

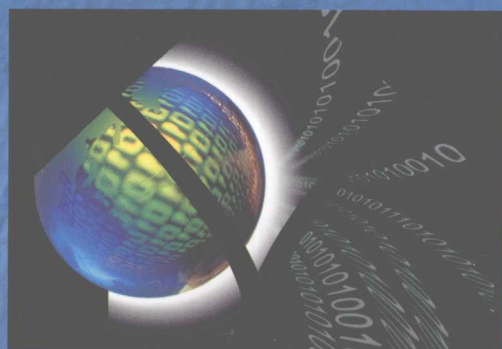


21 世纪信息学科立体化系列教材

数字电子技术

● 孙俊逸 主审 ● 刘江海 主编

Shuzi Dianzi Jishu



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

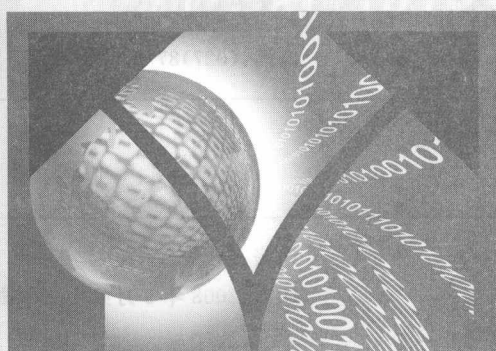


21 世纪信息学科立体化系列教材

数字电子技术

S h u z i D i a n z i J i s h u

主 审 孙俊逸
主 编 刘江海
副主编 熊才高 鞠剑平
汪小威



华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/刘江海 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008年9月
ISBN 978-7-5609-4866-9

I. 数… II. 刘… 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 136490 号

数字电子技术

刘江海 主编

策划编辑:曾 光

责任编辑:王汉江

责任校对:朱 霞

封面设计:刘 卉

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉正风图文照排中心

印 刷:武汉首壹印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:24.5

字数:505 000

版次:2008年9月第1版

印次:2008年9月第1次印刷

定价:38.00元

ISBN 978-7-5609-4866-9/TN·126

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内容简介



本教材以数字电子技术为基础,系统分析为桥梁,系统综合为目的,全面介绍数字电路的基本理论、分析方法、综合方法和实际应用,系统介绍了现代电子技术 Protel 99SE 和超高速集成电路硬件描述语言 VHDL。本书共分九章,第 1 章介绍数字逻辑的表示方法、布尔代数以及逻辑化简的基本方法;第 2~4 章分别讨论典型集成电路的基本工作原理及外特性、组合及时序电路的分析、设计方法和各种中规模组合逻辑模块的应用;第 5 章介绍集成逻辑门构成的脉冲单元电路的功能和工作原理,脉冲信号的产生与整形;第 6 章介绍典型中、大规模集成电路,高密度可编程逻辑器件及实用可编程门阵列的原理、组成,同时介绍了应用这些元件实现数字电路的方法;第 7 章介绍 A/D 和 D/A 转换器和脉冲电路;第 8、9 章介绍现代电子技术 Protel 99SE 和超高速集成电路硬件描述语言 VHDL。

本书可作为计算机信息类、机电类、电子技术类专业本科生使用,也可供有关技术人员参考。

序 言

独立学院是实施本科学历教育的高等学校,是我国高等教育体系的重要组成部分。近几年来,独立学院的建设规模与影响已令人瞩目。独立学院在办学过程中如何凝炼办学特色,培养适应社会 and 经济发展所需的人才,也越来越受到全社会的关注,由于独立学院的办学历史较短,既不同于普通本科院校,又与高等职业技术学院有较大的差别,因此,在教学过程中是一个亟待解决的问题是编写与培养目标和自身特点相适应的教材。

数字技术是当前发展较快的学科,由于数字电路和数字系统的设计方法及设计手段随着数字集成器的发展也不断演变和发展,这就对数字电路课程的教学内容,教学方法和教学手段提出更高要求。本书的作者在多年从事“数字电子技术”课程和教学及研究过程中,潜心钻研,勇于探索,具有丰富的教学经验和实践指导能力,本教材吸取众多教材之长,并注重内容结构的合理性,题材的创新和教学内容的系统性、科学性,为学生提供了一种内容丰富、针对性强、易学易教的好教材。

本教材的特点有以下几个方面。

(1)知识结构合理。教材紧扣独立学院本科相关专业的教学大纲和培养目标,立足打好基础,在保证基础概念、基本理论和基本方法教学的前提下,力求反映现代电子技术的新成果、新技术和新方法。书中还介绍了目前已普遍应用的新器件和已趋于成熟的新技术和新方法,正确处理先进性和实用性的关系,教材内容变化和基础内容相对稳定的关系。

(2)注重应用。针对独立学院学生特点构建的教材体系,特别是注重实践环节的教学,尽量避免烦琐的教学公式的推导及大篇幅的理论分析,更多的强调知识的综合应用,从培养学生的动手能力,创造能力和创新能力。教材中还配有一定数量的应用性实用性很强的实用实例及习题,使基础理论与应用紧密结合起来。

一部好的教材必须在使用过程中不断的改进,逐步的完善,才能得到同行专家和学生的认可。我相信,这本教材的作者们一定能在教学实践中,认真听取多方面的意见,不断修改订正,努力将教材打造成独立学院的精品教材。

湖北省计算机协会主席孙俊逸教授

2008年6月

前 言

随着 21 世纪新知识经济时代的到来,世界范围的经济发展与科技进步已向高等教育的培养目标提出了更高的要求。人才培养正向着厚基础、宽层面、高能力的方向发展,教育的领先将推动综合国力的领先。教育的核心是素质教育,教育的重点是动手能力的和创新意识的培养。

数字电子技术是一门技术基础课程,其应用性很强,是计算机信息类、机电类、电子类专业等专业的必修课。随着电子科学技术的飞速发展,电子计算机和集成电路的广泛应用,以及电子信息技术的发展对科学技术、国民经济和国防各领域的日益深入的影响和渗透,数字电子技术的知识、理论和方法在相关专业的地位越来越重要。

20 世纪九十年代以来,电子技术、IC 技术的发展日新月异,对数字电子技术课程的教学内容提出了更高的要求。为适应科学技术的发展以及社会对人才培养的要求,该书对教学内容进行了调整和充实,精简分立器件内容,增加集成电路内容,教学重点也从逻辑电路分析转向面对问题的逻辑电路设计和集成芯片的应用。

进入新世纪后,面对 EDA 技术、大规模集成电路,特别是可编程器件的高度发展和新世纪对高等教育培养高素质人才的需要,该书把数字电子技术课程中大规模集成电路内容整合在一起,添加了现代 EDA 技术,使学生掌握更系统、更先进的电子技术知识与设计方法。

该书首先介绍数字系统的组成、数字信号的特点、各种数字电路在系统中的作用等;在内容编排上,按先基本逻辑电路后逻辑部件、先单元电路后系统电路、先数字电路后脉冲电路编排;具体内容包括逻辑代数、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生和整形、模/数和数/模转换电路、半导体存储器、可编程逻辑器件、现代 EDA 技术等。数字电路部分以基本概念和基本应用为主,着重于外部逻辑功能的描述和分析,强调外特性和重要参数,不讲内部电路。这样组织内容的目的是用较少的时间让学生掌握更多数字电路的概念和分析方法。在讲授时各部分内容均从基本概念入手,通过学习数字电子技术的基本电路、分析方法、设计方法,通过具体实际系统加以总结和归纳,从而培养学生分析问题、解决问题的能力。

作为技术基础课,数字电子技术课程具有基础性、应用性和先进性。基础是指基本理论、基本知识和基本技能。所谓基础性,数字电子技术应为后续专业课程打基础;为学生毕业后从事有关电气、电子、通信、计算机、自动化和机电等方面工作打下基础,也就是为

自学、深造、拓宽和创新打基础。

为了学好本课程,首先要求具有正确的学习目的和态度,能够刻苦钻研,踏踏实实。现就数字电子技术课程的学习方法,提出以下几点供参考:

1. 抓住重点

以器件的外部特性和正确的使用方法作为重点,不要把注意力放在内部电路的具体结构和工作过程的仔细分析、计算上。

2. 重视实践

学会用实验的方法组装、测试和调整电子电路,加深对所学理论知识的理解,培养理论联系实际,解决工程实际问题的能力。

3. 注意培养自学能力

电子技术是一门迅速发展的学科,新技术不断出现,必须靠自己继续不断地学习,才能将最新成果运用到工作中去。因此,在校期间就应该有意识地培养通过自学获取新知识的能力。

4. 按时完成作业,做好复习和预习

及时复习和完成作业,可以深化和巩固学过的内容。提前预习讲课内容,能使听课时处于主动、积极的学习状态,受到良好的听课效果。

本书由刘江海主编,熊才高、鞠剑平、汪小威任副主编。各章编写分工为:第一章、第八章由熊才高组织编写,第二章由鞠剑平组织编写,第三章、第四章、第五章、第六章、第九章由刘江海组织编写,第七章由汪小威组织编写。

本教材由湖北省计算机协会主席孙俊逸教授主审,编写过程中提出了大量宝贵意见。湖北工业大学商贸学院机电工程系主任吴家声教授,副主任张胜利教授;电子信息工程系主任王仲东教授,副主任孙欣丰教授;刘智强教授、郭松梅、曾婷等在编写过程中给予了大量支持,提出了宝贵的意见。编者谨致谢意。

编 者

2008年6月

目 录

第 1 章 数字电子技术基础	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 数制和码制	(3)
1.3 逻辑代数的三种基本运算	(7)
1.4 复合逻辑函数	(10)
1.5 逻辑函数的几种表示方法及其相互转换	(12)
1.6 逻辑代数的基本定律和规则	(16)
1.7 简法逻辑函数的代数化	(18)
1.8 逻辑函数的卡诺图化简法	(19)
1.9 具有无关项的逻辑函数及其化简	(23)
本章小结	(24)
习题	(25)
第 2 章 组合逻辑电路	(29)
2.1 逻辑门电路	(29)
2.2 组合逻辑电路	(52)
2.3 编码器和译码器	(53)
2.4 数据分配器和数据选择器	(68)
2.5 加法器	(73)
2.6 数值比较器	(78)
2.7 组合逻辑电路的竞争和冒险现象	(81)
本章小结	(83)
习题	(84)
第 3 章 触发器	(90)
3.1 基本 RS 触发器	(90)
3.2 同步 RS 触发器(时钟脉冲控制的 RS 触发器)	(96)
3.3 同步 JK 触发器和同步 D 触发器(D 锁存器)	(98)
3.4 主从触发器	(101)
3.5 边沿触发器	(108)

3.6 不同类型触发器之间的转换	(112)
3.7 TTL 集成触发器的主要参数	(116)
本章小结	(117)
习题	(118)
第 4 章 时序逻辑电路的分析和设计	(122)
4.1 时序逻辑电路的分析方法和设计方法	(123)
4.2 计数器	(142)
4.3 寄存器	(171)
4.4 顺序脉冲发生器	(181)
本章小结	(183)
习题	(184)
第 5 章 脉冲信号的产生与整形	(192)
5.1 多谐振荡器	(193)
5.2 单稳态触发器	(199)
5.3 施密特触发器	(206)
本章小结	(210)
习题	(211)
第 6 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	(215)
6.1 PLD 概述	(215)
6.2 可编程只读存储器 PROM	(220)
6.3 可编程逻辑阵列 PLA	(234)
6.4 可编程阵列逻辑 PAL	(239)
6.5 通用阵列逻辑 GAL	(242)
6.6 现场可编程门阵列 FPGA 结构	(248)
6.7 在系统编程技术简介	(249)
本章小结	(251)
习题	(251)
第 7 章 数模转换和模数转换	(257)
7.1 概述	(257)
7.2 D/A 转换器	(260)
7.3 A/D 转换器	(276)
本章小结	(290)
习题	(291)
第 8 章 Protel 99SE	(294)
8.1 Protel 99SE 的安装	(294)
8.2 原理图设计	(295)

8.3 原理图仿真	(301)
8.4 PLD 设计	(301)
8.5 PCB 设计	(303)
第 9 章 超高速集成电路硬件描述语言	(311)
9.1 VHDL 基本结构	(311)
9.2 VHDL 语言要素	(326)
9.3 VHDL 顺序语句	(335)
9.4 VHDL 并行语句	(349)
习题参考答案	(357)
参考文献	(380)

数字电子技术基础

本章主要讲述数字信号的概念和数字电路的分类及特点,介绍常用数制、码制以及各种数制间的转换。逻辑代数的基本概念、公式和定理,逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法。逻辑代数是分析及设计数字电路的基本工具,逻辑函数化简是数字电路分析及设计的基础。通过本章的学习,要求做到:

- (1) 掌握数字信号与模拟信号的区别,数字电路、数字集成电路的特点及各种分类;
- (2) 掌握二进制、十六进制、十进制数及相互转换;
- (3) 掌握 8421BCD 码、2421BCD 码、余 3 码,了解 Gray 码和奇偶效验码;
- (4) 掌握逻辑代数的基本公式和常用公式;
- (5) 掌握逻辑函数的表示方法和相互转换的方法;
- (6) 掌握逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

1.1 概述

在人们生存的社会环境中,有各种各样的信号,这些信号有的以电的形式出现,有的以声、光、磁、力等的形式出现。目前在信号处理方面以电信号的处理最为方便,技术上也最为成熟。研究电信号的产生与处理的技术就是电子技术。

电子技术分为两大部分,其一是模拟电子技术,其二是数字电子技术。本课程研究的是数字电子技术部分。电子技术研究的对象是载有信息的电信号(简称信号)。在电子技术中会遇到多种电信号,按其特点可以将这些信号分为模拟信号与数字信号两大类。

1.1.1 数字信号和模拟信号

模拟信号是在时间和幅值上都连续变化的信号,例如温度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号、模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等,如图 1.1.1(a)所示。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为模拟电路。数字信号是在时间和幅值上都不连续,并取一定离散数值的信号,它们通常是由数字 0 和 1 组成,也可以说是由低电平电信号和高电平电信号组成的信号,例如计算机中各部件之间传输的信息、VCD 中的音视频信号等,如图 1.1.1(b)所示。对数字信号进行传输、处理的电子线路称为数字电路,如数字电子钟、数字万用表的电子电路都是由数字电路组成。

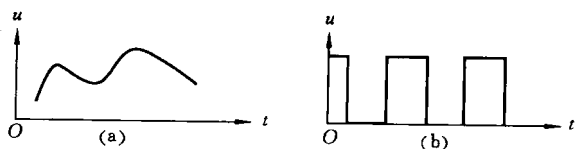


图 1.1.1 模拟信号和数字信号的电压-时间波形

(a) 模拟信号波形 (b) 数字信号波形

数字信号和模拟信号之间可以相互转换,模拟信号经过取样、量化转换为数字信号的过程称为模数转换(A/D 转换)。对模拟信号进行数字化处理时,只要取样频率大于或等于信号最高频率的两倍,并有足够的二进制位数来表示每一个取样信号,就可以用序列的离散二进制数来表示模拟信号,并可以根据它的离散值恢复出原始的离散信号。

数字技术就是为了适应和满足不同的应用需要,通过变换电路把模拟信号变成由 0 和 1 组成的数字信号,然后由数字系统对数字信号进行存储、运算、处理、变换、合成等。所谓数字系统,是指交互式的以离散形式表示的具有存储、传输、处理信息能力的逻辑子系统的集合体。简言之,输入和输出都是数字信号而且具有存储、传输、处理信息能力的系统称为数字系统。一台微型计算机就是一个典型的、最完善的数字系统。

1.1.2 数字电路的分类

(1) 按集成度分类:数字电路可分为小规模(SSI,每片数十器件)、中规模(MSI,每片数百器件)、大规模(LSI,每片数千器件)和超大规模(VLSI,每片器件数目大于 1 万)数字集成电路。集成电路从应用的角度又可分为通用型和专用型两类。

(2) 按所用器件制作工艺的不同分类:数字电路可分为双极型(TTL 型)和单极型(MOS 型)两类。

(3) 按照电路的结构和工作原理的不同分类:数字电路可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两类。组合逻辑电路没有记忆功能,其输出信号只与当时的输入信号有关,而与电路以前的状态无关。时序逻辑电路具有记忆功能,其输出信号不仅与当时的输入信号有关,而且与电路以前的状态有关。

1.1.3 数字电路的特点

数字电路处理的信号包括反映数值大小的数字量信号和反映事物因果关系的逻辑量信号,它们是在时间和数值上都不连续变化的离散信号,在数字电路中用高、低电平表示,高电平通常为+3.5 V左右,低电平通常为+0.3 V左右,在运算中则用“0”和“1”来表示,因此数字电路具有以下特点。

(1) 数字电路所研究的问题是输入的高、低电平与输出的高、低电平之间的因果关系,称为逻辑关系。

(2) 研究数字电路逻辑关系的主要工具是逻辑代数。在数字电路中,输入信号称为输入变量,输出信号称为输出变量,它们也称逻辑函数,且均为二值量,非“0”即“1”。逻辑函数为二值函数,逻辑代数概括了二值函数的表示方式、运算规律及变换规律。

(3) 由于数字电路的输入、输出变量都只有两种状态,因此组成数字电路的半导体器件绝大多数工作在开关状态。当它们导通时相当于开关闭合,当它们截止时相当于开关断开。

(4) 数字电路不仅可以对信号进行算术运算,而且还能够进行逻辑判断,即具有一定的逻辑运算能力,这就使它能在数字计算机、数字控制、数据采集和处理及数字通信等领域中获得广泛的应用。

(5) 因为数字电路的主要研究对象是电路的输入与输出之间的逻辑关系,所以,数字电路也称为逻辑电路。它的一套分析方法也与模拟电路不同,采用的是逻辑代数、真值表、卡诺图、特性方程、状态转换图和时序波形图等。

随着电子工业的飞速发展,数字电路的集成度越来越高,它正以功能齐全、价格低廉、可靠性高而被广泛地应用于国民经济的各个领域。

1.2 数制和码制

1.2.1 数制

1. 各种数制及其表示方法

所谓数制就是计数的方法。在生产实践中,人们创造了许多计数方法,如二进制、十进制、十六进制等。而计数体制都采用位置计数法。即以特定的一些数字符号(也称数码)排列起来,每个符号处于不同位置作为各位的系数,每个位置都有一定的位权。其数值就是把各位的位权乘以该位的系数之和。

1) 十进制

十进制是以10为基数的计数制。十进制数有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9共10个数码,其进位规则是“逢十进一”。各位的系数为其中之一,各位的位权是以10为底的整数。例如:

$$431.25 = 4 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

式中 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 是根据每一位数码所在的位置而定的, 所以称之为位权。

任意一个十进制数 D 可展开为

$$D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i 10^i \quad (1.2.1)$$

式(1.2.1)中: K_i 是第 i 位的系数, 它可以是 $0 \sim 9$ 这 10 个数码中的任何一个; 10^i 称为第 i 位的权, 称之为按权展开式。

通常, 对十进制数的表示, 可以在数字的右下角标注 10, 如 $(15)_{10}$ 。

若以 N 代替式(1.2.1)中的数字 10, 则可得到任意进制数的展开式:

$$D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i N^i \quad (1.2.2)$$

式(1.2.2)中: K_i 是第 i 位的系数, N 为计数基数; N^i 称为第 i 位的权。 $K_i \times N^i$ 为第 i 位的加权系数, 故任意进制数的数值等于各加权系数之和。

2) 二进制

在数字电路中常采用的是二进制(binary), 因为二进制只有两个数码 0 和 1 可以直接与电路的两个状态(导通和截止)直接对应。二进制是以 2 为基数的计数体制, 其进位规则是“逢二进一”。各位的系数为 0 或 1, 各位的位权是以 2 为底的整数幂, 其按权展开式与十进制相同。例如:

$$(101.01)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

1 位二进制数也叫 1 比特(bit), 8 位二进制数叫 1 字节(byte), 16 位二进制数叫 1 个字(word)。二进制数的位数叫字长。例如: 1 字节的字长是 8 位, 1 个字的字长是 16 位等。

3) 八进制和十六进制

在数字系统中, 二进制数位往往很长, 读写不方便, 一般采用八进制或十六进制对二进制数进行读和写。

以八为基数的计数体制, 其进位规则是“逢八进一”。各位的系数为 0、1、2、3、4、5、6 和 7 共 8 个数码, 各位的位权是以 8 为底的整数幂。由于八进制的数码和十进制的前 8 个数码相同, 但其位权基数不同, 所以书写时要标注下标 8 或在括号外右下角标注英文字母 O(O 代表 octad number)。其按权展开式与十进制相同。例如:

$$(354.2)_8 = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 4 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1}$$

十六进制数是以 16 为基数的计数体制, 其进位规律是“逢十六进一”。各位的系数为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E 和 F 共 16 个数码, 各位的位权是以 16 为底的整数幂。为便于区分十进制数和十六进制数, 人们规定, 凡注有下标 16 或 H(H 代表 hexadecimal number)的数为十六进制数。其按权展开式与十进制相同。例如:

$$(3BD.2)_{16} = 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1}$$

2. 数制之间的转换

1) 非十进制数转换为十进制数

将非十进制数转换为十进制数,通常采用“按权展开法”,即将非十进制数的按权展开式按照十进制的规律进行运算,就可以得到等值的十进制数。

例 1-1 将 $(101.11)_2$ 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}\text{解} \quad (101.11)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= 5.75\end{aligned}$$

2) 十进制数转换为非十进制数

十进制整数和小数转换成非十进制数的方法是不同的。整数部分可以采用连除法,即将原十进制数连续除以转换计数体制的基数,每次除完所得的余数就作为要转换的系数。先得到的余数为转换数的低位,后得到的余数为转换数的高位,直到除得的商为0为止。这种方法概括起来可说成“除基数、得余数、作系数、从低位,到高位”。十进制小数部分转换成非十进制小数可采用连乘法,即将原十进制纯小数乘以要转换出的数制的基数,取其积的整数部分作为系数,剩余的纯小数部分再乘基数,先得到的整数作为新数的高位,后得到的作为低位,直至其纯小数部分为0或到一定精度为止。这种方法概括起来可说成“乘基数、取整数、作系数、从高位,到低位”。

例 1-2 将 $(27.75)_{10}$ 转换成二进制数。

解 第一步:先将整数部分转换成二进制数。

$$\begin{array}{r|l} 2 & 27 \quad \text{余数} \\ \hline 2 & 13 \quad \dots\dots 1 \\ \hline 2 & 6 \quad \dots\dots 1 \\ \hline 2 & 3 \quad \dots\dots 0 \\ \hline 2 & 1 \quad \dots\dots 1 \\ \hline & 0 \quad \dots\dots 1 \end{array}$$

即 $(27)_{10} = (11011)_2$

第二步:再将小数部分转换成二进制数。

整数

$$\begin{array}{l} 0.75 \times 2 = 1.5 \quad \dots\dots 1 \\ 0.5 \times 2 = 1.0 \quad \dots\dots 1 \end{array}$$

即 $(0.75)_{10} = (0.11)_2$

所以 $(27.25)_{10} = (11011.11)_2$

3) 二进制数与八进制数、十六进制数相互转换

由于 $2^3=8$,所以1位八进制数(或十六进制数)相当于3(或4)位二进制数,它们是完全对应的。因此二进制数转换成八进制数(或十六进制数)的规则如下:

从小数点算起,向左或向右每3(或4)位分成一组,最后不足3(或4)位用0补齐,每组用1位等值的八进制数(或十六进制数)表示,即得到要转换的八进制数(或十六进制数)。

例 1-3 将 $(10111011.01111)_2$ 转换成八进制数和十六进制数。

解

八进制	2	7	3	.	3	6
二进制	0 1 0	1 1 1	0 1 1	.	0 1 1	1 1 0 0 0
十六进制	B		B	.	7	8

即 $(10111011.01111)_2 = (273.36)_8 = (BB.78)_{16}$

反之,八进制数(或十六进制数)转换成二进制数时,只要将每位八进制数(或十六进制数)分别写成相应的 3(或 4)位二进制数,按原来的顺序排列起来即可。整数最高位一组左边的 0 及小数最低位一组右边的 0 都可以省略。

例 1-4 将 $(26.35)_8$ 转换成二进制数。

解

2	6	.	3	5
↓	↓		↓	↓
010	110	.	011	101

即 $(26.35)_8 = (10110.011101)_2$

1.2.2 码制

码制是指用数字或字符进行的编码。常用的编码有多种,这里只介绍二-十进制编码。二-十进制码(或称 BCD 码)是用二进制码表示的十进制数。由于十进制数有 0~9 共 10 个数码,所以用 4 位二进制码表示,这里的“二进制”并无“进位”的含义,只是强调采用的是二进制数的符号而已。我们知道 4 位二进制码共有 16 种不同的组合(或称状态),可以选取其中的任意 10 个组合代表 0~9 这 10 个数字。这种表示方法成为编码,其方案有 290 亿种(16 取 10 的排列),但常用的只有几种,如表 1.1.1 所示,其中最常用的是 8421BCD 码。

表 1.1.1 几种常用的 BCD 码

十进制数	8421 码	2421 码	5421 码	余 3 码	Gray 码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1011	1000	1000	0111
6	0110	1100	1001	1001	0101
7	0111	1101	1010	1010	0100
8	1000	1110	1011	1011	1100
9	1001	1111	1100	1100	1000

(1) 8421BCD 码: 8421BCD 码是有固定权的码, 各位的权值分别为 8、4、2、1。8421BCD 码是最基本最简单的一种编码方案, 应用十分广泛。

(2) 2421BCD 码: 2421BCD 码是有固定权的码, 各位的权值分别为 2、4、2、1。

(3) 5421BCD 码: 5421BCD 码是有固定权的码, 各位的权值分别为 5、4、2、1。

(4) 余 3BCD 码: 余 3BCD 码是 8421BCD 码的每个码组加 0011 形成, 余 3BCD 码的各位无固定的权, 为无权码。余 3BCD 码也是一种对 9 的自补代码, 其中 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 的余 3BCD 码互为自补代码。

(5) 格雷(Gray)码: 任何相邻的两个代码之间(包括首、尾两个代码)只有 1 位不同, 其余各位均相同, 因而格雷码也叫循环码, 属于无权码。格雷码所具有的特点可以降低其产生错误的概率。

此外, 在数字电路中, 还有一些专门处理字母、标点符号、运算符号的二进制代码, 如 ASCII 码、ISO 码等, 读者可参阅有关书籍。

用 BCD 码表示十进制数时, 只要把十进制数的每一位数码分别用 BCD 码取代即可。反之, 若要知道 BCD 码代表的十进制数, 只要把 BCD 码以小数点为起点向左、向右每四位分一组, 再写出每一组代码代表的十进制数, 并保持原排序即可。例如:

$$(95.7)_{10} = (10010101.0111)_{8421BCD} = (11001000.1010)_{\text{余}3BCD}$$

1.3 逻辑代数的三种基本运算

一个实际的数字系统, 其电路是非常复杂的。在分析和设计数字电路时, 常常借助于一种数学工具——逻辑代数。逻辑代数是按一定的逻辑规律进行运算的代数, 和普通代数一样, 也是用字母表示变量。但是, 逻辑代数的变量——逻辑变量的取值十分简单, 不是 0 就是 1, 没有第三种可能。而且, 这里的 0 和 1 不表示数量的大小, 只表示两种不同的逻辑状态。例如, 用 1 和 0 分别表示真和假、是和否、有和无、开和关等。所以, 逻辑代数要比普通代数简单得多。

1.3.1 逻辑变量与逻辑函数

研究事物原因(条件)和结果之间因果关系的规律的命题称为逻辑命题。广义地讲, 逻辑就是规律, 一般地, 人们称决定事物的因素(原因)为逻辑自变量, 而称被决定的事物的结果为逻辑结果(或称逻辑因变量), 这就是所说的逻辑变量。

如果以逻辑变量作为输入, 以运算结果作为输出, 那么当输入变量的取值确定之后, 输出的取值也随之而定。因此, 输出与输入之间是一种函数关系。这种函数关系称为逻辑函数。由于变量和输出(函数)的取值只有 0 和 1 两种状态, 所以我们所讨论的都是二值逻辑函数。

1.3.2 三种基本逻辑关系及其表示方法

在逻辑电路中, 基本的逻辑关系只有逻辑与、逻辑或和逻辑非三种, 并且把实现这三

