



全国教育科学“十一五”  
规划课题研究成果

# 数字 电子技术 基础

Fundamentals of Digital  
Electronics

第 3 版

主编 杨志忠 卫桦林



高等教育出版社



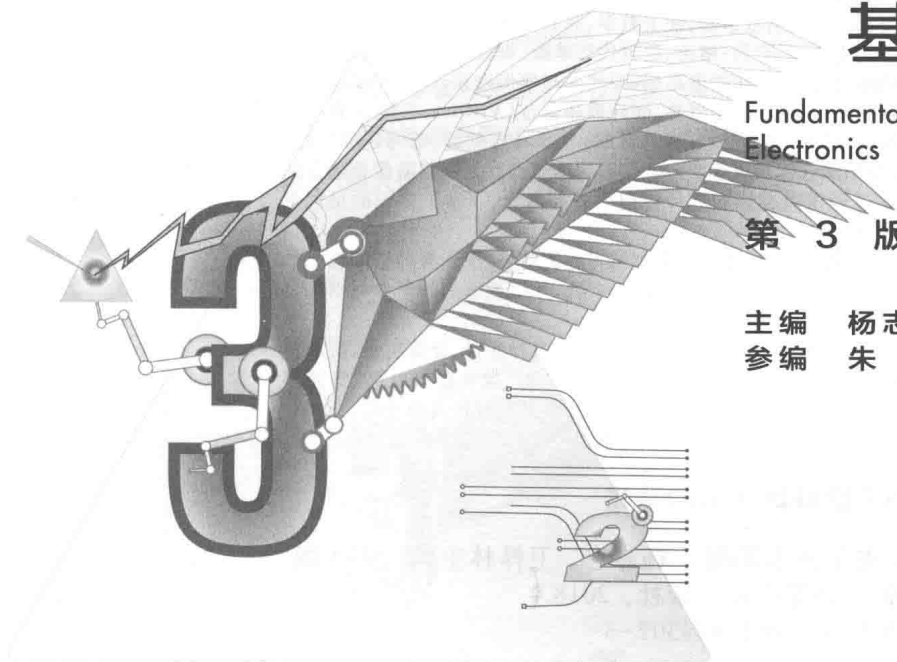
全国教育科学“十一五”  
规划课题研究成果

# 数字 电子技术 基础

Fundamentals of Digital  
Electronics

第 3 版

主编 杨志忠 卫桦林  
参编 朱 昊 夏 晔



高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书第1版为“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”。本书是在第2版的基础上,根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新制定的“数字电子技术基础”课程教学基本要求进行修订的,它保留了原教材的理论体系和特点,增删了部分章节的内容。在保证基础的前提下,弱化了集成器件内部复杂电路的分析,突出了器件的逻辑功能和应用,及时反映了新器件和现代数字系统设计最新发展。教材题例丰富、通俗易懂、重点突出、理论与实际应用结合紧密,便于教学、有利自学。

全书共分11章,内容为:绪论、逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲产生与整形电路、数模和模数转换器、半导体存储器、可编程逻辑器件、硬件描述语言(VHDL),在附录B中还介绍了Multisim 13.0软件。每节有思考题,各章有自测题、练习题和小结。书末有自测题和部分练习题答案。本书采用纸质教材与网络资源相融合的新形式,增加了教学微视频和芯片使用手册等内容,丰富了知识的呈现形式,方便读者自学。

本书有电子教案、学习指导和全部练习题的解答,便于教师组织教学和帮助读者掌握本课程的主要内容与解题方法。本书配套的教学参考书均由高等教育出版社出版。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类、计算机类、机械类和仪器类及其他相近专业“数字电子技术基础”和“数字逻辑电路”等课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员和科技人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础 / 杨志忠, 卫桦林主编. --3版  
-- 北京: 高等教育出版社, 2018.4  
ISBN 978-7-04-049302-3

I. ①数… II. ①杨… ②卫… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第014793号

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| 策划编辑 欧阳舟 | 责任编辑 欧阳舟 | 封面设计 张申申 | 版式设计 范晓红 |
| 插图绘制 杜晓丹 | 责任校对 刘丽娟 | 责任印制 赵义民 |          |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| 出版发行 高等教育出版社          | 网 址 <a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>          |
| 社 址 北京市西城区德外大街4号      | <a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>              |
| 邮政编码 100120           | 网上订购 <a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a> |
| 印 刷 中国农业出版社印刷厂        | <a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>            |
| 开 本 787mm×1092mm 1/16 | <a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>              |
| 印 张 27                | 版 次 2004年1月第1版   |
| 字 数 600千字             | 2018年4月第3版   |
| 购书热线 010-58581118     | 印 次 2018年4月第1次印刷   |
| 咨询电话 400-810-0598     | 定 价 53.00元   |

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 49302-00

# 数字 电子技术 基础

Fundamentals of Digital  
Electronics

第3版

主编 杨志忠 卫桦林

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1251681>，或手机扫描二维码、下载并安装Abook应用。
- 2 注册并登录，进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号（20位密码，刮开涂层可见），或通过Abook应用扫描封底数字课程账号二维码，完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮，开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制，部分内容无法在手机端显示，请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题，请发邮件至[abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)。



扫描二维码  
下载Abook应用

<http://abook.hep.com.cn/1251681>

## 第3版前言

随着电子技术的迅速发展,数字电路的集成度也越来越高,大规模集成电路和可编程逻辑器件在各个领域都获得了广泛的应用,它已成为国民经济的重要推动力,作为专业技术基础课的“数字电子技术基础”课程的教学内容和技能等方面也要随之相应变化。“数字电子技术基础”是一门理论性、实践性和应用性都很强的课程,是学生学习现代电子技术理论知识和实践技能的入门课程。

本书是在第2版的基础上结合我校多年课程教学改革与实践的经验,根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新制定的“数字电子技术基础”课程教学基本要求进行修订的,它保持了第2版的体系和特点,同时突出了新技术、新器件的应用,增加了现代数字电子技术的比例。

全书共11章,主要内容有:绪论,逻辑代数基础,集成逻辑门电路,组合逻辑电路,集成触发器,时序逻辑电路,脉冲产生与整形电路,数模和模数转换器,半导体存储器,可编程逻辑器件,硬件描述语言(VHDL)。此外,还有两个附录。本书主要有如下特点:

1. 注重基础,突出数字集成电路的逻辑功能与应用。大规模集成电路和可编程逻辑器件的使用虽越来越多,但中、小规模集成电路仍是数字电子技术的基础,是学生必须掌握的基础知识。在分析数字集成电路时,遵循由简单到复杂,先基础后器件的原则,以基本概念、基本理论、基本分析方法和基本设计方法为重点进行分析。在组合逻辑电路中,在讲述各种基本逻辑电路工作原理的基础上,重点介绍了中规模集成电路的逻辑功能和应用,删除了器件内部复杂电路的分析;在集成触发器中,在介绍了基本RS触发器和同步触发器的基础上,突出了边沿触发器的逻辑功能和应用;在脉冲产生与整形电路中,以555定时器的逻辑功能和它的典型应用为主线,讨论了施密特触发器和单稳态触发器的工作原理后,介绍了它们的集成器件的逻辑功能与应用;在D/A和A/D转换器中,叙述了基本电路的工作原理后,突出了有关集成器件的功能和应用。教材层次分明、重点突出、便于教学、有利自学。

2. 突出理论知识的应用。各章在介绍集成器件的逻辑功能后都有应用举例,这些电路的功能都可实现。同时增加了数字电路应用中常见问题的处理:如集成电路的使用注意事项、门电路多余输入端的处理、接口电路的使用、附录A中介绍了数字电路的安装调试、故障检测及电磁干扰的抑制等。这不但使学生学会如何利用集成电路进行逻辑设计,使理论和实践紧密结合,提高了学生的知识综合应用能力和实际操作能力。

3. 突出了新技术的介绍。增加了现代数字电路新技术的比重。如第9章半导体存储器中介绍了E<sup>2</sup>PROM、Flash Memory;第10章可编程逻辑器中介绍了GAL、FPGA和ISP-

PLD等。第11章中介绍了硬件描述语言(VHDL)的基本知识和应用,可通过配套的EDA设计平台进行训练,了解现代数字电路与系统的设计方法。在附录中,介绍了Multisim 13.0软件,学生可在微机上对典型电路进行功能仿真验证,为后续数字系统学习打下必要的基础。

4. 精选习题。各章都增删了部分自测题、练习题、技能题。题型多样、内容丰富、联系实际,突出了对基本理论知识的巩固和应用能力的培养。技能题完成后还可在实验室进行验证。书末附有自测题和部分练习题的答案,章末的小结明确了各章的主要内容。

5. 教材力求做到理论联系实际、由浅入深、循序渐进、通俗易懂、重点突出、语言准确、便于教学、有利自学。

6. 目录中标注“\*”号的内容,教师可根据不同专业的需要进行选讲,如这部分内容不讲,对教材的系统性和完整性没有影响。

7. 全书采用双色套印,重要的概念、名词、公式、结论、图中重要电子元器件和线条用棕色标记。使重点更突出、概念更清晰,也提高了教材的可读性。

8. 本书有配套的电子教案(童莹设计制作),便于教师组织教学,还有配套的学习指导和习题解答(卫桦林主编)及微视频(童莹、朱昊设计制作),帮助读者掌握本教材的主要内容和解题方法。这些配套的教学参考书均由高等教育出版社出版。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类、计算机类、机械类和仪器类及其他相近专业的“数字电子技术基础”和“数字逻辑电路”等课程的教材,也可供从事上述专业的广大工程技术人员和科技人员参考。

本书由杨志忠和卫桦林担任主编,负责全书的策划、组织修订和定稿。书中第7、9、10、11章和附录A由卫桦林编写,第1、2、4、5、6章由杨志忠编写,第8章和附录B由朱昊编写,第3章由夏晔编写,参加本书修订和整理资料工作的还有赵以群、卫羽佶等。

本书由南京工程学院的章忠全教授担任主审,他认真仔细地审阅了全部书稿,提出了很多详细的修改意见和建议,在此表示衷心的感谢。

感谢读者多年来对本书的关心与支持。由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2017年12月于南京

## 第2版前言

数字电子技术的发展十分迅速,数字电路的集成度也越来越高,数字化的浪潮几乎席卷了电子技术应用的所有领域,电子产品日新月异,开发周期也在不断缩短,对电子设计自动化(EDA)也提出了更高的要求。为了适应形势发展的需要,作为专业基础课程的数字电子技术在课程内容和技能方面也要随之变化。

本书第1版于2005年被评为江苏省高等学校精品教材,这次修改是在第1版的基础上总结了多年“数字电子技术基础”课程教学改革的经验,并参照教育部电子信息与电气信息基础课程教学指导分委员会2005年制订的“数字电子技术基础课程的教学基本要求”进行修订的。基本要求强调了本课程的性质是“电子技术方面入门性质的技术基础课”;本课程的任务是“使学生获得数字电子技术方面的基本知识、基本理论和基本技能,为深入学习数字电子技术及其在专业中的应用打好基础”。因此,本版教材修订的指导思想是:保证基础、突出重点、加强应用、推陈出新、便于教学、有利自学。

本书第2版基本保持了第1版的体系、内容和特点,同时还听取了很多使用本教材的老师和同学提出的很好的意见和建议,并结合数字电子技术的发展,主要进行了以下几方面的修改和补充:

1. 精选内容、保证基础。尽管大规模数字集成电路已成为数字系统的主体,但中、小规模集成电路仍然是数字电子技术的基础。因此,本书以中、小规模集成电路的基本理论、基本电路、基本分析和基本设计方法为重点。如在组合逻辑电路和时序逻辑电路中,以基本组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析和工作原理为基础,着重介绍了它们的功能和应用,删除了复杂的内部电路分析;在集成触发器中,在介绍基本RS触发器和同步触发器功能的基础上,突出了边沿触发器的功能和应用;在脉冲产生与整形电路中,以555定时器的典型应用为主线,在讲述每种应用电路的工作原理后,介绍了相应集成电路的功能与应用,删除了由门电路组成的上述功能的电路。同时还删除了原来的两个附录。上述内容的删除并不影响“数字电子技术基础”课程内容的系统性和连贯性,同时使教师有较多时间讲述逻辑电路的工作原理和功能,使学生能更好地掌握逻辑电路的分析方法、设计方法和基本理论知识。

2. 突出理论知识的应用。在重点内容和典型集成器件逻辑功能介绍后都有应用实例,这不但能使理论和实践紧密结合,而且还可提高学生的技术应用能力和实际操作技能。

3. 加强数字电路新技术介绍。为了适应数字电路最新发展,在第10章中,较系统地、简要地介绍了可编程逻辑器件(PLD)及其应用;增加了第11章硬件描述语言(VHDL),初步介绍了硬件描述语言的基本知识和应用,可通过配套的EDA设计平台进行训练,使学生们

解现代数字电路与系统的设计方法。

4. 整理和增删了部分练习题。在这次修订中,删除了一些复杂的和非主要内容的练习题,增加了应用性习题,使之与课程内容联系更加紧密。为便于读者能更好地掌握课程的基本内容,各章都增加了自测题。书末附有自测题和部分练习题的答案。

5. 对于目录中标注“\*”号的内容,可根据不同学科专业的需要进行选讲。如这些内容不讲,不影响教材的系统性和完整性。

6. 本书有配套的电子教案,图文并茂,便于教师组织教学。还有配套的学习指导和习题解答,以帮助读者掌握本课程的主要内容和解题方法。

本书由南京工程学院的章忠全教授担任主审,他百忙中审阅了全部书稿,并提出了宝贵的修改意见,在此表示诚挚的谢意。同时也向对本教材第1版提出修改意见和建议的广大读者表示衷心的感谢。

本书由杨志忠、卫桦林担任主编,负责全书策划和定稿,郭顺华担任副主编,协助主编工作。书中第7、8、9、10、11和附录由卫桦林负责编写,第2、5章和部分练习题答案由郭顺华负责编写,第3章由夏晔负责编写,其余各章由杨志忠负责组织编写。参加本书修订和整理资料工作的还有赵以群、赵杨、卫羽佶等。

由于编者水平有限,书中难免有错漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年1月于南京

## 第1版前言

“数字电子技术基础”是一门应用性很强的重要技术基础课。随着集成电路制造技术的迅速发展,中、大规模和超大规模数字集成电路在各个领域获得广泛应用,它已成为国民经济的强大推动力,这对高等院校电气、电子、通信、计算机、自动化及相关专业的工程技术人才的培养提出了更高的要求。为了适应现代电子技术应用对人才的要求,结合数十年教学经验和多年教学改革实践及课程的特点,以培养学生的综合应用能力为出发点,我们编写了本教材。编写本教材的主要指导思想是:保证基础知识、精选教材内容、理论联系实际、注重能力培养、便于读者自学。具体考虑如下:

1. 在满足本课程教学大纲要求的同时,加强了实践性和应用性的内容,为学生学习专业课和从事数字逻辑电路方面的工作打下良好的基础。

2. 本教材以小规模集成电路作引路,以逻辑代数为工具,讨论了数字逻辑电路的分析方法和设计方法,压缩了集成电路内部的烦琐分析,突出了集成电路的外特性和应用。侧重于培养学生综合运用所学知识、正确选用集成器件进行逻辑设计和解决实际问题的能力。

3. 由于“数字电子技术基础”是一门实践性和应用性都很强的课程,因此,在学习本课程理论知识的同时,应重视和加强实践训练,注重对学生技术应用能力的培养,使理论和实践紧密结合,融为一体。附录B中“各章技能训练”可作为学生实践训练的内容,也可作为实验。附录A中“数字电路故障检查和排除的一般方法”供学生在技能训练中查寻和排除故障时参考,使他们在实践训练中逐步学会分析、查寻和排除故障的方法。此外,每章还有一定数量的技能题,以开发学有余力的学生的聪明才智,除完成书面作业外,还可到实验室搭试验证。每章有小结和大量练习题,以帮助复习和巩固所学知识。

4. 为了适应新技术发展的要求和了解数字电子技术的新发展,本书还介绍了可编程逻辑器件。

5. 本书在编写过程中力求做到重点突出、概念清楚、循序渐进、文字简练、理论和实践结合、便于自学。

6. 书中标注“\*”号的内容可根据需要选讲或自学。

本书由南京工程学院章忠全副教授审阅,审者认真审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

本书第2、5章和部分练习题答案由郭顺华副教授编写,第7、8、9、10章由卫桦林副教授编写,第1、3、4、6章及附录A、B由杨志忠教授编写。罗中燕、杨庆、赵杨、钱明、赵以群也参

加了部分内容的编写。全书由杨志忠教授担任主编并负责全书的统稿。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2004年2月于南京

# 本书用文字符号

## 一、电压符号

|               |                |
|---------------|----------------|
| $u$           | 电压             |
| $U_m$         | 脉冲电压幅度         |
| $u_i$         | 输入电压           |
| $U_{iL}$      | 输入低电平          |
| $U_{iH}$      | 输入高电平          |
| $u_o$         | 输出电压           |
| $U_{oL}$      | 输出低电平          |
| $U_{oH}$      | 输出高电平          |
| $u_{CE}$      | 三极管集电极-发射极电压   |
| $U_{CE(sat)}$ | 三极管集电极-发射极饱和压降 |
| $u_{BE}$      | 三极管基极-发射极电压    |
| $U_{BE(sat)}$ | 三极管基极-发射极饱和压降  |
| $u_C$         | 电容器两端的电压       |
| $U_{ih}$      | 二极管、三极管的门限电压   |
| $U_{TH}$      | 门电路的阈值电压       |
| $U_{OFF}$     | 门电路的关门电平       |
| $U_{ON}$      | 门电路的开门电平       |
| $U_{SL}$      | 标准输出低电平        |
| $U_{SH}$      | 标准输出高电平        |
| $U_{NL}$      | 输入低电平噪声容限      |
| $U_{NH}$      | 输入高电平噪声容限      |
| $U_{T-}$      | 施密特触发器的负向阈值电压  |
| $U_{T+}$      | 施密特触发器的正向阈值电压  |
| $\Delta U_T$  | 施密特触发器的回差电压    |
| $u_{DS}$      | MOS管漏极-源极电压    |
| $u_{GS}$      | MOS管栅极-源极电压    |
| $U_{GS(th)}$  | MOS管的开启电压      |
| $U_{GS(th)P}$ | PMOS管的开启电压     |
| $U_{GS(th)N}$ | NMOS管的开启电压     |

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| $V_{CC}$  | (TTL)三极管的集电极电源电压  |
| $V_{BB}$  | (TTL)三极管的基极电源电压   |
| $V_{DD}$  | (CMOS)场效应管的漏极电源电压 |
| $V_{REF}$ | 基准电压              |

## 二、电流符号

|              |           |
|--------------|-----------|
| $i$          | 电流        |
| $i_i$        | 输入电流      |
| $I_{iL}$     | 输入低电平电流   |
| $I_{iH}$     | 输入高电平电流   |
| $i_o$        | 输出电流      |
| $I_{oL}$     | 输出低电平电流   |
| $I_{oH}$     | 输出高电平电流   |
| $i_C$        | 集电极电流     |
| $I_{C(sat)}$ | 临界饱和集电极电流 |
| $i_B$        | 基极电流      |
| $I_{B(sat)}$ | 临界饱和基极电流  |
| $i_L$        | 负载电流      |

## 三、时间和频率符号

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| $t$       | 时间                |
| $t_{on}$  | 开通时间              |
| $t_{off}$ | 关断时间              |
| $t_{PHL}$ | 输出由高电平到低电平的传输延迟时间 |
| $t_{PLH}$ | 输出由低电平到高电平的传输延迟时间 |
| $t_{pd}$  | 平均传输延迟时间          |
| $t_w$     | 脉冲宽度              |
| $T$       | 脉冲周期              |
| $q$       | 占空比               |
| $f$       | 频率                |

$f_0$  石英晶体的固有谐振频率

四、电阻和电容符号


- $R$  电阻
- $R_C$  集电极电阻
- $R_B$  基极电阻
- $R_I$  输入电阻
- $R_O$  输出电阻
- $R_L$  负载电阻
- $R_{OFF}$  关门电阻
- $R_{ON}$  开门电阻
- $R_P$  电位器
- $R_U$  上拉电阻
- $R_{ext}$  外接电阻
- $R_F$  反馈电阻
- $C$  电容
- $C_L$  负载电容
- $C_F$  反馈电容
- $C_{ext}$  外接电容

五、晶体管符号

- $V$  三极管
- $V_D$  二极管
- $V_N$  NMOS 管
- $V_P$  PMOS 管

六、器件及其他符号

- $G$  逻辑门
- OC 集电极开路输出
- OD 漏极开路输出
- TSL 三态输出

- TG 传输门
- FF 触发器
- EN 使能控制端
- $Q, \bar{Q}$  触发器输出端
- $Q^n$  触发器输出状态
- $Q^{n+1}$  触发器输出次态
- $J, K$  JK 触发器的输入端
- $T$  T 触发器的输入端
- $D$  D 触发器的输入端
- $R, S$  RS 触发器的输入端
- $R_D, S_D$  触发器的直接置 0 端、置 1 端
- CP 时钟脉冲
- CLK 时钟
- CO 进位输出端
- BO 借位输出端
- CR 置零(清零)控制端
- LD 置数控制端
- $D_{SL}$  左移串行输入端
- $D_{SR}$  右移串行输入端
- $\uparrow$  由低电平跃到高电平
- $\downarrow$  由高电平跃到低电平
- $N_0$  扇出系数
- $P$  功率
-  电平触发信号
-  上升沿触发信号
-  下降沿触发信号

# 目录

|                                  |    |                                    |     |
|----------------------------------|----|------------------------------------|-----|
| 第1章 绪论 .....                     | 1  | 2.6.3 用卡诺图化简具有无关项<br>的逻辑函数 .....   | 52  |
| 1.1 概述 .....                     | 1  | 本章小结 .....                         | 53  |
| 1.1.1 数字信号和数字电路 .....            | 1  | 自测题 .....                          | 54  |
| 1.1.2 数字电路的特点和分类 .....           | 1  | 练习题 .....                          | 55  |
| 1.2 数制和码制 .....                  | 3  | 技能题 .....                          | 58  |
| 1.2.1 数制 .....                   | 3  | 第3章 集成逻辑门电路 .....                  | 59  |
| 1.2.2 不同数制间的转换 .....             | 5  | 3.1 概述 .....                       | 59  |
| 1.2.3 二进制代码 .....                | 8  | 3.2 基本逻辑门电路 .....                  | 60  |
| 1.3 二进制数的算术运算 .....              | 11 | 3.2.1 三极管的开关特性 .....               | 60  |
| 1.3.1 两数绝对值之间的运算 .....           | 11 | 3.2.2 MOS管的开关特性 .....              | 63  |
| 1.3.2 原码、反码和补码 .....             | 12 | 3.2.3 分立元件门电路 .....                | 64  |
| 本章小结 .....                       | 14 | 3.3 TTL集成逻辑门电路 .....               | 68  |
| 自测题 .....                        | 15 | 3.3.1 TTL与非门 .....                 | 69  |
| 练习题 .....                        | 16 | 3.3.2 其他功能的TTL门电路 .....            | 77  |
| 第2章 逻辑代数基础 .....                 | 18 | 3.3.3 其他系列的TTL门电路 .....            | 83  |
| 2.1 概述 .....                     | 18 | * 3.3.4 TTL数字集成电路的系列 .....         | 85  |
| 2.2 逻辑代数中的常用运算 .....             | 18 | * 3.3.5 其他双极型集成逻辑门电路 .....         | 86  |
| 2.2.1 基本逻辑运算 .....               | 18 | 3.3.6 TTL集成逻辑门电路的<br>使用注意事项 .....  | 90  |
| 2.2.2 复合逻辑运算 .....               | 21 | 3.4 CMOS集成逻辑门电路 .....              | 92  |
| 2.3 逻辑代数中的基本定律、常用公式<br>和规则 ..... | 24 | 3.4.1 CMOS反相器 .....                | 92  |
| 2.3.1 逻辑代数中的基本定律 .....           | 24 | 3.4.2 其他功能的CMOS门电路 .....           | 94  |
| 2.3.2 逻辑代数中的常用公式 .....           | 26 | 3.4.3 高速CMOS门电路 .....              | 97  |
| 2.3.3 逻辑代数中的三个基本规则 .....         | 27 | * 3.4.4 Bi-CMOS门电路 .....           | 98  |
| 2.4 逻辑函数及其表示方法 .....             | 29 | * 3.4.5 CMOS数字集成电路的系列 .....        | 99  |
| 2.4.1 逻辑函数的建立 .....              | 29 | 3.4.6 CMOS集成逻辑门电路的<br>使用注意事项 ..... | 101 |
| 2.4.2 逻辑函数的两种标准形式 .....          | 32 | * 3.5 TTL电路与CMOS电路的接口 .....        | 103 |
| 2.5 逻辑函数的公式化简法 .....             | 38 | 3.5.1 TTL电路驱动CMOS电路 .....          | 103 |
| 2.5.1 逻辑函数的最简表达式 .....           | 38 | 3.5.2 CMOS电路驱动TTL电路 .....          | 104 |
| 2.5.2 逻辑函数的公式化简法 .....           | 39 | 本章小结 .....                         | 105 |
| 2.6 逻辑函数的卡诺图化简法 .....            | 42 | 自测题 .....                          | 106 |
| 2.6.1 用卡诺图表示逻辑函数 .....           | 42 |                                    |     |
| 2.6.2 用卡诺图化简逻辑函数 .....           | 47 |                                    |     |

|                           |     |                            |     |
|---------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 练习题 .....                 | 107 | 5.2.2 由或非门组成的基本 RS         |     |
| 技能题 .....                 | 114 | 触发器 .....                  | 170 |
| <b>第 4 章 组合逻辑电路</b> ..... | 115 | 5.2.3 集成锁存器 .....          | 171 |
| 4.1 概述 .....              | 115 | <b>5.3 同步触发器</b> .....     | 173 |
| 4.2 组合逻辑电路的分析和设计 .....    | 116 | 5.3.1 同步 RS 触发器 .....      | 174 |
| 4.2.1 组合逻辑电路的分析 .....     | 116 | 5.3.2 同步 D 触发器 .....       | 176 |
| 4.2.2 组合逻辑电路的设计 .....     | 118 | 5.3.3 同步 JK 触发器 .....      | 177 |
| 4.3 加法器 .....             | 123 | 5.3.4 同步触发器的空翻 .....       | 180 |
| 4.3.1 半加器和全加器 .....       | 123 | <b>5.4 边沿触发器</b> .....     | 181 |
| 4.3.2 加法器 .....           | 126 | 5.4.1 TTL 边沿 JK 触发器 .....  | 181 |
| 4.4 编码器 .....             | 128 | 5.4.2 维持阻塞 D 触发器 .....     | 185 |
| 4.4.1 二进制编码器 .....        | 128 | 5.4.3 T 触发器和 T' 触发器 .....  | 186 |
| 4.4.2 优先编码器 .....         | 129 | 5.4.4 CMOS 边沿触发器 .....     | 188 |
| 4.5 译码器和数据分配器 .....       | 132 | * 5.5 主从触发器 .....          | 191 |
| 4.5.1 二进制译码器 .....        | 132 | 5.5.1 主从 RS 触发器 .....      | 191 |
| 4.5.2 二-十进制译码器 .....      | 135 | 5.5.2 主从 JK 触发器 .....      | 192 |
| 4.5.3 显示译码器 .....         | 137 | <b>5.6 触发器的应用举例</b> .....  | 193 |
| 4.5.4 译码器的应用 .....        | 142 | 本章小结 .....                 | 196 |
| 4.5.5 数据分配器 .....         | 145 | 自测题 .....                  | 197 |
| 4.6 数据选择器 .....           | 146 | 练习题 .....                  | 199 |
| 4.6.1 4 选 1 数据选择器 .....   | 146 | 技能题 .....                  | 207 |
| 4.6.2 8 选 1 数据选择器 .....   | 148 | <b>第 6 章 时序逻辑电路</b> .....  | 208 |
| 4.6.3 数据选择器的应用 .....      | 149 | 6.1 概述 .....               | 208 |
| 4.7 数值比较器 .....           | 152 | 6.2 时序逻辑电路的分析 .....        | 209 |
| 4.7.1 1 位数值比较器 .....      | 152 | 6.2.1 同步时序逻辑电路的分析 .....    | 209 |
| 4.7.2 多位数值比较器 .....       | 153 | 6.2.2 异步时序逻辑电路的分析 .....    | 214 |
| * 4.8 组合逻辑电路中的竞争冒险 .....  | 155 | <b>6.3 寄存器和移位寄存器</b> ..... | 216 |
| 4.8.1 产生竞争冒险的原因 .....     | 155 | 6.3.1 寄存器 .....            | 216 |
| 4.8.2 冒险的分类 .....         | 155 | 6.3.2 移位寄存器 .....          | 217 |
| 4.8.3 冒险现象的判别 .....       | 156 | * 6.3.3 移位寄存器的应用 .....     | 220 |
| 4.8.4 消除冒险现象的方法 .....     | 158 | <b>6.4 计数器</b> .....       | 222 |
| 本章小结 .....                | 160 | 6.4.1 异步计数器 .....          | 222 |
| 自测题 .....                 | 161 | 6.4.2 同步计数器 .....          | 228 |
| 练习题 .....                 | 162 | 6.4.3 集成计数器 .....          | 232 |
| 技能题 .....                 | 166 | 6.4.4 利用计数器的级联获得大          |     |
| <b>第 5 章 集成触发器</b> .....  | 167 | 容量 N 进制计数器 .....           | 244 |
| 5.1 概述 .....              | 167 | 6.4.5 集成计数器应用举例 .....      | 247 |
| 5.2 基本 RS 触发器 .....       | 168 | * 6.5 同步时序逻辑电路的设计 .....    | 250 |
| 5.2.1 由与非门组成的基本 RS        |     | 6.5.1 同步时序逻辑电路的设计 .....    | 250 |
| 触发器 .....                 | 168 | 6.5.2 同步时序逻辑电路设计举例 .....   | 250 |

|   |     |                                      |     |
|---|-----|--------------------------------------|-----|
| 本章小结 .....                              | 255 | 8.3 A/D 转换器 .....                    | 306 |
| 自测题 .....                               | 256 | 8.3.1 A/D 转换的一般过程 .....              | 306 |
| 练习题 .....                               | 257 | 8.3.2 并联比较型 A/D 转换器 .....            | 307 |
| 技能题 .....                               | 263 | 8.3.3 逐次渐近型 A/D 转换器 .....            | 308 |
| <b>第 7 章 脉冲产生与整形电路</b> .....            | 265 | 8.3.4 双积分型 A/D 转换器 .....             | 310 |
| 7.1 概述 .....                            | 265 | 8.3.5 A/D 转换器的主要参数 .....             | 313 |
| 7.2 555 定时器的电路结构及其逻辑<br>功能 .....        | 266 | 8.3.6 集成 A/D 转换器 CC7106<br>介绍 .....  | 313 |
| 7.2.1 555 定时器的电路结构 .....                | 266 | 本章小结 .....                           | 317 |
| 7.2.2 555 定时器的逻辑功能 .....                | 267 | 自测题 .....                            | 317 |
| 7.3 施密特触发器 .....                        | 268 | 练习题 .....                            | 318 |
| 7.3.1 施密特触发器的逻辑符号<br>和电压传输特性 .....      | 268 | 技能题 .....                            | 319 |
| 7.3.2 用 555 定时器组成施密特<br>触发器 .....       | 269 | <b>第 9 章 半导体存储器</b> .....            | 320 |
| 7.3.3 集成施密特触发器 .....                    | 271 | 9.1 概述 .....                         | 320 |
| 7.3.4 施密特触发器的应用 .....                   | 273 | 9.2 只读存储器 (ROM) .....                | 320 |
| 7.4 单稳态触发器 .....                        | 274 | 9.2.1 ROM 的电路结构和基本电路 .....           | 321 |
| 7.4.1 用 555 定时器组成单稳态<br>触发器 .....       | 274 | 9.2.2 固定 ROM 的基本电路和<br>工作原理 .....    | 321 |
| 7.4.2 集成单稳态触发器 .....                    | 277 | 9.2.3 可编程只读存储器 (PROM) .....          | 323 |
| 7.4.3 单稳态触发器的应用 .....                   | 282 | 9.2.4 可擦除可编程只读存储器 .....              | 325 |
| 7.5 多谐振荡器 .....                         | 284 | 9.3 随机存取存储器 (RAM) .....              | 328 |
| 7.5.1 用 555 定时器组成多谐<br>振荡器 .....        | 284 | 9.3.1 RAM 的电路结构和读/写过程 .....          | 328 |
| 7.5.2 石英晶体多谐振荡器 .....                   | 287 | 9.3.2 RAM 中的存储单元 .....               | 329 |
| 本章小结 .....                              | 289 | 9.3.3 RAM 的扩展 .....                  | 332 |
| 自测题 .....                               | 290 | 本章小结 .....                           | 334 |
| 练习题 .....                               | 292 | 自测题 .....                            | 334 |
| 技能题 .....                               | 296 | 练习题 .....                            | 335 |
| <b>第 8 章 数模和模数转换器</b> .....             | 297 | <b>第 10 章 可编程逻辑器件</b> .....          | 337 |
| 8.1 概述 .....                            | 297 | 10.1 概述 .....                        | 337 |
| 8.2 D/A 转换器 .....                       | 298 | 10.2 可编程逻辑器件的基本结构 .....              | 337 |
| 8.2.1 权电阻网络 D/A 转换器 .....               | 298 | 10.2.1 PLD 的基本结构 .....               | 337 |
| 8.2.2 $R-2R$ 倒 T 形电阻网络<br>D/A 转换器 ..... | 300 | 10.2.2 PLD 器件的表示法 .....              | 338 |
| 8.2.3 权电流型 D/A 转换器 .....                | 301 | 10.3 可编程阵列逻辑 (PAL) .....             | 339 |
| 8.2.4 D/A 转换器的主要参数 .....                | 302 | 10.3.1 PAL 的基本结构 .....               | 339 |
| 8.2.5 集成 D/A 转换器 AD7520<br>介绍 .....     | 303 | 10.3.2 PAL 的输出和反馈结构 .....            | 340 |
|   |     | 10.4 通用阵列逻辑 (GAL) .....              | 344 |
|   |     | 10.4.1 GAL 的总体结构 .....               | 344 |
|   |     | 10.4.2 GAL 的输出逻辑<br>宏单元 (OLMC) ..... | 344 |
|   |     | 10.5 现场可编程门阵列 (FPGA) .....           | 349 |

|               |                            |            |             |                                   |            |
|---------------|----------------------------|------------|-------------|-----------------------------------|------------|
| 10.5.1        | FPGA 的基本结构 .....           | 350        | 11.2.2      | VHDL 语言的库、程序包和配置 .....            | 367        |
| 10.5.2        | FPGA 的模块功能 .....           | 350        | 11.2.3      | 子程序 .....                         | 370        |
| 10.5.3        | FPGA 的数据装载 .....           | 353        | 11.3        | VHDL 编程语言的基本要素 .....              | 373        |
| 10.6          | 在系统可编程逻辑器件 ISP-PLD .....   | 354        | 11.3.1      | VHDL 的语言元素 .....                  | 373        |
| 10.6.1        | 低密度在系统可编程逻辑器件 .....        | 354        | 11.3.2      | VHDL 的基本语句 .....                  | 377        |
| 10.6.2        | 高密度在系统可编程逻辑器件 .....        | 354        | 11.4        | VHDL 语言结构体的描述方法 .....             | 385        |
| 10.6.3        | 可编程器件的应用设计简介 .....         | 359        | 11.5        | VHDL 设计基本逻辑电路举例 .....             | 388        |
|               | 本章小结 .....                 | 360        |             | 本章小结 .....                        | 390        |
|               | 自测题 .....                  | 361        |             | 自测题 .....                         | 391        |
|               | 练习题 .....                  | 362        |             | 练习题 .....                         | 391        |
| <b>第 11 章</b> | <b>硬件描述语言 (VHDL) .....</b> | <b>363</b> | <b>附录 A</b> | <b>数字电路的安装调试、故障检测与抗干扰措施 .....</b> | <b>393</b> |
| 11.1          | 概述 .....                   | 363        | <b>附录 B</b> | <b>Multisim 13.0 软件介绍 .....</b>   | <b>400</b> |
| 11.2          | VHDL 语言的程序结构 .....         | 364        |             | 自测题参考答案 .....                     | 401        |
| 11.2.1        | VHDL 语言的实体和结构体 .....       | 364        |             | 部分练习题答案 .....                     | 407        |
|               |                            |            |             | 参考文献 .....                        | 413        |

# 第1章 绪论

## 内容提要

本章主要介绍数字信号、数字电路的分类和特点,并从十进制数的运算规则引入二进制、八进制、十六进制数的运算规则及它们之间的相互转换。接着介绍了常用BCD码和可靠性代码,最后介绍了二进制数的算术运算。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 数字信号和数字电路

在电子技术中,被传送、加工和处理的信号有两类:一类是模拟信号,其特点是它的电压或电流的幅度随时间连续变化,如图1.1.1(a)所示。用于传送、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路。另一类是数字信号,其特点是它的电压或电流在幅度上和时间上都是离散的、突变的信号,即常称的离散信号,如图1.1.1(b)所示。其低电平用0表示,高电平用1表示。用于传送、加工和处理数字信号的电路,称为数字电路,它主要研究输出与输入信号之间的逻辑关系。因此,数字电路又称为数字逻辑电路。

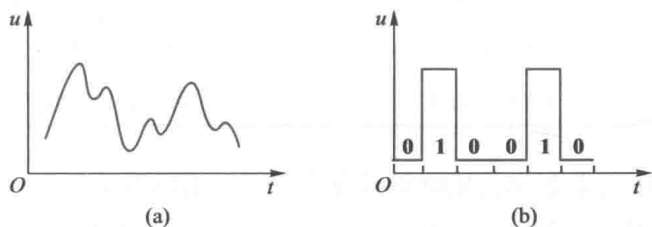


图 1.1.1 模拟信号和数字信号  
(a) 模拟信号; (b) 数字信号

### 1.1.2 数字电路的特点和分类

#### 一、数字电路的特点

和模拟电路相比,数字电路主要具有如下特点: