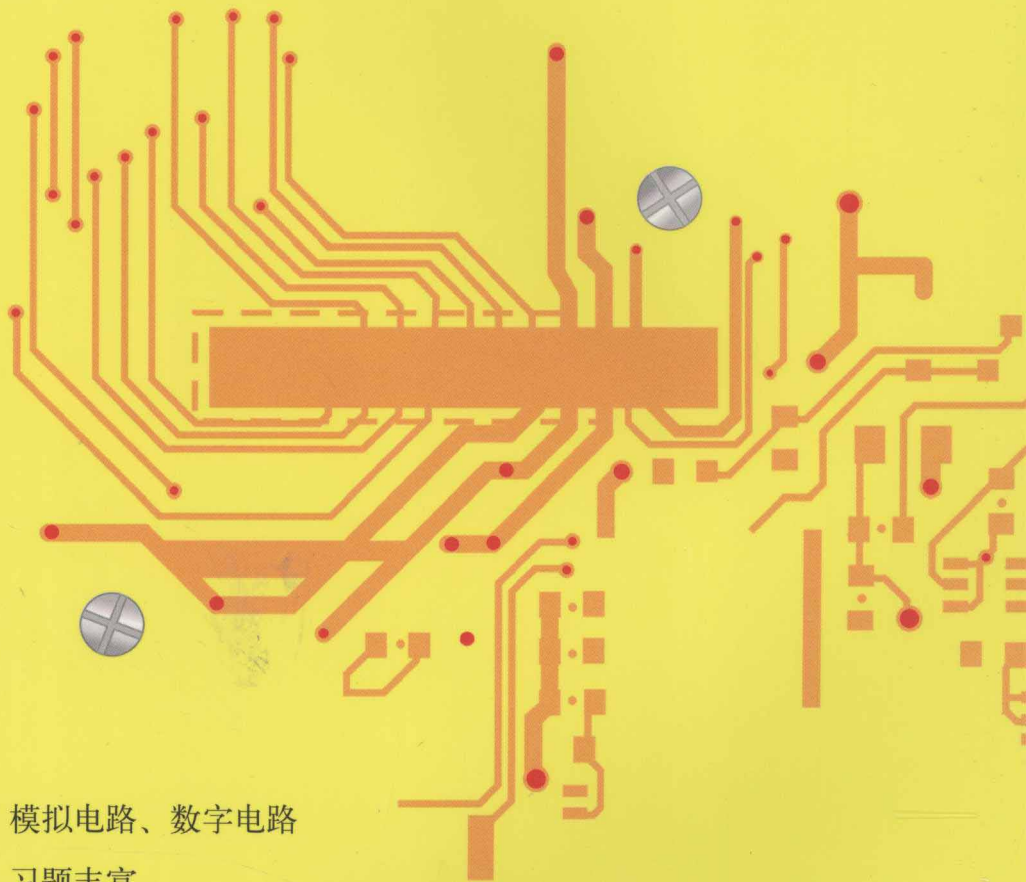




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



- 电路分析、模拟电路、数字电路
- 例题经典，习题丰富
- 配套图书《电路与电子技术学习辅导及实践指导（第4版）》

# 电路与电子技术(第4版)

张虹 主编

DIANLU YU DIANZI JISHU



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 电路与电子技术

(第4版)

张虹 主编



北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,在内容编排上符合应用型本科院校人才培养目标和教学的基本要求。

全书共3篇。第一篇为电路分析,主要内容有电路基本概念、电路基本分析方法、正弦稳态电路的相量分析法;第二篇为模拟电子技术,主要内容有常用半导体器件介绍、放大电路基础、集成运算放大电路及其应用;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、时序逻辑电路、数/模和模/数转换电路、硬件描述语言 VHDL 简介。

本书体系结构合理,知识衔接紧密,语言通俗易懂,例题经典,习题丰富,联系实际,突出应用。为了读者更好地学习和掌握相关知识,本书最后提供了部分习题答案,并配套出版了《电路与电子技术学习辅导及实践指导(第4版)》以供读者参考。

本书可作为高等院校计算机、电子、通信和自动控制等专业本专科教材,适合作为培养应用型本科生的教材,也可作为自学考试用书和电子技术工程相关从业人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术 / 张虹主编. — 4 版. — 北京 :  
北京航空航天大学出版社, 2012.7  
ISBN 978-7-5124-0644-5

I. ①电… II. ①张… III. ①电路理论②电子技术  
IV. ①TM13②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 236206 号

版权所有,侵权必究。

### 电路与电子技术(第4版)

张 虹 主 编

高低编辑 董 瑞

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: [goodtextbook@126.com](mailto:goodtextbook@126.com) 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1 092 1/16 印张:24.5 字数:627 千字

2012 年 7 月第 4 版 2012 年 7 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0644-5 定价:39.80 元

---

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

## 第 4 版前言

自《电路与电子技术(第 3 版)》出版至今,已经过去近四个年头了。期间本书已被许多高等院校,尤其是广大应用型本科院校选为教材,得到了广大读者的支持和肯定。他们以各种方式与本书作者取得联系,提出他们的意见和建议,同时随着课程改革的不断深入以及教学方法的不断探究,作者在教学实践过程中也积累了更多的教学经验,使得教学思想和教学理念逐步科学和完善。为了更好地适应电子技术的应用与发展,不断满足高等院校对应用型人才培养的需要,同时也为了更好地服务于读者,有必要对原书进行全面的修订。

本次修订主要从以下几个方面进行:

在体系结构上,基本沿用原书三大篇结构,即电路分析篇、模拟电子技术篇、数字电子技术篇。在此基础上,对每一篇的内部章节做了进一步修改和调整。

一、将第一篇中的 4 章内容压缩成 3 章,具体做法是,将第 4 章“动态电路”合并到第 2 章“线性电阻电路分析”中,并重新命名第 2 章为“电路基本分析方法”。这样调整使整个电路分析篇结构更加紧凑,思路更为条理,简洁明晰,一气呵成。

二、将第三篇的 7 章内容压缩成 5 章,具体做法是,将第 9 章“逻辑门电路”合并到第 8 章“逻辑代数基础”中,将第 11 章“触发器”合并到第 12 章“时序逻辑电路”中。由于本书的辅助教材《电路与电子技术学习辅导及实践指导(第 4 版)》专门对电子技术的实践及应用做了介绍,因此本次修订中将第 14 章“电子电路应用举例”删掉。考虑到电子设计自动化(EDA)技术的日益普及,在本篇最后添加了新的一章“硬件描述语言 VHDL 简介”。以上对数字电子技术篇的调整使得内容更加连贯,逻辑性强,尽量做到在有限的篇幅内介绍更多的内容。

三、为了读者更好地学习和掌握相关知识,本书最后增加了部分习题答案,并同步修订出版《电路与电子技术学习辅导及实践指导(第 4 版)》,以供读者参考。

在内容取舍上,紧紧围绕应用型本科院校人才培养目标和教学的基本要求,突出本课程的性质,即“电路电子技术方面的入门性技术基础课”,其任务在于“使学生掌握电路电子技术方面的基本概念、基本理论和基本技能,并为学习后续相关课程打下良好的基础”。为此,在基本保持本书第 3 版原有内容的基础上,在内容取舍上做了以下修改和补充:

### 第一篇 电路分析

在第 1 章对电路基本元件的介绍中,添加了电阻器、电感器和电容器的实物图片,使抽象的理想元件模型与实际器件相结合,理论联系实际,突出应用。此外,将“基尔霍夫定律”作为电路的一个基本分析方法(支路电流法)放到第 2 章中介绍。在第 2 章中添加了“网孔电流分析法”和“动态电路的分析”。第 3 章还增加了“互感耦合电路及理想变压器”内容。

### 第二篇 模拟电子技术

在第 4 章对半导体器件的介绍中,同样添加了器件的实物图片。对二极管的应用电路进一步扩充。考虑到晶闸管在电力电子领域的应用日益广泛,本章还增加了对晶闸管有关知识的介绍。第 5 章对放大电路基础的介绍中,对三极管三种组态放大电路做了更为详细的介绍和比较。第 6 章对集成运放及其应用介绍中,对集成运放的应用电路进行了扩充,增加了“模

拟乘法器”、“有源滤波器”、“集成稳压电路”和“非正弦信号发生电路”等内容。

### 第三篇 数字电子技术

在第7章对逻辑代数基础的介绍中,削减了数制及其转换的有关内容,增加了补码的有关知识,对门电路的介绍更加突出逻辑功能及性能,减少其内部结构及工作原理的分析。第9章对时序逻辑电路的介绍中,合并了原书中“触发器”一章,并压缩了对触发器工作原理的分析。同时,本章还增加了时序电路的分析方法以及555定时器的应用电路等内容。

此外,与第3版相比,本书每一章的例题尽量联系生产实际,更加经典,章后习题更加丰富,题型更加多样化。

为了与本次修订相配合,我们同步修订出版了《电路与电子技术学习辅导及实践指导(第4版)》。修订思路与教材保持一致,内容更加精练,更加实用。

由于本书是电路分析、模拟电子技术、数字电子技术三门课程的整合,因此内容多,知识覆盖面广。为了更好地掌握每一部分的内容,合理分配有限的课时,应广大读者要求,在此特提供本书的课时分配表,以供参考。

本书较为适宜的理论教学为90课时(按1课时50分钟算),各章的参考课时如下表:

各章理论教学参考课时一览表

| 篇 次 | 章 名                 | 参考课时 |
|-----|---------------------|------|
| 第一篇 | 第1章 电路基本概念          | 4    |
|     | 第2章 电路基本分析方法        | 10   |
|     | 第3章 正弦稳态电路的相量分析法    | 8    |
| 第二篇 | 第4章 常用半导体器件         | 6    |
|     | 第5章 放大电路基础          | 8    |
|     | 第6章 集成运算放大电路及其应用    | 12   |
| 第三篇 | 第7章 逻辑代数基础          | 8    |
|     | 第8章 组合逻辑电路          | 10   |
|     | 第9章 时序逻辑电路          | 12   |
|     | 第10章 数/模、模/数转换电路    | 6    |
|     | 第11章 硬件描述语言 VHDL 简介 | 6    |

本次教材修订工作由张虹教授完成。此外,在修订方案的论证及教材修订过程中,管金华、张星慧、李耀明、张元国、高寒、张建华、刘晓亮、栾学德、陈光军、李厚荣、周金玲、王立梅、杨洁、于钦庆、杜德等老师提出了许多宝贵意见并给予了很大帮助,在此一并表示感谢。

修订后的第4版一定还会有不尽如人意之处,诚望广大读者予以指正。本书配套教材、课件等相关信息,及对本书的勘误、意见、建议等,请发邮件至 [goodtextbook@126.com](mailto:goodtextbook@126.com) 联系。

编 者

2012年6月

# 目 录

## 第一篇 电 路 分 析

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第 1 章 电路基本概念        | 3  |
| 1.1 电路理论基础          | 3  |
| 1.1.1 电路理论及其发展      | 3  |
| 1.1.2 电路和电路模型       | 3  |
| 1.1.3 计算机辅助电路分析     | 5  |
| 1.2 电路基本物理量         | 6  |
| 1.2.1 电 流           | 6  |
| 1.2.2 电 压           | 6  |
| 1.2.3 功率与能量         | 8  |
| 1.3 电路基本元件          | 9  |
| 1.3.1 电阻元件          | 9  |
| 1.3.2 电容元件          | 10 |
| 1.3.3 电感元件          | 12 |
| 1.4 电 源             | 13 |
| 1.4.1 电压源           | 14 |
| 1.4.2 电流源           | 14 |
| 1.4.3 受控源           | 15 |
| 本章小结                | 16 |
| 习 题 一               | 17 |
| 第 2 章 电路基本分析方法      | 20 |
| 2.1 基尔霍夫定律及支路电流分析法  | 20 |
| 2.1.1 基尔霍夫定律        | 20 |
| 2.1.2 定律应用——支路电流分析法 | 22 |
| 2.2 等效变换分析法         | 23 |
| 2.2.1 等效变换          | 23 |
| 2.2.2 无源二端网络的等效变换   | 24 |
| 2.2.3 两种电源模型的等效变换   | 29 |
| 2.3 节点电压分析法         | 30 |
| 2.3.1 节点电压方程        | 30 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 2.3.2 节点电压法应用举例         | 31        |
| 2.4 网孔电流分析法             | 33        |
| 2.4.1 网孔电流及网孔电流方程       | 33        |
| 2.4.2 网孔法应用举例           | 34        |
| 2.5 网络定理分析法             | 35        |
| 2.5.1 叠加定理              | 35        |
| 2.5.2 戴维南定理和诺顿定理        | 36        |
| 2.5.3 最大功率传输定理          | 39        |
| 2.5.4 替代定理              | 40        |
| 2.6 一阶动态电路的分析           | 41        |
| 2.6.1 过渡过程与换路定律         | 41        |
| 2.6.2 一阶 RC 电路过渡过程分析    | 42        |
| 2.6.3 一阶 RL 电路过渡过程分析    | 45        |
| 2.6.4 一阶电路的全响应及三要素法     | 47        |
| 本章小结                    | 50        |
| 习题二                     | 51        |
| <b>第3章 正弦稳态电路的相量分析法</b> | <b>57</b> |
| 3.1 正弦交流电路的基本概念         | 57        |
| 3.1.1 正弦量的三要素           | 57        |
| 3.1.2 相位差               | 59        |
| 3.2 正弦量的相量表示            | 60        |
| 3.2.1 复数的表示形式及运算规则      | 60        |
| 3.2.2 正弦量的相量表示          | 61        |
| 3.3 R、L、C 各元件的相量模型      | 62        |
| 3.3.1 电阻元件              | 62        |
| 3.3.2 电感元件              | 62        |
| 3.3.3 电容元件              | 63        |
| 3.4 复阻抗、复导纳及正弦电路的相量分析法  | 64        |
| 3.4.1 复阻抗               | 64        |
| 3.4.2 复导纳               | 65        |
| 3.5 正弦交流电路的功率           | 66        |
| 3.5.1 瞬时功率和平均功率         | 66        |
| 3.5.2 复功率、视在功率和无功功率     | 67        |
| 3.5.3 功率因数的提高           | 67        |
| 3.6 谐振电路                | 68        |
| 3.6.1 RLC 串联谐振电路        | 68        |
| 3.6.2 RLC 并联谐振电路        | 69        |
| 3.7 三相电路                | 70        |

|                  |    |
|------------------|----|
| 3.7.1 三相电源       | 71 |
| 3.7.2 三相电源的连接    | 71 |
| 3.7.3 三相电源和负载的连接 | 73 |
| 3.7.4 三相电路的计算    | 74 |
| 3.7.5 三相电路的功率    | 75 |
| 3.8 互感耦合电路       | 76 |
| 3.8.1 互感现象及同名端   | 76 |
| 3.8.2 互感电压       | 79 |
| 3.8.3 理想变压器      | 80 |
| 本章小结             | 83 |
| 习题三              | 83 |

## 第二篇 模拟电子技术

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第4章 常用半导体器件       | 89  |
| 4.1 半导体基础知识       | 89  |
| 4.1.1 本征半导体       | 89  |
| 4.1.2 杂质半导体       | 90  |
| 4.1.3 PN结         | 90  |
| 4.2 半导体二极管        | 92  |
| 4.2.1 二极管的结构及外形   | 92  |
| 4.2.2 二极管的伏安特性    | 93  |
| 4.2.3 二极管的主要参数    | 93  |
| 4.2.4 其他类型的二极管    | 94  |
| 4.2.5 二极管应用电路举例   | 96  |
| 4.3 半导体三极管        | 100 |
| 4.3.1 三极管的基本结构及外形 | 100 |
| 4.3.2 三极管的电流放大原理  | 101 |
| 4.3.3 三极管的共射特性曲线  | 103 |
| 4.3.4 三极管的主要参数    | 104 |
| 4.4 场效应管          | 105 |
| 4.4.1 结型场效应管      | 106 |
| 4.4.2 绝缘栅场效应管     | 108 |
| 4.4.3 场效应管和三极管比较  | 109 |
| 4.5 晶闸管           | 110 |
| 4.5.1 晶闸管的结构和工作原理 | 110 |
| 4.5.2 晶闸管的伏安特性    | 111 |
| 4.5.3 晶闸管的主要参数    | 112 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 4.5.4 晶闸管应用电路 .....            | 112        |
| 本章小结 .....                     | 114        |
| 习题四 .....                      | 114        |
| <b>第5章 放大电路基础</b> .....        | <b>118</b> |
| 5.1 放大的概念和放大电路的性能指标 .....      | 118        |
| 5.1.1 放大的概念 .....              | 118        |
| 5.1.2 放大电路的性能指标 .....          | 118        |
| 5.2 基本放大电路的组成及工作原理 .....       | 120        |
| 5.2.1 单管共射放大电路的组成及各元件的作用 ..... | 120        |
| 5.2.2 单管共射放大电路的工作原理 .....      | 121        |
| 5.3 放大电路的分析方法 .....            | 123        |
| 5.3.1 静态分析 .....               | 123        |
| 5.3.2 动态分析 .....               | 125        |
| 5.4 放大电路静态工作点的稳定 .....         | 130        |
| 5.4.1 温度对静态工作点的影响 .....        | 130        |
| 5.4.2 静态工作点稳定电路 .....          | 130        |
| 5.5 单管放大电路的三种基本组态 .....        | 133        |
| 5.5.1 基本共集电极放大电路 .....         | 133        |
| 5.5.2 基本共基极放大电路 .....          | 135        |
| 5.5.3 基本放大电路三种组态的性能比较 .....    | 137        |
| 5.6 多级放大电路 .....               | 138        |
| 5.6.1 多级放大电路的耦合方式 .....        | 138        |
| 5.6.2 多级放大电路的动态分析 .....        | 139        |
| 本章小结 .....                     | 141        |
| 习题五 .....                      | 142        |
| <b>第6章 集成运算放大电路及其应用</b> .....  | <b>149</b> |
| 6.1 集成电路概述 .....               | 149        |
| 6.1.1 集成电路及其发展 .....           | 149        |
| 6.1.2 集成电路的特点及分类 .....         | 149        |
| 6.1.3 集成电路制造工艺简介 .....         | 150        |
| 6.2 集成运放的基本组成及各部分的作用 .....     | 151        |
| 6.2.1 偏置电路——电流源 .....          | 151        |
| 6.2.2 输入级——差分放大电路 .....        | 152        |
| 6.2.3 中间级——采用有源负载的共射放大电路 ..... | 158        |
| 6.2.4 输出级——功率放大电路 .....        | 160        |
| 6.3 集成运放的典型电路及性能指标 .....       | 164        |
| 6.3.1 双极型集成运放 F007 .....       | 164        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 6.3.2 集成运放的主要性能指标 .....   | 165 |
| 6.4 放大电路中的反馈 .....        | 166 |
| 6.4.1 理想运放的概念及工作特点 .....  | 166 |
| 6.4.2 反馈的基本概念及判别方法 .....  | 168 |
| 6.4.3 负反馈对放大电路性能的影响 ..... | 171 |
| 6.5 集成运放的应用 .....         | 173 |
| 6.5.1 运算电路 .....          | 173 |
| 6.5.2 有源滤波器 .....         | 181 |
| 6.5.3 电压比较器 .....         | 184 |
| 6.5.4 集成稳压电路 .....        | 186 |
| 6.5.5 非正弦波发生电路 .....      | 188 |
| 本章小结 .....                | 190 |
| 习题六 .....                 | 190 |

### 第三篇 数字电子技术

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第7章 逻辑代数基础 .....           | 199 |
| 7.1 数字电路概述 .....           | 199 |
| 7.1.1 模拟信号和数字信号 .....      | 199 |
| 7.1.2 数字电路的特点 .....        | 199 |
| 7.1.3 数字电路的应用 .....        | 200 |
| 7.2 数制与编码 .....            | 201 |
| 7.2.1 数制及其转换 .....         | 201 |
| 7.2.2 二进制正、负数的表示法 .....    | 202 |
| 7.2.3 编 码 .....            | 204 |
| 7.3 逻辑门电路 .....            | 206 |
| 7.3.1 基本逻辑关系及其门电路 .....    | 206 |
| 7.3.2 复合门电路 .....          | 208 |
| 7.3.3 集成门电路 .....          | 210 |
| 7.4 逻辑函数的化简 .....          | 217 |
| 7.4.1 逻辑代数的公式和定理 .....     | 217 |
| 7.4.2 逻辑函数的化简 .....        | 218 |
| 本章小结 .....                 | 223 |
| 习题七 .....                  | 223 |
| 第8章 组合逻辑电路 .....           | 230 |
| 8.1 组合逻辑电路的特点及分析设计方法 ..... | 230 |
| 8.1.1 组合电路的特点 .....        | 230 |

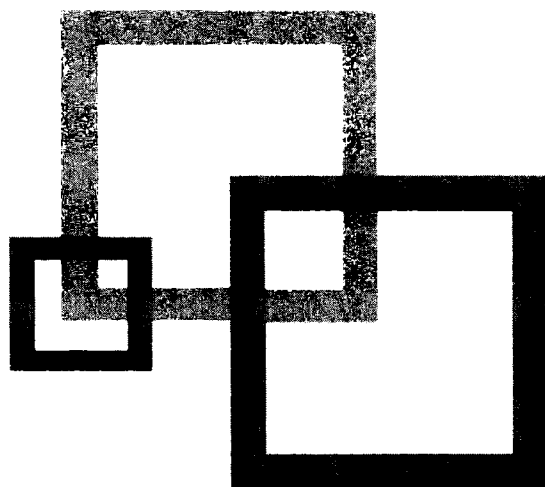
|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 8.1.2 | 组合电路的一般分析方法          | 231 |
| 8.1.3 | 组合电路的一般设计方法          | 232 |
| 8.2   | 常用组合逻辑电路介绍           | 235 |
| 8.2.1 | 编码器                  | 235 |
| 8.2.2 | 译码器                  | 240 |
| 8.2.3 | 加法器                  | 246 |
| 8.2.4 | 数值比较器                | 248 |
| 8.2.5 | 数据选择器                | 250 |
| 8.2.6 | 数据分配器                | 253 |
| 8.3   | 组合电路中的竞争冒险           | 255 |
| 8.3.1 | 竞争冒险的概念及产生原因         | 255 |
| 8.3.2 | 竞争冒险的消除方法            | 256 |
|       | 本章小结                 | 257 |
|       | 习题八                  | 257 |
| 第9章   | 时序逻辑电路               | 263 |
| 9.1   | 触发器                  | 263 |
| 9.1.1 | 触发器的功能特点             | 263 |
| 9.1.2 | 触发器的分类及逻辑功能描述方法      | 264 |
| 9.1.3 | 基本RS触发器              | 264 |
| 9.1.4 | 同步触发器                | 266 |
| 9.1.5 | 主从触发器                | 268 |
| 9.1.6 | 边沿触发器                | 271 |
| 9.1.7 | 不同类型时钟触发器间的转换        | 273 |
| 9.2   | 时序电路概述               | 274 |
| 9.2.1 | 时序电路的特点              | 274 |
| 9.2.2 | 时序电路逻辑功能的描述方法        | 274 |
| 9.2.3 | 时序电路的一般分析方法          | 275 |
| 9.3   | 计数器                  | 276 |
| 9.3.1 | 计数器的分类               | 276 |
| 9.3.2 | 同步计数器                | 276 |
| 9.3.3 | 异步计数器                | 285 |
| 9.3.4 | 集成计数器构成 $N$ 进制计数器的方法 | 288 |
| 9.3.5 | 计数器应用电路举例            | 292 |
| 9.4   | 寄存器                  | 292 |
| 9.4.1 | 数码寄存器                | 292 |
| 9.4.2 | 移位寄存器                | 293 |
| 9.4.3 | 寄存器的应用               | 296 |
| 9.5   | 顺序脉冲发生器              | 299 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 9.6 序列信号发生器 .....                  | 300        |
| 9.7 时序电路的设计 .....                  | 301        |
| 9.7.1 设计方法及步骤 .....                | 301        |
| 9.7.2 设计举例 .....                   | 301        |
| 9.8 集成 555 定时器的原理及应用 .....         | 303        |
| 9.8.1 集成 555 定时器 .....             | 303        |
| 9.8.2 由 555 定时器构成的单稳态触发器 .....     | 304        |
| 9.8.3 由 555 定时器构成的多谐振荡器 .....      | 305        |
| 9.8.4 由 555 定时器构成的施密特触发器 .....     | 306        |
| 9.8.5 555 定时器应用电路举例 .....          | 307        |
| 本章小结 .....                         | 309        |
| 习题九 .....                          | 309        |
| <b>第 10 章 数/模和模/数转换电路 .....</b>    | <b>318</b> |
| 10.1 D/A 转换器 .....                 | 318        |
| 10.1.1 权电阻网络 D/A 转换器 .....         | 319        |
| 10.1.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器 .....     | 320        |
| 10.1.3 D/A 转换器的主要技术指标 .....        | 322        |
| 10.1.4 集成 DAC .....                | 323        |
| 10.2 A/D 转换器 .....                 | 325        |
| 10.2.1 A/D 转换的一般步骤 .....           | 326        |
| 10.2.2 取样保持电路 .....                | 327        |
| 10.2.3 逐次渐近型 A/D 转换器 .....         | 328        |
| 10.2.4 双积分型 A/D 转换器 .....          | 329        |
| 10.2.5 A/D 转换器的主要技术指标 .....        | 331        |
| 10.2.6 集成 ADC .....                | 331        |
| 本章小结 .....                         | 333        |
| 习题十 .....                          | 333        |
| <b>第 11 章 硬件描述语言 VHDL 简介 .....</b> | <b>337</b> |
| 11.1 VHDL 语言基础 .....               | 337        |
| 11.1.1 VHDL 语言程序的基本结构 .....        | 337        |
| 11.1.2 VHDL 语言中的数据 .....           | 339        |
| 11.2 常用组合逻辑功能器件的 VHDL 语言描述 .....   | 344        |
| 11.2.1 VHDL 语言的主要描述语句 .....        | 344        |
| 11.2.2 常用组合逻辑功能器件的 VHDL 描述 .....   | 346        |
| 11.3 触发器的 VHDL 语言描述 .....          | 349        |
| 11.3.1 时钟信号的 VHDL 描述 .....         | 350        |
| 11.3.2 RS 触发器的 VHDL 描述 .....       | 350        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 11.3.3 D 触发器的 VHDL 描述 .....  | 351 |
| 11.3.4 JK 触发器的 VHDL 描述 ..... | 352 |
| 11.3.5 T 触发器的 VHDL 描述 .....  | 353 |
| 11.4 时序逻辑电路的 VHDL 描述 .....   | 354 |
| 11.4.1 计数器的 VHDL 描述 .....    | 354 |
| 11.4.2 寄存器的 VHDL 描述 .....    | 357 |
| 本章小结 .....                   | 360 |
| 习题十一 .....                   | 361 |
| 部分习题答案 .....                 | 362 |
| 参考文献 .....                   | 380 |

# 第一篇

## 电路分析





# 第1章 电路基本概念

## 内容提要

- 电路理论基础
- 电流的参考方向和电压的参考极性
- 电阻、电容、电感元件的特性
- 电压源、电流源的特性
- 受控源与独立源的异同

## 1.1 电路理论基础

### 1.1.1 电路理论及其发展

电路理论与应用技术的发展为人类驾驭物质世界奠定了重要的理论基础。电路理论包括电器件的模型建立、电路分析、电路综合及设计等方面的理论。电路理论是物理学、数学和工程技术等多方面成果的融合。物理学,尤其是其中的电磁学为研制各种电路器件提供了原理依据,对各种电路现象做出理论上的阐述;数学中的许多理论在电路理论中得到广泛的应用,成为分析、设计电路的重要方法;工程技术的进展不断向电路理论提出新的课题,推动电路理论的发展。作为首门电技术基础课,为学习电专业的专业基础课打下基础;也是电气电子工程师必备的知识;学习本课程还有助于培养读者严谨的科学作风、抽象的思维能力、实验研究能力、总结归纳能力等。

电、磁互生现象早已为现代人所熟知,它是人们经过长期不断观察才认识的。我国古代早就发现了电磁现象。早在四千多年前,我国先祖黄帝利用磁制成了罗盘针。据史料记载,公元前9世纪,我国航海家已使用指南针导航了。被世人称为电学之父的英国物理学家吉尔伯特,于1600年在他的书中第一次讨论了电与磁。与电、磁理论发展有关的世界著名科学家还有安培、欧姆、伏打、基尔霍夫、戴维南、法拉第、亨利、拉普拉斯、傅里叶、麦克斯韦、赫兹等。关于电的理论和电子技术的发展,就经典阶段和现代阶段而言,前后大约经历了200年。经典电路理论形成于20世纪初至20世纪60年代。经典的时域分析于20世纪30年代初已初步建立,并随着电力、通信、控制三大系统的要求发展到频域分析与电路综合。20世纪六七十年代至今发展了现代电路理论,随着电子革命和计算机革命而飞跃发展,其特点是:频域与时域相结合,并产生了拓扑、状态、逻辑、开关电容、数字滤波器、有源网络综合、故障诊断等新的领域。

### 1.1.2 电路和电路模型

#### 1. 电 路

电路在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛应用。小到手电筒,大到计算机、通

信系统和电力网络,都可以看到各种各样的电路。可以说,只要用电的物体,其内部都含有电路,尽管这些电路的结构各异,特性和功能也不相同,但都建立在一个共同的电路理论上。

电路通常按如下几个方面进行分类:

### (1) 集总参数电路和分布参数电路

将实际电路的几何尺寸  $d$  与其中的工作信号波长  $\lambda$  比较,满足  $d \ll \lambda$  的称为集总参数电路,不满足  $d \ll \lambda$  的称为分布参数电路。常见的低频放大器属于集总参数电路,微波( $\lambda < 1\text{ m}$ )电路(如电视天线、雷达天线和通信卫星天线等)属于分布参数电路。本书中将以集总参数电路为研究对象进行讨论。

### (2) 线性电路和非线性电路

若描述电路特征的所有方程都是线性代数方程或线性微积分方程,则该电路称为线性电路,否则就称为非线性电路。非线性电路在工程中应用更为普遍,线性电路仅是非线性电路的近似模型,但线性电路理论却是最重要的基础。

### (3) 时不变电路和时变电路

时不变电路中元件参数不随时间变化,描述其电路的方程是常系数的代数方程或常系数的微积分方程;而时变电路是由变系数的代数方程或微积分方程描述的电路。实际中,时变电路非常普遍,但时不变电路是最基本的电路模型,是研究时变电路的基础。

电路的一种功能是实现电能的传输和转换,例如,电力网络将电能从发电厂输送到各个工厂、广大农村和千家万户,供各种电气设备使用;电路的另一种功能是实现电信号的传输、处理和存储,例如,电视接收天线将接收到的含有声音和图像信息的高频电视信号,通过高频传输线送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复原来的声音和图像信号,在扬声器中发出声音,并在屏幕上呈现图像。

所有的实际电路是由电气设备和元器件按照一定的方式连接起来,为电流的流通提供路径的总体,也称网络。在实际电路中,电能或电信号的发生器称为电源,用电设备称为负载。电压和电流是在电源的作用下产生的,因此,电源又称为激励源,简称激励。由激励而在电路中产生的电压和电流称为响应。有时,根据激励和响应之间的因果关系,把激励称为输入,响应称为输出。

## 2. 电路模型

为了便于对实际电路进行分析,通常是将实际电路器件理想化(或称模型化),即在一定条件下,突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将其近似地看做理想电路元件,并用规定的图形符号表示。例如,用电阻元件来表征具有消耗电能特征的各种实际元件,同样,在一定条件下,电感线圈忽略其电阻,就可以用电感元件来近似地表示;电容器忽略其漏电,就可以用电容元件近似地表示。此外还有电压源、电流源两种理想电源元件。以上这些理想元件可以简称为电阻、电感、电容和电源,它们都具有两个端钮,称为二端元件。其中,电阻、电感、电容又称无源元件<sup>①</sup>。

由理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型。图 1-1(b)即为图 1-1(a)的电路模型。今后如未加特殊说明,所说的电路均指电路模型。

<sup>①</sup> 电路中有两类元件,有源元件和无源元件。有源元件能产生或者能控制能量,而无源元件不能。电阻、电容、电感等均为无源元件。发电机、电池、运算放大器、三极管、场效应管等为有源元件。