

# 第 1 章 走进电子技术

一开始，我们用一个简单而实用的实例带领大家进入电子技术（electronics）的世界，并通过对这个实例的初步分析，掌握蕴藏其中的知识点和实用的设计技能。本书的前 8 章围绕着模拟电路（analogue electronics）进行知识讲解和设计介绍，模拟电路中“行走”的都是连续变化的信号，更通俗地说就是直流（DC）、交流（AC）一类的信号。后 9 章介绍的是数字电路（digital electronics），其信号是一些由 1 和 0 组成的逻辑电平。尽管没有接触过电路设计，大家也尽可能对本书的每一页放心，我们不会陷入复杂计算的泥潭，取而代之的是用生动、平实的叙述方法把实用而必要的电子技术和设计方法介绍给大家。

电子技术是我们研制有价值、有技术含量的科技产品的基石。

## 1.1 从一个光控报警器的例子开始

### 电池 电阻器 光敏电阻 电位器 开关 第一次电路分析

我们在中学时就接触过电路原理图（schematic diagram），简称电路图。那时的电路图都是一些由电阻、电源、开关等组成的简单电路。而最初的电路分析也只是使用欧姆定律（Ohm's law）来计算电路中的电阻、电流或电压。

从哪里能接触到更真实的电路图呢？今天当然首推互联网。在包括中文网站在内的世界许多站点里，各种电子系统的电路图比比皆是。小到一个单管收音机，大到一台液晶电视的电路图都可以找到。另一个查阅电路图的渠道是各种与电路相关的书籍和杂志，其中不乏复杂而实用的电子系统的电路图。这些电子系统的电路图大都比较复杂（当然除了调光灯、电吹风等一些简单的电器以外），成百上千的元器件“交织”在一起，使我们无从下手分析，更不要说设计。

于是，我们从图 1-1 这样一个简单的光控报警器电路开始。

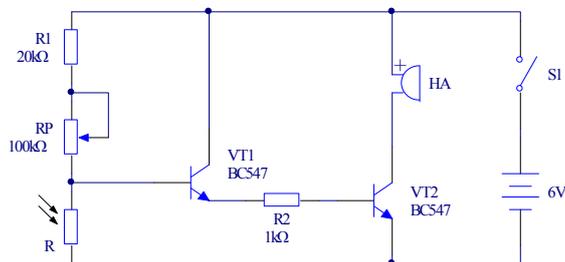


图 1-1 光控报警器电路

图 1-1 所示光控报警器电路的功能是：当照射到光敏电阻 R (  ) 的光线变暗至一



定程度时，蜂鸣器 HA ( ) 开始报警，从而达到检测光线强度并适时报警的目的。电路图中，电阻 ( )、电源 ( )、开关 ( ) 的电路符号我们比较熟悉。可能有的朋友还会认识电位器 ( )、三极管 ( ) 等器件的电路符号。接下来，我们一起分析一下图 1-1 所示电路里包含的一些基础知识。

### 1.1.1 电池

电源 (power supply) 是提供电能的装置，用于给电路供电。电池 (battery, 电路符号 ) 是一种常用的直流电源，碱性电池 (alkaline battery) 普遍应用于电子产品中，其中以 1.5V 额定电压的最为常见，其外观及电路符号如图 1-2 (a) 所示。电池有正 (+)、负 (-) 极之分，电路符号中较长线一端表示正极，短线端表示负极。

由于图 1-1 的光控报警器的工作电压为 6V，一般可以使用电池盒 (battery case) 把多节电池串联起来，如图 1-2 (b) 所示，其电路图形符号与碱性电池相同。

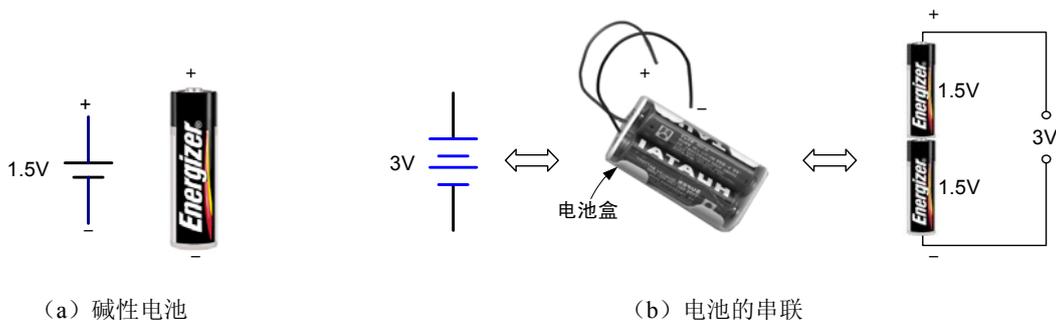


图 1-2 碱性电池及电池的串联

还有一种常用于计算器、电子表、电子词典等小功率电子产品的钮扣电池 (button battery, 图 1-3 (a) )，其额定电压一般有 1.5V 和 3V 两种。其容量小，不适合给功率较大的电路供电。市场上还有一些电压较大的碱性电池，有时称为集成电池，也较适合作为电子产品的电源。其电压一般有 6V、9V 和 15V 等几种，它们的外形如图 1-3 (b) 所示。

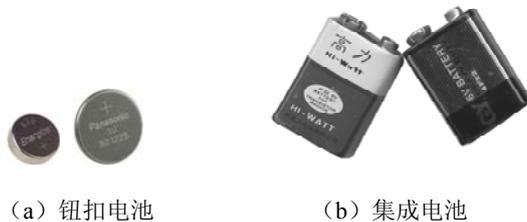


图 1-3 其他电池

以上介绍的几种电池都可用来给图 1-1 所示的光控报警器供电，只要单个电池或多个电池串联后电压达到 6V 就可以。



### USB 电池

这几年出现了一种非常有意思的电池——USB 电池 (usbcell, 图 1-4), 它的外形与一般的碱性电池没有什么两样, 可以放到数码相机、MP3 播放机等电子产品中正常使用。但是如果摘下它的帽子, 就会发现电池上有一个 USB 接口。原来, 这个 USB 电池可以插到计算机的 USB 接口上, 进行反复充电。



图 1-4 USB 电池

### 1.1.2 电阻器

电阻器 (resistor, 电路符号  $\square$ ), 简称电阻, 是一种两端电子器件, 当电流流过时, 其两端的电压与电流成正比。

任何材料都会对流经的电流产生一定的“阻力”, 这种阻碍电流的作用叫阻抗 (resistance), 电阻就是利用材料的这一特性制作出来的。电阻是电路中使用得最多的器件, 由于电流流经它时会在其两端形成不同的电压, 于是可利用电阻改变电路节点的电压。

欧是电阻阻值的单位, 通常用希腊字母  $\Omega$  来表示。比  $\Omega$  更大的阻值单位有  $k\Omega$  (千欧) 和  $M\Omega$  (兆欧)。以下是它们之间的换算关系。

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

**【例 1.1】** 改变电压：分析一下图 1-5 所示电路中，电路节点 P 的电压是多少。

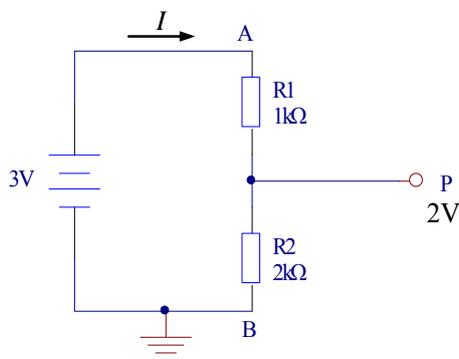




图 1-5 电阻改变电压

图 1-5 所示电路中，电阻 R1、R2 串联，电流 I 从 3V 电源正极流出，从节点 A 流向 P 点，继而流经 B 点后回到电源负极。接地符号  $\equiv$  定义电源负极（也就是节点 B）为电势零点，于是 B 点电压  $V_B=0V$ 。因电源为 3V，得 A 点电压  $V_A=3V$ 。根据欧姆定律，可计算电路的干路电流  $I = \frac{V}{R} = \frac{V_A}{R_1 + R_2} = \frac{3V}{1k\Omega + 2k\Omega} = 1mA$ ，则 P 点电压  $V_p = IR_2 = 1mA \times 2k\Omega = 2V$ 。

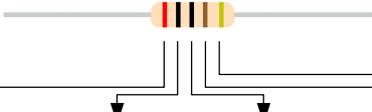
从例 1.1 可以看到，节点 A，即电源正极的电压为 3V，通过两个电阻 R1、R2 的“努力”，节点 P 出现了一个 2V 的电压。这个 2V 电压异于电源电压，是一个人为设计的电压。说明电阻可以在电路中改变节点的电压。

在电子市场或网上选购电阻时，至少有 3 个有关参数是需要提供的：一是电阻的阻值，二是电阻的功率，三是电阻的种类。

### 1. 电阻的阻值

拿到一支电阻，我们会看到电阻的表面有五颜六色的色环，这不是出于美观而设计的，它标示着电阻的阻值。图 1-6 所示为常用的 5（色）环电阻及颜色所代表的数值。5（色）环电阻使用前 4 个色环标示电阻的阻值，第 5 个色环标示电阻的允许误差。

5（色）环电阻



颜色	数值 第 1 位	数值 第 2 位	数值 第 3 位	倍数 第 4 位	误差 第 5 位
银色	-	-	-	×0.01	±10%
金色	-	-	-	×0.1	±5%
黑色	0	0	0	×1	—
棕色	1	1	1	×10	±1%
红色	2	2	2	×100	±2%
橙色	3	3	3	×1,000	—
黄色	4	4	4	×10,000	—
绿色	5	5	5	×100,000	—
蓝色	6	6	6	×1,000,000	—
紫色	7	7	7	—	—
灰色	8	8	8	—	—
白色	9	9	9	—	—

图 1-6 5（色）环电阻的色环含义

比如图 1-7 所示的 5（色）环电阻，其色环颜色依次为：红、黑、黑、棕、金。那么它的阻值应该如何计算呢？对照图 1-6 中的颜色对应数值关系表：第 1 环红色代表数值 2；第 2 环和第 3 环都是黑色，代表数值 0；第 4 环棕色代表的是×10（倍数）。所以图 1-7 所示



电阻的阻值为前3环代表的数值200乘以倍数10，单位是 $\Omega$ ，结果是 $2000\Omega$ ，即 $2k\Omega$ 。另外，第5环金色代表的允许误差是 $\pm 5\%$ ，于是该电阻的准确读数是： $2k\Omega$ ，误差 $\pm 5\%$ 。 $\pm 5\%$ 的误差说明该 $2k\Omega$ 电阻的阻值与标称值有 $\pm 5\%$ 的偏差，即在 $1.9k\Omega \sim 2.1k\Omega$ 范围之内都是允许的。

除了使用图1-6中色环与数值关系表判断电阻阻值外，还可以用万用表直接测量电阻，得到阻值的读数。

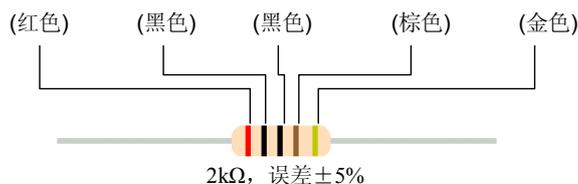


图1-7 5(色)环电阻阻值

在电路设计选择电阻时应该注意阻值是不可任意选定的，比如标称值为 $122\Omega$ 的电阻就不存在。原因是在大部分电路中并不要求极其精确的电阻值，于是为了便于工业上大量生产和使用者在一定范围内选用，EIA（美国电子工业联盟，Electronic Industries Alliance）规定了若干系列的阻值取值基准，其中以E12基准和E24基准最为常用。

E12（允许误差 $\pm 10\%$ ）基准中电阻阻值为1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2乘以10、100、1000……所得到的数值。

E24（允许误差 $\pm 5\%$ ）基准中电阻阻值为1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1分别乘以10、100、1000……所得到的数值。

E24基准中的电阻阻值选择可以满足一般电路设计对阻值的要求，如果在某些电路如滤波器中对电阻阻值要求非常精确，而非要选择E24以外的阻值，如 $2.43k\Omega$ 等，则可以根据附录A中的其他取值基准设计。当然，对阻值要求越精确，电阻器的价格也就越高（有时高得离谱）。

## 2. 电阻的功率

根据焦耳定律（Joule's laws,  $Q = I^2 R t$ ）知道：电流通过电阻时会产生热量，电阻越大、电流越大、时间越长，电阻发热也就越厉害。假设一个阻值为 $100\Omega$ 的电阻，通过 $100mA$ 的电流，则电阻的消耗功率 $P = I^2 \cdot R = (100mA)^2 \times 100\Omega = 1W$ ，如果该电阻的额定功率没有这么大，那在此工作条件下就会被烧毁。表现为电阻焦黑、发臭，严重时甚至起火、爆炸。图1-8所示为某电路板中电阻被烧毁的情形。由于电阻在烧毁时已经被超限的热量袭击过，其阻值几乎不可能保证在原来正常的范围内，所以如果电阻出现烧毁的情况，一般都需要更换。“城门失火，殃及池鱼”，有时甚至还要考虑更换邻近的器件，因为热量可能已经殃及它们。

之所以出现烧毁电阻的情况，一般有以下两种可能：一是电阻选择不合理，其额定功率小于实际功率；二是电路突然出现故障，导致电阻上的电流激增而被烧毁。这两个问题



都需要在实际电路设计及制作中预防。

电路设计时需要充分考虑该电阻的实际功率最大能达到多少，从而选择一个额定功率比这个最大实际功率还要大的电阻。电阻的额定功率一般有 1/16W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W 等几种，如果电阻功率大于 1/8W，必须在电路图中按照图 1-9 所示的大功率电阻电路符号标明，否则很容易让自己或他人因误用电阻而导致事故的发生。如果电路中使用的是电阻的一般符号 ，则可使用额定功率为 1/16W 或 1/8W 的电阻。

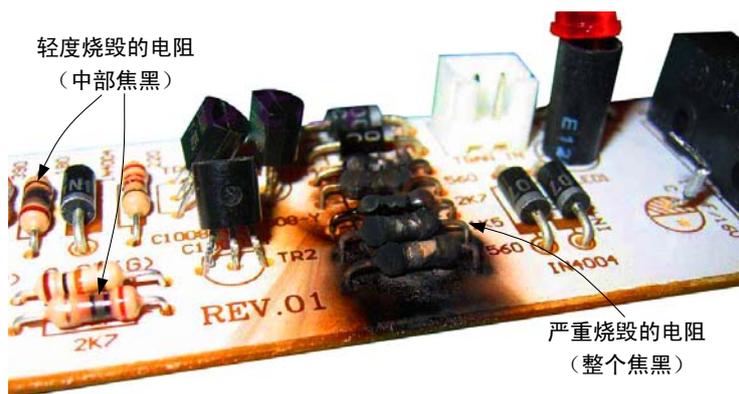


图 1-8 被烧毁的电阻

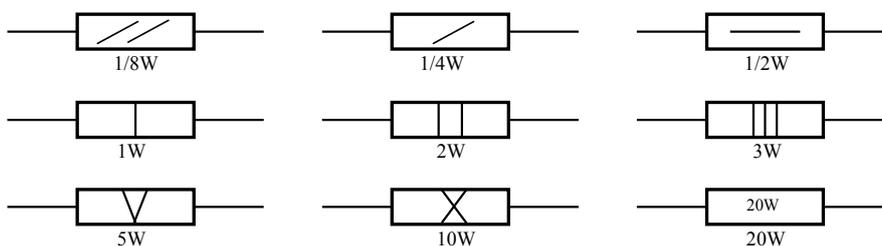


图 1-9 标有额定功率值的电阻器的电路符号

一般来说，电阻的功率越大，体积也就越大，价格也就越高。1/8W 金属膜电阻的市场价格约为 0.01 元/支 (MΩ 级的电阻价格稍高)，而 1W 的电阻则为 0.05 元/支。通常 3W 以上的电阻，由于体积较大，其表面可以直接印上阻值和功率，而不再使用色环作为阻值标记。如图 1-10 所示为阻值为 3.3Ω (误差±5%)、功率为 5W 的电阻。



图 1-10 大功率电阻



### 3. 电阻的种类

按材料和结构等特征，电阻主要分成了绕线电阻、非绕线电阻、敏感电阻等几种。

绕线电阻（wire-wound resistor）是用电阻丝在绝缘的骨架上绕制而成的。电阻丝一般由具有一定电阻率的镍铬、锰铜等合金制成。绝缘骨架则是由陶瓷、塑料等材料制成，有管形、扁形等各种形状，如图 1-11 所示。这种电阻误差小（精度高）、稳定性高、体积大，一般在大功率场合中考虑使用。



图 1-11 绕线电阻

非绕线电阻包括了我们常用的碳膜电阻（carbon film resistor）和金属膜电阻（metal film resistor）。此外，还有金属氧化膜电阻（metal oxide resistor）、金属玻璃釉电阻（metal glaze）、厚膜电阻（thick film resistor）、薄膜电阻（thin film resistor）等。实际应用中，如果电路没有特别说明，我们一般都采用 1/8W 的金属膜电阻。金属膜电阻的精度高、成本低，使得它在现代电子电路中应用最为广泛。

还有一类电阻，其阻值会随着环境中的某一物理参数（如温度、湿度、压力、光强等）变化而改变，如 1.1.3 节将要介绍的光敏电阻，其阻值随着光线强度的变化而改变；再如热敏电阻，其阻值随着温度的变化而改变等。

今天，随时各种便携电子产品如手机、MP3 播放机、数码照相机等的普及，贴片电子器件（SMD）需求直线增长。电子产品中往往使用贴片式电子器件来节省电路板空间。常用的贴片器件有贴片电阻（SMD resistor，图 1-12）、贴片电容（SMD capacitor）、贴片晶体管（SMD transistor）、贴片集成电路（SMD IC）等，各种贴片器件只是个头较小，其功能与一般直插式的是相同的。

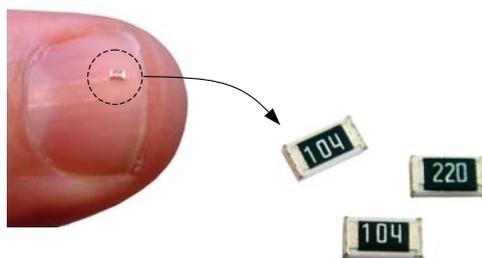


图 1-12 贴片电阻



### 1.1.3 光敏电阻

光敏电阻 (LDR/photoresistor, 电路符号) 是敏感电阻的一种, 其阻值与照射到其表面的光强成反比: 光线越强其阻值越小, 反之亦然。

图 1-1 的光控报警器中, 光敏电阻 R 可谓一个关键器件, 正是因为光敏电阻 R 对光线强度的检测实现了电路的光控报警功能。目前最常见的光敏电阻是硫化镉或硫化硒材料制成的, 利用的是半导体光致导电原理, 其电路符号和外观如图 1-13 (a) 所示。

光敏电阻的阻值随光线强度的变化而改变, 有的型号的光敏电阻在黑暗中阻值可达几兆欧, 在强光下阻值仅为数百欧或数千欧, 图 1-13 (b) 为万用表对某一型号光敏电阻在不同光线下阻值的测量, 明显看到光敏电阻的“暗阻值” (1.255MΩ) 较“亮阻值” (562.5Ω) 大得多。由于光敏电阻的阻值反映光线强度变化, 通常可用在光检测电路中。

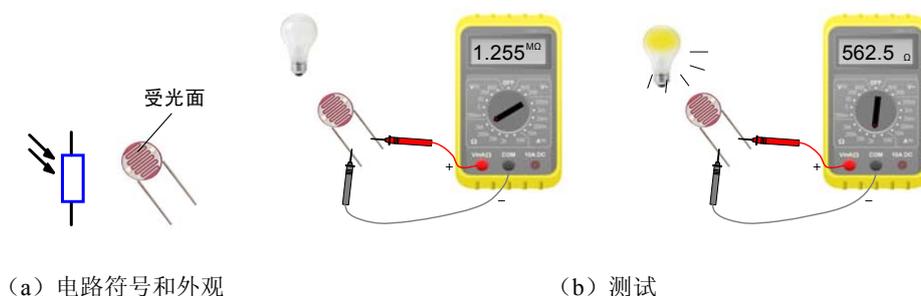


图 1-13 光敏电阻

**【例 1.2】光敏电阻反映光线强度：**分析一下图 1-14 所示电路中，电路节点 P 的电压是多少。

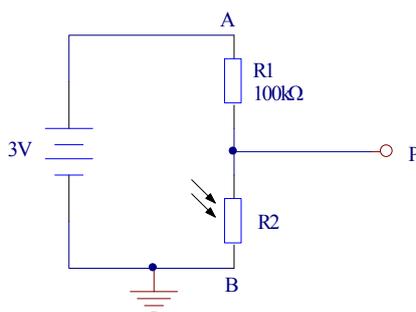


图 1-14 光敏电阻反映光线强度

例 1.2 与例 1.1 非常相似, 只是电阻 R2 换成了光敏电阻。借鉴例 1.1 的分析, 可以很快得到 P 点电压为:

$$V_p = IR_2 = \frac{3V}{R_1 + R_2} \times R_2 = \frac{3VR_2}{100k\Omega + R_2} \quad (1-1)$$

其中, R2 为光敏电阻阻值。可见 P 点电压与电阻 R2 的阻值有关, 而 R2 的阻值与光线强



度有关。于是，P 点电压的改变反映了光线强度的变化。

可能以上枯燥的讲述让我们有些迷糊了。不要紧，等我们下一节介绍完电位器以后，就可对图 1-1 所示的光控报警器电路进行初步分析了。

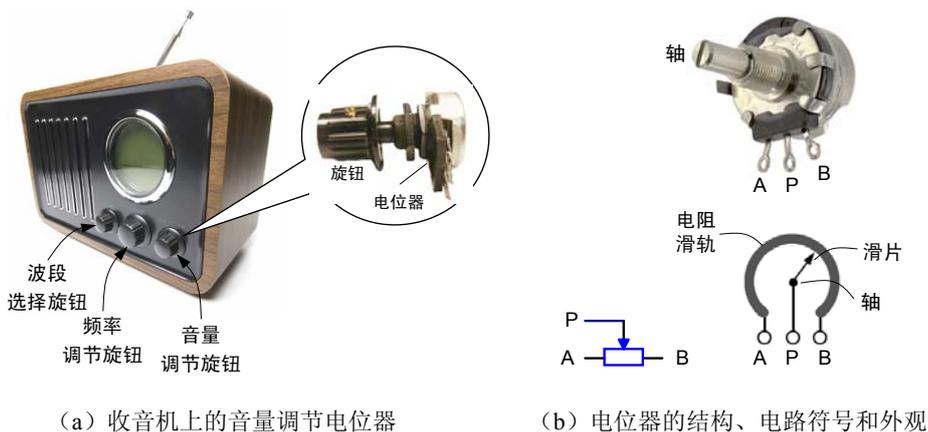


### 1.1.4 电位器

电位器 (potentiometer, 电路符号 ) 是一种三端电阻, 其滑片端与另两端构成了一个可调的分压器。

在身边的调光灯、收音机、功放机上也许还能找到电位器。图 1-15 (a) 所示是收音机上的 3 个基本调节旋钮——波段选择旋钮、频率调节旋钮、音量调节旋钮, 其中音量调节旋钮下是一个电位器, 我们用手拧动旋钮就能改变收音机的音量大小。

图 1-15 (b) 中, 电位器电路图形符号形象地表示出电位器 A、B 脚是一个电阻的两端, 而 P 脚连接一个能在电阻滑轨上接触行走的滑片。从结构图知, 当用手拧动电位器的轴时, 滑片在电阻滑轨上行走, 当调节停止后, 滑片所在位置决定了电位器 P 脚与 A 脚、P 脚与 B 脚之间的电阻。比方说 A、B 脚之间电阻为  $10\text{k}\Omega$ , 而滑片停留在电阻滑轨正中间, 则 P 脚与 A 脚之间的电阻  $R_{PA}$  和 P 脚与 B 脚之间的电阻  $R_{PB}$  相同, 都是  $5\text{k}\Omega$ 。滑片如果停留在其他位置上, 则视滑片所分隔的电阻滑轨的比例估算出  $R_{PA}$  与  $R_{PB}$ 。



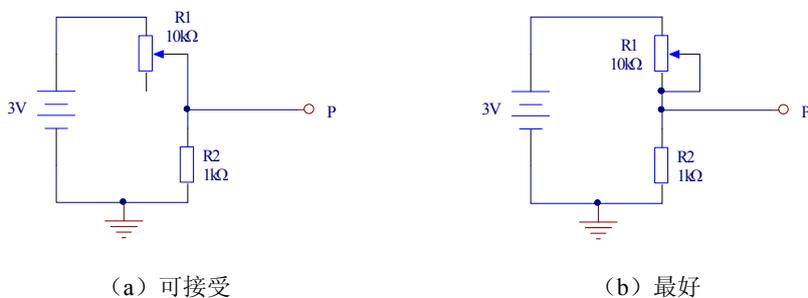
(a) 收音机上的音量调节电位器

(b) 电位器的结构、电路符号和外观

图 1-15 电位器

电位器的 A 脚与 B 脚之间的阻值即为电位器的阻值, 一般会在电位器外壳上标注。而  $R_{PA}$ 、 $R_{PB}$  的阻值随着电位器的轴的旋钮而改变, 但都不会超过电位器的阻值。

**【例 1.3】** 电位器的使用: 分析一下图 1-16 (a) 所示电路中, 电路节点 P 的电压是多少。



(a) 可接受

(b) 最好



图 1-16 电位器分压

在图 1-16 (a) 中, 电位器 R1 与电阻 R2 串联, 则根据欧姆定律很容易得到 P 点的电压为

$$V_P = IR_2 = \frac{3V}{R_1 + 1k\Omega} \times 1k\Omega \quad (1-2)$$

从式 (1-2) 中可知 P 点电压  $V_P$  取决于电位器 R1, 这说明只要我们调节电位器 R1 的轴就可以改变  $V_P$ 。

由于电位器是一个带有机械结构的电阻可变器件, 其滑片及电阻滑轨之间有可能会因为寿命或质量问题而脱离, 这会使  $R_{PA}$  和  $R_{PB}$  变为无穷大, 也就是式 (1-2) 中  $R_1 = \infty$ , 这就导致  $V_P = 0V$ 。图 1-16 (a) 电路 P 点之后如果还有其他电路, 则无法正常工作。为了在电位器出现故障时降低灾难程度, 可以按图 1-16 (b) 那样把 P 脚与电位器的任意一端相连, 这样不但可使电位器发挥相同作用, 还可保证当滑片与电阻滑轨脱离时, 电位器的接入电阻与其标称阻值相同, 电路不至出现太大的异常。

电位器和普通电阻一样, 除了有阻值参数外, 还有功率和种类之分。常用的电位器有转轴式 (rotary) 和微调 (trimmer) 两种, 其中各自又有一些不同类型的电位器, 如图 1-17 所示。绕线电位器 (图 1-17) 一般在大功率的场合中使用, 如果没有考虑好而冒然使用了额定功率小于实际功率的电位器, 那电位器也会像电阻那样被烧毁。



图 1-17 常见电位器外观

在电路设计中, 如果电位器需要用户在使用中参与调整的, 如收音机中的音量调节, 则可用转轴式电位器, 并把这些电位器设计在面板上, 便可随时调节; 如果只是在电路调试时对某些电路参数调整时使用, 则可选择微调电位器, 这些电位器大都直接焊接在电路板上, 使用小号的一字或十字螺丝刀进行调节, 电路调试完毕后一般不用再去动它。



### 数字电位器



由于传统电位器机械结构的寿命和质量问题，使得这种电子器件正在走下坡路，取而代之的是数字电位器。数字电位器彻底颠覆了传统电位器的结构，使用的是电子控制来实现阻值的改变。图 1-18 是 X9313 型数字电位器的外观和结构框图，只要在步进控制端（1 引脚）输入脉冲，就能改变“滑片” P 的位置（滑片在器件中不存在，而由一些电路结构取代），实现阻值的连续可调。

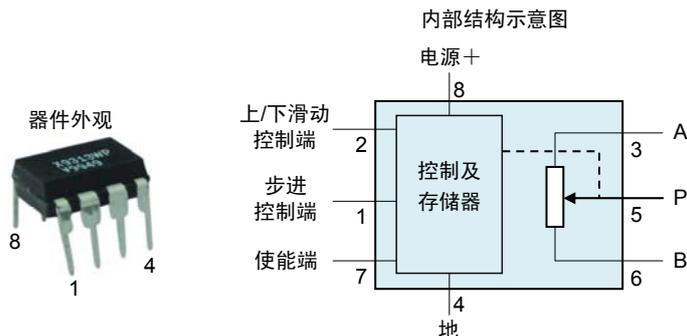


图 1-18 数字电位器

### 1.1.5 开关

开关（switch，电路符号 、）是一种允许电流通过或阻止电流通过的器件。

开关是我们非常熟悉的电子元器件之一，它随处可见。比如每天晚上打开电灯时接触到开关；打开计算机的电源时也会接触到开关；就连开/关电冰箱的门时都会“碰到”开关。开关的种类非常多，在学习设计电路阶段，先了解图 1-19 所示的几种常用开关即可。每种开关底部都有引脚与电路符号对应，使用时将开关的引脚接到电路中即可。



图 1-19 常用开关

图 1-19 中所示的乒乓开关（toggle switch，电路符号 ）有一个小拨杆，通过拨动它来控制通或断。乒乓开关一般有三个管脚（1、2、3），其中管脚 2 与小拨杆联动的内部接触片相连，如图 1-20 所示，一些乒乓开关的小拨杆可以被拨动停留在左、中、右三个位置上。当小拨杆向右拨动时，开关内部接触片接通引脚 1，此时引脚 2 与引脚 1 导通（）；当小拨杆向左拨动时，接触片接触引脚 3，此时引脚 2 与引脚 3 导通（）；当小拨杆



在中间位置时，接触片悬空，此时引脚 2 与引脚 1、3 都断开（）。

乒乓开关小拨杆被一个螺纹筒包围着，这个螺纹筒可穿过仪器（表）的面板，用螺母和垫圈就可把开关固定，如图 1-20 所示。

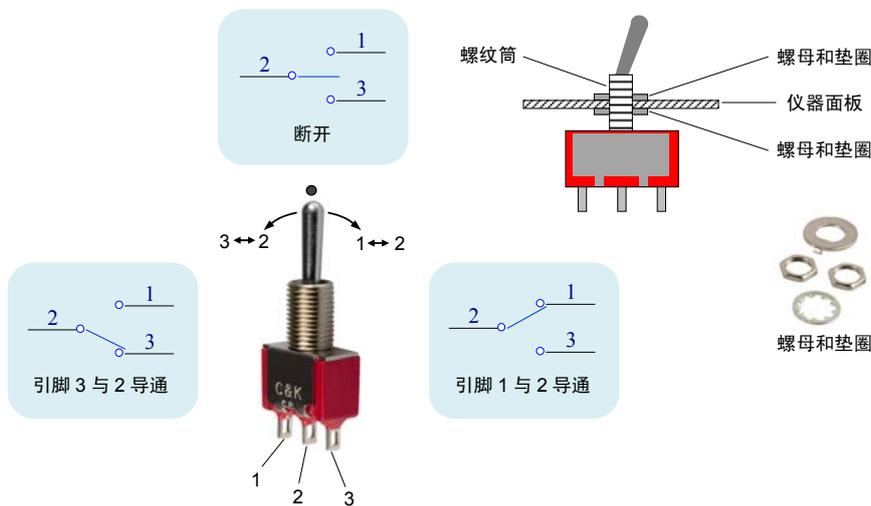


图 1-20 乒乓开关和拨动开关

图 1-19 中的拨动开关（slide switch）也有类似的结构，只是它通过一个可左右拨动的小拨片来控制通或断；船型开关（rocker switch）常常用作电源开关，它的“甲板”就是控制通或断的机构；按钮开关（pushbutton switch）则通过一个圆形或方形的按钮来实现操作。按钮开关一般有两种形式，一种是带锁按钮开关，如图 1-21 所示，这种开关按下按钮后，按钮就不起来了（闭合 ），非得再按一下按钮才回到原来的高度（断开 ），就好像开关中有把锁似的；另一种是不带锁按钮开关，按下时开关导通（），手离开按钮就会自动回到原来的高度（断开 ）。



图 1-21 带锁型按钮开关

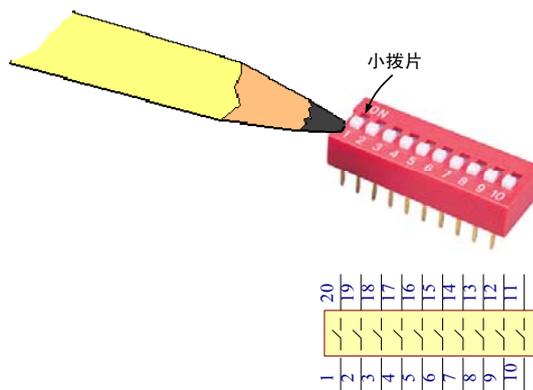


图 1-22 DIP 开关

还有一种常用的 DIP 开关，其外观和电路符号如图 1-22 所示。它由若干个微型拨动开关组成，微型拨动开关之间相互独立，在器件的两侧平行排列了这些微型拨动开关的两个



引脚。可使用笔尖来拨动这些微型拨动开关，使 DIP 开关中某些闭合、某些断开。



### 1.1.6 第一次电路分析

有了前几节的基础，就可以对图 1-1 的光控报警器电路进行简单的分析了。为了避开电路中那些还不熟悉的元器件，先将图 1-1 的一部分先拿出来重画，如图 1-23 所示。现在，电路中只有电源、开关 S1、电阻 R1、电位器 RP 和光敏电阻 R，它们之间是串联的关系。电路中干路电流  $I$  逆时针流经这些串联的器件。电位器 RP 与光敏电阻 R 的连接点标记为 P，P 点是另一部分电路的入口。

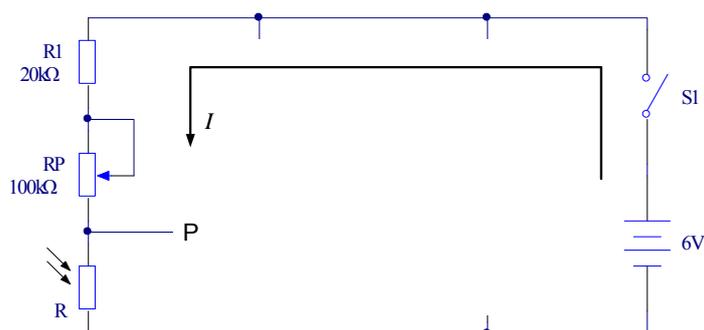


图 1-23 光控报警器电路的一部分

欧姆定律告诉我们当电流  $I$  流过电阻 R1 时，R1 分掉了一部分的电压。那它分掉了多少伏的电压呢？暂时从图 1-23 中得不到精确的值。但比较明显的一点是由于电阻 R1 的分压，使得电位器 RP 和光敏电阻 R 上的电压肯定比电源电压（6V）要小。

电阻 R1 起到了分压的作用，这种利用电阻进行分压的方法十分普遍。

图 1-23 中，电位器 RP 的滑片端与电阻滑轨一端连接在一起。这样做是很明智的，因为即使电位器的滑片与电阻滑轨接触不良，甚至脱离，也不会使整个电路开路。通过调节电位器 RP，就能使其接入电路的电阻在 0~100kΩ 之间连续变化（当然是质量很好的电位器才会严格地在这个范围里变化）。

在电路中使用电位器 RP 的目的现在也可以明确了：在电阻 R1 分压的基础上进一步分压，并且分压效果可通过调节电位器的滑片来调整。

再看看光敏电阻 R。根据前面的介绍我们知道它的电特性（电阻）随着照射到其上的光线强度的变化而改变。所以，一旦电位器 RP 调整结束，影响电路输出点 P 的电压就只有光敏电阻 R 了。

这样一来，光敏电阻 R 上光线的变化经过图 1-23 所示电路就转换成了电压的变化，后续电路只要对该电路的 P 点电压进行处理和判断，就能进行报警。此时大家会发现电路的分析其实并不是那么复杂，更有趣的话题还在后面，因为就是通过这样的分析与理解，我们最终将了解一个光控报警器是如何工作的。