



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育应用电子技术专业系列教材

Shuzi Dianlu 数字电路

主 编 刘 勇



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育应用电子技术专业系列教材

数 字 电 路

主 编 刘 勇

副主编 范泽良

武汉理工大学出版社

武汉

内 容 提 要

根据教育部颁发的《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,结合数字电子技术近年来飞速发展的实际,参考高职高专电子信息类专业教学基本要求进行编写。

全书共分为8章:数字电路基础知识、集成逻辑门、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、存储器与可编程逻辑器件、脉冲信号的产生与变换、数/模与模/数转换。每章后安排有习题与思考题,供读者练习。

在内容安排与组织上,贯彻高职高专人才培养方针,将培养生产一线的技能应用型人才作为培养目标,理论知识为应用服务,做到够用即可,深入浅出地学习数字集成电路的外特性与逻辑功能,突出应用性、实践性、科学性,突出能力培养。

本书可作为高职高专电子信息类专业教材,也可作为从事相关电子技术工作的有关人员自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路/刘勇主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2007.2

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

高等职业教育应用电子技术专业系列教材

ISBN 978-7-5629-2511-8

I. 数... II. 刘... III. 数字电路-高等学校-教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 017142 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

HTTP://www.techbook.com.cn 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:安陆鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×960 1/16

印 张:13.75

字 数:277 千字

版 次:2007 年 2 月第 1 版

印 次:2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

凡使用本教材的教师,可拨打(027)87385610 索取电子教案光盘或邮件包。

E-mail:duanchao@mail.whut.edu.cn

前言

电子技术分为模拟电子技术与数字电子技术两大类。

模拟信号指在时间和数值上都是连续变化的信号;数字信号指在时间上和数值上都是离散的信号。处理模拟信号的电路称为模拟电路,处理数字信号的电路称为数字电路。随着科学技术的飞速发展,数字技术成为发展最快的技术之一。资料显示:以 18 个月为周期,数字电路器件的性能就要提高一倍。数字技术的普及推广,标志着信息化社会的到来。

数字电路的主要特点有:

(1)采用二进制数,电路中只有 0 和 1 两种对立的状态存在。电路结构简单、性能稳定、分析方便、抗干扰能力强。

(2)在数字运算的基础上,可以进行逻辑运算与比较,应用广泛;随着电路中数字位数的增加,运算精度相应提高,可进行较高精度的运算。

(3)与模拟电路分析方法不同:模拟电路以分析微弱信号的放大、变换为主;数字电路以分析输入、输出信号的逻辑关系为主。

本书共分为 8 章:

第 1 章为数字电路基础知识,主要介绍各种数制的规则及其相互间的转换方法;常见 BCD 编码规则;基本逻辑运算规则及表现形式;函数表达式、真值表与卡诺图的关系等。

第 2 章为集成逻辑门,介绍 TTL 和 CMOS 门电路的分类、电路基本形式、功能和外特性;简单介绍 TTL、CMOS 之间的接口电路。

第 3 章为组合逻辑电路,介绍组合逻辑电路的分析与设计方法,即学习常见组合逻辑电路如加法器、编码器与译码器、数据选择器与分配器等,应重点掌握相关集成电路的逻辑功能,了解、熟悉组合单元图形符号的含义;最后介绍组合逻辑电路的竞争冒险现象。

第 4 章为触发器,介绍基本 RS 触发器与各种钟控触发器、触发器之间逻辑功能的转换。这是学习时序逻辑电路的基础。学习时要重点掌握描述触发器逻辑功能的方法,对触发器内部工作过程仅做一般了解。

第 5 章为时序逻辑电路,学习时序逻辑电路的分析方法,常见时序逻辑电路:寄存器、移位寄存器、计数器等。同组合逻辑电路一样,学习时应重点掌握电路的逻辑功能,熟悉电路图形符号的含义。

第 6 章为存储器与可编程逻辑器件,介绍半导体存储器的工作原理和使用方

法,及各种常见可编程逻辑器件的结构和使用方法。

第7章为脉冲信号的产生与变换,介绍常见的波形产生与变换电路:单稳态振荡器、施密特触发器、多谐振荡器、555 定时器等。

第8章介绍数/模和模/数之间的转换方法。

通过本书学习,读者会对数字电路的基础知识有较为全面的认识。在编写时,既考虑实用性,也不失先进性。

通过学习,读者应熟悉常用集成电路的使用方法,具备一定的实践能力,能画出一般数字电路的时序图;能查阅数字集成电路手册并合理选用,为后续专业课程的学习奠定坚实的基础。

本书由赵小霞、张友能、范泽良、关德君、陈继华、岳晓瑞、栾秋平等老师编写。全书由刘勇担任主编,负责统稿工作。

在此对关心、帮助、支持该教材编写、出版、发行的各位同志表示诚挚的谢意!

限于作者水平有限,教材中存在不足与错误在所难免,请广大读者不吝赐教!

编 者

2006 年 10 月

目 录

1 数字电路基础知识	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 数字信号与数字电路	(1)
1.1.2 数字电路的特点	(2)
1.1.3 数字电路的分类及其发展趋势	(2)
1.2 数制与编码	(3)
1.2.1 十进制	(3)
1.2.2 二进制	(4)
1.2.3 八进制	(5)
1.2.4 十六进制	(5)
1.2.5 不同进制之间的转换	(6)
1.2.6 BCD 码	(7)
1.2.7 ASCII 码	(8)
1.3 晶体管的开关特性	(9)
1.3.1 二极管的开关特性	(9)
1.3.2 三极管的开关特性	(10)
1.4 逻辑代数基础	(12)
1.4.1 逻辑变量与逻辑函数	(12)
1.4.2 基本逻辑运算及基本逻辑门	(13)
1.4.3 逻辑代数的基本公式和常用公式	(16)
1.4.4 逻辑函数的表示方法及其标准表达式	(18)
1.4.5 逻辑函数化简	(21)
习题与思考题	(28)
2 集成逻辑门	(30)
2.1 基本逻辑门电路	(30)
2.1.1 基本概念	(30)

2.1.2	基本逻辑门电路	(30)
2.1.3	常用逻辑门电路	(32)
2.2	TTL 集成逻辑门电路	(34)
2.2.1	TTL 与非门	(34)
2.2.2	TTL 与非门的特性及参数	(35)
2.2.3	OC 门和 TSL 门	(37)
2.2.4	TTL 电路的使用常识	(39)
2.3	CMOS 集成逻辑门电路	(39)
2.3.1	CMOS 电路和 TTL 电路的区别	(39)
2.3.2	各种 CMOS 门电路	(40)
2.3.3	CMOS 电路的使用常识	(42)
2.4	门电路综合应用	(43)
2.4.1	门电路构成控制门	(43)
2.4.2	产品分类电路	(43)
2.4.3	简易抢答器电路	(45)
	习题与思考题	(46)
3	组合逻辑电路	(48)
3.1	组合逻辑电路的分析和设计	(48)
3.1.1	组合逻辑电路的分析	(48)
3.1.2	组合逻辑电路的设计	(50)
3.2	加法器和数值比较器	(53)
3.2.1	二进制加法器	(53)
3.2.2	数值比较器	(55)
3.3	编码器与译码器	(57)
3.3.1	编码与译码的概念	(57)
3.3.2	常见编码器	(58)
3.3.3	常见译码器	(60)
3.3.4	编码器与译码集成电路简介	(69)
3.4	数据选择器	(75)
3.4.1	4 选 1 数据选择器	(75)
3.4.2	8 选 1 数据选择器	(77)
3.4.3	数据选择器的应用	(78)

3.5 组合逻辑电路中的竞争与冒险	(82)
3.5.1 竞争与冒险的概念	(82)
3.5.2 竞争与冒险的识别与消除	(83)
习题与思考题	(85)
4 触发器	(87)
4.1 基本触发器	(87)
4.1.1 触发器及分类	(87)
4.1.2 基本 RS 触发器	(87)
4.2 同步触发器	(89)
4.2.1 同步 RS 触发器	(90)
4.2.2 同步 D 触发器	(91)
4.2.3 同步 JK 触发器	(92)
4.3 典型集成触发器	(94)
4.3.1 主从触发器	(94)
4.3.2 边沿触发器	(97)
4.3.3 维持阻塞触发器	(98)
4.4 触发器的应用	(100)
4.4.1 触发器构成分频电路	(100)
4.4.2 触发器构成单脉冲去抖电路	(100)
4.4.3 触发器构成第一信号鉴别电路	(101)
习题与思考题	(102)
5 时序逻辑电路	(105)
5.1 概述	(105)
5.1.1 时序逻辑电路的概念	(105)
5.1.2 时序逻辑电路的功能描述方法	(105)
5.1.3 时序逻辑电路的分类	(107)
5.2 时序逻辑电路的分析	(107)
5.2.1 同步时序逻辑电路的分析方法及举例	(107)
5.2.2 异步时序逻辑电路的分析方法及举例	(110)
5.3 计数器	(111)
5.3.1 概述	(111)

5.3.2 异步计数器及应用	(112)
5.3.3 同步计数器及应用	(116)
5.3.4 计数器的级联	(119)
5.4 寄存器	(121)
5.4.1 基本寄存器	(121)
5.4.2 移位寄存器	(122)
5.4.3 寄存器应用实例	(125)
习题与思考题	(127)
6 存储器与可编程逻辑器件	(130)
6.1 存储器	(130)
6.1.1 存储器的种类	(130)
6.1.2 存储器的基本结构及工作原理	(131)
6.1.3 存储器常用芯片简介	(137)
6.2 可编程逻辑器件的结构	(138)
6.2.1 PLD 的基本结构	(139)
6.2.2 FPGA 的结构	(141)
6.3 PAL 器件结构及其应用	(142)
6.3.1 PAL 器件结构	(142)
6.3.2 PAL 器件举例及应用	(144)
6.4 GAL 器件结构及其应用	(146)
6.4.1 GAL 器件的基本类型	(146)
6.4.2 GAL 器件的基本结构	(146)
6.4.3 GAL 器件的输出逻辑宏单元 OLMC	(147)
6.4.4 GAL 器件的工作模式及应用	(149)
6.5 现场可编程逻辑器件 FPGA	(155)
6.5.1 概述	(155)
6.5.2 FPGA 器件的基本结构	(156)
6.5.3 应用举例	(159)
习题与思考题	(162)
7 脉冲信号的产生与变换	(164)
7.1 概述	(164)

7.2 多谐振荡器	(164)
7.2.1 CMOS 非门构成多谐振荡器	(164)
7.2.2 石英晶体多谐振荡器	(167)
7.3 单稳态触发器	(169)
7.3.1 微分型单稳触发器	(169)
7.3.2 集成单稳态触发器	(171)
7.3.3 应用举例	(173)
7.4 施密特触发器	(173)
7.4.1 施密特触发器工作原理	(174)
7.4.2 集成施密特触发器	(175)
7.4.3 应用举例	(175)
7.5 555 集成定时器及应用	(177)
7.5.1 电路结构及功能	(178)
7.5.2 构成多谐振荡器	(179)
7.5.3 构成单稳态触发器	(180)
7.5.4 构成施密特触发器	(181)
习题与思考题	(183)
8 数/模与模/数转换	(184)
8.1 数/模转换器(DAC)	(184)
8.1.1 基本概念	(184)
8.1.2 常见 D/A 转换电路	(185)
8.1.3 集成 D/A 转换器及应用	(189)
8.2 模/数转换器(ADC)	(191)
8.2.1 基本概念	(191)
8.2.2 典型 A/D 转换器	(194)
8.2.3 集成 A/D 转换器及应用	(199)
习题与思考题	(201)
附录	(203)
附录 1 半导体集成电路型号命名方法	(203)
附录 2 54/74 数字集成电路介绍	(204)
参考文献	(209)

1 数字电路基础知识

本章主要介绍数字电路基础知识,数字信号、模拟信号以及数字电路特征分类,数制与编码,十进制、二进制、八进制、十六进制的计数规则及它们之间的相互转换方法以及常用的BCD代码。介绍二极管、三极管的开关特性,逻辑代数的基础知识。最后介绍了逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

1.1 概 述

1.1.1 数字信号与数字电路

电子电路中的信号可分为两类。一类是在时间上、数值上均连续的信号,如速度、温度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号,以及广播电视中传送的各种语音信号和图像信号等,称为模拟信号;用于传递、处理模拟信号的电子线路称为模拟电路。另一类是在时间上和数值上均离散的信号,称为数字信号;对数字信号进行传递、处理的电子线路称为数字电路。图1.1是模拟信号和数字信号的常用波形图。

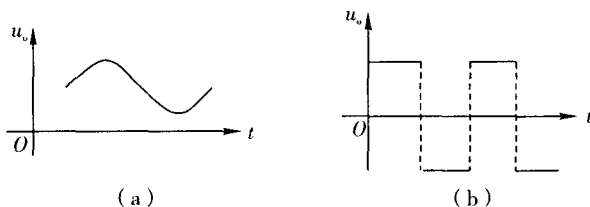


图 1.1 模拟信号、数字信号的常用波形图

(a) 模拟信号波形图; (b) 数字信号波形图

数字电路被广泛地应用于数字电子计算机、数字通信系统、数字式仪表、数字控制装置及工业逻辑系统等领域,能够实现对数字信号的传输、逻辑运算、控制、计数、寄存、显示及脉冲信号的产生和变换等功能。

与模拟电路相比,数字电路具有以下显著优点:

- (1) 电路结构简单,便于集成化、系列化生产,通用性强,使用方便。
- (2) 工作可靠性高,抗干扰能力强。
- (3) 数字信号更易于存储、加密、压缩、传输和再现。

1.1.2 数字电路的特点

由于数字电路的工作信号是不连续的信号,反映在电路上只有高电平和低电平两种状态,所以数字电路在稳态时,电子元器件(如二极管、三极管)处于开、关状态,即工作在饱和区和截止区。在数字电路中,通常用二进制的两个数码 1 和 0 来表示高电平和低电平。高电平对应 1,低电平对应 0 时,称为正逻辑关系;反之,称为负逻辑关系。本书采用的都是正逻辑关系。

数字电路研究的主要问题是输出信号的状态(0 或 1)与输入信号的状态(0 或 1)之间的关系。这种关系是一种逻辑关系,即电路的逻辑功能,而不是数值关系;数字电路采用的分析和设计方法是逻辑分析和逻辑设计,其数学工具是逻辑代数,所以数字电路又称逻辑电路。

1.1.3 数字电路的分类及其发展趋势

根据电路结构不同,数字电路可分为分立元件电路和集成电路两大类。分立元件电路是由二极管、三极管、电阻、电容等元件组成的电路;集成电路是将上述元件通过半导体制造工艺做在一块芯片上而成为一个不可分割的整体电路。

根据集成度不同,数字集成电路分为小规模、中规模、大规模、超大规模、巨大规模集成电路。

根据所用器件制作工艺不同,数字电路可分为双极型(TTL 型)和单极型(MOS 型)两类。

根据电路的结构和工作原理不同,数字电路可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两类。

当前,数字集成电路正向着大规模、低功耗、高速度、可编程、可测试和多值化方向发展。

(1) 大规模

随着集成电路技术的发展,一块半导体硅片上能够集成的数字逻辑门已达数百万个。而蓬勃兴起的纳米技术,进一步扩大了集成电路的规模。集成规模的提高不仅缩小了系统的体积,降低了系统的功耗与成本,而且大大地提高了数字系统的可靠性。

(2) 低功耗

功耗是制约许多电子设备研制、生产、推广、使用的一个重要因素,而系统功耗很大程度上又取决于所使用的芯片或模块。功耗的降低大大扩展了数字集成电路的应用领域。

(3) 高速度

信息社会是知识大爆炸的时代,人们对信息处理速度的要求越来越高。以计算

机为例,计算机的运行速度越来越快。虽然计算机的这种高速度在很大程度上依赖于并行处理技术,但集成电路芯片本身的速度在不断提高也不容置疑。

(4) 可编程

传统的标准 MSI/LSI 数字集成电路是一种通用性集成电路。使用这种集成电路设计复杂数字系统时,所需要的逻辑模块数量和种类往往比较多,这不仅增加了系统的体积和功耗,降低了系统的可靠性,而且也为器件的保存、电路和设备的调试、知识产权的保护带来了难题。可编程的数字集成电路可以很好地解决上述问题。

(5) 可测试

数字集成电路的规模越来越大,功能也越来越复杂。为了便于数字系统的使用和维护,要求所使用的逻辑模块具有“可测试性”,即可方便地对其进行功能测试和故障诊断。

(6) 多值化

传统的数字集成电路是一种二值电路,在信号的产生、存储、传输、识别、处理等方面具有很多优点。为了进一步提高集成电路的信息处理能力,除了在速度上下功夫外,还可采用多值逻辑。

1.2 数制与编码

日常生活中,许多场合都需要一些数字量表示物理量的大小或事件的多少,一般一位数是不够用的,因此需要使用进位计数的方法组成若干位数码。数制是进位计数制的简称,即构成若干位数码中某一位的方法和高低之间的进位规则。生活中人们习惯于使用十进制数,而在数字系统中常采用二进制数和十六进制数等,本节首先从人们最熟悉的十进制数开始分析,进而引出各种不同的进位数制。

1.2.1 十进制

首先给出几个概念:

(1) 数位:数码在一个数中的位置。

(2) 基数:在某种计数制中,每个数位上所能使用的数码符号个数称为计数制的基数。

(3) 位权:在每个数位上的数码符号所代表的数值等于该数位上的数码乘上一个固定的数值,这个固定的数值就是位权。

十进制数具有两个特点:

(1) 用十个不同的数字符号 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 来表示,通常把这些数字符

号称为数码；

(2) 逢“十”进位，借一当十。同一个数码在一个数中处于不同的位置(数位)代表的数值是不同的。例如，8549.6 这个数中，小数点左边的第一位代表个位，它的权值为 10^0 ，它本身的数值就是 9(或 9×10^0)；小数点左边第二位代表十位，它的数值为 4×10^1 ；小数点左边第三位代表百位，它的数值为 5×10^2 ；小数点左边第四位代表千位，它的数值为 8×10^3 ；而小数点右边第一位的权值为 10^{-1} ，它的数值为 6×10^{-1} 。因此，这个数可以写成：

$$\begin{aligned} 8549.6 &= 8 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} \\ &= 8000 + 500 + 40 + 9 + 0.6 \end{aligned}$$

上式中 8、5、4、9、6 这些数码均称为系数， 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 是每位数对应的权，这里 10 称为十进制数的基数，权乘以系数称为加权系数，所以一个十进制数的数值就是以 10 为基数的加权系数之和。任意一个十进制数 D_{10} ，都可以表示为

$$\begin{aligned} D_{10} &= a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times \\ &\quad 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

式中的 i 表示数中的第 i 位； a_i 表示第 i 位的数码(系数)，它可以是 0~9 十个数码中的任意一个， n 、 m 为正整数， n 为小数点左边的位数， m 为小数点右边的位数，10 为基数，下标 10 表示 D 是一个十进制数。若基数和 D 是 R 进制数，则写成 D_R 。以 R 为基数的 n 位整数， m 位小数的 R 进制数，则其按权展开式可写为

$$M_R = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times R^i$$

1.2.2 二进制

在现代数字系统中，广泛采用二进制计数制。它一方面可以方便地用具有两个稳定状态的元器件来表示，另一方面为数字系统的分析与设计带来极大方便。

与十进制数类似，二进制数也有两个主要特点：

(1) 每个数位可出现的数码为两个，0 和 1，即基数为 2。

(2) 逢二进一，借一当二。当 $1+1$ 时，本位为 0，向高位进 1($1+1=10$)。因此，同一个数码在不同的数位所代表的数值也是不同的。例如：

$$\begin{aligned} (1101.101)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} \\ &\quad + 1 \times 2^{-3} \\ &= (8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125)_{10} = (13.625)_{10} \end{aligned}$$

对于任何一个二进制数 D_2 ，都可以表示为

$$\begin{aligned}
 D_2 &= a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} \\
 &\quad + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i
 \end{aligned}$$

式中的 a_i 只能是 0 或 1, n, m 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数, 2 为基数, 故称二进制数。

由于在二进制数中仅有 0、1 两个数码, 其相应的运算规则也比较简单, 表 1.1 列出了二进制数加法与乘法运算规则。

表 1.1 二进制数运算规则

加 法	乘 法
$0 + 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$
$1 + 0 = 0 + 1 = 1$	$1 \times 0 = 0 \times 1 = 0$
$1 + 1 = 10$ (出现向高位进位)	$1 \times 1 = 1$

1.2.3 八进制

八进制的基本特点:

(1) 每个数位可出现的数码为 8 个, 0、1、2、3、4、5、6、7, 即基数为 8。

(2) 逢八进一, 借一当八。

对于任意一个八进制数 D_8 , 都可以表示为

$$\begin{aligned}
 D_8 &= a_{n-1} \times 8^{n-1} + a_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 + a_{-1} \times 8^{-1} + a_{-2} \times 8^{-2} \\
 &\quad + \cdots + a_{-m} \times 8^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 8^i
 \end{aligned}$$

式中的 a_i 可取 0 ~ 7 八个数码之中的任意一个, n, m 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数, 8 为基数, 故称八进制数。

1.2.4 十六进制

十六进制的基本特点:

(1) 每个数位可出现的数码为 16 个, 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 来表示数值, 即基数为 16。

(2) 逢十六进一, 借一当十六。

对于任意一个十六进制数 D_{16} , 都可以表示为

$$\begin{aligned}
 D_{16} &= a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + a_1 \times 16^1 + a_0 \times 16^0 + a_{-1} \times 16^{-1} \\
 &\quad + a_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 16^{-m}
 \end{aligned}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 16^i$$

式中的 a_i 可取 0 ~ F 十六个数码之中的任意一个, n, m 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数, 16 为基数, 故称十六进制数。

1.2.5 不同进制之间的转换

十进制数是人们日常生活中最常使用的一种进制数, 二进制数是计算机和数字系统中使用的进制数。为满足人们的习惯与要求, 在对计算机或数字系统输入信息时采用十进制数, 系统将十进制数转换为二进制数后, 对数据进行操作处理, 最后再将结果转换为十进制数输出。因此, 需要对各种不同的进制数进行转换。

1. 二进制数与十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换为十进制数

将二进制数转换为相应的十进制数, 只需将该二进制数按权展开, 相加即可。

例如:

$$\begin{aligned} D_2 &= (11011.101)_2 \\ &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} \\ &\quad + 1 \times 2^{-3} \\ &= (27.625)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数

把数的整数部分连续除以 2 (直至商为 0), 取余数作为二进制数整数; 小数部分连续乘以 2 (直至积为 1) 取整数作为二进制数小数。例如:

$\begin{array}{r} 2 \overline{) 27} \\ 2 \overline{) 13} \\ 2 \overline{) 6} \\ 2 \overline{) 3} \\ 2 \overline{) 1} \\ 0 \end{array}$	余1 余1 余0 余1 余1	$\uparrow$	$\begin{array}{r} 0.625 \\ \times 2 \\ \hline 1.250 \\ 0.250 \\ \times 2 \\ \hline 0.500 \\ 0.500 \\ \times 2 \\ \hline 1.000 \end{array}$	取整数位1 取整数位0 取整数位1	$\downarrow$
--	----------------------------	------------	--	---------------------------------	--------------

$$\text{则 } (27.625)_{10} = (11011.101)_2$$

2. 八进制数转换成二进制数

八进制数转换成二进制数, 其过程只要将每位八进制数用等价的三位二进制数表示即可。例如, $(426.231)_8 = (100010110.010011001)_2$

3. 二进制数与十六进制数之间的转换

(1) 二进制数转换成十六进制数

二进制数转换成十六进制数, 其方法是先将二进制数的整数部分由小数点向左,

每四位分一组,最后不足四位的前面补零;小数部分由小数点向右,每四位分一组,最后不足四位的后面补零,然后把每四位二进制数用等价的十六进制数来代替,即可转换为十六进制数。例如: $(1101110.1101110)_2$ 转换成十六进制数:

$$\begin{array}{cccc} 0110 & 1110 & . & 1101 & 1100 \\ 6 & E & & D & C \end{array}$$

$$\text{则 } (1101110.1101110)_2 = (6E.DC)_{16}$$

(2) 十六进制数转换成二进制数

转换方法与上述过程相反,每位十六进制数用四位二进制数替换即可。例如, $(1BE3.97)_{16}$ 转换成二进制数,其转换过程如下:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & B & E & 3 & . & 9 & 7 \\ 0001 & 1011 & 1110 & 0011 & . & 1001 & 0111 \end{array}$$

$$\text{则 } (1BE3.97)_{16} = (1101111100011.10010111)_2$$

常用四种计数制的特点类似,可以概括如下:

(1) 每一种计数制都有一个固定的基数 R ,它的每一位可取 R 个数码符号中的任意一个数码。

(2) 它们是逢“ R ”进位的。

十进制、二进制、八进制、十六进制四种不同数制的对照关系如表 1.2 所示。

表 1.2 十、二、八、十六进制数的转换关系

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0	8	1000	10	8
1	0001	1	1	9	1001	11	9
2	0010	2	2	10	1010	12	A
3	0011	3	3	11	1011	13	B
4	0100	4	4	12	1100	14	C
5	0101	5	5	13	1101	15	D
6	0110	6	6	14	1110	16	E
7	0111	7	7	15	1111	17	F

1.2.6 BCD 码

将十进制中的 0 ~ 9 十个数码,每个都用四位二进制数表示,就是二进制编码的十进制数,称为二—十进制代码(Binary Coded Decimal),简称 BCD 码。

四位二进制码组合在一起有 16 种状态,任选 10 种作为十进制编码,所以 BCD 码有多种形式。表 1.3 中列出了常用的几种 BCD 码。