



教育部 高职高专规划教材

电工与电子 技术基础

邓 允 主编
姜敏夫 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

电工与电子技术基础

邓 允 主编

姜敏夫 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术基础/邓允主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 9

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-5735-0

I. 电… II. 邓… III. ①电工技术-高等学校: 技术学院-教材②电子技术-高等学校: 技术学院-教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096678 号

教育部高职高专规划教材

电工与电子技术基础

邓 允 主编

姜敏夫 主审

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 顾淑云 边 涛

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社

教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 381 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5735-0/G · 1505

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

全国高职高专过程装备与控制专业教材编审委员会

主 任

王绍良

副主任

颜惠庚 金长义 霍献育 于宗保
赵玉奇 栾学刚 梁 正 任耀生

委 员

(按姓氏汉语拼音排序)

邓 允	丁丕洽	董振珂	傅 伟	高琪妹	胡坤芳	贾云甫	姜敏夫
李明顺	路大勇	马秉骞	莫解华	钮德明	潘传九	秦建华	孙成通
孙丽亚	谭放鸣	唐述林	王纬武	王原梅	王志斌	魏 龙	吴玉亮
邢锋芝	邢晓林	熊军权	叶明生	叶青玉	尹洪福	曾宗福	张 涵
张红光	张黎明	张麦秋	张星明	张云新	张志宇	朱方鸣	

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《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,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据全国化工高等职业教学指导委员会 2003 年北京会议制定的《过程装备及控制专业教学计划》和长沙会议讨论通过的《电工电子技术基础编写大纲》编写的，建议学时为 95~100 学时。书中带 * 号的内容根据专业需要选取。

《电工与电子技术基础》是高职高专工科非电专业一门重要的技术基础课程。教材在总结了非电专业电工电子技术教学经验的基础上，较全面地介绍了电工电子技术最基本的概念、原理、分析与计算方法以及在工业领域中的应用及应用方向。

1. 教材注意适当降低了直流电路、交流电路和电子技术的理论深度和分析计算难度，尽可能使学生在易学易学中易于理解和接受。

2. 与同类教材相比，加重了电动机及控制线路、集成运算放大器和数字集成电路的内容，并介绍了一些实际应用电路，增加了教材的针对性和实用性。

3. 从电工电子技术的应用角度出发，专门设一章介绍电工电子技术的典型应用，以突出教材的应用性。

4. 教材在注重培养学生科学技术素养方面做了一些尝试，力图使学生更多地了解电工电子技术与工业生产以及人们社会生活的联系。

邓允担任本书主编。第二章、第十章、第十四章由陶权编写，第三章、第四章、第五章、第六章以及第九章中的第一、三节由陈湘编写，第七章、第八章由徐咏冬编写，其余部分由邓允编写并负责全书的统稿。

吉林化工学院姜敏夫担任本书主审。2004 年 5 月在武汉的审稿会议上，全体与会人员对本教材书稿进行了认真的审查，为教材的进一步完善提出了许多改进意见。汤光华、罗智勇对本书的部分章节内容也提出了修改意见，在此表示感谢。

限于编者的水平，书中的错误和不足在所难免，恳请使用本教材的教师和学生予以批评指正。

编 者

2004 年 7 月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的组成与作用	1
一、电路的组成	1
二、电路的作用	1
三、电路模型	1
第二节 电路的基本物理量	2
一、电流及其参考方向	2
二、电压及其参数方向	3
三、电位及其计算	3
四、电动势	4
第三节 欧姆定律	4
一、电阻	5
二、欧姆定律	5
三、电路的三种状态	7
第四节 基尔霍夫定律	7
一、基尔霍夫电流定律	8
二、基尔霍夫电压定律	9
三、支路电流法	10
第五节 独立电源与受控电源	11
一、独立电源	11
二、受控电源	12
第六节 戴维南定理和叠加原理	13
一、戴维南定理	13
二、叠加原理	15
第七节 电功率	16
思考题与习题	17
第二章 交流电路	20
第一节 正弦交流电的基本概念	20
一、交流电的周期、频率和角频率	21
二、交流电的瞬时值、最大值和有效值	21
三、交流电的相位、初相位和相位差	22
第二节 正弦交流电的表示方法及运算	23

一、波形图表示法	23
二、三角函数表示法	23
三、相量表示法	23
第三节 单一参数的正弦交流电路	25
一、纯电阻电路	25
二、纯电感电路	26
三、纯电容电路	29
第四节 交流串联电路	31
一、电阻、电感和电容串联电路	31
二、谐振	35
第五节 交流并联电路	37
一、功率因数的提高	37
二、电阻、电感与电容并联电路	37
第六节 三相正弦交流电路	38
一、三相正弦交流电路的基本概念	38
二、三相电源	39
三、三相负载	40
四、三相电功率	43
思考题与习题	45
第三章 电磁学基础	47
第一节 磁场的基本物理量	47
一、磁通 Φ	47
二、磁感应强度 B	47
三、磁导率(导磁系数) μ	47
四、磁场强度 H	48
第二节 铁磁材料的电磁性能	48
一、铁磁材料的电磁性能	48
二、铁磁材料的分类	49
三、铁磁材料的应用	49
第三节 磁路的基本概念	50
一、磁路	50
二、安培环路定律	50
三、简单磁路的计算	51
四、电磁铁	52
第四节 变压器	53
一、变压器的作用	53
二、变压器的结构	53
三、变压器的工作原理	54

四、特殊变压器	54
思考题与习题	57
第四章 电动机	59
第一节 三相异步电动机的结构与工作原理	59
一、三相异步电动机的结构	59
二、三相异步电动机的工作原理	60
三、三相异步电动机的铭牌	61
第二节 三相异步电动机的运行特性	62
一、机械特性	62
二、空载运行	63
三、有载运行	63
第三节 单相异步电动机	63
一、电容分相式单相异步电动机	63
二、罩极式单相异步电动机	64
* 第四节 直流电动机	64
一、直流电动机的结构	65
二、直流电动机的工作原理	65
* 第五节 三相同步电动机	66
一、三相同步电动机的结构	67
二、三相同步电动机的工作原理	67
思考题与习题	67
第五章 常用电动机控制电路	68
第一节 常用低压电器	68
一、开关	68
二、交流接触器	70
三、热继电器	72
四、熔断器	72
五、时间继电器	72
六、行程开关	73
第二节 三相异步电动机的启动及其控制	74
一、三相异步电动机的启动	74
二、三相异步电动机直接启动及控制线路	74
三、三相异步电动机的降压启动及控制线路	77
第三节 三相异步电动机的调速及其控制	78
一、三相异步电动机的调速	78
二、双速电动机的控制	79
* 三、变频调速简介	80

第四节 三相异步电动机的制动及其控制	80
一、三相异步电动机的制动	80
二、能耗制动控制线路	82
* 第五节 单相异步电动机控制实例	83
一、家用电风扇控制电路	83
二、家用洗衣机控制电路	83
三、家用电冰箱控制电路	84
* 第六节 读图训练	85
一、设备电气图的分类及读图步骤和方法	85
二、6140 型车床电气控制线路	86
三、用按钮操作的起重机控制线路	88
思考题与习题	90
第六章 供电与安全用电	92
第一节 电能的产生、输送与分配	92
一、电能的产生与输送	92
二、电能的分配	92
第二节 安全用电	93
一、人体触电	93
二、防止触电的保护措施	94
三、触电急救	95
思考题与习题	96
第七章 常用半导体器件	97
第一节 半导体基础知识	97
一、本征半导体	97
二、杂质半导体	98
第二节 PN 结与半导体二极管	98
一、PN 结的形成	99
二、PN 结的单向导电性	99
三、半导体二极管的结构与伏安特性	100
四、二极管的主要参数	101
五、稳压二极管	101
第三节 半导体三极管	101
一、三极管的结构	101
二、三极管的电流放大作用	102
三、三极管的特性曲线	103
四、三极管的主要参数	105
第四节 MOS 场效应管	106

一、基本结构和电压控制电流作用·····	106
二、特性曲线及主要参数·····	107
思考题与习题·····	108
第八章 基本放大电路 ·····	109
第一节 共射极放大电路的组成和工作原理·····	109
一、电路的组成和特点·····	109
二、电路工作原理·····	110
第二节 共射极放大电路的静态分析·····	111
一、直流通路及静态工作点·····	111
二、静态工作点的估算·····	111
第三节 共射极放大电路的动态分析·····	113
一、放大电路的交流通路·····	113
二、动态分析的电路指标·····	113
三、放大电路的微变等效电路·····	114
四、放大电路的非线性失真·····	116
第四节 静态工作点的稳定·····	118
一、温度对静态工作点的影响·····	118
二、静态工作点稳定的放大电路·····	119
第五节 射极输出器·····	122
一、静态工作点的计算·····	122
二、动态分析和电路特点·····	123
第六节 多级放大电路·····	124
一、级间耦合方式·····	124
二、电路分析计算·····	125
第七节 功率放大电路·····	126
一、功率放大的一般问题及解决措施·····	126
二、互补对称式功率放大电路·····	126
思考题与习题·····	127
第九章 集成运算放大器及应用 ·····	129
第一节 集成运算放大器简介·····	129
一、集成运算放大器的基本结构·····	129
二、理想运算放大器及特点·····	130
第二节 放大电路中的负反馈·····	130
一、反馈的基本概念·····	130
二、负反馈的类型及其判别方法·····	131
三、负反馈对放大器性能的影响·····	133
四、负反馈放大电路的分析方法·····	134

第三节 集成运算放大器的线性应用	134
一、比例运算电路	134
二、求和运算电路	136
三、积分电路	136
四、微分电路	137
* 第四节 集成运算放大器的非线性应用	137
一、过零电压比较器	138
二、单限电压比较器	138
三、施密特触发器	139
思考题与习题	140
第十章 直流稳压电源	143
第一节 单相半波整流电路	143
一、电路结构和工作原理	143
二、输出电压和电流的计算	144
第二节 单相桥式整流电路	145
一、电路结构和工作原理	145
二、输出电压和电流的计算	145
第三节 滤波电路	146
一、电容滤波电路	146
二、电感滤波电路	148
第四节 稳压电路	148
一、硅稳压管稳压电路	148
二、串联型稳压电路	149
三、集成稳压电路	151
* 第五节 开关稳压电路简介	153
一、原理框图	153
二、电路原理分析	153
思考题与习题	155
第十一章 数字电路基础知识	157
第一节 数字信号与数字电路	157
一、模拟信号与数字信号	157
二、数字电路的特点	157
第二节 数制与编码	158
一、二进制数	158
二、其他非十进制数	158
三、不同进制数之间的转换	159
四、二-十进制编码	160

第三节 基本逻辑关系及实现	161
一、基本逻辑运算	161
二、复合逻辑运算	163
第四节 逻辑代数基础	164
一、逻辑代数的基本定理和公式	164
二、逻辑函数的化简	165
思考题与习题	168
第十二章 集成逻辑门电路及组合逻辑电路	170
第一节 TTL 集成与非门电路	170
一、电路组成与逻辑功能分析	170
二、电压传输特性	171
三、TTL 与非门的参数和使用注意事项	172
第二节 MOS 集成逻辑门电路	172
一、电路结构与工作原理	173
二、MOS 门电路使用注意事项	174
第三节 组合逻辑电路的分析与设计方法	175
一、组合逻辑电路的分析方法	175
二、组合逻辑电路的设计方法	176
第四节 集成组合逻辑部件	177
一、译码器	178
二、编码器	180
思考题与习题	183
第十三章 触发器及时序逻辑电路	186
第一节 双稳态触发器	186
一、RS 触发器	186
二、主从 JK 触发器	190
三、维持阻塞 D 触发器	191
四、其他功能的触发器	193
第二节 时序逻辑电路的分析	194
一、时序逻辑电路的特点	194
二、时序逻辑电路的分析方法	194
第三节 集成时序逻辑部件	197
一、寄存器	197
二、计数器	199
思考题与习题	204
第十四章 电工电子技术典型应用介绍	207
第一节 555 定时器及应用	207

一、555 定时器电路组成及功能	207
二、555 定时器构成的施密特触发器	209
三、555 定时器构成的单稳态触发器	209
四、555 定时器构成的多谐振荡器	210
五、555 定时器的其他应用举例	211
第二节 D/A 转换器和 A/D 转换器	212
一、D/A 转换器	212
二、A/D 转换器	213
第三节 可编程序控制器 (PLC) 简介	215
一、可编程序控制器概述	215
二、可编程序控制器的基本工作原理	217
* 第四节 非电量的测量 (传感器) 简介	219
一、传感器概述	219
二、几种常用传感器简介	219
思考题与习题	223
部分习题答案	226
附录一 常用电工图形符号和文字符号	230
附录二 半导体器件型号的命名方法	232
附录三 半导体集成电路型号的命名方法	233
附录四 常用逻辑门电路新旧逻辑符号对照表	234
附录五 常用中、小规模数字集成电路端子排列示意图	235
参考文献	238

第一章

直流电路

在现代科学技术的应用中,电工电子技术的应用占了相当重要的主导地位。在人们使用的各种电气和电子设备中,其主要的设备都是由各种不同的电路组成。因此,掌握电路的分析和计算方法显得十分重要。本章将介绍直流电路的基本定律和分析方法,这些方法稍加扩展,也适用于交流电路和电子电路的分析。

第一节 电路的组成与作用

一、电路的组成

实际电路是由电气器件,如一些用电设备、控制电器等实际电路部件相互连接而成的。在电路中,随着电流的流动,它要完成把其他形式的能量转换成电能、电能的传输和分配以及把电能转换成所需其他形式能量的过程。例如供电系统,发电厂的发电机组把热能或水能或原子能等转换成电能,通过变压器、输电线等输送到各用电单位,通过用电设备把电能转换成机械能、光能、热能等。一般把供给电能的设备称为电源、把用电设备称为负载,把连接电源与负载的输送线路、控制设备称为中间环节。因此,不论电路结构的复杂程序如何,都可视为由电源、负载以及连接电源与负载的中间环节构成。

二、电路的作用

电路的作用根据其工作领域的不同分成以下两个方面。

(1) 电能的输送和转换 这方面通常指的是电力工程,它包括发电、输电、配电,把电能转换成机械能、光能、热能等,以及交直流之间的整流、逆变过程等。这一过程中,能量输送和交换的规模较大,人们关注的是尽可能减小损耗,以提高效率。

(2) 信号的传递和处理 这是以传递和处理信号为目的的电路。例如在生产过程中各种非电物理量的自动调节;如语音、文字、音乐、图像等转换而成的电信号的接收和处理等。在信号的传递和处理过程中,虽然也进行能量的输送和转换,但其数量极少,所关注的是如何准确地传递和处理信号,保证信号不失真。

以上提到的两类电路,即人们常说的强电与弱电。前者是电工技术要研究的问题,后者是电子技术要研究的问题。

三、电路模型

在电路中,有各种各样的用电设备和电源,它们分别属于不同的电路元件。这些元件按一定的方式连接起来,就构成了电路。这些元件在电路中的性质以及所起的作用是不同的。

常见的白炽电灯、电炉都是典型的耗能元件，当电源电压一定时，电阻大的负载所取用的电流较小，因此消耗的功率也较小；反之，负载的电阻越小，则消耗的功率越大。这就是说，可以用电阻这一电路模型来表示白炽电灯、电炉这一类耗能元件。某些用电器件，在一定的工作条件下，可以用几个电路元件的组合模型来表示。例如，在工作频率较低时，一个线圈可以用电阻和电感元件的串联组合的模型来表示；当工作频率较高时，该线圈的电路模型还应当包含电容元件。

今后所研究的电路一般均指由理想电路元件构成的抽象电路，而非实际电路。选择正确的电路模型来表示某一电气设备，能使实际情况更加接近理论所预测的电路的性状。

第二节 电路的基本物理量

电路中的基本物理量是电流和电压，在工程分析和计算里，不仅要考虑它们的大小，还要考虑它们的方向。

一、电流及其参考方向

在物理学中，电荷在导体中的定向移动形成电流。其方向规定为正电荷运动的方向，电流的大小称作电流强度，它定义为单位时间内通过导体某一横截面的电荷的多少，简称电流，用 i 表示。

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1-1}$$

在国际单位制（SI）中，时间 t 的单位是秒（s），电荷 q 的单位是库仑（C），电流的单位是安培（A）。

若 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$ ， i 为恒定电流，简称直流，用大写字母 I 表示， $I = \frac{q}{t}$ 。

若 $\frac{dq}{dt} = f(t)$ ，即 i 随时间大小（可能包含方向）变化，这种电流称为交变电流，简称交流，用小写字母 i 表示。

在电路的分析计算中，实际的电流方向一般事先是不能确定的，且有时电流的实际方向还在不断地变化，因此有必要在分析电路前任意选定一个方向作为电流的参考方向。在图 1-1 中，选定通过元件的参考电流方向用实线标出，实际的电流方向用虚线标出。若电流的参考方向与其实际方向一致，则电流为正值（ $i > 0$ ）；若电流的参考方向与其实际方向相反，则电流为负值（ $i < 0$ ）。于是，在选定了电流的参考方向以后，电流值的正、负就能反映出电流的实际方向。

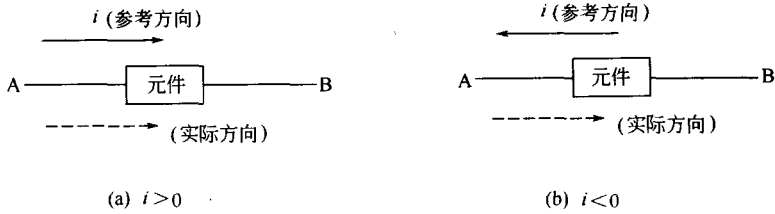


图 1-1 电流的参考方向与实际方向的关系

二、电压及其参数方向

在电路中，电场力把正电荷从 A 点移到 B 点所做的功 W 与被移动的电量 q 的比值称作 A、B 两点间的电压，用 u_{AB} 表示，即

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

在 SI 制中，电功 W 的单位是焦耳 (J)、电量 q 的单位是库仑 (C)，电压 u_{AB} 的单位是伏特 (V)。

同样，电压也分直流电压与交流电压。直流电压是恒定电压，用大写字母 U 表示，交流电压是大小和方向随时间变化的电压，用小写字母 u 表示。

电压的方向是电场力做功的方向，也是电位降低的方向。在电路的分析和计算中，同样存在事先不能确定其方向的问题。

电压的参考方向常用一对“+”、“-”号表示。标“+”号代表高电位点，标“-”号代表低电位点，如图 1-2 所示。把电压看作代数量，当电压的参考方向与实际方向相同时，则电压为正值 ($u > 0$)；当电压的参考方向与实际方向相反时，则电压为负值 ($u < 0$)。电压的参考方向通常是任意指定的。

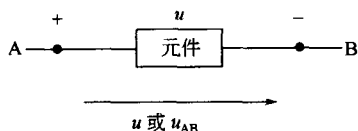


图 1-2 电压的参考方向

电压的参考方向除了可以“+”、“-”号表示外，也可用一个由高电位指向低电位的箭头表示，还可用双下标 u_{AB} 标注，它表示 A 和 B 之间的电压的参考方向由 A 指向 B。

对于一个元件或一段电路，当电流和电压的参考方向一致时，称为关联参考方向。在图 1-3 (a) 中，电流、电压的参考方向一致，是关联参考方向；在图 1-3 (b) 中，电流、电压的参考方向是相反的，称作非关联参考方向。

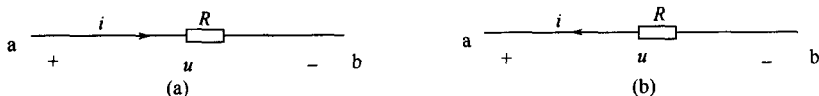


图 1-3 电流与电压的参考方向的约定

三、电位及其计算

在电路的分析计算中，特别在电子线路中，经常会遇到电位的计算问题。在上面的讨论中已经知道电压的方向就是电位降低的方向。简单地说，电路中某点的电位就是该点相对于电路中零电位点的电压，零电位点根据电路实际情况选定。

下面以图 1-4 所示电路为例说明电路中各点电位的计算方法。

这是一个具有两个电动势的闭合电路，设闭合回

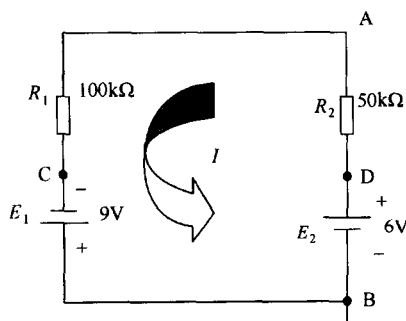


图 1-4 电位计算例图