

DIANLUJICHU

21世纪高等院校规划教材

申论各 基础

主编 / 孙玉胜 赵志国



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

21世纪 高等院校规划教材

电 路 基 础

DIANLUJICHU

主 编 / 孙玉胜 赵志国

副主编 / 付宏志 时永鹏 张俊杰 陈向奎 李雪玲

西北大学出版社

内容简介

本书是根据教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会于2004年制定的电路分析基础课程的教学基本要求编写的。“电路”课是自动化、电子信息工程等电类专业的一门重要的专业基础课。它的任务是通过本课程的学习,掌握电路的基本理论、电路分析的基本方法和进行实验的初步技能,并为后续的课程准备必要的电路知识。

全书共12章。本书主要内容有:电路的基本概念及电路定律;电路的等效变换;电阻电路的一般分析方法;电路的基本定理;线性动态电路瞬时过程的时域分析;正弦电路分析;三相电路;非正弦周期交流电路;含有耦合电感的电路分析;拉普拉斯变换在电路中的应用;非线性电路简介及多端元件和双口网络等。每章末尾均附有习题。

本书可作为计算机应用、电子技术、通信技术、电子信息、电气自动化等专业的高职高专学校、本科基础课教材,也可供夜大、自学考试、成人教育有关专业选用,还可供从事这方面工作的工程技术人员培训和自学用。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/孙玉胜,赵志国主编.—西安:西北大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-5604-2511-5

I.电… II.①孙…②赵… III.电路理论 IV.TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第109938号

电路基础

主 编:孙玉胜 赵志国

出版发行:西北大学出版社

地 址:西安市太白北路229号

邮 编:710069

电 话:029-88305287

经 销:全国新华书店

印 装:陕西向阳印务有限公司

开 本:787毫米×1092毫米 1/16

印 张:20

字 数:465千字

版 次:2008年7月第1版第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5604-2511-5

定 价:30.00元

21 世纪高等院校规划教材

编写委员会

主 编 孙玉胜 赵志国

副主编 付宏志 时永鹏 张俊杰 陈向奎 李雪玲

编 者 (按姓氏笔画排列)

付宏志(洛阳师范学院)

孙玉胜(郑州轻工业学院)

张俊杰(洛阳师范学院)

张瑞州(河南科技大学)

时永鹏(洛阳师范学院)

李雪玲(河南科技大学)

李小红(河南科技大学)

陈向奎(洛阳师范学院)

赵志国(洛阳师范学院)

徐国亮(河南师范大学)

康 牧(洛阳师范学院)

前 言

电路原理(或电路、电路分析基础)课程的形成源于电气工程与信息科学技术的研究和应用。半个多世纪以来,为了使这门课程能够适应科学技术发展的需要,人们进行了多方面的探索,努力拓展和深化电路理论。例如,引入图论知识,加强状态变量分析,更新并扩充非线性电路理论的研究内容、增加计算机辅助分析的应用等。也有人提出将此课程与其他课程重新整合。实践表明,多种类型的尝试都对本课程的教学改革产生了很好的促进作用,使电路原理课程不断更新,与时俱进。

随着教育观念的不断更新和电子科技日新月异的发展,现代教育手段已渗透到各项教学工作之中,电工电子系列课程的教学改革已取得了不少成果。同时,也对我们提出了新的更高的要求。目前,电子信息类专业基础课程已面临“课时压缩、内容要求基本不变”的新情况,其中“电路分析基础”课程课时大多压缩在60~70学时。这种改革的本意是给予学生更多的思考空间,而不是简单地减少内容、简化叙述。课堂教学仍然是教学工作的主要环节,针对这一新情况,十分有必要设计好课堂教学内容,提高课堂教学质量及教学效率。因此,要求教师贯彻精讲原则,精心组织讲课内容,突出知识点间的联系,体现知识点的前后呼应和举一反三。

本书是根据教育部电子信息与电气信息类基础课程教学指导委员会于2004年修订的《电路分析基础课程教学基本要求》,结合电子信息类专业教学改革形势和实际需要而编写成的。主要内容分为12章,包括:电路的基本概念及电路定律;电路的等效变换;电阻电路的一般分析方法;电路的基本定理;线性动态电路瞬态过程的时域分析;正弦电路分析;三相电路;非正弦周期交流电路;含有耦合电感的电路分析;拉普拉斯变换在电路中的应用;非线性电路简介及多端元件和双口网络等。

本书侧重于对少学时课堂教学的课堂设计,通篇贯彻精讲教学基本原则和研究、讨论式的教学方法,有利于培养学生的综合素质和能力。全书力求准确把握课程体系的基本脉络,体现较好的知识结构。具有内容精选,重点突出;循序渐进,顺序合理,前后联系紧密;要点明确,切合实际,深入浅出;基本概念讲述严密准确,说理细致透彻,基本方法阐述步骤明确,定量推导适度以及便于学习等特点。并配有丰富的例题、练习题等内容。

对此,在使用本书作教材时,授课教师可根据学生能力、培养计划和学时等因素灵活选取素材,课上可以选择重点内容讲授,把部分内容留作课外学习。这样做不仅可以节省课内学时,也有利于培养学生的自学能力,并推动同学之间交流讨

论,取得事半功倍的成效。

本书可作为计算机应用、电子技术、通信技术、电子信息、电气自动化等专业的高职高专学校、本科基础课教材,也可供夜大、自学考试、成人教育有关专业选用,还可供从事这方面工作的工程技术人员培训和自学用。

由于作者水平有限,难免存在错漏之处,恳切地希望读者对教材体系、内容和实施方案提出宝贵意见。

2008 年 5 月

目 录

第1章 电路的基本概念及电路定律	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.2 电路的基本物理量	(3)
1.3 电器元件	(8)
1.4 欧姆定律	(14)
1.5 理想电源	(14)
1.6 基尔霍夫定律	(20)
习题	(22)
第2章 电路的等效变换	(24)
2.1 等效变换概述	(24)
2.2 电阻的联接及其等效变换	(25)
2.3 电压源和电流源的联接	(31)
2.4 实际电压源与电流源的等效变换	(32)
2.5 电阻的 Δ 形连接与Y形连接的等效变换	(36)
2.6 等效电阻、输入电阻	(40)
习题	(41)
第3章 电阻电路的一般分析方法	(46)
3.1 电路的独立方程数	(46)
3.2 支路电流法	(49)
3.3 网孔电流法	(51)
3.4 回路电流法	(56)
3.5 结点电压法	(57)
3.6 含有运算放大器的电阻电路	(63)
习题	(67)
第4章 电路定理	(71)
4.1 替代定理	(71)
4.2 叠加定理	(72)
4.3 齐次性定理	(79)
4.4 戴维南定理	(80)
4.5 诺顿定理	(91)
4.6 最大功率传输定理	(95)
4.7 特勒根定理	(100)
4.8 互易定理	(102)
4.9 对偶定理	(105)

习题	(105)
第5章 线性动态电路瞬时过程的时域分析	(111)
5.1 换路定理	(111)
5.2 一阶动态电路的分析方法	(112)
5.3 一阶电路的零输入响应	(116)
5.4 一阶电路的零状态响应	(119)
5.5 一阶电路的全响应	(122)
5.6 一阶电路的阶跃响应	(127)
5.7 一阶电路的冲激响应	(134)
5.8 二阶电路的瞬时过程的时域分析	(141)
习题	(152)
第6章 正弦电路分析	(157)
6.1 正弦交流电的基本概念	(157)
6.2 正弦交流电量的有效值	(157)
6.3 阻抗和导纳	(158)
6.4 电路的相量图	(161)
6.5 正弦量的三要素:	(162)
6.6 两个同频率正弦量的相位差	(164)
6.7 正弦量的有效值	(164)
6.8 正弦交流电的表示法	(164)
6.9 正弦稳态电路的分析:	(169)
6.10 正弦电流电路的相量分析	(171)
6.11 正弦电流电路中的功率	(171)
6.12 串联电路的谐振	(174)
习题	(176)
第7章 三相电路	(182)
7.1 三相电源	(182)
7.2 三相负载的星形联接	(185)
7.3 三相负载的三角形联接	(190)
7.4 三相电路的功率	(193)
习题	(195)
第八章 非正弦周期交流电路分析	(199)
8.1 非正弦周期交流电的概念	(199)
8.2 非正弦周期信号的频谱	(205)
8.3 非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	(208)
8.4 非正弦周期电流电路的计算	(212)
习题	(218)
第9章 含耦合电感的电路分析	(221)
9.1 互感	(221)

9.2 含耦合电感电路的分析计算	(224)
9.3 空心变压器	(231)
9.4 理想变压器	(233)
习题	(235)
第10章 拉普拉斯变换在电路中的应用	(242)
10.1 拉普拉斯变换的定义	(242)
10.2 拉普拉斯变换的性质	(244)
10.3 拉普拉斯反变换的部分分式展开	(248)
10.4 运算电路	(253)
10.5 拉普拉斯变换法分析电路	(255)
习题	(260)
第11章 非线性电路简介	(264)
11.1 非线性电路元件	(264)
11.2 非线性电路方程	(267)
11.3 小信号分析法	(269)
11.4 分段线性化方法	(273)
习题	(274)
第12章 多端元件和双口网络	(277)
12.1 理想变压器	(277)
12.2 运算放大器的电路模型	(280)
12.3 含运放的电阻电路分析	(283)
12.4 双口网络的电压电流关系	(288)
12.5 双口网络参数的计算	(291)
12.6 互易双口和互易定理	(298)
12.7 含双口网络的电路分析	(301)
12.8 计算机分析电路举例	(303)
习题	(307)

第1章 电路的基本概念及电路定律

1.1 电路和电路模型

电在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛的应用。在收录机、电视机、录像机、音响设备、计算机、通信系统和电力网络中都可以看到各种各样的电路,这些电路的特性和作用各不相同。

电路一词的两种含义为:①实际电路;②电路模型。

1.1.1 电路

由电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、运算放大器、传输线、电池、发电机和信号发生器等一些电气器件(图1.1)和设备按一定的方式连接而成的电流的通路,称为(实际)电路。简单地说,电流流过的路叫做电路。



图 1.1 电气器件

最简单的电路由电源、负载和导线、开关等元件组成。电路处处连通叫做通路。只有通路,电路中才有电流通过。

电路某一处断开叫做断路或者开路。

电路某一部分的两端直接接通,使这部分的电压变成零,叫做短路。

电路的一种作用是实现电能的传输、分配和使用。例如,电力网络将电能从发电厂输送到各个工厂、广大农村和千家万户,供各种电气设备使用。电路的另外一种作用是实现电信号的传输、变换、处理和存储。

电路是电流的通路,是为了某种需要由电工设备或电路元件按一定方式组合而成的。

1) 电路的作用是进行电能的传输和转换的,如图 1.2 所示。

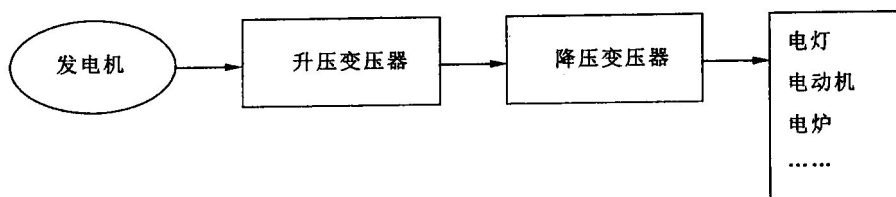


图 1.2 电能的传输和转换

此类电路的典型例子是电力系统。一般电力系统包括发电厂、输变电环节和负载几个部分。在各类发电厂中,发电机分别把热能(热电厂)、水能(水电厂)以及原子能(核电厂)转换为电能,并通过输变电环节将电能经济、安全地输送给用户,用户的电灯、电动机、电炉等用电设备作为负载,再把电能转化为其他所需的能量。由于在这一类电路中,电压一般比较高,电流比较大,所以有时也把此类电路称为强电系统。

2)电路的作用是用来传递和处理信号的。如电视机电路、计算机电路以及各类测量电路等。就测量电路而言,它包括了以下环节:把被测量转化为相应电信号的信号转换环节,对信号进行放大、转换、滤波等处理的信号放大处理环节和显示环节。

1.1.2 电路模型

电路模型由实际电路抽象而成,它近似地反映实际电路的电气特性。电路模型由一些理想电路元件用理想导线连结而成。用不同特性的电路元件按照不同的方式连结就构成不同特性的电路。

理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。

电阻、电感、电容的理想形式如图 1.3 所示,电路模型中的电路元件的图形符号如表 1-1 所示。

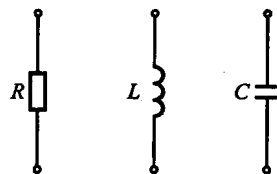


图 1.3 电阻、电感、电容的理想形式

表 1-1 部分电路图形符号
(根据国家标准 GBA728)

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
导线	—	传声器		电阻器	
连接的导线		扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈,绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		晶体管		铁芯变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电池		直流电动机	

电路模型近似地描述实际电路的电气特性。根据实际电路的不同工作条件以及对模型精确度的不同要求,应当用不同的电路模型模拟同一实际电路。

为了便于用数学方法分析电路,一般要将实际电路模型化,用足以反映其电磁性质的理想

电路元件或其组合来模拟实际电路中的器件,从而构成与实际电路相对应的电路模型。

如手电筒由电池、灯泡、开关和筒体组成。电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ;灯泡主要具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电阻 R ;筒体用来连接电池和灯泡,其电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体;开关用来控制电路的通断。今后分析的都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件都用规定的图形符号表示,如图 1.4 所示。

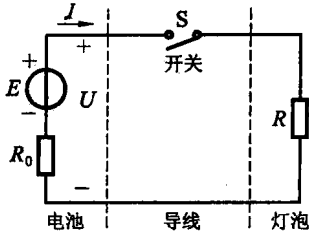


图 1.4 手电筒电路模型

1.1.3 电路的组成部分

电路的组成包括电源、负载和中间环节 3 部分。

1) 电源(Power Supply):提供电能,将非电能转换成电能的能量转换装置。例如,干电池(化学能转换成电能)、发电机(机械能转换成电能)、太阳能电池(太阳能转换成电能)等。

2) 负载(Load):耗用电能,电能转换成非电能的能量转换装置。例如台灯(电能转换成光能)、电炉(电能转换成热能)、电动机(电能转换成机械能)等。

3) 传输装置(Transmit device):中间环节,起传输和分配电能的作用。例如开关、传输线等。

1.1.4 电路的分析与电路综合

目的:通过对电路模型的分析计算来预测实际电路的特性,从而改进实际电路的电气特性和设计出新的电路,如图 1.5 所示。

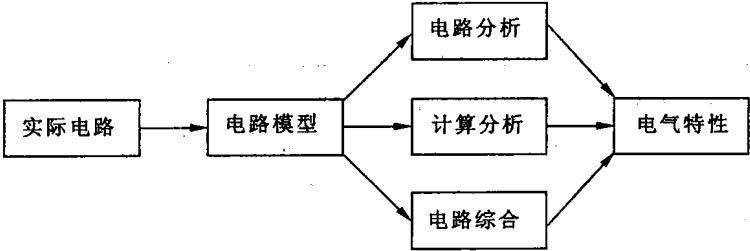


图 1.5 电路模型的分析

任务:掌握电路的基本理论和电路分析的方法。

1.2 电路的基本物理量

电路的特性是由电流、电压和电功率等物理量来描述的。电路分析的基本任务是计算电路中的电流、电压和电功率。

表 1-2 物理中对基本物理量规定的方向

物理量	实际方向	单 位
电流 I	正电荷运动的方向	kA, A, mA, μ A
电压 U	高电位→低电位	kV, V, mV, μ V
电动势 E	低电位→高电位	kV, V, mV, μ V

1.2.1 电流

电流:电荷的定向运动形成电流,单位时间内通过导体横截面的电量。通常也定义为带电粒子(电子、离子)定向移动形成电流。电流常用 I 表示。

电流单位:电流的单位是安(A)。也常用毫安(mA)或者微安(μ A)做单位。1A

$= 1\,000\text{mA}$, $1\text{mA} = 1\,000\mu\text{A}$ 。电流可以用电流表测量。

电流方向:规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。电流的方向不变为直流 I , 方向和大小都变化为交流 i 。假设的电流流向称为电流的参考方向。

标定:在连接导线上用箭头表示,或用双下标表示。

电子和负离子带负电荷,正离子带正电荷。电荷用符号 q 或 Q 表示,它的 SI 单位为库[仑](C)。单位时间内通过导体横截面的电荷定义为电流,用符号 i 或 I 表示,其数学表达式为 $i = dq/dt$ 。

电流的测量:利用安培表。安培表应串联在电路中,直流安培表有正负端子。

电流有以下 3 种:

1. 直流电流

大小和方向均不随时间变化的电流,称为恒定电流,简称为直流(dc 或 DC),一般用符号 I 表示。

2. 交流电流

大小或方向随时间变化的电流,称为交流电流,一般用符号 i 表示。时变电流在某一时刻 t 的值 $i(t)$,称为瞬时值。

3. 周期性交流电流

大小或方向作周期性变化且平均值为零的交流电流,称为周期性交流电流,简称为交流(ac 或 AC)。

周期:交流电完成一次完整的变化所需要的时间叫做周期,常用 T 表示。周期的单位是秒(s),也常用毫秒(ms)或微秒(μs)做单位。 $1\text{s} = 1\,000\text{ms}$, $1\text{s} = 1\,000\,000\mu\text{s}$ 。

频率:交流电在 1s 内完成周期性变化的次数叫做频率,常用 f 表示。频率的单位是赫(Hz),也常用千赫(kHz)或兆赫(MHz)做单位。 $1\text{kHz} = 1\,000\text{Hz}$, $1\text{MHz} = 1\,000\,000\text{Hz}$ 。交流电频率 f 是周期 T 的倒数,即

$$f = \frac{1}{T}$$

1.2.2 电压

电荷之所以能够流动,是因为有电位差。电位差也就是电压。电压是形成电流的原因。

在电路中,电压常用 U 表示。

电压的单位:电压的单位是伏(V),也常用毫伏(mV)或者微伏(μV)做单位。 $1\text{V} = 1\,000\text{mV}$, $1\text{mV} = 1\,000\mu\text{V}$ 。

电压方向:规定把电位降低的方向作为电压的实际方向。电压的方向不变为直流电压 u_{ab} , 方向和大小都变化为交流电压 u_{ab} 。假设的电压方向称为电压的参考方向。

标定:可以采用以下几种方式,“+”高电位端、“-”低电位端,当 $U > 0$ 时参考方向与实际方向一致,当 $U < 0$ 时参考方向与实际方向相反。

电压的测量:利用伏特表。伏特表应并联在电路中,直流伏特表有正负端子。

电位:正电荷在电路中某点所具有的能量与电荷所带电量的比称为该点的电位。电路中的电位是相对的,与参考点的选择有关,某点的电位等于该点与参考点间的电压。电路中 a 、 b 两点间的电压等于 a 、 b 两点间的电位差,即 $U_{ab} = V_a - V_b$ 。所以电压是绝对的,其大小与参考点的选择无关;但电位是相对的,其大小与参考点的选择有关。

例 1-1:试求图 1.6 所示电路中各点的电位: V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d 。

解:设 a 为参考点,即 $V_a = 0\text{V}$,从而有

$$V_b = U_{ba} = -10 \times 6 = 60\text{V}$$

$$V_c = U_{ca} = 4 \times 20 = 80\text{V}$$

$$V_d = U_{da} = 6 \times 5 = 30\text{V}$$

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60\text{V}$$

$$U_{cb} = E_1 = 140\text{V}$$

$$U_{db} = E_2 = 90\text{V}$$

设 b 为参考点, 即 $V_b = 0\text{V}$, 从而有

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60\text{V}$$

$$V_c = U_{cb} = E_1 = 140\text{V}$$

$$V_d = U_{db} = E_2 = 90\text{V}$$

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60\text{V}$$

$$U_{cb} = E_1 = 140\text{V}$$

$$U_{db} = E_2 = 90\text{V}$$

结论:

1) 电位值是相对的, 参考点选得不同, 电路中各点的电位也将随之改变;

2) 电路中两点间的电压值是固定的, 不会因参考点的不同而变, 即与零电位参考点的选取无关。

借助电位的概念可以简化电路作图, 如图 1.7 所示。

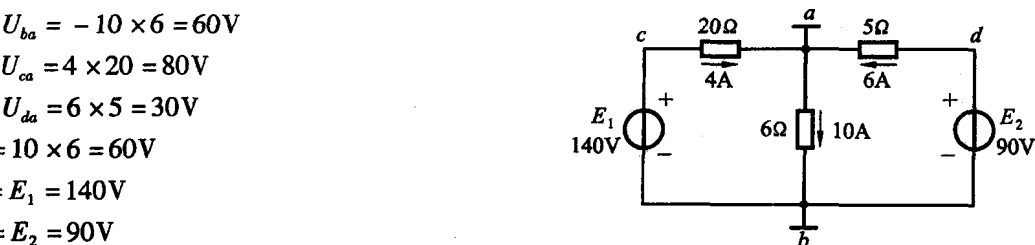


图 1.6 例 1-1 用图

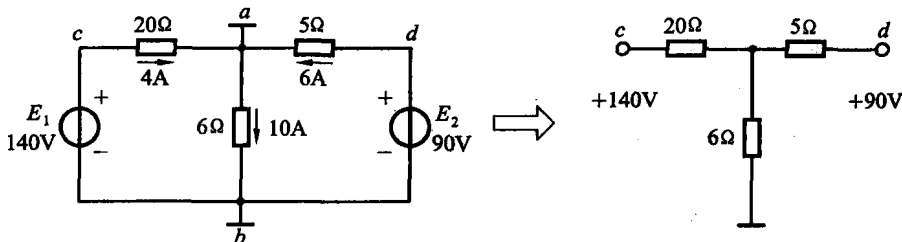


图 1.7 电位

1.2.3 能量

定义: 在时间内, 电路所消耗的电能。

能量用 W 表示, 公式为

$$W = \int_{-\infty}^{t_1} P(t) dt$$

能量单位: 焦耳(J)。电能的常用单位为度, $1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \times 1 \text{ 小时}$ 。

能量方向: 吸收、释放功率。

1.2.4 功率

定义: 单位时间内消耗的电能, 即电场力在单位时间内所做的功。

功率用 P 表示, 公式为

$$P(t) = \frac{dW}{dt} (\text{W})$$

$$dW = u(t) dq, dq = i(t) dt$$

所以

$$P(t) = u(t) i(t) (\text{W})$$

功率单位: 瓦特(W)。

功率方向:提供、消耗。

功率的测量:功率利用功率表测量。

例 1-2:有一个电饭锅,额定功率为 1 000W,每天使用 2h;一台 25 寸电视机,功率为 60W,每天使用 4h;一台电冰箱,输入功率为 120W,电冰箱的压缩机每天工作 8h。计算每月(30 天)耗电多少度?

解: $(1\text{kW} \times 2\text{h} + 0.06\text{kW} \times 4\text{h} + 0.12\text{kW} \times 8\text{h}) \times 30 \text{ 天} = (2 \text{ 度} + 0.24 \text{ 度} + 0.96 \text{ 度}) \times 30$
 $= 52 \text{ 度}$

答:每月耗电 52 度。

1.2.5 基本物理量的参考方向

参考方向:在分析与计算电路时,对电量任意假定的方向,如图 1.8 所示。

实际方向与参考方向的关系:

参考方向可任意标定,方向标定后,电流、电压、电动势之值可正可负;计算结果存在两种情况:

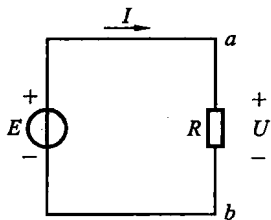


图 1.8 基本物理量参考方向

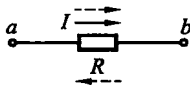


图 1.9 电流方向

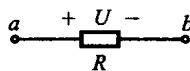


图 1.10 电压方向

实际方向与参考方向一致,电流(或电压)值为正值;

实际方向与参考方向相反,电流(或电压)值为负值。

如图 1.9 所示:

若 $I = 5\text{A}$,则电流从 a 流向 b ;

若 $I = -5\text{A}$,则电流从 b 流向 a 。

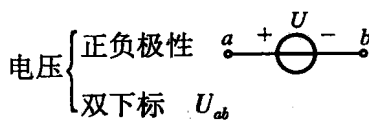
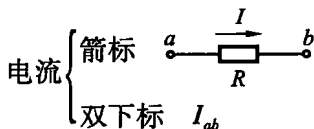
如图 1.10 所示:

若 $U = 5\text{V}$,则电压的实际方向从 a 指向 b ;

若 $U = -5\text{V}$,则电压的实际方向从 b 指向 a 。

注意:①选定参考方向后,不再更改;②计算结果的正、负只与图中参考方向结合起来才有物理意义。

参考方向的表示方法如下:



关联参考方向:元件上电流和电压的参考方向一致。在进行功率计算时, $P = UI$ 。

非关联参考方向:元件上电流和电压的参考方向不一致。在进行功率计算时, $P = -UI$ 。

如果假设 U 、 I 参考方向一致,则当计算的 $P > 0$ 时,则说明 U 、 I 的实际方向一致,此部分电路消耗电功率,为负载。当计算的 $P < 0$ 时,则说明 U 、 I 的实际方向相反,此部分电路发出电功率,为电源。所以,从 P 的 + 或 - 可以区分器件的性质,或是电源,或是负载。

习惯上把正电荷移动的方向规定为电流方向(实际方向)。在分析电路时,往往不能事先确定电流的实际方向,而且时变电流的实际方向又随时间不断变动,不能够在电路图上标出适

合于任何时刻的电流实际方向。

为了电路分析和计算的需要,任意规定一个电流参考方向,用箭头标在电路图上。若电流实际方向与参考方向相同,电流取正值;若电流实际方向与参考方向相反,电流取负值。根据电流的参考方向以及电流量值的正负,就能确定电流的实际方向。

例 1-3: 电路如图 1.11 所示,电动势为 $E=3\text{V}$ 、方向由负极指向正极 $\text{\AA}$; 电压 U 的参考方向与实际方向相同, $U=2.8\text{V}$, 方向由 $\text{\AA}$ 指向; 电压 U' 的参考方向与实际方向相反, $U'=-2.8\text{V}$, 即 $U'=-U$, 电流 I 的参考方向与实际方向相同, $I=0.28\text{A}$, 由 $\text{\AA}$ 流向, 反之亦然。

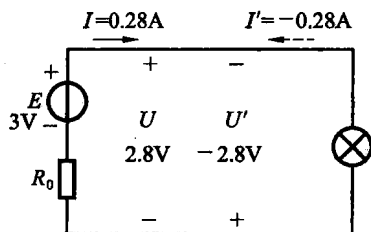


图 1.11 例 1-3

1.2.6 功率

1. 电功

电流流过导体,导体内的自由电荷在电场力的作用下发生定向移动,在驱使自由电荷定向运动的过程中,电场力对自由电荷做了功,简称为电功。电功是电能转化为其他形式能的量度。其计算公式为: $W=qU$, $W=UIt$, $W=Pt$ 。 $W=Pt$ 是普适公式,而 $W=I^2Rt$ 和 $W=\frac{U^2}{R}$ 只适用于纯电阻电路的运算。

单位: 1 度 = 1 千瓦时 = 3.6×10^6 焦耳。

2. 电热

$Q=I^2Rt$ 是焦耳通过多次实验得到的,是电能转化为热能的定量计算公式。其变形公式为: $Q=\frac{U^2}{R}t$ 。

电功和电热的关系: $W \geq Q$ 。

纯电阻电路: $W=Q$;

纯电阻电路: $W > Q$ 。

电流通过做功,电能全部转化为热能的电路叫纯电阻电路;电能只有一部分转化为内能,而大部分转化为机械能、化学能等的电路叫非纯电阻电路。

3. 功率

1) 电功率: 电功率是描述电流做功快慢的物理量。由功率公式 $P=\frac{W}{t}$, 得 $P=UI$, 这两个公式是普适公式,而 $P=I^2R$, $P=\frac{U^2}{R}$ 只适用于纯电阻电路。

2) 电热功率: 电热功率是描述电流做功产生电热快慢程度的物理量。由功率 $P_Q=\frac{Q}{t}$, 得 $P_Q=I^2R=\frac{U^2}{R}$ 。

3) 电功率和电热功率的关系: $P \geq P_Q$ 。

4) 额定功率和实际功率:

额定功率: 指用电器正常工作时的功率。当用电器两端电压达到额定电压时,电流也达到额定电流,功率达到额定功率。

实际功率: 指用电器在实际电压下电流做功的功率。只有当实际电压等于额定电压时,实际功率才等于额定功率。

在忽略 R 的变化时,有如下关系:

$$R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}}, \quad \left(\frac{U_{\text{实}}}{U_{\text{额}}} \right)^2 = \frac{P_{\text{实}}}{P_{\text{额}}}$$

1.3 电器元件

1.3.1 负载

负载:把电能转换成其他形式的能的装置叫做负载。电动机能把电能转换成机械能,电阻能把电能转换成热能,电灯泡能把电能转换成热能和光能,扬声器能把电能转换成声能。电动机、电阻、电灯泡、扬声器等都叫做负载。晶体三极管对于前面的信号源来说,也可以看做是负载。

表 1-3 部分电子元器件的图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
独立电流源		理想导线		电容	
独立电压源		连接的导线		电感	
受控电流源		电位参考点		理想变压器耦合电感	
受控电压源		理想开关		回转器	
电阻		开路		理想运放	
可变电阻		短路		二端元件	
非线性电阻		理想二极管			

1.3.2 电阻

电路中对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的部分叫做电阻。

电阻常用 R 表示。

电阻的单位是欧(Ω),也常用千欧($k\Omega$)或者兆欧($M\Omega$)做单位。

$1k\Omega = 1\,000\Omega$, $1M\Omega = 1\,000\,000\Omega$ 。

电阻可以用万用表欧姆档测量。

电阻元件是一个二端元件,它的电流和电压的方向总是一致的,它的电流和电压的大小成代数关系。

电流和电压的大小成正比的电阻元件叫线性电阻元件。元件的电流与电压的关系曲线叫做元件的伏安特性曲线。

线性电阻元件的伏安特性为通过坐标原点的直线,这个关系称为欧姆定律。

电阻的分类:根据其特性曲线分为线形电阻和非线形电阻。

电路端电压与电流的关系称为伏安特性。