

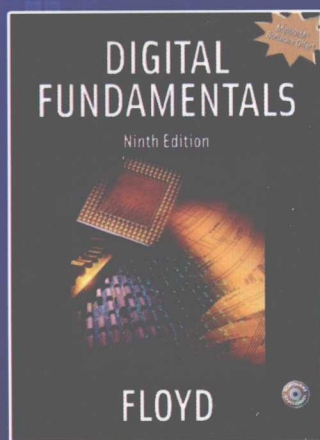
国外电子与通信教材系列

改编版

PEARSON
Prentice
Hall

数字电子技术 (第九版)

Digital Fundamentals, Ninth Edition



[美] Thomas L. Floyd 著

余 璆 等译



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

(第九版)

(改编版)

Digital Fundamentals

Ninth Edition

[美] Thomas L. Floyd 著

余 璆 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是关于数字电子技术的经典教材,内容涉及数字电子技术的基本概念、数制、逻辑门、布尔代数和逻辑化简、组合逻辑分析、组合逻辑的作用、计数器、移位寄存器、存储器、可编程逻辑与软件、集成电路技术等。全书的特色在于示例与习题丰富、图解清晰、语言流畅、写作风格简约。

本书可作为高等院校电子信息类专业本科生的教材,也可供相关技术、科研管理人员使用,或作为继续教育的参考书。

Simplified Chinese edition Copyright © 2008 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Digital Fundamentals, Ninth Edition, ISBN: 0131946099 by Thomas L. Floyd. Copyright © 2006.

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 Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版亚洲有限公司合作出版。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。

版权贸易合同登记号 图字:01-2007-2461

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术:第9版:改编版/(美)弗洛伊德(Floyd, T. L.)著,余璆等译

北京:电子工业出版社,2008.5

(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Digital Fundamentals, Ninth Edition

ISBN 978-7-121-06447-0

I. 数... II. ①弗... ②余... III. 数字电路-电子技术-高等学校-教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第057072号

责任编辑:冯小贝 特约编辑:朱 巍

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:30 字数:768千字

印 次:2008年5月第1次印刷

定 价:45.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题,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。

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

服务热线:(010)88258888。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。

吴佑寿

中国工程院院士、清华大学教授

“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为作好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、南京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

主 任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐	北京邮电大学校长、教授、博士生导师
	杨千里	总参通信部副部长，中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事、博士生导师
委 员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	朱世华	西安交通大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、《中国邮电高校学报（英文版）》编委会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘 彩	中国通信学会副理事长兼秘书长，教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

译 者 序

数字电子技术是工科电类专业的一门专业基础课,尤其是对自动化和计算机专业而言,这门课对后续课程的进一步学习非常重要。又由于计算机、集成电路的不断发展和数字电路本身层出不穷的应用,使得这门学科不断地得到新的充实。因此有必要翻译引进这方面的国外优秀教材。

本书译自电子工业出版社出版的《数字电子技术(第九版)(英文改编版)》一书。改编版取自 Thomas L. Floyd 所著的 *Digital Fundamentals, Ninth Edition*。原著的内容和结构与国内的数字电子技术教材比较吻合,在这一基础上考虑到内容的精简,以使得它更符合国内教学的要求和课时量,因此推出了英文改编版,作为一本双语教材供学校选用。

这次又在英文改编版的基础上进行了翻译,其一是希望把国外的数字电子技术教材介绍进来,因为它的教学内容和国内的教材既有相同之处,也有它的丰富特性。比如原理的讲解较为详细和清晰,一些章节带有实例或综合举例;同时结合数字逻辑电路,介绍一些计算机小知识。第二个目的是此书可以作为双语教材《数字电子技术(第九版)(英文改编版)》的参考书,希望能够帮助教师和学生完成双语教学的教与学的任务。当然,此书也可以作为应用数字电子技术的相关人员参考。

由于译者的水平有限,一定会有一些错误和不妥之处,恳请读者不吝指教。

目 录

第 1 章 数字概念	1
1.1 数字量和模拟量	1
1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形	3
自测题	9
习题	9
第 2 章 计数系统、运算和编码	11
2.1 十进制数	11
2.2 二进制数	12
2.3 十进制数到二进制数的转换	16
2.4 二进制算术	18
2.5 二进制数的反码和补码	21
2.6 带符号数	22
2.7 带符号数的算术运算	28
2.8 十六进制数	34
2.9 八进制数	39
2.10 二-十进制码(BCD)	41
2.11 数字编码	44
2.12 错误检测和校验码	47
自测题	53
习题	54
第 3 章 逻辑门	59
3.1 反相器	59
3.2 与门	61
3.3 或门	67
3.4 与非门	71
3.5 或非门	75
3.6 异或门和同或门	79
自测题	82
习题	83
第 4 章 布尔代数和逻辑化简	87
4.1 布尔运算和表达式	87
4.2 布尔代数的定理和法则	89
4.3 狄摩根定理	94

4.4	逻辑电路的布尔分析	97
4.5	用布尔代数进行化简	99
4.6	布尔表达式的标准形式	102
4.7	布尔表达式和真值表	108
4.8	卡诺图	111
4.9	卡诺图乘积项之和的最小化	112
4.10	卡诺图和(或)项之乘积的最小化	120
4.11	数字系统应用	124
	自测题	127
	习题	128
第5章	组合逻辑	133
5.1	基本组合逻辑电路	133
5.2	组合逻辑电路的实现	137
5.3	与非门和或非门的通用特性	142
5.4	使用与非门和或非门的组合逻辑	144
5.5	具有脉冲波形输入的逻辑电路运算	149
	自测题	151
	习题	152
第6章	组合逻辑电路函数	157
6.1	基本加法器	157
6.2	并行二进制加法器	160
6.3	异步进位与超前进位加法器	167
6.4	比较器	170
6.5	译码器	174
6.6	编码器	181
6.7	代码转换器	186
6.8	多路复用器(数据选择器)	188
6.9	多路分配器	196
6.10	奇偶发生器/校验器	197
6.11	数字系统应用	201
	自测题	207
	习题	208
第7章	锁存器、触发器和定时器	214
7.1	锁存器	214
7.2	边沿触发的触发器	220
7.3	触发器运算特性	231
7.4	触发器应用	235
7.5	单稳态触发器	238

7.6 555 定时器	244
自测题	249
习题	250
第 8 章 计数器	256
8.1 异步计数器运算	256
8.2 同步计数器运算	263
8.3 加/减同步计数器	271
8.4 同步计数器的设计	275
8.5 级联计数器	283
8.6 计数器译码	287
8.7 计数器应用	290
8.8 关联标注的逻辑符号	294
8.9 数字系统应用	297
自测题	302
习题	303
第 9 章 移位寄存器	308
9.1 基本移位寄存器的功能	308
9.2 串行输入/串行输出移位寄存器	309
9.3 串行输入/并行输出移位寄存器	312
9.4 并行输入/串行输出移位寄存器	315
9.5 并行输入/并行输出移位寄存器	317
9.6 双向移位寄存器	320
9.7 移位寄存器计数器	322
9.8 移位寄存器应用	325
9.9 关联标注的逻辑符号	332
9.10 数字系统应用	333
自测题	336
习题	336
第 10 章 内存和外存	341
10.1 半导体存储器基础	341
10.2 随机存储器(RAM)	345
10.3 只读存储器(ROM)	358
10.4 可编程 ROM(PROM 和 EPROM)	363
10.5 闪存	366
10.6 存储器扩展	370
10.7 特殊类型的存储器	376
自测题	380
习题	381

第 11 章 数字信号处理	384
11.1 数字信号处理基础	384
11.2 模拟信号转换为数字信号	385
11.3 模数转换方法	391
11.4 数模转换方法	401
自测题	408
习题	409
第 12 章 集成电路技术	412
12.1 基本操作特性和参数	412
12.2 CMOS 电路	419
12.3 TTL 电路	425
12.4 TTL 在实际使用中的注意事项	429
12.5 CMOS 和 TTL 的性能比较	435
12.6 发射极耦合逻辑(ECL)电路	436
12.7 PMOS、NMOS 和 E ² CMOS	437
自测题	439
习题	440
奇数题目的答案	446

第1章 数字概念

章节提纲

- 1.1 数字量和模拟量
- 1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形

1.1 数字量和模拟量

电子电路可以分为两大类:数字电路和模拟电路。数字电路涉及离散的数量,模拟电路涉及连续的数量。尽管在本书中将学习数字电路,但也需要知道一些有关模拟电路的知识,因为很多应用场合都需要两者的技术;而且,模拟电路和数字电路之间的接口也是很重要的。

学完本节以后,应该能够

- 定义模拟量
- 定义数字量
- 指出数字量与模拟量的区别
- 陈述数字量与模拟量相比的优点
- 给出数字量和模拟量如何用于电子领域的例子

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。如果绘制一个典型的夏季温度图,那么可以得到一个平滑和连续的曲线,即类似于图 1.1 的曲线。其他模拟量的例子包括时间、压力、距离和声音。

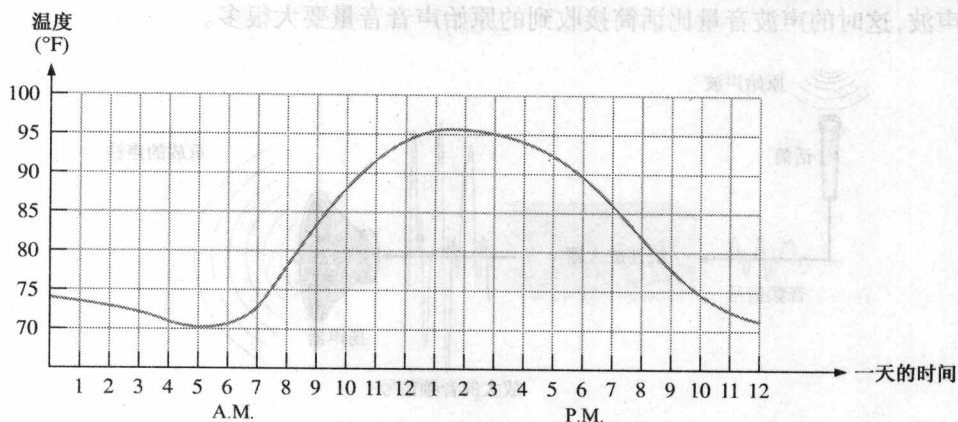


图 1.1 模拟量图(温度/时间)

相对于一个连续的温度图,假设每小时测量一次温度。现在有一个 24 小时内每隔一小时采样测量到的离散温度值,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。

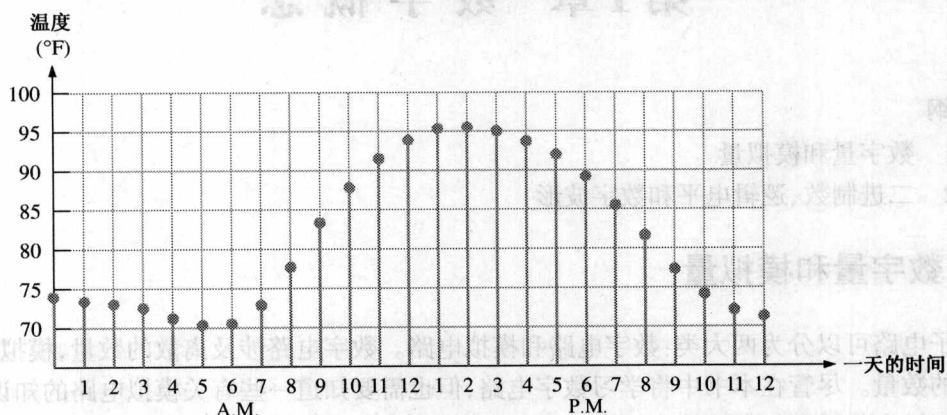


图 1.2 图 1.1 的模拟量样本值的表示法。每个值由点表示,它可以由一些 0 和 1 组成的数字码表示

数字量的优点 在电子学应用方面,数字表示法与模拟量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,转换成数字形式的音乐,比对应的模拟形式更简单,并且在复制时更精确,声音更清晰。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 给出了自然界中的模拟量——声波,它被话筒接收,并转换为较弱的模拟电压,称为音频信号。这个电压随着声音音量的大小和频率的变化而连续变化,随即加入到线性放大器的输入端。放大器的输出就是放大的输入电压,然后传入扬声器。扬声器将放大的音频信号再变回声波,这时的声波音量比话筒接收到的原始声音音量要大很多。

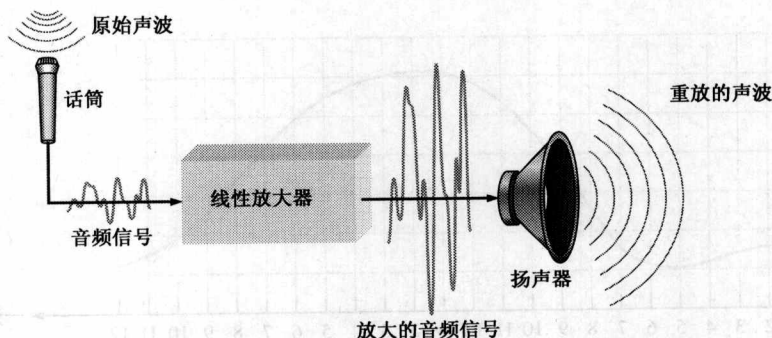


图 1.3 基本的声音扩音系统

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结构原理。

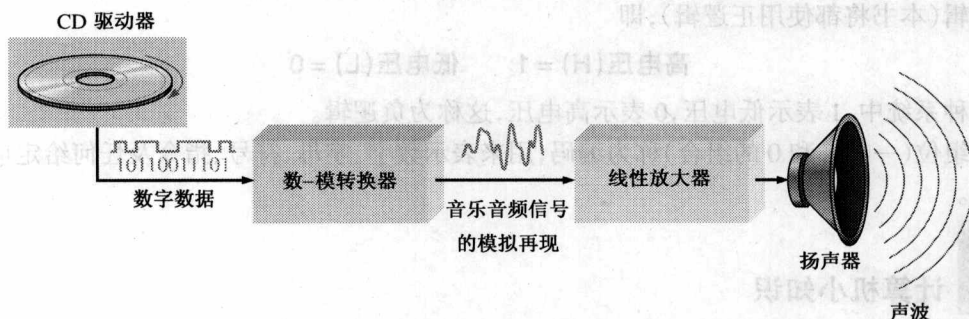


图 1.4 光盘播放器基本结构框图,这里只画出了一个通道

数字格式的音乐存储在光盘上。激光二极管光学系统接收旋转光盘上的数字数据,然后将其传送到数-模转换器(DAC)。数-模转换器将这些数字数据转换成模拟信号,即原来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。当把音乐存储在一张 CD 上时,处理过程基本上和上述过程相反,这时使用模-数转换器(ADC)。

1.2 二进制数、逻辑电平和数字波形

数字电子学涉及电路和系统,其中仅有两种可能的状态。这两种状态使用两个不同的电压电平表示,即高电平(HIGH)和低电平(LOW)。这两种状态也可以表示为两个不同的电流电平、CD 或 DVD 上的凹下和隆起部分等。在计算机这样的计数系统中,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系统,它的两个数为 0 和 1。一个二进制数称为一个位。

学习完本节以后,应当能够

- 定义二进制
- 定义位
- 确认二进制系统中的位
- 说明电压电平如何表示位
- 解释数字电路是如何表示电压电平的
- 描述脉冲的一般特性
- 确定脉冲的幅度、上升时间、下降时间及宽度
- 判断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
- 解释什么是时序图及其用途
- 解释串行和并行数据传输,并说出它们各自的优点和缺点

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), 在数字电路里, 使用两个不同的电压电平表示这两个位。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(本书将都使用正逻辑), 即

$$\text{高电压(H)} = 1 \quad \text{低电压(L)} = 0$$

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。

一组位(一些 1 和 0 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的对象。



计算机小知识

数字计算机的概念可以追溯到查尔斯·巴巴基(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。约翰·阿特纳索夫(John Atanasoff)于 1939 年首先在数字计算机中使用了电子处理方法。1946 年, 第一台使用真空电子管电路并被称为 ENIAC 的数字计算机诞生。尽管它的体积占据了整个房间, 但是 ENIAC 的计算能力还不如我们现在的手持计算器。

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, 一个电平表示高电压, 另一个电平表示低电压。在实际数字电路中, 这个高电压可以是指定的最小值和最大值之间的任意值。同样, 低电压也可以是指定的最小值和最大值之间的任意值。在指定的高电平范围和低电平范围之间不能有重叠。

图 1.5 给出了数字电路中高电平和低电平通常的变化范围。变量 $V_{H(\max)}$ 表示高电平的最大值, 变量 $V_{H(\min)}$ 表示高电平的最小值。 $V_{L(\max)}$ 表示低电平的最大值, $V_{L(\min)}$ 表示低电平的最小值。在正常工作中, $V_{L(\max)}$ 和 $V_{H(\min)}$ 之间的电压值是不可以出现的。因为在此范围内的电压既可以是高电平也可以是低电平, 所以这些值不能出现。例如, 在 CMOS 数字电路中, 高电平在 2~3.3 V 之间, 低电平在 0~0.8 V 之间, 也就是说, 如果使用 2.5 V, 电路将把它看做高电平或二进制 1。如果使用 0.5 V, 那么就是低电平或二进制 0。在这种类型的电路中, 0.8~2 V 之间的电平值是不可以出现的。

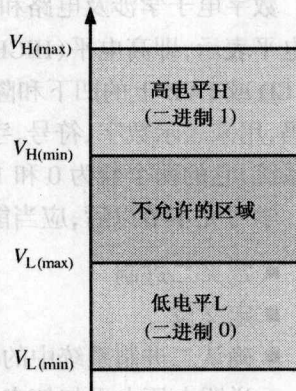


图 1.5 数字电路逻辑电平的电压范围

1.2.3 数字波形

数字波形由不同的电平值组合而成, 这些电平值在高低电平或状态之间上下变化。图 1.6(a) 给出一个正向脉冲, 它从低电平变化到高电平, 再从高电平回到低电平。图 1.6(b) 给出一个反向脉冲, 它从高电平变化到低电平, 再从低电平回到高电平。数字波形由一系列的脉冲组成。

脉冲 如图 1.6 所示,脉冲有两个边沿:在 t_0 时刻首先出现的为前沿,在 t_1 时刻随后出现的为后沿。一个正向脉冲,前沿是上升沿,后沿是下降沿。图 1.6 所示的脉冲是理想状态下的脉冲,因为假设上升沿和下降沿的变化是没有时间差的(瞬间)。在实际情况下这些变化是有时间差的,但是大多数的数字波形可以假定为理想脉冲。

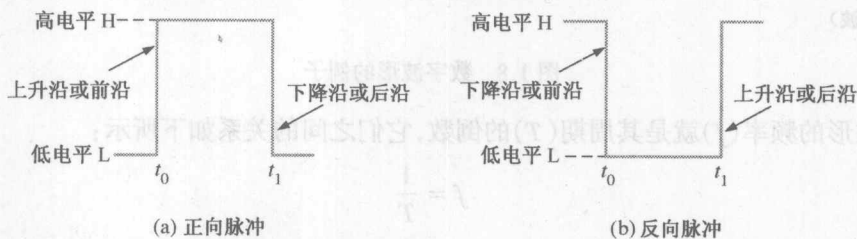


图 1.6 理想的脉冲

图 1.7 给出了一个非理想的脉冲。实际上,所有脉冲或多或少存在这些非理想的特性。通常,杂散电感和电容效应会产生超调量和振荡。杂散电容和电路电阻会产生下垂,形成时间常数不大的 RC 电路。

从低电平到高电平所需的时间称之为上升时间 t_r ,从高电平到低电平所需的时间称之为下降时间 t_f 。在实际运用中,通常测量上升时间是从 10% 脉冲幅度(相对于基线的高度)处到 90% 脉冲幅度处,测量下降时间则是从 90% 幅度处到 10% 幅度处。如图 1.7 所示,上升时间和下降时间不包括脉冲顶部和底部的 10%,因为这部分区域的波形是非线性的。脉冲的宽度 t_w 就是脉冲的持续时间,通常把上升沿和下降沿的 50% 幅度处的间隙时间定义为脉冲宽度,如图 1.7 所示。

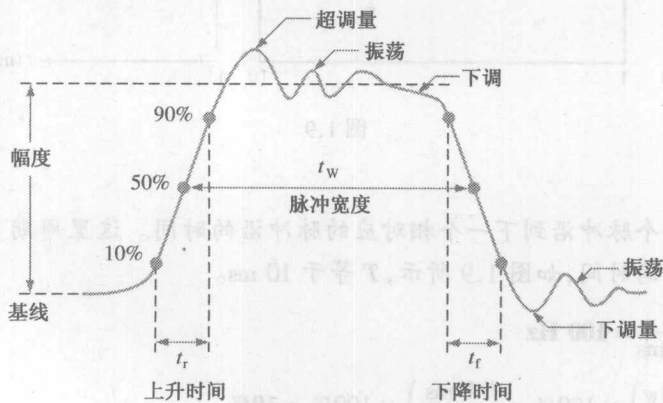


图 1.7 非理想脉冲的特性

波形特性 在计数系统里,遇到的大多数波形都是由一系列的脉冲组成的,有时称为脉冲序列,它们可以分为周期的和非周期的。周期波形就是在一个固定的时间间隔里不断重复自身,这个时间间隔称为周期(T)。频率(f)是重复的速率,测量单位是赫兹(Hz)。而一个非周期性脉冲波形则不会在一个固定的时间间隔里重复,它可能由脉冲宽度不确定的脉冲组成,也有可能由时间间隔不定的脉冲组成,图 1.8 给出两种波形的例子。

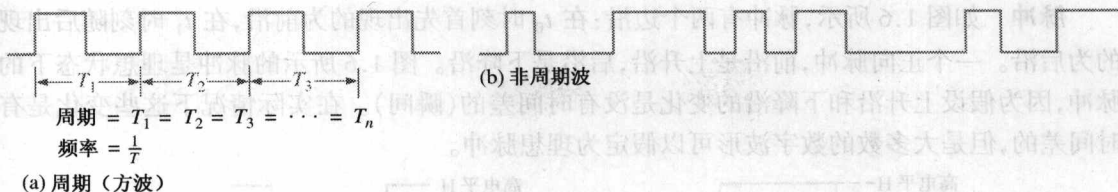


图 1.8 数字波形的例子

脉冲波形的频率(f)就是其周期(T)的倒数,它们之间的关系如下所示:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

周期数字波形的一个重要特性就是它的占空比(duty cycle),它是脉冲宽度(t_w)和周期(T)的比,可以用百分比来表示:

$$\text{占空比} = \left(\frac{t_w}{T} \right) \times 100\% \quad (1.3)$$

例 1.1 图 1.9 为某周期数字波形的一部分。单位为 ms,试计算:

(a) 周期 (b) 频率 (c) 占空比

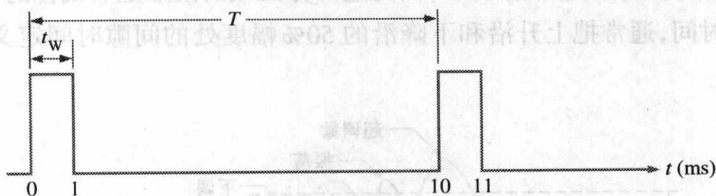


图 1.9

解:

(a) 周期是从一个脉冲沿到下一个相对应的脉冲沿的时间。这里周期 T 就是上升沿到下一个上升沿的时间,如图 1.9 所示, T 等于 10 ms。

$$(b) f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \text{ ms}} = 100 \text{ Hz}$$

$$(c) \text{占空比} = \left(\frac{t_w}{T} \right) \times 100\% = \left(\frac{1 \text{ ms}}{10 \text{ ms}} \right) \times 100\% = 10\%$$

相关问题:一个周期数字波形的脉冲宽度为 25 μs ,周期为 150 μs ,试求出频率和占空比。

1.2.4 数字波形携带二进制信息

计数系统处理的二进制信息以波形的形式出现,它表示一系列的二进制位。当波形为高电平时,表示二进制 1;当波形为低电平时,表示二进制 0。每个位在一个序列里所占的固定时间间隔称为位时间。