



21世纪高等职业教育规划教材
机电系列

电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

■ 主编 杨晓光 余佑财
严 峻
■ 主审 刘建萍 刘晓静



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

JIDIAN XILIE

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

电工电子技术基础

主 编 杨晓光 余佑财 严 峻
副主编 肖志鹰 徐成松 钟 立 刘 刚
编 者 (以姓氏笔画为序)

王结南(鄂州大学)

刘 刚(武汉交通职业学院)

刘雪花(黄冈科技职业学院)

严 峻(鄂州大学)

余佑财(咸宁职业技术学院)

杨晓光(黄冈科技职业学院)

肖志鹰(湖北水利水电职业技术学院)

陈翠华(湖北水利水电职业技术学院)

周君芝(湖北国土资源职业学院)

罗运忠(黄冈科技职业学院)

段双年(湖北生态工程职业技术学院)

钟 立(湖北国土资源职业学院)

凌劲松(黄冈科技职业学院)

徐成松(黄石机电职业技术学院)

高光辉(黄冈科技职业学院)

程建明(黄冈科技职业学院)

主 审 刘建萍 刘晓静

内 容 简 介

本书是“21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列”之一,根据当前高职院校本课程教材的使用现状、教学计划和大纲的具体实施情况,在系统地总结作者多年教学经验的基础上编写的。

全书分为电工技术和电子技术两大部分,共 12 章。其内容包括:电路和基本概念和基本分析方法、RC 电路的过渡过程、正弦交流电路、三相正弦交流电路及安全用电、电动机及其基本控制电路、基本电子器件与基本放大电路、集成运算放大器及其应用、直流稳压电源、数字电路基本器件及组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲产生与信号变换电路、集成存储器与可编程逻辑器件。部分章节穿插有例题,各章均有适当数量的思考与练习题。

本书内容简明扼要、深浅适度、重点突出、联系实际,便于教学使用和操作,可作为高职高专院校机电类专业的电工电子教材,也可供其他读者阅读参考。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/杨晓光,余佑财,严峻主编. —武汉:华中师范大学出版社,2007. 8

(21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-5622-3545-3

I. 电... II. ① 杨... ② 余... ③ 严... III. ① 电工技术—高等学校:技术学校—教材

② 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 080343 号

电工电子技术基础

主 编: 杨晓光 余佑财 严 峻 ©

选题策划: 第二编辑室 电话: 027-67867362

出版发行: 华中师范大学出版社

地 址: 武汉市武昌珞瑜路 152 号 邮编: 430079

销售电话: 027-67863040 67863426 67867076

邮购电话: 027-67861321 传真: 027-67863291

网址: <http://www.ccupress.com> 电子信箱: hscbs@public.wh.hb.cn

经 销: 新华书店湖北发行所

督 印: 章光琼

印 刷 者: 武汉市新华印刷有限责任公司

责任编辑: 王 辉 责任校对: 张 忠 封面设计: 罗明波

开本/规格: 787mm×1 092mm 1/16

印 张: 18.5 字 数: 468 千字

版次/印次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1—4 100

定 价: 28.50 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者: 欢迎举报盗版, 请打举报电话 027-67861321。

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

编审委员会

顾 问 (以姓氏笔画为序)

王 为 刘建萍 刘晓静 周少华
周国柱 罗元文 郑新建 胡松林
赵大兴

委 员 (以姓氏笔画为序)

王结南 王贵槐 刘合群 阮班强
余佑财 吴水萍 吴定智 张晓红
杨晓光 苏 明 苏朱勇 陈少艾
单小容 周文嵩 赵昌后 徐得志
郭建农 高虹静 崔西武 程洪涛
蔡慧玲

总 序

制造业是国民经济的支柱产业,机械制造业是制造业的重要组成部分,它为国民经济各部门和国防建设提供各种技术装备,为人类生产物质财富,创造价值。没有发达的制造业就不可能有国家的真正繁荣昌盛。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济和国力必然强大。大多数国家和地区经济腾飞,国力强盛,制造业是功不可没的。美国近 70% 的财富来源于制造业,日本国民经济总产值的近 50% 是由制造业提供的,制造业在我国工业总产值中所占比重为 40%。对任何国家而言,制造业均应是整个工业及国民经济、国防建设的基石,而制造技术则是国家经济持续发展的动力,亦是在世界经济激烈市场竞争中赢得一席之地的根本保障。20 世纪 70 年代,美国有一批学者鼓吹制造业是“夕阳工业”,美国已进入“后工业化社会”,致使美国制造业日益衰退,产品的市场竞争力下降,贸易逆差剧增,其制造业的生存空间不断萎缩。如此惨痛的教训引起企业界、学术界和政府部门的普遍重视,20 世纪 80 年代末期,美国终于认识到:“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”,“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”。

现代机械制造技术的总的趋势是机械制造科技、材料科技、电子科技、信息科技、管理科技、环保科技和生命科技的相互交叉和融合。近 30 年来,新材料不断涌现,材料的强度、刚度、硬度、耐热性不断提高,推动了制造业的发展。随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术和通讯技术的发展,机械制造业发生了深刻的变化,出现了电子束加工、离子束加工、超声波加工、激光加工等特种加工方法,突破了传统的金属切削方法,促进了难加工材料加工、复杂型面加工、微细加工等领域的发展;精密加工的精度已从微米级提高到了纳米级,纳米技术与微型机械已成为 21 世纪的核心技术;先进制造技术异军突起,在现代管理技术、现代工程设计技术、现代制造技术和现代物流技术等方面涌现出诸如成组技术、数控技术、计算机集成制造技术、并行工程、准时生产、精益生产、智能制造、虚拟制造、柔性制造、敏捷制造、网络制造、快速原型制造、绿色制造、传感技术、工业机器人等一系列新技术,现代制造技术面临不断的开发和创新。

我国的机械制造业借改革开放之东风已取得长足的发展,充分利用国内外的技术资源,使制造技术、产品质量和经济效益有了显著的提高,但与发达国家相比,仍然存在明显的差距,主要表现在出口的机械产品以中低档为主,高新技术机电产品、成套设备出口比例较低,产品竞争力不强。面对经济的全球化和贸易的自由化,市场竞争愈演愈烈,我国机械制造业正承受着国际市场竞争的巨大压力。但是,改革的不断深入和对外开放的不断扩大为我国制造业的发展提供了良好的机遇。尤其令人欣慰的是,大力发展先进制造技术引起了我国的高度重视,已形成既定的国策。挑战和机遇并存,我们应该面对挑战,抓住机遇,练好内功,大胆创新,提高我国机械制造业的技术水平和能力,提高我国产品的国际竞争力,争取拥有控制市场的主动权。

现代先进制造技术并不摒弃传统的制造技术,而是运用不断涌现的科学技术成果不断地去充实和改造它。这一理念可作为我们编写“21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列”的借鉴。当前高职院校机电类专业是一个机电一体化的宽口径专业,而现行的机电类专业课程

体系明显偏重于机械方面,这与当前专业所处的机电一体化定位格局很不适应;另外,高职院校目前所采用的机电系列教材大多不能满足现代机械制造业的发展水平,不仅内容陈旧落后,而且各门课程之间各自独立,有的重复,有的脱节,不能有机地相互融合渗透。因此,编写一套反映时代要求的高质量的教材是当前高职院校机电专业建设的当务之急。为此,华中师范大学出版社组织了多所高职院校机电类专业的教师致力于本系列教材的撰写工作,力争把这套教材编成在全国具有较强竞争力的精品系列教材。这套教材包括《机械制造基础》、《机械设计基础》、《数控机床操作与编程》、《机械制图》、《机械制图习题集》、《互换性与测量技术基础》、《液压与气压传动》、《Pro/ENGINEER 造型、模具及加工基础教程》等共 8 本,计划在 2007 年—2008 年两年内出版完成全部教材。

由于本系列教材参编人员较多,水平和能力难免参差不齐,书中一定会有许多不尽如人意之处,因此恳请广大读者和同仁提出批评和建议。

丛书编委会

2007 年 6 月 10 日

前 言

为了贯彻落实教育部《关于加强高职、高专教育人才培养工作的意见》的精神,突出以“应用为目的,以必需、够用为度,以岗位为准”的人才培养目标,华中师范大学出版社组织了一批从教多年且教学经验丰富的高职高专教师,通过认真分析当前高职高专院校《电工电子技术基础》教材的使用现状、教学计划和大纲的具体实施情况,在系统地总结了作者多年教学经验的基础上编写了本书。

全书分电工技术和电子技术两大部分,共12章。本书的编写紧扣了高职高专类学生的特点,力求使所学的内容应用于实际,学以致用,学后会用,以适应当前“高素质、强能力、广适应”的人才培养需求,将知识点和能力点紧密结合,并重点突出了工程应用和与生产实际相结合的原则。

本书由杨晓光、余佑财、严峻担任主编,肖志鹰、徐成松、钟立、刘刚担任副主编。第1章、第7章(7.1、7.2)由严峻编写,第2章由高光辉编写,第3章由肖志鹰编写,第4章由陈翠华编写,第5章、第7章(7.3)由杨晓光、程建明编写,第6章由刘刚编写,第8章、第11章由钟立编写,第9章由徐成松编写,第10章由余佑财编写,第12章由罗运忠编写。黄冈科技职业学院刘雪花、凌劲松,湖北国土资源职业学院周君芝,鄂州大学王结南,湖北生态工程职业技术学院段双年参加了全书编写及书稿整理工作。全书由杨晓光、程建明统稿。

本书主审湖北工业大学刘建萍老师和刘晓静老师对全书的审订提供了许多有建设性的修改意见,对提高本书的质量起到了重要作用。在本书的编写过程中,我们得到了黄冈科技职业学院、咸宁职业技术学院、鄂州大学、湖北水利水电职业技术学院、黄石机电职业技术学院、湖北国土资源职业学院、武汉交通职业学院和湖北生态工程职业技术学院等院校的领导及教师的大力支持和帮助。在此,谨向所有帮助过我们的同志一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免会有错误和不妥之处,且一套优秀的教材不是一次编写就能达到的,必须经过多次的使用和修订,以便不断充实、完善和提高。因此,殷切希望使用本书的读者给予批评指正。期待读者及时与主编联系(E-mail: yangxg6204@yahoo. com. cn),以便再版时修订。

编 者

2007年6月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法	1
1.1 电路的基本知识	1
1.1.1 电路模型及其作用	1
1.1.2 电流、电压及其参考方向	1
1.2 电阻元件	3
1.2.1 电阻元件和欧姆定律	3
1.2.2 电阻元件的功率	4
1.3 电压源、电流源及其等效变换	4
1.3.1 电压源和电流源	4
1.3.2 两种电源的等效变换	7
1.4 基尔霍夫定律	8
1.4.1 电路的几个常用术语	8
1.4.2 基尔霍夫电流定律(KCL)	8
1.4.3 基尔霍夫电压定律(KVL)	10
1.5 电路基本定理	11
1.5.1 叠加定理	11
1.5.2 戴维南定理	11
1.5.3 最大功率传输定理	13
1.6 直流电路的基本分析方法	15
1.6.1 支路电流法	15
1.6.2 节点电压法	16
1.7 受控源及含受控源电路的分析	17
1.7.1 受控源	17
1.7.2 含受控源电路的分析计算	18
本章小结	20
思考与练习题	20
第 2 章 RC 电路的过渡过程	22
2.1 动态元件及电压、电流关系	22
2.1.1 电容元件	22
2.1.2 电感元件	24
2.2 换路定律	25
2.2.1 电路的过渡过程	25
2.2.2 换路定律	26
2.2.3 初始值的确定	27
2.3 一阶 RC 电路的响应	29
2.3.1 RC 电路的零输入响应	29

2.3.2 RC 电路的零状态响应	31
2.3.3 RC 电路的全响应及三要素法	34
本章小结	36
思考与练习题	37
第3章 正弦交流电路	39
3.1 正弦量的基本概念	39
3.1.1 正弦量的参考方向	39
3.1.2 正弦交流电的三要素	39
3.1.3 正弦交流电的有效值	41
3.2 正弦量的相量表示	42
3.2.1 复数及四则运算	42
3.2.2 正弦量的相量表示	43
3.3 单一参数的正弦交流电路	45
3.3.1 纯电阻交流电路	45
3.3.2 纯电感交流电路	46
3.3.3 纯电容交流电路	49
3.4 电阻、电感、电容元件串联的交流电路	52
3.4.1 电压和电流关系	53
3.4.2 电路的三种情况	55
3.4.3 RLC 串联电路的功率	56
3.5 正弦交流电路的谐振	60
3.5.1 串联谐振	60
3.5.2 并联谐振	62
本章小结	63
思考与练习题	65
第4章 三相正弦交流电路及安全用电	67
4.1 对称三相电源	67
4.1.1 对称三相正弦电压源	67
4.1.2 星形(Y)连接	68
4.1.3 三角形(Δ)连接	69
4.2 三相负载	70
4.2.1 星形(Y)连接	70
4.2.2 三角形(Δ)连接	73
4.3 对称三相电路	75
4.3.1 对称三相电路的计算	75
4.3.2 三相电路的功率	77
4.4 安全用电常识	80
4.4.1 触电事故	80
4.4.2 保护接地与保护接零	82
4.4.3 静电防护和电气防火防爆	84
本章小结	85
思考与练习题	85

第5章 电动机及其基本控制电路	87
5.1 磁路及变压器	87
5.1.1 磁路的基本概念	87
5.1.2 变压器	89
5.2 三相异步电动机的基本结构及工作原理	92
5.2.1 三相异步电动机的基本结构	92
5.2.2 三相异步电动机的工作原理	93
5.3 常用控制电器	95
5.3.1 刀开关	95
5.3.2 组合开关	96
5.3.3 按钮	96
5.3.4 空气断路器	97
5.3.5 熔断器	97
5.3.6 交流接触器	98
5.3.7 热继电器	99
5.3.8 中间继电器	100
5.4 三相异步电动机基本控制电路	100
5.4.1 直接起动控制	100
5.4.2 行程控制	102
5.4.3 时间控制	102
5.5 正反转控制电路	103
5.5.1 接触器联锁的正反转控制电路	103
5.5.2 按钮联锁的正反转控制电路	104
5.5.3 接触器与按钮复合联锁的正反转控制电路	105
* 5.6 PLC控制	105
5.6.1 可编程控制器(PLC)的结构和工作原理	106
5.6.2 PLC的指令系统	108
5.6.3 PLC程序设计基础及应用	110
本章小结	113
思考与练习题	113
第6章 基本电子器件与基本放大电路	114
6.1 半导体基本知识与PN结	114
6.1.1 半导体的基本知识	114
6.1.2 PN结	115
6.2 二极管及其整流电路	117
6.2.1 二极管	117
6.2.2 其他类型的二极管	119
6.2.3 半导体器件型号命名方法	122
6.2.4 二极管构成的整流电路及并联稳压电路	123
6.3 晶体三极管及基本放大电路	127
6.3.1 三极管的结构与型号	127
6.3.2 三极管的电流放大作用	128

6.3.3	三极管的伏安特性曲线	130
6.3.4	三极管的主要参数	131
6.3.5	共发射极放大电路的组成及工作原理	133
6.3.6	静态工作点设置对波形的影响	134
6.3.7	共集电极放大电路	136
6.4	放大电路的分析方法	137
6.4.1	放大电路的微变等效分析法	137
6.4.2	共发射极电路动态指标的计算	139
6.4.3	分压偏置电路分析	141
6.4.4	放大电路的图解分析	144
6.4.5	场效应管及其放大电路	147
6.5	多级放大电路	153
6.6	负反馈放大电路	154
6.6.1	反馈的基本概念	155
6.6.2	反馈的分类与判别	155
6.6.3	负反馈在放大电路中的应用	158
6.7	功率放大器	159
6.7.1	功率放大电路的要求	159
6.7.2	乙类双电源互补对称功率放大电路	160
6.7.3	甲乙类互补对称功率放大电路	161
6.7.4	甲乙类单电源互补对称功率放大电路	161
6.7.5	集成功率放大电路及其典型应用	161
本章小结		162
思考与练习题		163
第7章	集成运算放大器及其应用	166
7.1	差动放大电路	166
7.1.1	基本差动放大器	166
7.1.2	具有恒流源的差动放大器	167
7.1.3	差动放大器的传输特性	169
7.2	集成运算放大器	170
7.2.1	集成运算放大器的结构与参数	170
7.2.2	理想运算放大器模型	172
7.2.3	基本运算电路	172
7.3	集成运算放大器的应用	174
7.3.1	集成运算放大器的线性应用	174
7.3.2	集成运算放大器的非线性应用	175
本章小结		176
思考与练习题		176
第8章	直流稳压电源	179
8.1	稳压电路与集成稳压电源	179
8.1.1	三极管串联型稳压电路的基本原理	179
8.1.2	三端固定式集成稳压器	181

8.1.3 三端可调式集成稳压器	184
8.1.4 开关电源	185
* 8.2 晶闸管可控整流电路	187
8.2.1 晶闸管	187
8.2.2 晶闸管可控整流电路	190
* 8.3 单结晶体管触发电路	192
8.3.1 单结晶体管	192
8.3.2 单结晶体管触发电路	193
本章小结	194
思考与练习题	194
第9章 数字电路基本逻辑器件及逻辑电路	196
9.1 逻辑代数	196
9.1.1 数制与编码	196
9.1.2 逻辑代数与逻辑函数的化简	198
9.2 逻辑门	202
9.2.1 基本逻辑门	202
9.2.2 集成逻辑门电路	204
9.3 组合逻辑电路的分析与设计	207
9.3.1 组合逻辑电路的分析	207
9.3.2 组合逻辑电路的设计	209
9.4 编码器与译码器	210
9.4.1 编码器	210
9.4.2 译码器	213
9.5 其他集成组合逻辑器件	216
9.5.1 数据选择器	216
9.5.2 数值比较器	218
本章小结	220
思考与练习题	220
第10章 时序逻辑电路	222
10.1 触发器	222
10.1.1 RS 触发器	222
10.1.2 JK 触发器	226
10.1.3 D、T 触发器	229
10.1.4 触发器的应用举例	231
10.2 计数器	233
10.2.1 二进制计数器	233
10.2.2 十进制计数器	236
10.2.3 集成计数器及其应用	238
10.3 寄存器和移位寄存器	242
10.3.1 数码寄存器	242
10.3.2 移位寄存器	243
10.4 时序逻辑电路的应用	246

本章小结	247
思考与练习题	247
第 11 章 脉冲信号产生与信号变换电路	250
11.1 555 集成定时器	250
11.1.1 555 定时器的电路结构	250
11.1.2 555 定时器的逻辑功能	251
11.2 555 集成定时器的应用	251
11.2.1 施密特触发器	251
11.2.2 单稳态触发器	252
11.2.3 多谐振荡器	253
11.3 石英晶体振荡器	254
11.3.1 石英晶体的特性	254
11.3.2 石英晶体正弦波振荡电路	255
11.4 数字-模拟转换器 DAC	256
11.4.1 DAC 的基本概念及原理	256
11.4.2 T 型电阻网络 DAC	257
11.4.3 倒 T 型电阻网络 DAC	259
11.4.4 DAC 的主要技术指标	260
11.5 模拟-数字转换器 ADC	261
11.5.1 ADC 的基本结构	261
11.5.2 逐次逼近型 ADC	262
11.5.3 双积分型 ADC	263
11.5.4 并行比较型双积分 ADC	265
11.5.5 ADC 的主要技术指标	266
本章小结	267
思考与练习题	267
第 12 章 集成存储器与可编程逻辑器件	269
12.1 集成存储器	269
12.1.1 只读存储器(ROM)	269
12.1.2 随机存储器(RAM)	272
12.2 可编程逻辑器件	274
12.2.1 用 PROM 实现组合逻辑电路	275
12.2.2 可编程逻辑阵列器件(PLA)	276
12.2.3 可编程阵列逻辑器件(PAL)	278
12.2.4 通用阵列逻辑器件(GAL)	279
本章小结	280
思考与练习题	280
参考文献	282

第1章 电路的基本概念和基本分析方法

本章主要介绍电路的基本概念、定律、定理和电路分析的基本方法,包括电路模型、电压和电流参考方向、电阻元件和欧姆定律、两种电源及其等效变换、基尔霍夫定律等电路的基本原理以及直流电路的分析方法,为后续各章讨论提供必要的基础知识。

1.1 电路的基本知识

1.1.1 电路模型及其作用

实际生活中遇到的实际电路是由电路元(器)件相互连接而成,具有传输电能、处理信号、测量、计算等功能。而有些实际电路十分复杂,并且当今集成电路的集成度越来越高,同样大小的硅片上可容纳的器件数目可达数百万甚至更多,为了更方便准确地分析电路,我们所讨论的电路不是实际电路,而是它们的电路模型。

实际电路的电路模型是由理想电路元件和理想导线连接而成。理想电路元件是具有某种确定电磁性质的假想元件,是在一定条件下对实际电路元件加以近似化,忽略其次要性质,只考虑其主要物理性质的一种理想化模型。

电路模型的建立必须考虑工作条件,在不同的条件下,一个实际元器件可能采用不同的模型,若模型选取不恰当,会造成很大的误差。所以只有建立一个恰当的电路模型,才能保障电路分析计算的结果与实际情况接近。

1.1.2 电流、电压及其参考方向

1. 电流及其参考方向

(1) 电流的定义

带电粒子(电子、离子等)的定向移动形成电流。

单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,简称电流,用符号 i 或 $i(t)$ 表示,即:

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

国际单位制(SI)中,电荷的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),电流的单位是安培,简称安(A),实用中还有毫安(mA)和微安(μ A)等。

(2) 电流的种类

方向不随时间变化的电流,称为直流电流,常用英文大写字母 I 表示。

大小和方向都随时间呈周期性变化的电流,称为交变电流,常用英文小写字母 i 表示。

(3) 电流的方向

习惯上把正电荷定向移动的方向规定为电流的方向。

在分析和计算电路时,电流和电压的方向实际上往往事先难以确定,因此常常假设某一方向为电流或电压的方向,称为参考方向。参考方向可任选,在电路图中用箭头表示。如果电流的实际方向与参考方向一致,电流为正值;如果两者相反,电流为负值。

电流值的正与负,在设定参考方向的前提下才有意义。

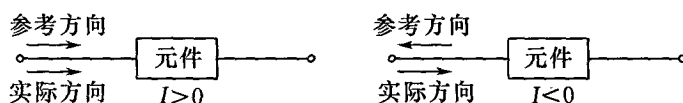


图 1-1 电流的参考方向

【例 1-1】 如图 1-2 所示,各电流的参考方向已设定。已知 $I_1 = 10\text{ A}$, $I_2 = -2\text{ A}$, $I_3 = 8\text{ A}$ 。试确定 I_1 、 I_2 、 I_3 的实际方向。

解 $I_1 > 0$, 故 I_1 的实际方向与参考方向相同, I_1 由 a 点流向 b 点。

$I_2 < 0$, 故 I_2 的实际方向与参考方向相反, I_2 由 b 点流向 c 点。

$I_3 > 0$, 故 I_3 的实际方向与参考方向相同, I_3 由 b 点流向 d 点。

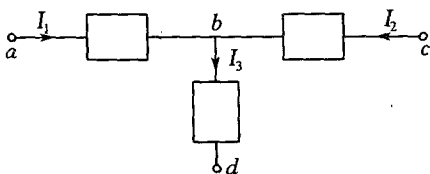


图 1-2 例 1-1 图

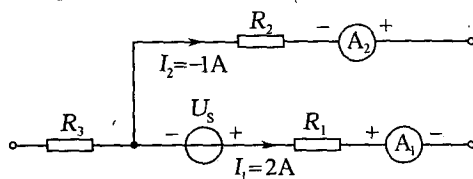


图 1-3 直流电流测量电路图

(4) 直流电流的测量

在直流电路中,测量电流时,应根据电流的实际方向将电流表串入待测支路中,如图 1-3 所示。电流表两旁标注的“+”、“-”号为电流表的极性。

2. 电压及其参考方向

(1) 电压的定义

电路中 A 、 B 两点间的电压是单位正电荷在电场力的作用下由 A 点移动到 B 点所做的功,即:

$$U = \frac{dW}{dq} \quad (1-2)$$

在 SI 单位制中,电压的单位为伏特,简称伏(V),实用中还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)等。

电场中某点与参考点之间的电压称为该点的电位,用符号 V 表示。电压与电位的关系为:

$$U_{ab} = V_a - V_b。$$

(2) 电压的种类

方向不随时间变化的电压称为直流电压,用大写字母 U 表示。

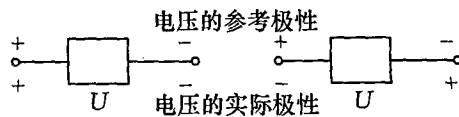
大小和方向都随时间呈周期性变化的电压称为交变电压,用小写字母 u 表示。

(3) 电压的方向

电路中,规定电位真正降低的方向为电压的实际方向。

电压的参考方向,就是假设电位降低的方向。

两点间电压数值的正与负,在设定参考方向的前提下才是有意义的。



$$U > 0 \quad U < 0$$

图 1-4 电压的参考方向

(4) 关联参考方向

在电路分析中,电流的参考方向和电压的参考极性都可以各自独立地任意设定。但为了

方便,通常采用关联参考方向,即:电流从标示电压“+”极性的一端流入,并从标示电压“-”极性的另一端流出,如图1-5所示。这样,在电路图上只要标出电压的参考极性,就确定了电流的参考方向,反之亦然。如图1-5(a)只须用图1-5(b)、(c)中的一种表示即可。

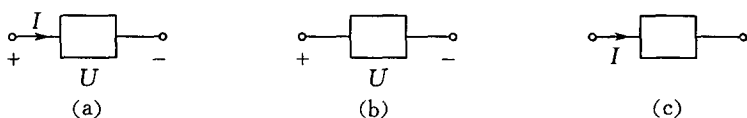


图1-5 关联参考方向

【例1-2】在图1-6(a)中,各方框泛指元件。已知 $I_1=3\text{A}$, $I_2=2\text{A}$, $I_3=1\text{A}$, $V_a=10\text{V}$, $V_b=8\text{V}$, $V_c=V_d=-3\text{V}$ 。

(1) 欲验证 I_1 、 I_2 数值是否正确,问电流表在图中应如何连接? 并标明电流表极性。

(2) 求 U_{ab} 和 U_{bd} 。若要测量这两个电压,问电压表如何连接? 画出电路图并标明电压表极性。

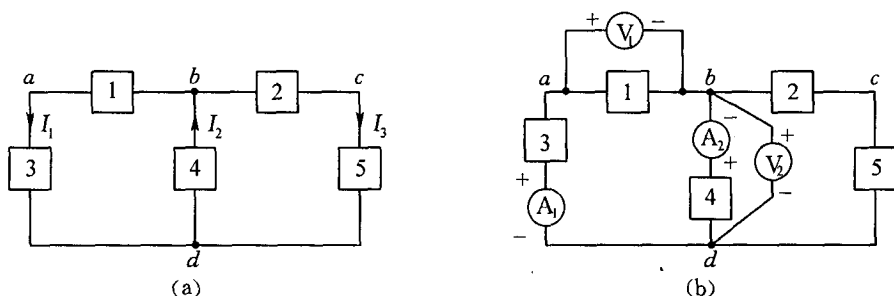


图1-6 例1-2图

解 (1) 验证 I_1 、 I_2 数值的电流表应按图1-6(b)所示串入所测支路,其极性已标注在图上。

(2) $U_{ab}=V_a-V_b=10-8=2(\text{V})$, $U_{bd}=V_b-V_d=8-(-3)=11(\text{V})$ 。

或

$$U_{bd}=V_b-V_d=V_b-V_a+V_a-V_d=U_{ba}+U_{ad},$$

而

$$U_{ba}=V_b-V_a=8-10=-2(\text{V}),$$

$$U_{ad}=V_a-V_d=10-(-3)=13(\text{V}),$$

故

$$U_{bd}=U_{ba}+U_{ad}=-2+13=11(\text{V})。$$

以上用两种思路计算所得结果完全相同,由此可得两条重要结论:

- ① 两点之间的电压等于这两点之间路径上的全部电压的代数和;
- ② 计算两点间的电压与路径无关。

测 U_{ab} 和 U_{bd} 的电压表应按图1-6(b)所示跨接在待测电压的两端,其极性已标注在图上。实际所得电压方向与图中所示电流 I_1 、 I_2 参考方向相反,说明电流的真实方向与参考方向相反。

1.2 电阻元件

1.2.1 电阻元件和欧姆定律

1. 电阻元件及伏安特性

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

成一定的代数关系。

(1) 线性电阻及其伏安特性曲线

加在两端的电流和电压的大小成正比的电阻元件称为线性电阻元件。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曲线为通过坐标原点的直线,这个关系称为欧姆定律。

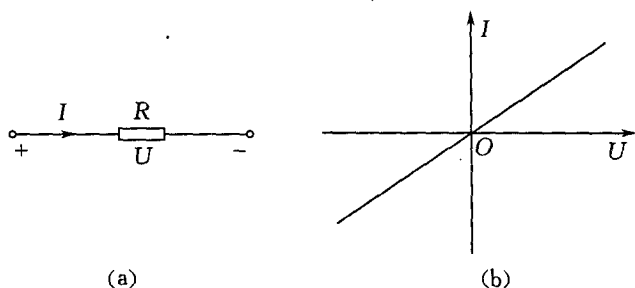


图 1-7 线性电阻及伏安特性

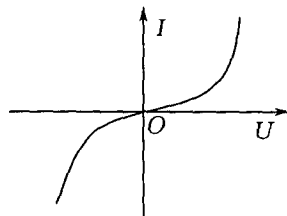


图 1-8 某非线性电阻的伏安特性曲线

线性电阻元件有两种特殊情况值得注意:一种情况是电阻值 R 为无限大,电压为任何有限值时,其电流总是零,这时把它称为“开路”;另一种情况是电阻为零,电流为任何有限值时,其电压总是零,这时把它称为“短路”。

(2) 非线性电阻元件

加在两端的电流和电压的大小不成正比的元件叫非线性电阻元件。若某一元件的伏安特性曲线如图 1-8 所示,则该元件就为非线性电阻元件。

2. 欧姆定律

欧姆定律的表达式为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

在式中, R 是一个与电压和电流均无关的常数,称为元件的电阻。在 SI 单位制中,电阻的单位为欧姆,简称欧(Ω),常用单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)等。

电阻的倒数叫做电导,用 G 表示。在 SI 单位制中,电导的单位是西门子,简称西(S)。用电导表征电阻时,欧姆定律可写成 $I = GU$ 。

如果电阻的端电压和电流为非关联方向时,则欧姆定律应写为:

$$I = -\frac{U}{R} \text{ 或 } I = -GU。$$

1.2.2 电阻元件的功率

当电压 U 和电流 I 取关联方向时,根据欧姆定律,电阻元件消耗的功率为:

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} = GU^2 \quad (1-4)$$

电阻 R 为正实常数,故功率 P 恒为正值,这是其耗能性质的真实体现。

1.3 电压源、电流源及其等效变换

1.3.1 电压源和电流源

不管外部电路如何,其两端电压总能保持定值或一定时间函数的电源定义为理想电压源。