

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

电工电子技术

张惠敏 主编
孙建设 刘宏志 副主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供
电子教案
习题解答

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电工电子技术

张惠敏 主编

孙建设 刘宏志 副主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/张惠敏主编. —北京:人民邮电出版社,2006.10
21世纪高职高专电子技术规划教材
ISBN 7-115-14722-1

I. 电... II. 张... 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 035200 号

内 容 提 要

本书是根据高职高专院校电子信息类、机电类、信息技术类专业《电工电子技术》课程的基本要求编写的。全书共分 12 章,主要内容包括电路的基本概念和基本分析方法,RC 电路的过渡过程,正弦交流电路及安全用电,万用表的组装调试及使用,基本电子器件与基本放大电路,集成运算放大器及其应用,正弦波振荡器,集成稳压电源与可控整流电路,数字电路基本器件与组合逻辑电路,时序逻辑电路,脉冲产生与信号变换电路,大规模集成电路等。

《电工电子技术》课程建议教学学时数(含技能训练)为 140 左右。

本书紧密结合高职高专教学特点,内容编排力求简捷明快、深入浅出;全书采用模块化编写方式,每章包含理论讲授、硬件或软件仿真训练和练习题,突出理论与实践的结合,既适合教学又便于自学,可作为高职高专院校电子信息类、机电类、信息技术类专业或其他工科类专业《电工与电子技术》课程的教学用书,也可用于成人大、中专教育和各级工程技术人员的参考书。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电工电子技术

- ◆ 主 编 张惠敏
- 副 主 编 孙建设 刘宏志
- 责任编辑 赵慧君
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
人民邮电出版社河北印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:20.5
字数:488 千字 2006 年 10 月第 1 版
印数:1-3 000 册 2006 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14722-1/TN · 2763

定价:27.00 元

读者服务热线:(010)67170985 印装质量热线:(010)67129223

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 琰 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向，高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想，人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国的不断深化，各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置，越来越关心学生将来的就业岗位，并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到，高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时，能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点，为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典，及知识点又相对统一、固定的特点，采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式，借助本科老师在理论方面深厚的功底，在写作质量上进行把关，高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度，力图达到专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的技术型人才，基础课程的教学应以必需、够用为原则，以掌握概念、强化应用为教学重点，注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时，掌握“突出基本概念，注重技能训练，强调理论联系实际，加强实践性教学环节”的原则，在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例，强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程，并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣，并了解开发过程，最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训，从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作，出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望，关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系，共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会
2005 年 8 月

编者的话

“电工电子技术”是面向高职高专院校的机电、自动化、计算机、电子信息等相关专业的一门重要的专业基础课。本书的编写紧密结合高职高专教育特点，定位在“懂理论、会操作”的层面，落实在高职高专学生的技能及职业岗位训练上；理论知识以“必需、够用”为原则，突出以应用为主线，对高职“电工基础”和“电子技术”两门课程进行优化重组，突出应用性、针对性，注重技术重现和技术实现；内容编排力求简捷明快、深入浅出。全书采用模块化编写格式，每章包含理论讲授、硬件或软件仿真训练和检测题，突出了理论与实践的结合，体现了“应用性、实用性、综合性和先进性”原则，为学生取得相关的职业资格证书奠定理论和实践基础，为学习后续的《单片机原理》、《计算机组成原理》、《通信电路基础》、《可编程逻辑器件》等课程打下必要的基础。

本书共分12章，主要内容包括电路的基本概念和基本分析方法、RC电路的过渡过程、正弦交流电路及安全用电、万用表的组装调试及使用、基本电子器件与基本放大电路、集成运算放大器及其应用、正弦波振荡器、集成稳压电源与可控整流电路、数字电路基本器件与组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲产生与信号变换电路、大规模集成电路等。

“电工电子技术”课程建议教学学时数为140左右，其中技能训练内容（含讨论课、软件仿真、硬件实验等）约30学时，各校可根据具体情况自行增减。利用电子电路仿真软件EWB进行的仿真训练既可以作为实训课内容也可以作为课堂演示教学或多媒体教学内容，以增强课堂教学的直观性，帮助学生理解、消化理论知识，提高学习兴趣；部分综合技能训练内容可通过大型作业或实习演练完成。书中带“*”号内容可作为选修内容。

本书由张惠敏负责策划与统稿，并担任主编；孙建设、刘宏志担任副主编。其中郑州铁路职业技术学院张惠敏编写第1章、第2章和第3章，陈志红编写第4章，王素姣编写第5章、第6章，王程有编写第7章和第8章，孙建设编写第9章和第10章，刘海燕编写第11章，北京工商大学刘宏志编写第12章。

本书在编写过程中得到了郑州铁路职业技术学院的领导和同行们极大的关怀和鼓励，在此表示衷心感谢。

随着科学技术的发展，集成电路工艺水平、集成度以及器件功能不断完善和提高，电工与电子技术的应用也愈加广泛，教材内容的更新势在必行，教材编写组全体成员诚恳希望社会各界多提改进意见，以共同促进高职高专教育的发展；同时限于作者水平，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者提出宝贵意见。

编者

2006年7月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法	1
1.1 电路基本知识	1
1.1.1 电路及其作用	1
1.1.2 电路模型	1
1.1.3 电流及其参考方向	2
1.1.4 电压及其参考方向	3
1.1.5 电位	4
1.1.6 电功率和电能	4
1.2 电阻元件和欧姆定律	6
1.2.1 电阻元件	6
1.2.2 欧姆定律	6
1.2.3 电阻元件的伏安关系	7
1.2.4 电阻元件的功率	7
1.3 电压源、电流源及其等效变换	8
1.3.1 电压源	8
1.3.2 电流源	9
1.3.3 两种实际电源模型的等效变换	10
1.4 直流电路的基本分析方法	11
1.4.1 电路的几个常用术语	11
1.4.2 基尔霍夫电流定律	12
1.4.3 基尔霍夫电压定律	13
1.4.4 支路电流法	13
1.4.5 节点电压法	14
1.5 电路基本定理	15
1.5.1 叠加定理	15
1.5.2 戴维南定理	16
1.5.3 最大功率传输定理	17
1.6 受控源及含受控源电路的分析	18
1.6.1 受控源	18
1.6.2 含受控源电路的分析计算	19
本章小结	20
习题	21

第 2 章 RC 电路的过渡过程	26
2.1 动态元件及电压、电流关系	26
2.1.1 电容元件	26
2.1.2 电感元件	28
2.2 换路定律.....	30
2.2.1 电路的过渡过程	30
2.2.2 换路定律	30
2.2.3 初始值的确定	31
2.3 一阶 RC 电路的响应.....	32
2.3.1 RC 电路的零输入响应	32
2.3.2 RC 电路的零状态响应	34
2.3.3 RC 电路的全响应及三要素法	35
本章小结	37
习题	38
第 3 章 正弦交流电路及安全用电	41
3.1 正弦量的基本概念.....	41
3.1.1 正弦量的参考方向.....	41
3.1.2 正弦量的三要素	41
3.1.3 正弦量的有效值	43
3.1.4 正弦量的相量表示法	44
3.2 单一参数的正弦交流电路.....	45
3.2.1 电阻元件的交流电路	45
3.2.2 电感元件的交流电路	46
3.2.3 电容元件的交流电路	47
3.3 电阻、电感、电容元件串联的交流电路.....	49
3.3.1 电压、电流关系	49
3.3.2 电路的三种情况	50
3.3.3 RLC 串联电路的功率.....	52
3.4 正弦交流电路的谐振.....	53
3.4.1 串联谐振	54
3.4.2 并联谐振	55
3.5 有互感的正弦交流电路.....	57
3.5.1 互感	57
3.5.2 互感电压	58
3.5.3 互感线圈的同名端.....	58
3.5.4 空心变压器	60
3.5.5 理想变压器	61
3.6 三相正弦交流电路.....	62
3.6.1 对称三相电源	62

3.6.2	三相负载	64
3.6.3	对称三相电路	66
3.6.4	三相电路的功率	67
* 3.7	安全用电常识	69
3.7.1	触电事故	69
3.7.2	保护接地与保护接零	70
3.7.3	静电防护和电气防火防爆	70
	本章小结	72
	习题	73
第 4 章	万用表的组装、调试及使用	77
4.1	MF-50 型万用表	77
4.1.1	MF-50 型万用表简介	77
4.1.2	MF-50 型万用表电路	78
4.2	万用表的组装、调试及使用	81
4.2.1	万用表的组装	81
4.2.2	万用表的调试	83
4.2.3	万用表的使用	84
第 5 章	基本电子器件与基本放大电路	86
5.1	二极管及其整流电路	86
5.1.1	半导体及 PN 结	86
5.1.2	二极管	88
5.1.3	其他类型的二极管	90
5.1.4	半导体器件型号命名方法	90
5.1.5	二极管构成的整流电路及并联稳压电路	92
5.2	晶体三极管	96
5.2.1	三极管的结构与符号	96
5.2.2	三极管的电流放大作用	97
5.2.3	三极管的伏安特性曲线	98
5.2.4	三极管的主要参数	99
5.3	三极管基本放大电路	99
5.3.1	放大电路的性质	99
5.3.2	共发射极放大电路的组成及工作原理	100
5.3.3	静态工作点设置对波形的影响	102
5.3.4	共集电极放大电路	103
5.4	放大电路的分析方法	104
5.4.1	放大电路的微变等效分析法	104
5.4.2	共集电极电路动态指标的计算	107
5.4.3	分压偏置电路分析	108
5.4.4	放大电路的图解分析	110

5.4.5	场效应管及其放大电路	113
5.5	多级放大电路及其通频带	117
5.5.1	多级放大电路的耦合方式	118
5.5.2	放大电路的频率特性	119
5.6	负反馈放大电路	121
5.6.1	反馈的基本概念	121
5.6.2	反馈的分类与判别	122
5.6.3	负反馈在放大电路中的应用	123
5.7	功率放大器	124
5.7.1	功率放大电路的要求	124
5.7.2	乙类双电源互补对称功率放大电路	125
5.7.3	甲乙类互补对称功率放大电路	127
5.7.4	甲乙类单电源互补对称放大电路	128
5.7.5	集成功率放大电路及其典型应用	129
	技能训练 单管放大电路的仿真测试	129
	本章小结	132
	习题	133
第6章	集成运算放大器及其应用	139
6.1	集成运算放大器的基本原理	139
6.1.1	集成运算放大器的结构与参数	139
6.1.2	电路基本原理	141
6.2	集成运算放大器及其应用	145
6.2.1	理想运算放大器模型	145
6.2.2	基本运算电路	146
6.2.3	运算放大器的基本应用电路	150
	技能训练 集成运算放大器构成的波形产生电路	153
	本章小结	156
	习题	156
第7章	正弦波振荡器	160
7.1	LC振荡器	160
7.1.1	正弦波振荡器的结构与自激振荡条件	160
7.1.2	变压器反馈式振荡器	161
7.1.3	三点式正弦波振荡器	162
7.2	RC振荡器	166
7.2.1	RC串并网络的选频特性	166
7.2.2	RC桥式振荡电路	167
7.3	石英晶体振荡器	168
7.3.1	石英晶体的特性	168
7.3.2	石英晶体正弦波振荡电路	170

本章小结	171
习题	171
第 8 章 集成稳压电源与可控整流电路	175
8.1 稳压电路与集成稳压电源	175
8.1.1 三极管串联型稳压电路的基本原理	175
8.1.2 三端固定式集成稳压器	176
8.1.3 三端可调式集成稳压器	178
8.1.4 开关电源	178
8.2 晶闸管可控整流电路	180
8.2.1 晶闸管	180
8.2.2 晶闸管可控整流电路	182
* 8.3 单结晶体管触发电路	183
本章小结	186
习题	186
第 9 章 数字电路基本器件及组合逻辑电路	188
9.1 数制与码制	188
9.1.1 几种常用的计数体制	188
9.1.2 不同数制之间的相互转换	188
9.1.3 码制	189
9.2 逻辑代数及逻辑函数化简	190
9.2.1 逻辑函数的基本公式	190
9.2.2 逻辑函数的基本规则	191
9.2.3 逻辑函数的代数化简法	192
9.3 基本逻辑门	193
9.3.1 与逻辑及与门	193
9.3.2 或逻辑及或门	194
9.3.3 非逻辑及非门	195
9.3.4 复合逻辑门	195
9.4 集成逻辑门	196
9.4.1 TTL 集成逻辑门	196
9.4.2 CMOS 集成逻辑门	204
9.4.3 集成逻辑门使用注意事项	206
9.5 组合逻辑电路的分析与设计	209
9.5.1 组合逻辑电路的分析	209
9.5.2 组合逻辑电路的设计	210
9.6 译码器	213
9.6.1 二进制译码器	214
9.6.2 数码显示译码器	216
9.7 其他集成组合逻辑器件	219

9.7.1	数据选择器	219
9.7.2	数值比较器	222
	本章小结	224
	习题	225
第 10 章	时序逻辑电路	228
10.1	集成触发器	228
10.1.1	RS 触发器	228
10.1.2	JK 触发器	232
10.1.3	D、T 触发器	235
10.1.4	触发器应用实例	237
10.2	计数器	239
10.2.1	二进制计数器	240
10.2.2	十进制计数器	243
10.2.3	集成计数器及其应用	246
10.3	寄存器和移位寄存器	252
10.3.1	数码寄存器	252
10.3.2	移位寄存器	253
10.4	数字钟和智力竞赛抢答电路分析	255
10.4.1	数字钟	255
10.4.2	声光显示定时抢答器	258
	技能训练 序列信号发生器、顺序脉冲发生器电路仿真	262
	本章小结	265
	习题	266
第 11 章	脉冲产生与信号变换电路	271
11.1	555 集成定时器	271
11.1.1	555 定时器的电路结构	272
11.1.2	555 定时器的逻辑功能	272
11.2	555 集成定时器的应用	273
11.2.1	施密特触发器	273
11.2.2	单稳态触发器	276
11.2.3	多谐振荡器	278
11.3	数字—模拟转换器 DAC	280
11.3.1	DAC 的基本概念及原理	280
11.3.2	T 型电阻网络 DAC	281
11.3.3	倒 T 型电阻网络 DAC	282
11.3.4	DAC 的主要技术指标	283
11.4	模拟—数字转换器 ADC	284
11.4.1	ADC 的基本结构	284
11.4.2	逐次逼近型 ADC	285

11.4.3 双积分型 ADC	287
11.4.4 并行比较型 ADC	288
11.4.5 ADC 的主要技术指标	289
技能训练 555 定时器及 DAC 和 ADC 的应用	289
本章小结	297
习题	298
第 12 章 大规模集成电路	302
12.1 集成存储器	302
12.1.1 只读存储器	302
12.1.2 随机存取存储器	304
12.2 可编程逻辑器件	307
12.2.1 用 PROM 实现组合逻辑电路	308
12.2.2 可编程逻辑阵列器件	310
12.2.3 可编程阵列逻辑器件	311
12.2.4 通用阵列逻辑器件	311
本章小结	311
习题	312

第 1 章

电路的基本概念和基本 分析方法

本章从介绍基本概念入手，讨论电路的基本定律和基本分析方法，利用这些方法可以对复杂电路进行分析计算。

1.1 电路基本知识

1.1.1 电路及其作用

电路是电流流通的路径，是为了满足某种需要由一些电气设备和器件按一定方式组合而成的。复杂的电路呈网状，又称电网络，简称网络。

图 1.1 所示为一个简单的照明电路。开关合上后，灯泡发光，电池将化学能转换成电能。电路的形式虽然多种多样，但归结起来，都由电源、负载和中间环节三个基本部分组成。

① 电源——提供电能的设备。其作用是将其其他形式的能量转换为电能。如发电机、电池等。

② 负载——使用电能的设备。其作用是将电源供给的电能转变为其他形式的能量。如电灯、电炉、电动机等。

③ 中间环节——将电源和负载连接成一个电流通路。其作用是传输、分配和控制电能。如连接导线、控制和保护设备。

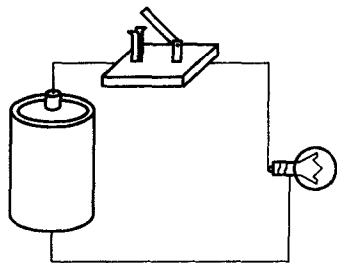


图 1.1 照明电路

电路就其功能来说可概括为两个方面。其一，进行能量的转换、传输与分配。如电力系统中的输电电路是发电机组将其他形式的能量转换成电能，通过变压器、输电线等输送给各用户，再把电能转换成机械能、光能、热能等。其二，实现信息的传递与处理。如收音机是把收到的电磁波信号，通过电路变换或处理为扬声器所需要的输出信号，还原为声音。

1.1.2 电路模型

实际的电路元件种类繁多，特性各异，为了便于分析，只考虑实际元件的主要电磁现象，而将次要现象忽略，用理想电路元件及其组合来表征实际元件的电磁性能。如电阻器、灯泡、电炉等，它们主要是消耗电能的，用一个理想的“电阻元件”来表示；像干电池、发电机等，它们主要是供给能量的，用一个理想的“电压源”来表示；另外，还有的元件主要

是储存磁场能量或储存电场能量的，用一个理想的“电感元件”或“电容元件”来表示等。表 1.1 列出了几种常用的理想电路元件及其图形符号。用理想元件及其组合近似替代实际电路元件，便构成了与实际电路相对应的电路模型。用规定的电路符号表示各种理想元件得到的电路模型图称为电路图，图 1.2 就是图 1.1 的电路模型。今后如未特殊说明，所研究的均是由理想元件构成的电路模型，电路中的连接导线均为无阻导线。

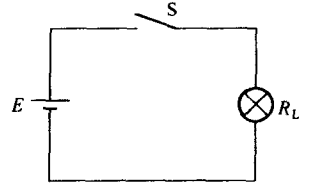


图 1.2 电路模型

表 1.1 常用的理想电路元件及其图形符号

元件名称	图形符号	元件名称	图形符号
电阻		电池	
电感		理想电压源	
电容		理想电流源	

1.1.3 电流及其参考方向

电荷的定向运动形成电流。金属导体内的电流是由带负电荷的自由电子在电场力的作用下逆电场方向作定向运动而形成的，电解液或被电离后的气体中的电流是由正、负离子在电场力的作用下分别向两个方向定向运动形成的。

电流的大小用电流强度来衡量，其数值等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度简称为电流，用 i 表示，即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

式中， q 为电荷量，单位是库仑 (C)； t 是时间，单位是秒 (s)； i 是电流，单位是安培 (A)。电流的常用单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 等。

电流不但有大小，而且有方向。规定：正电荷定向运动的方向为电流的实际方向。

大小和方向都不随时间改变的电流称为恒定电流，通常所说的直流电流是指恒定电流，简称直流 (DC)。以后对大小和方向都不随时间变化的物理量均用大写字母来表示，如直流电流，用大写字母 I 表示；对变化的电流，用小写字母 i 表示。

在一些简单电路中，电流的实际方向是显而易见的。如图 1.2 所示电路，开关 S 闭合后，电流从电源的正极流出，经负载 R_L 流向电源的负极。但在一些较复杂的电路中，电流的实际方向往往很难预先判断，特别是在交流电路中电流的实际方向在不断改变，很难在电路中标明电流的实际方向。为了解决这个问题，引入电流的“参考方向”的概念。当不知道电流的实际方向时，先任意假设一个方向作为电流的正方向并标注在电路图上，这个任意假设的方向就称为电流的参考方向。

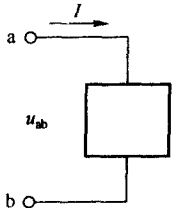


图 1.3 电流的参考方向

如图 1.3 所示，图中箭头所示的方向是任意假设的电流的参考方向，若在这个参考方向下计算出的电流为正值，说明所设参考方向与实际方向

一致；若得出的电流为负值，说明所设参考方向与实际方向相反。参考方向不一定是实际方向。

例如，在图 1.3 所选定的电流参考方向下，若电流 $I = 2\text{A}$ ，则这个 2A 电流的实际方向是由 a 端流向 b 端；如果电流 $I = -2\text{A}$ ，说明电流的实际方向与所选参考方向相反，这个 2A 电流的实际方向是从 b 端流向 a 端。

在电路图中，电流的参考方向除了可以用箭头表示外，还可以用双下标的字母表示，如用 i_{ab} 表示其参考方向由 a 指向 b，用 i_{ba} 表示其参考方向由 b 指向 a。显然，两者相差一个负号，即

$$i_{ab} = -i_{ba}$$

1.1.4 电压及其参考方向

为了衡量电场力做功的能力，引入“电压”这个物理量。在电路中，把电场力将单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功定义为 A、B 两点间的电压，用 u_{AB} 表示，即

$$u_{AB} = \frac{dw_{AB}}{dq}$$

式中， w_{AB} 是电场力所做的功，单位是焦耳 (J)； u_{AB} 是电压，单位是伏特 (V)。电压的常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等。

电压不但有大小，也有方向。规定：电场力移动正电荷的方向为电压的实际方向。

在复杂的电路中，电压的实际方向也很难判定，这给电路的分析计算带来一定的困难。因此，和对待电流一样，在两点之间任意选定一个方向作为电压的参考方向，在假设的电压参考方向下，若计算出的电压为正值，说明所设参考方向与实际方向一致；若计算出的电压为负值，说明所设参考方向与实际方向相反。两点间电压的标法可以用箭头表示；也可以用“+”、“-”极性表示；还可以用双下标字母表示，如 U_{AB} 表示电压的参考方向由 A 指向 B。

参考方向是一个极为重要的概念，电路的分析计算都是在选定的参考方向下进行的，使用时需要注意以下几点。

- ① 电流、电压的实际方向是客观存在的，不会因为参考方向选取的不同而改变。
- ② 在对电路进行分析计算时，对所提及的电流、电压必须首先选取其参考方向，并标注在电路图上，然后才能对电路进行分析计算。在未选取参考方向的情况下，所求得的电流、电压的值为正或为负都没有意义。
- ③ 电流、电压的参考方向可以任意假定，参考方向选取的不同，算出的电流、电压值相差一个负号。但参考方向一经选定，在电路的分析计算过程中不能再改变。
- ④ 虽然电压、电流的参考方向可任意选定，但为了分析方便，常将同一元件上的电流和电压的参考方向选为一致，称为关联参考方向；反之，为非关联参考方向，如图 1.4 所示。

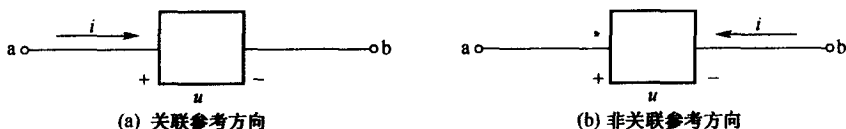


图 1.4 关联与非关联参考方向

1.1.5 电位

在分析电子电路时，常用到电位这一物理量。在电路中任选一点为参考点，常用符号“⊥”表示，某点的电位就是该点与参考点的电压。电位用字母 V 表示，单位是伏特 (V)。

在电路中若指定某点为参考点，如 O 点，则 A 点的电位为

$$V_A = U_{AO}$$

参考点本身的电位为零，所以参考点又称零电位点。

如果已知 A 、 B 两点的电位分别为 V_A 、 V_B ，则此两点间的电压为

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B$$

可见，两点间的电压就等于这两点的电位之差，所以，电压又叫电位差。

在电路中不指明参考点而谈某点电位的高低是没有意义的。至于选哪点为参考点，则要视分析问题的方便而定。

电路中的参考点可以任意选取，但同一电路中只能选择一个点作为参考点，参考点一经选定，电路中其他各点的电位也就确定了。当所选参考点变化时，电路中其他各点的电位将随之而变，但任意两点间的电压是不变的。

【例 1.1】图 1.5 所示电路中，已知 $U_2 = 5V$ ， $U_3 = -3V$ ， $U_4 = 4V$ ，试分别求：

(1) 以 d 为参考点时其他各点的电位及 U_{ac} ；

(2) 以 a 为参考点时其他各点的电位及 U_{ac} 。

解：(1) $V_d = 0$ 时：

$$V_b = U_{bd} = U_3 = -3V$$

$$V_a = U_{ad} = U_{ab} + U_{bd} = U_2 + U_3 = 5 + (-3) = 2V$$

$$V_c = U_{cd} = U_{cb} + U_{bd} = -U_{bc} + U_{bd} = -U_4 + U_3 = -4 + (-3) = -7V$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 2 - (-7) = 9V$$

(2) $V_a = 0$ 时：

$$V_b = U_{ba} = -U_{ab} = -U_2 = -5V$$

$$V_c = U_{ca} = U_{cb} + U_{ba} = -U_4 - U_2 = -4 - 5 = -9V$$

$$V_d = U_{da} = U_{db} + U_{ba} = -U_3 - U_2 = -(-3) - 5 = -2V$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 0 - (-9) = 9V$$

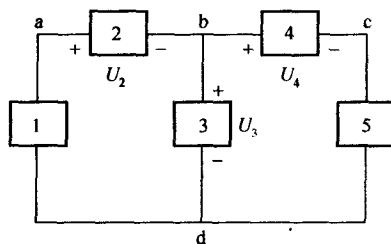


图 1.5 例 1.1 图

1.1.6 电功率和电能

1. 电功率

单位时间内电路吸收或发出电能的速率称为电功率，简称功率，用 p 或 P 表示。习惯上都把吸收或发出电能说成是吸收或发出功率。功率的单位是瓦特 (W)，简称瓦，常用的单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW)。

如图 1.6 所示的一段电路，电压和电流选为关联参考方向，在这样的参考方向下，可以认为正电荷由高电位端移向低电位端，电场力做功，电路吸收功率。其值为