

中等专业学校计算机应用专业教材系列

郭启全 主编

电 工 技 术

高 嵩 等编著

钱锡源 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

本书是为中等专业学校计算机应用专业编写的系列教材之一。

全书共分8章,内容包括:直流电路及电路中的元件、电路的基本定律和分析方法、单相正弦交流电路、三相交流电路、电路中的过渡过程、磁路和变压器、交流电动机及常用的控制电路、工业企业用电与安全用电。各章后均附有与内容相配合的习题,并附有电路分析的几个基本实验和部分习题答案。

本书也可以作为普通中等专业学校、技工学校有关专业的教材或参考书。对初级工程技术人员和自学者也有参考价值。

丛 书 名:中等专业学校计算机应用专业教材系列

书 名:电工技术

编 著 者:高 嵩 等

主 审 者:钱锡源

责任编辑:连潮东

特约编辑:郭延龄

印 刷 者:国防科工委印刷厂印刷

出版发行:电子工业出版社出版、发行 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:320千字

版 次:1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4453-6
G·359

定 价:16.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

《计算机应用专业教材》序

随着计算机技术的迅速发展和普及应用,许多中等专业学校、技工学校和职业高中为了培养出适合社会需要的专门人材,设置了计算机应用专业。

计算机应用专业以培养计算机软件应用,计算机硬件及常用办公设备的应用、故障检测与维修的专业人材为目标。要求学生除了掌握必要的理论基础知识外,主要掌握计算机应用基础,电工及电子技术,办公自动化方面的软件,程序设计语言,计算机辅助设计与绘图,三维动画的制作,微机及其他常用办公设备(如打印机、复印机、传真机)的应用、故障检测与维修,计算机专业英语,多媒体技术,网络技术,数据库等专业知识。

计算机应用专业注重培养学生使用、保养与维修办公自动化设备的能力,注重培养学生熟练使用有关的计算机软件的能力。该专业的培养目标具有鲜明的特点,适应社会对人材的需求。由于毕业生主要面向厂、矿、企事业基层单位,因此能较快地解决基层单位计算机应用专业人材缺乏的问题。

计算机应用专业招收应届初中毕业生,学制三年。学生在校期间按照教学计划要学习以下5种类别的总计27门课程,并通过一定学时的实践教学,使学生既有扎实的理论基础,又有较强的动手能力。教学计划中突出了实践性教学,突出了课程设置的实用性。

教学计划中开设的课程如下:

1. 公共课

包括:数学、物理、语文、建设有中国特色社会主义理论与实践、道德与法律、英语、体育。

2. 专业基础课

包括:计算机专业英语、电工基础、计算机类电子电路基础学、计算机应用基础、中文Windows3.2/95、工程制图。

3. 专业课

包括:数据库原理与应用、QBASIC语言程序设计、C语言程序设计、中文Word、中文Excel、磁盘工具软件精选。

4. 实践教学

包括:微机的故障检测与维修、打印机(复印机、传真机)的故障检测与维修、微机操作训练。

5. 选修课

包括:三维动画设计、多媒体实用技术、计算机网络技术、计算机辅助设计与绘图。

在参与完成了计算机应用专业教学计划之后,有关部门委托我组织编写一套适合于该专业特点的系列教材。实用的教材是完成专业教学计划的保障。由于该专业设立的时间较短,市面上还没有与之配套的适合于这个办学层次的教材。在电子工业出版社的大力支持和帮助下,经过出版社领导、编辑们与作者的共同努力,使这套教材得以及时出版。

本套教材的作者均具有较丰富的教学经验和科研能力,其中有的同志编著过多本计算机应用方面的书籍,他们处于教学和科研的第一线,深知如何去编好这套教材。

本套教材结合了作者的教学、科研经验,适用性强,语言精练,通俗易懂。书中带有实用的习题、实验题目、操作指导等。本套教材面向中专、技校、职高的广大学生,面向计算机的初、中级应用人员。由于水平所限,书中不足之处,望专家、读者指正。

郭启全

计算机应用专业教材编委会

主任 郭启全

委员 寇 森 裴桐松 高 嵩 刘 舒 刘 雄

刘文杰 袁德立 赵树忠 高松龄 刘浩宇

前 言

《电工技术》是为计算机应用专业编写的一门技术基础课教材,主要讨论现代电工技术的基本理论、电路的分析方法和实际应用。该书为学习专业后续课程和从事计算机应用技术奠定基础。

本书编写时力求做到针对性好、实用性强、联系实际、语言精练、图文并茂。希望通过本书学习既能引导学生掌握基本理论,又能提高解决实际问题的能力。在保证学科的系统性和理论性的前提下,注意内容既满足专业后续课程的需要,又考虑到作为一名工程技术人员应掌握必备的电工知识。

本书是中等专业学校计算机应用专业的教材,也可用于普通中等专业学校、技工学校有关专业作为教材或参考书。对初级工程技术人员和自学者也有参考价值。

参加本书编写的有高嵩(第3、4章)、赵会君(第1、2章)、王蓉(第6、7章)、王志敏(第5、8章),由高嵩统稿,并由钱锡源副教授主审。

在编写中,对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电子工业出版社教材部的编辑们一并表示感谢。

编者虽从教多年,限于水平,书中疏漏不当之处,在所难免。恳切希望使用本书的教师和同学及其他读者给予批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 直流电路及电路中的元件	(1)
1.1 电路的作用及组成部分	(1)
1.2 电路中的基本物理量	(2)
1.3 电阻元件及其伏安关系	(6)
1.4 电压源与电流源	(7)
1.5 直流电路的电功与电功率及电能转换	(10)
1.6 电路的状态	(11)
习题 1	(13)
第 2 章 电路的基本定律与分析方法	(15)
2.1 基尔霍夫定律	(15)
2.2 电阻的串、并联和混联电路的分析	(17)
2.3 电路中电位的计算	(21)
2.4 支路电流法	(22)
2.5 电压源、电流源的等效变换	(24)
2.6 节点电压法	(29)
2.7 叠加原理	(31)
2.8 戴维南定理	(34)
2.9 受控源及含受控源电路的分析	(38)
2.10 非线性电阻电路的分析	(40)
习题 2	(42)
第 3 章 正弦交流电路	(46)
3.1 正弦交流电源	(46)
3.2 正弦量的相量表示	(52)
3.3 正弦电流电路中的电阻元件	(57)
3.4 正弦电流电路中的电感元件	(59)
3.5 正弦电流电路中的电容元件	(63)
3.6 电阻与电感串联的正弦电流电路	(67)
3.7 电感线圈与电容器串联的正弦电流电路	(71)
3.8 电感线圈与电容器并联的正弦电流电路	(76)
3.9 正弦交流电路的谐振	(78)
习题 3	(82)
第 4 章 三相交流电路	(85)
4.1 三相交流电势的产生	(85)
4.2 三相电源的连接	(86)
4.3 三相负载的星接及中线的作用	(88)
4.4 三相负载的三角形连接	(92)
4.5 三相电路的功率	(95)
习题 4	(97)

第5章 电路中的过渡过程	(98)
5.1 概述	(98)
5.2 换路定则与电压和电流初始值的确定	(99)
5.3 RC 电路的放电过程	(101)
5.4 RC 电路的充电过程	(102)
5.5 RL 电路的过渡过程	(105)
5.6 一阶电路暂态分析的三要素法	(107)
习题5	(108)
第6章 磁路和变压器	(110)
6.1 磁场的基本物理量和基本性质	(110)
6.2 磁性材料的磁性能	(112)
6.3 磁路及磁路定律	(115)
6.4 磁路的应用	(119)
6.5 变压器的构造与原理	(122)
6.6 变压器的功率和频率	(128)
6.7 几种常用的变压器	(129)
6.8 变压器绕组的极性和正确连接	(131)
6.9 变压器的技术数据	(134)
习题6	(134)
第7章 交流电动机及常用控制电器	(137)
7.1 三相异步电动机	(137)
7.2 单相交流电动机	(141)
7.3 交流伺服电动机	(147)
7.4 步进电动机	(150)
7.5 常用控制电器	(162)
习题7	(166)
第8章 工业企业用电与安全用电	(168)
8.1 发电、输电概述	(168)
8.2 工业企业配电	(168)
8.3 触电及其对人体的危害	(168)
8.4 接地和接零	(169)
8.5 安全用电常识	(170)
习题8	(171)
电工技术实验	(172)
实验1 万用表的结构与使用	(174)
实验2 验证戴维南定理	(178)
实验3 RL 串联电路及功率因数的提高	(180)
实验4 RLC 串联电路的频率特性及其测量	(183)
实验5 三相电路	(186)
附录	(189)
附录A 用计算器进行复数运算	(189)
附录B 部分习题参考答案	(190)
参考文献	(192)

第 1 章 直流电路及电路中的元件

本章主要讨论电路的组成及各部分的作用、电路的基本物理量、电压和电流的正方向、直流电路中的元件、电路的工作状态等,这些内容都是分析与计算电路的基础,也是整个课程的基础。

1.1 电路的作用及组成部分

电路是电流的通路,它是为了某种需要由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。

日常生活和生产中的用电常识告诉我们,要用电就离不开电路;要使电灯发光照明,要使电炉发热,要使电动机转动,……,都必须用导线将电源与用电设备连接起来组成电路。随着科学技术的发展,电的应用越来越广泛,电路的形式也是多种多样的。但是,不管电路的具体形式如何变化,电路都是由一些基本的部件组成的。例如:手电筒电路,其示意图如图 1.1(a),扩音机电路如图 1.1(b)所示。

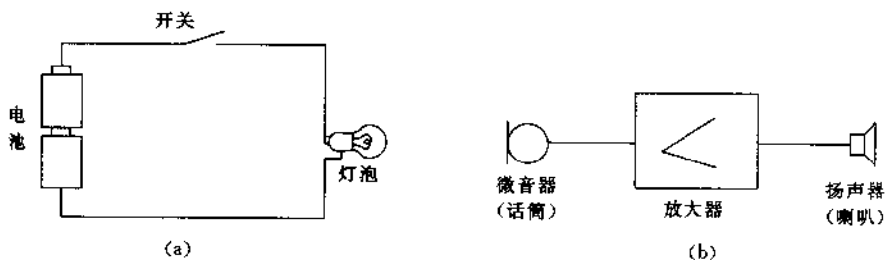


图 1.1

组成电路的基本部件是:

电源:它是电路中电能的来源,是供应电能的设备。其主要作用是将其其它形式的能量转换成电能。如:发电机将机械能转换为电能;干电池将化学能转换成电能等。

负载:它是电路中的用电设备,是消耗电能的设备。其主要作用是电能转换为其它形式的能量。如:电动机将电能转换为机械能;电灯泡将电能转换为光能和热能等。

中间环节:是联接电源和负载的部分,其主要作用是传输和控制电能,最简单的中间环节是联接导线和开关,较为复杂的可由多种元件或电气设备组成。此外,中间环节还包括有关的保障安全用电的保护电器,如熔断器等。

虽然电路的结构形式和所完成任务是多种多样的,但从本质上来说,都是由以上三个部分组成的。因此,电路就是由电源、负载及中间环节等电气设备组成的总体,是电流流通的闭合路径。

电路的基本作用有两个,第一,实现电能的传输和转换。例如:电厂的发电机发出的电能,通过升压变压器、输电线、变配电所等送到用电单位,通过用电设备把电能转换成其它形式的能量。这就组成了一个十分复杂的供电系统——电路。第二,传递和处理信号。例如:扩音机,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。然后通过放

大电路传递到扬声器,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,要用放大器来放大。信号的这种转换和放大,称为信号的处理。再如生产和科研中使用的电子自动控制设备、计算机、打印机、复印机等都需要信号的传递和处理。

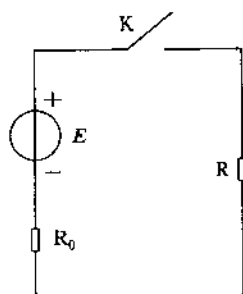


图 1.2

实际电路都是由一些按需要起不同作用的实际电路元件或器件所组成,而构成实际电路的电路元件或器件是多种多样的。我们在分析、研究电路问题时,不可能也没有必要把这些元件直接表示在电路中,为了便于对实际电路进行分析和数学描述,而将实际元件理想化,然后用一些电路符号来表示。例如,在直流电路中的负载:白炽灯、电阻炉等,其基本性质都是电阻性质,均采用电阻符号 R 表示。由一些理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型。如图 1.1(a) 手电筒电路,其实际电路元件有干电池、电珠、开关和筒体,其电路模型如图 1.2 所示。

今后我们所分析的都是电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件要用规定的图形符号表示。

不论是电能的传输和转换,还是信号的传递与处理,都需要通过电流、电位和电压、电动势等这些物理量来表述,所以,在分析与计算电路之前,首先来讨论一下电路的这几个基本物理量。

1.2 电路中的基本物理量

1.2.1 电流

电流是电荷(带电粒子)有规律的定向运动而形成的。它表示一种物理现象。

1. 电流的大小

电流的大小用电流强度来表示。电流强度是指在单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。电流强度简称为电流。

设在时间 dt 内通过导体横截面的电荷量为 dq , 则电流强度

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

所以说电流强度就是流过导体横截面的电荷量对时间的变化率。如果电流的大小和方向均不随时间变化,则称为恒定电流(直流),这时的电流强度规定用大写字母 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.2)$$

式中 Q 是在时间 t 内通过导体截面的电荷量。

2. 电流的单位

电流的单位是安培(库仑/秒),简称安,用大写字母 A 表示(国际单位制 SI)。根据用电负载的不同,电流的大小差异很大,动力用电电流可达几十甚至上百安培,而电子线路中的电流

则常常为几毫安(mA)或几微安(μA)。

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

3. 电流的方向

(1) 电流的实际方向

我们习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向作为电流的方向,称为电流的实际方向。电流的实际方向是客观存在的。例如在图 1.3 中,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,则导体中的电流实际方向就是从 A 到 B。

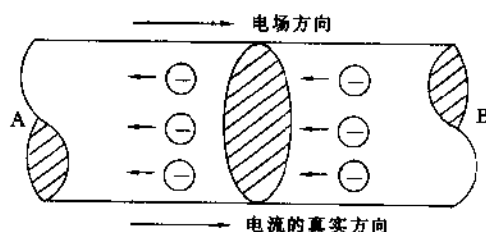


图 1.3

(2) 电流的正方向(参考方向)

在简单电路中,电流的实际方向可以很容易地通过电源或电压的极性确定下来。但在分析较复杂的电路时,往往难于事先判断某支路中电流的实际方向;对交流电路来讲,电流的大小和方向都是随时间变化的;这时电流的实际方向又如何表示呢?因此,根据分析与计算电路的需要,可任意选定某一方向作为电流的假定方向,即正方向。(以后电路中标出的电流方向均为正方向)

当电流的实际方向与正方向一致时,电流为正值;当电流的实际方向与正方向相反时,电流为负值。这样,根据电流的正方向和正负值就能判断出电流的实际方向。

【例 1.1】 根据电流的正方向和数值判断实际方向。

在图 1.4(a)中,因为电流 I 为一个正数,说明其实际方向和正方向一致。所以电流实际方向是从 A 到 B,大小为 3A。在图 1.4(b)中,因为 I 为负数说明其实际方向和正方向相反,所以电流的实际方向是从 B 到 A,大小为 3A。电流的正方向除用箭头表示外,还可以用双下标表示。如图 1.4(a)中,可标为



图 1.4

$$I_{AB} = 3\text{A}$$

表示电流正方向选为从 A 到 B;在图 1.4(b)中可标为

$$I_{BA} = -3\text{A}$$

表示电流正方向选为从 B 到 A。同一个实际电流,则有

$$I_{AB} = -I_{BA}$$

综上所述,电流的正方向与实际方向是两个不同的概念,不能混淆。电流的实际方向是客观存在的,不能任意选择。电流的正方向则是为了分析和计算而设定的,可以任意选定,是用来确定电流真实方向的一种方法和手段。在规定了正方向之后,电流是一个代数量,可正、可负。从另一个角度来说,某一个电流是正还是负,都是相对于某个正方向而言的。否则,正或负就没有意义了。

正方向这一概念在分析计算复杂电路及交流电路时,是非常重要的,它是分析和计算电路

的基础。所以,从一开始,就应正确建立起正方向的概念,并逐步掌握和运用之。

1.2.2 电压

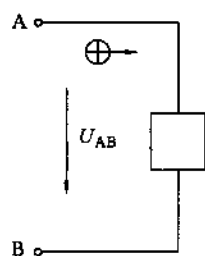


图 1.5

当导体中存在电场时,电荷将在电场力的作用下运动,并把电能转换为其它形式的能量。在一段电路中(如图 1.5 所示),设正电荷 dq 从 A 点在电场作用下运动到 B 点时,电场力做的功是 dA ,则 A、B 两点之间的电压用 U_{ab} 表示为

$$U_{ab} = \frac{dA}{dq}$$

1. 电压的大小

A、B 之间的电压等于电场力把单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功。

2. 电压的单位

电压的单位是伏特,简称伏(V),在输送电能时,一般要把电压升为几十至几百千伏(kV),而在电子线路中某些器件上的电压可能是几毫伏(mV)或几微伏(μ V)。

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

3. 电压的方向

(1) 实际方向

在电路中,电压的实际方向是由高电位指向低电位。也就是说,沿着电压的实际方向,电位是逐渐降低的。正电荷沿着这个方向运动,将失去电能,并转换成其它形式的能量。在图 1.5 中,电压实际方向是从 A 指向 B。

(2) 正方向

在分析计算电路时,如同需要为电流规定正方向一样,也需要为电压规定一个正方向,因为在复杂电路中,电压的实际方向很难看出来,为分析电路方便,也可以说是为了确定出电压的实际方向,我们可以任意选定一个方向为电压的正方向,即假设一个电压方向。当电压的实际方向与正方向一致时,电压为正值;当电压的实际方向与正方向相反时电压为负值。这表明,同电流一样,在引入了正方向之后,电压是一个代数量。

(3) 电压正方向的表示方法

电压的正方向可以用三种方法表示:

1) 用箭头表示,箭头方向为假定的电位降方向。如图 1.6(a)所示。

2) 用双下标字母表示,如图 1.6(b) 中所示,假定 AB 段电压的正方向是从 A 指向 B,则用 U_{ab} 表示。第一个下标字母表示假定的高电位点,第二个下标字母表示假定的低电位点。

3) 用“+”、“-”符号分别表示假定的高电位端和低电位端。如图 1.6(c)所示。

电压的正方向是可以任意选定的,三种表示方法可以互相通用,实际使用时可以任选一种方法来表示正方向。在以后的电路中,标出的电压方向一律都表示正方向。

【例 1.2】 根据电压的正方向和电压数值,确定出电压的实际方向。(图 1.7)

解 在图 1.7(a)中,因为 U 为负值,表明实际方向和正方向相反,所以,电压的实际方向

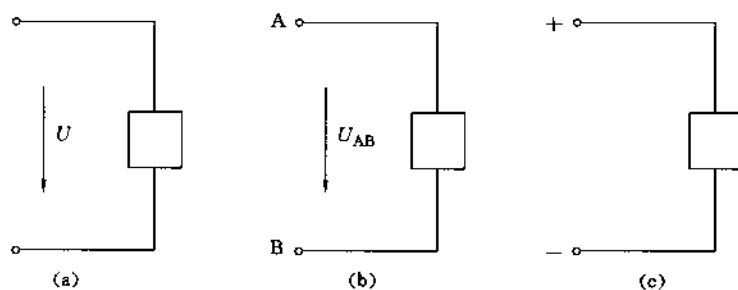


图 1.6

应为 B 点指向 A 点, 大小为 10V。

在图 1.7(b) 中, 因为 U 为正值, 表示电压的实际方向和正方向相同。所以, 电压的实际方向为 B 点到 C 点, 大小为 8V。

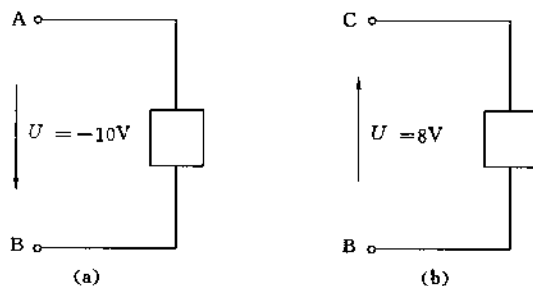


图 1.7

1.2.3 电位

电位在物理学中被称为电势, 它是表示电场中某一点性质的物理量, 而且是相对于确定的参考点来说的。

电场中某一点 A 的电位, 在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功。A 点的电位用 V_A 表示。

电位没有方向, 电位的单位和电压相同。

1.2.4 电动势

电动势是表示电源性质的物理量。如图 1.8 所示电路中, 在电源以外的部分电路, 正电荷在电场力的作用下从高电位向低电位运动。即正电荷从电源正极流出, 流回电源负极。为了在电路里保持连续的电流, 在电源中正电荷必须从负极移到正极, 这就要求在电源中有一个电源力作用在电荷上, 使之逆电场力方向运动。例如电池内部因化学作用产生的化学力就是一种电源力。它能够把正电荷由电源负极移到电源正极。在这个过程中, 电源把其它形式的能量(化学能)转换成为电能。我们用电动势来表征一个电源的这种做功能力。即: 电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从负极经电源内部移到正极所做的功。即

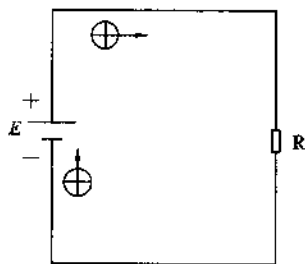


图 1.8

$$e = \frac{dA}{dq} \quad (1.3)$$

1. 电动势的单位

电动势的单位是伏特(V),和电压的单位相同。

2. 电动势的方向

(1)实际方向 从低电位指向高电位,即从电源负极指向电源正极。

(2)正方向 为了分析电路方便,同电流、电压一样,电动势也可以任意选定一个正方向。当实际方向与正方向一致时,电动势为正值;当实际方向与正方向相反时,电动势为负值。所以,在规定了正方向以后,电动势也是一个代数量。

【例 1.3】 按图 1.9 中标定的电动势和电压的方向,写出电动势与电压的关系式。

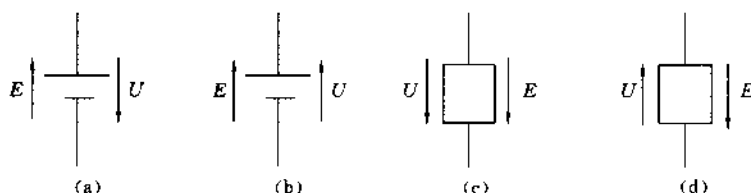


图 1.9

解 在图 1.9(a)和图 1.9(d)中,因为 E 的方向和 U 的方向相反,所以 $U=E$;在图 1.9(b)和图 1.9(c)中,因为 E 的方向和 U 的方向相同,所以 $U=-E$ 。

在以后的电路分析中,经常要遇到电源两端电压和电动势的关系问题,电压和电动势是两个不同的概念,但是都可以用来表示电源正、负极之间的电位差。应该注意在不同的正方向之下,二者的区别和联系。

1.3 电阻元件及其伏安关系

通常把主要特性是电阻性的实际器件称为电阻器,用符号 R 表示。如白炽灯、电炉等。 R 的单位是欧姆(Ω)。下面讨论电阻元件两端的电压和通过电阻元件的电流之间的关系。

在物理学中,我们已经学过欧姆定律。即:流过电阻的电流与电阻的两端电压成正比。

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

当所加的电压 U 一定时,电阻 R 愈大,则电流愈小,显然,电阻具有对电流起阻碍作用的物理性质。

据电路图中标定的电压和电流正方向的不同,在欧姆定律的表示式中可带有正号或负号。当电压和电流的方向一致时(如图 1.10(a)、(b)),称为关联参考方向。此时,欧姆定律可写成

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.4)$$

当两者正方向不一致时(图 1.10(c)、(d))称为非关联方向,则欧姆定律应写为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1.5)$$

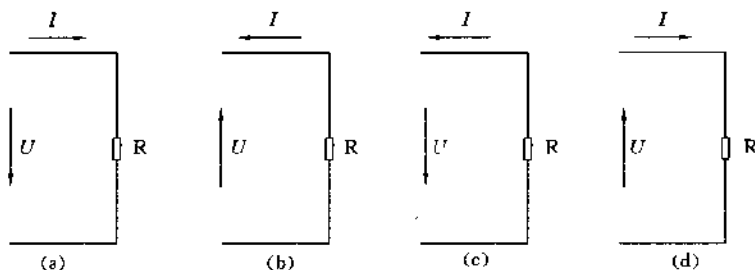


图 1.10

【例 1.4】应用欧姆定律对图 1.11 所示电路列出式子,并求电阻 R 。

解 图 1.11(a):
$$R = \frac{U}{I} = \frac{6}{2} = 3\Omega$$

图 1.11(b):
$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{6}{-2} = 3\Omega$$

如果把电阻元件的电压取为纵坐标,电流取为横坐标,画出电压和电流的关系曲线,该曲线称为电阻元件的伏安特性。如图 1.12 所示。

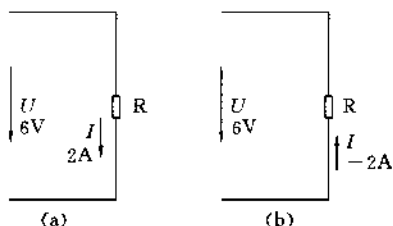


图 1.11

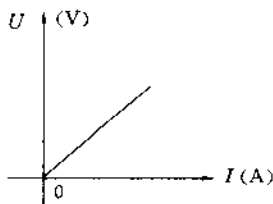


图 1.12

在图 1.12 中,伏安特性曲线是一条通过原点的直线,其斜率即为它的电阻 R 。我们将具有这种伏安特性的电阻称为线性电阻。

有些元件的电压和电流之间不是简单的正比关系,其伏安特性不是直线,如二极管的伏安特性就是一条曲线,如图 1.13 所示。我们把这类器件称为非线性器件,其电阻 R 为非线性电阻。显然,欧姆定律只适用于线性电阻元件,而不适用于非线性电阻元件。

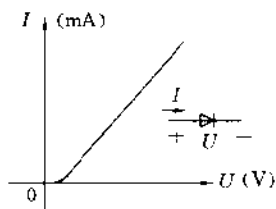


图 1.13

1.4 电压源与电流源

任何一个实际的电源器件,都能供出电压和电流,所以,一般把电源用两种不同的等效电路来表示。一种是用电压的形式来表示,称为电压源;一种是用电流的形式来表示,称为电流源。

1.4.1 电压源

任何一个电源,例如发电机、电池等,都含有电动势 E 和内阻 R_0 。当给电源两端接上负载时,电源就会供出一定的电流,但我们发现,当所接负载大小变化时,电源输出电压也有变化,负载电流越大,电源输出电压越低,所以,相当于电源内阻 R_0 有一定的电压损耗,电流越大,电压损耗就越大,根据电源表现出的这一特性,可以用一个电动势 E 和一个内阻 R_0 串联的电路

表示一个电源的等效电路。此等效电路称为电压源。电压源又分为理想电压源和实际电压源两种情况。

1. 实际电压源(简称电压源)

电压源的电路符号如图 1.14 所示。

由于内阻的存在,随着 I 的增大,内阻压降加大,使得输出电压 U 下降

$$U = E - IR_0 \quad (1.6)$$

其伏安特性如图 1.15 所示。

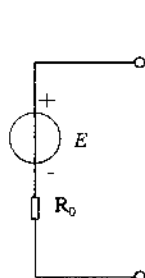


图 1.14

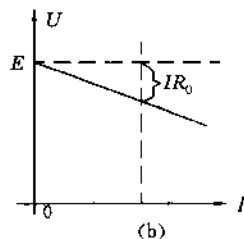
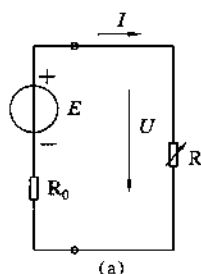


图 1.15

2. 理想电压源

从电压源的伏安特性可以看出,在同一负载下,电源内阻 R_0 越大,端电压 U 就越低,电源内阻 R_0 越小,端电压 U 就越高,当负载电流在一定范围内变化时, R_0 越小,端电压 U 的变化就越小,在理想情况下, $R_0=0$,则有 $U=E$,这种电源能为外电路提供一个恒定不变的电压,且不受负载电流大小的影响。具有这种特性的电源称为理想电压源。其电路符号和外特性如图 1.16 所示。

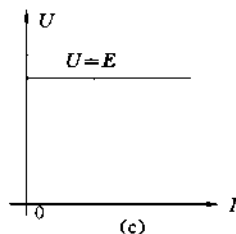
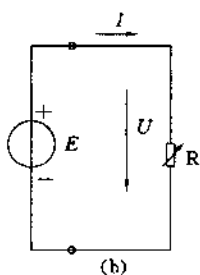
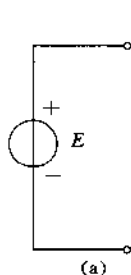


图 1.16

实际上,真正理想电压源是不存在的,当电源内阻 R_0 远远小于负载电阻 R 时,我们可以近似认为该电源为理想电压源。

理想电压源的两个重要特性:

- (1) 端电压 $U=E$ 是定值,且不受流过它的电流的影响。
- (2) 流过理想电压源的电流是由外电路的负载与 E 共同决定的。

1.4.2 电流源

对于一个实际的电源,除用电动势 E 和内阻 R_0 串联的电路模型来表示外,还可以用另外一种电路模型来表示,就是电流源,即从电源向负载输出电流的角度来看电源。

1. 实际电流源(简称电流源)

将式(1.6)两端除以 R_0 得

$$\frac{U}{R_0} = \frac{E}{R_0} - I = I_s - I$$

$$I = I_s - \frac{U}{R_0} = I_s - I_0 \quad (1.7)$$

即

$$I_s = \frac{E}{R_0}$$

为电源的短路电流,是一个常数:

$$I_0 = \frac{U}{R_0}$$

是流过电源内阻的电流。

对于一个确定的电源来说, I_s 是一个恒定的电流, I_s 的一部分在电源内部被内阻 R_0 分流,其余部分供给负载,内部分流 I_0 的大小和负载两端的电压成正比。也就是说,电源是以输送电流的形式向负载供电。

电流源的符号及外特性如图 1.17 所示。

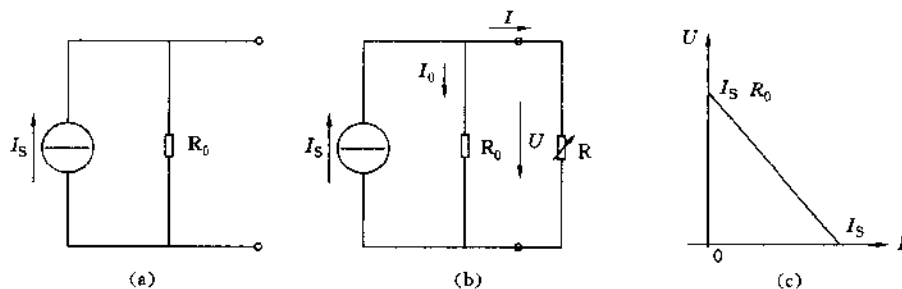


图 1.17

2. 理想电流源

容易看出,对于一个电流源来说,同样的负载电压下, R_0 越大其分流越小,如果 $R_0 \rightarrow \infty$ (开路)时,则

$$I_0 = \frac{U}{R_0} \rightarrow 0$$

也就是没有内部电阻的分流。负载电流 $I = I_s$, 这种电源称为理想电流源,其符号和外特性如图 1.18 所示。

理想电流源的两个重要性质:

- (1) 向外电路输出的电流是恒定不变的,与负载电阻的大小无关;
- (2) 理想电流源两端的电压不由它自己决定,而是由与之相联的外电路电阻的大小来

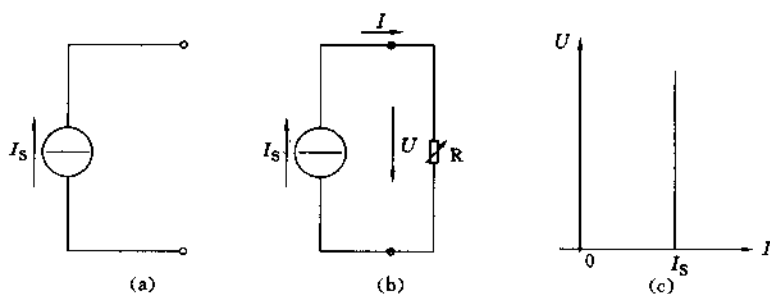


图 1.18

确定。

真正的理想电流源是不存在的,当负载电阻 $R \ll R_0$ 时,可近似把电流源认为是一理想电流源。电流源在电子线路中有着广泛的应用。

1.5 直流电路的电功与电功率及电能转换

电路的主要任务就是传送、控制和转换电能。整个电力系统实际上就是一个很大的能量传送和各种形式的能量相互转换的系统。发电厂的发电量是衡量发电厂生产情况的一个重要指标。发电量就是指在一定时间内(一天或一年等)发出的电能。在发电厂、变电所的主控制室里,有许多监视和记录电功率和电能的仪表。在工厂的车间和居民的住宅里,也装着电度表来测量用户的用电情况。各种电气设备都要标明它的容量或功率。所以在分析和计算电路时,经常要遇到功率和电能问题。

1.5.1 电流的功和功率

电流在闭合的电路中流动时,电路中进行着能量的转换。假设在时间 t 内,有正电荷 Q 沿电动势方向通过电源,则电源内的电源力作功。根据电动势的定义,此功大小为

$$W_{\text{电源}} = EQ$$

式中 $W_{\text{电源}}$ 是电源内由机械能或化学能或其它形式的非电能转换成的电能,也就是电源在时间 t 内所产生的电能。电源在单位时间内所产生的电能叫电源产生的电功率,简称电源电功率,用 $P_{\text{电源}}$ 表示。即

$$P_{\text{电源}} = \frac{W_{\text{电源}}}{t} = E \cdot \frac{Q}{t} = E \cdot I \quad (1.8)$$

所以,电源电功率等于电源电动势与通过电源的电流的乘积。

在正电荷通过电源的同一时间内,由于电流的连续性,必有相等的正电荷由电源正极从外电路经过负载回到电源负极。在此过程中,电场力在外电路中移动电荷做功,电能转换为其它形式的能量。若电源端电压为 U ,则据电压的定义,电场力所做的功或负载所消耗的电能是

$$W_{\text{负载}} = U \cdot Q \quad (1.9)$$

负载在单位时间内所消耗的电能,叫做负载所消耗的电功率,简称负载电功率,用 $P_{\text{负载}}$ 表示。即

$$P_{\text{负载}} = \frac{W_{\text{负载}}}{t} = U \cdot \frac{Q}{t} = UI \quad (1.10)$$