



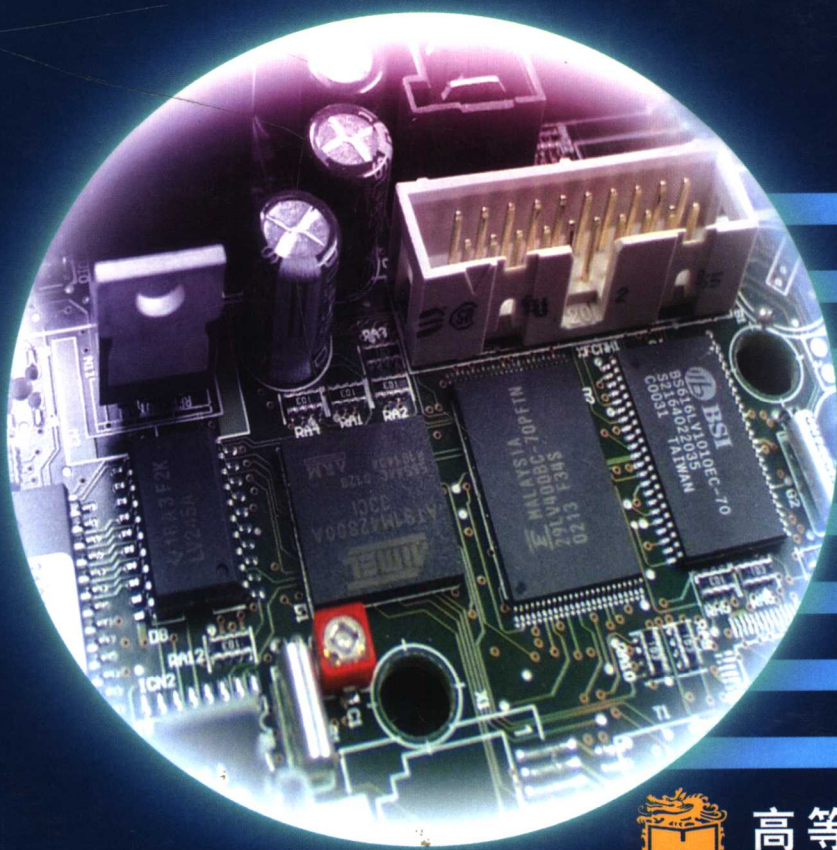
普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

电工电子技术

(多学时) (第2版)

陈小虎 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电工电子技术

(多学时)(第2版)

陈小虎 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是根据教育部最新制定的“高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求”编写的。

全书共有五个部分,主要内容包括:电工基础知识,电子技术基础,常用低压控制电器与应用,常用电工仪表与测量,常用电子仪器仪表、工具及安全用电等内容。

本书力求在保证必要的基础知识、基本分析方法和基本技能的基础上,加强电工电子技术基础与工程实践的紧密结合,通过教材的修订,在内容、结构上进一步体现了高职高专教育的特点,以适应当前教学改革的需要。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校非电类专业相应学时的教材,同时也可作为电工电子技术基本应用知识与技能的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术(多学时)/陈小虎主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019177-6

I. 电... II. 陈... 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. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 031626 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 刘洋 封面设计 王凌波 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 康晓燕 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 27.5
字 数 670 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2000 年 8 月第 1 版
2006 年 5 月第 2 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 31.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19177-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

《电工电子技术》(多学时)于2000年8月由高等教育出版社出版至今,先后印刷了10次。由于电工电子技术的发展很快,高职教育对电工电子技术教材的内容、结构提出了新的要求,为适应教学改革的新形势,满足基本教学需要和突出高职教育的应用性、针对性、岗位性和专业性的特点,对《电工电子技术》(多学时)一书作了修订。

修订版以原国家教委电工电子相关课程教学指导委员会的课程教学基本要求为依据,参考了各高校的教学大纲、实践环节课程设置情况,在第一部分“电工基础知识”中增加了应用性、针对性的例题;对第二部分“电子技术基础”的篇幅作了较大删减,部分内容重新编写,图形符号采用最新国家标准;第三、四、五部分的内容也作了相应的修改。全书的修订合理取舍书稿内容,叙述简明扼要,循序渐进;文字符号和图形符号规范,符合国家标准;书稿中的名词术语、公式和表格中的数据力求准确,标题明确,电路图、逻辑图与正文配合密切,图文并茂;理论和实际联系密切,很多例题具有实用性,便于激发学生学习本课程的兴趣,并将培养学生的能力贯穿全书。

本教材由陈小虎教授主编,修改了第一部分;南京师范大学孙频东副教授修改了第二部分;第三、四、五部分由南京师范大学副教授、高级工程师赵芙生修改;全书由陈小虎教授统稿。

南京工程学院杨志忠教授审阅了全书并提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。由于作者学识有限,书中一定有很多疏漏及错误,殷切希望采用本教材的教师和同学批评指正。

编 者

2005年12月20日

于南京工程学院

初 版 前 言

本书是教育部高职高专规划教材,是根据教育部最新制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写的。

本书有多年的教学实践基础,编者为长期从事高等工程专科教育和高等职业教育的教师,本书在结构、内容安排等方面,吸收了编者近几年在教学改革、教材建设等方面取得的经验体会,力求全面体现高等职业教育的特点,满足当前教学的需要。我们在编写过程中注意了以下五个方面:

(1) 根据非电类电工电子技术教学的特点,在教材内容选取上,以“必需、够用”的基本概念、基本分析方法为主,舍去复杂的理论分析,辅之以适量的思考题与习题,内容层次清晰,循序渐进,让学生对基本理论有系统、深入地理解,为今后的持续学习奠定基础。如对电路的暂态分析,以电阻电容电路为主,保留了线性电路的过渡过程基本分析方法,对复杂、繁琐的时域分析等未予介绍。

(2) 注重将理论讲授与实践训练相结合,理论讲授贯穿其应用性,实践中有理论、有方法,以基本技能和应用为主,易学易懂易上手,且具有工程应用性。如增加了时基 555 芯片的应用、三端稳压器、相序测量等内容。

(3) 注重分析问题、解决问题能力的培养。如增加了选择、设计、调试实用电子线路的内容,增加了选择、使用低压电器及有关电气控制线路的常用基本知识、安全用电知识等。

(4) 在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。如增加了新颖的集成电路芯片、固态继电器,已广泛应用的可编程序控制器(PLC)、漏电保护器等内容。

(5) 全书涉及电工、电子技术基础,常用低压控制电器与应用,常用电工仪表与测量,常用电工仪器仪表,电工常用工具和安全用电等知识,是根据电工电子技术基础知识特点,按照高职高专教育要求,融知识、能力、技能和实用等方面为一体而做的一次有益探索。

本教材由南京动力高等专科学校陈小虎博士任主编并编写了第一部分;第二部分由金陵职业大学朱一伦副教授编写;第三、四、五部分由南京动力高等专科学校赵美生高工、副教授编写,全书由陈小虎博士统稿。

本书主审哈尔滨理工大学张淑丽副教授详细地审阅了书稿并提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。由于编写时间较紧且教材涉及面较宽,有些想法难以一并体现在教材中,加之我们水平有限,错误和不妥之处恳请读者和同行批评指正。

编 者
2000 年 2 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第一部分 电工基础知识

第 1 章 电路的基本概念与基本定律	3	3.7 电阻、电感与电容串联的交流电路	58
1.1 电路与电路模型	3	3.8 阻抗的串联与并联	63
1.2 电流和电压的参考方向	4	3.9 电路的谐振	67
1.3 欧姆定律	5	3.10 功率因数的提高	69
1.4 电源有载工作、开路与短路	7	习题	72
1.5 基尔霍夫定律	11	第 4 章 三相电路	75
1.6 电路中电位的概念及计算	15	4.1 三相电压	75
习题	17	4.2 负载星形联结的三相电路	78
第 2 章 电路的分析方法	20	4.3 负载三角形联结的三相电路	84
2.1 电阻串并联连接的等效变换	20	4.4 三相功率	87
2.2 电压源与电流源及其等效变换	23	习题	88
2.3 支路电流法	28	第 5 章 磁路与铁心线圈电路	90
2.4 结点电压法	30	5.1 磁场的基本物理量	90
2.5 叠加原理	33	5.2 磁性材料的磁性能	91
2.6 戴维宁定理	35	5.3 磁路及其基本定律	93
习题	38	5.4 交流铁心线圈	95
第 3 章 正弦交流电路	42	5.5 电磁铁	97
3.1 正弦电压与电流	42	习题	98
3.2 正弦量的相量表示法	45	第 6 章 电路的暂态过程	99
3.3 电阻元件、电感元件与电容元件	48	6.1 换路定则	100
3.4 电阻元件的交流电路	51	6.2 RC 电路的暂态过程	102
3.5 电感元件的交流电路	53	习题	104
3.6 电容元件的交流电路	55		

第二部分 电子技术基础

第 1 章 半导体器件	107	1.4 场效应晶体管	120
1.1 半导体及 PN 结	107	习题	123
1.2 半导体二极管	110	第 2 章 交流放大电路	126
1.3 半导体三极管	115	2.1 基本交流电压放大电路	126

2.2 分压式偏置放大电路	137	5.4 门电路	202
2.3 阻容耦合放大电路	140	5.5 组合逻辑电路	207
2.4 放大电路中的负反馈	143	5.6 编码器	213
2.5 功率放大电路	150	5.7 译码器和数字显示	216
习题	153	5.8 应用举例	218
第3章 集成运算放大电路	156	习题	219
3.1 直接耦合放大电路及其缺点	156	第6章 时序逻辑电路	223
3.2 差分放大电路	157	6.1 RS 触发器	223
3.3 集成运算放大电路简介	163	6.2 触发器的逻辑功能	228
3.4 集成运算放大器的基本运算电路	166	6.3 寄存器	233
3.5 运算放大电路的反馈分析	170	6.4 计数器	237
3.6 运算放大器的应用电路举例	173	6.5 应用举例	241
3.7 集成运放构成的信号发生器	177	习题	245
习题	180	第7章 555 定时器	249
第4章 直流稳压电源	185	7.1 555 集成定时器结构及基本原理	249
4.1 单相桥式整流电路	185	7.2 555 定时器构成的单稳态触发器 及其应用	250
4.2 滤波电路	188	7.3 555 定时器构成的多谐振荡器 及其应用	253
4.3 硅稳压管稳压电路	189	习题	255
4.4 串联型稳压电路	191	第8章 模拟量和数字量的转换	257
4.5 集成稳压电源	192	8.1 数-模转换器(DAC)	257
习题	194	8.2 模-数转换器(ADC)	262
第5章 数字逻辑电路	196	习题	268
5.1 脉冲信号	196		
5.2 开关元件	197		
5.3 基本逻辑关系	199		

第三部分 常用低压控制电器与应用

第1章 低压电器的分类和用途	273	4.1 断路器的结构和原理	284
第2章 熔断器	275	4.2 断路器的基本特性、特点及主要用途	286
2.1 熔断器的结构和原理	275	第5章 接触器	288
2.2 熔断器的种类、特点及电气图形符号	276	5.1 接触器的结构和原理	288
2.3 常用熔断器	276	5.2 接触器的型号、图形符号和文字符号	289
第3章 刀开关	280	5.3 交流接触器和直流接触器	289
3.1 刀开关的结构和原理	280	第6章 常用继电器	292
3.2 常用刀开关	281	6.1 概述	292
3.3 刀开关的选用	283	6.2 常用继电器	292
第4章 断路器	284	第7章 电磁起动器和主令电路	299

7.1 电磁起动器	299	第10章 电动机及其基本控制电路	317
7.2 主令电路	300	10.1 三相异步电动机的基本结构	317
第8章 漏电保护器	304	10.2 三相异步电动机的工作原理	318
8.1 电磁式电流型漏电开关	305	10.3 具有热过载保护的电路	322
8.2 电子式电流型漏电开关	305	10.4 接触器联锁正反转控制电路	322
8.3 电流型漏电继电器	306	10.5 接触器与按钮复合联锁正反转 控制电路	324
8.4 漏电保安器的选用	306	10.6 三相异步电动机的调速与制动	324
第9章 变压器	307	第11章 可编程序控制器(PLC)	326
9.1 变压器的基本结构与原理	307	11.1 PLC的结构和工作原理	326
9.2 变压器的额定值	312	11.2 PLC的基本指令和编程	330
9.3 变压器绕组的极性	314	11.3 PLC的应用举例	333
9.4 三相变压器	315	第三部分思考题	335
习题	316		

第四部分 常用电工仪表与测量

第1章 电工仪表与测量的基本知识	339	3.2 万用表实际电路示例	362
1.1 常用电工仪表的符号与型号	339	习题	367
1.2 电工指示仪表的组成与原理	341	第4章 电功率的测量	368
1.3 电工指示仪表的主要技术要求 与指标	343	4.1 电功率的测量方法	368
1.4 常用的电工测量方法	345	4.2 三相有功功率和无功功率的测量 方法	370
1.5 测量误差及其消除方法	346	习题	373
习题	348	第5章 电能的测量	374
第2章 电流与电压的测量	349	5.1 感应系电度表及电能的测量	374
2.1 电流与电压的测量方法	349	5.2 电度表的使用	375
2.2 磁电系电流表与电压表	351	5.3 三相有功电度表和三相无功电度表	376
2.3 电磁系仪表	355	习题	379
2.4 仪用互感器	356	第6章 相序的测量	380
2.5 钳形电流表的用途与工作原理	358	第7章 电阻的测量	382
习题	359	7.1 用电压表和电流表测量直流电阻	382
第3章 万用表	360	7.2 电阻测量专用仪表	383
3.1 万用表的内部电路结构	360	习题	386

第五部分 常用电子仪器仪表、工具及安全用电

第1章 常用电子仪器仪表	389	1.1 电子电压表	389
---------------------------	-----	-----------------	-----

1.2 信号发生器	393	第 2 章 电工常用工具和安全用电知识	410
1.3 电子示波器	396	2.1 电工常用工具	410
1.4 数字万用表	407	2.2 安全用电知识	420
参考文献			426

第一部分

电工基础知识

第1章

电路的基本概念与基本定律

电路是电工技术和电子技术的基础,学好电路,特别是掌握电路的分析方法,对后面所要学习的电子电路、电机电路及电气控制、电气测量打下坚实的基础。本章主要介绍电路模型和各种电路理想元件,其中包括电压和电流参考方向的概念、欧姆定律、基尔霍夫电流电压定律。

1.1 电路与电路模型

电路是电流流通的路径,是为某种需要由若干电气元件按一定方式组合起来的整体,主要用来实现能量的传输和转换,或实现信号的传递和处理。

电路的结构形式,按所实现的任务不同而多种多样,但无论是哪种电路,均离不开电源、负载和必要的中间环节这三个最基本的组成部分。

电源是提供电能的设备,如发电机、电池、信号源等。

负载就是指用电设备,如电灯、电动机、空调、冰箱等。

中间环节是用作电源与负载相连接的,通常是一些连接导线、开关、接触器等辅助设备。

图 1.1.1 是电路在两种典型场合的应用。图(a)是发电厂的发电机把热能、水能或原子能等转换成电能,通过变压器、输电线路等中间设备输送至各用电设备;图(b)通过电路把所接收的信号经过变换(放大)和传递,再由扬声器输出。

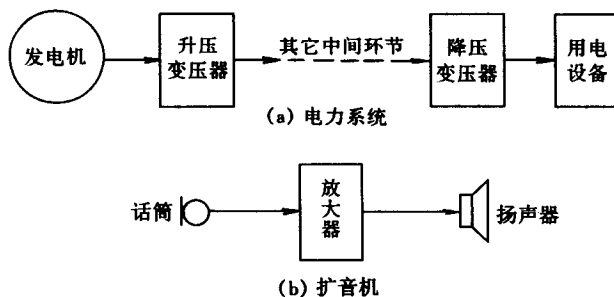


图 1.1.1 电路在两种典型场合应用示意图

无论是电能的传输和转换电路,还是信号的传递和变换电路,其中电源或信号源的电压、电流输入称为激励,它推动电路工作;激励在电路各部分所产生的电压和电流输出称为响应。分析电路,其实质就是分析激励和响应之间的关系。

在电路分析中用电流、电压、磁通等物理量来描述其工作过程。然而,实际电路是由电工设备和器件等组成,它们的电磁性质较为复杂,难以用精确的数学方法来描述。因此,对实际电路的分析和计算,需将实际电路元件理想化(或模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略次要因素,将它近似地看作理想元件。

如电炉通电后,会产生大量的热(电流的热效应),呈电阻性,同时由于有电流通过还要产生磁场(电流的磁效应),它又呈电感性。但其电感微小,是次要因素,可以忽略,因此可以理想化地认为电炉是一个电阻元件,用一个参数为 R 的电阻器件来表示。

对实际电路分析,就是在一定条件下将实际元器件理想化表示,即将电路中元器件看作理想元件,所组成的电路称为电路模型,也简称为电路。这是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。在今后学习中,我们所接触电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,若没有特殊说明,均表示为理想元件,分别由相应的参数来描述,用规定的图形符号来表示。

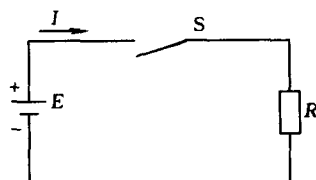


图 1.1.2 手电筒电路模型

如常用的手电筒,其电路模型如图 1.1.2 所示,实际电路中白炽灯是电阻元件,其参数为电阻 R ,干电池是电源元件,其参数为电动势 E (对于干电池一般在考虑其电动势外,还要考虑其本身的内阻,在本例中,干电池的内阻阻值与白炽灯的阻值相比,是次要因素,忽略不计了,故将干电池理想化为无电阻的电源元件),干电池与白炽灯的连接还有筒体和开关,其电阻微小忽略不计,认为是一个无电阻的理想导体。

1.2 电流和电压的参考方向

尽管从物理课程中已经学过了,在分析电路时,当元器件中有了电流通过,其流动方向总是从高电位一端流向低电位的一端,这是电流流动的实际方向;或者当知道了电流流动的实际方向,也能判别出元器件两端的电位高低。然而,当分析较为复杂电路时,往往很难知道电流的实际流动方向,特别是交流电路,由于电流的实际流动方向随时间变化,其实际流动方向难以在电路中标注。因此,引入了电流“参考方向”的概念,这是分析和计算电路的基础。

电流的实际方向是指正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。

电流的参考方向是指在分析与计算电路时,任意假定某一个方向作为电流的参考方向。当所假定的电流方向与实际方向一致时,则电流为正值($I > 0$);所假定的电流方向与实际方向不一致时,则电流为负值($I < 0$)。可见,参考电流的值是个标量,有正负之分;只有参考方向被假定后,电流的值才有正负之分。

电压在分析电路时也有方向性,电压的方向规定为从高电位端指向低电位端,即电位降低的方向*。电压参考方向和电流参考方向一样,也是任意指定,分析电路时,假定某一方向是电位

* 电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端,其参考方向的选定与电流、电压参考方向选定相同。

降低的方向,如所假定的电压方向与实际方向一致时,则电压为正值($U > 0$);电压参考方向与实际方向不一致时,则电压为负值($U < 0$)。因此,参考电压的值也是个标量,有正负之分;只有参考方向被假定后,电压的值才有正负之分。

在电路中所标注的电流、电压方向,通常均为参考方向,它们的值为正,还是为负,与所假定的参考方向有关,见图 1.1.3 和图 1.1.4 所示。



图 1.1.3 电流参考方向与实际方向



图 1.1.4 电压参考方向与实际方向

电压的参考方向除可以用“+”、“-”极性表示外,还可以用双下标表示。如, a、b 两点间的电压 U_{ab} , 它的参考方向是由 a 指向 b, 即 a 点的参考极性为“+”, b 点的参考极性为“-”;若参考方向选为 b 指向 a, 则为 U_{ba} , $U_{ba} = -U_{ab}$ 。

电流的参考方向用箭头标注, 也可用双下标表示。如 I_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 点流向 b 点。

【练习与思考】

- 1.2.1 图 1.1.5(a) 中, 已知 $U_{ab} = -6\text{ V}$; 问 a、b 哪点电位高?
- 1.2.2 图 1.1.5(b) 中, 以 b 点为参考电位, 求其它两点的电位。
- 1.2.3 图 1.1.5(c) 中, $U_1 = -4\text{ V}$, $U_2 = -2\text{ V}$, 求 $U_{ab} = ?$

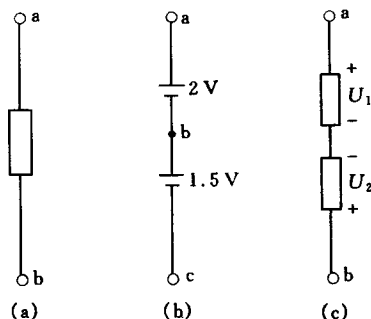


图 1.1.5 练习与思考题图

1.3 欧姆定律

1.3.1 欧姆定律

流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比, 这是欧姆定律的基本内容。欧姆定律是电路分析中, 最基本、最重要的定律之一。在图 1.1.6 电路中, 欧姆定律可表示为下式

$$\frac{U}{I} = R \quad (1.3.1)$$

式中 R 为电路中的电阻。

由上式可见,如果电阻固定,则电流的大小与电压成正比;如果电压固定,电流的大小与电阻成反比,它反映电阻对电流起阻碍作用。

在电路图中,由于所选电流、电压参考方向的不同,欧姆定律的表达式中可带有正负号,当电压和电流的参考方向一致时[如图 1.1.6(a)所示],则得

$$U = RI \quad (1.3.2)$$

当电压和电流的参考方向不一致时[如图 1.1.6(b)和图 1.1.6(c)所示],则得

$$U = -RI \quad (1.3.3)$$

式(1.3.2)和式(1.3.3)中的正、负号是由于选取的电压和电流的参考方向不同而得出的,此外还应注意电压、电流其值本身也有正值和负值之分。

电阻的国际单位是欧[姆](Ω)。当电路两端的电压为 1 V 时,流过的电流是 1 A,则该段电路的电阻阻值为 1 Ω 。电阻的单位除欧[姆](Ω)外,还有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω),它们的换算关系为

$$1 \text{ k}\Omega = 1\,000 \text{ }\Omega = 10^3 \text{ }\Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000 \text{ k}\Omega = 10^6 \text{ }\Omega$$

电阻的倒数($1/R$),称为电导,用 G 表示,它的国际单位为西[门子](S)。在电流、电压参考方向一致时,欧姆定律也可表示为

$$I = GU \quad (1.3.4)$$

1.3.2 伏安特性

欧姆定律是德国物理学家欧姆于 1826 年采用实验的方法得到的。式(1.3.1)中表示了电流与电压的正比关系。欧姆定律中电阻的伏安特性同样也采用实验的方法测得,它表示两端的电压与流过电流的关系,以电压为横坐标,电流为纵坐标,电阻的特性是一条经过原点的直线,如图 1.1.7 所示。具有该特性的电阻称为线性电阻; U 与 I 之间不具有图 1.1.7 所示关系的,称为非线性电阻。如在本书后面所要介绍的半导体二极管,其正向电阻的伏安特性为一曲线(图 1.1.8 所示),表明半导体二极管的正向电阻为非线性电阻(在本书中未加以说明的电阻均为线性电阻)。

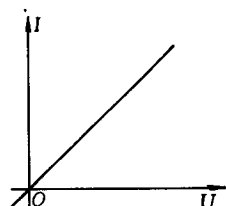


图 1.1.7 电阻伏安特性

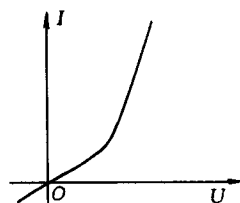


图 1.1.8 二极管伏安特性