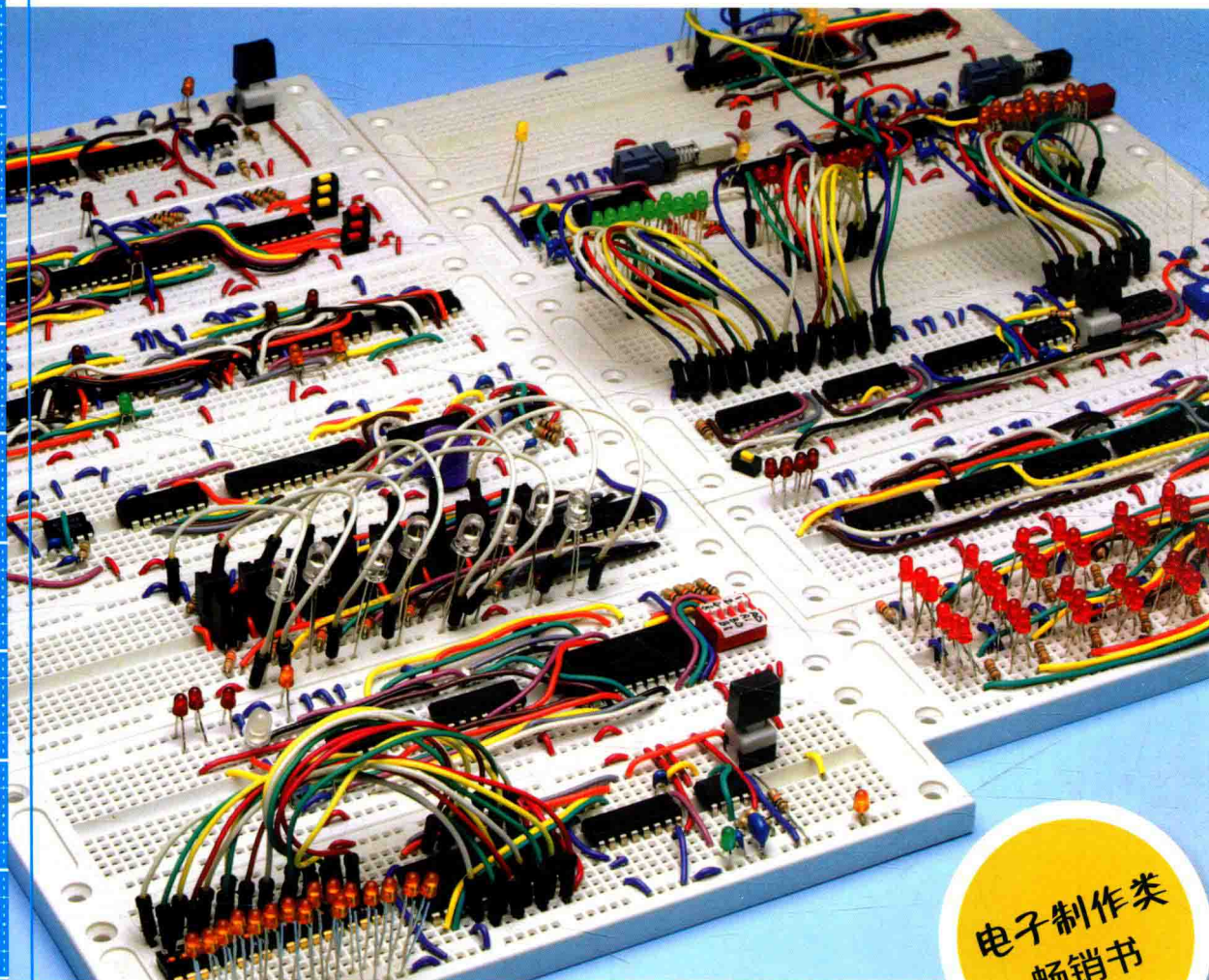


Make:

More Electronics

创客电子制作实例精选

36个趣味电子DIY项目



电子制作类
畅销书

[美] Charles Platt 著 夏明新 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

创客电子制作实例精选

36个趣味电子DIY项目

[美] Charles Platt 著

夏明新 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

创客电子制作实例精选：36个趣味电子DIY项目 /
(美)查尔斯·普拉特(Charles Platt)著；夏明新
译. — 北京：人民邮电出版社，2016.8
(爱上制作)
ISBN 978-7-115-42582-9

I. ①创… II. ①查… ②夏… III. ①电子器件—制
作 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第136836号

版权声明

© 2016 year of first publication of the Translation Posts & Telecom Press.

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Make:More Electronics(ISBN 9781449344047) © 2014 Maker Media, Inc. published by O'Reilly Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

本书英文版版权归 Maker Media, Inc.所有，由 O'Reilly Media, Inc.于 2014 年出版。简体中文版通过 O'Reilly Media, Inc.授权给人民邮电出版社，于 2016 年出版发行，得到原出版方的授权。版权所有，未得书面许可，本书的任何部分不得以任何形式重制。

内 容 提 要

本书将通过36个有趣的实例项目，来教你使用运算放大器、比较器、计数器、编码器、解码器、复用器、移位寄存器、定时器、发光条、达林顿阵列、光敏三极管还有各种传感器，制作出一些智能化的互动项目，体验创客的工作日常。这本书中的制作项目配图全面，还包括了全套的元器件列表，以便大家将制作项目所需的元器件准备齐全。

-
- ◆ 著 [美] Charles Platt
 - 译 夏明新
 - 责任编辑 马 涵
 - 责任印制 周昇亮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京画中画印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：800×1000 1/16
 - 印张：19 2016年8月第1版
 - 字数：550千字 2016年8月北京第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字：01-2015-2400号
-

定价：99.00 元

读者服务热线：(010)81055339 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广字第 8052 号

谨以此书纪念我的父亲 Maurice Platt, 他给我展示了工程师是一个多么优秀与有价值的职业。

致 谢

在真空管(注:即电子管)的年代,我和我学校的朋友们一起在电子学的领域探索。我们就是那种书呆子,而且书呆子这个词当时还不存在。Patrick Fagg、Hugh Levinson、Graham Rogers、John Witty,他们给我指引了电子学的方向,而50年后,Graham还为本书提供了一张电路图。

Mark Frauenfelder让我回归到了制作的道路上。Gareth Branwyn帮我出版了*Make:Electronics*, Brian Jepsen则帮我策划了这个续集。这三位是我所认识的最棒的三个编辑,也是我最喜欢的三个人。绝大部分的作者可没有我这么好的运气。

我还特别感谢Dale Dougherty,他策划了一个我从未想过会这么重要的项目,还热情地欢迎我加入。

在我做这个项目的时候,Fredrik Jansson给了我很多建议,也为我纠正了很多错误。他很耐心,也很有幽默感,这些对我都非常重要。

Philipp Marek为我做了正误检查。如果这本书里面还有错误,请不要指责Philipp或Fredrik。请记住,我犯错误比别人找到这个错误要简单很多。

电路由Frank Teng和A. Golin搭建并测试,非常感谢他们的帮助。同时,对于参与本书制作和校对的Kara Ebrahim、Kristen Brown、Amanda Kersey致以诚挚的感谢。

前言

这本书是我前一本入门指南 *Make:Electronics* 《身边的电子学》的续集。在本书中，你会发现不少以前我没有详细展开的话题，或者因为篇幅不够我压根就没提起的话题。你还会发现这本书在学术性上走得更远，这样有助于对概念的深入理解。同时，我一直试着做到“边探索边学习”，当然快乐也是我的目标。

之前通过各种方式，我已经在《爱上制作》系列书中讨论过书中的一些观点。我一直很享受为《爱上制作》撰写专栏文章，不过短篇的形式限制住了篇幅和图示。现在在这本书里，我可以提供更详尽的阐述了。

我没有在微控制器方面纠结太深，因为详细解释它们的安装和编程语言实在需要太多篇幅。已经有其他书籍解释过了不同微控制器芯片家族的内容了。当然你可以自己下功夫在微控制器上多研究一下，不过我建议让项目简单点，用一个现成的微控制器。

P.1 你需要什么

P.1.1 储备知识

你需要对我以前出版的书 *Make:Electronics* 中提到的各种话题有基本的了解，包括电压、电流、电阻和欧姆定律，电容、开关、晶体管和计数器，焊接和电路集成，以及逻辑门的入门知识。当然，你也可以从其他的指导书中学习到这些内容。通常，我会默认你已经读过 *Make:Electronics* 或者一本类似的电子学基础知识的书了，虽然你忘了一些，但你能记得大概。所以我只会稍作提醒，但不会重复解释那些特别基础的原理了。

P.1.2 工具

我假设你已经有了 *Make:Electronics* 中列出的设备：

- 万用表
- 24 规格的多色连接线（每种颜色 25 英尺，

至少 4 种颜色）

- 剥线钳
- 钳子
- 烙铁和焊丝
- 面包板（要求的型号后面会讨论）
- 9V 电池，或者可以提供 9~12V 输出 1A 的电源适配器（直流输出）

P.1.3 元器件

我已经在附录中列出了该项目可能需要的元器件，而且附上了推荐的购买来源。

P.1.4 数据手册

在 *Make:Electronics* 中我已经讨论过数据手册，它的重要性怎么强调也不为过。请试着建立在尝试新元器件前查阅数据手册的习惯。

如果你用一般的引擎搜索某型号，会有许多网

站向你提供数据表。这些网站根据点击量排序而不是考虑你的方便与否。最后你很可能得点开数据手册里的所有页才能找到你想找的信息，因为网站的作者希望你展示尽可能多的信息。

如果选择某些网站作为信息源搜索元器件信息的话，比如 <http://www.mouser.com>，那么你可以节省很多时间，这些网站上你只需要点一个按钮就可以打开一个多页的 PDF 文件，这样读起来就比较方便，打印也更容易些。

P.2 如何使用本书

本书和前一本 *Make:Electronics* 在风格和组织形式上有些不同。你还得知道如何阅读我使用的符号。

P.2.1 电路图

Make:Electronics 中的电路图是以一种“老派”风格绘制的，电线相交的地方用半圆跳过表示。我采用这种表现形式是因为可以避免错误地理解成回路。在本书中，我觉得我的读者们已经有足够的经验来阅读电路图，所以遵照现在通用的更现代的风格更重要一些，见图 P-1 的说明。

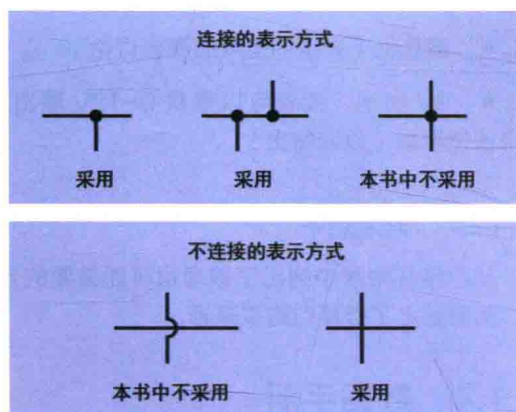


图 P-1

上：本书中所有的电路图上，用黑圆点表示导线连接。最右图的表示方式不会采用，因为这跟交叉但不连接容易混淆。下：*Make:Electronics* 中用左边的风格表示导线交叉但不连接，在本书里采用的是右侧使用得更普遍的风格

P.2.2 尺寸

集成电路芯片（以及其他多种元器件）是通过电线“腿”来安装的，这些电线腿一般被称作“引脚”。引脚可以用来插进线路板上的圆洞中。线路板上布满了间隔 0.1 英寸的圆洞，用你的指头可以很容易安装和拔出各种元器件。

引入公制后，有些生产商将插孔的间距标准由 2.54mm（也就是 0.1 英寸）改成了 2mm，我们这些用 0.1 英寸洞洞板的人因此受到了一些影响。公制在其他地方也突然出现了。举个例子，一种无处不在的元器件——面板 LED，它通常的直径是 5mm，这个尺寸对于 3/16 英寸的洞来说太大了，但是对于 13/64 英寸的洞来说又太小了，而不能牢固地装上，我还是愿意用英制尺寸（1 英寸 = 2.54cm、1 英尺 = 0.3048m）。

另外一个更显著的问题是，整个电子行业已经转向了表面贴装方式。根本不是 0.1 英寸间隔洞阵的事儿，现在已经没有洞了，整个元器件一般不会比 0.1 英寸更长。要想用这些材料做个电路，你要的是镊子、显微镜和特殊的烙铁。它可以被制作出来，但是我个人并不觉得好玩，你在本书中不会看到一个用这种表面贴装元器件的项目。

P.2.3 数学

本书中的制作项目不会用到什么高深的数学知识，不过你得理解书中涉及的简单的计算原理。

我所用的数学表达风格是通用的。叉号“×”代表乘，斜杠“/”代表除。在圆括号里的算式应该先计算。中括号里头有小括号，应从最里头的括号算起。下面是个例子：

$$A = 30 / [7 + (4 \times 2)]$$

你先算 4 乘以 2，得到 8；然后加 7，得到 15；然后用 30 除以 15，得到 $A = 2$ 。

P.2.4 组织

与之前的那本书不一样，这本书基本遵循着线

性结构。这对操作设备很有利，不用在跨页上翻来翻去找散落的细节。我想的是，你可以把这书一气呵成从头翻到尾，而不需要跳来跳去地看。

第一个项目中提出的概念会在第二个项目里用上，第二个项目为第三个项目打下基础。如果你不按这个顺序阅读，理解起来就有些麻烦了。

在小标题里，你会找到 5 种类型的章节：

项目

动手制作是本书的主线。

速览

介绍一个新概念后，我会进行重点总结，这样以后就容易查询了。

背景知识

当我觉得有意思或者有用时，我会偏离主线提供一些额外的信息，这些信息可能不是完成项目所严格需要的，只是一个简要的补充介绍，后面就交给你自己去探究了。

拓展

我没有篇幅展开所有可能的项目，所以我讲一些关于其他可以做的项目的简短概述。

警告

有时我会提到一些你应该避免的事情，这是为了保护你正在用的元器件，或者为了避免一个麻烦的错误，或者是为了保护你自己。

P.3 如果有些东西不工作了

通常建立一个能工作的电路只有一个方式，但出错让它不工作的路径有千百条。所以概率对你不利，除非你制作的时候非常小心且守规矩。我知道元器件装上但什么都没动静是多么让人沮丧的事情，如果你遇到问题，下面这些步骤可以帮你排查出那些最常见的错误。

1. 把万用表的黑笔放在电池或电源的负极，将表调到电压测量模式（直流电压，除非项目要求

其他）。确认你电路的电源是开着的。然后用表的红笔去接触线路的不同位置，寻找电压不对劲儿或者压根没有电压的地方。

2. 仔细检查连接线和元器件的引脚在面包板上安装在正确的位置上。

关于面包板有两种错误特别常见：导线接入的地方比正确的地儿差了一行；把元器件或者连接件在同一行紧挨着摆放，忘记了面包板里的导体会让它们短路。图 P-2 是这些错误的示意。请确认你理解这些图所示的情况。

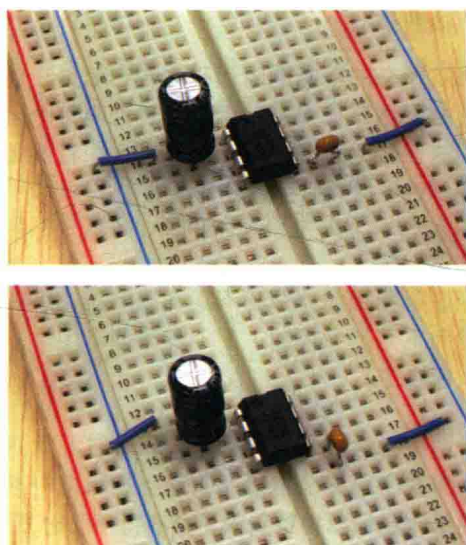


图 P-2

两种最常见的面包板错误（上图）；正确的摆放方法（下图）

在图 P-2 里，电容的引脚插在面包板的第 13 和 15 行。不过由于视角的关系，很容易出错将蓝色导线的一头塞进第 14 行。在右侧，芯片的 5 号引脚应该通过一个陶瓷电容接地，但是由于面包板上不同行之间相邻的洞是连接着的，电容就短路了，而芯片直接接地了。图 P-2 更正了这些错误。

如果你的电路供电没有问题，元器件和导线在面包板上的安装位置也没问题，这里有 5 种可能值得记住：

元器件方位

复杂电路元器件需要牢牢地安装在板上。确

引脚没有弯曲藏在芯片下。二极管、电容之类有极性的，需要以正确的方向安装。

连接不畅

有时（比较少见，但确实会发生）元器件在面包板内的连接并不好。如果你有一个断断续续令人费解的错误或者零电压的现象出现，可以试试重新安装元器件。根据我的经验，出现这个问题很大的可能是因为你买的面包板质量不好。如果你用的导线的直径小于 24 号，这问题也很可能发生（记住，高标号意味着更细一些的导线）。

元器件参数值

确认所有的电阻的阻值和电容容值是正确的。我的标准做法是在安装前用万用表检查每个电阻的阻值。这么做比较费时间，但是长远来看节省了你的时间。对于这点后面我还有话要说。

损坏

复杂电路和晶体管在不正确的电压、错误的极性和静电下可能会坏掉。手上多备些备用件，这样就可以替换了。

过度疲劳

当排除了所有情况之后，适当去休息一下吧！长时间工作会让你视野变窄，看不到哪里出了问题。如果你能把注意力转向别的地方一段时间，然后再回来找问题，答案会突然显现出来。

P.4 作者读者交流

有三种情况我想得到你的反馈，或者你想得知我的反应，它们是：

- 我要告诉你书里有个错误会导致你不能成功完成某个项目。我也可能是要告诉你梳理相关的某个套件出现的毛病。提出问题之后，我会告诉你是怎么解决的。这就是我告知你的互动形式。
- 如果你发现了书里或者是套件的错误，你可以告诉我。这是你告知我的互动形式。
- 在做某个作品的时候，如果你遇到了困难，

你不知道是我的错误还是自己的错误。你想得到一些帮助，那么你可以和我一起讨论。这是你提问我回答的互动形式。

我鼓励你参加交流的原因是，如果有错误被发现了，我没办法通知你，后来你自己发现了，你一定会感到恼怒。

所以你只要简单地寄一封空白内容（如果你喜欢，也可以写些评论）到 make.electronics@gmail.com，并在主题里注明“注册”，那么每次有更新内容我都会发邮件给你。

P.4.1 你告知我

如果你只是想通知我一个你发现的错误，最好是用我的出版商管理的勘误表系统。出版商用勘误信息来订正书籍的后续更新。

如果你确定自己找到了一个错误，请访问：
<http://oreil.ly/1jJr6DH>

这个网站会告诉你如何提交勘误。

P.4.2 你问我答

我的时间显然比较有限，可能不一定会帮你解决所有问题。但是，如果你能附上那个不好使的项目的照片，我很可能可以给点建议。照片很关键。如果想知道为什么电路不运作，但是却不能见到它长什么样，要解决问题几乎是不可能的。

为此，你可以发邮件到 make.electronics@gmail.com。请在主题里注明“求助”。

P.5 在你开始制作前

在你报告一项错误或者项目不运转的问题前，我有一些要求：

- 请至少重建该电路一次。书里所有的项目在出版前都是我自己、很少部分是别人亲手搭建的。虽然我告诉你你自己搞砸的不太礼貌，但是最可能的原因总是布线问题。

- 请记住我在完成书中的项目时至少遇到过十来次致命的接线错误。有一次我烧坏了好几个芯片，另外一次我把面包板烧熔了一部分。错误总是会发生的，无论是对于我还是对于你。

- 请意识到你作为读者的力量，并且合理地使用它。一个负面的评价造成的影响可能远超你想象。一条负面评价要抵过好几条正面评价。我得到的 *Make:Electronics* 反馈一般都是很正面的，但是有些时候人们因为一些小问题很恼怒，比如找不到一个我推荐的零件。但事实上这些零件是可以买到的，我很乐意提供来源，但这时负面评价已经出现了。

我会在网站上阅读评论，并且必要时总能提供反馈。

当然你可能只是不喜欢我写这书的方式，不要有心理负担直接说就可以。

P.6 进阶

从头到尾阅读完本书后，我想你应该掌握了电子学的中级知识。如果你还想知道的更多，我告诉你自己一直没提及的内容包括电子学原理、电路设计和电路测试。如果你想自己设计一个电路，你需要知道足够多的理论知识以理解和预测什么会发生，你才能够发现电路在你完成后将如何表现。要想做到这一步，你需要示波器和电路模拟软件。从维基百科上你可以找到一串的无偿软件。一些模拟软件可以给你展示电子回路的工作表现，一些软件专注模拟电路，还有一些两方面都注重。不过这些话题已经超过了一本普通书的范围，大概也超过了大部分把电子当作一项爱好而不是工作的人的范围。

我一直觉得应该有一个关于电子元器件的百科辞典以供查阅。我总会想怎么没有这么一类的书，所以我打算自己写一本。推荐《电子元器件百宝箱》的第1卷和第2卷现在已经发售了。总共会有3卷。

你正在阅读的这本书是一本亲身实践的指导书，而百科辞典的编写意图是为了迅速找到需要的

信息，它也有些更偏技术性，撰写的风格也不那么易读但是更简洁明了。我个人觉得元器件百科辞典是个加深你对于各种会用到的零件的性能和使用方法记忆的非常宝贵的办法。

P.7 网上资源

Safari® Books Online (<http://my.safaribooksonline.com/?portal=oreilly>) 是一个按需电子图书馆，它能够提供科技和商业方面全球领先作家的书籍和视频的专业内容。

只要订阅，你就可以从我们的在线图书馆中读到任意一页或者看到任意一个视频；在新书出版前阅读，看到独家的还在撰写中的手稿，向作者提交反馈；复制和粘贴代码详例，管理你最喜欢的材料，下载章节，在关键地方做书签、写笔记、打印以及从其他众多节省时间的功能中获益。

制作传媒已经将本书上传到了 Safari® Books Online。想要获得本书以及其他制作或者其他出版商的类似题材书籍，请到 <http://my.safaribooksonline.com> 免费注册。

制作团结、鼓舞了一个不断壮大的聪明人的团体，制作传播信息，让他们快乐。这个团体在他们的后院、地下室和车库里进行着有趣的项目制作。制作为你们按照自己意愿把玩技术的权利欢呼。制作的读者是一个正在发展的文化和团体，他们相信更好的自己、更好的环境和更好的教育体系——我们整个世界。这已经不仅仅是一种阅读，这是制作领导的一次世界范围的运动，我们称它为制作运动。

想得到制作的更多信息，访问我们的网站：

爱上制作：<http://makezine.com/magazine/>

Maker Faire：<http://makerfaire.com>

Makezine.com：<http://makezine.com>

Maker Shed：<http://makershed.com/>

关于本书，我们有个网页，网页上列出了勘误、示例和其他各种信息。你可以通过 <http://bit.ly/more-electronics> 访问它。

准 备

我在 *Make:Electronics* 中给出了关于工作区域、元器件存储、工具和其他基本用具。在这里我会对之前的部分建议做一定的修改，而其他的会直接重新说一遍或者阐述一下。

S.1 电源

这本书中绝大部分的电路都可以用 9V 的电池供电，这种电池的优点在于不仅便宜而且能提供稳定电流，还没有毛刺和尖峰。另一方面讲，电池电压会随着逐渐使用而显著降低，而且电压还会随着输出电流的大小不同而发生变化。

如果能有一个可调电源，可以在 0V 直流到 20V 直流（或者更高）之间调整输出的话真的是很方便的，但是价格可能大家有点舍不得。比较合理的折中的办法是买一种电源适配器，可以直接插在墙面插座上，然后可以用开关来选择电压，如我在上一本书中建议的那样。

还有一种选择是买单电压的用在笔记本电脑上的交流适配器。很多这些适配器的输出电压是 12V 直流，可以接一个稳压芯片得到 5V 直流或者 9V 直流，这样就能满足这本书里面绝大多数的项目的需求了。稳压芯片的价钱每个不超过 1 美元，而笔记本电源适配器则不会超过 10 美元，这样这个选择就相当有吸引力了。这种电源可以提供高达 1A（1000mA）的电流。

大家可能还愿意选择手机充电器，特别是如果手机坏掉了，充电器还完好的时候。但是绝大多数的充电器只能输出 5V 直流，这就不太适合用在我描述的使用 9V 直流电源的项目中了。而且，由于这些充电器设计的目的是为电池充电，会随着负载的不同而降低输出电压的。

所以底线是这样的：如果你预算很紧张，而且不想在本书中制作永久性的项目存留，用 9V 的电池就可以了。如果不是这样，那就选个自己能承受价格范围内的 12V 电源适配器。

S.1.0 稳压

很多项目需要一个 5V 直流稳压电源。那么我们需要准备如下部件：

- LM7805 稳压芯片
- 陶瓷电容：0.33 μ F、0.1 μ F
- 电阻：2.2k Ω
- 单刀单掷或者单刀双掷开关，直插在电路板上的那种（比如说，引脚可以插在面包板的孔里面那种）
- 通用型的 LED 灯

图 S-1 展示了这些元器件如何挤进面包板最顶上的几行，从而做出一个左边的电源正极总线和右边的电源负极总线。这种配置我们在这本书里面会用在很多的项目中。这张照片展示了一个 9V 电池，当然大家是可以使用交流适配器的。请确认这个电源适配器的直流输出至少要不低于 7V。为了防止产生过多的无效热量，电源适配器的输出也不应该超过 12V 直流。

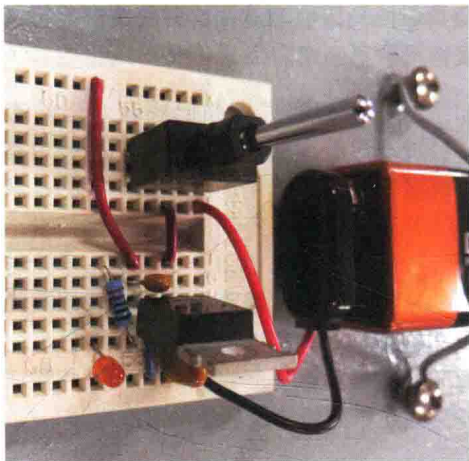


图 S-1

提供 5V 直流稳压电源的元器件布局

图 S-2 展示了同样的电路原理图。即使你在使用电源的时候，电容也是不能省略掉的，因为这些电容保证了稳压芯片的正常工作。

我建议大家再加上一个开关和一个 LED 灯，这样就能方便很多。如果你在寻思为什么电路没有工作的时候，就可以看看 LED 灯是否亮起，来确认电源是不是给到了电路板上。而且如果你移动电线来更改电路，有一个开关来控制电源开关，也会感到万分幸运的。我建议大家在 LED 上串联一个相对高阻值的 2.2kΩ 电阻，这样就可以在使用电池的时候节约电力。

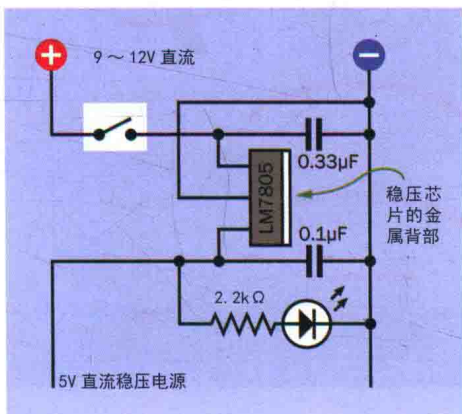


图 S-2

5V 直流稳压电源的原理图

S.2 搭建电路教程

在 *Make:Electronics* 中，我用了那种两个长边的边缘各两条总线的面板，这样我们就可以在板子的两侧各放置电源正极总线和电源负极总线了。在这本书中，我决定用更加简单的面包板，就是两边各只有一条总线的类型，如图 S-3 所示。

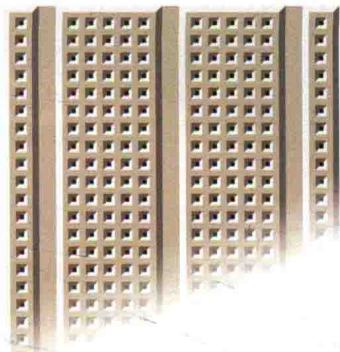


图 S-3

每边只有一条总线的面板的外观，这本书中所有的项目都是按照这种面包板进行设计的

我做这个改变有以下几个理由：

这种面包板价格特别便宜，关于更多元器件采购渠道的建议，请参见附录。如果你要买好几个面包板，可以将之前的电路保留着，然后在一块新板子上搭建新的电路。

如果你想通过将元器件焊接在印制板上做成永久版本的电路，最简单的办法就是使用走线和面包板一样的印制电路板。这种印制电路板通常情况下是每一边有一根总线（如 RadioShack 的 276-170）。如果元器件布局完全一致，从面包板上将元器件转过去要简单很多。

从读者给我的反馈里，我发现如果面包板两侧各有一组电源正负极，大家比较容易犯错误。这些错误可能代价会比较惨痛，也会导致很多的不方便，因为有一些元器件对反向极性几乎没有任何的容忍度。

大家需要时刻在脑子里面有一张面包板内部的

连线图，因此我在这里放了一张我上一本书里面的图片，图 S-4 所示的就是面包板的剖面图。

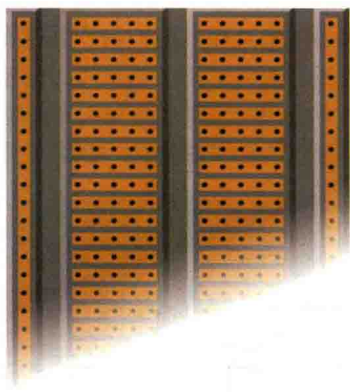


图 S-4

面包板剖面图，展示了面包板内部的导体情况

请记住，很多面包板的总线里面都有一个或者两个中断，这样就可以在板子上不同的部分使用不同的电源。我不希望大家使用这个功能，因此当大家拿出来一个新的面包板的时候，必须用万用表检查一下总线是否从头到尾都是连通的。如果不是连通的，那么就需要使用跳线来桥接总线上的这些空隙了。如忘了做这件事情，可能会是电路不能工作的常见原因。

S.2.1 接线

时不时地会有读者给我发邮件，附一张面包板电路的照片，问我为什么这个电路不工作。如果读者用了两头带小插头的跳线，我的答案总是一样的：我提供不了任何建议。即使电路就摆在我面前，我还是不能提供什么建议，我能做的也是将所有的电线拉出来重新开始搭接一遍。

面包板的跳线搭接起来很快很简单，我经常忍不住用这些跳线。当然，很多时候也会后悔，因为只要有一个地方接错了，想在这一堆凌乱的线里面找出问题来是非常难的。

在这本书的绝大部分照片中，大家会发现，在需要将面包板的设备与面包板连接的时候，我只用了带插头的跳线。在面包板上，我用了一小段单芯

线，两头剥掉一段绝缘皮。这些线在进行错误诊断的时候特别容易处理。

如果大家买的套件里面已经有处理好的单芯线，你会发现这些线随着长度的不同而颜色有所区别。这是没有什么实际用途的，我需要的是面包板上的线根据功能而选择不同的颜色。比如说，连接到面包板上电源正极总线需要用红色，不管这根线长度到底是多少。两根同等长度的线，如果并排走在一块儿的话，需要用不同的颜色来区分，这样才不会搞混。这样我看着面包板的时候才能快速地做出判断，并能更简单地找到放错了的电线。

也许大家会觉得自己来做这些不同颜色的跳线过于复杂。如果是这样，我有一个建议。图 S-5 展示了我在这本书中的项目中用于面包板搭接的全套方法。

首先将任意长度的一段绝缘皮去掉（几个英寸），然后估计一下你在面包板上的跳线长度，我将这个长度称为 X。在电线的绝缘皮上测量一个这个长度，如图中的第二步所示，然后在虚线的位置上用剥线钳。在第三步的时候将绝缘皮往线的最外侧方向推，距离最外侧大约 3/8 英寸，然后将实心线剪断。将两头弯一弯，这就搞定了。

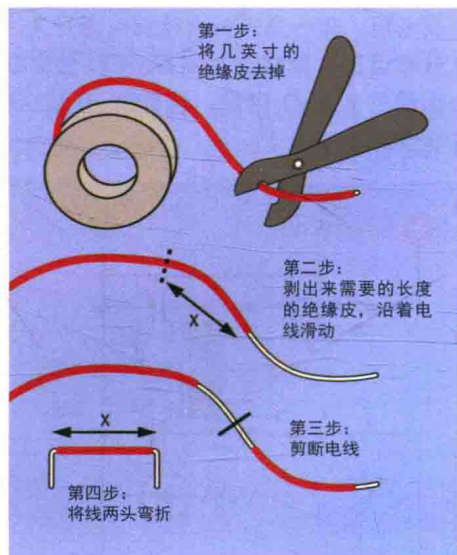


图 S-5

简化的制作面包板跳线的方法

在剪完这些电线之后，如果把它们进行分类储存，可以自己做一个线长工装。这在弯折一定长度的电线的时候也很有用。这个工装其实只有一个简单的三角形塑料或者木料，在斜边上有切出来的台阶而已，如图 S-6 和图 S-7 所示。由于细线会做出来的线略长，因此这个工装上的台阶需要比实际代表的长度短 1/16 英寸左右。

另外一个检查跳线长度的方法是将这些电线和一片纯通孔板（通常被称为通孔板）进行比较，这些通孔板的孔距都是 0.1 英寸。

请记住，面包板上孔的间距都是 0.1 英寸，横向和纵向都是，而面包板中间的通道则是 0.3 英寸宽。

至于线粗细的问题，我觉得就目前而言 24 号线是面包板接线中最佳的选择。如果大家用了 26 号线，就会在插进面包板的孔里面的时候容易打弯，而插进去之后又会觉得太松。另外一方面，22 号线又太紧了。

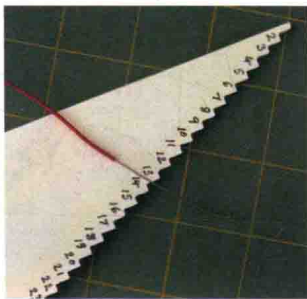


图 S-6

自制的面板线长工装

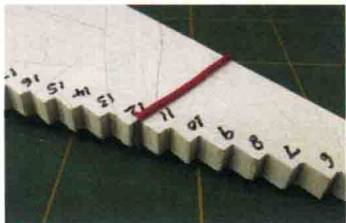


图 S-7

一个长 1.1 英寸的跳线放在线长工装上

大家在 eBay 上能找到很多的线，也可以到类似 Bulk Wire (<http://www.bulkwire.com>) 这样的渠道去买。我个人有 10 种基本的不同颜色的线：红色、橘色、黄色、绿色和蓝色（这些是亮色），还有黑色、褐色、紫色、灰色和白色（这些是暗色）。如果大家比较有条理一些，在面包板上每种不同的用途使用一个颜色，就会使事情变得容易很多。

最后，请大家看一看图 P-2，来看看两种在面包板最常见的连接错误。大家可能觉得自己不会犯这么明显的错误，但是我自己也会忙中出错，或者在疲惫的时候出现过好几次这样的状况。

S.2.2 钩子

在 *Make:Electronics* 里面我提到过“小钩子”，这种钩子可以装在万用表的表笔牵头。这种钩子以前是很难买的，不过现在比较容易了，比如到 Radioshack 这样的渠道购买（目录里面的部件号为 270-0334，在“小型测试夹具”部分）。图 S-8 展示了一个装在万用表表笔上的黑色钩子，而红色钩子没有连接。我觉得这种组合很实用。大家可以将黑色的钩子勾在任意一个地线上，然后用红色的表笔在电路中测量电压。这种钩子推上去会连接得很紧，我觉得最多只会增加 1 ~ 2 Ω 的电阻而已。



图 S-8

用小钩子装在万用表的一个或者两个表笔上，这样就可以固定在电线上了，握表笔的手就可以解放出来了

钩子的原理如图 S-9 所示，图中钩子因为内

部弹簧的挤压而探了出来。如图 S-10 所示，弹簧被松开，这样钩子就勾住了电阻的引脚。

我们也可以两头带鳄鱼夹的跳线(如图 S-11 所示)，其中一个鳄鱼夹被夹在了万用表的表笔上，而另一个则夹到电路中合适的地方。大家会发现，我在本书后文中也会提到，我们需要把手解放出来，不能把表笔按在电线上。我个人觉得小钩子会更好用一些，但是如果大家觉得不想把万用表的表笔永久地做成这个样子，两头带鳄鱼夹的跳线也是可以用的。

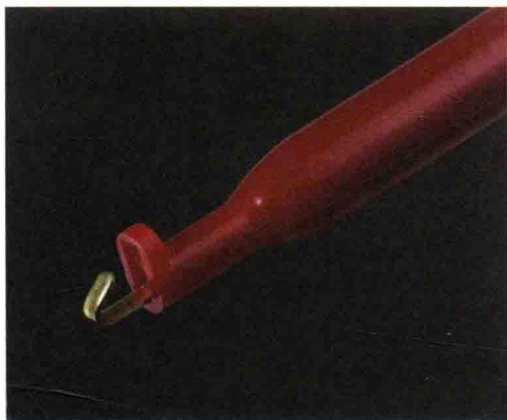


图 S-9

由于内部弹力的挤压，小钩子的勾连顶端探了出来

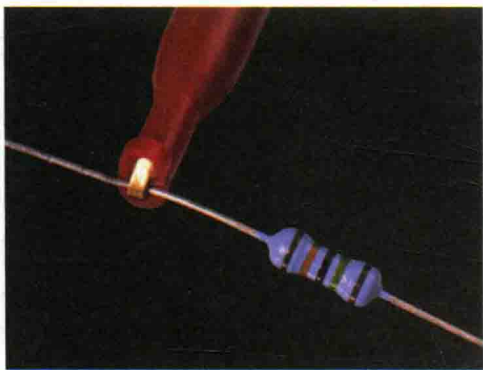


图 S-10

当弹簧回撤的时候，钩子会牢固地抓在小的东西上，比如一个电阻的引脚



图 S-11

这种跳线两头各有一个鳄鱼夹，用来替代钩子，用一头夹住万用表的表笔，另一头夹住电路中需要测试的电线

最后大家可以去买两头带钩子的跳线，如图 S-12 所示。大家可以再次去 Radioshack 购买，货号为 278-0016，名称为“小夹具跳线”。这些跳线的优势在于这些小夹子（体积比之前的还要小）可以锁在很小的部件上，而这些地方鳄鱼夹很容易碰到旁边的线而导致短路。



图 S-12

两头各带一个小钩子的跳线，这种跳线特别适合用在大号的鳄鱼夹容易碰到周边导体的情况下

S.3 元器件存储

在存储电容的时候，由于陶瓷电容体积很小，我在 *Make:Electronics* 中给出的建议就过时了。这些特别小的元器件可以很有效地收集在很小的容器里面，业余饰品爱好者那里就有我们需要的这些容器。

在美国的工具店，如 Michaels's 里面，我们可以找到各种各样巧妙的存储系统，它们可以存

放各种小东西。我用来放多层陶瓷电容的就是如图 S-13 所示的小存储盒子。陶瓷电容很容易放进这些带螺口的容器里面，这些容器的直径只有 1 英寸。这样我们就可以将几乎从 $0.01 \mu\text{F}$ (10nF) 往上所有的常用容值的电容收到只有 6.5 英寸 \times 5.5 英寸的盒子，从而都放到桌面上了。而且，由于每个容器都有一个带螺口的盖子，如果我不小心将盒子掉到地板上，电容也还会留在盒子里面，而不会散开。这个是很重要的，因为电容看起来都差不多，要想通过容值来区分开实在是太困难了。

而对于电阻来说，我的建议是将电阻腿截断，这样也可以放进小的容器里面了。我们很少需要电阻腿的全长——在那种罕见的情况下，如果需要长的电阻腿，可以用额外的一根绝缘电线加到面包板上。图 S-14 展示了存储 30 种最常用阻值的电阻的方法。和电容的存储系统类似，这种存储系统也不会在打翻盒子的时候洒出元器件。每个容器可以放至少 50 个电阻（参见图 S-15）。



图 S-13

现代的多层陶瓷电容很小，用来放小东西的存储盒子用起来正好



图 S-14

稍微大一点的首饰盒子可以用来存储电阻，但是要先把电阻腿截掉



图 S-15

每个这种小盒子可以放 50 个电阻

S.3.0 验证

当我在搭建电路的时候，我会在将电阻电容放到面包板上之前检查阻值和容值。 $10 \mu\text{F}$ 的陶瓷电容看起来和 $0.1 \mu\text{F}$ 的陶瓷电容一模一样，而 $1\text{k}\Omega$ 和 $1\text{M}\Omega$ 的电阻也就只有一个色条的差别。如果不同值的元器件混在一起，我们就可能遭遇非常复杂的错误状况。

为了简化电阻的检查流程，我使用了一个小号的面板，而将跳线夹在自动量程的万用表表笔上，如图 S-16 所示。我需要做的只是将电阻的引脚插在面包板上，然后验证过程只需要 5s。面包板的插座会使电阻值增加一点点，但是只有几欧姆，我通常并不关心准确的阻值了。我只需要确认我没有犯比较大的错误。同样的原因，最便宜的万用表就能完成。



图 S-16

在电阻用到某个项目之前，简单快速验证电阻阻值的系统

介绍的部分就到这里了，现在我们就可以开始边玩边学习电子知识了。

目 录

前 言

P.1 你需要什么	1	P.3 如果有些东西不工作了	3
P.1.1 储备知识	1	P.4 作者读者交流	4
P.1.2 工具	1	P.4.1 你告知我	4
P.1.3 元器件	1	P.4.2 你问我答	4
P.1.4 数据手册	1	P.5 在你开始制作前	4
P.2 如何使用本书	2	P.6 进阶	5
P.2.1 电路图	2	P.7 网上资源	5
P.2.2 尺寸	2		
P.2.3 数学	2		
P.2.4 组织	2		

准 备

S.1 电源	6	S.2.1 接线	8
S.1.0 稳压	6	S.2.2 钩子	9
S.2 搭建电路教程	7	S.3 元器件存储	10
		S.3.0 验证	11

项目 1: 黏糊糊的阻值

1.1 用胶水粘起来的放大器	1	1.1.2 符号	2
1.1.1 发生了什么	2	1.2 注意事项: 非标准的引脚	3