



21世纪高等院校规划教材·计算机科学与技术

电路基础与电子技术简明教程

CIRCUIT FUNDAMENTAL AND ELECTRIC TECHNOLOGY SIMPLE TUTORIAL

邓保青 主 编 邵翠平 副主编
李忠金 主 审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

TM13/242

2010

21 世纪高等院校规划教材 · 计算机科学与技术

电路基础与电子技术 简明教程

主 编 邓保青

副主编 邵翠平

参 编 吴德林 符气叶

主 审 李忠金

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

为了适应高校不同专业对电路基础和电子技术课的需求,在保证基础内容和教学成效的前提下,本书将电路分析、模拟电子技术和数字电子技术3部分知识进行有机整合。本书在以“足用、适用”为原则的基础上,打破传统教学模式,侧重于数字电子技术部分,做到既简明扼要,又重点突出;在每章后设置了Multisim 10电路仿真实例,将理论教学实践化。通过Multisim 10电路仿真,对精选实例进行图文并茂、生动形象的分析,做到理论和实践完美结合。

全书分3篇,共11章。第一篇为电路分析基础,主要内容有电路的基本概念和基本定律、正弦交流电路;第二篇为模拟电子技术,主要内容有常用半导体器件、放大电路基础、集成运算放大器及应用、直流电源;第三篇为数字电子技术,主要内容有逻辑代数基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、可编程逻辑器件及VHDL应用。

本书深入浅出,适合作为高等院校计算机、电子及机械工程类等专业的电子技术基础课教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础与电子技术简明教程 / 邓保青主编. —北京: 中国铁道出版社, 2010.1

21世纪高等院校规划教材. 计算机科学与技术
ISBN 978-7-113-10982-0

I. ①电… II. ①邓… III. ①电路理论—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM13②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第011226号

书 名: 电路基础与电子技术简明教程

作 者: 邓保青 主编

策划编辑: 秦绪好 孟 欣

责任编辑: 秦绪好

特邀编辑: 刘朝霞

封面设计: 付 巍

责任印制: 李 佳

编辑部电话: (010) 63560056

编辑助理: 贾 星

封面制作: 李 路

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码: 100054)

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.25 字数: 418千

印 数: 4 000册

书 号: ISBN 978-7-113-10982-0

定 价: 28.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换。

随着现代电子技术的迅猛发展,电子技术已经渗透到许多领域,高等院校内计算机、电子及相关专业的新课程也日新月异、层出不穷。但是,这也带来了某些专业基础课篇幅庞大、内容分散、主次不明和知识陈旧等弊端,不仅使学生学习吃力、负担过重,而且也影响了新课程的教学效果。为了适应高等院校不同专业对电路基础和电子技术课的需求,树立培养高级实用型人才的教学理念,在保证基础内容和教学成效的前提下,编者将电路分析、模拟电子技术和数字电子技术三部分知识进行有机整合,组织编写了本教材。

在编写过程中,根据编者的教学经验,对教材内容的选取与衔接及重点难点的体现,以及例题、习题的选定都进行了认真分析,并做了较大幅度的改革。为了有效地实现三门课程的有机整合,编写过程中遵循了以下原则:

(1) 加强基础概念和基本工作原理的定性分析。以通俗易懂的实例分析引导出理论的相关内容,使理论分析尽量做到保证基础、深入浅出、通俗易懂,重点培养学生分析问题和解决问题的能力。

(2) 内容选择与整合。教材在以“足用、适用”为原则的基础上,侧重于数字电子技术部分,同时适当充实了一些相关内容,满足专业技术发展的需要。编排时尽量做到简明扼要、重点突出、主次分明、详略得当。

(3) 理论与实践并重,知识与技能并重。打破传统教学模式,将理论教学实践化。根据各章节理论知识的重点,通过 Multisim 10 电路仿真软件,对有代表性的实例进行图文并茂、生动形象的电路仿真和分析,使抽象的理论形象化、具体化,以此提高学生的认知度,使理论知识与实践教学有机地统一起来。

(4) 精选例题与习题。除精选例题、思考题与练习题外,每章后还设置了难度适当的总习题,便于学生自学。在学生掌握基本内容的前提下,重点培养学生处理实际问题 and 自学的能力。

(5) 适当加强新技术和应用方面的知识。在编写时,在模拟和数字电子技术的相关内容中,尽量引用新的集成电路应用技术,重点突出集成电路芯片外特性和应用电路的分析及实际技能的训练。

(6) 灵活、自主地选取实验内容。根据各专业的培养目标,可适当选择实验教学的方式和内容。专业性较强可另设实验课,相关专业可通过仿真、教师课堂演示等手段,达到促进和强化基础理论的学习、培养基本技能和创新能力的目的。

因本教材是三门课程的精编浓缩版,所以在内容上要进行有机整合。本书分3篇,共11章。第一篇为电路分析基础,第二篇为模拟电子技术,第三篇为数字电子技术,这三篇内容基本涵盖了“电路基础与电子技术”作为专业基础课所需要的知识。下面就本书在内容整合和衔接上做几点说明:

1. 电路分析部分,在内容上做了如下改革:

按电路形成的类型和应用,把电路分析内容编排为“电路的基本概念和基本定律”和“正弦交流电路”两章,将电路基本定律、定理及分析方法结合交直流电路进行分析,以利于学生掌握电路的基本内容及应用技能。因线性电路的动态分析理论性较强,而且应用较少,在编排时只对RLC电路基础在交直流电路中的应用做简单介绍。

2. 模拟电子技术部分在内容上也做了较大幅度的修改,整合成“常用半导体器件、放大电路基础、集成运算放大器及应用和直流电源”4章内容。具体措施如下:

(1) 常用电子器件半导体二极管、三极管及场效应晶体管的基本结构及应用等基本知识只做了一般介绍,而重点介绍半导体二极管和三极管的特性和应用技能。

(2) 放大电路基础部分重点分析单管共射放大电路和射极输出器。分析电路时,也只采用图形分析法定性分析电路工作原理,而对“微变等效电路法”和已被集成电路所取代了的多管放大电路分析部分只做简要说明。这既减轻了学生的负担,又加强了实践课教学,更有利于培养学生学习应用理论知识的兴趣。

(3) 将直流差动放大电路和反馈放大电路并入“集成运算放大电路”,合并为“集成运算放大器及应用”。因为学习直流差动放大器的主要目的是为分析集成运算放大器的内部结构及应用技术参数奠定基础的,因此并入该章有利于“集成运放和差动放大器”的有机结合,容易理解和记忆;反馈放大电路和集成运放的应用电路结合十分紧密,将其并入本章也有利于“集成运放和反馈放大器”组合电路工作原理及应用的学习。

3. 数字电子技术部分是本教材的重点篇章,内容的编排基本上保持通用教材的大多数章节。为了加强基础概念和基本工作原理的学习,也在内容编排上做了一些适当修改,分述如下:

(1) 将“逻辑门电路”并入“逻辑代数基础”。逻辑门电路是数字逻辑电路的基本组成部分,与逻辑代数基础联系紧密,两者合并有利于学生对数字电子技术基础知识的系统掌握。在这一章中,重点介绍逻辑代数中常用的卡诺图化简法和TTL数字集成电路的应用,而对烦琐的公式化简法和分立元件门电路只做一般介绍。

(2) “组合逻辑电路”、“集成触发器”、“时序逻辑电路”是本书重点章节,主要讲述常用集成电路芯片的基本工作原理、电路应用及实践技能应用的相关理论基础。

(3) 依据编写本教材的宗旨,删减了“脉冲产生与整形”、“数/模(D/A)和模/数(A/D)转换”和“半导体存储器”部分。其中,“脉冲产生和整形”中的555定时器和多谐振荡器合并到第10章的10.5节“定时脉冲发生器”中。

(4) 增添了“可编程逻辑器件及 VHDL 应用”一章内容, 初步介绍了 PLD 和硬件描述语言的基本知识。目前, 电子设计自动化是现代电子技术发展的一个重要方向, 是电子设计工程师必备的专业技术, 而 VHDL 的设计方式使数字电路的设计变得更加快捷和容易。因此, 为了让学生跟上科技发展的步伐, 提高学生学习新知识的兴趣, 编写了“可编程逻辑器件及 VHDL 应用”内容。但是要将这部分知识学以致用, 还需要后续课程的学习和实际应用, 因此, 本章可作为教材的阅读章节。

(5) 目录中标注“*”的章节为选讲内容, 教师可根据实际情况, 有选择地讲授该部分内容。

4. 本书简单介绍了 Multisim 10 电路仿真软件, 各章后又增设了应用该软件进行分析和电路仿真的精选实例。仿真实例都是围绕各章节中教学的基本要求和重点内容展开的, 所有仿真实例都经作者上机仿真通过, 可以实现。读者可利用正版软件, 调用这些电路进行仿真实验。

本书由邓保青任主编, 邵翠平任副主编, 第 1 章、第 10 章、第 11 章和全书 Multisim 10 电路仿真实例部分由邓保青编写, 第 7 章、第 8 章、第 9 章、附录 A 和附录 B 由邵翠平编写, 第 2 章、第 3 章、第 4 章和附录 D 中的第 1~6 章习题答案由吴德林编写, 第 5 章、第 6 章、附录 C、附录 D 中的第 7~11 章习题答案由符气叶编写, 本教材最后由邓保青统稿定稿, 李忠金主审。

本书在编写的过程中, 得到了许多同行专家的指导和帮助, 特向他们表示衷心的感谢! 同时也参考了与三门课程内容相关的教材、实验指导书及实践教学软件。在此, 也向为本书的编写和出版提供支持和帮助的各界人士表示诚挚的谢意!

在编写过程中, 虽然力求做到完美, 但由于教材改革的幅度较大, 又缺乏一定的教学经验, 加之时间仓促, 本书中必然还存在着若干纰漏与欠妥之处, 敬请广大读者及同行专家批评指正, 以便再版修订, 不胜感激!

编 者

2009 年 12 月

第一篇 电路分析基础

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	2
1.1 电路模型与电路基本物理量	2
1.1.1 电路	2
1.1.2 电路的状态	2
1.1.3 电路模型	3
1.1.4 电路的基本物理量	3
1.2 欧姆定律与线性电阻电路分析	7
1.2.1 电阻元件	7
1.2.2 欧姆定律	8
1.2.3 电阻的串联和并联	9
1.3 有源电路等效变换与基尔霍夫定律	11
1.3.1 电源模型	11
1.3.2 基尔霍夫定律	14
1.4 叠加定理	17
1.4.1 叠加定理的特性	17
1.4.2 叠加定理相关知识	17
*1.5 戴维南定理	18
1.5.1 戴维南电路模型	18
1.5.2 戴维南定理	18
*1.6 电路基础 Multisim 10 仿真实例	20
小结	24
习题	25
第 2 章 正弦交流电路	28
2.1 正弦交流电路的基本概念	28
2.1.1 正弦交流电路的参考方向及基本数学模型	28
2.1.2 正弦交流电的三要素法	29
2.1.3 相位差	30
2.1.4 交流电的有效值	31
2.2 正弦交流电的相量表示法	33
2.2.1 复数及其表示形式	33
2.2.2 正弦交流电的相量形式	33

2.3 正弦交流电路中 R、L、C 元件规律	35
2.3.1 电阻元件 R	35
2.3.2 电感元件 L	36
2.3.3 电容元件 C	39
2.4 R、L、C 元件串联交流电路及串联谐振	42
2.4.1 RLC 串联交流电路的物理参数	42
2.4.2 RLC 串联电路特性的判定	43
2.4.3 RLC 串联电路中的功率计算	44
2.4.4 RLC 串联电路的谐振	45
*2.5 正弦交流电路 Multisim 10 仿真实例	46
小结	48
习题	49

第二篇 模拟电子技术

第 3 章 常用半导体器件	52
3.1 半导体二极管	52
3.1.1 半导体基础知识	52
3.1.2 半导体二极管	54
3.1.3 特殊用途的二极管	57
3.2 半导体三极管	59
3.2.1 半导体三极管的基本知识	59
3.2.2 三极管伏安特性曲线	61
*3.3 场效应管	64
3.3.1 绝缘栅型场效应管	64
3.3.2 结型场效应管 (JFET)	66
3.3.3 场效应管的主要参数及使用注意事项	66
*3.4 半导体器件 Multisim 10 仿真实例	67
小结	67
习题	68
第 4 章 放大电路基础	70
4.1 放大电路的组成及工作原理	70
4.1.1 放大电路的基本概念	70
4.1.2 放大电路的组成原理	71
4.2 静态工作点的稳定与分压式偏置电路	74
4.2.1 影响静态工作点稳定的因素及改进方法	74
4.2.2 分压式偏置电路	75
4.2.3 静态工作点的计算	76
4.3 共集电极电路——射极输出器	78
4.3.1 电路组成	78

4.3.2	电路工作原理	78
*4.4	多级放大器简介	79
4.4.1	概述	80
4.4.2	多级放大电路的特性参数	81
*4.5	基本放大电路 Multisim 10 仿真实例	83
	小结	84
	习题	86
第 5 章	集成运算放大器及应用	88
5.1	差动放大电路	88
5.1.1	直流放大器的基本概念	88
5.1.2	零点漂移	89
5.1.3	基本差动放大电路	89
5.2	集成运算放大器的组成和主要参数	91
5.2.1	集成运放的组成和电路符号	92
5.2.2	集成运放的主要参数	93
5.2.3	集成运放的应用基础	93
5.2.4	集成运放应用简介	95
5.3	负反馈放大电路	96
5.3.1	反馈的基本概念	97
5.3.2	反馈的类型	97
5.3.3	负反馈对放大器性能的影响	99
5.4	集成运算放大器的线性应用	100
5.4.1	比例运算电路	100
5.4.2	加减运算电路	101
5.4.3	积分与微分运算	103
*5.5	集成运算放大器 Multisim 10 仿真实例	105
	小结	106
	习题	107
第 6 章	直流电源	108
6.1	整流滤波电路	108
6.1.1	单相半波整流电路	108
6.1.2	单相全波整流电路	110
6.1.3	单相桥式整流电路	111
6.1.4	滤波电路	112
6.2	直流稳压电路	116
6.2.1	直流稳压电路的基本概念	116
6.2.2	硅稳压二极管稳压电路	116
6.2.3	串联型稳压电路	117
6.2.4	集成稳压电源	119

*6.3 开关稳压电源	120
6.3.1 概述	120
6.3.2 串联型开关稳压电源	121
6.3.3 采用集成控制器的开关直流稳压电源	123
6.3.4 并联型开关稳压电源	124
*6.4 直流电源 Multisim 10 仿真实例	125
小结	126
习题	127

第三篇 数字电子技术

第 7 章 逻辑代数基础	130
7.1 数字电路概述	130
7.1.1 数字信号和数字电路	130
7.1.2 数字电路的特点	130
7.2 数制与编码	131
7.2.1 数制	131
7.2.2 编码	134
7.3 逻辑函数及其表示法	136
7.3.1 基本逻辑函数及运算	136
7.3.2 逻辑函数的建立及其表示法	139
7.4 逻辑代数的基本公式和基本定律	142
7.4.1 逻辑代数的基本公式和定律	142
7.4.2 逻辑代数的基本重要规则	143
7.5 逻辑函数的公式化简法	144
7.5.1 逻辑函数的最简形式	144
7.5.2 用公式化简逻辑函数	144
7.6 逻辑函数的卡诺图化简法	146
7.6.1 最小项与卡诺图	146
7.6.2 用卡诺图表示逻辑函数	148
7.6.3 用卡诺图化简逻辑函数	149
7.6.4 具有无关项的逻辑函数的化简	150
7.7 逻辑门电路	152
7.7.1 分立原件基本逻辑门电路	152
7.7.2 TTL 逻辑门电路	154
*7.7.3 CMOS 逻辑门电路	158
7.7.4 逻辑门的使用特性	159
*7.8 逻辑代数基础 Multisim 10 仿真实例	161
小结	162
习题	162

第 8 章 组合逻辑电路	165
8.1 概述	165
8.2 组合逻辑电路的分析方法和设计方法	166
8.2.1 组合逻辑电路的分析方法	166
8.2.2 组合逻辑电路的设计方法	166
8.3 编码器	168
8.3.1 普通编码器	168
8.3.2 优先编码器	169
8.4 译码器	170
8.4.1 二进制译码器	170
8.4.2 数码显示译码器	173
8.5 数据选择器	175
8.5.1 数据选择器的工作原理	175
8.5.2 用数据选择器实现组合逻辑函数	176
*8.6 加法器和数值比较器	177
8.6.1 加法器	177
8.6.2 数值比较器	179
*8.7 组合逻辑电路 Multisim 10 仿真实例	180
小结	181
习题	181
第 9 章 触发器	184
9.1 概述	184
9.2 基本触发器	184
9.2.1 基本 SR 触发器	184
9.2.2 同步触发器	186
*9.3 主从触发器	188
9.3.1 主从 SR 触发器	188
9.3.2 主从 JK 触发器	189
9.4 边沿触发器	192
小结	194
习题	194
第 10 章 时序逻辑电路	197
10.1 概述	197
10.2 时序逻辑电路的分析方法	197
10.2.1 同步时序逻辑电路的分析方法	197
10.2.2 异步时序逻辑电路的分析方法	200
10.3 数据寄存器和移位寄存器	201
10.3.1 寄存器	201

10.3.2 移位寄存器	202
10.4 计数器	204
10.4.1 异步计数器	204
10.4.2 同步计数器	207
10.4.3 任意进制计数器的构成方法	212
*10.5 定时脉冲发生器	214
10.5.1 时钟脉冲源电路	214
10.5.2 节拍脉冲产生电路	217
*10.6 时序逻辑电路 Multisim 10 仿真实例	218
小结	220
习题	220
*第 11 章 可编程逻辑器件及 VHDL 应用	224
11.1 可编程逻辑器件	224
11.1.1 PLD 简介	224
11.1.2 复杂可编程逻辑器件 (CPLD)	225
11.1.3 现场可编程门阵列 (FPGA)	226
11.2 可编程的硬件描述语言 VHDL	229
11.2.1 VHDL 概述	229
11.2.2 VHDL 程序基本结构	230
11.2.3 VHDL 的组合、时序逻辑设计	234
11.3 VHDL 有限状态自动机设计简介	236
11.3.1 有限状态机的基本概念	236
11.3.2 一般有限状态机的设计	237
11.3.3 摩尔型有限状态机设计	238
11.3.4 米立型有限状态机设计	240
小结	241
习题	242
附录 A 本书常用文字符号及其说明	243
附录 B 基本逻辑单元图形符号对照表	245
附录 C 常用中规模集成逻辑器件	246
附录 D 部分习题参考答案	249
参考文献	261

第一篇 电路分析基础

第一篇为电路分析基础，包括第 1~2 章，主要内容有电路的基本概念和基本定律、正弦交流电路。将电路基本定律、定理及分析方法结合交直流电路进行分析，以利于学生掌握电路的基本内容及应用技能。

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

本章主要介绍电路的基本知识和基本定律。主要包括：电路的组成、电路的基本物理量；电阻的串、并联及其化简；欧姆定律、基尔霍夫定律；有源线性电路的特性和分析方法等。

1.1 电路模型与电路基本物理量

电路模型是指把实际电路中的器件用相应的器件模型进行代替，得到实际电路的模型。电路基本物理量主要是描述电路特性的物理量，常用的物理量有电流、电压和功率等。

1.1.1 电路

电路是各种电器元件通过一定的连接方式构成的总体，也就是电流通过的路径。图 1-1(a) 为最简单的手电筒电路实物图，它由电源、负载、控制设备和器件、连接导线组成。图 1-1(b) 为将实物用电路符号表示的电路图，实际电路一般用这类符号表示。

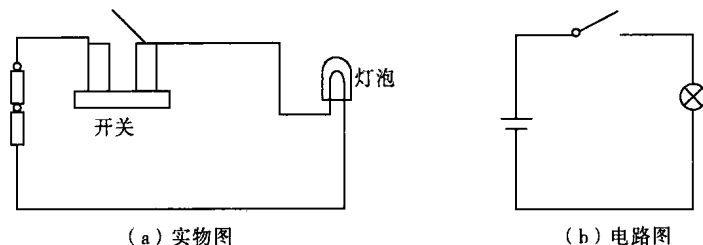


图 1-1 手电筒电路

- ① 电源（供能元件）：为电路提供电能的设备和器件（如电池、发电机等）。
- ② 负载（耗能元件）：使用（消耗）电能的设备和器件（如灯泡、电动机等常用电器），负载也常被称为用电器。
- ③ 控制设备和器件：控制电路通、断，保护电路安全，使电路能够正常工作的装置，如开关、熔断器、继电器等。
- ④ 连接导线：连接电源与负载的金属线称为导线。它把电源产生的电能送到负载。

1.1.2 电路的状态

电路的状态有如下 3 种：

- ① 通路（闭路）：电路各部分连接成闭合回路，有电流通过。

② 开路（断路）：电路断开，电路中没有电流通过。

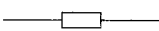
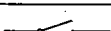
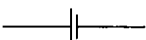
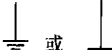
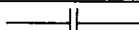
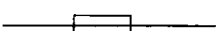
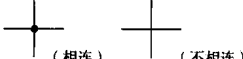
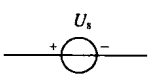
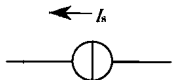
③ 短路（捷路）：当电源两端的导线直接相连时，电源输出的电流不经过负载，只经过连接导线直接流回电源，这种状态称为短路状态，简称短路。一般情况下，短路时的大电流会损坏电源和导线，应尽量避免。有时，在调试电子设备的过程中，将电路的某一部分短路，是为了使与调试过程无关的部分没有电流通过而采取的一种方法。

1.1.3 电路模型

实际使用的电路可能是简单的，也可能是复杂的。即使是最简单的电路，实际工程中电气元件涉及的知识也很广泛。为了便于对实际的复杂问题进行分析和计算，常常把实际的电路元件理想化，把实际的电气器件相应看成电源、电阻、电感与电容等有限的几种理想电路元件。例如，将主要是消耗电能的电阻器、白炽灯、电烙铁、电炉等实际电器用电阻元件来近似表示；将具有储存电场能量功能的元件，如电容器件，用电容元件近似表示；将具有储存磁场能量功能的元件，如荧光灯镇流器、滤波扼流线圈等器件，用电感元件近似表示；将提供电能的设备如电池、发电机等用电源模型来表示。

由理想元件构成的电路称为实际电路的电路模型，简称为电路图。任何实际电路都可以用电路图表示，电路图理想元件要用特定的图形符号来表示，国家标准对其有统一的规定，使用时要遵守国家标准。表 1-1 所示为几种常用的标准图形符号。

表 1-1 几种常用的标准图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号
固定电阻		可调电阻	
灯泡		开关	
电池		接地	
电感		电容	
熔断器		导线	
理想电压源		理想电流源	

电路的功能繁多，但从总体上来说主要有两个方面：一是进行能量的传输、分配和转换；二是进行信息的传递、处理和运算。

电路问题主要分为两大类：一是电路分析，按已给定的电路结构及参数分析和计算电路中的电流、电压、功率等各物理量；二是电路的综合，按给定的电气特性要求实现一个电路，即确定电路的结构以及组成电路的元器件类型和参数。

1.1.4 电路的基本物理量

1. 电流

电荷的定向移动形成电流。电流既有大小又有方向。其方向规定为正电荷流动的方向，其大小用电流强度来度量，通常将电流强度简称为电流。

电流可分为两类：一类是大小和方向均不随时间改变的电流，称为恒定电流，简称为直流，简称为 DC，如图 1-2 (a) 所示；另一类是大小和方向都随时间变动的电流，称为变动电流，其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交变电流，简称为交流，简称为 AC，如图 1-2 (b)、(c) 所示。

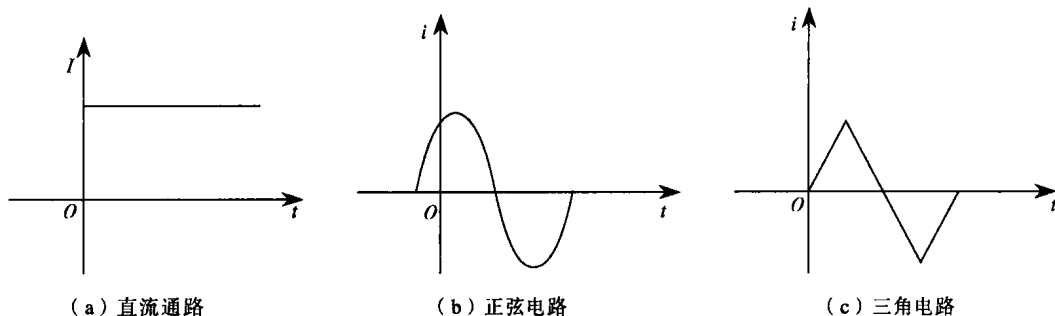


图 1-2 电路波形

对于直流电流，单位时间内通过导体横截面的电荷量 Q 是不变的，定义电流为

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

对于交流电流，设在一段很小的时间间隔 $\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$ 内，通过导体截面的电荷量为 $\Delta Q = Q_2 - Q_1$ ，则在 Δt 时间内的电流强度为

$$i = \Delta Q / \Delta t \quad (1-2)$$

式 (1-2) 中，电流强度的国际单位是安培，简称安，符号为 A。常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA)，它们之间的换算关系如下：

$$1\text{kA} = 1000\text{A}, 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}, 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

【例 1.1】有一根导线 3min 内通过其横截面的电荷为 $1.8Q$ ，通过导线的电流是多大？合多少毫安，多少微安？

解：根据电流强度的定义式，有

$$i = \Delta Q / \Delta t = [1.8 / (3 \times 60)]\text{A} = 0.01\text{A} = 10\text{mA} = 10000\mu\text{A}$$

在一段电路中事先选定（假定）电流方向，称做电流的参考方向。电流的参考方向可以任意指定，一般用箭头表示。但是为了方便，通常采用关联参考方向，即：电流从标电压“+”极性的一端流入，并从标电压“-”极性的一端流出，反之，则为非关联参考方向。在今后分析计算电路时，规定：若电流的实际方向与选定的参考方向一致，则电流值为正值，即 $i > 0$ ；若电流的实际方向与任意选定的参考方向相反，则电流值为负值，即 $i < 0$ ，如图 1-3 所示。

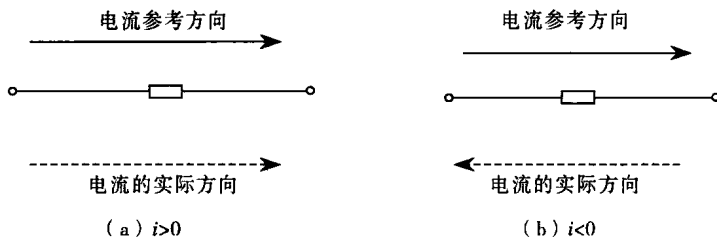


图 1-3 电流参考方向

电流在导体中流动的实际方向有两种可能：一种与电流参考方向相同，另一种与电流参考

方向相反。在复杂电路中,某一段电路的实际方向是很难判定的,有时电流的实际方向在不断改变。因此,在电路中很难标明电流的实际方向。

【例 1.2】如图 1-4 所示,电流和电压的参考方向已经选定,已知 $I=4\text{A}$, $U=-2\text{V}$, 请指出电流和电压的实际方向。

解: $I=4\text{A}>0$, I 的实际方向与参考方向一致,因此 I 的实际方向由 a 指向 b。

$U=-2\text{V}<0$, U 的实际方向与参考方向相反,因此 b 为电压实际方向的正极, a 为电压实际方向的负极,电压实际方向由 b 指向 a。



图 1-4 例 1.2 图

2. 电压

在电路中,电荷之所以能定向移动,是由于有电场力作用。如图 1-5 所示,正电荷 q 在电场力 F 的作用下,由 a 点移到 b 点,电场力所做的功为 W ;若 a 点移到 b 点的电压记为 U_{ab} ,则其表达式为

$$U_{ab} = W/q \quad (1-3)$$

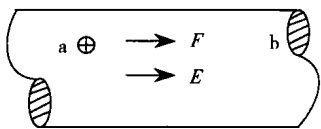


图 1-5 电压的定义示意图

由上式可知,电路中 a、b 两点之间的电压大小等于单位正电荷在电场力的作用下从 a 点到 b 点所做的功。电压的方向规定为从高电位指向低电位。

电压的国际单位是伏特,简称伏,符号由 V 表示。有时也用千伏(kV)、毫伏(mV)或微伏(μV)为单位。它们之间的换算关系为

$$1\text{kV}=10^3\text{V}, 1\text{V}=10^3\text{mV}, 1\text{V}=10^6\mu\text{V}$$

电压总是指两点之间的电压,所以有时用双下标表示电压,如 U_{ab} 。前一个下标代表起点 a (正电荷运动起点),后一个下标代表终点 b。电压的方向则由起点指向终点。

在电源内部,外力将单位正电荷由负极移向正极所做的功定义为电源的电动势,用字母 E 代表,电动势的单位也是 V。电动势的方向由负极指向正极,如图 1-6 所示。

电压为电场力在电源之外将单位正电荷从高电位处移向低电位处所做的功。

在电路中任选一点 O 为参考点(一般一个电路只能选择一个参考点,且令参考点的电位为零),则某点到参考点之间的电压就称做这一点(相对于参考点)的电位,电位用符号 V 表示,如图 1-7 所示。

若 a 点的电位记做 V_a ,则当选择点 O 为参考点时有 $V_a=U_{a0}$ 。

如果电路中 a、b 两点的电位分别为 V_a 和 V_b ,则 $U_{ab}=V_a-V_b$ 。即两点间的电压就是这两点电位之差。引入了电位的概念之后,也可以说,电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,为此常将电压称为电压降。