



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



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

(修订版)

侯志勋 卜新华 张志平 孙科学 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

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

(修订版)

侯志勋 卜新华 张志平 孙科学 编著

各：串路于由干由器由，各 并

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

串：串路于由干由器由，各 串

定价：28.00元

北京邮电大学出版社

· 北京 · 出版中心

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. —修订本. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1407-6

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. TM13 TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 091771 号

书 名: 电路与电子技术简明教程

作 者: 侯志勋 等

责任编辑: 陈岚岚

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

南方营销中心: 电话: 010-62282902 传真: 010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 19.5

字 数: 483 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2006 年 2 月第 1 版 2007 年 7 月第 2 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1407-6/TN·495

定价: 28.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

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。

本教材以 80 课时左右为宜。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。

本书的编写工作原来由卜新华、张志平、邓静涛共同完成,列为“新一代高职教育信息通信规划教材”而正式出版发行,并已第 2 次印刷。现经修订,内容更加完善,特点更加突出。修订工作由卜新华、张志平、孙科学共同完成,电路分析基础部分(安全用电除外)由孙科学修订,模拟电子技术部分和安全用电部分由卜新华修订,数字电子技术部分由张志平修订。全书的统编和审阅及组织工作由侯志勋负责。

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。

编著者

目 录

第一篇 电路分析基础

第1章 电路的基本概念

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	7
1.4.1 电压源	8
1.4.2 电流源	8
1.5 受控源	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	12

第2章 电路的分析方法和定理

2.1 电路分析中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	17
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	20
2.3.2 电源连接及等效变换	22
2.4 支路电流法	24
2.5 节点电压法	26
2.6 回路电流法	28
2.7 叠加定理	29

2.8 戴维南定理	31
-----------	----

第3章 正弦交流电路导论

3.1 正弦交流电的基本概念	36
3.1.1 交流电概述	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

第4章 正弦稳态电路的分析

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 电阻、电感与电容串联交流电路	51
4.2.2 阻抗的串联	53
4.2.3 阻抗的并联	54
4.3 谐振电路	56
4.3.1 串联谐振	56
4.3.2 并联谐振	58
4.4 正弦交流电路中的功率	58
4.5 非正弦周期电流电路	61
4.5.1 非正弦信号的谐波分析	61
4.5.2 非正弦周期量的有效值和功率	62
4.5.3 非正弦周期电流电路的计算	62

第5章 三相交流电路

5.1 三相电源的基本概念	67
5.2 三相电源的连接方式	68
5.2.1 三相电源的星形连接方式	68
5.2.2 三相电源的三角形连接方式	70
5.3 三相负载的连接方式	70
5.3.1 三相负载的星形连接方式	70
5.3.2 三相负载的三角形连接方式	73
5.3.3 对称三相电路的功率	74

第 6 章 一阶动态电路分析

6.1 引言	78
6.2 换路定律及初始值的确定	79
6.3 零输入响应	80
6.3.1 RC 电路的零输入响应	81
6.3.2 RL 电路的零输入响应	82
6.4 零状态响应	83
6.4.1 RC 电路的零状态响应	84
6.4.2 RL 电路的零状态响应	85
6.5 一阶电路的全响应	86

第 7 章 安全用电

7.1 安全用电基础知识	90
7.2 电对人体的伤害与触电急救	92
7.2.1 电对人体的伤害方式	92
7.2.2 电对人体伤害程度的影响因素	93
7.2.3 人体触电的方式	95
7.2.4 触电急救	95
7.3 接地与接零	97

第二篇 模拟电子技术

第 8 章 半导体器件基础

8.1 半导体基础知识	101
8.1.1 本征半导体	102
8.1.2 杂质半导体	102
8.1.3 PN 结	103
8.2 半导体二极管	106
8.2.1 二极管的种类	106
8.2.2 二极管的特性	107
8.3 稳压二极管	109
8.3.1 稳压二极管的原理	109
8.3.2 用稳压二极管组成稳压电路	109
8.4 半导体三极管	110
8.4.1 三极管的结构及类型	111
8.4.2 三极管的 3 种连接方式	111
8.4.3 三极管的电流分配与放大原理	112

8.4.4	三极管的特性曲线	113
8.4.5	三极管的主要参数	115
8.5	场效应管	116
8.5.1	场效应管的分类	116
8.5.2	结型场效应管	117
8.5.3	金属-氧化物-半导体场效应管	118
8.5.4	场效应管的参数	119
第9章 基本放大电路		
9.1	放大电路组成	122
9.2	单管共射放大电路	124
9.2.1	单管共射放大电路的静态分析	124
9.2.2	单管共射放大电路的动态分析	126
9.2.3	共射放大电路的特点与应用	131
9.2.4	静态工作点的稳定	131
9.3	射极输出器	132
9.4	多级放大电路	134
9.4.1	多级放大电路的组成	134
9.4.2	多级放大电路的耦合方式	134
9.5	负反馈放大电路	135
9.5.1	反馈的分类	136
9.5.2	负反馈放大电路的基本组态	137
9.5.3	负反馈对放大电路性能的影响	138
9.6	功率放大电路	140
9.6.1	功率放大器的特点与分类	140
9.6.2	互补对称式功率放大器	142
第10章 集成运算放大器		
10.1	集成电路的概述	148
10.2	集成运放的组成	149
10.2.1	电流源电路	150
10.2.2	差分放大电路	152
10.3	集成运放的主要参数	157
10.4	集成运算放大器的应用	159
10.4.1	理想运算放大器的特点	159
10.4.2	基本运算电路	160
第11章 直流稳压电源		
11.1	直流稳压电源的组成	169

11.2 整流电路	170
11.2.1 单相半波整流电路	170
11.2.2 单相全波整流电路	172
11.2.3 单相桥式整流电路	174
11.3 滤波电路	175
11.3.1 半波整流电容滤波电路	175
11.3.2 桥式整流电容滤波电路	176
11.4 直流稳压电路	177
11.4.1 稳压管稳压电路	177
11.4.2 串联型稳压电路	178

第三篇 数字电子技术

第12章 基础知识

12.1 概述	185
12.1.1 数字电路及其特点	186
12.1.2 数制和码制	186
12.2 逻辑代数中的基本逻辑运算	189
12.2.1 与运算	190
12.2.2 或运算	190
12.2.3 非运算	191
12.2.4 其他逻辑运算	191
12.3 逻辑代数的常用公式及基本定理	192
12.3.1 基本公式	192
12.3.2 其他常用公式	193
12.3.3 逻辑代数的基本定理	193
12.4 逻辑函数及其表示方法	194
12.4.1 逻辑函数	194
12.4.2 逻辑函数的表示方法	195
12.5 逻辑函数的化简	197
12.5.1 逻辑函数的公式化简法	197
12.5.2 逻辑函数的卡诺图化简法	199
12.5.3 具有无关项的逻辑函数及其化简	205
12.6 逻辑门电路	205
12.6.1 分立元件门电路	205
12.6.2 TTL、CMOS 集成门电路	207

第 13 章 组合逻辑电路

13.1	组合逻辑电路概述	212
13.2	组合逻辑电路的分析方法	213
13.3	组合逻辑电路的设计方法	213
13.4	常用中规模集成电路	215
13.4.1	编码器	215
13.4.2	译码器	220
13.4.3	加法器	226
13.4.4	数据选择器	227
13.5	组合逻辑电路中的竞争冒险现象	229

第 14 章 触发器

14.1	概述	233
14.2	触发器的电路结构形式	234
14.2.1	基本 RS 触发器	234
14.2.2	同步 RS 触发器	236
14.2.3	主从触发器	239
14.2.4	维持-阻塞边沿 D 触发器	243
14.3	触发器的逻辑功能及其描述方法	244
14.3.1	触发器按逻辑功能的分类	245
14.3.2	不同触发器逻辑功能的转换	247

第 15 章 时序逻辑电路

15.1	概述	251
15.2	时序逻辑电路的分析方法	252
15.3	常用的时序逻辑电路	255
15.3.1	寄存器和移位寄存器	256
15.3.2	计数器	258
15.4	同步时序逻辑电路的设计方法	271

第 16 章 脉冲的产生与整形

16.1	概述	276
16.2	门电路构成的脉冲产生与整形电路	277
16.2.1	施密特触发器	277
16.2.2	单稳态触发器	279
16.2.3	多谐振荡器	281

16.3	555 定时器及其组成的脉冲产生与整形电路	282
16.3.1	555 定时器的组成及工作原理	282
16.3.2	555 定时器组成的施密特触发器	284
16.3.3	555 定时器组成的单稳态触发器	285
16.3.4	555 定时器组成的多谐振荡器	287
 第 17 章 数/模和模/数转换器		
17.1	数/模转换器	290
17.2	模/数转换器	293
参考文献		298

第一篇

电路分析基础

第1章

电路的基本概念

本章内容

- 本章介绍电路模型的概念,电压、电流参考方向的概念,吸收、发出功率的表达式和计算方法,同时还介绍独立电源、受控源、电阻、电容、电感等电路元件。

本章重点

- 电路模型;
- 电流、电压、功率、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

- 掌握电路模型的概念;
- 熟练掌握电流、电压、功率、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;
- 会对简单电路进行分析计算。

1.1 电路与电路模型

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,为进一步学习电子技术打下初步基础,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,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。本书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,它们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元件、四端元件等。

如图 1-1(a)所示为由一个电源(即干电池)、一个负载(即小灯泡)和两根导线组成的简单电路,其电路模型如图 1-1(b)所示。

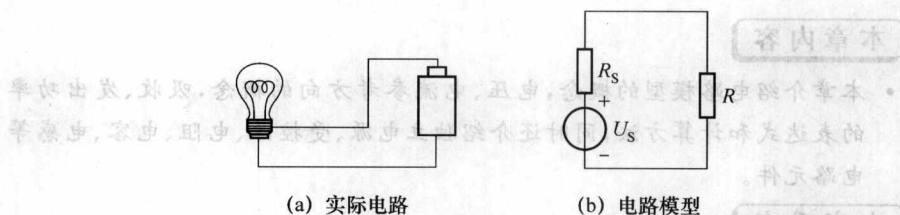


图 1-1 实际电路与电路模型

分析电路一般情况下是分析电路图,电路图是将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。

在今后如果不加指明的话,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;另一类用于信号处理,实现信号的产生、加工、传输、变换等。

1.2 电流与电压

电流和电压是电路分析中用得最多的物理量,因此要首先掌握这两个物理量。为了分析的方便,本节将规定它们的方向,并提出参考方向概念。

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,电解液中带电离子作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,或者称为直流电流(DC, Direct Current),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。量值和方向作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,统一用 i 表示,指明是交流时,习惯上也用 i 表示,指明是直流时,用 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,它们之间的换算关系为

$$\begin{aligned} 1 \text{ mA} &= 10^{-3} \text{ A} \\ 1 \mu\text{A} &= 10^{-6} \text{ A} = 10^{-3} \text{ mA} \end{aligned}$$

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,可以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,则电流取正值;若电流实际方向与参考方向相反,则电流取负值。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。

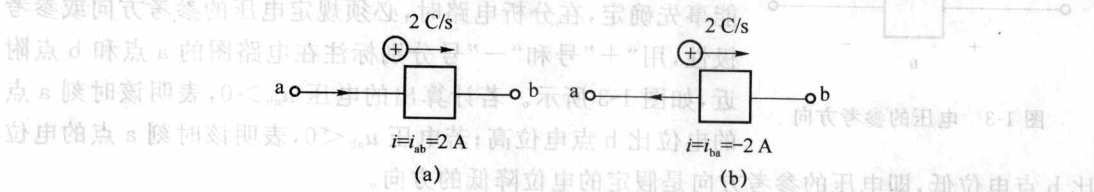


图 1-2 电流的参考方向

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,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

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

在分析电路时,必须事先规定电流变量的参考方向。若计算出的电流 $i(t) > 0$,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,必须首先指定电流参考方向,这样电流的正或负值才有意义。

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 两点间的电压,用 u_{ab} 表示,即

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

dW 为电荷移动过程中电场力对其做的功,单位为焦耳(J),简称焦。 dq 为从 a 点移动到 b 点的电荷量,单位为 C,则电压的单位为伏特(V),简称伏。常用的单位还有毫伏(mV)、微伏(μV)、千伏(kV)等。它们之间的换算关系为