


实例解读

电子元器件与电路设计

杨欣 主编
王正浩 陈新 昌文婷 编著



 本书附送光盘，内含：

- 各实例典型电路原理图——与书中重要电路图一一对应，可通过Multisim软件打开，直接进行仿真分析。
- 电路仿真操作录屏讲解——典型电路Multisim软件仿真操作录屏及语音讲解，既能学会Multisim软件应用，又可充分了解电路原理。

内容简介

本书以应用为目的，以电路设计为主线，以元器件为切入点，深入浅出地介绍了电子元器件的识别、检测、应用及电路设计。全书共分10章，主要内容包括：电子元器件的识别与检测、常用电子元器件的应用、集成电路的识别与检测、常用集成电路的应用、PCB的识别与检测、常用PCB的应用、SMT的识别与检测、常用SMT的应用、EMC的识别与检测、常用EMC的应用、ESD的识别与检测、常用ESD的应用。本书可作为高等院校电子信息类、电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电子元器件应用工作的工程技术人员参考。

实例解读电子元器件 与电路设计

杨欣 主编

王正浩 陈新 昌文婷 编著

图并容以编目(CIP)效惠

实例解读电子元器件与电路设计 / 杨欣主编, 陈新, 昌文婷编著. — 北京: 电子工业出版社, 2009.8

ISBN 9 787302 100244

—基本加用 IV.TN6 TN702

—III— 电子工业—

中国版本图书馆CIP数据核字

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

凡购书者请向北京市东城区东长安街13号电子工业出版社发行部或各分社接洽。电话：(010) 88254888。

电子邮箱：zhu@phei.com.cn 或发信至 zhu@phei.com.cn

联系电话：(010) 88254888

内 容 简 介

本书属于电子电路设计的入门书籍，内容包括：基本元器件的功能、特性及其在电路设计中的应用，如电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管等；基本集成电路的功能及在电路设计中的应用，如运算放大器、基本数字逻辑电路、A/D、D/A 等；传感器以及其他常见器件的功能及应用。

本书侧重于电子元器件在实践中的使用，在关键部分带有理论介绍，并带有大量的实例及其仿真分析，尽可能让读者在动手实践中学会相关的知识。为了帮助读者掌握书中的内容，本书还附带光盘一张，内有书中重要电路和实例的 Multisim 仿真电路源文件及其仿真操作视频讲解。

本书可作为电子爱好者的入门读物，也可作为本科、高职高专学生的学习参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

实例解读电子元器件与电路设计 / 杨欣主编. —北京: 电子工业出版社, 2009.8
ISBN 978-7-121-09224-4

I. 实… II. 杨… III. ①电子元件—基本知识 ②电子电路—电路设计—基本知识 IV. TN6 TN702
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 114731 号

责任编辑: 陈韦凯

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18.75 字数: 480 千字

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

目 录



第1章 电路“高楼”平地起	1
1.1 从一个例子中看电路	2
1.2 都有哪些电子元器件	4
1.2.1 无源器件	4
1.2.2 半导体分立器件	5
1.2.3 集成电路	5
1.2.4 电气产品	6
1.2.5 光电子产品	7
1.2.6 工业控制及自动化器件	7
1.3 如何设计电路	8
1.4 如何进行电路实验	9
1.4.1 电路仿真	9
1.4.2 实际电路实验	11
1.5 尝试一下——调光灯的设计	12
1.5.1 调光灯的设计方案	12
1.5.2 调光灯的电路仿真	13
第2章 声光显示报警器中的电阻器	15
2.1 从一个例子中看电阻器的作用	16
2.1.1 简易声光显示报警器电路	16
2.1.2 电阻是什么样子的	17
2.1.3 支配电阻的规律——欧姆定律	18
2.2 都有哪些电阻器	19
2.3 电阻器的规格与参数	21
2.3.1 色环电阻器的阻值识别	21
2.3.2 表面贴片(SMT)电阻器的识别	24
2.3.3 电阻器的功率参数	25
2.3.4 欧姆定律的应用——伏安法测电阻值	26
2.4 电阻器的连接形式	27
2.4.1 测不准的伏安法——电阻器的并联	27
2.4.2 改进的伏安法——电阻器的串联	28

2.4.3	电阻器的三角形连接和 Y 形连接	30
2.5	尝试一下——设计几个电阻器应用的电路	32
2.5.1	电阻特性的基本应用——线控中的音量调节电路	32
2.5.2	电阻器串并联的基本应用——电吹风	33
2.6	仿真与实践：放大器中电阻器的作用	35
2.6.1	放大器中电阻器的作用	35
2.6.2	电桥法测量电阻值	38
2.6.3	使用万用表测量电阻值	38
第 3 章	稳压电路中的电容器	40
3.1	从一个例子中看电容器的作用	41
3.1.1	稳压电路	41
3.1.2	电容是什么样子的	41
3.1.3	电容的重要作用	42
3.2	都有哪些电容器	44
3.2.1	无极性电容	45
3.2.2	有极性电容	45
3.3	电容的规格与参数	46
3.3.1	电容的规格	46
3.3.2	电容的参数	47
3.4	电容器的连接形式	47
3.4.1	电容的串联	48
3.4.2	电容的并联	49
3.5	尝试一下——电容的耦合	50
3.5.1	电容的耦合	50
3.5.2	旁路电容和去耦电容	52
3.6	仿真与实践：RC 电路	52
3.6.1	微分电路和耦合电路	53
3.6.2	积分电路	55
3.6.3	使用万用表测量容量	56
第 4 章	音箱中的电感器	58
4.1	从一个例子中看电感器的作用	58
4.2	都有哪些电感器	62
4.3	电感器的规格与参数	64
4.3.1	电感量	64
4.3.2	品质因数	64
4.3.3	额定电流	65
4.4	电感器的连接形式	65
4.4.1	电感的并联	65

301	4.4.2	电感的串联	65
301	4.5	尝试一下——DC-DC 变换电路中的电感器	65
401	4.5.1	什么是 DC-DC 变换电路	65
701	4.5.2	DC-DC 变换电路有什么作用	65
701	4.5.3	分析一个简单的升压电路的工作原理	66
801	4.6	仿真与实践：电感器用于滤波电路	67
	第 5 章	收音机中的二极管	69
111	5.1	从一个例子中看二极管的作用	70
111	5.1.1	调幅收音机检波电路中的二极管	70
111	5.1.2	二极管是什么样子的	74
111	5.2	二极管的单向导电性与伏安特性	74
111	5.2.1	二极管的单向导电性	75
111	5.2.2	二极管的伏安特性	77
111	5.3	都有哪些二极管	78
111	5.3.1	整流二极管	79
111	5.3.2	肖特基二极管	79
111	5.3.3	稳压二极管	80
111	5.3.4	发光二极管	81
111	5.3.5	红外发光二极管	81
111	5.4	尝试一下——整流与二极管	81
111	5.4.1	二极管的基本应用——半波整流和全波整流	82
111	5.4.2	桥式整流	84
111	5.5	仿真与实践：几种常见的二极管电路	87
111	5.5.1	限幅电路	87
111	5.5.2	钳位电路	89
111	5.5.3	稳压电路	91
	第 6 章	放大器中的三极管	93
131	6.1	从一个例子中看三极管的作用	94
131	6.1.1	放大电路中的三极管	94
131	6.1.2	三极管是什么样子的	95
131	6.1.3	三极管的电流放大作用	96
131	6.2	三极管的电流放大与工作状态	96
131	6.2.1	三极管的放大系数	97
131	6.2.2	三极管的工作状态	98
131	6.3	都有哪些三极管	99
131	6.3.1	三极管的分类	99
131	6.3.2	4 种类型的三极管	100
131	6.3.3	三极管的主要参数	102

20	6.4	尝试一下——麦克风放大器与三极管	102
20	6.4.1	电声元件	103
20	6.4.2	麦克风中的扩音电路	104
20	6.5	仿真与实践：几种常见的三极管电路	107
20	6.5.1	带钳位的 NPN 型三极管反相器	107
20	6.5.2	NPN 型和 PNP 型三极管反相器	108
20	6.5.3	三极管开关	110
	第 7 章	多媒体音箱中的电声器件、电源和集成电路	111
09	7.1	多媒体音箱的结构	112
47	7.2	电声器件的简介	113
47	7.2.1	扬声器	113
25	7.2.2	蜂鸣器	114
77	7.2.3	耳机	115
87	7.3	多媒体音箱中的电源电路	116
97	7.3.1	电源电路中的变压器	116
97	7.3.2	电源电路中的滤波和稳压	119
08	7.4	前置放大器中的集成电路	121
18	7.4.1	初识运算放大器	121
18	7.4.2	多媒体音箱中的运算放大器	121
18	7.5	功率放大器中的集成电路	124
58	7.5.1	什么是功率放大	125
48	7.5.2	TDA1521 功率放大器	125
78	7.6	尝试一下——常用音响电路	127
78	7.6.1	分频器	127
98	7.6.2	均衡器	129
10	7.7	仿真与实践：初步评价音响电路的品质	130
	第 8 章	功能丰富的运算放大器	133
40	8.1	运算放大器的基本概念	133
40	8.2	用运算放大器构成放大器	134
20	8.2.1	同相放大电路	134
20	8.2.2	反相放大电路	136
20	8.3	用运算放大器构成的比较器	138
70	8.3.1	参考电平检测器	138
80	8.3.2	电压过零比较器	141
90	8.3.3	迟滞比较器	142
90	8.4	用运算放大器构成的加法器和减法器	144
001	8.4.1	加法器	144
501	8.4.2	减法器	146

8.4.3	加减法器	146
8.5	用运算放大器构成的积分器和微分器	147
8.5.1	积分器	147
8.5.2	微分器	149
8.6	尝试一下——有源滤波器的初步设计	151
8.6.1	一阶滤波器及其传输特性	151
8.6.2	二阶滤波器	156
8.7	仿真与实践：放大器的设计	157
8.7.1	差分放大器	157
8.7.2	集成运放分类、选择	159
第9章	超声障碍物探测器中的数字逻辑集成电路	161
9.1	从一个例子中看逻辑门的作用	161
9.2	逻辑门与运算	164
9.2.1	都有哪些基本的逻辑门	164
9.2.2	真值表	165
9.2.3	逻辑门对应的集成电路	166
9.3	加法器、比较器、编码器、译码器	169
9.3.1	加法器	169
9.3.2	比较器	173
9.3.3	编码器和译码器	175
9.4	锁存器与触发器	181
9.4.1	什么是锁存器和触发器	181
9.4.2	记忆电路——双稳态存储单元	182
9.4.3	锁存器的基本形式——基本RS锁存器	182
9.4.4	还有哪些锁存器	185
9.4.5	触发器的基本形式——主从RS触发器	189
9.4.6	还有哪些触发器	190
9.4.7	锁存器和触发器对应的集成电路	192
9.5	计数器	193
9.6	555定时器	197
9.6.1	555定时器的内部结构和工作原理	197
9.6.2	单稳态触发器	199
9.6.3	无稳态触发器	200
9.6.4	电源变换电路	201
9.7	尝试一下——电子骰子	202
9.8	仿真与实践：汽车尾灯控制器	204
第10章	探索更多的集成电路	206
10.1	数字电压表中的模数转换器	207

10.1.1	数字电压表的基本结构	207
10.1.2	模数转换器的参数及类型	207
10.1.3	使用 ADC0804 设计简单的 5V 直流数字电压表	209
10.2	可调稳压电源中的三端可调稳压集成电路	212
10.3	锂离子电池充电器中的充电控制器	214
10.3.1	锂离子电池的一点基本知识	214
10.3.2	锂离子电池充电控制器	215
10.4	触摸式多挡稳压电源中的模拟开关集成电路	219
10.4.1	模拟开关集成电路的基本构成	219
10.4.2	常用模拟开关集成电路及其应用实例	220
10.5	尝试一下——立体声耳机放大器中的功率放大器	224
10.6	仿真与实践: MP3 随身听中的数模转换器	226
10.6.1	数模转换器的基本知识	226
10.6.2	动手实践——使用数模转换器进行简单的设计	230
10.6.3	常用数模转换器介绍	233
第 11 章 从数字温度计开始学习传感器		235
11.1	温度传感器	236
11.1.1	传感器简介	236
11.1.2	温度传感器	236
11.2	压力传感器	241
11.2.1	压力传感器的原理	241
11.2.2	压电式压力传感器	241
11.2.3	压阻式压力传感器	242
11.2.4	光纤压力传感器	243
11.3	光电传感器	244
11.3.1	外光电效应——光电管和光电倍增管	245
11.3.2	内光电效应——光敏电阻、光电二极管、光电三极管、光电池	246
11.4	湿度传感器	248
11.4.1	湿敏元件	249
11.4.2	集成湿度传感器	250
11.5	尝试一下——磁场强度检测仪的制作	251
11.5.1	霍尔效应	251
11.5.2	高斯计	252
11.5.3	霍尔开关	253
11.6	仿真与实践——电子秤的制作	254
11.6.1	集成传感器和电压跟随器	254
11.6.2	电子秤的制作	254

第 12 章 还有哪些常用的电子元器件	258
12.1 电池	259
12.1.1 都有哪些类型的电池	259
12.1.2 电池的主要性能参数	262
12.1.3 电池的使用方法	262
12.2 开关	263
12.2.1 开关如何分类	263
12.2.2 微动开关	264
12.2.3 拨动开关	264
12.2.4 按钮开关	265
12.2.5 还有哪些开关	265
12.3 发光二极管	266
12.3.1 解剖发光二极管	267
12.3.2 发光二极管的应用	267
12.3.3 正确使用发光二极管	268
12.4 数码管	268
12.4.1 什么是数码管	268
12.4.2 如何检测数码管	269
12.4.3 其他外观的数码管	270
12.5 晶振	270
12.5.1 晶振是怎么工作的	271
12.5.2 晶振的简单应用	272
12.6 场效应管	273
12.6.1 场效应管和晶体三极管的区别与联系	273
12.6.2 场效应管的种类和符号	273
12.7 晶闸管	274
12.7.1 晶闸管的结构	275
12.7.2 怎么使用晶闸管	275
12.8 继电器	275
12.8.1 电磁式继电器	276
12.8.2 干簧式继电器	276
12.8.3 固态继电器	276
12.8.4 继电器的应用	277
12.9 电动机	278
附录 A 电路仿真软件 Multisim 应用指南	279
参考文献	287

第 1 章 电路“高楼”平地起

我们正处在一个高速发展的信息时代。电路构成了形形色色的电子产品和设备，人们每天都不得不与电路打交道。例如从图 1-0 所示的时速 350 公里的“和谐号”动车组中，我们就能看到很多电子设备和电路的影子。



图 1-0 国产时速 350 公里的动车组

图 1-0 中显示的动车组驾驶室内，我们能粗略地看到电子通信设备、行车控制设备等。毫无疑问，这些设备都是由各种电子器件组成的、实现特定功能的电路所构成的。

中学的物理课本中就有一些关于电路的概念和实验。但是如果大家有些淡忘或者是第一次接触电路，第 1 章有必要通过一些身边的例子来让读者掌握基本的概念和对电路的应用有一个初步的印象，以便为后面的学习打下基础。

本章的学习重点在于了解而不是记忆。通过寻找身边应用电路的例子，感受生活中无处不在的电路。在本章后面还安排了一些关于电路设计的内容，可以作为日后设计电路的参考。按照规范的设计步骤进行设计是一个优秀电路设计工程师的基本技能之一。

本章的内容如下：

- ◆ 从一个例子中看电路
- ◆ 都有哪些电子元器件
- ◆ 如何设计电路
- ◆ 如何进行电路实验

◇ 尝试一下——调光灯的设计

1.1 从一个例子中看电路

首先，我们通过一个简单的例子来对电路产生一个感性的认识，如图 1-1 所示。家里的一个简单的电灯包括了灯泡、开关和电源。这三者就组成了一个最简单的电路，我们对这个电路操作的效果就是电灯的亮和灭。

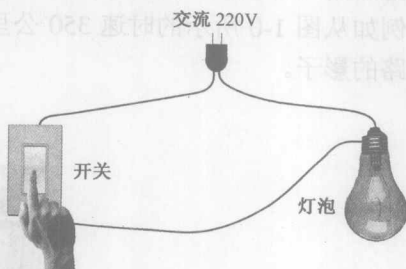


图 1-1 最简单的电路

由图 1-1 可得出 3 个常用元器件的电路符号——插座、开关和灯泡。如表 1-1 所示，最左一列是实际器件的外观，而最右一列是对应的电路符号。

表 1-1 图 1-1 中对应的电路符号

实际器件	器件名称	电路符号
	开关	
	电灯	
	交流电源插头	

在实际器件和电路符号的基础上，为了方便分析可以把图 1-1 的电路转换成电路图，如图 1-2 所示。但是在第 1 章我们先使用文字来描述这个过程：

- (1) 按下开关时，电路闭合，电灯亮。
- (2) 断开开关时，电路开路，电灯灭。

原来每天关灯关灯的动作就是在操作一个最简单的电路，可以看出电路在我们的生活中确实是无处不在的。为了更清晰地描述电路，可通过下面这个例子——调光灯组成和工作过程来更深入地看电路。调光灯是一种可以通过按键或其他输入设备控制光线强度的照明装置，图 1-3 给出了一款飞利浦调光灯实物及其操作面板。

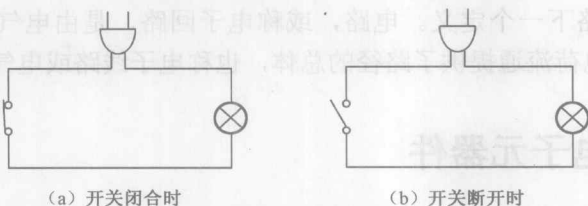


图 1-2 图 1-1 对应的电路图



图 1-3 飞利浦调光灯实物及其操作面板

当顺时针转动旋钮的时候,台灯亮度逐渐增加,逆时针转动则电灯逐渐变暗。可以通过一个比较形象的比喻来理解调光灯的工作原理,把旋钮看成一个定时器,顺时针转动定时时间减少,逆时针转动定时时间增加,通过转动手动发电机来使电灯亮的实验我们在高中就做过。

现在我们根据定时器的时间转动小型手动发电机来使电灯亮。根据定时器的时间按一定的频率来转动发电机。假如定时时间为 1 秒,那么每隔 1 秒钟转动发电机一圈,可以想象,当定时时间越短,发电机转动的频率就越快,电灯亮灭交替就越快,在一段很长的时间内看起来电灯就越亮,反之电灯就变暗,如图 1-4 所示。

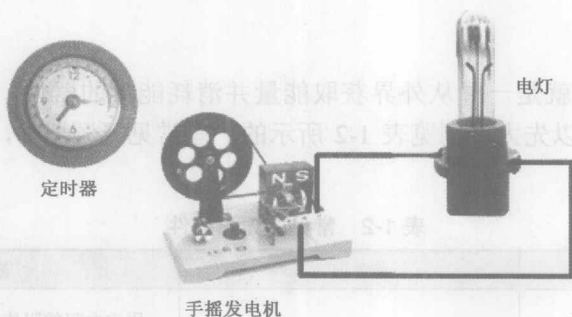


图 1-4 调光灯工作原理

通过前面电灯和调光灯这两个例子,能对电路有一些比较清晰的认识:

- ◇ 一个最简单的电路应该包括电源(220V 交流电源)、用电器(电灯)和传输路径(导线),而开关在电路中是可有可无的,视实际情况而定。
- ◇ 电路可完成特定的功能,比如电灯的电路完成对电灯的开关操作,而调光灯除了完成对电灯的开关操作,还能实现对电灯光度的控制。

最后，我们给电路下一个定义。电路，或称电子回路，是由电气设备和元器件，按一定方式连接起来，为电荷流通提供了路径的总体，也称电子线路或电气回路。

1.2 都有哪些电子元器件

我们已经知道，电路组成了各式各样的电子产品和设备，而电子元器件是组成电路最基本的单元。认识电子元器件是学习电路设计的第一步，只有了解电子元器件的性能、特点和使用方法，才有可能进一步学习电路基本知识和设计电路。在本节中只是对各种电子元器件作简要介绍，目的在于开阔读者视野，唤起读者对电路设计的兴趣，在以后的章节中将对各种电子元器件进行详细的分类介绍。图 1-5 所示为各种电子元器件的外形图。

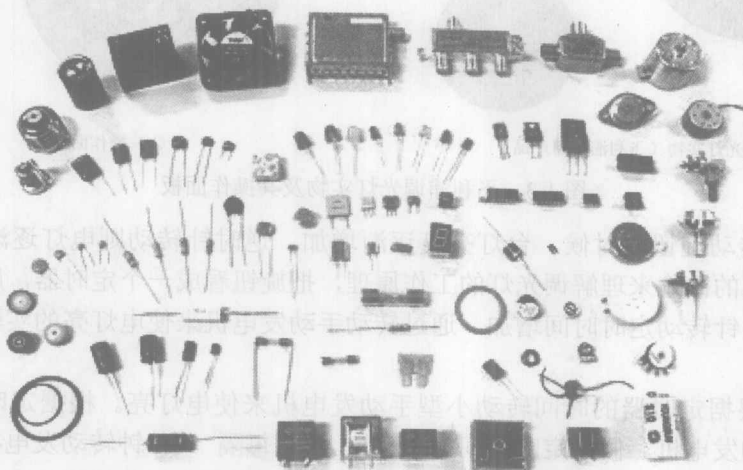





图 1-5 各种电子元器件




1.2.1 无源器件

无源器件简单地说就是一种从外界获取能量并消耗能量的器件。无源器件包括电阻、电容和电感等，读者可以先大致浏览表 1-2 所示的一些常见无源器件，在今后的章节中还会有详细的介绍。

表 1-2 常见的无源器件

实际器件	器件名称	简单介绍
	固定电阻	固定电阻的阻值固定不变，主要用于控制电路电流和电压
	热敏电阻	热敏电阻的阻值随温度的改变发生显著变化，是温度传感器的一种
	可变电阻	可变电阻又称电位器，其阻值在一定范围内是可以调节的，主要用于调节电压或电流

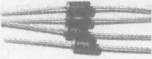



续表

实际器件	器件名称	简单介绍
	排阻	排阻是把多个一定阻值固定电阻集成到一起，可以分为有公共端和无公共端两种
	电容	电容的基本功能是存储电荷，在电路中起滤波、耦合等作用，可以分为固定电容和可变电容
	电感	电感又称线圈，是将导线绕成螺旋管状的电子元器件，具有阻止电流变化的特性，可以分为固定电感、微调电感和色码电感等

1.2.2 半导体分立器件

半导体是一种固体材料，它的导电能力介于导体与绝缘体之间。使用这种材料制成的电子元器件称为半导体器件。表 1-3 给出了一些常见的半导体器件，我们可以先大致浏览一下。


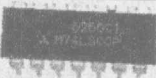

表 1-3 常见的半导体器件

实际器件	器件名称	简单介绍
	二极管	二极管是一种对其施加正向电压时有电流流过，而施加反向电压时没有电流流过的电子元器件
	三极管	三极管是电流控制器件，在一定条件下具有电流放大作用，常用做电子开关
	场效应管	场效应管与三极管的不同之处在于它是电压控制器件，场效应管主要有结型和绝缘栅型两大类
	晶闸管	晶闸管又称可控硅，常作为可控开关使用，其特点是能用较小的功率控制较大的功率

1.2.3 集成电路

集成电路即 IC (Integrated Circuit)，是在一块硅片中将二极管、三极管、电阻等电子元器件有机地组合在一起而构成的具有一定功能的电路。其特点是体积小、重量轻、集成度高，不存在器件的焊接不良等问题，可靠性高。在收录机、音响、电视、录像机和手机等产品中都广泛使用各种类型的集成电路。集成电路按其功能、结构的不同，可以分为模拟集成电路、数字集成电路、数/模混合集成电路三大类，如表 1-4 所示。



表 1-4 集成电路分类举例

实际器件	器件名称	分类
	LM1875	模拟集成电路
	74LS00	数字集成电路
	NE555	数/模混合集成电路

1.2.4 电气产品

除了以上常见的电子元器件外，还有一类经常使用的与电子控制、电源电路等相关的电子元器件。这些器件种类繁多，我们先从表 1-5 中进行初步了解。

表 1-5 常见的电气产品

实际器件	器件名称	简单介绍
	保险丝	保险丝又称熔断电阻器，在正常情况下具有普通电阻的电气功能，一旦电路出现故障，该电阻器会因负荷过重而在规定时间内熔断开路，起到保护其他电子元器件的作用
	变压器	变压器是一种可以将电能从一个电路通过电感耦合方式传送到另外一个电路的电子元器件
	开关	开关是一种简单而常用的电子元器件，主要用于实现电气上的连接与断开；常用的机械开关有拨动开关、按钮开关、微动开关和 DIP 开关等
	电池	电池是一种将化学能、光能、热能等能量直接转变为电能的电子元器件，可以分为干电池、充电电池和太阳能电池等
	继电器	继电器是一种受电路控制的电子开关，它的开关状态受到另一个电路的控制
	话筒	话筒是一种将声音的振动转变为电信号的电子元器件，可以分为动圈式话筒和电容式话筒
	扬声器	扬声器的工作原理和话筒正好相反，可以将电信号转变成声音的振动发射到周围空间