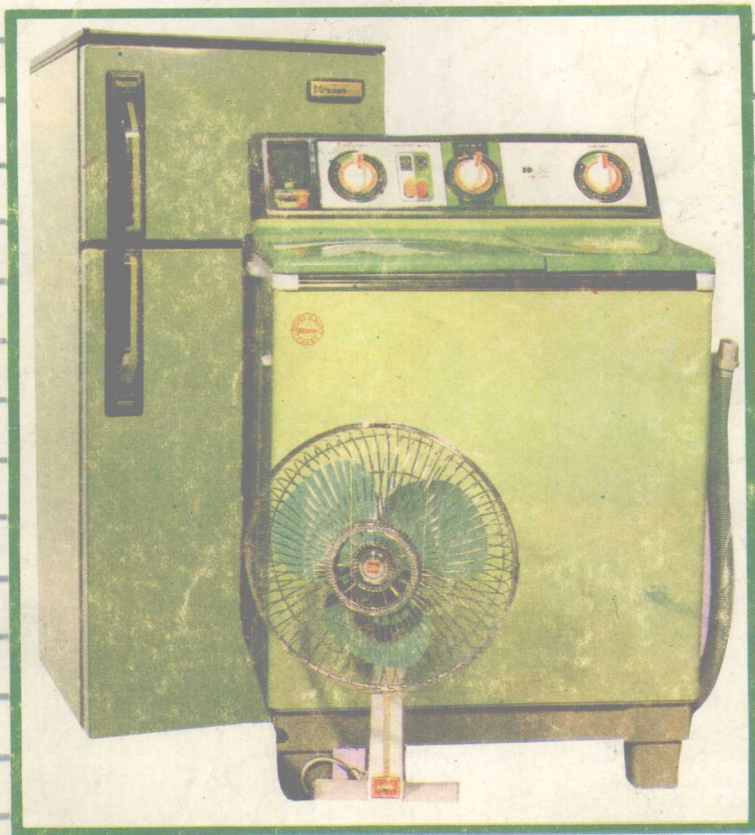


JYDQWXJSJC

家用电器维修 技术基础

丁在齐 主编



湖北科学技术出版社

3247031

家用电器 维修技术基础

主 编：丁在齐

编写成员：谭维纲 雷明珍

朱永方 祝 力

黄小钢

湖北科学技术出版社

鄂新登字 03 号

家用电器维修技术基础

丁在齐 主编

*

湖北科学技术出版社出版发行 新华书店湖北发行所经销

湖北省咸宁市印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 1 插页 482 千字

1993 年 4 月第 1 版 1993 年 4 月第 1 次印刷

ISBN7—5352—0969—6/TN·34

印数:1—7 000 定价:10.95 元

前 言

根据中央五部委发出《关于组织家用电器维修人员培训的通知》精神，湖北省家用电器维修人员培训领导小组和办公室于1988年4月成立。从此，湖北省家电维修人员的培训工作便开始走上统一大纲、统一教材、统一管理、统一考试、统一发证的“五统一”轨道。

家电维修人员培训是一项十分重要而政策性又很强的工作，它的意义在于着力培养一大批热爱维修工作、技术熟练又具有良好职业道德的家电维修人员，培养电子技术后备大军，培养军地两用人才，从根本上说既有利于解决社会就业问题，又维护了消费者的利益。全省30多个家电维修人员培训点经过一年多的深入细致的工作，在一定程度上为缓解我省城乡广大家电消费者维修难的问题，为提高全省各类家电维修人员的技术水平起到了积极的作用。

为了统一抓好全省家电维修人员培训的教学质量，根据各办学点反映的意见和要求，结合我省的实际情况，我们组织有丰富教学经验和实践经验的专家、学者和工程技术人员，编写了这套全省统一的家电培训教材，以适应我省家电维修培训工作的需要。

本教材的主要阅读对象是具有初中以上文化程度，从事或准备从事家用电器维修工作，参加家电维修培训班的学员；也可供从事家用电器生产的工人、初级技术人员、家电经销人员和广大电子技术爱好者参考；还可以作为军地两用人才的培训教材。该套教材共分6种：《家用电器维修技术基础》、《收音机、录音机、组合音响原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》、《彩色电视机原理与维修》、《家用录像机原理与维修》、《日常家用电器原理与维修》。

在教材编写过程中，我们注意贯彻理论与实践相结合的原则，体现以实践为主的教学特点。在基础课教材中，运用通俗化的语言，阐述了大量的概念、原理、特性和检测方法。在专业教材中，突出了实用性，内容上尽量包括各种新产品和新技术，以适应家用电器产品的蓬勃发展和不断更新的需要，以期有较强的生命力和较高的质量。本教材的另一大特点是资料汇集比较齐全，内容新颖，能为不同层次的读者提供实用的参考资料。

家用电器的发展日新月异，为了适应新的需要，我们将陆续编写、出版有关线路图集等参考资料，以作为对教材的补充。同时，还准备为家用电脑等新产品进入家庭，编写有关微型计算机、单片机、游戏机等方面的教材，以满足这类高级培训的教学需要。

由于时间仓促，水平所限，这套教材尚有许多不足之处。我们恳切希望广大教学人员和读者提出宝贵的意见，以便使这套教材更加完善。

湖北省家用电器维修人员培训教材编审委员会

1989年7月

编写说明

随着科学技术的迅速发展和人民生活水平的逐渐提高,各种家用电器源源不断地进入千家万户,这种形势促进了家电维修培训工作的的发展。为了适应家电维修培训工作的需要,根据湖北省家电维修人员培训教学大纲,我们编写了《家用电器维修技术基础》一书。

本书是我省家电维修培训成套教材之一,其基本任务是,为学习各种家用电器维修技术奠定必要的理论基础。打好基础对提高分析判断能力和进一步学习更复杂的维修技术有着十分重要的意义。

本书有以下三个突出的特点:一是内容比较丰富,覆盖面较宽,全书共十九章,它包括了电工学、低频电子线路、高频电子线路和数字电路等方面的内容,是一本比较完整的基础性教材;二是编写中侧重讲清物理概念,避免过多的公式推导和数学运算,并注意了深入浅出,力求通俗易懂;三是注意了理论联系实际,突出实用性,除在教材正文中设置了万用表的使用、焊接知识、安全用电和基础实验等内容外,还以附录的形式列出一些实用性资料,在各章节中也注意了联系家用电器中常见的电路进行讲解,抓住典型的基本电路进行分析。这样,既有利于巩固所学理论,又有助于实际技能的提高。

参加本书编写工作的有谭维纲(第1、15、16、17、18章)、雷明珍(第2、3、4章)、朱永芳(第5、6、7章)、祝力(第8、9章)、丁在齐(第10、11、12章)、黄小钢(第13、14、19章)。丁在齐任主编,对全书进行了审定。杨春儒同志参加了部分内容的修改。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

1992年元月

目 录

第一章 直流电路	(1)
第一节 电路的基本概念	(1)
第二节 电阻器	(11)
第三节 直流电路	(13)
第四节 基尔霍夫定律	(17)
第二章 电磁感应与电动机原理	(20)
第一节 磁现象的基本知识	(20)
第二节 磁场对电流的作用	(24)
第三节 电磁感应	(24)
第四节 自感和互感	(26)
第五节 变压器	(30)
第六节 电动机	(32)
第三章 正弦交流电路	(38)
第一节 正弦交流电的基本概念	(38)
第二节 交流电的有效值和平均值	(41)
第三节 正弦交流电的表示法	(43)
第四节 纯电阻电路	(45)
第五节 电容器	(47)
第六节 纯电容电路	(51)
第七节 电感器及纯电感电路	(52)
第八节 RLC 串并联电路	(54)
第九节 三相电路	(55)
附表 1 R、L、C 在交、直流电路中的特点	(57)
附表 2 常用电容器的类别及型号	(58)
第四章 谐振回路	(59)
第一节 串联谐振回路	(59)
第二节 并联谐振回路	(62)

第五章 半导体器件	(65)
第一节 半导体的基本知识.....	(65)
第二节 PN结的形成 和特性.....	(65)
第三节 半导体二极管.....	(67)
第四节 半导体三极管.....	(73)
第五节 晶体管的简易测试.....	(79)
第六节 可控硅和单结晶体管.....	(84)
第七节 半导体集成电路.....	(91)
第六章 基本放大器与多级放大器	(94)
第一节 放大器的概念.....	(94)
第二节 单级放大器.....	(95)
第三节 放大电路的分析方法.....	(99)
第四节 共集电极和共基极放大器.....	(104)
第五节 多级放大器.....	(106)
第七章 场效应晶体管	(111)
第八章 负反馈放大器	(121)
第一节 反馈的概念.....	(121)
第二节 负反馈放大器.....	(123)
第三节 负反馈对放大器性能的影响.....	(125)
第四节 负反馈的类型及判别方法.....	(129)
第五节 射极输出器.....	(134)
第九章 低频功率放大器	(138)
第一节 概述.....	(138)
第二节 甲类单管功率放大器.....	(138)
第三节 乙类和甲乙类推挽功率放大器.....	(140)
第四节 OTL 功率放大电路.....	(145)
第十章 直流放大器与运算放大器	(154)
第一节 直流放大器概述.....	(154)
第二节 差动放大电路.....	(159)
第三节 集成运算放大器.....	(169)
第十一章 直流稳压电源	(178)
第一节 概述.....	(178)
第二节 整流电路.....	(179)

第三节	滤波电路	(189)
第四节	稳压电路	(194)
第五节	直流稳压电源实例分析	(198)
第六节	直流稳压电源的调试	(200)
第七节	集成稳压电路	(202)
第十二章	调谐放大器	(205)
第一节	概述	(205)
第二节	单调谐放大器	(209)
第三节	双调谐放大器	(212)
第十三章	正弦波振荡器	(216)
第一节	概述	(216)
第二节	正弦波振荡器的工作原理	(217)
第三节	LC正弦波振荡器	(220)
第四节	RC正弦波振荡器	(229)
第五节	石英晶体振荡器	(231)
第十四章	调制、解调与变频	(233)
第一节	调制的概念	(233)
第二节	调幅波的解调——检波器	(239)
第三节	调频波的解调——鉴频器	(243)
第四节	变频电路	(249)
第十五章	数字电路基础	(257)
第一节	二进制及逻辑代数	(257)
第二节	逻辑电路	(259)
第三节	集成逻辑电路	(264)
第十六章	安全用电知识	(267)
第一节	工业和民用电的知识	(267)
第二节	安全用电	(268)
第三节	防雷常识	(270)
第十七章	万用表的原理和使用	(272)
第一节	万用表的原理	(272)
第二节	万用表的选择、使用 and 维修	(281)
第三节	数字万用表	(285)

第十八章 焊接知识	(288)
第一节 焊接原理.....	(288)
第二节 电烙铁.....	(289)
第三节 焊接技术.....	(291)
第十九章 基础实验	(294)
实验一 万用表的使用.....	(294)
实验二 交流电波形.....	(297)
实验三 电磁感应现象.....	(298)
实验四 变压器原理.....	(299)
实验五 谐振现象.....	(301)
实验六 用万用表测量元器件.....	(303)
实验七 基本放大电路的安装与调试.....	(305)
实验八 直流稳压电源的安装与调试.....	(308)
附录:	(310)
附录 1 常用国产半导体二极管、三极管参数.....	(310)
附录 2 集成运放型号对照表.....	(316)
附录 3 常用物理量及符号.....	(317)
附录 4 用于构成十进倍数和分数单位的词头.....	(317)

第一章 直流电路

第一节 电路的基本概念

一、电是哪里来的

世界上一切物质都是由分子组成的，分子又是由更小的物质微粒—原子组成的，各种物质的原子又都是由原子核和核外的电子组成的。不同的原子，其核外电子的数目也不相同。例如铜原子有29个电子，硅原子有14个电子，锗原子有32个电子。正常情况下，原子核所带的正电荷与核外电子所带的负电荷正好相等，因此就整个原子来说，正、负电荷的作用恰好完全抵消，所以物体对外不显电性。

如果两种物体相互摩擦，使一种物体上的电子转移到了另一种物体上，则失去电子的物体带了正电荷，而获得电子的物体带了等量的负电荷。

使物体带电的过程就是依靠某种外力分离正、负电荷而做功的过程，也就是将其他能量转换成电能的过程。比如，干电池、蓄电池是将化学能转换成电能，发电机是将机械能转换成电能等等。

物体所带电荷的多少，叫做电量，用符号 Q （或 q ）来表示，其单位为库仑（C）。

带电物体的周围存在着电场，电场也是物质存在的一种形式。实践证明，两带电物体之间有力的作用，其特点是同性相斥，异性相吸，这是电场的作用力，称为电场力。

二、电流

电荷有规则地定向运动称为电流。导体内的电流是由于导体内部的自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流的大小用电流强度来表示。我们将单位时间内通过导体截面的电量叫做电流强度（简称电流），用符号 I 表示。很显然，单位时间内通过导体截面的电量越多，电流强度也越大。如果用 Q 表示通过导体截面的电量， t 表示通过电量 Q 所用的时间，则电流的定义公式就是

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

电流的单位是安培（简称安），用符号 A 表示。如果在1秒钟内通过导体截面的电量是1库仑（C），这时的电流就是1安培（A），即

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

电流很小时，常用毫安（mA）或微安（ μA ）做单位。它们的关系是：

$$1 \text{ 安 (A)} = 10^3 \text{ 毫安 (mA)} = 10^6 \text{ 微安 (}\mu A\text{)}$$

习惯上人们都把正电荷流动的方向作为电流的方向。在导线中，电流实际上是带负电的电子流动所形成的，但其效果与等量的正电荷反方向流动完全相同，因此电流方向与电子流方向相反。

如果电流的大小和方向都不随时间变化，则这种电流称为直流电流。如果电流的大小和方向随时间按一定的规律反复交替地变化，则这种电流称为交流电流。

三、电阻

电子在导体内按一定规律运动的过程中，必须克服原子核的吸引力，并且还与其导体的原子、分子相碰撞，因此，导体对于它所通过的电流呈现有一定的阻碍作用，这种阻碍作用称为电阻。如电阻小，说明电流容易通过；如电阻大，说明电流不容易通过。

电阻用符号 R （或 r ）表示，其单位是欧姆（简称欧），用符号 Ω 表示。实用上有时嫌欧姆这个单位太小，而用千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）做单位。它们的关系是：

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

导线电阻的大小与所用材料及导线的尺寸有关，与温度也略有关系。实验证明，同一材料的导线，其电阻与导线的长度成正比，与导线的横截面积成反比。在尺寸相同的情况下，不同的材料具有不同的电阻，比较而言银、铜、铝的电阻最小，这就是为什么导线大都用铜和铝制成的原因（银的价格较贵，特殊场合下导线才镀上一层银）。

四、导体、绝缘体、半导体

根据导电性能的好坏，可把物体分为导体、绝缘体和半导体三类。导电性能良好的物体叫做导体，如金属、碳、电解液等；导电性能很差甚至不导电的物体叫做绝缘体，如塑料、云母、胶木、陶瓷等；导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫做半导体，如硅、锗、硒、氧化铜等。

物体导电性能的好坏与其内部的物质结构有关。不同物质的原子，其原子核的组成以及核外电子的数目和排列方式也各不相同。对于导体来说，其原子最外层的电子离原子核较远，受核的束缚力较小，容易在外力的作用下挣脱出来成为自由电子，如果这些自由电子有规则地运动，就形成了电流，所以导电性能良好。在绝缘体中，原子核对核外电子的束缚力很强，在一般条件下，只有很少的自由电子，因此不容易导电。

五、电压

当电场力使电荷移动时，我们说电场力对电荷做了功。例如在图 1—1 的电路中，由于电源的作用，在电路中形成了电流 I 。电路中的电流实际上是在电场力的作用下，导体中的电荷发生有规则的定向运动而形成的。电场力将正电荷从电路 a 点移到 b 点时，电场力便对电荷做了功。

显然，电场力对电荷做功的多少，与所移动的电荷量有关，如果电荷的电量增加一倍，电场力做的功也就相应地增加一倍，即在一段已知的 a 到 b 电路内，电场力所做的功与电荷量成正比。但是，在这一段 a 到 b 的电路内，电场力移动电荷所做的功 A_{ab} ，与电荷量 q 的

比值 $\frac{A_{ab}}{q}$ 却是一个恒定不变的量，这个比值只和电路的具体结构有关。因此可用该比值来

反映这一段电路的性质，常把这个比值叫做a点和b点之间的电压，用符号 U_{ab} 来表示，即

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q}$$

所以，电路中a、b两点之间电压的大小等于电场力把单位正电荷从a点移到b点所做的功。换言之，电路中某两点之间电压的大小表明在这两点间移动电荷时电场力做功的本领，若两点间电压大，则电场力移动电荷做功的本领也大。

电压的单位是伏特（简称伏），用符号V表示。如果电场力移动1库仑电荷所做的功是1焦耳，则这时的电压就是1伏特，即

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}}$$

电压的单位除伏特外，还有千伏（kV）、毫伏（mV）和微伏（ μV ），它们的关系是：

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

$$1 \text{ 伏 (V)} = 10^3 \text{ 毫伏 (mV)} = 10^6 \text{ 微伏 (}\mu V\text{)}$$

在图1—1中，负载电阻R的a端接电源正极，b端接负极，电流是从a端流向b端，即从正端流向负端。我们规定：从“+”端到“-”端为电压的方向。所以图中a、b两端之间的电压 U_{ab} 是正值。习惯上电压U的注脚a、b的顺序是从“+”端到“-”端。在这个例子中，b、a之间的电压 U_{ba} 则应为负值。以后，除特别说明外，我们所说的电压U都是正值。

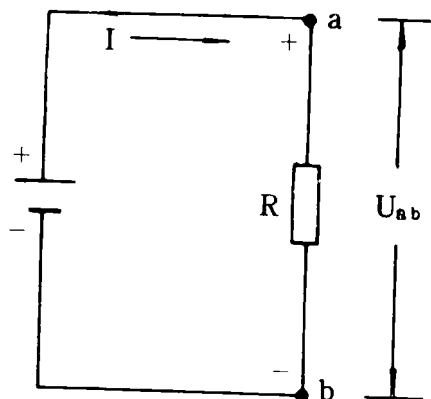


图1—1 电路中的电压

六、电位

在电子电路的分析中，除了经常应用电压这一物理量外，还常常应用电位这一物理量。为什么要引入电位这一物理量呢？现在我们来看图1—2（a）的电路，电路中有两个负载电阻串联，a、b之间的电压为 U_{ab} ，b、c之间的电压为 U_{bc} ，a、c之间的电压应为 U_{ac} （图中未注出），一共有三个电压值。如果电路中有三个负载电阻串联，如图1—2（b）所示，那么在电路的a、b、c、d四点之中，任意两点之间都有一个电压值，于是可以有 U_{ab} 、 U_{ac} 、 U_{ad} 、 U_{bc} 、 U_{bd} 、 U_{cd} 等六个电压值。如果电路中的负载再多一些，电路再复杂一些，那么两点之间的电压的数量会更多，这就给电路的分析造成很大的不便，当我们引入了电位这一物理量后，问题就会得到简化。

什么是电位呢？在电路中我们任选一点，例如图1—2（a）中的b点，图1—2（b）中的c点，我们把选定的这一点作为“参考点”，那么电路中某一点到参考点之间的电压，就叫做该点的电位。电位用符号V（也有用U的）表示，a点的电位可以记作 V_a ，b点的电位可以记作 V_b ，依此类推。

根据这一定义，在图1—2（a）中，a点的电位 $V_a = U_{ab}$ ，c点的电位 $V_c = -U_{bc} = U_{cb}$ ，由此可以看出，电位虽是指电路的一点而言的，实际上还是指两点之间的电压，不过第二点是规定了的，是指参考点。

电路中每一点均有一定的电位，就好比空间的每一处都有一定的高度一样。讲高度先要

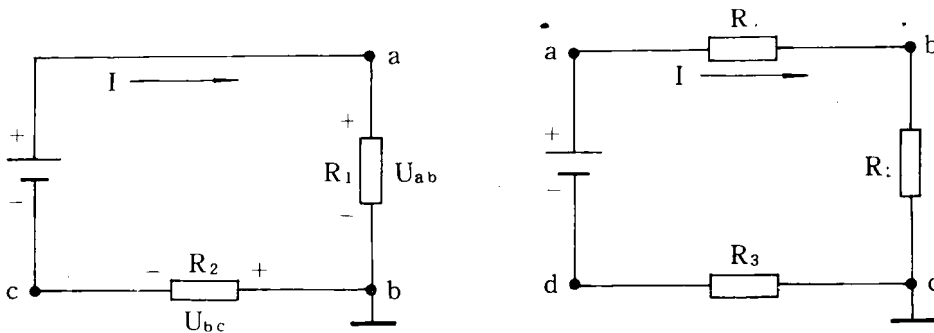


图 1—2 电路中的电位

确定一个计算高度的起点，通常从海平面算起，显然海平面的高度是零。同理，电路中某点的电位既然是这一点到参考点之间的电压，那么参考点的电位显然是零。

原则上零电位的点可以任意指定，但为统一起见，实际上规定大地的电位为零。有些设备的机壳需要接地，这时凡与机壳连接的各点均为零电位。有些设备的机壳虽不一定要接地，但有很多元件都要汇集到一个公共点，为方便计算，也就规定这一公共点为零电位，这就是我们所指定的参考点。

图 1—2 (a) 中的 b 点和图 1—2 (b) 中的 c 点，都画以接地符号“⊥”，表示规定这一点是零电位。

零电位点选定后，电路中其它各点均有一定的电位。电位可以为正值，也可以为负值，正电位表示比参考点电位高，负电位表示比参考点电位低。参考点虽然可以任意规定，但一经选定，各点的电位便均以该点为准。如果换一个参考点，则各点的电位值也随之而变，即电位随参考点的选择而异。在电路中不指定参考点而谈论电位是没有意义的。

由电位的定义可以看出，电路中两点之间的电位差就是电压，即 $U_{ab} = V_a - V_b$ ，所以，电压又叫电位差。如果 $V_b = 0$ ，则 $V_a = U_{ab}$ 。

现在我们再来看图 1—2 (b) 所示的电路，除参考点外，各点的电位只有 V_a 、 V_b 和 V_d 三个数值，显然比六个电压值要简单得多。

在电路中，电流从电源的正极出发，经若干负载电阻后，又回到电源的负极，即从高电位流向低电位，电位沿着电流的方向逐点降低，所以负载电阻上的电压也叫电位降或电压降，这时我们所规定的电流方向与电压方向是一致的。在电源内部，电流是从低电位流向高电位，可以说是电位升，这时电流方向与电源电压方向（仍按规定从“+”端到“-”端）是相反的。

电流从高电位的点流向低电位的点时，意味着正电荷失去能量，而电流从低电位流向高电位时，正电荷则获得能量。可见，电路中电位的变化，体现着电荷的能量变化。

电位的单位和电压的单位相同，也是伏特。

综上所述，电位和电压有着密切的联系，但又有区别，比如，电路中各点的电位随参考点的不同而不同，而两点之间的电压却与参考点的位置无关。

七、电动势

我们已经知道，电流是从高电位流向低电位的，要维持导体中的电流就得维持导体两

端的电位差，电源就是能够维持导体两端电位差的能源。一个电路中，在电源外部正电荷从高电位流向低电位时失去能量，这时是电场力做功；在电源内部正电荷从低电位流向高电位时获得能量，这时不是电场力做功，而是电源力，如化学作用力、磁感应力等所做的功。电源力移动电荷时做的功，是将其它能量（如化学能、机械能等）转化成为电能。不同的电源，其电源力移动同一数量电荷时所做的功是不同的，为了说明电源力移动电荷时做功的能力，我们引入电动势这一物理量。我们把电源力将正电荷从电源负极转移到正极时所做的功与电荷量的比值，称为电源的电动势，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{A}{q}$$

所以，电源电动势的大小就等于电源力将单位正电荷从电源负极转移到正极时所做的功。电动势的单位也是伏特。

一个电源的电动势，其数值等于未接负载时正、负两极之间的电压。但是电动势和电压的物理意义是不同的，主要区别是：电动势是表示电源把其他形式的能量转化为电能的本领的物理量，而电压是表示电场力在电路中做功的本领的物理量；电动势仅存在于电源内部，而电压不仅存在于电源内部，而且也存在于电路之中；在电源内部电动势的方向是从负极指向正极，从低电位指向高电位，是电位升的方向，而电压则是从正极指向负极，从高电位指向低电位，是电位降的方向，因此二者方向相反，即 $E = -U$ ，或 $U = -E$ 。

电动势的大小和正、负极性保持恒定的，称为直流电动势；大小和正、负极性随时间而变化的电动势，称为交流电动势。干电池、蓄电池和直流发电机属于直流电源，它们产生直流电动势；交流发电机属于交流电源，它产生交流电动势。

八、电路

由电源、用电器（负载）以及连接导线、开关等部件组成的电流路径，叫做电路。

用导线将一个小灯泡的两端与一节干电池的正、负两极分别连接起来，如图 1—3 (a) 所示，这时小灯泡就亮了。从图中可以看到，干电池、小灯泡、开关以及连接导线，就构成了一个最简单的电路。其中干电池是电能的供给者，所以被称为电路的电源，而小灯泡则是消耗电能的，叫做电路的负载。电能通过连接导线，从电源送往负载。开关则可以控制电路的通断。

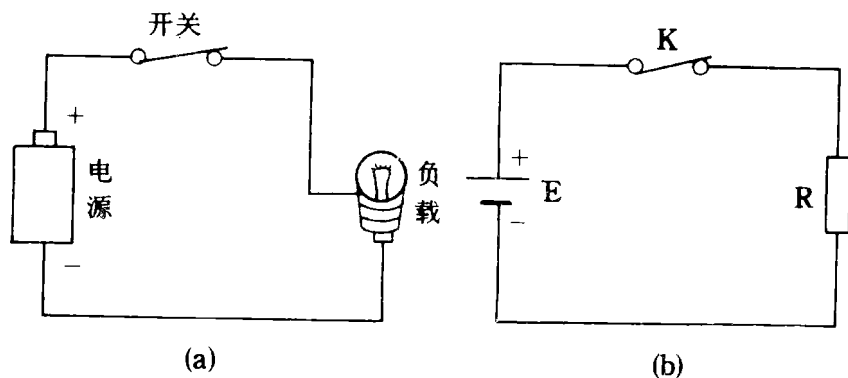


图 1—3 简单电路

电灯、电炉、电动机等都是电路的负载,它们分别将电源输送给它们的电能转变成光、热和机械能,为我们所利用。

图1—3(b)是用电路符号画成的小灯泡电路图。电路的负载用电阻 R 代表。电源用一长线和一短线表示,长线代表电池的正极,短线代表电池的负极,电源的电动势用 E 表示。开关用符号 K 表示。连接导线的电阻与负载电阻相比,因为导线的电阻值很小,可以忽略不计,认为其阻值为零。

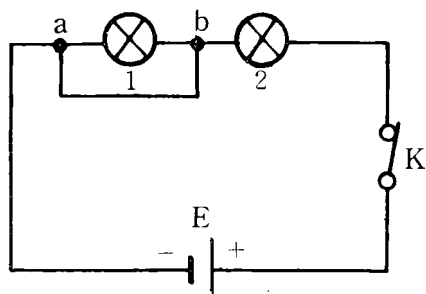
一个电路可以分为两段:外电路和内电路。从电源的一端起,经过全部负载和导线再回到电源的另一端为止的电流路径,叫做外电路;电源内部的电路叫做内电路。在外电路,电流是从电源正极出发,经过负载流回到电源负极。而在电源内部,电流则是从电源负极流向正极。

电路通常有三种情况:

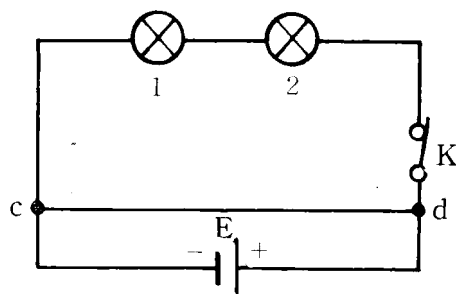
(1) 通路(闭路): 开关接通,构成闭合电路,电路中有电流。

(2) 断路(开路): 开关断开或电路某一处断开,电路中无电流。

(3) 短路(捷路): 如图1—4(a)中 a 、 b 两点用导线直接连通,叫做灯泡1被短路。图1—4(b)中 c 、 d 两点直接连通,叫做电源被短路。短路属于不正常状态,应尽量避免发生。特别是电源被短路时,将产生很大的电流,容易烧坏电源设备,故更应注意防止。



(a) 灯泡1被短路



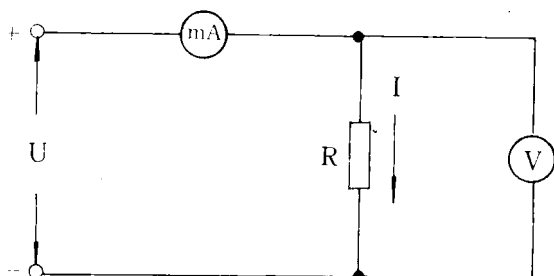
(b) 电源被短路

图1—4 短路现象

九、欧姆定律

(一) 简单欧姆定律

当负载两端有电压时,便有电流通过负载电阻,那么负载电阻中电流的大小数值是多少呢?现在我们来研究这个问题。



在图1—5的实验电路中,保持负载电阻 R 的数值不变,而逐次改变加在电阻 R 两端的电压 U ,使电压成倍地增加,并且记下每次的电压和电流数值(从毫安表 mA 可读出电流值,从伏特表 V 可读出电压值)。表1—1是一次实验的记录。可以看出,电路两端的电压增大几倍,电路中的电流也增大几倍。所以,在电阻不变的情况下,电路中的电流与电路两端的电压成正比。

表 1—1

电阻 $R = 100\Omega$	
电压 U (伏特)	电流 I (毫安)
3	30
6	60
9	90

表 1—2

电压 $U = 6\text{ V}$	
电阻 R (欧姆)	电流 I (毫安)
100	60
200	30
300	20

在图 1—5 的实验电路中, 保持电路两端的电压 U 不变, 而逐次更换不同数值的电阻, 使电阻值成倍地增加, 记下每次的电阻和电流值。表 1—2 是一次实验的记录。可以看出, 电阻值增大几倍, 电路中的电流就减小到几分之一。所以, 在电压不变的情况下, 电路中的电流与电路的电阻成反比。

综合以上情况, 可得出如下结论: 电路中的电流与电路两端的电压成正比, 而与电路的电阻成反比。这个规律就叫做欧姆定律。

将欧姆定律用公式表示, 即

$$I = \frac{U}{R}$$

式中电流 I 的单位是安培, 电压 U 的单位是伏特, 电阻 R 的单位是欧姆。

根据上式, 可导出如下两式:

$$U = IR \quad R = \frac{U}{I}$$

可见, 欧姆定律反映了电路中电流 I 、电压 U 和电阻 R 三个物理量之间的相互关系, 如果知道了其中任何两个量, 根据欧姆定律公式就可以很容易地求出第三个量来。

欧姆定律是电子电路的基本定律之一, 它在实践中有着重要的地位。

(二) 全电路欧姆定律

作为电源, 要不断地给电路提供能量, 但它本身也属于导体, 当电流通过电源内部时, 也要遇到同其他导体一样的阻碍作用, 这种阻碍作用称为电源的内阻, 用符号 r_0 (或 R_0) 表示。一个实际电源, 不但具有电动势, 而且具有内阻, 因此可以用一个只具有电动势 E 的理想电压源和内阻 r_0 串联的电路来表示, 图

1—6 中的虚线方框内便是具有内阻的电源。而这种把负载电阻及电源内阻都包括在内的电路称为全电路。这时, 整个电路的电阻应为负载电阻 R 与电源内阻 r_0 之和, 电路中的电流应为

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

即全电路中的电流与电源的电动势成正比, 而与负载电阻及电源内阻之和成反比。这是欧姆定律在全电路中的引申。

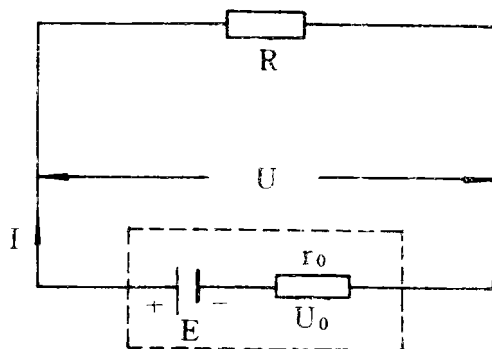


图 1—6 全电路中的欧姆定律

把上式进行变形移项, 可得

$$E = IR + I r_0$$

式中的 IR 项就是电流通过负载电阻时在负载电阻两端所产生的电压降, 也就是接通电路后电源正、负极之间的电压, 称为电源的端电压 U ; 式中的 $I r_0$ 项, 是电流通过内阻时在内阻上所产生的电压降, 叫做内阻压降, 用 U_0 表示。因此, 电源接上负载后, 其端电压与电动势之间应具有下面的关系:

$$U = E - I r_0$$

即电源的端电压等于电动势减去内阻压降。

当电源未接负载时, 电源没有电流输出, 所以内阻压降 $I r_0$ 为零, 这时电源的端电压在数值上就等于电源的电动势。换言之, 电源的电动势就等于电源的开路电压。

如果电源内阻很小, 与负载电阻相比可以忽略不计, 那么电源的端电压就始终等于其电动势, 这样的电源叫做恒压源, 或叫做理想电压源。

蓄电池和干电池等类型的电源, 在正常情况下, 其内阻是很小的。例如新的干电池, 每节的内阻不过是几分之一欧姆, 但用旧了之后, 会增大到几欧姆以上。若量其开路电压, 数值可能不太低, 但若接入电路量其端电压, 其数值往往下降很多。所以电池是否堪用, 只量开路电压不行, 应当接上负载测量端电压, 如电压过低, 则电池不堪使用。

(三) 电流、电压、电阻的测量方法

电流、电压、电阻除了可以利用欧姆定律进行计算外, 还可以直接用仪表进行测量。

图 1—7 (a)、(b)、(c) 所示, 分别为电流表、电压表和电阻表在电路中的符号。

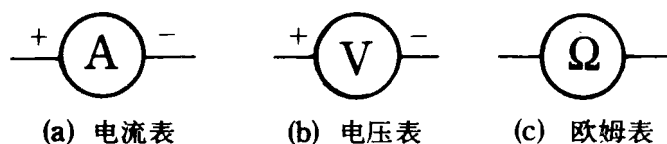


图 1—7 电表的电路符号

图中各圆圈内的 A 、 V 、 Ω , 分别表示表盘刻度是以安培、伏特和欧姆为单位的, 所以也可分别称为安培表、伏特表、欧姆表。如圆圈内为 mA 、 μA 、 mV 、 μV 、 $M\Omega$, 则可分别称为毫安表、微安表、毫伏表、微伏表、兆欧表。

为毫安表、微安表、毫伏表、微伏表、兆欧表。

图 1—8 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 分别为正确测量电压、电动势、电流、电阻的方法。

图 1—8 (a) 中, 用电压表的两端分别接在电阻 R_1 的两端, 所测出的电压就是加在电阻 R_1 两端的电压, 或者说是电流在 R_1 上的电压降 U_{R1} 。测量时电压表的“+”端应接到高电位点, “-”端接到低电位点, 否则电压表指针反走。

图 1—8 (b) 中, 用电压表的“+”、“-”两端分别接在电池 E 的正、负两极, 测量电池两端的电压, 测量结果应该和上次相同, 因为尽管两次测量时电表所放位置不同, 但实际上两次测量的都是电源的端电压。

从以上两次测量中可得出如下结论: 测量电路中某两点之间的电压时, 电压表应并在被测电路两端; 电压表的“+”端接高电位点, “-”端接低电位点。

图 1—8 (c) 中, 用电压表的“+”、“-”两端分别接在没有接入电路的电池 E 的正、负两极, 就可以测出电池的电动势 E , 因为它是电源的开路电压, 所以其数值要大于图 1—8 (a) 中的 U_{R1} 。