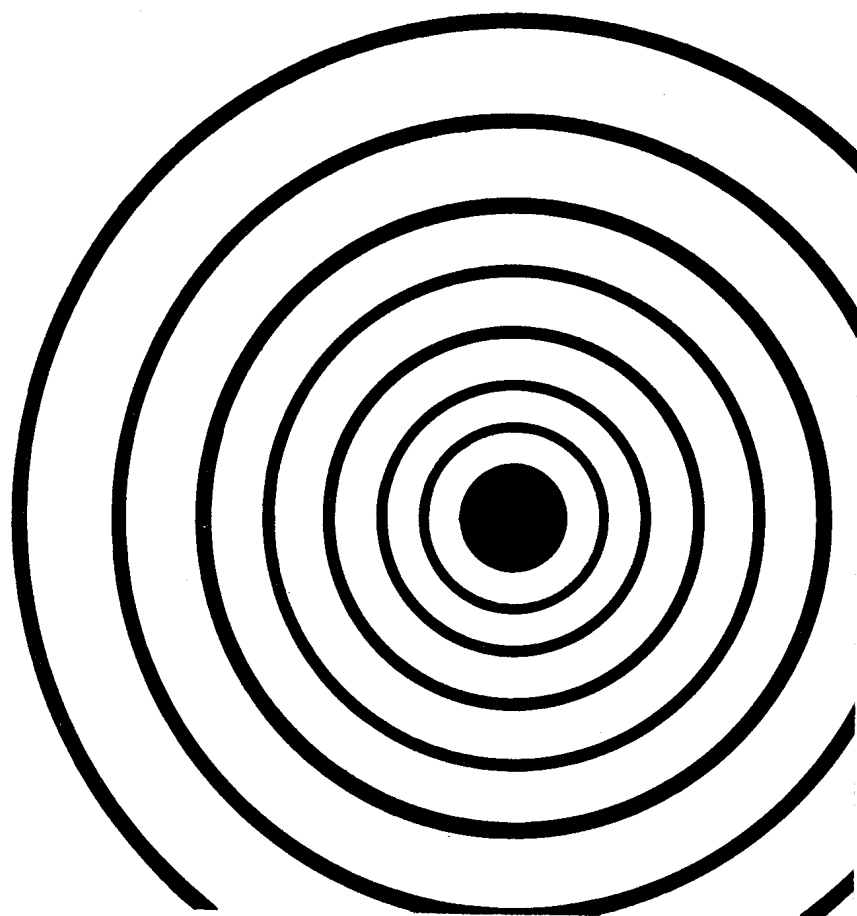




就业训练统编教材



无线电修理

劳动人事出版社

无 线 电 修 理

劳动人事部培训就业局组织编写

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 20.75印张 515千字

1987年5月北京第1版 1987年5月北京第1次印刷

ISBN 7-5045-0005-4/TN·001 统一书号: 15238·216

印数: 1—65,200册 定价3.30元

本书是由劳动人事部培训就业局组织编写，供就业训练一年制无线电修理专业使用的统编教材。

本书介绍了电工知识和无线电元器件基础知识，并理论结合实际地对调幅和调频收音机、盒式录音机、黑白和彩色电视机及其集成电路等的工作原理，各级组成线路及其元器件的作用与效能，以及对各种机型的故障检查、判别和修理作了较全面较系统的介绍。此外书中还列举了120多个无线电修理实例，有利于学以致用。

本教材可供职业学校、在职培训及无线电爱好者自学使用。

本书由吴德鉴编写；龙杰民审稿；董保申编辑加工。

前 言

根据“先培训、后就业”的原则，全面开展就业训练工作，是贯彻“在国家统筹规划和指导下，实行劳动部门介绍就业、自愿组织起来就业和自谋职业相结合”的就业方针和提高职工素质的一项重要措施。为解决就业训练所需要的教材，使就业训练工作逐步走向规范化，我局于今年七月委托部分省、市劳动人事部门（劳动服务公司），分别组织编写适合初中毕业以上文化程度青年使用的、分半年与一年两种学制的教材。

第一批组织编写的就业训练教材有：烹饪、食品糕点、宾馆服务、商业营业、理发、公共交通客运、土木建筑、服装、钟表眼镜修理、无线电修理、家用电器修理、机械加工、纺织、丝织、幼儿保教、财会等十六个专业及职业道德、就业指导、法律常识三门公用教材。其他专业的就业训练教材，将分期分批地组织编写。这套教材，培训其他人员亦可使用。

这次组织编写的教材，是按照党和国家有关的教育方针政策，本着改革的精神进行的，力求把需要就业的人员培养成为有良好职业道德有一定专业知识和生产技能的劳动者，突出操作技能的培训，以加强动手能力和处理实际问题的能力。

就业训练工作是一项新工作，参加编写这套教材的有关同志克服了重重困难，完成了教材的编写任务，对于他们的辛勤劳动表示由衷的感谢。由于编写时间仓促和缺乏经验，这套教材尚有许多不足之处，请各地有关同志在使用过程中，注意听取、汇集各方面的反映与意见，并及时告诉我们，以便再版时补充、修订，使其日趋完善。

劳动人事部培训就业局

一九八六年八月

目 录

第一章 电工知识

§1-1 电的性质	1
§1-2 直流电路	3
§1-3 磁场与电磁感应	12
§1-4 交流电	16
§1-5 焊接技术	25
§1-6 万用表使用方法	26

习 题

第二章 无线电元器件基础知识

§2-1 电阻器	30
§2-2 电容器	35
§2-3 线 圈	39
§2-4 变压器	43
§2-5 晶体管	48
§2-6 电子管	62
§2-7 电声器件	66

习 题

第三章 超外差式调幅、调频收音机与盒式录音机线路分析与检修

§3-1 调幅波收音机整机电路分析	73
§3-2 调频波收音机整机电路分析	86
§3-3 怎样检修收音机的故障	96
§3-4 盒式录音机线路分析与检修	103

习 题

第四章 黑白电视机线路原理分析

§4-1 总 则	121
§4-2 天线输入电路	122
§4-3 高频头电路	125
§4-4 图象中频放大电路	129
§4-5 视频检波电路和视频放大电路	131
§4-6 伴音通道	136
§4-7 自动增益控制电路	143
§4-8 同步分离电路	146
§4-9 场扫描电路	150
§4-10 行扫描电路	160

§4-11 稳压电源电路	172
习 题	
第五章 分立元件组装的黑白机故障检修	
§5-1 总则	178
§5-2 稳压电源电路故障的检修	180
§5-3 行扫描电路故障的检修	184
§5-4 场扫描电路故障的检修	191
§5-5 视频放大电路故障的检修	196
§5-6 伴音电路故障的检修	200
§5-7 高频头、通道部分、视频检波、预视放、消噪电路、AGC电路 (故障的检修)	203
§5-8 行扭故障的检修	206
§5-9 不同步故障的检修	209
§5-10 自激故障的检修	212
第六章 集成电路电视机工作原理与检修	
§6-1 集成电路HA1144及其外围电路分析与检修	215
§6-2 集成电路HA1167及其外围电路分析与检修	219
§6-3 集成电路KC583及其外围电路分析与检修	223
§6-4 集成电路KC581及其外围电路分析与检修	228
§6-5 集成电路HA1166及其外围电路分析与检修	233
§6-6 集成电路KC582及其外围电路分析与检修	237
§6-7 集成电路 μ PC1366及其外围元件分析与检修	240
§6-8 集成电路 μ PC1353及其外围元件分析与检修	245
§6-9 集成电路 μ PC1031及其外围电路分析与检修	249
§6-10 集成电路TA7611及其外围电路分析与检修	253
§6-11 集成电路TA7176及其外围电路分析与检修	256
§6-12 集成电路TA7609及其外围元件分析与检修	259
第七章 彩色电视机线路分析与检修	
§7-1 概述	264
§7-2 彩色电视信号的编码问题	264
§7-3 彩色电视信号的解码电路	269
§7-4 分立元件解码电路工作原理	272
§7-5 分立元件解码器故障的检修	293
§7-6 集成电路TA7193AP解码器工作原理与检修	301
§7-7 彩色电视机节目选择器	314
§7-8 彩色电视机开关电源电路分析与检修	317
§7-9 彩色电视机开关电源的检修	320
习 题	

第一章 电 工 知 识

§1-1 电 的 性 质

在公元前600年，希腊人塞利斯用毛皮摩擦琥珀，发现琥珀能吸引纸屑和一些轻微的东西，便说琥珀中存在一种特殊的神力，就把它叫做“电”。后来又发现玻璃、胶水、丝绸和许多别的物质，也都具有和琥珀同样的性质。于是，人们就把用毛皮擦过的琥珀所具有的这种特性叫做“带电”。

到1747年，美国科学家富兰克林把用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电，把用毛皮擦过的胶木棒所带的电叫做负电。实践证明，所有其它的物体，无论用什么方法起电，所带的电不是和上述玻璃棒上的电(正电)一样，便是和上述胶木棒上的电(负电)相同。所以说，在自然界里只存在着正、负两种电。

人们在实验当中，发现用带正电的物体，能把其中任何一种带有同种电的物体推开，相反的它又能吸引带有负电的物体。从而人们便总结出电的一个重要特性，就是同性电相斥、异性电相吸的特性。

一、物质的结构

宇宙间所有的物体，都是由各种物质所组成，物质都是由若干分子所组成，分子是物质保持化学性质不变的最小单元。若把分子再分割，就失去了它原有的特性，变成更小的颗粒叫原子。原子是极其微小的，但它并不是物质最小微粒。每一种原子都包含着一个处在中心带正电荷的原子核和在原子核外层沿着一定轨道围绕着原子核作高速运转带负电荷的电子，就好像地球和行星围绕太阳旋转一样。

不同元素的原子有不同的结构，氢原子的结构最简单，它的核外层只有一个电子沿着轨道旋转，而结构很复杂的铀原子，在它的核外层就有92个电子沿着轨道旋转。不管是简单的原子还是复杂的原子，原子核所带的正电量总是和核外部电子所带的负电量相等，所以整个原子是呈中性的。值得注意的是：有些原子中的电子数目比较多，它们分布在几层轨道上，那些靠近原子核轨道上的电子与原子核的吸引力较强，所以不容易脱离原子核。但是，最外层轨道上的电子，受原子核的吸引力比较弱，所以容易脱离原子核的束缚，跑到轨道外面去，成为“自由电子”。

原子失去了外层电子后，它的中性状态就破坏了，这个原子就变成了带正电的正离子，飞出轨道的自由电子也可能被另一个原子所吸收，这个吸收了电子的原子，就成为带负电的负离子。原来处于中性状态的原子，由于失去了电子或者额外地获得电子变成带电离子的过程，叫做“电离”。由此可知，任何物质失去电子的带正电，得到电子的便带负电。

二、导体与绝缘体

一种物质，在原子核外层运动的电子容易脱离轨道而跑到其它原子中去，这种物质，叫做“导体”，如金属类物质、不纯净的水和潮湿的大地都是导体；凡是在原子核外围运动的电

子不容易脱离轨道跑到外面去的物质叫做“绝缘体”，如橡胶、塑料、玻璃、云母等。电线的铜线心是导体，能传导电流，外面包的塑料、纱、橡皮是绝缘体，不导电。还有些物质是半导体，如锗、硅、硒等。

三、气体的电离

在通常情况下气体分子是不带电的，呈中性，但并不是气体中绝对没有自由电荷。由于一些外界因素，例如太阳光或其它辐射线的照射，能使某些分子或原子中的个别电子脱离原子核的束缚，分离成电子和正离子，这个过程叫做“电离”。一般来说，由于自然因素而发生电离的分子数目极少，因此气体是较好的绝缘体。

如图1-1所示，若在两块金属板a、b之间加上一定电压，两板之间就存在电场。气体中存在的少量电子和正离子便受到电场力的作用，分别朝这两块金属板(即电极)运动。如果a、b

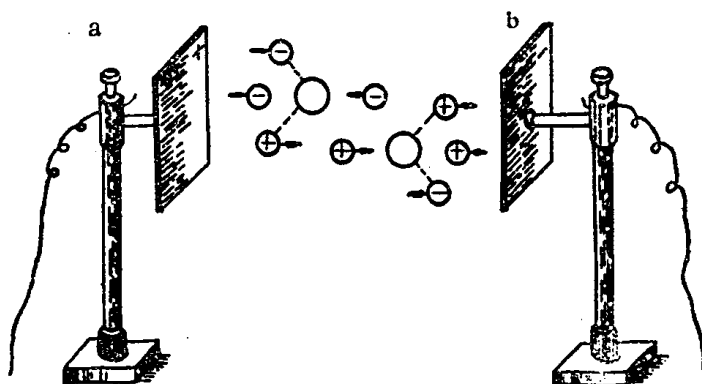


图1-1 碰撞电离

间电压较低，这些少量的自由电荷所形成的电流几乎觉察不到。要是电压足够高，作用在电子或离子上的电场力就很大，自由电荷在运动过程中可以获得足够大的速度(或能量)。高速运动的电荷与中性的气体分子碰撞，使中性分子发生电离。电离出来的电子、正离子以及原有的电子和正离子在电场力作用下又获得足够的能量，与中性分子碰撞时又能使之电离。这样不断地碰撞、电离，好象链索似地使气体中的离子和电子数目大大增加，形成了较大的电流。这时气体已被击穿了。

上面谈的虽然是气体的击穿过程，实际上其它绝缘体的击穿过程也与此相仿。

用开关或熔断器切断电路，因空气被击穿而出现的电弧，是有害的。但气体导电也有着许多实际的应用。例如验电笔的氖泡发光，日光灯以及其它气体放电的光源发光，都应用了气体导电的特性。

四、绝缘体的绝缘强度

绝缘体两端所加的电压越高，电荷受到的电场力就越大，越容易发生电离碰撞，造成绝缘体击穿。使绝缘体击穿的最低电压叫做击穿电压。绝缘体的击穿电压除与绝缘材料性质有关外，还与电极的形状、电极之间的距离有关。电极带有尖端时，尖端附近的绝缘材料容易被击穿。电极之间的距离越近，击穿电压就越低。使1毫米的绝缘材料击穿时需要加上的电压千伏数叫做绝缘材料的绝缘耐压强度，简称绝缘强度。

由于绝缘材料都有一定的绝缘强度，各种电气设备(如变压器、电动机、开关和电工仪表等)，各种安全工具(如电工钳子、验电笔、绝缘手套、绝缘靴等)、各种电工材料(如电线、

电瓷等),制造厂都规定一定的允许使用电压,称做额定电压。在使用中所承受的电压不得超过它的额电压值,以免发生事故。

安装电气设备时,电气设备各带电部件之间应保持一定的安全距离。如果距离太小,很可能使它们之间的空气击穿,产生放电现象,这就是电弧闪络。特别在阴雨湿热天气,空气的绝缘强度较低,更容易发生闪络,而闪络的发生往往会造成重大事故。

§1-2 直 流 电 路

一、电流的形成

在很多金属原子中,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。铜原子有29个电子,它们分布在四层轨道上,如图1-2所示。在金属导体中存在着大量的自由电子,这些自由电子不再受原子核的束缚,在金属内部做着紊乱的没有规则的运动。

当我们把金属导体和一个电池接成闭合电路时,导体中的自由电子(负电荷)就会受到电池负极的排斥和正极的吸引,驱使它们朝着电池正极运动,如图1-3所示。自由电子的这种有规则运动,就形成了金属导体中的电流。在这里,自由电子担负着运载电荷的使命,所以我们把这种自由电子叫做“载流子”。

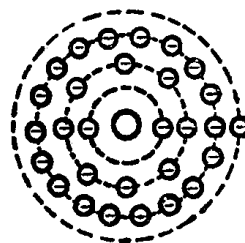


图1-2 铜原子

二、电流的方向

通过导体中的电流就好比水管中的水流一样,是具有一定方向的。按理说:电流的流动方向与电子流动的方向应该是一致的,可是由于历史性的错误,实际上我们所规定的电流方

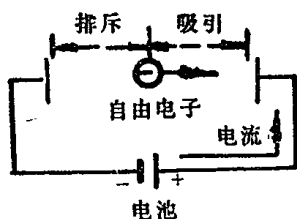


图1-3 导体中的自由电子受到电池
负极的排斥和正极的吸引

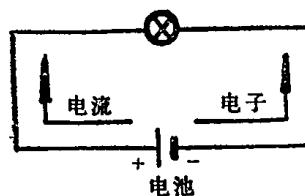


图1-4 电流与电子的方向

向却与电子流动的方向相反,如图1-4所示。这是因为从前人们对电流缺乏本质的认识,认为电流是从电源的正极流向负极的,因而确定的电流流动的方向与电子流动的实际方向刚好相反。由于习惯上沿用旧有规定,因此现今规定的电流流动的方向仍然是从电源的正极流向负极。

三、电流的大小

当物体处于带电状态时,我们就说它具有电荷。一个带电体所带的电荷越多,它所载荷的电量就越大。在电学中用电量表示电荷的数量。电量也用来表示电子的荷电量,通常取库仑做单位,用Q表示。

1 库仑相当于 6.242×10^{18} 个电子荷电量。如果用库仑做单位来表示一个电子所具有的电量 e ,则 $e = 1.602 \times 10^{-19}$ 库仑(Q)。

在导体中,每单位时间内通过导体任一横截面的电量越多,电流强度就越大。实用规定,在1秒钟(s)内通过导体横截面上的电量若为1库仑(Q),则电流强度就是1安培(A)。

即

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

通常用A表示安培，Q表示库仑，t表示时间(秒)，上式可写成

$$A = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

这就是说，如果有1安培电流通过导体，则在1秒钟内就有 6.242×10^{18} 个电子通过导体的横截面。在电子技术中，电流强度往往比安培(A)小得多，常用毫安(mA)和微安(μ A)来度量，它们的关系是

$$1 \text{ 毫安(mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安培(A)};$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ 微安}(\mu\text{A}) &= \frac{1}{1000} \text{ 毫安(mA)} \\ &= \frac{1}{1000000} \text{ 安培(A)} \end{aligned}$$

四、电路的组成

为了了解电路是怎样组成的，见图1-5所示，在这个电路里有电源，常用的有电池和发电机两种。不管是哪种电源，构成电路需具有电源、负载、导线三部分。有的电路上还装有开关，来控制电路的通与断。

在这个电路上，如果将开关K打开，电流就流不过去，这种情况叫开路或叫断路；把开关K闭合，电流就可畅通地流过去，这种情况叫通路。如果在负载A、B两点用一根导线直接接通，就是没有加负载，这叫短路。电路上若出现短路现象，这个电路就发生故障了，轻则烧坏电源，重则引起火灾。

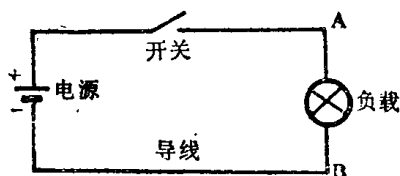


图1-5 电路的组成



图1-6 水位差

任何电路都要接成一个闭合回路，电路上才有电流流通，负载才起作用。如手电筒，把手推开关推上去，电路接通了，小灯泡(负载)便发光了，把手推开关往下移，电路断开，小灯泡即熄灭了。

五、电位与电位差

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。假如有A、B两个水桶如图1-6所示。在水桶下部用管子连通。如果两个水槽的水面一样高，则水管中不会有水流动；只有当两个水桶的水位一个高一个低时，水才会从水位高的水桶通过连接管流向水位低的水桶。这就是说，有了水位差，也就是有了使水流动的压力。所以水位差也叫水压。水位差越大，水流就越急。

同理，为了在电路上产生电流，也需要有电位差，当电路上有电位差存在时，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电的“压力”存在，这种压力叫“电压”。

这里所说的高电位或低电位是按照什么标准来规定的呢？原来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到的结果。这正如同我们说一座高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一样。为了确定电路中各点的电位,也要规定一个参考点作为零电位点,在实际中,常取大地作为零电位。电路上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。

电压在电路上常用 U 来表示,它的单位是伏特、用字母 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

$$1 \text{ 千伏}(kV) = 1000 \text{ 伏特}(V);$$

$$1 \text{ 毫伏}(mV) = \frac{1}{1000} \text{ 伏特}(V);$$

$$1 \text{ 微伏}(\mu V) = \frac{1}{1000} \text{ 毫伏}(mV) \\ = \frac{1}{1000000} \text{ 伏特}(V)$$

我们再来看电压与电位的关系。拿一只干电池做例子,电池两端的电压是 $1.5V$,这是指电池正极的电位 V_A 与负极电位 V_B 之差。 $V_A - V_B = 1.5V$ 。在电子电路中,常把负极接地(公共回路线),接地点作为零电位点。这时负极的电位 $V_B = 0$,正极的电位 $V_A = 1.5V$ 。正极与负极之间的电位差 $V_A - V_B = 1.5 - 0 = 1.5V$,电位差(电压)正好是 $1.5V$ 。

不能认为凡是带正电的物体都具有高电位,凡是带负电的物体都是低电位。在电子电路中,当某一元件的两端都是带正电位时,若两点电位不同,这样电流就会从较高的正电位流向较低的正电位。同样,在电路上某一元件的两端都是负电位时,则电流就会从较低的负电位流向更低的负电位。

六、电源电动势

在图1-6中的两个水桶有水位差时,水就会从管子里流动,但等到两个水桶的水面相平时,水的流动就停止了,为了使水管中的水能继续流动,可以用水泵来维持一定的水位差(水压),如图1-7a所示。为了使电流在电路中持续流动,就需要接入电源,电源就如同一个推动电子流的“泵”,如图1-7b所示。在电源内部有一种特殊的力量,它不断地把电子从正极搬运到负极,使正极缺少电子、负极增加电子,以建立并维持一定的电位差(电压)。实质上,电源内部发生的是一种能量的转换过程。在干电池内是把化学能转换成电能,在发电机中是把机械能转换成电能。为了衡量不同电源转换能量的本领,我们引入一个叫电动势的物理量,来表示这种能维持一定电压的作用。由于有电动势(又叫电势)的存在,就能保持电池两端有电压的存在。电势用字母 E 表示,单位也是伏特(V)。

七、电阻和电阻率

电流流过导体时,不可避免地会遇到一定的阻力,这种阻力叫做“电阻”。各种金属材料导电性能的好坏是怎样衡量比较出来的呢?我们可以把各种金属都取一米(m)长,它的横断面积的直径都取1毫米(mm),测量它们的阻值,进行比较,可以得到如表1-1所列各种金属的电阻率的数据。在相同的温度下,从表中可知,银的电阻最小,其次是铜、金、铝等金属。

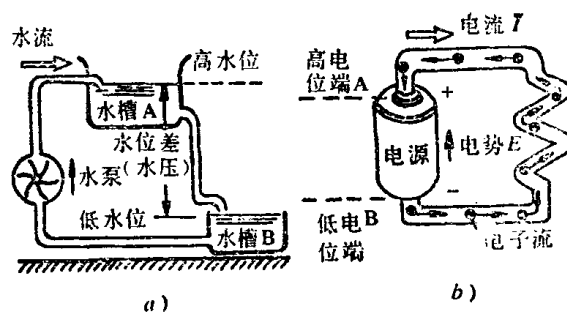


图1-7 用水泵来维持一定的水位差

金、银价格太贵，所以一般民用导线大都采用铜线或铝线。电烙铁、电熨斗、电炉等电热器中，需用耐热和电阻很大的材料，如镍铬合金。

表1-1 各种金属的电阻率

$\Omega \cdot \text{m}/\text{mm}^2$

品 名	电 阻 率	品 名	电 阻 率
银	0.021	铁	0.127
铜	0.022	铂	0.134
金	0.031	锡	0.145
铝	0.033	水 银	1.22
镍	0.088	镍铬合金	1.3~1.4

导体的粗细和长短对于电阻数值影响很大，导体越粗、越短，电阻越小；越长、越细，电阻越大。一根粗细均匀的导线，它的电阻 R 与长度 l 成正比，与横截面积 S 成反比。可以用下列公式来计算导线的电阻，即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2)$$

式中的比例系数 ρ 就是电阻率。通常在 25°C 下，取长度 l 为1米(m)、横截面积的直径为1毫米(mm)而粗细均匀的导体，测出的电阻(Ω)即为该导体的电阻率； R 表示电阻，电阻的单位是欧姆，用 Ω 表示，常用的单位还有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)，它们的关系是：

$$1 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 欧姆}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧(M}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)}$$

$$= 1000000 \text{ 欧姆}(\Omega)$$

物体的电阻也是随着温度变化而发生变化的，对于金属来说，温度每升高 1°C ，电阻增加百分之0.5左右。灯泡在冷却时测出的电阻比点燃后所测出的电阻要小得多。金属类的电阻变化与温度的变化成正比，这个比例常数叫电阻的正温度系数，有一些半导体材料，当温度升高时电阻反而明显地减小，所以称它们是负温度系数的材料。

八、欧姆定律

在导体的两端加上电压，就能产生电流，电流流过导体，又不可避免会遇到阻力。那么，电流、电压和电阻这三个电学量之间究竟存在着什么关系呢？1827年德国科学家欧姆经过多次实验，总结出一个最基本的电路定律——欧姆定律。欧姆定律指出：当温度不变时，通过导体的电流与导体两端所加的电压成正比，与导体的电阻成反比。

如果电源电压为1V，所加的负载电阻为1 Ω ，则流过电阻的电流为1A。它们的关系是：

$$I = \frac{E}{R} \quad (1-3)$$

例如：在5 Ω 电阻的两端加上10V电压，那么流过电阻的电流就等于2A。

欧姆定律还可以写成下面两种形式，即

$$E = IR \quad \text{或} \quad R = \frac{E}{I}$$

九、电压降

电路中的电流是依靠外加电压做原动力才能流动的。为了让电流通过电阻，在电阻上就有一部分电压被损耗。我们把电流通过电阻时降落在电阻两端的电压，叫做“电压降”。见图

1-8所示, 在电阻上产生的电压降就是 $U_R = IR$, 负载两端实得的电压就是

$$U_{\text{负}} = E - IR$$

可以看出, 只要电路中有电阻, 一旦电流流动就有电压降存在, 这样电源电压就不能全部有效地加到负载上去。

十、串联电阻的分压

在电子电路中, 串联电阻有一个重要的作用, 就是构成一个简单的分压器。如图1-9所示。先把两个电阻串联起来, 在串联电阻的两端加上电源电压 E , 然后用电压表跨接在其中一个电阻的两端, 量得电压总要比电源电压低, 这就是串联电阻的分压作用。所分出来的一部分电压与总电压之比, 叫做分压比。分压比也等于所取出电压的那部分电阻值与总电阻值之比。利用分压比, 可以很方便地由总电压求出分电压。

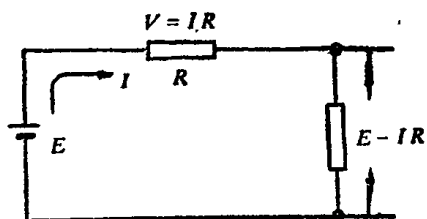


图1-8 电压降

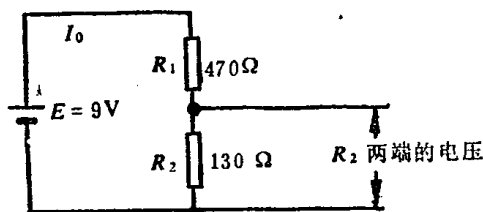


图1-9 分压器电路

如图1-9所示, $R_1 = 470\Omega$, $R_2 = 130\Omega$, 电源电压 $E = 9V$;

求得在 R_2 两端电压为

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \times E = \frac{130}{470 + 130} \times 9 = 1.95V$$

电压分配的比值 $\frac{1.95}{9}$ 与电阻分配的比值 $\frac{130}{600}$ 是相等的, 这个比值就是分压比。

十一、电功和电功率

我们日常使用的各种电气设备, 只要一接通电源就能做功, 这是因为电流通过电气设备时, 把电能转化成其它形式的能量。这种能量的转换, 能够以三种形式表现出来。就是电流的热效应; 电流的磁效应; 电流的化学效应。

电流的热效应是指由于电流在导体中流动而引起导体发热的效应。热量的大小和电流的平方值以及导体的电阻成正比。电烙铁、电熨斗就是电流的热效应的实例。有时热量过强还能转化为光, 电灯泡的发光就是这个道理。

把一个指南针放在通有电流的导线附近, 小磁针就会发生偏转, 这是因为在载流导线的周围产生了磁场。这种现象就是电流的磁效应。如果在一根软铁棒外层绕上很多线圈, 当有电流通过线圈时, 它就成为一个磁性较强的磁铁, 一旦电流消失, 磁性也就跟着消失, 这就是常用的电磁铁。许多电气设备中如继电器、电铃、扬声器等都是应用电磁效应的实例。

电流的化学效应是指电流通过电解溶液时, 伴随着导电过程同时发生化学反应。电解、电镀、还有电池、电解电容器都是应用电流的化学效应的实例。

上面所讲的电流的三种效应, 是从电能与其它形式能量转换角度说的, 它们是电工技术发展的基础。可是, 在电子技术中, 很多电的现象并不能用以上三种效应来解释。例如: 晶体管能放大微弱的信号; 黑白电视机的显象管会发光; 彩色显象管显示出颜色等等, 都不属于上述三种效应中的任何一种, 而是由于电子本身的效应所引起的。

十二、电流做的功

把电能转换成其它形式的能，例如热能、光能、机械能等，叫做电流做功，也称电功。电流在一段电路上所做的功，与这段电路两端的电压、流过的电流以及通电的时间成正比，即

电流做的功=电压×电流×时间

我们可以做一个实验，如图1-10a所示。将100V的电压加在电阻为100Ω的灯泡的两端，用欧姆定律可算出流过灯丝的电流为1A。如图1-10b所示，把同样电阻的两个灯泡并联起来，

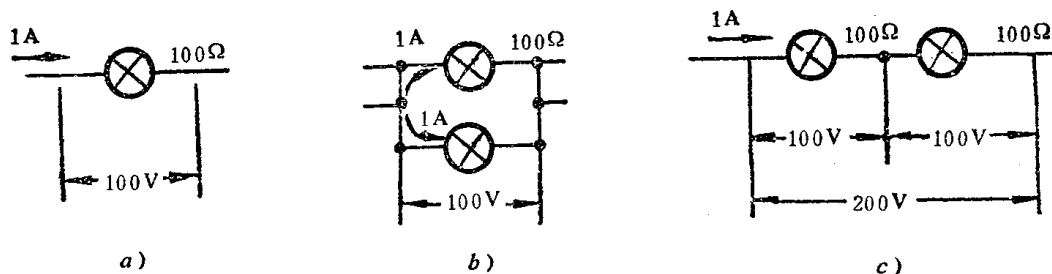


图1-10 电流做功的几种实验

加上100V电压，每个灯泡中也有1A电流流过，这样流出的总电流就有2A，加在每个灯泡的电压和电流都相等，所以它们发光的亮度加在一起就比原来的高一倍。就是说电压不变，电流增加了一倍，电流所做的功也增加了一倍。

如果把两个灯泡串联联接起来，如图1-10c所示。给每个灯泡都加上100V电压，就是说，总电压为200V，流过每个灯泡的电流还是1A。那么，两个灯泡的亮度加起来，仍旧是一个灯泡亮度的两倍。这就是说电流不变，电压增加了一倍，电流所做的功也增加了一倍。

电流所做的功，不仅取决于电压和电流，还与通电时间成正比。计量功的基本单位是焦耳，用J表示。就是说：在负载两端的电压为1伏(V)，流过电流为1安(A)，在1秒钟(s)内所做的功为1焦耳(J)。

即

$$1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 伏} \times 1 \text{ 安} \times 1 \text{ 秒}$$

亦即

$$J = VAs$$

例如：100V、1A的灯泡，电流每秒钟所做的功等于 $100 \times 1 \times 1 = 100J$ 。也就是说灯泡每秒钟所消耗的电能为100J。

十三、电功率

电流做功的速率叫做电功率。常用英文字母P表示。电功率的单位是瓦特，用字母W表示。1瓦特(W)就是在1秒钟(s)内做了1焦耳(J)的功。用公式表示，即

$$\text{电功率}(P) = \frac{\text{电压}(E) \times \text{电流}(I) \times \text{时间}(t)}{\text{时间}(t)} = EI$$

亦即

$$P = EI$$

(1-4)

$$1 \text{ 瓦特}(W) = 1 \text{ 伏特}(V) \times 1 \text{ 安培}(A)$$

在功率很大的场合，我们常用千瓦(kW)做单位，即

$$1 \text{ 千瓦}(kW) = 1000 \text{ 瓦特}(W)$$

在电功率很小的场合则用毫瓦(mW)或微瓦(μW)做单位，即

$$1 \text{ 毫瓦(mW)} = \frac{1}{1000} \text{ 瓦特(W)};$$

$$1 \text{ 微瓦}(\mu\text{W}) = \frac{1}{1000} \text{ 毫瓦(mW)} \\ = \frac{1}{1000000} \text{ 瓦特(W)}$$

根据欧姆定律计算电功率的公式也可以写成:

$$P = EI = I^2 R = \frac{E^2}{R}$$

十四、怎样计算1度电

在工厂、农村和家庭里,使用着各种各样的电气设备,如电灯、电视机、洗衣机、电冰箱、电风扇、电熨斗等,在工厂里还有电动机、电炉等等,它们都是消耗电能的负载。为了便于分析和计算,可以把这些用电设备等效地看成是一个电阻。例如电视机接在电源电压220V的插座里,它的消耗电功率为30W。

根据公式: $P = \frac{E^2}{R}$ 可以求得负载电阻为

$$R = \frac{E^2}{P} = \frac{220^2}{30} = 1613\Omega$$

知道了用电设备的电功率,乘上用电时间就能算出总共消耗多少电能,即

$$1 \text{ 瓦} \times 1 \text{ 秒} = 1 \text{ 焦耳}$$

但在实际应用中,嫌焦耳(J)这个单位太小。因此,时间常用小时(h)作为单位,功率以千瓦(kW)计算,即

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \text{ 度电}$$

也就是说,每1小时(h)消耗电能1千瓦(kW)就相当于1度电。

例如:一个家庭里,装有20W日光灯管一只,25W灯泡一只,35厘米黑白电视机一部(耗电35W),每天从19时开始用电,至23时熄灯,用电4小时,每月以30天计算,每度电费0.22元,这家人家每月需付出电费多少?

解:每天消耗电能: $(20 + 25 + 35) \times 4 = 320 \text{ W} \cdot \text{h} = 0.32 \text{ kW} \cdot \text{h}$

一月共消耗电能: $0.32 \times 30 = 9.6 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 即9.6度电

故共需付出电费为: $9.6 \times 0.22 = 2.11 \text{ 元}$

十五、电器的消耗功率

计算电器的消耗功率,最简便的方法是用交流电压表测负载(电器)两端的电压,用交流电流表测量流过负载的电流(注意:测电压时需将电压表与负载并联,测电流时需将电流表与负载串联)。根据公式 $P = IE$ 。即可求得该项电气设备的消耗功率。在家庭里,没有仪表,如电风扇、收录机标牌上又都没有注明功率数据,则可以用下列方法求出它的消耗功率。

首先将风扇开关合上,处于通电状态,使电度表上的转盘带有红色记号的位置刚好对正电度表窗口的中间,立即将总开关切断,再看手表的秒针并同时总开关合上,看电度表转盘转一周(即红色记号又转回原先对准的位置),看手表的秒针走过多少秒,并把它记下来。在电度表上都注有一度电转盘的转速。由于各厂家设计不一样,所以注明的速度也不一样。有的1800转;有的2000转;有的3000转等等。

例如:一台风扇,把开关按在快速位置,用上述方法测出电度表转盘转一周需用时间为22秒。电表上注明每度电的转数是2000,求风扇的消耗功率?

解：依公式 $P = \frac{60 \times 60 \times 1000}{22 \times 2000} = \frac{36 \times 10^5}{44000} = 82\text{W}$ 。

答：风扇在快速位置耗电是82W。

十六、基尔霍夫定律

在简单的电路中要求出电流、电压或电阻，可用欧姆定律计算，在复杂的电路中就要应用基尔霍夫定律。

1. 基尔霍夫第一定律(节点电流方程) 在电路中如有两根或两根以上的导线接在一个节点上，那么，流进节点的电流的代数和，必然等于从该节点流出电流的代数和，或者说在电路中流经任一节点的电流的代数和等于零，这就是基尔霍夫第一定律或叫基尔霍夫电流定律。用公式表达这个定律如下，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-5)$$

$$\sum I = 0 \quad (1-6)$$

式中 $\sum I_{\text{入}}$ ——表示流入节点的电流的代数和；

$\sum I_{\text{出}}$ ——表示从节点流出的电流代数和；

$\sum I$ ——表示流经节点的电流代数和。

通常把式1-5或式1-6叫做基尔霍夫的节点电流方程式，简称节点电流方程。

如图1-11所示电路，电流方向已在图中用箭头标注，根据基尔霍夫第一定律，列写节点A的电流方程如下：

$$\sum I_{\text{入}} = I_1 + I_2$$

$$\sum I_{\text{出}} = I_3 + I_4$$

由式1-5得

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \quad (1-7)$$

由式1-6得

$$I_1 + I_2 + (-I_3) + (-I_4) = 0 \quad (1-8)$$

方程式1-8也可以由式1-7直接推导出来，在式1-8中的 I_3 和 I_4 前面冠以“-”符号，是表示它们是流出节点的，与 I_1 或 I_2 方向相反。在图1-11中，只要给出任意三个电流值便可利用节点电流方程求出余下的一个未知电流。

2. 基尔霍夫第二定律(回路电压方程) 在任何一个闭合电路中，它的电源电动势的代数和等于回路中各个电阻上电压降的代数和。用公式来表达基尔霍夫第二定律如下：

$$\sum IR = \sum E \quad (1-9)$$

或

$$\sum U = \sum E \quad (1-10)$$

式中 $\sum IR = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots$ ——表示回路电阻电压降的代数和；

$\sum E = E_1 + E_2 + \dots$ ——表示回路中电源电动势的代数和。

式1-9或式1-10又叫做基尔霍夫回路电压方程式，简称回路电压方程。

现运用基尔霍夫第二定律写出图1-12电路的回路电压方程。

写回路电压方程的步骤：

(1) 假定电路中各支路的电流一个方向(任意的)并接在图中；

(2) 确定所要写回路电压方程的回路，并设定回路方向(任意的，可以是顺时针，也可以

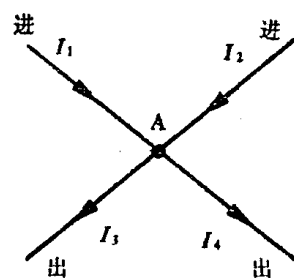


图1-11 A点电流方程

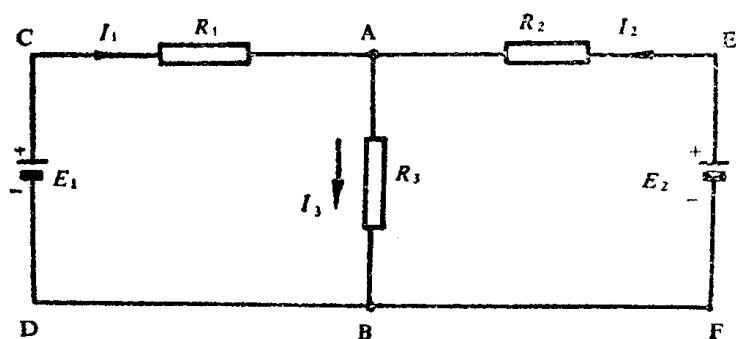


图1-12 回路电压分析

是反时针方向),同时用回线箭头标在图中;

(3) 电源电动势方向已规定是在电源内部由负极指向正极的方向;

(4) 列写回路方程时, 凡与回路方向一致的电流所在电阻上的电压降, 在方程中用正号, 反之取负号; 凡与回路方向相同的电动势在方程中取正号, 反之取负号。

例如, 选定回路CAEFBDC列电压方程, 设定两路方向为顺时针方向, 得

$$I_1 R_1 + (-I_2 R_2) = E_1 + (-E_2)$$

上式中 $I_2 R_2$ 取负号, 是因为电流 I_2 的方向与回路方向相反, E_2 取负号是因为电动势 E_2 的方向与回路方向相反。

选定回路CABDC列电压方程, 回路方向设为顺时针方向, 得

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E$$

(5) 举实例说明

图1-13所示是常见的三极管电路, 假设: 已知 $U_{BE} = 0.2V$, $E_C = 6V$, $R_B = 82k\Omega$, $I_E = 1mA$, $R_E = 2k\Omega$, $R_C = 2k\Omega$, $I_C = 0.954mA$; 求 I_B 和 U_{CE} 的数值。

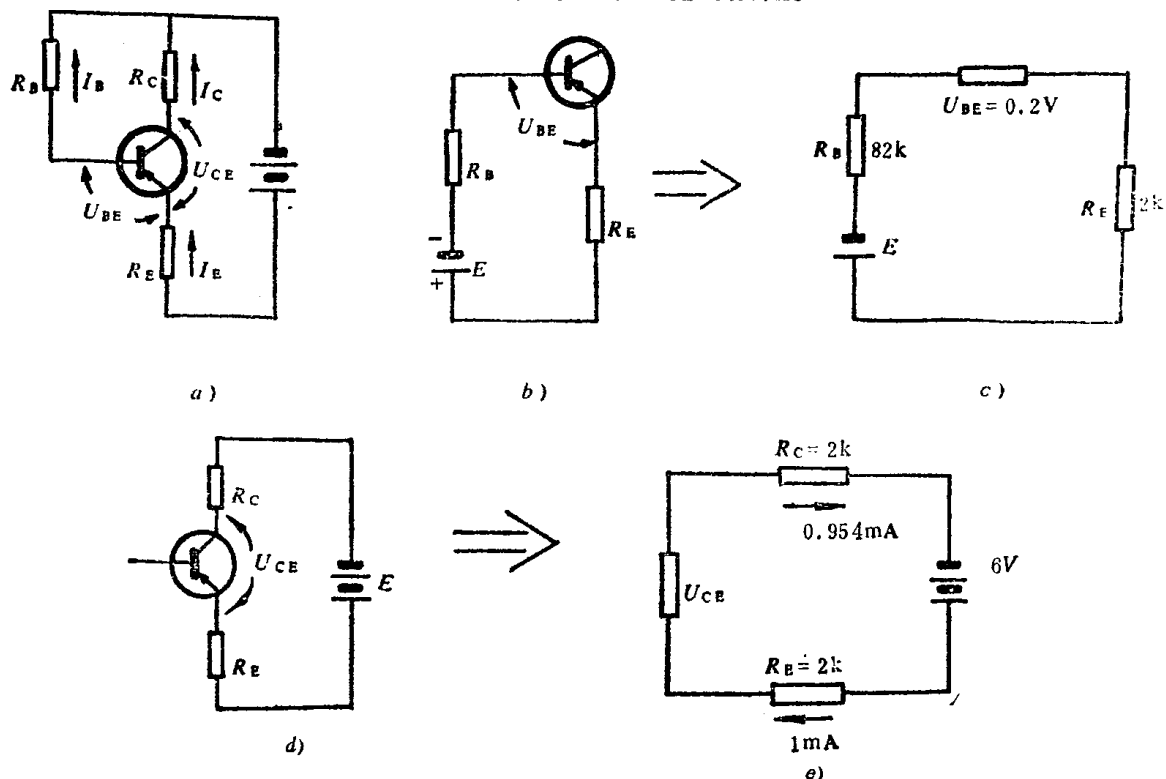


图1-13 等效电路示例