

图解电子创新制作

电子电路

〔加〕Dave Cutcher 著

张宝玲 董启雄 费玮 译

制作DIY



57课

图字: 01-2006-5212 号

内 容 简 介

本书是“图解电子创新制作”丛书之一。全书共四部分十七章。内容包括基本元器件、数字电路及设计、模-数转换器、4017 循环计数器、七段数码显示器及运算放大器等。全书按照深入浅出的原则,结合日常生活中的自然现象和实用有趣的小制作,从最基本的电子元件入手,对模拟电子技术和数字电子技术的基本内容进行通俗而实用的介绍。

本书可供自学电子学或电子技术的社会人士及电子、机电相关专业的师生以及电子爱好者参考阅读。同时,本书在教学方法上特别值得从事电子类高等职业教育的教师借鉴和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路制作/(加)Dave Cutcher 著;张宝玲,董启雄,费玮译.

—北京:科学出版社,2007

(图解电子创新制作)

ISBN 978-7-03-018432-0

I. 电… II. ①D… ②张… ③董… ④费… III. 电子电路-图解
IV. TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 004090 号

责任编辑:刘红梅 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:朱 平

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 4 月第一次印刷 印张: 16 1/2

印数: 1—5 000 字数: 304 000

定 价: 33.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

Dave Cutcher: Electronic Circuits for the Evil Genius

ISBN: 0-07-144881-0

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Science Press and McGraw-Hill Education(Asia) Co.

本书中文简体版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版, 未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

著 者 简 介

Dave Cutcher 在加拿大的不列颠哥伦比亚省的本拿比市教授电子学、技术和工艺美术课程, 也是“温哥华机器人技术俱乐部(Vancouver Robotics Club)”和“西雅图机器人技术协会(Seattle Robotics Society)”的热心电子爱好者和成员。他把本书中的内容给同事看了之后, 他们一致强烈要求他写下本书。

序 言

我是一名 shop teacher 和 theShopTeacher.com 的 CEO。本网站是初中教师和高中 shop teacher 的一个资源中心。以前,曾做了 11 年机械师和 CNC 程序员/操作员。随着经验的不断积累,我产生了一个强烈的愿望,就是把自己的知识财富和经验传授给年轻人,所以做了一名高中 shop teacher,并继而开发了自己的网站。那是在 1990 年就学期间,我非常荣幸地遇到了另一位同样充满热情的教育者 Dave Cutcher,也就是本书的作者。在不列颠哥伦比亚技术大学(British Columbia Institute of Technology)期间,我们共同合作研发了几个项目。在那时,他的强项就是清楚地解释事情。

在家乡悠闲地教了 12 年的机械修理和制图课程之后,我又涉足了一个新的领域,即电子节目制作。对我而言,那是一个非常具有挑战性的教学职位,也是一个真的有难度的领域。我拜访了久违的 Dave,他给予了我极大的帮助。

Shop teacher 都愿意共同分享资料,互帮互助,而没有丝毫的犹豫。Dave 也是如此,他给了我一大摞资料,包括一张 CD,其中的内容是他编写本书的主要资料。实质上,我拥有了他的著作的第一个数字复制品。他的资料也是我的一个护身符,从中可以看出他为本书所付出的长期的艰辛劳动。Dave 的资料最让我欣赏的地方是它既适合于像我这样的自学者,也适合于学习中的孩子。

一般而言,人们都愿意向有经验的人学习。Dave Cutcher 已经教过很多年的电子技术课程。作为我所见过的唯一给人留下深刻印象的介绍电子技术知识的图书,本书的编写非常出色,内容循序渐进,并不断地向学生提出挑战,一个个新思想层出不穷。无论是模拟电子学还是数字电子学,在本书中都是通过许多环节和实际项目进行解释的,作者丰富的想像力帮助他清楚地解释了许多无法言表的内容。我的学生发现他的作品容易理解,学习起来也很轻松愉快。

随着网站的运行,网站中电子学方面的项目显得有些不足,而人们对这些实用电子项目的查询一直很多。去年,有人在我的网站上发布了一则消息,询问是否有人知道供初学者使用的介绍电子学的好教材。有人留言说“省你的

钱吧!”,此时 Dave 回复说他的书正在编写之中。直到他的书稿完成时,我才确信他的这本书是我所见过的唯一一本清楚地介绍“真正的”电子学的书。使用 Dave Cutcher 的书,可以免去自学者所面临的大量工作和挫折,并为理解电子学知识打下坚实的基础。正如我在自己的网站上所说的:“为什么我们要从头做起呢?”我们应该使用前人已经建立起来的东西。本书大大地降低了通常与电子学有关的知识的神秘感。Dave 曾经告诉我:“电子学并不难,……,它是新兴学科,但是它不难。”他是对的,而且他用这本书证明了这句话。

本书分为 57 课,这是一本使学习电子学的人感到愉快、不感到害怕的、有益而可靠的参考书。我非常愿意把本书推荐给有兴趣自学电子学的人,它也可以作为教师的参考用书。

David De Pieri
CEO, theShopTeacher. com

前 言

在我们的日常生活中,随时会遇到电子产品。人们认为,不了解这些电子产品如何工作的那些人都是比较“笨”的,肯花时间学习电子学的那些人才被看作是天才。你想学习如何控制电子产品吗?

本书对电子技术(包括模拟和数字)进行了本质性的介绍,其内容基于对我们中间的天才进行训练的实际项目,同时,在阐述电路制作的过程中对元件进行了介绍,然后通过对这些电路的修改与分析,对元件功能进行解释。一切都是有条不紊地进行的。通过用数字万用表和作为示波器使用的计算机进行观察,对电路进行分析。

在第1部分中,将制作两个主要作品:

- 一个自动夜光灯;
- 一个具有专业品质的报警器。

本书的其余部分集中于三个主要作品,每个单元介绍一个:

- 用逻辑门制作一个数字玩具;
- 用数字计数电路设计、制作一个作品;
- 应用晶体管和运算放大器制作一个双向楼宇对讲机系统。

本书中的课程和原始电路的重点是以每一个主要作品为中心,打下坚实的基础。读者的工作是从产生想法到制成原始电路,最终制出一个作品。

我希望读者像我一样喜欢这些制作,并愿意阅读本书。

Dave Cutcher

致 谢

由于各种原因,我要向许多人表示感谢。

首先要感谢我的助手,他们自愿关在一间教室里与我共同度过了三年的时间。Andrew Fuller 把“*When Resistor Go Bad*(当电阻损坏时)”这个游戏装配起来的,在 www.books.mcgraw-hill.com/authors/cutcher 网站上可以找到该游戏。他和 André W. 是两位早期的异类天才,我希望他们现在能够理解化学中的主要概念,不会抱怨我提到他们。感谢 Eric R. 和 Eric P., 他们都是比较温和的异类天才。感谢 Brennen W., 他对我常常比我对他更有耐心。那是艰苦的一年。

我只上过一门正式的电子学课程,是由 Gus Fraser 讲授的,他让我学会了自学。Bryan Onstad 给了我一个工作的目标和进行工作的平台。Don Nordheimer 是真正地看完我的课外资料的第一个成年人,同时,他从成人的角度对资料进行了验证。衷心地感谢 Pete Kosonan 的鼓励,他是我所遇到的欣赏学生的创造热情的第一个管理人员。Steve Bailey 是我遇到的第二个管理人员,他没有被那些比他懂得还多的孩子吓倒。感谢在我编写本书的五年里不断鼓励我的人,如 Paul Wytenbrok、Ian Mattie、Judy Doll 和 Don Cann。感谢 Brad Thode 早在 1989 年就向我灌输改变职业生涯、从事教学的必要性。感谢 Schluter 先生和 Gerard 太太,他们教我树立自信,并认识到创造性的潜在空间,而不仅仅局限于他们的期望值。

然后感谢 Stan Mah, 他的做法是从不作详尽的解释,而是面带狡黠的微笑坐在那里向我挑战。“在我回答之前你思考一下,这个问题你自己可以解决。”“如果我能做,你也能做。”

最后感谢我的父母,他们知道无法改变我,所以一直在鼓励我。

目 录

第 1 部分 元器件

1 | 元器件基础

第 1 课	第 1 部分中用到的元器件	3
	二极管/发光二极管/电阻器/电容器/可控硅整流器/晶体管/硬件	
第 2 课	主要装备	7
	免焊接面包板/数字万用表/连接线/练习:绘制免焊接面包板	
第 3 课	初学者的第一个电路	10
	安装免焊接面包板/二极管的连接/在面包板上搭建第一个电路/ 注意/练习:电压测量/电路中的电压分配	

2 | 电阻器

第 4 课	电阻值读数	15
	练习:读电阻值/电阻值的正确测量方法	
第 5 课	电路的等效电阻	17
	练习:电路中电阻的影响	
第 6 课	电位器	19
	练习:电位器	
第 7 课	光敏电阻器	22
	在免焊接面包板上插接电路/预期结果/练习:光敏电阻器	

3 | 更多元器件和半导体器件

第 8 课	电容器和按钮	25
	电容器/按钮/制作电路/工作过程/练习:电容器与按钮	
第 9 课	晶体管简介	31
	NPN 型晶体管/制作 NPN 型晶体管演示电路/预期结果/电路	

	的工作过程/练习	
第 10 课	PNP 型晶体管	35
	在免焊接面包板上插接 PNP 型晶体管的演示电路/预期结果/ 工作过程/练习:PNP 型晶体管	
第 11 课	你的第一个项目:自动夜光灯	39
	预期结果/工作过程/练习:你的第一个项目——自动夜光灯/ 制作自动夜光灯/元件安装/收尾工作	
第 12 课	专用晶体管——SCR	44
	在免焊接面包板上插接 SCR 电路/练习:专用晶体管—— SCR/装配报警器	

第 2 部分 数字电子技术

4 | 数字逻辑

第 13 课	被宠坏的亿万富翁	51
	练习:被宠坏的亿万富翁	
第 14 课	基本数字逻辑门	56
	输入为模拟传感器/“非”逻辑门/在免焊接面包板上插接“非” 门仿真电路/“与”逻辑门/在免焊接面包板上插接“与”门仿真 电路/“或”逻辑门/在免焊接面包板上插接“或”门仿真电路/ “与非”逻辑门/在免焊接面包板上插接“与非”门仿真电路/“或 非”逻辑门/在免焊接面包板上插接“或非”门仿真电路/练习: 基本数字逻辑门	
第 15 课	CMOS 集成电路	63
	预防措施/四 2 输入“与非”门 4011/练习:CMOS 集成电路	

5 | 第一个“与非”门电路

第 16 课	制作第一个“与非”门电路	69
	预期结果/故障检修	
第 17 课	在测试点 1 测试输入	72
第 18 课	测试点 2——工作中的“与非”门处理器	74
	预期结果	
第 19 课	测试点 3——RC 电路	77

	练习:测试点 3——RC 电路	
第 20 课	测试点 4——输入为开关量	80
	练习:TP4——输入为开关量/第 5 章数据表	

6 用于数字电路的模拟开关

第 21 课	了解分压器	85
	改进电路/预期结果/工作过程/在自己的免焊接面包板上插接 电路($R_1=R_2$)/在自己的免焊接面包板上插接电路($R_1>R_2$)/ 练习:了解分压器/解答	
第 22 课	制作一个光敏开关	90
	改进电路:光检测器/预期结果/改进电路:黑暗检测器	
第 23 课	触摸开关	92
	预期结果/工作过程	

7 “与非”门振荡器

第 24 课	制作一个“与非”门振荡器	93
	预期结果/存在问题及故障检修	
第 25 课	认识“与非”门振荡器	97
第 26 课	控制闪烁速度	100
	振荡器如何工作/改进电路/练习:控制闪烁速度	
第 27 课	制造一种噪声干扰你身边的人	104
	改进电路/练习:制造一种噪声	
第 28 课	振荡器简介	107
	制作示波器探头/探头的作用/接线夹/分压器/插头	
第 29 课	用一个晶体管对输出进行放大	112

8 数字逻辑设计

第 30 课	系统设计	115
	输入/触点开关/光敏电阻器/触摸开关/处理器/输出/低功率/ 大功率输出/举例	
第 31 课	对于实际问题的考虑	129
	设计机壳/吻/元件购买/难度/时间/关于 LDR 的注意事项/安 全措施	

9 数字逻辑应用

- 第 32 课 制作你的项目 131
 输入:变动与元件放置/ RC_1 :变动、定时与元件放置/ RC_2 :变动
 与定时

第 3 部分 电子学中的计数系统**10 模-数转换器**

- 第 33 课 相关电子技术 137
 安全的重要性
- 第 34 课 RC_1 ——构成开关 138
 练习: RC_1 ——构成开关/在面包板上插接该电路
- 第 35 课 4046 压控振荡器介绍 141
 预期结果/4046 数据表/对 PEEP 进行故障检修/练习:引入
 4046 VCO

11 4017 循环计数器

- 第 36 课 4017 十进制循环计数器介绍 147
 将电路添加到面包板上/预期结果/4017 数据表/进位输出/故障检修/练习:4017 循环计数器
- 第 37 课 时钟信号和 4017 152
 练习:时钟信号和 4017
- 第 38 课 利用复位端和使能端控制计数 155
 复位端/使能端

12 七段数码显示器

- 第 39 课 介绍七段数码显示器 159
- 第 40 课 利用 4511 BCD 控制七段数码显示器 160
 4511 数据表/基本操作/安装七段数码显示器和 4511 显示驱动器/预期结果/故障检修/练习:利用 4511BCD 控制七段数码

	显示器	
第 41 课	十进制—二进制——4516	165
	数据表: 4516 十进制计数的二进制数——上/下 0~15 计数器/ 基本操作/上/下(U/D)控制/进位输入/复位/预置/将系统添 加到面包板上/预期结果/练习: 十进制—二进制——4516	
第 42 课	自动显示淡出	171

13 确定、设计与制作自己的项目

第 43 课	确定并设计自己的小制作	175
	可行性建议/定时/举例/忠告	
第 44 课	制作自己的项目	182
	输入/禁止修改/双输入数字式/自激振荡器/VCO 与定时结束/ 循环计数器/4516/4511 和数码显示/各种输入	

第 4 部分 放大器及其应用

14 放大器基础

第 45 课	作为放大器并定义电流的晶体管	191
	回顾/计算电流的大小/练习: 放大器的晶体管和电流的定义	
第 46 课	定义功、力和功率	198
	力的定义/功的定义/功率的单位/ 练习: 定义功、力和功率	
第 47 课	定义增益	203
	增益/NPN 型晶体管的增益/练习: 定义增益	
第 48 课	世界是模拟的	206
	同相放大器/反相放大器/运算放大器/练习: 世界是模拟的	

15 运算放大器

第 49 课	交流与直流的比较	209
	直流/交流/示波器上的交流信号/练习: 运算放大器	
第 50 课	直流环境中的交流	215

直流环境中的交流信号/开始建立电路/练习:直流环境中的交流

第 51 课	比较输入和音频耦合	218
第 52 课	利用反馈控制增益	223
	预期结果/反馈到反相输入端/练习:利用反馈控制增益	

16 运算放大器应用——制作楼宇对讲机

第 53 课	制作一个受运算放大器控制的功率放大器	229
	功率放大器	
第 54 课	用喇叭作为话筒	232
第 55 课	变压器及其安装	235
	变压器的工作过程/检验音频变压器/音频变压器的安装/对讲机系统	

17 把各部分装配到一起

第 56 课	双向楼宇对讲机的开关	241
	开关的演化/制作双向楼宇对讲机	
第 57 课	项目装配	243

第 1 部分

元器件

- ◆ 1 元器件基础
- ◆ 2 电阻器
- ◆ 3 更多元器件和半导体器件

元器件基础

1

在第 1 课中,读者将了解许多通用电子元器件,这些元器件在电子电路中和本课程所用到的许多部分中都会出现。刚开始接触它们显得杂乱无章,但当使用这些元器件时,思路就会变得清晰明朗起来。

在第 2 课中,将介绍两种在本书中自始至终都要用到的主要工具。

在第 3 课中,将介绍如何在免焊接面包板上搭建自己的第一个电路,面包板是制作临时性电路的一个平台。

当建立或测试自己的第一个电路时,将会用到数字万用表并进行电压测量。

第1课

第 1 部分中用到的元器件

如果不知道元件是干什么用的,那么所有的元器件看起来都一样。就像第一次到一个与众不同的国家去游览一样,如果不了解如何用货币去交易,那么即使你面前摆着一堆硬币(见图 1.1),你也不会自如地使用它。现在所要做的事情就是理清并熟悉这堆电子元器件。

图 1.2 所示的集成电路(IC: Integrated Circuit)通常都包装在一个专用的防静电管或专用海绵材料中不要将其从防静电包装中取出来。

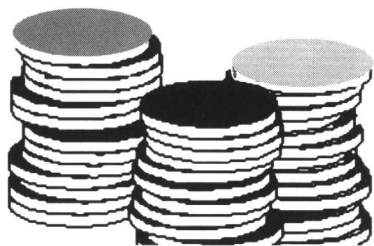


图 1.1

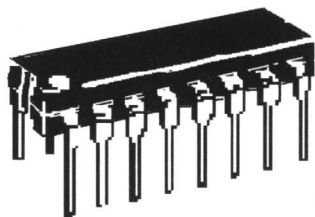


图 1.2

下面介绍的是在第 1 部分中将要用到的电子元器件。

■ 二极管

这里将用到如图 1.3 和图 1.4 所示的 3 个功率二极管。表面上的符号读作

1N4005,如果最后一个数字不是5,也不必着急,该系列的任何二极管都可以完成这项工作。

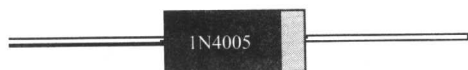


图 1.3



图 1.4

■ 发光二极管

发光二极管也称为 LED(Light-Emitting Diode)。这里将需要 3 种发光二极管。图 1.5 示出了其中一种发光二极管的外形。

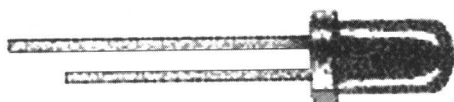


图 1.5

发光二极管可以是任何颜色的,其中最常用的颜色是红色、黄色或绿色。颜色本身并不重要。

■ 电阻器

色码电阻器分为许多种,大小几乎都一样。

注意,图 1.6 中的每个电阻器上都有 4 条色带,用于对其进行识别。如果能区分彩虹的颜色,就可以读电阻值。

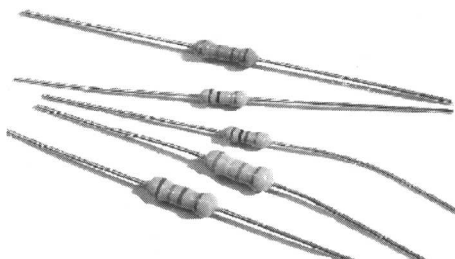


图 1.6

请找到下面这些电阻:

- 1 个棕色-黑色-棕色-金色 100Ω ;
- 2 个黄色-紫色-棕色-金色 470Ω ;
- 1 个棕色-黑色-红色-金色 $1\,000\Omega$;
- 1 个棕色-黑色-橘色-金色 $10\,000\Omega$;
- 1 个红色-红色-橘色-金色 $22\,000\Omega$;
- 1 个黄色-紫色-橘色-金色 $47\,000\Omega$;
- 1 个棕色-黑色-黄色-金色 $100\,000\Omega$ 。

■ 电容器

注意一下图 1.7,发现图中所示电容器为黑白色。电容器的颜色因制造商的