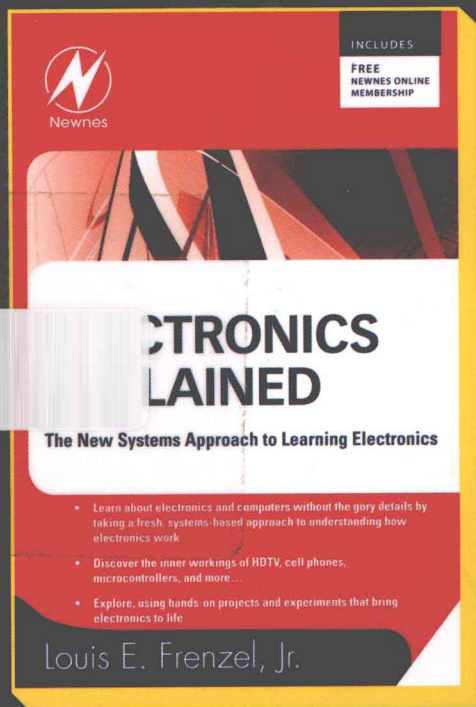


电子学必知必会

Electronics Explained

The New Systems Approach to Learning Electronics

[美] Louis E. Frenzel 著
尹华杰 译



- 全新方法，轻松了解无所不在的电子学
- 图文并茂，通俗解说新潮电子产品原理
- 动手实践，更多知识触类旁通

TURING

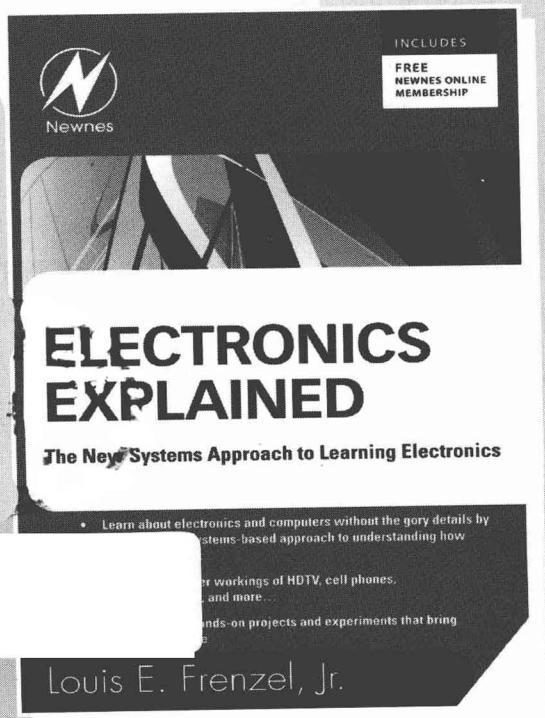
图灵电子与电气工程丛书

电子学必知必会

Electronics Explained

The New Systems Approach to Learning Electronics

[美] Louis E. Frenzel 著
尹华杰 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

电子学必知必会 / (美) 弗伦泽尔 (Frenzel, L. E.)
著 ; 尹华杰译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012. 3
(图灵电子与电气工程丛书)
书名原文: Electronics Explained: The New
Systems Approach to Learning Electronics
ISBN 978-7-115-27397-0

I. ①电… II. ①弗… ②尹… III. ①电子学 IV.
①TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第018173号

内 容 提 要

本书简要介绍了电子学的基本原理及基本元件,并采用系统的观点(即功能方框图的方法)来探索各种各样基本的模拟电路、数字电路以及微型计算机和无线电技术;然后再进一步介绍生活中常用的各种电子电路技术,包括手机、有线和无线网络、音视频电子技术以及工业控制技术。

本书采用系统观的方法讲解电子学的基础,避开了繁复的电路分析,内容易读易学,可供那些对日用电子产品有好奇心的人士阅读,帮助他们更好地了解、选择、使用及维护他们所拥有的日用电子产品。

图灵电子与电气工程丛书

电子学必知必会

-
- ◆ 著 [美] Louis E. Frenzel
 - 译 尹华杰
 - 责任编辑 明永玲
 - 执行编辑 李 瑛

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - 邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
 - 印张: 19.75
 - 字数: 375千字 2012年3月第1版
 - 印数: 1-4 000册 2012年3月河北第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2010-8063号

ISBN 978-7-115-27397-0

定价: 49.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

版权声明

Electronics Explained: The New Systems Approach to Learning Electronics by Louis E.Frenzel, ISBN: 978-1-85617-700-9.

Copyright © 2010 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN: 978-981-272-847-0.

Copyright © 2012 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road

#08-01 Winsland House I

Singapore 239519

Tel: (65)6349-0200

Fax: (65)6733-1817

First Published 2012

2012年初版

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由Elsevier (Singapore) Pte Ltd.授权人民邮电出版社在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区和台湾地区）出版与销售。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

译者序

人们常常使用“衣食住行”来概括日常生活的方方面面。就现代人来讲，这种概括已经很不全面，甚至有点落伍了。要全面地概括现代人的日常生活，起码还应该增加两个字，一个是娱乐的“娱”，另一个是“通信”的“信”。

现代人的日常娱乐活动内容很广，除了传统的娱乐方式外，还有看电影、看电视、听音乐、玩电子游戏、网上冲浪等，特别是看电视，几乎每个现代人每天都要在电视机前花费好几个小时。鉴于现代人日常娱乐活动内容之广泛、对人类影响之深远，将“娱”乐与“衣食住行”并列是一点也不为过的。

同样，现代人的通信活动也急剧增加，通信的方式五花八门，写信、发电报、打固定电话已经落伍，使用移动电话、收发短信、网上聊天、收发电子邮件、发微博已经成了现代人主要的通信联系手段。人们几乎可以在任何地方、任何时候进行通信。每天煲上一两个小时电话粥的已是大有人在。目前的中国已经进入了几乎人手一部移动电话的时代，通“信”已经成了跟“衣食住行”同等重要的日常生活内容。

就传统的“衣食住行”来讲，我想大家个个都说得出棉布要比化纤布好、荤素搭配要比只吃荤菜或只吃素菜好、实木家具要比胶合板家具环保、坐汽车要比坐拖拉机平稳的道理。大家在进行“衣食住行”相关的消费时，也不大可能被“棉被比蚕丝被保暖”、“猪油比花生油健康”、“三星级宾馆比五星级宾馆高级”、“汽车比飞机安全”等谬论所忽悠。但就现代的“娱”乐和通“信”来讲，你却未必知道液晶电视为什么要比显像管的电视好、数字电视为什么要比模拟电视好、1080p的电影为什么要比720p的电影清晰、CDMA的手机为什么要比GSM的手机好。在购买日用电子产品时，由于缺乏日用电子学的知识，你也未必能够识破某些销售人员忽悠人的谎言。比如说有的销售人员宣称“1080i比1080p好”，又比如说有的骗子网店把最大只能拍640×480（=307200=30万）像素规格照片的手机宣称为带有100万像素甚至800万像素摄像头的手机。

以上提到的有关“娱”乐与通“信”的种种问题，牵涉到的都是日用电子学的知

识。作为一个现代人，为了能够像应付“衣食住行”一样自如地解决在“娱”乐与通“信”中遇到的种种问题，难道不应该或多或少地了解一点儿日用电子学的知识吗？如果应该的话，那又该了解到什么程度呢？是了解个大概，还是要深入到电路的分析？应该从哪里去了解呢？是从充满了繁复细节的专业电子学的教科书中去寻找答案，还是从一本专为理解生活日用电子产品而撰写的、浅显易懂的电子学的读物中去了解呢？这些问题的答案都是不言自明的！

本书的作者Louis E. Frenzel先生既考虑到了现代人在日常生活中对电子学的迫切需求，又考虑到了电子学的细节牵涉到了物理学、数学等难度很大的课程因而很令人头痛这样一个事实，选择了一种新颖别致的介绍电子学的方法——基于系统观的方法，从比较宏观的角度（而不是从元件的角度），主要利用功能方框图，来解说日常生活中的电子学的原理，使得即使没有学过物理学和数学的读者也可以较为轻松地读完本书。

通过本书，读者不仅可以在（跟“衣食住行”的常识同等重要的）日用电子学的常识方面给自己补上一课，而且还会大大提高自己在谈论、选购、使用以及维护日用电子产品方面的能力。让我们感谢Frenzel先生吧！

本书的翻译工作得到了华南理工大学电力电子系许多老师和学生的帮助，其中特别要感谢2010级的研究生史俊旭、郑黎明以及姜颖异等同学，他们分别提供了第4章、第5章和第6章的译文初稿。

由于译者水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者不吝指正。

前 言

坦白地讲，本书是为那些想要学习电子学和计算机但却又被其可怕的细节吓跑了的人而写的。如果你难以长久地集中注意力，又没有科学、数学和技术的背景，但却又在寻找一个可以在短期里掌握电子学知识的途径，那么本书就是为你准备的。电子学是一门复杂的科目，对于想要成为一名电子工程师的人来讲尤其如此。不过，如果你仅仅是出于好奇或只是需要为自己的工作准备一点儿电子学的实用知识，那么本书可以为你提供一个基础知识的教育而不会让你感到枯燥乏味，也不会像其他书籍那样用极度痛苦的细节来压弯你的腰。我力图写出一本这样的书，它告诉你最重要的概念和基础，但却把那些只有工程师们才需要或能够理解的细节排除在外。本书包含了在21世纪的今天你确实应该知道的那些东西！

现在可以找到许多有关电子学基础的书籍，你甚至已经阅读过其中的一些了。本书跟它们真的不一样！首先，本书不做深入的电路分析。为什么呢？简单来讲，如今所有的电子设备都是由集成电路或芯片构成的，我们看不到具体的电路，触及不到它们，甚至连维修都不行。如果你是一个设计集成电路的电子工程师，你当然需要理解它们的运行原理。而如果你仅仅是想要知道电子设备是如何工作的，那么你就可以跳过这些细节。本书将电路看成简单的功能构件，其功能和用途易于理解。

其次，本书呈现给读者的是我所谓的新电子学。大多数有关电子学基础的书籍都停留于介绍较老的元器件和电路，而忽略了如今电子学的真面目。这些书详细介绍了电子学的历史，但对其他知识却浅尝辄止。而在本书中，你会看到一个介绍和理解电子学的崭新方法，在介绍某些由最高级的集成电路制作的、大家十分熟悉的日用电子产品时，着重强调了这种方法的运用。如果你看完了本书但还想了解更多内容，那么你的下一步就是去读一本更加传统的电子学的基础读物。请参考我在附录中提供的推荐书目。

本书前3章介绍电气原理，这是电子学的基础。你将学习电子学的核心概念，这些概念归结起来就是如何产生电流、以及如何去控制电流以完成一些有用的事情。也

介绍到了磁场，因为在电子学中，磁性就跟电流一样重要。不过你不必担心，即使从来没有学过物理学的课程，你也可以很容易地完成这些材料的学习。

接下来学习电子学的基本元件，如电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、晶体管，尤其是集成电路。然后你将去探索用来制作各种电子设备的各种不同类型的电子电路。书中使用了功能方框图的方法，所以你没必要去做详细的电路分析，因而不需要从一个元件到另一个元件去追逐电子的踪迹，也不需要去求解联立的方程组。

本书的一个重要内容就是对计算机的介绍，尤其是对嵌入式控制器的介绍，这些微小的单片微型计算机或微控制器几乎已经做在了每一个电子设备的里面。数字信号处理器（DSP）也在介绍之列，因为它们也出现于大多数的现代电子设备中。在当今的电子产品中，要找出一件不含有这类嵌入式计算机的产品已经很难了。你真的有必要知道它们到底是什么，它们是如何工作的，因为它们是如今的电子设备中最核心的东西。

本书的其余部分介绍了所有主要的电子产品及系统的工作原理。现代电子学的所有内容都涉及了，包括的主要内容有：手机，视频（有线电视、高清电视、DVD、VCR等），音频（立体声、CD、MP3等），卫星通信（GPS、电视、广播等），无线电（广播、航海—航空—短波、业余无线电、民用波段、家用无线电等），以及你能够想到的其他一些东西。所有这些东西都采用了基本构件而不是详细电路来解释。

最后，在阅读本书的过程中，如果你愿意亲自动手的话，请积极参与每章后面我在实践项目栏目里列出来的实践项目。这些项目可以让你对一些概念产生更深刻的理解。此外，这些项目将鼓励你成为一名真正的电子爱好者，而不仅仅满足于做一个啃电子学书本的怪胎或者整天面对电脑的怪胎。

读完本书之后，你既不会成为一名电子工程师，也不会变得能够分析或设计电路。但是你将了解各种不同的电路、它们的工作原理、它们是如何配合在一起产生出电子设备的。对大多数常见的电子产品，你能自信地应用、使用、选择、操作以及做某种程度的故障排除，同时你还会欣赏它们的复杂性和它们所传递的价值。希望你喜欢这本书。

目 录

第 1 章 学点电子学是为了自己好——在深入细节前的一次远眺	1
1.0 引言.....	1
1.1 它不同于以往的方法.....	2
1.2 学习电子学有什么好处.....	2
1.3 电子学：整体图像.....	3
1.3.1 通信.....	4
1.3.2 计算机.....	4
1.3.3 控制.....	5
1.3.4 仪表.....	5
1.3.5 元件.....	5
1.4 电子工业的运作方式.....	5
1.5 痛苦的事实.....	7
1.5.1 移动电话.....	8
1.5.2 计算机.....	9
1.5.3 机器人.....	11
第 2 章 电子学的概念：比你想象的有趣得多——你确实需要知道的一些最基本的东西	14
2.0 引言.....	14
2.1 电力和电子学.....	14
2.1.1 原子和电子.....	15
2.1.2 电荷、电压和电流.....	16
2.1.3 动态电力和电流.....	17
2.1.4 导体、绝缘体和半导体.....	18
2.2 磁性.....	19
2.2.1 磁场.....	19

2.2.2	电磁	20
2.2.3	电磁感应	21
2.3	电压源	22
2.3.1	直流电压	22
2.3.2	交流电压	24
2.4	实用的直流和交流电压源	27
2.4.1	直流电压源	27
2.4.2	交流电源	30
2.4.3	模拟信号和数字信号	31
第3章	电子学的系统观与元件观——学习电子学的一个崭新方法	36
3.0	引言	36
3.1	为何采用系统的方法而不采用电路的方法	36
3.2	电子元件	40
3.2.1	开关	40
3.2.2	电阻器	41
3.2.3	电容器	43
3.2.4	电感器	46
3.2.5	变压器	46
3.2.6	二极管	47
3.2.7	晶体管	48
3.2.8	集成电路 (IC)	50
第4章	电子电路：线性电路和模拟电路——电子设备的基本模块	57
4.0	引言	57
4.1	线性线路	57
4.1.1	放大器	58
4.1.2	放大器的分类	59
4.1.3	放大器指标	65
4.1.4	滤波器	69
4.1.5	振荡器	71
4.1.6	混频器	72
4.1.7	检相器	73
4.1.8	锁相环	74
4.1.9	频率合成器	76
4.1.10	电源	78

第 5 章 电子电路：数字电路——如今的一切几乎都是数字的	84
5.0 引言	84
5.1 二进制数	85
5.1.1 二进制到十进制的转换	85
5.1.2 用硬件表示二进制量	86
5.1.3 十进制到二进制的转换	87
5.1.4 N 位二进制数的最大十进制值	88
5.1.5 BDC 码和 ASCII 码	88
5.1.6 并行数据和串行数据	92
5.2 数字逻辑元件	94
5.2.1 反相器	95
5.2.2 与门	95
5.2.3 或门	97
5.2.4 与非门、或非门	98
5.2.5 异或门	99
5.2.6 触发器（锁存器）	100
5.2.7 储存寄存器	101
5.2.8 移位寄存器	102
5.2.9 计数器	103
5.3 常见逻辑电路	104
5.3.1 多路（复用）器	104
5.3.2 多路分配器	105
5.3.3 解码器	105
5.3.4 比较器	105
5.3.5 算术运算电路	106
5.4 数字储存器	106
5.4.1 随机储存器	106
5.4.2 只读储存器（ROM）	109
5.5 可编程逻辑器件	110
5.6 数据转换	112
5.6.1 模数转换	112
5.6.2 数模转换	114
5.6.3 解析度与采样间隔	116
第 6 章 微型计算机是如何工作的——当今所有电子产品的大脑	117
6.0 引言	117
6.1 概念和定义	117

6.2	计算机的结构和原理	120
6.3	运行细节	122
6.3.1	寄存器和 ALU	122
6.3.2	控制单元	124
6.3.3	指令字格式	126
6.3.4	程序执行实例	127
6.3.5	微型计算机的总线	128
6.4	常见的微控制器	130
6.4.1	8 位和 16 位的微控制器	130
6.4.2	32 位和 64 位处理器	132
6.5	编程软件介绍	135
6.6	数字信号处理技术	138
第 7 章	无线电/无线技术——现代电子学中看不见的电缆	141
7.0	引言	141
7.1	无线电通信系统	141
7.2	无线电通信的 3 种基本方式	143
7.2.1	单工	143
7.2.2	半双工	143
7.2.3	全双工	144
7.3	无线电波到底是什么	144
7.3.1	电场和磁场	144
7.3.2	信号速度	146
7.3.3	信号强度	146
7.4	电磁频谱	146
7.5	无线电波的传播	150
7.5.1	低频和中频	150
7.5.2	高频	150
7.5.3	甚高频 (VHF)、超高频 (UHF) 和微波	151
7.6	调制	152
7.6.1	调幅	153
7.6.2	边带	154
7.6.3	带宽	154
7.6.4	调频	155
7.6.5	调相	156
7.6.6	数字调制	156
7.6.7	扩频	157

7.7	无线电硬件	158
7.7.1	发射器	158
7.7.2	接收器	159
7.7.3	收发器	161
7.7.4	ISM 频段 (工业、科技及医疗频段) 收发器	161
7.8	天线	163
7.8.1	水平极化天线	164
7.8.2	偶极子天线	164
7.8.3	八木天线	165
7.8.4	其他天线	166
7.8.5	传输线	167
7.8.6	微波天线与波导	167
7.9	双向无线电	169
7.9.1	飞机	169
7.9.2	民用频段	169
7.9.3	业余无线电	170
7.9.4	家用无线电	170
7.9.5	船舶无线电	171
7.9.6	移动无线电	171
7.10	通信卫星	171
7.11	无线电望远镜	173
第 8 章	手机——现在几乎可以通过无线网络来任何事情：通话、发短信、发邮件、浏览网页、玩游戏，等等	176
8.0	引言	176
8.1	你现在能听到我说话吗	176
8.2	蜂窝的概念	178
8.3	手机内部是什么	180
8.4	数字调制与无线传输方式	184
8.4.1	正交幅度调制	184
8.4.2	正交频分多路复用	187
8.4.3	多输入多输出	189
8.4.4	频谱效率	190
8.5	多址和复用	191
8.6	3G 手机的结构	193
8.7	最新一代的手机技术	194

8.7.1	智能手机	194
8.7.2	毫微微蜂窝基站	195
8.7.3	移动电视	196
8.7.4	定位技术	197
第9章	网络：有线网络与无线网络——让所有设备彼此通信	199
9.0	引言	199
9.1	所有的东西都联网了吗	199
9.2	网络类型	200
9.2.1	广域网	200
9.2.2	城域网	200
9.2.3	局域网	200
9.2.4	个人域网	201
9.2.5	家用网	201
9.2.6	存储域网	201
9.2.7	网络关系	201
9.3	网络互联方法	202
9.4	有线联网技术	203
9.4.1	电缆种类	203
9.4.2	以太网	205
9.4.3	如何使用以太网	206
9.4.4	同步光纤网	207
9.4.5	光纤传输网	208
9.5	因特网是如何运作的	209
9.6	无线网络	211
9.6.1	Wi-Fi	212
9.6.2	蓝牙	213
9.6.3	紫蜂	214
9.6.4	超宽带	215
9.6.5	全球微波互联接入	215
9.6.6	射频识别与近场通信	216
9.7	宽带技术	217
9.7.1	有线电视接入	217
9.7.2	数字用户专线	218
9.7.3	无线宽带	218
9.8	工业、科技及医疗频段无线电	219

第 10 章 音频电子学——以数字语音和音乐为主	220
10.0 引言.....	220
10.1 声音的特性.....	220
10.1.1 麦克风.....	221
10.1.2 扬声器.....	221
10.2 数字音频.....	223
10.2.1 过去的记录媒介.....	223
10.2.2 数字化声音.....	225
10.2.3 数字压缩.....	226
10.2.4 MP3 播放器的工作原理.....	227
10.2.5 激光唱盘 (CD).....	228
10.3 AV 接收机.....	230
10.3.1 收音选择.....	231
10.3.2 环绕声.....	232
10.4 特殊的音频应用.....	233
10.4.1 乐器.....	233
10.4.2 杂音消除耳机.....	234
10.4.3 声纳.....	235
10.4.4 助听器.....	235
第 11 章 视频技术——如今的电视和视频都是全数字的	237
11.0 引言.....	237
11.1 视频基础快速入门.....	238
11.1.1 扫描基础.....	238
11.1.2 宽高比.....	239
11.1.3 视觉余辉.....	240
11.1.4 模拟电视.....	240
11.1.5 数字电视.....	242
11.1.6 彩色视频原理.....	244
11.1.7 视频压缩.....	246
11.1.8 电视传输.....	247
11.1.9 电视接收机.....	248
11.1.10 电视屏幕技术.....	250
11.1.11 屏幕技术汇总.....	252
11.2 3D 电视.....	253
11.3 有线电视.....	254

11.4	卫星电视	258
11.5	手机电视	261
11.6	闭路电视	262
11.7	数字视频光盘	262
11.7.1	DVD 播放机的工作原理	263
11.7.2	关于蓝光	264
第 12 章	工业控制——让监视、处理以及控制实现自动化	266
12.0	引言	266
12.1	开环控制和闭环控制	266
12.1.1	开环控制	267
12.1.2	闭环控制	268
12.1.3	控制器	269
12.2	传感器	270
12.2.1	温度传感器	271
12.2.2	压力传感器	272
12.2.3	开关	273
12.2.4	电位计	273
12.2.5	光电传感器	273
12.2.6	流量传感器	277
12.3	输出设备	277
12.3.1	继电器	277
12.3.2	螺线管	283
12.3.3	电机	284
12.3.4	直流电机	285
12.3.5	交流电机	286
12.3.6	其他致动器	286
12.4	晶闸管	287
12.4.1	可控硅整流器	287
12.4.2	双向触发二极管	289
12.4.3	三端双向可控硅	289
12.5	可编程逻辑控制器	292
12.5.1	构成	292
12.5.2	工作原理	293
12.5.3	编程	294
	参考书目	297

学点电子学是为了自己好

——在深入细节前的一次远眺

本章内容

- 了解电子学有何好处
 - 电子工业的整体情况及运作方式
 - 电子学系统
-

1.0 引言

你还不知道你是多么幸运。你住在高科技的天堂里，周围是许多有用的、令人愉快的、有趣的、必需的甚至是令人耽溺其中的电子产品，你依赖这些产品而无法舍弃。

但是，你们知道自己到底有多少电子产品吗？你们真的知道电子学对你们日常生活的影响有多深吗？你们中的有些人对这比较清楚，但大部分人也许并不清楚，因为他们把自己的那些电子玩意儿看成是理所当然地存在着的。事实上，我们是与这些装置一起共度着生命中较为美好的部分的。我们中的大部分人在上班时整天坐在计算机前，晚上会靠在长椅上看电视，来回工作单位的路上听iPod，在周末则从因特网上下载电影或用数码相机照相。现在好好想想，你今天发送了多少条短信？打了多少次手机？这些电子设备对我们生活的影响几乎是势不可挡的。在这一章中，我鼓励大家去思考电子学对自己生活的影响。

思考之后，我们将进入到本书的主题——电子学原理的学习。如果你想找一本电子学书籍，准备大致了解电子设备的工作原理，那么就是本书了。我不会用大量的复杂电路、理论或数学来击垮你，而只提供那些你真正需要知道的东西。然后我将展示你在日常生活中使用的每一个电子产品的具体工作情况。