



国外经典教材·计算机科学与技术

PEARSON
Prentice
Hall

DIGITAL FUNDAMENTALS

(Eighth Edition)

数字基础 (第8版)

(美) Thomas L. Floyd 著
李晔 等译



清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

数字基础

(第8版)

DIGITAL FUNDAMENTALS, Eighth Edition

(美) Thomas L. Floyd 著

李 晔 等 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Digital Fundamentals, 8th Edition by Thomas L. Floyd, Copyright © 2003

EISBN: 0-13-094200-6

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education 授权给清华大学出版社在中国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区）出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2003-1761

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

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

图书在版编目(CIP)数据

数字基础(第8版)/(美)弗洛伊德(Floyd, T. L.)著;李晔等译.—北京:清华大学出版社,2005.10

书名原文: Digital Fundamentals

(国外经典教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-10531-6

I. 数… II. ①弗… ②李… III. 电子计算机—数字基础—教材 IV. TP301.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第012373号

出版者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

责任编辑: 王敏稚

印刷者: 北京嘉实印刷有限公司

装订者: 三河市李旗庄少明装订厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 62.25 字数: 1553千字

版 次: 2005年10月第1版 2005年10月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-10531-6/TP·7146

印 数: 1~3000

定 价: 120.00元

出版说明

近年来，我国的高等教育特别是计算机学科教育，进行了一系列大的调整和改革，急需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材，以适应当前我国计算机科学的教學需要。通过使用国外先进的经典教材，可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法，使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐，从而培育出更多具有国际水准的计算机专业人才，增强我国计算机产业的核心竞争力。为此，我们从国外知名的出版集团 Pearson 引进这套“国外经典教材·计算机科学与技术”教材。

作为全球最大的图书出版机构，Pearson 在高等教育领域有着不凡的表现，其下属的 Prentice Hall 和 Addison Wesley 出版社是全球计算机高等教育的龙头出版机构。清华大学出版社与 Pearson 出版集团长期保持着紧密友好的合作关系，这次引进的“国外经典教材·计算机科学与技术”教材大部分出自 Prentice Hall 和 Addison Wesley 两家出版社。为了组织该套教材的出版，我们在国内聘请了一批知名的专家和教授，成立了一个专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动，各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系，并结合各个专业的培养方向，从 Pearson 出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材，以保证该套教材的优秀性和领先性，避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量，我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员，制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者，全部来自于对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家。每本教材的责编在翻译伊始，就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华，在经过翻译、排版和传统的三审三校之后，我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读，以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中未予校正的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限，该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾，欢迎广大师生来电来信批评指正。同时，也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材，共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术 编审委员会

主任委员:

孙家广

清华大学教授

副主任委员:

周立柱

清华大学教授

委员(按姓氏笔画排序):

王成山

天津大学教授

王 珊

中国人民大学教授

冯少荣

厦门大学教授

冯全源

西南交通大学教授

刘乐善

华中科技大学教授

刘腾红

中南财经政法大学教授

吉根林

南京师范大学教授

孙吉贵

吉林大学教授

阮秋琦

北京交通大学教授

何 晨

上海交通大学教授

吴百锋

复旦大学教授

李 彤

云南大学教授

杨宗源

华东师范大学教授

沈钧毅

西安交通大学教授

邵志清

华东理工大学教授

陈 纯

浙江大学教授

陈 钟

北京大学教授

陈道蓄

南京大学教授

周伯生

北京航空航天大学教授

孟祥旭

山东大学教授

姚淑珍

北京航空航天大学教授

徐佩霞

中国科学技术大学教授

徐晓飞

哈尔滨工业大学教授

秦小麟

南京航空航天大学教授

钱培德

苏州大学教授

曹元大

北京理工大学教授

龚声蓉

苏州大学教授

谢希仁

中国人民解放军理工大学教授

前 言

这是《数字基础》的第 8 版。与以前的版本一样，它以清晰、直接和恰当的图解形式提供了全面的概括。许多主题都得到了加强，书中各部分都有许多改进。本版通过在第 1 章介绍的可编程逻辑以及后面许多章节连续进行的关于 PLD 的讨论而形成的完整的内容，进一步反映了从固定功能逻辑器件到可编程逻辑器件（PLD）的变化。和以前一样，使用 ABEL 硬件描述语言对 PLD 编程的讨论也用了两章的篇幅。还增加了一章关于数字信号处理的新内容。另外，本书新的内容设计和版式也加强了内容形式和可用性。

比起单独的某一门课程，您可能会在本书中发现更多的主题。本书的主题范围为适应各种不同的课程要求提供了灵活性。例如，某些面向设计或系统应用程序的主题可能不适合某些课程。另一些课程可能不涉及 PLD 或 ABEL，而有些课程则没有时间讨论微处理器或数字信号处理技术。另外，还有一些课程可能不需要探究芯片内部的电路细节。那么，这些主题就可以被忽略或一带而过，而且不会影响到基本内容的讨论。本书不要求晶体管电路的知识背景。

新特性和改进

- 书的前面部分对可编程逻辑设备（PLD）进行了介绍，首先是第 1 章中的简介。
- 介绍了 CPLD 和 FPGA。
- 用一整章的篇幅讨论了数字信号处理技术。
- EWB 和 Multisim 电路文件模拟了书中作为示例的许多逻辑电路。*
- EWB 中的 Multisim 文件用于多数章节最后的故障检测练习。*
- 书中还对特定的固定功能逻辑器件和特定的 PLD 进行了讨论。
- 每章开始都列出了一些重要术语。每个重要术语在每章最后都有定义，书的最后还有综合术语表，其中还包括其他术语。
- 附录 B 提供了错误检测和纠错代码。
- 有答案提示用于提醒学生在何处可以找到每章中的各个练习和问题的答案。

其他特性

- 第 15 章设计作为选修章节，用来介绍课程中涉及的可选 IC 技术（芯片内部电路）。
- 每章开始都有本章大纲和学习目标。
- 各章中的每一节开始都有简介和学习目标。
- 各章中的每一节最后都有复习题和练习。

* 这些文件可从清华大学出版社网站上获得。网址：<http://www.tup.com.cn>。

- 每个示例分析都带有相关问题。
- 书中遍布的“计算机常识”提供了与正文内容相关的计算机技术的有趣信息。
- 书中遍布的“提示”提供了实用信息。
- 许多章的最后都有数字系统应用。
- 每章都有小结。
- 每章最后都有多种自测题供选择。
- 每章最后都有分节形式的丰富的习题集。
- 书的最后是全面的术语表。
- 附录 A 是器件数据表的精选。

学生资源

- Electronics Workbench[®]/ Multisim[®] (EWB/Multisim): 这个软件包括本书涉及的 EWB 模拟电路和相应的 Multisim 逻辑电路的模拟电路, 还有书中涉及的 EWB/Multisim 故障检测练习。详见软件中的说明文件。*
- EWB 在线指南: www.prenhall.com/floyd。

教师资源

- 网站 (www.prenhall.com/floyd)。教师可以利用这个站点的 Syllabus Manager (课程提纲管理器) 在线发布课程提纲。这对在线教学、自学或计算机辅助教学都是非常好的方案。
- 在线课程支持。进行远程教学的教师可以与本地的 Prentice Hall 销售代表联系获取产品解决方案列表。

章节特性

每章开篇 每章开始都包括本章所含小节的列表和本章学习目标。另外还包括本章所介绍的特定器件列表、数字系统应用概述、重要术语列表和本章内容的辅助学习参考站点。

每节开篇 一章中的每一节都以简要介绍开始, 其中包括基本介绍和小节的学习目标。

小节复习 每节都以复习结尾, 其中包括习题或练习, 它们强调了本节所介绍的主要概念。这些小节复习题的答案在每章的最后。

示例分析和相关问题 书中丰富的示例分析有助于说明基本概念或特定过程。每个示例结尾都有“相关问题”, 它通过要求学生分析与示例类似的问题对示例内容进行了扩充。

故障检测 许多章都包括与本章内容相关的故障检测小节, 这部分内容强调了故障检测技术和测试工具的使用。

* EWB/Multisim 软件可从清华大学出版社网站上获取。为方便读者, 说明文件增加了中文版本。网址: <http://www.tup.com.cn>。

数字系统应用 许多章的最后都有这部分内容。它介绍了本章所讨论概念和器件的实际应用。这部分内容展示了在一个“真实世界”中的系统中通过一系列称为“系统分配”的活动实现分析、处理问题和设计单元。某些数字系统应用被限制在某一章介绍，而其他一些则扩展至两章或更多章节。详细的数字系统应用介绍如下：

- 药片计数和控制系统：第 1 章和第 2 章
- 数字显示：第 4 章
- 储液罐控制系统：第 5 章
- 交通信号灯控制系统：第 6~9 章和第 11 章
- 安全进入系统：第 10 章和第 12 章

尽管并不想用作试验项目，但是还有许多“数字系统应用”利用了实际的印刷电路板和工具以便将示意图和实际的电路板关联起来，并识别 IC 插件以及从某种指示读数和显示中获取数据。因为忽略一些章节并不会影响到书中的其他内容，所以“数字系统应用”可以作为选修内容。

章节结尾

每章结尾包括以下内容。

- 小结
- 重要术语列表
- 自测题
- 包括下列部分或全部内容的习题集：基本内容、故障检测、数字系统应用、设计和 EWB/Multisim 故障检测练习*
- 小节复习题答案
- 示例相关问题的答案
- 自测题答案

本书结尾

- 数据表
- 错误检测与纠错代码
- 代码转换表和 2 的幂的表格
- 综合术语表
- 奇数编号的习题答案

《数字基础》的教学建议

一般地讲，课程重点和时间限制决定了课程中讲解的主题。忽略或压缩一些主题或调

* EWB/Multisim 软件可从清华大学出版社网站上获取。为方便读者，说明文件增加了中文版本。网址：<http://www.tup.com.cn>。

整某些主题的顺序以便针对某个特定课程定制教学内容是很常见的。下面是对讲解范围、简单介绍范围和忽略范围的建议，这并不是说某个主题不如其他主题重要，只是说在某种特定的课程环境下，这个主题不需要像更基础性的主题那样重点介绍。另外，这些建议也没有反映出主体顺序调整、讲解范围、简略介绍或忽略范围的所有可能情况。在某些特殊的课程中，可能还需要考虑其他因素。

调整章节顺序的建议：

1. 如果希望在课程的早期介绍逻辑门，那么可以将第 1 章一带而过，或者将其中的主体推迟讲解。关于逻辑门的第 3 章可在介绍计数系统、运算和代码的第 2 章之前讲解。
2. 关于 PLD 编程的第 7 章可推迟到第 10 章后介绍。这样，第 7 章和第 11 章就可以连续讲解（如果觉得这样效果更好）。
3. 第 15 章的全部或部分内容可在第 3 章开始的任何时候介绍，或者也可以略过。

可以作为讲解内容的章节：

1. 第 1 章，数字概念简介
2. 第 2 章，计数系统、运算和代码
3. 第 4 章，布尔代数和逻辑简化
4. 第 15 章，集成电路技术

可以忽略而不会影响其他内容的章节：

1. 第 7 章，ABEL 组合逻辑程序设计
2. 第 11 章，ABEL 时序逻辑编程
3. 第 13 章，微处理器、计算机和总线简介
4. 第 14 章，数字信号处理
5. 第 15 章，集成电路技术

根据课程情况，还可以简单介绍或忽略一些内容。例如，忽略“数字系统应用”部分的内容并不会影响其他主题，或者可以作为附加内容或特别项目介绍。

致谢

这一版的《数字基础》凝结了许多人的努力和心血。我想我们已经完成了最初我们想要做的，进一步改进了已经非常成功的这本教材，并使它对学生更加有用。

Prentice Hall 的各位合作者一如既往地贡献了他们的大量时间、才干和努力，推动这本书经过了每个阶段，最终成为您看到的这本图书。他们是 Rex Davidson、Kate Linsner 和 Dennis Williams。（这并不是全部。）我要再次深深地感谢 Lois Porter 同意编辑这本书的手稿。没有她的帮助，我可能已经——不，我不想想下去了。另外，Jane Lopez 和 Steve Botts 为此书绘制了精美的图片。我感谢所有为此书提供帮助的人。

本书的所有版本都得到了许多读者或者不是读者的人的建议。我衷心感谢下面这些为

本书的新版本提供了宝贵建议和建设性意见的人们。

Sudqi H. Alayyan, Texas Tech University

Farahzad Behi, Embry Riddle University

Bob L. Bixler, Austin Community College

Bruce Bush, Albuquerque Technical Vocational Institute

Alert A. Heaney, California State University, Fresno

Keith Quigley, Midlands Technical College

Saeed Shaikh, Miami-Dade Community College

Johnny W. Wortham, Southwest Tennessee Community College

我还想感谢 Prentice Hall 销售团队的所有成员，他们的努力帮助这本书能够为更多的读者所用。此外，我还要感谢所有采纳这本书作为教材或自用的读者。没有大家，我们就无法开始工作。我希望你们能够觉得第 8 版《数字基础》比以前的版本更好，并且能够继续成为学生学习的有力工具。

Thomas L. Floyd

目 录

第 1 章 数字概念简介	1
1.1 数字量与模拟量	2
1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形	5
1.3 基本逻辑运算简介	12
1.4 逻辑函数简介	14
1.5 固定函数集成电路	19
1.6 可编程逻辑器件	23
1.7 测试仪器简介	25
1.8 数字系统应用	30
第 2 章 数字系统、运算和编码	40
2.1 十进制数	41
2.2 二进制数	43
2.3 十进制到二进制的变换	47
2.4 二进制算术	50
2.5 二进制的反码和补码	54
2.6 带符号数	56
2.7 带符号数的算术运算	62
2.8 十六进制数	69
2.9 八进制数	75
2.10 二-十进制码(BCD)	78
2.11 数字编码和奇偶校验	81
2.12 数字系统应用	91
第 3 章 逻辑门	106
3.1 反相器	108
3.2 与门	111
3.3 或门	117
3.4 与非门	122
3.5 或非门	127
3.6 异或门和同或门	132
3.7 固定功能逻辑: IC 门	136
3.8 故障检测	146
3.9 可编程逻辑	152
第 4 章 布尔代数和逻辑简化	171
4.1 布尔运算和表达式	172

4.2	布尔代数的定律和法则.....	174
4.3	狄摩根定理.....	180
4.4	逻辑电路的布尔分析.....	184
4.5	用布尔代数进行简化.....	186
4.6	布尔表达式标准形式.....	189
4.7	布尔表达式和真值表.....	195
4.8	卡诺图.....	198
4.9	卡诺图 SOP 最小化.....	201
4.10	卡诺图 POS 最小化.....	211
4.11	5 变量卡诺图.....	215
4.12	可编程逻辑.....	217
4.13	数字系统应用.....	223
第 5 章	组合逻辑	244
5.1	基本组合逻辑电路.....	245
5.2	实现组合逻辑.....	251
5.3	与非门和或非门的通用特征.....	257
5.4	使用与非门和或非门的组合逻辑.....	260
5.5	具有脉冲波形的逻辑电路运算.....	265
5.6	故障检测.....	268
5.7	可编程逻辑.....	275
5.8	数字系统应用.....	279
第 6 章	组合逻辑电路函数	298
6.1	基本加法器.....	300
6.2	并行二进制加法器.....	304
6.3	比较器.....	312
6.4	解码器.....	316
6.5	编码器.....	326
6.6	代码转换器.....	331
6.7	多路转换器.....	334
6.8	多路复用器.....	341
6.9	奇偶发生器/校验器.....	343
6.10	故障检测.....	347
6.11	可编程逻辑器件.....	349
6.12	数字系统应用.....	353
第 7 章	ABEL 组合逻辑程序设计	379
7.1	GAL22V10.....	380
7.2	GAL16V8.....	388
7.3	ABEL 简介.....	391

7.4	数字系统应用.....	402
第8章	触发器以及相关设备.....	411
8.1	锁存器.....	413
8.2	边沿触发的触发器.....	419
8.3	主从触发器.....	431
8.4	触发器运算特征.....	433
8.5	触发器应用.....	437
8.6	单次振荡器.....	440
8.7	555 计时器.....	446
8.8	故障检测.....	453
8.9	可编程逻辑.....	455
8.10	数字系统应用.....	458
第9章	计数器.....	478
9.1	异步计数器运算.....	479
9.2	同步计数器运算.....	487
9.3	递增/递减同步计数器.....	495
9.4	同步计数器的设计.....	498
9.5	级联计数器.....	508
9.6	计数器译码.....	512
9.7	计数器应用.....	515
9.8	故障检测.....	520
9.9	关联标注的逻辑符号.....	524
9.10	可编程逻辑.....	525
9.11	数字系统应用.....	530
第10章	移位寄存器.....	550
10.1	基本移位寄存器功能.....	551
10.2	串行进入/串行输出移位寄存器.....	553
10.3	串行进入/并行输出移位寄存器.....	556
10.4	并行进入/串行输出移位寄存器.....	559
10.5	并行进入/并行输出移位寄存器.....	562
10.6	双向移位寄存器.....	564
10.7	移位寄存器计数器.....	567
10.8	移位寄存器应用.....	570
10.9	故障检测.....	577
10.10	关联标注的逻辑符号.....	579
10.11	CPLD 简介.....	581
10.12	数字系统应用.....	585

第 11 章	ABEL 时序逻辑编程	601
11.1	利用 PLD 实现移位寄存器	602
11.2	利用 PLD 实现计数器	606
11.3	PLD 系统实现	614
11.4	数字系统应用	624
第 12 章	内存和外存	634
12.1	半导体内存基础	636
12.2	随机存储器(RAM)	639
12.3	只读存储器(ROM)	653
12.4	可编程 ROM(PROM 和 EPROM)	659
12.5	闪存	662
12.6	内存扩充	667
12.7	特殊类型的内存	673
12.8	磁性存储器和光学存储器	678
12.9	测试和故障检测	685
12.10	FPGA 简介	688
12.11	数字系统应用	694
第 13 章	微处理器、计算机和总线简介	710
13.1	微处理器和计算机	712
13.2	微处理器的历史回顾	717
13.3	8086/8088 微处理器和奔腾处理器的软件模型	721
13.4	微处理器编程	728
13.5	中央处理单元(CPU)	735
13.6	存储器	741
13.7	输入/输出(I/O)端口	744
13.8	中断	747
13.9	直接存储器访问(DMA)	750
13.10	内部系统接口	751
13.11	标准总线	755
第 14 章	数字信号处理	774
14.1	数字信号处理基础	775
14.2	将模拟信号转换为数字信号	777
14.3	模数转换方法	783
14.4	数字信号处理器(DSP)	793
14.5	数模转换方法	800
第 15 章	集成电路技术	817
15.1	基本的操作特性和参数	818

15.2 CMOS 电路	827
15.3 TTL 电路	833
15.4 TTL 在实际使用中的注意事项	838
15.5 CMOS 和 TTL 的性能比较	845
15.6 发射极耦合逻辑(ECL)电路	846
15.7 PMOS、NMOS 和 E ² CMOS	848
附录 A 数据表	861
附录 B 错误检测与纠错代码	907
附录 C 转换表	913
奇数题答案	915
术语表	965

第 1 章 数字概念简介

本章大纲

- 1.1 数字量与模拟量
- 1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形
- 1.3 基本逻辑运算简介
- 1.4 逻辑函数简介
- 1.5 固定函数集成电路
- 1.6 可编程逻辑器件
- 1.7 测试仪器简介
- 1.8 数字系统应用

本章学习目标

- 解释数字量与模拟量的基本不同
- 介绍电压电平如何用于表示数字量
- 描述脉冲波形的参数，例如上升时间、下降时间、脉冲宽度、频率、周期和占空比
- 解释非、与、或的基本逻辑运算
- 描述比较器、加法器、编码转换器、编码器、解码器、多路转换器、多路复用器、计数器和寄存器的逻辑函数
- 根据复杂度和电路封装类型辨别固定函数数字集成电路
- 确定集成电路封装的引脚数
- 描述可编程逻辑器件，讨论各种不同的类型，说明如何对可编程逻辑器件进行编程
- 识别数字测试仪器并了解它们如何用于测试数字电路及系统
- 介绍在实际应用中如何由基本函数组成一个完整的数字系统

重要术语

- 模拟量
- 数字量
- 二进制
- 位
- 脉冲
- 时钟
- 时序图
- 数据

- 串行
- 并行
- 逻辑
- 输入
- 输出
- 门
- 非
- 反相器
- 与
- 或
- 集成电路
- 可编程逻辑器件
- 故障检测

简介

数字这个术语源自计算机通过计数完成一些操作的方式。多年以来，数字电子学的应用仅限于计算机系统。今天，数字技术已在计算机以外的许多领域得到应用。例如，电视、通信系统、雷达、航空及导航系统、军事系统、医疗仪器、工业过程控制及日用品电子学等都会用到数字技术。数字技术的发展从真空管电路到分立式晶体管，再到含有几百万个晶体管的复杂集成电路。

本章介绍了数字电子学，并对很多重要概念、元件和工具进行了介绍。

数字系统应用概述

本书中许多章的一个特点就是利用一个系统应用将这一章所涉及到的主要内容融合在一起。每一个系统均适用于一个特定的章节，解释如何运用这些理论与设备。纵观全书，共介绍了4个不同的系统，其中，有的系统涵盖了两个或更多的章节。

所有这些系统都被简化，以便能够很好地应用于章节中的材料。尽管它们基于实际系统的需求而来，但都适用于书中所涉及到的问题，所以它们并不一定是最有效或最接近于实际应用的。

本章介绍的第一个系统是一个工业控制系统，用于对传送带上进行包装的产品进行计数和控制。它的目的是为了涵盖本章所提到的所有逻辑函数，这样我们就可以了解如何运用它们，以及如何使它们一起工作，达到某个特定目的。

学习本章内容可访问 <http://www.prenhall.com/floyd>。

1.1 数字量与模拟量

电路可分为两大类，数字电路与模拟电路。数字电路包括以离散值表示的量，模拟电路则包括连续值的量。尽管我们在本书中将学习关于数字量的基本原理，但也需要了解模