

SHI YONG DIAN ZI JI SHU

# 实用电子技术

基本知识 · 实用电子制作 · 现代电子技术

彭 军 编



科学出版社

www.sciencep.com

# 实用电子技术

基本知识·实用电子制作·现代电子技术

彭 军 编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书作为培养动手能力及实践能力的应用型参考读物,内容由三部分组成。本书中既有电子电路的基础知识,也不乏丰富有趣的电子小制作,如微型圣诞树、卡拉OK混合器、电子节拍器、电骰子、电子存钱箱、信息灯等,最后一部分介绍出现在我们身边的各种现代电子技术,以此激励广大电子爱好者、学生及技术人员多掌握实用技术。最后给出专业术语中英文对照。

本书主要对象为有志于从事电子科学技术的广大电子爱好者。对于活跃在各领域电子工程技术人员及相关专业的学生,也具有实用参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

实用电子技术/彭军编. —北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-016618-3

I. 实… II. ①彭… III. ①电子技术 ②电子电路 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第147886号

责任编辑:肖京涛 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平 / 封面设计:飞天创意

北京东方科苑图文有限公司 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

\*

2006年3月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006年3月第一次印刷 印张: 25

印数: 1—4 000 字数: 487 000

定 价: 39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# 前 言

电子技术与我们的生活有着非常密切的关系,很难想像没有电子产品的生活会是怎样的。稍许观察我们的周围就不难发现从电视机、收音机、CD机、电子表,到计算机、办公自动化设备、信用卡以及手机等各种通信设备,以至于现代化的交通工具、医用电子仪器等电子设备无处不在。因此甚至可以说,没有电子技术就没有人们的现代化生活。

电子技术的进步很大程度上依赖于所使用的元器件。人们最初使用的是真空管。当时即使小的真空管也有3号电池那么大。一台收音机至少用3~5个真空管,因此无法小型化。像今天的卡式收音机,在当时简直是梦想。但随着晶体管、集成电路等半导体器件的出现,使电子产品迅速向小型化、高性能化发展。现在,在 $1\text{cm}^2$ 的芯片上就能够制作数万到数千万个器件,从而制作出无数应用于社会各个领域各种各样、小型、轻便、复杂、高性能的电子产品。

因此,对于准备要学习电子技术的人们及工程技术人员来说,掌握电子学基础知识及应用技术就显得越来越重要。本书就是基于这种需要而编写的。

本书的内容不同于一般的教科书,它分为三部分。

第1篇是基础知识,这里介绍电子电路最基本的各种元器件、电子部件的基本知识,还介绍各种基本的测量知识及测量仪表。理解和牢固掌握这些内容,对于加深对各种实用电子电路的理解,熟练掌握并提高对电子电路设计与制作、检测等的动手能力有很大的帮助。

第2篇是实用电子电路的设计与制作。这部分内容不拘泥于理论知识的系统性,而是通过设计和组装实际的模拟电路和数字电路学习分立元器件及IC的功能,模拟电路、数字电路的结构,数字IC的功能等。通过这些具有实用性、趣味性电子电路的制作,使读者熟悉各种器件以及工具的使用技巧。

第3篇是现代电子技术。这一部分介绍我们身边所见到的,建立在这些基础知识和应用技术之上的一些基本应用。对现代电子技术中大量涌现出的新的概念给出了明确的定义,通过实例作简明扼要的介绍,具有百科全书的性质,而且其内容更加深入和全面。

本书作为培养动手能力、实践能力的参考读物,适合于立志掌握实用电子技术的广大电子爱好者,也可以作为职业教育教科书选用其中的内容。对于初学者和

## ii 前 言

业余爱好者来说,没有什么比实际动手实践并圆满完成某项电子电路更具有乐趣和成就感了。懂得了电子电路的奥妙,也就会产生学习电子学的浓厚兴趣。本书对于工科院校学生以及活跃在各领域的工程技术人员来说,也不失为一本具有实用价值的参考书。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

最后,谨向在编写本书过程中所参考的文献及书籍的著译者表示感谢,同时对在本书的策划、编写以及出版过程中给予大力支持和指导的科学出版社科龙电子电工编辑部的各位工作人员表示诚挚的感谢。

编 者

# 目 录

## 第 1 篇 基础知识

<b>第 1 章 元器件的基本知识</b> .....	<b>3</b>
1.1 电阻与电阻器 .....	3
1.2 线圈、电感及电感器 .....	9
1.3 电容与电容器 .....	12
1.4 半导体二极管 .....	16
1.5 晶体管 .....	22
1.6 电 池 .....	28
1.7 固态振荡器 .....	31
1.8 拾音器 .....	32
1.9 扬声器 .....	35
1.10 继电器与开关 .....	37
<b>第 2 章 基本测量知识及测量仪表</b> .....	<b>41</b>
2.1 单位制及基本电量 .....	41
2.2 基本测量方法 .....	44
2.3 测量仪表简介 .....	48
<b>第 3 章 集成电路</b> .....	<b>73</b>
3.1 集成电路分类 .....	73
3.2 数字电路基础——逻辑电路 .....	74
3.3 触发器 .....	81
3.4 理想的 IC 放大器——运算放大器 .....	82
3.5 典型的大规模集成电路——PIC .....	89
3.6 记忆元件 .....	91
3.7 分立电路与集成电路的比较 .....	93

## 第 2 篇 实用电子制作

<b>第 1 章 音质均衡器的设计</b> .....	<b>97</b>
1.1 音质均衡器的原理 .....	97
1.2 采用半导体电感的音质均衡器 .....	99
1.3 5 器件音质均衡器 IC .....	101
1.4 10 器件音质均衡器的设计 .....	103
<b>第 2 章 卡拉 OK 混合器的设计</b> .....	<b>106</b>
2.1 卡拉 OK 混合器总框图 .....	106
2.2 歌声消去电路 .....	107
2.3 MIC 放大器 .....	111
2.4 其他部件 .....	113
2.5 总电路图及使用方法 .....	115
<b>第 3 章 环绕立体声转接器的设计</b> .....	<b>117</b>
3.1 环绕立体声基础 .....	117
3.2 缓冲放大器的设计 .....	118
3.3 BBD 部分的设计 .....	120
3.4 LPF 的设计 .....	122
<b>第 4 章 同时通话型对讲机的设计</b> .....	<b>130</b>
4.1 简单的对讲机电路 .....	130
4.2 双线变换电路 .....	131
4.3 话筒放大器与扬声器放大器 .....	136
4.4 总电路图及调节方法 .....	140
<b>第 5 章 电压判定器的制作及其应用</b> .....	<b>142</b>
5.1 用数字 IC 判定电压 .....	142
5.2 利用 NAND 门和 NOR 门判定电压 .....	147
5.3 应用电压判定器的光传感器电路 .....	149

5.4	数字 IC 用电源电路 .....	152
<b>第 6 章</b>	<b>LED 闪光电路、扬声器电路的制作 .....</b>	<b>155</b>
6.1	微型圣诞树的制作 .....	155
6.2	断线传感器电路的制作 .....	159
6.3	水传感器电路的制作 .....	161
6.4	制作完成后进行检查的要点 .....	164
<b>第 7 章</b>	<b>接口电路的实验与制作 .....</b>	<b>167</b>
7.1	自行车用方向指示灯的制作 .....	167
7.2	声控开关的制作 .....	169
<b>第 8 章</b>	<b>电子节拍器的制作 .....</b>	<b>172</b>
8.1	电子节拍器的设计 .....	172
8.2	按照电路规格设计电路 .....	174
8.3	使用开关获取数据的方法 .....	179
<b>第 9 章</b>	<b>电骰子的制作 .....</b>	<b>183</b>
9.1	电骰子的动作 .....	183
9.2	骰子表示部分的实验 .....	184
9.3	根据功能框图设计电路 .....	187
9.4	利用卡诺图简化逻辑的方法 .....	194
<b>第 10 章</b>	<b>电子旋转圆盘的制作 .....</b>	<b>198</b>
10.1	旋转圆盘游戏的玩法 .....	198
10.2	根据旋转圆盘的框图设计电路 .....	200
10.3	利用环形计数器制作的旋转圆盘 .....	204
10.4	用数字表示器制作旋转圆盘 .....	206
10.5	移位寄存器的应用 .....	210
<b>第 11 章</b>	<b>电子存钱箱的制作 .....</b>	<b>213</b>
11.1	显示存钱数额的存钱箱 .....	213
11.2	电子式硬币分类器 .....	214



## vi 目 录

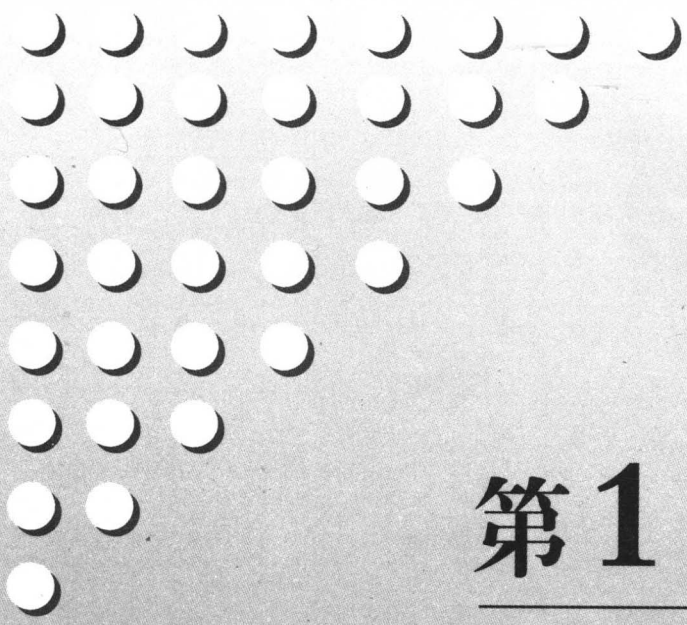
11.3	硬币计数器的框图设计 .....	216
11.4	计数器电路的设计 .....	219
11.5	译码器电路的设计方法 .....	226
<b>第 12 章</b>	<b>电子计数器、万步计、人数计的制作 .....</b>	<b>229</b>
12.1	电子计数器的制作 .....	229
12.2	电子万步计的制作 .....	233
12.3	人数计的制作 .....	235
<b>第 13 章</b>	<b>秒表的制作 .....</b>	<b>239</b>
13.1	钟表的工作 .....	239
13.2	电路工作的确认 .....	243
13.3	使用 BCD 计数器和十进制计数器的方法 .....	245
<b>第 14 章</b>	<b>自行车用速度计的制作 .....</b>	<b>249</b>
14.1	速度计的原理 .....	249
14.2	速度计的规格及电路设计 .....	251
14.3	速度计的制作与调试 .....	254
<b>第 15 章</b>	<b>信息灯的制作 .....</b>	<b>256</b>
15.1	使用多个 LED 表示文字 .....	256
15.2	改善显示效果的方法 .....	259
15.3	用 1 台显示器显示多种表示方式 .....	264
15.4	二进制数的运算 .....	268
<b>第 16 章</b>	<b>频率计数器的制作 .....</b>	<b>272</b>
16.1	频率计数器电路的设计 .....	272
16.2	频率计数器各框图的工作 .....	275
16.3	频率计数器性能的提高 .....	279
<b>第 17 章</b>	<b>自动剪票和订座系统简介 .....</b>	<b>282</b>
17.1	自动剪票机 .....	282
17.2	自动剪票系统的构成 .....	282

17.3 订座系统 .....	283
17.4 MARS 系统的构成与处理能力 .....	283
<b>第 18 章 控制技术概要 .....</b>	<b>284</b>
18.1 顺序控制 .....	284
18.2 反馈控制 .....	293
<b>第 19 章 控制电路系统应用举例 .....</b>	<b>298</b>
19.1 列车运行控制和安全信号设备 .....	298
19.2 公共汽车下车呼叫灯的工作原理 .....	299
19.3 地铁车门信号灯的工作原理 .....	300
19.4 小轿车的车门与车内灯之间的关系 .....	301

## 第 3 篇 现代电子技术

<b>第 1 章 多媒体技术 .....</b>	<b>305</b>
1.1 多媒体与多媒体通信 .....	305
1.2 个人计算机及其通信 .....	308
<b>第 2 章 通信技术 .....</b>	<b>312</b>
2.1 电 话 .....	312
2.2 通信线路 .....	317
2.3 移动通信系统 .....	320
2.4 光通信 .....	326
2.5 微波通信 .....	328
2.6 数字通信——ISDN .....	330
2.7 数据通信 .....	332
2.8 高速数据通信技术——ADSL .....	335
2.9 连接世界的 Internet .....	336
2.10 卫星广播与卫星通信 .....	338
2.11 汽车导航系统 .....	341

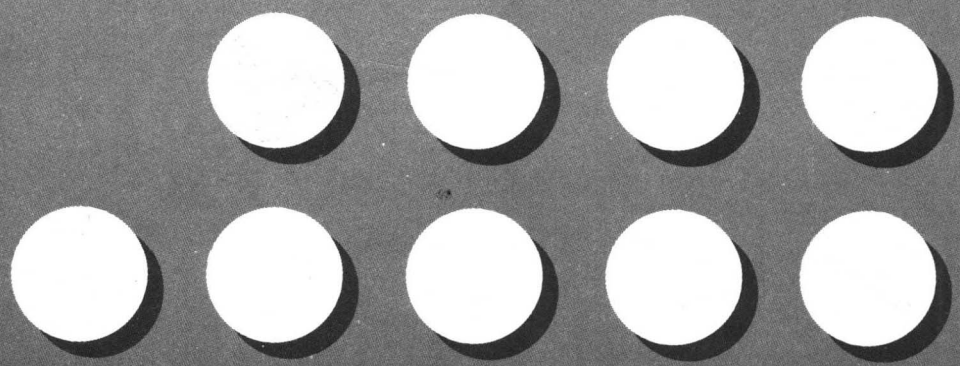
<b>第3章 音像技术</b> .....	<b>344</b>
3.1 声音的性质与人的听觉 .....	344
3.2 盒式磁带录音机原理 .....	345
3.3 摄像管和固体摄像器件 .....	348
3.4 显像管和液晶显示器 .....	349
3.5 广播与电视 .....	352
3.6 视频磁带录像机 .....	358
3.7 数字记录原理与数字音频 .....	360
3.8 CD-ROM .....	368
3.9 图像的收发——传真 .....	370
3.10 静电复印机 .....	373
3.11 数码照相机 .....	375
3.12 医用电子仪器 .....	375
<b>参考文献</b> .....	<b>380</b>
<b>专业术语中英文对照</b> .....	<b>381</b>



# 第1篇

---

## 基础知识





# 第 1 章

## 元器件的基本知识

### 1.1 电阻与电阻器

#### 1.1.1 电 阻

##### 1. 金属中的电子流动

众所周知,电流容易流过金属,其中最容易流过的金属是银和铜,典型的难以流过的金属是钨和镍铬合金。粗导线比细导线更容易导通电流,这是很容易理解的。

要在理论上定量分析为什么电流容易流过某些金属而难以流过另一些金属是一件很费事的工作,这里只作定性的说明。构成金属的原子中心是原子核,它的周围有许多电子。原子核中有带正电荷的质子,质子吸引周围电子(带负电荷)并保持适当的距离。距离质子最远处的电子受到原子核的束缚力最小,容易自由运动。当外加有电场时,这些电子就能够在电场的反方向上自由地移动。

电子的这种移动就形成流过金属的电流。但是这种自由运动会受到原子核和被束缚电子的影响,就是说这种流动会遇到阻碍(电阻阻止电子流动)。对于不同的金属来说,这种固有的电阻大小是不同的。

金属中电子不是以直线形式运动的,它是做曲折运动。当大量电子通过狭窄的地方时会与原子核发生激烈碰撞而产生热。电流难以流动的金属产生的热量就增多。典型的例子就是白炽灯泡中的钨丝。

电流不能流过的物质叫绝缘体。性质介于绝缘体和金属之间的物质称为半导体。半导体在某些状态下电流容易流过,在另一些状态下电流难以流过。

##### 2. 电阻率

一般情况下,当导体中有电流流过时,导体或多或少具有阻碍电流流动的作用,其阻碍程度叫做电阻。对于同种材料的导体来说,其电阻 $R(\Omega)$ 与导体的长度 $l(\text{m})$ 成正比,与导体的截面积 $A(\text{m}^2)$ 成反比。上述关系可以表示为:

$$R = \rho \frac{l}{A} (\Omega)$$

式中, $\rho$ 为比例系数,叫做电阻率(resistivity),其单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧[姆]米)。

#### 4 第1篇 基础知识

不同金属材料的电阻率各不相同,电阻率比较小的有铝( $\rho=2.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )、银( $\rho=1.62 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )、铜( $\rho=1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )、白金( $\rho=10.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )等。

### 3. 电阻率与温度

物质的电阻率不仅与材料种类有关,而且还与温度有关。一般情况下,金属类导体的电阻率随温度的上升而增加;半导体和电解液等物质的电阻率则随温度的上升而降低(图 1.1)。温度每上升  $1^\circ\text{C}$  时电阻的变化率  $\alpha$  叫做电阻的温度系数,其单位用  $^\circ\text{C}^{-1}$  表示。如图 1.2 所示,若以  $20^\circ\text{C}$  (常温)时的电阻值  $R_{20}$  为基准,设上升  $1^\circ\text{C}$  时的电阻增加量为  $r(\Omega)$ ,则  $20^\circ\text{C}$  时的电阻温度系数  $\alpha_{20}(^\circ\text{C}^{-1})$  表示为:

$$\alpha_{20} = \frac{r}{R_{20}} (^\circ\text{C}^{-1})$$

如果电阻值随温度的上升而增加,则其温度系数为正;反之,如果电阻值随温度的上升而减少,则温度系数为负。

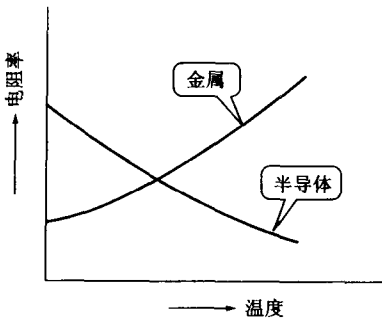


图 1.1 物质的电阻率随温度的变化

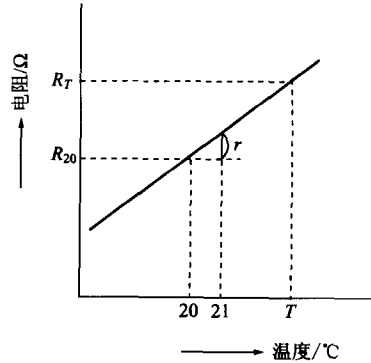


图 1.2 温度系数

### 4. 导体、半导体、绝缘体的电阻率

图 1.3 表示一些物质的电阻率。通常把电阻率小于  $10^{-4} \Omega \cdot m$  的物质称为导体;电阻率大于  $10^4 \Omega \cdot m$  的物质称为绝缘体;电阻率介于二者之间的物质称为半导体。表 1.1 中列出了各种绝缘材料的电阻率。

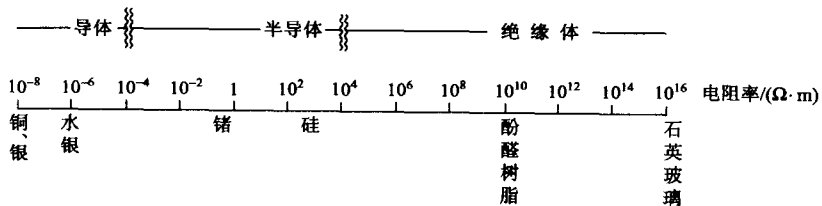


图 1.3 导体、半导体、绝缘体的电阻率

表 1.1 绝缘材料的电阻率

物质	电阻率/( $\Omega \cdot m$ )	物质	电阻率/( $\Omega \cdot m$ )
石蜡	$10^{13} \sim 10^{17}$	氯丁二烯	$10^{10} \sim 10^{11}$
硬聚氯乙烯	$5 \times 10^{12} \sim 10^{13}$	云母	$10^{13}$
聚乙烯	$10^{14}$ 以上	长石陶瓷	$10^{10} \sim 10^{12}$
天然橡胶	$10^{13} \sim 10^{15}$	石英玻璃	$10^{16}$ 以上

注:上述值均在室温条件下,摘自《理科年表》(日)。

## 5. 绝缘电阻

通常,在需要阻断电流时采用绝缘体。例如,为了防止触电,将乙烯绝缘材料被覆在导线上。这时并不是一点电流都没有,只是流过的电流非常微弱而已。绝缘体的电阻比导体的电阻大得多,通常称为绝缘电阻(insulation resistance)。

被绝缘体隔开的两根导线之间加有电压  $V$  时,绝缘体上会有微弱的电流  $I_0$ 。流过(图 1.4),这种电流叫做漏电流(leakage current)。这时,绝缘电阻可以表示为:

$$\text{绝缘电阻 } R = \frac{\text{电压}}{\text{漏电流}} = \frac{V}{I_0} (\Omega)$$

由于漏电流随导线的增长而增大,所以要特别注意导线间的绝缘。

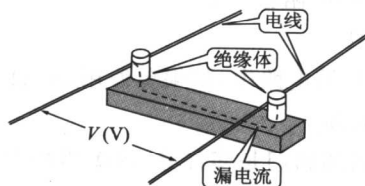


图 1.4 漏电流与绝缘电阻

## 6. 接地电阻与接触电阻

为了防止触电事故的发生,将电极板埋入地下,使电器的地线与电极板相连,这种方法叫做接地。电极板与大地之间的电阻称为接地电阻(grounding resistance)。两导体接触部分的电阻称为接触电阻(contact resistance)。

## 1.1.2 电阻器

### 1. 电阻器分类

电阻器按照材料的不同分为碳膜电阻、金属膜电阻、绕线电阻等。数字电路中使用碳膜电阻即可。碳膜电阻价格便宜,也容易买到。

电阻器一个重要的额定值是最大功耗。它表示有多大的电流流过该电阻。功率  $W$  用电压( $V$ ) $\times$ 电流( $I$ )表示。当加在电阻器上的电压为  $V$ 、电阻值为  $R$  时,流过的电流为  $(V/R)$ 。因此,最大功耗相同的电阻中能够流过的电流值是可以改变的(图 1.5)。



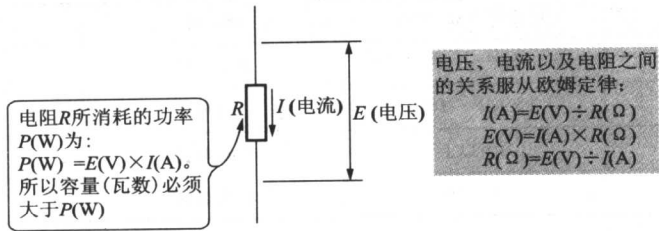


图 1.5 流过电阻的电流与消耗功率

数字电路中使用的电阻通常是额定功率在  $1/8W (=125mW)$  以下的小电阻。例如,把  $5V$  电源接到  $1k\Omega$  电阻上,这时流过的电流为:

$$5V \div 1k\Omega = 5mA$$

功耗为:

$$5V \times 5mA = 25mW$$

所以,对于  $1/8W (=125mW)$  的电阻来说还有  $100mW$  的余量。

那么,在  $5V$  电压下最小能够使用几欧[姆]的电阻器呢? 首先求电流,即

$$125mW \div 5V = 25mA$$

所以,流过这样的大电流时的电阻值为:

$$5V \div 25mA = 200\Omega$$

也就是说,在电源电压为  $5V$  的电路中,如果要使用  $200\Omega$  以下的电阻器时就必须选择额定功率大于  $1/8W$  的电阻器。

实用中要备齐常用电阻的窍门是多注意  $1k\Omega$  挡和  $10k\Omega$  挡的电阻。没有必要在  $100\Omega$  挡和  $100k\Omega$  挡的电阻上多花工夫。例如,  $100k\Omega$  挡电阻中有  $100k\Omega$ 、 $200k\Omega$ 、 $470k\Omega$ 、 $680k\Omega$  这 4 种阻值就足够了。购买电阻时应购买 E12 系列的商品。

## 2. 电阻器的色标

电阻值大多用色标来表示。色标就是使数字与颜色一一对应地表示元件的数值等的标记。

对于初学者来说识别色标比较困难,经常有初学者问为什么不用数值来直接表示电阻器的阻值? 电阻是一种细圆柱状的元件,没有正面与背面之分,当把电阻安装在基板上以后往往看不见它的数值表示,或者难以确认电阻值究竟是多少。而色标是以细的颜色带环绕元件,所以不论怎样安装都能够看清楚它的颜色。各种颜色与数值的对应关系见表 1.2。图 1.6 所示的是色标的读法。

表 1.2 电阻值的色标

数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
颜色	黑色	茶色	红色	橙色	黄色	绿色	蓝色	紫色	灰色	白色