



高职高专电子信息类“十三五”课改规划教材

电路基础

及其基本技能实训

(第二版)

主 编 冉莉莉
副主编 龚汉东



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十三五”课程规划教材

电路基础 及其基本技能实训

(第二版)

主编 冉莉莉

参编 龚汉东

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要分为电路的基本概念和定律、电路的基本分析方法、正弦交流电路、线性电路的暂态分析、综合技能实训等五章并附有练习题答案。各章均采用适当的情境导入来驱动教学内容的展开,从而加深对知识点的理解与应用。编者试图做到深入浅出、理论与实践相结合,并将有关的电子测量与仪器仪表的使用、元器件知识、实操实训等内容融入书中。本书的主要特点是:基本概念讲述透彻,重点突出;示例实用性强;实操侧重于仪器仪表的使用;实训内容可操作性强。

本书可作为高职高专电子、通信类等专业的电路分析基础课程的教材,对从事弱电(电子类)专业的工程技术人员亦具有参考价值。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础及其基本技能实训/冉莉莉主编. —2版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2017.10

高职高专电子信息类“十三五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-4630-5

I. ①电… II. ①冉… III. ①电路理论—高等职业教育—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 166356 号

策 划 毛红兵

责任编辑 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2017年10月第2版 2017年10月第4次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 12

字 数 278千字

印 数 8001~9500册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-4630-5/TM

XDUP 4922002-4

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

本书是在《电路基础及其基本技能实训》的基础上改版而成的,做了进一步的纠错和完善,并附上练习题答案。该书根据高职教育的发展要求,结合电子、信息类专业群对电路课程的需求,以及近几年高职学生的实际情况编写而成,试图做到“感性认识→知识→能力”的层层递进。本书根据其为专业基础课的特点,虽仍以电路的基本概念、基本知识和基本分析计算方法为主线,但强调了基础知识的应用能力、学生的动手能力,将理论与实践相结合。

本书具有如下特色:

(1) 采取适当的情境(或问题)导入,驱动教学内容的展开和对知识点的理解与应用(关于“知识点的理解”例如“情境4”;关于“知识的应用”例如“情境6”;同时具有“理解和应用”的例如“情境10”)。

(2) 实操部分侧重于仪表仪器的使用和电量的测量。综合实训部分旨在培养学生具有识读电路图、识别和检测电气元件、焊接、安装、电路故障排查、仪器仪表调校等综合技能。仪表校验部分增加了MF47A型万用表,以供读者选用。

(3) 理论学习本着“必需”、“够用”的原则,力求深入浅出地将重要的和实用的问题阐述透彻,引入了形象的图形和与实际应用贴近的例题,着重介绍实用的分析计算方法和与后续课程以及工程技术紧密联系的例题与练习。

本书力求为学生学习后续课程和今后的实际工作打好扎实的理论基础,并使其具备一定的实践经验。书中标有“*”号的内容供参考学习。

本书教学参考学时为72~98学时,综合技能实训独立学时为一周时间。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2017年6月

于深圳信息职业技术学院

第一版前言

本书根据高职教育的发展要求,结合电子、信息类专业群对电路课程的需求,以及近几年高职学生的实际情况编写而成,试图做到“感性认识→知识→能力”的层层递进。本书根据其专业基础课的特点,虽仍以电路的基本概念、基本知识和基本分析计算方法为主线,但强调了基础知识的应用能力、学生的动手能力,将理论与实践相结合。

本书具有如下特色:

(1) 采取适当的情境(或问题)导入,驱动教学内容的展开和对知识点的理解与应用(关于“知识点的理解”例如“情境4”;关于“知识的应用”例如“情境6”;同时具有“理解和应用”的例如“情境10”)。

(2) 实操部分侧重于仪表仪器的使用和电量的测量。综合实训部分旨在培养学生具有识读电路图、识别和检测电气元件、焊接、安装、电路故障排查、仪器仪表调校等综合技能。

(3) 理论学习本着“必需”、“够用”的原则,力求深入浅出地将重要的和实用的问题阐述透彻,引入了形象的图形和与实际应用贴近的例题,着重介绍实用的分析计算方法和与后续课程以及工程技术紧密联系的例题与练习。

本书力求为学生学习后续课程和今后的实际工作打好扎实的理论基础,并使其具备一定的实践经验。书中标有“*”号的内容供参考学习。

本书教学参考学时为52~78学时,综合技能实训独立学时为一周时间。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2012年5月

于深圳信息职业技术学院

目 录

第 1 章 电路的基本概念和定律	1
1.1 电路模型及电路构成	1
[情境 1] 手电筒电路	1
1.1.1 电路构成	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的主要物理量	2
[情境 2] 电路与水路的类比	2
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压与电位	4
1.2.3 电流与电压的参考方向关系	6
1.2.4 电功率	7
[情境 3] 灯泡的亮度问题	7
1.3 电阻元件和欧姆定律	8
1.3.1 电阻元件	8
1.3.2 欧姆定律	9
1.3.3 实际电阻元件介绍	12
1.4 理想电压源和理想电流源	15
1.4.1 理想电压源	15
1.4.2 理想电流源	16
实操 1 电流与电压的测量以及稳压电源的使用	17
1.5 电气测量基本知识	21
1.5.1 测量的基本概念	21
1.5.2 测量误差的基本概念	21
1.5.3 电平测量单位	23
实操 2 万用表的使用及电阻元件伏安特性测试	24
1.6 电容元件和电感元件	31
[情境 4] 灯泡与电容连接时亮与不亮问题的思考	31
1.6.1 电容及其伏安特性	32
1.6.2 电感及其伏安特性	33
1.6.3 实际电感元件与实际电容元件	35
1.7 基尔霍夫定律	37
[情境 5] 电路中的节点与回路	38
1.7.1 基尔霍夫电流定律(KCL)及应用实例	38
1.7.2 基尔霍夫电压定律(KVL)及应用实例	40
* 实操 3 验证基尔霍夫定律	43
练习题 1	46

第2章 电路的基本分析方法	51
2.1 电路的等效变换	51
2.1.1 等效变换的概念	51
2.1.2 电阻的串联、并联和混联	52
[情境6] 电工仪表表头灵敏度调试问题	52
2.1.3 应用实例:电压表和电流表扩大量程的测量原理	57
实操4 电阻电路故障检查	59
2.2 电压源、电流源模型及其等效变换	62
2.2.1 实际电压源和实际电流源模型	62
2.2.2 两种模型的等效变换	63
2.3 戴维南定理	65
2.3.1 戴维南定理概述	65
[情境7] 计算复杂电路中某一条支路的电流或电压	66
2.3.2 戴维南定理的运用	67
2.3.3 最大功率传输原理	70
实操5 戴维南定理及其计算法的实验验证	71
2.4 受控源	74
2.4.1 理想受控源	74
2.4.2 实际受控源	74
2.5 叠加定理	75
2.5.1 叠加定理概述	75
2.5.2 叠加定理的应用	77
* 2.6 支路电流法	78
2.6.1 支路电流法概述	78
2.6.2 支路电流法的应用	79
* 2.7 节点电位法	81
2.7.1 节点电位法概述	81
2.7.2 节点电位法的应用	82
* 2.8 齐性定理	85
练习题2	86
第3章 正弦交流电路	91
3.1 正弦交流电的基本概念	91
3.1.1 正弦量的三要素	91
3.1.2 相位差	93
3.1.3 正弦量的有效值	94
[情境8] 220 V 交流工频电压的幅值	94
* 3.2 交流电压测量技术与测量方法	95
3.2.1 交流电压测量的基本要求及其分类	95
3.2.2 交流电压的测量原理和测量方法	96
实操6 交流电子电压表和信号源的使用	99
3.3 正弦量的相量表示法及复数运算	102
3.3.1 正弦量的相量表示	102
[情境9] 正弦函数四则运算的难度与解决办法	102

3.3.2 复数及其运算	104
3.4 单一元件的正弦交流电路	106
3.4.1 纯电阻的正弦交流电路	106
3.4.2 纯电感的正弦交流电路	108
3.4.3 纯电容的正弦交流电路	111
3.4.4 总结	114
实操7 感抗和容抗的测量与频率特性测试	115
3.5 阻抗串联和并联的正弦交流电路	118
3.5.1 RLC 串联电路	118
3.5.2 阻抗的串联	120
3.5.3 阻抗的并联	122
3.6 变压器	125
3.6.1 互感和互感电压	125
3.6.2 理想变压器模型	126
3.6.3 理想变压器的参数与伏安关系	127
3.6.4 变压器的阻抗变换作用与应用举例	128
3.7 谐振电路	129
3.7.1 串联谐振电路	129
[情境 10] 收音机对无线信号的选择问题	130
3.7.2 并联谐振电路	134
* 实操8 并联谐振电路	139
练习题3	142
第4章 线性电路的暂态分析	146
4.1 过渡过程的基本概念	146
4.1.1 稳态与暂态	146
[情境 11] 电容的放电过程	146
4.1.2 电路产生过渡过程的条件	147
[情境 12] 比较电阻电路与含电容电路在换路时的情况	147
4.2 换路定律和变量初始值计算	148
4.2.1 换路定律	148
4.2.2 初始值计算	148
4.3 一阶动态电路的响应	150
4.3.1 一阶动态电路概述	150
4.3.2 一阶动态电路的三要素分析法	152
实操9 示波器的使用与一阶 RC 电路的充放电过程	154
练习题4	160
第5章 综合技能实训	162
5.1 识读万用表的电路图	162
5.1.1 YX-360TRN 万用表的结构	162
5.1.2 直流电流测量原理与电流测量量限的扩大	163
5.1.3 直流电压测量原理与电压测量量限的扩大	164
5.1.4 交流电压测量原理	165
5.1.5 电阻的测量	166

5.2 元器件识别与筛选	168
5.2.1 电阻色环的辨识与电阻的测量	168
5.2.2 电容、电位器、二极管、表头的检测及极性判别	168
5.3 元器件的焊接与安装	170
5.3.1 万用表装配用的工具与设备	170
5.3.2 元器件的焊接安装	170
5.3.3 万用表的通电检查与故障排除	171
5.4 YX-360TRN 万用表灵敏度的调试	172
5.5 万用表精度的校验	173
5.5.1 万用表的精度	173
5.5.2 直流电流挡的校验	173
5.5.3 直流电压挡的校验	175
5.5.4 电阻挡的校验	175
5.6 实训报告编写指导	176
5.7 YX-360TRN 万用表电路图	177
附录 练习题答案	178
参考文献	183

第1章

电路的基本概念和定律

本章主要内容：电路的基本概念；理想元件(线性电阻、线性电感、线性电容、理想电压源和理想电流源)的伏安特性(包括欧姆定律)以及反映元件与元件之间约束关系的基尔霍夫定律。

在技能知识与操作方面，介绍实际电阻、电感、电容元件，以及电流、电压、电阻等量的测量，电流表、电压表、万用表和电源的使用等。

1.1 电路模型及电路构成

实际电路都是由各种电路元器件，如电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、集成电路、电源等相互连接组成的。电路是为电流流通提供通路的总体。电路的作用，或是实现信号的传递、交换、控制、放大等，如扩音器电路；或是实现电能的传输和转换，如电力系统电路。

〔情境1〕 手电筒电路

我们日常生活中所用的手电筒就是一个最简单的电路，如图1.1所示。它由干电池(属于电源，这里是内阻为 R_0 的电压源)、小灯泡(属于负载)、开关和连接导线(属于中间环节)构成。

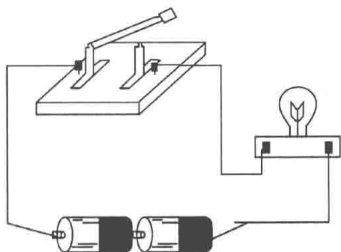


图 1.1 手电筒实际电路

1.1.1 电路构成

虽然各种电路的功能和组成不同，但它们都是由最基本的三部分构成的：

- (1) 电源(或信号源)——提供电能或信号的装置。
- (2) 负载——使用电能或电信号的设备。
- (3) 中间环节——连接电源和负载，起着传输、变换、放大和控制电能的作用。

1.1.2 电路模型

实际电路中的元件虽然种类繁多,但可根据其电磁特性分为几大类。为了便于对电路进行分析和计算,我们常把实际的元件近似化、理想化,在一定的条件下忽略其次要性质,用足以表征其主要特征的模型来表示,即用理想元件来表示。比如电灯、电炉、电烙铁和各种电阻器等,它们的主要特征是消耗电能,在它们内部进行着把电能转换成热能、光能等不可逆的过程,这样,在频率不高的电路中,这些元器件都可以用理想的“电阻元件”来近似表示。

同样,在一定的条件下,线圈可以用理想的“电感元件”模型来近似表示,电容器可以用理想的“电容元件”模型来近似表示。另外,电源或信号源可以用电压源和电流源两种模型来近似表示。

电路分析中常用的主要理想元件符号如图 1.2 所示。



图 1.2 常用的理想元件符号

电路模型就是由若干个理想元件,按一定规则,用理想的连线连接起来的电流通路。如图 1.3(b)所示的电路为手电筒电路模型,电灯用电阻元件表示,电池用理想电压源串联电阻来表示。再次强调,本课程所研究的对象是电路模型(简称电路),而不是实际电路。

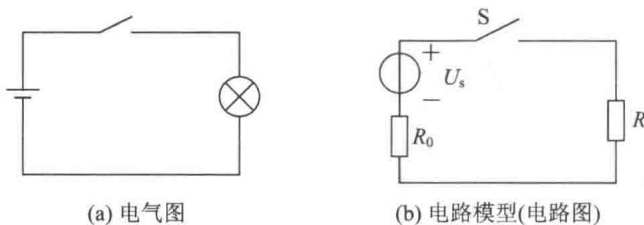


图 1.3 电气图与电路图

如果我们从能量方式来看,则电阻元件代表消耗电能元件,电容元件(储存电场能)和电感元件(储存电磁能)代表储能元件,电压源和电流源代表提供电能(或提供电子电路中的信号源)的电源元件。

1.2 电路的主要物理量

[情境 2] 电路与水路的类比

在介绍电路中的物理量之前,为了便于理解,仍以手电筒电路为例,将电路与水路进

行类比(见表 1.1), 由此引入电流、电位、电压、电源等概念。

表 1.1 电路与水路的类比

水 路	电 路
水管: 水流的通道, 管子越粗, 允许流过的水流量越大	导线: 电流的通道, 导线越粗, 允许流过的电流越大
水的自然流向: 从高位流到低位	流经电阻(如灯泡)的电流流向: 从高电位流向低电位
阀门: 控制水流通断	开关: 控制电流通断
龙头用水: 消耗水	灯泡: 消耗电能
水泵: 将水从低位抽到高位	电源: 将电流从低电位送到高电位
水位差形成水压	电位差形成电压

1.2.1 电 流

1. 电 流

电荷的定向移动形成电流。电流的大小是用电流强度来描述的: 单位时间内通过某一导体横截面的电荷量称为电流强度(简称电流), 即

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1-1}$$

式(1-1)表示电流强度 i 的大小为在时间 dt 内通过导体横截面的电荷量 dq 。这里电流 i 是时间的函数。电流主要分为两类: 一类为大小和方向都不随时间改变的电流, 称为直流电流, 用大写字母 I 表示(“直流”常用 DC(direct current)表示), 所以直流电流的大小可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-2}$$

式(1-2)表示电流强度 I 的大小为单位时间通过导体横截面的电荷量 Q 。我们用图 1.4 来形象描述电流的大小(假设用电荷的数量来表示电流的大小), 显然图(a)中的电流 I_1 大于图(b)中的电流 I_2 。

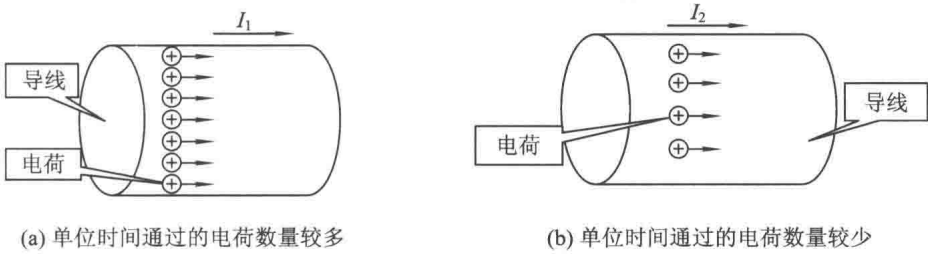


图 1.4 用电荷数量描述电流大小($I_1 > I_2$)

另一类电流的大小和方向都随时间的改变而改变, 称为变动电流, 用小写字母符号 i 表示。若变动电流在一个周期内电流的平均值为零, 则称其为交流电流(“交流”常用 AC(alternating current)表示), 如正弦波、方波、锯齿波、三角波等均为交流电。

2. 电流的单位

电流是一个物理量，是电路的基本参数。按国际单位制(SI)单位，电流的单位是安培，符号为 A，它表示 1 秒(s)内通过导体横截面的电荷为 1 库仑(C)。计量微小电流时，以毫安(mA)或微安(μA)为电流单位，其换算关系为

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

3. 电流的方向

电流是有方向的。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向，如图 1.5 所示。

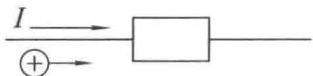


图 1.5 电流及其方向示意图

由于在分析复杂的电路时难以事先判断某支路中电流的实际方向，因此，引入电流参考方向的概念。参考方向可以任意选定。在分析计算电路时，应选定电流参考方向。电流的参考方向如图 1.6 所示。当电流的参考方向与实际方向一致时，电流的值为正；当电流的参考方向与实际方向相反时，电流的值为负。这样，在选定电流参考方向的前提下，根据电流值的正、负，可判断出电流的实际方向。显然，在未标示电流参考方向的情况下，计算或谈论电流的正负是毫无意义的。

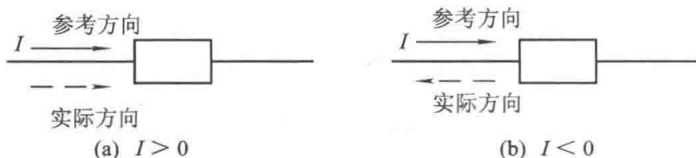


图 1.6 电流的参考方向

课堂练习：如图 1.7 所示，电路中电流参考方向已选定。已知 $I_a=10 \text{ A}$ ， $I_b=-10 \text{ A}$ ， $I_c=5 \text{ A}$ ， $I_d=-5 \text{ A}$ ，指出每条支路电流的实际方向。

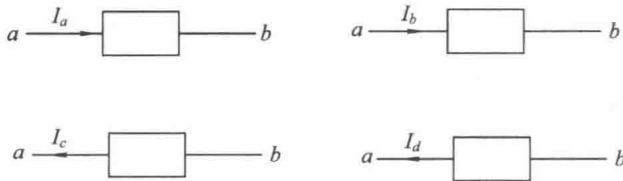


图 1.7 课堂练习

1.2.2 电压与电位

电路分析中用到的另一个电路的基本参数是电压。直流电压用大写字母 U 表示，交流电压用小写字母 u 表示。

1. 电压的定义

电路中 a 、 b 两点间的电压等于单位正电荷由 a 点移动到 b 点时所做的功(即所失去或获得的能量)。电压的图形表示如图 1.8 所示，其定义式为

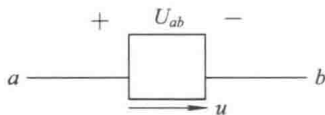


图 1.8 电压的图形表示

$$U_{ab} = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-3)$$

在式(1-3)中, dq 为由电路元件的 a 端移动到 b 端的电荷量, $d\omega$ 为移动过程中电荷 dq 所失去或获得的能量。

电压的大小可以用图 1.9 来形容, 假设用电荷的大小来形容电荷能量的多少, 显然图 1.9(a) 中电荷 dq 从 a 处经过电路中的电阻元件后移到 b 处, 电荷变小了, 说明失去了一部分能量 $d\omega$ 。单位电荷能量的减少量就是电压 U_{ab} , 显然减少的能量越多, 说明这两点间的电压就越大, 在这里 a 处的能量高些, 称其电位较高; b 处的能量低些, 称其电位较低, 即电位 $U_a > U_b$ 。在图 1.9(b) 中, 电荷 dq 从 a 处经过电源元件后移到 b 处, 电荷变大了, 说明其获得能量 $d\omega$, 则 $U_a < U_b$, 这时单位电荷能量的获得量就是电源电压 U_s 。注意, 在同一个支路里, 电荷的数量并没有改变, 故电流不变。

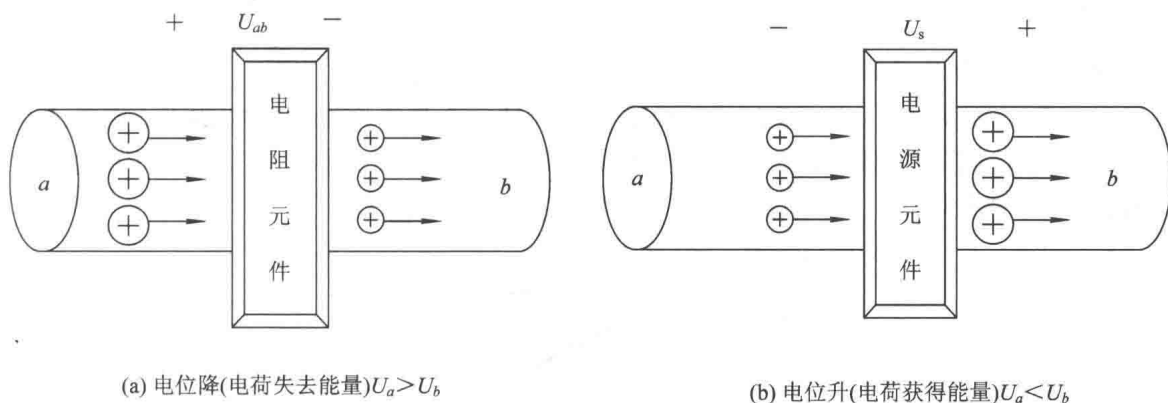


图 1.9 用电荷大小形容电位高低

2. 电压的方向

当电场力作功时, 电压的实际方向就是正电荷在电场中受电场力作用移动的方向, 见图 1.8 或图 1.9。对电压的实际方向, 习惯上在电位高(即能量高)的端点标“+”, 称为正极; 在电位低(即能量低)的端点标“-”, 称为负极。

如果电压的大小和方向不随时间变化, 称其为直流电压, 用大写字母 U 表示。

3. 电位

如图 1.11 所示, 在电路中任选一点 o 为参考点, 该点用符号“ $\perp$ ”标出(亦称为“接地”), 则某点(如 a 点)到参考点 o 的电压就叫做这一点的电位 φ_a (或 U_a), 即

$$\text{电位 } \varphi_a = U_{ao} \quad \text{点 } o \text{ 电位 } \varphi_o = 0(\text{V}) \quad (1-4)$$

显然, 设参考点的电位是零电位。

如图 1.8 所示, 设 a 点的电位为 U_a (或 φ_a), b 点的电位为 U_b (或 φ_b), 则 a 、 b 之间的电压为

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

两点间的电压, 就是该两点间的电位之差, 故电压也叫电位差。

4. 电压的参考方向

和电流一样, 因为不能事先判断元件或支路中某两端电压的实际方向, 故我们可以任意选定一个方向为电压的参考方向, 如图 1.10 所示。当标注的电压的参考方向与它的实际

方向一致时,电压值为正;当标注的电压的参考方向与它的实际方向相反时,电压值为负。

有时还用双下标来表示电压的参考方向,见式(1-3)的 U_{ab} 。如图 1.10(a)所示,电压 U_{ab} 表示电压的参考方向是: a 为假想的高电位, b 为假想的低电位。电压的实际方向是客观存在的,它不因该电压的参考方向的不同而改变,所以 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。显然,不设定电压的参考方向,谈论电压的正负也是没有意义的。也有的书中用箭头表示电压的参考方向,如图 1.8 箭头所示。

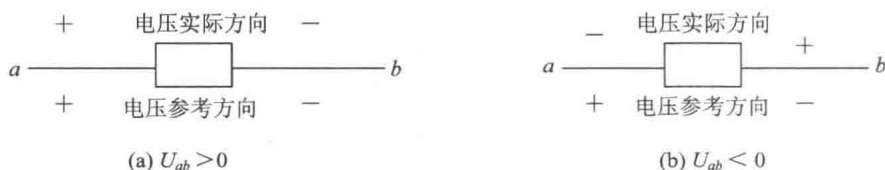


图 1.10 电压的参考方向与实际方向

5. 电压和电位的单位

按国际单位制(SI),电压和电位的单位是伏特,简称伏,用符号 V 表示。电场力将 1 库(C)正电荷由 a 点移至 b 点所做的功为 1 焦耳(J)时,电压 $U_{ab} = 1$ V。常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V),它们之间的换算关系为

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

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

例 1.1 在图 1.11 中,选取 o 点为参考点。已知 $U_{db} = U_s = 10$ V, $\varphi_a = 7$ V, $\varphi_c = 2$ V。求: φ_b 、 φ_d 、 U_{bc} 、 U_{ad} 、 U_{da} 的值。

解 因为 a 点与 b 点是等电位点,所以

$$\varphi_b = \varphi_a = 7 \text{ (V)} \quad \varphi_d = U_{db} = 10 \text{ (V)}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 7 - 2 = 5 \text{ (V)}$$

$$U_{ad} = \varphi_a - \varphi_d = 7 - 10 = -3 \text{ (V)}$$

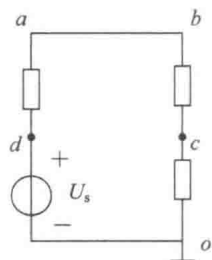


图 1.11 例 1.1 图

U_{ad} 为负值,说明参考方向与实际方向相反,端点 d 的电位高于端点 a 的电位,因此

$$U_{da} = -U_{ad} = -(-3 \text{ V}) = 3 \text{ (V)}$$

如果选取 c 点为参考点,那么:

$$\varphi_c = 0 \text{ (V)}, \varphi_o = U_{oc} = -U_{co} = -2 \text{ (V)}$$

$$\varphi_a = \varphi_b = U_{bc} = 5 \text{ (V)}, \varphi_d = U_s + U_{oc} = 10 - 2 = 8 \text{ (V)}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 5 - 0 = 5 \text{ (V)}, U_{ad} = \varphi_a - \varphi_d = 5 - 8 = -3 \text{ (V)}$$

$$U_{da} = -U_{ad} = 3 \text{ (V)}$$

显然,参考点位置改变,每点的电位也会随之改变,但电压(电位差)却不会随参考点位置的改变而改变,即电压值不变。

1.2.3 电流与电压的参考方向关系

电流、电压的参考方向是可以任意选择的,因而有两种不同的组合,如图 1.12 所示。

对于一个元件或一段电路，其电流、电压的参考方向一致是指电流从电压正极性的一端流入，并从电压负极性的一端流出，如图 1.12(a) 所示，称其为关联参考方向（简称关联方向）；反之，如图 1.12(b) 所示，称为非关联参考方向（简称非关联方向）。通常情况下，对于非电源元件我们尽量采用关联参考方向来标注。



图 1.12 电流、电压的关联与非关联参考方向

1.2.4 电功率

[情境 3] 灯泡的亮度问题

如图 1.13 所示，大家知道选择同一类型的灯泡，要灯泡更亮，就要选择瓦数较大的，如 40 瓦的灯比 20 瓦的亮，说明 40 瓦的灯比 20 瓦的消耗能量更快，这里的瓦数指的就是电功率。

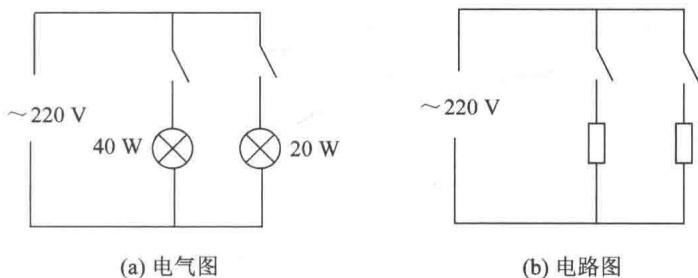


图 1.13 灯泡亮度分析

电功率（简称功率），是电路分析中常用到的一个复合物理量。功率反映电路中某一元件（或某一段）所吸收或产生能量的速率。显然有的元件消耗功率，如白炽灯属电阻元件消耗功率，瓦数大的灯消耗电能大，产生光能也大；而有的元件产生功率，如电池属电压源（或电流源）产生功率。功率用符号 p 来表示。

设在 dt 时间内，正电荷 dq 从电路元件的电压正极经元件移到电压负极，若元件上的电压为 u ，则电场付出的能量（即电场力移动电荷做功）为

$$d\omega = u dq$$

电功率 p 是电能对时间的变化率：

$$p = \frac{d\omega}{dt} = u \frac{dq}{dt} = ui$$

即功率的计算公式为

$$p = iu \quad (1-5)$$

对于直流电路

$$P = IU$$

当电流用单位“安”(A)、电压用单位“伏”(V)时,功率的单位为“瓦特”W(简称“瓦”),较大功率可用千瓦(kW)表示, $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$ 。

当某元件或某段电路从时刻 0 秒开始用电,到时刻 t 止,这段时间所消耗或产生的电能 w 应为(见图 1.14 (a)阴影的面积)

$$w = \int_0^t p \, dt$$

对于直流电路(见图 1.14(b)阴影的面积)

$$W = Pt = IUt \quad (1-6)$$

当功率单位为瓦(W)、时间为秒(s)时,电能的单位为焦耳(J),有时也用“度”表示:

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{小时}$$

例 1.2 如图 1.15 所示的简单电路,已知回路电流 $I = 2 \text{ A}$,电源电压 $U_s = 10 \text{ V}$ 。计算电阻和电压源的功率。

解 从电阻元件来看,电流与电阻两端的电压为关联参考方向,电阻消耗的功率为

$$P_R = IU_s = 2 \times 10 = 20 \text{ (W)}$$

从电压源元件来看,电流与电源两端的电压为非关联方向,电压源产生的功率为

$$P_s = IU_s = 2 \times 10 = 20 \text{ (W)}$$

可见电路产生的功率和消耗的功率是平衡的。

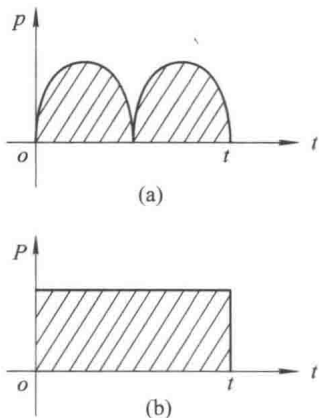


图 1.14 功率示意图

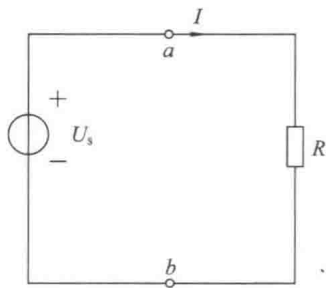


图 1.15 例 1.2 图

1.3 电阻元件和欧姆定律

1.3.1 电阻元件

1. 电阻与电阻元件

电阻元件是构成电路的基本单元,是经科学抽象定义的一种理想电路元件。电荷在电场力作用下作定向运动可能会受到阻碍作用,这种对电流起阻碍作用的物体即为正电阻。这种阻碍作用会消耗电能,将电能转换成热能、光能等能量,而且此过程不可逆。我们用“电阻元件”即正电阻来代表消耗电能的理想元件,用符号 R 表示,当电流的单位为安培(A)、电压的单位为伏特(V)时,电阻的单位是欧姆(Ω)。对于阻值大的电阻,电阻的单位还可用千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)表示,它们之间的换算关系是: $1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$ 。

2. 线性电阻

如图 1.16(a)所示,当通过电阻的电流或加在电阻两端的电压发生变化时,电阻的阻值 R 恒定不变。换句话说,当某元件制作好后,其电阻值在电路中是常数,则称该电阻为线性电阻。元件端电压与流经它的电流之间的关系称为伏安关系,也叫伏安特性。线性电阻的伏安特性如图 1.16(b)所示。显然,线性电阻的伏安特性是一条通过原点的直线。线