

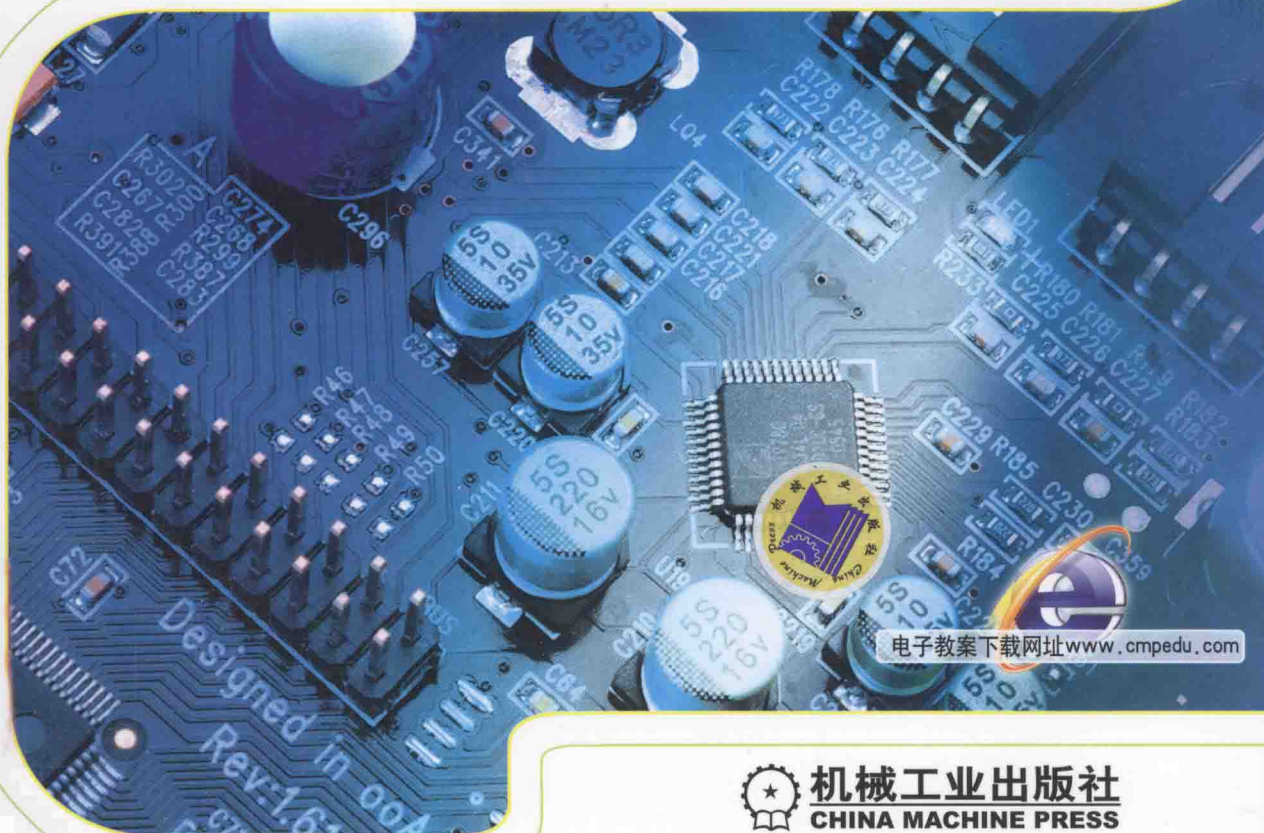


全国高等职业教育规划教材

计算机电路基础

主编 张志良

- 内容浅显、容易理解
- 习题丰富、配有解答
- 更适用于当前高职教学



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

计算机电路基础

张志良 主 编
张慧莉
刘剑昀 参 编
张颖逸



机械工业出版社

本书共9章,内容包括电路基本分析方法、正弦交流电路、常用半导体器件及其特性、放大电路基础、直流稳压电路、数字逻辑基础、常用集成数字电路、振荡与信号转换电路和电路基础实验。

本书根据职业技术教育要求和当前高职学生特点编写,内容覆盖面较宽,但难度较小。习题丰富,并配有《计算机电路基础学习指导与习题解答》一书,给出全部解答。既便于学生自学练习,又便于教师选用,能有效提高教学效果。

本书可作为高职(包括应用型本科高职)计算机专业“电工电子”课程的教材,也可作为相关专业及课程的学习参考书。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ:1239258369,电话:010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机电路基础/张志良主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 12

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-35933-3

I. ①计… II. ①张… III. ①电子计算机—电子电路—高等职业教育—教材 IV. ①TP331

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第194337号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王颖 版式设计:霍永明

责任校对:刘怡丹 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·490千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35933-3

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材电子类专业 编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

尹立贤 王用伦 王树忠 王新新 邓 红 任艳君
刘 松 刘 勇 华天京 吉雪峰 孙学耕 孙津平
朱咏梅 朱晓红 齐 虹 张静之 李菊芳 杨打生
杨国华 汪赵强 陈子聪 陈必群 陈晓文 季顺宁
罗厚军 姚建永 钮文良 聂开俊 袁 勇 袁启昌
郭 勇 郭 兵 郭雄艺 高 健 崔金辉 曹 毅
章大钧 黄永定 曾晓宏 蔡建军 谭克清

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

“计算机电路基础”是计算机专业学习电工、模拟电子技术和数字电子技术等基础知识和基本概念的一门非常重要的专业基础课,原本分为2~3门课。近年来,许多高职院校的计算机专业纷纷将其压缩为一门“计算机电路基础”,腾出时间加强计算机软件课程,但各院校的教学大纲并不一致(原因是各院校的计算机专业侧重面不一致)。另外,要在一门课内(课时有限)把电工、模拟电子技术和数字电子技术的内容整合好、分配好,是比较难处理的。本书就是要在“整合好、分配好”上下功夫,把握内容分寸,把握难度分寸,满足教师的教学需求和学生的学习需求。既要融入电工、模拟电子技术和数字电子技术的基本概念、基础知识,内容又不能过多,还要针对计算机专业的特点,侧重与计算机专业有关的内容。因此,本书力求做到以下几点。

(1) 内容广、难度浅、适用面宽。既有利于学生较全面地学习“计算机电路基础”,又便于计算机专业的不同教学要求的学校和老师选用。

(2) 文字叙述注重条理化。使学生容易记忆理解,也便于教师教学。对学生不易理解和容易混淆的概念,给出较为详尽的解说,便于自学。

(3) 重概念,轻计算。除电工中一些重要和基本的计算外,模拟电子技术、数字电子技术均以概念为主。

(4) 将一些重要的、基础的、学生不易理解和容易混淆的概念归纳整理成复习思考题,用于课后对基本概念的理解、辨析和加深记忆。

(5) 习题可布置性好。单一概念习题多,模仿题多,简单容易的题目多,更适应于当前高职学生的特点。

(6) 习题量大。提供近千道习题,并在与之配套的《计算机电路基础学习指导与习题解答》一书中给出全部解答。既便于不同教学要求的院校和老师选用,布置习题和选择考试复习题,又能有效减轻教师批改作业和答疑的教学负担。

(7) 注意实践运用和与后续课程的衔接。本书中的概念、例题、习题都尽量与实际应用相结合或与后续课程中的应用相结合,并给出说明。

(8) 本书第9章涉及的实验内容丰富,便于选择;且实验器材较简单普遍,便于实施。

综上所述,本书总的指导思想和特色是方便教学。对学生,便于自学;对教师,能有效减轻教师的教学负担。对于想努力学好的学生,即使由于课时少,老师来不及讲透,也能通过阅读本书和配套的《计算机电路基础学习指导与习题解答》,帮助他们学好。

本书可作为高职(包括应用型本科高职)计算机专业“电工电子”课程的教材,也可作为相关专业及课程的学习参考书。

本书由上海电子信息职业技术学院高级讲师张志良主编,张慧莉、刘剑昀、张颖逸参

编。其中第 1、2、3 章由张慧莉编写，第 4、5、6 章由刘剑昀编写，第 7、8 章由张颖逸编写，其他部分由张志良编写并统稿。

限于编者水平，书中错误不妥之处难免，恳请读者批评指正(编者的 Email:zzlls@126.com)。

编者

目 录

出版说明

前言

第1章 电路基本分析方法	1
1.1 电路基本物理量	1
1.1.1 电流	1
1.1.2 电压	3
1.1.3 电功率	4
1.2 电路元件	6
1.2.1 电阻元件	6
1.2.2 电容元件	8
1.2.3 电感元件	10
1.2.4 电压源和电流源	11
1.3 电路基本定律	13
1.3.1 欧姆定律	13
1.3.2 基尔霍夫定律	15
1.4 电路基本分析方法	18
1.4.1 叠加定理	18
1.4.2 戴维南定理	20
1.5 线性电路暂态分析	24
1.5.1 换路定律	24
1.5.2 一阶电路暂态响应	27
1.5.3 微分电路和积分电路	29
1.6 习题	31
1.6.1 选择题	31
1.6.2 分析计算题	33
第2章 正弦交流电路	43
2.1 正弦交流电路基本概念	43
2.1.1 正弦量三要素	43
2.1.2 正弦量的相量表示法	46
2.2 正弦交流电路中的电阻、电感和电容	48
2.2.1 纯电阻正弦交流电路	48
2.2.2 纯电感正弦交流电路	49
2.2.3 纯电容正弦交流电路	50
2.3 相量法分析正弦交流电路	51
2.3.1 RLC 串联正弦交流电路	51
2.3.2 复阻抗的串联和并联	53

2.4	正弦交流电路功率	54
2.4.1	正弦交流电路功率基本概念	54
2.4.2	提高功率因数	56
2.5	谐振电路	58
2.5.1	串联谐振电路	58
2.5.2	电感线圈与电容并联谐振电路	59
2.6	三相电路	61
2.6.1	三相电路基本概念	61
2.6.2	三相电路分析计算概述	64
2.7	安全用电	68
2.8	习题	70
2.8.1	选择题	70
2.8.2	分析计算题	73
第3章	常用半导体器件及其特性	79
3.1	二极管	79
3.1.1	PN结	79
3.1.2	二极管	80
3.1.3	稳压二极管	83
3.1.4	发光二极管和光敏二极管	84
3.2	双极型晶体管	85
3.2.1	晶体管概述	85
3.2.2	晶体管的特性曲线	86
3.2.3	晶体管的主要参数	88
3.3	场效应晶体管概述	91
3.4	习题	95
3.4.1	选择题	95
3.4.2	分析计算题	96
第4章	放大电路基础	102
4.1	共射基本放大电路	102
4.1.1	共射基本放大电路概述	102
4.1.2	共射基本放大电路的分析	103
4.1.3	静态工作点稳定电路	107
4.2	共集电极电路和共基极电路	110
4.2.1	共集电极电路	110
4.2.2	共基极电路	111
4.3	放大电路中的负反馈	113
4.3.1	反馈的基本概念	113
4.3.2	负反馈对放大电路性能的影响	115
4.4	互补对称功率放大电路	117
4.5	集成运算放大电路	121
4.5.1	集成运放基本概念	122

4.5.2 集成运放基本输入电路	124
4.5.3 集成运放基本运算电路	126
4.5.4 电压比较器	129
4.6 习题	132
4.6.1 选择题	132
4.6.2 分析计算题	135
第5章 直流稳压电路	142
5.1 电源变压器	142
5.2 整流电路	144
5.2.1 半波整流	144
5.2.2 全波整流	145
5.2.3 桥式整流	146
5.3 滤波电路	147
5.4 硅稳压管稳压电路	149
5.5 线性串联型稳压电路	150
5.5.1 线性串联型稳压电路概述	150
5.5.2 三端集成稳压器	151
5.6 开关型直流稳压电路	154
5.7 PC 机电源概述	158
5.8 习题	161
5.8.1 选择题	161
5.8.2 分析计算题	163
第6章 数字逻辑基础	166
6.1 数字电路概述	166
6.2 数制与编码	167
6.2.1 二进制数和十六进制数	167
6.2.2 BCD 码	170
6.3 逻辑代数基础	171
6.3.1 基本逻辑运算	171
6.3.2 逻辑代数	173
6.4 逻辑函数	174
6.4.1 逻辑函数及其表示方法	174
6.4.2 公式法化简逻辑函数	176
6.4.3 卡诺图化简逻辑函数	177
6.5 习题	181
6.5.1 选择题	181
6.5.2 分析计算题	183
第7章 常用集成数字电路	186
7.1 集成门电路	186
7.1.1 TTL 集成门电路	186
7.1.2 CMOS 集成门电路	190

7.1.3 常用集成门电路	192
7.2 组合逻辑电路	195
7.2.1 编码器	195
7.2.2 译码器	196
7.2.3 数码显示电路	198
7.2.4 数据选择器和数据分配器	202
7.2.5 数值比较器	204
7.2.6 加法器	205
7.3 触发器	207
7.3.1 触发器基本概念	207
7.3.2 JK 触发器	209
7.3.3 D 触发器	211
7.4 时序逻辑电路	213
7.4.1 寄存器	213
7.4.2 计数器	216
7.5 半导体存储器	222
7.6 习题	226
7.6.1 选择题	226
7.6.2 分析计算题	230
第8章 振荡与信号转换电路	239
8.1 正弦波振荡电路	239
8.1.1 正弦振荡基本概念	239
8.1.2 RC 正弦波振荡电路	240
8.1.3 LC 正弦波振荡电路	242
8.2 多谐振荡电路	246
8.2.1 由集成运放组成的多谐振荡电路	246
8.2.2 由门电路组成的多谐振荡电路	247
8.3 石英晶体振荡电路	250
8.3.1 石英晶体正弦振荡电路	250
8.3.2 石英晶体多谐振荡电路	251
8.4 单稳态触发电路	252
8.5 555 定时器	255
8.5.1 555 定时器概述	255
8.5.2 555 定时器应用	256
8.6 数-模转换和模-数转换电路	259
8.6.1 数-模转换和模-数转换基本概念	259
8.6.2 数-模转换电路	259
8.6.3 模-数转换电路	262
8.7 习题	267
8.7.1 选择题	267
8.7.2 分析计算题	271

第 9 章 电路基础实验	278
9.1 电阻和直流电压电流的测量	278
9.2 荧光灯电路实验	280
9.3 三相电路实验	283
9.4 二极管与晶体管的检测	286
9.5 放大电路实验	290
9.6 直流稳压电源实验	292
9.7 逻辑门电路及多谐振荡器	295
9.8 组合逻辑电路实验	297
9.9 集成译码显示器	299
9.10 集成计数器和秒信号发生器	301
9.11 555 定时电路	302
参考文献	304

第1章 电路基本分析方法

【本章要点】

- 电路基本物理量：电流、电压和电功率
- 电流电压的参考方向和正负值的确定
- 电容元件和电感元件的伏安关系
- 电压源、电流源及其等效互换
- 欧姆定律应用的扩展
- 基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律
- 叠加定理应用
- 戴维南定理应用
- 最大功率传输
- 换路定律
- 一阶电路的三要素法
- 微分电路和积分电路

电，作为一种优越的能量形式和信息载体已成为当今社会不可或缺的重要组成部分。而电的产生、传输和应用又必须通过电路来实现。

电路是由各种电气元器件按一定方式连接，并可提供电流传输路径的总体，可由电源、负载、连接导线和控制器件组成。

1.1 电路基本物理量

描述电路的基本物理量主要有电流、电压和电功率。

1.1.1 电流

1. 电流

在物理学中，我们学过，电荷的定向移动就形成了电流。并且将正电荷运动的方向定义为电流的实际方向。而电流的大小是指单位时间内通过导体横截面的电荷量。

2. 电流分类

电流一般可分为两大类：直流电流和交流电流。

(1) 直流电流。凡是电流方向不随时间变化的电流称为直流电流。电流值可以全为正值，也可以全为负值。在直流电流中又可分为两种：

1) 稳恒直流。凡电流方向和大小均保持不变的电流，称为稳恒直流，如图 1-1a 所示。本章主要分析研究稳恒直流。

2) 脉动直流。电流方向不变，但大小变化的直流电流称为脉动直流，如图 1-1b 所示。

大小变化的脉动直流可以是周期性的，也可以是非周期性的。

(2) 交流电流。凡电流方向随时间而变化的电流称为交流电流。即电流值有正有负的是交流电流。交流电流一般又可分为两类：

1) 正弦交流。按正弦规律变化的交流电流称为正弦交流，如图 1-1c 所示，正弦交流将在第 2 章中分析。

2) 非正弦交流。不按正弦规律变化的交流电流称为非正弦交流电流，如图 1-1d 所示。非正弦交流电流也有周期性和非周期性之分。

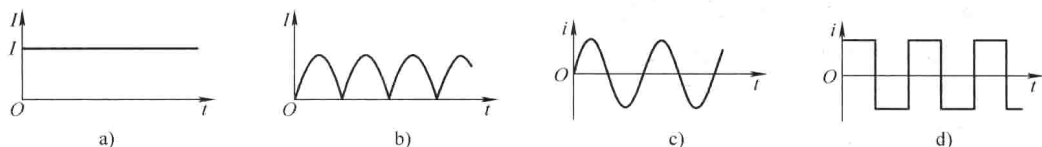


图 1-1 电流波形分类

a) 稳恒直流 b) 脉动直流 c) 正弦交流 d) 非正弦交流

3. 电流定义式

电流定义式：

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

式中， dq 和 dt 均为数学中的微分符号，表示在很小的时间 dt 内，通过导体横截面的电荷量 dq 。

对于稳恒直流，则可表示为：

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

电流的单位是安[培]，用符号 A 表示。它表示 1 秒(s)内通过导体横截面的电荷为 1 库仑(C)。

4. 电流的参考方向

在分析电路时，对某一电流的实际方向可能一时很难确定，或其方向是不断变化的。因此，需要有一个电流参考方向与其比较，这样，可使求解实际电流方向问题简化。

(1) 电流参考方向表达方式。

电流参考方向的表达方式通常有两种：一种是以实线箭头表示，如图 1-2 所示；另一种是用双下标表示，例如 i_{AB} ，表示电流参考方向从 A 流向 B。

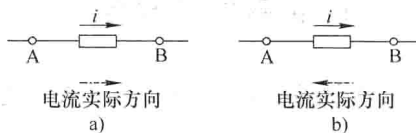


图 1-2 电流参考方向

a) $i > 0$ b) $i < 0$

(2) 电流实际方向和正负值的确定。

电流参考方向确定后，若电流的实际方向与参考方向相同，则电流为正值；若电流的实际方向与参考方向相反，则电流为负值。

或者，已知电流的正负，就可根据电流正负确定电流的实际方向。若电流为正值，则电流的实际方向与参考方向相同；若电流为负值，则电流的实际方向与参考方向相反。

(3) 注意事项。

1) 电流参考方向可以任意选定。

2) 不规定电流参考方向而分析电流正负是没有意义的。

【例 1-1】 已知电路和电流参考方向如图 1-3 所示，且 $I_a = I_c = 1A$ ， $I_b = I_d = -1A$ ，试指出电流的实际方向。

解： $I_a = 1A > 0$ ， I_a 的实际方向与参考方向相同，即由 A→B。

$I_b = -1\text{A} < 0$, I_b 的实际方向与参考方向相反, 即由 $B \rightarrow A$ 。

$I_c = 1\text{A} > 0$, I_c 的实际方向与参考方向相同, 即由 $B \rightarrow A$ 。

$I_d = -1\text{A} < 0$, I_d 的实际方向与参考方向相反, 即由 $A \rightarrow B$ 。

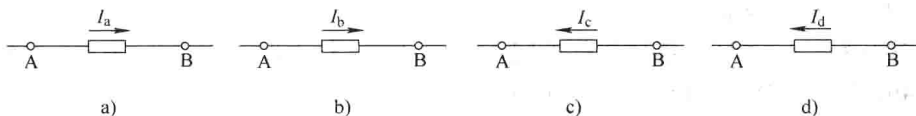


图 1-3 例 1-1 电路

1.1.2 电压

电路中的另一个重要物理量是电压。电压是使电流流通的必要条件。

1. 电压的定义

在物理学中, 我们已知, 要使正电荷 q 从 A 点移到 B 点, 必须对其做功。电场力做功 W_{AB} 与该电荷 q 的比值定义为 A、B 两点间电压(或称电压降)。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1-2)$$

电压的单位为伏[特], 用符号 V 表示。 $U_{AB} = 1\text{V}$, 表示将 1 库仑(C)正电荷从 A 点移到 B 点所做的功为 1 焦耳(J)。

2. 电位

在电路中任选一点 O 为零电位参考点, 则某点 A 到该参考点 O 之间的电压称为 A 点相对于 O 点的电位, 记做 φ_A (或 U_A)。

$$\varphi_A = U_{AO} \quad (1-3)$$

电位与电压是两个既有联系又有区别的概念。电位是对电路中某零电位参考点而言, 其值与参考点选取有关。电压则是对电路中某两个具体点而言, 其值与参考点选取无关。电压与电位的关系可用下式表示:

$$U_{AB} = U_A - U_B = \varphi_A - \varphi_B \quad (1-4)$$

因此可以得出, 两点间电压即两点间电位差。若取 B 点作为零电位参考点, 则 A 点电位即为 AB 两点间电压, $\varphi_A = U_A = U_A - U_B$ 。

3. 电压参考方向

电压与电流相同, 也必须确定参考方向。

(1) 电压参考方向表达方式。

电压参考方向的表达方式通常有两种: 一种是用“+”、“-”极性表示, 此时电压参考方向是由“+”指向“-”; 另一种是用双下标, 例如 U_{AB} , 表示电压参考方向由 A 指向 B。

(2) 电压实际方向和正负值的确定。

若电压的实际方向与参考方向相同, 则电压为正值; 若电压的实际方向与参考方向相反, 则电压为负值。或者, 若电压为正值, 则电压的实际方向与参考方向相同。若电压为负值, 则电压的实际方向与参考方向相反。因此, $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

(3) 注意事项。

1) 电压参考方向可以任意确定。

2) 电压实际方向是客观存在的, 并不因电压参考方向的不同选择而改变。

3) 不规定电压参考方向而分析电压正负是没有意义的。

【例 1-2】 已知电路如图 1-4 所示, $U_1 = 3\text{V}$, $U_2 = -3\text{V}$, 试指出电路电压的实际方向。并求 U_{AB} 、 U_{BA} 、 U_{CD} 、 U_{DC} 。

解: 图 1-4a: $U_1 = 3\text{V}$, 电压实际方向 $A \rightarrow B$, $U_{AB} = U_1 = 3\text{V}$, $U_{BA} = -U_{AB} = -3\text{V}$ 。

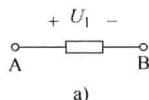
图 1-4b: $U_2 = -3\text{V}$, 电压实际方向 $D \rightarrow C$, $U_{CD} = U_2 = -3\text{V}$, $U_{DC} = -U_{CD} = -(-3)\text{V} = 3\text{V}$ 。

【例 1-3】 已知电路如图 1-5 所示, 以 O 为电位参考点, $\varphi_A = 30\text{V}$, $\varphi_B = 20\text{V}$, $\varphi_C = 5\text{V}$, 试求 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 。

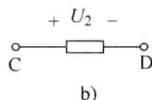
解: $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = (30 - 20)\text{V} = 10\text{V}$

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = (20 - 5)\text{V} = 15\text{V}$$

$$U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A = (5 - 30)\text{V} = -25\text{V}$$



a)



b)

图 1-4 例 1-2 电路

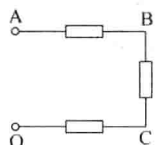


图 1-5 例 1-3 电路

4. 关联参考方向

电流参考方向和电压参考方向的选定是相互独立的, 可任意选定。不确定电流和电压的参考方向, 就无法确定电流值和电压值的正负。为了方便起见, 对一段电路或一个电路元件, 电流和电压参考方向通常选为一致, 称为关联参考方向。即电流的参考方向从电压的正极性端流入, 从负极性端流出。若两者参考方向不一致, 则称为非关联参考方向。

需要指出的是, 本书电流和电压的方向, 若无特殊说明, 均指关联参考方向。

1.1.3 电功率

电功率是电路分析中常用到的一个复合物理量。

1. 定义

电能对时间的变化率称为电功率, 可表示为:

$$p(t) = \frac{dW}{dt} \quad (1-5)$$

根据式(1-2)和式(1-1), 又可得出:

$$p(t) = \frac{d(uq)}{dt} = u \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-5a)$$

电功率的单位为瓦[特], 用符号 W 表示。

在直流情况下, 式(1-5a)可表示为:

$$P = UI \quad (1-5b)$$

2. 吸收功率和发出功率

在物理学中, 电压、电流和电功率恒为正值。在电路中, 我们已经引入了正负电压、正负电流的概念, 同时也要引入正负功率的概念。我们定义: $p > 0$ 时为吸收功率, $p < 0$ 时为发出功率。为此在具体计算时, 式(1-5a)也可写为:

$$p = \pm ui \quad (1-5c)$$

式中正负号的取法：当 u 与 i 参考方向一致(关联参考方向)时，取“+”号；当 u 与 i 参考方向相反(非关联参考方向)时，取“-”号。按照式(1-5c)计算得出的功率值，若为正值，则为吸收功率；若为负值，则为发出功率。

【例 1-4】 已知电路如图 1-6 所示， $U = 5V$ ， $I = 2A$ ，试求电路中元件的功率，并指出其属于吸收功率还是发出功率？

解：图 1-6a：电压电流参考方向相同， $P = UI = 5 \times 2W = 10W$ ， $p > 0$ ，吸收功率。

图 1-6b：电压电流参考方向相反， $P = -UI = -5 \times 2W = -10W$ ， $p < 0$ ，发出功率。

图 1-6c：电压电流参考方向相反， $P = -UI = -5 \times 2W = -10W$ ， $p < 0$ ，发出功率。

图 1-6d：电压电流参考方向相同， $P = UI = 5 \times 2W = 10W$ ， $p > 0$ ，吸收功率。

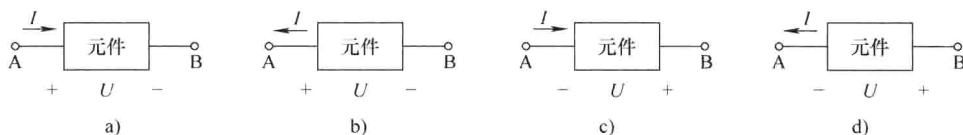


图 1-6 例 1-4 电路

【例 1-5】 电路如图 1-6 所示，但图 1-6a、图 1-6b 中， $U = -5V$ ， $I = 2A$ ，图 1-6c、图 1-6d 中， $U = 5V$ ， $I = -2A$ ，试再求电路中元件的功率，并指出其属于吸收功率还是发出功率？

解：图 1-6a： $P = UI = (-5) \times 2W = -10W$ ， $p < 0$ ，发出功率。

图 1-6b： $P = -UI = -(-5) \times 2W = 10W$ ， $p > 0$ ，吸收功率。

图 1-6c： $P = -UI = -5 \times (-2)W = 10W$ ， $p > 0$ ，吸收功率。

图 1-6d： $P = UI = 5 \times (-2)W = -10W$ ， $p < 0$ ，发出功率。

从例 1-4 和例 1-5 解可以看出，应用式(1-5c)时，正负号的取法，仅与 ui 的参考方向有关，与数值正负无关。至于该电压、电流数值，则不论正负，代入式(1-5c)，然后根据功率计算结果值的正负，确定是吸收功率还是发出功率。

3. 电阻元件的功率

在物理学中，我们学过，电阻元件的功率有 3 个计算公式：

$$P_R = \pm U_R I_R = I_R^2 R = \frac{U_R^2}{R} \quad (1-6)$$

其中后面两个计算式，虽然在电路中引入了正负电压、电流的概念，但 U_R^2 和 I_R^2 恒为正值，而电阻 R 又为正实常数，因此 P_R 恒为正值。在第一个计算式中，我们曾规定，当 U_R 与 I_R 参考方向一致时，取正号；参考方向相反时，取负号。因此计算出来的电阻功率恒为正值，即电阻总是吸收功率，电阻是耗能元件。

4. 功率平衡

能量转换和守恒定律是自然界基本规律之一。在一个完整的电路中，能量转换当然要遵循这一规律。因此，在一个完整电路中，任一瞬间，吸取电能的各元件功率总和等于发出电能的各元件功率总和，称为“功率平衡”。

5. 电能

电能与功率是两个完全不同的概念。电能是一种能量，单位是焦[耳]；电功率是能量