



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字电子技术基础

第三版

SHUZI DIANZI JISHU JICHU

◎主 编 董传岱
◎副主编 李震梅 杨雪岩
◎主 审 刘润华



中国石油大学出版社

责任编辑：刘 清 宋秀勇

封面设计：赵志勇

数字电子技术基础

SHUZI DIANZI JISHU JICHU

ISBN 978-7-5636-2855-1



9 787563 628551 >

定价 33.80元



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字电子技术基础

第三版

SHUZI DIANZI JISHU JICHU

- ◎主 编 董传岱
◎副主编 李震梅 杨雪岩
◎主 审 刘润华

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/董传岱主编. —3版. —东营:中国
石油大学出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-5636-2855-1

I. 数… II. 董… III. 数字电路—电子技术 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090150 号

书 名: 数字电子技术基础(第三版)

作 者: 董传岱

责任编辑: 刘 清 宋秀勇(电话 0546—8392139)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: yibian8392139@163.com

印 刷 者: 山东省东营市新华印刷厂

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)

开 本: 180×235 印张: 23 字数: 463 千字

版 次: 2009年6月第1版第1次印刷

定 价: 33.80 元

内容简介

Contents Outline

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是作者在多年从事电子技术教学工作的基础上,依据教育部教指委的最新教学基本要求,总结省级精品课程“数字电子技术基础”的建设与改革经验编写而成的。主要包括数制与码制、逻辑代数及逻辑函数化简、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器、脉冲电路、数/模与模/数转换、可编程逻辑器件、数字电路设计方法等内容。本书文字叙述详细,概念阐述清楚、通俗易懂,简化理论推导,突出实践应用强,在体现科学性、先进性、系统性方面具有特色,为大学普通本科层次的电气工程、通信工程、电子信息工程、自动化、计算机等电气信息类专业学生“数字电子技术”课程的教材,也可作为从事电路设计、通信工程及计算机等广大科技工作者的参考用书。

第三版前言

Version 3 preface

数字电子技术是电类各专业的一门技术基础课,它是研究各种半导体器件、电路及其应用的学科。

数字电子技术可谓无所不用,无处不在,领先潮流;电子技术新器件、新工艺、新技术发展迅速,层出不穷。根据当前电子技术发展的趋势和 21 世纪对人才能力培养的要求,针对普通高等本科院校学生的具体情况,依据教育部教指委最新的《数字电子技术教学基本要求》,结合我们多年省级精品课程“数字电子技术基础”的建设与改革经验,组织再版了该教材。在编写时,我们主要考虑了以下几点:

1. 充分吸收新概念、新理论和新技术,力求处理好先进性和实用性的关系、处理好教材内容变化和基础内容相对稳定的关系。教材内容力求重点突出,基本概念明确清晰,贯穿“少而精”和“理论联系实际”的原则。

2. 精选教学内容、深浅适度、主次分明、详略恰当,在内容的阐述方面,以物理概念为主,突出实践性、实用性,力求做到文字通顺流畅,通俗易懂,便于学生学习。

3. 在保留传统的基本内容的基础上,突出集成电路的应用和现代电子技术内容。该教材体现了新技术、新知识、新工艺、新器件的应用,从分立元件电路为主转到以集成电路为主;从以器件内部分析为主转向以器件外部特性和应用为主。为了教学的方便,我们把可编程逻辑器件及硬件描述语言合并为一章编写。

4. 参考了国内外近年出版的优秀教材,并总结多年来的教学体会,每章增加了教学基本要求,增加了电子技术课程设计有关内容,更换了大量

习题,选择了实用性、趣味性强的例题和习题,以激发学生的学习兴趣,着力增强教材的实用性。需要说明的是,基本教学要求是按照理论授课50学时左右制定的,根据授课学时的不同,可适当增减教学基本要求深度。

5. 注重教材的系统性,使学生能建立完整的数字系统概念。

参加本书编写的教师多年从事电子技术课程体系、课程内容的教学改革与实践,具有丰富的数字电子技术课程的教学经验。山东理工大学董传岱教授组织了本书的编写,制定了详细的编写提纲,并负责全书的统稿。全书共11章,其中第1、2、3、4章由董传岱编写;第6、9、11章由李震梅编写;杨雪岩参加第4、6章的编写;第5章由房华玲编写;第7章由刘雪婷编写;第8章及附录由白明编写;第10章由白明、陈文钢共同编写。

本书由教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会电类基础课程教学指导分委员会委员,中国高等学校电工学研究会副理事长,中国石油大学(华东)刘润华教授主审,他提出了许多建设性意见和建议;本书的编写还得到了山东理工大学电工电子教研室和电工电子实验教学中心全体教师的大力支持,编者在这里一并向他们表示感谢。在编写过程中参阅或引用了部分参考资料,对这些作者,我们也表示衷心的感谢。

限于编者的水平,不妥和错误之处在所难免,望读者及同行给予批评指正。

编者

2009年3月

目 录

Contents

第 1 章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 数字量与模拟量	(1)
1.1.2 数字电路的特点	(1)
1.1.3 本课程的任务与性质	(2)
1.2 数制	(2)
1.2.1 常用进制	(2)
1.2.2 常用进制间的转换	(3)
1.3 码制	(6)
1.3.1 码的概念	(6)
1.3.2 常用 BCD 码	(6)
1.3.3 ANSCII 码	(7)
1.3.4 ISO 码	(8)
1.3.5 循环码	(9)
本章教学基本要求	(10)
习题	(10)
第 2 章 逻辑代数和逻辑函数化简	(12)
2.1 基本逻辑运算和复合逻辑运算	(12)
2.1.1 基本逻辑运算	(12)
2.1.2 复合逻辑运算	(15)
2.2 逻辑代数的基本定律及规则	(17)
2.2.1 逻辑代数的基本定律	(18)
2.2.2 逻辑代数的基本规则	(20)
2.3 逻辑函数的表示方法及其转换	(22)
2.3.1 逻辑表达式	(22)

2.3.2	逻辑真值表	(27)
2.3.3	卡诺图	(27)
2.3.4	逻辑图	(30)
2.3.5	波形图	(30)
2.3.6	逻辑函数表示方法间的转换	(31)
2.4	逻辑函数的化简方法	(34)
2.4.1	关于逻辑函数化简的几个问题	(34)
2.4.2	逻辑函数的代数化简法	(35)
2.4.3	逻辑函数的卡诺图化简法	(36)
2.4.4	具有约束的逻辑函数的化简	(40)
	本章教学基本要求	(43)
	习题	(43)
第3章	逻辑门电路	(47)
3.1	半导体二极管和晶体三极管的开关特性	(47)
3.1.1	理想开关的开关特性	(47)
3.1.2	半导体二极管的开关特性	(48)
3.1.3	晶体三极管的开关特性	(50)
3.2	基本逻辑门电路	(52)
3.2.1	二极管与门电路	(52)
3.2.2	二极管或门电路	(54)
3.2.3	晶体三极管非门电路	(54)
3.2.4	复合门电路	(56)
3.3	TTL 集成门电路	(58)
3.3.1	TTL 与非门电路	(58)
3.3.2	其他类型的 TTL 集成门电路	(66)
3.3.3	TTL 集成门电路使用常识	(72)
3.4	MOS 集成门电路	(75)
3.4.1	NMOS 门电路	(76)
3.4.2	CMOS 反相器	(77)
3.4.3	其他类型的 CMOS 门电路	(79)
3.4.4	使用 CMOS 电路的注意事项	(83)
3.4.5	CMOS 电路产品系列和主要参数	(84)
3.5	CMOS 电路与 TTL 电路的连接	(85)
3.5.1	连接原则	(85)
3.5.2	TTL 电路驱动 CMOS 电路	(86)

3.5.3 CMOS 电路驱动 TTL 电路	(86)
本章教学基本要求	(87)
习题	(88)
第 4 章 组合逻辑电路	(94)
4.1 组合电路的分析与设计	(94)
4.1.1 组合逻辑电路的特点	(94)
4.1.2 组合逻辑电路的分析	(94)
4.1.3 组合逻辑电路的设计	(97)
4.2 常用组合逻辑电路	(102)
4.2.1 算术运算电路	(102)
4.2.2 编码器	(107)
4.2.3 译码器	(115)
4.2.4 数据选择器	(125)
4.2.5 数据分配器	(131)
4.2.6 数值比较器	(133)
4.2.7 奇偶产生电路与奇偶校验电路	(137)
4.3 组合逻辑电路中的竞争冒险	(139)
4.3.1 产生竞争冒险的原因	(139)
4.3.2 冒险的判断	(140)
4.3.3 消去竞争冒险的方法	(141)
本章教学基本要求	(143)
习题	(143)
第 5 章 触发器	(147)
5.1 概述	(147)
5.1.1 对触发器的要求	(147)
5.1.2 触发器的现态和次态	(147)
5.1.3 触发器的分类	(147)
5.2 基本 RS 触发器	(148)
5.2.1 电路组成及逻辑符号	(148)
5.2.2 工作原理及逻辑功能	(149)
5.2.3 触发器逻辑功能的描述方法	(149)
5.2.4 基本 RS 触发器的应用	(151)
5.3 钟控触发器	(152)
5.3.1 钟控 RS 触发器	(153)
5.3.2 钟控 JK 触发器	(155)

5.3.3 钟控 D 触发器	(157)
5.4 集成边沿触发器	(158)
5.4.1 CMOS 边沿触发器	(158)
5.4.2 集成触发器的逻辑符号	(160)
5.4.3 边沿触发器的逻辑功能分类及各功能间的相互转换	(160)
5.5 触发器的电气特性	(164)
5.5.1 静态特性	(164)
5.5.2 动态特性	(164)
本章教学基本要求	(165)
习题	(165)
第 6 章 时序逻辑电路	(168)
6.1 时序逻辑电路的分析	(168)
6.1.1 时序逻辑电路的特点与分类	(168)
6.1.2 同步时序逻辑电路的分析	(169)
6.1.3 异步时序逻辑电路的分析	(176)
6.2 常用时序逻辑电路	(178)
6.2.1 寄存器	(178)
6.2.2 计数器	(183)
6.2.3 顺序脉冲产生电路	(207)
6.3 时序逻辑电路的设计	(208)
6.3.1 同步时序逻辑电路的设计	(208)
6.3.2 序列信号发生器	(215)
本章教学基本要求	(218)
习题	(218)
第 7 章 半导体存储器	(223)
7.1 半导体存储器的特点与分类	(223)
7.1.1 半导体存储器的特点	(223)
7.1.2 半导体存储器的分类	(223)
7.2 随机存取存储器(RAM)	(224)
7.2.1 RAM 的基本结构和工作原理	(224)
7.2.2 RAM 的存储单元	(228)
7.2.3 RAM 容量的扩展	(230)
7.3 只读存储器(ROM)	(233)
7.3.1 ROM 的分类	(233)
7.3.2 ROM 的电路结构与工作原理	(233)

本章教学基本要求	(240)
习题	(240)
第 8 章 脉冲电路	(241)
8.1 概述	(241)
8.2 集成 555 定时器	(242)
8.2.1 555 定时器的电路结构与工作原理	(242)
8.2.2 555 定时器的功能	(243)
8.3 多谐振荡器	(244)
8.3.1 用 555 定时器构成的多谐振荡器	(244)
8.3.2 用门电路构成的多谐振荡器	(246)
8.3.3 石英晶体振荡器	(248)
8.3.4 多谐振荡器的应用	(249)
8.4 施密特触发器	(249)
8.4.1 555 定时器构成的施密特触发器	(249)
8.4.2 集成施密特触发器	(251)
8.4.3 施密特触发器的应用	(251)
8.5 单稳态触发器	(253)
8.5.1 用 555 定时器构成的单稳态触发器	(253)
8.5.2 集成单稳态触发器	(254)
8.5.3 单稳态触发器的应用	(256)
本章教学基本要求	(257)
习题	(258)
第 9 章 数/模与模/数转换	(259)
9.1 概述	(259)
9.1.1 A/D 转换器和 D/A 转换器的概念	(259)
9.1.2 A/D 转换器和 D/A 转换器的实例	(260)
9.2 D/A 转换器	(260)
9.2.1 D/A 转换器的基本原理和电路结构	(260)
9.2.2 权电阻网络 D/A 转换器	(261)
9.2.3 T 型电阻网络 D/A 转换器	(263)
9.2.4 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(265)
9.2.5 集成 D/A 转换器	(266)
9.2.6 D/A 转换器的主要参数	(267)
9.3 A/D 转换器	(269)
9.3.1 A/D 转换器的一般步骤和分类	(269)

9.3.2	并行比较型 A/D 转换器	(272)
9.3.3	逐次比较型 A/D 转换器	(273)
9.3.4	双积分型 A/D 转换器	(276)
9.3.5	集成 A/D 转换器	(278)
9.3.6	A/D 转换器的主要技术指标	(280)
	本章教学基本要求	(281)
	习题	(281)
第 10 章	可编程逻辑器件	(285)
10.1	PLD 的特点	(286)
10.2	可编程逻辑器件的构成原理	(287)
10.3	常用 PLD 器件	(290)
10.3.1	可编程只读存储器 PROM	(291)
10.3.2	可编程逻辑阵列 PLA	(293)
10.3.3	可编程阵列逻辑器件 PAL	(293)
10.3.4	通用逻辑阵列 GAL 阵列	(294)
10.3.5	现场可编程门阵列 (FPGA)	(295)
10.4	VHDL 语言基础	(297)
10.4.1	VHDL 的主要构件	(297)
10.4.2	结构体	(299)
10.4.3	库和程序包	(301)
10.4.4	配置	(303)
10.4.5	VHDL 数据对象和数据类型	(303)
10.4.6	VHDL 的操作符和表达式	(305)
10.4.7	VHDL 的基本语句	(306)
10.5	开发软件 MAX+PLUS II 简介	(312)
10.5.1	MAX+PLUS II 的安装	(312)
10.5.2	MAX+PLUS II 的设计流程	(313)
	本章教学基本要求	(319)
	习题	(319)
第 11 章	数字电路设计方法	(322)
11.1	概述	(322)
11.1.1	数字电路设计的目的和要求	(322)
11.1.2	课程设计的教学过程	(322)
11.1.3	数字电子电路的设计方法	(323)
11.2	数字电路设计实例	(328)

11.2.1 数字钟设计	(328)
11.2.2 交通灯定时控制系统设计	(334)
本章教学基本要求	(344)
附录 半导体集成电路	(345)
参考文献	(355)

第1章 绪 论

1.1 概 述

数字电子技术已经渗透到现代社会的各个领域,当今世界正在经历一场数字化革命。21世纪是信息数字化时代,数字化是人类进入信息时代的必要条件。数字电子技术是电气、电子信息类和计算机类等专业的学生进入数字化领域所必须掌握的主要技术基础课程之一。

1.1.1 数字量与模拟量

在自然界中存在着许多物理量,其中有一类物理量在时间上和数值上具有连续变化的特点,如温度、压力、速度等,通常称这种连续变化的物理量为**模拟量**。还有一类物理量在时间和数值上是离散的,如人数、物件数等,它们数量的变化都是最小单位的整数倍,通常称这种时间和数值上是离散的物理量为**数字量**。

在电子技术中,通常把传递、加工和处理模拟信号的电路称为**模拟电路**,而把传递、加工和处理数字信号的电路称为**数字电路**。

1.1.2 数字电路的特点

1. 数字电路易于实现各种控制和决策等应用系统

在数字电路中,由于采用的是二进制数字信号,即0和1,既能进行算术运算,又能进行逻辑运算,因此,在实现控制和决策系统时,数字电路要比模拟电路容易。

2. 抗干扰能力强,可靠性和准确性高

由于数字电路传递、加工和处理的是用高、低电平表示的二进制信息,其高、低电平都是一个较宽的变化范围,在工作中不易出错,其精度可用增加二进制数位数的方法来提高,因此,采用数字电路实现的控制系统,其抗干扰能力强,可靠性和准确性较高。

3. 集成度高,通用性强,电路设计、维修方便

由于采用二进制数字信号,只要其元件具有两个稳定状态,就可以用二进制的两

个数码(如用三极管的饱和与截止分别表示 0 和 1)来表示,对元件精度的要求也不高,故其基本单元电路简单,有利于实现数字电路的集成化。大规模集成电路的发展,能使逻辑部件标准化、通用性增强,可以很方便地构成一个数字系统;尤其是系统可编程逻辑器件的出现,使得过去很难实现的数控系统,在今天,只要有一台 PC 机,在实验室,甚至在家里,就可以实现。

4. 数字信号便于大容量和长期存储

将文字、图像、声音等各种信息以 0 和 1 的数字信号形式很容易存储在磁盘或光盘等存储器中,且存储量大,保存时间长,易实现信息的共享等。

由于数字电路具有很多优点,发展十分迅速,因此在数字电子计算机、数控设备、通讯设备、数字仪器仪表以及国民经济的各个领域都得到了广泛应用。

1.1.3 本课程的任务与性质

数字电子技术基础课程是电气、电子信息类和部分非电类专业本科生在电子技术方面入门的技术基础课,具有自身的体系和很强的实践性。通过对常用电子器件、数字电路及其系统的分析和设计的学习,使学生掌握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工程中的应用打下基础。

数字电子技术是一门飞速发展的学科,随着新技术不断翻新,新器件层出不穷。本课程主要学习数制与码制、逻辑代数基础、逻辑门、触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲电路、数模与模数转换电路、半导体存储器、可编程逻辑器件以及数字系统设计等内容。

在学习数字电子技术时,要侧重以下几点:在具体的数字电路与基本的逻辑分析和设计方法之间,应以分析和设计方法为主;在具体的设计步骤与所依据的基本原理和概念之间,应以原理和概念为主;在集成块的内部工作原理和外部特性之间,应以外部特性为主,以便正确使用。

1.2 数 制

按进位规则进行计数称为进位计数制,简称数制。在日常生活中最广泛使用的数制是十进制,而在数字系统中常使用的数制是二进制、八进制和十六进制。

1.2.1 常用进制

1. 十进制

组成十进制数的有 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 共 10 个符号,或 10 个数码,超过 9