



世纪高职高专通信教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN JIAOCAI

数字电子技术



郝云芳 黄天录 冯晓明 蒋 励 编
李转年 审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专通信教材

数字电子技术

郝云芳 黄天录 冯晓明 蒋 励 编
李转年 审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术/郝云芳, 黄天录等编. —北京: 人民邮电出版社, 2005. 8

21 世纪高职高专通信教材

ISBN 7-115-13484-7

I. 数... II. ①郝... ②黄... III. 数字电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 060160 号

内 容 提 要

本书内容包括数字逻辑基础, 组合逻辑电路, 时序逻辑电路, 大规模集成电路, 小型数字系统五部分。由浅入深地阐述了数字电子技术的工作原理和分析、设计方法, 重点讲述了目前数字电子技术中常用的中、大规模集成部件的工作原理及应用。

全书分 12 章。各章均选用了较多的典型实例, 并配有相当数量的习题和思考题, 便于读者联系实际, 灵活应用, 提高分析问题、解决问题的能力。第 3、5、8 章对 EDA 仿真进行了介绍, 通过自学可加深对所学内容的理解, 同时为提高读者的实际动手能力打下基础。

本书可作为高职高专学校通信、电子工程、自动控制、工业自动化、检测技术应用等专业的基础课教材, 亦可供其他专业师生及相关工程技术人员参考。

21 世纪高职高专通信教材

数字电子技术

-
- ◆ 编 郝云芳 黄天录 冯晓明 蒋 励
审 李转年
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13
字数: 306 千字 2005 年 8 月第 1 版
印数: 1 - 3 000 册 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13484-7 / TN · 2512

定价: 19.80 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

21 世纪高职高专通信教材

编 委 会

主 任 肖传统

副 主 任 张新璞 向 伟

委 员 王新义 孙青华 朱 立 江 丽 李元忠

李转年 李树岭 李 婵 刘翠霞 陈兴东

苏开荣 吴瑞萍 张干生 张孝强 张献居

周训斌 杨 荣 杨 源 胡 鹏 赵兰畔

黄柏江 曹晓川 滑 玉 傅德月 惠亚爱

秘 书 李立高

执行编委 滑 玉

丛书前言

随着通信技术的飞速发展，通信业务的不断拓展和通信市场的日益开放，如何提高从业人员的素质，增强产业竞争力，已成为通信运营商高层决策者们所考虑的重要问题之一。通信类的高等职业教育以适应通信技术发展，培养通信生产和服务一线的技能型人才为目的。

国务委员陈至立同志在全国职业教育工作会议上指出：“职业教育的目的是培养数以千万计的技能型人才和数以亿计的高素质劳动者，必须坚持以服务为宗旨，以就业为导向，面向社会、面向市场办学。”为了适应高等职业教育的需要，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们组织了全国通信类高职院校部分老师和部分通信企业的资深专家组织编写了这套《21 世纪高职高专通信教材》。该丛书技术新，实用性强，案例典型，既可满足通信类高职高专的教学使用，又可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学的丛书。

由于作者编写高职高专教材经验不足，征求意见的范围还不够广泛，书中难免存在疏漏之处，望广大读者多提宝贵意见，以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信教材编辑委员会

本书由数字逻辑基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编辑逻辑器件及其应用、小型数字系统分析与设计五部分组成。

本教材以数字集成电路及其应用贯穿全篇，加强了中规模集成电路的介绍和应用，并适当介绍了大规模集成电路的原理和典型应用。具有以下特点。

选材新颖，结构合理：本书不仅介绍了数字逻辑电路的一些经典内容，而且增加了基于计算机的 EDA 软件——Multisim v7（教育版）及其应用，也介绍了数字逻辑电路的一些现代内容——数字系统分析与设计。

注重通俗，深入浅出：概念、原理以及新技术的阐述比较精炼，思路清晰，方法得当，文字通顺，图文并茂，便于自学。

加强实践性和能力培养：在阐述理论知识的同时，注重基本技能和基本方法的讲授，大幅度增加了集成电路及其应用方面的内容，每部分都列出了常用的集成器件及其应用，而且有大量综合应用实例及 EDA 仿真。结合生活实际培养解决实际问题的能力。

体现时代性：充分吸收新理论、新技术，增加和充实了在系统可编程器件方面的内容，适当引入数字系统概念。便于读者了解电子技术的新发展，并学习掌握一些分析设计数字电路的新方法。

本书既可作为电子工程、信息工程、通信工程、计算机科学与技术等电类专业和机电一体化等非电类专业的高职专业基础课教材，也可作为相关专业工程技术人员的学习与参考用书。

李转年
2005 年 2 月

编者的话

数字电子技术是电气、电子信息类和部分非电类专业学生在电子技术方面入门性质的技术基础课，具有自身的体系和很强的实践性。电子技术及其应用发展很快，新的器件层出不穷，中、大规模集成器件得到较广泛的应用。为了适应“数字电子技术（逻辑电路）”课程改革的需要，根据教育部高等学校电子信息科学与电气信息类课程教学基本要求编写本书。

编者结合多年从事该课程教学的经验，在编写过程中力争做到文字叙述通俗易懂、思路清晰、方法得当、逻辑性强，内容安排由浅入深，循序渐进，理论联系实际、多举实例，注重体现通用性和实用性。本教材以数字集成电路及其应用贯穿全篇，同时考虑到当前数字电子技术飞速发展的现实，在教学内容上作了调整：删除了晶体管开关特性、集成逻辑门电路内部结构的内容；加强了中规模集成电路的介绍和应用，并适当介绍了大规模集成电路的原理和典型应用，既注意了与当前专业课的配合，又尽量考虑今后的发展方向；充实了在系统可编程器件方面的内容；增加了电子设计自动化（EDA）和数字系统设计等反映当代数字电子技术发展水平的教学内容，掌握一些分析与设计数字逻辑电路的新方法。

本书增加了三章计算机仿真的内容，帮助读者利用 EDA 软件 Multisim v7 设计仿真，不仅加深对所学内容的理解，同时也提高读者的计算机水平和学习电子技术的兴趣。

本书由郝云芳、黄天录担任主编，并负责全书统稿。其中第 1, 2 章由郝云芳、蒋励编写；第 3, 4, 5 章由黄天录、郝云芳编写；第 6, 7, 8, 9 章由黄天录、冯晓明编写；第 10, 11, 12 章由冯晓明、黄天录编写；附录部分由黄天录完成。

在本书的编写过程中，北京掌宇公司提供了最新的 EDA 软件 Multisim v7。该公司的李景明先生提供了许多资料和建议。全书由李转年教授主审，并对教材体系和内容设置提出了许多宝贵的意见。承蒙西安邮电学院李转年教授、西安通信学院蒋卓勤教授认真仔细审阅原稿，提出了许多宝贵意见，编者在此致以诚挚的谢意。

由于我们的水平和学识有限，书中难免有错误和不妥之处，殷切希望读者给予批评指正。

编者

2005 年 2 月于西安

目 录

第 1 章 数字电路基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.1.1 信号与电路	1
1.1.2 数字电路特点	2
1.2 数制	2
1.2.1 常用数制	2
1.2.2 数制之间的相互转换	4
1.2.3 二进制正负数的表示法	6
1.3 常用数值及字符编码	7
1.3.1 BCD 码的概念	7
1.3.2 格雷码	8
1.3.3 ASCII 码	8
习题	9
第 2 章 逻辑门电路与逻辑代数	10
2.1 逻辑代数	10
2.1.1 逻辑变量与逻辑函数	10
2.1.2 逻辑运算	11
2.2 实现逻辑运算的基本电路	13
2.2.1 基本的门电路	13
2.2.2 复合逻辑门电路	14
2.2.3 集成门电路	14
2.3 逻辑代数的运算法则	15
2.3.1 基本公式	15
2.3.2 常用公式	15
2.4 逻辑代数的三个基本规则	16
2.5 逻辑函数的表达式	17
2.5.1 逻辑函数常见的表达式	17
2.5.2 逻辑函数的标准表达式	17
2.6 逻辑函数的化简法	19
2.6.1 公式化简法	19

2.6.2 卡诺图法	20
习题	25
第3章 常用 EDA 软件介绍及应用	27
3.1 EDA 软件 Multisim v7 介绍	27
3.1.1 EWB 与 Multisim	28
3.1.2 Multisim v7 基本界面	28
3.1.3 Multisim v7 仿真分析功能	31
3.2 电路仿真举例	32
3.2.1 确定电路界面	32
3.2.2 创建具体的电路	33
3.2.3 电路的仿真分析	35
习题	37
第4章 组合逻辑电路	38
4.1 组合逻辑电路概述	38
4.2 小规模集成门电路构成的组合电路的分析与设计	39
4.2.1 组合逻辑电路的一般分析方法	39
4.2.2 组合逻辑电路的一般设计方法	42
4.3 常用的中规模组合逻辑模块及其应用	45
4.3.1 编码器	46
4.3.2 译码器	47
4.3.3 数据选择器	50
4.3.4 加法器	53
4.3.5 数值比较器	54
习题	56
第5章 组合逻辑电路应用实例及 EDA 仿真	58
5.1 SSI 组合逻辑器件的应用实例及 EDA 仿真	58
5.2 MSI 组合逻辑器件的应用实例及 EDA 仿真	63
习题	68
第6章 集成触发器	69
6.1 触发器的逻辑功能及其特点	70
6.1.1 基本 RS 触发器	70
6.1.2 钟控触发器	72
6.1.3 TTL 集成触发器	75
6.2 触发器逻辑功能转换	79
习题	81

第 7 章 时序逻辑电路	83
7.1 时序逻辑电路的概述	83
7.1.1 时序逻辑电路的一般结构	84
7.1.2 时序逻辑电路的分类	84
7.2 用触发器构成的时序电路的分析与设计	85
7.2.1 时序逻辑电路的一般分析方法	85
7.2.2 同步时序逻辑电路的一般设计方法	91
7.3 常用的集成时序逻辑模块及其应用	96
7.3.1 移位寄存器	96
7.3.2 同步计数器	99
7.3.3 异步计数器	101
习题	104
第 8 章 时序逻辑电路应用实例及仿真	107
8.1 SSI 时序逻辑器件的应用实例及 EDA 仿真	107
8.2 MSI 时序逻辑器件的应用实例及 EDA 仿真	113
8.2.1 集成移位寄存器及其应用	113
8.2.2 集成同步计数器及其应用	114
8.2.3 集成异步计数器及其应用	115
8.2.4 集成 MSI 器件综合应用——数字频率计	117
习题	120
第 9 章 数/模和模/数转换器	121
9.1 数/模转换器(DAC)	122
9.1.1 常用的 D/A 转换技术	122
9.1.2 DAC 的主要技术参数	125
9.1.3 典型 DAC 器件及其应用	126
9.2 模/数转换器(ADC)	129
9.2.1 A/D 转换的一般过程	129
9.2.2 常用的 A/D 转换技术	131
9.2.3 ADC 的主要技术参数	134
9.2.4 典型集成 ADC 器件及其应用	135
习题	136
第 10 章 存储器与可编程逻辑器件	138
10.1 半导体存储器	138
10.1.1 随机存取存储器(RAM)	139
10.1.2 只读存储器(ROM)	144

10.2 可编程逻辑器件.....	148
10.2.1 可编程逻辑阵列(PLA)	148
10.2.2 可编程阵列逻辑(PAL)	149
10.2.3 通用阵列逻辑器件(GAL)	151
10.3 现场可编程门阵列器件(FPGA)	156
10.4 复杂可编程逻辑器件(CPLD)	160
习题.....	161
第 11 章 isplSI 的开发与编程	162
11.1 isplSI 系列器件的结构	163
11.2 isplSI 系列器件的编程方法	164
11.3 典型 isplSI 器件介绍	166
习题.....	173
第 12 章 数字系统分析与设计	174
12.1 数字系统概述.....	174
12.1.1 数字系统基本概念.....	174
12.1.2 数字系统设计的一般过程.....	175
12.2 数字系统设计的描述.....	177
12.2.1 方框图.....	177
12.2.2 算法流程图.....	178
12.3 数字系统设计实例——数字跑表.....	183
习题.....	190
附录 数字电子技术中常用英汉名词对照.....	191
参考资料.....	196

第 1 章

数字电路基础

本章内容

- 数字电路的基本概念。
- 各种进位数制之间的转换方法。
- 数字电路中常用的二进制代码。

本章重点

- 数制及其转换。
- BCD 码和 ASCII 的概念。

本章难点

- 数制之间的转换。

本章学时数

- 3 学时。

学习本章目的和要求

- 掌握数制的基本概念及其相互转换的方法。
- 掌握 BCD 码和 ASCII 码概念及应用。

1.1 数字电路概述

数字电子技术是当代发展最快的学科之一。就逻辑器件而言,已经从 20 世纪 40 年代的电子管、20 世纪 50 年代的晶体管、20 世纪 60 年代的小规模集成电路 (SSI),发展到中规模集成电路 (MSI)、大规模集成电路 (LSI) 和超大规模集成电路 (VLSI)。可编程逻辑器件使数字电路设计更加完善、方便,相应地,数字电路的设计过程和方法也在不断地演变和发展。由于半导体技术的迅速发展,微型计算机的广泛应用,使得数字电子技术在现代科学技术领域中占有重要的地位,并在很多领域中得到了广泛的应用。

1.1.1 信号与电路

电子电路处理的电信号可以分为两大类,一类称为模拟信号,另一类称为数字信号。

随时间连续变化幅度连续取值的电压或电流信号称为模拟信号，把处理模拟信号的电子电路叫模拟电路。在模拟电路中主要关心输入、输出信号间的大小、相位、失真等方面的问题，采用的动态性能分析方法一般为微变等效电路分析。

在时间上或幅度上都不连续变化的信号称为数字信号，矩形脉冲信号就是一种典型的数字信号，信号的数值是阶跃变化的。对数字信号进行处理的电路，称为数字电路，在数字电路中主要关心输入、输出之间的逻辑关系，分析方法用的是逻辑代数、真值表、卡诺图、特性方程、状态转换图及时序波形图等。

1.1.2 数字电路特点

数字电路具有以下特点。

- (1) 结构简单，便于集成化、系列化生产，成本低廉，使用方便。
- (2) 数字电路抗干扰性强，可靠性高，精度高。
- (3) 数字信号易于存储、加密、压缩、传输和再现。
- (4) 数字电路不仅可以对信号进行算术运算，而且还能进行逻辑推演和逻辑判断，即具有一定的逻辑思维能力，易于采用计算机辅助设计，这就使它能在数字计算机、数字控制、数据采集和处理、数字通信等领域中获得广泛的应用。

1.2 数 制

数制就是数的进位方式和制度。十进制是人们最熟悉而常用的数制。在数字系统中，广泛采用的则是二进制、八进制和十六进制。

数制包含以下两个基本的因素。

(1) 基数：它是计数制中所用到的数码的个数。一般地说，基数为 R 的计数制中，包含的是 $0, 1, \dots, R-1$ 等数码，进位规律是“逢 R 进一”，即每个数位计满 R 向高位进 1。

(2) 位权：在一个数中，处在不同数位的数码，代表着不同的数值，某一个数位的数值是由这一位数码的值乘以处在这位的一个固定常数。该固定常数称为位权值，简称位权。不同数位有不同的位权值，例如，十进制数个位的位权是 10^0 ，十位的位权是 10^1 ，百位的位权是 10^2 。

一个 R 进制数 N ，可由下式表示：

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i R^i \quad (1-1)$$

其中， R 代表进位制的基数，数位序号 m, n 为正整数， n 代表整数部分的位数（从右向左依次为 $0, 1, 2, \dots, n-1$ ）， m 代表小数部分的位数（从左向右依次为 $-1, -2, \dots, -m$ ）， K 代表 R 进制中 R 个编码的任何一个： $0 \leq K_i \leq R-1$ 。

所以，任意进制中每一位的位权等于基数 R 的数位序号 i 次幂方。

1.2.1 常用数制

1. 十进制

十进制数有 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 十个不同的数字符号，基数是 10，进位规

律是“逢十进一”。

例如，十进制数 239.85 可改写成：

$$(239.85)_{10} = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

上式各个数位上的乘数（即 $10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}$ ）称为各相应位的“位权”（简称“权”），与位权相乘之数为系数。因此，任意一个十进制数按“权”展开式为：

$$\begin{aligned} (N)_{10} &= K_{n-1}(10)^{n-1} + K_{n-2}(10)^{n-2} + \cdots + K_0(10)^0 + K_{-1}(10)^{-1} + \cdots + K_{-m}10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 10^i \end{aligned} \quad (1-2)$$

式中， n 为小数点前的位数， m 为小数点后的位数，它们均为正整数，系数 K_i 可为 0~9 十个数码中的任意一个， 10^i 为位权。

2. 二进制数

二进制数有两个数码 0 和 1，基数是 2，进位规律是“逢二进一”。任意一个二进制数 N 的多项式表示为：

$$\begin{aligned} (N)_2 &= K_{n-1}2^{n-1} + K_{n-2}2^{n-2} + \cdots + K_12^1 + K_02^0 + K_{-1}2^{-1} + \cdots + K_{-m}2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 2^i \end{aligned} \quad (1-3)$$

其中， K 为 0 或 1， 2^i 为位权。

例如，二进制数 1011.101 可以展开为：

$$1011.101 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

由于二进制数每位只有 0 或 1 两种取值。因此，在数字系统中，可用电子器件的两种不同状态来表示一位二进制数，实现起来非常方便。例如，用晶体管的导通和截止来表示 0 和 1，或用低电平和高电平表示 0 和 1 等。所以二进制数的物理实现简单、易行、可靠，并且存储和传送也方便，运算规则简单。但二进制数书写位数太多，不便记忆。为此数字系统通常用八进制和十六进制数表示。

3. 八进制数

八进制有 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 八个数码，基数为 8，它的进位规律是“逢八进一”。任意一个八进制数 N 的多项展开式为：

$$\begin{aligned} (N)_8 &= K_{n-1}8^{n-1} + K_{n-2}8^{n-2} + \cdots + K_18^1 + K_08^0 + K_{-1}8^{-1} + \cdots + K_{-m}8^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 8^i \end{aligned} \quad (1-4)$$

其中， K_i 表示 0~7 中的任意一个， 8^i 为位权。

$$\text{例如，}(372.01)_8 = 3 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$$

4. 十六进制数

组成十六进制数的符号有 0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F 十六个数码，字母 A~F 表示 10~15。十六进制数的基数为 16，进位规律是“逢十六进一”。十六进制的一般形式为：

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 16^i \quad (1-5)$$

其中， K_i 表示 0~9 及 A~F 中的任意一个， 16^i 为位权。

$$\text{例如，}(5D7.A3)_{16} = 5 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 7 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} + 3 \times 16^{-2}$$

十进制数 (Decimal)、二进制数 (Binary)、八进制数 (Octal)、十六进制数 (Hexadecimal) 常用一个缩写的字母 D, B, O, H 作为进位制的标识, 加在数后面。

例如, $(239.85)_{10} = 239.85D$

1.2.2 数制之间的相互转换

人们习惯用十进制数。但送入机器时, 必须将十进制数转换成数字系统能识别的二进制数。用二进制表示一个比较大的数时, 位数较长不容易读写和记忆。因此, 在数字系统和计算机中, 常采用八进制和十六进制, 作为二进制的缩写。

1. 各种进制转换成十进制

将各种不同进制转换为十进制的方法很简单, 只要求出系数与位权之积, 然后把诸项乘积求和, 结果即可得到十进制数。

【例 1-1】 $(1010.011)_2 = 2^3 + 2^1 + 2^{-2} + 2^{-3} = (10.375)_{10}$

其他进制数转换为十进制数的方法是类似的, 不再叙述。

2. 十进制数转换成其他进制

十进制数可分为整数和小数两部分。对整数和小数分别转换, 再将结果排列在一起就得到完整的转换结果。

(1) 十进制数转换成二进制数

整数部分的转换: 十进制整数转换为二进制数, 通常采用“除 2 取余”法。转换的步骤如下:

第一步: 用二进制的基数除给定的十进制数, 所得余数 (0 或 1) 即为所求二进制整数的最低位 (K_0);

第二步: 再用 2 除第一步所得的商, 得余数 (0 或 1) 即为所求二进制整数的第 2 位 (K_1);

第三步: 重复用 2 除前一步所得的商, 得余数 (0 或 1), 一直进行到商数得 0 为止, 末次所得的余数为所求二进制数的最高位 (K_{n-1})。

【例 1-2】 把 $(41)_{10}$ 转换为二进制数。

整数部分的除法算式如下:

$$\begin{array}{rcl}
 2 \overline{)41} & \cdots \cdots \cdots 1 & \cdots \cdots K_0 \cdots \cdots \text{最低位} \\
 2 \overline{)20} & \cdots \cdots \cdots 0 & \cdots \cdots K_1 \\
 2 \overline{)10} & \cdots \cdots \cdots 0 & \cdots \cdots K_2 \\
 2 \overline{)5} & \cdots \cdots \cdots 1 & \cdots \cdots K_3 \\
 2 \overline{)2} & \cdots \cdots \cdots 0 & \cdots \cdots K_4 \\
 2 \overline{)1} & \cdots \cdots \cdots 1 & \cdots \cdots K_5 \cdots \cdots \text{最高位} \\
 0 & &
 \end{array}$$

所以, $(41)_{10} = (101001)_2$ 。

小数部分的转换: 将十进制纯小数转换成二进制纯小数, 通常采用“乘 2 取整”法。转换的步骤是:

第一步: 用二进制的基数 2 乘给定的十进制小数, 所得乘积的整数 (0 或 1) 即为所求二进制小数的最高位 (K_{-1});

第二步：用2乘第一步所得的乘积的小数部分，所得第二次乘积的整数部分（0或1）即为所求二进制小数的次高位（ K_{-2} ）；

第三步：重复用2乘前一步所得的乘积的小数部分，一直到所得乘积的小数部分为0，或达到转换精度为止。

【例 1-3】把 $(0.39)_{10}$ 转换为二进制数，精度要求为小数点后第七位。

小数部分的乘法算式如下：

$$0.39 \times 2 = 0.78 \quad K_{-1} = 0$$

$$0.78 \times 2 = 1.56 \quad K_{-2} = 1$$

$$0.56 \times 2 = 1.12 \quad K_{-3} = 1$$

$$0.12 \times 2 = 0.24 \quad K_{-4} = 0$$

$$0.24 \times 2 = 0.48 \quad K_{-5} = 0$$

$$0.48 \times 2 = 0.96 \quad K_{-6} = 0$$

$$0.96 \times 2 = 1.92 \quad K_{-7} = 1$$

换算到此为止， $(0.39)_{10} = (0.0110001)_2$ 。对十进制小数进行转换时，可以进行到所得乘积小数部分为0。但十进制小数并不是都能用有限位的二进制小数精确表示的，通常则是根据精度要求取位数，作为十进制小数的二进制的近似表达式。本例中精度要求为小数点后第七位，故 $(0.39) = (0.0110001)$ 。

(2) 十进制数转换成八进制数

整数部分采用除8取余的基数除法，小数部分采用乘8取整的基数乘法。

【例 1-4】将 $(153.513)_{10}$ 转换为八进制数，精度要求 $m=5$ 。

其整数除法算式如下：

$$8 \overline{)153} \cdots \cdots 1 \cdots \cdots K_0$$

$$8 \overline{)19} \cdots \cdots 3 \cdots \cdots K_1$$

$$8 \overline{)2} \cdots \cdots 2 \cdots \cdots K_2$$

0

所以有 $(153)_{10} = (231)_8$ 。

其小数乘法算式如下：

$$0.513 \times 8 = 4.104 \quad K_{-1} = 4$$

$$0.104 \times 8 = 0.832 \quad K_{-2} = 0$$

$$0.832 \times 8 = 6.656 \quad K_{-3} = 6$$

$$0.656 \times 8 = 5.248 \quad K_{-4} = 5$$

$$0.248 \times 8 = 1.984 \quad K_{-5} = 1$$

则 $(0.513)_{10} = (040651)_8$ 。

所以， $(153.513)_{10} = (231.40651)_8$ 。

(3) 十进制转换十六进制

整数部分采用“除16取余法”的基数除法，小数部分采用“乘16取整法”的基数乘法。

【例 1-5】将 $(1935)_{10}$ 转换十六进制数。

其整数除法算式如下：

$$\begin{array}{r}
 16 \overline{) 1935 \cdots \cdots F \cdots \cdots K_0} \\
 16 \overline{) 120 \cdots \cdots 8 \cdots \cdots K_1} \\
 16 \overline{) 7 \cdots \cdots 7 \cdots \cdots K_2} \\
 0
 \end{array}$$

所以, $(1935)_{10} = (78F)_{16}$ 。

3. 二进制与八进制、十六进制之间的转换

(1) 二进制与八进制之间的转换

由于八进制基数 $8 = 2^3$ 。因此, 每 3 位二进制数就相当于 1 位八进制数。所以二进制转换成八进制数按下述方法。

从二进制数的小数点处开始, 其整数部分从低位向高位每 3 位为一组, 最高一组不够时, 用 0 补足。小数部分从高位向低位每 3 位一组, 最后不足 3 位一组的, 在低位补 0。然后, 把每 3 位二进制数用相应的八进制数表示。

【例 1-6】 将 $(10000.111011)_2$ 转换为八进制数。

$$(10000.111011)_2 = 010\ 000.111\ 011 = (20.73)_8$$

将八进制转换成二进制的方法与上述过程正好相反。每 1 位八进制数用相应的 3 位二进制数表示。

(2) 二进制与十六进制之间的转换

由于十六进制基数 $16 = 2^4$ 。因此, 每 4 位二进制数就相当于 1 位十六进制数。所以二进制转换成十六进制数按下述方法。

从二进制数的小数点处开始, 向左右两边按每 4 位二进制数划分成一组, 不足 4 位的, 整数部分可在最高位左边补 0。小数部分可在最低位的右边添 0。然后, 把每 4 位二进制数用对应的十六进制数表示。

【例 1-7】 将 $(1101001101.010010)_2$ 转换为十六进制数。

$$\begin{aligned}
 (1101001101.010010)_2 &= (0011\ 0100\ 1101.0100\ 1000)_2 \\
 &= (34D.48)_{16}
 \end{aligned}$$

由于每位十六进制数相应于 4 位二进制数, 所以十六进制数均可将各位变成 4 位二进制数, 而得相应的二进制数形式。

【例 1-8】 将 $(5F.6A3)_{16}$ 转换为二进制数。

$$(5F.6A3)_{16} = (0101\ 1111.0110\ 1010\ 0011)_2$$

1.2.3 二进制正负数的表示法

数在数字电路中的二进制表示形式称为机器数。在通常的算术运算中, 用“+”或“-”符号表示正数或负数, 而数字电路不识别“+”和“-”。因此, 在数字电路中把一个数的最高位作为符号位, 并用 0 表示“+”, 用 1 表示“-”, 这样的个数称之为机器数。通常, 二进制正负数的表示法有原码、反码和补码 3 种。

3 种表示法对正数都是一样的, 即符号位为 0, 随后是二进制数的绝对值。

例如: $(+45)_{10} = 00101101$

首位是符号位, 后边七位是绝对值。

对负数而言, 3 种表示法是不一样的。