

新

世纪高等学校计算机系列教材



微机原理与接口技术

李 芷 主编

蒋贻濂 王宜怀 胡 钢 副主编



世纪高等学校计算机系列教材

7113 0.1
1300

微机原理与接口技术

李 芷 主编

蒋贻濂 王宜怀 胡 钢 副主编

内 容 简 介

《微机原理与接口技术》以 Intel 80x86 微处理器为背景,从应用角度系统地介绍了 16/32 位微机的工作原理和存储器、控制器,输入/输出、数/模和模/数转换、总线等的接口以及一些通用/专用的可编程接口技术的应用。

全书共分 10 章,首先在总结微机基本原理和技术特点的基础上,介绍了微机接口技术的基本要点。然后分别阐述了微处理器、系统结构、存储器、并行/串行通信、总线技术、专用控制器、数/模和模/数转换器和人机交互接口的组成、原理及其应用技术,并给出了微机系统常用的通用可编程接口和主要外设接口的应用实例分析。

本书可作为高等学校计算机专业、通信工程专业本科生和工科类其他专业的教材,也可作为计算机(偏硬技术)等级考试的培训教材,还可供从事微机系统设计和应用的技术人员自学和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术/李芷主编. —北京:电子工业出版社, 2002.5

新世纪高等学校计算机系列教材

ISBN 7-5053-7580-6

I. 微... II. 李... III. ①微型计算机—基础理论—高等学校—教材②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 (2002) 第 027419 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:王银彪

印 刷:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:473 千字

版 次:2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

印 数:8000 册 定价:23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077

前 言

微型计算机技术 30 年来日新月异的发展,是计算机科学划时代的进步。继 4 位、8 位微处理器后,又相继出现了 16 位、32 位,乃至 64 位微处理器。以 Intel 80x86 为 CPU 的微型计算机系统,无论是在国际还是在国内都是最具代表性的主流机型。本书以 Intel 80x86 微处理器为蓝本,系统介绍 16/32 位微型计算机原理与接口技术。

《微机原理与接口技术》课程是计算机科学与技术专业本科学生必修的一门专业基础课程,也是当今其他电子类和工程类各专业学生在计算机应用方面的一门重要选修课程。本教材适用面很广,可作为计算机专业、通信工程专业本科生和工科类其他各专业《微机原理与接口技术》课程的教材,也可作为计算机(偏硬技术)等级考试的培训教材,还可供从事微机系统设计和应用的技术人员自学和参考。

《微机原理与接口技术》教材内容充实,综合性、应用性很强。主要有以下特点:

1. 注重基础性、系统性、实用性和新颖性

编者结合长期的教学实践,力求在微机的软、硬件技术结合上做到循序渐进、深入浅出地阐述其工作原理与实际应用,并介绍了微机系统的最新发展趋势和接口新技术。

2. 以弄懂原理,掌握应用为目的

教材根据本科生的培养目标要求,侧重于对学生在微机接口的设计、开发和应用能力等方面加强培养。在介绍了每一种接口的基本原理和工作方式的基础上,以大量的应用实例分析说明应用技术的要点,并通过加强习题练习、实验环节和课程综合设计项目的实践教学,使学生在牢固掌握微机原理的基础上,具有一定的微机接口设计能力和较强的接口系统应用能力。

3. 重点突出、难点分散

教材遵循面向应用的教学目标,重点突出、难点分散,力求在微机关、硬件技术的结合上由浅入深、从易到难、循序渐进,对内容的选取、概念的引入、文字的叙述、例题和习题的设计等进行了精选。

4. 全书风格良好

全书分为 10 章。每章开头用一定的篇幅介绍问题的引入和本章主要内容。列举的程序均在机上调试通过。每章后有 8~10 道练习/思考题。教学参考学时为 80~90 学时。

5. 适用面广

教材既可以作为其先修基础课程——操作系统、计算机组成原理、汇编语言程序设计等课程的综合应用,又可以作为计算机专业后续其他一些课程,比如计算机通信、计算机网络、计算机外部设备等课程的技术基础,而且便于读者自学。

本书由李芷主编,蒋贻濂、王宜怀、胡钢担任副主编。其中,第 7, 8, 9 章由李芷编写,第 3, 4, 10 章由蒋贻濂编写,第 5, 6 章由王宜怀编写,第 1, 2 章由胡钢和李芷编写,附录由李芷整理。东南大学徐宏炳教授审阅了全书,并对内容和编写提出了许多宝贵意见,在此一并致以衷心的感谢。

编者水平有限,难免有疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者
2001 年 12 月

目 录

第 1 章 微型计算机概述	(1)
1.1 计算机工作原理	(1)
1.1.1 计算机基本结构	(1)
1.1.2 程序存储和程序控制原理	(3)
1.1.3 计算机的性能指标	(4)
1.2 微型计算机	(5)
1.2.1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统	(5)
1.2.2 微处理器的发展	(6)
1.2.3 微型计算机的分类及其应用	(7)
1.2.4 微型计算机系统组成	(10)
1.3 微型计算机的结构特点	(11)
1.3.1 总线结构	(12)
1.3.2 引脚的功能复用	(14)
1.3.3 流水线技术	(15)
1.3.4 微机系统中的基本数字部件	(16)
习题 1	(19)
第 2 章 80x86 微处理器及其系统结构	(20)
2.1 8086 微处理器	(20)
2.1.1 8086 的编程结构	(20)
2.1.2 8086 的总线周期	(25)
2.1.3 8086 的工作模式和引脚特性	(28)
2.1.4 8086 系统结构	(32)
2.2 多处理器系统	(35)
2.2.1 8087 数值数据协处理器	(36)
2.2.2 8089 输入/输出协处理器	(39)
2.2.3 多处理器系统的组成	(42)
2.3 80x86 高档微处理器	(44)
2.3.1 80286 微处理器	(45)
2.3.2 80386 微处理器	(49)
2.3.3 80486 微处理器	(56)
2.3.4 Pentium 微处理器	(58)
习题 2	(61)
第 3 章 存储器	(62)
3.1 半导体存储器	(62)
3.1.1 存储器的性能指标	(63)
3.1.2 半导体存储器的分类及其特点	(64)
3.1.3 存储芯片的基本组成	(65)

3.2 存储器与系统的连接	(68)
3.2.1 静态 RAM 的结构特点	(68)
3.2.2 动态 RAM 的结构特点	(69)
3.2.3 可擦写 ROM 的结构特点	(71)
3.2.4 存储器与 CPU 的连接	(73)
3.3 微机存储器组织	(77)
3.3.1 微机的内存空间结构	(78)
3.3.2 存储器设计要点	(79)
3.3.3 8086 存储器的硬件组织	(80)
3.4 存储体系结构	(81)
3.4.1 存储器的多体结构	(81)
3.4.2 高速缓冲存储器	(83)
3.4.3 虚拟存储器	(88)
习题 3	(92)
第 4 章 微机的中断系统	(94)
4.1 中断系统	(94)
4.1.1 中断系统功能	(94)
4.1.2 中断处理过程	(95)
4.1.3 中断管理	(97)
4.2 80x86 中断结构	(100)
4.2.1 中断分类	(100)
4.2.2 中断管理过程	(101)
4.2.3 中断向量和中断向量表	(102)
4.2.4 8086 的中断	(103)
4.3 中断控制器 8259A	(106)
4.3.1 8259A 的功能	(106)
4.3.2 8259A 的内部结构和引脚特性	(106)
4.3.3 8259A 的工作方式	(109)
4.3.4 8259A 的编程	(111)
4.3.5 8259A 的级连	(117)
习题 4	(119)
第 5 章 微机的输入/输出接口	(120)
5.1 微机的 I/O 接口	(120)
5.1.1 外部设备的信息	(120)
5.1.2 I/O 接口的功能	(121)
5.1.3 简单 I/O 接口的组成	(123)
5.2 CPU 与外设之间数据传输的控制方式	(125)
5.2.1 程序控制方式	(125)
5.2.2 中断控制方式	(129)
5.2.3 直接存储器存取 (DMA) 方式	(130)
5.3 DMA 控制器 8237A	(131)
5.3.1 8237A 的基本功能	(132)
5.3.2 8237A 的内部结构与引脚特性	(132)

5.3.3	8237A 的工作方式	(137)
5.3.4	8237A 的编程寄存器	(138)
习题 5		(142)
第 6 章	计数器/定时器	(143)
6.1	计数器/定时器工作原理	(143)
6.1.1	实现计数与计时的基本方法	(143)
6.1.2	可编程计数器/定时器的工作原理	(144)
6.2	可编程计数器/定时器 8253	(145)
6.2.1	8253 的主要功能	(145)
6.2.2	8253 的内部结构与引脚特性	(146)
6.2.3	8253 的控制字	(148)
6.2.4	8253 的工作方式	(149)
6.3	8253 的应用举例	(156)
习题 6		(163)
第 7 章	并行/串行通信接口	(164)
7.1	并行接口	(164)
7.1.1	并行接口的组成	(164)
7.1.2	并行接口的数据传输过程	(165)
7.2	可编程并行 I/O 接口 8255A	(166)
7.2.1	8255A 的内部结构	(166)
7.2.2	8255A 的引脚特性	(167)
7.2.3	8255A 的控制字	(168)
7.2.4	8255A 的工作方式	(169)
7.2.5	8255A 的应用示例	(173)
7.3	串行接口和串行通信	(174)
7.3.1	串行接口	(175)
7.3.2	串行通信规程	(175)
7.4	可编程串行 I/O 接口 8251A	(179)
7.4.1	8251A 的基本工作原理	(179)
7.4.2	8251A 的引脚特性	(181)
7.4.3	8251A 的控制字和状态字	(183)
7.4.4	8251A 的初始化编程	(184)
7.4.5	8251A 的应用示例	(186)
习题 7		(187)
第 8 章	数/模和模/数转换	(188)
8.1	概述	(188)
8.2	数/模 (D/A) 转换	(189)
8.2.1	D/A 转换原理	(189)
8.2.2	D/A 转换器性能参数	(191)
8.2.3	DAC0832 及接口电路	(194)
8.2.4	DAC1210 及接口电路	(197)
8.3	模/数 (A/D) 转换	(199)

8.3.1	A/D 转换过程	(199)
8.3.2	A/D 转换方法	(201)
8.3.3	A/D 转换器性能参数	(202)
8.3.4	ADC0809 及接口电路	(204)
8.3.5	AD574A 及接口电路	(206)
8.4	数/模、模/数通道设计	(209)
8.4.1	多路模拟开关	(209)
8.4.2	采样保持器	(210)
8.4.3	A/D 通道的结构形式	(210)
8.4.4	D/A 通道的结构形式	(211)
8.4.5	A/D、D/A 通道设计应用示例	(211)
	习题 8	(214)
第 9 章	总线接口	(215)
9.1	总线综述	(215)
9.1.1	总线和总线结构	(215)
9.1.2	总线类型	(216)
9.1.3	总线技术	(216)
9.1.4	总线标准	(220)
9.1.5	总线发展趋势	(220)
9.2	系统总线	(221)
9.2.1	MULTIBUS	(221)
9.2.2	STD 总线	(223)
9.2.3	PC/XT、ISA、EISA 总线	(225)
9.2.4	MCA 总线	(230)
9.3	高速局部总线	(232)
9.3.1	VESA (VL) 局部总线	(232)
9.3.2	PCI 局部总线	(233)
9.4	通信总线	(236)
9.4.1	IEEE-488 总线	(236)
9.4.2	EIA-RS-232C 总线	(237)
	习题 9	(239)
第 10 章	微机主要外设接口	(240)
10.1	键盘接口	(240)
10.1.1	键开关与键盘	(240)
10.1.2	非编码键盘	(241)
10.1.3	PC 微机与键盘的接口	(245)
10.2	CRT 显示器接口	(248)
10.2.1	CRT 显示原理	(248)
10.2.2	CRT 控制器接口	(251)
10.2.3	PC 微机的 CRT 显示器接口	(254)
10.3	打印机接口	(258)
10.3.1	打印机控制原理	(258)
10.3.2	打印机接口	(259)

10.4 软磁盘存储器接口	(262)
10.4.1 软磁盘	(262)
10.4.2 软磁盘驱动器	(264)
10.4.3 软磁盘控制器	(266)
10.5 硬磁盘存储器接口	(268)
10.5.1 硬磁盘驱动器	(269)
10.5.2 硬磁盘控制器及其功能	(269)
10.5.3 硬盘接口标准	(271)
附录 1 中断向量地址表	(274)
附录 2 DOS 功能调用表 (INT21H)	(175)
附录 3 BIOS 中断调用表	(279)
参考文献	(282)

第1章 微型计算机概述

1946年,世界上第一台计算机——电子数字积分器与计算器(Electronic Numerical Integrator And Caculator)的问世,开创了计算机科学。计算机科学是一门综合性(多科学技术之集成)、渗透性(应用范围之广泛)都很强的先行、导航性技术,它为人类社会的现代化和信息化奠定了基础。50多年来,计算机经历了采用电子管、晶体管、中小规模集成电路(SI)、大规模集成电路(LSI)到超大规模集成电路(VLSI)的发展历程。尤其在20世纪70年代初,微型计算机的出现为计算机的广泛应用开拓了极其广阔的前景,展示了它在科学技术领域中日益重要的地位。微型计算机技术日新月异地发展,使微型计算机的应用渗透到国民经济和社会生活的各个领域,并已转化成巨大的推动社会前进的生产力。

本章从计算机最基本的功能出发,讲解其工作原理,进而引出微处理器、微型计算机的基本概念、基本组成、结构特点和应用概论,使读者对微型计算机技术获得一个概括的了解,并通过后面各章的学习,逐步掌握微型计算机的原理和应用技术打下基础。

1.1 计算机工作原理

冯·诺依曼(John Von Neumann)是美籍匈牙利数学家。1945年,他在《关于计算仪器逻辑设计的初步探讨》的论文中,第一次提出了计算机组成和工作方式的基本思想:

- (1) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五大部分组成;
- (2) 存储器不但可以存放数据,也可以存放程序;计算机具有自动区分指令和数据的本领,而且数据和指令均以二进制数据形式存放;
- (3) 编好的程序,事先存入存储器,在指令计数器的控制下自动、高速地执行。

据此,世界上第一台计算机诞生于美国。半个世纪以来,计算机科学技术取得了惊人的进步,虽然相继出现了各种结构形式的计算机,但究其本质,都遵循着冯·诺依曼的计算机组成体系。

1.1.1 计算机基本结构

计算机最初是作为一种能脱离人直接干预、自动完成计算的现代化计算工具而出现的。

一台完整的电子计算机包括硬件(Hardware)和软件(Software)两大部分。硬件是指那些为组成计算机而有机联系在一起的电子、电磁、机械、光学的元件、部件或装置的总和,又称为机器系统。软件是相对于硬件而言的,是方便用户使用和发挥计算机效能的各种程序(Program)和文档(相关的手册、说明书等资料)的总称,又称为程序系统。也可以这样说,硬件是组成计算机的物理实体——“物质基础”,软件是属于信息性的、计算机的“上层建筑”。

1. 硬件基本结构

计算机硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五个基本部分组成，如图1.1所示。

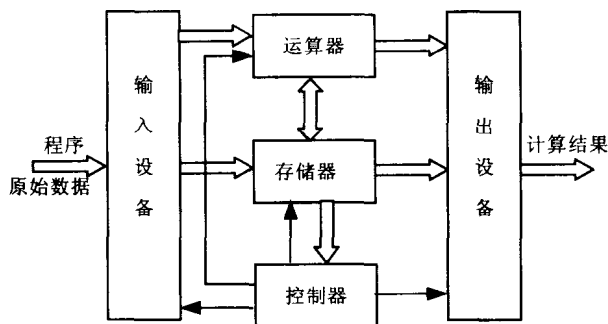


图1.1 计算机的基本结构

能将命令、数据和程序输入的部件。

(5) 输出设备(OUT, Output device)——能将结果数据和其他信息输出的部件。

运算器和控制器是计算机硬件结构中的核心部件，把它们合在一起称为中央处理器(CPU, Central Processing Unit)。中央处理器和存储器两部分构成了计算机的主机；输入设备和输出设备统称为计算机外部设备，简称外设。

计算机的基本功能可概括为“三能一快”：能运算（加、减、乘、除等），能判断（大于、小于、等于、真、假等），能决策（根据判别来决定下步做什么工作等）；所有这些“能”的过程都建立在“快”的基础上。计算机的这种基本功能从电路原理来理解，就是信息在各个部件间的流通。

从图1.1可见，计算机五大部件之间有两类信息在流动：一类是数据信息，用双线表示，包括原始数据、中间结果、计算结果和程序指令；另一类是控制信息，用单线表示，它是由控制器发出，指挥和协调其他各部件动作的信号。不论是数据还是控制命令，计算机中都是用“0”和“1”表示的二进制信息。如何使各种信息在各部件之间能够循序渐进、各得其所、有条不紊、快而不乱地流通？这是1.1.2节将要谈到的计算机“程序存储和程序控制”基本原理所解答的。

2. 软件系统

没有软件的计算机称为裸机。裸机是无法运转的，更谈不上发挥计算机的作用。软件不仅方便用户使用计算机，充分发挥计算机的各种功能，而且丰富的软件能强有力地扩充计算机的硬件功能。软件和硬件相辅相成。

计算机软件系统一般可以分为系统软件和应用软件两大类。它们之间并没有很严格的界定。系统软件是用来支持应用软件开发和运行的管理性软件。它主要包括监控程序(Monitor Program)、操作系统(OS, Operation System)、实用程序、语言处理程序等。应用软件是用户为解决某个问题的应用程序及相关文件资料。

(1) 操作系统和监控程序。在管理计算机各模块协调动作的程序中，规模较大，功能较强的软件称为操作系统，而简单一些的(如单板机管理程序)称为监控程序。它们的主要作用是方便用户使用计算机和提高计算机的使用效率。

(2) 实用程序。实用程序是用来支持计算机系统的操作和维修的。它包括的范围比较广，有编辑程序、连接程序以及排错、跟踪、诊断管理程序等。

(3) 语言处理程序。计算机语言是人机交互的工具。通常把计算机语言系统分为高级语言（如BASIC，FORTRAN，Pascal，C语言等上百种）、汇编语言、机器语言三种。除了机器语言能被计算机直接识别外，其他则要通过相应的语言处理程序被“翻译”而让计算机识别。

(4) 应用软件。系统软件为用户提供了一个良好的开发和使用环境，使应用软件的开发、使用更加容易，效率也更高。专为解决某些特定问题而设计的软件称为应用软件。不管计算机的硬件和系统软件多么好，若没有为完成特定任务而设计的应用软件，整个计算机系统也将是毫无用处的。

计算机的硬件系统、软件系统和使用者之间的关系如图1.2所示。关系图表明硬件系统是计算机的基础，在此基础上建构了系统软件，进而又建构了各种语言处理程序等，最外层是用户。用户通过键盘、显示器等输入/输出设备与计算机通信，使用其应用软件，操作计算机。

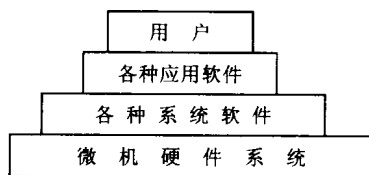


图1.2 计算机硬件、软件结构关系

1.1.2 程序存储和程序控制原理

硬件是组成计算机的物质基础。但是光有硬件只具备了计算的可能性，要使计算机真正脱离人的直接干预“自动”地进行计算，必须把人事先编制好的解决问题的步骤，预先存放到计算机（存储器）中。人只要给计算机发一个执行命令，计算机就会自动根据解题步骤完成计算。人的任务只是编制程序和操作计算机。计算的全过程是在程序作用下依次发出各种控制命令，由控制器操纵着计算过程一步步进行。

当然，描述解决问题的步骤必须以计算机能“认识”的形态存在。让计算机能识别并能执行的基本操作命令称做指令（Instruction）。能解决某个问题并反映解题步骤的指令序列就称做程序。

综上所述，计算机工作的第一步是程序存储，简言之：操作意图→指令序列→存放到存储器；计算机工作的第二步是程序控制，简言之：取指令→执行→取指令……→执行（最后）指令→停机。这就是迄今为止，电子计算机共同遵循的程序存储和程序控制原理——冯·诺依曼计算机工作原理。

特别要弄清楚以下两点：

(1) 计算机为什么能识别和执行指令序列呢？

在设计计算机（硬件）时，就规定了一套计算机能实现各种基本操作的指令系统。也就是说，一种计算机有它固有的一套指令系统。人的操作意图，不论用什么形式的程序描述，最终都必须分解成对应于所规定的指令系统的一个指令序列，这样才能被计算机识别，从而加以执行。

(2) 计算机在执行时，为什么能按序取出指令呢？

指令序列是按序存放在存储器一个连续区域的单元中，有一个电路能自动跟踪指令存放在存储器中的地址，这个跟踪电路叫程序计数器（PC，Program Counter）。开始执行时，PC中存放着第一条指令所存放单元的地址，然后每取出一条指令（确切地说是每取出一个指令

字节), PC中的内容自动加1, 指向下一条指令地址, 从而保证了自动地按顺序取指令和执行指令。

1.1.3 计算机的性能指标

评价一台计算机, 涉及到许多因素, 诸如性能指标、指令系统、系统结构、硬件组织、外设配置、软件配置等等。但是对于计算机的使用者来说, 至少要了解以下评估计算机性能的主要指标。

1. 字长

计算机中, 所有信息都是用二进制数码(0, 1)表示的。其最小单位是位(bit), 即一个二进制数位。CPU在处理和传送信息时, 往往是把一组二进制数码看做是一个整体来并行操作, 这并行处理的一组二进制数称为一个字(Word), 字所含有的二进制位数称为字长。字长是CPU交换、加工和存放信息时其信息位的最基本长度, 它通常与寄存器、运算器、传输线的宽度相一致。因此, 字长实际上表示的是CPU并行处理的最大位数。

字长是计算机的重要性能指标, 也是计算机分类的主要依据之一。如把计算机分成4位机、8位机、16位机、32位机等等。一般中型机的字长为32位, 大型机字长为64位, 而目前高档微型机字长也达到了32位、64位。字长越长表示计算机运行的精度越高, 当然相应的硬件线路也越多。从某个角度也可以说, 字长位数的增加提高了并行处理速度, 比如, 一个16位二进制数的传送, 8位机需分2次完成, 而16位机则只需1次, 其优越性是显而易见的。

计算机中普遍使用字节(Byte)单位, 一个字节由8位二进制数组成, 通常用 $D_7, D_6, \dots, D_0$ 从最高位(MSB)到最低位(LSB)表示其各数位。因此, 计算机字长的位数, 也可以用“字节”单位取代。比如字长8位, 可说成一个字节字长或字长1字节; 字长16位, 可说成字长2字节, 用 $D_{15}, D_{14}, \dots, D_0$ 表示其各数位。

2. 存储容量

存储器(通常是指内存储器)是计算机存放二进制信息的“仓库”, 由若干存储单元组成。存储单元的编号称做存储地址(是二进制的数字码)。存储容量与CPU构成的系统能够访问的存储单元数有关。存储单元的数目是由传送地址信息的传输线的条数决定的。若有16条地址线, 所能编出的地址码有 $2^{16}=65\,536$ 种, 由此可区分65 536个单元。计算机中把 $2^{10}=1\,024$ 规定为1K, 因此65 536个单元可以称为64K单元。若有20条地址线, $2^{20}=1\,048\,576=1024K$, 1024K规定为1兆(1M), 即有 $2^{20}=1M$ 个单元地址码。若有30条地址线, 则有 $2^{30}=1G$ 个单元地址码。

一般存储单元是以字节为单位的, 即一个存储单元中存放一个字节信息, 信息的读出和写入以字节为单位。所以存储容量可以看做是存储器能够存放信息的最大字节数。通常说存储容量为64K、1M或1G, 分别是指64K字节(64KB)、1M字节(1MB)和1G字节(1GB)。

3. 指令系统

计算机在设计时, 就确定了它能完成的各种基本操作。让计算机完成某种基本操作的命

令被称做指令。因此，一台计算机所固有的基本操作指令的集合，称为该计算机的指令系统。计算机的指令系统一般有几十到几百条。

计算机能完成的基本操作种类越多，即指令系统的指令数越多，说明其功能越强。此外，一条指令本身功能的强弱，也能说明问题。

4. 运算速度

不断提高计算机的运算速度，是人们多年来努力追求的目标之一。

计算机完成一个具体任务所花费的时间就是完成该任务的时间指标，时间越短，表明计算机的速度越高。但是计算机各种指令执行时间是不一样的。早期人们选用加法指令作为基本指令（因为加法指令是使用频率最高、最基本的运算指令），以基本指令的执行时间（ μs 级）或者以每秒执行基本指令的条数来大致地反映计算机的运算速度。多数选择后一种表示方法，以百万条/秒（MI/s）为单位。

现在，人们用计算机的主频——时钟频率来表示运算速度，以兆赫兹（MHz）为单位。主频越高，表明运算速度越快。目前微型机的主频已达到80~300MHz。

5. 系统配置

一台计算机要能正常工作，必须提供必要的人机联系手段，这包括配置相应数量的外部设备（如键盘、显示器、磁盘驱动器、打印机、绘图仪等）和配置实现计算机操作的软件。当然，外设配置越高档，软件配置越丰富，计算机的使用越便利，工作效率也就越高。特别是软件配置，在很大程度上决定了计算机能力的发挥。

6. 性能 / 价格比

计算机的性能 / 价格比是人们选购计算机时考虑的重点。用户应该根据实际使用的需求，从性能和价格两个方面作综合考虑，仔细权衡与比较，取性能 / 价格比高的计算机。

1.2 微型计算机

以大规模集成电路工艺和计算机技术为基础的微处理器和微型计算机的问世是计算机发展史上新的里程碑，标志着计算机经历了从电子管→晶体管→中、小规模集成电路→大、超大规模集成电路的演变而进入了微型计算机时代。从基本结构和工作原理上说，微型计算机与大、中、小型计算机并没有本质上的区别，主要是广泛采用了集成度相当高的器件和部件，使其体积大为减小，故而称为微型化的电子计算机——微型计算机。

1.2.1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

运算器和控制器是计算机的核心部件，合称为中央处理器CPU。CPU是用高速的电子电路（各种门、触发器等）构成，第一代采用电子管电路，第二代采用晶体管电路，第三代采用中、小规模集成电路，到了第四代，随着半导体工艺水平的提高，可以将成千上万个晶体管组成的电路大规模地集成在一块芯片上。于是把原来体积较大的CPU的复杂电路，做成一

片或几片大规模集成电路芯片,通常芯片尺寸只有十几至几十平方厘米大小。这种微缩的CPU大规模集成电路称为微处理器(MP, Microprocessor)。微处理器的职能仍然是执行算术、逻辑运算和控制整个计算机自动地、协调地完成操作。因此,微处理器在微型计算机中也可以称为CPU。

微处理器通常由算术逻辑部件(ALU)、控制部件(CU)、寄存器(R)组、片内总线等几部分组成。它本身不构成独立的工作系统,因而它不能独立地执行程序。微处理器只有与适当容量的存储器、输入输出设备的接口电路以及其他一些辅助电路有机地结合在一起,才能具有一台完整的计算机功能。

微型计算机(MC, Microcomputer)是以微处理器为核心,配上大规模集成电路的半导体存储器芯片,如随机存储器(RAM, Random Access Memory)、只读存储器(ROM, Read Only Memory)、输入和输出接口电路(I/O, Input/Output)以及相应的辅助电路(如时钟发生器、各类译码器、缓冲器等)而构成的微型化计算机装置。

以微型计算机为主体,配上系统软件和外设之后,就构成了微型计算机系统(MCS, Microcomputer System)。系统软件包括操作系统和一系列系统实用程序,为用户使用计算机提供了各种手段,同时能更好地发挥微型计算机系统硬件功能。

1.2.2 微处理器的发展

1971年,美国旧金山南部森特克拉郡(硅谷)的Intergrated Electron公司(即Intel公司)首先制成4004微处理器,进而研制出由它组成的第一台微型机。30年来,微处理器和微型机的发展日新月异,产品像潮水般地涌向市场,推动着社会、经济的大发展。就其微处理器品种来说,各类产品已经系列化;从微型机具有的性能来说,已逐步达到甚至超过了中、小型计算机。

微处理器和微型计算机的发展速度异乎寻常,大大超过了前几代计算机。自20世纪70年代初第一台微处理器诞生以来,微处理器的性能和集成度几乎每隔2~4年就提高一倍,而价格却降低一个数量级。人们普遍以微处理器的字长位数和功能作为微型计算机的发展标志。

第一代(1971年~1973年):4位和低档8位微处理器和微型机。代表产品是Intel的4位微处理器4004(集成度为1 200个晶体管/片);由它组成的MCS-4微型机以及随后该公司生产的8位微处理器8008(集成度为2 000个晶体管/片);由它组成的MCS-8微型机。微处理器的特点是:采用PMOS工艺,速度较低,时钟频率1MHz,平均指令执行时间约为20 μ s,字长4位或8位,引脚采用16条或24条,指令系统比较简单,运算功能也较差,但价格低廉。其主要用于各种类型的计算器、家用电器和进行简单控制。

第二代(1973年~1978年):8位微处理器和微型机。代表产品有Intel公司的8008/8085, Motorola公司的M6800/6802, Zilog公司的Z80和Rockwell公司的6502。其特点是:采用NMOS工艺,均采用40引脚,集成度比第一代产品提高1~2倍,超过5 000管/片(8080为4 900管/片, M6800为6 800管/片, 8085, Z80和M6802高达10 000管/片),运算速度提高一个数量级,时钟频率2~4MHz,平均指令执行时间为1~2 μ s,指令系统比较完善,寻址能力有所增强。在这个时期,微处理器的设计和生产已相当成熟,配套的各类器件也很齐全,8位微处理器和微型机成为应用的主流。其主要应用于教学和实验、工业控制和智能仪器,如Apple II机、TRS-80和TP801单板机在国内都曾是广泛应用的机型。

第三代（1978年～1982年）：16位微处理器和微型机。20世纪70年代后期，超大规模集成电路（VLSI）的投入使用，出现了16位微处理器。代表产品有Intel 8086/8088（2.9万管/片），Z8000（1.75万管/片）和M68000（6.8万管/片）。其特点是采用高密度的HMOS工艺，时钟频率4～8MHz，平均指令执行时间0.5 μ s，集成度达2～6万管/片。这个时期除了提高集成度，提高功能和速度以外，在增加外围电路的功能和种类方面也有很大发展，使得16位微型机达到或超过中档小型机的水平，从此，传统的小型机受到严峻的挑战。鉴于16位机的字长和处理速度上的优点，这类计算机为实时控制和实时数据处理的应用开辟了广阔的前景。1980年以后，相继出现了Intel 80286，M68010这样一些高档16位微处理器，集成度达10万管/片，时钟频率10～20 MHz，平均指令执行时间0.2 μ s。

第四代（1982年以后）：32位微处理器和微型机。代表产品是Intel 80386、M68020。集成度达（15～50）万管/片，采用新的HMOS工艺——CHMOSIII，时钟频率达40MHz，平均指令执行时间0.1 μ s，而微指令执行时间仅有55ns。由这类微处理器构成的整机称为超级微型机，足以同高档小型机相匹敌。

总之，20世纪70年代至今，微处理器的发展是其他技术领域所望尘莫及的。1990年推出80486，1993年推出Pentium（80586）等更高性能的32位及64位微处理器，更促进了其他技术的发展。所以，微型机的发展前景是不可估量的。

大规模集成电路的进一步发展主要表现在提高集成度和提高速度两大方面。MOS电路在集成度方面的发展具有优势，继80386之后的80486，其集成度可达100万管/片，但是MOS电路要继续提高速度是有限的。因此，几乎是在MOS型微处理器发展的同时，双极型工艺的大规模集成电路也在发展。双极型电路的最突出的优点是速度快，平均指令执行时间仅有几十纳秒，即ns级，但双极型大规模集成电路的集成度低，功耗大，因此，只能将CPU切割成若干块位片，做成位片式微处理器。通常有2位片、4位片、8位片微处理器。利用这类微处理器可以构成不同字长的微型机，其位数=2 $\times n$ 或4 $\times n$ 等。位片机结构灵活，主要用于高速实时控制的专用系统、分布式系统和高速智能外设。所以，双极型电路的微处理器也是小型机微型化选用的对象。

表1.1给出了1990年以前的典型微处理器的基本性能，以便加以比较而了解其发展。

1.2.3 微型计算机的分类及其应用

如今，微处理器的品种数以百计，用不同的微处理器为核心组装成的微型计算机更是种类繁多，将它们进行归纳分类，对用户的设计和选用极为有益。

可以从不同的角度对微型计算机进行分类。按微处理器的组成形式来分，可以分为位片式、单片式、多片式；按微处理器的制造工艺来分，可以分为MOS型和双极型；按微处理器的字长来分，可以分为4位机、8位机、16位机、32位机等；按微型计算机利用的形态来分，可以分为单片机、单板机、多板机等。这里着重介绍后两种分类法。

1. 按微处理器的字长分类

微型计算机的性能很大程度上取决于微处理器。因此，最通常的看法是把微处理器的字长作为微型机的分类标准。当前，可以见到以下几类微处理器构成的微型计算机。

（1）4位微机。最初的4位微处理器是Intel 4004，后来改进为4040。目前常见的是4位单片微型机，即在一个芯片内集成了4位CPU、1～2KB ROM、64～128KB RAM、I/O接口和

时钟发生器。这种单片机价格低廉，但运算能力弱，存储容量小，程序固化在ROM中，主要用于家用电器、娱乐器件、仪器仪表的简单控制和各类袖珍计算器。

表1.1 典型微处理器性能对照表

性能	微处理器型号							
	8080A	Z80A	Z-8000	M68000	8086	8088	80286	80386
内数据通道	8位	8位	16位	16位	16位	16位	16位	32位
外数据通道	8位	8位	16位	16位	16位	8位	16位	32位
指令数 (寻址方式)	78 (4种)	158 (10种)	110 (8种)	56 (14种)	133 (24种)	同8086	为8086的 母集	为8086的母 集
时钟频率 (MHz)	2.6	4	4	4~10	5~10	4.77	6~20	12~25
基本指令执行 时间(μs)	1.5	1	0.67	0.1	0.3	0.6	0.1	3~4百万条/ 秒
访存空间	64KB	64KB	8192KB	16777KB	1MB	1MB	16MB	4GB
虚拟存储器	无	无		支持	无		I/O与M统 一	1GB/任务
I/O寻址	256B	256B	64KB		64KB	64KB	64KB	64KB
协处理器	无	无	有	有	有	有	有	有
时钟发生器	8224	无	无	无	8284A	82284	82284	82384
总线收/发器	8216 /8226	无			8286 /8287	LS245	ALS245 +LS646	
总线控制器	8228	无			8288	8288	82288	82388
中断控制器	8259A	无			8259A	8259A	8259A	8259A
DMAC	8237				8237A-5	8237A-5	8237A-5 (2片)	8237A-5 /82380
定时/计数器	8253	Z80-CTC	Z8036	MC 68230	8253 /8254	8253A-5	8254-2	8254-2
DRAM 控制器	8203 /82C03	无	Z8010	MC 68451	8207 /8208	LS245	128K× 1DRAM	
串行I/O	8251A	Z80-SIO	Z8030		8250A 8251	8250A 8251	NS16450 8273	
并行I/O	8255A	Z80-PIO	Z8036	MC 68230	8255A-5	8255A-5	8255A-5	8255A-5
工艺	NMOS	NMOS	HMOS	HMOS	HMOS	HMOS	CHMOS	CHMOS
引脚数	40	40	40/48	68	40	40	68	132
封装类型	DIP	DIP	DIP	DIP	DIP	DIP	Lead less A型 JEDEL	
电源(V)	±5,+12	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
推出时间	1974	1976	1978	1979	1978	1978	1982	1986

(2) 8位微机。8位微处理器的推出，表明了微型机技术已经比较成熟。因此，8位机通用性较强，它们的寻址能力可以达到64KB，有功能灵活的指令系统和较强的中断能力，还有比较齐全的配套电路。这些特点使得8位机应用范围很宽，广泛用于工业控制、事务管理、