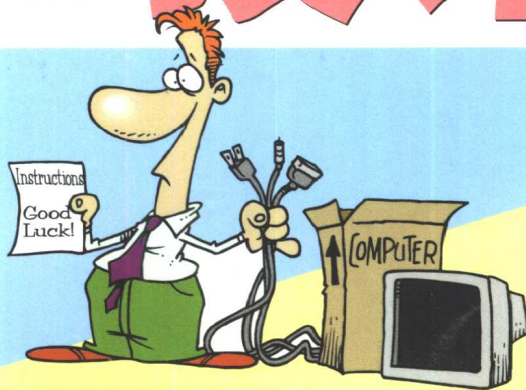
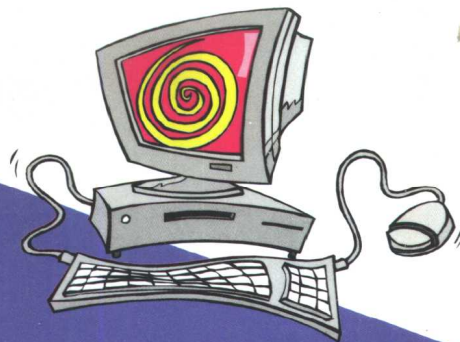


普通高等院校适用教材

钱晓捷 陈涛 等编著

# 微型计算机 原理 及接口技术



■ 富有经验的教师精心撰写

■ 原理、系统与应用并重

■ 目标明确，适用性强，结构新颖、内容完备



机械工业出版社

CMP

普通高等院校适用教材

# 微型计算机原理 及接口技术

钱晓捷 陈 涛 等编著

机械工业出版社

本书以 Intel8088/8086/80286 CPU 和 IBM PC 系列微机为对象,详细、系统地介绍了 16 位微型计算机的基本原理和接口技术。其主要内容有:微型机的基本系统,微处理器的内部结构和外部特性,微处理器与半导体存储器和各种 I/O 接口的连接,微机系统中的数据传送方式,微机系统中的各种控制和接口电路,包括:中断控制器、定时/计数控制器、DMA 控制器、系统总线、并行接口、串行接口、人机接口和模拟接口,最后还介绍了 PC 机的软件接口——DOS 的结构。本书的主要特点是详略得当、面向系统、面向应用。

本书可选作高校《微型计算机原理及应用》、《微型计算机原理与接口技术》等课程的教材或参考书,主要读者为计算机专业的大、专院校学生和成人学生,但也同样适用于计算机应用开发人员及希望深入学习微机应用技术的一般读者和培训班学员。

本书中文简体字版由机械工业出版社出版,未经出版者书面许可,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有,翻印必究。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

微型计算机原理及接口技术/钱晓捷等编著. —北京:机械工业出版社, 1999

ISBN 7-111-06935-8

I. 微... II. 钱... III. 微型计算机-接口-技术 IV. TP364

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 98 ) 第 32256 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:姜南

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999年1月第1版·2001年5月第5次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 19印张

印数: 14 001-19 000册

定价: 23.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

# 前 言

“微型计算机原理及接口技术”是我国高校计算机应用、电子工程、自动控制等专业的一门必修的技术基础课程。本书以 Intel8088/8086/80286 CPU 和 IBM PC 系列微型计算机为描述对象，详细、系统地介绍了 16 位微型计算机的基本原理和接口技术。全共分 13 章：第 1 章为微型计算机系统概述，第 2 章描述 8088 微处理器的内部结构和外部特性，第 3 章介绍半导体存储器及它与微处理器的连接，第 4 章综述 I/O 接口，随后 3 章介绍中断控制器 8259A、定时计数控制器 8253/8254 和 DMA 控制器 8237A，第 8 章介绍微型计算机的系统总线，从第 9 章开始到第 12 章依次介绍了并行接口、串行通信接口、人机接口及模拟接口，最后 1 章从认识 DOS 结构的角讨论了 PC 机的软件接口。

本书来源于使用多年的教学讲义。根据同行教师和学生的反馈，我们对该讲义进行了整理并形成书稿、作内部教材使用，之后，又经过修改补充成为这本正式出版的教材，其目的是为广大师生提供一本适用、实用的好书。除编写外，我们还以认真的态度录入了全部文字和绘制了全部插图，书中所列举的程序均经过上机调试验证。

本教材具有以下特点：

## 1. 原理、系统与应用并重

针对已出版教材的不足之处，在安排学习内容时，我们按照先介绍原理，次介绍典型的系统应用，再介绍具体的应用实例来展开教学。例如，在中断控制器、系统总线、并行和串行接口等章节，我们先介绍接口芯片和电路的功能、工作方式和编程方法，然后再介绍它们在 PC 系列机中的典型应用，最后给出它们的其它应用实例。通过这些介绍和相应的实验手段，使学生掌握原理，学会应用，并了解典型的微机系统。

应该说，我们学习微机系统的基本原理和接口技术，并不局限于 PC 机，还需着眼于其它的系统和应用，如单片机系统、工控机系统，以及各种具体的应用。但本书在处理上主要围绕 PC 机，解剖一个典型的系统和系统所涉及的内容。这样有利于组织教学，也有利于使学生建立起系统的观念。

## 2. 目标明确，适用性强

本书以中国计算机学会教育委员会和全国高等院校计算机教育研究会推荐的“计算机学科教学计划 1993”为指导，参照原国家教委对‘微型计算机原理及接口技术’课程的指示、并兼顾国家教委关于“高等学校工科非计算机专业‘微型计算机原理与应用’课程教学基本要求”而编写。

编写时，考虑到一般高校本、专科学生和其它读者的知识水平，采用了浅显、明晰、循序渐进的描述方法；书中附有简洁的插图，力图与文字论述相对照，以方便师生的阅读。本书融原理与应用于一体的作法，有利于教师组织课堂教学、实验教学和学生课下的自学与理解。考虑到当前各校的实验条件，本书所提供的丰富的应用实例，使学生能比照它们来设计接口和程序，方便学生完成实验作业。此外，我们还收集、整理、

编写了一批习题附在每章的最后，用于布置作业或选作练习。

### 3. 结构新颖，内容完备，详略得当

本书的主要介绍对象是 8088 CPU 和 PC/XT 系统。应该说，PC/XT 并不是一个很好的教学系统，要想在课堂教学环节面面俱到地说清系统的全部细节是非常困难、也是不必要的。因此本书采用了有详有略的方法来描述该系统。具体地说，与应用关系密切的内容介绍得较为详细，与应用离得较远的内容，则主要介绍其背景和功能方面的内容。此外，在详细介绍 8088 和 PC/XT 系统的基础上，用少量的篇幅将内容扩展到 8086/80286 CPU 和 PC/AT 系统，本书差不多各章都有一小节用来介绍某部件在 PC/AT 系统中的应用。本书最后还专辟一章，对 PC 系统所提供的软件资源和接口、即 DOS 的结构进行了分析介绍，以体现系统的完整性和软硬件的结合。

使用本教材需要 8086 汇编语言程序的阅读和设计能力、基本的数字电路知识和一般的计算机知识，最好是先修过“数字电路”和“计算机组成原理”。传统上，微处理器的指令系统和汇编语言程序设计包括在微机原理中；但考虑到多数计算机专业的教学计划，已将这部分内容安排在“汇编语言程序设计”课程中，所以本书没有涉及，只在附录中给出了 8086/8088 的指令系统，以备读者查找。

全书由钱晓捷组织和统稿，并编写接口技术部分的第 5 章到第 13 章及附录 2 和附录 3；由陈涛负责编写微机原理部分的第 1 章到第 4 章及附录 1。王世卿和范明两位教授审阅了本书，陈志伟和关国利两位教师参与了本书的编写工作，许多同行教师对本书的内容提供了宝贵意见；此外，庞军同志提供了资料支持。

限于编者的学识水平，本书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大同行及读者指正，以便今后进一步修定完善。作者的电子信箱是：[jerryqian@163.net](mailto:jerryqian@163.net)。

钱晓捷 陈涛  
1998年10月

# 目 录

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 计算机的发展	1
1.1.2 微型计算机的发展	2
1.1.3 微型计算机的应用	3
1.1.4 微型计算机发展新技术	5
1.2 微型计算机的系统组成	7
1.2.1 微型计算机的硬件系统	7
1.2.2 微型计算机的软件系统	9
1.3 IBM PC/XT 微机系统	9
1.3.1 硬件基本组成	9
1.3.2 主机板组成	10
1.3.3 存储空间的分配	13
1.3.4 I/O 空间的分配	14
1.4 IBM PC/AT 微机系统	15
1.4.1 系统主机板的组成	16
1.4.2 存储空间的分配	17
1.4.3 I/O 空间的分配	17
习题 1	18
第 2 章 微处理器	19
2.1 微处理器的基本结构	19
2.2 8088 微处理器的内部结构	20
2.2.1 总线接口单元 (BIU)	21
2.2.2 执行单元 (EU)	24
2.3 8088 的引脚信号和总线形成	27
2.3.1 两种组态模式	27
2.3.2 最小组态下的引脚定义和总线形成	28
2.3.3 最大组态下的引脚定义和总线形成	32
2.4 8088 的总线时序	34
2.4.1 最小组态下的总线时序	34
2.4.2 最大组态下的总线时序	36
2.5 PC/XT 中的 CPU 子系统	38
2.5.1 等待信号产生电路	39
2.5.2 时钟发生和驱动器 8284	41
2.5.3 总线控制器 8288	43
2.5.4 数值运算协处理器 8087	47
2.6 8086 微处理器	51
2.7 80286 微处理器	52
2.7.1 内部结构	54
2.7.2 寄存器结构和指令系统	54
2.7.3 保护虚地址方式下的存储器寻址	56
习题 2	57
第 3 章 半导体存储器及其接口	59
3.1 半导体存储器概述	59
3.1.1 半导体存储器的分类	59
3.1.2 半导体存储芯片的一般结构	60
3.1.3 半导体存储器的主要技术指标	61
3.2 随机存取存储器 (RAM)	62
3.2.1 静态 RAM (SRAM)	62
3.2.2 动态 RAM (DRAM)	65
3.3 只读存储器 (ROM)	68
3.3.1 掩膜 ROM	69
3.3.2 PROM	69
3.3.3 EPROM	69
3.3.4 EEPROM	72
3.4 半导体存储器与 CPU 的连接	74
3.4.1 存储芯片与 CPU 的连接	74
3.4.2 存储芯片与 CPU 的配合	79
3.5 PC/XT 中的 RAM 子系统及其操作	80
3.5.1 RAM 子系统的构成	80
3.5.2 RAM 子系统的操作	82

习题 3 .....	84	5.6 中断服务程序实例 .....	124
第 4 章 输入输出接口 .....	86	5.6.1 8259A 中断程序 .....	125
4.1 I/O 接口概述 .....	86	5.6.2 整点报时程序 .....	126
4.1.1 I/O 接口的主要功能 .....	86	5.6.3 从 8259A 的中断服务程序 .....	128
4.1.2 I/O 接口的典型结构 .....	87	习题 5 .....	128
4.1.3 I/O 端口的编址方法 .....	88	第 6 章 定时计数控制器 .....	130
4.1.4 系统中的数据传送机制 .....	90	6.1 定时计数技术概述 .....	130
4.2 无条件传送方式及其接口 .....	90	6.2 8253 定时计数器 .....	130
4.3 查询传送方式及其接口 .....	91	6.2.1 8253 的内部结构 .....	131
4.3.1 查询输入接口 .....	92	6.2.2 8253 的引脚 .....	131
4.3.2 查询输出接口 .....	93	6.2.3 8253 的工作方式 .....	132
4.3.3 用查询方式对 EEPROM 进行 编程 .....	93	6.2.4 8253 的编程 .....	135
4.4 中断传送方式 .....	94	6.3 8254 定时计数器 .....	137
4.4.1 中断和中断源 .....	94	6.4 8253/8254 在 PC 机上的应用 .....	137
4.4.2 中断传送与接口 .....	95	6.5 定时计数器的应用实例 .....	139
4.4.3 中断工作过程 .....	96	6.5.1 利用扩展芯片实现对外部事 件的计数 .....	139
4.4.4 中断优先权 .....	98	6.5.2 为 A/D 转换电路提供可编程 的采样信号 .....	140
4.5 DMA 传送方式 .....	100	6.5.3 利用日时钟的计时功能实 现延时 .....	140
4.6 I/O 处理机方式 .....	102	6.5.4 台式时钟程序 .....	141
习题 4 .....	102	习题 6 .....	144
第 5 章 中断控制器 .....	104	第 7 章 DMA 控制器 .....	145
5.1 8088 中断系统 .....	104	7.1 8237A DMA 控制器 .....	145
5.1.1 外部中断 .....	104	7.1.1 8237A 的工作周期 .....	145
5.1.2 内部中断 .....	105	7.1.2 8237A 的引脚 .....	146
5.1.3 中断向量表 .....	106	7.1.3 8237A 的工作模式 .....	148
5.1.4 中断响应过程 .....	106	7.1.4 8237A 的寄存器组 .....	150
5.1.5 中断过程举例 .....	108	7.1.5 8237A 的软件命令 .....	152
5.1.6 PC 机中断分配 .....	110	7.2 8237A 在 IBM PC/XT 上的应用 .....	153
5.2 8259A 中断控制器 .....	110	7.2.1 DMA 控制器电路 .....	154
5.2.1 8259A 的内部结构 .....	110	7.2.2 页面寄存器及 20 位地址 的形成 .....	155
5.2.2 8259A 的引脚 .....	111	7.2.3 ROM-BIOS 对 8237A 的测试 和初始化 .....	156
5.2.3 8259A 的中断过程 .....	112	7.3 8237A 在 IBM PC/AT 上的应用 .....	157
5.2.4 8259A 的工作方式 .....	113	7.3.1 DMA 控制器电路 .....	157
5.2.5 8259A 的初始化命令字 ICW .....	116	7.3.2 页面寄存器及 24 位地址	
5.2.6 8259A 的操作命令字 OCW .....	118		
5.3 8259A 在 IBM PC/XT 上的应用 .....	120		
5.4 8259A 在 IBM PC/AT 上的应用 .....	121		
5.5 中断服务程序的编写原则 .....	123		

的形成.....	159	10.1.1 串行通信的基本概念.....	196
7.3.3 ROM-BIOS 对 DMA 控制器 的初始化.....	160	10.1.2 调制解调器.....	198
7.4 应用实例.....	161	10.1.3 RS-232C 串行接口标准.....	199
7.4.1 DMA 读传送.....	161	10.1.4 20mA 电流环.....	202
7.4.2 DMA 设定子程序.....	162	10.2 通用异步接收发送器.....	203
习题 7.....	163	10.2.1 8250 的内部结构.....	203
第 8 章 微型计算机系统总线.....	165	10.2.2 8250 的引脚.....	205
8.1 总线技术.....	165	10.2.3 8250 的寄存器.....	206
8.1.1 总线的概念.....	165	10.3 异步通信适配器.....	210
8.1.2 总线的分层.....	165	10.3.1 异步通信适配器的接口 电路.....	210
8.1.3 总线标准.....	166	10.3.2 异步通信适配器的编程 应用.....	211
8.1.4 常用系统总线简介.....	167	10.3.3 异步通信 I/O 功能调用.....	215
8.2 IBM PC 总线.....	168	习题 10.....	215
8.2.1 信号功能.....	168	第 11 章 人机接口.....	217
8.2.2 总线时序.....	170	11.1 PC 机键盘接口.....	217
8.3 IBM AT 总线 (ISA 总线).....	173	11.1.1 PC 键盘接口电路.....	217
习题 8.....	174	11.1.2 PC 键盘中断服务程序.....	219
第 9 章 并行接口.....	175	11.1.3 PC 键盘 I/O 功能调用.....	220
9.1 并行接口电路 8255A.....	175	11.1.4 自编 PC 键盘中断服务程序.....	221
9.1.1 8255A 的内部结构.....	175	11.2 PC 机视频显示接口.....	224
9.1.2 8255A 的控制字.....	176	11.2.1 视频显示标准.....	224
9.1.3 8255A 的工作方式.....	178	11.2.2 彩色图形适配器的结构.....	226
9.2 8255A 在 IBM PC/XT 上的应用.....	183	11.2.3 字符显示方式 (A/N 方式).....	228
9.3 并行接口电路在 IBM PC/AT 上 的应用.....	184	11.2.4 图形显示方式 (APA 方式).....	231
9.4 8255A 的应用实例.....	185	11.2.5 显示 I/O 功能调用 ( INT 10H ).....	236
9.4.1 用方式 0 与打印机接口.....	185	11.3 并行打印机接口.....	237
9.4.2 用方式 1 与打印机接口.....	186	11.3.1 打印机适配器.....	237
9.4.3 双机并行通信接口.....	187	11.3.2 打印机接口信号.....	239
9.5 简易键盘.....	188	11.3.3 Centronics 接口.....	240
9.5.1 键盘的工作原理.....	188	11.3.4 打印机 I/O 功能程序 ( INT 17H ).....	241
9.5.2 键的识别.....	188	习题 11.....	244
9.6 LED 数码管.....	192	第 12 章 模拟接口.....	245
9.6.1 LED 数码管的工作原理.....	192	12.1 模拟接口概述.....	245
9.6.2 多位显示.....	193	12.1.1 模拟输入输出系统.....	245
习题 9.....	194	12.1.2 采样、量化和编码.....	246
第 10 章 串行通信接口.....	196		
10.1 串行通信总线.....	196		



12.1.3 多路开关 .....	248	13.2.2 硬盘的主引导扇区 .....	272
12.1.4 采样保持器 .....	249	13.2.3 DOS 的引导扇区 .....	273
12.2 D/A 转换器 .....	250	13.2.4 DOS 的根目录区 .....	274
12.2.1 D/A 转换的基本原理 .....	250	13.2.5 DOS 的文件分配表 .....	275
12.2.2 DAC 芯片的主要参数 .....	251	13.3 DOS 的程序结构 .....	276
12.2.3 DAC 芯片举例 .....	252	13.3.1 com 程序和 exe 程序 .....	276
12.2.4 DAC 芯片与主机的连接 .....	256	13.3.2 程序段前缀 PSP .....	277
12.2.5 DAC 芯片的应用 .....	258	13.3.3 com 程序和 exe 程序的 加载 .....	278
12.3 A/D 转换器 .....	259	13.3.4 信息检索程序 .....	279
12.3.1 A/D 转换的基本原理 .....	259	13.4 PC 机功能调用 .....	281
12.3.2 ADC 芯片的主要参数 .....	261	13.4.1 程序终止 .....	281
12.3.3 ADC 芯片举例 .....	261	13.4.2 键盘输入 .....	281
12.3.4 ADC 芯片与主机的连接 .....	263	13.4.3 显示器输出 .....	282
12.3.5 ADC 芯片的应用 .....	265	习题 13 .....	282
习题 12 .....	267	A 8086/8088 指令系统 .....	284
第 13 章 DOS 结构分析 .....	269	B ROM-BIOS 功能调用速查表 .....	290
13.1 DOS 的组成结构 .....	269	C 常用 DOS 功能调用(INT 21H) 一览表 .....	291
13.1.1 DOS 的组成 .....	269	参考文献 .....	294
13.1.2 DOS 的启动过程 .....	269		
13.2 DOS 的磁盘结构 .....	271		
13.2.1 磁盘格式化结构 .....	271		

# 第1章 微型计算机系统概述

电子计算机的产生和发展是 20 世纪最重要的科技成果之一；进入 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。在本书的第一章，我们将对微型计算机的发展背景和它的系统组成进行概述，内容包括：微型计算机的发展和应用、微型计算机的系统组成、以及 IBM PC/XT 和 IBM PC/AT 两个具体微机系统的总体情况。在以后的章节里，我们将面向系统和应用、详细介绍构成 IBM PC/XT 的各主要部件及其使用，并将相关内容进一步扩展到 IBM PC/AT。

## 1.1 微型计算机的发展和应用

本节我们将回顾计算机和微型计算机的诞生和发展，介绍微型计算机的应用方向和特点，并简介在微型计算机发展中所采用的一些新的技术。

### 1.1.1 计算机的发展

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，其最初的目的是用于为陆军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，在以后的十个月里，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：运算、控制、存储、输入、输出，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，虽然在某些方面已有一些突破，但其基本结构仍未有大的改变。这四个发展阶段以硬件为主要标志，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~）——采用大规模、超大规模集成电路为主要部件，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。另外，网络操作系统、数据库管理系统得到广泛应用。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。

展望未来，随着计算机的日益普及，随着信息高速公路、网络技术、多媒体技术的建立和发展，计算机应用正向人们展示着更加宽广、更加美好的前景。

### 1.1.2 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（ $\mu\text{P}$ ）为核心，所构造出的计算机系统。

1971年，世界上第一台微型计算机诞生于美国。事情的经过是这样的：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数器设计一组芯片。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I4004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，成本约为200美元。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，短短20多年的时间，微型计算机的发展已经历了四代。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位微型计算机。1971年I4004诞生后，随后改进为I4040，第二年Intel研制出8位微处理器芯片I8008，并出现由它组成的MCS-8微型计算机。I8008采用PMOS工艺，字长8位，基本指令48条，基本指令周期为20~50 $\mu\text{s}$ ，时钟频率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I8080；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和Intel公司的I8085，也有人称后者为第二代半产品。以I8080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 $\mu\text{s}$ ，时钟频率高于1MHz，集成度约6000晶体管/片。

这一时期的著名微机产品有Apple公司的苹果机（它采用Rockwell公司的8位微处理器芯片6502）及广泛用于工控场合的Intel公司的8位单片机系列：MCS-48系列和MCS-51系列等。

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I8086/I8088、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系列就是将小型机PDP-11进行微型化改造的结果。以I8086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 $\mu\text{s}$ 。

这一时期的著名微机产品有 IBM 公司的个人计算机，即通常所说的 PC（Personal Computer）机。1981年，该公司选用 I8088 开发了 IBM PC 机；1982 年将它进一步扩展为 IBM PC/XT，其中 XT（Expanded Technology）的意思为扩展，它扩充了前者的内存、并增加了一个硬磁盘驱动器，在其它方面二者并没有什么区别。由于 IBM 公司在发展 PC 机时采用了技术开放的策略，使得许多公司围绕 PC 机、研制生产了大量的配套产品和兼容机，并提供了巨大的软件支持，一时间 PC 机风靡世界。1984 年，Intel 推出新一代 16 位微处理器 I80286，其集成度达到 13.4 万晶体管/片；同年，IBM 以它为核心组成 16 位增强型个人计算机 IBM PC/AT，其中的 AT（Advanced Technology）意思为增强，它进一步提高了 PC 机的总体性能。IBM PC/XT/AT 统称为 IBM PC 系列机。以上提到的 I8088 微处理器芯片和个人计算机 IBM PC/XT 将是本书的主要介绍对象，此外，也涉及到 I8086、I80286 微处理器和 IBM PC/AT 个人计算机。

第四代（1985~）——1985 年，Intel 公司推出 32 位微处理器芯片 I386，其集成度达到 27.5 万晶体管/片，每秒钟可完成 5 百万个指令（MIPS）。从这时起，微型计算机步入第四个发展阶段。1989 年，Intel 发表 I486 芯片，其集成度达到 120 万晶体管/片；1993 年发表奔腾（Pentium）芯片，集成度达到 310 万晶体管/片，速度达到 90MIPS；1995 年发表高能奔腾（Pentium Pro）芯片，集成度达到 550 万晶体管/片，内部还装进了包含 256KB/512KB 高速缓存（Cache）的电路，运行速度达到 300MIPS；1996 年 Intel 将 MMX（Multi Media eXtension）多媒体扩展技术用于 Pentium，发表多能奔腾芯片（MMX Pentium）；1997 年又将 MMX 多媒体技术用于 Pentium Pro，发表 Pentium II 芯片。以 80486 芯片为例，除 CPU 外，其内部还集成了浮点运算协处理器 FPU（相当于 80387）、8KB 高速缓存（Cache）及存储管理机构，并在指令译码单元和高速缓存间采用 128 位总线，在 FPU 和高速缓存间用两条 32 位的总线，提高了指令和浮点数据的传送速度。

当前，Intel 和 HP 公司已联合定义了被称作“明显并行指令计算（EPIC）”的 64 位指令架构，新一代字长 64 位的微处理器芯片正在积极的研制中，它将采用 0.25μm 技术制造，工作在 1000MHz 的频率下，在新世纪即将开始的时候，微型计算机也即将迈进到一个新的时代。

### 1.1.3 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、使用方便等特点，其主要应用有以下两个方向：

#### 1. 用于数值计算、数据处理及信息管理方向

这一应用方向包括了工程计算、图形图象处理、计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助教育（CAI）、文字图表处理、数据库管理及家庭娱乐等。从事这类工作的微型计算机，要求有较快的工作速度、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，还要求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。其典型代表是 PC 机。

顾名思义，PC（Personal Computer）机就是面向个人单独使用的一类微机。早期的 PC 机因资源少、速度慢，所配操作系统多为单用户、单任务操作系统，在某一时刻只能为一个用户做一件工作。现在的 PC 机早已今非昔比：

① 其性能已大为提高,许多指标已赶上或超过了原来的小型机,可以满足各种不同的应用场合。目前,其强劲的发展势头仍未有丝毫减弱。

② 围绕 PC 机开发了大量的软件资源,包括强大、友好的微机操作系统和各色各样浩如烟海的支撑应用软件。在操作系统方面,比较著名的有:最早由美国贝尔实验室开发的 UNIX/XENIX 多用户多任务操作系统、由美国 Novell 公司开发的 NetWare 局部网络操作系统、由 Apple 公司开发的 Macintosh 和由 Microsoft 公司开发的 Windows 图形界面操作系统;在支撑应用软件方面,比较著名的有: PCTools 电脑工具软件、Office 办公应用套件、Oracle 关系型数据库管理系统、AutoCAD 计算机辅助设计软件、Photoshop 平面图象处理软件、3D Studio 三维动画处理软件、Authorware 多媒体制作工具、CorelDraw 综合绘图软件、Navigator 网络浏览器等。

③ 具有落地式、台式、便携式、笔记本式等多种形式,其应用复盖了从家用电脑、办公用机、商业用机、直到图形工作站和局域网服务器等广阔的范围,成为普及程度最高、社会拥有量最大的一类微机。

④ 新的 PC 机开始配备多媒体功能,使得一机多能,操作起来声图并茂,令人赏心悦目,成为学习和娱乐的有力工具。

⑤ 随着计算机网络应用的普及,有越来越多的 PC 机联网,以便共享网上资源。一些厂家还推出了网络 PC 机 (Network PC) 和网络计算机 NC (Network Computer) 的想法和产品,其特点是面向网络应用,所以结构相对简单、价格也较为低廉,但要更多地依赖网上资源、限于网上使用。

## 2. 用于过程控制及智能化仪器仪表方向

应用于这一方向的主要是一些专用微机,如工业 PC 机、STD 总线工控机、PC/104 总线工控机,以及由 8/16 位微处理芯片或单片微控制芯片构成的各种目标系统。对控制类微机,重点要求其能抵抗各种干扰、并适应现场的恶劣环境,确保长时间稳定地工作;同时,也要求其实时性要好,即对各种随机事件的处理速度要快。此外,对嵌入式应用强调其体积要小;对便携式应用强调其省电。

由于一般控制场合对运算精度的要求不算太高,所以直接担任前端测控任务的多是一些 4 位机、8 位机,或者是 16 位机。如果测控的同时兼做数据处理,对运算精度的要求则更高一些,以 16 位机为例,其整型运算精度达 65 536 分之一,已能满足多数需要。在控制类产品中,以 Intel 公司 MCS-48、MCS-51 系列为代表的 8 位单片机、以 MCS-96 系列为代表的 16 位单片机在控制领域占据了很大的市场份额。

所谓“单片机”是指这样一种用于控制的微处理器芯片,它的内部除 CPU 外还集成了计算机的其它一些主要部件,如: ROM、RAM、定时器、并行接口、串行接口,有的芯片还集成了 A/D、D/A 转换电路等。换句话说,一个单片几乎就是一个专用的计算机,只要配上少量的外部电路和设备,就可以构成具体的应用系统。

请读者注意,用于控制场合的微型计算机,由于专用,其程序相对简单,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,其程序固化在 ROM 中直接运行,所以 ROM 在内存中的比重往往更大。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,由厂商提供大量系列化的总线功能模板,供用户在构造应用系统时选择。其中,除插接母板、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。

#### 1.1.4 微型计算机发展新技术

随着微电子技术和计算机技术的发展，一些新思想和新技术被陆续应用于微型计算机领域。其中，有些是以前大、中型计算机所采用的技术，有些是专门针对微机所采用的技术；有些技术相对单纯，有些则涉及到计算机的基本体系结构。以下，我们将对某些新技术做简单的介绍。

##### 1. 流水线技术

为了提高微机的工作速度，采用将某些功能部件分离，使一些大的顺序操作分解为由不同功能部件分别完成、在时间上可以重叠的子操作，这种技术被称为“流水线技术”。如微处理器 I8086/8088 对“取指”和“指令的译码执行”这两个顺序操作进行了分离，分别由总线接口单元 BIU 和执行单元 EU 来完成，使得它们在时间上可以重叠，即：当一条指令正在 EU 内执行时，BIU 可能已在取另一条指令了。在微处理器 I486 中，已有多达 5 级的流水线。采用多级流水线技术可成倍提高 CPU 的工作效率。

##### 2. 高速缓存器 (Cache)

在 CPU 的所有操作中，内存访问是最频繁的操作。由于一般微机中的主存储器主要由 MOS 型动态 RAM 构成，其工作速度比 CPU 低一个数量级，加上 CPU 的所有访问都要通过总线这个瓶颈，所以，缩短存储器的访问时间是提高计算机速度的关键。采用在 CPU 和内存间加进高速缓冲存储器 (Cache) 的办法可以较好地解决这一问题。

所谓“Cache”原意是指勘探人员的藏物处，这里引申为“高速缓存”，它由规模较小、但速度与 CPU 相当的静态 RAM 构成。安排上一般有两种情况：一是采用静态 RAM 芯片构成外部 Cache、安排在系统的主板上；二是将 Cache 集成在 CPU 芯片内。当前，有的 CPU 甚至在芯片内安排了两级 Cache。

下面，让我们以取指为例，对它的工作进行说明。假设经过前面的操作 Cache 中已保存了一个指令序列，当 CPU 按地址再次取指时，Cache 控制器会先分析地址、看其是否已在 Cache 中，若在，则立即取来；否则，再去访问内存。由于程序和数据一般都连续存放，所以，这一方法的命中率可达 90% 以上。如 I486 将 8KB 高速缓存集成于 CPU 内，使得它在 25MHz 的时钟频率下，其速度比相同频率下的 I386 要快 1.6 倍。当前的许多微机系统都具有内外两级 Cache，这就进一步提高了系统的工作速度。

##### 3. 虚拟存储技术

虚拟存储是一种存储管理技术，其目的是扩大面向用户的内存容量。在一般情况下，系统除配备一定的主存（即内存，由半导体存储器构成）外，还配备了较大容量的辅助存储器（即外存，如磁盘存储器），二者相比，前者速度快、但容量小；后者速度慢、但容量大。所以，大量的程序和数据平时是存放在辅存中的，待用到时方才调入内存。

当程序规模较大、而内存数量相对不足时，编程者就需要做出安排，分批将程序调入主存，也就是说，需要不断用新的程序段来复盖内存中暂时不用的老的程序段。所谓“虚拟存储”技术，就是采用硬件、软件（操作系统）相结合的方法，由系统自动进行这项调

度。对于用户来说，这意味着他们可放心使用更大的虚拟内存，而不必过问实际内存的大小，并可得到与实际内存相似的工作速度。Intel 微处理器从 80286 开始都具有这项功能。对于 80386，它有 32 根地址总线，其物理存储最多为  $2^{32}=4\text{G}$  字节，但是，其虚拟存储却可达到  $2^{46}=64\text{T}$  字节。

#### 4. 微程序控制

微程序控制是针对计算机指令系统和硬件控制器的实现所提出的思想。传统上控制器是用组合逻辑电路来实现的，但随着指令系统的复杂化，硬件用量大大增加了，设计也因此而变得非常复杂，且不易修改。

微程序控制的基本思想是：将指令操作分解为“微指令”序列，每一条微指令又包含着若干可同时进行的微操作，即“微命令”；微程序被固化在 CPU 内，操作时根据机器指令不断取出微指令，或顺序执行，或条件转移，或进行循环，从而实现指令的功能。采用这一方法，可有效降低硬件控制器的复杂程度和非标准性，使指令系统的修改和扩充变得容易。当前，许多微处理器的内部都采用了微程序控制的办法。

#### 5. 精简指令系统计算机

随着计算机功能的增强，CPU 的指令系统正变得越来越复杂，复杂的指令系统为编程带来方便和高效，但实现的难度和出错的几率却大大增加了。人们在审视指令时发现：程序中大量使用的是数据传送、算术逻辑运算、转移调用等一类为数不多的基本指令，其用量占到全部指令用量的 80%，而那些需要大量硬件支持的复杂指令，主要是为提高工效而设计，使用的机会并不多，这就造成了硬件资源的浪费。精简指令系统计算机 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 的思想就是在这种情况下产生的；和它形成对照的是复杂指令系统计算机 CISC (Complex Instruction Set Computer)。

RISC 的着眼点是增加内部寄存器的数量、简化指令和指令系统。它选用那些最常使用的简单指令，使得指令数目减少，从而使指令长度和指令周期进一步缩短。这样，以前由硬件和复杂指令实现的工作，现在由用户通过简单指令来实现，这就降低了硬件的设计难度，有利于进一步提高芯片集成度和工作速度，也为将来采用性能更好、但加工难度较大的半导体材料带来希望。当前，由 IBM 等一批公司联合研制的微处理器 PowerPC 就采用了这一设计思想，而 Intel 的 80×86 系列微处理器仍属于 CISC，但从 I486 开始也融入了 RISC 的思想和技术。

#### 6. 多媒体技术

所谓“多媒体 (MultiMedia) 技术”，是指用计算机来存储、管理和处理多种信息和信息媒体 (即载体)，如数字、文字、声音、图像、动画、活动影像等。需要强调，这里所说的信息都是数字化的，通过计算机来完成它们的存储、加工和还原。配备多媒体功能的计算机，一机多能，可以用它进行录音、播音、听 CD 唱盘、看 VCD 视盘、打电话、发传真、开远程会议以及制作音乐、动画等。

计算机对多媒体信息的处理可通过软件或硬件的方法来进行。比如活动影像 (如电影) 这种信息形式，其数据量庞大，存储时必须对数据进行编码压缩，在播放时又要通过解压缩来进行恢复。当 CPU 速度不够快时，解压缩需通过专门的硬件电路来实现；当 CPU 速度足够快时，就可以运行解压缩程序来实现。

由 Intel 推出的带 MMX 技术的多能奔腾芯片，扩充了 57 条支持多媒体和通信操作的指令，增大内部 Cache 到 32KB，使用 SIMD（单指令流、多数据流）技术，可更有效地处理视频、音频和图像数据。

## 7. 多处理器系统

为了进一步提高系统的工作速度和工作能力，一些系统采用了多处理器结构。所谓“多处理器系统”，指一个系统中同时有几个部件可以接受指令、并进行指令的译码操作。如 I8086/8088 系统，当它工作在最大组态方式时，可以和数值运算协处理器 I8087 和输入输出协处理器 I8089 组成多处理器系统，其中，8087 主要用于支持浮点运算，8089 用于外设的管理和数据的高速传送及处理；几个这样的系统还可以进一步组成更大的多主系统。本书将要介绍的 IBM PC/XT 系统就是一个包括 8088 和 8087 的简单多处理器系统。

## 1.2 微型计算机的系统组成

从系统组成的观点来看，一个微型计算机系统应该包括硬件、软件两大部分。所谓“硬件”，指的是构成计算机的“硬”设备；所谓“软件”，一般是指能在计算机上运行的程序，广义的软件还应包括由计算机管理的数据和以及有关的文档资料。这一节，我们将简单解剖微型计算机的硬件系统构成，并强调其结构上的特点；对软件系统，主要强调系统软件中的操作系统，因为在日常应用中，大多数操作都要在操作系统的平台上进行。

### 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、系统总线、存储器、I/O 接口和 I/O 设备等组成。

#### 1. 处理器子系统

整个微机的核心是微处理器（ $\mu\text{p}$ ），也称中央处理器 CPU（Central Processing Unit），它是采用大规模集成电路技术做成的芯片，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。CPU 及其支持电路一道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（Memory）

计算机是一个自动的数据处理机，它靠机内存储的程序和数据来自动运行，存储器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，当前它们主要由半导体存储器和磁盘、光盘存储器等分别构成。前者造价高、速度快、但容量小，主要用来存放当前正在运行的程序和正待处理的数据；后者造价低、容量大、信息可长期保存，但速度慢，主要用来存放暂不运行的程序和暂不处理的数据。前者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“内存”；后者被安装在主机箱内或主机箱外，CPU 通过 I/O 接口

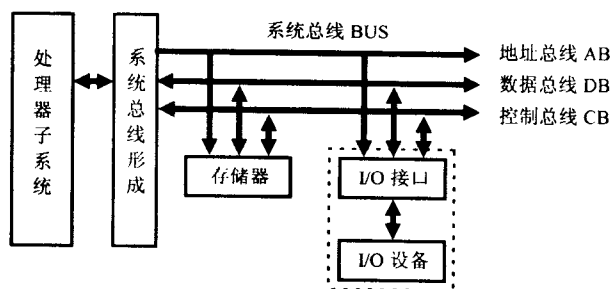


图 1-1 微型计算机的系统组成



进行存取，所以也称“外存”。

构成内存的半导体存储器又被分为“只读存储器” ROM (Read Only Memory) 和“随机存取存储器” RAM (Random Access Memory)，前者只允许读操作，即在正常工作时只能读出其中的信息；后者可进行读写操作，除读出外也可写入，所以又称为“读写存储器”。一般的 RAM 在断电后原存放信息将会丢失，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。

微机上配置的标准输入设备和标准输出设备一般是指键盘和显示器，二者又合称为控制台；此外，系统还可选择鼠标器、打印机、绘图仪、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，既可看作是一个输出设备，又可看作是一个输入设备。

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，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 接口电路一般都被做在电路插板上，这种电路插板又被称为“卡” (Card)，由卡的一侧引出连接外设的插座，另一侧则做成插入端，只要将它们插入总线插槽 (I/O 通道) 就等于将它们连到了系统总线。

### 4. 系统总线 (System Bus)

所谓“总线”，是指传递信息的一组公用导线。这里的系统总线，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。系统总线一般可分为三组：

① 传送地址信息的总线称“地址总线”，即 AB (Address Bus)。CPU 在 AB 总线上输出将要访问的内存单元或 I/O 端口的地址，该总线为单向总线。

② 传送数据信息的总线称“数据总线”，即 DB (Data Bus)。在 CPU 进行读操作时，内存或外设的数据通过 DB 总线送往 CPU；在 CPU 进行写操作时，CPU 数据通过 DB 总线送往内存或外设，该总线为双向总线。

③ 传送控制信息的总线称“控制总线”，即 CB (Control Bus)。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；个别信号线兼有以上两种情况。所以在讨论控制总线的传送方向时要具体到某一个控制信号，它们可能是输出、输入或者双向。

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一些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”。

由于系统总线是传送信息的公共通道，因此它非常繁忙。其使用特点是：

① 在某一时刻，只能由一个总线主控设备来控制系统总线，其它总线主控设备必须放弃对总线的控制。

② 在连接系统总线的各个设备中，同时只能有一个发送者向总线发送信号；但可以有