



21 世纪教改系列教材

W E I J I Y U A N L I J I Y I N G Y O N G

微机原理及应用

第 3 版

主编◎晏寄夫

副主编◎胡鹏飞



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪教改系列教材

微机原理及应用

(第三版)

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

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,并介绍了从80X86到Pentium系列的寄存器及指令的扩充;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、DMA控制器8237A、串行A/D转换器MAX1148及I²C总线模/数转换器ADS1100,逐一讲解了各关键接口部件的原理和应用,并以CPLD/FPGA来实现这些器件的部分功能;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,尤其是C/C++与汇编混合编程技术,可视之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他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. —3版. —成都:西南交通大学出版社, 2008.8

(21世纪教改系列教材)

ISBN 978-7-5643-0043-2

I. 微… II. 晏… III. 微型计算机—高等学校—教材
IV. TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第132373号

责任编辑 张华敏

封面设计 陈旭文 翟瑾 钟波

封面设计 跨克创意

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 发行部电话: 028-87600564)

http://press.swjtu.edu.cn

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 27.75

字数: 691千字 印数: 8 001—12 000册

2003年2月第1版 2005年11月第2版

2008年8月第3版 2008年8月第4次印刷

ISBN 978-7-5643-0043-2

定价: 39.80元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

序

45年前,苏联第一颗人造地球卫星发出的“滴、滴…”声仿佛还在人们的耳边鸣响,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。美国俄勒冈州开发的T-400000巨型机已达到每秒2620亿次运算的水平,1981年推出IBM PC/XT、1983年推出IBM PC/AT、1985年推出80386…80X86以及后来的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。

当我逐字地审读完全书时,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

第 三 版 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 toward 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。

在第三版中改正了前两版中已发现的错误和不慎恰当的提法;考虑到微机的发展迅速,增补了 80X86 到 Pentium 系列 CPU 寄存器的扩展与扩充、80X86 到 Pentium 系列的寻址方式及新增的指令;考虑到并口 A/D 及 D/A 转换芯片介绍的资料较多,在本书中未对其作介绍,转而补充了串行 A/D 及 I²C 总线 A/D 转换器和它们的连接控制方法,以期对读者对新器件的

运用起到抛砖引玉的效果；补充了 DMA 控制器 8237A 的特性、控制方法及应用举例；对每章后的习题进行了精选和补充；由于 C 语言的日益普及，故修订了 C/C++ 与汇编混合编程技术这一节，希望对爱好混合编程的读者有所帮助；考虑到微机应用设计的现状，特加入微机外围接口电路的 CPLD/FPGA 实现这一节，以期对硬件设计人员有所帮助。

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及修订。承蒙西南交通大学电气工程学院的李治教授审阅了全稿。此外，本书的编写还得到了西南交通大学电气工程学院冯晓云、赵舵两位领导同志的热情支持，该学院教师秦娜在本书的校稿工作中付出了大量劳动。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

2008 年 8 月修订于成都

目 录

第一章 微型计算机基础	1
第一节 概述	1
第二节 微型计算机的数制及其转换	18
第三节 非数值数据的编码方法	25
第四节 微型计算机的二进制数运算	28
第五节 原码、补码、反码及其相应的运算法则	31
第六节 数的定点与浮点表示	39
习题与思考题	41
第二章 8086 微处理器及其系统结构	42
第一节 8086 微处理器的结构	42
第二节 80X86 寄存器的扩展与扩充	47
第三节 8086 微处理器引脚的功能	50
第四节 8086 系统的存储器组织	57
第五节 8086 的时钟和总线周期	61
第六节 IBM PC/XT 微机的基本配置	65
习题与思考题	67
第三章 8086/8088 的寻址方式和指令系统	69
第一节 指令的基本格式	69
第二节 8086/8088 的寻址方式	70
第三节 8086/8088 指令系统	80
第四节 80X86 的寻址方式及新增的指令	122
第五节 中断指令及 DOS 功能调用	136
习题与思考题	147
第四章 汇编语言程序设计	152
第一节 概述	152
第二节 汇编语言程序格式	156
第三节 程序块定义伪指令	158
第四节 MASM 中的表达式和运算符	163
第五节 伪指令及宏指令	170
第六节 汇编语言程序设计方法	184
习题与思考题	209

第五章 存储器	213
第一节 存储器分类	213
第二节 随机存取存储器 RAM	215
第三节 半导体只读存储器 ROM	224
第四节 存储器的扩展	228
第五节 微机常用操作系统的内存管理	244
习题与思考题	245
第六章 中断系统	247
第一节 中断的基本概念	247
第二节 8086/8088 中断系统	249
第三节 8259A 可编程中断控制器	258
习题与思考题	268
第七章 基本输入输出接口	269
第一节 微型计算机接口概述	269
第二节 8086/8088 CPU 与外设间的数据交换方式	271
第三节 82C55 并行 I/O 接口	277
第四节 可编程计数器/定时器 8253/8254	289
第五节 异步串行通信及其可编程接口芯片 16C550	300
第六节 串行 A/D 转换器及其接口	320
第七节 DMA 控制器 8237A	331
第八节 微机外围接口电路的 CPLD/FPGA 实现	339
习题与思考题	349
第八章 现代微处理器及其系统结构	350
第一节 现代微处理器的内部结构	350
第二节 现代微机的基本结构	361
第三节 PCI 总线	365
习题与思考题	372
第九章 汇编语言高级编程	373
第一节 内存驻留及时钟显示程序	373
第二节 三窗口全屏幕输入程序	379
第三节 鼠标	385
第四节 程序中运行另一个程序的程序	386
第五节 程序中执行 DOS 命令的程序	388
第六节 如何加密 / 解密数据文件	390
第七节 FORTRAN 调用汇编语言子程序	394
第八节 Pascal 和汇编语言的连接	398
第九节 C/C++ 与汇编混合编程技术	402

第十节 彩色动态图形程序.....	407
附录 A ASCII 码的显示输出码	412
附录 B 8086/8088 指令系统一览表.....	413
附录 C 中断向量地址表.....	420
附录 D DOS 功能调用.....	421
附录 E BIOS 中断调用.....	426
附录 F 调试程序 DEBUG 的主要命令.....	430
参考文献	434

第一章 微型计算机基础

第一节 概 述

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 60 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 18 800 多个电子管，1 500 个继电器，重达 30 t，占地 150m²，耗电 150 kW，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，只能存储 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（1957—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、数据处理及其他科学研究领域。

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 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 1973—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 万只 晶体管/片	0.5~0.9 万只 晶体管/片	2~6.8 万只 晶体管/片	10 万只以上 晶体管/片	80 万只以上 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	Intel 8086/8088 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 (1973—1978 年)

1973—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, 故它能有效地和其他 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。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。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。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:

HP9000-765 工作站机的浮点运算速度为 40.5 M FLOPS (DP), 主存容量为 768 MB, 最大磁盘容量为 297.5 GB。可以预料, 64 位微型计算机及其系统必将进一步蓬勃发展, 成为 21 世纪初微型计算机发展的主流。

(3) 多微处理器系统的发展

多微处理器系统是一种有多个微处理器并行运算的系统, 其运算速度和工作性能不仅取决于所用微处理器的类型, 而且和所用微处理器的数量有关。近年来, 多微处理器系统有了长足的进步。例如: Intel 公司采用 30 个 Intel 80386 研制成的 IPSC 机, 其性能相当于 IBM 3090 系列中最高档的大型机, 而价格则只有后者的十分之一。

在多微处理器系统的猛烈冲击下, 现有大型机市场摇摇欲坠, 大型机厂商惶惶不可终日。为了求得生存, 大型和巨型机厂商在加紧发展微型计算机的同时, 纷纷改变策略, 转而使大型和巨型机采用多微处理器系统类似的结构体系——并行结构。例如, 目前已经投入运行的超级计算机 Ncube 2 就包含了 8 192 个微处理器, 由 65 000 个微处理器组成的 NCube 3 型机也在研制之中。

随着微机的发展, 网络不再是陌生的名词, 大到国际互联网, 小到几台计算机组成的微型网, 人们足不出户就可漫游世界。随着人们对计算机的企盼, “智能化”成为计算机的发展目标。

3. 计算机的特征

计算机作为一种能够对信息快速而精确地进行处理的电子设备, 它广泛应用于现代社会的各个领域, 其某些功能是人力所不能及的。具体地讲, 计算机具有以下几个方面的特征:

(1) 运算速度快

现在计算机的运算速度已达每秒几十万次到上百万次, 大型计算机的运算速度甚至可达每秒千万次。计算机的高速运算能力可应用于天气预报、地质测量等高尖端科技中。我国研制成功的“银河”计算机, 它的运算速度为每秒几亿次, 这相对于人的运算能力来说, 简直是不可想象的。

(2) 计算精度高

计算机在进行数值运算时能够达到很高的精度。在常用的数学用表中, 数值的结果只能达到 4 位。如果要达到 8 位或 16 位的话, 用手工计算就要花费很多的时间, 而对于计算机来说, 让它来快速而又精确地生成 32 位或 64 位的数学用表不是一件难事。

计算机的计算高精度性常运用于航空航天、核物理等方面的数值计算中。

(3) 超强的记忆能力

计算机能够把数据、指令等信息存储起来, 在需要这些信息时再将它们调出。描述计算机记忆能力的是存储容量。常用的存储容量的单位有: B (字节)、KB ($1\text{ KB}=2^{10}$ 字节)、MB ($1\text{ MB}=2^{20}$ 字节) 等。现在有的硬盘存储器的存储容量已达数十上百个 GB (2^{30} 字节)。

(4) 具有逻辑判断功能

计算机不仅能够完成加、减、乘、除等数值运算, 还能实现逻辑运算, 运算的结果为“真”或“假”。在一定条件下, 计算机可以对提出的问题进行选择, 并根据逻辑运算的“真”或“假”来进行逻辑判断。计算机的这种功能可以用来实现事务处理, 广泛用于各种管理决策中。

(5) 实现自动控制

用户只要将编制好的程序输入计算机,然后发出执行的指令,计算机就能自动完成一系列预定的操作。工业、农业和其他的各个行业中都可以使用计算机来实现生产控制和事务管理的自动化,这样既节省人力、提高劳动效率,又可以提高产品质量、增加效益。如今我国已有很多现代化企业在使用计算机来管理生产。

计算机所具有的各种显著的优点,使它广泛应用于工厂、机关、学校、银行、商店等,特别是多媒体技术的推广,使计算机走进了千家万户,越来越成为人们日常生活中不可缺少的助手和朋友。

4. 计算机的分类

根据计算机的各项综合性能指标,人们将计算机分为以下几类:

(1) 巨型机

巨型机是指那些运算速度在每秒亿次以上的计算机。巨型机目前在国内还不多,我国研制成功的“银河”计算机就属于巨型机。目前,美国研制出的巨型机其运算速度已达每秒 1000 亿次以上。

(2) 大、中型机

运算速度在每秒几千万次左右的计算机为大、中型机,通常用在国家级科研机构以及重点理工院校。

(3) 小型机

小型机的运算速度在每秒几百万次左右,通常用在一般的科研机构、设计机构以及普通高校等。

(4) 微型机

微型机也称为个人计算机(PC机),是目前应用最广泛的机型。如通常所说的 386、486、586 等机型都属于微型机。它们的运算速度也可达每秒百万次以上。

微型机与其他机型不同的特点是:巨、大、中、小型机的中央处理器 CPU 具有分时处理的能力,都是一个主机带有若干个终端或外设。而微型机往往都是由单个终端组成,体现了“个人计算机”的特点。

(5) 工作站

工作站主要用于图形图像处理和计算机辅助设计中,实际上是一台性能更高的微机。

另外,还有按 CPU 的字长来分的,可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位等及位片式微机。今后,计算机的发展将走向两个极端:一个是巨型化,一个是微型化。

二、微型计算机的概念及它的组成和结构

随着微型计算机的高速发展,单片微型计算机、单板微型计算机、微型计算机系统、微型计算机开发系统和计算机网络工作站等新机种不断涌现。为了学习掌握好微型计算机,从概念上弄清微型计算机和这些新机种之间的异同十分重要,读者应予以重视。

1. 微处理器的概念

微处理器(Microprocessor)是高新技术的产物,是集成在同一块芯片上的具有运算和

控制功能的中央处理器,称为 MPU,简称为 μP 或 MP。微处理器不仅是构成微型计算机、微型计算机系统、微型计算机开发系统和计算机网络工作站的核心部件,而且也是构成多微处理器系统和现代并行结构计算机的基础。例如:日本富士通公司在 1997 年推出具有 128 个 MPU 的并行处理机,其运算速度高达 5000 MIPS。

2. 微型计算机的概念

微型计算机 (Microcomputer, 简称为 μC 或 MC) 一词是 20 世纪 70 年代初产生的,这和今天人们所说的微型计算机在概念上不完全相同,前者是原始的,是针对原来的三代电子计算机而言的;后者有了发展,变成当代社会发展的特有名词。我们当然不是正本清源,但弄清这个问题是十分重要的。

按照原始的概念,微型计算机是指由中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、半导体存储器、I/O 接口和中断系统等集中装在同一块或数块印刷电路板上所构成的计算机,它通常包括如下几种类型:

(1) 单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)

单片微型计算机是一种把微处理器、半导体存储器、I/O (Input/Output) 接口和中断系统集成在同一块硅片上的有完整功能的微型计算机,这块芯片就是它的硬件,软件程序就存放在片内的只读存储器内。其实,单片机很难和被控对象直接进行电气连接,故在实际应用中单片机总要通过这样或那样的接口芯片和被控对象相连。

单片微型计算机具有体积小、重量轻、价格低和可靠性好等许多优点,常在家用电器、智能仪器仪表和工业控制领域中应用。

(2) 单板微型计算机 (Single Board Microcomputer)

单板微型计算机是一种把微处理器、半导体存储器、I/O 接口和中断电路等芯片集中装在同一块印刷电路板上的微型计算机。在这块印制板上,通常还装有简易键盘和发光二极管,只读存储器中还固化有容量不大的监控程序。

单板微型计算机具有单片机类似的优点,常做成专用的过程控制机投放市场。

(3) 多板微型计算机 (Multi-board Microcomputer)

顾名思义,多板微型计算机是一种把构成微型计算机的功能部件分别组装在多块印刷电路板(如:存储器扩充板、显示器板)上,并通过同一机箱内的总线插槽连成一体微型计算机。这种多板结构的微型计算机功能很强,常常可以通过选用不同的印刷电路插件板达到在不同场合使用的目的。

3. 微型计算机系统的概念

微型计算机系统 (Microcomputer system, 简称为 μCS 或 MCS) 是在多板机基础上发展起来的,是一种更高层次上的微型计算机,它通常有齐全的硬件和更为丰富的软件资源。

微型计算机硬件是在前述多板机基础上配以必要的外部设备和电源等组成的,外部设备通常有键盘、磁盘机、磁带机、CRT 显示器和打印机等。软件资源分为系统软件和应用软件两类,最基本的系统软件 BIOS 常常固化在只读存储器内,开机后由引导程序自己引导,其余软件可以通过磁盘机或盒式磁带机随时输入机器,操作人员的命令由键盘输入。

迄今为止,投放市场的微型计算机类型很多,性能差异很大,用户可根据需要加以挑选。