



16 位微型计算机 原理·接口及其应用

周佩玲 吴耿锋 万炳奎 编

修订版



中国科学技术大学出版社

16 位微型计算机 原理·接口及其应用

(修 订 版)

周佩玲 吴耿锋 万炳奎 编

中国科学技术大学出版社

1997·合肥

内 容 简 介

本书以 INTEL8086CPU 为核心,介绍了 16 位微机的组成原理,8086 的指令系统及 MASM 宏汇编伪指令,在汇编语言程序设计中介绍 DOS 功能调用,汇编语言与高级语言的连接.硬件部分讨论了常用的 I/O 接口芯片的结构、编程及应用举例,详尽地讨论了 8086 的中断,介绍 PC 机的总线,微机的体系结构等,对于高性能微机在本书的后两章中也有所介绍.全书共分十二章,每章都附有习题.可作为高等学校非电子类专业学生的教材,微机学习者的自学书籍及从事微机工作的广大工程技术人员的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

16 位微型计算机原理·接口及其应用(修订版)/周佩玲等 编. —合肥:中国科学技术大学出版社,1997 年 8 月

ISBN 7-312-00937-9

I 16 位微型计算机……

I 周佩玲等 编

II ①计算机 ②原理 ③接口

N TP

凡购买中国科大版图书,如有白页、缺页、倒页者,由承印厂负责调换.

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:22.75 字数:589 千

1995 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月修订版 1997 年 8 月第 3 次印刷

印数:11001—22000 册

ISBN 7-312-00937-9/TP·192 定价:19.80 元

修订版前言

在过去的短短十几年中,以 INTEL 公司研制生产的微处理器为代表的 CUP 技术,已从具有几兆时钟速度的准 16 位机 8088 发展到具有 300 兆时钟速度,且带有多媒体技术的 Pentium I,内存容量从 1M 字节到 4000M 字节,编程语言从汇编语言到智能语言,……技术发展速度之快,令人鼓舞,促人奋进.要想跟上这迅猛发展的计算机技术,无论是紧跟潮流的志愿者,还是经验丰富的专业人员都感到十分吃力.

但无论计算机技术怎么发展,目前基于冯·诺依曼结构的计算机原理是相对不变的.从这种观点出发,再版本书中没有加入更多新的内容,而是保持初版书易学、易懂、内容精炼的风格,以满足广大对计算机硬件技术以及汇编语言程序设计者,特别是初学者的需要.本书于 1995 年 8 月,在中国科学技术大学出版社的支持下,经学校教材与学术著作专家评审组充分论证、审查后公开出版,初版面市后,不仅受到了中国科学技术大学学生的普遍欢迎,而且在校外也产生了积极的影响,不少兄弟院校纷纷选作教材,收到很好的社会效益.应许多读者的建议和要求,我们对原书进行了修订,现再版献给读者,恳请批评指正.

编 者

1997 年 6 月于中国科学技术大学

前言

在许多微机应用领域中,8 位微机的性能往往不能满足要求. 如工业控制、图像处理、汉字处理、空间信号处理、神经网络学习算法的仿真等方面的应用都要求有比 8 位微机具有更大容量、更快运算速度和更高处理能力的微型计算机. 16 位微机已经具备了能够替代部分小型机的功能,其存储容量增加到 1M 字节以上,输入、输出的功能增强,有硬件的乘法器和除法器且能处理 8~32 位的数据,有较强的指令功能和灵活多样的寻址能力,能组成多处理机系统,软件灵活性能高,系统支持强,有不受限制的扩展性.

为了使学生对 16 位微机有所认识和了解,提高他们的操作能力、汇编语言程序设计能力以及硬件接口的扩展技能,为今后的工作打下良好基础. 中国科学技术大学早就决定在全校普及 16 位微型计算机的教学,为此,编写了本教材.

因为本教材是普及型的,主要提供给非电子类专业学生使用,故在编排内容上通过充分讨论且教学大纲由学校组织专家论证,编者根据大纲要求并融汇自己的教学经验共同协作完成. 教材共分十二章,主要以 INTEL8086CPU 为核心,介绍了微机原理、汇编语言程序设计、接口技术及其应用. 为适应微机发展的需要. 此外,还介绍了高性能的微机,如 80286,80386 等. 对于使用本教材的同学来说,根据各自的基础不同可把重点放在不同侧面. 例如:软件设计基础好的同学,重点可放在汇编语言与高级语言的连接部分. 对于难度较大的 DMAC 芯片,协处理器 8087,I/O 处理器 8089 没有编入本教材. 为了配合课堂教学相应设置了若干实验,课堂讲授和实验同步进行,课堂讲授 80 学时左右,实验安排 40 学时左右.

本教材由吴耿锋老师编写第一、二、五、十一、十二章,万炳奎老师编写第三、四章,周佩玲老师编写第六、七、八、九、十章. 全部教材由周佩玲老师统稿. 本书在编写过程中,得到了中国科学技术大学教务长朱滨教授、电子技术部副主任戴蓓倩教授的鼓励和支持,在此表示衷心感谢.

编者尽力想将该教材编写得好一些,但难免有疏漏之处,敬请读者批评指正.

编 者

1995 年 2 月于中国科学技术大学

目次

修订版前言	(I)
前言	(III)
第一章 计算机基本知识	(1)
1.1 绪论	(1)
1.1.1 微处理器及微型计算机的发展史	(1)
1.1.2 微型计算机的应用	(4)
1.2 运算基础	(6)
1.2.1 几种进位计数制及其相互转换	(6)
1.2.2 二进制数及其运算规则	(11)
1.2.3 计算机中数据的表示方法	(13)
1.3 微型计算机的基本结构	(18)
1.3.1 微型计算机的总体结构	(18)
1.3.2 微处理器的基本结构	(20)
1.3.3 一个典型的 16 位微型计算机系统结构	(25)
习题与思考题	(26)
第二章 8086 微型计算机体系结构	(28)
2.1 8086CPU 结构	(28)
2.1.1 8086CPU 内部结构	(28)
2.1.2 8086CPU 的寄存器结构	(30)
2.1.3 8086CPU 的管脚及功能	(33)
2.2 8086 系统的结构和配置	(37)
2.2.1 8086 存储器结构	(37)
2.2.2 8086 输入/输出结构	(42)
2.2.3 8086 的最小和最大模式系统	(43)
2.3 8086CPU 内部时序	(49)
2.3.1 8086 的总线周期	(49)
2.3.2 最小模式系统中 8086CPU 的读/写总线周期	(50)
2.3.3 最大模式系统中 8086CPU 的读/写总线周期	(52)
习题与思考题	(53)
第三章 8086 的指令系统	(55)
3.1 8086 指令系统的特点	(55)
3.2 8086 的寻址方式	(56)

3.2.1 有效地址 EA(Effective Address)	(56)
3.2.2 寻址方式	(57)
3.2.3 8086 的指令格式及数据类型	(61)
3.3 8086 的指令系统	(64)
3.3.1 数据传送指令	(64)
3.3.2 算术运算指令	(69)
3.3.3 位处理指令	(75)
3.3.4 串操作指令	(79)
3.3.5 程序控制转移指令	(82)
3.3.6 处理器控制指令	(90)
习题与思考题	(91)
第四章 8086 汇编语言程序设计	(94)
4.1 8086 汇编语言的基本语法	(94)
4.1.1 实例分析——源程序结构	(94)
4.1.2 伪指令	(100)
4.1.3 宏汇编与条件汇编	(107)
4.2 IBM-PC-DOS 系统的功能调用	(112)
4.2.1 系统功能调用的方法	(112)
4.2.2 基本的 I/O 功能调用	(113)
4.3 汇编语言程序设计举例	(117)
4.4 高级语言与汇编语言的连接	(137)
4.4.1 BASIC 语言调用汇编语言子程序	(138)
4.4.2 FORTRAN 语言调用汇编语言子程序	(141)
习题与思考题	(144)
第五章 存储器与存储系统	(146)
5.1 存储器分类	(146)
5.1.1 按构成存储器的器件和存储介质分类	(146)
5.1.2 按存取方式分类	(146)
5.1.3 按在计算机中的作用分类	(147)
5.2 多层存储结构概念	(147)
5.2.1 主存-辅存层次	(149)
5.2.2 Cache-主存层次	(149)
5.3 主存储器及存储控制	(149)
5.3.1 主存储器的主要技术指标及基本操作	(149)
5.3.2 主存储器的基本组成	(151)
5.4 8086 系统的存储器组织	(155)
5.4.1 8086CPU 的存储器接口	(155)
5.4.2 8086CPU 与存储器系统的连接	(157)
习题与思考题	(161)
第六章 微型计算机的输入/输出	(162)

6.1 CPU 与外设通讯的特点	(162)
6.1.1 接口的用途	(162)
6.1.2 I/O 端口的寻址方式	(162)
6.1.3 I/O 端口地址的形成	(163)
6.2 输入/输出方式	(164)
6.2.1 程序控制传送方式	(164)
6.2.2 直接存储器存取方式	(164)
6.3 CPU 与外设通讯的接口	(165)
6.3.1 同步传送方式与接口	(165)
6.3.2 异步查询方式与接口	(166)
6.3.3 查询方式应用举例	(169)
6.4 可用于输入/输出接口的 8212 芯片介绍	(170)
6.4.1 8212 芯片用于输入接口	(171)
6.4.2 8212 芯片用于输出接口	(172)
6.5 8086CPU 的输入/输出	(172)
6.5.1 8086CPU 的 I/O 指令	(172)
6.5.2 8086CPU 的 I/O 特点	(173)
习题与思考题	(173)
第七章 中断	(175)
7.1 中断原理	(175)
7.1.1 中断过程	(175)
7.1.2 中断源的确定及接口	(176)
7.1.3 中断优先权的确定	(179)
7.2 8086CPU 的中断	(180)
7.2.1 8086CPU 的中断类型	(180)
7.2.2 8086CPU 的中断管理	(183)
7.2.3 8086CPU 的中断处理顺序	(184)
7.2.4 8086CPU 中断类型号的获取	(185)
7.3 可编程中断控制器 8259A	(186)
7.3.1 8259A 的内部结构及管脚分配	(186)
7.3.2 8259A 的中断管理方式	(188)
7.3.3 8259A 的编程	(190)
7.3.4 8259A 的应用举例	(194)
7.4 8086 中断矢量表的建立方法	(197)
7.4.1 绝对地址置入法	(197)
7.4.2 使用串指令装入法	(198)
7.4.3 使用 DOS 调用法	(198)
7.4.4 直接装入法	(200)
7.5 IBM-PC 机的硬件中断	(200)
习题与思考题	(201)

第八章 可编程接口芯片	(203)
8.1 可编程并行输入/输出接口芯片 8255A	(203)
8.1.1 8255A 的内部结构	(203)
8.1.2 8255A 的管脚分配	(204)
8.1.3 8255A 的工作方式及编程	(205)
8.1.4 8255A 三种工作方式的功能及应用	(206)
8.1.5 8255A 应用举例	(212)
8.2 可编程定时/计数器接口芯片 8253	(217)
8.2.1 8253 的内部结构	(217)
8.2.2 8253 的管脚分配	(218)
8.2.3 8253 的编程	(219)
8.2.4 8253 的工作方式	(220)
8.2.5 8253 应用举例	(223)
8.2.6 8253 的读操作	(226)
8.3 可编程串行输入/输出接口芯片 8251A	(227)
8.3.1 串行通讯概述	(227)
8.3.2 8251A 可编程串行通讯接口芯片的内部结构	(231)
8.3.3 8251A 的管脚功能	(233)
8.3.4 8251A 的编程	(235)
8.3.5 8251A 应用举例	(238)
习题与思考题.....	(242)
第九章 总线	(245)
9.1 总线的概念	(245)
9.1.1 内部总线	(245)
9.1.2 芯片总线	(245)
9.1.3 系统总线	(245)
9.2 IBM-PC 机的总线结构与功能	(245)
9.2.1 IBM-PC/XT 总线及功能	(246)
9.2.2 IBM-PC/AT 总线及 I/O 通道	(248)
9.2.3 IBM-PC/AT 机 I/O 端口地址	(253)
9.2.4 适配器、扩展板的 I/O 口地址设计	(254)
9.3 串行总线 RS-232C 标准	(257)
9.4 IEEE-488 标准接口总线.....	(258)
9.4.1 概述	(258)
9.4.2 IEEE-488 总线的使用特点.....	(258)
9.4.3 IEEE-488 总线结构与功能.....	(259)
习题与思考题.....	(259)
第十章 D/A, A/D 转换及应用	(261)
10.1 从物理信号到电信号的转换.....	(262)
10.1.1 概述	(262)

10.1.2 介绍几种传感器	(262)
10.2 D/A 转换器及其接口技术	(266)
10.2.1 D/A 转换器及其接口原理	(266)
10.2.2 8 位 D/A 转换芯片 AD558 及其接口	(266)
10.2.3 8 位 D/A 转换芯片 0832 及其接口	(267)
10.2.4 12 位 D/A 转换及接口	(269)
10.3 A/D 转换器及其接口技术	(269)
10.3.1 A/D 转换原理	(269)
10.3.2 A/D 转换与微机接口技术一般原理	(270)
10.3.3 A/D 转换与微机接口电路	(270)
10.3.4 A/D 转换芯片 0809	(274)
10.3.5 A/D 转换器应用举例	(275)
10.4 微机应用实例	(280)
10.4.1 在辅助科学实验中的应用	(280)
10.4.2 在生物科学中的应用	(281)
10.4.3 在控制中的应用	(282)
10.4.4 在临床医疗仪器中的应用	(283)
习题与思考题	(284)
第十一章 计算机系统结构概述	(286)
11.1 串行结构计算机	(286)
11.1.1 Von Neumann 结构的特点	(286)
11.1.2 不同系列的串行结构计算机	(287)
11.2 并行结构计算机	(289)
11.2.1 计算机系统结构中的并行性	(289)
11.2.2 多处理机系统的 Flynn 分类	(290)
11.2.3 阵列结构的多处理机系统(SIMD)	(292)
11.2.4 具有流水线结构的多处理机系统(MISD)	(293)
11.2.5 MIMD 多处理机系统及其拓扑结构	(294)
习题与思考题	(295)
第十二章 高性能微处理器	(297)
12.1 80186 微处理器	(297)
12.1.1 80186 内部结构简介	(297)
12.1.2 80186 芯片管脚功能	(299)
12.1.3 80186 指令系统	(301)
12.1.4 用 80186 构成的微机系统	(302)
12.2 80286 微处理器	(303)
12.2.1 80286 内部结构简介	(304)
12.2.2 80286 芯片管脚功能	(307)
12.2.3 80286 支持的数据类型	(308)
12.2.4 80286 指令系统	(309)

12.2.5	80286 中的存储管理部件 MMU	(310)
12.2.6	80286 的系统配置	(321)
12.3	32 位微处理器 80486/80386	(321)
12.3.1	80386 内部结构简介	(323)
12.3.2	80386 支持的数据类型	(327)
12.3.3	80386 对存储器的访问	(328)
12.3.4	80386 指令系统	(330)
12.3.5	80386 系统配置	(332)
12.3.6	80486、80386 和 80286 之间的区别和兼容性	(333)
	习题与思考题	(335)
	附录 指令系统	(336)
	参考文献	(352)

第一章

计算机基本知识

1.1 绪 论

1.1.1 微处理器及微型计算机的发展史

作为信息技术的基础——电子计算机是 20 世纪科学技术最卓越的成就之一。从第一台计算机问世算起,到现在还不到 50 年的时间,但它发展之快在人类科技史上还没有哪一门学科可以与之相提并论。

1943~1946 年,美国宾夕法尼亚大学研制的电子数字积分和计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)是世界上第一台电子计算机。美国陆军用它计算炮弹弹道比人工计算提高效率 8400 倍,显示了强大的威力。但是 ENIAC 计算机共用 18800 多个电子管,1500 个继电器,重达 30 吨,占地 170 平方米,耗电 140 千瓦,每秒钟只能计算 5000 次加法。它的功能远远不如一台现代化的普通微型计算机。ENIAC 计算机有两个主要缺点,一是存储容量太小,只能存 20 个字长为 10 位的十进制数;二是用线路连接的方法来编排程序,因此每次解题都要依靠人工改接连线,准备时间大大超过实际计算时间。

与 ENIAC 计算机研制的同时,冯·诺依曼(Von Neumann)与莫尔小组合作研制 EDVAC 计算机,在这台计算机中确立了计算机的 5 个基本部件:输入器、输出器、运算器、存储器和控制器。另外,程序和数据一样存放在存储器中,并采用了二进制。这些基本原则至今仍然被现代计算机所采用,因此现代的一般计算机被称作冯·诺依曼结构计算机。

学术界通常根据电子计算机所采用的物理器件的发展来划分计算机的发展史,如第一代电子管计算机,第二代晶体管计算机,第三代集成电路计算机,第四代大规模集成电路计算机等。

第一代:电子管计算机时代(1947~1957)。这一时期的主要特点是采用电子管作为基本器件,研制为军事与国防尖端技术服务的计算机。有关的研究工作为计算机技术的发展奠定了基础。

第二代:晶体管计算机时代(1958~1964)。这一时期的电子计算机主要采用晶体管作为基本器件,因而缩小了体积,降低了功耗,提高了速度和可靠性,价格也不断下降。计算机的应用范围已不仅局限在军事与尖端技术上,而且逐步扩大到气象、工程设计、数据处理及其它科学研究领域。

第三代:集成电路计算机时代(1964~1972)。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件,因此其功耗、体积和价格进一步下降,而速度和可靠性相应地提高了,这就进一步扩大了计算机的应用范围。

IBM 360 系统是最早采用集成电路的通用计算机,也是影响最大的第三代计算机,它的平

均运算速度可达到每秒百万次。

第四代:大规模集成电路计算机时代(1972~)。70年代初,半导体存储器问世,迅速取代了磁芯存储器,并不断向大容量、高速度发展。这以后半导体集成度大体上每3年翻两番,例如,1971年每片1K位,到1984年达到每片256K位,计算机的价格则平均每年下降30%。随着大规模集成电路的迅速发展,计算机进入大发展时期,通用大型机、巨型机、小型机和微型机都得到发展。

目前又提出了所谓第五代计算机。关于这一代机的构想和理论相当活跃,其目标主要是:采用大规模集成电路,在系统结构上要有根本性的变化,要类似于人脑的神经网络;在材料上使用常温超导材料和光器件;在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

微型计算机是第四代计算机的典型代表。构成微型计算机的核心单元CPU(Central Processing Unit),又称微处理器,基本上每二三年就有更新产品。从70年代初诞生了第一片微处理器以来,仅仅二十几个年头,已经推出了四代微处理器产品。

第一代微处理器是以Intel公司1971年推出的4004,4040和8008作为典型代表,它们是采用PMOS工艺的4位、8位微处理器,只能进行串行的十进制运算,主要用于各类计算器中,集成度在每片2000个晶体管左右。

第二代微处理器是1974年推出的。典型的代表有Intel公司的8080, Motorola公司的M6800和Zilog公司的Z80。它们是采用NMOS工艺的8位微处理器,集成度已达到每片9000个晶体管。以后Intel公司又在8080的基础上推出了性能更好的8位微处理器8085。自从8位微处理器投放市场以后,其应用范围已不再限于计算器,人们用它作为接口芯片、控制器和一般的信号处理器等。

第三代微处理器是在70年代后期随着超大规模集成电路(VLSI)的迅速发展而诞生的。典型的代表有Intel公司的8086/8088, Motorola公司的M68000和Zilog公司的Z8000,它们都是16位的微处理器。由于采用了HMOS高密度工艺,集成度高达每片29000个晶体管,运算速度比8位机快2~5倍,这已经赶上了甚至超过70年代小型机的水平。

80年代以来,第四代微处理器产品陆续问世,并向系列化方向发展。首先是Intel公司推出了性能更高、功能更强的高级16位微处理器80186和80286,它们与8086向上兼容。1985年,Intel公司又率先推出了32位微处理器80386,它与8086,80186,80286向上兼容。1990年Intel公司又推出了80486,它的平均运算速度可以达到每秒执行20M条指令。Intel公司的这些产品已形成完整的80系列,并且不断有新的产品出现。

这些高性能的微处理器虽然与8086的目标代码兼容,但是8086的指令在80186等机上运行的速度要快得多,这是由于80186等机中增加了许多硬件,使部分软件硬化。

与此同时, Motorola公司也推出了32位微处理器M68020,集成度达到每片68000个晶体管。HP公司推出的 μ P32位微处理器芯片,集成度高达每片45万个晶体管,时钟频率达到18MHz。

各代微处理器的主要特点可概括如表1.1所示。

微处理器的迅速发展和更新换代使基于微处理器的微型计算机的性能也不断提高。

所谓微型计算机是把微处理器(CPU)配上一定容量的半导体随机存储器(RAM)、半导体只读存储器(ROM)及接口电路(例如并行接口电路和串行接口电路等)和必要的外设(如

CRT 终端,打印机,软盘驱动器和硬盘驱动器等)组成的.世界上第一台微型计算机可以追溯到 1971 年诞生的 MCS-4,它是利用 4 位微处理器 Intel4004 组成的.70 年代后期,世界上掀起了个人计算机(PC)热潮.所谓个人计算机是指一种独立的微型机系统,它便于搬动又不需要维护.最早出现的个人机是 1977 年 Apple 公司的 Apple II 型微机,它是用 8 位微处理器芯片组成的.1981 年,一向以生产大中型通用机为主的 IBM 公司推出了 IBM-PC 机,后来又推出扩充了性能的 IBM-PC/XT、IBM-PC/AT 机,这是基于第三代微处理器(8086/8088)组成的.由于设计先进、软件丰富、功能齐全、价格便宜等特点,这些微机很快成为微型机市场的主流.国内外许多厂家相继生产了与 IBM-PC 兼容的个人计算机.例如,国产 0520CH 机是与 IBM-PC/XT 兼容的个人机,它具有 512K 字节 RAM,固化的二级汉字字库,高分辨率显示器,20M 温盘(一种硬盘存储器),两个 5 寸软盘驱动器和一台 24 针打印机.

表 1.1 各代微型计算机特点

主要特点 比较项	第一代 1971~1973 年	第二代 1974~1977 年	第三代 1978~1980 年	第四代 1981 年以后
典型的微处理器芯片	Intel 4004 Intel 4040 Intel 8008	Intel 8080 M6800 Z-80	Intel 8086/8088 M68000 Z-8000	Intel 80186,80286,80386 M68020 Z-80000
字 长	4/8 位	8 位	16 位	16/32 位
芯片集成度	1000~2000 晶体管/片	5000~9000 晶体管/片	20000~70000 晶体管/片	10 万个以上晶体管/片
时钟频率	0.5~0.8MHz	1~4MHz	5~10MHz	10MHz 以上
数据总线宽度	4/8 条	8 条	16 条	16/32 条
地址总线宽度	4~8 条	16 条	20~24 条	24~32 条
存储器容量	≤16k 字节实存	≤64k 字节实存	≤1M 字节实存	≤4000M 字节实存 ≤64MM 字节虚存
基本指令执行时间	10~15μs	1~2μs	<1μs	<0.125μs
软件水平	机器语言 汇编语言	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 部分软件硬化

基于第四代微处理器芯片组成的微型计算机使其性能达到了 70 年代大中型计算机的水平.80286 微型机可满足多用户和多任务系统的需要,它的运算速度比 8086 快 5~6 倍,并且支持虚拟存储体系统.80386 微型机是为优化多任务操作系统而设计的 32 位机,可直接寻址的物理存储空间为 4000M 字节,而虚拟存储空间可达 64MM 字节,运算速度达到每秒 300 万~400 万条指令.80486 微型机的性能就更高了,它相当于在一片 80386 微处理器芯片上加一片 80387 和一片 8K 的高速缓冲器,它执行一条常用指令的时间仅为 1 个时钟周期.

微型计算机的发展趋向,一方面向更小型化方向发展,例如发展了单板机、单片机等,另一方面则向微巨型化方向发展,以获得基于微型机的巨型机体系结构.

所谓单板机是指把微处理器集成在一个或两个硅片上,再加上一个或多个存储器芯片、I/O 接口芯片和必要的输入/输出设备,并把它它们装配在一块印刷电路板上.例如,国内销量最大的 TP801 单板机就是以 Z80 CPU 为微处理器.单板机被广泛用于一些要求成本低、体积小

的自动控制、智能仪器、数据采集和信息检查系统中。

单片机则是把微处理器、一定容量的存储器和必要的 I/O 接口电路集成在一个硅片上,构成了单片微型计算机。有的单片机还包括模数(A/D)和数模(D/A)转换器。这样的单片机可以广泛用于智能仪器仪表、实时控制、办公机械及家用电器中。典型的产品如 MCS-96 系列,是 Intel 公司 1983 年推出的高集成度、高性能的单片机,片内有 12 万多个晶体管,有一个 12 位的 CPU,8K 字节的程序存储器,232 个字节的数据存储器和多个 I/O 口及 A/D、D/A 转换器。

“微巨型机”是将超级微型计算机与巨型机的技术结合起来形成的一种完全新型的体系结构。这种体系结构的优点是不言而喻的,即微型机的代价,巨型机的性能。典型的代表有 MASS COMP 公司的 MC 5000 系列,它采用最新的超大规模集成电路(VLSI)技术、多微处理器结构、虚拟存储体系、流水线工作方式,在 CPU 与主存储器之间设置了超高速缓冲存储器(Cache),内部采用多级共享总线结构,因而取得了良好的效果。

总之,从 70 年代初至今,微型计算机技术得到突飞猛进的发展,这是其它许多技术领域所望尘莫及的;同时,它也促进了其它技术的迅速发展。

1.1.2 微型计算机的应用

计算机的应用范围几乎涉及到各行各业,大到卫星、导弹的发射,矿产开采,石油勘探,小到儿童玩具,电子秤、电子表。传统的计算机的应用范围主要包括科学计算、数据处理和过程控制等领域。但是计算机能渗透到各个部门、各个单位乃至各个家庭,得到名符其实的普及,是随着微型计算机被推广使用才真正成为现实。现在,微型计算机为追求小体积可做成单片机,为追求高性能可构成微巨型机,因而它的应用范围更为广泛,应用的方式更为灵活,下面列出的是几个主要的方面:

一、科学计算

科学计算一直是电子计算机的重要应用领域。世界上第一台计算机 ENIAC 就是用于计算弹道的。现在,包括天气预报的计算,人造卫星、原子反应堆和核武器、导弹和航天飞机、大型水利枢纽、大型桥梁、高层建筑、地震、地质和重型机械的结构设计,飞机、轮船的外型设计都离不开大型高速计算机。在基础科学研究方面,生物学中的脱氧核糖核酸和人工蛋白质的合成,人工胰岛素的合成,物质结构分析等复杂计算也都需要高速大型计算机。随着微处理器性能的不断升级,微型计算机的计算容量和速度也不断提高,它的运算速度虽比不上某些巨型机(例如,美国 1983 年研制的 Cray X-MP 机向量运算速度达每秒 4 亿次),但已能满足相当范围的科学计算需要。特别是微巨型机的发展,使微型机用于科学计算的前景更为广阔。例如,古德伊尔公司为美国宇航局(NASA)研制了一台处理卫星图像的巨型计算机系统 MPP,该机由 16384 个微处理器组成 128×128 方阵,实现并行处理。

二、数据处理

电子计算机应用最广泛的领域是数据处理。所谓数据处理是指计算机用于处理生产、经济活动、社会和科学研究中获得的大量信息。例如,人口普查数据的搜集、转换、分类、计算、存储、传输和输出报表;政府机关的办公文件的处理;银行的电子化,全市甚至全国同类银行联机办理存款支付等。情报检索系统,通过卫星能查阅国内外某图书馆的资料。企业管理所涉及的生产统计、帐务处理、成本核算、库存管理等都离不开计算机。在这类应用中,通常由某个计算中

心通过通信线路和若干远程终端构成联机系统,或者由多台计算机联成计算机网络,实现计算机之间的通信和资源共享。微型计算机在计算机网络中扮演了重要的角色。由于微型计算机体积小、成本低,因此一个单位在一幢大楼或一个建筑群中安装多台高档微型计算机并联成网已日益普遍,这样的网络通常称为局部网。微型计算机在办公室自动化中所起的作用更是引人注目。它有效地提高了办公效率,减轻了办公室工作人员的劳动强度。根据需要打印的各种统计报表,不仅质量高,而且速度快。

三、过程控制

计算机在工业测量和控制方面的应用已十分成熟和广泛,例如,大型化工企业各项工艺参数的自动采集、检验、比较以控制工艺流程;大型冶金企业的高炉炼铁控制、钢材轧制控制;30万吨合成氨装置巡回检测、显示和打印制表等。这类检测和过程控制还广泛用于数控机床、电炉炉温等。在计算机的集散控制系统中,微型计算机除了用于各控制对象的直接数字控制(DDC)外,还可用于上一级的监督控制(SCC)。应该特别指出的是,微机的出现为实时控制开辟了更为广泛的应用领域,特别是单片机的应用,使仪器仪表向数字化、智能化、多功能和易于通讯等方面发展。智能仪器仪表具有精度高、体积小、成本低和适应性强等优点,它的出现开辟了微型计算机应用的新方向。

四、计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)

计算机在辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)中的应用是另一个重要的应用领域。计算机辅助设计是指用计算机帮助设计画图,因此CAD的基础是计算机图形学。科技人员可以通过CAD软件包在CRT图形显示器上十分方便地用光笔修改图形,或从各个侧面观察投影图及剖面图,或将图形放大、缩小、转动,这就大大提高了设计效率。

CAM的中心设备是数控机床,围绕数控机床有一组自动化设备,用以完成加工件的运输、组装、测量、检查等功能。现在通常把CAD和CAM放在一起,形成CAD/CAM一体化。

五、人工智能

计算机在人工智能方面的应用越来越引人注目。所谓人工智能是将人脑在进行演绎推理的思维过程、规则和所采取的策略、技巧等编成计算机程序,在计算机中存储一些公理和推理规则,然后让计算机去自动探索解题的方法,所以这种程序不同于计算机的一般应用程序。

智能机器人是人工智能各种研究课题的综合产物,有感知和理解周围环境、进行推理和操作工具的能力,并通过学习适应周围环境,完成某种动作。在不允许人进入的场所,如高温或有放射性物质等,使用机器人有特殊意义。

专家系统是指用计算机模拟专家行为的程序。例如,安徽省地震局在总结了我国数十年来各种震例以及地震出现的前兆、地震活动性资料和各种预报方法,研制了运行在IBM-PC机上的地震预报专家系统ESEP/PC。当该专家系统工作在地震预报咨询状态时,系统能科学地模拟地震预报专家的预报过程,通过全局推理、分区推理,得到发生中强以上地震的可信度空间分布图及其各危险区在中期、短期和临震阶段发生不同震级范围地震的可信度与预报意见。

尽管人工智能的研究已取得一些成果,但与建立真正的智能程序还相差甚远。

1.2 运算基础

1.2.1 几种进位计数制及其相互转换

一、几种进位计数制

凡是按进位的方式计数的数制叫做进位计数制,简称进位制.数据无论使用哪种进位制都涉及到基数(Radix)与各数位的“权”(Weight).所谓某进位制的基数是指该进位制中允许选用的基本数码的个数.例如,最常用的十进制数,每个数位上允许选用 0,1,2,……,9 共 10 个不同数码中的 1 个,因而十进制数的基数为 10,每位计满 10 时向高位进 1.比如十进制数 543.2,最高位百位上的 5 代表的数值是数码 5 乘以 100,而十位上的 4 代表的数值则是 4 乘以 10,小数点右边第一位数值是 2 乘以 10^{-1} .所以每个数码所表示的数值等于该数码乘以一个与数码所在位有关的常数,这个常数就叫“位权”,简称权.位权的大小是以基数为底,数码所在位置的序号为指数的整数次幂.例如,十进制数的十分位、个位、十位、百位和千位的权依次是 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , 10^2 和 10^3 .整数部分的个位位置的序号为 0.这样,十进制数 543.2 可以写成按权展开的多项式和的形式: $543.2 = 5 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1}$.对于任意一个十进制数 K,设整数部分有 n 位,小数部分有 m 位,于是可以写成一般表达式:

$$\begin{aligned} K &= K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 \\ &\quad + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} + K_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \times 10^i \quad (K_i \text{ 是 } 0, 1, \dots, 9 \text{ 中的一个}) \end{aligned}$$

下面,我们来介绍一下除十进制外,在计算机中常用的其它几种进位制.

1. 二进制(Binary Notation)

二进制只有两个记数符号 0 和 1,它逢二进一.二进制数由排列起来的 0 和 1 组成.各位的权值,从位序号 0 向左数,依次为 1,2,4,8 等等;从位序号为 -1 向右数,依次为 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ 等等.一个二进制所表示的实际值按如下公式计算:

$$\sum_{i=n}^{-m} K_i \times 2^i$$

这里的 K_i 只能取 0 或 1 的一个数字.例如,二进制数 10110.11B 按上述公式展开为:

$$\begin{aligned} 10110.11\text{B} &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 22.75\text{D} \end{aligned}$$

二进制数 10110.11 后接的 B 表示这是一个二进制数,而 22.75 后接的 D 表示这是一个十进制数.上式的结果表示二进制数 10110.11 的值为十进制的 22.75D.

2. 八进制(Octal Notation)

八进制可用数字为 0 到 7 共 8 个.当每一位的值增到 8 时将向高位进一位.八进制数由排列起来的 0 到 7 这些数字组成.各位的权值,从位序号 0 向左数,依次为 1,8,64,512 等等;从位序号为 -1 向右数,依次为 $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{512}$ 等等.一个八进制所表示的实际值按如下公式计算: