



微型计算机 原理与应用基础

李传映 主 编

北京航空航天大学出版社

6

11

微型计算机原理与应用基础

李传映 主编

北京航空航天大学出版社

(京)新登字166号

内 容 简 介

本书是航空高等院校非计算机专业“微型计算机原理与应用”课程的部规划教材。

本书以Z80为中央处理单元,以软件与硬件相结合的方法,在一定深度上阐明了微型计算机的基本原理、汇编语言程序设计的基本方法以及微型计算机接口技术的基础知识和微型计算机的实际应用。

本书的特点是内容简明扼要,力求由浅入深,循序渐进,既重视基本概念,又讲求具体应用,使读者学习后,能为应用微型计算机和进一步学习新的机型打下良好的基础。

本书可作为高等工院校非计算机专业微型计算机原理及应用课程教材,也可以作为有关专业师生和科技人员的自学课本。

JSSS / 23

微型计算机原理与应用基础

WEIXING JISUANJI YUANLI YU YINGYONG JICHU

李传映 主编

责任编辑 董少英

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

北京密云华都印刷厂印刷

* * *

787×1092 1/16 印张: 16 字数: 409 千字

1993年3月第一版 1993年3月第一次印刷 印数: 7000册

ISBN 7-81012-363-7/TP·083 定价: 4.20 元

前 言

随着微型计算机技术的迅速发展,当今各类微型计算机技术书籍、教材种类繁多,但其中大多数篇幅大,内容深而广,作为非计算机专业教材使用有一定困难。在这种情况下,航空高等院校各类非计算机专业都希望能有一本适合当前教学要求、教学时数和实验条件的教材。本书就是为这个目的而编写的。

考虑到非计算机专业包括“电”专业和“非电”专业的情况,全书编写时注意到以下两点:

1. 在教学内容上,按“电”专业的基本教学要求和教学时数(66学时左右)进行选取,“非电”专业根据本专业实际情况从中进行取舍。但总的来说,本书力求内容简明扼要,强调基本概念,注重实际应用,使学生学习后,在一定深度上掌握微型计算机的基本特点、基本原理和应用技术,为应用微型计算机来研究和解决本专业的实际问题 and 进一步深入学习其它计算机科学技术打下一个良好的基础。

2. 在教学内容的组织上,尽量考虑到“非电”专业有关前修课程教学时数较少等实际情况,力求循序渐进、难点分散、适时补充必要的基础知识,从实际应用的角度提出、分析和解决问题。每章有较多的例题和习题,适合各类专业学生理解和学习。

本书由北京航空航天大学李传映副教授主编并编写第一、五、七、八章及附录;第二、三、四章由北京航空航天大学赵玉华副教授编写;第六章由南京航空学院沈寿清副教授编写。

本书的编写大纲在拟定过程中,部属院校各有关教研室的老师们提出了宝贵的修改意见。北京航空航天大学电子中心李郁芬教授对本书的编写给予了热情的支持和帮助。全书经西北工业大学陈云相副教授审定,并提出了宝贵意见。北京航空航天大学金振铎同志描绘了全书插图。在此对他们谨致谢意。

由于编者水平有限,书中难免有些错误和不足之处,殷切希望老师们和读者批评指正。

编 者

一九九二年四月

目 录

绪 论

- 一、微型计算机的发展和应用概况 (1)
- 二、微型计算机在工业自动化中的应用简介 (2)

第一章 微型计算机运算基础

- 第一节 数制和不同数制间数的转换 (4)
 - 一、进位计数制 (4)
 - 二、不同进位计数制间数的转换 (5)
- 第二节 计算机中数的表示方法 (7)
 - 一、计算机中数的表示 (7)
 - 二、原码、反码和补码 (8)
- 第三节 信息的编码方法 (11)
 - 一、二进制编码的十进制数 (12)
 - 二、字符的编码 (12)
- 第四节 计算机中数的运算方法 (14)
 - 一、二进制数的运算 (14)
 - 二、补码运算 (14)
 - 三、溢出和溢出判别 (16)
 - 四、十进制数的加减运算 (17)
- 小 结 (18)
- 思考与练习 (18)

第二章 微处理器

- 第一节 微型计算机的基本组成及指令执行过程 (19)
 - 一、微型计算机的基本组成 (19)
 - 二、几个常用术语 (23)
 - 三、CPU执行指令的过程 (25)
- 第二节 Z80微处理器的内部结构 (27)
 - 一、Z80微处理器的内部结构 (27)
 - 二、堆栈和堆栈指示器SP (30)
- 第三节 Z80微处理器的引脚及其功能 (31)
 - 一、地址总线 $A_{15} \sim A_0$ (32)
 - 二、数据总线 $D_7 \sim D_0$ (32)
 - 三、控制总线 (32)
- 第四节 Z80微处理器的定时 (34)

一、指令周期、机器周期和时钟周期	(34)
二、Z80 CPU的时序简介	(34)
小 结	(37)
思考与练习	(37)

第三章 Z80微处理器的指令系统

第一节 指令及其表示方式	(38)
一、指令的基本概念	(38)
二、指令的表示方式	(38)
第二节 Z80的寻址方式	(39)
一、立即寻址和立即扩展寻址	(39)
二、直接寻址	(40)
三、寄存器间接寻址	(41)
四、寄存器寻址	(41)
五、变址寻址	(42)
六、相对寻址	(42)
七、位寻址	(43)
八、隐含寻址	(43)
九、零页寻址	(43)
第三节 Z80微处理器的指令系统	(44)
一、数据传送和交换指令	(44)
二、转移指令	(49)
三、算术和逻辑运算指令	(52)
四、循环移位和移位指令	(59)
五、位操作指令	(62)
六、子程序调用和返回指令	(63)
七、数据块传送和搜索指令	(64)
八、CPU控制指令	(67)
小 结	(68)
思考与练习	(68)

第四章 汇编语言程序设计基础

第一节 程序设计语言概述	(70)
第二节 汇编语言源程序规范	(71)
一、汇编和汇编程序	(71)
二、汇编语言源程序的格式	(71)
三、伪指令	(72)
第三节 汇编语言程序设计基础	(75)
一、汇编语言程序设计的一般步骤	(75)

二、基本程序设计	(76)
三、介绍几个常用的程序	(83)
小 结	(89)
思考与练习	(89)
 第五章 半导体存储器	
第一节 概述	(92)
一、半导体存储器的分类	(92)
二、半导体存储器的主要技术参数	(93)
三、半导体存储器的一般结构	(94)
第二节 随机存储器RAM	(94)
一、RAM基本存储电路	(94)
二、静态RAM的结构及芯片举例	(96)
第三节 可擦可编程只读存储器EPROM	(98)
一、EPROM基本存储电路	(98)
二、EPROM芯片举例	(99)
第四节 存储器与微处理器的连接	(100)
一、存储器与CPU连接时应考虑的几个问题	(100)
二、存储器与CPU的连接	(101)
三、TP801单板机的存储器	(107)
小 结	(109)
思考与练习	(109)
 第六章 微型计算机接口技术基础	
第一节 接口技术的基本问题	(111)
一、外部设备的特点和对接口的基本要求	(111)
二、接口信息和接口的组成	(112)
第二节 Z80 CPU的输入、输出指令及时序	(113)
一、直接端口寻址方式的I/O指令	(113)
二、寄存器C间接端口寻址方式的I/O指令	(114)
三、数据块I/O指令	(114)
四、Z80 CPU I/O时序	(115)
第三节 输入/输出传送控制方式	(115)
一、无条件传送方式	(116)
二、查询传送方式	(117)
三、中断传送方式	(119)
四、直接存储器存取DMA方式	(120)
第四节 Z80微处理器的中断技术	(121)
一、中断概述	(121)

二、Z80的中断系统	(127)
三、Z80的中断响应方式	(129)
四、Z80的中断优先权处理及中断嵌套	(132)
第五节 Z80并行输入/输出接口PIO	(133)
一、PIO的结构	(134)
二、PIO的引脚功能	(135)
三、PIO的工作方式及时序	(137)
四、PIO的初始化编程	(139)
五、PIO应用举例	(143)
第六节 Z80计数/定时电路CTC	(147)
一、CTC的结构	(148)
二、CTC的引脚功能	(149)
三、CTC的工作方式	(151)
四、CTC的初始化编程	(152)
五、CTC应用举例	(155)
第七节 简单外设的接口技术	(157)
一、LED显示器的接口	(158)
二、键盘的接口	(161)
小 结	(166)
思考与练习	(166)

第七章 数/模与模/数转换器及其接口

第一节 D/A转换器及其接口	(171)
一、D/A转换的基本原理	(171)
二、D/A转换器的主要技术参数	(172)
三、几种常见的D/A转换器及其接口	(173)
第二节 A/D转换器及其接口	(182)
一、A/D转换的基本原理	(182)
二、A/D转换器的主要技术参数	(185)
三、几种常用A/D转换器及其接口	(186)
第三节 D/A和A/D转换器的接口要点	(195)
一、构成D/A转换器接口时的要点	(196)
二、构成A/D转换器接口时的要点	(196)
小 结	(199)
思考与练习	(199)

第八章 微型计算机在自动化技术中的应用

第一节 计算机在自动化技术中应用的基本类型	(202)
一、计算机过程测试系统	(202)

二、计算机控制系统	(203)
三、计算机测试控制系统	(203)
第二节 微型计算机应用于顺序控制系统	(204)
一、剪切机的加工过程	(204)
二、接口、控制电路的组成	(205)
三、控制程序设计	(206)
第三节 步进电机的微型计算机控制	(208)
一、步进电机的控制原理	(208)
二、步进电机的计算机控制	(210)
第四节 测控系统中的数字滤波	(212)
一、程序限幅滤波	(213)
二、算术平均值法滤波	(213)
三、一阶惯性数字滤波	(214)
第五节 微型计算机温度控制系统	(216)
一、PID控制算法简介	(216)
二、恒温箱温度控制系统	(218)
附录 Z80指令系统表	(224)
主要参考文献	(246)

绪 论

一、微型计算机的发展和应用概况

(一) 微型计算机发展概述

电子计算机是一种运算速度快、计算精度高、具有高度自动化工作能力的设备。

微型计算机是一种在中、小型计算机基础上发展起来的与普通计算机在基本结构和基本本原理上没有本质差别,但在逻辑结构、电路设计和工艺水平方面具有新发展的一种计算机。它依靠集成电路技术的发展,广泛地采用了高集成度的部件和器件,因而具有体积小、功耗低、生产批量大、价格便宜、可靠性高、应用灵活和适应性强等一系列突出优点。

自1971年美国Intel公司推出第一台微处理器Intel 4004及随后问世的第一台微型计算机MCS-4以来的20余年,微型计算机的发展从4位机、8位机、16位机到近年来投入应用的32位机,已经有了几次更新换代。

第一代:1971~1972年。这一代的典型产品是美国Intel公司的4004、8008微处理器及其相应的MCS-4、MCS-8微型计算机。它们的主要特点是:采用PMOS大规模集成电路,字长4至8位,指令少,基本指令执行时间4~10 μ s,基本上没有软件。

第二代:1973~1975年。这一代的典型产品是美国Intel 8080, Motorola 6800等。其主要特点是:采用NMOS大规模集成电路,字长8位,基本指令70~80条,基本指令执行时间约1~2 μ s,具有一定的中断功能和基本软件,可配高级语言。

第三代:1976~1980年。典型产品有Intel公司的8086、Motorola公司的68000、Zilog公司的Z80、Z8000等。其主要特点是:字长8~16位,有较丰富的指令系统,基本指令执行时间0.5 μ s左右。此外还具有丰富的软件资源,并配有操作系统,其功能一般可达高档小型机水平。

随着集成技术的进一步发展,80年5月,256K位的存储器芯片问世,1981年在国外32位微处理器和微型计算机研制成功并投入使用,这就是说,微型计算机实际上已经是第四代了。这一代的典型产品有Intel公司的80386, Motorola公司的68020, HP公司的 μ P32等。这类微型计算机以它优越的性能形成了与中、小型机相竞争的局面。

在我国,1974年开始研制微型计算机。1977年4月第一台微型计算机研制成功。随后建立起DJS微型计算机系列。1984年电子工业部成功地开发了16位微型计算机系统:长城0520系列。近些年来,我国微型计算机的发展坚持“引进、消化、开发、创新”的方针,大大增强了行业实力,改善了企业条件和工艺水平,使微型计算机工业初步形成了产业格局,产品技术水平和产量大大提高,并且随着计算机技术的发展,产品也获得不断升档换代。目前,一些整机优质名牌产品的质量达到或接近国际同类产品水平。长城等一些公司的国产系列微型计算机近十个品种的国内市场占有率超过60%,已承担起装备国民经济各部门的重要责任。

(二) 微型计算机应用概况

目前,微型计算机的应用已经广泛地深入到政府机关、工农业、能源交通、文化教育、

卫生体育、财政金融乃至日常生活等各个领域，对振兴国民经济，推进现代化和信息化起着积极作用，并取得了越来越显著的效果。计算机的研究和应用，已被认为是衡量一个国家现代化水平的重要标志。

概括起来，可将微型计算机的应用分为以下几个方面：

1. 科技计算

科技计算是指工程设计和科研课题中需要解决的大量而复杂的数学计算问题。它要求计算速度快，能满足工程或科研问题中所要求的计算精度。

科技计算可以说是计算机应用的序幕。随着计算机技术特别是微型计算机技术的发展，在这一方面，微型计算机的应用在很大程度上取代了小型计算机，并且还还为微型计算机在数据处理和工业自动化方面应用开辟了新领域。

2. 数据处理

数据处理是指对数据（包括数值数据和非数值数据）进行收集、分析和加工处理。如用微型计算机实现各类管理、统计计算、信息检索都属于这个应用领域。数据处理的特点是数据量大，数学计算问题相对简单。所以数据处理要解决的主要问题是组织、存放数据，如何实现对数据有效地加工处理，如分类、编辑、检索、复制、输出和数据维护等工作。据资料统计，目前数据处理任务占整个计算机应用任务的80%。

3. 工业自动化

工业自动化主要是指利用计算机对工业生产过程进行自动而且有效的检测与控制，使其不但提高产量，而更主要的是提高产品质量和设备利用率，节约劳动力和能源，获得较高的综合经济效益。

4. 民用事业

近年来，微型计算机应用已渗透到民用事业和人们的日常生活中。例如将微型计算机用于交通自动管理、邮电事业、学校辅助教学设备、自动化家庭设施和文化娱乐设施等，为满足人民物质和文化需要，提高社会综合效益起到了积极作用。

毫无疑问，随着社会的进步和科学技术的迅速发展，人们对微型计算机的需求和它在各个领域中的应用将得到进一步的深入和扩大。

二、微型计算机在工业自动化中的应用简介

工科非计算机专业学习微型计算机的主要目的是应用，是用它来研究和解决本专业科研、生产中的问题，推动本专业科学技术的发展。

需指出，我们这里所说的应用不主要是指用微型计算机来进行科技计算，而主要是指将微型计算机应用于工业自动化中，即以微型计算机（微处理器）为核心，外加一些必要的设备构成一个装置或系统对工业、生产中的机器设备、仪表以至生产过程进行检测、控制。

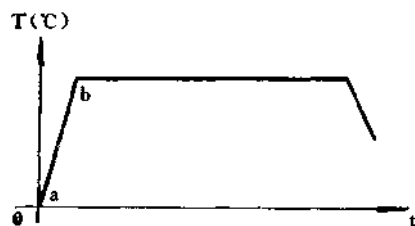


图1 恒温箱温度变化要求

例如在工业生产中常常要进行温度测试和控制。设有一恒温箱，要求在生产过程中的温度按图一所示曲线变化。曲线的ab段，按每分钟 1°C 的变化升温，温升到 26°C 后保温5小时，然后自然降温。保温阶段要求温度误差 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。在整个过程中要求温度数据显示输出，

并每隔半小时将温度数据打印输出。

根据上述要求，可以利用微型计算机构成如图二所示的一个测量控制系统（简称测控系统）。它的基本工作过程是：通过一个能把非电量转换为电量的装置——传感器（如热电偶传感器、热电阻传感器）把恒温箱中的温度转换为电压输出，经放大器放大，然后送模/数转换器进行模/数转换，输出一个以数字量形式

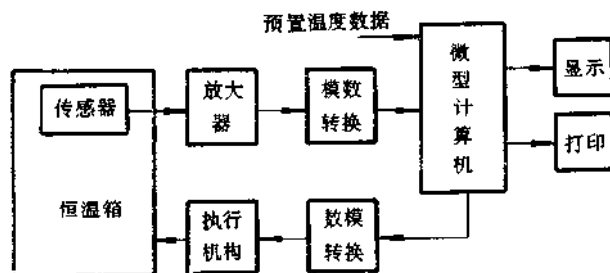


图2 温度测控系统结构简图

表示温度变化的数字量送微型计算机。计算机将该数字量与预置温度数据进行比较，对偏差量按规定控制要求进行计算处理后，经数/模转换，产生一个与控制要求相应的控制信号送执行机构。执行机构是一种调温装置，它根据计算机送来的信号对箱内温度进行调节，以达到预定的控温要求。此外，计算机在工作过程中，随时通过计算将所测恒温箱中的温度送显示器显示，并且定时将温度数据送打印机打印输出。

一般来说，一个微型计算机测控系统可以对生产过程中的各种物理量（如温度、压力、流量等热工参数、电压、电流等电工参数以及机械运动参数、化工参数等）进行测量，并通过与给定参数值进行比较处理，然后产生相应控制信号，通过执行部件对各被控参数实施控制，使之达到或接近给定值，使生产过程按预定规律进行。

一个以计算机为核心组成的系统实现对生产过程的测量、控制具有以下突出优点：

1. 易实现测量、控制的自动化，提高自动化程度。计算机本身就是一种高度自动化的设备，是一种“智能”型产品。有了它，容易实现自动多参数测量、自动量程转换、计算和自动数据存贮、数据输出，并且能根据被测参数或生产过程的复杂变化自动作出控制决策，发出相应控制信号。

2. 能实现实时控制。所谓实时控制就是控制系统能对被控过程的参数或过程变化以足够快的速度作出反应，进行及时调节。在一些生产过程中，若其过程变化较快，当采用常规仪表进行检测时，待结果测出来以后，过程早已发生变化。这时如果再根据所测结果去进行控制，肯定就不精确，就会使生产过程失去良好的工作状态，以致影响到产品的质量 和数量，降低生产效率。但是如果采用计算机控制系统进行控制，就能实现生产过程参数的快速测量和计算，及时地发出控制信号，确保生产过程始终处于最佳工作状态，充分发挥设备的潜在能力，提高产品的质量和数量。

此外，随着微型计算机技术的发展，微型计算机测控系统工作越来越可靠，适应性能越来越强。在系统的研制投资、研制周期等方面也将越来越有明显的优势。所有这些，必将将进一步促进微型计算机在工业自动化中的应用。

第一章 微型计算机运算基础

计算机最基本的功能是对“数”进行运算处理，那末一个数在计算机中是如何表示、运算时又有什么特点、规律呢？这些就是本章要讨论的问题。

第一节 数制和不同数制间数的转换

一、进位计数制

(一) 几种进位计数制

进位计数制就是一种按进位进行计数的方法。十进制是人们日常生活中最常用的一种计数制。它用0~9共10个不同的数字符号来表示一个数的大小。这些数字符号常称为数码。十进制的计数方法就是逢10进1。除十进制外，常用的计数制还有八进制、十六进制等等。它们分别按逢8进1，逢16进1的方法进行计数。八进制用数码0~7表示一个数的大小。十六进制用十进制的10个数码再加上从A至F的6个大写英文字母共16个数码来表示一个数的大小。常将数制所用的数码个数称为该计数制的基数。那末，十进制、八进制和十六进制的基数分别就是10、8和16。

计算机是一种以电子数字器件为基础的大规模数字系统，若在计算机中采用上述进位计数制来进行计数是不容易实现的。但考虑到电子器件很容易实现两种截然不同（导通或截止）工作状态的特点，在计算机中则很容易实现二进制计数的方法。二进制计数只是用0和1两个数码来表示一个数的大小，按逢2进1的方法进行计数。

表1-1表示出了二、十和十六进制计数的基数、数码和计数方法。

(二) “权”及数的一般表示形式

一个数常常是由多个数码组合而成的。数码在数中的位置不同，其值也不同。例如十进制数999.9，同是一个数码9，处在该数中不同的位置，其值显然不同。处在百位的9，其值为九百；十位的9，其值为九十；个位的9，其值为九；小数点右边的9，其值只为十分之九。999.9这个数可以展开为如下多项式：

$$999.9 = 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1}$$

式中： 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 称为该位的“权”。该数中每一位上的数码与该位“权”的乘积，就是该位数值的大小。上述多项式实际上是一个按“权”的展开式。

不同的计数制，只是计数方法不同，它们之间没有什么本质的差别。因此其它计数制表示的数也可按“权”展开，其一般形式为：

$$N = d_{n-1}b^{n-1} + d_{n-2}b^{n-2} + \dots + d_{-m}b^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} d_i b^i$$

式中 n ——整数部分的总位数；

m ——小数部分的总位数；

表1-1 几种计数制

数 制	十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
基 数	10	2	16
计 数 顺 序	0	0	0
	1	1	1
	2	10	2
	3	11	3
	4	100	4
	5	101	5
	6	110	6
	7	111	7
	8	1000	8
	9	1001	9
	10	1010	A
	11	1011	B
	12	1100	C
	13	1101	D
	14	1110	E
	15	1111	F
	16	10000	10
	⋮	⋮	⋮

d_i ——第*i*位的数码；

b ——基数；

b^i ——第*i*位的“权”。

例如：二进制数10111的展开式为：

$$10111 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

十六进制数3AD4的展开式为：

$$3AD4 = 3 \times 16^3 + A \times 16^2 + D \times 16^1 + 4 \times 16^0$$

(三) 数的书写规定

在编写计算机程序时，一个数可以书写为二进制、十进制或十六进制数。但二进制数在书写时，位数太多，容易出错，且二进制数不易识别，所以最常见的还是把一个数书写为十六进制数。

为了区别在书写时用各种计数制表示的数，规定在数上加相应后缀作标识。

对于二进制数加后缀B(Binary)。例如，二进制数1101，书写时写为1101B。

对于十进制数加后缀D(Decimal)。但一般约定后缀D可以省略。例如，十进制数1350，书写时写为1350D或1350均可。

对于十六进制数加后缀H(Hexadecimal)。例如，十六进制数3AB5，书写时写为3AB5H。

二、不同进位计数制间数的转换

人们熟悉十进制数，计算机只认识二进制数，而十六进制数又有位数少易于书写的优点，

所以在计算机应用中,不同场合下,同一个数可能用不同的计数制来表示或书写。这就要求能将不同计数制间的数进行相互转换。

(一) 二进制数与十进制数之间的转换

1. 二进制数转换为十进制数

这种转换比较简单。根据按权展开式的一般形式可以知道,只要将二进制数各位的数码乘以该位的权然后相加,其和即是该二进制数相应的十进制数值。

[例1-1] 将二进制数111.101转换为等值的十进制数。

解: $111.101\text{B} = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 7.625$

2. 十进制数转换为二进制数

将十进制数转换为二进制数,是将整数部分和小数部分分别转换,然后相加。

(1) 整数的转换

完成这种转换的基本方法是除2取余法,即用2除要转换的十进制数,得商数和余数,该余数为相应二进制数的最低位。再用2除该商数又可得商数和余数,则此余数为次低位。用同样的方法继续下去,直至商为0,将余数从后往前依次排列,就得该十进制数所对应的二进制数。

[例1-2] 将十进制数25转换为等值的二进制数。

解:

2	25		
2	12	...余 1	↑ (最低位)
2	6	...余 0	
2	3	...余 0	
2	1	...余 1	
0		...余 1	(最高位)

即 $25 = 11001\text{B}$

(2) 小数的转换

十进制小数转换为等值的二进制小数,采用乘2取整法,即将要转换的十进制小数乘以2,得到一个乘积,该乘积的整数部分为相应二进制的最高位。再将乘积的小数部分乘2,又得一乘积,该乘积整数部分为相应二进制数的次高位。如此继续下去,直至小数部分为零或满足所要求的精度为止。这样将每次得到的整数从前至后顺序排列起来,即为该十进制小数等值的二进制小数。

[例1-3] 将十进制小数0.695转换为等值的二进制数。

解:

0.695	0.39	0.78	0.56
×) 2	×) 2	×) 2	×) 2
1.390	0.78	1.56	1.12
↓	↓	↓	↓
1	0	1	1

即 $0.695 \approx 0.1011\text{B}$

[例1-4] 将十进制数25.695转换为等值的二进制数。

解: 在[例1-2]和[例1-3]中已分别求得25和0.695的等值二进制数,这时只要将它们相加即为最后结果:

$$25.695 = 11001.1011\text{B}$$

(二) 二进制数与十六进制数之间的转换

由表1-1可见，每位十六进制数可用4位二进制数表示。因此将十六进制数的各位用相应的4位二进制数表示，即可转换成等值的二进制数。

〔例1-5〕 将3AB.6H转换为等值的二进制数。

解：

$$\begin{array}{ccccccc} & 3 & & A & & B & . & 6 \\ & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ 0011 & & 1010 & & 1011 & . & 0110 \end{array}$$

即

$$3AB.6\text{H} = 1110101011.011\text{B}$$

二进制数转换为十六进制数时，将二进制数的整数部分从右至左每4位一分，不足4位从左补0；小数部分从左至右4位一分，不足4位从右补0，并分别用相应的十六进制数码代换，即为等值的十六进制数。

〔例1-6〕 将10011001110.011B转换为等值十六进制数。

解：

$$\begin{array}{ccccccc} & 100 & & 1100 & & 1110 & . & 0110 \\ & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ & 4 & & C & & E & . & 6 \end{array}$$

即

$$10011001110.011\text{B} = 4\text{CE}.6\text{H}$$

由上面的例子可以看出，十六进制数与二进制数之间的转换十分简单，而且目前通用机型字长为8位或16位二进制数，可以用两位或四位十六进制数表示，给书写阅读带来很大方便。所以在计算机应用中，广泛采用十六进制数。

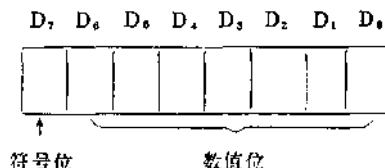
第二节 计算机中数的表示方法

一、计算机中数的表示

前已指出，计算机中数是以二进制形式表示的。但一个数常有正数、负数之分，而且还会有小数点。那末在计算机中是如何表示一个数的正负符号和小数点的呢？

(一) 有符号数的表示

构成计算机电路最基本的器件——数字器件只有两个工作状态，它们分别表示二进制数码0和1。这样对于数的正、负符号也只能用“0”和“1”来表示了。特规定：数的最高位为符号位，并且用“0”表示正；用“1”表示负。在8位微型计算机中，一个数常用8位二进制数表示，其格式如下：



其中最高位 D_7 为符号位， $D_6 \sim D_0$ 为二进制数值位，有时也称尾数。

例如二进制数：

$$+1001101 \text{ 和 } -1001101$$

在计算机中分别表示为:

01001101和11001101

通常,把正、负符号分别用“0”和“1”表示的数叫机器数。

(二) 小数点的表示

计算机中,有两种表示小数点的方法,即定点表示法和浮点表示法。所谓定点表示法,就是小数点在数中的位置是固定不变的。浮点表示法就是小数点在数中的位置是浮动的。这里仅介绍八位微型计算机常用的定点法。

采用定点法时,通常将小数点固定在数值位最低位的右边,如

符 号 位	尾 数 .
-------	-------

或固定在数值位最高位的左边,如

符 号 位	. 尾 数
-------	-------

究竟采用哪种方法,是事先约定的。不过如采用前者,定点法所表示的数只能是整数。如采用后者,定点法所表示的数只能是小数。在本书中,均约定采用第一种小数点固定的方法。还必需指出,由于定点法的小数点位置事先约定,所以在计算机中小数点是隐含表示,而不再特殊标明。

二、原码、反码和补码

一个数的数值和符号都用二进制数码来表示,那么计算机对数据进行运算时,符号位应如何处理呢?是否也同数值位一道参加运算呢?为了妥善地处理好这个问题,就产生了把符号位和数值位一起进行编码的各种方法,这就是原码、反码和补码。

(一) 原码

一个数的原码就是该数的机器数,即它的符号位以数码“0”表示正,以数码“1”表示负,其余各位为二进制数值位。

例如正数: $X = +1101001B$

其原码表示为: $[X]_{\text{原}} = 01101001B$

负数: $X = -1101001B$

$[X]_{\text{原}} = 11101001B$

注意在机器中数0的原码有正、负之分,即

$[+0]_{\text{原}} = 00000000B$

$[-0]_{\text{原}} = 10000000B$

对于8位二进制数表示的原码,其表示的数值范围为 $+127 \sim -127$,即 $[127]_{\text{原}} = 01111111B$ 至 $[-127]_{\text{原}} = 11111111B$ 。

由上面的例子可以看出,有符号数用原码表示,其数值部分不变,简单易懂。但是若用原码表示的两个异号数相加或两个同号数相减时,就要做减法。这样,就要求在计算机的