

一
读
就
通

一
看
就
懂

快
速
上
手

通
俗
易
懂

Dianzi Jishu
Rumen
Yidutong

电子技术入门

一 读 通

沈长生 编著

电子技术入门一读通

沈长生 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

电子技术入门—读通/沈长生编著. —北京:人民邮电出版社, 2007. 1

ISBN 978- 7-115-14335-8

I. 电... II. 沈... III. 电子技术—基本知识 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131220 号

内 容 提 要

本书是一本电子技术入门读物。书中从电的基础知识谈起,较全面地介绍了常用电子元器件的基本知识及使用方法,晶体管、电子管的工作原理及使用方法,读电子电路图的方法,并对晶体管电路、广播接收机电路进行了通俗而细腻的分析。另外,本书还对目前比较热门的集成电路、常用传感器进行了深入浅出的介绍。同时,结合业余电子制作的特点介绍了进行电子电路实验的方法和 10 种经典电子小制作的具体制作方法。

本书的特点是:零起点、多适应、深入浅出、知识全面、要点突出,特别适合起点低的电子爱好者自学,也可作为全国少年电子技师认定活动的教材以及电子技术小组、中小学科技选修课的教材。

电子技术入门—读通

- ◆ 编 著 沈长生
责任编辑 申 苹
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787 × 1092 1/16
印张: 20.25
字数: 507 千字 2007 年 1 月第 1 版
印数: 1—6000 册 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978- 7-115-14335-8/TN · 2658

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

前 言

电子技术是一门实用的技术，应用十分广泛，大到载人飞船的自动控制，小到青少年进行的电子制作都要用到电子技术。

电子技术又是一门实践性很强的技术，掌握起来有一定的难度，要想学好电子技术必须理论联系实际。

爱好电子技术的青少年朋友，希望尽快掌握电子技术基础知识和基本操作技能，但他们普遍感到入门难。为了帮助广大初学者解决入门难的问题，笔者根据 40 多年从事电子技术科普工作的实践经验精心编写了此书，为广大初学者提供一本通俗易懂、快速上手的电子技术自学教材。

本书在编写时力图做到零起点、多适应、通俗易懂、要点突出，避开烦琐的数学公式和难度较大的基础理论，而多运用通俗的解释和比喻来说明各知识点，力争使起点低的初学者一看就懂，一读就通。另外，本书将理论(入门的基础知识)和实践(电子制作的方法和经典电路)统一起来，读者可以用理论指导实践，再通过实践加深对理论知识的理解，全面而深入地掌握电子技术基础知识。

由于编写时间紧和作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者多提宝贵意见，以便摸索出一条帮助初学者轻松入门的“捷径”。

编 者

目 录

第一章 电的基础知识	1
第一节 电的起源	1
第二节 “电学三兄弟”——电流、电压与电阻	3
第三节 电路和电路图	8
第四节 什么是欧姆定律	12
第五节 电功与电功率	14
第六节 密不可分的电和磁	16
第七节 交流电的基本知识	22
第八节 日常生活安全用电	24
第九节 万用表的使用方法	30
第二章 常用电子元器件及其使用	40
第一节 电阻器	40
第二节 电容器	46
第三节 电感器	52
第四节 变压器	56
第五节 电声器件	59
第六节 导线及插接元件	63
第七节 电源	75
第三章 晶体管、电子管及其使用	77
第一节 半导体的奇妙特性	77
第二节 晶体二极管	78
第三节 晶体三极管及其放大原理	81
第四节 常用特殊晶体管	88
第五节 电子管	97
第四章 怎样看电子电路图	105
第一节 电路图的几种类型	105
第二节 怎样看电子电路图	108
第三节 看电路图的经验和应注意的问题	110
第四节 如何看印制电路板图	111
第五节 电子电路中常用的文字符号及数值读法	112
第五章 常用晶体管电路分析	117
第一节 交流电路的基本知识	117

第二节	晶体管放大电路	127
第三节	整流与滤波电路	134
第四节	稳压电源电路	137
第五节	晶体管振荡电路	144
第六章	广播接收机电路分析	150
第一节	无线电波的发射与接收	150
第二节	直放式收音机(A901)电路	157
第三节	超外差式收音机电路	161
第四节	调频收音机电路	176
第七章	集成电路及其使用	192
第一节	集成电路简介	192
第二节	模拟集成电路	195
第三节	数字集成电路	207
第四节	使用集成电路的注意事项	222
第五节	555 时基集成电路	231
第八章	常用传感器及其使用	235
第一节	光传感器	235
第二节	声音传感器	245
第三节	温度传感器	248
第四节	磁传感器	254
第五节	湿度传感器	259
第六节	气体传感器	262
第七节	热释电传感器	267
第八节	力学传感器	270
第九章	怎样进行电子电路实验	274
第一节	怎样使用电烙铁	274
第二节	怎样做好焊接工作	276
第三节	怎样设计制作印制电路板	283
第四节	怎样使用电子制作中的常用工具	286
第十章	几款经典的电子小制作	290
第一节	多谐振荡器	290
第二节	光控变音器	292
第三节	音乐门铃	294
第四节	调频无线话筒	295

第五节	高性能稳压电源	296
第六节	变色发光管循环灯	298
第七节	多用途控制器	300
第八节	晶闸管调光灯	302
第九节	小功率集成电路放大器	303
第十节	八路数字集成电路抢答器	305
附录		308
附录 A	常用电气图用图形符号及文字符号	308
附录 B	部分新旧电气图形符号对照	314
参考文献		316

第一章 电的基础知识

电是大家非常熟悉的现象，比如雨天空中的闪电；干燥的冬天，脱下衣服时听到的劈劈啪啪的打火声，都是电的现象。

电也是人们日常生活、生产中不可缺少的。夜晚，电点燃了电灯，发出了明亮的光辉；在电视机的荧光屏上，电把绚丽多彩的画面展现在我们面前；在钢铁厂里，电流通过炼钢炉发出极高的热量；在航天科学中，是电操纵着神舟号飞船在太空中遨游，并准确地返回到预定地点……说到电的现象、电的用途恐怕大家都能说上几十条、几百条，甚至更多。

“电”到底是什么？它是怎样得来的呢？下面就让我们来揭开“电”的奥秘。

第一节 电 的 起 源

一、从摩擦起电谈起

用梳子梳理干燥的头发时，常常会听到劈劈啪啪的响声，如果在黑暗中，还会看到一些细小的火花。你也许不会想到，这些小小的火花却是雨夜闪电的“姊妹”，那种勉强才能听到的劈啪声，正是隆隆雷声的“亲戚”。你也许做过实验，把这把梳子拿到一小撮纸屑旁，纸屑就会被梳子吸起来。

公元前 600 年左右，古希腊正处在文化昌盛时期，妇女出门都喜欢穿柔软的丝绸衣服，胸前佩戴着琥珀做的首饰。琥珀是一种树脂化石，把它磨光，就呈现出黄色或红色的鲜艳光泽。人们总是想把琥珀首饰擦拭得干净漂亮。可是不管擦得多么洁净，很快它就会吸上一层灰尘，让人感到不可思议。当时，希腊有个叫塞利斯的人，在研究这个神奇的现象时注意到挂在颈项上的琥珀不断晃动，频繁地摩擦绸子衣服，他猜想这里面一定有奥秘。后来，他发现用丝绸摩擦过的琥珀能够吸引绒毛、麦秆和一些别的小东西（图 1-1），于是就把这种不可理解的力量叫做“电”。

可以给电下一个定义：即物体有了吸引轻小物体的性质，就说它带了电，或者说带了电荷。

公元前 1 世纪末，即我国西汉年间，有人发现玳瑁经过摩擦可以吸引细小的物体。公元 3 年，又有人发现金属矛尖端的放电现象。古书上称以上这两种现象为“玳瑁拾芥”、“矛端生火”。

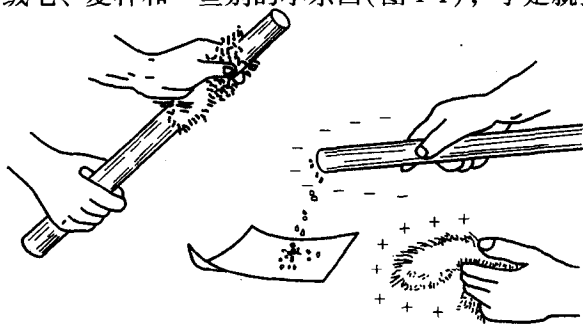


图 1-1 摩擦起电

自古希腊人第一次发现电以后的 2000 年中，人们对电的研究一直没有新的进展。直到 1600 年左右，英国女皇的侍医吉尔伯对摩擦起电现象做了实验，进一步证实除琥珀外，还有硫磺、树脂、玻璃、水晶、金刚石等，摩擦之后也能吸引又轻又小的物体，于是摩擦就被公认为物体带电的原因。距今 200 多年以前，美国著名科学家富兰克林经过实验研究又进一步指出，经过摩擦的物体所带的电有两种，分别称作正电和负电。玻璃、宝石和丝绸摩擦时，在玻璃、宝石上呈现的电叫正电；而胶木、琥珀和毛皮摩擦后呈现在胶木、琥珀上的电称为负电。

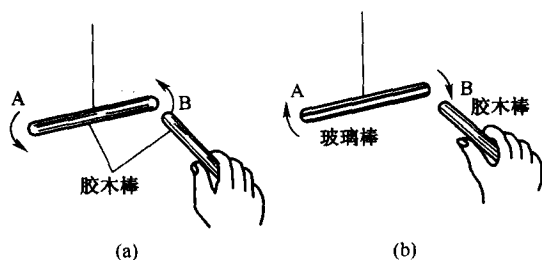


图 1-2 电的相互作用

有趣的是，带有正电的物体，能把另外一种带有正电的物体推开[图 1-2(a)]；相反，它又能吸引带负电的物体[图 1-2(b)]。

于是，人们总结出电的一个重要特性：**同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。**

电荷的多少叫做电荷量，单位是库仑，简称库，符号是 C。电子是带有最小负电荷的粒子，其电荷量为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ，并把它称作元电荷，常用符号 e 来表示。一根摩擦过的橡胶棒上所带的电荷量，大约是 10^{-7}C ，一片带电的云上所带的电荷量，有几十库。

二、摩擦起电的原因

为什么摩擦能起电呢？这要从物质本身的结构谈起。

1. 原子结构

我们的周围是一个物质的世界。人们吃的、用的、住的、穿的都是由物质组成的。一切物质又都是由分子、原子构成的。例如，水是由水分子构成的，水分子又是由两个氢原子和一个氧原子构成的。

原子虽然极其微小，其结构却非常复杂，读者暂时可以不去探讨原子的细微结构，而仅需要了解和掌握：每一种原子都包含一个处在中心的原子核，在核外面是沿一定轨道围绕原子核做高速旋转运动的若干电子，就好像地球和行星围绕太阳旋转一样(图 1-3)。原子的直径只有 10^{-9}cm ，也就是在 1cm 长度上可以排下一亿个原子，而原子核的直径只相当于原子直径的几万分之一。如果把原子核放大，看作直径 1cm 的小球，那么，离原子核最近的电子轨道的半径也有 50m 长！可以说，在原子内部，许多电子在沿着各自的轨道围绕原子核旋转，这一现象仿佛是广漠宇宙的缩影。

2. 电荷是怎样产生的

一切原子的原子核都带电，而且带的是同种电——正电荷。至于环绕原子核旋转的电子也都带有同种的电——负电荷。一切电子的大小、质量和电荷都是完全一样的。

不同的化学元素，原子的结构也不同。首先，各元素的原子核在大小、质量和电荷数量上都不一样。其次，环绕原子核旋转的电子数目也不相同。最简单的原子要数氢原子了，它由具有一个正电荷的原子核和一个环绕核运动的带负电的电子组成。氧原子则比较复杂，其原子核内有八个正电荷，外围有八个电子沿着不同轨道环绕着核运动，如图 1-4 所示。

是什么力量把电子束缚在原子里面呢？为什么它们要环绕着原子核运动，而不会从原

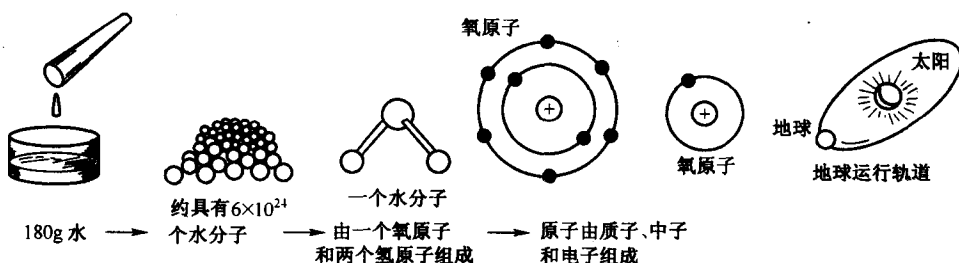


图 1-3 原子的构成

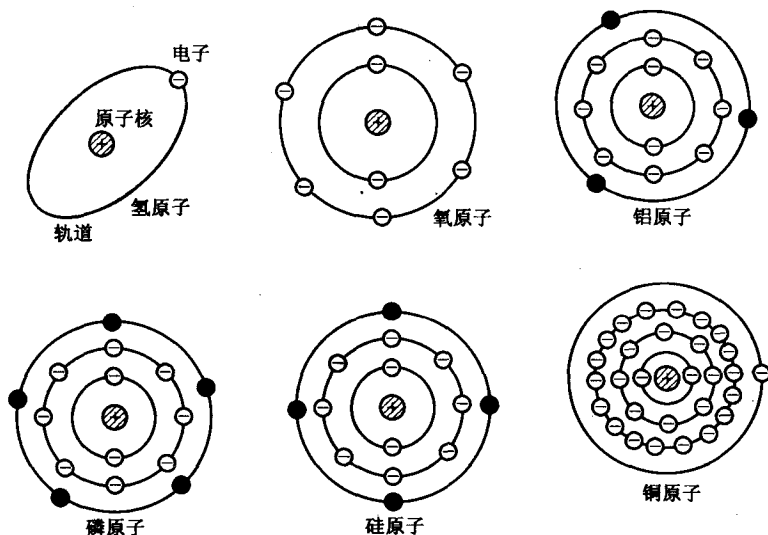


图 1-4 几种原子的结构示意图

子中飞逸出去呢？这是因为带正电的原子核与带负电的电子之间有电的吸引力在作用着。

在通常情况下，原子是中性的，因此，由原子组成的物质也呈中性。而当两个物体相互摩擦时，由于不同物质的原子核束缚电子的本领不同，哪个物体的原子核束缚电子的本领弱，它的一些电子就会转移到另一个物体上，失去电子的物体因缺少电子而带正电，得到电子的物体因为有了多余电子而带等量的负电。这些带有电荷的物体，叫做带电体。它们所带的电荷是静止不动的，所以称为静电。

可见，摩擦起电并不是创造了电荷，只是电荷从一个物体转移到另一个物体，使正、负电荷分开。

第二节 “电学三兄弟” —— 电流、电压与电阻

一、电流

1. 电流是怎样形成的

原子是构成万物的基础，90 多种化学元素的原子，构成了地球上形形色色的物质。最

简单的原子是氢原子,它只有1个电子;而铜的原子却有29个电子(图1-4),它们分布在四层轨道上。像铜这类金属元素的原子,最外层轨道上的电子,距离原子核较远,很容易从轨道上挣脱出来成为自由电子。所以,在金属导体中存在着大量的自由电子。例如,每 1cm^3 的铜中,包含着 $6 \times 100 \text{万} \times 100 \text{万} \times 100 \text{万} \times 100 \text{万个}$ 自由电子。这些自由电子不再受原子的束缚,在金属导体内做着紊乱的没有规则的运动(图1-5),称为热运动。

当把金属导体和一个干电池(像干电池这样能够提供持续电流的装置,叫做电源。电源有两个极,一个正极,一个负极,电源的作用是用化学的方法在电源内部不断地使正极聚集正电荷,负极聚集负电荷)接成闭合电路时(理论上的说法,实际实验时导体应有足够的长度,或接通时间要极短,否则会损坏干电池),导体中的自由电子(负电荷)就会受到电池负极的排斥和电池正极的吸引,驱使它们朝着电池正极运动,如图1-6所示。自由电子这种有秩序的运动,就形成了金属导体中的电流。

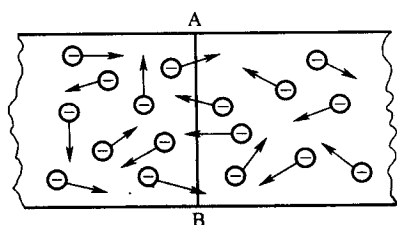


图 1-5 金属中自由电子的热运动

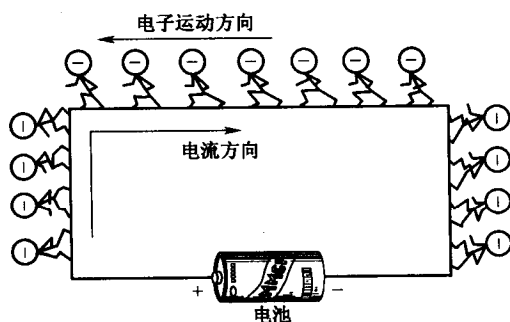


图 1-6 电流的形成

可以给电流下一个定义:即**电荷的定向移动形成电流**。电流用英文字母 I 表示。

在电子学中,把电子这类能够运载电荷的粒子,又称为载流子。

2. 电流的方向

通过导体的电流好比管道中的水流一样,具有一定的方向。照理说电流的方向与电子流动的方向应该是一致的,可是人们长期以来沿用的电流方向却恰好与此相反,如图1-7所示。这是因为从前人们对电流缺乏本质的认识,认为电流总是从电源的正极流向负极的。后来人们了解了物质的电结构,发觉这种电流方向与电子流动的实际方向刚好相反,只是由于已经习惯于长期沿用的概念,因此人为地确认了电流的正方向:在电源外部,电流的方向是从电源的正极流向负极。

3. 电流的单位

流过管道的水流大小,可以用单位时间内通过管道任一横截面上的水量表示。流过导体的电流大小也用单位时间(用字母 t 表示)内通过导体任一横截面的电荷量(用字母 Q 表示)来计量,称为电流(用字母 I 表示),即

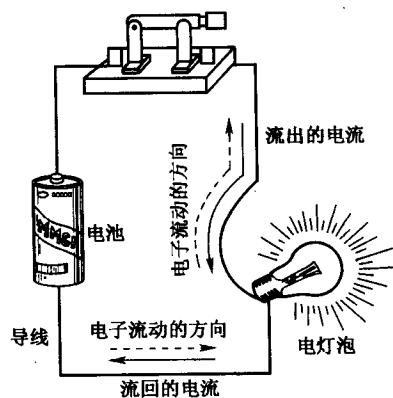


图 1-7 电流的方向

$$I = \frac{Q}{t}$$

在导体中，每单位时间内通过导体任一横截面的电荷量越多，电流就越大。国际上统一规定，在1秒(s)内通过导体横截面上的电荷量为1C，则电流为1安培(简称安,用字母A表示)，即

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

这就是说，如果有1A电流通过导体，则在1s内就会有 $6.242 \times 100 \text{ 万} \times 100 \text{ 万} \times 100 \text{ 万}$ (6.242×10^{18}) 个电子通过导体的横截面。在电子技术中，电路中的电流往往比1A小得多，常采用毫安(mA)和微安(μA)来度量，它们的进位关系是：

$$1\text{A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

从以上进位关系中，可以看出，毫(如毫安)和基本单位(如安)之间的进位为1000，而微(如微安)和基本单位(如安)之间的进位为100万。这种进位关系在以后的各种物理量中都是一样的规律。为了更好地掌握这种进位规律可参考表1-1。

表 1-1

国际单位制的词头

因 数	词 头 名 称		符 号
	英文	中文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y
10^{21}	zetta	泽[它]	Z
10^{18}	exa	艾[可萨]	E
10^{15}	peta	拍[它]	P
10^{12}	tera	太[拉]	T
10^9	giga	吉[伽]	G
10^6	mega	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	deca	十	da
10^{-1}	deci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^{-18}	atto	阿[托]	a
10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^{-24}	yocto	幺[科托]	y

二、电压

1. 电位差与水位差

俗话说：“千条江河归大海”，这是因为江河上游的水位比下游水位高。长江和黄河都是从青藏高原滚滚东流，汹涌澎湃地归入大海。我们在分析电路里的电流时，常常拿它与水流的现象相比拟。例如有 A、B 两个水槽（图 1-8），水槽之间用管子连通，如果两个水槽中的水面一样高，水管中就不会有水的流动。只有当两个水槽的水位一个高一个低时，水才会从水位高的水槽通过管子流向水位低的水槽。这就是说，有了水位差，就有了使水流动的压力，所以水位差也叫水压。水压越大，水流就越急。

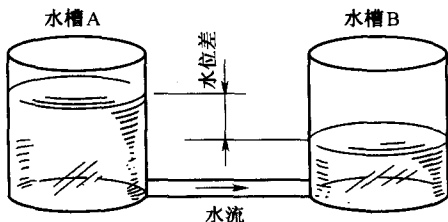


图 1-8 水位差产生水流

同样，为了产生电流也需要有电位差。当一段电路的两端有了电位差，电流就会从高电位点流向低电位点，这两点之间就像有一种推动电荷流动的“压力”一样，这种压力叫做电压。也许有人会问：“高电位和低电位是按照什么标准来规定的呢？”其实，电位的高低是一个相对的数值，是与一个参考电位相比较所得的结果。这正如人们说一座山的高度是海拔多少米时，是把海平面的高度作为零来衡量的一样。为了比较电路中各点电位的高低，也要规定一个参考点作为零电位点。在实际工作中常取大地作为零电位点，在电路图中以符号“ $\equiv$ ”或“ $\perp$ ”表示。电路中某一点与零电位点之间的电位差（电压），也就是这一点的电位，比零电位点高的是正电位，比零电位点低的是负电位。

2. 电压的单位

电压用字母 U 来表示，电压的基本单位是伏特，简称伏，用 V 来表示。电压很高时，常用千伏(kV)作单位，电压很低时，则用毫伏(mV)或微伏(μV)作单位。它们之间的换算关系是：

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{mV} = 1/1000\text{V}$$

$$1\mu\text{V} = 1/1000000\text{V}$$

再来看一下电压与电位的关系：以一节干电池（图 1-9）为例，电池两端的电压是 1.5V，是指电池正极的电位 V_A 与负极的电位 V_B 之差， $V_A - V_B = 1.5\text{V}$ 。在电子电路中，常将负极接地（或公共参考点），接地点作为零电位点，这时负极的电位 $V_B = 0$ ，正极的电位 $V_A = 1.5\text{V}$ 。正极与负极之间的电位差（电压）正好是 1.5V。零电位点原则上可以任意选定，零电位点不同，各点的电位数值也就不一样，但任意两点之间的电位差却不会改变。

不是带正电的物体都具有高电位，带负电的物体都具有低电位。图 1-10(b)中的 A、B 两个物体都带正电，虽然它们的电位都比大地的高，但 A 的电位比 B 的更高，所以在 A、B 之间接通负载，电流就从 A 流向 B。同样，图 1-10(c)中的两个物体 A、B 都带负电，虽然它们的电位都比大地要低，但 B 的电位比 A 的更低，所以，如果 A、B 之间接通负载，仍然有电流从 A 向 B 流动。

三、电阻

1. 什么是电阻

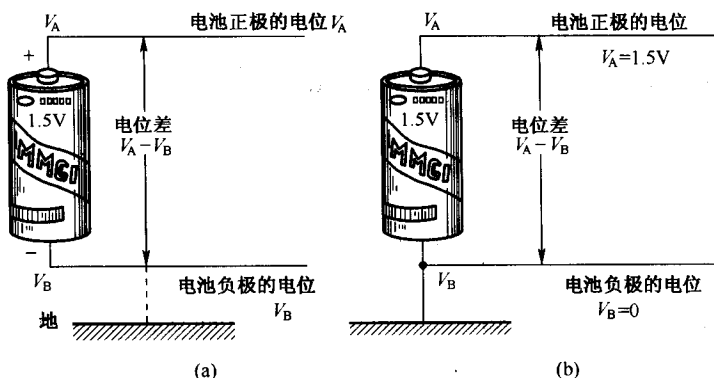


图 1-9 电压与电位的关系示例

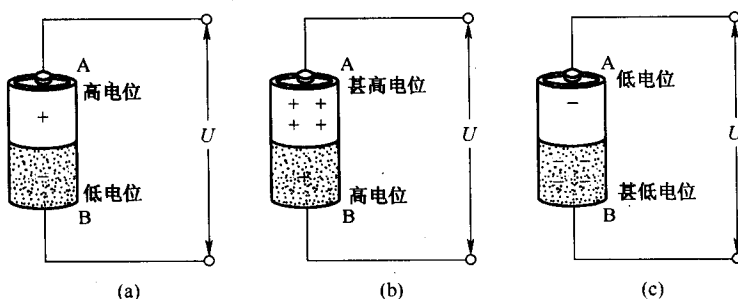


图 1-10 电位高低与带正电或负电无关

上面已经介绍过，在一段电路的两端加上电压，就会产生电流，而电流流过这段电路时，不可避免地会遇到电阻。显然，如果电压不变，电路的电阻越大，电流就越小。物体对电流的阻碍作用叫做电阻。

2. 电阻的单位

电阻用符号 R 来表示，其基本单位是欧姆，简称欧，用希腊字母 Ω 表示。 1Ω 有多大呢？如果在导体两端加上 $1V$ 电压，流过导体的电流为 $1A$ ，导体的电阻就是 1Ω ，如图 1-11 所示。

在电子电路中使用着各种阻值的电阻器，它们常用较大的单位千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 来计量，即

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

$$1M\Omega = 1000k\Omega$$

3. 决定电阻大小的因素

(1) 导体、绝缘体和半导体

容易导电的物体叫做导体，金属、石墨、人体，以及酸、碱、盐的水溶液等都是导体。不容易导电的物体叫做绝缘体，橡胶、陶瓷、常温下的玻璃、塑料、胶木、云母、干燥的木头等都是绝缘体。

除了导体和绝缘体之外，还有一类物质，它们既不能像导体那样很好地传导电流，又不能像绝缘体那样可靠地隔断电流，也即它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，这类物

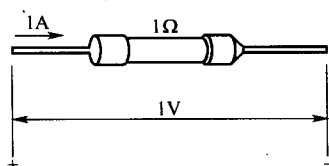


图 1-11 1Ω 电阻的确定

质叫做半导体，如锗、硅、硒等。

(2) 决定电阻大小的三要素

导体的电阻大小决定于导体的材料、长度和截面积。

用一个公式表示就是：

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中， R 表示电阻值的大小； ρ 是电阻率，表示材料导电性能的好坏，单位为 $\Omega \cdot m$ ； L 为导体的长度； S 为导体的截面积。

同种导体长度(L)越长，阻力越大；截面积(S)越大(即越粗)，阻力越小。同样长短和粗细的不同导体，其电阻大小决定于它们的电阻率(ρ)。表 1-2 列出了常用导体的电阻率。

表 1-2 常用导体的电阻率

导 体	电阻率/ $\Omega \cdot m$	导 体	电阻率/ $\Omega \cdot m$
银	1.62×10^{-8}	锡	11.4×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}	铁	10.0×10^{-8}
铝	2.83×10^{-8}	铅	21.9×10^{-8}
金	2.4×10^{-8}	汞	95.8×10^{-8}
钨	5.51×10^{-8}	碳	3500×10^{-8}

(3) 电阻也会随温度变化

任何一种物体的电阻都会随温度的变化而发生变化。对于金属来说，温度每升高 1°C ，电阻大约增加 0.5%。例如，电炉的镍铬合金线和白炽灯的钨丝，在工作时温度很高，所以在冷态时测出的电阻值，比热态时所测得的电阻值要低得多。许多半导体材料，当温度升高时，电阻反而明显减小。半导体对温度变化十分敏感的特性，往往成为晶体二极管和晶体三极管工作不稳定的主要因素。

通常情况下，电路两端有了电压，电路中就会产生电流，电流在流动时就一定会遇到导体的阻力，所以电压、电流、电阻是密不可分的。因此，人们往往把它们比喻为“电学三兄弟”。

第三节 电路和电路图

一、什么是电路

图 1-12 画出的是大家比较熟悉的手电筒的电路结构：它有一个电灯泡，通过金属导体和开关与干电池相连接。把开关闭合，灯泡有电流通过就会发光，把开关断开，灯泡便熄灭。这种把电源(电池)、用电器(电灯泡)、开关用导线连接起来组成的电流的路径叫做电路。

二、电路的三种状态——通路、断路和短路

1. 通路

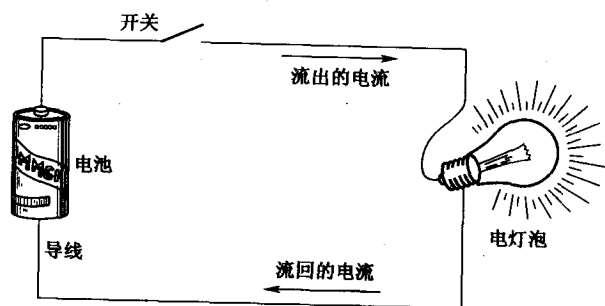


图 1-12 手电筒的电路

正常接通的电路叫做通路，如图 1-13(a) 所示。即电流可以从电源正极经过导线、开关、用电器回到电源负极。

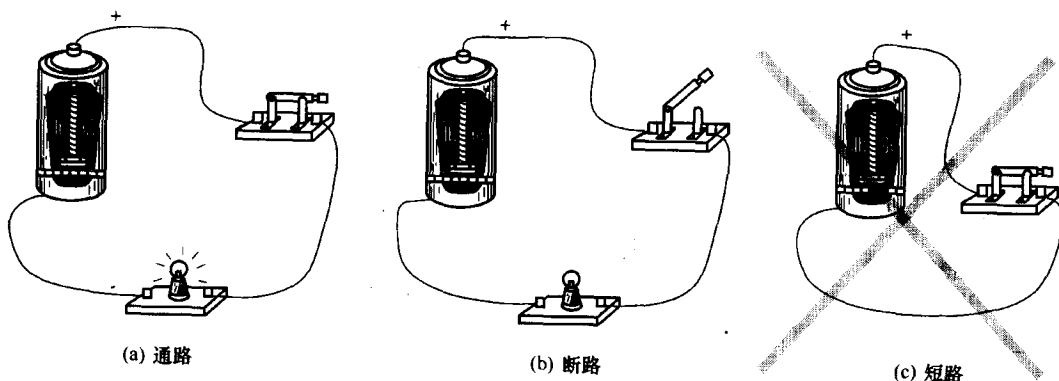


图 1-13 电路的三种状态

2. 断路(又称开路)

断开的电路叫做断路，如图 1-13(b) 所示。即电路中某处断开了。例如：断开开关、导线折断、用电器因故障断开等原因都会造成断路。

3. 短路

电源(或用电器)直接被导线连通的电路叫做短路，如图 1-13(c) 所示。如干电池的正、负极直接被导线(或金属)连通就会造成短路。

三、什么是电路图

图 1-12 的手电筒电路，是按照实物画出的，它很直观，使人一目了然。可是实际的电子电路往往是由成百上千个元器件组成的，对于这些复杂的电路，如果要一个个画出每个元器件的外形，就会相当烦琐，而且也会占用很大篇幅，使人看得眼花缭乱。因此在电气工程中就采用了国家规定的元器件图形符号(图 1-14 列出了几种元器件的图形符号及实物)来绘制电路的连接情况，如图 1-12 所示的手电筒电路就可以画成图 1-15 所示的形式。用图形符号表示电路连接的图叫做电路图。

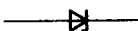
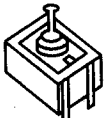
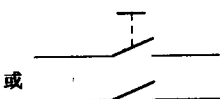
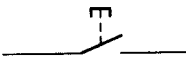
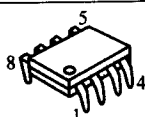
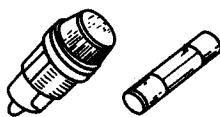
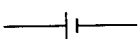
元器件名称	外形图	电路图形符号	文字符号
硅稳压二极管 (术语为单向击穿二极管)			VD
光敏电阻			R
喇叭 (术语为扬声器)			BL
耳机 (术语为受话器)			BE
蜂鸣器			HA
手动操作开关或 普通开关		或 	S
按钮开关			SB
灯泡			H
集成电路			IC
熔断器			FU
电池			GB

图 1-14 几种元器件的图形符号