



普通高等教育“十五”国家级规划教材

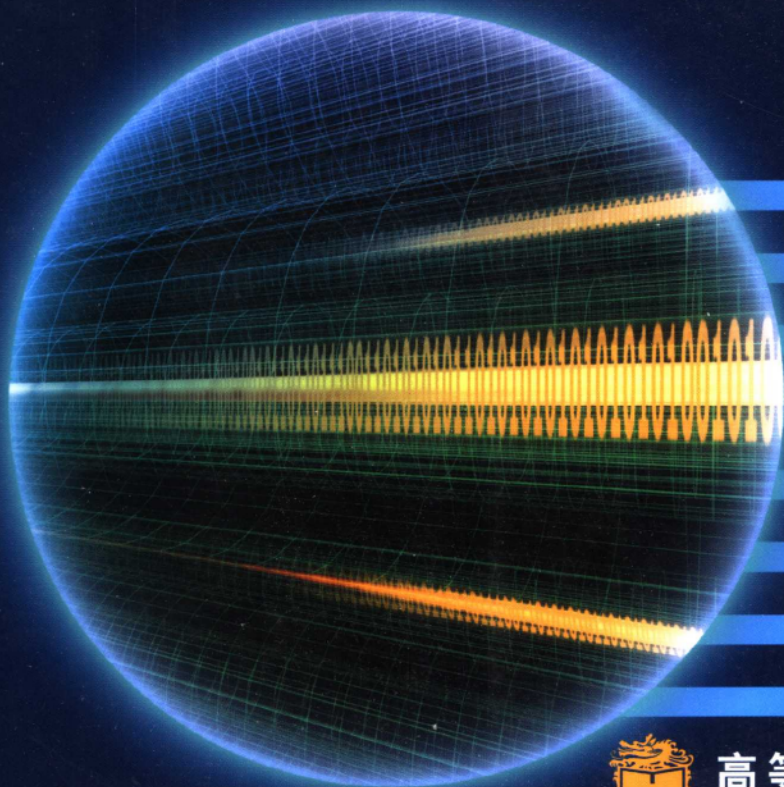
( 高职高专教育 )

# 数字电子技术

(第2版)

杨志忠 主编

杨志忠 卫桦林 编



高等教育出版社



# 高职高专电类教材

## 专业基础系列

|                   |     |
|-------------------|-----|
| ■ 电路基本分析 (第2版)    | 石 生 |
| ■ 电路基本分析学习指导 (配盘) | 刘青松 |
| ■ 电路及磁路 (第二版)     | 蔡元宇 |
| ■ 电路              | 徐熙文 |
| ■ 电路基础            | 胡翔骏 |
| ■ 电路与电工技术         | 陆国和 |
| ■ 电工实验与实训         | 陆国和 |
| ■ 电工电子技术 (少学时)    | 林平勇 |
| ■ 电工电子技术 (多学时)    | 陈小虎 |
| ■ 电工电子技术简明教程      | 谢克明 |
| ■ 电工学             | 易沅屏 |
| ■ 电工技术 (第二版)      | 席时达 |
| ■ 电子技术 (第二版)      | 吕国泰 |
| ■ 建筑电工技术          | 严伟中 |
| ■ 电工电子实训          | 董儒胥 |
| ■ 电子技术实践与训练       | 廖先芸 |
| ■ 电子电路及电子器件       | 郭培源 |
| ■ 电子技术            | 付植桐 |
| ■ 模拟电子技术基础        | 陈梓城 |
| ■ 数字电子技术基础        | 张友汉 |
| ■ 模拟电子技术 (第2版)    | 胡宴如 |
| ■ 模拟电子技术学习指导      | 胡宴如 |
| ■ 数字电子技术 (第2版)    | 杨志忠 |
| ■ 数字电子技术学习指导      | 杨志忠 |
| ■ 模拟电子技术基础 (第二版)  | 周良权 |
| ■ 数字电子技术基础 (第二版)  | 周良权 |
| ■ 电机及拖动           | 许晓峰 |
| ■ 电机及应用           | 赵承荻 |
| ■ 电机应用技术基础        | 牛维扬 |

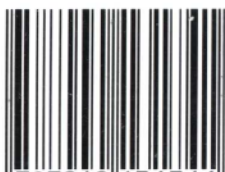
## 电气、自动化、应用电子系列

|                |     |
|----------------|-----|
| ■ 高频电子线路 (第二版) | 胡宴如 |
| ■ 信号与系统 (第二版)  | 燕庆明 |
| ■ 电力电子技术       | 浣喜明 |
| ■ 自动控制原理及其应用   | 黄 坚 |
| ■ 自动控制原理与系统    | 俞眉芳 |
| ■ 自动控制系统       | 李先允 |
| ■ 工厂电气控制技术     | 张运波 |
| ■ 工厂供电技术       | 陈小虎 |
| ■ 交直流传动控制系统    | 钱 平 |
| ■ 微机控制技术       | 杨 宁 |
| ■ 自动检测技术       | 宋文绪 |
| ■ 微机原理与接口技术    | 汪吉鹏 |
| ■ 单片机原理及应用技术   | 李全利 |
| ■ 单片机技术实用教程    | 胡 锦 |
| ■ 单片机实训        | 邹振春 |
| ■ 可编程控制器原理及应用  | 孙 平 |
| ■ 可编程控制器技术教程   | 吕景泉 |
| ■ 可编程控制器应用技术   | 胡学林 |
| ■ 电视技术         | 张新芝 |
| ■ 检测技术与仪器      | 沈中城 |

## 通信系列

|                   |     |
|-------------------|-----|
| ■ 光纤通信            | 林达权 |
| ■ 交换技术            | 蒋青泉 |
| ■ 计算机通信网          | 王晓军 |
| ■ 数字移动通信系统原理及工程技术 | 马芳芳 |

ISBN 7-04-013174-9



9 787040 131741 >

定价 27.50 元

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

# 数字电子技术

(第2版)

杨志忠 主编

杨志忠 卫桦林 编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。本次修订保持了原版的理论体系,但在内容上更加精练,突出了基本理论、基本知识和数字集成电路的功能与应用。主要内容有数制与码制、逻辑代数基础、逻辑门电路、集成触发器、脉冲信号的产生与整形、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数模和模数转换器、半导体存储器 and 可编程逻辑器件等。每章都有配合教学使用的技能训练,内容丰富实用。在技能训练中,自始至终贯穿了“逻辑设计(包括部分器件的功能测试)——选择器件——安装调试——排除故障”的训练方法。使理论和实践紧密结合,融为一体。

本书有配套的学习指导,帮助读者掌握本课程的主要内容和解题方法。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的电气、电子、通信、计算机、自动化和机电等专业的“数字电子技术基础”、“数字逻辑电路”“电子技术基础”(数字部分)课程的教材,也可供从事电子技术方面的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/杨志忠主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2003.12

ISBN 7-04-013174-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 090436 号

|      |     |      |     |      |     |      |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 策划编辑 | 孙杰  | 责任编辑 | 刘素馨 | 封面设计 | 王凌波 | 责任绘图 | 黄建英 |
| 版式设计 | 马静如 | 责任校对 | 俞声佳 | 责任印制 | 韩刚  |      |     |

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 24  
字 数 580 000

版 次 2000 年 8 月第 1 版  
2003 年 12 月第 2 版  
印 次 2003 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 27.50 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

# 出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

## 第2版前言

本书是在第1版的基础上,根据《高职高专教育数字电子技术基础课程教学基本要求》,通过对教学改革与实践的总结进行修订而成的。

第2版《数字电子技术》保持了第1版的理论体系,在保证基础理论知识的前提下,对课程内容作了一定的修改和调整。与第1版相比,主要有如下变动:

1. 在课程内容上作了部分变动。第4章集成触发器的边沿触发器一节中,主要介绍了集成边沿触发器和维持阻塞D触发器的逻辑功能、工作特点和应用,其内部电路则未作详细介绍;第5章脉冲信号的产生与整形中,在介绍了门电路组成的施密特触发器和单稳态触发器的工作原理后,着重介绍了集成TTL、CMOS施密特触发器的逻辑功能和应用及可重触发与非可重触发单稳态触发器的逻辑功能和使用,删除了其内部电路的繁琐分析,突出了单稳态触发器和施密特触发器的应用。在第6章组合逻辑电路和第7章时序逻辑电路中,加强了中规模集成电路的应用。由于可编程逻辑器件的应用日益广泛,所以,第10章可编程逻辑器件及其应用,在简要介绍了PAL和GAL基本电路结构及ISP器件的基础上,简要介绍了ISP器件的开发软件。在附录C中,介绍了本书部分中规模集成电路的逻辑符号,便于读者了解逻辑符号的含义。

2. 在课程内容安排上作了部分调整。将第1版第5章中的“技能训练中故障的检查与排除”和第7章中的“数字系统一般故障的检查 and 排除”分别移到第3章和第6章,使学生提前接受对实验中出现故障的分析和排除故障能力的培养和训练。各章中的EWB仿真训练都集中到附录A中的“EWB电子电路仿真软件简介”中,并增加了应用实例。

3. 在知识应用上更加突出了集成器件的应用,并总结归纳了一些集成器件扩展应用的规律,便于读者理解和掌握。

4. 本书仍以数字逻辑电路的基本理论、基本电路、基本分析方法、基本设计方法和应用为重点,理论与实践紧密结合,使能力培养贯穿于教学的全过程。

5. 重新整理和增删了各章的练习题和思考题,使其和课程内容结合更加紧密。书后附有各章部分练习题的答案,供读者参考。此外还有配套的学习指导,帮助读者学习和掌握本教材的主要内容及解题方法。

6. 书中标注“\*”号的内容可根据需要进行选讲。

本书第2、8、9、10章及附录A由南京工程学院卫桦林修订,其余各章、附录B和C主要由杨志忠修订。罗中燕、赵以群、赵杨和钱明等也参加了修订工作。全书由杨志忠定稿。

由于编者水平有限和时间比较仓促,书中错漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评和指正。

编者

2003年7月

# 第 1 版前言

为了适应现代电子技术飞速发展的需要,更好地培养 21 世纪的应用型电子技术人才,根据原国家教委 1995 年初决定组织实施的《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》中的《电气信息类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践》项目,结合我校数字电子技术课程的改革试点,在多年教学改革与实践的基础上,根据教育部最新制订的《高职高专教育数字电子技术基础课程教学基本要求》,以培养学生的综合工作能力为出发点编写了本教材。本书可作为电气、电子、通信、自动化和机电一体化等专业的《数字电子技术》和《电子技术基础》数字部分的课程教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

《数字电子技术》是一门发展迅速、实践性和应用性很强的技术基础课程。根据数字电路的特点,编写本教材的指导思想是:保证基础知识、精选教材内容、理论联系实际、注重能力培养。

本书包括两部分内容。第一部分主要介绍数字电路的基础知识和基本功能电路,内容包括数制和码制、逻辑代数基础、逻辑门电路、集成触发器和脉冲信号的产生与整形等。这部分除介绍基础理论知识和基本数字器件的功能外,还注意培养学生运用所学知识进行简单逻辑设计、根据手册选用集成电路、正确使用仪表以及初步学会检查和排除技能训练中故障的方法。第二部分主要介绍基本数字部件和大规模集成电路。主要内容有组合逻辑电路、时序逻辑电路、数模和模数转换器、半导体存储器和可编程逻辑器件,着重介绍了中规模集成电路的逻辑功能及其扩展运用,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较复杂问题的能力,在老师指导下,逐步学会分析和排除小型数字系统一般故障的方法。每章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。每章都有小结、练习题,以帮助复习和巩固所学知识。

本书以培养学生的综合工作能力为目的,在内容安排上,突出了基本理论、基本概念和基本分析方法,回避了繁琐的集成电路内部的分析和数学推导。为配合课堂教学,每章都有技能训练,内容丰富实用,可根据需要选择有关内容进行边讲边练,讲练结合和组织课堂讨论。在技能训练中,自始至终贯穿了“逻辑设计(包括功能测试)—选择集成器件—安装调试—排除故障”的训练方法,使理论和实践紧密结合,融为一体,从工程的角度出发培养学生的工程思维方法、工作方法和应用所学知识解决实际问题的能力,使能力培养贯穿于教学的全过程。

为了能够适应新技术发展的需要,本书第 10 章以较大的篇幅介绍了可编程逻辑器件及应用,可根据需要进行选讲。最后还简要介绍了“电子工作台”(EWB)电子电路仿真软件和使用方法,学生可利用 EWB 完成数字电路的仿真技术训练,为电子电路设计自动化作了入门知识的介绍。

本书第 2、8、9、10 章、第 3 章 3.6 及附录 A 由南京电力高等专科学校卫桦林编写,其余各章由杨志忠编写并担任主编。

本书由承德石油高等专科学校廖先芸副教授担任主审，她对全部书稿进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中的错漏在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2000年3月



# 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              |
| $U_{IL(max)}$ | 输入低电平最大值           |
| $U_{IH(max)}$ | 输入高电平最大值           |
| $u_O$         | 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           |
| $U_{th}$      | 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   |
| $I_{IS}$      | 输入短路电流    |
| $i_O$         | 输出电流      |
| $I_{OL}$      | 输出低电平电流   |
| $I_{OH}$      | 输出高电平电流   |
| $I_{OL(max)}$ | 输出低电平最大电流 |
| $I_{OH(max)}$ | 输出高电平最大电流 |
| $i_C$         | 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                |
| $t_{re}$  | 恢复时间              |
| $t_{on}$  | 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                |
| $f_{max}$ | 最高工作频率            |
| $f_0$     | 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     | $Q^n$         | 触发器输出状态           |
| $R_O$            | 输出电阻     | $Q^{n+1}$     | 触发器输出次态           |
| $R_L$            | 负载电阻     | $J、K$         | $JK$ 触发器输入端       |
| $R_{OFF}$        | 关门电阻     | $T$           | $T$ 触发器输入端        |
| $R_{ON}$         | 开门电阻     | $T'$          | $T'$ 触发器输入端       |
| $R_P$            | 电位器      | $D$           | $D$ 触发器输入端        |
| $R_U$            | 上拉电阻     | $R、S$         | $RS$ 触发器输入端       |
| $R_{ext}$        | 外接电阻端    | $R_D、S_D$     | 触发器的直接置 0 端、置 1 端 |
| $R_F$            | 反馈电阻     | $CP$          | 时钟脉冲              |
| $C$              | 电容       | $CLK$         | 时钟                |
| $C_L$            | 负载电容     | $CO$          | 进位输出端             |
| $C_F$            | 反馈电容     | $BO$          | 借位输出端             |
| $C_{ext}$        | 外接电容端    | $CR$          | 置零(清零)控制端         |
| <b>五、晶体管符号</b>   |          | $LD$          | 置数控制端             |
| $V$              | 三极管      | $D_{SL}$      | 左移串行输入端           |
| $V_D$            | 二极管      | $D_{SR}$      | 右移串行输入端           |
| $V_N$            | NMOS 管   | $\uparrow$    | 由低电平跃到高电平         |
| $V_P$            | PMOS 管   | $\downarrow$  | 由高电平跃到低电平         |
| <b>六、器件及其它符号</b> |          | $N_O$         | 扇出系数              |
| $G$              | 逻辑门      | $N_{OL}$      | 输出低电平扇出系数         |
| $OC$             | 集电极开路输出端 | $N_{OH}$      | 输出高电平扇出系数         |
| $OD$             | 漏极开路输出端  | $P$           | 功率                |
| $TSL$            | 三态输出端    | $M$           | 门电路的品质因数          |
| $TG$             | 传输门      | $\beta$       | 三极管共射电流放大系数       |
| $FF$             | 触发器      | $m$           | 最小项               |
| $EN$             | 使能控制端    | $A、B、C\cdots$ | 逻辑变量              |
| $Q、\bar{Q}$      | 触发器输出端   | $Y$           | 逻辑函数              |

# 目 录

|                               |    |                                      |    |
|-------------------------------|----|--------------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....                | 1  | 第 3 章 逻辑门电路 .....                    | 41 |
| 1.1 概述 .....                  | 1  | 3.1 概述 .....                         | 41 |
| 1.1.1 数字信号和数字电路 .....         | 1  | 3.2 分立元件门电路 .....                    | 42 |
| 1.1.2 数字电路的分类 .....           | 2  | 3.2.1 三极管的开关特性 .....                 | 42 |
| 1.1.3 数字电路的优点 .....           | 2  | 3.2.2 二极管门电路 .....                   | 44 |
| 1.1.4 脉冲波形的主要参数 .....         | 3  | 3.2.3 三极管非门电路 .....                  | 46 |
| 1.2 数制和码制 .....               | 3  | 3.2.4 组合逻辑门电路 .....                  | 47 |
| 1.2.1 数制 .....                | 3  | 3.3 TTL 集成逻辑门电路 .....                | 49 |
| 1.2.2 不同数制间的转换 .....          | 5  | 3.3.1 TTL 与非门 .....                  | 49 |
| 1.2.3 二进制代码 .....             | 8  | 3.3.2 低功耗肖特基系列 .....                 | 55 |
| 本章小结 .....                    | 12 | 3.3.3 其它功能的 TTL 门电路 .....            | 56 |
| 练习题 .....                     | 12 | 3.3.4 TTL 数字集成电路系列 .....             | 60 |
| 第 2 章 逻辑代数基础 .....            | 14 | 3.3.5 TTL 集成逻辑门的使用注意<br>事项 .....     | 63 |
| 2.1 概述 .....                  | 14 | 3.4 CMOS 集成逻辑门电路 .....               | 65 |
| 2.2 逻辑函数及其表示法 .....           | 14 | 3.4.1 CMOS 反相器 .....                 | 65 |
| 2.2.1 基本逻辑函数及运算 .....         | 14 | 3.4.2 其它功能的 CMOS 门电路 .....           | 66 |
| 2.2.2 几种导出的逻辑运算 .....         | 16 | 3.4.3 高速 CMOS 门电路 .....              | 70 |
| 2.2.3 逻辑函数及其表示方法 .....        | 18 | 3.4.4 CMOS 数字集成电路的特点<br>与系列 .....    | 71 |
| 2.3 逻辑代数的基本定律和规则 .....        | 20 | 3.4.5 CMOS 集成逻辑门的使用注<br>意事项 .....    | 72 |
| 2.3.1 逻辑代数的基本公式 .....         | 20 | 3.5 集成逻辑门电路的应用 .....                 | 74 |
| 2.3.2 逻辑代数的基本定律 .....         | 21 | *3.5.1 TTL 电路和 CMOS 电路<br>的接口 .....  | 74 |
| 2.3.3 逻辑代数的三个重要规则 .....       | 23 | 3.5.2 TTL 电路和 CMOS 电路的外<br>接负载 ..... | 76 |
| 2.4 逻辑函数的公式化简法 .....          | 25 | 3.5.3 集成逻辑门电路的应用 .....               | 76 |
| 2.4.1 化简的意义与标准 .....          | 25 | *3.6 技能训练中故障的检查与排除 .....             | 78 |
| 2.4.2 逻辑函数的代数化简法 .....        | 26 | 本章小结 .....                           | 80 |
| 2.4.3 代数化简法举例 .....           | 27 | 练习题 .....                            | 82 |
| 2.5 逻辑函数的卡诺图化简法 .....         | 28 | 技能题 .....                            | 89 |
| 2.5.1 最小项与卡诺图 .....           | 28 | 技能训练 .....                           | 89 |
| 2.5.2 用卡诺图表示逻辑函数 .....        | 31 | 训练一 TTL 与非门的逻辑功能和电压<br>传输特性的测试 ..... | 89 |
| 2.5.3 用卡诺图化简逻辑函数 .....        | 33 |                                      |    |
| 2.5.4 具有无关项的逻辑函数<br>的化简 ..... | 35 |                                      |    |
| 2.6 逻辑符号的等效变换 .....           | 36 |                                      |    |
| 本章小结 .....                    | 38 |                                      |    |
| 练习题 .....                     | 39 |                                      |    |

|                                          |     |                                       |     |
|------------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 训练二 集电极开路门(OC门)和三态<br>输出门(TSL门)的应用 ..... | 91  | 5.4.4 单稳态触发器的应用 .....                 | 144 |
| 训练三 CMOS门电路的应用 .....                     | 92  | 5.5 555定时器及其应用 .....                  | 146 |
| 训练四 用门电路进行逻辑设计 .....                     | 93  | 5.5.1 555定时器的电路结构及<br>其功能 .....       | 146 |
| <b>第4章 集成触发器</b> .....                   | 94  | 5.5.2 用555定时器组成施密特<br>触发器 .....       | 147 |
| 4.1 概述 .....                             | 94  | 5.5.3 用555定时器组成单稳态<br>触发器 .....       | 149 |
| 4.2 触发器的基本形式 .....                       | 95  | 5.5.4 用555定时器组成多谐振<br>荡器 .....        | 150 |
| 4.2.1 基本RS触发器 .....                      | 95  | 本章小结 .....                            | 152 |
| 4.2.2 同步触发器 .....                        | 96  | 练习题 .....                             | 153 |
| 4.3 边沿触发器 .....                          | 103 | 技能题 .....                             | 157 |
| 4.3.1 维持阻塞D触发器 .....                     | 103 | 技能训练 .....                            | 158 |
| 4.3.2 边沿JK触发器 .....                      | 106 | 训练一 用集成施密特触发器设计单<br>稳态触发器和多谐振荡器 ..... | 158 |
| 4.3.3 T触发器和T'触发器 .....                   | 108 | 训练二 单稳态触发器的设计与调试 .....                | 158 |
| 4.4 主从触发器 .....                          | 110 | 训练三 用与非门构成多谐振荡器的<br>设计与调试 .....       | 159 |
| 4.4.1 主从RS触发器 .....                      | 110 | 训练四 用555定时器组成单稳态触<br>发器和多谐振荡器 .....   | 159 |
| 4.4.2 主从JK触发器 .....                      | 111 | <b>第6章 组合逻辑电路</b> .....               | 161 |
| 4.5 触发器的应用举例 .....                       | 113 | 6.1 概述 .....                          | 161 |
| 本章小结 .....                               | 114 | 6.2 组合逻辑电路的分析方法和设计<br>方法 .....        | 161 |
| 练习题 .....                                | 116 | 6.2.1 组合逻辑电路的分析方法 .....               | 161 |
| 技能题 .....                                | 123 | 6.2.2 组合逻辑电路的设计方法 .....               | 164 |
| 技能训练 .....                               | 123 | 6.3 编码器 .....                         | 167 |
| 训练一 基本RS触发器和同步RS触<br>发器逻辑功能的测试 .....     | 123 | 6.3.1 二进制编码器 .....                    | 167 |
| 训练二 边沿触发器逻辑功能的测试 .....                   | 124 | 6.3.2 二-十进制编码器 .....                  | 168 |
| 训练三 触发器的应用 .....                         | 124 | 6.3.3 优先编码器 .....                     | 169 |
| <b>第5章 脉冲信号的产生与整形</b> .....              | 126 | 6.4 译码器 .....                         | 171 |
| 5.1 概述 .....                             | 126 | 6.4.1 二进制译码器 .....                    | 171 |
| 5.2 施密特触发器 .....                         | 126 | 6.4.2 二-十进制译码器 .....                  | 173 |
| 5.2.1 用门电路组成的施密特触发器 .....                | 126 | 6.4.3 数码显示译码器 .....                   | 175 |
| 5.2.2 集成施密特触发器 .....                     | 129 | 6.4.4 用译码器实现组合逻辑函数 .....              | 177 |
| 5.3 多谐振荡器 .....                          | 132 | 6.5 数据选择器和分配器 .....                   | 179 |
| 5.3.1 对称多谐振荡器 .....                      | 132 | 6.5.1 数据选择器 .....                     | 179 |
| 5.3.2 不对称多谐振荡器 .....                     | 134 | 6.5.2 数据分配器 .....                     | 185 |
| 5.3.3 用施密特触发器组成多谐<br>振荡器 .....           | 135 | 6.6 加法器和数值比较器 .....                   | 186 |
| 5.3.4 石英晶体多谐振荡器 .....                    | 136 | 6.6.1 加法器 .....                       | 186 |
| 5.4 单稳态触发器 .....                         | 137 | 6.6.2 数值比较器 .....                     | 188 |
| 5.4.1 微分型单稳态触发器 .....                    | 138 |                                       |     |
| 5.4.2 集成单稳态触发器 .....                     | 139 |                                       |     |
| 5.4.3 用施密特触发器组成单稳态<br>触发器 .....          | 143 |                                       |     |

|                                        |     |                                         |     |
|----------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 6.7 组合逻辑电路中的竞争冒险 .....                 | 192 | 技能训练 .....                              | 252 |
| 6.7.1 竞争冒险现象及其产生的原因 .....              | 192 | 训练一 二进制计数器及其级联 .....                    | 252 |
| 6.7.2 冒险现象的判别 .....                    | 193 | 训练二 计数器、译码器和显示器 .....                   | 252 |
| 6.7.3 消除冒险现象的方法 .....                  | 193 | 训练三 移位寄存器的应用 .....                      | 253 |
| *6.8 数字系统一般故障的检查和排除 .....              | 194 | 训练四 设计一个简易脉冲宽度测量<br>电路 .....            | 253 |
| 6.8.1 产生故障的主要原因 .....                  | 194 | <b>第8章 数模和模数转换器</b> .....               | 255 |
| 6.8.2 常见逻辑故障 .....                     | 195 | 8.1 概述 .....                            | 255 |
| 6.8.3 查找故障的常用方法 .....                  | 196 | 8.2 D/A 转换器 .....                       | 256 |
| 6.8.4 故障的排除 .....                      | 198 | 8.2.1 权电阻网络 D/A 转换器 .....               | 256 |
| 本章小结 .....                             | 198 | 8.2.2 $R-2R$ T 形电阻网络 D/A 转<br>换器 .....  | 258 |
| 练习题 .....                              | 199 | 8.2.3 $R-2R$ 倒 T 形电阻网络 D/A<br>转换器 ..... | 259 |
| 技能题 .....                              | 203 | 8.2.4 电子模拟开关 .....                      | 260 |
| 技能训练 .....                             | 203 | 8.2.5 D/A 转换器的主要参数 .....                | 261 |
| 训练一 用集成逻辑门设计组合逻辑<br>电路 .....           | 203 | 8.2.6 集成 D/A 转换器 CDA7524 及<br>其应用 ..... | 261 |
| 训练二 用译码器实现多种逻辑功能 .....                 | 203 | 8.3 A/D 转换器 .....                       | 264 |
| 训练三 用数据选择器实现多种逻辑<br>功能 .....           | 204 | 8.3.1 A/D 转换的一般步骤 .....                 | 264 |
| <b>第7章 时序逻辑电路</b> .....                | 205 | 8.3.2 并联比较型 A/D 转换器 .....               | 267 |
| 7.1 概述 .....                           | 205 | 8.3.3 逐次逼近型 A/D 转换器 .....               | 268 |
| 7.2 时序逻辑电路的分析方法 .....                  | 205 | 8.3.4 双积分型 A/D 转换器 .....                | 270 |
| 7.2.1 同步时序逻辑电路的分析<br>方法 .....          | 206 | 8.3.5 A/D 转换器的主要参数 .....                | 272 |
| 7.2.2 异步时序逻辑电路的分析<br>方法 .....          | 210 | 8.3.6 集成 A/D 转换器 CAD571 .....           | 272 |
| 7.3 计数器 .....                          | 212 | 本章小结 .....                              | 274 |
| 7.3.1 异步计数器 .....                      | 212 | 练习题 .....                               | 274 |
| 7.3.2 同步计数器 .....                      | 219 | 技能训练 .....                              | 275 |
| 7.3.3 利用计数器的级联获得大容量<br>$N$ 进制计数器 ..... | 230 | 训练一 D/A 转换器的应用 .....                    | 275 |
| 7.4 寄存器和移位寄存器 .....                    | 232 | 训练二 A/D 转换器的应用 .....                    | 275 |
| 7.4.1 寄存器 .....                        | 233 | <b>第9章 半导体存储器</b> .....                 | 277 |
| 7.4.2 移位寄存器 .....                      | 233 | 9.1 概述 .....                            | 277 |
| 7.4.3 移位寄存器的应用 .....                   | 236 | 9.2 只读存储器 (ROM) .....                   | 277 |
| 7.4.4 顺序脉冲发生器 .....                    | 240 | 9.2.1 固定 ROM 的结构和工作<br>原理 .....         | 278 |
| 7.5 同步时序逻辑电路的设计 .....                  | 242 | 9.2.2 可编程只读存储器 (PROM) .....             | 279 |
| 7.5.1 同步时序逻辑电路的设计<br>方法 .....          | 242 | 9.2.3 可擦除可编程只读存储器<br>(EPROM) .....      | 280 |
| 7.5.2 同步时序逻辑电路的设计举例 .....              | 243 | 9.2.4 集成 EPROM .....                    | 280 |
| 本章小结 .....                             | 246 | 9.2.5 PROM 的应用 .....                    | 282 |
| 练习题 .....                              | 247 | 9.3 随机存取存储器 (RAM) .....                 | 284 |
| 技能题 .....                              | 251 |                                         |     |



|                                          |     |                                          |     |
|------------------------------------------|-----|------------------------------------------|-----|
| 9.3.1 RAM 的基本结构和工作原理 .....               | 284 | 10.4.2 ISP 器件组成结构与特点 .....               | 304 |
| 9.3.2 RAM 的存储单元 .....                    | 285 | 10.4.3 ISP 器件开发系统与软件编程<br>应用 .....       | 309 |
| 9.3.3 集成随机存储器 2114A 介绍 .....             | 288 | 10.4.4 应用举例 .....                        | 321 |
| 9.3.4 RAM 的扩展 .....                      | 289 | 本章小结 .....                               | 325 |
| 本章小结 .....                               | 292 | 练习题 .....                                | 326 |
| 练习题 .....                                | 292 | 技能训练 .....                               | 327 |
| <b>第 10 章 可编程逻辑器件及其应用</b> .....          | 294 | 可编程逻辑器件的应用 .....                         | 327 |
| 10.1 概述 .....                            | 294 | <b>附录 A EWB 电子电路仿真软件</b><br>简介 .....     | 328 |
| 10.1.1 PLD 器件的基本结构 .....                 | 294 | <b>附录 B 常用逻辑门电路新旧逻辑<br/>符号对照表</b> .....  | 353 |
| 10.1.2 PLD 器件的分类 .....                   | 295 | <b>附录 C 部分常用中规模集成电<br/>路逻辑符号介绍</b> ..... | 354 |
| 10.1.3 PLD 器件的优点 .....                   | 296 | <b>部分练习题答案</b> .....                     | 364 |
| 10.2 可编程阵列逻辑 (PAL) .....                 | 297 | <b>参考书目</b> .....                        | 367 |
| 10.3 通用阵列逻辑 (GAL) .....                  | 300 |                                          |     |
| 10.3.1 GAL 的结构特点 .....                   | 300 |                                          |     |
| 10.3.2 输出逻辑宏单元 (OLMC) 的<br>结构与输出组态 ..... | 300 |                                          |     |
| * 10.4 在系统可编程逻辑器件 (ISP - PLD) ...        | 303 |                                          |     |
| 10.4.1 ISP 器件简介 .....                    | 303 |                                          |     |

# 第1章 绪 论

## 内 容 提 要

本章主要介绍数字电路的分类、特点和脉冲波形的主要参数，并从十进制计数体制开始，引入二进制、八进制、十六进制数的运算规则及它们相互间的转换方法。最后还介绍了常用的BCD码和可靠性代码。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 数字信号和数字电路

在模拟电子技术中，被传递、加工和处理的信号是模拟信号，这类信号的特点是在时间上和幅值上都是连续变化的，如广播电视中传送的各种语音信号和图像信号，如图1.1.1(a)所示。用于传递、加工和处理模拟信号电子电路，称作模拟电路。

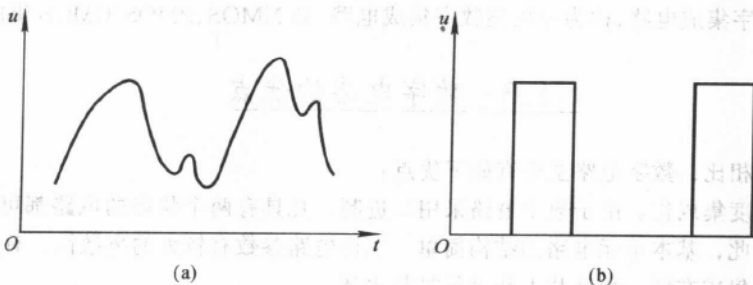


图 1.1.1 模拟信号和数字信号

(a) 模拟信号；(b) 数字信号

在数字电子技术中，被传递、加工和处理的信号是数字信号，这类信号的特点是在时间上和幅值上都是断续变化的离散信号，如图1.1.1(b)所示。其高电平和低电平常用1和0来表示。用于传递、加工和处理数字信号电子电路，称作数字电路。它主要是研究输出与输入信号之间的对应逻辑关系，其分析的主要工具是逻辑代数。因此，数字电路又称作逻辑电路。

### 1.1.2 数字电路的分类

根据电路结构的不同,数字电路可分为分立元件电路和集成电路两大类。分立元件电路是将晶体管、电阻、电容等元器件用导线在线路板上连接起来的电路;而集成电路则是将上述元器件和导线通过半导体制造工艺做在一块硅片上而成为一个不可分割的整体电路。数字电路比模拟电路更容易高密度集成。

根据集成的密度不同,数字集成电路的分类如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 数字集成电路分类

| 集成电路分类           | 集成度                                     | 电路规模与范围                                            |
|------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 小规模集成电路<br>SSI   | 1~10 门/片, 或<br>10~100 个元件/片             | 逻辑单元电路<br>它包括: 逻辑门电路、集成触发器等                        |
| 中规模集成电路<br>MSI   | 10~100 门/片, 或<br>100~1 000 个元件/片        | 逻辑部件<br>它包括: 计数器、译码器、编码器、数据选择器、寄存器、算术运算器、比较器、转换电路等 |
| 大规模集成电路<br>LSI   | 100~1 000 门/片, 或<br>1 000~100 000 个元件/片 | 数字逻辑系统<br>它包括: 中央控制器、存储器、各种接口电路等                   |
| 超大规模集成电路<br>VLSI | 大于 1 000 门/片, 或<br>大于 10 万个元件/片         | 高集成度的数字逻辑系统<br>例如: 各种型号的单片机, 即在一块硅片上集成一个完整的微型计算机电路 |

根据半导体的导电类型不同,可分为双极型电路和单极型电路。以双极型晶体管作为基本器件的数字集成电路,称为双极型数字集成电路,如 TTL、ECL 集成电路等;以单极型 MOS 管作为基本器件的数字集成电路,称为单极型数字集成电路,如 NMOS、PMOS、CMOS 集成电路等。

### 1.1.3 数字电路的优点

与模拟电路相比,数字电路主要有如下优点:

(1) 便于高度集成化。由于数字电路采用二进制,凡具有两个状态的电路都可用来表示 0 和 1 两个数,因此,基本单元电路的结构简单,允许电路参数有较大的离散性,有利于将众多的基本单元电路集成在同一块硅片上和进行批量生产。

(2) 工作可靠性高、抗干扰能力强。数字信号是用 1 和 0 来表示信号的有和无,数字电路辨别信号的有和无是很容易做到的,从而大大提高了电路的工作可靠性。同时,数字信号不易受到噪声干扰。因此,它的抗干扰能力很强。

(3) 数字信息便于长期保存。借助某种介质(如磁盘、光盘等)可将数字信息长期保存下来。

(4) 数字集成电路产品系列多、通用性强、成本低。

(5) 保密性好。数字信息容易进行加密处理,不易被窃取。

### 1.1.4 脉冲波形的主要参数

在数字电路中，加工和处理的为矩形脉冲，它和数字信号是一致的。下面以图 1.1.2 所示实际矩形脉冲波形来说明描述脉冲波形的主要参数。

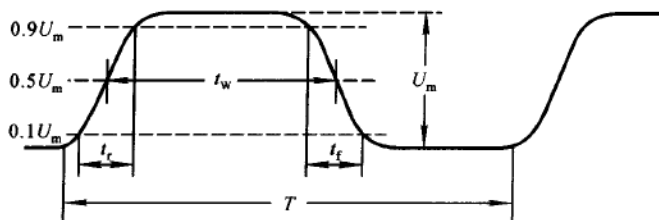


图 1.1.2 脉冲波形的参数

(1) 脉冲幅度  $U_m$ ：脉冲电压波形变化的最大值，单位为伏 (V)。

(2) 脉冲上升时间  $t_r$ ：脉冲波形从  $0.1U_m$  上升到  $0.9U_m$  所需的时间。

(3) 脉冲下降时间  $t_f$ ：脉冲波形从  $0.9U_m$  下降到  $0.1U_m$  所需的时间。

脉冲上升时间  $t_r$  和下降时间  $t_f$  越短，越接近于理想的矩形脉冲。单位为秒 (s)、毫秒 (ms)、微秒 ( $\mu\text{s}$ )、纳秒 (ns)。

(4) 脉冲宽度  $t_w$ ：脉冲上升沿  $0.5U_m$  到下降沿  $0.5U_m$  所需的时间，单位和  $t_r$ 、 $t_f$  相同。

(5) 脉冲周期  $T$ ：在周期性脉冲中，相邻两个脉冲波形重复出现所需的时间，单位和  $t_r$ 、 $t_f$  相同。

(6) 脉冲频率  $f$ ：每秒时间内，脉冲出现的次数。单位为赫兹 (Hz)、千赫兹 (kHz)、兆赫兹 (MHz)， $f = 1/T$ 。

(7) 占空比  $q$ ：脉冲宽度  $t_w$  与脉冲重复周期  $T$  的比值，即  $q = t_w/T$ 。它是描述脉冲波形疏密的参数。

#### 思考题

1. 数字信号和模拟信号各有什么特点？描述脉冲波形有哪些主要参数？
2. 和模拟电路相比，数字电路有哪些优点？
3. 在数字系统中为什么要采用二进制？它有何优点？
4. 数字电路和模拟电路的工作各有何特点？

## 1.2 数制和码制

### 1.2.1 数制

数制是一种计数的方法，它是计数进位制的简称。采用何种计数方法应根据实际需要而