



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机电路基础

(第二版)

何超 主编

余席桂 副主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TP331/11

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机电路基础

（第二版）

何 超 主 编

余席桂 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书被评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

本书力图做到深入浅出,通俗易懂,逻辑清晰,科学严谨,概念准确。本书强调图形的直观解释作用,注重实际电工计算能力、分析及实际问题能力的提高;在内容取舍上,强调基本理论以“必需够用”为度,贯彻少而精、启发式原则,培养学生独立思考、富于联想、触类旁通的发散思维能力;在联系实际上,要求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 12 章。主要讲解最基本的电路知识,了解磁现象和电磁相互作用及其应用(如仪用电机、磁存储等),学习最基本的模拟电子电路知识,学习和掌握数字电路的基本知识,特别注重在计算机科学技术方面的应用。为进一步学习计算机硬件课程,如计算机组装与维护、微机原理、单片机、接口技术以及计算机控制技术等课程打下良好的基础。

本书是为高等学校计算机类和信息类各专业编写的电工技术教材,读者对象主要是高职高专和应用型本科的计算机类和信息类专业的学生,以及其他高等院校非电类相关专业的本科学子,本书也可供高等教育自学者参考。

本书配有辅导教材《计算机电路基础(第二版)实验与习题解答》,并提供免费电子教案,可从中国水利水电出版社网站(<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>)下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机电路基础 / 何超主编. —2 版. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5084-4974-6

I. 计… II. 何… III. 电子计算机—电子电路—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 144847 号

书 名	计算机电路基础(第二版)
作 者	何 超 主 编 余席桂 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 25 印张 610 千字
版 次	2002 年 4 月第 1 版 2008 年 1 月第 2 版 2008 年 1 月第 7 次印刷
印 数	24001—28000 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

从第一版到现在,转瞬已是六年。感谢广大读者的支持,本书被评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

计算机电路基础是一门综合性革新的课程,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,有机地融合了电路与磁路、模拟电子技术及数字电子技术等三门课所包含的内容,总学时由原来的三门课总共180~200学时缩短到90~100学时,腾出时间让学生学习更新更专业的知识,本课程的任务是:让学生学习最基本的电路知识,了解磁现象和电磁相互作用及其应用(如仪用电机、磁存储等),学习最基本的模拟电子电路知识,学习和掌握数字电路的基本知识,为进一步学习计算机硬件课程,如计算机组装与维护、微机原理、单片机、接口技术以及计算机控制技术课程打下良好的基础。

本书第二版是在作者六年的教学实践以及广大读者的意见反馈的基础上修改的,降低了数学难度(如在相量的讲解上回避了复数),纠正了第一版中的错误;引入了一些新的科技成果。

《计算机电路基础(第二版)》是为高职高专和应用型本科的计算机、信息技术类相关专业编写的电工技术(含电子技术)教材,可作为其他高等院校非电类相关专业的本科教材,本书也可供高等教育自学者参考。

本书按照高职高专及应用型本科的教学大纲的要求和教学特点进行编写。

在编写中,本书第二版保持了第一版的以下几条编写原则:

1. 内容精选,基本理论以“必需够用”为度。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。还适当安排了一些选学内容,以符号※为标志。

2. 依据高等职业教育的特点,本书强调理论与实际的有机结合,特别是在计算机科学技术方面的应用。

3. 本书在结构上强调逻辑简明、清晰、合理;在叙述上力图做到深入浅出、通俗易懂,概念准确,科学严谨。本书注重图形的直观解释作用,注重实际计算能力和分析解决实际问题能力的提高;贯彻少而精、启发式原则,培养学生独立思考、富于联想、触类旁通的发散思维能力。

4. 本书给出了较丰富的例题和参考题,帮助学生理解和消化教学内容。部分章后面有小结和本章逻辑线索图,帮助学生从整体上把握知识体系、领会知识间的相互联系,同时便于学生记忆。

5. 本书文字、电路、元器件符号及插图,多数采用国家标准,并有相关说明。为了扩大读者视野,便于读者查看国内旧资料和国外资料也有意保留了一些非国家标准。

本书共分 12 章。第 1 章为电路的基本概念和基本定律；第 2 章为正弦交流电路和电磁现象；第 3 章为半导体器件基本知识；第 4 章为基本放大电路；第 5 章为几种常用的放大电路；第 6 章为集成运算放大器；第 7 章为正弦波振荡电路；第 8 章为脉冲与脉冲电路；第 9 章为数字变量与逻辑函数；第 10 章为组合逻辑电路；第 11 章为时序逻辑电路；第 12 章为数字信息采集与处理。

其中第 1、2、8 章由何超、郭明理、何翔、阳玉秋、易达宏等共同编写；第 3 章至第 7 章由余席桂和周永海编写；第 9、10 章由何超和杨兰芝编写；第 11 章由张曙晖和陈吹信编写；第 12 章由何超和陈吹信编写；何超教授任主编，余席桂任副主编。

在本书第二版出版之际，我们沉痛悼念为本书作出了重大贡献的副主编——武汉理工大学余席桂先生。

编者诚挚地欢迎广大读者和各界人士批评指正本书的错误和不妥之处，提出宝贵的建议，以不断提高本书的编写质量。

在本书的编写过程中，得到了武汉理工大学、中国人民解放军第二炮兵指挥学院和武汉市国家软件示范学院、广东技术师范学院天河学院、广东白云学院等单位的大力支持和帮助；另外，吴保权、邝金海、蔡国铨、钟权峰、黄默涵、邓永敏、梁健智、陈志聪和刘颂健等为本书电子绘图、制作 PPT 课件和计算机录入做了大量的工作，在此一并表示感谢。

编 者

2007 年 12 月

第一版前言

计算机电路基础是一门综合性革新的课程,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,有机地融合了电路与磁路、模拟电子技术及数字电子技术等三门课所包含的内容,总学时由原来的三门课总共180~200学时缩短到90~100学时,腾出时间让学生学习更新更专业的知识,本课程的任务是:让学生学习最基本的电路知识,了解磁现象和电磁相互作用及其应用(如仪用电机、磁记录等),学习最基本的模拟电子电路知识,学习和掌握数字电路的基本知识,为进一步学习计算机硬件课程,如计算机组装与维护、微机原理、单片机、接口技术以及计算机控制技术课程打下良好的基础。

本书是为高等学校计算机、信息技术类相关专业编写的电工技术(含电子技术)教材,也可供高等教育自学的读者参考。在编写中,努力贯彻以下几条原则:

1. 内容精选,基本理论以“必需够用”为度。在联系实际上,要求是基本理论的自然延续,有机的结合,也以“必需够用”为度。还适当安排了一些选学内容,以符号※为标志。

2. 依据高等职业教育的特点,本书强调理论与实际的有机结合,特别是在计算机科学技术方面的应用。

3. 在结构上强调逻辑线索简明、清晰、合理。在叙述上力图做到深入浅出、通俗易懂,物理概念明晰,内容科学严谨。本书注重图形的直观解释作用,注重实际计算能力和分析实际问题能力的培养。贯彻少而精,启发式原则,培养学生独立思考、富于联想、触类旁通的发散思维能力。

4. 本书给出了较丰富的例题和参考题,帮助学生理解和消化教学内容。部分章后面有小结和本章逻辑线索图,帮助学生从整体上把握知识体系、领会知识间的相互联系,同时便于学生记忆。

本书共分12章。第1章电路的基本概念和基本定律;第2章正弦交流电路和电磁现象;第3章半导体器件基本知识;第4章基本放大电路;第5章几种常用的放大电路;第6章集成运算放大器;第7章正弦波振荡电路;第8章脉冲与脉冲电路;第9章数字变量与逻辑函数;第10章组合逻辑电路;第11章时序逻辑电路;第12章数字信息采集与处理。

其中第1、8、9、12章由何超同志和郭明理、何翔、阳玉秋及易达宏等同志共同编写;第2章由罗海庚同志和何超同志编写;第3章到第7章由余席桂同志编写;第10章由何超同志编写;第11章由张曙晖同志编写;何超同志任主编,余席桂同志任副主编。

编者诚挚地欢迎广大读者和各界人士批评指正本书的错误和不妥之处,提出宝贵的建

议，以不断提高本书的编写质量。

在本书的编写过程中，得到了武汉科技大学工贸学院、武汉理工大学、中国人民解放军第二炮兵指挥学院和武汉市成人教育学院暨广播电视大学等单位的大力支持和帮助；另外，蔡志军、毛国敏、阳小兰、杨锐、谢琦等同志为本书电子绘图和计算机录入做了大量的工作，在此一并表示感谢。

编 者

2002 年 3 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
本章提要	1
1.1 电路	1
1.1.1 电路的组成和电路图	1
1.1.2 电路的基本物理量	1
1.1.3 负载	7
1.1.4 电源	12
1.2 电路的基本定律	17
1.2.1 有源支路欧姆定律	17
1.2.2 基尔霍夫定律	18
1.2.3 叠加定理	28
1.2.4 戴维南定理	30
1.2.5 最大功率传输条件	32
※1.3 Y- Δ 变换	33
本章小结	34
本章知识逻辑线索图	36
习题 1	37
第 2 章 正弦交流电路和电磁现象	41
本章提要	41
2.1 正弦交流电的基本概念	41
2.1.1 正弦交流电的表示方法——三角函数式	42
2.1.2 表示正弦交流电变化快慢特征的物理量——频率	42
2.1.3 表示交流电大小的物理量——瞬时值、最大值、有效值	43
2.1.4 表示交流电变化位置的物理量——相位	43
2.2 正弦量的相量表示	46
2.2.1 正弦交流电的相量表示	46
2.2.2 相量图	48
2.2.3 用相量法求同频率正弦量的和与差—— 导出“基尔霍夫定律的相量形式”	48
2.2.4 正弦交流电路中电阻、电容、电感性能方程的相量形式	49
2.2.5 统一的伏安关系——欧姆定律的相量形式——阻抗和导纳的引入	52

2.2.6 正弦交流电路的相量分析方法	52
2.3 正弦交流电路的功率	60
2.3.1 一般正弦交流电路的功率	60
2.3.2 提高功率因数的意义和方法	63
※2.4 正弦交流电路的谐振	63
2.4.1 串联电路的频率特性和谐振现象	64
2.4.2 并联电路的频率特性和谐振现象	66
2.5 电磁现象及其应用	70
2.5.1 常见的电磁现象	70
2.5.2 磁场的基本物理量和基本规律	71
2.6 磁记录原理及其应用	74
2.6.1 模拟磁记录原理	74
2.6.2 数字磁记录原理	75
2.6.3 磁盘机	75
2.7 直流电动机	76
2.7.1 直流电机的基本结构	76
2.7.2 直流电动机的工作原理	77
2.7.3 直流电动机的励磁方式	78
※2.7.4 无刷直流电动机	78
※2.7.5 直线电动机	79
※2.7.6 步进电动机	80
※2.7.7 直流伺服电动机	81
2.8 变压器	82
2.8.1 变压器的基本结构	82
2.8.2 变压器的基本原理	84
2.8.3 电子电路中常用变压器	86
2.9 继电器、仪用开关和计算机接插件	88
※2.9.1 电磁式控制继电器	88
※2.9.2 热继电器	88
2.9.3 仪用开关	89
2.9.4 计算机常用接口	90
本章小结	92
本章知识逻辑线索图	93
习题 2	94
第 3 章 半导体器件基本知识	97
本章提要	97
3.1 半导体的导电特性	97

3.1.1	本征半导体与本征激发	97
3.1.2	P 型半导体和 N 型半导体	98
3.2	PN 结与半导体二极管	99
3.2.1	PN 结及其单向导电性	99
3.2.2	半导体二极管	101
3.2.3	稳压二极管	103
3.3	半导体三极管 (晶体管或 BJT)	104
3.3.1	半导体三极管的结构与符号	104
3.3.2	半导体三极管的连接方法	105
3.3.3	半导体三极管的电流分配与放大作用	106
3.3.4	半导体三极管的特性曲线	107
3.3.5	半导体三极管的主要参数	108
3.4	场效应管 (FET)	109
3.4.1	结型场效应管的结构、符号与工作原理	109
3.4.2	结型场效应管的特性曲线	111
3.4.3	结型场效应管的主要参数	112
3.4.4	绝缘栅场效应管	113
	本章小结	115
	本章知识逻辑线索图	117
	习题 3	118
第 4 章	基本放大电路	121
	本章提要	121
4.1	放大电路的主要性能指标	121
4.2	晶体管共射极放大电路	123
4.2.1	放大电路的组成及各元件的作用	123
4.2.2	静态与动态工作情况	123
4.3	共射极放大电路的分析方法	125
4.3.1	放大电路的图解分析法	125
4.3.2	放大电路的微变等效电路分析法	128
4.4	共射极放大电路静态工作点的稳定	131
4.4.1	温度对静态工作点的影响	131
4.4.2	分压式偏置电路	131
4.5	场效应管放大电路	134
4.5.1	自偏压电路	134
4.5.2	分压式自偏压电路	135
4.6	多级放大电路	136
4.6.1	多级放大电路的级间耦合方式	136

4.6.2 多级放大电路的性能分析	137
本章小结	139
本章知识逻辑线索图	140
习题 4	141
第 5 章 几种常用的放大电路	144
本章提要	144
5.1 负反馈放大电路	144
5.1.1 反馈的基本概念	144
5.1.2 负反馈放大电路的一般方框图和基本关系式	144
5.1.3 负反馈的四种基本组态与判别	145
5.1.4 负反馈对放大器性能的影响	148
5.1.5 负反馈放大电路的特例——射极输出器	150
5.2 直流放大电路	152
5.2.1 直接耦合电路静态工作点的配置	152
5.2.2 抑制零点漂移的有效电路结构——差动放大电路	154
5.3 功率放大电路	157
5.3.1 功率放大电路的分类	157
5.3.2 乙类互补对称功率放大电路	159
5.3.3 交越失真与电路的改进措施	163
本章小结	164
本章知识逻辑线索图	166
习题 5	167
第 6 章 集成运算放大器	170
本章提要	170
6.1 运放的基本结构和主要性能参数	170
6.1.1 运放的电路符号与基本结构	170
6.1.2 理想运放的特性	172
6.1.3 运放的主要性能参数	173
6.2 运放构成的基本电路	177
6.2.1 比例放大器	177
6.2.2 差分式放大器	179
6.3 运放在信号运算方面的应用	180
6.3.1 求和运算	180
6.3.2 积分运算	181
6.3.3 微分运算	183
6.3.4 对数运算	184
6.3.5 反对数运算	185

6.3.6 高级运算	185
6.4 运放其他应用示例	187
6.4.1 比较器	187
6.4.2 测量放大器	191
※6.4.3 有源滤波器	192
6.5 运放的调零与补偿	193
6.5.1 调零	193
6.5.2 补偿	194
本章小结	194
本章知识逻辑线索图	195
习题 6	196
第 7 章 正弦波振荡电路	200
本章提要	200
7.1 概述	200
7.1.1 自激振荡的条件	200
7.1.2 自激振荡的建立和振幅的稳定过程	201
7.1.3 正弦波振荡电路的组成	202
7.2 RC 振荡器	202
7.2.1 RC 桥式振荡器	202
7.2.2 RC 移相振荡器	205
7.3 LC 振荡器	205
7.3.1 LC 并联谐振回路的特性	205
7.3.2 变压器反馈式振荡器	207
7.3.3 电感三点式振荡器	208
7.3.4 电容三点式振荡器	209
7.4 石英晶体振荡器	211
7.4.1 石英晶体谐振器的阻抗特性	212
7.4.2 典型石英晶体振荡器	213
本章小结	213
本章知识逻辑线索图	215
习题 7	216
第 8 章 脉冲与脉冲电路	218
本章提要	218
8.1 脉冲波形及其参数	218
8.2 RC 电路的过渡过程	219
8.2.1 电容的充放电现象	219
8.2.2 RC 电路的应用	220

8.3 晶体管的开关特性	223
8.3.1 晶体二极管的开关特性	223
8.3.2 二极管开关特性的应用	224
8.3.3 三极管开关特性	226
8.3.4 场效应管的开关特性	226
※8.4 非正弦信号的频谱及选频网络	227
8.4.1 非正弦周期信号的频谱分析	227
8.4.2 RC 低通、高通滤波网络	228
本章小结	229
习题 8	229
第 9 章 数字变量与逻辑函数	231
本章提要	231
9.1 数制与编码	231
9.1.1 数制	231
9.1.2 编码与码制	234
9.1.3 定点数与浮点数	235
9.1.4 计算机中的编码	236
9.2 逻辑函数和基本逻辑门电路	240
9.2.1 逻辑变量和逻辑函数	240
9.2.2 逻辑函数及其表示方法	242
9.3 逻辑代数的基本定律和运算规则	245
9.4 逻辑函数的化简法	246
9.4.1 逻辑函数的公式化简法	246
9.4.2 逻辑函数化简的卡诺图法	247
9.4.3 具有无关项逻辑函数的化简	250
9.4.4 多输出逻辑函数的化简	251
9.5 逻辑函数的门电路实现	252
9.5.1 TTL 门电路	253
9.5.2 MOS 金属半导体场效应管门电路	260
9.5.3 TTL 集成电路和 MOS 集成电路的系列、性能比较及使用方法	260
9.6 集成门电路在脉冲电路中的应用	269
9.6.1 单稳态触发器	269
9.6.2 多谐振荡器	271
9.6.3 施密特触发器	273
9.6.4 555 定时器	275
9.6.5 555 定时器构成的单稳态触发器	276
9.6.6 555 定时器构成多谐振荡器	277

9.6.7 555 定时器构成施密特触发器	278
本章小结	280
习题 9	280
第 10 章 组合逻辑电路	284
本章提要	284
10.1 组合逻辑电路的定义及特点	284
10.1.1 组合逻辑电路的定义	284
10.1.2 组合逻辑电路的特点	284
10.2 组合逻辑电路的分析	284
10.3 组合逻辑电路的设计	285
10.4 组合逻辑电路中的竞争险象	287
10.5 常见的组合逻辑电路	287
10.5.1 编码器和优先编码器	287
10.5.2 译码器	290
10.5.3 多路选择器	294
10.5.4 数值比较器	295
10.5.5 加法器	296
10.6 中规模集合组合逻辑电路 (MSI) 的应用	298
10.6.1 用一位全加器 MSI 构成多位加法器	298
10.6.2 用数据选择器组成函数发生器	300
10.6.3 用最小项译码器实现逻辑函数	302
10.6.4 用 MSI 设计组合电路的一般方法	304
本章小结	309
习题 10	309
第 11 章 时序逻辑电路	311
本章提要	311
11.1 时序逻辑电路的定义和特点	311
11.1.1 时序逻辑电路的定义	311
11.1.2 时序逻辑电路的特点	311
11.2 触发器	312
11.2.1 基本触发器	312
11.2.2 时钟触发器	316
11.2.3 主从触发器	317
11.2.4 边沿触发器	319
11.2.5 RS 触发器构成其他逻辑功能的触发器	321
11.3 时序逻辑电路分析	324
11.3.1 时序逻辑电路的功能描述方法	324

11.3.2 同步时序电路分析	325
11.3.3 异步时序电路分析	327
11.3.4 常用时序电路	328
※11.4 时序逻辑电路设计	336
11.4.1 时序逻辑电路设计要求	336
11.4.2 同步时序逻辑电路的设计方法	336
11.4.3 时序逻辑电路设计的物理实现	341
※11.5 应用示例	342
本章小结	343
习题 11	344
第 12 章 数字信息采集与处理	350
12.1 多路转换单元	350
12.1.1 多路选择器	350
12.1.2 多路分配器	352
12.2 D/A 转换器	354
12.2.1 转换器的基本原理	354
12.2.2 D/A 转换器的分类、特点、用途	355
12.2.3 D/A 转换器的应用	356
12.3 采样保持和模—数转换单元 (A/D)	357
12.3.1 采样保持单元	357
12.3.2 A/D 转换器及其应用	358
12.4 数据存储单元——存储器	365
12.4.1 随机存储器 (RAM)	366
12.4.2 随机存储器 RAM 容量的扩展	369
12.4.3 只读存储器	371
※12.5 语音芯片及其应用	372
12.5.1 语音芯片的分类、特点及用途	372
12.5.2 语音芯片的应用	372
※12.6 可编程逻辑器件	374
12.6.1 可编程逻辑器件的特点	374
12.6.2 PLD 逻辑电路图的画法	374
12.6.3 PLD 器件的基本结构	376
12.6.4 高密度可编程逻辑器件	383
12.6.5 PLD 的编程	383
本章小结	383
习题 12	384
参考文献	385

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

本章提要

本章是入门篇，介绍电路的基本概念和基本定律。包括电路的组成和常见的电路元件模型；讲解电路的基本物理量，如电压、电流、功率和电能；并介绍电路结构的约束条件——基尔霍夫定律。

计算机是由各种各样的电路组成的。因此，学习计算机硬件的基础就是电路。19 世纪末期，电机、电话和电灯这三大发明使人类社会走上了电气化的道路。到如今，电能已成为最主要的能源，电能的使用已广泛深入到人们生活的各个方面。电能可以在发电站集中生产，通过电网实现瞬时远方传输；可以方便地提供动力；可以对信息进行变换、处理；并且控制方便、操作简单省力。电气自动化的水平已成为现代化社会进步的重要标志。

1.1 电路

1.1.1 电路的组成和电路图

电流的通路称为电路，也称为电网络。它是由电路元件按一定方式组合而成的。

有两种常用的电路：一种是电力电路；另一种是信号电路。

无论哪一种电路，都有电源、负载和中间环节三个基本部分。电源提供电能，用来把其他形式的能量转换成电能；负载是用电设备，通常指将电能转换成其他形式的能量而做功的器件。但从广义上来说，人们往往也把后一级电路称作前一级电路的负载，而前一级电路又往往被看成后一级电路的电源。连接电源和负载的导线、开关、变压器等电器设备就是中间环节。它们起着传输、分配和控制电能的作用。

电路由一个个电路元件组成。电路元件通常用电路符号表示，再用电路符号构成电路图。电路图有原理图和实际接线图之分，实际接线图更接近于实际的电路元件的连接方式。大家在中学里学过，电路的基本连接方式有串联和并联，这里定义：凡是能简化为由串联和并联方式组成的电路，统称为简单电路，否则，称为复杂电路。

1.1.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量通常指电流、电压、功率和电能。这里约定，以小写英文字母后带括号(t)，如 $i(t)$ 、 $u(t)$ 表示随时间变化的物理量，而以大写字母，如 I 、 U 表示不随时间变化的量。

为行文简便，如无特别声明，各表示式及文中单位均取我国法定计量单位及国际单位制，并采用相应的表示大小单位关系的词冠。如以 k 表示千倍； M 表示兆倍 (10^6)； m 表示 10^{-3} 倍，中文读作“毫”； μ 表示 10^{-6} 倍，中文读作“微”，如 μF 表示“微法拉”； n 表示 10^{-9} 倍，中文读

作“纳”，如 nA 表示“纳安培”；p 表示 10^{-12} 倍，中文读作“皮”，如 pF 表示“皮法拉”等。

1. 电流

电荷有规律的运动，称为电流。

无论金属导体中的自由电子，电解液中的正负离子，还是气体中的带电质点，导体中的带电质点，在电场作用下有规律地移动就形成电流。

电流的强弱用电流强度 $i(t)$ 表示。电路中各点的电流强度不一定相等。电路中某点处的电流强度，在数值上等于单位时间内穿过该点处导体横截面的电荷数量，如果在时间 t 内，穿过该点处导体横截面的电荷数量为 q ，则电流强度的大小就是

$$i(t) = \frac{q(t)}{t} \quad (1-1a)$$

这是一个平均值，显然，时间越短，这个平均值越接近于真实值。

严格地说，电流强度的大小就是通过导体横截面的电量 q 对时间 t 的变化率，即在极短的时间 dt 内，穿过该点处导体横截面的电荷数量为 dq ，则电流强度的大小就是

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

式中，电量的单位是库仑 (C)，时间的单位是秒 (s)，则电流强度的单位是安培 (A)，较大的电流强度用千安 (kA) 表示，较小的电流强度用毫安 (mA)、微安 (μ A)、纳安 (nA) 等表示。

电流强度常简称为“电流”。这样，“电流”一词就有双重含义，它既表示电荷定向运动的物理现象，同时又表示“电流强度”这样一个物理量。

在电场中，正负电荷的移动方向是相反的，在历史上，已规定采用正电荷运动的方向作为电流的实际方向；显然，负电荷移动的方向是电流的反方向。

例 1-1 1.5C 的电荷在导线中由 a 向 b 转移，时间为 0.5min，求电流强度的大小和方向。

解

$$I = \frac{q}{t} = \frac{1.5}{0.5 \times 60} = 0.05 \text{ C/s} = 0.05 \text{ A}$$

如果移动的是正电荷，电流方向由 a 到 b ；如果移动的是负电荷，电流方向则相反，由 b 到 a 。因为电流的方向是正电荷移动的方向。

电流按波形可分为以下几类：大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流，也常称为直流电流，用大写字母 I 表示；大小和方向同时随时间作周期性变化的电流，称为交流电，如正弦交流电；仅大小随时间变化的电流称为脉动电流（图 1-1）。通常用 $i(t)$ 表示大小随时间变化的电流。

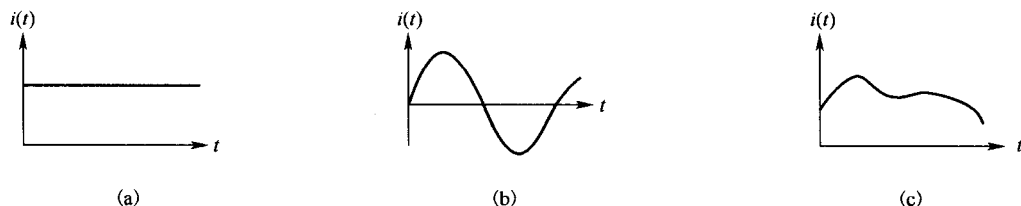


图 1-1 各种形式的电流

(a) 直流电流；(b) 交流电流；(c) 脉动电流