



应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

数字电子技术

邓奕 王礼平 主 编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

数字电子技术

主 编	邓 奕	王礼平			
副主编	周跃佳	崔 莉	杨 倩	葛敏娜	
	鲁世斌	高迎霞	王晓莹	王海文	

华中科技大学出版社

内 容 简 介

本书由一批具有丰富教学经验和实践经验的高校教师编写,全书概念清晰、结构合理、重点突出、难度适中、实例丰富,便于教学和学习。

本书内容包括:数制和代码、数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形电路、数/模与模/数转换电路、数字电路系统设计举例等。各章附有习题和答案。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费下载,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

本书可作为高等院校电子信息类、电气类、自动化类、光电类及计算机类等相关专业的教材和教学参考书,也可作为工程技术人员的业务参考资料和感兴趣的读者的自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/邓奕,王礼平主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.6
ISBN 978-7-5680-0191-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 135689 号

数字电子技术

邓 奕 王礼平 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:康 序

封面设计:李 嫒

责任校对:周 娟

责任监印:张正林

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)81321915

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

字 数:307千字

版 次:2014年9月第1版第1次印刷

定 价:28.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

只有无知，没有不满。

Only ignorant, no resentment.

.....迈克尔·法拉第(Michael Faraday)

迈克尔·法拉第（1791—1867）：英国著名物理学家、化学家，在电磁学、化学、电化学等领域都作出过杰出贡献。

应用型本科信息大类专业“十二五”规划教材

编 审 委 员 会 名 单

(按姓氏笔画排列)

卜繁岭	于惠力	方连众	王书达	王伯平	王宏远
王俊岭	王海文	王爱平	王艳秋	云彩霞	尼亚孜别克
厉树忠	卢益民	刘仁芬	朱秋萍	刘 锐	刘黎明
李见为	李长俊	张义方	张怀宁	张绪红	陈传德
陈朝大	杨玉蓓	杨旭方	杨有安	周永恒	周洪玉
姜 峰	孟德普	赵振华	骆耀祖	容太平	郭学俊
顾利民	莫德举	谈新权	富 刚	傅妍芳	雷升印
路兆梅	熊年禄	霍泰山	魏学业	鞠剑平	

前言

PREFACE

数字电路在当今世界的发展过程中,起着举足轻重的作用,其在日常生活中有着广泛的应用。

数字电子技术是电类各专业的主要专业基础课程之一,是电类各专业的主干课程。该课程要求学生掌握数字逻辑电路的基本知识、基本分析方法和基本应用技能,能够对各种基本逻辑单元进行分析和设计,学会使用标准的集成电路和可编程逻辑器件,并初步具备根据实际要求应用这些单元和器件构成简单数字电子系统的能力,为后续专业课程的学习奠定坚实的基础。

本书作者具有丰富的教学经验和实践经验。在本书内容安排上,一方面全面、系统地介绍了数字电路的基本理论和知识,让读者建立直观的概念和分析方法;另一方面,以具体的工程实际数字电路为例,详细地讲解如何设计和制作一件电子作品。相信读者在此基础上通过自己动手实践,必将受益匪浅。

本书内容包括:数制和代码、数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形电路、数/模与模/数转换电路、数字电路系统设计举例等,各章附有习题和答案。其主要内容介绍如下。

● 第1章,数制和代码。本章主要对数字技术的发展和应作了全面的介绍,重点讲解了数字电路两个最基本的概念——数制和代码。

● 第2章,数字逻辑基础。本章主要讲解数字逻辑电路的基础,包括基本逻辑运算与逻辑门、复合逻辑运算与逻辑门、逻辑函数及逻辑代数公式、逻辑函数标准表达式、逻辑函数化简和逻辑函数的门电路实现等内容。

● 第3章,集成逻辑门电路。本章主要学习 CMOS 逻辑门电路和 TTL 逻辑门电路的基本结构、工作原理和外部特性参数等。

● 第4章,组合逻辑电路。本章主要介绍加法器、数据选择器、数值比较强、编码器和译码器的基本原理和应用。

● 第5章,时序逻辑电路。本章主要讲解触发器、计数器、寄存器、脉冲发生器的基本原理和应用。

● 第6章,脉冲波形的产生与整形电路。本章主要介绍脉冲波形的产生与整形电路的工作原理、555 定时电路及其集成定时电路的工作原理和应用。

● 第7章,数/模与模/数转换电路。本章主要介绍常用的数/模和模/数转换电路的基本原理、结构和相应集成芯片及其典型应用。

● 第8章,数字电路系统设计举例。本章讲解综合数字电路系统设计实例的内容、要求及方法,并且通过几个工程实例来讲解如何设计和制作一件电子产品。

● 附录。其内容主要包括原理图与 PCB 的绘制和常用数字集成电路型号。

本书由汉口学院邓奕、王礼平担任主编,由哈尔滨剑桥学院周跃佳和崔莉、绥化学院杨倩、大连工业大学艺术与信息工程学院葛敏娜、合肥师范学院鲁世斌、石家庄铁道大学四方学院高迎霞、北京航空航天大学北海学院王晓莹、大连工业大学王海文担任副主编。其中,周跃佳编写了第5章,崔莉编写了1、4章,杨倩编写了第3章和附录,邓奕与王晓莹编写了第2章,鲁世斌与高迎霞编写了第6章,王礼平编写了第7章,葛敏娜与王海文编写了第8章。全书由邓奕副教授拟定编写大纲和最后统一定稿,最后由王礼平教授审读了全书。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费下载,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

因编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,还请读者批评指正。

编 者

2014 年 8 月

目
录

CONTENTS

第 1 章 数制和代码	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 数制	(2)
1.3 数制间的转换	(3)
1.4 二进制代码	(6)
习题 1	(8)
习题 1 答案	(8)
第 2 章 数字逻辑基础	(9)
2.1 基本逻辑运算与逻辑门	(9)
2.2 复合逻辑运算与逻辑门	(12)
2.3 逻辑函数及逻辑代数公式	(15)
2.4 逻辑函数标准表达式	(17)
2.5 逻辑函数化简	(20)
2.6 逻辑函数的门电路实现	(25)
习题 2	(28)
习题 2 答案	(29)
第 3 章 集成逻辑门电路	(31)
3.1 CMOS 逻辑门电路	(31)
3.2 TTL 逻辑门电路	(42)
3.3 逻辑门电路的实际应用	(44)
习题 3	(47)
习题 3 答案	(49)
第 4 章 组合逻辑电路	(51)
4.1 组合逻辑电路的分析和设计	(51)
4.2 加法器	(54)
4.3 数据选择器	(57)
4.4 数值比较器	(61)
4.5 编码器	(65)

4.6 译码器	(67)
习题 4	(73)
习题 4 答案	(74)
第 5 章 时序逻辑电路	(78)
5.1 概述	(78)
5.2 触发器	(80)
5.3 时序逻辑电路的分析与设计方法	(98)
5.4 计数器	(101)
5.5 寄存器	(108)
5.6 脉冲发生器	(112)
习题 5	(115)
习题 5 答案	(116)
第 6 章 脉冲波形的产生与整形电路	(120)
6.1 多谐振荡器	(121)
6.2 单稳态触发器	(124)
6.3 施密特触发器	(128)
习题 6	(131)
习题 6 答案	(133)
第 7 章 数/模与模/数转换电路	(135)
7.1 概述	(135)
7.2 D/A 转换器	(138)
7.3 A/D 转换器	(144)
习题 7	(149)
习题 7 答案	(151)
第 8 章 数字电路系统设计举例	(154)
8.1 制作第一件电子产品	(154)
8.2 电子密码锁的设计	(160)
8.3 四路竞赛抢答器的设计	(163)
8.4 数字显示频率计的设计	(165)
附录 A 555 振荡电路原理图与 PCB 的绘制	(168)
附录 B 常用数字集成电路型号	(176)
参考文献	(179)

第1章

数制和代码

教学提示

数字电路在当今世界的发展过程中,起着举足轻重的作用,在日常生活中有着广泛的应用。目前较为常见的 CD、DVD、MP3、手机、IC 卡、PC 等都用到了数字电路的相关技术。尤其是在信息技术高速发展的今天,学习好数字电路的基础知识,可以为今后的学习和发展打下良好的基础。

教学要求

本章简单介绍了数字技术的发展和应用,以及数字电路两个最基本的概念:数制和代码。通过本章的学习,读者对数字电路将产生一个基本的认识,并且在脑海中建立起数字电路的知识框架,同时培养学习兴趣,为后续章节的学习打下良好的基础。



1.1 概述

通常情况下将产生、变换、传送、处理模拟信号的电子电路称为模拟电路,与之相对应的,将产生、变换、传送、处理数字信号的电子电路称为数字电路。数字电路用数字信号完成对数字量的算术运算和逻辑运算。由于它具有逻辑运算和逻辑处理功能,所以又称为数字逻辑电路。现代的数字电路由采用半导体工艺制成的若干数字集成器件构造而成。其中,逻辑门是数字逻辑电路的基本单元,存储器是用来存储二值数据的数字电路。从整体上来看,数字电路可以分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

数字技术的发展是以电子技术的发展为基础的。20 世纪初至 20 世纪中叶,主要使用的电子器件是真空管,也称为电子管。随着固体微电子学的进步,第一支晶体三极管于 1947 年问世,开创了电子技术的新领域。60 年代初期,模拟和数字集成电路相继问世。20 世纪 70 年代末,由于微处理器的问世,电子器件及其应用出现了崭新的局面。从 20 世纪 80 年代中期开始,专用集成电路(ASIC)制作技术已趋向成熟,标志着数字集成电路发展到了新的阶段。1988 年,集成工艺可以实现在 1 cm^2 的硅片上集成 3 500 万个元件。到了 20 世纪 90 年代后期,一片集成电路上可以集成 40 亿个晶体管。进入 21 世纪后,其发展速度相当迅猛,目前芯片内部布线的线宽可以到亚微米($0.13\sim 0.09\text{ }\mu\text{m}$)数量级。随着芯片上元件和布线的缩小,芯片的功耗降低而速度大为提高,如最新生产的微处理器的时钟频率高达 30 GHz。

由于数字电路主要研究对象的输出和输入间的逻辑关系,故数字电路中三极管一般作为开关元件来使用,其工作在开关状态,因而在数字电路中不能采用模拟电路的分析方法。数字电路所采用的分析工具是逻辑代数,主要使用真值表、逻辑表达式及波形图等来描述电路的功能。随着计算机技术的发展,数字电路或数字系统的分析、仿真与设计,可以采用硬件描述语言和 EDA 软件,借助计算机来自动实现。

数字电路和模拟电路相比有以下几个优点。

- (1) 较低的成本 数字电路结构简单,易集成和系列化生产,成本低,使用方便。
- (2) 较高的可靠性 数字信号在传输时采用高、低电平二值信号,因此数字电路抗干扰能力强,可靠性高,精确性和稳定性都比较高。
- (3) 较强的逻辑性 数字电路不仅能完成算术运算,还可以完成逻辑运算,具有逻辑推

理和逻辑判断的能力,因此数字电路又称为数字逻辑电路。

(4) 较低的损耗 数字电路中的元件大多工作在开关状态,功耗比较小。

(5) 较强的时序性 为了实现数字系统逻辑函数的动态特性,数字电路各部分之间的信号必须有着严格的时序关系。因此,时序设计也是数字电路设计的基本技术之一。

(6) 较好的抗干扰能力 由于数字电路所处理的是逻辑电平信号,因而从信号处理的角度来看,数字电路系统比模拟电路具有更好的信号抗干扰能力。

正是由于数字电路具有的以上优点,因而在电子计算机、数字通信、数字仪表、数控装置、航天技术等方面得到了广泛的应用。



1.2 数制

在数字系统中,经常要使用四种数制:十进制、二进制、八进制和十六进制。因为数字逻辑电路只能识别和处理二进制数码,所以数字系统中的信息都要用二进制数码表示。不同进制之间还可以相互转换。

1.2.1 十进制数的表示

十进制是人们非常熟悉并经常使用的一种数制,它是以 10 为基数的计数进制。十进制数中,每一位可取 0~9 共计 10 个数码。基数是数制的最基本特征,是指数制中所用数码的个数,故十进制的基数为 10。十进制数的进位法则是逢十进一,就是低位计满十,向高位进一,或者从高位借一,到低位就得十。一个十进制数,可以记为 $(A)_D$,下标 D 表示括号中的 A 为十进制数。例如,十进制数 8349 可以表示为

$$(8349)_D = 8 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 9 \times 10^0$$

式中: $10^3, 10^2, 10^1, 10^0$ 为各位的权值,权值从右到左逐位扩大 10 倍;8、3、4、9 为各位的系数。因此,十进制数的数值就是这个数的各位系数与各位权值的乘积之和。

1.2.2 二进制数的表示

二进制是以 2 为基数的计数进制。在二进制中,每一位二进制数有 0、1 两个不同的数码,计数规则为“逢二进一”,各位的权为 2 的幂。即为低位计满二,向高位进一,或者从高位借一,到低位就得二。一个二进制数,可以记为 $(A)_B$,下标 B 表示括号中的 A 为二进制数,同时下标也可以用 2 来表示。例如,二进制数 1101 可以表示为

$$(1101)_B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

式中: $2^3, 2^2, 2^1, 2^0$ 为各位的二进制权值,权值从右到左逐位扩大 2 倍;1、1、0、1 为二进制各位的系数。因此二进制与十进制相同,一个二进制数的数值就是这个数的各位系数与各位权值的乘积之和。

下面举例说明一下十进制数和二进制数之间的转换。

【例 1-1】 求 $(1101)_B$ 的十进制数值。

【解】 $(1101)_B = 1 \times 2 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 13$

【例 1-2】 求 9 的二进制数值。

【解】 $9 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (1001)_B$

通过以上的两个例子,可以了解一些十进制数和二进制数之间相互转化基本方法。对于一个 n 位的二进制数,如果要将其转换成十进制数,首先要将其分解为各位系数和权值相乘再求和的形式。最高位的权值为 2^{n-1} ,后面的权值依次除以 2,直到分解到 2^0 为止,然后将各位的系数提取出来,则组合成了与十进制数所对应的二进制数。而对于一个十进制数,

首先要判断当它转换成二进制数时的最高位的权值,当 2^{n+1} 大于该十进制数而 2^n 小于该十进制数时,该十进制数转换成二进制数的最高位的权值即为 2^n ,然后后面的系数也按照此方法来确定,从而最终确定一共有多少个“1”和多少个“0”,并确定其排列顺序,从而完成十进制数与二进制数之间的转换。这里的方法只是一个初步的方法,在后面还将会介绍比较简单的方法,并将对这两种方法进行进一步的讨论。在数字系统中,通常使用二进制数码表示信息。1 位二进制数可以表示数字系统中的 1 位信息,因此,位是数字系统中最小的信息量。

1.2.3 八进制数和十六进制数的表示

1. 八进制数

在八进制数中,每个数位上规定使用的数码为 $0\sim7$,共 8 个,其进位基数只为 8,其计数规则为“逢八进一”,各位的权值为 8 的幂。即低位计满 8 向高位进一,或者从高位借一到低位即得 8。一个八进制数可以记为 $(A)_O$,下标 O 表示括号中的 A 为八进制数。例如,八进制数 451 可表示为

$$(451)_O = 4 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 1 \times 8^0$$

式中: $8^2, 8^1, 8^0$ 为各位的权值,权值从右到左逐位扩大 8 倍;4、5、1 为各位的系数。因此,八进制数也是各位的系数与各位权值乘积之和。

2. 十六进制数

十六进制数和八进制数大同小异。在十六进制数中,每个数位上规定使用的数码为 $0\sim9, A, B, C, D, E$ 和 F 共 16 个,故其进位基数为 16,其计数规则为“逢十六进一”,各位的权值为 16 的幂。即低位计满 16 向高位进一,或者从高位借一到低位即得 16。一个十六进制数可以记为 $(A)_H$,下标 H 表示括号中的 A 为十六进制数。例如,十六进制数 16 可表示为

$$(16)_H = 1 \times 16^1 + 6 \times 16^0$$

式中: $16^1, 16^0$ 称为各位的权值,权值从右到左逐位扩大 16 倍;1、6 为各位的系数。因此十六进制数和其他数制数一样也是各位的系数与各位权值的乘积之和。

【例 1-3】 将 $(35)_H$ 表示成十进制数。

$$(35)_H = 3 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = 53$$



1.3 数制间的转换

灵活掌握不同数制之间的转换,将为后面的学习打下良好的基础。

1.3.1 其他进制数转换为十进制数

将二进制数、八进制数和十六进制数转换成十进制数的方法是通用的,都是将所给数的各位的系数与各位权值相乘,然后求其和,即可得出相应的十进制数。这一方法,在前面的介绍中已经提到过,这里不再赘述。

1.3.2 十进制数转换为其他进制数

1. 十进制数转换成二进制数

在上一小节中已经简单介绍了一种十进制数转换成二进制数的方法,但是该方法的转换效率比较低,而且对于小数部分的转换,不是很适用。下面介绍另一种将十进制数转换成二进制数的方法。

下面以十进制数 125.45 为例,说明十进制数转换成二进制数的方法。首先要对整数部分进行转换,基本思想是除 2 取余。有

$$\begin{array}{r|l}
 2 & 125 \\
 \hline
 2 & 62 \\
 \hline
 2 & 31 \\
 \hline
 2 & 15 \\
 \hline
 2 & 7 \\
 \hline
 2 & 3 \\
 \hline
 2 & 1 \\
 \hline
 & 0
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \cdots \cdots \text{余} 1b_0 (\text{最低位}) \\
 \cdots \cdots \text{余} 0b_1 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_2 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_3 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_4 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_5 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_6 (\text{最高位})
 \end{array}$$

由上可知,这种方法的步骤就是用给出的十进制数反复除以 2,第一次除法所得的余数作为转换后所得二进制数的最低位,最后一次除法所得的余数作为转换后所得二进制数的最高位,其他位即依次写出相应的余数,直到商为 1 为止,此时的余数 1 即为最高位,最后所得二进制数即为将所得余数从下到上排列所得。即 $125 = (1111101)_B$ 。

最后进行一次验算,验证结果是否正确,即

$$1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 125$$

接下来要将十进制数的小数部分转换成二进制,其基本思想是乘 2 取整。具体过程如下。

$$\begin{array}{ll}
 0.45 \times 2 = 0.9 & b_{-1} = 0 \\
 0.9 \times 2 = 1.8 & b_{-2} = 1 \\
 0.8 \times 2 = 1.6 & b_{-3} = 1 \\
 0.6 \times 2 = 1.2 & b_{-4} = 1 \\
 0.2 \times 2 = 0.4 & b_{-5} = 0 \\
 0.4 \times 2 = 0.8 & b_{-6} = 0 \\
 0.8 \times 2 = 1.6 & b_{-7} = 1 \\
 0.6 \times 2 = 1.2 & b_{-8} = 1
 \end{array}$$

由上可知,第一次乘法所得结果的整数部分是 0,这一位是二进制小数的小数点后的第一位。十进制数的小数部分转换成二进制数有可能是无穷无尽的,因此一般需要规定一个精度,在本式中精度为 e ,要求 $e < 2^{-8}$ 。因此小数部分转换结果为 $0.45 = (0.01110011)_{B+e}$ 。

综合整数部分和小数部分的转换结果,可以得到

$$125.45 = (1111101.01110011)_{B+e}$$

【例 1-4】 将十进制数 20.375 转换成二进制数。

【解】 首先转换整数部分 20,有

$$\begin{array}{r|l}
 2 & 20 \\
 \hline
 2 & 10 \\
 \hline
 2 & 5 \\
 \hline
 2 & 2 \\
 \hline
 2 & 1 \\
 \hline
 & 0
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \cdots \cdots \text{余} 0b_0 (\text{最低位}) \\
 \cdots \cdots \text{余} 0b_1 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_2 \\
 \cdots \cdots \text{余} 0b_3 \\
 \cdots \cdots \text{余} 1b_4 (\text{最高位})
 \end{array}$$

结果是: $20 = (10100)_B$

接着转换小数部分 0.375,有

$$\begin{array}{ll}
 0.375 \times 2 = 0.75 & b_{-1} = 0 \\
 0.75 \times 2 = 1.5 & b_{-2} = 1 \\
 0.5 \times 2 = 1.0 & b_{-3} = 1
 \end{array}$$

与之前不同的是小数部分最终可以为0,所以计算完毕。

结果是: $0.375=(0.011)_B$

综合整数和小数,最终结果: $20.375=(10100.011)_B$ 。

2. 十进制数转换为八进制数和十六进制数

十进制数转换成八进制数和十六进制数的方法与十进制数转换成二进制数的方法类似,整数部分也是采用取余法,小数部分还是采用去整法。下面举两个例子,读者可以根据例子理解其相似之处。

【例 1-5】 将十进制数 2046 转换成八进制数。

【解】

$$\begin{array}{rcl}
 8 \overline{) 2046} & & \cdots \cdots \text{余 } 6b_0(\text{最低位}) \\
 8 \overline{) 255} & & \cdots \cdots \text{余 } 7b_1 \\
 8 \overline{) 31} & & \cdots \cdots \text{余 } 7b_2 \\
 8 \overline{) 3} & & \cdots \cdots \text{余 } 3b_3(\text{最高位}) \\
 0 & &
 \end{array}$$

结果是: $2046=(3776)_O$

【例 1-6】 将十进制数 15384 转换成十六进制数。

【解】

$$\begin{array}{rcl}
 16 \overline{) 15384} & & \cdots \cdots \text{余 } 8b_0(\text{最低位}) \\
 16 \overline{) 961} & & \cdots \cdots \text{余 } 1b_1 \\
 16 \overline{) 60} & & \cdots \cdots \text{余 } 12b_2 \\
 16 \overline{) 3} & & \cdots \cdots \text{余 } 3b_3(\text{最高位}) \\
 0 & &
 \end{array}$$

结果是: $15384=(3C18)_H$

1.3.3 二进制数与八进制数、十六进制数之间的转换

1. 二进制数和八进制数之间的相互转换

二进制数和八进制数之间的相互转换非常方便。从二进制数的表示方法来看,每3位二进制数就可以表示1位八进制数。因此3位二进制数所表示的系数即为八进制数中相应位的系数,转换的顺序以小数点为界,整数部分依次向左转换,小数部分依次向右转换,从低位到高位,高位不够3位用0补齐。下面举例说明。

【例 1-7】 将二进制数 11010110 转换成八进制数。

【解】

$$\begin{array}{ccc}
 011 & 010 & 010 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 3 & 2 & 6
 \end{array}$$

结果是: $(11010110)_B=(326)_O$

【例 1-8】 将八进制数 731 转换成二进制数。

【解】

$$\begin{array}{ccc}
 7 & 3 & 1 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 111 & 011 & 001
 \end{array}$$

结果是: $(731)_O=(111011001)_B$

2. 二进制数和十六进制数之间的转换

二进制数和十六进制数之间的相互转换与二进制数和八进制数之间的相互转换的方法相同。不同之处在于,二进制数转换成十六进制是将二进制数的每 4 位表示十六进制的 1 位,他们的权值的积也刚好是 16 的倍数。4 位二进制数所表示的系数即为十六进制数中相应的系数,转换的顺序同样是以小数点为界,依次向左,向右转换,从低位到高位,高位不够 4 位用 0 补齐。下面也将举例说明。

【例 1-9】 将二进制数 11101100100.1001011 转换成十六进制数。

【解】

0111	0110	0100	.	1001	0110
↓	↓	↓		↓	↓
7	6	4	.	9	6

结果是: $(11101100100.1001011)_B = (764.96)_H$

【例 1-10】 将十六进制数 $(BCA3)_H$ 转换成二进制数。

【解】

B	C	A	3
↓	↓	↓	↓
1011	1100	1010	0011

结果是: $(BCA3)_H = (1011110010100011)_B$



1.4 二进制代码

数字电路系统中处理的信息是离散信息,而这些离散信息只有转换成二进制码才能被数字系统识别。

用一定位数的二进制码,按一定的规则来表示数字、字母、符号和其他离散信息的过程称为编码。这些二进制码称为代码。在这些代码中最常用的为二进制码,即 BCD 码。BCD 码是一种用 4 位二进制码来表示 1 位十进制数的代码,常见的 BCD 码有 8421BCD 码、2421BCD 码、4221BCD 码、5421BCD 码和余 3 码等,如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的 BCD 码

十进制数	8421BCD	2421BCD	4221BCD	5421BCD	余 3 码
0	0000	0000	0000	0000	0011
1	0001	0001	0001	0001	0100
2	0010	0010	0010	0010	0101
3	0011	0011	0011	0011	0110
4	0100	0100	0110	0100	0111
5	0101	0101	0111	1000	1000
6	0110	0110	1100	1001	1001
7	0111	0111	1101	1010	1010
8	1000	1110	1110	1011	1011
9	1001	1111	1111	1100	1100

其中,最常见的当属 8421BCD 码,它是使用最广泛的一种 BCD 码。8421BCD 码的每 1 位都具有同二进制数相同的权值,即从高位到低位的权值依次为 8、4、2、1,因此称为 8421BCD 码,在 8421BCD 码中只使用了 0000~1001 这 10 种状态。

1.4.1 格雷码

格雷码也称为循环码、单位间距码或反射码,经常以格雷码盘的形式出现,用来记录二进制数。格雷码的特点是相邻码组中仅有1位码值发生变化。用格雷码表示信息时,相邻码组之间不会出现其他码组,因此格雷码是一种错误最小化的代码,表1-2所示的为十进制数0~9的格雷码表示方式。

表 1-2 十进制数 0~9 的格雷码表示

十进制数	格雷码	十进制数	格雷码
0	0000	5	0111
1	0001	6	0101
2	0011	7	0100
3	0010	8	1100
4	0110	9	1101

1.4.2 ASCII 码

ASCII 码是美国信息交换标准代码,它被广泛地应用于计算机和数字通信中。ASCII 码用7位二进制码表示,它可以用来表示数字、字符、符号和特殊控制符。例如,数字8用ASCII码表示为 $b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 = 0111000$,或者用十六进制缩写为 $(38)_H$ 。又如,符号@可表示为1000000,或者用十六进制缩写为 $(40)_H$ 。ASCII码表如表1-3所示。

表 1-3 ASCII 码表

$b_6 b_5 b_4$ $b_3 b_2 b_1 b_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	•	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

习 题 1

1. 什么是模拟信号？什么是数字信号？
2. 将下列十进制数转换成二进制数。

(1) 45	(2) 213	(3) 500
(4) 176	(5) 32.375	(6) 84.125
3. 将下列二进制数转换成十进制数。

(1) 110011	(2) 1100	(3) 10110.11
------------	----------	--------------
4. 将下列二进制数转换成八进制数。

(1) 1010110	(2) 110011	(3) 1011.011
-------------	------------	--------------

习题 1 答案

1. **【答】**模拟信号指瞬时值随时间连续变换的信号；数字信号是离散时间信号的数字化表示。
2. (1) 101101; (2) 11010101; (3) 111110100; (4) 10110000; (5) 100000.011; (6) 1010100.001
3. (1) 51; (2) 12; (3) 22.75
4. (1) 126; (2) 63; (3) 13.3