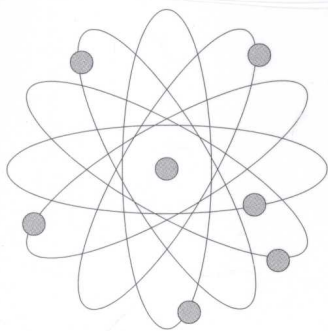


陕西省中等职业教育规划教材



DIANGONGDIANZI
JISHUJICHU

电工电子技术基础



主审 来俊文
主编 任雨民
郭 鹏



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

图并证版编(CIP)目录编查并图

8.8000, 出理出学大北西: 交西一 编主编理, 另雨升\ 脚基本姓千串工串

电工电子技术基础

DIANGONGDIANZIJIISHUJICHU

主 编 任雨民 郭 鹏

编 著	另雨升	编 主	姓基本姓千串工串
号 955 湖北白太市交西	址 址	姓 姓	出理出学大北西
710069	脚版理脚	059 -- 88302587	行 出理出学大北西
脚串门脚串脚古西平雪西刺	脚 印	古并半理	理 登
脚串大1理只8半8008	次 印	2008年8月第1版	次 理
15.2	理 印	787×1092 1/16	本 开
1—2000	理 印	296千字	理 字
元 0.91	理 印	12BN938-7-2004-2004-8	号 并

西北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 任雨民, 郭鹏主编. — 西安: 西北大学出版社, 2008.8
ISBN 978-7-5604-2507-8

I. 电... II. ①高...②郭... III. ①电工技术②电子技术
IV. TM TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第116063号

电工电子技术基础

主 编 任雨民 郭 鹏

出版发行 西北大学出版社
电 话 029-88305287

社 址 西安市太白北路 229 号
邮政编码 710069

经 销 新华书店

印 刷 陕西省军区古城印刷厂印刷

版 次 2008 年 8 月第 1 版

印 次 2008 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.5

字 数 296 千字

印 数 1—2000

书 号 ISBN 978-7-5604-2507-8

定 价 19.50 元

前 言

随着职业教育迅速发展,为了适应中等职业专业技术人才培养模式改革的需要,满足新的人才培养目标对专业基础知识与基本操作技能的要求,本书对机电类专业课程体系和教学内容进行改革,将电路基础、模拟电路、数字电路、电气控制等教学内容进行整合优化,删繁就简,避免重复,构建课程体系。

本书编写以“注重基础、简化理论、精炼内容、突出实用性”作为指导思想;以电路理论为基础,围绕电子技术、电气控制所需的基本知识编写,强调与生产实践技术应用密切联系。全书突出以下特点:

(1) 注重基本概念、基本原理和基本技能的学习,淡化细节描述,辅之以实例分析。

(2) 针对培养目标,简化原理阐述,删除无实用价值的旧内容以及繁冗的理论推导和计算,力求内容浅显易懂、易学易记。

(3) 为了满足知识点广而学时少的要求,在内容上做到重点突出、选材精炼,学时合理分配。

(4) 每章节有知识目标和技能目标,叙述中有提示、提问等内容,篇后有一定数量的练习与思考题,以方便读者学习。

本书共分三篇,第一篇内容是电路基础知识,第二篇内容是电子技术知识,第三篇内容是电气控制基础知识;参考总学时数为142~156学时。

本书编写分工为:任雨民编写第三、五、十章;郭鹏编写第一、二、四、六章;李静编写第七章;杨红瑶编写第八章;孙祎编写第九章;刘兴华编写第十一章。最后,由任雨民、郭鹏两位主编负责统稿、定稿,来俊文主审。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,本书难免有欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008.5

目 录

第一篇 电工基础

第一章 电路基础	(1)
§1.1 电路概述	(1)
§1.2 电阻元件	(6)
§1.3 电容元件	(10)
§1.4 电感元件	(12)
第二章 电路分析基础	(16)
§2.1 基尔霍夫定律	(16)
§2.2 单一元件的串联电路	(19)
§2.3 单一元件的并联电路	(21)
§2.4 电压源、电流源及测量仪表	(24)
§2.5 复杂电路分析	(29)
第三章 单相交流电	(35)
§3.1 正弦交流电概述	(35)
§3.2 正弦交流电的相量表示法	(39)
§3.3 单一元件的简单交流电路	(40)
第四章 谐振电路	(46)
§4.1 LC 振荡电路	(46)
§4.2 LC 串联谐振电路	(47)
§4.3 并联谐振电路	(48)
第五章 三相交流电	(50)
§5.1 三相交流电动势	(50)
§5.2 三相电源的连接	(51)
§5.3 三相负载的连接	(52)
第六章 变压器	(56)
§6.1 变压器概述	(56)
§6.2 理想变压器	(59)

第二篇 电子技术基础

第七章 半导体基础	(70)
§7.1 半导体二极管	(70)
§7.2 二极管的实际应用	(76)
§7.3 三极管及其放大电路	(79)
§7.4 场效应管	(88)
§7.5 晶闸管	(89)
第八章 集成运算放大器	(94)
§8.1 集成运算放大器基本概念	(94)
§8.2 理想运算放大器的基本应用	(98)
§8.3 反馈简介	(101)
第九章 数字电路	(105)
§9.1 数字电路概述	(105)
§9.2 基本门电路	(109)
§9.3 组合逻辑电路	(112)
§9.4 触发器	(116)
§9.5 计数器	(121)
§9.6 寄存器	(124)
§9.7 555 定时器及其应用	(126)

第三篇 电气控制基础

第十章 电器与电气控制	(138)
§10.1 低压电器基础知识	(138)
§10.2 电气控制系统的基本电路	(155)
第十一章 PLC 原理及基本应用	(171)
§11.1 PLC 基础知识	(171)
§11.2 梯形图	(176)
§11.3 S7-200 基本指令语句	(178)
§11.4 S7-200 系列 PLC 继电器指令语句	(180)
§11.5 PLC 的经验法编程	(182)
§11.6 顺序控制与功能图法编程	(186)
参考文献	(192)

第一篇 电工基础

第一章 电路基础

§1.1 电路概述

知识目标

- 掌握电路的基本组成及作用
- 理解描述电路的基本物理量
- 了解电路的三种状态

技能目标

- 掌握常用电量单位的转换
- 学会计算电功率、电能

机电设备系统都包含有电子元器件、电路。因此，学习机电技术应用、数控技术应用等专业必须掌握和了解电路知识和基本电子元器件的应用常识。

一、电路组成

电路是电流通过的路径。它的主要功能是传输、转换电能和加工、处理信号。图 1-1 是一个简单的电灯控制电路，包括了电路的基本组成部分：电源、开关、连接导线和负载。

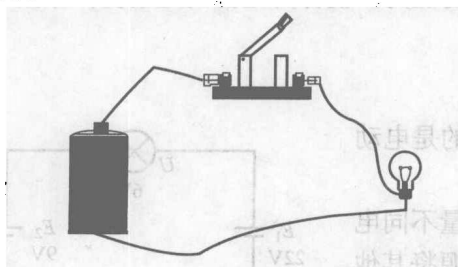


图 1-1 简单的电灯控制电路

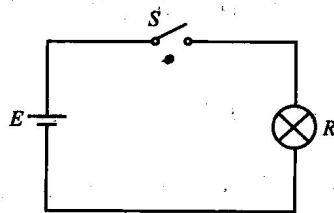


图 1-2 电路模型

电源是提供电能的设备。图 1-1 中的电池就属于电源的一种。工业生产、日常生活用电多为发电机提供。

负载即用电设备。它接受电能，且能将电能转换为其他形式的能。图 1-1 中电灯工作时将电能转化为光能。

连接导线起连接电源和负载的作用。负载通过连接导线获取电源能量。

开关即控制装置。它用于切断、接通电路，或保护电路不受损坏。

在分析实际电路时，为了便于研究，常采用元件符号代替实际电气元件。这就产生了电路模型图。图 1-2 为图 1-1 的电路模型。电路图中用字母 E 表示电源、 S 表示开关、 R 表示负载。

二、电位、电压、电动势

电源的能量是以电流形式通过传输导线向外输送的。就像水流，水之所以流动，是因为水位高低不同，即存在水位差。在重力作用下，水从高处流向低处（图 1-3a）。电路中两点之间若存在电流，这两点之间必然存在电位差，电学里把电位差称做**电压**。与水流不同的是，电流实际上是自由电子在电场力作用下，从低电位处移动到高电位处（图 1-3b）。电压用字母“ U ”表示，电压的单位是伏特，单位符号为 V 。

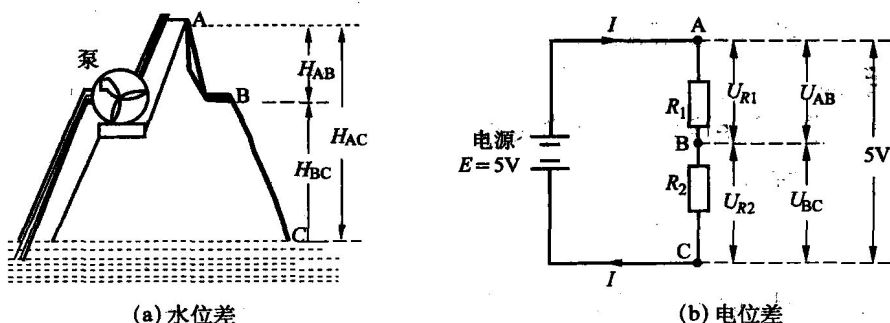


图 1-3 水位差与电位差示意图

电源能使电路中产生源源不断的电流，是因为电源为电路提供了电位差。在电场力作用下，正电荷从电源正极即高电位一端移动到电源负极即低电位一端。在电源内部，电源利用其他能量克服电场力做功又把移动到电源负极的正电荷搬运到电源正极，使电路保持着电位差。这种能使电路产生并维持一定电位差的能力，就称为电源的**电动势**，常用字母“ E ”来表示，电动势的单位也是伏特。

小提问

在图 1-4 中，那些表示的是电压？那些表示的是电动势？

电源电动势描述的是电源自身的属性，是衡量不同电源克服电场力做功能力的一个物理量。表征了电源将其其他能量如机械能、化学能、热能等转化为电能的能力。

电压与电动势在概念上是不可混淆的。电压是外电路中任意两点间存在的电位差，表示电场做功的能力。而电

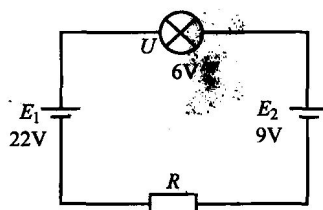


图 1-4 电动势、电压判断

电动势则是电源内部所具有的把电子从正极搬运到负极,建立并维持电位差的本领,表示外力做功的能力。电动势的方向是从负极(低电位)指向正极(高电位),即电位升高的方向。电压的方向是从高电位(“+”极)指向低电位(“-”极),即电位降低的方向。书写表达两点间的电压时,用双下标指出电压方向,如 U_{ab} 表示电压方向为电路中a点指向b点。 U_{ba} 表示电压方向为b点指向a点。所以 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。

特别提示

电压是电路中两点间的电位差,是绝对量。电位是相对于电路参考点而言的,是相对的量。习惯上我们把电源的负极定义为参考点,电位为0V,则电路中其他点相对于电源负极的电位差即是该点的电位。电力系统中把大地作为零电位参考点。所以零电位点习惯上又称为“地”,电路符号为“ $\perp$ ”。类似的,电路图中也常用“端子”代表电路引入的电源或输入、输出信号。

图1-5中两电路图是等效的,用“地”“端子”符号后,图1-5b更简洁,图中实心圆点代表多根导线的连接点,如果导线相交,而无实心圆点,代表导线仅仅交叉,而无连接关系。

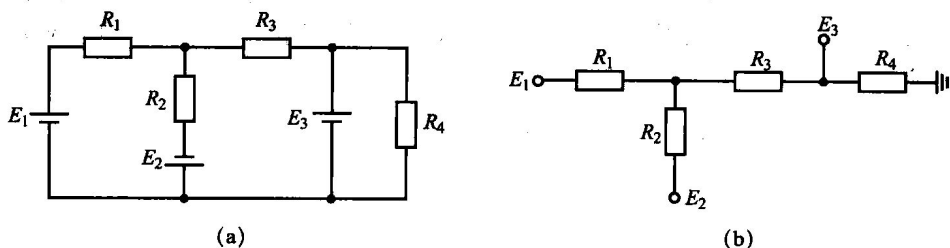


图 1-5 电路图示例

三、电流

电路中可以自由移动的是导体中的自由电子。金属导体存在阳离子即正电荷和自由电子。自由电子可以在阳离子的间隙中自由运动,正电荷则只能在其平衡位置附近振动。电路中电子的定向移动形成**电流**。科学家规定电流的方向是带正电的离子移动的方向,这个观点一直延用到了今天。若认为电子静止不动,电流就像是正电荷在做定向移动,所以电流方向是与实际电子移动方向相反的。本书在后面的叙述中以正电荷移动方向作为电流方向。

电流的大小就是单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流用字母“ I ”表示,单位是安培,单位符号A。若单位时间内通过导体的电荷量恒定不变,则电流表达式为

$$I = Q/t \quad (1-1-1)$$

式中 Q ——电荷量 (C);

t ——时间 (s)。

若单位时间内通导体的电荷量是变化的,则

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

式中 Δq ——电荷的变化量;

Δt ——时间的变化量。

电流单位根据数值的大小有千安、安培、毫安、微安等。如 $1\text{A}=1\times 10^3\text{mA}=1\times 10^6\mu\text{A}$ 。

表 1-1 部分国际单位制单位前缀词名表

词头名称	词头符号	表示因数
太 [拉]	T	10^9
兆	M	10^6
千	k	10^3
毫	m	10^{-3}
微	μ	10^{-6}
纳 [诺]	n	10^{-9}
皮 [可]	p	10^{-12}

四、电功、电功率、额定值

电路接通后,用电设备即负载吸收(获取、消耗)电源的电能就是电荷克服导体阻碍时电场力所做的功。假如电路中移动的电荷量为 Q ,负载两端的电压为 U ,则负载 t 时间里消耗的电能为

$$W=UQ \text{ 或 } W=UIt \quad (1-1-2)$$

式中 W ——电能 (J);

U ——电压 (V);

Q ——电荷量 (C);

I ——电流 (A);

t ——时间 (s)。

电功的另一个常用单位为“度”,即千瓦时($\text{kW}\cdot\text{h}$)。1千瓦时等于1度。

从公式可以看出,若电压与电流的乘积不变,则单位时间内消耗的电能固定不变。我们就把这两项之积表示电能的变化情况叫**电功率**,用字母 P 表示。电功率的单位是瓦特,单位符号W,则

$$P=UI \quad (1-1-3)$$

用电器铭牌上一般标注电功率和工作电压和电流,分别称为**额定功率**、**额定电压**、**额定电流**。电器设备要正常工作,就要加上额定大小数值的电压,电路接通后用电器就会通过额定大小的电流,用电器消耗的电能就可按额定功率计算出来。

小提问

若电器设备工作电压、电流值低于额定值,会出现什么情况?如果工作条件超过额定值,又会出现什么情况呢?

例 1-1 某人出走之前忘了关灯,若灯的功率为40 W,每度电收费0.5元,请问一个月后,应支付多少钱电费?

解 根据 $W=Pt$

按每月 30 天计, 照明灯消耗的电能为: $W = 40 \times 10^{-3} \times 30 \times 24 = 28.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$
 应付电费为: $28.8 \times 0.5 = 14.4$ (元)。

五、电路的工作状态

图 1-6 表明了电路四种工作状态: a 图开关闭合, 电路中就有电流产生, 是电路正常工作状态, 也称为通路。b 图开关断开, 称为开路, 也属于正常工作状态。如果在通路情况下, 导线因为某种原因断开了, 电路工作状态会与 b 图相同, 但电路为故障状态, 称为断路, 如 c 图。断路时接通开关, 电路也不会工作。d 图中导线直接与电源两端相连, 称为短路。短路属于特殊的电路状态, 此时流经电源的电流很大, 情况严重时电源将直接损坏, 故应避免此类情况发生。

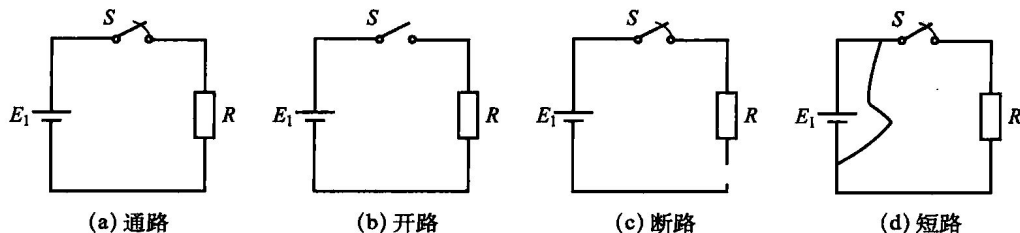


图 1-6 电路工作状态

特别提示

生活中经常有电源线路因导线绝缘老化导致电源短路, 引发火灾, 也经常出现一些非专业人员私自改造电源线路, 出现电源短路事故。因此应遵守用电安全规则, 正确使用电器。

六、直流电和交流电

1. 直流电

直流电是指方向始终固定不变的电压和电流。能产生直流电的电源称为**直流电源**, 直流电的电流总是由电源正极通过电路流向电源负极。直流电又分为稳定直流电和脉动直流电, 如图 1-7 所示。如果直流电方向不变, 而大小随时间变化, 则为**脉动电流**。

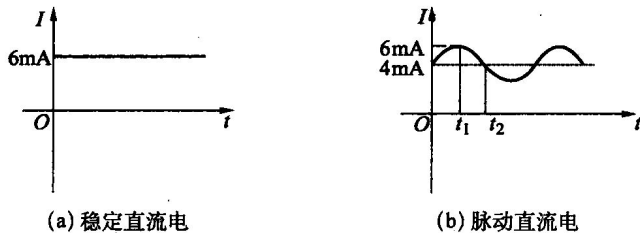


图 1-7 直流电波形图

当一个电路中的电压和电流大小和方向恒定不变, 这种电路叫做**直流电路**, 相应的物理量就是**直流量**, 如直流电压、直流电流。直流的表示符号是 DC, 图形符号是条直线“-”。所以直流电压又可用 DCV 表示, 直流电流可表示为 DCA。

2. 交流电

当电压、电流大小和方向随时间变化时,则这个电路就是**交流电路**,相应的物理量就是**交流量**,如交流电压、交流电流。交流的表示符号是 AC,图形符号是条波浪线“~”。交流电压又可用 ACV 表示,交流电流可表示为 ACA。

交流电在 1 s 内完成变化的次数叫做交流电的**频率**。交流电完成 1 次变化所需时间称作交流电的**周期**。可见,交流电的周期与频率成反比。频率用 f 表示,单位是赫兹,单位符号 HZ。周期用 T 表示,单位是秒。

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{或} \quad f = \frac{1}{T} \quad (1-1-4)$$

图 1-8 所示的正弦波与图 1-9 所示的正弦波相比,同一时间段内,频率越快,波形越密集;频率越慢,波形越疏散。

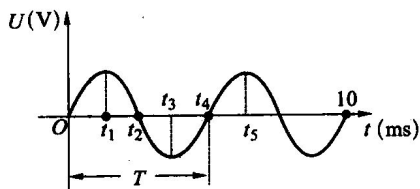


图 1-8 正弦交流电波形 1

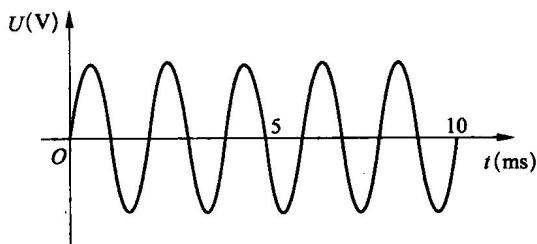


图 1-9 正弦交流电波形 2

§1.2 电阻元件

知识目标

- 认识各类电阻元件
- 熟悉电阻元件的基本性能
- 理解欧姆定律内容及应用

技能目标

- 了解电阻器的基本参数

电阻、电容、电感是电路中的常见无源元件,**无源元件**简单地说就是不用预置电源就可以表现出应有特性的器件。**有源元件**一般需要其他元件辅助,预置电源做好工作准备后才能完成指定任务。可以看出来无源元件单独在电路中就可以对电路产生相应的影响,或完成相应的任务。无源元件的电特性由加在其两端的电压和通过它的电流关系即电压—电流关系来描述。常见的一些电阻、电容、电感元件的实物如图 1-10 所示。

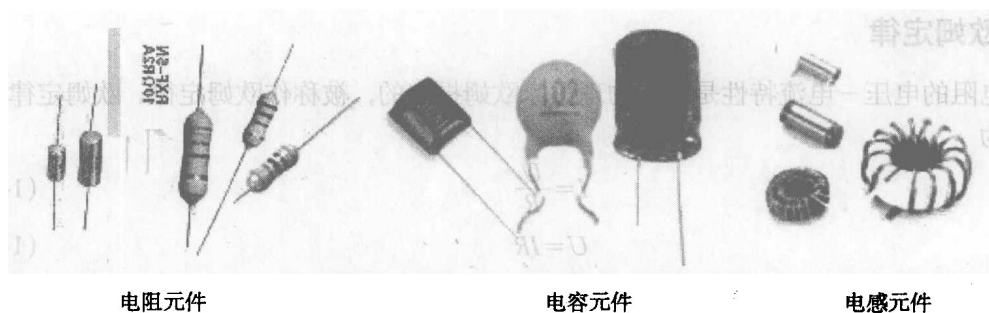


图 1-10 常见电阻、电容、电感元件实物图

一、电阻器

我们已经知道: 电流实际上是金属导体中的自由电子在电场力作用下定向移动形成的。电子在移动的过程中, 由于有在平衡位置附近振动的阳离子的存在, 会受到它们的阻碍, 我们把这种阻碍现象用电阻来描述。电子为了克服这种阻碍继续移动, 电场力就要做功, 就必然引起电能的消耗。可见电子的移动过程也是电能的消耗过程, 所以说电阻是耗能元件。消耗的电能一般以热能形式释放, 所以电阻或导线元件通过的电流较大时, 一般都会发热, 热量过大时, 还会因过热而损坏。因此电路正常工作时都有对电流的大小要求。电阻元件在电路中的作用之一就是阻碍电子移动, 限制电流的大小。我们把电路中起这种作用的电阻元件叫限流电阻。导体中对电子的阻碍是由于材料特性引起的, 是不可避免的。而在电路中使用限流电阻则是设计人员为保证电流符合规定要求, 保证电路正常工作而接入的, 两者目的不同。习惯上电阻元件常常简称为“电阻”。

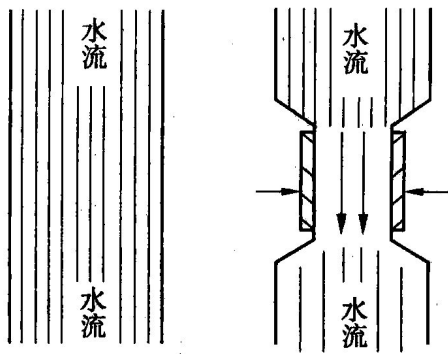


图 1-11 水闸对水流量影响

我们可以相似地用水流通道上设置的闸宽会影响整个渠道的水流量来理解电阻对电流大小的影响 (图 1-11)。

电阻的单位是欧姆, 单位符号为 Ω 。电阻值越大说明它对电流的阻碍能力越强。用电阻的倒数衡量电阻的导电能力性能, 称为电导, 用字母 G 表示, 电导的单位是西门子, 单位符号为 S 。导体的电导越大, 导电能力越强。理想电阻即认为电阻值恒定不变的电阻的电压 - 电流关系呈线性, 如图 1-12 所示。

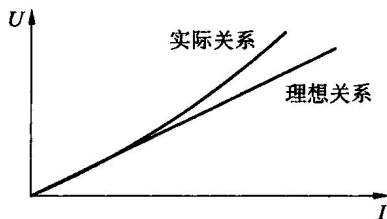


图 1-12 电阻器的电压 - 电流关系

二、欧姆定律

电阻的电压-电流特性是德国物理学家欧姆提出的,被称作欧姆定律。欧姆定律的表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-2-1)$$

或

$$U = IR \quad (1-2-2)$$

式中电压 U 、电流 I 、电阻 R 的单位分别是伏特、安培和欧姆。

欧姆定律表明:流过电阻的电流与电阻两端的电压呈正比。

三、电阻定律

如果导体是由单一均匀材料制成,并且外形截面也是规则的(图 1-13),则其电阻值为

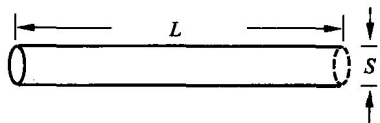


图 1-13 电阻定律应用示例

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2-3)$$

式中 ρ ——材料电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$);

L ——导体长度 (m);

S ——导体的截面面积 (m^2)。

式 1-2-3 就是电阻定律的公式,它给出了导体电阻的阻值计算方法。电阻率 ρ 反映的是导体材料的导电性能。电阻率越小,表明材料中电荷移动阻碍越小,导电性能就越好。我们一般说的导体就是由电阻率小于 $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料制成。电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 的材料属于绝缘体。电阻率介于这两者之间的被称作半导体材料。

电子线路或电力传输的导线基本都可根据电阻定律公式求出导线的阻值。在分析电路时,因为导线长度有限,电阻阻值很小,对电路影响可以忽略,常把它们当作理想导线(阻值为零欧姆)对待。实际中的一些场合,则必须考虑导线电阻的影响,尤其是长距离导线传输,导线越长,阻值越大,导线传输的电能或信号损失得就越多。因此必须采用一些方法降低导线电阻,其中一个办法就是选取电阻率较低的导体材料。表 1-2 列出了部分金属材料的电阻率。

表 1-2 部分金属材料的电阻率

物质	温度/ $^{\circ}\text{C}$	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	电阻温度系数 $\alpha_R/^{\circ}\text{C}^{-1}$
银	20	1.586	0.0038
铜	20	1.678	0.00393
金	20	2.40	0.00324
铝	20	2.6548	0.00429
钙	0	3.91	0.00416
铍	20	4.0	0.025

导体按导电性能优良程度(即电阻率从小到大)排列前四位依次是:银、铜、金、铝。常见的半导体材料有炭、硅、锗等,常见的绝缘材料有塑料、陶瓷、云母、石英、玻璃等。

小提问

参考表 1-2 数据,完成下表各种材料 20℃ 时的阻值计算,并分析结论。

导线材料	直径/mm	长度/m	电阻/ Ω
铜	1.0	10	
铝	1.0	10	
铜	2.0	10	
铝	2.0	10	

四、电阻器的基本参数

1. 标称阻值与偏差

标称阻值是工厂生产的系列电阻器的电阻值。常见的阻值有 E6, E12, E24 等系列,各系列电阻器的阻值见表 1-3。偏差是实际阻值与标称阻值的误差。偏差一般分为 3 个等级:Ⅰ级为 $\pm 5\%$,Ⅱ级为 $\pm 10\%$,Ⅲ级为 $\pm 20\%$,可分别用字母 J, K 和 M 表示。

表 1-3 常见电阻器阻值系列

系列	偏差	电阻的标称值
E24	Ⅰ级, $\pm 5\%$	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 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
E12	Ⅱ级, $\pm 10\%$	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E6	Ⅲ级, $\pm 20\%$	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

小提问

如果你确实需要标称系列中不存在的阻值电阻,应该怎么办呢?如果 1 个 E24 系列的 1 k Ω 电阻测量后阻值为 800 Ω ,它合格吗?

2. 功率

若电阻两端电压为 U , 流过电阻的电流是 I , 则电阻的功率为

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (1-2-4)$$

电路图中的电阻符号如图 1-14a 所示,图 1-14b 为注有功率的电阻器符号,功率值参见下方给出文字。电阻的额定功率必须满足工作需要,即必须大于实际吸收的功率,否则会因发热过高造成电阻损坏。

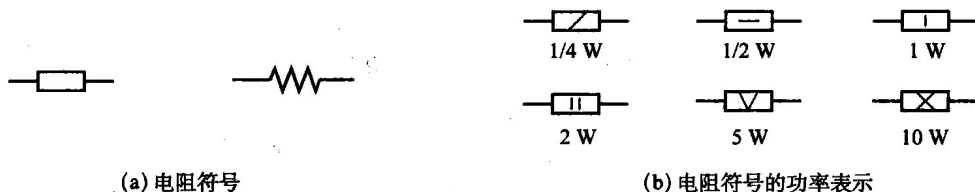


图 1-14 电阻符号及其功率表示

电阻在电路图中符号标注的规则是：阻值单位是 Ω 的只需标出数值，不用注明单位，此种情况默认单位为 Ω ；电阻功率小于 $1/4\text{ W}$ 时，不用注明功率，否则必须符号标出功率大小。

§1.3 电容元件

知识目标

- 认识电容元件
- 熟悉电容元件的基本特性

技能目标

- 了解电容器的基本参数

一、电容器概念及特性

任何两个互相靠近而又彼此绝缘的导体都可构成电容器。组成电容器的两个导体叫极板，极板中间的物质叫电介质或介质。电介质简单说就是不导电的物质。

电容器在电路中起存储电荷的作用。对任何一个电容器而言，两极板的电压都随所带电荷量的增加而增加，并且电荷量与电压成正比，其比值 q/U 是一个恒定值。对于不同的电容器，这个比值则不同。可见 q/U 表现了电容器的固有特性。电容器所带电荷量与其端电压的比值叫做电容器的**电容量**，简称**电容**，用字母 C 表示。

电容器电容量的基本单位是法，用字母 F 表示。因为实际中的电容器的容量往往很小，所以常用的单位有微法（ μF ）、纳发（ nF ）和皮法（ pF ）等。其关系是

$$1F = 10^6 \mu F$$

$$1 \mu F = 10^3 nF = 10^6 pF$$

图 1-15 所示为电容器的充电电路，开关闭合后，在电源电场力的作用下，与电源正极相连极板（正极板）中的电子通过电源移动到与电源负极相连极板（负极板），正极板因失去电子而呈“+”电，负极板得到电子而呈“-”电，并在正、负极板间建立起电场；当电容两极板间的电压等于电源电压时电子不再移动。我们把电子向电容极板移动的过程称作**充电**，或

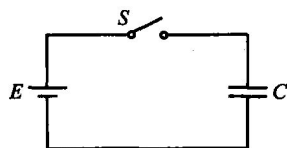


图 1-15 电容器充电电路

把电容器极板间建立电场的过程叫做**电容器充电过程**。用导线将已充电的电容两个极板连接起来，由于两极板间存在的电位差，电子便会通过导线，回到正极板上，与正电荷中和。直至两极板间的电位差为零，电容器又恢复到不带电的状态。我们把这个过程叫做**电容器放电过程**。

在交流电路中, 加在电容器两个极板上的交流电在一次变化过程中, 当电源电压高于电容器两端(极板间)电压时, 电容充电。当电源电压低于电容两端电压时, 电容放电。交流电极性变化越频繁即频率越高, 电容器的充放电次数就越多, 充放电回路的电流就越大。从对电流的影响上可见, 电容器对于频率高的交流电的阻碍作用较小, 对频率低的交流电产生的阻碍较大。直流电可以看作频率为 0 的交流电, 对直流电来说, 电容在完成初始充电之后, 电路中将不再有电流出现, 相当于开路。

特别提示

电容器的一个重要特性是“隔直通交, 通高阻低”。“隔直通交”是指把电容器作用可理解为开关, 即电容器在直流电路中相当于开关打开, 在交流电路中相当于开关闭合。“通高阻低”是指把电容器可以理解为阻值可变的电阻。则交流电频率越高, 阻值越低, 交流电越易通过; 交流电频率越低, 阻值越高, 交流电所受阻碍就越大。

二、电容器的储能特性

图 1-15 中, 电容器充电完成, 断开开关。理论上, 电容器负极板上的电子只受到极板间电场的作用, 会向正极板移动, 但中间有介质隔离, 不能穿越介质。因此极板电荷量不发生变化。极板间电位差不变, 极板间电场保持不变。

可见电容器把从电源获得的能量以电场方式储存了起来, 储存的能量为

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1-3-1)$$

但实际中, 电介质处于电容器正负极板的电场中, 会受到电场极化作用, 极化过程中, 把一部分电场能量转化为热能消耗。另外, 介质的绝缘也不是绝对的, 如果电压较高, 仍会有一些电荷穿越电介质形成泄漏电流。因此电容器实际存在能量损耗问题, 这称为电容器的损耗。在电路分析中使用的电容器是理想电容器, 即认为它的介质绝缘电阻为无穷大, 不存在泄漏问题, 也不存在极化问题。

三、电容器的基本参数

电容器按极性分有极性电容器与无极性电容器。无极性电容(图 1-16a)使用时不需考虑管脚连接问题, 接入电路即可工作。有极性电容(1-16b)使用时必须考虑管脚连接, 正极引脚必须接电路高电位, 负极引脚必须接电路低电位, 保证给电容施加正确电场方向, 电容才能正常工作。

有极性电容就是通常所说的电解电容。它的电介质在外电场方向正确时, 泄漏电流很小。外电场方向反向时, 泄漏电流很大, 电容器功能丧失, 起不到电容作用。电压较大, 情况严重时电容器会直接爆裂。因此有极性电容使用时必须关注管脚连接极性。我们还会见到如图 1-16c, d 图所示的电解电容符号。

电容器的主要参数有标称容量和允许偏差、额定工作电压、绝缘电阻等。其他的还有温度系数、损耗以及频率特性等。

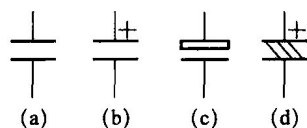


图 1-16 电容器符号