

安徽省高等学校省级规划教材

电路与电子技术基础



主编 王本有 汪德如

中国科学技术大学出版社

安徽省高等学校省级规划教材

电路与电子技术基础

主 编 王本有 汪德如

副主编 李建新 周旭胜

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是为了适应信息技术和计算机类专业课程的教学改革和现代高等教育中加强对学生应用能力的培养而编写的. 主要内容包括: 电路的基本概念和定律、电路的基本分析方法和定理、动态电路的时域分析、正弦电路的稳态分析、半导体器件及基本放大电路、集成运算放大电路及其应用、直流稳压电源、逻辑代数基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、模/数和数/模转换、波形的产生等.

本书可作为普通高等院校计算机应用、电子工程、通信工程等相关专业的本科生、专科生教材, 也是有关工程技术人员的实用参考书.

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术基础/王本有, 汪德如主编. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-312-03848-8

I. 电… II. ①王… ②汪… III. ①电路理论—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM13 ②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 188730 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 23
字数 570 千
版次 2015 年 8 月第 1 版
印次 2015 年 8 月第 1 次印刷
定价 45.00 元

前 言

随着信息技术的发展,计算机、电气、电子、通信等专业有了许多新的专业课,尤其是实践课,普通高等院校为了加强学生应用能力的培养,将科研性、创新性、拓展性等教育新模式引入到日常的教学中.因此,在有限的时间内让学生学习更多的知识,必须要压缩学科基础课的课时.为保证基础课的教学质量和应用型人才的培养目标,编者认真总结多年的教学经验,学习参考了国内外同类及相关教材和著作,编写了《电路与电子技术基础》一书.本书是为高等学校计算机科学与技术专业和信息技术等相关专业编写的教材,也可供高等教育自学读者参考.

“电路与电子技术基础”是一门综合性的课程,它依据减少内容重复、精简课程门类的原则,针对计算机、信息技术等相关专业学习硬件知识方面的需求,有机地融合了电路分析、模拟电子技术与数字电子技术三门课程所包含的内容.内容上深入浅出,保证了所述内容的深度和广度,将归并的内容以基本原理、实际应用和例题等形式体现在相关章节中,通俗易懂,既保证了基础知识的完整性和连贯性,又增加了学生练习的机会,以满足后续课程的需要.

本书强调图形的直观解释作用,强调对实际电路的计算、分析及实际问题能力的培养.在内容取舍上,强调基本理论以“必需、够用”为度,采用少而精,启发式,培养学生独立思考、富于联想、触类旁通的发散思维能力等原则.在联系实际上,要求是基本理论的自然延续、有机结合,也以“必需、够用”为度.

本书共分14章,逻辑线条清晰,科学严谨,概念明晰,重点突出,强化应用.电路部分主要讲授基本概念和基本定律,要求掌握电路的基本知识和分析方法;模拟电子技术部分主要讲授半导体器件和集成运算放大器,要求掌握放大电路的分析方法和实际应用,掌握正弦波振荡电路和直流稳压电源的设计;数字逻辑部分主要讲授组合逻辑电路和时序逻辑电路,重点是学习和掌握集成电路的使用.为进一步学习计算机硬件课程,如单片机、微机原理与接口技术以及计算机控制技术课程打下良好的基础.

本书由王本有和汪德如任主编,李建新、周旭胜任副主编.本书前身为《计算机电路基础》,该书2007年经皖西学院和中国科学技术大学出版社共同推荐,列选为安徽省高等学校“十一五”省级规划教材,2008年8月由中国科学技术大学出版社正式出版.该教材已在皖西学院计算机科学与技术系的本科教学中使用多年,教学效果良好.此次修订过程中得到了皖西学院领导和同事们的鼎力相助,在他们无私的帮助下,我们顺利完成了修订再版工作,在此表示感谢.

限于编者的水平,书中存在错误、疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正.

编 者

2015年5月

目 录

前言	(i)
----------	-------

上篇 电路基础知识

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路	(1)
1.1.1 电路的组成	(1)
1.1.2 电路模型	(1)
1.2 电阻与欧姆定律	(3)
1.2.1 导体的电阻	(3)
1.2.2 欧姆定律	(3)
1.3 电流、电压、功率	(5)
1.3.1 电流	(5)
1.3.2 电压、电位、电动势	(6)
1.3.3 功率	(8)
1.4 电路的三种工作状态——开路、负载和短路	(10)
1.4.1 开路状态	(10)
1.4.2 负载状态	(10)
1.4.3 短路状态	(10)
1.5 无源电路元件	(11)
1.5.1 电阻元件	(11)
1.5.2 电容元件	(11)
1.5.3 电感元件	(13)
1.6 有源电路元件	(14)
1.6.1 理想电压源	(15)
1.6.2 理想电流源	(15)
1.6.3 实际电源的模型	(16)
1.7 电气设备的额定值	(16)
本章小结	(16)
习题	(17)
第 2 章 电路的分析方法	(20)
2.1 电阻的串并联	(20)
2.1.1 电阻的串联	(20)
2.1.2 电阻的并联	(20)
2.1.3 电阻的混联	(21)

2.2 基尔霍夫定律(Kirchhoff's laws)	(22)
2.2.1 基尔霍夫定律	(22)
2.2.2 基尔霍夫第一定律——电流定律(KCL)	(23)
2.2.3 基尔霍夫第二定律——回路电压定律(KVL)	(24)
2.3 支路电流法	(25)
2.4 结点电压法	(26)
2.5 叠加原理	(28)
2.6 电路的等效变换	(29)
2.6.1 电源的等效变换	(30)
2.6.2 等效电源定理	(31)
2.7 含受控源电路的分析	(33)
2.7.1 受控源	(33)
2.7.2 受控源电路的分析	(34)
本章小结	(38)
习题	(38)
第3章 正弦交流电路	(44)
3.1 正弦交流电路的基本概念	(44)
3.1.1 相位、初相和相位差	(44)
3.1.2 周期、频率、角频率	(45)
3.1.3 瞬时值、振幅、有效值与平均值	(46)
3.2 正弦交流电的表示法	(47)
3.2.1 波形图	(47)
3.2.2 旋转矢量图	(47)
3.2.3 交流电的复数表示法	(48)
3.2.4 复数的运算——相量运算	(49)
3.3 单一参数的正弦交流电路	(50)
3.3.1 电阻元件	(50)
3.3.2 纯电感电路	(52)
3.3.3 纯电容电路	(54)
3.4 RLC 串联正弦交流电路	(57)
3.4.1 RLC 串联电路分析方法	(57)
3.4.2 RLC 串联交流电路的功率与功率因数	(60)
3.5 正弦稳态电路功率因数的提高	(61)
3.5.1 功率因数提高的意义	(61)
3.5.2 提高功率因数常用的方法	(61)
3.6 电路中的谐振	(63)
3.6.1 串联谐振	(63)
3.6.2 并联谐振	(64)
本章小结	(64)
习题	(65)

第4章 电路的暂态分析	(67)
4.1 电路的过渡过程	(67)
4.1.1 基本概念	(67)
4.1.2 换路定律	(68)
4.2 RC电路的充放电过程分析	(70)
4.2.1 RC电路的充电过程——零状态响应	(70)
4.2.2 RC电路的放电过程——零输入响应	(72)
4.2.3 RC电路非零状态的充放电——全响应	(72)
4.3 (一阶)RC、RL电路分析的三要素法	(73)
4.4 RC电路的微分、积分和耦合	(77)
4.4.1 微分电路	(77)
4.4.2 耦合电路	(79)
4.4.3 积分电路	(79)
本章小结	(80)
习题	(80)

中篇 模拟电子技术基础

第5章 半导体器件基础	(85)
5.1 半导体基本知识	(85)
5.1.1 半导体基础	(85)
5.1.2 PN结	(86)
5.2 晶体二极管	(87)
5.2.1 二极管的结构	(87)
5.2.2 二极管的特性	(88)
5.2.3 二极管的主要参数	(89)
5.2.4 二极管的应用	(89)
5.2.5 特殊二极管	(91)
5.3 晶体三极管	(91)
5.3.1 三极管的结构、特点与命名	(91)
5.3.2 三极管的工作原理	(92)
5.3.3 三极管在电路中的三种组态	(93)
5.3.4 三极管的特性曲线	(94)
5.3.5 三极管的主要参数	(95)
5.4 场效应管	(95)
5.4.1 概述	(95)
5.4.2 结型场效应管(JFET)	(96)
5.4.3 绝缘栅场效应管(MOS管)的工作原理	(98)
5.4.4 场效应管的特点	(101)
本章小结	(102)

习题	(102)
第6章 基本放大电路	(111)
6.1 基本共射极放大电路分析	(111)
6.1.1 电路组成	(111)
6.1.2 静态图解分析	(112)
6.1.3 动态图解分析——交流放大工作状态	(113)
6.1.4 基本放大器的近似估算法	(114)
6.1.5 放大器波形的失真	(119)
6.1.6 微变等效电路分析法简介	(120)
6.2 工作点稳定的共射极放大电路——分压式偏置放大电路	(122)
6.2.1 影响放大器工作点的因素	(123)
6.2.2 分压式偏置放大电路稳定原理	(123)
6.2.3 静态分析	(123)
6.2.4 动态分析	(124)
6.3 共集电极放大电路——射极输出器(GC)	(127)
6.3.1 射极输出器静态分析	(127)
6.3.2 射极输出器动态分析—— A_u 、 r_i 、 r_o	(128)
6.4 功率放大电路	(130)
6.4.1 功率放大器分类及工作状态	(130)
6.4.2 互补对称功率放大电路	(131)
6.4.3 变压器耦合功率放大电路	(132)
6.5 多级放大电路及其级间耦合方式	(133)
6.5.1 多级放大电路的耦合方式	(133)
6.5.2 直接耦合放大电路带来的问题	(134)
6.5.3 差动放大电路	(134)
6.6 放大电路中的负反馈	(136)
6.6.1 反馈的基本概念	(137)
6.6.2 反馈分类与判定	(137)
6.6.3 负反馈对放大器性能的影响因素	(139)
本章小结	(141)
习题	(142)
第7章 集成运算放大器及其应用	(151)
7.1 集成电路概述	(151)
7.1.1 集成电路及其发展	(151)
7.1.2 集成电路的特点	(151)
7.1.3 集成电路的分类	(152)
7.2 集成运放的基本组成及参数	(152)
7.2.1 集成运放的组成	(152)
7.2.2 集成运放的主要参数	(154)

7.3 理想运算放大器	(155)
7.3.1 理想运放的技术指标	(155)
7.3.2 理想运放的两种工作状态	(156)
7.4 运放基本应用电路分析	(157)
7.4.1 负反馈放大电路	(157)
7.4.2 比例运算电路	(157)
7.4.3 加减运算电路	(160)
7.4.4 积分和微分运算电路	(162)
本章小结	(162)
习题	(163)
第8章 直流稳压电源	(169)
8.1 稳压电源的结构与特性指标	(169)
8.1.1 结构	(169)
8.1.2 稳压电源的特性指标	(169)
8.2 整流电路	(170)
8.2.1 单相半波整流电路	(170)
8.2.2 单相桥式整流电路	(171)
8.3 滤波电路	(172)
8.3.1 电容滤波电路	(172)
8.3.2 电感滤波	(173)
8.4 稳压电路	(174)
8.4.1 稳压管稳压电路	(174)
8.4.2 串联反馈型三极管稳压电路	(175)
8.4.3 集成稳压器	(176)
8.4.4 开关稳压电源	(177)
本章小结	(178)
习题	(179)

下篇 数字电子技术基础

第9章 数字逻辑基础	(184)
9.1 数制与编码	(184)
9.1.1 数制	(184)
9.1.2 编码	(185)
9.1.3 数制转换	(186)
9.2 逻辑函数和逻辑表达式	(187)
9.2.1 逻辑变量与逻辑函数	(187)
9.2.2 基本逻辑运算	(188)
9.2.3 常用逻辑运算	(190)
9.2.4 逻辑函数的表达方式	(192)

9.3 逻辑代数	(194)
9.3.1 逻辑代数的基本公式	(194)
9.3.2 常用公式	(194)
9.3.3 基本规则	(195)
9.4 卡诺图	(196)
9.4.1 卡诺图编排规律和特点	(196)
9.4.2 用卡诺图表示逻辑函数	(197)
9.4.3 卡诺图化简原理	(197)
9.5 逻辑函数化简	(198)
9.6 TTL 电路与 COMS 电路	(207)
9.6.1 TTL 电路	(208)
9.6.2 CMOS 电路	(208)
9.6.3 TTL 与 COMS 参数	(209)
9.6.4 门电路的带载能力	(210)
9.6.5 门电路的抗干扰措施	(211)
9.6.6 其他逻辑门电路	(212)
本章小结	(215)
习题	(215)
第 10 章 组合逻辑电路	(219)
10.1 组合逻辑电路分析	(219)
10.1.1 组合逻辑电路的一般分析方法	(219)
10.1.2 组合逻辑电路的一般设计方法	(220)
10.2 常用组合逻辑集成电路	(222)
10.2.1 编码器	(222)
10.2.2 译码器	(226)
10.2.3 数据分配器	(234)
10.2.4 数据选择器	(235)
10.2.5 加法器	(241)
10.2.6 数值比较器	(244)
10.3 组合逻辑电路的竞争和冒险	(247)
10.3.1 判断组合逻辑电路是否存在竞争冒险	(247)
10.3.2 消除竞争冒险现象的方法	(248)
本章小结	(249)
习题	(249)
第 11 章 触发器	(258)
11.1 触发器基本概念	(258)
11.1.1 触发器的一般特点	(258)
11.1.2 触发器分类及其逻辑功能描述方法	(258)
11.2 触发器的工作原理	(259)

11.2.1 RS 触发器	(259)
11.2.2 JK 触发器	(264)
11.2.3 D 触发器	(265)
11.2.4 T 触发器	(266)
11.2.5 T' 触发器	(267)
11.3 触发器的分析	(268)
11.3.1 触发器功能和时序波形分析	(268)
11.3.2 触发器功能和状态转换	(269)
本章小结	(271)
习题	(271)
第 12 章 时序逻辑电路	(276)
12.1 时序逻辑电路的基本概念	(276)
12.1.1 时序逻辑电路	(276)
12.1.2 同步和异步时序逻辑电路	(276)
12.1.3 状态转换表和状态转换图	(276)
12.2 寄存器	(277)
12.2.1 寄存器工作原理及其应用	(283)
12.2.2 集成寄存器 74LS194 及其应用	(284)
12.2.3 时序逻辑电路的一般分析方法	(285)
12.2.4 同步时序逻辑电路的一般设计方法	(287)
12.3 计数器	(294)
本章小结	(299)
习题	(300)
第 13 章 A/D 和 D/A 转换器	(308)
13.1 D/A 转换器	(308)
13.1.1 D/A 变换基本概念	(308)
13.1.2 集成 D/A 转换器及其应用	(313)
13.2 A/D 转换器	(315)
13.2.1 A/D 转换的一般工作过程	(315)
13.2.2 集成 A/D 转换器及其应用	(318)
本章小结	(320)
习题	(320)
第 14 章 信号产生与变换电路	(323)
14.1 正弦波振荡电路	(323)
14.1.1 正弦波产生	(323)
14.1.2 RC 正弦波振荡电路	(324)
14.1.3 LC 正弦波振荡电路	(326)
14.2 非正弦信号产生电路	(329)
14.2.1 比较器	(329)

14.2.2 方波产生电路·····	(331)
14.2.3 三角波产生电路·····	(332)
14.2.4 锯齿波产生电路·····	(332)
14.3 门电路组成的波形发生器·····	(333)
14.3.1 多谐振荡器·····	(333)
14.3.2 单稳态触发器·····	(335)
14.3.3 施密特触发器·····	(336)
14.4 555 定时器及其应用 ·····	(338)
14.4.1 555 定时器 ·····	(338)
14.4.2 555 定时器应用举例 ·····	(339)
本章小结·····	(342)
习题·····	(343)
附录·····	(348)
附录 1 电阻器、电位器、电容器型号命名法 ·····	(348)
附录 2 电阻色环转换为阻值对照表 ·····	(349)
附录 3 国产半导体集成电路型号命名方法 ·····	(350)
附录 4 半导体型号命名方法 ·····	(350)
参考文献·····	(353)

上篇 电路基础知识

第1章 电路的基本概念和基本定律

本章主要介绍电路模型的基本概念和基本定律,介绍电路中三个基本的物理量:电流、电压和功率;两个定律:欧姆定律、楞次定律;电路的三种工作状态:开路、负载和短路;两种元件:无源电路元件(电阻、电容和电感)和有源电路元件(理想电压源和电流源、实际电源)。

1.1 电 路

电路是电流的通路,是某些元件或电气设备按一定方式组合起来的,能完成一定的功能。电路在日常生活、生产和科学研究中得到了广泛应用。通常,若工作时电路中的电流方向不随时间变化,则被称为直流电路;若电路中的电流大小和方向随时间变化而变化,则称为交流电路。

1.1.1 电路的组成

电路的结构形式和所能完成的任务是多种多样的,电路一般可分成电源、负载和中间环节三个组成部分。电源是提供电能的设备,是电路工作的能源,其作用是将非电能转换成电能。负载是用电设备,是电路中的主要耗电器件。负载的作用是将电能转换成非电能。中间环节是指电源与负载之间的部分,如图 1-1 所示。

1.1.2 电路模型

由电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、运算放大器、传输线等电气器件和设备连接而成的电路,称为实际电路。其作用是实现电信号的传输、处理和存储。如在收录机、电视机、计算机、通信系统和电力网络中都可以看到各种各样的电路。实际电路都是由一些按需要起不同作用的实际电路元件或器件组成的,为了对实际电路进行分析和用数学工具描述,忽略电路元器件的次要因素,将其理想化,并用规定的电气图形符号来表示,就是实际电路的电路模型,简称为电路。

理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,这些元件分别由相应的参数来表征。例如常用的手电筒,电路模型如图 1-2 所示。其实际电路元件有干电池、灯泡、开关和导体,灯泡可看作纯电阻元件,其参数为电阻 R ;干电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内电阻(简称内阻) R_0 ;导体是连接干电池与灯泡的中间环节,包括开关,其电阻忽略不计。

今后分析的都是电路模型,即将实际电路元件理想化,在一定条件下考虑元器件的主要电

气性能,而忽略其次要因素,把它近似地看作理想电路元件.理想电路元件是组成电路模型的最小单元,是具有某种确定的电气性质的假想元件,是一种理想化的模型,并具有精确的数学定义.基本的理想电路元件有五种:电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源和理想电流源.



图 1-1 电路组成框图

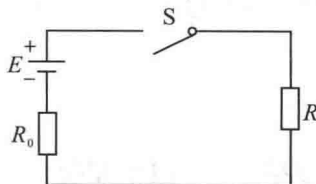


图 1-2 手电筒的电路模型

在电路图中,各种电路元件用规定的图形符号表示,从而可以画出表明实际电路中各个器件互相连接关系的原理图.本书所讨论的电路均不是实际电路,而是它们的电路模型,电路中各电路元件用规定的图形符号表示.表 1-1 列举了我国国家标准中的部分电气图形符号.

表 1-1 部分电气图形符号

(根据国家标准 GB4728)

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
导线	——	传声器		电阻器	
连接的导线		扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈,绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		晶体管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电 池		直流电动机	

续表					
名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
电流表		功率表		电能表	
独立电流源		独立电压源		受控电流源	
受控电压源		回转器		开 路	
短路		二端元件		非线性电阻	

1.2 电阻与欧姆定律

1.2.1 导体的电阻

导体两端加有电压时,导体内将有电流通过,导体对电流呈现阻力,这种阻力就叫作**导体的电阻**. 用字母 R 表示,单位为欧姆(Ω). 常用单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$) 等.

$1\text{ k}\Omega = 10^3\ \Omega$ $1\text{ M}\Omega = 10^6\ \Omega$

电阻在电路中的符号如图 1-3 所示. 在电路中,各种设备如电灯、扬声器等负载也常用电阻来等效.

如果在电路两端加 1 V 电压,若产生 1 A 电流,则此时导体的电阻为 1 Ω .



图 1-3 电阻符号

电导,用 G 来表示,单位为西门子,符号为 S.

$$G = \frac{1}{R} (\Omega^{-1}) \tag{1-1}$$

电阻的大小与导体材料、导体尺寸有关,导体愈长、愈细,导体的电阻也就愈大. 设导体的横截面为 S 、长为 l ,则由实验可知这段导体的电阻为

$$R = \rho \frac{l}{S} (\Omega) \tag{1-2}$$

式中, ρ 是只与导体材料有关的物理量,称为这种材料的电阻率. 在国际单位制中,电阻率的单位为欧姆·米($\Omega \cdot \text{m}$).

1.2.2 欧姆定律

在导体(电阻) 两端加上电压,则导体中有电流流过,电流、电压与电阻三者之间的关系遵从一定的规律,实验证明:

流过导体(电阻) 的电流 I 与导体两端的电压成正比,这个规律称为**欧姆定律**.

用数学方法表示,为

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

或

$$U = IR, \quad R = \frac{U}{I}$$

从式(1-3)可看出,流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比,与电阻本身成反比.电阻一定时,电压愈高电流愈大;电压一定时,电阻愈大电流愈小.

例如,电阻 R 两端的电压为 U_{ab} ,则流过电阻的电流 I 为

$$U_{ab} = IR \Rightarrow I = \frac{U_{ab}}{R}$$

假设 $U_{ab} = 9 \text{ V}$, $R = 3 \Omega$,则

$$I = \frac{9}{3} = 3 \text{ (A)}$$

欧姆定律是电路的基本定律之一,它说明流过电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系,反映了电阻元件的特性,三者知其二,则可求出另一量.

电阻上消耗的功率为

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R \text{ (W)} \quad (1-4)$$

在电阻上,两端加电压时流过 R 的电流 I 与电压 U 成正比,也就是说该段电路的电阻 R 与加在两端的电压大小无关,电阻是导体自己固有的量.由于在电阻上 U 与 I 呈线性关系,因而电阻也称为**线性电阻**,或**线性元件**,电阻的伏-安曲线如图 1-4 所示.

若电阻大小与加在其两端的电压有关,则称为**非线性电阻**,如二极管,它的伏-安特性曲线如图 1-5 所示.

欧姆定律仅适用于线性电阻电路,对于非线性电路,欧姆定律不适用.

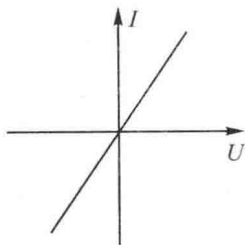


图 1-4 电阻的伏-安特性曲线

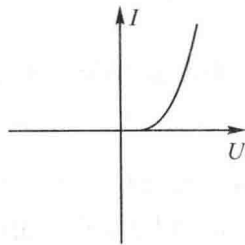


图 1-5 二极管的伏-安特性曲线

【例 1.1】 一把电烙铁,其电阻为 $R = 1\,000 \Omega$,如工作时电压 $U = 220 \text{ V}$,求工作时流过烙铁的电流 I .

解:由欧姆定律知

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1\,000} = 0.22 \text{ (A)}$$

1.3 电流、电压、功率

1.3.1 电流

带电粒子(电子、离子)有规则的定向移动形成**电流**,在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量.电子和负离子带负电荷,正离子带正电荷.电荷用符号 q 或 Q 表示,在国际单位制(SI)中单位为库仑(C).设在时间 dt 内通过导体横截面 S 的电荷量为 dq ,则电流 i 为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-5)$$

方向和大小都变化的电流称为**交流电流**,一般用英文小写字母 i 表示.如果电流不随时间变化,即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$,则这种电流称为**直流电流**,一般用 I 表示.对直流电流,上式可以写为: $I =$

$\frac{q}{t}$,其中 q 是时间 t 内流过导体横截面 S 的电荷量.本书中均用**大写字母表示恒定不变的直流量**,用**小写字母表示随时间变化的交流量**.

习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向(即实际方向).电流的方向是客观存在的,当一个电路的元件参数和电路结构确定以后,流过各元件的电流大小和方向也就确定了.但在电路分析中,尤其是复杂电路的分析中,事先很难判断某支路中电流的实际方向,而且电流的方向还可能是随时间变化的(在交流电路中).为了分析与计算的方便,可任意选择一个方向作为电流的正方向,称为电流的**参考方向**.参考方向并不一定与实际方向相同,当电流的实际方向与其参考方向相同时,电流为正值;反之,当电流的实际方向与参考方向相反时,电流为负值.因此,只有在选定了参考方向以后,电流的值才有正负之分,如图1-6所示,(a)图中参考方向与实际方向相同,所以 $I > 0$; (b)图中选择的电流参考方向与实际方向相反,所以 $I < 0$.

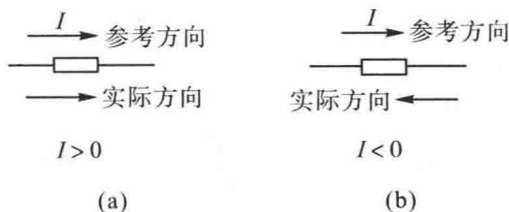


图 1-6 电流方向

电流的参考方向可以任意指定,一般用箭头表示,也可以用双下标表示,例如 I_{ab} 表示参考方向是由 a 指向 b .

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安培(A),并常用毫安(mA)、微安(μA)、千安(kA)等单位,各单位间的关系为

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