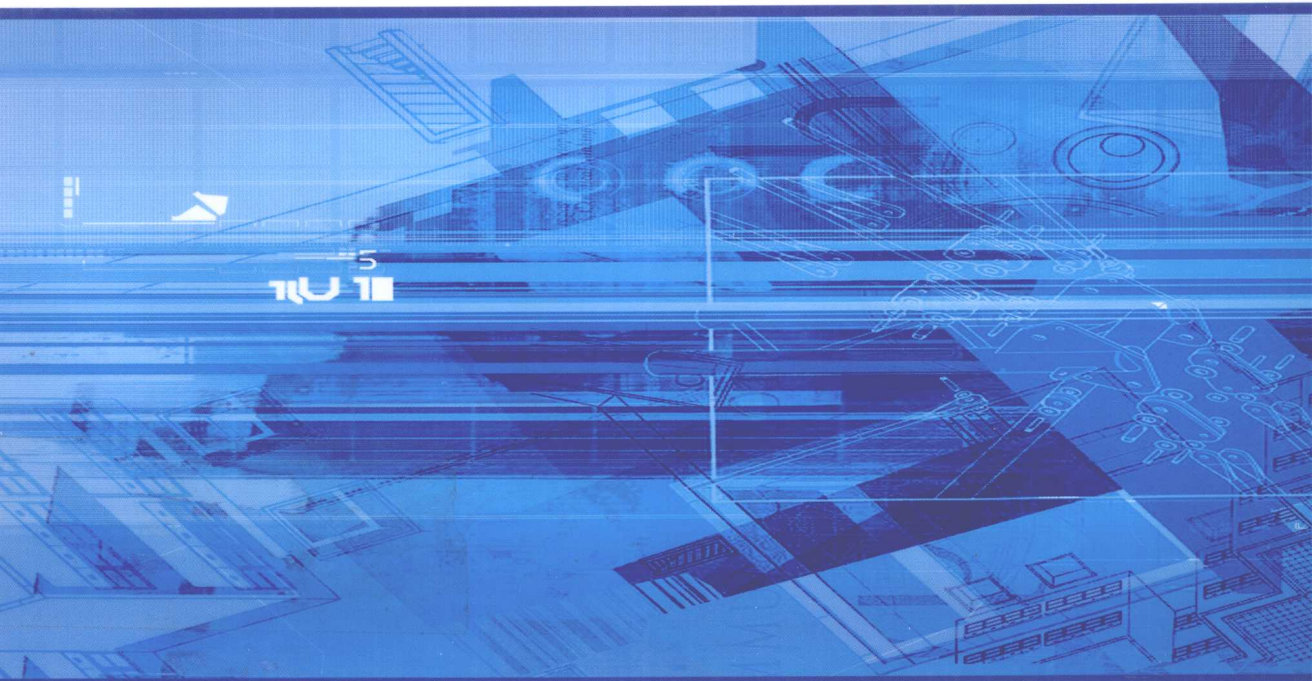


16/32位微机原理、 汇编语言及接口技术

第3版

钱晓捷 主编



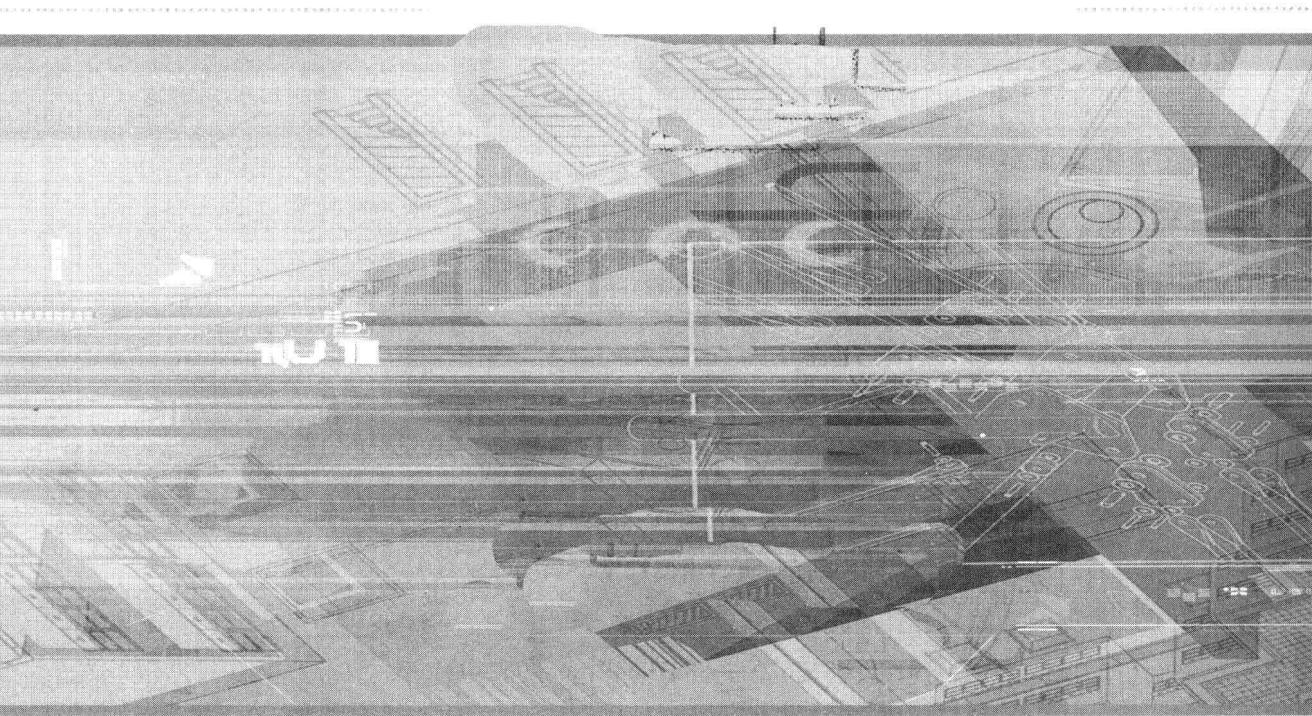
机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机教材系列

16/32位微机原理、 汇编语言及接口技术

第3版

钱晓捷 主编



机械工业出版社
China Machine Press

本书以Intel 8088/8086微处理器和IBM PC系列机为主体,论述16位微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术,并引出32位微机系统相关技术。主要内容涵盖微型机的基本系统,微处理器内部结构,指令系统和汇编语言程序设计,微处理器外部特性,存储器系统,输入/输出及接口,总线及总线接口,若干典型的接口芯片以及与它们相关联的控制接口技术,包括中断控制、定时计数控制、DMA控制、并行接口、串行通信接口以及模拟接口,最后介绍32位Intel 80x86微处理器和32位微机的新技术。附录提供调试程序DEBUG的使用方法、汇编语言的开发方法等。

本书可作为高等院校微机原理与接口技术或汇编语言程序设计等相关课程的教材或参考用书,适合计算机、电子工程和自动控制等相关学科的本专科学生、高职学生及成教学生阅读,也是计算机应用开发人员和希望深入学习微机应用技术的读者的极佳参考。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

16/32位微机原理、汇编语言及接口技术/钱晓捷主编.—3版.—北京:机械工业出版社,2011.1

(高等院校计算机教材系列)

ISBN 978-7-111-32632-8

I. 1… II. 钱… III. ① 微型计算机—高等学校—教材 ② 汇编语言—程序设计—高等学校—教材 ③ 微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第236071号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:刘立卿

北京京北印刷有限公司印刷

2011年2月第3版第1次印刷

185mm×260mm·21.75印张

标准书号:ISBN 978-7-111-32632-8

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

客服热线:(010) 88378991; 88361066

购书热线:(010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线:(010) 88379604

读者信箱:hzjsj@hzbook.com

第3版前言

尽管微型计算机系统日新月异，但基于16位软硬件平台进行通用微型计算机技术的教学仍然是适用的。尤其是相对简单和成熟的教学内容，更易于学生学习和掌握。当然，本书经过多年的使用，也发现了许多不足之处，所以参考广大师生的教学实践和机械工业出版社华章公司的要求，我们对本书进行了修订，推出了第3版。

相对于前两版，本版的主体结构 and 主要内容不变，仍定位于：硬件是8088/8086微处理器、IBM PC系列机，软件是DOS模拟环境、8088/8086指令系统和MASM汇编语言，这样一方面适合当前多数普通高等院校的教学实际，另一方面保证教材的延续性。

第3版修订的主要思想是：16位内容进行适当删繁就简、突出基本的原理和技术，32位新技术仍在最后展开，作为16位对应内容的补充。这样，在学生掌握16位教学内容的基础上可以引入32位教学内容，也可以引导学生进行课外阅读。

相对于第2版，第3版主要进行了如下修订：

第1章：按原结构改写，精练语言，删除浮点格式和汉字编码，增加DOS模拟环境和MASM开发系统介绍。

第2章：无大的改变，对部分重点和难点适当展开。

第3章：基本不变，删除完整段定义格式，增加一个简单程序说明参数传递，增加自编的输入输出子程序库作为汇编语言部分一个较大型的案例。

第4章：合并第2版的第4章和第7章，主要以8088最小组态讲解重点引脚、总线形成和时序，丰富总线技术，删除微处理器技术简介和微机内部、外部总线及接口（改写并入最后一章）。

第5章：主体内容不变，但删除原5.1节（层次结构并入最后一章），删除SRAM、DRAM、EPROM、EEPROM的基本存储单元介绍，简化DRAM的连接和使用，删除存储器新技术（改写并入最后一章）。

第6章：对部分内容进行更通俗化的讲解，增加读取CMOS RAM数据程序，配合输入/输出指令的学习。

第7~12章：讲解微机接口技术，依次是第2版第8~13章，内容没有改变。

第13章：全面改写，除保持原主体内容外，增加了Windows编程、PCI总线、USB总线以及多核技术。其中前5节对应前5章，主要将内容延伸为32位，最后一节简介提高处理器性能的新技术。

附录A：增加使用DEBUG调试指令、程序片段的具体方法，以配合第2章指令学习。

附录B：改写汇编语言的开发方法，以便配合第3章编程实践。

附录F：新增，罗列自编的输入输出子程序库功能。

当然，第3版修订过程中还改正了发现的错误，重新润色部分文字，重新绘制部分图表等。

本书包括微机原理、汇编语言及接口技术3部分内容，可以有3种教学方案，以适应不同学校或专业的各种教学计划。

教学方案一：完整讲授本书各章主要内容（但最后一章可以作为选修内容），适用于软硬件兼顾、学生程度较高的情况，可称之为“汇编语言与接口技术”课程。

教学方案二：以微机原理为基础，将汇编语言进行展开，适用于侧重软件、单独开设接口技术课程的情况，可称之为“微机原理与汇编语言”课程。

教学方案三：以接口技术为主体，适用于已学习过汇编语言和侧重硬件的情况，可称之为“微机原理及接口技术”课程。

作为普通本科教材，建议68学时（每周4学时、实际教学17周）的课堂教学，并配合6~10个软件上机或者硬件实验任务（每个任务2学时）的实践环节。

3个方案的各章学时数参考下表。

章号	汇编语言与接口技术	微机原理与汇编语言	微机原理及接口技术
1	4	4	4
2	8	12	2
3	10	16	2
4	4	4	6
5	6	4	6
6	6	6	8
7	6	6	8
8	4	4	4
9	4	2	4
10	8	6	10
11	4	2	6
12	4	2	8

说明：第13章作为课外阅读未列出学时。

本书前两版由钱晓捷、陈涛等合作编写，第3版由钱晓捷修订。编者维护有“大学微机技术系列课程教学辅助网站（<http://www2.zzu.edu.cn/qwfw>）”，进一步为教材提供支持，也欢迎广大师生和读者通过电子信箱（qianxiaojie@zzu.edu.cn）与编者联系。

编者
2010年10月

目 录

第3版前言

第1章 微型计算机系统概述1

1.1 微型计算机的发展和应用1

1.1.1 微型计算机的发展2

1.1.2 微型计算机的应用3

1.2 微型计算机的系统组成5

1.2.1 微型计算机的硬件系统5

1.2.2 微型计算机的软件系统7

1.3 IBM PC系列机系统8

1.3.1 硬件基本组成8

1.3.2 主板的构成9

1.3.3 存储空间的分配13

1.3.4 I/O空间的分配14

1.4 计算机中的数据表示15

1.4.1 计算机中的数16

1.4.2 计算机中的码19

习题21

第2章 微处理器指令系统23

2.1 微处理器的内部结构23

2.1.1 微处理器的基本结构23

2.1.2 8088/8086的功能结构24

2.1.3 8088/8086的寄存器结构26

2.1.4 8088/8086的存储器结构28

2.2 8088/8086的寻址方式31

2.2.1 立即数寻址方式32

2.2.2 寄存器寻址方式33

2.2.3 存储器寻址方式33

2.3 数据传送类指令36

2.3.1 通用数据传送指令36

2.3.2 堆栈操作指令38

2.3.3 标志操作指令39

2.3.4 地址传送指令39

2.4 算术运算类指令40

2.4.1 加法和减法指令40

2.4.2 符号扩展指令41

2.4.3 乘法和除法指令42

2.4.4 十进制调整指令43

2.5 位操作类指令44

2.5.1 逻辑运算指令44

2.5.2 移位指令45

2.5.3 循环移位指令46

2.6 控制转移类指令47

2.6.1 无条件转移指令47

2.6.2 条件转移指令48

2.6.3 循环指令50

2.6.4 子程序指令51

2.6.5 中断指令和系统功能调用52

2.7 处理器控制类指令55

习题56

第3章 汇编语言程序设计59

3.1 汇编语言的源程序格式59

3.2 常量、变量和属性62

3.2.1 常量62

3.2.2 变量63

3.2.3 名字和标号的属性65

3.3 顺序程序设计67

3.4 分支程序设计67

3.5 循环程序设计71

3.5.1 计数控制循环71

3.5.2 条件控制循环72

3.5.3 串操作类指令74

3.6 子程序设计77

3.6.1	过程定义和子程序编写	77	5.4.1	存储芯片与CPU的连接	133
3.6.2	用寄存器传递参数	80	5.4.2	存储芯片与CPU的配合	138
3.6.3	用共享变量传递参数	82	5.4.3	8086的存储器组织	139
3.6.4	用堆栈传递参数	84	5.4.4	动态RAM的连接	140
3.6.5	子程序模块	86	习题		141
3.6.6	子程序库	87	第6章	输入输出接口	142
3.7	宏汇编	88	6.1	I/O接口概述	142
习题		92	6.1.1	I/O接口的主要功能	142
第4章	微机总线	96	6.1.2	I/O接口的典型结构	143
4.1	总线技术	96	6.1.3	I/O端口的编址	144
4.1.1	总线类型	96	6.1.4	8086/8088的输入/输出指令	145
4.1.2	总线的数据传输	97	6.1.5	I/O地址的译码	147
4.2	8088的引脚信号	100	6.1.6	PC系列机主板上的I/O译码	148
4.2.1	8088的两种组态模式	102	6.1.7	数据传送方式	149
4.2.2	最小组态的引脚信号	102	6.2	无条件传送方式及其接口	150
4.2.3	最大组态的引脚信号	105	6.3	查询传送方式及其接口	151
4.3	8088的总线形成	106	6.3.1	查询输入接口	152
4.3.1	最小组态的总线形成	106	6.3.2	查询输出接口	153
4.3.2	最大组态的总线形成	108	6.3.3	用查询方式对EEPROM进行编程	153
4.4	8088的总线时序	109	6.4	中断传送方式	154
4.4.1	写总线周期	109	6.4.1	中断传送与接口	154
4.4.2	读总线周期	111	6.4.2	中断工作过程	156
4.5	8086和80286的引脚	112	6.4.3	中断源识别和中断优先权管理	157
4.6	微机系统总线	113	6.5	DMA传送方式	160
4.6.1	IBM PC总线	113	习题		162
4.6.2	ISA总线	117	第7章	中断控制接口	164
习题		118	7.1	8088中断系统	164
第5章	主存储器	119	7.1.1	8088的中断类型	164
5.1	半导体存储器	119	7.1.2	8088的中断响应过程	165
5.1.1	半导体存储器的分类	119	7.1.3	8088的中断向量表	166
5.1.2	半导体存储器芯片的结构	121	7.2	内部中断服务程序	166
5.1.3	半导体存储器的主要技术指标	122	7.3	8259A中断控制器	168
5.2	随机存取存储器	122	7.3.1	8259A的内部结构和引脚	168
5.2.1	静态RAM	123	7.3.2	8259A的中断过程	170
5.2.2	动态RAM	125	7.3.3	8259A的工作方式	171
5.3	只读存储器	128	7.3.4	8259A的编程	173
5.3.1	EPROM	128	7.4	8259A在IBM PC系列机上的应用	177
5.3.2	EEPROM	130	7.5	外部中断服务程序	179
5.3.3	闪速存储器	132	7.6	驻留中断服务程序	181
5.4	半导体存储器的连接	133	习题		184

第8章 定时计数控制接口	186	10.5.3 打印机驱动程序	239
8.1 8253/8254定时计数器	186	习题	242
8.1.1 8253/8254的内部结构和引脚	186	第11章 串行通信接口	244
8.1.2 8253/8254的工作方式	188	11.1 串行通信基础	244
8.1.3 8253/8254的编程	191	11.2 串行接口标准EIA-232D	246
8.2 8253/8254在IBM PC系列机上的应用	193	11.2.1 EIA-232D的引脚定义	246
8.2.1 定时中断和定时刷新	193	11.2.2 EIA-232D的连接	247
8.2.2 扬声器控制	194	11.2.3 EIA-232D的电气特性	248
8.2.3 可编程硬件延时	195	11.3 通用异步接收发送器8250/16550	248
8.3 扩充定时计数器的应用	196	11.3.1 8250的内部结构	249
习题	198	11.3.2 8250的引脚	250
第9章 DMA控制接口	199	11.3.3 8250的寄存器	252
9.1 DMA控制器8237A	199	11.4 异步通信适配器	254
9.1.1 8237A的内部结构和引脚	199	11.4.1 异步通信适配器的接口电路	255
9.1.2 8237A的工作时序	201	11.4.2 异步通信适配器的初始化编程	256
9.1.3 8237A的工作方式	202	11.4.3 异步通信程序	257
9.1.4 8237A的寄存器	204	11.4.4 16550的FIFO模式	258
9.1.5 8237A的编程	207	习题	259
9.2 8237A的应用	208	第12章 模拟接口	261
9.2.1 8237A在IBM PC系列机上的应用	208	12.1 模拟输入输出系统	261
9.2.2 DMA写传送	209	12.2 D/A转换器	262
9.2.3 DMA设定子程序	210	12.2.1 D/A转换的基本原理	262
习题	211	12.2.2 DAC0832芯片	263
第10章 并行接口	213	12.2.3 DAC芯片与主机的连接	266
10.1 并行接口电路8255A	213	12.2.4 DAC芯片的应用	267
10.1.1 8255A的内部结构和引脚	213	12.3 A/D转换器	268
10.1.2 8255A的工作方式	214	12.3.1 A/D转换的基本原理	268
10.1.3 8255A的编程	218	12.3.2 ADC0809芯片	270
10.2 8255A的应用	220	12.3.3 ADC芯片与主机的连接	271
10.2.1 8255A在IBM PC/XT机上的应用	220	12.3.4 ADC芯片的应用	272
10.2.2 用8255A方式0与打印机接口	220	习题	274
10.2.3 用8255A方式1与打印机接口	221	第13章 32位微型计算机系统	275
10.2.4 双机并行通信接口	223	13.1 32位微机组组成结构	275
10.3 键盘及其接口	224	13.1.1 Intel 80x86系列微处理器	275
10.3.1 简易键盘的工作原理	224	13.1.2 32位微机主板	280
10.3.2 PC机键盘的工作原理	228	13.2 32位指令系统	282
10.4 LED数码管及其接口	232	13.2.1 IA-32指令集结构	282
10.5 并行打印机接口	236	13.2.2 32位整数指令	285
10.5.1 打印机接口信号	236	13.2.3 浮点数据格式及指令	286
10.5.2 打印机适配器	237	13.2.4 多媒体数据格式及指令	288

13.3 32位汇编语言	289	13.6 处理器性能提高技术	309
13.3.1 DOS平台	289	13.6.1 精简指令集计算机技术	309
13.3.2 Windows平台	291	13.6.2 指令级并行技术	311
13.4 32位微机总线	293	13.6.3 线程级并行技术	314
13.4.1 Pentium引脚	293	习题	317
13.4.2 PC机总线的发展	296	附录A 调试程序DEBUG的使用方法	319
13.4.3 PCI总线	298	附录B 汇编语言的开发方法	327
13.4.4 USB总线	300	附录C 8088/8086指令系统	329
13.5 存储系统	303	附录D 常用DOS功能调用 (INT 21H)	332
13.5.1 存储系统的层次结构	303	附录E 常用ROM-BIOS功能调用	335
13.5.2 高速缓冲存储器	305	附录F 输入输出子程序库	338
13.5.3 虚拟存储管理	307	参考文献	340

第1章 微型计算机系统概述

电子计算机的诞生和发展是20世纪最重要的科技成果之一。进入20世纪70年代以来，微型计算机开始登上历史舞台，并以不可阻挡的势头迅猛发展，成为当今计算机发展的一个主流方向。当前，以微型计算机为代表的计算机已日益普及，其应用已深入到社会的各个角落，极大地改变着人们的工作方式、学习方式和生活方式，成为信息时代的主要标志。

在本章中，我们将对微型计算机的发展背景及其系统组成进行概述，介绍IBM PC/XT/AT系列微机的总体情况，并总结性地简述计算机内部的数据表示。

1.1 微型计算机的发展和应用

1946年2月，在美国宾夕法尼亚大学的莫尔学院，由物理学博士莫克利（J.W.Mauchly）和电气工程师埃克特（J.P.Eckert）领导的小组研制成了世界上第一台数字式电子计算机ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Calculator）。这台计算机用电子管实现，编程通过接插线进行，采用字长10位的十进制计数方式，每秒可进行5000次加法运算。该机在1943年研制时，其最初目的是用于为军队编制各种武器的弹道表，1946年后它经过多次改进，成为能进行各种科学计算的通用计算机。

1944年夏，著名数学家冯·诺依曼（Von Neumann）偶然获知ENIAC的研制。在以后的10个月里，他参加了为改进ENIAC而举行的一系列专家会议，研究了新型计算机的系统结构，在由他执笔的报告里，提出了采用二进制计算、存储程序并在程序控制下自动执行的思想。按照这一思想，新机器将由五个部件构成，即由运算部件、控制部件、存储部件、输入部件以及输出部件构成。报告还描述了各部件的职能和相互间的联系。以后，这种模式的计算机遂被称为“冯·诺依曼机”。1949年，这一新思想首先由英国剑桥大学的威尔克斯（M.V.Wilkes）等在EDSAC（Electronic Delay Storage Automatic Calculator）机上实现。

到今天为止，电子计算机的发展已经历了四代，虽然在某些方面有一些突破，但其基本结构没有大的改变。这四个发展阶段以硬件进步为主要标志，但也包括了软件技术的发展。

第一代（1946~1957）——采用电子管为逻辑部件，以超声波汞延迟线、阴极射线管、磁芯和磁鼓等为存储手段；软件上采用机器语言，后期采用汇编语言。

第二代（1957~1965）——采用晶体管为逻辑部件，用磁芯、磁盘作内存和外存；软件上广泛采用高级语言，并出现了早期的操作系统。

第三代（1965~1971）——采用中小规模集成电路为主要部件，以磁芯、半导体存储器和磁盘为内、外存储器；软件上广泛使用操作系统，产生了分时、实时等操作系统和计算机网络。

第四代（1971~至今）——采用大规模集成电路（LSI）、超大规模集成电路（VLSI）为主要部件，以半导体存储器和磁盘为内、外存储器；在软件方法上产生了结构化程序设计和面向对象程序设计的思想。本书将要介绍的微处理器（Microprocessor）和微型计算机（Microcomputer）也在这一阶段诞生并获得飞速发展。此外，网络操作系统、数据库管理系统得到广泛应用，并进一步推出了图形界面操作系统和可视化编程工具。

1.1.1 微型计算机的发展

所谓“微型计算机”是指这样的计算机：它以大规模、超大规模集成电路为主要部件，以集成了计算机主要部件——控制器和运算器的微处理器为核心，所构造出的计算机系统。

下面，让我们来回顾微型计算机的发展历史。

1971年，世界上第一台微型计算机诞生于美国。其诞生的经过是：1969年，一个日本的制造商要求美国的Intel公司为其高性能的可编程计算器设计一组芯片。设计人员将原方案由多个专用芯片修改为一个通用逻辑装置，该装置从半导体存储器中检出应用指令进行工作，于是世界上第一个微处理器芯片4004诞生。该芯片字长4位，集成了约2300个晶体管，每秒可进行6万次运算。以它为核心组成的MCS-4计算机是世界上第一台微型计算机。

从那时起，在短短的几十年内，微型计算机的发展已经历了四代，并出现了第五代。人们一般以字长和典型的微处理器芯片作为各阶段的标志。

第一代（1971~1972）——主要产品是4位和低档8位微机。1971年4004诞生后，随后改进为4040，第二年Intel研制出8位微处理器芯片8008，并出现由它组成的MCS-8微型计算机。8008采用PMOS工艺，字长8位，基本指令48条，基本指令周期为20~50 μ s，时钟频率为500KHz，集成度约3500晶体管/片。

第二代（1973~1977）——主要产品为中、高档8位微机。其中，中档机有Motorola公司的M6800、Intel公司的8080。在1975~1977年间，又有一批性能更好的高档8位机问世，如Zilog公司的Z80、Intel公司的8085、Rockwell公司的6502等。以8080为例，它采用NMOS工艺，字长8位，基本指令70多条，指令周期2~10 μ s，时钟频率高于1MHz，集成度约6000晶体管/片。

这一时期比较著名的微机产品有8位微型计算机TRS-80（采用Z80微处理器，该芯片可看做是8080的改进型，其设计人员参与过8080的设计）和Apple I/II（俗称“苹果机”，采用6502微处理器，该芯片可看做是M6800的改进型，其设计人员参与过M6800的设计），以及广泛用于工控场合的Intel公司的8位单片机，包括MCS-48系列和MCS-51系列等。此外，8085被较多地用于嵌入式控制，而6502和M6800被较多地用于计算机游戏系统。

第三代（1978~1984）——各公司相继推出一批16位的微处理器芯片，如Intel公司的8086/8088/80286、Motorola公司的M68000、Zilog公司的Z8000等。此外，一些成功的小型机也进行了“微型化”改造，如DEC公司的LSI-11系列就是将著名的小型机PDP-11进行微型化改造的结果。以8086为例，该芯片采用HMOS工艺，其集成度达到2.9万晶体管/片，基本指令执行时间约0.5 μ s。

这一时期最著名的微机产品是IBM公司生产的PC（Personal Computer，个人计算机）系列机。它包括IBM PC、PC/XT和PC/AT等3个具体型号。但是，人们在提到PC机时可能包括以下3层含义：1）泛指面向个人应用的微型计算机。2）泛指采用x86指令体系的16/32位微型计算机，以区别于Apple公司的MAC机。3）由IBM公司开发的包括IBM PC/XT/AT等3款机型的PC系列机。

这一时期比较著名的其他微机产品还有1984年由Apple公司推出的Macintosh机（CPU为M68000），该机使用图形用户界面，并初步具备了多媒体功能，在出版印刷领域有很好的表现。Apple公司一直具有很强的创新能力，它生产的微机常被称为MAC机，其CPU主要采用Motorola的680x0系列和Power PC系列等。

第四代（1985~）——1985年，Intel公司首次推出32位微处理器芯片80386，其集成度达

到27.5万晶体管/片，每秒钟可完成500万条指令。80386在结构上有重大进步，被称为32位Intel结构IA-32 (Intel Architecture-32)。随后，Intel公司先后发表了80486、Pentium (奔腾)、Pentium Pro (高能奔腾)、Pentium II、Pentium III和Pentium 4。每代微处理器的内核结构都有重大进步，并在兼容IA-32指令结构的基础上，逐步增加多媒体扩展指令，如MMX、SSE、SSE2、SSE3指令集等。人们还将自8086以来一直延续的这种指令结构通称为Intel 80x86指令结构，简称x86结构。除Intel 80x86系列微处理器外，其主要竞争对手AMD公司的通用微处理器也支持这个指令结构。

在这个时期，以IBM PC/AT机为基本结构的32位个人微型计算机飞速发展并得到广泛应用。Apple公司的32位MAC机也在欧美占据一定市场。这一时期比较出名的微机产品还有1987年由IBM公司推出的PS/2 (CPU为80386)，它首次采用3.5寸软盘、VGA视频标准及微通道结构 (Micro-Channel Architecture, MCA) 总线，并提供即插即用 (Plug and Play, PnP) 功能。由于IBM PS/2在技术路线上又退回到了封闭模式，所以未能得到推广。

第五代 (2000~) ——随着微型计算机应用领域的日益广泛，人们对其性能提出了更高的要求，32位微处理器已不能适应这一要求。

Intel、AMD、IBM、Sun等处理器生产厂商已陆续设计并推出了64位微处理器，如2000年Intel推出的微处理器Itanium (安腾)，它采用由Intel和HP公司联合定义的全新指令架构“显式并行指令计算” (Explicitly Parallel Instruction Computing, EPIC)，该指令架构又被称为“IA-64”，以区别于原来的“IA-32”架构。但这些64位微处理器主要还是面向服务器和 workstation 等高端应用，与通用PC机不兼容。

2003年，AMD公司率先推出兼容IA-32结构的64位微处理器。次年，Intel公司也发布了扩展64位能力的32位微处理器，后被称为Intel 64结构。64位微处理器主要将整数运算和主存寻址能力扩大到64位，64位通用微型机的软硬件逐渐普及，进一步提高了处理能力。与此同时，生产厂商开始在一个半导体芯片上制作多个微处理器核心电路，原来面向高端的并行处理器技术开始走向桌面系统，通用微型计算机系统也进入了一个全新的多核时代。

在讨论微型计算机发展的时候，我们不能不提到著名的“摩尔定律”。1965年，作为Intel创始人之一的摩尔 (G. Moore) 在准备一个有关计算机存储器发展趋势的报告时，通过绘制数据图表发现了这样一个事实：新的集成电路芯片的集成密度每18~24个月就会翻一番。现在，这个预言的事实常被表达为：每18个月，硅片密度 (晶体管容量) 将翻一倍。这就是所谓的“摩尔定律”。在微型计算机诞生和发展的几十年的历史中，该“定律”不断得到印证，以致可以用它对微处理器性能和硬磁盘容量进行发展预测。摩尔定律也常被更通俗地表达为：每18个月，集成电路的性能将提高一倍，而价格将降低一半。我们热切期待微型计算机技术延续“摩尔定律”，实现更快、更惊人的发展。

1.1.2 微型计算机的应用

微型计算机具有体积小、价格低、工作可靠、使用方便、通用性强等许多特点，其应用领域非常广泛，涉及科学计算、信息管理、过程控制等诸多方面，我们将这些领域划分为两个主要方向。

1. 数值计算、数据处理及信息管理方向

这一应用方向包括科学和工程计算、图形图像处理、文字图表处理、计算机辅助设计

(CAD)、计算机辅助教育(CAI)、网络及数据库管理、电子商务和电子政务、远程服务和家庭娱乐等。从事这类工作的一般是通用微机,其主要应用形式有服务器(Server)、工作站(Workstation)、个人台式机和个人便携机等。从应用角度来看,要求这类微机有较快的工作速度、较高的运算精度、较大的内存容量和较完备的输入输出设备。此外,还要能为用户提供方便友好的操作界面和简便快捷的维护扩充手段。

其中,服务器主要用于网络和数据库管理,并为网络用户提供共享的软硬件资源。工作站主要用于图形、图像、音视频处理和计算机辅助设计。而个人机(也称PC机)则主要面向个人单机使用或联网使用,因其社会拥有量最大、使用最为普及,因而是这类微机最典型的代表。早期PC机资源少、速度慢,人机界面采用字符形式,所用操作系统只支持单用户单任务(即在某一时刻只能为一个用户做一件工作)。虽然现在的PC机在构成模式上变化不大,但已有了非常巨大的进步。

硬件上,微处理器字长从16位扩大到64位,微处理器芯片从单核到2~8个的多核(Multi-core)及8个以上的众核(Many-core),多媒体技术、网络技术和丰富的外部设备都使得微型计算机的性能大大提高。软件上,微型机广泛应用Windows图形界面操作系统或者源代码开放的Linux操作系统,应用软件层出不穷,涉及生产和生活的方方面面,非常方便实用。

2. 过程控制及嵌入应用方向

应用于这一方向的主要是一些专用微机和专用系统,如工业PC机、STD总线工控机、PC/104总线工控机、可编程逻辑控制器(Programmable Logical Controller, PLC)以及由通用微处理芯片、微控制器(国内多称它为“单片机”)、数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)等构成的各种宿主应用系统。在软件方面,各种组态软件和嵌入式操作系统都可以以模块裁剪拼接的方式提供开发上的便利。

对控制类微机,重点要求其能抵御各种干扰、适应应用现场的恶劣环境,确保长时间稳定地工作;同时,也要求其实时性要好,对各种随机事件的响应处理速度要快。此外,对嵌入式应用强调其体积要小;对便携式应用则强调其省电。

直接用于控制的微机,由于其专用性,因此程序相对简单,要处理的数据量一般也不大,所以内存的总需求量不大。此外,为了可靠工作,其程序被固化在ROM中直接运行,因此在内存中ROM的比重往往更大。至于运算精度,一般控制场合对它的要求不是很高,所以直接担任前端测控任务的多是一些8/16位机。如果测控的同时兼做数据处理和数据管理,则它对运算精度、运算速度和人机界面的要求会明显高出许多。

在系统结构上,工控机为了满足各类应用和各种组态的需要,一般都采用标准总线和总线插板的组成方式,由厂商提供一批系列化的功能模块和模板,供用户在构造应用系统时选择。其中,除无源插接母板、CPU板、系统支持板和人机接口板外,大量的模板用来连接各种传感设备和执行机构或对信号进行转换调理。

除工控机外,将微处理器嵌入到宿主应用系统中(即嵌入式应用)使其发挥作用,是微机应用的一个重要方面。单片机和数字信号处理器是这类应用的两种典型芯片。单片机在国外通称微控制器(Microcontroller),它主要面向控制,在宿主系统中充当控制中心;而数字信号处理器则主要面向大流量数字信号的实时处理,在宿主系统中充当数据处理中心。数字信号处理器的发展晚于单片机,但在网络通信、多媒体应用等领域也得到越来越多的应用。

作为专用的微处理器，在单片机和DSP的内部，除CPU外还集成了计算机的其他一些主要部件和硬件资源，如ROM、RAM、定时器、并行接口、串行接口、脉宽调制器（PWM）、数/模转换器（DAC）、模/数转换器（ADC）、硬件乘法器、浮点运算器等，通过连接少量的外部电路和机构并运行特定的程序，就能实现不同的目标应用系统。必须强调的是，许多嵌入式应用系统人机交互简单，或者根本不配备人机交互手段，因此缺乏自主开发的能力，必须借助专门的仿真调试工具来对它进行开发。

1.2 微型计算机的系统组成

微型计算机系统包括硬件和软件两大部分。硬件（Hardware）是指构成计算机的实实在在的物理设备，是我们看得见、摸得着的物体，就像人的躯体一样。软件（Software）一般是指在计算机上运行的程序（广义的软件还包括由计算机管理的数据以及有关的文档资料），是我们指示计算机工作的命令，就像人的思想一样。微型计算机主要是指微型计算机的硬件系统，当然其核心是微处理器。

1.2.1 微型计算机的硬件系统

图1-1为典型的微型计算机硬件系统的构成框图，它由处理器子系统、存储器、I/O接口和I/O设备通过系统总线相互连接。

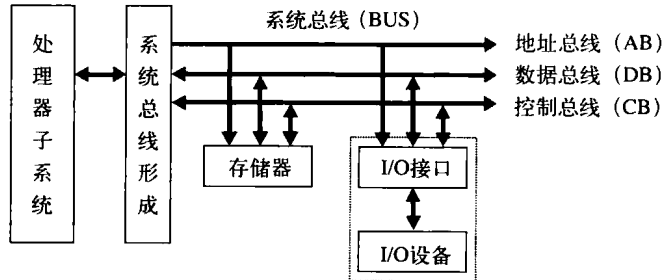


图1-1 微型计算机的系统组成

1. 处理器子系统

整个微机的核心是微处理器，也称中央处理器（Central Processing Unit, CPU），现在还直接称为处理器。它是采用大规模集成电路技术制成的芯片，芯片内集成了控制器、运算器和若干高速存储单元（即寄存器组）。CPU及其支持电路共同构成了微机系统的控制中心，对系统的各个部件进行统一的协调和控制。

2. 存储器

计算机是一个自动的数据处理机，依靠机内存储的程序和数据来自动运行，存储器（Memory）就是存放程序和数据部件。

微机上的存储器分为主存和辅存两类，它们主要由半导体存储器和磁盘、光盘存储器等分别构成。半导体存储器造价高、速度快、但容量小，适合用来存放当前正在运行的程序和正待处理的数据，如主存；磁盘、光盘存储器造价低、容量大、信息可长期保存，但速度慢，主要用来存放将要运行的程序和将要处理的数据。半导体存储器被安排在机内的电路板上，CPU可以通过总线直接存取，因而也称之为“内存”；磁盘、光盘存储器被安装在主机箱内

或主机箱外，CPU通过I/O接口对其进行存取，所以也称之为“外存”。

构成主存的半导体存储器又分为只读存储器（Read Only Memory, ROM）和随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）。前者只允许读操作，即在正常工作时只能读出其中的信息，特殊的条件下可以编程写入；后者可进行读写操作，除读出外也可写入，更准确地应被称为“读写存储器”。半导体RAM芯片中的信息在断电后将会丢失，而ROM中的信息可在断电后长期保存。

3. I/O设备和I/O接口

I/O设备是指微机上配备的输入/输出设备，也称为外部设备或外围设备（简称外设），其功能是为微机提供具体的输入/输出手段。

微机上的键盘被称为标准输入设备，显示器被称为标准输出设备，这两者又合称为“控制台”。此外，系统还可选择鼠标、打印机、扫描仪等I/O设备。作为外部存储器驱动装置的磁盘驱动器，既可看做是输出设备，又可看做是输入设备。

由于各种外设的工作速度、驱动方法差别很大，无法与CPU直接匹配，所以不可能将它们简单地连接到系统总线。这时，需要有一个接口电路来充当它们和CPU间的桥梁，通过该电路来完成信号变换、数据缓冲、与CPU联络等工作。在微机系统中，较复杂的I/O接口电路一般都制作在电路插板上，这种插板俗称卡（Card）。在卡的一侧有连接外设的接口插座；另一侧为带有金手指的插入端，只要将它们插入I/O总线插槽就等于将它们连接到系统。在计算机的主板上一般会安排多个I/O总线插槽，供用户连接各种插卡和外设。

4. 系统总线

所谓总线，是指传递信息的一组公用导线。系统总线（System Bus）是指从处理器子系统引出的若干信号线，CPU通过它们与存储器和I/O设备进行信息交换。总线信号一般可分为3组：

1) 传送地址信息的总线称为地址总线（Address Bus, AB）。CPU在AB总线上输出将要访问的主存单元的地址或I/O端口的地址，所以地址总线为单向输出总线。

2) 传送数据信息的总线称为数据总线（Data Bus, DB）。在CPU进行读操作时，主存或外设的数据通过数据总线送往CPU；在CPU进行写操作时，CPU数据通过数据总线送往主存或外设；所以数据总线为双向总线。

3) 传送控制信息的总线称为控制总线（Control Bus, CB）。控制信号用于协调系统中各部件的操作。其中，有些信号线将CPU的控制信号或状态信号送往外界；有些信号线将外界的请求或联络信号送往CPU；个别的信号线兼有以上两种情况。

在一个系统中，除了CPU有控制、使用总线的的能力外，DMA控制器和协处理器等设备也有控制和使用总线的的能力，它们被称为总线主控设备或总线请求设备。而连在总线上的存储器和I/O设备则是被访问和控制的对象，它们被称为总线被控设备。

由于系统总线是传递信息的公共通道，因此它非常繁忙。其使用特点是：

- 在某一时刻，只能由一个总线主控设备来控制系统总线。
- 在连接系统总线的各个设备中，某一时刻只能有一个发送者向总线发送信号，但可以有多个设备同时从总线上获取信号。

采用总线连接系统中各个功能部件是微机系统的一大特色。正是由于采用了总线结构，才使得微机系统具有组态灵活、扩展方便的特点。

1.2.2 微型计算机的软件系统

微机的软件系统由系统软件和应用软件组成。

系统软件是面向所有用户的一类软件，其目标是方便用户的使用和维护，提高机器的工作效率。系统软件通常包括操作系统、语言处理程序、诊断调试程序、设备驱动程序以及为提高机器效率而设计的各种程序。在系统软件中，最重要的软件当属操作系统（Operating System, OS），所有的应用程序（包括系统软件中的一些程序）都要在操作系统构筑的平台上运行。操作系统的基本功能是：

- 负责管理、调度整个系统的软硬件资源，包括CPU、存储器、I/O设备等硬件资源，以及文件、目录、进程、任务等软件资源。
- 向用户提供最基本的交互界面，以方便用户的使用，提高系统的工作效率。此外，操作系统还向用户提供一批实用程序和可利用的函数资源，后者常被称为系统函数（Function）或系统功能，供程序员以中断或者应用程序接口（Application Program Interface, API）形式调用，所以也常被称为系统调用或者功能调用。

应用软件是围绕某项应用、面向用户的一大类软件。从大的方面来讲，它可以是面向数据库管理、面向计算机辅助设计、面向文字处理的软件或软件包；从小的方面来说，它可以是为某个单位、某项工作的具体需要而开发的软件。

本书主体内容在硬件上基于IBM PC系列机，软件上则基于MS-DOS操作系统，还需要利用微软MASM汇编程序开发软件。

1. DOS操作系统

16位IBM PC系列机和其兼容机上主要采用磁盘操作系统（Disk Operating System, DOS）。DOS是单用户单任务操作系统，通常只有一个用户的一个应用程序在机器上执行。DOS操作系统相对比较简单，但允许程序员访问任意资源，尤其是允许执行输入/输出指令。在目前主要使用Windows操作系统的32位PC机上，读者可以使用MS-DOS启动机器（例如，其最终版本MS-DOS 6.22）运行于实地址方式，但建议读者使用Windows操作系统的模拟DOS环境。模拟DOS环境虽不是真正的DOS平台，但兼容绝大多数DOS应用程序，同时可以借助Windows的强大功能和良好保护。

以Windows XP为例，进入MS-DOS模拟环境的方法为：在“开始→运行”打开的对话框中，输入“command”命令。

为了不与其他同名文件混淆，执行该文件时最好给出完整的路径，例如，输入“%systemroot%\system32\command.com”命令（其中%systemroot%表示Windows操作系统所在的分区目录，如Windows XP是WINDOWS）。

需要注意的是，大家习惯利用“开始→程序→附件→命令提示符”，或者在“开始→运行”打开的对话框中输入“cmd”，启动一个酷似MS-DOS的窗口，但实质上它是32位Windows的控制台环境。两者的基本功能和界面一致，但打开的窗口标题不同，32位控制台标示为“命令提示符”或包含有“CMD.EXE”，MS-DOS模拟环境标示为“Command Prompt”或包含有“command.com”。本书应用程序基于MS-DOS模拟环境（COMMAND.COM），建议不要在32位控制台环境（CMD.EXE）下运行，虽然有时也是正确的。

2. MASM汇编程序

为了便于理解微型机的工作原理，本书采用汇编语言编写程序，当然这些程序也可以利

用C或C++语言实现。支持Intel 80x86处理器的汇编程序有很多。在DOS和Windows操作系统下，最流行的是微软宏汇编程序MASM，Borland公司的TASM也常用，两者相差不大。

20世纪80年代初微软公司推出MASM 1.0。MASM 4.0支持80286/80287的处理器和协处理器；MASM 5.0支持80386/80387处理器和协处理器，并加进了简化段定义伪指令和存储模式伪指令，汇编和连接的速度更快。MASM 6.0是1991年推出的，支持Intel 80486处理器，它对MASM进行重新组织，并提供了许多类似高级语言的新特点。MASM 6.0之后又有一些改进，推出MASM 6.11，利用免费补丁程序可以升级到MASM 6.14，以支持MMX Pentium、Pentium II及Pentium III指令系统。MASM 6.11是最后一个独立发行的MASM软件包，其后的MASM都存在于Visual C++开发工具中，本书采用从Visual C++ 6.0中复制的MASM 6.15，它可以支持Pentium 4的SSE2指令系统。Visual C++ .NET 2003中有MASM 7.10，但没有什么大的更新。Visual C++ .NET 2005提供的MASM才支持Pentium 4的SSE3指令系统，同时还提供了一个ML64.EXE程序用于支持64位指令系统。

读者可以利用MASM（建议采用6.x版本）自行构建一个开发环境。本书例题程序采用MASM 6.15，并精心准备了一个压缩文件，详见附录B。

1.3 IBM PC系列机系统

1981年，美国IBM公司选用Intel公司的8088作CPU，开发出著名的微型计算机IBM PC，并选中Microsoft公司为其配备MS-DOS V1.0操作系统。但该机因主存容量小，无硬盘支持，很快就被次年底推出的PC/XT（Extended Technology）所取代。后者扩充了主存容量，新增了一个10MB的硬盘，采用DOS 2.0版本，支持硬盘和树形目录结构。1984年，IBM公司推出PC/AT（Advanced Technology），它配备3.0版的DOS操作系统，选用Intel的80286微处理器作CPU。该微处理器向前兼容8086/8088的指令系统，有着更快的工作速度，并支持虚拟存储和多任务操作，是一个高性能的16位微处理器。

在本节中，我们将简单介绍IBM PC系列机的系统组成，目的是使读者了解该系统的整体状态，并便于随时查阅，详细的介绍将在以后的章节中逐渐展开。

1.3.1 硬件基本组成

从外观上看，IBM PC系列机的硬件系统由主机箱、键盘和显示器三部分组成。键盘通过电缆与主机相连，显示器连接主机上的显示卡。主机箱中有一块大的电路板，被称做主板（Main Board）或系统板（System Board），上面安排有系统的主要电路和若干总线插槽。主机箱内还安装有软盘驱动器和硬盘驱动器作为辅助存储器设备。主机箱同时也配备了电源、扬声器等辅助装置。表1-1简单列出了PC/XT和PC/AT的硬件资源。

表1-1 IBM PC/XT与IBM PC/AT的比较

系统属性	IBM PC/XT	IBM PC/AT
微处理器	8088（准16位、最大组态）	80286（16位）
工作方式	实模式	实模式、保护模式
最大主存	1MB	16MB
系统总线	8位数据，20位地址，62线PC总线	16位数据，24位地址，98线ISA总线
硬件中断	1片8259A提供8个中断	2片8259A级联提供15个中断