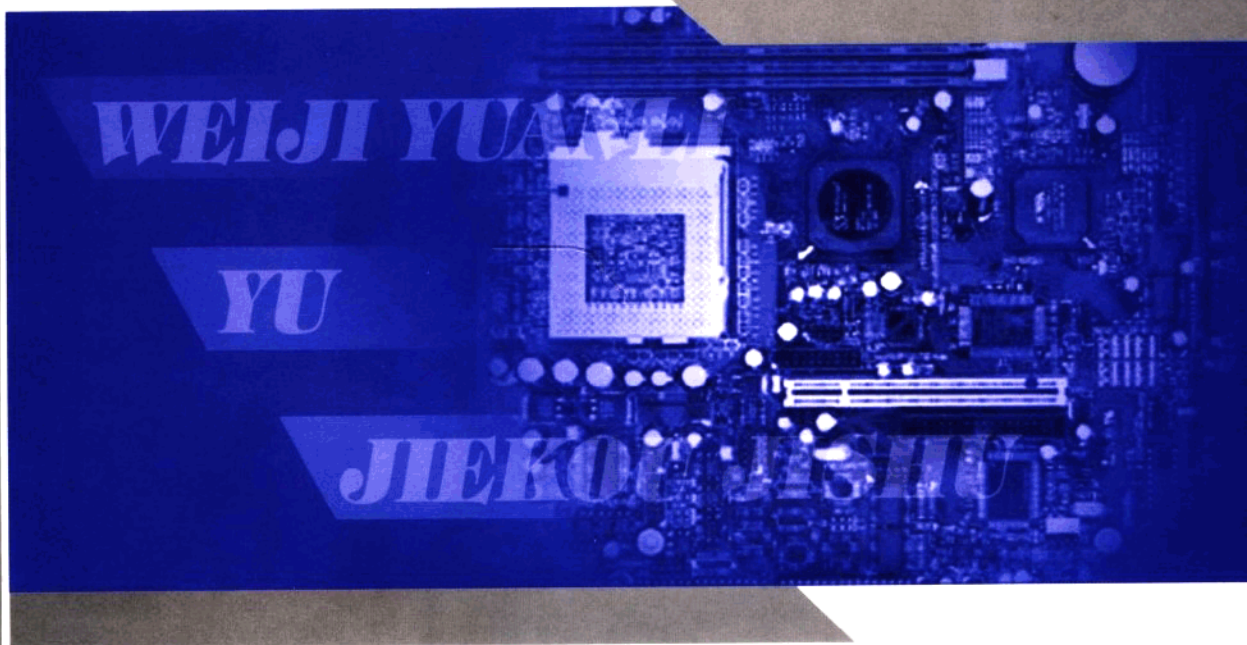


高职高专教材

微机原理 接口技术

周宣 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

高职高专教材

微机原理与接口技术

主 编 周 宣

副 主 编 杨 兵 马靖然

主 审 王兆义

参编人员 胡海东 于东敏

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理与接口技术/周宣主编. —北京: 中国计量出版社, 2006. 8

高职高专教材

ISBN 7-5026-2295-0

I. 微… II. 周… III. ①微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014722 号

内 容 提 要

本书以 MCS-51 系列单片机为主线, 较全面地介绍了单片机应用系统的结构、原理和应用。全书共分 11 章, 包括计算机基础知识, MCS-51 单片机结构及原理, MCS-51 单片机指令系统及汇编语言程序设计, MCS-51 单片机 I/O 接口技术及外围电路的扩展, 8051 的 C 语言编程, 单片机应用系统的开发等。教材内容遵循“知识面宽、实用性强”的原则, 并注意新知识的介绍。为帮助学生掌握和巩固所学知识, 本书在各章后面配有练习题, 并将实验内容分配在各章后面。

本书可作为高职高专院校有关专业的教学用书, 也可供有关工程技术人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京长宁印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 18 字数 445 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

*

印数 1—1 500 定价: 30.00 元

前 言

单片机是微型计算机的一个重要分支,也是一种颇具生命力的机种,它已成为工业控制领域、智能仪器仪表、尖端武器、日常生活中最广泛使用的计算机。本书以 MCS-51 系列单片机为主线,比较翔实地介绍了单片机应用系统的结构、原理和应用。

微机原理与接口技术是数控、机电、自动化、微机等专业的必修课。为了取得更好的教学效果,根据高职高专学生的特点及专业需要,注重实用知识和动手能力的培养,实现以能力为中心的培养目标,教材内容遵循了“知识面宽,注重实用”的原则,并注意了新知识的介绍。全书共分 11 章,包括计算机基础知识、MCS-51 单片机结构及原理、MCS-51 单片机指令系统及汇编语言程序设计、MCS-51 单片机 I/O 接口技术及外围电路的扩展、8051 的 C 语言编程、单片机应用系统的开发等。本书在深度和广度方面做了精心的选择,章节内容编排合理、内容由浅入深、通俗易懂、重点突出、文字简练。

本书可作为高职高专院校需要开设微机原理与接口技术的各专业的教学用书,也可供有关工程技术人员学习参考。

本书由周宣担任主编。杨兵、马靖然为副主编。其中:周宣编写第一章、第七章、第九章和第十一章;马靖然编写第二章和第八章;胡海东编写第三章和第六章;于东敏编写第四章;杨兵编写第五章和第十章。本书由廊坊职业技术学院高级讲师王兆义同志担任主审。本书在编写过程中参考了相关书目,借本书出版之机,对原书作者表示感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,漏误之处在所难免,欢迎广大读者给予批评指正。

编 者

2006.6

目 录

第一章 微型计算机基础知识	(1)
第一节 微型计算机概述	(1)
一、微型计算机的发展概况	(1)
二、微型计算机的特点和应用	(2)
第二节 微型计算机数制及其转换	(4)
一、微型计算机中的数制	(4)
二、微型计算机中数制间的相互转换	(4)
第三节 微型计算机的编码知识	(6)
一、计算机中数的表示	(6)
二、常用信息编码	(8)
第四节 微型计算机系统组成	(10)
一、计算机系统概述	(10)
二、程序设计语言与计算机工作过程	(13)
第五节 单片微型计算机概述	(15)
思考题与习题	(17)
第二章 MCS-51 单片机结构及原理	(18)
第一节 MCS-51 单片机内部结构及引脚功能	(18)
一、MCS-51 系列单片机概述	(18)
二、单片机内部结构	(18)
三、引脚定义及功能	(20)
第二节 MCS-51 的存储器组织	(21)
一、内部数据存储器	(22)
二、外部数据存储器	(26)
三、程序存储器	(26)
第三节 MCS-51 单片机的并行端口	(26)

一、端口功能	(26)
二、端口结构	(27)
第四节 MCS-51 单片机工作方式	(29)
一、程序执行方式	(29)
二、节电工作方式	(29)
三、复位工作方式	(31)
四、EPROM 编程和校验方式	(32)
第五节 MCS-51 单片机的时钟与时序	(32)
一、时钟电路	(33)
二、时序	(33)
思考题与习题	(35)
第三章 MCS-51 单片机指令系统	(36)
第一节 指令编码格式及常用符号	(36)
一、指令编码格式	(36)
二、常用符号及表示的含义	(37)
第二节 指令寻址方式	(37)
第三节 数据传送类指令	(39)
第四节 算术运算类指令	(43)
第五节 逻辑运算与移位指令	(46)
第六节 控制转移类指令	(48)
第七节 位操作类指令	(51)
思考题与习题	(53)
实训一 8051 单片机基本指令训练	(55)
第四章 MCS-51 单片机的汇编语言程序设计	(56)
第一节 汇编语言程序设计基础	(56)
一、汇编语言源程序的格式和伪指令	(56)
二、汇编语言程序的设计步骤	(59)
三、程序结构化的概念	(60)
四、汇编语言源程序的汇编	(61)
第二节 顺序程序设计	(61)
第三节 分支程序设计	(63)
第四节 循环程序设计	(65)
第五节 查表程序设计	(70)

第六节 子程序设计	(73)
第七节 综合编程举例	(76)
一、代码转换	(76)
二、运算程序设计	(82)
思考题与习题	(86)
实训二 汇编语言程序设计	(86)
第五章 MCS-51 单片机的中断系统	(88)
第一节 输入/输出的控制方式	(88)
第二节 MCS-51 的中断系统	(89)
一、中断系统的基本概念	(89)
二、MCS-51 中断系统的结构	(91)
第三节 MCS-51 的中断处理过程	(95)
一、中断响应过程	(95)
二、中断举例	(100)
第四节 MCS-51 对外部中断源的扩展	(100)
一、借用定时器溢出中断扩展外部中断源	(101)
二、采用查询法扩展外部中断源	(101)
三、采用 74LS148 扩展外部中断源	(102)
思考题与习题	(104)
实训三 外部中断应用	(104)
第六章 定时/计数器	(105)
第一节 MCS-51 定时/计数器	(105)
一、定时/计数器概述	(105)
二、定时器的控制寄存器	(106)
三、定时器的工作方式	(107)
第二节 MCS-51 定时/计数器的应用举例	(109)
第三节 8253 可编程计数器	(113)
一、8253 的结构和引脚	(113)
二、8253 的控制字及工作方式	(114)
第四节 8253 应用举例	(118)
一、8253 与 MCS-51 的连接及编程	(118)
二、8253 应用举例	(120)
思考题与习题	(122)

实训四 定时器应用	(122)
第七章 串行输入/输出接口	(123)
第一节 串行通信基础	(123)
一、串行通信的基本方式	(123)
二、串行通讯中的几个问题	(124)
第二节 MCS-51 的串行接口	(126)
一、串行口的结构	(126)
二、串行口控制寄存器	(126)
三、串行口的工作方式	(128)
四、波特率的计算	(130)
第三节 MCS-51 串行口的应用	(131)
一、实际应用要考虑的问题	(131)
二、应用编程举例	(133)
三、单片机多机通信	(134)
第四节 8251A 串行通信接口	(139)
一、8251A 内部结构及引脚	(140)
二、8251A 的控制字及其初始化	(141)
三、8251A 和 MCS-51 的接口	(143)
思考题与习题	(146)
实训五 串行通讯演示	(146)
第八章 MCS-51 单片机的系统扩展	(147)
第一节 外部存储器的扩展	(147)
一、存储器系统的基本知识	(147)
二、系统扩展概述	(149)
三、程序存储器的扩展	(151)
四、数据存储器的扩展	(155)
第二节 并行接口的扩展	(157)
一、简单 I/O 接口扩展	(157)
二、8255A 可编程并行接口芯片	(159)
三、8155 可编程多功能接口芯片	(165)
第三节 键盘接口	(169)
一、按键的状态输入及去抖动	(169)
二、独立式键盘的接口设计	(170)

三、行列式键盘及其接口	(171)
第四节 显示器接口	(175)
一、LED 显示器	(175)
二、LCD 显示器	(179)
三、8279 键盘、显示器接口芯片	(182)
思考题与习题	(191)
实训六 存储器扩展	(191)
第九章 MCS-51 单片机的测控接口	(192)
第一节 D/A 转换器	(192)
一、D/A 转换的基本知识	(192)
二、D/A 转换的常用芯片——DAC0832	(193)
三、其他类型 D/A 转换器简介	(199)
第二节 A/D 转换器	(201)
一、A/D 转换的基本知识	(201)
二、A/D 转换的常用芯片 ADC0809	(203)
三、其他类型 A/D 转换器简介	(209)
第三节 模拟量与数字量转换中的应用技术	(212)
一、零点和满量程调节	(212)
二、光电耦合与隔离	(213)
三、采样保持	(213)
四、电源和地线的连接	(214)
第四节 步进电机接口	(214)
一、步进电机简介	(214)
二、步进电机的控制系统	(216)
三、步进电动机步数、转速的确定和变速控制	(219)
思考题与习题	(220)
实训七 D/A 和 A/D 转换实验	(220)
第十章 单片机的 C 语言编程	(221)
第一节 Cx51 简介	(221)
一、C 语言是一种面向过程的程序设计语言	(221)
二、Cx51 概述	(222)
第二节 C 程序的构成	(224)
一、C 函数	(224)

二、C语言的基本定义和规则	(229)
三、数据类型	(230)
四、存储类型和存储模式	(231)
五、常量和变量	(233)
六、运算符	(235)
七、构造数据类型	(237)
八、指针	(240)
九、程序结构	(244)
第二节 μ Vision2 集成开发环境	(246)
一、创建项目	(246)
二、调试项目	(250)
三、中断程序分析	(251)
思考题与习题	(253)
第十一章 单片机应用系统的开发	(254)
第一节 单片机应用系统的设计过程	(254)
一、应用系统设计的基本要求	(254)
二、应用系统设计的步骤	(255)
第二节 单片机应用系统的可靠性技术	(256)
一、硬件设计注意要点	(256)
二、软件抗干扰技术	(258)
第三节 单片机应用系统实例	(259)
一、简单应用系统——单片机控制水塔水位	(259)
二、典型应用系统——单片机温度控制系统	(262)
思考题与习题	(271)
实训八 综合实验	(271)
附录 MCS-51 指令系统表	(272)
参考文献	(275)

第一章 微型计算机基础知识

本章将扼要介绍微型计算机的基础知识,内容包括:微型计算机的概念、特点和应用,微型计算机系统的软硬件知识,最后分析介绍单片微型计算机的结构特点和应用,以便为后续章节的学习打下基础。对于已有这些知识的读者,将起到复习和系统化的作用。

第一节 微型计算机概述

一、微型计算机的发展概况

自世界上第一台通用电子数字计算机 ENIAC 于 1946 年在美国宾夕法尼亚大学诞生以来,经过 60 年几代人的卓越奋斗,计算机的理论与技术水平得到了飞跃式的发展,对世界经济与科学技术起到了巨大的推动作用,给人类的生产和生活方式带来了实质性的变更。

一般根据电子计算机所采用的逻辑元件来划分其发展过程,至今已经历了四代。第一代(1946—1958 年)为电子管电路计算机,第二代(1958—1964 年)为晶体管电路计算机,第三代(1964—1971 年)为小规模集成电路计算机,第四代(1971 年以后)为大规模(LSI)和超大规模(VLSI)集成电路计算机。虽然有些国家宣布研制出了第五代电子计算机,即所谓的“智能化”计算机或“神经网络”计算机。但是,这些计算机现在还是处于实验室的研究阶段,以目前的技术要想实现真正意义上的智能化计算机条件并不具备。

微型计算机是从 20 世纪 70 年代初发展起来的,属于第四代电子计算机。从 1971 年美国 Intel 公司首先研制成功世界上第一块微处理器芯片 4004 以来,差不多每隔 2~3 年就推出一代新的微处理器产品,如今已经推出了五代微处理器产品。微处理器是微型计算机的核心部件,它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此,微型机的发展是以微处理器的发展而更新换代的。

第一代微处理器(1971—1973 年)是 4 位和低档 8 位微处理器时代,其典型产品有: Intel 4004 和 Intel 8008。第一代微处理器的集成度约为 2000 管/片,时钟频率为 1 MHz,平均指令执行时间为 20 μ s。第一代微处理器的特点是:指令系统简单,运算功能单一,但价格低廉,使用方便,主要应用是面向袖珍计算器、家电、交通灯控制等简单控制场合。

第二代微处理器(1973—1978 年)是成熟的 8 位微处理器时代。典型产品有: Intel 8080 (1973 年由 Intel 公司推出), MC 6800 (1974 年由美国 Motorola 公司推出), Z-80 (1975 年由 Zilog 公司推出), MOS 6502 (由 MOS 公司推出)。第二代微处理器的集成度达到 5000~9000 管/片,时钟频率为 2~4 MHz,平均指令执行时间为 1~2 μ s,具有多种寻址方式。指令系统较完善,基本指令多达 100 多条。第二代微处理器的特点是:在系统结构上已经具有典型计算机的体系结构,具有中断、DMA(直接存储器存取)等控制功能,设计考虑了机器间的兼容性、接口的标准化和通用性。在软件方面,除可使用汇编语言外,还有高级语言和操作系统。8 位微处理器和以它为 CPU 构成的微型机广泛应用于信息处理、工业控制、汽车、智能仪器仪表和家用电器等领域。

第三代微处理器（1978—1983年）是16位微处理器时代。这一时期的最典型产品是Intel公司1978年推出的16位微处理器Intel 8086，还有Zilog公司的Z-8000，Motorola公司的MC 68000。第三代微处理器的集成度为2~7万管/片，时钟频率为4~8 MHz，平均指令执行时间为0.5 μ s（最短的指令执行时间在300 ns以下）。第三代微处理器的特点是：具有丰富的指令系统和多种寻址方式，多种数据处理形式，有完善的操作系统。由它们组成的微型计算机的性能指标已达到或超过当时的中档小型机的水平。

第四代微处理器（1983—1993年）是32位微处理器时代。这一时期的典型产品有：Zilog公司推出的Z-80000，Motorola公司推出的MC 68020，Intel公司推出的Intel 80386和NEC公司的V70等。32位微处理器的出现，使微处理器开始进入一个崭新的时代。无论从结构、功能和应用范围等方面看，可以说是小型机的微型化。第四代微处理器的集成度为1~50万管/片，时钟频率达到16~33 MHz，平均指令执行时间约0.1 μ s，特别是1989年后，Intel公司又推出更高性能的32位微处理器Intel 80486，同期推出的高性能32位微处理器还有Motorola公司的MC 68040和NEC公司的V80等。由这些高性能32位微处理器组成的32位微型计算机的性能已达到或超过当时的高档小型机甚至大型机水平，被称为高档（超级）微型机。

第五代微处理器（从1993年开始）是64位微处理器的时代，这一时期的典型产品有：Intel公司推出的奔腾系列（经典Pentium/Pentium Pro/Pentium II/Pentium III/Pentium 4），IBM、Apple和Motorola三家公司联盟推出的PowerPC，AMD公司推出的K5以及Cyrix公司推出的M1等。第五代微处理器集成度超过100万管/片，时钟频率达到100 MHz以上，Pentium 4主频达到了1.3~3.6 GHz。

在不断发展与完善32位微处理器的同时，Intel公司和AMD公司在开发64位微处理器方面，采用了不同的策略，将来的微处理器将朝着更高性能、更低能耗、更高速度和低成本方向发展，并可能将信息采集、数据存储、数据处理、通信和人工智能都集成在一起，将突破冯·诺依曼计算机的传统概念。

二、微型计算机的特点和应用

（一）微型计算机的特点

由于微型计算机是采用LSI和VLSI组成的，所以它除了具有一般计算机的运算速度快、计算精度高、记忆功能和逻辑判断力强、自动工作等常规特点外，还有它自己的独特优点。

（1）体积小、重量轻、功耗低。由于采用了大规模和超大规模集成电路，使构成微型计算机所需的器件数目大大减少，使体积更加缩小、功耗更加降低。这些优点对于航空、航天、智能仪器仪表等领域具有特别重要的意义。

（2）可靠性高、使用环境要求低。由于系统内使用的芯片数大大减少、从而使印刷电路板上的连线减少，接插件数目大幅度减少，加之MOS电路芯片本身功耗低、发热量小，使微型计算机的可靠性大大提高，因而也降低了对使用环境的要求，普通的办公室和家庭环境就能满足要求。

（3）结构简单灵活、系统设计方便、适应性强。微型计算机采用总线结构，系统中各功能部件通过标准化的插槽和接口相连，用户选择不同的功能部件（板卡）和相应外设就可构

成不同要求和规模的微型计算机系统。

(4) 性能价格比高。随着超大规模集成电路技术的进一步成熟,生产规模和自动化程度的不断提高,微型机的成本不断下降,同时也使许多过去只在大、中型计算机中采用的技术(如流水线技术、RISC技术、虚拟存储技术等)也在微型机中采用,使微型机的性能越来越高,这将使微型计算机得到更为广泛的应用。

(二) 微型计算机的应用

由于微型计算机具有上述一系列显著特点,使它得到了广泛的应用,如今已渗透到国民经济的各个部门,成为人们工作和生活不可缺少的工具。微型计算机的应用范围举不胜举,下面对微机的主要应用领域作简要介绍。

1. 科学计算

科学计算一直是电子计算机的重要应用领域。世界上第一台电子计算机 ENIAC 就是专为计算弹道曲线而设计的。如今,卫星、导弹的轨道计算,核武器试验,航天飞机发射,天气、地震预测预报,大型桥梁、高层建筑、重型机械等的结构设计,飞机船舶的外型设计等等都需要进行极其复杂和大量的科学计算,它们离不开大型高速计算机。随着微处理器技术的不断发展,性能不断升级,高档微型计算机已具有较强的运算能力,已能满足相当范围的科学计算的需要,特别是微巨型机的发展以及用多个微处理器组成的并行处理机系统,其功能和计算速度已可与大型计算机相匹敌,而成本只有大型机的几分之一,使微型计算机用于科学计算的前景更为广阔。

2. 信息处理和事务管理

信息处理是计算机应用最广泛的领域之一。在当今的信息化社会中,用微型计算机进行信息处理已成为必不可少的手段。将微型机配上适当的应用软件,可以很方便地对各种信息按不同要求进行分类、检索、变换、存储、打印或显示。在微机联网后还可实现信息传送、资源共享,提高信息利用率。例如银行的电子化系统可在全国实现通存通兑,财务管理、人事档案管理、股票期货交易、航空订票系统、军事情报、企业管理系统等都是靠微机和网络来实现的。

3. 工业测控系统

利用微型计算机及时检测和收集某一生产活动中某些必需的数据,并按最佳状况进行自动调节和控制,称为过程控制。如各种生产线自动控制,卫星、导弹的发射与姿态控制等都必须靠微机来实现。在工业生产中使用自动生产线,可以实现设备的自动在线检测与控制,以保证产品质量和生产安全,提高生产效益,减轻工人的劳动强度。

4. 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

CAD/CAM 是微机应用的另一重要领域。CAD 是指用计算机来帮助设计者进行各种工程设计。CAD 技术使工程设计走向自动化,可以提高设计效率,缩短开发周期,降低制造成本。CAD 技术在服装设计、电子、汽车、机械制造行业中已经广泛应用并取得显著成效。CAM 是指利用计算机来控制机械加工、制造,用计算机控制以数控机床为中心的机械加工系统,可以实现加工件的自动运输、组装、加工、测量、检查等功能。目前微型机可完成中、小型的 CAD/CAM 任务。

5. 人工智能

人工智能就是将人脑在进行演绎推理时的思维过程、规则和所采取的策略、技巧等编制

成计算机程序，再在计算机中存储一些公理和推理规则，然后让计算机自己去探索解题的方法，也就是使计算机具有人脑的部分思维功能。如专家系统、智能机器人、神经网络技术等是人工智能研究领域的典型应用。

第二节 微型计算机数制及其转换

按进位的原则进行计数的方法，称为进位计数制，简称“数制”或“进制”。数制有很多种，除了我们常用的十进制计数以外，还有许多非十进制的计数方法。例如，60 min 为 1 h，用的是 60 进制计数法；1 星期有 7 天，是 7 进制计数法；1 年有 12 个月，是 12 进制计数法。

一、微型计算机中的数制

在计算机内部只能处理二进制数，其主要原因是采用二进制电路设计简单、容易实现。因为我们习惯采用十进制，再加上二进制数与十六进制数具有特殊的关系，所以在计算机科学中常常根据需要使用二进制、十进制和十六进制数。

1. 有关数制的基本概念

(1) 基数：数制所使用的数码的个数称为基数。如十进制中有 0~9 十个数码，基数是 10；二进制中有两个数码 0 和 1，基数是 2；十六进制中有 16 个数码，为 0~9 和 A, B, C, D, E, F，基数是 16。

(2) 进制：在数制中有一个原则，就是 N 进制一定是“逢 N 进一”。如十进制是“逢十进一”，二进制是“逢二进一”，十六进制是“逢十六进一”等。

(3) 位权：在任何数制中，数码所处的位置不同，代表的数值大小也不同。对每一个数位赋予的值，在数学上叫做“位权”。例如：十进制数 4314，左起的第一个 4 表示 4000，权值为 10^3 ；最右边的 4 表示 4，权值为 10^0 。相邻两位中高位权值与低位权值的比为该数制的基数。

位权与基数的关系是：位权的值等于基数的若干次幂，该幂次是由每个数所在的位置所决定的。排列方式是以小数点为界，整数自右向左 0 次方、1 次方、2 次方…，小数自左向右负 1 次方、负 2 次方、负 3 次方…。例如：1234.56 可以展开为下面多项式的和：

$$1234.56 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

2. 书写规则

因为在计算机应用中可以使用二进制、十进制和十六进制数。为了区分各种数制的数，常采用如下方法：

(1) 在数字后面加相应的英文字母作为标识。B (Binary)：表示二进制数；D (Decimal)：表示十进制数，通常可以省略；H (Hexadecimal)：表示十六进制数。例如 1010B、45A6H 等。

(2) 把数字用括号括起来，在括号外面加数字下标。如 $(1010)_2$ ， $(234)_{10}$ ， $(45A6)_{16}$ 等。

二、微型计算机中数制间的相互转换

将数由一种数制转换成另一种数制称为数制间的转换。由于计算机采用二进制，但用计算机解决实际问题时对数值的输入输出通常使用我们习惯的十进制，这就有一个数制转换的

过程。虽然这个转换过程完全由计算机系统自动完成,但我们应该清楚转换方法。

1. 十进制和非十进制之间的转换

(1) 非十进制数转换为十进制数 只要把要转换的数按权展开后相加求和即可。例如:

$$1101.11\text{B}=1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}=13.75$$

$$\text{A10B.8H}=10\times 16^3+1\times 16^2+0\times 16^1+11\times 16^0+8\times 16^{-1}=41227.5$$

(2) 十进制数整数转换成非十进制整数 采用“除基数取余法”:用基数连续去除十进制整数,直到商为0止,然后逆取余数,即最先得到的余数放在最低位,最后得到的余数放在最高位。下面举例说明。

【例 1.1】 将 13 转换为二进制数。

解:转换过程如下:

2	13	 余 1	低位 ↑ 高位
2	6	 余 0	
2	3	 余 1	
2	1	 余 1	
	0		

结果: $13=1101\text{B}$

【例 1.2】 将 236 转换为十六进制数。

解:转换过程如下:

16	236	 余 12	C	↑ E
16	14	 余 14		
	0			

结果: $236=0\text{ECH}$

(3) 十进制小数转换成非十进制小数 采用“乘基数取整法”:用十进制小数乘基数,当乘积值为0或达到所要求的精度时,顺取整数,即最先得到的整数放在小数的最高位,最后得到的整数放在最低位。

【例 1.3】 将 0.375 转换为二进制数。

解:转换过程如下:

0.375			
× 2			
	0.750	 整数 0	高位 ↓ 低位
× 2			
	1.50	 整数 1	
× 2			
	1.0	 整数 1	

结果: $0.375=0.011\text{B}$

2. 二进制数与十六进制数之间的转换

二进制和十六进制间的转换非常方便,转换方法为“分组转换法”:每4位二进制数对应一位十六进制数,分别转换。分组规则是:以小数点为基准,小数点左边,从右向左,每4位一组,不足4位以0补足;小数点右边,从左向右,每4位一组,不足4位以0补足。

【例 1.4】 把 110100110.100111B 转换为十六进制数。

解：转换过程为 4 位二进制数对应一位十六进制数：

0001 1010 0110 • 1001 1100
1 A 6 • 9 C

结果：110100110.100111B=1A6.9CH

【例 1.5】 把 37E.4BH 转换为一个二进制数：

解：转换过程为一位十六进制数对应 4 位二进制数：

3 7 E • 4 B
0011 0111 1110 • 0100 1011

结果：37E.4BH=1101111110.01001011B

为方便起见，现列出部分十进制、二进制和十六进制的对照关系，见表 1—1。

表 1—1 部分十进制、二进制和十六进制对照表

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

第三节 微型计算机的编码知识

因为计算机只能识别二进制数，所以在计算机内部，各种信息都必须采用二进制编码形式进行存储、处理和传输。前面我们介绍了数字是如何转换为二进制数的，那么，计算机是如何表示小数点、正负号？字符又是如何编码的？这节我们就对这些问题展开讨论。

一、计算机中数的表示

计算机中的数分为带符号数和无符号数。带符号数可能是正数，也可能是负数；而数值本身可以包括整数，也可以包括小数。那么，在计算机中是如何表示数的正负号和确定小数点的位置呢？

（一）正数和负数的表示

计算机中表示有符号数时，在数值的最高位之前设置一个符号位。一般以“0”表示正，以“1”表示负。例如，+1101001B 表示为 01101001B。

这种连正负号也数字化的数，称为机器数，是计算机所能识别的数；而把这个数本身，即用“+”、“-”号表示的数称为真值。机器数有 3 种不同的编码形式，即原码、反码及补码。现分述如下：

1. 原码

正数的符号位用 0 表示，负数的符号位用 1 表示，其余各数值位取原值不变。有符号数

的这种表示法称为原码表示法。例如（以下举例用 8 位二进制数表示）：

$$X = +0001010B \quad [X]_{\text{原}} = 00001010B$$

$$Y = -1001010B \quad [Y]_{\text{原}} = 11001010B$$

对于 8 位二进制原码，其表示的数值范围为 $-127 \sim +127$ ，即：

$$[+127]_{\text{原}} = 01111111B \quad [-127]_{\text{原}} = 11111111B$$

原码简单易懂，且与真值转换方便。但用原码将两个异号数相加或两个同号数相减，就要做减法，这样，在计算机中还需加一个符号比较电路和一个减法电路，这就增加了运算电路的复杂性。为了把上述运算转换成加法运算，简化计算机运算电路的结构，在计算机中引入了反码和补码。

2. 反码

正数的反码与原码相同；负数的反码表示，除符号位仍为 1 外，其余各数值位是“按位取反”，即：0 变 1，1 变 0。例如：

$$X = +0001010B \quad [X]_{\text{反}} = 00001010B$$

$$Y = -1001010B \quad [Y]_{\text{反}} = 10110101B$$

反码的 0，有两种表示方法： $[+0]_{\text{反}} = 00000000B$ 或 $[-0]_{\text{反}} = 11111111B$ 。

对于 8 位反码表示的数值范围为 $-127 \sim +127$ 。

3. 补码

正数的补码与原码相同；负数的补码表示，除符号位仍为 1 外，其余各数值位按位取反，再在最低位上加 1。例如：

$$X = +0001010B \quad [X]_{\text{补}} = 00001010B$$

$$Y = -1001010B \quad [Y]_{\text{补}} = 10110110B$$

补码的 0 只有一种表示方法： $[+0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{补}} = 00000000B$ 。

对于 8 位二进制补码，其表示的数值范围为 $-128 \sim +127$ ，即：

$$[+127]_{\text{补}} = 01111111B \quad [-128]_{\text{补}} = 10000000B$$

由于原码、反码中的 0 有两个代码，而补码中的 0 只有一种代码，因此，8 位二进制补码可以比原码、反码多表示一个负数，即 -128 。

4. 原码和补码之间的转换

正数的原码、补码表示方法相同，不存在转换问题；负数的补码变原码（或原码变补码）方法为：符号位不变，数值部分按位取反，且在最低位加 1。

5. 为什么引入补码

前面讲过，采用原码运算时要考虑符号位的异同，用电路不易实现，所以在微机中，凡是带符号的数一律用补码表示。这是因为，补码运算时不考虑符号位，符号位与数值部分一起参加运算，结果仍然是补码形式，具体运算验证过程我们不在这里论述了。 N 位补码运算时，只要运算结果不超过 N 位补码所表示的范围，就不会产生溢出，答案总是正确的。如果超出表示范围，结果就是错误的。所以在微处理器中，专门设计了一个“溢出标志位”，带符号数运算时如果发生溢出，溢出标志位置 1，指出符号位已遭到破坏。

（二）小数点的表示

在一般书写中，小数点是用“.”来表示的，但在计算机中表示任何信息只能用 0 或 1 两种数码，如果计算机中的小数点用数码表示的话，则与二进制数位又不易区分，那么在计