

高等学校计算机系列教材

微计算机技术

马群生 温冬婵 仇玉章 唐瑞春 编著



清华大学出版社

高等学校计算机系列教材

微计算机技术

马群生 温冬婵 仇玉章 唐瑞春 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是针对高等院校计算机专业本科生学习微计算机原理、汇编语言程序设计、接口技术等相关课程而编写的教材,其配套的实验教材是《微计算机技术——实验与辅导》。

本书全面地介绍了微型计算机组成原理、汇编语言程序设计及接口技术。主要内容包括微计算机系统综述;Intel 8086/8088、80386、Pentium 微处理器的结构及操作原理;x86 指令系统及基本汇编语言程序的设计方法;Intel 系列的外围支援芯片与基本 I/O 设备的接口技术;微计算机系统总线。书中对 RISC 结构的 PowerPC 微处理器也做了介绍。

本书可作为高等院校计算机专业本科生的教材,也可供非计算机专业的相关技术人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

微计算机技术/马群生等编著. —北京:清华大学出版社,2006.1

(高等学校计算机系列教材)

ISBN 7-302-11208-8

I. 微… II. 马… 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(2005)第 063323 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:马瑛珺

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:25 字数:575 千字

版 次:2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-11208-8/TP·7400

印 数:1~5000

定 价:29.80 元

出版说明

清华大学出版社推出的这套《高等学校计算机系列教材》是《清华大学计算机系列教材》的姊妹篇。

《清华大学计算机系列教材》出版以来,多次获得国家和部级奖项。我们经常收到一些师生热情洋溢的来信,强烈感受到他们对新的知识与教育模式的渴求,同时也感受到广大师生对清华大学计算学科教学工作的关注和信任。

随着高等教育规模的持续扩大和高等教育改革的不断深入,不同院校对于计算学科的教学工作提出了新的要求,突出体现在:理论课时的压缩、实践能力的要求提高,以及学科教育与行业需求的不断结合。根据这些发展趋势,清华大学一批学术水平高、教学经验丰富的教授总结了他们几十年的教学和科研经验,有针对性地编写了《高等学校计算机系列教材》。这套教材的特点体现在:

1. 课程内容在《清华大学计算机系列教材》的基础上,进行了适时的修订更新,并且明确了教学基本要求,区分应该熟练掌握和只需一般了解的内容。

2. 强调加强基础理论教育,重视学生实践能力的培养。课程内容为进一步的实践教学既提供了基础知识,又留出了足够的时间。

另外,本套丛书同时出版了相关辅导用书,并为教师免费提供电子课件,便于师生的教学使用。

清华大学计算学科坚持推行具有启发性的、富于创造性的教学工作,为国家源源不断地培养出一批又一批优秀人才。从《清华大学计算机系列教材》中就可以体会到这些艰辛的探索历程,希望作为姊妹篇的《高等学校计算机系列教材》也能得到师生的认可。

清华大学出版社

2005年9月

前 言

《微计算机技术》一书是为高等院校计算机专业本科生学习微计算机原理、汇编语言程序设计、接口技术等相关课程而编写的教材,对于电类非计算机专业学生也有一定参考价值。

有关微计算机技术的课程是计算机专业的基础课。其任务是使学生掌握微处理器与微计算机的基本组成、基本操作原理及主要接口技术;还要使学生掌握汇编语言程序设计的基本方法。通过课程的学习,使学生在面对微计算机技术迅速发展的形势下,能够具有一定的分析问题与解决问题的能力。本书的编写原则是尽量地做到少而精。书中内容所涉及的背景知识包括:模拟与数字电子技术基础、计算机组成原理基础。微计算机技术的课程实践性较强,上机实验是掌握课程基本要求的重要一环,学生在完成规定的实验内容后方可达到该课程教学的基本要求。本书配套的实验教材是《微计算机技术——实验与辅导》(仇玉章、冯一兵编写,清华大学出版社出版)。

全书共 9 章,各章主要内容如下:

第 1 章对微计算机系统进行综述,建立起微计算机系统的层次概念,介绍了微处理器技术的发展概况。

第 2 章讲述了 Intel 8086 微处理器内部结构、总线周期及其操作过程,对 32 位微处理器 80386 内部结构及操作原理也做了介绍。

第 3 章介绍了汇编语言程序格式、程序运行步骤及常用伪操作,讲述了 8086 微处理器的寻址方式及指令系统组成。

第 4 章介绍循环程序设计、分支程序设计、子程序设计、宏汇编程序设计、I/O 程序设计、BIOS 和 DOS 调用。

第 5 章概述输入输出系统的基本概念,系统地介绍了中断控制器及其程序设计方法,还介绍 DMA 控制器以及 DMA 传送的基本概念。

第 6 章介绍了微处理器常用的外围接口芯片:定时器/计数器 8254,并行接口芯片 8255A,串行通信接口芯片 8250、8251A,介绍每种芯片的内部结构、各部件功能以及它们的使用方法。

第 7 章介绍了行列式小键盘和 LED 数码管显示器的工作原理及其与微机的接口技术。还介绍 A/D、D/A 转换的工作原理和简单应用。

第 8 章介绍了总线的基本概念及总线的主要类型,讨论了 ISA 总线及 PCI 总线的结

构及工作过程,简要介绍了 IDE、SCSI 和 USB 3 种外设总线。

第 9 章对一些高性能微处理器的基本结构做了介绍,包括奔腾系列及 RISC 结构的 PowerPC 微处理器。

第 1 章、第 2 章及第 9 章由马群生编写;第 3 章和第 4 章由温冬婵编写;第 5 章、第 6 章及第 7 章由仇玉章编写;第 8 章由唐瑞春编写。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

编著者

2005 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 微型计算机的特点	1
1.2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统	2
1.3 微处理器技术发展的概况	4
思考题与练习题	8
第 2 章 微处理器的结构及微计算机的组成	9
2.1 80x86 微处理器系列概况	9
2.2 8086/8088 微处理器的基本结构	10
2.2.1 8086 微处理器的基本组成及逻辑框图	10
2.2.2 8086/8088 微处理器的存储器管理	14
2.3 8086/8088 芯片引脚功能说明	15
2.3.1 基本引脚信号	16
2.3.2 最小工作模式下的有关控制引脚信号	17
2.3.3 最大工作模式下的有关控制引脚信号	18
2.4 8086/8088 最小与最大模式下微计算机的基本组成	19
2.4.1 最小模式的微计算机组成	19
2.4.2 最大模式的微计算机组成	20
2.5 8086/8088 的总线操作、中断及总线请求	21
2.5.1 总线周期与总线操作	21
2.5.2 中断系统	23
2.5.3 总线请求	26
2.6 8086 微处理器访问存储器和 I/O 设备的特性	27
2.6.1 以字节或字为单位的数据处理	27
2.6.2 8086 微处理器与存储器及 I/O 模块的接口	28
2.7 80386 微处理器的组成与结构	29
2.7.1 80386 的内部结构	29
2.7.2 80386 的内部操作与流水线操作	35
2.7.3 存储器管理	36
2.7.4 80386 中断系统	45
思考题与练习题	47

第 3 章 8086 指令系统及寻址方式	49
3.1 汇编语言程序格式	49
3.1.1 一个简单的程序实例	51
3.1.2 程序结构伪操作	53
3.1.3 数据类型和数据定义伪操作	56
3.1.4 汇编、连接和运行一个程序	59
3.1.5 简化段定义格式	62
3.2 寻址方式与机器语言转换	63
3.2.1 寻址方式	63
3.2.2 机器语言指令的转换	72
3.3 8086 指令系统	75
3.3.1 数据传送指令	75
3.3.2 算术指令	80
3.3.3 逻辑指令	92
3.3.4 串处理指令	95
3.3.5 控制转移指令	100
3.3.6 处理机控制指令	108
3.4 小结	109
思考题与练习题	110
第 4 章 汇编语言程序设计基础	116
4.1 循环程序设计	116
4.1.1 基本结构的循环程序	116
4.1.2 多重循环程序	119
4.2 分支程序设计	121
4.2.1 分支程序结构	121
4.2.2 分支程序的设计方法	122
4.3 子程序设计	123
4.3.1 主程序与子程序之间的参数传送	124
4.3.2 嵌套与递归子程序	128
4.4 宏汇编程序设计	130
4.4.1 宏定义、宏调用和宏展开	130
4.4.2 宏汇编伪操作	132
4.5 I/O 程序设计	135
4.5.1 直接控制 I/O 的程序设计	136
4.5.2 中断程序设计	140
4.5.3 中断程序设计举例	146
4.6 BIOS 和 DOS 基本调用	155

4.6.1	键盘 I/O	156
4.6.2	显示器 I/O	163
4.6.3	打印机 I/O	174
4.7	小结	178
	思考题与练习题	180
第 5 章	输入输出系统	184
5.1	概述	184
5.1.1	接口电路	184
5.1.2	输入输出端口	185
5.1.3	I/O 端口的地址译码	186
5.2	微型机与输入输出设备的信息交换	188
5.2.1	无条件传送方式	189
5.2.2	程序查询方式	189
5.2.3	中断控制方式	191
5.2.4	DMA 方式	192
5.3	8259A 中断控制器	192
5.3.1	中断的基本概念	192
5.3.2	8259A 的内部结构与中断过程	193
5.3.3	8259A 的中断管理方式	195
5.3.4	8259A 的初始化编程	198
5.3.5	可屏蔽中断与非屏蔽中断	204
5.3.6	可屏蔽中断的硬件结构	204
5.3.7	硬件中断和软件中断的区别	207
5.3.8	硬件中断程序设计	207
5.4	DMA 控制器	211
5.4.1	DMA 传送的基本概念	211
5.4.2	8237A DMA 控制器	213
5.4.3	8237A 在 PC 机中的应用	218
	思考题与练习题	220
第 6 章	常用可编程外围接口芯片	222
6.1	可编程定时器/计数器 8254	222
6.1.1	8254 的内部结构	222
6.1.2	8254 的引脚功能	224
6.1.3	8254 的工作方式	225
6.1.4	8254 的命令字与初始化编程	229
6.1.5	8254 计数过程的验证	233

6.1.6	8254 在微机系统中的应用	235
6.1.7	日时钟中断	238
6.1.8	定时中断程序设计	238
6.2	可编程并行接口芯片 8255A	246
6.2.1	8255A 的内部结构与外部引脚	246
6.2.2	8255A 的控制字与初始化编程	249
6.2.3	8255A 的工作方式	250
6.2.4	8255A 应用举例	258
6.3	串行通信与可编程串行通信接口芯片	264
6.3.1	串行通信基础	264
6.3.2	可编程串行异步通信接口芯片 8250	267
6.3.3	PC 机串行通信程序设计	276
6.3.4	可编程串行通信接口芯片 8251A	288
	思考题与练习题	298
第 7 章	常用的简单外部设备与接口技术	300
7.1	数码管显示与接口技术	300
7.1.1	数码管工作原理	300
7.1.2	多位数码管显示电路	301
7.2	小键盘与接口技术	303
7.2.1	逐行扫描法	303
7.2.2	行翻转法	306
7.3	数模转换	308
7.3.1	数模转换原理	308
7.3.2	DAC0832 简介	309
7.4	模数转换	311
7.4.1	模数转换原理	311
7.4.2	ADC0809 简介	313
	思考题与练习题	314
第 8 章	微计算机总线	315
8.1	微计算机总线的概念	315
8.1.1	总线的由来	315
8.1.2	总线的优点	315
8.1.3	总线的标准	316
8.1.4	总线的指标	317
8.2	微计算机总线工作原理	317
8.2.1	总线的构成与分类	317

8.2.2	总线的功能	319
8.2.3	总线仲裁	321
8.2.4	总线的信息传输与错误检测	323
8.3	ISA 总线与 PCI 总线的结构及特点	325
8.3.1	ISA 总线原理	325
8.3.2	ISA 总线扩展卡设计与应用	333
8.3.3	PCI 总线原理	339
8.4	主要外设总线介绍	346
8.4.1	IDE 总线	346
8.4.2	SCSI 总线	349
8.4.3	USB 总线	351
	思考题与练习题	352
第 9 章	先进的微处理器介绍	353
9.1	Pentium 微处理器介绍	353
9.1.1	Pentium 微处理器的结构特点	354
9.1.2	Pentium 微处理器指令执行的特点	357
9.1.3	Pentium 微处理器的转移预测	359
9.2	Pentium Pro 微处理器介绍	359
9.2.1	在 Pentium 微处理器性能基础上的改进	360
9.2.2	Pentium Pro 微处理器的内部结构简介	363
9.3	PowerPC 微处理器简介	365
9.3.1	PowerPC 微处理器概况	365
9.3.2	PowerPC 微体系结构介绍	366
	思考题与练习题	369
附录 A	标准 ASCII 码及其字符	370
附录 B	DOS 系统功能调用 (INT 21H)	371
附录 C	BIOS 功能调用	379
附录 D	80x86 新增指令	385
	参考文献	387

第 1 章 绪 论

内容提要: 首先对计算机系统进行分类,在此基础上概括了微型计算机的特点;其次,对微处理器、微计算机及微计算机系统 3 个术语给出解释;最后概述了微处理器技术的发展情况。

学习目标: 了解计算机的分类情况及微计算机的特点,了解微处理器的发展概况及 RISC 结构的特点,掌握微处理器、微计算机及微计算机系统 3 个术语的内涵。

学习方法: 本章所讲的内容是有关微计算机原理的背景知识及一些术语的说明,学习时主要是阅读本章所介绍的内容及其他相关的参考材料。

1.1 微型计算机的特点

按照传统的分类方法,计算机可分为大型计算机(mainframe)、小型计算机(minicomputer)与微型计算机(microcomputer)3 类。

大型计算机主要作为大型计算机中心、大型信息处理中心的核心系统。其主机运算速度高,存储容量大,事务处理能力强,数据输入输出的吞吐率高,可为众多用户提供服务。目前大型计算机系统均采用并行处理体系结构,其性能已达到相当高的水平,人们称之为超级计算机(supercomputer)。如 IBM 公司最新发表的世界上最快的超级计算机“ASCI white”,其运算速度达到每秒 12.3 万亿次运算能力,安装在美国能源部的国家实验室,用来完成超级计算任务。

小型计算机的规模与性能比起大型主机要低得多。但发展到 20 世纪 70 年代末期,这类计算机的指令功能、存储容量、事务处理能力、输入输出能力都能与大型计算机系列中低档机相媲美,有很好的性能价格比。这类机器也被人们叫做超级小型机(super-minicomputer),其代表产品是 DEC 公司的 VAX-11/780。小型计算机一般都装备在大学的中心实验室、大型企业的信息中心、银行的信息中心等,提供一定用户规模的信息服务。小型计算机当前仍具有一定的市场规模,代表性产品是 IBM 公司的 AS400 系列产品。

微型计算机的产生与发展是与大规模集成电路的发展分不开的。1971 年英特尔公司研制成第一种采用 MOS 大规模集成电路技术的单片微处理器 4004。Intel 4004 本来是为袖珍计算器设计的,推出后取得很大的成功。但是由于 4004 设计的局限性,无法作为通用计算机的中央处理器使用。经过改进设计,英特尔公司推出了可用于微型计算机的 4 位微处理器 4040。此后许多半导体及电子设备厂商对微处理器的开发均十分重视。英特尔公司很快又推出 8 位微处理器 8080 和 8085。与此同时 Motorola 公司生产出 8 位微处理器 6800, Zilog 公司生产出 8 位微处理器 Z80。同时,各厂家也推出与其微处理器相配套的外围支援器件,设计并装配成通用型的微型计算机,以一种崭新的形态在市场上大量出现。微型计算机的出现与发展大大地推动了计算机技术在各行各业中的广泛应

用。今天,人们无论是在办公室还是在家中都离不开微型计算机。

微型计算机的组成及功能与其他两种计算机是相同的,它们都是由中央处理器(微处理器)及外围支持电路、存储器、输入输出接口和输入输出设备所组成。微型计算机的特点可以概括为以下几点:

(1) 标准的工业化装配结构,体积小,重量轻,系统扩展及性能升级容易。随着微电子技术的迅速发展,集成电路的集成度越来越高,组成计算机的主要电路可由几片超大规模集成电路(VLSI)实现,这就为缩小微型计算机的体积和重量提供了保障。微型计算机的主电路板、扩展电路板以及它们之间的连接方式均为国际通用的工业标准;微型计算机的电源、机箱及部件的安装连接方式也是国际通用的工业标准。这样,一台微型计算机的结构十分紧凑,部件的安装与更换容易,系统的扩充与升级十分方便。

(2) 开放的标准体系结构和多元化的大规模工业生产使微型计算机的价格变得低廉。目前主流的微型计算机均采用统一的标准体系结构。微型计算机的核心器件、主电路板、扩展电路板以及外部设备等部件可由多个生产商提供,微型计算机市场已经形成了合理有序的竞争局面。这就大大地促进了技术的进步和价格的不断下降,微型计算机的应用得到迅速普及。

(3) 微型计算机的应用范围广泛。标准化的体系结构、超大规模集成电路的使用、规模化的生产,使得微型计算机的性能价格比越来越高,它的应用也越来越广泛。例如,各行各业的桌面办公系统、计算机网络的终端主机、工业自动控制系统中的智能设备、计算机辅助设计、计算机辅助教学及家庭娱乐等方面均大量使用微型计算机。可以说在当前的信息化社会中,微型计算机无处不在。

1.2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统

在学习微计算机技术课程时,首先要对微处理器、微型计算机和微型计算机系统这3个术语建立起一个统一的、层次化概念。这3个术语既有不同的含义,又存在着相互依存的关系。

1. 微处理器(microprocessor, μp)

微处理器本身不具备微型计算机硬件的全部功能,但它却是微型计算机控制和处理的核心。微处理器的全部电路做在一块超大规模集成电路中。随着微电子技术的发展,超大规模集成化的单片微处理器中所包含的功能部件越来越多,工作频率越来越高,性能也越来越强,微处理器的设计与制造技术达到了空前高的水平。微处理器不仅仅用作微型计算机的核心处理部件,在一些超级计算机中也采用了商业化的主流微处理器作为核心处理部件。微处理器的组成包括3个基本部分,如图1.1所示。

(1) 算术逻辑部件(ALU): 它既能执行算术运算(定点运算、浮点运算),又能执行逻辑操作(逻辑“与”、逻辑“或”等)。

(2) 寄存器: 每个微处理器中都有多个寄存器,用来存放操作数、中间结果、状态标志以及指令地址等信息。

(3) 控制部件: 微处理器控制部件根据当前所执行指令的要求,产生一定时序的控制

制信号,控制该指令所规定的操作的执行。例如,控制 ALU 的操作、控制寄存器之间的数据传送、控制微处理器与输入输出接口或存储器之间的数据传送等。

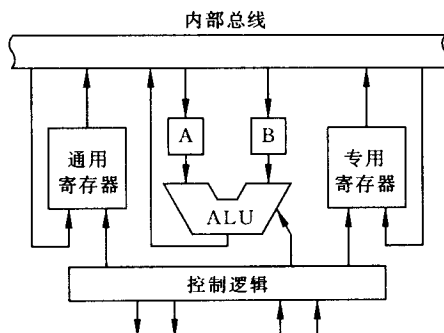


图 1.1 微处理器基本结构

这 3 个基本部分在微处理器内经内部总线连接在一起。微处理器的内部总线也称为数据路径(data path),它的结构及宽度对微处理器的性能有着关键性的影响。微处理器把一些信号通过寄存器或缓冲器送到集成电路的引线上,以便与外部的微型计算机总线相连接。

2. 微型计算机(microcomputer, μC)

微处理器是执行指令的核心部件,但它还不具备微型计算机的全部功能。如指令及操作数的加载、指令执行结果的转储等功能还必须借助于微处理器以外的功能部件的帮助。因此,以微处理器为核心,配上外围控制电路、存储器模块电路、输入输出接口电路并通过微型计算机的系统总线的连接就组成了微型计算机的基本硬件电路,如图 1.2 所示。

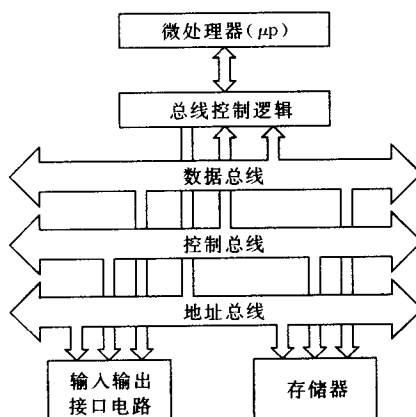


图 1.2 微型计算机基本结构

3. 微型计算机系统(microcomputer system)

微型计算机系统是在微型计算机所包含的基本硬件基础上,配置所需的外围设备为用户提供人机交互的手段及大规模数据的储存能力。但是,光有这些硬件还不够,微型

计算机系统还必须装有相应的软件(程序)才能形成信息处理的能力。软件包括系统软件、提供程序设计开发环境的软件(也称中间件)以及针对各种专门用途的应用软件。系统软件指的是可有效地管理计算机系统的各种资源,合理组织计算机的整个工作流程,为用户提供方便灵活操作环境的最基本的程序,如操作系统。中间件是指语言处理程序和工具类程序,例如,汇编语言及高级语言的编译程序、数据库管理程序、软件的调试工具以及为开发者提供方便的各种工具类程序等。应用软件是指用户根据自己的需要,针对某一实际问题而设计的程序,例如,管理信息系统程序、辅助设计程序(CAD)、辅助教学程序(CAI)等。

微处理器、微型计算机以及微型计算机系统三者的关系,如图 1.3 所示。

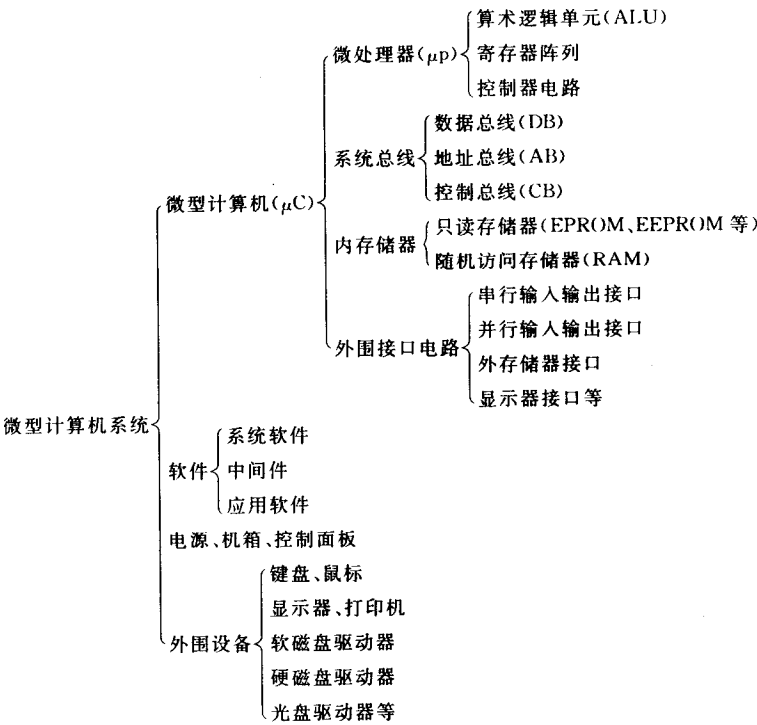


图 1.3 微处理器、微型计算机和微型计算机系统的关系

1.3 微处理器技术发展的概况

微处理器技术的发展是与微电子技术即大规模集成电路技术的发展分不开的。微电子技术以每 18 个月集成度提高一倍的速度迅速发展,为微处理器体系结构设计者提供了实现各种先进技术的舞台。以前只能在昂贵的大型计算机中采用的技术,今天在微处理器中几乎都采用了,微处理器及其外围支援器件的性能价格比已达到前所未有的水平。

微处理器是微型计算机系统的核心。微处理器技术的发展推动了整个微型计算机技

术的进步,使微型计算机系统的应用领域越来越广泛。现在微型计算机在处理速度、处理信息的种类、通信功能等各个方面都已达到或超过传统概念的工作站或小型计算机。

英特尔公司是当今世界上最大的微处理器生产厂商。20 世纪 80 年代初,世界上最大的计算机制造商 IBM 公司选定了英特尔公司制造的 16 位微处理器为核心,设计制造出 IBM PC 微型计算机系统。由于当时 IBM 公司采用了公开其所有技术的开放政策,因此大大地推动了微型计算机技术及产业的发展,使 IBM PC 的组成与结构很快成为微型计算机的工业标准。

此后英特尔公司用了近 5 年的时间(1985 年)推出了 80386 微处理器,完成了 16 位体系结构向 32 位体系结构的转变。80386 的研制成功是微处理器技术进步道路上的一个里程碑。在此之后,又经历了 4 年时间,80486 出现了。80486 的设计目标是提高指令执行速度和支持多处理器系统。80486 在芯片内部增加一个 8KB 的高速缓冲存储器(cache),还增加了相当于 80387 的浮点部件(FPU),在基本指令的实现上,采用硬布线逻辑而不是微程序技术。所有这些技术措施的采用,使得 80486 指令执行的效率大大提高,在相同主频下,其指令执行速度比 80386 快 2~3 倍。

1993 年 3 月,英特尔公司推出了第一代“奔腾”(Pentium)微处理器,微处理器技术发展进入了一个新的阶段。到目前为止,“奔腾”已有四代产品,其研制开发速度之快是前所未有的。“奔腾”的设计思想是把如何提高微处理器内部指令执行的并行性作为主导。指令执行的并行性越好,微处理器的性能就越高。当然,半导体工艺技术的提高使微处理器芯片的集成度及工作频率大大地提高,也为微处理器性能的迅速提高打下了物质基础。

从微体系结构的角度看,最早推出的 Pentium 与接下来出现的 Pentium/MMX (MMX,多媒体扩充技术)同属第一代“奔腾”微处理器产品,简称 P5。从 P5 开始,为了提高微处理器内部操作的并行性,首先把片内的一级高速缓冲存储器(L₁ cache)分为专门存放指令代码的 I cache 与专门存放操作数的 D cache 两部分,这就可使处理器取指令操作与访问数据的操作重叠进行。另外,在集成度允许的情况下,片内实现了多重功能部件,如两条整数操作执行流水线,这就是采用了超标量技术。为了使分支指令的执行不致影响流水线的连续运行,P5 微处理器中还实现了分支预测功能。这些技术的采用提高了微处理器内部指令执行的并行性,其总体性能得到明显地提高。

1995 年 2 月,英特尔公司推出了第二代的“奔腾”微处理器产品 Pentium Pro,简称 P6,中文名叫“高能奔腾”。P6 在保留并加强 P5 中所采用的提高片内操作并行性措施的基础上,又采用了两项重要的技术,以提高内部操作的并行性与各功能部件的工作效率。首先 P6 在处理器模块内部实现了第二级高速缓冲存储器(L₂ cache)。由于 L₂ cache 与微处理器核心的距离非常近,它们之间的数据交换频宽可做到等于或接近核心内部的工作频宽,这对处理器内部操作速度的提高是一个有力的支持。而在基于 P5 的系统中,L₂ cache 设置在主机板上,与处理器核心的距离很远,其数据交换的频宽就会大打折扣。另外,P6 采用的第二项创新技术是“无序执行”技术(out of order execution)。这项技术是在 P6 内部通过硬件电路将处理器预取到的 30 条指令进行分析,打破原来指令流的顺序,将那些已形成操作数的指令先行派送到流水线中去执行,尽量保证流水线高效不停地

运行,使处理器内部保持一个很高的指令执行并行度。P6 的微体系结构使英特尔公司微处理器性能及技术水平又进入了一个新的发展阶段。

1997 年 5 月英特尔公司推出了命名为 Pentium II 微处理器产品。Pentium II 可以说是具有 MMX 技术的 P6 微处理器,英特尔微处理器的体系结构从 P5 的内核全面转向 P6 的内核,Pentium II 的推出使英特尔微处理器产品正式进入第二代“奔腾”产品系列。

1999 年 3 月英特尔公司正式发布了它的第三代“奔腾”微处理器产品,命名为 Pentium III。Pentium III 仍然采用 Pentium Pro,即 P6 的动态执行微体系结构,具有 Intel 的 MMX 功能,提供了称为“数据流单指令多数据扩展”(SSE)的 70 条新指令支持先进的成像、三维图形、数据流音频与视频以及语音识别数据处理的要求。Pentium III 内部工作频率最高可达 1 133MHz,对外前沿总线主频为 100MHz 或 133MHz。

Intel 奔腾微处理器经历了 P5 至 P6 微体系结构的历程。自从 1995 年推出 P6 微体系结构后 Intel 在新结构的开发与推广上一直十分谨慎。2000 年 11 月 21 日,Intel 向全球正式宣布推出 Pentium 4 微处理器。Pentium 4 属于第四代奔腾微处理器,其微体系结构完全不同于 Pentium、Pentium II 和 Pentium III,是新一代的微处理器。Pentium 4 微处理器采用了称为 NetBurst 的全新 Intel 32 位微体系结构(IA-32)。该结构特别增强了互联网应用、图像处理、视频数据流处理、语音处理、三维图形处理等方面对性能要求的支持。其内部微体系结构有以下主要特点。Pentium 4 采用了超长流水线技术,流水线共有 20 级便于大幅度提高片内工作主频,它的起始频率为 1.4GHz。Pentium 4 采用了更为先进的动态执行技术,无序执行部件在 P6 内核的基础上进行了扩展,提高了分支预测的准确性。Pentium 4 处理器有两个双倍速度的 ALU 部件,它可在每个时钟周期的上升边与下降边之间执行指令,从而实现了在一个时钟周期内完成 4 个整数运算,加快了整数指令的执行速度。Pentium 4 有一个相当于 400MHz 的系统前端总线(FSB),可实现 3.2GB/s 的传输宽带。Pentium 4 把原来微体系结构中的一级指令高速缓存变成功能更加强大的“执行跟踪缓存”(execution trace cache),利用它可以从指令执行主回路中消除指令译码的延迟。Pentium 4 还采用了新的 SSE2 指令集,在原有的 SSE 指令集的基础上新增加了 76 组 SSE2 指令,增强了处理器在互联网应用、3D 图形处理及多媒体处理等方面的性能。

回顾了英特尔微处理器技术发展的概况,从最早的 8086 到目前的 Pentium 4,虽然微体系结构变化非常大,但这一系列微处理器一直保持着指令系统的向上兼容性。这样做的目的是为了保护软件开发方面的投资。现在人们习惯把这个一直保持着兼容性的指令系统称为 x86 指令系统。

20 世纪 80 年代以前,计算机的结构设计者为了解决当时出现的“软件危机”,不断地增加处理器指令系统的复杂性,使机器指令更加接近高级语言的语句。这样做的目的是使软件开发变得较为容易。但是这样做的结果是指令系统越来越大、寻址方式越来越多、指令的硬件实现也越来越复杂。后来人们把指令系统具有这种特点的计算机叫做复杂指令系统计算机(CISC)。DEC 公司的 VAX 系列机器是典型的 CISC 结构。x86 指令系统产生于 70 年代末,它的设计思想也属于 CISC 技术范畴。

通过对大量统计资料的研究,人们发现:一个指令系统中大约 20%的指令在程序中