

高等学校轻工专业试用教材

微型计算机 应用基础

张月森 郑敏 任俊秀 编

中国轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

微型计算机应用基础

张月森 郑敏 任俊秀 编

中国轻工业出版社

(京)新登字054号

内 容 提 要

本书共分九章,采用了硬件、软件和应用相结合的方法进行书写。第一至第七章介绍微型计算机基本原理、组成系统、程序设计、接口技术和应用实例,第八、九章介绍单片机(MCS-51系列)和可编程序控制器(PLC)的基本原理和应用。每章书后附有一定数量思考与练习,书末附有实验指导。

本书可作为轻工及其他工科院校非电类各专业开设微型计算机原理及其应用课程的教材,也可作为非电专业的工程技术人员学习微型计算机、单片机、可编程序控制器知识的培训教材或自学参考书。

高等学校轻工专业试用教材

微型计算机应用基础

张月森 郑敏 任俊秀 编

责任编辑 裴聿修

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

北京新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16印张: 20.5字数: 455千字

1993年4月 第1版第1次印刷

印数1—3,000 定价9.75元

ISBN7-5019-1354-4/TP·013

前 言

随着现代科学技术的发展,微电子技术已渗透到各个技术领域,各门学科间相互影响相互渗透日益紧密联系,而工业生产本身就是多学科、多专业、多种技术的综合应用,互相协调发展的过程,例如随着微电子、计算机技术的发展,机械产品正朝着机电一体化方向发展。这种科技发展的趋势要求高等工科院校各专业(包括非电专业)的毕业生必须具有微型计算机的基本理论和应用方面的知识。非电专业毕业生若能将传统工业的制造、设计与生产工艺和计算机技术相结合,这将大大有利于本专业技术领域内的技术改造和技术开发。因此,目前在高等工科院校非电专业已普遍开设微机原理与应用这门课程,为了开设好这门课程,我们编写了这本教材。

本书是根据轻工业高等院校自动化类教材会议的决定,为轻工业院校非电专业开设微机原理及其应用课程而编写的教材,也可作为其它工科院校非电专业微机课程的教材,也可供有关专业的工程技术人员参考。

本书以Z80 CPU为主体讲述微型计算机的基本结构与原理、指令系统、程序设计、接口技术,通过实例说明微机在工业生产中应用的基本方法。考虑到当前工业控制中单片机及可编程序控制器(PLC)的应用日益增多的趋势,本书增加了有关单片机(MCS-51系列)及可编程序控制器的内容,以便对微型计算机的应用有更完整的概念。在教学过程中任课教师可根据学生的基础、学时的多少等具体情况对最后两章进行重点讲解或组织自学。

每章后面附有一定数量的思考与练习,书末附有实验指导。

全书共九章。其中第一、二、七章由任俊秀同志编写;第三、四、九章由郑敏同志编写;第五、六、八章由张月森同志编写。由张月森、郑敏二位同志任主编。

书稿由清华大学郑学坚教授进行了详细地审阅,提出了许多宝贵的意见和建议。在此,谨向郑学坚教授以及对本书的出版给予帮助的同志表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中缺点乃至错误,在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者 1992年4月

3068115

目 录

绪论	(1)
思考与练习	(3)
第一章 计算机的数制、码制及基本术语	(4)
第一节 进位计数制	(4)
一、进位计数制的特点	(4)
二、进位计数制的通式	(5)
三、几点说明	(6)
第二节 数制间的转换	(6)
一、二进制数与十进制数的转换	(7)
二、二进制数与八进制数的转换	(9)
三、二进制数与十六进制数的转换	(9)
第三节 原码、反码与补码	(10)
一、机器数与真值	(10)
二、原码表示法	(10)
三、反码表示法	(11)
四、补码表示法	(11)
五、原码、反码、补码的互换	(12)
第四节 二进制编码	(12)
第五节 二进制数码运算	(15)
第六节 计算机的基本术语	(17)
思考与练习	(18)
第二章 微型计算机的基本结构与原理	(20)
第一节 计算机的基本部件	(20)
一、主存贮器	(21)
二、运算器	(22)
三、控制器	(22)
第二节 微型计算机的基本结构	(23)
一、三态门与总线	(23)
二、CPU与接口	(26)
三、微型计算机结构框图	(26)
第三节 初级微型计算机	(27)
一、CPU的结构	(27)
二、存贮器读写	(29)

第四节 计算机操作.....	(30)
一、指令周期.....	(30)
二、取指令和执行指令的过程.....	(31)
第五节 Z80-CPU 结构.....	(32)
一、内部结构.....	(33)
二、Z80-CPU 外部引脚与功能.....	(34)
第六节 半导体存储器.....	(37)
一、半导体存储器的分类.....	(37)
二、CPU 与存储器的连接.....	(39)
第七节 微型计算机系统.....	(42)
一、微型计算机系统的组成体系结构.....	(42)
二、操作系统与监控程序.....	(43)
三、微型计算机最小系统.....	(44)
四、CS-3 微机系统简介.....	(45)
第八节 微处理器综述.....	(46)
第九节 16位微处理器8086简介.....	(46)
一、8086CPU 结构.....	(48)
二、8086系统的存储器.....	(51)
思考与练习.....	(52)
第三章 Z80指令系统.....	(53)
第一节 概述.....	(53)
第二节 汇编语言的指令格式和语句格式.....	(54)
一、汇编语言指令的指令格式.....	(54)
二、汇编语言源程序的语句格式.....	(58)
三、Z80指令系统的分类.....	(59)
第三节 数据传送指令.....	(59)
一、8位数据传送指令.....	(60)
二、16位数据传送指令.....	(61)
三、数据交换指令.....	(64)
四、数据块传送指令.....	(65)
五、数据块查找指令.....	(66)
第四节 数据操作指令.....	(67)
一、8位算术和逻辑运算指令.....	(67)
二、16位算术运算指令.....	(69)
三、通用算术指令.....	(70)
四、循环移位和移位指令.....	(72)
第五节 程序控制指令.....	(72)
一、转移指令.....	(73)

二、子程序调用和返回指令.....	(76)
第六节 位操作和部份 CPU 控制指令.....	(77)
思考与练习.....	(79)
第四章 汇编语言程序设计.....	(84)
第一节 概述.....	(84)
一、程序设计语言分类.....	(84)
二、伪指令.....	(85)
三、程序设计的方法和分类.....	(87)
第二节 数值运算程序.....	(88)
一、简单函数运算程序.....	(89)
二、加、减法运算程序.....	(91)
三、乘法运算程序.....	(94)
第三节 数据处理程序.....	(95)
一、数据的比较和排队程序.....	(96)
二、代码转换和字符处理程序.....	(99)
第四节 控制程序.....	(102)
一、数字滤波程序.....	(102)
二、定时程序.....	(104)
三、显示程序.....	(105)
四、波形发生器的程序.....	(108)
思考与练习.....	(110)
第五章 输入输出与中断.....	(112)
第一节 CPU 与外部设备的信息传送	(112)
一、接口电路的引出.....	(112)
二、CPU 与外设之间的接口信号	(113)
三、Z80的输入输出指令.....	(114)
第二节 CPU与外设之间的信息传送方式.....	(115)
一、无条件传送.....	(115)
二、查询方式传送.....	(115)
三、中断方式传送.....	(117)
四、直接存储器存取方式传送 (DMA)	(117)
第三节 中断.....	(119)
一、中断概念.....	(119)
二、中断系统的功能.....	(119)
三、程序中中断的处理过程.....	(120)
第四节 Z80 中断系统.....	(123)
一、非屏蔽中断和可屏蔽中断.....	(123)
二、Z80-CPU中有关中断的指令	(123)

三、Z80-CPU 对中断的响应过程	(124)
四、Z80标准接口芯片的链式优先权电路	(128)
思考与练习	(130)
第六章 接口电路	(131)
第一节 概述	(131)
第二节 Z80-CTC 接口芯片	(132)
一、Z80-CTC 的结构框图	(132)
二、Z80-CTC 的引脚说明	(133)
三、CTC与Z80微机系统的硬件连接	(135)
四、Z80-CTC 的工作方式及初始化编程	(136)
五、CTC程序设计应用举例	(141)
第三节 Z80-PIO接口芯片	(147)
一、Z80-PIO的结构框图	(147)
二、Z80-PIO的引脚说明	(149)
三、PIO与微机系统的硬件连接	(151)
四、Z80-PIO的控制字及初始化编程	(152)
五、PIO 应用举例	(157)
第四节 CPU 和A/D、D/A 转换器的接口	(159)
一、概述	(159)
二、D/A转换器	(159)
三、A/D转换器	(165)
第五节 串行通信的基本知识	(170)
一、并行通信与串行通信	(170)
二、串行通信的方向	(170)
三、串行通信的两种方式	(170)
思考与练习	(172)
第七章 微型计算机应用系统实例	(173)
第一节 微型计算机应用系统概述	(173)
一、微型计算机应用系统的目标	(173)
二、过程控制中应用软件的主要任务及其设计	(176)
第二节 工业控制模拟	(178)
一、问题的提出和方案设计	(178)
二、接口电路	(179)
三、程序设计	(179)
四、说明	(182)
第三节 外胎硫化机微机群控系统	(183)
一、概述	(183)
二、系统功能	(183)

三、系统的硬件构成	(184)
四、系统应用软件的设计	(185)
五、提高系统可靠性的措施	(187)
第四节 橡胶压延机帘布厚度微机控制系统	(187)
一、帘子胶布生产工艺流程	(187)
二、系统构成	(188)
第五节 电风扇风量微机测试装置	(189)
一、系统的工作原理与框图	(189)
二、硬件设计	(190)
三、软件设计	(192)
思考与练习	(195)
第八章 单片机及其应用	(196)
第一节 概述	(196)
一、什么是单片机	(196)
二、当前流行的几种单片机	(196)
三、单片机的应用	(198)
第二节 MCS-51系列单片机的结构简介	(199)
一、中央处理器 CPU	(199)
二、片内存贮器	(201)
三、专用寄存器	(202)
四、输入输出端口	(204)
五、8051单片机的引脚	(205)
第三节 MCS-51单片机的指令系统	(206)
一、指令系统简介	(206)
二、寻址方式	(207)
三、指令系统中的符号说明	(208)
四、指令总表	(208)
五、指令简要说明	(213)
六、指令综合应用举例	(217)
第四节 8051单片机的中断系统	(220)
一、中断源和中断标志位	(221)
二、中断允许寄存器 IE	(222)
三、中断优先级寄存器 IP	(222)
四、中断响应	(223)
第五节 8051单片机的定时器/计数器与用法	(223)
一、定时器的专用寄存器	(224)
二、定时器的操作模式	(225)
三、定时器的应用举例	(227)

第六节 单片机的扩展和应用	(229)
一、MCS-51系列单片机的片外总线结构	(229)
二、MCS-51系列单片机的系统扩展能力	(230)
三、片外存储器的扩展	(230)
四、单片机应用系统中I/O口的扩展	(233)
第七节 开发装置简介	(236)
一、普及型开发系统	(236)
二、通用机开发系统	(237)
三、专用开发系统	(237)
四、模拟开发系统	(237)
思考与练习	(238)
第九章 可编程序控制器 (PLC)	(239)
第一节 概述	(239)
第二节 PLC的工作原理和基本结构	(240)
一、PLC的简要工作原理	(241)
二、中央处理器 (CPU)	(242)
三、存储器	(242)
四、输入/输出接口 (I/O模块)	(243)
五、电源	(246)
六、编程器	(246)
第三节 PLC编程的基本知识	(247)
一、PLC软件概念	(247)
二、PLC编程语言简介	(247)
三、梯形图和指令语句表的编程特点	(250)
四、梯形图和指令语句表的编程格式	(251)
第四节 SYSMAC-C20可编程序控制器	(252)
一、C20 PLC基本组成和主要性能技术规格	(253)
二、C20 PLC指令系统	(255)
三、C20 PLC应用举例	(260)
第五节 EX-40可编程序控制器	(264)
一、EX-40 PLC基本组成和主要性能技术规格	(264)
二、EX-40 PLC指令系统	(266)
三、EX-40 PLC应用举例	(273)
思考与练习	(275)
附录一 实验指导 (Z80单板机)	(278)
附录二 Z80指令系统表 (功能、机器码)	(297)
附录三 MCS-51单片计算机速查表	(310)

绪 论

1. 微型计算机的发展

自从1946年世界上第一台数字式电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrater And Computer) 诞生以来, 计算机的发展经历了电子管时代、晶体管时代与集成电路时代。由于微电子技术的迅猛发展, 集成器件的集成度不断提高, 使传统的计算机的控制器和运算器, 有可能集成在一个芯片上, 这样就产生了中央处理器CPU (Central Processing Unit), 从而促成了微型计算机的诞生。

被称作计算机界“第二次革命”的微型计算机, 从1970年开始发展极为迅速。以美国Intel公司为例, 其研制生产的CPU集成度几乎是每两年翻一番, 且性能增长一个数量级。例如, 1970年~1971年生产的4004和4040 (4位), 集成度为2000晶体管/片; 1976年生产的8085 (8位), 集成度为9000晶体管/片; 1978年生产的8086 (16位), 集成度为29000晶体管/片; 1980年生产的iAP $\times$ 43201 (32位), 其集成度为10万晶体管/片; 1985年生产的80386 (32位), 称为“信息处理器”, 其寻址能力达200万标准页单元, 用它可以组成高性能的工作站和拥有几十个终端的多用户系统; 1989年生产的8086 (64位), 集成度高达100万晶体管/片, 可以在50MHZ主频下工作。在时钟频率为40MHZ时, 其运算速度高达 12×10^7 次/秒, 已达巨型机水平 (克雷-1巨型机速度为 8×10^7 次/秒)。它采用了超级体系结构, 是世界上第一台所谓的完全的RISC (Reduced Instruction Set Computer精简指令集计算机)结构的并行处理的64位微处理器, 并且已具备了VLIW (Very Long Instruction Word) 技术的某些因素, 在性能上达到了一个崭新的水平, 为微型计算机的发展开创了一个新纪元。

随着各项先进技术的出现, 微型计算机将继续向高性能的方向发展, 在90年代将取得更大的突破。

2. 微型计算机的应用

微型计算机的优势在于体积小、重量轻、功耗低、价格便宜、易于掌握、性能稳定、适应性强。它的应用已经深入, 并且将继续深入到社会的各个方面。

微型计算机有1位、4位、8位、16位、32位之分, 它们的性能各不相同, 所以其用途也有较大的差别。对于不同的要求应当选用不同类别和档级的微型计算机。一般来说, 对于少量的数据处理或简单的工业过程控制, 在它们的精度和运算速度要求不高的情况下, 可以选用1位或4位微型计算机, 如电梯控制、收录机控制、洗衣机控制、低档复印机控制等。对于上千个数据的处理, 在要求它们的精度达 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 且运算速度为毫秒级时, 可以选用8位微型计算机, 如单项小型事务处理 (财务管理、产品统计等)、均热炉控制、光谱分析仪等。而对于高精度 (小于 10^{-3}) 和高速度 (小于毫秒级) 以及大规模 (数万以上) 的数据处理, 则应选用16位、32位乃至64位微型计算机。如精密分析仪器的智能处理、精密机床控制、复杂生产线的自动控制、大型情报检索系统、图书馆管理系统、企业综合管理系统等。具体应用概况可参阅表0-1。

领 域	用 途	具体应用项目举例
1.生活家用电器及教育(以4位或1位机为主)	①家用电器	音响装置、缝纫机、录像设备、自动烹调器、自动洗衣机、空调装置、电视机、录音机等
	②计算器	台式电子计算器、可编程计算器、袖珍计算器等
	③玩具	游戏机等
	④家庭教育	家庭教育自学装置、辅助教学设备等
	⑤自动出售机	邮票出售机等
2.事务(以高、中档8位机为主)	①事务处理	汽车加油站专用POS(销售点终端), 办公室自动化装置等
	②文字处理	文件管理、文字资料输入与处理等
	③商业	快速计价结计算机、销售点终端、财务处理等
3.工业(以8位和16位机为主,部分简单项目用4位机或1位机)	①过程控制	工艺控制装置、程序互连工艺过程控制(PIP)、设备监视器、电力系统保护装置、水质处理控制, 通用设备控制等
	②机器连续控制	顺序控制、直接数字控制装置、数控装置、自动装配机、升降起动设备控制、焊接装置控制、工业缝纫机、电视机生产线自动控制、自动喷漆装置以及机械手等
	③生产管理	指导生产用的监测与显示装置、生产计划与调度等
	④检验	探伤装置、CRT荧光屏测试仪、图象分析器等
	⑤数据记录	数据记录器、数据采集、数据处理等
4.交通(前二项以4位和8位机为主,后二项以8位和16位机为主)	①汽车	汽车点火控制等
	②信号控制	交通信号控制、娱乐场所信号控制等
	③运行控制	电梯控制、列车运行监视等
	④港、站自动化	港、站自动管理系统、订票系统、自动监票装置等
5.监视(以8位和16位机为主,部分可用4位机)	①医用	医用数据采集终端、生物化学分析、肺功能检查装置等
	②测量仪器	压力计量装置、板厚和幅宽测量装置、煤气监测报警系统等
	③监视	巡回机械监视器、发电站监控显示装置、变电站监控、工厂防火系统等
6.通讯(以8位和16位机为主)	①有线通讯	电话机、电话交换机、传真设备等
	②无线通讯	罗兰导航系统(远距离无线电导航系统)、移动式无线电装置等
	③数字通讯	遥控仪器、数字通讯设备等
	④收发设备	彩色摄影设备、电视音响及画面特殊处理等
7.计算机关连方面(主要使用8位和16位机)	①终端控制	生产管理终端、银行终端设备、汉字终端等
	②I/O设备控制	点阵式打印机控制、并行打印机控制、X-Y绘图仪控制、磁带机控制、CRT控制等
	③生产开发工具	ROM和EPROM写入器、仿真器等

续表

领 域	用 途	具体应用项目举例
8. 其他 (以 8 位或16 位机为主)	①农业	作物病虫害预测、育种信息处理等
	②气象	气象数据处理、气象预报等

3. 课程性质、任务与特点

本课程是高等院校非电专业的一门技术基础课,是学习应用计算机先进技术的入门课程,是在学完《电工学》之后,进一步学习微电子技术、掌握应用计算机的一门必修课程。

本课程的任务是学习计算机的组成、结构和工作原理、获得必要的接口技术知识,具备应用程序设计的初步技能,为今后进一步学习应用计算机技术、推广和革新本专业领域内的各项科技打下必要的基础。

本课程有以下两个主要特点:

①由于微型计算机的组件大部分(也是主要部分)是由大规模集成电路组成,结构复杂,再加上集成电路制造工艺和设计方面的特点,所以在讲课时不可能涉及其内部结构,对于应用计算机的人来说也没有必要讲其内部结构。从这个特点出发,也就引出了我们的学习方法:从部件功能一级,即从其外特性讲解计算机原理。要求能熟练地掌握有关集成块(或称芯片)的功能。物理概念清楚,就能掌握各功能部件之间的连结,也就基本上具备了从事硬件设计的基本技能。

②本课程实践性、实用性较强。因此不仅要讲,更要多练,多上机操作。通过上机操作,进一步验证、消化理论,培养编制程序和调试程序的技能。

思考与练习

- 0-1 应如何估价微型计算机诞生的伟大历史意义?
- 0-2 微型计算机得以迅速发展和广泛应用,其主要原因是什么?
- 0-3 列举你所知道的微机应用实例。
- 0-4 本课程特点是什么,你如何学好它?

第一章 计算机的数制、码制及基本术语

本章从进位计数制开始，介绍计算机中的数和码的表示方法，它们之间的转换关系以及二进制编码、二进制数的运算方法等。另外还介绍一些计算机中常用的基本技术术语。学习本章，旨在了解和掌握二进制的数码特点、运算规律等。这些内容是计算机的重要的基础内容。

第一节 进位计数制

计算机的基本功能是对数进行计算和加工处理。因此必须了解数在计算机中的表示法。

所谓进位计数制是一种计数方法，即按进位的方法进行计数，称进位计数制，简称数制或“ $\times$ 进制”。在人们的日常生活中用了多种进位计数制。例如常用以计数的“十进制”，两支（筷子等）为“一双”的“二进制”，60分钟为1小时的“60进制”等等。

一、进位计数制的特点

人们日常生活使用的是“十进制”，即“逢十进一”。而计算机中却采用“二进制”，有时也要用八进制和十六进制。请看表1-1中各数制的进位过程。

由表1-1可以看出进位计数制有以下特点：

1. 数制的基数

是指数制中每一位的可能最大的状态数，如：二进制的基数为2，十进制的基数为10等，基数越大，则该数制中数的位数越少，反之，基数越小的数制中的数的位数越多。例如，十进制中15用两位数表示，而在二进制中则用四位表示（1 11 1）。

2. 数制为有“权”数

所谓“权”，就是指一位数的大小随其所在数制中的位置不同而异。例如：十进制数2，在个位、十位、百位、千位……不同的位置上，分别表示2、20、200、2000……不同的数值；又如：二进制数“1”，从右向左依次表示不同的数值：

..... 1 1 1 1
 ↑ ↑ ↑ ↑
..... 8 4 2 1

3. 权

在进位计数制中相邻的两位数的“权”相差一个基数倍，例如，二进制数（111，11）₂各位的“权”如下所示：

1 1 1. 1 1
↑ ↑ ↑ ↑ ↑
2² 2¹ 2⁰ 2⁻¹ 2⁻²

表1-1

四种数制的比较

十 进 制	二 进 制	八 进 制	十 六 进 制
1 (10^0)	1 (2^0)	1 (8^0)	1 (16^0)
2	10 (2^1)	2	2
3	11	3	3
4	100 (2^2)	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000 (2^3)	10 (8^1)	8
9	1001	11	9
10 (10^1)	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000 (2^4)	20	10 (16^1)
⋮	⋮	⋮	⋮
32	100000 (2^5)	40	20
⋮	⋮	⋮	⋮
64	1000000 (2^6)	100 (8^2)	40
⋮	⋮	⋮	⋮
100 (10^2)	1100100	144	64
⋮	⋮	⋮	⋮
128	10000000 (2^7)	200	80
⋮	⋮	⋮	⋮
256	100000000 (2^8)	400	100 (16^2)
⋮	⋮	⋮	⋮
412	1000000000 (2^9)	1000 (8^3)	200
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

二、进位计数制的通式

由表1-1可以归纳出进位计数制的通用表达式:

$$N = C_{n-1} \cdot R^{n-1} + C_{n-2} \cdot R^{n-2} + \dots + C_1 \cdot R_1 + C_0 \cdot R_0 + C_{-1} \cdot R^{-1} + C_{-2} \cdot R^{-2} + \dots + C_{-(m-1)} \cdot R^{-(m-1)} + C_{-m} \cdot R^{-m}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} C_i \cdot R_i$$

其中 R——进位制的基数

n——整数位数

m——小数位数

C——每位的系数或称每位的数符

例如：十六进制数1ABC.DEH展开为

$$1ABC \times DEH = 1 \times 16^3 + A \times 16^2 + B \times 16^1 + C \times 16^0 + D \times 16^{-1} + E \times 16^{-2}$$

三、几点说明

1. 进位计数制数的表示方法

一般有两种。一种是将数用括号括起来，然后用进位制的基数作脚标，如 $(527)_8$ 表示八进制数。另一种方法是在数的后面加英文字母以区别数制。二进制数后跟B (Binary)；八进制数后跟Q (Quaver)；十六进制数后跟H (Hexadecimal)；十进制数后跟D (Decimal)。如：1010B表示二进制数，527Q表示八进制数，09FH表示十六进制数。十进制数后跟脚标D可以省略。

2. 进位计数制数的表示范围

基数越大的进位制数表示数的范围越大。例如十进制数，一位数可以表示0~9共十个数（或称 10^1 种状态），两位可表示00~99共100个数（或称 10^2 种状态），二位二进制数可表示00~11四个数（或称 2^2 种状态）。由此，可以推出数的表示范围是 R^K ，其中K是位数，而表示的最大数为 $R^K - 1$ 。

3. 计算机为什么采用二进制？

因为二进制数每位只有两种状态0和1，易于用物理器件实现。如开关的断与合，晶体管的截止和导通等。而十进制每位有十种状态，要找出有这么多种状态的物理器件是很困难的。另外二进制的运算规则最简单，计算机容易实现。

4. 为什么要采用八进制和十六进制呢？

从表1-1可知，八进制与十六进制和二进制有简单而又确定的换算关系（这从数学上可以证明），即一位八进制数可用三位二进制数表示，一位十六进制数可用四位二进制数表示，反之亦然。例如：一个十六进制数89AB.CDH，将其每位换算成四位对应的二进制数即：

$$\begin{array}{cccccc} \overbrace{8} & \overbrace{9} & \overbrace{A} & \overbrace{B} & \overbrace{C} & \overbrace{D} \\ 1000 & 1001 & 1010 & 1011 & 1100 & 1101 \end{array}$$

$$\text{即 } 89AB.CDH = 1000\ 1001\ 1010\ 1011\ 1100\ 1101\ B$$

二进制数的缺点是位数多，不便于阅读和记忆，因此，在书写程序或对计算机输入数据时，往往用八进制和十六进制，比较方便。

第二节 数制间的转换

研究数制间转换的必要性在于在计算机内用二进制，但在计算机输出（显示或打印）时必须用人们习惯的十进制表示，在编写程序时，一般用十六进制（也有用八进制的）比较方便，这样就要求数在数制之间进行转换。

不同数制间的转换是根据“两个有理数相等，则两者的整数部分和小数部分分别相等”的原则进行的。转换时整数部分和小数部分分别处理。

我们从实用角度出发, 将分别讨论二进制数与十进制数、八进制数、十六进制数之间的转换方法, 有关理论证明从略。

一、二进制数与十进制数的转换

1. 二进制数→十进制数

二进制数转十进制数可以直接利用通式, 将二进制数展开按“权”计算相加, 就是对应的十进制数。

例如: $11011.101\text{B} = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = 27.625$

2. 十进制整数→二进制整数

除2取余法

例如要把十进制整数25转换为二进制数, 则必有如下形式:

$$25 = (b_{n-1}b_{n-2}\cdots b_1b_0)_2, \quad n \text{ 为转换后的二进制位数。}$$

问题就是要找到 $b_{n-1}\cdots b_0$ 的值, 这些值非0即1。按二进制的通式展开:

$$25 = b_{n-1} \times 2^{n-1} + b_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0$$

很明显, 等式右边除 b_0 项外, 均包含有2的因子, 即能被2整除。所以用2去除25, 则余数必然等于 b_0 (这就是二进制数的最低位), 继续用2去除上次的商, 同理可以得到 b_1 , 直到被除数为0, 这样在连除过程中所得到的一系列余数 (按从后面往前排的顺序) 就是被转换的二进制数。

具体的方法是: 把要转换的十进制数连续除以2, 每次取其余数 (非0即1), 直到被除数为0, 最先得到的余数就是二进制的最低位 b_0 , 最后得到的余数就是二进制数的最高位 b_{n-1} 。

我们取下列形式进行转换:

$\begin{array}{r} 2 \overline{) 25} \\ 2 \overline{) 12} \\ 2 \overline{) 6} \\ 2 \overline{) 3} \\ 2 \overline{) 1} \\ \hline 0 \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{第一次商} \cdots \cdots \text{余} 1 = b_0 \\ \text{第二次商} \cdots \cdots \text{余} 0 = b_1 \\ \text{第三次商} \cdots \cdots \text{余} 0 = b_2 \\ \text{第四次商} \cdots \cdots \text{余} 1 = b_3 \\ \text{第五次商} \cdots \cdots \text{余} 1 = b_4 \end{array}$
---	---

即 $25 = 11001\text{B}$

3. 十进制小数→二进制小数

乘2取整法

例如欲把0.625转换成二进制小数, 则必有如下形式:

$$0.625 = b_{-1} \times 2^{-1} + b_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + b_{-m} \times 2^{-m}$$

若等号两边同乘以2, 则得

$$1.25 = b_{-1} + (b_{-2} \times 2^{-1} + \cdots + b_{-m} \times 2^{-m+1})$$

显而易见, 上式两边的整数部分和小数部分应分别相等, 即 $b_{-1} = 1$ 。

若把十进制小数连续乘以2, 每次乘2后分离所得新数的整数部分, 就是我们要求的