

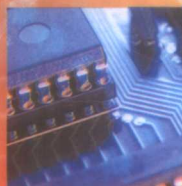
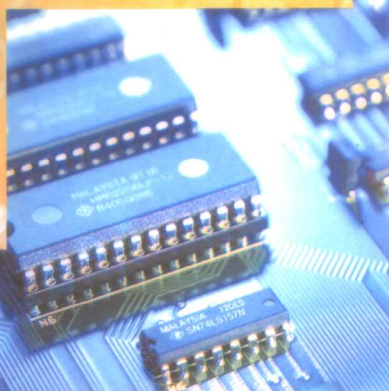


新世纪教改系列教材

微机原理及应用

主 编 晏寄夫

副主编 胡鹏飞



西南交通大学出版社

微机原理及应用

主 编 晏寄夫

副主编 胡鹏飞

参 编 林建泉 廖忆崎 向 军

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是为西南交通大学电类非计算机专业本科生学习“微型计算机原理及应用”课程编写的教材,是作者在参考了国内外大量文献资料的基础上,吸取各家之长,并结合多年计算机教学和应用的经验,精心组织编写而成。全书内容丰富,图文并茂,讲述深入浅出,通俗易懂,并附有大量的实例和习题,是一本很好的微型计算机入门书。

全书共分 9 章,内容安排上注重系统性、先进性与实用性,各章前后呼应,着眼于如何设计一个实用的微型机系统。前四章介绍了微型计算机组成的一般概念及必备知识,以 8086/8088 为蓝本介绍了微型机系统的组成原理、体系结构、编程模型、工作模式、操作时序、寻址方式、指令系统、汇编语言程序设计方法;第五章讨论存储器的原理和使用,并对内存条及闪速存储器作了适当介绍;第六、七章论述中断系统和 I/O 接口技术,重点分析了中断控制器 8259A、计数器/定时器 8253/8254、通用并行接口 82C55、通用串行接口 16C550 及 DMA 控制器,逐一讲解了各关键接口部件的原理和应用;第八章以 Pentium 为对象介绍现代微机系统,着重对存储管理技术、虚拟存储技术、流水线技术以及 32 位微型机系统的高速缓存技术作了详尽的阐述,并在此基础上对 Pentium 的技术特点作了说明和总结;第九章论述汇编语言高级编程,可视为对前面所学知识的总结和提高。

本书可作为大专院校电类非计算机专业和其它相近专业本科生的教材,也可作为计算机 III 级考试的培训教材,还可供从事微型计算机系统设计和技术应用的技术人员自学和参考。

----- 图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用 / 晏寄夫主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2003.2
ISBN 7-81057-700-X

I. 微... II. 晏... III. 微型计算机—基本知识
IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 006556 号

微 机 原 理 及 应 用

主 编 晏寄夫
副主编 胡鹏飞

*
责任编辑 张华敏
封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行
(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87600564)
<http://press.swjtu.edu.cn>
E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn
四川森林印务有限责任公司印刷

*
开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 24.625
字数: 592 千字 印数: 1—3000 册
2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷
ISBN 7-81057-700-X/TP · 301
定价: 32.00 元

序

45 年前，苏联第一颗人造地球卫星发出的滴一滴声仿佛还在耳边鸣响，如今，人类的足迹早已遍及太空。美国加利福尼亚大学利用计算机不仅能模拟史前至今三亿七千万年来动植物进化的过程，而且还能推算出每隔 100 万年左右出现的一批新的“子代物种”；电子扫描式显微镜则使我们的微观洞察力进入到“埃”级水平，细微到原子的内部。当你怀揣一张信用卡游历名山大川享受生活时；当你在互联网上漫游世界时；当你冲上一杯热咖啡，点击鼠标签到，享受 SOHO 一族的潇洒时；当你开启手机传来亲朋好友的音容笑貌时……真是“天涯若比邻，秀才不出门，也知天下事”，这就是今天的故事。

如今，我们可以说人类已经生活在计算机世界。美国俄勒岗州开发的 T-400000 巨型机已达到每秒 2620 亿次运算的水平，1981 年问世的 IBM PC/XT、1983 年出台的 IBM PC/AT、1985 年出台的 80386 至 80X86、Pentium II、Pentium III、Pentium IV……，计算机的升级换代真是太快了，这些智能机器的细胞正在“无孔不入”地渗透到各个角落，染绿了信息化社会的大地。

世界上有 500 家以上的微机生产制造商，研制和生产出 1000 多种型号的产品，从低档到高档，性能各异。计算机发展之快，平均 4 年左右提高一代产品。学习与应用微型计算机必须根据这一特点，既要立足于现实，透彻地学懂和掌握一种流行的 8 位或 16 位机，同时，又要迅速跟踪高档机种的发展方向，重点在于学会先进的设计思路和技术手段。方能在瞬息万变的计算机领域立于不败之地。

当我逐字地审毕全书时，一种清新之感油然而生，它不仅详细地叙述了微机的组成原理、体系结构、编程模型、工作模式、操作时序、寻址方式、指令系统、中断系统、汇编语言程序设计方法、接口技术以及以 Pentium 为主流的现代微机系统的机理，而且结合自己的科研成果，将微机的应用实例充实其中。

晏寄夫和胡鹏飞等同志合作编写的这本佳作必将推动微机教学的改革和发展，对于当今社会普及计算机知识，更加巧妙地引导人们进入计算机世界，提高计算机水平起到很大的作用和影响。

李 治

2002 年 12 月于成都

前 言

当前,微型计算机技术日新月异的发展,是计算机科学划时代的进步。自 20 世纪 70 年代初第一代微型计算机问世以来,计算机技术以惊人的速度发展,尤其是在以 Intel 8088 为 CPU 的 IBM PC 机诞生后,PC 机经历了几个发展阶段,在广泛流行的以 8086/8088 为 CPU 的 PC/XT 机之后,又相继出现了以 80286 为 CPU 的 PC/AT 机和以 80386、80486 为 CPU 的高档 PC 机。如今,以 Pentium 芯片为 CPU 的高性能微型计算机也已大量面市。显然,作为一代微型计算机,PC/XT 机已完成了自己的历史使命,但作为一类在世界上最流行的机种的代表,PC/XT 机的结构、组成原理以及它所使用的 MS-DOS 操作系统等,在后续的高档 PC 机设计中基本上都得到了体现,而且高档的微型计算机都保持了对它的兼容性。因此,它可以用作我们学习微型计算机原理的范例,来阐明微处理器、汇编语言程序设计、计算机结构和操作系统等基本概念。有了这些基础,读者才能进一步拓宽自己的知识,去掌握更加丰富多彩的计算机技术。正是基于这种想法,并考虑到目前绝大多数教学单位在开设这门课程时受到的教学条件的限制,本书仍以 8086/8088 CPU 为蓝本,详尽地论述有关微处理器及其指令系统的概念和程序设计方法,介绍构成微型计算机的存储器、接口部件、总线等各项技术,并对构成高档 PC 机的 80386、80486 以及 Pentium 芯片作了简单介绍,以帮助读者自然地由高档 PC 机的领域过渡。

本书是笔者讲授“微型计算机原理及应用”课的教材。书中大部分内容是笔者多年从事微型计算机教学和科研工作的总结,也是对当前国内外有关微型计算机技术的大量资料进行取舍后的提炼和综合。

在编写本书时,编者参考了大量的国内外文献资料,吸取各家之长,并结合多年来从事微型计算机课程教学和计算机应用研究方面的实际经验,本着深入浅出的原则,笔者尽力做到:既要使以本书为教材、并且参加听课和实验的学生能对微型计算机的主要技术深入理解、牢固掌握、灵活应用;又能使那些没有机会到学校听课和做实验的读者易于理解、掌握和应用关键性的技术;还要使正在从事微型计算机科研工作、具有一定实践经验的工作人员在阅读本书之后能得到有益的帮助和启迪。每章所附的习题与思考题,将有助于读者巩固所学的知识。通过本课程的学习,要求读者掌握 Intel 8086/8088 微型计算机系统的组成原理,熟练运用 8086 宏汇编语言进行程序设计,熟悉各种 I/O 接口芯片的配套使用技术,并通过必要的课程实验与实践,进一步提高系统设计能力,使读者能够完成实用的微型计算机系统的软硬件设计。

在章节安排上,考虑到读者面的广泛性,尽量做到各章节独立。比如,有一部分读者主要想掌握汇编语言编程和系统调用命令的应用,那么,他们可以重点阅读第三、四、九章,笔者在此融入了自己多年来开发微型计算机软件的体会;从事系统和接口设计的读者,可以重点阅读第二、五、六、七章,这些是从事硬件工作必备的基础知识;对 IBM PC/XT 系统感

兴趣的读者，可以重点阅读第一、二、八章，这几章对 8086 和 Pentium 的关键技术作了详尽而具体的分析；希望了解外围设备的驱动及高级编程的读者，则可以从第九章中选取相应的内容。

本书由晏寄夫任主编，胡鹏飞任副主编，参编人员还有林建泉、廖忆崎、向军。其中，第一、三、五章由晏寄夫编写，第六、七章由胡鹏飞编写，第九章由林建泉编写，第四章由廖忆崎编写，第二、八章由向军编写，附录由晏寄夫整理并负责全书的统稿。承蒙西南交通大学电子信息工程系的李治教授审阅了全稿。西南交通大学出版社的总编张雪及责编张华敏同志为本书的及时出版做了许多工作。此外，本书的编写还得到了西南交通大学电气工程学院领导冯晓云同志的热情支持。在此一并表示衷心的感谢。同时，编者还要感谢书末所列参考文献的所有国内外作者。

由于编者水平有限，难免有疏漏和不当之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2002 年 12 月于成都

目 录

第一章 微型计算机基础	1
第一节 绪论	1
一、计算机的发展历程	1
二、微型计算机的概念及它的组成和结构	7
三、微型计算机的应用	15
四、学习“微机原理及应用”课程应注意的问题	17
第二节 微型计算机的数制及其转换	18
一、微型计算机的数制	18
二、微型计算机的数制转换	21
第三节 非数值数据的编码方法	25
一、字符数据	25
二、汉字编码	27
第四节 微型计算机的二进制数运算	28
一、算术运算	28
二、逻辑运算	30
第五节 原码、补码、反码及其相应的运算法则	31
一、原码	31
二、反码	32
三、补码	32
四、求补码的方法	33
五、补码的运算	34
六、关于“0”的问题	35
七、溢出及其判断方法	36
八、不带符号数的运算	38
第六节 数的定点与浮点表示	38
一、定点法	38
二、浮点法	39
习题与思考题	40
第二章 8086 微处理器及其系统结构	42
第一节 8086 微处理器内部结构	42
一、指令和程序的解释方式	42
二、8086 微处理器的内部结构	42
三、8086 微处理器的寄存器结构	44
四、8088 与 8086 在内部结构上的比较	47

第二节 8086 微处理器的引脚功能	47
一、引脚功能	47
二、8086 的工作方式及信号定义	49
三、8086 系统的基本配置	50
四、8088 与 8086 在引脚和系统配置上的区别	52
第三节 8086 系统的存储器组织	53
一、存储器的分段管理	53
二、存储器组织	55
三、堆栈	56
第四节 8086 的时钟和总线周期	57
一、基本概念	57
二、时钟及时钟信号发生器	57
三、8086 CPU 总线周期的构成	58
四、几个基本时序	59
第五节 IBM PC/XT 微机的基本配置	61
习题与思考题	63
第三章 8086/8088 的寻址方式和指令系统	65
第一节 指令的基本格式	65
一、机器码格式	65
二、8086/8088 符号指令的书写格式	66
第二节 8086/8088 的寻址方式	66
一、立即数寻址方式 (Immediate Addressing)	67
二、寄存器寻址方式 (Register Addressing)	67
三、固定寻址 (Inherent Addressing)	68
四、存储器寻址	68
五、相对寻址	73
六、I/O 端口寻址	74
第三节 8086/8088 指令系统	76
一、数据传送 (Data Transfer) 类指令	77
二、算术运算 (Arithmetic) 类指令及应用	82
三、逻辑运算和移位 (Logic & Shift) 循环指令	93
四、信息串操作 (String Manipulation) 指令	99
五、控制转移 (Control Jump) 类指令	105
六、处理器控制指令	116
第四节 中断指令及 DOS 功能调用	118
一、中断	118
二、DOS 的系统功能调用和基本 I/O 子程序调用	121
三、BIOS 中断调用	126

四、返回 DOS 的中断调用	128
习题与思考题	129
第四章 汇编语言程序设计	134
第一节 概述	134
一、完整的汇编语言源程序实例	135
二、汇编语言的上机过程	136
第二节 汇编语言程序格式	138
第三节 程序块定义伪指令	140
一、程序分段定义伪指令	140
二、过程定义伪指令 PROC/ENDP	143
三、程序块间通信伪指令 PUBLIC 和 EXTRN	144
第四节 MASM 中的表达式和运算符	145
第五节 伪指令及宏指令	152
一、数据定义及存储器分配伪指令	152
二、符号定义伪指令 EQU 和 =	154
三、LABEL 伪指令	155
四、结构定义伪指令 STRUC / ENDS	156
五、记录定义伪指令 RECORD	160
六、宏指令	163
第六节 汇编语言程序设计方法	166
一、应用软件设计与程序的基本结构	166
二、顺序结构程序设计	168
三、分支程序设计	171
四、循环程序设计	175
五、过程（子程序）设计	177
六、综合举例	183
习题与思考题	190
第五章 存储器	192
第一节 存储器分类	192
一、按用途分类	192
二、按存储器性质分类	193
第二节 随机存取存储器 RAM	194
一、静态随机存取存储器（SRAM）	194
二、动态随机存取存储器（DRAM）	197
三、8086 对存储器的读/写时序	201
第三节 半导体只读存储器 ROM	203
第四节 存储器的扩展	207
一、主存储器逻辑设计	208

二、主存储器与 CPU 的连接	214
第五节 微机常用操作系统的内存管理	223
习题与思考题	224
第六章 中断系统	226
第一节 中断的基本概念	226
一、中断及中断源	226
二、中断处理过程	226
三、中断系统及其功能	228
第二节 8086/8088 中断系统	228
一、8086/8088 中断源	228
二、8086/8088 的中断处理过程	231
三、8086/8088 中断向量表	233
四、中断优先权管理	234
五、关于外部中断	235
第三节 8259A 可编程中断控制器	237
一、8259A 引脚及其功能	237
二、8259A 内部结构及中断处理过程	238
三、8259A 的控制字及其工作方式	240
习题与思考题	247
第七章 基本输入输出接口	249
第一节 微型计算机接口概述	249
一、输入输出接口功能描述	249
二、输入输出指令及输入输出编址	250
三、输入输出端口地址译码	251
第二节 8086/8088 CPU 与外设间的数据交换方式	251
一、程序控制方式	252
二、中断控制方式	255
三、直接存储器存取 (DMA) 控制方式	256
第三节 82C55 并行 I/O 接口	257
一、82C55 的内部结构	257
二、82C55 的外部特性	258
三、82C55 的控制字	259
四、82C55 的工作方式	261
五、82C55 的应用举例	267
第四节 可编程计数器/定时器 8253/8254	269
一、8253/8254 引脚及其功能	269
二、8253/8254 内部结构	271
三、8253/8254 的控制字及编程命令	272

四、8253/8254 的工作方式	273
五、8253/8254 的应用举例	279
第五节 异步串行通信及其可编程接口芯片 16C550	280
一、串行通信的基本概念	280
二、异步串行通信接口规范	282
三、可编程异步串行通信接口芯片 16C550	286
习题与思考题	300
第八章 现代微处理器及其系统结构	301
第一节 现代微处理器内部结构	301
一、80286 微处理器	301
二、80386 微处理器	303
三、80486 微处理器	305
四、Pentium 微处理器	307
五、Pentium II、Pentium III 和 Pentium IV 微处理器	309
六、新一代微处理器——Itanium (安腾)	311
第二节 现代微机基本结构	312
一、80386 和 80486 微机的基本结构	312
二、现代微机的基本结构	313
第三节 PCI 总线	316
一、PCI 总线的特点	317
二、PCI 信号定义	317
三、PCI 总线命令	319
四、数据传输过程及 PCI 中断响应周期	320
习题与思考题	323
第九章 汇编语言高级编程	324
第一节 内存驻留及时钟显示程序	324
一、编中断驻留程序要解决的问题	324
二、内部时钟到显示时钟转换的有关问题	324
第二节 三窗口全屏幕输入程序	330
第三节 鼠标	336
第四节 程序中运行另一个程序的程序	337
第五节 程序中执行 DOS 命令的程序	339
第六节 如何加密 / 解密数据文件	341
一、程序说明	341
二、程序清单	342
第七节 FORTRAN 调用汇编语言子程序	345
一、参数的传送	345
二、调用方法	345

三、编程时应注意的一些问题·····	347
四、应用举例·····	347
第八节 Pascal 和汇编语言的连接·····	349
一、有关的 Pascal 语句和调用约定·····	349
二、连接方法·····	352
第九节 汇编与 C ₊₊ 语言混合编程·····	353
第十节 彩色动态图形程序·····	354
附录 A ASCII 码的显示输出码·····	359
附录 B 8086/8088 指令系统一览表·····	360
附录 C 中断向量地址表·····	367
附录 D DOS 功能调用表·····	368
附录 E BIOS 中断调用表·····	373
附录 F 调试程序 DEBUG 的主要命令·····	377
参考文献·····	381

第一章 微型计算机基础

第一节 绪 论

一、计算机的发展历程

通常人们将电子计算机简称为计算机。可以给电子计算机下这样的定义：电子计算机是一种能够自动而又精确地对信息进行处理的现代化电子设备。电子计算机可分为两大类：数字计算机和模拟计算机。

随着现代技术的不断发展，计算机的功能也越来越完善，已具有了相当强的逻辑判断力、自动控制能力和记忆力，在一定程度上已经代替人脑的工作，所以有时人们也将计算机称为电脑。

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，到现在才 50 多年的时间，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 8 400 倍，显示了强大的威力。但是 ENIAC 计算机共用了 18 000 多个电子管，1 500 个继电器，重达 30 吨，占地 150 平方米，耗电 150 千瓦，每秒钟只能计算 5 000 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；二是采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了 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，因此现代计算机一般被称为冯·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 (1946—1957 年)。这一时期的主要特点是采用电子管作为基本器件，这期间计算机的内存储器采用磁芯，使用的外存储器有磁带、磁鼓、纸带和卡片等。它的特征是运算速度低、内存容量小、体积庞大、造价昂贵，所使用的编程语言是二进制代码表示的机器语言。第一代计算机在当时的应用范围也很有限，通常只用于军事研究中

的科学计算，其相关的研究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 年）。这一时期的电子计算机主要采用晶体管作为基本器件，计算机采用磁性材料制成的磁芯作为内存储器，外存储器已使用了磁带和磁盘，计算机的外设种类也增多了。相对于第一代计算机，它的运算速度有所增加，内存容量增大，体积减小，成本降低，可靠性提高。这时，计算机的编程语言除了机器语言外，已开始使用汇编语言作为程序设计语言。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 年）。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件，随着集成电路技术的出现和发展，人们可以在面积极小的单晶硅片上集成上百个电子元件组成逻辑电路，将这种小规模和中规模集成电路器件作为计算机的元器件，就标志着计算机的发展进入了它的第三个时期。第三代计算机的运算速度大大提高，内存和外存都有了很大的发展，功耗低、体积小、成本低。这时，出现了高级程序设计语言，操作系统和交互式语言也开始在计算机系统中使用，计算机的应用范围越来越广泛了。

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 年至今）。20 世纪 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 1 K 位，到 1984 年达到每片 256 K 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，通用巨型机、大型机、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。关于这一代计算机的构想和理论相当活跃，其目标主要是：采用超大规模集成电路，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 20 世纪 70 年代初诞生了第一片微处理器以来，仅仅二十几个年头，已经推出了五代微处理器产品。

1971 年，美国 Intel 公司制成了世界上第一个微处理器芯片 Intel 4004，并用它组装成世界上第一台微型计算机 MCS-4。从此，微型计算机异军突起，受到人们的高度重视，新产品如潮水般涌向市场，推动着社会的前进、经济的发展和市场的繁荣。

微处理器是微型计算机的重要构件，是推动微型计算机迅速发展的真正动力。为此，我们先介绍微处理器的分类和发展历程。

1. 微处理器的分类和发展历程

我们可以从不同角度对微处理器进行分类：若按机器内部结构来分，微处理器可以分为位片式、单片式和多片式；若按制造工艺来分，微处理器通常分为 MOS 型和双极型。由于微型计算机的性能在很大程度上是由它所采用的微处理器类型决定的，因此微处理器通常以字长为标准来分类，如表 1-1 所示。

表 1-1 微处理器和微型计算机的各阶段发展历程和特点

特点 时代 项目	第一代 1971—1973 年	第二代 1974—1978 年	第三代 1978—1981 年	第四代 1981—1992 年	第五代 1992 年至今
制造工艺 集成技术	PMOS LSI	NMOS LSI	HMOS/NMOS LSI/VLSI	NMOS/CMOS SLSI	NMOS/CMOS SLSI/ULSI
集成度	0.12~0.2 万 晶体管/片	0.5~0.9 万 晶体管/片	2~6.8 万 晶体管/片	10 万以上 晶体管/片	80 万以上 晶体管/片
字长 (位)	4/8	8	16	32	64
基本指令 执行时间	10~20 μ s	1~1.3 μ s	<1 μ s	<125 ns	<10 ns
引脚数 (条)	16/24	40	40~68	64~100	
典型微 处理器	Intel 4004 Intel 8008 TMS 1000 PPS-4	Intel 8080 Intel 8085 M6800 M6809 Z80	Intel8086/8088 Z8000 M68000 LSI-11/23 Intel 80186/ 80286	Intel 80386 Intel 80486 Z80000 HP9000 M68020	Alpha 21064/ 21164 R4000/8000 PA-RISC7100 Pentium-100 Power PC601
典型微型 计算机	MCS-4 MCS-8	CS 系列 H89 TRS-80 APPLE- II	IBM-PC/XT IBM-PC/AT HP98360CT Intel 86/330	IBM-PC/486 IBM-PC/586 LTE Elite 400E Win DX4/ 75	DEC 300/500 Axp IBM RS6000 500 HP9000/765
应用领域	1. 家用电器 2. 计算器 3. 简单控制	1. 智能终端 2. 仪器仪表 3. 工业控制 4. 教学 5. 数据处理	1. 实时控制 2. 数据库 3. 事务处理 4. 科学计算 5. 分布式系统 6. 局域网	1. 事务处理 2. 多用户数据 处理 3. 科学计算 4. 多微处理器 系统 5. 局域网 6. 工作站	1. 图形工作站 2. 大型计算机 网中的服务器 3. 信息管理系统 4. 大、中型机 的构件

注: LSI (Large Scale Integration) 表示大规模集成电路; VLSI (Very Large Scale Integration) 表示甚大规模集成电路; SLSI (Super Large Scale Integration) 表示超大规模集成电路; ULSI (Ultralarge Scale Integration) 表示特大规模集成电路。

从微处理器诞生到现在二十多年来, 其制造技术发生了巨大变化, 它的发展速度是惊人的。综合起来其发展进程可分为五个时代:

(1) 第一代微处理器 (1971—1973 年)

这个时期是微处理器发展的初级阶段, 其产品均为 4 位或 8 位低档机。代表产品有 Intel 公司的 Intel 4004、Rockwell 公司的 PPS-4、TI 公司的 TMS1000 系列机等。这类微处理器的主要特点是采用 PMOS 工艺和 10 μ m 光刻技术, 集成度为 1200~2000 只晶体管/片, 基本指令的执行时间为 10~20 μ s, 引脚数为 16/24。4 位或 8 位低档微处理器虽然运算能力差, 但价格低廉, 主要用在电冰箱、电视机、录音机、游戏机、计算器和仪器仪表等方面。

(2) 第二代微处理器 (1974—1978 年)

1974—1978 年是微处理器发展的第二阶段。这个时代的微处理器为 8 位中档和高档机, 前期生产的为中档机, 代表产品有 Intel 公司的 8080、Motorola 公司的 M6800、Rock-well 公司的 PPS-8 等; 后期生产的多为高档机, 是一种向 16 位机过渡的产品, 代表产品有 Intel 公司的 8085、Zilog 公司的 Z80、Motorola 公司的 M6809 等。这些微处理器的集成度高、功能强、指令周期达到了 $1\mu\text{s}$ 。与此同时, 各类 I/O 接口芯片相继问世, 1977 年还生产出 16 K 位的动态存储器。利用上述器件构成的微型计算机及其系统开始进入实用阶段。例如 Cromemco 系统公司开发的 CS 系列微型计算机和 Apple 公司的 Apple-II 机都是当时十分流行的机种。

(3) 第三代微处理器 (1978—1981 年)

1978 年, Intel 公司研制成了 16 位微处理器 Intel 8086(集成度为 2.9 万只晶体管/片), Zilog 公司研制成 Z8000(集成度为 1.75 万只晶体管/片), Motorola 公司也推出了 M68000(集成度为 6.8 万只晶体管/片)。这些处理器的特点是采用 HMOS 工艺和 $4\mu\text{m}$ 光刻技术, 指令执行时间为 $0.5\mu\text{s}$, 使微型计算机功能达到了小型计算机水平。

在 16 位微处理器问世的同时, Intel 公司还推出了准 16 位微处理器 Intel 8088, 该处理器内部执行 16 位运算, 对外只能以 8 位数据方式传送, 故它能有效地和其它 8 位机兼容, 从而为 IBM 公司开创了 IBM-PC 系列机走红世界的时代。

小型机微型化也是那个时代里发展 16 位微型机的另一条途径, 美国 DEC 公司的 LSI-11/23 和 LSI-11/24 就是从小型机 PDP-11/23 和 PDP-11/24 中微型化出来的。

实际上, 16 位微型计算机是在 1983 年以后才开始成熟起来的, 到 1989 年才开始大量生产。特别是 Intel 公司的高档微处理器 Intel 80186 和 Intel 80286 以及 Motorola 公司的 M68010(集成度为 10 万只晶体管/片)相继投放市场以来, 16 位微处理器的发展达到了顶峰, 也为 32 位微处理器的诞生铺平了道路。

16 位微处理器主要用来构成当时的 16 位微型计算机和微型计算机系统, 并在分布式系统和微型计算机网络中立下过汗马功劳。例如大家熟悉的 IBM-PC/XT 和 IBM-PC/AT 机就是典型的 16 位微型计算机, 曾经广泛用于那个时代的科学计算、数据处理以及工业控制中的后台机等。

(4) 第四代微处理器 (1981—1992 年)

1980 年 10 月, 美国 NS 公司首先制成 32 位微处理器 NS16032, Intel 公司也于 1991 年初推出了 32 位微处理器 iAPX432。此后, 美国的 HP 公司、Bell 公司、Motorola 公司和 Zilog 公司都相继推出了各自的 32 位微处理器。

这些早期的 32 位微处理器大致分为两类: 一类是准 32 位微处理器, 即片内为 32 位和片外为 16 位, iAPX432 和 NS16032 就是属于这类微处理器; 另一类是真正的 32 位微处理器, 这类微处理器有 HP9000、MAC-32、M68020 和 Z80000 等。这些 32 位微处理器具有更高的集成度、更快的运算速度和更低的成本。例如: HP 公司的 HP9000 集成度高达 45 万只晶体管/片, 时钟频率达 18 MHz, 微周期为 55 ns。

20 世纪 80 年代后期, Motorola 公司先后推出高档 32 位微处理器 MC68030 和 MC68040, Intel 公司也相继推出先进的 32 位微处理器 Intel 80486。这些高档 32 位微处理器的显著特点是吸取了大中型计算机的体系结构和采用了先进的超大规模集成电路 SLSI (Super large

Scale Integration) 技术、多级流水线和虚拟存储管理技术。这些技术的采用,使 32 位微处理器的集成度和运算速度更上一层楼。IBM-PC/80486 和 IBM-PC/80586 就是采用这种高性能 32 位微处理器做成的最典型的个人计算机。

(5) 第五代微处理器 (1992 年以后)

自 1992 年以来,微处理器进入了第五个发展阶段,即 64 位微处理器发展时代。1991 年 11 月,美国 MIPS 公司率先推出 64 位 RISC 型微处理器 R4000。1992 年 1 月,DEC 公司也宣布制成了 64 位微处理器 Alpha 芯片。这些芯片的最主要特点是采用了整数嵌入技术和浮点运算器以及超通道技术,每个机器周期可以执行 2 条指令,因而芯片的集成度和运算速度均大大优于 32 位微处理器。

1994 年以来,64 位微处理器又有了锦上添花的发展。例如:MIPS 公司研制成了 RISC R8000,DEC 公司推出了 Alpha 21164, Silicon Graphics 公司也宣布了 Power Challenge 系列芯片问世等等。这些芯片的突出优点是集成度又有了新的突破,例如 Intel 公司的 Pentium-100 集成度高达 510 万只晶体管/片。此外,由于整数和浮点运算部件采用了超级流水线式结构,因此微处理器的运算速度刷新了超级计算的新面貌,从而使它的性能达到了现有巨型机的水平。可以相信,随着特大规模集成电路 ULSI (UltraLarge Scale Integration) 和巨大规模集成电路 GLSI (Great Large Scale Integration) 的飞速发展,64 位微处理器技术还会向纵深发展。

2. 微型计算机的发展动向

大家知道,微处理器是微型计算机的核心构件,它在很大程度上决定了微型计算机及其系统的性能指标。因此,微型计算机具有和微处理器相同的分类方法及发展过程,在此不再赘述。这里我们主要是要讨论微型计算机发展过程中的新问题和新动向。

在今后一个时期内,微型计算机的发展前景主要体现在以下三个方面:

(1) 低档微型计算机的发展

这里所说的低档微型计算机主要是指由 4 位、8 位和 16 位微处理器芯片所构成的微型计算机,这类机器主要是广泛应用在家用电器、仪器仪表和过程控制等领域,成为它们不可缺少的组成部分。在这类微型计算机中,单片微型计算机功能强、价格低、精巧灵活,具有无限的生命力,尤其受到人们的欢迎。因此,低档微型计算机一定会经久不衰,今后还会有一些通用和专用的新产品投放市场,满足各方面和各个领域的需求。

(2) 32 位和 64 位微型计算机的发展

32 位微型计算机的发展尚未停息,目前正处在进一步完善和发展阶段,新的产品还在继续涌现,尤其是软件的发展。32 位微型计算机有通用和专用两类:通用 32 位微型计算机常常做成微型计算机系统,如目前广泛流行的 IBM-PC/486、IBM-PC/586 和 Packard Bell 公司的全能个人电脑等;专用 32 位微型计算机常做成工作站和网卡,活跃在信息管理系统和通信系统中,如 SUN 公司的 SPARC station LX、HP 公司的 HP9000-715/33 和 IBM 公司的 RS6000M20 等等。32 位微型计算机的共同特点是运算速度快、主存容量大和有丰富的软件,特别适合于办公自动化、电气或机械 CAD、地理信息系统、科学可视化和统计分析等方面。

64 位微型计算机正方兴未艾,用目前已经上市的 64 位微处理器制成的工作站机有 HP9000-765、IBM RS6000-570 和 DEC 3000Model 500AXP 等等。64 位微型计算机具有比 32 位机更高的运算速度、更大的主存容量和更强的图形功能,尽管其软件还在发展之中。例如: