



高等院校计算机专业人才培养规划教材(应用型)

数字逻辑

第2版

周德仿 胡家宝 主编
陈建军 王莹 胡莹 参编



DIGITAL LOGIC
Second Edition



机械工业出版社
China Machine Press

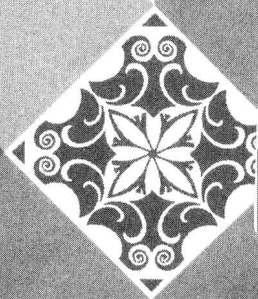
数字逻辑

第2版

周德仿 胡家宝 主编
陈建军 王莹 胡莹 参编



DIGITAL LOGIC
Second Edition



机械工业出版社
China Machine Press

本书系统地论述了数字逻辑电路分析和设计的基本理论与基本方法。全书共分为7章, 主要内容包括: 数字逻辑概论、布尔代数、组合逻辑电路、同步时序逻辑电路、异步时序逻辑电路、可编程逻辑器件、数字系统设计基础。本书介绍了硬件描述语言(VHDL)和MAX+PLUS II软件的内容, 便于读者应用计算机软件设计和分析数字逻辑电路。

本书在确保概念介绍清晰的基础上, 对于一级和二级知识点的理论部分给出了相应的例题, 以增强读者对数字逻辑电路分析和设计的基本理论与基本方法的掌握程度, 从而理解在数字系统中的数值计算是数值进行逻辑运算, 在此过程中还有时序逻辑运算。

本书可以作为计算机科学与技术、计算机网络工程、自动控制、电子信息、机械与电子信息、物联网工程与应用等专业的本科生教材, 也可以作为计算机、计算机网络、自动化、通信与电子信息等科学技术人员的参考书。

封底无防伪标均为盗版

版权所有, 侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑 第2版 / 周德仿, 胡家宝主编. —北京: 机械工业出版社, 2012.2
(高等院校计算机专业人才培养规划教材·应用型)

ISBN 978-7-111-37112-0

I. 数… II. ①周… ②胡… III. 数字逻辑—高等学校—教材 IV. TP302.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第004044号

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: 李荣

北京瑞德印刷有限公司印刷

2012年2月第2版第1次印刷

185mm×260mm·15.25印张

标准书号: ISBN 978-7-111-37112-0

定价: 29.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

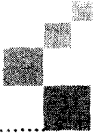
客服热线: (010) 88378991; 88361066

购书热线: (010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzsj@hzbook.com

出版者的话



机械工业出版社华章公司多年来以“全球采集内容，服务中国教育”为己任，致力于引进国际知名大学广泛采用的计算机、电子工程和数学方面的经典教材，出版了一大批在计算机科学界享誉盛名的专家名著与名校教材，其中包括 Donald E. Knuth、Alfred V. Aho、Jim Gray、Jeffery D. Ullman 等名家的一批经典作品。这些作品为我国计算机教育及科研事业的发展起到了积极的推动作用。

近年来，我们一直关注国内计算机专业教育的发展和改革并大力支持、参与相关的教学研究活动。2006年，教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会在对我国计算机专业教育现状和社会对人才的需求进行研究的基础上，发布了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》（以下简称《规范》）。为配合《规范》的实施和推广，我们出版了“面向计算机科学与技术专业规范系列教材”。这套教材的推出，对宣传《规范》提出的“按培养规格分类”的理念、推进高校学科建设起到了一定的促进作用。

2007年，教育部下发了《关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》，强调高等教育以育人为本，以学生为主体，坚持以培养创新人才为重点，下大力气深化教育教学改革。在“质量工程”的思想指导下，各高校纷纷开展了相关的学科改革和教学研究活动。高等学校计算机科学与技术专业的教育开始从过去单纯注重知识的传授向注重学科能力的培养转型。2008年年底，教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会成立了“高等学校计算机科学与技术专业人才专业能力构成与培养”项目研究小组，研究小组由蒋宗礼教授（组长）、王志英教授、岳丽华教授、陈明教授和张钢教授组成，研究计算机专业基本能力的构成和在计算机专业的主干课程中如何培养这些专业能力。

为配合“高等学校计算机科学与技术专业人才专业能力构成与培养”专项研究成果的推广，满足高校从知识传授向能力培养转型的需求，在教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会专家及国内众多知名高校专家的指导下，我们策划了这套“高等院校计算机专业人才能力培养规划教材”。这套教材以专项研究的成果为核心，围绕计算机专业本科

生应具有的能力组织教材体系。本套教材的作者长期从事教学和科研工作，他们将自己在本科生能力培养方面的经验和心得融入教材的编写中，力图通过理论教学及实践训练，达到提升本科生专业能力的目标。希望这些有益的尝试能对推动国内计算机专业学生的能力培养起到积极的促进作用。

华章作为专业的出版团队，长久以来遵循着“分享、专业、创新”的价值观，实践着“国际视野、专业出版、教育为本、科学管理”的出版方针。这套教材的出版，是我们以教学研究指导出版的成功范例，我们将以严谨的治学态度以及全面服务的专业出版精神，与高等院校的老教师们携手，为中国的高等教育事业走向国际化而努力。



丛书序言

我国高等学校计算机专业建立于20世纪50年代。经过近60年的迅速发展,经历了从精英化教育到大众化教育的发展阶段,目前在校生多达40余万人,已成为我国规模最大的理工科专业,为国家建设培养了大批信息技术人才。2006年,教育部计算机科学与技术专业教学指导委员会发布了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》(以下简称《规范》),提出了以“按培养规格分类”为核心思想的专业发展建议,把计算机专业人才划分为研究型、工程型、应用型三种不同类型。在《规范》的方针指导下,培养合格的计算机本科人才。

教育包括知识、能力、素质三个方面。知识是基础、载体和表现形式,能力是技能化的知识及其综合体现,素质是知识和能力的升华。专业教育不仅要重视知识的传授,更应突出专业能力的培养,实施能力导向的教育。如何以知识为载体实现能力的培养和素质的提高,特别是实现专业能力和素质的提高是非常重要的。对计算机专业本科教育而言,要想实现能力导向的教育,首先要分析专业能力的构成并考虑如何将其培养落实到教学实践中。为此,教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导委员会开展了计算机科学与技术专业专业能力(简称为计算机专业能力)的培养研究。该项研究明确计算机专业本科人才应具有的四大基本能力——计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力、系统能力,并将这四大基本能力分解为82个能力点,探讨如何面对不同类型学生的教育需求,在教学活动中进行落实。

针对计算机应用型人才的培养,由于其培养数量巨大、社会需求广泛和多样化,所以培养应用型专业的专业能力在具体教学实践上有其自身的特点。计算机应用型人才的培养目标是为国家、企事业信息系统的建设与运行培养信息化技术型人才。本类型人才应能承担信息化建设的核心任务,掌握各种计算机软、硬件系统的性能,善于进行系统的集成和配置,有能力管理和维护复杂信息系统的运行,研究如何实现服务及方便有效地利用系统进行计算等。计算机应用型人才的培养凸显了职业特征,使企业与学校的合作更加紧密,部分课程设置凸显能力培养特征,教学模式也呈现了职业化趋势。

为体现研究成果在教学活动中的实现,我们根据《高等学校计算机科学与技术专业人才培养能力构成与培养》和计算机应用型人才培养的特点和社会需求出版了这套教材。本套教材面向高等院校计算机应用型人才培养从知识传授向能力培养转型的需求,在内容的选择、体系安排和教学方法按照专业能力和职业特征的需要进行了探索和诠释。

本套教材在体系结构上,遵从公共基础课程平台、专业核心课程平台、专业选修课程平台、方向课程平台和基本素质课程平台的体系。专业核心课程主要有程序设计基础、离散数学、数据结构、计算机组成原理、操作系统原理、计算机网络原理、数据库系统原理、编译原理等课程。方向课程分为计算机网络、软件工程、信息系统、程序设计、电子商务、嵌入式系统、多媒体技术和计算机硬件等方向。在教材编写上,汇集作者才智,重点突出对计算机应用能力和应用技术的培养。

本套丛书的出版是在配合计算机应用型人才培养和落实方面的初步尝试,在教材组织和编写上还会有许多不足和缺陷,需要进一步完善,我们衷心希望本套教材的出版能起到抛砖引玉的作用,也希望广大教育工作者加入到计算机应用型人才能力培养的研究和实践中来,并对相关的教材建设提出自己的宝贵意见。

丛书主编



丛书编委会



主任：陈明

副主任：王锁柱

委员：(以姓氏拼音为序)

曹永存 郝莹 贾宗璞 解凯

刘贵龙 孟庆昌 任化敏 袁薇

张建林 张晓明 周苏

联络人：姚蕾



前 言

“数字逻辑”是研究数字逻辑电路分析和设计的学科。它是计算机科学与技术专业的一门专业基础课程，也是其核心课程之一。随着微电子技术和信息技术的不断发展，数字逻辑电路的分析与设计以及可编程逻辑器件都有了很大的进展，它们为数字逻辑电路的知识体系增添了新的内容和活力。作者结合教学实践，将数字逻辑同该领域的新技术相结合，系统地介绍数字逻辑的理论与方法。本书的总体思路考虑如下：

1) 保证基本理论的完整性。注重数字逻辑中的基本理论、基本技术和基本内容，以帮助读者掌握逻辑电路设计的基础理论和方法。

2) 贯彻理论联系实际的原则。在注重理论论述的基础上，结合作者的研究和教学实践，精练讲述内容，精选例题和习题，帮助读者掌握逻辑电路的分析和设计方法。

3) 在保证课程大纲内容的前提下，对有关概念、原理、方法的阐述力求准确、精练。在写作风格上力求通俗易懂，语言朴实，深入浅出。

4) 内容上采用数字逻辑概论、布尔代数、组合逻辑电路、同步时序逻辑电路、异步时序逻辑电路、可编程逻辑器件、数字系统设计基础的编排顺序。如果需要可以把可编程逻辑器件移到组合逻辑电路后面讲授。

为了适应逻辑电路分析和设计新技术发展的需求，在附录中增加了硬件描述语言和MAX+PLUS II软件的内容，用于数字逻辑的实验教学或者课程设计，从而进一步拓展“数字逻辑”课程的分析 and 设计方法，使读者掌握逻辑电路设计的新技术。

本书共分为7章。第1章介绍数字逻辑概论，主要包括数制及数制转换、有符号二进制数的编码表示和二进制编码。第2章介绍布尔代数，主要包括逻辑代数基础，逻辑函数的概念，逻辑代数的公理、定理和规则，逻辑函数的标准形式和逻辑函数的化简。第3章介绍组合逻辑电路，主要包括组合逻辑电路的基本概念、组合逻辑电路的分析、组合逻辑电路的设计、含有无关最小项的组合逻辑电路的设计、逻辑函数中的反变量的处理、组合逻辑电路的险象和常用组合逻辑集成电路。第4章介绍同步时序逻辑电路，主要包括时序逻辑电路的结构模型与分类、同步时序逻辑电路的结构模型、同步时序逻辑电路的分析和设计方法和集成

计数器。第5章介绍异步时序逻辑电路,主要包括异步时序逻辑电路的结构模型、脉冲异步时序逻辑电路分析和设计、电平异步时序逻辑电路分析和设计。第6章介绍可编程逻辑器件,主要包括可编程只读存储器、采用ROM阵列图设计数字逻辑电路、可编程逻辑阵列PLA、PAL、GAL、在系统可编程技术和器件。第7章介绍数字系统设计基础,主要包括数字系统基本概念,数字系统设计的一般过程,数字系统设计工具和实现方法,数字子系统和控制子系统设计方法。

附录A给出了美国信息交换标准码(ASCII码)。

附录B介绍VHDL语言的基本语句和VHDL语言描述数字逻辑电路的例子,以便读者能够初步使用VHDL硬件描述语言。

附录C介绍MAX+PLUS II软件,给出了两个实例说明使用MAX+PLUS II软件设计和分析逻辑电路的方法。

附录B与附录C结合起来,就可以使用VHDL语言编写组合逻辑电路和时序逻辑电路的VHDL程序,并对组合逻辑电路和时序逻辑电路进行仿真,实现组合逻辑电路和时序逻辑电路的功能,不需要用门电路和触发器连接组合逻辑电路和时序逻辑电路。这样能够对组合逻辑电路和时序逻辑电路的学习有更深入的认识。另外,结合实验课和课程设计,设计实际的组合逻辑电路和时序逻辑电路,就能够达到理论与实践相结合的目的。

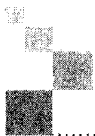
本书由周德仿、胡家宝主编,陈建军、王莹、胡莹参编。其中第1章、第2章由王莹编写,第3章由陈建军编写,第4章由周德仿编写,第5章、第6章、第7章由胡家宝编写。本书中的逻辑电路图由胡莹绘制。

为了方便教学,本书使用PowerPoint制作了“数字逻辑”课件,供教师在多媒体教学环境中使用。该课件可以在华章网站www.hzbook.com下载。另外,我们还使用Web技术制作了多媒体教学软件,可满足在局域网和Internet中进行“数字逻辑”教学的需要。

由于作者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请广大读者指正。

编者

2011年10月于武汉理工大学



教学建议

教学章节	教学要求	课时
第1章 数字逻辑概论	概述数制系统、转换、编码、算术运算等概念	4
第2章 布尔代数	逻辑代数基础和逻辑函数化简	6
第3章 组合逻辑电路	晶体管、MOS管、集成门电路以及三态门的介绍 组合逻辑电路的分析与设计、常用的组合逻辑集成电路	16
第4章 同步时序逻辑电路	时序逻辑电路的基本原理，触发器、同步时序逻辑电路的分析与设计、 常用的时序逻辑功能电路	16
第5章 异步时序逻辑电路	异步时序逻辑电路的结构模型、脉冲异步时序逻辑电路的分析与设计	6
	电平异步时序逻辑电路的分析与设计（选学）	14
第6章 可编程逻辑器件	可编程只读存储器、PLA、PAL、GAL以及ISP	8
第7章 数字系统设计基础	数字系统概述，数据子系统、控制子系统设计（选学）	2
总学时	第1章~第7章，不包括选学部分	56
	选学部分	16

目 录

出版者的话	
丛书序言	
丛书编委会	
前言	
教学建议	
第 1 章 数字逻辑概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 数字系统的发展简史	1
1.1.2 数字系统	2
1.1.3 模拟信号的数字化处理	4
1.2 数制系统	5
1.2.1 数制的基本概念	5
1.2.2 进位计数制	6
1.2.3 数制转换	7
1.2.4 二进制算术运算	10
1.2.5 十六进制算术运算	11
1.3 有符号二进制数的编码表示	11
1.3.1 原码	12
1.3.2 反码	12
1.3.3 补码	14
1.3.4 使用补码进行二进制算术运算	15
1.4 二进制编码	16
1.4.1 自然二进制编码的十进制	17
1.4.2 (加权、自补) 二进制编码	17
1.4.3 余 3 BCD 码	18
1.4.4 奇偶校验码	18
1.4.5 格雷码	19
1.4.6 汉明校验码	21
1.4.7 字符编码	23
1.5 本章小结	23
1.6 习题	23
第 2 章 布尔代数	25
2.1 逻辑代数基础	25
2.1.1 逻辑代数的基本概念	25
2.1.2 基本逻辑运算	26
2.1.3 IEEE 逻辑符号	28
2.1.4 逻辑代数的公理、定理和规则	28
2.2 逻辑函数	32
2.2.1 逻辑函数表达式的基本形式	32
2.2.2 逻辑函数的标准形式	33
2.2.3 逻辑函数表达式的转换	34
2.3 逻辑函数的化简	35
2.3.1 代数化简法	36
2.3.2 卡诺图化简法	37
2.4 本章小结	43
2.5 习题	43
第 3 章 组合逻辑电路	45
3.1 逻辑门电路	45
3.1.1 逻辑电平与正、负逻辑	45
3.1.2 半导体器件的开关特性	46
3.1.3 TTL 与非逻辑门	48
3.1.4 集电极开路输出门 (OC 门) 和 三态输出门 (TS 门)	51
3.2 组合逻辑电路的基本概念	53
3.3 组合逻辑电路的分析	53
3.3.1 组合逻辑电路的分析方法	53
3.3.2 组合逻辑电路的分析举例	54
3.4 组合逻辑电路的设计	56
3.4.1 组合逻辑电路的设计方法	56

3.4.2	组合逻辑电路设计举例	56	4.7	习题	122
3.4.3	含有无关最小项的组合逻辑电路的设计	58	第5章	异步时序逻辑电路	126
3.4.4	逻辑函数中反变量的处理	62	5.1	异步时序逻辑电路的结构模型	126
3.4.5	组合逻辑电路的险象	62	5.2	脉冲异步时序逻辑电路分析和设计	127
3.5	常用组合逻辑集成电路	67	5.2.1	脉冲异步时序逻辑电路的分析	127
3.5.1	译码器	67	5.2.2	脉冲异步时序逻辑电路的设计	130
3.5.2	编码器	73	5.3	电平异步时序逻辑电路	134
3.5.3	数据选择器	76	5.3.1	电平异步时序逻辑电路的分析	136
3.5.4	数据分配器	78	5.3.2	电平异步时序逻辑电路的竞争现象	137
3.5.5	加法器	79	5.3.3	电平异步时序逻辑电路的设计	138
3.6	本章小结	82	5.3.4	电平异步时序逻辑电路设计举例	146
3.7	习题	83	5.4	本章小结	149
第4章	同步时序逻辑电路	85	5.5	习题	150
4.1	时序逻辑电路的结构模型与分类	85	第6章	可编程逻辑器件	153
4.1.1	结构模型	85	6.1	可编程只读存储器	153
4.1.2	时序逻辑电路的分类	85	6.1.1	半导体存储器的概念	153
4.1.3	同步时序逻辑电路的结构模型	86	6.1.2	采用ROM阵列图设计组合逻辑电路	155
4.1.4	同步时序逻辑电路的描述方法	86	6.2	可编程逻辑阵列	156
4.2	触发器	88	6.3	可编程阵列逻辑	160
4.2.1	R-S触发器	88	6.4	通用阵列逻辑	162
4.2.2	D触发器	91	6.4.1	输出逻辑宏单元	164
4.2.3	J-K触发器	92	6.4.2	结构控制字	165
4.2.4	T触发器	94	6.4.3	行地址布局	167
4.3	同步时序逻辑电路的分析	94	6.5	在系统可编程技术	168
4.3.1	同步时序逻辑电路的分析方法	94	6.5.1	可编程逻辑器件的器件设计方法	168
4.3.2	同步时序逻辑电路的分析举例	95	6.5.2	MAX7000S/E可编程逻辑器件	170
4.4	同步时序逻辑电路的设计	100	6.6	本章小结	175
4.4.1	建立原始状态图和状态表	100	6.7	习题	175
4.4.2	状态化简	103	第7章	数字系统设计基础	176
4.4.3	状态编码	110	7.1	数字系统概述	176
4.4.4	确定激励函数和输出函数	112	7.1.1	数字系统基本概念	176
4.4.5	同步时序逻辑电路设计举例	113	7.1.2	数字系统设计的一般过程	177
4.5	常用中大规模时序逻辑功能电路	117			
4.5.1	集成计数器	117			
4.5.2	集成寄存器	119			
4.6	本章小结	121			

7.1.3 数字系统设计工具	179	7.3.4 微程序控制器的设计	187
7.1.4 数字系统的实现方法	179	7.4 本章小结	188
7.2 数据子系统设计	180	7.5 习题	188
7.2.1 数据子系统功能	180	附录 A 美国信息交换标准码 (ASCII 码)	189
7.2.2 数据子系统的实现方法	180	附录 B VHDL 硬件描述语言	190
7.3 控制子系统设计	181	附录 C 可编程逻辑器件软件 MAX+ PLUS II	214
7.3.1 控制子系统基本概念	181	参考文献	228
7.3.2 算法状态机	181		
7.3.3 小型控制器的设计	185		

第 1 章 数字逻辑概论

众所周知，我们正处在信息时代，科学技术发展日新月异，如何对各种各样的信息进行描述、传递、处理和存储呢？人类迄今为止找到的最佳信息表达形式是“数字”！计算机与计算器是典型的数字系统，此外大部分电子系统中都有大量的数字逻辑。CD 机或 iPod 播放的音乐，计算机（以及新型的数字电视）屏幕上显示图像的点阵，以及大部分手机信号都是以二进制数字串形式表达的。

1.1 概述

在电子电路中，工作的电信号基本上分为两类。一类是信息参数在给定范围内表现为连续的信号，即在时间、数值上的变化是连续的信号，称为模拟信号。例如，每天的温度信号、从拾音器得到的声音的电信号等都是模拟信号。另一类是用若干个明确定义的离散值表示的时间离散信号，它的某个特征量可以按时间提取，即在时间、数值上的变化是离散的（不连续的）信号，称为数字信号。例如，生活中的数字有线电视、电子钟、电子手表等都是数字信号。

本章将介绍数字系统及其使用的二进制数和其他进位计数制，二进制数同其他进位计数制之间的转换方法，有符号的二进制数在数字系统中的表示方法，二-十进制编码，可靠性编码和字符代码。

1.1.1 数字系统的发展简史

Pascal、Boole、De Morgan、Babbage 等人对数字技术的研究为现代数字系统奠定了基础。1642 年，Blaise Pascal 设计了一个机械的加法器，1671 年，德国数学家 Gottfried 发明了一台机器进行乘法和除法运算。自 20 世纪 60 年代中期集成电路（IC）产业形成以来，集成电路技术的发展一直遵循着著名的摩尔定律，即每 18 个月芯片集成度大致增长一倍。集成电路技术的发展使得集成电路产品从传统的板上系统（system-on-board）发展到今天的单片系统（system-on-a-chip）。其间集成电路产业结构经历了三次大的变革，并导致了独立的集成电路设计行业的形成。

第一次变革发生在以加工制造为主导的 IC 产业发展的初级阶段。20 世纪 70 年代，集成电路的主流产品是微处理器、存储器以及标准通用逻辑电路。在这个时期，IC 制造商（IDM）在 IC 市场中充当重要角色，IC 设计只作为附属部门而存在。这时的 IC 设计和半导体工艺密切相关。IC 设计主要以人工为主，CAD 系统仅作为数据处理和图形编程之用。整个 IC 产业处在以生产为导向的初级阶段。20 世纪 70 年代后期，以美国为代表的半导体厂商为了降低成本，将所需劳动力较多而技术含量又较低的封装与测试工序分离出来，并转移到远离本土的欠发达国家或地区生产加工，集成电路产业开始逐步形成封装业单独分列的局面。

第二次变革的标志是代加工公司与 IC 设计公司的崛起。20 世纪 80 年代, 集成电路的主流产品为微处理器 (MPU)、控制器 (MCU) 及专用 IC (ASIC)。20 世纪 80 年代后期, 以自动逻辑综合器为代表的第二代 EDA (CAE) 工具为设计师从被动地对设计结果进行分析验证转向主动地选择最佳设计方案提供了一个基本手段。CAE 不但能使设计师用硬件描述语言写出设计的线路图和设计方 案, 而且能够代替设计师在满足一定约束条件下比较各种方案, 并从中选出最佳方案。在 CAE 的支持下, 设计师可以在可预期的时间内, 完成 10 万门级的复杂电路设计, 使产品设计的效率成倍增加。

20 世纪 90 年代, 新一代的设计工具出现, 在设计前期就可以利用设计工具完成高层次设计, 设计手段更高一级。设计师可以在电路设计之前, 先将产品的各种要求转化成技术设计规范, 并在拥有大量工程知识和专家经验的设计软件的辅助下, 综合权衡可利用设计资源与理想设计目标之间的关系。第三代 EDA (ESDA) 可以支持几百万门甚至几千万门电路的复杂电路设计, 并在器件内部可以嵌入 CPU 核、DSP 核、RAM、ROM 等部件, 同时这一时期出现了现场可编程器件 (FPGA)。

在设计工具不断进步的同时, 由于不同厂家提供的工具有不同的功能和性能, 故 EDA 设计工具也必然要面对具体生产厂家。如果需要调换生产厂家, 整个 ASIC 电路设计工作可能需要重新设计。

第三次变革发生在 20 世纪 90 年代初, 在各半导体厂家共同努力下, 设计工作的标准化得到广泛支持, 人们进行了一系列标准化工作, 如制定了硬件描述语言 (VHDL)、网表格式 (EDIF) 等, 从而使得人们可以自由地实现最佳设计。在标准化的支持下, 电路设计师不需要知道电路设计的具体内容就可以完成版图制作, 电路设计可以很好地从一个设计环境移植到另一个设计环境。

1.1.2 数字系统

1. 数字信号

平时所使用的数字信号是二值信号, 即只有“0”和“1”两种状态的信号。数字信号的传输波形可分为脉冲型和电平型两种, 如图 1-1 所示。脉冲型数字信号是以一个时间节拍内有无脉冲来表示数字信号的两个状态“0”或“1”; 电平型数字信号则是以一个时间节拍内信号是高电平还是低电平来表示“0”或“1”。从图 1-1 可以看出, 脉冲型数字信号在一个节拍内会归零, 而电平型数字信号在一个节拍内则不会归零。

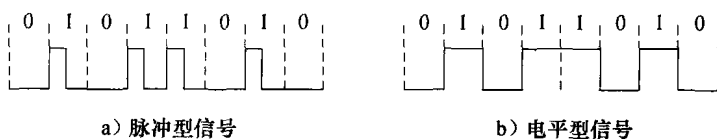


图 1-1 数字信号的传输波形

数字信号具有以下特点:

1) 抗干扰能力强、无噪声积累。

在模拟通信中, 为了提高信噪比, 需要在信号传输过程中及时对衰减的传输信号进行放大, 信号在传输过程中不可避免地叠加上的噪声也被同时放大。随着传输距离的增加, 噪声

累积越来越多，以致传输质量严重下降。

对于数字通信，由于数字信号的幅值为有限个离散值（通常取两个幅值），在传输过程中虽然也受到噪声的干扰，但当信噪比恶化到一定程度时，即在适当的距离可采用判决再生的方法，再生成没有噪声干扰的和原发送端信息一致的数字信号，所以可实现长距离高质量的传输。

2) 便于加密处理。

信息传输的安全性和保密性越来越重要，数字信号的加密处理比模拟信号容易得多，例如，话音信号经过数字变换后，其信号可用简单的数字逻辑运算进行加密、解密处理。

3) 便于存储、处理和交换。

数字通信的信号形式和计算机所用信号一致，都是二进制代码，因此便于与计算机联网，也便于用计算机对数字信号进行存储、处理和交换，可使通信网的管理和维护实现自动化、智能化。

4) 设备便于集成化、微型化。

数字通信采用时分多路复用，不需要体积较大的滤波器。设备中大部分电路是数字电路，可用大规模和超大规模集成电路实现，因此体积小、功耗低。

5) 占用信道频带较宽。

一路模拟电话的频带为 4kHz 带宽，一路数字电话约占 64kHz，这是模拟通信目前仍有生命力的主要原因。随着宽频带信道（光缆、数字微波）的大量利用（一对光缆可开通几千路电话）以及数字信号处理技术的发展（可将一路数字电话的数码率由 64kb/s 压缩到 32kb/s 甚至更低的数码率），数字电话的带宽问题已不是主要问题了。

通过以上介绍可知，数字信号具有很多优点，所以各国都在积极发展数字通信。

2. 数字系统

处理模拟信号的系统是模拟系统，处理数字信号的系统是数字系统。最典型的数字系统就是计算机。工作在数字信号下的电路，叫做数字电路。具体来讲，数字电路就是能对数字信号进行产生、存储、传输、变换、运算及处理的电子电路。

数字系统具有如下几个优点：

1) 数字系统的误差较小，具有较强的稳定性、可靠性和抗干扰能力。因为数字系统中的信号只有两种离散取值，远比模拟信号的连续取值更容易区分，所以数字系统很少出现错误。即使出现错误，数字系统对错误的检测和修正也是比较容易和简单的。另外，相对来说，模拟电路对元件参数的变化比较敏感，而数字电路中的元件工作于开关状态，对元件参数变化不太敏感，因此，数字系统具有更高的可靠性和稳定性。

2) 数字系统具有更高的精确性。数字系统可以通过增加表示信息的变量个数来增加信息处理的精确性，而模拟系统的精确性却仅仅取决于元件的精确性。

3) 数字系统不但适用于数值型信息的处理，而且适用于非数值型信息的处理，而模拟系统只能处理数值型信息。

4) 数字系统处理信息可将一项大任务划分为多项独立的子任务，并且这些子任务能按顺序分别完成，这样可以形成模块化和成本较低的系统。

5) 数字系统处理信息可以采用通用的信息处理系统（比如计算机）来处理不同的任务，