

单片微型机

原理、应用与实验

(第三版)

张友德 赵志英 涂时亮 编



复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片微型机原理、应用与实验/张友德,赵志英,涂时亮编.
—3版.—上海:复旦大学出版社,2000.11
ISBN 7-309-02645-4

I. 单… II. ①张…②赵…③涂… III. 单片微型机-
基本知识 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 46676 号

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65102941(发行部) 86-21-65642892(编辑部)

fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

经销 新华书店上海发行所

印刷 复旦大学印刷厂

开本 787×1092 1/16

印张 24

字数 599 千

版次 2000 年 11 月第三版 2000 年 11 月第一次印刷

印数 1—8 000

定价 34.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是在 1992 年版和 1996 年版基础上,根据教学实践、单片机的发展、读者建议而修订的新版本,在章节安排、具体内容和习题选配等方面作了较大的增删和调整,与前一版相比更具系统性、先进性和实用性。

全书共分 11 章。首先介绍计算机基本知识、单片机一般结构和著名大公司的典型的单片机功能特性;接着系统地论述 MCS-51 系列单片机的系统结构、指令系统、单片机中的外围模块功能和使用方法,同时还论述了汇编语言程序设计、系统扩展技术、输入/输出设备接口方法,并对单片机应用系统的软件、硬件设计、开发工具的选择作了专门阐述;最后编排了单片机的实验。各章均精选了一定数量的习题。

本书可作为各类学校(包括中专、职校、高职和理工类大专院校)电子技术类各专业的单片机课程教材,也可作为电子技术类科技人员单片机应用技术的参考书。

第三版前言

单片微型机又称嵌入式微控制器,是20世纪70年代中期发展起来的一种大规模集成电路器件。它在一块芯片内集成了计算机的各种功能部件,构成一种单片式的微型计算机。20世纪80年代以来,国际上单片机的发展迅速,其产品之多令人目不暇接,单片机应用不断深入,新技术层出不穷。

单片机的应用技术是一项新型的工程技术,其内涵随着单片机的发展而发展。为使教学面向国民经济主战场,大专院校(包括高职班)甚至中专和职校的电子技术类专业普遍开设单片机课程,因此本书自1992年初版以来,一直受到广泛的欢迎。现在的第三版是在1992年版和1996年版基础上,根据教学实践、单片机发展和读者的建议,在章节安排、具体内容、习题选配等方面作了较大的增删和调整而成的新版本。

由于MCS-51系列单片机的模块化结构比较典型、应用灵活,为许多大公司所采纳,使8051系列的单片机产品日新月异,在国内外单片机应用中占有重要地位,因此本书仍以MCS-51系列单片机为主线展开讨论,但所论述的原理方法,同样适用于其它系列单片机。

全书共分11章。第1章为计算机基础知识,这是为初学计算机的读者编写的。第2章介绍单片机的一般结构和典型的单片机功能特性。第3章至第8章系统地介绍了MCS-51的系统结构、指令系统、单片机中的外围模块、汇编语言程序设计、系统扩展技术以及输入/输出设备的接口方法。第9章阐述单片机应用系统的软件、硬件设计方法和开发工具的选择。第10章介绍了单片机实验仪。第11章编排了软件实验、接口实验和应用实验。

本书第1~6章和第8~11章由张友德编写,第7章由赵志英编写、张友德修改,涂时亮教授对全书各章提出了修改意见。在本书初版直至这次第三版的编写过程中,始终得到了陈章龙教授、薛剑虹和杨胜球等老师的大力帮助,在此谨向他们致谢。

限于编者水平,书中错误和不妥之处仍在所难免,恳请读者继续批评指正。

编 者

2000年6月

目 录

第 1 章 计算机基础知识

1.1 计算机的发展概况	1
1.2 计算机的系统组成	2
1.3 数制及其转换	3
1.4 计算机中数的表示方法	6
1.5 指令和指令系统	10
1.6 存 贮 器	11
1.7 运 算 器	13
1.8 控 制 器	21
1.9 外 围 设 备	22
1.10 总 线	23
习 题	24

第 2 章 单片微型机概述

2.1 单片机的发展历史	25
2.2 单片机的内部结构	26
2.2.1 中央处理器	26
2.2.2 存 贮 器	26
2.2.3 输入/输出部件	27
2.3 典型的单片机产品	28
2.3.1 Intel 公司的单片机	28
2.3.2 Motorola 公司的单片机	31
2.3.3 TOSHIBA(东芝)公司的单片机	37
2.3.4 HITACHI(日立)公司的单片机	40
2.3.5 ATMEL 公司的单片机	42
2.3.6 Philips 公司的单片机	43
2.3.7 SIEMENS 公司的单片机	45
2.3.8 NS 公司的单片机	46
2.3.9 其它公司的单片机	47
2.4 单片机的应用和应用系统结构	48
2.4.1 单片机的应用	48
2.4.2 单片机应用系统的结构	49

习 题.....	50
----------	----

第3章 MCS-51 系列单片机系统结构

3.1 总体结构	51
3.1.1 8051 的总体结构	51
3.1.2 MCS-51 系列单片机的一般结构	52
3.2 时钟和时钟电路.....	54
3.3 复位和复位电路.....	56
3.4 CPU 定时	58
3.5 存贮器组织.....	59
3.5.1 程序存贮器.....	59
3.5.2 内部 RAM 数据存贮器	60
3.5.3 特殊功能寄存器.....	62
3.5.4 位 存 贮 器	63
3.5.5 外部 RAM 和 I/O 口	65
3.6 中 断 系 统	65
3.6.1 中 断 概 念	65
3.6.2 MCS-51 中断系统	65
3.6.3 外部中断触发方式选择.....	70
习 题.....	70

第4章 MCS-51 指令系统

4.1 指令格式	72
4.1.1 汇 编 指 令	72
4.1.2 伪 指 令.....	72
4.1.3 常用的缩写符号.....	73
4.2 寻 址 方 式	74
4.2.1 寄存器寻址.....	74
4.2.2 直 接 寻 址	75
4.2.3 寄存器间接寻址.....	76
4.2.4 立 即 寻 址	76
4.2.5 基寄存器加变址寄存器间接寻址.....	77
4.3 数据操作和指令类型.....	78
4.3.1 数 据 操 作	78
4.3.2 指 令 类 型	78
4.4 数据传送指令.....	79
4.4.1 内部数据传送指令.....	79
4.4.2 累加器 A 与外部数据存贮器传送指令	83
4.4.3 查 表 指 令	83

4.5 算术运算指令.....	84
4.5.1 加法指令	84
4.5.2 减法指令	87
4.5.3 乘法指令	88
4.5.4 除法指令	89
4.6 逻辑运算指令.....	89
4.6.1 累加器 A 的逻辑操作指令	89
4.6.2 两个操作数的逻辑操作指令.....	91
4.7 位操作指令.....	93
4.7.1 位变量传送指令.....	93
4.7.2 位变量修改指令.....	94
4.7.3 位变量逻辑操作指令.....	94
4.8 控制转移指令.....	95
4.8.1 无条件转移指令.....	95
4.8.2 条件转移指令.....	97
4.8.3 调用和返回指令.....	99
习 题	102

第 5 章 MCS-51 单片机的外围模块

5.1 并 行 口	105
5.1.1 P1 口	106
5.1.2 P3 口	107
5.1.3 P2 口	108
5.1.4 P0 口	109
5.1.5 MCS-51 的并行扩展总线	110
5.2 定 时 器	110
5.2.1 定时器的一般结构和工作原理	111
5.2.2 定时器/计数器 T0 和 T1	113
5.2.3 8052 等单片机的定时器 T2	120
*5.2.4 8XC51FA/FB/FC 的可编程计数器阵列 (PCA)	123
5.3 串 行 接 口.....	130
5.3.1 串行接口的组成和特性	130
5.3.2 串行接口的工作方式	132
5.3.3 波特率	134
5.3.4 多机通信原理	136
5.3.5 串行口的应用和编程	137
5.4 8XC552 的 A/D 转换器	141
5.4.1 模数转换.....	142
5.4.2 A/D 分辨率和模拟电源	144

5.4.3 A/D 状态控制寄存器	145
5.5 CHMOS 型单片机的节电方式	146
5.5.1 空闲方式	147
5.5.2 掉电方式	148
5.5.3 节电方式的应用	148
5.6 内部 EPROM 程序存储器	150
5.6.1 8751H 等的 EPROM	150
5.6.2 87C51 等的 EPROM	152
5.7 其它外围模块	156
5.7.1 液晶显示驱动器	156
5.7.2 I ² C 串行总线口	157
5.7.3 控制器局域网(CAN)接口	158
5.7.4 其 它	158
习 题	158

第 6 章 汇编语言程序设计

6.1 程序设计方法	160
6.1.1 程序设计的步骤	160
6.1.2 循环程序设计	160
6.1.3 子程序设计和参数传递方法	165
6.2 程序设计举例	170
6.2.1 定点数运算程序	170
6.2.2 查表程序	180
6.2.3 数制转换程序	185
6.2.4 输入/输出处理程序	188
习 题	200

第 7 章 单片机系统扩展技术

7.1 MCS-51 系统并行扩展原理	202
7.1.1 MCS-51 并行扩展总线	202
7.1.2 地址译码方法	204
7.2 程序存储器扩展	205
7.2.1 常用 EPROM 存储器电路	205
7.2.2 程序存储器扩展方法	207
7.3 数据存储器 RAM 的扩展	207
7.3.1 常用的数据存储器	208
7.3.2 RAM 存储器扩展方法	208
7.4 并行接口的扩展	209
7.4.1 可编程并行接口 8255A	209

7.4.2 用 74 系列器件扩展并行 I/O 口	217
7.5 RAM/IO 扩展器 8155	218
7.6 串行接口的扩展	223
7.6.1 可编程的异步串行接口 8250	223
7.6.2 RS-232C 总线	232
7.7 D/A 接口的扩展	235
*7.7.1 梯形电阻式 D/A 转换原理	235
7.7.2 DAC0832	237
7.8 A/D 接口的扩展	239
7.8.1 双积分 A/D 转换器原理	239
7.8.2 MC14433 接口方法	240
7.8.3 逐次逼近法 A/D 转换原理	243
7.8.4 ADC0816 接口方法	244
7.8.5 ADC0809 接口方法	247
习 题	248

第 8 章 单片机的输入/输出设备接口

8.1 拨码盘接口	250
8.1.1 BCD 码拨盘的构造	250
8.1.2 BCD 码拨盘的接口方法	251
8.2 七段发光显示器接口	252
8.2.1 显示器的结构	253
8.2.2 显示器的工作方式和显示程序设计	253
8.3 键 盘 接 口	256
8.3.1 键盘工作原理	256
8.3.2 键盘接口方法	257
8.3.3 键盘输入程序设计方法	258
8.3.4 定时扫描方法	260
8.3.5 中断扫描方式	260
8.4 打印机接口	261
8.4.1 PP40 的接口信号	261
8.4.2 PP40 的操作方法	262
8.4.3 PP40 的接口方法	264
8.4.4 打印程序设计举例	265
习 题	270

第 9 章 单片机应用系统的研制

9.1 单片机应用系统的设计	272
9.1.1 单片机应用系统研制过程	272

9.1.2 总体设计	272
9.1.3 硬件设计	274
9.1.4 可靠性设计	278
9.1.5 软件设计	279
9.2 单片机开发系统	283
9.2.1 单片机的开发与开发工具	283
9.2.2 单片机开发系统的功能	284
9.2.3 国内典型的单片机开发系统	287
9.3 单片机应用系统的调试	288
9.3.1 硬件调试	288
9.3.2 软件调试	289
习 题	291

第 10 章 单片机实验仪

10.1 EXR51-II 型单片机实验仪	292
10.1.1 EICE51 的系统结构和功能	292
10.1.2 EICE51 系统操作命令	296
10.1.3 FD-EDIT 行编辑使用方法	306
10.1.4 FD-ASM51 扩展汇编使用方法	311
10.1.5 实验步骤	313
10.2 FD-SJ51/196 单片机实验仪简介	313
10.2.1 FD-SJ51/196 的组成和使用方法	313
10.2.2 FD-SJ51 单片机实验仿真器	315
10.2.3 FD-SJ196 单片机实验仿真器	318
10.2.4 FD-SJ51/196 通用实验板 FD-CASA	320

第 11 章 单片机实验

11.1 软件实验	322
11.1.1 无符号十进制数加法实验	322
11.1.2 无符号十进制数减法实验	323
11.1.3 双字节 BCD 码乘法实验	324
11.1.4 单字节 BCD 码除法实验	326
11.1.5 电子钟实验(定时器、串行口、中断综合实验)	327
11.1.6 定时器实验	329
11.1.7 数据排序实验	330
11.1.8 数据传送实验	331
11.1.9 整数二翻十实验	331
11.1.10 查表程序实验	332
11.1.11 键盘实验	334

11.2 接口实验	334
11.2.1 可编程 I/O 接口 8255 实验	335
11.2.2 TTL 电路接口实验	337
11.2.3 MC14433A/D 转换实验	340
11.2.4 ADC0809A/D 转换实验	342
11.2.5 DAC0832D/A 转换实验	345
11.3 应用实验	348
11.3.1 步进电机控制实验	348
11.3.2 直流电机转速测量与控制实验	353
11.3.3 温度测量实验	357
11.3.4 力测量实验	360
附录 1 EICE51 实验仿真器逻辑图	364
附录 2 MCS-51 指令表	365
参考书目	371

第 1 章 计算机基础知识

本章是为非计算机专业未学过计算机原理的学生编写的,内容为计算机方面最基本的基础知识。

1.1 计算机的发展概况

一、计算机的发展历史

电子计算机是一种能够高速而精确地进行各种数据处理的机器,这是人类生产和科学技术发展的产物,它的出现又有力地推动了生产力的发展,目前计算机已应用到国民经济的各个领域,当代社会已离不开计算机。自从计算机诞生以来,它的发展经历了四代:

第一代计算机(20 世纪 40 年代末期至 20 世纪 50 年代末期)是电子管计算机,所使用的元件主要是电子管。世界上第一台电子计算机是由美国宾夕法尼亚大学的 J. W. Mauchly 和 J. P. Eckert 研制成的 ENIAC 计算机,这台计算机用了 18800 只电子管,加法速度是每秒 5000 次,乘法速度是每秒 56 次。

第二代计算机(20 世纪 50 年代末期至 20 世纪 60 年代末期)是晶体管计算机,所用的主要元件是晶体管。1957 年,美国研制成了第一台晶体管计算机(TRANSACS-1000 机)。

第三代计算机(20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代初)是集成电路计算机,所用的元器件是小规模或中规模集成电路,如 IBM 公司于 1964 年推出的 IBM360 系列机。

第四代计算机(20 世纪 70 年代初期开始)是大规模集成电路计算机。所使用的元件是大规模或超大规模集成电路。1971 年 IBM370 系列机首先使用了大规模集成电路构成主存贮器。1975 年研制成功了以大规模集成电路做主存贮器和逻辑元件的大型计算机,例如 470V/6 型 M-190 机等。

当前计算机的发展趋势是微型化、网络化和智能模拟。

二、计算机的种类

计算机有模拟计算机和数字计算机两种。

模拟计算机(analog computer)是对模拟量进行操作的计算机,这种计算机解题速度快,但精度差。

数字计算机(digital computer)是对数据进行算术和逻辑操作的计算机,这种计算机在运算过程中全部自动化,具有运算速度快、精度高、通用性强等特点。

现在我们通常所说的电子计算机,实际上是指电子数字计算机。

电子计算机的种类很多。根据设计的目标来分,有通用计算机和专用计算机;根据用途

来分,有科学计算、数据处理和工业控制计算机;若根据规模和功能来分,有巨型机、大型机、中型机、小型机、超小型机和微型机。

微型计算机又可以划分为多片大规模集成电路构成的通用微型机(如 PC 机)和单片大规模集成电路为主组成的微型计算机(简称单片机)。

1.2 计算机的系统组成

电子计算机是模仿人脑部分功能的一种工具,俗称为“电脑”。它的结构特点与工作过程和人脑有许多相似之处,电子计算机的工作原理模拟人手工计算的过程。试看一下人用算盘来计算 $(2436 + 3748 - 4569)$ 的过程,如果我们把算盘记为 R,则计算过程如表 1-1 所示。

表 1-1 使用算盘解题过程

序 号	操 作 命 令	注 释
0	$0 \rightarrow R$	清除算盘盘面
1	$2436 \rightarrow R$	在算盘上拨上 2436
2	$(R) + 3748 \rightarrow R$	在算盘中加上 3748
3	$(R) - 4569 \rightarrow R$	在算盘中减去 4569
4	(R)抄送纸上	抄送运算结果
5	停止	计算结束

在执行六步操作以后,在算盘上存放着运算结果 1615。表 1-1 是用算盘求解过程的形式描述,算盘 R 具有累加的作用。改变表中的操作命令,就可以实现其它问题的计算。

计算过程中的每一步都是一条指示人完成相应操作的命令,我们将这种执行某种操作的命令称为指令,完成某种功能的一组指令系列称之为程序。表 1-1 列出的六条指令就构成了一个程序,编制解题程序的过程称为程序设计。

在手工计算中,是由使用算盘的人按写在纸上的程序和数据来进行计算的,因此使用算盘的人、算盘、记录数据和程序的纸是计算过程中必不可少的组成部分。

若用电子计算机模拟上述解题过程,计算机必须具备下列条件:

- (1) 为了能进行各种数据运算,机器内必须有一个相当于算盘的运算器。
- (2) 为了保存和记录原始数据、解题程序和运算的中间结果,机器内必须有容量足够大的存贮器,这相当于手工计算时用的纸张。
- (3) 必须有按照解题程序指挥、控制各个部件协同工作的控制器,这相当于手工计算中的人脑。
- (4) 必须具备将原始数据和程序送入机器内部的输入设备和给出计算结果的输出设备。
- (5) 机器内应有必要的程序,以便开机后执行该程序,启动系统工作,自动地投入运行状态。

一个计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件指运算器、控制器、存贮器和输入/输出

设备。其中运算器和控制器是计算机硬件的核心,称为中央处理器 CPU (central processing unit)。

计算机的硬件结构如图 1-1 所示。

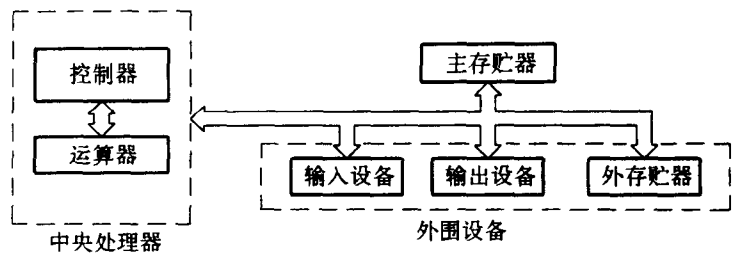
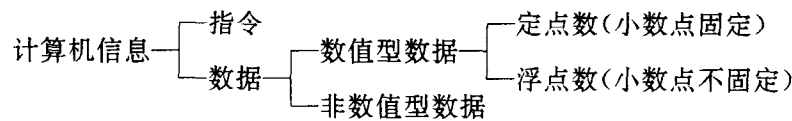


图 1-1 电子计算机硬件结构

计算机系统各类程序及文件统称为软件。它包括使系统自动工作或提高计算机工作效率的系统软件和实现某一应用目标的应用软件。软件是计算机系统工作的“灵魂”。

计算机的工作也可以认为是信息加工过程。计算机中的信息是指数据或指令,它们是以一定的编码形式表示的,其意义各不相同,大致可分为:



1.3 数制及其转换

一、进位计数制

进位计数制可概括如下:

- 有一个固定的基数 r , 数的每一位只能取 r 个不同的数字, 即符号集是 $\{0, 1, 2, \dots, r-1\}$;
- 逢 r 进位, 它的第 i 个数位对应于一个固定的值 r^i , r^i 称为该位的“权”。小数点左面各位的权是基数 r 的正次幂, 依次为 $0, 1, 2, \dots, m$ 次幂, 小数点右面各位的权是基数 r 的负次幂, 依次为 $-1, -2, \dots, -n$ 次幂。

以下我们用 $(\)_r$ 表示括号内的数是 r 进制数。将 r 进制数 $(a_m a_{m-1} \dots a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} \dots a_{-n})_r$ 按权展开, 表达式为:

$$a_m \times r^m + a_{m-1} \times r^{m-1} + \dots + a_1 \times r^1 + a_0 \times r^0 + a_{-1} \times r^{-1} + a_{-2} \times r^{-2} + \dots + a_{-n} r^{-n}$$

1. 十进制数

十进制数的基数 $r=10$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$, 其权为: $\dots, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, \dots$ 。

例 1 $(987.32)_{10} = 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$

2. 八进制数

八进制数的基数 $r = 8$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, 其权为: $\dots, 8^2, 8^1, 8^0, 8^{-1}, 8^{-2}, \dots$ 。

例 2 $(7061.304)_8 = 7 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} + 0 \times 8^{-2} + 4 \times 8^{-3}$

3. 十六进制数

十六进制数的基数 $r = 16$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$, 其权为: $\dots, 16^2, 16^1, 16^0, 16^{-1}, 16^{-2}, \dots$ 。

例 3 $(-A0.8F)_{16} = -(10 \times 16^1 + 0 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2})$

4. 二进制数

二进制数的基数 $r = 2$, 符号集为 $\{0, 1\}$, 权为 $\dots, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, \dots$ 。

例 4 $(1011.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$

十进制、二进制、八进制和十六进制数码对照见表 1-2, 二进制与十进制小数对照见表 1-3。

表 1-2 十进制、二进制、八进制、十六进制数码对照表

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	00	0	8	1000	10	8
1	0001	01	1	9	1001	11	9
2	0010	02	2	10	1010	12	A
3	0011	03	3	11	1011	13	B
4	0100	04	4	12	1100	14	C
5	0101	05	5	13	1101	15	D
6	0110	06	6	14	1110	16	E
7	0111	07	7	15	1111	17	F

表 1-3 二进制与十进制小数对照表

二进制小数	十进制小数	二进制小数	十进制小数
0.1	0.5	0.00001	0.03125
0.01	0.25	0.000001	0.015625
0.001	0.125	⋮	⋮
0.0001	0.0625		

二、二进制编码的十进制数

常用二进制编码的十进制数有 8421BCD 码(简称 BCD 码)、2421 码、5211 码和余 3 码等。它们都是用 4 位二进制数来表示 1 位十进制数。前三种码都是有权码, 余 3 码为无权码,

而 2421 码和 5211 码表示的十进制数不唯一,8421BCD 码和余 3 码唯一地表示一个十进制数。这四种编码的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 四种编码的关系

8421BCD 码	2421 码	5211 码	余 3 码
0000	0000(或 0000)	0000(或 0000)	0011
0001	0001(或 0001)	0001(或 0010)	0100
0010	0010(或 1000)	0011(或 0100)	0101
0011	0011(或 1001)	0101(或 0110)	0110
0100	0100(或 1010)	0111(或 0111)	0111
0101	1011(或 0101)	1000(或 1000)	1000
0110	1100(或 0110)	1010(或 1001)	1001
0111	1101(或 0111)	1100(或 1011)	1010
1000	1110(或 1110)	1110(或 1101)	1011
1001	1111(或 1111)	1111(或 1111)	1100

三、进位计数制之间的转换

不同基的进位计数制之间数的转换,一般有下面几种方法。

1. 直接相乘法

将表示成 r 进制数的 M 转换为 t 进制数。即基数 r 用基数 t 来表示, M 的各位数字用 t 进制的数系来表示,然后作乘法和加法,结果便是 t 进制数。

例 5 把十进制数 725 转换为二进制数。

$$\begin{aligned}
 (725)_{10} &= 7 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0 \\
 &= 111 \times 1010^2 + 10 \times 1010^1 + 101 \times 1010^0 \\
 &= (1011010101)_2
 \end{aligned}$$

2. 余数法(适合于整数部分转换)

将表示成 r 进制的整数 M 转换为 t 进制数的整数,除以 t 取余法。

例 6 把十进制数 62 转换为 2 进制数。

2 62 余数=0	↑ 低位 ↑ ↓ 高位
2 31 余数=1	
2 15 余数=1	
2 7 余数=1	
2 3 余数=1	
1 余数=1	

结果: $(62)_{10} = (111110)_2$

3. 取整法(适用于小数部分转换)

将 r 进制数的小数转换为 t 进制的小数,乘 t 取整法。

例 7 把十进制小数 0.375 转换为二进制数。

$$\begin{array}{lcl} 0.375 \times 2 = 0.750 \cdots \cdots & \text{整数} = 0 & \text{高位} \\ 0.75 \times 2 = 1.50 \cdots \cdots & \text{整数} = 1 & \downarrow \\ 0.50 \times 2 = 1.00 & \text{整数} = 1 & \text{低位} \\ (0.375)_{10} = (0.011)_2 & & \end{array}$$

注意:将 r 进制小数转换为 t 进制小数时,有时会是无限循环小数,这时可根据要求进行取舍。

4. 递归法(适合于计算机转换)

把 r 进制数 M 转换为 t 进制数,其方法是拆成整数和小数两个部分,然后把用递归算法产生的已转换成 t 进制数的整数和小数部分拼起来:

例 8 将十进制数 4827.625 转换为二进制数。

$$\begin{aligned} (4827)_{10} &= (((4 \times 10 + 8) \times 10 + 2) \times 10 + 7) \times 10^0 \\ &= ((100 \times 1010 + 1000) \times 1010 + 10 \times 1010) + 111 \\ &= (1001011011011)_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (0.625)_{10} &= (6 + (2 + 5 \times 10^{-1}) \times 10^{-1}) \times 10^{-1} \\ &= (110 + (10 + 101 \times 1010^{-1}) \times 1010^{-1}) \times 1010^{-1} \\ &\approx (0.101)_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{结果: } (4827.625)_{10} &= (1001011011011)_2 + (0.101)_2 \\ &= (1001011011011.101)_2 \end{aligned}$$

1.4 计算机中数的表示方法

一、真值和机器数

一个数是由符号和数值两部分组成的。例如:

$$N_1 = + 1001010 (+ 74)$$

$$N_2 = - 1001010 (- 74)$$

在计算机中数的符号也是用二进制码表示的,一般正数的符号用“0”表示,负数的符号用“1”表示。例如:

$$N_1 = 01001010 (+ 74)$$

$$N_2 = 11001010 (- 74)$$

一个数在机器中的表示形式称为机器数,而把这个数本身称为真值。

二、带符号数的表示方法

上面提到的机器数表示方法,用“0”表示正,用“1”表示负。这种表示数的方法,称为带符