prática. Você pode acrescentar fios sólidos codificados por cor ao

seu adaptador AC ou, se você não tiver um adaptador, pode acrescentar extensões aos fios finos do conector de uma bateria de 9 V. De qualquer forma, seus fios 22 AWG estendidos serão conectados convenientemente a uma matriz de contatos.

Você pode usar seu ferro de solda maior para essa tarefa, já que não estão envolvidos componentes sensíveis ao calor.

Se você adquiriu um adaptador AC, eu assumo que ele é um pequeno módulo de plástico que se encaixa diretamente na tomada da parede. Um par de fios sai dele, levando a baixa tensão DC que você precisa e eles terminam em algum tipo de plugue miniatura. O plugue é adequado para um dispositivo como um reproduzidor de mídia ou telefone com um soquete correspondente, mas para as finalidades deste livro o plugue não é útil, pois você precisa alimentar uma matriz de contatos.

Como fazê-lo? Vou mostrar-lhe.

### Passo um: cortar e medir

Primeiro, vamos ter certeza de que seu adaptador AC esteja funcionando corretamente.

Ainda não conecte o adaptador à tomada da parede. Comece cortando fora o pequeno plugue na extremidade do fio de baixa tensão, como mostrado na Figura 3.45. (Você vai perceber que esta foto é de um adaptador da RadioShack. Ah, memórias.)



*Figura 3.45 – O primeiro passo é personalizar um adaptador AC.*

Separe os dois condutores, usando um alicate de corte ou estilete, e remova cerca de 0,6 cm do isolante de cada um. Veja a Figura 3.46. Os fios devem ter comprimentos diferentes para reduzir o risco de um contato entre eles.



*Figura 3.46 – Os fios desencapados.*

Se as pontas desencapadas encostarem uma na outra enquanto o adaptador estiver ligado na tomada, elas podem sobrecarregá-lo ou queimar seu fusível interno. Também podem ocorrer faíscas desagradáveis, embora eu duvide que elas possam feri-lo. Nada sério, porém inconveniente.

Agora configure seu multímetro para medir volts DC e conecte-o aos dois fios do adaptador AC, de preferência usando cabos de teste com ponta jacaré para manter tudo sob controle. Depois de verificar com atenção se o cabo vermelho está ligado ao soquete de volts do multímetro, e não ao soquete de mA, ligue o adaptador AC na tomada e meça quanta tensão ele fornece.

Se a leitura for estranhamente alta, talvez a tensão fornecida pelo adaptador AC seja maior quando ele não está alimentando nada. A resistência interna de seu multímetro é tão alta que o adaptador se comporta como se ele não estivesse sendo solicitado.



Para um teste mais significativo, selecione um resistor de 680 ohms e conecte-o na saída de seu adaptador, em paralelo com o multímetro. Isto reduzirá a tensão do adaptador para um nível mais adequado. Agora o valor medido fará mais sentido.

Não é uma boa ideia usar um resistor muito menor que 680 ohms, pois os resistores de sua lista de compras são indicados para 1/4 watt apenas, e se você tentar puxar mais potência através deles, eles irão sobreaquecer. Se o resistor de 680 ohms for ligado a uma fonte de 9 volts, a Lei de Ohm diz que a corrente através dele será de aproximadamente 13 mA, e, portanto, a dissipação de potência será de cerca de 120 mW ou 0,12 W, que está dentro da potência nominal máxima de um resistor de 0,25 W.

Se você quiser ver como a tensão de saída de seu adaptador AC varia com uma carga de resistência menor, você pode prender vários resistores de 680 ohms em paralelo. Seria um teste interessante, mas vamos voltar ao objetivo principal, que é alimentar sua matriz de contatos.

### Passo dois: soldagem

Use seu multímetro para garantir absolutamente que a tensão medida entre os fios do adaptador AC não é negativa. Se houver um sinal de menos, inverta os cabos de seu multímetro.

Se a leitura do multímetro for positiva, e não negativa, você saberá que o cabo vermelho de seu multímetro está conectado ao lado positivo de seu adaptador AC. Isto é importante, já que não queremos que o adaptador destrua componentes em seus circuitos ao alimentá-los de forma invertida.

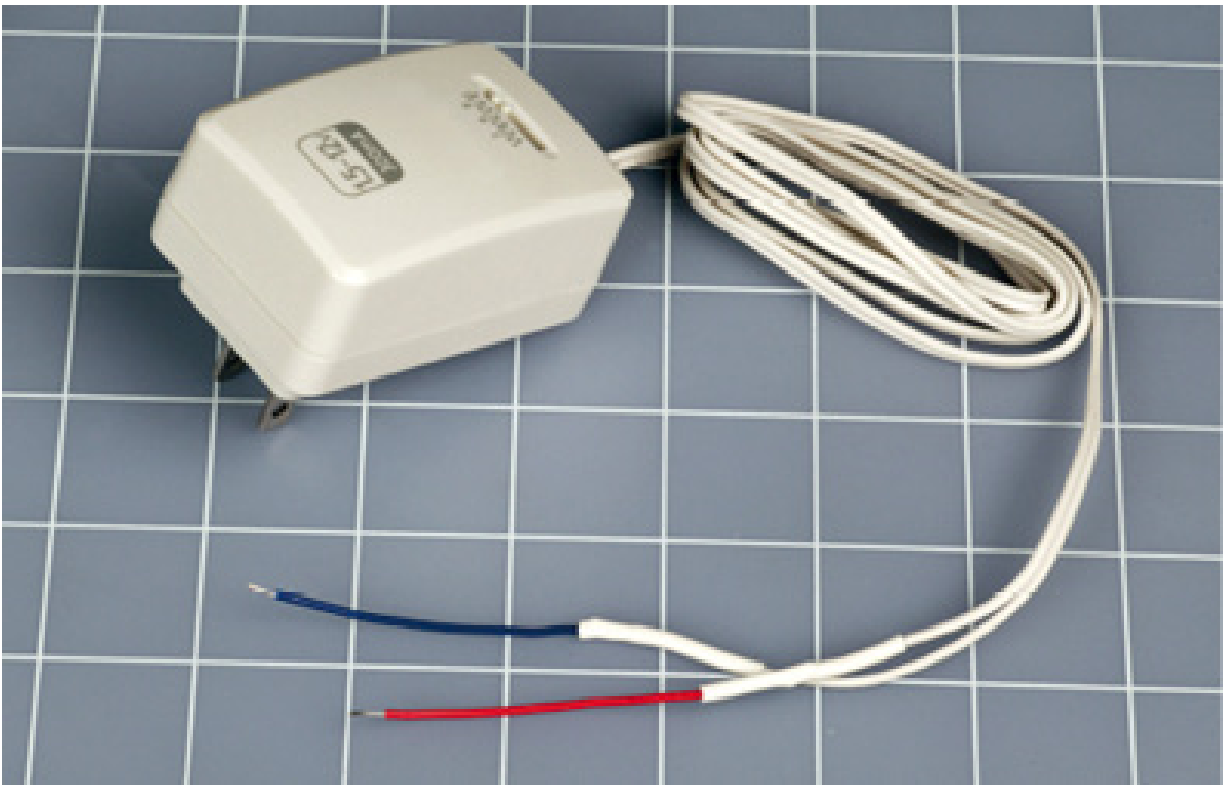
Os próximos passos serão os mesmos, independentemente se você adicionar fios sólidos 22 AWG a um adaptador AC ou ao conector de uma bateria de 9 V.

Corte dois pedaços de fio condutor sólido de 22 AWG, um deles vermelho e o outro preto ou azul. Cada pedaço deve ter uns 5 cm. Desencape 0,6 cm de ambas as pontas de cada pedaço de fio.

Solde os fios 22 AWG aos fios do adaptador AC ou ao conector de

bateria, usando a técnica praticada anteriormente. Naturalmente, você ligará o fio vermelho ao lado positivo de sua fonte de alimentação.

Se você tiver um tubo termorretrátil e um soprador térmico, use-os como fez na sessão prática. O resultado deve ser semelhante ao da Figura 3.47. Mais uma vez, os fios devem ter comprimentos diferentes para reduzir o risco de contato entre eles. Quando o trabalho estiver concluído, você pode encaixar as pontas dos fios 22 AWG na matriz de contatos.



*Figura 3.47 – Os fios 22 AWG podem ser encaixados na matriz de contatos para alimentá-la.*

### Ajustando o tamanho de um cabo de alimentação

O que mais você pode fazer com sua recém-adquirida habilidade de soldagem? Aqui vai uma sugestão. Quem não usa produtos Apple alimenta seu laptop com um cabo AC destacável para ligar em uma tomada, além de um fio DC de baixa tensão que se conecta ao computador. Um típico cabo de alimentação é mostrado na Figura

3.48.



*Figura 3.48 – Um cabo de alimentação AC destacável para laptops não Apple.*

E se você for um fã da Apple? Talvez você tenha cabos de alimentação destacáveis para outros dispositivos, como uma impressora ou scanner. A finalidade desse exercício é reduzir o tamanho de um cabo de alimentação até o comprimento exato desejado, evitando que ele se misture a um emaranhado de fios. E se, como eu, você tiver um cabo de alimentação de laptop maior que o necessário e gosta de viajar com pouca bagagem, este exercício pode ser útil.

### [Doze passos para encurtar um cabo](#)

Na Figura 3.49 vemos o primeiro passo, no qual você corajosamente usa o alicate de corte para cortar um cabo de alimentação. Não é

preciso dizer, mas todos esses passos requerem que o cabo de alimentação *não esteja ligado na tomada* enquanto você trabalha com ele.

A Figura 3.50 mostra as pontas que você deve manter. Você pode guardar a seção intermediária rejeitada do cabo de alimentação para algum outro uso no futuro.

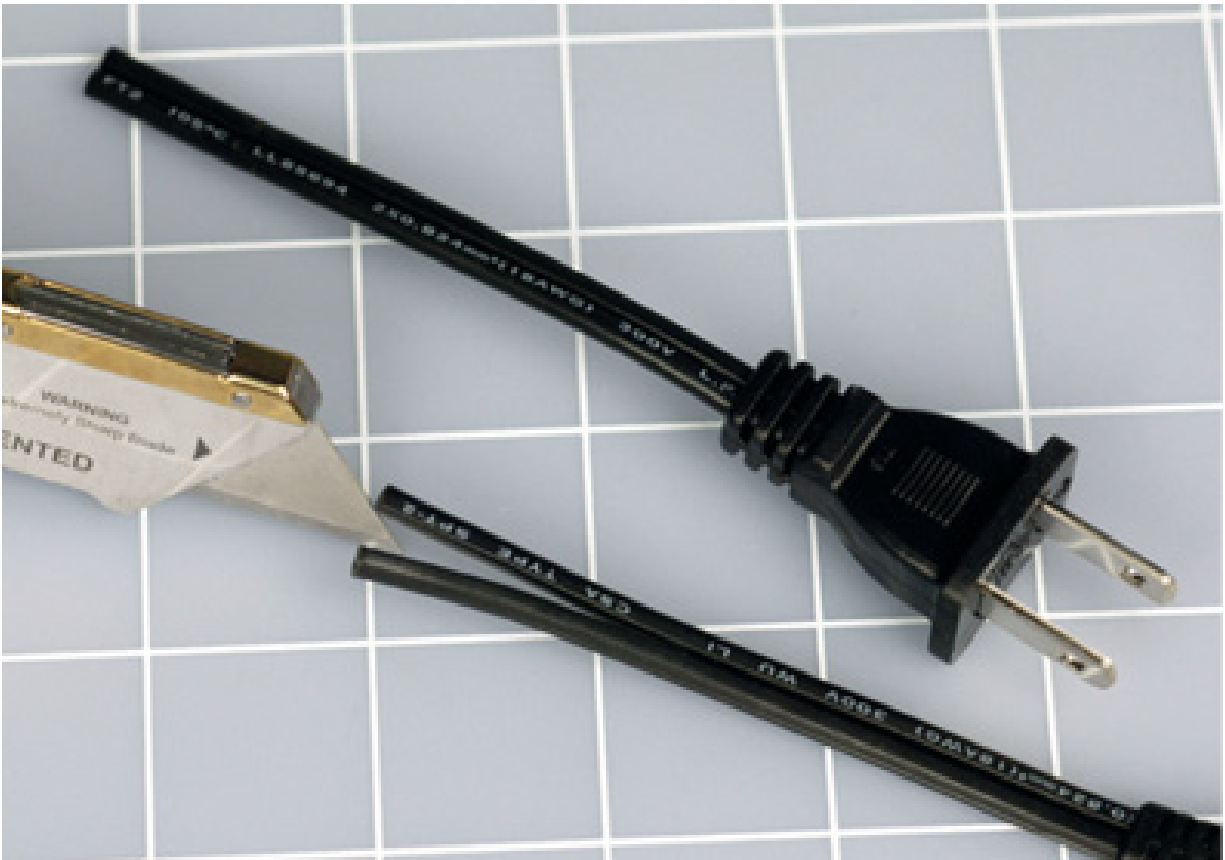


*Figura 3.49 – Passo 1 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Na Figura 3.51, um estilete sobre uma placa de corte é uma maneira fácil de separar os dois condutores em cada segmento do cabo de alimentação.



*Figura 3.50 – Passo 2 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*



*Figura 3.51 – Passo 3 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Na Figura 3.52, os segmentos do cabo de alimentação foram aparados para que os condutores tenham comprimentos correspondentes, mas não iguais. Assim, eles ocuparão menos espaço quando você os reunir e haverá menos risco de um curto-circuito se uma das juntas falhar por alguma razão.



*Figura 3.52 – Passo 4 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Observe que um condutor será sempre marcado, ou com uma impressão ou com relevos moldados. Certifique-se de que os condutores marcados sejam correspondentes quando você os reunir.

Remova um mínimo de isolamento. Apenas 3 mm serão suficientes. Depois corte alguns pedaços de tubo termorretrátil, se tiver. Cada pedaço menor deve ter o tamanho suficiente para deslizar sobre cada condutor individual no cabo de alimentação, enquanto o pedaço maior, cerca de 5 cm de comprimento, cobrirá toda a junta. Veja a Figura 3.53.



*Figura 3.53 – Passo 5 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Observe que alguns tubos termorretráteis só estão preparados para baixas tensões; eles não devem ser usados para este projeto.

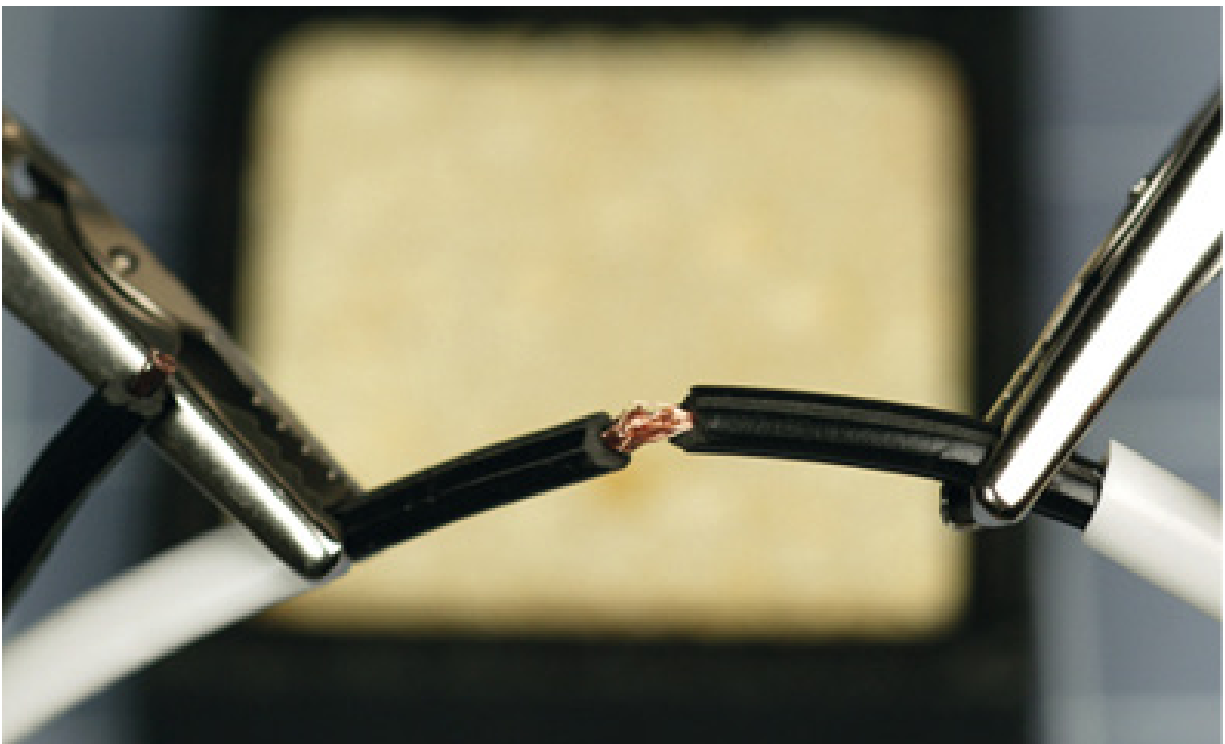
Agora a parte mais difícil: ativar sua memória humana. Você precisa lembrar-se de deslizar o tubo sobre o fio *antes* de criar sua junta de solda, pois os plugues nas pontas dos fios impedirão que você acrescente o tubo termorretrátil depois. Se você for tão impaciente quanto eu, é muito difícil lembrar-se de fazer isto toda vez. Veja a Figura 3.54.





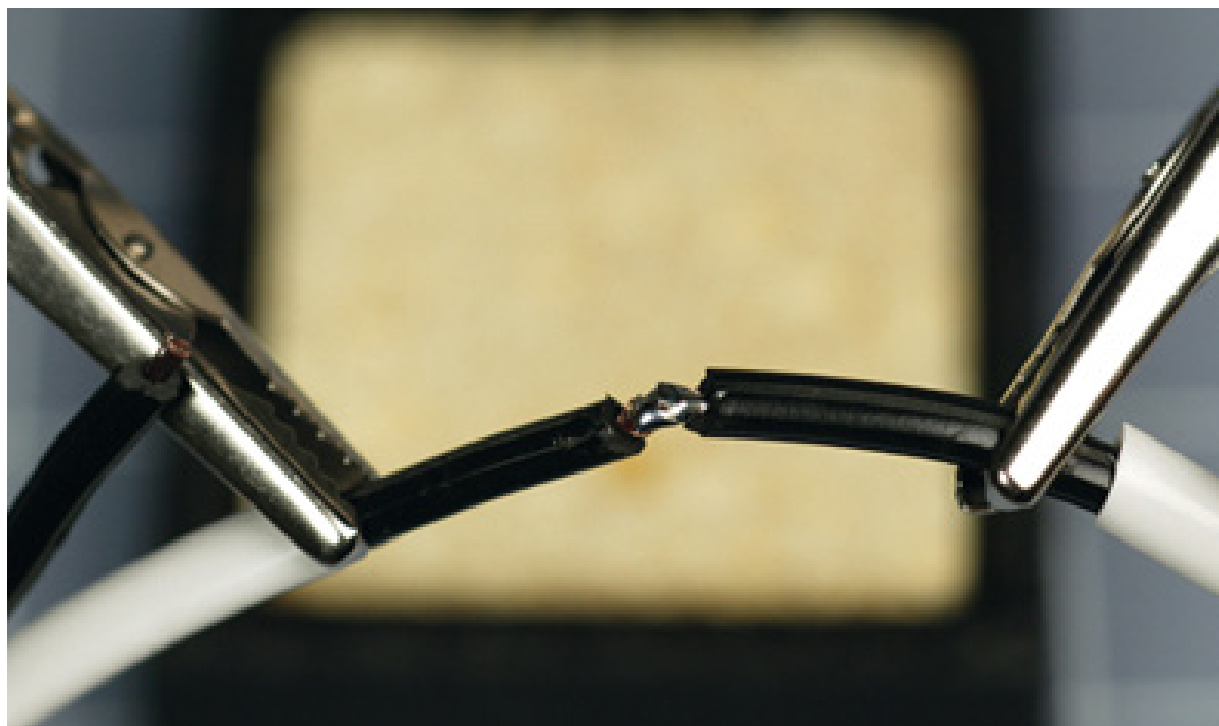
*Figura 3.54 – Passo 6 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Use sua Terceira Mão para alinhar a junta. Junte os dois pedaços de fio de modo a entremear os filamentos e aperte-os bem entre o indicador e o polegar para que nenhum filamento fique sobrando. Um filamento solto pode furar o tubo termorretrátil quando este esquentar, amolecer e começar a encolher em torno da junta. Veja a Figura 3.55.



*Figura 3.55 – Passo 7 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

O fio que você está unindo é muito mais grosso do que o fio 22 AWG com o qual você trabalhou anteriormente, portanto ele absorverá mais calor e você precisa deixar o ferro de solda encostado nele por mais tempo. Certifique-se de que a solda escorra por toda a junta e verifique a parte inferior depois que a junta esfriar. É provável que você encontre alguns filamentos de cobre desencapados. A junta deve ter o aspecto de uma gota sólida, arredondada e brilhante. Veja a Figura 3.56.



*Figura 3.56 – Passo 8 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

Cuidado para manter o tubo termorretrátil o mais longe possível da junta enquanto você estiver usando o ferro de solda, para que o calor do ferro não encolha o tubo antes do tempo, impedindo que você o deslize sobre a junta posteriormente.

Deslize uma seção do tubo termorretrátil sobre a junta de solda e aplique o soprador térmico, como mostrado na Figura 3.57. Não permita que os outros pedaços do tubo termorretrátil absorvam o calor disperso.

Na Figura 3.58, o tubo termorretrátil agora encolheu.

Prepare-se para soldar o outro par de condutores. Veja a Figura 3.59.



*Figura 3.57 – Passo 9 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*

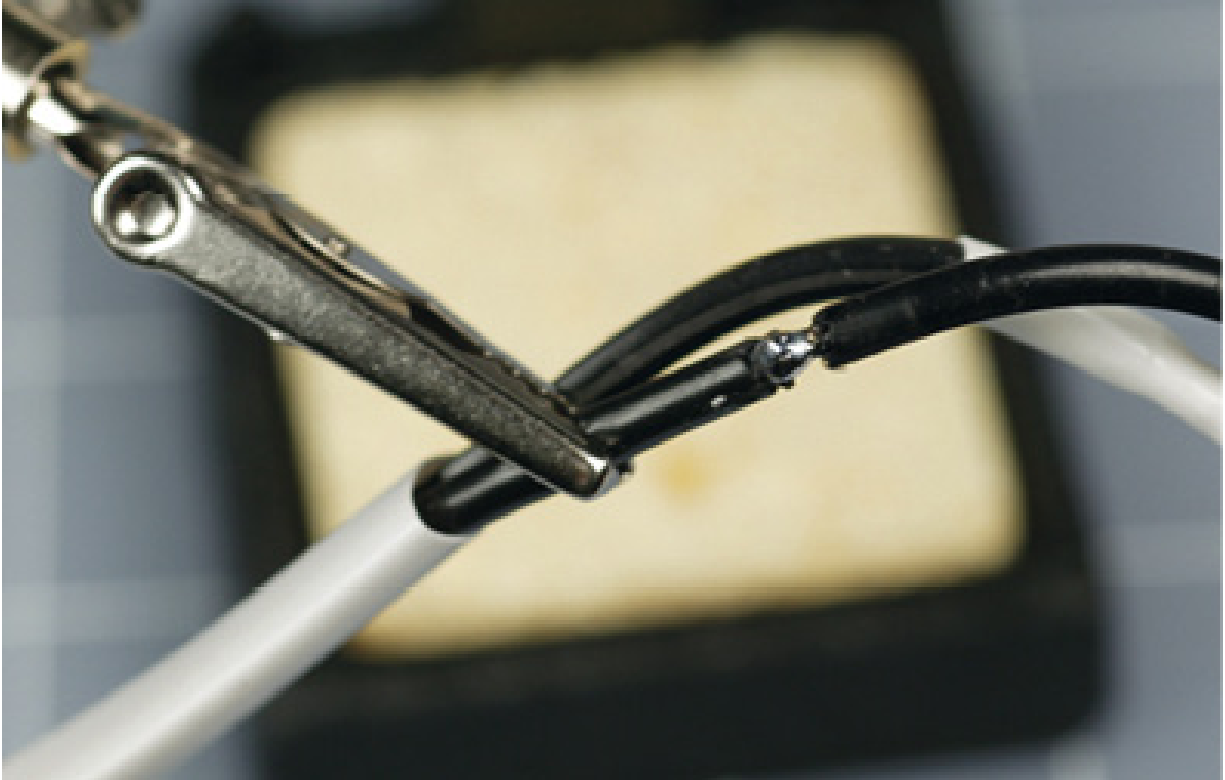


*Figura 3.58 – Passo 10 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*



*Figura 3.59 – Passo 11 de 12, para encurtar um cabo de alimentação.*  
A Figura 3.60 mostra que a segunda junta foi feita. Depois de

protegê-la com um pedaço de tubo termorretrátil, você estará pronto para deslizar o pedaço maior de tubo sobre todo o conjunto. Você se lembrou de colocar o pedaço grande de tubo sobre o fio no começo, não é?



*Figura 3.60 – Passo 12 de 12, para encurtar um cabo de alimentação. A Figura 3.61 mostra o cabo de alimentação encurtado.*



*Figura 3.61 – O cabo de alimentação encurtado.*

### E agora?

Se você concluiu os exercícios de soldagem até agora, você tem habilidade básica o suficiente para construir seu primeiro circuito eletrônico soldado. Talvez a gente devesse primeiro demonstrar as consequências de um calor excessivo não intencional. Detestaria que você gastasse um tempão soldando coisas, para descobrir mais tarde que derreteu um transistor ou um LED. Dessoldar peças danificadas é muito menos divertido que soldá-las.

### Experimento 13: Queimando um LED

No Experimento 4 você descobriu como era fácil queimar um LED. O

que realmente aconteceu naquela pequena aventura foi que uma corrente excessiva atravessando o LED criou calor excessivo e o calor matou o componente.

Se o calor causado por eletricidade pode destruir um LED, você acha que o calor de um ferro de solda pode fazer o mesmo? Parece plausível, mas só há um jeito de ter certeza absoluta.

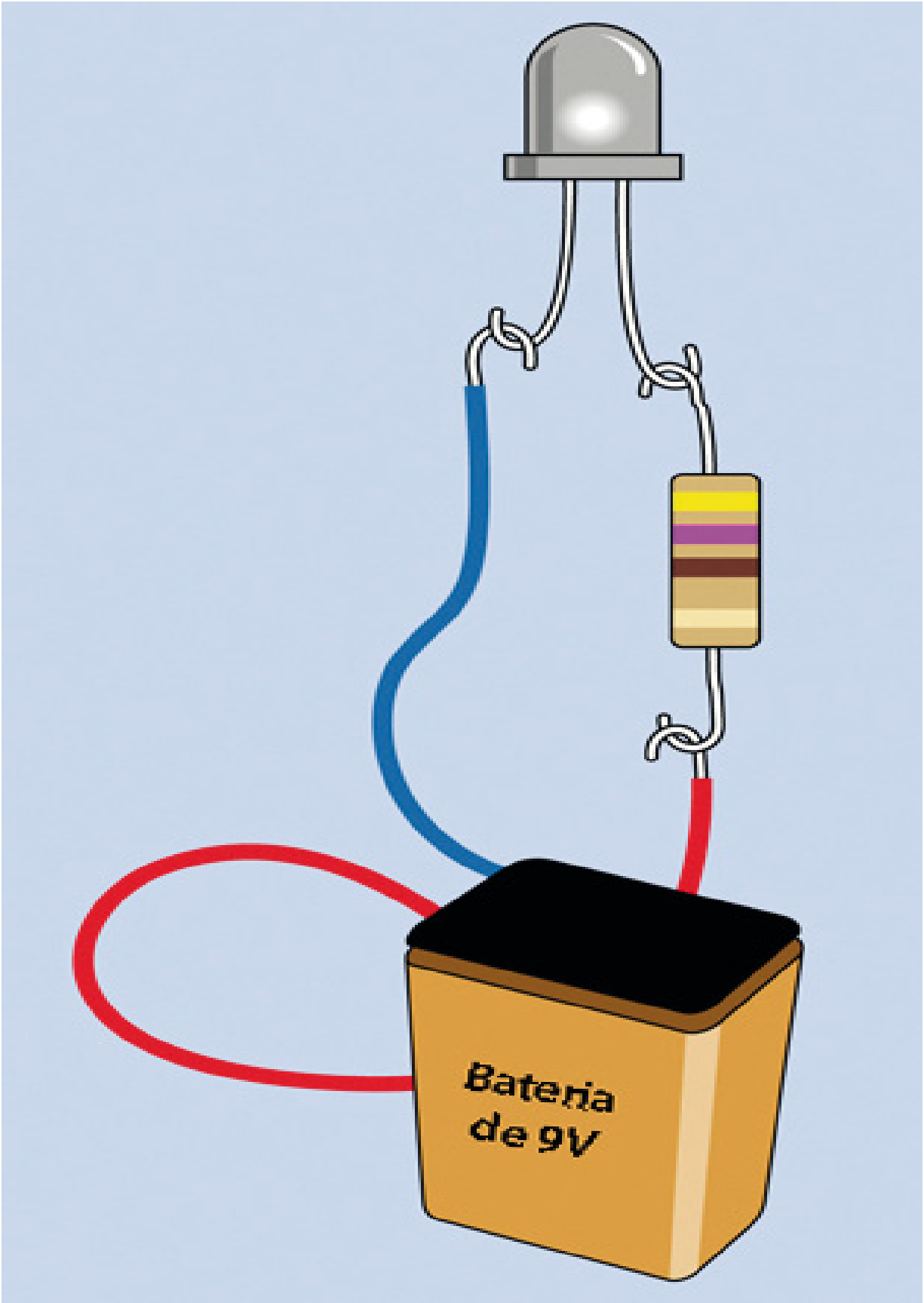
### O que será necessário

- Bateria de 9 V e conector, ou um adaptador AC-DC de 9 V
- Alicates de bico pequeno ou de bico longo
- Ferro de solda de 30 ou 40 W
- Ferro de solda de 15 W
- LEDs genéricos (2)
- Resistor de 470 ohms (1)
- Terceira Mão para ajudar no trabalho
- Clipes jacaré de puro cobre, um grande ou dois pequenos

A finalidade deste experimento é estudar os efeitos do calor. Isso significa que precisamos saber qual o caminho do calor.

Por esta razão, você não usará uma matriz de contatos. Os contatos dentro da placa absorveriam uma quantidade desconhecida de calor. Também não quero usar cabos de teste, pois eles também absorvem calor.

Em vez disso, use um alicate de bico para dobrar os terminais de um LED no formato de pequenos ganchos e faça o mesmo com os fios de um resistor de 470 ohms. Veja a Figura 3.62, onde você observa que os fios de uma bateria de 9 volts foram dobrados da mesma forma. Para que eles mantenham o formato de gancho, talvez seja necessário remover um pouco mais de isolante e aplicar um pouco de solda.





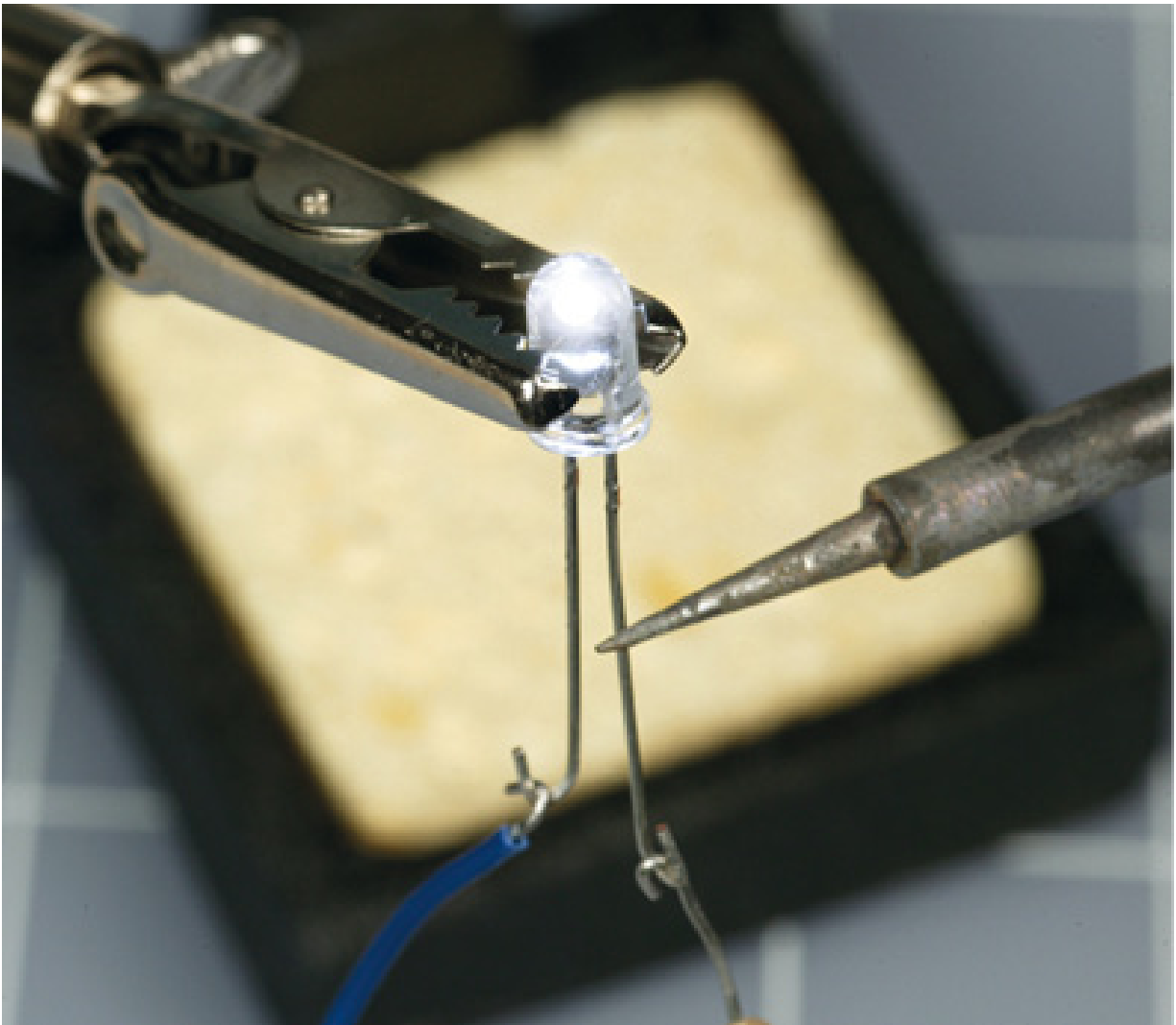
*Figura 3.62 – Medindo a tolerância ao calor de um LED. Um adaptador AC pode substituir a bateria de 9 volts.*

Para minimizar a perda de calor através da condução, o resistor fica pendurado em um dos terminais do LED, e o fio da fonte de alimentação se apoia no resistor, um pouco mais abaixo. A gravidade deve ser suficiente para fazer as coisas funcionarem.

Prenda o corpo plástico do LED em sua Terceira Mão. O plástico não é um bom condutor térmico, portanto a lente do LED não deve permitir que muito calor escape pela Terceira Mão.

Aplique os 9 volts e seu LED deve acender intensamente. Eu usei um LED branco neste experimento, pois ele é mais fácil de fotografar.

Você precisará de seu ferro de solda de 15 W e também do ferro mais potente. Ligue-os e aguarde pelo menos cinco minutos para garantir que eles estejam realmente quentes. Agora encoste a ponta do ferro de 15 W firmemente sobre um dos terminais do LED enquanto controla o tempo com um relógio. A Figura 3.63 mostra a configuração.



*Figura 3.63 – Aplicando calor com um ferro de solda de 15 W.*

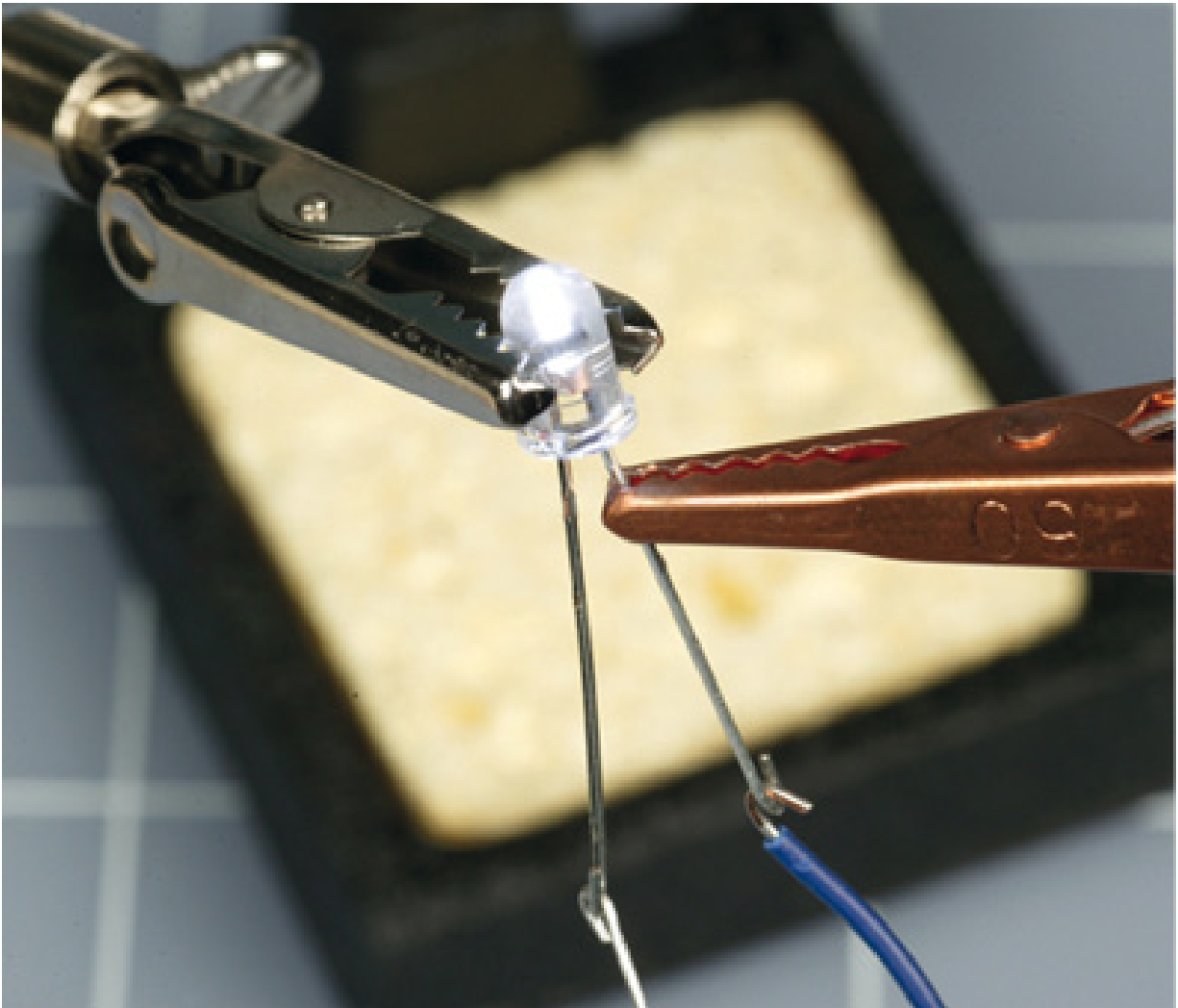
Aposto que você pode manter este contato por três minutos sem queimar o LED. Agora você sabe porque um ferro de solda de 15 W é recomendado para trabalhos delicados em eletrônica.

Deixe o terminal de seu LED esfriar e então aplique o ferro de solda mais potente no mesmo local de antes. Você verá que o LED apaga depois de apenas 10 segundos (observe que alguns LEDs podem sobreviver a maiores temperaturas que outros). É por isso que você **não** usa um ferro de solda de 30 W para trabalhos delicados em eletrônica.

O ferro mais potente não necessariamente atinge uma temperatura maior que o ferro pequeno. Ele apenas tem maior capacidade de

calor. Em outras palavras, ele gera uma quantidade maior de calor a uma taxa maior.

Seu LED foi sacrificado para satisfazer as necessidades do conhecimento. Foi uma morte honrada. Deixe-o descansar na lata de lixo e substitua-o por um novo LED, que tentaremos tratar com mais carinho. Conecte-o como antes, mas desta vez acrescente um clipe jacaré grande de cobre (ou dois pequenos cliques) a um dos terminais perto do corpo do LED, como mostrado na Figura 3.64. Pressione a ponta de seu ferro de solda de 30 ou 40 W contra o terminal logo *abaixo* do clipe jacaré. Desta vez você deve conseguir manter o ferro de solda mais potente encostado por dois minutos sem queimar o LED.



*Figura 3.64 – Usando um clipe jacaré de cobre como um depósito de calor*

*para proteger um LED.*

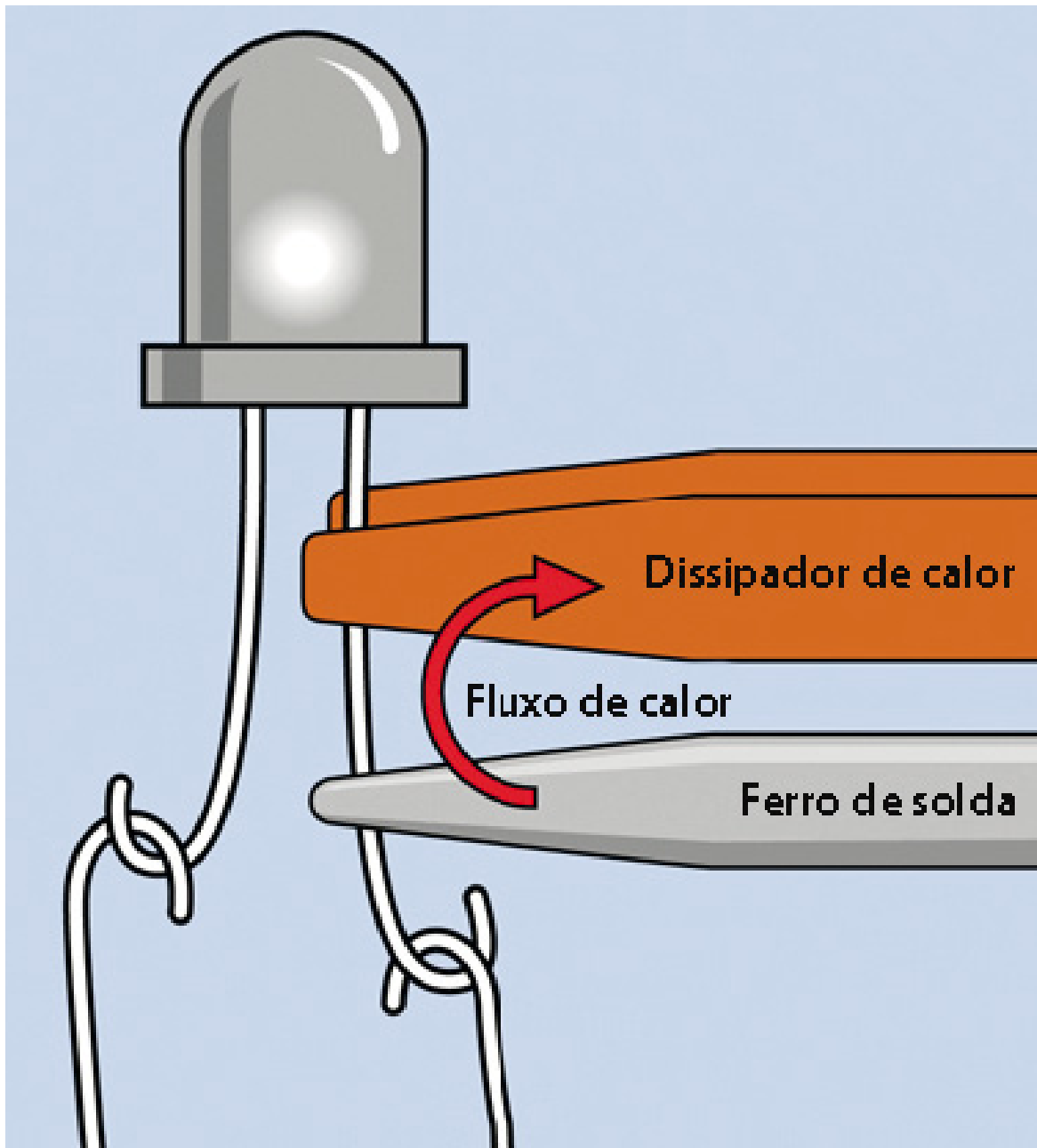
### Para onde vai o calor

No final de seu experimento, se você tocar o clipe, perceberá que ele está relativamente quente enquanto o LED não está tão quente. Imagine o calor saindo da ponta do ferro de solda, passando pelo fio que leva ao LED, só que o calor encontra o clipe jacaré no meio do caminho, como mostra a Figura 3.65. O clipe é como um contêiner vazio esperando para ser preenchido. O calor prefere fluir para dentro do clipe de cobre, deixando o LED ileso.

O clipe jacaré funcionou como um *depósito de calor*. Ele funciona melhor que um clipe jacaré convencional de aço niquelado, pois o cobre é um ótimo condutor de calor.

Voltando à primeira parte do experimento, você percebeu que um ferro de solda de 15 W não conseguiu danificar o LED, e não foi necessário um depósito de calor. Isso significa que um ferro de solda de 15 W é completamente seguro?

Bem, talvez. O problema é que você não sabe realmente se alguns semicondutores são mais sensíveis ao calor que os LEDs.



*Figura 3.65 – Um clipe jacaré de cobre atrai o calor para longe do LED.*

Uma vez que as consequências de queimar um componente podem ser incômodas, sugiro se garantir e usar um depósito de calor sob estas circunstâncias:

- Se você aplicar um ferro de solda de 15 W extremamente próximo de um semicondutor por 20 segundos ou mais.
- Se você aplicar um ferro de solda de 30 W a uma distância de 1,2 cm de resistores ou capacitores por 10 segundos ou mais. (Nunca

o use perto de semicondutores.)

- Se você aplicar um ferro de solda de 30 W por 20 segundos ou mais perto de algo que possa derreter. Itens que podem derreter incluem isolamento de fios, conectores de plástico e componentes de plástico dentro dos interruptores.

### Regras para um depósito de calor

- Clipes jacaré grandes de cobre funcionam melhor, mas podem não se encaixar em cantos apertados. O ideal é ter pequenos clipes à disposição.
- Prenda o clipe jacaré o mais próximo possível do componente e o mais longe possível da junta de solda que você está tentando criar. A junta precisa esquentar. Desvie calor do componente e não da junta.
- Certifique-se de que haja uma conexão metal-metal entre o clipe jacaré e o fio para promover uma boa transferência de calor.

Se você mantiver esses pontos em mente, podemos continuar com o fascinante desafio da ligação ponto a ponto.

### Experimento 14: Um brilho pulsante para se vestir

Até agora, eu encorajei você a juntar coisas sem muita teoria ou um plano. Isso faz parte do Aprendizado pela Descoberta. Às vezes, porém, um plano pode ser essencial e essa é uma dessas vezes. Vou descrever os requisitos deste projeto e então o guiarei passo a passo através do processo de concretizá-lo.

#### O que será necessário

- Bateria de 9 V e conector, ou adaptador AC-DC de 9 V
- Fios, alicate de corte, desencapador de fios, multímetro
- Ferro de solda de 15 W
- Solda fina (0,06 cm)
- Placa perfurada comum (não é necessário um revestimento de cobre)

- Terceira Mão
- Resistores: 470 (2), 100 K (1), 4,7 K (2), 470 K (2)
- Capacitores: 3,3  $\mu$ F (2), 220  $\mu$ F (1)
- Transistores: 2N2222 (3)
- LED genérico (1)

### Revisitando as flutuações

Volte à Figura 2.116 para refrescar a memória sobre esse circuito. A tarefa agora é fazê-lo no menor tamanho possível para que alguém possa usá-lo como adereço.

Imagine que os terminais dos componentes estão interconectados com elásticos, permitindo que você os misture sobre uma mesa sem que eles percam as conexões uns com os outros. Quando os elásticos são esticados o mínimo possível, o circuito terá o menor tamanho possível e você pode unir as partes com fios desencapados, suportando tudo com um pedaço de placa perfurada.

O único problema é que os fios desencapados sob a placa não podem cruzar uns com os outros. A ideia é que depois de verificar a funcionalidade do circuito, você possa enviar as especificações para um serviço de gravação de placas de circuito.

Claro que modernos circuitos impressos têm, no mínimo, dois lados e muitos têm camadas intermediárias, permitindo que vários condutores se cruzem entre si sem fazer contato elétrico. No entanto, sempre é bom começar com um projeto simples e tradicional, e a placa mais simples tem componentes em um lado e conexões do outro. Os componentes na parte de cima da placa podem transpor os condutores abaixo, pois o material isolante da placa os separa. Porém, os condutores não podem se cruzar entre si.

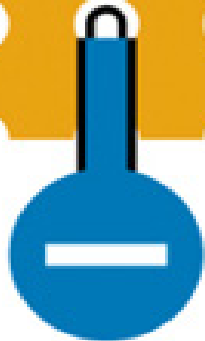
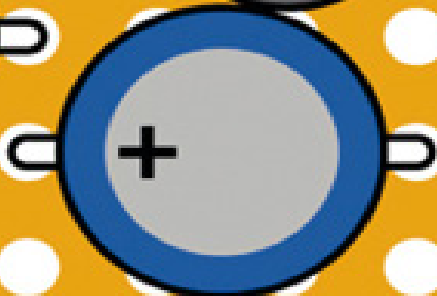
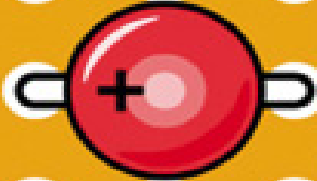
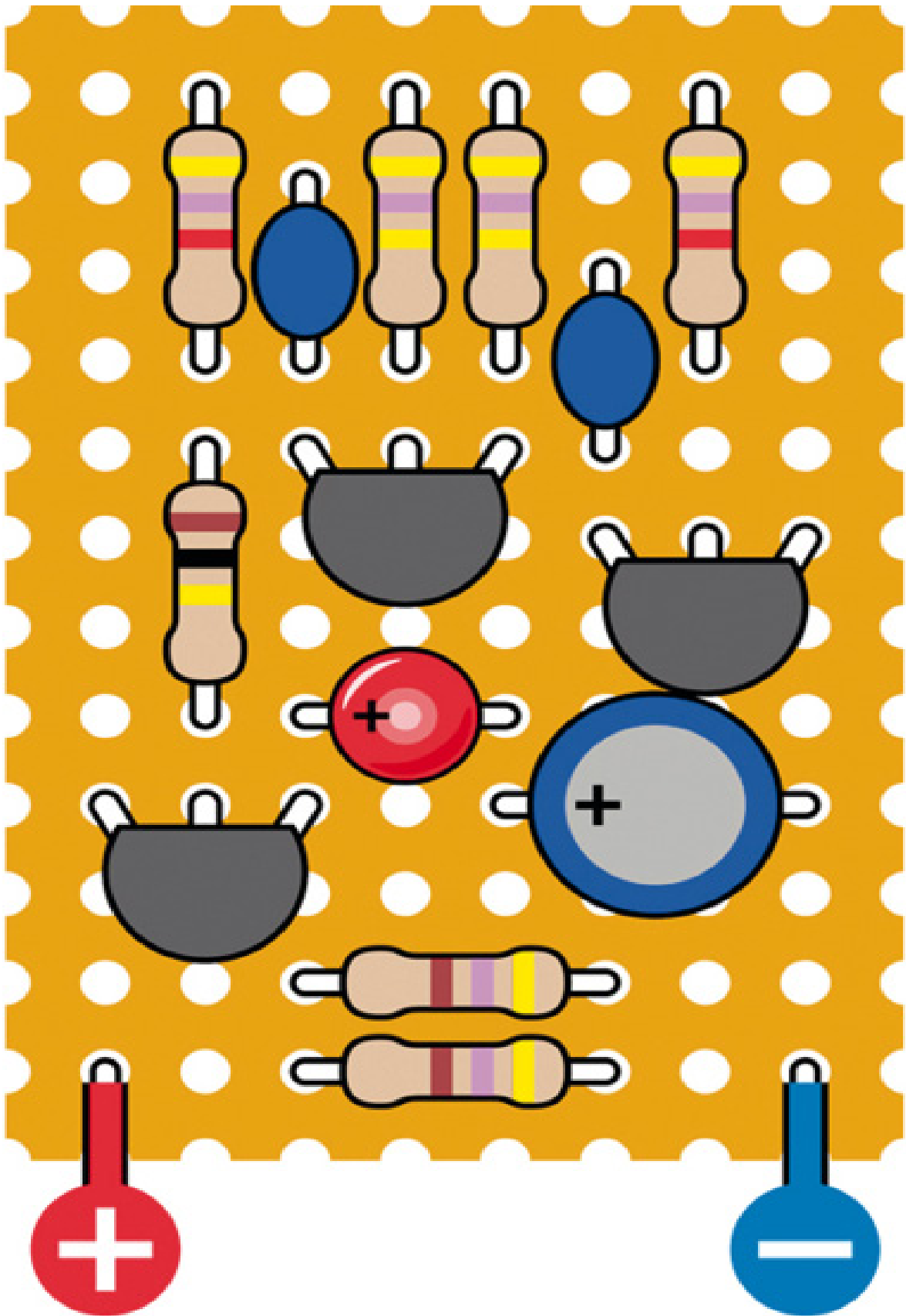
Minha melhor tentativa de reduzir o tamanho deste circuito é mostrada na Figura 3.66, sobre um pedaço de placa perfurada simples medindo 2,3 cm  $\times$  3,3 cm. Se você puder bolar um design que seja significativamente menor, eu adoraria vê-lo. Aqui estão

algumas ideias:

- Use resistores menores com potência nominal de  $1/8$  W em vez de  $1/4$  W.
- Monte os resistores verticalmente.
- Encaixe dois terminais em um furo, se os furos em sua placa forem grandes o suficiente.

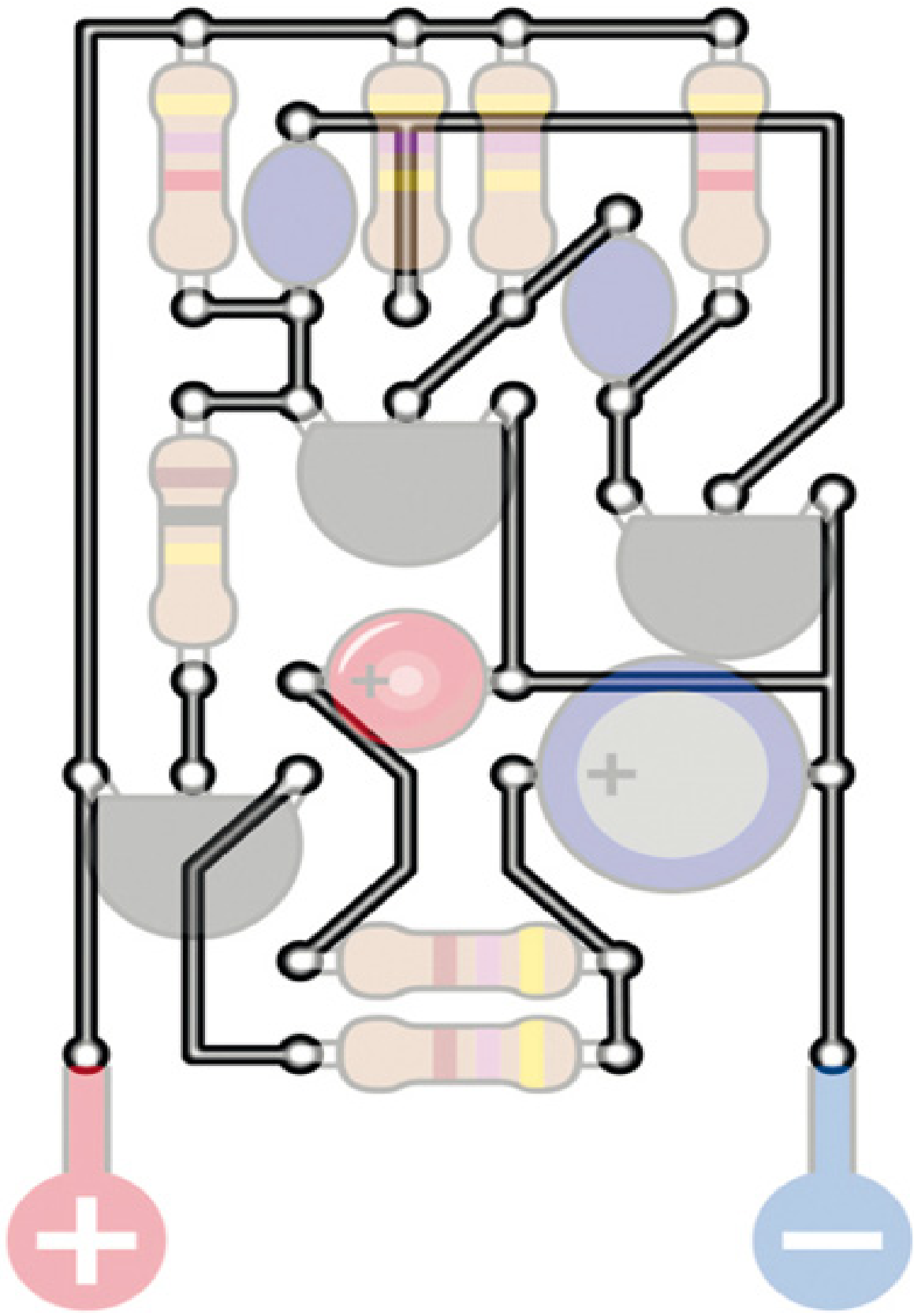
Onde estão as conexões entre os componentes? Elas estão sob a placa. Na Figura 3.67 eu pintei de cinza os componentes e fiz a placa sumir, para que você possa ver a fiação.





*Figura 3.66 – O circuito do oscilador, reduzido para ocupar um espaço mínimo em uma placa perfurada.*

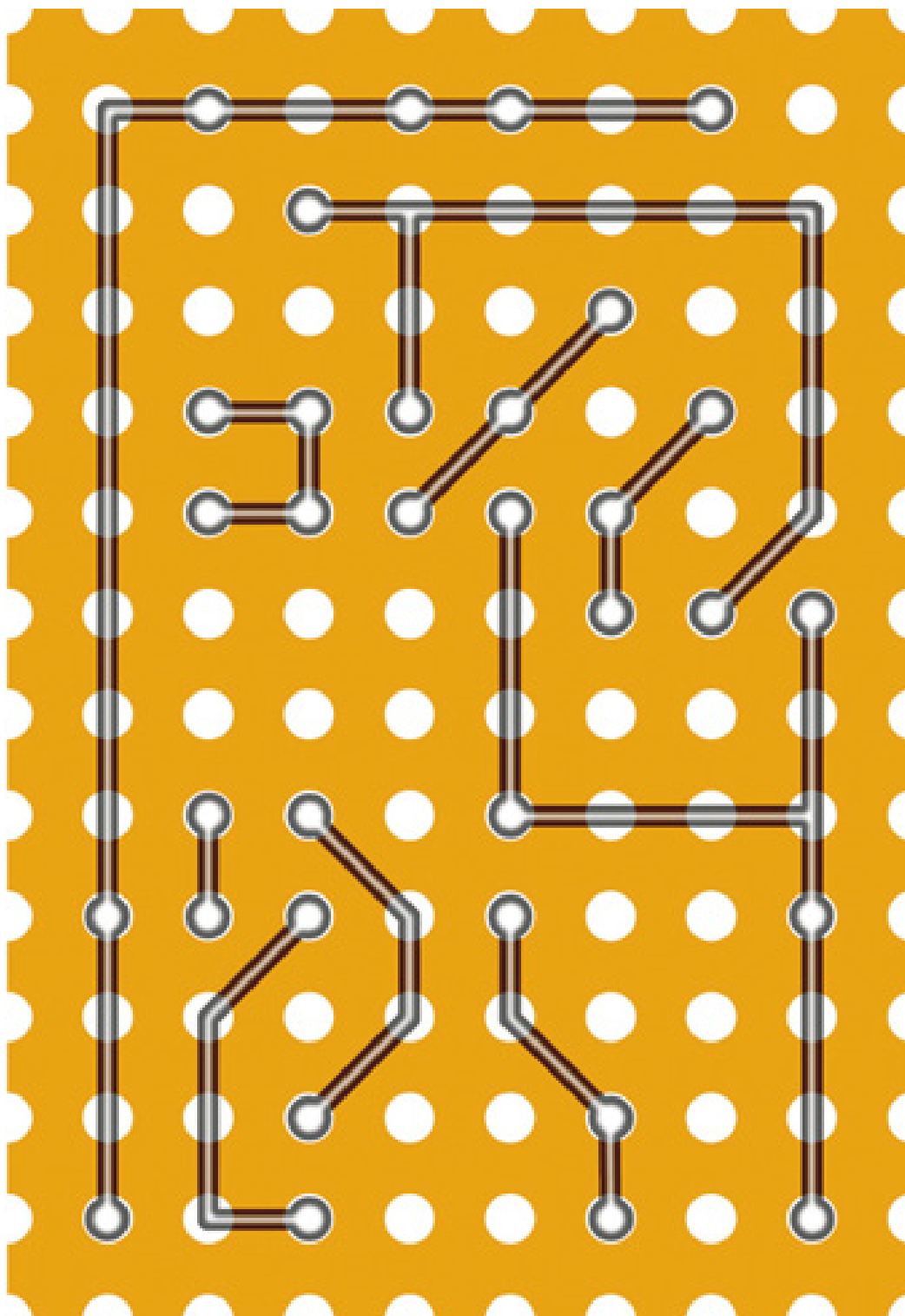
Se você comparar este diagrama cuidadosamente com o diagrama da Figura 2.116, verá que as conexões entre os componentes são as mesmas, a menos que eu tenha cometido um erro. (Espero que não. Não quero ter que redesenhar tudo.)



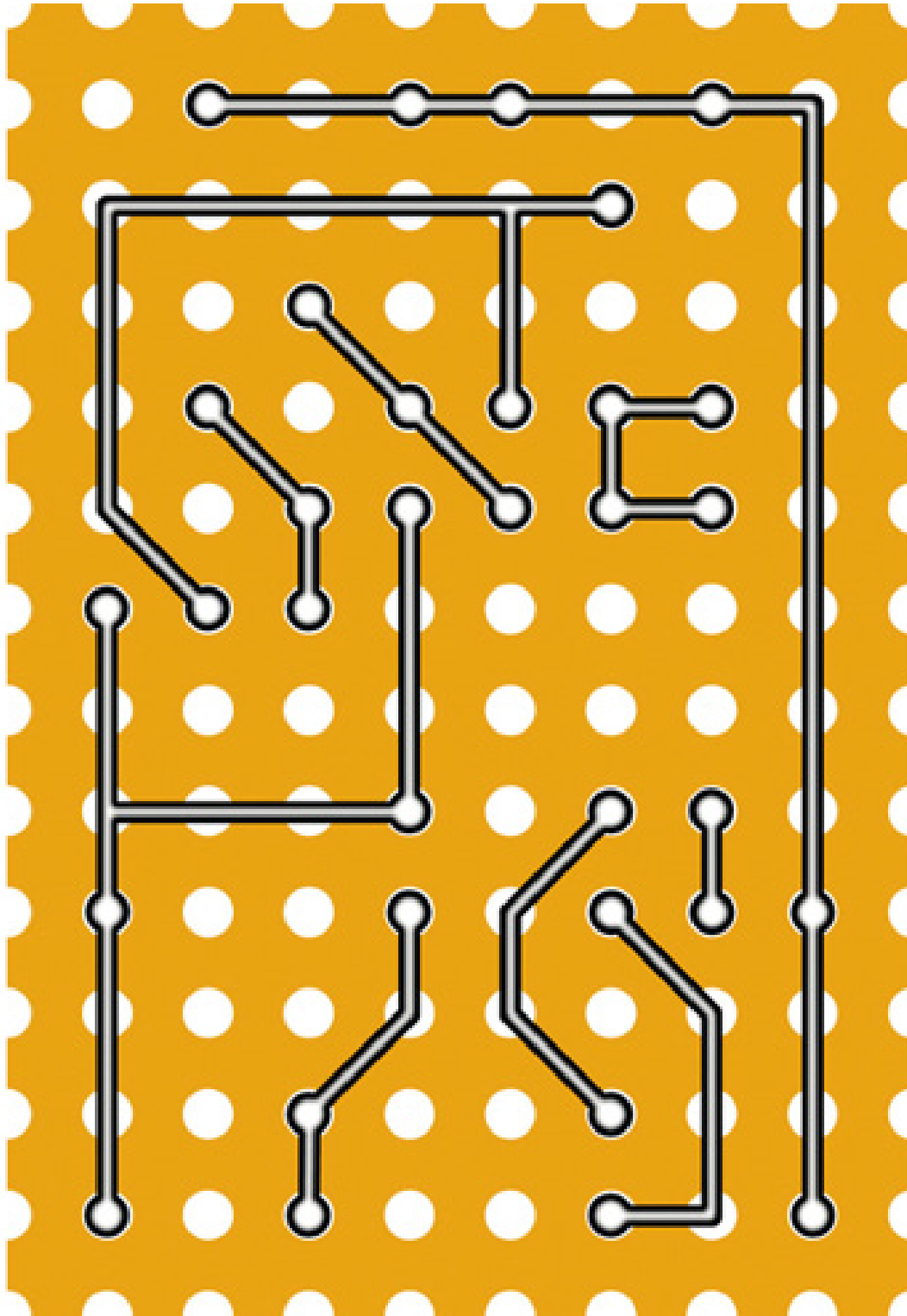
*Figura 3.67 – Conexões em preto são os fios sob a placa de circuito, que está transparente nesta imagem.*

A Figura 3.68 mostra outra visualização, desta vez omitindo os componentes e incluindo a placa, para que você possa ver como as conexões se encaixam na grade de furos de 0,25 cm × 0,25 cm da placa.

Finalmente, a Figura 3.69 mostra a placa girada da esquerda para a direita, de modo que você está vendo uma imagem debaixo dela. Isto ajudará a fazer as conexões quando estiver unindo os componentes. Você vai tentar, não vai?



*Figura 3.68 – Nesta visualização, apenas a placa e as conexões são exibidas. Cada ponto circular indica uma conexão que ocorre em um furo na placa.*



*Figura 3.69 – As conexões mostradas anteriormente são giradas para a direita, mostrando a placa vista de baixo.*

Dobrar fios, adicionar solda

Agora que você viu o plano deste projeto, como fará todas as conexões?

Não é tão difícil. Resistores, capacitores e transistores têm terminais metálicos que medem geralmente 1,2 cm. Você pode encaixá-los nos furos da placa perfurada e então dobrar os terminais para que eles se toquem entre si. Enquanto eles estiverem se tocando, você pode soldá-los. Corte fora qualquer excesso, acrescente uma conexão de bateria e está pronto.

É preciso prestar atenção em três questões principais:

- Manter a placa firme durante o trabalho requer atenção e paciência. Sua Terceira Mão será necessária.
- Os componentes e as juntas de solda que você fará estarão muito próximos. Use seus cliques jacaré de cobre para fornecer proteção contra o calor.
- Alternar entre a parte superior da placa e a inferior é confuso. Você pode facilmente colocar um fio no lugar errado. Eu acho que esta é a parte mais difícil.

Talvez você tenha visto uma placa perfurada na qual um pequeno círculo de cobre foi acrescentado em torno de cada furo. Isto seria adequado para este projeto? Os círculos de cobre têm a vantagem de ancorarem os componentes com segurança, mas eles também podem criar um curto-circuito entre os fios que estão próximos. Acho que uma placa simples é mais fácil para um pequeno projeto como este. Um exemplo foi mostrado na Figura 3.22. Algumas placas perfuradas têm furos que são maiores, mas isto não faz muita diferença.

### Passo a passo

Aqui está o procedimento específico para construir o circuito:

Corte um pedaço de placa medindo 2,3 cm × 3,3 cm. (Não é preciso uma régua calibrada em décimos de centímetros. Basta contar as fileiras de furos na placa.) Você pode usar uma serra miniatura ou talvez você consiga quebrar a placa na linha de furos, se for cuidadoso. Uma serra tico-tico também funciona. Eu sugiro que você

não use uma serra de madeira, pois a placa perfurada frequentemente contém fibra de vidro, o que pode cegar a serra.

Junte todos os componentes e cuidadosamente insira três ou quatro deles nos furos da placa, contando os furos para garantir que tudo esteja no lugar certo. Vire a placa de cabeça para baixo e dobre os terminais dos componentes para fixá-los à placa e criar as conexões mostradas na Figura 3.69. Se um dos fios não for longo o suficiente, você terá que complementá-lo com um pedaço extra de fio 22 AWG de seu suprimento. Remova o isolante, que só atrapalha.

Apare os fios aproximadamente com seu alicate de corte.

Crie as juntas com seu ferro de solda.

Agora a parte importante: verifique cada junta usando uma lente de aumento e torça os fios com o alicate de ponta. Se não houver solda suficiente para uma junta realmente segura, reaqueça-a e acrescente mais. Se a solda criou uma conexão que não deveria existir, use um estilete para fazer dois cortes paralelos na solda e raspe a pequena seção entre eles.

Em geral, eu manuseio apenas três ou quatro componentes por vez, porque fico confuso se houver uma quantidade maior. Se eu soldar um componente no lugar errado, desfazer o erro não é tão difícil, a menos que já tenha acrescentado mais componentes a ele quando descobrir o erro.

### Cuidado: segmentos voadores de fio

Os mordentes de seu alicate de corte exercem uma força intensa que atinge um pico e depois recua quando o fio é cortado. Esta força pode ser traduzida em um movimento súbito do pedaço cortado de fio. Alguns fios são relativamente macios e não representam risco, mas transistores e LEDs tendem a ter terminais mais rígidos. Pequenos segmentos de fios podem voar em direções imprevisíveis a uma alta velocidade, criando um perigo real para seus olhos quando seu rosto está muito próximo dos componentes.

Óculos comuns podem protegê-lo quando você estiver aparando fios. Se você não usa óculos, óculos de segurança de plástico são uma



boa ideia.

### Concluindo a tarefa

Sempre uso uma iluminação clara. Isto não é um luxo, mas uma necessidade. Compre uma luminária de mesa, se ainda não tiver uma. Ela não precisa ser cara; uma versão comum é suficiente.

Eu uso uma luminária de LED com espectro de luz diurna, porque ela me ajuda a identificar as faixas coloridas dos resistores com mais precisão. Eu parei de usar uma luminária fluorescente quando descobri que qualquer pequena imperfeição no revestimento dentro do tubo pode permitir que luz ultravioleta escape. Isto representa um perigo quando você está trabalhando tão perto da luz.

Não importa quanto sua visão seja boa, é preciso examinar cada junta com uma lente de aumento. Você ficará surpreso ao ver como algumas delas são imperfeitas. Segure a lente de aumento o máximo possível perto de seus olhos, então aproxime a placa até que a junta que você está inspecionando entre em foco.

Finalmente, você terá construído um circuito que pulsa no ritmo de um coração. Ou não? Se você tiver dificuldade em fazê-lo funcionar, verifique cada conexão e compare-a com o diagrama. Se você não encontrar um erro, alimente o circuito, ligue o cabo preto de seu multímetro ao lado negativo e então percorra o circuito com o cabo vermelho, verificando a presença de tensão. Cada parte deste circuito deve mostrar pelo menos alguma tensão enquanto estiver funcionando. Se você encontrar uma conexão morta, talvez tenha feito uma junta de solda ruim ou esquecido de fazer uma junta.

E agora que você terminou? Bem, agora você pode deixar de ser um amador em eletrônica e passar a ser um artesão amador. Você pode tentar achar um modo de tornar este circuito vestível.

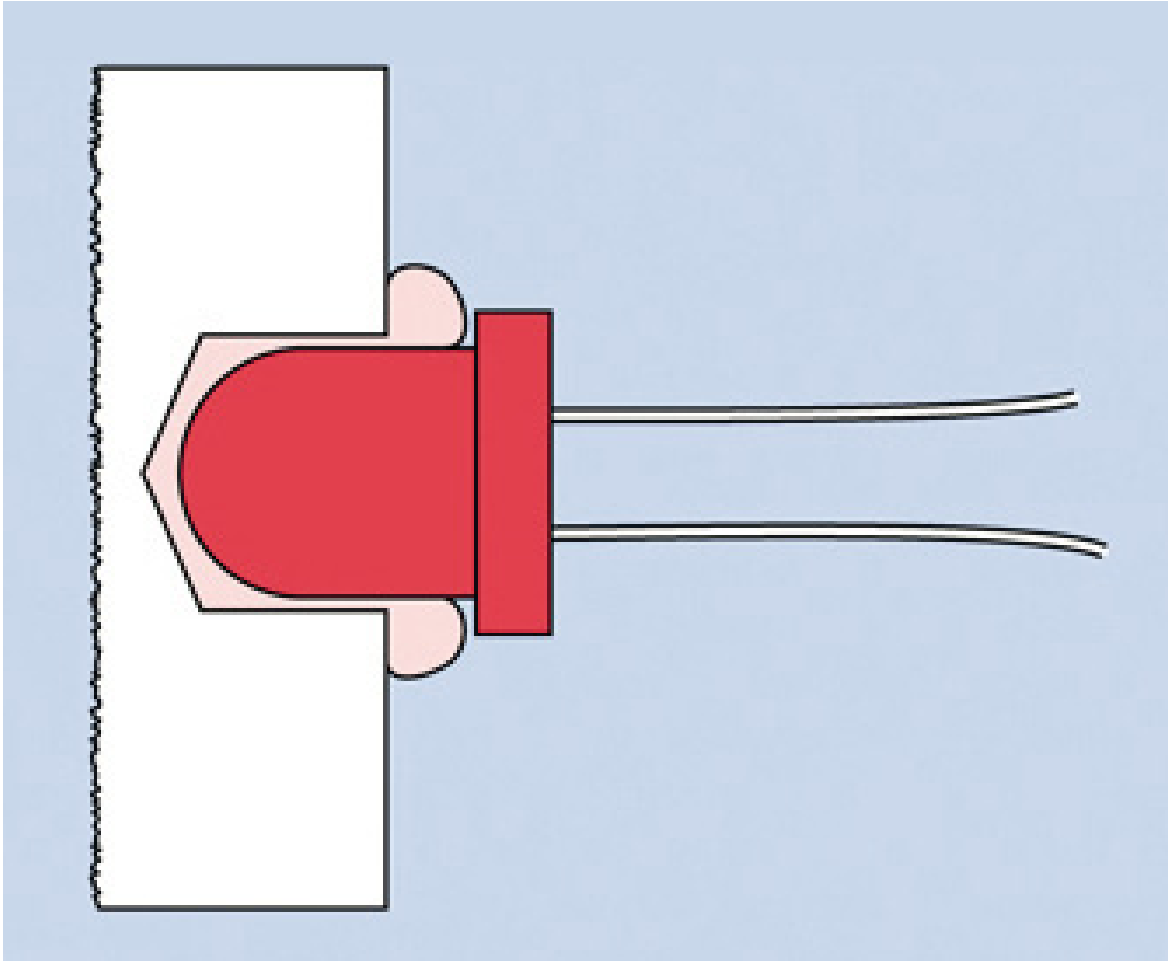
Primeiro, você precisa considerar a fonte de alimentação. Devido aos componentes que usei, você realmente precisa de uma bateria de 9 volts para que ele funcione direito. Como tornar esta volumosa bateria de 9 volts vestível?

Consigo imaginar três respostas:

- Você pode colocar a bateria no bolso e montar o adereço piscante do lado de fora do bolso, com um fio fino furando o tecido.
- Você pode montar a bateria dentro da copa de um boné de beisebol, com a parte piscante na frente.
- Você pode empilhar três baterias do tipo botão de 3 volts, presas por algum tipo de clipe de plástico. Eu não tenho certeza de quanto tempo elas durarão.

É preciso observar que os transistores 2N2222 neste projeto não são ideais, pois eles tendem a usar mais potência que transistores de efeito de campo, também conhecidos como MOSFETS. Entretanto, tomei uma decisão neste livro de só usar uma família de transistor e os NPNs bipolares são o tipo mais fundamental.

Em relação à escolha do LED, aqueles transparentes criam um raio definido de luz, o que pode não ser muito adequado para este projeto. Aqueles opacos criam um brilho difuso mais agradável. Você pode difundir mais a luz encapsulando o LED em um pedaço de plástico acrílico transparente, de pelo menos 0,6 cm de espessura, como mostrado na Figura 3.70.



*Figura 3.70 – Esta visão transversal mostra uma folha de acrílico transparente na qual foi feito um furo parcial. Uma vez que a broca cria um furo cônico na parte inferior e já que o LED tem contornos arredondados, é possível injetar no furo um preenchimento de epóxi ou silicone transparente antes de encaixar o LED.*

Raspe a parte frontal do acrílico com uma lixa fina, idealmente com uma lixadeira orbital que não cria um padrão óbvio. Isto tornará o acrílico translúcido em vez de transparente.

Faça um furo um pouco maior que o LED na parte de trás do acrílico. Não fure o plástico completamente. Remova todos os fragmentos e poeira do furo soprando um pouco de ar comprimido nele ou lavando-o se você não tiver um compressor de ar. Depois que a cavidade estiver totalmente seca, pegue um pouco de silicone transparente ou misture epóxi transparente e coloque uma gota no fundo do furo. Insira então o LED, empurrando de modo a forçar o

epóxi a se espalhar ao redor dele, criando uma vedação eficaz.

Tente acender o LED e lixe o acrílico um pouco mais se necessário. Finalmente, você pode decidir se quer montar o circuito na parte de trás do acrílico ou se quer usar um fio até outra parte.

Você pode escolher os resistores no circuito do oscilador para fazer o LED piscar no ritmo de um coração humano em repouso. Assim parecerá que ele está medindo sua pulsação, especialmente se você montá-lo no centro do peito ou em uma faixa em volta do pulso. Se você gosta de pregar peças nas pessoas, pode sugerir que está tão saudável que seu pulso não se altera mesmo quando está praticando exercícios extenuantes.

Para criar um invólucro bonito para o circuito, existem opções de vão desde encapsular o circuito em epóxi transparente ou encontrar um broche em estilo vitoriano. Cabe a você considerar as alternativas, pois este é um livro de eletrônica e não de projetos de artesanato. Entretanto, existe uma questão relacionada a artesanato que gostaria de mencionar e agora é um bom momento para fazê-lo.

### Histórico: enlouquecido pelas medições

Ao longo deste livro, tenho usado principalmente medidas em polegadas. Às vezes, porém, me aventurei no sistema métrico, como quando me referi aos “LEDs de 5 mm”. Isto não é inconsistência de minha parte; reflete o estado conflituoso da indústria eletrônica, em que você encontrará tanto polegadas quanto milímetros no uso diário, em geral nas mesmas especificações. Por exemplo, o espaçamento de pinos de chips de montagem em superfície tende a ser medido em milímetros, mas chips a serem encaixados nos furos têm pinos separados por 0,25 cm, e provavelmente sempre será assim.

Para complicar ainda mais as coisas, quando são usadas polegadas, existem dois diferentes sistemas para dividi-las em quantidades fracionadas. Brocas, por exemplo, são medidas em múltiplos de 1/64 de polegada. Calços de metal são graduados em 1/1.000 de polegada (0,001”, 0,002” e assim por diante). Para complicar ainda

mais as coisas, a espessura de chapas de metal geralmente é medida em “gauge”, como aço 16 “gauge”, cuja espessura é aproximadamente 1/16 de polegada.

Por que os EUA não mudam para o sistema métrico, já que ele é muito mais racional?

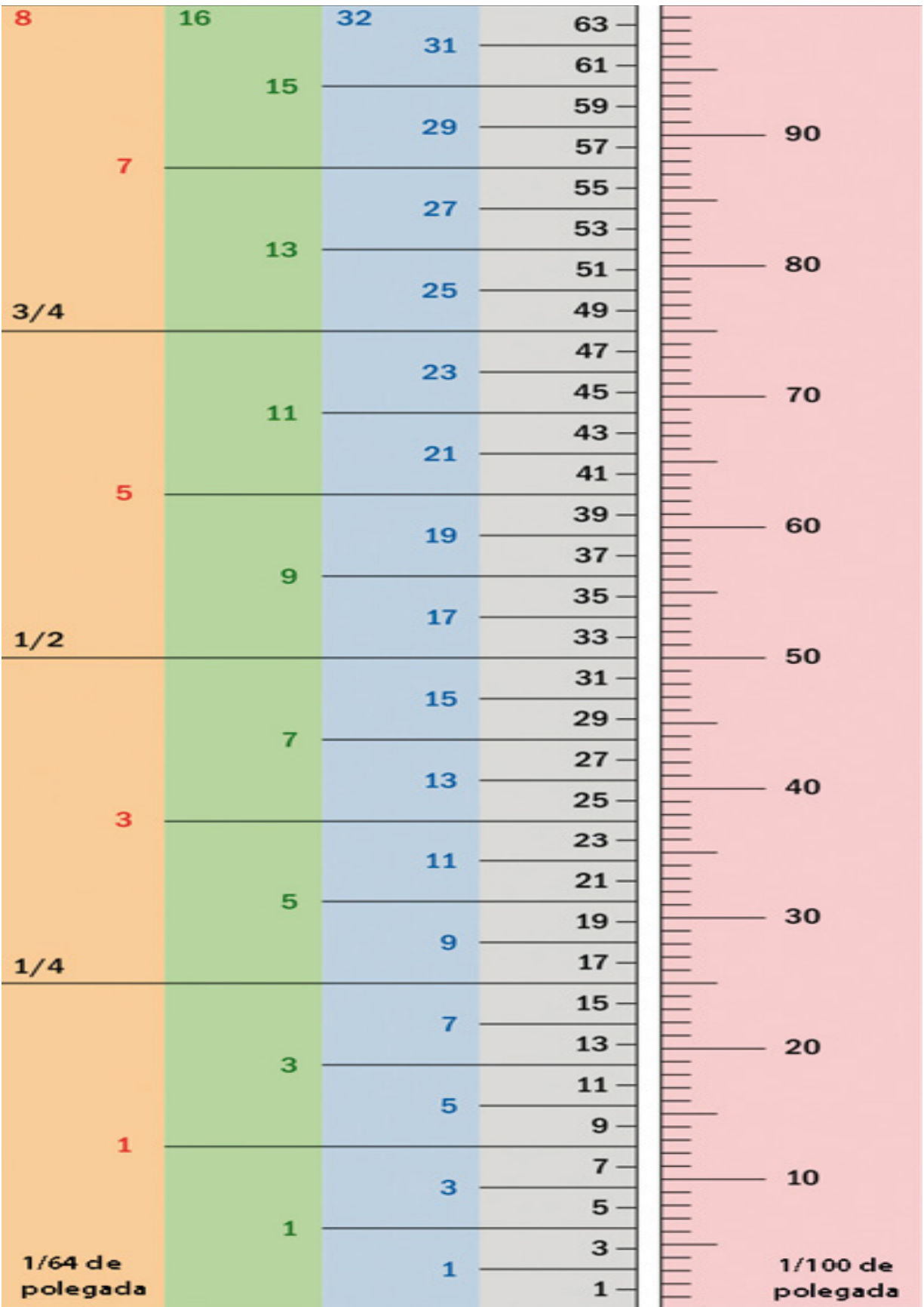
Podemos discutir se ele é realmente racional. Quando foi formalmente introduzido em 1875, o metro foi definido como sendo 1/10.000.000 da distância entre o Polo Norte e o Equador, ao longo de uma linha que passava por Paris. Por que Paris? Porque os franceses tiveram a ideia. Desde então, o metro foi refinado três vezes, em uma série de esforços para se obter uma maior precisão nas aplicações científicas.

Quanto à utilidade de um sistema de base 10, mover o ponto decimal é certamente mais simples que fazer cálculos em 1/64 de polegada, mas o único motivo para contarmos em unidades de dez é porque esse é o número de dedos em nossas mãos. Um sistema de base 12 seria realmente mais conveniente, já que os números poderiam ser divisíveis por 2 e 3.

Tudo isso é muito hipotético. O fato é que estamos presos a esses conflitos na medição de comprimentos, por isso criei quatro tabelas para ajudá-lo a converter de um sistema para o outro. Por meio delas, você verá que quando precisar fazer um furo para um LED de 5 mm, uma broca de 3/16 de polegada é a mais adequada. (Na verdade, ela resulta em um encaixe mais apertado que se você fizer um furo de exatos 5 mm.)

A Figura 3.71 ajudará a converter entre 1/64 e 1/100 de polegada. A coluna cinza é dividida em 1/64, a coluna azul em 1/32, a coluna verde em 1/16 e a coluna laranja em 1/8. Normalmente, se um valor puder ser expresso com precisão em unidades maiores, usamos essa opção; assim, em vez de nos referirmos a 8/64 de polegada, dizemos como 1/8 de uma polegada. Isto causa certa confusão quando você está tentando descobrir se uma medição é maior que a outra – por exemplo, 11/32 de polegada é maior que 5/8 de polegada? Verifique o diagrama para ter certeza.

Uma vez que as especificações em geral expressam dimensões usando frações decimais de uma polegada, uma segunda tabela na Figura 3.72 converte entre decimais e  $1/64$ . É muito provável que você encontre uma medida como  $0,375''$  e talvez seja útil saber que ela é o mesmo que  $3/8''$ .



*Figura 3.71 – Para conversão entre 1/64 e 1/100 de polegada.*

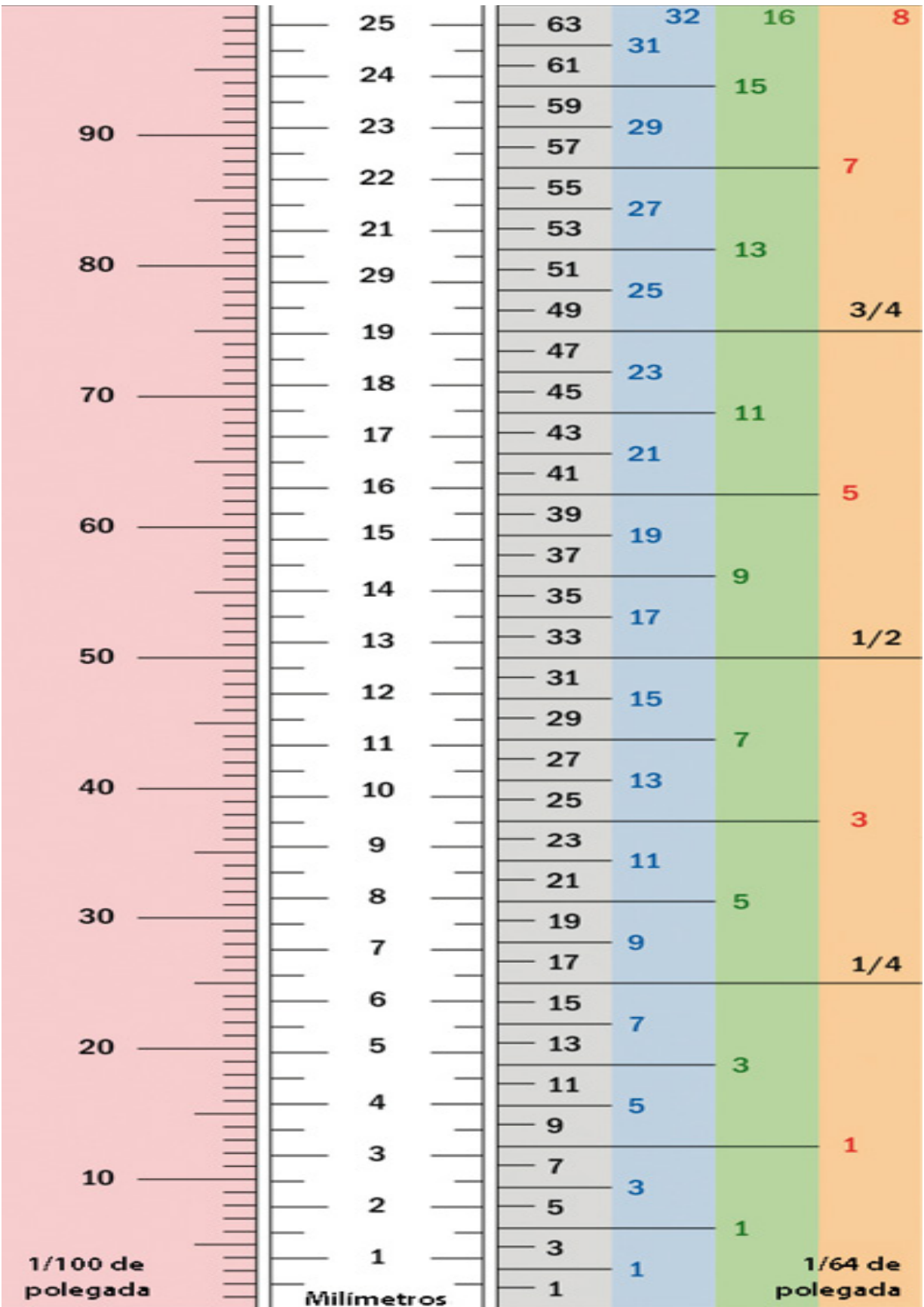
Muitas especificações fornecem medidas tanto em milímetros quanto em polegadas, mas algumas agora usam apenas milímetros. Se você ainda pensa em polegadas ou se você quiser saber se um componente caberá em uma matriz de contato ou placa perfurada com furos espaçados por 1/10", é útil lembrar que 1/10" é equivalente a 2,54 mm. Desde que um componente seja pequeno, o espaçamento entre pinos em múltiplos de 2,5 mm é aceitável. Entretanto, quando o espaçamento entre pinos for de 25 mm ou mais, eles podem não se encaixar em furos separados por 25,4 mm (isto é, uma polegada ou mais).



<b>.875</b>	<b>.9375</b>	<b>.9688</b>	<b>.9844</b>	63	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>8</b>
			<b>.9531</b>	61	<b>31</b>		
		<b>.9063</b>	<b>.9219</b>	59		<b>15</b>	<b>7</b>
			<b>.8906</b>	57	<b>29</b>		
<b>.75</b>	<b>.8125</b>	<b>.8438</b>	<b>.8594</b>	55			
			<b>.8281</b>	53	<b>27</b>		
		<b>.7813</b>	<b>.7969</b>	51		<b>13</b>	<b>3/4</b>
			<b>.7656</b>	49	<b>25</b>		
<b>.625</b>	<b>.6875</b>	<b>.7188</b>	<b>.7344</b>	47			
			<b>.7031</b>	45	<b>23</b>		
		<b>.6563</b>	<b>.6719</b>	43		<b>11</b>	<b>5</b>
			<b>.6406</b>	41	<b>21</b>		
<b>.5</b>	<b>.5625</b>	<b>.5938</b>	<b>.6094</b>	39			
			<b>.5781</b>	37	<b>19</b>		
		<b>.5313</b>	<b>.5469</b>	35		<b>9</b>	<b>1/2</b>
			<b>.5156</b>	33	<b>17</b>		
<b>.375</b>	<b>.4375</b>	<b>.4688</b>	<b>.4844</b>	31			
			<b>.4531</b>	29	<b>15</b>		
		<b>.4063</b>	<b>.4219</b>	27		<b>7</b>	<b>3</b>
			<b>.3906</b>	25	<b>13</b>		
<b>.25</b>	<b>.3125</b>	<b>.3438</b>	<b>.3594</b>	23			
			<b>.3281</b>	21	<b>11</b>		
		<b>.2813</b>	<b>.2969</b>	19		<b>5</b>	<b>1/4</b>
			<b>.2656</b>	17	<b>9</b>		
<b>.125</b>	<b>.1875</b>	<b>.2188</b>	<b>.2344</b>	15			
			<b>.2031</b>	13	<b>7</b>		
		<b>.1563</b>	<b>.1719</b>	11		<b>3</b>	<b>1</b>
			<b>.1406</b>	9	<b>5</b>		
<b>Equivalentes decimais</b>	<b>.0625</b>	<b>.0938</b>	<b>.1094</b>	7			
			<b>.0781</b>	5	<b>3</b>		
		<b>.0313</b>	<b>.0469</b>	3		<b>1</b>	<b>1/64 de polegada</b>
			<b>.0156</b>	1	<b>1</b>		

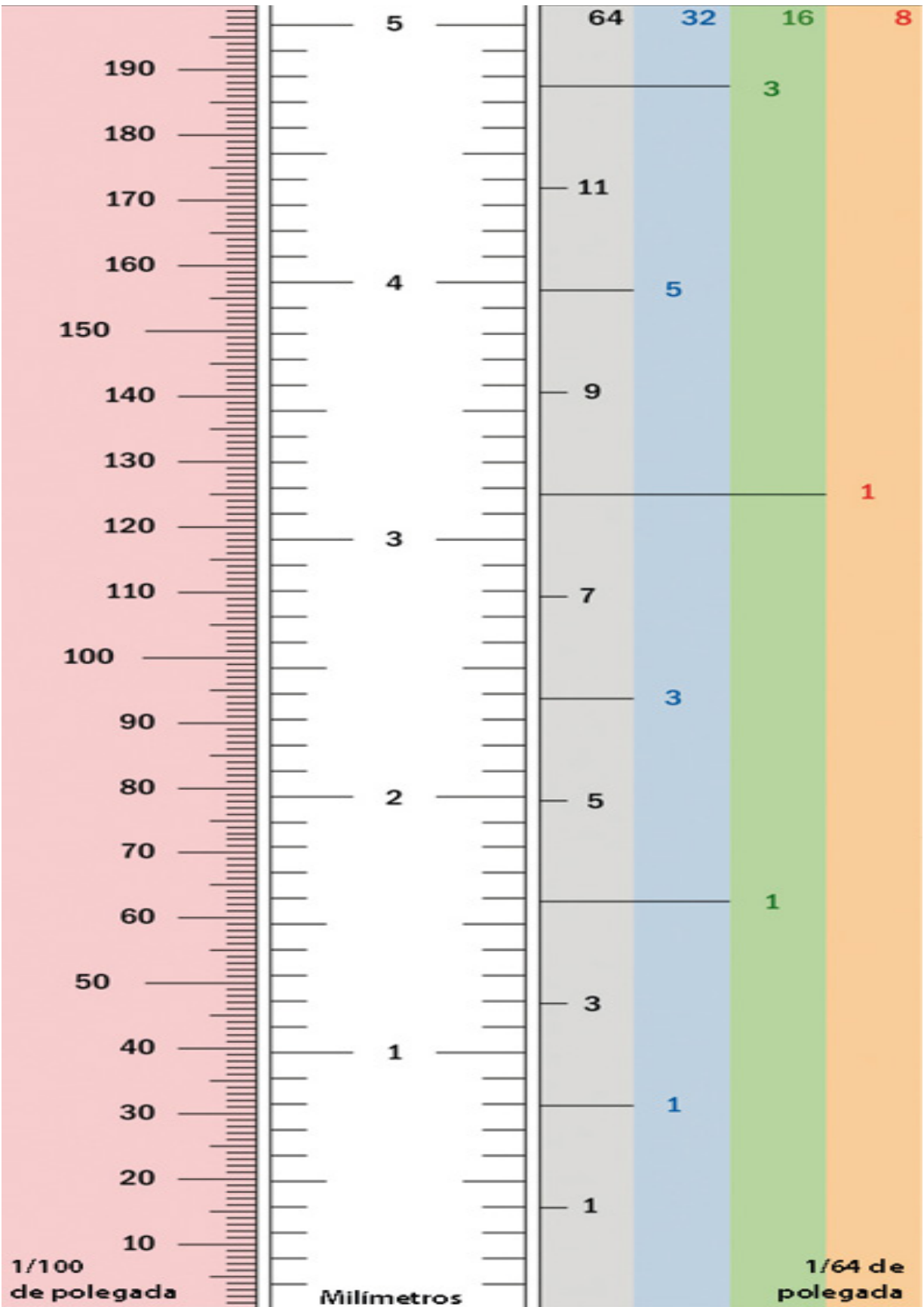
*Figura 3.72 – Para conversão entre valores decimais de polegada e 1/64 de polegada.*

A Figura 3.73 permite a conversão entre milímetros, 1/100 de polegada e 1/64 de polegada.



*Figura 3.73 – Para conversão entre medidas dos EUA e o sistema métrico (milímetros).*

A Figura 3.74 é uma versão ampliada da tabela anterior, mostrando décimos de milímetros e 1/1.000 de polegada.



*Figura 3.74 – Para conversão entre valores menores de medidas dos EUA e o sistema métrico (milímetros).*

Ocorreu algum progresso durante as últimas quatro décadas no sentido de se adotar o sistema métrico nos Estados Unidos, mas ainda serão necessárias mais décadas antes que a transição esteja completa. Enquanto isso, qualquer pessoa que use peças ou ferramentas fabricadas ou vendidas nos Estados Unidos deve estar familiarizada com ambos os sistemas. Não há como evitar.

## Experimento 15: Alarme contra invasão, parte um

Chegou a hora de um experimento que pega o conhecimento que você adquiriu e o aplica a um produto de consumo simplificado, porém funcional. Você pode achar que não precisa de um alarme contra invasão, mas descobrir como construir um será uma excelente introdução ao processo de criar circuitos para realizar tarefas no mundo real.

Preciso alertá-lo que projetar um circuito do zero geralmente resulta em problemas inesperados e erros. Dizer o contrário seria enganador. Conseqüentemente, na sequência de passos descritos abaixo, você encontrará pelo menos um revés e uma reversão, até finalmente chegarmos a um sistema sólido e funcional.

### O que será necessário

- Bateria de 9 V e conector, ou um adaptador AC-DC de 9 V (sua escolha)
- Matriz de contatos, fios, alicata de corte, desencapador de fios, multímetro
- LED genérico (1)
- Transistor, 2N2222 (1)
- Relé DPDT de 9 VDC (1)
- Diodo 1N4001 (1)
- Resistores: 470 ohms (1), 1 K (1), 10 K (1)

## Lista de desejos

Este experimento é suficientemente complexo; ele requer um plano. Entretanto, antes de desenvolver um plano, preciso saber o que eu quero. Isto significa escrever o que chamo de “lista de desejos”. Ao longo do experimento, também tentarei visualizar como cada requisito pode ser satisfeito com os componentes que foram mencionados nos experimentos anteriores.

O que um alarme contra invasão requer?

**1. Sistema de acionamento.** O dispositivo precisa detectar se alguém entrou na propriedade. Um sistema sofisticado usando raios laser ou ultrassom seria legal, mas muito difícil. Uma vez que esta é uma primeira tentativa, me satisfarei com sensores magnéticos para janelas e portas, que estão amplamente disponíveis no mercado.

**2. Som.** O alarme deve fazer algum tipo de som característico, flutuante e que chame a atenção.

**3. À prova de violação.** Ninguém deve ser capaz de desligar o alarme cortando um fio. Na verdade, violar o alarme deve acioná-lo.

**4. Sensores em série.** Para tornar o sistema inviolável, posso fazer com que uma corrente muito baixa e constante percorra vários interruptores que estão normalmente fechados e ligados em série. Se um dos interruptores abrir ou se o próprio fio for rompido, a corrente será interrompida e o alarme acionado. Acho que a maioria dos alarmes com fio é projetada segundo este princípio.

**5. “Off-to-on”.** Se eu usar sensores em série, um evento “off”, causado pela abertura de um interruptor ou pela interrupção do circuito, precisa acionar o alarme. Talvez um relé de dupla via possa fazer isso. A corrente através da bobina do relé mantém um par de contatos abertos até que o fluxo de corrente para, quando então os contatos fecham por definição. Porém, o relé consumiria uma potência significativa enquanto mantém seus contatos abertos. Eu quero que meu sistema de alarme consuma pouca corrente enquanto estiver no modo “pronto” para que possa ser alimentado por uma bateria. Sistemas de alarme nunca devem depender totalmente de uma corrente AC doméstica.

**6. Talvez usar um transistor?** Se eu não usar um relé, um transistor poderia acionar o alarme quando o circuito for interrompido. A base do transistor pode receber uma tensão relativamente baixa até que o circuito seja interrompido. Então a tensão sobe e o transistor liga.

**7. Armando o alarme.** Preciso de uma pequena luz que acenda quando todas as portas e janelas estiverem fechadas. Isto me informa que o alarme pode ser usado. Quero pressionar um botão que inicia uma contagem regressiva de um minuto, me dando um tempo para sair. Depois de um minuto, o alarme é armado.

**8. Autossuficiente.** Assim que o alarme inicia, não quero que ele pare facilmente. Se alguém abrir uma janela, o alarme deve continuar fazendo barulho mesmo que a pessoa volte a fechar a janela. Talvez o transistor possa acionar um relé e quando o relé ligar, ele mesmo se alimenta? Ou o transistor pode fazer isso?

**9. Atraso inicial.** Eu não quero que o alarme comece a soar imediatamente cada vez que eu entrar na área protegida. Quero que ele espere um minuto para que eu tenha tempo de chegar até ele e desligá-lo. Se eu não conseguir desativá-lo dentro dessa janela de tempo, então ele pode começar a fazer barulho.

**10. Desativação com um código.** Algum tipo de teclado com código secreto seria bom para desativar o alarme.

### Implementando a lista de desejos

Esta lista de desejos parece um pouco ambiciosa, levando em conta que a única coisa que você construiu até agora foi um pequeno oscilador usando três transistores. Porém, na verdade, a maioria das funções pode ser implementada com facilidade. Mais adiante neste livro, quando eu tiver estabelecido uma base de conhecimento mais ampla, abordarei as funções mais difíceis. No final, serei capaz de lidar com todos os itens da lista e os componentes todos se encaixarão em uma única matriz de contatos (com exceção do circuito de emissão sonora, que será opcional).



## Interruptores de sensor magnético

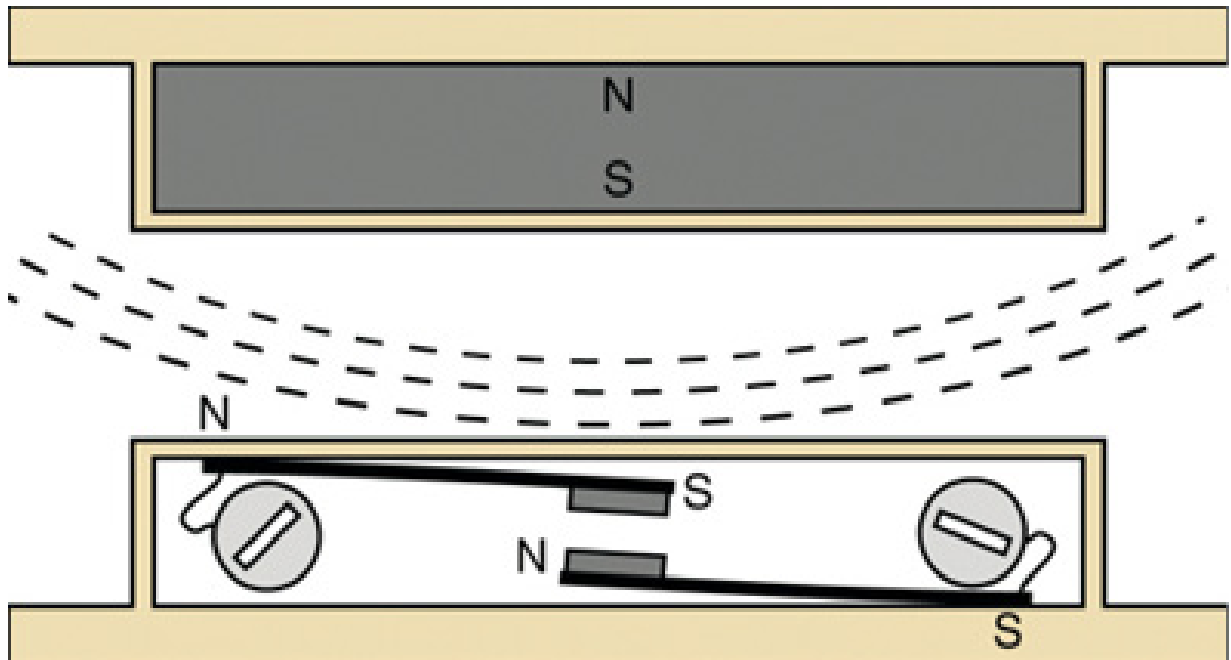
Vamos começar com o componente que dispara o alarme. Um sensor típico consiste em dois módulos: o módulo magnético e o módulo do interruptor. Eles são mostrados lado a lado na Figura 3.75.

O módulo magnético contém um ímã permanente e nada mais. O módulo do interruptor contém um *interruptor de lâminas*, que estabelece ou rompe uma conexão (como um contato dentro de um relé) sob a influência do ímã.

Você prende o módulo magnético à parte móvel de uma porta ou janela, e prende o módulo do interruptor ao batente da janela ou porta. Quando a janela ou porta é fechada, o módulo magnético quase toca o módulo do interruptor. O ímã mantém o interruptor fechado até que a porta ou janela seja aberta, quando então o interruptor abre. Veja a Figura 3.76 para um diagrama em corte da combinação ímã-interruptor.



*Figura 3.75 – Um sensor de alarme típico consiste em um ímã em um invólucro de plástico (inferior esquerdo) e um interruptor de lâminas ativado magneticamente em um invólucro semelhante (superior direito).*



*Figura 3.76 – Este diagrama em corte mostra os dois componentes de um sensor típico de um sistema de alarme: um interruptor de lâmina (parte inferior) e um ímã que o ativa (parte superior).*

O interruptor consiste em duas tiras flexíveis magnetizadas que terminam em contatos elétricos. Cada tira se conecta com um parafuso externo ao qual um fio pode ser ligado.

Quando o ímã se aproxima do interruptor, ele magnetiza as tiras flexíveis, fazendo com que elas se atraiam entre si até fechar o contato.

Pela minha descrição, você pode ver que o interruptor de lâmina está normalmente aberto (abreviado como NO), mas fica fechado graças ao campo magnético. Se decidir comprar sensores de alarme, saiba que alguns deles contêm interruptores de lâmina que funcionam ao contrário. Eles estão normalmente fechados (abreviado como NC), mas são abertos pelo campo magnético. Esses não servem para este projeto.

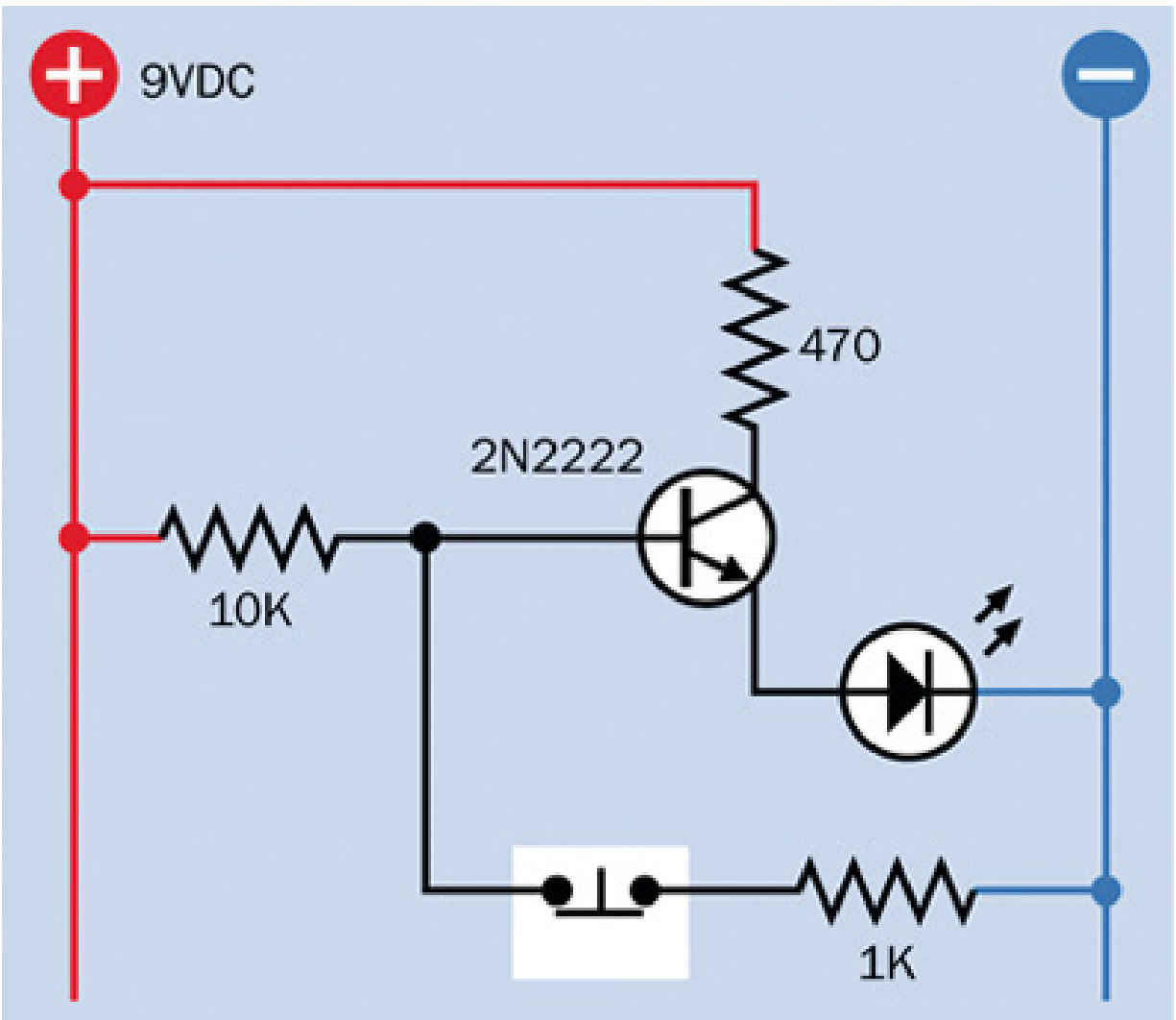
[Um circuito de transistor que aciona o alarme quando interrompido](#)

Agora, como podemos ligar a parte sonora do alarme? Lembre-se, teremos uma série de interruptores que estão todos normalmente fechados e quando um deles abrir, o alarme precisa disparar.

Lembre-se de como funciona um transistor NPN. Quando a base não está muito positiva, o transistor bloqueia a corrente entre seu coletor e emissor. Quando a base é mais positiva, o transistor deixa passar corrente.

Observe o diagrama da Figura 3.77, que é construído em torno de nosso velho conhecido, o transistor NPN 2N2222. Para fins de teste, mostrei um botão de pressão normalmente fechado para representar um sensor de alarme. Sei que você não tem um botão de pressão normalmente fechado em seu suprimento de peças para construir este circuito, mas basta usar sua imaginação até estarmos prontos para montá-lo em uma matriz de contatos.

Desde que o botão de pressão permaneça fechado, ele conecta a base do transistor ao lado negativo da fonte de alimentação através de um resistor de 1 K. Ao mesmo tempo, a base é conectada ao lado positivo da fonte de alimentação através de um resistor de 10 K. Devido à diferença de resistências, a base está mais próxima de zero volt que de nove volts, mantendo o transistor abaixo de seu limiar de ativação. Como resultado, o transistor não deixa passar muita corrente e o LED não terá tensão suficiente para acender.



*Figura 3.77 – Um circuito básico, no qual um LED acende quando um botão de pressão normalmente fechado é aberto.*

O que acontece quando o botão de pressão é aberto? A base do transistor perde sua alimentação negativa e só tem uma alimentação positiva. Ela se torna muito mais positiva e diz ao transistor para baixar sua resistência e permitir a passagem de mais corrente. Agora o LED brilha com intensidade. Assim, quando o botão de pressão interrompe a conexão, o LED acende.

Este parece ser um sistema funcional. Vários sensores serão necessários para as várias portas e janelas, mas tudo bem, podemos ligar quantos quisermos em série, como mostrado na Figura 3.78, na qual um sensor de alarme pode substituir cada botão de pressão. A fiação pode ser disposta em torno da casa toda, já

que sua resistência total deve ser baixa em relação ao resistor de 10 K.

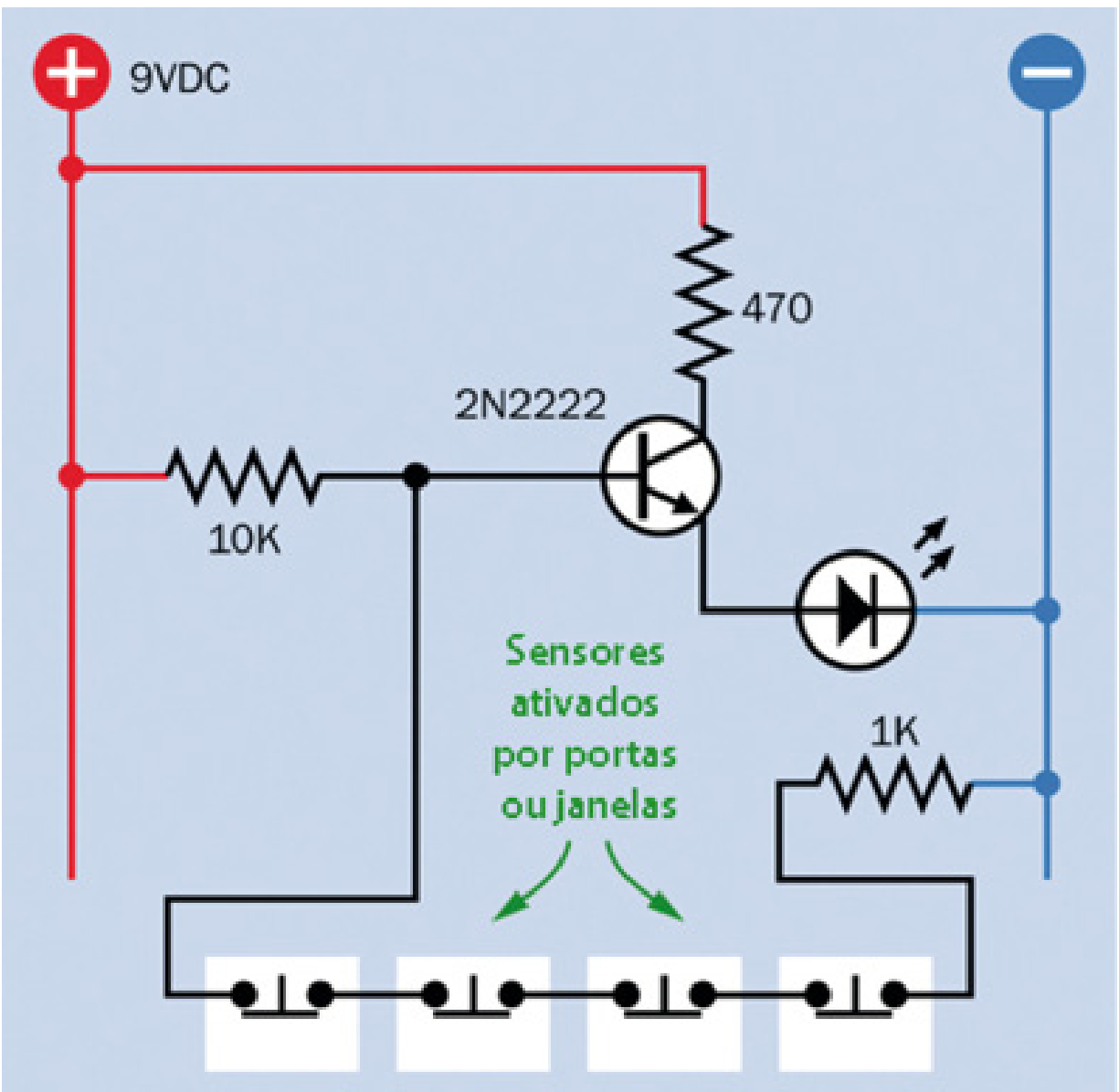


Figura 3.78 – Em uma rede de sensores ligados em série, qualquer sensor quebrará a continuidade e acionará o transistor.

Enquanto todos os sensores estiverem fechados, o transistor puxa pouca corrente, provavelmente cerca de 1 mA. Para fins de desenvolvimento e demonstração, o sistema pode ser alimentado por uma bateria de 9 volts. No uso real, recomendo uma bateria de alarme de 12 volts, que é mantida por um sistema automático de carga. Isto está fora do escopo deste livro, mas lembre-se de que

baterias e carregadores de alarme estão amplamente disponíveis se você precisar.

Suponha que troquemos o LED por um relé, como mostrado na Figura 3.79. (Mostrei um relé de polo duplo, mesmo que o segundo polo não seja usado no momento.) Desde que todos os botões de pressão permaneçam fechados, a base do transistor é mantida em uma tensão relativamente baixa e o transistor não aplica muita tensão à bobina do relé e seus contatos permanecem no estado mostrado.

Quando qualquer sensor é aberto, a tensão maior na base do transistor faz com que ele conduza corrente para a bobina do relé, que aciona o alarme, como na Figura 3.80. (Tudo bem usar um relé neste modo, pois o relé não estará “sempre ativado”. Normalmente ele estará desativado e consumirá energia apenas quando o alarme for acionado.) Observe que eu eliminei o resistor de 470 ohms do circuito, pois o relé não precisa de proteção em relação à fonte de alimentação.

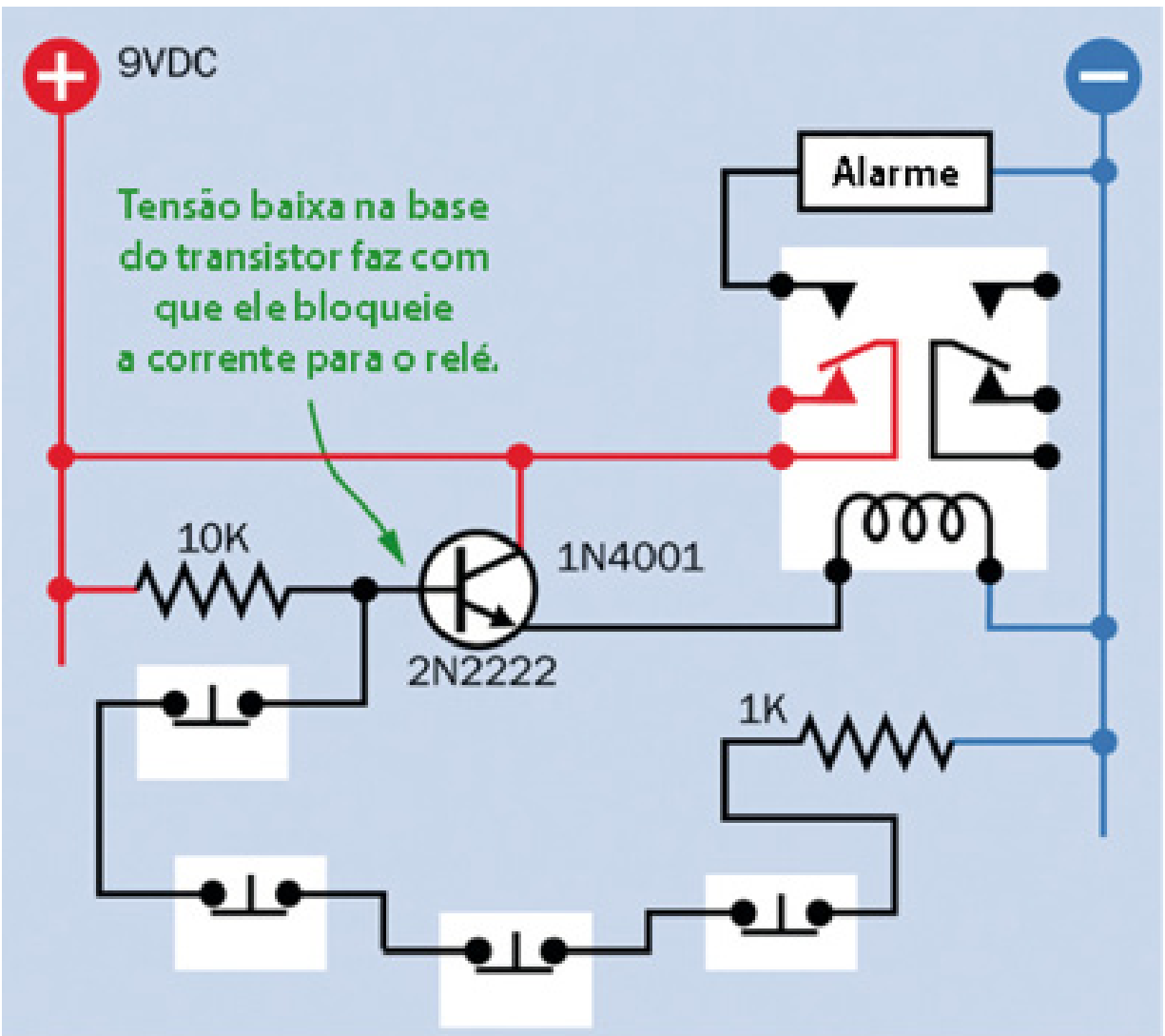


Figura 3.79 – Neste circuito, o relé será ativado quando qualquer interruptor na rede de sensores for aberto.

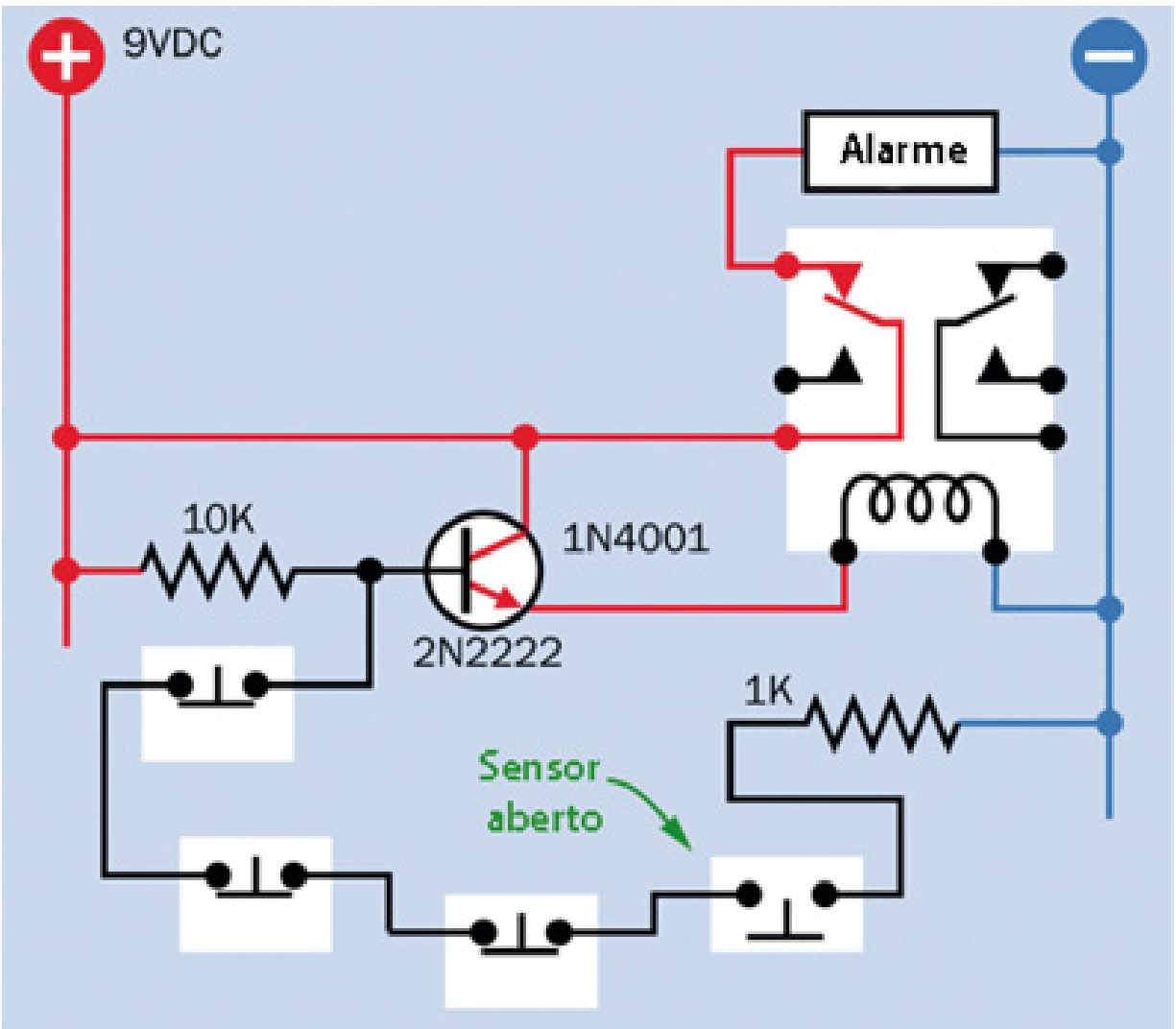


Figura 3.80 – Agora que um sensor no circuito foi aberto, o relé é ativado pelo transistor.

Você pode construir este circuito usando o mesmo relé usado no Experimento 7 (veja “Experimento 7: Investigando um relé”). Porém, talvez você deva esperar até eu desenvolver o circuito um pouco mais.

Algumas coisas a serem consideradas:

- O relé sobrecarregará o transistor? A resposta pode ser encontrada nas especificações desses dois componentes.
- Lembre-se de que um transistor impõe uma pequena queda de tensão, mesmo quando está no estado “on”. A tensão ainda será suficiente para ativar um relé de 9 volts? As especificações do relé



dirão qual a mínima tensão operacional de sua bobina. Isso pode ser verificado testando-o.

### Relé de autotravamento

O circuito que desenvolvi até agora ativa o alarme quando qualquer sensor é aberto. Tudo bem, mas o que acontece se o sensor voltar ao estado fechado? A baixa tensão volta a ser aplicada à base do transistor e ele desliga o alarme. Isso não é bom.

De acordo com o item 8 da minha lista de desejos, o alarme deve ser autossuficiente. Ele precisa continuar soando mesmo depois que alguém que abriu uma porta ou janela voltar a fechá-la rapidamente. Portanto, o relé precisa ficar travado na posição “on” de alguma forma.

Uma maneira de fazê-lo é usar um *relé com trava*, que permanece em qualquer um dos dois estados e só precisa de energia para alternar de um estado para outro. No entanto, um relé com trava tem duas bobinas e exigiria um circuito extra para destravá-lo quando você quiser desativar o alarme. Na verdade, é mais fácil usar um relé sem trava e já sei como manter o relé ligado indefinidamente depois que ele recebeu apenas um pico de energia.

O segredo está revelado na Figura 3.81. Neste diagrama, o botão de pressão mais à direita fechou novamente depois ser aberto, portanto o transistor desligou, mas o relé continua “on”, pois um fio conecta seus contatos de volta à sua própria bobina. Quando o relé ativar o alarme, ele também ativará a si próprio.

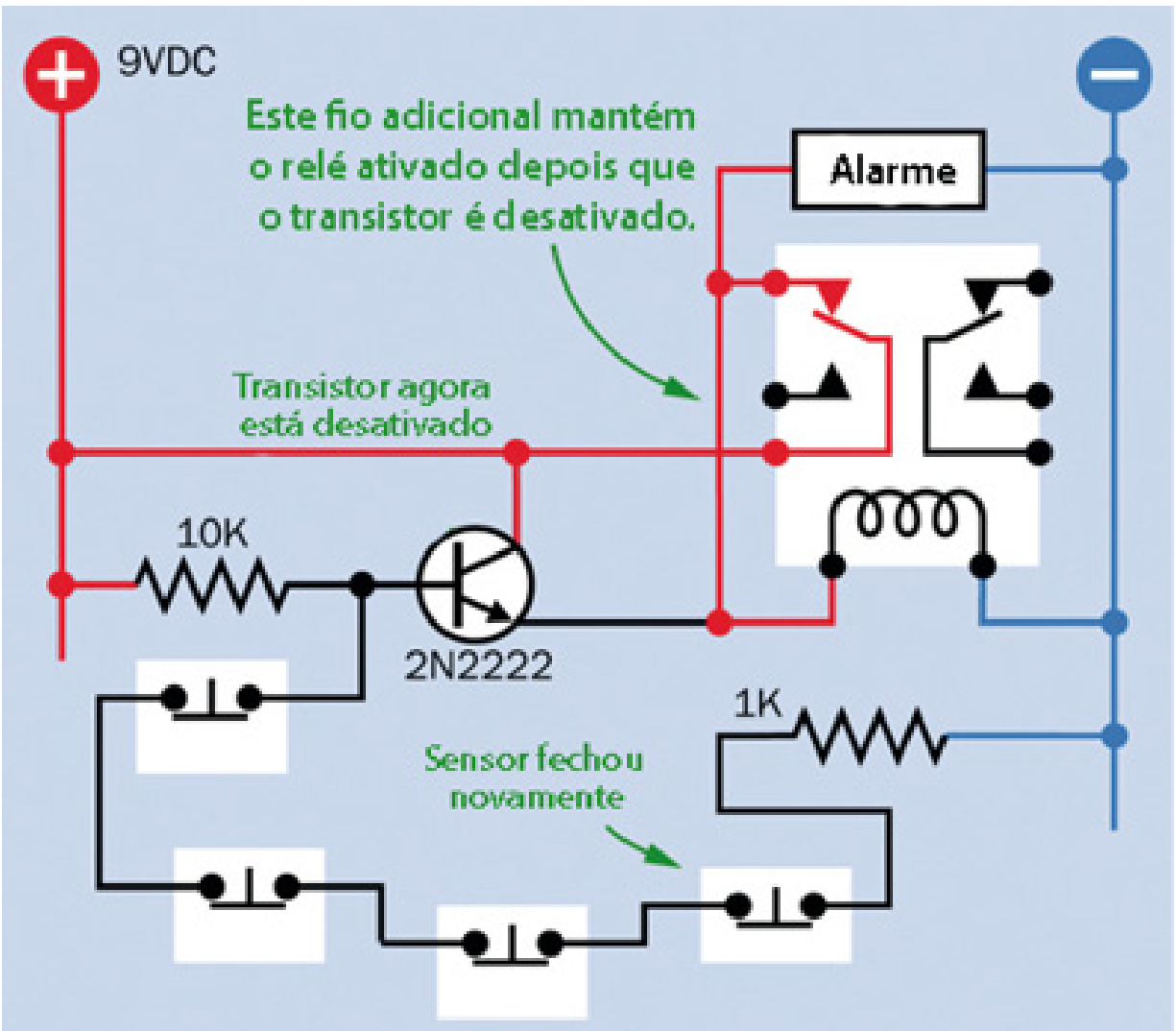


Figura 3.81 – O sensor fechou novamente. O transistor não está mais ativo, mas o alarme permanece travado.

A Figura 3.82 esclarece este conceito ao mostrar o caminho que a corrente pode percorrer. Desde que os contatos do relé estejam fechados, a bobina do relé é energizada via seus próprios contatos. Desta forma, ele se mantém ligado.

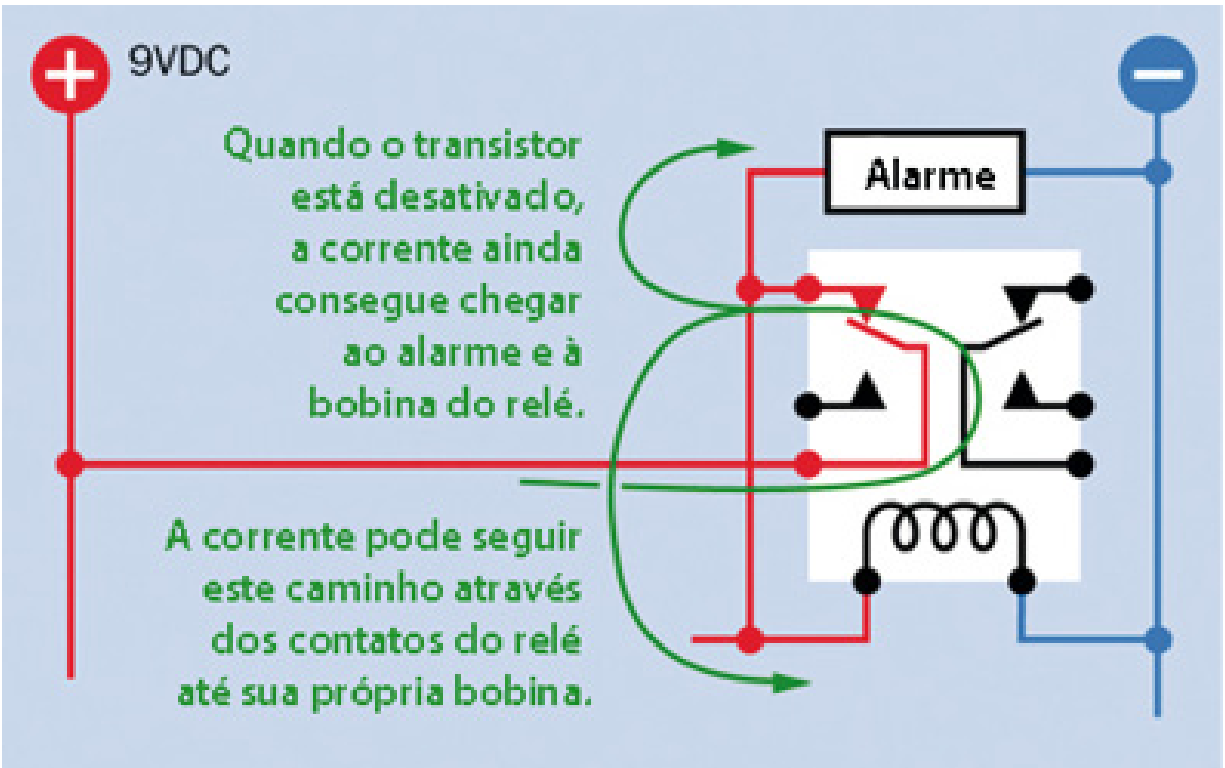


Figura 3.82 – Close-up do diagrama anterior, mostrando como o relé se mantém ligado.

### Bloqueando tensão ruim

Isto parece promissor, mas há um problema. A imagem na Figura 3.81 não era totalmente precisa. Observe a Figura 3.83. A parte superior desta figura é outro close-up de uma parte relevante do circuito. Quando o alarme trava no estado acionado, mas o transistor desliga, a corrente pode voltar a fluir da bobina do relé para o emissor do transistor. Eu deveria ter pintado esta seção do fio de vermelho, já que ele será relativamente positivo.

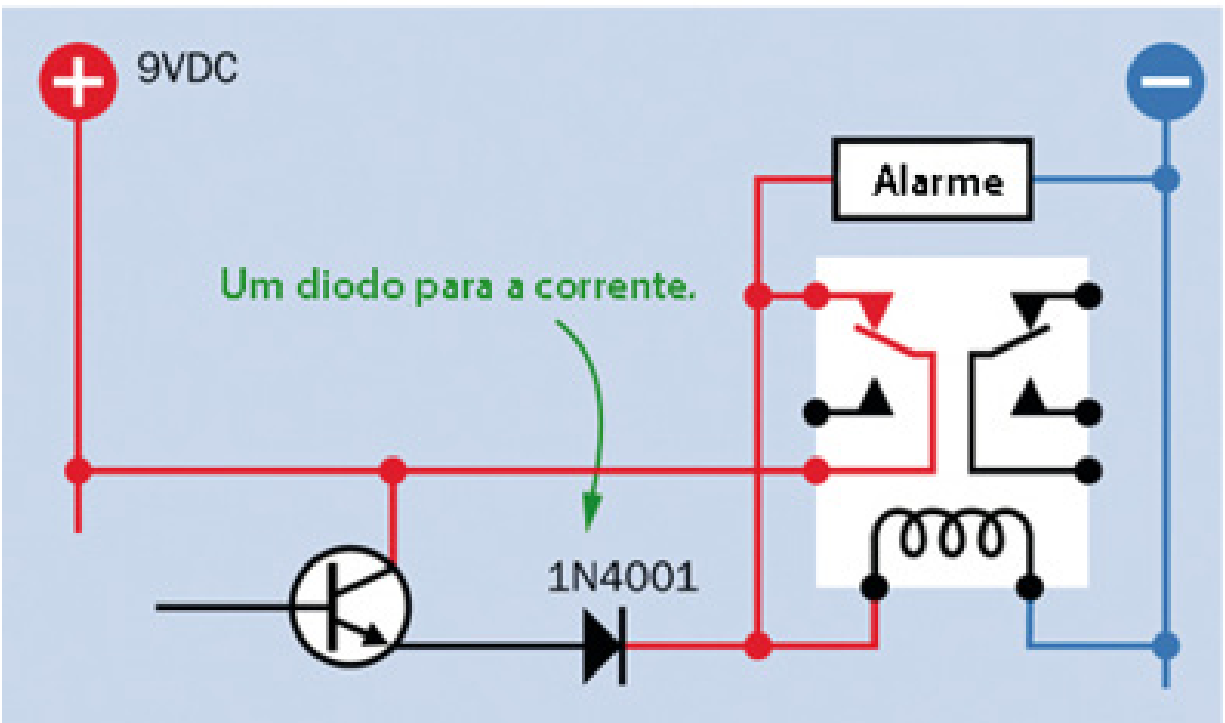
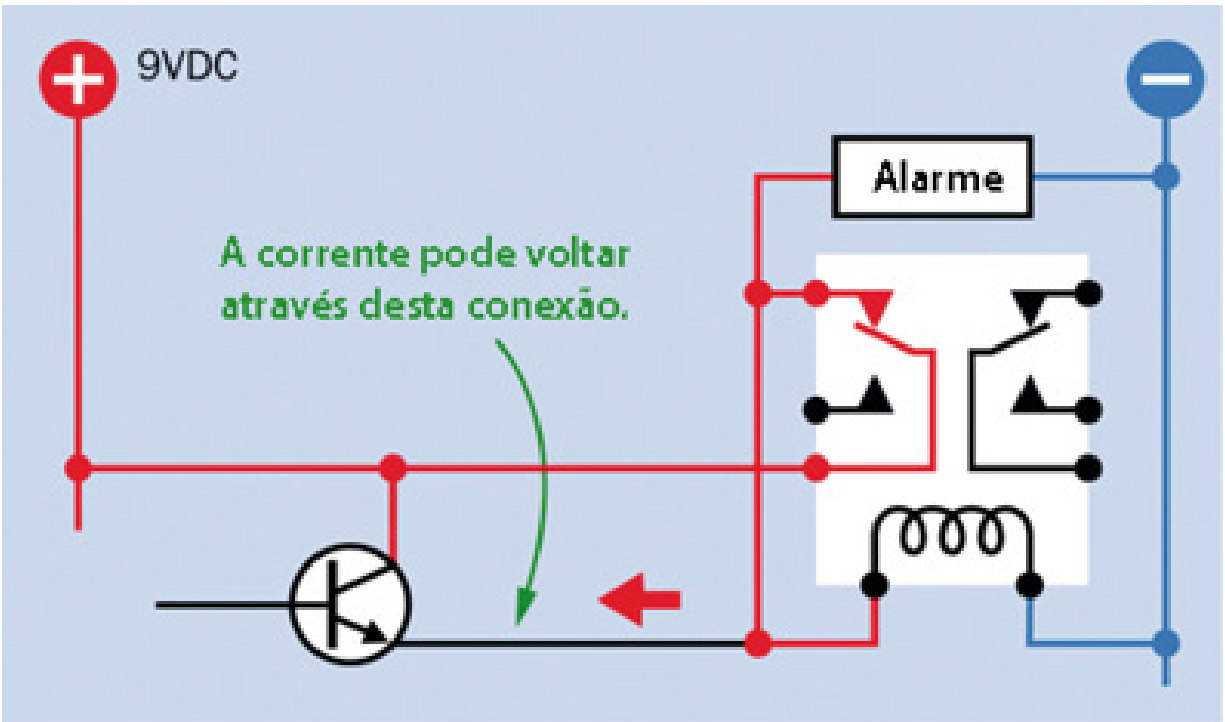


Figura 3.83 – Um diodo pode ser acrescentado para evitar que a corrente force seu fluxo de volta ao transistor quando o alarme fica travado no estado “on” e o transistor desliga.

Aplicar energia na direção inversa através de um transistor não é

bom, pois pode causar danos. O que deve ser feito a respeito? Talvez eu possa usar algo para bloquear este fluxo reverso: um diodo retificador. Isto é mostrado na parte inferior da Figura 3.83.

Uma nova versão do circuito completo, incluindo o diodo, é mostrada na Figura 3.84.

O que é exatamente um diodo? É o mesmo que um diodo emissor de luz (LED)? Bem, sim e não.

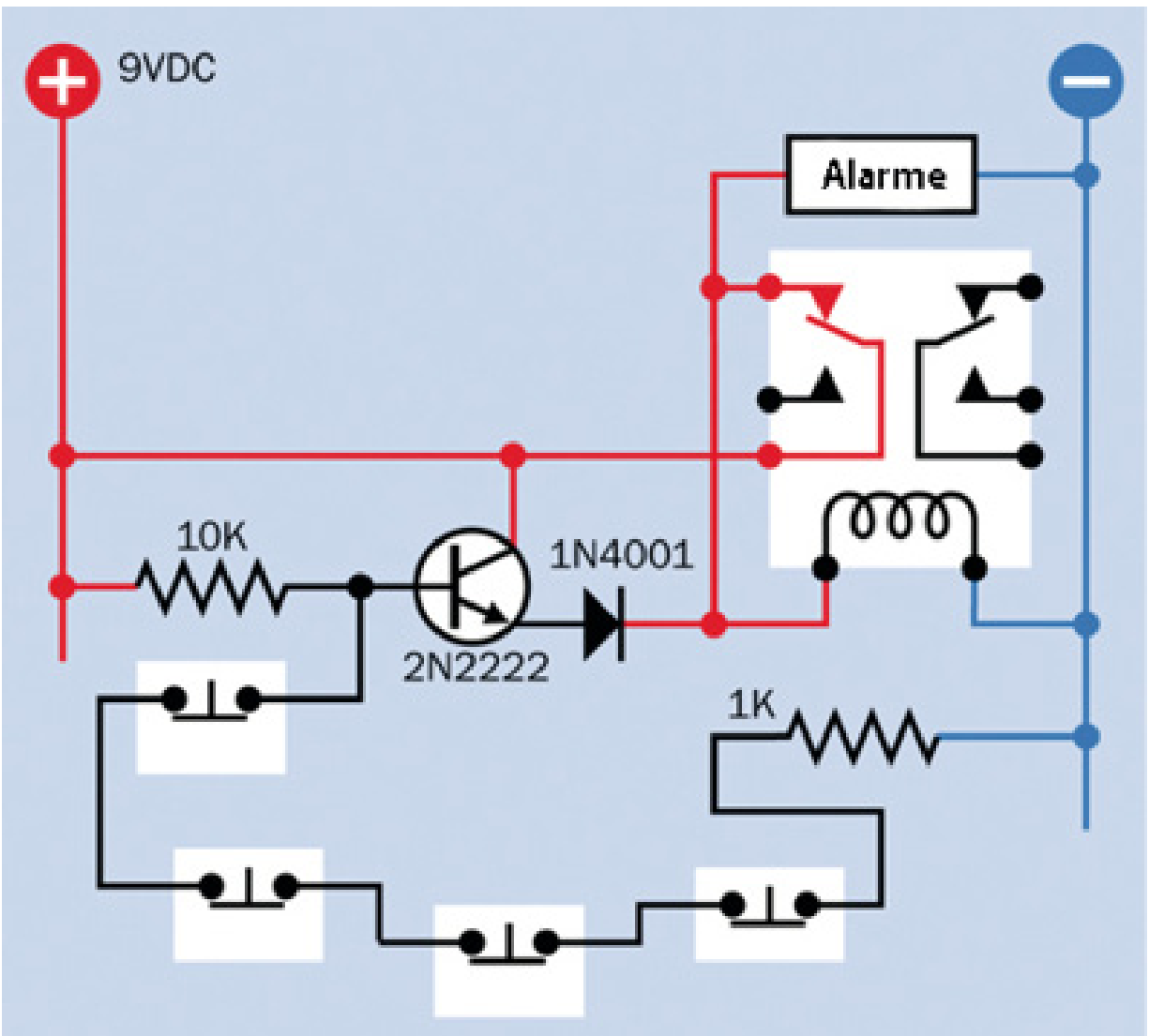


Figura 3.84 – O circuito completo, agora incluindo o diodo.

### Fundamentos: tudo sobre diodos

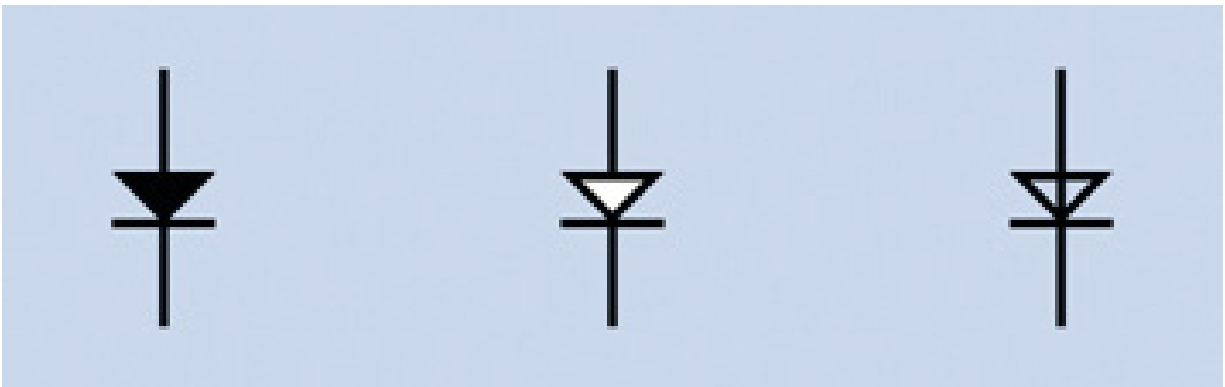
Um diodo é um tipo muito antigo de semicondutor. Ele permite o fluxo

de eletricidade em uma direção, mas bloqueia na direção oposta. Como seu primo mais recente, o LED, um diodo pode ser danificado se a tensão for invertida e quando for aplicada energia excessiva, mas a maioria dos diodos geralmente tem uma tolerância muito maior que os LEDs. Na verdade, eles são projetados para bloquear tensão inversa até um limite especificado pelo fabricante.

A extremidade do diodo que para a tensão positiva é sempre indicada, geralmente com uma faixa circular, como mostrado na Figura 3.25. A extremidade marcada é chamada de **catodo**. A outra extremidade é o **anodo** e não é marcada. Às vezes, os diodos são úteis em circuitos lógicos e também podem converter corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC). Se um diodo não for forte o suficiente para aguentar a corrente que você quer bloquear, basta usar um diodo maior. Eles vêm em muitos tamanhos.

É uma boa prática usar diodos abaixo de sua capacidade nominal. Como qualquer semicondutor, eles podem sobreaquecer e queimar se forem sujeitos a uso indevido ou maus-tratos.

O símbolo de um diodo parece o coração de um LED, com o círculo e as setas removidas. Três variantes são mostradas na Figura 3.85.



*Figura 3.85 – Três símbolos esquemáticos que são usados para representar um diodo. Sua funcionalidade é idêntica.*

### Um problema cria outro

Anteriormente, eu tive que resolver o problema de como fazer o relé manter-se ligado. Eu resolvi esse problema acrescentando um fio extra, mas o fio criou um novo problema, já que a corrente poderia

fluir de volta para o transistor. Eu resolvi esse problema acrescentando um diodo, mas isto cria outro problema.

Precisamos pagar um preço pelo serviço prestado pelo diodo, assim como temos que pagar um preço pelo serviço fornecido pelo transistor. Na verdade, já que ambos os componentes são semicondutores, o preço é semelhante. Ele consiste em uma redução de tensão.

Quando o relé está desligado, uma corrente precisa ativá-lo passando através do transistor e então através do diodo. Depois que o relé estiver ligado, ele permanece assim e isso não é um problema. Porém, um transistor impõe uma penalidade de cerca de 0,7 V e o diodo impõe uma penalidade adicional de cerca de 0,7 V, totalizando 1,4 V. Esta penalidade de tensão é fixa, independentemente da fonte de alimentação.

Acho que relés de 9 volts funcionam bem a uma tensão de 7,6 V. As especificações de meu Omron dizem que a série G5V-2, que eu recomendei, precisa de 75% de sua tensão de alimentação, que seria de apenas 6,75 V. Esta parece uma margem de erro razoável.

Porém, e se alguém substituir por um relé diferente? Alguns têm especificações mais restritas que outros. E se alguém usar uma bateria para alimentar o circuito e sua tensão cair abaixo de 9 V? Um projetista deve sempre esperar pelo inesperado, e como princípio geral deve usar componentes o mais próximo possível dos valores nominais.

Alguns leitores me escreveram sobre o problema da redução de tensão quando o circuito apareceu na primeira edição do livro. (Sim, eu presto atenção no feedback do leitor.) Na época, eu tinha especificado uma fonte de alimentação de 12 VDC e achei que a penalidade de 1,4 V imposta pelo transistor e o diodo seria aceitável. Porém, nesta edição, decidi que todos os experimentos devem funcionar com uma fonte de 9 VDC para que você não tenha que comprar um adaptador AC e possa usar baterias de 9 V, se preferir. Infelizmente, uma dedução de 1,4 V de 9 V não é aceitável.

Você percebe que uma decisão sempre tem consequências. Agora

estou usando uma fonte de 9 VDC e acho que preciso de uma maneira melhor de fazer com que o relé trave no estado “on”.

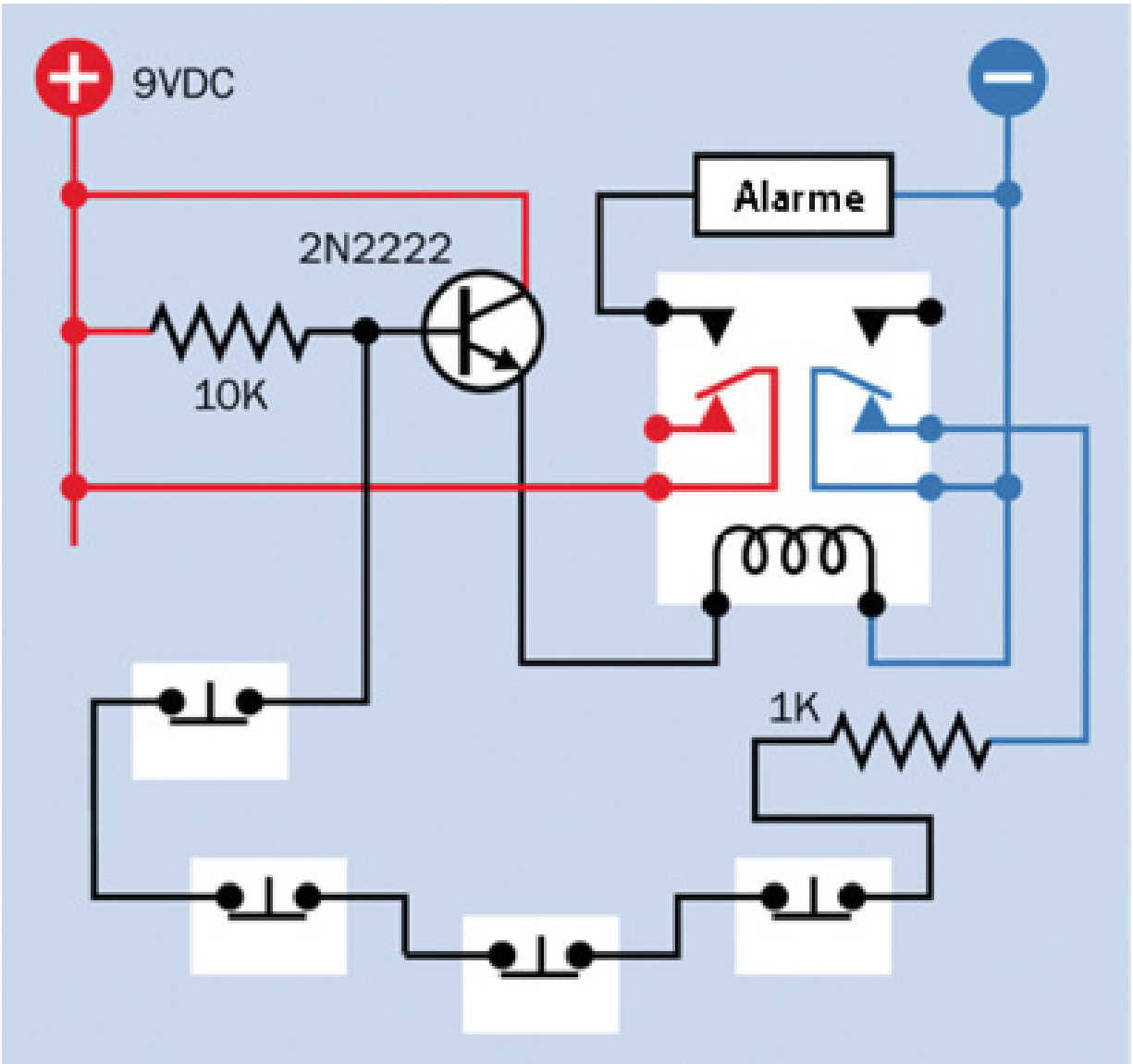
### Resolvendo o problema

O primeiro passo para resolver um problema é ter muita clareza sobre o que está acontecendo.

A tarefa de controlar o alarme é compartilhada por dois componentes: o transistor e o relé. O transistor aciona o alarme. Depois disso, o transistor não faz nada. Ele desliga e o relé tem a tarefa de se manter travado na posição “on”. A fraqueza desse sistema é que quando uma tarefa é compartilhada por dois componentes, eles podem interferir um com o outro. Um plano melhor seria ter um componente encarregado de tudo. Devo manter o transistor no papel de controle. Ele deve se manter ligado e nesta condição ele manterá o relé ligado.

Agora sei como resolver o problema. Tudo que preciso é usar o segundo polo do relé (que é o mesmo relé que você já usou no Experimento 7). Posso usar os contatos no segundo polo, que estão normalmente fechados, para aterrar a cadeia de sensores, como mostrado na Figura 3.86.





*Figura 3.86 – A cadeia de sensores agora é aterrada por meio dos contatos direitos do relé, que estão normalmente fechados.*

O funcionamento é o seguinte:

A base do transistor agora se conecta ao lado negativo da fonte de alimentação por meio de todos os sensores, o resistor de 1 K e os contatos direitos do relé (que estão normalmente fechados). Enquanto essa cadeia de conexões não for rompida, a base do transistor fica com uma tensão baixa o suficiente para que o transistor bloqueie a passagem de corrente.

Agora alguém abre um sensor. A base do transistor não está mais aterrada, portanto o transistor ativa o relé. O relé fecha os contatos

da esquerda, que acionam o alarme. Porém, o relé também abre os contatos da direita.

Agora, se alguém fechar novamente o sensor, não faz diferença, pois os contatos da direita do relé estão abertos e interromperam a conexão com o lado negativo da fonte de alimentação. O transistor continua permitindo a passagem de corrente e o relé permanece ativo. Isto é mostrado na Figura 3.87.

Isto resolve o problema.

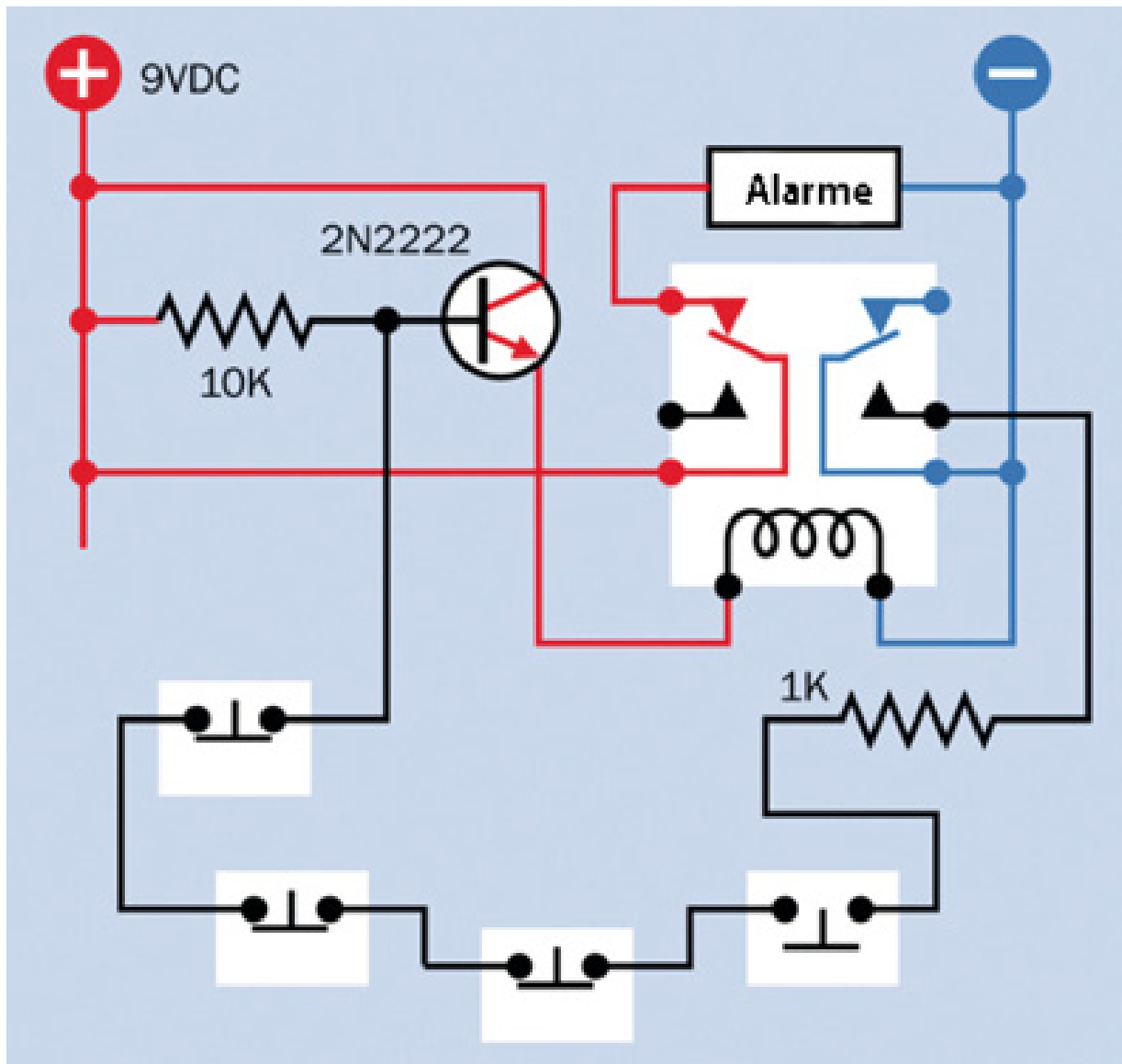


Figura 3.87 – Agora que um sensor foi aberto, o transistor permanece energizado mesmo que o sensor seja posteriormente fechado.

## Diodes de proteção

Como visto acima, eu eliminei o diodo do circuito. No entanto, se você observar a Figura 3.88 (prometo que esta é a última versão, pelo menos por enquanto) você verá que o diodo voltou, embora com uma função muito diferente. Agora ele está em paralelo com a bobina do relé. O que ele está fazendo aí?

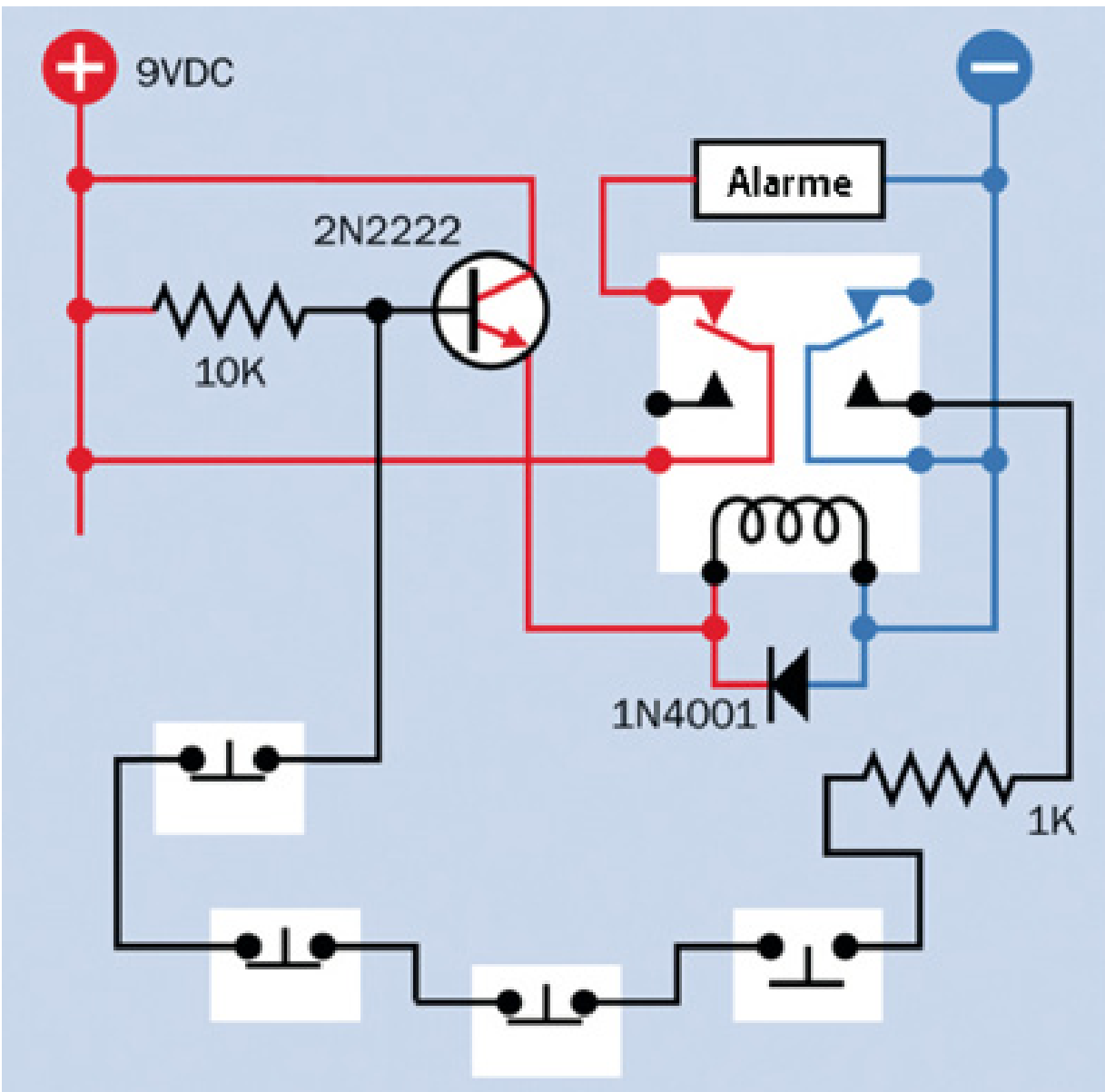


Figura 3.88 – O diodo voltou, agora com a função de diodo de proteção.

Bem mais adiante eu falarei sobre bobinas. O que posso dizer agora é que uma bobina de fios armazena energia quando alimentada e

libera energia quando você desconecta a alimentação. A liberação de energia cria um pico de corrente que pode danificar alguns tipos de componentes, especialmente semicondutores.

Portanto, é um procedimento-padrão acrescentar um *diodo de proteção* em paralelo com a bobina do relé. O diodo é posicionado de modo a bloquear o fluxo normal de corrente, forçando-o a passar pela bobina, que é o que queremos que aconteça. Porém, quando o fluxo para e a bobina tenta liberar sua energia, o diodo está lá, dizendo para o relé, “Eu tenho uma resistência muito baixa nessa direção. Por que você não desvia a corrente através de mim, em vez de incomodar os outros componentes com ela?”

E é exatamente isso que acontece. Se você está usando apenas um relé pequeno com uma bobina pequena que não aguenta muita corrente, você pode se virar sem um diodo de proteção. Mesmo assim, esta é uma boa prática e você deve se acostumar a usá-la.

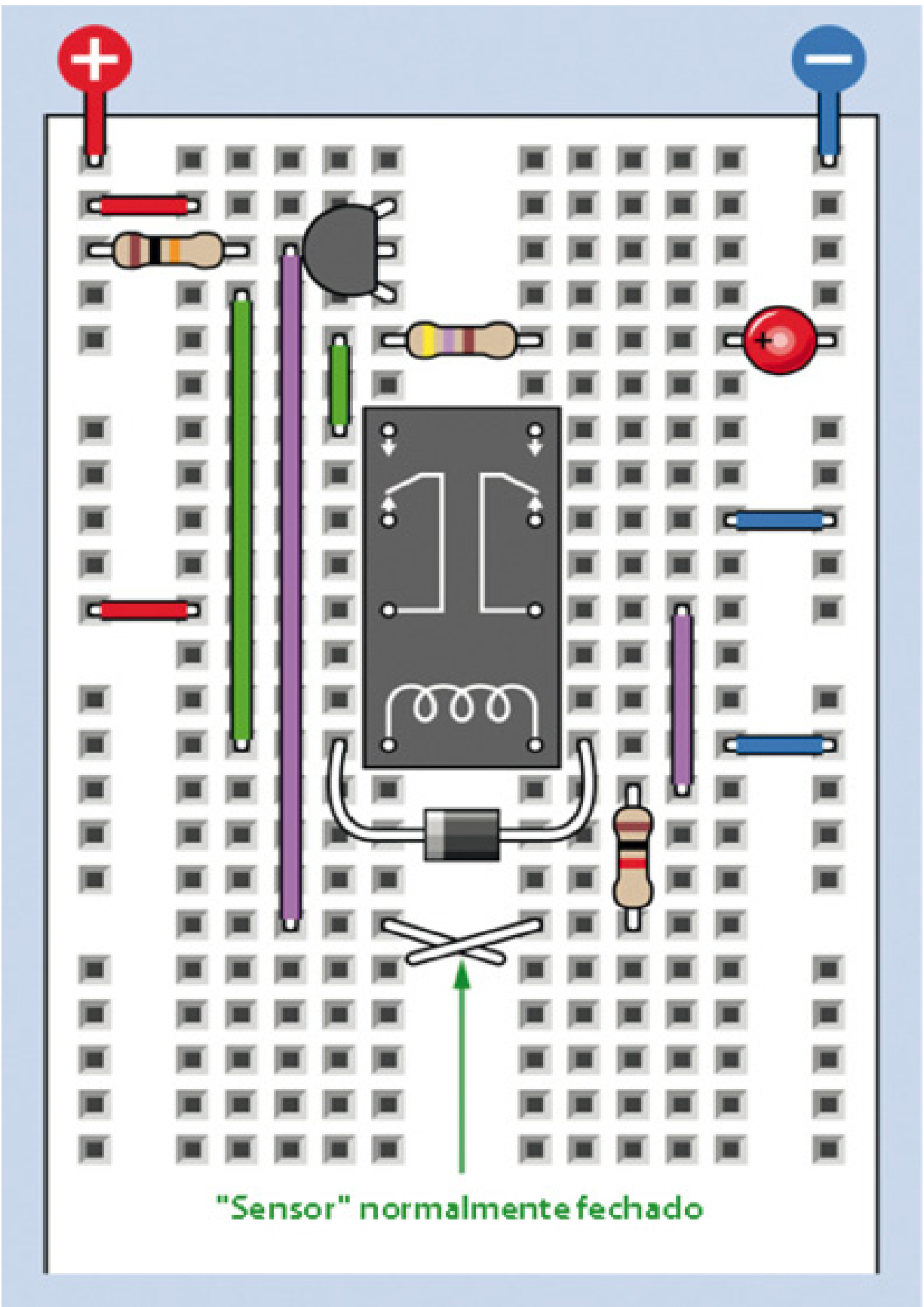
### Chegou a hora de usar a matriz de contatos

Dei várias explicações neste experimento, o que geralmente não gosto de fazer. No entanto, tinha que mostrar como um circuito é desenvolvido do zero. Agora finalmente gostaria que você o construísse, caso contrário como saber se ele realmente funciona?

A Figura 3.89 mostra o layout da matriz de contatos. Em vez de um dispositivo sonoro para o alarme, usei um LED para fins de demonstração. Discutirei as opções sonoras em instantes.

A Figura 3.90 mostra uma visão de raio-X do circuito sobre a matriz de contatos.

Para simular os sensores de alarme na matriz de contatos, eu deveria ter usado botões de pressão normalmente fechados. Porém, quis minimizar o custo dos componentes, e se você decidir realmente usar este circuito de alarme precisará de sensores magnéticos e não botões de pressão. Conseqüentemente, como substituto, usei dois pedaços de fio normalmente fechados. Isto é adequado para o teste. Eu os chamarei de “fios sensores”. Você pode vê-los se cruzando abaixo do relé.



"Sensor" normalmente fechado

Figura 3.89 – Circuito do alarme em uma matriz de contatos, versão final.

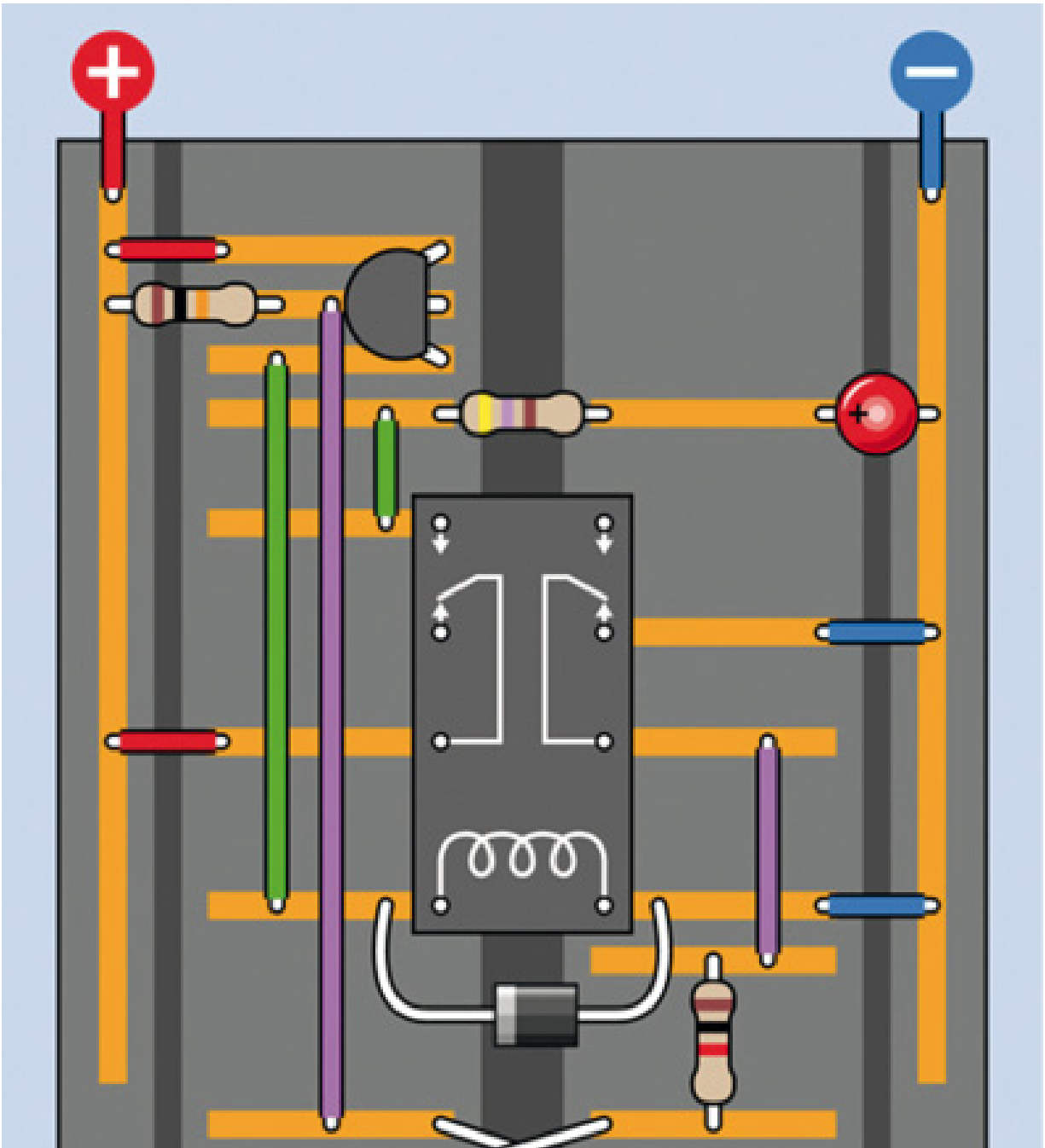


Figura 3.90 – Visão de raio-X do circuito de alarme em uma matriz de contatos.

Certifique-se de que os fios estejam se tocando quando você alimentar o circuito. Inicialmente, nada deve acontecer.

Agora desconecte os fios sensores. O LED acende e se você

construir a próxima versão deste circuito, um som será emitido, indicando que o alarme foi disparado.

Agora reconecte os fios sensores, imitando a situação em que um intruso abriu uma janela, ouviu o alarme e rapidamente fechou a janela. Se você conectou os componentes do circuito corretamente, o LED continua aceso.

Até agora tudo bem. Temos um circuito funcional. O alarme trava na posição “on”.

Entretanto, como fazer para desligá-lo neste caso?

Sem problemas. Basta desconectar a alimentação. O relé volta à sua posição default e a próxima vez que ele for energizado, estará novamente no modo standby. Na versão final deste projeto, você terá que digitar algum código secreto para desligar o alarme. No Experimento 21, irei sugerir uma maneira de criar um sistema protegido por senha. Você terá que usar chips lógicos, que ainda não abordamos.

### Acrescentando som

Para o som do alarme, você poderia usar o circuito do oscilador e alto-falante do Experimento 11. Na verdade, porém, existe um modo melhor. Um pequeno chip de circuito integrado conhecido como um temporizador 555 é uma ferramenta melhor para a tarefa, e por acaso é o próximo item que abordarei no Experimento 16.

O temporizador 555 também pode satisfazer os itens 7 e 9 da minha lista de desejos, que requer um atraso antes de o alarme ser acionado. Portanto, deixemos o projeto de alarme em suspenso para ser completamente concluído no Experimento 18.

### Referência: mensagens para guardar

Embora o projeto do alarme ainda não esteja concluído, ele levantou vários pontos importantes. Vou resumi-los aqui para futura referência:

- Você pode usar um transistor para fornecer uma alta saída em resposta a uma baixa entrada, e vice-versa.

- Você pode conectar um relé para que ele trave no modo “on” simplesmente injetando corrente de volta em sua própria bobina.
- Um diodo pode impedir que corrente flua para os locais onde você não quer que ela vá.
- Quando uma corrente direta atravessa um diodo, a tensão é reduzida em cerca de 0,7 V.
- Um transistor também reduz a tensão em cerca de 0,7 V.
- A redução de tensão imposta por semicondutores permanece a mesma, independentemente da tensão de alimentação. Consequentemente, a redução é mais significativa quando a tensão de alimentação for menor.
- A bobina de um relé pode criar um pulso de corrente reversa quando ele é desligado.
- Um diodo de proteção em paralelo com a bobina de um relé pode suprimir o pulso de corrente reversa. O diodo deve ser posicionado de modo a bloquear o fluxo normal de corrente, mas permitir a passagem do pulso reverso criado pela bobina.



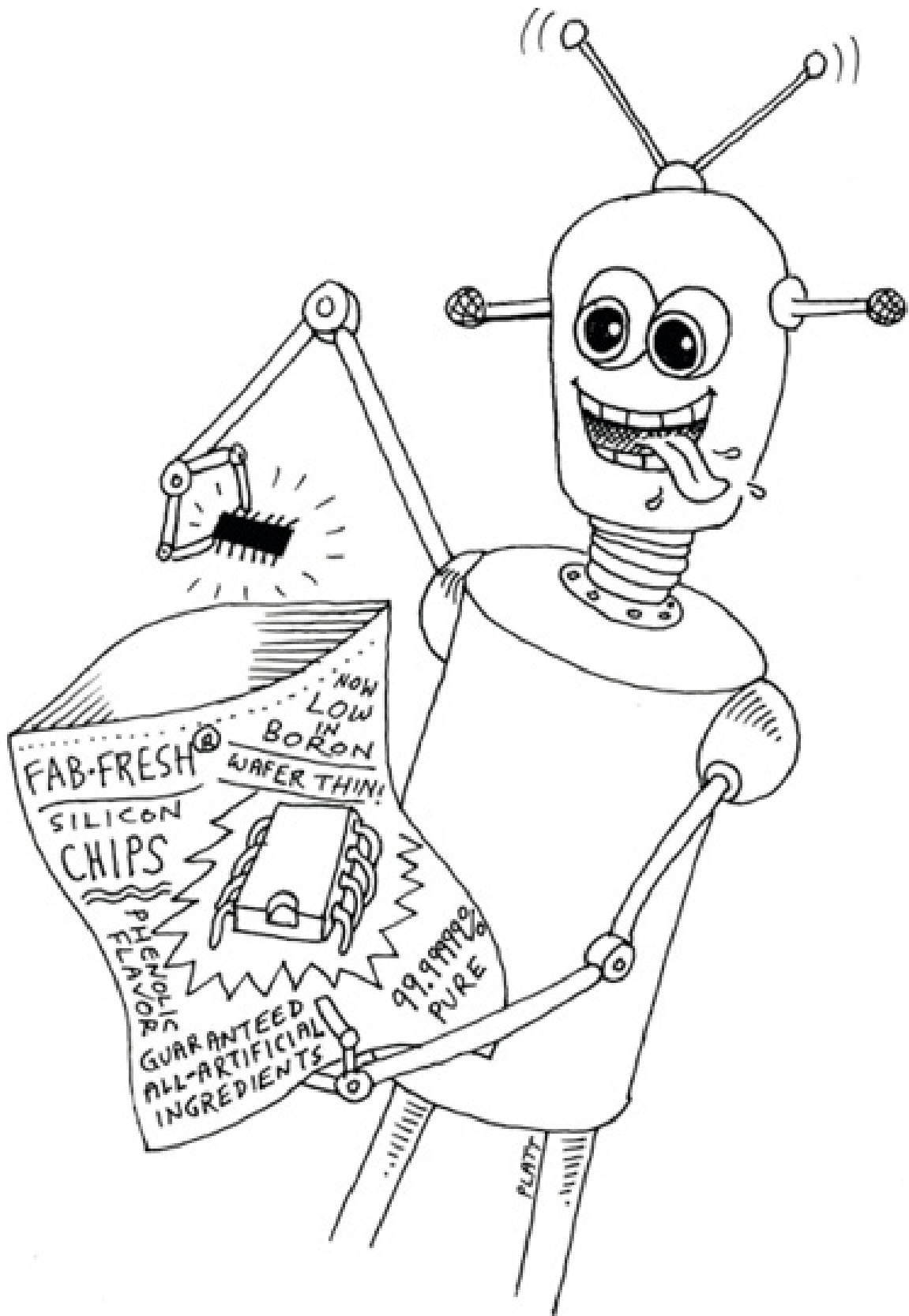
## Chips à vista!

Antes de entrar no fascinante tópico dos chips de circuito integrado (frequentemente referidos como *CIs* ou simplesmente *chips*), preciso confessar uma coisa. Algumas das coisas que pedi para você fazer nos experimentos anteriores poderiam ter sido feitas de forma um pouco mais simples, se tivéssemos usado chips.

Quer dizer que você perdeu seu tempo? Absolutamente, não! Acredito firmemente que construir circuitos com componentes individuais, como transistores e diodos, é a melhor maneira possível de adquirir conhecimento sobre os princípios da eletrônica. Mesmo assim, você perceberá que chips contendo dezenas, centenas ou milhares de transistores oferecerão alguns atalhos.

Você também descobrirá que usar chips pode ser curiosamente viciante, embora você não chegue a ficar tão empolgado como o personagem da Figura 4.1.

As ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos descritos a seguir serão úteis nos Experimentos 16 a 24, além dos itens que foram recomendados anteriormente.



*Figura 4.1 – Meu modelo a ser seguido.*

## Itens necessários para o Capítulo 4

A única ferramenta nova que você poderia pensar em usar junto com os chips é uma sonda lógica. Ela informa se um único pino em um chip tem uma tensão alta ou baixa, o que pode ser útil para descobrir o que seu circuito está fazendo. A sonda tem uma função de memória, acendendo seu LED e mantendo-o aceso em resposta a um pulso muito rápido para ser visto pelo olho humano.

Alguns de meus leitores discordam de mim, mas eu considero a sonda lógica opcional e não essencial. Faça uma pesquisa online e compre o modelo mais barato que encontrar. Não recomendarei nenhuma marca específica.

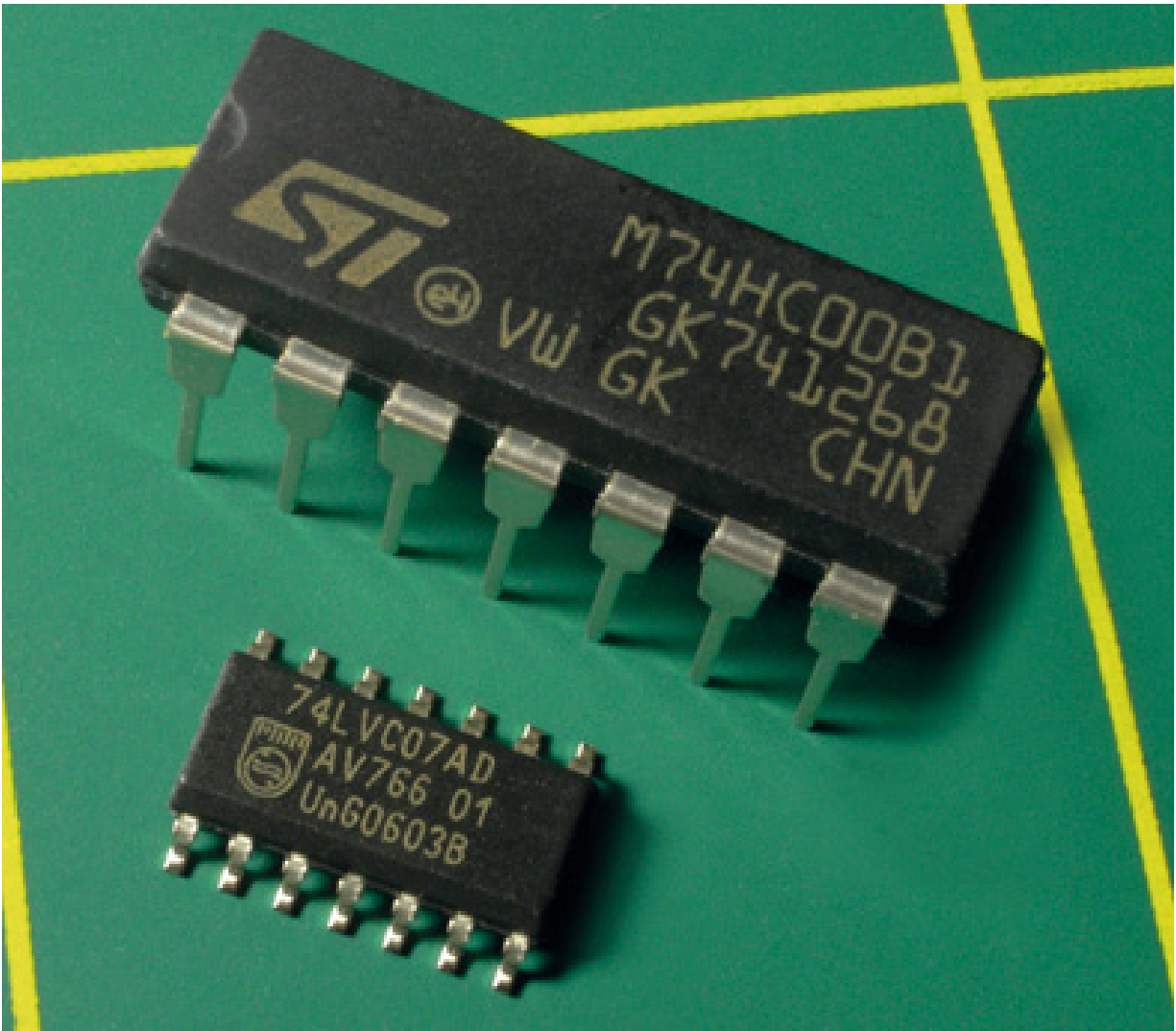
## Componentes

Como referido, se quiser kits contendo componentes, veja “Kits”. Se preferir comprar seus próprios componentes de lojas online, veja “Componentes”. Para suprimentos, veja “Suprimentos”.

## Fundamentos: escolhendo chips

A Figura 4.2 mostra dois chips de circuito integrado. O de cima é do tipo antigo, com design de *encaixe* e pinos espaçados em 1/10” para se encaixarem perfeitamente nos furos de sua matriz de contato ou placa perfurada. Usarei exclusivamente esses chips, pois eles são fáceis de manusear. O chip menor tem design para *montagem em superfície*, mas eles não serão usados, pois não se encaixam em matrizes de contato ou placas perfuradas e são difíceis de manusear.

Muitos chips de encaixe e de montagem em superfície são funcionalmente idênticos. A única diferença é o tamanho (embora algumas versões para montagem em superfície usem tensão menor).



*Figura 4.2 – Um chip do tipo encaixe (parte superior) e um chip de montagem em superfície (parte inferior).*

O corpo de um chip, em geral, é feito de plástico ou resina e normalmente é conhecido como *encapsulamento*. O chip tradicional é comumente vendido em um *encapsulamento dual-inline package*, o que significa que ele tem duas (por isso, dual) fileiras de pinos. O acrônimo para esse encapsulamento é *DIP* ou (quando feito de plástico) *PDIP*.

O encapsulamento para montagem em superfície é normalmente identificado com acrônimos começando com a letra S, como SOIC, que significa “small-outline integrated circuit” (ou circuito integrado de perfil pequeno). Existem numerosas variantes de montagem em

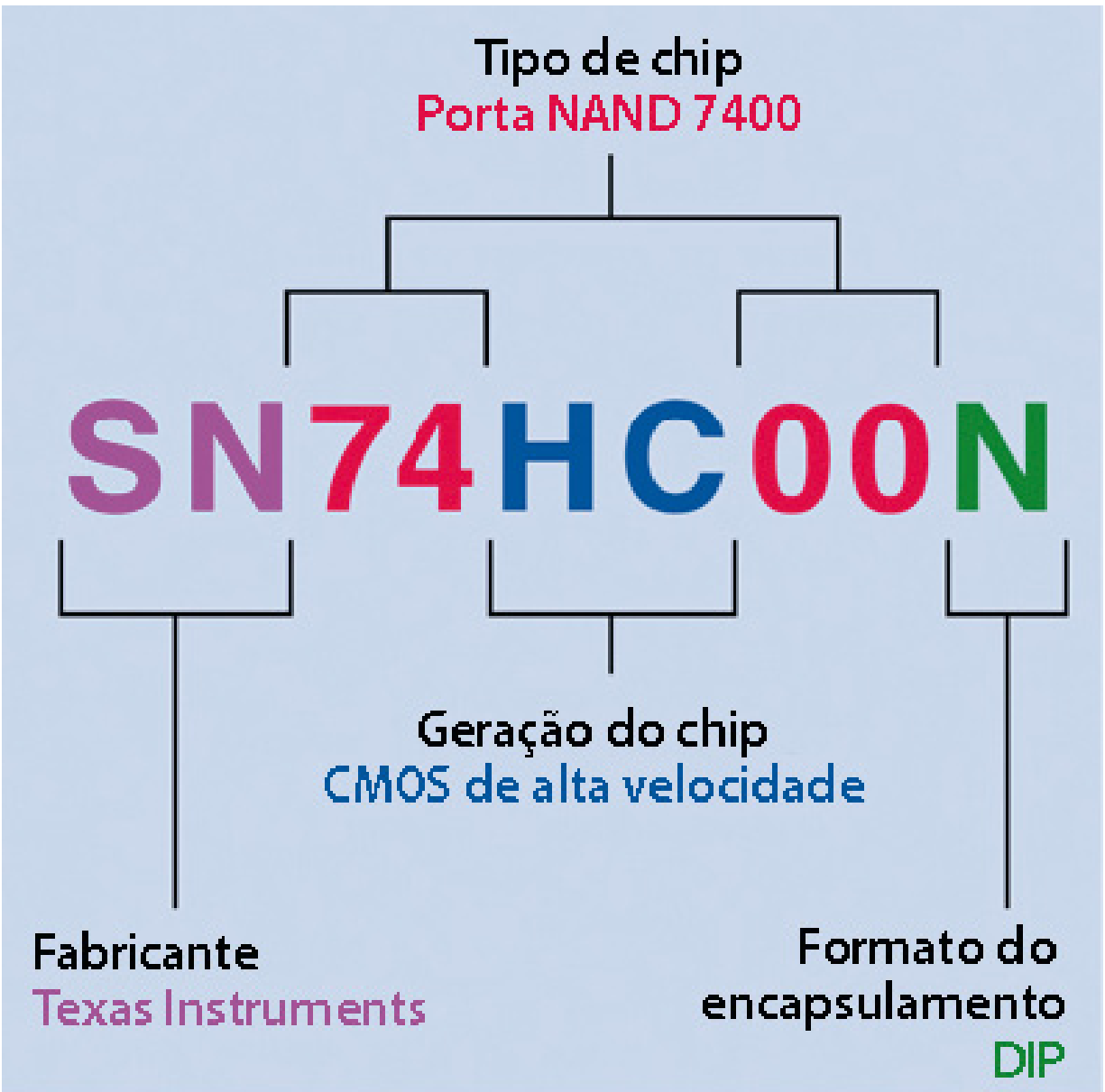
superfície, diferentes espaçamentos entre pinos e outras especificações. Eles estão todos fora do escopo deste livro e se você comprar seus próprios componentes é preciso tomar cuidado para não os selecionar por engano.

Dentro do encapsulamento, o circuito é gravado em uma minúscula pastilha de silício, que é a origem do termo “chip”, embora atualmente o componente como um todo seja conhecido como um chip, e seguirei esta convenção aqui. Minúsculos fios dentro do encapsulamento ligam o circuito às fileiras de pinos que se projetam para fora em cada lado.

O chip PDIP na Figura 4.2 tem sete pinos em cada fileira, totalizando 14 pinos. Outros chips podem ter 4, 6, 8, 16 ou mais pinos.

Praticamente todo chip tem um número de peça impresso nele. Observe na foto que mesmo que os chips pareçam diferentes entre si, ambos têm “74” em seus números de peça. O motivo é que ambos os chips são membros da família de chips lógicos que receberam números de peça a partir de 7400 quando foram introduzidos décadas atrás. Em geral, eles são conhecidos como a família 74xx e usaremos muito esses chips.

Observe a Figura 4.3. As letras iniciais identificam o fabricante, que você pode ignorar, já que não faz diferença para os nossos propósitos. (Se você está se perguntando por que “SN” identifica a Texas Instruments, é porque a empresa costumava chamar seus chips de “semiconductor networks” ou “redes de semicondutores” nos primórdios.)



*Figura 4.3 – Como decodificar o número de peça de um chip da família 74xx.*

Pule as letras até chegar ao “74”. Depois disso, você encontra outras duas letras, que são importantes. A família 7400 evoluiu ao longo de muitas gerações e a(s) letra(s) inserida(s) depois de “74” indicam a geração. As gerações incluíam: 74L, 74LS, 74C, 74HC e 74AHC. Existem muitas outras.

Em geral, as gerações mais recentes tendem a ser mais rápidas e versáteis que as primeiras gerações. Neste livro eu usarei exclusivamente a geração HC da família 7400, pois quase todos os

chips 7400 estão disponíveis nela, o custo é moderado e os chips não consomem muita energia. Para nossas finalidades, a velocidade extra oferecida pelas gerações mais recentes não é relevante, embora você possa certamente usar a geração HCT se preferir.

Depois das letras identificando a geração, você verá uma sequência de duas, três, quatro ou (às vezes) cinco dígitos. Eles identificam a função específica do chip. Depois dos dígitos vem outra letra, ou duas letras ou mais. Para nossos propósitos, estas letras finais não são importantes.

Voltando à Figura 4.2, o chip DIP, número de peça M74HC00B1, indica que ele foi fabricado pela STMicroelectronics, na família 74xx, geração HC, com sua função identificada pelos dígitos 00.

O propósito desta longa explicação é permitir que você interprete as listagens dos catálogos se for comprar chips. Você pode procurar por “74HC00” e os mecanismos de busca dos fornecedores online são em geral inteligentes o suficiente para mostrar os chips adequados de vários fabricantes, mesmo que haja letras antes e depois do termo pesquisado.

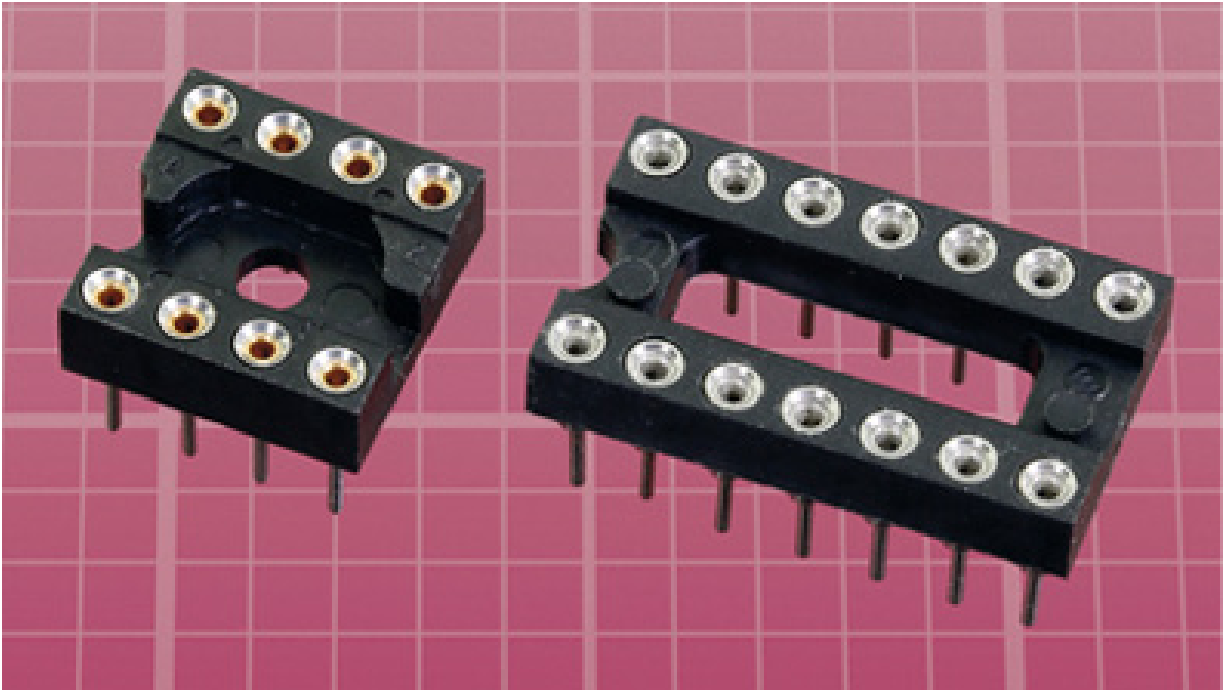
Certifique-se apenas de que eles se encaixem em sua matriz de contato. Limite seus resultados de busca a encapsulamentos DIP, PDIP ou modelos de encaixe. Se os números de peça começarem com SS, SO, ou TSS, eles são exclusivamente para montagem em superfície e não são recomendados. Para mais informações sobre como buscar e comprar veja “Pesquisando e comprando online”.

Todos os chips necessários para os experimentos neste capítulo do livro são listados na Figura 6.7. Você precisará de alguns outros tipos de componentes, que listarei aqui.

### Opcional: soquetes para CI

Se você pretende imortalizar qualquer um de seus circuitos soldados, sugiro evitar soldar os chips diretamente, pois se você cometer um erro de ligação ou danificar o chip, e será preciso dessoldar vários pinos para removê-lo. Isto é muito difícil. Para evitar o problema, compre alguns soquetes DIP, solde os soquetes na placa e então

encaixe os chips nos soquetes. Você pode usar os soquetes mais baratos que encontrar (você não precisa de contatos revestidos de ouro para nossas finalidades). Você precisará de soquetes de 8, 14 e 16 pinos. Quantidade de cada soquete: 5 no mínimo. Dois soquetes são mostrados na Figura 4.4.

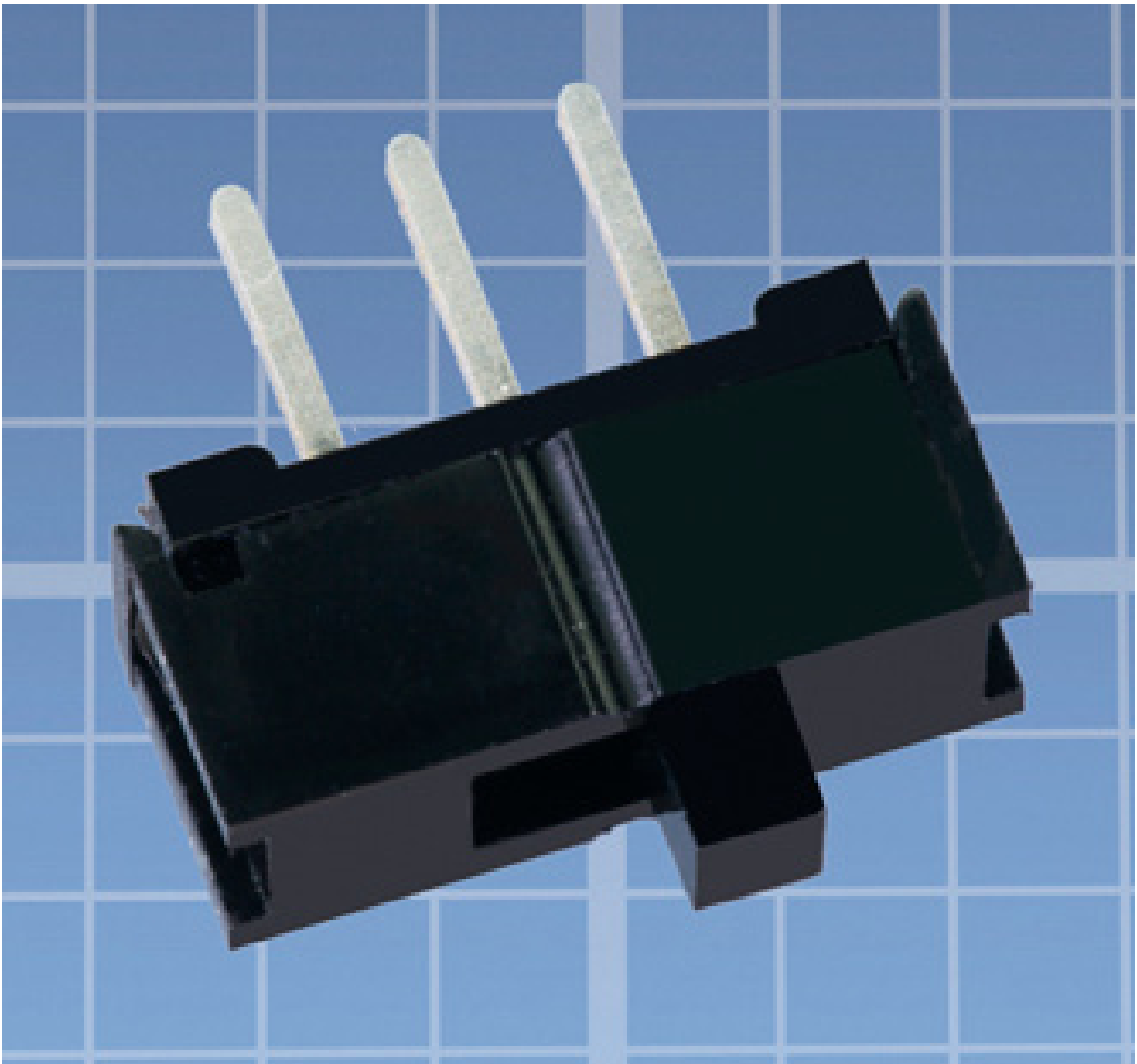


*Figura 4.4 – Para evitar o risco de danificar um chip ao soldá-lo diretamente, ele pode ser montado em um soquete para CI depois que o soquete tiver sido soldado em uma placa de circuito.*

### Essencial: interruptor deslizante subminiatura

Um *interruptor deslizante* tem uma pequena alavanca que você desliza com a ponta dos dedos, estabelecendo ou interrompendo um contato elétrico dentro do interruptor, como mostrado na Figura 4.5. Ele tem três pinos espaçados em 0,1" (2,54 mm no sistema métrico). Se você comprar seus próprios componentes, veja “Outros componentes”, e vá ao subitem “Componentes para o Capítulo 4” para mais informações sobre interruptores.





*Figura 4.5 – O interruptor miniatura recomendado para os projetos neste livro.*

### **Cuidado: sobrecarga de comutação**

Um interruptor deslizante muito pequeno não foi projetado para comutar correntes ou tensões significativas. Ele foi projetado para circuitos de baixa tensão. Um limite mínimo pode ser 100 mA a 12 VDC. Isto é suficiente para os nossos propósitos. Verifique as especificações do fabricante se quiser que um interruptor aguente mais do que isso.

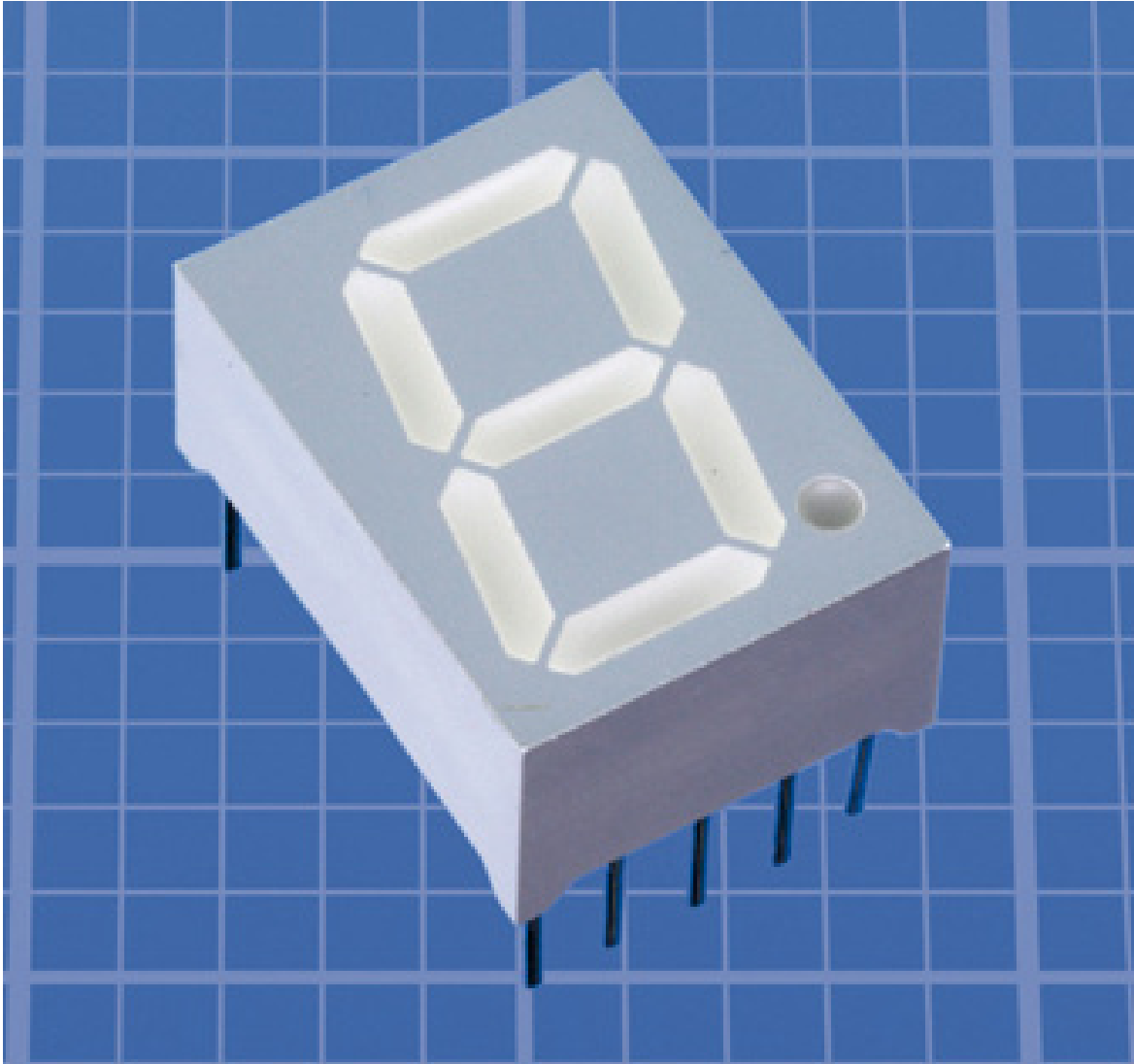
### Essencial: LEDs de baixa corrente

Chips lógicos da série HC não foram projetados para fornecer corrente muito além de 5 mA. Você poderia puxar até 20 mA deles para acionar um LED, mas isto derrubaria a tensão de saída, tornando-a inadequada como entrada para outros chips lógicos. Sugiro LEDs de baixa corrente para todos os seus experimentos com chips lógicos.

Lembre-se de que LEDs de baixa corrente requerem resistores de valor mais alto em série, porque eles não toleram tanta corrente como os LEDs genéricos. Mencionei isso sempre que for importante.

### Essencial: displays numéricos

Um dos projetos com chip exibirá sua saída usando displays numéricos de sete segmentos, o tipo simples de dígitos que você ainda encontra em relógios digitais e fornos de micro-ondas. Veja a Figura 4.6. Para informações sobre compra, veja “Outros componentes”, e vá ao subitem “Componentes para o Capítulo 4”.

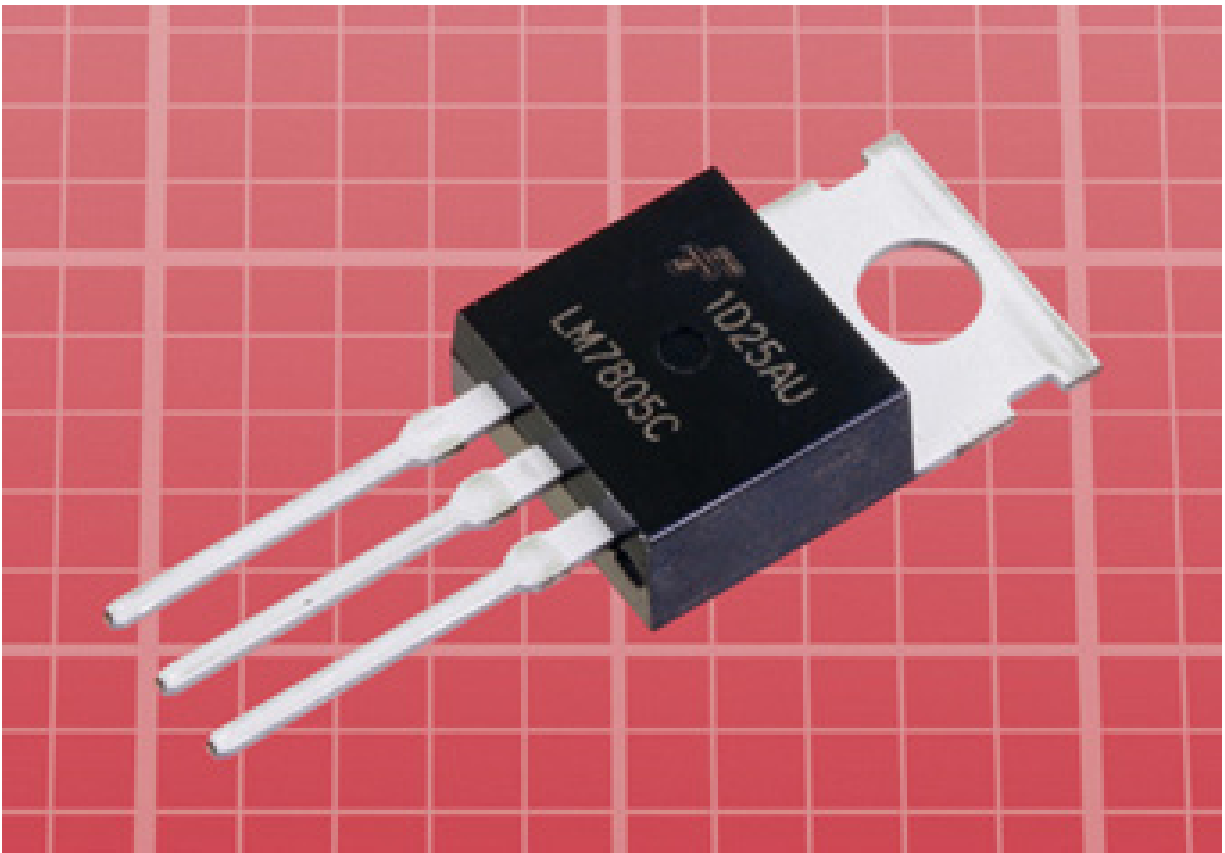


*Figura 4.6 – Displays de sete dígitos são a forma mais barata de exibir uma saída numérica e podem ser alimentados diretamente por alguns chips CMOS.*

### Essencial: regulador de tensão

Uma vez que muitos chips lógicos requerem precisamente 5 volts DC, é preciso um regulador de tensão para garantir esse valor. O LM7805 cumpre a tarefa. O número do chip será precedido ou seguido de uma abreviatura identificando o fabricante e o tipo de encapsulamento, como no LM7805CT, da Fairchild. Qualquer fabricante serve, mas o regulador deve ser parecido com o da Figura 4.7. (Este é conhecido como o estilo de encapsulamento TO220.)

Você precisará deles em qualquer circuito lógico, portanto cinco deles é uma quantia boa.



*Figura 4.7 – Muitos chips de circuito integrado requerem uma fonte de alimentação controlada de 5 volts, que pode ser fornecida por este regulador a partir de uma alimentação de 7,5 a 12 volts.*

### Extras opcionais

Para concluir o sistema de alarme do Experimento 18, serão necessários sensores magnéticos que possam ser instalados em portas ou janelas, como o Directed modelo 8601, disponível em dezenas de fornecedores online.

Se você pretende passar o projeto de uma matriz de contato para um invólucro permanente, os botões de pressão que você tem usado serão insuficientemente robustos ou acessíveis. Para o Experimento 18, você precisará de um botão de pressão DPDT, do tipo ON-(ON), com terminais de solda. Se você procurar no eBay por “botão de pressão DPDT” não faltarão opções.

### Histórico: como surgiram os chips

O conceito de integrar componentes de estado sólido em um pequeno invólucro surgiu com o cientista de radares inglês Geoffrey W. A. Dummer, que falou a respeito por anos antes de tentar, sem sucesso, construir um em 1956. O primeiro circuito verdadeiramente integrado só foi fabricado em 1958, por Jack Kilby, que trabalhava na Texas Instruments. A versão de Kilby usava germânio, já que este elemento estava em uso como semicondutor. (Você encontrará um diodo de germânio quando lidarmos com rádios de galena no Experimento 31.) Porém, Robert Noyce, retratado na Figura 4.8, teve uma ideia melhor.



*Figura 4.8 – Robert Noyce, que patenteou o chip de circuito integrado e cofundou a Intel.*

Nascido em 1927, em Iowa, Noyce mudou-se para Califórnia nos anos 1950, onde começou a trabalhar com William Shockley. Isto ocorreu logo depois que Shockley tinha estabelecido um negócio baseado no transistor, que ele havia coinventado na Bell Labs.

Noyce era um dos oito funcionários que haviam ficado frustrados com o gerenciamento de Shockley e saído para fundar a Fairchild Semiconductor. Enquanto era gerente geral da Fairchild, Noyce inventou um circuito integrado baseado em silício que evitava os problemas de fabricação associados com o germânio. Geralmente ele é creditado como o homem que tornou os circuitos integrados possíveis.

As primeiras aplicações foram para uso militar, já que os mísseis Minuteman exigiam componentes pequenos e leves em seus sistemas de orientação. Essas aplicações consumiram quase todos os chips fabricados entre 1960 e 1963, período no qual o preço unitário caiu de US\$ 1.000 para US\$ 25, em dólares de 1963.

No final dos anos 1960 surgiram os chips MSI (integração de média escala), cada um deles contendo centenas de transistores. Chips LSI (integração de grande escala) permitiram dezenas de milhares de transistores em um chip em meados dos anos 1970, e os atuais chips de computador podem conter vários bilhões de transistores.

Robert Noyce acabou cofundando a Intel com Gordon Moore, mas morreu inesperadamente de um ataque cardíaco em 1990. Você pode saber mais sobre a fascinante história inicial do projeto e fabricação de chips na Associação Histórica do Vale do Silício (<http://www.siliconvalleyhistorical.org>).

## Experimento 16: Emitindo um pulso

Começarei nossos experimentos com chips apresentando a você o chip mais bem-sucedido jamais feito: o timer 555. Você pode achar vários manuais dele online, então por que discuti-lo aqui? Existem três razões:

**É inevitável.** Você simplesmente precisa conhecer este chip. Algumas fontes estimam que mais de 1 bilhão de chips ainda são

fabricados anualmente. Ele será usado de uma forma ou de outra na maioria dos demais circuitos neste livro.

**Ele é útil.** O 555 é provavelmente o chip mais versátil que existe, com infinitas aplicações. Sua saída relativamente potente (corrente nominal de até 200 mA) é extremamente útil e o próprio chip é difícil de ser danificado.

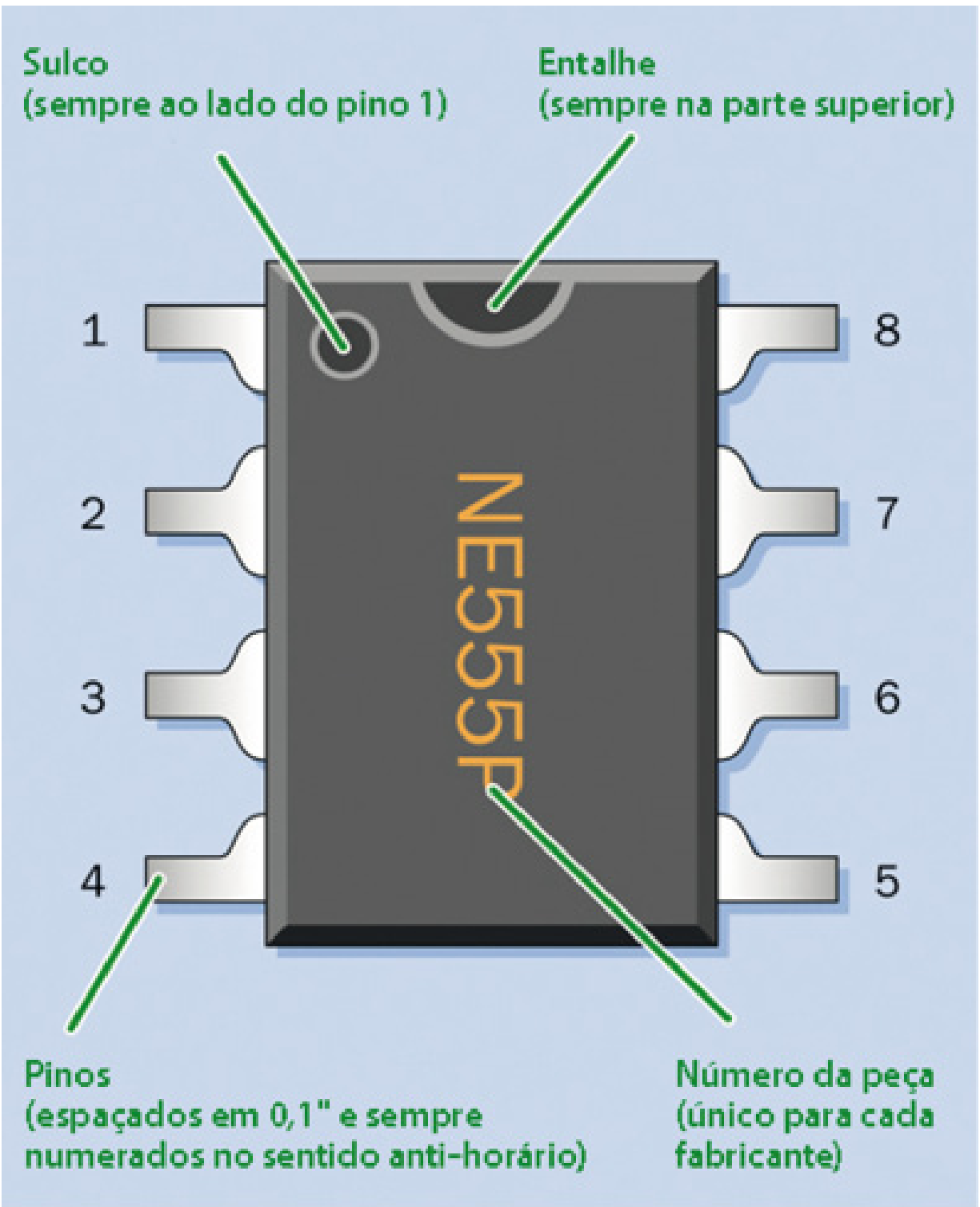
**Ele é mal compreendido.** Depois de ler literalmente dezenas de manuais, começando com uma antiga especificação da Signetics e chegando até vários textos de entusiastas, eu concluí que o funcionamento interno do chip raramente é explicado em nível introdutório. Quero que você entenda graficamente seu funcionamento interno porque, sem isso, você não terá condições de usar o chip de forma criativa.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 VDC (bateria ou adaptador AC)
- Resistores: 470 ohms (1), 10 K (3)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (1), 15  $\mu$ F (1)
- Trimpots: 20 ou 25 K (1), 500 K (1)
- Timer 555 (1)
- Botões de pressão (2)
- LED genérico (1)

### Conheça seus chips

Os pinos do timer 555 são numerados em sentido anti-horário (visto de cima), como mostrado na Figura 4.9. O encapsulamento tem um entalhe, ou um sulco, ou ambos, na extremidade que é considerada a parte superior. O espaço entre os pinos é de 1/10”.



*Figura 4.9 – O design do encapsulamento de um chip de oito pinos. Embora praticamente todos os chips tenham um entalhe semicircular na parte superior, alguns não têm um sulco ao lado do pino 1.*

Todos os outros chips de encaixe têm a mesma especificação,



embora eles possam ter mais pinos. Geralmente (não sempre) o espaçamento horizontal entre as duas fileiras de pinos é de 3/10", o que significa que o chip confortavelmente transpõe o canal no meio da matriz de contato e os condutores dentro da matriz permitem que você tenha acesso a cada um dos pinos do chip. Sim, *é por isso* que a matriz de contatos é projetada desta forma.

### Teste monoestável

Os pinos de um timer 555 também têm nomes, como mostrado na Figura 4.10. Um diagrama como este mostra a *identificação dos pinos* do chip. Explicarei a função de cada pino, mas, como de costume, prefiro que você faça uma investigação preliminar sozinho.

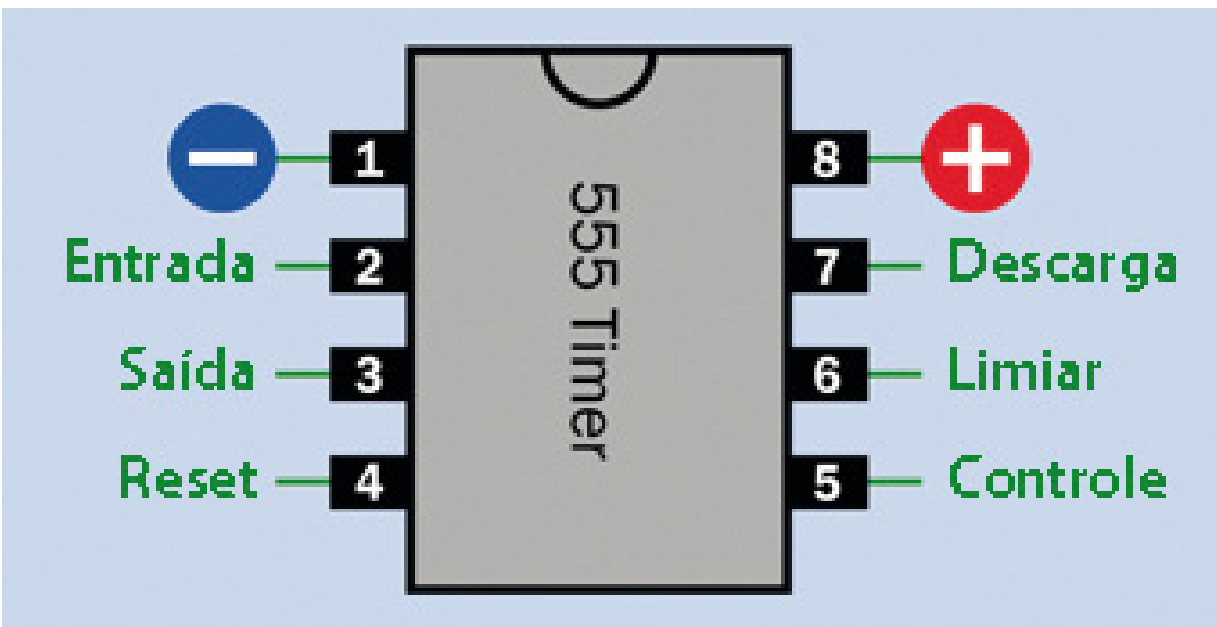


Figura 4.10 – A identificação dos pinos do timer 555.

O diagrama esquemático de um circuito de teste para o timer é mostrado na Figura 4.11.

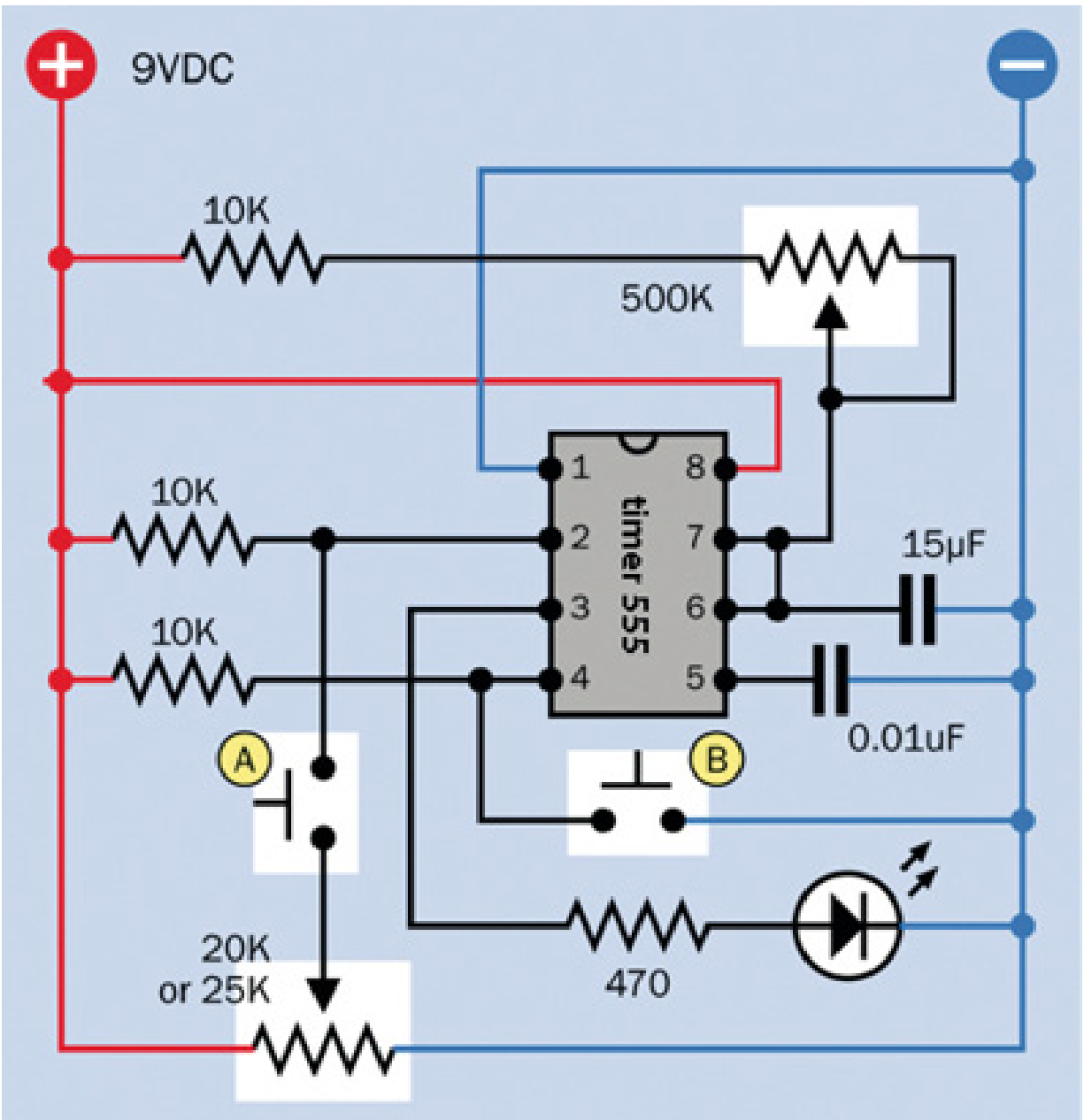


Figura 4.11 – Um circuito para ajudar na investigação do timer 555.

Você pode configurar este circuito em uma matriz de contato como mostrado na Figura 4.12. Observe que próximo ao canto inferior esquerdo há um jumper vermelho curto que conecta a seção superior do barramento positivo com a seção imediatamente abaixo dela. O jumper está lá, caso sua matriz de contato seja do tipo que tem uma interrupção em seu barramento.

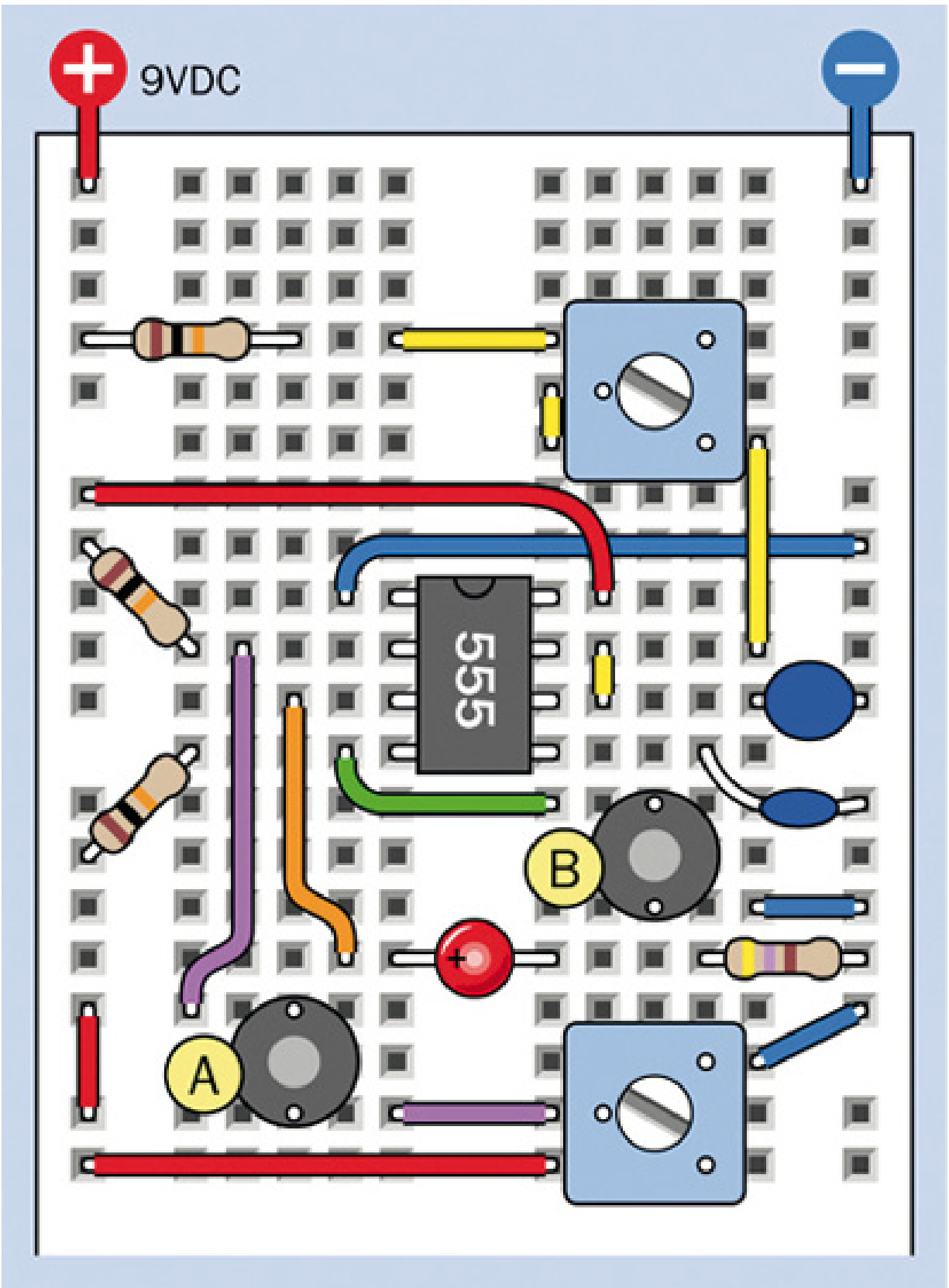


Figura 4.12 – Versão para matriz de contato do circuito de teste do timer.

Os valores dos componentes são mostrados na Figura 4.13. Para ajudá-lo a visualizar as conexões, uma versão de raio-X é mostrada na Figura 4.14.

Alimente o circuito e nada acontece. O timer está esperando que você o acione. Configure-o girando o trimpot de 500 K até o meio de seu intervalo.

Agora gire o trimpot de 20 K totalmente em sentido anti-horário e pressione o botão A. Se mesmo assim nada acontecer, gire o trimpot de 20 K totalmente em sentido horário e tente novamente. Uma dessas configurações deve criar um pulso saindo do LED, dependendo de como você conectou seu trimpot. Se nada acontecer, há um erro em seu circuito.

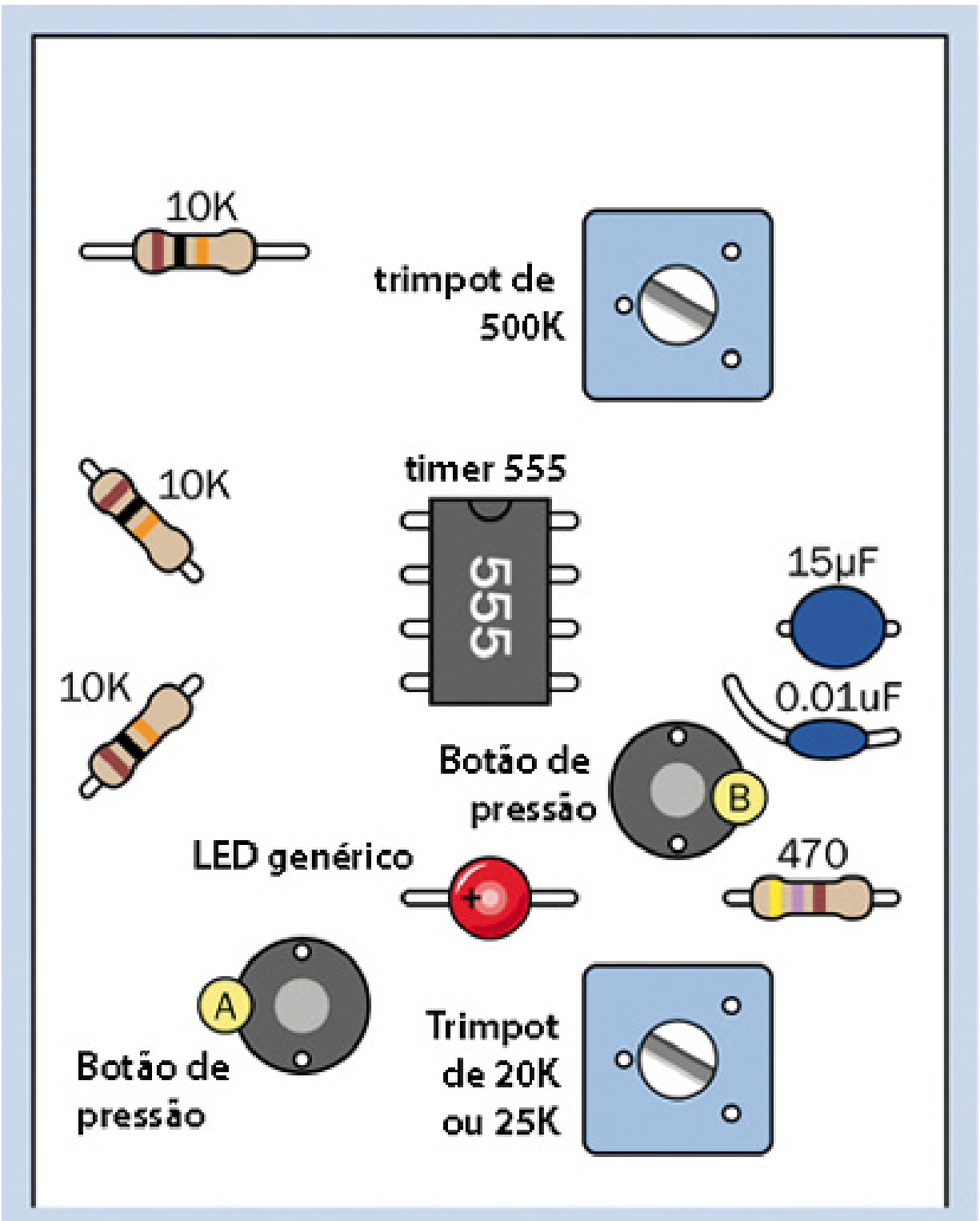


Figura 4.13 – Valores de componentes para o circuito de teste do timer.

Verifique o diagrama e você verá que o pino 2 do timer – o pino de trigger – está ligado por um fio ao lado positivo da fonte de

alimentação através de um resistor de 10 K. Porém, um fio roxo também se conecta com o pino de trigger e desce, através de um botão de pressão, até o trimpot. Se o trimpot estiver girado de modo que o cursor se conecta diretamente ao terra negativo da fonte de alimentação, isto permitirá que o botão de pressão prevaleça sobre o resistor de 10 K e aplique uma baixa tensão no pino 2. Isso aciona o timer.

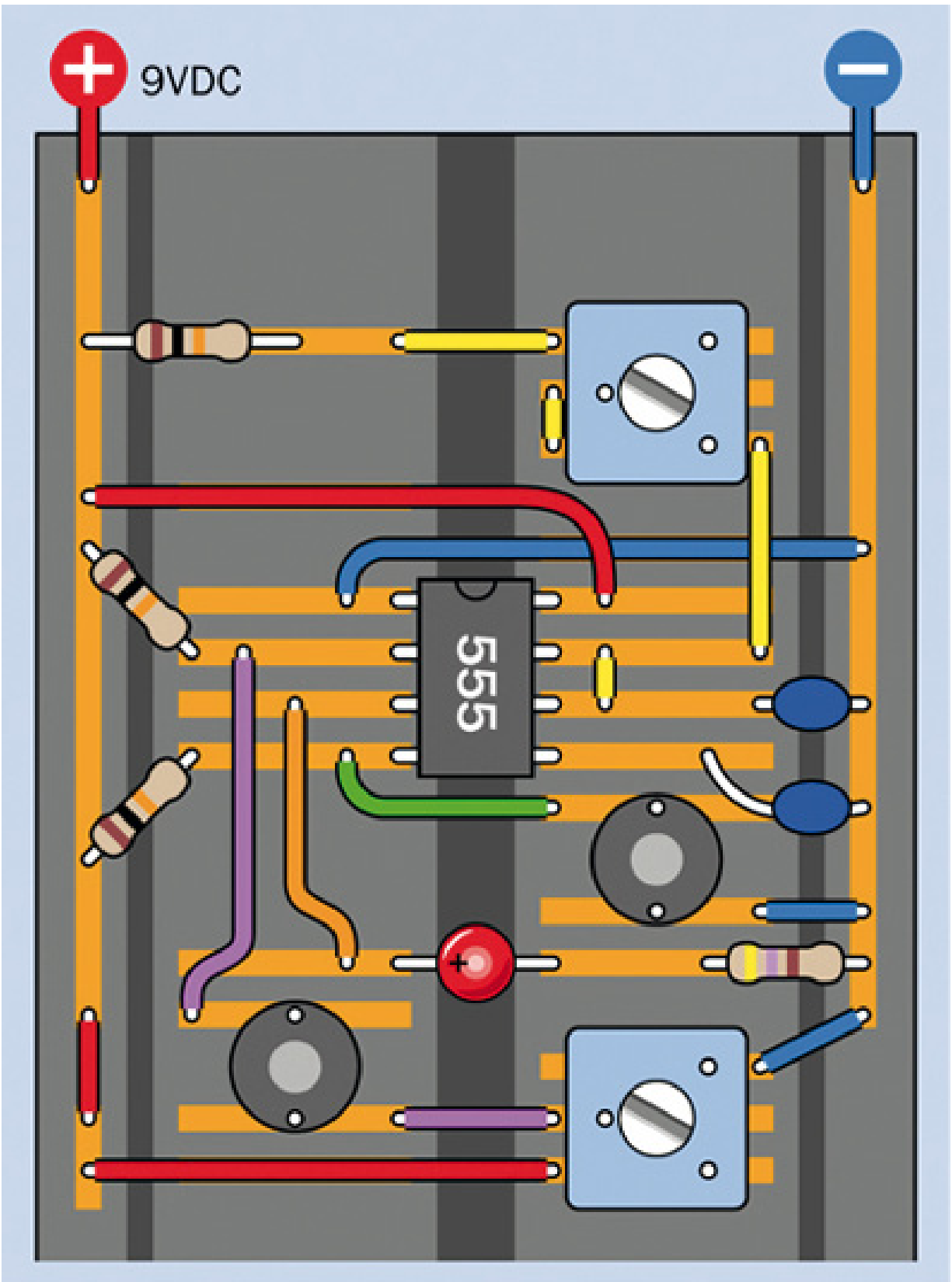


Figura 4.14 – Conexões dentro da matriz de contato para o teste do timer.

Se o trimpot de 20 K for girado totalmente na direção oposta, o botão A aplicará uma tensão positiva diretamente no pino 2, e como o pino 2 já tem tensão positiva através do resistor de 10 K, uma tensão adicional positiva através do botão A não faz diferença.

- Tensão positiva no pino de trigger é ignorada pelo chip.
- Uma queda de tensão no pino de trigger acionará o chip.

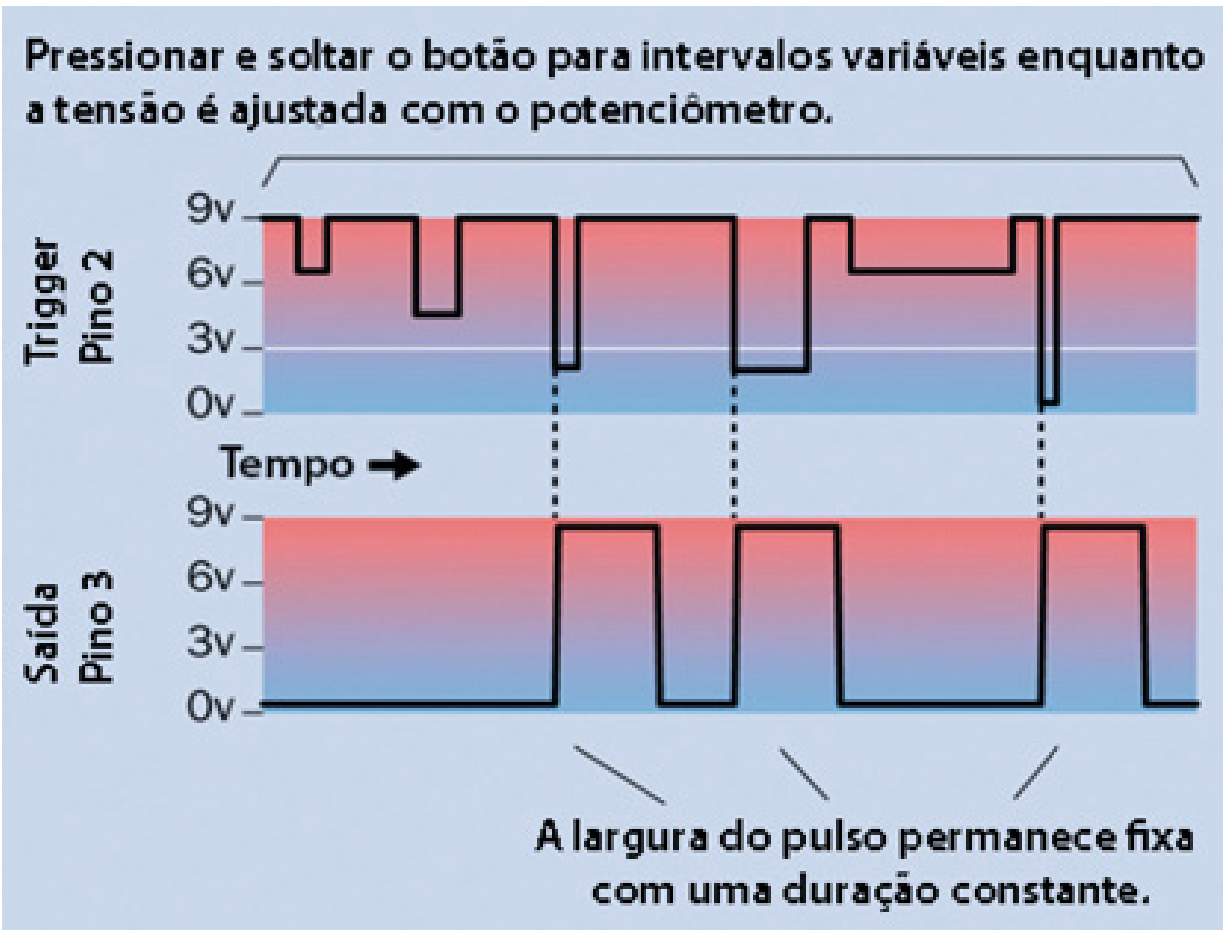
No entanto, quão positivo é positivo, e quanto de queda de tensão é suficiente para acionar o chip? Vamos descobrir.

Pegue seu multímetro, configure-o para medir volts DC e meça a tensão entre o pino 2 e o terra negativo enquanto você ajusta o trimpot de 20 K em várias posições e pressione o botão A. Aposto que quando pressionar o botão para aplicar uma tensão abaixo de 3 volts no pino 2, o timer fará o LED piscar. Acima de 3 volts, duvido que algo aconteça.

- O timer é acionado por uma tensão em seu pino de trigger que seja um terço da tensão de alimentação (ou menos).
- O LED continuará aceso depois que você soltar o botão.
- Você pode pressionar o botão por qualquer período que seja menor que o ciclo do timer e o LED sempre emitirá um pulso de mesma duração.

A Figura 4.15 mostra como o timer se comporta em formato gráfico. O 555 converte o mundo imperfeito ao redor dele em uma saída precisa e confiável. Ele não liga e desliga de forma absoluta e instantânea, mas é rápido o suficiente para *parecer* instantâneo.





*Figura 4.15 – Como um timer 555 responde a diferentes durações e tensões em seu pino de trigger.*

Agora tente acionar o timer enquanto gira o trimpot de 500 K, parando em diferentes posições. Você verá que isto ajusta a duração do pulso.

- A resistência entre o pino 7 e o lado positivo da fonte de alimentação determina a duração do pulso gerado pelo timer (juntamente com o capacitor no pino 6).

Vamos a outro teste. Configure o trimpot de 500 K para a geração de um pulso longo. Pressione o botão A e então pressione rapidamente o botão B, que interrompe o pulso antes de ele concluir. Mantenha o botão B pressionado enquanto tenta acionar o timer novamente com o botão A, e nada acontece.

- O pino 4 é o pino de reset. Quando ele estiver aterrado, o timer é forçado a interromper o que estiver fazendo e fica imobilizado até

você desfazer a conexão entre o pino 4 e o terra negativo.

Finalmente, solte o botão B e mantenha pressionado o botão A. Isto prolonga o pulso do timer até que você solte o botão A.

- Manter uma baixa tensão no pino de trigger do timer irá *acioná-lo* repetida e indefinidamente.

Em relação aos resistores de 10 K ligados aos pinos 2 e 4, eles são chamados de resistores *pull-up* porque mantêm os pinos em um nível positivo. Uma conexão mais direta com o terra negativo irá sobrepor-se ao resistor pull-up.

O conceito de um resistor pull-up é importante quando você está trabalhando com chips, porque você nunca pode permitir que um pino de entrada permaneça desconectado. Um pino desconectado é chamado de *flutuante* e pode causar problemas, já que pode captar campos eletromagnéticos dispersos e não saberemos qual a tensão do pino nos vários momentos.

Existe algo como um resistor *pull-down*? Claro que sim. No entanto, o timer 555 precisa de resistores pull-up porque o pino 2 ou o pino 4 são mantidos em um estado normal por uma tensão positiva e são ativados por uma baixa tensão.

- O timer 555 é acionado ou colocado em estado de reset por tensões negativas nos pinos 2 e 4, respectivamente.

### Temporizando o pulso

Se você estudar o diagrama na Figura 4.11, verá que a corrente positiva chega ao pino 7 (o pino de descarga) passando pelo resistor de 10 K e o trimpot de 500 K. (O resistor de 10 K está lá porque o pino 7 não deve ser conectado diretamente ao lado positivo da fonte de alimentação.)

Você também pode ver que, depois de passar pelo trimpot de 500 K, a corrente chega a um capacitor de 15  $\mu$ F. Hummmm, um resistor seguido de um capacitor – isto não parece uma rede RC? O timer está usando a combinação de resistência e do capacitor de 15  $\mu$ F para determinar a duração do pulso de saída?

Sim, exatamente. Dentro do chip do timer, alguns circuitos eletrônicos inteligentes estão sentindo a tensão no capacitor de 15  $\mu\text{F}$  e o timer usa esta informação para encerrar o pulso de saída.

Você mesmo pode medir isto. Configure o trimpot de 500 K para criar um pulso longo e use seu multímetro para medir a tensão do lado esquerdo do capacitor de 15  $\mu\text{F}$ . Você deve vê-la subir até atingir cerca de 6 volts. O timer usa isto como sinal para interromper seu pulso de saída e a tensão rapidamente volta cair, pois o timer está aterrando-a internamente. É por isso que o pino 7 é conhecido como pino de descarga: o timer descarrega o capacitor através dele.

- Quando a tensão no capacitor alcança dois terços da tensão de alimentação, o timer encerra seu pulso de saída.

Por que o pino de descarga e o pino de limiar estão ligados? Você descobrirá no próximo experimento, quando o timer for ligado novamente para fornecer uma série de pulsos, em vez de apenas um. Naquele momento, o timer estará funcionando no modo *astável*. Atualmente, você está usando-o no modo *monoestável*.

- No modo monoestável, o timer fornece apenas um pulso em resposta a um evento acionador.
- No modo astável, o timer fornece uma série contínua de pulsos.

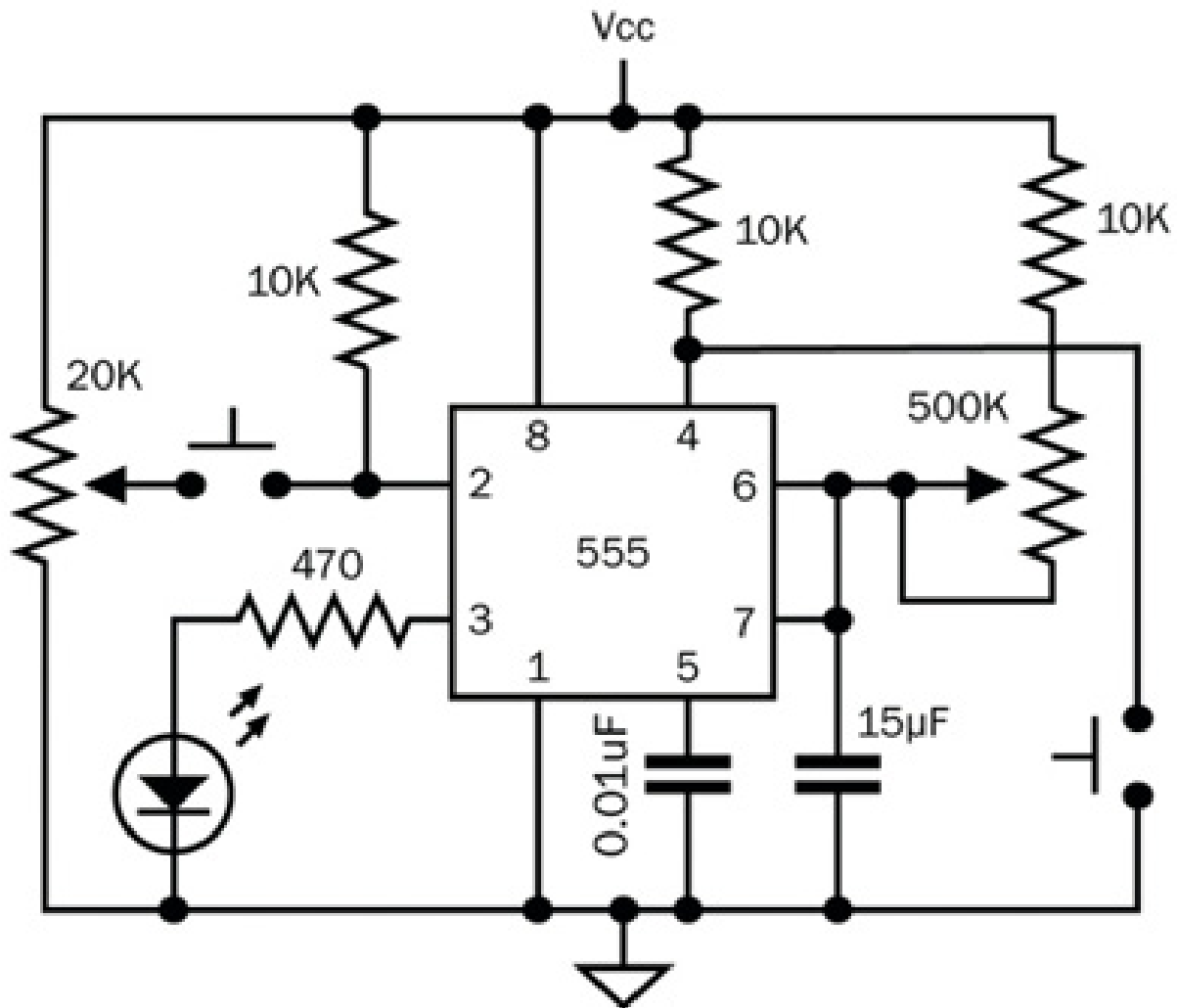
Finalmente, você pode estar se perguntando sobre a finalidade do capacitor de 0,01  $\mu\text{F}$  ligado ao pino 5. Este pino é o pino de “controle”, o que significa que se você aplicar uma tensão nele é possível controlar a sensibilidade do timer. Uma vez que ainda não estamos usando esta função, é uma boa prática colocar um capacitor no pino 5 para protegê-lo de flutuações de tensão e evitar que ele interfira no funcionamento normal.

**Cuidado: atenção com a troca de posição dos pinos!**

Em todos os diagramas neste livro, os chips são mostrados exatamente como você os veria em uma matriz de contato, com os pinos na sequência numérica.

Outros diagramas que você encontrará em sites ou livros fazem as coisas de modo diferente. Pela conveniência para desenhar circuitos,

as pessoas frequentemente mudam a sequência numérica dos pinos. Além disso, não existe tentativa de replicar o layout de uma matriz de contato com o barramento positivo e o barramento negativo de cada lado. Para dar um exemplo, na Figura 4.16 o circuito é idêntico ao da Figura 4.11, mas os pinos foram embaralhados para simplificar as conexões e minimizar os cruzamentos de fiação.



*Figura 4.16 – Este circuito é idêntico em função ao circuito de teste mostrado anteriormente, mas os pinos no chip foram ressequenciados para simplificar o diagrama.*

A troca de posição dos pinos pode criar um circuito de certa forma mais fácil de entender (especialmente se a alimentação positiva estiver na parte superior e o terra na parte inferior), mas você precisa converter o layout, geralmente usando caneta e papel, antes

de poder construí-lo em uma matriz de contatos.

### Fundamentos: duração do timer

Quando você construiu sua própria rede RC no Experimento 9, alguns cálculos irritantes foram necessários para descobrir quanto tempo levaria para um capacitor atingir uma tensão particular. Usando um timer 555, tudo fica muito mais fácil. Basta observar a duração de seu pulso de saída em uma tabela como a da Figura 4.17.

	10K	22K	47K	100K	220K	470K	1M
1000 $\mu$ F	11	24	52	110	240	520	1100
470 $\mu$ F	5.2	11	24	52	110	240	520
220 $\mu$ F	2.4	5.2	11	24	52	110	240
100 $\mu$ F	1.1	2.4	5.2	11	24	52	110
47 $\mu$ F	0.52	1.1	2.4	5.2	11	24	52
22 $\mu$ F	0.24	0.53	1.1	2.4	5.3	11	24
10 $\mu$ F	0.11	0.24	0.52	1.1	2.4	5.2	11
4.7 $\mu$ F	0.052	0.11	0.24	0.52	1.1	2.4	5.2
2.2 $\mu$ F	0.024	0.052	0.11	0.24	0.53	1.1	2.4
1.0 $\mu$ F	0.011	0.024	0.052	0.11	0.24	0.52	1.1
0.47 $\mu$ F		0.011	0.024	0.052	0.11	0.24	0.52
0.22 $\mu$ F			0.011	0.024	0.052	0.11	0.24
0.1 $\mu$ F				0.011	0.024	0.052	0.11
0.047 $\mu$ F					0.011	0.024	0.052
0.022 $\mu$ F						0.011	0.024
0.01 $\mu$ F							0.011

*Figura 4.17 – Duração do pulso, em segundos, de um timer 555 funcionando no modo monoestável em função dos valores do resistor e capacitor. Os tempos são arredondados para dois dígitos.*

A resistência entre o pino 7 e o lado positivo da fonte de alimentação é mostrada na parte superior da tabela, o valor do capacitor de temporização é mostrado do lado esquerdo e os números na tabela informam a duração aproximada do pulso em segundos.

- Valores de resistor abaixo de 1 K não devem ser usados.
- Valores de resistor abaixo de 10 K são indesejáveis, já que aumentam o consumo de energia.
- Valores de capacitor acima de 100  $\mu\text{F}$  podem gerar resultados imprecisos, pois a fuga no capacitor se torna comparável à sua taxa de carga.

E se você quiser uma duração maior que 1.100 segundos ou menor que 0,01 segundo? Ou se você quiser uma duração de pulso que fique entre os valores da tabela?

Você pode usar esta fórmula simples, onde T é a duração do pulso em segundos, R é a resistência em *quilohms* e C é a capacitância em *microfarads*.

$$T = R \times C \times 0,0011$$

Lembre-se de que o resultado pode não ser exato, pois os valores do resistor e capacitor podem ser imprecisos e outros fatores, como a temperatura ambiente, podem afetar o comportamento.

### Teoria: por dentro do 555 no modo monoestável

O encapsulamento plástico do timer 555 contém uma pastilha de silício sobre a qual são gravadas dezenas de junções de transistor em um padrão que é muito complexo para ser explicado aqui. Entretanto, posso resumir suas funções dividindo-as em grupos, como mostrado na Figura 4.18.

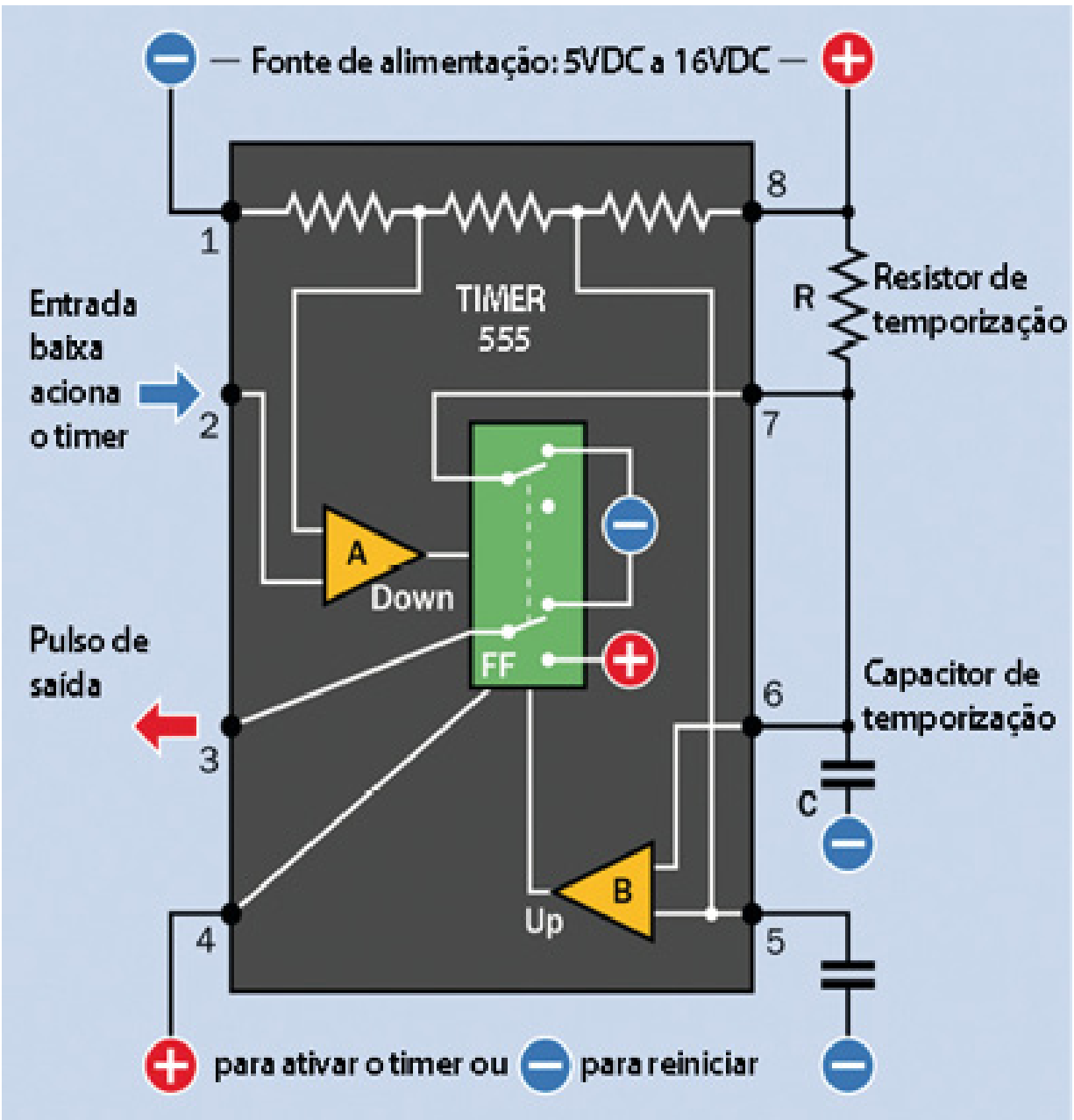


Figura 4.18 – Representação simplificada das funções internas de um timer 555 funcionando no modo monoestável.

Os símbolos negativo e positivo dentro do chip são as fontes de alimentação que, na verdade, vêm dos pinos 1 e 8, respectivamente. Omiti as conexões internas a esses pinos por motivo de clareza.

Os dois triângulos amarelos são *comparadores*. Cada comparador compara duas entradas (na base do triângulo) e fornece uma saída (no vértice superior do triângulo), dependendo se as entradas são



semelhantes ou diferentes. FF é um *flip-flop*, um componente lógico que pode permanecer em um estado ou outro. Representei-o como um interruptor de via dupla, embora, na verdade, ele seja de estado sólido.

Inicialmente, quando você alimenta o chip, o flip-flop está na posição “up”, fornecendo baixa tensão através da saída no pino 3. Se o flip-flop receber um sinal do comparador A, ele alterna para seu estado “down” e fica nele. Quando ele receber um sinal do comparador B, ele volta para seu estado “up” e permanece lá. As etiquetas “Up” e “Down” nos comparadores lembram como cada um deles muda o interruptor quando ativado. Algumas pessoas pensam no termo “flip-flop” como algo que remete a dois estados chamados “flip” e “flop”. Prefiro pensar em um componente que vira/alterna (“flip” em inglês) e permanece (“flop”).

Observe o fio externo que conecta o pino 7 ao capacitor C. Enquanto o flip-flop estiver no estado “up”, ele derruba a tensão positiva que vem através do resistor R para o pino 7 e evita que o capacitor mude positivamente.

Se a tensão no pino 2 cair para  $1/3$  da tensão de alimentação, o comparador A percebe e muda o flip-flop para a posição “down”. Isto envia um pulso positivo do pino 3, o pino de saída, e também desconecta a alimentação negativa do pino 7. Agora o capacitor pode começar a carregar através do resistor. Enquanto isto acontece, a saída positiva do timer continua.

À medida que a tensão aumenta no capacitor, o comparador B monitora-a através do pino 6. Quando o capacitor acumular  $2/3$  da tensão de alimentação, o comparador B envia um pulso para o flip-flop, alternando-o de volta ao estado original “up”. Isto descarrega o capacitor através do pino 7. Além disso, o flip-flop interrompe a saída positiva através do pino 3 e a substitui por uma tensão negativa. Desta forma, o 555 volta ao seu estado original.

Resumirei essa sequência de eventos:

- Inicialmente, o flip-flop aterriza o capacitor e aterriza a saída (pino 3).
- Uma queda de tensão no pino 2 para  $1/3$  da tensão de alimentação

ou menos torna a saída (pino 3) positiva e permite que o capacitor C comece a se carregar através do resistor R.

- Quando o capacitor atinge 2/3 da tensão de alimentação, o chip descarrega o capacitor e a saída no pino 3 cai novamente.

### Fundamentos: eliminação de pulso

Quando um timer configurado no modo monoestável é alimentado pela primeira vez, ele tende a emitir um pulso espontaneamente antes de ficar dormente esperando para ser acionado novamente. Isto pode ser um problema em muitos circuitos.

Uma maneira de evitar isso é colocando um capacitor de 1  $\mu\text{F}$  entre o pino de reset e o terra negativo. O capacitor puxa corrente do pino de reset quando a energia é ligada pela primeira vez e mantém baixa tensão no pino por uma fração de segundo, o bastante para impedir que o timer emita seu pulso acionador. Depois que o capacitor é carregado, ele não faz mais nada e um resistor de 10 K mantém o pino positivo para que ele não interfira no funcionamento do timer.

Usarei o conceito de eliminação de pulso em experimentos subsequentes.

### Fundamentos: por que o 555 é útil

Em seu modo monoestável, o 555 emitirá um único pulso de duração fixa (mas programável). Você consegue imaginar algumas aplicações? Pense em termos do pulso do 555 controlando algum outro componente. Um sensor de movimento ou uma luz externa, talvez. Quando um detector infravermelho “vê” algo se movendo, a luz acende, mas apenas por um período específico, que pode ser controlado pelo 555.

Outra aplicação poderia ser uma torradeira. Quando alguém enfia uma fatia de pão, um interruptor é fechado, acionando o ciclo de tostagem. Para mudar a duração do ciclo, você poderia usar um potenciômetro e ligá-lo à alavanca externa que determina o grau de tostagem do pão. Ao final do ciclo de tostagem, a saída do 555 passaria por um transistor para ativar um solenoide (que é como um

relé, exceto que ele não tem contatos) para liberar a torrada.

Limpadores de para-brisa intermitentes poderiam ser controlados por um timer 555, e nos antigos modelos de carro eles eram. A taxa de repetição das teclas em um teclado básico de computador poderia ser controlada por um timer 555, e no Apple II ela era.

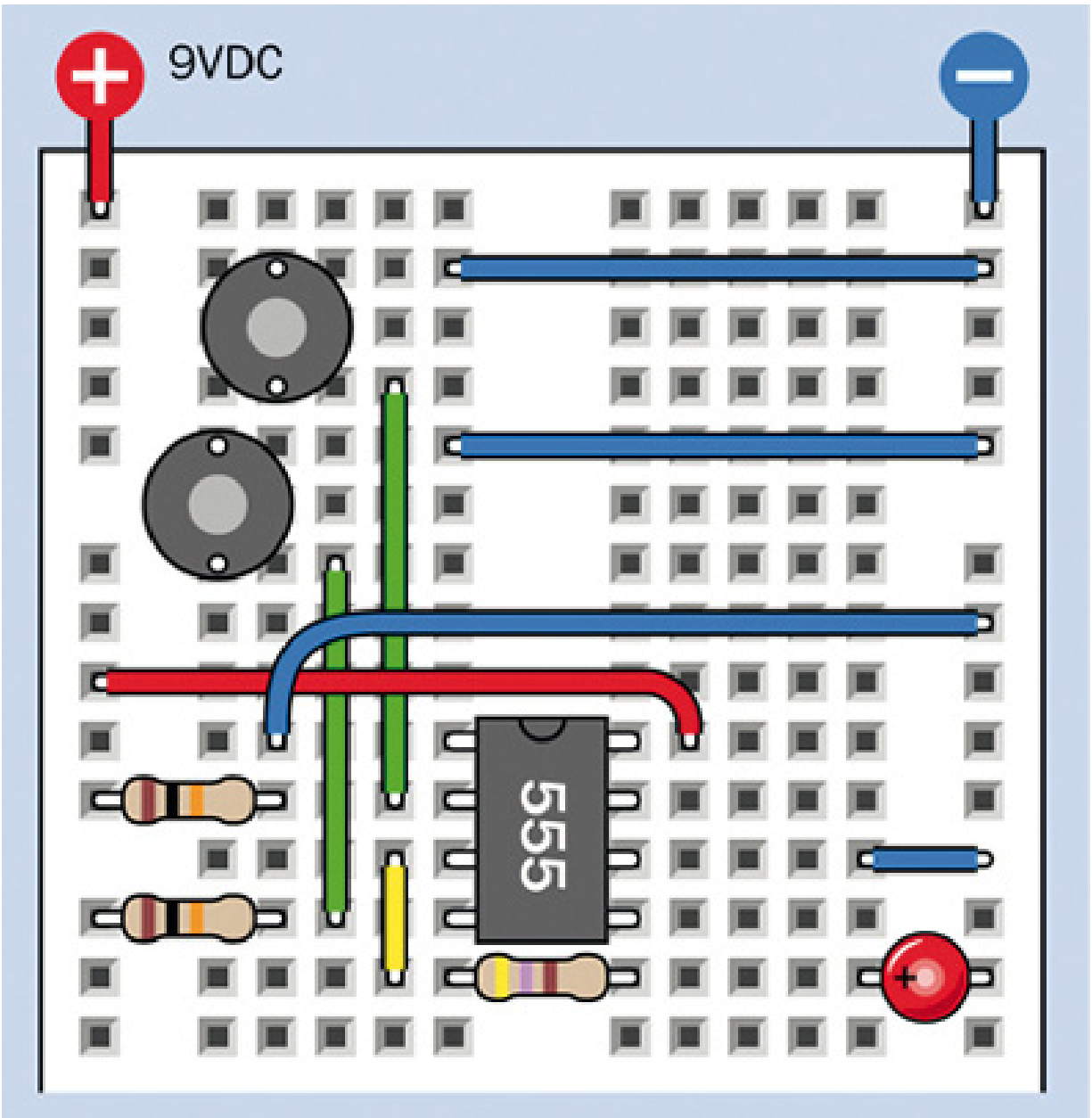
E o alarme contra invasão do Experimento 15? Uma das características de minha lista de desejos era que ele deveria esperar tempo suficiente até você desligá-lo antes de começar a fazer barulho. A saída de um timer 555 pode resolver a questão.

O experimento que você acabou de realizar parecia trivial, mas ele implica uma série enorme de possibilidades.

### Fundamentos: modo biestável

Existe outra forma de usar o timer, conhecida como modo biestável. Isto implica desativar seus recursos fundamentais. Por que você faria isso? Explicarei.

A Figura 4.19 mostra um circuito que você pode construir em alguns minutos. Tente. Os dois resistores à esquerda são resistores pull-up, de 10 K cada. O resistor na parte inferior é de 470 ohms e protege o LED. Acrescente dois botões de pressão e o próprio timer, e acabou.



*Figura 4.19 – Circuito na matriz de contato para fazer o timer 555 funcionar como um flip-flop.*

Quando ele estiver montado em sua matriz de contato, pressione e solte o botão na parte superior e o LED acende. Por quanto tempo? Enquanto você estiver alimentando o circuito. A saída do timer continua indefinidamente.

Agora pressione e solte o botão na parte inferior e o LED apaga. Por quanto tempo? Pelo tempo que você quiser. Ele não voltará a acender até que você pressione o botão superior novamente.

Mencionei que existe um flip-flop dentro do timer. Este circuito transforma o timer em um grande flip-flop. Ele alterna para o estado “on” quando você aterriza o pino 2, e fica lá. Ele alterna para o estado “off” quando você aterriza o pino 4, e fica lá. Flip-flops são muito importantes em circuitos digitais, como explicarei mais adiante, mas agora o importante é saber como ele funciona e por que você precisa dele.

Observe o diagrama na Figura 4.20. Você perceberá que não há resistor ou capacitor do lado direito. A rede RC está faltando. Portanto, este circuito de temporização não possui componentes de temporização! Normalmente, quando você aciona o timer, seu pulso de saída termina quando o capacitor de temporização no pino 6 acumula  $2/3$  da tensão de alimentação. No entanto, o pino 6 está aterrado, portanto ele nunca pode atingir o valor de  $2/3$ . Conseqüentemente, quando você aciona o timer, o pulso de saída nunca terminará.

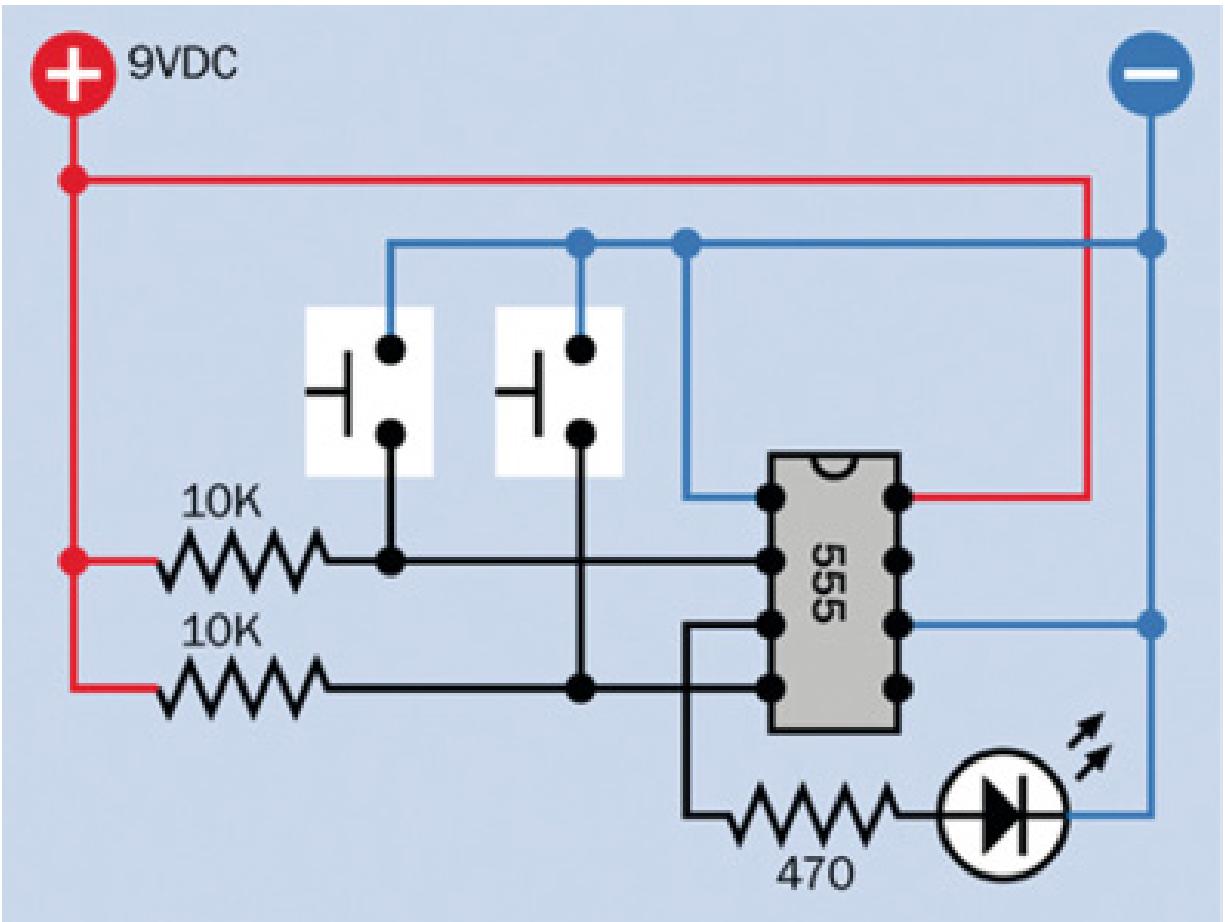


Figura 4.20 – Um circuito de teste para o timer 555 no modo biestável.

Claro que você pode interromper a saída aplicando uma baixa tensão no pino de reset. Porém, assim que a saída for interrompida, ela permanecerá assim enquanto o timer não for acionado novamente.

Esta configuração é chamada de biestável, pois ela é estável quando a saída é alta e é estável quando a saída é baixa. Um simples flip-flop como este também pode ser chamado de *latch* (trava).

- Um pulso negativo no pino 2 torna a saída positiva e a deixa travada neste estado.
- Um pulso negativo no pino 4 torna a saída negativa e a deixa travada neste estado.

Você precisa manter os pinos 2 e 4 positivos quando não estiver acionando-os. É para isso que servem os resistores “pull-up” no diagrama.

Tudo bem deixar o pino 5 do timer desconectado, pois ele será levado a estados extremos em que quaisquer sinais randômicos vindos desses pinos serão ignorados.

Quanto ao motivo pelo qual você precisa usar um timer desta maneira, você ficará surpreso ao ver como ele pode ser útil. Usarei este circuito em três experimentos no restante deste livro. O 555 realmente não foi projetado para funcionar no modo biestável, mas isso pode ser conveniente.

### Histórico: como surgiu o timer

Em 1970, quando apenas uma meia dúzia de pequenas empresas havia se estabelecido no solo fértil do Vale do Silício, uma empresa chamada Signetics comprou a ideia de um engenheiro chamado Hans Camenzind (mostrado na Figura 4.21). Não era nenhum conceito revolucionário, apenas 23 transistores e uma porção de resistores que funcionariam como um timer programável. O circuito seria versátil, estável e simples, mas essas virtudes perdem importância em comparação com seu principal argumento de venda. Usando a emergente tecnologia dos circuitos integrados, a Signetics poderia reproduzir o circuito em um chip de silício.



*Figura 4.21 – Hans Camenzind, inventor, projetista e desenvolvedor do timer 555 para a Signetics.*

Isto implicava certo processo de tentativa e erro. Camenzind trabalhou sozinho, construindo a coisa toda inicialmente em larga escala usando transistores, resistores e diodos avulsos em uma matriz de contato. Funcionou e então ele começou a substituir os vários componentes por outros de valor ligeiramente diferente para ver se o circuito toleraria variações durante a produção, e outros fatores como mudanças de temperatura quando o chip estava em uso. Ele fez pelo menos 10 diferentes versões do circuito. Isto levou meses.

Em seguida veio o trabalho artesanal. Camenzind sentou-se à mesa de projeto e usou uma faca X-Acto especialmente montada para gravar seu circuito em uma grande placa de plástico. A Signetics



então reduziu esta imagem fotograficamente em uma razão de 300:1. Eles a gravaram em minúsculas pastilhas e embutiram cada uma delas em um retângulo de plástico preto de meia polegada com o número do produto impresso na parte superior. Assim nascia o timer 555.

Ele acabou sendo o chip mais bem-sucedido da história, tanto em número de unidades vendidas (dezenas de bilhões e contando) quanto em longevidade de seu projeto (não foi alterado significativamente em quase 40 anos). O 555 tem sido usado em tudo, desde brinquedos até naves espaciais. Ele pode fazer luzes piscarem, ativar sistemas de alarme, inserir espaços entre bipes e criar bipes.

Hoje os chips são projetados por grandes equipes e testados simulando seu comportamento usando software de computador. Portanto, os chips dentro de um computador permitem o projeto de novos chips. O auge dos projetistas solo como Hans Camenzind ficou no passado, mas seu gênio continua vivo dentro de todo timer 555 que sai de uma unidade de produção. Se você quiser saber mais sobre a história do chip, visite o Museu do Transistor ([http://semiconductormuseum.com/Museum\\_Index.htm](http://semiconductormuseum.com/Museum_Index.htm)).

Uma observação pessoal: em 2010, quando estava escrevendo *Make: Eletrônica*, procurei por Hans Camenzind online e descobri que ele mantinha seu próprio site, incluindo um número de telefone. Num impulso, liguei para ele. Foi um momento estranho falar com o projetista do chip que eu tinha usado por mais de 30 anos. Ele foi amigável (embora não tenha jogado conversa fora) e logo concordou em revisar o texto de meu livro. E ele foi ainda mais gentil, já que deu sua inequívoca aprovação ao livro depois de lê-lo.

Em seguida eu comprei sua própria breve história da eletrônica, *Much Ado About Almost Nothing* (Muito barulho por quase nada), que ainda está disponível online e eu recomendo fortemente. Eu me senti honrado em ter a oportunidade de conversar com um dos pioneiros de projeto de circuitos integrados. Fiquei triste ao saber de sua morte em 2012.

## Fundamentos: especificações do timer 555

- O 555 pode funcionar usando uma alimentação razoavelmente estável entre 5 VDC e 16 VDC. O valor absoluto máximo é 18 VDC. Muitas especificações são baseadas em 15 VDC. A tensão não precisa ser controlada por um regulador de tensão.
- A maioria dos fabricantes recomenda um intervalo entre 1 K e 1 M para o resistor ligado ao pino 7, mas valores abaixo de 10 K puxam uma quantidade mais significativa de corrente. É melhor reduzir o valor do capacitor que reduzir o valor do resistor.
- O valor do capacitor pode subir quanto você quiser, se quiser temporizar intervalos bem longos, mas a precisão do timer diminuirá, pois a fuga no capacitor se torna comparável à sua taxa de carga.
- O timer impõe uma queda de tensão, que é maior que a queda criada por um transistor ou diodo. A diferença entre a tensão de alimentação e a tensão de saída será de 1 V ou mais.
- A saída aguenta nominalmente 200 mA, mas uma corrente de saída acima de 100 mA derrubará a tensão e pode afetar a precisão da temporização.

## Cuidado: nem todos os timers são iguais

Tudo que eu disse até agora se aplica à antiga versão original “TTL” do timer 555. TTL é um acrônimo para *transistor-transistor logic* ou lógica transistor-transistor, que precedeu os modernos chips CMOS que usam muito menos energia. A versão TTL do timer também é conhecida como a *versão bipolar*, já que contém transistores bipolares.

A vantagem do 555 original é que ele é barato e robusto. Não é possível danificá-lo facilmente e sua saída é potente o suficiente para se conectar diretamente à bobina de um relé ou um pequeno alto-falante. Entretanto, o 555 não é eficiente e tende a gerar picos de tensão que, às vezes, interferem com a operação de outros chips.

Para resolver essas desvantagens, uma nova versão do timer 555 foi desenvolvida usando transistores CMOS, que consomem menos

energia. Este chip também não cria picos de tensão. Porém, sua saída é mais limitada. Quanto mais limitada? Isto depende do fabricante.

Infelizmente, não há padronização entre as versões CMOS do timer 555. Alguns dizem fornecer 100 mA enquanto outros são limitados a 10 mA.

De modo confuso, as versões CMOS têm uma variedade de números de peça. O 7555 é claramente identificado como um chip CMOS, mas outros meramente precedem o número 555 com um grupo diferente de letras e você precisa observar e entender seu significado.

Neste livro, para evitar confusão e manter as coisas simples, só usarei a versão TTL do timer 555, também conhecida como a versão bipolar. Se você está comprando seu próprio componente, veja “Outros componentes”, e vá ao subitem “Componentes para o Capítulo 4”, onde você encontrará conselhos para comprar um timer.

## Experimento 17: Ajuste seu tom

Agora que você está familiarizado com o timer 555 no modo monoestável e no modo biestável, quero que você se familiarize com o modo *astável*, chamado assim porque a saída flutua constantemente entre alto e baixo e não permanece estável em nenhum dos estados.

Isto parece a saída do oscilador com transistor que você construiu no Experimento 11, exceto que este é muito mais versátil e fácil de controlar, e em vez de requerer dois transistores, quatro resistores e dois capacitores para criar a oscilação, você só precisa de um chip, dois resistores e um capacitor.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)

- Chips de timer 555 (4)
- Alto-falante miniatura (1)
- Resistores: 47 ohms (1), 470 ohms (4), 1 K (2), 10 K (12), 100 K (1)
- Capacitores: 0,01  $\mu\text{F}$  (8), 0,022  $\mu\text{F}$  (1), 0,1  $\mu\text{F}$  (1), 1  $\mu\text{F}$  (3), 3,3  $\mu\text{F}$  (1), 10  $\mu\text{F}$  (4), 100  $\mu\text{F}$  (2)
- Diodo 1N4148 (1)
- Trimpot de 100 K (1)
- Botão de pressão (1)
- LEDs genéricos (4)

### Teste astável

Um circuito genérico astável é mostrado na Figura 4.22. Coloquei um alto-falante na saída, pois o timer funcionará em uma frequência de áudio. O alto-falante é acionado através de um resistor, para limitar a corrente, e um capacitor de acoplamento, que deixa passar frequências de áudio e bloqueia DC. Você verá os valores desses componentes no próximo diagrama. No momento quero apenas que você veja o layout geral.



alimentação, quando então ele se descarregará através de R2 no pino 7, e sua tensão cairá. Sua conexão com o pino 2 significa que o pino do trigger percebe a queda de tensão em C1. E o que o pino do trigger faz quando a tensão nele cai repentinamente? Ele aciona o timer. Portanto, nesta configuração o timer irá disparar a si mesmo novamente.

Em que velocidade isto ocorrerá? Acho que você deveria construir uma versão de teste do circuito para descobrir. Na Figura 4.23 eu sugeri valores para os componentes e redesenhei o diagrama para incluir um trimpot para que você veja (ou melhor, escute) o efeito da variação de resistência. O trimpot, mais o resistor de 10 K que o precede, se soma ao R2. O capacitor de temporização, C1, é de 0,022  $\mu\text{F}$  e R1 é de 10 K.

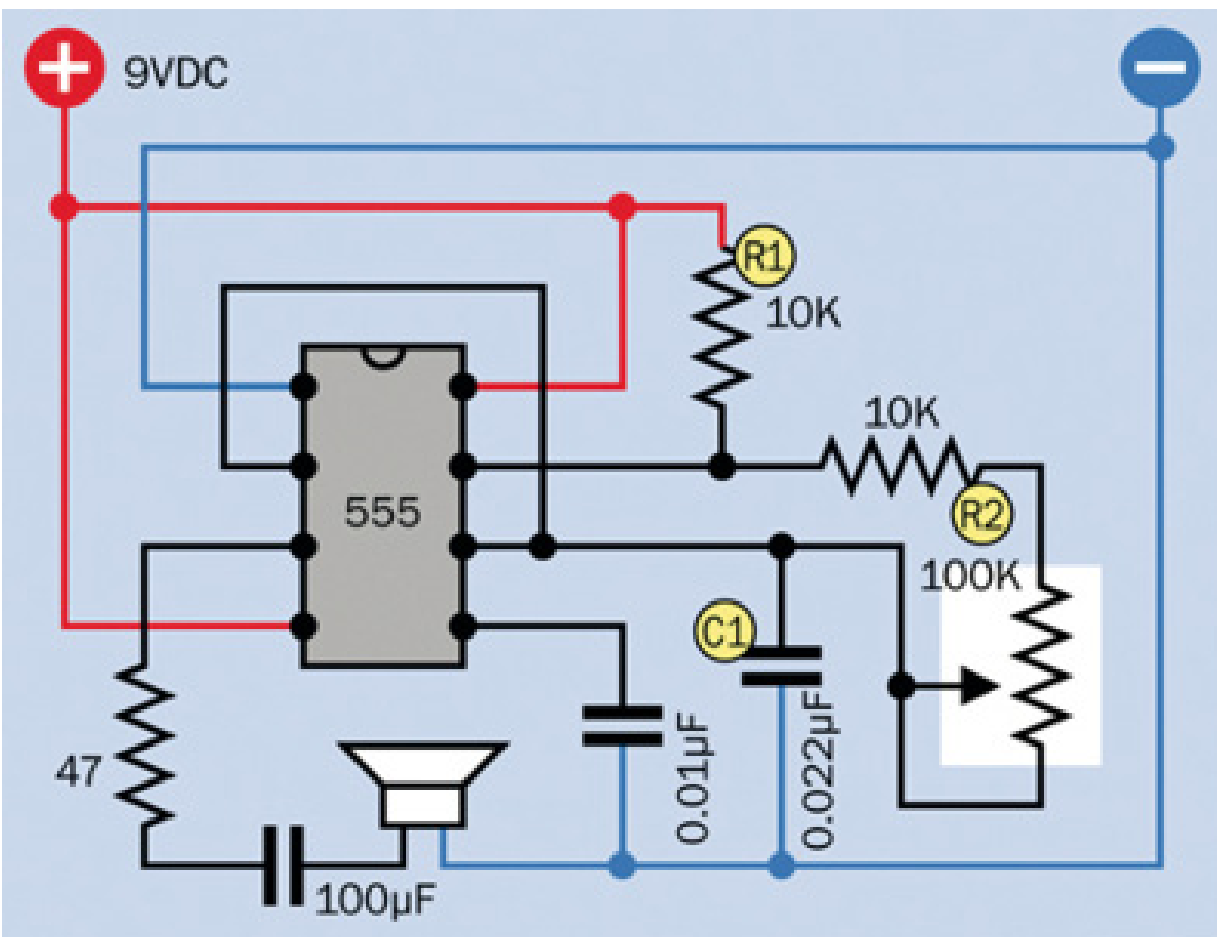


Figura 4.23 – Este circuito de teste permite ajustar o desempenho do timer no modo astável.

A Figura 4.24 mostra o layout na matriz de contato, enquanto a Figura 4.25 mostra os valores dos componentes.

O que acontece quando você alimenta o circuito? Imediatamente você deve ouvir um som através do alto-falante. Se você não ouvir nada, é quase certo que tenha cometido um erro de ligação.

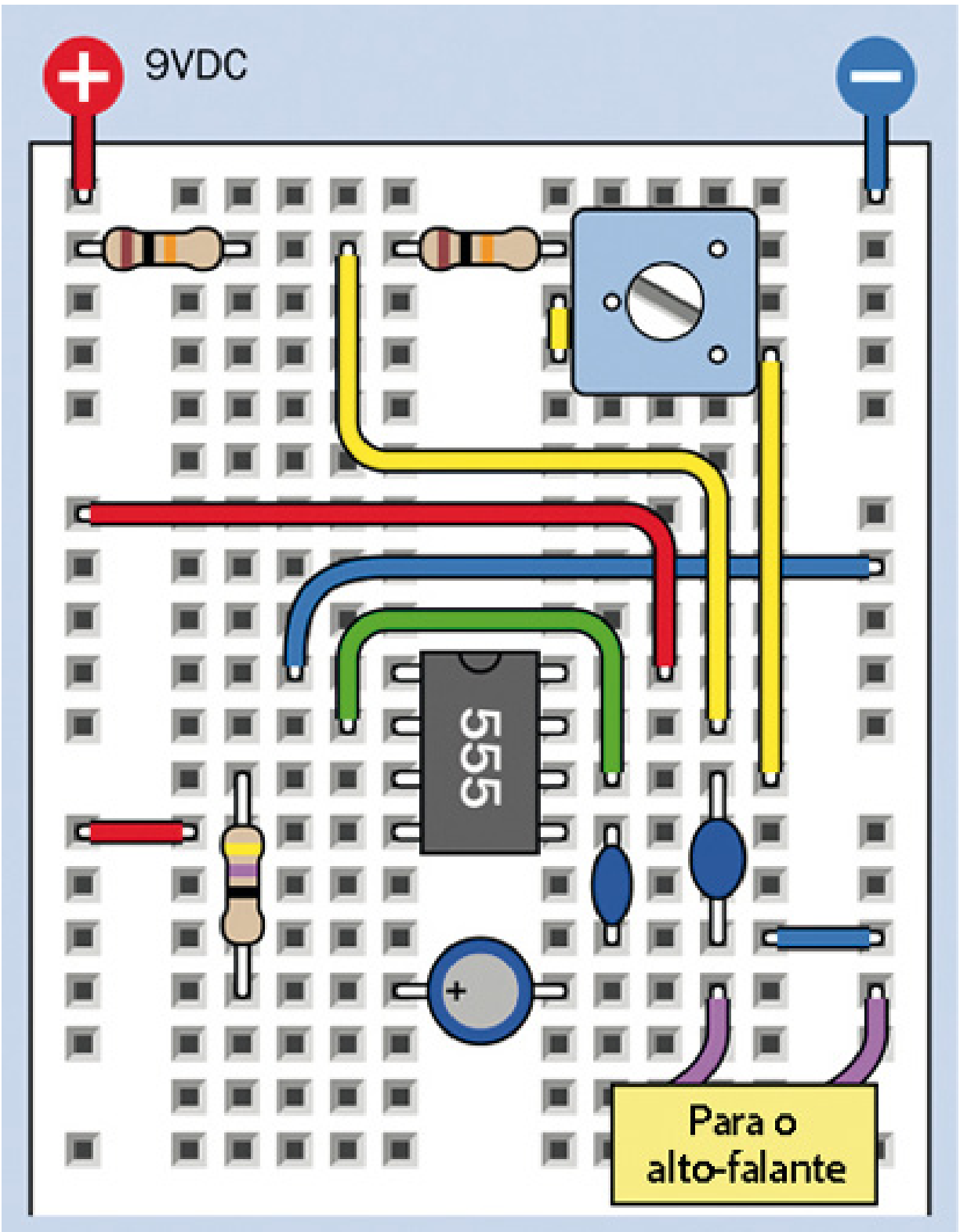


Figura 4.24 – Layout na matriz de contato para o teste do timer astável.



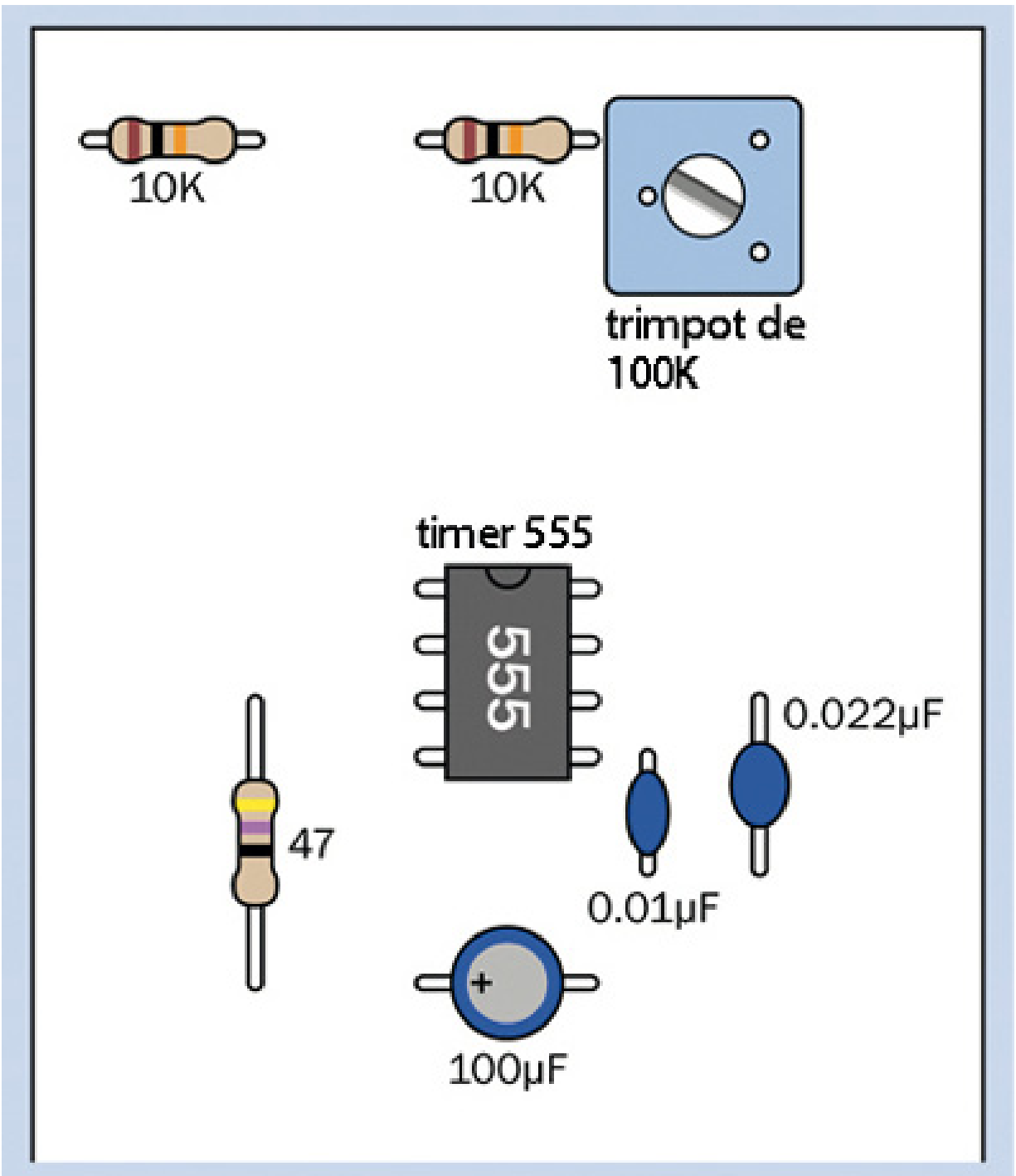


Figura 4.25 – Valores dos componentes para o teste do timer astável.

Observe que você não precisa ativar o chip com um botão de pressão. O timer 555 dispara a si próprio, como previsto.

Gire o parafuso do trimpot e a frequência do som irá variar. O trimpot ajusta a velocidade de carga e descarga de C1, e isso

determina a duração de um ciclo “on” em relação ao próximo ciclo “off” no sinal de áudio. Com esses valores de componentes, a sequência varia entre aproximadamente 300 e 1.200 pulsos por segundo. Esses pulsos são enviados pelo timer ao alto-falante. Eles movem seu cone para cima e para baixo, criando ondas de pressão no ar e seu ouvido responde a essas ondas, entendendo-as como som.

### Teoria: frequência de saída

A *frequência* de um som é seu número de ciclos completos por segundo, incluindo o pulso de alta pressão e o pulso de baixa pressão que se segue.

O termo *hertz* é uma unidade de frequência, significando o mesmo que “ciclos por segundo”. Ele surgiu na Europa e seu nome é uma homenagem a outro pioneiro da eletricidade, Heinrich Hertz. A abreviatura para hertz é Hz, portanto a saída de seu timer 555 neste circuito de teste irá variar aproximadamente entre 300 Hz e 1.200 Hz. Assim como na maioria das unidades, a letra k pode ser inserida para significar “quilo”, portanto 1.200 Hz é normalmente escrito como 1,2 kHz.

Como os valores do capacitor e dos resistores de temporização determinam a frequência do timer? Se R1 e R2 forem medidos em *quilohms* e C1 for medido em *microfarads*, a frequência f, em hertz, é dada pela fórmula:

$$f = 1.440 / ((2 \times R2) + R1) \times C1$$

Calcular isso é uma chateação, por isso forneci uma tabela de consulta na Figura 4.26. Nesta tabela, *estou assumindo que o valor do resistor R1 no diagrama é fixo em 10 K*. Os valores na parte superior da tabela são para R2. Os valores da esquerda são para o capacitor de temporização, C1.

	10K	22K	47K	100K	220K	470K	1M
47 $\mu$ F	1	0.57	0.3	0.15	0.068	0.032	0.015
22 $\mu$ F	2.2	1.2	0.63	0.31	0.15	0.069	0.033
10 $\mu$ F	4.8	2.7	1.4	0.69	0.32	0.15	0.072
4.7 $\mu$ F	10	5.7	3.0	1.5	0.68	0.32	0.15
2.2 $\mu$ F	22	12	6.3	3.1	1.5	0.69	0.33
1.0 $\mu$ F	48	27	14	6.9	3.2	1.5	0.72
0.47 $\mu$ F	100	57	30	15	6.8	3.2	1.5
0.22 $\mu$ F	220	120	63	31	15	6.9	3.3
0.1 $\mu$ F	480	270	140	69	32	15	7.2
0.047 $\mu$ F	1K	570	300	150	68	32	15
0.022 $\mu$ F	2.2K	1.2K	630	310	150	69	33
0.01 $\mu$ F	4.8K	2.7K	1.4K	690	320	150	72
4,700pF	10K	5.7K	3K	1.5K	680	320	150
2,200pF	22K	12K	6.3K	3.1K	1.5K	690	330
1,000pF	48K	27K	14K	6.9K	3.2K	1.5K	720
470pF	100K	57K	30K	15K	6.8K	3.2K	1.5K
220pF	220K	120K	63K	31K	15K	6.9K	3.3K
100pF	480K	270K	140K	69K	32K	15K	7.2K

*Figura 4.26 – Para um timer 555 funcionando no modo astável, os valores na parte superior se referem a R2 em um circuito-padrão, desde que R1 tenha um valor fixo de 10 K. Os números da tabela mostram a frequência do timer em Hz (ciclos por segundo).*

Lembre-se de que a abreviatura pF significa “picofarad”, que é um milionésimo de um microfarad. Nanofarads estão no meio do caminho entre microfarads e picofarads, mas o termo não é usado com tanta frequência e eu não o usei na tabela.

### Teoria: por dentro do 555 no modo astável

Para entender melhor o que acontece quando o timer funciona no modo astável, observe a Figura 4.27. A configuração interna é exatamente a mesma do modo monoestável, mas as conexões externas são diferentes.

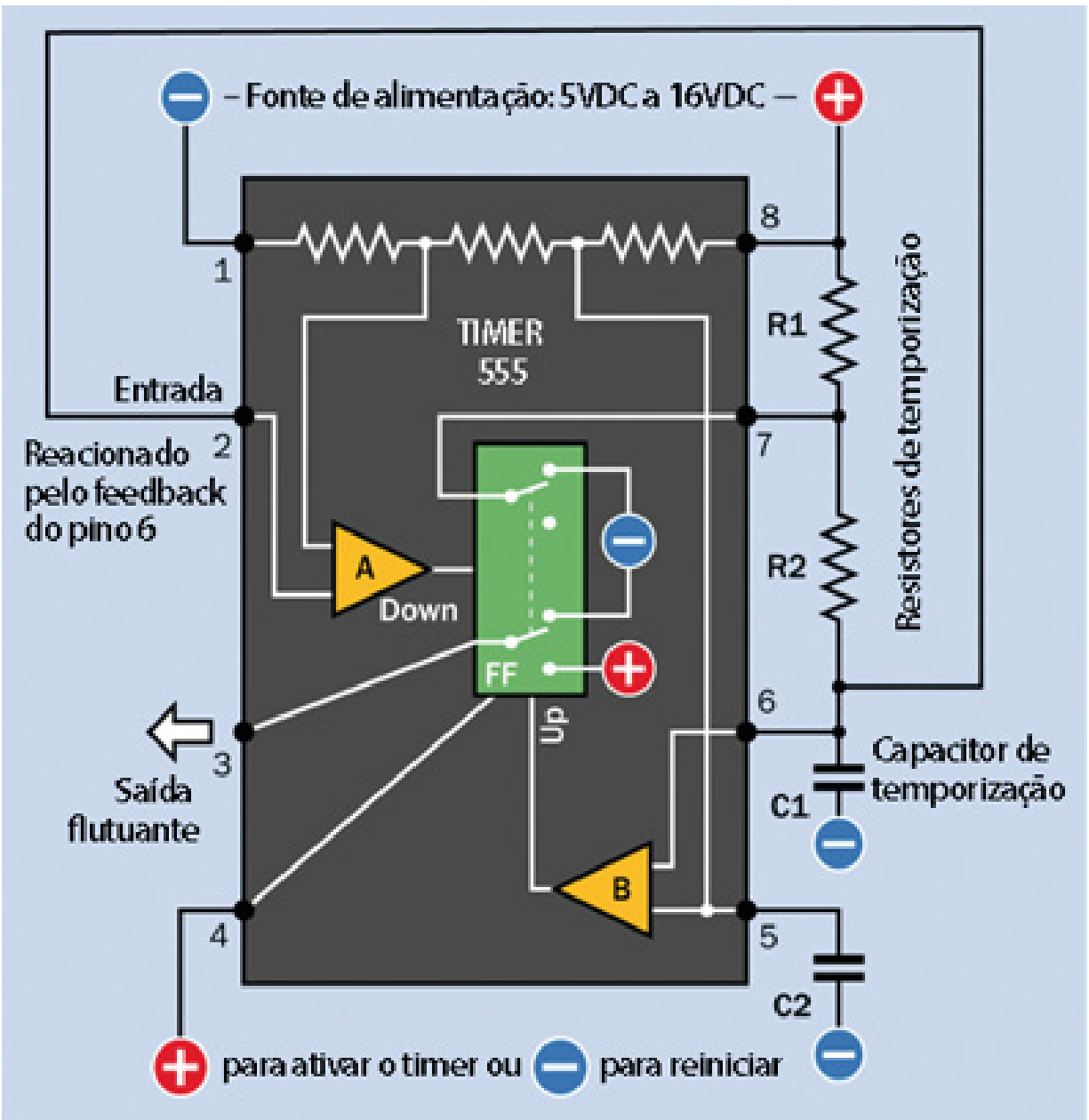


Figura 4.27 – Visão interna do timer 555 com conexões externas e funcionando no modo astável.

Inicialmente, o flip-flop aterriza C1, o capacitor de temporização, como antes. Porém, agora a baixa tensão no capacitor é conectada do pino 6 ao pino 2 por meio de um fio externo. A baixa tensão diz ao chip para ele se acionar. O flip-flop obedientemente alterna para sua posição “on” e envia um pulso positivo para o alto-falante e, ao mesmo tempo, remove a tensão negativa do pino 6.

Agora C1 começa a carregar, como fazia quando o timer estava no

modo monoestável, exceto que ele está sendo carregado através de  $R1 + R2$  em série. Uma vez que  $C1$  tem um valor baixo, ele carrega rapidamente. Quando ele atinge  $2/3$  da tensão total, o comparador B se comporta como antes, descarregando o capacitor e interrompendo o pulso de saída do pino 3.

O capacitor descarrega através de  $R2$  para o pino 7, o pino de descarga. Enquanto o capacitor está descarregando, sua tensão diminui. A tensão ainda está ligada ao pino 2. Quando ela cai abaixo de  $1/3$  da tensão total, o comparador A entra em ação e envia outro pulso para o flip-flop, iniciando todo o processo novamente.

### Fundamentos: ciclos “on-off” desiguais

Quando o timer está funcionando no modo astável,  $C1$  carrega através de  $R1$  e  $R2$  em série. No entanto, quando  $C1$  descarrega, ele descarrega sua tensão para o chip através de  $R2$  apenas. Uma vez que o capacitor carrega através de dois resistores, mas descarrega através de apenas um deles, ele carrega mais rápido que descarrega. Durante a carga, a saída no pino 3 é alta; durante a descarga a saída no pino 3 é baixa. Consequentemente, o ciclo “on” é sempre mais longo que o ciclo “off”. A Figura 4.28 mostra isso como um gráfico simples.

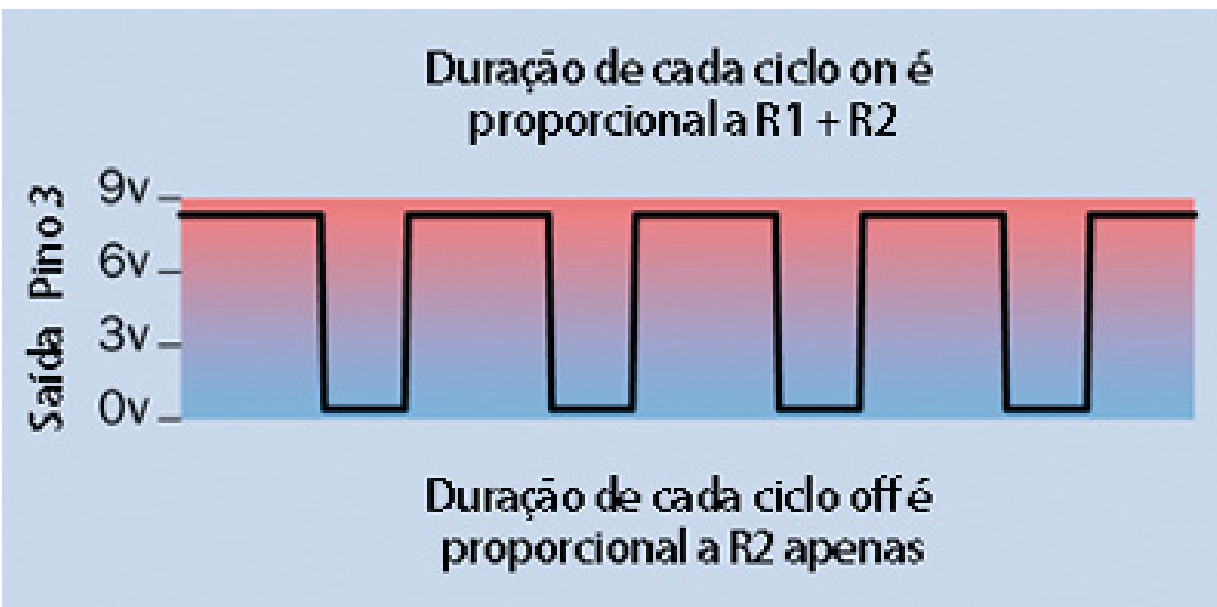
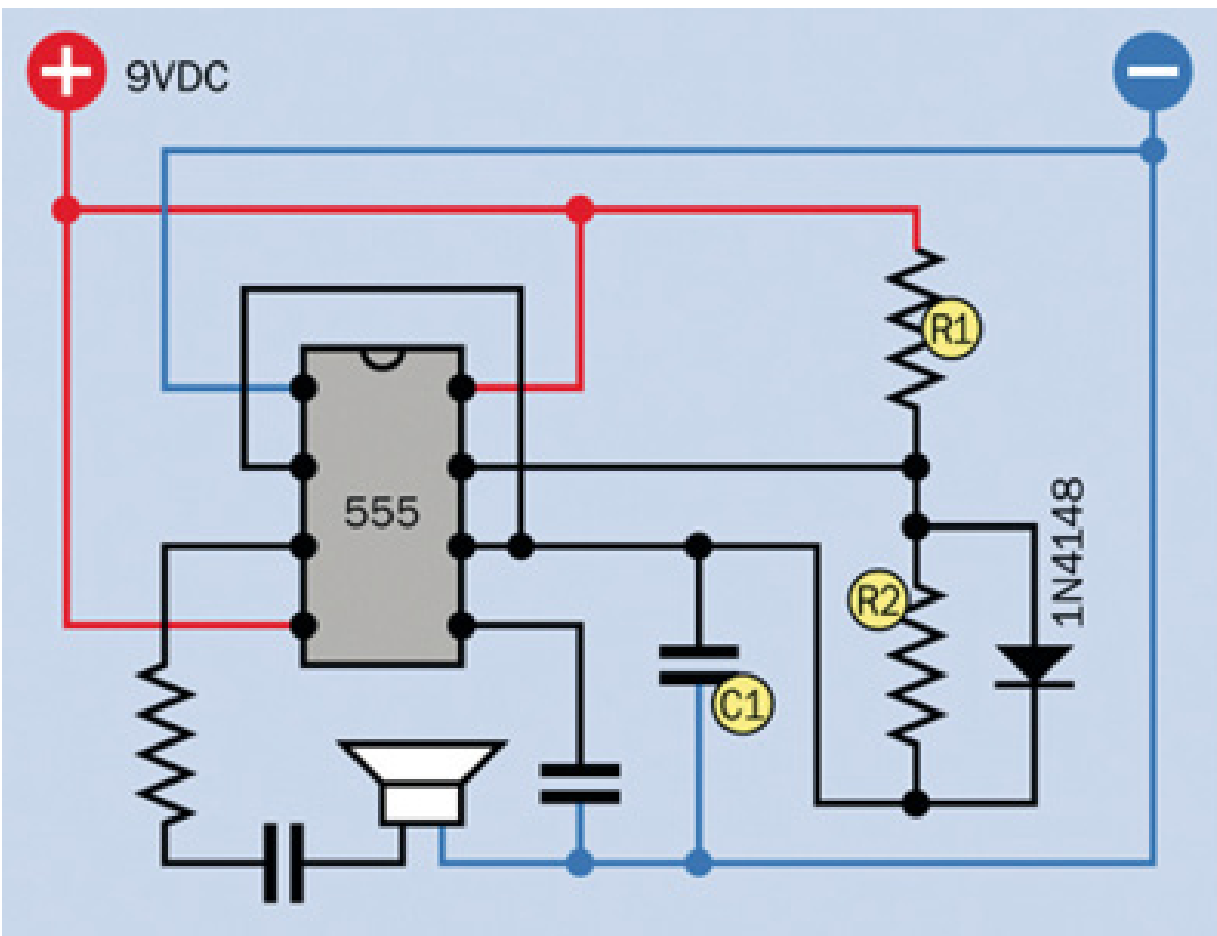


Figura 4.28 – Pulsos altos são sempre mais longos que os intervalos entre

*eles na saída de um timer 555, quando o chip é conectado no modo-padrão para operação astável.*

Se você quiser que os ciclos on e off sejam iguais, ou se você quiser ajustar os ciclos on e off de forma independente (por exemplo, para enviar um pulso muito breve para outro chip, seguido de um intervalo mais longo até o próximo pulso), basta adicionar um diodo, como mostrado na Figura 4.29. (Já que um diodo deduz certa tensão, este circuito funciona melhor com uma tensão de alimentação maior que 5VDC.)



*Figura 4.29 – Adicionar um diodo para contornar o R2 permite que os ciclos de saída alta e baixa de um timer sejam ajustados independentemente.*

Agora, quando C1 carrega, a eletricidade flui através de R1 como antes, mas pega um atalho em torno de R2, através do diodo. Quando C1 descarrega, o diodo bloqueia o fluxo de eletricidade

naquela direção e então a descarga volta através do R2.

O R1 agora controla sozinho o tempo de carga, enquanto o R2 controla o tempo de descarga. Agora a fórmula para calcular a frequência é aproximadamente:

$$\text{Frequência} = 1.440 / ( ( R1 + R2 ) \times C1 )$$

onde R1 e R2 estão em *quilohms* e C1 está em *microfarads*. (Eu uso a palavra “aproximadamente” porque o diodo adiciona uma pequena resistência efetiva ao circuito, que não é computada na fórmula.)

Se você definir R1 = R2, obterá ciclos on/off quase iguais.

### Modificações astáveis

Em vez de usar um potenciômetro para variar o valor de R2, a frequência do timer pode ser alterada até certo ponto usando o pino 5, o pino de controle. Isto é mostrado na Figura 4.30.



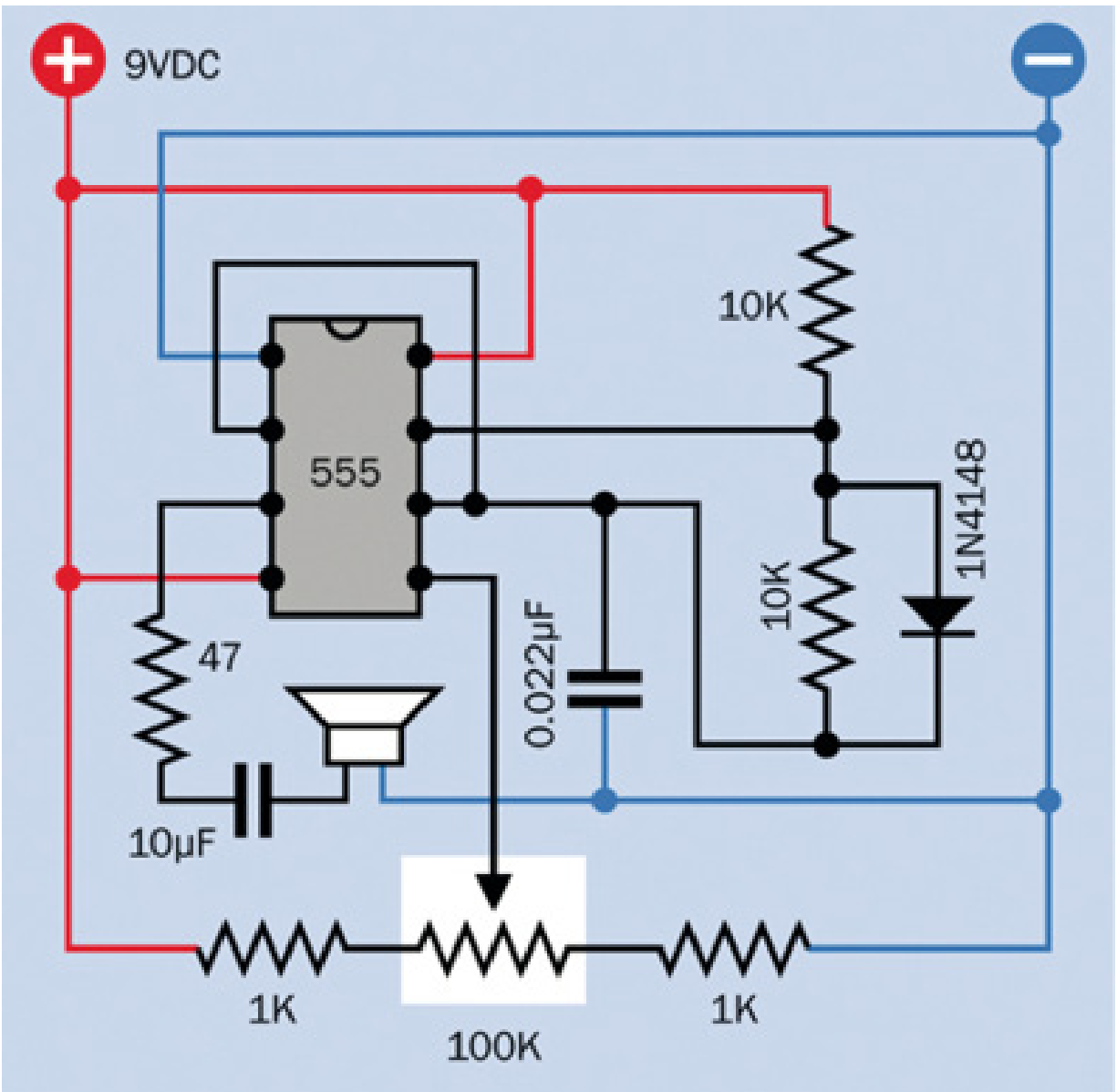


Figura 4.30 – Um circuito que demonstra a função do pino 5, o pino de controle, no timer 555.

Desconecte o capacitor ligado a esse pino e substitua os resistores em série mostrados. Eles garantem que o pino 5 sempre tenha pelo menos 1 K entre ele e o lado positivo ou negativo da fonte de alimentação. Conectá-lo diretamente à fonte de alimentação não danificará o timer, mas evitará que ele gere tons audíveis. Ao girar o potenciômetro, a frequência varia. Isso acontece porque você está mudando a tensão de referência no comparador B dentro do chip.

## Encadeando chips

Chips de timer podem ser encadeados de quatro maneiras possíveis. Observe que essas configurações são funcionais, independentemente se cada timer está funcionando no modo monoestável ou astável, exceto quando observado.

- Se você está usando 9 V para alimentar um timer 555, a saída desse timer pode ser suficiente para alimentar outro timer 555.
- A saída de um timer pode acionar a entrada de outro timer. Isto só funciona se o segundo timer estiver funcionando no modo monoestável. No modo astável, ele acionaria a si próprio.
- A saída de um timer pode destravar o pino de reset de outro timer.
- A saída de um timer pode ser conectada através de um resistor adequado ao pino de controle de outro timer.

Estas opções estão ilustradas nas Figuras 4.31, 4.32, 4.33 e 4.34.

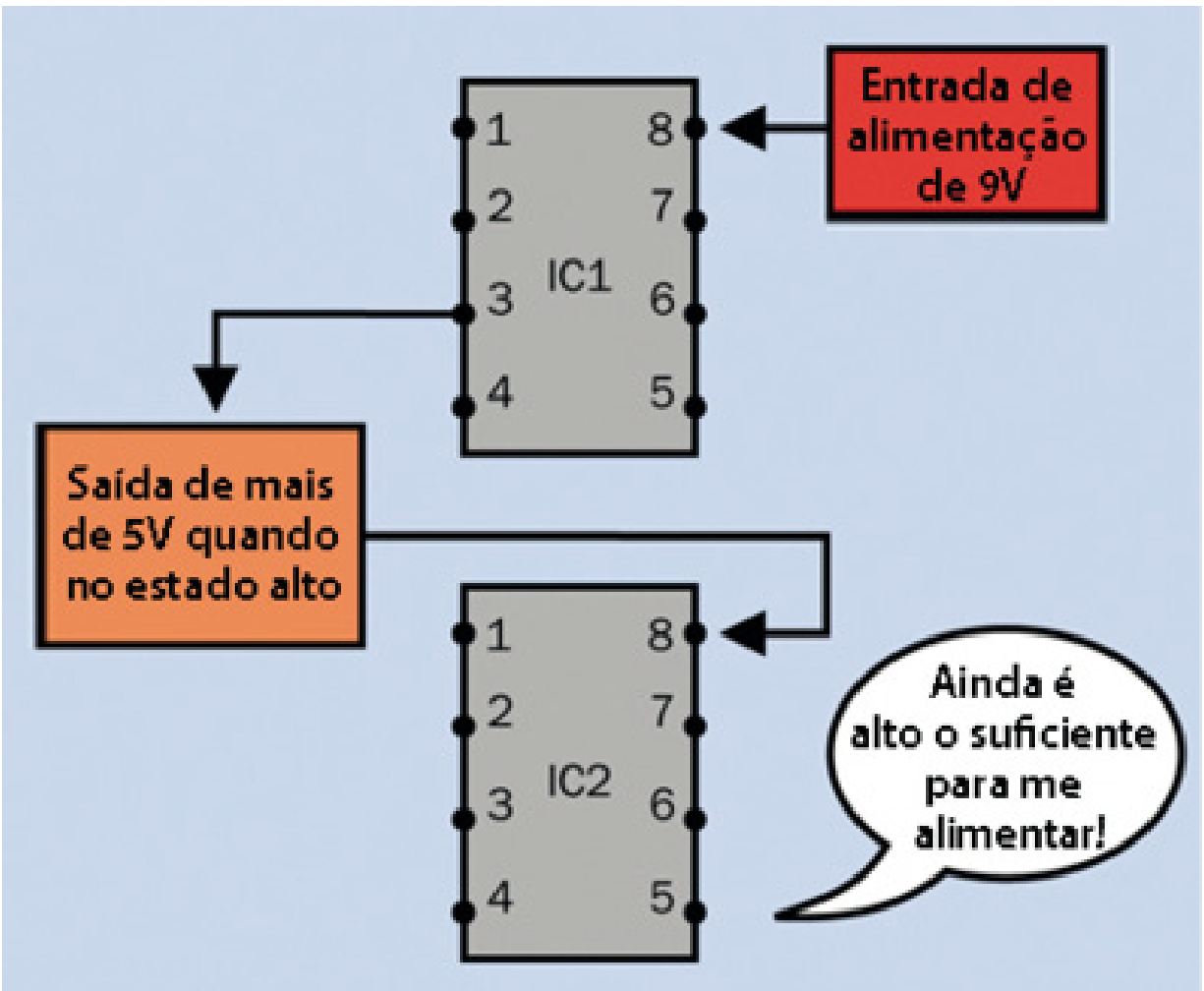


Figura 4.31 – Um timer alimentando outro.

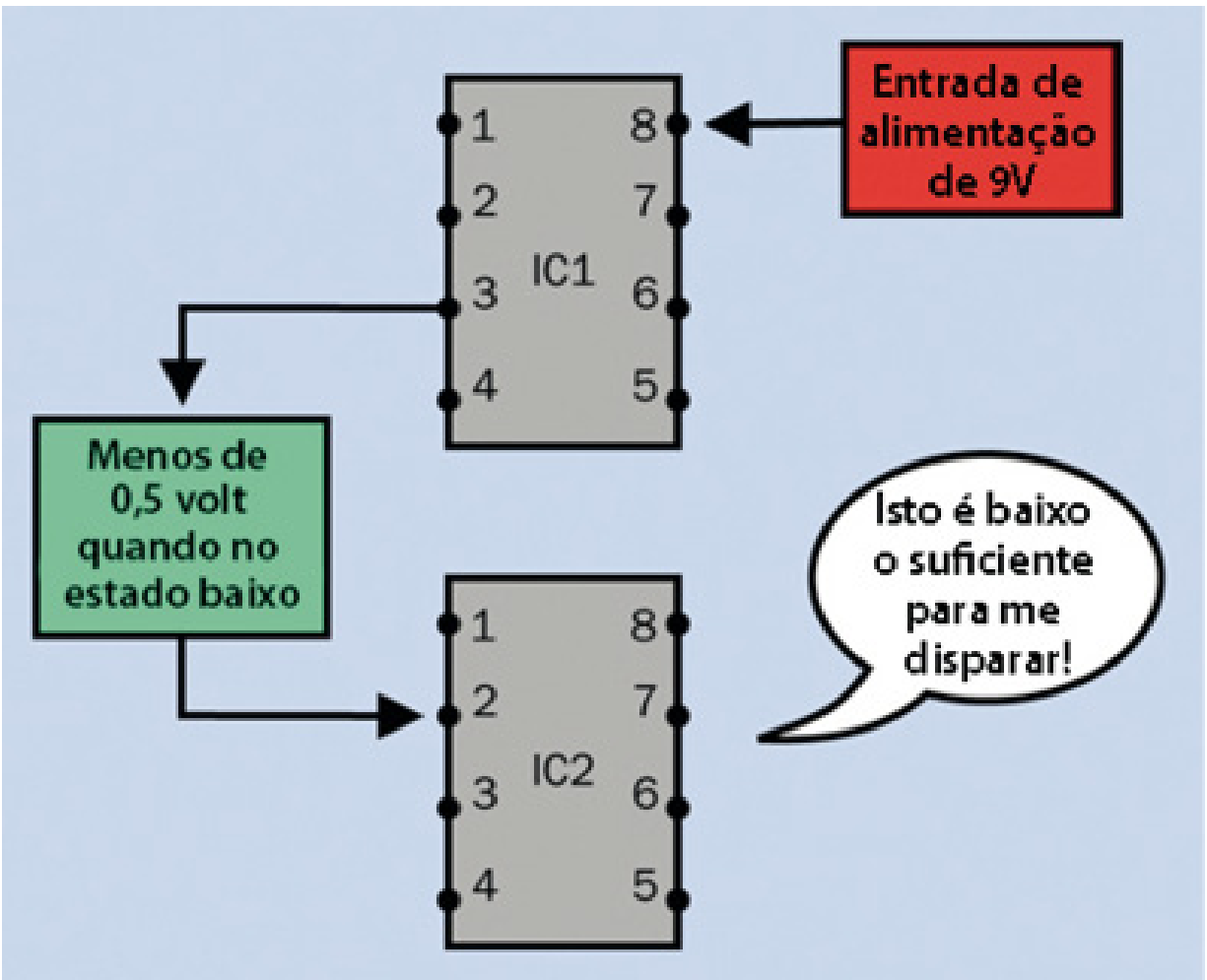


Figura 4.32 – Um timer disparando outro.

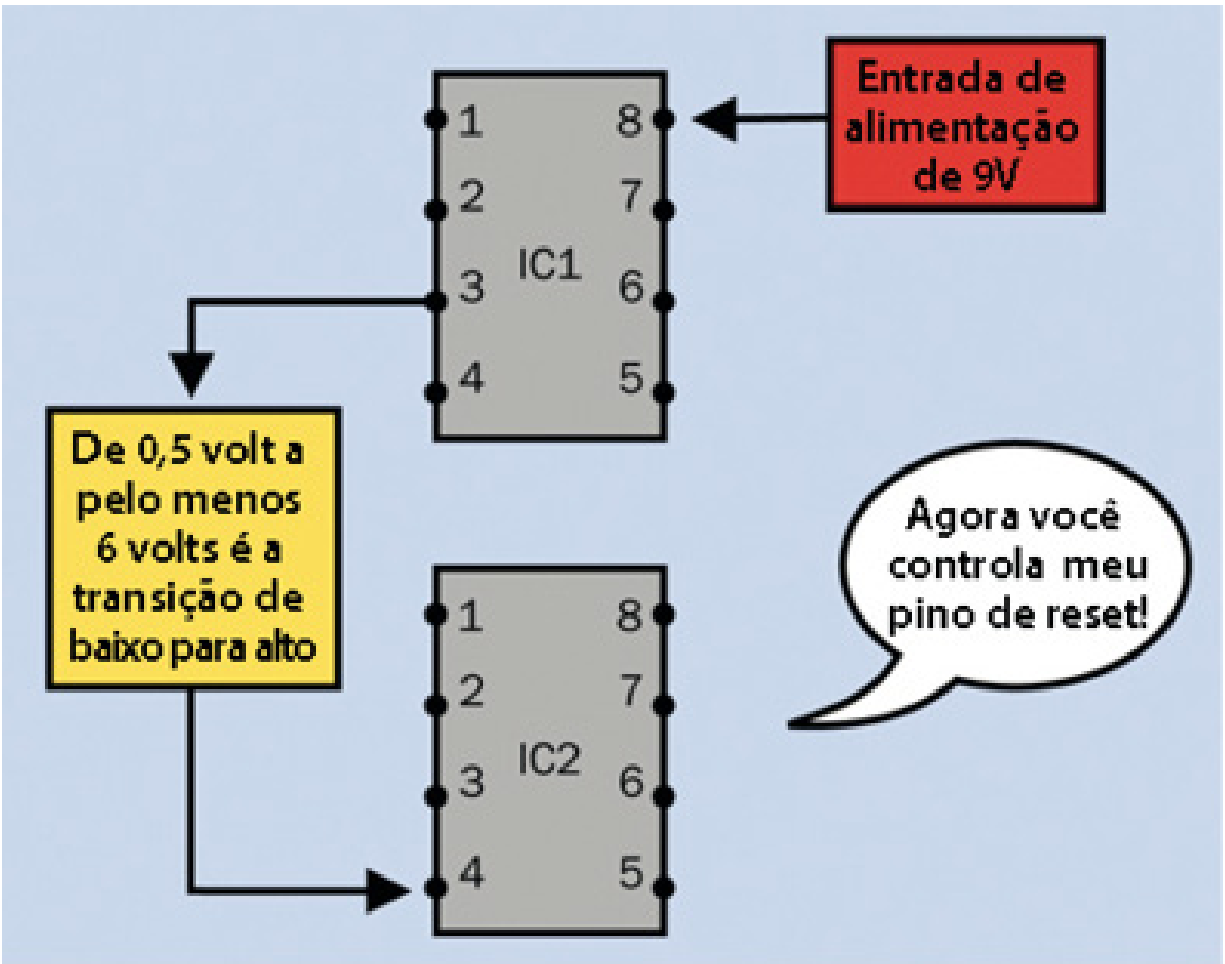
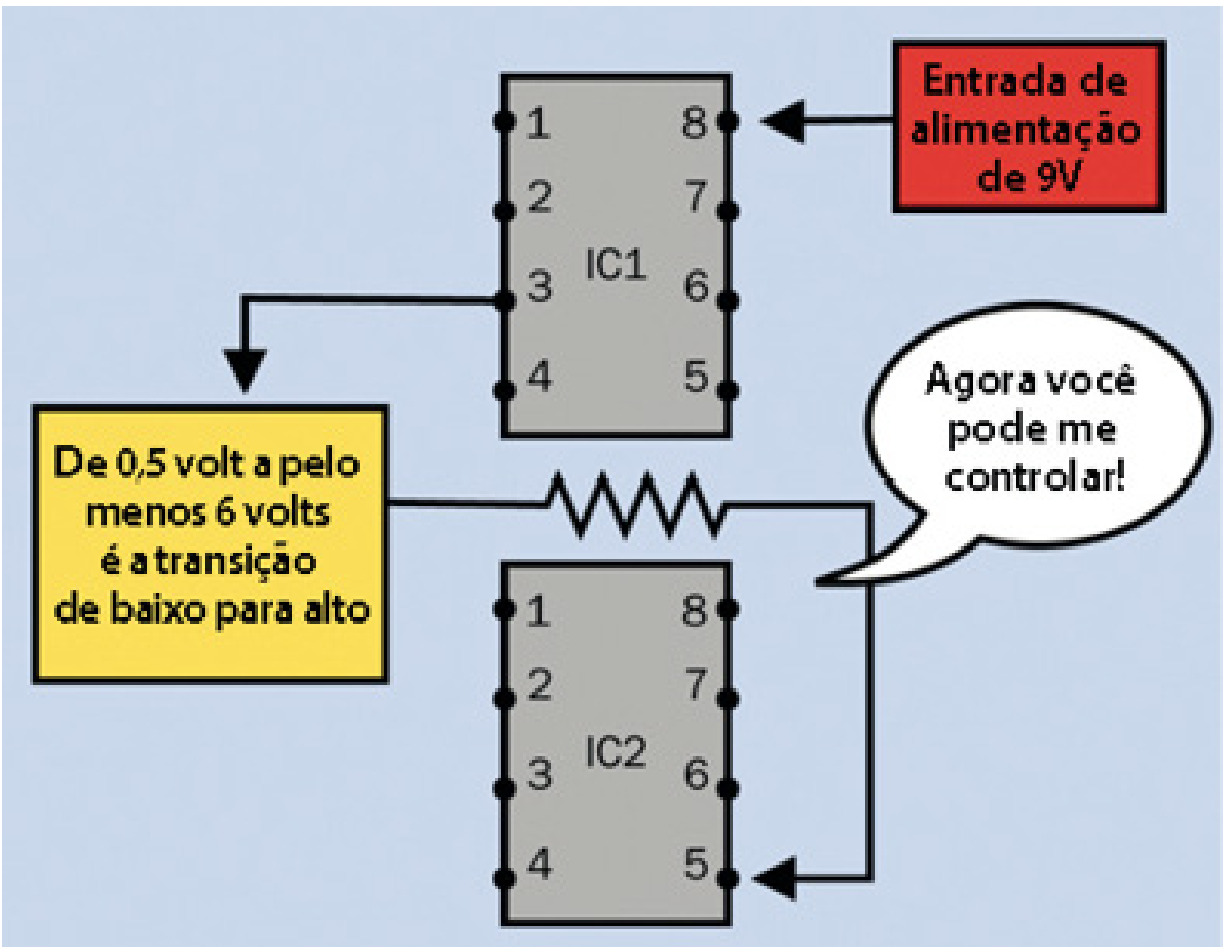


Figura 4.33 – Um timer controlando o pino de reset de outro.



*Figura 4.34 – Um timer controlando a frequência de outro.*

Por que encadear timers? Bem, talvez você queira que alguns deles funcionem no modo monoestável, de modo que o final do pulso alto do primeiro acione o início de um pulso alto do segundo, e vice-versa. Na verdade, você pode encadear quantos timers quiser, com o último acionando o primeiro e eles poderiam fazer uma série de LEDs piscar em sequência, como em luzes de Natal.

A Figura 4.35 mostra quatro timers encadeados desta forma. Eles estão ligados através de capacitores de acoplamento, pois só queremos que um breve pulso de um acione o próximo. Sem os capacitores, o final do pulso do primeiro timer da cadeia iria acionar o segundo timer, mas a saída do primeiro permaneceria no estado baixo, o que continuaria acionando o segundo timer indefinidamente.

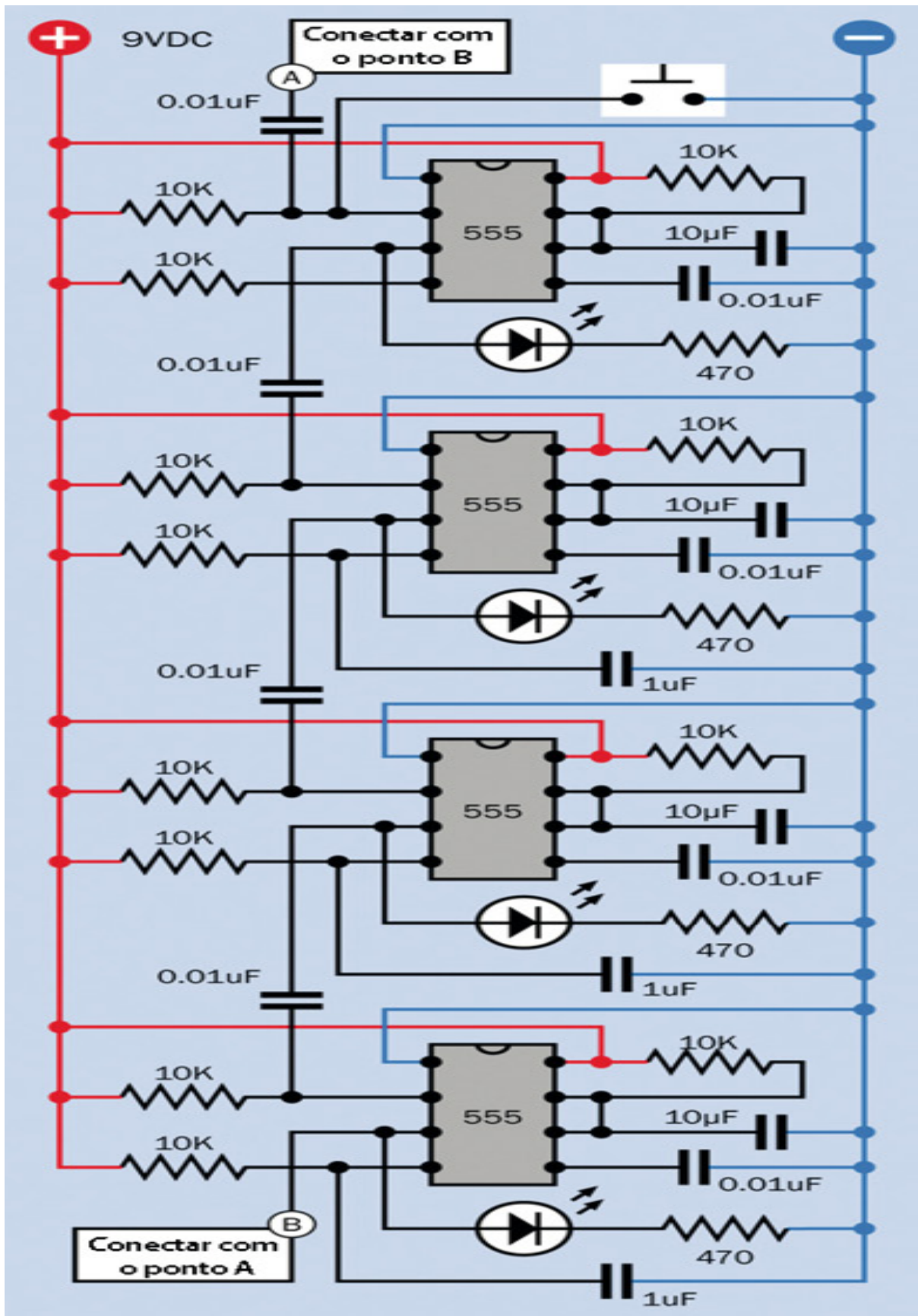
Além disso, cada timer precisa ter um resistor pull-up de 10 K em seu pino de trigger para mantê-lo normalmente alto.

Uma pergunta interessante vem à mente quando timers monoestáveis são encadeados: como eles começam? Eu mencionei no Experimento 16 que um timer 555 no modo monoestável geralmente emite um pulso espontâneo quando alimentado pela primeira vez. Quando vários timers estão encadeados, eles tentarão fazê-lo ao mesmo tempo, e, devido a pequenas diferenças de fabricação, o resultado é imprevisível. Às vezes, eles se acomodarão em uma sequência ordenada, mas outras eles acabarão piscando em pares.

A maneira de lidar com isso é usar o conceito de eliminação de pulso que mencionei no Experimento 16 (veja “Fundamentos: Eliminação de pulso”).

Um capacitor de 1  $\mu\text{F}$  entre o pino de reset e o terra negativo manterá o pino de reset em um estado baixo por tempo suficiente para eliminar o pulso inicial do timer. Um resistor pull-up de 10 K compartilhando o pino de reset o manterá estável enquanto o timer estiver funcionando.

Na minha experiência, isso funciona bem, embora timers de diferentes fabricantes possam se comportar de modo diferente, já que o comportamento do pino de reset não é bem documentado. Se você tiver problemas com a eliminação de pulso, tente substituir por um capacitor maior ou menor.





*Figura 4.35 – Quatro timers ligados de modo que um acione o próximo em uma sequência circular.*

Em uma cadeia de timers, o único problema restante é que a eliminação de pulso funciona bem demais. Você alimenta o circuito e nada acontece, pois todas as saídas do timer foram eliminadas.

Para contornar isso é preciso omitir a eliminação de pulso de apenas um timer. É quase certo que ele emitirá um pulso inicial quando for energizado e isso acionará o resto em sequência. Esta configuração é ilustrada na Figura 4.35.

Espere um pouco. Que história é essa de “quase certo”? Circuitos eletrônicos devem sempre funcionar e não “quase” sempre.

Concordo. Porém, não posso controlar a tendência dos timers 555 de se comportarem de modo imprevisível quando são energizados. Por isso eu também acrescentei um botão, na parte superior do circuito, que pode ser usado para iniciar a cascata se ela não iniciar sozinha.

Existe uma alternativa, que é o primeiro timer da cadeia funcionar no modo astável. Ele envia uma série de pulsos que se propagam pelos outros timers configurados no modo monoestável e o último não realimenta o primeiro. Em linguagem de eletrônica, dizemos que o primeiro é o mestre e os outros são os escravos.

Gosto desta configuração, pois ela é totalmente previsível. O problema é que você precisa ajustar a velocidade do timer-mestre para que ele emita seu próximo pulso exatamente quando o último escravo da cadeia tiver acabado de emitir seu pulso. Caso contrário, o primeiro timer emitirá outro pulso antes de o último pulso ter terminado, ou haverá um intervalo entre o último pulso e próximo primeiro pulso.

Se isto é importante, dependerá da aplicação. Luzes que piscam não são um problema, mas se você aumentar a velocidade para acionar um motor de passo, obter a temporização correta será difícil.

[Soando como uma sirene](#)

A quarta opção que listei para encadear chips, na Figura 4.34, é de interesse especial, pois ela pode criar um som de sirene muito parecido com o ruído feito por um típico alarme antirroubo. Na verdade, isto pode ser usado para a saída de áudio no projeto de alarme que não concluí no Experimento 15.

O circuito é mostrado na Figura 4.36. O timer 1 é ligado em uma configuração de circuito básico astável, que você pode reconhecer como sendo semelhante ao circuito na Figura 4.22. Os valores dos componentes são maiores, portanto o timer oscila mais devagar, em torno de 1 Hz. Você pode comparar este circuito com aquele que sugeri na Figura 2.120. O princípio é semelhante.

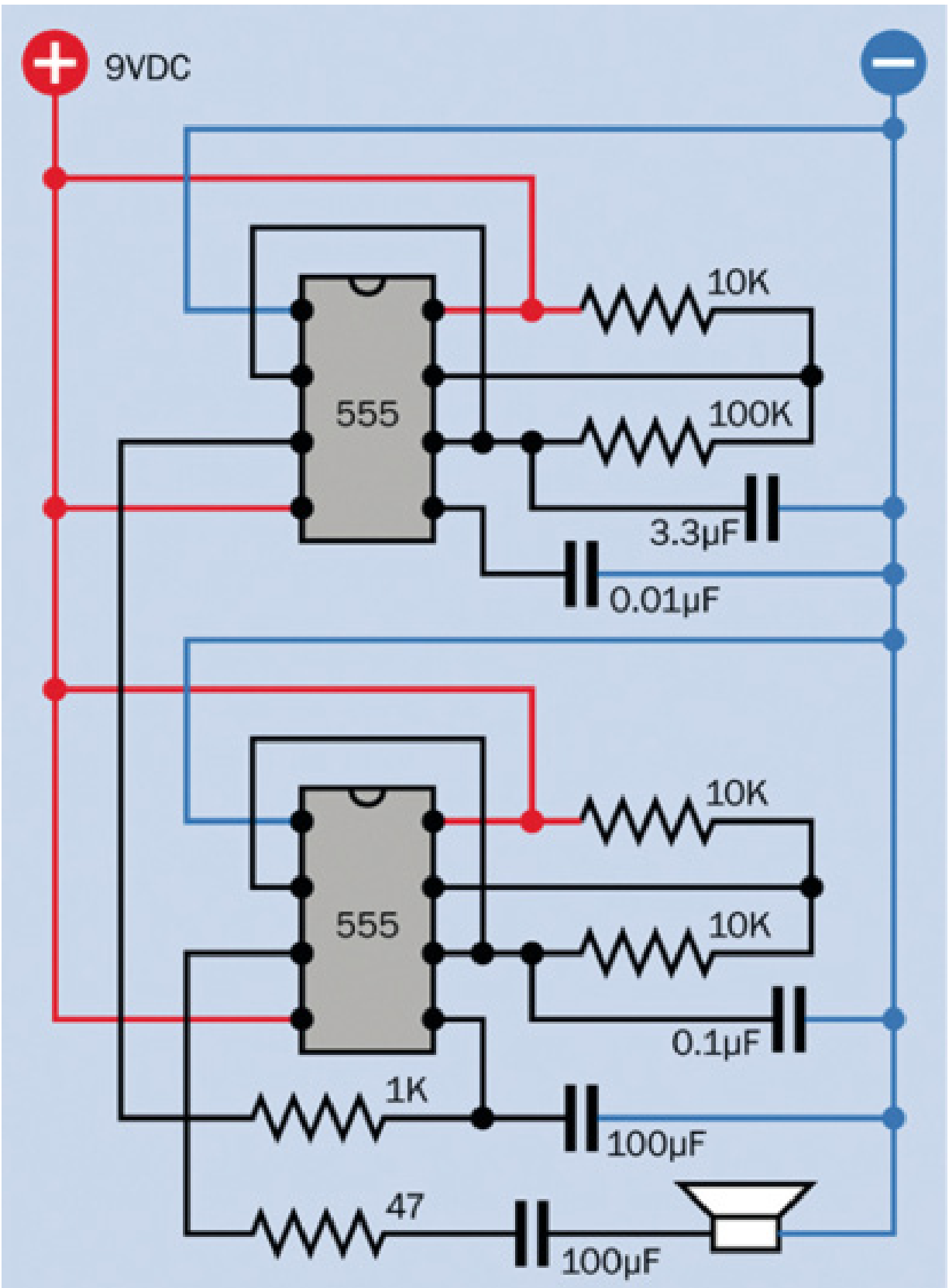


Figura 4.36 – Quando um timer funciona de modo relativamente lento,

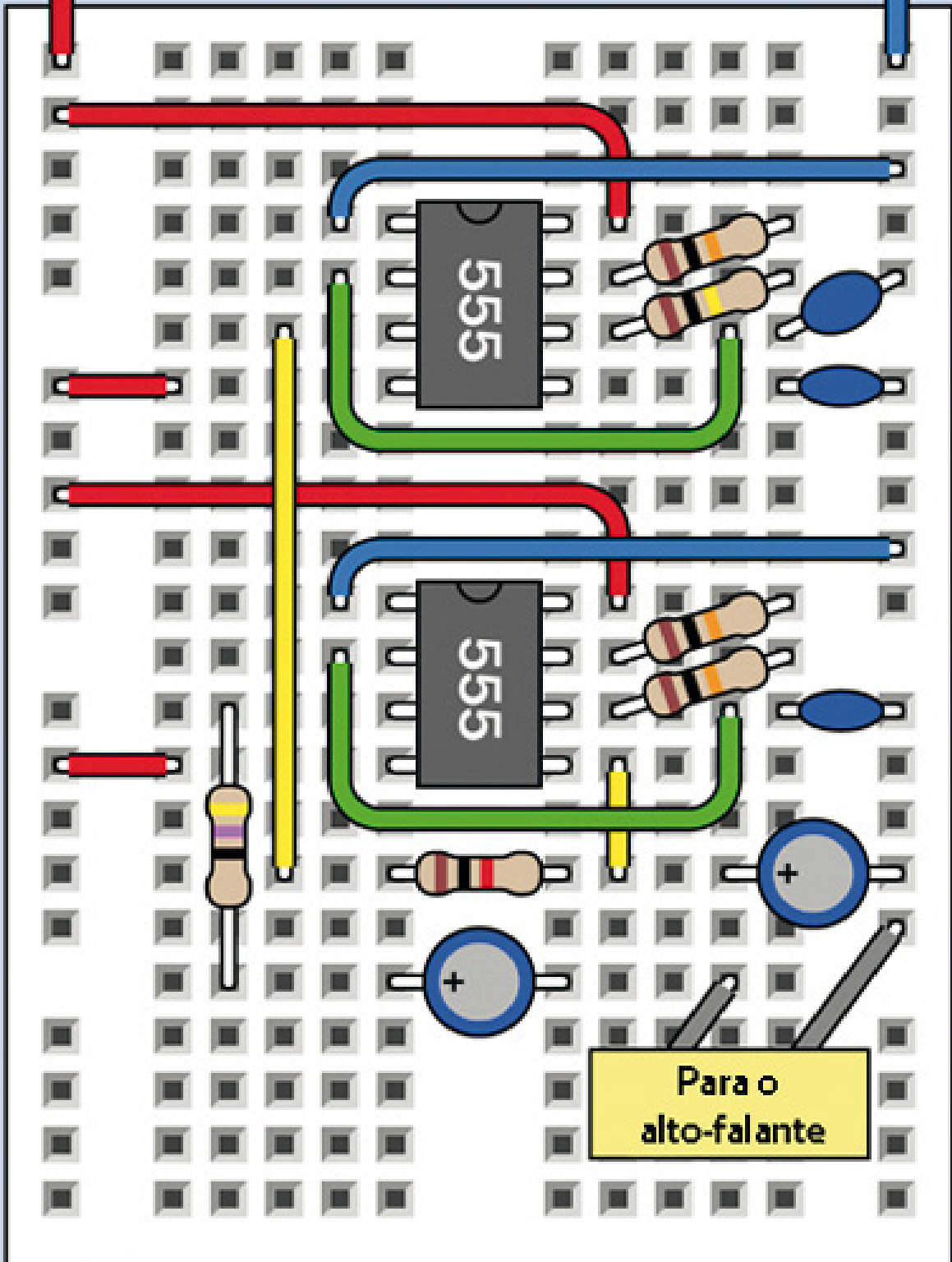
*modulando outro através de seu pino de controle (pino 5), o resultado é um som oscilante como a sirene de um alarme.*

O timer 2 também é ligado em uma configuração básica estável funcionando a cerca de 1 kHz. A ideia é que pequenas flutuações de tensão do Timer 1 sejam aplicadas ao pino de controle do Timer 2, forçando-o a modular seu som para cima e para baixo daquele modo irritante que associamos a sistemas de alarme.

Encorajo você a construir este circuito, pois poderá usá-lo na versão final do alarme contra invasão do Experimento 18. O layout da matriz de contato para o circuito da sirene está na Figura 4.37 e os valores dos componentes para o layout são mostrados na Figura 4.38.



9VDC



*Figura 4.37 – O circuito da sirene, montado em uma matriz de contato.*

Assim que ele estiver funcionando, seria interessante remover e então substituir o capacitor de 100  $\mu\text{F}$  conectado entre o pino 6 e o terra. O capacitor faz com a frequência suba e desça suavemente ao invés de alternar bruscamente para cima e para baixo. Estou usando-o da mesma forma que usei um capacitor para fazer um LED apagar e brilhar suavemente no Experimento 11.

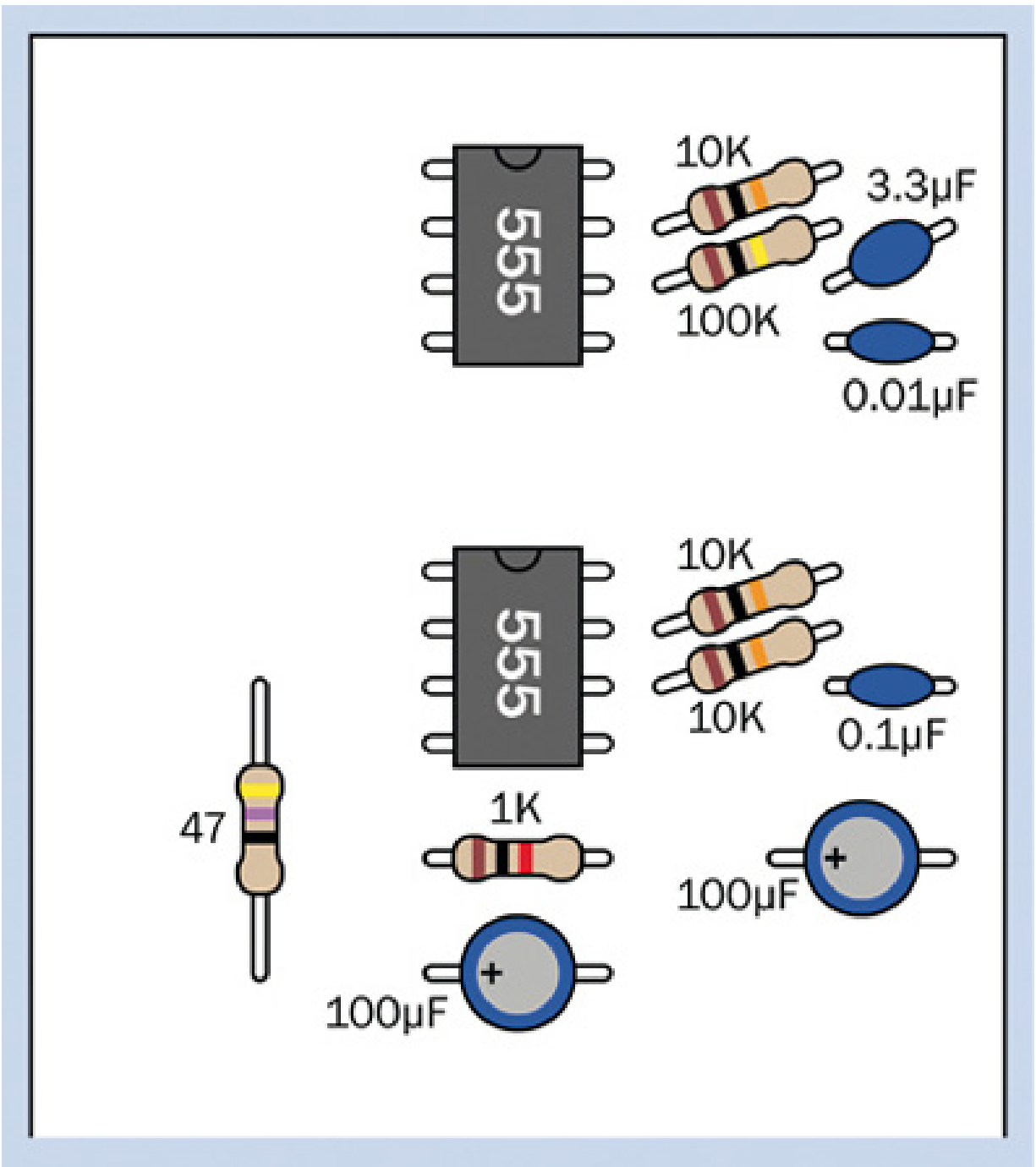


Figura 4.38 – Valores dos componentes para o circuito da sirene.

Você pode modificar o som de outras maneiras. Aqui estão algumas sugestões:

- Varie o capacitor de temporização de 0,1  $\mu\text{F}$  para aumentar ou reduzir a frequência do som básico.
- Dobre o valor do capacitor de 100  $\mu\text{F}$  no pino 6 ou divida-o por

dois.

- Substitua um potenciômetro de 10 K por um resistor de 1 K.
- Mude o valor do capacitor de 3,3  $\mu$ F.

Parte do prazer de construir coisas é personalizá-las. Assim que você estiver satisfeito com o som da sirene, anote os valores dos componentes para futura referência.

Incidentalmente, você pode reduzir o número de chips usando um timer 556 em vez de dois timers 555. O 556 contém um par de timers 555 em um encapsulamento. Já que você ainda precisa fazer o mesmo número de conexões externas (além da fonte de alimentação), não me preocupei em usar esta variante.

## Experimento 18: Alarme contra invasão (quase) completo

Agora que você viu o que o timer 555 pode fazer, é possível cumprir os requisitos restantes da lista de desejos do alarme contra invasão.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Timers 555 (2)
- Relé DPDT 9 VDC (1)
- Transistores 2N2222 (2)
- LEDs: vermelho, verde, amarelo (1 de cada)
- Interruptor deslizante SPDT para matriz de contato (2)
- Botão de pressão (1)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (1), 10  $\mu$ F (2), 68  $\mu$ F (2)
- Resistores: 470 ohms (4), 10 K (4), 100 K (1), 1 M (2)
- Diodo 1N4001 (1)

Opcional (para saída de áudio):

- Componentes mostrados na Figura 4.36



Opcional (para fabricação permanente deste projeto):

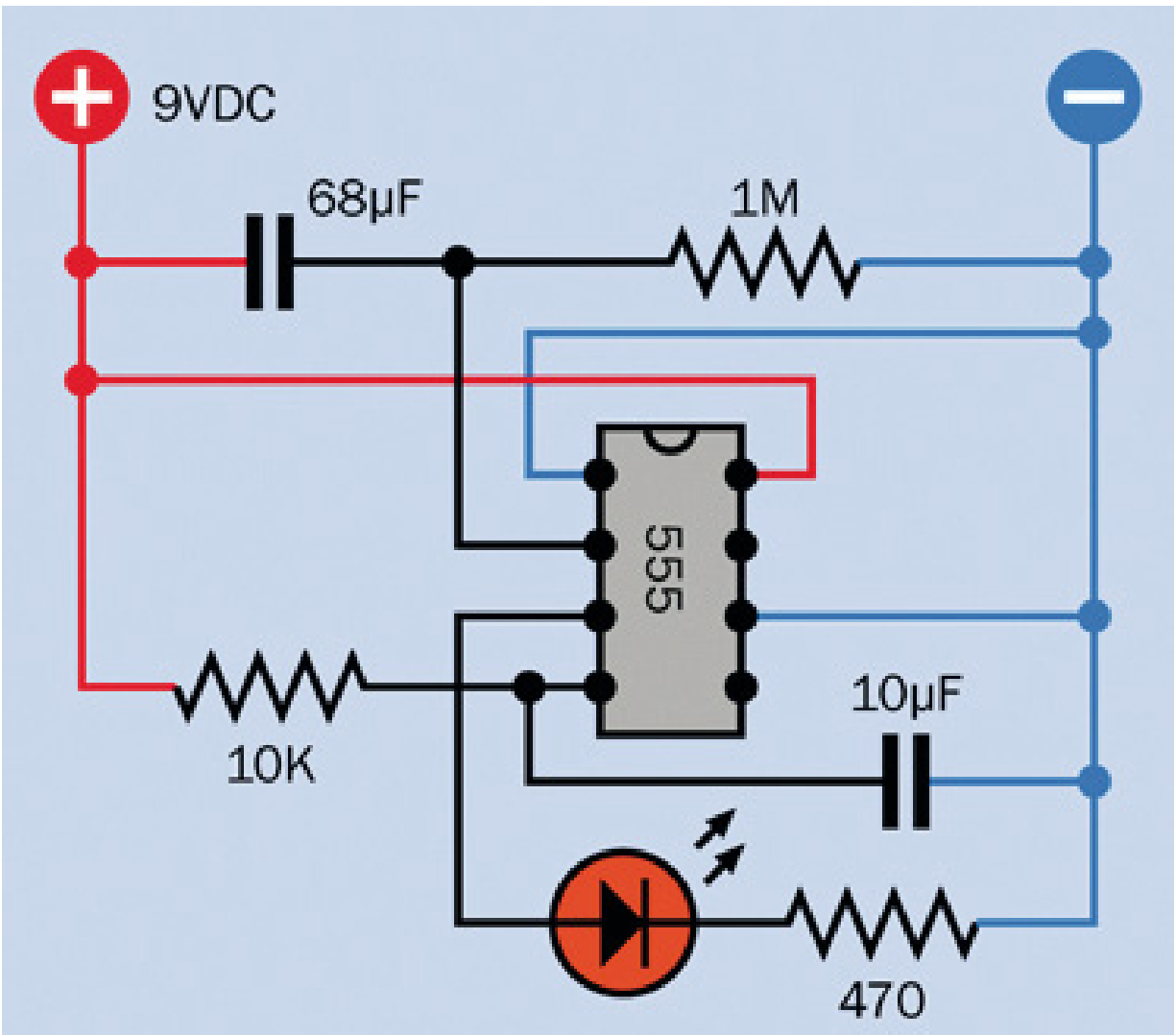
- Ferro de solda de 15 W
- Solda fina
- Placa perfurada revestida com cobre em layout de matriz de contato
- Interruptor SPDT ou DPDT (1)
- Botão de pressão SPST (1)
- Caixa de projeto, pelo menos 6" (15 cm) × 3" (7,5 cm) × 2" (5 cm) (1)
- Conector e soquete de alimentação correspondentes (1 de cada)
- Sensor magnético, em pares, quantidade suficiente para sua casa
- Fiação de alarme, suficiente para sua casa

### Três passos para um dispositivo funcional

Este é um circuito maior e mais complicado que todos com os quais você já lidou até agora, mas ele é relativamente fácil de construir, pois você pode montá-lo em três partes que podem ser testadas individualmente. Ao final, você acabará com uma matriz de contato parecida com a da Figura 4.45, com valores de componentes na Figura 4.46. O diagrama equivalente é mostrado na Figura 4.47. Porém, começaremos apenas com um pequeno circuito de timer.

#### Passo 1

Observe com atenção a Figura 4.39. Veja que não há componentes de temporização do lado direito do timer 555. Você pode concluir que esta é uma versão do circuito biestável que descrevi no Experimento 16 (veja a Figura 4.20). Quando o timer é acionado, sua saída fica ativa indefinidamente, o que parece adequado para um sistema de alarme.



*Figura 4.39 – Diagrama equivalente da seção inferior do layout da matriz de contato.*

Entretanto, há muito mais em jogo. Este circuito também oferece um período de tolerância de um minuto para desativar o alarme antes que ele comece a soar, quando você entrar na área. (Lembre-se de que este era o desejo nº 9 na lista de características que compilei no Experimento 15.)

Para ver seu funcionamento, você pode montar os componentes mostrados na Figura 4.40. Seus valores são mostrados na Figura 4.46 e você verá sua colocação na parte inferior da placa na Figura 4.45.

A colocação é importante, pois você precisa deixar espaço para as

seções adicionais do circuito que serão acrescentadas. Uma dessas seções será alimentar esta seção.

Para ter certeza de que tudo está no lugar certo, o resistor de 1 M à direita está na 29ª fileira da placa, contando de baixo para cima. Observe também que a alimentação é aplicada próxima dos componentes, não na parte superior da placa, e o barramento positivo ainda não está sendo usado.

Não alimente o circuito ainda. Configure seu multímetro para medir pelo menos 10 VDC e ligue-o nos pontos mostrados na Figura 4.40, com a ponta de prova negativa no barramento negativo e a ponta de prova positiva na extremidade esquerda do resistor de 1 M.

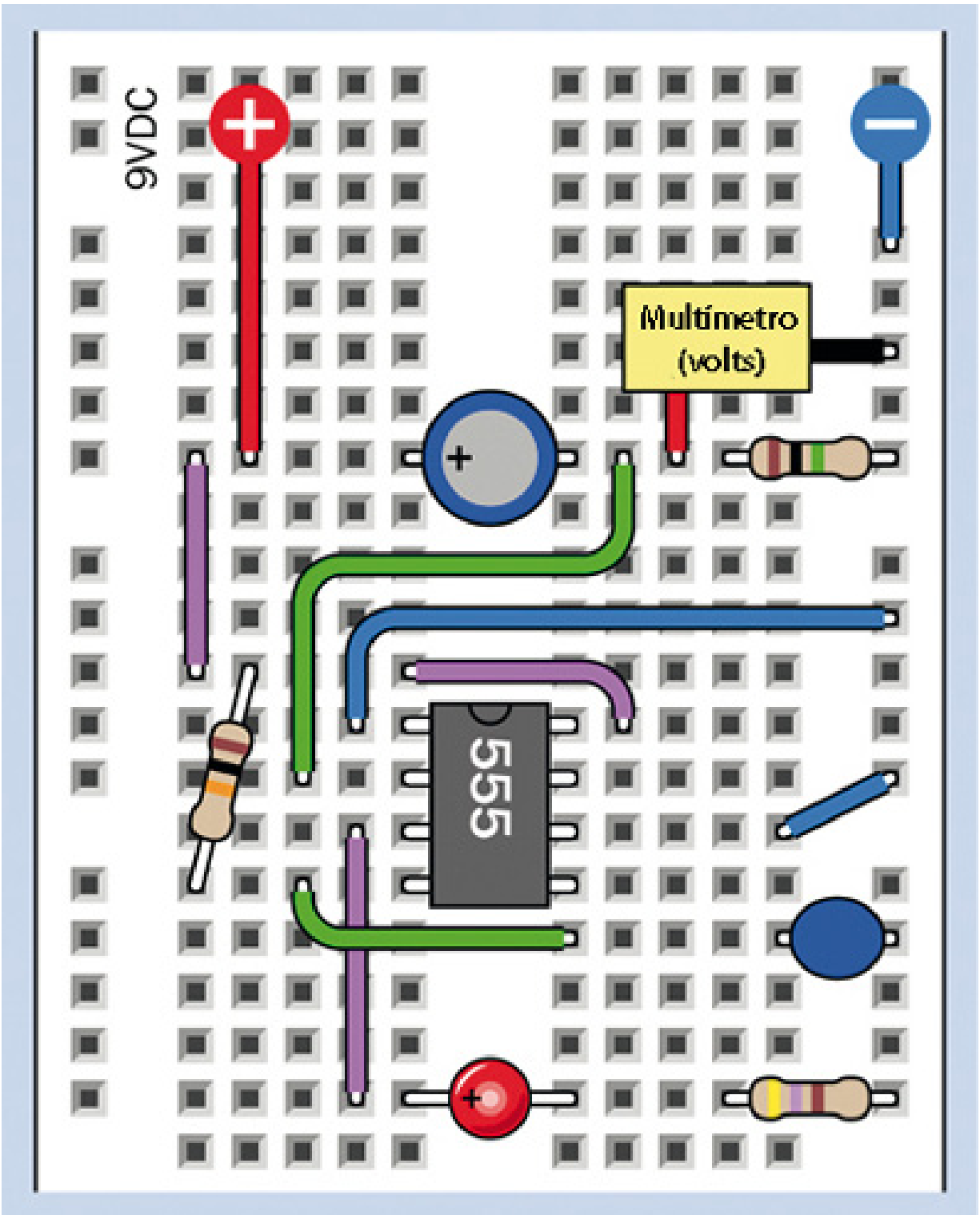


Figura 4.40 – Colocação dos componentes na parte inferior da matriz de contato para teste.

Agora alimente o circuito e você verá seu multímetro lentamente

indicando uma tensão caindo a partir de 9 V. Quando ela chegar a 1/3 da tensão de alimentação, o timer 555 será acionado e o LED vermelho acende. O LED é incluído para fins de teste; na versão final você irá substituí-lo por um circuito sonoro.

O grande capacitor de 68  $\mu\text{F}$  atrasa a resposta do timer. Quando você alimenta o circuito pela primeira vez, o capacitor deixa passar o pulso inicial até o ponto entre ele e o resistor de 1 M. O fio verde liga este ponto ao pino de trigger do timer. Portanto, o pino começa no estado alto, e você deve se lembrar (espero) de que o timer não faz nada até que o pino do trigger passe para o estado baixo.

A tensão do lado direito do capacitor escapa bem lentamente através do resistor de 1 M. Ela acaba caindo tanto a ponto de acionar o timer.

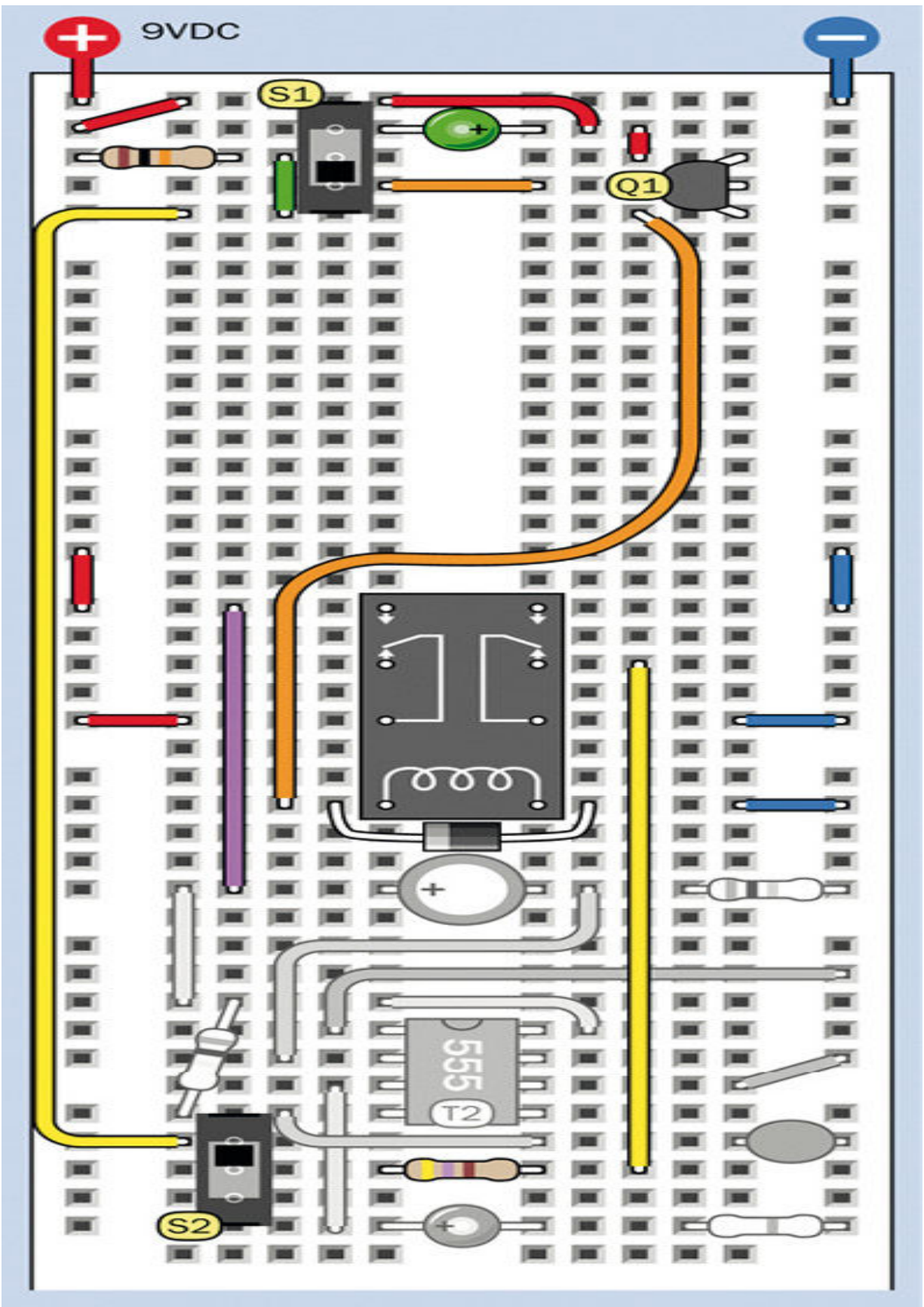
Quanto ao resto do circuito, nos Experimentos 16 e 17 eu expliquei como fazer uma “eliminação de pulso” para fazer o timer parar de emitir um pulso quando ele for alimentado pela primeira vez. É por isso que tenho um capacitor de 10  $\mu\text{F}$  e um resistor de 10 K aplicados ao pino 4, o pino de reset. Estou usando um capacitor de 10  $\mu\text{F}$  desta vez, em vez de um capacitor de 1  $\mu\text{F}$ , pois este circuito reage um pouco mais lentamente que aquele do Experimento 17.

- Você pode usar um timer 555 com esses componentes sempre que quiser atrasar a saída do timer em resposta a um pulso de acionamento.
- Use um valor maior ou menor para o capacitor de 68  $\mu\text{F}$  se quiser tornar o atraso maior ou menor.

Até agora, tudo bem. Essa parte do circuito introduzirá um atraso quando ele for alimentado, e, depois do atraso, ele ativará o alarme por um período indefinido.

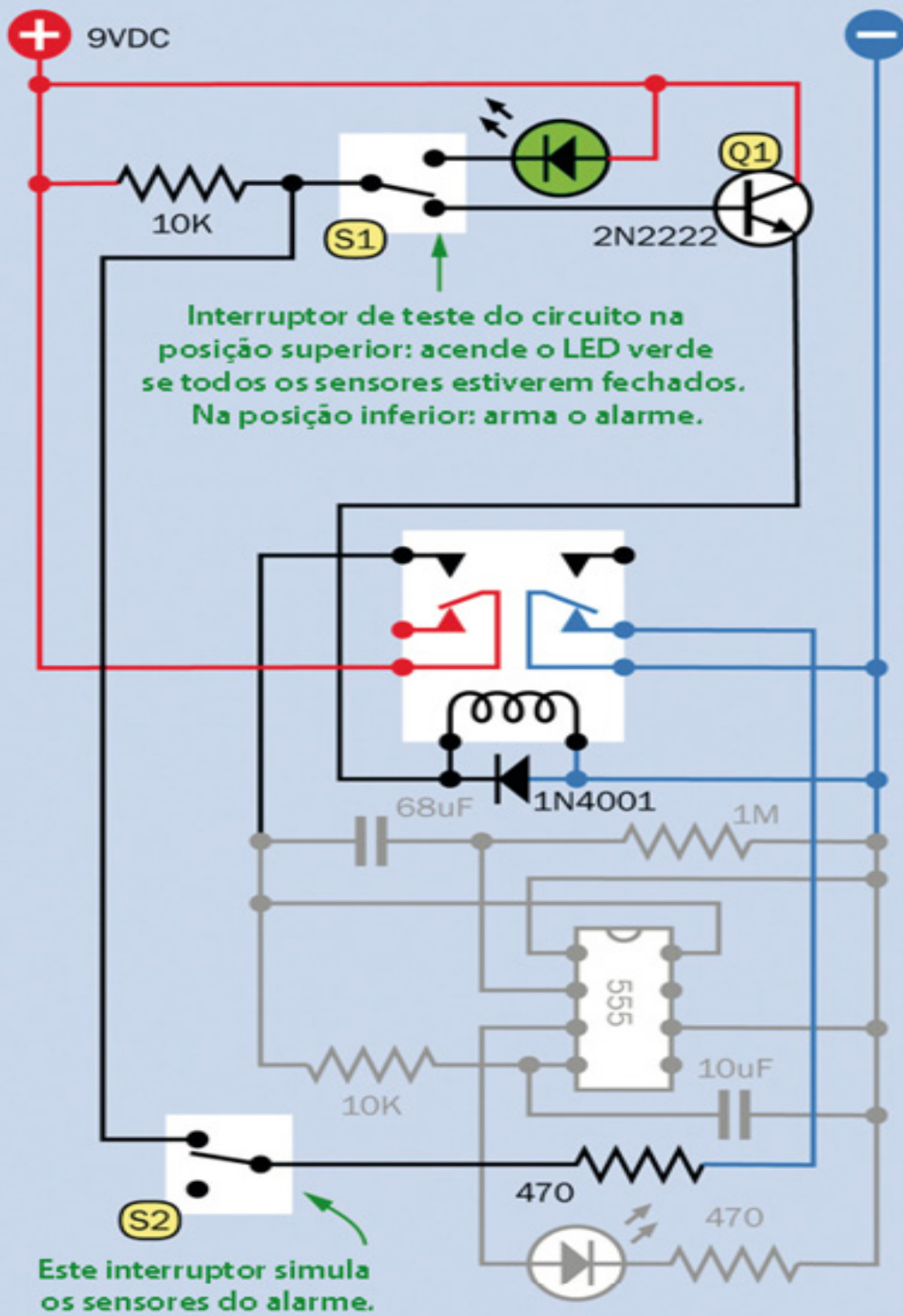
## Passo 2

As Figuras 4.41 e 4.42 mostram o próximo passo na construção do circuito. Os componentes que você colocou anteriormente ainda estão lá, mas eles foram pintados de cinza para que você foque sua atenção nas novas adições.



*Figura 4.41 – O segundo passo na construção deste circuito incorpora a configuração do relé que foi usada no Experimento 15.*

Lembre-se de instalar o S2, o interruptor deslizante na parte inferior, e o resistor de 470 ohms ao lado dele, e os dois fios amarelos longos. Esse interruptor foi incluído para fins de teste. Ele representa os sensores de alarme que você usaria em uma aplicação real.



Interruptor de teste do circuito na posição superior: acende o LED verde se todos os sensores estiverem fechados. Na posição inferior: arma o alarme.

Este interruptor simula os sensores do alarme.



*Figura 4.42 – Diagrama equivalente da matriz de contato da segunda fase deste circuito.*

O relé tem a mesma função que a do Experimento 15. Na verdade, se você rastrear as conexões no circuito verá que ele funciona da mesma forma que aquele da Figura 3.88, com algumas pequenas revisões. As únicas diferenças são que o resistor de 470 ohms foi substituído por um resistor de 1 K, e eu acrescentei o interruptor S1 na parte superior com um LED verde. Por quê? Responderei isso em instantes.

Coloque todos os componentes com cuidado. Lembre-se dos três fios vermelhos à esquerda e os três fios azuis à direita. Certifique-se de que os pinos do relé estejam alinhados com os fios que os servem.

Verifique com atenção se o S1 está na posição inferior e o S2 na posição superior. Para fins de teste, remova o capacitor de 68  $\mu$ F para que o LED vermelho responda imediatamente em vez de esperar um minuto.

Ligue a alimentação, e se você conectou tudo corretamente, nada acontecerá. O interruptor S2 representa os sensores de alarme e, quando está na posição superior, ele simula os sensores sendo fechados. Acione o interruptor para simular um sensor sendo aberto e o LED de teste na parte inferior do circuito deve acender imediatamente. Empurre a chave para cima e o LED permanece ligado. O circuito travou o alarme na posição ativado, independentemente do reset de um sensor.

Desconecte a alimentação, mantenha o S2 em sua posição superior (simulando os sensores sendo fechados) e ligue a alimentação novamente. Agora mova o S1, na parte superior, para cima e o LED verde acende. Este é um recurso de teste do circuito. Ele verifica que todos os sensores estão fechados. Quando você usar o alarme, recomendo realizar este teste antes de seguir em frente. Isto satisfaz a primeira parte do item 7 da lista de desejos do Experimento 15.

Mantenha o S1 em sua posição superior enquanto move o S2 para a

posição inferior para simular um sensor aberto. O LED verde apaga. Mova o S2 para sua posição superior e o LED verde acende novamente. Portanto, o procedimento de teste funciona.

Esta é a maneira como você realmente usaria este circuito. Você deixa o S1 na posição superior (teste). Quando estiver pronto para deixar a área, alimente o circuito. Se o LED verde não acender, existe uma porta ou janela aberta em algum lugar. Encontre a fonte do problema e corrija-a. Quando o LED verde acender, você saberá que todos os sensores estão fechados. Agora você pode armar o alarme. Mova o S1 para baixo. O LED verde apaga e o alarme agora está armado. Quando você entrar em casa, o timer 555 lhe dá um minuto para desativar o alarme, para evitar que ele dispare (desde que você tenha substituído o capacitor de 68  $\mu\text{F}$  no circuito). Você pode desativar o alarme movendo o S1 para sua posição superior (teste).

Como e por que este circuito funciona?

O resistor de 10 K no canto superior esquerdo se conecta à base do transistor Q1 através do interruptor S1, quando o interruptor estiver na posição para baixo. Enquanto isso, o contato do polo direito dentro do relé é conectado ao terra negativo. Esta conexão passa pelo fio amarelo à direita, através de um resistor de 470 ohms, através do interruptor S2 (que simula os sensores) e de volta através do outro longo fio amarelo. Ela mantém a base do transistor a uma baixa tensão (através do fio laranja). Enquanto a base estiver com baixa tensão, o transistor não conduz.

Se um sensor abre, a base do transistor não é mais mantida a uma baixa tensão e o resistor de 10 K puxa a tensão para cima para que o transistor comece a conduzir. Ele aciona o relé através do longo fio laranja. O relé alimentará o timer biestável, que acabará ativando o alarme. Ao mesmo tempo, o relé interrompe a conexão com o terra negativo à direita, e agora o transistor continuará conduzindo mesmo que o sensor volte a ser fechado.

Este é exatamente o mesmo conceito de circuito da Figura 3.88. A diferença significativa é o LED verde. Quando você move o S1 para

sua posição de “teste”, ele rompe a alimentação positiva do transistor (para que o transistor não possa iniciar o alarme). Se todos os sensores forem fechados, o LED se conecta através deles e do resistor de 470 ohms ao terra negativo e acende para indicar que o sistema está pronto.

### Passo 3

O que mais é necessário para este projeto? Bem, imagine que você esteja usando o sistema de alarme. Você quer configurá-lo antes de deixar a área. Neste momento, você subitamente percebe que se armar o alarme e abrir uma porta para sair, o alarme será disparado.

O timer biestável com seu capacitor de 68  $\mu\text{F}$  acrescentou um recurso para suprimir o alarme por um minuto, para que você tenha tempo de desligá-lo quando chegar em casa. Agora precisamos de outro timer para suprimir o alarme por um minuto quando você estiver saindo.

Isto é um pouco mais difícil de conseguir. A chave é fazer com que o timer extra derrube a tensão no transistor Q1, para que ele não possa acionar o relé.

O problema é que a saída de um timer sobe e não desce durante seu ciclo “on”. Precisaré acrescentar outro transistor para converter a saída alta para que ela derrube a tensão na base do transistor Q1.

As Figuras 4.43 e 4.44 mostram os componentes que farão isso acontecer. Mais uma vez, eu pinteí de cinza os componentes colocados anteriormente.

+ 9VDC

-

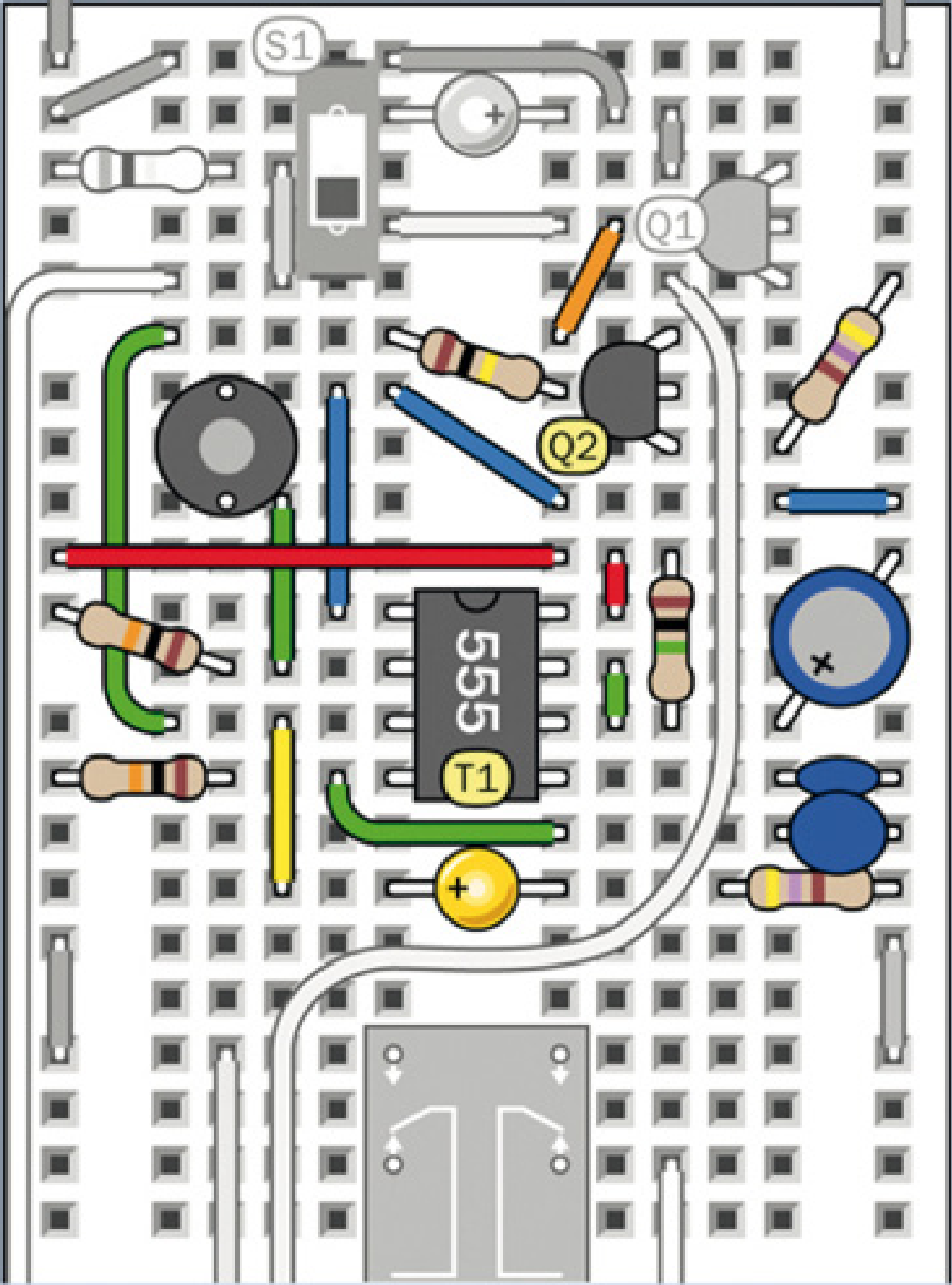


Figura 4.43 – Terceiro e último passo para construir o circuito do alarme.

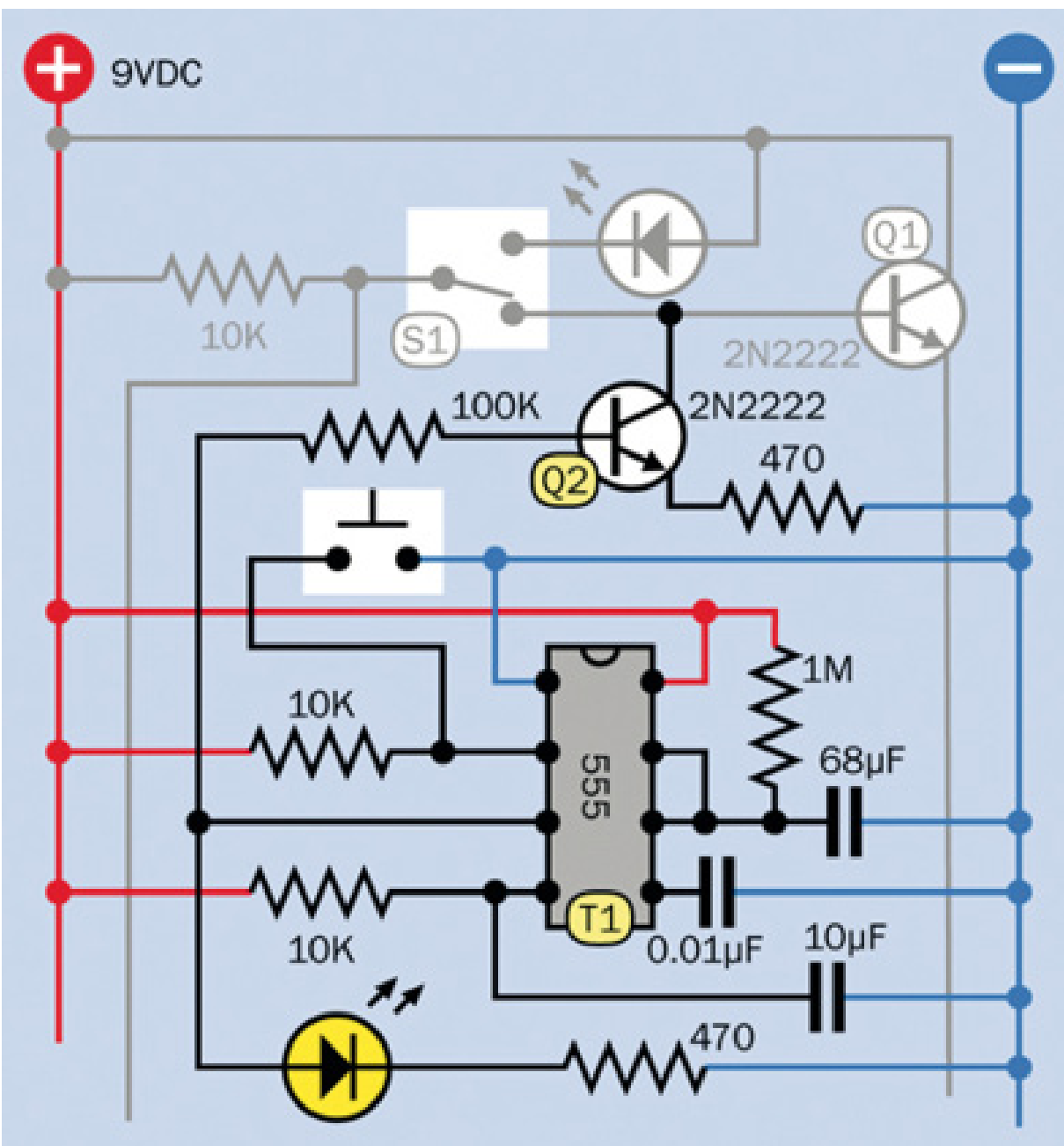


Figura 4.44 – A versão esquemática do terceiro passo para a construção do circuito.

O novo timer 555, identificado como T1, tem um circuito eliminador de pulso no pino 4, seu pino de reset, como o outro timer, para que ele não emita um pulso quando você alimentar o circuito. Você pressiona o botão para iniciar o T1. O botão funciona aterrando o

pino de trigger do timer.

Enquanto a saída do timer for alta, a corrente flui pelo pino 3 (o pino de saída) e acende o LED amarelo. Isso indica que o sistema do alarme está em contagem regressiva para ser armado. Enquanto o LED estiver aceso, o alarme irá ignorar qualquer atividade que abre um sensor.

O pino 3 também se conecta através de um fio verde, à esquerda, que parece uma letra C alongada. Ele leva a um resistor de 100 K, que está ligado à base do Q2, um segundo transistor. A saída do timer, através do resistor de 100 K, é suficiente para fazer o Q2 conduzir. Seu emissor está aterrado através de um resistor de 470 ohms, enquanto seu coletor está ligado à base de Q1. Enquanto Q2 estiver conduzindo, ele aterriza a base de Q1 e evita que Q1 acione o relé e inicie o alarme.

Dessa forma, o timer T1 impede que o alarme dispare. Quando o período de tolerância de um minuto acabar, T1 para de conduzir, não mais derruba a tensão no primeiro transistor e o alarme pode disparar, desde que você tenha se lembrado de tirar o interruptor na parte superior de seu modo de “teste”, é claro.

Agora você usaria o circuito assim:

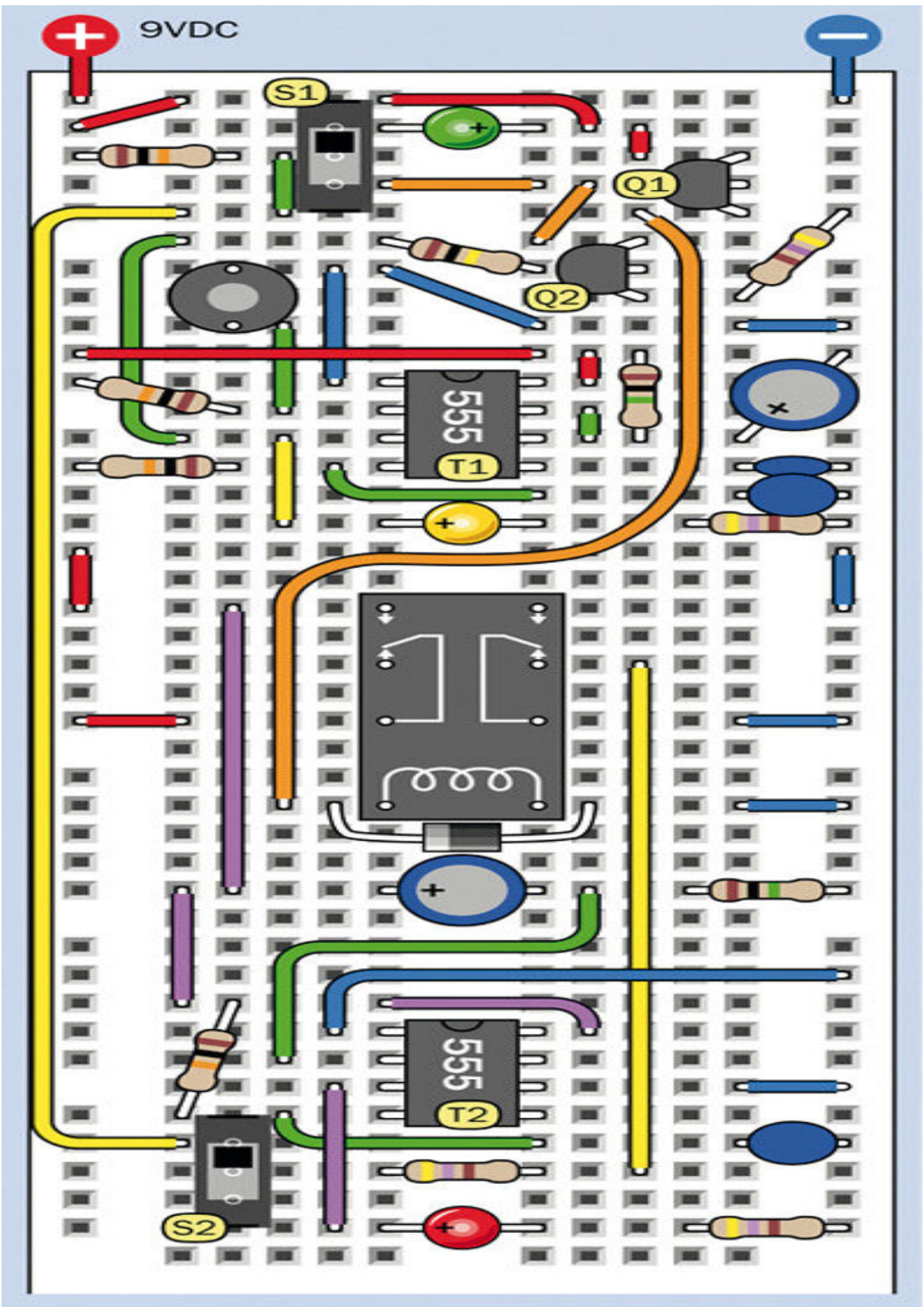
1. Primeiro coloque o interruptor S1 em sua posição de “teste” e feche todas as portas e janelas até que o LED verde acenda.
2. Mova o S1 para sua posição inferior para deixar o alarme pronto.
3. Pressione o botão e saia, fechando a porta atrás de você, enquanto o LED amarelo está aceso.

Sua versão faz o que deveria? Sim, se você fez as ligações com cuidado. O timer T1 deve acender o LED amarelo sob qualquer circunstância, facilitando o teste. Você também pode encostar a ponta de prova de seu multímetro na base de Q1 para verificar se a tensão está relativamente alta ou baixa. Enquanto a tensão estiver relativamente baixa, o alarme não será acionado. Quando a tensão subir, o alarme é disparado.

Lembre-se de substituir o capacitor de 68  $\mu$ F no circuito, logo abaixo

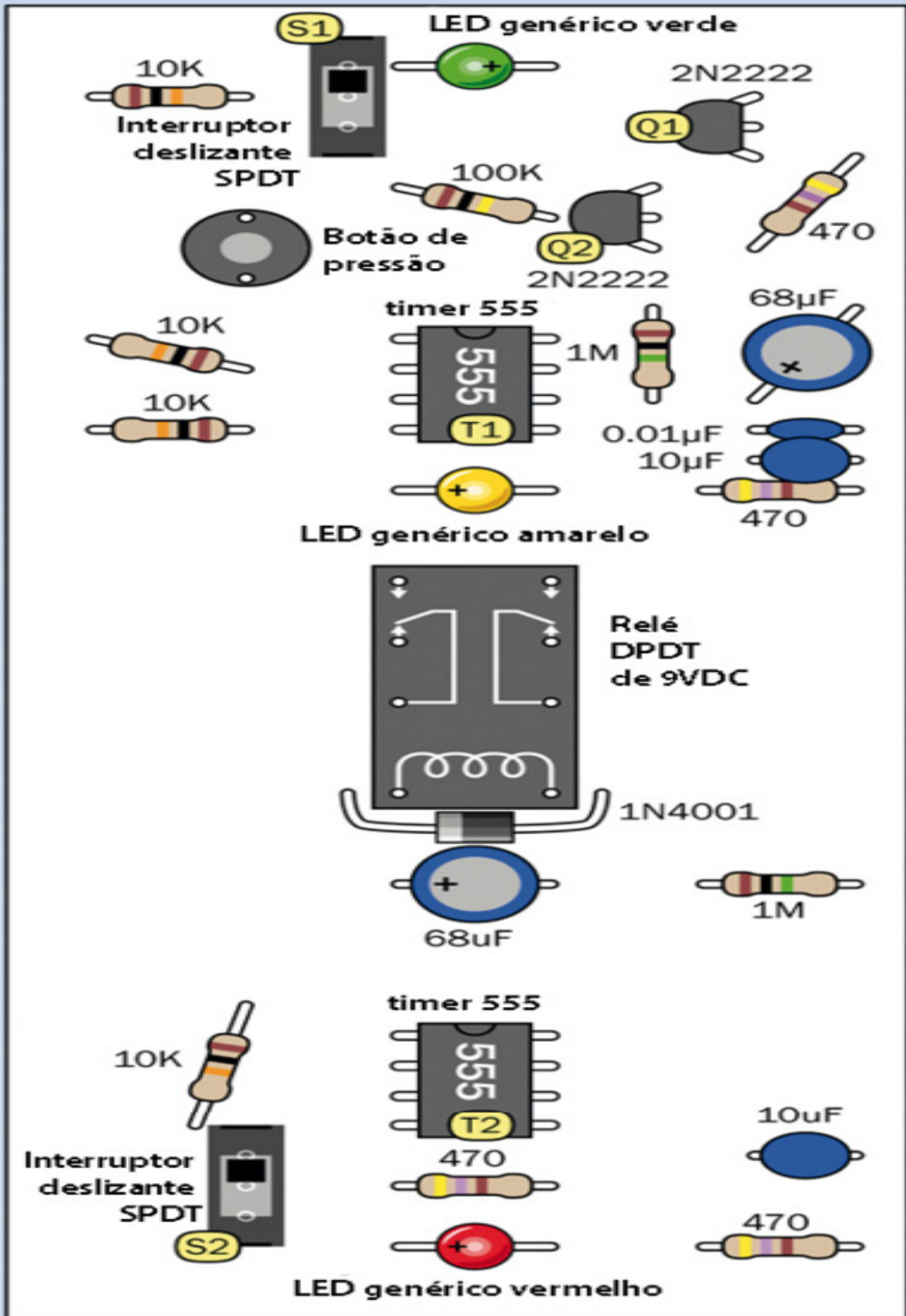
do relé, para reativar o timer de atraso, quando seu alarme estiver pronto para estrear.

O circuito completo na matriz de contato é mostrado na Figura 4.45, os valores dos componentes estão na Figura 4.46, e o diagrama, na Figura 4.47.

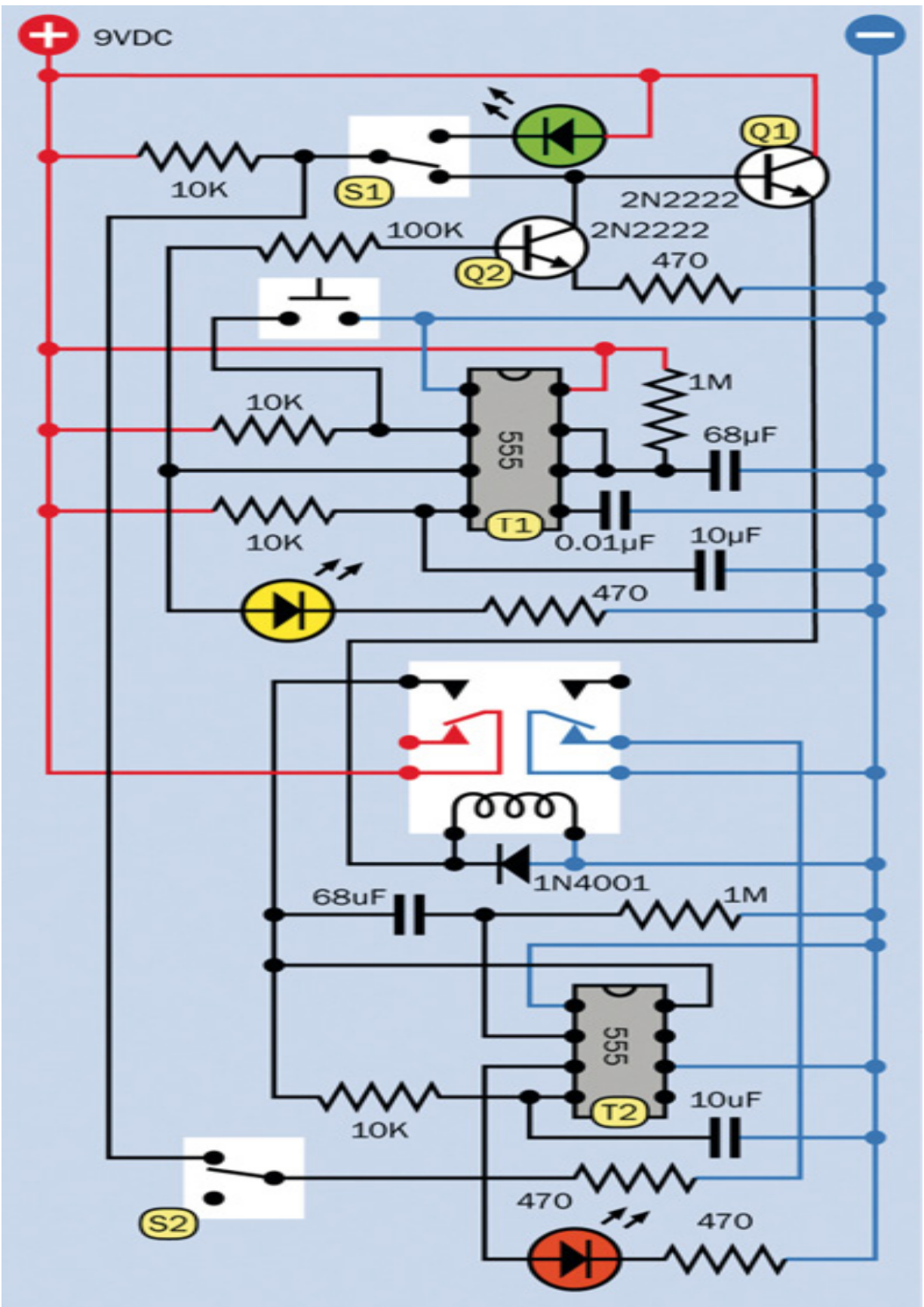




*Figura 4.45 – Layout da matriz de contato para o circuito completo do alarme.*



*Figura 4.46 – Valores de componentes no layout da matriz de contatos.*



*Figura 4.47 – Diagrama equivalente do circuito de alarme da matriz de contato.*

### E o barulho?

Quando quiser que o alarme faça barulho, você precisará substituir o LED vermelho de teste por um circuito ou dispositivo de áudio.

A maneira fácil de fazer isto é usar um item de prateleira. Centenas de sirenes estão disponíveis a preços baratos e estão prontas para fazer aquele barulho irritante assim que forem alimentadas. Muitas delas requerem 12 VDC, mas elas fornecem quase o mesmo nível sonoro com 9 VDC. Lembre-se apenas de que o timer T2 não pode fornecer muito mais de 150 mA.

Se você preferir um som personalizado, é possível usar o circuito que mostrei na Figura 4.36. Basta usar a saída de seu relé para alimentar este circuito e você terá seu próprio som.

### E para ligar e desligar?

Você tem testado o circuito ligando e desligando a alimentação. É possível acrescentar uma chave liga-desliga, mas um código numérico para desativar o alarme seria mais do que desejável.

No momento não posso mostrar-lhe como implementar isso, pois ele requer chips lógicos que ainda não abordei. No entanto, o Experimento 21 mostrará como isso pode ser feito.

### Finalizando

Enquanto isso, uma vez que o circuito do alarme realmente funciona em sua forma atual, vamos falar sobre sua finalização. Com isso quero dizer soldá-lo a uma placa, montar a placa em uma caixa e proporcionar uma aparência agradável ao conjunto. Minha preocupação neste livro é com a eletrônica, mas mesmo assim finalizar um projeto é uma parte importante da experiência de construção, portanto darei algumas sugestões.

Soldar o circuito pode ser mais fácil que o procedimento no Experimento 14, onde expliquei a ligação ponto a ponto. Você pode

montar os componentes em um tipo de placa perfurada com trilhas de cobre na parte de trás, em uma configuração idêntica à dos conectores dentro de uma matriz de contato. Basta mover cada componente para sua posição equivalente e soldá-lo ao condutor de cobre sob a placa. Não é necessária uma soldagem fio com fio.

Orientações sobre como encontrar e comprar este tipo de placa podem ser encontradas em “Suprimentos”, perto do final do livro.

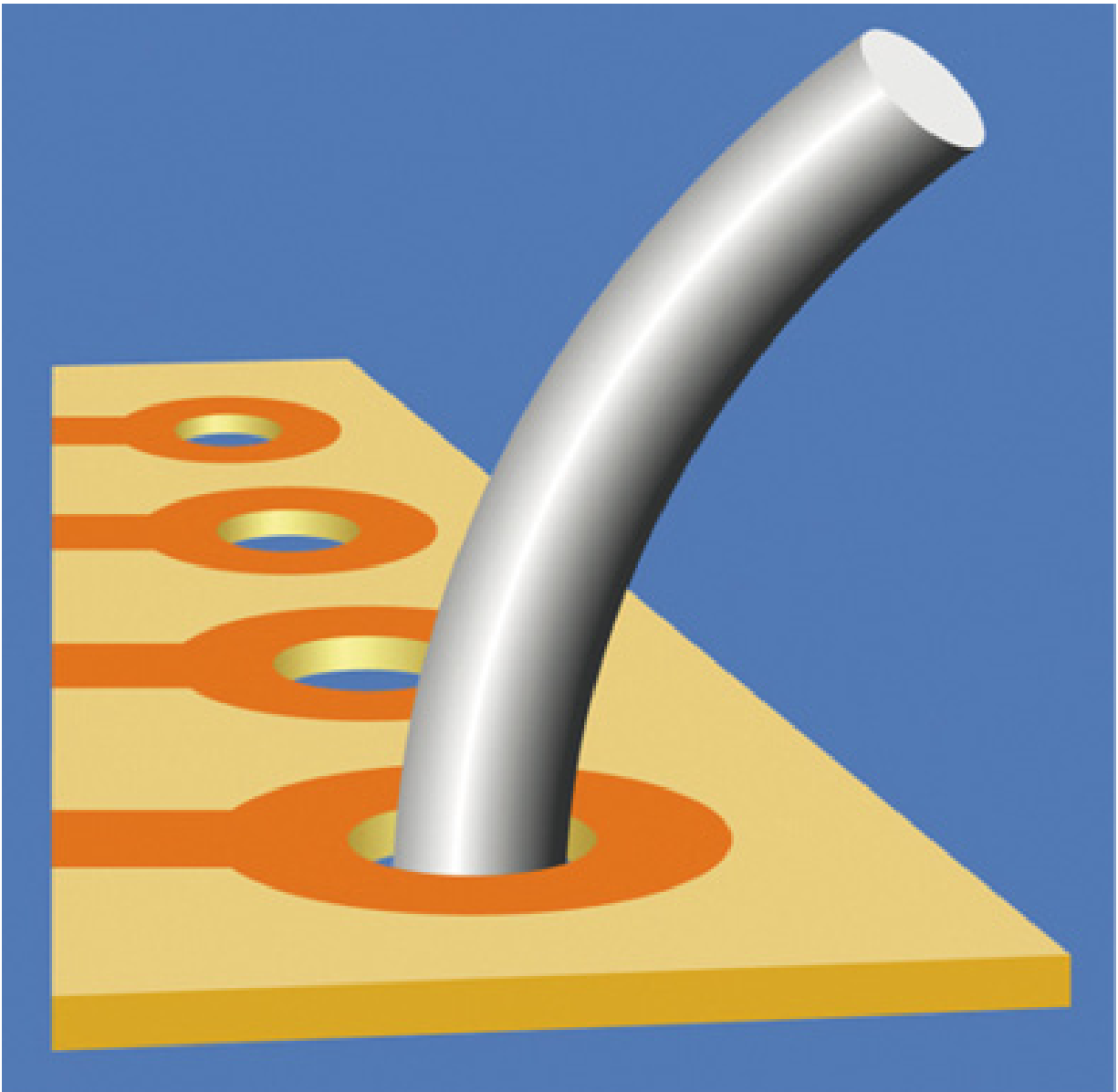
Como proceder:

Observe com atenção a posição de um componente em sua matriz de contato e então mova-o para a mesma posição relativa na placa perfurada, encaixando seus fios nos pequenos furos.

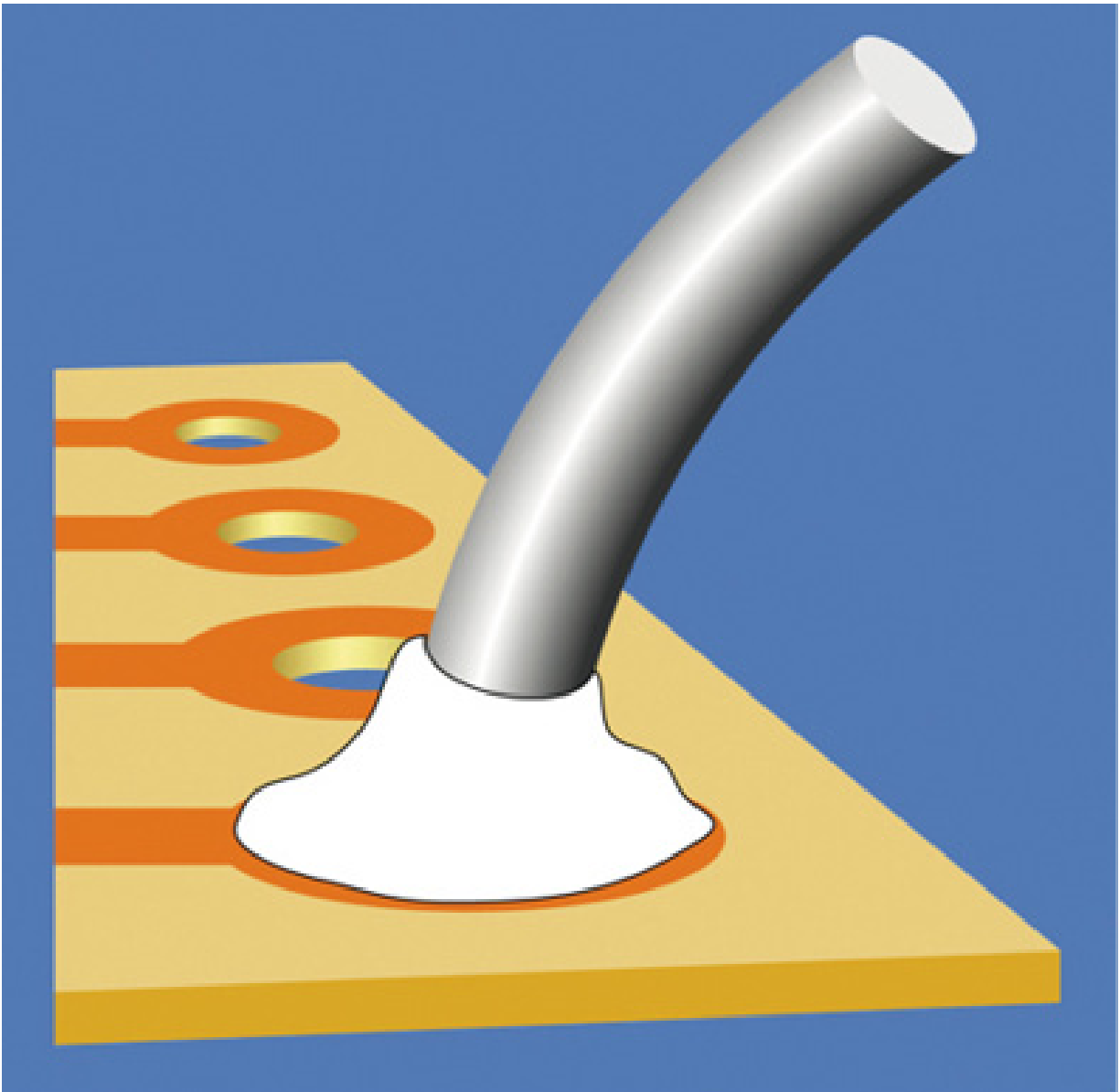
Vire a placa perfurada de cabeça para baixo, certifique-se de que ela esteja estável e examine o furo onde o fio foi encaixado, como mostrado na Figura 4.48, que mostra o *lado de baixo* da placa (o componente está no outro lado). Uma trilha de cobre envolve este furo e o liga com os outros. Sua tarefa é derreter solda para que ela grude no cobre e também no fio, formando uma conexão sólida e confiável entre os dois.

Fixe a placa perfurada ou coloque-a sobre uma superfície onde ela não deslize facilmente. Pegue seu ferro de solda de baixa potência com uma das mãos e alguma solda com a outra. Encoste a ponta do ferro no fio e no cobre, e coloque um pouco de solda fina na intersecção deles. Depois de dois a quatro segundos, a solda deve começar a fluir.

Deixe que solda suficiente forme uma protuberância arredondada vedando o fio e o cobre, como mostrado na Figura 4.49.



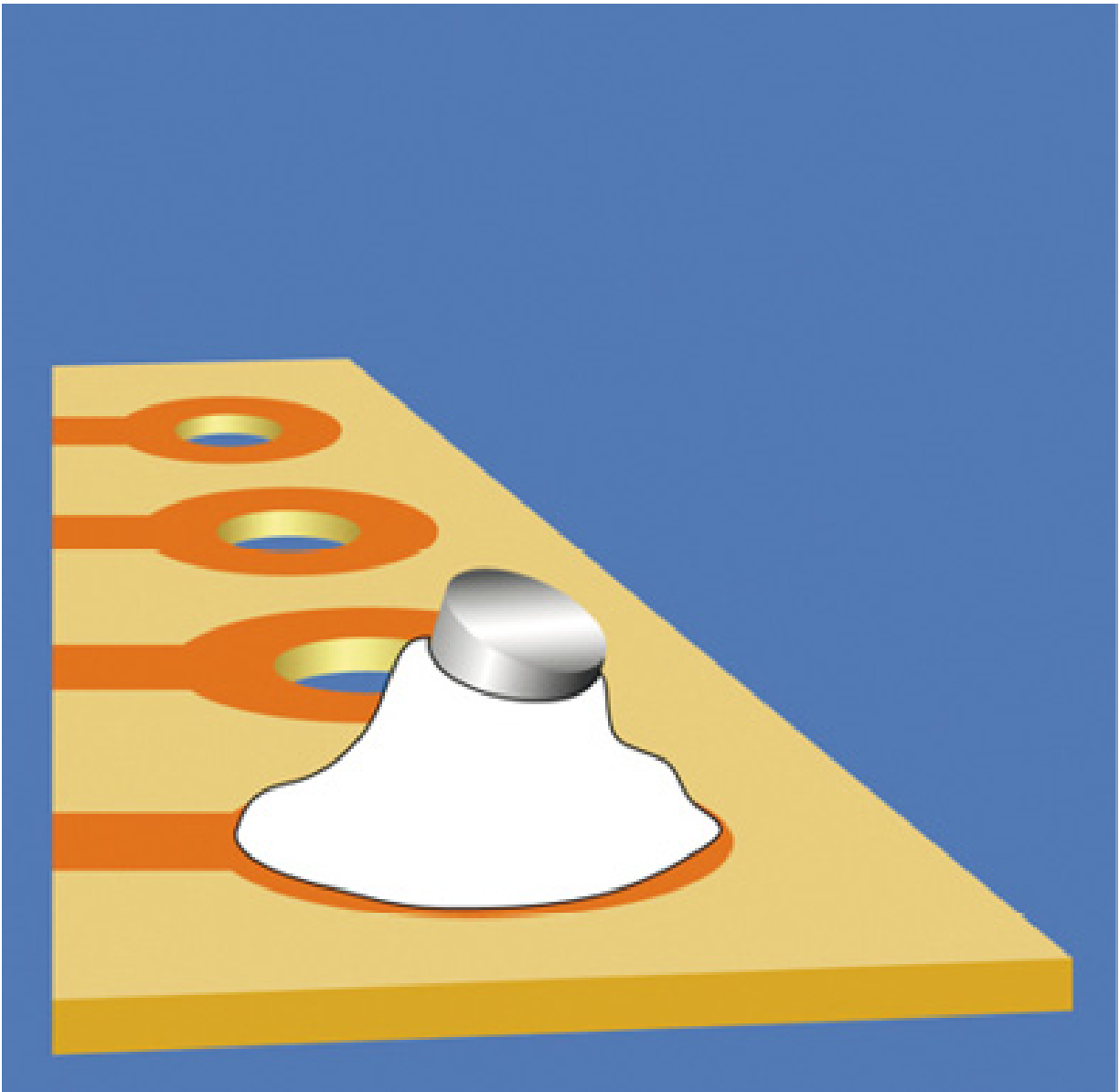
*Figura 4.48 – O lado de baixo da placa perfurada, com um fio saindo do furo.*



*Figura 4.49 – Idealmente, sua junta de solda deve se parecer com isto.*

Espera a solda endurecer completamente e então torça o fio com o alicate de bico para garantir que a conexão está firme. Se tudo estiver bem, corte o fio saliente com o alicate de corte. Veja a Figura 4.50.

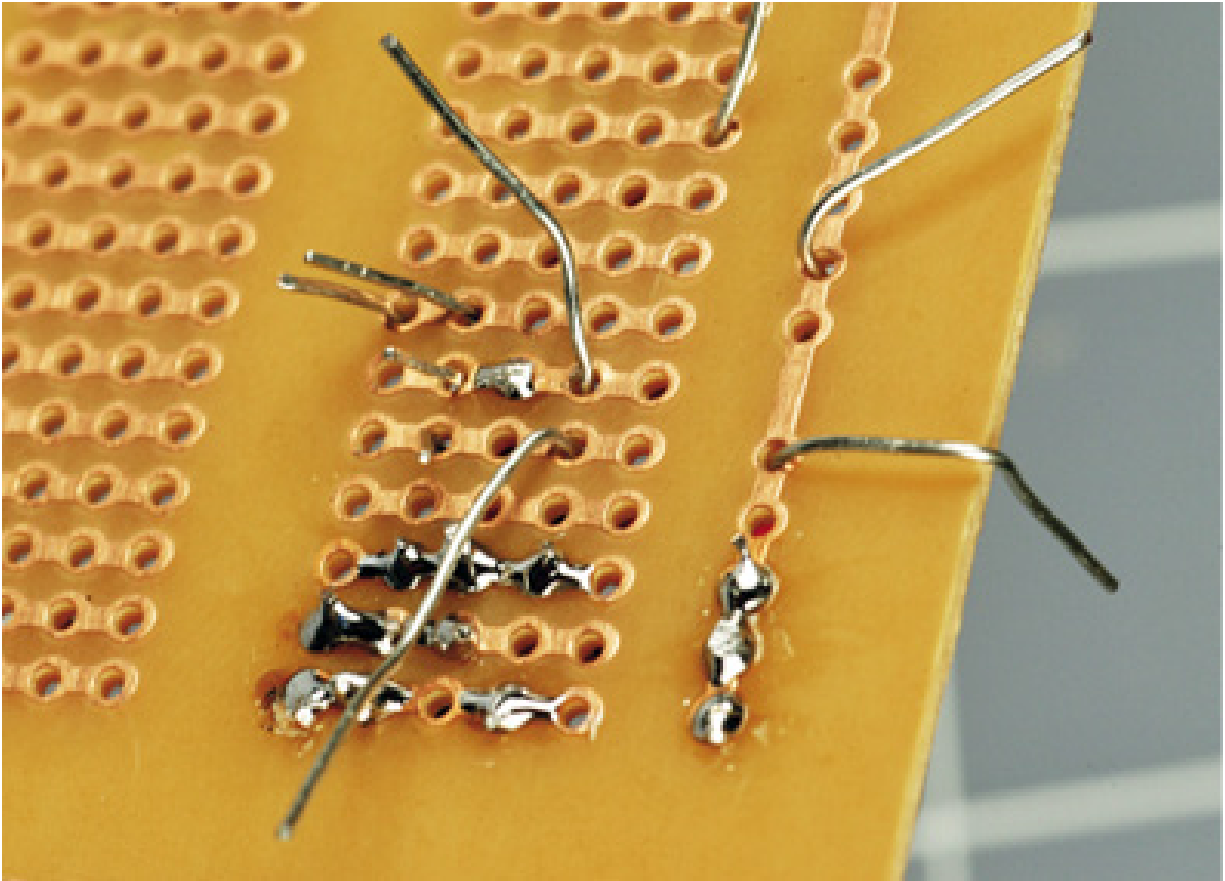




*Figura 4.50 – Depois que a solda esfriar e endurecer, corte o fio saliente.*

Uma vez que as juntas de solda são difíceis de fotografar, estou usando desenhos para mostrar o fio antes e depois da criação de uma junta razoável. A solda é mostrada em branco, contornada por uma linha preta.

O processo de realmente soldar os componentes em uma placa perfurada é ilustrado nas Figuras 4.51 e 4.52.



*Figura 4.51 – Esta foto foi tirada durante o processo de transferir os componentes da matriz de contato para a placa perfurada. Dois ou três componentes por vez são inseridos do outro lado da placa e seus terminais são dobrados para evitar que caiam.*



*Figura 4.52 – Depois da soldagem, os terminais são aparados e as juntas são inspecionadas por uma lente de aumento. Outros dois ou três componentes agora podem ser inseridos e o processo se repete.*

### Os erros mais comuns ao usar placas perfuradas

**1. Solda demais.** Sem você perceber, solda escorre pela placa, toca a próxima trilha de cobre e gruda nela, como mostrado na Figura 4.53. Quando isso acontecer, você pode tentar sugá-la com um kit de dessoldagem ou usar um estilete para removê-la. Pessoalmente, prefiro usar um estilete, pois se você sugar com uma bomba de borracha ou mecha de solda, parte dela deve permanecer.

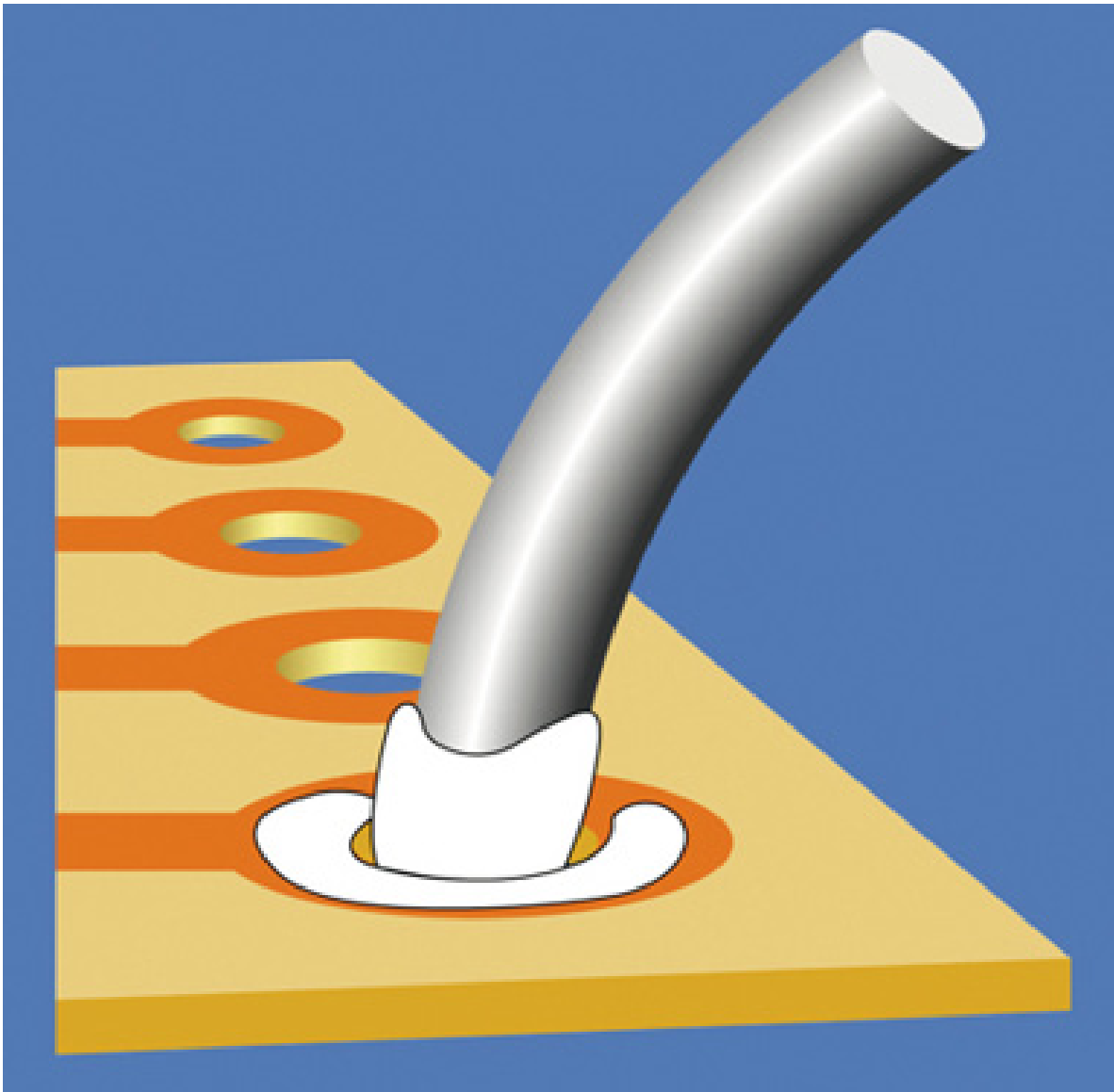


*Figura 4.53 – Se você usar solda demais, ela tende a permanecer em locais indesejados.*

Mesmo uma quantidade microscópica de solda é suficiente para criar um curto-circuito. Verifique a fiação com uma lente de aumento girando a placa perfurada para que ela seja iluminada por vários ângulos.

**2. Solda insuficiente.** Se a junta for fina, o fio pode escapar da solda quando ela esfriar. Mesmo uma fissura microscópica é suficiente para impedir que o circuito funcione. Em casos extremos, a solda gruda no fio e gruda no cobre em torno do fio, mas não cria uma ponte sólida conectando os dois, deixando o fio cercado por

solda, mas sem contato com ela, como mostra a Figura 4.54. Sem uma lente de aumento este problema pode ser difícil de detectar.



*Figura 4.54 – Pouca solda (ou calor insuficiente) pode fazer com que um fio soldado não tenha contato com o cobre soldado na placa perfurada. Mesmo uma brecha da espessura de um fio de cabelo é suficiente para evitar uma conexão elétrica.*

Você pode adicionar mais solda a qualquer junta que possa ter solda insuficiente, mas não se esqueça de reaquecer a junta completamente.

**3. Componentes colocados incorretamente.** É fácil colocar um

componente um furo distante da posição em que ele deveria estar. Também é fácil esquecer-se de criar uma conexão.

Eu sugiro imprimir uma cópia do diagrama e cada vez que você fizer uma conexão na placa perfurada, você elimina esse fio na cópia impressa, usando um marcador de texto.

**4. Detritos.** Ao aparar fios, os pequenos fragmentos cortados não desaparecem. Eles começam a bagunçar sua área de trabalho e um deles pode facilmente ficar preso sobre sua placa perfurada, criando uma conexão elétrica em local indesejado.

Limpe a parte de baixo de sua placa com uma velha escova de dentes antes de alimentá-la. Mergulhe a escova de dentes em álcool para assepsia para remover resíduos. Mantenha sua área de trabalho muito bem organizada. Quanto mais metuculoso você for, menos problemas terá no futuro.

Mais uma vez, lembre-se de verificar cada junta com uma lente de aumento.

### Fundamentos: detecção de falhas em uma placa perfurada

Se o circuito que funcionou em sua matriz de contato não funcionar depois de soldado à placa perfurada, seu procedimento de detecção de falhas é um pouco diferente daquele que descrevi anteriormente.

Primeiro, observe a colocação dos componentes, pois isto é o mais fácil de verificar.

Se todos os componentes estiverem colocados corretamente, flexione a placa gentilmente ao alimentá-la. Se agora você tiver uma resposta intermitente do circuito, é quase certo que a solda não grudou onde deveria grudar ou uma junta apresenta uma pequena fissura.

Prenda o cabo preto do multímetro do lado negativo da fonte de alimentação, energize o circuito e verifique a tensão em todos os pontos de cima a baixo com o cabo vermelho do multímetro enquanto continua a flexionar a placa. Na maioria dos circuitos, quase todos os pontos devem mostrar pelo menos alguma tensão. Se houver uma zona morta ou se seu multímetro responder de forma intermitente,

você pode se concentrar em uma junta com problemas, mesmo que ela pareça boa superficialmente.

Uma luz brilhante e uma lente de aumento são indispensáveis para este procedimento. Um intervalo de 1/1.000” ou menos é suficiente para impedir que seu circuito funcione. Porém, você terá dificuldades em detectar o problema sem uma lente de aumento, e mesmo assim a luz às vezes precisa ser exatamente adequada.

Sujeira, água ou graxa podem impedir que a solda grude corretamente nos fios ou nas trilhas de cobre. Esta é mais uma razão para ser o mais metuculoso possível em sua rotina de trabalho.

### A caixa de projeto

A maneira mais fácil de acondicionar sua placa perfurada é colocá-la em uma caixa de projeto. (Eu mencionei este item na lista de componentes e suprimentos no início do Capítulo 3). Centenas de variantes estão disponíveis. Caixas de alumínio têm aparência elegante e profissional, mas é preciso evitar que a placa de circuito entre em curto-circuito dentro da caixa. Caixas de plástico são mais fáceis e baratas também.

Para dar um aspecto profissional ao projeto, não basta fazer furos arbitrariamente para seus interruptores e LEDs. É preciso desenhar um layout no papel (ou usar um programa de desenho e então imprimir a imagem em papel). Certifique-se de que haja espaço para os componentes e tente posicioná-los de forma semelhante ao diagrama para minimizar o risco de confusão.

Grude seu esboço na parte interna do painel, como mostrado na Figura 4.55, e então use uma ferramenta afiada e pontuda (como um furador ou uma agulha) para pressionar e marcar o plástico no centro de cada furo. As indentações ajudarão a centralizar a broca quando você fizer os furos.



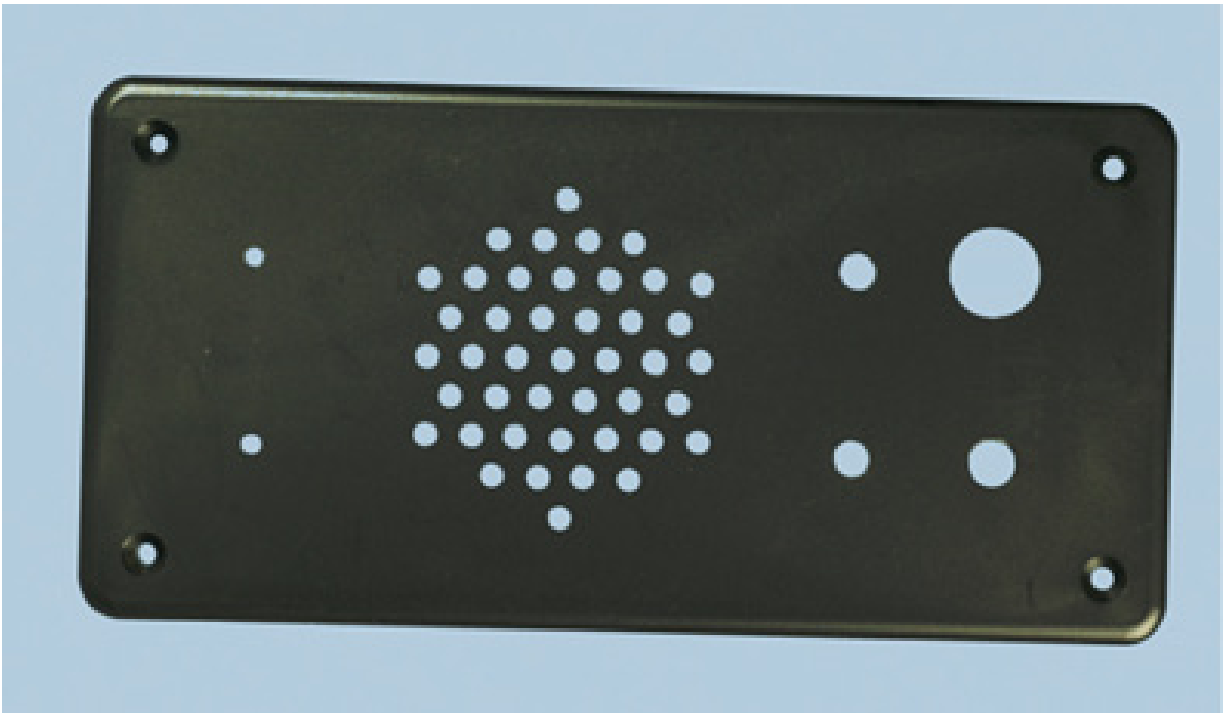
*Figura 4.55 – Um layout impresso para os interruptores, LEDs e outros componentes foi grudado na parte de baixo da tampa da caixa de projeto. Um furador é pressionado através do papel para marcar o centro de cada furo a ser feito na tampa.*

Se você estiver usando um circuito de áudio para alimentar o alto-falante (em vez de uma sirene pronta), será preciso fazer vários furos para liberar o som do alto-falante, que estará abaixo do painel superior da caixa. O painel que fiz é mostrado na Figura 4.56.

Eu coloquei todos os interruptores e LEDs no painel superior. O conector de alimentação está posicionado em uma das extremidades da caixa. Naturalmente, cada furo tem que ter o tamanho certo para encaixar seu componente, e se você tiver calibradores, eles serão muito úteis para fazer medidas e selecionar a broca correta. Caso contrário, use sua melhor intuição, lembrando que é melhor um furo menor que um muito grande. Uma [ferramenta de rebarbação](#) é ideal para alargar ligeiramente o furo para que o componente encaixe perfeitamente. Isto pode ser necessário se você fizer furos de 3/16



de polegada para seus LEDs de 5 mm. Alargue cada furo ligeiramente e os LEDs devem se encaixar perfeitamente.



*Figura 4.56 – O exterior do painel depois da perfuração. Uma pequena furadeira de mão sem fio pode criar um resultado elegante se os furos forem marcados com atenção.*

Se seu alto-falante não tiver furos de montagem, você precisará colá-lo no lugar. Eu usei um epóxi de cinco minutos para isso. Cuidado para não usar muito. Não é recomendável que parte da cola toque o cone do alto-falante.

Fazer furos grandes no plástico fino e macio de uma caixa de projeto pode ser um problema. A broca tende a penetrar muito e fazer uma bagunça. Você pode contornar esse problema de três maneiras:

- Use uma broca Forstner, se tiver. Ela cria um furo muito preciso. Também é possível usar uma serra-copo.
- Faça uma série de furos de tamanhos crescentes.
- Faça um furo menor que o necessário e alargue-o com uma ferramenta de rebarbação.

Independentemente do método usado, você precisará prender ou segurar o painel superior da caixa de projeto com sua superfície

externa virada para baixo sobre um pedaço de madeira de sucata. Então faça furos de dentro, de modo que a broca atravesse o plástico e chegue à madeira.

Finalmente, monte os componentes no painel, como mostrado na Figura 4.57 e volte sua atenção para a parte de baixo da caixa.

### Soldando os interruptores

Seu primeiro passo é decidir a posição do interruptor. Use seu multímetro para descobrir quais terminais estão conectados quando o interruptor é acionado. O recomendado é que o interruptor esteja ligado quando a chave está virada para cima. A parte de baixo de meu painel de controle é mostrada na Figura 4.57. Eu usei um interruptor DPDT, pois por acaso é o que eu tinha. Neste projeto basta um interruptor SPST.

Lembre-se de que o terminal central de qualquer interruptor de duas vias é quase sempre o polo do interruptor.

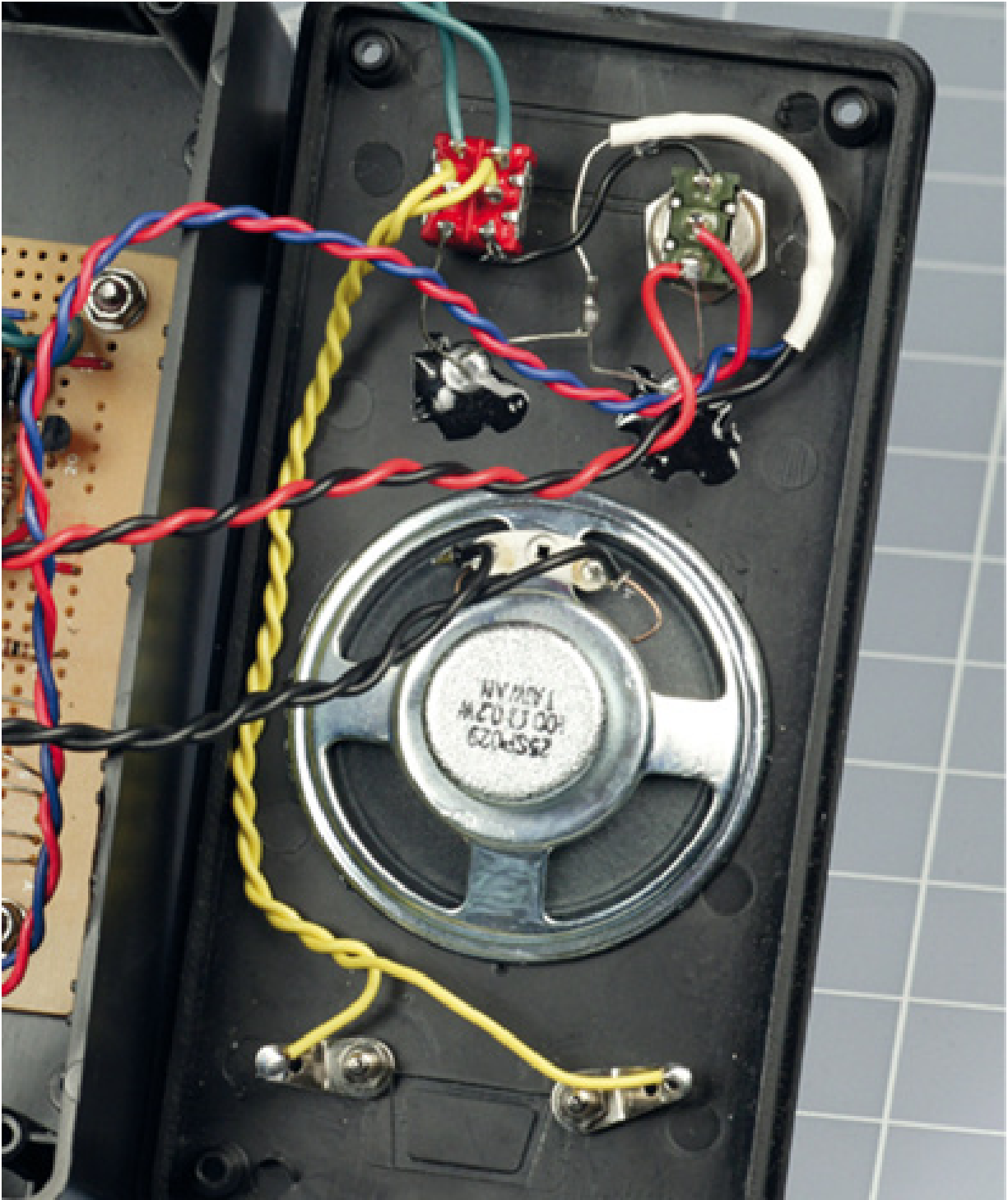
Fio entrelaçado é adequado para conectar a placa de circuito com os componentes no painel superior, pois ele é mais flexível e impõe menos estresse sobre as juntas de solda. Torcer cada par de fios ajuda a minimizar a bagunça.



*Figura 4.57 – Componentes que foram adicionados ao painel de controle da caixa de projeto (vistos de baixo). O alto-falante foi grudado no lugar. A cola extra foi salpicada sobre os LEDs, só por garantia.*

Quando você conecta fios ou componentes às saliências dos interruptores, seu ferro de solda do tipo lápis pode não fornecer calor suficiente para fazer juntas boas. Você pode usar seu ferro de solda de maior potência nestes locais, mas é preciso absolutamente aplicar um bom depósito de calor para proteger os LEDs quando você os conectar, e não permitir que o ferro fique em contato com nada por mais de 10 segundos. Ele rapidamente derreterá a isolação e pode até danificar as partes internas dos interruptores.

Em projetos mais complexos que este, seria uma boa prática ligar o painel superior à placa de circuito de forma mais organizada. Um cabo plano multicolorido é ideal para este fim, com conectores do tipo plugue-soquete que se ligam à placa. Para este projeto introdutório, não me preocupei com isso. Os fios simplesmente ficam dispersos, como mostrado na Figura 4.58.



*Figura 4.58 – Pares de fios torcidos foram conectados ponto a ponto, sem muita preocupação com elegância, já que este é um projeto relativamente pequeno.*

Fixando a placa

A placa de circuito ficará na parte inferior da caixa, presa por quatro parafusos #4 com arruelas e porcas de travamento com insertos de náilon. Prefiro usar parafusos e porcas em vez de cola, caso eu precise remover o circuito para fazer um reparo. É preciso usar porcas de travamento para eliminar o risco de uma porca se soltar e se misturar aos componentes, onde ela pode causar um curto-circuito.

Você precisará cortar a placa perfurada para ela se encaixar, tomando muito cuidado para não danificar nenhum dos componentes nela. Eu usei uma serra de fita para cortar, mas uma serra de arco serve. Lembre-se de que uma placa perfurada geralmente contém fibra de vidro que pode cegar uma serra de madeira.

Verifique se há fragmentos de cobre soltos embaixo da placa depois de concluir o corte.

Faça furos para os parafusos na placa, tomando cuidado para não danificar os componentes. Então, marque os furos na parte inferior de plástico da caixa e fure a caixa. Rebaixe os furos (isto é, chanfre as bordas de um furo para que um parafuso de cabeça plana se encaixe nele e fique rente à superfície), empurre os parafusos de baixo e instale a placa de circuito. Uma vez que você está usando porcas de travamento, que não soltam, não é preciso apertá-los muito. Na verdade, é preciso evitar apertar demais os parafusos.

Depois de montar a placa, teste o circuito novamente, só para garantir.

### Cuidado: evite esforços na placa

Tenha muito cuidado para não prender a placa de circuito muito firmemente à caixa de projeto. Isto pode impor um esforço de flexão, o que pode romper uma junta ou trilha de cobre na placa.

### Teste final

Quando tiver concluído o circuito, se ainda não montou sua rede de sensores magnéticos, você pode usar um pedaço de fio. Eu usei um par de *bornes de ligação* em minha caixa para maior conveniência.

Você também pode ligar um par de fios da placa de circuito passando por um pequeno furo na tampa da caixa.

Se tudo funcionar como deveria, é hora de aparafusar a parte superior da caixa, empurrando os fios para dentro. Já que você está usando uma caixa grande, não há risco de as partes metálicas encostarem umas nas outras por acidente, mesmo assim preste bastante atenção. Meu produto terminado é mostrado na Figura 4.59.



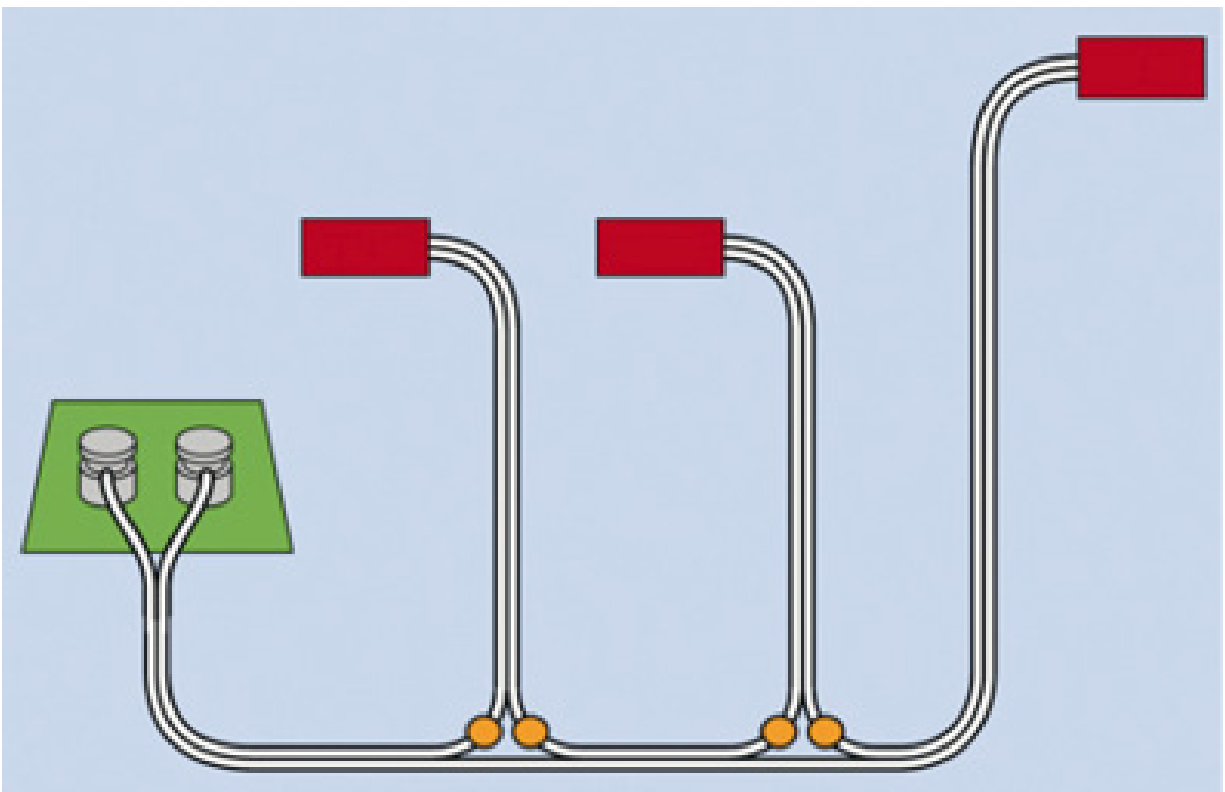
*Figura 4.59 – A caixa de alarme concluída.*



## Instalação do alarme

Se você for completar este projeto com sensores magnéticos, deve testar cada um aproximando o módulo magnético do módulo do interruptor e então o afastando, enquanto usa seu multímetro para testar a continuidade entre os terminais do interruptor. O interruptor deve fechar quando estiver próximo do ímã e abrir quando o ímã é removido.

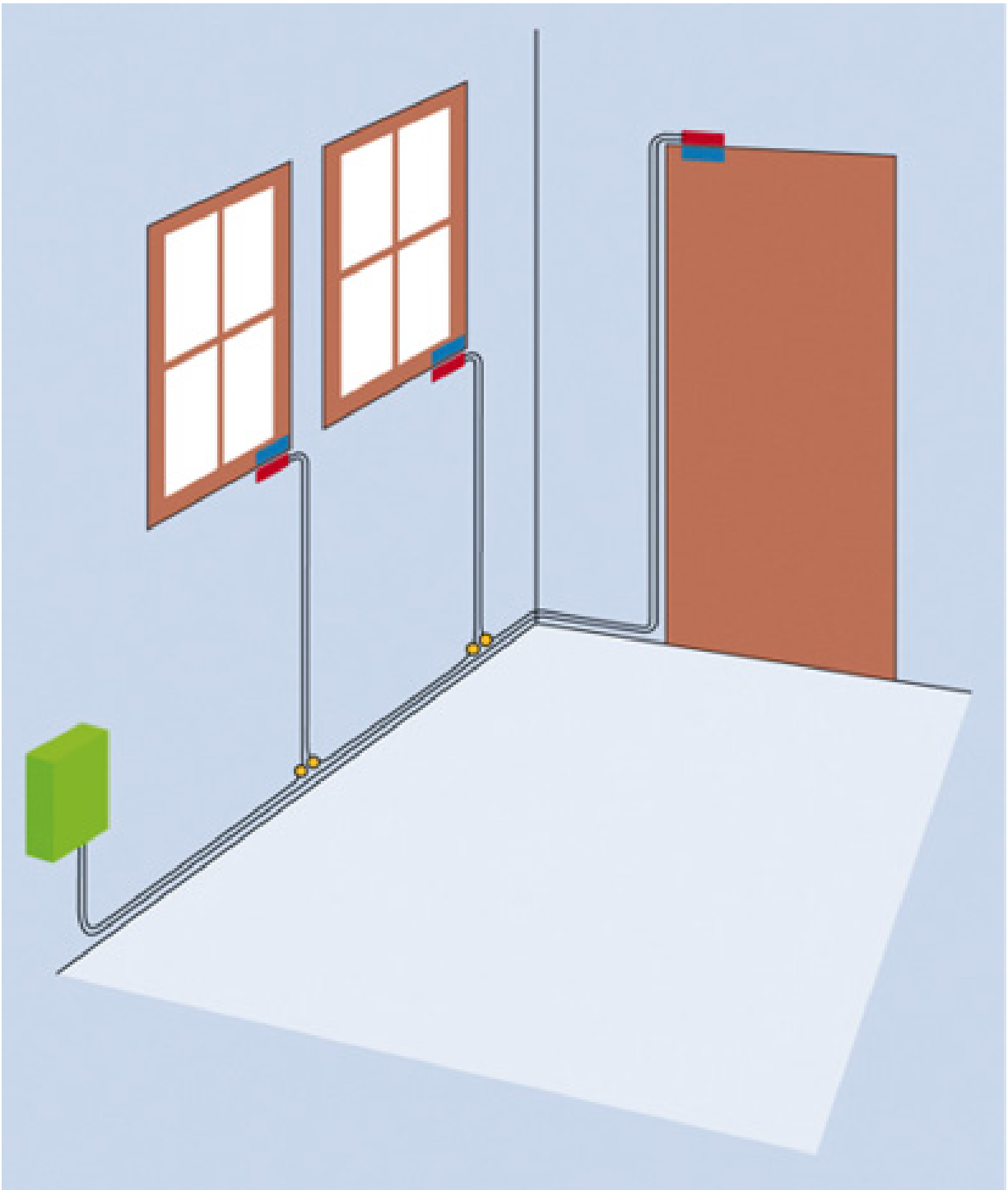
Agora desenhe um esboço de como você irá ligar seus interruptores. Lembre-se de que eles precisam estar em série e não em paralelo! A Figura 4.60 mostra o conceito na teoria. Os dois terminais são os bornes de ligação na parte superior de sua caixa de controle (que é mostrada em verde) e os retângulos vermelhos escuros são os sensores magnéticos nas janelas e portas. Uma vez que o fio para este tipo de instalação geralmente tem dois condutores, você pode posicioná-lo como indiquei, mas corte-o e solde-o para criar ramificações. As juntas de solda são mostradas como pontos laranja.



*Figura 4.60 – Fio com dois condutores e com isolamento branca pode ser usado para conectar os terminais na caixa de controle do alarme com os sensores magnéticos (mostrados em vermelho escuro). Uma vez que os sensores precisam estar em série, o fio é cortado e unido nas posições marcadas com pontos laranja.*

A Figura 4.61 mostra a mesma rede que poderia ser instalada em uma situação com duas janelas e uma porta. Os retângulos azuis são os módulos magnéticos que ativam os módulos interruptores.

Você precisará de muito fio, obviamente. O tipo de fio branco, entrelaçado que é vendido para campainhas ou termostatos de fornos é bom. Tipicamente sua espessura é 20 AWG ou maior.



*Figura 4.61 – Em uma instalação envolvendo duas janelas e uma porta, os componentes magnéticos dos sensores (retângulos azuis) podem ser posicionados como mostrado, enquanto os interruptores (vermelho escuro) são localizados ao lado deles.*

Depois de instalar todos os interruptores, prenda as pontas de prova

do multímetro nos fios que você normalmente ligaria à caixa de alarme. Configure seu multímetro para testar a continuidade e abra cada janela ou porta, uma por vez, para verificar se você está rompendo a continuidade. Se tudo estiver OK, ligue os fios do alarme aos bornes de ligação em sua caixa de projeto.

Agora vamos tratar da fonte de alimentação. Use seu adaptador AC, com sua saída configurada para 9 volts, ligado ao seu plugue DC, ou ligue o plugue a uma bateria de 9 volts. O circuito também funcionará com uma bateria de alarme de 12 volts, mas você precisa substituir o relé que especifiquei por um de 12 volts.

A única tarefa restante é etiquetar o interruptor, o botão, o soquete de alimentação e os bornes de ligação na caixa de alarme. Você sabe que o interruptor coloca o alarme dentro e fora do modo de teste de continuidade, e o botão dá um minuto para você sair antes de o sistema armar o alarme, mas ninguém mais sabe e você pode querer que um convidado use seu alarme enquanto você estiver fora. E daqui a alguns meses ou anos, você pode ter esquecido de alguns detalhes.

## Conclusão

O projeto do alarme guiou você através dos passos básicos que você seguirá sempre que desenvolver algo:

- Faça uma lista de desejos.
- Decida que tipos de componentes são adequados.
- Desenhe um diagrama e certifique-se de que você entende o funcionamento.
- Modifique-o para se adequar aos padrões de condutores em uma matriz de contato.
- Instale componentes na matriz de contato e teste as funções básicas.
- Modifique ou aprimore o circuito, e teste novamente.
- Transfira para uma placa perfurada, teste e procure as falhas, se necessário.

- Acrescente interruptores, botões, um conector de alimentação e plugues e soquetes para conectar o circuito ao mundo externo.
- Monte tudo em uma caixa (e acrescente etiquetas).

## Experimento 19: Testador de reflexos

Uma vez que o timer 555 pode funcionar a milhares de ciclos por segundo, você pode usá-lo para medir os reflexos humanos. Você pode competir com amigos para ver quem tem a resposta mais rápida e observar como sua resposta muda dependendo do seu humor, da hora do dia e de quanto você dormiu na noite anterior.

Este circuito não é conceitualmente difícil, mas requer bastante fiação e só caberá em uma matriz de contato de 60 fileiras de furos (ou mais). Mesmo assim, ele pode ser testado em seções, como o circuito no Experimento 18. Se você não cometer erros, todo o projeto pode ser montado em algumas horas.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Chips 4026B (3)
- Timers 555 (3)
- Resistores: 470 ohms (2), 680 ohms (3), 10 K (6), 47 K (1), 100 K (1), 330 K (1)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (2), 0,047  $\mu$ F (1), 0,1  $\mu$ F (1), 3,3  $\mu$ F (1), 22  $\mu$ F (1), 100  $\mu$ F (1)
- Botões de pressão (3)
- LEDs genéricos: um vermelho e um amarelo
- Trimpot de 20 ou 25 K (1)
- Displays numéricos de LED de um dígito, altura de 0,56", de preferência vermelho de baixa corrente, capaz de funcionar com tensão direta de 2 V e corrente direta de 5 mA (3) (preferência por

Avago HDSP-513A ou Lite-On LTS-546AWC ou Kingbright SC56-11EWA, ou semelhante)

### Cuidado: protegendo chips da estática

O timer 555 não pode ser danificado facilmente, mas neste experimento você também usará um chip CMOS (o contador 4026B), que é mais vulnerável à eletricidade estática.

A probabilidade de você destruir um chip ao manuseá-lo depende de fatores como a umidade do local, o tipo de sapato que você está usando e o tipo de piso em sua área de trabalho. Algumas pessoas parecem acumular uma carga estática mais facilmente que outras e eu não sei a explicação disso. Pessoalmente, nunca danifiquei um chip com estática, mas conheço pessoas que danificaram.

Se a estática for um risco, você provavelmente saberá, pois sofrerá pequenos sobressaltos repentinos quando encostar-se a uma maçaneta de metal ou uma torneira de aço. Se você acha que realmente precisa proteger os chips deste tipo de descarga, a precaução mais completa é você se aterrar. A melhor maneira de fazê-lo é usar uma pulseira antiestática. A pulseira condutora é presa em seu pulso com velcro e se conecta através de um resistor de alto valor (tipicamente 1 M) a um clipe jacaré que pode ser ligado a qualquer objeto grande de metal.

Quando você recebe chips pelo correio, eles são geralmente enviados em canais de plástico condutor ou com suas pernas encaixadas em espuma condutora. O plástico ou a espuma protegem os chips garantindo que todos os pinos tenham aproximadamente o mesmo potencial elétrico. Se você quiser acondicionar seus chips, mas não tem espuma condutora, você pode enfiar suas pernas em papel alumínio.

### Cuidado: atenção com o aterramento

O resistor embutido em uma pulseira antiestática protege você de ser eletrocutado se por acaso encostar-se a uma fonte de tensão relativamente alta com a outra mão. Este é um recurso importante, já

que um choque elétrico que passa de uma mão para a outra através de seu peito pode parar seu coração.

Se você usar um pedaço simples de fio para aterramento, você perde esta proteção. O custo pequeno de uma pulseira antiestática é um investimento sensato.

Agora, de volta ao experimento.

### Uma rápida demonstração

Na edição anterior deste livro sugeri usar um único display numérico de três dígitos para este projeto. Nesta edição, eu troquei para três displays de um dígito. O custo é ligeiramente maior, mas a fiação é muito mais simples e o projeto pode ser construído mais facilmente. Além disso, acredito que há mais chance de LEDs de único dígito continuarem disponíveis por muitos anos.

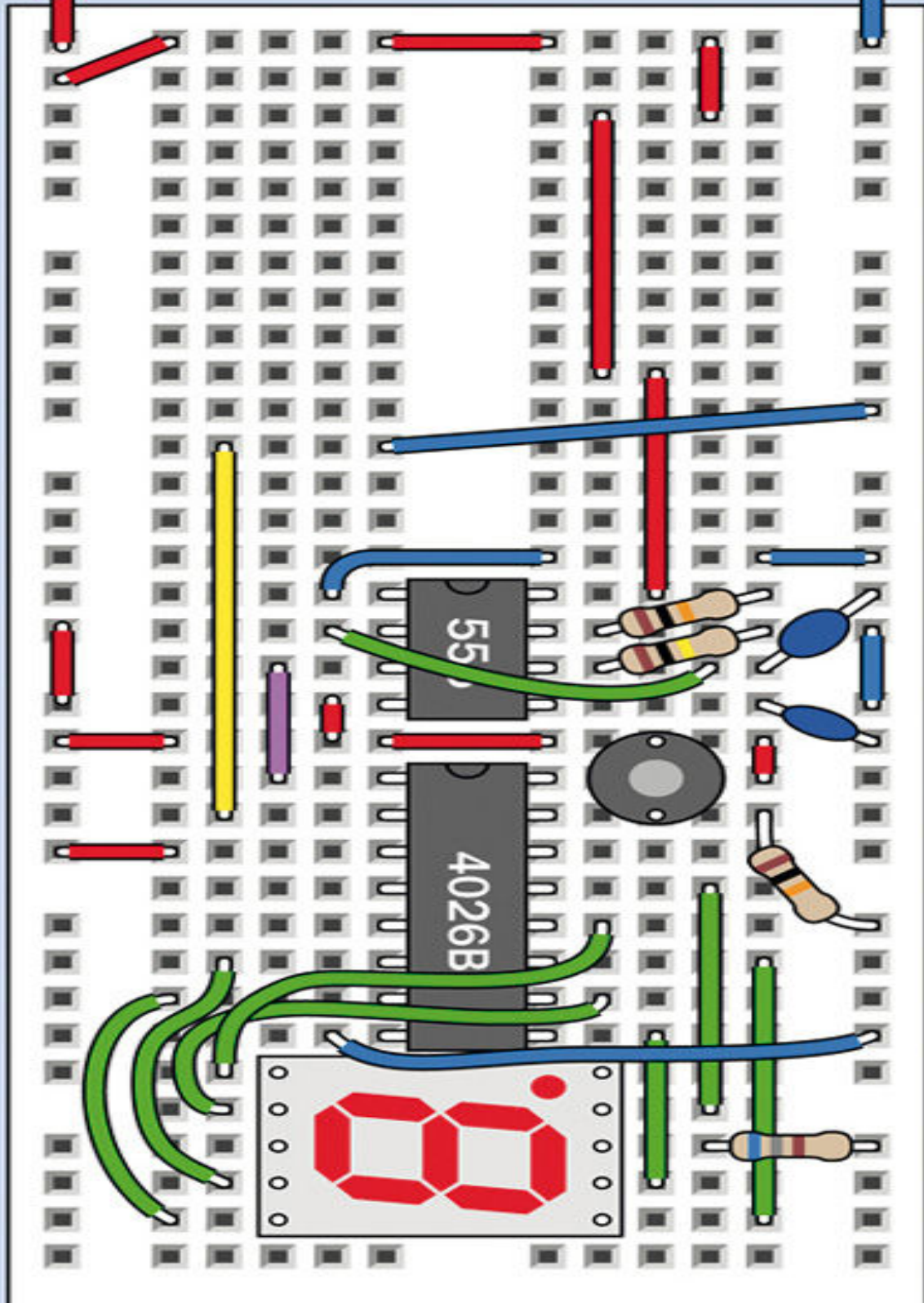
Estou especificando dígitos de 0,56" de altura, pois este é um padrão da indústria, com posição dos pinos também padronizada. Se você usar um de tamanho menor, a posição dos pinos será diferente. Se usar um de tamanho maior, ele não se encaixará com os outros componentes na matriz de contato.

Vamos começar nos familiarizando com um dos numerais e o chip 4026B que o alimentará.

O primeiro módulo deste circuito é mostrado na Figura 4.62. (Se você achar que um diagrama é mais fácil de entender, veja a Figura 4.63, que mostra os mesmos componentes.)



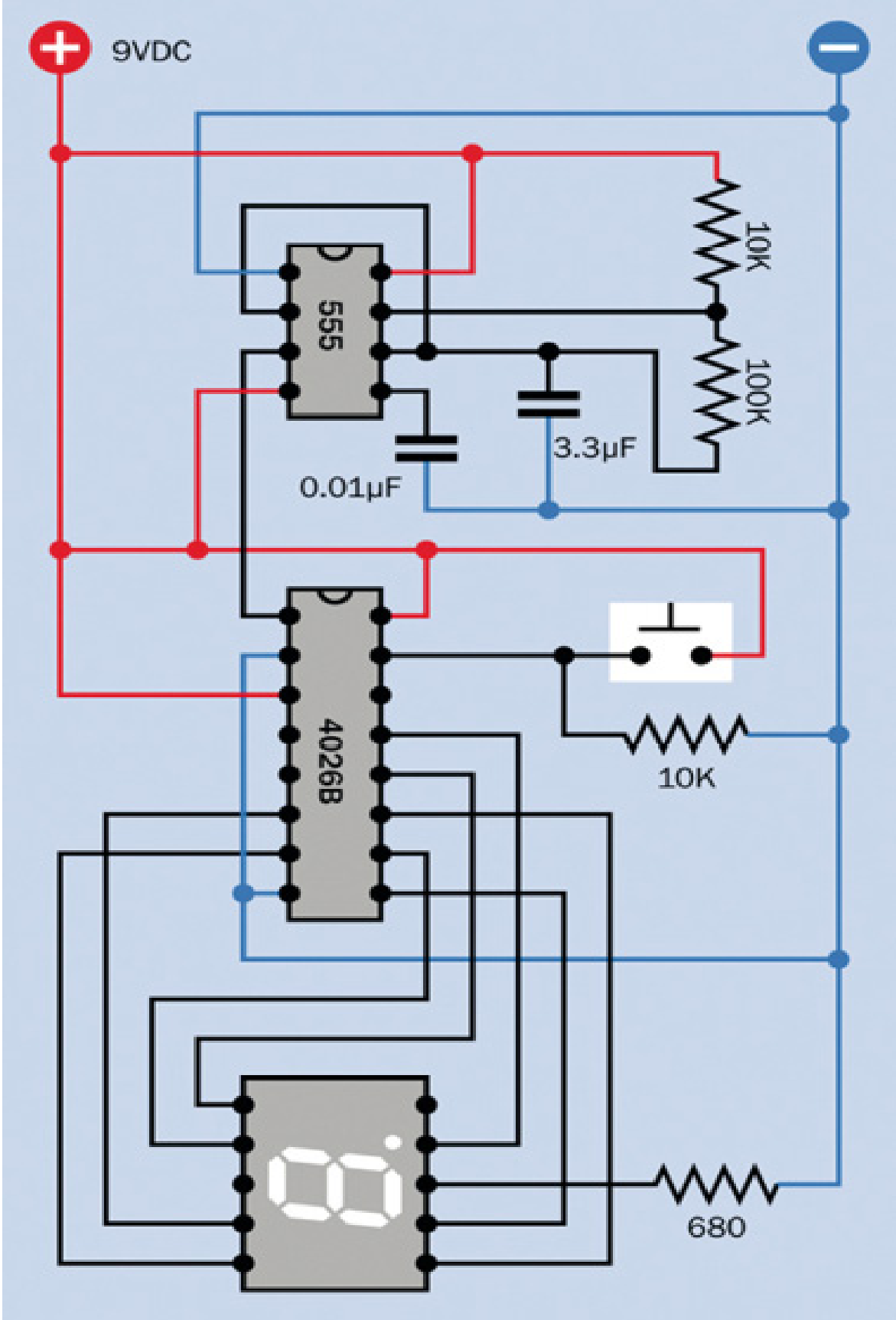
9VDC





*Figura 4.62 – O primeiro módulo do testador de reflexos demonstra como um timer pode comandar um chip contador que alimenta um display de LED de um dígito.*

Além disso, os valores dos componentes são mostrados na Figura 4.64.



*Figura 4.63 – O primeiro módulo mostrado na forma de diagrama.*

Você acrescentará muitos outros componentes à placa (na verdade, ela ficará cheia quando você terminar), portanto você precisa posicionar tudo exatamente como mostrado na figura. Conte as fileiras de furos com cuidado! Você verá alguns fios que não fazem sentido no momento (todos aqueles pedaços vermelhos, para que servem?), mas eles permitirão que você acrescente e ative outros timers 555 à medida que avançar.

Alimente o circuito com uma bateria de 9 volts ou adaptador AC e você deve ver o display numérico contando repetidamente de 0 a 9.

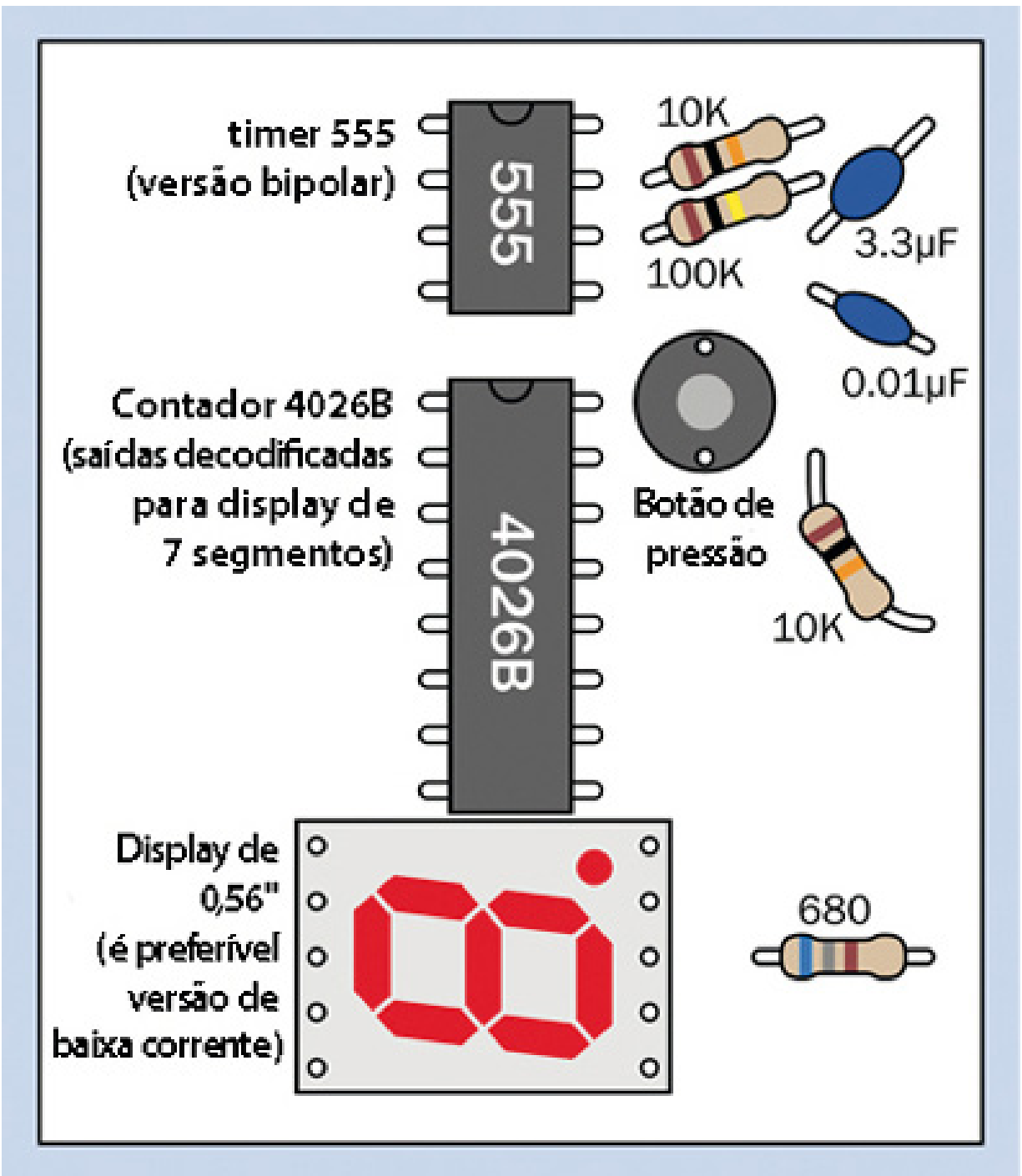


Figura 4.64 – Valores de componentes para o primeiro módulo do circuito. Se você não vir nenhum número, configure seu multímetro para medir volts DC, prenda a ponta de prova preta ao lado negativo da fonte de alimentação e use a ponta vermelha para testar as tensões em locais-chave no circuito, como os pinos de entrada de energia dos chips. Se as tensões estiverem OK, certifique-se de que o resistor

no canto inferior direito seja de 680 ohms (não 68 K ou 680 K, que têm cores semelhantes).

Se o display mostrar fragmentos de números, ou números fora de sequência, você cometeu um erro nos fios verdes que se conectam ao chip 4026B.

Se o display mostrar um 0 que não muda, você ligou o timer 555 incorretamente ou não conectou o timer com o chip 4026B corretamente.

Quando os números forem exibidos em ordem crescente, mantenha pressionado o botão de pressão e observe que ele força a contagem de volta a 0. Assim que você soltar o botão de pressão, a contagem numérica recomeça.

Temos a base de um testador de reflexos. Só precisamos acrescentar mais alguns dígitos, aumentar a velocidade de contagem e fazer mais alguns refinamentos. Primeiro, entretanto, explicarei o que está acontecendo.

### Fundamentos: displays de LED

O termo “LED” é um pouco confuso. O tipo de componente que você usou em experimentos anteriores é corretamente conhecido como um *LED-padrão*, um *LED de encaixe* ou um *LED indicador*: um pequeno componente arredondado com dois longos terminais saindo de sua base. Eles se tornaram tão comuns que as pessoas começaram a chamá-los simplesmente de “LEDs”. No entanto, LEDs são usados em outros componentes também, como o numeral brilhante encaixado em sua matriz de contatos no momento. Ele é corretamente conhecido como *display de LED*. Mais precisamente, ele é um *display de LED de dígito único e sete segmentos*.

Na Figura 4.65 as dimensões do display são mostradas, junto com as posições dos pinos que estão escondidos sob ele. As coisas importantes a observar são que o numeral consiste em sete segmentos, mais um ponto decimal; e o espaçamento entre pinos é medido em múltiplos de 0,1”, o que é útil para sua matriz de contato.

Observe agora a Figura 4.66. Ela mostra as conexões internas entre

os pinos e os segmentos do dígito. Observe que os pinos 3 e 8 têm o centro azul, indicando que eles devem ser conectados ao terra negativo. Todos os outros pinos devem receber alimentação positiva para ativar os segmentos do LED. Ele é chamado de LED do tipo *catodo comum*, pois os lados negativos dos diodos internos (os catodos) estão todos ligados entre si.

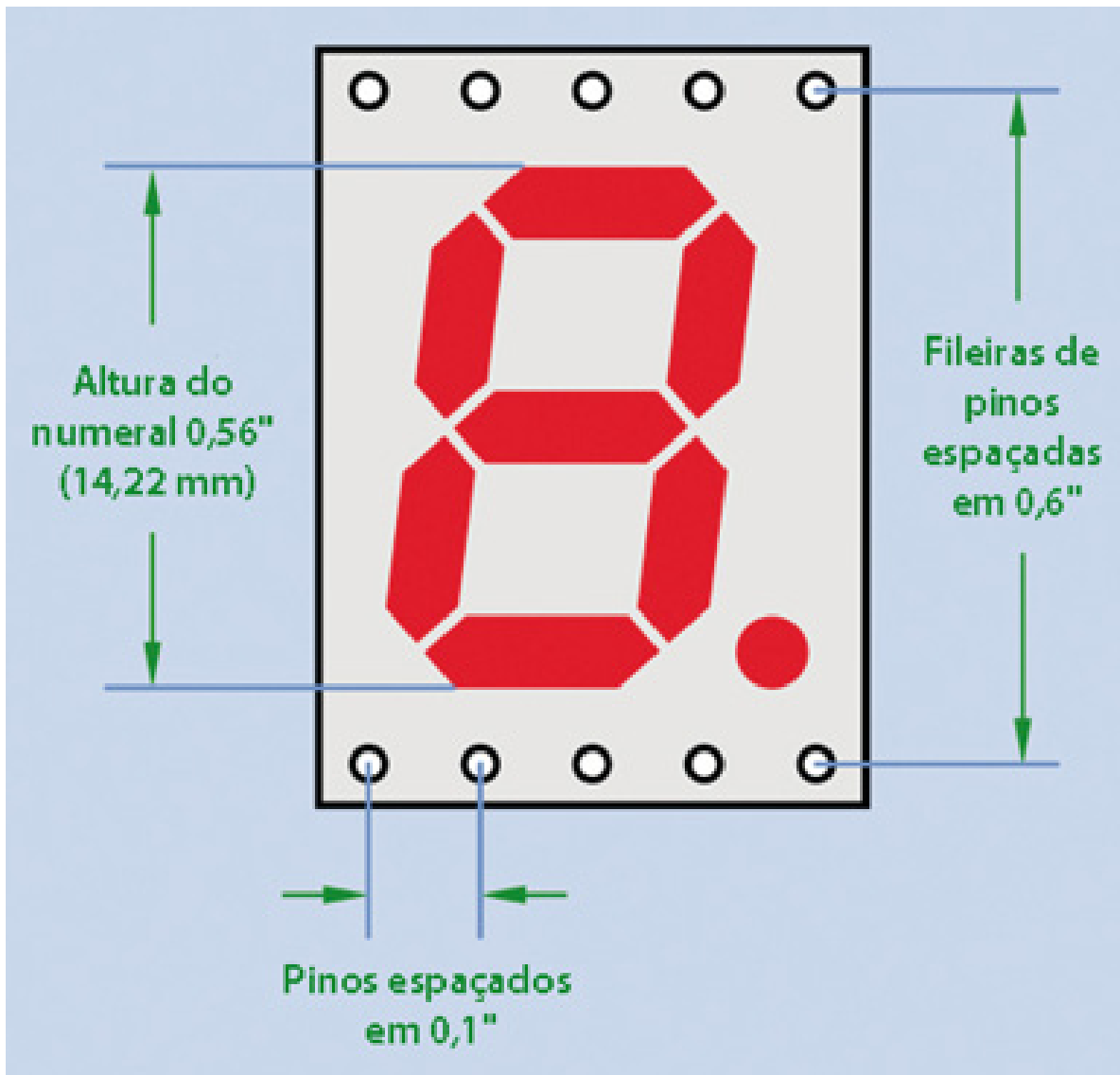
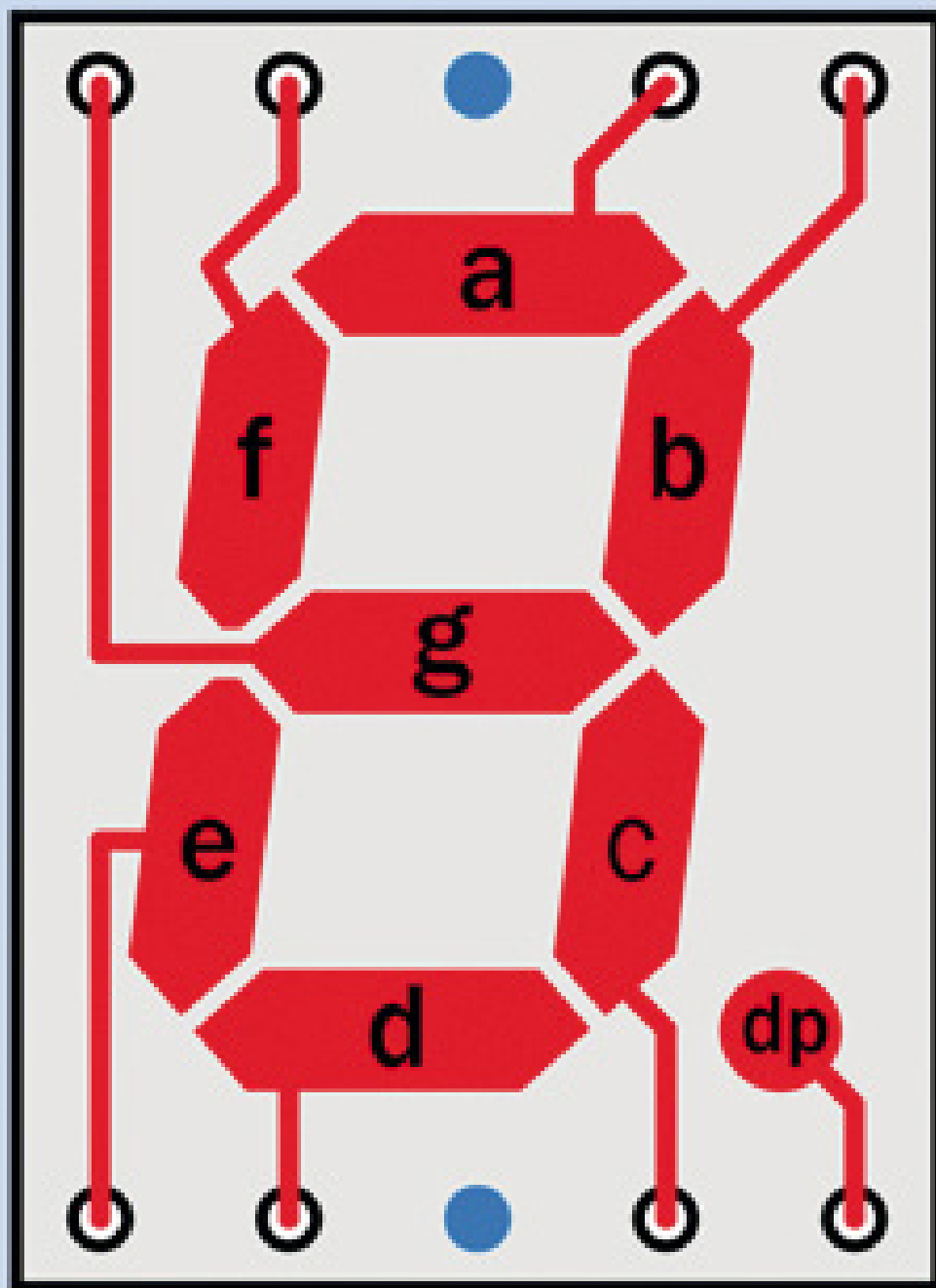


Figura 4.65 – Dimensões e localização dos pinos de um display de LED de sete dígitos e 0,56".

10 9 8 7 6



1 2 3 4 5

*Figura 4.66 – O diagrama que é usado para numeração de pinos e as conexões internas que são ocultas dentro do componente.*

Em um display do tipo *anodo comum*, a situação é inversa e você ativa os segmentos aplicando tensão negativa a cada um deles, enquanto todos compartilham uma conexão interna positiva. Você pode escolher qual tipo de display é conveniente em um circuito, mas displays de catodo comum são mais usados.

Observe que os segmentos são identificados com letras minúsculas de a a g, além de dp para o ponto decimal. Este sistema é comum em quase todas as especificações (embora algumas usem a letra h para o ponto decimal).

Até agora, tudo bem, mas eu omiti uma informação crucial: como todos os LEDs, os segmentos no numeral precisam ser protegidos com resistores em série. Isto é um aborrecimento e você deve estar se perguntando por que o fabricante não embute os resistores. A resposta é que o display deve poder ser usado em uma ampla gama de tensões, e os valores dos resistores dependerão da tensão.

Bem, por que não podemos usar apenas um resistor compartilhado por todos os segmentos, talvez entre o pino 3 e o terra negativo? Na verdade, podemos fazer isso, mas o resistor derrubaria a tensão e limitaria a corrente para diferentes números de segmentos, dependendo de qual numeral está sendo exibido. Um numeral 1 acende apenas dois segmentos, enquanto o numeral 8 usa todos os sete. Consequentemente, alguns numerais brilharão mais que outros.

Isto realmente importa? Penso que para esta demonstração, simplicidade é mais importante que perfeição. Se você observar a Figura 4.62, verá que eu coloquei apenas um resistor de 680 ohms no canto inferior direito, entre o display de LED e o barramento negativo. Este não é o procedimento correto, mas você instalará três dos displays de sete segmentos neste projeto e acho que você ficará feliz em usar apenas três resistores em série em vez de 21.

**Fundamentos: o contador**



O chip 4026B é conhecido como um *contador de década*, porque ele conta em dezenas. A maioria dos contadores tem uma *saída codificada*, o que significa que sua saída são números no formato binário (discutirei isso em outro projeto). Este contador não funciona assim. Ele tem sete pinos de saída e eles são alimentados em padrões que, por acaso, são os corretos para um display de sete segmentos. Enquanto outros contadores requerem um *driver* para converter uma saída binária em padrões de sete segmentos, o 4026B fornece tudo em um pacote.

Isto é muito conveniente, exceto que o 4026B é um chip CMOS antigo com potência limitada. As especificações aconselham a puxar menos que 5 mA de qualquer pino ao alimentar o chip com 9 volts.

Idealmente, você deveria passar as saídas do contador por um conjunto de transistores para amplificá-las. Você pode comprar um chip contendo sete pares de transistores para este fim. Ele é chamado de *conjunto Darlington*. (E se você quiser exibir o ponto decimal? Sem problemas. Você pode comprar um conjunto Darlington diferente contendo oito pares de transistores.)

Eu poderia ter usado três chips do tipo conjunto Darlington para alimentar os três displays de LED neste projeto, mas isto aumentaria a complexidade e os gastos, e eu precisaria de duas matrizes de contato. Portanto, decidi que era aceitável usar displays de LED de baixa corrente que podem ser alimentados diretamente por um contador. Eles não são tão brilhantes, mas cumprem sua função. Escolhi o resistor de 680 ohms, pois ele deve limitar a corrente a menos de 5 mA de qualquer pino do contador e impor uma queda de tensão de cerca de 2 V através dos LEDs (que varia dependendo de quantos segmentos estão acesos).

Agora darei alguns detalhes sobre o funcionamento interno do 4026B. Chips contadores sempre têm vários recursos embutidos. Observe a Figura 4.67, que mostra a disposição dos pinos do chip. Os pinos com indicação como “Para o segmento a” são fáceis de entender. Basta ligar um fio entre cada pino desses e o pino adequado em seu display de LED. Se você olhar a Figura 4.62, você verá cada um dos fios verdes conectando os pinos de saída do

contador com os pinos de entrada no numeral.

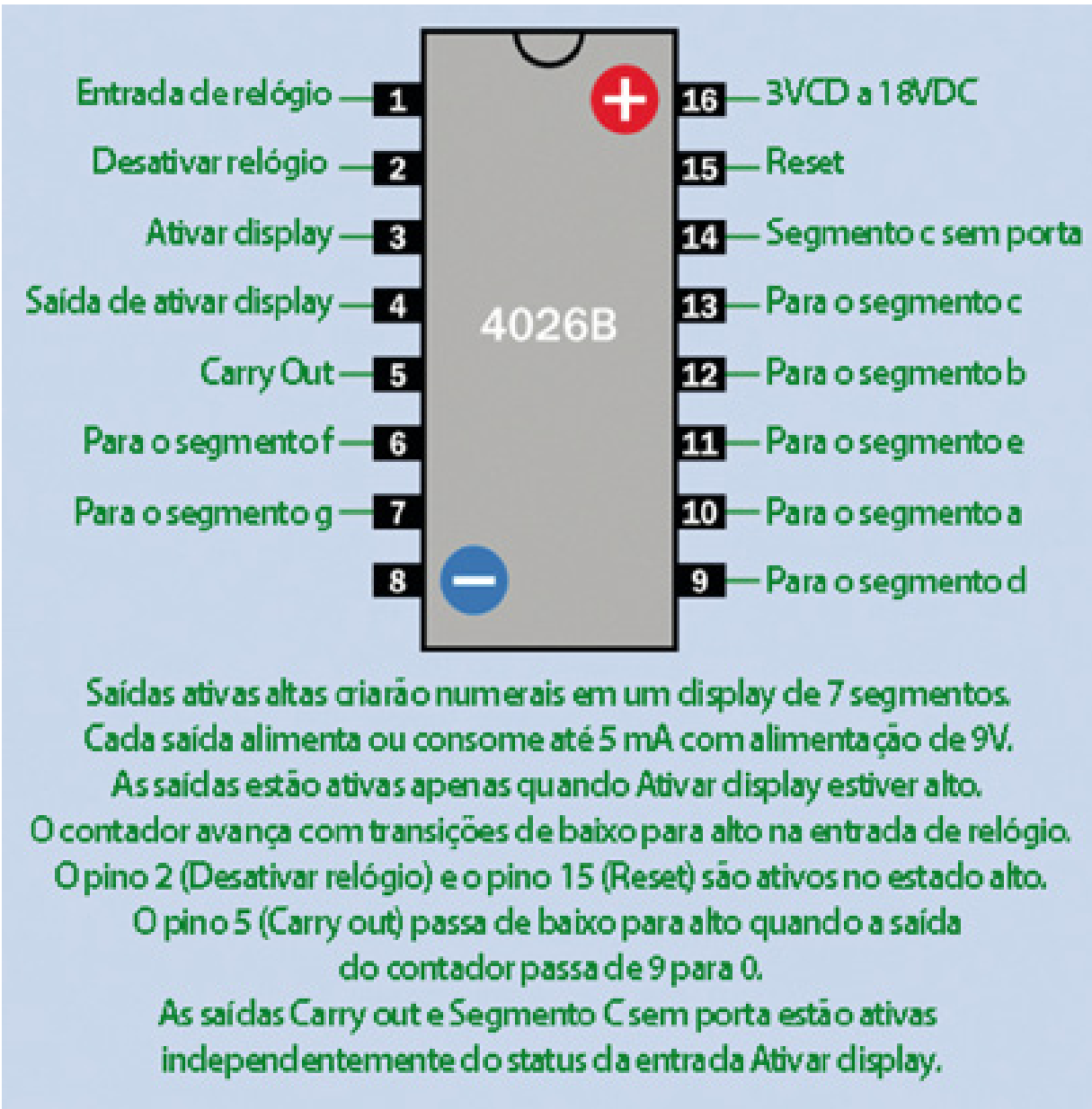


Figura 4.67 – Disposição dos pinos de um contador 4026B, que tem saídas decodificadas para alimentar um display de LED de dígito único e sete segmentos.

Os pinos 8 e 16 do chip são para o terra negativo e a alimentação positiva, respectivamente. Quase todos os chips digitais recebem energia em cantos opostos nesta forma (com exceção do timer 555, embora, na realidade, ele seja classificado como um chip analógico). Uma vez que a Figura 4.67 contém informações que talvez não sejam

necessárias e foram incluídas apenas para futura referência, eu também criei uma visão simplificada do contador e display na Figura 4.68, ignorando os pinos que não serão usados e mostrando a relação entre os pinos de saída com os pinos do display.

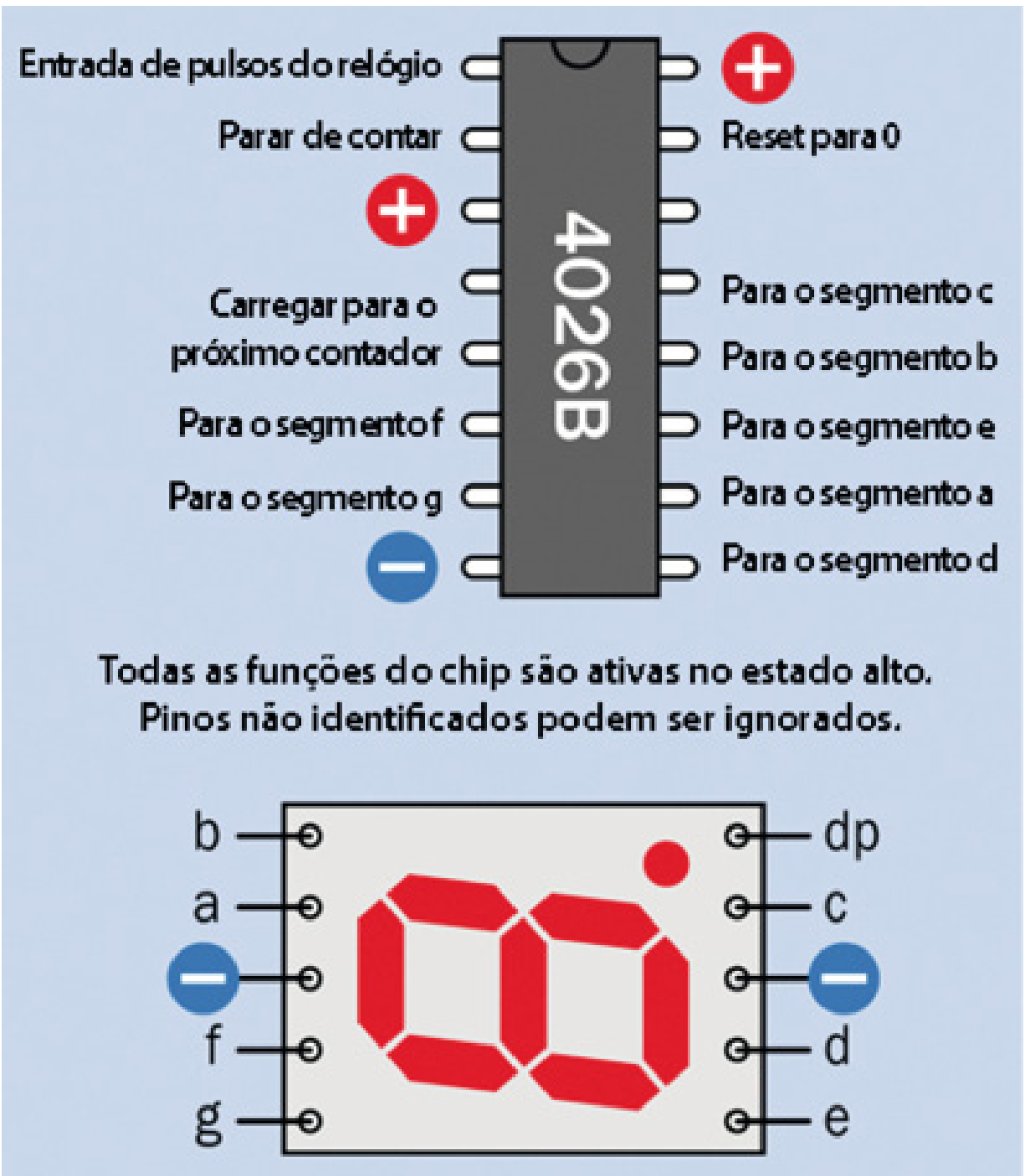


Figura 4.68 – Uma visão simplificada do chip e display, no estilo como eles

*aparecerão na matriz de contatos.*

Observe o pino 15, o pino de reset. Agora observe a Figura 4.62. O botão de pressão, também conhecido como chave tátil, está localizado de modo a aplicar uma tensão positiva ao pino 15 quando você o pressionar. (A tensão atravessa a placa até o botão de pressão via os segmentos vermelhos de fio que mencionei há pouco.)

Quando o botão não está sendo pressionado, nenhuma tensão positiva é aplicada ao pino de reset do contador. Entretanto, um resistor de 10 K conecta permanentemente o pino 15 ao barramento negativo na matriz de contato. Ele é um *resistor pull-down*. Ele derruba a tensão no pino a quase zero, até você pressionar o botão, quando então a entrada positiva se sobrepõe à energia negativa fornecida através do resistor. Lembre-se de que, se não aplicar uma tensão definida a cada pino de entrada de um chip digital, você obterá resultados aleatórios, inexplicáveis e confusos. Já mencionei isso, mas quero enfatizar a questão, porque ela é uma causa comum de erros.

- Para manter um pino de entrada normalmente alto, conecte-o ao barramento positivo através de um resistor de 10 K (pelo menos, para os circuitos neste livro). Quando você precisar reduzir a tensão, use um interruptor ou outro dispositivo que sobrepõe o resistor, criando uma conexão mais direta com o barramento negativo.
- Para manter um pino de entrada normalmente baixo, conecte-o ao barramento negativo através de um resistor de 10 K. Quando você precisar aumentar a tensão, use um interruptor ou outro dispositivo que sobrepõe o resistor, criando uma conexão mais direta com o barramento positivo.
- Todas as entradas em um contador precisam ter algum tipo de conexão. Nunca deixe pinos de entrada flutuantes!
- Pinos de saída não usados devem ser deixados desconectados.

Mais uma coisa. Às vezes, um chip tem uma entrada que nunca usaremos. O 4026B, por exemplo, nos informa que o pino 3 é uma entrada para ativar o display. Eu quero que o display esteja ativado o

tempo todo, portanto eu conecto o pino 3 diretamente ao barramento positivo e me esqueço dele.

- Se você não for usar um pino de entrada, ainda assim ele precisa ter um estado definido. Você pode fazê-lo, ligando-o diretamente ao lado positivo ou negativo da fonte de alimentação.

Agora descreverei os outros recursos do 4026B.

A *entrada de clock (relógio)* (pino 1) aceita uma sequência de pulsos altos e baixos. O chip não se importa com a duração dos pulsos. Ele simplesmente responde adicionando 1 à sua contagem, cada vez que ele sente a tensão de entrada passando de baixa para alta.

O pino *desativar clock* (pino 2) diz ao contador para bloquear a entrada de clock. Como todos os outros pinos no chip, este é *ativo quando alto*, o que significa que ele desempenha sua função quando está no estado alto. Em sua matriz de contato, eu coloquei um fio azul e um fio amarelo temporário para aterrar o pino 2. Em outras palavras, eu desativei o pino de desativação do clock. Isto é confuso, por isso resumirei a situação:

- Quando o pino de desativação do clock está no estado alto, ele impede que o contador conte.
- Quando o pino de desativação do clock é aterrado, ele permite que o contador conte.

O pino *desativar o display* (pino 3) que já mencionei.

O pino *saída de ativação do display* (pino 4) não será usado aqui. Ele pega o estado do pino 3 e conecta-o com o pino 4 para que seja possível enviá-lo para outros timers 4026B.

O pino *carry out* (pino 5) é essencial se você quiser contar acima de 9. O estado do pino passa de baixo para alto quando o contador atingiu 9 e volta para 0. Se você pegar esta saída e conectá-la com a entrada de clock de um segundo contador 4026B, o segundo contador contará em dezenas. Você pode usar seu pino de saída carry out para sinalizar um terceiro contador, que contará em centenas. Usarei este recurso no final deste projeto.

Por fim, o pino 14 pode ser usado para reiniciar o contador depois

que ele conta até 0, 1 e 2. Isto é útil em um relógio digital que só conta até 12 horas, mas não é relevante aqui. Ele é um pino de saída que não usaremos, portanto pode ficar desconectado.

Talvez todos os recursos pareçam confusos, mas se você se deparar com um chip contador que nunca viu antes, é possível entender seu funcionamento (se você for paciente e metódico) consultando as especificações do fabricante. Então você pode testá-lo com LEDs e botões de pressão para garantir que não haja mal-entendidos. Na verdade, foi assim que descobri como o 4026B funcionava.

### Geração de pulsos

Uma vez que o timer 555 aceita alimentação entre 5 e 15 volts, como o 4026B, a saída do timer, no pino 3, pode ser conectada diretamente à entrada 4026B. Esta é a função do fio roxo no layout da matriz de contato. O 555 fornece os pulsos e o 4026B os conta.

O restante da fiação em torno do timer 555 já deve ser familiar para você. Você percebe que ele funciona no modo astável. Sua única dúvida pode ser por que ele está tão lento. Não iremos medir os reflexos de uma pessoa nessa velocidade.

É verdade, mas para esta demonstração não quero que os dígitos se pareçam com um borrão indistinguível. Aumentaremos a velocidades mais tarde.

### Hora de um plano

Como deve funcionar um testador de reflexos? Esta é minha lista de desejos:

1. Preciso de um botão para iniciar.
2. Depois que o botão iniciar foi pressionado, há um atraso no qual nada acontece. De repente, há um aviso visual, pedindo para o jogador responder.
3. Simultaneamente, a contagem começa de 000, em 1/1.000 de segundo.
4. O usuário precisa pressionar o botão para parar o processo de

contagem.

5. O contador congela, mostrando quanto tempo passou entre o aviso e o horário de parada. Isto mede os reflexos do usuário.

6. Um botão de reset zera o contador.

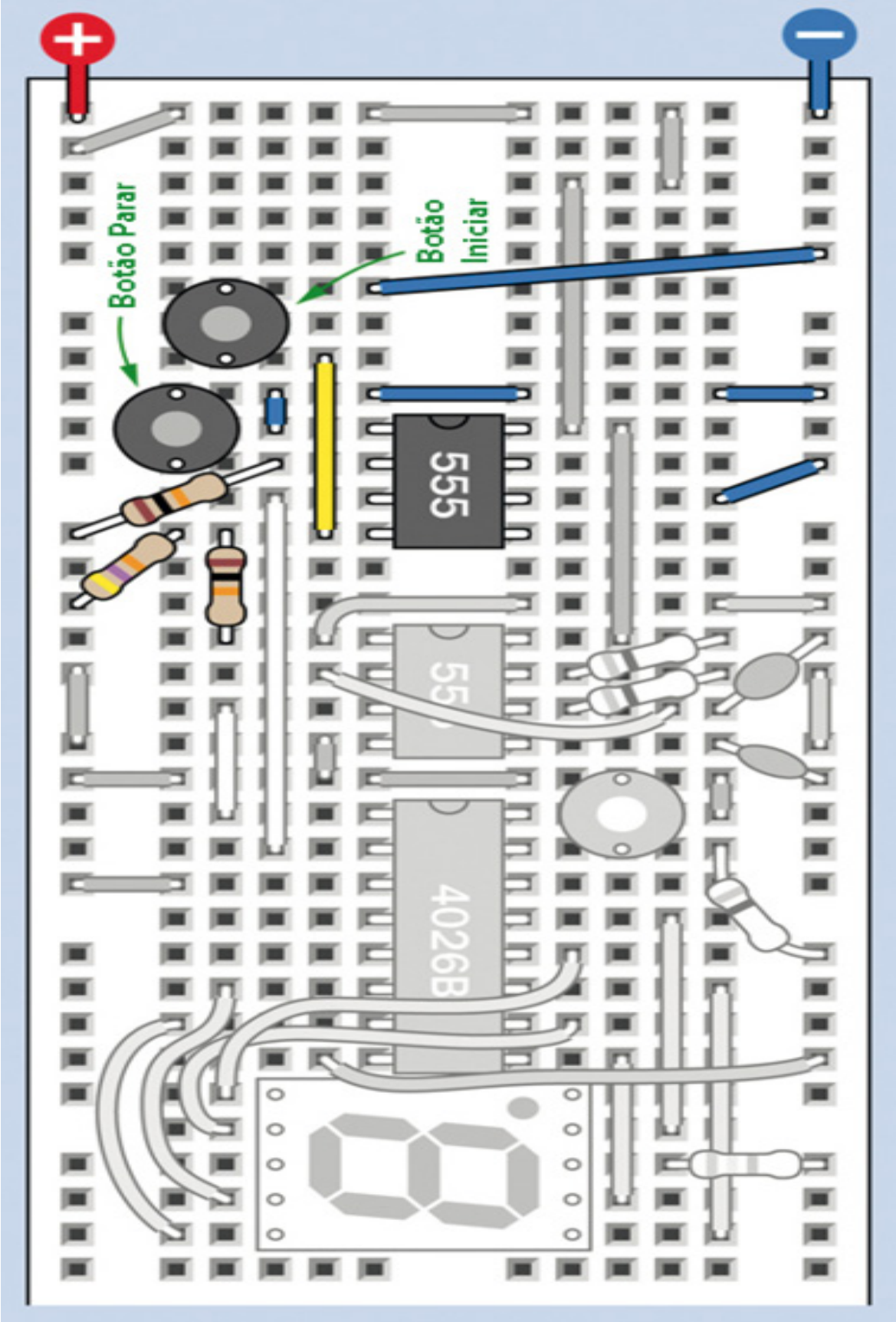
Você já instalou um botão de reset na matriz de contato, o que é necessário. Porém, antes disso, precisamos de um botão que pare o processo de contagem.

O pino de desativação do clock do contador congelará o display, mas se você quiser manter o display parado, o pino precisa ser mantido em um contínuo estado alto. Em outras palavras, ele precisa ser travado neste estado.

Hum, parece que podemos usar outro timer 555, configurado no modo biestável.

### Um sistema de controle

Na Figura 4.69 o timer biestável foi acrescentado, com dois novos botões. O fio diagonal azul na Figura 4.62 foi removido (para abrir espaço para o novo timer). As outras peças instaladas anteriormente ainda estão aí, mas mostradas em cinza.





*Figura 4.69 – Um timer 555 biestável foi acrescentado. Os componentes ligados anteriormente estão em cinza.*

A Figura 4.70 mostra a nova parte do circuito em forma de diagrama, e os valores das peças adicionais são mostrados na Figura 4.71.

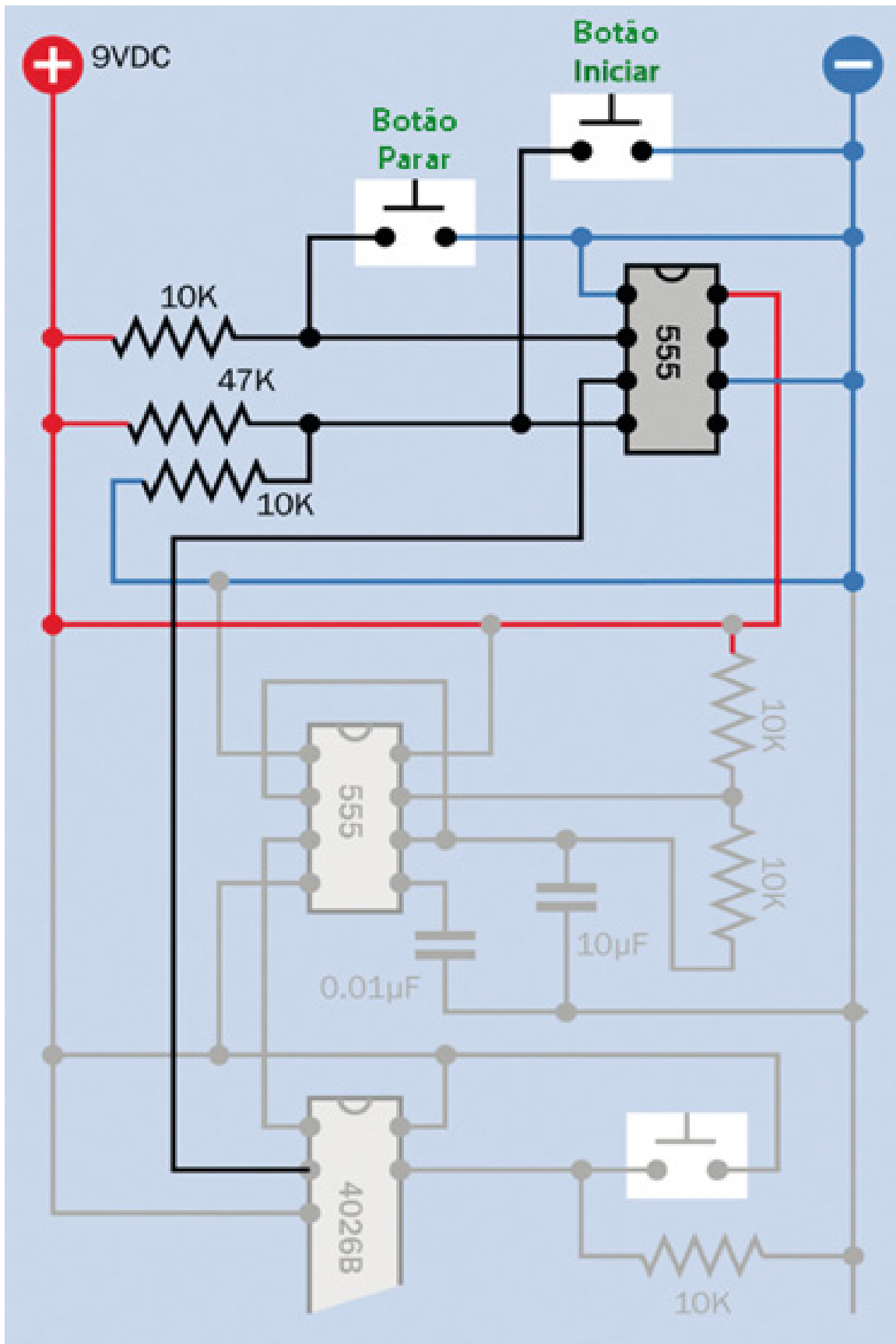


Figura 4.70 – Este diagrama mostra um segundo timer e seus componentes associados. Os componentes anteriores estão em cinza.

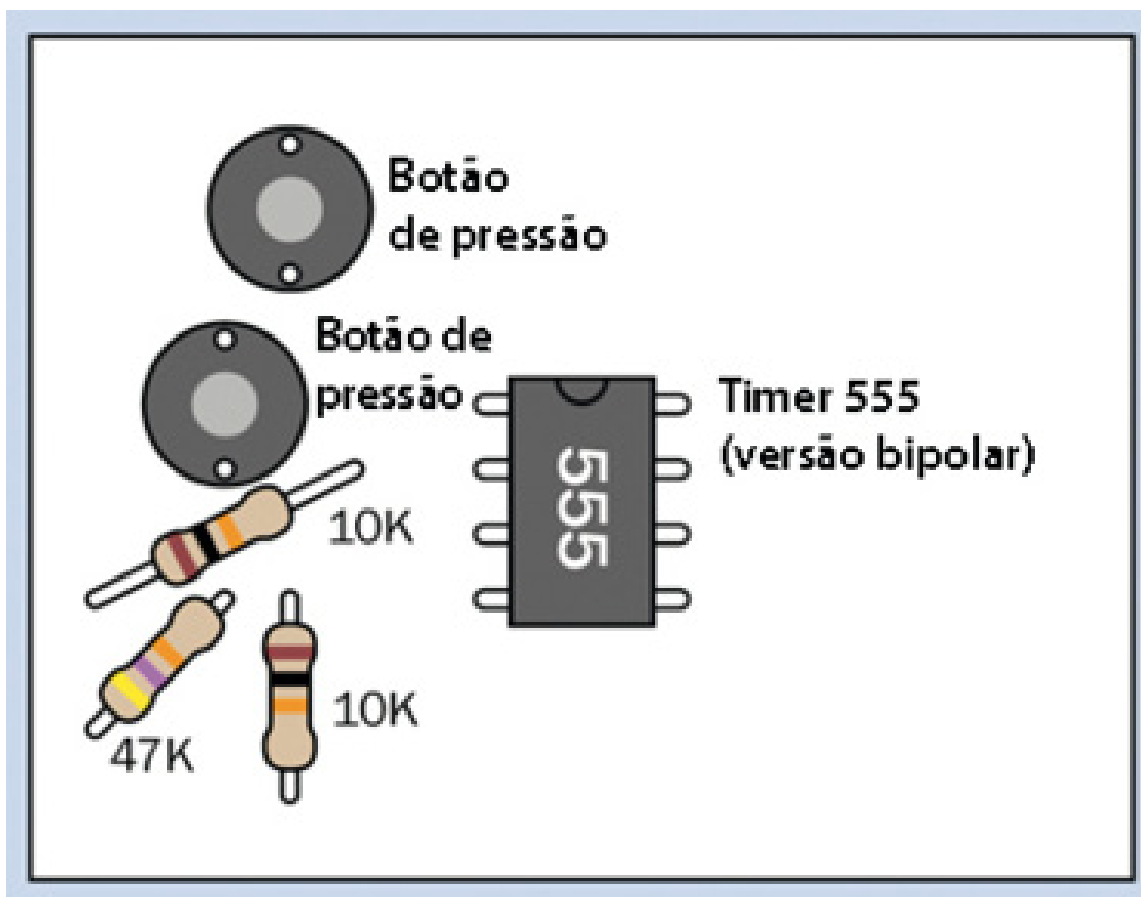


Figura 4.71 – Valores das peças que foram acrescentadas neste módulo do projeto.

Depois de construir esta nova seção do circuito, você pode testá-la. Você verá que os dois novos botões iniciam e param o processo de contagem. Entendeu como eles funcionam?

Pressione o botão de iniciar e ele aterriza o pino de reset do timer biestável. A saída do timer no pino 3 desce e é conectada ao pino de desativação do clock no contador. Lembre-se de que um nível *baixo* no pino de desativação significa que o contador *não* está desativado. Então, o contador começa a contar e continua contando, pois assim que você aciona o timer biestável, sua saída fica travada e permanece neste estado indefinidamente.

No entanto, você pode pará-lo. Basta pressionar o botão de parada.

Ele aterriza o pino de entrada do timer biestável, acionando-o. Consequentemente, a saída do timer sobe e como o timer funciona no modo biestável, a saída trava e permanece alta indefinidamente. Esta saída é ligada ao pino de desativação do clock, que para o contador.

Quando você pressiona o botão no canto inferior direito, que você instalou inicialmente, ele reinicia o timer em 000. Porém, o timer fica travado em seu modo desativado até que você o reinicie com o botão de iniciar.

O 555 biestável era exatamente o que precisávamos para colocar este circuito em funcionamento.

### Relatório de andamento

Vejam quanto avançamos em nossa lista de desejos. Parece que quase terminamos. Você pressiona um botão para iniciar o circuito, pressiona um segundo botão para pará-lo e quando ele estiver parado, pressiona outro botão para reiniciá-lo no valor zero.

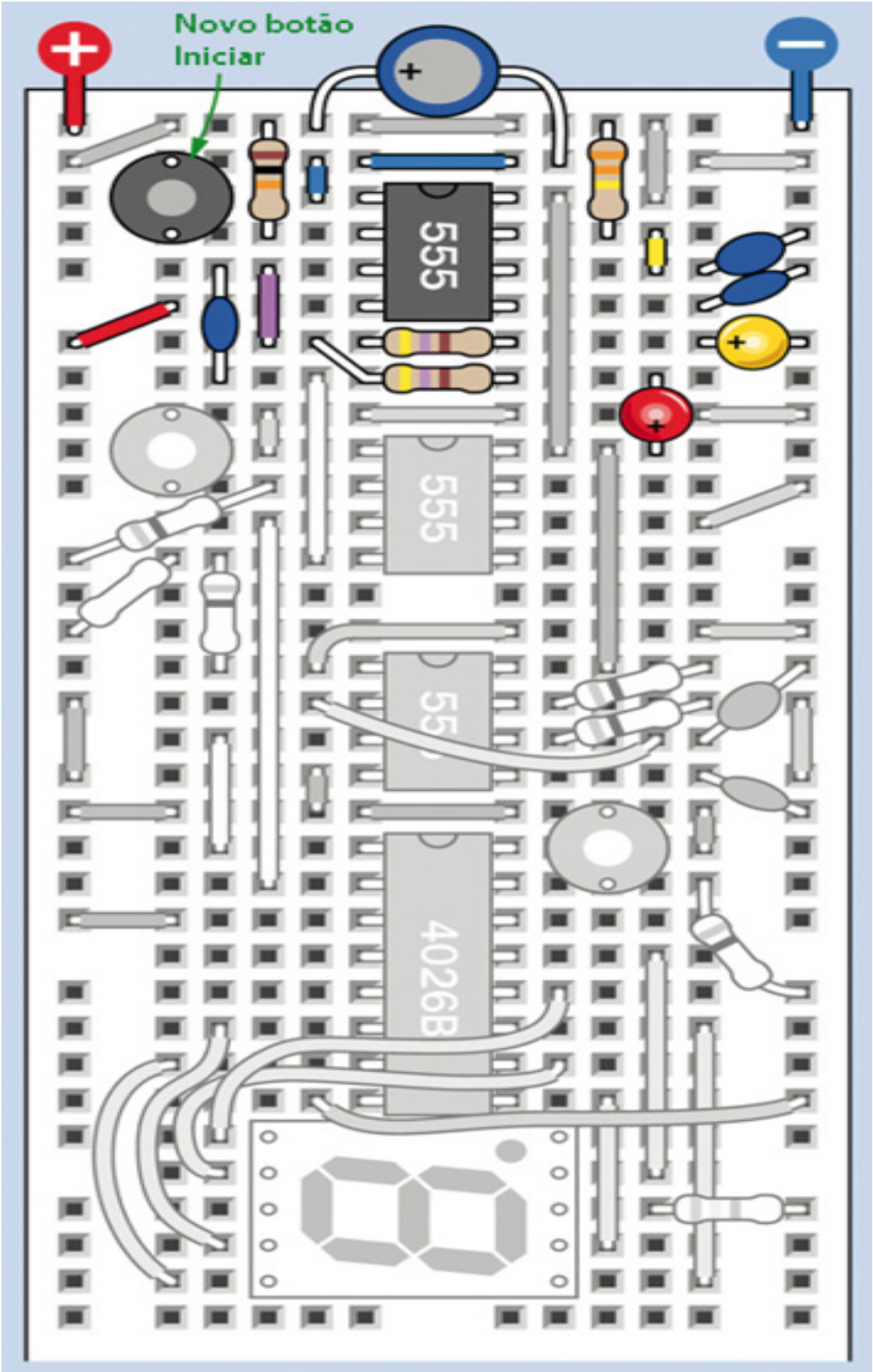
A única coisa que está faltando é o elemento de surpresa. A pessoa que for usá-lo não deve saber quando a contagem iniciará. A ideia é medir a velocidade de seus reflexos quando ele responder.

Por que não adicionar outro timer, no modo monoestável, para inserir um atraso antes de ação iniciar? Desta forma, o início será inesperado.

### O atraso

Primeiro remova o botão iniciar e o pedaço diagonal de fio azul conectando-o com o barramento negativo. Deixe o fio amarelo onde está.

Agora monte alguns componentes adicionais como mostrado na Figura 4.72.



*Figura 4.72 – A parte superior do circuito do testador de reflexos agora está completa.*

O botão iniciar foi relocado para acionar a entrada de um terceiro timer, que irá inserir um atraso preliminar. A saída deste timer ficará alta por 5 ou 10 segundos e então, quando descer, ele aciona o timer biestável, enviando sua saída para baixo para suprimir o recurso de desativação do clock do 4026B para que comece a contar.

Cuidado ao instalar os LEDs vermelho e amarelo. O vermelho funciona do modo inverso ao esperado, pois ele está ligado a uma fonte positiva. Portanto, seu terminal longo e positivo fica na parte inferior e não superior.

Uma versão esquemática da nova parte do circuito aparece na Figura 4.73.

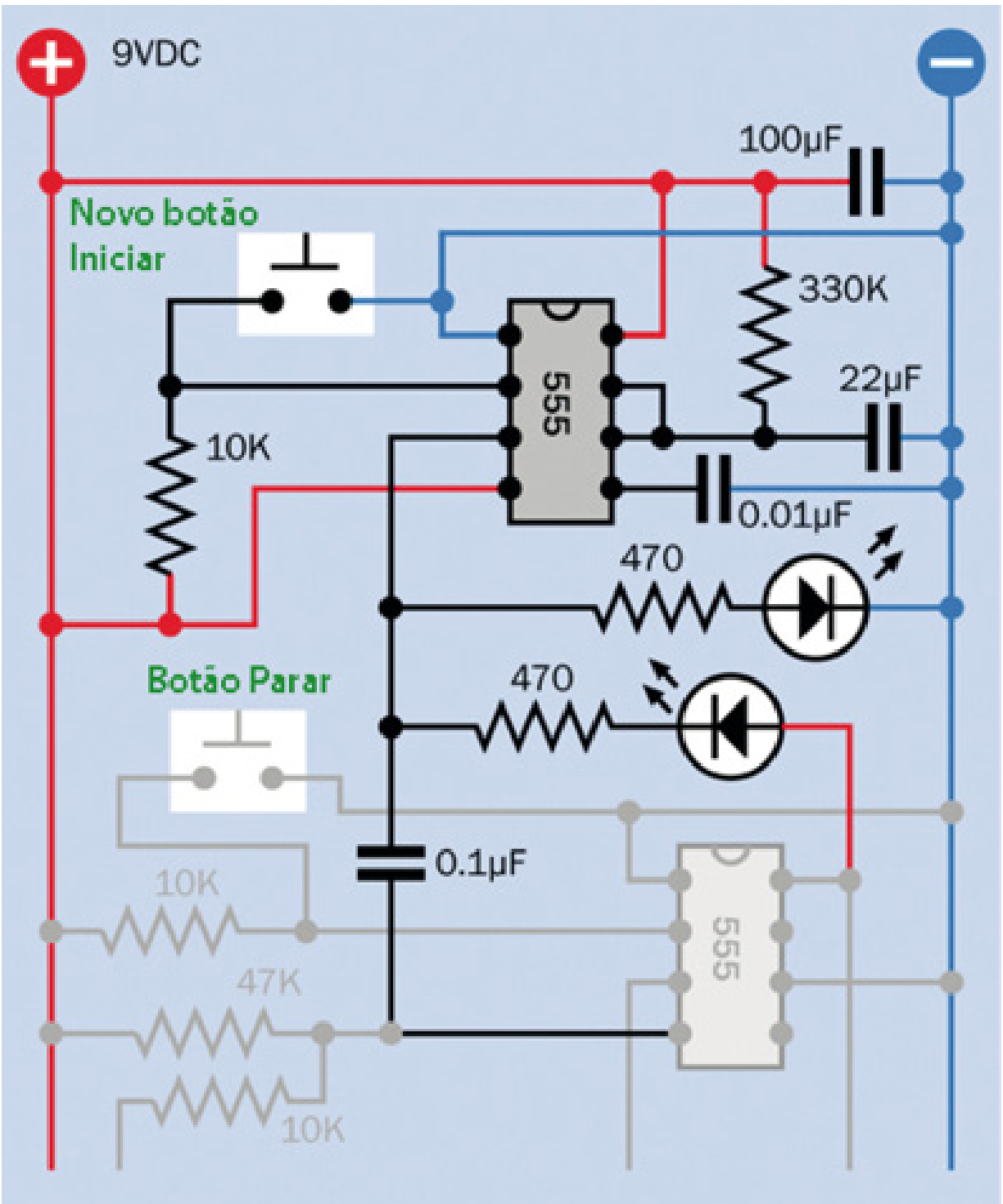


Figura 4.73 – Diagrama do novo e último acréscimo ao circuito de controle. Os valores das peças acrescentadas à matriz de contato são mostrados na Figura 4.74.

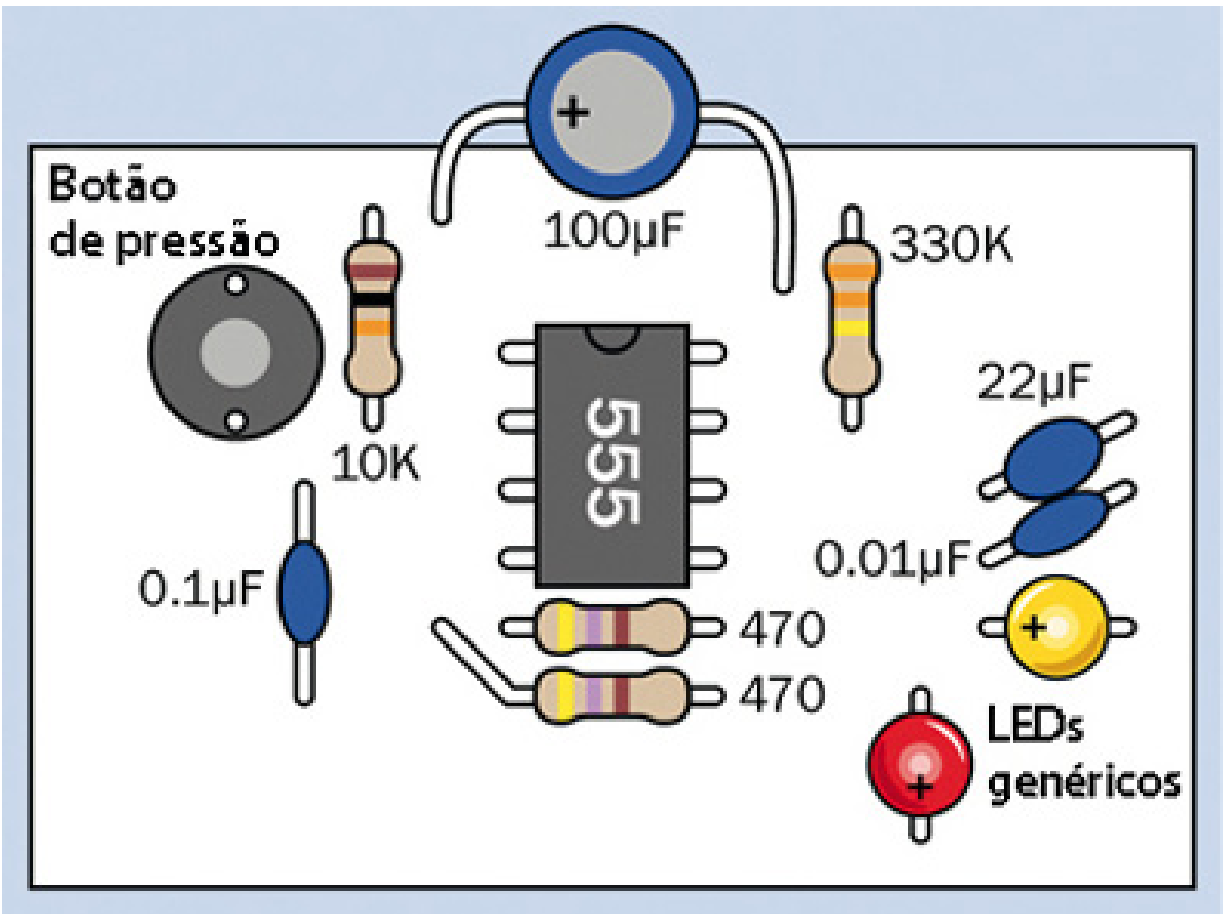


Figura 4.74 – Os valores das peças que foram acrescentadas à matriz de contato.

### Testando

Ao alimentar o circuito, o contador imediatamente começa a contar sem que você solicite. Isto é um problema, mas facilmente contornável. Pressione o botão de parar para interromper a contagem. Pressione o botão de pressão no canto inferior direito para reiniciar o timer para zero. Agora você está pronto para começar.

Pressione o novo botão iniciar, que cria um atraso inicial. Durante este atraso, o LED amarelo acende. O atraso dura cerca de sete segundos, quando então o LED amarelo apaga e o LED vermelho acende. Simultaneamente, o contador começa a contar, até você pressionar o botão de parar.

O capacitor de 100 µF na parte superior da matriz de contato parece

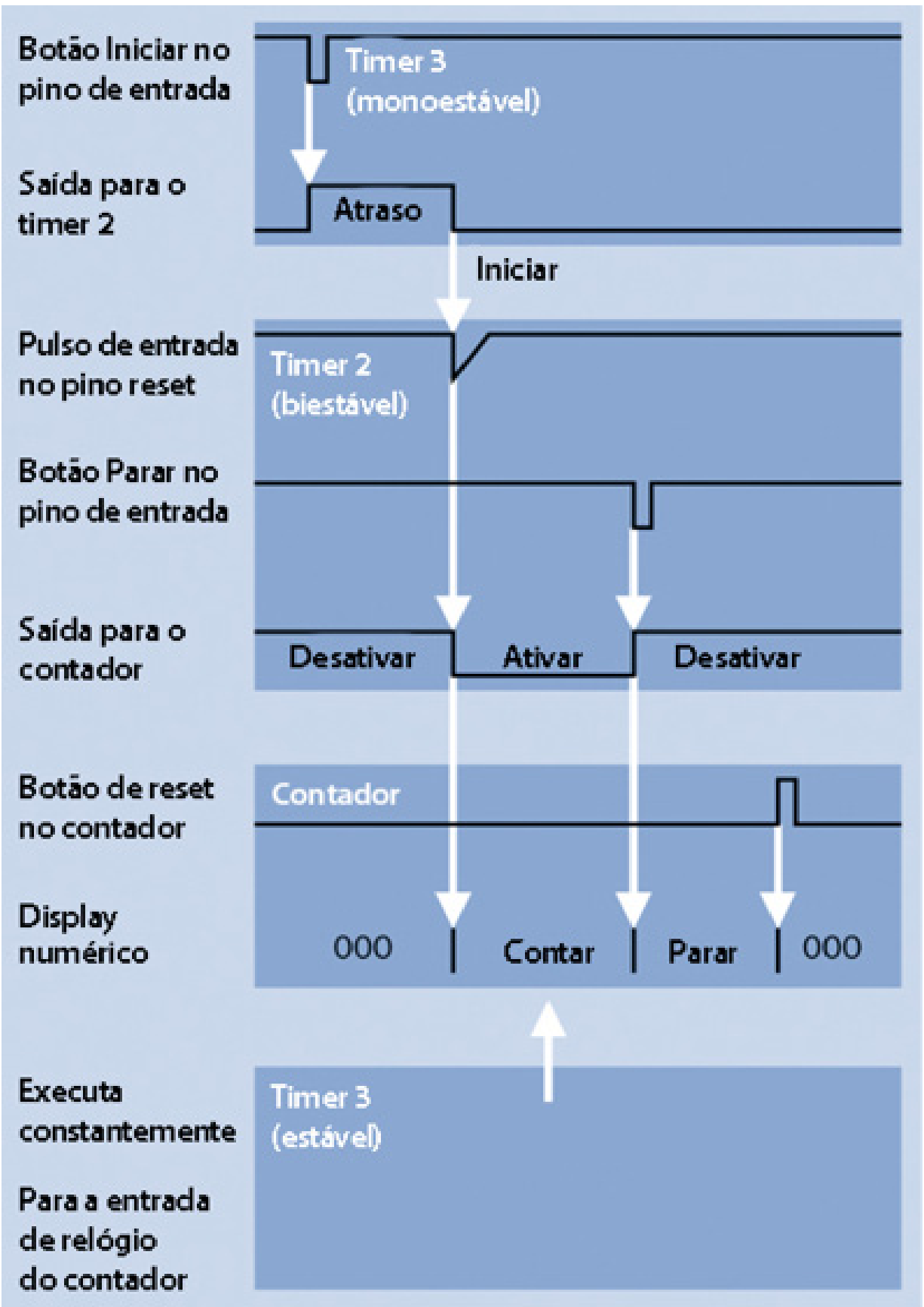


uma adição posterior, mas ele é bem importante. O timer 555 tem o mau hábito de criar picos de tensão quando alterna sua saída, e neste circuito os picos podem disparar o segundo timer sem esperar pelo atraso. O capacitor de 100  $\mu\text{F}$  elimina essa tendência infeliz.

Agora todos os recursos estão instalados, exceto a questão de aumentar a velocidade do contador e adicionar mais alguns contadores e displays para frações de segundo.

### Como funciona?

A Figura 4.75 mostra como os componentes se comunicam entre si.



*Figura 4.75 – Interação entre os componentes no circuito de controle do timer.*

Descreverei esta figura de cima para baixo. O botão de iniciar (na parte superior, conectado ao Timer 3) puxa a entrada do timer para baixo para acioná-lo.

A saída do Timer 3 sobe por sete segundos. Isto cria seu atraso inicial.

Ao final do atraso, a saída do Timer 3 volta a cair. Esta transição passa pelo capacitor de acoplamento de 0,1  $\mu\text{F}$  e chega no Timer 2, que é biestável. O capacitor permite apenas que um breve pulso chegue ao pino de reset do Timer 2. O pulso derruba a saída do Timer 2. Esta saída baixa é ligada ao pino de desativação do clock do contador 4026B. Um nível baixo ativa o contador e a contagem inicia.

Agora esperamos pela resposta do usuário. O usuário pressiona o botão de parar do Timer 2, conectado com sua entrada no pino 2. A breve entrada em nível baixo do Timer 2 faz com que sua saída suba, o que ativa o pino de desativação do clock do contador e a contagem para.

### Histórico: problemas de desenvolvimento

Este projeto criou um problema. Quando construí o circuito original há vários anos, ele funcionou bem. Quando alguns estagiários da *Make: magazine* construíram o circuito, ele funcionou bem. Mal sabíamos que o pino de reset de um timer 555 se comporta de forma um pouco diferente dependendo da marca. Isto não está documentado nas especificações.

Depois que meu livro tinha sido impresso há anos, eu recebi um aviso de um leitor dizendo que a versão dele do circuito funcionava de forma errática e, às vezes, não funcionava. Eu reconstruí o circuito, conectei-o a um osciloscópio e vi que o capacitor de acoplamento estava transmitindo um pulso fielmente do Timer 3 para o pino de reset do Timer 2. Claro que o Timer 2 às vezes não reconhece o pulso.

Qual era o problema? Ou o pulso era breve demais ou não descia o suficiente. De qualquer forma, a solução era aplicar uma tensão menor no pino 4 do Timer 2. É por isso que existem dois resistores ligados ao pino 4. Eles funcionam como um divisor de tensão, aplicando um pouco menos de 2 V ao pino 4. Isto é suficiente para mantê-lo funcional, mas permite que a tensão de reset desça ainda mais para ativar o reset.

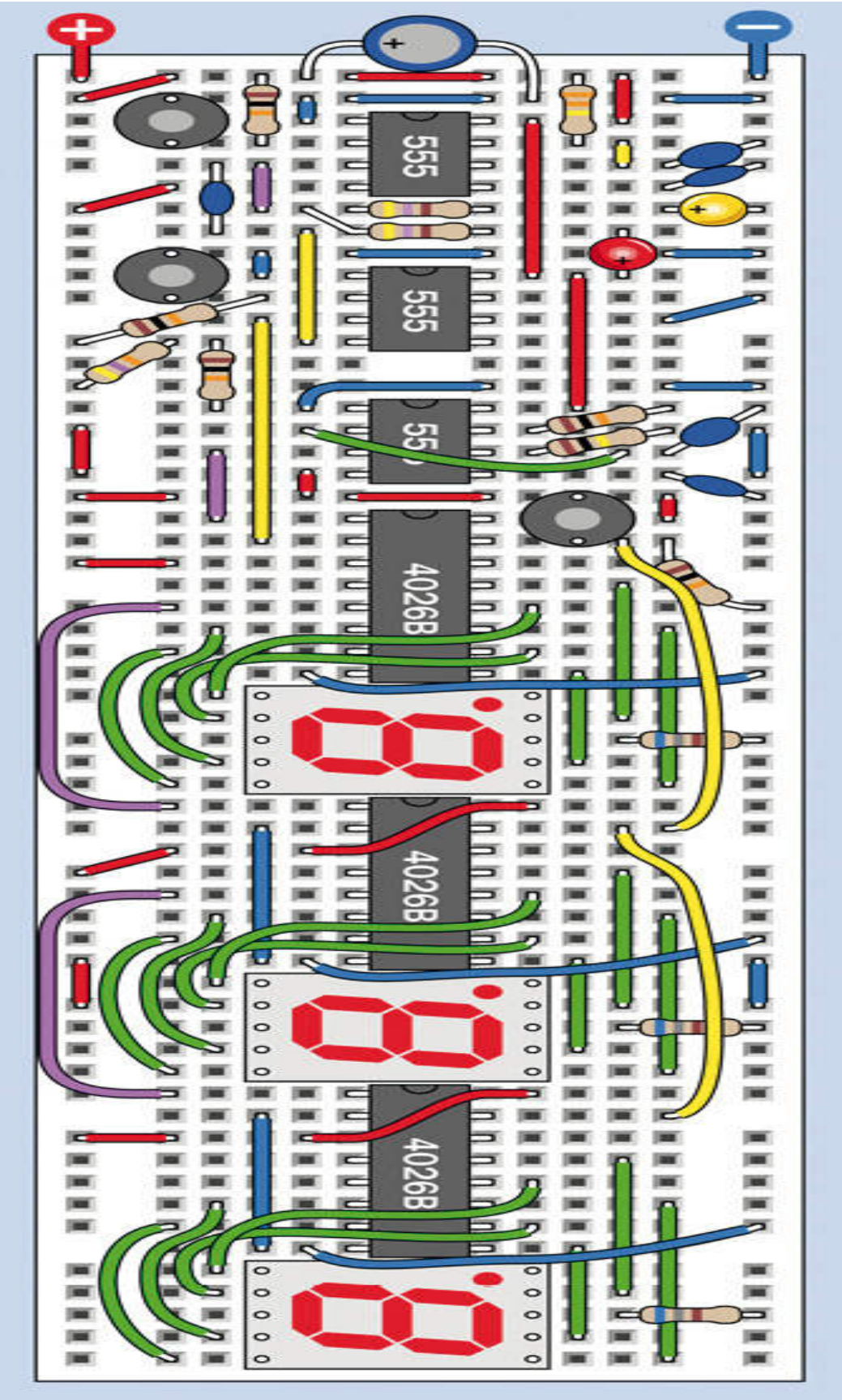
Isto funcionou bem para mim. Testaremos o circuito novamente antes de esta edição do livro ir para a gráfica. Se não funcionar para você, tente aplicar uma tensão diferente ao pino 4 do Timer 2, usando um substituto para o resistor de 47 K, ou maior ou menor. Você também pode tentar um capacitor de acoplamento maior. E depois me avise. Obviamente, quero que todos os circuitos neste livro funcionem corretamente, sempre. Porém, não posso prever todas as variações de fabricação que podem afetar o resultado.

### Dígitos extras

Adicionar mais dois dígitos é muito fácil, já que cada dígito será controlado por seu próprio contador 4026B e todos os contadores e dígitos serão ligados basicamente do mesmo modo. Isto é mostrado na Figura 4.76.

Observe os fios roxos à esquerda. Cada um deles conecta o pino carry out de um contador para a entrada de clock do próximo.

Os fios amarelos do lado direito conectam todas as entradas de reset dos contadores para que você reinicie todos de uma vez.



*Figura 4.76 – O testador de reflexos concluído mal cabe na matriz de contato de 60 fileiras.*

No segundo e terceiro contador, os fios azuis foram acrescentados para aterrar o pino 2 de cada chip. Lembre-se de que o pino 2 é o pino de desativação do clock. Nós nunca precisamos parar a contagem do segundo e terceiro contadores, pois eles estão completamente sob o controle do primeiro contador. Quando ele parar, eles também param.

Lembre-se de alimentar positivamente o pino 16 (o pino de alimentação) do segundo e terceiro contadores, ligando um fio vermelho em cada chip, como mostrado.

### Calibração

Como fazer para o circuito funcionar na velocidade correta?

Usando um resistor de 10 K em vez de 100 K no primeiro timer instalado e substituindo o capacitor de 3,3  $\mu\text{F}$  por um de 47 nF (0,047  $\mu\text{F}$ ). Na teoria, isto deve criar uma frequência de 1.023 Hz, que é muito próxima da frequência desejada de 1.000 Hz.

Para um ajuste fino, você precisará substituir um dos resistores de 10 K do primeiro timer por um trimpot. Este circuito é tão denso que quase não há espaço, mas eu pensei em uma maneira de encaixar um trimpot. Isto é mostrado na Figura 4.77, que é um close-up da área em torno do menor dos três timers.

Primeiro mova os fios azuis uma fileira para cima. Curve o fio vertical vermelho ao redor do canto direito. Estenda o terminal do resistor de 10 K restante, prestando atenção para que ele não toque outros condutores expostos. Agora você pode inserir um trimpot, com o pino de seu cursor fazendo contato com a alimentação positiva e o outro pino se conectando ao pino 7 do timer. O terceiro pino do trimpot encaixa em uma fileira vaga da matriz de contato e pode ser ignorado.



capacitor de acoplamento de 10  $\mu$ F e um resistor de 47 ohms em série), e o sintonizador deve indicar a frequência da nota que está sendo gerada pelo timer.

Se você não tem um multímetro adequado ou um sintonizador de guitarra, você pode usar qualquer relógio de pulso, de parede ou telefone que exibam segundos. Quando o timer estiver funcionando a 1 kHz, o segundo contador avançará a cada 1/100 de segundo e o terceiro contador avançará a cada 1/10 de segundo. O terceiro contador mostra 10 dígitos antes de se repetir, o que significa que ele exibirá um zero a cada segundo.

O problema é que cada dígito é iluminado tão brevemente que será difícil ver com precisão quando o zero aparecer. Veja o que fazer.

Cubra todos os segmentos do display mais lento exceto o segmento no canto inferior direito. Ele fica iluminado o tempo todo, exceto quando o numeral 2 é exibido, quando então ele pisca. Será muito mais fácil contar as piscadas deste único segmento que tentar reconhecer números inteiros. Ajuste o trimpot e gradualmente você poderá sincronizar o display mais lento com um relógio.

## Melhorias

Sempre que termino um projeto, vejo oportunidades de melhorá-lo. Aqui estão algumas ideias:

*Nenhuma contagem ao iniciar.* Seria bom se o circuito começasse no estado “pronto”, em vez de já sair contando. Deixarei que você pense sobre esta questão.

*Feedback sonoro* quando o LED vermelho acender. Não é essencial, mas seria um recurso legal.

*Um atraso aleatório* antes de a contagem começar. Fazer com que componentes eletrônicos se comportem de modo aleatório é muito difícil, mas uma maneira de fazê-lo é pedir para o usuário encostar seu dedo em alguns contatos de metal. A resistência da pele do dedo determinaria o atraso. Uma vez que a pressão do dedo não seria a mesma toda vez, o atraso iria variar.



## E depois?

Um contador como o 4026B é tecnicamente um chip lógico. Ele contém *portas lógicas* que permitem que ele conte. Todo computador digital funciona baseado em princípios semelhantes.

Uma vez que a lógica é tão fundamental na eletrônica, vou me aprofundar bastante neste tópico, começando com o próximo experimento. As palavras mágicas AND, OR, NAND, NOR, XOR e XNOR abrirão todo um novo universo de intrigas digitais.

## Experimento 20: Aprendendo lógica

Ao lidar com portas lógicas individualmente, elas são extremamente fáceis de entender. Quando você as combina, o desafio cresce. Por isso, começarei falando de uma por vez.

Este experimento contém uma quantidade significativa de explicações. Não espero que você se lembre de tudo. A finalidade aqui é fornecer um conjunto de informações que possam ser consultadas posteriormente.

### O que será necessário

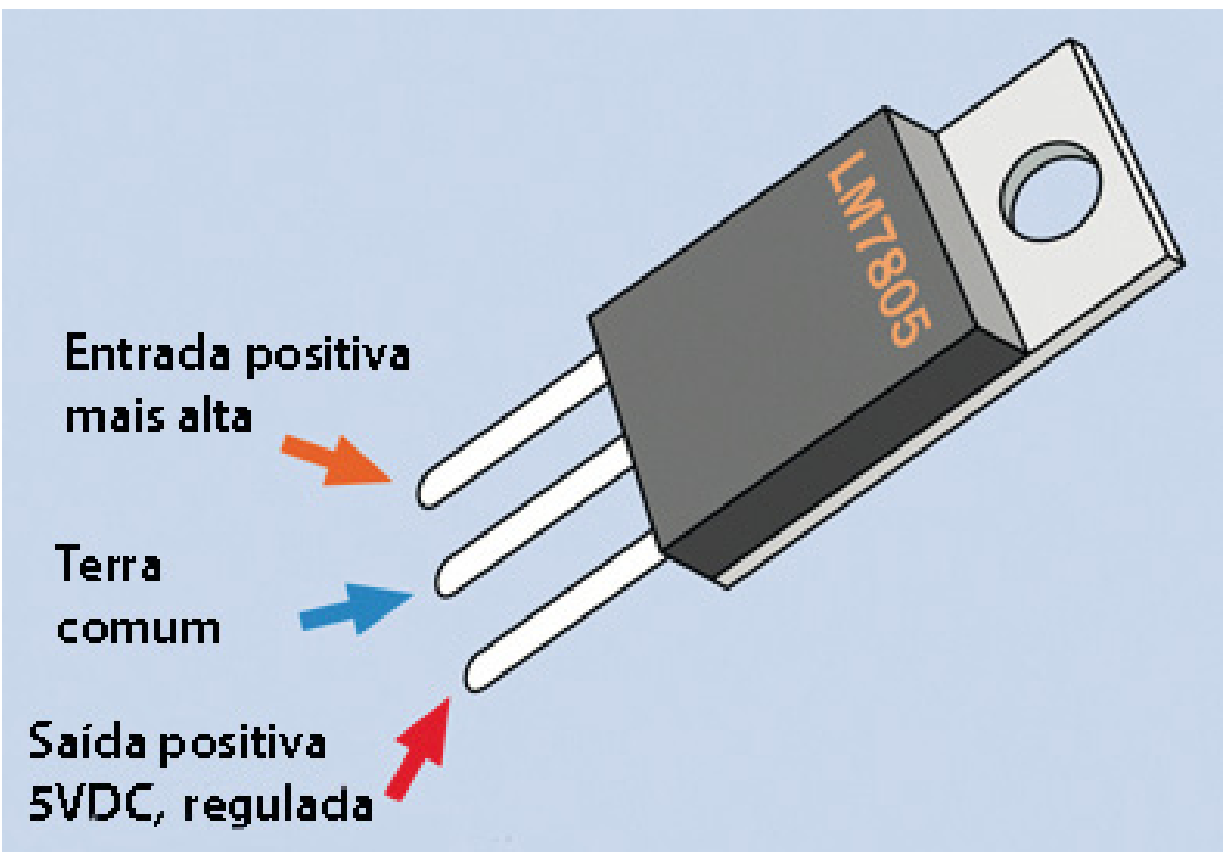
- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, cabos de teste, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Interruptor deslizante SPDT (1)
- Chip 74HC00 com quatro portas NAND e 2 entradas (1)
- Chip 74HC08 com quatro portas AND e 2 entradas (1)
- LEDs de baixa corrente (2)
- Botões de pressão (2)
- Regulador de tensão LM7805 (1)
- Resistores: 680 ohms (1), 2,2 K (1), 10 K (2)
- Capacitores: 0,1  $\mu$ F (1), 0,33  $\mu$ F (1)

### O regulador

Portas lógicas são muito mais exigentes que o timer 555 ou o contador 4026B usados anteriormente. As versões que usaremos exigem uma tensão precisa de 5 VDC, sem “flutuações” ou picos no fluxo de corrente.

Isto é muito fácil e barato de obter. Basta configurar sua matriz de contato com um regulador de tensão LM7805. Ele fornece uma tensão controlada de 5 volts se você o alimentar com uma tensão DC de 7 volts ou mais.

Para um diagrama do regulador mostrando a função de seus três pinos, veja a Figura 4.78. Para um diagrama mostrando como usar o regulador, veja a Figura 4.79.



*Figura 4.78 – Funções dos pinos do regulador de tensão LM7805, mostradas com a parte metálica para trás.*

Para uma sugestão de como posicionar o regulador e seus dois capacitores na parte superior da matriz de contato para ocupar um espaço mínimo, veja a Figura 4.80. Acrescentei uma chave liga-

desliga miniatura no canto superior esquerdo e um LED de baixa corrente para mostrar quando o circuito está ligado. Acho que um indicador visual é útil para garantir que o circuito está ligado, especialmente quando você está procurando uma falha nele. O resistor de 2,2 K para o LED foi escolhido para consumir o mínimo de corrente possível, caso você ainda use uma bateria de 9 volts como fonte de alimentação.

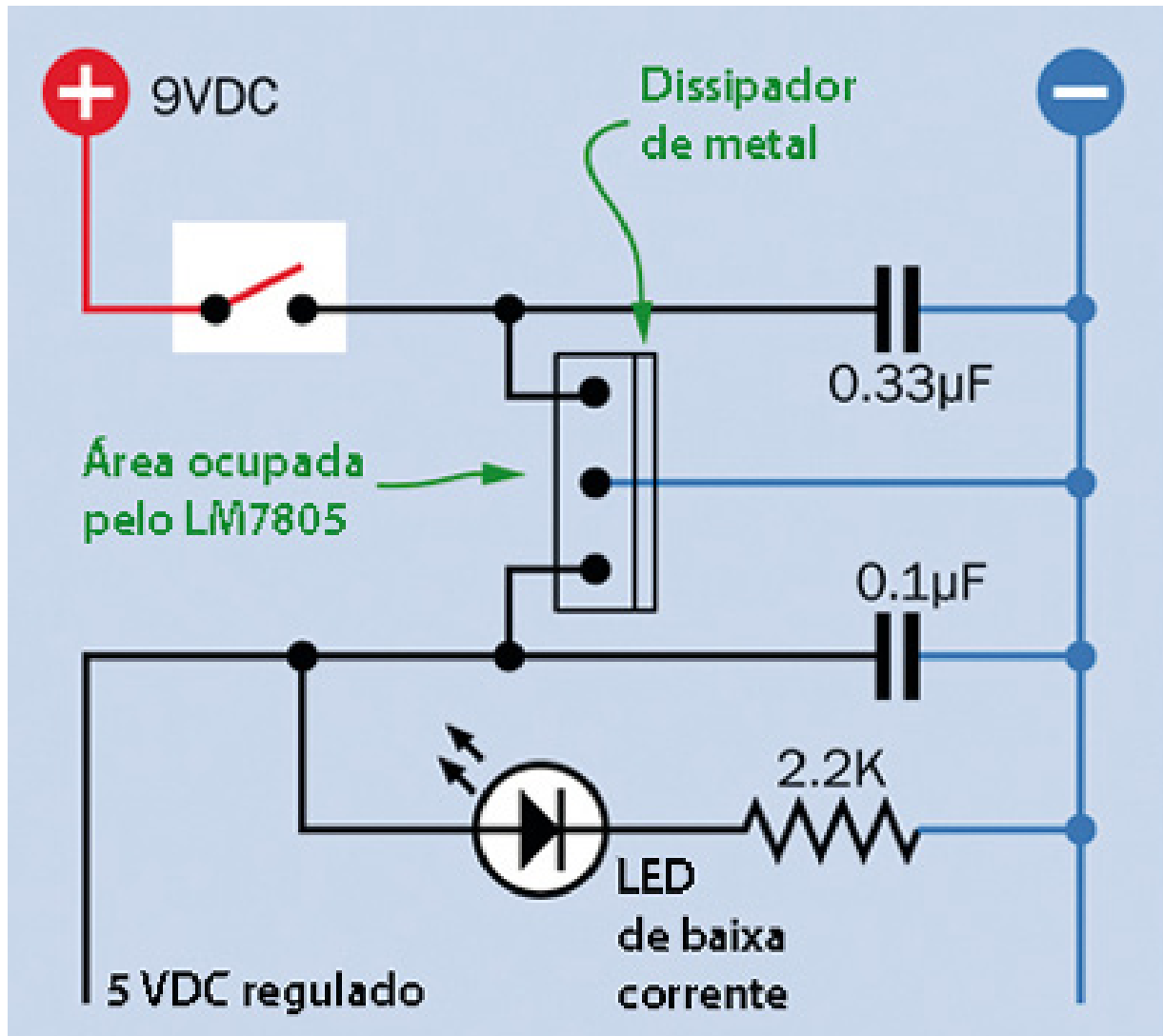


Figura 4.79 – Como usar o regulador de tensão LM7805. Os capacitores são obrigatórios.

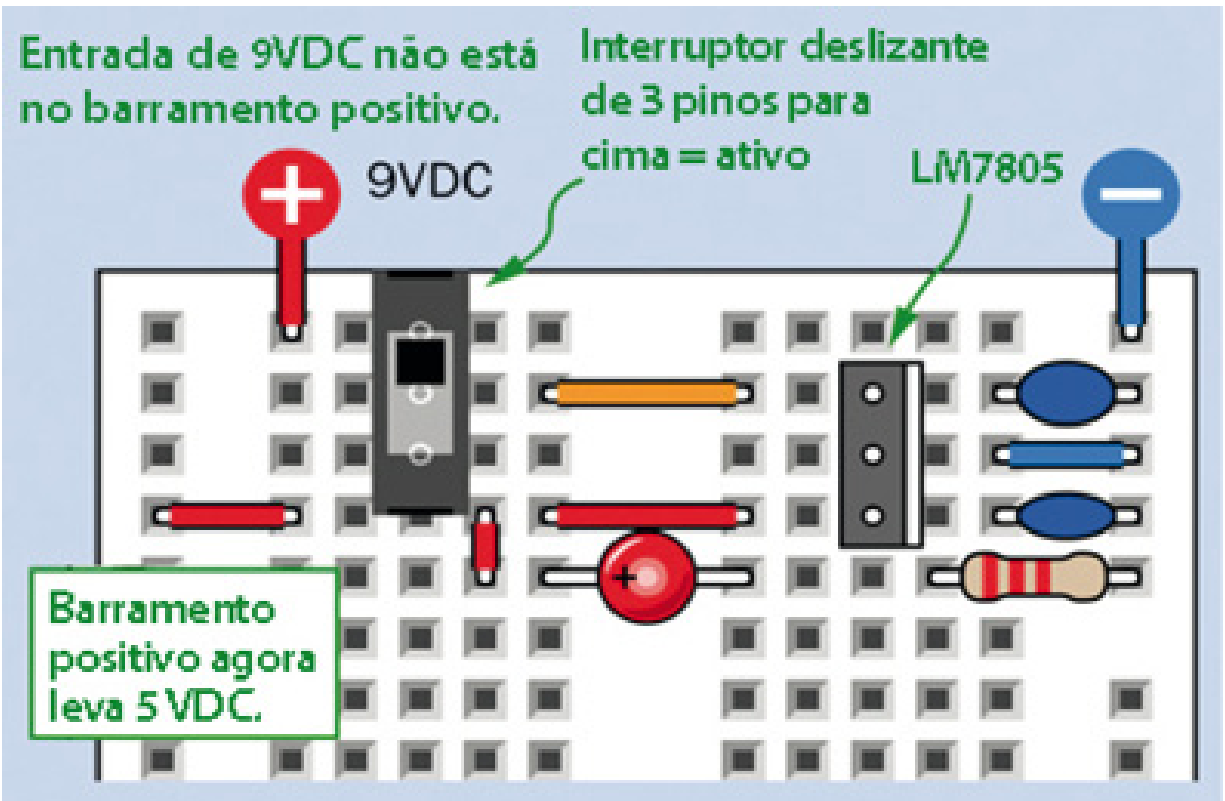


Figura 4.80 – Posicione o regulador de tensão na parte superior da matriz de contato para ocupar o mínimo espaço e ao mesmo tempo permitir uma chave liga-desliga e um LED de baixa corrente para indicar que o circuito está ligado.

### Cuidado: entradas inadequadas

**DC, não AC.** Lembre-se de que o LM7805 é um conversor DC-DC. Não o confunda com um adaptador AC, que usa corrente alternada de uma tomada em sua casa e a converte em corrente contínua. Não aplique corrente alternada à entrada de seu regulador de tensão.

**Corrente máxima.** O LM7805 funciona muito bem mantendo sua saída em uma tensão quase constante, independentemente de quanta corrente você puxa – desde que você fique dentro do intervalo nominal. Não tente puxar mais de 1 ampere através do regulador de tensão.

**Tensão máxima.** Embora o regulador de tensão seja um dispositivo de estado sólido, ele se comporta um pouco como um resistor visto que ele irradia calor no processo de reduzir a tensão. Quanto maior

a tensão de entrada no regulador, mais corrente passa por ele e mais calor ele precisa irradiar. Teoricamente, você poderia usar uma entrada de 24 VDC e ainda assim obter uma saída regulada de 5 VDC, mas isto não seria uma boa ideia. Um bom intervalo de entrada é entre 7 VDC e 12 VDC.

**Tensão mínima.** Como todos os dispositivos semicondutores, o regulador de tensão fornece uma tensão que é menor que a tensão de entrada. Por isso sugeri uma entrada mínima de 7 VDC.

**Depósito de calor.** A finalidade da peça metálica com um furo na parte superior é irradiar calor, o que ela fará de modo mais eficaz se você aparafusá-la a um pedaço de alumínio, já que o alumínio é um condutor de calor muito eficaz. O alumínio funciona como depósito de calor e você pode comprar alguns bem sofisticados com várias aletas de refrigeração. Se não pretende puxar mais de 200 mA através do regulador, um depósito de calor é desnecessário. Os circuitos neste livro exigirão menos que isso.

## Utilização

Ao construir circuitos usando chips lógicos de 5 volts, você quer que os 5 VDC estejam disponíveis no barramento positivo de sua matriz de contatos. Observe atentamente que a entrada de 9 volts do circuito na Figura 4.80 *não* está no barramento positivo, mas é aplicada apenas ao pino superior do regulador de tensão. A saída de 5 VDC do pino inferior do regulador de tensão está conectada com o barramento positivo.

O barramento negativo na matriz de contato é compartilhado pelo regulador de tensão e pela fonte de alimentação externa. Isto é conhecido como “terra comum”.

Depois de instalar seu regulador de tensão, configure seu multímetro para medir volts DC e meça a tensão entre os dois barramentos na matriz de contato, só para ter certeza. Os chips lógicos são facilmente danificados por tensão incorreta ou inversa.

## Sua primeira porta lógica

Agora que sua matriz de contato está alimentada com 5 VDC, pegue alguns botões de pressão, dois resistores de 10 K, um LED de baixa corrente e um resistor de 680 ohms e posicione-os em torno de um chip lógico 74HC00 como mostrado na Figura 4.81. (Uma vez que você está usando um LED de baixa corrente, um resistor de 680 ohms é adequado.)

Talvez você tenha notado que muitos dos pinos do chip estão em curto e conectados ao lado negativo da fonte de alimentação. Explicarei isso a seguir.

Ao alimentar o circuito, o LED deve acender. Pressione um dos botões de pressão e o LED permanece aceso. Pressione o outro botão de pressão e o LED continua aceso. Agora pressione os dois botões e o LED deve apagar.

Os pinos 1 e 2 são entradas lógicas do chip 74HC00. Por definição, o circuito os mantém a uma baixa tensão, conectando-os ao lado negativo da fonte de alimentação através de resistores pull-down de 10 K. Porém, cada botão de pressão se sobrepõe a seu resistor e força o pino de entrada a subir sua tensão até quase o valor de 5 V do barramento positivo.

- Quando uma entrada ou saída associada a um chip lógico de 5 V está próxima de 0 VDC, dizemos que ela é de *nível lógico baixo*.
- Quando uma entrada ou saída associada a um chip lógico de 5 V está próxima de 5 VDC, dizemos que ela é de *nível lógico alto*.

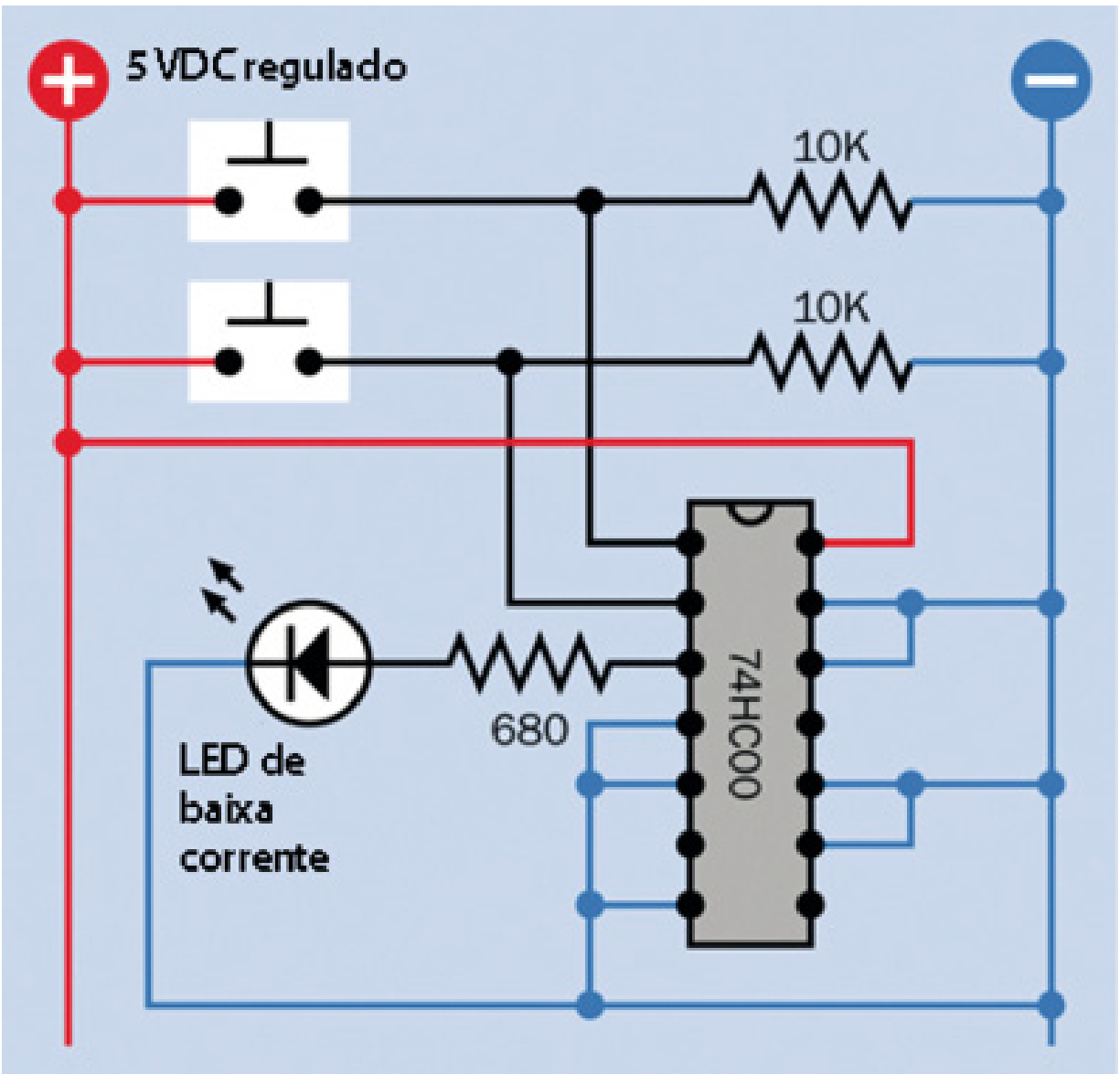


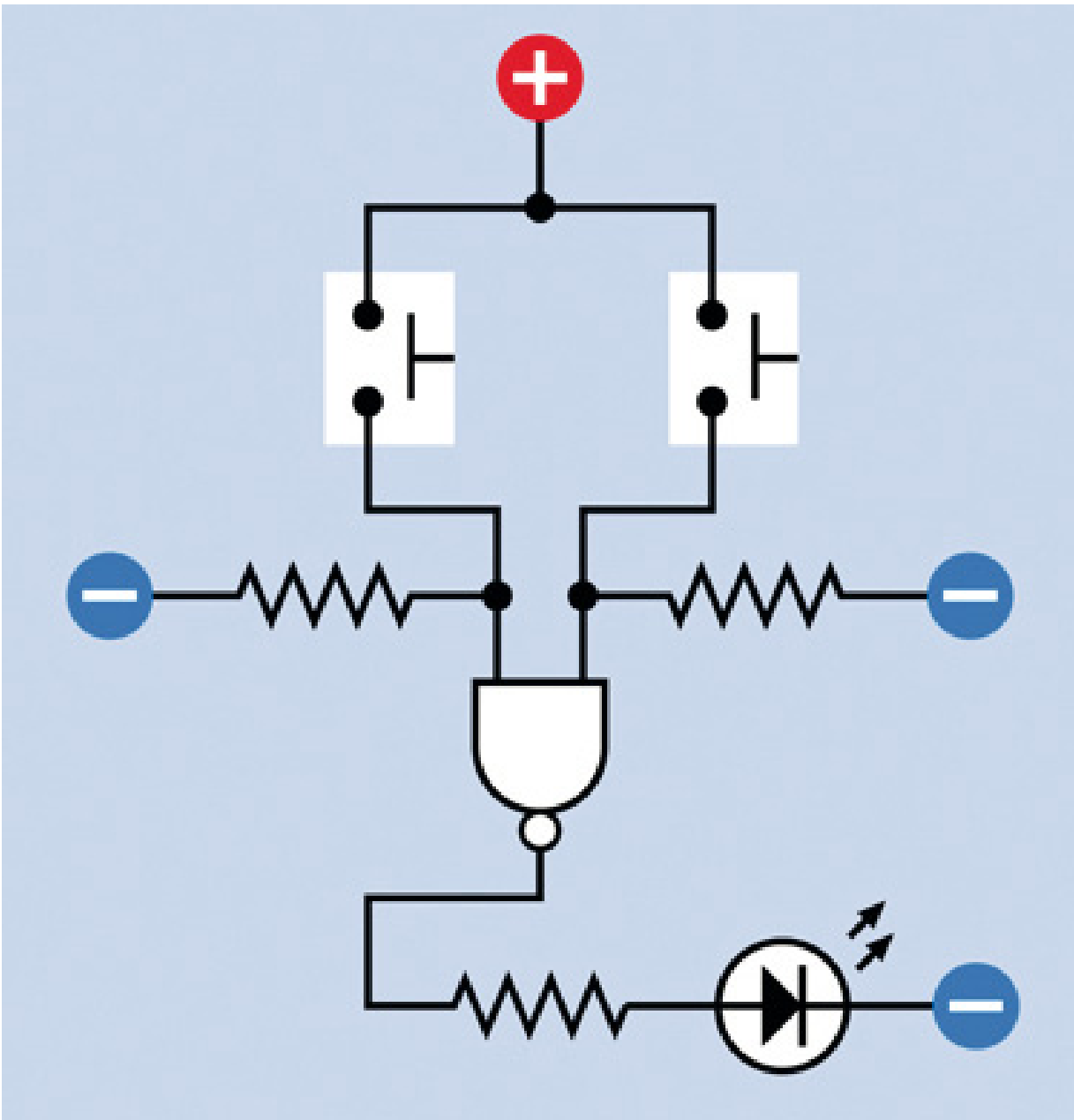
Figura 4.81 – Descobrimos a função lógica da porta NAND.

A saída lógica do chip, como você viu, é normalmente alta, mas *não* se a primeira e a segunda entrada forem altas. Já que o chip faz uma operação “Not AND” (“Não E”), dizemos que ele contém uma *porta lógica NAND*.

Portas lógicas podem ser representadas com símbolos especiais que são usados em um tipo de diagrama conhecido como um *diagrama lógico*. O diagrama lógico que corresponde ao circuito na Figura 4.81 é mostrado na Figura 4.82, onde o item em formato de U com um círculo na parte inferior é o símbolo lógico de uma porta

NAND. O diagrama lógico não mostra fonte de alimentação, mas se você consultar o diagrama da Figura 4.81, o chip precisa ser alimentado, nos pinos 7 (terra negativo) e 14 (positivo). Isto permite que o chip forneça mais corrente que recebe.

- Sempre que você vir o símbolo de um chip lógico lembre-se de que ele precisa ser alimentado para funcionar.



*Figura 4.82 – Um diagrama lógico pode ser mais fácil de entender que um esquema mostrando um chip lógico.*



O chip 74HC00 na verdade contém quatro portas NAND separadas, cada uma com duas entradas lógicas e uma saída. Elas estão dispostas como mostrado na Figura 4.83, no diagrama da direita. Uma vez que apenas uma porta foi necessária para o teste simples, os pinos de entrada das portas não usadas foram colocados em curto e ligados ao lado negativo da fonte de alimentação para impedir que ficassem flutuando.

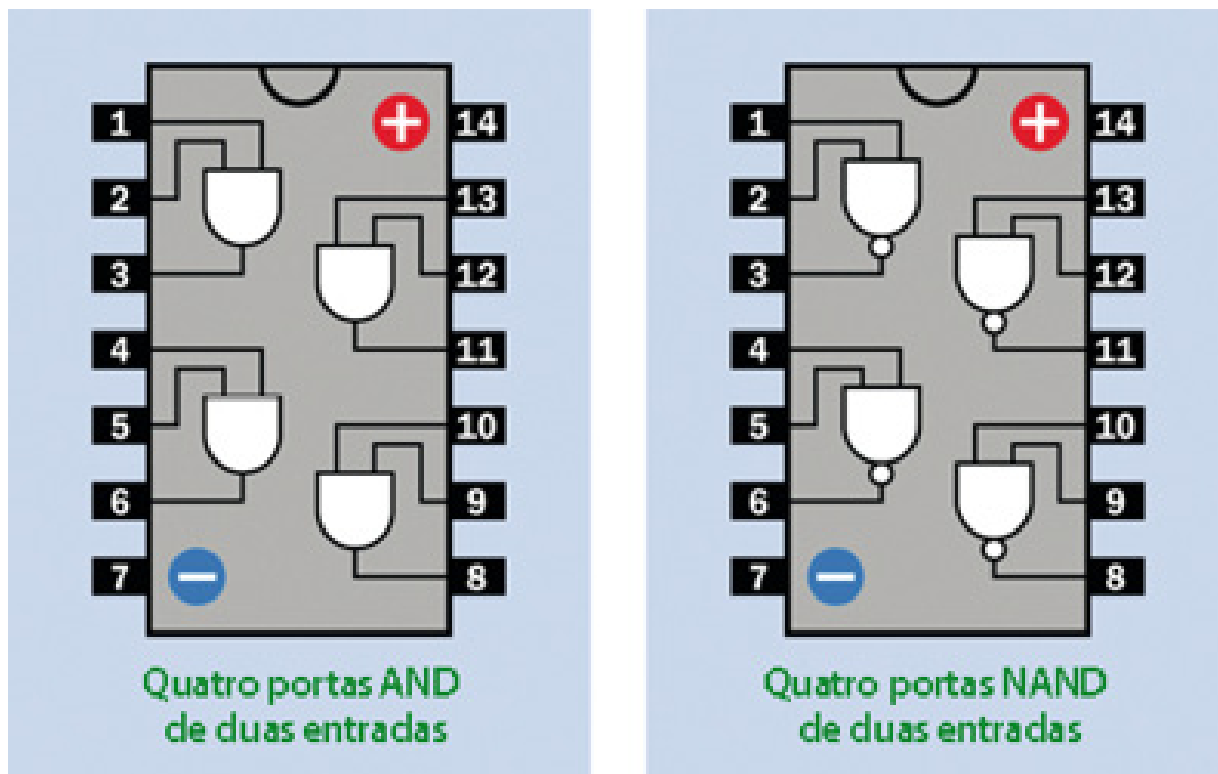
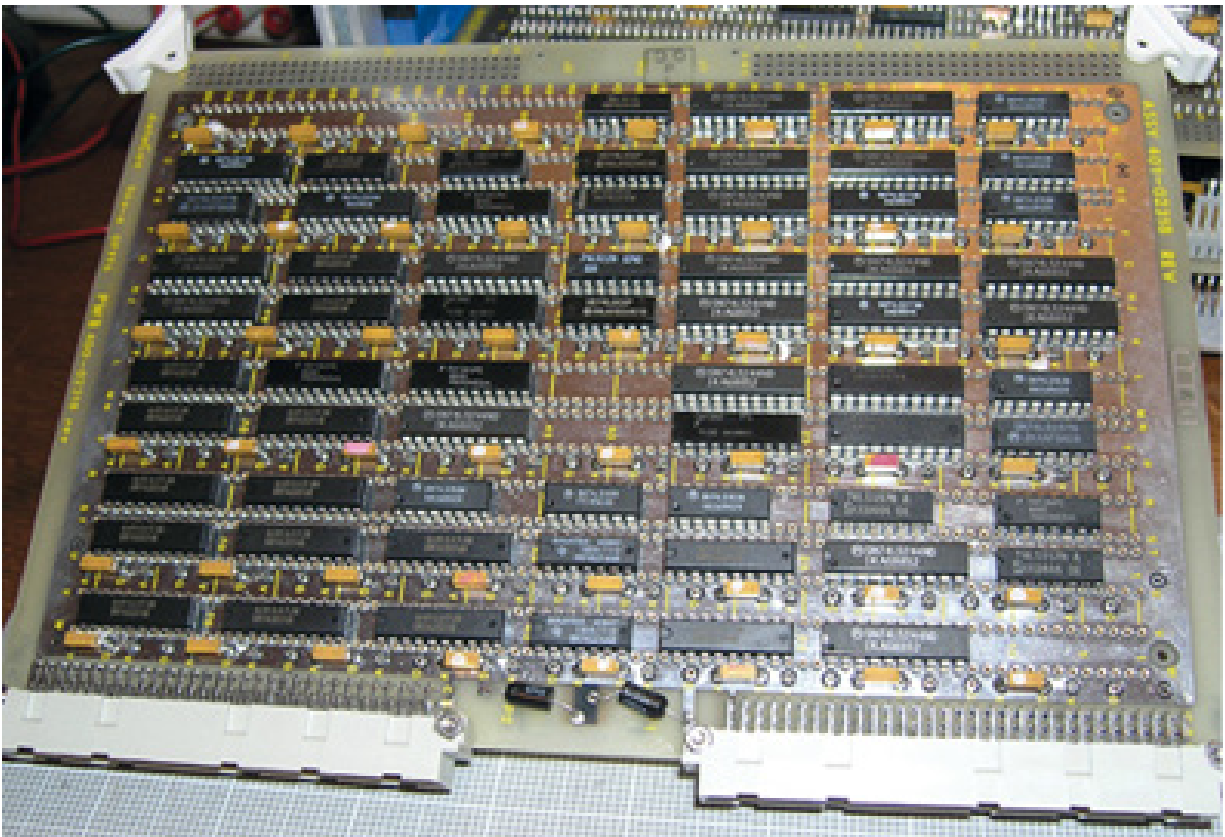


Figura 4.83 – A disposição das portas dentro de dois chips lógicos.

Muitos chips lógicos são intercambiáveis. Na verdade, vamos testar isso agora. Primeiro, desconecte a alimentação. Retire com cuidado o 74HC00 e guarde-o com as pernas enfiadas em uma espuma condutora (ou papel alumínio, se não tiver espuma). Substitua por um chip 74HC08, que é um chip AND. Certifique-se de que ele esteja na posição correta com seu entalhe na parte superior. Religue a alimentação e use os botões de pressão como antes. Desta vez, você perceberá que o LED acende se a primeira entrada E a segunda entrada forem ambas positivas, mas fica apagado caso contrário. Assim, o chip AND funciona exatamente o oposto do chip

NAND. Sua posição de pinos é mostrada na Figura 4.83, à esquerda. Você deve estar se perguntando qual a utilidade desses chips. Logo você verá que podemos combinar portas lógicas para fazer coisas como criar uma fechadura eletrônica com combinação, ou um par de dados eletrônicos, ou uma versão computadorizada de um programa de perguntas e respostas da TV, no qual os usuários competem para responder a uma pergunta. Se você for extremamente ambicioso, pode construir um computador inteiro com portas lógicas. Um entusiasta chamado Bill Buzbee realmente construiu um servidor web com antigos chips lógicos; veja a Figura 4.84.



*Figura 4.84 – Esta placa-mãe de computador feita à mão por Bill Buzbee foi construída com chips lógicos da série 74xx e funciona como o coração de um servidor web.*

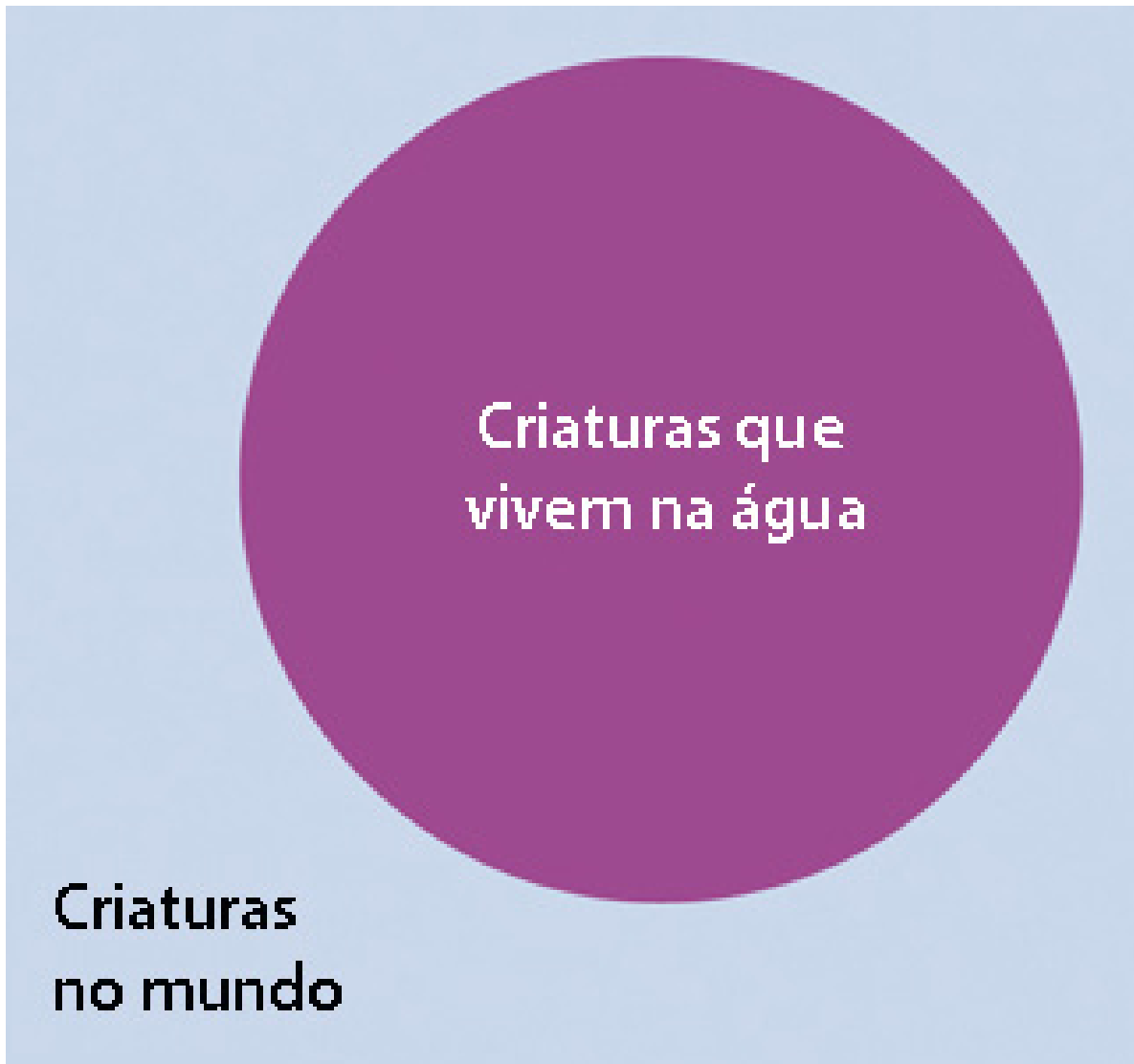
### Histórico: origens lógicas

George Boole foi um matemático inglês, nascido em 1815, que fez algo que poucos têm a sorte ou a inteligência suficiente para fazer:

ele inventou um ramo totalmente novo da matemática.

O interessante é que este ramo não era baseado em números. Boole tinha uma mente incansavelmente lógica e queria reduzir o mundo a uma série de declarações do tipo verdadeiro-ou-falso e que se sobreporiam de formas interessantes.

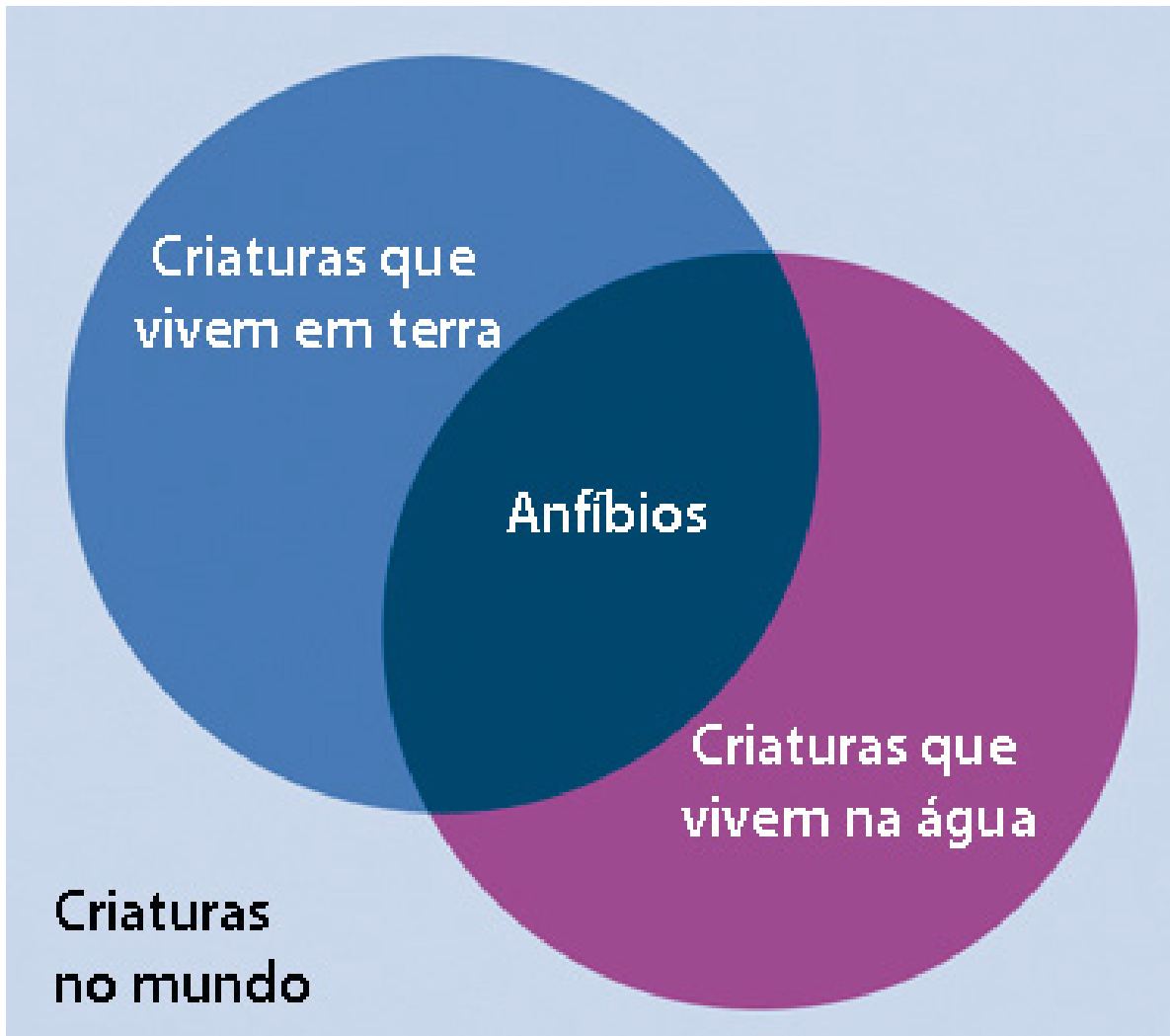
Os diagramas de Venn, concebidos por volta de 1880 por um homem chamado John Venn, podem ser usados para ilustrar algumas das relações lógicas deste tipo. A Figura 4.85 mostra o diagrama de Venn mais simples possível, no qual estabeleci um grupo muito grande (todas as criaturas do mundo) e defini um subgrupo (só aquelas criaturas que vivem na água). O diagrama de Venn mostra que todas as criaturas que vivem na água também vivem no mundo, mas só um subconjunto das criaturas do mundo vive na água.



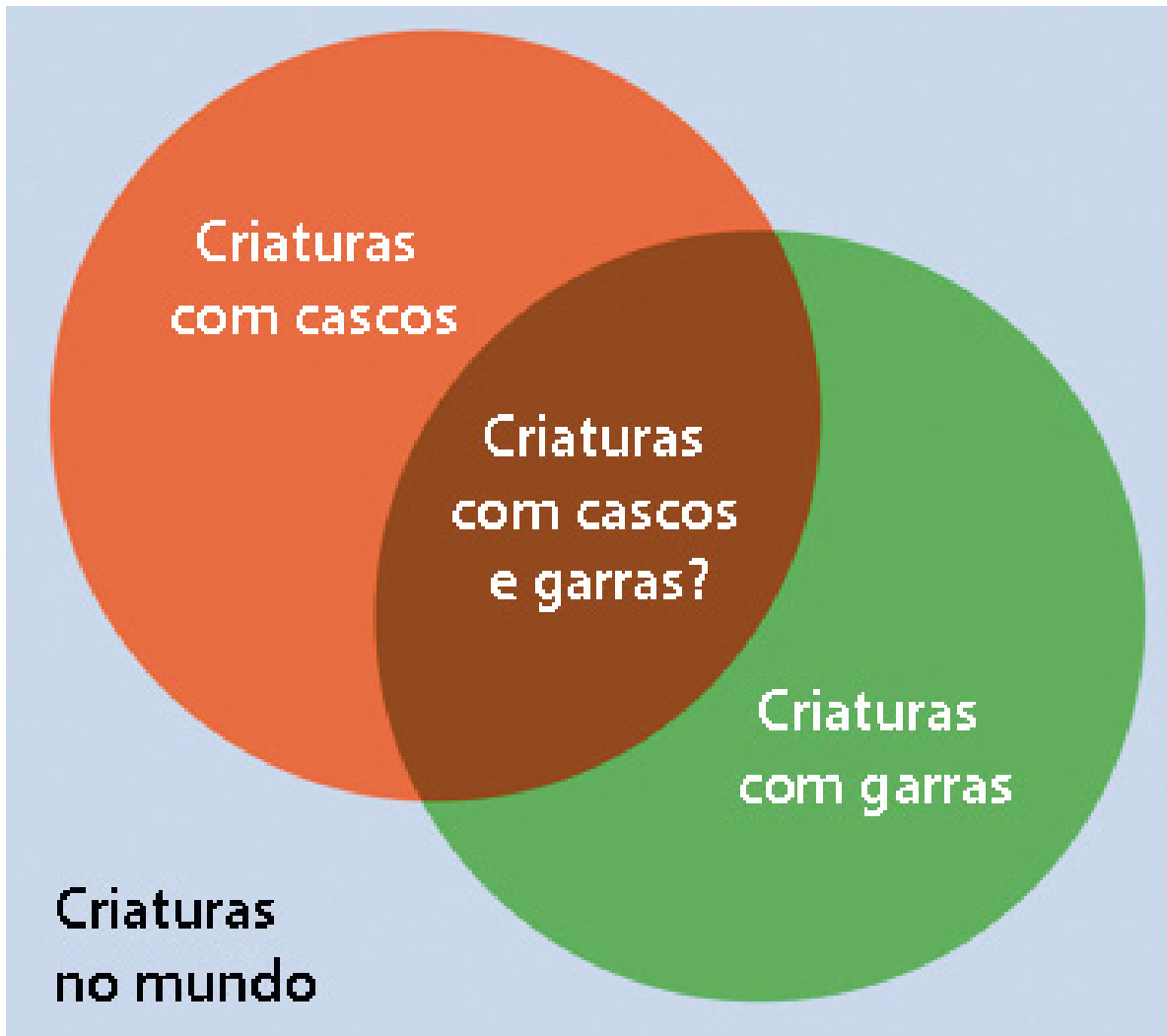
*Figura 4.85 – A relação mais simples possível entre um grupo e o mundo maior que o contém.*

Agora introduzirei outro grupo: criaturas que vivem em terra. Espere, algumas criaturas são capazes de viver tanto na água quanto em terra. Sapos, por exemplo. Esses anfíbios são membros de ambos os grupos e posso mostrar isso com outro diagrama de Venn na Figura 4.86, mostrando uma sobreposição dos grupos.

Entretanto, nem todos os grupos se sobrepõem. Na Figura 4.87 criei um grupo de criaturas com cascos e outro grupo de criaturas com garras. Existem criaturas que têm cascos *e* garras? Acho que não. Posso expressar isso criando uma *tabela da verdade*, como na Figura 4.88.



*Figura 4.86 – Este diagrama de Venn é uma maneira de mostrar que algumas criaturas do mundo vivem em terra, algumas vivem na água e outras vivem tanto em terra quanto na água.*



*Figura 4.87 – Alguns subgrupos não se sobrepõem. Não acho que existam criaturas com cascos e garras.*

Uma porta NAND pode ser usada para representar esta tabela, pois seu padrão de entradas e saídas é exatamente o mesmo, como mostrado na Figura 4.89.

Partindo desses conceitos bem simples, Boole desenvolveu sua linguagem lógica até um nível altíssimo. Ele publicou um tratado sobre isso em 1854, bem antes que ele pudesse ser aplicado a dispositivos elétricos ou eletrônicos. Na verdade, durante sua vida seu trabalho parecia não ter qualquer aplicação prática. Entretanto, um homem chamado Claude Shannon encontrou a lógica booleana enquanto estudava no MIT, na década de 1930, e em 1938 ele publicou um trabalho descrevendo como a análise booleana poderia

ser aplicada a circuitos usando relés. Isso teve aplicações práticas imediatas, já que as redes telefônicas cresciam rapidamente, criando complicados problemas de comutação.

<b>Esta criatura tem cascos</b>	<b>Esta criatura tem garras</b>	<b>Esta combinação pode ser</b>
<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>	<b>VERDADEIRA</b>
<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>VERDADEIRA</b>
<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>VERDADEIRA</b>
<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>FALSA</b>

*Figura 4.88 – A forma mais simples de uma tabela da verdade tabula a validade dos pares de entradas, cada um pode ter um de dois estados.*

Se a entrada A do NAND for:	E se a entrada B do NAND for:	A saída do NAND será:
BAIXA	BAIXA	ALTA
BAIXA	ALTA	ALTA
ALTA	BAIXA	ALTA
ALTA	ALTA	BAIXA

*Figura 4.89 – Esta tabela da verdade para uma porta NAND tem exatamente o mesmo padrão da tabela anterior.*

Um problema telefônico muito simples poderia ser expresso dessa forma. Há muitos anos, era comum que dois clientes morando em casas separadas em uma área rural compartilhassem uma linha telefônica. Se um deles queria usar a linha ou outro queria usar a linha, ou nenhum deles queria usar a linha, não havia problema. Porém, eles não poderiam usar a linha simultaneamente. Novamente, este é o mesmo padrão lógico descrito na Figura 4.89, se interpretarmos “alto” como uma pessoa querendo usar a linha e “baixo” como aquela pessoa não querendo usar a linha.

Entretanto, existe uma diferença importante. A porta NAND não ilustra apenas a rede. Uma vez que a rede telefônica usa estados elétricos, uma porta NAND pode *controlar* a rede. (Na verdade, nos primórdios das redes, tudo era feito por relés; mas um conjunto de relés pode funcionar como uma porta lógica.)

Depois da aplicação de Shannon da lógica booleana ao sistema telefônico, o próximo passo foi perceber que se você usasse uma condição “on” para representar o numeral 1 e uma condição “off” para representar o numeral 0, você poderia construir um sistema de



portas lógicas capaz de contar. E se ele podia contar, poderia fazer operações aritméticas.

Quando tubos de vácuo substituíram os relés, os primeiros computadores digitais práticos foram construídos. Depois transistores assumiram o lugar dos tubos de vácuo e os chips de circuito integrado substituíram os transistores, levando aos computadores de mesa que agora fazem parte do nosso dia a dia. Porém, bem no fundo, nos níveis mais baixos desses incrivelmente complexos dispositivos, eles ainda usam as leis da lógica descobertas por George Boole.

Incidentalmente, quando você usa um mecanismo de busca online, se você usar as palavras E e OU para refinar sua busca, na verdade você está usando *operadores booleanos*.

### Fundamentos: noções básicas de portas lógicas

A porta NAND é o elemento mais fundamental dos computadores digitais, pois você pode realizar operações de soma usando apenas NANDs. Se quiser saber mais sobre isso, procure online por tópicos como “aritmética binária” e “meio somador”. Você também pode encontrar circuitos que fazem somas usando operadores lógicos em meu livro *Make: More Electronics*.

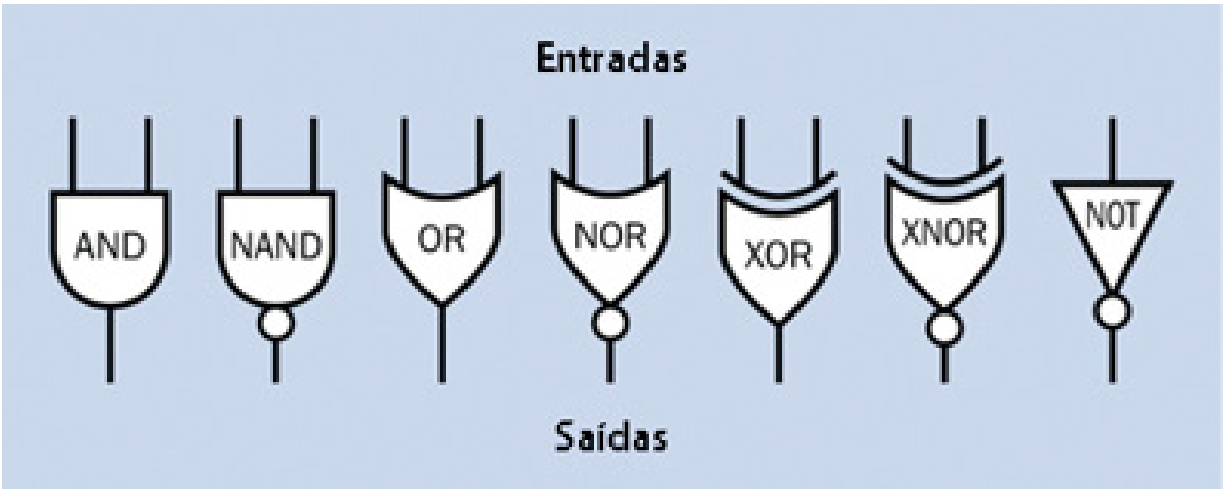
Geralmente existem sete tipos de portas lógicas:

AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR, NOT

Seus nomes são normalmente impressos em letras maiúsculas. Dos primeiros seis, XNOR é raramente usado.

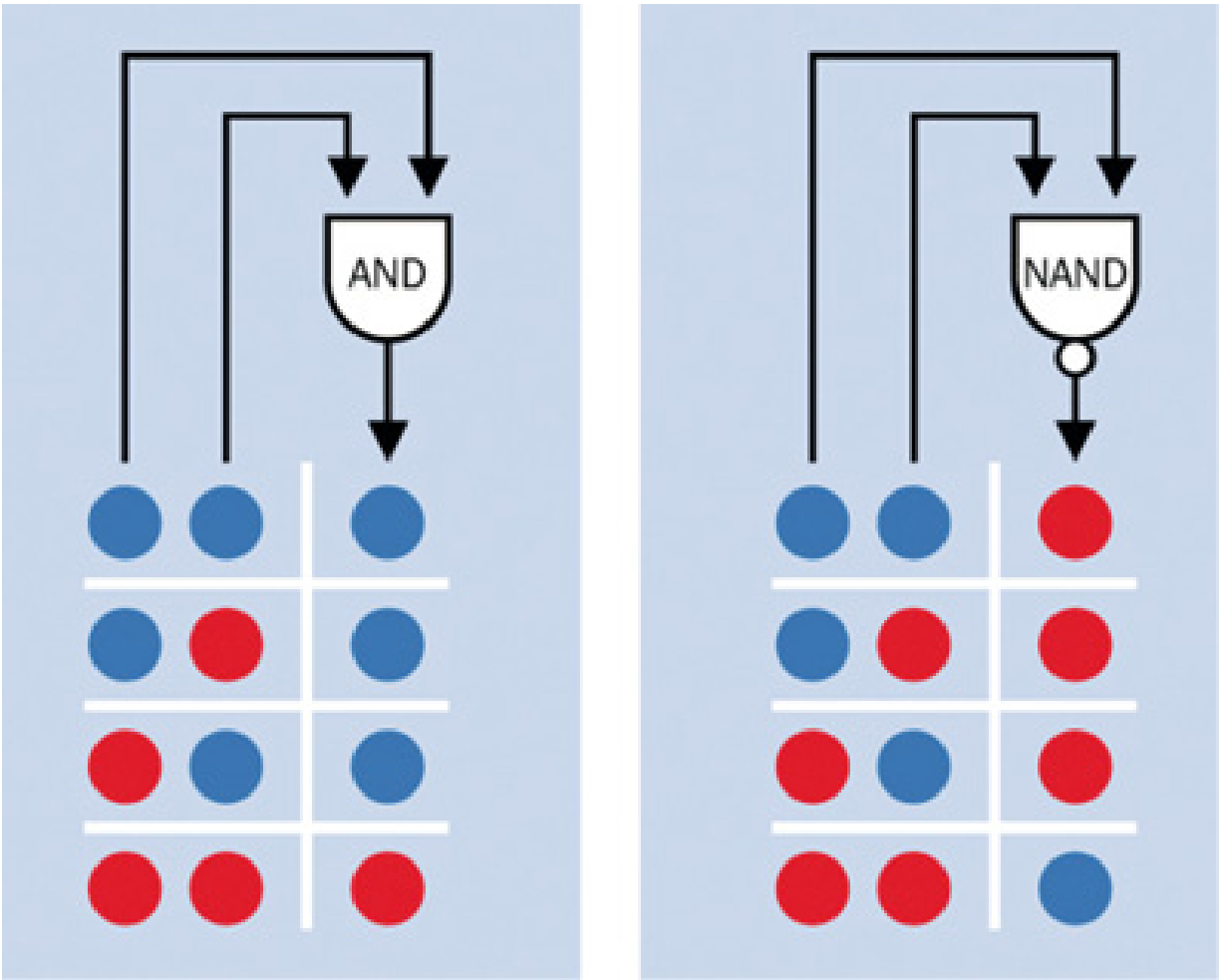
Todas as portas têm duas entradas e uma saída, exceto a porta NOT, que tem apenas uma entrada e uma saída, e é chamada com frequência de *inversor*. Se sua entrada for alta, a saída será baixa, e se a entrada for baixa, a saída será alta.

Os símbolos que representam os sete tipos de portas são mostrados na Figura 4.90. Observe que os pequenos círculos na parte inferior de algumas portas invertem a saída. (Esses círculos são chamados de *bolhas*.) Portanto, a saída de uma porta NAND é o inverso de uma porta AND.

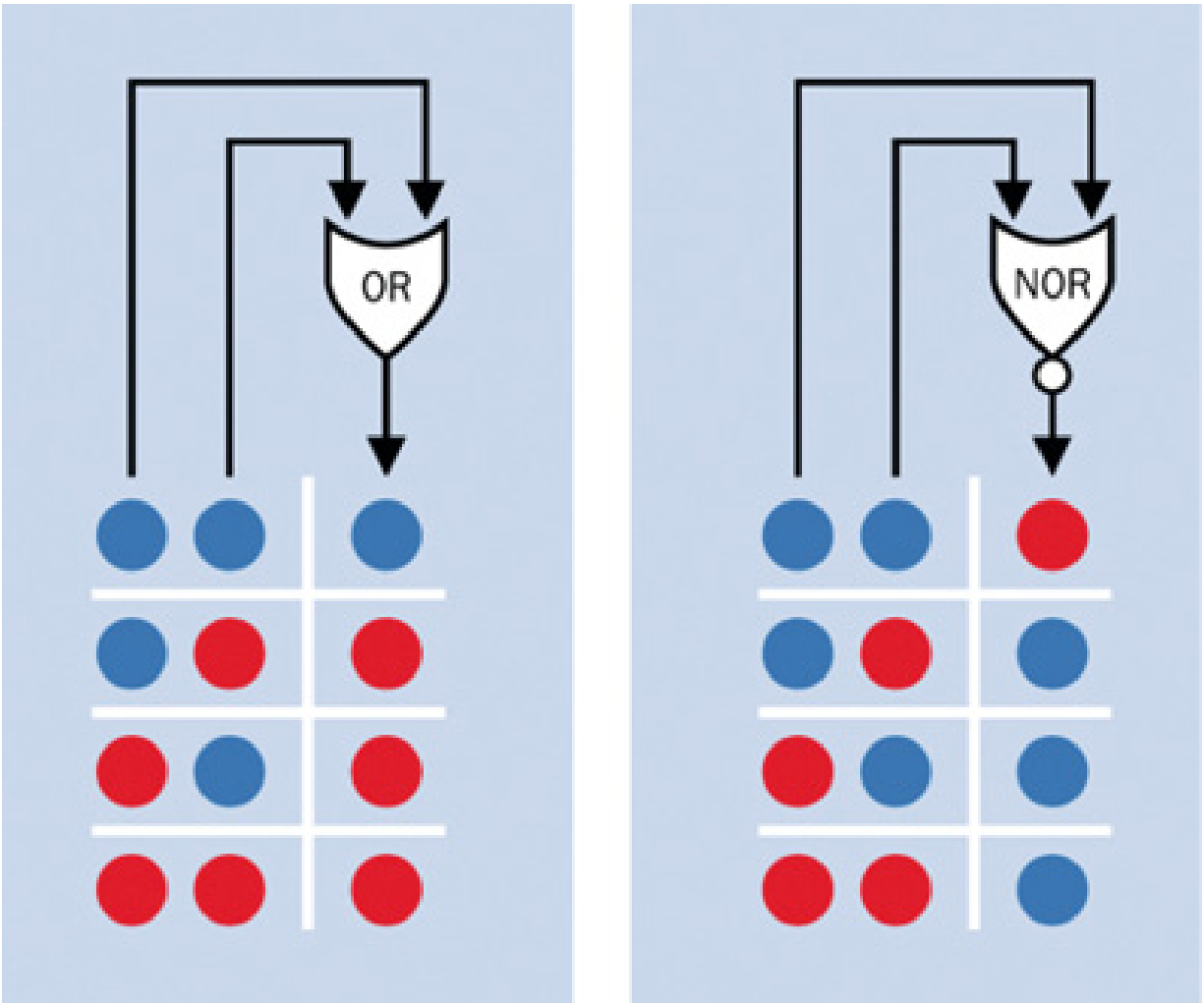


*Figura 4.90 – Símbolos para as seis portas lógicas com duas entradas, além da porta NOT.*

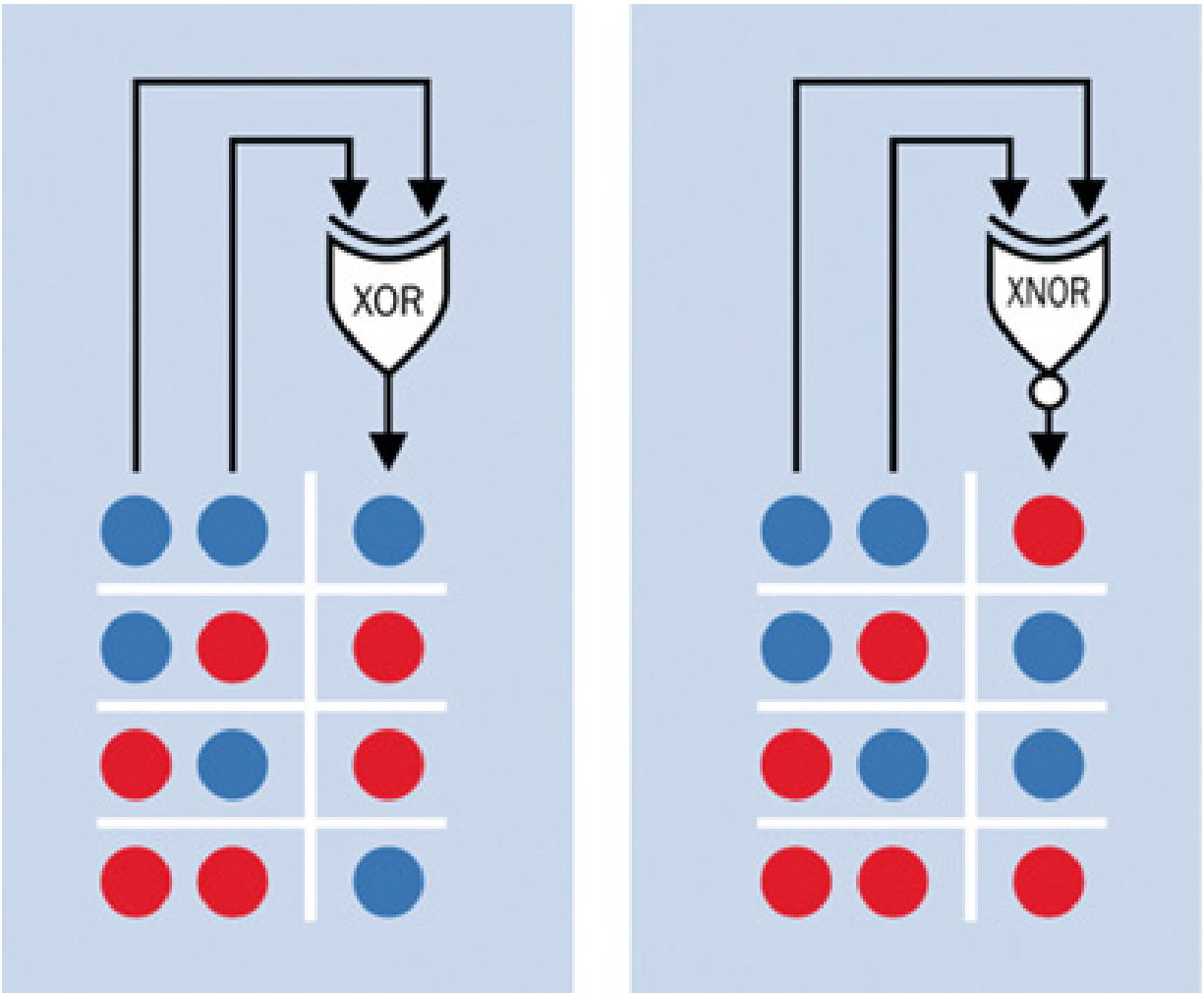
O que quero dizer com “inverso”? Isto ficará claro se você observar as tabelas da verdade para as portas lógicas que desenhei nas Figuras 4.91, 4.92 e 4.93. Em cada uma das tabelas, duas entradas são mostradas à esquerda seguidas por uma saída à direita, com vermelho significando um estado lógico alto e azul um estado lógico baixo. Compare as saídas de cada par de portas e você verá como os padrões são invertidos.



*Figura 4.91 – As entradas mostradas à esquerda produzem as saídas mostradas à direita.*



*Figura 4.92 – As entradas mostradas à esquerda produzem as saídas mostradas à direita.*



*Figura 4.93 – As entradas mostradas à esquerda produzem as saídas mostradas à direita.*

### Histórico: o mundo confuso de TTL e CMOS

Nos anos 1960, as primeiras portas lógicas foram construídas com lógica transistor-transistor, abreviado como TTL, o que significava que minúsculos transistores bipolares eram gravados em uma única pastilha de silício. Logo depois, esses chips foram seguidos de semicondutores de metal-óxido complementar, abreviados como CMOS. O chip 4026B que você usou no Experimento 19 é um antigo chip CMOS.

Você deve se lembrar de que transistores bipolares amplificam corrente. Assim, circuitos TTL requerem um fluxo significativo de eletricidade para funcionar. No entanto, os chips CMOS são

sensíveis à tensão, fazendo com que eles puxem praticamente nenhuma corrente enquanto esperam por um sinal, ou enquanto estão pausando depois de emitir um sinal.

A tabela na Figura 4.94 resume as vantagens e desvantagens originais dos dois tipos de chips. A série CMOS, com números de peça a partir de 4000, era mais lenta e mais facilmente danificada por eletricidade estática, mas era valiosa graças ao seu baixo consumo de energia. A série TTL, com números de peça a partir de 7400, usava muito mais energia, mas era menos sensível e muito rápida. Portanto, se você quisesse construir um computador, você usaria a família TTL, mas se você quisesse construir um pequeno dispositivo que funcionasse por semanas usando uma bateria pequena, você usaria a família CMOS.


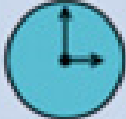

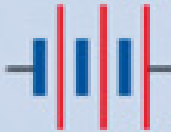

		TTL Série 7400 (posteriormente usou CMOS)	CMOS Série 4000 (posteriormente usou a numeração do 7400)
Vulnerável à eletricidade estática		Menos	Mais?
Velocidade		Mais veloz	Mais lento?
Consumo de energia		Maior	Muito baixo
Intervalo de alimentação		Estreito 5V	Mais amplo 5V - 15V?
Impedância de entrada		Baixa	Muito alta

Figura 4.94 – Nesta tabela comparativa entre os primeiros chips CMOS e TTL, os atributos do CMOS com um ponto de interrogação acabaram se reconciliando com os atributos TTL.

A partir deste momento, tudo se tornou confuso, pois os fabricantes de CMOS quiseram conquistar fatias de mercado emulando as vantagens dos chips TTL. Novas gerações de chips CMOS chegaram a mudar seus números de peças para começar com “74” para enfatizar sua compatibilidade, e as funções dos pinos dos chips CMOS foram trocadas para corresponder às funções dos pinos de chips TTL. Os requisitos de tensão da CMOS também foram modificados para corresponder aos do TTL.

Hoje você ainda encontra alguns antigos chips TTL no mercado, especialmente da série LS (com números de peças como 74LS00 e 74LS08). Entretanto, eles se tornaram raros.

É mais comum encontrar chips CMOS da série 4000, como o 4026B que você usou no experimento anterior. Eles ainda são fabricados, pois sua ampla gama de tensões de alimentação aceitáveis é útil.

Ao longo dos anos, os chips CMOS se tornaram mais rápidos e menos vulneráveis à eletricidade estática, o que explica o motivo de eu ter adicionado um ponto de interrogação nestas categorias na Figura 4.94. Modernos chips CMOS também reduziram sua tensão máxima de alimentação para 5VDC, o que explica o motivo de eu ter adicionado um ponto de interrogação nesta categoria também.

A situação pode ser resumida assim:

- Qualquer chip lógico ainda disponível da antiga série 4000 terá as características listadas na Figura 4.94. É provável que você encontre um uso para os chips da série 4000.
- É improvável você usar antigos chips TTL da série 7400, porque eles não apresentam vantagens significativas.

Talvez você ainda encontre diagramas que especificam chips 74LSxx. Você pode substituir por chips 74HCTxx, que foram projetados para funcionar de modo idêntico.

A geração 74HCxx é de longe a mais popular no formato de encaixe. Ela tem a alta impedância de entrada do CMOS, o que é útil, e é mais barata do que algumas das versões mais modernas e exóticas. Todos os chips lógicos neste livro são do tipo HC.

Quanto à numeração das peças, quando você vir uma letra “x” na lista a seguir, significa que várias letras e números podem aparecer nesta posição. Assim “74xx” inclui a porta NAND 7400, a porta NOR 7402, o seletor de dados de 16 bits 74150, e assim por diante. Uma combinação de letras antes do “74” identifica o fabricante do chip, e as letras após o número de peça podem identificar o estilo do encapsulamento, podem indicar se ele contém metais pesados que são ambientalmente tóxicos e outros detalhes. Isto é explicado visualmente na Figura 4.3.



Aqui está a história da família TTL:

- 74xx: A antiga geração original, agora obsoleta.
- 74Sxx: Série “Schottky” de maior velocidade, agora obsoleta.
- 74LSxx: Série “Schottky” de menor consumo de potência, ainda usada ocasionalmente.

A família CMOS:

- 40xx: A antiga geração original, agora obsoleta.
- 40xxB: A série 4000B foi melhorada, mas ainda é suscetível a danos por eletricidade estática. Estes chips ainda são usados com frequência, especialmente em aplicações de eletrônica como hobby.
- 74HCxx: CMOS de maior velocidade, com números de peça correspondentes aos da família TTL, e configuração de pinos equivalente à da família TTL. Eu usei muito esta geração neste livro, pois ela está facilmente disponível e os circuitos aqui não precisam velocidade ou potência maiores.
- 74HCTxx: Como a série HC, mas equivalente ao antigo padrão TTL em termos de tensões máxima e mínima da lógica baixa e lógica alta, respectivamente.
- Série 74xx com outras letras no meio do número de peça: mais modernos, rápidos, geralmente de montagem em superfícies e projetados para menores tensões operacionais.

### O que não é necessário

Diferenças de velocidade são irrelevantes do nosso ponto de vista, já que não construiremos circuitos que funcionarão a milhões de ciclos por segundo.

Diferenças de preço entre famílias de chips são geralmente menores quando se compra em menor quantidade.

Chips de tensão menor não são adequados para nossos fins, já que eles são quase todos de montagem em superfície, e teríamos que criar uma fonte de alimentação de menor tensão. Uma vez que chips de montagem em superfície são muito mais difíceis de lidar e sua

principal vantagem é a miniaturização, não os usarei. Os equivalentes de encaixe têm as mesmas funções lógicas.

### Fundamentos: números de peça e funções

As conexões internas dos chips lógicos de 14 pinos da série HC disponíveis atualmente estão mostradas nas Figuras 4.83, 4.95, 4.96, 4.97, 4.98, 4.99, 4.100 e 4.101.

Todos os números de peça nesses chips são mostrados em sua forma mínima. Assim, o chip 7400 pode ter números de peça reais como 74HC00, 74HCT00, e assim por diante, e serão precedidos e seguidos de outros códigos de letras; mas são genericamente chamados de chip 7400 e assim eles são apresentados aqui.

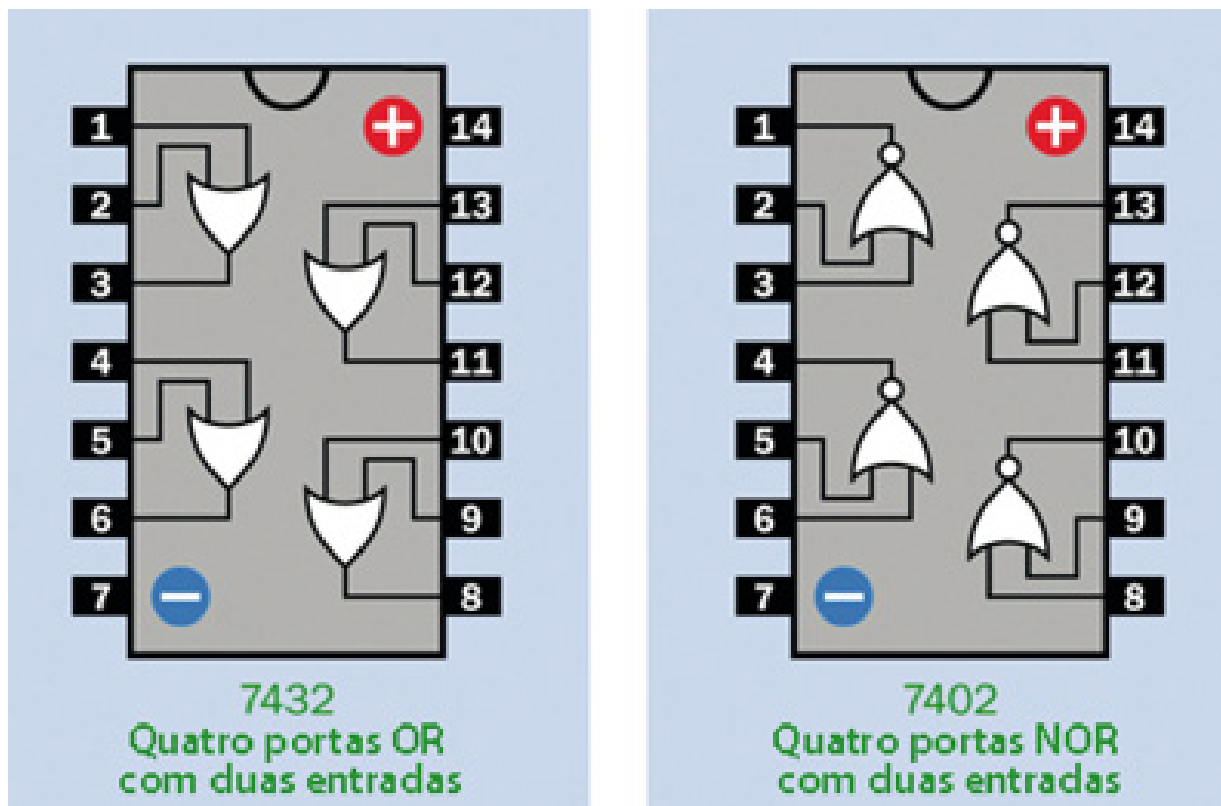


Figura 4.95 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

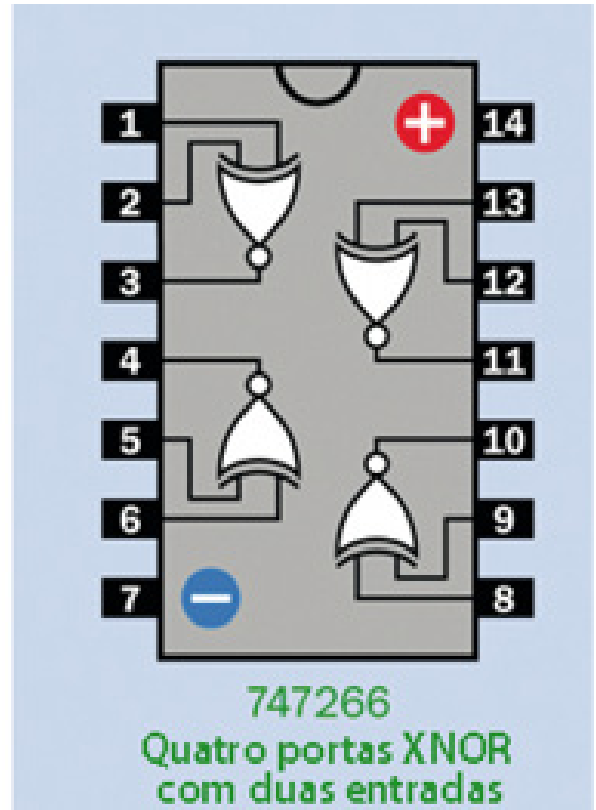
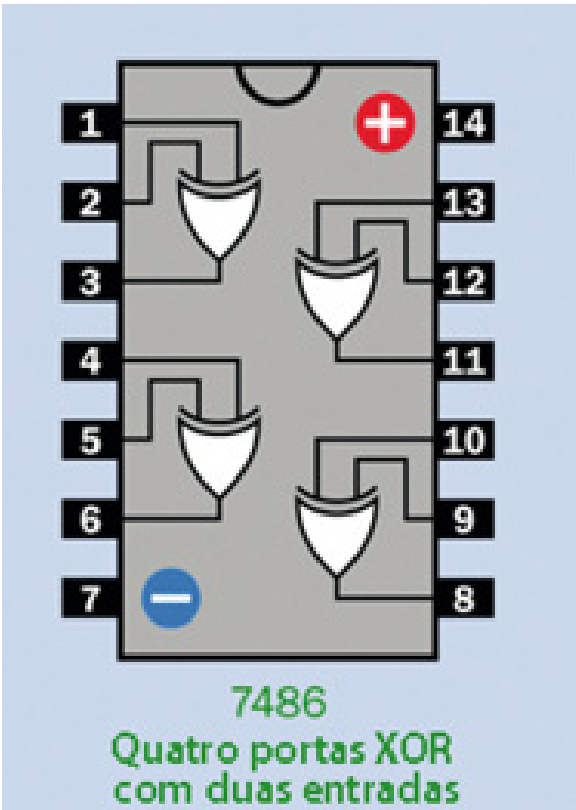


Figura 4.96 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

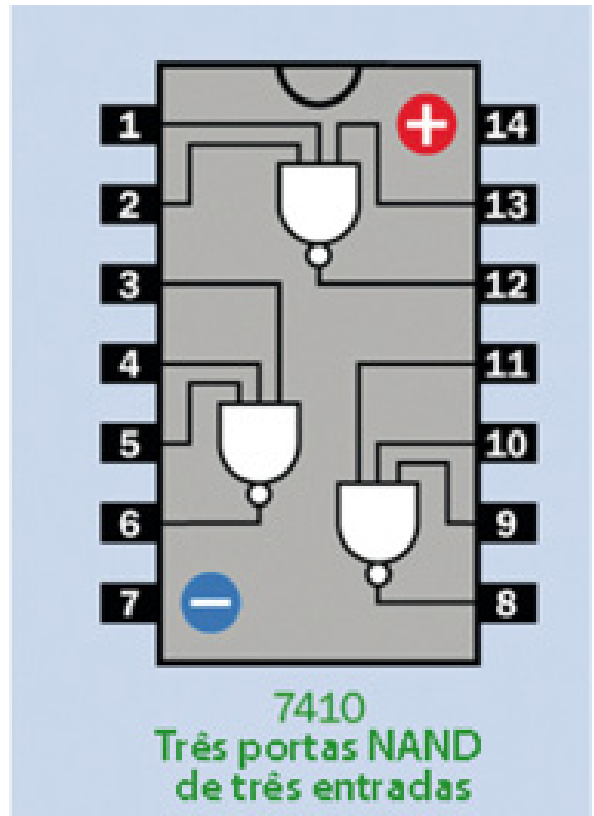
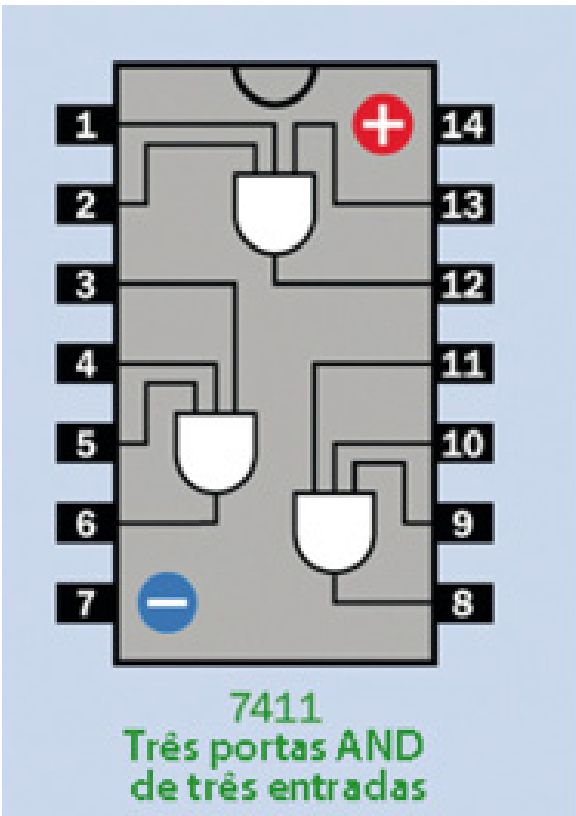


Figura 4.97 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

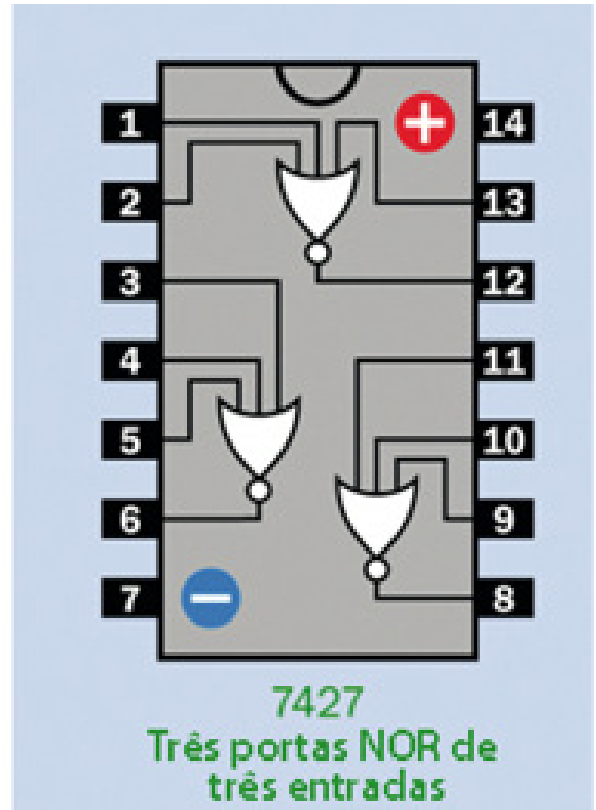
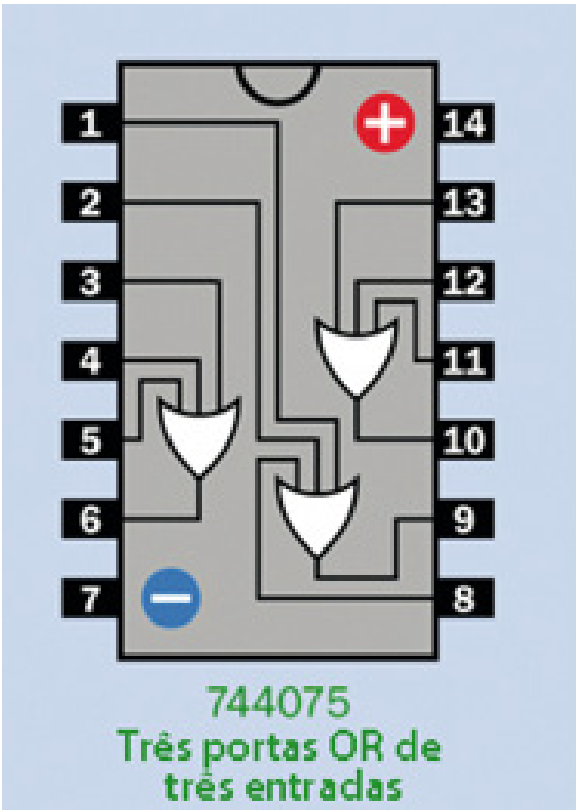


Figura 4.98 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

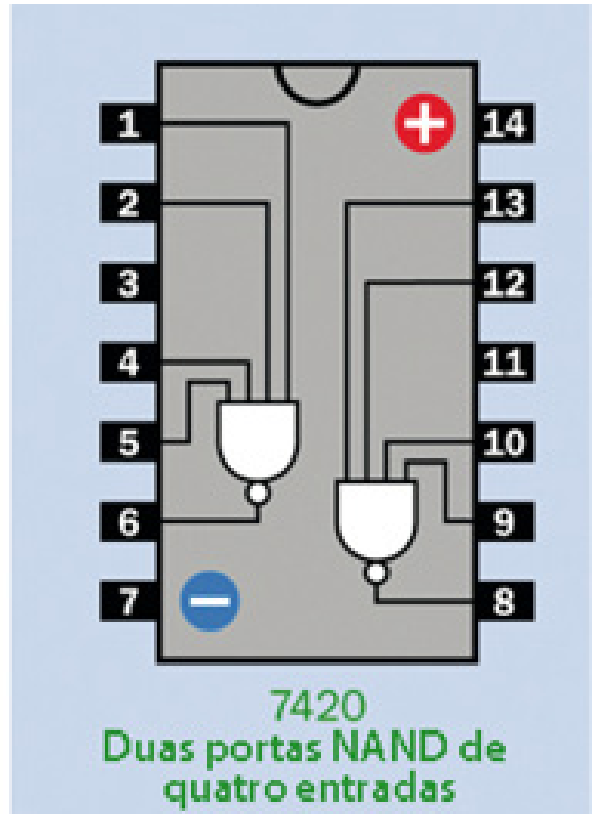
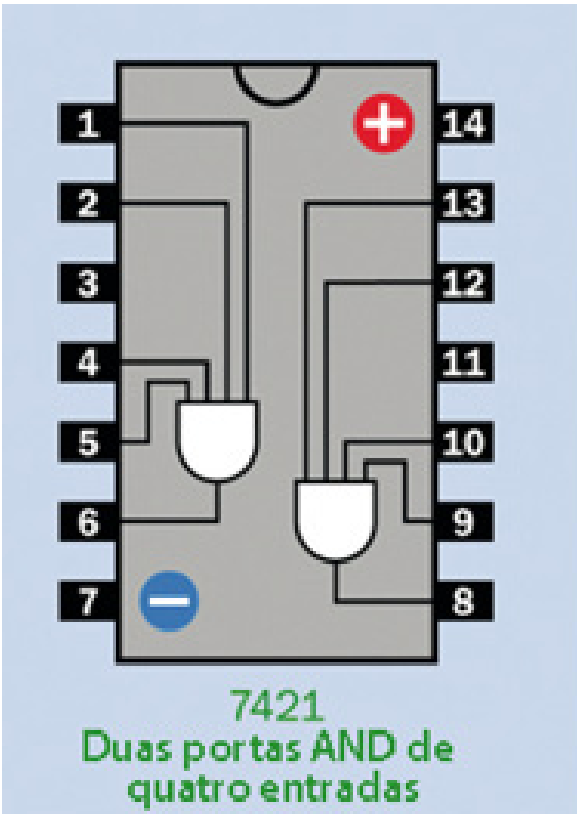


Figura 4.99 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

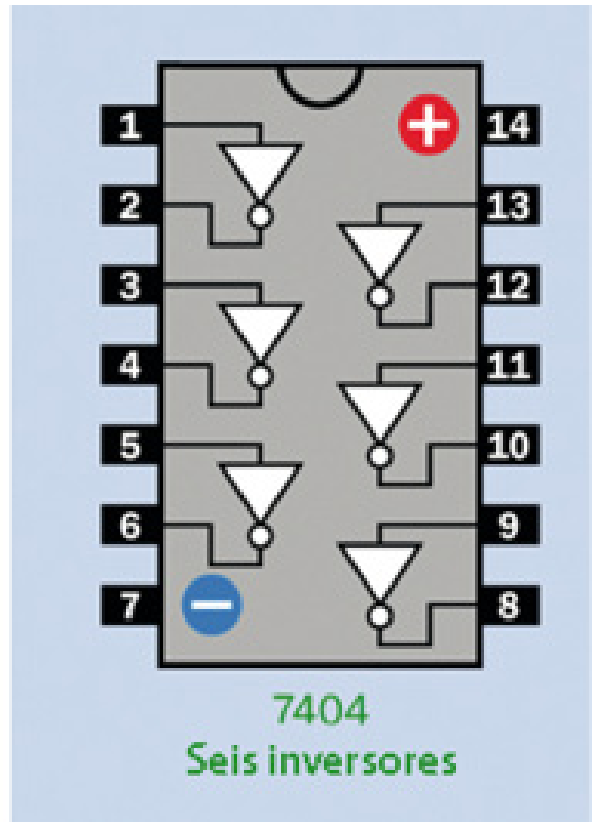
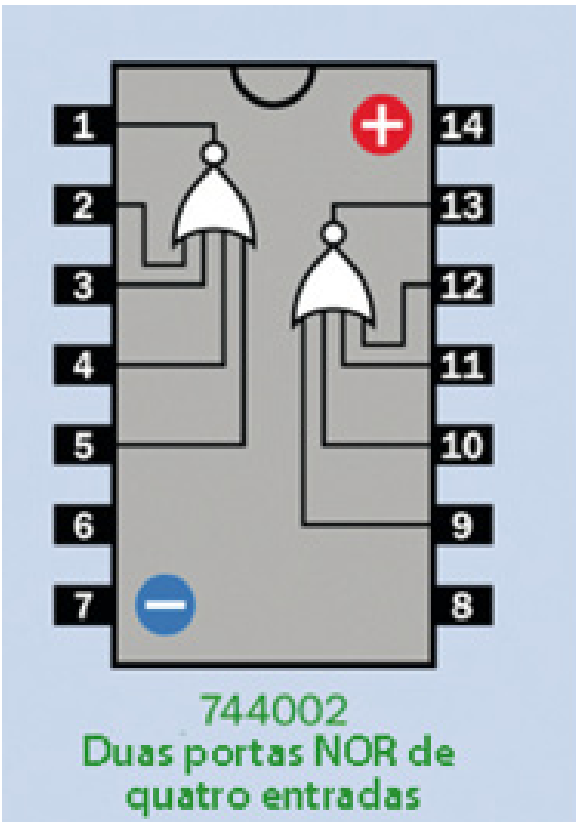


Figura 4.100 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

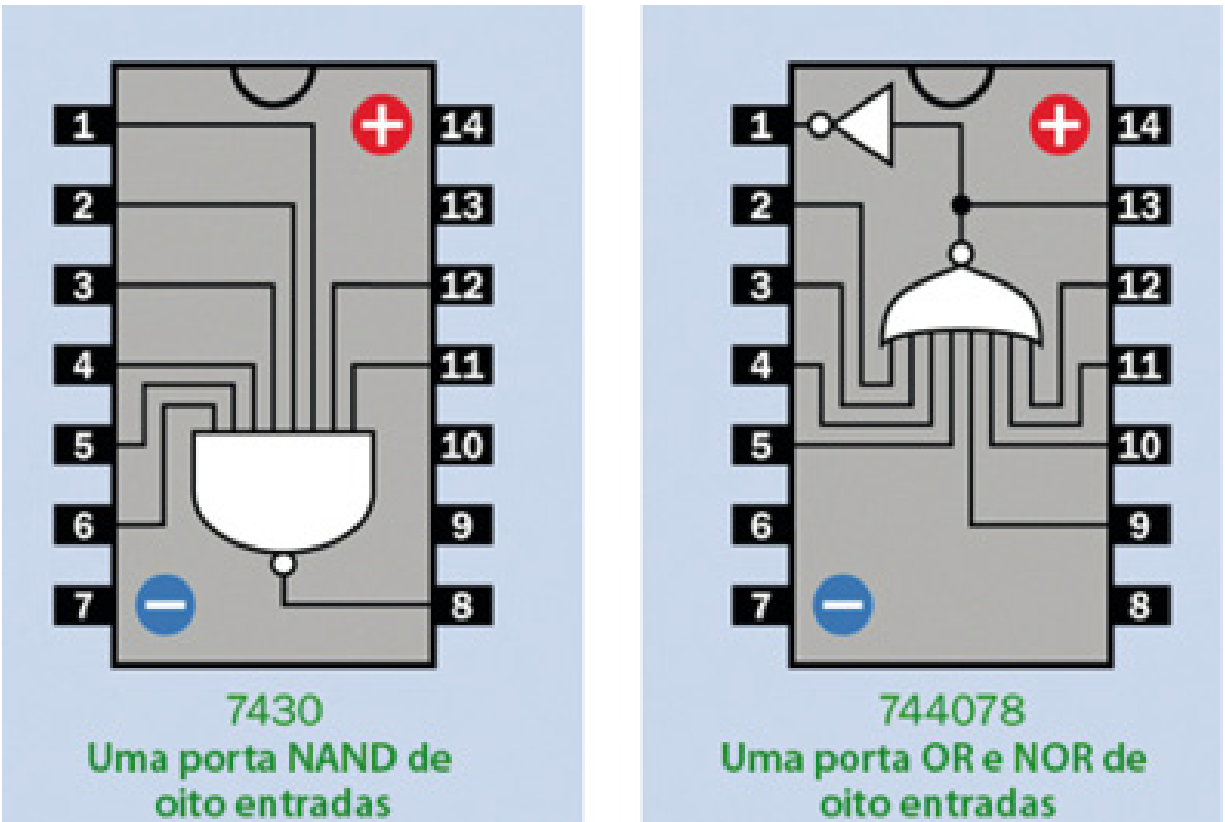


Figura 4.101 – Configuração padronizada das portas nos chips lógicos da família 74xx.

É muito importante verificar as funções dos pinos dos chips lógicos em comparação com os diagramas mostrados aqui ou as especificações do fabricante antes de usá-lo. As conexões internas podem seguir padrões semelhantes, mas há exceções.

### Fundamentos: regras para conectar portas lógicas

#### Permitido:

- Você pode conectar a entrada de uma porta diretamente à sua fonte regulada de alimentação, tanto do lado positivo quanto negativo.
- Você pode conectar a saída de uma porta diretamente à entrada de outra porta.
- A saída de uma porta pode alimentar as entradas de várias outras portas (isto é chamado de “fanout”). A proporção exata depende do chip, mas no caso da série 74HCxx, você pode alimentar pelo



menos dez entradas com uma saída lógica.

- A saída de um chip lógico pode acionar o trigger (pino 2) de um timer 555, desde que o timer compartilhe a mesma fonte de alimentação de 5 VDC.
- Uma entrada baixa não precisa ser zero. Uma porta lógica 74HCxx reconhece qualquer tensão até 1 volt como “baixa”.
- Uma entrada alta não precisa ser 5 volts. Uma porta lógica 74HCxx reconhece qualquer tensão acima de 3,5 volts como “alta”.

Os intervalos aceitáveis para entradas e as garantias mínimas das saídas são mostradas na Figura 4.102.

**Cada pino de entrada não consumirá nem fornecerá mais de 1uA**

Lógica  
baixa

Lógica  
alta

1 V ou menos  
será reconhecido  
como lógica baixa

**Intervalo aceitável de  
sinais de entrada**

3,5 V ou mais  
será reconhecido  
como lógica alta

Chip lógico  
74HCXX

No máximo 0,1 V

**Intervalo garantido de  
sinal de saída**

No mínimo 4,4 V

Lógica  
baixa

Lógica  
alta

**Os valores de saída só são válidos para corrente de  
saída entre 4 mA (fornecimento) e 4 mA (consumo)**

*Figura 4.102 – Para evitar erros, fique dentro do intervalo de entradas recomendado para chips lógicos.*

## Não permitido:

- Nenhuma entrada flutuante! Em chips CMOS, como os da família HC, sempre é preciso conectar todas as entradas com uma tensão conhecida. Isto inclui os pinos de entrada das portas que não são usadas em um chip.
- Qualquer interruptor de via única ou botão de pressão deve ser usado com um resistor pull-up ou pull-down, para que, quando os contatos estiverem abertos, a entrada do chip não flutue.
- Não use uma fonte de alimentação não regulada ou com mais de 5 volts, ou menos de 5 volts, para alimentar as portas lógicas 74HCxx.
- Tome cuidado ao usar a saída de um chip lógico 74HCxx para alimentar um LED. Você pode puxar até 20 mA do chip, mas isto derrubará a tensão de saída. Se você também está conectando essa tensão à entrada de um segundo chip, o LED pode derrubar tanto a tensão que o segundo chip não a reconhece mais como “alta”. Geralmente, tente não usar uma saída lógica para alimentar um LED e *ao mesmo tempo* outro chip lógico. Sempre verifique correntes e tensões ao modificar um circuito ou projetar um novo.
- Ao longo deste livro, estou usando LEDs de baixa corrente junto com saídas de chips lógicos, pois eu acho que este é um bom hábito caso uma saída alimentando um LED também seja usada como entrada lógica para outro chip em algum momento no futuro.
- Nunca aplique uma tensão ou corrente significativa ao pino de saída de uma porta lógica. Em outras palavras, *não force uma saída em outra saída*.
- Por esta razão, não junte as saídas de duas ou mais portas lógicas.

Chega de regras do que pode ou não pode ser feito. Agora chegou o momento de seu primeiro real projeto com chips lógicos.

## Experimento 21: Uma combinação poderosa

Suponha que você queira evitar que outras pessoas usem seu

computador. Há duas maneiras de fazê-lo: usando software ou usando hardware. O software seria algum tipo de programa de iniciação que intercepta a sequência normal de boot e solicita uma senha. Seria um pouco mais seguro que a proteção via senha, que é um recurso-padrão dos sistemas operacionais Windows e Mac.

Você poderia certamente usar este método, mas acho que seria mais divertido (e mais relevante para este livro) usar hardware. Estou pensando em um teclado numérico que obrigue o usuário a fornecer uma combinação secreta antes de ligar o computador. Chamarei isso de “trava com combinação”, mesmo que, na verdade, ele não vá travar nada. Ele desativará o botão que você normalmente usa para ligar seu computador.

### Cuidado: a questão da garantia

Se você seguir este projeto até o final, você abrirá seu computador desktop, cortará um fio e inserirá seu próprio pequeno circuito. Você não tocará em nenhuma das placas dentro do computador e só acessará o fio que leva ao botão de “liga-desliga” do computador, mas mesmo assim, se você comprou seu computador recentemente, a garantia será invalidada. Eu mesmo não levo isso muito a sério, mas se isso te deixa apreensivo, existem três opções:

- Monte o circuito na matriz de contato apenas para se divertir e pare por aí.
- Use o circuito em algum outro dispositivo.
- Use-o em um computador antigo.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- LED de baixa corrente (1)
- LED genérico (1)
- Regulador de tensão LM7805 (1)

- Chip lógico 74HC08 (1)
- Timer 555 (1)
- Transistor 2N2222 (1)
- Relé DPDT de 9 VDC (1)
- Diodos: 1N4001 (1), 1N4148 (3)
- Resistores: 330 ohms (1), 470 ohms (1), 1 K (1), 2,2 K (1), 10 K (6), 1 M (1)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (1), 0,1  $\mu$ F (1), 0,33  $\mu$ F (1), 10  $\mu$ F (2)
- Botões de pressão (8)
- Opcional: Ferramentas para abrir seu computador, fazer quatro furos e serrar entre os furos para criar uma abertura retangular para o teclado (se você quiser levar este projeto até o final). Além disso, quatro pequenos parafusos para prender o teclado ao gabinete do computador depois de criar uma abertura para ele

### Um circuito em três partes

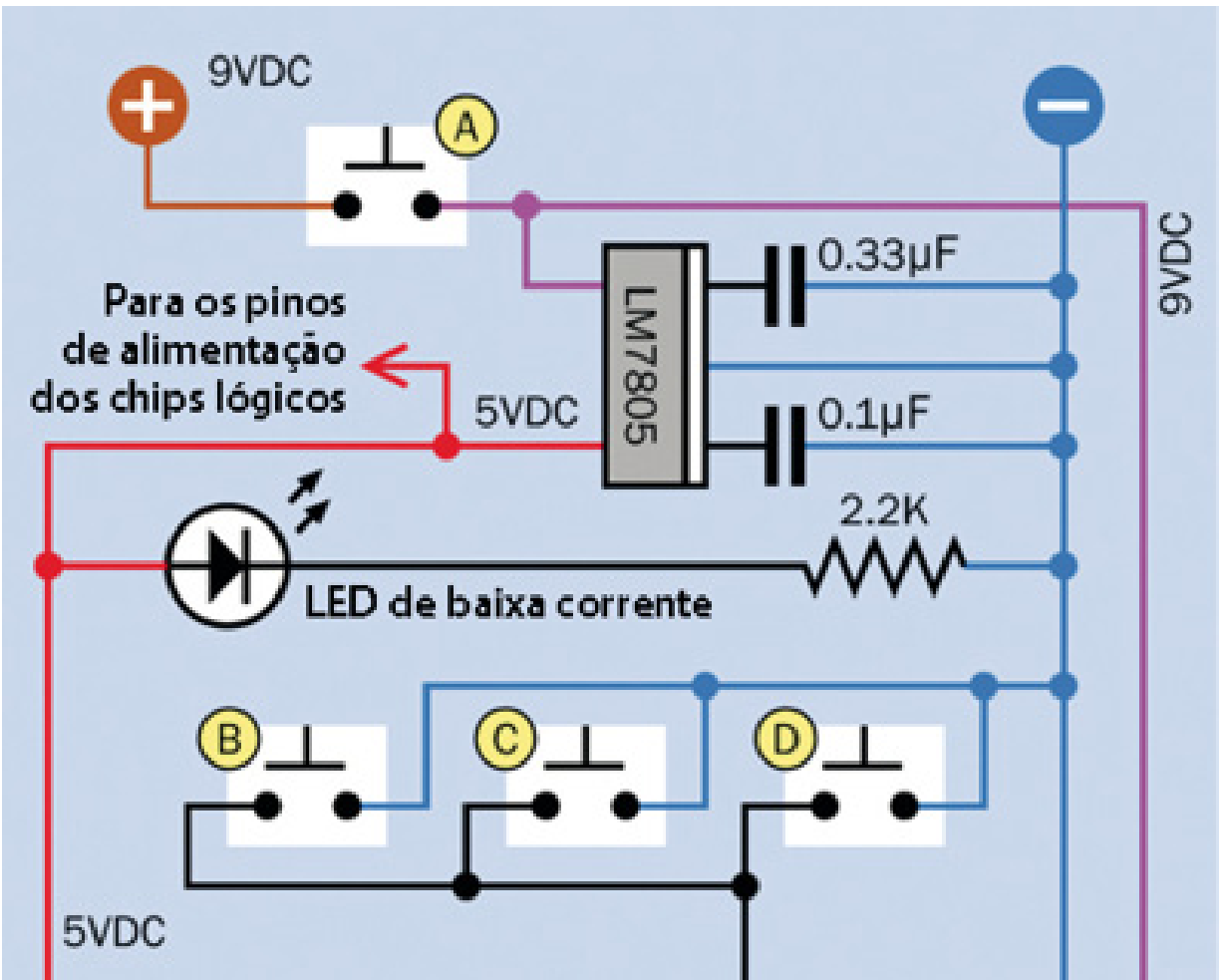
Todo o circuito na matriz de contato é mostrado na Figura 4.107, mas, antes de começar a construí-lo, vamos dar uma olhada nos diagramas.

O circuito é dividido em três seções:

1. Fonte de alimentação e três botões de pressão inativos.
2. Botões de pressão ativos e lógica.
3. Saída.

O diagrama na Figura 4.103 mostra a parte 1. Ela é bem simples. Quando você pressiona o botão A, ele fornece 9 VDC para o regulador de tensão, que fornece 5 VDC para o barramento da esquerda. O botão também fornece 9 VDC via um fio magenta do lado direito, por um motivo que explicarei em seguida.

Além disso, você verá os botões B, C e D, que fazem conexão com o terra negativo.



*Figura 4.103 – A seção superior do circuito.*

Observe agora a Figura 4.104, que mostra a seção central do circuito usando símbolos lógicos. Imagine esta seção ligada à parte superior do circuito na Figura 4.103. Cada botão, do E até o H, pode fornecer tensão positiva para uma porta AND, cuja entrada da esquerda normalmente é baixa através de um resistor pull-down de 10 K. A saída de cada porta alimenta a entrada da próxima porta.

Finalmente, a Figura 4.105 mostra a seção inferior do circuito, na qual a saída da última porta AND ativa um transistor, que aciona um timer 555. O timer controla um relé e o relé será usado para travar e destravar seu computador (ou qualquer outro dispositivo que usa um simples botão liga-desliga).

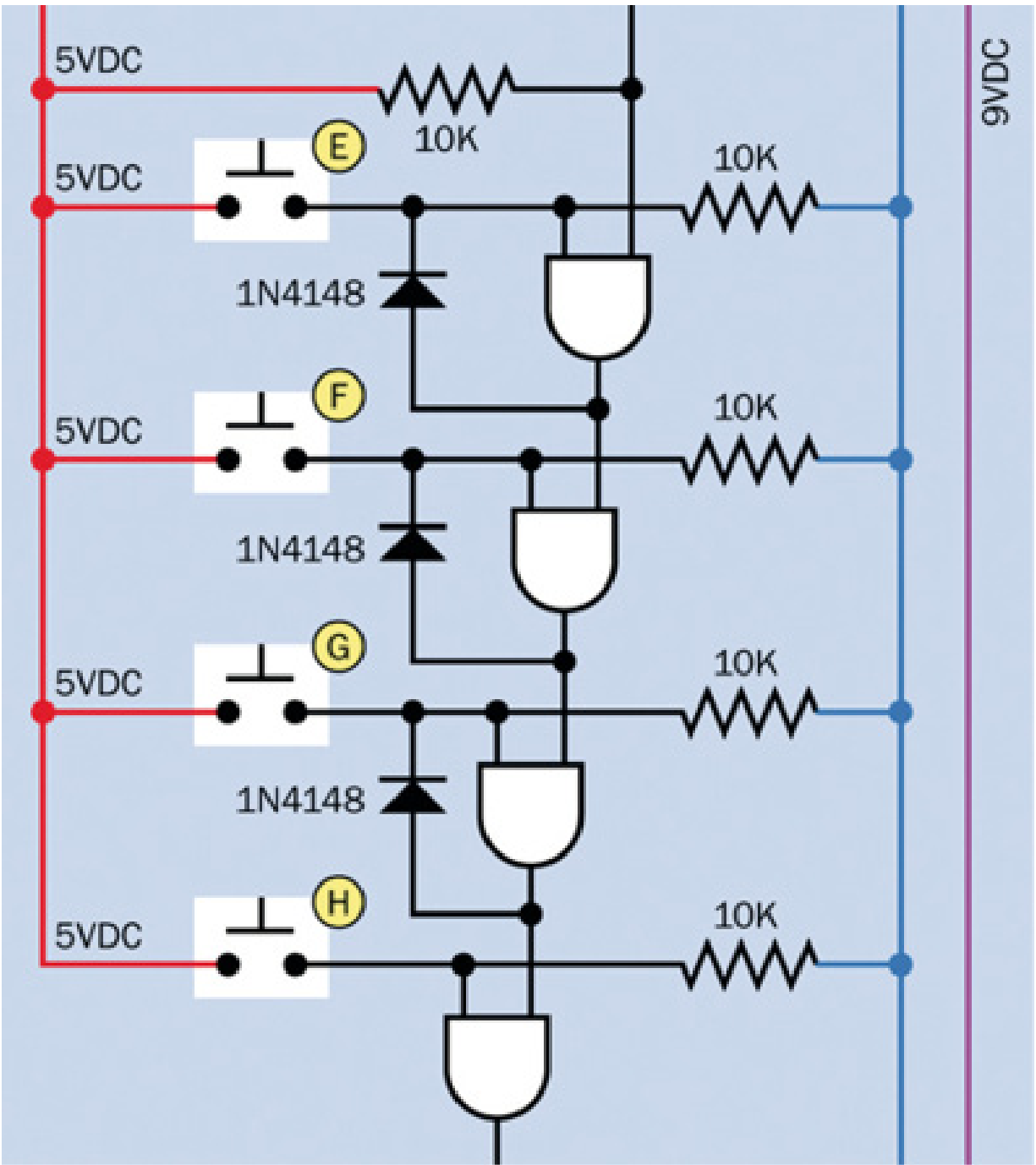


Figura 4.104 – A seção central do circuito, usando símbolos lógicos.

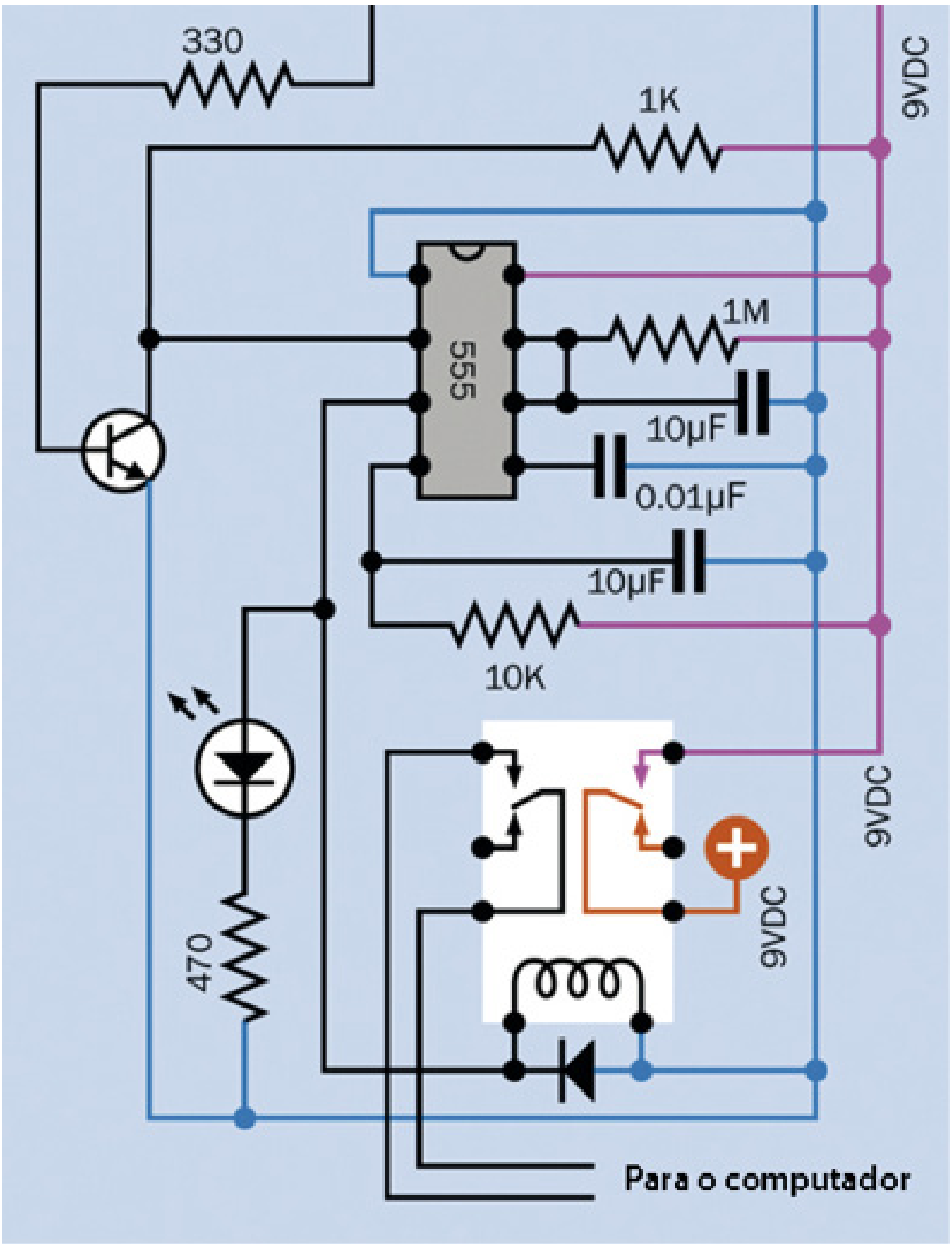


Figura 4.105 – A seção inferior do circuito.



## Como funciona

Eu configurei os componentes para que você precise pressionar o botão A para ativar o circuito, e mantê-lo pressionado enquanto fornece a sequência secreta nos botões de pressão. Isto tem duas finalidades: o circuito não consome energia quando não é usado e não é possível deixá-lo ligado por engano.

A sequência secreta consiste em pressionar os botões E, F, G e H nessa ordem, enquanto mantém pressionado o botão A. Claro que se você realmente instalar o circuito, pode embaralhar as posições dos botões. Eu os posicionei desta forma na matriz de contatos por uma questão de simplicidade.

Suponha que você está pressionando o botão A e você pressiona o botão E como o primeiro na sequência para destravar o circuito. Na Figura 4.104 você percebe que o botão E conduz 5 volts diretamente até a entrada da esquerda da primeira porta AND. Isto supera o resistor pull-down e agora a entrada da esquerda é logicamente alta.

A entrada da direita da porta AND é mantida alta através de um resistor de 10 K. Portanto, ambas as entradas da porta AND são altas e conseqüentemente sua saída passa de baixa para alta.

A corrente da saída circula através de um diodo até a entrada da esquerda. Assim, você pode soltar o botão E e a saída da porta AND manterá a entrada da esquerda em nível alto. A porta travou a si mesma, como o relé do Experimento 15. Ela é capaz de fazê-lo, pois tem sua própria fonte de alimentação (não mostrada no esquema lógico) que mantém a tensão de saída independentemente das pequenas reduções da tensão de entrada.

A saída alta da primeira porta AND também se conecta com a entrada da direita da segunda porta AND. Agora que a segunda porta AND tem uma entrada da direita em nível alto, se você pressionar o botão para elevar o nível da entrada da esquerda, a saída da segunda porta AND sobe. Observe que o botão não teria funcionado antes, porque você precisava de uma saída alta da primeira porta AND para alimentar a segunda porta AND.

- Depois de pressionar cada botão, a porta AND ao lado dele trava

a si mesma e você pode soltar o botão.

- Você precisa pressionar os botões em sequência. Se você pressionar quatro botões fora de sequência, nada acontece.
- Você precisa manter pressionado o botão A ao longo de todo o procedimento.

Observe agora os botões C, D e E. O que acontece se você pressionar qualquer um desses botões enquanto está fornecendo o código para destravar o circuito? Qualquer um dos botões irá derrubar a tensão na entrada da direita da primeira porta AND. Consequentemente, a saída da porta AND passará para o nível baixo. Se a porta travou a si mesma, ela é destravada. Além disso, a saída baixa da primeira porta AND irá destravar a segunda porta AND e a saída baixa da segunda porta AND irá destravar a terceira porta AND.

Qualquer um dos botões C, D e E irá reiniciar todo o circuito. Eu os incluí só para dificultar a entrada do código correto. Naturalmente, estou assumindo que se você instalar este sistema, todos os botões terão a mesma aparência.

### Mais de um botão?

E se alguém pressionar mais de um botão simultaneamente (enquanto mantém pressionado o botão A)? Os resultados serão imprevisíveis. Se todos os botões E, F, G e H forem pressionados juntos, o relé será ativado, exceto se os botões B, C ou D também estiverem pressionados, o que impedirá que algo aconteça. A possibilidade de botões pressionados simultaneamente pode ser vista como uma falha neste circuito, mas a chance de alguém pressionar A, E, F, G e H enquanto não pressiona B, C ou D é pequena. Para reduzir ainda mais este risco, você poderia adicionar mais botões de “reset” em paralelo com B, C e D.

### Disparando o relé

Suponha que você entrou com a combinação correta. A última porta AND aplica cerca de 5 volts na base do transistor na Figura 4.105. O

transistor liga e começa a conduzir. Isto reduz a resistência entre o pino 2 do timer 555 e o terra negativo, logo a tensão no pino 2 é puxada para baixo e o timer é disparado.

O timer é alimentado por 9 volts, que chega a ele via o fio magenta à direita. A saída do timer deve ser suficiente para ativar o relé. Veja agora o que o relé faz: seus contatos da direita fornecem uma fonte alternativa de alimentação em relação ao barramento de 9 volts.

Enquanto o pulso do timer 555 continuar, ele mantém os contatos do relé fechados. Enquanto o relé estiver fechado, ele alimenta o circuito, incluindo o timer. Sim, o timer energiza o relé e o relé alimenta o timer.

Agora você pode soltar o botão A e o relé permanecerá travado enquanto o pulso do timer durar. O pulso dura cerca de 30 segundos, quando então a alimentação do relé é cortada e seus contatos abrem. Isto desativa o timer e também o resto do circuito. Agora o circuito não consome energia alguma.

O conjunto de contatos do lado esquerdo do relé serve para fornecer energia para o botão “liga-desliga” de seu computador. Portanto, durante o breve momento em que o timer energiza o relé, você poderá ligar seu computador. O restante do tempo o botão “liga-desliga” não irá funcionar.

### O chip lógico

Agora observe a Figura 4.106. Esta é a seção central do circuito, redesenhada com um chip lógico 74HC08 contendo quatro portas AND de duas entradas. Ele funciona exatamente da mesma forma que o diagrama lógico da Figura 4.104. Você pode comparar os dois diagramas para ver como suas funções são idênticas. A grande diferença é que o circuito mostrando o chip diz como o componente realmente precisa ser instalado, mas você provavelmente verá que este diagrama é muito mais difícil de entender. Diagramas lógicos têm sua utilidade.

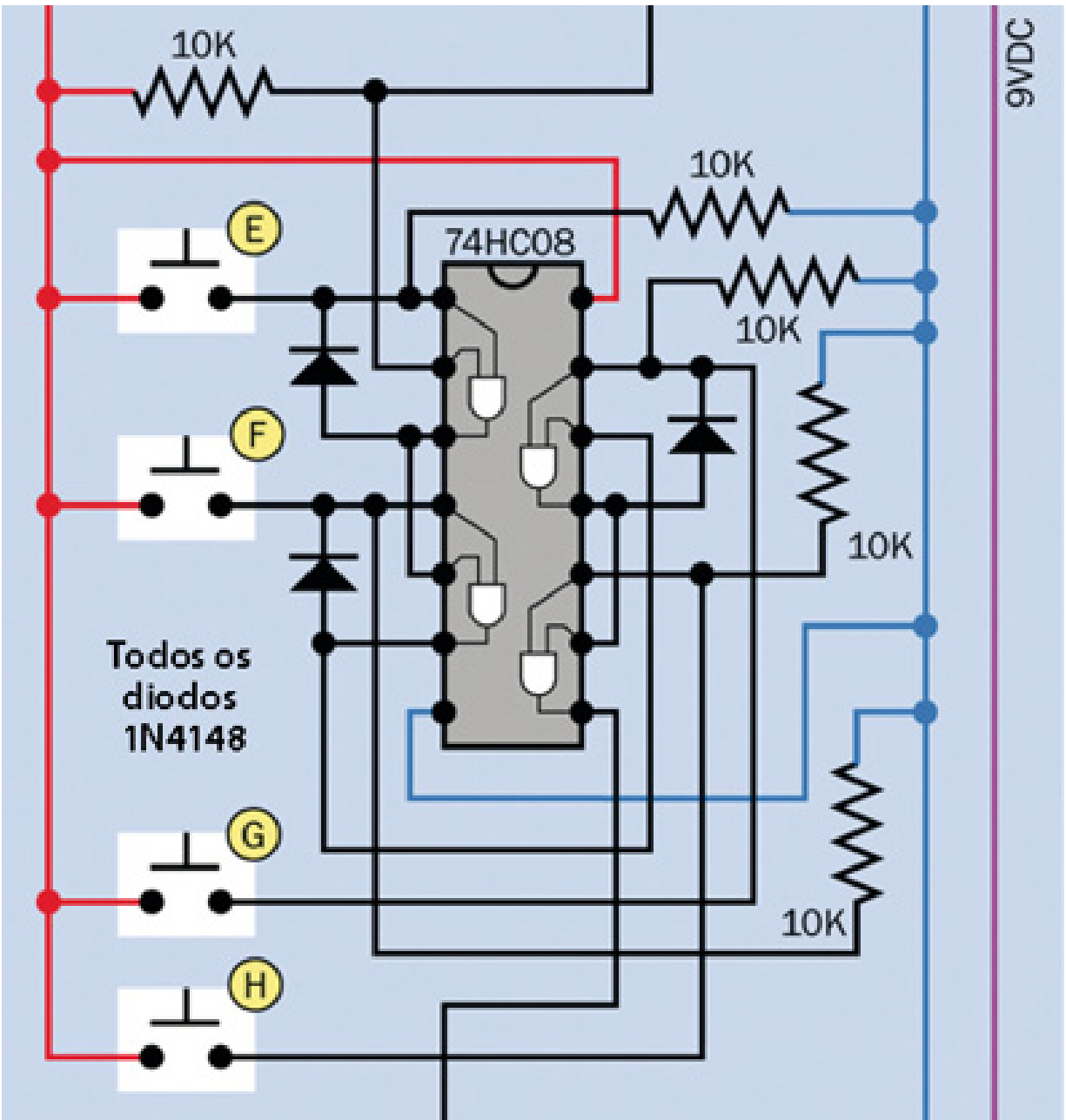
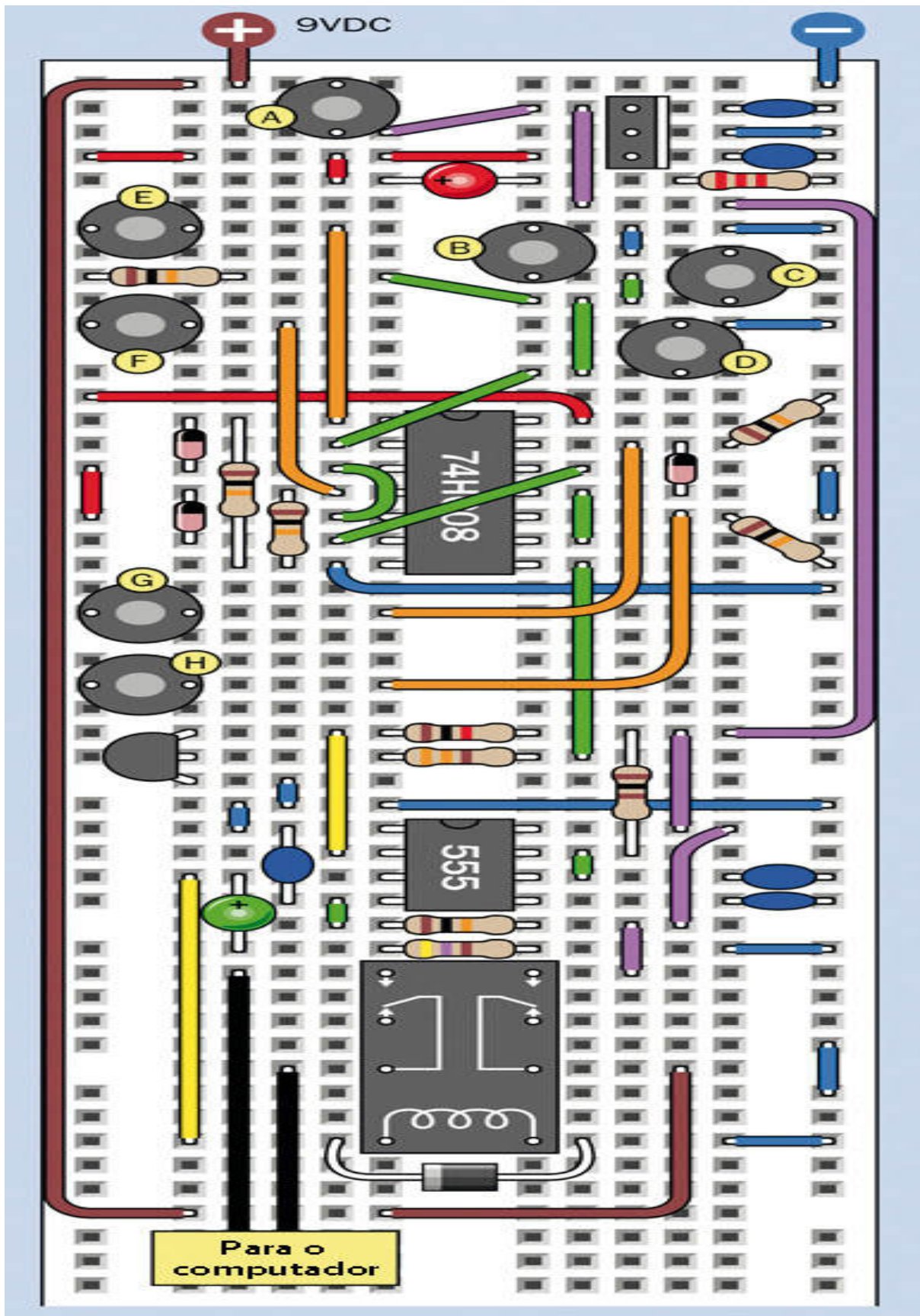


Figura 4.106 – A seção central do circuito, mostrando os componentes reais.

### Hora de construir!

O circuito completo na matriz de contato é mostrado na Figura 4.107. Para este projeto, você não pode testá-lo em etapas; é preciso construir todo o conjunto. Os valores dos componentes são mostrados na Figura 4.108.

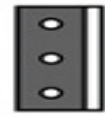


*Figura 4.107 – Matriz de contato com o circuito completo da trava eletrônica com combinação.*

Botão de pressão  
Quantidade: 8



LM7805



0.33μF



0.1μF



2.2K



LED de baixa corrente



10K



1N4148



1N4148



10K

10K



1N4148



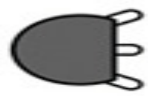
10K



10K



2N2222



10μF



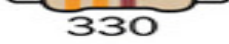
LED genérico verde



1K



330



1M



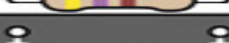
555



10K



470



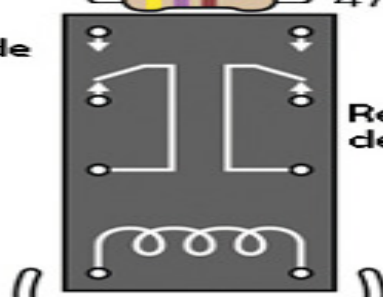
10μF



0.01μF



Relé DPDT de 9V



1N4001

*Figura 4.108 – Os valores de componentes para o layout na matriz de contatos.*

## Configuração

Cuidado para manter as duas tensões neste circuito separadas uma da outra. A fonte de alimentação de 5 VDC é insuficiente para operar o relé, mas os 9 VDC queimarão seu chip lógico. O barramento da esquerda da matriz de contato é para a fonte de 5 VDC. A tensão de 9 VDC não comutada chega até o relé via um fio marrom do lado esquerdo da matriz de contato na Figura 4.107. Os fios roxo ou magenta à direita levam 9 VDC, que é comutado pelo botão A ou pelos contatos da direita do relé.

- Marrom indica uma fonte não comutada de 9 VDC de uma bateria ou adaptador AC.
- Magenta ou roxo é a fonte de 9 VDC, que é comutada ou pelo relé ou pelo botão A.
- Vermelho é 5 VDC, fornecido pelo regulador de tensão.

Depois de construir o circuito, conecte a fonte de alimentação de 9 VDC e pressione o botão A. O LED vermelho acende e nada mais acontece.

Mantendo o botão A pressionado, pressione e solte cada um dos botões marcados E, F, G e H em sequência, de cima para baixo. Ao completar a sequência, o LED verde acende, indicando que o relé fechou e você destravou o circuito com sucesso.

Solte o botão A e o LED deve ficar aceso por 30 segundos antes de o circuito desligar-se automaticamente. Durante este período de 30 segundos, se este circuito estiver instalado em seu computador, você terá a oportunidade de iniciá-lo.

Depois que o circuito se desligar, ele não consumirá energia alguma. Você pode operá-lo com uma bateria de 9 volts e a bateria deve durar literalmente anos.

Tente manter o botão pressionado novamente e pressione os mesmos botões em uma sequência diferente. Além disso, tente



incluir alguns dos botões marcados como B, C e D. O LED não acenderá e o relé não será ativado.

Suponha que você instale uma versão terminada deste circuito. Para descobrir o código, alguém terá que saber:

- Você precisa manter o botão A pressionado enquanto entra a sequência correta.
- Se você pressionar um botão incorreto é preciso entrar o código novamente do início.
- Apenas os botões E, F, G e H são ativos e eles precisam ser pressionados nessa ordem.

Isto me parece um esquema muito seguro. Agora, se você quiser ainda mais segurança, sempre é possível acrescentar mais botões!

### Testando

Configure seu multímetro para medir continuidade e conecte as pontas de prova (usando os cliques jacaré) à saída esquerda do relé marcada como “Para o computador” na Figura 4.105. Esses dois fios não carregam tensão, portanto seu multímetro precisa estar no modo de teste de continuidade para verificar que os contatos dentro do relé fecharam.

Entre com a combinação correta de botões e o multímetro deve emitir um bipe. Solte o botão A e o multímetro deve continuar emitindo um bipe enquanto o timer 555 energiza o relé. Ao final do ciclo do timer, o relé abre e o multímetro para de emitir o bipe.

Você pode reconfigurar seu multímetro para medir corrente e inseri-lo entre o lado positivo da bateria e o ponto de entrada de 9 VDC na matriz de contato. O multímetro não deve indicar consumo de energia até que o botão A seja pressionado.

### Lidando com diodos

Este circuito contém dois tipos de travas. O sistema para travar o relé é incomum, mas satisfaz os requisitos para que o circuito consuma corrente zero quando não estiver sendo usado. O sistema

pelo qual as portas AND travam a si mesmas é outra questão.

A quarta porta AND não precisa deste travamento, pois só é necessário um breve pulso (do botão H) para iniciar o timer. Porém, as primeiras três portas AND precisam travar para manter suas saídas positivas depois que você solta cada um dos botões E, F e G. Os diodos resolvem isso realimentando a corrente da saída das portas de volta para suas entradas.

Você vê algum problema nisso? Lembre-se de que um diodo consome cerca de 0,7 volt e, ainda, que uma porta lógica precisa distinguir claramente entre um estado alto e um estado baixo em suas entradas. Se você começar a espalhar diodos por um circuito lógico sem prestar atenção nas tensões, você pode acabar com uma porta lógica que não reconhece uma entrada supostamente alta. Este é o mesmo problema que me preocupava no Experimento 15, no qual uma tensão reduzida por um transistor seguido de um diodo poderia não acionar um relé.

Em caso de dúvida, verifique as tensões com seu multímetro e consulte novamente as especificações de entrada ilustradas na Figura 4.102.

No circuito de trava com combinação, mostrado aqui, a saída de cada uma das primeiras três portas AND só circula de volta através de um diodo até a entrada da porta, portanto não há motivo para que isso não funcione corretamente. Lembre-se de que você precisa prestar atenção e ser criterioso ao misturar diodos com chips lógicos.

Talvez você esteja se perguntando: se um diodo não é o método formalmente correto de fazer com que uma porta lógica trave a si mesma, qual é a forma ideal de fazê-lo?

Uma opção seria substituir cada diodo por um pedaço de fio para levar o sinal de volta à entrada da porta. Afinal, qual a real finalidade dos diodos?

Eles têm uma finalidade importante. Se um diodo for substituído por um pedaço de fio, a tensão positiva aplicada através de um botão de pressão também poderia fluir por este fio até a saída da porta

lógica.

- Não é absolutamente uma boa ideia levar tensão à saída de uma porta.

A opção correta para travar um estado lógico em um circuito é com um flip-flop. Anteriormente eu usei um timer 555 configurado no modo biestável como um flip-flop, pois já estávamos trabalhando com timers e eu queria demonstrar esta aplicação. No entanto, neste circuito, não faria sentido adicionar quatro timers 555 só para esta função. Você pode comprar chips contendo vários flip-flops e você também pode fazer um flip-flop combinando duas portas NAND ou duas portas NOR, como mostrarei no Experimento 22.

Para este pequeno circuito da trava com combinação eu quis minimizar o número de chips e a complexidade. Diodos eram a forma mais simples e fácil de conseguir isto.

## Dúvidas

A saída da quarta porta AND era um único pulso positivo. Por que não o usar para ativar o relé diretamente, em vez de introduzir um timer?

Um motivo é que o relé puxa uma quantidade inicial de corrente que excede o máximo de 20 mA que uma porta AND pode fornecer. Além disso, eu queria um pulso de duração fixa do timer.

Tudo bem, mas por que acrescentei um transistor ao circuito? Porque a porta AND fornece um pulso positivo e o timer precisa de uma transição negativa em seu pino trigger. O transistor serviu para converter um positivo em um negativo. Acrescentar uma porta NOT (isto é, um inversor) teria tido o mesmo efeito, mas aumentaria o número de chips.

Neste caso, por que não usei portas NAND em vez de portas AND? Uma porta NAND tem uma saída normalmente positiva que desce quando ambas as entradas estiverem no nível alto. Isto é exatamente o que o timer 555 quer. Com uma porta NAND, eu poderia ter omitido o transistor.

É verdade, mas as portas AND anteriores requerem saídas positivas

para retroalimentar e manter suas entradas positivas. Portanto, eu devo manter essas portas AND para os primeiros três botões de pressão. Eu só poderia ter substituído a última porta por uma porta NAND para criar a saída certa para o timer. Isso significa que você ainda precisaria do chip 74HC08 e teria que acrescentar um chip 74HC00, apenas para usar uma de suas portas. Um transistor é mais fácil e ocupa menos espaço.

Aqui está outra dúvida. Por que incluí dois LEDs no circuito? Porque quando você está pressionando botões para destravar seu computador, você precisa saber o que está acontecendo. O LED de “ligado” garante que sua bateria não está morta. O LED de relé ativo avisa que o sistema está destravado, caso você não consiga ouvir o clique do relé.

E, por fim, a grande dúvida: como realmente instalar este circuito em um computador, assumindo que você está disposto a tentar? É muito mais fácil do que parece, como explicarei em seguida.

### A interface com o computador

Primeiro, certifique-se de ter ligado corretamente todos os componentes do circuito da trava com combinação. Um único erro de fiação pode fazer com que seu circuito forneça 9 VDC através dos contatos do relé da esquerda em vez de simplesmente fechar um interruptor. Isto é importante!

Para ter absoluta certeza, mude seu multímetro para medir volts DC e entre a combinação correta nos botões de pressão. Se o LED acender, mas seu multímetro não medir tensão alguma, isto é bom. Qualquer outro resultado significa um erro de fiação.

Agora vamos considerar como seu computador normalmente funciona quando você quer ligá-lo.

Computadores antigos costumavam ter uma grande chave na parte traseira, ligada a uma pesada caixa de metal dentro do computador que transformava a corrente alternada de sua casa em tensões DC reguladas necessárias para um computador. A maioria dos modernos computadores não é projetada desta forma; você deixa o

computador ligado na tomada e pressiona um pequeno botão na parte frontal (se não for um Mac) ou teclado (se for um Mac). O botão é conectado por um fio interno à placa mãe.

Isto é ideal de nosso ponto de vista, porque não precisamos mexer com altas tensões. Dentro de seu computador, nem pense em abrir a caixa metálica com a ventoinha e que contém a fonte de alimentação. Apenas procure o fio que vai do botão “liga-desliga” até a placa-mãe. Em geral, este fio contém apenas dois condutores, mas em alguns computadores ele é parte de um cabo plano. O fundamental é procurar os contatos do botão de pressão, que estarão ligados aos condutores desejados.

Primeiro *certifique-se de que seu computador esteja desligado da tomada*, aterre a si mesmo (pois computadores contêm chips CMOS que são sensíveis à eletricidade estática) e com muito cuidado corte um dos dois condutores do botão de pressão. Agora ligue seu computador na tomada e tente usar o botão “liga-desliga”. Se nada acontecer, você provavelmente cortou o fio certo. Mesmo que tenha cortado o fio errado, ele ainda impediu que seu computador iniciasse, que é o que desejamos, então você pode usá-lo de qualquer modo.

Lembre-se de que nós não introduziremos qualquer tensão neste fio. Só usaremos o relé como um interruptor para reconectar o condutor que você cortou. Não deve haver problema se você ficar calmo e tranquilo e procurar aquele fio que inicia todo o processo. Procure o manual de manutenção de seu computador online se você estiver realmente preocupado por ter feito algum erro.

Depois de encontrar o fio e cortar um de seus condutores, mantenha seu computador desligado da tomada durante os próximos passos.

Encontre o local em que o fio se conecta à placa-mãe. Geralmente há um pequeno conector de encaixe. Primeiro, marque-o para saber como conectá-lo de volta corretamente. Melhor ainda, fotografe-o. Então o desconecte enquanto segue os próximos passos.

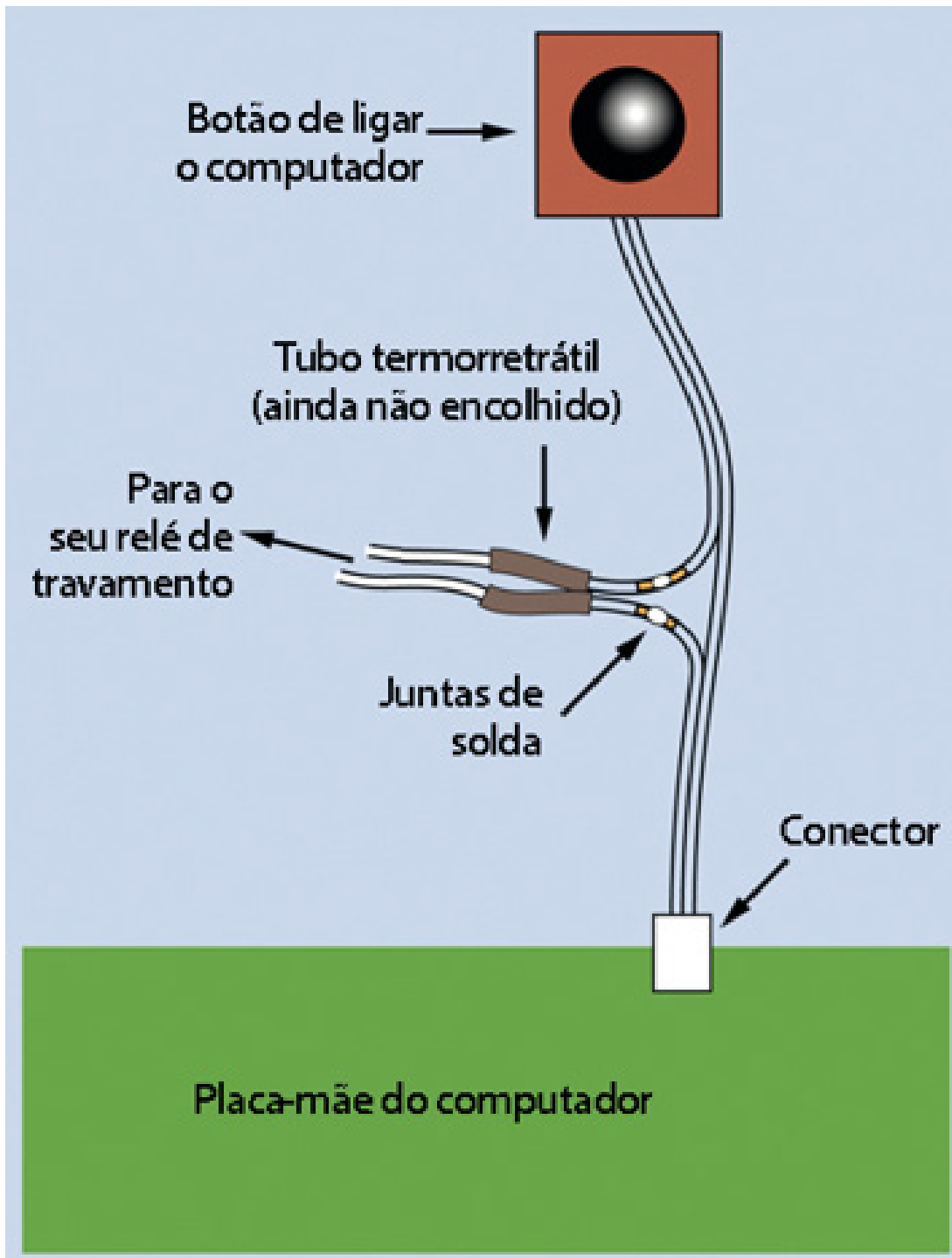
Desencape as duas extremidades do fio que você cortou e solde um pedaço adicional de fio com dois condutores, como mostrado na Figura 4.109, com tubo termorretrátil para proteger as juntas de

solda. (Isto é muito importante!)

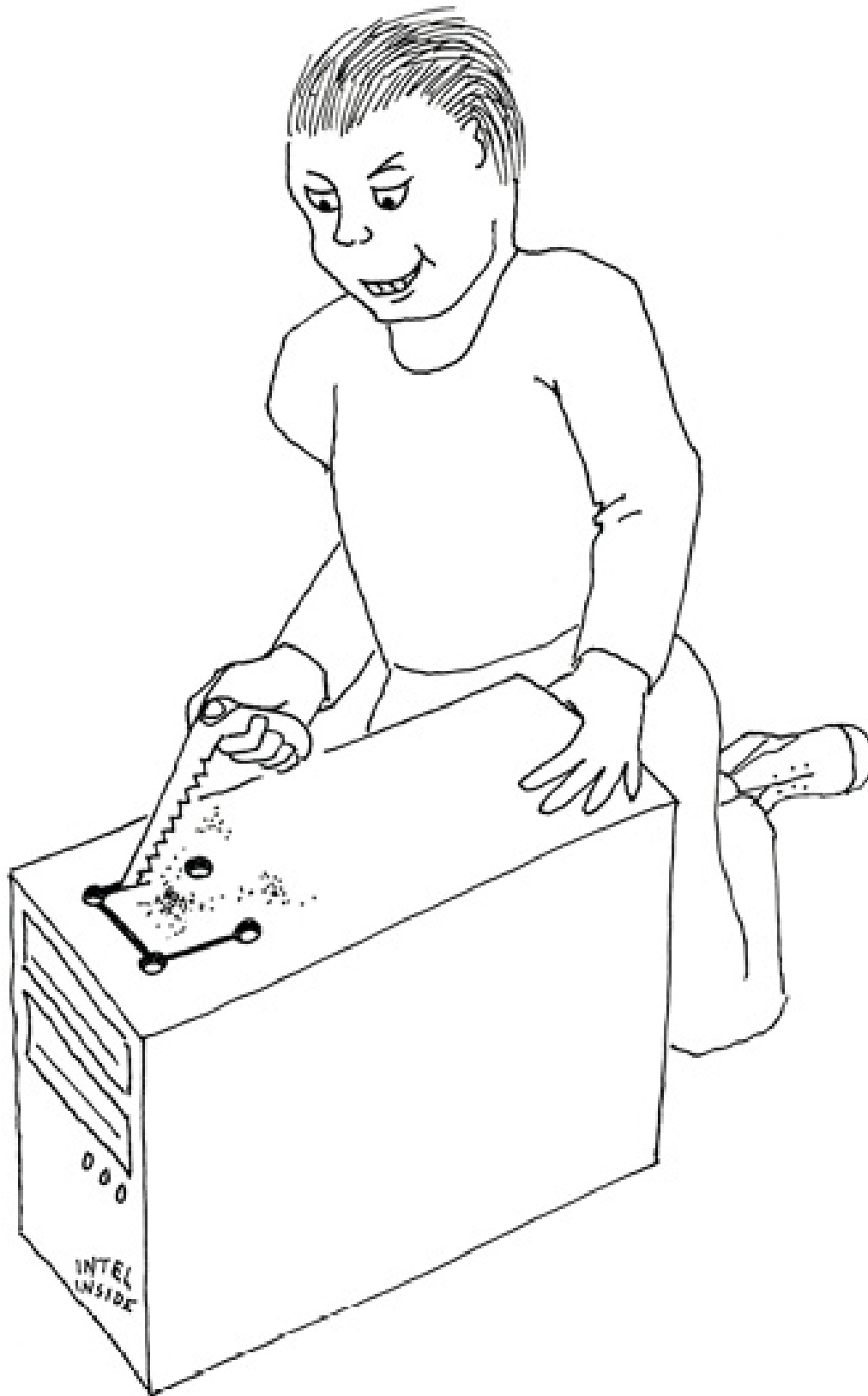
Leve seu novo pedaço de fio até o relé e conecte-o ao par de contatos que fecham, dentro do relé, quando ele é energizado pela operação de destravamento. Não vá cometer o erro de destravar seu computador quando pensa que o está travando, e vice-versa.

Reconecte o conector que você desconectou da placa-mãe, ligue seu computador na tomada e pressione o botão “liga-desliga” do computador. Se nada acontecer é um bom sinal! Agora entre com o código secreto em seu teclado (enquanto mantém pressionado o botão que fornece energia da bateria) e veja o LED verde acender. Agora tente o botão “liga-desliga” novamente e tudo deve funcionar, desde que você pressione o botão dentro do intervalo de 30 segundos permitidos pelo seu circuito.

Depois de testar seu circuito, a tarefa restante é a instalação. Lembre-se de remover o gabinete do computador completamente se você está pensando em algo parecido com a imagem da Figura 4.110.



*Figura 4.109 – O projeto da trava com combinação pode ser ligado a um típico computador desktop cortando-se um condutor no fio do botão “liga-desliga”, soldando-se uma extensão e protegendo as juntas com tubo termorretrátil.*



*Figura 4.110 – Uma opção para instalar seu teclado (não necessariamente*



*recomendada).*

## Melhorias

Ao final do projeto sempre há mais que se pode fazer.

**Usando um teclado.** Na edição anterior deste livro, eu sugeri usar um teclado numérico neste projeto. Algumas pessoas acharam que o teclado era muito caro e outras tinham dificuldade de encontrar o tipo certo de teclado. Depois de refletir um pouco, decidi usar apenas botões de pressão desta vez. Eles são fáceis de instalar em sua matriz de contato e, se você decidir construir uma versão mais permanente do circuito, basta montar oito botões de pressão em um quadrado de metal ou plástico. Porém, um teclado ainda é uma opção, desde que ele *não seja matricial*. Este tipo de teclado é projetado para uso com um microcontrolador. O tipo que você quer terá tantos pinos quanto forem os botões, mais um.

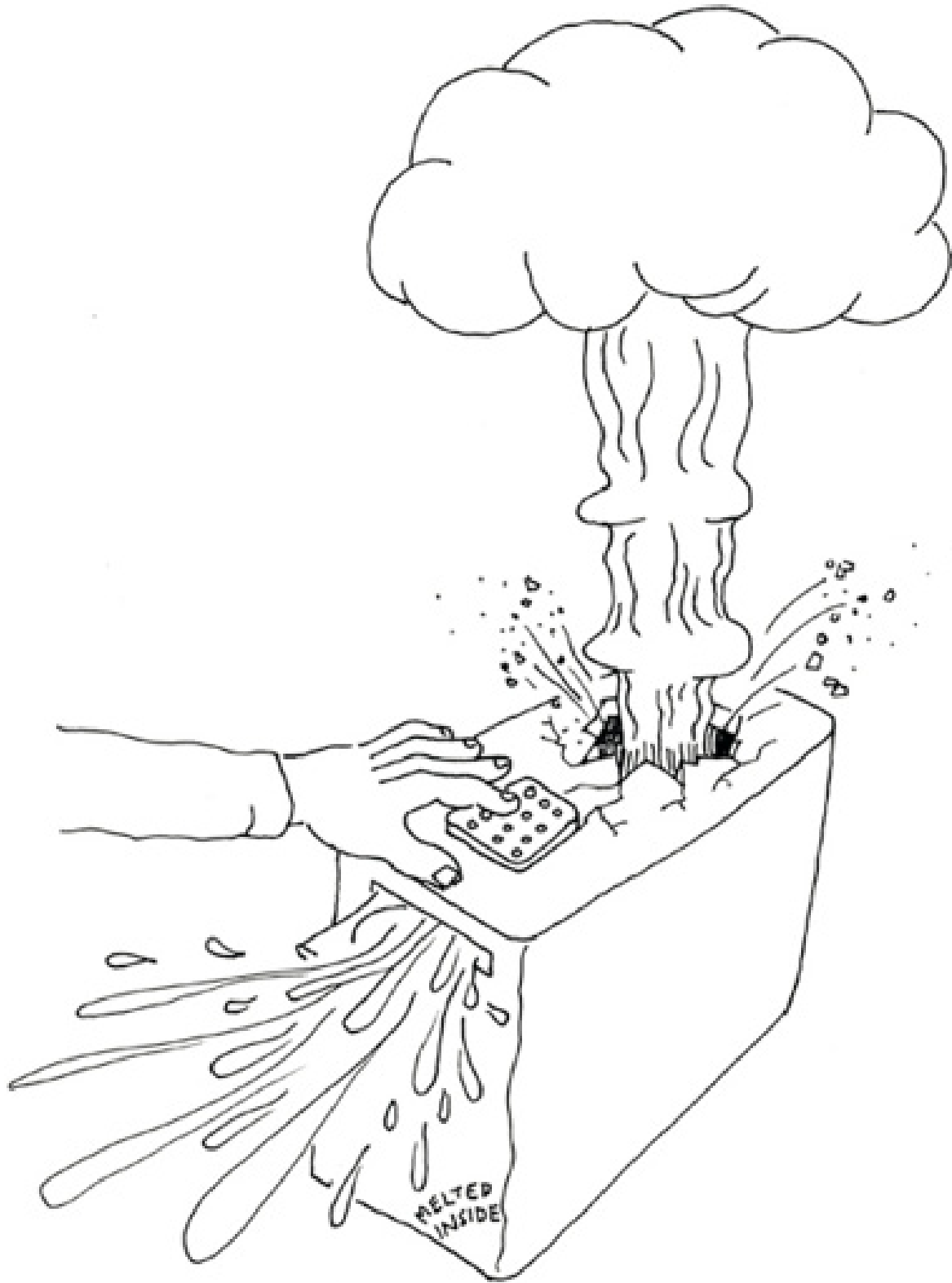
**Energizando o relé.** Você deve estar se perguntando se a tensão da saída de um timer 555 é suficiente para alimentar o relé corretamente. Esta é a mesma pergunta que discuti no Experimento 15, quando decidi não energizar um relé através de uma combinação transistor-diodo. O problema é que a tensão de um timer 555 varia dependendo de quanto você carrega a saída. É por isso que recomendei um relé de alta sensibilidade para este experimento. Tipicamente ele puxará menos de um terço da corrente de um relé tipo padrão, o que achei satisfatório para fins de demonstração. Lembre-se de que eu quis especificar apenas um tipo de relé para todos os experimentos neste livro. Entretanto, se você pretende instalar o circuito e ele precisa absolutamente funcionar sempre, mesmo quando sua bateria de 9 V está com baixa carga, você poderia pensar em substituir por um relé de 6 VDC. Sério? A saída do timer não irá sobrecarregá-lo? Não necessariamente. Alguns relés são projetados para tolerar uma sobretensão. Por exemplo, as especificações do relé de 6 volts Omron G5V-2-H1-DC6 permitem uma tensão máxima de 180% da tensão nominal. Como sempre, a melhor recomendação é testar um circuito totalmente, considerar as opções e ler as especificações.

**Protegendo o computador.** Para tornar este projeto mais seguro, você poderia remover os parafusos usuais que prendem o gabinete do computador e substituí-los por parafusos à prova de violação. Naturalmente, você também precisará de uma ferramenta especial que encaixa os parafusos para que você possa instalá-los (ou removê-los se seu sistema de segurança apresentar problemas por algum motivo).

**Atualização do código.** Outra melhoria seria uma maneira de facilitar a troca de seu código secreto se você achar que é necessário. Isto será difícil se você criar uma versão soldada do circuito, mas você pode instalar plugues e soquetes miniatura conhecidos como “headers” para permitir uma troca de fios.

**Segurança destrutiva.** Para aqueles que são absolutamente, positivamente, totalmente paranoicos, é possível configurar as coisas de modo que se uma pessoa entrar com um código errado um segundo relé de alta amperagem seria acionado e forneceria uma sobrecarga, derretendo sua CPU e enviando um grande pulso através do disco rígido. Para uma unidade de estado sólido, você poderia considerar a instalação de um “relé suicida”, que aplicaria uma tensão maior à entrada de 5 VDC. No entanto, não recomendo essas alternativas.

Não há dúvida. Mexer com o hardware tem grandes vantagens em relação a tentar apagar dados usando software. É mais rápido, difícil de parar e tende a ser permanente. Portanto, quando a RIAA (Recording Industry Association of America ou Associação Americana da Indústria Fonográfica) vier à sua casa e pedir para você ligar seu computador para que eles possam procurar compartilhamentos ilegais de arquivos, forneça por engano um código secreto errado e aguarde aquele cheiro pungente de plástico derretido, ou uma rajada de raios gama, se você optar pela opção nuclear (veja a Figura 4.111).



*Figura 4.111 – Para aqueles que são absolutamente, positivamente, totalmente paranoicos: um sistema de fusão/autodestruição controlado por*

*uma combinação secreta de teclas oferece proteção aprimorada contra roubo de dados e invasão por investigadores da RIAA e suas perguntas inconvenientes sobre compartilhamento de arquivos.*

De um ponto de vista mais realista, nenhum sistema é totalmente seguro. O valor de um dispositivo de travamento por hardware é que se alguém conseguir violá-lo (por exemplo, descobrindo como desaparafusar os parafusos à prova de violação, ou simplesmente arrancando seu teclado do gabinete do computador com tesouras de metal), pelo menos você saberá que algo aconteceu, especialmente se você colocar um pouquinho de tinta nos parafusos para revelar se mexeram com eles. Em comparação, se você usar um software de proteção por senha e alguém conseguir violá-lo, você nunca saberá que seu sistema foi comprometido.

## Experimento 22: Correndo para a vitória

O próximo projeto a usar lógica digital vai introduzir o conceito de retroalimentação (feedback), em que a saída é direcionada de volta para afetar a entrada, neste caso, bloqueando-a. É um pequeno projeto, mas bastante sutil e os conceitos serão úteis para você no futuro.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Chip lógico 74HC32 (1)
- Timers 555 (2)
- Interruptores deslizantes SPDT (2)
- Botões de pressão (2)
- Resistores: 220 ohms (1), 2,2 K (1), 10 K (3)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (2), 0,1  $\mu$ F (1), 0,33  $\mu$ F (1)
- Regulador de tensão LM7805 (1)
- LEDs genéricos (2)

- LED de baixa corrente (1)

## O objetivo

Em programas de pergunta e resposta como *Jeopardy!*, os competidores se apressam a responder cada pergunta. A primeira pessoa a apertar o botão de resposta automaticamente bloqueia os outros competidores de modo que seus botões ficam inativos. Como construir um circuito que faça o mesmo?

Se você pesquisar online, encontrará vários sites de hobby onde pessoas sugeriram circuitos que funcionam desta maneira, mas faltam alguns recursos que acho necessários. A abordagem que usarei aqui é mais simples e mais elaborada. É mais simples, pois tem uma quantidade pequena de chips, mas é mais elaborada já que incorpora um “controle do apresentador” para torná-lo um jogo mais realista.

Sugerirei algumas ideias iniciais para uma versão com dois jogadores. Depois que desenvolver essa ideia, mostrarei como ela pode ser expandida para quatro ou mais jogadores.

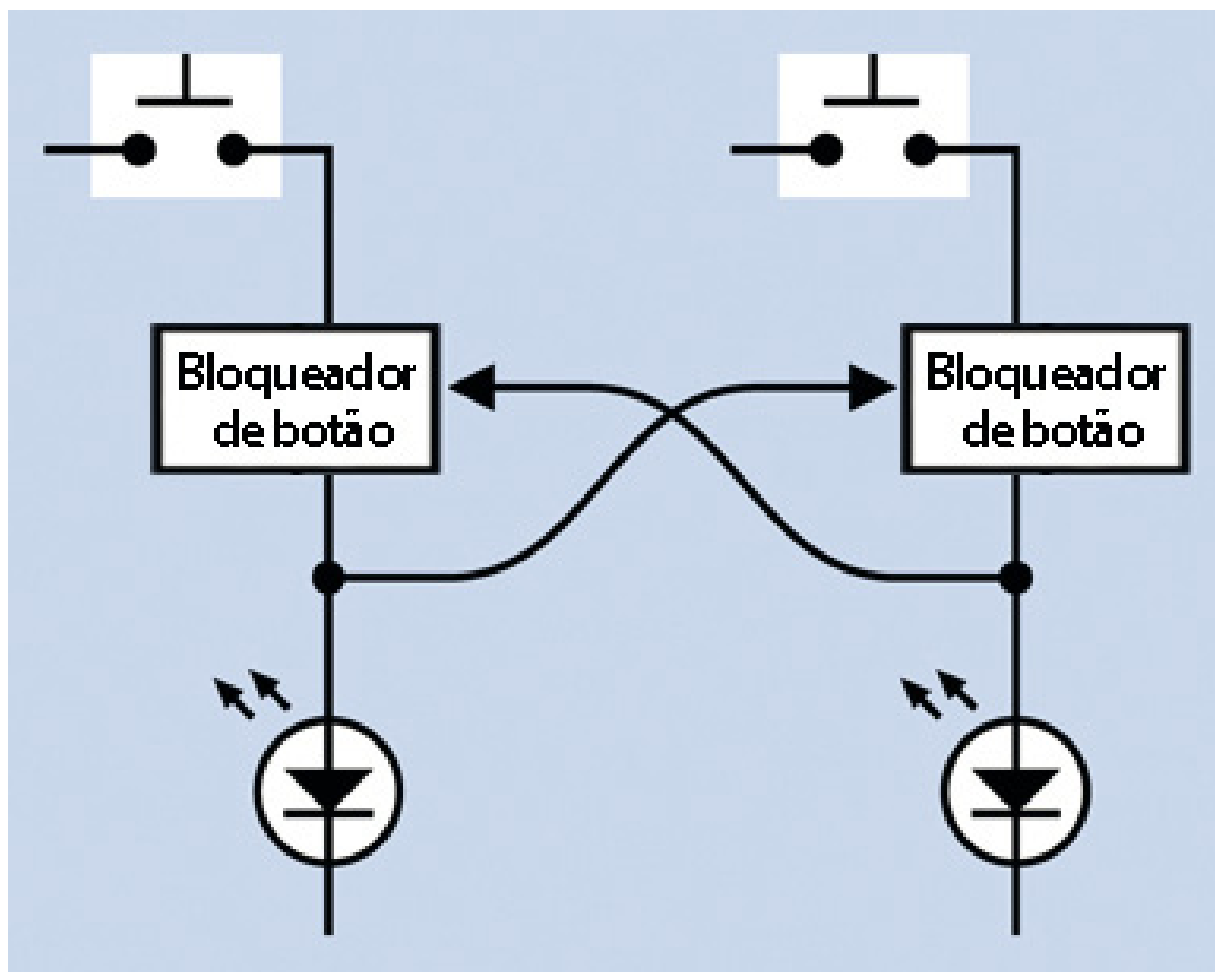
## Um experimento conceitual

Quero mostrar como este tipo de projeto cresceu a partir de uma ideia inicial. Ao mostrar as etapas do desenvolvimento de um circuito, espero pode inspirá-lo a desenvolver ideias próprias no futuro, o que é muito mais valioso que apenas replicar o trabalho de outras pessoas.

Primeiro vamos considerar o conceito básico: existem duas pessoas, cada uma com um botão a ser pressionado e quem apertar primeiro bloqueia a outra pessoa.

Às vezes, para ajudar a visualizar este tipo de coisa eu desenho um esboço, por isso começarei por aí. Na Figura 4.112, o sinal de cada botão passa através de um componente imaginário, que chamarei de “bloqueador de botão”, ativado pelo botão da outra pessoa. Não tenho certeza sobre o que o bloqueador de botão será ou como ele funcionará, mesmo assim ele será ativado pela ação do primeiro

jogador pressionando o botão e bloqueará o outro jogador.



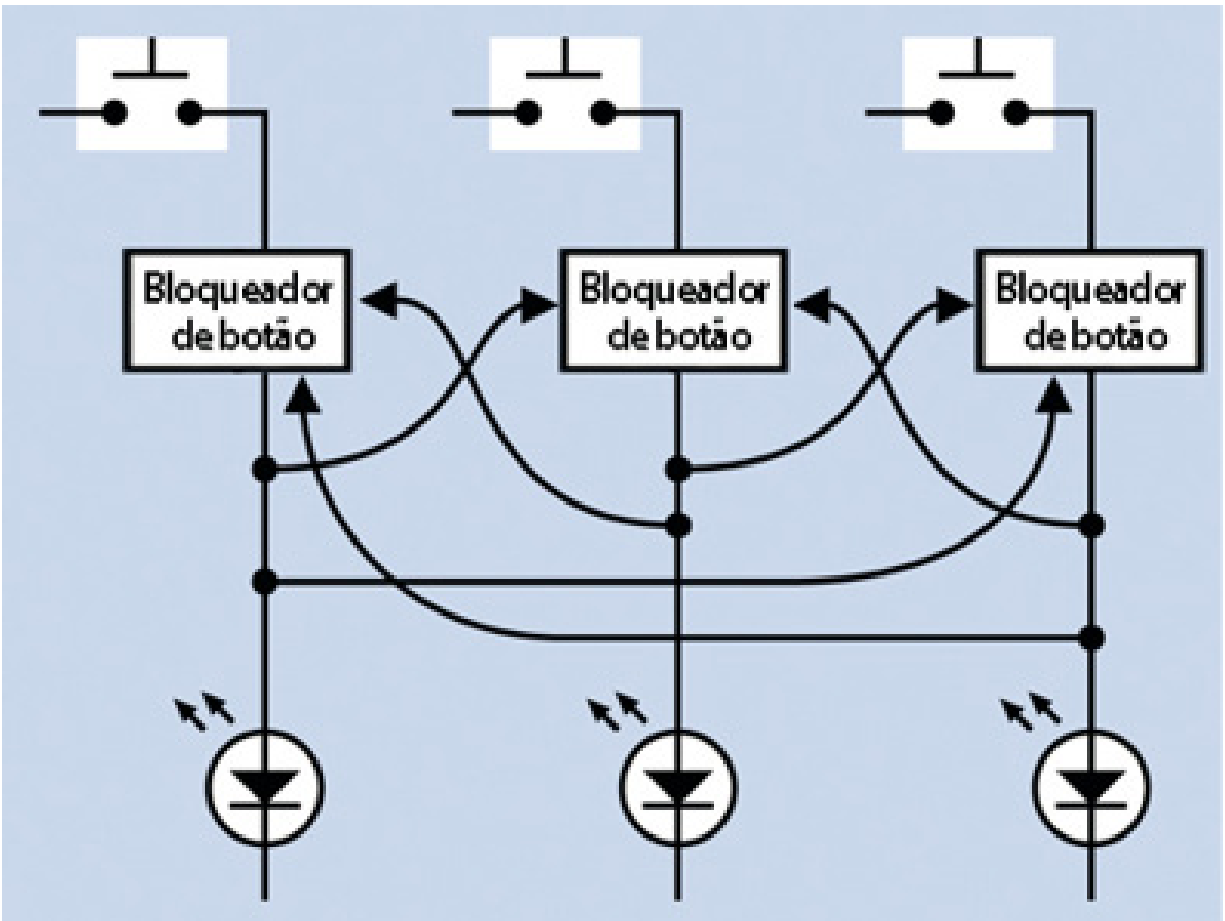
*Figura 4.112 – O conceito básico: quem for primeiro bloqueia o outro jogador.*

Observando o esboço, percebo um problema. Se eu quiser expandir para três jogadores, ficará complicado, pois cada jogador precisa ativar os “bloqueadores de botão” de dois oponentes, e se houver quatro jogadores, cada um precisa ativar os “bloqueadores de botão” de três oponentes. O número de conexões se tornará impossível de gerenciar. A Figura 4.113 mostra isso.

Sempre que vejo este tipo de complexidade, penso que deve haver uma solução melhor.

Além disso, há outro problema. Depois que um jogador solta o botão, os botões dos outros jogadores serão desbloqueados novamente. Isto sugere que, como nos Experimentos 15, 19 e 21, eu preciso

de... um flip-flop, também conhecido como dispositivo de travamento. Sua finalidade será manter o sinal do botão do primeiro jogador e continuar bloqueando o botão dos outros jogadores, mesmo depois que o primeiro jogador tiver soltado seu botão.

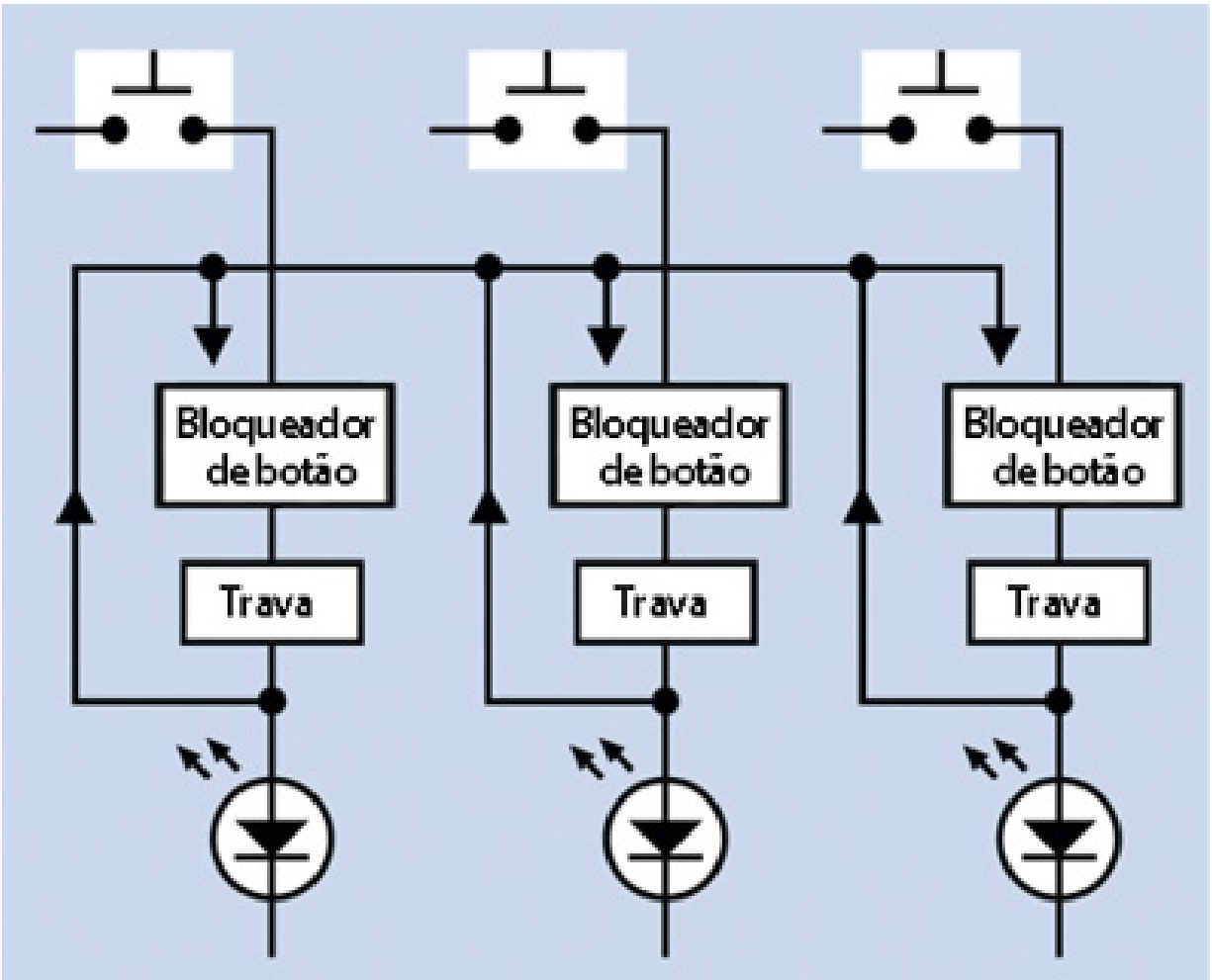


*Figura 4.113 – Aumentar o número de participantes de dois para três mais que dobra o número de conexões.*

Isto parece ainda mais complicado. Espere um pouco. Se o botão do vencedor aciona esse dispositivo de travamento, ele mantém o circuito vencedor energizado e o botão do vencedor se torna irrelevante. Portanto, esse dispositivo de travamento pode bloquear *todos* os botões. Isto torna as coisas muito mais simples. Aqui está um resumo da sequência de eventos:

- O primeiro jogador pressiona seu botão.
- Seu sinal fica travado.
- O sinal travado é retroalimentado e bloqueia todos os botões.

O novo esboço na Figura 4.114 mostra isso. Agora a configuração é modular e pode ser expandida para praticamente qualquer número de jogadores, bastando adicionar mais módulos, sem aumentar sua complexidade.



*Figura 4.114 – Qualquer trava agora bloqueia todos os botões.*

Porém, há algo importante faltando: um botão de reset para reiniciar o sistema depois que os jogadores tiverem tido tempo de pressionar seus botões e ver quem ganhou. Além disso, preciso de uma maneira de evitar que os jogadores pressionem seus botões cedo demais, antes de o apresentador terminar de fazer a pergunta. Talvez eu possa combinar esta função em uma chave apenas, que ficará sob o controle do apresentador.

Veja a Figura 4.115. Em sua posição Reset, a chave do



apresentador pode reiniciar o sistema e remover a energia dos botões. Em sua posição Set, a chave deixa de manter o sistema no modo reset e fornece energia para os botões. Voltei a mostrar apenas dois jogadores para tornar as coisas o mais simples possível, mas o conceito ainda é facilmente expansível.

Precisamos agora lidar com um problema lógico no diagrama. Segundo meu desenho do circuito, todos os componentes estão ligados. Usei setas para mostrar a direção dos sinais, mas não sei como impedir que os sinais fluam na direção errada. Se eu não resolver isso, o sinal de qualquer jogador acenderá ambos os LEDs. Como evitar isso?

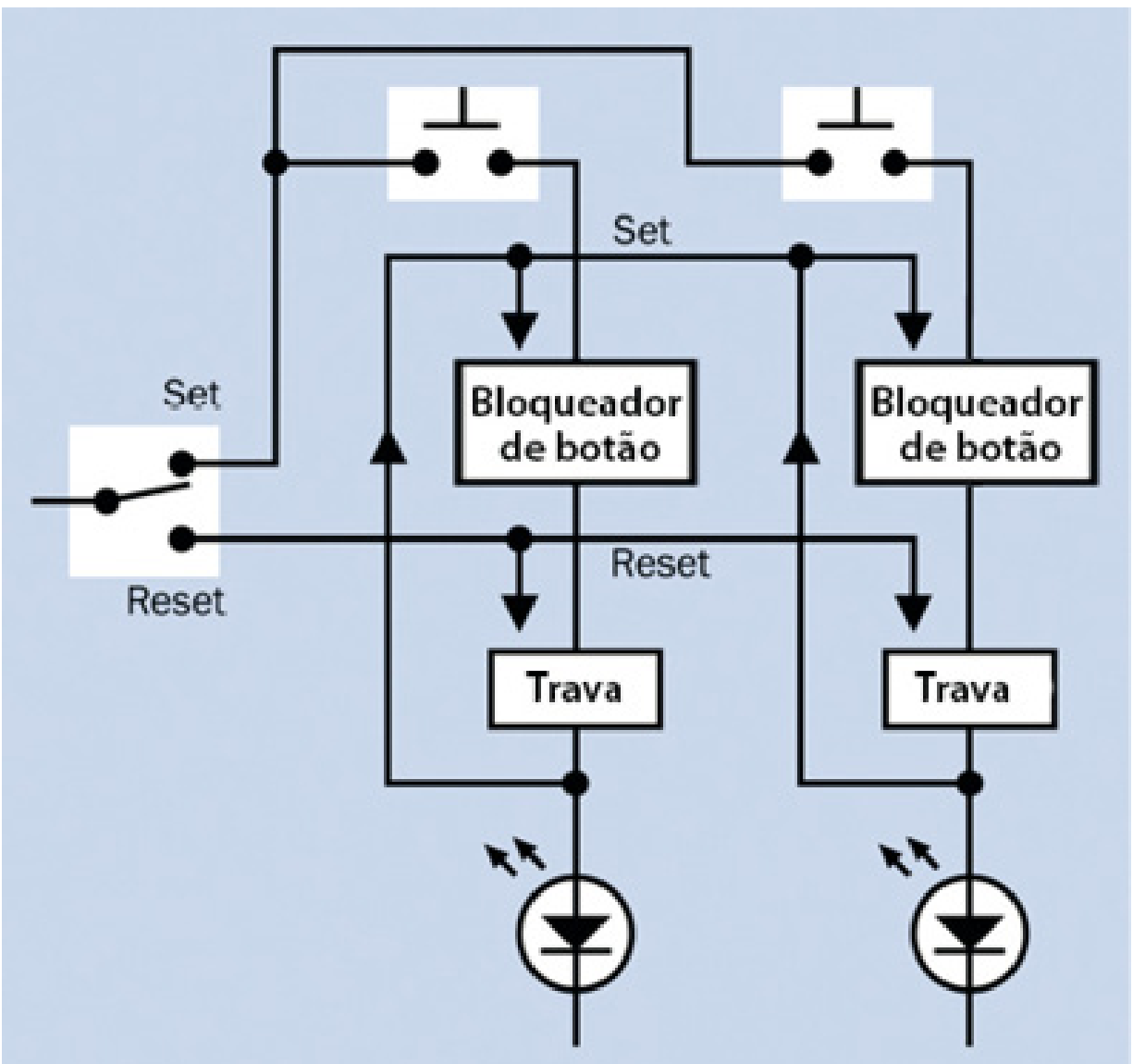
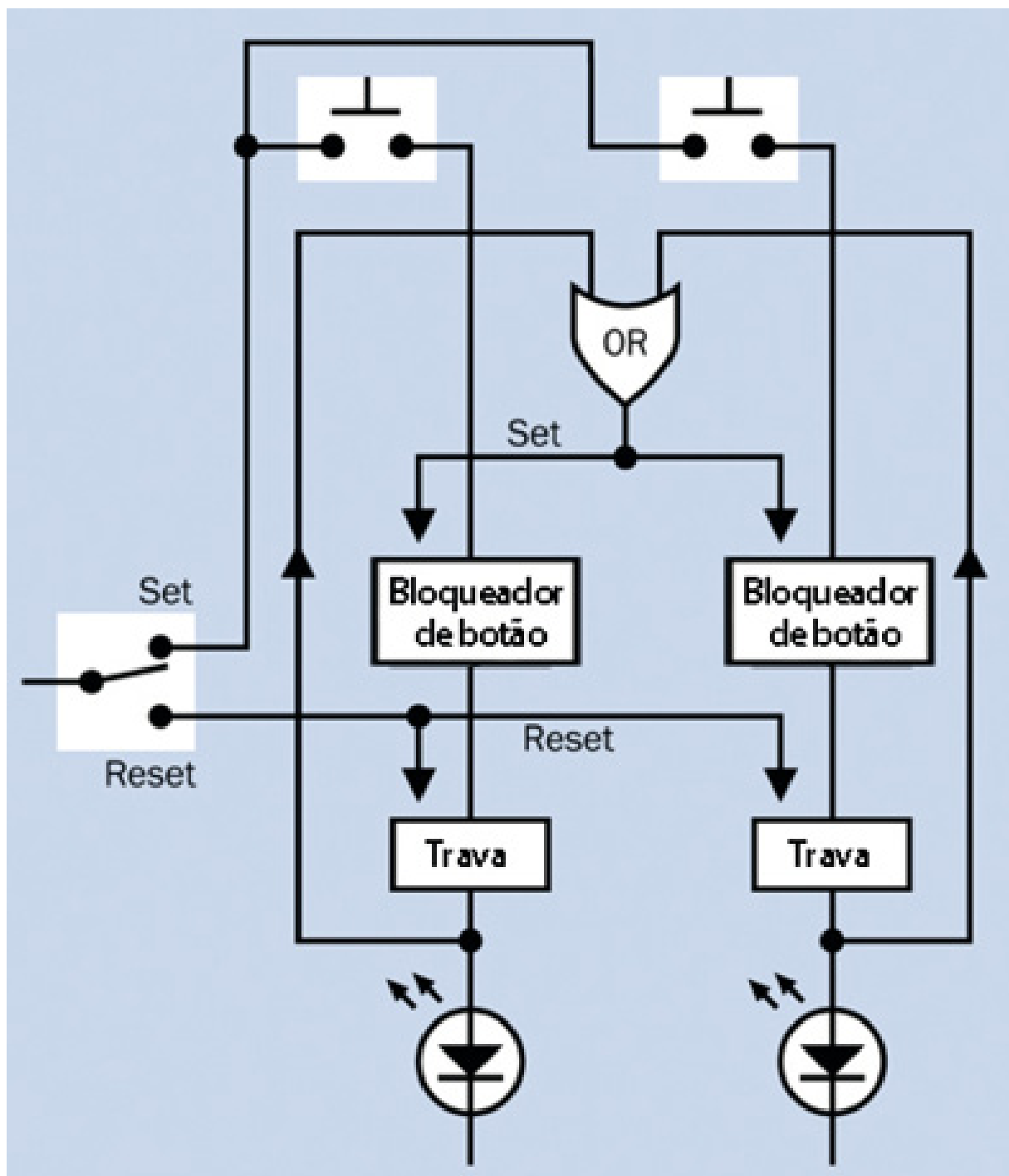


Figura 4.115 – O controle do apresentador foi acrescentado.

Eu poderia pôr diodos nos fios “para cima” para impedir que a corrente descesse por eles. Porém, uma ideia mais elegante seria adicionar uma porta OR, pois as entradas de uma porta OR são separadas uma da outra eletricamente. A Figura 4.116 mostra isso.



*Figura 4.116 – Adicionar uma porta OR isola o circuito de um jogador em relação ao outro.*

A porta OR básica tem apenas duas entradas lógicas. Isso impedirá o acréscimo de mais jogadores? Não, porque você pode comprar uma porta OR com três, quatro e até oito entradas. Se qualquer uma delas for alta, a saída será alta. Caso haja menos jogadores do que entradas, basta aterrar as entradas não usadas e ignorá-las.

Agora está ficando mais claro como deve se comportar um “bloqueador de botão”. Acho que ele deveria ser outra porta lógica. Ele deveria dizer: “Se houver apenas uma entrada, de um botão, eu deixo passar. No entanto, se houver entradas adicionais, eu não as deixo passar”.

Porém, antes de começar a escolher portas preciso decidir quem terá a função de travamento. Posso comprar um flip-flop, que alterna para a posição “on” se receber um sinal e para a posição “off” se receber outro, mas chips contendo flip-flops tendem a ter mais recursos que o necessário para um circuito simples como esse. Portanto, usarei timers 555 novamente, no modo biestável. Eles requerem poucas conexões, funcionam de modo muito simples e podem fornecer uma boa quantidade de corrente para alimentar LEDs brilhantes. O único problema com eles é que no modo biestável eles requerem:

- entrada negativa para criar uma saída alta;
- entrada de reset negativa para criar uma saída baixa.

Tudo bem, o botão de cada jogador precisará gerar um pulso negativo ao invés de positivo. Isto está de acordo com os requisitos dos timers.

Finalmente, aqui está um diagrama simplificado na Figura 4.117. Gosto de mostrar os pinos dos timers 555 em suas posições corretas, por isso precisei redistribuir os componentes um pouco para minimizar os cruzamentos de fios, mas você pode ver que logicamente é a mesma ideia básica.

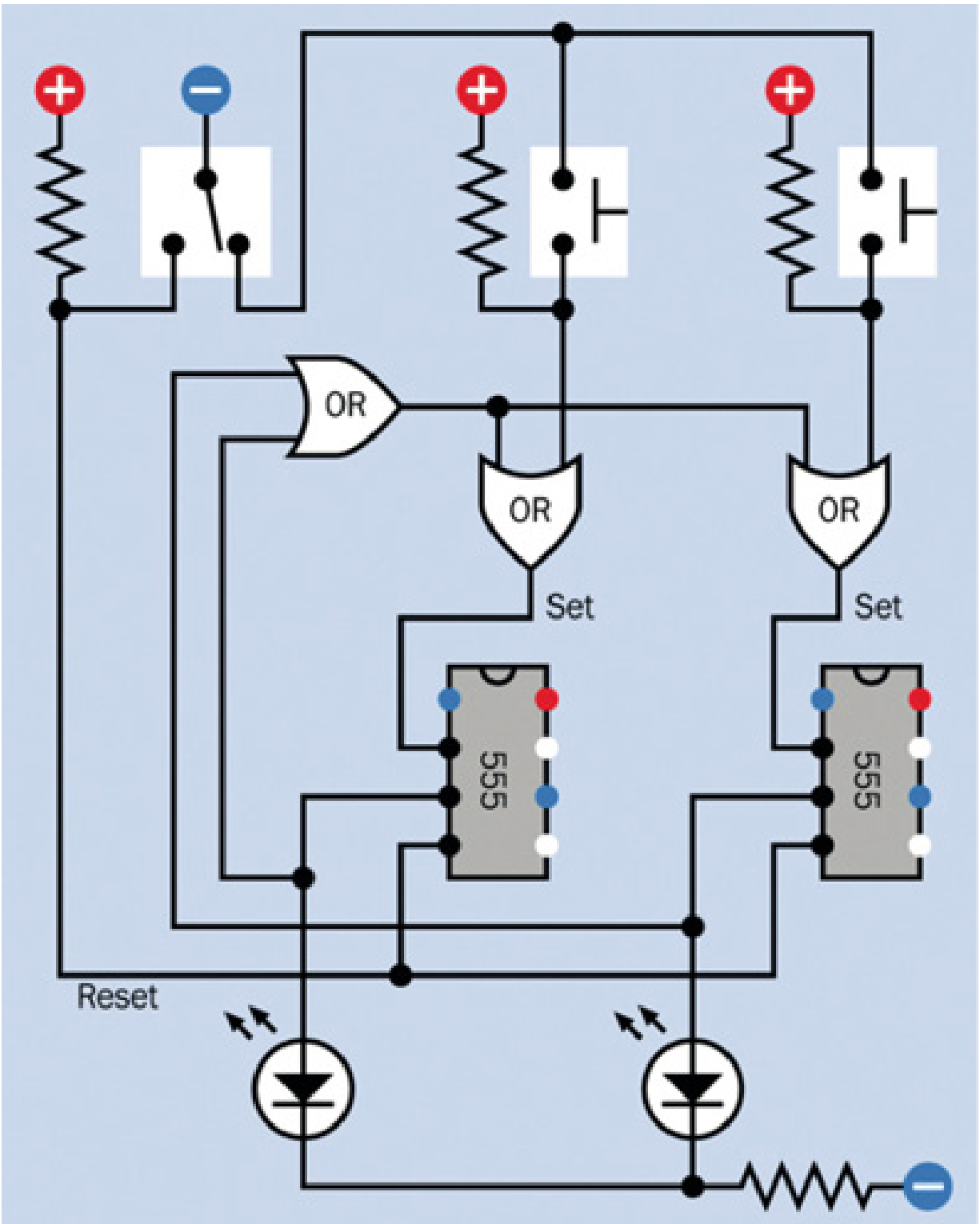


Figura 4.117 – Um diagrama lógico preliminar. Pinos azuis nos timers estão no estado baixo, pinos vermelhos no estado alto e pinos brancos não são relevantes.

Eu não tinha espaço suficiente para adicionar símbolos positivos e negativos para mostrar quais pinos do timer são mantidos no estado alto, portanto um círculo vermelho significa um pino no estado alto e um círculo azul um pino mantido no estado baixo. Círculos pretos significam que os estados do pino podem mudar. Círculos brancos indicam que os estados destes pinos não são importantes e os pinos podem ficar desconectados.

Antes de tentar construí-lo, recapitule a teoria, pois esse é o passo final, para garantir que não haja erros. O importante a levar em conta é que o 555 precisa de uma entrada *negativa* em seu pino de trigger para criar uma saída *positiva*. Isso significa que quando algum dos jogadores pressionar um botão, esse botão precisa criar um “fluxo” negativo através do circuito.

Isto é um pouco contraintuitivo, por isso estou incluindo uma visualização em quatro passos nas Figuras 4.118, 4.119, 4.120 e 4.121, mostrando o funcionamento do circuito.

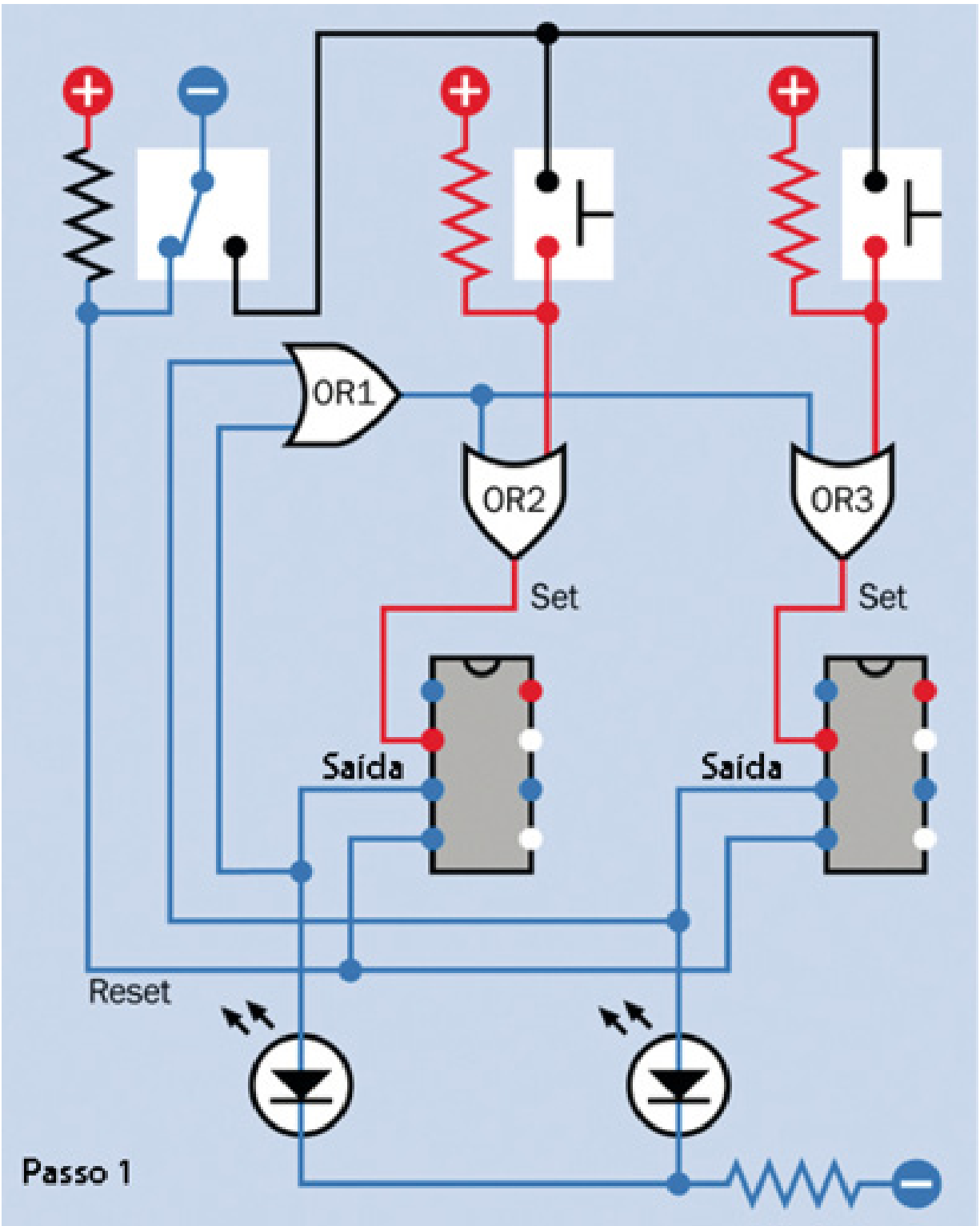


Figura 4.118 – Passo 1 na visualização do circuito. Modo Reset.

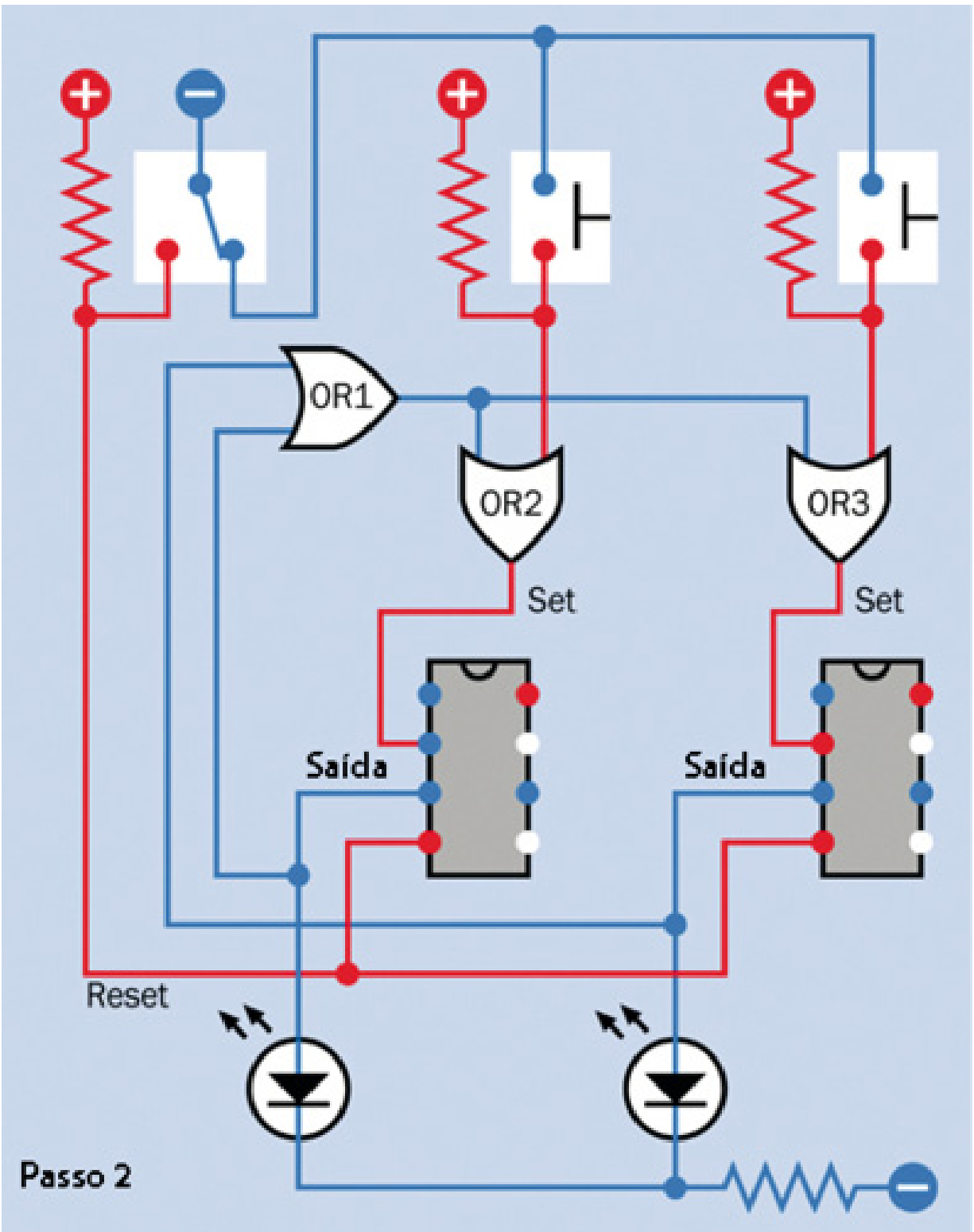


Figura 4.119 – Passo 2 na visualização do circuito. Os botões dos jogadores estão ativos, mas ainda não foram pressionados.

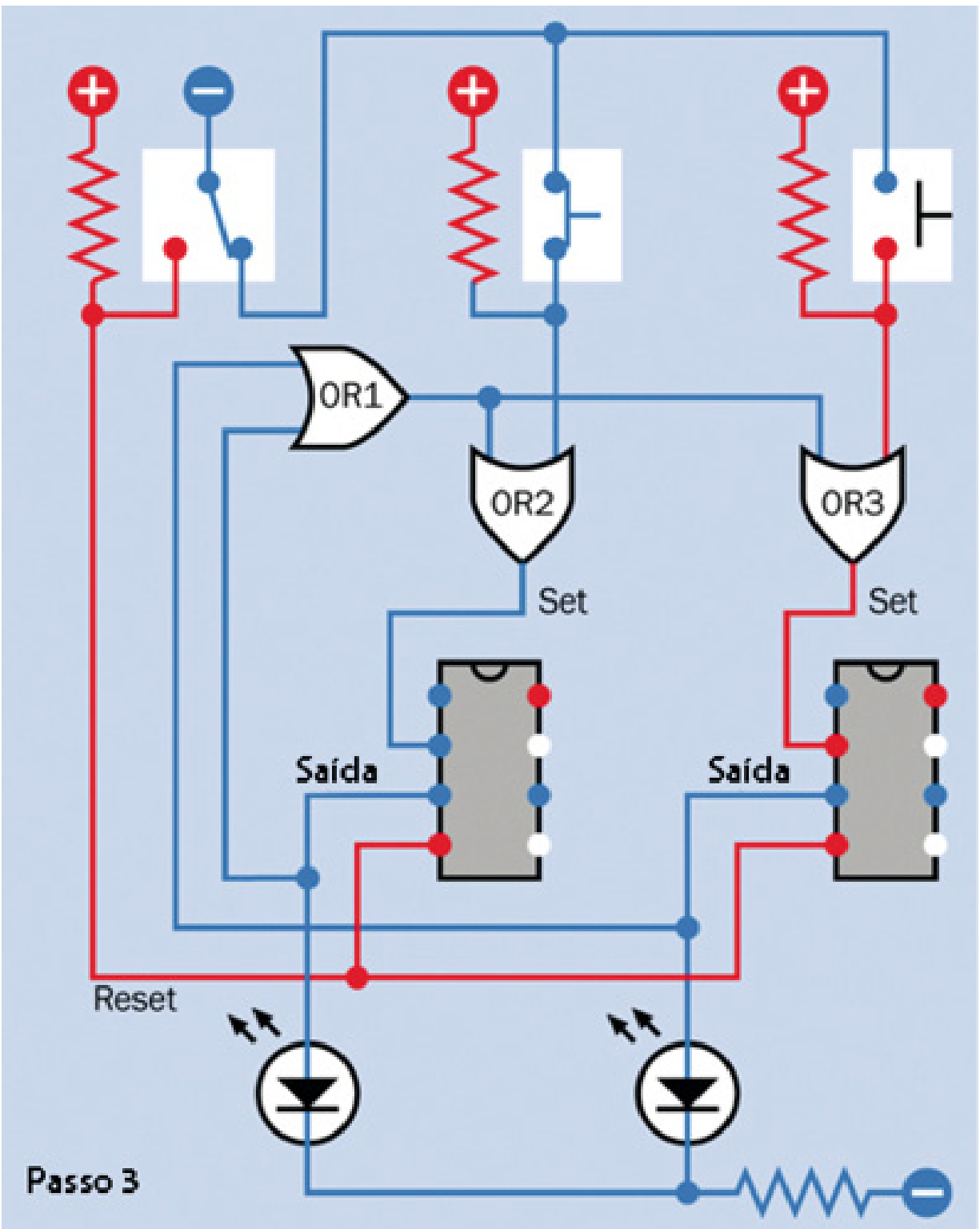


Figura 4.120 – Passo 3 na visualização do circuito. O jogador da esquerda pressionou um botão, mas o timer 555 ainda não respondeu.



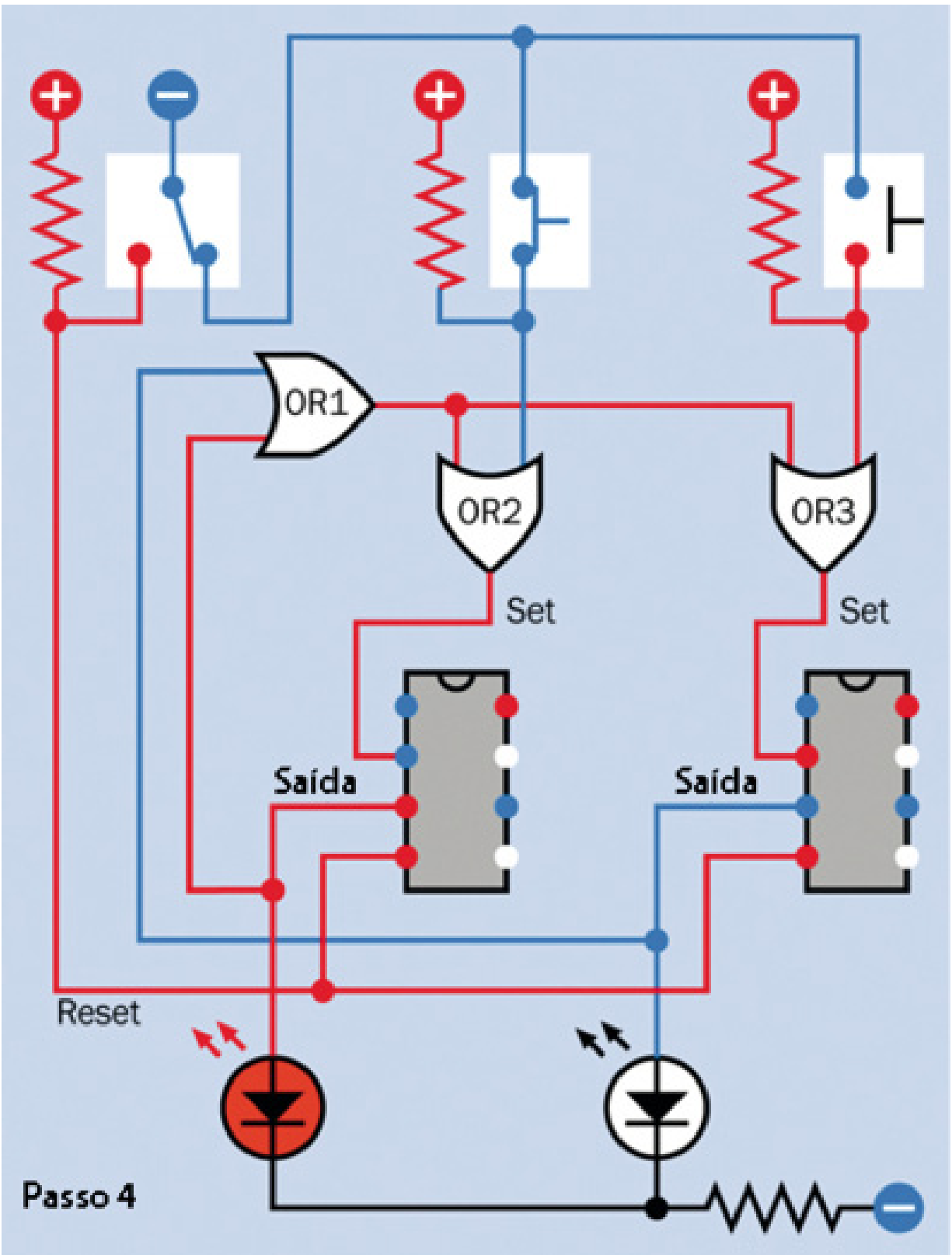


Figura 4.121 – Passo 4 na visualização do circuito. A ação do jogador da esquerda flui pelo circuito e agora bloqueia o jogador da direita.

No Passo 1, a chave do apresentador está no modo reset. A baixa tensão nos pinos de reset dos timers os força a criar saídas negativas. Essas saídas mantêm os LEDs apagados e também vão para a porta OR1. Já que tem entradas negativas, a porta cria uma saída negativa, embora OR2 e OR3 ignorem isso, pois uma entrada em cada uma dessas portas está no estado alto graças aos resistores pull-up ao lado dos botões. Lembre-se, se uma das entradas de uma porta OR for alta, a saída será alta. E desde que o pino do trigger em um timer em modo biestável esteja alto, o timer não será acionado. Assim, o circuito é estável.

No Passo 2, o apresentador fez uma pergunta e moveu sua chave para a direita para fornecer energia (negativa) aos botões dos jogadores. Entretanto, nenhum dos jogadores respondeu ainda, portanto os resistores pull-up mantêm o circuito em um estado estável com saídas negativas dos timers.

No Passo 3, o Jogador 1 pressionou o botão da esquerda. Isto envia um pulso baixo para OR2. Agora que OR2 tem duas entradas baixas, sua saída passa para o estado baixo. O pulso baixo vai para o pino trigger do timer da esquerda, mas os componentes não respondem instantaneamente e o timer ainda não processou o sinal.

No Passo 4, alguns microssegundos depois, o timer processou o sinal de entrada negativo e criou um pulso de saída positivo que acende o LED e também volta para a porta OR1. Agora que a porta OR1 tem uma entrada positiva, ela também tem uma saída positiva. Esta saída vai para as entradas de OR2 e OR3, e suas saídas passam para o estado positivo. Como resultado, ambos os timers agora têm entradas positivas em seus pinos de trigger. Qualquer botão pressionado por um dos jogadores será agora ignorado, pois OR1 continua fornecendo corrente positiva para o circuito.

- Lembre-se, quando um 555 está funcionando no modo flip-flop, uma entrada baixa em seu pino de trigger gerará uma saída alta e a saída permanecerá nesse estado mesmo se o pino de trigger subir novamente.
- A única coisa que derrubará a saída do 555 é um estado baixo em

seu pino de reset. Isto só acontecerá quando o apresentador mover sua chave de volta para o modo reset.

Só há uma situação que pode atrapalhar este cenário feliz. E se ambos os jogadores pressionarem seus botões exatamente ao mesmo tempo? No mundo da eletrônica digital, isto é altamente improvável. Porém, se acontecer, ambos os timers devem reagir e ambos os LEDs acenderão, mostrando que houve um empate.

No programa de TV *Jeopardy!* você nunca vê um empate. Absolutamente nunca! Fico imaginando se o sistema eletrônico do programa não tem um recurso aleatório para escolher um dos jogadores quando há respostas simultâneas. Estou apenas especulando, claro.

Para demonstrar como um circuito de dois jogadores pode ser ampliado para lidar com mais jogadores, eu incluí um diagrama simplificado para três jogadores na Figura 4.122. O circuito poderia ser expandido indefinidamente, apenas limitado pelo número de entradas disponíveis na porta OR1.

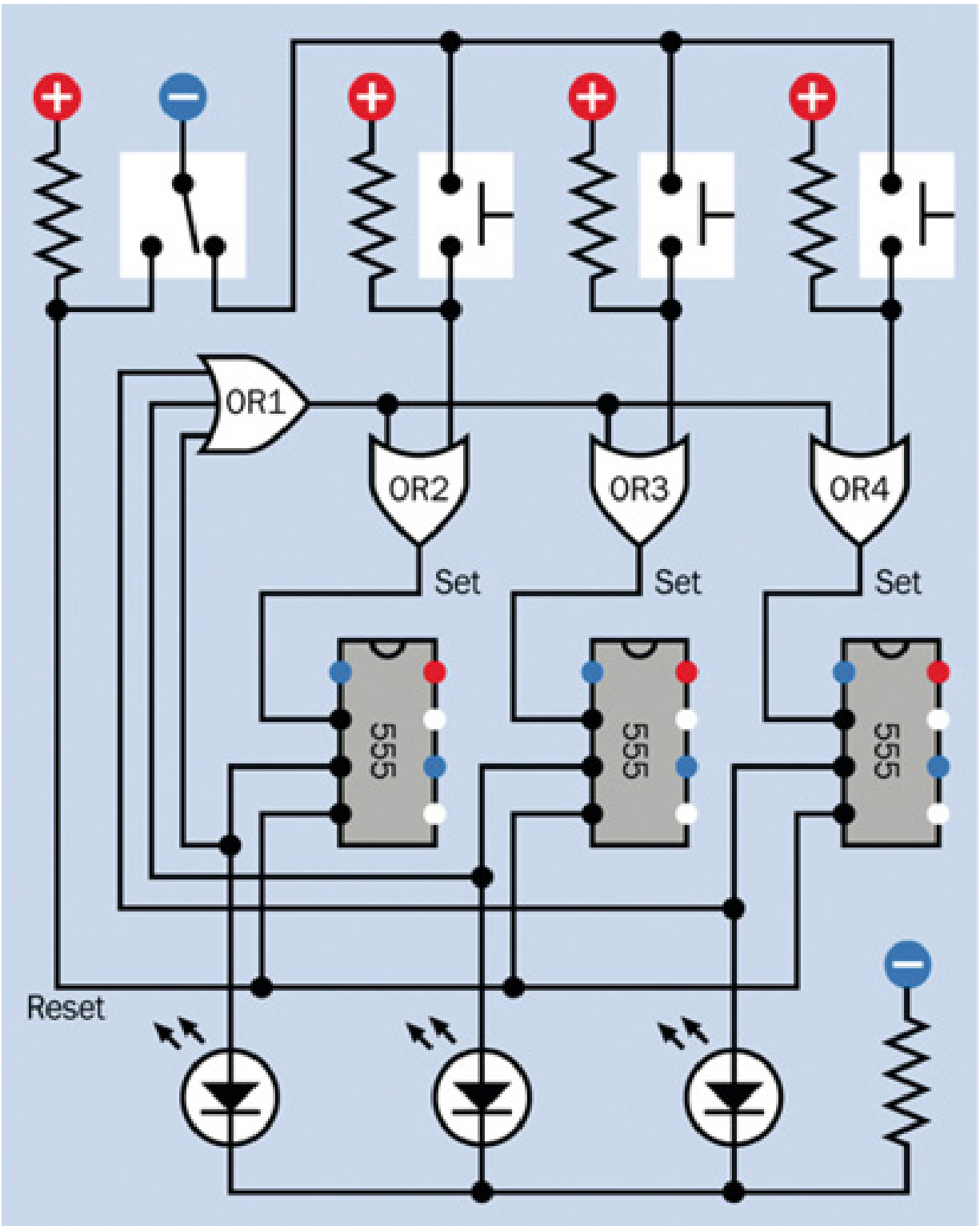
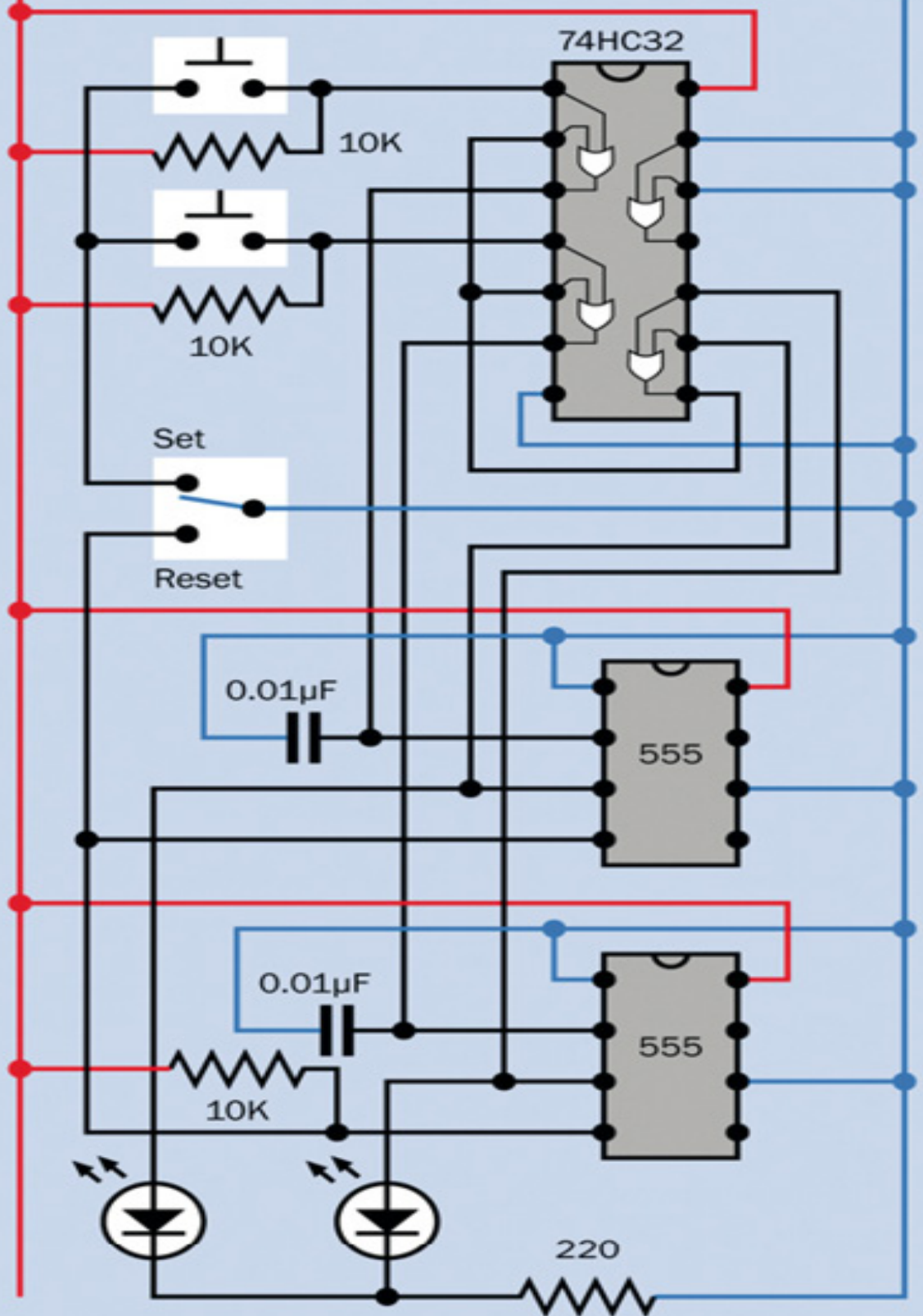


Figura 4.122 – O circuito pode ser facilmente expandido para mais jogadores.

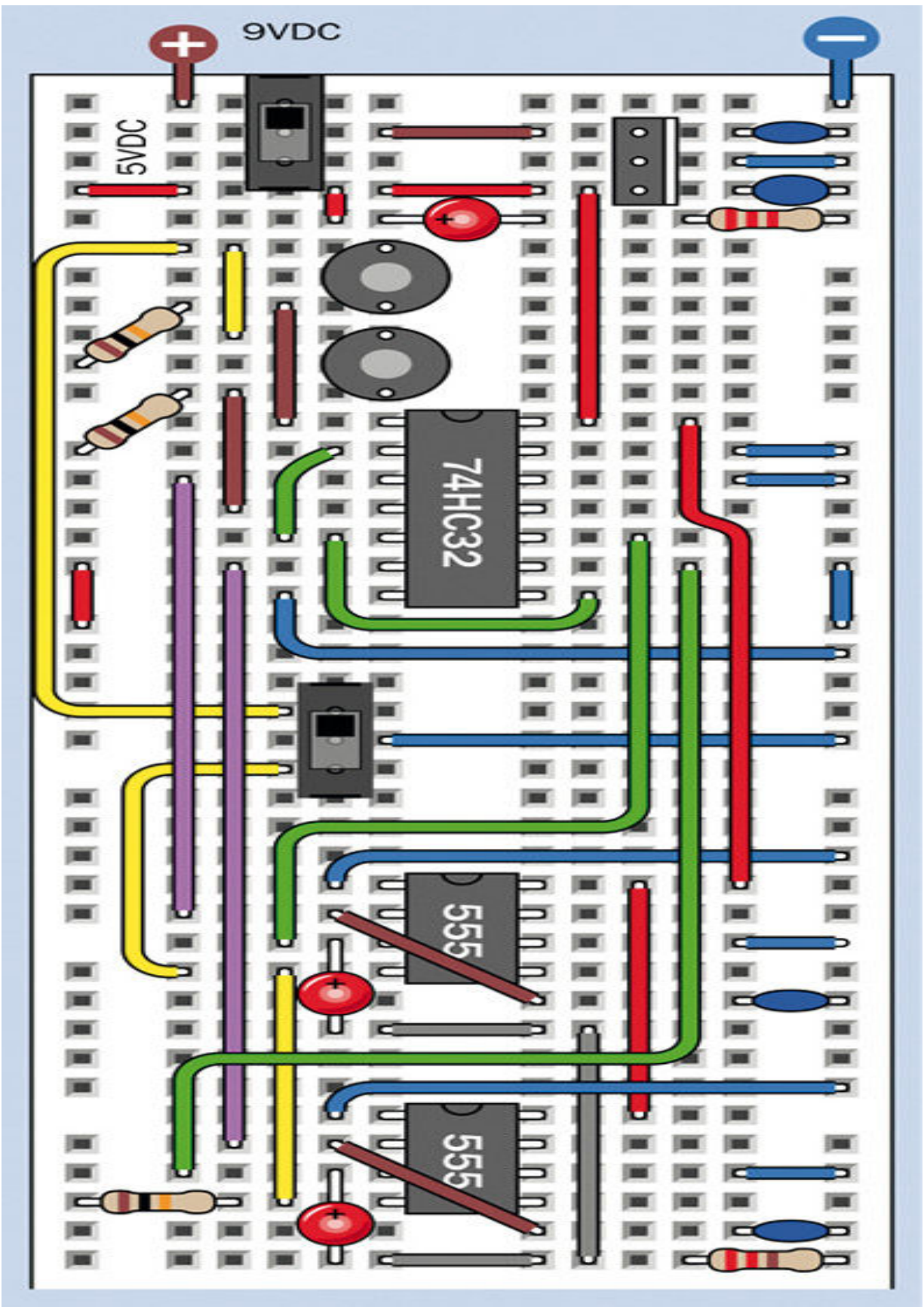
## Montando o circuito na matriz de contato

Na Figura 4.123 eu revisei o diagrama usando um chip OR real, em um layout o mais próximo possível de uma configuração em matriz de contato, para que você possa construí-lo facilmente. Uma versão de matriz de contato é mostrada na Figura 4.124 e os valores dos componentes são mostrados na Figura 4.125.

**+** 5VDC regulado **-**



*Figura 4.123 – O diagrama para dois jogadores foi redesenhado usando um chip com quatro portas OR de duas entradas.*





*Figura 4.124 – Layout da matriz de contato, equivalente ao do diagrama.*

Interruptor deslizador SPDT



LED de baixa corrente



LM7805



0.33 $\mu$ F



0.1 $\mu$ F



2.2K



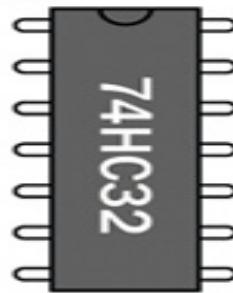
Botão de pressão



Botão de pressão



Chip lógico 74HC32



10K



10K

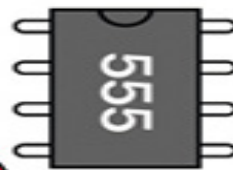
Interruptor deslizador SPDT



LED genérico vermelho



timer 555



0.01 $\mu$ F



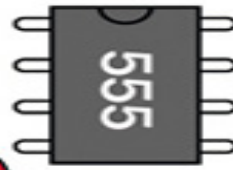
10K



LED genérico vermelho



timer 555



0.01 $\mu$ F



220



*Figura 4.125 – Valores dos componentes para o layout da matriz de contatos.*

Uma vez que as únicas portas lógicas que usei foram portas OR, e só são necessárias três, eu só precisei de um chip lógico: o 74HC32, que contém quatro portas OR de duas entradas. (Eu aterrei as entradas da quarta porta.) As duas portas OR do lado esquerdo do chip têm as mesmas funções que OR2 e OR3 em meu diagrama simplificado, e a porta OR no canto inferior direito do chip funciona como OR1, recebendo entrada do pino de cada timer 555. Se você tiver todos os componentes, conseguirá montar e testar este circuito rapidamente.

Você pode perceber que acrescentei um capacitor de 0,01  $\mu\text{F}$  entre o pino 2 de cada timer 555 (a entrada) e o terra negativo. Por quê? Porque quando eu testei o circuito sem os capacitores, percebi que, às vezes, um ou ambos os timers 555 eram acionados simplesmente pelo movimento da chave do apresentador, sem que ninguém pressionasse um botão.

Isto me intrigou a princípio. Como os timers estavam sendo acionados sem que ninguém fizesse nada? Talvez eles estivessem respondendo ao “repique” na chave do apresentador, isto é, pequenas e rápidas vibrações nos contatos quando a chave é movida. Com certeza era isso que estava acontecendo e pequenos capacitores resolveram o problema. Eles também podem retardar a resposta dos timers 555 ligeiramente, mas não o suficiente para interferir com os lentos reflexos humanos.

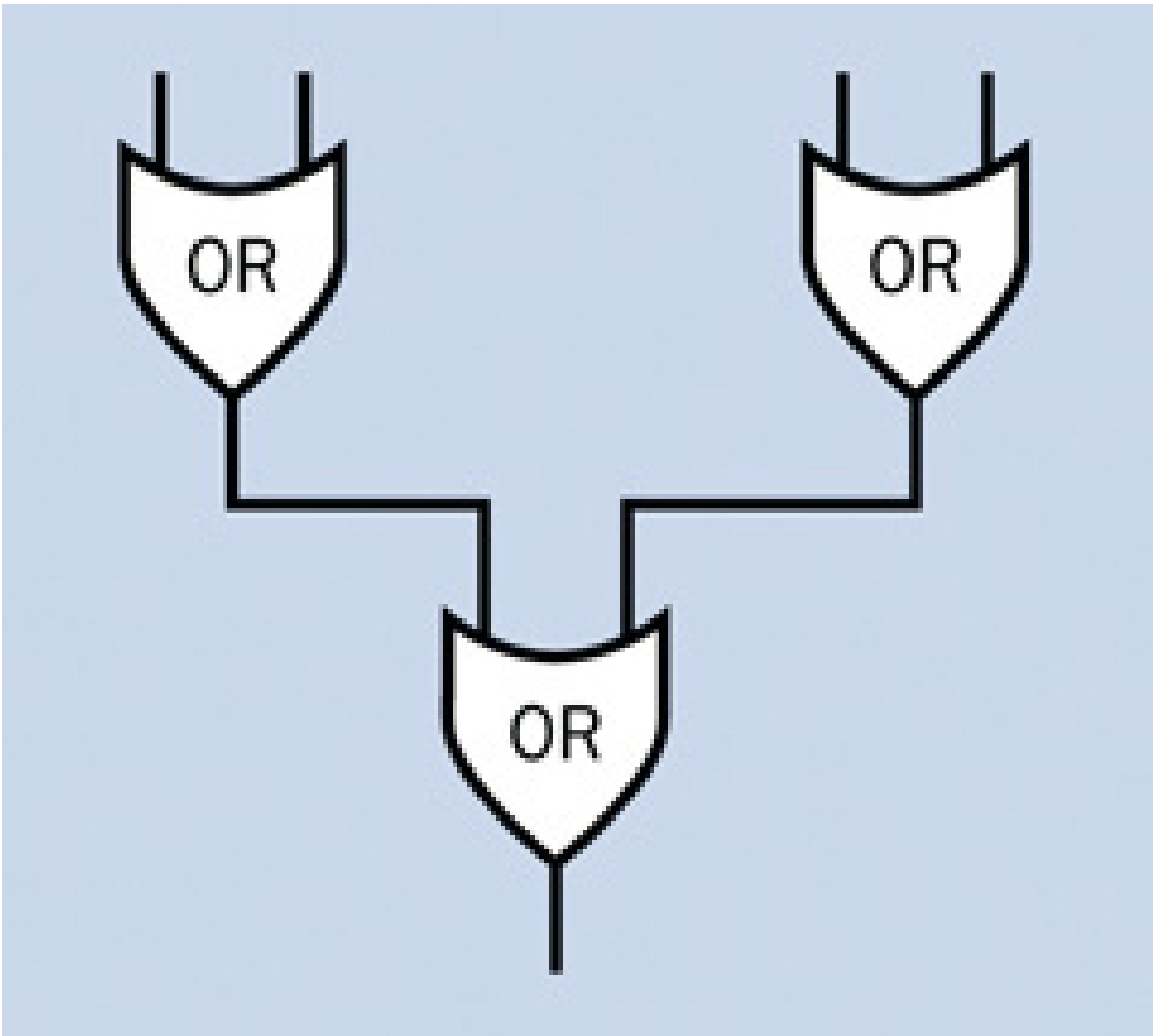
Quanto aos botões, não importa se eles “repicam”, pois cada timer trava a si mesmo no primeiro impulso e ignora quaisquer hesitações seguintes.

Você pode tentar construir o circuito, desconectando os capacitores de 0,01  $\mu\text{F}$  e movendo a chave do apresentador entre as posições uma dezena de vezes. Como estou recomendando um interruptor deslizante pequeno e barato, acho que você verá uma série de “falsos positivos”. No próximo experimento explicarei melhor sobre esse comportamento indesejado do interruptor e como se livrar dele.

## Melhorias

Depois de montar o circuito na matriz de contato, se você pretende construir uma versão permanente, eu sugiro expandi-lo para até quatro jogadores. Isto exigirá uma porta OR capaz de receber quatro entradas. O chip 74HC4078 é a escolha óbvia, já que permite até oito. Basta conectar as entradas não usadas ao terra negativo.

Alternativamente, se você já tem alguns chips 74HC32 e não quer encomendar um 74HC4078, é possível ligar as três portas dentro de um único 74HC32 para que elas funcionem como uma porta OR de quatro entradas. Observe o simples diagrama lógico na Figura 4.126, mostrando três portas OR e lembre-se de que a saída de cada porta OR passará para o estado alto se pelo menos uma entrada for alta.



*Figura 4.126 – Três portas ORs com duas entradas podem emular uma única porta OR de quatro entradas.*

Enquanto pensa nessa questão, você saberia como combinar três portas AND de duas entradas para construir uma porta AND de quatro entradas?

Para um jogo com quatro jogadores, você precisará de dois timers 555 adicionais, claro, e mais dois LEDs e dois botões de pressão.

Quanto ao diagrama para um jogo de quatro jogadores, deixo esta tarefa para você. Comece esboçando uma versão simplificada, apenas mostrando os símbolos lógicos. Em seguida, converta o diagrama em um layout para matriz de contato (que é a parte difícil). Aqui vai uma sugestão: em minha opinião, um lápis, papel e uma

borracha ainda são mais rápidos, inicialmente, que um software de projeto de circuito ou um software de design gráfico.

### Experimento 23: Sacudir e repicar

Em três experimentos até agora eu usei timers 555 no modo biestável. Chegou a hora de lidar com flip-flops “reais”, incluindo uma explicação sobre seu funcionamento. Também mostrarei como eles lidam com o fenômeno que mencionei brevemente no experimento anterior: *repique do interruptor*.

Quando um interruptor é movido de uma posição para outra, seus contatos vibram brevemente. Este é o “repique” que mencionei e ele pode ser um problema em circuitos nos quais os componentes digitais respondem tão rapidamente que interpretam cada minúscula vibração como uma entrada separada. Se você conectar um botão de pressão à entrada de um chip contador, por exemplo, o contador pode registrar dez ou mais pulsos de entrada a partir do simples pressionar de um botão. Um exemplo de um repique real do interruptor é mostrado na Figura 4.127.



Figura 4.127 – Flutuações criadas pela vibração dos contatos quando um interruptor é fechado. (Derivado de especificações da Maxim Integrated corporation.)

Existem muitas técnicas para eliminar o repique de um interruptor, mas usar um flip-flop é provavelmente a mais fundamental.

## O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Chip lógico 74HC02 (1), Chip lógico 74HC00 (1)
- Interruptores deslizantes SPDT (2)
- LEDs de baixa corrente (3)
- Resistores: 680 ohms (2), 10 K (2), 2,2 K (1)
- Capacitores: 0,1  $\mu\text{F}$  (1), 0,33  $\mu\text{F}$  (1)
- Regulador de tensão LM7805 (1)

Monte os componentes em sua matriz de contato como mostrado na Figura 4.128.

O mesmo circuito é mostrado como um diagrama na Figura 4.129 e os valores dos componentes são mostrados na Figura 4.130. Ao alimentar o circuito, um dos LEDs na parte inferior deve acender.

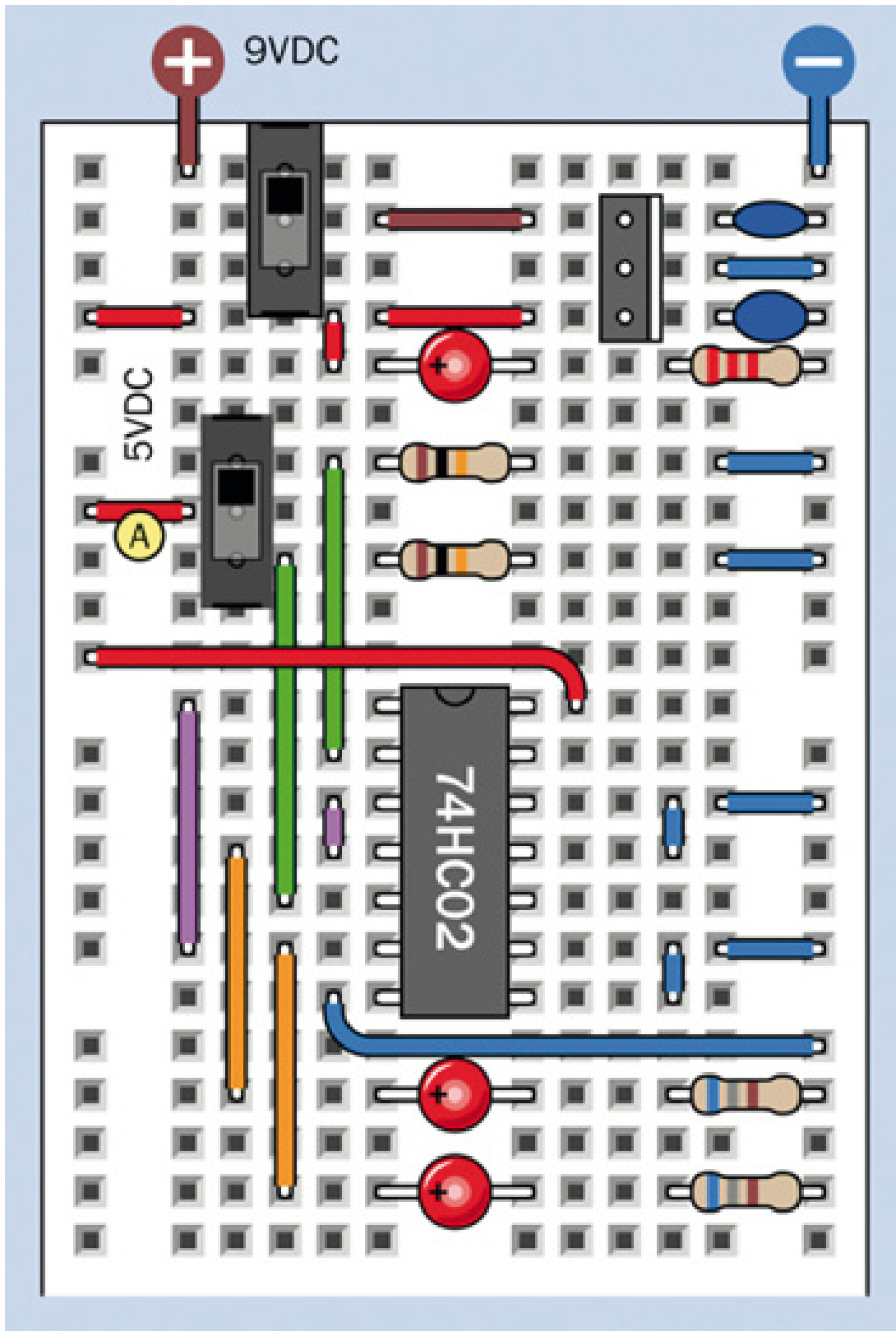


Figura 4.128 – Circuito do flip-flop na matriz de contato usando portas NOR.



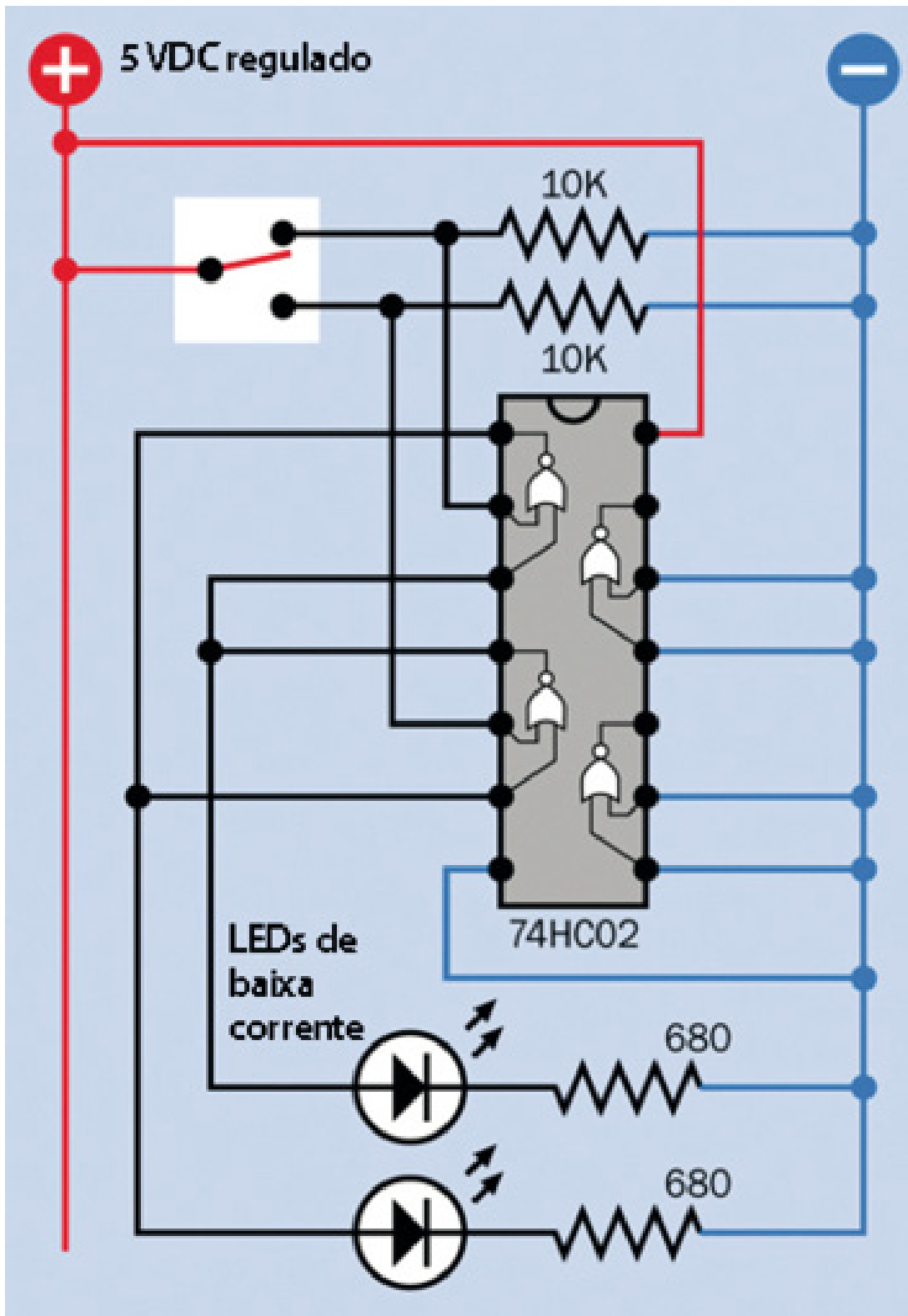


Figura 4.129 – Diagrama do flip-flop usando portas NOR.

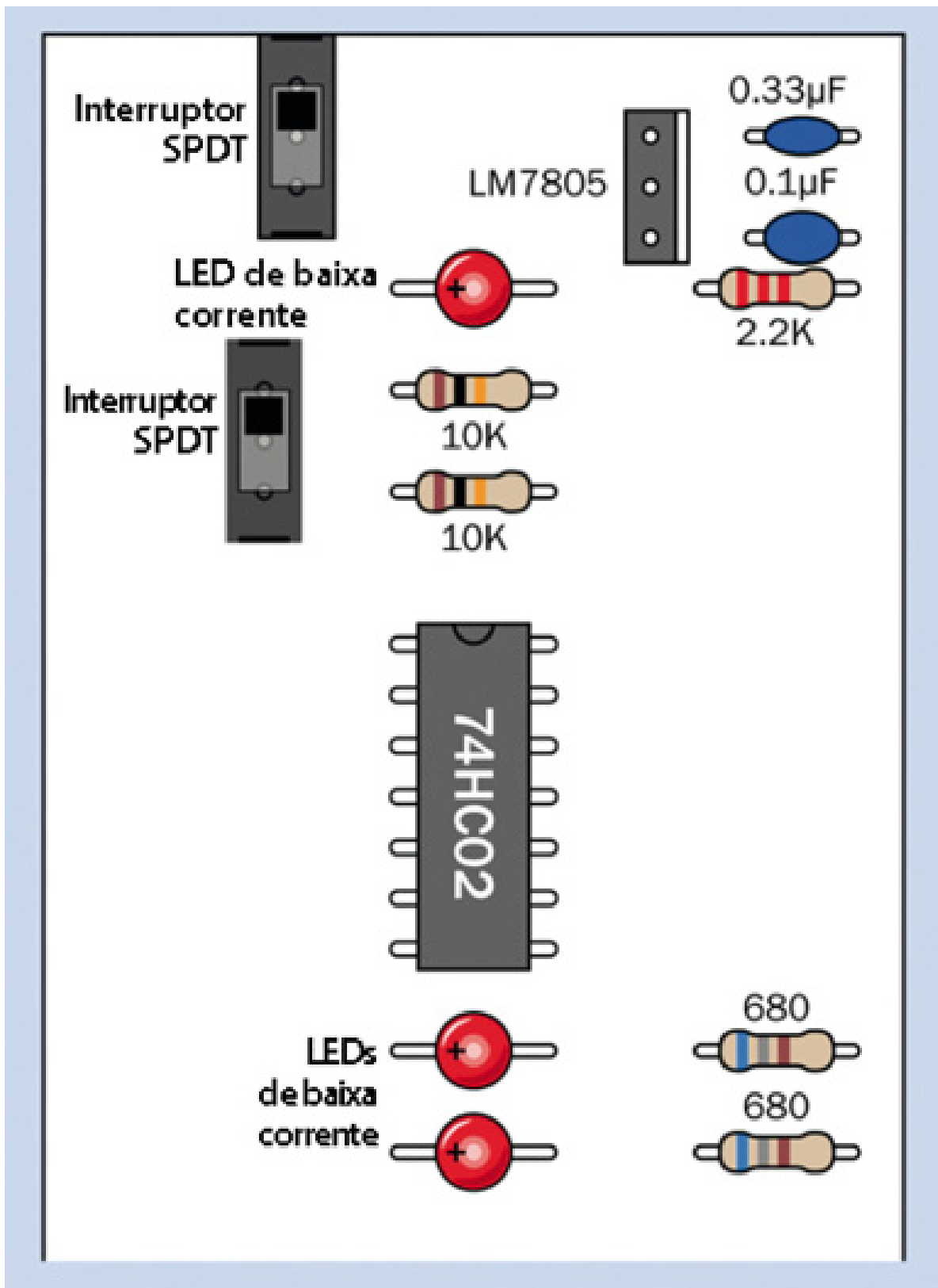


Figura 4.130 – Valores de componentes para o flip-flop na matriz de contato baseado em portas NOR.

Agora quero fazer algo estranho. Desconecte o fio marcado como A na Figura 4.128. Basta arrancá-lo da placa. Se você consultar o diagrama na Figura 4.129, você verá que desconectou a energia do polo do interruptor, deixando as duas portas NOR conectadas apenas aos seus resistores pull-down.

Você talvez se surpreenda ao ver que o LED continua aceso.

Encaixe o fio de volta na placa, deslize o interruptor na direção oposta e o primeiro LED deve apagar, enquanto o outro LED deve acender. Puxe o fio mais uma vez e novamente o LED deve permanecer aceso.

Aqui está a mensagem para ser guardada:

- Um flip-flop requer apenas um pulso de entrada inicial, por exemplo, de um interruptor.
- Depois disso, ele ignora aquela entrada.

### Como funciona

Duas portas NOR ou duas portas NAND podem funcionar como um flip-flop.

- Use portas NOR quando um interruptor de duas vias fornece uma entrada positiva.
- Use portas NAND quando um interruptor de duas vias fornece uma entrada negativa.

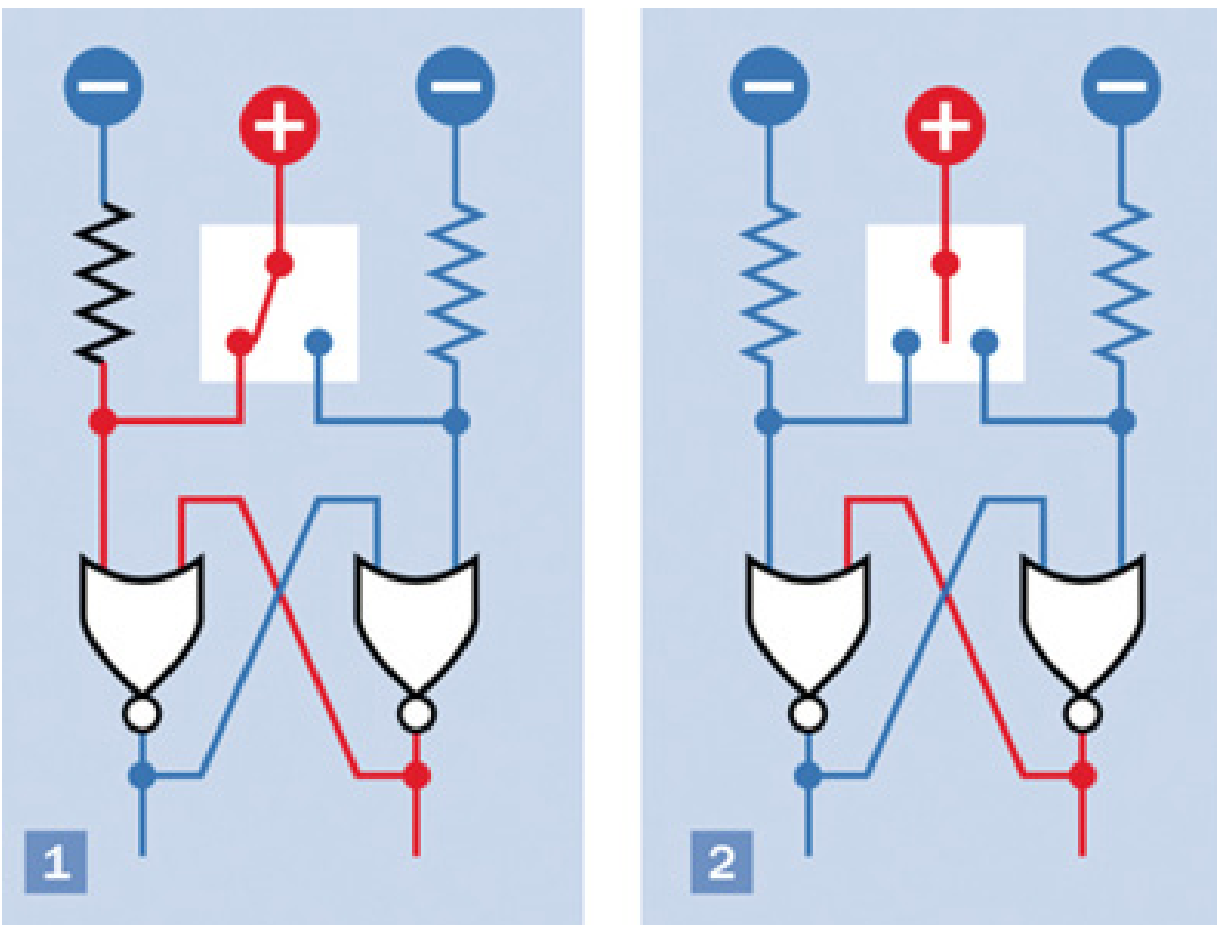
De qualquer modo, é preciso usar um interruptor de duas vias.

Eu mencionei o interruptor de duas vias três vezes (na verdade, quatro vezes se você contar esta sentença), porque por alguma estranha razão a maioria dos livros de introdução não enfatiza este ponto. Quando eu comecei a aprender eletrônica, fiquei maluco tentando entender como duas portas NOR ou NAND poderiam eliminar o repique de um simples botão de pressão SPST, até que finalmente percebi que elas não podem. O motivo é que quando você energiza o circuito, as portas NOR (ou NAND) precisam ser informadas em qual estado elas devem começar. Sua orientação inicial vem do fato de o interruptor estar em um estado ou outro. Um

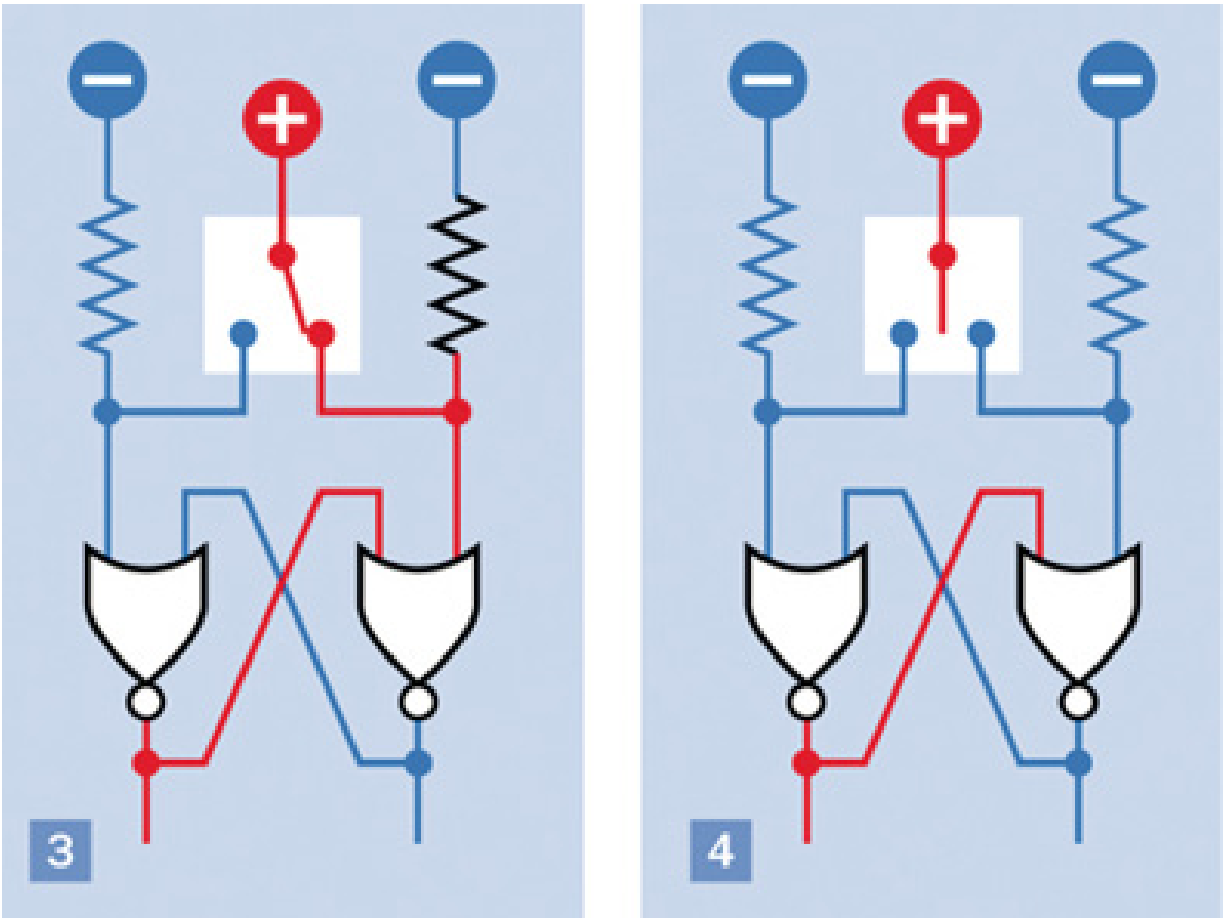
botão de pressão SPST não pode fazer isto quando ele não está sendo pressionado. Portanto, você tem que usar um interruptor de duas vias. (Agora mencionei o termo cinco vezes.)

### Eliminando o repique com portas NOR

Criei um diagrama de várias etapas nas Figuras 4.131 e 4.132 para mostrar as mudanças que ocorrem quando o interruptor muda de posição com duas portas NOR. Para refrescar sua memória, também incluí uma tabela da verdade na Figura 4.133, mostrando as saídas lógicas das portas NOR para cada combinação de entradas.

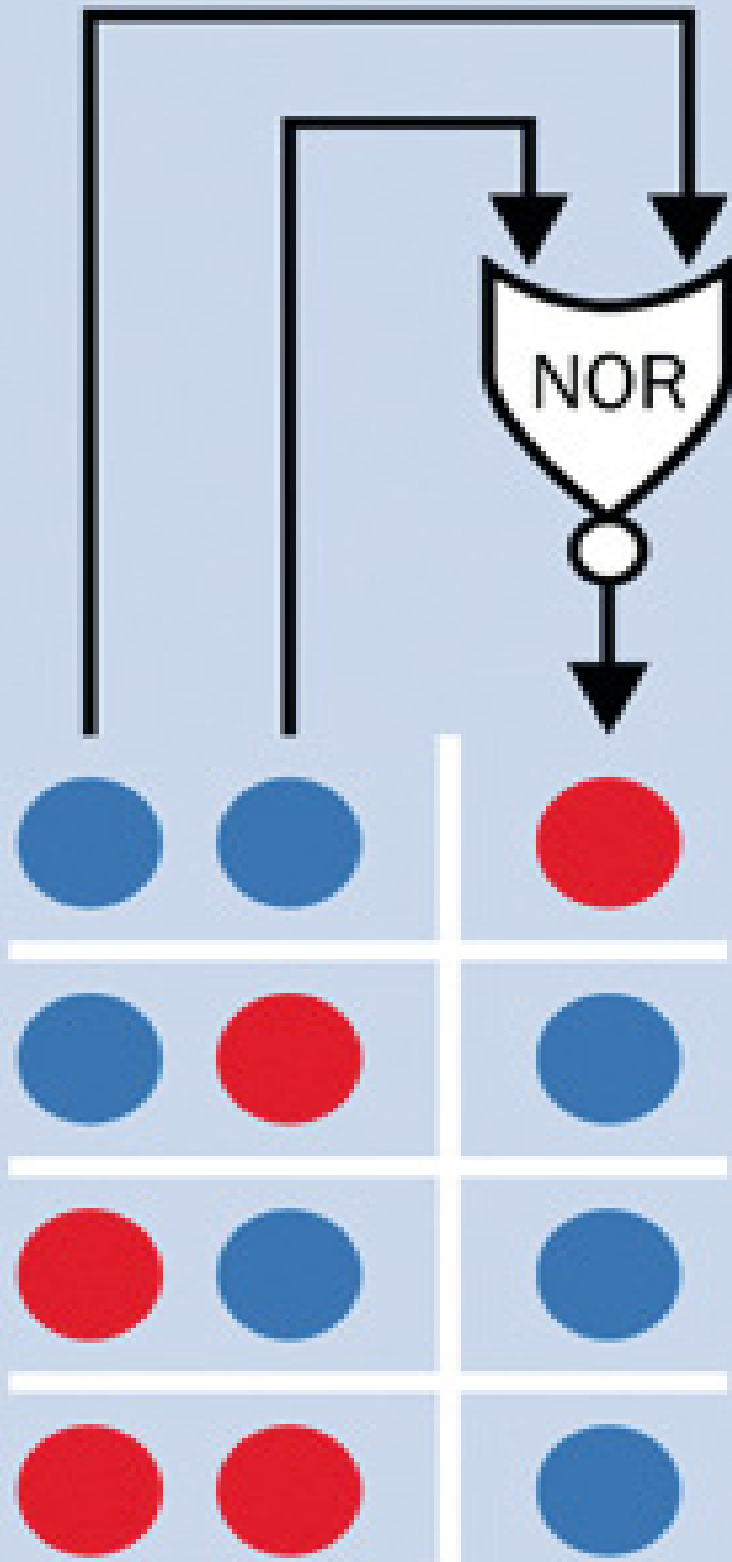


*Figura 4.131 – Quando o interruptor é movido para a posição central neutra, o status das portas NOR permanece inalterado.*



*Figura 4.132 – Depois que os estados das portas NOR são invertidos, eles permanecem desta forma quando o interruptor volta para a posição central neutra.*

Remetendo inicialmente à Figura 4.131, no Passo 1, o interruptor está fornecendo corrente positiva para o lado esquerdo do circuito, sobrepondo a alimentação negativa do resistor pull-down, portanto podemos ter certeza de que a porta NOR à esquerda tem uma entrada lógica positiva. Já que qualquer entrada lógica positiva fará a porta NOR gerar uma saída negativa (como mostrado na tabela da verdade na Figura 4.133), a saída negativa chega até a porta NOR à direita, e agora ela tem duas entradas negativas, o que a faz gerar uma saída positiva. Esta saída cruza de volta até a porta NOR à esquerda. Nessa configuração tudo está estável.



*Figura 4.133 – Um lembrete da tabela da verdade para uma porta NOR.*

Agora vem a parte engenhosa. No Passo 2, suponha que você mova o interruptor de modo que ele não toque em nenhum de seus contatos. (Ou suponha que os contatos do interruptor estão repicando e não conseguem fazer um bom contato. Ou suponha que você desconecte o interruptor completamente.) Sem uma alimentação positiva do interruptor, a entrada esquerda da porta NOR à esquerda passa de positiva para negativa, como resultado do resistor pull-down. Porém, a entrada direita desta porta continua positiva, e uma entrada positiva é suficiente para fazer a porta NOR manter sua saída negativa, portanto nada muda. Em outras palavras, o circuito permanece neste estado independentemente se o interruptor for desconectado.

Remetendo à Figura 4.133, se o interruptor for posicionado totalmente à direita e fornecer energia positiva para o pino direito da porta NOR direita, essa porta reconhece que agora tem uma entrada lógica positiva, portanto ela muda sua saída lógica para negativa. Essa saída chega até a outra porta NOR, que agora tem duas entradas negativas, logo sua saída passa para positiva e volta à porta NOR direita.

Dessa forma, os estados da saída das duas portas NOR trocam de posição. Eles mudam de estado e permanecem nesse estado, mesmo se o interruptor romper o contato ou for desconectado novamente, como no Passo 4.

Se um interruptor repicar tão intensamente a ponto de a conexão do polo flutuar entre um contato e o outro, este circuito não funcionará. Ele só funciona se a saída alternar entre uma conexão e nenhuma conexão. Geralmente esse é o caso com um interruptor SPDT.

### Eliminando o repique com portas NAND

Os desenhos nas Figuras 4.134 e 4.135 mostram uma sequência semelhante de eventos se você usar um interruptor com alimentação negativa com duas portas NAND. Para refrescar sua memória sobre o comportamento da porta NAND, estou incluindo a Figura 4.136.

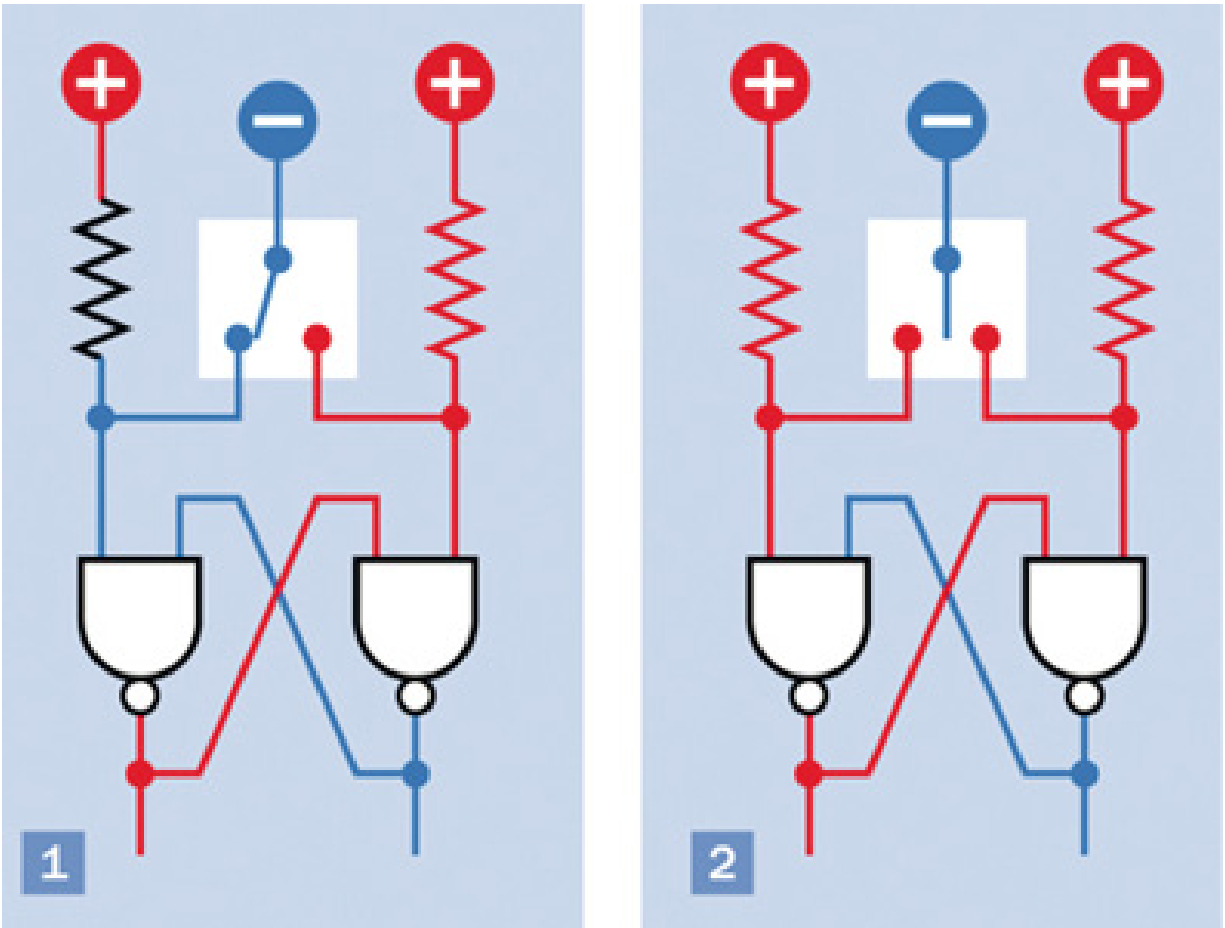
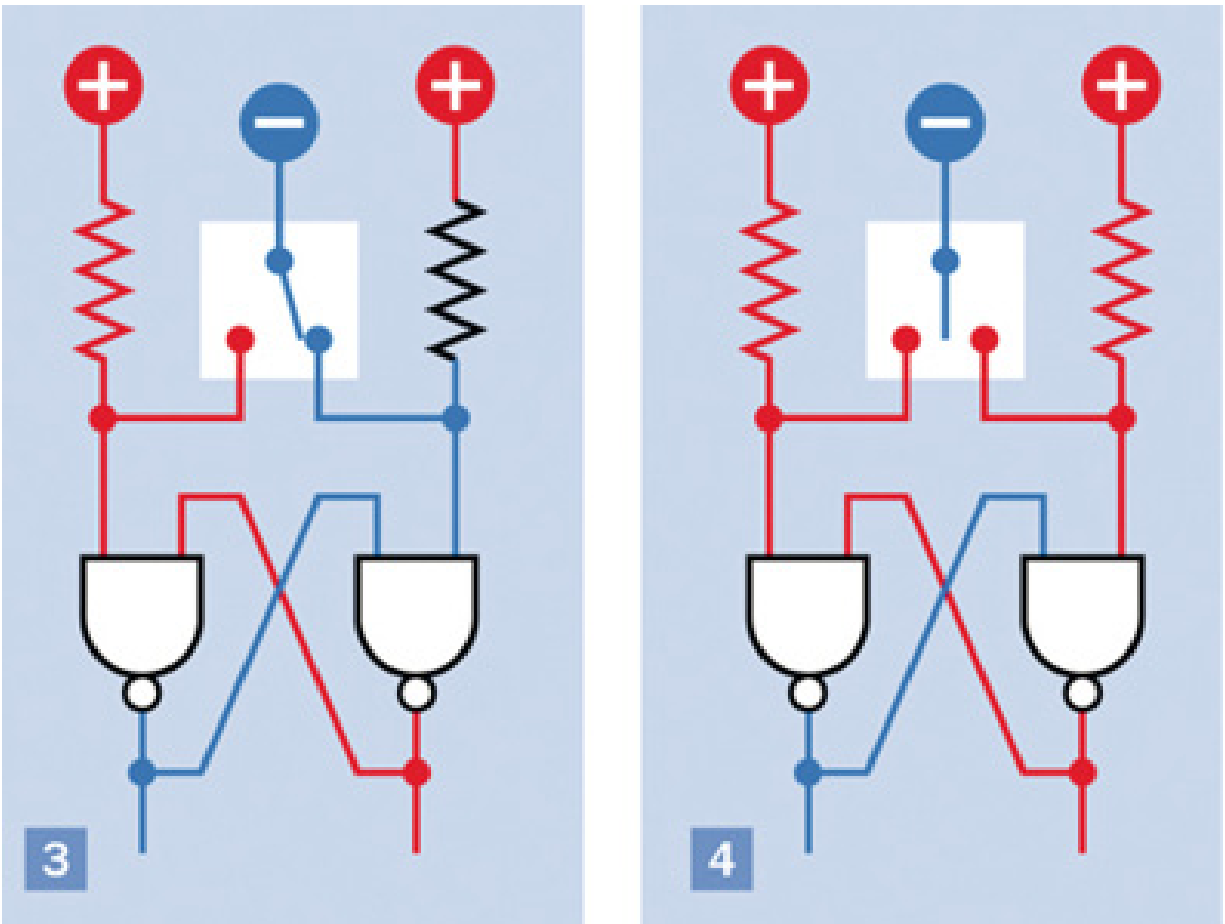


Figura 4.134 – Duas portas NAND podem ser usadas como flip-flop com resistores pull-up e um interruptor fornecendo alimentação negativa.





*Figura 4.135 – Mais uma vez, os estados das portas permanecem inalterados quando o interruptor é desconectado de qualquer uma delas.*

Se você quiser verificar a função do circuito NAND, é possível usar seu chip 74HC00, especificado na lista de peças para este experimento, para testá-lo você mesmo. Porém, tenha cuidado: as portas dentro do chip NOR estão de ponta-cabeça em comparação com as portas dentro de uma porta NAND. Você precisará redistribuir alguns fios em sua matriz de contato, pois os dois chips não são intercambiáveis. Consulte as Figuras 4.83 e 4.95 para especificações.

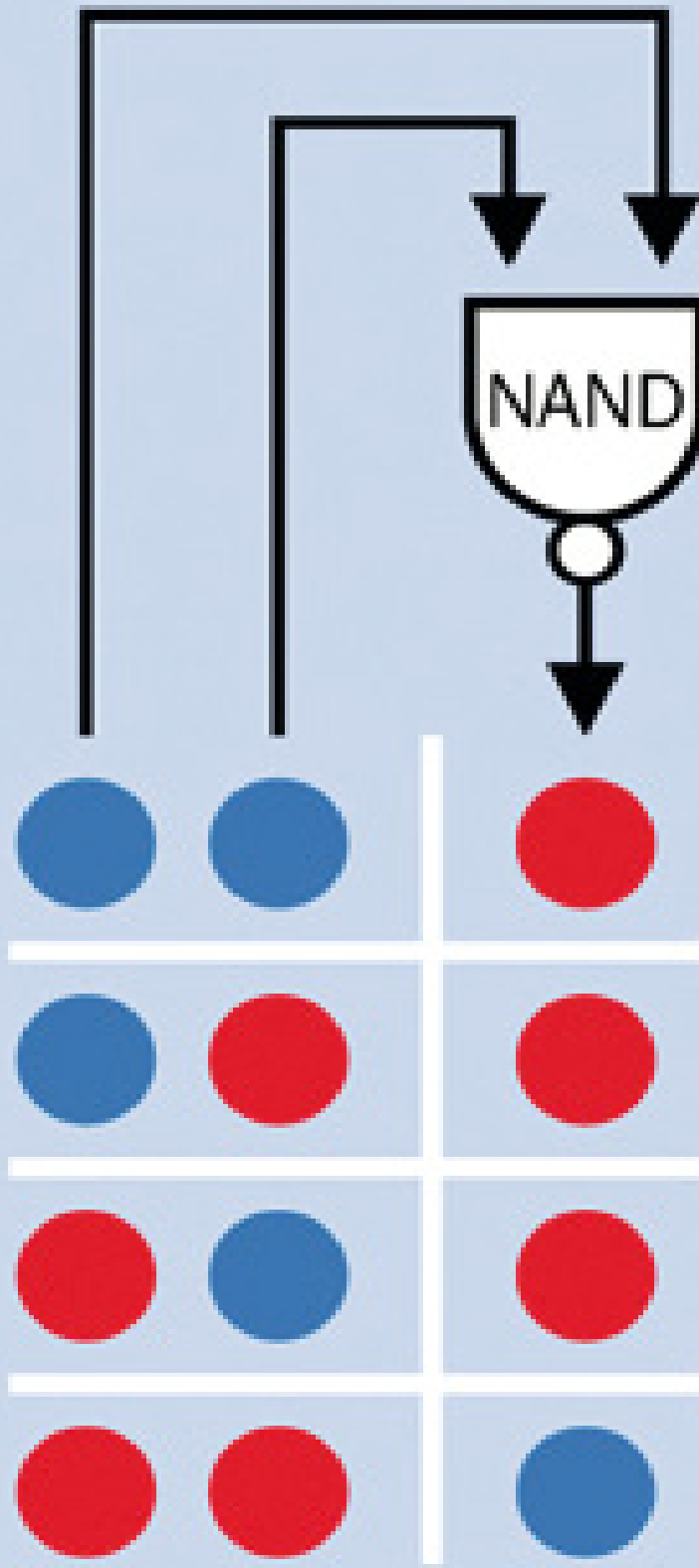


Figura 4.136 – Um lembrete da tabela da verdade para uma porta NAND.

### Jam versus síncronos

Os circuitos NOR e NAND são exemplos de um *flip-flop do tipo jam*, chamado assim porque o interruptor força-o a responder imediatamente e o prende naquele estado. Você pode usar este circuito sempre que precisar eliminar o repique de um interruptor (desde que seja um interruptor de duas vias).

Uma versão mais sofisticada é um *flip-flop síncrono*, que requer que você defina o estado de cada entrada antes e então forneça um pulso de clock para fazer o flip-flop responder. O pulso precisa ser limpo e preciso, o que significa que se ele vier de um interruptor, o interruptor precisa estar livre de repiques, provavelmente graças ao uso de outro flip-flop do tipo jam! Considerações deste tipo me deixaram relutante em usar flip-flops síncronos neste livro. Eles acrescentam uma camada de complexidade que eu prefiro evitar em um texto de introdução. Se você quiser saber mais sobre flip-flops, eu os exploro em mais detalhes no livro *Make: More Electronics*. Não é um tópico simples.

E se você quiser eliminar o repique de um botão ou interruptor de via única? Bem, você terá um problema! Uma solução é comprar um chip dedicado como o “eliminador de repique” 4490, que contém circuitos de atraso digitais. Um número de peça específico é o MC14490 da On Semiconductor. Ele contém seis circuitos para seis entradas separadas, cada uma delas com um resistor pull-up interno. Ele é realmente caro, entretanto, mais de dez vezes o preço do 74HC02 contendo portas NOR. Na verdade, as coisas ficarão mais fáceis se você evitar interruptores de via única e usar aqueles de duas vias (ou botões de pressão), dos quais é mais fácil eliminar o repique.

Ou você poderia usar um timer 555 ligado no modo flip-flop. Minha preferência para esta opção parece fazer mais sentido agora.

### Experimento 24: Os dados estão lançados

Circuitos eletrônicos para simular o lançamento de um ou dois dados existem há décadas. Entretanto, ainda existem novas configurações e este projeto oferece uma oportunidade de aprender mais sobre lógica enquanto se constrói algo útil. Quero introduzir o tópico de código binário, a linguagem universal entre chips digitais.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fios, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Timer 555 (1)
- Chip lógico 74HC08 (1), chip lógico 74HC27 (1), chip lógico 74HC32 (1)
- Contador binário 74HC393 (1)
- Botão de pressão (1)
- Interruptores deslizantes SPDT (2)
- Resistores: 100 ohms (6), 150 ohms (6), 220 ohms (7), 330 ohms (2), 680 ohms (4), 2,2 K (1), 10 K (2), 1 M (1)
- Capacitores: 0,01  $\mu$ F (2), 0,1  $\mu$ F (2), 0,33  $\mu$ F (1), 1  $\mu$ F (1), 22  $\mu$ F (1)
- Regulador de tensão LM7805 (1)
- LEDs de baixa corrente (15)
- LED genérico (1)

### Um contador binário

No centro de todo circuito eletrônico de dados que já vi existe algum tipo de chip contador. Geralmente é um *contador de década* com dez pinos de saída “decodificados” que são energizados um por vez, em sequência. Um dado só tem seis faces, mas se você ligar o sétimo pino do contador de volta ao pino de reset, o contador reiniciará depois de atingir o seis.

Eu sempre gosto de fazer as coisas de outra forma, então decidi não

usar um contador de década, em parte porque queria um contador binário para satisfazer meu desejo de demonstrar o código binário. Isso acrescentou certa complexidade ao circuito, mas enriquecerá o processo de aprendizagem, e quando tudo estiver concluído você terá um circuito que lança dois dados (não apenas um) com uma quantidade modesta de chips e, ao mesmo tempo, cabendo em uma matriz de contato.

O chip contador que escolhi é amplamente usado: o 74HC393. Na verdade, ele contém dois contadores, mas o segundo pode ser ignorado no momento. A disposição dos pinos é mostrada na Figura 4.137.

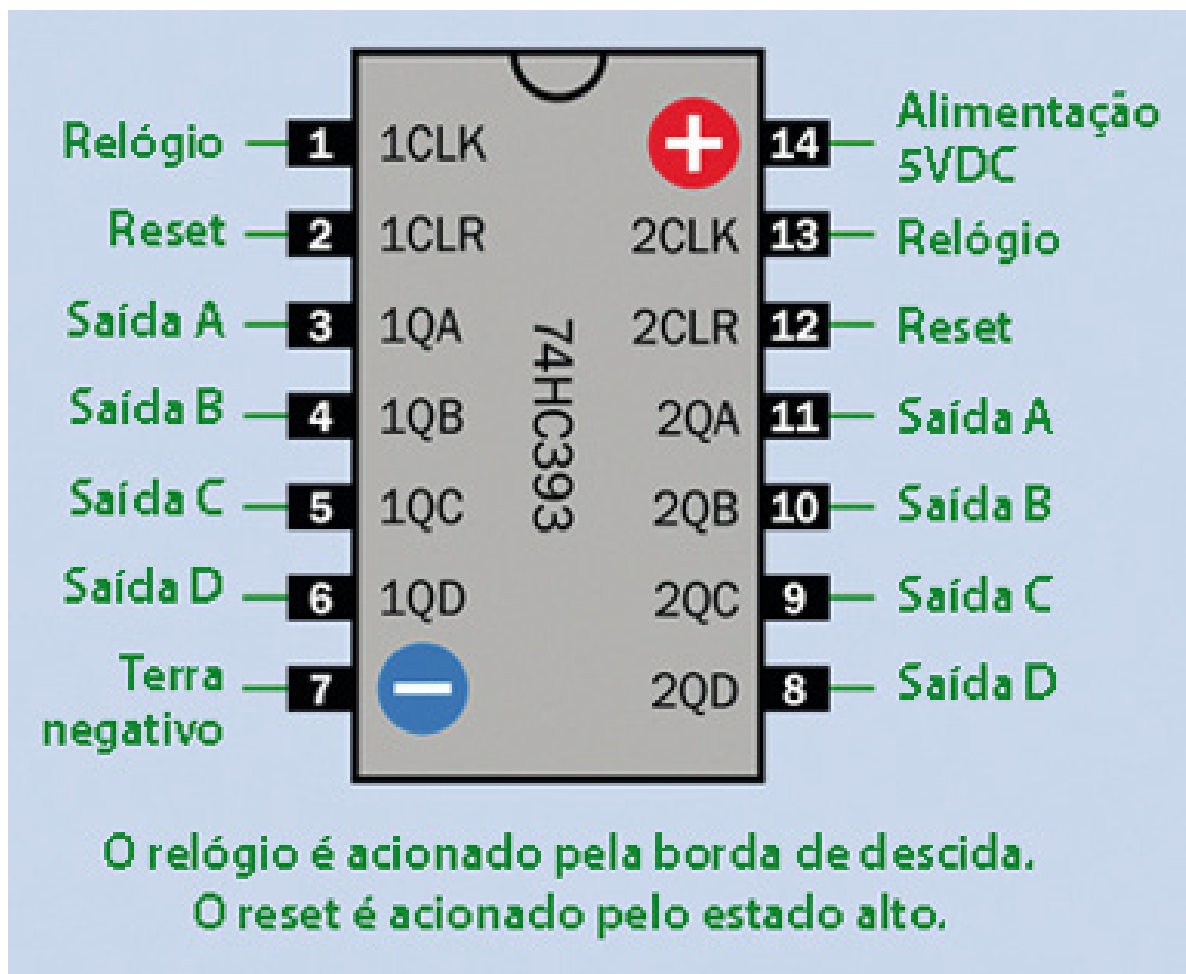


Figura 4.137 – Funções dos pinos do contador binário 74HC393.

Os fabricantes têm o estranho hábito de identificar as funções dos pinos dos chips digitais usando o menor número de letras possível.

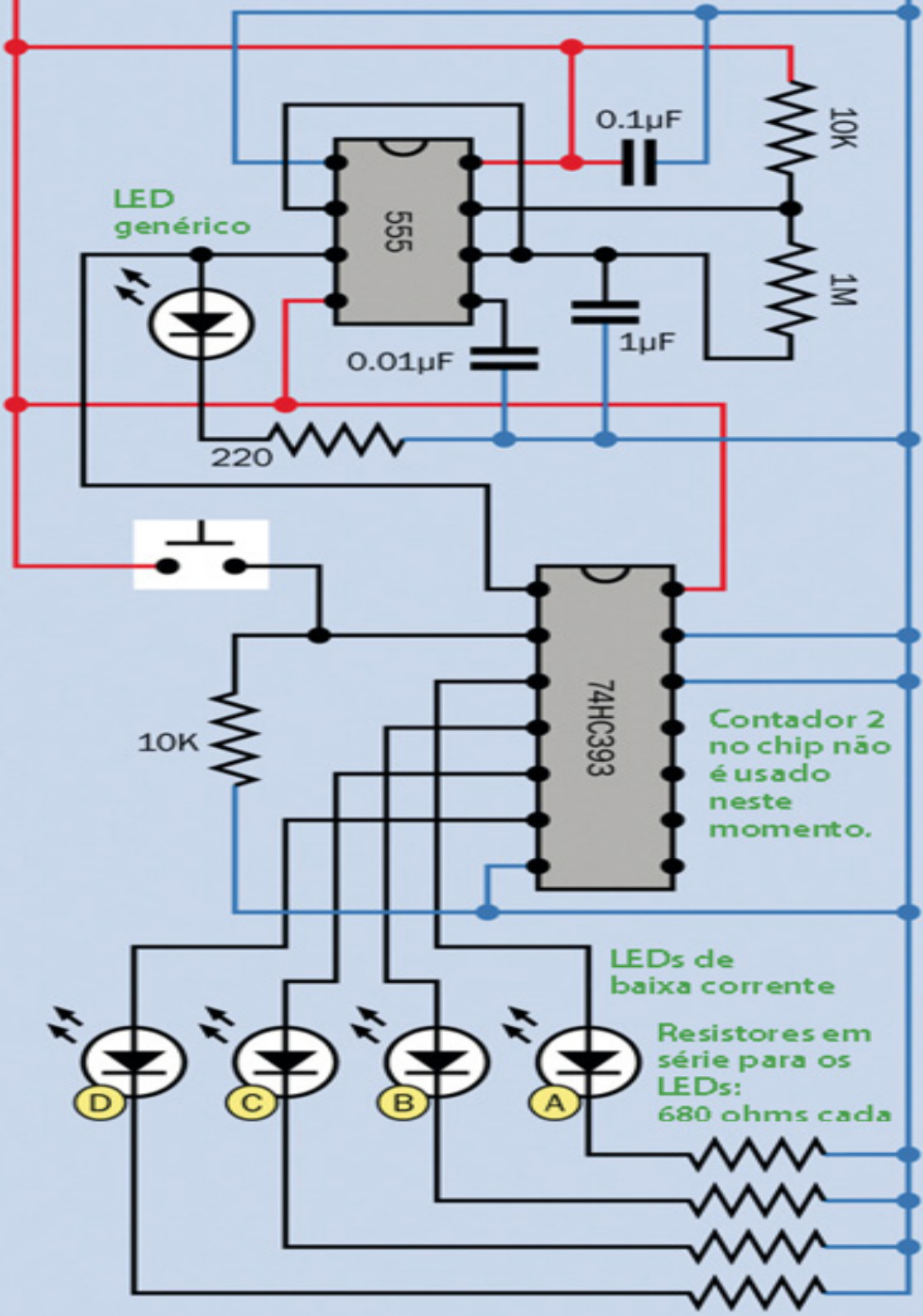
Essas abreviações crípticas podem ser difíceis de entender. Para dar um exemplo, na Figura 4.137 as identificações dos pinos dentro do traçado do chip são aquelas que encontrei em uma especificação da Texas Instruments. (Para tornar as coisas ainda mais confusas, outros fabricantes usem abreviações diferentes. Não há padronização.) Fora do traçado do contador eu reescrevi as funções dos pinos em português mais claro, em letras verdes. O número antes de cada função se refere ao contador nº 1 ou contador nº 2, encapsulados separadamente no chip.

### Teste do contador

A melhor forma de entender este chip é testá-lo. A Figura 4.138 mostra o diagrama e a Figura 4.139 mostra-o em uma matriz de contato. A Figura 4.140 mostra os valores dos componentes na matriz de contato.



5 VDC regulado



LED genérico

555

0.1μF

10K

1M

0.01μF

1μF

220

10K

74HC393

Contador 2 no chip não é usado neste momento.

LEDs de baixa corrente

Resistores em série para os LEDs: 680 ohms cada

D

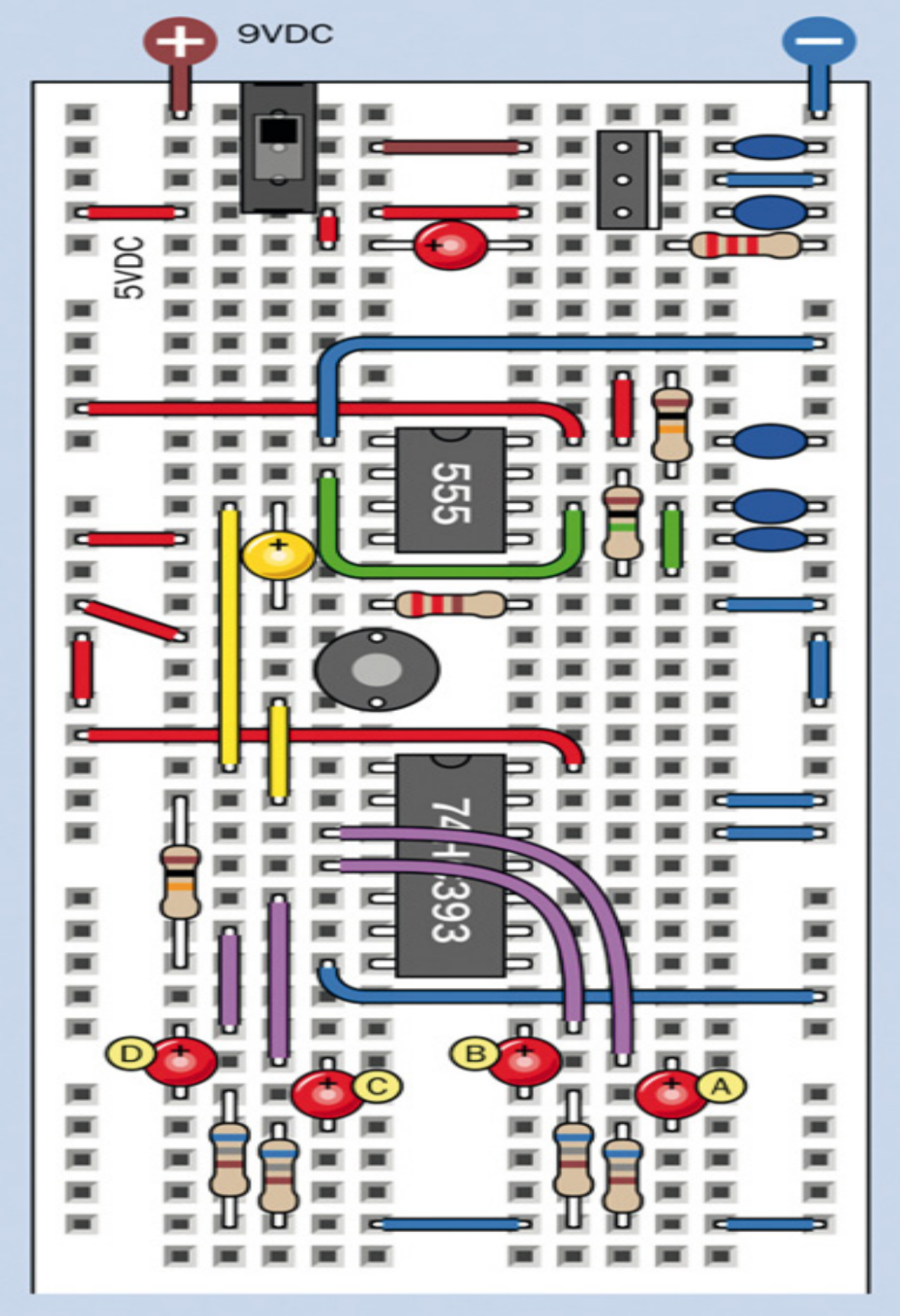
C

B

A

*Figura 4.138 – Diagrama para observar a saída e a função de reset do contador de década 74HC393.*





*Figura 4.139 – O circuito de teste na matriz de contato.*

Lembre-se:

- Este é um chip lógico de 5 V. Não esqueça o regulador de tensão.
- Observe que há um capacitor de 0,1  $\mu\text{F}$  entre o pino da fonte de alimentação do timer e o terra. Ele serve para eliminar pequenos picos de tensão que o timer tende a gerar. Eles podem confundir o contador se foram descontrolados.

Interruptor deslizando SPDT



LED de baixa corrente

LM7805



0.33 $\mu$ F



0.1 $\mu$ F

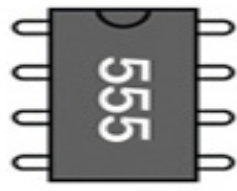


2.2K

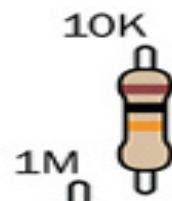
LED genérico



timer 555



220



10K



1M

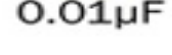
0.1 $\mu$ F



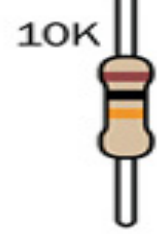
1 $\mu$ F



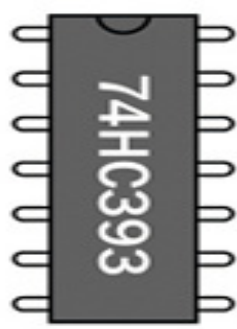
0.01 $\mu$ F



Botão de pressão



10K



74HC393

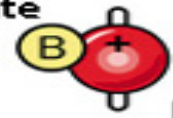
LEDs de baixa corrente



D



C



B



A

680



680



680



680



*Figura 4.140 – Valores dos componentes do circuito na matriz de contato.*

O capacitor e os resistores que especifiquei com o timer funcionarão a cerca de 0,75 Hz. Em outras palavras, o início de um pulso e o início do próximo pulso estarão separados por pouco mais de 1 segundo. Você pode ver isso observando o LED amarelo na saída do timer. (Se o LED amarelo não se comportar desta forma, você cometeu algum erro de fiação.)

Os quatro LEDs marcados A, B, C e D exibirão os estados de saída do contador. Se suas conexões estiverem corretas, eles acenderão na sequência mostrada na Figura 4.141, na qual um círculo negro indica que o LED está apagado e um círculo vermelho indica que está aceso.

	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

*Figura 4.141 – A sequência completa de saídas de um contador binário.*

Agora vou falar um pouco mais sobre aritmética binária e decimal. É realmente necessário saber isso? Sim, é útil. Uma variedade de chips, como decodificadores, codificadores, multiplexadores e registradores de deslocamento, usa aritmética binária e claro que ela é absolutamente fundamental em quase todos os computadores digitais que já foram feitos.

### Fundamentos: código binário

Como você pode ver na Figura 4.141, sempre que o LED na coluna A apagar, o LED na coluna B inverte seu estado – de ligado para desligado, ou de desligado para ligado. Sempre que o LED na coluna B apagar, ele inverte o LED na coluna C, e assim por diante. Uma consequência desta regra é que cada LED pisca duas vezes mais rápido que aquele à sua esquerda.

A fileira de LEDs representa um *número binário*, o que significa um número escrito com apenas dois dígitos: 0 e 1, como mostrado em letras brancas na Figura 4.141. O número decimal equivalente é mostrado em letras pretas à esquerda.

Os LEDs podem ser considerados *dígitos binários*, comumente conhecidos como *bits*.

A regra para contar em binário é muito simples. Na coluna mais à direita, comece com 0 e adicione 1, e como você só pode contar em uns e zeros, a próxima vez que você quiser adicionar 1, você precisa inverter para 0 e carregar 1 para a próxima coluna à esquerda.

E se o numeral na próxima coluna à esquerda já for um 1? Mude de volta para 0 e carregue 1 para a próxima coluna depois desse. E assim por diante.

O LED mais à direita representa o *bit menos significativo* de um número binário de quatro bits. O LED mais à esquerda mostra o *bit mais significativo*.

### Borda de subida, borda de descida

Quando você realizar o teste, observe que cada transição do LED vermelho mais à direita (de aceso para apagado, ou de apagado para aceso) sempre ocorre quando o LED amarelo apaga. Por quê?

A maioria dos contadores é *disparada por borda*, o que significa que a borda de subida ou a borda de descida de um pulso alto incrementa o contador para o próximo valor em sua série, quando o pulso é aplicado ao pino de entrada de clock. O comportamento dos LEDs mostra claramente que o 74HC393 é disparado por borda de descida. No Experimento 19 usamos um contador que era disparado por borda de subida. O tipo usado depende de sua aplicação.

O contador 74HC393 também tem um pino de reset, como o chip 4026B do Experimento 19.

- Algumas especificações descrevem um pino de reset como um pino “master reset”, que pode ser abreviado como MR.
- Alguns fabricantes chamam o pino de “reset” de pino “clear”, que pode ser abreviado como CLR na especificação.

Qualquer que seja o nome, o pino de reset sempre terá o mesmo resultado final. Ele força todas as saídas do contador para baixo, o que neste caso significa 0000 binário.

Um pino de reset requer um pulso separado. Porém, o reset ocorre quando o pulso começa ou quando termina?

Vamos descobrir. Se você construir o circuito com cuidado, o pino de reset permanece em um estado baixo através de um resistor de 10 K. No entanto, também há um botão de pressão que pode conectar o pino de reset diretamente ao barramento positivo. Isso se sobrepõe ao resistor de 10 K e força o pino de reset a passar para o estado alto.

Assim que você pressionar o botão de pressão, todas as saídas apagam e ficam apagadas até que você solte o botão. Evidentemente, a função de reset do 74HC393 é disparada e mantida por um estado alto.

[O módulo](#)

Desligue a energia, desconecte o resistor pull-up e o botão de pressão do pino de reset (pino 2), e substitua-os por um fio como mostrado na Figura 4.142. Todas as conexões anteriores foram pintadas de cinza. O novo fio, em preto sólido, conecta o quarto dígito, da saída D, ao pino de reset. A Figura 4.143 mostra a revisão da matriz de contato; a nova conexão é pintada de verde.

O que você acha que acontecerá?

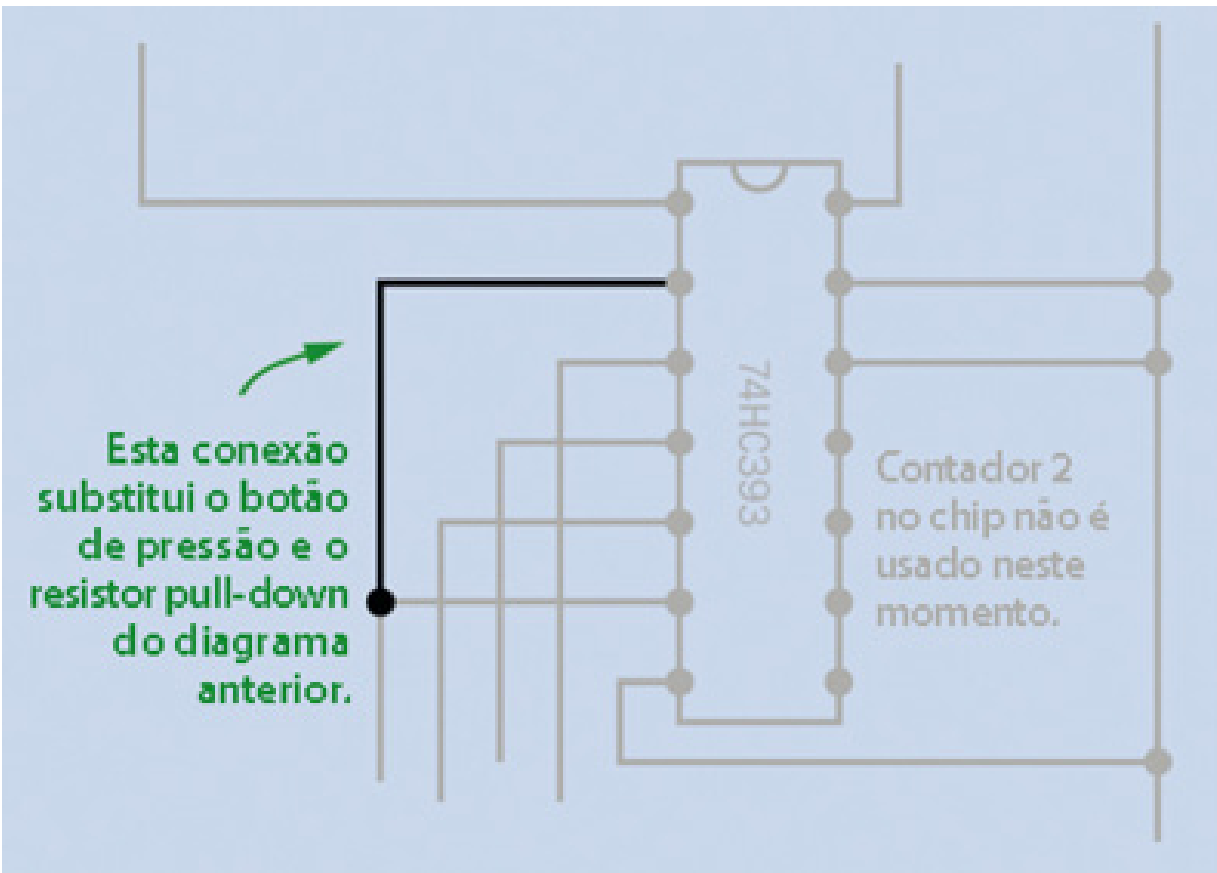


Figura 4.142 – Acrescentando um reset automático ao timer.





(Anteriormente ele era um contador divisor por 16.)

Suponha que você mova seu fio de reset do quarto dígito para o terceiro dígito. Agora você tem um contador divisor por 4.

- Você pode ligar quase qualquer contador binário de 4 dígitos para que ele reinicie depois de 2, 4 ou 8 pulsos de entrada.

O número de estados na saída de um contador, antes de ele se repetir, é conhecido como *módulo*, geralmente abreviado como “mod”. Um contador módulo 8 se repete após oito pulsos (que são numerados de 0 a 7).

### Convertendo para módulo 6

E o projeto no qual deveríamos estar trabalhando para gerar padrões de dados eletrônicos? Estou chegando lá. Como um dado tem seis lados, estou com a sensação de que talvez seja necessário alterar a fiação do contador para que ele se repita após seis estados.

Em código binário, a sequência de saída seria: 000, 001, 010, 011, 100, 101. (Podemos ignorar o bit mais significativo, na coluna D, pois não precisamos dele para apenas seis estados.) Preciso que o contador reinicie depois de sua saída de 5 decimal, que é 101 em binário.

(Por que 5 decimal e não 6 decimal? Porque estamos contando a partir do 0. Seria mais conveniente neste projeto se o contador começasse de 1, mas isso não é possível.)

Qual a próxima saída depois de 101 binário? A resposta é 110 binário.

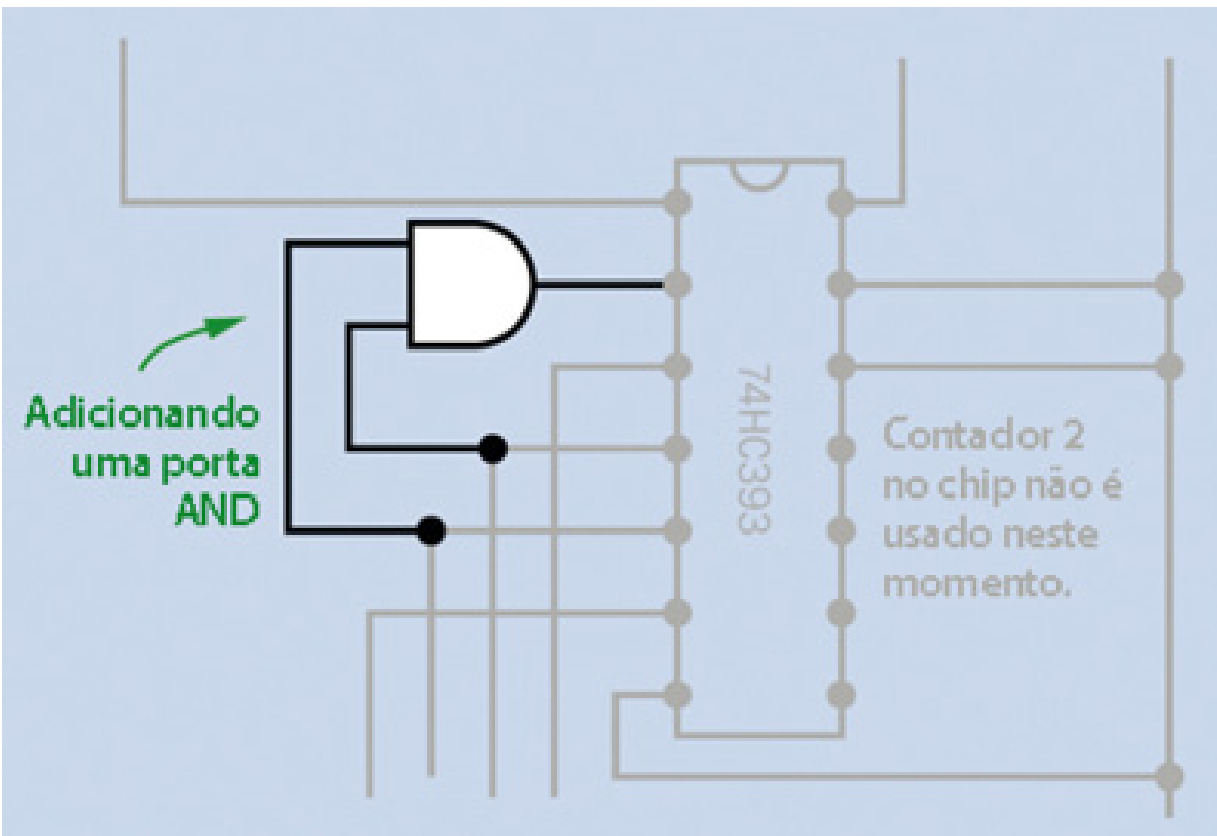
Existe algo distintivo sobre 110? Se você estudar a sequência, você verá que 110 é o primeiro valor da série que começa com dois bits altos.

Como dizer ao contador, “Quando você tiver um 1 na coluna B e um 1 na coluna C, reinicie para 0000?” A palavra “e” na última sentença deveria dar uma pista. Uma porta AND gera uma saída alta quando e apenas quando suas duas entradas forem altas. Exatamente o que

precisamos.

Podemos simplesmente inseri-la? Absolutamente, pois todos os membros da família de chips 74HCxx foram projetados para falar uns com os outros. Na Figura 4.144 você verá que acrescentei uma porta AND. Claro que para usá-la em sua matriz de contato será preciso adicionar um chip adequado, que é um 74HC08.

Ele contém quatro portas AND, das quais só precisamos de uma. Portanto, além de alimentar as conexões, suas entradas não usadas precisam ser aterradas. Isto é um aborrecimento, mas vou mostrar-lhe com fazer isto, assim que eu fizer mais alguns acréscimos e modificações. (As saídas não usadas devem ser deixadas desconectadas.)



*Figura 4.144 – Uma porta AND foi acrescentada para ajustar o contador para que seu ciclo seja de seis estados de saída em vez dos usuais 16.*

Enquanto isso, lembre-se:

- Você pode usar chip(s) lógico(s) com um contador para mudar seu

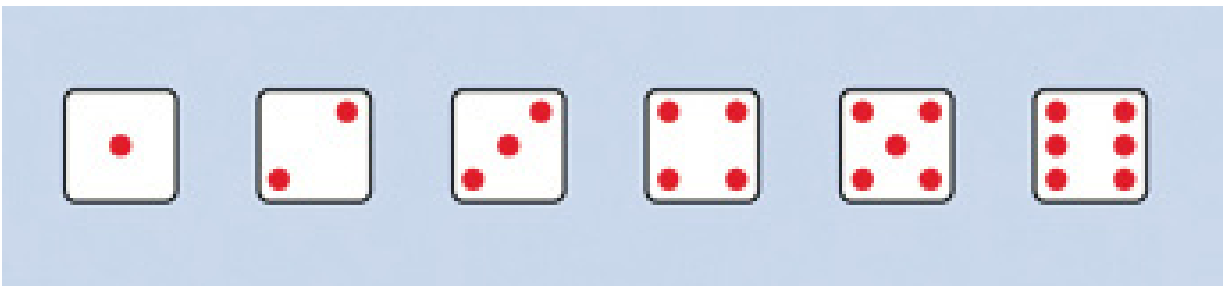
módulo observando padrões distintivos nos estados de saída e enviando um sinal para o pino de reset.

### Não usando um display de sete segmentos

Para o display do dado, eu poderia usar um numeral de sete segmentos que conta de 1 a 6. Porém, isso é um problema, pois o contador vai de 0 a 5. Não vejo uma maneira fácil de converter 000 binário para um numeral 1 de sete segmentos, 001 binário para um numeral 2 de sete segmentos, e assim por diante.

Poderíamos fazer o contador pular o 000 binário de alguma forma? Talvez, mas não sei bem como. Talvez usando uma porta OR de três entradas que retroalimentaria a entrada de clock para avançar o contador para o próximo estado, mas isto entraria em conflito com os sinais usuais de clock, e tudo me parece muito complicado.

De qualquer modo, não estou muito empolgado em usar um numeral de sete segmentos neste projeto, pois ele não é visualmente atraente. Por que não usar LEDs que emulam o padrão de pontos de um dado real? A sequência é mostrada na Figura 4.145.



*Figura 4.145 – A série de padrões de pontos a ser reproduzida pelos LEDs.*

Consegue pensar em uma maneira de converter a saída binária do contador para iluminar os LEDs nesses padrões?

### Escolhendo as portas

Começarei com a opção mais fácil. Se eu conectar a saída A do contador (veja a Figura 4.138) ao LED que representa o ponto central do dado, isso funcionaria, pois o ponto central só acende para os padrões 1, 3 e 5, e apaga para os padrões 2, 4 e 6. É exatamente assim que a saída A se comporta.

Em seguida, as coisas ficam um pouco mais complicadas. Eu preciso iluminar um par diagonal de pontos para os padrões 4, 5 e 6, e o outro par diagonal de pontos para 2, 3, 4, 5 e 6, mas como?

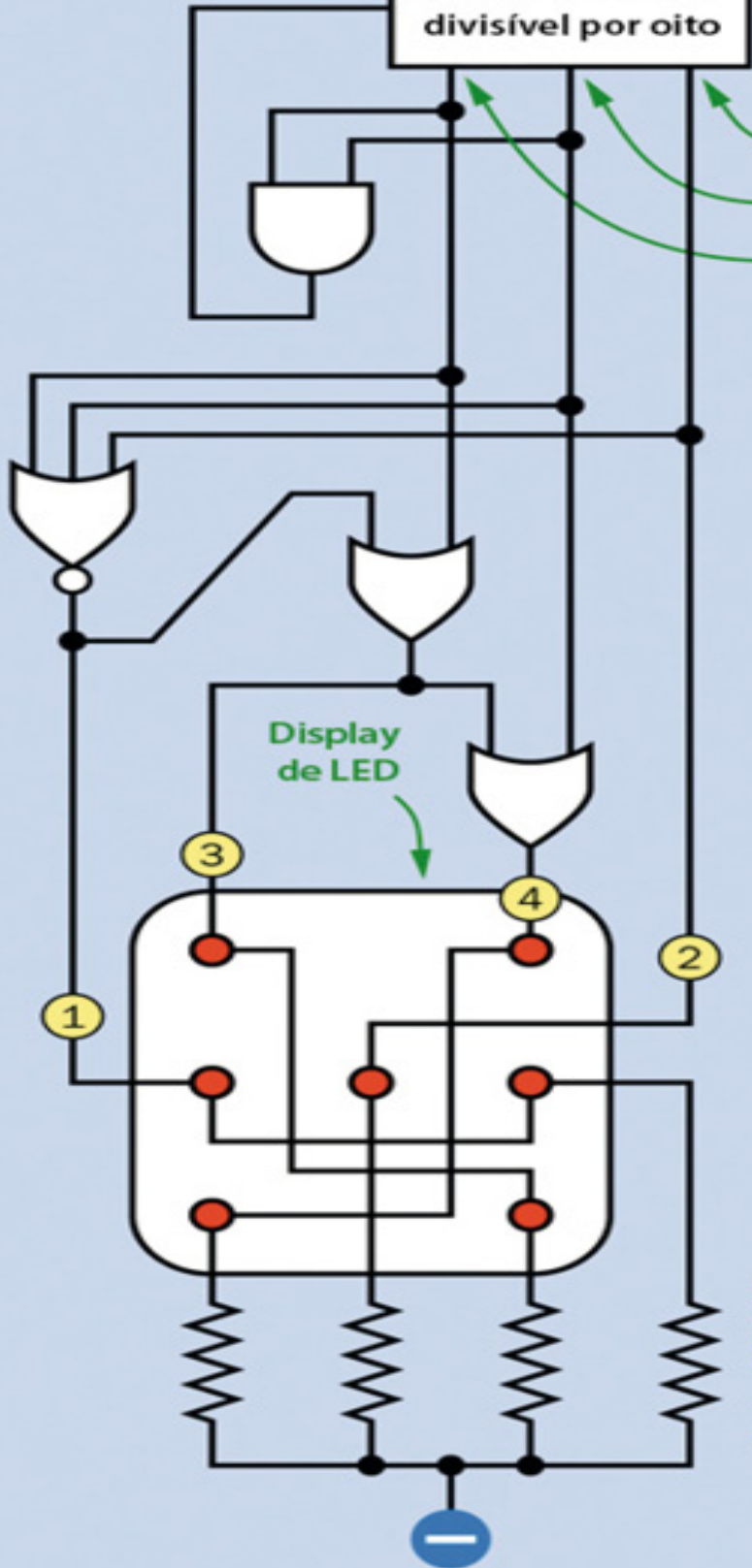
A Figura 4.146 mostra minha resposta ao problema. Você verá que acrescentei mais algumas portas lógicas: uma porta NOR de três entradas e uma porta OR de duas entradas. Ao lado, mostrei a sequência de números binários e os padrões de pontos que cada número cria no dado.

Para as coisas funcionarem, precisei começar com o dado mostrando um padrão de 6 quando o contador começa do 000 binário. A sequência de padrões realmente não importa, desde que estejam todos representados. De qualquer forma, eles serão selecionados aleatoriamente.

Pino de reset

Contador binário divisível por oito

Saída A  
Saída B  
Saída C



000	
001	
010	
011	
100	
101	

Ajuste cada resistor para passar não mais do que 15 mA enquanto equaliza o brilho dos LEDs.

*Figura 4.146 – Uma rede lógica para criar a sequência de pontos em um dado.*

A Figura 4.147 mostra como as saídas do contador acendem os diferentes padrões de pontos. E caso isso ainda não tenha ficado totalmente claro, eu criei uma sequência de instantâneos mostrando os estados alto e baixo no circuito à medida que o contador incrementa de 000 até 101. Os instantâneos são mostrados nas Figuras 4.148, 4.149 e 4.150.

Cada uma das três saídas do contador acende esses grupos

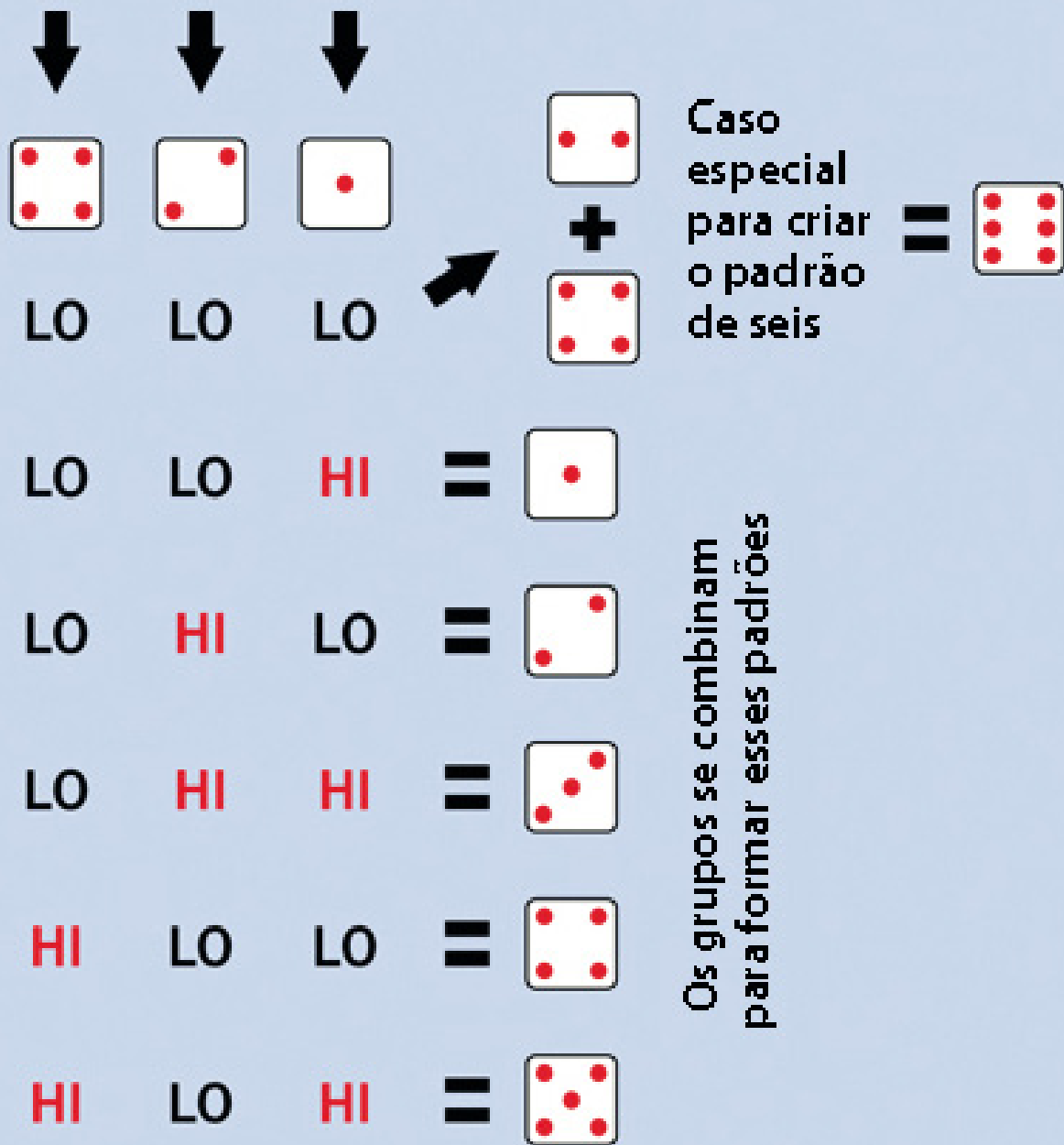
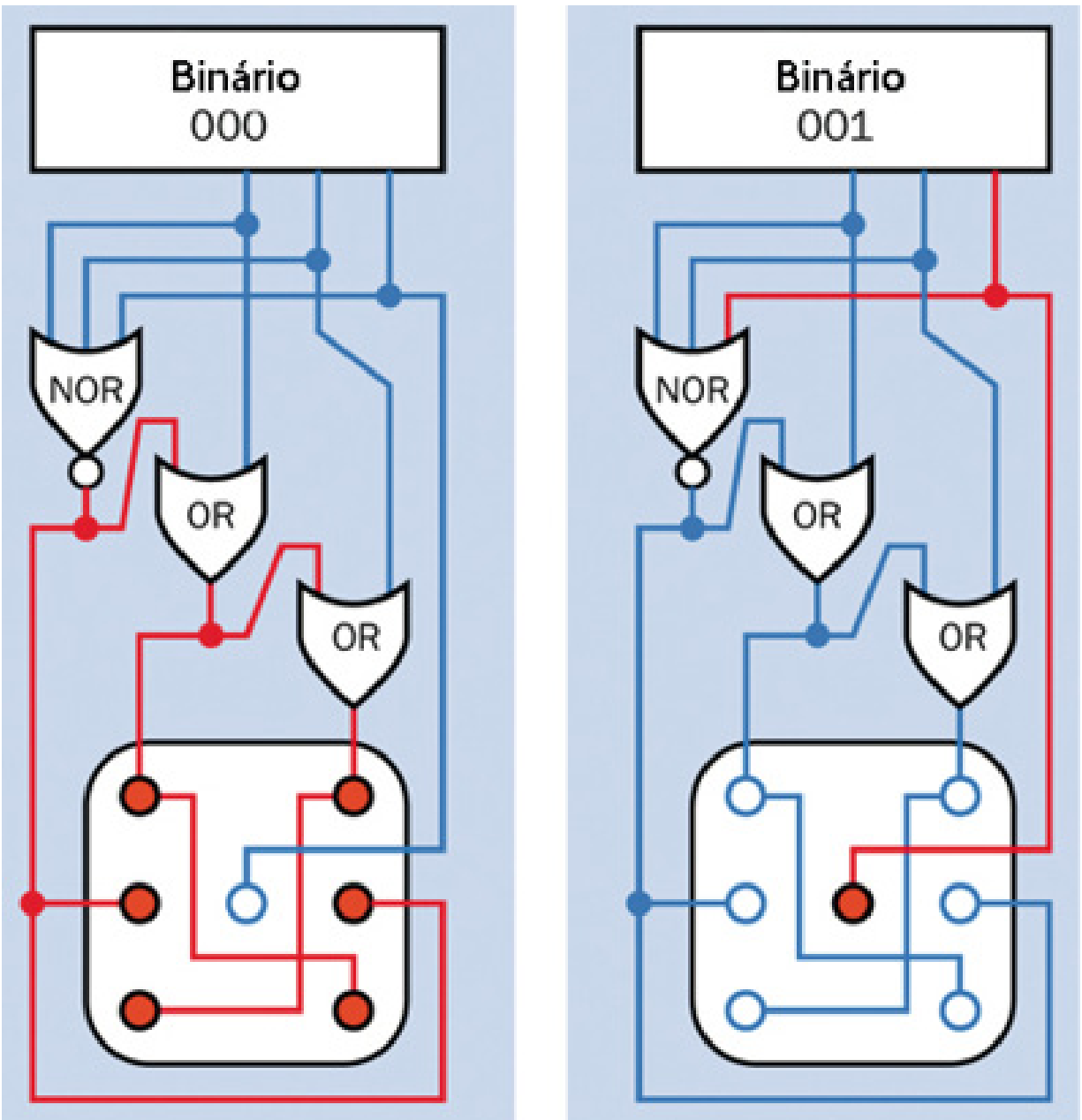


Figura 4.147 – Como as saídas do contador binário são usadas para acender os padrões de pontos.





*Figura 4.148 – A lógica para gerar os padrões 6 e 1.*

Eu espremi os instantâneos para que eles coubessem dois em cada coluna e omiti a porta AND, pois ela não faz nada durante a contagem de 000 até 101. Ela só responde quando o contador tenta avançar para 110, quando então a porta AND o reinicia para 000.

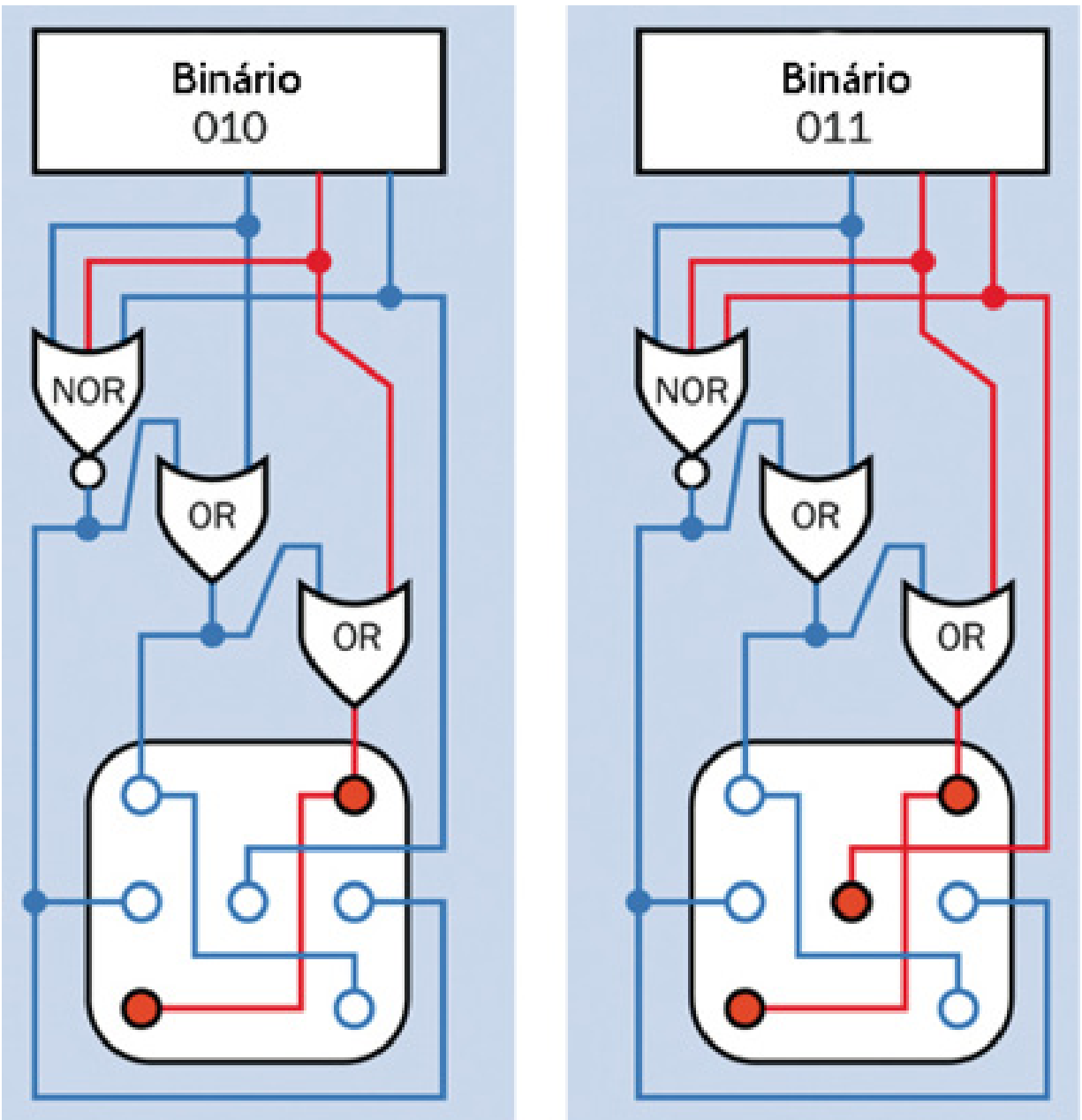
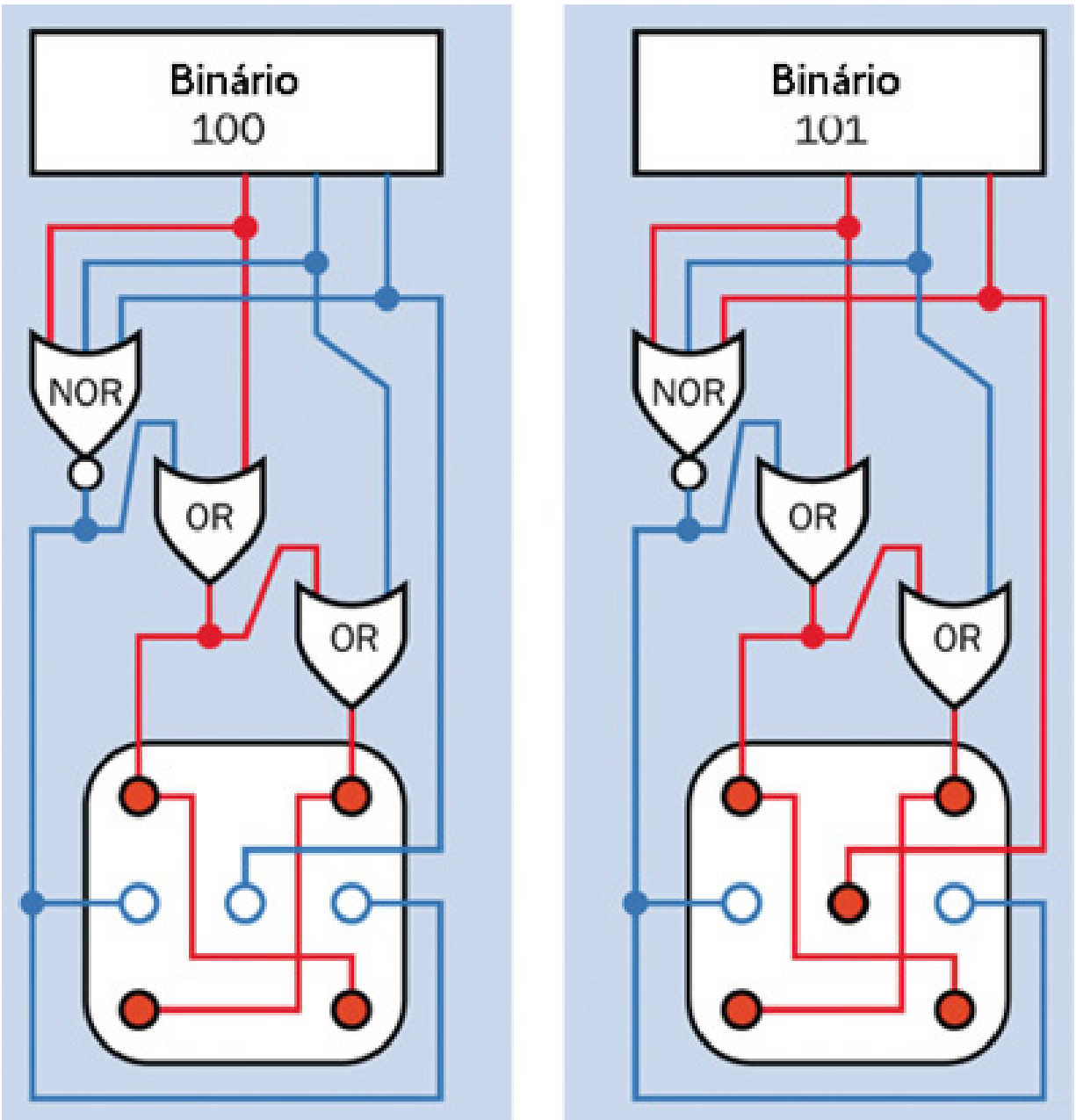


Figura 4.149 – A lógica para gerar os padrões 2 e 3.



*Figura 4.150 – A lógica para gerar os padrões 4 e 5.*

Se você está se perguntando como eu cheguei a esta seleção de portas lógicas para traduzir a saída do contador para os padrões de um dado, não tenho certeza de saber a resposta. Há um pouco de tentativa e erro, e alguns palpites intuitivos envolvidos na criação deste tipo de diagrama lógico. Pelo menos é assim que funciona comigo. Existem modos mais rigorosos e formais de fazê-lo, mas pessoalmente tenho certa dificuldade com eles.

## O circuito concluído

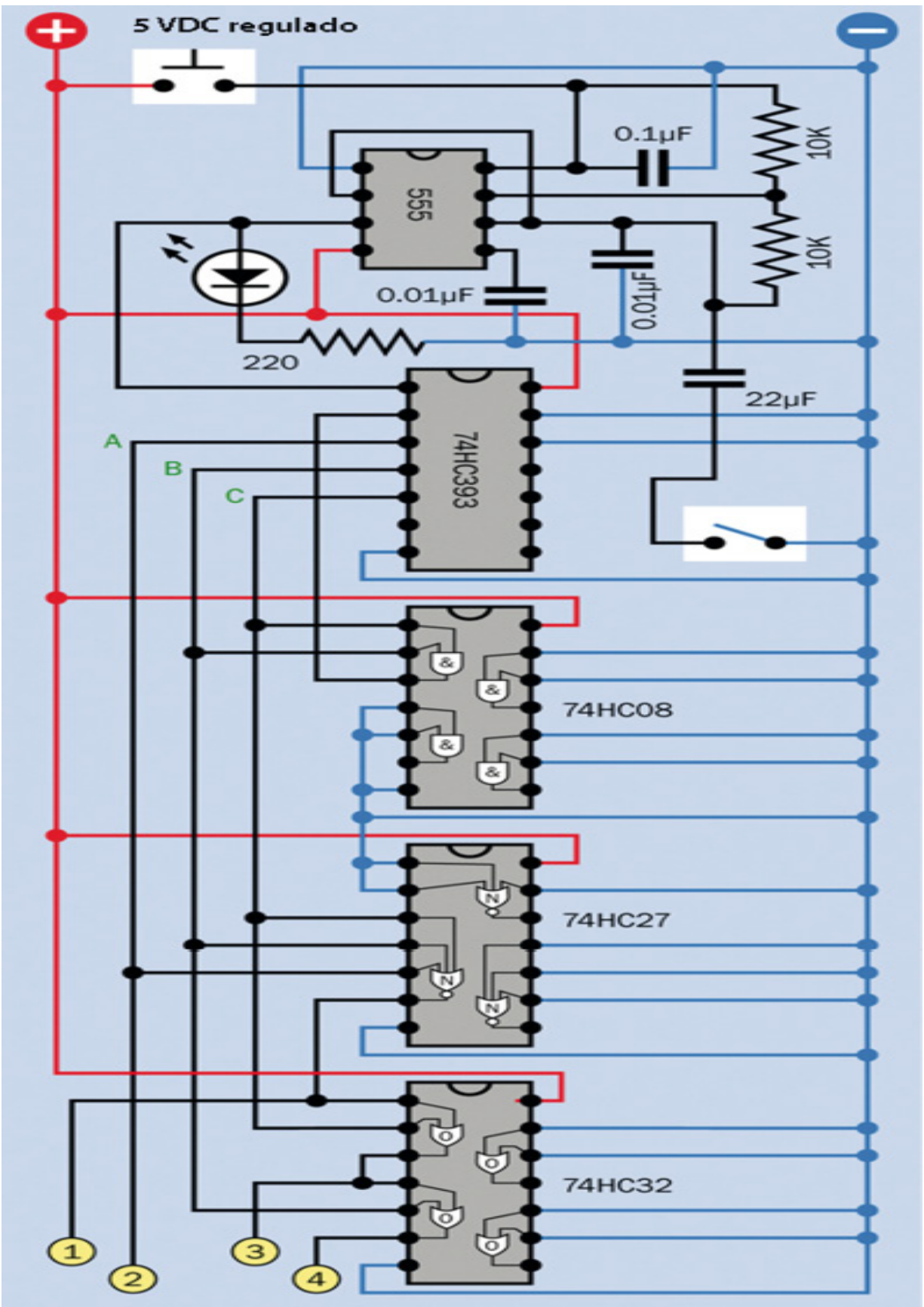
O diagrama esquemático na Figura 4.151 foi derivado do diagrama lógico na Figura 4.146. A versão da matriz de contato é mostrada na Figura 4.152.

Os valores de componentes são mostrados na Figura 4.153. Observe que eu mudei o resistor e o capacitor de temporização para o timer 555, e agora ele funciona a 5 kHz. A ideia deste circuito é que você pare o timer em um momento arbitrário depois de ele passar por centenas de ciclos. Dessa forma, você acaba selecionando um número aleatório.

Eu acrescentei um capacitor comutável de 22  $\mu\text{F}$  que pode fazer o timer funcionar lentamente (cerca de 2 Hz) se você quiser demonstrar como a contagem funciona para os céticos.

Não me preocupei em mostrar os valores da parte inferior da matriz de contato, pois os únicos componentes lá são os chips. Esse é um aspecto legal de construir circuitos baseados em lógica: você não precisa se preocupar em espremer resistores e capacitores em um espaço limitado. Chips e fios fazem a maior parte do trabalho.

As saídas numeradas na parte inferior do circuito nas Figuras 4.151 e 4.152 correspondem às entradas do padrão de LEDs mostrado na Figura 4.154. Não há espaço na matriz de contato para acrescentar os LEDs, então você precisará de uma segunda matriz de contato ou você pode fazer alguns furos para montar os LEDs em um pedaço de madeira compensada ou plástico.



*Figura 4.151 – Um circuito completo para emular o lançamento de um único dado.*

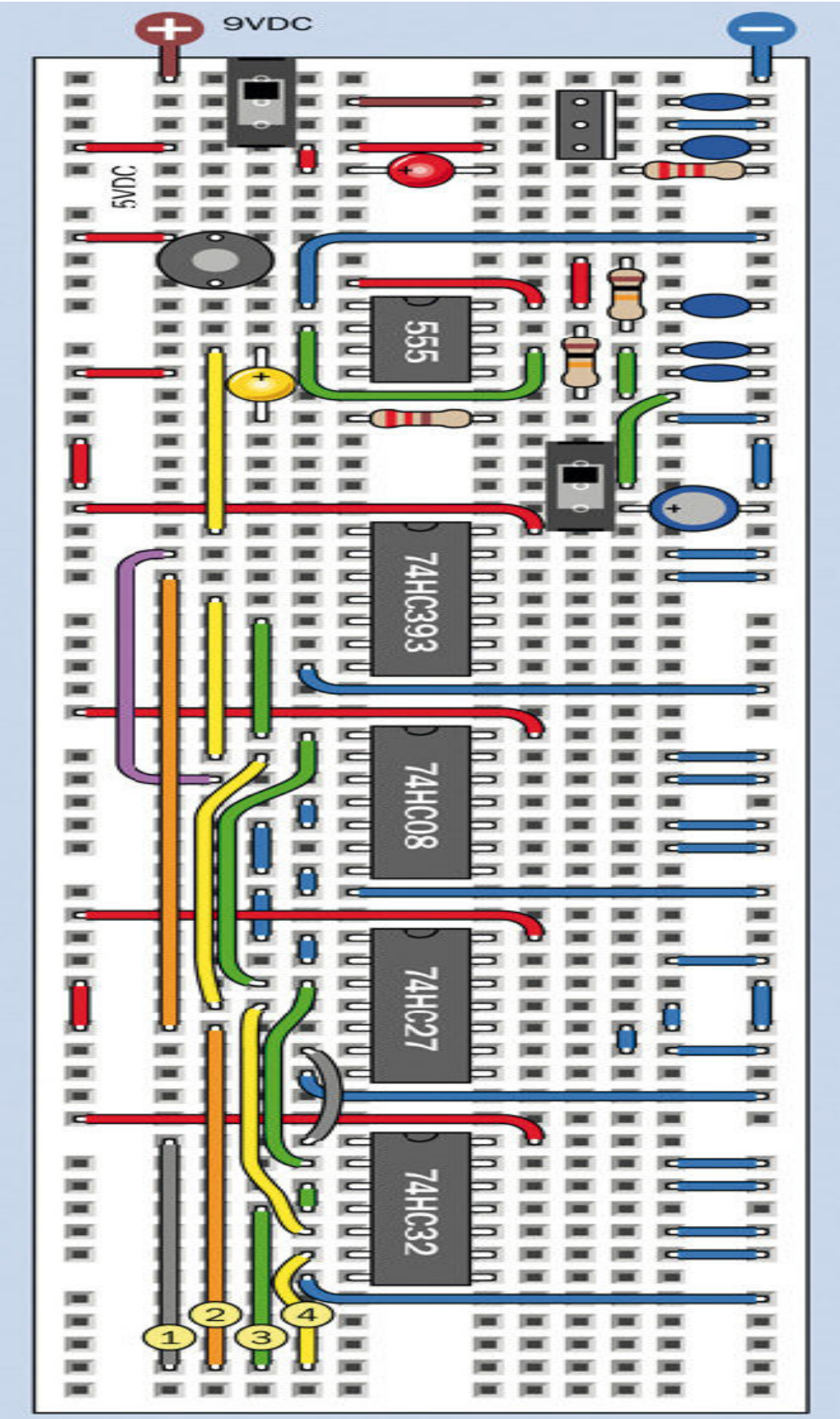
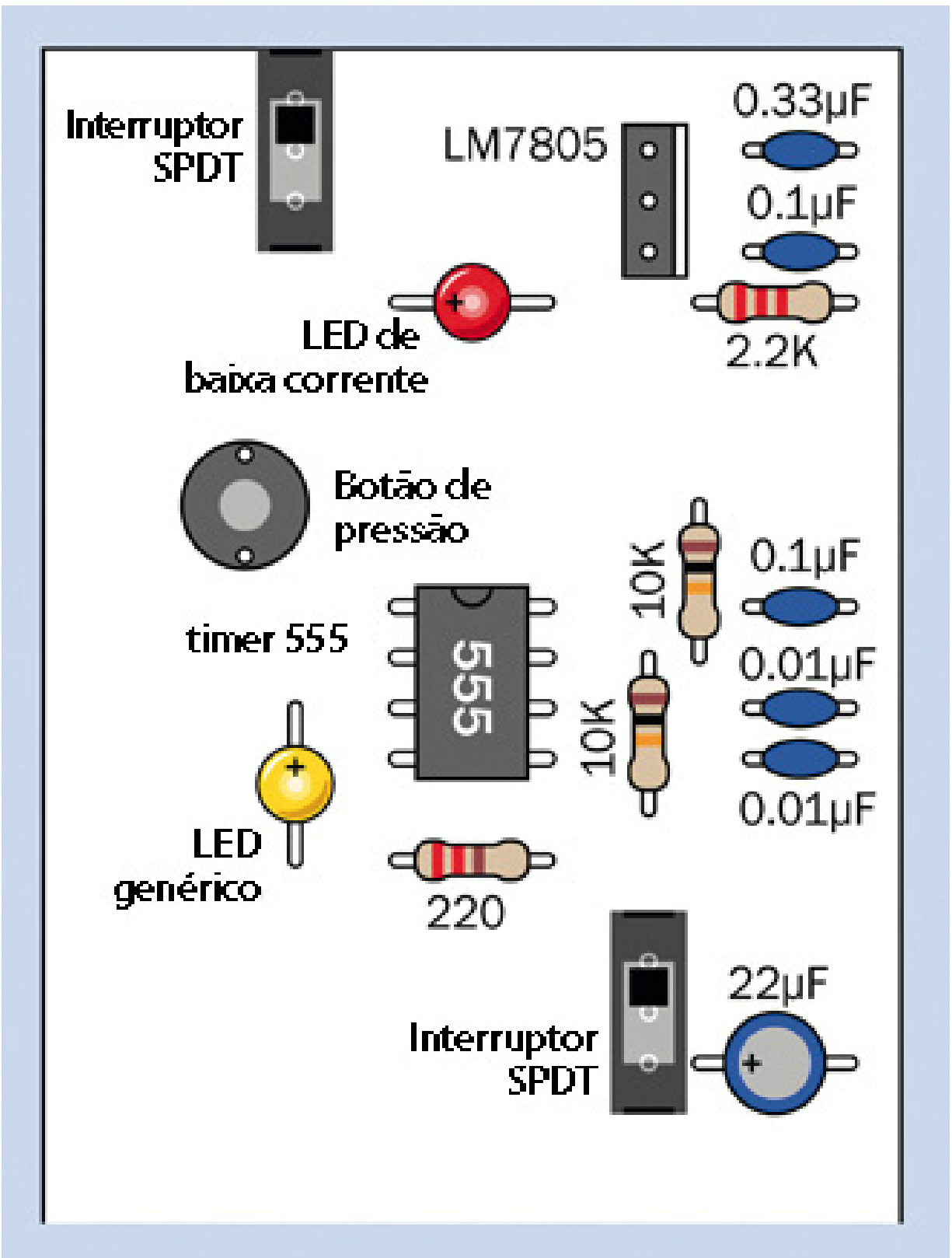


Figura 4.152 – Versão para matriz de contato do circuito de um único dado.



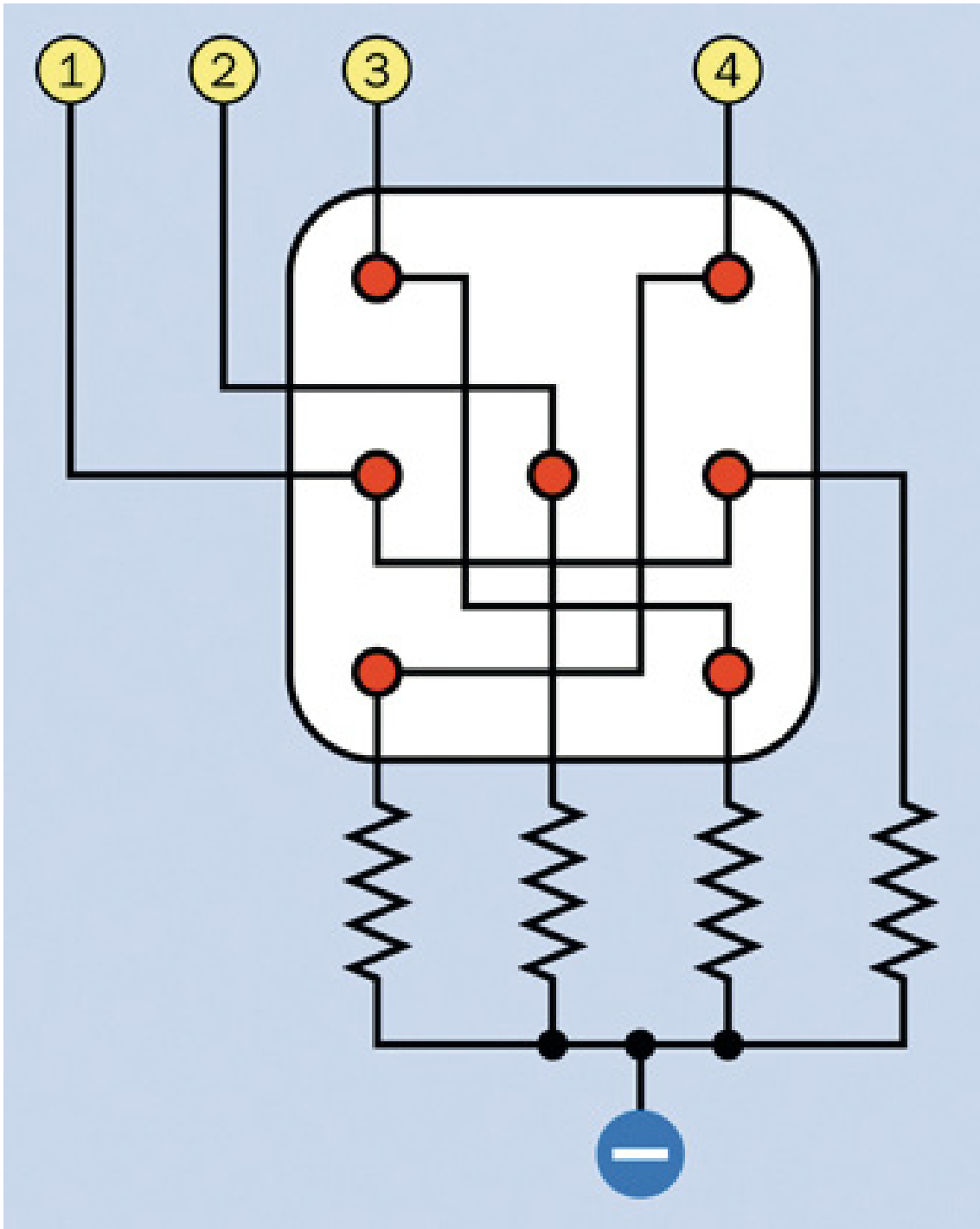


*Figura 4.153 – Valores dos componentes na seção de controle da simulação de dados.*

Três pares de LEDs são ligados em série, pois um chip lógico não é potente o suficiente para alimentar um par de LEDs em paralelo. Colocá-los em série exigirá o uso de um resistor de valor menor que o usual. A maneira de fazê-lo é aplicar 5 VDC a um dos pares de LEDs através de seu multímetro, configurado para medir miliamperes. Tente um resistor em série de 220 ohms e veja quanta corrente é medida. Se sua meta é um máximo de 15 mA, isto estará dentro das especificações das saídas de um chip HC. Talvez você precise de um resistor de 150 ohms ou 100 ohms, dependendo das características dos LEDs que você está usando.

Finalmente, aplique 5 VDC através de um resistor de 330 ohms ao LED central e compare seu brilho com o dos LEDs ligados em pares. Talvez você precise aumentar o valor do resistor para tornar o LED central visualmente equivalente aos outros.

Conecte os LEDs ao circuito lógico, pressione o botão, solte-o e você terá o valor do dado.



*Figura 4.154 – Ligando sete LEDs (seis deles em pares, em série) para exibir os padrões de pontos de um único dado.*

Como você sabe que o resultado é realmente aleatório? A única forma de ter certeza é usá-lo repetidamente e anotar quantas vezes cada número sai. Talvez seja necessário “lançar” o dado umas mil vezes para obter uma verificação decente. Uma vez que o circuito

depende do comportamento de um ser humano pressionando um botão, não há maneira de automatizar o processo de teste. Tudo que posso dizer é que o resultado realmente *deveria* ser aleatório.

## Boas notícias

Há mais chips neste circuito que os usados em circuitos anteriores no livro, mas nas palavras imortais do Professor Farnsworth, em um de meus programas de TV favoritos, *Futurama*: “Boas notícias para todos!”

A boa notícia é que você pode modificar este circuito para simular dois dados em vez de um, simplesmente acrescentando mais fios e LEDs. Não são necessários mais chips.

Temos muitas portas lógicas não usadas nos chips AND, NOR e OR. Três portas AND, duas portas NOR e duas portas OR estão sobrando. Além disso, há um contador totalmente separado no chip 74HC393. É exatamente o que você precisa.

A pergunta é: como criar uma segunda série de números aleatórios, diferente da primeira? Talvez acrescentar outro timer 555, funcionando a uma velocidade diferente?

Não gosto da ideia, pois os dois timers entrarão e sairão de fase um em relação ao outro, e alguns pares de valores podem aparecer mais que outros. Acho que seria melhor se o primeiro contador contasse de 000 a 101 em binário e então disparasse o segundo para ele avançar de 000 a 001. O primeiro contador volta a contar de 000 até 101 e dispara o segundo contador para avançar para 010. E assim por diante.

O segundo contador funcionará a 1/6 da velocidade do primeiro, mas se acioná-los rápido o suficiente, os padrões ainda serão muito velozes para serem vistos. A grande vantagem desse arranjo é que todas as combinações possíveis de valores serão exibidas um número igual de vezes, portanto a chance de serem selecionados é praticamente a mesma, como se você estivesse usando dois dados de verdade.

Por que “praticamente a mesma”? Porque lembre-se de que há um

pequeno atraso quando o contador reinicia de 101 binário para 000 binário. No entanto, se o contador da esquerda estiver funcionando a cerca de 5 kHz, um atraso de menos de um milionésimo de segundo parece trivial.

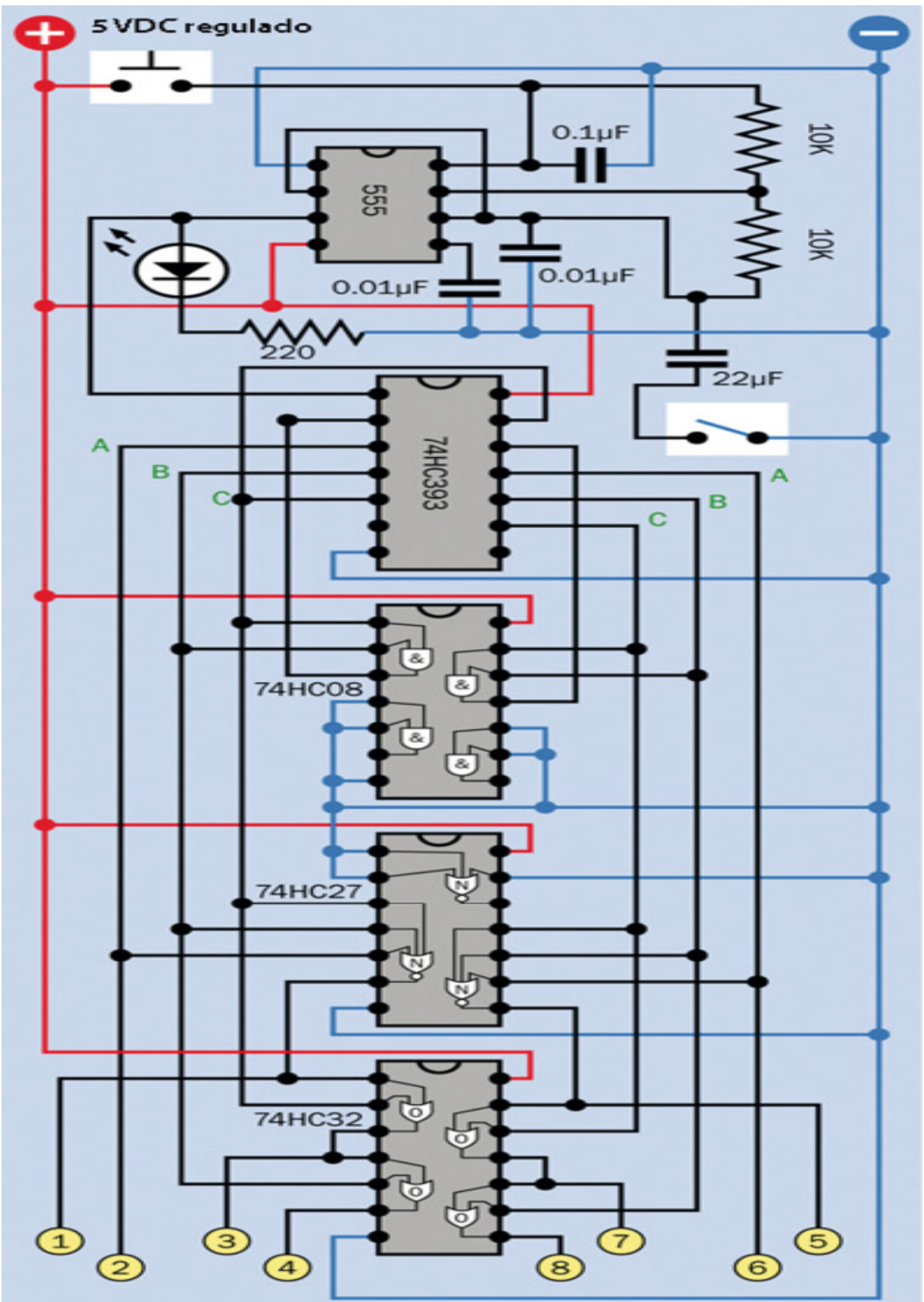
### Contadores encadeados

A última dúvida é como o primeiro contador pode avançar o segundo contador quando ele chega a 101 e volta para 000.

É fácil. Considere o que acontece quando a saída do primeiro contador muda de 011 para 101 e para 110, sendo que o último valor dura apenas um instante antes de reiniciar para 000. Depois que a saída C atinge um estado alto, ela cai.

O que a entrada de clock do segundo contador precisa para que ele avance uma contagem? Você já sabe disso. Ela precisa de um estado alto que muda para baixo. Basta conectar a saída C, do primeiro timer, à entrada de clock do segundo timer. Na verdade, o chip é projetado para funcionar desta forma, de modo que o estado descendente de um timer age como um sinal de “carry” para avançar o próximo timer.

O diagrama na Figura 4.155 mostra o circuito para dois dados. Não incluirei outra imagem da matriz de contato, pois você deve ser capaz de adicionar a nova fiação sozinho. É quase uma imagem espelhada exata da fiação que você já instalou, mas não se esqueça de movê-la uma fileira de furos para baixo na matriz de contato para dar espaço para a alimentação positiva de cada chip.



*Figura 4.155 – Circuito completo para simular dois dados de LED.*

### Próximos passos

O circuito pode ser simplificado? Como mencionei no início, um contador de década exigiria uma lógica mais simples que um contador binário. Não seria necessária uma porta AND para fazê-lo contar com um módulo seis, pois apenas a sétima saída do contador de década poderia ser conectada ao pino de reset.

Entretanto, se você quiser lançar dois dados, seriam necessários dois contadores de década e isso significaria dois chips separados. Além disso, ainda seriam necessários dois chips para cuidar da lógica dos dois displays. Para ver o motivo, procure dados digitais online. Neste ponto você já deve ser capaz de entender os diagramas exibidos pelo Google Imagens.

A única simplificação que consigo imaginar no circuito que descrevi seria substituir cada porta OR por dois diodos. Os circuitos que você encontra online geralmente fazem isso, mas você acabaria com um sinal passando através de dois diodos em sucessão, o que derrubaria a tensão abaixo de um nível aceitável.

### O problema da desaceleração

A versão deste projeto que incluí na primeira edição do *Make: Eletrônica* incluía um recurso extralegal. Quando você tirava o dedo do botão “run”, a exibição do padrão do dado gradualmente desacelerava antes de parar. Isto aumentava o suspense para ver qual seria o número final.

O recurso era obtido pela divisão da fonte de alimentação do timer 555. O timer estava “sempre ativado”, mas a tensão em sua rede RC era desligada quando o jogador soltava o botão “run”. Neste ponto, um grande capacitor era descarregado lentamente e o timer reduzia sua velocidade à medida que a tensão diminuía.

Um leitor chamado Jasmin Patry enviou um e-mail dizendo que quando ele usou o circuito, o valor 1 surgiu com uma frequência desproporcional e ele suspeitava que isso tinha a ver com o recurso

de desaceleração.

Jasmin era um designer de videogames que entendia muito mais de aleatoriedade do que eu. Ele tinha o estilo educado e paciente de alguém que realmente sabia do que estava falando e parecia interessado em ajudar a resolver o problema que ele havia identificado.

Depois que ele me enviou alguns gráficos mostrando a frequência relativa de cada número na simulação, eu tive que aceitar que o problema existia. Sugeri muitas explicações possíveis, que acabaram todas se mostrando erradas. Por fim, Jasmin provou com sucesso que o menor consumo de energia de um único LED, em comparação com o maior consumo de seis LEDs, permitia que o timer funcionasse um pouco mais quando a tensão era marginal. Isto aumentava as chances de ele parar durante este período.

Jasmin acabou sugerindo um circuito substituto, no qual um segundo timer 555 foi acrescentado e as saídas dos dois timers eram combinadas através de uma porta XOR. Ele provou com sucesso que isso eliminava o viés em relação a um número. Fiquei feliz com o fato de que um de meus leitores tivesse aprendido tanto lendo meu livro que era capaz de identificar e corrigir um erro que ele tinha encontrado.

Nesta nova edição, eu omiti o capacitor de desaceleração que causou o problema na primeira edição e não adotei o circuito de Jasmin, pois ele era muito complicado. Um único dado precisaria de um par de timers 555, além de uma porta XOR. Ele também usou diodos que eu teria substituído por portas OR e quase não havia espaço suficiente na matriz de contato.

Com a permissão dele, eu enviarei seu circuito como um brinde para todos que se registrarem comigo (usando o procedimento descrito no Prefácio; veja “Eu informando você”). Não é fácil reimprimi-lo aqui, pois eu teria que redesenhá-lo completamente para caber no formato de duas colunas.

[Alternativas à desaceleração](#)

Você deve estar pensando que há uma maneira mais simples de reduzir a velocidade de exibição sem afetar a aleatoriedade. Quando pesquisei online, descobri que alguém havia usado um transistor NPN com seu emissor conectado ao pino 7 do timer, e um capacitor entre sua base e seu coletor, para que quando a energia fosse desconectada, a saída do transistor gradualmente diminuísse. Várias outras pessoas haviam feito o mesmo em seus circuitos de dados. Entretanto, suspeito que esta configuração possa estar sujeita aos mesmos problemas detectados por Jasmin.

Também vi circuitos usando exatamente a mesma configuração do capacitor de desaceleração que eu usei (por exemplo, no site Doctronics). É quase certo que eles sejam suscetíveis ao problema que descrevi.

Minha resposta final para esta questão pode ser insatisfatória: eu não sei como obter um efeito de desaceleração sem acrescentar mais componentes, o que complicaria muito o circuito.

Entretanto, um pouco antes de o texto deste livro estar finalizado, meu amigo e verificador de dados, Fredrik Jansson, sugeriu alimentar o timer 555 a partir de um regulador de tensão separado para isolá-lo das flutuações de energia do resto do circuito. Eu gostei da ideia, mas não havia tempo de testá-la antes de o livro começar a ser impresso.

Eu construí um circuito de dados completamente diferente usando um microcontrolador PICAXE, mas descobri que este tinha seus próprios problemas de aleatoriedade devido ao imperfeito gerador de números aleatórios embutido no chip.

No Experimento 34 (o último deste livro), você verá que eu criei mais uma simulação de dados usando um Arduino. Neste caso também precisei depender do gerador de números aleatórios embutido e sou céptico em relação à distribuição homogênea de números selecionados.





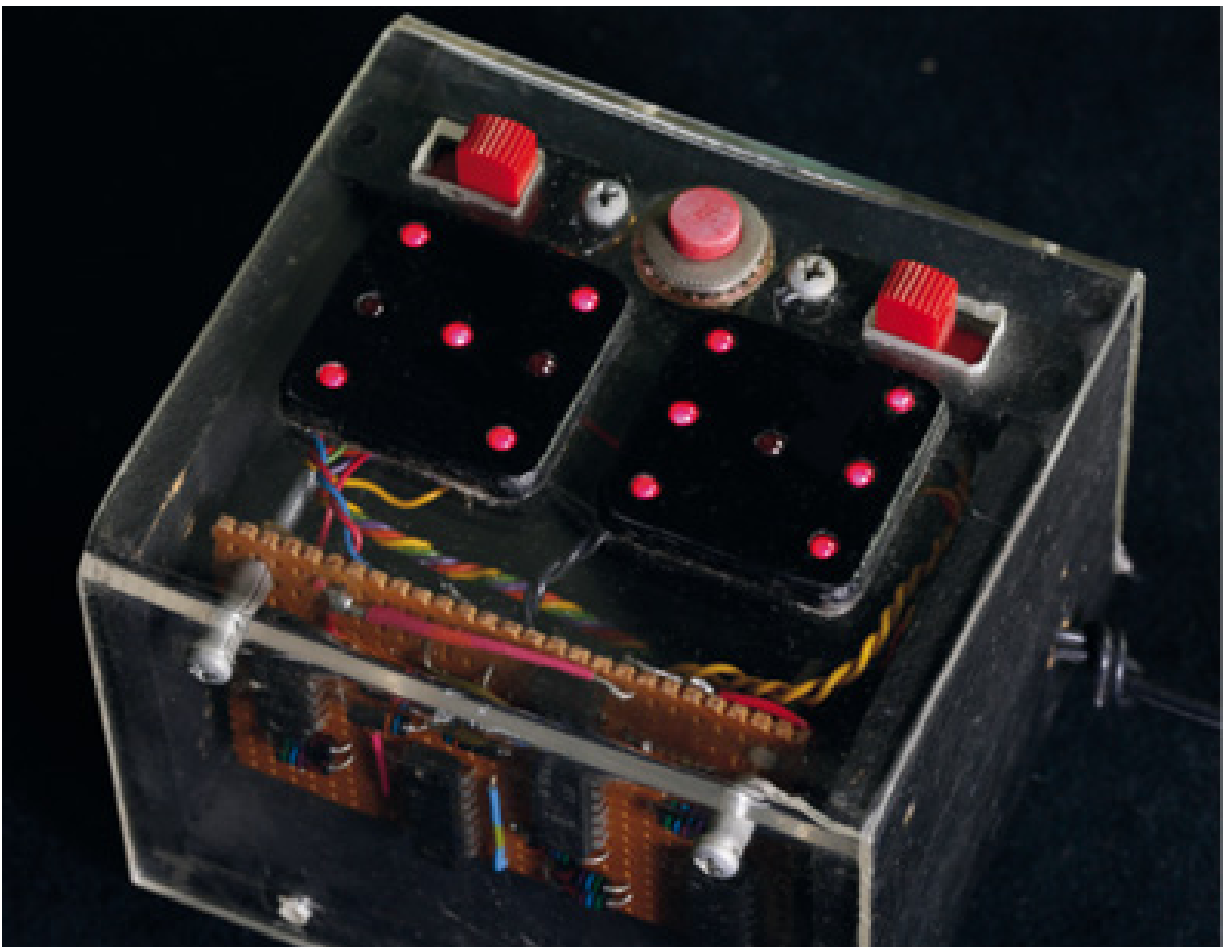
*Figura 4.156 – Este display eletrônico de dados usa LEDs de 10 mm incorporados a uma caixa de plástico policarbonato opaco.*

A questão da aleatoriedade realmente não é nada simples. Fiquei tão interessado nela após minha troca de e-mails com Jasmin Patry que a explorei em profundidade em [Make: More Electronics](#) e também escrevi uma coluna sobre isso na [Make: magazine](#) (volume 45) em colaboração com Aaron Logue, que tem seu próprio pequeno site, em que descreve os projetos que constrói. Ele me apresentou o conceito de usar um transistor de polarização reversa para gerar um ruído aleatório, que é então processado por um algoritmo inteligente atribuído ao grande cientista da computação, John von Neumann. Acho que foi o mais perto que se pode chegar de um perfeito gerador de números aleatórios, mas a quantidade de chips não é trivial.

Todas essas melhorias vão além do escopo de um livro de

introdução. Se algum leitor tiver uma melhoria *realmente* simples para o circuito de dados apresentado aqui, visando a acrescentar o recurso de desaceleração, minha caixa de e-mails está sempre aberta e, sim, eu leio as mensagens.

Enquanto isso, estou incluindo algumas fotos de projetos concluídos de dados eletrônicos. O da Figura 4.156 foi incluído na primeira edição deste livro (em inglês), em 2009. A Figura 4.157 mostra o projeto que construí por volta de 1975, depois que o incrível *TTL Cookbook* de Don Lancaster me ensinou a usar chips lógicos 74xx. Quarenta anos depois, os LEDs ainda acendem aleatoriamente. (Pelo menos, eu acho que eles são aleatórios.)



*Figura 4.157 – Dados eletrônicos projetados e construídos por volta de 1975, em uma caixa de acrílico transparente (Lucite) e madeira compensada pintada de preto.*

## E agora?

Neste ponto podemos seguir em numerosas direções. Aqui estão algumas possibilidades:

**Áudio:** Este é um campo amplo, incluindo projetos amadores como amplificadores e “stomp boxes” para modificar o som de uma guitarra.

**Eletromagnetismo:** Este é um tópico que ainda não mencionei, mas ele tem fascinantes aplicações.

**Dispositivos de radiofrequência:** Qualquer coisa que receba ou transmita ondas de rádio, de um ultrassimples rádio AM em diante.

**Microcontroladores programáveis:** Eles são minúsculos computadores em um único chip. Você escreve um pequeno programa em seu desktop e o carrega no chip. O programa diz ao chip para seguir uma sequência de procedimentos, como receber a entrada de um sensor, aguardar um período fixo e enviar uma saída para um motor. Controladores populares incluem o Arduino, o PICAXE, o BASIC Stamp e muitos outros.

Não tenho espaço para desenvolver todos os tópicos integralmente, então irei apresentá-los a você descrevendo alguns projetos em cada categoria. Você pode decidir qual lhe interessa mais e então avançar além deste livro, lendo outros guias especializados naquele tema de interesse.

Também farei algumas sugestões sobre preparar uma área de trabalho produtiva, ler livros, catálogos e outras fontes impressas relevantes, e avançar na área de eletrônica como hobby.

### Ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos

Não são necessários equipamentos ou ferramentas adicionais para

este capítulo final do livro. Para um resumo de todos os componentes, veja a Figura 6.8. Veja “Suprimentos”, para uma lista de suprimentos adicionais (principalmente fios para as bobinas nos Experimentos 25, 26, 28, 29 e 31).

## Personalizando sua área de trabalho

Neste ponto, se você está se viciando na diversão de criar hardware, mas não reservou um cantinho permanente para seu novo hobby, eu tenho algumas sugestões. Depois de tentar diferentes opções ao longo dos anos, meu principal conselho é este: não construa uma bancada!

Muitos livros de eletrônica como hobby sugerem que você compre placas de compensado e ripas de madeira (5 cm x 10 cm), como se uma bancada precisasse ser personalizada para satisfazer rigorosos critérios de tamanho e formato. Acho isso intrigante. Para mim, tamanho e formato não são muito importantes. O mais importante é a questão do armazenamento.

Quero que as ferramentas e peças sejam facilmente acessíveis, quer sejam minúsculos transistores ou grandes bobinas de fios. Certamente não quero me levantar, atravessar a sala e ficar procurando em prateleiras.

Isto me leva a duas conclusões:

- Você precisa de armazenamento em torno da bancada.
- Você precisa de armazenamento abaixo da bancada.

Muitos projetos de bancada da DIY reservam pouco ou nenhum espaço sob ela, ou sugerem prateleiras abertas, que são vulneráveis à poeira. Minha configuração mínima seria um par de armários de pastas com duas gavetas e uma placa de compensado de 3/4 de polegada ou uma bancada de cozinha revestida de fórmica unindo os dois. Armários de pastas são ideais para armazenar todos os tipos de objetos e não apenas pastas, e sempre é possível encontrar alguns baratos em liquidações e lojas de móveis usados.

De todas as bancadas que usei, a que mais gostei foi uma antiga

escrivaninha de aço, o tipo de trambolho usado nos anos 1950. Elas são difíceis de mover (por causa do peso) e não são bonitas, mas você pagar barato por elas em lojas de móveis de escritório usados, elas são de bom tamanho, suportam abusos e duram para sempre. As gavetas são profundas e geralmente abrem e fecham suavemente, como boas gavetas de armários de pastas. E o melhor de tudo, a escrivaninha tem tanto aço que você pode usá-la para se aterrar antes de tocar em componentes que são sensíveis à eletricidade estática. Se você usar uma pulseira antiestática, basta conectá-la a um parafuso metálico que você encaixa em um dos cantos da escrivaninha.

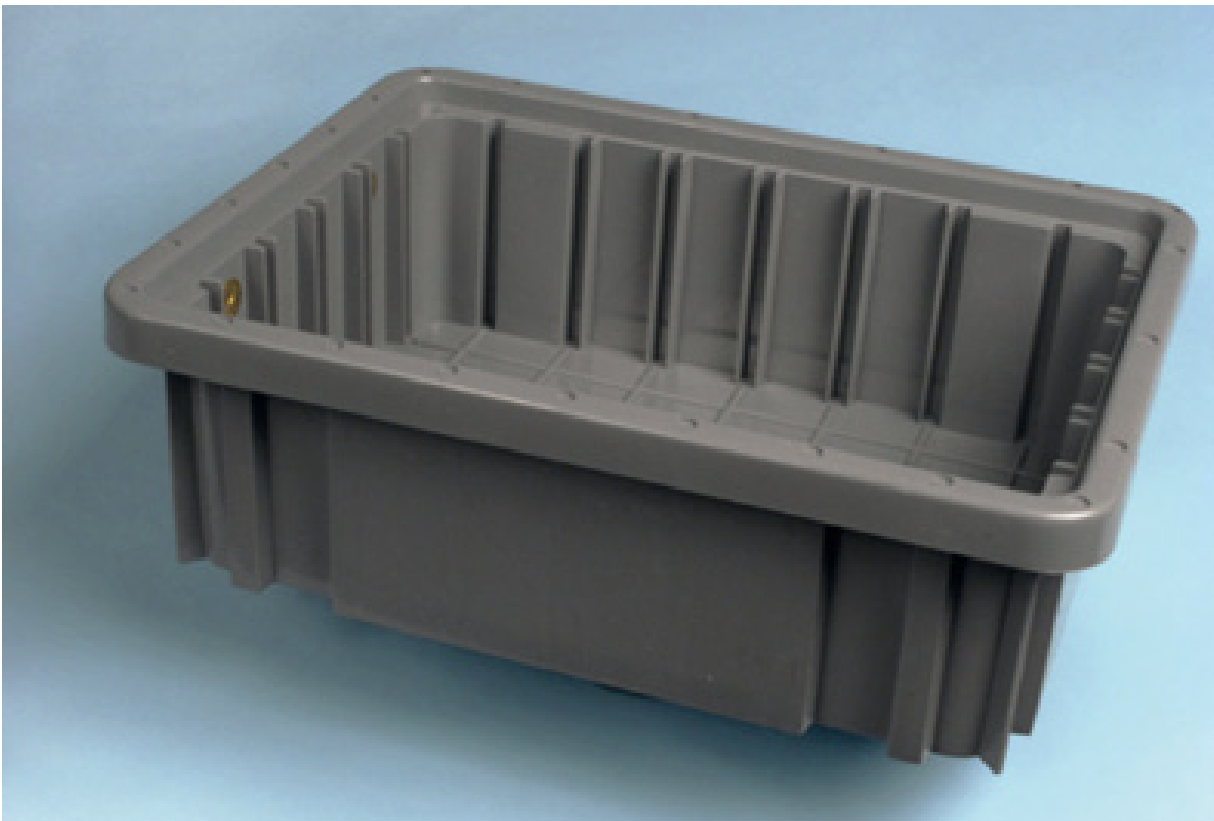
O que você colocará nas fundas gavetas de sua escrivaninha ou armários de pastas? Seria útil guardar alguns papéis, incluindo talvez os seguintes documentos:

- Especificações de produtos
- Catálogos de peças
- Esboços e planos feitos por você

A capacidade restante de cada gaveta pode ser usada para guardar caixas plásticas de armazenamento. As caixas podem conter ferramentas que você não usa com frequência (como um soprador térmico ou um ferro de solda de alta potência) e componentes maiores (como alto-falantes, adaptadores AC, caixas de projeto e placas de circuito). Você deve procurar caixas de armazenamento com as seguintes medidas: 11 polegadas (27,5 cm) de comprimento, 8 polegadas (20 cm) de largura e 5 polegadas (12,5 cm) de profundidade, com lados retos. Caixas encontradas no Walmart são mais baratas, mas elas normalmente têm lados afunilados, que não são eficientes em termos de espaço.

As caixas de que mais gosto são as Akro-Grids, feitas pela Akro-Mils (veja as Figuras 5.1 e 5.2). Elas são muito resistentes, com tampas transparentes opcionais de encaixe. A perspectiva nas fotos faz parecer como se as caixas se afunilassem para baixo, mas isso não acontece. Você pode baixar todo o catálogo da Akro-Mills online e então procurar online por fornecedores. Você verá que a Akro-Mils

também vende uma incrível variedade de caixas de peças, mas eu não gosto de caixas abertas, pois seu conteúdo fica vulnerável à poeira e sujeira.



*Figura 5.1 – Caixas Akro-Grid contêm sulcos que permitem dividi-las em numerosos compartimentos para um armazenamento conveniente de peças. A altura da caixa nesta foto permite que três sejam empilhadas dentro de uma típica gaveta de armário de pastas.*



*Figura 5.2 – Tampas são vendidas separadamente para manter o conteúdo das caixas Akro-Grid livres de poeira. A caixa mais alta mostrada aqui permite que duas sejam empilhadas dentro de uma gaveta de armário de pastas.*

Para componentes de tamanho médio, como potenciômetros, conectores de alimentação, botões de controle e interruptores, gosto de contêineres medindo 11 polegadas (27,5 cm) de comprimento, 8 polegadas (20 cm) de largura e 2 polegadas (5 cm) de profundidade, divididos em quatro a seis seções. Você pode comprá-los na Michaels (a loja de artesanato), mas prefiro comprar online produtos da marca Plano, que parecem mais duráveis. Os produtos Plano mais adequados para peças eletrônicas de tamanho médio são classificados como caixas para equipamentos de pesca.

Para caixas de armazenamento não divididas e de formato plano, a Prolatch 23600-00 tem tamanho ideal para caber na gaveta de um

armário de pastas e as travas são suficientemente seguras para que você possa empilhar uma série delas sobre suas bordas longas. Veja a Figura 5.3.



*Figura 5.3 – Esta caixa da marca Plano não é dividida, o que a torna útil para armazenar bobinas de fios ou ferramentas de tamanho médio. Quando empilhadas na vertical sobre suas bordas longas, três caberão precisamente dentro da gaveta de um armário de pastas.*

A Plano também vende algumas caixas de ferramentas bem projetadas, uma das quais pode ser colocada sobre sua mesa. Ela terá pequenas gavetas para fácil acesso a chaves de fenda, alicates e outros itens básicos. Uma vez que você precisa de uma área de trabalho de cerca de 0,27 metro quadrado para a maioria dos projetos de eletrônica, reservar um pouco de espaço sobre a mesa para uma caixa de ferramentas não é nenhum sacrifício.

Se você tem uma escrivaninha de aço com gavetas relativamente



rasas, uma delas pode ser reservada para catálogos impressos. Não subestime a utilidade de materiais impressos, só porque você pode comprar tudo online. O catálogo da Mouser, por exemplo, tem um índice que é mais útil, sob alguns aspectos, do que seu recurso de busca online, e o catálogo está dividido em categorias úteis. Muitas vezes encontrei peças úteis que eu nem sabia que existiam, apenas folheando o catálogo, o que é muito mais rápido que percorrer as páginas de um PDF online, mesmo com uma conexão de banda larga. Atualmente, a Mouser continua sendo muito generosa em relação ao envio de catálogos, que contêm mais de duas mil páginas. A McMaster-Carr também envia um catálogo, mas apenas depois do primeiro pedido que você fizer com eles e só uma vez por ano. Ele é provavelmente o catálogo de ferramentas e hardware mais abrangente e incrível do mundo.

Agora a pergunta essencial: Como armazenar todas as peças pequenas, como resistores, capacitores e chips? Tentei várias soluções para este problema. A mais óbvia é comprar um estojo com pequenas gavetas, cada uma delas removível para que você possa colocá-las sobre a mesa enquanto acessa seu conteúdo. Porém, eu não gosto deste sistema por duas razões. Primeiro, para componentes muito pequenos é necessário subdividir as gavetas e as divisórias nunca são seguras. E segundo, ao remover as gavetas existe o risco de seu conteúdo acabar acidentalmente no chão. Talvez você seja cuidadoso e isto nunca ocorra, mas eu não sou. Na verdade, certa vez derrubei todo o estojo de gavetas no chão.

Minha preferência pessoal é usar as minicaixas de armazenamento Darice, mostradas na Figura 5.4. Elas podem ser encontradas na Michaels em pequenas quantidades ou compradas online em quantidades maiores por um preço melhor, basta procurar por:

darice mini storage box

As caixas azuis são subdivididas em cinco compartimentos, que são do tamanho e formato exatos para resistores. As caixas amarelas são subdivididas em dez compartimentos, o que é ideal para semicondutores. As caixas roxas não são divididas e as caixas vermelhas têm uma variedade de divisões. Todas as caixas

compartilham o mesmo número de estoque: 2505-12.



*Figura 5.4 – Minicaixas de armazenamento Darice são ideais para componentes como resistores, capacitores e semicondutores. As caixas podem ser empilhadas estavelmente, armazenadas em prateleiras ou agrupadas em caixas maiores. Os adesivos da marca são facilmente removíveis depois de aquecidos com um soprador térmico.*

As divisórias são moldadas às caixas, assim não há o incômodo associado às divisórias removíveis que saem da posição, permitindo que os componentes se misturem. As tampas das caixas fecham firmemente, portanto, mesmo que você a derrube, ela não abrirá. As tampas têm dobradiças de metal e um rebordo em torno da borda, o que permite empilhá-las com segurança.

Depois de uma busca exaustiva, encontrei essas caixas de plástico baratas, com tampas, medindo 8 x 13 polegadas por 5 polegadas de profundidade. Cada caixa comporta nove caixas de peças Darice. As caixas podem ser então classificadas e armazenadas em prateleiras.

## Etiquetas

Não importa o método escolhido para armazenar suas peças, etiquetá-las é essencial. Qualquer impressora de jato de tinta produzirá etiquetas elegantes, e se você usar etiquetas não permanentes, poderá reorganizar suas peças no futuro, sempre que necessário. Eu uso etiquetas codificadas por cor para minha coleção de resistores para poder comparar as faixas em um resistor com o código na etiqueta e ver imediatamente se o resistor foi colocado no lugar errado. Veja a Figura 5.5.



*Figura 5.5 – Para verificar se os resistores não estão colocados nos compartimentos errados, imprima o código de cor em cada etiqueta.*

E ainda mais importante: é preciso colocar uma segunda etiqueta (não adesiva) dentro de cada compartimento com os componentes. Esta etiqueta diz o número de peça do fabricante e o fornecedor, facilitando encomendar mais peças quando necessário. Eu compro muitos itens da Mouser e sempre que abro seus pequenos sacos plásticos de peças, eu arranco a seção do saco com a etiqueta de

identificação e a coloco dentro do compartimento de peças antes de colocar as peças sobre ela. Isso evita futuras frustrações.

Se eu fosse *realmente* organizado, eu também manteria uma base de dados em meu computador listando tudo que eu compro, incluindo a data, a fonte, o tipo de componente e a quantidade. No entanto, não sou tão organizado assim.

## Na bancada

Alguns itens são tão essenciais que eles deveriam ficar sobre a bancada ou mesa permanentemente. Eles incluem seu(s) ferro(s) de solda, a Terceira Mão com lente de aumento, luminária de mesa, matriz de contato, régua de alimentação e fonte de alimentação. Para a luminária de mesa, eu prefiro usar uma que contenha uma lâmpada de LED, pelas razões explicadas no Experimento 14.

Uma fonte de alimentação para seus projetos é uma questão de preferência pessoal. Se você leva eletrônica a sério, você pode comprar uma unidade que fornece corrente adequadamente contínua em uma variedade de tensões corretamente reguladas e calibradas. Seu pequeno adaptador AC não é capaz de fazer isso e sua saída pode variar dependendo de quanto você o carregar. Mesmo assim, como você já viu, ela é suficiente para os experimentos básicos e quando você estiver trabalhando com chips lógicos é preciso montar um regulador de tensão de 5 volts em sua matriz de contato. No geral, eu considero uma boa fonte de alimentação opcional.

Outro item opcional é um osciloscópio. Ele mostrará graficamente as flutuações elétricas dentro de seus fios e componentes, e ao encostar as pontas de prova em diferentes pontos, você pode rastrear erros em seu circuito. É um aparelho elegante, mas ele custará algumas centenas de dólares e para nossas tarefas até agora ele não foi necessário. Se você pretende levar a sério os circuitos de áudio, um osciloscópio se torna muito mais importante, pois será preciso observar o formato das formas de onda geradas.

Você pode tentar economizar em um osciloscópio comprando uma unidade que se conecta à porta USB de seu computador e usar o

monitor de seu computador para exibir o sinal. Eu testei um desses e não fiquei totalmente satisfeito com os resultados. Ele funcionou, mas não parecia preciso ou confiável para sinais de baixa frequência. Talvez eu não tenha tido sorte, mas decidi não testar outras marcas.

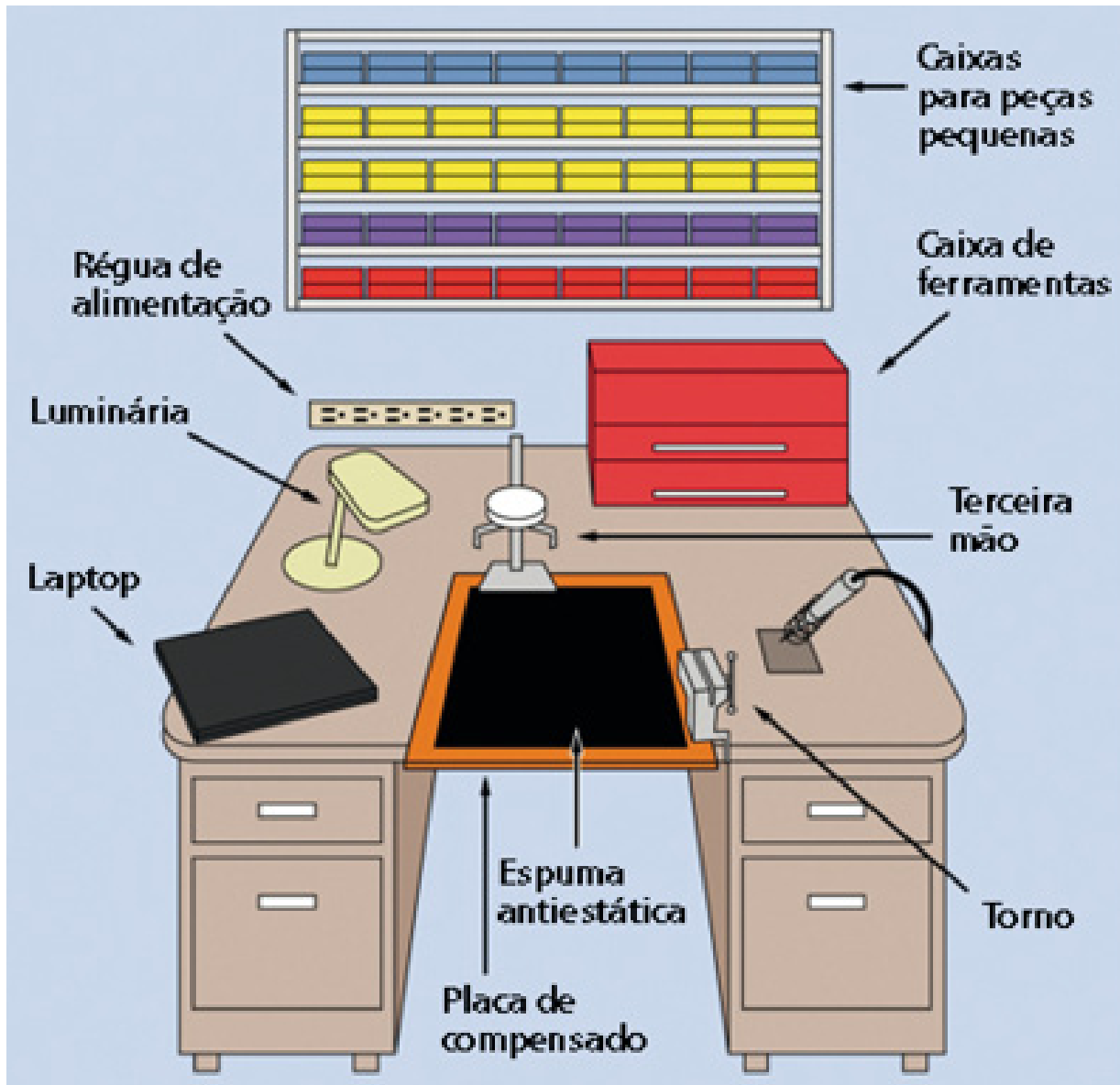
A superfície de sua mesa ou bancada certamente ficará marcada por arranhões aleatórios, marcas de corte e gotas de solda fundida. Eu uso um pedaço de madeira compensada de meia polegada de espessura e 60 x 60 cm para proteger minha área de trabalho principal, e eu prendo um torno miniatura à sua borda. No passado eu costumava cobrir a madeira compensada com um quadrado de espuma condutora para reduzir o risco de descarga estática de mim para os componentes sensíveis. Ao longo dos anos, porém, percebi que minha combinação particular de tapete, cadeira e sapatos não gerava eletricidade estática. Esta é uma questão a ser definida pela experiência. Se você vir uma pequena faísca ocasional quando toca um objeto de metal e sentir uma pequena descarga de eletricidade, você deve considerar se aterrar ou talvez usar uma espuma antiestática (ou um pedaço de metal) em sua superfície de trabalho.

Inevitavelmente, durante seu trabalho você criará uma bagunça. Pequenos pedaços de fio retorcido, parafusos soltos, prendedores e fragmentos de isolação removida dos fios tendem a se acumular e podem representar riscos. Se peças ou fragmentos metálicos entrarem em contato com o projeto que você está construindo, eles podem causar curtos-circuitos. Você precisa de uma lata de lixo. E ela precisa ser fácil de usar. Eu uso uma lata de lixo grande, pois dificilmente eu erro o alvo ao jogar algo nela e nunca esqueço onde ela está.

Por fim, o mais essencial: um computador. Agora que todas as especificações estão disponíveis online e todos os componentes podem ser encomendados online, e muitos exemplos de circuitos são publicados online por educadores e entusiastas de eletrônica, não é possível trabalhar de forma eficiente sem um acesso rápido à internet. Para evitar desperdício de espaço, você pode colocar a torre do computador no chão e montar seu monitor na parede, ou usar um tablet, ou um laptop pequeno e barato que ocupe um espaço

mínimo.

Uma possível configuração de bancada, usando uma escrivaninha de aço, é mostrada na Figura 5.6. Uma configuração mais eficiente em termos de espaço é sugerida na Figura 5.7.



*Figura 5.6 – Uma antiga escrivaninha de aço pode ser tão boa quanto, senão melhor que, uma bancada convencional para construir pequenos projetos de eletrônica. Ela oferece uma ampla área de trabalho e armazenamento, e tem peso suficiente para você se aterrar quando estiver lidando com componentes que são sensíveis à eletricidade estática.*



*Figura 5.7 – Para utilização máxima do espaço disponível considere emparedar-se.*

### Fontes de referência online

Quando as pessoas me pedem para recomendar um site que ofereça informações básicas para iniciantes, eu recomendo o Doctronics.

Gosto da forma como eles desenham seus diagramas e incluem muitas ilustrações de circuitos em matrizes de contato, como eu mesmo faço. Eles também vendem kits, se você estiver disposto a

pagar e esperar que eles enviem do Reino Unido.

Meu segundo site favorito é também britânico: o Electronics Club. Ele não é tão abrangente quanto o Doctrionics, mas muito amigável e de fácil compreensão.

Para uma abordagem mais teórica, tente o ElectronicsTutorials.

Ele avança um pouco mais na teoria que as seções teóricas que incluí aqui.

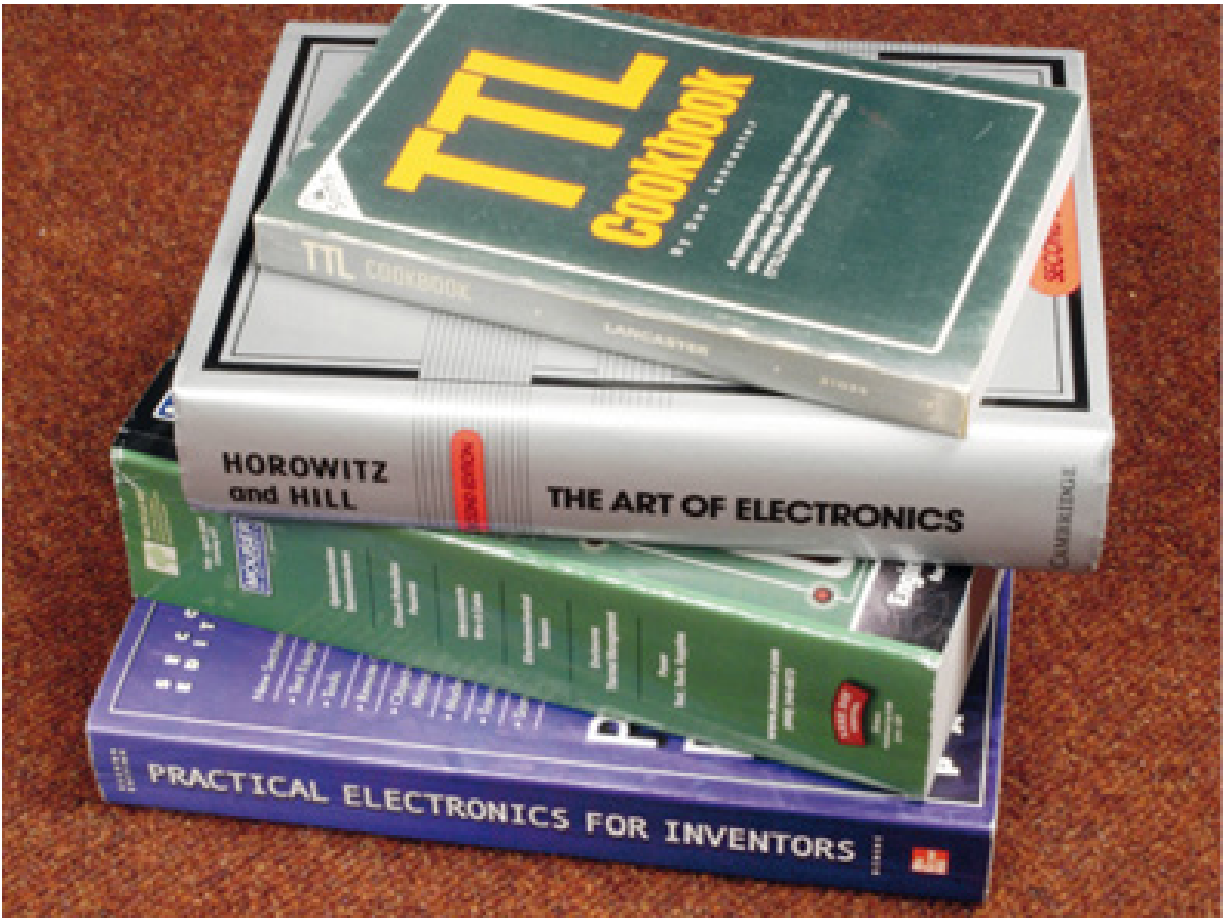
Para uma seleção idiossincrática de tópicos de eletrônica, tente o Guru's Lair, de Don Lancaster.

Lancaster escreveu *The TTL Cookbook* (O livro de receitas TTL) há mais de 30 anos, abrindo o mundo da eletrônica para pelo menos duas gerações de entusiastas e pesquisadores no assunto. Ele sabe do que fala e não tem medo de entrar em áreas bastante ambiciosas, como escrever seus próprios drivers para impressoras PostScript e criar suas próprias conexões de portas seriais. Você encontrará muitas ideias lá.

## Livros

Sim, você precisa de livros. Alguns dos que usei estão empilhados na Figura 5.8.





*Figura 5.8 – Uma cópia gasta do guia clássico dos chips TTL de Don Lancaster está no topo de minha pilha de livros de referência. Ele abriu uma era totalmente nova na área de eletrônica como hobby há mais de 40 anos. Muitas das informações continuam úteis e cópias estão disponíveis em sebos, incluindo a Amazon.*

Já que você está lendo este, não recomendarei outros guias para iniciantes. Em vez disso, irei sugerir alguns títulos que farão você avançar em várias direções e podem ser usados como referência.

*Make: More Electronics* é a sequência deste livro, que inclui todos os tópicos (como amplificadores operacionais) que não encontraram lugar aqui. Alguns dos circuitos são mais ambiciosos. Se você ler tanto aquele quanto este livro terá coberto a maioria dos aspectos da eletrônica que são acessíveis a pessoas com orçamento moderado.

*The Encyclopedia of Electronic Components* (A Enciclopédia de Componentes Eletrônicos) é um projeto que iniciei antes de perceber

como seria um trabalho difícil. Consequentemente, seus três volumes sofreram repetidos atrasos. Os volumes 1 e 2 estão disponíveis. Quando você estiver lendo este livro, talvez o volume 3 também esteja disponível. A ideia desses livros é ser uma referência rápida. Eles podem lembrá-lo sobre algo que você esqueceu e fornecer muitos detalhes. Em comparação, o *Eletrônica para makers* é um guia didático cheio de tutoriais práticos, no qual eu tentei não me aprofundar em detalhes.

Deixe-me listar agora os livros que considero mais importantes, escritos por outras pessoas:

*Practical Electronics for Inventors* (Eletrônica Prática para Inventores), de Paul Scherz e Simon Monk (McGraw-Hill, segunda edição, 2013): Este é um livro enorme e abrangente, que vale o preço de capa de US\$ 40. Apesar do título, você não precisa inventar nada para achá-lo útil. Ele é minha principal fonte de referência, cobrindo uma ampla gama de conceitos, desde as propriedades básicas de resistores e capacitores até alguns tópicos matemáticos bem complexos.

*Getting Started with Arduino* (Introdução ao Arduino), de Massimo Banzi e Michael Shiloh (Make, 2014): Este é o livro de introdução mais simples disponível e irá ajudá-lo a se familiarizar com a linguagem de processamento usada no Arduino (semelhante à linguagem C, se você conhece um pouco dela).

*Making Things Talk* (Fazendo as coisas falarem), de Tom Igoe (Make: Books, 2011): Este ambicioso e abrangente volume mostra como aproveitar ao máximo a capacidade do Arduino de se comunicar com o ambiente ao redor e até mesmo acessar sites na internet.

*TTL Cookbook* (Livro de Receitas TTL), de Don Lancaster (Howard W. Sams & Co, 1974): A data de copyright de 1974 não é um erro de impressão! Você pode encontrar algumas edições posteriores, mas qualquer uma que você comprar será de segunda mão. Lancaster escreveu este guia antes que a série de chips 74xx fosse emulada pino a pino pelas versões CMOS, como a série 74HCxx,

mas ainda é uma boa referência, pois os conceitos e números de peça não mudaram e sua escrita é muito precisa e concisa. Lembre-se de que suas informações sobre tensões lógicas altas e baixas não são mais corretas.

*CMOS Sourcebook*, de Newton C. Braga (Sams Technical Publishing, 2001): Este livro é totalmente dedicado à série 4000 de chips CMOS, e não à série 74HCxx com a qual trabalhei aqui. A série 4000 é mais antiga e precisa ser manuseada com mais cuidado, pois eles são mais vulneráveis à eletricidade estática que as gerações que vieram depois. Mesmo assim, os chips ainda estão amplamente disponíveis e sua grande vantagem é sua tolerância a um largo intervalo de tensões, tipicamente entre 5 e 15 volts. Isto significa que você pode configurar um circuito de 12 volts que alimenta um timer 555 e usar a saída do timer diretamente em chips CMOS (por exemplo). Este livro é bem organizado em três seções: noções básicas sobre CMOS, diagramas funcionais (mostrando a configuração de pinos de todos os principais chips) e circuitos simples, mostrando como fazer os chips executarem funções básicas.

*The Encyclopedia of Electronic Circuits* (A Enciclopédia de Circuitos Eletrônicos), de Rudolf F. Graf (Tab Books, 1985): Uma coleção totalmente heterogênea de diagramas, com explicações mínimas. Ele é um livro útil para ter à mão se você tem uma ideia e quer ver como outras pessoas abordaram o problema. Os exemplos são, em geral, mais valiosos que as explicações gerais, e este livro é um enorme compêndio de exemplos. Foram publicados muitos volumes adicionais na série, mas comece por este e você talvez perceba que ele contém tudo de que você precisa.

*The Circuit Designer's Companion* (O Guia do Projetista de Circuitos), de Tim Williams (Newnes, segunda edição, 2005): Informações muito úteis sobre como fazer as coisas funcionarem em aplicações práticas, mas o estilo é seco e bastante técnico. Ele pode ser útil se você estiver interessado em migrar seus projetos de eletrônica para o mundo real.

*The Art of Electronics* (A Arte da Eletrônica), de Paul Horowitz e

Winfield Hill (Cambridge University Press, segunda edição, 1989): O fato de este livro estar na 20ª reimpressão indica duas coisas: (1) muitas pessoas o consideram um recurso fundamental; (2) cópias de segunda mão devem estar amplamente disponíveis, o que é uma consideração importante, já que um novo custa mais de US\$ 100. Ele foi escrito por dois acadêmicos e tem uma abordagem mais técnica que o *Practical Electronics for Inventors* (Eletrônica Prática para Inventores), mas eu o considero útil quando estou procurando informações de apoio.

*Getting Started in Electronics* (Introdução à Eletrônica), de Forrest M. Mims III (Master Publishing, quarta edição, 2007): Embora o original date de 1983, este livro continua sendo divertido. Acho que cobri muitos de seus tópicos aqui, mas você pode se beneficiar pela leitura de explicações e conselhos de uma fonte completamente diferente e ele avança ainda mais que eu em algumas teorias elétricas, de forma fácil de entender e com desenhos atraentes. Saiba que ele é um livro breve com cobertura eclética. Não espere que ele tenha todas as respostas.

## Experimento 25: Magnetismo

Agora que eu examinei suas futuras opções, deixe-me falar de um tópico muito importante que ficou aguardando em segundo plano: a relação entre eletricidade e magnetismo. Rapidamente isso irá nos levar à reprodução de áudio e rádio, e eu descreverei os aspectos fundamentais da autoindutância, que é a terceira e última propriedade básica dos componentes passivos (resistência e capacitância são as outras duas). Eu deixei a autoindutância por último, pois ela tem aplicação limitada em circuitos DC. No entanto, tão logo começemos a lidar com sinais analógicos que flutuam, ela se torna fundamental.

### Fundamentos: uma relação de duas vias

Eletricidade pode criar magnetismo:

- Quando eletricidade flui através de um fio, ela cria uma força

magnética em torno dele.

Este princípio é usado em quase todos os motores elétricos do mundo.

Magnetismo pode criar eletricidade:

- Quando um fio se move através de um campo magnético, o campo cria um fluxo de eletricidade no fio.

Este princípio é usado na geração de energia elétrica. Um motor a diesel ou uma turbina movida a água, ou um moinho, ou alguma outra fonte de energia pode girar bobinas de fio através de um potente campo magnético. Eletricidade é induzida nas bobinas. Exceto os painéis solares, todas as fontes práticas de energia elétrica usam ímãs e bobinas de fios.

No próximo experimento você verá uma dramática minidemonstração deste efeito. Deveria fazer parte de toda aula de ciência nas escolas, e mesmo que você tenha feito isso no passado sugiro fazer de novo, pois a configuração leva apenas alguns minutos.

### O que será necessário

- Chave de fenda grande (1)
- Fio 22 AWG ou mais fino (não mais de 1,8 m)
- Bateria de 9 volts (1)
- Clipe de papel (1)

### Procedimento

Ele não poderia ser mais simples. Enrole o fio em torno da chave de fenda perto de sua ponta. As voltas devem ser precisas, apertadas e bem próximas, já que será preciso dar 100 voltas em uma distância de não mais de 5 cm. Para caber neste espaço, as voltas terão que se sobrepor às anteriores. Se a volta final quiser se desenrolar, prenda-a com um pedaço de fita.

Agora aplique a bateria de 9 volts. À primeira vista, parece uma má ideia, pois você estará colocando sua bateria em curto, como ocorreu no Experimento 2. Porém, quando você passa corrente

através de um fio enrolado em vez de reto, o fluxo de corrente é inibido (darei a explicação em breve) e a corrente realiza alguma tarefa (como mover um clipe de papel).

Coloque um pequeno clipe de papel perto da lâmina da chave de fenda, como mostrado na Figura 5.9.

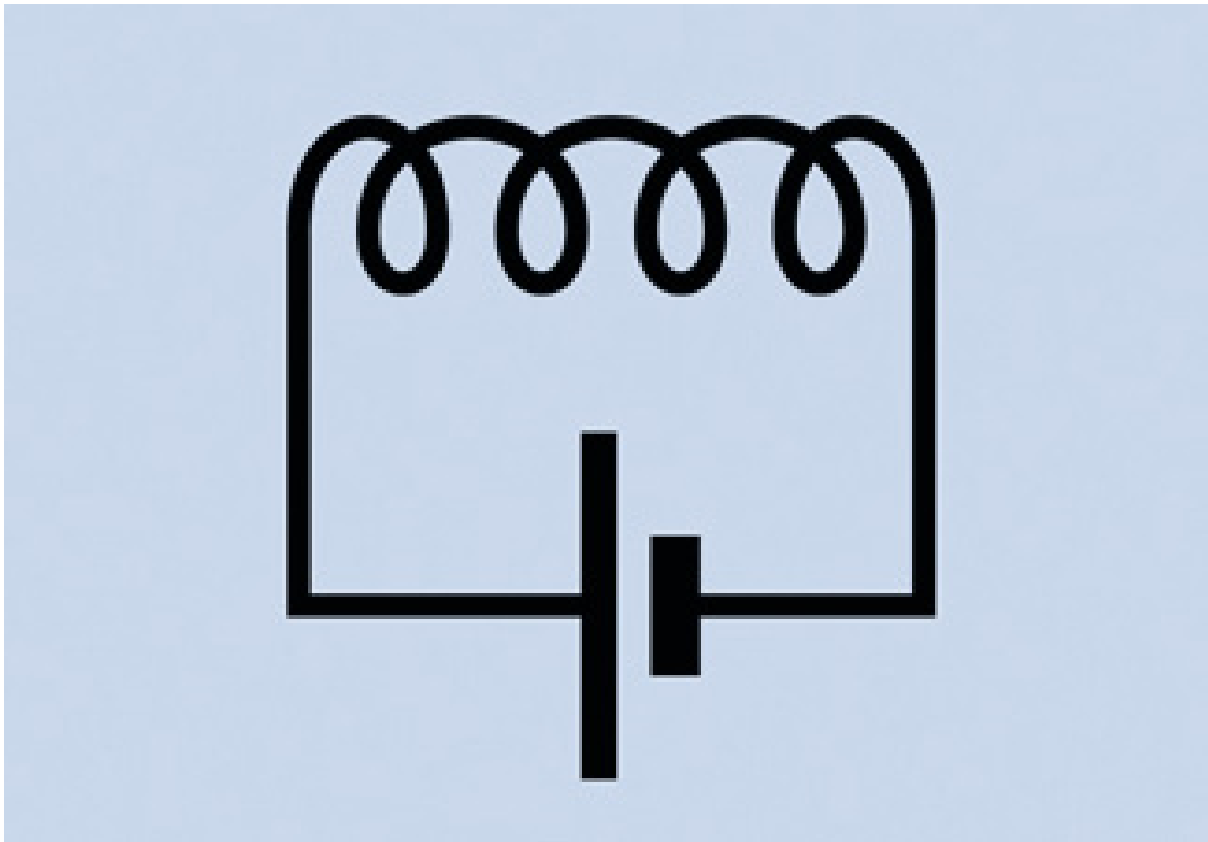
A superfície deve ser lisa para que o clipe de papel possa deslizar por ela com facilidade. Uma vez que muitas chaves de fenda já são magnéticas, você perceberá que o clipe de papel é naturalmente atraído para a ponta da chave de fenda. Se isto acontecer, mova o clipe para fora do alcance da atração. Agora aplique os 9 volts ao circuito e o clipe deve pular para a ponta da chave de fenda.



*Figura 5.9 – Este eletroímã é o mais básico e é potente o suficiente para atrair um clipe de papel.*

Parabéns: você acabou de construir um eletroímã. O diagrama é

mostrado na Figura 5.10.

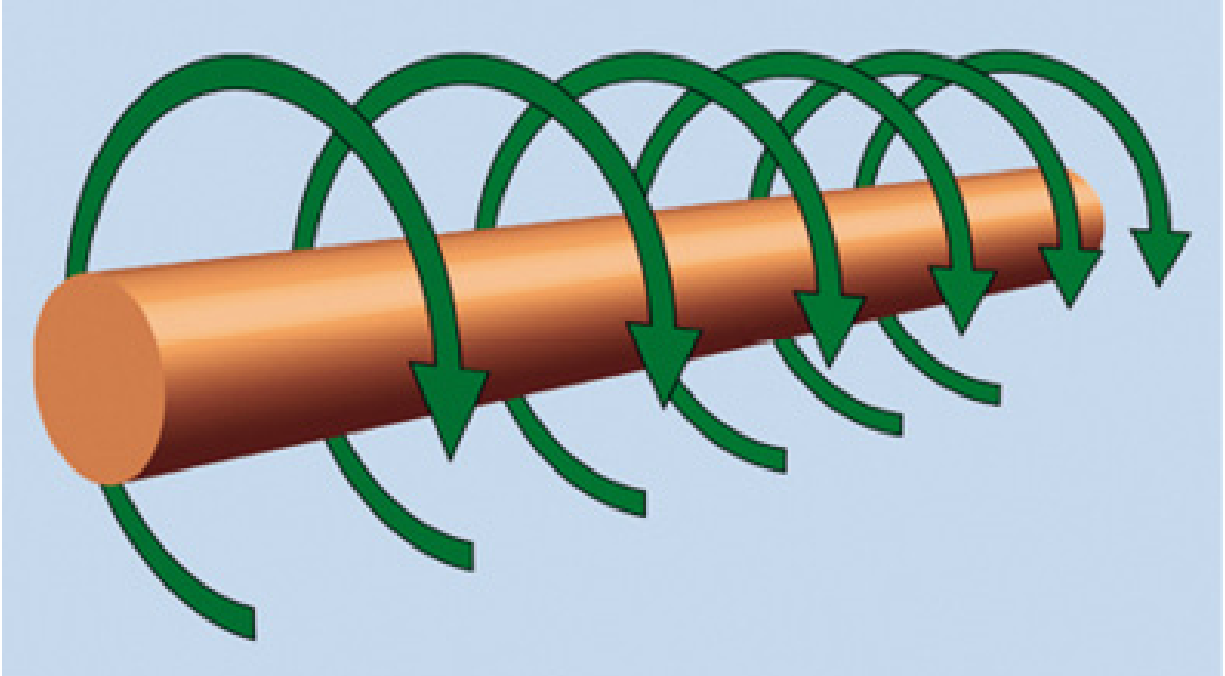


*Figura 5.10 – Um diagrama não consegue ser muito mais simples do que isso.*

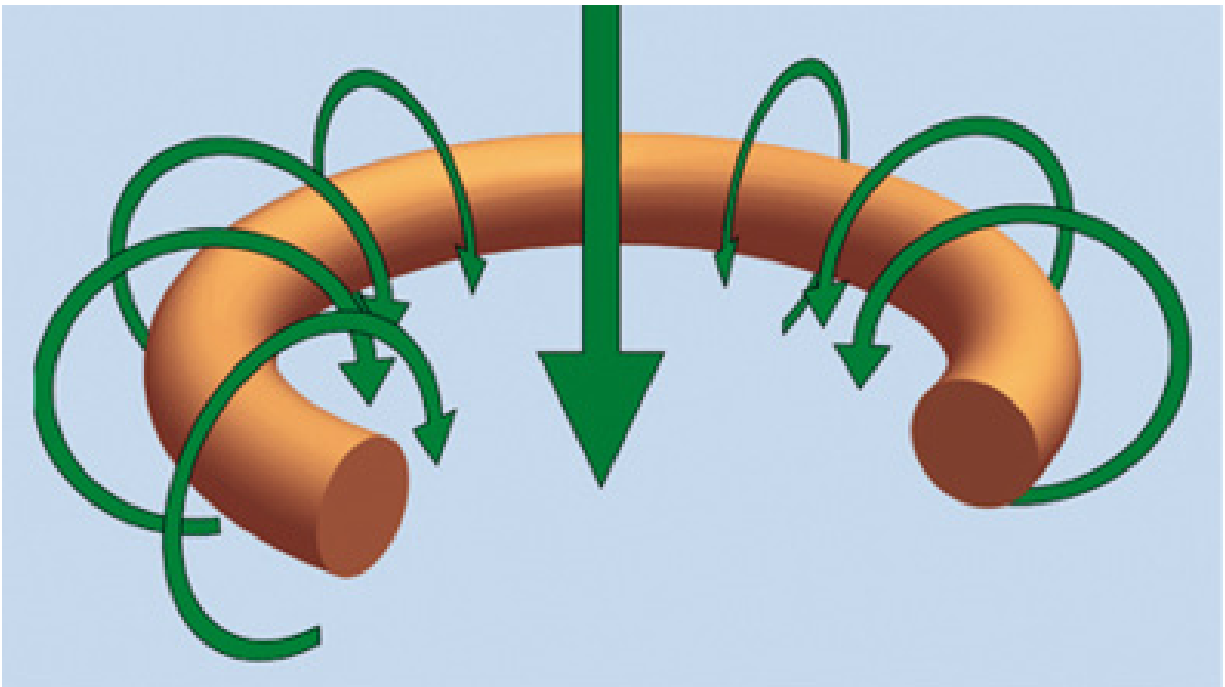
### Teoria: indutância

Quando a eletricidade flui através de um fio, ela cria um campo magnético em torno do fio. Uma vez que a eletricidade “induz” este efeito, ele é conhecido como *indutância*. Isso é ilustrado na Figura 5.11.

O campo em torno de um fio reto é muito fraco, mas se você dobrar o fio em forma de círculo, a força magnética começa a se acumular, apontando para o centro do círculo, como mostrado na Figura 5.12. Se adicionarmos mais círculos, para formar uma bobina, a força se acumula ainda mais. E se colocarmos um objeto de aço ou ferro (como uma chave de fenda) no centro da bobina, a eficácia aumenta ainda mais.



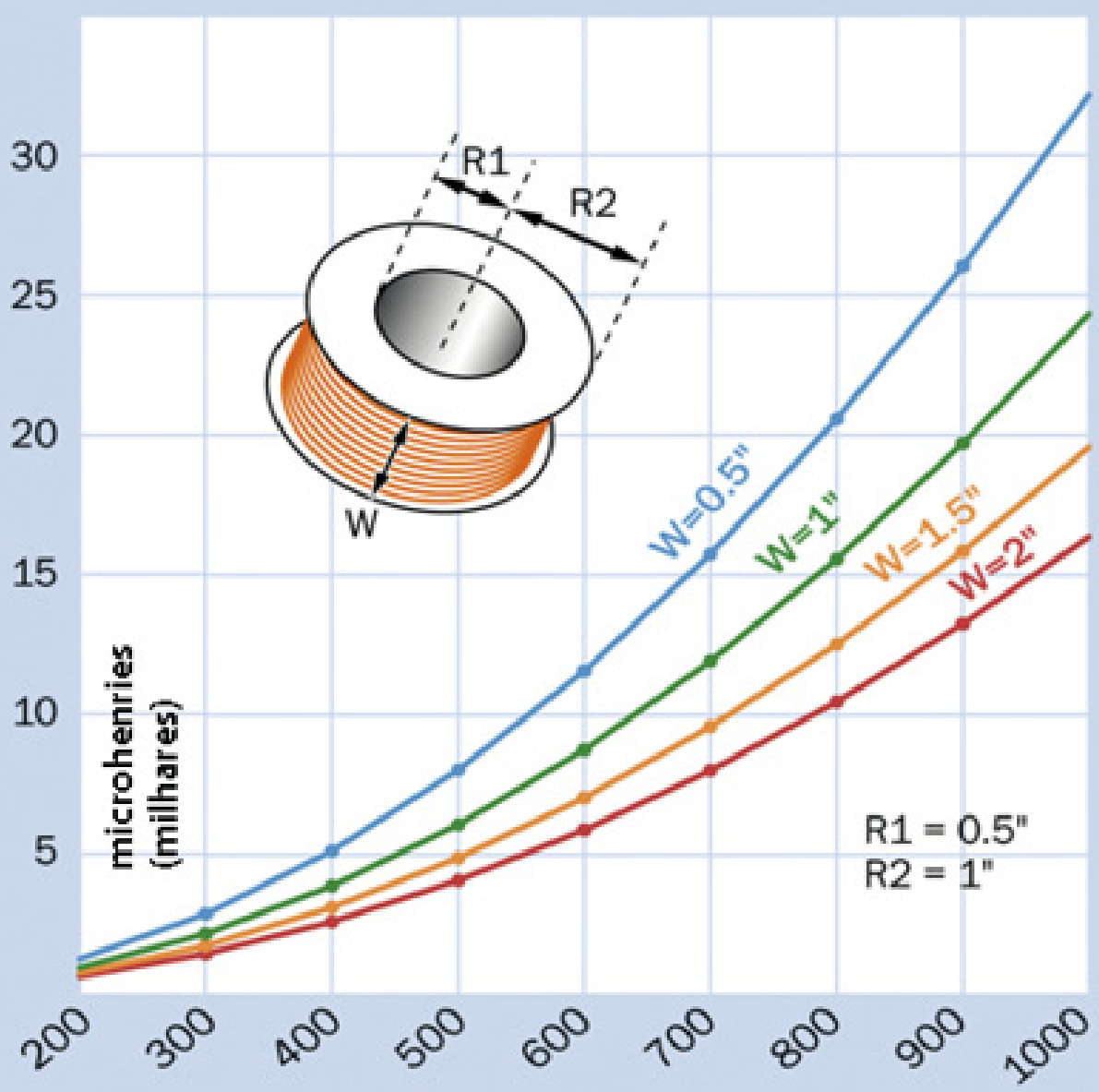
*Figura 5.11 – Quando o fluxo de eletricidade vai da esquerda para a direita neste condutor, ele induz uma força magnética mostrada pelas setas verdes.*



*Figura 5.12 – Quando o condutor é dobrado em forma de círculo, a força magnética cumulativa atua através do centro do círculo, como mostrado pela seta grande.*



A Figura 5.13 mostra isso graficamente, junto com uma fórmula conhecida como “aproximação de Wheeler”, que permite calcular a indutância aproximada de uma bobina, assumindo que você conheça o raio interno, o raio externo, a largura e o número de voltas. (As dimensões precisam estar em polegadas e não em unidades métricas.) A unidade básica de indutância é o henry, em homenagem ao pioneiro da eletricidade americano Joseph Henry. Já que esta é uma unidade grande (como o farad), a fórmula expressa a indutância em microhenries.



N = número de voltas do fio

Da fórmula de aproximação de Wheeler:

$$\text{Microhenries} = \frac{0.8 \times A \times A \times N \times N}{(6 \times A) + (9 \times W) + (10 \times D)}$$

Onde A (raio de enrolamento médio) =  $\frac{R1 + R2}{2}$   
 D (diferença de raio) = R2 - R1

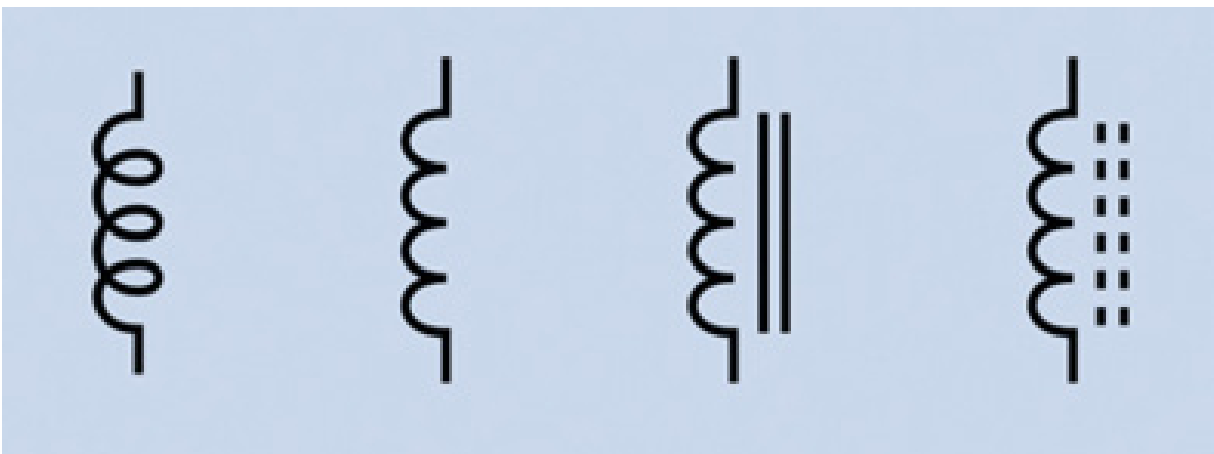
*Figura 5.13 – Uma representação gráfica mostrando como as dimensões e o número de voltas em uma bobina afetam sua indutância, calculada aproximadamente usando uma fórmula simples.*

Você verá pelo gráfico que, se mantiver o tamanho básico da bobina igual e dobrar o número de voltas (usando um fio mais fino ou um fio com isolamento mais fina), a reatância da bobina multiplica por quatro. Isto porque a fórmula inclui o fator  $N \times N$  na parte superior. Aqui estão algumas informações a serem lembradas:

- A indutância cresce com o diâmetro da bobina.
- A indutância cresce aproximadamente com o quadrado do número de voltas. (Em outras palavras, três vezes mais voltas resulta em uma indutância nove vezes maior.)
- Se o número de voltas permanecer o mesmo, a indutância é menor se você enrolar a bobina de modo que ela fique fina e comprida, mas é maior se você enrolar a bobina de modo que ela seja gorda e curta.

#### Fundamentos: diagramas e noções básicas sobre bobinas

Verifique os símbolos esquemáticos para bobinas na Figura 5.14. Da esquerda para a direita, os dois primeiros símbolos representam uma bobina com núcleo de ar (o primeiro símbolo é mais antigo que o segundo). O terceiro e quarto símbolos indicam que a bobina tem um núcleo sólido de ferro, ou partículas de ferro ou ferrite, respectivamente.



*Figura 5.14 – Símbolos esquemáticos para representar bobinas. Veja o texto para detalhes.*

Um núcleo de ferro aumentará a indutância da bobina, pois ele aumenta o efeito magnético.

Se você medir o campo magnético criado por uma bobina com uma fonte de alimentação positiva em uma extremidade e negativa na outra, o campo será inverso se você reverter a polaridade da fonte de alimentação.

Talvez a aplicação mais disseminada das bobinas seja em transformadores, nos quais a corrente alternada em uma bobina induz corrente alternada em outra, geralmente compartilhando o mesmo núcleo de ferro. Se a bobina primária (entrada) tiver a metade de voltas da bobina secundária (saída), a tensão será dobrada com metade da corrente, assumindo hipoteticamente que o transformador seja 100% eficiente.

### Histórico: Joseph Henry

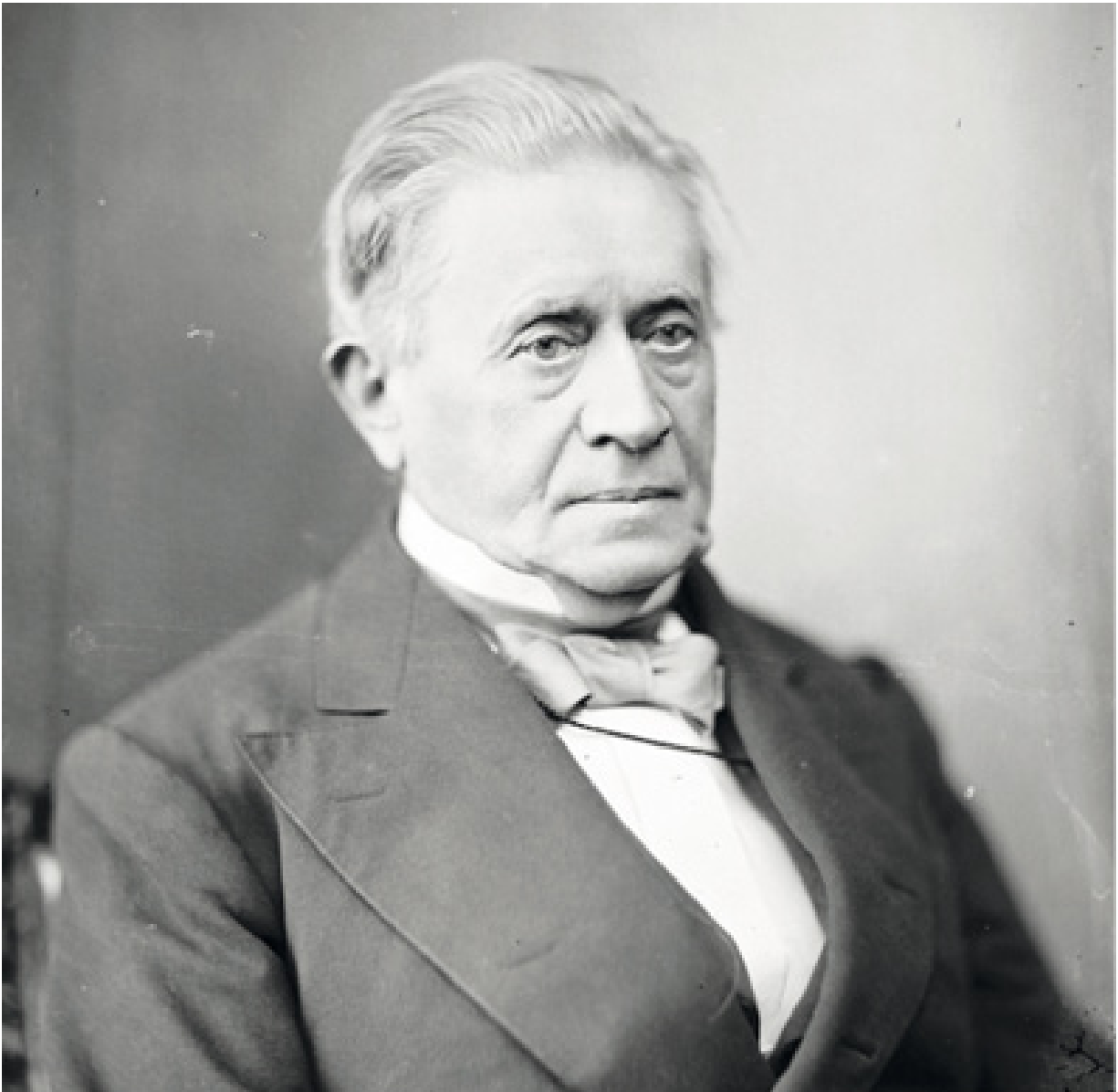
Nascido em 1797, Joseph Henry foi o primeiro a desenvolver e demonstrar potentes eletroímãs. Ele também criou o conceito de “autoindutância”, o que significa a “inércia elétrica”, que é uma propriedade de uma bobina de fio.

Henry começou como filho de um trabalhador avulso em Albany, Nova York. Ele trabalhou em um armazém geral antes de se tornar aprendiz de um relojoeiro e tinha interesse em se tornar ator. Amigos o convenceram a entrar na Academia de Albany, onde ele descobriu uma aptidão para a ciência. Em 1826, ele foi nomeado Professor de Matemática e Filosofia Natural na Academia, mesmo não sendo formado e se descrevendo como “basicamente autodidata”. Michael Faraday desenvolvia trabalho semelhante na Inglaterra, mas Henry não tinha conhecimento disso.

Henry foi nomeado para Princeton em 1832, onde recebia US\$ 1.000 por ano e moradia grátis. Quando Morse tentou patentear o telégrafo, Henry testemunhou dizendo que já estava ciente de seu conceito e na verdade havia montado um sistema baseado em

princípios semelhantes para sinalizar sua esposa, em casa, quando ele estivesse trabalhando em seu laboratório no Philosophical Hall.

Henry ensinou química, astronomia e arquitetura, além de ciências físicas, e como a ciência não estava dividida em especialidades rígidas como agora, ele investigou fenômenos como fosforescência, som, capilaridade e balística. Em 1846, ele dirigiu a recém-fundada Smithsonian Institution como seu secretário. Sua foto aparece na Figura 5.15.



*Figura 5.15 – Joseph Henry foi um pesquisador norte-americano pioneiro na investigação do eletromagnetismo. Esta foto está arquivada na*

## Experimento 26: Geração de energia em cima de sua mesa

No Experimento 5 você viu que reações químicas podem gerar eletricidade. Agora é hora de ver eletricidade gerada por um ímã.

### O que será necessário

- Alicates de corte, desencapador de fios, cabos de teste, multímetro
- Ímã cilíndrico de neodímio, diâmetro de 3/16" e comprimento de 1,5", magnetizado axialmente (1)
- Fio, 26 AWG, 24 AWG ou 22 AWG, total de 61 m
- LED de baixa corrente (1)
- Capacitor, 1.000  $\mu$ F (1)
- Diodo de comutação, 1N4001 ou semelhante (1)

### Opcionais extras:

- Ímã cilíndrico de neodímio, diâmetro de 3/4" e comprimento de 1", magnetizado axialmente (1)
- Cavilha de madeira de meia polegada de diâmetro e 6" de comprimento (mínimo)
- Parafuso de aço, tamanho #6 com cabeça chata
- Tubo de PVC, diâmetro interno de 3/4", comprimento de 6" (mínimo)
- Dois pedaços de madeira compensada de 1/4" de espessura, tamanho 4" x 4" (você precisará de uma serra copo de 1" ou uma broca Forstner para fazer um furo na madeira compensada)
- Bobina de fio magnético, 113 g, 26 AWG, cerca de 106 m (1)

### Procedimento

Primeiro, você precisa de um ímã. Ímãs de neodímio são os mais potentes disponíveis e razoavelmente baratos se você escolher o tipo cilíndrico pequeno. Um ímã de apenas 3/16" de diâmetro e 1,5" de comprimento será suficiente. Enrole fio 22 AWG bem apertado

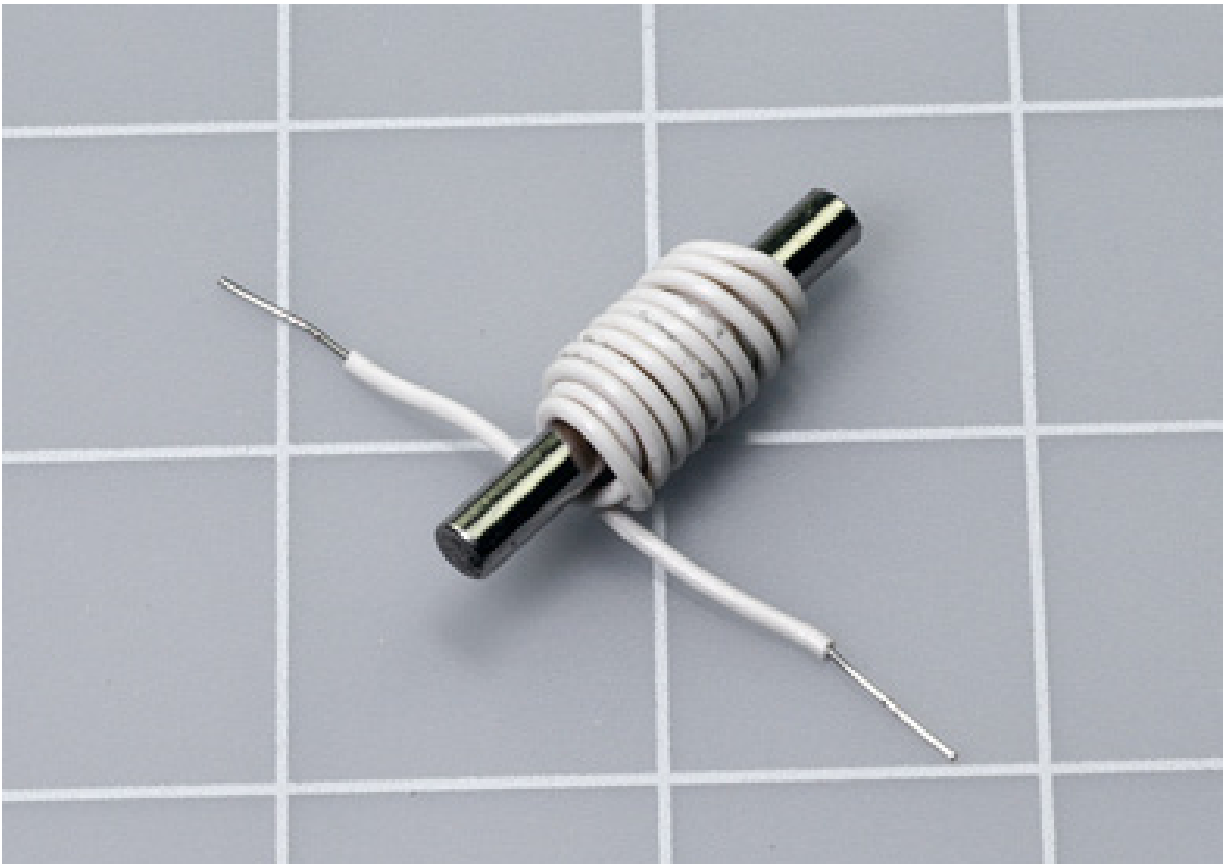
em torno do ímã, dando cerca de dez voltas, como mostrado na Figura 5.16. Afrouxe um pouco o fio para que o ímã possa deslizar através da bobina.

Configure seu multímetro para medir milivolts AC (não DC, pois estaremos lidando com pulsos alternados de eletricidade). Descape um pedaço de fio em cada ponta da bobina e use os cabos de teste com clipe jacaré para conectar o multímetro. Segure o ímã entre o indicador e o polegar e desloque-o para a frente e para trás dentro da bobina. Desconfio que você verá um valor de 3 mV a 5 mV no multímetro. Sim, este pequeno ímã e dez voltas de fio podem gerar alguns milivolts.



*Figura 5.16 – Apenas dez voltas de fio são suficientes para criar um pequeno potencial elétrico quando um ímã se move através dele.*

Tente enrolar uma bobina maior, com camadas que se sobrepõem, como mostrado na Figura 5.17. Mova rapidamente o ímã novamente. Você perceberá que gerou mais tensão.



*Figura 5.17 – Acrescentar mais voltas de fio aumentará a tensão medida quando o ímã se deslocar entre os fios.*

Lembre-se da fórmula do experimento anterior, no qual eu mostrei como a eletricidade passando por uma bobina maior de fios induziria um campo magnético mais forte. A fórmula funciona nos dois sentidos:

- Mais voltas de fio em geral induzem uma tensão maior quando um ímã se mover através da bobina.

Isto me leva a perguntar: Se tivéssemos um ímã maior e mais potente e *muitas* voltas de fio, poderíamos talvez gerar eletricidade suficiente para alimentar algo como um LED?

### Acendendo um LED

Usarei fio 22 AWG, pois ele já está disponível de outros experimentos. O problema é que ele é relativamente grosso e tem uma isolação grossa. Duzentas voltas deste fio criarão um volume



muito grande. É por isso que devemos usar *fio magnético*, que é fio de cobre puro com um revestimento ultrafino de isolante feito de shellac ou filme plástico. Fio magnético é projetado para permitir a maior densidade possível.

Entretanto, talvez você não queira gastar dinheiro em uma bobina de fio magnético, considerando que é pouco provável que você encontre outro uso para ele. Portanto, decidi ver se o fio 22 AWG seria viável para este experimento. A resposta é sim, mas no limite.

Você precisará de 60 m. Isto custará um pouco, mas você pode sempre reutilizar o fio para fins gerais, como criar jumpers para matrizes de contato.

Você pode juntar dois ou mais pedaços de fio quando estiver enrolando a bobina, e desde que você torça bem as pontas desencapadas ao juntá-los, não será preciso soldá-los.

Você também precisa de um ímã mais potente. O menor que funcionou para mim foi um cilíndrico medindo 1" de comprimento e 3/4" de diâmetro, magnetizado axialmente, o que significa que os polos norte e sul estão nas extremidades opostas de seu eixo. (O eixo é uma linha imaginária que passa pelo centro do cilindro, em paralelo aos seus lados curvos. Você pode imaginar o cilindro como uma haste girando em torno de seu eixo.)

O equipamento que acabei construindo é mostrado na Figura 5.18. O ímã está do lado direito. Fiz o carretel de madeira compensada de 1/4" e seu diâmetro é de quatro polegadas. Um pedaço de tubo de PVC de 3/4" atravessa o centro e seu diâmetro interno é um pouco maior que o diâmetro do ímã, para que esse possa deslizar livremente.



*Figura 5.18 – Duzentas voltas de fio 22 AWG em um carretel caseiro, com um ímã que está ligado a um parafuso em uma cavilha de madeira.*

Empurre os círculos de madeira compensada em torno do tubo de PVC para criar o carretel. Agora você precisa enrolar 60 m de fio no carretel, prestando atenção para deixar um acesso à extremidade interna do fio. Fiz um pequeno furo em um dos círculos do compensado, perto do centro, e passei o fio pelo furo.

A largura da bobina que você enrolará deve ser a mesma que o comprimento do ímã, e o ímã dentro do tubo deve ser capaz de sair completamente por qualquer um dos lados da bobina. O corte transversal da bobina na Figura 5.19 mostra o que estou dizendo.

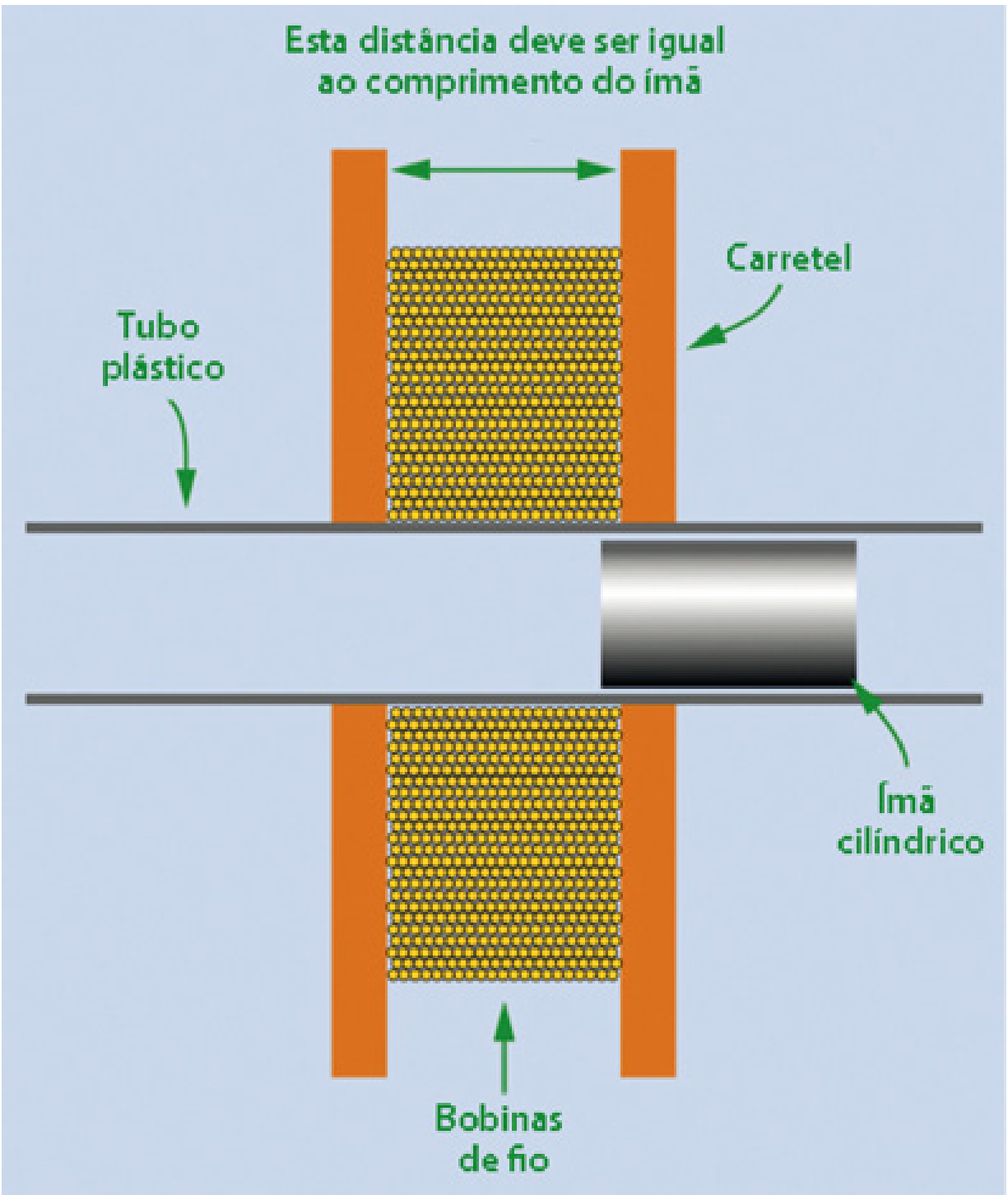


Figura 5.19 – Configuração para gerar energia suficiente para acender um LED.

Para segurar o ímã convenientemente, fiz um furo em uma das extremidades de um pedaço de cavilha de madeira de 1/2" e inseri um parafuso #6 de 1" e cabeça chata. Assim consigo manusear a

cavilha como um cabo, enquanto o ímã atrai firmemente o parafuso.

Agora o grande momento. Use um par de cabos de teste com clipe jacaré para ligar as pontas de sua bobina às entradas de seu multímetro e configure-o para medir volts AC, como feito antes. Desta vez, porém, configure-o para medir até 2 volts.

Com o ímã preso à cavilha, você pode empurrá-lo o mais rápido possível para dentro e fora do tubo de PVC. Uma alternativa é remover o ímã da cavilha, jogá-lo dentro do tubo e chacoalhar para cima e para baixo com o indicador e polegar tampando cada extremidade do tubo. Se você se esforçar, seu multímetro deve mostrar uma tensão de cerca de 0,8 V.

Todo esse trabalho para obter menos de um volt?

Ah, mas seu multímetro está calculando a *média* da corrente. Cada pulso provavelmente tem picos de tensão maior.

Desconecte seus cabos de teste do multímetro e ligue-os a um LED de baixa corrente. Prenda o LED para que ele não se agite. Agora quando você mover o ímã vigorosamente eu acho que verá o LED piscar. Se isto não acontecer, inverta a orientação do ímã no tubo e tente novamente. Você realmente precisa de um LED de baixa corrente para isso funcionar.

### Extensões opcionais

Se você estiver disposto a gastar um pouco mais, pode obter resultados mais impressionantes.

Primeiro, use um ímã maior. Eu obtive resultados excelentes usando um de 2" de comprimento e 5/8" de diâmetro. Claro que você precisará de um tubo de PVC de diâmetro maior para acomodar o ímã.

Em segundo lugar, compre um carretel de fio magnético. Eu usei cerca de 150 m de fio 26 AWG. É fácil comprar online; existem dezenas de fornecedores.

Se você tiver sorte, seu fio magnético será fornecido em um carretel de plástico com um furo no meio um pouco maior que o diâmetro de

seu ímã. E, melhor ainda, o carretel de fio magnético permitirá que você acesse o “rabo” do fio que sai do centro do carretel, como mostrado em vermelho na Figura 5.20.



*Figura 5.20 – Um carretel de fio magnético com a extremidade interna acessível, marcada em vermelho.*

Para remover a fina camada de isolante das extremidades do fio magnético, você pode raspá-lo suavemente com um estilete ou usar uma lixa fina. Verifique com uma lente de aumento para ter certeza de que um pouco de isolamento foi removido. Você também pode usar seu multímetro para verificar a resistência, que deve ser menor que 100 ohms.

Agora você pode ligar um LED a cada extremidade do fio magnético

no carretel e gerar tensão deslocando seu ímã para dentro e para fora do carretel, como mostrado na Figura 5.21.

Se o carretel for de tamanho incorreto ou a ponta do fio não estiver acessível, você terá que desenrolar o fio de um carretel e enrolar no outro. Suponha que você tenha 150 m de fio; isso implica dar umas duas mil voltas de fio em torno do segundo carretel. Se você der quatro voltas por segundo, serão necessários 500 segundos, um pouco menos de 10 minutos, o que acho tolerável.



*Figura 5.21 – Pronto para gerar energia, em escala pequena.*



*Figura 5.22 – Dispositivo de demonstração capaz de resultados deslumbrantes.*

A Figura 5.22 mostra um dispositivo de maior escala que construí para fins de demonstração. A bobina de fio magnético é revestida com cola epóxi para não desfiar, e eu montei o tubo em um bloco de plástico que o prende firmemente. Meu ímã de neodímio se conecta a um parafuso de aço na extremidade de uma haste de alumínio, também visível na foto.

Eu acrescentei dois LEDs de alta intensidade à bobina, com suas polaridades em direções opostas. Quando o ímã se desloca para cima e para baixo, os LEDs iluminam toda a sala. Além disso, suas polaridades opostas mostram que a tensão atravessa a bobina em uma direção quando o ímã se desloca para cima, e na direção oposta quando o ímã se desloca para baixo. Veja a Figura 5.23.





Figura 5.23 – O gerador do LED em ação.

### Cuidado: bolhas de sangue e mídia danificada

Cuidado com assustadoras características do neodímio.

*Ímãs de neodímio são quebráveis.* Eles são frágeis e podem se espatifar caso se choquem contra um pedaço de metal magnético (ou outro ímã). Por esta razão, muitos fabricantes aconselham a usar óculos de proteção.

Você pode facilmente ferir a pele e ficar com *bolhas de sangue* (ou pior). Uma vez que um ímã atrai com uma força crescente à medida que a distância entre ele e outro objeto diminui, ele percorre o intervalo final de forma muito repentina e intensa. Ai!

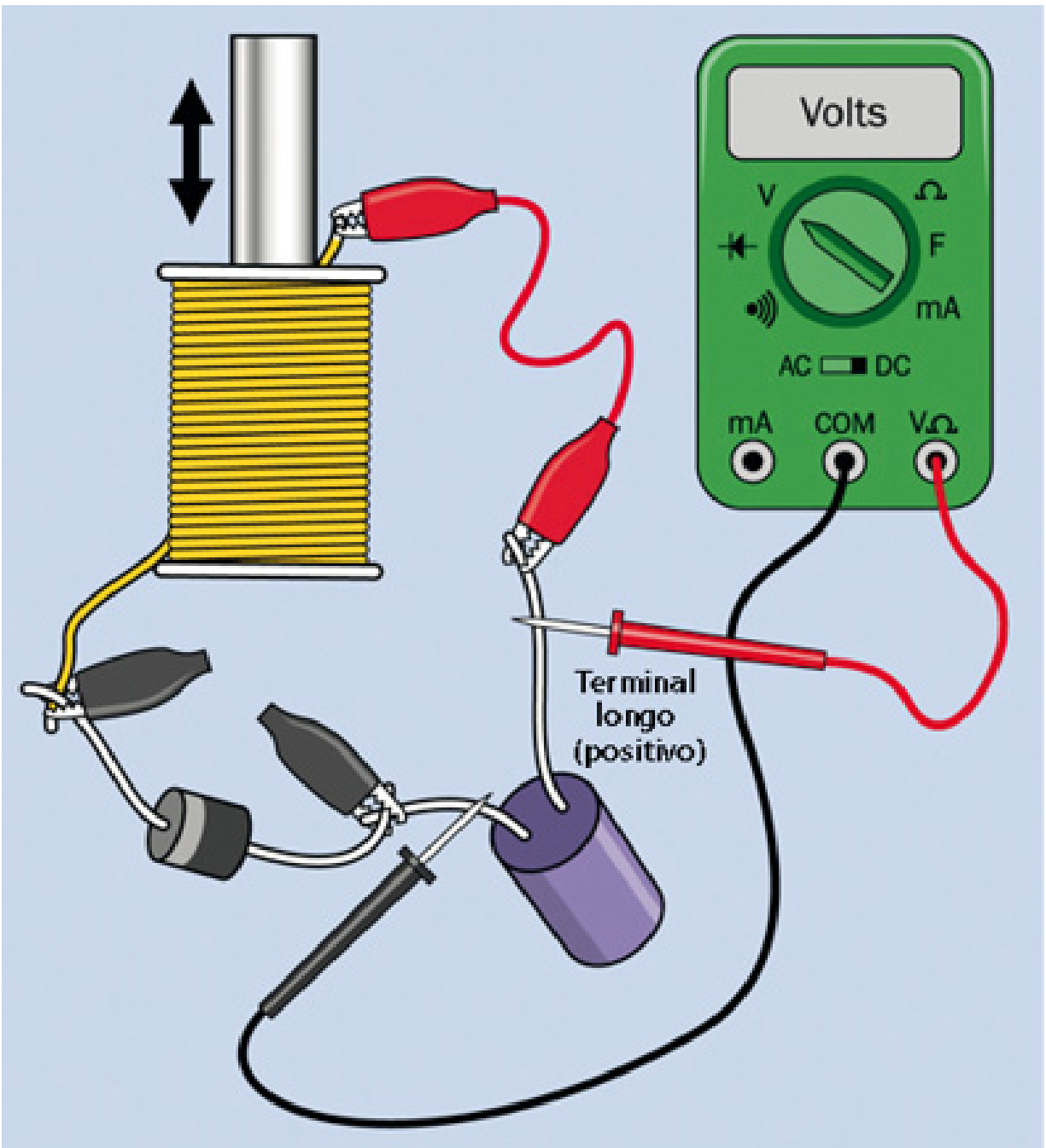
*Ímãs nunca dormem.* No mundo da eletrônica, tendemos a assumir que se algo está desligado, não precisamos nos preocupar. Ímãs não funcionam assim. Eles estão sempre sentindo o mundo ao redor e se eles notarem um objeto magnético a atração é *imediate*. Os resultados podem ser desagradáveis, especialmente se o objeto tiver bordas afiadas e suas mãos estiverem no caminho. Ao usar um ímã, crie uma área livre em uma superfície não magnética, e fique de olho em objetos magnéticos sob a superfície. Por exemplo, meu ímã sentiu um parafuso de aço embutido sob uma bancada de cozinha e chocou-se em contato com a bancada de modo inesperado.

É difícil levar isso a sério enquanto não acontecer com você. Falando sério, ímãs de neodímio não estão de brincadeira. Tenha cuidado.

Além disso, lembre-se de que *ímãs criam ímãs*. Quando um campo magnético atravessa um objeto de ferro ou aço, o objeto adquire certo magnetismo próprio. Se você usar um relógio de pulso, cuidado para não o magnetizar. Se você usar um smartphone, mantenha-o longe de ímãs. Da mesma forma, qualquer computador ou disco rígido é vulnerável. A fita magnética de seu cartão de crédito é facilmente apagada. Também mantenha os ímãs longe de telas de TV e monitores de vídeo (especialmente tubos de raios catódicos). E, por fim, porém não menos importante, ímãs potentes podem interferir com o funcionamento normal de marca-passos.

## Carregando um capacitor

Aqui está outra coisa que podemos testar. Desconecte o LED da bobina de fios que você criou e conecte um capacitor eletrolítico de  $1.000\ \mu\text{F}$  em série com um diodo de sinal 1N4001, como mostrado na Figura 5.24. Conecte seu multímetro, configurado para medir volts DC (e não AC desta vez), entre os terminais do capacitor.



*Figura 5.24 – Um diodo permite acumular tensão de sua bobina em um capacitor.*

Se o intervalo de seu multímetro for de configuração manual, configure-o para pelo menos 2VDC. Certifique-se de que o lado positivo (não marcado) do diodo esteja ligado no lado negativo (marcado) do capacitor, para que a tensão positiva atravesse o capacitor e então o diodo.

Agora mova o ímã vigorosamente para cima e para baixo dentro da bobina. O multímetro deve mostrar que o capacitor está acumulando carga. Quando você parar de mover o ímã, a leitura da tensão pode declinar muito lentamente, principalmente porque o capacitor se descarrega através da resistência interna de seu multímetro.

Esse experimento é mais importante do que parece. Lembre-se de que quando você empurra o ímã para dentro da bobina ele induz corrente em uma direção, e quando você retira o ímã ele induz corrente na direção oposta. Na verdade, você está gerando corrente alternada.

O diodo só permite que a corrente flua em um sentido através do circuito. Ele bloqueia o fluxo no sentido oposto e assim o capacitor acumula sua carga. Se você chegar à conclusão de que diodos podem ser usados para converter corrente alternada em corrente contínua, você está absolutamente certo. Nós dizemos que o diodo está “retificando” a energia AC.

[Em seguida: áudio](#)

O Experimento 25 mostrou que tensão pode criar um ímã. O Experimento 26 mostrou que um ímã pode criar tensão. Agora estamos prontos para aplicar esses conceitos à detecção e reprodução de som.

## [Experimento 27: Destruição de um alto-falante](#)

Você viu que eletricidade atravessando uma bobina pode criar uma força magnética suficiente para atrair um pequeno objeto metálico. E se a bobina for muito leve e o objeto mais pesado? Neste caso, a

bobina pode ser atraída pelo objeto. Este princípio é a base de um alto-falante.

Para entender como funciona um alto-falante, não há forma melhor que desmontá-lo. Talvez você prefira não gastar alguns reais neste processo destrutivo, porém educativo; neste caso sugiro pegar algum equipamento de áudio com defeito em alguma liquidação e então arrancar o alto-falante. Ou, simplesmente, dê uma olhada nas minhas fotos que ilustram o processo passo a passo.

### O que será necessário

- Alto-falante mais barato possível, 2" no mínimo (1)
- Estilete (1)

### Procedimento

A Figura 5.25 mostra um pequeno alto-falante visto de trás. Um ímã está escondido na seção cilíndrica vedada.



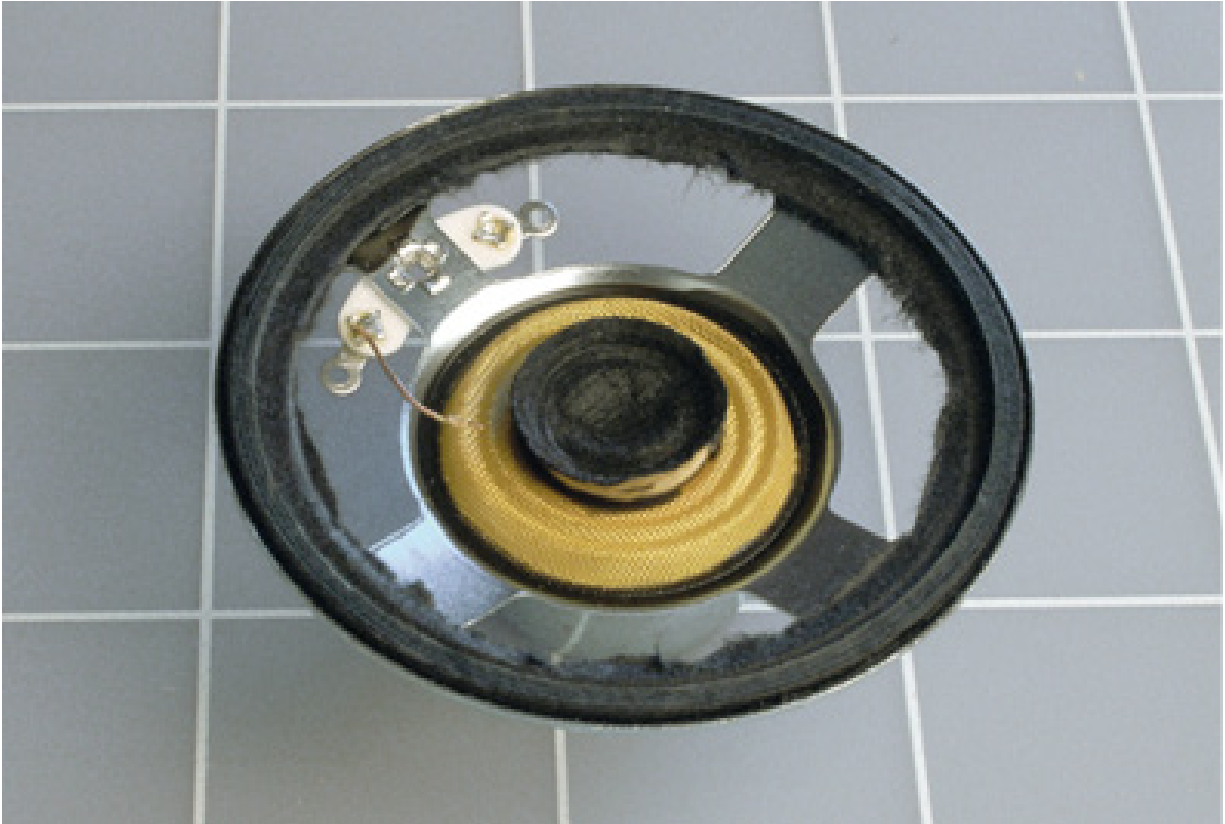
*Figura 5.25 – A parte de trás de um pequeno alto-falante.*

Vire o alto-falante com a parte frontal para cima, como mostrado na Figura 5.26. Corte o perímetro de seu cone com um estilete afiado ou uma lâmina X-Acto. Em seguida, corte a parte central circular e remova o círculo de papel preto em formato de O que você criou.



*Figura 5.26 – Um alto-falante de duas polegadas pronto para encontrar seu destino.*

O alto-falante com o cone removido é mostrado na Figura 5.27. O tecido amarelo no centro é a seção flexível que normalmente permite que o cone se mova para dentro e para fora, enquanto evita que ele se desvie para os lados.



*Figura 5.27 – O alto-falante com seu cone removido.*

Corte em torno da borda externa do tecido amarelo e você poderá puxar um cilindro de papel oculto, que contém uma bobina de cobre enrolada em torno dele, como mostrado na Figura 5.28. Na foto, eu virei-o de ponta cabeça para que ficasse visível.

As duas extremidades desta bobina de cobre normalmente recebem energia através de fios flexíveis de dois terminais na parte traseira do alto-falante. Quando a bobina se apoia no sulco visível no ímã, ela reage às flutuações de tensão exercendo uma força para cima e para baixo em reação ao campo magnético. Isso faz vibrar o cone do alto-falante e cria ondas sonoras.



*Figura 5.28 – A bobina de cobre é normalmente oculta dentro do sulco do ímã, abaixo.*

Os grandes alto-falantes de seu sistema estéreo funcionam exatamente assim. Eles apenas têm ímãs e bobinas maiores que podem lidar com mais potência (tipicamente, até 100 watts).

Sempre que eu abro um pequeno componente como este, fico impressionado com a precisão e delicadeza de suas peças e com a forma pela qual ele pode ser produzido em larga escala por um custo baixo. E imagino como Faraday, Henry e outros pioneiros da pesquisa com eletricidade ficariam admirados se pudessem ver os componentes que achamos comuns hoje em dia. Henry passou dias enrolando bobinas manualmente para criar ímãs que eram bem menos eficientes que este pequeno alto-falante barato.

### [Histórico: origens dos alto-falantes](#)

Como mencionei no início deste experimento, uma bobina se moverá



se seu campo magnético interagir com um objeto pesado ou fixo. Se o objeto for um ímã permanente, a bobina irá interagir com ele de forma mais intensa, criando movimentos mais vigorosos. É assim que funciona um alto-falante.

A ideia foi introduzida em 1874 por Ernst Siemens, um prolífico inventor alemão. (Ele também construiu o primeiro elevador movido a eletricidade do mundo em 1880.) Hoje, a Siemens AG é uma das maiores empresas de eletrônicos do mundo.

Quando Alexander Graham Bell patenteou o telefone em 1876, ele usou o conceito de Siemens para criar frequências audíveis no receptor. A partir daquele momento, dispositivos de reprodução de som gradualmente melhoraram em termos de qualidade e potência, até que Chester Rice e Edward Kellogg, da General Electric, publicaram um trabalho em 1925 estabelecendo os princípios básicos que ainda são usados em projetos de alto-falantes hoje em dia.

Em sites como o Radiola Guy, você encontrará fotos de antigos alto-falantes muito bonitos, que usavam um design de megafone para maximizar a eficiência, como mostrado na Figura 5.29.

À medida que amplificadores de som se tornaram mais potentes, a eficiência do alto-falante se tornou menos importante em comparação com uma reprodução de qualidade e baixos custos de fabricação. Os atuais alto-falantes convertem apenas 1% da energia elétrica em energia acústica.



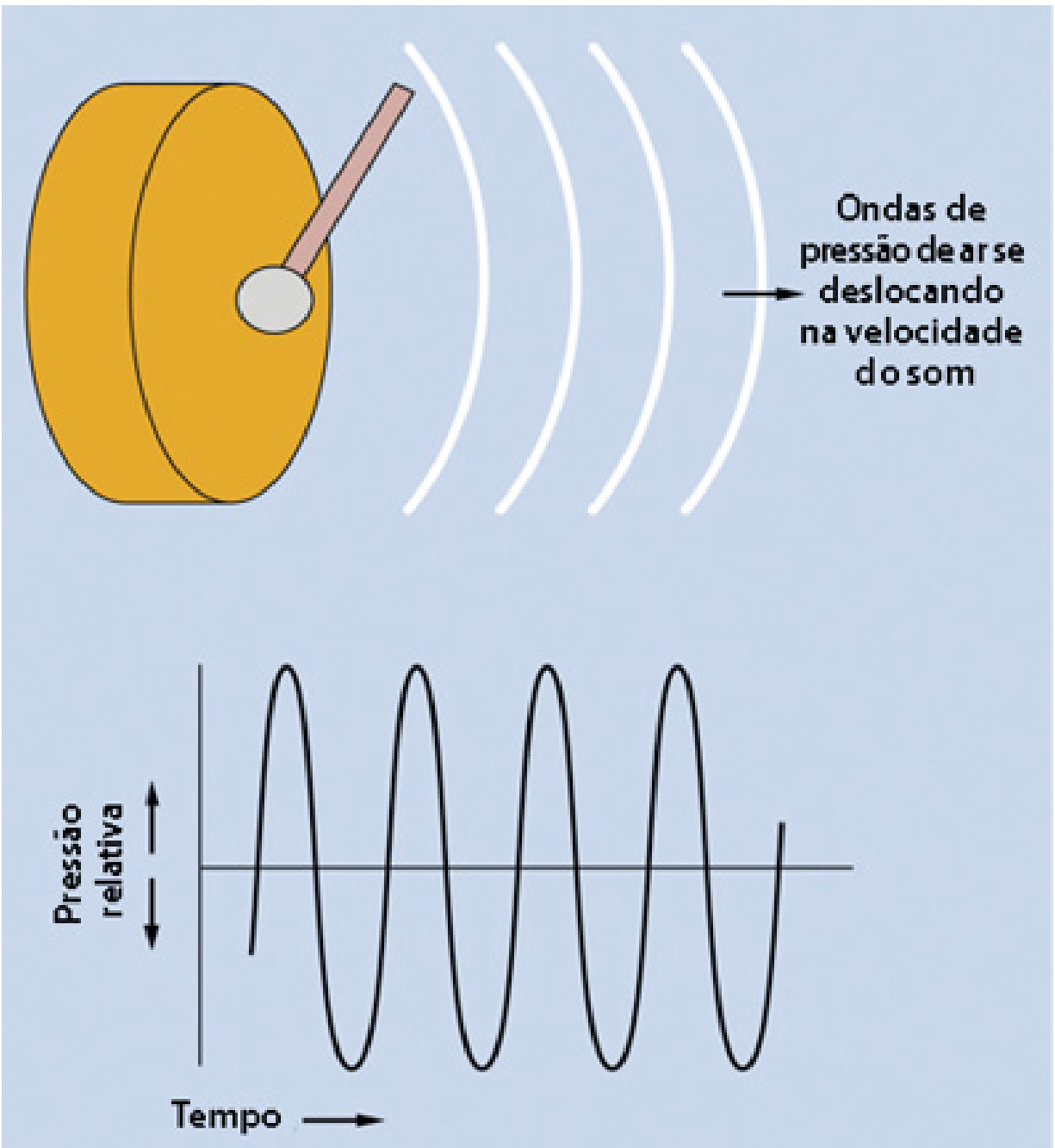
**Alto-falante Amplion  
com pequeno megafone  
modelo AR-114**

*Figura 5.29 – Este belo Amplion AR-114x ilustra os esforços dos primeiros projetistas para maximizar a eficiência em uma era em que a potência dos amplificadores de áudio era muito limitada. Fotos de “Sonny, the RadiolaGuy”. Muitos dos primeiros alto-falantes são ilustrados em <http://www.radiolaguy.com>. Alguns estão à venda.*

## Teoria: som, eletricidade e som

Chegou o momento de estabelecer uma ideia mais específica de como o som é transformado em eletricidade e esta transformada em som novamente.

Suponha que alguém bata em um gongo, como mostrado na Figura 5.30. A superfície plana metálica do gongo vibra para dentro e para fora, criando ondas de pressão que o ouvido humano percebe como som. Cada onda de alta pressão do ar é seguida por um vale de baixa pressão de ar, e o comprimento de onda do som é a distância (geralmente entre metros e milímetros) entre um pico de pressão e o próximo.



*Figura 5.30 – Golpear um gongo faz sua superfície plana vibrar. As vibrações criam ondas de pressão no ar.*

A frequência do som é o número de ondas por segundo, geralmente expressa em hertz.

Suponha que coloquemos uma pequena membrana muito sensível de plástico fino no caminho das ondas de pressão. O plástico tremula em resposta às ondas, como uma folha tremulando ao vento.

Suponha que a gente conecte uma minúscula bobina de fio muito fino na parte de trás da membrana de modo que ela se mova com a membrana, e que posicionemos um ímã estacionário dentro da bobina. Essa configuração é como um minúsculo alto-falante ultrassensível, exceto pelo fato de que em vez de eletricidade produzir som o som produz eletricidade. Ondas de pressão fazem a membrana oscilar ao longo do eixo do ímã e o campo magnético cria uma tensão flutuante no fio. O princípio é ilustrado na Figura 5.31.

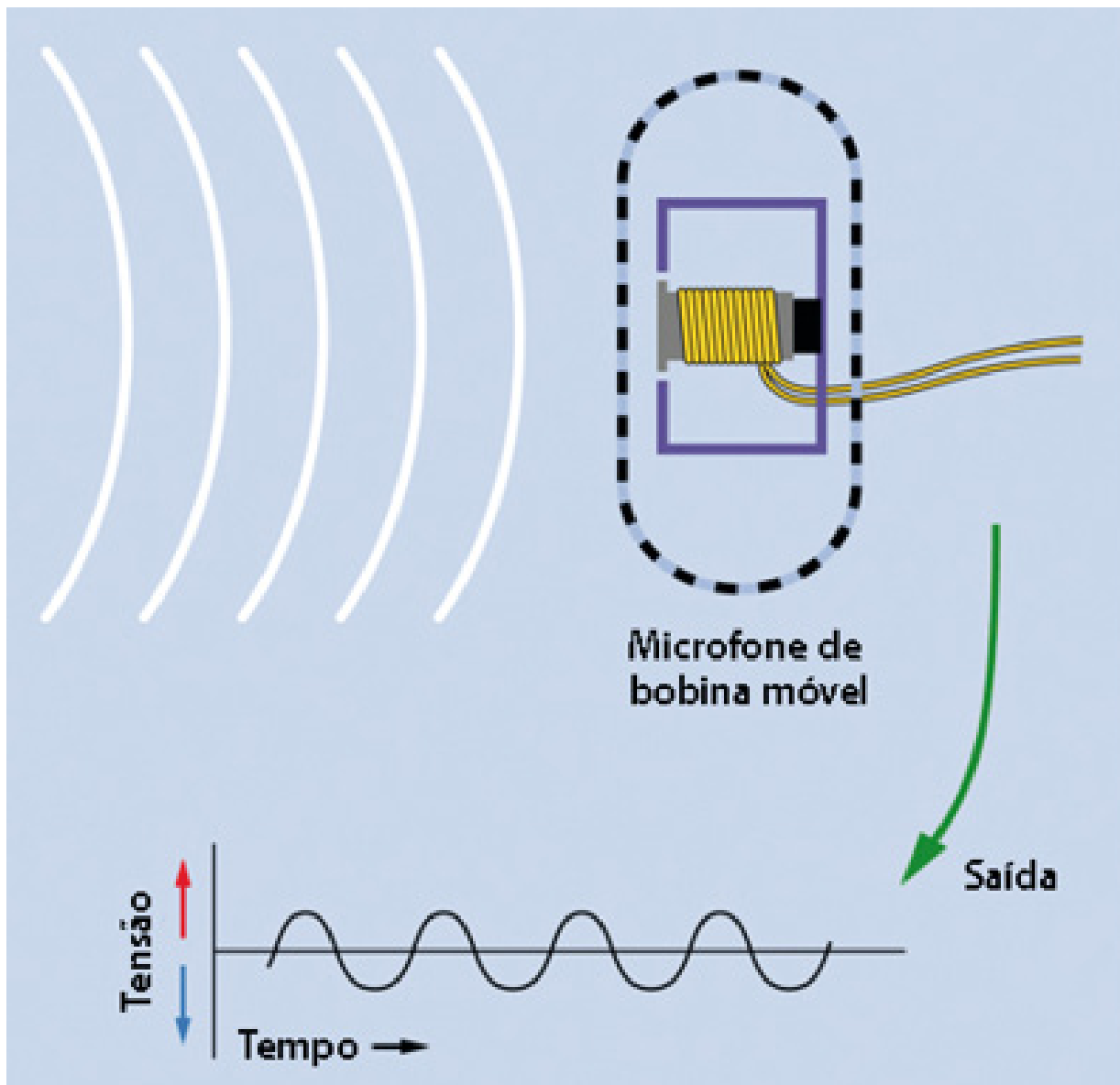


Figura 5.31 – Ondas sonoras entram em um microfone de bobina móvel e fazem uma membrana vibrar. A membrana é ligada a uma bobina em uma

manga em torno de um ímã. O movimento da bobina induz pequenas correntes.

Isto é conhecido como um microfone de *bobina móvel*. Existem outras formas de construir um microfone, mas esta configuração é a mais fácil de entender. Claro que a tensão gerada é muito pequena, mas podemos amplificá-la usando um transistor, ou uma série de transistores, como sugerido na Figura 5.32.

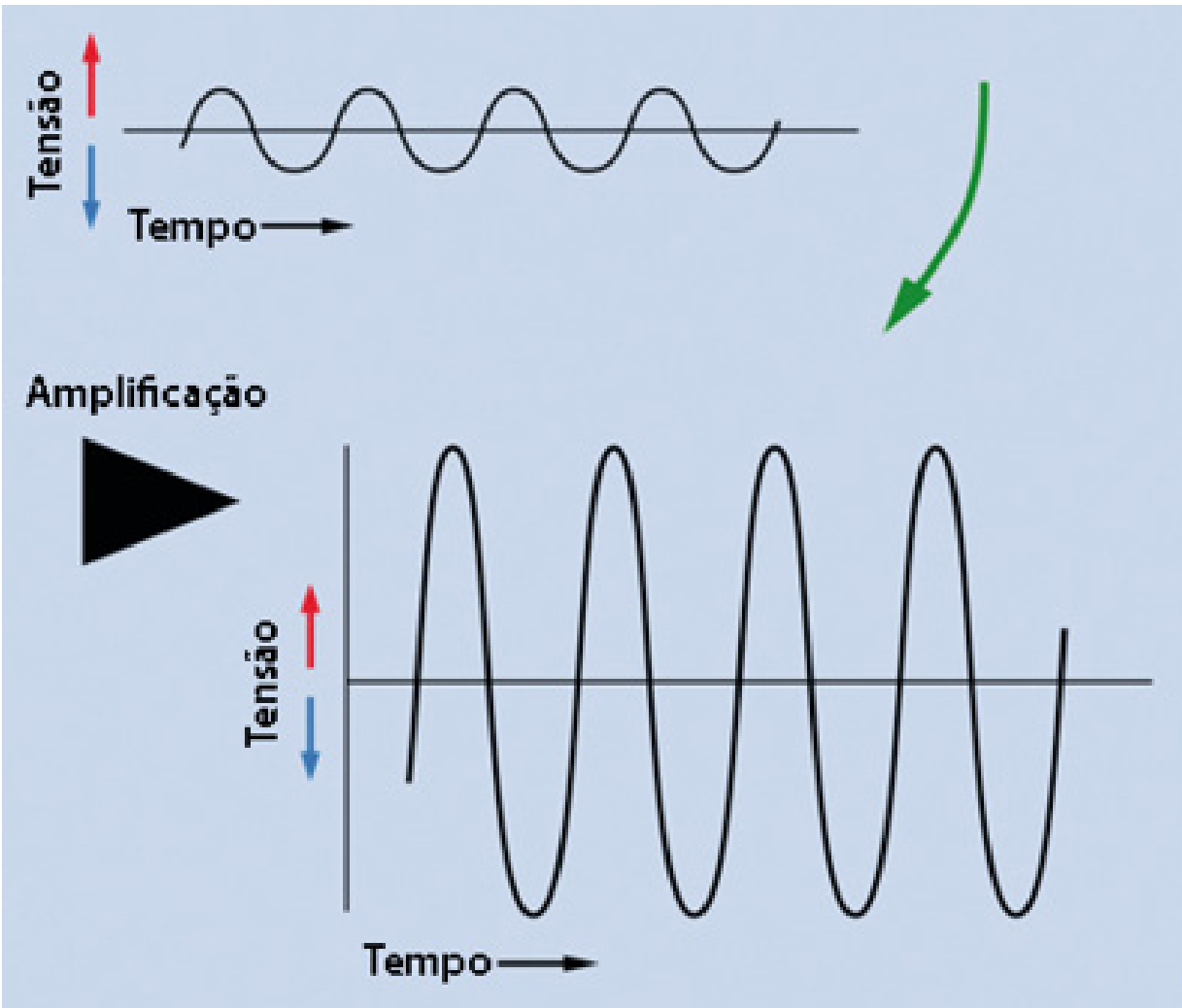
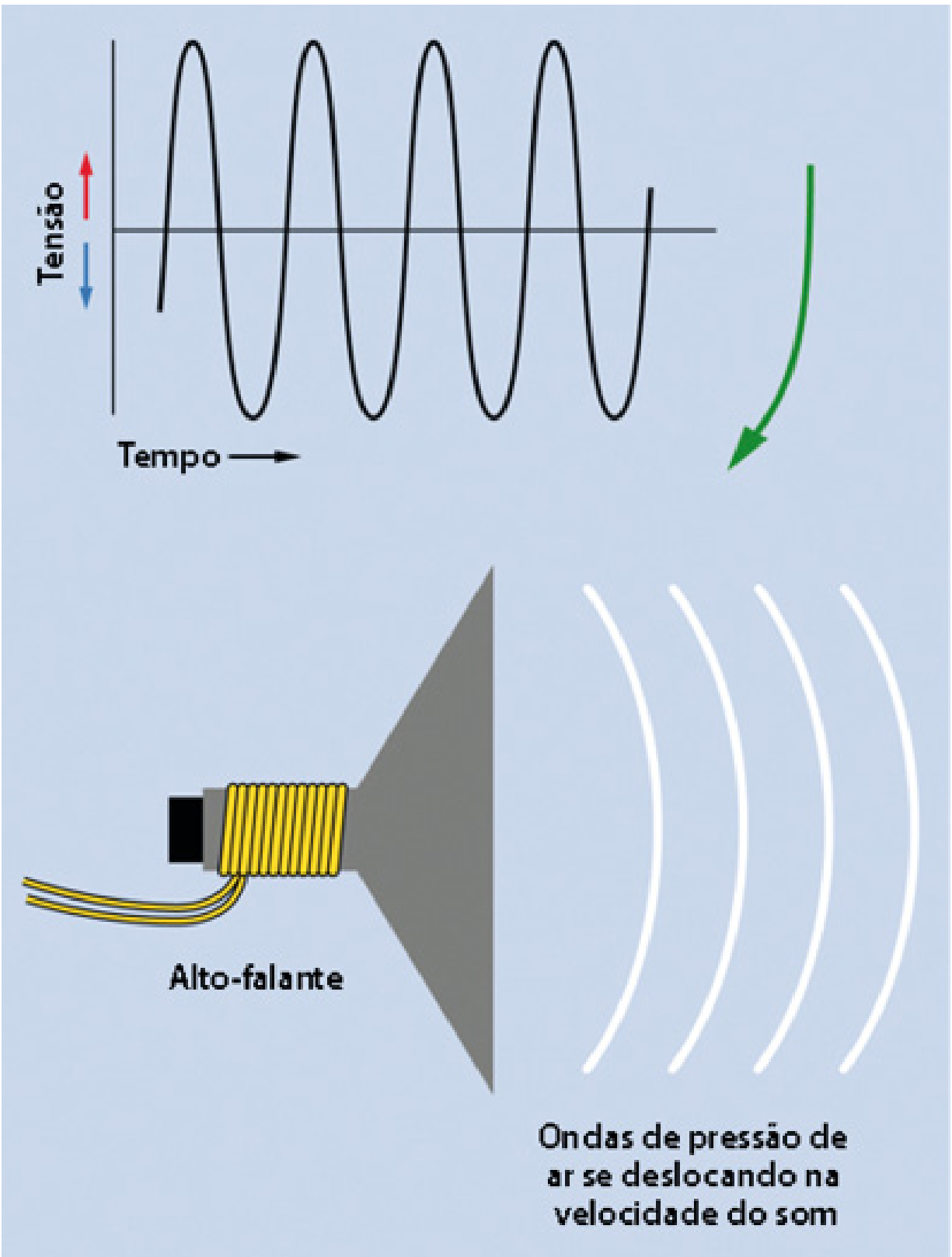


Figura 5.32 – Minúsculos sinais do microfone passam por um amplificador, que aumenta sua amplitude e mantém sua frequência e formato de onda.

Em seguida podemos enviar a saída para a bobina em torno do pescoço de um alto-falante, e o alto-falante irá recriar as ondas de pressão no ar, como mostrado na Figura 5.33.



*Figura 5.33 – O sinal elétrico amplificado atravessa uma bobina em torno do pescoço do cone de um alto-falante. O campo magnético induzido pela*

*corrente faz o cone vibrar, reproduzindo o som original.*

Em algum momento, podemos querer gravar o som e então reproduzi-lo, mas o princípio permanece o mesmo. A parte difícil é projetar o microfone, o amplificador e o alto-falante para que eles reproduzam formas de onda de maneira *precisa* a cada etapa. É um desafio significativo e por isso pode ser difícil obter uma reprodução precisa do som.

## Experimento 28: Fazendo uma bobina reagir

Você viu que quando uma corrente atravessa uma bobina, ela cria um campo magnético. Quando você desconecta a corrente, o que acontece com o campo criado?

A energia no campo é convertida de volta em um breve pulso de eletricidade. Dizemos que isto acontece quando o campo *colapsa*.

Este experimento permitirá ilustrar isto.

### O que será necessário

- Matriz de contato, alicate de corte, desencapador de fio, multímetro
- LEDs de baixa corrente (2)
- Fio 22 AWG (26 AWG de preferência), 30 m (1 carretel)
- Resistor, 47 ohms (1)
- Capacitor, 1.000  $\mu$ F ou maior (1)
- Botão de pressão (1)

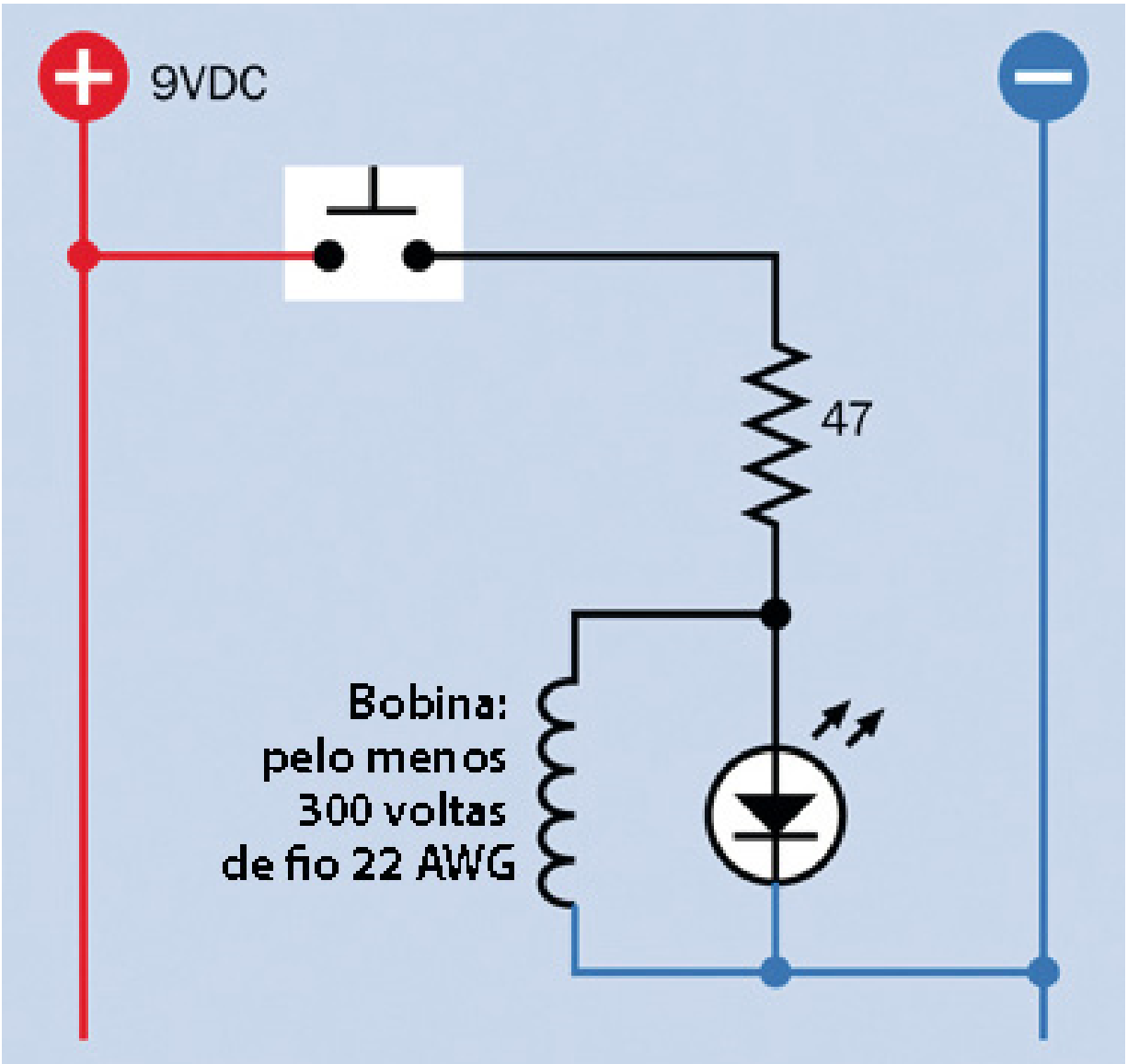
### Procedimento

Observe o diagrama na Figura 5.34. A versão da matriz de contato é mostrada na Figura 5.35. Para a bobina, você pode usar um carretel de 30 m de fio 22 AWG. Alternativamente, se você criou sua própria bobina de 60 m de fio no Experimento 26, você pode usá-la; e se você esbanjou dinheiro em um carretel de fio magnético, tanto melhor.

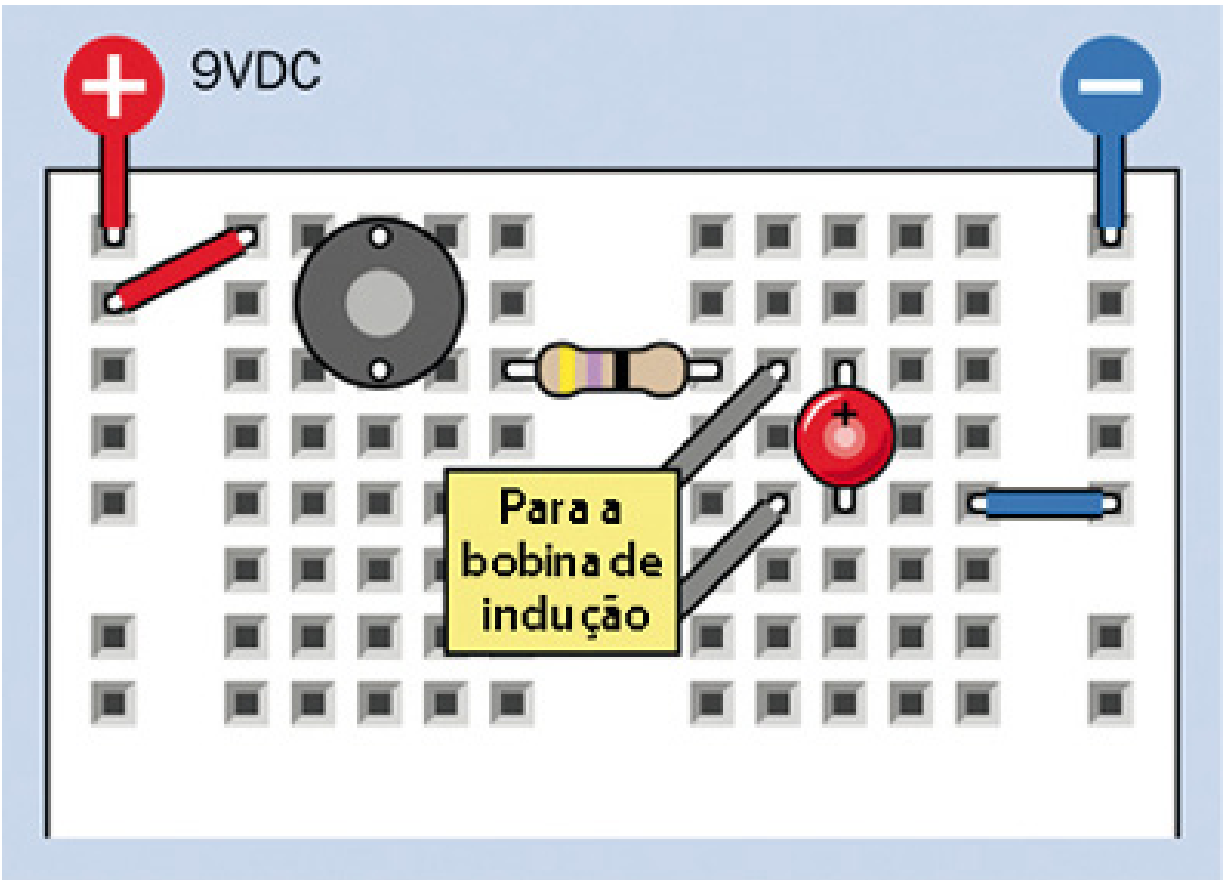
Ao observar o diagrama, ele não parece fazer muito sentido. O



resistor de 47 ohms parece muito pequeno para proteger o LED, mas por que o LED acenderia quando a eletricidade pode contorná-lo através da bobina?



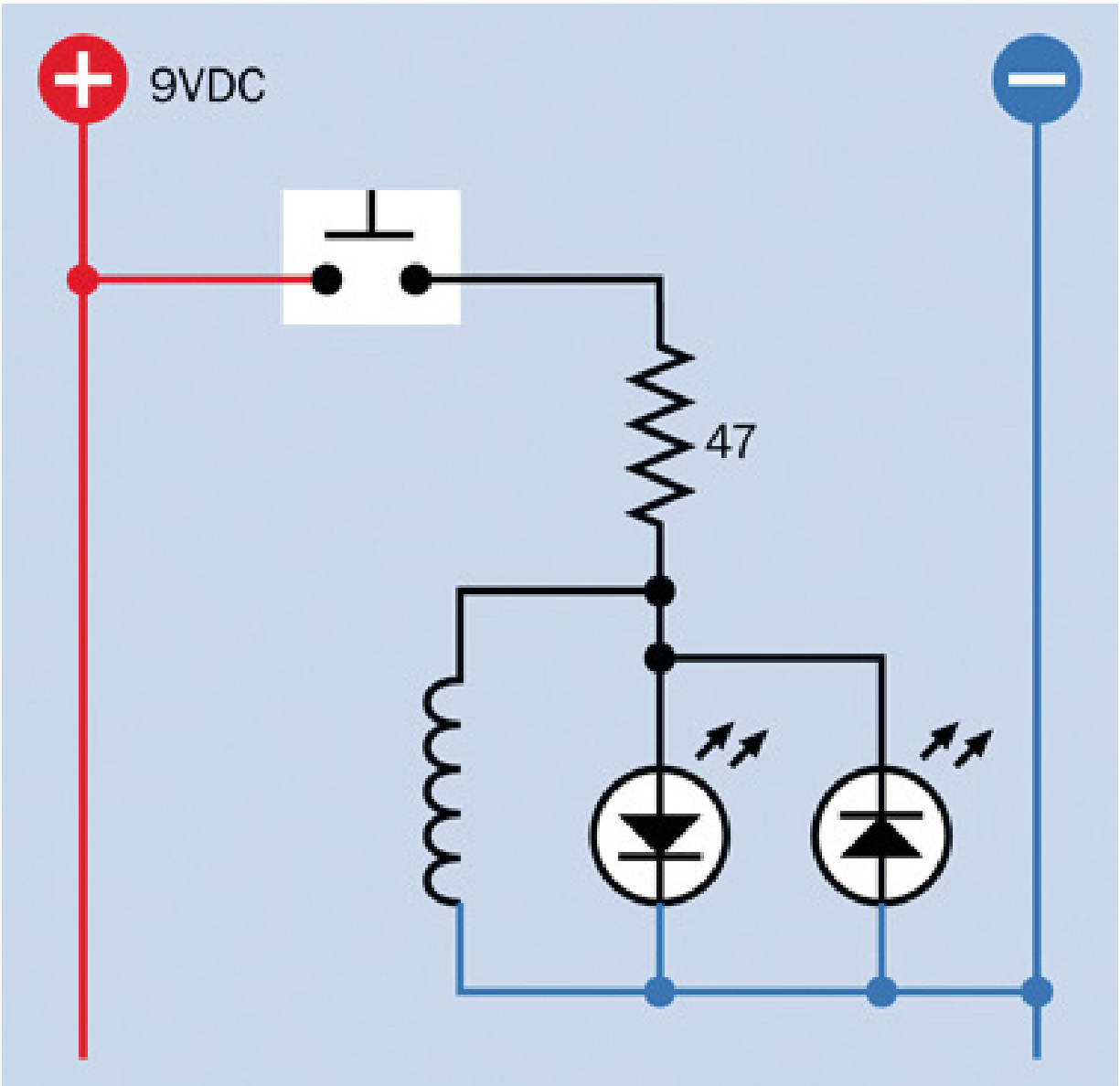
*Figura 5.34 – Um circuito simples para demonstrar a autoindutância de uma bobina.*



*Figura 5.35 – Versão para matriz de contato do experimento de autoindutância.*

Agora teste o circuito e acho que você vai se surpreender. Sempre que você pressionar o botão, o LED pisca brevemente. Consegue imaginar o motivo?

Tente acrescentar um segundo LED, na posição invertida, como nas Figuras 5.36 e 5.37. Pressione o botão novamente e o primeiro LED pisca como antes. Porém, agora quando você solta o botão, o segundo LED pisca.



*Figura 5.36 – Um LED pisca quando um campo magnético é criado; o outro pisca quando o campo colapsa.*

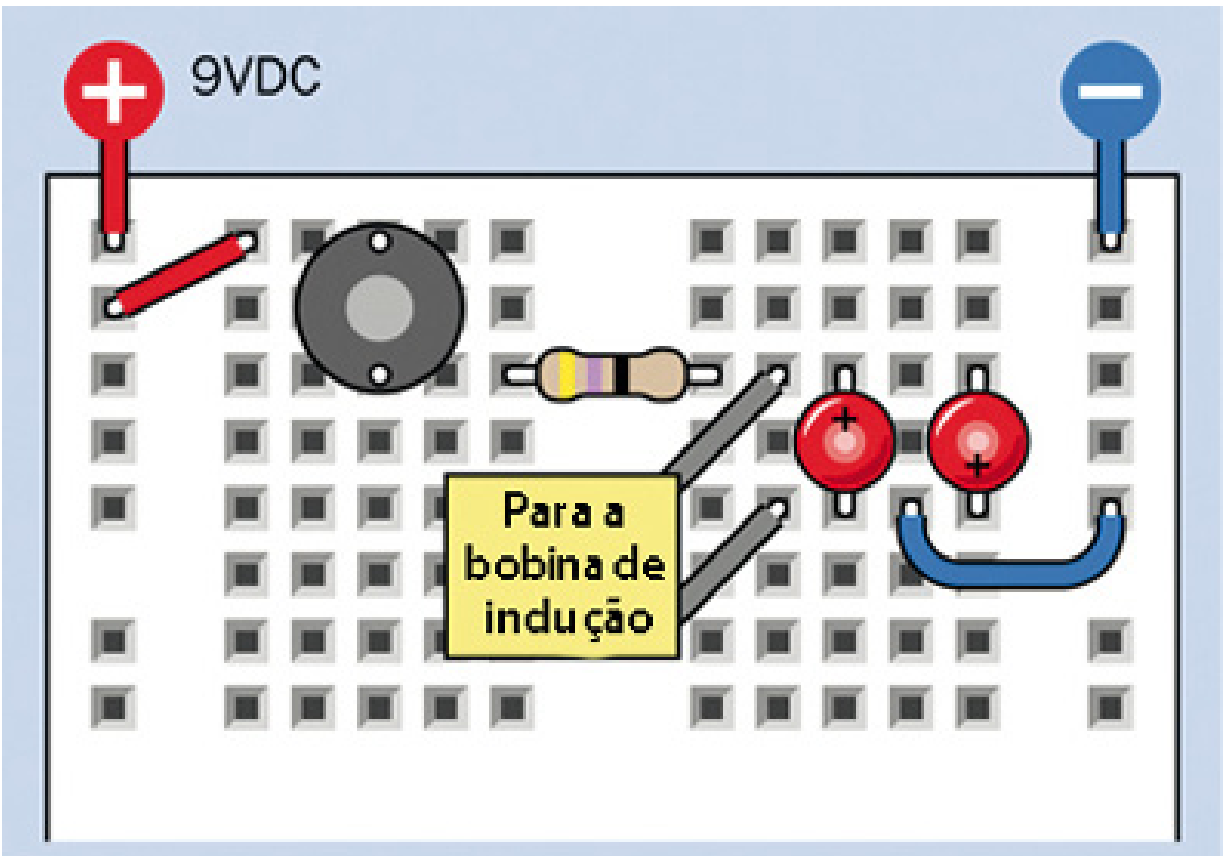


Figura 5.37 – Versão para matriz de contato do circuito de demonstração de dois LEDs.

### Um campo em colapso

Aqui está o que aconteceu durante este experimento. Primeiro, a bobina precisou de um breve instante para criar um campo magnético. Isto levou um tempo e durante esse tempo a bobina bloqueou parte do fluxo de corrente. Como resultado, parte da corrente foi desviada através do primeiro LED. Assim que o campo magnético foi estabelecido, a corrente fluiu através da bobina normalmente.

Essa resposta da bobina é conhecida como *autoindutância*. Às vezes, as pessoas usam o termo *reatância indutiva*, ou apenas *reatância*, mas já que autoindutância é o termo correto, eu o usarei aqui.

Quando você desconectou a energia, o campo magnético colapsou e a energia do campo foi convertida de volta em eletricidade na forma

de um breve pulso curto. Isto fez o segundo LED piscar quando você soltou o botão.

Naturalmente, diferentes tamanhos de bobina armazenam e liberam quantidades diferentes de energia.

Talvez você se lembre do Experimento 15, no qual aconselhei ligar um diodo sobre a bobina de um relé para absorver o pico que ocorre quando a bobina de um relé é ligada e desligada. Agora você viu o efeito por si mesmo.

### Resistores, capacitores e bobinas

Os três principais tipos de componentes passivos na eletrônica são resistores, capacitores e bobinas. Agora podemos listar e comparar suas propriedades.

Um *resistor* limita o fluxo de corrente e derruba a tensão.

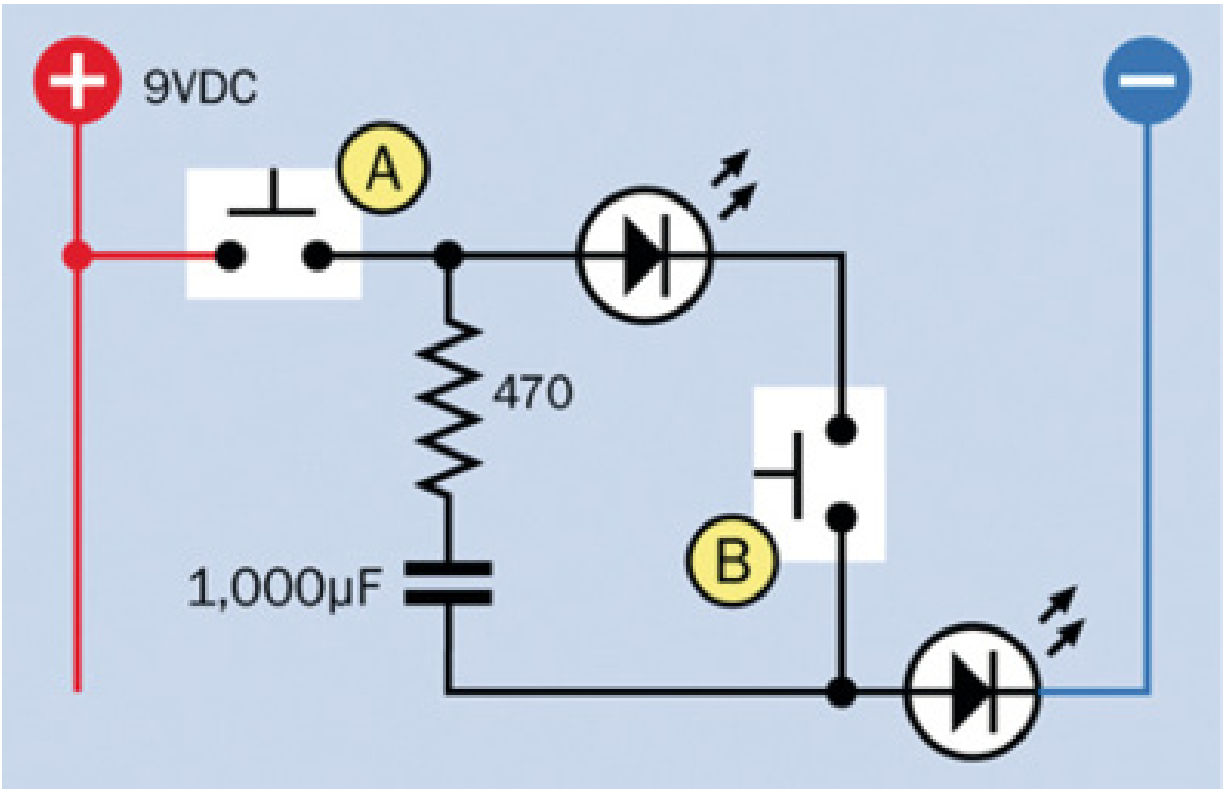
Um *capacitor* permite que um pulso de corrente flua inicialmente, mas bloqueia corrente contínua.

Uma *bobina* (frequentemente chamada de *indutor*) bloqueia corrente contínua inicialmente, mas permite um fluxo contínuo de corrente contínua.

No circuito que acabei de mostrar, não usei um resistor de maior valor, pois eu sabia que a bobina só permitiria um breve pulso. Os LEDs piscantes seriam menos visíveis se eu tivesse usado um resistor mais comum de 330 ohms ou 470 ohms.

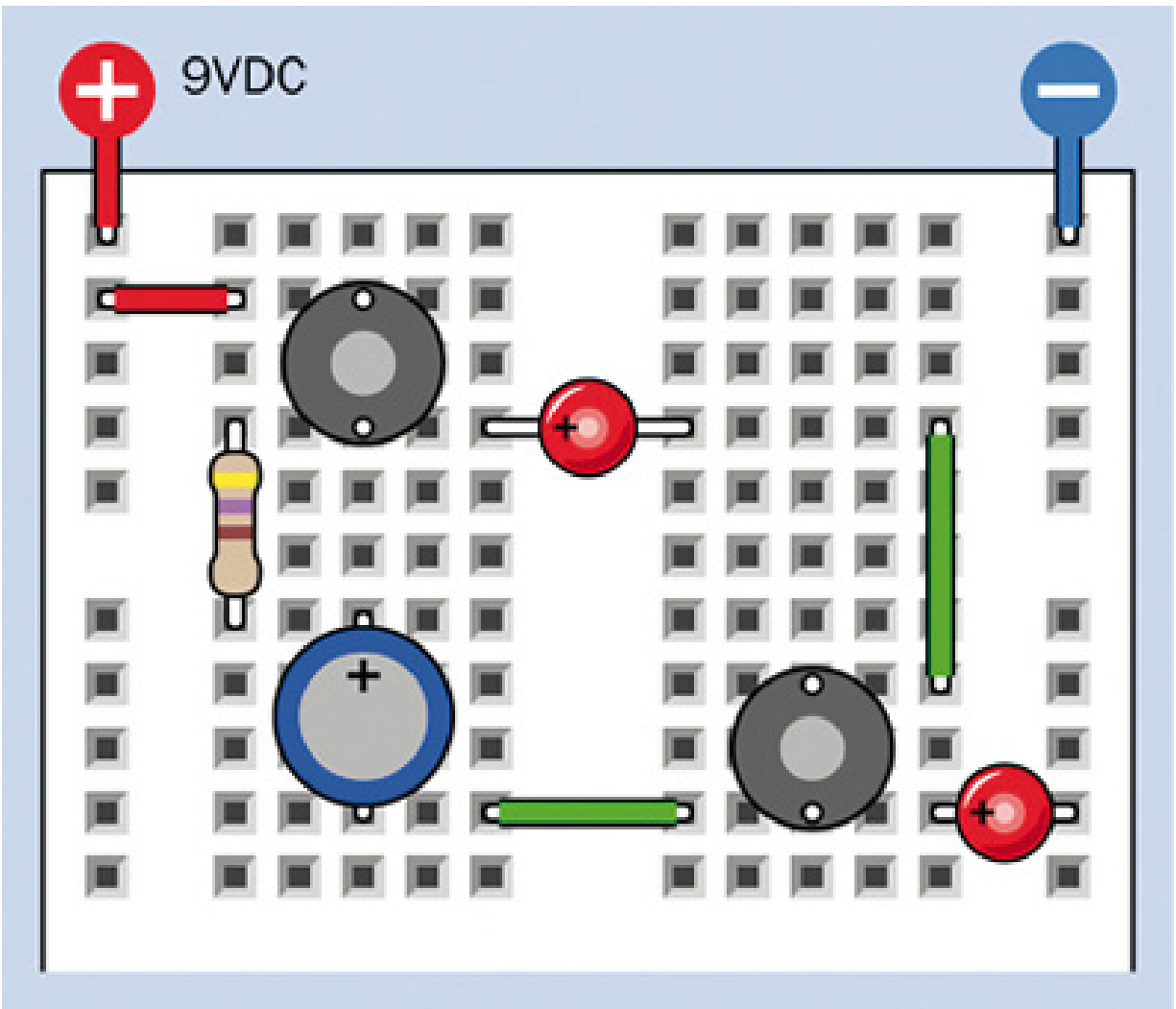
Não tente fazer o circuito funcionar sem incluir a bobina. Você rapidamente queimará um ou ambos os LEDs. Pode parecer que a bobina não está fazendo nada, mas ela está.

Aqui está uma última variante deste experimento, para testar sua memória e compreensão de noções fundamentais de eletricidade. Construa um novo circuito conforme mostrado nas Figuras 5.38 e 5.39 usando um capacitor de 1.000  $\mu\text{F}$  em vez de uma bobina (cuidado para não errar a polaridade, o terminal positivo deve ficar na parte superior). Além disso, use um resistor de 470 ohms, pois a bobina não está mais lá para bloquear e desviar corrente.



*Figura 5.38 – Sob vários aspectos, o comportamento de um capacitor é oposto ao de uma bobina.*

Primeiro mantenha o botão B pressionado por um ou dois segundos para ter certeza de que o capacitor foi descarregado. Agora, o que acontece quando você pressiona o botão A? Talvez você tenha um palpite. Lembre-se de que um capacitor permite a passagem de um pulso inicial de eletricidade. Conseqüentemente, o LED inferior acende e gradualmente apaga, pois o capacitor acumula uma carga positiva em sua placa superior e uma carga negativa em sua placa inferior. À medida que isso ocorre, o potencial entre os terminais do LED inferior diminui para zero.



*Figura 5.39 – Versão para matriz de contato da demonstração do capacitor. O capacitor agora está carregado. Pressione o botão da direita e o capacitor descarrega através do LED superior. Isso pode ser considerado como equivalente ao experimento na Figura 5.37, mas com o uso de um capacitor em vez de uma bobina.*

Capacitores e indutores armazenam energia. Você conseguiu ver isso de forma mais clara com o capacitor, pois um capacitor de alto valor é muito menor que uma bobina de alto valor.

### Teoria: conceitos de corrente alternada

Veamos um simples experimento teórico. Suponha que você configure um timer 555 para enviar uma sequência de pulsos através de uma bobina. Essa seria uma forma primitiva de corrente

alternada.

A autoindutância da bobina irá interferir com a sequência de pulsos? Isso dependerá da duração de cada pulso e da indutância da bobina. Se a frequência de pulsos for correta, a autoindutância da bobina durará o tempo suficiente para bloquear cada pulso. Então a bobina se recuperará em tempo para bloquear o próximo pulso. Juntamente com um resistor (ou apenas a resistência do alto-falante) uma bobina pode suprimir algumas frequências e, ao mesmo tempo, permitir a passagem de outras.

Se você tiver um sistema estéreo que usa um pequeno alto-falante para reproduzir altas frequências e um grande alto-falante para reproduzir baixas frequências, é quase certo que há uma bobina em algum lugar no gabinete do alto-falante impedindo que as frequências mais altas cheguem até o alto-falante grande.

O que acontece se você substituir a bobina por um capacitor? Se os pulsos AC forem longos em relação ao valor do capacitor, a tendência é bloqueá-los. No entanto, se os pulsos forem mais curtos, o capacitor pode carregar e descarregar em sincronia com os pulsos e permitirá sua passagem.

Não há espaço neste livro para se aprofundar no tópico de corrente alternada. É um campo vasto e complicado, no qual a eletricidade se comporta de modo estranho e maravilhoso, e a matemática para descrever esse comportamento pode se tornar bastante desafiadora, envolvendo equações diferenciais e números imaginários. (O que é um número imaginário? O exemplo mais óbvio é a raiz quadrada de menos um. Como isso pode existir? Bem, não pode, e é por isso que dizemos que se trata de um número imaginário. Mesmo assim, ele aparece na teoria elétrica. Se o tema parece interessante, recomendo pesquisar.)

Entretanto, ainda não terminei de falar sobre bobinas. O próximo experimento demonstrará os efeitos de áudio que acabei de descrever.

## Experimento 29: Filtrando as frequências



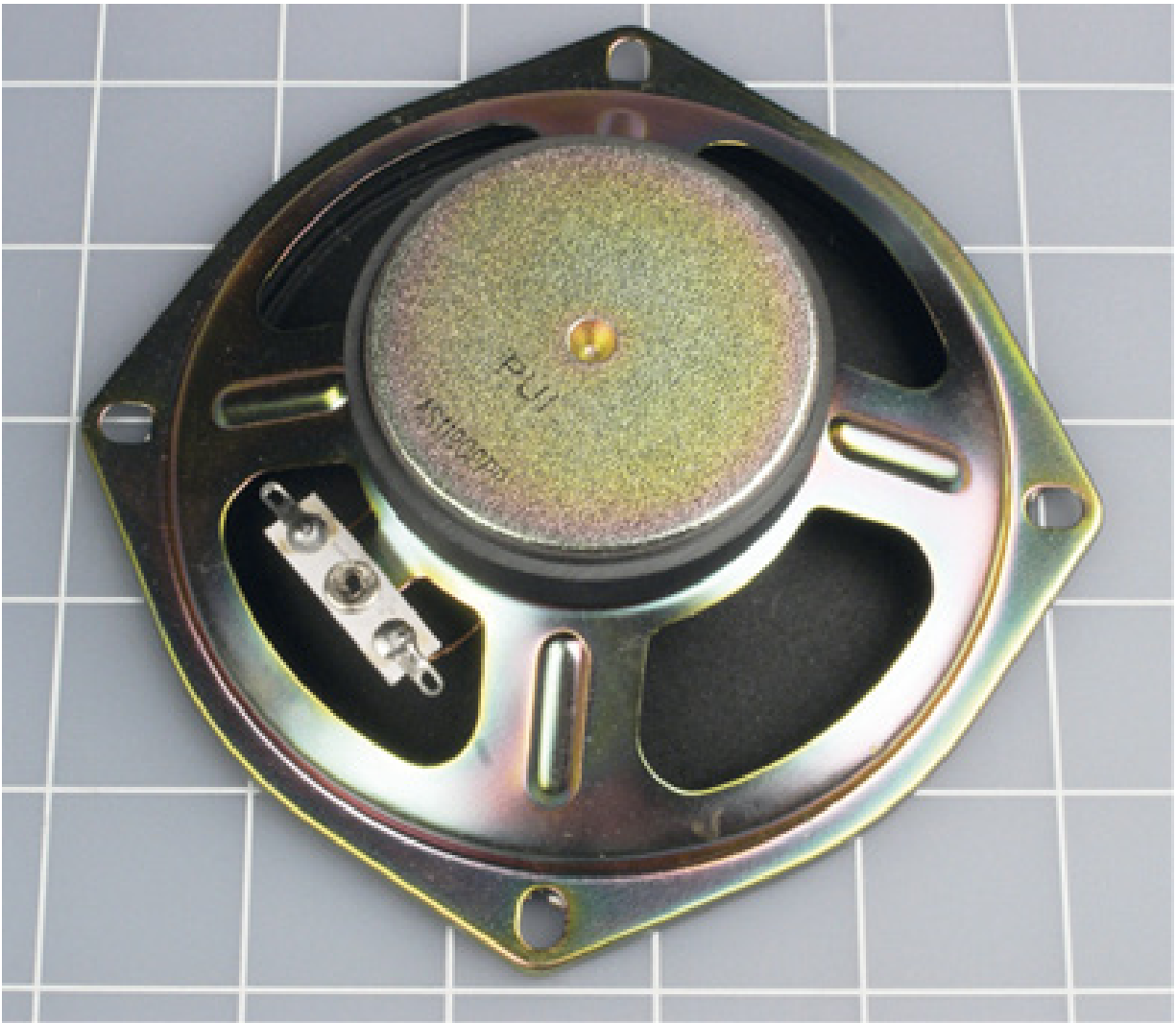
Neste experimento você mudará a forma como o som soa. Usando bobinas e capacitores você pode filtrar seções do espectro audível para criar uma rica variedade de efeitos.

### O que será necessário

- Matriz de contato, fio, alicate de corte, desencapador de fios, cabos de teste, multímetro
- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Alto-falante, impedância de 8 ohms, diâmetro mínimo de 4 polegadas ou 10 cm (1)
- Chip amplificador de áudio, LM386 (1)
- Fio 22 AWG, 30 m
- Pequena caixa de armazenamento de plástico como invólucro do alto-falante (1)
- Timer 555 (1)
- Resistores, 10 K (2)
- Capacitores: 0,01  $\mu\text{F}$  (3), 2,2  $\mu\text{F}$  (1), 100  $\mu\text{F}$  (1), 220  $\mu\text{F}$  (3)
- Trimpots: 10 K (1), 1 M (1)
- Interruptores deslizantes SPDT (4)
- Botão de pressão (1)

### Um lar para seu alto-falante

O pequeno alto-falante que recomendei para projetos anteriores era adequado quando tudo que precisávamos eram alguns bipes, mas alto-falantes pequenos têm uma capacidade limitada de reproduzir notas graves. Já que quero que você consiga ouvir como os componentes eletrônicos podem afetar essas notas, é hora de considerar um alto-falante maior, como o da Figura 5.40, que tem um cone com diâmetro de quatro polegadas (10 cm).



*Figura 5.40 – Um alto-falante adequado para este projeto.*

Levando em conta meus comentários anteriores sobre a necessidade de eliminar ondas sonoras fora de fase vindas da parte de trás do alto-falante, você precisará de uma caixa para acomodá-lo. A caixa também irá aumentar o som ao funcionar como caixa de ressonância, da mesma forma que o corpo de uma guitarra acústica ressoa com as vibrações de suas cordas.

Se você tiver tempo de fazer uma caixa de madeira compensada seria ideal, mas o invólucro mais simples e barato é provavelmente um caixa de armazenamento de plástico com uma tampa encaixável. A Figura 5.41 mostra o alto-falante aparafusado ao fundo da caixa. Fazer furos precisos em plástico fino é um desafio e tanto, e, bem, eu não tentei muito.



*Figura 5.41 – Uma caixa de ressonância é necessária se você quiser ouvir sons graves (frequências menores) de seu alto-falante. Uma caixa de armazenamento de plástico é suficiente para fins de demonstração.*

Para melhorar os atributos da caixa de plástico, você pode colocar um tecido macio e pesado dentro dela antes de fechar a tampa. Uma toalha de mão ou algumas meias devem ser suficientes para absorver parte da vibração.

### Um único chip

Nos anos 1950, eram necessários tubos de vácuo, transformadores e outros componentes pesados e com alto consumo de energia para construir um amplificador de áudio. Hoje, por um dólar você pode comprar um chip que faz o mesmo se você acrescentar alguns capacitores e um controle de volume.

Um dos mais simples, baratos e fáceis de usar é o LM386, que está disponível de vários fabricantes, cada um deles inclui letras e números de identificação antes ou depois do código geral. O LM386N-1, o LM386N e o LM386M-1 são todos basicamente idênticos para nossos fins. Certifique-se de comprar a versão para encaixe e não a versão para montagem em superfície. A configuração dos pinos do amplificador é mostrada na Figura 5.42.

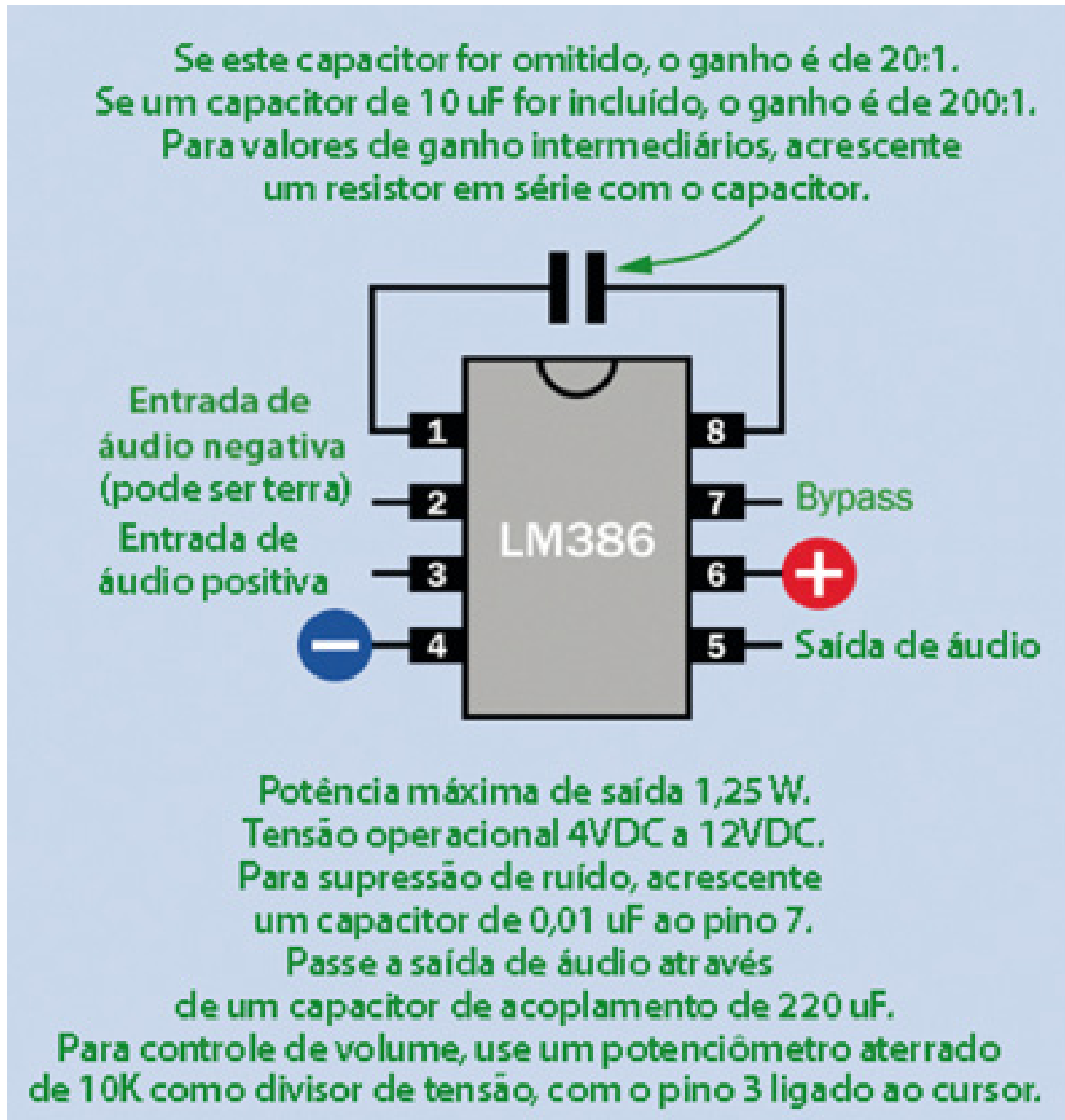
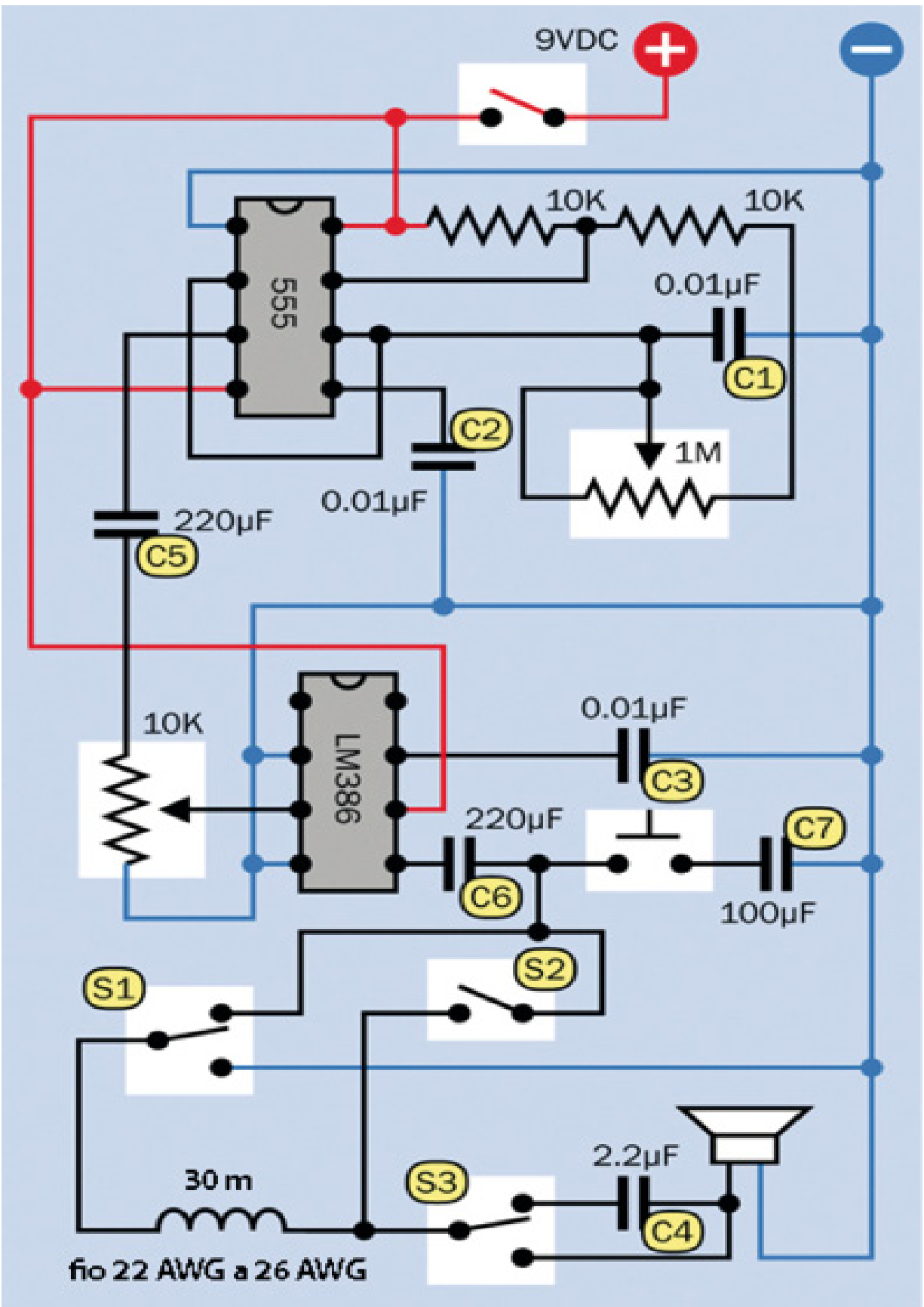


Figura 5.42 – Configuração de pinos do amplificador de chip único LM386.

Este pequeno chip funciona com uma fonte de alimentação entre 4 VDC e 12 VDC, e embora sua potência nominal seja de apenas 1,25 watt, você se surpreenderá com o volume do som de saída. Sua taxa de amplificação nominal é de 20:1.

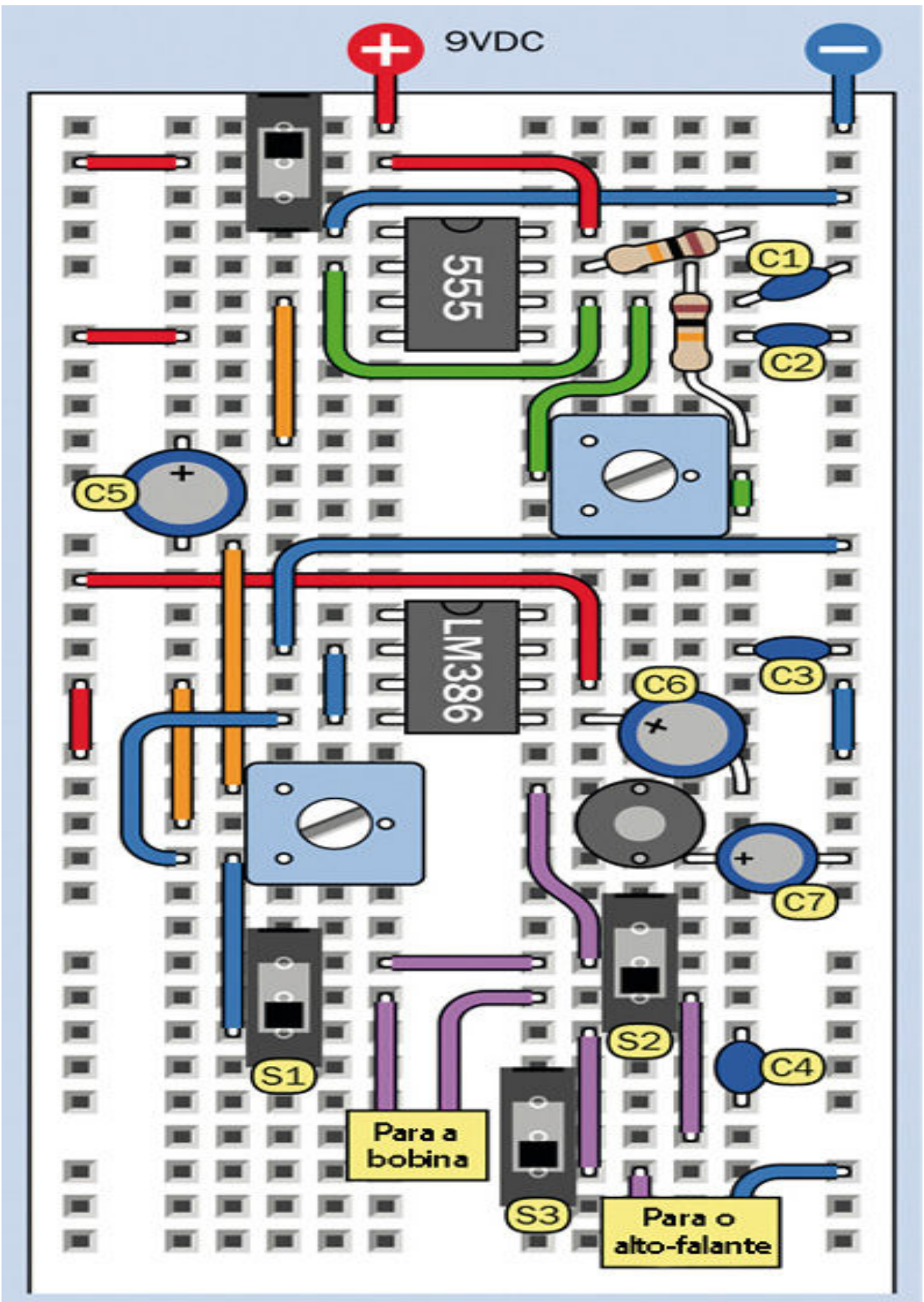
### Testando, 1-2-3

Para fins de teste, eu quero uma fonte de frequências cobrindo uma ampla faixa do espectro audível. Uma maneira simples de conseguir isto é com um timer 555. O diagrama na Figura 5.43 mostra o timer na parte superior, com valores de componentes que podem proporcionar um intervalo entre 70 Hz e 5 KHz quando você ajusta o trimpot de 1 M. Infelizmente você não ouvirá isso como uma resposta linear, o que significa que um giro pequeno do trimpot terá um efeito audível muito maior sobre as frequências altas que sobre as baixas. Entretanto, para fins de demonstração é suficiente, e de qualquer forma as frequências mais baixas oferecem uma demonstração mais dramática da filtragem de áudio.



*Figura 5.43 – Um circuito básico de demonstração de áudio.*

A versão para matriz de contato do circuito é mostrada na Figura 5.44 e os valores dos componentes são mostrados na Figura 5.45.





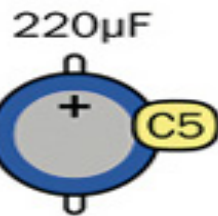
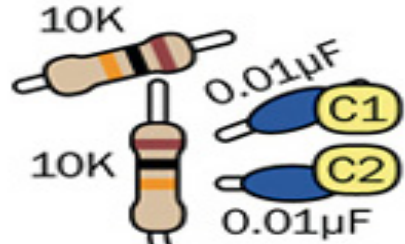
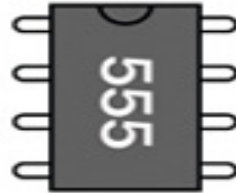
*Figura 5.44 – Versão para matriz de contato do circuito de áudio.*

Ao construir este circuito é preciso ter em mente que os amplificadores são sensíveis a todas as flutuações elétricas, não só aquelas que você quer ouvir. Qualquer interferência elétrica será reproduzida como uma confusão de sons irregulares e zumbidos, e este problema será muito pior se você usar pedaços desnecessariamente longos de fios para conectar os componentes.

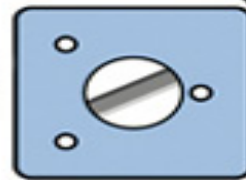
Interruptor SPDT



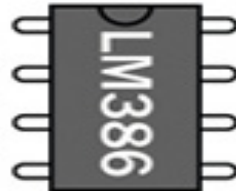
timer 555



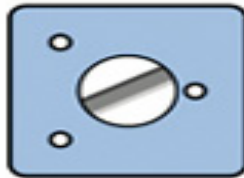
trimpot de 1M



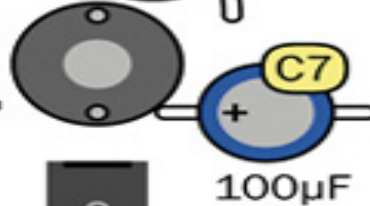
chip amplificador LM386



trimpot de 10K



Botão de pressão



Interruptores SPDT



*Figura 5.45 – Valores de componentes do circuito de áudio.*

Os jumpers com pequenos plugues nas extremidades são especialmente indesejáveis em um circuito de amplificador, já que eles se comportam como antenas de rádio. Eu tentei limitar os comprimentos de todos os fios no layout da matriz de contato como mostrado na Figura 5.44, e encorajo você a fazer o mesmo. Os únicos lugares onde o comprimento do fio não importa muito são nas saídas de potência do chip, onde é preciso ligar fios ao alto-falante e a uma bobina.

Para a bobina, fio magnético 22 AWG ou mais fino é ideal, mas você obterá alguns resultados audíveis a partir de um carretel de 30 m de fio 22 AWG, mas 60 m de fio que sugeri no experimento anterior seria melhor.

Antes de alimentar sua matriz de contato, preste atenção nos três interruptores deslizantes perto da parte inferior do circuito e certifique-se de que todos estejam na posição “inferior”. Em outras palavras, deslize-os para baixo. Além disso, ajuste os trimpots para a posição intermediária de suas resistências.

Você pode alimentar este projeto com um adaptador AC ou uma bateria de 9 volts sem a necessidade de regulação. Entretanto, se você usar um adaptador, ele pode introduzir algum zumbido no circuito. Você pode reduzir isto colocando um capacitor de 1.000  $\mu\text{F}$  ou mais entre os dois barramentos da matriz de contato. Se você usar uma bateria, o consumo de energia do amplificador limitará a vida da bateria a duas ou três horas, e alguns dos filtros de som derrubarão um pouco a tensão, afetando a frequência de áudio criada pelo timer 555.

Assim que você energizar o circuito, deve ouvir um tom. Se não ouvir, sua primeira estratégia de detecção de falhas deve ser desconectar o terminal superior do capacitor de 220  $\mu\text{F}$  do pino de saída do timer 555 e tocar brevemente os fios do alto-falante entre esse pino e o barramento negativo. Se não ouvir nada, você fez um erro de fiação em torno do timer. Se ouvir algo, então seu erro está relacionado ao chip amplificador LM386.

Certifique-se de ter conectado a alimentação aos pinos corretos do LM386. Os pinos de alimentação positivo e negativo não estão na mesma posição daqueles de chips lógicos.

Ainda sem som? Desconecte a extremidade superior do pequeno fio azul vertical acima do trimpot de 10 K. Toque a extremidade desse pedaço de fio com o dedo e você deve ouvir um assobio ou zumbido, pois este fio está ligado ao pino de entrada do amplificador (pino 4).

*Ainda* nada? Tente conectar seu alto-falante entre o lado negativo do capacitor C6 e o barramento negativo. O C6 é um capacitor de acoplamento que se conecta diretamente ao pino de saída do LM386.

Se nada disso resolver, você terá que percorrer o circuito com o multímetro, verificando as tensões.

### Aventuras em áudio

Assumindo que seu circuito está ligado e funcionando, explicarei as funções dos componentes antes de sugerir alguns testes. Vou me referir às etiquetas que apliquei aos componentes no layout da matriz de contato mostrado na Figura 5.44.

O capacitor C1 define a frequência do timer, juntamente com o trimpot de 1 M. Caso você queira ouvir uma frequência superior a 5 KHz, você pode substituir por um capacitor de 0,0068  $\mu$ F (6,8 nF).

O C5 é capacitor de acoplamento. Ele tem um valor alto para ser transparente para uma ampla gama de frequências. Sua finalidade é bloquear corrente contínua do timer 555, pois você só quer amplificar as flutuações e não a tensão básica.

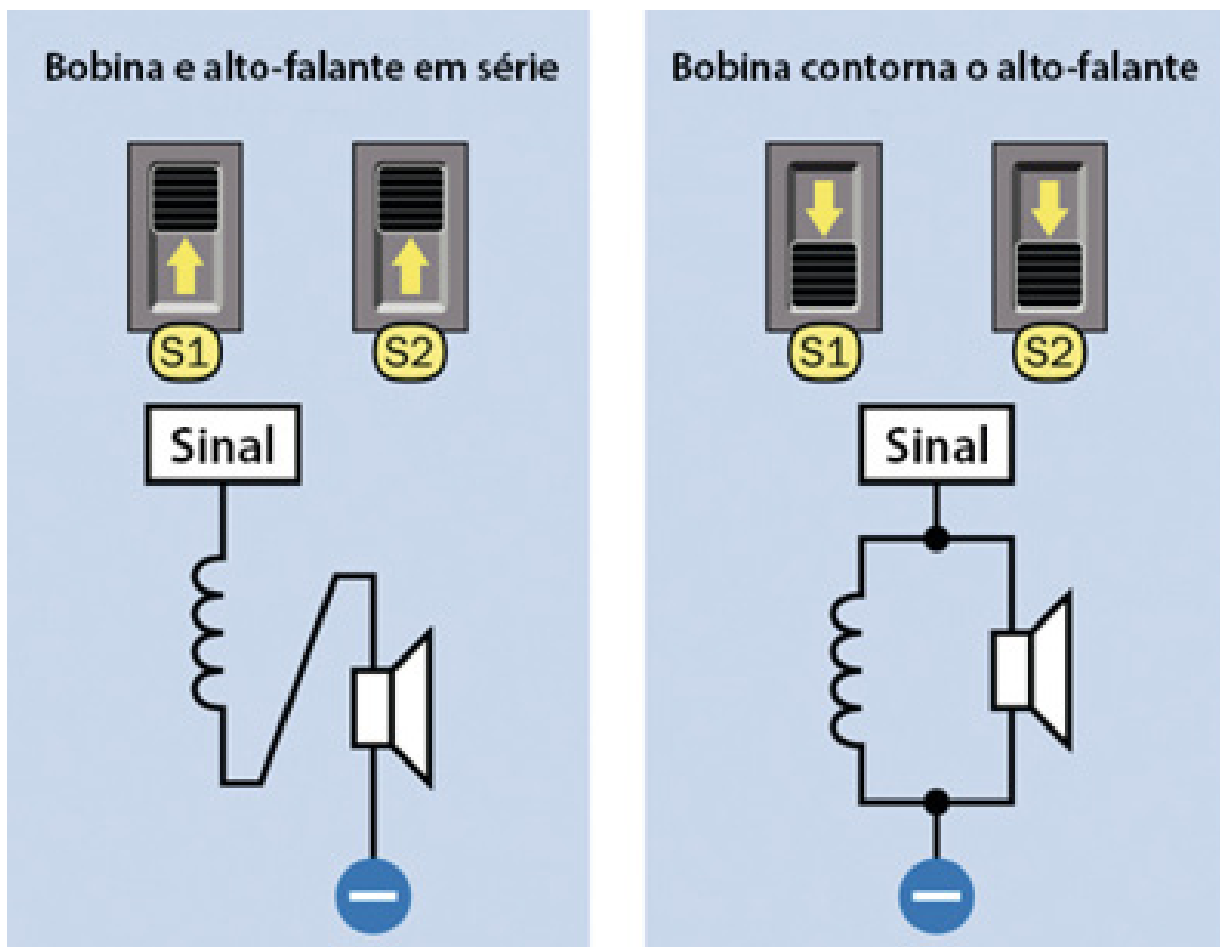
O capacitor C6 é outro capacitor de acoplamento, que protege seu alto-falante da corrente contínua que sai do amplificador.

O capacitor C7 acopla a saída do amplificador ao terra negativo quando você pressiona o botão ao lado dele. O valor de C7 é escolhido para eliminar as frequências mais altas, desviando-as para o aterramento. Sem essas frequências, o som que vai para o alto-falante soa mais suave.

O capacitor C4 é inserido e removido do circuito pelo interruptor

deslizante S3. Quando a chave está para cima, o som do 555 atravessa o C4 a caminho do amplificador. Uma vez que C4 tem um valor pequeno, ele bloqueia frequências baixas, deixando você com um som fino e metálico.

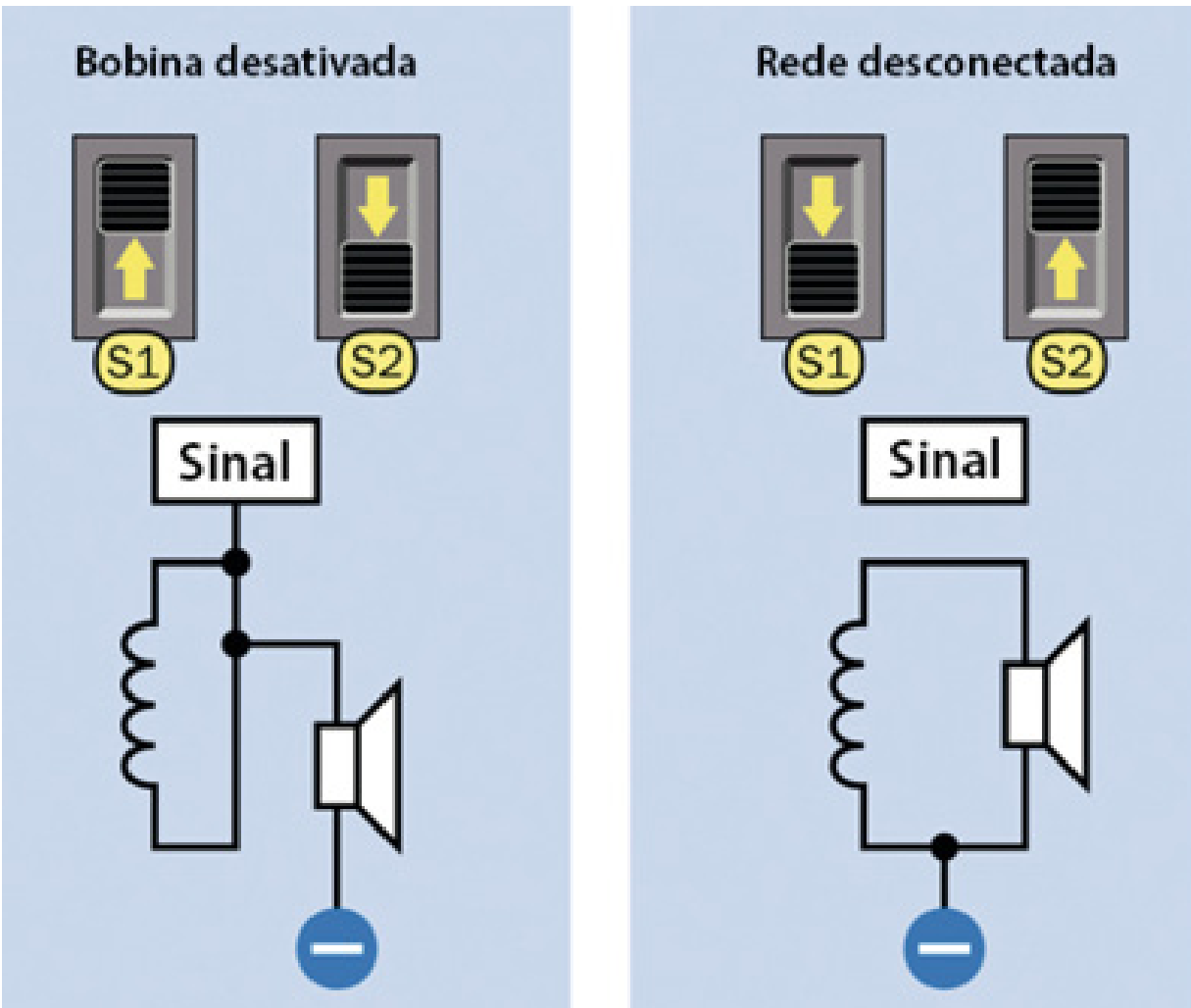
A parte complicada do circuito está relacionada à bobina. Queria que você ouvisse a diferença entre uma bobina conectada em paralelo com o alto-falante e conectada em série com o alto-falante. Os interruptores S1 e S2 oferecem essas opções, como mostrado na Figura 5.46 e Figura 5.47. Quando a bobina está em paralelo com o alto-falante, isto é descrito às vezes como “contornando o alto-falante”.



*Figura 5.46 – Os interruptores S1 e S2 (identificados no diagrama da matriz de contato para o circuito) permitem enviar áudio para o alto-falante em paralelo com uma bobina externa ou em série com ela.*

Há muitas coisas com que se divertir aqui, especialmente levando em

conta que você pode ajustar a frequência e volume do som enquanto testa os vários filtros. Você também pode testar o efeito de usar dois filtros simultaneamente. Por exemplo, pressione o botão para ativar o capacitor C7, que corta as altas frequências, e insira C4 no circuito ao mesmo tempo, para cortar as baixas frequências. Agora você tem um *filtro passa-faixa*, assim chamado porque você está deixando passar apenas um intervalo estreito de frequências médias.



*Figura 5.47 – Duas outras configurações de S1 e S2 permitem contornar a bobina ou silenciar a saída do amplificador.*

O trimpot no canto inferior esquerdo funciona como controle de volume, mas você verá que ele só funciona corretamente na parte do meio de seu intervalo. Se você for para os extremos, o circuito começa a oscilar. Isto é um problema com circuitos de amplificador.

A solução tende a envolver o acréscimo de capacitores pequenos e grandes em vários locais. Decidi não me preocupar com isso, pois a faixa média do trimpot é utilizável.

Os capacitores e bobinas deste circuito funcionam em modo *passivo*. Eles bloqueiam algumas frequências, mas não amplificam nenhuma frequência. Um sistema mais sofisticado de filtros de áudio usa transistores para oferecer filtragem *ativa*, mas requer muito mais componentes eletrônicos.

### Teoria: formas de onda

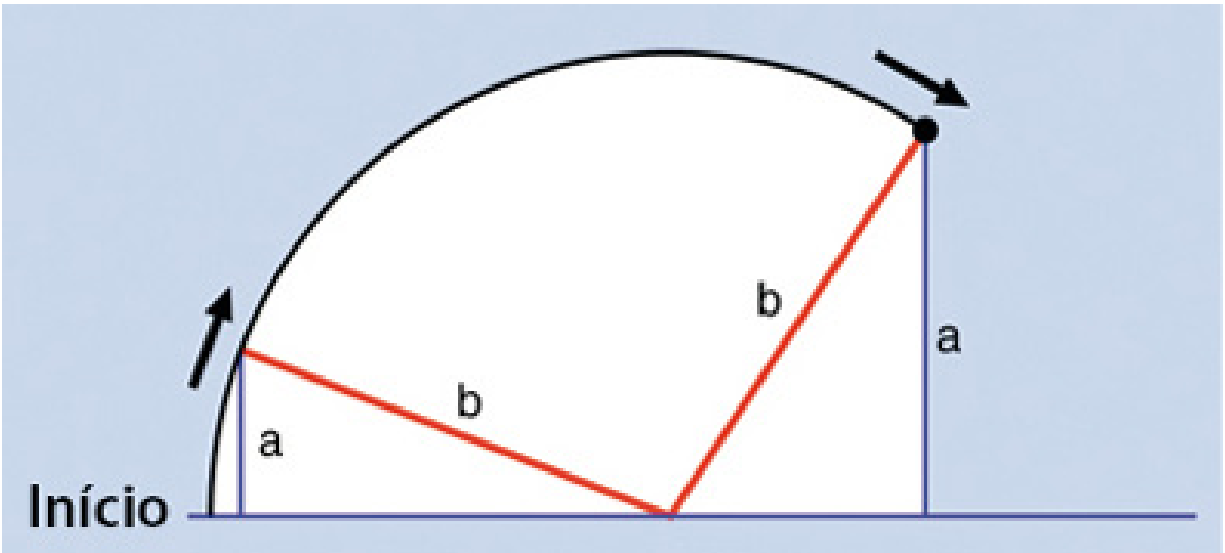
Se você assoprar na boca de uma garrafa, o som suave que você ouve é causado pelo ar que vibra dentro da garrafa. Se você pudesse traçar um gráfico das ondas de pressão, elas teriam um perfil arredondado.

Se você pudesse desacelerar o tempo e desenhar um gráfico da tensão alternada em qualquer tomada de sua casa, ela teria o mesmo perfil.

Se você pudesse medir a velocidade de um pêndulo oscilando lentamente para um lado e outro no vácuo, e desenhar um gráfico da velocidade em relação ao tempo, mais uma vez ele teria o mesmo perfil.

Este perfil é uma *onda senoidal*, assim chamada porque ela pode ser derivada da trigonometria básica. Em um triângulo reto, suponha que um dos lados adjacente ao ângulo reto seja chamado de “a”. Se você dividir o comprimento de “a” pelo comprimento do lado inclinado do triângulo (a hipotenusa), o resultado é o *seno* do ângulo oposto ao lado “a”.

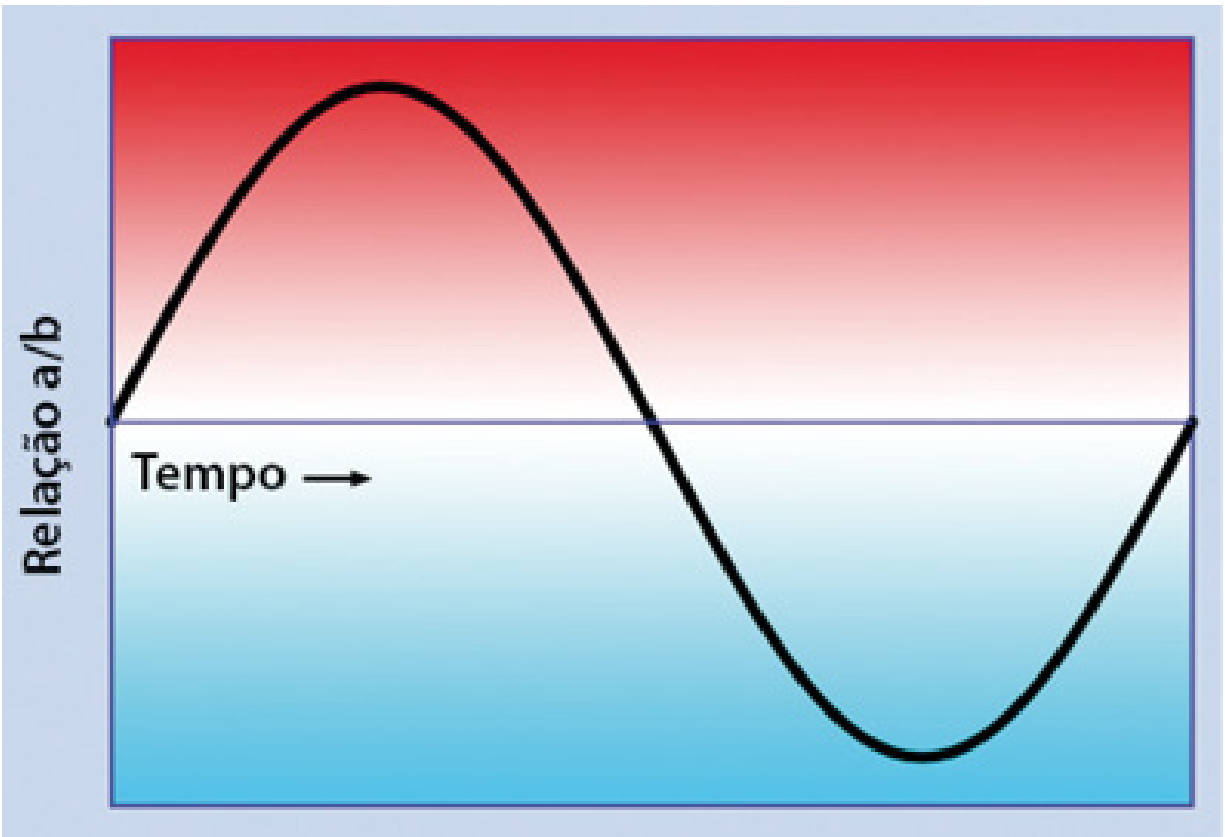
Para simplificar, imagine uma esfera em um fio girando em torno de um ponto central, como mostrado na Figura 5.48.



*Figura 5.48 – Você pode desenhar uma onda senoidal começando com uma geometria simples.*

Ignore a força de gravidade, a resistência do ar e outras variáveis chatas. Meça apenas a altura da esfera e divida-a pelo comprimento do fio, em instantes regulares, à medida que a esfera se move pelo caminho circular a uma velocidade constante. Represente o resultado como um gráfico e você terá sua onda senoidal, mostrada na Figura 5.49. Observe que quando a esfera circula abaixo de sua linha horizontal de partida, consideramos sua distância negativa, portanto a onda senoidal se torna negativa também.





*Figura 5.49 – Uma curva senoidal de áudio é gerada por qualquer instrumento que usa uma coluna vibratória de ar como uma flauta. É um som suave e harmonioso.*

Por que esta curva particular aparece em tantos lugares e de tantas formas na natureza? Existem razões para isso na física, mas deixarei que você pesquise este tópico, se for de seu interesse. Voltando ao assunto da reprodução de áudio, o que importa é:

- A pressão estática no ar em torno de você é chamada **pressão ambiente**. Ela resulta do ar sendo puxado para baixo pela força da gravidade. (Sim, o ar tem peso.)
- Praticamente todo som consiste em uma onda que é maior que a pressão ambiente, seguida por uma onda que é menor que a pressão ambiente, como as ondas no oceano.
- Podemos representar as ondas maiores e menores de pressão por tensões que são relativamente altas e relativamente baixas, e por isso usei um fundo vermelho e azul na Figura 5.49.
- Qualquer som pode ser desmembrado em uma combinação de

ondas senoidais de frequências e amplitudes variáveis.

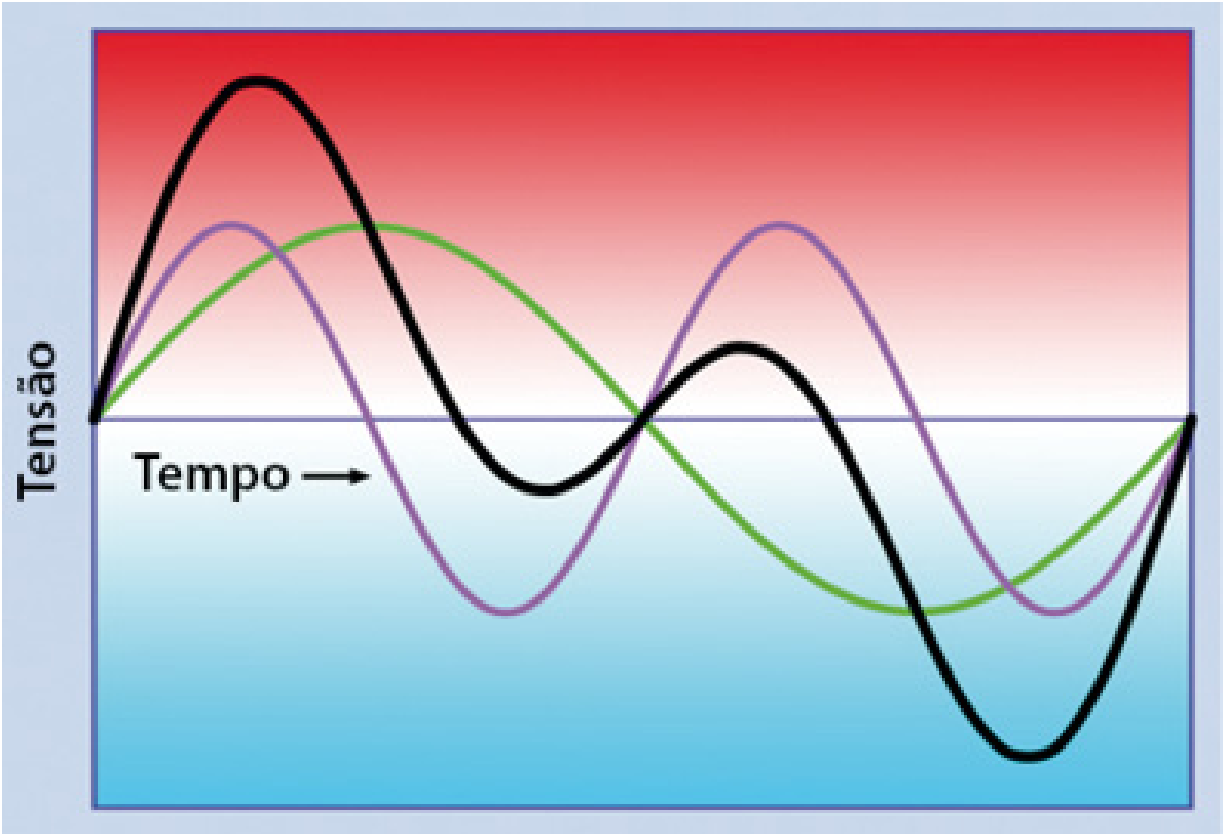
Ou, inversamente:

- Se você fizer a combinação correta de ondas senoidais de áudio, é possível criar *qualquer som*.

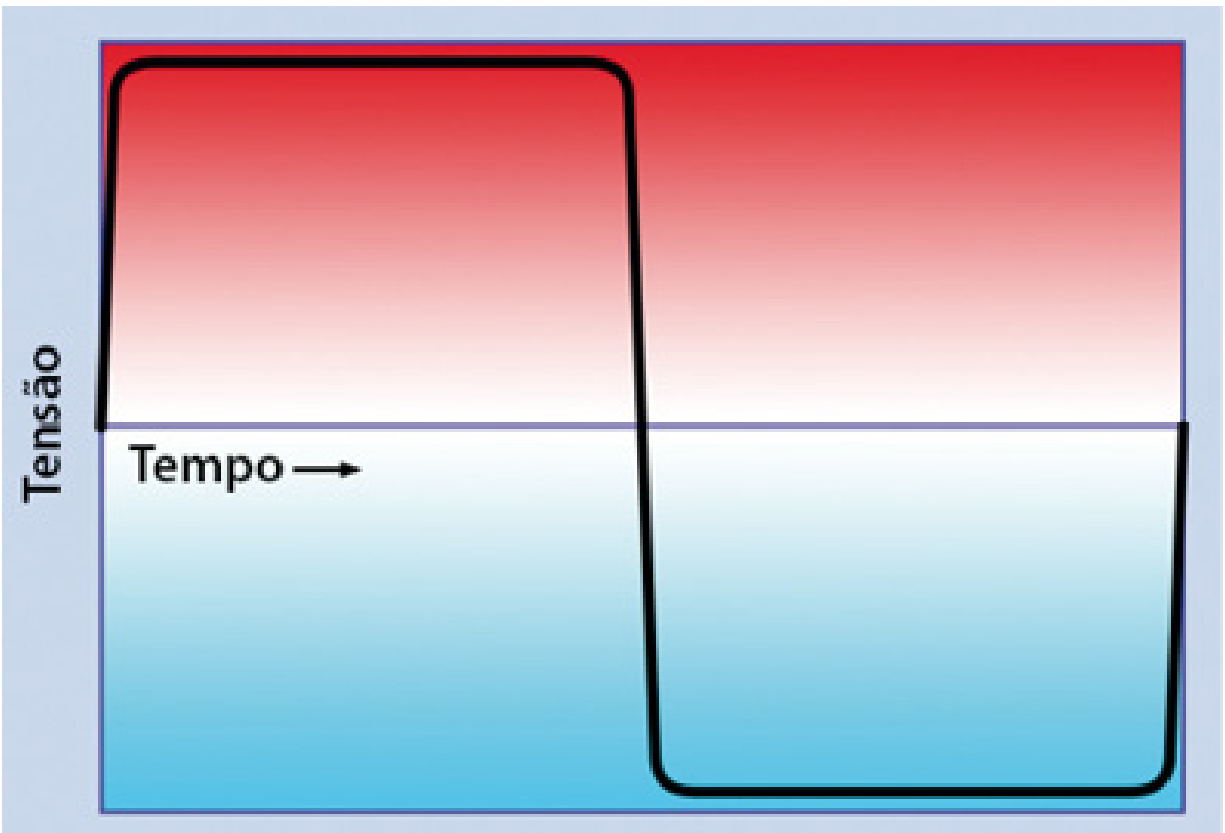
Suponha que há dois sons tocando simultaneamente. A Figura 5.50 mostra um som como uma curva roxa e outro como uma curva verde. Quando os dois sons se deslocam como ondas de pressão através do ar ou como correntes elétricas alternadas através de um fio, suas amplitudes somam-se para criar uma curva mais complexa, que é mostrada em preto. Agora tente imaginar dezenas ou mesmo centenas de frequências diferentes sendo somadas e você tem uma ideia da forma de onda complexa de um trecho de música.

Um timer 555 no modo astável cria uma *onda quadrada*. Isto porque a saída do timer alterna abruptamente entre os estados alto e baixo. O resultado é mostrado na Figura 5.51. Uma onda senoidal soa suave e melodiosa, já que varia suavemente. Uma onda quadrada tende a soar áspera e apresenta um “zumbido”. Este zumbido é na verdade composto de *harmônicas*, o que significa frequências que são o dobro ou mais da frequência básica.

Uma vez que uma onda quadrada contém harmônicas de alta frequência, ela é uma boa opção para testar filtros de áudio. Um filtro passa-baixa, que só permite frequências menores, removerá o zumbido ao arredondar as arestas da onda quadrada.



*Figura 5.50 – Quando duas ondas senoidais são geradas ao mesmo tempo (por exemplo, por dois músicos cada um tocando uma flauta), o som combinado cria uma curva composta. A frequência da onda senoidal roxa é o dobro da frequência da onda senoidal verde. A curva composta (linha preta) é a soma das distâncias das ondas senoidais em relação à base do gráfico.*



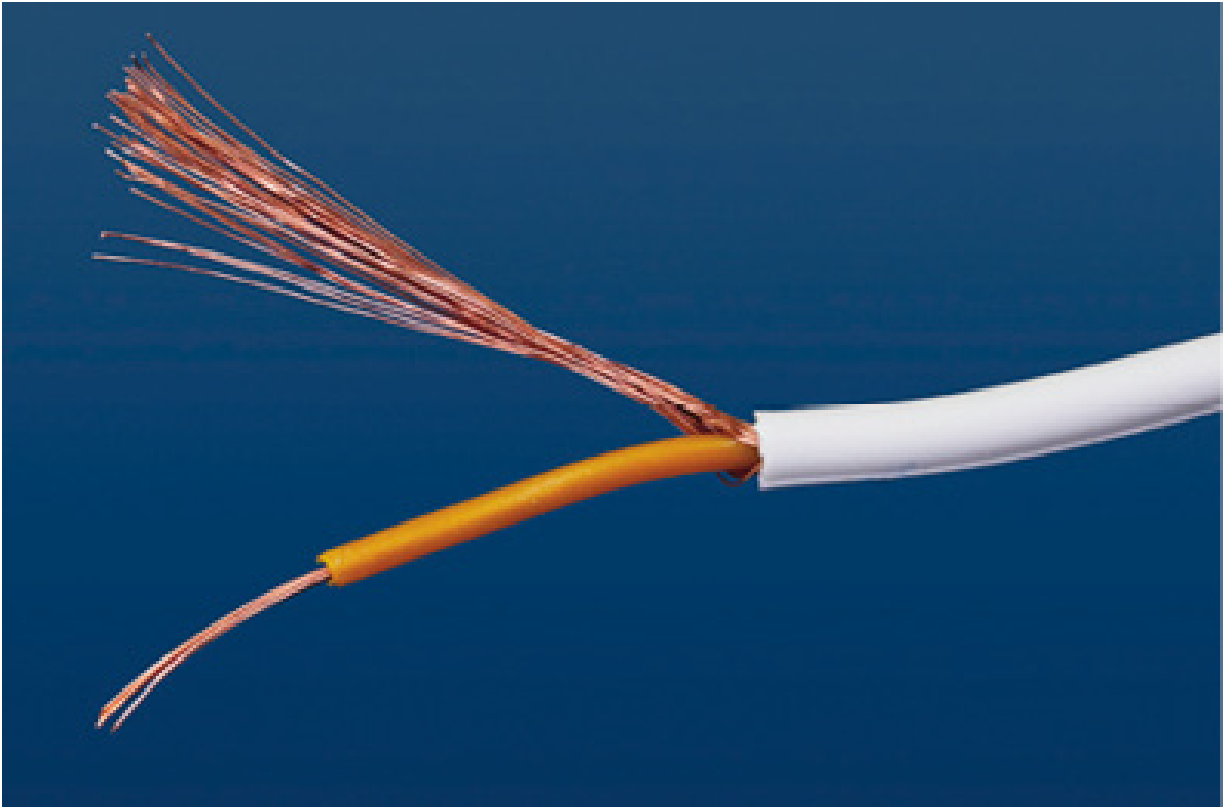
*Figura 5.51 – A onda quadrada que pode ser obtida usando um timer 555, que alterna sua saída abruptamente entre os estados alto e baixo.*

### Deformando um pouco de música

Você deve estar se perguntando: Se o LM386 é um amplificador de áudio, ele pode amplificar música? Sim, e, na verdade, é para isso que ele foi projetado. Você pode testar isso usando qualquer dispositivo de áudio com uma saída para fone de ouvido.

Lembre-se de que o LM386 é apenas um amplificador mono, portanto não será possível ouvir ambos os canais de áudio de seu reproduutor de música. Para obter apenas um deles, use um cabo com um conector de áudio miniatura em cada ponta. Corte uma delas, desencape o fio e você verá uma malha de fios finos, que é a blindagem do cabo, a ser conectada ao terra negativo. Dentro da blindagem haverá dois condutores levando os sinais para o canal direito e o canal esquerdo. Corte um deles (não importa qual) e jogue fora, mas não deixe que o condutor no pedaço residual de fio entre em curto com a blindagem.

Desencape o condutor restante. Os fios dentro dele são muito finos e você conseguirá lidar com eles mais facilmente neste experimento se acrescentar um pouco de solda. O resultado desejado é mostrado na Figura 5.52.



*Figura 5.52 – Um cabo de áudio desencapado para expor sua blindagem e um condutor. A blindagem se conecta com o terra negativo.*

Certifique-se de que a alimentação de seu circuito do amplificador esteja desligada e posicione todos os interruptores deslizantes para baixo. Remova o pedaço laranja de fio que conecta o pino 3 do timer 555 ao capacitor de 220  $\mu\text{F}$  abaixo dele. Você está tirando o timer 555 do circuito e usando o terminal positivo do capacitor C6 como seu ponto de entrada.

Use um de seus cabos de teste com clipe jacaré para se ligar ao terminal positivo do capacitor e prenda a outra ponta do cabo de teste ao condutor de áudio em seu cabo. Use o outro cabo de teste para conectar a blindagem do cabo ao terra negativo em seu circuito. É essencial que seu reproduzidor de música compartilhe o terra com

seu circuito amplificador.

Ligue o seu circuito, então ligue seu reproduutor de música e você deve ouvir música. Se ela estiver muito alta e distorcida, talvez seja preciso inserir um resistor de 1 K ou 10 K entre o fio de áudio do reproduutor de música e o terminal positivo do capacitor.

Assim que o volume estiver correto, você pode brincar com seus filtros passa-baixa e passa-alta para ver como eles afetam a música. Eles não a farão soar muito bonita, mas soará diferente.

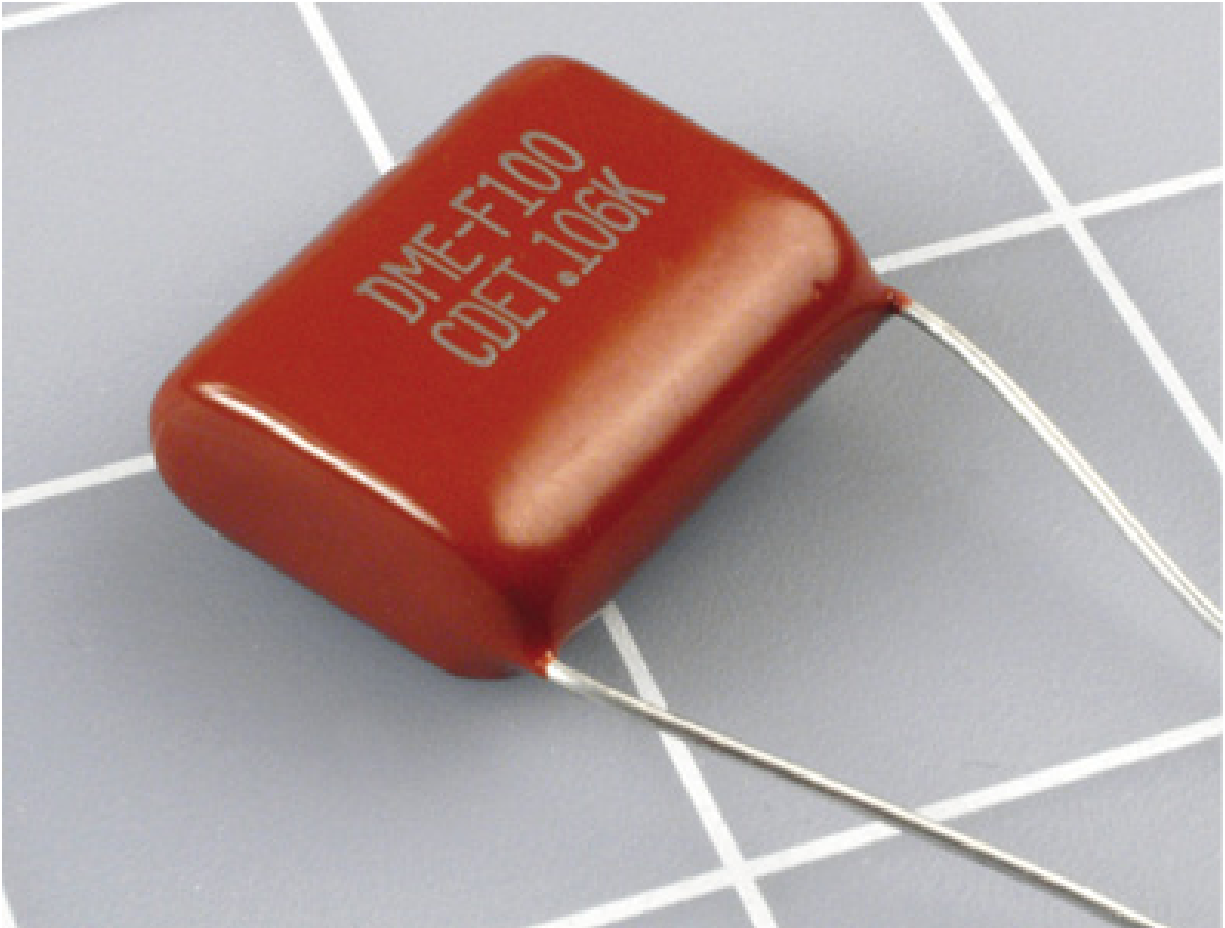
### Histórico: crossover

Em um sistema tradicional de áudio, cada gabinete do alto-falante contém dois drivers, um deles pequeno chamado *tweeter*, que reproduz altas frequências, e outro grande, conhecido como um *woofer*, que reproduz baixas frequências. (Sistemas modernos geralmente removem o woofer e o colocam em uma caixa separada que pode ser posicionada quase em qualquer lugar, pois o ouvido humano tem dificuldade em identificar a direção de sons de baixa frequência. Nesse sistema, o woofer pode ser chamado de *subwoofer*, pois ele é capaz de reproduzir frequências muito baixas.)

As frequências de áudio são divididas entre um tweeter e um woofer pela filtragem, de modo que o tweeter não tenta lidar com frequências baixas e o woofer é protegido das frequências altas. O circuito que cuida disso é chamado de “crossover” e os verdadeiros amantes de áudio são conhecidos por construir seus próprios crossovers (especialmente para uso em sistemas automotivos) para funcionar com alto-falantes de sua preferência em gabinetes que eles mesmos projetam e constroem.

Se você quiser construir um crossover, deve usar capacitores de poliéster de alta qualidade (que não têm polaridade, duram mais que os eletrolíticos e são de melhor qualidade) e uma bobina com o número certo de voltas e o tamanho certo para cortar as altas frequências no ponto adequado. A Figura 5.53 mostra um capacitor de poliéster, enquanto a Figura 5.54 mostra uma bobina de crossover de áudio que comprei no eBay por \$6. Estava curioso para

saber o que havia dentro dela, por isso eu a desmontei.



*Figura 5.53 – Alguns capacitores não eletrolíticos não têm polaridade, como este capacitor de filme de poliéster de alta qualidade.*

Primeiro eu descasquei a fita de vinil preta que recobria a bobina. Dentro havia fio magnético típico, fio de cobre com um revestimento fino de shellac ou plástico semitransparente, como mostrado na Figura 5.55. Eu desenrolei o fio e contei o número de voltas.



*Figura 5.54 – Que componentes exóticos podemos encontrar dentro deste componente de áudio de ponta?*





*Figura 5.55 – A fita preta é removida, revelando uma bobina de fio magnético.*

A Figura 5.56 mostra o fio e o carretel no qual ele estava enrolado.

Aqui está a especificação para esta bobina particular em um crossover de áudio. Doze metros de fio magnético de cobre 20 AWG enrolado 200 vezes em torno de um pequeno carretel de plástico.

Conclusão: há muita mística em torno de componentes de áudio. Seu preço é frequentemente muito elevado e você consegue fazer sua própria bobina se começar com esses parâmetros e ajustá-los de acordo com sua necessidade.



*Figura 5.56 – A bobina do crossover de áudio consiste em um carretel de plástico e algum fio. Nada mais.*

Suponha que você queira instalar uns alto-falantes de graves potentes em seu carro. Você poderia construir seu próprio filtro para que eles só reproduzissem frequências baixas? Absolutamente, basta enrolar uma bobina, acrescentando mais voltas até que ela corte tantas frequências altas quantas você quiser. Certifique-se de que o fio seja grosso o suficiente para não sobreaquecer quando receber 100 ou mais watts de áudio.

Aqui está outro projeto a ser considerado: um órgão de cores. Você pode utilizar a saída de seu estéreo e usar filtros para dividir as frequências de áudio em três seções, cada uma alimentando um conjunto separado de LEDs coloridos. Os LEDs vermelhos piscarão em resposta aos tons graves, os LEDs amarelos em resposta às frequências médias e os LEDs verdes em resposta às frequências altas (ou as cores de sua preferência). Você pode colocar diodos de sinal em série com os LEDs para retificar a corrente alternada, e

resistores em série para limitar a tensão nos LEDs para, digamos, 2,5 volts (quando o volume da música estiver no máximo). Você usará seu multímetro para verificar a corrente que atravessa cada resistor e multiplicar esse número pela queda de tensão no resistor, para calcular a potência com a qual ele está lidando e ter certeza de que o resistor é capaz de dissipar tanta potência sem queimar.

Áudio é um campo que oferece todo tipo de possibilidades se você gosta de projetar e construir seus próprios dispositivos eletrônicos.

## Experimento 30: Distorcendo as coisas

Vamos tentar outra variante do circuito do Experimento 29. Isso demonstrará outro atributo fundamental de áudio: distorção.

### O que será necessário

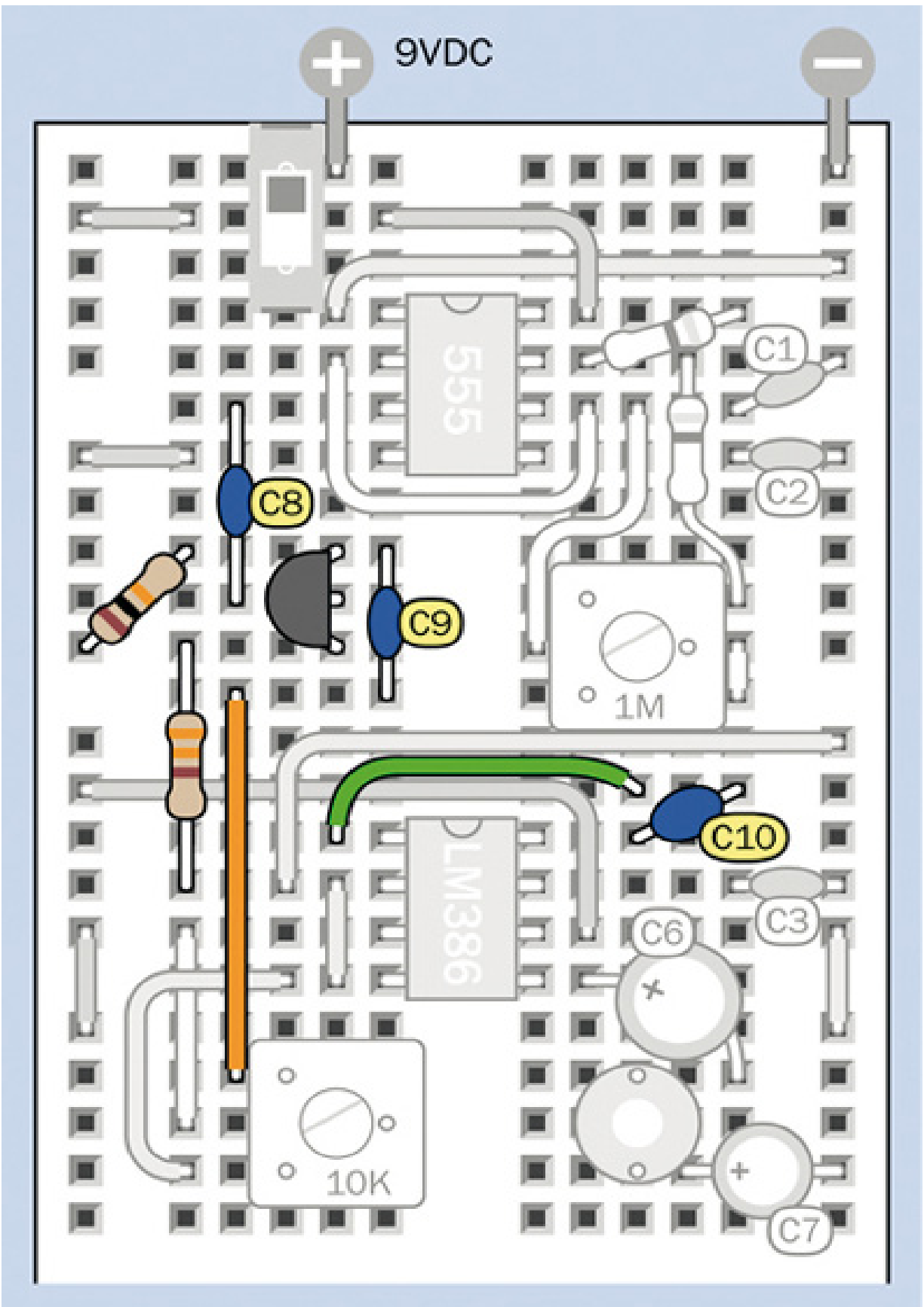
- O circuito na matriz de contato do Experimento 29, mais:
- Transistor 2N2222 (1)
- Resistores: 330 ohms (1), 10 K (1)
- Capacitores: 1  $\mu$ F (2) e 10  $\mu$ F (1)

### Modificações

As modificações no circuito são mínimas. Você precisa acrescentar um transistor, dois resistores e três capacitores. A Figura 5.57 mostra os novos componentes na parte superior da matriz de contato, com os componentes preexistentes em cinza.

A Figura 5.58 mostra os mesmos componentes e seus valores, na seção relevante do diagrama, com os outros componentes omitidos.

O transistor 2N2222 sobrecarrega a entrada do LM386, enquanto os capacitores de 1  $\mu$ F, C8 e C9 limitam as frequências baixas para enfatizar o efeito distorcido.

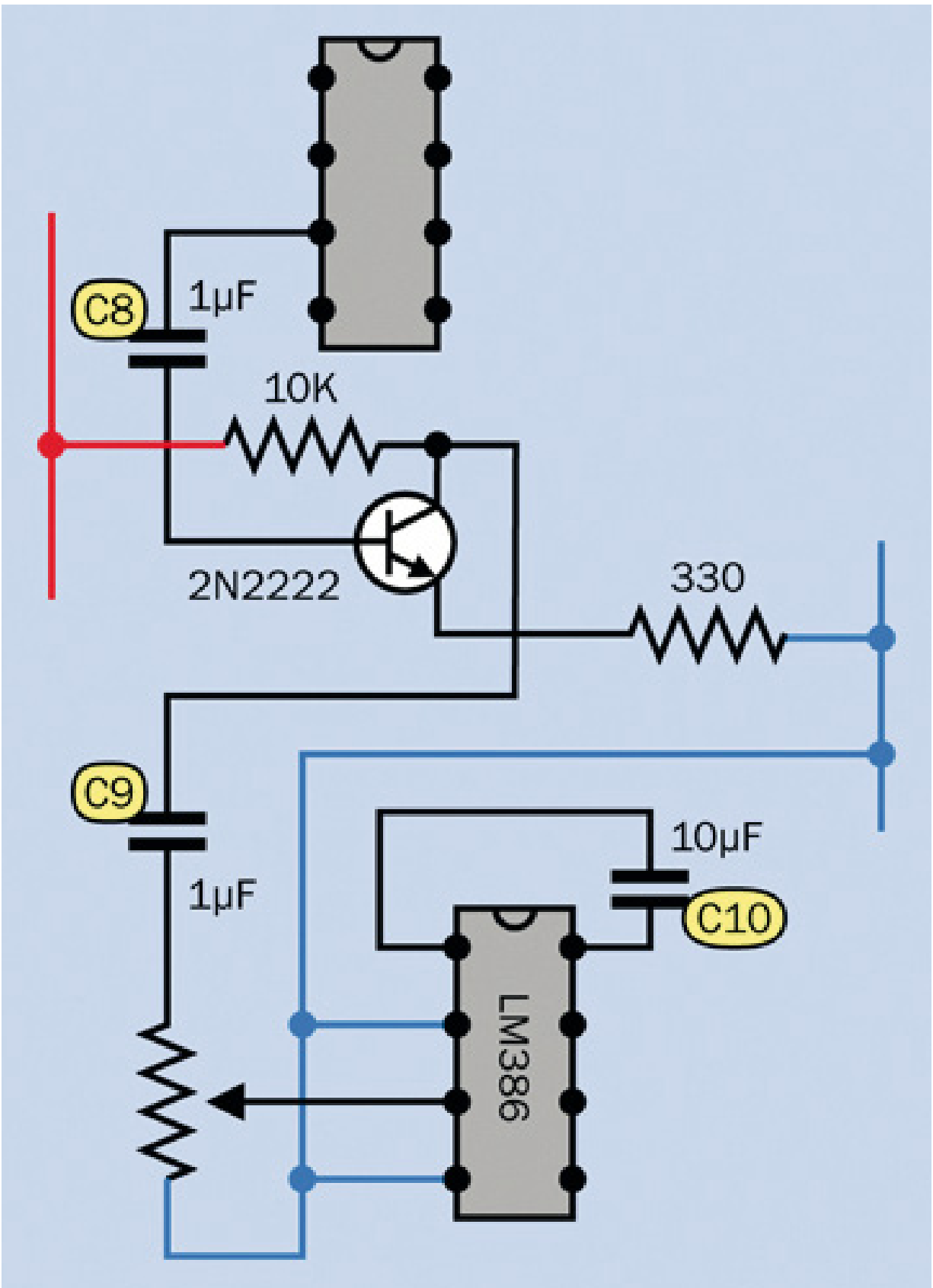


*Figura 5.57 – Modificações no circuito do Experimento 29, acrescentando mais distorção.*

A finalidade do C10 é aumentar a potência do LM386. Esta é uma característica do chip: se você acrescentar um capacitor entre o pino 1 e o pino 8, a potência do amplificador pode aumentar de 20:1 para 200:1.

Assim, de duas formas separadas esse pequeno e infeliz chip amplificador está sendo forçado a fazer mais que seus projetistas pretendiam. É claro que ele irá reclamar desse tratamento cruel.

Faça as modificações e ligue a energia. Anteriormente, a saída tinha um zumbido, pois era basicamente uma onda quadrada. No entanto, se você experimentar com o trimpot de 10 K e de 1 M, é possível fazer a saída gritar no estilo de Jimmy Hendrix.



*Figura 5.58 – Os componentes adicionais, com valores.*

Se o resultado for muito extremo, você pode remover o resistor de 330 ohms e substituí-lo por um de valor um pouco maior. E o que está acontecendo exatamente?

### Histórico: clipping (recorte)

Nos primórdios do som “hi-fi” (high-fidelity, ou alta fidelidade) os engenheiros trabalharam duro para aperfeiçoar o processo de reprodução de áudio. Eles queriam que a forma de onda na saída do amplificador fosse idêntica à forma de onda na entrada, a única diferença sendo a amplitude maior para ter a potência suficiente para alimentar os alto-falantes. A mínima distorção da forma de onda era inaceitável.

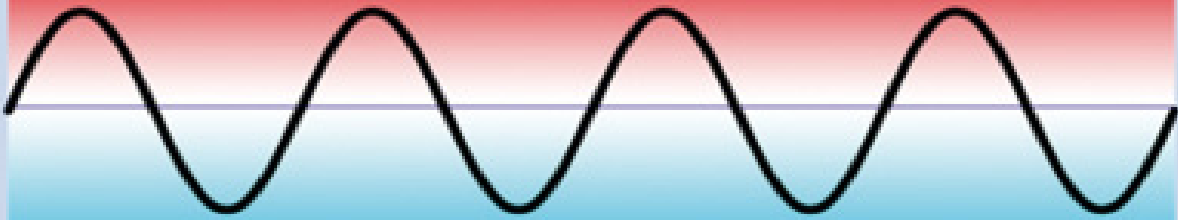
Mal sabiam que seus amplificadores de tubo, lindamente projetados, seriam abusados por uma nova geração de guitarristas de rock, cuja intenção era criar o máximo de distorção possível.

Se você forçar um tubo de vácuo, ou um transistor, a amplificar uma onda senoidal além da capacidade do componente, ele fica sem potência e “recorta” a parte superior e inferior da curva. Isto a torna mais parecida com uma onda quadrada, e como expliquei no Experimento 29, uma onda quadrada significa um som áspero com zumbido. Para os guitarristas de rock que queriam acrescentar um aspecto moderno à sua música, a aspereza é uma característica desejável.

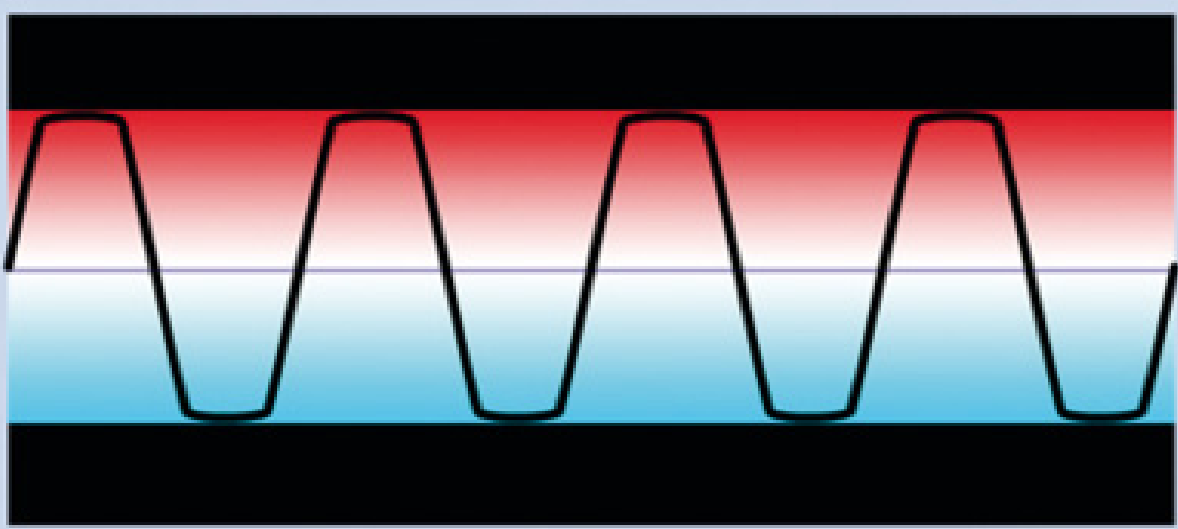
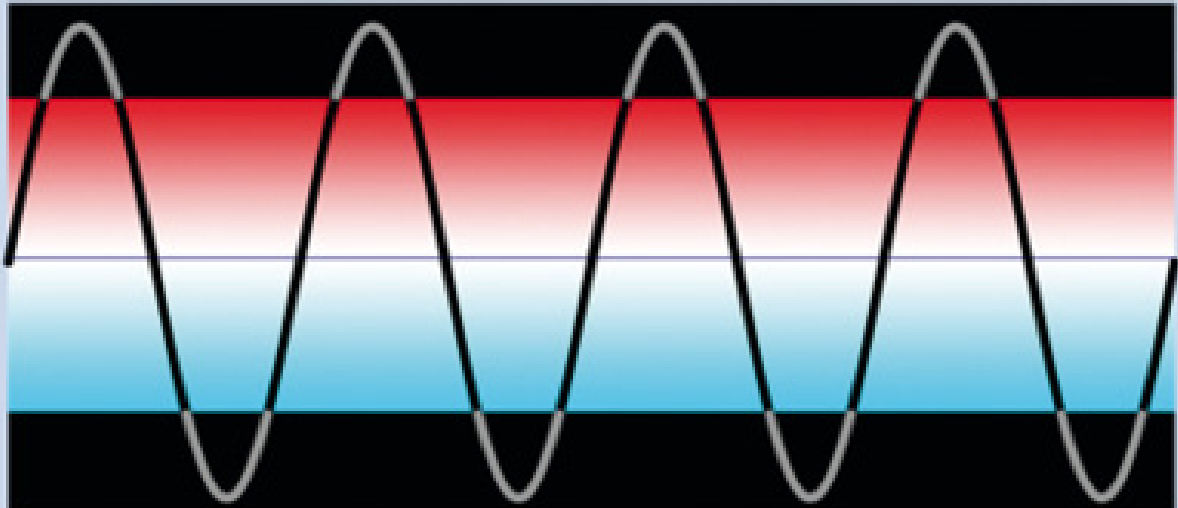
A sequência na Figura 5.59 mostra o que acontece. Enquanto a saída ficar dentro dos limites de tensão do amplificador, o sinal pode ser reproduzido fielmente. Porém, no segundo quadro da sequência, a entrada do amplificador cresceu a tal ponto que a saída excederia os limites (sugerido pelas seções cinza da curva). Uma vez que o amplificador tem uma quantidade limitada de potência disponível, ele recorta o sinal, como mostrado no terceiro quadro da sequência.

Para guitarristas de rock recortar o som era legal e as “stomp boxes” foram introduzidas para criar o efeito. Um dos primeiros exemplos é mostrado na Figura 5.60.

Limite superior de potência



Limite inferior de potência





*Figura 5.59 – Quando uma onda senoidal (parte superior) passa por um amplificador que é configurado além do limite de seus componentes, o amplificador corta a onda (parte inferior).*



*Figura 5.60 – Este pedal Vox Wow-Fuzz foi uma das primeiras “stomp boxes”, que deliberadamente induziam o tipo de distorção que engenheiros de áudio tinham tentado eliminar por décadas.*

### Histórico: origens da “stomp-box”

O Ventures gravou o primeiro compacto a usar uma “fuzz box”, chamado “The 2,000 Pound Bee”, em 1962. Realmente um dos instrumentais mais terríveis de todos os tempos, ele usava distorção como um maneirismo e deve ter feito os outros músicos concluírem que este tipo de som estaria destinado ao esquecimento.

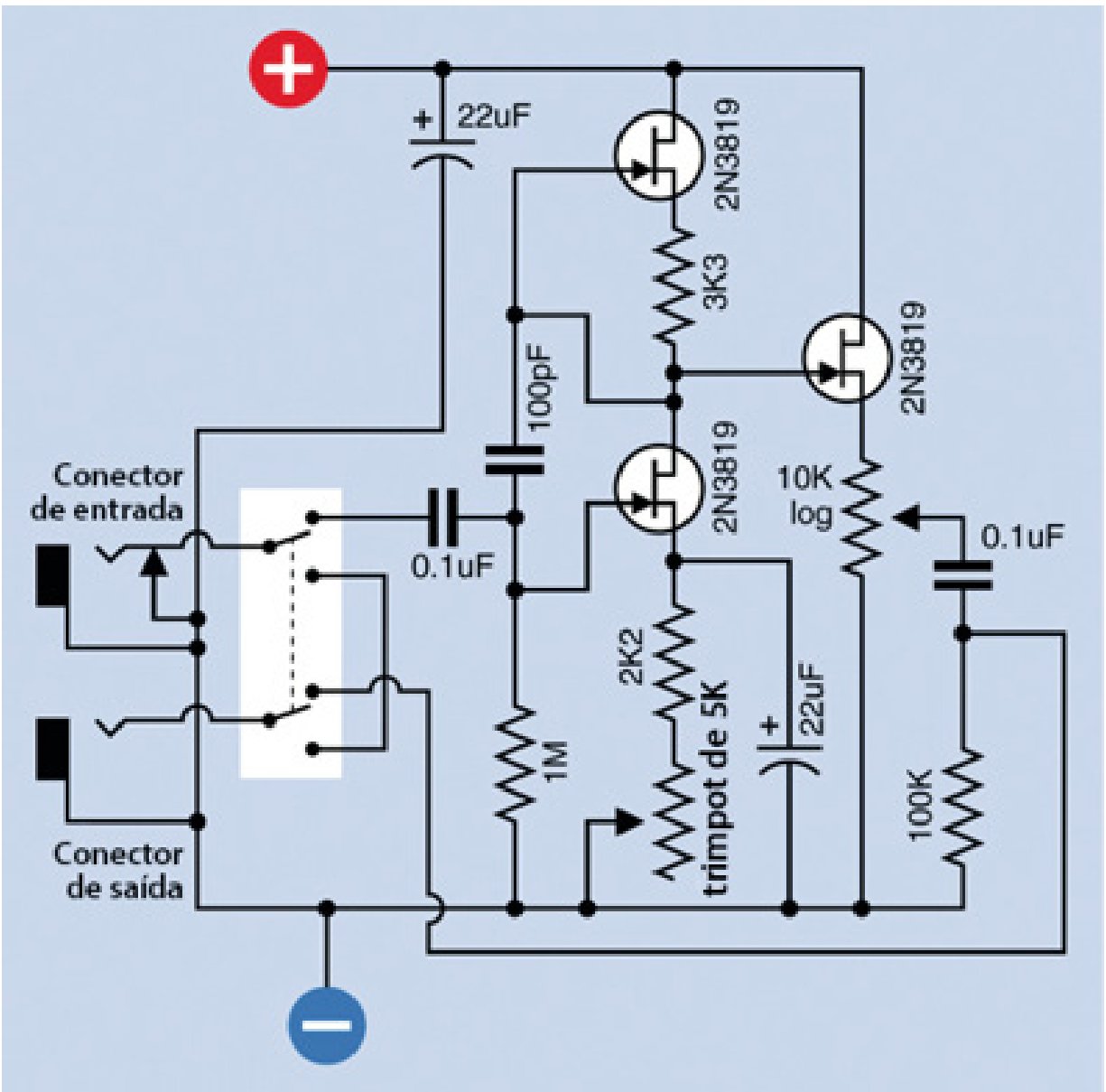
Aí Ray Davies do Kinks começou a experimentar com distorção, inicialmente ligando a saída de um amplificador à entrada de outro, supostamente durante a gravação de seu sucesso “You Really Got Me”. Isto sobrecarregou a entrada e criou um recorte que soava

mais aceitável musicalmente. Daí foi um pulo para o Keith Richards usar uma Gibson Maestro Fuzz-Tone quando os Rolling Stones gravaram “(I Can’t Get No) Satisfaction”, em 1965.

Hoje você encontra milhares de defensores promovendo diferentes mitologias sobre a distorção “ideal”. Na Figura 5.61, eu incluí um diagrama de Flavio Dellepiane, um projetista de circuito italiano que disponibiliza seu trabalho (com uma ajudinha do Google AdSense).

Flavio é um Maker autodidata, tendo adquirido grande parte de seu conhecimento em revistas de eletrônica como a antiga publicação inglesa *Wireless World*. No circuito de “fuzz” que estou incluindo, ele usa um amplificador de altíssimo ganho, que consiste em três transistores de efeito de campo (FETs), que imitam muito de perto a onda quadrada típica de um amplificador de tubo sobrecarregado.

Flavio oferece dezenas de outros diagramas em seu site, desenvolvidos e testados com um osciloscópio de traço duplo, um oscilador senoidal de baixa distorção (para oferecer aos dispositivos de áudio uma entrada “limpa” antes de abusar dela), medidor de distorção e voltímetro de áudio de precisão. Este último item e o oscilador foram construídos segundo seus próprios projetos, e ele também disponibiliza seus diagramas. Assim, seu site oferece um local único para os entusiastas de eletrônica de áudio doméstico em busca de um aprendiz autodidata.



*Figura 5.61 – Este circuito projetado pelo Flavio Dellepiane usa três transistores para simular o tipo de distorção que costumava ser criada pela sobrecarga da entrada de um amplificador de tubo.*

Antes do “fuzz”, havia “tremolo”. Muitas pessoas confundem isso com vibrato, portanto vamos esclarecer a diferença:

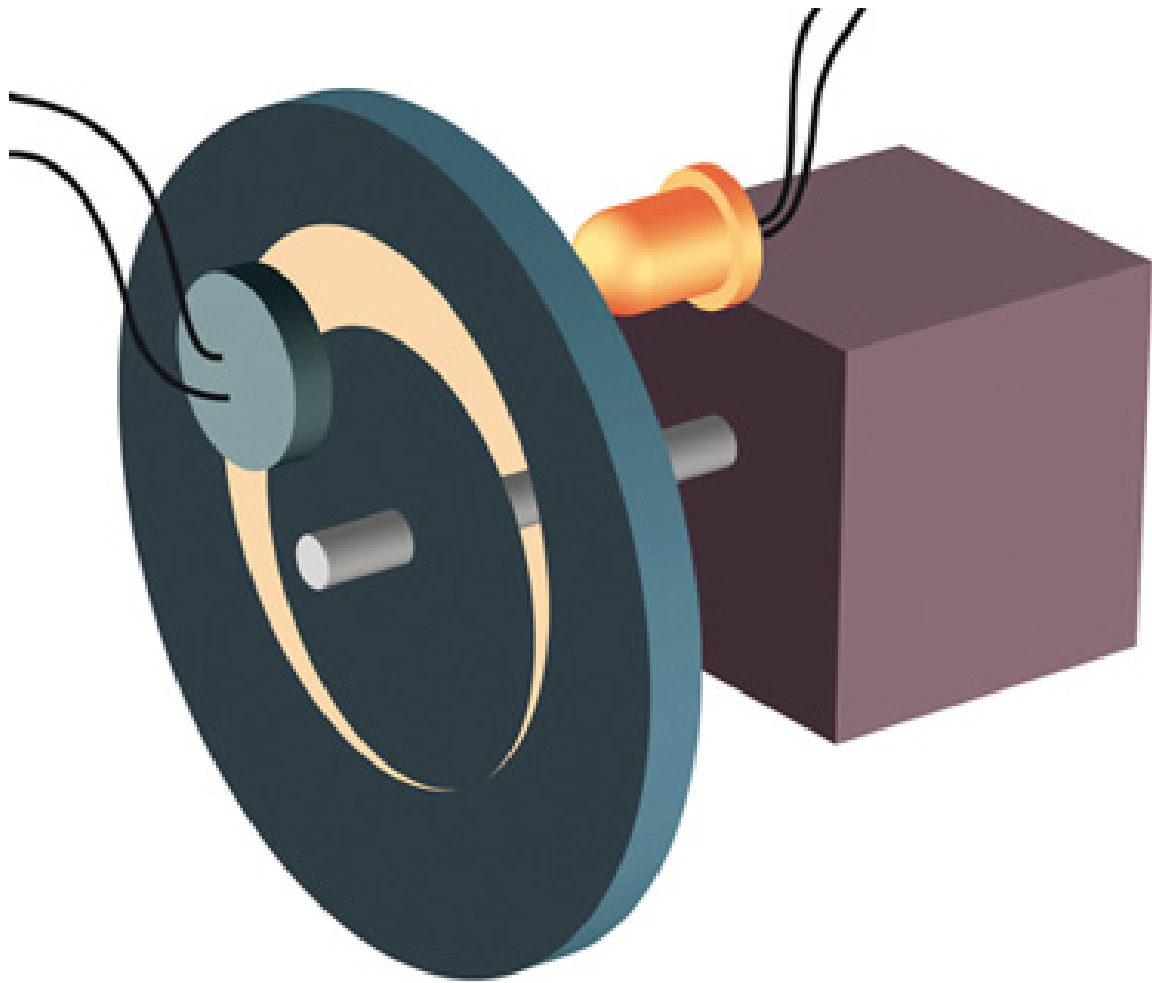
- Vibrato aplicado a uma nota faz a frequência oscilar para cima e para baixo, como um guitarrista estivesse dobrando as cordas.
- “Tremolo” aplicado a uma nota faz seu volume flutuar, como se alguém estivesse aumentando e diminuindo o volume de guitarra elétrica rapidamente.

Harry DeArmond vendeu a primeira caixa de “tremolo”, que ele chamou de Trem-Trol. Parecia um antigo rádio portátil, com dois sintonizadores na frente e uma alça em cima. Talvez em uma tentativa de reduzir custos, DeArmond não usou componentes eletrônicos. Seu Trem-Trol radical continha um motor equipado com um eixo cônico, com uma roda de borracha pressionando-o. A velocidade da roda variava quando você girava um botão para reposicioná-la para cima ou para baixo no eixo. A roda, por sua vez, gira uma pequena cápsula de “fluido hidráulico”, no qual estão imersos dois fios levando o sinal de áudio. À medida que a cápsula balança de um lado para o outro, o fluido também chapinha de um lado para o outro e a resistência entre os eletrodos flutua. Isto modulava a saída de áudio.

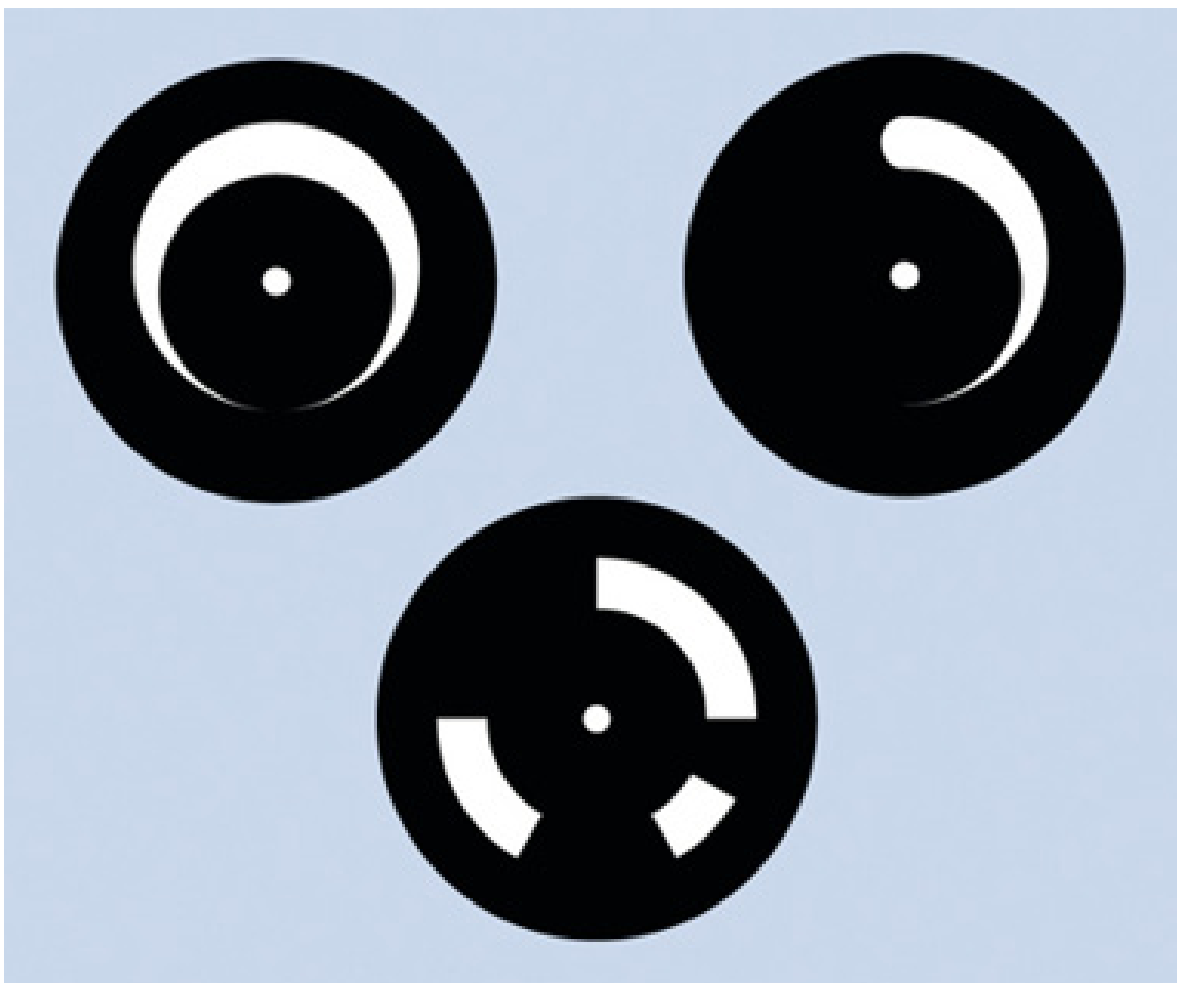
Hoje Trem-Trols são objetos de colecionador. Johann Burkard publicou online um MP3 de seu DeArmond Trem-Trol para que você possa realmente ouvi-lo.

A ideia de usar uma fonte mecânica para modificar som eletrônico não terminou aí. Os órgãos Hammond originais derivavam seu som único e rico de um conjunto de rodas dentadas giradas por um motor. Cada roda criava uma indutância flutuante em um sensor, como a cabeça de gravação de um toca-fitas.

É divertido pensar em outras possibilidades para “stomp boxes” movidas a motor. Voltando ao “tremolo”: imagine um disco transparente mascarado com tinta preta, exceto por uma faixa circular que afunila em cada extremidade. Enquanto o disco gira, se você iluminar uma foto transistor com um LED brilhante através da faixa transparente, você terá a base de um dispositivo “tremolo”. Você também pode criar efeitos “tremolo” inéditos mantendo uma biblioteca de discos com diferentes padrões de faixas. A Figura 5.62 mostra o que tenho em mente, enquanto a Figura 5.63 sugere alguns padrões de disco. Pensando em um desafio real de fabricação, que tal um trocador automático de discos?



*Figura 5.62 – Um hipotético gerador de “tremolo” neoeletromecânico.*



*Figura 5.63 – Diferentes padrões de faixas podem ser usados para criar vários efeitos “tremolo”.*

No mundo da eletrônica de estado sólido, os atuais guitarristas podem escolher entre uma infinidade de efeitos, todos podendo ser construídos em casa usando projetos disponíveis online. Para referência, consulte estes livros especializados:

[\*Analog Man's Guide to Vintage Effects\*](#) (O Guia do Homem Analógico para Efeitos Vintage), de Tom Hughes (For Musicians Only Publishing, 2004). Este é um guia para qualquer “stomp box” e pedal vintage que você possa imaginar.

[\*How to Modify Effect Pedals for Guitar and Bass\*](#) (Como Modificar Pedais de Efeitos para Guitarra e Baixo), de Brian Wampler (Custom Books Publishing, 2007). Este é um guia extremamente detalhado para iniciantes com nenhum ou pouquíssimo conhecimento anterior.

Atualmente ele está disponível apenas para download em sites como Open Library, mas talvez você encontre edições impressas usadas em sebos se pesquisar pelo título e autor.

Claro que você pode sempre usar um atalho e gastar algumas centenas de dólares em “stomp boxes” de prateleira, que usam processamento digital para emular efeitos de distorção, metal, “fuzz”, coro, “phaser”, “flanger”, “tremolo”, atraso, reverberação e vários outros, tudo em um pacote conveniente. Puristas, é claro, dirão que eles “não soam exatamente iguais”, mas esta não é a questão. Alguns de nós simplesmente não ficamos satisfeitos até construirmos nossa própria “stomp box” e então adaptá-la até encontrar um som que seja todo nosso e não algo que se encontre em alguma prateleira.

### Experimento 31: Um rádio, sem solda e sem alimentação

Voltando ao princípio da indutância, quero mostrar como ele pode resultar em um circuito simples que recebe sinais de rádio AM sem uma fonte de alimentação. Isto é normalmente conhecido como rádio de galena, porque os exemplos mais antigos usavam um cristal de mineral natural que funcionava como um semicondutor. A ideia teve origem no nascimento das telecomunicações, mas se você nunca testou um desse deixou de ter uma experiência realmente mágica.

#### O que será necessário

- Objeto rígido cilíndrico, diâmetro de aproximadamente 3 polegadas (7,5 cm), como uma garrafa de vitamina ou garrafa de água (1)
- Fio 22 AWG, 18 m no mínimo
- Fio mais grosso, de preferência 16 AWG, 15 a 30 m (este fio pode ser trançado e você pode tentar uma espessura menor para reduzir o custo, embora seu rádio talvez não consiga sintonizar muitas estações)
- Corda de polipropileno ou náilon, 3 m
- Diodo de germânio (1)

- Fone de ouvido de alta impedância (1)
- Cabo de teste (1)
- Clipes do tipo jacaré (3) ou cabos de teste extra

Opcional:

- Fonte de alimentação de 9 volts (bateria ou adaptador AC)
- Chip amplificador LM386
- Pequeno alto-falante (2" aceitável)

O diodo e o fone de ouvido podem ser encomendados pelo catálogo da Scitoys. Um fone de ouvido de alta impedância também está disponível na amazon.com.

### Passo 1: a bobina

Você precisa criar uma bobina que entrará em ressonância com as transmissões de rádio na faixa de onda AM. A bobina consistirá em 65 voltas de fio 22 AWG, medindo aproximadamente 18 m.

Você pode enrolar a bobina em torno de uma garrafa plástica vazia, desde que ela tenha lados paralelos e um diâmetro constante próximo de 7,5 cm. Uma garrafa de água serve, se ela não for feita de plástico muito fino que se deforma facilmente quando estiver sob pressão.

Eu tinha uma garrafa de vitamina de tamanho exato. Nas fotos você percebe que ela não tem etiqueta. Eu amoleci o adesivo da etiqueta com o soprador térmico (de leve para evitar derreter a garrafa) e então o arranquei. Parte do adesivo restante foi removida com um pouco de solvente.

Depois de preparar a garrafa limpa e rígida, use um objeto pontiagudo como um furador ou prego para fazer dois pares de furos nela, como mostrado na Figura 5.64. Os furos serão usados para prender as extremidades da bobina.

Desencape a extremidade de seu fio e prenda-o em um dos pares de furos, como mostrado na Figura 5.65. Agora dê cinco voltas de fio em torno da garrafa e impeça que ele desenrole aplicando um pequeno pedaço temporário de fita adesiva. Fita adesiva ou fita

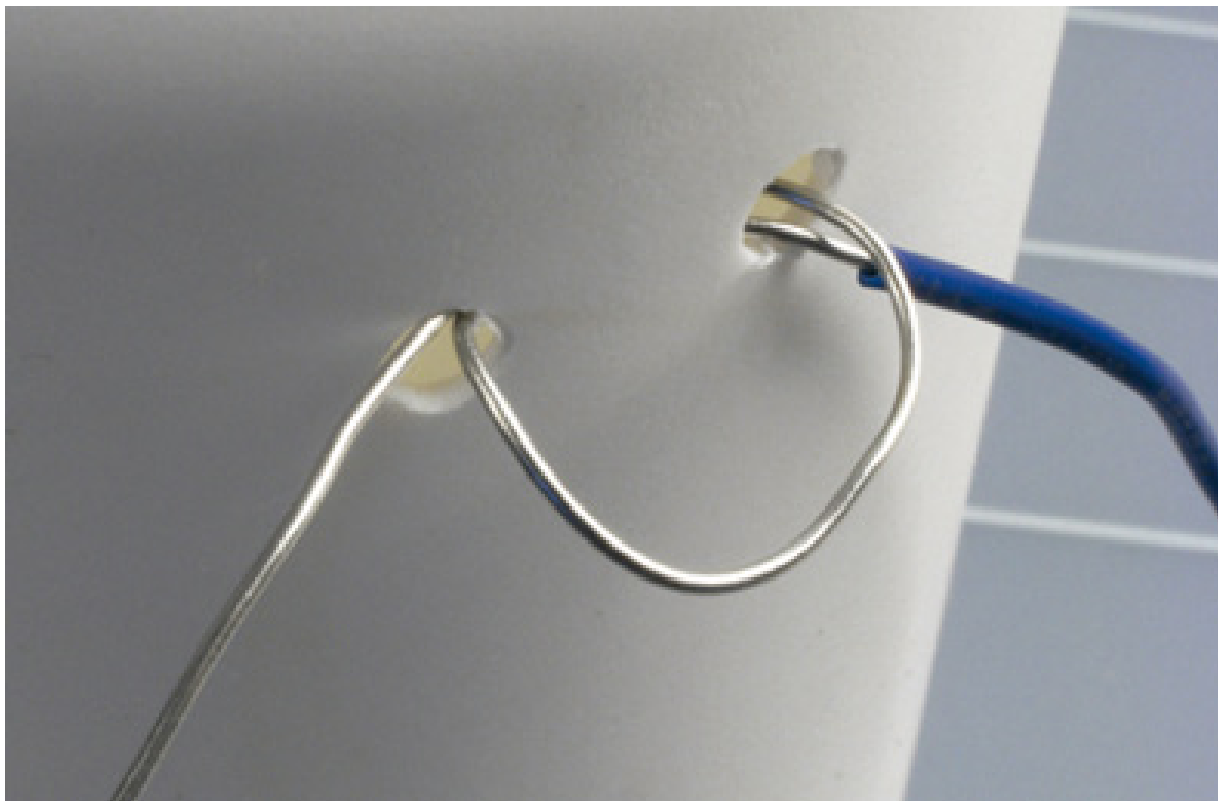


Scotch normal serve. Fita “mágica” não é forte o suficiente e será difícil de remover.

Agora você precisa desencapar 1,2 cm de fio. A ideia é que você possa acessar a bobina neste ponto. Usando seu descascador de fios, faça uma incisão na isolação do fio e puxe o revestimento plástico da sua incisão. Veja a Figura 5.66.



*Figura 5.64 – Os furos irão prender o fio enrolado em torno da garrafa.*



*Figura 5.65 – Prenda uma extremidade do fio em um par de fios.*



*Figura 5.66 – Use seu descascador de fios e polegar para remover cerca de 1,2 cm de isolante.*

O próximo passo é torcer o fio exposto em forma de laço para que ele possa ser acessado facilmente e evitar que a isolação feche. Veja a Figura 5.67.



*Figura 5.67 – Crie um laço na seção de fio que está exposta.*

Você acabou de criar um **ponto de contato** em sua bobina. Remova o pedaço de fita isolante usado para segurar temporariamente as cinco primeiras voltas e dê mais cinco voltas em torno da garrafa. Aplique a fita novamente e crie outro ponto de contato. Você precisará de um total de 12 deles. Não importa que eles não estejam alinhados entre si com precisão. Quanto tiver feito o último ponto de contato, dê mais cinco voltas na garrafa e então corte o fio. Dobre a ponta em formato de U com cerca de 1,2 cm de diâmetro para que você possa prendê-lo no par de furos que você fez na extremidade da garrafa. Puxe o fio através do furo e dê uma volta para criar um ponto de ancoragem seguro.

Minha bobina em torno da garrafa de vitamina é mostrada na Figura 5.68.

Seu próximo passo é configurar uma antena, que será uma seção de fio o mais grosso e comprido possível. Se você morar em uma casa com quintal, é fácil: basta abrir uma janela, lançar um carretel de fio

16 AWG segurando a ponta livre e então sair e prender sua antena usando corda de polipropileno ou náilon, disponível em qualquer loja de hardware, para fixar o fio em qualquer árvore, calha ou poste disponível. O comprimento total do fio deve ser entre 15 m a 30 m. Quando ele entrar pela janela, suspenda-o em outro pedaço de corda. A ideia é manter sua antena de fio o mais longe possível do chão ou de objetos aterrados.



*Figura 5.68 – A bobina completa, presa firmemente em torno da garrafa.*

Se você não tiver um quintal acessível, você pode prender sua antena dentro de casa, usando a corda de náilon, em batentes de janelas, maçanetas ou qualquer coisa que o mantenha longe do chão. A antena não precisa estar em linha reta; na verdade ela pode percorrer todo o quarto.

**Cuidado: alta tensão!**

O mundo ao nosso redor é cheio de eletricidade. Normalmente não nos damos conta dela, mas uma tempestade nos lembra de que existe um enorme potencial elétrico entre o chão sob nós e as nuvens.

Se você instalar uma antena externa, nunca a use se houver risco de raios. Isto pode ser extremamente perigoso. Desconecte a extremidade interna da antena, leve-a para fora e enfie a ponta no chão por segurança.

### Antena e terra

Use um cabo de teste jacaré para conectar a extremidade de sua antena com a parte superior da bobina que você construiu.

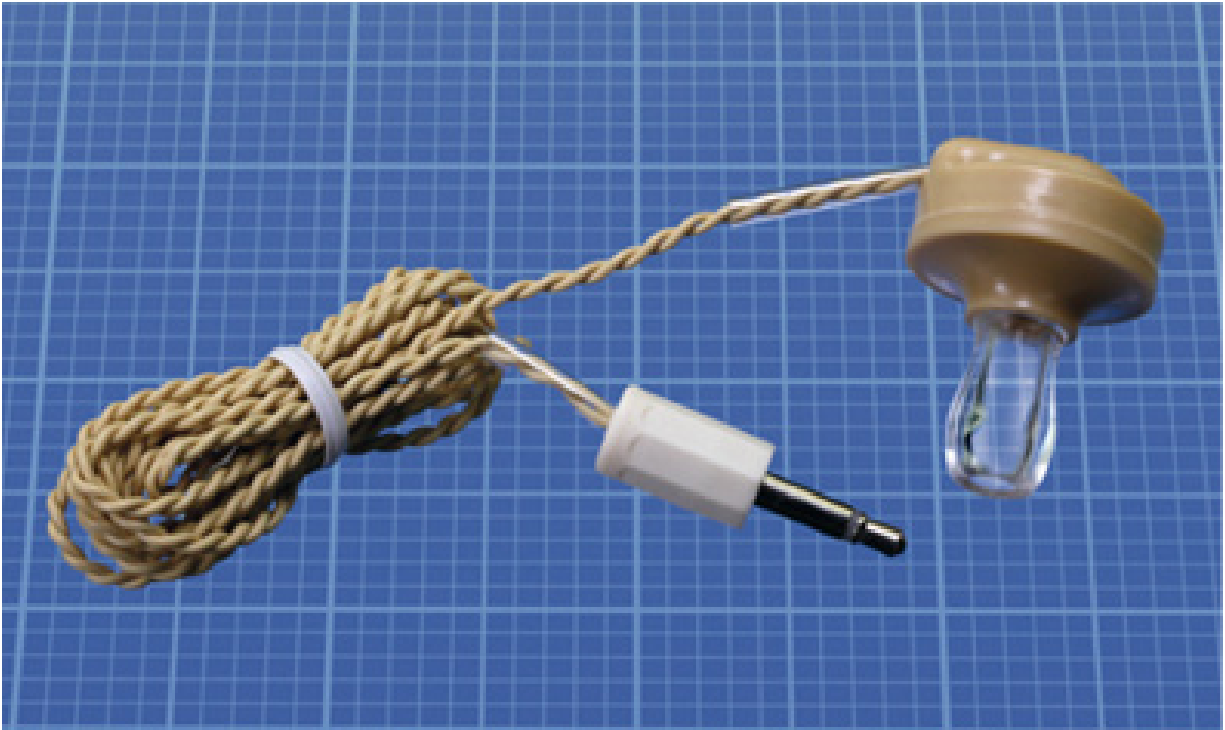
Em seguida é preciso estabelecer um fio terra. Ele precisa literalmente conectar com a terra do lado de fora. Idealmente, você deveria enterrar alguns metros de fio desencapado em terra úmida e macia, embora isso possa ser problemático se você mora em uma área deserta como eu. Se você usar uma haste de aterramento do tipo que é vendida em lojas de materiais elétricos para aterrar equipamento de solda, cuidado onde você irá enterrá-la, pois você não quer que ela atinja algum conduíte oculto.

Um tubo de água fria é frequentemente sugerido como uma boa conexão com o terra, mas isso só funciona, óbvio, se o tubo for de metal. Mesmo que o encanamento de sua casa seja de cobre, uma seção pode ter sido consertada e substituída por plástico em algum momento do passado.

Provavelmente a opção mais confiável é ligar o fio ao parafuso de um espelho de tomada, já que o sistema elétrico de sua casa estará aterrado. Porém, certifique-se de aterrar o fio com segurança para que não haja riscos nenhum de ele tocar os soquetes da tomada. Eu preferiria não inserir o fio terra no soquete de terra da tomada, porque há risco de ele tocar o soquete energizado por engano.

Agora você precisa de alguns itens difíceis de encontrar: um diodo de germânio, que funciona como um diodo baseado em silício, mas é mais adequado para tensões e correntes muito pequenas, com as

quais lidaremos, e um fone de ouvido de alta impedância. O tipo de fone de ouvido que você usa com aparelhos portáteis de áudio não funciona aqui; ele precisa ser um item antigo, como o mostrado na Figura 5.69. Se ele tiver um plugue na extremidade, você precisará cortá-lo e então cuidadosamente desencapar a ponta de cada fio.



*Figura 5.69 – Este é o tipo de fone de ouvido que você precisa para um rádio sem alimentação.*

As partes são montadas com cabos de teste e cliques jacaré, como mostrado na Figura 5.70. A versão para o mundo real que eu construí não é tão elegante quanto o diagrama, mas as conexões são as mesmas, como mostrado na Figura 5.71. Observe que o cabo de teste na parte inferior pode se prender a qualquer um dos pontos de contato em sua bobina. É assim que você sintonizará o rádio.

Se você seguiu as instruções e mora a 30 ou 45 km de uma estação de rádio AM, e se sua audição for razoavelmente boa, será possível ouvir um som fraco em seu fone de ouvido, mesmo se você não alimentar o circuito construído. Este projeto tem muitas décadas, mas ainda pode ser usado como fonte de surpresa e encantamento.

(Veja a Figura 5.72.)

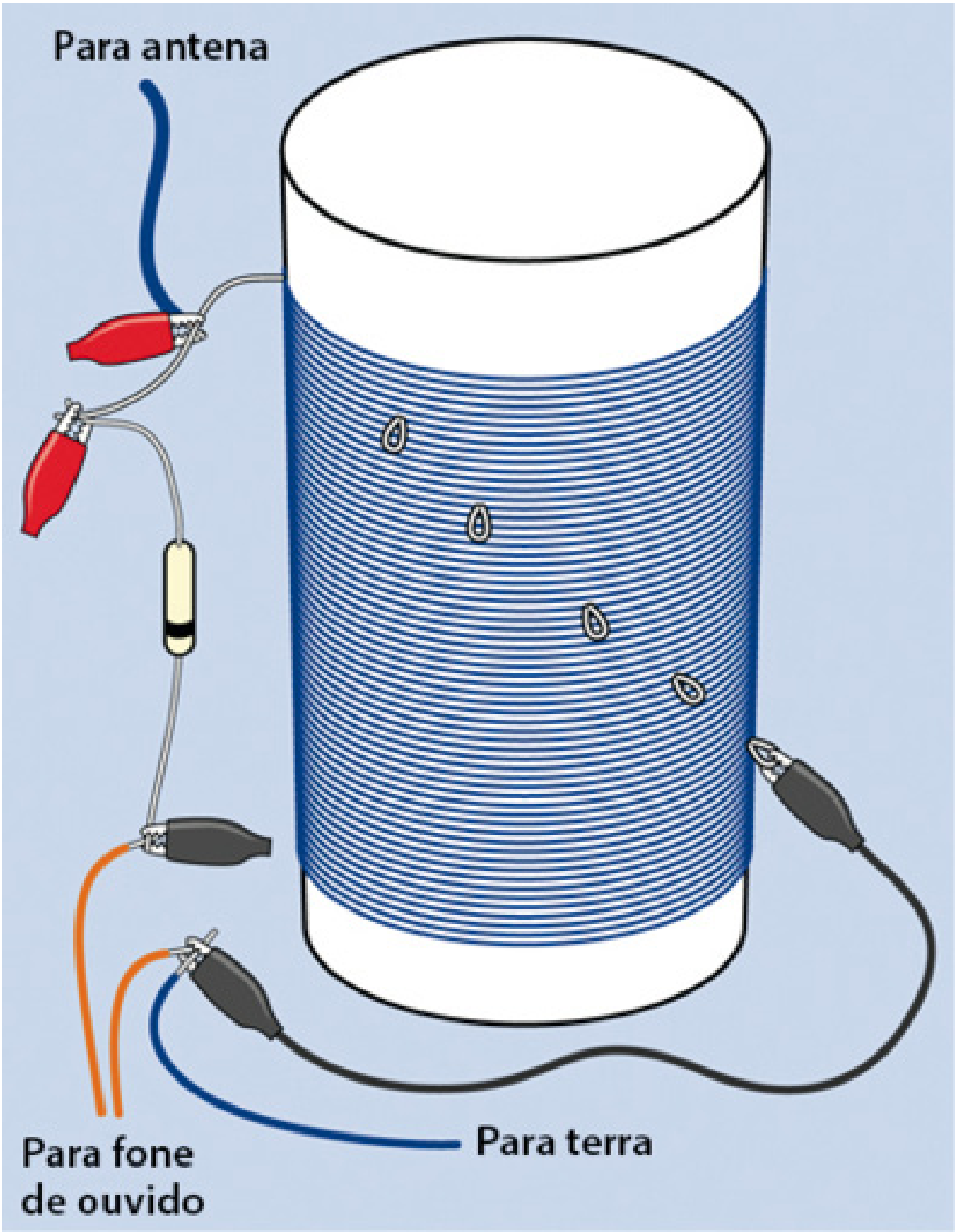


Figura 5.70 – Os componentes montados.





*Figura 5.71 – A versão para o mundo real.*

Se você mora muito longe de uma estação de rádio, ou não consegue construir uma antena muito comprida, ou se seu aterramento não for muito bom, talvez você não ouça nada. Não desista; aguarde o pôr do sol. A recepção de rádio AM muda radicalmente quando o sol deixa de influenciar a atmosfera com sua radiação.



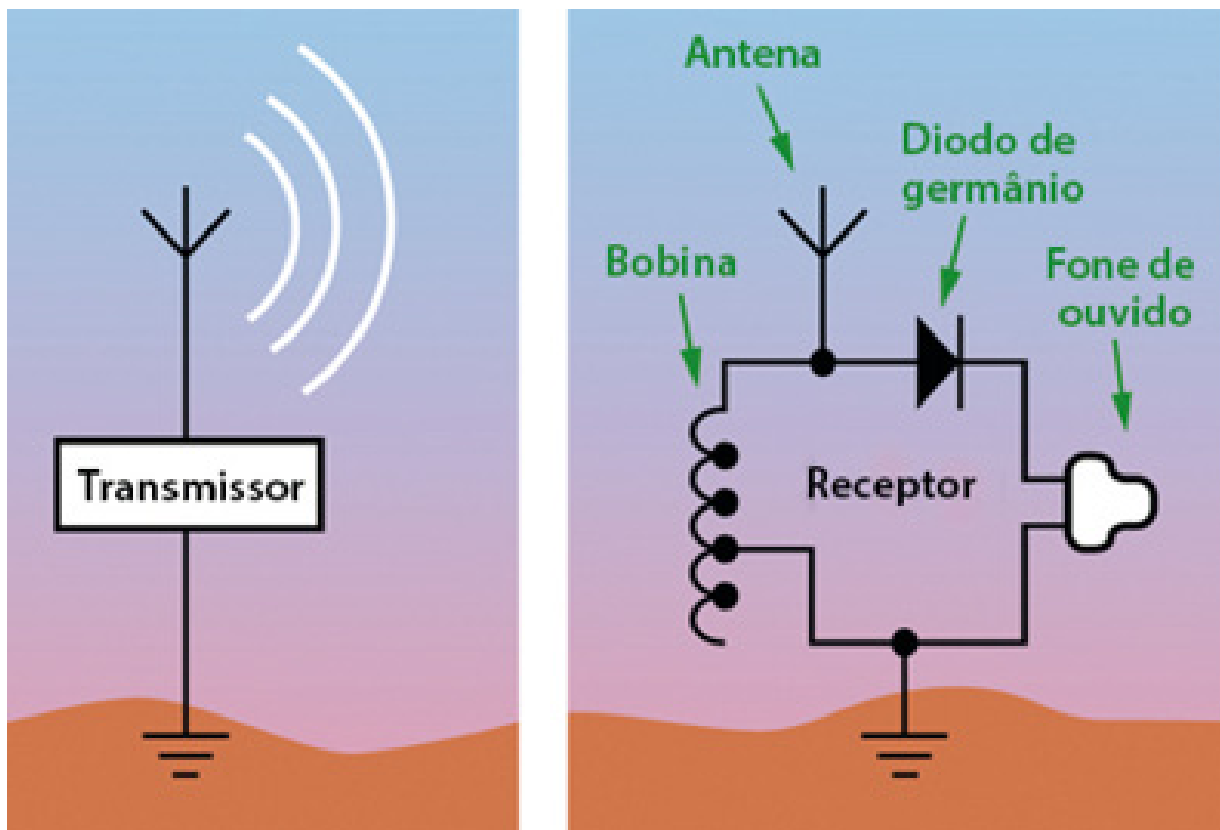
*Figura 5.72 – O simples prazer de captar um sinal de rádio com componentes ultrassimples e sem energia adicional.*

Para escolher entre as estações de rádio, mova o clipe jacaré na ponta de seu cabo de teste de um ponto de contato para outro em

sua bobina. Dependendo de sua localização talvez você capte apenas uma estação, ou várias, transmitindo individual ou simultaneamente.

Pode parecer que você está obtendo algo sem dar nada em troca, mas na verdade você está pegando energia de uma fonte de energia, o transmissor localizado em uma estação de rádio. Um transmissor injeta energia em uma torre de transmissão, modulando uma frequência fixa. Quando a combinação de sua bobina e antena entra em ressonância com essa frequência, você está absorvendo tensão e corrente suficientes para energizar um fone de ouvido de alta impedância.

A razão para fazer um bom aterramento é que a energia só fluirá por sua bobina se ela tiver algum lugar para ir. Você pode pensar no aterramento como um dissipador de energia quase infinito, com uma tensão de referência de zero. O transmissor de uma estação de rádio AM também deve ter um potencial em relação ao terra. Veja a Figura 5.73.



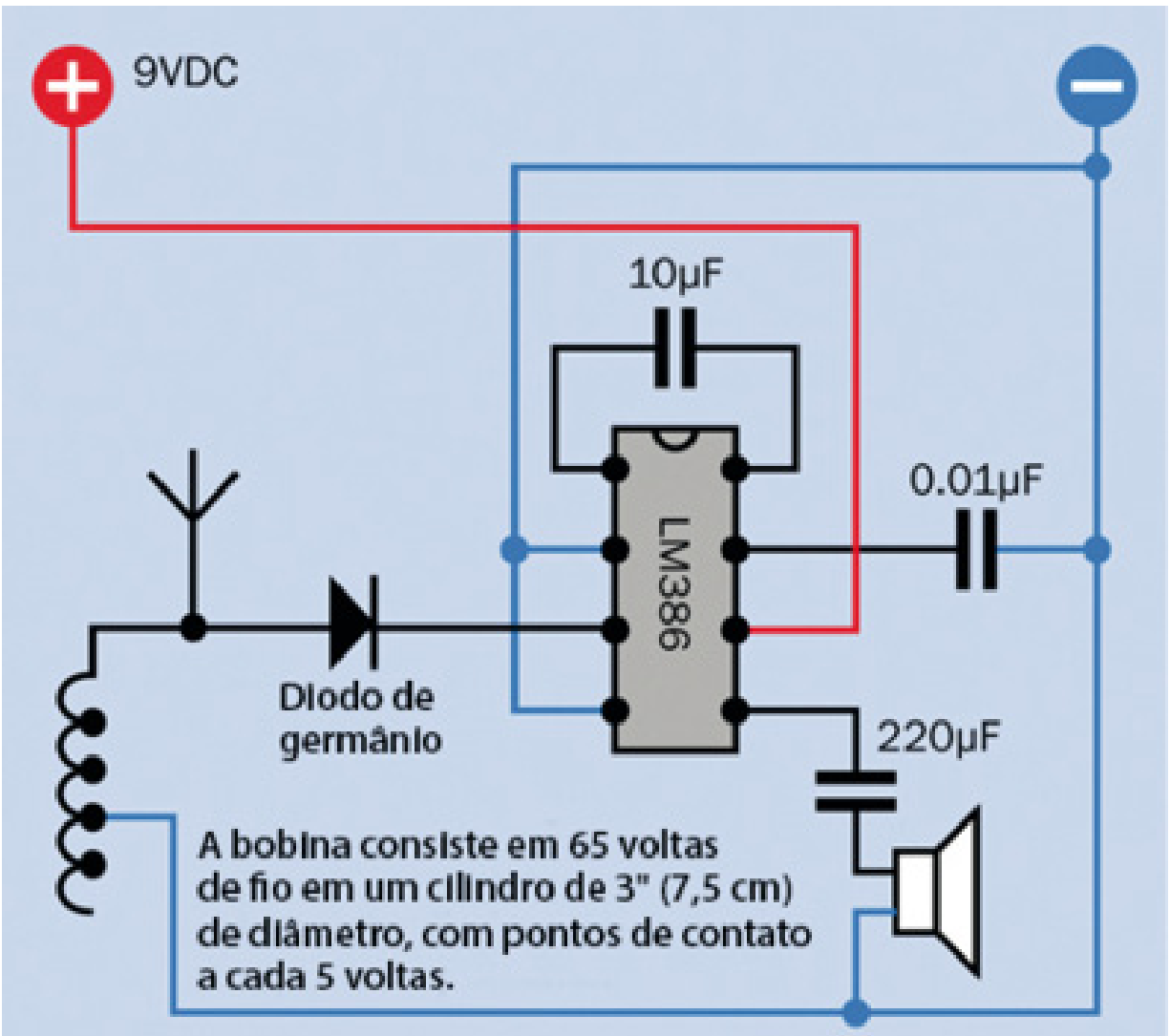
*Figura 5.73 – Seu rádio de galena pega energia suficiente de um transmissor distante para criar um som quase inaudível em seu fone de ouvido.*

## Melhorias

Se você tiver dificuldade em ouvir algo pelo fone de ouvido, tente substituí-lo por um transdutor piezoelétrico, também conhecido como pastilha piezoelétrica. Você precisa do tipo que não tem um oscilador embutido e que funcione passivamente, como um alto-falante. Pressione-o com firmeza contra seu ouvido e você perceberá que ele funciona tão bem quanto um fone de ouvido, ou até melhor.

Você pode tentar amplificar o sinal. Idealmente você deveria usar um amplificador operacional para o primeiro estágio, pois ele tem uma impedância muito alta. Entretanto, decidi usar amplificadores operacionais no livro [Make: More Electronics](#), onde havia espaço para explorar o tópico com mais profundidade. Como substituto você pode enviar o sinal diretamente para o mesmo chip amplificador LM386 do Experimento 29.

A Figura 5.74 mostra como o circuito pode ser simples. O diodo de germânio pode se conectar diretamente à entrada do LM386, já que não acho que será preciso um controle de volume. Não se esqueça de incluir o capacitor de 10  $\mu\text{F}$  entre os pinos 1 e 8 para aumentar a amplificação do chip para seu valor máximo. Mesmo onde moro, a cerca de 180 km de Phoenix, Arizona, eu consegui sintonizar uma estação que transmitia da área de Phoenix.



*Figura 5.74 – O chip amplificador LM386 pode tornar seu rádio de galena audível através de um alto-falante.*

Se você quiser melhorar a seletividade de seu rádio, é possível acrescentar um capacitor variável para aumentar a precisão da sintonia de seu circuito. Capacitores variáveis são incomuns hoje em dia, mas você pode encontrá-los na mesma fonte especializada que recomendei para o fone de ouvido e o diodo de germânio: o catálogo da Scitoys.

Esta fonte é administrada por um cara inteligente chamado Simon Quellan Field, cujo site sugere muitos projetos divertidos que podem ser implementados em casa. Uma de suas ideias inteligentes é remover o diodo de germânio de seu circuito de rádio e substituí-lo

por um LED de baixa corrente em série com uma bateria de 1,5 volt. Isto não funcionou para mim, pois eu moro em um local remoto; mas se você estiver perto de um transmissor, poderá ver o LED variar de intensidade à medida que a potência de transmissão passa por ele.

### Teoria: como funciona um rádio

Radiação eletromagnética de alta frequência pode percorrer quilômetros. Para fazer um transmissor de rádio, eu poderia usar um timer 555 funcionando a 850 kHz (850.000 ciclos por segundo) e passaria esta sequência de pulsos por um amplificador extremamente potente até uma torre de transmissão, ou talvez apenas um pedaço comprido de fio. Se você tivesse uma maneira de bloquear todas as outras atividades eletromagnéticas no ar, você poderia detectar meu sinal e amplificá-lo.

Foi mais ou menos isso que Guglielmo Marconi fez quando realizou uma experiência revolucionária em 1901, exceto que ele teve que usar um transmissor de faísca primitivo, ao invés de um timer 555, para criar as oscilações. Suas transmissões tiveram uso limitado, pois elas tinham apenas dois estados: ligado ou desligado. Você poderia enviar mensagens em código Morse e só.

Marconi aparece na Figura 5.75.

Cinco anos depois, o primeiro sinal de áudio verdadeiro foi transmitido impondo-se frequências menores de áudio à portadora de alta frequência. Em outras palavras, o sinal de áudio foi “acrescentado” à frequência da portadora, de modo que a potência da portadora variava com os picos e vales do áudio. Isto é mostrado na Figura 5.76.

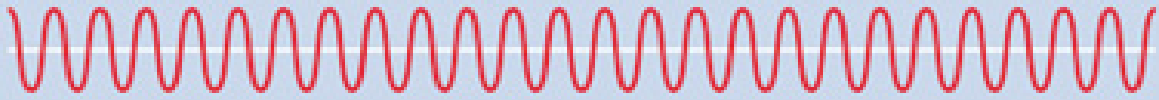


*Figura 5.75 – Guglielmo Marconi, o grande pioneiro do rádio (fotografia da Wikimedia Commons).*

Na ponta receptora uma combinação muito simples de um capacitor e uma bobina detectaram a frequência da portadora em meio a todos os demais ruídos do espectro eletromagnético. Os valores do capacitor e da bobina foram escolhidos para que seu circuito entrasse em ressonância na mesma frequência da portadora. O circuito básico é mostrado na Figura 5.77, em que o capacitor variável é representado pelo símbolo de um capacitor atravessado por uma seta.

**No transmissor**

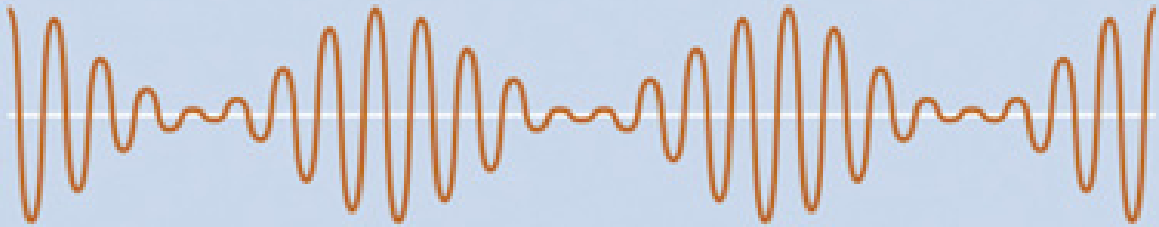
**Frequência da portadora**



**Sinal de áudio**

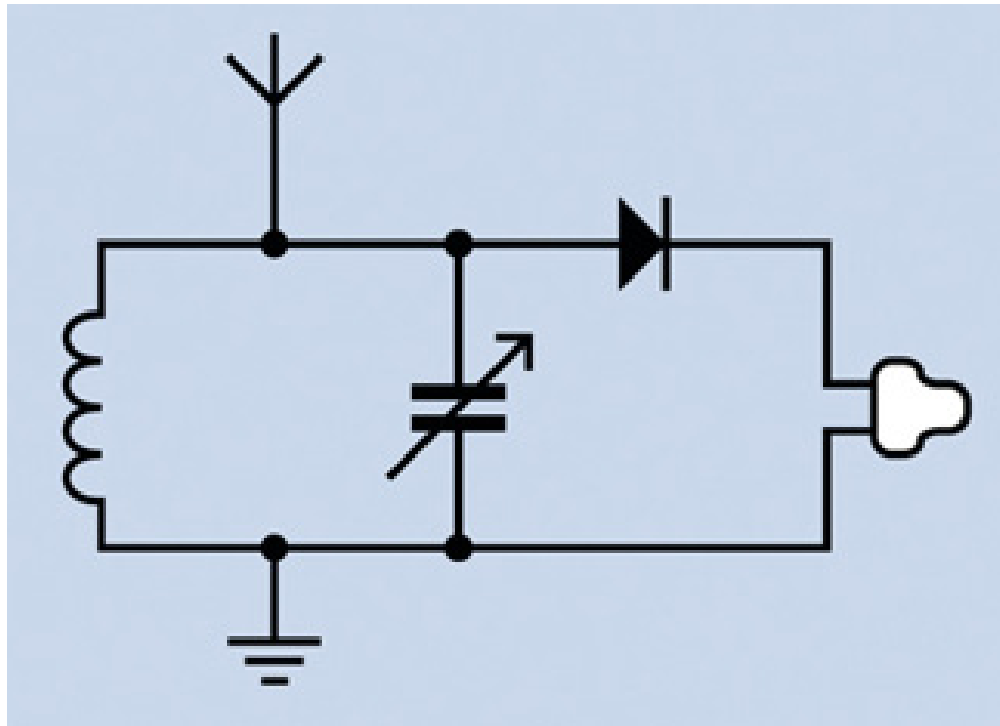


**A combinação é modulada pela amplitude (rádio AM)**



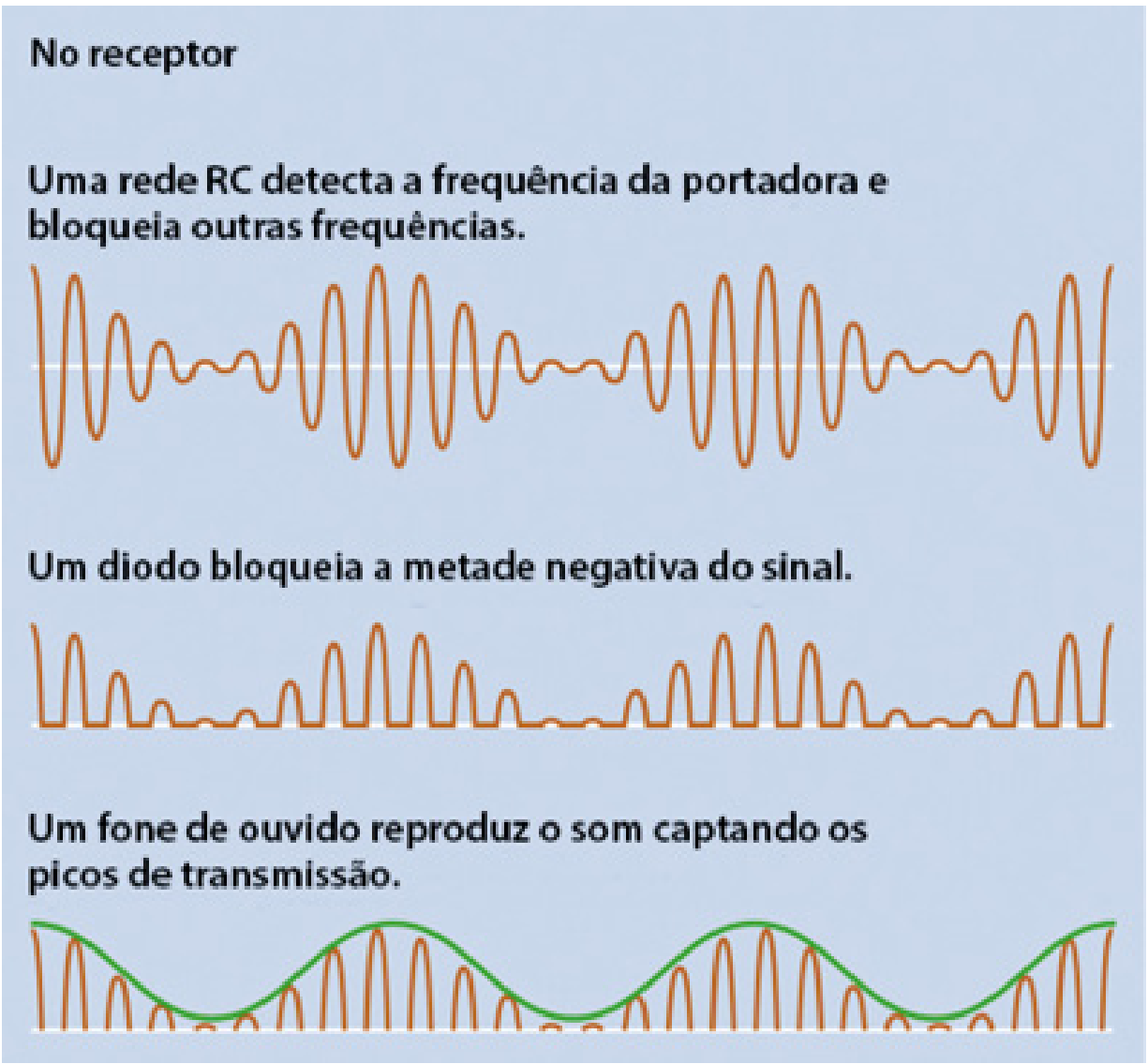
*Figura 5.76 – Usando uma portadora de frequência fixa para transmitir um sinal de áudio.*





*Figura 5.77 – Quando um capacitor variável é acrescentado ao circuito anterior, ele permite uma melhor discriminação entre os diferentes sinais que compartilham o espectro.*

A portadora flutua para cima e para baixo tão rapidamente que um fone de ouvido não consegue acompanhar as variações positivas e negativas. Ele ficará hesitante no ponto médio entre os altos e baixos, e não produzirá som algum. Um diodo resolve este problema bloqueando a metade inferior do sinal, deixando apenas os picos de tensão positiva. Embora eles sejam muito pequenos e rápidos, eles estão agora empurrando o diafragma do fone de ouvido na mesma direção, de modo que a onda sonora original é aproximadamente reconstruída. Isto é mostrado na Figura 5.78.



*Figura 5.78 – Como um simples receptor de rádio AM decodifica o sinal e o reproduz no fone de ouvido.*

Quando um capacitor é acrescentado ao circuito receptor, um pulso de entrada vindo do transmissor é inicialmente bloqueado pela autoindutância da bobina, enquanto ela carrega o capacitor. Se um pulso igualmente negativo for recebido depois de um intervalo adequadamente sincronizado com os valores da bobina e do capacitor, ele coincide com a descarga do capacitor e a condução da bobina. Desta forma, a frequência certa da portadora faz o circuito ressonar em sincronia. Ao mesmo tempo, flutuações de audiofrequência na intensidade do sinal são traduzidas em flutuações de tensão no circuito.

Se você está se perguntando o que acontece com as outras frequências captadas pela antena, as menores são aterradas pela bobina e as maiores são aterradas pelo capacitor. Elas são simplesmente “jogadas fora”.

A faixa de onda alocada para rádio AM varia de 300 kHz a 3 MHz em frequências da portadora. Muitas outras frequências são alocadas para fins especiais, como radioamador. Não é tão difícil passar pelo exame de radioamador e com o equipamento adequado e uma antena bem situada, você pode falar diretamente com pessoas em locais bem distantes, sem depender de qualquer rede de comunicação para conectá-los.

## Experimento 32: Hardware encontra o software

Imagino que muitos leitores deste livro, talvez a maioria, ouviram falar do Arduino. Este experimento e os próximos dois mostrarão como você pode configurar um Arduino e então escrever programas para ele, em vez de apenas baixar aplicativos encontrados online.

### O que será necessário

- Placa Arduino Uno ou um clone compatível (1)
- Cabo USB com conectores tipo A e tipo B em extremidades opostas (1)
- Um computador desktop ou laptop com uma porta USB disponível (1)
- LED genérico (1)

### Definições

Um microcontrolador é um chip que funciona como um computador. Você escreve um programa composto de instruções que o microcontrolador possa entender e então as copia para alguma memória no chip. A memória é não volátil, o que significa que ela manterá seu conteúdo mesmo quando a alimentação for desligada.

Normalmente eu sugeriria começar a escrever um programa logo de cara, mas aprender a usar um microcontrolador implica um

investimento maior de tempo e energia mental do que aquele exigido pelos componentes com os quais trabalhamos anteriormente. Como saber se você quer se envolver nisso sem antes saber mais detalhes? Portanto, vou começar com uma explicação e uma orientação. Depois, este experimento o guiará através do processo de configurar um Arduino e executar o teste mais básico. Os Experimentos 33 e 34 mostrarão com mais detalhes como programar o Arduino e usar outros componentes juntamente com ele.

O procedimento de configuração de teste pode levar uma hora ou duas. Você deve reservar um tempo para seguir as instruções sem distração. Uma vez concluído o processo inicial, tudo será muito mais fácil.

### Aplicações no mundo real

Uma típica aplicação de microcontrolador deve funcionar assim:

- receber uma entrada de codificador rotacional que funciona como um controle de volume em um aparelho estéreo automotivo;
- descobrir em que sentido o codificador está girando;
- contar os pulsos do codificador;
- informar um resistor programável quantos passos equivalentes ele deve tomar para ajustar o volume do estéreo para cima e para baixo;
- aguardar mais entradas.

Um microcontrolador também poderia lidar com uma aplicação muito maior, como todas as entradas, saídas e decisões associadas ao sistema de alarme contra invasão do Experimento 15. Ele examinaria os sensores, ativaria uma sirene através de um relé depois de um período de atraso, receberia e verificaria uma sequência em um teclado quando alguém quisesse desativar o alarme, e muito mais.

Todos os carros modernos contêm microcontroladores que lidam com tarefas complexas como temporizar a ignição do motor, e questões simples como emitir o alarme sonoro se você não prendeu o cinto de segurança.

Um microcontrolador pode lidar com tarefas pequenas, porém importantes, discutidas em experimentos anteriores, como eliminar o repique de um botão de pressão ou gerar uma frequência de áudio.

Levando em conta que um pequeno chip pode fazer tantas coisas diferentes, por que não o usar para tudo?

### A ferramenta certa para a tarefa?

Um microcontrolador é versátil e potente, mas ele é mais adequado em algumas situações que em outras. Ele é ideal para aplicar operações lógicas do tipo “Se isto acontecer faça aquilo, mas se aquilo outro acontecer, faça outra coisa”, e acrescenta custos e complexidade a um projeto e implica em um processo de aprendizagem intenso: você precisa dominar a linguagem de computador que diz ao microcontrolador o que fazer.

Se você não quiser aprender a linguagem, é possível baixar e usar programas que outras pessoas escreveram. Muitos Makers usam esta opção, pois ela oferece resultados imediatos. Você pode encontrar milhares de programas para Arduino em bibliotecas online e eles não custam nada.

No entanto, um programa provavelmente não fará exatamente o que você quer. Inevitavelmente, você precisará modificá-lo e se encontrará novamente na situação em que precisa compreender a linguagem para usar integralmente o chip.

Escrever um programa para o Arduino pode ser relativamente simples, dependendo da aplicação. Entretanto, não é uma operação de uma etapa única. O código precisa ser testado e os processos de revisão e depuração podem ser demorados. Um pequeno erro criará resultados inesperados ou poderá impedir totalmente o funcionamento do circuito. Você precisa reler seu código, encontrar erros e tentar novamente.

Depois que tudo estiver funcionando, os resultados podem ser impressionantes. Por esta razão, pessoalmente acho que programar um microcontrolador vale a pena, desde que suas expectativas sejam realistas.

Você precisará tentar você mesmo para descobrir se isto é algo ao qual você quer se dedicar ativamente.

### Uma placa, muitos chips

Começarei com a pergunta mais básica. O que é um Arduino?

Se você acha que é um chip, não é bem isso. Cada produto com o nome Arduino consiste em uma pequena placa de circuito projetada pela Arduino, contendo um chip microcontrolador feito por uma empresa totalmente diferente. A placa Arduino Uno usa um microcontrolador Atmel ATmega 328P-PU. A placa também inclui um regulador de tensão, alguns soquetes que permitem conectar fios ou LEDs, um oscilador de cristal, um conector para fonte de alimentação e um adaptador USB que permite que seu computador se comunique com a placa. Veja a Figura 5.79 para uma foto da placa com alguns dos componentes identificados.

Se você comprar apenas um ATmega 328P-PU de um fornecedor de componentes, ele custará menos que um sexto do preço de varejo de uma placa Arduino contendo o chip. Por que pagar mais apenas pela pequena placa circuito? A resposta é que o desenvolvimento da placa e o software inteligente que permitem seu uso não foram simples.

O software inteligente é chamado IDE, que é a sigla em inglês para *ambiente de desenvolvimento integrado (integrated development environment)*. Depois de instalado em seu computador, o IDE é um ambiente amigável para escrever um programa e então *compilá-lo*, o que significa converter as instruções em linguagem C (que seres humanos podem entender) para código de máquina (que o chip da Atmel entenderá). Em seguida você copia o código para o chip ATmega.

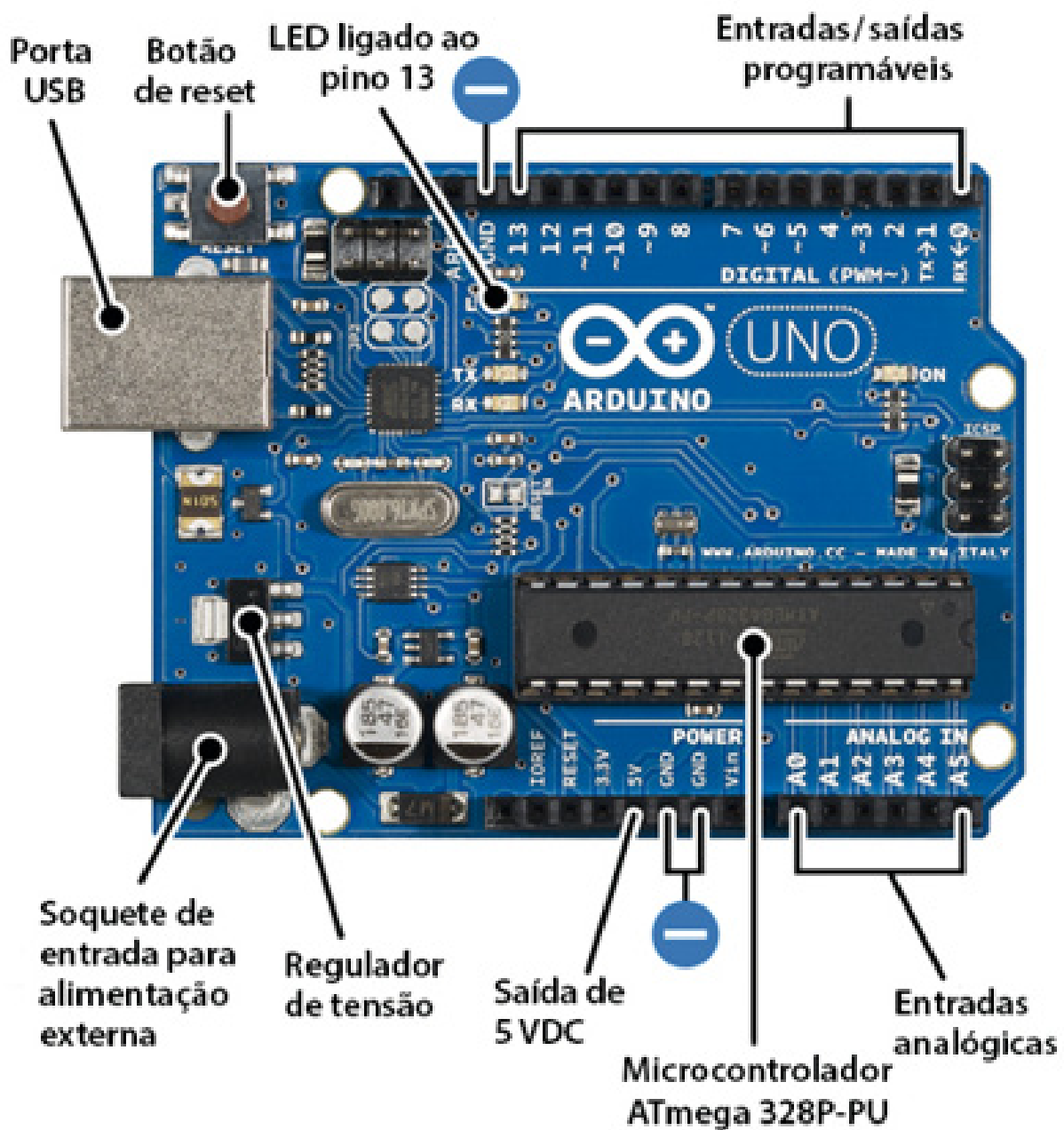


Figura 5.79 – Uma placa Arduino Uno com o microcontrolador ATmega 328PPU feito pela Atmel.

Caso você esteja confuso, vou resumir a história até aqui:

- um Arduino é uma placa de circuito com um microcontrolador Atmel;
- o software IDE escrito pela empresa Arduino permite escrever um programa em seu computador;

- depois de escrever seu programa, o software IDE irá compilá-lo para criar um código que o chip possa entender;
- o software IDE envia o código para o chip Atmel, que o armazena.

Assim que o código estiver no chip, este não precisa mais da placa Arduino. Teoricamente, você poderia desconectar o ATmega328 e usá-lo em outro lugar, em uma matriz de contato ou em um circuito soldado em torno dele. O chip continuará executando o que você programou, pois o código continua armazenado no chip.

Na realidade existem alguns senões associados a isso, mas você pode saber mais a respeito lendo um livro muito bom chamado [Make: Programação AVR](#), de Elliot Williams. Ele diz exatamente como transplantar o chip ATmega.

Se você aprender como fazê-lo, as implicações serão significativas. Você só precisará de uma placa Arduino e poderá comprar vários chips Atmel muito baratos. Coloque um chip na placa, programe-o, remova-o e use-o em um projeto separado. Coloque outro chip na placa, transfira um programa diferente para ele e use-o em um projeto diferente.

Isto é relativamente fácil se você tiver a versão do Arduino Uno no qual o microcontrolador é um chip de encaixe montado em um soquete. Você pode removê-lo com uma chave de fenda miniatura e substituí-lo por outro chip usando seu indicador e polegar. (Outra versão do Uno vem com um microcontrolador de montagem em superfície soldado nela. Esta versão não permite mudar o chip de lugar.)

### Cuidado com imitações?

Agora que expliquei o básico, explicarei como configurar tudo.

Embora existam vários modelos de Arduino, aquele com o qual trabalharei aqui é o Arduino Uno e minhas instruções se aplicam à versão R3 ou superior.

Você pode comprar a placa Arduino de várias fontes, pois ela foi projetada e comercializada como um produto “open source” (código-fonte aberto), o que permite que qualquer um crie uma cópia dele,



assim como qualquer fabricante pode produzir um timer 555 (embora por razões um pouco diferentes).

Mouser, Digikey, Maker Shed, Sparkfun e Adafruit são todos produtos Arduino genuínos. No eBay, entretanto, é possível encontrar cópias *não licenciadas* da placa Arduino por um terço do preço. Você percebe que elas são não licenciadas, pois não têm o logo Arduino impresso nelas. Para ajudá-lo a distinguir entre placas genuínas e imitações, observe o logo na Figura 5.80.



*Figura 5.80 – Apenas as placas fabricadas ou licenciadas pela Arduino terão este logo.*

As placas não licenciadas são completamente legais. Não é como comprar software ou música pirata. O único aspecto que a Arduino escolheu controlar é sua marca comercial, que não pode ser usada por outros fabricantes. (Na verdade, alguns golpistas usam o logo ilegalmente, mas você perceberá que não são placas Arduino genuínas, pois elas são muito baratas.) Para complicar as coisas ainda mais, devido a uma disputa entre a Arduino e seu antigo fabricante, placas Arduino autênticas são comercializadas sob o nome Genuino fora dos Estados Unidos.

Se você comprar uma placa de imitação, ela será confiável? Eu confiaria nas placas da Adafruit, da Sparkfun, da Solarbotics, da Evil

Mad Scientist e algumas outras. Não posso comprar e testar todas, portanto você terá que decidir sozinho, baseado no feedback de outros compradores e na impressão geral que tiver de um fornecedor. Lembre-se de que você só precisa comprar uma placa e então usá-la para programar vários chips Atmel, usando o plano que descrevi acima. Talvez não seja tão complicado pagar um pouco mais por um genuíno produto Arduino. Ao fazê-lo, você ajuda a empresa a continuar o desenvolvimento de novos produtos no futuro.

Pessoalmente, eu comprei uma genuína placa Arduino.

## Instalação

Vou assumir que você já comprou um Arduino Uno, ou uma imitação confiável. Você também precisará de um cabo USB padrão com um plugue tipo A em uma das pontas e um plugue tipo B na outra, como mostrado na Figura 5.81. Geralmente quando você compra a placa separada, o cabo não é fornecido. Se você não tiver um cabo sobrando, pode emprestá-lo de outro dispositivo enquanto faz a configuração e o teste inicial. Cabos podem comprados barato em sites como eBay.



*Figura 5.81 – Você precisará deste tipo de cabo USB para ligar sua placa Arduino a uma porta USB de seu computador.*

Você tem a placa e o cabo, agora você precisa do software IDE. Vá para o site da Arduino e clique na guia “download”. Então escolha o software IDE adequado para seu computador. Atualmente ele está disponível nas variantes para Mac OS, Linux ou Windows. Eu usarei a versão 1.6.3, mas minhas instruções também devem se aplicar a versões posteriores. Você pode baixar o software IDE gratuitamente.

Observe que você precisa de um computador rodando Windows XP ou posterior, ou rodando o Mac OS X 10.7 ou posterior, ou Linux de 32 bits ou Linux de 64 bits. (Esses requisitos são válidos no momento em que estou escrevendo este livro. A Arduino pode mudar seus requisitos no futuro.)

O procedimento para instalação em três sistemas operacionais diferentes é descrito abaixo, principalmente baseado em instruções contidas no pequeno e bom guia introdutório chamado [Getting Started with Arduino \(Introdução ao Arduino\)](#) de Massimo Banzi e

Michael Shiloh. Você também pode encontrar instruções de instalação em sites como SparkFun e Adafruit. Por fim, também existem instruções no próprio site da Arduino.

Infelizmente, todas essas instruções são um pouco diferentes. Por exemplo, o site da Arduino diz para conectar a placa antes de executar o instalador, mas o livro *Getting Started (Introdução)* me diz para executar o instalador antes de conectar a placa. Isso dificulta minha tarefa, pois tanto o site da Arduino quanto o livro *Getting Started (Introdução)* foram escritos com a colaboração de desenvolvedores da Arduino.

Descrevo abaixo minha melhor hipótese sobre o que funcionará em cada sistema.

### Instalação para Linux

Esta será a mais desafiadora, já que existem tantas variantes do sistema operacional. Terei que encaminhá-lo para o site da Arduino para uma orientação.

Lamento não poder ajudá-lo eu mesmo com o Linux.

### Instalação para Windows

Estou inclinado a usar o procedimento recomendado no livro *Getting Started with Arduino (Introdução ao Arduino)*. Ele também é recomendado pelo site mantido pela Sparkfun.

Não conecte a placa ainda. Primeiro identifique o programa de instalação do IDE que você baixou. Seu nome deve ser algo como *arduino-1.6.3-windows.exe*, embora os números de versão tenham certamente mudado quando você estiver lendo este livro. O *.exe* ao final do nome do arquivo pode não estar visível, dependendo as configurações de sistema em seu computador.

- Alguns guias se referem ao download de instalação como sendo um arquivo compactado, que precisa ser descompactado. Até onde sei, a compactação de arquivos foi descontinuada pela Arduino. Você pode executar o arquivo na forma como ele foi baixado.

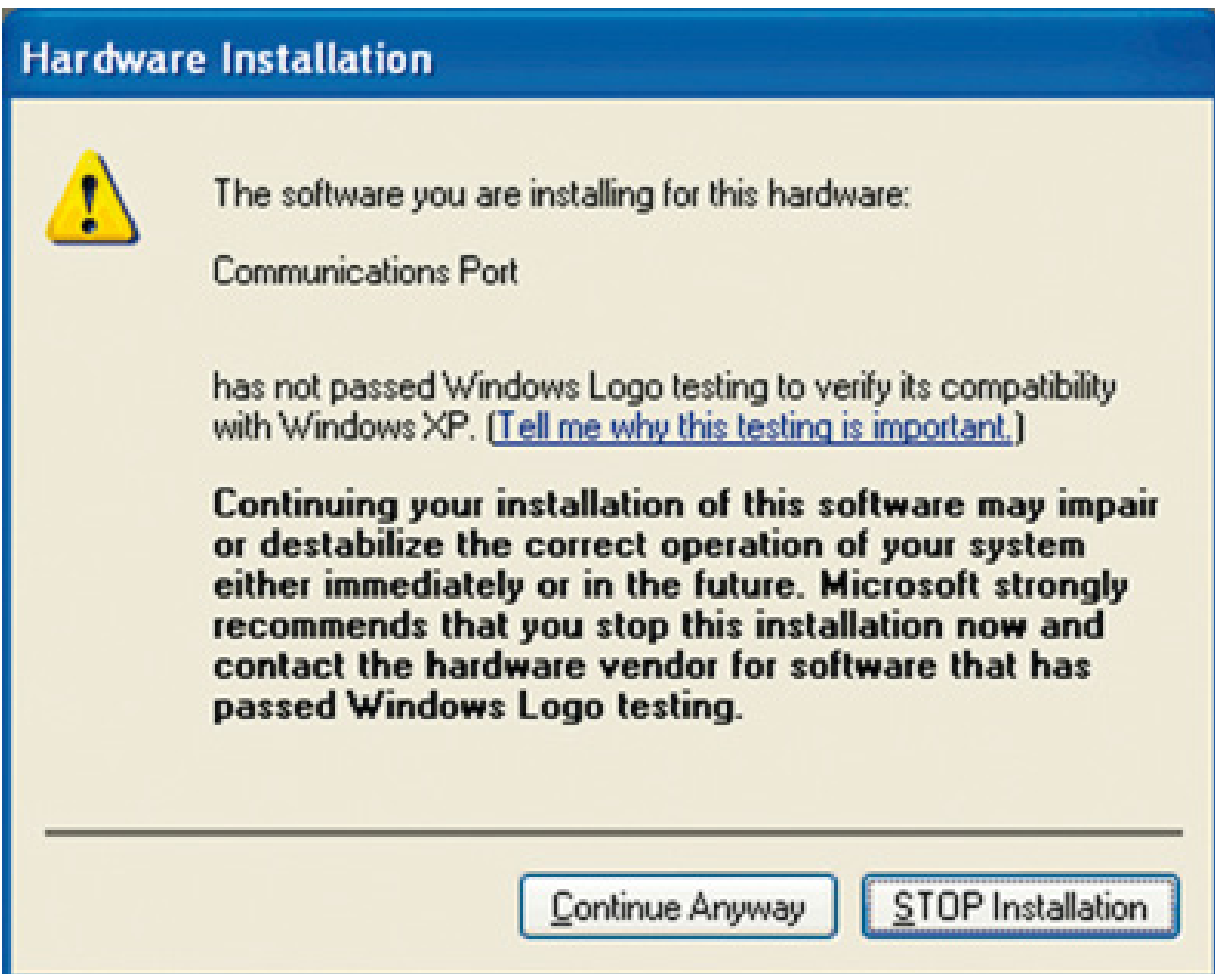
Clique duas vezes no ícone e você verá uma sequência de instalação que é parecida com a instalação de outros softwares de outros fornecedores.

Você precisa concordar com os termos de um contrato de licença (se você não concordar, não poderá executar o software).

Você deverá responder se quer atalhos em sua área de trabalho e em seu menu Iniciar. Permita o atalho na área de trabalho. O menu Iniciar depende de você.

Você será solicitado a aprovar a pasta de instalação para o software IDE e deve aceitar o local padrão sugerido.

Se você for um dinossauro como eu, alguém que ainda usa o Windows XP (na verdade, existem alguns milhões como nós), talvez veja um aviso como o mostrado na Figura 5.82. O visual exato deste aviso depende de sua versão de Windows. Ignore o aviso escolhendo “continuar mesmo assim”. Se for solicitada permissão para instalar drivers de dispositivo, responda “sim”.



*Figura 5.82 – Usuários do antigo sistema operacional WinXP podem ignorar este aviso.*

- No Windows 8, um recurso de segurança evita que você instale drivers de dispositivo sem assinatura. Isto não deve ser um problema com versões modernas do instalador do Arduino IDE, mas se você obtiver versões mais antigas de algum outro lugar, é possível pesquisar via Google:

sparkfun disable driver signing

que deve levá-lo à seção do site da Sparkfun com dicas úteis sobre o tópico.

Depois de instalar o software IDE, ligue seu Arduino ao computador com o cabo USB.

Não é preciso usar o conector circular de alimentação na placa do Arduino, desde que a placa esteja conectada com uma porta USB de

seu computador. A placa recebe energia através do cabo USB. Lembre-se que um cabo mais curto e mais grosso minimizará a queda de tensão. Além disso, se você estiver usando um laptop, especialmente se for um mais antigo, ele pode limitar a energia que você pode puxar de uma porta USB a 250 mA. Mesmo em um computador desktop, que supostamente fornece 500 mA via USB, essa energia pode ser compartilhada entre três ou quatro portas USB. Um dispositivo como um disco rígido externo pode consumir uma quantia significativa.

Observe enquanto a placa se identifica com o computador. Você deve ver um LED verde acender e um LED amarelo piscar. Dois outros LEDs próximos à placa, marcados como TX e RX, devem piscar brevemente. Eles indicam que dados estão sendo transmitidos e recebidos.

Em seu computador, vá para o atalho do software IDE. Seu nome é “Arduino” e o instalador o colocou em sua área de trabalho. Se você não o quiser na área de trabalho, arraste-o para um local diferente. Clique duas vezes nele para iniciar o software Arduino IDE.

Na janela que é aberta, acesse o menu Ferramentas, vá para o submenu Portas (que atualmente é chamado de Portas seriais na versão para Mac) e você verá uma lista de portas seriais em seu computador. Seus nomes são COM1, COM2 e assim por diante.

O que é uma porta serial? Nos primórdios do Windows (e antes disso, no MS-DOS) computadores não tinham conectores USB. Eles usavam “protocolo serial” através de conectores em formato de D e o computador controlava qual conector estava sendo usado atribuindo um “número de porta”. Este sistema ainda sobrevive no Windows, mesmo que décadas tenham se passado desde seu surgimento e o protocolo tenha se tornado raro para aplicações domésticas.

Tudo que você precisa saber é se o software Arduino IDE e o Windows concordaram sobre a porta que foi atribuída para sua placa Uno. Idealmente, quando você escolhe Ferramentas > Portas no software IDE, você verá o Uno na lista com uma marca de

verificação ao lado, e tudo está correto. Neste caso, pule a seção de solução de problemas a seguir e vá diretamente para o velho teste da piscada do Arduino (veja “O velho teste da piscada do Arduino”).

### Solução de problemas no Windows

Existem duas possibilidades que podem afetar a atribuição de portas:

- no submenu Portas do software Arduino IDE você pode ver o Arduino Uno listado, mas não aparece a marca de verificação. Outra porta pode estar marcada no lugar. Tente marcar a porta correta. Talvez você veja um aviso se o software IDE não aprovar a placa Uno que você está usando. Ignore o aviso, clique na opção que diz “Não mostrar isso novamente” e continue para o velho teste da piscada do Arduino (veja “O velho teste da piscada do Arduino”);
- você não vê porta alguma com o nome Arduino Uno na lista. Neste caso, anote as portas COM que estão listadas. Feche os menus do IDE. Desconecte a placa Uno. Aguarde cinco segundos. Abra novamente o submenu Portas do IDE e veja qual porta COM desapareceu. Feche o submenu. Reconecte a placa Uno. Reabra o submenu. Clique na porta que reapareceu para marcá-la. Vá para o velho teste da piscada do Arduino (veja o “O velho teste da piscada do Arduino”).

O Windows permite verificar sua configuração de portas. Clique no menu Iniciar e escolha Ajuda e serviço de suporte. Na janela que é aberta, digite as palavras “Gerenciador de dispositivos” como termo da pesquisa. Ele deve ser o primeiro resultado da lista de pesquisa. Abra o Gerenciador de dispositivos. Se você estiver usando o Windows XP, o Gerenciador de dispositivos mostra uma lista de Portas. Em versões do Windows posteriores ao XP, quando você acessa o Gerenciador de dispositivos talvez seja preciso selecionar Exibir > Exibir dispositivos ocultos para revelar a lista de Portas.

Seu Arduino Uno deve estar listado lá. Se houver um círculo amarelo ao lado dele, ou um ponto de exclamação, clique com o botão direito



sobre ele para descobrir o que está errado.

Se o Windows reclamar que não consegue encontrar o driver para sua placa, diga para ele procurar na pasta do Arduino contendo todos os arquivos que foram extraídos pelo instalador.

Um problema conhecido com o Arduino Uno e as portas do Windows é que o software IDE pode se confundir se você tiver mais de nove portas já atribuídas. Isto é incomum, mas se você tiver este problema, tente desalocar algumas portas ou atribuir manualmente uma porta não usada que tenha um número de um dígito.

Se o problema persistir, vá para “Se tudo mais falhar”.

### Instalação para o Mac

Depois de concluir o download do instalador IDE, localize o ícone que o computador criou, clique duas vezes nele e você verá uma imagem do disco que contém o software Arduino IDE. Você pode arrastá-la para sua pasta Aplicativos.

Agora conecte seu Arduino ao computador com o cabo USB.

- Não é preciso usar o conector circular de alimentação na placa do Arduino, desde que a placa esteja conectada ao seu computador. A placa recebe energia através do cabo USB.

Observe enquanto a placa se identifica com o computador. Você deve ver um LED verde acender e um LED amarelo piscar. Dois outros LEDs próximos à placa, marcados como TX e RX, devem piscar brevemente. Eles indicam que dados estão sendo transmitidos e recebidos.

Se uma janela abrir dizendo que uma “nova interface de rede” foi detectada, clique em Preferências de rede e então em Aplicar. Não importa se o Uno for descrito como “não configurado”. Feche a janela.

Clique duas vezes no ícone do programa Arduino IDE que você arrastou para sua pasta Aplicativos. É preciso selecionar a porta correta para comunicação com a placa Uno. No menu Ferramentas do software IDE, clique na opção Porta serial e selecione

[/dev/cu.usbmodemfa141](#) (ou uma porta com nome semelhante) na lista que for exibida.

Se tudo ocorreu como descrito aqui, você pode continuar com o velho teste da piscada do Arduino (veja “O velho teste da piscada do Arduino”).

### Se tudo mais falhar

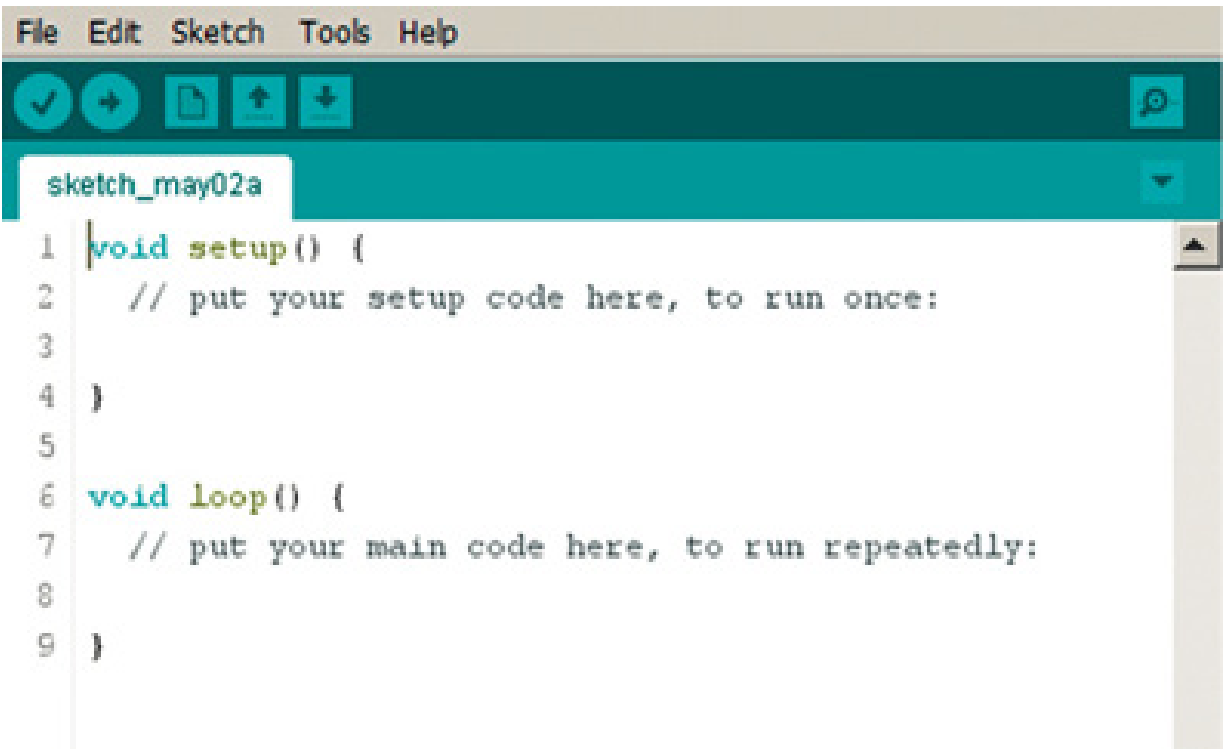
Este livro ficará disponível por um bom tempo. Pelo menos, é o que espero! Software, por outro lado, muda frequentemente. Minhas instruções de instalação para o Arduino IDE podem estar desatualizadas quando você estiver lendo este livro.

Tentarei revisar minhas instruções a cada nova impressão e a cada nova versão de e-book para que elas sejam as mais precisas possíveis. Claro que você pode estar lendo uma versão impressa ou eletrônica mais antiga.

O que fazer? A melhor opção é acessar o site da Arduino ou da Sparkfun, e seguir os procedimentos de instalação listados lá. É mais fácil e rápido atualizar um site que um livro.

### O velho teste da piscada do Arduino

Estou assumindo que você iniciou o software IDE. Sua janela principal deve ser parecida com a imagem de tela da Figura 5.83, embora versões subsequentes possam ser um pouco diferentes.

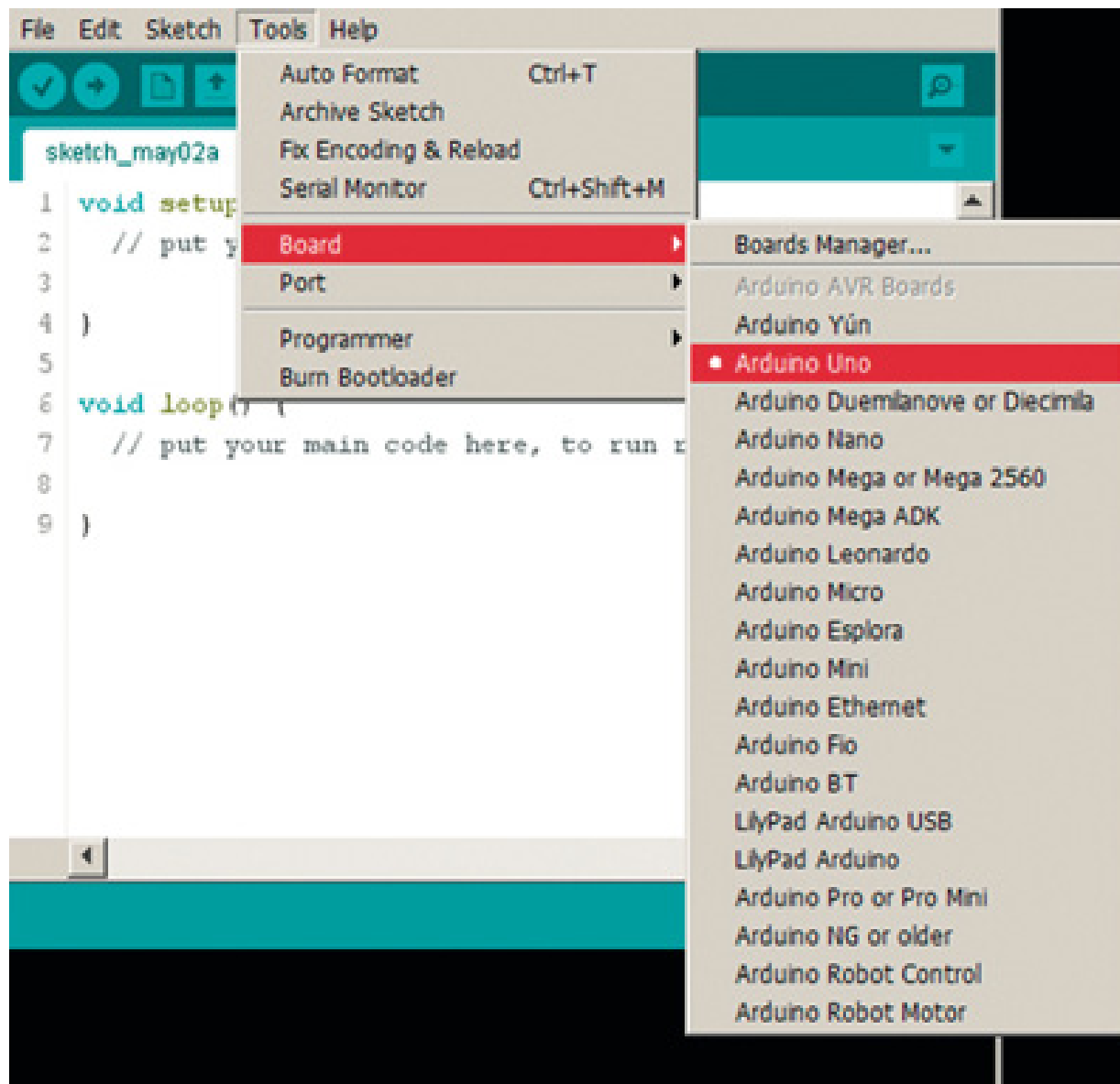


```
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may02a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

*Figura 5.83 – Janela-padrão que abre quando o Arduino IDE é iniciado.*

Antes de programar seu Arduino para fazer algo, é preciso verificar se o software IDE identificou corretamente a versão da placa que você conectou ao seu computador.

Na janela principal do IDE, acesse o menu Ferramentas, abra o submenu Placas e verifique se o Arduino Uno tem um ponto ao lado, como na Figura 5.84. Se não tiver, clique para selecioná-lo.



*Figura 5.84 – Quando você estiver usando o Arduino Uno, ele deve ter uma marcação ao lado no submenu Gerenciador de placas.*

Agora você está pronto para enviar instruções para seu Arduino. Na parte superior da área de trabalho na janela principal do IDE, você verá a palavra “sketch” seguida da data de hoje e da letra “a”. O que é esse “sketch”? É uma figura que você vai desenhar?

Não, no mundo do Arduino “sketch” significa o mesmo que “programa”. Talvez os desenvolvedores não quisessem intimidar as pessoas com a ideia que elas iriam programar um computador. Do mesmo modo, enquanto estava vivo, Steve Jobs achava que os

usuários de dispositivos de mão se sentiriam mais confortáveis se chamassem os programas de “apps”. Provavelmente Jobs estava certo, mas no que se refere aos Makers, não acho que eles se intimidem tão facilmente. Na verdade, acho que eles *querem* programar computadores. Caso contrário, por que você estaria lendo este livro?

“Sketch” significa “programa” para o Arduino, mas continuarei usando a palavra “programa”, pois é o que realmente são e me sinto tolo chamando-o de “sketch”. Quando você ler materiais de referência online, verá que as pessoas usam a palavra “programa” com tanta frequência quanto usam a palavra “sketch”.

Agora devo lembrá-lo da sequência de eventos que iremos seguir. Primeiro você *escreve um programa* na janela do IDE. Em seguida você *compila* o programa selecionando uma opção de menu para convertê-lo em instruções que um microcontrolador possa entender. Aí você *carrega* o programa na placa do Arduino, e então a placa automaticamente *executa o programa*.

A janela do IDE no meu computador contém um texto-padrão mostrado na Figura 5.83. Futuras versões do IDE podem fazer as coisas um pouco diferente, mas o princípio será o mesmo. Você verá algumas linhas começando com duas barras, desta forma:

```
// insira seu código de instalação  
// aqui, para ser executado uma vez
```

Isto é conhecido como *linha de comentário*. Ela serve para explicar o que está acontecendo.

- Quando o programa que você escreveu é compilado para o microcontrolador, o compilador ignora todas as linhas que começam com as duas barras *//*.

A linha seguinte diz:

```
void setup() {
```

Esta é uma linha do *código do programa*, para o compilador e o microcontrolador entenderem. Porém, você precisa saber o que ela significa, já que a rotina setup precisa estar no início de todo

programa Arduino e espero que você comece a escrever seus próprios programas no futuro.

A palavra `void` diz ao compilador que este procedimento não gerará qualquer resultado ou saída numérica.

O termo `setup()` diz que o procedimento seguinte é algo que precisa ser feito uma vez apenas, logo no início.

Observe que há um símbolo `{` após `setup()`.

- Toda função completa na linguagem C deve estar contida dentro de um símbolo `{` e um símbolo `}`.

Uma vez que um símbolo `{` sempre precisa ser seguido por um símbolo `}`, deve haver um `}` em alguma parte da tela de abertura. Sim, algumas linhas abaixo. Não há nada entre os símbolos `{` e `}`, portanto não há instruções neste procedimento. A razão é que você irá escrevê-las.

- Não importa se `{` e `}` estiverem em linhas separadas. O compilador do Arduino ignora as mudanças de linhas e os espaços em branco maiores que um espaço único entre palavras.
- O `{` e o `}` são conhecidos como *chaves*.

É hora de digitar algo na linha vazia abaixo de “insira seu código de instalação aqui.” Tente isto:

```
pinMode(13, OUTPUT);
```

Você precisa digitar exatamente como mostrado acima. O compilador não tolera erros de digitação. Além disso, como a linguagem C *diferencia maiúsculas de minúsculas*, é preciso distinguir entre letras maiúsculas e minúsculas. `pinMode` precisa ser `pinMode`, não `pinmode` ou `Pinmode`. `OUTPUT` precisa ser `OUTPUT`, não `output` ou `Output`.

A palavra `pinMode` é um comando para o Uno, dizendo como usar um de seus pinos. O pino pode receber dados como entrada ou enviar dados como uma saída. `13` é o número do pino e se você verificar sua placa verá que um dos pequenos conectores é identificado como `13`, bem ao lado do LED amarelo. Escolhi o pino `13` arbitrariamente.

Um ponto e vírgula marca o final de uma instrução.

- É preciso incluir um ponto e vírgula ao final de cada instrução. Sempre. Não se esqueça!

Agora desça até a linha vazia abaixo da mensagem:

```
// insira seu código principal aqui,  
// para ser executado repetidamente
```

Pela barra dupla você percebe que este é outro comentário para sua informação. O compilador irá ignorá-lo. Abaixo dele, digite com atenção estas instruções:

```
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH);  
  delay(100);  
  digitalWrite(13, LOW);  
  delay(100);  
}
```

Se você tiver alguma familiaridade com Arduino, deve estar resmungando agora e pensando “Ah, não, é o velho teste da piscada!” Tem razão, é foi por isso que chamei a seção de “O velho teste da piscada do Arduino”. Este é o programa que quase todo mundo usa como teste preliminar (embora eu tenha alterado os valores dos atrasos, por motivos que ficarão claros). Agora me faça o favor de digitar o programa no IDE. Proporei projetos mais desafiadores em breve.

Além disso, talvez você esteja inseguro quanto ao significado de algumas declarações.

`void` significa o mesmo que antes.

`loop()` é uma instrução que diz ao Arduino para fazer algo repetidamente. O que deve ser feito? Ele precisa obedecer ao procedimento entre as chaves.

`digitalWrite` é um comando para enviar algo como saída de um pino. Qual pino? Estou especificando `13` por que seu modo foi definido anteriormente.

- Você não pode usar um pino digital, a menos que você tenha especificado anteriormente qual o seu modo.

O que o pino deve fazer? Ir para o estado HIGH (alto).

Não se esqueça do ponto e vírgula no final da instrução.

`delay` diz ao Arduino para esperar um pouco. Quanto? `100` significa 100 milissegundos. Existem mil milissegundos em um segundo, portanto o Arduino irá esperar por um décimo de segundo. Durante este tempo, o pino 13 ficará no estado alto.

Acho que você já sabe qual o significado das próximas duas linhas.

Em breve, você poderá ativar o programa, mas primeiro vá à placa e insira os terminais de um LED entre o conector 13 e o conector marcado como GND, bem ao lado dele.

- Certifique-se de que o terminal mais curto do LED esteja no conector GND.
- O LED não precisa de um resistor em série, já que ele está integrado ao conector 13.

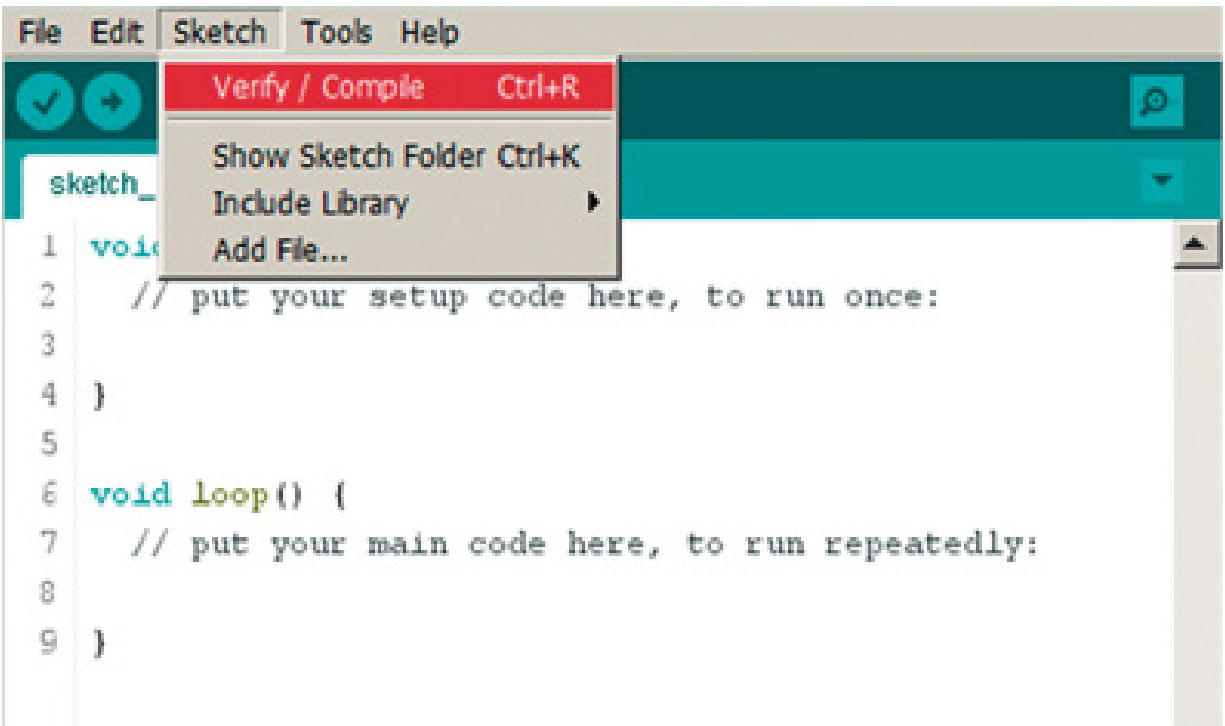
O pequeno LED amarelo em minha placa já estava piscando, por definição, assim que conectei a placa. O LED que acabei de inserir também começa a piscar, porque o LED amarelo de montagem em superfície integrado à placa está ligado em paralelo com o pino 13.

Em versões anteriores do Uno, o LED integrado à placa não começava a piscar quando a placa era conectada. Em futuras versões o Arduino pode desativar este “piscante por definição”. De qualquer forma, não importa, pois seu programa irá mudar a taxa de piscada.

### Verificar e compilar

Em seguida é preciso verificar se há erros de digitação. Clique no menu Sketch e escolha Verificar/Compilar, como mostrado na Figura 5.85. O IDE examina seu código e se encontrar problemas, ele os indica.





*Figura 5.85 – Escolha a opção Verificar/Compilar antes de enviar seu programa para o Arduino.*

Você pode testar isso. Em seu programa, mude `pinMode` para `piMode`, use a opção Verificar/Compilar e veja o que acontece.

Você receberá uma mensagem de erro no espaço preto na parte inferior da janela do IDE. Você pode ampliar esta área arrastando a borda superior com o mouse, de modo a visualizar mais de duas linhas por vez, sem precisar rolar as mensagens. A mensagem de erro diz “`piMode` não foi declarado neste escopo”.

Existem *palavras reservadas* e *funções definidas* na linguagem C que têm significado especial. Você já usou algumas delas, como `digitalWrite` e `delay`.

Porém, `piMode` não existe como palavra reservada ou função definida, portanto o compilador reclama que você não o declarou para dizer o que ele é.

Corrija seu programa até você Compilar/Verificar sem erros.

### Upload e executar

Agora clique no menu Arquivo e escolha Upload. Pessoalmente, eu

sempre imagino que estou fazendo download de meu computador grande para o pequeno Arduino, mas todos chamam de upload, portanto acho que deve ser assim.

Se o upload for bem-sucedido, você verá a mensagem “Upload concluído” logo acima da janela de erros.

Se ele não for bem-sucedido e o processo de upload nunca terminar, isso não é bom. Significa que você ainda tem problemas de comunicação, provavelmente porque as atribuições da porta COM não correspondem. Volte à seção de solução de problemas acima para seu tipo de computador. Porém, salve seu programa primeiro. Clique no menu Arquivo, escolha Salvar e dê um nome ao seu programa. Depois de corrigir os problemas com a porta COM será possível recarregar o programa, se necessário, e tentar novamente.

Se tudo funcionou como planejado, o LED amarelo, e seu LED, agora piscam rapidamente, aceso por 1/10 de segundo e apagado por 1/10 de segundo, de acordo com as instruções em seu programa.

Talvez você ache que esta é uma conquista pequena para tanto esforço, mas temos que começar de algum lugar e um LED piscante é geralmente o passo inicial da programação de um microcontrolador. No próximo experimento, você escreverá um novo programa que fará algo muito mais útil.

Aqui está um resumo do que você aprendeu até agora e o que você precisa fazer para programar o Arduino:

- iniciar um novo programa (ou “sketch”, como o Arduino prefere chamá-lo);
- selecionar a opção Novo no menu Arquivo, se necessário;
- todo programa precisa começar com uma função `setup`, que será executada apenas uma vez;
- você precisa declarar o número de um pino digital e seu modo, usando o comando `pinMode`, antes de poder fazer algo com o pino posteriormente;
- o modo de um pino pode ser INPUT (entrada) ou OUTPUT (saída);

- alguns números de pino não são válidos. Veja sua placa Uno para saber qual o sistema de numeração usado;
- um par de chaves deve conter toda função ou bloco em um programa, mas elas podem estar em linhas separadas;
- o compilador ignora quebras de linha e espaços em branco extras;
- cada instrução em uma função ou bloco precisa terminar com um ponto e vírgula;
- todo programa do Arduino deve conter uma função `loop` (depois da função `setup`), que será executada repetidamente;
- `digitalWrite` é um comando para que um pino de saída tenha um estado HIGH (alto) ou LOW (baixo);
- `delay` faz com que o Arduino não faça nada por um período especificado de milissegundos (um milésimo de um segundo);
- os números entre parênteses depois de um comando são *parâmetros* que dizem ao Arduino como o comando deve ser aplicado;
- use a opção Verificar/Compilar no menu Sketch para verificar seu programa antes de tentar enviá-lo (upload) para o Arduino;
- é preciso corrigir os erros encontrados na operação Verificar/Compilar;
- palavras reservadas são um vocabulário de comandos que o Arduino entende. Não pode haver erros de digitação. Maiúsculas são consideradas diferentes de minúsculas;
- depois de fazer o upload de seu programa, ele começará a ser executado automaticamente e continuará a fazê-lo até você desligar a alimentação da placa ou carregar um novo programa;
- existe um botão de Reset (um botão de pressão) ao lado do conector USB na placa Uno. Ao ser pressionado, o Arduino reinicia seu programa do começo com todos os valores reiniciados.

### Cuidado: código perdido

Se você modificar seu programa e carregá-lo no microcontrolador, a

nova versão irá *substituir* a versão antiga. Em outras palavras, a versão antiga será apagada. Se você não a salvou a em seu computador sob um nome diferente, ela estará perdida para sempre. Tome muito cuidado ao carregar programas revisados. Salvar cada versão em seu computador com um nome novo é uma precaução sensata.

Depois que as instruções de um programa tiverem sido carregadas no microcontrolador, não é possível recuperá-las novamente.

### Programação implica em detalhes

Não sei se você percebeu, mas o resumo dos pontos a serem lembrados neste experimento foi muito maior que os resumos dos experimentos em que foram usados componentes individuais. Escrever um programa implica em muitos detalhes e não pode haver erro algum. Pessoalmente, gosto disso, pois quando tudo estiver certo, nunca mais haverá problemas e ele sempre funcionará do mesmo jeito. Programas nunca se desgastam. Se você os salvar em uma mídia adequada, eles podem durar para sempre. O software que escrevi nos anos 1980 ainda roda trinta anos depois em uma janela DOS em meu desktop.

Algumas pessoas não gostam de trabalhos detalhados, ou elas tendem a cometer erros de digitação ou não gostam do modo como uma linguagem de computador faz exigências inflexíveis (como *sempre* insistir para que você comece um programa com a função Setup, mesmo se você não tem uma instalação). Diferentes tipos de pessoas gostam de diferentes aspectos da eletrônica, e é assim que deveria ser. Se todos quisessem escrever programas e ninguém quisesse tocar em hardware, nós não teríamos computadores. Você deve decidir qual atividade melhor lhe convém.

Pessoalmente, continuarei com outro experimento que usa o Arduino de forma mais interessante. Quero mostrar como um microcontrolador pode fazer coisas mais facilmente que componentes individuais em alguns casos.

Antes de terminar este experimento, porém, você deve estar se

perguntando o que acontece se você desconectar o Arduino de seu computador.

- O Arduino precisa de energia para *executar* seu programa.
- O Arduino não precisa de energia para *armazenar* seu programa. O programa é armazenado automaticamente no microcontrolador, como dados em um flash drive.
- Se você quiser executar seu programa quando a placa não está conectada a seu computador, é preciso fornecer energia no soquete circular preto próximo ao soquete USB na placa.
- A alimentação pode variar de 7 VDC a 12 VDC. Ela não precisa ser regulada, pois a placa do Arduino contém seu próprio regulador, que muda a entrada de alimentação para 5 VDC na placa. (Alguns Arduinos usam 3,3 VDC, mas não o Uno.)
- O conector de alimentação tem diâmetro de 2,1 mm com o pino central positivo. Você pode comprar um adaptador de 9 V AC para DC com esse tipo de plugue em seu fio de saída.
- Se você conectar uma alimentação externa enquanto o Arduino também está conectado com um cabo USB, o Arduino automaticamente usa a energia externa.
- Você pode desconectar seu Arduino do cabo serial a qualquer momento, sem se preocupar em usar a opção “Remover o hardware com segurança” que existe em algumas versões do Windows.

### Histórico: origens e opções entre chips programáveis

Em fábricas e laboratórios muitos procedimentos são repetitivos. Um sensor de fluxo pode ter que controlar um elemento de aquecimento. Um sensor de movimento pode ter que ajustar a velocidade de um motor. Microcontroladores são perfeitos para este tipo de tarefa rotineira.

Uma empresa chamada General Instrument introduziu uma primeira linha de microcontroladores em 1976, e chamou-os de PICs, o que significa Programmable Intelligent Computer (Computador Inteligente

Programável), ou Programmable Interface Controller (Controlador de Interface Programável), dependendo da fonte histórica na qual você acredita. A General Instrument vendeu a marca PIC para outra empresa chamada Microchip Technology, que é a proprietária até hoje.

O Arduino usa microcontroladores Atmel, mas PICs ainda são uma alternativa e são usados como base para uma versão educacional licenciada por uma empresa britânica chamada Revolution Education Ltd. Eles chamam sua família de chips de PICAXE, por nenhum motivo aparentemente racional, a não ser pelo fato de eles acharem que soa legal. (Não tenho tanta certeza de que eles estejam certos a respeito.)

O PICAXE vem com seu próprio IDE, que usa uma linguagem de computador diferente chamada BASIC. Sob certos aspectos ela é mais simples que a linguagem C. Outra família de microcontroladores, a BASIC Stamp, também usa BASIC, com comandos adicionais e mais potentes.

Se você pesquisar PICAXE na Wikipedia, encontrará uma excelente introdução a todos os vários recursos. Na verdade, acho que ela é uma visão geral mais clara que aquela apresentada pelo site da PICAXE.

Ao contrário do Arduino, não é preciso comprar uma placa especial para programar chips PICAXE. Você só precisa de um cabo USB personalizado além do software IDE adequado, que pode ser baixado de graça.

A primeira edição deste livro continha algumas informações introdutórias sobre os produtos PICAXE. Se estiver interessado, você pode encontrar esta edição em sebos.

### Fundamentos: vantagens e desvantagens

Agora que você aprendeu noções básicas, preciso discutir questões que podem afetar sua decisão sobre usar ou não um microcontrolador em um projeto.

## Longevidade

A memória flash que armazena um programa em um ATmega328 é garantida pelo fabricante para dez mil operações de leitura-escrita, com a possibilidade de bloquear automaticamente locais de memória que apresentam erro. Isto parece suficiente e esperamos que um microcontrolador dure indefinidamente. Entretanto, não sabemos ainda se ele terá a mesma longevidade dos tradicionais chips lógicos, alguns dos quais continuam funcionando quarenta anos após sua fabricação. Isto importa? A decisão é sua.

## Obsolescência

Os microcontroladores estão amadurecendo rapidamente como tecnologia. Quando escrevi a primeira edição deste livro, o Arduino era relativamente novo e seu futuro era incerto. Agora o Arduino domina a área de eletrônica como hobby, mas qual será a situação daqui a cinco anos? Ninguém sabe. Um produto como o Raspberry Pi é um computador completo em um chip. Ninguém pode prever se ele, ou outro produto, irá substituir o Arduino.

Mesmo que o Arduino permaneça o sistema microcontrolador preferencial, temos visto novas versões do hardware e atualizações do software IDE que precisam ser usadas quando você for programar o chip. De uma forma ou de outra você tem que se manter informado sobre os desenvolvimentos na área à medida que eles ocorrem, e talvez você tenha que abandonar uma marca de microcontrolador e mudar para outra.

Em comparação, na maioria dos casos, componentes individuais no formato de encaixe chegaram ao fim de seu ciclo de desenvolvimento. Foram introduzidas algumas inovações relativamente recentes, como codificadores rotacionais, pequena de matriz de pontos de LED e displays de LCD. Entretanto, a maioria dos novos produtos é projetada para ser usada com microcontroladores. No mundo simples de transistores, diodos, capacitores, chips lógicos e amplificadores de chip único, o conhecimento adquirido hoje será válido daqui a dez anos.

## Circuitos híbridos

Por fim, e talvez mais importante, os microcontroladores não podem ser usados sozinhos. Eles sempre requerem outro componente, mesmo que seja apenas um interruptor, um resistor ou um LED, e os outros componentes precisam ser compatíveis com as entradas e saídas do microcontrolador.

Portanto, para fazer um uso prático de um microcontrolador, você precisa estar familiarizado com conceitos de eletrônica em geral. Você precisa entender conceitos básicos como tensão, corrente, resistência, capacitância e indutância. Você provavelmente deve conhecer transistores, diodos, displays alfanuméricos, lógica booleana e outros tópicos que cobri neste livro até o momento. E se você for construir protótipos, é preciso conhecer ainda como usar uma matriz de contato ou fazer juntas de solda.

Considerando tudo isto, podemos resumir os prós e contras.

### Componentes individuais: vantagens

Simplicidade.

Resultados instantâneos.

Não há necessidade de linguagem de programação.

Barato, para circuitos pequenos.

O conhecimento de hoje será válido amanhã.

Melhor para aplicações analógicas, como áudio.

Ainda são necessários quando se usa microcontroladores.

### Componentes individuais: desvantagens

Capazes de executar uma função apenas.

O projeto de circuitos é desafiador para aplicações que envolvem lógica digital.

Não são facilmente escaláveis. É difícil construir circuitos grandes.

Revisões em um circuito podem ser difíceis ou mesmo impossíveis.

Mais componentes em um circuito geralmente requerem mais



energia.

### Microcontroladores: vantagens

Extremamente versáteis, capazes de executar várias funções.

Acréscimos ou revisões de um circuito podem ser fáceis (basta reescrever o código do programa).

Enormes bibliotecas online de aplicativos, disponíveis de graça.

Ideais para aplicações envolvendo lógica complexa.

### Microcontroladores: desvantagens

Relativamente caros para pequenos circuitos.

São necessárias habilidades significativas de programação.

Processo de desenvolvimento demorado: escrever código, instalar código, testar, revisar-e-depurar, reinstalar, além de solucionar problemas no hardware.

Tecnologia em rápida evolução requer um contínuo processo de aprendizado.

Cada microcontrolador tem peculiaridades e características que exigem estudo e memorização.

Maior complexidade significa que mais coisas podem dar errado.

Requer um desktop ou laptop, e armazenamento de dados para programas. Dados podem ser perdidos acidentalmente.

Requer uma fonte de alimentação regulada (geralmente 5 VDC ou 3,3 VDC), como um chip lógico. Saída limitada de 40 mA por pino, ou menos. Não pode acionar um relé ou alto-falante, ao contrário de um timer 555. É preciso comprar um chip separado se você precisar fornecer mais potência.

### Resumindo

Agora estou pronto para responder à pergunta “Devo usar microcontroladores ou componentes individuais?”

Minha resposta é que você precisa de ambos. Por isso estou

incluindo microcontroladores em um livro essencialmente sobre componentes individuais.

No próximo experimento, mostrarei como um sensor e um microcontrolador podem trabalhar juntos.

### Experimento 33: Verificando o mundo real

Um interruptor está na posição “on” ou “off”, mas a maioria das entradas que recebemos do mundo real tende a variar entre esses dois extremos. Um termistor, por exemplo, é um sensor que varia sua resistência elétrica dentro de um amplo intervalo, dependendo de sua temperatura.

Um microcontrolador seria muito útil se pudesse processar esse tipo de entrada. Por exemplo, ele poderia receber a entrada de um termistor e então funcionar como um termostato, ligando um aquecedor se a temperatura cair abaixo de um valor mínimo, e desligando o aquecedor quando o ambiente estiver quente o suficiente.

O ATmega328, que é usado na Arduino Uno, pode fazer isso, pois seis de seus pinos são classificados como “entradas analógicas”, o que significa que eles não avaliam uma entrada simplesmente como “lógica alta” ou “lógica baixa”, digitalmente. Eles convertem a entrada internamente usando o chamado *conversor analógico-digital* ou ADC.

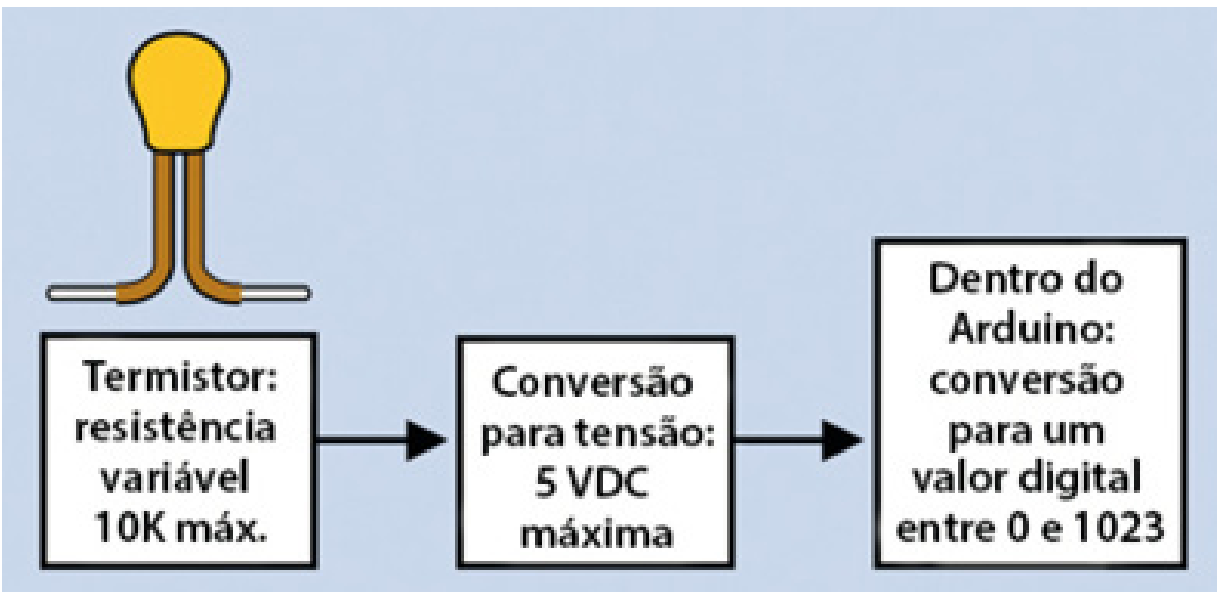
Na versão de 5 volts do Arduino, uma entrada analógica deve variar entre 0 VDC e 5 VDC. (Na verdade, o limite superior pode ser modificado, mas isto introduz alguma complexidade que deixarei para depois.) Um termistor não gera tensão; ele apenas varia sua resistência. Portanto, preciso pensar em uma forma de converter uma mudança de resistência em mudança de tensão.

Uma vez resolvido este problema, um ADC dentro do microcontrolador converterá a tensão no pino analógico em um valor digital no intervalo entre 0 e 1023. Por que este intervalo? Porque ele pode ser expresso em 10 dígitos binários e o ADC não é preciso o suficiente para justificar um intervalo maior com menores

incrementos.

Depois que o ADC tiver fornecido um número, seu programa pode compará-lo com um valor predefinido e adotar a medida adequada, como mudar o estado de saída de um pino, que pode fornecer tensão para um relé de estado sólido, que pode ativar um aquecedor.

A sequência começando com o termistor e terminando com o valor digital é mostrada visualmente na Figura 5.86.



*Figura 5.86 – Uma visão simplificada do plano para processar o status de um termistor.*

O próximo experimento mostrará como fazê-lo.

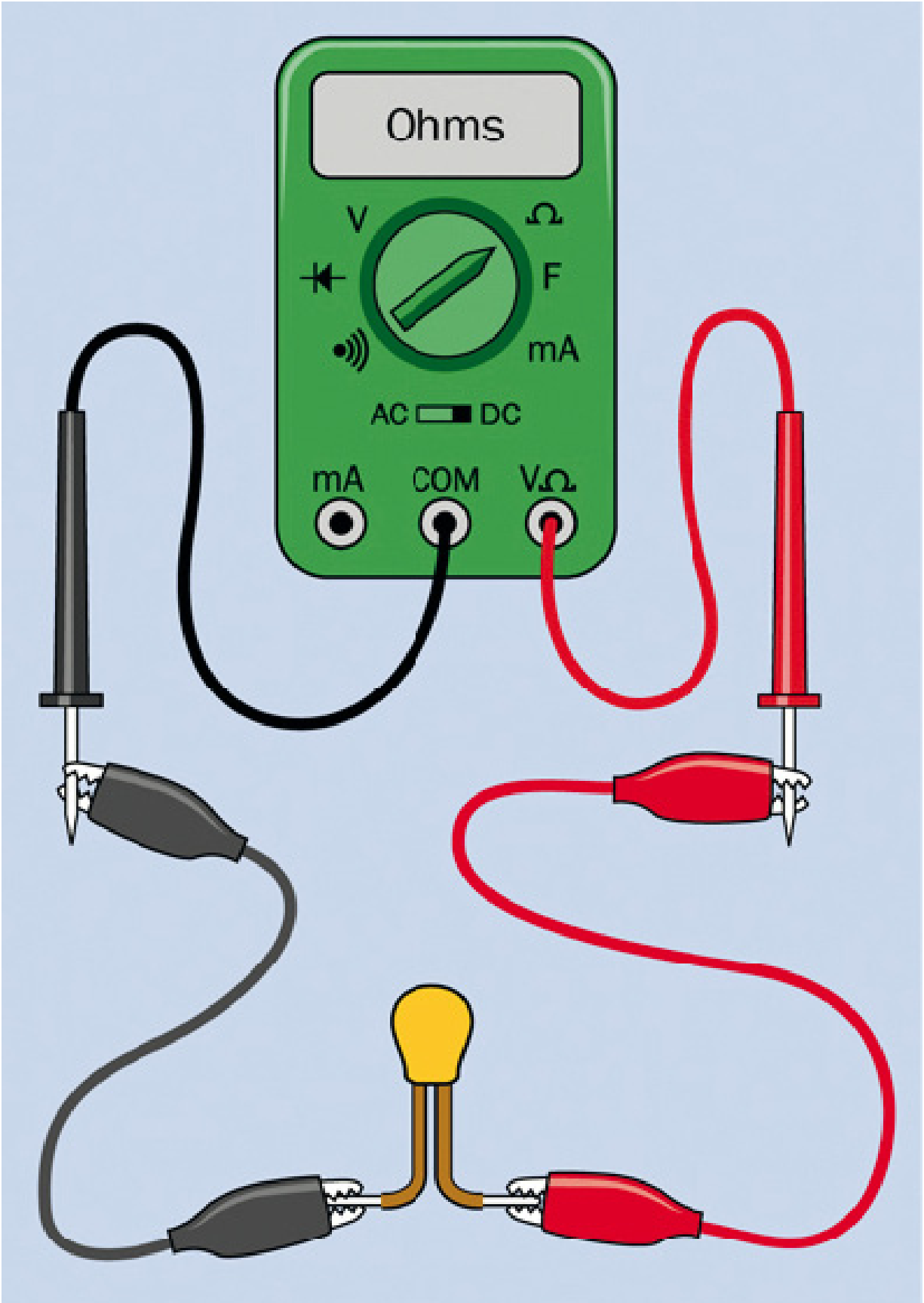
### O que será necessário

- Matriz de contato, fio, alicate de corte, desencapador de fio, cabos de teste, multímetro
- Termistor, 10 K, precisão de 1 ou 5% (1) (Ele deve ser do tipo NTC, o que significa que sua resistência cai à medida que a temperatura sobe. Um termistor PTC se comporta de modo oposto.)
- Placa Arduino Uno (1)
- Laptop ou desktop com uma porta USB disponível (1)

- Cabo USB com conectores tipo A e tipo B em pontas opostas (1)
- Resistor de 6,8 K (1)

### Usando um termistor

O primeiro passo é conhecer seu termistor. Ele possui terminais muito finos, pois eles não podem conduzir calor para dentro ou para fora da ponta onde está localizada a junção de medição de temperatura. Os terminais são provavelmente muito finos para serem encaixados na matriz de contato de forma confiável, portanto eu sugiro prendê-los com um par de cabos de teste com clipe jacaré, cuja outra ponta será ligada às pontas de prova de seu multímetro, como mostrado na Figura 5.87.



*Figura 5.87 – Testando um termistor.*

O termistor que recomendo tem resistência nominal de 10 K. Esta é a resistência máxima quando ele fica realmente gelado. Sua resistência não muda muito até a temperatura chegar a 25 graus Celsius. Depois disso, a resistência cai mais rapidamente.

Você pode testá-lo com seu multímetro. À temperatura ambiente, o termistor deve ter uma resistência de cerca de 9,5 K. Agora segure-o entre o indicador e o polegar. À medida que ele absorve o calor de seu corpo, sua resistência cai. À temperatura de seu corpo (arbitrariamente considerada como 37 graus Celsius) sua resistência fica em torno de 6,5 K.

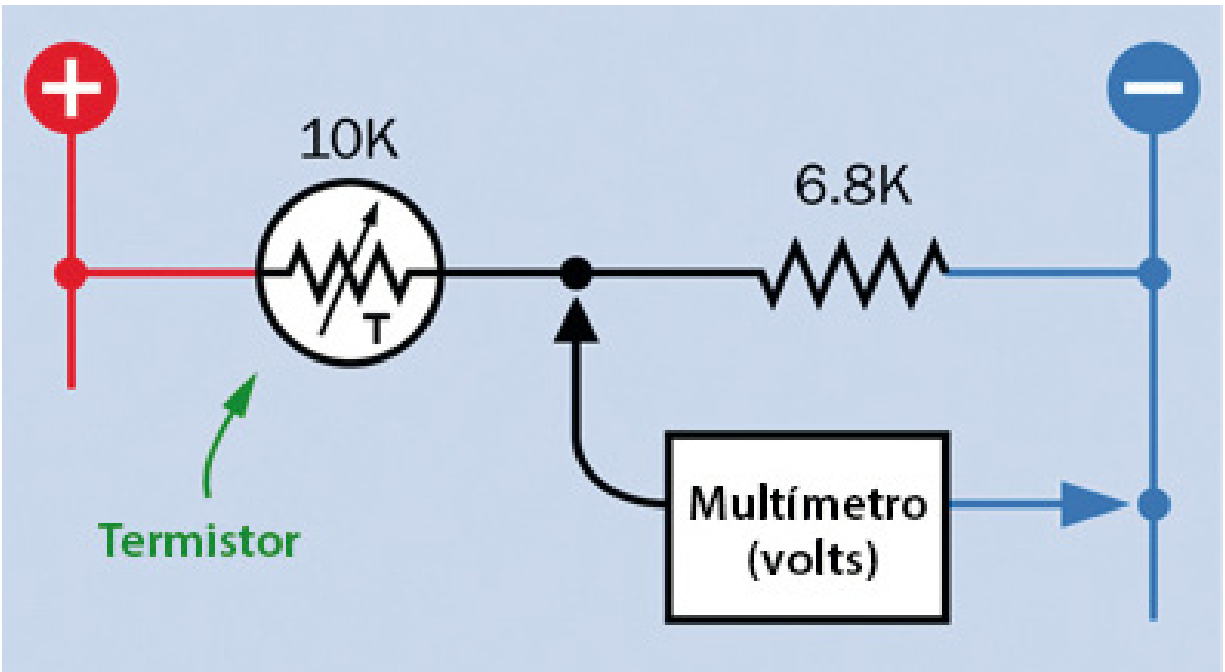
Como converter este intervalo de resistência em um intervalo de tensão entre 0 V e 5 V requerido pelo microcontrolador?

Primeiro, lembre-se de que o valor máximo correspondente à temperatura ambiente deve ser menor que 5 V. O mundo real é um lugar imprevisível. E se seu termistor esquentar mais que o esperado, por alguma razão inesperada? Talvez você tenha colocado seu ferro de solda ao lado dele ou então o tenha apoiado sobre um equipamento eletrônico quente.

Aqui temos a primeira lição sobre conversão analógico-digital: esteja preparado para valores extremos e inesperados ao fazer medições no mundo real do dia a dia.

### Conversão do intervalo

A maneira mais simples de converter a resistência do termistor em um valor de tensão é escolher um resistor aproximadamente igual à resistência média do termistor no intervalo de temperatura que nos interessa. Coloque o resistor e o termistor em série para criar um divisor de tensão, aplique 5 VDC em uma extremidade e 0 VDC na outra, e então pegue a tensão no ponto médio entre os componentes, como mostrado na Figura 5.88.



*Figura 5.88 – O circuito mais simples para derivar uma tensão da resistência variável de um termistor.*

Normalmente, para configurar este circuito seria necessário instalar um regulador de tensão para fornecer 5 VDC. Entretanto, o Arduino tem seu próprio regulador de tensão e convenientemente fornece uma saída de 5 VDC (veja a Figura 5.79). Você pode usar esta saída e levá-la para outros pontos da matriz de contato com um jumper. Você também precisará usar uma das saídas de terra do Arduino e levá-la para sua matriz de contato.

Quando testei o circuito e variei a temperatura do termistor entre 25 e 37 graus Celsius, meu multímetro mediu uma tensão entre 2,1 V e 2,5 V. Você deve testar por si mesmo para verificar meus números.

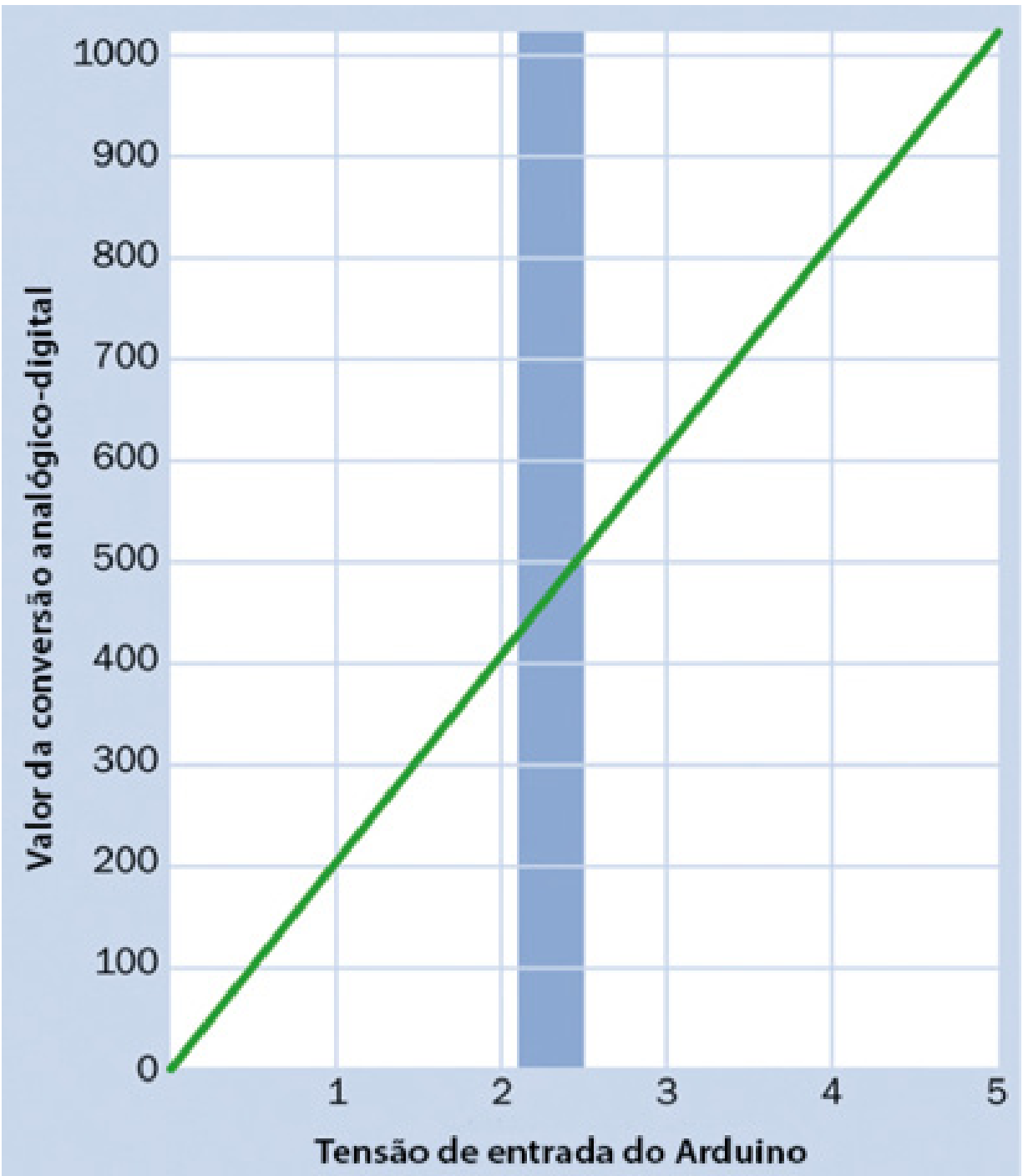
Claro que corremos o risco de danificar o microcontrolador com essas tensões. No entanto, agora eu vejo um problema diferente: o intervalo não é amplo o suficiente para alcançar uma precisão ideal.

A Figura 5.89 mostra a conversão entre a tensão de entrada e os equivalentes digitais internos. O intervalo entre 2,1 V e 2,5 V é definido pelo retângulo azul mais escuro. Ele será convertido em valores digitais entre 430 e 512, que é um intervalo de 82, apenas uma pequena fração do intervalo completo entre 0 e 1.023.

Usar este intervalo limitado será como usar um pequeno número de pixels de uma foto de alta resolução. Inevitavelmente haverá uma falta de detalhes. Não seria bom se pudéssemos converter, de alguma forma, nossas tensões em um intervalo digital cobrindo talvez 500 valores em vez de 82?

Uma maneira de fazê-lo seria amplificar a tensão, mas isto implica usar um componente adicional, como um amplificador operacional. Isto é possível, mas então precisaríamos de resistores para controlar o feedback, o que complicaria as coisas. A ideia de usar um microcontrolador era manter as coisas simples!





*Figura 5.89 – Gráfico de conversão da tensão de entrada do Arduino em valores do ADC. O retângulo azul identifica as tensões aproximadas derivadas de um termistor de 10 K em série com um resistor de 6,8 K, para temperaturas entre 75 e 95 graus Fahrenheit.*

Existe outra opção, que é usar um recurso do Arduino que define uma tensão máxima menor para o intervalo. Porém, isso requer

fornecer uma amostra da nova tensão máxima para um dos pinos. Para criar essa tensão, eu precisaria usar outro divisor de tensão e então calcular uma nova conversão de entradas de tensão para valores do ADC. Na verdade, quero evitar esse tipo de coisa, pelo menos até que um programa simples seja executado.

Depois de refletir um pouco mais, talvez eu consiga viver com um intervalo de 82 valores para representar um intervalo de aproximadamente 75 a 95 graus Fahrenheit. Isso é uma precisão de cerca de 1/4 de grau para cada incremento digital criado pelo ADC. Não é o suficiente para um termômetro clínico, mas perfeitamente adequado para a temperatura ambiente.

## Conexões

Vamos tentar. Espere, continuaremos usando uma matriz de contato separada com a placa Uno de visual moderno sobre a qual o microcontrolador é montado?

Sim, esta é a ideia. Há três maneiras de conectar as partes:

- você pode comprar um aparelho chamado *protoshield*, que é como uma mini matriz de contato que se encaixa sobre a placa Uno. Não sou fã deste dispositivo, pois ele nos afasta de um circuito final em uma matriz de contato regular;
- você pode arrancar o microcontrolador da placa Uno e encaixá-lo em uma matriz de contato, na qual você pode conectar componentes aos seus pinos de modo normal. Entretanto, se fizer isso, não poderá carregar um programa no microcontrolador e precisará de um oscilador de cristal para fazer o microcontrolador rodar na mesma velocidade que ele rodava na placa do Arduino;
- você pode montar seu termistor e resistor em uma matriz de contato regular e então levar a tensão do circuito do termistor para a placa Uno usando um jumper, da mesma forma que você já fornece tensão positiva e aterramento do Arduino para a matriz de contato. Parece confuso, mas é o que a maioria das pessoas faz. Se você terminar um programa e instalá-lo permanentemente no microcontrolador, talvez você possa mover o chip para um local

mais conveniente.

A Figura 5.90 mostra o arranjo. A Figura 5.91 mostra uma foto dele. Devo admitir que esta é uma situação em que os pequenos fios com plugues em cada ponta são convenientes, embora eu ainda não confie totalmente neles.

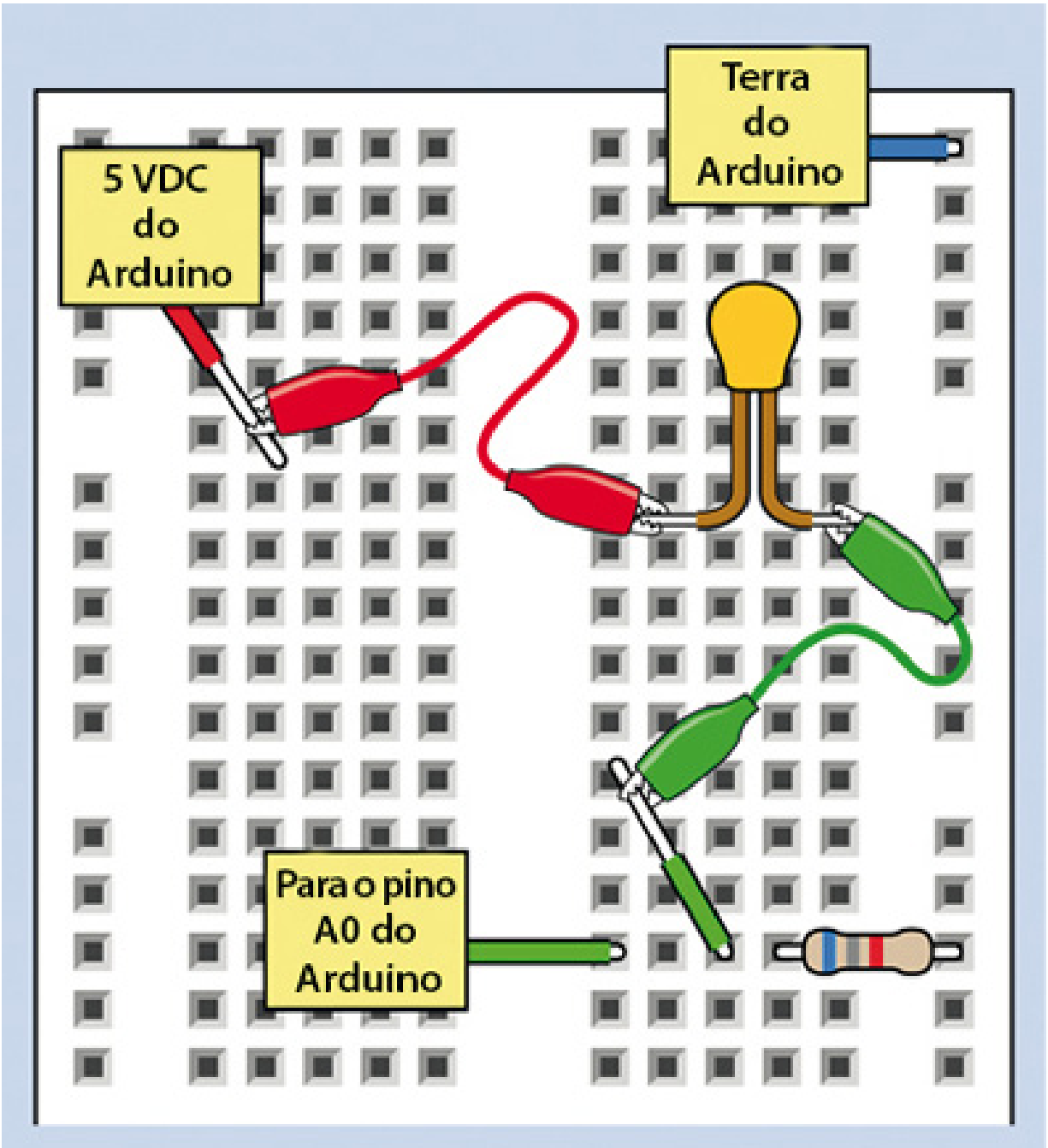


Figura 5.90 – Ligando o circuito do termistor ao Arduino.



microcontroladores, as coisas não funcionam no modo “plug-and-play”. O microcontrolador precisa ser programado para enviar texto para o display.

Portanto, mantereí as coisas simples. Usarei o pequeno LED amarelo na placa Uno como um indicador. Vamos fazer de conta que o indicador representa um aquecedor, que liga quando a temperatura está baixa e desliga quando a temperatura está alta.

## Histerese

Suponha que estejamos aquecendo uma estufa e a temperatura desejada é 85 graus Fahrenheit. Suponha que a tensão da combinação resistor-termistor seja 2,3 V nessa temperatura. Consulte o gráfico na Figura 5.89 e você verá que o ADC dentro do microcontrolador converterá isso para um valor digital de aproximadamente 470.

Portanto, 470 é nosso limiar. Se o número cair para 469, ligamos o aquecimento (ou usamos uma simulação, acendendo o LED). Se o número subir para 471, desligamos o aquecimento.

Espera. Isso faz sentido? Isso significa que um pequeno aumento de temperatura sentido pelo termistor acionará o LED, e uma pequena diminuição irá apagá-lo. O sistema flutuará para sempre.

Um termostato real não responde a cada pequena variação de temperatura quando alguém abre ou fecha uma porta. Quando ele liga, ele permanece ligado até que a temperatura esteja um pouco acima do limiar. Quando o aquecimento é desligado, ele permanece desligado até que a temperatura esteja um pouco abaixo do limiar.

Este comportamento é conhecido como *histerese* e será discutido com mais detalhes, em relação a um componente chamado *comparador*, na continuação deste livro, o livro *Make: More Electronics*.

Como implementar histerese em um programa de microcontrolador? Precisamos de um intervalo maior de valores que 469 a 471. O programa seria mais ou menos assim, “Se o LED estiver ligado, mantenha-o ligado até que o valor da temperatura exceda 490. Então

desligue-o”. E “Se o LED estiver desligado, mantenha-o desligado até que o valor da temperatura caia abaixo de 460. Então, ligue-o novamente”.

Isso é possível? Sim, é bem fácil. O programa listado na Figura 5.92 usa esta lógica. Ele é derivado de uma captura de tela do Arduino IDE, portanto tenho boas razões para acreditar que funcione.

O programa também introduz alguns novos conceitos, mas primeiro digite-o no IDE. Não é preciso incluir todas as linhas de comentário, que acrescentei apenas como explicação. Você pode digitar a versão mais curta da Figura 5.93, onde as linhas de comentário foram omitidas.

Verifique/Compile seu programa e corrija os erros de digitação (provavelmente haverá um ponto e vírgula faltando em algum lugar, este é o erro mais comum).

Conecte seu Arduino, carregue o programa e se a temperatura de seu termistor cair abaixo de 85 graus Fahrenheit, o LED amarelo deve acender.

```
// Heater Control Simulation
// by Charles Platt

int digitemp = 0;
// digitemp is a variable to store
// a digitized temperature value.

int ledstate = 0;
// Will be 0 if LED is currently off.
// Will be 1 if LED is currently on.

void setup()
{
    pinMode (13, OUTPUT);
    // Onboard LED shows the output.

    // (No need to set the analog pin
    // which is input by default.)
}

void loop()
{
    digitemp = analogRead (0);
    // Thermistor is on analog input A0.

    if (ledstate == 1 && digitemp > 490)
    {
        ledstate = 0;
        digitalWrite (13, LOW);
    }

    if (ledstate == 0 && digitemp < 460)
    {
        ledstate = 1;
        digitalWrite (13, HIGH);
    }

    delay (100);
}
```

*Figura 5.92 – Programa para controlar um dispositivo imaginário de aquecimento.*

Segure o termistor entre o indicador e o polegar para que ele pense que a temperatura do ambiente aumentou. Depois de alguns segundos, o LED apaga. Solte o termistor e ele esfria, mas o LED continua aceso por um tempo, pois a histerese no sistema diz para esperar até que a temperatura esteja suficientemente baixa. O LED acabará acendendo novamente. Sucesso!

Como funciona o programa?



```

int digitemp = 0;
int ledstate = 0;

void setup()
{
    pinMode (13, OUTPUT);
}

void loop()
{
    digitemp = analogRead (0);
    if (ledstate == 1 && digitemp > 490)
    {
        ledstate = 0;
        digitalWrite (13, LOW);
    }
    if (ledstate == 0 && digitemp < 460)
    {
        ledstate = 1;
        digitalWrite (13, HIGH);
    }
    delay (100);
}

```

Figura 5.93 – O mesmo programa de antes sem as linhas de comentário.

### Linha por linha

Este programa introduz o conceito de uma *variável*. Ela é um pequeno espaço na memória do microcontrolador no qual um valor digital pode ser armazenado. Você pode pensar nele como uma “caixa de memória”. Do lado de fora da caixa há uma etiqueta com o nome da variável. Dentro da caixa fica um valor numérico.

`int digitemp = 0;` significa que inventei uma variável chamada `digitemp`. Ela é um *inteiro* (um número inteiro) e começa com um valor zero.

`int ledstate = 0;` significa que inventei outra variável inteira para controlar se o LED na placa está aceso ou apagado. Não há uma maneira fácil de fazer o microcontrolador olhar o LED e me dizer qual o seu estado, portanto terei que controlá-lo eu mesmo.

O `setup` do programa diz ao microcontrolador para usar o pino 13 como saída. Não é preciso lhe dizer para usar o pino A0 como entrada, porque pinos analógicos são entradas por definição.

Agora vem a parte essencial do programa, no loop. Primeiro, eu uso o comando `analogRead` para dizer ao microcontrolador para ler o estado de uma porta analógica. Qual? Eu especifico `0`, o que significa porta analógica A0, que receberá a conexão de minha matriz de contato.

O que fazer com a informação do ADC depois que ele ler a porta? Só existe um lugar sensato para armazená-lo: na variável chamada `digitemp` que criei para esta finalidade.

Agora que `digitemp` contém um valor, eu posso examiná-lo. Primeiro, se o aquecimento está ligado (o LED está aceso) e o valor da temperatura é maior que 490, é hora de desligar o aquecimento. A parte “if” (se) é testada assim:

```
if (ledstate == 1 && digitemp > 490)
```

O símbolo `==` significa “faça uma comparação e veja se estes dois itens são iguais”. Um único sinal de igual significa “atribua este valor a uma variável”, que é uma operação diferente.

O símbolo `&&` é um “E lógico”. Sim, temos uma lógica booleana aqui, como se estivéssemos usando uma porta lógica AND. Porém, em vez de ligar um chip, apenas digitamos uma linha de código.

O símbolo `>` significa “é maior que”.

O teste do “if” fica contido entre parênteses. Se a declaração dentro do parêntese for verdadeira, o microcontrolador executa o seguinte procedimento, entre chaves. Neste procedimento, `ledstate = 0` registra o fato de que o LED será desligado. `digitalWrite (13, LOW);` na

verdade desliga o LED.

O segundo teste do “if” é muito semelhante, exceto que ele só se aplica se o LED estiver desligado e a temperatura tiver caído muito. Então nós ligamos o LED.

Finalmente, há um atraso de 1/10 de segundo, pois não precisamos verificar a temperatura com mais frequência do que isso.

Isso é tudo.

### Detalhes adicionais

Apresentei alguns itens de sintaxe, como o teste do “if”, o símbolo do duplo igual e o operador lógico && sem fornecer uma lista completa de toda a sintaxe que pode ser usada na linguagem C. Este tipo de lista pode ser encontrada online. Não há espaço para ela aqui.

Algumas observações sobre o programa:

- as linhas são recuadas para tornar mais clara a estrutura lógica. O compilador ignora espaço branco extra, portanto você pode acrescentar quantos espaços quiser;
- o IDE usa cor para ajudá-lo a identificar erros de digitação;
- quando você cria um nome de variável, é possível usar qualquer combinação de letras, números e caracteres de sublinhado, desde que a combinação não seja igual a uma palavra que já tenha um significado especial na linguagem C. Por exemplo, você não pode ter uma variável chamada `void`;
- algumas pessoas gostam de iniciar nomes de variáveis com uma letra maiúscula, outras pessoas não. A escolha é sua;
- cada variável deve ser declarada no início do programa, para que o compilador saiba o que esperar;
- um inteiro (declarado com o termo `int`) pode ter um valor entre -32.768 a +32.767. A linguagem C neste microcontrolador permite que você use outros tipos de variáveis que têm um intervalo maior de valores, ou que podem ter valores fracionados, mas não precisarei usar um valor numérico maior até o Experimento 34.

Para uma referência inicial da linguagem, vá para o site principal do

Arduino, clique na guia Aprendizado e escolha Referência no menu suspenso. Você também pode acessar o menu Ajuda no Arduino IDE e escolher o submenu Referência.

## Melhorias

Este programa executa a tarefa programada, mas ele é muito limitado. A maior limitação é que ele usa números específicos para os valores mínimo e máximo da temperatura. É como ter um termostato preso em uma única posição, não podendo ser ajustado. Como o programa poderia ser melhorado para que o usuário pudesse ajustar o limiar de temperatura para ligar ou desligar o aquecimento?

Uma maneira de fazê-lo seria acrescentar um potenciômetro.

As extremidades da trilha do potenciômetro seriam conectadas ao 5 V e 0 V, e o cursor seria conectado a outra entrada analógica do microcontrolador. Assim, o potenciômetro funciona como um divisor de tensão que fornece o intervalo completo entre 0 VDC e 5 VDC.

Em seguida, acrescentaria outro procedimento no loop em que o microcontrolador verifica a configuração do potenciômetro e a digitaliza.

O resultado seria um número dentro do intervalo completo entre 0 e 1.023. Eu teria que converter este valor em um número compatível com o provável intervalo de valores da variável `digitemp`. Depois, colocaria o resultado em outra variável chamada, talvez, `usertemp`. Aí veria se a temperatura ambiente real, medida pelo termistor, está significativamente acima ou abaixo de `usertemp`.

Observe que eu pulei um pequeno detalhe: como exatamente eu converteria a entrada do potenciômetro em um intervalo adequado para `usertemp`. Tudo bem, farei isso agora.

Se o intervalo provável de valores para o termistor é entre 430 e 512, como previ anteriormente, este intervalo teria um valor central de 471, mais ou menos 41. O potenciômetro tem um valor central de 512, mais ou menos 512 para seu intervalo completo. Portanto:

```
usertemp = 471 + ((potentiometer - 512) * .08)
```

onde `potentiometer` é o valor da entrada do potenciômetro e asterisco é o símbolo usado pela linguagem C como sinal de multiplicação. Essa fórmula está bem próxima do que precisamos.

Sim, mais cedo ou mais tarde a aritmética estaria envolvida na programação em algum lugar. Não há como fingir o contrário. No entanto, raramente ela vai além da matemática do Ensino Médio.

Na versão aprimorada do programa, eu teria que me preocupar com a histerese. A primeira declaração "if" teria que ser convertida em algo parecido com a declaração a seguir:

```
if (ledstate == 1 && digitemp > (usertemp + 10) )
```

então apague o LED. Porém,

```
if (ledstate == 0 && digitemp < (usertemp - 10) )
```

então acenda o LED. Isto me daria um intervalo de histerese de mais ou menos 10, usando os valores do ADC.

Agora que descrevi esta modificação, talvez você mesmo possa fazê-la. Basta se lembrar de declarar cada nova variável antes de usá-la no corpo do programa.

## Experimento 34: Dados mais legais

Neste último experimento, revisitarei o Experimento 24, que usava chips lógicos para criar padrões de dados. Em vez de chips lógicos, agora podemos usar declarações "if" com operadores lógicos em um programa de microcontrolador. Podemos substituir várias peças de hardware por uma dezena de linhas de código e em vez de um timer 555, um contador e três chips lógicos, só precisaremos de um microcontrolador. Este é um ótimo exemplo de uma aplicação adequada. (Claro que ainda serão necessários alguns LEDs e resistores em série.)

### O que será necessário:

- Matriz de contato, fio, alicate de corte, desencapador de fio, cabos de teste, multímetro
- LED genérico (7)

- Resistor em série, 330 ohms (7)
- Placa Arduino Uno (1)
- Laptop ou desktop com uma porta USB disponível (1)
- Cabo USB com conector tipo A e tipo B em extremidades opostas (1)

## Os limites do aprendizado pela descoberta

Aprender pela descoberta funciona bem quando você está começando a conhecer um componente eletrônico. Você pode encaixá-lo em uma matriz de contato, energizá-lo e ver o que acontece. Mesmo quando você está projetando um circuito, você pode usar o método de tentativa e erro para fazer modificações ao longo do caminho.

Escrever programas é diferente. Você precisa ser disciplinado e lógico; caso contrário, tenderá a escrever códigos com erro que não funcionam confiavelmente. Além disso, você precisa planejar com antecedência, senão perderá muito tempo refazendo trabalhos ou descartando-os completamente.

Eu não gosto de planejamento, mas gosto menos ainda de perder tempo. Portanto, eu planejo e, neste projeto final, descreverei o processo de planejamento. Lamento que você não vá extrair um prazer imediato ao juntar peças e ver o que acontece, mas se eu não explicar o processo de desenvolvimento de software, darei uma impressão errada ao fazer a programação parecer mais simples do que ela realmente é.

## Aleatoriedade

A primeira pergunta parece óbvia: “O que realmente quero que este programa faça?”. A pergunta é necessária porque se você não definir suas metas claramente, o microcontrolador não tem condições de descobri-las por você. Isto é semelhante ao processo que descrevi no Experimento 15, de criar uma “lista de desejos” para o alarme contra invasão; mas para um microcontrolador, são necessários mais detalhes.

O requisito básico é muito simples. Eu quero um programa que escolha um número aleatório e exiba-o em alguns LEDs, que se parecem com os pontos em um dado.

Uma vez que escolher um número aleatório é fundamental para este programa, é preciso estar devidamente informado sobre o assunto. Vamos dar uma olhada no site do Arduino, onde há uma seção de referência sobre linguagem. Ela não é tão abrangente quanto eu gostaria, mas é um bom ponto de partida.

Para encontrá-la, vá à página inicial do Arduino, clique na guia Aprendizado e selecione Referência, onde você encontrará uma seção chamada Números aleatórios. Quando clicar nela descobrirá que há uma função criada especificamente para o Arduino chamada `random()`.

Isto não chega a surpreender, pois quase todas as linguagens de computador de alto nível têm algum tipo de função aleatória embutida, e ela sempre funciona usando truques matemáticos para gerar uma sequência de números que são imprevisíveis para um observador humano e continuam por um bom tempo antes de a sequência se repetir. O único problema é que, por ser criada matematicamente, a sequência começará do mesmo ponto sempre que você executar o programa.

E se você quiser que a sequência comece em um ponto diferente? Existe outra função do Arduino chamada `randomSeed()` que inicia o gerador de números observando o estado de um pino no microcontrolador que não esteja conectado a nada. Como mencionei, um pino lógico flutuante capta qualquer radiação eletromagnética do entorno e seu comportamento é imprevisível. Portanto, a função `randomSeed()` pode ser genuinamente aleatória e parece uma boa ideia, embora seja preciso se lembrar de não usar esse pino flutuante não conectado para nada.

Deixando de lado a questão de alimentar um gerador de número aleatório no momento, vamos supor que eu use a função `random()` do Arduino para escolher um número como saída do programa de dados. Como funcionaria realmente?

Acho que o jogador pressionará um botão, quando então o padrão aleatoriamente selecionado de pontos de um dado pode ser exibido. Missão cumprida! E se você precisar “lançar o dado” uma segunda vez, basta pressionar o botão novamente e será criado outro padrão aleatoriamente selecionado de pontos de um dado.

Isso parece muito conveniente, mas não acho que parecerá muito interessante. Pode não parecer muito plausível também. As pessoas podem se perguntar se o número é realmente aleatório. Acho que o problema é que o controle do procedimento saiu das mãos do usuário.

Voltando à versão de hardware deste projeto, eu gostava do modo como ele exibia um rápido borrão de padrões e gostava da ideia de o jogador pressionar um botão para parar a sequência arbitrariamente.

Talvez o programa devesse emular isso em vez de usar a função `random()`. Ele pode contar de 1 a 6 repetidamente, muito rápido, como o chip contador na versão de hardware do lance de dados.

Entretanto, isso me preocupa por outro motivo. Quando o programa conta de 1 a 6 repetidamente, acho que o microcontrolador levará alguns microssegundos a mais para voltar ao início do loop. Portanto, o número 6 será sempre exibido por um período um pouco maior que o dos outros números.

Talvez eu possa combinar os dois conceitos. Posso usar o gerador de números aleatórios para criar uma série de números, e os exibir em uma sucessão muito rápida até o jogador pressionar um botão para parar num momento arbitrário.

Gosto deste plano. E depois? Eu poderia ter outro botão para reiniciar a exibição rápida de números. Não, isso não é necessário: o mesmo botão pode fazer isso. Pressione para parar, pressione para reiniciar.

Agora estou tendo uma ideia melhor do que o programa deve fazer. Isto me ajudará a dar o próximo passo, descobrindo as funções para que o microcontrolador faça isso.



## Pseudocódigo

Gosto de escrever *pseudocódigo*, que é uma série de declarações em português que serão facilmente convertidas em linguagem de computador. Aqui está meu pseudocódigo para o programa que estou chamando de Dados mais legais. Lembre-se de que essas instruções serão executadas de forma extremamente rápida, portanto os números não passam de borrões.

Loop principal:

- Passo 1. Escolher um número aleatório.
- Passo 2. Convertê-lo em um padrão de pontos de um dado e acender os LEDs adequados.
- Passo 3. Verificar se um botão foi pressionado.
- Passo 4. Se um botão não tiver sido pressionado, volte para o Passo 1 e escolha outro número aleatório, de modo que a sequência se repita rapidamente. Caso contrário...
- Passo 5. Congelar o display.
- Passo 6. Esperar o jogador pressionar o botão uma segunda vez. Aí voltar para o Passo 1 e repetir.

Você vê algum problema com essa sequência? Tente visualizá-la sob o ponto de vista do microcontrolador. Se você estivesse recebendo as instruções no programa, você teria tudo de que precisa para executar a tarefa?

Não, não teria, pois algumas instruções estão faltando. O Passo 2 diz “acender os LEDs adequados”, mas não há instrução alguma para apagá-los!

Você precisa sempre se lembrar de que:

- O computador *só* faz aquilo que você manda ele fazer.

Se você quiser apagar os LEDs acesos antes de um novo número ser exibido, é preciso incluir uma instrução para fazê-lo.

Onde devo inseri-la? Bem, preciso apagar o display imediatamente antes de cada novo número ser escolhido e exibido. Portanto, o lugar certo para zerar o display é no começo do loop principal. Eu a

incluirei como Passo 0.

- Passo 0. Apagar todos os LEDs.

Espere um pouco. Dependendo do número que foi exibido no ciclo anterior, alguns dos LEDs no padrão estarão acesos e alguns estarão apagados. Se apagarmos todos os LEDs para limpar o display, isto incluirá alguns dos LEDs que já estavam apagados. O microcontrolador não se importa, mas será uma perda de tempo executar esta instrução. Talvez fosse mais eficiente apagar apenas os LEDs que estavam acesos anteriormente, e ignorar os que já estavam apagados.

Isto implicará em maior complexidade de programação e pode não ser necessário. Nos primórdios da computação, as pessoas precisavam *otimizar* um programa para economizar ciclos do processador, mas acho que agora até mesmo um microcontrolador é rápido o suficiente para que não precisemos nos preocupar com o tempo gasto desligando dois ou três LEDs que já estavam apagados. Usarei uma rotina geral para apagar todos os LEDs, independentemente de seus estados atuais.

### Entradas do botão

Que mais está faltando na lista de instruções do pseudocódigo?

Há a questão do botão.

Mais uma vez, eu preciso visualizar o que quero que o programa faça. O display exhibe os números muito rapidamente. O jogador pressiona um botão para pará-lo. O display congela, mostrando o número atual. No Passo 6 o microcontrolador espera indefinidamente até o jogador pressionar o botão novamente para criar uma nova exibição rápida.

Espere um pouco. Como o jogador pode pressionar o botão “novamente” sem soltá-lo primeiro?

Com o pseudocódigo em sua forma atual, isto é o que o microcontrolador realmente fará, lembrando que ele executa as tarefas muito, muito rapidamente:

- o programa diz para o microcontrolador verificar o botão;
- o microcontrolador percebe que o botão está pressionado;
- o display congela. O microcontrolador espera o botão ser pressionado novamente;
- porém, ele descobre que o botão ainda está sendo pressionado, pois o jogador não teve tempo de parar de pressioná-lo;
- o microcontrolador diz “Ah, o botão está pressionado, então devo retomar a exibição rápida”.

Consequentemente, o display congelado só durará um instante.

Aqui está a solução para o problema. Um passo extra na sequência:

- Passo 5A. Esperar o jogador soltar o botão.

Isto impedirá que o computador continue e exiba mais números, até que o jogador esteja pronto.

É isso? Já acabou?

Não, receio que não. Você deve estar achando tudo muito trabalhoso, mas nesse caso só posso dizer, sinto muito, mas programação é assim mesmo. Se alguém disser que basta juntar umas instruções e esperar o resultado, receio que este não seja o caso na maioria das vezes.

Ainda existe mais um problema relacionado ao botão. O Passo 6 diz, espere o botão ser pressionado novamente para reiniciar a exibição rápida. OK, o jogador pressiona o botão, a exibição recomeça, mas o microcontrolador é tão rápido que ele passa voando pelo processo de zerar o atual display e exibir um novo padrão de dado, e novamente ele verificará o botão antes que o jogador tenha tempo de soltá-lo. Consequentemente, quando o microcontrolador chegar ao Passo 4, ele verá que o botão ainda está pressionado e congelará o display novamente.

E agora? Talvez eu deva adicionar um novo Passo 7, dizendo ao microcontrolador para esperar o botão ser solto antes de reiniciar a exibição rápida.

Isto é contraintuitivo. Acho que ninguém entenderá que é preciso

pressionar o botão *e soltá-lo* antes de a exibição rápida recomeçar. Poderíamos dizer simplesmente “Ah, você precisa fazer isto, pois o programa requer”. Isso é um *raciocínio muito errado*.

- Um programa precisa fazer o que o usuário espera. Nunca devemos forçar o usuário a fazer coisas para satisfazer o programa.

De qualquer forma, a ideia de esperar o botão ser liberado antes de recomeçar a exibição rápida continua não funcionando. Existe outra questão: o repique do contato. Isso acontece quando o botão é pressionado *e* quando o botão é liberado. Consequentemente, se alguém soltar um botão e o processo recomeçar, e o programa verificar o botão novamente um milissegundo depois, os contatos podem ainda estar vibrando e seu estado é imprevisível, podendo estar aberto ou fechado.

Este é o tipo de coisa que encontramos quando um microcontrolador interage com o mundo físico. O microcontrolador quer que tudo seja preciso e estável, mas o mundo físico é impreciso e instável.

Precisei pensar com cuidado sobre esse problema particular antes de decidir como queria resolvê-lo.

Uma solução seria voltar a ter dois botões, um para iniciar a exibição rápida e o outro para interrompê-la. Dessa forma, assim que o botão “iniciar” for pressionado, o microcontrolador pode ignorar seu status e o repique de seu contato, e apenas esperar o botão “parar” ser pressionado.

No entanto, do ponto de vista do jogador, gosto da simplicidade de ter apenas um botão. Será que existe mesmo uma solução?

Voltei a descrever o que eu queria que o programa fizesse da forma mais clara possível. Eu disse a mim mesmo: “Quero que o programa volte a mostrar a sequência rápida assim que o botão for pressionado pela segunda vez. E depois disso o programa deve ignorar o botão até ele ser liberado *e* até os contatos pararem de vibrar.”

Por que não simplesmente travar o botão por um ou dois segundos? Na verdade, é uma boa ideia, pois a exibição aleatória continuaria

por um tempo antes de o jogador poder pará-la novamente. Isto fará o display parecer “mais aleatório” já que ele exibe todos aqueles números.

Suponha que eu trave o botão por, digamos, dois segundos depois que a exibição rápida começa. O Passo 4 deveria ser reescrito assim:

- Passo 4. Se um botão não foi pressionado OU a exibição rápida começou há menos de dois segundos, volte ao início e escolha outro número aleatório. Caso contrário...

Observe a palavra OU. Esses operadores booleanos são realmente úteis.

## Relógio do sistema

Acho que resolvi todos os problemas relativos a botões, mas agora tenho um novo problema. Preciso medir dois segundos.

Existe um relógio de sistema dentro do microcontrolador? Provavelmente sim. Talvez a linguagem C possa acessá-lo e pedir para ele medir um intervalo de tempo.

Consulte a referência da linguagem C. Sim, existe uma função chamada `millis()` que mede milissegundos. Ela funciona como um relógio, começando do zero sempre que um programa inicia. Esta função é capaz de atingir um número tão alto que levará 50 dias para chegar ao seu limite e reiniciar do zero. Isto dever ser suficiente.

Mas espere, existe mais um pequeno problema. O Arduino não permite que meu programa reinicie o relógio do sistema sob demanda. O relógio inicia a contagem como um cronômetro quando o programa começa a ser executado, mas, ao contrário de um cronômetro, eu não consigo pará-lo.

Como resolver a questão? Terei que usar o relógio do sistema da mesma forma que usaria o relógio de parede da minha cozinha no mundo real. Quando quero cozinhar um ovo, eu mentalmente anoto a hora em que a água começou a ferver. Suponhamos que sejam 17h02 e eu quero cozinhar o ovo por sete minutos. Eu digo a mim mesmo: “17h02 mais sete minutos é 17h09, portanto eu tirarei o ovo

às 17h09”.

O que estou fazendo, dentro da minha cabeça, é comparar o relógio, que continua rodando, com o tempo limite memorizado de 17h09. Eu me pergunto: “O relógio já chegou a 17h09?” Quando o horário no relógio for igual a 17h09 ou superior, meu ovo estará cozido.

A maneira de fazer isso no programa dos dados é inventar uma variável que funcionará como minha memória do horário no início do processo de cozimento do ovo. Imediatamente antes de a exibição rápida começar, eu armazeno o valor atual do relógio do sistema na variável, somando dois segundos. Então eu faço o programa dizer: “O relógio do sistema já atingiu o valor da minha variável?” até que ele finalmente chegue lá.

Suponha que eu chame a variável de “ignore”, pois ela me dirá em que horário futuro o programa deve parar de ignorar o botão. Então o Passo 4 pode perguntar ao microcontrolador: “O relógio do sistema já excedeu a variável *ignore*?”, e se a resposta for sim, o programa pode voltar a prestar atenção no botão.

Eu não posso reiniciar o relógio do sistema, mas posso reiniciar a variável “ignore” para que ela corresponda ao valor atual de *millis()*, mais dois segundos, sempre que uma nova sessão de exibição rápida começa.

### Esboço final do pseudocódigo

Levando em consideração todas as questões, aqui está a sequência revisada, e espero que final, dos eventos para o programa:

- Antes de o loop iniciar, estabeleça entrada e saída dos pinos lógicos, e configure a variável “ignore” com o horário atual, mais dois segundos.
- Passo 0. Desligue todos os LEDs.
- Passo 1. Escolha um número aleatório.
- Passo 2. Converta-o em um padrão de dados e acenda os LEDs adequados.
- Passo 3. Veja se o botão foi pressionado.

- Passo 4. Veja se o relógio do sistema já alcançou a variável “ignore”.
- Passo 4a. Se o botão não tiver sido pressionado OU se o relógio do sistema ainda não alcançou o valor da variável “ignore”, volte ao Passo 0. Caso contrário...
- Passo 5. Congele o display.
- Passo 5A. Espere o jogador soltar o botão.
- Passo 6. Espere o que for necessário para o jogador pressionar o botão mais uma vez, para reiniciar a exibição.
- Passo 7. Reinicie a variável “ignore” com o valor do relógio do sistema, mais dois segundos.
- Volte para o Passo 0.

Você acha que funcionará? Vamos descobrir.

### Configuração de hardware

A Figura 5.94 mostra sete LEDs ligados a uma matriz de contato para exibir os padrões de pontos de um dado. O conceito é o mesmo da Figura 4.146, exceto que o Arduino pode fornecer 40 mA em cada pino de saída e, portanto, não é preciso alimentar pares de LEDs em série. Uma única saída pode facilmente alimentar um par de LEDs em paralelo, e para cada LED genérico, um resistor de 330 ohms é mais que suficiente.

Os números nos fios são os mesmos do sistema de numeração da Figura 4.146. Eles não têm nada a ver com os valores do dado. É apenas um modo arbitrário para identificar cada fio. Além disso, posso ligar os fios numerados de 1 a 4 às saídas digitais numeradas de 1 a 4 na placa Uno. Isto ajudará a tornar as coisas claras.

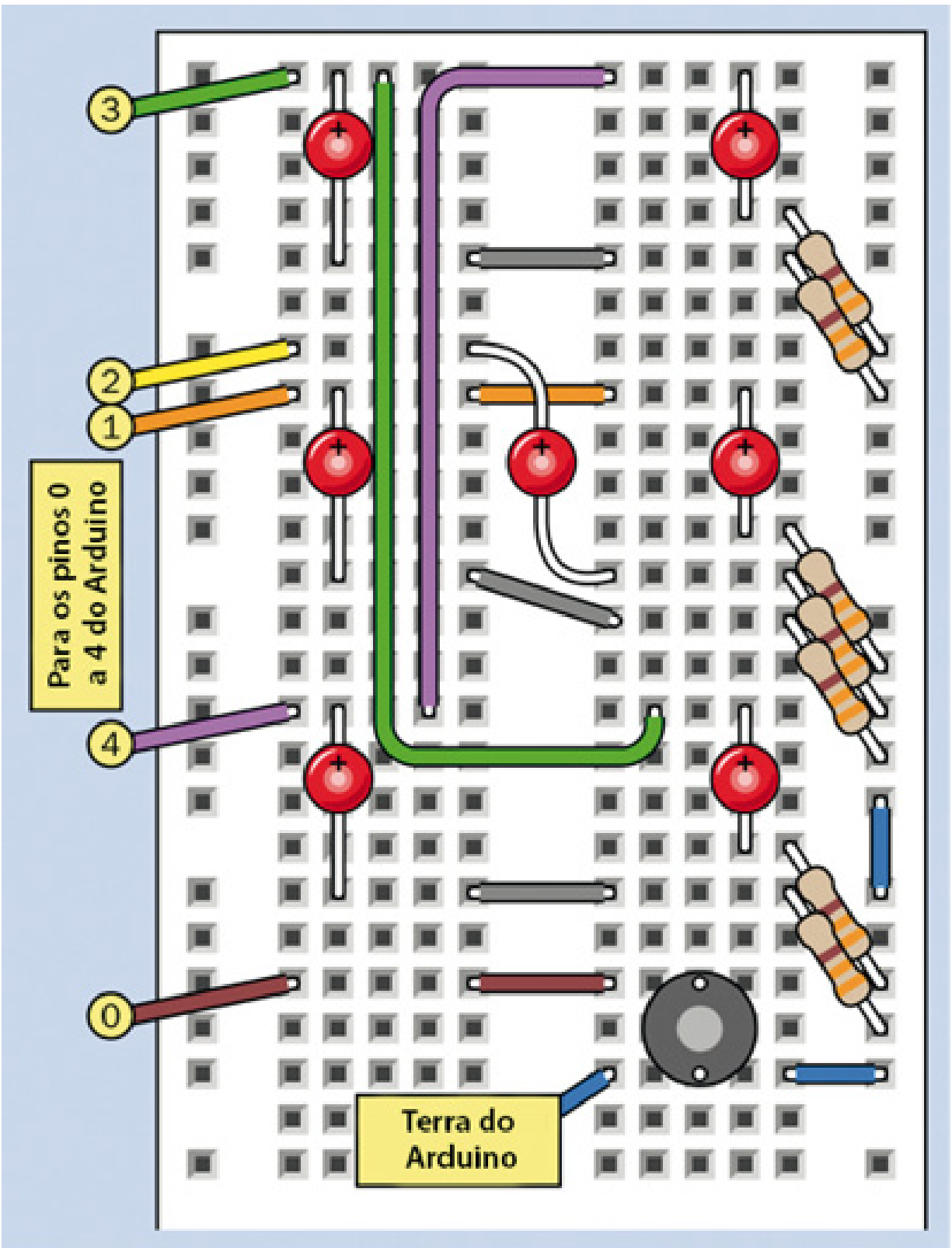


Figura 5.94 – Sete LEDs ligados em uma matriz de contato para exibir os padrões de um dado.



Usarei a conexão digital 0, na placa Uno, com uma entrada que verifica o status do botão de pressão. Entretanto, observe que o Uno usa os pinos digitais 0 e 1 ao receber dados USB. Se você tiver problemas para carregar seu programa, desconecte o fio da entrada digital 0 temporariamente.

Não conecte ainda o fio terra da matriz de contato à placa Uno. É mais seguro carregar o programa primeiro, pois o programa dirá ao microcontrolador quais pinos são saídas e quais pinos são entradas. Um programa anterior pode tê-los configurado de modo diferente, e assim que a placa do Arduino estiver conectada, ela irá executar o programa que estiver em sua memória. Isto pode não ser seguro para as saídas do Arduino, pois:

- É preciso muito cuidado para não aplicar qualquer tensão a um pino digital configurado como saída.

### Agora, o programa

A Figura 5.95 mostra o programa que escrevi e que corresponde ao pseudocódigo. O mesmo programa é listado na Figura 5.96 com os comentários removidos, para que você possa copiar-digitar o código mais rapidamente. Digite-o na janela de edição do IDE.

```

// Nicer Dice
// by Charles Platt

int spots = 0;      // How many spots to display.
int outpin = 0;     // The number of an output pin.
long ignore = 0;   // When to stop ignoring the button.

void setup()
{
  pinMode(0, INPUT_PULLUP);
  pinMode(1, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  ignore = 2000 + millis();
}

void loop()
{
  // First, we must blank the display.
  for (outpin = 1; outpin < 5; outpin++)
  { digitalWrite (outpin, LOW); }

  // Now pick a random number from 1 through 6.
  spots = random (1, 7);

  // Now display the appropriate spot pattern.
  if (spots == 6)
  { digitalWrite (1, HIGH); } // Side pair of spots

  if (spots == 1 || spots == 3 || spots == 5)
  { digitalWrite (2, HIGH); } // Center spot

  if (spots > 3)
  { digitalWrite (3, HIGH); } // Diagonal spots, left

  if (spots > 1)
  { digitalWrite (4, HIGH); } // Diagonal spots, right

  // Add a small delay for a pleasing display speed.
  delay (20);

  // After 2 seconds have passed, stop ignoring the button.
  // If the button is pressed, call the checkbutton function.
  if ( millis() > ignore && digitalRead(0) == LOW )
  { checkbutton(); }
}

// This function waits for the button to be released,
// then waits for it to be pressed to start the next run.
void checkbutton()
{
  delay (50); // Button pressed; debounce.
  while (digitalRead(0) == LOW) // While button is pressed,
  { } // do nothing while waiting.
  delay (50); // Button released, debounce.
  while (digitalRead(0) == HIGH) // While button is released,
  { } // do nothing while waiting.
  ignore = 2000 + millis(); // Set the new ignore time,
} // and return to the main loop.

```

*Figura 5.95 – O programa Dados mais legais.*

Enquanto estiver digitando o programa, você perceberá que a segunda declaração “if” contém um caractere que você ainda não viu. Na verdade, talvez você nunca o tenha usado, mesmo em seu teclado. É uma barra vertical, às vezes chamadas de símbolo “pipe”. Em um teclado Windows, é provável encontrá-la acima da tecla Enter. Você pode digitá-la apertando a tecla Shift e o caractere da barra invertida \. A listagem usa dois pares de símbolos “pipe” na segunda declaração “if” e eu as explicarei à medida que explicar o programa linha por linha.

```

int spots = 0;
int outpin = 0;
long ignore = 0;

void setup()
{
  pinMode(0, INPUT_PULLUP);
  pinMode(1, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  ignore = 2000 + millis();
}

void loop()
{
  for (outpin = 1; outpin < 5; outpin++)
  { digitalWrite (outpin, LOW); }

  spots = random (1, 7);

  if (spots == 6)
  { digitalWrite (1, HIGH); }

  if (spots == 1 || spots == 3 || spots == 5)
  { digitalWrite (2, HIGH); }

  if (spots > 3)
  { digitalWrite (3, HIGH); }

  if (spots > 1)
  { digitalWrite (4, HIGH); }

  delay (20);

  if ( millis() > ignore && digitalRead(0) == LOW )
  { checkbutton(); }
}

void checkbutton()
{
  delay (50);
  while (digitalRead(0) == LOW)
  { }
  delay (50);
  while (digitalRead(0) == HIGH)
  { }
  ignore = 2000 + millis();
}

```

*Figura 5.96 – O mesmo programa com os comentários removidos.*

Ao terminar, selecione a opção Sketch > Verificar/Compilar no IDE para ver se cometeu erros.

-Algumas das mensagens de erro são de difícil compreensão e elas se referem aos números das linhas. Porém, os números das linhas não são exibidos com o programa! Parece uma piada cruel indicar o número da linha do erro e não exibir os números de linha no programa. Talvez exista uma forma de ativar a exibição dos números de linha? Se você consultar a Ajuda e procurar “números de linha”, não acho que vá encontrar nada. Consulte os fóruns do Arduino e você encontrará muitas pessoas reclamando que não conseguem exibir os números de linha.

Ah, mas os fóruns exibem primeiro as postagens mais antigas. Se você descer até as postagens mais recentes, descobrirá que o problema foi finalmente resolvido. O Arduino simplesmente ainda não documentou esse tópico. Vá para Arquivo > Preferências e você verá uma opção para ativar a exibição dos números de linhas.

Claro que as mensagens de erro podem ser um pouco difíceis de entender, mas aqui estão as causas mais comuns de erro, que você deve consultar antes de tentar corrigi-los:

- você pode ter esquecido um ponto e vírgula no final de uma instrução;
- você pode ter se esquecido de usar uma chave de encerramento. Lembre-se, chaves { } precisam sempre vir aos pares;
- embora uma palavra de comando frequentemente contenha uma combinação de letras maiúsculas e minúsculas, como em pinMode, você pode ter digitado tudo em letras minúsculas. O IDE deve exibir as palavras de comando em vermelho quando elas estiverem digitadas corretamente. Se uma aparecer em preto, ela contém um erro de digitação;
- você pode ter omitido um parêntese do nome de uma função como `void loop()`;
- você pode ter usado um único sinal de igual = onde deveria ter

usado dois sinais `==`. Lembre-se, `=` significa “atribuir um valor” enquanto `==` significa “comparar um valor”;

- você pode ter digitado apenas um símbolo `|` ou apenas um símbolo `&` onde eles deveriam ter sido usados aos pares.

Quando a operação de Verificar/Compilar não encontrar mais erros, carregue o programa. Agora ligue o fio terra que conecta sua matriz de contato com a placa Uno e os LEDs devem começar a piscar. Espere alguns segundos, então pressione o botão e o display para, exibindo um padrão aleatório de pontos. Pressione o botão novamente e display recomeça. Mantenha o botão pressionado, e depois do período “ignore” de dois segundos, o display para novamente.

O pseudocódigo foi implementado com sucesso!

Como funciona o programa?

### Inteiros curtos e inteiros longos

O programa inclui algumas palavras que você ainda não viu e um novo conceito realmente importante.

Uma nova palavra é `long`. Até agora você digitou `int` (o que significa “inteiro”) antes de cada nome de variável, mas o valor de `int` é limitado entre -32.768 e +32.767. Quando você precisar armazenar um número maior que esse, é possível usar um inteiro longo, permitindo um intervalo de valores entre -2.147.483.648 a 2.147.483.647.

Por que não usar inteiros longos para tudo? Assim você não precisaria se preocupar com o limite de um inteiro regular. É verdade, mas inteiros longos levam o dobro de tempo para serem processados (ou mais) e ocupam o dobro de memória. Não temos muita memória no microcontrolador da Atmel.

O relógio do sistema usa a função `millis()` para contar milissegundos. Se ela só pudesse contar até 32.767, seria suficiente apenas para pouco mais de meio minuto. Podemos precisar de mais tempo, portanto a função armazena seu valor em um inteiro longo. (Como eu sei isso? Eu li na referência da linguagem. É preciso ler a

documentação para usar uma linguagem de computador.)

Quando criei minha variável “ignore” para memorizar o valor atual do relógio do sistema, a variável tinha que ser definida para ser compatível com o relógio; portanto ela tinha que ser definida como inteiro longo, usando a palavra `long`.

O que acontece se você tentar armazenar um número fora do intervalo permitido em uma variável inteira (ou `long integer`)? Seu programa produzirá resultados inesperados. Depende de você garantir que isto nunca ocorra.

## Configuração

A seção de configuração do programa é bastante direta. Você ainda não usou as instruções `pinMode()`, mas elas são fáceis de entender.

A primeira tem um parâmetro, `INPUT_PULLUP`, que é muito útil: ela ativa um resistor pull-up embutido no microcontrolador, assim você não precisa acrescentar um resistor pull-up. Lembre-se, ele é um resistor *pull-up* e não um resistor *pull-down*. Portanto, o estado de entrada do pino é normalmente alto e quando você usar um botão, ele precisa aterrar o pino do chip, para torná-lo baixo. Assim:

- Quando o botão é pressionado, a função `digitalRead()` retorna um valor `LOW` (baixo).
- Quando o botão é liberado, a função `digitalRead()` retorna um valor `HIGH` (alto).

## O loop “for”

No início da função `void loop()` existe um tipo diferente de loop. Ele é chamado de loop “for”, pois começa com a palavra `for`. Esta é uma maneira muito básica e conveniente de fazer o microcontrolador contar uma série de números, armazenando cada novo número em uma variável e descartando o valor anterior. A sintaxe funciona assim:

- a palavra reservada `for` é seguida por três parâmetros entre parênteses;

- cada parâmetro é separado do outro por um ponto e vírgula;
- o primeiro parâmetro é o primeiro valor armazenado na variável especificada. (Ele é corretamente conhecido como código de inicialização.) Neste programa, o primeiro valor é 1, armazenado em uma variável que eu criei chamada `outpin`;
- o segundo parâmetro é o valor no qual o loop para de contar (corretamente conhecido como a condição de parada). Uma vez que o loop para nesse ponto, o valor final na variável será um a menos que o limite. Neste programa, o limite é `< 5`, o que significa “menor que 5”. Portanto, o loop contará de 1 a 4, usando a variável `outpin`;
- o terceiro parâmetro é a quantidade que o loop adiciona à variável em cada ciclo (corretamente conhecido como expressão da iteração). Nesse caso, estamos contando em incrementos de um e a linguagem C permite especificar isso usando o símbolo `++`. Assim, `outpin++` significa “adicione 1 à variável `outpin` em cada ciclo”.

Os loops “for” permitem especificar todos os tipos de condições. Eles são extremamente flexíveis. Recomendo ler sobre eles no material de referência da linguagem. Este loop “for” conta de 1 a 4, mas ele poderia contar facilmente de 100 a 400, ou qualquer intervalo desejado, limitado apenas pelo tipo de inteiro usado no loop (`int` ou `long`).

Durante cada ciclo do loop, o microcontrolador é instruído a fazer alguma coisa. O procedimento executado é listado entre chaves depois que o loop é definido. Como qualquer procedimento, ele pode conter numerosas operações, cada uma terminando por um ponto e vírgula. Há apenas uma operação neste procedimento: escrever um estado `LOW` no pino especificado pela variável `outpin`. Uma vez que `outpin` irá contar de 1 a 4, o loop “for” irá criar uma saída baixa nos pinos digitais 1 a 4.

Ah, *agora* você percebeu do que se trata. O loop está desligando todos os LEDs.

Não há uma maneira mais simples de fazer isso? Claro, você poderia



usar estes quatro comandos:

```
digitalWrite (1, LOW);  
digitalWrite (2, LOW);  
digitalWrite (3, LOW);  
digitalWrite (4, LOW);
```

Porém, eu queria introduzir o conceito de um loop “for”, pois ele é básico e importante. Além disso, e se você quisesse apagar nove LEDs? Ou se você quisesse que o microcontrolador piscasse um LED 100 vezes? Geralmente um loop “for” é a melhor maneira de tornar um procedimento eficiente quando há repetição envolvida.

### A função random

Depois que o loop “for” zerou o display do dado, chegamos à função `random()`, que escolhe um número entre os limites entre parênteses. Queremos um valor de dado entre 1 e 6, então por que o intervalo é listado de 1 a 7? Porque, na verdade, a função está escolhendo valores fracionais entre 1,00000001 e 6,99999999 e descartando os números depois do ponto decimal. Portanto, 7 é um limite que nunca é alcançado e a saída será de 1 a 6.

Qualquer que seja o número aleatório, ele é armazenado em outra variável que criei chamada `spots`, isto é, o número de pontos na face de um dado.

### A declaração “if”

Chegou a hora de ver qual o valor de `spots`, desta vez, e acender os LEDs adequados.

A primeira declaração “if” é bastante simples. Se tivermos 6 pontos, esta será a única ocasião em que escrevemos um valor alto no pino de saída 1, que está conectado aos LEDs da esquerda e direita.

Por que não ligar também todos os LEDs diagonais? A resposta é, eles também serão ligados para outros valores de dado, e é mais eficiente para minimizar o número de testes “if”. Logo você verá como funciona.

O próximo “if” usa o símbolo pipe que mencionei anteriormente. Um

par de barras verticais `||` significa OU na linguagem C. Então, a função diz que se tivermos um valor de dado 1 OU 3 OU 5, acendemos o LED central, colocando o pino 2 no estado alto.

O terceiro “if” diz que se o valor do dado for maior que 3, precisamos acender dois dos LEDs posicionados diagonalmente. Isto será necessário para exibir os padrões para 4, 5 ou 6.

O último “if” diz que se o valor dos pontos for maior que 1, os outros LEDs posicionados diagonalmente também precisam ser acesos.

Você pode testar a lógica dessas funções “if” observando os padrões de pontos da Figura 4.146. As portas lógicas naquela figura foram escolhidas para se adequar à saída binária do chip contador, portanto elas são diferentes das operações lógicas nas funções “if” do programa. Mesmo assim, os LEDs são emparelhados da mesma forma.

### Velocidade da piscada

Depois das funções “if”, eu inseri um atraso de 20 milissegundos, pois acho que isso torna o display mais interessante. Sem este atraso, os LEDs piscariam tão rapidamente que teriam o aspecto de um borrão. Com o atraso, você pode vê-los piscando, mas a velocidade ainda é muito rápida para você parar a exibição em um número de sua escolha, embora você possa tentar!

Você pode tentar ajustar o atraso para um valor maior ou menor que 20.

### Criando uma nova função

Agora vem a parte importante. No pseudocódigo que escrevi, chegamos aos Passos 3, 4 e 4a. Para refrescar sua memória:

- Passo 3. Veja se o botão foi pressionado.
- Passo 4. Veja se o relógio do sistema já alcançou a variável “ignore”.
- Passo 4a. Se o botão não foi pressionado OU o relógio do sistema ainda não alcançou a variável “ignore”, volte para o Passo 0. Caso

contrário...

Esses passos podem ser combinados em uma função “if”. No pseudocódigo seria assim:

- If (o botão não está pressionado OU o relógio do sistema é menor que o valor de “ignore”), volte para o passo 0.

No entanto, existe um problema. O termo “volte para...” sugere que eu quero direcionar o microcontrolador para uma parte específica do programa. Isto pode parecer natural, mas quando escrevemos em C, devemos tentar evitar transferir o controle de uma seção do programa para outra.

A razão é que muitas instruções do tipo “vá para cá” e “vá para lá” tornam o programa difícil de entender, não apenas para outras pessoas, mas para você também quando voltar a analisá-lo daqui a seis meses e não se lembrar de qual era sua intenção.

O conceito da linguagem C é que cada parte de um programa esteja contida em um bloco separado e o programa executa *chamando-os* quando for necessário. Pense em cada bloco de instruções como um empregado obediente que só faz uma coisa, como lavar a louça ou recolher o lixo. Quando você precisa que uma dessas tarefas seja executada, basta chamar o empregado pelo nome.

Os blocos são corretamente conhecidos como *funções*, o que é confuso, pois temos lidado com funções como `setup()` e `loop()`. Na verdade, você pode escrever sua própria função, que funciona basicamente da mesma forma.

Eu decidi que a forma correta de escrever este programa é dividir a função de verificação do botão, bem, em uma função. Eu a chamei de `checkbutton()`, mas poderia ter dado qualquer nome, desde que a palavra já não estivesse sendo usada para outra finalidade.

Você vê a função `checkbutton()` na parte inferior da listagem, precedida pela palavra `void`, pois esta função não retorna nenhum valor para o resto do programa.

`void checkbutton()` é o *cabeçalho* da função, depois do qual o procedimento é contido dentro das chaves, como de costume.

Tudo que esta função faz é:

- aguardar 50 ms para que o contato pare de vibrar;
- aguardar o botão ser liberado;
- aguardar outros 50 ms até o fim da vibração do contato causada pela liberação do botão;
- aguardar o botão ser pressionado novamente (em outras palavras, aguardar o fim do estado de liberação do botão);
- reiniciar a variável `ignore`.

Quando o microcontrolador chegar ao fim da função, para onde ele vai? Simples: de volta à linha imediatamente seguinte àquela que chamou a função. Onde exatamente? Imediatamente abaixo da função “if” acima. É assim que se chama uma função: simplesmente declarando seu nome (incluindo os parênteses, que às vezes contêm parâmetros, embora não neste caso).

Você pode, e deve, criar quantas funções quiser em um programa, usando cada uma para executar uma tarefa separada. Para saber mais a respeito de funções, sugiro consultar qualquer material de referência geral sobre a linguagem C. A documentação do Arduino não entra em muitos detalhes sobre funções, pois bem, elas são um pouco difíceis de entender se começarem a passar e receber valores. Mesmo assim, elas fazem parte da essência da linguagem C.

## Estrutura

A linha que começa `if ( millis() > ignore` tem a mesma finalidade do Passo 4 em meu pseudocódigo, exceto que agora ela funciona ao contrário. Em vez de decidir se é para enviar o microcontrolador de volta ao início, ela determina se é para chamar a função `checkbutton()`. Anteriormente eu resumi a lógica como “se (o botão não for pressionado OU o relógio do sistema for menor do que o valor “ignore”), volte para o passo 0”. A versão revisada diz “se o período de ignorar o botão terminar E o botão for pressionado, faça um desvio para a função `checkbutton()`”.

Depois que o microcontrolador fizer isso e retornar, ele chega ao fim da função `loop` principal e a função `loop` sempre se repete automaticamente.

Realmente, este programa só faz uma coisa. Ele seleciona números aleatórios e os exibe como padrões de pontos repetidamente. Se o botão for pressionado, ela pausa e aguarda, mas quando o botão for pressionado novamente, o programa volta a fazer o que estava fazendo antes. A rotina de verificação do botão é apenas uma interrupção momentânea.

Portanto, a estrutura natural deste programa é ter um `loop` principal que apenas seleciona e exibe números e então se o botão for pressionado, o microcontrolador faz um pequeno desvio para a função `checkbutton()` e volta.

A documentação do Arduino não diz nada sobre a estrutura, pois a intenção é que você comece a fazer as coisas acontecerem o mais rápido possível. Desta forma, o Arduino simplesmente força você a usar a função obrigatória `setup`, seguida da função `loop` e pronto.

Porém assim que um programa começa a crescer de tamanho, é realmente necessário dividi-lo em suas próprias funções para evitar que ele se torne uma bagunça complicada de entender. Um tutorial-padrão da linguagem C explicará isso em mais detalhes.

Claro que se você só quiser usar o Arduino para fazer uma coisa simples, como ligar um aquecedor quando uma sala esfriar, você pode colocar todos os procedimentos no `loop` principal e isso é tudo, mas isto é um desperdício dos recursos do microcontrolador. Ele pode fazer muito mais. O problema é que quando você tenta fazer algo mais ambicioso, como simular um lance de dados, as instruções se acumulam. Estruturá-las ajuda a manter a clareza.

Existe outra vantagem em dividir um programa em funções. Você pode salvar as funções separadamente e reutilizá-las em outros programas mais tarde. A função `checkbutton()` poderia ser reutilizada em qualquer jogo, em que você quiser parar a ação pressionando um botão e reiniciá-la pressionando o botão uma segunda vez.

Da mesma forma, você pode usar funções de outras pessoas em

seus próprios programas, desde que os autores não restrinjam seu uso devido ao controle de direitos autorais. Um vasto número de funções da linguagem C está disponível online de graça, muitas delas especificamente escritas para o Arduino. Funções existem para controlar quase qualquer display alfanumérico, por exemplo. Isto nos leva a uma recomendação muito importante para os programadores, mas frequentemente ignorada:

- Não reinvente a roda.

Você não precisa perder tempo escrevendo sua própria função se outra pessoa permite que você use a dela.

Esta é outra razão pela qual o conceito de funções é tão importante no C.

### É muito difícil?

Quanto mais você escrever programas, mais fácil se tornará. A curva de aprendizado é íngreme no início, mas depois de alguma prática você escreverá um loop “for” sem pensar muito a respeito. Tudo parecerá óbvio.

Isso é o que os programadores gostam de dizer. É verdade?

Às vezes, sim, às vezes, não. No movimento maker tendemos a achar que qualquer um pode assumir o controle do mundo tecnológico à sua volta. Na verdade, eu também acredito nisso, mas a programação de computadores leva esta filosofia ao limite.

Eu costumava ensinar programação básica e percebia uma ampla gama de aptidões entre os alunos. Alguns deles achavam programação um processo de pensamento muito natural, enquanto outros achavam tudo extremamente difícil, e isso nem sempre tinha a ver com inteligência.

Em uma das pontas da escala, ao final de meu curso de programação de 12 semanas e 36 horas, um aluno escreveu uma simulação completa de uma máquina caça-níqueis, incluindo a parte gráfica que mostrava rodas girando e moedas saindo.

Na outra ponta da escala, eu tive um aluno que era farmacêutico. Ele

era muito inteligente, bem-educado e não importa o quanto ele tentasse, ele não conseguia acertar a sintaxe, mesmo em declarações “if” simples. “Isto está começando a me irritar”, ele disse, “pois estou me sentindo estúpido. E eu sei que não sou estúpido”.

Ele estava certo, ele não era estúpido, mas eu cheguei à conclusão de que não poderia ajudá-lo, pois eu tinha aprendido um fato fundamental.

- Para ser um bom programador, você precisa ser capaz de pensar como um computador.

Por algum motivo, o farmacêutico não conseguia. Seu cérebro não funcionava dessa forma. Ele conseguia descrever a farmacologia de um remédio, sua estrutura molecular e muito mais; mas isso não o ajudava em nada para escrever programas.

Quando o Arduino foi comercializado, seus defensores o descreviam como um dispositivo para pessoas criativas e outras que não se consideravam programadores. Supostamente, ele seria tão simples que todos poderiam usá-lo.

O problema é que eu sou velho o suficiente para me lembrar de quando o HTML foi introduzido com a mesma ideia, que ele seria tão fácil que todos poderiam codificar suas próprias páginas de internet. Bem, alguns o fizeram, mas não “todos”. Hoje em dia, apenas uma minoria programa em HTML (eu sou um deles, mas sou excêntrico por causa disso).

Voltando ainda mais no tempo, aos primórdios da computação como a conhecemos, a linguagem de computador BASIC foi criada com a ideia de que “todos” poderiam usá-la. Nos anos 1980, com o advento dos computadores desktop, os entusiastas dessa linguagem previam que as pessoas escreveriam pequenos programas em BASIC para controlar suas contas bancárias ou armazenar receitas. Bem, muitos tentaram, mas quantos ainda o fazem hoje em dia?

Minha finalidade ao enfatizar esta questão é tranquilizá-lo quanto ao fato de você ser uma dessas pessoas que acham programação difícil, pois não há nenhum estigma relacionado a isso. Tenho certeza

de que você tem outras habilidades que pode desenvolver. Na verdade, construir coisas com componentes individuais poderia ser uma delas, já que isso requer processos de pensamento diferentes. Pessoalmente, eu considero escrever programas muito mais fácil que projetar circuitos, mas para outra pessoa o contrário poderia ser igualmente verdadeiro.

### Atualizando o programa Dados mais legais

Assim como na versão deste programa no Experimento 24, a atualização óbvia é acrescentar um segundo display de dados. Isto pode ser feito facilmente com a placa Arduino, pois ela tem saídas digitais adicionais que podem acionar um segundo conjunto de LEDs. Basta duplicar a seção do programa que começa zerando o display e termina com a função `delay(20);`. Use os números dos novos pinos para seus LEDs adicionais nas funções `digitalWrite()` e pronto!

### Outros microcontroladores

Eu já mencionei o PICAXE. Sua documentação é boa, o suporte técnico é excelente e a linguagem é mais fácil de aprender que o C. Por que então o PICAXE não capturou a imaginação de todos? Não sei; talvez porque ele tenha um nome esquisito. Acho que você deveria conhecê-lo melhor. Comece consultando seu verbete na Wikipedia.

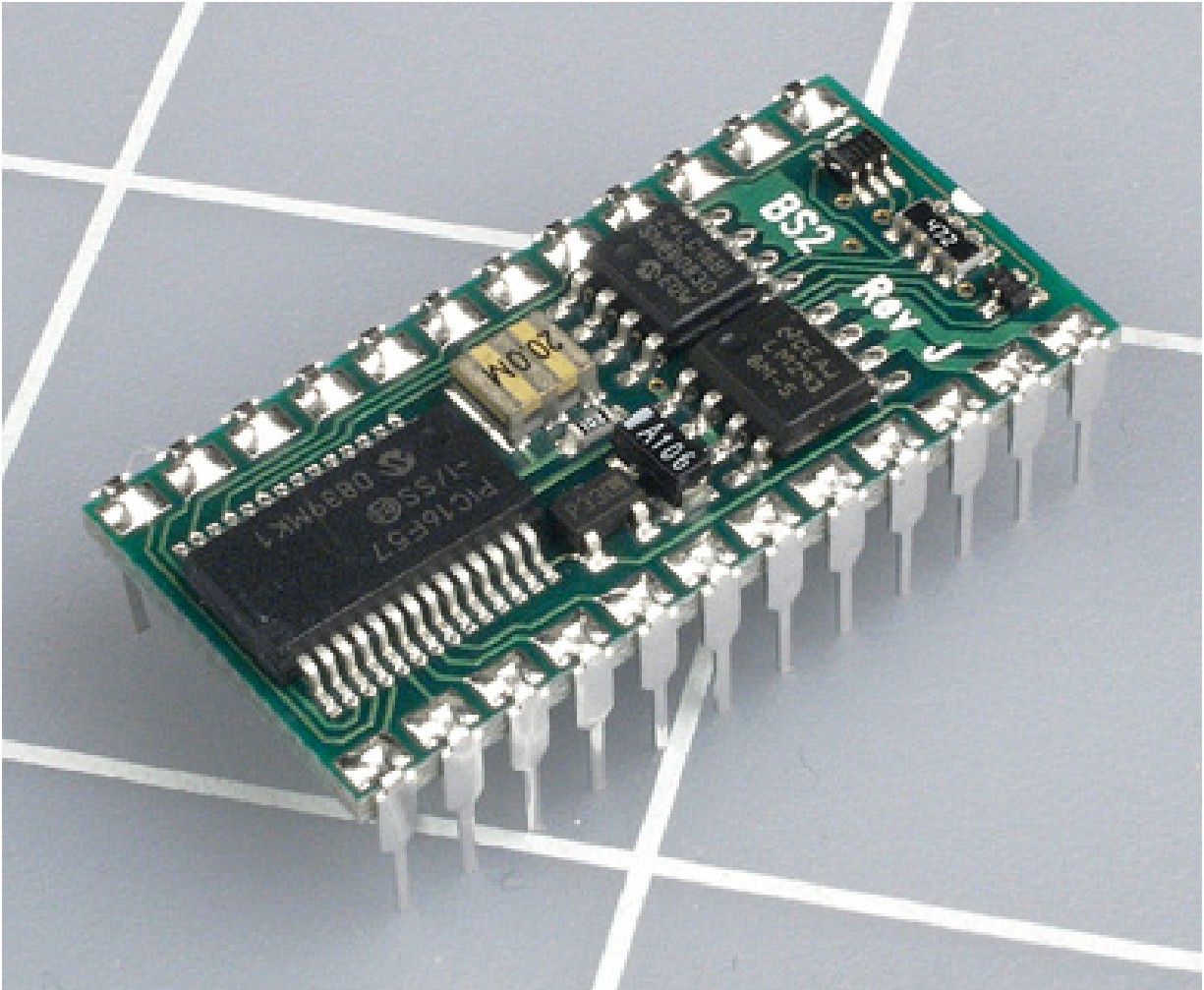
O BASIC Stamp tem um vocabulário maior de comandos que o PICAXE e uma gama maior de dispositivos add-on (incluindo displays com recursos gráficos e um pequeno teclado especificamente projetado para uso com o controlador). Você pode comprá-lo na forma de componentes de montagem em superfície espremidos em uma pequena placa que pode ser conectada a uma matriz de contato, como mostrado na Figura 5.97. Um projeto muito bom.

Uma desvantagem é que tudo associado ao BASIC Stamp é um pouco mais caro que no mundo PICAXE e o procedimento de download não é tão simples.

Novos produtos como o Raspberry Pi estendem a funcionalidade de



um microcontrolador até ele se tornar um verdadeiro computador. Quando você estiver lendo estas linhas, mais alternativas estarão surgindo neste campo turbulento. Antes de você se comprometer a aprender um deles em detalhe, acho uma boa ideia gastar um dia ou dois estudando a documentação e os fóruns online.



*Figura 5.97 – O microcontrolador BASIC Stamp consiste em componentes montados em superfície sobre uma plataforma que tem pinos espaçados a intervalos de 1/10 de polegada, para inserção em uma matriz de contato ou placa perfurada.*

Quando penso em aprender algo novo, faço pesquisas via Google do tipo:

microcontrolador problemas OU dificuldades  
(microcontroller problems OR difficulties)

(Eu substituiria o nome de um produto real por “microcontrolador” nesta busca.)

Não que eu seja negativo por natureza. Simplesmente não quero gastar um tempão em um produto que apresente questões não resolvidas.

### Território inexplorado

Chegou a hora de eu fazer um resumo geral.

Se você se dedicou a concluir a maioria dos projetos neste livro com suas próprias mãos, você teve uma introdução muito rápida às áreas mais fundamentais da eletrônica.

O que ficou faltando ao longo do caminho? Aqui estão alguns tópicos que ainda estão abertos para você explorar. Naturalmente você deve pesquisar online se eles lhe interessam.

A abordagem informal do Aprendizado pela Descoberta que usei neste livro tende a pegar leve na teoria. Eu evitei grande parte da matemática que você esperaria aprender em um curso mais rigoroso sobre o assunto. Se você tem aptidão matemática, pode usá-la para ter uma compreensão muito mais profunda sobre o modo como os circuitos funcionam.

Não avançamos muito no tema do código binário e você não construiu um meio somador, que é uma ótima forma de aprender como computadores funcionam no nível mais fundamental. Porém, no livro *Make: More Electronics* (ainda não publicado no Brasil), eu mostro como fazê-lo.

Eu evitei me aprofundar nas fascinantes e misteriosas propriedades da corrente alternada. Aqui também alguma matemática está envolvida, e o comportamento da corrente a altas frequências é um tópico interessante por si só.

Por razões que já mencionei, evitei componentes de montagem em superfície, mas você pode explorar esta área sozinho com um investimento relativamente pequeno, se você gostar da ideia de criar dispositivos fascinantemente minúsculos.

Tubos de vácuo não foram mencionados, pois neste momento seu interesse é principalmente histórico, mas há algo muito especial e bonito sobre tubos, especialmente se você puder encapsulá-los em um gabinete elegante. Nas mãos de um artesão hábil, amplificadores e rádios de tubo se tornam objetos de arte.

Eu não mostrei como gravar suas próprias placas de circuito impresso. Esta é uma tarefa que atrai apenas certas pessoas, e sua preparação requer que você faça desenhos ou use software para este fim. Se você tiver esses recursos, talvez você queira fazer sua própria gravação. Poderia ser um primeiro passo para a fabricação em escala de seus próprios produtos.

Eu não cobri eletricidade estática. Faíscas de alta tensão não têm qualquer aplicação prática e elas implicam em certas questões de segurança, mas elas são incrivelmente impressionantes e você pode facilmente obter as informações necessárias para construir o equipamento. Talvez você devesse tentar.

Amplificadores operacionais e lógica digital de nível mais alto são outros tópicos que não foram abordados aqui. Entretanto, eles estão incluídos no [Make: More Electronics](#).

## Concluindo

Acredito que a finalidade de um livro de introdução seja oferecer uma amostra de uma ampla gama de possibilidades, deixando que você decida o que quer explorar em seguida. A eletrônica é ideal para aqueles de nós que gostam de fazer coisas por conta própria, pois quase toda aplicação, da robótica, passando por aeronaves radiocontroladas, telecomunicação até hardware de computadores, pode ser explorada por apenas uma pessoa, trabalhando em casa, com recursos limitados.

À medida que você se aprofundar em áreas da eletrônica que mais lhe interessam, tenho certeza de que terá uma experiência de aprendizagem satisfatória. E, acima de tudo, espero que você se divirta muito.

## Ferramentas, equipamentos, componentes e suprimentos

Este capítulo é dividido em cinco partes:

**Kits.** Vários kits foram preparados, contendo componentes e suprimentos que você pode usar para concluir os projetos no livro. Veja “Kits”, para detalhes.

**Pesquisando e comprando online.** Em vez de comprar kits, você pode preferir fazer suas próprias compras. Eu compilei algumas dicas para ajudá-lo. Veja “Pesquisando e comprando on-line”, logo a seguir para detalhes.

Em **Listas de controle de suprimentos e componentes** você encontrará item por item de tudo que você precisa. As listas de suprimentos começam em “Suprimentos”, e as listas de componentes começam em “Componentes”.

**Comprando ferramentas e equipamentos.** Listei todas as ferramentas que são discutidas no início de cada capítulo do livro e tenho algumas sugestões sobre onde encontrá-las. Veja “Comprando ferramentas e equipamentos”.

**Fornecedores é uma lista de fontes.** As abreviaturas nesta lista são usadas nos guias de compra. Veja “Fornecedores”.

### Kits

Um kit de componentes deve conter todas as peças necessárias para os Capítulos 1, 2 e 3 do livro. Um kit adicional deve oferecer peças para o Capítulo 4. Um kit de soldagem separado também deve estar disponível.

Para informações, visite [www.plattkits.com](http://www.plattkits.com).

A página será atualizada à medida que mais opções ficarem disponíveis. Observe que kits podem ser oferecidos por fornecedores independentes, que não estão afiliados à Maker Media de modo algum.

## Pesquisando e comprando online

Estou incluindo algumas dicas gerais sobre a pesquisa de peças, pois muitos leitores da primeira edição (americana) parecem ter tido dificuldade em obter os resultados desejados. Começarei com as considerações mais básicas e evoluirei a partir daí. Mesmo alguns compradores mais experientes podem encontrar algumas dicas úteis aqui.

Para uma lista abrangente de todos os fornecedores sugeridos, veja “Fornecedores”. Aqui estão os que eu considero principais:

**Componentes eletrônicos** estão disponíveis em grandes lojas de varejo online (nos EUA), a maioria das quais não impõe quantidades mínimas. Mouser, Digikey e Newark são as escolhas óbvias, pois mantêm estoques gigantescos. Eles podem ser encontrados em:

Mouser Electronics está sediada no Texas.

Digi-Key ships está sediada em Minnesota.

Newark element 14 está sediada no Arizona.

Além disso, não se esqueça do eBay, onde os preços são frequentemente menores que em outras fontes, especialmente se você usar vendedores asiáticos. O eBay não é tão útil para peças com menor demanda, como chips lógicos.

**Ferramentas e equipamentos** estão disponíveis no eBay, Amazon e Sears, mas se você quiser uma seleção realmente monumental, a McMaster-Carr é imbatível.

Elas também têm excelentes tutoriais – por exemplo, sobre as propriedades de diferentes tipos de plástico ou as vantagens relativas de diferentes brocas.

## A arte de pesquisar

A pesquisa mais simples é por um número específico de peça, se você tiver um. Você pode fornecê-lo no campo de busca de um site como mouser.com, onde o algoritmo é inteligente o suficiente para permitir alguma flexibilidade. Por exemplo, suponha que você queira um chip lógico 7402. A Mouser irá sugerir que um SN7402N da Texas Instruments pode ser o que você deseja, lembrando-se que a Texas Instruments adiciona SN ao início e N ao final do tipo básico de chip.

Entretanto, a busca não será útil se houver um código adicional no meio do número da peça. Ao procurar por um 7402, a Mouser não irá mostrar chips da família 74HC02, pois HC foi adicionado no meio do código.

### Tente a opção de bate-papo

Suponha que você só tenha um número de peça incompleto ou não saiba se a peça é obsoleta ou precise de uma ajuda geral. Não descarte a opção de fazer uma chamada de voz. Um grande distribuidor terá representantes de vendas que podem ajudá-lo. Não importa se você é um comprador individual comprando pequenas quantidades.

Melhor ainda, abra uma janela de bate-papo. Isto permitirá que você copie-e-cole um número de peça na janela de bate-papo e obtenha uma resposta bastante rápida, recomendando opções semelhantes se a peça estiver indisponível.

### Peças no Google

Se quiser comparar antes de comprar, use um mecanismo de busca genérico. Assumo que o Google é seu padrão, pois acho que ele é o mais adequado para nossos propósitos.

Caso um número de peça for longo e complicado, você terá melhor chance de encontrar o que deseja e não verá ofertas de algo que não deseja. Procurar por um 7402 no Google gerará resultados que incluem uma cor de tinta Pantone e um padrão de Institutos de Saúde. Procurar por 74HC02 restringirá os resultados a chips lógicos.

Infelizmente, é provável que você receba resultados de muitos revendedores de especificações. Essas empresas coletam especificações de fabricantes de eletrônicos e as reagrupam para você com anúncios que pagam por este “serviço”. Isto não seria um problema, exceto pelo fato de o revendedor exibir apenas uma página das especificações por vez, pois cada página terá novos anúncios, todos eles gerando dinheiro para o revendedor. Esperar cada página ser exibida é uma perda de tempo, por isso eu geralmente uso um hífen como sinal de menos para bloquear especificações quando eu procuro componentes via Google, desta forma:

74HC02 -especificações

Observe que quando você especifica um número de peça, o mecanismo de busca tem menos chance de compensar pequenos erros de digitação. O Google entende que se você digitou “compomentes”, provavelmente queria dizer “componentes”, mas ele não saberá que um chip 84HC02 deveria ser um 74HC02.

## Especificações

E se você realmente quiser ver uma especificação, pois precisa verificar a característica de um componente antes de comprá-lo? Vá para o site de grandes distribuidores, encontre a peça que procura e você verá a opção para clicar no ícone de especificações. Isto o levará a um documento imprimível de várias páginas (quase sempre no formato PDF) mantido pelo próprio fabricante do componente. Para mim, isso é muito mais rápido que lidar com revendedores de especificações via Google.

## Técnicas gerais de pesquisa

Se você está procurando um tipo de componente, um termo de busca breve e vago é geralmente inadequado:

interruptor

Em meu local, o primeiro resultado desta busca foi interruptores de luz, o segundo resultado foi um bar local de vinhos e recebi várias

ofertas de switches de rede (que são como roteadores). Também achei uma empresa chamada Switch (interruptor em inglês), que ajuda as pessoas a encontrar um novo emprego. Como evitar esses resultados irrelevantes?

Como primeiro passo, adicione uma palavra para definir a área de interesse. Por exemplo:

interruptor eletrônica

Melhor ainda, se você quiser um interruptor DPDT com corrente nominal de 1 ampere, basta digitar:

“interruptor” dpdt 1a

Observe o uso de aspas para restringir um termo específico, desencorajando o Google a mostrar resultados de busca próximos, mas que não são exatamente o que você procura. Observe também que os termos de busca não diferenciam maiúsculas de minúsculas; não há vantagem em incluir um termo como dpdt em maiúsculas.

Você pode restringir sua busca ainda mais mencionando uma fonte, como:

“interruptor” dpdt 1a amazon

Por que mencionar a Amazon, se você pode ir até o site amazon.com e fazer sua busca lá? Porque o recurso de busca da amazon.com tem menos recursos que o do Google. Neste exemplo, ele não reconheceria o uso das aspas duplas.

Felizmente a Amazon permite que o Google vasculhe todo o seu site e indexe tudo, de modo que uma pesquisa via Google pode levá-lo diretamente para uma lista de interruptores da Amazon.

## Exclusões

Use a opção do sinal de menos para evitar itens indesejados. Por exemplo, se você só estiver interessado em interruptores de tamanho normal, você poderia tentar:

“interruptor” dpdt 1a amazon -miniatura

Observe que o sinal de menos é outro elemento sintático que o recurso de busca da Amazon não entende.



## Alternativas

Lembre-se dos operadores lógicos AND e OR. Se um interruptor de polo simples e duas vias serve para você tanto quanto um interruptor de polo duplo e duas vias, você pode tentar isto no Google:

“interruptor” dpdt OR spdt 1a -miniatura

No entanto, mesmo isso pode causar certos problemas, pois as convenções de nomes na eletrônica podem ser inconsistentes. Alguns se referem a um interruptor DPDT como um interruptor 2P2T. Alguns chamam um interruptor SPDT de interruptor 1P2T. Você precisará de muitos operadores OR para cobrir essas alternativas.

## Digitação demais?

Pessoalmente, acho que uma busca detalhada e construída com atenção economiza tempo ao evitar buscas subsequentes. Entretanto, se você não quiser ter o trabalho de digitar um elaborado termo de busca, existem outras opções. Uma delas é clicar na palavra “Imagens” que o Google exibe imediatamente acima de cada conjunto de resultados de busca, ao lado da palavra “web”. O Google Imagens mostrará imagens de cada tipo imaginável de interruptor, e já que nossos cérebros são bem equipados para reconhecer imagens rapidamente, percorrer várias imagens pode ser um modo mais eficiente de encontrar o que deseja do que percorrer um monte de texto.

Alternativamente, você pode clicar na opção “Comprar” acima dos resultados de busca do Google. Isso permitirá listar itens em ordem de preço entre dezenas ou centenas de diferentes fornecedores. Alguns fornecedores não serão incluídos, porém.

## Categorias dos fornecedores

Outra opção é ir para o site de um fornecedor e usar seu sistema de categorias. Nos sites mouser.com, digikey.com e Newark.com se você pesquisar “interruptor”, será exibida uma lista de diferentes tipos de interruptores. Clique no tipo desejado e você receberá opções adicionais, para restringir sua busca um passo por vez.

Em última instância no mouser.com e sites de outros grandes fornecedores, é provável que você veja pequenas janelas listando atributos como tensões, amperagens e outros valores. Isso pode ser frustrante, pois as listas não são gerenciadas de forma inteligente. Alguns interruptores classificados como meio ampere, por exemplo, estão agrupados na categoria 0.5 A, enquanto outros estão agrupados separadamente na categoria 500 mA. Essas classificações são idênticas, mas as pessoas que criaram as listagens parecem ter copiado as especificações das tabelas de dados de fabricantes, algumas das quais usam amperes enquanto outras usam miliamperes.

O que fazer? Use sua opção Control-clique (Command-clique em um Mac). Manter pressionada a tecla Ctrl (ou a tecla Command) enquanto você clica a seleção adicional permite escolher os interruptores de 0.5 A e os interruptores de 500 mA e quaisquer outros que sejam adequados – incluindo interruptores de 1 A, já que componentes com corrente nominal maior funcionarão bem com correntes menores.

### Qual clicar primeiro?

Ao usar categorias no site de um fornecedor é útil começar escolhendo os atributos que você absolutamente, positivamente precisa. Por exemplo, se você está comprando chips lógicos, comece selecionando versões de encaixe, pois você definitivamente não quer as minúsculas versões para montagem em superfície. Porém, observe que um encapsulamento “DIP” é quase o mesmo que um encapsulamento “PDIP” (DIP de plástico), o que é o mesmo que uma versão de “encaixe”.

Inversamente, qualquer formato de chip identificado por um acrônimo começando com S é quase certamente uma versão para montagem em superfície, o que não queremos. SMT, em particular, significa montagem em superfície.

### Uma pesquisa real

Aqui está um exemplo de uma pesquisa real que realizei ao procurar

uma peça que usei neste livro. Eu sabia o que queria, mas não conhecia o número da peça.

Eu queria um contador (counter) com uma saída de 3 bits para usar no circuito “Os dados estão lançados” (veja o “Experimento 23: Sacudir e repicar”). Portanto, fui ao site da Mouser Electronics e comecei a busca por:

counter

Enquanto eu digitava meu termo de busca, o site da Mouser sugeriu automaticamente:

counter ICs

Um IC é um circuito integrado, o que é o mesmo que um chip. Portanto, eu cliquei na sugestão automática, o que me levou a uma página listando 821 resultados. Pequenas janelas permitiriam que eu buscasse por fabricante, tipo de contador, família lógica e muito mais. Como proceder?

Fui à janela que me permitia escolher o estilo de montagem. Apenas duas opções: SMD/SMT (que são chips de montagem em superfície) e encaixe (chips que se encaixam em matrizes de contato e não requerem uma lente de aumento). Cliquei na opção encaixe e então no botão Aplicar filtros. Obtive 177 resultados.

Todos os chips lógicos neste livro são do tipo HC da família 7400, portanto fui à janela da Família lógica e cliquei em 74HC. Não tão rápido! Eu sei que a Mouser frequentemente lista a mesma coisa sob diferentes nomes, assim percorri as outras opções. Como esperado, encontrei HC listado separadamente de 74HC. Usei o botão Ctrl para selecionar ambos os termos.

Agora eu tinha 52 opções para escolher. Como Tipo de contador, selecionei Binário, pois eu queria uma saída binária. Isto me deixou com 33 resultados.

Não havia chips de 3 bits, mas eu poderia usar um chip de 4 bits e ignorar o bit mais alto. Eu vi duas opções na subcategoria Número de bits: 4 e 4 bits. Usei o botão Ctrl para selecionar ambas.

A Sequência de contagem poderia ser Para cima ou Para cima/Para

baixo. Eu só queria Para cima, portanto, cliquei nessa opção. Agora sobraram apenas nove resultados! Hora de inspecionar os resultados. Eu queria usar o chip mais comum disponível, o que determinei observando quantos de cada havia em estoque. Eu vi mais de sete mil do SN74HC393N da Texas Instruments.

Eu cliquei nas especificações para ter certeza de que ele faria o que eu queria. Um chip de 14 pinos, fornecendo uma corrente contínua máxima de saída de mais ou menos 25 mA com uma tensão nominal de 5 volts (“nominal” quer dizer “usada tipicamente”). Sim, este era um chip lógico-padrão na família 74HCxx. Na verdade, ele continha dois contadores de 4 bits e eu só precisava de um, mas eu não iria implicar com esse detalhe, e percebi que poderia usar o segundo contador no chip se ampliasse o escopo de meu projeto.

O 74HC393 custava cerca de 50 centavos de dólar. Eu poderia colocar seis deles no carrinho de compra, totalizando apenas US\$ 3. Portanto eu poderia procurar algo mais, razoavelmente pequeno e leve, para acrescentar às compras sem pagar frete adicional. Primeiro imprimi as especificações do 74HC393 e as adicionei ao meu sistema de pastas com documentação impressa.

Você pode perceber que esse processo implica uma grande quantidade de cliques, mas ele levou menos de 10 minutos e eu encontrei exatamente o que queria.

Eu poderia ter seguido um caminho diferente. Como eu sabia que queria um chip da família 74xx, poderia ter ido até esse endereço, que está na minha lista de favoritos para uma referência rápida:

[www.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_7400\\_series\\_integrated\\_circuits](http://www.wikipedia.org/wiki/List_of_7400_series_integrated_circuits)

Ele inclui todos os chips lógicos 74xx que já foram feitos. Se você acessar esta página, pode pressionar Control-F para pesquisar um texto e então digitar:

4-bit binary counter

É preciso haver uma correspondência exata, o que significa que você precisa digitar 4 bits, e não 4 bit. A busca gera 13 resultados e você pode comparar os recursos dos chips. Depois de escolher um, você pode copiar seu número e colá-lo no campo de busca de um site

como o da Mouser, que o levará até esse componente.

O único problema é que a página da Wikipedia não diz quais chips são antigos e quase fora de produção, e quais ainda são populares. Para meus propósitos, escrever um livro que eu espero que continue disponível por um bom tempo, preciso me ater aos componentes mais populares. Esta também pode ser uma boa ideia de seu ponto de vista, pois se você construir um circuito usando um chip antigo, você acabará se prendendo ao passado.

Eu poderia ter usado ainda outra abordagem, fazendo uma busca via Google por pessoas que estão discutindo e trocando conselhos sobre chips contadores. Creio que você entendeu a ideia geral. Você não precisa do número de peça para encontrar o que deseja.

### Opções no eBay

Eu compro muitas peças através do eBay, pois encontro ofertas por lá e também porque a maioria das empresas que vendem através do eBay são extremamente rápidas e confiáveis. Para minimizar seu tempo e os problemas, você precisa conhecer algumas noções básicas de busca que são específicas do eBay.

Primeiro, não hesite em clicar na pequena opção “Avançado” logo à direita do botão Pesquisar na página principal do eBay. Isto permitirá especificar atributos como o país de origem (se você quiser evitar fornecedores estrangeiros) e limitar sua busca a Comprar itens imediatamente. Você também pode especificar um preço mínimo, que pode ser útil para eliminar itens que são muito baratos para serem de boa qualidade. Em seguida, antes de iniciar a busca propriamente dita, eu geralmente clico na opção de exibição Preço + Frete: Mais baratos primeiro.

Assim que encontrar o que deseja, é hora de verificar o feedback do vendedor. Para vendedores nos Estados Unidos, eu quero 99,8% ou superior. Nunca tive problemas com vendedores classificados como 99,9%, mas já me decepcionei com o serviço de vendedores classificados como 99,7%.

Se um fornecedor é um país asiático como a China, Hong Kong,

Tailândia ou outros, você pode ser menos exigente em relação ao feedback, pois muitos compradores dão um feedback negativo quando não recebem o produto tão rapidamente quanto esperavam. Vendedores no estrangeiro avisam que um pequeno pacote pode levar de 10 a 14 dias em trânsito, mas os compradores reclamam mesmo assim, e isso derruba a classificação. Na verdade, em minha experiência, todo item que encomendei de fontes no estrangeiro sempre chegou e sempre correspondeu ao que eu queria. Você só precisa exercitar um pouco de paciência.

Depois de encontrar o que deseja no eBay, recomendo clicar no botão Adicionar ao carrinho em vez de Comprar agora, pois você pode procurar outros itens do mesmo vendedor e economizará tempo agrupando-os no mesmo pedido. Isto também reduz os custos de frete.

Clique na opção Visitar loja na janela Informações do vendedor, ou se o vendedor não tiver uma loja no eBay, clique em Ver outros itens. Você terá então a opção de pesquisar dentro da lista de produtos do vendedor. Depois de adicionar quantos quiser ao carrinho de compras, é hora de finalizar a compra.

Você pode entrar em contato diretamente com fornecedores no estrangeiro ao invés de encontrá-los via eBay. A Tayda Electronics na Tailândia (abreviada como tay na minha lista – veja “Fornecedores”) é uma fonte popular.

## Amazon

Não considero a amazon.com muito útil para componentes, mas ela pode ser uma fonte para ferramentas e suprimentos, como fio ou solda. O único problema é que a Amazon não gosta de exibir os itens mais baratos primeiro. Você precisa escolher esta opção repetidamente após cada busca, e se os produtos estiverem espalhados em diferentes categorias na loja, a opção de reordenar os resultados não existe. Mesmo quando você consegue priorizar a lista por preço menor, a Amazon (ao contrário do eBay) não é inteligente o suficiente para levar em conta o custo do frete. Alicates com preço de US\$ 4,95 e frete de US\$ 6 serão listados como mais

baratos do que alicates de US\$ 5,50 com frete de US\$ 3. Por outro lado, a Amazon envia os produtos rapidamente e se você comprar muitos itens de uma só vez, todos eles armazenados pela própria Amazon, talvez você consiga gastar o suficiente para obter um frete grátis.

### Desativando a sugestão automática

Uma última dica em relação ao Google. O modo-padrão do mecanismo de busca exibirá uma lista suspensa de termos semelhantes enquanto você ainda está digitando sua sequência de busca. Eu fico muito irritado com a interferência desta opção de sugestão automática, por isso eu a desativei – e você também pode fazê-lo.

Na barra de endereço de seu navegador, use esta URL para abrir o Google:

<http://www.google.com/webhp?complete=0>

Salve-a com um de seus favoritos e quando você clicar nela novamente, o Google não tentará lhe dizer o que ele acha que você está procurando. Ele irá esperar em silêncio enquanto você termina de digitar.

Você também pode usar a URL como página-padrão que será aberta sempre que você iniciar seu navegador.

### A busca vale todo esse trabalho?

Você pode estar achando que não quer memorizar todas essas técnicas de pesquisa. OK, é por isso que a Maker Shed e eu mesmo estamos oferecendo kits para acompanhar este livro. Compre um kit e você terá todos os componentes necessários, sem precisar recorrer a pesquisas.

Entretanto, o que fazer se você se interessar por projetos fora deste livro? Suponha que você veja um circuito online – ou suponha que você quer modificar um circuito ou projetar seu próprio circuito. Neste caso, acho que você precisa comprar suas próprias peças e mesmo que você tente obtê-las de uma única fonte, as técnicas de busca

podem ser valiosas.

## Listas de controle de suprimentos e componentes

Fotos e informações gerais são fornecidas no início de cada capítulo deste livro. Veja “Itens necessários para o Capítulo 1”, “Itens necessários para o Capítulo 2”, “Itens necessários para o Capítulo 3” e “Itens necessários para o Capítulo 4”.

Você encontrará a seguir as listas dos componentes e suprimentos. Porém, preciso esclarecer a diferença entre essas duas palavras.

**Suprimentos** são itens como solda ou fio que eu sugiro comprar de uma vez na quantidade suficiente para todos os experimentos. Não faz sentido calcular quantos centímetros de fio serão necessários para cada projeto.

**Componentes** se tornam uma parte integral de um projeto. Talvez você possa reutilizar esses itens, mas apenas se removê-los de um projeto anterior. Portanto, um exemplo seria incluir uma matriz de contato na categoria componentes.

## Suprimentos

Os seguintes suprimentos serão suficientes para todos os projetos. Veja “Fornecedores”, para uma lista de fontes onde é possível comprar esses suprimentos e as abreviaturas que usarei para me referir a elas.

### Fio

Você precisa de fio 22 AWG, com condutor sólido, em pelo menos duas cores (vermelho e azul), e preferivelmente mais duas cores (à sua escolha). Fio automotivo é aceitável, desde que seu núcleo seja sólido. Pesquise no eBay ou Google por

fio sólido 22 awg

ou fornecedores com desconto como all, elg e jam, ou fornecedores de material para interessados em eletrônica como hobby como ada e spk. (AWG é um acrônimo para American Wire Gauge.)

Quantidades? Se você quiser realizar os Experimentos 26, 28, 29, 30



e 31 que exploram o mundo da indutância, você realmente precisa de 60 m de fio. Diferentes cores podem ser unidas temporariamente ao enrolar bobinas. O fio pode ser desenrolado posteriormente e reutilizado para outros fins.

Se você quiser pular os experimentos de indutância, sugiro comprar três carretéis de 7,5 m cada. Você pode encontrar comprimentos menores do que 7,5 m, mas o preço por metro aumenta rapidamente.

## **Jumpers**

Pessoalmente eu prefiro não usar jumpers pré-cortados, mas se você os escolher, uma caixa deve ser suficiente. Além disso, você precisará de 7,5 m de fio para fazer as conexões maiores que o maior jumper pré-cortado. Para encontrar jumpers pré-cortados, é preciso usar o termo de busca correto. No Google, procure por:

caixa fio jumper

A palavra “caixa” é essencial para encontrar o que você quer. Ela elimina automaticamente o tipo de jumpers flexíveis indesejados, com plugues em cada ponta e que geralmente são vendidos em pacotes e não caixas. Não acho que eles sejam uma boa opção.

## **Fio trançado**

Este item é opcional, para situações em que a flexibilidade é importante. Um carretel de 7,5 m será suficiente.

## **Solda**

Ela é geralmente vendida por peso. Veja “Essencial: Solda”, para ver os prós e contras de solda que contém chumbo. De qualquer forma, certifique-se de comprar *solda eletrônica* com um *núcleo de resina orgânica*. A espessura pode variar entre 0,02” e 0,04” (0,5 mm a 1 mm). Se você só quiser soldar alguns projetos, 1 m de solda é suficiente e algumas fontes no eBay vendem quantidades bem pequenas. Caso contrário, tente fontes como all, elg, jam, ada, amz e spk.

## **Tubo termorretrátil**

Este item é opcional, mas útil. Um sortimento de três ou quatro tamanhos (pequenos) é suficiente. Uma vez que ele tem aplicações automotivas, você pode encontrá-lo em fornecedores de hardware como hom, har e nor, assim como em fontes de material para interessados em eletrônica como hobby.

### **Placa perfurada (sem revestimento)**

Só necessária para o Experimento 14, embora você possa usá-la para construir uma versão permanente de qualquer projeto neste livro se você estiver disposto a soldar fio ponto a ponto. Um pequeno pedaço, talvez uma placa de 4" x 8" (10 cm x 20 cm), será suficiente para três projetos médios. Encontrar uma placa não revestida pode ser difícil, já que a maioria delas tem revestimento de cobre ou níquel, o que acho indesejável ao fazer ligações ponto a ponto, já que o revestimento aumenta o risco de curto-circuito. Procure por:

placa perfurada simples -cobre

Também tente procurar por “placa de prototipagem” ou “placa fenólica”. Observe que placas não revestidas também são conhecidas como “sem blindagem” em alguns lugares. No momento em que estou escrevendo este livro, a Keystone Electronics fabrica peças muito pequenas e baratas de placa perfurada não revestida, disponíveis em mou e dgk. Você também pode encontrar placa não revestida em jam.

### **Placa perfurada (revestida)**

Este tipo de placa é usado para a versão concluída do Experimento 18, mas é claro que você pode usá-la para outros projetos, dos quais queira fazer uma versão permanente. Por conveniência, use o tipo que tem trilhas de cobre no mesmo padrão das conexões dentro de uma matriz de contato. Ela pode ser difícil de encontrar, pois existem muitos padrões diferentes e o padrão que você quer não tem um nome padronizado.

A BusBoard SB830 é descrita como sendo uma “matriz de contato soldável” e está atualmente disponível na amz. Na ada, você acha algo semelhante chamado “Perma-Proto”. A GC Electronics 22-508 é

outra opção, disponível na jam.

A Schmartboard 201-0016-31 (disponível na mou) é um conjunto de duas partes, que consiste em uma matriz de contato e uma placa perfurada correspondente. O fabricante sugere colocar a placa perfurada sobre a matriz de contato e inserir os componentes através de ambas enquanto desenvolve e testa o circuito. Depois levante a placa perfurada e os componentes já estarão no lugar, prontos para soldagem. Infelizmente isso pode não funcionar para componentes com terminais muito curtos.

### **Parafusos de máquina (parafusos)**

Estes parafusos e porcas com insertos de nylon estão disponíveis em lojas hardware, mas provavelmente não no tamanho pequeno necessário para prender uma placa perfurada à parte interna de uma caixa de projeto, ou tarefas similares. Eu sugiro comprar parafusos tamanho #4 com cabeça chata nos comprimentos 3/8" e 1/2". Minha fonte favorita para este tipo de hardware é a McMaster-Carr.

### **Caixas de projeto**

Elas variam muito de preço. Aquelas feitas de plástico ABS são geralmente as mais baratas. Tente lojas de desconto como all, elg e jam, ou fornecedores de material elétrico para hobby como ada e spk.

### **Componentes**

As quantidades e especificações de resistores, capacitores e outros componentes estão listadas abaixo. Veja "Fornecedores", para uma lista de fontes e abreviaturas que usarei para me referir a elas. Os maiores fornecedores são dgk, eby, mou e nwk. Você pode encontrar preços menores em all, elg, jam e spk, mas as seleções serão menores, e você deve comparar os custos de frete ao comprar de vários fornecedores com o custo de comprar todos os seus componentes com um frete único de uma fonte onde os preços são um pouco maiores.

### **Resistores**

Qualquer fabricante é aceitável. O tamanho do terminal geralmente não é importante. Todos os projetos neste livro podem usar um resistor de potência nominal 0,25 W (o valor mais comum). Uma tolerância de 10% é aceitável e as faixas de cor em resistores 10% são mais fáceis de ler que as faixas em resistores 5 ou 1%. Entretanto, você pode comprar resistores 5 ou 1% se desejar.

O número total de resistores usados em cada seção do livro é mostrado na Figura 6.1.

Resistores	Capítulos do livro					Total
	1	2	3	4	5	
47 ohms				2	1	3
100 ohms				6		6
150 ohms				6		6
220 ohms				8		8
330 ohms				3	8	11
470 ohms	2	6	4	12		24
680 ohms				10		10
1K	2	2	1	4		9
2.2K	1			5		6
4.7K		4	2			6
6.8K					1	1
10K		1	1	41	4	47
47K				1		1
100K		2	1	4		7
220K		2				2
330K				1		1
470K		4	2			6
1M		1		4		5

*Figura 6.1 – O número de resistores usados em experimentos em cada capítulo do livro.*

Já que resistores e capacitores são baratos quando comprados em quantidade, não acho que faz sentido comprar números específicos para experimentos individuais. Você economizará tempo e dinheiro comprando sortimentos em pacotes.

- Para comprar resistores suficientes para *todos* os projetos neste livro (com alguns sobressalentes), compre pelo menos 10 de cada um desses valores: 47 ohms, 220 ohms, 330 ohms, 1 K, 2,2 K, 4,7 K, 6,8 K, 10 K, 47 K, 100 K, 220 K, 330 K, 470 K, 680 K, 1 M. Além disso, compre 20 resistores de 470 ohms. Sortimentos pré-embalados são a melhor opção. As quantidades que especifiquei assumem que você reutilizará alguns resistores depois que eles tiverem feito seu papel em experimentos de demonstração simples.

## **Capacitores**

Encontre-os nas mesmas fontes listadas acima para resistores. Qualquer fabricante é aceitável. Terminais radiais são preferíveis, o que significa que ambos os terminais emergem da mesma extremidade do capacitor em vez de um terminal em cada extremidade. Uma tensão operacional de pelo menos 16 VDC é recomendada para fontes de alimentação de até 12 VDC. Você pode substituir por capacitores com tensão operacional maior, mas os componentes serão fisicamente maiores. Outras características como temperatura e impedância não são importantes para nossos propósitos.

Capacitores de cerâmica provavelmente durarão por décadas, enquanto a longevidade de capacitores eletrolíticos é discutível. Para valores maiores, é preciso usar eletrolíticos, pois o custo de capacitores de cerâmica é proibitivo. Pessoalmente, eu usaria os de cerâmica para valores abaixo de 10  $\mu\text{F}$  e os eletrolíticos para valores a partir de 10  $\mu\text{F}$ , mas você provavelmente economizará dinheiro se usar eletrolíticos para valores a partir de 1  $\mu\text{F}$ .

Se você quiser saber o número exato de capacitores necessários para cada capítulo do livro, veja a Figura 6.2.

- Para comprar capacitores suficientes para *todos* os projetos neste livro (com alguns sobressalentes), compre pelo menos cinco de cada um desses valores: 0,022  $\mu\text{F}$ , 0,047  $\mu\text{F}$ , 0,33  $\mu\text{F}$ , 1  $\mu\text{F}$ , 2,2  $\mu\text{F}$ , 3,3  $\mu\text{F}$ , 10  $\mu\text{F}$ , 100  $\mu\text{F}$ , 220  $\mu\text{F}$ . Além disso, compre pelo menos 10 dos valores 0,01  $\mu\text{F}$  e 10  $\mu\text{F}$ . Você só precisa de dois capacitores desses valores: 15  $\mu\text{F}$ , 22  $\mu\text{F}$ , 68  $\mu\text{F}$ , 1.000  $\mu\text{F}$ . As quantidades que especifiquei assumem que você reutilizará alguns capacitores depois que eles tiverem feito seu papel em experimentos de demonstração simples.

Capacitores	Capítulos do livro					Total
	1	2	3	4	5	
0.01 $\mu$ F		2		18	3	23
0.022 $\mu$ F				1		1
0.047 $\mu$ F				1		1
0.1 $\mu$ F		3		9		12
0.33 $\mu$ F		2		5		7
1 $\mu$ F		2		4	2	8
2.2 $\mu$ F					1	1
3.3 $\mu$ F		2	2	3		7
10 $\mu$ F		1		8	1	10
15 $\mu$ F				1		1
22 $\mu$ F				2		2
33 $\mu$ F		1				1
68 $\mu$ F				2		2
100 $\mu$ F		2		5	1	8
220 $\mu$ F		1	1		3	5
1,000 $\mu$ F		2			2	4

Figura 6.2 – O número total de capacitores usados nos experimentos em



*cada capítulo do livro.*

## Outros componentes

Para outros componentes que não resistores e capacitores, as quantidades mínimas necessárias para construir todos os projetos do Capítulo 1, 2 e 3 do livro são mostrados na Figura 6.3. Essas quantidades assumem que você reutilizará todos os componentes de cada experimento em experimentos subsequentes. Os componentes para o Capítulo 4 são adicionais àqueles para as seções anteriores do livro. Os componentes para o Capítulo 5 não são listados aqui, já que os experimentos são tão diversos; veja o início de cada experimento no Capítulo 5 para um resumo das opções.

<b>Componentes diferentes de resistores e capacitores</b>	<b>Capítulos do livro 1, 2 e 3</b>	<b>Extra para o capítulo 4</b>
LED (genérico)	4	2
LED (baixa corrente)	1	15
Bateria de 9V	1	
Conector de bateria de 9V	1	
Bateria de 1,5V	2	
Suporte de bateria de 1,5V	1	
Matriz de contato	1	
Trimpot de 500K	1	
Trimpot de 100K		1
Trimpot de 20K ou 25K		1
Transistor 2N2222	6	
Alto-falante (pequeno)	1	
Interruptor	2	
Botão de pressão	2	6
Interruptor SPDT		2
Relé DPDT de 9VDC	2	
Adaptador AC-DC	1	
Diodo 1N4001	1	
Placa perfurada 3" x 6"	1	
Fusível de 3A	2	
Potenciômetro de 1K	2	
Limões (ou suco de limão)	2	
Suportes galvanizados de 1"	4	
Diodo 1N4148		3
Timer 555 do tipo TTL		4
Display de LED de 7 segmentos		3
Contador 4026B		3
NAND de 2 entradas 74HC00		1
AND de 2 entradas 74HC08		1
Regulador LM7805		1
OR de 2 entradas 74HC32		1
NOR de 2 entradas 74HC02		1
NOR de 3 entradas 74HC27		1
Contador 74HC393		1

*Figura 6.3 – Números mínimos de componentes, assumindo que você reutilizará itens de cada experimento em experimentos subsequentes. Itens para o Capítulo 4 são adicionais aos itens listados para os Capítulos 1, 2 e 3.*

Se você está preocupado em queimar chips ou transistores, que são vulneráveis a danos, adicione pelo menos um a cada quantidade na Figura 6.3.

E se você quiser manter alguns dos projetos que construiu em vez de reutilizar os componentes para projetos subsequentes? Neste caso, consulte as tabelas a seguir para os experimentos individuais e adicione os números de componentes para os experimentos de seu interesse.

As informações que você precisa para encontrar e comprar componentes também são fornecidas a seguir.

Veja “Fornecedores”, para uma lista de fornecedores que são referidos pela abreviatura de seus nomes. Para a maioria dos componentes eletrônicos, vá para all, eby, elg, jam e spk para ofertas especiais, ou dgk, mou e nwk para comprar tudo em um único lugar.

### Componentes para o capítulo 1

Os componentes para o Capítulo 1, além dos resistores e capacitores, estão listados na Figura 6.4.

#### **LEDs genéricos**

O Lumex SLX-LX5093ID ou o Lite-On LTL-10223W são exemplos, mas LEDs genéricos podem ser de qualquer fabricante. Provavelmente LEDs de 5 mm são mais fáceis de manusear, mas LEDs de 3 mm se encaixam mais facilmente em uma matriz de contato lotada.

Uma corrente direta típica seria de 20 mA e uma tensão direta típica em torno de 2 VDC (LEDs azuis e brancos requerem uma tensão maior). Se você encontrar um pacote de LEDs por um preço baixo em um site como eBay, eles podem ser considerados genéricos.

Componentes para o Capítulo 1	Experimentos					Total
	1	2	3	4	5	
LED (genérico)			1	2		3
LED (baixa corrente)					1	1
Bateria de 9V	1		1	1		3
Bateria de 1,5V		2				2
Suporte de bateria de 1,5V		1				1
Fusível de 3A		2				2
Limões (ou suco de limão)					2	2
Suportes galvanizados de 1"					4	4
Potenciômetro de 10K				2		2
Água deionizada (1 copo)					1	1

*Figura 6.4 – Componentes que não sejam resistores e capacitores, usados para o primeiro capítulo deste livro.*

### **LEDs de baixa corrente**

Sua corrente direta nominal deve ser de 3,5 mA ou menor. O Kingbright WP710A10LID é um exemplo, embora o fabricante, o tamanho físico e cor não sejam importantes. Você poderia usar este tipo LED em todos os experimentos, mas se o fizer, você deve dobrar o valor de todos os resistores em série para protegê-los, já que sua corrente direta máxima nominal é de 6 mA.

### **Baterias**

Baterias de nove volts podem ser do tipo alcalina comum, disponíveis em supermercados e lojas de conveniência. Baterias recarregáveis de 9 volts são uma alternativa aceitável.

As baterias AA de 1,5 volt usadas no Experimento 2 precisam ser alcalinas. Não use qualquer tipo de bateria recarregável neste experimento.

### **Conectores e suportes de bateria**

Apenas um suporte de bateria de 1,5 volt será necessário e suficiente. Observe que o suporte de bateria também pode ser descrito como um *recipiente de bateria* ou *receptor de bateria*. Certifique-se de comprar o tipo que acomoda apenas uma bateria AA (não duas, três ou quatro). O Eagle 12BH311A-GR é um exemplo.

Você deve comprar pelo menos três conectores para baterias de 9 volts, pois talvez você queira deixá-los ligados aos circuitos que você construir. Conectores de nove volts são às vezes descritos como *conectores de encaixe* ou *encaixe de bateria*. Exemplos típicos são o Keystone modelo 235 ou o Jameco Reliapro BC6-R. Compre o que for mais barato, mas certifique-se de que ele termine em fios.

### **Fusível**

O fusível de 3 A no Experimento 2 idealmente deveria ser do tipo automotivo já que suas lâminas são fáceis de prender com cliques do tipo jacaré. Qualquer fonte de peças automotivas deve estocar este tipo de fusível. O tamanho físico não é importante. Alternativamente, compre um fusível de cartucho de tamanho 2 AG, que é o menor tamanho de cartucho, de um fornecedor de material eletrônico. Ele deve ser do tipo “queima rápida” e não um fusível de atraso ou do tipo “queima lenta”. A tensão nominal não é importante. O Littelfuse 0208003.MXP é um exemplo.

### **Potenciômetro**

O potenciômetro de 1 K para o Experimento 4 deve idealmente ter um diâmetro de 1”, mas tamanhos a partir de meia polegada são aceitáveis. A potência nominal, a tensão nominal, a tolerância, o tipo de eixo, o diâmetro do eixo e o comprimento do eixo não são importantes. Selecione um potenciômetro linear de uma volta com estilo de montagem em painel e terminais de solda. Compre dois. O

Alpha RV24AF-10-15R1-B1K-3 e o Bourns PDB181-E420K-102B são exemplos.

### **Suco e suportes**

Se você usar suco de limão em garrafa para o Experimento 5, certifique-se de que ele seja concentrado e não adoçado. Vinagre é um substituto aceitável.

Os suportes de 1" para o Experimento 5 devem ser galvanizados. Alças de tubos de encaimento e alças de suspensão, para montar conduítes e tubos, são um substituto aceitável. Você os encontrará em qualquer fonte de hardware por um preço baixo.

### **Água deionizada**

Frequentemente conhecida como água destilada. Seu supermercado local deve ter este produto, mas certifique-se de que ela não seja “purificada” ou “mineral”. Ela deve ter zero conteúdo mineral.

### **Componentes para o capítulo 2**

Os componentes para o Capítulo 2, além de resistores e capacitores, são listados na Figura 6.5.

Componentes para o Capítulo 2	Experimentos						Total
	6	7	8	9	10	11	
LED (genérico)	1		2	1	1	1	6
Bateria de 9V	1	1	1	1	1	1	6
Conector de bateria de 9V			1	1	1	1	4
Matriz de contato			1	1	1	1	4
Trimpot de 500K					1		1
Transistor 2N2222					1	6	7
Alto-falante (pequeno)						1	1
Interruptor SPDT	2						2
Botão de pressão		1	1	2			4
Relé DPDT de 9VDC		2	1				3

*Figura 6.5 – Componentes que não sejam resistores e capacitores usados no segundo capítulo do livro.*

### **Matrizes de contato**

Uma matriz de contato é classificada aqui como um componente, pois ela não pode ser separada do circuito; ao contrário, ela é parte fundamental do circuito. Você precisa decidir quantos circuitos quer manter em suas matrizes de contato, e quantos provavelmente desmontará para que a matriz de contato possa ser reutilizada. Idealmente, cada matriz de contato deve ter um barramento único de cada lado e 700 pontos de conexão, como mostrado na Figura 2.10. Procure no Google ou eBay por

matriz de contato sem solda 700

Entretanto, se preferir, você pode usar uma matriz de contato com barramento duplo e ignorar as linhas extras de furos.

## **Trimpot**

Trimpots do tipo recomendado são mostrados à esquerda e à direita na Figura 2.22, e a discussão de outros tipos acompanha a fotografia. A potência nominal não é importante. O tipo preferencial é o de volta única e ele precisa terminar em pinos que são espaçados em múltiplos de 0,1" (2,54 mm ou 2,5 mm). O Vishay T73YP504KT20 é um trimpot de 500 K e baixo custo.

## **Transistores**

Antes de comprar qualquer transistor 2N2222, veja “Essencial: Transistores”, para um aviso importante.

## **Interruptor**

Ele deve ser do tipo montagem em painel, idealmente com terminais aparafusados, embora pinos ou bornes de solda sejam aceitáveis. Ele pode ser SPDT ou DPDT. Tensão e corrente nominais não são importantes para os experimentos neste livro. O NKK S302T é um exemplo, mas você pode encontrar interruptores mais baratos no eBay.

## **Botão de pressão**

O tipo de botão de pressão mostrado na Figura 2-19 é fortemente recomendado, com dois pinos separados por 0,2", ideal para encaixe em uma matriz de contato. Evite comprar os botões de pressão mais comuns que têm quatro pinos ou terminais. O Alps SKRGAFD-010 é preferível (atualmente disponível na Mouser). Qualquer botão de pressão com dois pinos separados por 0,2" pode ser um substituto, como o Panasonic série EVQ-11.

## **Relé**

Veja “Essencial: Relé”, para informações sobre o tipo recomendado de relé DPDT de 9VDC. O Omron G5V-2-H1-DC9, o Axicom V23105-A5006-A201 e o Fujitsu RY-9W-K foram todos testados quanto à sua adequação.

## **Componentes para o Capítulo 3**



Os componentes para o Capítulo 3, além de resistores e capacitores, são listados na Figura 6.6.

Componentes para o Capítulo 3	Experimentos			Total
	13	14	15	
LED (genérico)	2	1	1	4
Fonte de alimentação de 9 V	1	1	1	3
Matriz de contato			1	1
Transistor 2N2222		3	1	4
Diodo 1N4001			1	1
Relé DPDT de 9VDC			1	1

*Figura 6.6 – Componentes, além de resistores e capacitores, usados no terceiro capítulo deste livro.*

Muitos dos componentes para projetos no Capítulo 3 já foram mencionados para os Capítulos 1 e 2.

### **Adaptador AC**

Ele deve ter uma saída de 9 VDC. Ele pode ter saídas adicionais, fornecendo diferentes tensões. Veja “Essencial: Fonte de alimentação”, para uma discussão das opções. A saída mínima deve ser de 500 mA (0,5 A) DC.

Se você quiser um adaptador multitensão, encontrá-lo pode ser difícil, pois se você procurar “adaptador ac” você encontrará centenas ou até milhares de unidades que oferecem uma única tensão de saída. A solução é pesquisar uma fonte como eBay:

adaptador ac 6v 9v

Isto deve fornecer várias opções multitensão acessíveis. Certifique-se de que a foto da unidade mostra uma pequena chave para

selecionar as várias tensões.

### **Diodo**

O diodo de comutação 1N4001 é barato e genérico. Compre 8 ou 10, e compre uma quantidade semelhante de diodos de sinal 1N4148 ao mesmo tempo.

### **Headers**

Esses plugues e soquetes em miniatura são um item opcional. Exemplos deles são o Mill-Max números de peça 800-10-064-10001000 e 801-93-050-10-001000, ou 3M números de peça 929974-01-36RK e 929834-01-36-RK.

### **Componentes para o Capítulo 4**

Os componentes para o Capítulo 4, além de resistores e capacitores, são listados na Figura 6.7.



*Figura 6.7 – Componentes diferentes de resistores e capacitores usados no quarto capítulo deste livro.*

## **Interruptor deslizante**

O interruptor deslizante recomendado é o SPDT com três pinos espaçados por 0,1” e é mostrado na Figura 4.5. Eu sugiro o EG1218 feito pela E-switch. Se você comprar um alternativo, ele precisa terminar em pinos de solda para encaixe em uma matriz de contato.

Um exemplo é o NKK CS12ANW03, mas se você procurar no eBay por

slide switch breadboard

(interruptor deslizante matriz de contato)

você encontrará alguns que são muito mais baratos. O tipo de revestimento do contato, tensão nominal e corrente nominal não são importantes para os projetos neste livro.

## **Chips de circuito integrado**

Veja “Fundamentos: Escolhendo chips”, para uma discussão sobre chips. Embora todos os chips necessários estejam listados na Figura 6.7 (com exceção de mais um timer 555 necessário para o Experimento 29), é uma boa ideia comprar um chip extra de cada tipo, já que eles podem ser facilmente danificados por tensão incorreta, polaridade reversa, saídas sobrecarregadas ou eletricidade estática.

Qualquer fabricante é aceitável. O “encapsulamento” de um chip se refere ao seu tamanho físico e este atributo deve ser verificado com atenção ao se fazer o pedido. Todos os chips lógicos devem ter encapsulamento DIP (o que significa duas fileiras de pinos separados por 0,1”). Ele também é conhecido como PDIP (o que significa DIP de plástico). Eles também são descritos como “de encaixe”. Os descritores DIP e PDIP podem ser acrescentados do número de pinos, como DIP-14 ou PDIP-16. Este número pode ser ignorado.

Chips de montagem em superfície terão o descritor do encapsulamento começando com a letra S, como SOT ou SSOP. Não compre chips com encapsulamento do tipo “S”.

A família de chips usada exclusivamente neste livro é HC (CMOS de alta velocidade), como 74HC00, 74HC08 e identificadores genéricos semelhantes. Esses números terão letras ou números adicionais acrescentados por fabricantes individuais como prefixos ou sufixos, como SN74HC00DBR (um chip da Texas Instruments) ou MC74HC00ADG (da On Semiconductor). Essas versões são funcionalmente idênticas. Olhe com atenção e você verá que o número genérico 74HC00 embutido em cada número proprietário.

Antigos chips lógicos TTL, como a série 74LS00, têm problemas de compatibilidade. Eles não são usados ou recomendados para nenhum projeto neste livro.

### **Timer 555**

Ao contrário dos chips lógicos, recomendo a versão TTL do timer (também conhecida como a versão bipolar) e não a versão CMOS. Aqui estão algumas orientações:

A versão TTL (recomendada) geralmente indica “TTL” ou “bipolar” em sua especificação, especifica uma alimentação mínima de 4,5 V ou 5 V, especifica um consumo de corrente inativa de pelo menos 3 mA e fornecerá ou consumirá 200 mA. Números de peça geralmente começam com LM555, NA555, NE555, SA555 ou SE555. Se você procurar por preço, as versões TTL do timer 555 são as mais baratas.

As versões CMOS (não recomendadas) geralmente indicam “CMOS” na primeira página das especificações, permitem uma alimentação mínima de 2 V na maioria dos casos, especificam um consumo de corrente inativa em microamperes (e não miliamperes) e não fornecem ou consomem mais de 100 mA. Os números de peças incluem TLC555, ICM7555 e ALD7555. Se você procurar por preço, a versão CMOS mais barata do timer 555 ainda custa quase o dobro da versão TTL mais barata.

### **Display de sete segmentos**

O display usado no Experimento 19 precisa ser um dispositivo de LED, altura de 0,56”, preferencialmente vermelho e de baixa

corrente, capaz de funcionar com tensão direta de 2 V e 5 mA de corrente direta. O Avago HDSP-513A é a opção preferencial, ou o Lite-On LTS-546AWC, o Kingbright SC56-11EWA ou semelhante.

### Componentes para o Capítulo 5

Os componentes para o Capítulo 5, além de resistores e capacitores, são listados na Figura 6.8.

Componentes para o Capítulo 5	Experimentos										Total
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
LED (genérico)								1		7	8
LED (baixa corrente)		1		2							3
Fonte de alimentação de 9V	1					1					2
Matriz de contato				1	1				1	1	4
Clipe de papel	1										1
Diodo 1N4001		1									1
Ímã de neodímio		1									1
Alto-falante barato			1								1
Botão de pressão				1	1						2
Interruptor deslizante					4						4
Trimpot de 10K					1						1
Trimpot de 1M					1						1
Timer 555 do tipo TTL					1						1
Caixa plástica de armazenamento					1						1
Alto-falante de 4" (mínimo)					1						1
Chip amplificador LM386					1						1
Transistor 2N2222						1					1
Fio 16 AWG (15 m)							1				1
Corda de polipropileno/nylon (3 m)							1				1
Fone de ouvido de alta impedância							1				1
Diodo de germânio							1				1
Arduino Uno								1	1	1	3
Cabo USB tipo A - tipo B								1	1	1	3
Termistor NTC de 10K									1		1

*Figura 6.8 – Componentes diferentes de resistores e capacitores usados no quinto capítulo deste livro.*

## **Ímãs de neodímio**

Eu sugiro a K&J Magnetics como fornecedor, já que o site mantém um guia básico muito informativo sobre ímãs.

Na Europa, o site supermagnete.de é uma fonte popular.

## **Fio 16 AWG**

Ele só é necessário para a antena no Experimento 31. Se o custo for proibitivo, tente 15 ou 30 m de fio 22 AWG. Se você morar relativamente perto de uma estação de rádio AM, ele deve ser adequado.

## **Fone de ouvido de alta impedância**

Só necessário para o Experimento 31, ele pode ser encomendado do catálogo da Scitoys.

Você também pode encontrá-los na Amazon. No eBay, procure por:

crystal radio earphone  
(fone de ouvido rádio galena)

## **Diodo de germânio**

Disponível nas mesmas fontes que o fone de ouvido de alta impedância acima. Alguns também podem estar disponíveis na dgk, mou ou nwk.

## **Placa Arduino Uno**

Para uma discussão das fontes, veja “Cuidado com imitações”.

## **Termistor**

O termistor recomendado para o Experimento 33 é o Vishay 01-T-1002-FP. Se você fizer uma substituição, use um termistor NTC de 10 K com precisão de 1 a 5% e terminais do tipo fio.

## **Comprando ferramentas e equipamentos**

Veja “Componentes”, para uma lista de componentes e veja



“Suprimentos”, para uma lista de suprimentos.

Fotos e informações gerais sobre ferramentas e equipamentos são fornecidas no início de cada capítulo deste livro. Veja “Itens necessários para o Capítulo 1”, “Itens necessários para o Capítulo 2”, e “Itens necessários para o Capítulo 3”. Nenhuma ferramenta adicional é necessária para os Capítulos 4 e 5.

Uma vez que os produtos surgem e desaparecem, não incluí números de estoque ou nomes de fabricantes de ferramentas e equipamentos. As especificações e fotos no início de cada capítulo devem fornecer orientação suficiente e se você restringir sua busca a grandes sites como amazon.com ou ebay.com, você deve encontrar tudo que precisa rapidamente em um único local.

Embora seja verdade que ferramentas caras são fabricadas com maior precisão e durabilidade, os produtos mais baratos devem ser satisfatórios para os propósitos deste livro.

Veja “Fornecedores”, para URLs que são mencionados aqui com abreviaturas de três letras.

## Ferramentas e equipamentos para o Capítulo 1

Para fotos e discussões sobre estes itens, veja o Capítulo 1.

Apenas um de cada item é necessário, a menos que seja especificado de outra forma.

### **Multímetro**

Para uma discussão sobre os recursos de multímetros, veja “Multímetro”. Boas fontes incluem all, amz, eby e jam.

### **Cabos de teste**

Cabos de teste com ponta dupla devem terminar em cliques jacaré de aproximadamente 1” (2,5 cm) de comprimento. O fio conectando-os devem medir entre 12” e 15” (30 cm e 38 cm, não mais que isso). Você precisa de pelo menos três cabos vermelhos e três pretos. Cores adicionais são úteis.

Não recomendo cabos de teste com um plugue em cada ponta. Às

vezes eles são conhecidos como “jumpers”. Basta procurar no eBay por

cabos de teste ponta dupla jacaré

e você encontrará o que deseja. Compre 10. Fontes incluem all, eby, jam, or spk.

### **Óculos de segurança**

Tente a amz, eby, har, hom ou wal. Idealmente, procure óculos com classificação ANSI Z87 (você pode usar isto como termo de busca). Evite óculos com lente colorida.

### **Ferramentas e equipamentos para o Capítulo 2**

Para fotos e discussões sobre estes itens, veja o Capítulo 2.

#### **Alicates de bico longo**

Eles devem medir aproximadamente 5” (7,5 cm) de ponta a ponta, com superfície interna plana da cabeça e não arredondada. Da amz, eby, mcm, mic.

#### **Alicates de corte**

Também conhecidos como “alicate de corte lateral”, eles devem medir aproximadamente 5” (7,5 cm) de ponta a ponta. Da amz, eby, har, hom, nor ou mcm.

#### **Alicates de corte diagonal**

Estes são opcionais. Da amz, eby, har, hom, nor ou mcm.

#### **Desencapadores de fio**

Você precisa do tipo com furos de tamanhos específicos para espessuras de fios numeradas, mas o intervalo mais comum (10 a 20 AWG) não é adequado.

Acho que você deve comprar desencapadores de fio preparados para fio 22 AWG, pois não há motivo para tornar sua tarefa mais difícil que o necessário. Procure online por:

desencapador de fio 20 30

Isto deve retornar ferramentas com furos para fio 20, 22, 24, 26, 28

e 30 AWG. Você também pode procurar em fontes como amz, eby, elg, jam e spk.

### Ferramentas e equipamentos para o Capítulo 3

Para fotos e discussões sobre estes itens, veja o Capítulo 3.

#### **Ferro de solda de baixa potência**

Ele deve ser classificado como 15 W com ponta fina, galvanizada e cônica. Tente a all, amz, eby, jam e mcm.

#### **Ferro de solda genérico**

Ele deve ser classificado como 30 W ou 40 W. Tente fontes como amz, eby, har, hom, mcm, nor ou srs.

#### **Terceira mão**

Pode ser encontrada em ada, amz, eby, jam ou spk.

Para uma pequena *lente de aumento* tente amz, eby ou wal. Ela pode estar listada como *lupa*.

#### **Minigarras**

O modelo Pomona 6244-48-0 está disponível na amz, dgk, mou e nwk. Para alternativas mais baratas, tente o eby, que também é sua primeira escolha para cabos de multímetro com pontas em forma de cliques jacaré.

#### **Soprador térmico**

Geralmente vendido como ferramenta de uso geral e, portanto, disponível em lojas de hardware. Tente a amz, har, hom ou nor. Para um soprador térmico miniatura tente o eby.

#### **Equipamento de dessoldagem**

Várias opções estão disponíveis na amz, elg, jam, spk e eby.

#### **Suporte de ferro de solda**

Ele pode ser encontrado nos mesmos lugares que os ferros de solda.

#### **Serra miniatura**

Minha favorita é a X-Acto #15. Você também precisa do cabo no qual ela se encaixa. Ele está disponível online na Tower Hobbies, Hobbylinc, ArtCity e muitas outras fontes de equipamentos para artes/artesanato. Também procure a serra maior da X-Acto, #234 ou #239, que você pode usar para cortar placa perfurada.

### **Ferramenta de rebarbação**

Se sua loja de hardware local não tiver este item em estoque, ele pode ser encontrado a um bom preço na amz, eby, mcm, nor, srs e algumas fontes especializadas. A lâmina padrão para esta ferramenta é destinada a destros. Lâminas para canhotos existem, mas podem ser difíceis de encontrar. Algumas lâminas são mais duras que outras; uma E300 significa que ela é destinada para metais macios e a maioria dos plásticos.

### **Calibradores**

Eu gosto de calibradores Mitutoyo, embora existam muitas marcas mais baratas que são suficientes para uso cotidiano. O site da Mitutoyo mostrará todos os modelos disponíveis e então você pode procurar “Mitutoyo” no Google para encontrar lojas de varejo. Muitas pessoas preferem calibradores com um display digital, alternável entre o sistema métrico e polegadas. Eu prefiro calibradores que não precisam de bateria.

### **Clipes jacaré de cobre**

Disponíveis a um preço baixo e em pequenas quantidades em grandes fornecedores de componentes eletrônicos em geral como dgk, mou ou nwk.

### **Fornecedores**

As abreviaturas de três letras que precedem cada fornecedor são usadas ao longo de todo o texto para sugerir fontes adequadas para compra.

ada: Adafruit

all: All Electronics

amz: Amazon  
dgk: Digi-Key  
eby: eBay  
elg: Electronic Goldmine  
evl: Evil Mad Scientist  
har: Harbor Freight  
hom: Home Depot  
ins: Instructables  
jam: Jameco  
mcm: McMaster-Carr  
mic: Michaels crafts stores  
mou: Mouser Electronics  
nwk: Newark Electronics  
nor: Northern Tool  
plx: Parallax  
spk: Sparkfun  
srs: Sears  
tay: Tayda Electronics

Muitos desses sites também trazem extensos tutoriais e outras informações úteis. Você pode aprender muito percorrendo suas páginas.

Catalin Batrinu

# Projetos de Automação Residencial com ESP8266

Aproveite a potência deste minúsculo chip Wi-Fi para  
construir incríveis projetos de casas inteligentes

novatec

Packt

# Projetos de Automação Residencial com ESP8266

Batrinu, Catalin

9788575226827

176 páginas

[Compre agora e leia](#)

Projetos de Automação Residencial com ESP8266 O ESP8266 é um poderoso chip Wi-Fi de baixo custo que está se tornando uma opção popular para construir dispositivos interconectados automatizados para uma vida melhor. Com este livro você aprenderá a criar e programar projetos de automação residencial usando o chip Wi-Fi ESP8266. Saberá como construir um termostato para medir e ajustar a temperatura, e como construir um sistema de segurança usando o ESP8266. Além disso, aprenderá como projetar do zero um sistema completo de automação residencial, que permitirá enviar os valores de seus módulos ESP8266 para sua nuvem privada para monitorar seus aplicativos. Ao final do livro, você entenderá como controlar e monitorar completamente sua casa a partir da nuvem e de um aplicativo móvel. Também estará familiarizado com os recursos do ESP8266 e terá projetado com sucesso um sistema de automação residencial completo e pronto para comercialização. Você aprenderá a:

- Instalar e configurar um servidor MQTT
- Usar o recurso de conectividade Wi-Fi para controlar aparelhos remotamente
- Projetar um termostato usando o ESP8266 para medir e ajustar a temperatura de sua casa
- Controlar e monitorar sua casa a partir da nuvem usando módulos ESP8266
- Transmitir dados em tempo real do ESP8266 para um servidor por meio de WebSockets
- Criar um aplicativo móvel Android para seu projeto

[Compre agora e leia](#)



O'REILLY®

# Padrões para Kubernetes

Elementos reutilizáveis no design de aplicações  
nativas de nuvem



novatec

Bilgin Ibryam  
Roland Huß

# Padrões para Kubernetes

Ibryam, Bilgin

9788575228159

272 páginas

[Compre agora e leia](#)

O modo como os desenvolvedores projetam, desenvolvem e executam software mudou significativamente com a evolução dos microsserviços e dos contêineres. Essas arquiteturas modernas oferecem novas primitivas distribuídas que exigem um conjunto diferente de práticas, distinto daquele com o qual muitos desenvolvedores, líderes técnicos e arquitetos estão acostumados. Este guia apresenta padrões comuns e reutilizáveis, além de princípios para o design e a implementação de aplicações nativas de nuvem no Kubernetes. Cada padrão inclui uma descrição do problema e uma solução específica no Kubernetes. Todos os padrões acompanham e são demonstrados por exemplos concretos de código. Este livro é ideal para desenvolvedores e arquitetos que já tenham familiaridade com os conceitos básicos do Kubernetes, e que queiram aprender a solucionar desafios comuns no ambiente nativo de nuvem, usando padrões de projeto de uso comprovado. Você conhecerá as seguintes classes de padrões:

- Padrões básicos, que incluem princípios e práticas essenciais para desenvolver aplicações nativas de nuvem com base em contêineres.
- Padrões comportamentais, que exploram conceitos mais específicos para administrar contêineres e interações com a plataforma.
- Padrões estruturais, que ajudam você a organizar contêineres em um Pod para tratar casos de uso específicos.
- Padrões de configuração, que oferecem insights sobre como tratar as configurações das aplicações no Kubernetes.
- Padrões

avançados, que incluem assuntos mais complexos, como operadores e escalabilidade automática (autoscaling).

[Compre agora e leia](#)

# CANDLESTICK

Um método para ampliar lucros na Bolsa de Valores



novatec

Carlos Alberto Debastiani

# Candlestick

Debastiani, Carlos Alberto

9788575225943

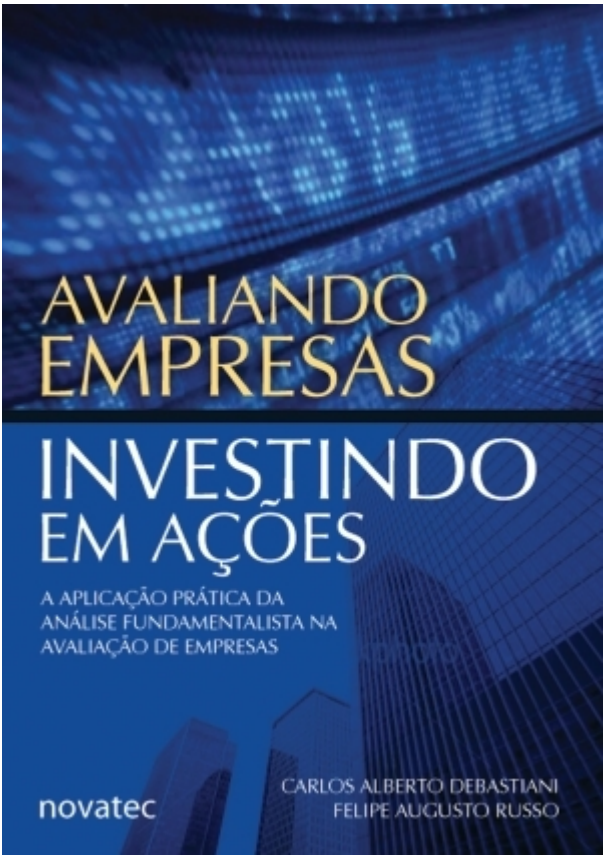
200 páginas

[Compre agora e leia](#)

A análise dos gráficos de Candlestick é uma técnica amplamente utilizada pelos operadores de bolsas de valores no mundo inteiro. De origem japonesa, este refinado método avalia o comportamento do mercado, sendo muito eficaz na previsão de mudanças em tendências, o que permite desvendar fatores psicológicos por trás dos gráficos, incrementando a lucratividade dos investimentos.

Candlestick – Um método para ampliar lucros na Bolsa de Valores é uma obra bem estruturada e totalmente ilustrada. A preocupação do autor em utilizar uma linguagem clara e acessível a torna leve e de fácil assimilação, mesmo para leigos. Cada padrão de análise abordado possui um modelo com sua figura clássica, facilitando a identificação. Depois das características, das peculiaridades e dos fatores psicológicos do padrão, é apresentado o gráfico de um caso real aplicado a uma ação negociada na Bovespa. Este livro possui, ainda, um índice resumido dos padrões para pesquisa rápida na utilização cotidiana.

[Compre agora e leia](#)



# AVALIANDO EMPRESAS

# INVESTINDO EM AÇÕES

A APLICAÇÃO PRÁTICA DA  
ANÁLISE FUNDAMENTALISTA NA  
AVALIAÇÃO DE EMPRESAS

novatec

CARLOS ALBERTO DEBASTIANI  
FELIPE AUGUSTO RUSSO

# Avaliando Empresas, Investindo em Ações

Debastiani, Carlos Alberto

9788575225974

224 páginas

[Compre agora e leia](#)

Avaliando Empresas, Investindo em Ações é um livro destinado a investidores que desejam conhecer, em detalhes, os métodos de análise que integram a linha de trabalho da escola fundamentalista, trazendo ao leitor, em linguagem clara e acessível, o conhecimento profundo dos elementos necessários a uma análise criteriosa da saúde financeira das empresas, envolvendo indicadores de balanço e de mercado, análise de liquidez e dos riscos pertinentes a fatores setoriais e conjunturas econômicas nacional e internacional. Por meio de exemplos práticos e ilustrações, os autores exercitam os conceitos teóricos abordados, desde os fundamentos básicos da economia até a formulação de estratégias para investimentos de longo prazo.

[Compre agora e leia](#)

Marcos Abe

MANUAL DE  
**ANÁLISE  
TÉCNICA**

ESSÊNCIA E ESTRATÉGIAS AVANÇADAS

TUDO O QUE UM INVESTIDOR PRECISA SABER PARA  
PROSPERAR NA BOLSA DE VALORES ATÉ EM TEMPOS DE CRISE

novatec



# Manual de Análise Técnica

Abe, Marcos

9788575227022

256 páginas

[Compre agora e leia](#)

Este livro aborda o tema Investimento em Ações de maneira inédita e tem o objetivo de ensinar os investidores a lucrarem nas mais diversas condições do mercado, inclusive em tempos de crise. Ensinará ao leitor que, para ganhar dinheiro, não importa se o mercado está em alta ou em baixa, mas sim saber como operar em cada situação. Com o Manual de Análise Técnica o leitor aprenderá:

- os conceitos clássicos da Análise Técnica de forma diferenciada, de maneira que assimile não só os princípios, mas que desenvolva o raciocínio necessário para utilizar os gráficos como meio de interpretar os movimentos da massa de investidores do mercado;
- identificar oportunidades para lucrar na bolsa de valores, a longo e curto prazo, até mesmo em mercados baixistas; um sistema de investimentos completo com estratégias para abrir, conduzir e fechar operações, de forma que seja possível maximizar lucros e minimizar prejuízos;
- estruturar e proteger operações por meio do gerenciamento de capital. Destina-se a iniciantes na bolsa de valores e investidores que ainda não desenvolveram uma metodologia própria para operar lucrativamente.

[Compre agora e leia](#)