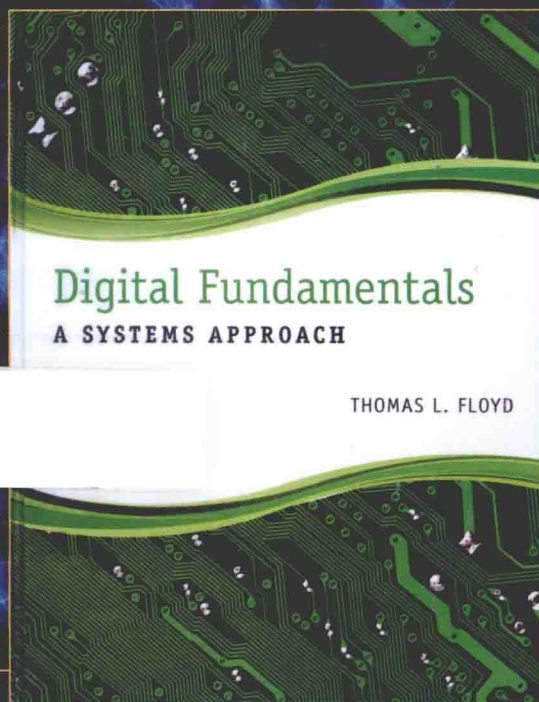


数字电子技术基础

系统方法

[美] Thomas L. Floyd 著
娄淑琴 盛新志 申艳 译

*Digital
Fundamentals*
A Systems Approach



机械工业出版社
China Machine Press

数字电子技术基础

系统方法

[美] Thomas L. Floyd 著
娄淑琴 盛新志 申艳 译

*Digital
Fundamentals*
A Systems Approach

Digital Fundamentals
EMS APPROACH

THOMAS L. FLOYD



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术基础: 系统方法 / (美) 弗洛伊德 (Floyd, T. L.) 著; 姜淑琴, 盛新志, 申艳译.
—北京: 机械工业出版社, 2014.6

书名原文: Digital Fundamentals: A Systems Approach

(国外电子与电气工程技术丛书)

ISBN 978-7-111-46484-6

I. 数… II. ①弗… ②姜… ③盛… ④申… III. 数字电路—电子技术—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 079825 号

本书版权登记号: 图字: 01-2012-7775

Authorized translation from the English language edition, entitled *Digital Fundamentals: A Systems Approach, 1E*, 9780132933957 by Thomas L. Floyd, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2013.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese Simplified language edition published by Pearson Education Asia Ltd., and China Machine Press Copyright © 2014.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括中国台湾地区和香港、澳门特别行政区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

全书共有 14 章, 涵盖了数字电子技术的主要基础知识。第 1 章简要介绍数字系统, 第 2 ~ 3 章介绍与数字电子技术相关的基本概念, 第 4 ~ 5 章介绍组合逻辑及其功能模块, 第 6 ~ 10 章介绍锁存器、触发器、定时器、移位寄存器、计数器、可编程逻辑和存储器, 第 11 ~ 13 章介绍数据传输、信号处理及数据处理, 第 14 章介绍总线、网络和接口。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 谢晓芳

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

开本: 185mm × 260mm 1/16

书号: ISBN 978-7-111-46484-6

责任校对: 董纪丽

版次: 2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印张: 33.75

定价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



出版者的话

文艺复兴以降,源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范,使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势;也正是这样的传统,使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中,美国的产业界与教育界越来越紧密地结合,信息学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线,由此而产生的经典科学著作,不仅肇划了研究的范畴,还揭示了学术的源变,既遵循学术规范,又自有学者个性,其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年,在全球信息化大潮的推动下,我国的信息产业发展迅猛,对专业人才的需求日益迫切。这对我国教育界和出版界都既是机遇,也是挑战;而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下,美国等发达国家在其信息科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此,引进一批国外优秀教材将对我国教育事业的发展起到积极的推动作用,也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始,我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力,我们与Pearson、McGraw-Hill、Elsevier、John Wiley & Sons、CRC、Springer等世界著名出版公司建立了良好的合作关系,从他们现有的数百种教材中甄选出Thomas L. Floyd、Charles K. Alexander、Behzad Razavi、John G. Proakis、Stephen Brown、Allan R. Hambley、Albert Malvino、Mark I. Montrose、David A. Johns、Peter Wilson、H. Vincent Poor、Dikshitulu K. Kalluri、Bhag Singh Guru、Stephane Mallat等大师名家的经典教材,以“国外电子与电气工程技术丛书”为总称出版,供读者学习、研究及珍藏。这些书籍在读者中树立了良好的口碑,并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也越来越被实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑,这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着电气与电子信息学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化,教育界对国外电气与电子信息教材的需求和应用都将步入一个新的阶段,我们的目标是尽善尽美,而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正,我们的联系方式如下:

华章网站: www.hzbook.com

电子邮件: hzsj@hzbook.com

联系电话: (010) 88379604

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037



华章教育

华章科技图书出版中心

译者序

随着半导体集成工艺技术的快速发展,数字电子技术已从小规模向超大规模集成电路、由固定功能器件向大规模可编程器件发展。在当今信息社会,很少有一种技术能像数字电子技术那样渗透到人类社会经济生活的几乎所有领域,并且改变着我们生活的方方面面。作为电气信息类专业的一门基础课程,积极吸收和引进国外先进教材,对国内数字电子技术课程建设和人才培养具有非常重要的现实意义。

本书是世界著名优秀教材《Digital Fundamentals: A Systems Approach》的中译本。本书作者 Thomas L. Floyd 在数字电子技术教学领域名声显赫,他编写的《Digital Fundamentals》出版了 10 版。《Digital Fundamental: A Systems Approach》是在《Digital Fundamentals》的基础上,与时俱进,紧密跟随数字电子技术的发展趋势,结合学生培养的实际需要,以更加注重系统性的角度,对数字技术和数字系统内容进行重新组织编写而成的畅销教材。

像世界上其他著名优秀教材一样,本书也是一本特色鲜明的教材。顾名思义,本书的第一个特色就是更加注重从系统的视角去认识数字电子技术。在本书的绝大多数章节中都会介绍一个覆盖本章重要知识点的典型系统,通过对这个典型系统的介绍,帮助学习者从知识点的应用角度建立起知识点之间的联系。本书的第二个特色是更加注重学习者的基础知识和基础概念的建立。重要的基础知识和基本逻辑功能主要从应用的角度进行介绍,而不是以国内教材所常见的从分析和设计的角度来介绍。像国外其他教材一样,本教材的第三个特色是注重实用性。多数章节都含有一节故障排除,所提供的故障排除方法和实例能够帮助学习者切实提高解决实际数字电路问题的能力。而且,在教授故障排除方法的过程中,形象地说明了系统性视角的重要性和有效性。本书的第四个特色是非常重视可编程逻辑器件,在大多数章中都专辟一节,专门介绍如何以硬件描述语言(VHDL 和 Verilog)来描述和实现本章相应的重要逻辑模块和逻辑系统。此外,书中辅以丰富的插图、实例、应用和不同层次的练习题来帮助读者加强对基础知识的理解,丰富的网站资源为教师开展教学、学生进行学习提供辅助。

作为多年从事数字电子技术课程教学一线教师,译者认为本书是一本不可多得数字电子技术方面的好教材,可以作为高等学校通信、控制、电子科学与技术、电气工程、计算机等电类相关专业本科生教材,也可作为相关领域研究生或工作人员的学习参考用书。

本书由北京交通大学姜淑琴教授组织翻译,结合所主持的国家双语示范课程“数字电子技术”建设项目,并在教育部高等学校通信工程和自动化专业综合改革试点项目的支持下完成翻译工作。本书在翻译、校对和出版过程中得到了很多单位和个人的帮助与鼓励,译者希望在此一并表示感谢。感谢机械工业出版社所给予的具体帮助。

需要说明的是,在本书的翻译过程中,译者力争忠实于原书、尽量保持原书特色,书中所述并不代表译者及所在单位的观点。另外,书中的逻辑符号采用的是 ANSI/IEEE 91—1984 规定的逻辑符号,并未按国家标准做修改,提请读者在使用时注意。

由于译者水平所限,加上翻译时间较为仓促,书中难免存在错误或不妥之处,恳请读者不吝批评指正。

前言

本书以重视系统的独特视角引导读者进行数字电子技术的学习。本教科书提供数字电子技术和数字电子系统的基本原理与基础知识，并辅以丰富的插图、实例、应用和练习题来加强对这些基础知识的理解与学习。除提供传统的实例之外，许多章还设有系统举例和系统注释；多数专辟一节，用于介绍覆盖本章主要知识点的典型系统，并对系统的工作原理及其在可编程逻辑中的实现展开讨论；大都包含专门介绍故障排除的一节，重点介绍系统地进行故障排除的方法。另外，本教科书中还包含一些系统级的章节，这些系统级章节涵盖数据传输、数据处理和控制以及总线、网络和接口等方面的内容。

本教科书对于核心基础知识和基本逻辑功能，主要以应用的方式展开介绍，更加重视从操作和应用的角度，而不以传统的分析和设计的角度来介绍。本教科书涉及的数学知识只限于让技术人员理解数字电技术基本概念所必备的基础数学知识。本教科书更加重视可编程逻辑的学习，而对固定逻辑的介绍非常有限。

本书特点

- 重要的基础内容里没有混杂高级主题的内容。
- 许多章单设一节，专门介绍一个具体典型的系统。
- 以系统举例来说明基本概念和逻辑单元是如何应用到一个实际系统中。
- 以系统注释的方式，介绍一些与系统相关的有用的知识和信息。
- 选择一些例题、图和习题，使用 Multisim 软件进行逻辑电路和系统的仿真练习，并进行故障排除练习。
- 以例题来进行重要基础知识、逻辑功能，以及一些基本的分析思路的介绍。
- 每个例题中的相关问题，都跟这个例题所在章节涉及的知识点内容有关。
- 以小贴士的方式，给出一些实用的信息。
- 许多章都包含有一节专门介绍硬件描述语言（VHDL 和 Verilog），用于说明在可编程逻辑器件（PLD）中如何描述和实现该章中相关的逻辑模块和逻辑系统。
- 许多章都包含一节专门介绍与该章所覆盖的知识点相关的故障排除，重点介绍故障排除方法、仪器使用及其电路的 Multisim 仿真。
- 每一章开篇都开列出了本章目标。
- 每一章的每一节都以引言和学习目标开始。
- 每一节都设有测试题，用于检测该节所介绍主要概念的学习情况。
- 在每一章的结尾，都有小结、关键术语、是非测试题、自测题和分节习题。
- 在每一章的末尾，都附有本章相关问题、节检测题、是非测试题、自测题的答案。
- 在本教科书末尾的术语表中，包含书中所有术语的诠释。
- 在华章网站（www.hzbook.com），给出了奇数编号习题的答案。
- 在本教科书的配套网站（www.pearsonhighered.com/floyd）中，有本教科书相关的内容教程和 Multisim 文件。

学生学习资源

- 《Experiments in Digital Fundamentals: A Systems Approach》(ISBN 0132989840), 由 David Buchla 和 Doug Joksch 编写, 提供与本书内容密切相关的实验室实验项目。
- 《Multisim Experiments for the DC/AC Digital and Device Course》(ISBN 0132113880), 由 Gary Snyder 和 David Buchla 编写。学生可通过 Multisim 仿真来获得实验数据并进行实验结果的分析, 进行在真实实验室中实验的模拟。
- 本教材涉及的 Multisim 文件可以从课程网站上下载。电路文件是与 Multisim 文件版本 11 和版本 12 相匹配的, 可以从网站 www.pearsonhighered.com/floyd 下载。以 F 开头的电路文件是图形电路, 以 P 开头的电路文件是习题电路。当然, 还有少量文件是以 E 或 T 开头的, 代表是实例或者表格。

为使用 Multisim 文件, 学习者须在自己的计算机上安装 Multisim 软件, 这个软件可以在网站 www.ni.com/Multisim 中找到。尽管 Multisim 电路文件主要用做课堂、教科书和实验室的学习补充, 但是这些文件并不是使用本教科书的必需品。

教师教学资源

教师可以直接从 Pearson 网站的教师资源中心获得教学资源, 相关资源有:

- 包含每章知识点的 PPT 课件 (ISBN 013298962x)。
- 本教科书中习题解答和实验手册的解答, 包含在 Instructor's Resource Manual 中。
- 电子题库 TestGen (ISBN 0132988615), 可以用来生成小测验、测试和考试试题。

为了访问网上补充的资料, 教师需要申请一个教师访问码。在网址 www.pearsonhighered.com/irc 可以注册申请教师访问码。注册后 48 小时以内, 会收到一个包含教师访问码的确认邮件。一旦获得了教师访问码, 就可以去登录 Pearson 网站的教师资源中心下载所需要的教学资源。

致学生

目前, 数字电子技术已经深深浸入大部分行业的支撑基础之中, 而且涉及的行业数还在持续发展中。因此, 对数字电子技术最基础内容的掌握, 是对一个现代信息社会的从业人员的必须要求。即使技术在飞速更新, 但是最基础的东西是不会改变的。全面理解和深入掌握这些基本概念, 可为你适应和掌握现代信息社会的快速变化奠定坚实的基础。

数字电子系统是通过将许多逻辑功能模块组合到一起来实现期望功能的电子系统。本教科书不但涵盖了数字电子技术基础, 还介绍了几个基本的数字系统, 用以阐述如何将教科书中的基本概念和逻辑器件应用于系统并完成所期望的功能。在数字电子技术领域中, 这些应用可以使学习者对系统概念, 以及如何灵活运用基础知识有一个基本的掌握。

当今, 多数逻辑器件都采用集成电路的形式, 通过编程实现所期望的功能。固定功能器件尽管仍然存在, 但是总体趋势是向着可编程逻辑器件 (PLD) 的方向发展。因此, 本教科书主要介绍两种用于逻辑编程的编程语言 (VHDL 和 Verilog)。本教科书并不要求学习者精通这些编程语言, 而是要求熟悉与这些编程语言相关的基本概念、术语和语句。编程语言 (VHDL 和 Verilog) 教程可以从网上下载, 其他先进知识可以从很多公开的网上资源中找到。

对系统中出现的故障进行排查, 是从事这个领域的任何从业人员都必须常常面对的现实。本教科书中所提供的故障排除方法和实例, 希望能够帮助数字电子技术工作人员在故障排除方面顺利起步。

致教师

在本教科书所涉及的大量教学材料和知识点中, 进行教学计划的设计时时间的限制应是主要考虑因

素。为适应具体的课程要求，常常需要忽略或压缩已经选定的知识点或者改变某些知识点的讲授顺序。因此，在本教科书中，知识点是按照“模块化”进行组织的，就是为了方便对某些知识点的整合或者与其他更基础的核心知识点进行混合。例如，可编程逻辑、PLD 编程及故障排除等知识点分布在不同的章节中，在每章中均专辟一节提供相关知识的介绍，这样便于教师灵活处理。

因为当今数字系统的实现非常普遍，可编程逻辑器件是一个相对重要的知识点。对于 PLD，以及利用 VHDL 和 Verilog 所进行编程的介绍，只要求学生初步了解相应的基础知识，并不要求学生详细地掌握。在教学过程中，可以根据需求选择介绍其中一种编程语言，也可以两者都介绍。网站上有关于 PLD 编程的相关内容，可以帮助学生们学习。当然，许多相关的必要知识都可以在许多网站上找到。固定功能逻辑器件（如 7400 系列）虽然做了介绍，但不是重点，因为如今其应用越来越少。

在教学内容安排上，建议教师围绕本教材，按从最基础知识的介绍到全面的介绍来安排课程。表 P-1 所示为从最基础的知识介绍（选项 1）到最全面的系统介绍（选项 9）共 9 种不同的课程教学安排。教师可以根据本校数字电子技术课程的具体教学需求，从中选择最适合的一种，也可以自己来调配相关知识点的组合。

表 P-1 几种可供选择的知识点的组合

选项	核心 + 系统	PLD	PLD 编程	故障排除	第 11 章	第 12 章	第 13 章	第 14 章
1	√	×	×	×	×	×	×	×
2	√	×	×	√	√	×	×	×
3	√	×	×	√	√	√	×	×
4	√	×	×	×	√	√	√	√
5	√	×	×	√	√	√	√	√
6	√	√	×	√	×	×	×	×
7	√	√	√	×	×	×	×	×
8	√	√	√	√	√	×	×	√
9	√	√	√	√	√	√	√	√

致谢

本教科书的编写想法，来源于 ITT 学校的高级教学人员和 Pearson Education 公司的 Vern Anthony 的建议，以及与他们多次讨论，在此深表感谢；Pearson Education 公司的工作人员的辛勤工作和奉献，才使这本书能够面世；Lois Porter 作为文字编辑，做了大量工作，才使得原本粗糙的原稿，成为高质量的商品；Rex Davidson 为本书的出版提供了精细的技术指导，进一步提高了本教科书的出版质量。另外，作者感谢组稿编辑 Lindsey Prudhomme 和业务开发编辑 Dan Trudden 为本教科书的出版计划的成功实施，提供了卓有成效的总体指导。

同时，作者还要感谢 Gary Snyder 和 Doug Joksich 为本教科书创作和出版所做的大量工作；Doug 设计了本教科书中的 VHDL 和 Verilog 程序，为本教科书在可编程逻辑方面的教学内容提供了有力的支撑；Gary 为本教科书提供了相关的 Multisim 文件，并且编写了许多章节中的数据处理和控制方面的内容，作者希望在此一并表示感谢。

Thomas L. Floyd

目 录

出版者的话

译者序

前言

第 1 章 数字系统简介 1

1.1 数字和模拟信号及系统 1

1.2 二进制数字、逻辑电平和数字
波形 5

1.3 逻辑运算 9

1.4 组合和时序逻辑功能 11

1.5 可编程逻辑 14

1.6 固定功能逻辑器件 18

1.7 数字系统举例 20

1.8 测量仪器 22

小结 28

关键术语 28

是非测试题 29

自测题 29

习题 30

各节测试题答案 31

相关问题答案 32

是非测试题答案 32

自测题答案 32

第 2 章 数制、运算和编码 33

2.1 十进制 33

2.2 二进制 34

2.3 十进制与二进制间的转换 36

2.4 二进制算术运算 39

2.5 二进制数的反码和补码 41

2.6 带符号数 42

2.7 带符号数的算术运算 47

2.8 十六进制 52

2.9 八进制 56

2.10 二-十进制码 58

2.11 数字编码 61

2.12 误码检测 66

小结 70

关键术语 70

是非测试题 71

自测题 71

习题 72

各节测试题答案 75

相关问题答案 76

是非测试题答案 77

自测题答案 77

第 3 章 逻辑门和组合门 78

3.1 布尔代数简介 78

3.2 反相器 83

3.3 与门 85

3.4 或门 89

3.5 与非门 92

3.6 或非门 94

3.7 异或门和同或门 97

3.8 门的性能特性及参数 99

3.9 可编程逻辑 102

3.10 故障排除 108

小结 111

关键术语 112

固定功能逻辑器件 113

是非测试题 113

自测题 113

习题 114

拓展题 117

Multisim 故障排除练习 117

各节测试题答案 117

相关问题答案 118

是非测试题答案 119

自测题答案 119

第 4 章 组合逻辑 120

4.1 基本组合逻辑电路 120

4.2 布尔表达式和真值表 123

4.3 摩根定理	128	各节测试题答案	197
4.4 与非门和或非门的通用特性 ...	129	相关问题答案	198
4.5 脉冲波形运算	130	是非测试题答案	199
4.6 用 VHDL 和 Verilog 描述组合 逻辑	132	自测题答案	199
4.7 储液罐系统	137	第 6 章 锁存器、触发器与 定时器	200
4.8 故障排除	140	6.1 交通信号控制系统	200
小结	144	6.2 锁存器	203
关键术语	145	6.3 触发器	207
是非测试题	145	6.4 触发器的工作特性	215
自测题	145	6.5 定时器	217
习题	146	6.6 双稳态逻辑的 VHDL 和 Verilog 描述	221
拓展题	150	6.7 交通信号控制系统的 VHDL 和 Verilog 描述	223
Muitisim 故障排除练习	150	6.8 故障排除	229
各节测试题答案	150	小结	235
相关问题答案	151	关键术语	236
是非测试题答案	152	是非测试题	236
自测题答案	152	自测题	236
第 5 章 组合逻辑功能模块	153	习题	237
5.1 药片瓶装系统	153	拓展题	241
5.2 半加器与全加器	157	Muitisim 故障排除练习	241
5.3 并行加法器	159	各节测试题答案	241
5.4 串行进位与超前进位加法器 ...	163	相关问题答案	242
5.5 比较器	165	是非测试题答案	242
5.6 译码器	167	自测题答案	242
5.7 编码器	173	第 7 章 移位寄存器	243
5.8 码转换器	176	7.1 安全系统	243
5.9 复用器(数据选择器)	177	7.2 基本移位寄存器的工作原理 ...	245
5.10 解复用器	183	7.3 移位寄存器的类型	246
5.11 奇偶发生器/校验器	184	7.4 双向移位寄存器	252
5.12 逻辑功能模块的 VHDL 和 Verilog 描述	186	7.5 移位寄存器型计数器	253
5.13 故障排除	189	7.6 安全系统的 VHDL 和 Verilog 描述	257
小结	191	7.7 故障排除	260
关键术语	191	小结	264
固定功能逻辑器件	192	关键术语	264
是非测试题	192	固定功能逻辑器件	264
自测题	192	是非测试题	264
习题	193	自测题	265
拓展题	197		
Muitisim 故障排除练习	197		

习题	265	自测题	334
拓展题	268	习题	335
Multisim 故障排除练习	268	各节测试题答案	338
各节测试题答案	268	相关问题答案	338
相关问题答案	269	是非测试题答案	338
是非测试题答案	269	自测题答案	338
自测题答案	269	第 10 章 存储器	339
第 8 章 计数器	270	10.1 存储系统层次结构	339
8.1 计时系统	270	10.2 半导体存储器基础	342
8.2 有限状态机	272	10.3 随机存取存储器	345
8.3 异步计数器	273	10.4 只读存储器	355
8.4 同步计数器	278	10.5 可编程 ROM	358
8.5 加/减同步计数器	282	10.6 闪速存储器	360
8.6 级联计数器	285	10.7 存储器扩展	363
8.7 计数器译码	288	10.8 特殊类型的存储器	367
8.8 计数器的 VHDL 和 Verilog 描述	289	10.9 磁和光存储器	371
8.9 故障排除	291	10.10 故障排除	375
小结	294	小结	377
关键术语	295	关键术语	378
固定功能逻辑器件	295	是非测试题	378
是非测试题	295	自测题	378
自测题	295	习题	379
习题	296	各节测试题答案	381
拓展题	299	相关问题答案	382
Multisim 故障排除练习	299	是非测试题答案	382
各节测试题答案	299	自测题答案	382
相关问题答案	300	第 11 章 数据传输	383
是非测试题答案	300	11.1 数据传输媒质	383
自测题答案	300	11.2 数据传输方式与传输模式	386
第 9 章 可编程逻辑	301	11.3 数字信号调制模拟信号	390
9.1 简单可编程逻辑器件	301	11.4 模拟信号调制数字信号	392
9.2 复杂可编程逻辑器件	305	11.5 复用与解复用	397
9.3 宏单元模式	310	11.6 传输媒质对数据质量的影响	401
9.4 现场可编程门阵列	311	小结	404
9.5 可编程逻辑软件	316	关键术语	405
9.6 边界扫描逻辑	323	是非测试题	406
9.7 故障排除	329	自测题	406
小结	333	习题	407
关键术语	333	各节测试题答案	408
是非测试题	334	相关问题答案	409
		是非测试题答案	409

自测题答案	409	是非测试题	475
第 12 章 信号转换与处理	410	自测题	476
12.1 太阳方位跟踪系统	410	习题	476
12.2 模拟信号转换成数字信号	414	各节测试题答案	478
12.3 模-数转换方法	418	相关问题答案	479
12.4 数-模转换方法	425	是非测试题答案	479
12.5 数字信号处理	431	自测题答案	479
12.6 数字信号处理器	432	第 14 章 总线、网络 and 接口	480
小结	437	14.1 总线基础	480
关键术语	437	14.2 总线接口	484
是非测试题	437	14.3 并行总线	487
自测题	437	14.4 通用串行总线	492
习题	438	14.5 其他串行总线	495
各节测试题答案	440	14.6 网络拓扑结构	500
相关问题答案	441	14.7 网络协议技术	503
是非测试题答案	441	小结	507
自测题答案	441	关键术语	508
第 13 章 数据处理与控制	442	是非测试题	508
13.1 基本计算机系统	442	自测题	509
13.2 实际计算机系统的考虑因素	445	习题	510
13.3 CPU 的基本操作	449	各节测试题答案	512
13.4 CPU 的寻址模式	454	相关问题答案	513
13.5 CPU 的特定操作	458	是非测试题答案	513
13.6 操作系统和硬件	463	自测题答案	513
13.7 编程	465	术语表	514
13.8 微控制器和嵌入式系统	469	附录 A 转换[⊖]	
小结	474	附录 B 安全系统组件的程序[⊖]	
关键术语	475	奇数编号习题答案[⊖]	

⊖ 这三部分内容参见华章网站 (www.hzbook.com)。——编辑注

第1章

数字系统简介

本章目标

- 解释数据量和模拟量的基本区别
- 说明如何用电平表示数字量
- 描述脉冲波形的各种参数，如上升时间、下降时间、脉冲宽度、频率、周期和占空比
- 解释与、或、非的逻辑运算
- 描述几种类型的逻辑功能
- 描述可编程逻辑器件（PLD），讨论各种类型的 PLD，并且能够描述如何利用系统软件使用 VHDL 和 Verilog 语言实现 PLD 编程
- 描述微控制器的基本特征
- 根据技术特点及封装类型识别固定功能的数字集成电路
- 讨论如何将各种逻辑功能模块应用到数字系统中
- 识别各种仪器，理解如何应用这些仪器对数字器件和系统进行测量和故障诊断

术语“数字”是从计数的操作方式衍生出来的。早期数字电子学的应用仅仅局限于计算机系统，现在，数字技术已广泛应用于除计算机外的更宽范围的系统，如电视机、通信设备、雷达、导航和制导系统、军事系统、医疗器械、工业过程控制以及用到数字技术的消费类电子产品。多年来，数字技术已经从真空管发展到固定功能集成电路，继而又发展到可编程逻辑和嵌入式微控制器。

本章主要对数字电子技术进行概要介绍，概述数字电子技术中的一些重要概念、应用和方法。

1.1 数字和模拟信号及系统

电子系统可以分为两大类：数字系统和模拟系统。数字量具有离散值，模拟量具有连续值。尽管在本书中学习数字电路基础，但也需要知道一些有关模拟电路的知识，因为在很多应用场合，两者都会用到；并且模拟电路和数字电路之间的接口也非常重要。

学习完本节内容后，应该能够

- 定义模拟量；
- 定义数字量；
- 指出数字信号和模拟信号之间的区别；
- 说明数字量与模拟量相比较的优势；
- 讨论调制的方法；
- 描述两种类型的数字系统。

模拟[⊖]量具有连续的数值，数字量具有离散的数值。自然界中大多数可以测量的对象都以模拟量的形式出现。例如，空气温度是在一个连续的范围内变化。在给定的一天里，温度不会立刻从 70°F 上升到 71°F，这中间经历了无数个温度值。如果绘制夏季中一天的温度图，那么可以得到一条类似于图 1-1 所示的平滑和连续的曲线。其他模拟量的例子包括时间、压力、距离和声音。

⊖ 所有的楷体字是非常重要的，在章末的关键术语和书末的术语表中均有其对应的定义。

与用连续的温度变化曲线图不同，假设每小时测量一次温度，24 小时（一天）内以每隔一小时的间隔采样测量温度，得到离散的温度值，如图 1-2 所示，用一个数字码来表示每个采样值，这样就可以有效地将模拟量数字化。注意，图 1-2 本身并不是模拟量的数字表示。

数字表示的优点 在电子学应用方面，数字表示法与模拟表示法相比有一定的优势。其一，数字数据和模拟数据相比，前者在处理和传输方面更有效、更可靠。其二，数字数据在需要保存时，更显示了它的优越性。例如，音乐存储成数字形式比对应的模拟形式更紧凑，并且在复制时精度及清晰度更高。电压波动噪声几乎不会影响数字数据，但会对模拟信号产生显著的影响。

1. 1. 1 模拟信号

以某种方式重复或变化的模拟量（如电压），称为模拟信号。一个模拟信号可以是一个重复波形，例如，图 1-3a 所示的正弦波，也可以是载有信息（音乐、语言或其他声音）的连续变化的音频信号，如图 1-3b 所示。其他模拟信号的例子如调幅（AM）信号和调频（FM）信号，分别如图 1-3c 和图 1-3d 所示。在调幅信号中，低频信号（如声音）改变的是高频正弦波的幅度。在调频信号中，信号改变的是正弦波的频率。

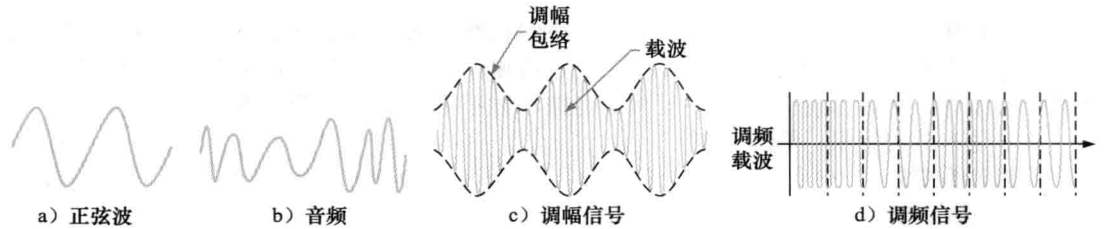


图 1-3 模拟信号举例

1. 1. 2 数字信号

数字信号用来表示离散数值的序列，可以用一系列 0 和 1 进行编码，如图 1-4 所示。一个位（bit）流可以用一系列脉冲或者电平来表示，其中，高电平代表二进制数 1，低电平代表二进制数 0。位流常用在通信、计算机以及其他系统中。每一个位的持续时间（位时间）用短线标识来表示。

数字调制 在一些应用中，用数字波形调制正弦波的幅度，从而将模拟信号和数字信号通过正弦波组合在一起，这个正弦波叫做载波。最常见的例子是通过一个调制解调器将从计算机中获得的数字数据转换成可以在电话线中传输的音频范围内的调制信号。图 1-5 所示为一个数字调制信号实例，用图 1-4 中的数字信号（比特流）对正弦波进行调制，虚线标出了对应的位

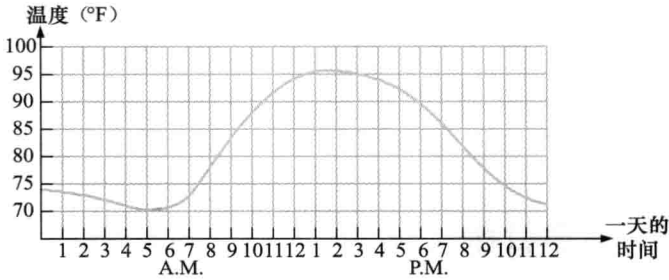


图 1-1 模拟量温度随时间变化的曲线

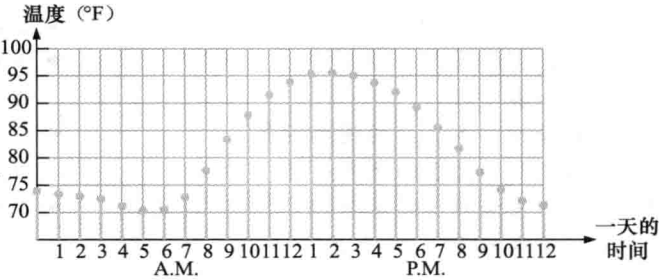


图 1-2 图 1-1 中模拟量的采样值表示（量化）。用点表示的每个值可以被数字化，用一系列 0 和 1 组成的数字码表示

时间。为了说明数字调制信号的关系，其中正弦波频率采用任意给出的较低频率。

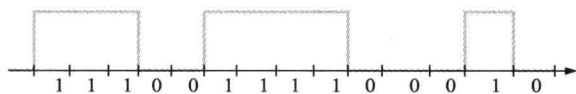


图 1-4 数字波形示例

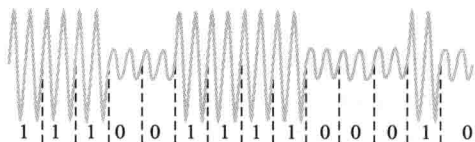


图 1-5 数字调制信号示例

脉冲编码调制 (PCM) 脉冲编码调制信号是指用一系列数字码表示采样的模拟信号，常用在计算机中的数字音频、蓝光光盘和数字化视频光盘的数据格式及数字电话系统中。采样得到一个“阶梯”电平如图 1-6 所示，对每一个阶梯上的模拟信号取样，并将取样值转换数字码（量化）。数字信号就是这些数字码的时间序列，每个阶梯给出从左边位开始以序列的形式出现的二进制数，阶梯越多，数字表示越精确。数字码的位数取决于阶梯的阶数。

1.1.3 数字系统

数字系统是将独立的逻辑功能模块按设计连接起来以完成特定运算或者产生一个确定输出的电路系统。计算机就是数字系统的典型例子，基本框图形式如图 1-7 所示。计算机以数字形式（0 和 1）进行数据处理、传输、存储。为构造一个完整的计算机系统，还需要与外部设备如调制解调器、鼠标、键盘和显示器等进行连接。

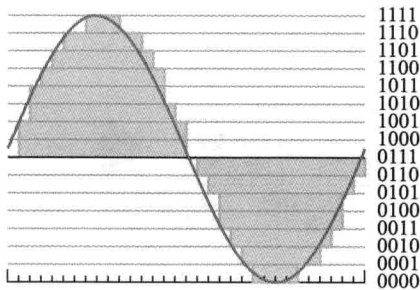


图 1-6 脉冲编码调制示例

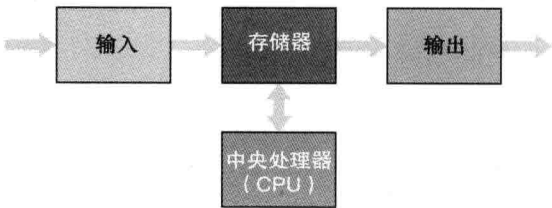


图 1-7 计算机的基本框图

交通灯控制器是数字系统的另一个例子，为有限状态机的一种类型，如图 1-8 所示。控制交通灯的顺序的所有数字信号都是由这个电路内部产生，关于这个例子将在第 6 章详细介绍。

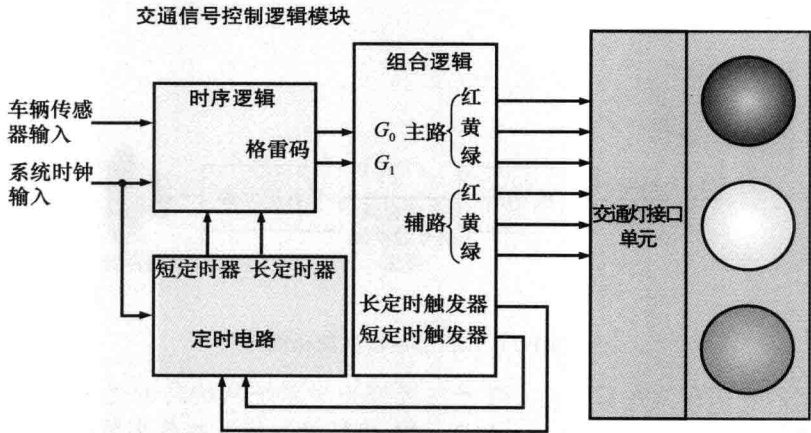


图 1-8 数字交通灯控制器

1. 1. 4 模拟系统

模拟系统是仅以模拟信号的形式处理数据的电路系统。公共扩音系统就是模拟系统的一个例子，其功能是将声音信号放大以便让更多的听众听到，基本框图如图 1-9 所示。麦克风将接收到的声波（模拟量）转换为较弱的模拟电压，称为音频信号。音频信号的电压随着声音音量的大小和频率的变化而变化，转换得到的音频信号送到线性放大器的输入端，经线性放大器放大后驱动扬声器，扬声器将放大的音频信号转换回声波信号，这时的声波音量比话筒接收到的原始声音音量要大得多。

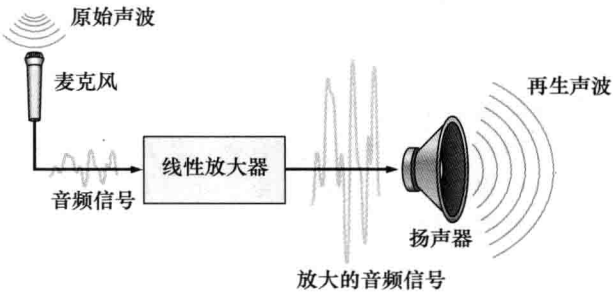


图 1-9 基本的公共扩音系统

另一个模拟系统的例子是调频 (FM) 收音机。该系统对输入的调频载波信号进行处理，并对从放大器提取的音频信号进行放大，产生可以听到的声波。图 1-10 给出了该系统的基本框图，并在每个系统关键点标出了典型的信号波形。

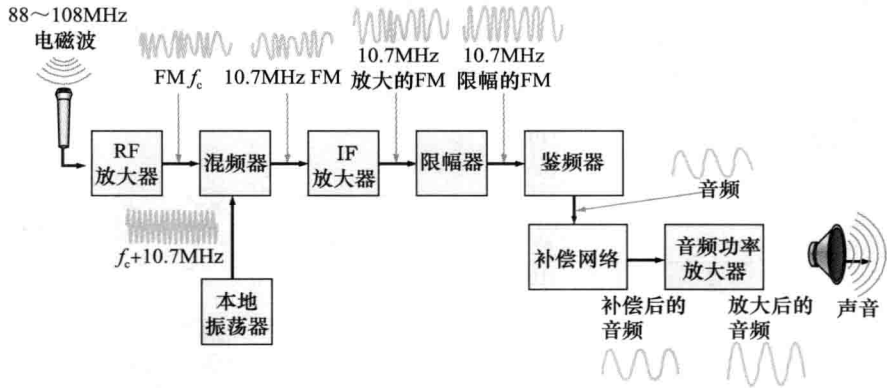


图 1-10 超外差 FM 收音机的基本框图

1. 1. 5 数字与模拟组合系统

光盘 (CD) 播放器是一个同时使用数字电路和模拟电路的系统，图 1-11 的基本框图示意说明了它的基本原理。

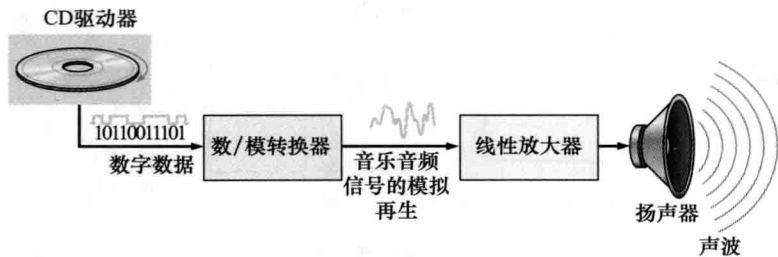


图 1-11 CD 播放器的简化框图

数字格式的音乐存储在 CD 上，激光二极管光学系统从旋转的光盘上接收数字数据，并将数字数据传送到数-模转换器 (DAC)，数-模转换器将这些数字数据转换成模拟信号，转换得到的模拟信号是原始音乐的电再生信号，线性放大器把模拟信号放大并传送到扬声

器,以供欣赏。当把音乐刻录到 CD 时,处理过程基本上和上述过程相反,这时要使用模-数转换器(ADC)。

本节测试题[⊖]

1. 何为模拟量?
2. 何为数字量?
3. 解释数字量与模拟量的区别。
4. 给出一个模拟系统的实例和一个模拟与数字组合系统实例,给出一个全数字系统的名称。

1.2 二进制数字、逻辑电平和数字波形

数字系统包仅含有两种可能状态的运算,可用两个不同的电平来表示这两种状态,即高电平(HIGH)和低电平(LOW)。这两种状态也可以用两个不同的电流值或刻在 CD、DVD 上的凹点或凸点表示。在诸如计算机这样的数字系统中,这两种状态的组合称为编码,用来表示数字、符号、字母和其他类型的信息。这种具有两种状态的计数系统称为二进制。在二进制中,仅有 0 和 1 两个数字。一个二进制数字称为一位。

学习完本节内容后,应该能够

- 定义二进制;
- 定义位;
- 说出二进制中的位;
- 说明电平如何表示位;
- 解释数字电路电平的表示;
- 描述脉冲的一般特性;
- 确定脉冲的幅度、上升时间、下降时间和宽度;
- 识别并描述数字波形的特性;
- 确定数字波形的幅度、周期、频率和占空比;
- 解释时序图及其用途;
- 解释串行和并行数据传输,并说出它们各自的优缺点。

1.2.1 二进制数字

二进制中的两个数字 0 和 1 称为位(bit,是二进制数字 binary digit 的缩写)。在数字电路中,使用两个不同的电平表示这两个位。一般情况下,1 用高电平表示,0 用低电平表示,这种逻辑体制称为正逻辑,贯穿本书使用的都是正逻辑体制,即

高电平(HIGH)=1,低电平(LOW)=0

在另一种体制中,1 用低电平表示,0 用高电平表示,这种逻辑体制称为负逻辑。

一组位(0 和 1 的组合)称为编码,用来表示数字、字母、符号、指令及任何给定应用中所需表示的对象。

系统注释 数字计算机的概念可以追溯到 Charles Babbage 时代,他在 19 世纪 30 年代发明了一台原始的机械式计算器。1939 年 John Atanasoff 首先在数字计算中使用了电子处理方法。1946 年,第一台使用真空电子管电路的数字计算机 ENIAC 诞生,虽然它的体积占据了一个房间,但是 ENIAC 的计算能力还不如现在的手持计算器。

1.2.2 逻辑电平

用来表示 1 和 0 的电压称为逻辑电平。理想情况下,一个电平表示高电平,另一个电

⊖ 在各章章末附有本章各节测试题、是非测试题、自测题的答案。