

▣ 全国高等职业教育规划教材

电工电子技术 基础教程

DIANGONG
DIANZI JISHU
JICHU JIAOCHENG

○ 陈玉阁 延三成 主编

全国高等职业教育规划教材

电工电子技术基础教程

陈玉阁 延三成 主 编

中央广播电视大学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术基础教程 / 陈玉阁, 延三成主编. —
北京: 中央广播电视大学出版社, 2011.7
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-304-05170-9

I. ①电… II. ①陈… ②延… III. ①电工技术—高等职业教育—教材②电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 134142 号

版权所有, 翻印必究。

全国高等职业教育规划教材
电工电子技术基础教程
陈玉阁 延三成 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社
电话: 营销中心: 010-58840200 总编室: 010-68182524
网址: <http://www.crtvup.com.cn>
地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号
邮编: 100039
经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 苏 醒	责任编辑: 吕 剑
印刷: 北京密云胶印厂	印数: 0001~1000
版本: 2011 年 8 月第 1 版	2011 年 8 月第 1 次印刷
开本: 787×1092 1/16	印张: 14 字数: 265 千字

书号: ISBN 978-7-304-05170-9
定价: 26.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

电工技术和电子技术的发展十分迅速，电子类产品几乎覆盖了从工农业生产到日常生活的所有领域。这些产品在各个领域中均发挥着越来越重要的作用，扮演着重要角色甚至关键角色。

“电工电子技术”是一个理论性、专业性、应用性均较强的课程，所涉及教学内容广，内容本身也较难掌握。因此，如何在规定的学时内既使学生掌握电工电子技术的初步知识，又为非电类工科各专业学生在今后的学习和工作中更好地利用和发挥电器设备在工程中的作用打下坚实的基础，就成为教学实施的难点。

本书充分体现了高职高专教育的特点，集电工电子技术和应用于一体。全书叙述简明，概念清楚；知识结构合理，重点突出；内容深入浅出，通俗易懂，图文并茂。该书既可作为重点本科“电工电子技术”、“电工学”课程教材，也可作为高职高专院校专业课程的教材，还可供爱好电工电子技术的读者自学使用。

本书内容主要包括：直流电路、交流电路、磁路与变压器、电动机、供电和安全用电、半导体二极管和直流稳压电源、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、数字电子技术。

本书由陈玉阁老师、延三成老师担任主编并负责本书的编写，第一章至第四章由陈玉阁老师编写，第五章至第九章由延三成老师编写。此外，还有许多老师及同学对本书提出了宝贵的、建设性的意见与建议，在此谨表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，不妥甚至错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 6 月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 认识电路	1
一、电路的基本组成	1
二、电路的基本物理量	2
三、电路元件及伏安关系	5
第二节 直流电路的分析	9
一、电路等效电阻的计算方法	9
二、基尔霍夫定律	12
三、支路电流法	15
四、节点电压法	17
五、叠加定理和戴维南定理	18
第二章 交流电路	22
第一节 认识正弦交流电路	22
一、正弦量及其相量的表示	22
二、3 种基本电路元件	30
第二节 正弦交流电路分析	35
一、单一参数正弦交流电路	35
二、多参数正弦交流电路	42
第三节 三相正弦交流电路	50
一、三相交流电源	51
二、三相负载	54
第三章 磁路与变压器	60
第一节 磁路基本知识	60
一、磁路及其基本定律	60
二、磁路的计算	63
第二节 变压器基本知识	63
一、变压器的基本结构	63
二、变压器的工作原理	64
三、变压器绕组的极性及其联接	69
四、三相变压器	71
五、特殊用途变压器	72

第四章 电动机	74
第一节 三相异步电动机	74
一、三相异步电动机的结构	74
二、三相异步电动机的转动原理	77
三、三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	80
四、三相异步电动机的型号、额定数据	82
第二节 三相异步电动机的使用	84
一、三相异步电动机的启动	84
二、三相异步电动机的调速控制	88
三、三相异步电动机的制动	90
第三节 其他类型电动机	91
一、单相异步电动机	91
二、直流电动机	92
第五章 供电和安全用电	95
第一节 供电基本知识	95
一、电力系统概述	95
二、工业供电系统	96
第二节 安全用电基本知识	98
一、触电的基本知识	98
二、安全用电技术	100
三、静电的危害与防护	107
第六章 半导体二极管和直流稳压电源	109
第一节 晶体二极管	109
一、晶体二极管的结构和特性	109
二、几种特殊的二极管	113
第二节 直流稳压电源	115
一、二极管整流电路	115
二、滤波电路	119
三、稳压管和稳压电路	122
第七章 半导体三极管及放大电路	125
第一节 半导体三极管	125
一、三极管的伏安特性	125
二、三极管的主要参数	126
第二节 半导体三极管放大电路	128
一、基本放大电路	128
二、放大电路的静态分析和动态分析	129
三、分压式偏置放大电路	139

第八章 集成运算放大器及其应用	142
第一节 集成运算放大器基本知识.....	142
一、集成运算放大器的符号、类型及主要参数.....	142
二、集成运算放大器的理想化条件.....	144
三、反馈	144
四、集成运算放大器的两种工作状态及相应结论.....	146
第二节 集成运算放大器的应用	147
一、集成运算放大器在信号运算方面的应用.....	147
二、集成运算放大器在信号测量方面的应用.....	154
三、集成运算放大器的非线性应用.....	155
四、用集成运算放大器构成信号运算电路.....	156
五、用集成运算放大器构成信号处理电路.....	161
六、用集成运算放大器构成振荡电路.....	165
第九章 数字电子技术	168
第一节 门电路和组合逻辑电路	168
一、基本门电路	168
二、数制和逻辑代数运算.....	174
三、组合逻辑电路的分析.....	177
四、组合逻辑电路的设计.....	181
五、编码器	183
六、译码器	185
七、数据分配器和数据选择器.....	188
第二节 触发器和时序逻辑电路	190
一、触发器	190
二、时序逻辑电路分析和设计.....	197
三、计数器	205
四、寄存器	209
五、集成 555 定时器	213

第一章 直流电路

电路是电工技术的主要研究对象，是电工技术和电子技术的基础。而直流电路也是交流电路、电子电路的基础。因此，本章着重介绍直流电路的基本知识，包括电路的基本组成、基本物理量、基本定理以及应用这些定理分析电路的方法。这些方法不仅适用于直流电路的分析，原则上也适用于其他电路的分析。本章是学习电工电子技术的基础。

第一节 认识电路

一、电路的基本组成

电路，简单地说就是电流流通的路径。它是由某些电气设备、元件按一定方式用导线联结而成的。电路的作用是实现能量的输送与转换或者信号的传递与处理。组成电路的元器件及其联结方式虽然多种多样，但都包含电源（信号源）、负载和中间环节这 3 个基本组成部分。

电源是将其他形式能量转换为电能的装置，如蓄电池、发电机和信号源。它们可将化学能、机械能、水能、原子能等能量转换为电能。

负载是将电能转换成非电形态能量的用电设备，如电动机、照明灯、电炉等。它们可将电能转换成机械能、光能和热能。

中间环节包括联结导线、控制开关和保护装置等，主要起传输、控制、分配与保护作用。

例如，手电筒这种最简单的电路就由这 3 部分构成，电池是电源部分，灯珠就是负载，手电筒的金属外壳和按键就是中间环节。再举一个常见的例子——扩音机，其电路示意图如图 1-1 所示。先由话筒把语言或音乐（通常称为信息）转换为相应的电压和电流，它们就是电信号。而后通过电路传递到扬声器，把电信号还原为语言或音乐。由于话筒输出的电信号比较微弱，不足以推动扬声器发音，因此中间还要用放大器来放大。在图 1-1 中，话筒是输出信号的设备，称为信号源，相当于电源，但与上述的发电机、电池等电源不同，信号源输出的电信号（电压和电流）的变化规律取决于所加的信息。扬声器是接受和转换信号的设备，也就是负载。



图 1-1 扩音机电路示意图

二、电路的基本物理量

1. 电流及电流的参考方向

电流是由带电粒子有规则的定向运动而形成的。其大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。随时间而变化的电流是交流电，用小写字母 i 表示；不随时间而变化的电流是直流电，用大写字母 I 表示。

在国际单位制中，电流这个物理量的单位是安培（库仑/秒），简称“安”，用大写字母“A”表示。另外还有毫安（mA）、微安（ μA ），它们的换算关系如下：

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

既然电流是由带电粒子有规则的定向运动而形成的，那么，电流就是一个既有大小又有方向的物理量。

我们习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向为电流的实际方向。因为电流的实际方向可能是未知的，也可能是随时间变动的，所以有必要指定电流的参考方向。图 1-2 表示一个电路的一部分，其中的长方框表示一个二端元件。流过这个元件的电流为 i ，其实际方向或是由 A 到 B，或是由 B 到 A。在该图中用实线箭头表示电流的参考方向，不一定是电流的实际方向。如果电流 i 的实际方向是由 A 到 B，如图 1-2 (a) 中虚线箭头所示，它与参考方向一致，则电流为正值，即 $i > 0$ ；在图 1-2 (b) 中，指定电流的参考方向自 B 到 A（见实线箭头），如果电流的实际方向是由 A 到 B（见虚线箭头），两者不一致，则电流为负值，即 $i < 0$ 。这样，在指定的电流参考方向下，电流值的正和负就可以反映出电流的实际方向。在今后分析与计算电路时，都要在电路中标出有关支路电流的参考方向。这样，最后计算出来的电流值的正负才有意义。

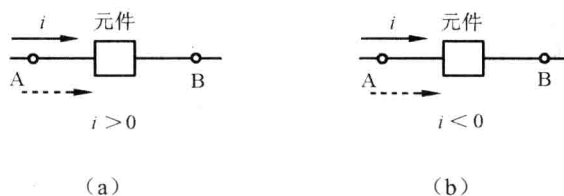


图 1-2 电流的参考方向

2. 电压与电动势

电压这个物理量，是用来表示电场力移动电荷做功本领的。如图 1-3 所示，a、b 两点之间的电压 U_{ab} ，在数值上就等于电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。

电动势是用来表示电源移动电荷做功本领的物理量。电源的电动势，在数值上等于电源把单位正电荷从负极 b（低电位）经由电源内部移到电源的正极 a（高电位）所做的功。电源的符号如图 1-3 所示。在国际单位制中，电压和电动势的单位都是伏特（焦耳/库仑），简称“伏”，用大写字母“V”表示。另外还有千伏（kV）、毫伏（mV）和微伏（ μV ），它们的换算关系如下：

$$1\text{V}=10^3\text{mV}=10^6\mu\text{V}=10^{-3}\text{kV}$$

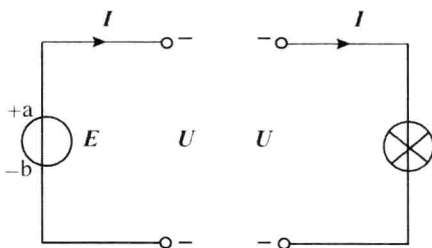


图 1-3 电压与电动势

电压的实际方向规定为由高电位（“+”极性）端指向低电位（“-”极性）端，即为电位降低的方向。电源电动势的实际方向规定为在电池内部由低电位（“-”极性）端指向高电位（“+”极性）端，即为电位升高的方向。和电流一样，在较为复杂的电路中，我们也往往无法先确定它们的实际方向（或者极性）。因此，在电路图上所标出的也都是电动势和电压的参考方向。若参考方向与实际方向一致，则其值为正；若参考方向与实际方向相反，则其值为负。

原则上参考方向是可以任意选择的，但是在分析某一个电路元件的电压与电流的关系时，需要将它们联系起来选择，这样设定的参考方向称为关联参考方向。如图 1-3 所示，其中负载中电流的参考方向是由电压参考方向所假定的由高电位流向低电位的，符合这一规定的参考方向称为关联参考正方向。电源中电压的参考方向与电动势参考方向相反，电流的参考方向是由电压或电动势的参考方向所假定的由低电位经电源内部流向高电位的。

3. 电位

在分析和计算电路时，特别是在电子技术中，常常将电路中的某一点选作参考点，并规定其电位为零。于是电路中其他任何一点与参考点之间的电压便是该点的电位。在同一电路中，由于参考点选得不同，各点的电位值会随着改变，但是任意两点之间的电压值是不变的。所以各点的电位高低是相对的，而两点间的电压值是绝对的。

原则上，参考点可以任意选择，但为了统一，工程上常选大地为参考点。机壳需要接地的设备，可以把机壳选作电位的参考点。有些电子设备，机壳虽不一定接地，但为分析方便，可以把它们当中元件汇集的公共端或公共线选作参考点，也称为“地”，在电路图中

用“ $\perp$ ”表示。

例：求如图 1-4 所示电路中开关 S 闭合和断开两种情况下 a、b、c 3 点的电位。

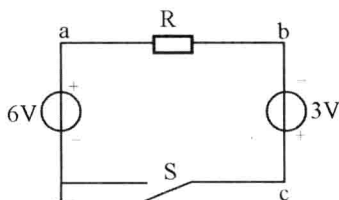


图 1-4 电位分析示例

解：当开关 S 闭合时， $U_a = 6V$ ， $U_b = -3V$ ， $U_c = 0V$ 。当开关 S 断开时，a 点的电位不变 $U_a = 6V$ 。因为电路中无电流流过电阻 R， $U_b = U_a = 6V$ 。c 点的电位比 b 点电位高 3V， $U_c = 6 + 3 = 9V$ 。

4. 电功率

在电路的分析和计算中，功率的计算是十分重要的。这是因为一方面电路在工作状态下总伴随有电能与其他形式能量的相互交换；另一方面，电气设备、电路部件本身都有功率的限制，在使用时要注意其电流值或电压值是否超过额定值，超载会使设备或部件损坏，或不能正常工作。功率是能量转换的速率，电路中任何元件的功率 P ，都可用元件的端电压 U 和其中的电流 I 相乘求得。不过，在写表达式求解功率时，要注意 U 与 I 的参考方向是否一致。

若 U 与 I 的参考方向一致，则 $P = UI$

若 U 与 I 的参考方向相反，则 $P = -UI$

另外， U 和 I 的值还有正负之分。当把 U 和 I 的值代入上列两式去计算后，所得的功率也会有正负的不同。功率的正负表示了元件在电路中的作用不同。若功率为正值，则表明该元件在电路中是负载，将电能转换成了其他的能量，电流流过该元件时是电场力做功；若功率为负值，则表明该元件在电路中是电源，将其他形式的能量转换成电能，电流流过该元件时是电源力做功。

如图 1-5 所示，已知某元件两端的电压 U 为 5V，A 点电位高于 B 点电位，电流 I 的实际方向为自 A 点到 B 点，其值为 2A，在图 1-5 (a) 中 U 和 I 为关联参考方向， U 、 I 分别表示电压和电流，功率 $P = 5 \times 2 = 10W$ 为正值，此元件吸收的功率为 10W。如果指定的 U 和 I 的参考方向为非关联参考方向，如图 1-5 (b) 所示，则此时 $U = -5V$ ， $I = 2A$ ，功率 $P = -UI = -(-5) \times 2 = 10W$ ，所以此元件还是吸收了 10W 的功率，与图 1-5 (a) 求得的结果一致。

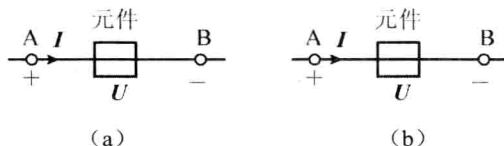


图 1-5 元件的功率

在同一个电路中，发出的功率和吸收的功率在数值上是相等的，这就是电路的功率平衡。

在国际单位中，功率的单位是瓦特（焦耳/秒），简称“瓦”，用大写字母“W”表示，还有千瓦（kW）、毫瓦（mW）等单位。它们的换算关系如下：

$$1\text{kW} = 10^3\text{W} = 10^6\text{mW}$$

三、电路元件及伏安关系

1. 电阻元件

（1）金属导体的电阻。在金属导体中，自由电子在向前运动时，会与形成结晶格的正离子发生碰撞，使电子运动受到阻碍，即导体对电流有一定的阻碍作用。这种阻碍作用被称为电阻，用字母 R 来表示。

导体的电阻值 R 与导体的长度 l 成正比，与导体的横截面积 s 成反比，并与导体材料的性质有关，用公式表示为

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

式中， ρ 是电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ （欧姆·米）； l 是导体的长度，单位为 m （米）； s 是导体的横截面积，单位为 m^2 （平方米）。

电阻率 ρ 是单位长度、单位截面积导体的电阻值。 ρ 越大，物质的导电能力就越差。另外，金属导体的电阻率还受温度影响，一般的金属导体，温度越高，电阻率越大。不同的材料，有不同的电阻率，表 1-1 列出了常用的电工材料在 20°C 时的电阻率及温度系数。从表中可知，银的电阻率最小，是最好的导电材料，其次的是铜和铝，但银的价格昂贵，除了必要的地方外，普遍采用铜和铝。

电阻的倒数称为电导，用 G 表示，单位为 S（西门子）

$$G = \gamma \frac{s}{l} \quad (1-2)$$

式中， γ 为电导率，是电阻率的倒数，单位为 S/m（西门子/米）。

表 1-1 常用导电材料的电阻率与温度系数

材 料 名 称	电阻率/ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻率温度系数
银	1.59×10^{-8}	0.003 80
铜	1.69×10^{-8}	0.003 93
铝	2.65×10^{-8}	0.004 10
钨	5.48×10^{-8}	0.004 50
铁	9.78×10^{-8}	0.005 00
铂	1.05×10^{-7}	0.003 00
锡	1.14×10^{-7}	0.004 20
铅	2.19×10^{-7}	0.003 90

续表

材 料 名 称	电阻率/ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻率温度系数
锰铜	$(4.2 \sim 4.8) \times 10^{-7}$	—
康铜	$(4.2 \sim 4.8) \times 10^{-7}$	—
镍铬	$(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-6}$	0.000 13

例:一台电动机的线圈由直径为 1.13 mm 的漆包铜线绕成,测得在 20℃ 时电阻为 1.64Ω,求共用了多长的导线?

解:
$$s = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \times (1.13 \times 10^{-3})^2 = 1.003 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$l = R \frac{S}{\rho} = 1.64 \times 1.003 \times 10^{-6} / (1.69 \times 10^{-8}) = 97 \text{ m}$$

(2) 电阻元件的伏安关系。1826 年,德国科学家欧姆通过科学实验总结出电阻元件中电流与两端电压之间的伏安关系,即欧姆定律。表述如下:电阻中电流的大小与加在电阻两端的电压成正比,与电阻值成反比。

若电压与电流取关联参考方向时,如图 1-6 (a) 所示,欧姆定律可表示为:

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = RI \quad (1-3)$$

若电压与电流取非关联参考方向时,如图 1-6 (b) 所示,欧姆定律可表示为:

$$I = -\frac{U}{R} \text{ 或 } U = -RI$$

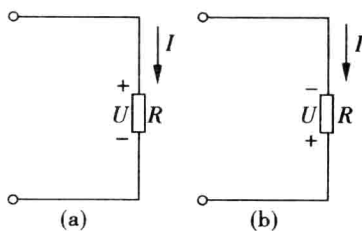


图 1-6 电阻元件的伏安关系

以电阻元件上的电压和电流为直角坐标系中的横坐标和纵坐标,画出的 $U-I$ 函数特性曲线称为元件的伏安特性,当电阻元件的伏安特性是通过原点的直线(如图 1-7 (a) 所示)时,称为线性电阻元件;反之,当电阻元件的伏安特性不是通过原点的直线而是一条曲线(如图 1-7 (b) 所示)时,称为非线性电阻元件。

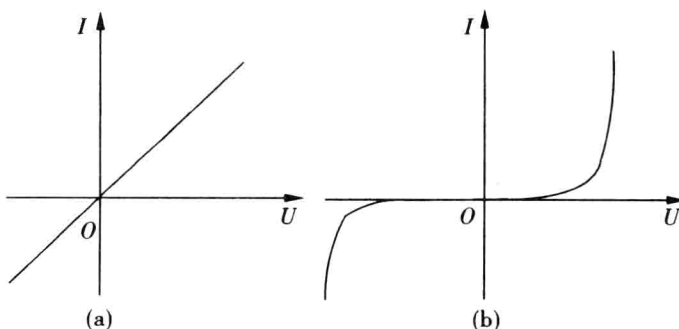


图 1-7 电阻元件的伏安特性

2. 电感元件

许多电工设备、仪器仪表中都有线圈，如变压器线圈、日光灯镇流器线圈等。这些线圈称为电感线圈或电感器。电感是反映磁场能性质的电路参数。电感元件是实际线圈的理想化模型，假想是由无阻导线绕制而成的，用 L 表示，其电路符号如图 1-8 所示。

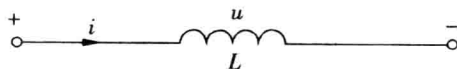


图 1-8 线性电感元件

(1) 电感系数。由物理学知识可知，电流 i 通过电感时，由电流 i 产生磁通 Φ 。对 N 匝线圈，其乘积 $N\Phi$ ，称为线圈磁链 ψ 。一般规定磁能 Φ 和磁链 ψ 的参考方向与电流参考方向之间满足右手螺旋法则，在这种参考方向下任何时刻线性电感元件的磁链 ψ 与电流 i 成正比，比例系数称为电感系数 L ，即

$$\begin{aligned}\psi &= N\Phi = Li \\ L &= \frac{\psi}{i}\end{aligned}\quad (1-4)$$

式中，电感系数 L 的单位为 H（亨利）；磁链和磁能的单位均为 Wb（韦伯）。

空心线圈的电感系数 L 是一个常数，与通过的电流大小无关。这种电感称为线性电感。线性电感的大小只与线圈的形状、尺寸、匝数以及周围物质的导磁性能有关。线圈的截面积越大，匝数越密，电感系数越大。

(2) 电感元件的伏安关系。根据电磁感应定律，当电流 i 随时间 t 变化时，磁链、磁通也会发生变化。同时在电感线圈两端便会产生感应电动势 e_L ，即

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}\quad (1-5)$$

那么在电感元件两端便有感应电压 u_L ，若电压 u_L 与电流 i 参考方向一致（如图 1-8 所示），其伏安关系为：

$$u_L = L\frac{di}{dt}\quad (1-6)$$

式中，电感两端电压与通过电流的变化率成正比。

3. 电容元件

(1) 电容。电容元件（用 C 表示）通常由用绝缘介质隔开的两块金属板组成。这种结构的电容称为平板电容，中间的绝缘材料称为绝缘介质，如图 1-9 (a) 所示。实际的电容元件忽略介质及漏电损耗就是理想电容元件。

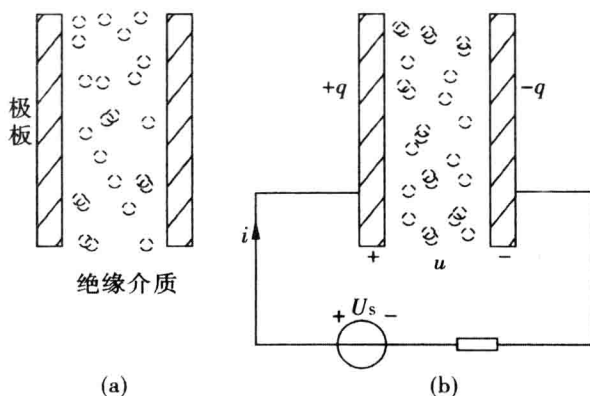


图 1-9 平板电容器

当在电容元件两端加上电源时，两块极板上便聚集起等量的正、负电荷，如图 1-9 (b) 所示。其电荷量 q 与外加电压 u 之间有确定的函数关系。对于线性电容元件， q ， u 之间的关系为：

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-7)$$

式中， C 为电容元件的电容量，单位为 F（法拉）。

电容量 C 的大小与两端电压 u 无关，仅与电容器元件的形状、尺寸及电介质有关。如平板电容器的电容量 C 为：

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (1-8)$$

式中， A 为两极板正对面积， d 为平行极板间距离， ε 为电介质的介电常数。

(2) 电容元件的伏安关系。如图 1-10 所示电容元件，若所加电压 u 随时间 t 变化，则电容 C 极板上的电荷量 q 也随时间变化，根据电流定义，这时电容上便有电流通过。若电流 i 与电压 u 取关联参考方向，则

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-9)$$

式中，通过电容的电流与电容两端电压的变化率成正比。

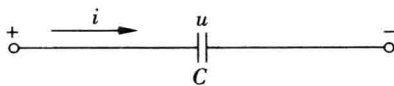


图 1-10 线性电容元件

第二节 直流电路的分析

一、电路等效电阻的计算方法

在实际电路中，电阻的连接方式多种多样，最基本和最常用的连接方式是串联和并联。

1. 电阻的串联

将若干个电阻无分支地依次相连，如图 1-11 所示，这种连接方式称为电阻的串联。

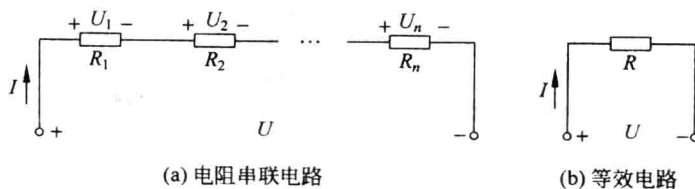


图 1-11 电阻串联及其等效电路

串联电阻电路具有以下特点：

(1) 通过各个电阻的电流相同，即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n \quad (I_n \text{ 表示流过第 } n \text{ 个电阻的电流}) \quad (1-10)$$

(2) 串联电阻两端的总电压 U 等于各电阻上电压的代数和，即

$$U = \sum_{i=1}^n U_i = U_1 + U_2 + \cdots + U_n \quad (1-11)$$

(3) 串联电阻电路的总电阻（等效电阻） R 等于各电阻值 R_i 之和，即如图 1-11 (b) 所示。

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

(4) 各串联电阻电压与其阻值成正比，即

$$\begin{aligned} U_1 &= IR_1 = \frac{UR_1}{R} \\ U_2 &= IR_2 = \frac{UR_2}{R} \\ \cdots U_n &= IR_n = \frac{UR_n}{R} \end{aligned} \quad (1-12)$$

串联电阻电路的这一特性，称为分压特性。

(5) 串联电阻电路消耗的总功率 P 等于各串联电阻消耗的功率之和，即

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + \cdots + P_n \quad (1-13)$$

例：如图 1-11 所示为一分压器电路，要求通过分压器把输入电压衰减到原来的 1/10 和 1/100。设输入电压 U_i 为 100V，则要求转换开关 S 在位置 1、2 时输出电压 U 分别为 10V 和 1V。若 R_1 、 R_2 、 R_3 串联的等效电阻 $R = 5\text{k}\Omega$ ，求各电阻的阻值。

解：当转换开关 S 在位置 2 时，由分压公式可知

$$U_{o2} = \frac{U_i R_3}{R} \quad (1-14)$$

于是

$$R_3 = \frac{U_{o2} R}{U_i} = \frac{1}{100} \times 5000 = 50\Omega$$

当转换开关 S 在位置 1 时，由于

$$U_{o1} = \frac{U_i (R_2 + R_3)}{R}$$

所以

$$R_2 + R_3 = \frac{U_{o1}}{U_i} R = \frac{10}{100} \times 5000 = 500\Omega$$

$$R_2 = 500 - R_3 = 500 - 50 = 450\Omega$$

因此

$$R_1 = R - (R_2 + R_3) = 4500\Omega$$

2. 电阻的并联

将若干电阻首尾端分别连接在两个公共节点之间，如图 1-12 所示，这种连接方式称为电阻的并联。

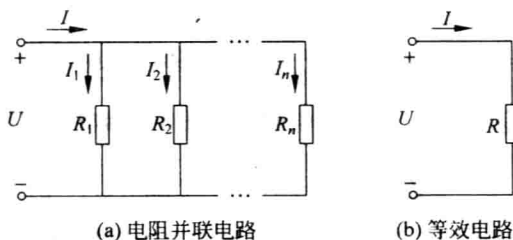


图 1-12 电阻并联及其等效电路

并联电阻电路具有以下特点：

(1) 各并联电阻的端电压相同，即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \quad (U_i \text{ 表示流过第 } n \text{ 个电阻的端电压}) \quad (1-15)$$

(2) 流过并联电阻电路的总电流 I 等于各支路电流的代数和，即

$$I = \sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-16)$$

(3) 并联电阻电路的总电阻 R 的倒数等于各并联电阻倒数之和，如图 1-12 (b) 所示。