



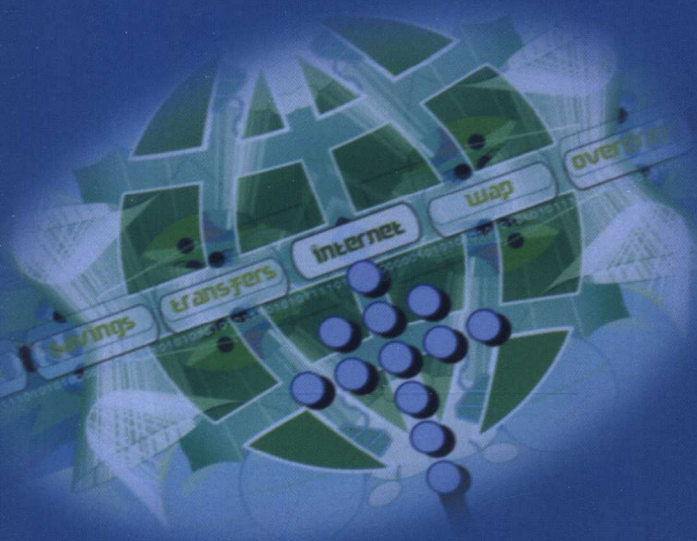
新一代高职教育信息通信规划教材

电路与电子技术简明教程

DIANLU YU DIANZI JISHU JIANMING JIAOCHENG

DIANLU YU DIANZI JISHU JIANMING JIAOCHENG

侯志勋 卜新华 张志平 邓静涛 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

新一代高职教育信息通信规划教材

电路与电子技术简明教程

侯志勋 卜新华 张志平 邓静涛 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是根据高职、高专教学要求特点而编写的教材,涉及电路分析基础、模拟电子技术和数字电子技术三方面的内容。

电路分析基础部分包括电路的基本概念、电路的分析方法和定理、正弦交流电路导论、正弦稳态电路的分析、三相交流电路、一阶动态电路分析和安全用电等内容。

模拟电子技术部分包括半导体器件基础、基本放大电路、集成运算放大器和直流稳压电源等内容。

数字电子技术部分包括基础知识、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生与整形以及模数和数模转换器等内容。

本书具有内容精选、切合实际、深入浅出、循序渐进、物理概念清楚、定量推导适度以及便于学习等特点。

本书是高职高专学校及成人教育的计算机应用、通信工程等相关专业的专业基础课教材,也可供从事这方面工作的工程技术人员培训和自学用。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术简明教程/侯志勋等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2005

ISBN 7-5635-0846-5

I. 电... II. 侯... III. ①电路理论—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. ①TM13②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 143250 号

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号) 邮编:100876

发行部电话:(010)62282185 62283578(传真)

电子信箱:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京通州皇家印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:19.5

字 数:471 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0846-5/TN·426

定价:28.00 元

·如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系·

新一代高职教育信息通信规划教材

编委会

主任：肖传统

副主任：张孝强 张干生 严潮斌

委员：(以姓氏笔画为序)

王立平 王巧明 王晓军 王颖 宁帆

刘翠霞 李飞 李文海 苏开荣 吴正书

李转年 迟学芬 吴瑞萍 张一鸣 张敏华

张献居 张新瑛 杨泉 顾生华 孟祥真

徐淳宁 曹晓川 蒋青泉 傅德月 孙青华

秘书：王琴秋

前 言

本书是高专、高职学校的计算机应用、通信工程及相关专业的专业基础课教材。内容包括电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术三大部分。

电路分析基础部分包括电路的基本概念、电路的分析方法和定理、正弦交流电路导论、正弦稳态电路的分析、三相交流电路、一阶动态电路分析和安全用电等内容。

模拟电子技术部分包括半导体器件基础、基本放大电路、集成运算放大器和直流稳压电源等内容。

数字电子技术部分包括基础知识、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生与整形以及模数和数模转换器等内容。

本书是根据高专、高职教育特点和要求编写的。具有内容精选、切合实际、深入浅出、循序渐进、物理概念清楚、定量推导适度以及便于学习等特点。

本教材授课课时为 80 课时为宜。不同的专业对内容和课时可适当调整。带“*”号部分为选学内容。

根据高专、高职教育特点和要求,在学习本课程的同时,应安排足够时间进行实践训练。

本书的编写工作由卜新华、张志平、邓静涛共同完成。电路分析基础部分(安全用电除外)由邓静涛编写,模拟电子技术部分和安全用电部分由卜新华编写,数字电子技术部分由张志平编写。全书的统编和审阅及组织工作由侯志勳负责。

本书也可供相关专业的成人教育、在职工程技术人员的培训和自学用。

本书在编写过程中,得到石家庄邮电职业技术学院电信工程系领导、老师们的关心和支持,在此一并表示谢意。

由于经验和水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 1 月

目 录

第一篇 电路分析基础

第 1 章 电路的基本概念	3
1.1 电路与电路模型	3
1.2 电流与电压	4
1.2.1 电流	4
1.2.2 电压	5
1.3 功率和电能	6
1.4 电压源和电流源	8
1.4.1 电压源	8
1.4.2 电流源	9
1.5 受控电源	9
1.6 常见电路负载元件	10
1.6.1 电阻元件	10
1.6.2 电容元件	11
1.6.3 电感元件	13
小结	14
习题一	14
第 2 章 电路的分析方法和定理	16
2.1 电路分析的几个名词和电路的工作状态	16
2.1.1 几个名词	16
2.1.2 电路的工作状态	17
2.2 基尔霍夫定律	18
2.2.1 基尔霍夫电流定律	18
2.2.2 基尔霍夫电压定律	19
2.3 等效电路的概念和应用	20
2.3.1 电阻连接及等效变换	21
2.3.2 电源连接及等效变换	22
2.4 支路电流法	25
2.5 节点电压法	26
2.6 回路电流法	28
2.7 叠加定理	30
2.8 戴维南定理	31

小结	33
习题二	33
第 3 章 正弦交流电路导论	36
3.1 正弦交流电路的基本概念	36
3.1.1 交流电路概述	36
3.1.2 正弦交流电的基本特征和三要素	37
3.2 正弦量的相量表示	39
3.2.1 用旋转矢量表示正弦量	39
3.2.2 正弦量的复数表示法	40
3.3 相量的复数运算	41
3.4 电路基本定律的相量形式	42
小结	43
习题三	44
第 4 章 正弦稳态电路的分析	45
4.1 单一元件的正弦交流电路	45
4.1.1 纯电阻电路	46
4.1.2 纯电感电路	47
4.1.3 纯电容电路	49
4.2 阻抗的串联和并联	51
4.2.1 R, L, C 串联交流电路	51
4.2.2 阻抗的串联	54
4.2.3 阻抗的并联	55
4.3 谐振电路	57
4.3.1 串联谐振	57
4.3.2 并联谐振	58
4.4 正弦交流电路中的功率	59
小结	62
习题四	63
第 5 章 三相交流电路	65
5.1 三相电源的基本概念	65
5.2 三相电源的连接方式	66
5.2.1 三相电源的星形连接方式	66
5.2.2 三相电源的三角形连接方式	68
5.3 三相负载的连接方式	68
5.3.1 三相负载的星形连接方式	68
5.3.2 三相负载的三角形连接方式	70
5.3.3 对称三相电路的功率	72
小结	74

习题五	74
第 6 章 一阶动态电路分析	76
6.1 引言	76
6.2 换路定律及初始值的确定	77
6.3 零输入响应	78
6.3.1 RC 电路的零输入响应	79
6.3.2 RL 电路的零输入响应	80
6.4 零状态响应	82
6.4.1 RC 电路的零状态响应	82
6.4.2 RL 电路的零状态响应	83
6.5 一阶电路的全响应	84
小结	85
习题六	85
第 7 章 安全用电	87
7.1 安全用电基础知识	87
7.2 电对人体的伤害	89
7.2.1 电对人体伤害方式	89
7.2.2 电对人体伤害程度的影响因素	89
7.2.3 人体触电的方式	91
7.3 接地与接零	92
小结	93
习题七	94

第二篇 模拟电子技术

第 8 章 半导体器件基础	97
8.1 半导体基础知识	97
8.1.1 本征半导体	98
8.1.2 杂质半导体	98
8.1.3 PN 结	99
8.2 半导体二极管	102
8.2.1 二极管的种类	103
8.2.2 二极管的特性	103
8.3 稳压二极管	105
8.3.1 稳压二极管的原理	105
8.3.2 用稳压二极管组成稳压电路	105
8.4 半导体三极管	106
8.4.1 三极管的结构及类型	107
8.4.2 三极管的 3 种连接方式	107

8.4.3	三极管的电流分配与放大原理	108
8.4.4	三极管的特性曲线	109
8.4.5	三极管的主要参数	110
8.5	场效应管	112
8.5.1	场效应管的分类	112
8.5.2	结型场效应管	112
8.5.3	金属-氧化物-半导体场效应管	114
8.5.4	场效应管的参数	115
	小结	116
	习题八	116
第9章	基本放大电路	118
9.1	放大电路组成	118
9.2	单管共射放大电路	120
9.2.1	单管共射放大电路的静态分析	120
9.2.2	单管共射放大电路的动态分析	122
9.2.3	共射放大电路的特点与应用	127
9.2.4	静态工作点的稳定	128
9.3	射极输出器	128
9.4	多级放大电路	130
9.4.1	多级放大电路的组成	130
9.4.2	多级放大电路的耦合方式	131
9.5	负反馈放大电路	131
9.5.1	反馈的分类	132
9.5.2	负反馈放大电路的基本组态	133
9.5.3	负反馈对放大电路性能的影响	135
9.6	功率放大电路	137
9.6.1	功率放大器的特点与分类	137
9.6.2	互补对称式功率放大器	138
	小结	141
	习题九	142
第10章	集成运算放大器	144
10.1	集成运放的概述	144
10.2	集成运放的组成	145
10.2.1	电流源电路	147
10.2.2	差分放大电路	148
10.3	集成运放的主要参数	153
10.4	集成运算放大器的应用	155
10.4.1	理想运算放大器的特点	155

10.4.2 基本运算电路·····	156
小结·····	161
习题十·····	162
第 11 章 直流稳压电源 ·····	166
11.1 直流稳压电源的组成·····	166
11.2 整流电路·····	167
11.2.1 单相半波整流电路·····	167
11.2.2 单相全波整流·····	169
11.2.3 单相桥式整流电路·····	171
11.3 滤波电路·····	172
11.3.1 半波整流电容滤波电路·····	172
11.3.2 桥式整流电容滤波电路·····	173
11.4 直流稳压电路·····	174
11.4.1 稳压管稳压电路·····	174
11.4.2 串联型稳压电路·····	175
小结·····	176
习题十一·····	177

第三篇 数字电子技术

第 12 章 基础知识 ·····	181
12.1 概 述·····	181
12.1.1 数字电路及其特点·····	182
12.1.2 数制和码制·····	182
12.2 逻辑代数中的基本逻辑运算·····	185
12.2.1 “与”运算·····	186
12.2.2 “或”运算·····	186
12.2.3 “非”运算·····	187
12.2.4 其它逻辑运算·····	187
12.3 逻辑代数的常用公式及基本定理·····	188
12.3.1 基本公式·····	188
12.3.2 其它常用公式·····	189
12.3.3 逻辑代数的基本定理·····	189
12.4 逻辑函数及其表示方法·····	190
12.4.1 逻辑函数·····	191
12.4.2 逻辑函数的表示方法·····	191
12.5 逻辑函数的化简·····	194
12.5.1 逻辑函数的公式法化简·····	194
12.5.2 逻辑函数的卡诺图法化简·····	195

12.5.3 具有无关项的逻辑函数及其化简	201
12.6 逻辑门电路	202
12.6.1 分立元件门电路	202
12.6.2 TTL,CMOS 集成门电路	204
小结	206
习题十二	207
第 13 章 组合逻辑电路	209
13.1 组合逻辑电路概述	209
13.2 组合逻辑电路的分析方法	210
13.3 组合逻辑电路的设计方法	211
13.4 常用中规模集成电路	212
13.4.1 编码器	212
13.4.2 译码器	217
13.4.3 加法器	223
13.4.4 数据选择器	225
13.5 组合逻辑电路中的竞争冒险现象	226
小结	228
习题十三	228
第 14 章 触发器	230
14.1 概述	230
14.2 触发器的电路结构形式	231
14.2.1 基本 RS 触发器	231
14.2.2 同步 RS 触发器	233
14.2.3 主从触发器	236
14.2.4 维持-阻塞边沿 D 触发器	240
14.3 触发器的逻辑功能及其描述方法	242
14.3.1 触发器按逻辑功能的分类	242
14.3.2 不同触发器逻辑功能的转换	244
小结	245
习题十四	246
第 15 章 时序逻辑电路	248
15.1 概述	248
15.2 时序逻辑电路的分析方法	249
15.3 常用的时序逻辑电路	253
15.3.1 寄存器和移位寄存器	253
15.3.2 计数器	255
15.4 同步时序逻辑电路的设计方法	268
小结	271

习题十五	272
第 16 章 脉冲的产生与整形	274
16.1 概述	274
16.2 门电路构成的脉冲产生与整形电路	275
16.2.1 施密特触发器	275
16.2.2 单稳态触发器	277
16.2.3 多谐振荡器	279
16.3 555 定时器及其组成的脉冲产生与整形电路	281
16.3.1 555 定时器的组成及工作原理	281
16.3.2 555 定时器组成的施密特触发器	282
16.3.3 555 定时器组成的单稳态触发器	284
16.3.4 555 定时器组成的多谐振荡器	285
小结	287
习题十六	287
第 17 章 模/数和数/模转换器	288
17.1 数/模(D/A)转换器	288
17.2 模/数(A/D)转换器	291
小结	294
习题十七	294
参考文献	295

第一篇

电路分析基础

电路的基本概念

本章内容

- 电路的基本概念;
- 电路的基本物理量;
- 常见的负载元件。

本章重点

- 电路的基本概念;
- 电流、电压、功率和电能的基本概念;
- 电路的负载元件。

本章难点

- 电流和电压的参考方向;
- 受控源。

本章学时数

- 建议4学时。

学习本章的目的和要求

- 掌握电路的基本概念;
- 熟练掌握电流、电压、功率和电能的基本概念;
- 掌握电路中常见的负载元件;
- 理解独立源和受控源的概念;
- 掌握简单电路的分析计算方法。

1.1 电路与电路模型

电路分析基础课程是电子信息类专业的第一门专业基础课,它与先修课程高等数学、电磁学等密切相关,又是学习后续课程信号与系统、电子电路的基础。

电路分析基础课程理论严密、逻辑性强,有广阔的工程背景。通过本课程的学习,使学生掌握电路的基本理论知识、电路的基本分析方法和初步的实验技能,为进一步学习电路理论打下初步的基础,为学习后续课程准备必要的电路知识。同时对培养学生严肃认真的科学作风和理论联系实际的工程观点,对培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究

能力和科学归纳能力都有重要的作用。这里研究的电路是实际电路的模型。

在日常生活中,电到处可见,电视、电话、电冰箱、空调都是用电的设备。这些电器都是通过它们的电路来使电发挥作用的,电路是一些电气设备或元件按一定方式组合起来的集合,并能实现一定的目的。在这里讨论的电路是实际电路的理想化,即电路模型。组成电路模型的元件是理想元件,是实际器件近似后的结果。要求理想元件能够满足分析电路的需要,不同的需要要求对实际器件有不同的近似结果。在电路模型中各理想元件的端子是用理想导线连接起来的,根据端子的数目,理想电路元件可分为二端、四端等。

图 1-1(a)所示为有一个电源(干电池),一个负载(小灯泡)和两根导线组成的简单电路,其电路模型如图 1-1(b)所示。

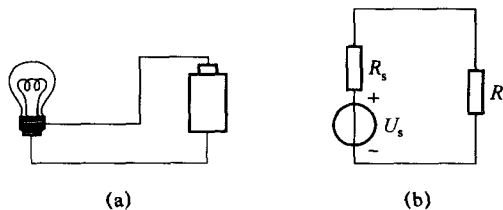


图 1-1 实际电路与电路模型

要分析电路,一般情况下是分析电路图,电路图是电路模型画在一个平面上所形成的图形,图 1-1(b)就是一个简单的电路图。

在后面内容中如果不加指明的话,电路均指由理想元件构成的电路模型,同时把理想电路元件简称为电路元件。

电路的种类很多,按照电路的作用分类,可以分为两大类:一类用于能量转换和传输,常见的有电力系统;一类用于信号处理,实现信号的产生、加工、传输与变换等。

1.2 电流与电压

电流和电压是电路分析当中用得最多的物理量,因此要首先掌握这两个物理量。为了分析方便,规定了它们的方向,并提出了参考方向概念。

1.2.1 电流

电荷有规则的定向运动,形成传导电流。金属导体中的大量自由电子,在外电场的作用下逆电场运动而形成电流,电解液中带电离子做规则定向运动形成电流。

单位时间内通过导体横截面的电荷,定义为电流强度(以后简称为电流),用符号 i 表示,其数学表达式为

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

如果 dq/dt 是一个常量,即量值和方向均不随时间变化,称为恒定电流,简称直流(DC),一般用符号 I 表示;量值和方向随时间变化的电流,称为时变电流,一般用符号 i 表示。时变电流在某一时刻 t 的值 $i(t)$,称为瞬时值。量值和方向做周期性变化且平均值为

零的时变电流,称为交流电流。(如果不指明的话,统一用小写的 i 表示。指明是交流时,习惯上也用小写的 i 表示,指明是直流时用大写的 I 表示。)

对于直流电流来说,式(1-1)又可以写为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

在国际单位制(SI)中,电荷的单位是库仑(C),简称库。时间的单位是秒(s),电流的单位是安培(A),简称安。计量小电流时,通常用毫安(mA)或微安(μA)来表示,它们之间的转换关系为

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

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

习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的方向(实际方向)。在分析电路时,往往不能事先确定电流的实际方向,而且时变电流的实际方向又随时间不断变动,不能够在电路图上标出适合于任何时刻的电流实际方向。为了电路分析和计算的需要,这里任意规定一个电流参考方向,用箭头标在电路图上。若电流实际方向与参考方向相同,电流取正值;若电流实际方向与参考方向相反,电流取负值。根据电流的参考方向,以及电流量值的正负,就能确定电流的实际方向。

例如,在图 1-2 所示的二端元件中,每秒钟有 2 C 正电荷由 a 点移动到 b 点。

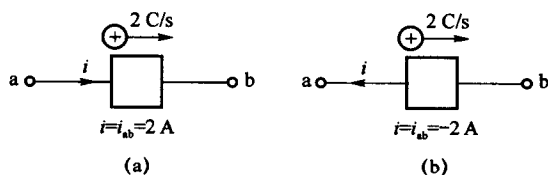


图 1-2 电流的参考方向

当规定电流参考方向由 a 点指向 b 点时,该电流 $i = 2\text{A}$,如图 1-2(a)所示;若规定电流参考方向由 b 点指向 a 点时,则电流 $i = -2\text{A}$,如图 1-2(b)所示。若采用双下标表示电流参考方向,对于图 1-2(a),写为 $i_{ab} = 2\text{A}$ 或 $i_{ba} = -2\text{A}$ 。

电路中任一电流有两种可能的参考方向,当对同一电流规定相反的参考方向时,相应的电流表达式相差一个负号,即

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad (1-3)$$

今后,在分析电路时,必须事先规定电流变量的参考方向。所计算出的电流 $i(t) > 0$,表明该时刻电流的实际方向与参考方向相同;若电流 $i(t) < 0$,则表明该时刻电流的实际方向与参考方向相反。要注意的是,必须指定电流参考方向,这样电流的正值或负值才有意义。

1.2.2 电压

电荷在电路中移动,就会有能量的交换发生。把电场力将单位正电荷由电路中 a 点移动到 b 点所做的功,定义为 a, b 两点的电压,用 u_{ab} 表示,即

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-4)$$