

中国计算机函授学院教材
中央电视台电视教学用书

电工电子学

王佩珠 主编



中国科学技术大学出版社

中国计算机函授学院教材
中央电视台电视教学用书

电工电子学

王佩珠 主编

中国科学技术大学出版社

(皖)新登字 08 号

电 工 电 子 学

王佩珠 主编

※

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮政编码: 230026)

中国计算机函授学院激光照排室排版

安徽合肥杏花印刷厂印刷

安徽省新华书店发行

※

开本: 787×1092/16 印张: 16.75 字数: 395 千字

1993 年 5 月第 1 版

1993 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—20000

ISBN7-312-00456-3/TN·18

定价: 9.00 元

内 容 简 介

本书根据《电工学与电子学课程自学考试大纲》(1991年试用)以及1991年中国计算机函授学院“关于编写《高等教育自学考试教材》和制定《自学考试大纲》的原则意见”的意见编写。

全书共10章,分上下两册。上册为电路原理共5章,内容包括:电路的基本概念及基本定律、线性电路的基本分析方法、正弦交流电路、三相正弦交流电路和电路的暂态分析。下册为模拟电子技术共5章,内容包括:半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、波形的产生和直流稳压电源。

书中每章之前有内容摘要,章末有小结,章后附有思考与习题,以便起到引导学习、总结提高和自我检查巩固所学的目的。

本书对电类和计算机类其它专业大专学生及中、初级工程技术人员也有参考价值。

前 言

本教材是根据《电工学与电子学课程自学考试大纲》(1991年试用)以及1991年中国计算机函授学院“关于编写《高等教育自学考试教材》和制定《自学考试大纲》的原则意见”的意见,并参照普通高校“计算机应用专业”专科有关教学大纲编写的。全书内容分两大部分。上册为电路原理,计5章;下册为模拟电子技术,计5章,全书共计10章。

计算机的应用给人类社会和国民经济的各个部门和各个领域带来了巨大的、广泛的、深刻的变化。它们正在改变着传统工业的生产方式,带动着传统产业和其它新兴产业的更新和变革。然而,要用好计算机就要对计算机的组成及工作原理应该有基本的了解。计算机是由硬件和软件有机组合而成。电路原理及电子技术(包括模拟电子技术及数字电子技术,数字电子技术单独设课)则是数字控制系统和计算机硬件的基础。因此,电工电子学课程是计算机应用专业的一门技术基础课程。该课程为学习专业后续课程及从事计算机应用技术奠定基础。

鉴于函授学员及参加自学考试学员的学习特点,编写过程中,在保证学科的系统性和理论性的前提下,既要注意精选内容,又要反映科学技术的发展水平和满足专业后续课程的需要,还应考虑到作为一个工程技术人员必须具备的电工常识。例如:在电路部分的内容安排上,着重在电路的基本概念、基本理论和基本分析方法,重点是第一、二、三章,但是三相供电系统及三相电路的联接以及安全用电常识虽与后续课程并无直接相关,但仍作为基本内容列入教材;又如:模拟电子技术中从分立元件着手讨论了各种基本放大电路,因为这是模拟电子电路的基础,而重点应是集成运算放大器,为此,第八、九章列举大量的应用实例,反映了当前及今后的发展水平。

本书对基本概念、基本理论和基本分析方法都作了尽可能详尽的阐述,尤其着重在物理概念上下功夫,并通过例题和习题进一步说明基本理论在实际中的应用。

教材在每章之前有内容摘要、章末有小结,章后附思考与习题,起到引导学习、总结提高和自我检查巩固所学的目的。

教材中打有*的内容为加宽加深的内容,以便不同读者选学舍取。

本教材承西安交通大学何金茂教授仔细审阅,指出错误,提出修改意见,在此谨致衷心的感谢。

本书由西安交通大学王佩珠教授主编、林溶副教授参加编写。林溶同志编写第一、二、三章;王佩珠同志编写第四、五、六、七、八、九、十章,其中第十章的部分内容及模拟电子技术的插图由黄中宇同志编写和绘制。

编写中,对书后所列参考文献作了一些借鉴。在本书出版之际,对参考文献的作者及帮助此书出版的单位和同志一并表示感谢。

由于学识有限,加之时间仓促,各方面征求意见很不够,缺点和错误之处在所难免,欢迎使用本教材的教师、学员和读者提出批评和指正。

编 者

一九九二年于西安交通大学

目次

上篇：电路原理

第一章 电路的基本概念及基本定律

内容摘要	(1)
§ 1.1 电路及其组成	(1)
§ 1.2 电流、电压、电动势及其正方向	(2)
§ 1.3 欧姆定律	(4)
§ 1.4 电功及电功率	(6)
§ 1.5 电气设备的额定值及电路的工作状态	(7)
§ 1.6 克希荷夫定律	(9)
§ 1.7 电阻的串联和并联	(12)
§ 1.8 电路中电位的计算	(14)
本章小结	(15)
思考与习题	(17)

第二章 线性电路的基本分析方法

内容摘要	(20)
§ 2.1 电压源和电流源及其等效变换	(20)
§ 2.2 支路电流法	(24)
§ 2.3 节点电压法	(27)
§ 2.4 叠加原理	(29)
§ 2.5 等效电源定理	(31)
§ 2.5.1 戴维南定理	(32)
§ 2.5.2 诺顿定理	(34)
§ 2.6 负载获得最大功率的条件	(35)
§ 2.7 非线性电阻电路	(36)
* § 2.8 受控电压源和受控电流源	(38)
本章小结	(40)
思考与习题	(41)

第三章 正弦交流电路

内容摘要	(44)
§ 3.1 正弦交流电的基本概念	(44)
§ 3.2 正弦交流电的表示法	(49)
§ 3.3 单一参数的交流电路	(52)
§ 3.3.1 纯电阻元件的交流电路	(53)

§ 3.3.2 纯电感元件的交流电路	(55)
§ 3.3.3 纯电容元件的交流电路	(59)
§ 3.4 电阻、电感和电容元件串联的交流电路	(63)
§ 3.5 正弦交流电路的功率	(68)
§ 3.6 阻抗的串联和并联	(71)
§ 3.7 交流电路中的谐振	(74)
§ 3.8 功率因数的提高	(80)
* § 3.9 非正弦交流电路的概念	(81)
本章小结	(87)
思考与习题	(88)

第四章 三相交流电路

内容摘要	(95)
§ 4.1 三相交流电源	(95)
§ 4.1.1 三相交流电动势的产生	(95)
§ 4.1.2 三相电源的联接	(96)
§ 4.2 三相电路负载的联接	(98)
§ 4.2.1 负载的联接	(98)
§ 4.2.2 三相电路分析	(98)
§ 4.3 安全用电常识	(102)
§ 4.3.1 触电事故	(103)
§ 4.3.2 保护接地与保护接零	(104)
本章小结	(105)
思考与习题	(105)

第五章 电路的暂态分析

内容摘要	(107)
§ 5.1 概述	(107)
§ 5.2 换路定则	(107)
§ 5.2.1 换路	(107)
§ 5.2.2 换路定则	(108)
§ 5.3 RC 电路的暂态过程	(109)
§ 5.3.1 RC 电路的放电过程	(109)
§ 5.3.2 RC 电路的充电过程	(111)
§ 5.3.3 三要素法	(113)
§ 5.4 RL 电路的暂态过程	(116)
§ 5.4.1 RL 电路与直流电源接通	(116)
§ 5.4.2 RL 电路自相短接与断开	(118)
* § 5.5 RC 一阶电路在脉冲电压作用下的暂态过程	(119)

§ 5.5.1 微分电路	(120)
§ 5.5.2 积分电路	(121)
本章小结	(122)
思考与习题	(122)

下篇:模拟电子技术

第六章 半导体二极管和三极管

内容摘要	(125)
§ 6.1 半导体的导电特性	(125)
§ 6.1.1 本征半导体	(125)
§ 6.1.2 N型半导体和P型半导体	(127)
§ 6.2 PN结	(128)
§ 6.2.1 PN结的形成	(128)
§ 6.2.2 PN结的单向导电性	(129)
§ 6.3 半导体二极管	(130)
§ 6.3.1 半导体二极管的结构	(130)
§ 6.3.2 半导体二极管的伏安特性和参数	(130)
§ 6.3.3 二极管极性的简易判别	(132)
§ 6.4 稳压管	(134)
§ 6.5 半导体三极管	(135)
§ 6.5.1 晶体三极管的基本结构和类型	(135)
§ 6.5.2 三极管的电流分配与放大原理	(136)
§ 6.5.3 三极管的特性曲线及主要参数	(138)
§ 6.5.4 利用万用表检查晶体管	(143)
本章小结	(144)
思考与习题	(145)

第七章 基本放大电路

内容摘要	(149)
§ 7.1 晶体管共发射极放大电路	(149)
§ 7.1.1 共发射极交流放大电路的组成	(149)
§ 7.1.2 放大电路的静态分析	(151)
§ 7.1.3 放大电路的动态分析	(153)
§ 7.2 静态工作点的稳定	(160)
§ 7.3 射极输出器——共集电极放大电路	(164)
§ 7.3.1 静态分析	(164)

§ 7.3.2 动态分析	(164)
§ 7.4 放大电路中的负反馈	(167)
§ 7.4.1 放大电路中的负反馈	(167)
§ 7.4.2 负反馈放大器的类型	(168)
§ 7.4.3 负反馈对放大电路工作性能的影响	(171)
§ 7.5 多级放大电路及级间耦合	(174)
§ 7.5.1 阻容耦合	(174)
§ 7.5.2 直接耦合	(177)
§ 7.6 差动放大电路	(179)
§ 7.6.1 差动式放大电路的工作原理	(179)
§ 7.6.2 典型差动放大电路	(180)
§ 7.6.3 差动放大电路的输入输出方式	(181)
§ 7.7 互补对称功率放大电路	(183)
§ 7.7.1 功率放大电路的三种工作状态	(183)
§ 7.7.2 互补对称式功率放大电路	(184)
§ 7.8 场效应管及其放大电路	(186)
§ 7.8.1 N沟道绝缘栅场效应管	(187)
§ 7.8.2 场效应管放大电路	(191)
* § 7.9 分立元件放大电路应用举例	(193)
§ 7.9.1 JB—1B型晶体管毫伏计中的放大电路	(193)
§ 7.9.2 助听器放大电路	(194)
本章小结	(194)
思考与习题	(196)

第八章 集成运算放大器

内容摘要	(201)
§ 8.1 集成运算放大器的简单介绍	(201)
§ 8.1.1 集成运算放大器的特点	(201)
§ 8.1.2 集成运算放大器的电路构成及简单说明	(202)
§ 8.1.3 主要参数	(203)
§ 8.1.4 理想运算放大器及其分析特点	(205)
§ 8.2 运算放大器在信号运算方面的应用	(207)
§ 8.2.1 比例运算电路	(207)
§ 8.2.2 加法运算	(209)
§ 8.2.3 减法运算	(211)
§ 8.2.4 积分运算	(212)
§ 8.2.5 微分运算	(213)
§ 8.3 运算放大器在信号测量方面的应用	(214)
§ 8.3.1 电压源、电流源以及电压和电流的测量	(214)

§ 8.3.2 测量放大器	(215)
§ 8.4 运算放大器在信号处理方面的应用	(217)
§ 8.4.1 有源滤波器	(217)
§ 8.4.2 非线性处理器	(218)
§ 8.5 应用举例	(223)
§ 8.6 集成运算放大器实际使用中的一些问题	(225)
本章小结	(226)
思考与习题	(227)

第九章 波形的产生

内容摘要	(232)
§ 9.1 正弦波振荡器	(232)
§ 9.1.1 正弦波振荡的条件	(232)
§ 9.1.2 RC 正弦波振荡器	(233)
§ 9.2 矩形波发生器	(236)
* § 9.3 三角波发生器	(237)
* § 9.4 锯齿波发生器	(238)
本章小结	(238)
思考与习题	(239)

第十章 直流稳压电源

内容摘要	(241)
§ 10.1 整流电路	(241)
§ 10.1.1 单相半波整流电路	(241)
§ 10.1.2 单相桥式全波整流电路	(242)
§ 10.2 滤波电路	(244)
§ 10.2.1 电容滤波器	(244)
§ 10.2.2 其它类型的滤波器	(246)
§ 10.3 直流稳压电路	(247)
§ 10.3.1 硅稳压管稳压电路	(247)
§ 10.3.2 串联型反馈式晶体管稳压电路	(248)
§ 10.3.3 集成稳压电源	(251)
§ 10.3.4 开关型稳压电源	(251)
本章小结	(251)
思考与习题	(253)
附录	(255)
附录一 半导体器件型号命名方法	(255)
附录二 常用半导体器件的参数	(256)
附录三 电阻器标称阻值系列	(261)
参考书目	(262)

第一章 电路的基本概念及基本定律

〔内容摘要〕 本章主要内容之一是讨论电路的基本定律,即克希荷夫定律。为了理解该定律,本章在复习物理中已介绍过的电路的基本物理量——电流、电压和电动势的基础上,提出了这些量的正方向的概念。这些基本定律和基本物理量是必须掌握的内容。它们不仅是学习直流电路的基础,也是学好电工学的基础。

另外,本章还介绍了电路的基本联接方式。为了在工作中能正确使用电气设备,本章介绍了电气设备的额定值、电路的工作状态,可能出现的事故情况。为了给分析电子线路打下基础,本章最后还介绍了电路中各点电位的计算。

§ 1.1 电路及其组成

电流流通的路径称电路。

电路由电源、负载和中间环节三个基本部件组成。

电源是电路中提供能量的设备,它将非电能转换为电能。常见的电源有干电池、发电机等。它们分别将化学能、机械能等转为电能。

负载是吸收电能的设备,它将电能转换为其它形式的能量。如电灯、电动机、电热器等将电能转换为光能、机械能和热能等。

中间环节,包括将电源与负载连接成闭合回路的金属导线、开关、熔断器等。它们的作用是把电能安全可靠地传送给负载。

例如,日常生活中常用的手电筒电路就是一个最简单的电路。图 1-1(a)是按实物画出的简单示意图。这种图形较直观,便于读者接受。但是许多实际电路内部含有多种元器件,如一台电视机或一个用计算机自动检测控制温度的设备,若按实物关系作电路图必是太繁杂。所以对于各种电路元器件均采用统一规定的符号来表示。图 1-1(b)就是用符号表示实际电路元件的图形。图中电池用电动势 E 和内阻 R_0 及相应 $+$  $-$ 或 $+$  $-$ 号表示。负载灯泡用电阻 R_L 及符号  表示。导线的电阻比负载电阻 R_L 小得多而忽略,用直线表示。

通常将电源内部的电路称为内电路,负载电阻和连接导线称为外电路。

电路的作用可概括为两个方面：一是进行能量的传递或转换。如图 1-1 将电能通过导线传递给负载指示灯转换为光能；二是用来实现信息的传递和处理。如在计算机自动检测控制温度设备中，由热电偶感受温度而产生的电动势通过

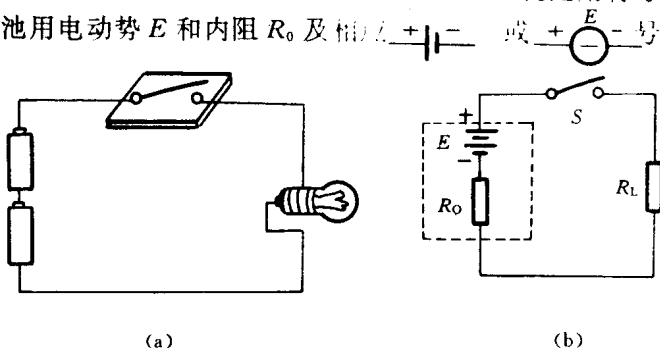


图 1-1 简单电路的组成

滤波电路,放大电路及 A/D 转换器传送到计算机,经过计算机处理后以打字形式记录被测温度,并输出信息驱动执行机构,从而控制温度在规定范围之内。

§ 1.2 电流、电压、电动势及其正方向。

一、电流

电流是电荷作规则的定向运动形成的一种物理现象。通常在金属内部的电流是自由电子在电场力作用下运动所形成的。在蓄电池电解液中,电流是正、负离子在电场力作用下,沿着相反方向的运动所形成的。负电荷(电子或负离子)的运动效果和等量正电荷(正离子)在相反方向上的运动效果是一致的。习惯上把正电荷运动的方向作为电流的真实方向。如图 1-2 所示。这样在一段金属导体中的自由电子在电场力的作用下由 b 向 a 运动,其效果与等量正电荷由 a 向 b 运动是一致的。因此我们称导体中电流的真实方向或实际方向是从 a 到 b。

计算电流大小的物理量称电流强度,简称电流。电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量。

如果电流是随时间而变化的,在极短的时间 dt 内通过导体横截面的电量 dq ,则电流强度用小写字母表示为:

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

如果电流的大小和方向都不随时间变化,则称为恒定电流,简称直流。直流的电流强度则用大写字母表示为:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

在国际单位制(SI)中,电流的单位为安培,简称安(A)。在大型电力变压器中的电流可达几百到上千安培。而晶体三极管等电子电路中的电流往往仅千分之几安培。对于很小的电流可以毫安(mA)或微安(μA)作单位,它们的关系是:

$$1(A) = 10^3(mA) = 10^6(\mu A)$$

如 220V 25W 电烙铁,通过它的电流为 0.11 安。对于人体来说,当有 10 毫安的电流通过心脏时就有生命危险。

二、电压

在图 1-3 中,极板 a 带正电荷,极板 b 带负电荷,于是在极板 a、b 之间就存在电场。若用导线将两极板与灯泡相联,则 a 极板上的正电荷在电场力的作用下从 a 经导线、灯泡移到 b,形成了电流并使灯泡发光,说明电场力作了功。为了衡量电场力对电荷做功的能力,引入电压这一物理量。其定义为:a、b 两点间的电压 u_{ab} 在数值上等于把单位正电荷从 a 点移到 b 点,电场力所做的功。用公式表示为:

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

式中 dq 为由 a 点移到 b 点的电量, dw 为电场力移动 dq 电荷所作的功。 u_{ab} 是随时间变化的量,规定用小写字母表示。

直流电路中两点间电压的大小不随时间变化,它表示在电场力作用下,在同样时间

隔内有相同的电量 Q 流过导体。规定 a、b 两点间的直流电压用大写字母表示为：

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

电压也常用电位差来表示即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-5)$$

式中 U_a 和 U_b 分别为 a、b 两点的电位。在图 1-3 中，正电荷在电场力作用下从 a 点经负载移到 b 点时，把电源的电能转换为灯丝的热能，即电源损失了能量，所以正电荷在 a 点比在 b 点具有的能量（电位）要大。我们规定电压的方向就是电位降落的方向，即由高电位端指向低电位端。通常高电位 a 端用“+”表示，低电位 b 端用“-”表示。图中用箭头标出电压的方向由 a 指向 b。

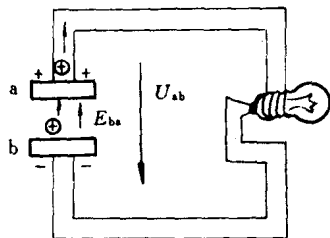


图 1-3 电荷的回路

在国际单位制中，电压的单位是伏特(V)，简称伏。把 1 库伦(C)的正电荷从 a 点移到 b 点，电场力所做的功是 1 焦耳(J)，则 a、b 之间的电压为 1 伏(V)。

三、电源电动势

在电场力的作用下，正电荷从高电位点经过负载向低电位点移动，形成电流，如图 1-3 所示。当正电荷从 a 移至 b 时，就要与 b 极板上的负电荷中和，使极板间电场逐步减少到消失，则电流也要减少到中断。为了使电流维持不断，在 a、b 极板之间必须有一种非电场力，它能把正电荷从低电位 b 电极通过电源内部推向高电位 a 电极，使 a、b 间始终维持一定强度的电场。电源就是完成这个任务的。在图 1-3 中，电源是一个电池，其内部化学反应使得正电荷从电池内部的负极 b 移到正极 a。通常把这种非电场力称电源力。

电源力在电源内部不断地把正电荷从低电位点移向高电位点，就要克服电场力（阻力作用）做功。这与我们将重物从低位搬到高位，要克服重力场的引力而做功是相类似的。通常用电源电动势这个物理量来衡量电源力对电荷做功的能力。电源电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位点 b 经电源内部移到高电位点 a 所做的功。用公式表示为：

$$E_{ba} = \frac{W}{Q} \quad (1-6)$$

式中 Q 是在电源内部被电源力移动的电荷量， W 是电源力所做的功。

比较(1-4)式与(1-6)式可见电动势与电压具有相同的单位。当电源内的非电力把 1 库伦(C)电荷从低电位端移到高电位端所做的功是 1 焦耳(J)，则电源电动势在数值上为 1 伏特(V)。

电动势与电压虽然单位相同，但两者的物理概念却不同。在电源中，非电能将正电荷从电源负极移到正极做了功，使正电荷获得了电能，电位升高。电动势真实方向从电源内部负极指向电源正极，即电位升高的方向。

四、电流、电压的正方向

在分析和计算电路时，电流、电压的实际方向往往事先难以确定。因此常常任意假定某一方向为电流或电压的方向，这个假定方向称为参考方向或正方向，并用箭头标在电路图上。实际方向可能与正方向相同，也可能相反。经过电路的分析与计算，若电流或电压为

正值,表示实际方向与正方向一致;若为负值(小于零),则相反。特别需要指出的是,在不标出正方向的情况下,讨论电流、电压的正、负是没有意义的。

还应指出,由于电流、电压的正方向可以任意假定,是彼此无关的。然而为了计算分析方便起见,可采用关联的正方向,即假定电流的正方向与电压的正方向一致。

例 1-1 在图 1-4 中,电流的正方向已标出,且 $I = -2$ 安,指出电流的实际方向。

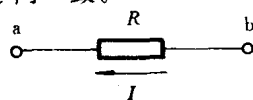


图 1-4 例 1-1 图

解: 因 $I = -2$ 安,其中“-”号表示电流的正方向与实际方向相反,所以电流的实际方向由 a 点指向 b 点。

例 1-2 在图 1-5(a)中,五个元件代表电源或负载电阻。图中标出了电流和电压的正方向。

已知 $U_1 = 100\text{V}$, $U_2 = -70\text{V}$, $U_3 = 60\text{V}$, $U_4 = -40\text{V}$, $I_1 = -4\text{A}$, $I_2 = 2\text{A}$, $I_3 = 6\text{A}$, $U_5 = 10\text{V}$ 。试标出各电流的真实方向和电压的实际极性。

解: 在图中标出了电流、电压的正方向, U_1 、 U_3 、 U_5 、 I_2 、 I_3 其值为正(大于零),表示实际方向与正方向一致。 U_2 、 U_4 、 I_1 为负(小于零)表示实际方向与正方向相反。又电压真实方向由高电位(用“+”表示)指向低电位(用“-”表示)。各电流电压的真实方向和电压的实际极性如图 1-5(b)所示。

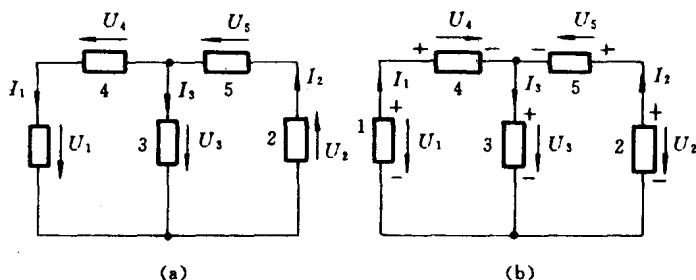


图 1-5 例 1-2 图

图 1-6 欧姆定律

§ 1.3 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一,它说明流过电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系,反映了电阻元件的特性。

图 1-6(a)所示为一段仅含电阻 R 的电路。欧姆定律表示流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比。用数学式表示为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

该式经移项得

$$U = IR \quad (1-8)$$

将电阻 R 与其上电流 I 的乘积 IR 称为电阻上的电压降。式(1-8)说明电阻两端的电压等于电阻两端的电压降。

应用欧姆定律时要注意以下两点:

(1) 式(1-7)及(1-8)只有在电流、电压的正方向是关联方向才适用,如图 1-6(a)

所示。若电压、电流正方向选得相反,如图 1-6(b)所示,则欧姆定律表示为:

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1-9)$$

或

$$U = -IR \quad (1-10)$$

(2)欧姆定律仅适用于阻值不变的线性电阻,即其电阻值不随所通过的电流或两端的电压而变化的固定值。严格地说,线性电阻是不存在的。但在一定的电流或电压范围内应用时,其电阻值能相对地保持不变,则可将这个电阻看作是线性电阻元件。

在国际单位制中,电阻的单位是欧姆(Ω),简称欧。通过 1 欧姆电阻的电流是 1 安培时,则该电阻两端的电压为 1 伏特。对于阻值很大的电阻,可以千欧($k\Omega$)或兆欧($M\Omega$)为单位。它们的关系是:

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

电阻的倒数

$$G = \frac{1}{R}$$

称为电导。在国际单位制中,电导的单位是西门子,简称西(S)。用电导表示电阻元件性质时,欧姆定律表示为:

$$I = GU \quad (1-11)$$

或

$$U = \frac{I}{G} \quad (1-12)$$

例 1-3 图 1-7 所示为测量电阻 R 的电路图。图中电流表 $\textcircled{A}$ 与电阻串联,因电流表内电阻很小,可忽略不计。电压表 $\textcircled{V}$ 跨接在电路 a、b 两端。若测得电压表读数为 10V,电流表读数为 10mA,求这个电阻的阻值是多少?

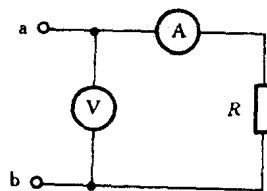


图 1-7 例 1-3 图

解: 根据(1-7)式

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10V}{10mA} = \frac{10V}{10 \times 10^{-3}A} = 10^3 \Omega = 1k\Omega$$

即电阻值为 $1k\Omega$ 。

例 1-4 图 1-8 中已知电流和电压的正方向。试列出欧姆定律的表示式,并求电阻 R 的数值。又,已知图(a)中 $U=10V$ $I=-2mA$,图(b)中 $U=-10V$ $I=0.5A$ 。

解: (1)图(a)中,电压与电流的正方向相反,则欧姆定律表示式为:

$$U = -IR$$

$$\text{电阻 } R \text{ 为: } R = -\frac{U}{I} = -\frac{10V}{-2mA} = \frac{10V}{2 \times 10^{-3}A} = 5k\Omega$$

(2)图(b)中,电流与电压的正方向也相反,所以欧姆定律表示式为:

$$U = -IR$$

$$\text{电阻 } R \text{ 为 } R = -\frac{U}{I} = -\frac{-10V}{0.5A} = 20 \text{ 欧}$$

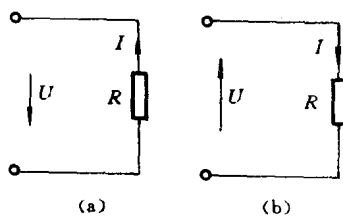


图 1-8 例 1-4 图

§ 1.4 电功及电功率

连接电路的一个重要目的往往是将电能转换为其他形式的能量。所以除了分析计算

电路中的电流、电压以外,还需要计算电能及电功率。

图 1-9 所示电路中,提供电能的电源,其电动势为 E ,电源内阻很小,可忽略。消耗电能的是负载电阻 R ,其端电压为 U ,流入电流为 I 。根据电压的定义可知,正电荷 $q(=It)$ 在电场力作用下,由 a 点通过 R 移到 b 点时,电场力所作的功为:

$$W = Uq = UI t = W_R \quad (1-13)$$

这个功 W 就是电阻 R 在时间 t 内所吸收的电能 W_R ,这个电能将全部转为热能,以热量形式散发到周围空间。

电阻吸收的电功率用 P 表示,它就是单位时间里电阻吸收的电能。

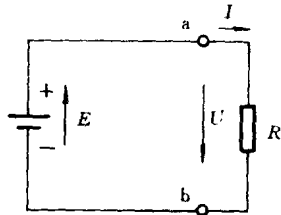


图 1-9 功率的计算

$$P = \frac{W_R}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-14)$$

电源电动势在 t 时间内对电路提供的电能为:

$$W_E = EQ = EI t \quad (1-15)$$

$$\text{电功率为:} \quad P_E = \frac{W_E}{t} = EI \quad (1-16)$$

注意:公式(1-13)和(1-14)表示负载电阻消耗的电能转换为非电能,而公式(1-15)和(1-16)则表示在电路中非电能转换成电能。根据能量守恒定律,在图 1-9 所示电路中电源提供的能量(功率)应正好等于负载电阻吸收的能量(功率)。

在国际单位制中,电压的单位是伏,电流的单位是安,则功率的单位是瓦特,简称瓦(W)。1 瓦功率等于每秒消耗(或产生)1 焦耳的功。工程上在 t 时间内消耗(产生)电能的单位经常不是用焦耳,而是用千瓦小时(kWh)来表示。1 个千瓦小时又称 1 度电。例如一个 1000 瓦的电炉加热一个小时,则耗电能为 1 度电。

下面讨论功率的正负值。一个元件在电路中是作为电源还是作为负载(例如蓄电池是处在放电状态还是处在充电状态),可根据计算出来的功率正、负值来确定。

图 1-10(a)电路中取电流、电压为关联方向,则元件 A 的功率 $P=UI$ 。当 U, I 均为正值或均为负值,则计算得 P 为正值即 $P>0$ 。这说明电路中电流和电压的实际方向是相同的,所以正电荷通过该元件时是由高电位到低电位,即失去了电能。所以说该元件吸收(消耗)了电能,该元件 A 是负载。当电流、电压为关联方向,而 U 或 I 其中有一个是正值,另一个为负值时,则必得 P 为负值,即 $P<0$,说明这元件上电压和电流的实际方向相反。也就是说正电荷通过该元件时,是由低电位向高电位移动的,所以正电荷获得了电能,即这个元件有外力克服电场力做功,这个元件是产生电功率的,即是电源。

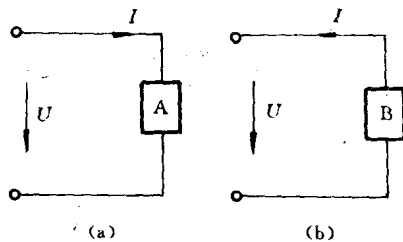


图 1-10 判定元件功率的性质

在图 1-10(b)电路中,元件 B 两端电压和电流的正方向相反,则计算功率的公式为:

$$P = -UI \quad (1-17)$$

若 U 和 I 均为正值或负值,则计算结果 $P<0$ (负值),即电流从元件 B 的高电位端流出,说明该元件是产生电功率的,在电路中作电源;若 U 或 I 其中一个为正值另一个为负值,

则计算结果 $P > 0$, 即电流由元件的高电位端流入, 说明该元件是吸收电功率的, 在电路中起负载作用。

例 1-5 某车间内有 12 盏 220V 60W 照明灯和 20 个 220V 45W 的电烙铁, 平均每天用电 8 小时(h), 问每月(按 30 天计算)用电多少度?

解: $W = P \cdot t = (60 \times 12 + 45 \times 20) \times 8 \times 30 = 388.8 \text{ kWh} = 388.8 \text{ 度}$

例 1-6 计算图 1-11 中各元件的功率, 指出该元件是作电源还是负载。

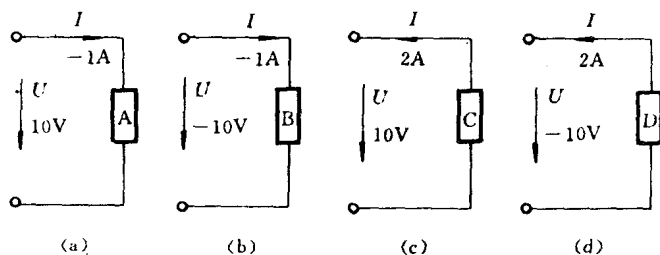


图 1-11 例 1-6 图

(a)图中, 电压与电流是关联方向, 所以

$$P = UI = (10)(-1) = -10 \text{ W} < 0 \quad \text{A 是产生电能, 为电源。}$$

(b)图中, 电压电流是关联方向, 所以

$$P = UI = (-10) \times (-1) = 10 \text{ W} > 0 \quad \text{B 是吸收电能, 为负载。}$$

(c)图中, 电压电流的正方向相反, 所以

$$P = -UI = -(10) \times (2) = -20 \text{ W} < 0 \quad \text{C 是产生电功率, 作电源。}$$

(d)图中, 电压电流正方向相反, 所以

$$P = -UI = -(-10) \times (2) = 20 \text{ W} > 0 \quad \text{D 是吸收电功率, 作负载。}$$

例 1-7 在图 1-12 中, 已知 U, I 的正方向, $U = -4 \text{ V}$, 元件 A 吸收功率 20W, 求 I 。

解: 根据 U, I 为关联方向, 所以
 $P = UI$ 得: $I = \frac{P}{U} = \frac{20}{(-4)} = -5 \text{ A},$

说明真实电流方向从 b 点经 A 流到 a 点。

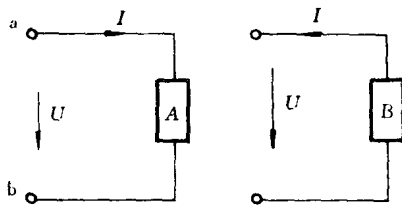


图 1-12 例 1-7 图 图 1-13 例 1-8 图

例 1-8 在图 1-13 中, 元件 B 产生功率为 15mW, $I = 10 \text{ mA}$, 求 U 。

解: $P = -UI$ 又 $P < 0$
 得 $U = -\frac{P}{I} = -\frac{(-15 \times 10^{-3})}{10 \times 10^{-3}} = 1.5 \text{ V}$

§ 1.5 电气设备的额定值及电路的工作状态

一、电气设备的额定值

任何一个电气设备, 为了安全可靠地工作, 都必须有一定的电流、电压和功率的限制和规定值, 这种规定值称为额定值。如一个白炽灯泡额定值有 220V 40W, 表示该灯泡应在 220V 电压下使用, 消耗电功率为 40W, 则发光正常, 保证有规定的使用寿命。若在超过 220V 电压下使用, 灯丝温度过高, 电灯会亮些, 但寿命会大大缩短, 严重时灯丝立即烧断。在低于 220V 电压下使用, 则亮度不够, 效果不能充分发挥, 也是不经济合理的。对于一个