

国外电子与通信教材系列

Pearson

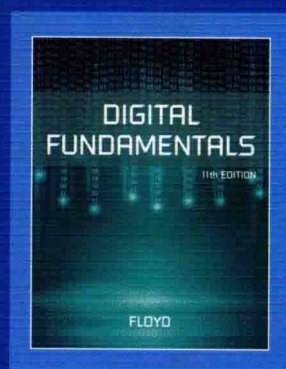
精心改编

Digital Fundamentals, Eleventh Edition

数字电子技术 (第十一版)

[美] Thomas L. Floyd 著

余 璆 熊 洁 译



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

数字电子技术

(第十一版)

Digital Fundamentals

Eleventh Edition

[美] Thomas L. Floyd 著

余 璆 熊 洁 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是一本关于数字电子技术的经典教材,并根据国内教学的实际情况对内容进行了缩减。全书主要介绍了数字电子技术的基本概念、数字系统、逻辑门、布尔代数和逻辑化简、组合逻辑分析、组合逻辑电路、触发器、移位寄存器、计数器、数据存储、数字信号处理、数据传输、集成电路技术等。全书的特色在于示例与练习丰富、图解清晰、写作风格简约。

本书可作为高等院校电子信息类相关专业本科生的数字电子技术课程的教材,也可供相关技术、科研人员使用,或作为继续教育的参考用书。

Authorized Adaptation from the English language edition, Digital Fundamentals, Eleventh Edition, ISBN 9780132737968, by Thomas L. Floyd, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2015 by Pearson Education, Inc.

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 PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2019.

本书中文简体字改编版专有版权由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

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

版权贸易合同登记号 图字: 01-2015-1610

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/ (美) 托马斯·L. 弗洛伊德 (Thomas L. Floyd) 著; 余璆, 熊洁译. —11 版.

北京: 电子工业出版社, 2019.7

书名原文: Digital Fundamentals, Eleventh Edition

国外电子与通信教材系列

ISBN 978-7-121-35110-5

I. ①数… II. ①托… ②余… ③熊… III. ①数字电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 218741 号

责任编辑: 冯小贝

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31.25 字数: 910 千字

版 次: 2008 年 5 月第 1 版 (原著第 9 版)

2019 年 7 月第 3 版 (原著第 11 版)

印 次: 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 89.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: fengxiaobei@phei.com.cn。

前言^①

Digital Fundamentals 的第十一版继续秉承长期以来的写作传统，侧重于数字电子技术的核心基础内容的讲解。本书通过丰富的插图、例题、练习和若干应用帮助读者深入理解相关的基本概念。此外，本书还涉及了逻辑功能的实现、集成电路技术等相关内容，并且讲解了信号转换和处理、数据传输及数据处理和控制等一些特定主题。第十一版增加了一些新的内容和特点，许多原有的内容也得到了扩展。

书中涉及的知识旨在让学生进一步学习更高层次的内容或选修内容之前，掌握所有重要的基础概念。本书讲解的内容具有灵活性，以便适应各种课程的需求。例如，忽略或减少对于某些课程并不太适合的设计性课题或者应用性课题，并不会影响书中基本概念的学习。半导体电路的背景知识并非本书必需的先修内容，集成电路技术(芯片内部电路)的知识则有选择地在书中提及了一些。

第十一版的新内容

- 删除了过时设备的讲解。
- 新增了布尔化简的 Q-M(奎恩-麦克拉斯基)方法。
- 新增了 Moore 状态机和 Mealy 状态机的内容。
- 新增了有关数据传输的一章，给出了标准总线的全面介绍。
- 突出了 D 触发器的使用。

本书的特性

- 核心基础内容与高层次的或扩展的内容并不混合出现。
- “计算机小知识”一项给出精选的趣味短文。
- 每章都提示学生如何找到各种练习的答案。
- 每章中的各个小节都有检查题，答案列在每章的最后。
- 绝大多数例题都附带相关问题，答案列在每章的最后。
- 分散在各处的“实践技巧”一项提供有用的实践知识。
- 网站上的 MultiSim(计算机仿真)文件包含了书中选修的仿真电路。
- 每章最后的判断题。
- 每章最后的自测题。
- 每章最后的分节习题，并在本书的最后给出奇数编号习题的答案。

① 中文翻译版的一些字体、正斜体、符号等沿用了英文原版的写作风格。

学生资源^①

- 可选择购买的实验手册 (*Experiments in Digital Fundamentals, Eleventh Edition*), 由 Dave Buchla 和 Doug Joksch 撰写。
- MultiSim 电路。网站 (www.pearsonhighered.com/careersresources.com) 上的 MultiSim 文件可以实现书中选修的仿真电路, 由图 P.1 表示。
- 在线章节 “Intergrated Circuit Technologies”。
- VHDL 教程。
- Verilog 教程。
- MultiSim 教程。
- Altera Quartus II 教程。
- Xilinx ISE 教程。
- 5 变量卡诺图教程。
- 汉明码教程。
- Q-M 方法教程, 等等。

MultiSim

图 P.1

教师资源^②

- 教师资源手册, 包含相关章节的习题解答、MultiSim 仿真结果, 以及由 Dave Buchla 和 Doug Joksch 撰写的实验手册的实验结果。
- 书中插图的幻灯片文件。

一些专题的说明

检查题 每个小节的结尾都有练习组成的复习部分, 以加强对这一小节主要概念的理解。这个特点如图 P.2 所示。

5.1 节 检查题 (答案在本章的结尾。)

1. 确定如下每个输入的 4 变量与-或-非电路的输出 (1 或 0)。
(a) $A=1, B=0, C=1, D=0$ (b) $A=1, B=1, C=0, D=1$
(c) $A=0, B=1, C=1, D=1$
2. 确定如下每个输入的异或门电路的输出 (1 或 0)。
(a) $A=1, B=0$ (b) $A=1, B=1$
(c) $A=0, B=1$ (d) $A=0, B=0$
3. 为某个具有输出表达式的 3 输入逻辑电路写出真值表。
$$X = A\bar{B}C + \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$
4. 为异或电路画出逻辑框图。

图 P.2

检查题的答案列在各章的结尾。

① 相关的一些资源也可登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 下载。

② 教师资源申请方式请参见书末的“教学支持说明”。

例题和相关问题 书中给出了丰富的例题，用以帮助对基本概念进行解释。绝大多数例题都配有相关问题，通过让学生解答和例题相似的题目来加强和拓展所学的知识。典型的例题和相关问题如图 P.3 所示。

例 5.14 为图 5.34(a) 所示的逻辑电路确定输出波形 X ，首先找到位于每一个点 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 和 Y_4 上的中间波形。输入波形如图 5.34(b) 所示。

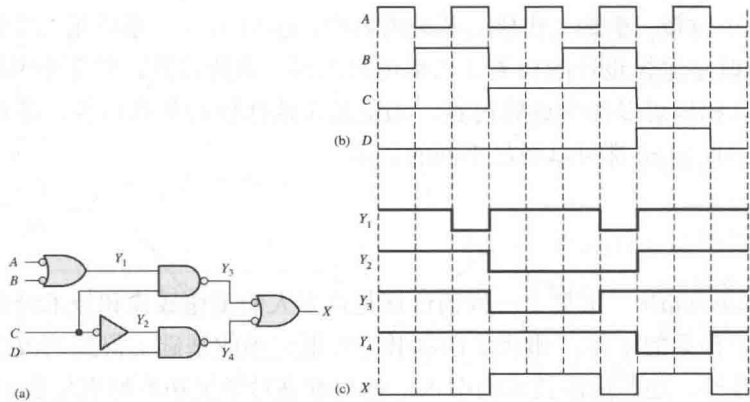


图 5.34

解：所有的中间波形及最终输出波形都在图 5.34(c) 中给出。

相关问题：如果输入波形 A 被反相，请确定 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 和 Y_4 的波形。

图 P.3

献给学生

数字电子技术遍布于我们生活的方方面面，例如手机和其他类型的无线通信应用，以及电视、收音机、过程控制、汽车电子、消费电子、飞机导航等，本书仅仅给出了为数不多的依赖于数字电子技术的应用。具备坚实的数字电子技术基础知识，会帮助读者在将来获得技术含量很高的工作。最重要的事情，就是理解数字电子技术的核心基础内容，这样就可以深入到其他内容的学习中。

献给教师

通常，时间的限制或课程的侧重点确定了本课程的授课内容。为了满足特定课程的特定内容，忽略或强调一些知识及改变某些内容的学习顺序是很常见的。本教材为授课内容的选取提供了很大的灵活性。某些相关主题分散在不同的章节，如果忽略了某些知识点，那么其他的内容不会受到影响。同样，如果增加了某些知识点，它们和其他的内容则可以无缝衔接。本书围绕数字电子技术的核心基础内容编写，大部分内容对于数字电子技术课程来说都是必不可少的。围绕本课程，可以增加或减少书中的内容，取决于课程的侧重点和/或其他因素。即使是对于核心基础内容，也可以忽略一些选修的章节。

- **核心基础内容。**有关数字电子技术的基础内容贯穿全书。本书涉及的内容在数字电子技术中是很重要的，但是围绕核心基础内容的每个主题可以根据特定的需要增加或减少，这不会影响核心基础内容的学习。

- **集成电路技术。**本书提供一章在线章节“Intergrated Circuit Technologies”。如果想讨论电路的详细特性,可以选读这一章的部分或全部内容,以补充数字电路的基础知识。忽略这一章不会影响本书其他内容的学习。
- **特殊主题。**这些内容包括信号接口和处理、数据传输、数据处理和控制,分散在第 11 章、第 12 章和其他章节的选读内容中。这些内容对于本课程也许是必需的,或者也可以在其他课程中讲授。例如,在核心基础内容中,Q-M 方法、循环冗余校验码、超前进位加法器或时序逻辑设计的相关知识都可以忽略。除此以外,贯穿全书的 MultiSim(计算机仿真)知识可以作为选修内容。无论是仅选择核心基础内容,还是全部保留或介于两者之间,本书都可以满足不同的需求。

致谢

Digital Fundamentals 一书第十一版的修订是许多人的工作成果和技术经验的总结。我认为我们已经完成了预期的工作,那就是在本书已经很完善的基础上得到的改进结果。这不仅仅是基础内容的改善,还是前沿技术的引入,使得本书对学生和教师更加实用。

为了出版读者现在所看到的这本书,Pearson Education 的人员进行了多个阶段的工作,倾注了大量的时间与精力,才使得本书得以面世,他们是 Rex Davidson、Lindsey Gill 和 Vern Anthony。Lois Porter 为本书初稿的编辑做出了卓越的贡献。Doug Jokscho 给出了 VHDL 编程(参阅在线资源)的相关内容。Gary Snyder 修订和升级了 MultiSim 文件(参阅在线资源)。对于以上提到的这些人和其他间接参与本书出版的人,在此表示我的感谢和感激之情。

在本书各个版本的修订过程中,依靠了许多读者和专家的帮助。在此衷心感谢如下的审稿人,他们提出了许多有价值的建议和建设性的意见:

Dr. Cuiling Gong, Texas Christian 大学

Jonathan White, Harding 大学

Zane Gastineau, Harding 大学

Dr. Eric Bothur, Midlands 技术学院

同样感谢 Pearson Education 营销人员的努力,使得本书得以和广大读者见面。此外,感谢所有选用本书作为教材的教师和个人读者。我希望大家会发现 *Digital Fundamentals* 的第十一版比以前的版本更好,它将继续是有价值的教材和参考资料。

Tom Floyd

目 录

第 1 章 基本概念	1
1.1 数字量与模拟量	1
1.1.1 模拟电子系统	2
1.1.2 使用数字方法与模拟方法的系统	2
1.1.3 机电一体化	2
1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形	3
1.2.1 二进制数	3
1.2.2 逻辑电平	4
1.2.3 数字波形	4
1.2.4 数字波形携带二进制信息	6
1.2.5 数据传输	7
1.3 固定功能的逻辑设备	8
1.3.1 集成电路的封装	9
1.3.2 引脚编号	10
1.3.3 固定功能的集成电路的集成度分类	10
判断题	11
自测题	11
习题	11
答案	13

第 2 章 数字系统、运算和编码	14
2.1 十进制数	14
2.2 二进制数	15
2.2.1 二进制计数	15
2.2.2 二进制数的加权结构	16
2.2.3 二进制数到十进制数的转换	17
2.3 十进制数到二进制数的转换	17
2.3.1 权和方法	17
2.3.2 重复除以 2 的方法	18
2.3.3 十进制小数转换为二进制数	19

2.4 二进制算术	19
2.4.1 二进制加法	19
2.4.2 二进制减法	20
2.4.3 二进制乘法	21
2.4.4 二进制除法	21
2.5 二进制数的反码和补码	22
2.5.1 求二进制数的反码	22
2.5.2 求二进制数的补码	22
2.6 带符号数	23
2.6.1 符号位	23
2.6.2 符号数值形式	23
2.6.3 反码形式	24
2.6.4 补码形式	24
2.6.5 带符号数的十进制值	24
2.6.6 带符号整数的表示范围	26
2.6.7 浮点数	26
2.7 带符号数的算术运算	28
2.7.1 加法	28
2.7.2 减法	29
2.7.3 乘法	30
2.7.4 除法	32
2.8 十六进制数	33
2.8.1 十六进制计数	34
2.8.2 二进制数到十六进制数的转换	34
2.8.3 十六进制数到二进制数的转换	34
2.8.4 十六进制数到十进制数的转换	35
2.8.5 十进制数到十六进制数的转换	35
2.8.6 十六进制加法	36
2.8.7 十六进制减法	36
2.9 八进制数	38

2.9.1	八进制数到十进制数的转换	38	3.4.1	与非门运算	70
2.9.2	十进制数到八进制数的转换	39	3.4.2	具有波形输入的与非门运算	70
2.9.3	八进制数到二进制数的转换	39	3.4.3	与非门的逻辑表达式	73
2.9.4	二进制数到八进制数的转换	39	3.5	或非门	73
2.10	二—十进制编码(BCD)	40	3.5.1	或非门运算	73
2.10.1	8421 BCD 码	40	3.5.2	具有波形输入的或非门运算	74
2.10.2	BCD 码加法	41	3.5.3	或非门的逻辑表达式	76
2.11	数字编码	42	3.6	异或门和同或门	76
2.11.1	格雷码	42	3.6.1	异或门	76
2.11.2	典型应用	44	3.6.2	同或门	77
2.12	错误检测码	45	3.6.3	具有波形输入的运算	78
2.12.1	错误检测的奇偶校验法	45	3.6.4	应用举例	79
2.12.2	循环冗余校验码(CRC)	46	3.7	固定功能的逻辑门	79
判断题		49	3.7.1	74 系列逻辑门功能	79
自测题		49	3.7.2	74 系列逻辑电路	82
习题		50	3.7.3	工作特性和参数	85
答案		54	判断题		89
第 3 章	逻辑门	58	自测题		89
3.1	反相器	58	习题		90
3.1.1	否定和极性指示	58	答案		93
3.1.2	反相器真值表	58	第 4 章	布尔代数和逻辑化简	97
3.1.3	反相器运算	59	4.1	布尔运算和表达式	97
3.1.4	时序图	59	4.1.1	布尔加法	97
3.1.5	反相器的逻辑表达式	59	4.1.2	布尔乘法	98
3.1.6	应用举例	60	4.2	布尔代数的定律和法则	98
3.2	与门	60	4.2.1	布尔代数的定律	98
3.2.1	与门运算	61	4.2.2	布尔代数的法则	100
3.2.2	与门真值表	61	4.3	德·摩根定理	103
3.2.3	具有波形输入的与门运算	62	4.3.1	德·摩根定理的应用	105
3.2.4	与门的逻辑表达式	64	4.4	逻辑电路的布尔分析	106
3.2.5	应用举例	64	4.4.1	逻辑电路的布尔表达式	106
3.3	或门	66	4.4.2	构建逻辑电路的真值表	107
3.3.1	或门运算	66	4.5	使用布尔代数进行化简	108
3.3.2	或门真值表	66	4.6	布尔表达式的标准形式	111
3.3.3	具有波形输入的或门运算	66	4.6.1	乘积项之和(SOP)形式	111
3.3.4	或门的逻辑表达式	68			
3.3.5	应用举例	69			
3.4	与非门	69			

4.6.2	一般表达式向乘积项之和形式的转换	112
4.6.3	最小项(标准乘积项)之和形式	113
4.6.4	和项之乘积(POS)形式	114
4.6.5	最大项(标准和项)之乘积形式	115
4.6.6	把最小项之和转换为最大项之乘积	116
4.7	布尔表达式和真值表	117
4.7.1	把乘积项之和表达式转换为真值表的形式	117
4.7.2	把和项之乘积表达式转换为真值表的形式	117
4.7.3	从真值表确定标准表达式	118
4.8	卡诺图	119
4.8.1	3 变量卡诺图	120
4.8.2	4 变量卡诺图	120
4.8.3	小方格相邻	121
4.8.4	Q-M(奎恩-麦克拉斯基)方法	121
4.8.5	Espresso 算法	121
4.9	卡诺图乘积项之和的最小化	122
4.9.1	最小项之和表达式的卡诺图映射	122
4.9.2	非最小项之和表达式的卡诺图映射	123
4.9.3	乘积项之和表达式的卡诺图化简	124
4.9.4	直接从真值表映射	127
4.9.5	“无关”项	128
4.10	卡诺图和项之乘积的最小化	129
4.10.1	最大项之乘积表达式的卡诺图映射	129
4.10.2	和项之乘积表达式的卡诺图化简	130
4.10.3	使用卡诺图在和项之乘积与乘积项之和之间进行转换	131
4.11	Q-M 方法	132

判断题	135
自测题	135
习题	136
答案	141

第 5 章	组合逻辑分析	146
5.1	基本组合逻辑电路	146
5.1.1	与-或逻辑	146
5.1.2	与-或-非逻辑	147
5.1.3	异或逻辑	148
5.1.4	同或逻辑	149
5.2	组合逻辑电路的实现	150
5.2.1	从布尔表达式到逻辑电路	150
5.2.2	从真值表到逻辑电路	152
5.3	与非门和或非门的通用特性	155
5.3.1	与非门作为通用的逻辑 元件	155
5.3.2	或非门作为通用的逻辑 元件	156
5.4	使用与非门和或非门的组合 逻辑	157
5.4.1	与非逻辑	157
5.4.2	或非逻辑	159
5.5	具有脉冲波形输入的逻辑电路 运算	161
判断题		163
自测题		163
习题		164
答案		168

第 6 章	组合逻辑电路	171
6.1	基本加法器	171
6.1.1	半加器	171
6.1.2	全加器	172
6.2	并行二进制加法器	174
6.2.1	4 位并行加法器	175
6.2.2	4 位并行加法器的真值表	175
6.2.3	加法器扩展	176
6.2.4	应用举例	177

6.3 异步进位与超前进位加法器	179	7.2 边沿触发器	225
6.3.1 异步进位加法器	179	7.2.1 边沿触发的 D 触发器	225
6.3.2 超前进位加法器	179	7.2.2 边沿触发的 J-K 触发器	226
6.3.3 超前进位与异步进位加法器的组合	181	7.2.3 边沿触发操作	228
6.4 比较器	182	7.2.4 异步预置位和清零输入	231
6.4.1 相等	182	7.3 触发器运算特性	234
6.4.2 不相等	183	7.3.1 传输延迟时间	234
6.5 译码器	185	7.3.2 建立时间	234
6.5.1 基本二进制译码器	185	7.3.3 保持时间	235
6.5.2 4 位译码器	186	7.3.4 最大时钟频率	235
6.5.3 BCD-十进制译码器	188	7.3.5 脉冲宽度	235
6.5.4 BCD-7 段译码器	189	7.3.6 功率损耗	235
6.5.5 4 位显示器的灭零	190	7.3.7 触发器的具体比较	236
6.6 编码器	191	7.4 触发器应用	236
6.6.1 十进制-BCD 编码器	191	7.4.1 并行数据存储	236
6.6.2 应用举例	193	7.4.2 分频	237
6.7 代码转换器	194	7.4.3 计数	239
6.7.1 BCD-二进制转换	194	7.5 单稳态触发器	240
6.7.2 二进制-格雷码和格雷码-二进制转换	196	7.5.1 不可重复触发单稳态触发器	242
6.8 多路复用器(数据选择器)	196	7.5.2 可重复触发单稳态触发器	243
6.8.1 应用举例	200	7.5.3 应用举例	244
6.9 多路分配器	203	7.5.4 555 定时器	244
6.9.1 4 线-16 线多路分配器	204	7.6 非稳态多谐振荡器	247
6.10 奇偶发生器/校验器	204	7.6.1 555 定时器用作非稳态多谐振荡器	247
6.10.1 基本奇偶逻辑	205	判断题	250
6.10.2 数据传输系统的错误检测	206	自测题	251
判断题	207	习题	252
自测题	208	答案	257
习题	209		
答案	215		
第 7 章 锁存器、触发器和定时器	219	第 8 章 移位寄存器	260
7.1 锁存器	219	8.1 移位寄存器的功能	260
7.1.1 S-R(置位-复位)锁存器	219	8.2 移位寄存器数据输入/输出的类型	261
7.1.2 应用举例	222	8.2.1 串行输入/串行输出移位寄存器	261
7.1.3 门控 S-R 锁存器	223	8.2.2 串行输入/并行输出移位寄存器	263
7.1.4 门控 D 锁存器	223		

8.2.3 并行输入/串行输出移位寄存器	264
8.2.4 并行输入/并行输出移位寄存器	267
8.3 双向移位寄存器	268
8.4 移位寄存器计数器	271
8.4.1 约翰逊计数器	271
8.4.2 环形计数器	272
8.5 移位寄存器应用	273
8.5.1 时间延迟	273
8.5.2 串行到并行数据转换器	275
8.5.3 通用异步接收发送机 (UART)	276
8.5.4 键盘译码器	278
8.6 关联标注的逻辑符号	280
判断题	281
自测题	281
习题	282
答案	285

第9章 计数器

9.1 有限状态机	288
9.1.1 有限状态机的一般模式	288
9.2 异步计数器	290
9.2.1 2位异步二进制计数器	290
9.2.2 异步译码计数器	293
9.3 同步计数器	296
9.3.1 2位同步二进制计数器	296
9.3.2 3位同步二进制计数器	297
9.3.3 4位同步二进制计数器	299
9.3.4 4位同步译码计数器	299
9.4 加/减同步计数器	302
9.5 同步计数器的设计	306
9.5.1 步骤1: 状态图	306
9.5.2 步骤2: 次态表	306
9.5.3 步骤3: 触发器转换表	306
9.5.4 步骤4: 卡诺图	306
9.5.5 步骤5: 触发器输入的逻辑表达式	308

9.5.6 步骤6: 计数器的实现	308
-------------------------	-----

9.6 级联计数器

9.6.1 具有截断序列的级联计数器	314
--------------------------	-----

9.7 计数器译码

9.7.1 译码假信号	316
-------------------	-----

9.8 计数器应用

9.8.1 数字时钟	318
9.8.2 停车控制	320
9.8.3 并行数据到串行数据的转换(多路复用)	321

9.9 关联标注的逻辑符号

判断题

自测题

习题

答案

第10章 数据存储

10.1 半导体存储器基础

10.1.1 二进制数据的单位: 位、字节、半字节和字	333
10.1.2 基本半导体存储阵列	333
10.1.3 存储器地址和容量	334
10.1.4 存储器的基本操作	335
10.1.5 RAM 和 ROM	337

10.2 随机访问存储器(RAM)

10.2.1 RAM 系列	337
10.2.2 静态 RAM(SRAM)	338
10.2.3 异步 SRAM 的操作	339
10.2.4 具有突发特性的同步 SRAM	341
10.2.5 高速缓冲存储器	343
10.2.6 动态 RAM(DRAM) 存储单元	344
10.2.7 DRAM 的组成结构	345
10.2.8 DRAM 的类型	348

10.3 只读存储器(ROM)

10.3.1 ROM 系列	349
10.3.2 掩模 ROM	349

10.3.3	ROM 的组成结构	352	11.2.4	逐次渐近模-数转换器	390
10.3.4	ROM 存取时间	353	11.2.5	求和-增量模-数转换器	392
10.4	可编程 ROM	353	11.2.6	测试模-数转换器	394
10.4.1	PROM	353	11.2.7	模-数转换错误	394
10.4.2	EPROM	354	11.3	数-模转换方法	395
10.5	闪存	356	11.3.1	二进制权值输入数-模转换器	395
10.5.1	闪存单元	356	11.3.2	$R/2R$ 阶梯形数-模转换器	397
10.5.2	基本闪存操作	356	11.3.3	数-模转换器的性能特征	399
10.5.3	闪存阵列	357	11.3.4	测试数-模转换器	400
10.5.4	闪存和其他存储器的比较	358	11.3.5	数-模转换错误	400
10.5.5	USB 闪存	359	11.3.6	重构滤波器	402
10.6	存储器扩展	360	11.4	数字信号处理基础	402
10.6.1	字长扩展	360	判断题		403
10.6.2	字容量扩展	362	自测题		403
10.6.3	存储模块	363	习题		404
10.7	特殊类型的存储器	365	答案		407
10.7.1	先进先出(FIFO)存储器	365	第 12 章	数据传输	410
10.7.2	FIFO 寄存器的应用	366	12.1	数据传输介质	410
10.7.3	后进先出(LIFO)存储器	366	12.1.1	电线连接	410
10.7.4	CCD 存储器	368	12.1.2	同轴电缆	410
10.8	磁和光存储	369	12.1.3	双绞线电缆	411
10.8.1	磁存储	369	12.1.4	光缆	411
10.8.2	磁-光存储	372	12.1.5	光纤的数据通信链路	412
10.8.3	光存储	372	12.1.6	无线传输	413
判断题		374	12.2	数据传输方式和模式	414
自测题		374	12.2.1	串行和并行数据	414
习题		375	12.2.2	异步数据	415
答案		378	12.2.3	同步数据	415
第 11 章	数字信号处理	381	12.2.4	传输速率	417
11.1	模拟信号转换为数字信号	381	12.2.5	传输效率	418
11.1.1	采样和滤波	381	12.2.6	传输模式	418
11.1.2	保持采样值	383	12.3	模拟信号的数字调制	418
11.1.3	模-数转换	383	12.3.1	幅移键控	418
11.2	模-数转换方法	386	12.3.2	频移键控	419
11.2.1	快速浏览运算放大器	386	12.3.3	相移键控	419
11.2.2	快速(同时)模-数转换器	387	12.3.4	正交调幅	420
11.2.3	双积分模-数转换器	389	12.3.5	星座图	420

12.4	数字信号的模拟调制	421	12.7.5	并行 SCSI 总线	439
12.4.1	脉冲幅度调制	421	12.8	通用串行总线(USB)	439
12.4.2	脉冲宽度调制	422	12.8.1	USB 电缆和连接器	440
12.4.3	脉冲位置调制	423	12.8.2	USB 的数据格式	441
12.4.4	脉冲编码调制	425	12.9	其他串行总线	442
12.4.5	数字数据系统	426	12.9.1	RS-232/422/423/485 总线 ..	442
12.5	多路复用和解复用	427	12.9.2	SPI 总线	444
12.5.1	时分多路复用	427	12.9.3	I ² C 总线	444
12.5.2	频分多路复用	430	12.9.4	CAN 总线	445
12.6	总线基础	431	12.9.5	法尔接口总线	446
12.6.1	总线	431	12.9.6	串行 SCSI 总线	447
12.6.2	并行和串行总线	431	12.10	总线接口	447
12.6.3	内部和外部总线	432	12.10.1	基本多路复用总线	447
12.6.4	通用总线的特性	432	12.10.2	总线信号	448
12.6.5	总线协议	433	12.10.3	将设备连接到总线	448
12.6.6	同步和异步总线	433	12.10.4	总线争用	450
12.6.7	单端总线和差分总线 的比较	434	12.10.5	多路复用 I/O	450
12.7	并行总线	435	判断题		451
12.7.1	PCI 总线	435	自测题		452
12.7.2	PCI-X 总线	435	习题		454
12.7.3	PCI-Express 总线	436	答案		458
12.7.4	IEEE-488 总线	436	奇数编号习题的答案		461

第1章 基本概念

章节提纲

- 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 固定功能的逻辑设备

1.1 数字量与模拟量

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事物都以模拟量的形式出现。例如，空气温度在一个连续的范围内变化。在给定的一天里，温度不会立即从 70°F 上升到 71°F；这中间经历了无数个温度值。如果绘制一幅典型的夏季温度图，将会得到一条平滑和连续的类似于图 1.1 的曲线。其他模拟量的例子有时间、压力、距离和声音等。

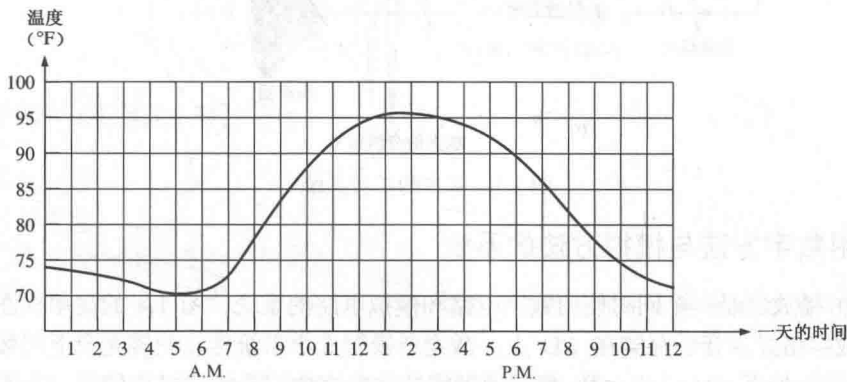


图 1.1 模拟量图(温度 vs. 时间)

相对于一个连续的温度图，假设每小时测量一次温度。现在有一幅 24 小时内每隔一小时采样的离散温度图，如图 1.2 所示。这样就可以有效地将模拟量转换成数字量的形式，即用一个个数字码对应于每个采样到的温度值。注意，图 1.2 本身并不是模拟量的数字表示。

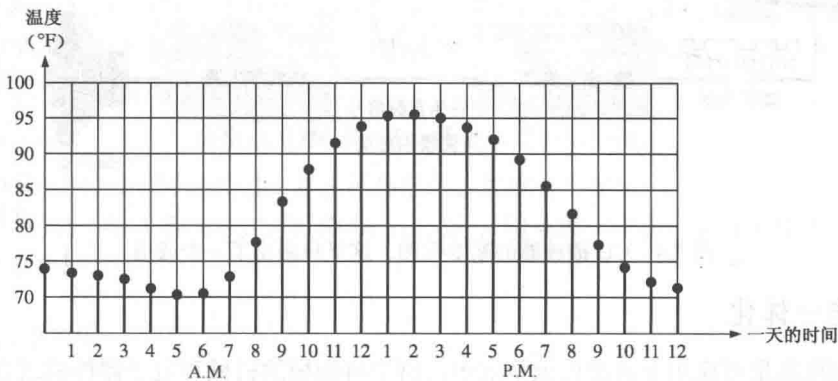


图 1.2 图 1.1 的模拟量样本值的表示法(量化)。每个值由点表示，它可以由一些 0 和 1 组成的数字码表示

数字量的优点 在电学应用方面,数字量表示法和模拟量表示法相比具有一定的优势。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,更突出了它的优越性。例如,转换成数字形式的音乐,要比对应的模拟形式更简洁,在复制时更精确、更清晰。噪声(不需要的电压波动)几乎不会影响数字数据,但会影响模拟信号。

1.1.1 模拟电子系统

扩音系统用于把声音放大,从而让更多的听众听到,这是模拟电子应用的一个简单例子。图 1.3 的基本图示给出了自然界中的模拟量,即声波,它由麦克风接收,并将其转换为较弱的模拟电压,称为音频信号。这个电压随着声波的音量大小和频率变化而连续变化,随即加到线性放大器的输入中。放大器的输出,也就是放大的输入电压,随即传入扬声器。扬声器将放大的音频信号再变回声波,而这时声波的音量比麦克风接收到的原始声波的音量大很多。

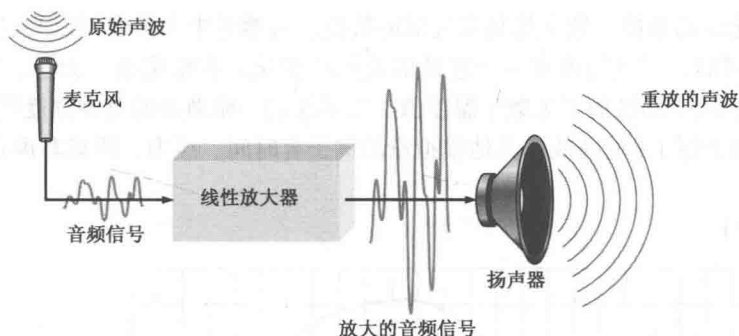


图 1.3 基本的扩音系统

1.1.2 使用数字方法与模拟方法的系统

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 1.4 的简单框图给出了它的基本原理。数字格式的音乐存储在 CD 上。激光二极管光学系统接收旋转光盘上的数字数据,然后传送到数-模转换器(DAC)中。数-模转换器将这些数字数据转换成模拟信号,即原有音乐电子意义上的再现。线性放大器把模拟信号放大并传送到扬声器,以供欣赏。在将音乐存储在一张 CD 上时,处理过程基本上和以上描述的反相,这时使用模-数转换器(ADC)。

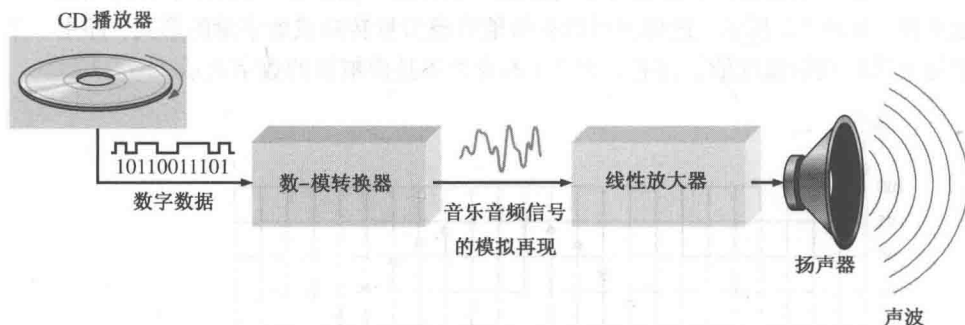


图 1.4 CD 播放器的基本框图,这里只画出了一个通道

1.1.3 机电一体化

数字量和模拟量可应用于各种机械系统中。跨学科领域的机械和电子器件的组合称为机电一体化。

机电一体化系统出现在家庭生活、工业和运输行业中。大多数家用装置由机械和电子器件组成。电子装置可以控制一台洗衣机的水量、水温和洗涤程序。制造业大量依赖于机电一体化来进行控制和装配。在汽车和其他一些制造领域,机械手从事着精确焊接、涂漆和装配线上的一些其他工作。汽车自身也是一台机电一体化的机器;其中的数字计算机可以控制刹车系统、发动机的各种参数、燃料消耗、安全性能等。

图 1.5(a)给出了机电一体化系统的基本框图,图 1.5(b)给出了一个简单的机械手示例。



图 1.5 机电一体化系统的示例与应用

1.1 节 检查题 (答案在本章的结尾。)

1. 定义模拟量。
2. 定义数字量。
3. 解释数字量和模拟量的不同之处。
4. 给出一个使用模拟量的系统的例子,以及给出一个同时使用数字量和模拟量的系统的例子。然后给出一个完全使用数字量的系统。
5. 叙述机电一体化系统的组成结构。

1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形

1.2.1 二进制数

二进制系统中的两个数——1 和 0,称为位(bit,即 binary digit 的缩写形式)。在数字电路中,使用两个不同的电压电平来表示这两个位。一般情况下,高电压用 1 来表示,低电压用 0 来表示,这称为正逻辑,本书后续都将使用正逻辑。

高电压(HIGH)=1 低电压(LOW)=0

在另一种系统中,1 表示低电压,0 表示高电压,这称为负逻辑。

我们将一组位(一些 1 和 0 的组合)称为码(code),用来表示数字、字母、符号、指令及任何给定应用中的对象。



计算机小知识

数字计算机的概念可以追溯到 Charles Babbage,他在 19 世纪 30 年代发明了一台原始的机械