

21 世纪高职高专计算机系列教材

单片微型计算机 原理及应用

主 编 薛晓书

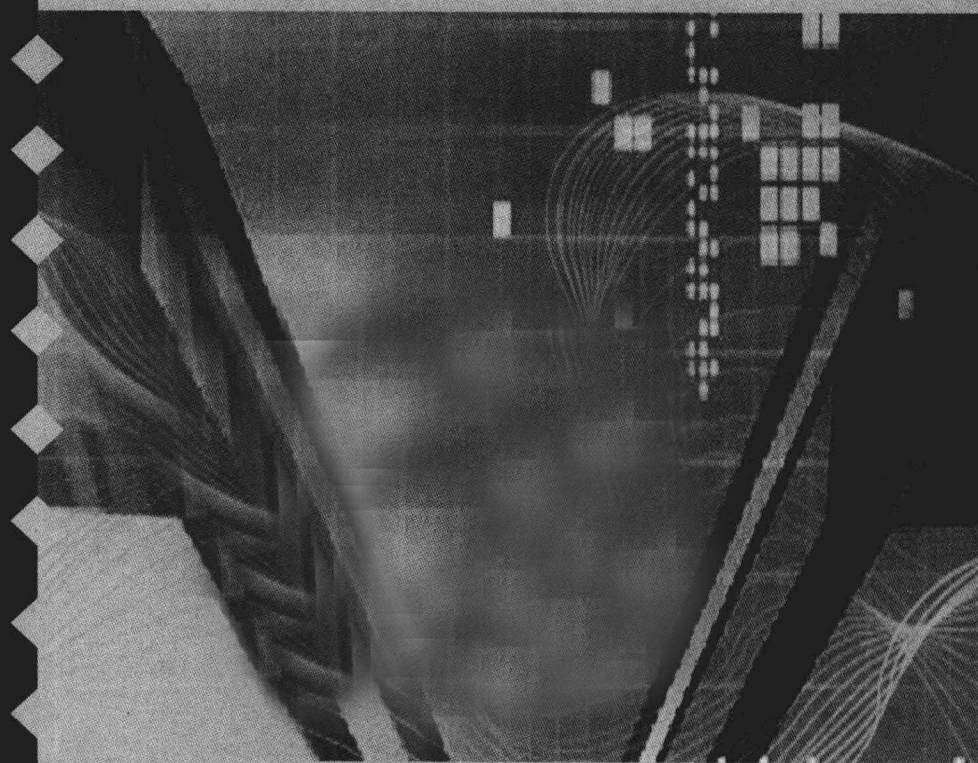
主 审 许水法

西安交通大学出版社

21 世 纪 高 职 高 专 计 算 机

单片微型计算机 原理及应用

主编 薛晓书
编著 薛晓书 张 欣
刘选朝 李克艰
主审 许水法



西安交通大学出版社
· 西 安 ·

内 容 提 要

本书主要介绍 MCS-51 单片机的原理、性能、接口技术及简单的应用。第 1 章介绍了有关微型计算机的基本概念;第 2,3,4 章介绍了 MCS-51 单片机的结构、指令系统、汇编语言;第 5,6,7 章介绍了 MCS-51 单片机的定时/计数器、中断系统和串行口;第 8,9,10 章介绍了 MCS-51 系统的接口技术及简单应用,如常用接口芯片,ROM, RAM 的扩展及 A/D, D/A 转换器;第 11 章介绍了单片机应用技术基础;第 12 章介绍了单片机 C51 高级语言;第 13 章对 MCS-96 系列单片机进行了简单介绍。

本书是为专科及高职学生编写的教材,也可作为有关工程技术人员的参考书。对个别章节内容加以拓展,也可作为电子工程类本科学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用/薛晓书主编. —西安:
西安交通大学出版社, 2004. 8

(21 世纪高职高专计算机系列教材)

ISBN7-5605-1829-X

I. 单… II. 薛… III. 单片微型计算机-高等学校:
技术学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 023293 号

书 名	单片微型计算机原理及应用
主 编	薛晓书
策划编辑	贺峰涛 屈晓燕
文字编辑	焦自洋
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
网 址	http://unit.xjtu.edu.cn/unit/jtupress
电 话	(029)82668357, 82667874(发行部) (029)82668315, 82669096(总编办)
电子信箱	eibooks@163.com
印 刷	西安东江印务有限公司
版 次	2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	20.375
字 数	485 千字
印 数	0 001~3 000
书 号	ISBN7-5605-1829-X/TP·377
定 价	26.50 元

版权所有 侵权必究

21 世纪高职高专计算机系列教材编委会

顾 问：冯博琴

主 编：陈建铎

副 主 编：谢膺白 王四万 何东健 龚尚福

编 委：(以姓氏笔画为序)

王 津 王四万 王佑元 王晓奇 何东健

张水平 张俊兰 张晓云 李银兴 陈建铎

段宏斌 龚尚福 谢膺白 魏玉梅

策划编辑：贺峰涛 屈晓燕

序

随着我国科学技术的发展,全民高等教育已经成为时代的要求。扩大招生规模,发展高等职业教育,已经成为各级政府和广大教育工作者的共识。为了指导和推动全国高等职业教育的健康发展,教育部先后制定了“高职高专教育基础课程教学基本要求”和“高职高专教育专业人才培养目标和规格”两个文件。在此基础上,许多出版社先后出版了相关的系列教材,对推动我国的高等职业教育起到了积极的作用。

但是,时代在前进,科学技术在发展,尤其是计算机信息技术发展的速度更是惊人。这就要求高等学校的教学内容应能跟上科学技术的发展,应能满足新技术对新型人才的需求。因此,其教材应当不断地修改和更新。故此,我们组织高校中长期从事高等职业教育的专家、学者编写了“21 世纪高职高专计算机系列教材”。在编写过程中,我们以教育部上述两个文件为依据,参阅同类教材,汲取多年来在高等专科教育、成人教育中培养应用型人才的成功经验,充分体现高职高专实用型人才的特征,“以应用为目的,以必须、够用为度”,尽量做到从实际应用的需求出发,减少枯燥乏味的纯理论和概念,使学生理论联系实际,学中有用,边学边用。通过学习,提高学生的应用和解决实际问题的能力。在编排顺序方面,尽量做到由浅入深,循序渐进,内容多样,结构合理,语言简练,文字流畅,使学生易学、易懂、易掌握。

这套教材目前已列入选题的有 19 种,既有专业基础知识,又有最新技术,可作为高职高专基础课、专业基础课以及最新技术课的教材,也可供自考和学历文凭教育使用。

在人类社会进入新世纪以来,我国高等职业教育迅猛发展的格局已经形成。这就要求教育界的志士仁人奋发努力,以自己的心血和汗水去培养时代所需要的一代有理想、有道德、有知识、有能力的高素质、高水平的应用型专业人才。

陈建铎

2002 年 10 月

前 言

自 1980 年 MCS-51 单片机推出以来,以其高的性能价格比、容易掌握的操作,很快成为电子技术工程师们仪器设计时的首选芯片。二十多年来,MCS-51 单片机的性能不断完善,目前仍保持其强大的生命力。这在大规模、超大规模集成电路发展史上是很难能可贵的。我们相信,今后它仍将是电子技术工程师们不可或缺的器件。正是因为这个原因,我们将几年来的教学经验进行总结,编写了这本教材,供高职高专学生们及有关技术人员进行学习、参考。这是很有现实意义的。

本教材针对专科、高职学生特点,突出基本理论、基本概念、基本方法、注重应用,由浅入深,便于教学。

本教材由薛晓书担任主编,第 1,4,5,6,11 章由薛晓书编写,第 2,3 章由张欣编写,第 7,8,12 章由李克艰编写,第 9,13 章由刘选朝编写,第 10 章由刘选朝、薛晓书合编。全书由薛晓书统稿。在本教材的编写过程中,得到汉泽西教授的亲切关怀和指导。本教材由许水法教授主审,他对本教材的编写提出了许多宝贵意见。在此我们一并表示衷心感谢。由于我们水平有限,难免有许多不足之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2004 年 1 月

目 录

第 1 章 概述

1.1 计算机中的数和编码系统	(1)
1.1.1 进位计数制	(1)
1.1.2 进位计数制之间的转换	(3)
1.1.3 二进制编码	(5)
1.1.4 二进制数的基本运算	(8)
1.1.5 逻辑运算	(10)
1.1.6 带符号数的表示法	(11)
1.2 计算机基础	(15)
1.2.1 计算机的基本结构	(15)
1.2.2 指令程序和指令系统	(16)
1.2.3 初级计算机	(17)
习题与思考	(20)

第 2 章 MCS-51 单片机组成及结构分析

2.1 MCS-51 单片机主要功能特点	(22)
2.2 MCS-51 单片机的引脚功能	(24)
2.2.1 电源、时钟电路	(24)
2.2.2 控制信号	(25)
2.2.3 I/O 口	(26)
2.3 MCS-51 单片机内部结构分析	(29)
2.3.1 程序存储器	(30)
2.3.2 数据存储器	(31)
2.3.3 专用寄存器	(32)
2.4 MCS-51CPU 时序	(36)
2.4.1 机器周期、状态、相位	(36)
2.4.2 典型指令的取指和执行时序	(36)
2.5 MCS-51 低功耗运行方式	(38)
2.5.1 HMOS 型单片机掉电运行方式	(38)
2.5.2 CHMOS 型单片机的掉电运行方式与待机方式	(38)
习题与思考	(39)

第3章 MCS-51 单片机指令系统

3.1 指令系统概述	(41)
3.2 MCS-51 指令的寻址方式	(43)
3.2.1 立即寻址	(43)
3.2.2 直接寻址	(43)
3.2.3 寄存器寻址	(44)
3.2.4 寄存器间接寻址	(45)
3.2.5 基址寄存器加变址寄存器间接寻址	(46)
3.2.6 相对寻址	(46)
3.2.7 位寻址	(47)
3.3 MCS-51 指令系统介绍	(48)
3.3.1 数据传输指令(共 29 条)	(48)
3.3.2 算术运算指令(共 24 条)	(57)
3.3.3 逻辑运算指令(共 24 条)	(65)
3.3.4 控制转移指令(共 17 条)	(71)
3.3.5 布尔处理指令(共 17 条)	(76)
习题与思考	(81)

第4章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计

4.1 汇编语言	(85)
4.1.1 机器语言、汇编语言和高级语言	(85)
4.1.2 伪指令	(86)
4.2 简单程序	(89)
4.3 分支程序	(90)
4.3.1 简单分支程序	(91)
4.3.2 多重分支程序	(92)
4.4 循环程序	(94)
4.4.1 简单循环程序	(94)
4.4.2 多重循环程序	(98)
4.4.3 编写循环程序应注意的问题	(100)
4.5 查表程序	(101)
4.6 子程序的编程及其调用	(105)
4.6.1 子程序的概念	(105)
4.6.2 子程序编程及调用	(105)
4.6.3 现场保护及现场恢复	(106)
4.7 子程序编程举例	(107)
4.7.1 算术运算程序	(107)
4.7.2 代码转换程序	(113)
4.8 小数、函数运算及浮点数概念	(116)

4.8.1 小数运算	(116)
4.8.2 函数运算	(117)
4.8.3 浮点数概念	(117)
习题与思考	(118)

第5章 MCS-51 单片机定时/计数器

5.1 定时/计数器的结构及工作原理	(121)
5.2 定时/计数器的方式寄存器和控制寄存器	(122)
5.2.1 方式寄存器 TMOD	(122)
5.2.2 控制寄存器 TCON	(123)
5.2.3 定时/计数器的4种工作方式	(123)
5.3 定时/计数器的编程举例	(126)
5.3.1 定时/计数器的初始化	(126)
5.3.2 编程举例	(127)
习题与思考	(128)

第6章 MCS-51 单片机中断系统

6.1 中断的概念及中断系统	(129)
6.1.1 中断的概念	(129)
6.1.2 中断系统的一般功能	(129)
6.1.3 计算机采用中断系统的优点	(130)
6.2 MCS-51 单片机中断系统	(131)
6.2.1 定时/计数器控制寄存器 TCON(存放外部中断与定时器溢出标志)	(131)
6.2.2 串行口控制寄存器 SCON(存放串行口中断标志)	(131)
6.2.3 中断允许寄存器 IE(存放中断允许字)	(132)
6.2.4 中断优先级寄存器 IP(存放中断优先字)	(132)
6.2.5 中断系统优先级结构	(133)
6.2.6 中断相应过程	(133)
6.2.7 外部中断的触发方式	(135)
6.3 多外部中断源	(135)
6.3.1 利用定时/计数器作外部中断输入使用的方法	(135)
6.3.2 中断与查询相结合的方式	(136)
6.4 中断编程举例	(137)
习题与思考	(139)

第7章 MCS-51 单片机串行通信接口

7.1 串行通信的一般概念	(141)
7.1.1 并行通信与串行通信	(141)
7.1.2 串行通信的两种基本方式	(141)

7.1.3 串行通信中数据的传送方向	(143)
7.2 MCS-51 单片机串行口	(144)
7.2.1 串行口数据缓冲器和控制寄存器	(144)
7.2.2 串行口工作方式	(146)
7.2.3 波特率的设计	(147)
7.3 串行口编程举例	(148)
习题与思考	(152)

第 8 章 MCS-51 单片机存储器系统扩展

8.1 MCS-51 单片机系统扩展功能	(153)
8.2 程序存储器扩展	(154)
8.2.1 外部程序存储器操作时序	(154)
8.2.2 常用 ROM 芯片介绍	(155)
8.2.3 程序存储器的扩展	(157)
8.3 数据存储器扩展	(157)
8.3.1 外部数据存储器操作时序	(157)
8.3.2 常用 RAM 芯片介绍	(159)
8.3.3 数据存储器的扩展	(160)
8.3.4 同时扩展程序存储器和数据存储器	(161)
8.4 EEPROM 介绍及扩展接口电路	(162)
8.4.1 2817A EEPROM	(162)
8.4.2 扩展 2817A EEPROM 接口电路	(163)
习题与思考	(164)

第 9 章 常用接口芯片

9.1 用 TTL 芯片扩展简单的 I/O 接口	(165)
9.1.1 用 74LS377 扩展一个 8 位并行输出口	(165)
9.1.2 用 74LS373 扩展一个 8 位并行输入口	(166)
9.1.3 用 74LS273 和 74LS244 扩展输入/输出口	(167)
9.2 8155 可编程 RAM/IO/CTC 扩展器	(168)
9.2.1 8155 的结构及功能说明	(168)
9.2.2 命令/状态字的格式和功能	(170)
9.2.3 定时/计数器	(173)
9.2.4 8155 和 89C51 的接口连接方法	(174)
9.3 可编程并行 I/O 口 8255A	(176)
9.3.1 8255A 的结构	(176)
9.3.2 8255A 的结构的操作说明	(178)
9.3.3 应用举例	(186)
习题与思考	(188)

第 10 章 单片机与数模(D/A)及模数(A/D)转换器接口

- 10.1 MCS-51 单片机与 D/A 转换器接口技术 (189)
 - 10.1.1 DAC0832 的技术指标 (189)
 - 10.1.2 DAC0832 的结构及原理 (190)
 - 10.1.3 DAC0832 的管脚功能 (191)
 - 10.1.4 8 位 D/A 转换器输入端的接口方法 (192)
 - 10.1.5 D/A 转换器的输出方式 (194)
 - 10.1.6 D/A 转换器接口技术应用举例 (196)
 - 10.1.7 双路 D/A 同步控制系统设计 (199)
- 10.2 MCS-51 单片机与 12 位 D/A 转换器接口技术 (200)
 - 10.2.1 DAC1208 的技术指标 (200)
 - 10.2.2 DAC1208 的结构与原理 (200)
 - 10.2.3 89C51 与 DAC1208 的转换器接口技术 (203)
- 10.3 MCS-51 单片机与 8 位 A/D 转换器接口技术 (204)
 - 10.3.1 ADC0808、ADC0809 的主要功能..... (204)
 - 10.3.2 ADC0808、ADC0809 的组成及工作原理..... (205)
 - 10.3.3 ADC0809、ADC0809 的管脚功能..... (206)
 - 10.3.4 89C51 与 ADC0808、ADC0809 接口设计 (207)
- 10.4 MCS-51 单片机与 12 位 A/D 转换器接口技术 (209)
 - 10.4.1 AD574 的技术指标 (209)
 - 10.4.2 AD574 的结构及原理 (210)
 - 10.4.3 AD574 的管脚功能 (211)
 - 10.4.4 AD574 的输入方式选择 (212)
 - 10.4.5 AD574 与单片机的接口及程序设计的输入方式选择 (213)
 - 习题与思考..... (214)

第 11 章 单片机应用技术基础

- 11.1 一般测量仪器基础..... (216)
 - 11.1.1 LED 显示器 (216)
 - 11.1.2 键盘..... (220)
 - 11.1.3 采样/保持电路 (222)
 - 11.1.4 数字滤波问题..... (224)
 - 11.1.5 传感器..... (225)
 - 11.1.6 设计实例——电冰箱温度测控系统设计..... (227)
- 11.2 单片机数据采集系统基础..... (232)
 - 11.2.1 模拟量输入通道的组成..... (232)
 - 11.2.2 单片机数据采集系统设计基础..... (234)
- 11.3 开关量控制..... (237)

11.3.1	开关量输出通道的结构·····	(238)
11.3.2	直流负载驱动电路·····	(238)
11.3.3	晶闸管交流负载驱动电路·····	(239)
11.3.4	继电器驱动电路·····	(239)
11.3.5	固态继电器驱动电路·····	(240)
11.3.6	单片机开关量控制设计举例·····	(241)
	习题与思考·····	(246)
 第 12 章 单片机 C51 高级语言		
12.1	C51 语言的特点·····	(247)
12.2	C51 程序设计基础·····	(248)
12.2.1	数据类型、常量、变量和表达式·····	(248)
12.2.2	C51 的基本语句·····	(254)
12.2.3	函数与变量·····	(256)
12.2.4	数组与指针·····	(261)
12.2.5	结构·····	(262)
12.2.6	预处理程序·····	(264)
12.3	C51 程序设计举例·····	(266)
12.3.1	C51 频率计的基本组成·····	(266)
12.3.2	C51 频率计的软件部分·····	(266)
 第 13 章 MCS-96 系列 16 位单片机简介		
13.1	概述·····	(270)
13.1.1	MCS-96 系列单片机的芯片介绍·····	(270)
13.1.2	MCS-96 系列单片机的主要特性·····	(270)
13.2	8X9X 单片机系统硬件结构及工作原理·····	(272)
13.2.1	8X9X 单片机型号介绍·····	(272)
13.2.2	8X9X 硬件结构·····	(273)
13.3	8X9X 系列单片机指令系统简介·····	(293)
13.4	8XC19X 系列单片机概述·····	(301)
 附录 MCS-51 指令表 ·····		(304)
参考文献 ·····		(311)



第1章

概述

1.1 计算机中的数和编码系统

计算机最基本的功能是进行数的计算和处理加工。数在微型计算机中是以器件的物理状态来表示的,为了使表示更为方便和可靠,在计算机中主要采用了二进制数字系统。或者说,计算机只认得二进制数,即要机器处理的所有的数,都要用二进制数字系统来表示,所有的字母、符号亦都要用二进制编码来表示。所以,我们的分析从二进制数字系统着手。

1.1.1 进位计数制

在日常生活中,可遇到各种进位计数制,如:十进制、二进制、十六进制、六十进制等。当然,最常用的是十进制。

1. 十进制数

一个十进制数有两个主要特点:

(1)它有十个不同的数字符号,即:0,1,2,⋯,8,9。

(2)它是逢“十”进位的。因此,同一个数字符号在不同的位置(或数位)代表的数值是不同的。例如,在 999.99 这个数中,小数点左面第一位的 9 代表个位,就是它本身的数值 9;小数点左面第二位的 9 代表十位,它的值为 9×10^1 ;左面第三位的 9 代表百位,它的值为 9×10^2 ;而小数点右面第一位它的值就为 9×10^{-1} ;右面第二位它的值就为 9×10^{-2} 。所以,这个数可以写成

$$999.99 = 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

一般地说,任意一个十进制数 A ,都可以表示为

$$\begin{aligned} A &= A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + A_1 \times 10^1 + A_0 \times 10^0 + A_{-1} \times 10^{-1} + \\ &\quad A_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + A_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} A_i \times 10^i \end{aligned}$$

其中 i 表示数的某一位; A_i 表示第 i 位的数码,它可以是 0~9 中的任意一个,由具体的数 A 确定; m 和 n 为正整数, n 为小数点左面的位数, m 为小数点右边的位数。式中 10 就称为计数

制的底数(或称为基数),所以这是十进制数。

2. 二进制数

与十进制数类似,它也有两个主要特点:

(1)它的数值部分,只需用两个符号 0 和 1 表示。

(2)它是逢“二”进位的。因此,不同的数码在不同的数位所代表的值也是不同的。例如:

$$(1001)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 = (8+1)_{10} = (9)_{10}$$

$$(11011.101)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (27.625)_{10}$$

一般地说,任意一个二进制数 B ,都可以表示为:

$$\begin{aligned} B &= B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \\ &\quad B_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + B_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} B_i \times 2^i \end{aligned}$$

其中 B_i 只能取 1 或 0,由具体的数 B 确定。 n, m 为正整数, n 为小数点左面的位数, m 为小数点右面的位数。式中 2 是进位制的基数,故称为二进制。

3. 十六进制数

它也有两个主要特点:

(1)用十六个不同的数码符号 0~9 以及 A、B、C、D、E、F 来表示数值,它与十进制和二进制数之间的关系如表 1-1 所示。

(2)它是逢“十六”进位的。因此,在不同的数位,数码所表示的值是不同的。例如:

$$(327)_{16} = 3 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = (807)_{10}$$

$$(3AB.11)_{16} = 3 \times 16^2 + A \times 16^1 + B \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (939.0664)_{10}$$

所以,一个任意的十六进制数 D ,可以表示为:

$$\begin{aligned} D &= D_{n-1} \times 16^{n-1} + D_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + D_1 \times 16^1 + D_0 \times 16^0 + D_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + D_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} D_i \times 16^i \end{aligned}$$

其中, D_i 可取 0~F 之间的值,取决于数值 D ; 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。式中 16 为基数,故称为十六进制。

表 1-1 二进制、十进制、十六进制数码对照表

十进制数	十六进制数	二进制数	十进制数	十六进制数	二进制数
0	0	0000	9	9	1001
1	1	0001	10	A	1010
2	2	0010	11	B	1011
3	3	0011	12	C	1100
4	4	0100	13	D	1101
5	5	0101	14	E	1110
6	6	0110	15	F	1111
7	7	0111	16	10	10000
8	8	1000			

综上所述,可以把它们的特点概括为:

(1)每一种计数制都有一个固定的基数 J ,它的每一位可能取 J 个不同的数值。

(2)它是逢“ J ”进位的。因此,它的每一个数位 i ,对应一个固定的值 J^i , J^i 就称为该位的“权”,小数点左面各位的权依次是基数 J 的正次幂;而小数点右面各位的权依次是基数 J 的负次幂。与此相关,若小数点向左移一位(或数向右移一位),则等于减小了 J 倍;若小数点向右移一位,则等于增加了 J 倍。

1.1.2 进位计数制之间的转换^①

1. 二进制数转换成十进制数

这比较方便,根据二进制数的定义,只要将它按权展开相加就行。例如

$$(111.101)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (7.625)_{10}$$

2. 十进制整数转换成二进制整数

若要把十进制整数 215 转换成二进制数,即要变成如下的形式

$$(215)_{10} = (K_{n-1}K_{n-2} \cdots K_1K_0)_2$$

问题就是要找到 $K_{n-1} \sim K_0$ 的值,而这些值不是 1 就是 0,取决于要转换的十进制数(例中即为 215)。根据二进制的定义

$$(K_{n-1}K_{n-2} \cdots K_1K_0)_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0$$

$$\text{所以 } (215)_{10} = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0$$

显然,等式右边,除了最后一项 K_0 以外,都包含有 2 的因子,它们都能被 2 除尽。故用 2 去除十进制数 $(215)_{10}$,则它的余数即为 K_0 。

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 215} \\ 107 \end{array} \quad \text{余 } 1 = K_0$$

$(215)_{10}$ 被 2 除且去掉余数后为 107。

$$(107)_{10} = K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_2 \times 2^1 + K_1$$

显然,上面等式的右边除了最后一项 K_1 以外,都包含有 2 的因子,都能被 2 除尽,故若用 2 去除 107,所得的余数必为 K_1 。

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 107} \\ 53 \end{array} \quad \text{余 } 1 = K_1$$

用这样的方法一直继续下去,直到商为 0,就可以得到 $K_{n-1}, K_{n-2}, \cdots, K_1, K_0$ 。

$$\begin{array}{rcl} 2 \overline{) 215} & & \\ 2 \overline{) 107} & \text{余 } 1 = K_0 & \\ 2 \overline{) 53} & \text{余 } 1 = K_1 & \\ 2 \overline{) 26} & \text{余 } 1 = K_2 & \\ 2 \overline{) 13} & \text{余 } 0 = K_3 & \\ 2 \overline{) 6} & \text{余 } 1 = K_4 & \end{array}$$

^① 以后我们在数字后面加字母 B(Binary)表示为二进制数;以字母 O(Octal)表示为八进制数;以字母 D(Decimal)或不加字母表示为十进制数;用字母 H(Hexadecimal)表示为十六进制数。

$$\begin{array}{rcl}
 2 \mid 3 & & \text{余 } 0 = K_5 \\
 2 \mid 1 & & \text{余 } 1 = K_6 \\
 0 & & \text{余 } 1 = K_7
 \end{array}$$

$$\text{所以 } (215)_{10} = K_7 K_6 K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0 = (11010111)_2$$

由此可概括出把十进制整数转换为二进制整数的方法是:用 2 不断地去除要转换的十进制数,直至商为 0。每次的余数即为二进制数码,最初得到的为整数的最低有效数(LSD—Least Significant Digit) K_0 ,最后得到的为最高有效数(MSD—Most Significant Digit) K_{n-1} 。

3. 十进制小数转换为二进制小数

若要把十进制小数 0.6875 转换为二进制小数形式,即

$$(0.6875)_{10} = (0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m})_2$$

就是要由 $(0.6875)_{10}$ 来确定 $K_{-1} \sim K_{-m}$ 的值。按照二进制小数的定义,可把上式写成

$$(0.6875)_{10} = K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m}$$

若两边都乘 2,则得

$$(1.375)_{10} = K_{-1} + (K_{-2} \times 2^{-1} + K_{-3} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+1})$$

显然等式右边括号内的数是小于 1 的(因为乘 2 以前是小于 0.5 的)。而两个小数若相等,必然是整数部分和小数部分分别相等。故 $K_{-1} = 1$ 。剩下的

$$(0.375)_{10} = K_{-2} \times 2^{-1} + K_{-3} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+1}$$

若两边再乘以 2,则得

$$(0.75)_{10} = K_{-2} + K_{-3} \times 2^{-1} + K_{-4} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+2}$$

于是 $K_{-2} = 0$ 。如此继续下去,可逐个得到 $K_{-1}, K_{-2}, \cdots, K_{-m}$ 的值。

$$\begin{array}{rcl}
 0.6875 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.3750 & \text{整数部分} = 1 = K_{-1} &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 0.375 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 0.750 & \text{整数部分} = 0 = K_{-2} &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 0.750 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.500 & \text{整数部分} = 1 = K_{-3} &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 0.5 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.0 & \text{整数部分} = 1 = K_{-4} &
 \end{array}$$

$$\text{所以 } (0.6875)_{10} = (0.1011)_2$$

要注意的是,在十进制小数转换成二进制小数时,不断用 2 去乘不一定都能使尾数部分等于 0,过程可能会无限制地进行下去。这时只要根据精度要求,二进制小数取足够的位数就行。

由此可概括出十进制小数转换为二进制小数的办法是:不断用 2 去乘要转换的十进制小数,将每次所得的整数(0 或 1),依次记为 $K_{-1}, K_{-2}, \cdots$ 。若乘积的小数部分最后能为 0,那么最后一次乘积的整数部分记为 K_{-m} 。则 $0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m}$ 即为十进制小数的二进制表达式。

但十进制小数,并不都是能用有限位的二进制小数精确表示的。这时可根据精度要求取 m 位,得到十进制小数的二进制近似表达式。

十进制整数和小数都能分别转换为二进制的整数和小数,所以一个具有整数和小数部分的十进制数,在转换为二进制数时,只要把它分为整数和小数两部分,然后再把它们分别转换为二进制表达式,最后用小数点把这两部分连起来就可以了。

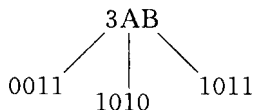
4. 十六进制与二进制之间的转换

在微型计算机中,目前常用的字长为 8 位(也有 16 位、32 位等),则可用两位十六进制数表示,故十六进制在微型机中应用十分普遍。而 $16=2^4$,所以在十六进制与二进制之间也存在着简单而又直接的联系:用四位二进制数表示一位十六进制数。只要熟悉这个联系,十六进制与二进制之间的转换也是十分方便的。

(1) 十六进制转换为二进制

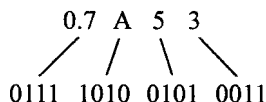
不论是十六进制的整数或小数,只要把每一位十六进制的数用相应的四位二进制数代替,就可以转换为二进制数。

例: $(3AB)_{16}$ 可转换为



所以 $(3AB)_{16} = (0011 \ 1010 \ 1011)_2 = (11 \ 1010 \ 1011)_2$

$(0.7A53)_{16}$ 可转换为

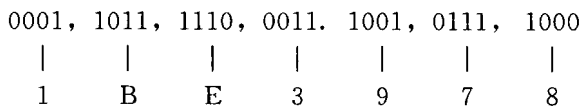


所以 $(0.7A53)_{16} = (0.0111 \ 1010 \ 0101 \ 0011)_2$

(2) 二进制转换为十六进制

二进制的整数部分由小数点向左,每四位一分,最后不足四位的前面补 0;小数部分由小数点向右,每四位一分,最后不足四位的后面补 0。然后把每四位二进制数用相应的十六进制数代替,即可转换为十六进制数。

例: $(11011 \ 1110 \ 0011. \ 1001 \ 01111)_2$ 可转换为



所以 $(11011 \ 1110 \ 0011. \ 1001 \ 01111)_2 = (1BE3.978)_{16}$

1.1.3 二进制编码

如前所述,在计算机中,是采用二进制数。因而,要在计算机中表示的数、字母、符号等等都要以特定的二进制码来表示,这就是二进制编码。

1. 二进制编码的十进制数

因为二进制数实现容易、可靠,二进制数的运算规律十分简单,所以,在计算机中采用二进