



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字电路与系统设计

(第三版)

邓元庆 贾鹏 石会 编著

DIJISHUICWUYUSHEJISHEJI
DIJISHUICWUYUSHEJISHEJI



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字电路与系统设计

(第三版)

邓元庆 贾 鹏 石 会 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书第二版是教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

这次修订后的第三版在内容和结构上进行了精心的选择和编排,进一步减少了小规模数字集成电路的内容,突出了中、大、超大规模数字集成电路的应用和数字系统设计、电子设计自动化等内容,既兼顾了数字电路的基本理论和经典内容,又介绍了数字电子技术的新成果和电路设计的新方法,较好地处理了学习与创新、继承与发展的问題,使读者学习本书之后,能够运用所学知识,灵活地解决数字电路与系统设计方面的一些实际问題。

全书共8章,分别是:数字逻辑基础,组合逻辑器件与电路,时序逻辑基础与常用器件,时序逻辑电路分析与设计,可编程逻辑器件,数/模接口电路与555定时器,数字系统设计,电子设计自动化。各章配有大量例题、习题及自测题,书末附有习题和自测题的参考答案。习题中引入了大量的Multisim或TINA软件仿真电路。

本书选材新颖,时代感强,逻辑性好,适应面广,既可作为电子工程、通信工程、信息工程、雷达工程、计算机科学与技术、电力系统及自动化等电类专业和机电一体化等非电类的专业基础课教材,又可作为相关专业工程技术人员的学习与参考书。

本书建议学时数为60学时,出版社和作者将免费提供本书的电子课件。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路与系统设计/邓元庆,贾鹏,石会编著. —3版. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5606-4111-9

I. ①数… II. ①邓… ②贾… ③石… III. ①数字电路—系统设计—高等学校—教材
IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 133358 号

策 划 马乐惠

责任编辑 阎 彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016年6月第3版 2016年6月第5次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张22

字 数 513千字

印 数 17 001~20 000册

定 价 38.00元

ISBN 978-7-5606-4111-9/TN

XDUP 4403003-5

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应的教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入 21 世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电大学、西安邮电大学、重庆邮电大学、吉林大学、杭州电子科技大学、桂林电子科技大学、北京信息科技大学、深圳大学、解放军电子工程学院等 10 余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定,对这两大类专业教学计划和课程大纲、目前本科教育的发展变化、相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、好中选优、以质取胜。教材内容要反映 21 世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用;体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会

高等学校计算机、信息工程类专业

规划教材编审专家委员会

主任：杨震（南京邮电大学校长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电大学通信与信息工程学院前院长、教授）

韩俊刚（西安邮电大学计算机学院前院长、教授）

计算机组

组长：韩俊刚（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

王小民（深圳大学信息工程学院教授）

王小华（杭州电子科技大学计算机学院教授）

孙力娟（南京邮电大学计算机学院院长、教授）

李秉智（重庆邮电大学计算机学院教授）

孟庆昌（北京信息科技大学教授）

周娅（桂林电子科技大学计算机学院教授）

张长海（吉林大学计算机科学与技术学院教授）

信息工程组

组长：张德民（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

王晖（深圳大学信息工程学院教授）

胡建萍（杭州电子科技大学信息工程学院教授）

徐祎（解放军电子工程学院教授）

唐宁（桂林电子科技大学通信与信息工程学院教授）

章坚武（杭州电子科技大学教授）

康健（吉林大学通信工程学院教授）

蒋国平（南京邮电大学副校长、教授）

前 言

“数字电路与逻辑设计”是电子、通信、雷达、信息、计算机、电力系统及自动化等电类专业和机电一体化等非电类专业的一门重要的专业基础课。作为该课程的主教材之一，《数字电路与系统设计》介绍数字电路与数字系统的基础理论和分析、设计方法，主要包括数字逻辑基础、组合逻辑器件与电路、时序逻辑基础与常用器件、时序逻辑电路分析与设计、可编程逻辑器件、数/模接口电路与 555 定时器、数字系统设计、电子设计自动化等八章内容。作为“十一五”国家级规划教材，《数字电路与系统设计(第二版)》自 2008 年出版以来，受到了广大教师和学生的欢迎。

本次修订，主要对第二版做了以下三个方面的修订工作：

(1) 为了适应学时越来越短的课程发展趋势，本版删除、压缩了部分不常用的内容，适当调整了章节结构。主要删除了利用加法器实现 8421BCD 码/二进制数转换、利用移位寄存器实现任意时序电路以及多谐振荡器、单稳态触发器和施密特触发器等脉冲电路内容，压缩了 CPLD 的内部结构等内容，并将原第 9 章的 555 定时器调整到了第 6 章。

(2) 为了适应电子技术的发展进步，本版与时俱进地修改了部分章节的内容，主要包括可编程逻辑器件和电子设计自动化这两章内容。修改后的内容更加实用、更加方便阅读和教学。

(3) 为了更加方便教学，本版精简和修改了部分例题，替换了部分习题和自测题，增加了电路仿真题的数量，使例题、习题、自测题更加全面、更加合理。由于篇幅限制，书中未介绍电路仿真软件 Multisim 和 TINA，但习题中安排了大量相关的电路仿真，建议教师授课时使用 Multisim 或 TINA 软件辅助部分电路的教学，并安排部分仿真实验项目，使学生熟练掌握 Multisim 或 TINA 软件等先进的仿真设计工具的使用方法。Multisim 和 TINA 仿真软件各有千秋，教师可根据实际情况选用其中一款实现辅助教学。

修订内容约占原书的 30%，修订后的版本依然保持了本书第一版的特色，即：

(1) 教材结构合理。全书由两条主线统揽：一条主线是器件—电路—系统，另一条主线是理论基础—分析方法—设计方法。在处理器件、电路、系统的关系时，先介绍器件，再介绍电路，后介绍系统，符合数字电路开始于器件、发展于电路、归结于系统的发展脉络，内容集中，系统性强；在处理理论基础、分析方法、设计方法的关系时，先介绍理论基础，再介绍分析方法，后介绍设计方法，符合认识事物的客观规律，衔接自然，逻辑性好，便于读者学习、掌握。

(2) 内容与时俱进。数字电子技术和数字电路的设计手段发展迅速，本书在有限的篇幅里对介绍的内容做了认真的挑选，在处理继承与发展、现实与未来的关系方面，既对数字电路的基本理论和经典内容做了适当介绍，也对数字电子技术的新成果和电路设计的新方法进行了介绍，减少了小规模数字集成电路内容，突出了中、大、超大规模数字集成电

路和数字系统设计、电子设计自动化等内容。

(3) 注重实用性和创新意识的培养。数字电路与系统设计内容很多,如果不加选择地介绍,将使得教材的篇幅极大。考虑到学时的限制,编写本书时特别注重内容的实用性。例如 VHDL 语言、数字系统设计和电子设计自动化,其中每一部分内容都可以单独成书,而在本书中均从实用的角度出发进行介绍,每部分内容至多占用一章的篇幅。在注重使读者在数字电路的基本理论、基本方法、基本技能方面得到提高的同时,也注重对读者创新意识的培养。无论是讲授内容、讲授方式,还是例题、习题和自测题,都注重给读者提供足够的思维空间,使读者学习本书之后,能够理论联系实际地解决数字电路与系统设计方面的一些实际问题。

本书由解放军理工大学邓元庆教授主编,贾鹏、石会讲师参编,西北工业大学的张晓蓓老师审阅了全书。邓元庆、石会编写第 1 章~第 4 章及第 7 章,贾鹏编写第 5 章、第 6 章和第 8 章。西安电子科技大学出版社的马乐惠副编审和阎彬编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,解放军理工大学通信工程学院的各级领导及作者的家人为本书的编写提供了大量的支持,特在此一并表示深深的谢意。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

作者的电子信箱:xsjl163@163.com。

作者
2016 年 3 月

第二版前言

“数字电路与系统设计”是电子、通信、雷达、信息、计算机、电力系统及自动化等电类专业和机电一体化等非电类专业的一门重要的专业基础课。作为该课程的主教材之一,《数字电路与系统设计》介绍了数字电路与数字系统的基础理论和分析、设计方法,主要包括数字逻辑基础、组合逻辑器件与电路、时序逻辑基础与常用器件、时序逻辑电路分析与设计、可编程逻辑器件、数/模接口电路、数字系统设计、电子设计自动化、脉冲信号的产生与变换电路等九章内容。《数字电路与系统设计(第一版)》自2003年出版以来,受到了广大教师和学生的欢迎,并于2006年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本版除了更正第一版中的个别印刷错误外,主要做了以下三个方面的修订工作:

(1) 改写了数字系统设计、电子设计自动化等章节的内容。在数字系统设计一章中,主要改变了设计实例中的系统结构和实现方法,使得设计思路更加清晰、实现电路更加简单,有利于学生学习和掌握数字系统设计的基本方法;在电子设计自动化一章中,主要用Altera公司最新的EDA软件Quartus II取代了MAX+plus II,使学生可以掌握最新EDA工具的使用方法。

(2) 删除了部分不常用的内容,如PLD的边界扫描测试技术、由门电路构成的单稳态触发器和施密特触发器等。由于有集成的单稳态触发器和施密特触发器,因此现在已经很少用门电路来构成单稳态触发器和施密特触发器了。

(3) 更换了部分习题和自测题,增加了电路仿真题,使习题、自测题更加全面、合理。由于篇幅限制,书中未介绍电路仿真软件Multisim,但习题中安排了电路仿真,建议教师授课时使用Multisim软件辅助部分电路的教学,并安排部分仿真实验项目,使学生熟练掌握Multisim这种先进的仿真设计工具的使用方法。

修订内容约占原书的20%,修订后的版本依然保持了本书第一版的特色:

(1) 教材结构合理。全书由两条主线统揽:一条主线是器件—电路—系统,另一条主线是理论基础—分析方法—设计方法。在处理器件、电路、系统的关系时,先介绍器件,再介绍电路,后介绍系统,符合数字电路开始于器件、发展于电路、归结于系统的发展脉络,内容集中,剪系统性强;在处理理论基础、分析方法、设计方法的关系时,先介绍理论基础,再介绍分析方法,后介绍设计方法,符合人们认识事物的客观规律,衔接自然,剪逻辑性好,便于读者学习、掌握。

(2) 内容与时俱进。数字电子技术和数字电路的设计手段发展迅速,本书在有限的篇幅里对介绍的内容做了认真的挑选。在处理继承与发展、现实与未来的关系方面,既对数字电路的基本理论和经典内容做了适当介绍,也对数字电子技术的新成果和电路设计的新方法进行了介绍,减少了小规模数字集成电路的内容,突出了中、大、超大规模数字集成电路的应用和数字系统设计、电子设计自动化等内容。

(3) 注重实用性和创新意识的培养。数字电路与系统设计内容很多,如果不加选择地

介绍,将使得教材的篇幅极大。考虑到学时的限制,编写本书时特别注重内容的实用性。例如 VHDL 语言、数字系统设计和电子设计自动化这三部分内容中的每一部分都可以单独成书,而在本书中均从实用的角度出发进行介绍,每部分内容至多占用一章的篇幅。本书在注重使读者在数字电路的基本理论、基本方法、基本技能方面得到提高的同时,也注重对读者创新意识的培养,无论是讲授内容、讲授方式,还是例题、习题和自测题,都注意给读者提供足够的思维空间,使读者学习本书之后,能够运用所学知识,灵活地解决数字电路与系统设计方面的一些实际问题。

本书由解放军理工大学邓元庆教授主编,贾鹏参编。邓元庆编写第 1~4 章和第 7 章,并负责大纲的制定和全书的统稿、定稿;贾鹏编写第 5~6 章和第 8~9 章。西安电子科技大学出版社的马乐惠副编审和阎彬编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,解放军理工大学理学院的各级领导及作者的家人为本书的编写提供了大量的支持,特在此一并表示深深的谢意。

由于时间仓促和作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

作者的电子信箱为:dyqnjty@yahoo.com.cn。

作者
2008 年 3 月

第一版前言

“数字电路与系统设计”是电子、通信、雷达、信息、计算机、电力系统及自动化等电类专业和机电一体化等非电类专业的一门重要的专业基础课。随着微电子技术和信息处理技术的迅速发展及对新世纪人才培养目标的重新定位,对数字电路课程进行与时俱进的教学改革的呼声愈来愈强烈,不少专家学者已经在这方面取得了令人瞩目的教学改革成果。本书也是编者长期致力于数字电路课程教学改革实践、探索的产物。

本书主要介绍数字电路与系统的基础理论和分析、设计方法,其内容包括五个部分:

(1) 数字逻辑基础:这部分内容集中在第1章。该章除了介绍数字电路的理论基础——逻辑代数外,还介绍了计算机等数字设备中常用的数制与代码、逻辑函数的各种描述方法和化简方法等内容。这些内容是分析和设计数字电路的基础,贯穿了全书的始终。

(2) 常用逻辑器件及其应用:这部分内容集中在第2章、第3章和第5章。第2章介绍了集成逻辑门和常用的MSI组合逻辑模块及其应用,第3章介绍了集成触发器和各种常用的MSI/LSI时序逻辑模块及其应用,第5章介绍了各种可编程逻辑器件(PLD)及其应用。

(3) 数字电路的分析和设计方法:这部分内容集中在第2章、第4章和第5章。第2章介绍了数字电路的两大分支之一——组合逻辑电路的分析和设计方法,第4章介绍了数字电路的另一个分支——时序逻辑电路的分析和设计方法,第5章介绍了基于PLD器件的数字电路的设计方法。

(4) 数字系统设计与电子设计自动化:这部分内容集中在第7章和第8章。第7章介绍了数字系统的基本概念和实用设计方法,使读者在学习数字电路的基本内容后,能够了解数字系统的概念,掌握数字系统设计的基本方法,进而能够从系统的高度来分析和解决实际问题。第8章介绍了电子设计自动化(EDA)的基本概念、VHDL语言及其应用和典型EDA软件的使用方法,使读者与时俱进地进入到数字电路与系统设计的现代化王国,深入体会技术进步所带来的方便与喜悦。

(5) 数模接口与脉冲产生电路:这部分内容集中在第6章和第9章。第6章介绍了数字电路和模拟电路之间的接口电路——A/D、D/A电路,第9章介绍了各种脉冲产生与变换电路。学习这部分内容,可以帮助读者完整地了解和掌握数字电路与系统中的各种要素。由于这些内容的分析和设计方法更接近于模拟电路,所以近年来人们已经开始将其移入到“电子电路基础”课的教材中。本书保留这部分内容,主要出于保持教材完整性和尽量满足读者多种选择需要的考虑。

本书主要具有以下特色:

教材结构合理。全书由两条主线统揽:一条主线是器件—电路—系统,另一条主线是理论基础—分析方法—设计方法。在处理器件、电路、系统的关系时,先介绍器件,再介绍电路,后介绍系统,符合数字电路开始于器件、发展于电路、归结于系统的发展脉络,内容集中,系统性强;在处理理论基础、分析方法、设计方法的关系时,先介绍理论基础,再介

绍分析方法,后介绍设计方法,符合认识事物的客观规律,衔接自然,逻辑性好,便于读者学习、掌握。

内容与时俱进。数字电子技术和数字电路的设计手段发展迅速,本书在有限的篇幅里对介绍的内容做了认真的挑选,既对数字电路的基本理论和经典内容做了适当介绍,也对数字电子技术的新成果和电路设计的新方法进行了介绍,叙述中减少了小规模数字集成电路的内容,突出了中、大规模数字集成电路的应用和数字系统设计等内容,并增加了对电子设计自动化等内容的介绍。

注重实用性和创新意识的培养。本书涉及内容较多,像 VHDL 语言、数字系统设计和电子设计自动化等内容,每一部分都可以单独成书,而在本书中均从实用的角度出发进行介绍,每部分内容至多占用一章的篇幅。本书在注重使读者在数字电路的基本理论、基本方法、基本技能方面得到提高的同时,也注重对读者创新意识的培养。无论是讲授内容、讲授方式,还是例题、习题和自测题,都给读者提供足够的思维空间,使读者学习本书之后,能够理论联系实际地解决数字电路与系统设计方面的一些实际问题。

本书由解放军理工大学邓元庆教授主编,贾鹏参编,西北工业大学的张晓蓓老师审阅了全书。邓元庆编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 7 章,并负责本书大纲的制定和全书的统稿、定稿。第 5 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章由贾鹏编写。西安电子科技大学出版社的马乐惠副编审和阎彬编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,解放军理工大学理学院的各级领导及作者的家人,为本书的编写提供了大量的支持,特在此一并表示深深的谢意。

由于时间仓促和作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

作者的电子邮箱为:dyqnjty@yahoo.com.cn。

作者

2002 年 12 月

目 录

第 1 章 数字逻辑基础	1	2.2.5 数据选择器	66
1.1 绪论	1	2.3 组合逻辑电路分析	69
1.1.1 数字电路的基本概念	1	2.3.1 门级电路分析	69
1.1.2 数字集成电路的发展趋势	3	2.3.2 模块级电路分析	71
1.2 数制与代码	4	2.4 组合逻辑电路设计	73
1.2.1 数制	4	2.4.1 门级电路设计	73
1.2.2 带符号数的表示法	8	2.4.2 模块级电路设计	75
1.2.3 代码	9	* 2.5 组合逻辑电路中的竞争与险象	78
1.3 逻辑代数基础	13	2.5.1 逻辑竞争与险象	79
1.3.1 逻辑代数的基本运算	13	2.5.2 逻辑险象的识别	79
1.3.2 复合逻辑运算与常用逻辑门	14	2.5.3 逻辑险象的消除方法	80
1.3.3 逻辑代数的基本公式和 运算规则	16	本章小结	81
1.4 逻辑函数的描述方法	18	习题 2	82
1.4.1 真值表描述法	18	自测题 2	88
1.4.2 代数式描述法	19	第 3 章 时序逻辑基础与常用器件	90
1.4.3 卡诺图描述法	22	3.1 时序逻辑基础	90
1.5 逻辑函数的化简	25	3.1.1 时序逻辑电路的一般模型	90
1.5.1 逻辑函数最简的标准	25	3.1.2 时序逻辑电路的描述方法	91
1.5.2 代数法化简逻辑函数	25	3.1.3 时序逻辑电路的一般分类	92
1.5.3 逻辑函数的卡诺图化简法	26	3.2 触发器及其应用	94
1.5.4 含有任意项的逻辑函数的化简	30	3.2.1 RS 触发器	94
本章小结	31	3.2.2 集成触发器	97
习题 1	32	3.2.3 触发器的应用	101
自测题 1	35	3.3 MSI 计数器及其应用	104
第 2 章 组合逻辑器件与电路	38	3.3.1 二—五—十进制异步加法 计数器 7490	105
2.1 集成逻辑门	38	3.3.2 4 位二进制同步可预置加法 计数器 74163	109
2.1.1 双极型逻辑门电路	38	3.3.3 同步十进制可逆计数器 74192	112
2.1.2 CMOS 逻辑门电路	42	3.3.4 计数器的应用	114
2.1.3 集成逻辑门的主要参数	44	3.4 MSI 移位寄存器及其应用	116
2.1.4 各类逻辑门的性能比较	47	3.4.1 4 位双向移位寄存器 74194	117
2.1.5 正逻辑与负逻辑	48	3.4.2 移位寄存器的应用	118
2.2 常用 MSI 组合逻辑模块	49	3.5 半导体存储器	121
2.2.1 加法器	49	3.5.1 半导体存储器的分类	121
2.2.2 比较器	53	3.5.2 随机存取存储器	122
2.2.3 编码器	55	3.5.3 存储器容量的扩展	125
2.2.4 译码器	57	本章小结	126

习题 3	127	第 6 章 数/模接口电路与	
自测题 3	133	555 定时器	199
第 4 章 时序逻辑电路分析与设计	136	6.1 集成数/模转换器	199
4.1 同步时序电路分析	136	6.1.1 数/模转换的基本概念	199
4.1.1 触发器级电路分析	136	6.1.2 常用数/模转换电路	200
4.1.2 模块级电路分析	138	6.1.3 集成 DAC 的主要性能参数	202
4.2 触发器级同步时序电路设计	140	6.1.4 集成数/模转换器 DAC 0832	205
4.2.1 设计步骤	140	6.2 集成模/数转换器	208
4.2.2 导出原始状态图或状态表	141	6.2.1 模/数转换的一般过程	208
4.2.3 状态化简	145	6.2.2 常用模/数转换电路	210
4.2.4 状态分配	149	6.2.3 集成 ADC 的主要性能参数	216
4.2.5 设计举例	150	6.2.4 集成模/数转换器 ADC0809	217
4.3 模块级同步时序电路设计	153	6.3 数/模接口电路的应用	219
4.3.1 基于计数器的电路设计	153	6.3.1 程控增益放大器	219
4.3.2 基于移位寄存器的电路设计	155	6.3.2 数据采集与控制系统	220
4.4 异步计数器分析与设计	157	6.4 555 定时器及其应用	221
4.4.1 异步计数器分析	158	6.4.1 555 定时器的电路结构与功能	221
4.4.2 异步计数器设计	158	6.4.2 用 555 定时器构成多谐振荡器	223
本章小结	160	6.4.3 用 555 定时器构成单稳态	
习题 4	161	触发器	224
自测题 4	167	6.4.4 用 555 定时器构成施密特	
第 5 章 可编程逻辑器件	170	触发器	225
5.1 可编程逻辑器件概述	171	本章小结	226
5.1.1 PLD 的发展简史	171	习题 6	227
5.1.2 PLD 的分类	172	自测题 6	228
5.1.3 PLD 电路的表示方法	172	第 7 章 数字系统设计	230
5.2 低密度可编程逻辑器件(LDPLD)	174	7.1 数字系统设计概述	230
5.2.1 只读存储器(ROM)	174	7.1.1 数字系统的基本概念	230
5.2.2 可编程逻辑阵列(PLA)	176	7.1.2 数字系统设计的一般过程	231
5.2.3 可编程阵列逻辑(PAL)	177	7.1.3 数字系统的总体方案与	
5.2.4 通用阵列逻辑(GAL)	178	逻辑划分	232
5.3 高密度可编程逻辑器件(HDPLD)	182	7.1.4 数据子系统的构造方法	235
5.3.1 复杂可编程逻辑器件(CPLD)	182	7.2 控制子系统的设计工具	237
5.3.2 现场可编程门阵列(FPGA)	187	7.2.1 ASM 图	237
5.4 PLD 的开发与编程	193	7.2.2 分组—按序算法语言	240
5.4.1 PLD 的开发过程	193	7.3 控制子系统的实现方法	243
5.4.2 PLD 的编程技术	194	7.3.1 硬件控制器的实现方法	243
本章小结	196	7.3.2 微程序控制器的实现方法	246
习题 5	196	7.4 数字系统设计举例	248
自测题 5	197	7.4.1 14 位二进制数密码锁系统	248
		7.4.2 铁道路口交通控制系统	253

本章小结	256	8.3.1 组合电路设计	283
习题 7	257	8.3.2 时序电路设计	284
自测题 7	259	8.3.3 数字系统设计	286
第 8 章 电子设计自动化	261	8.4 Quartus II 开发系统及其使用	290
8.1 EDA 概述	261	8.4.1 设计输入	291
8.1.1 EDA 的发展历程	261	8.4.2 设计实现	297
8.1.2 硬件描述语言	262	8.4.3 设计验证	299
8.1.3 EDA 软件工具	263	8.4.4 器件编程	301
8.1.4 现代数字设计方法	264	本章小结	302
8.2 硬件描述语言 VHDL 初步	267	习题 8	302
8.2.1 VHDL 源程序的基本结构	267	自测题 8	303
8.2.2 VHDL 的基本语法	273	附录 各章习题和自测题的参考答案 ...	306
8.2.3 VHDL 的主要描述语句	277	参考文献	337
8.3 VHDL 设计实例	283		

第 1 章 数字逻辑基础

数字电路是存储、传送、变换和处理数字信息的一类电子电路的总称,是计算机等各类数字设备赖以存在的重要基石。计算机中的 CPU、存储器和 I/O 接口,数字通信中的编码器、译码器和缓存器,数字电视和数码相机中的信息存储和处理单元,都广泛采用了数字电路。即使像调制解调器这类过去通常用模拟电路实现的器件,今天也越来越多地采用了数字电路来实现。可以毫不夸张地说,数字化已成为当今电子技术的发展潮流,数字电路代表了电子电路的发展方向。我们完全有理由相信,随着微电子技术和信息处理技术的飞速发展,数字电子技术和数字电路将更多地渗透到人们的日常生活中。

1.1 绪 论

数字电路为何能够获得如此广泛的应用?它与模拟电路相比,到底有哪些优点?数字集成电路发展至今,已经形成了哪些发展趋势?本节作为全书的绪论,将简要回答这方面的问题。

1.1.1 数字电路的基本概念

1. 数字量与数字信号

在自然界中,存在着两类物理量:一类称为模拟量(Analog Quantity),它具有时间上连续变化、值域内任意取值的特点,例如温度、压力、交流电压等就是典型的模拟量;另一类称为数字量(Digital Quantity),它具有时间上离散变化(离散也就是不连续)、值域内只能取某些特定值的特点,例如训练场上运动员的人数、车间仓库里元器件的个数等就是典型的数字量。

在实际生活中,许多物理量的测量值既可以用模拟形式来表示,也可以用数字形式来表示。例如集市中购物的重量,用普通弹簧秤来测量时它是模拟形式的,而用数字式电子秤来测量时它就是数字形式的。利用现代电子技术,可以实现模拟量与数字量之间的相互转换。

在电子设备中,无论是数字量还是模拟量都是以电信号形式出现的。人们常常将表示模拟量的电信号叫做模拟信号(Analog Signal),将表示数字量的电信号叫做数字信号(Digital Signal)。正弦波信号、话音信号就是典型的模拟信号,矩形波、方波信号就是典型的数字信号。

数字信号是一种脉冲信号(Pulse Signal)。脉冲信号具有边沿陡峭、持续时间短的特

点。广义地讲，凡是非正弦信号都称为脉冲信号。

数字信号有两种传输波形，一种称为电平型，另一种称为脉冲型。电平型数字信号以一个时间节拍内信号是高电平还是低电平来表示“1”或“0”，而脉冲型数字信号以一个时间节拍内有无脉冲来表示“1”或“0”，如图 1-1 所示。从图中可见，电平型信号的波形在一个节拍内不会归零，而脉冲型信号的波形在一个节拍内会归零。

与模拟信号相比，数字信号具有抗干扰能力强、存储和处理方便等优点。

2. 数字电路及其优点

在电子电路中，人们将产生、变换、传送、处理模拟信号电子电路叫做模拟电路 (Analog Circuit)，将产生、存储、变换、处理、传送数字信号电子电路叫做数字电路 (Digital Circuit)。“电子电路基础”课程中介绍的各种放大电路就是典型的模拟电路，而数字表、数字钟的定时电路就是典型的数字电路。

与模拟电路相比，数字电路主要具有以下优点：

- ① 电路结构简单，制造容易，便于集成和系列化生产，成本低，使用方便。
- ② 数字电路不仅能够完成算术运算，而且能够完成逻辑运算，具有逻辑推理和逻辑判断的能力，因此被称为数字逻辑电路或逻辑电路。计算机也因为这种逻辑思维能力而被称为电脑。

③ 由数字电路组成的数字系统，抗干扰能力强，可靠性高，精确性和稳定性好，便于使用、维护和进行故障诊断。

以抗干扰能力为例，数字电路不仅可以通过整形去除叠加于传输信号上的噪声与干扰，而且还可以进一步利用差错控制技术对传输信号进行检错和纠错。

图 1-2 是数字电路通过整形去除叠加于传输信号上的噪声与干扰的示意图。图 1-2(a) 是发送信号波形，图 1-2(b) 是接收信号波形。由于噪声与干扰的存在，接收信号波形相对于发送信号波形已有了很大的变化。如果是模拟电路，这种噪声与干扰的影响很难消除，人们不得不忍受刺耳的噪声与干扰。但在数字电路中，可以通过对接收信号设置一个合适的门限来去除噪声和干扰。如图 1-2(b) 所示，对接收信号设置一个如横虚线所示的门限电平。当接收信号电平低于门限电平时，整形电路输出

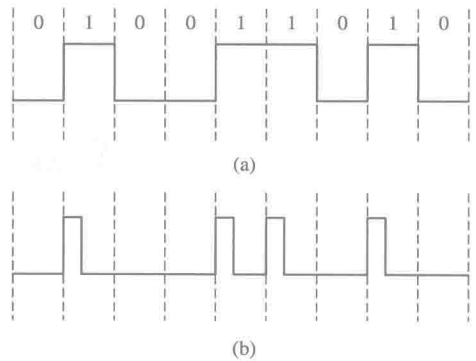


图 1-1 数字信号的传输波形
(a) 电平型信号；(b) 脉冲型信号

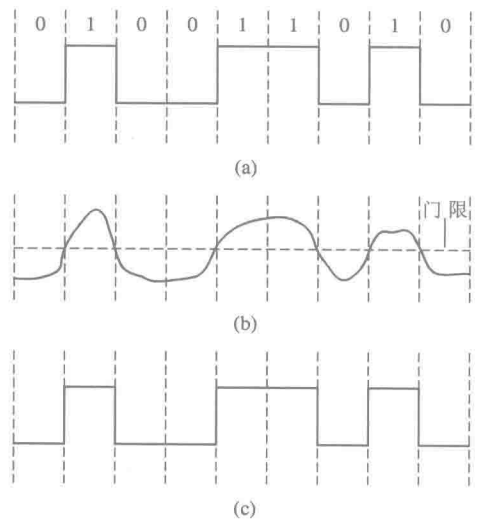


图 1-2 数字电路对接收信号整形
(a) 发送信号波形；(b) 接收信号波形；
(c) 整形信号波形