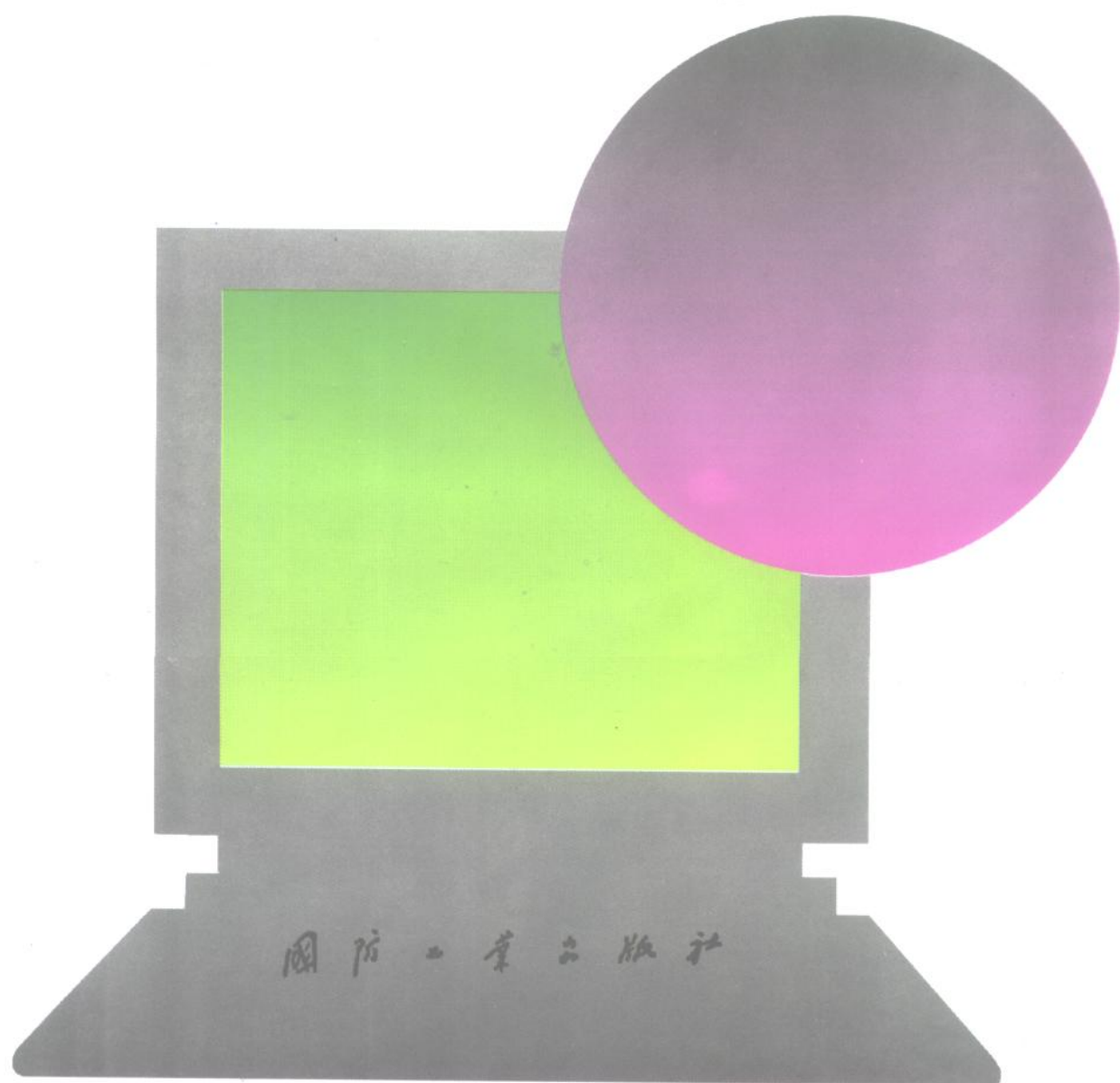


最流行软件丛书

谭浩强 主编

16 位/32 位微处理器 汇编语言程序设计

吴功宜 徐敬东 韩毅刚 曹勇 编著



国防工业出版社

TP312
W77

435136

16 位/32 位微处理器 汇编语言程序设计

吴功宜 徐敬东 韩毅刚 曹勇 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

16 位/32 位微处理器汇编语言程序设计/吴功宜等编著.

—北京:国防工业出版社,1997.2

(最流行软件丛书/谭浩强主编)

ISBN 7-118-01582-2

I. 16… II. 吴… III. 微处理机-汇编语言-程序设计
IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 01811 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¹/₄ 295 千字

1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月北京第 1 次印刷

印数:1—5 000 册 定价:16.90 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

丛书总序

电子计算机正以空前的速度发展,微型计算机更是其中的佼佼者,它几乎已深入到社会生活的一切领域。随着微型机的普及应用,众多的软件应运而生,其中有些软件因其功能丰富、实用性强、普及性好而流行于世。要使微型机发挥更大的作用,就必须掌握和熟悉这些软件的使用方法和技巧。为了适应广大初、中级计算机使用者的迫切需要,我们经过反复研究,特组织编写这套《最流行软件》丛书。我们企望尽此绵薄之力推动计算机在我国进一步普及应用。

本丛书采取“一种软件一本书”的模式,分别介绍国内广泛流行和经常使用的软件,力图突出其实用性强、普及面广、内容新颖、品种配套、概念清晰、通俗易懂等特点。

本丛书不同于计算机厂商销售的“使用手册”,也不同于一般教材。现在市面上有些译自国外资料的使用手册,虽然内容详实,但往往由于各种原因而难以阅读和理解,不适合于初、中级计算机使用者学习。考虑到多数读者的实际情况,我们采用循序渐进,深入浅出的编写方式,力求使那些从未接触过该软件的读者也可以做到“学了就能用,用了就见效”。限于篇幅不宜过大,每本书仅介绍该软件最基本、最常用功能的使用方法和技巧,不拟囊括其全部细节,也不列举较大规模的例题。一般也不详细介绍基本原理和名词概念,而以教会如何使用为目的。读者在掌握基本使用方法以后,可以通过实践更深入更巧妙地去使用有关软件。

考虑到国内微型机配置的现实情况,本丛书以 IBM PC 机及与其兼容的长城系列微型机上广泛使用的软件为主,兼顾其他。鉴于软件版本翻新很快,拟以当前广泛流行的版本为基础,并根据发展,不断更新。

本丛书的选题是根据我国软件应用发展状况和广大读者急需来确定的,特约高等院校和科研、设计单位有丰富实践经验的专家参加编撰,拟陆续分期分批奉献于世。“问渠哪得清如许,唯有源头活水来”。我们热切希望专家和读者能及时向我们提供有关信息,以使本丛书在选题、编撰、出版、发行等环节更具针对性和实时性。

本丛书无论在选题策划还是在编写细节上都可能会有不足甚至错误之处,恳切希望大家批评指正。谢谢!

丛书主编

谭浩强

前 言

在当今的计算机世界中,激烈的市场竞争促使了技术的飞速发展。各种微型机争奇斗妍,CPU的不断更新换代,给微型机世界带来了一片生机与活力。随着微型机在办公自动化、局域网、多媒体技术以及大量以图形为主的大型应用软件中的应用,以 Intel 8088、8086 与 80286 为 CPU 的低档微型机已不能满足人们的要求。Intel 80386、80486、Pentium 芯片的出现引起了微型机工业的重大变革。由于 32 位微处理器强大的芯片功能,可以构成多用户、多任务系统,而且价格低廉,因而引起了人们的高度重视。微型机的应用已经从简单的数值计算、文字处理向多媒体、网络、CAD、模式识别、智能控制、专家系统、图象处理等方向发展。

汇编语言是计算机能提供给用户的最快、最有效的语言,也是能够利用计算机所有硬件特性,直接控制硬件的语言。计算机的系统程序多数使用汇编语言编写。因而学习和掌握汇编语言程序设计方法是非常必要的。由于 80386/80486 微处理器可以工作在实地址模式、保护模式和虚拟 8086 模式下,所以 80386/80486 汇编语言具有 16 位和 32 位汇编语言编程的特点。本书针对 16 位/32 位汇编语言编程方法问题,讨论了 80386/80486 微处理器特点、汇编语言程序结构、数据组织、简单汇编语言程序设计与复杂汇编语言程序设计、保护模式程序设计,以及 80386/80486 与 8086、80286 兼容性问题。全书采取由浅入深、循序渐进的方法,结合编程实例,使读者易于理解和掌握。

本书由吴功宜、徐敬东、韩毅刚、曹勇编写。吴功宜执笔完成第一、二、十章,并负责全书统编、定稿;徐敬东执笔完成第三、八、九章;韩毅刚执笔完成第四、五、六、七章;曹勇参加第六、七章的编写。

南开大学刘瑞挺教授审阅了全书,并对全书内容的修改提出了宝贵的意见,在此谨表衷心的感谢。

限于编著者的水平,在本书的选材、内容与安排上恐有不妥之处与错误,恳请读者与同行批评指正。

编 者

内 容 简 介

《最流行软件》丛书由著名计算机教育专家谭浩强教授主编。本丛书采取“一种软件一本书”的模式,以教会如何使用为目的,分别介绍国内广泛流行和经常使用的软件,具有内容新颖全面、实用性强、品种配套、概念清晰、通俗易懂等特点。

本书是该丛书之一。全书分十章,分别讨论了16位/32位 Intel 微处理器的特点、80386/80486汇编语言程序结构、数据组织、汇编语言程序设计、保护模式程序设计,以及80386/80486与8086、80286兼容性问题。内容突出了16位/32位汇编语言编程的特点,采取由浅入深、循序渐进的方法组织全书的内容,使初学者易于掌握。

本书的主要读者对象是具有高中以上文化程度的初、中级计算机使用者,也可作为需要开拓计算机应用面的大、中专师生和科技工作者的自学读物。

目 录

第一章 Intel 微处理器结构	(1)
1.1 Intel 微处理器体系	(1)
1.1.1 Intel 微处理器的演变	(1)
1.1.2 Intel 微处理器的主要特点	(2)
1.2 Intel 32 位微处理器性能比较	(2)
1.2.1 80386 主要技术特点	(2)
1.2.2 80486 和 Pentium 的主要技术特点	(3)
1.2.3 Intel 32 位微处理器性能比较	(3)
1.3 80386 与 80486 结构	(5)
1.3.1 80386 结构设计的主要特点	(5)
1.3.2 80486 结构设计的主要特点	(6)
1.4 80386/80486 寄存器	(7)
1.4.1 80386/80486 寄存器类型	(7)
1.4.2 通用寄存器	(7)
1.4.3 段寄存器	(8)
1.4.4 指令指针寄存器	(9)
1.4.5 标志寄存器	(9)
1.4.6 控制寄存器	(11)
1.4.7 系统地址寄存器	(12)
1.4.8 调试寄存器	(13)
1.4.9 测试寄存器	(13)
1.5 数据类型与全地址类型	(13)
1.5.1 数据类型	(13)
1.5.2 全地址类型	(15)
第二章 寻址方式	(16)
2.1 寄存器寻址方式与立即寻址方式	(16)
2.1.1 寄存器寻址方式	(16)
2.1.2 立即寻址方式	(16)
2.2 存储器寻址方式	(16)
2.2.1 段基址与有效地址	(16)
2.2.2 存储器寻址方式	(17)
2.3 16 位与 32 位寻址的区别	(18)
第三章 存储器组织与管理	(20)
3.1 存储器组织	(20)
3.1.1 分段结构	(20)
3.1.2 逻辑地址	(20)

3.1.3 线性地址	(20)
3.1.4 物理地址	(21)
3.2 描述符与描述符表	(22)
3.2.1 段描述符	(22)
3.2.2 描述符表	(25)
3.2.3 定位描述符表的系统寄存器	(26)
3.3 存储器分页	(27)
3.3.1 分页机构	(27)
3.3.2 页目录与页表	(28)
3.3.3 页转换后备缓冲器	(29)
3.4 特权、保护及任务切换	(29)
3.4.1 特权与特权级	(29)
3.4.2 描述符访问和特权检查	(31)
3.4.3 任务切换	(33)
第四章 汇编语言程序结构	(35)
4.1 编程模型	(35)
4.1.1 寄存器组	(35)
4.1.2 语法元素	(36)
4.2 程序结构	(37)
4.2.1 程序框架	(37)
4.2.2 汇编程序的续行和注释	(38)
4.2.3 一个程序样例	(39)
4.3 汇编语言语句格式	(39)
4.3.1 伪指令格式	(40)
4.3.2 指令格式	(40)
4.4 标号和变量类型	(41)
4.5 段的组织	(43)
4.5.1 定义代码段和数据段	(43)
4.5.2 定义堆栈段	(47)
4.5.3 段访问的指定	(47)
4.5.4 段寄存器的初始化	(50)
4.6 程序的运行	(52)
4.6.1 程序的正常结束	(52)
4.6.2 程序的编译、连接和运行	(52)
第五章 汇编语言数据组织	(54)
5.1 变量的定义和预置	(54)
5.1.1 变量的存储分配	(54)
5.1.2 变量的属性	(55)
5.1.3 变量的定义及预置	(55)
5.1.4 数组的定义	(58)
5.2 标号	(59)
5.3 符号数据的使用	(60)
5.4 汇编语言表达式	(62)

5.5 操作符	(64)
5.5.1 操作符的优先次序	(64)
5.5.2 操作符的使用	(66)
5.6 指令操作数	(74)
第六章 简单汇编语言程序设计	(76)
6.1 指令的类型与格式	(76)
6.1.1 指令系统概述	(76)
6.1.2 指令的一般格式	(76)
6.2 数据传送指令与程序	(77)
6.2.1 传送类指令集	(77)
6.2.2 传送指令用法	(78)
6.2.3 数据传送程序举例	(83)
6.3 算术运算指令与程序	(85)
6.3.1 算术运算指令集	(85)
6.3.2 算术运算指令的用法	(85)
6.3.3 算术运算程序举例	(88)
6.4 逻辑运算指令与程序	(89)
6.4.1 逻辑运算指令集	(89)
6.4.2 逻辑运算类指令的用法	(90)
6.4.3 逻辑运算程序举例	(93)
6.5 转移指令与分支程序	(94)
6.5.1 转移指令集	(94)
6.5.2 转移指令的用法	(95)
6.5.3 分支程序举例	(97)
6.6 串操作指令与程序	(98)
6.6.1 串操作指令集	(98)
6.6.2 串操作指令的用法	(99)
6.6.3 串操作程序举例	(102)
6.7 循环指令与程序	(104)
6.7.1 循环指令集	(104)
6.7.2 循环指令的用法	(104)
6.7.3 循环程序举例	(105)
第七章 复杂汇编程序设计	(107)
7.1 结构	(107)
7.1.1 结构的概念	(107)
7.1.2 结构的定义	(107)
7.1.3 结构分配语句	(108)
7.1.4 结构变量及域的访问	(109)
7.2 记录	(110)
7.2.1 记录的概念和定义	(110)
7.2.2 记录分配语句	(111)
7.2.3 记录的访问	(112)
7.3 过程	(113)

7.3.1	过程的定义	(113)
7.3.2	过程的调用与返回	(114)
7.3.3	过程程序举例	(116)
7.4	宏调用	(118)
7.4.1	宏调用概述	(118)
7.4.2	宏调用的建立	(121)
7.4.3	预定义宏	(123)
7.4.4	代码宏	(128)
7.5	汇编程序应用实例	(131)
7.5.1	磁道格式化	(131)
7.5.2	屏幕保存与恢复	(132)
7.5.3	打印机的控制	(135)
第八章	80387/80287 协处理器结构及程序设计	(137)
8.1	80387/80287 结构及工作原理	(137)
8.1.1	浮点堆栈	(137)
8.1.2	80387/80287 环境	(138)
8.1.3	数据类型	(141)
8.2	80387/80287 指令集	(143)
8.2.1	数据传送指令	(143)
8.2.2	常数指令	(144)
8.2.3	算术指令	(145)
8.2.4	比较指令	(148)
8.2.5	超越指令	(150)
8.2.6	处理器控制指令	(152)
8.3	80387/80287 程序设计	(155)
8.3.1	整数与实数运算	(155)
8.3.2	超越函数计算	(162)
第九章	保护模式与程序设计	(169)
9.1	保护模式专用指令	(169)
9.1.1	保护模式控制指令	(169)
9.1.2	保护参数检验指令	(170)
9.2	保护模式系统启动和退出	(172)
9.2.1	保护模式建立方法	(172)
9.2.2	保护模式监督程序初始化	(173)
9.2.3	从保护模式返回到实地址模式	(179)
9.3	32 位程序设计	(181)
9.3.1	32 位算术运算	(181)
9.3.2	移动 32 位数据串	(183)
9.3.3	寻址 4GB 内存	(184)
9.3.4	索引和基地址寄存器的灵活性	(184)
9.4	中断与异常	(186)
9.4.1	中断与异常	(186)
9.4.2	中断服务过程	(187)

9.4.3 中断与异常优先级	(187)
9.4.4 异常错误码	(188)
第十章 80386/80486 与 8086、80286 的区别	(189)
10.1 实地址模式下 80386/80486 与 8086、80286 的区别	(189)
10.1.1 80386/80486 与 8086 微处理器的区别	(189)
10.1.2 80386/80486 与 80286 微处理器的区别	(190)
10.1.3 80386 与 80486 在实模式下的区别	(191)
10.2 虚拟 8086 模式下 80386/80486 与 8086 的区别	(192)
10.3 80386/80486 与 80286 应用程序兼容性问题	(192)
10.3.1 在 80386/80486 上运行 80286 程序	(192)
10.3.2 80486 与 80386/80387 系统的区别	(193)
10.3.3 80486 与 80286/80287 系统的区别	(194)
10.3.4 80486 与 8086/8087 系统的区别	(195)
10.4 16 位和 32 位混合模式	(196)
10.4.1 纯 16 位和纯 32 位模式	(196)
10.4.2 80386/80486 的 16 位与 32 位控制机制	(196)
10.4.3 数据类段的共享	(197)
10.4.4 16 位与 32 位代码段间的控制转移	(197)
10.4.5 中断/异常的控制转移	(198)
10.4.6 接口程序	(198)
参考文献	(198)

第一章 Intel 微处理器结构

1.1 Intel 微处理器体系

在 70 年代,8 位微处理器是 Intel 的 8080、8085, Motorola 的 6800、6808, 与 Zilog 的 Z80 形成三足鼎立之势。但发展到 16 位及 16 位以上微处理器时, Zilog 公司落后了。16 位及 16 位以上微处理器市场上形成了 Intel 与 Motorola 的两强争雄。Motorola 公司的 MC 68000 功能强于 Intel 8086, 在 workstation 领域得到广泛使用。但由于 IBM 公司推出的 IBM PC、PC/XT 与 PC/AT 及大量兼容机采用了 Intel 公司的微处理器芯片, 使得 Intel 公司实力大增。尤其是 Intel 32 位微处理器芯片 80386、80486 与 1993 年推出的 Pentium, 使 Intel 微处理器成为目前国际微型机市场首选的 CPU 芯片类型。因此了解 Intel 微处理器体系及其发展是非常必要的。

1.1.1 Intel 微处理器的演变

微处理器是微型机的核心, 它是利用超大规模集成电路技术将计算机 CPU 集成在一块硅片上。微型机性能的优劣基本取决于所选用微处理器芯片功能的强弱。Intel 公司作为全球最大的半导体器件制造商之一, 从 1971 年推出第一代 4 位微处理器到 1993 年推出最新微处理器 Pentium, 经历了 20 余年, 研制出 4 代微处理器产品, 形成了自身的微处理器体系。图 1-1 给出了 Intel 微处理器体系的演变过程。该图的横轴给出了不同产品推出的时间, 纵轴给出了不同产品的集成化程度(每种芯片所集成的晶体管数量)。

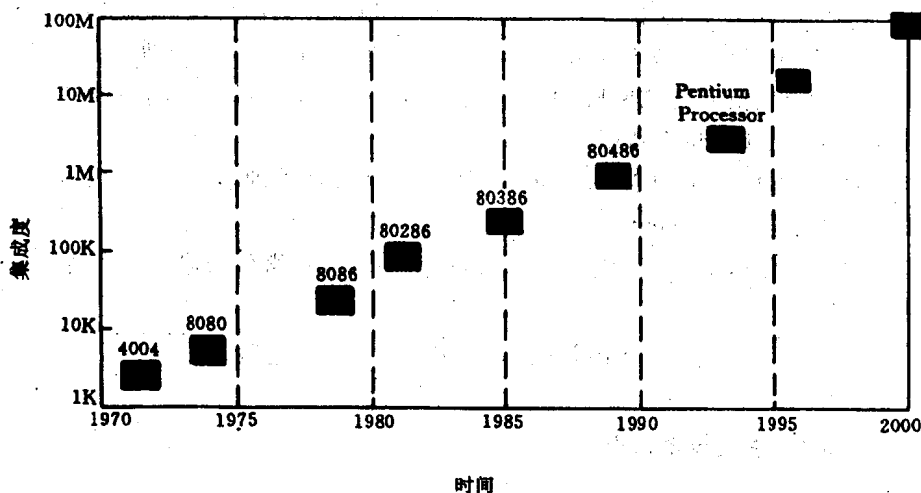


图 1-1 Intel 微处理器演变过程

1.1.2 Intel 微处理器的主要特点

一、第1代微处理器

Intel 第1代微处理器产品是1971年推出的4004及其改进型4040,它是一种4位的微处理器芯片,具备MPU的基本特点,有专用指令读入键盘数据,进行十进制运算,每次处理4位数据,能与键盘、存储器、显示器一起构成一个简单系统。

二、第2代微处理器

Intel 第2代微处理器产品是1972年推出的8008及其改进型8080。8080是一种8位的微处理器芯片,寻址空间为64KB。它集成了16位的算术逻辑单元(ALU)、6个通用寄存器,以及程序计数器、堆栈指示器、指令寄存器与译码器等,指令集包括78条指令。

三、第3代微处理器

Intel 第3代微处理器产品是1978年推出的8086,它是一种16位的微处理器。它的内部结构是16位的,数据总线是16位的。它能处理16位数据,具有16位的运算指令(包括乘法与除法指令),也能处理8位数据。它在汇编语言上与8080、8085兼容,还增加了多条16位操作指令。它有20根地址线,直接寻址能力可达1MB。

8088是8086的简化产品,它不是真正的16位芯片,它的内部总线是16位的,外部总线是8位的,可以说是一种准16位芯片。

80186与80188是另一种高集成度的16/8位微处理机芯片。它将8086/8088与其他常用的20多个器件集成在一块芯片上,降低了成本。同时它增加了10条指令,寻址空间仍为1MB。它可以使用数值协处理器80187,但仍然没有存储管理与保护部分。

80286是Intel公司1982年推出的真正16位、具有存储管理与保护机制的微处理器芯片。它有两种运行方式:实地址模式和虚拟地址保护模式。虚拟地址保护模式也称做保护模式。在实地址模式中,80286兼容了8086的全部功能,8086的汇编语言源程序可以不做任何修改在80286中运行。在保护模式中,它将实地址模式的能力与存储器管理、对虚拟存储器的支持,以及对地址空间的保护集为一体,因而能可靠地支持多用户系统。

四、第4代微处理器

1985年10月Intel公司推出了与8086、80286相兼容的高性能32位微处理器——80386,它揭开了Intel公司第4代微处理器的序幕,象征着32位微处理时代的到来。目前,以80386为CPU的各种微型机、工作站与多用户系统相继问世,标志着微型机向更高档方向发展,其应用领域也不断拓宽。

继80386之后,Intel公司于1989年又推出了80486微处理器;1993年又推出了更高性能的32位微处理器——Pentium。

80386、80486与Pentium构成了当前Intel第4代32位微处理器系列产品。

1.2 Intel 32位微处理器性能比较

1.2.1 80386 主要技术特点

80386是Intel公司为支持多任务操作的多种操作系统(如MS-DOS、UNIX、OS/2、

NextStep、Solaris 等)而设计的 32 位微处理器。由于 80386 有 32 位的寄存器和数据通路,因此可以支持 32 位的地址与数据类型。

80386 能够支持 4GB 的内存物理空间,以及 64TB 的虚拟存储空间;支持多任务系统;支持段式管理与页式管理;支持 4 级特权集,对任务与任务之间、任务与操作系统之间进行严格的保护隔离。由于采用指令流水线工作方式、较高的总线带宽、片内地址转移等措施,系统速度可以达到 4MIPS。

1.2.2 80486 和 Pentium 的主要技术特点

80486 芯片相当于将 80386 与一片数值协处理器 80387、一片 8KB 的高速缓冲存储器 Cache 集成在一起。其中 8KB Cache 用来存放指令与数据。由于访问内部 Cache 的速度远高于访问存储器的速度,因而可以大大提高系统性能,也减少了处理器使用外部总线的时间。而且对内部 Cache 的操作完全由系统自动进行,对用户是透明的。80486 的常用指令运行时间为 1 个时钟周期,系统速度可达 20MIPS。

Intel 公司自 1989 年推出 80486 之后,人们一直注意着 80586 微处理器的问世。到 1992 年 Intel 正式将继 80486 之后新一代微处理器称为“Pentium”。Intel 不采用 80586 这一提法的原因主要有两点:一是商标的版权问题;二是说明 Intel 的微处理器设计由 CISC 技术向 RISC 技术过渡。出于商业原因,Intel 在产品宣传中不突出 RISC 技术,而只用“超标量”,即 Pentium 采用“双流水线超标量体系结构”。

Pentium 的主要结构特点是:分开的指令 Cache 与数据 Cache,容量均为 8KB;硬件上分开两个整数执行流水线,可以有分开的地址产生部件与算术逻辑单元 ALU,可以在一个运行周期中发送两条整数指令;具有片上浮点寄存器、加法与乘/除法器,可以在一个运行周期发送一条或两条浮点指令;它采用转移预测策略,使用两个预取缓冲器,一个以顺序方式预取指令,一个按转移预测设置的转移目标缓存 BTB 预取指令,所需指令永远是在执行前预先取出。Pentium 的片上存储管理部件与 80386、80486 完全兼容。

Pentium 的内部总线是 32 位,但与外部存储器接口总线是 64 位,因而处理器与存储器之间数据传输速率达 528MB/s,它的软件与 80386、80486 兼容,工作频率为 60MHz 与 66MHz 两种,系统速度可达 100MIPS。Pentium 支持多用户操作,可以在 Window NT、OS/2、UNIX、Solaris 操作系统中运行,可用于局域网 client/server、虚拟实景、文字与语音识别、三维模型运算等更为广泛的应用领域。

1.2.3 Intel 32 位微处理器性能比较

图 1-2 给出了 Intel 32 位微处理器系列 80386、80486 与 Pentium 不同型号产品 iCOMP™指数的比较。Intel iCOMP™指数是 Intel 公司制定的评价不同微处理器产品性能的参数,它可以反映不同的 Intel 微处理器产品之间相对的性能差异。

80386 是 Intel 公司 32 位微处理器的第 1 代产品,它有 32 位的寄存器和数据通道,支持 32 位的地址和数据类型,是为支持多任务操作进行优化的操作系统而设计的 32 位微处理器。80486 借用了 80386 指令流水线、RISC 的设计思想,继续保持与早期 80286、

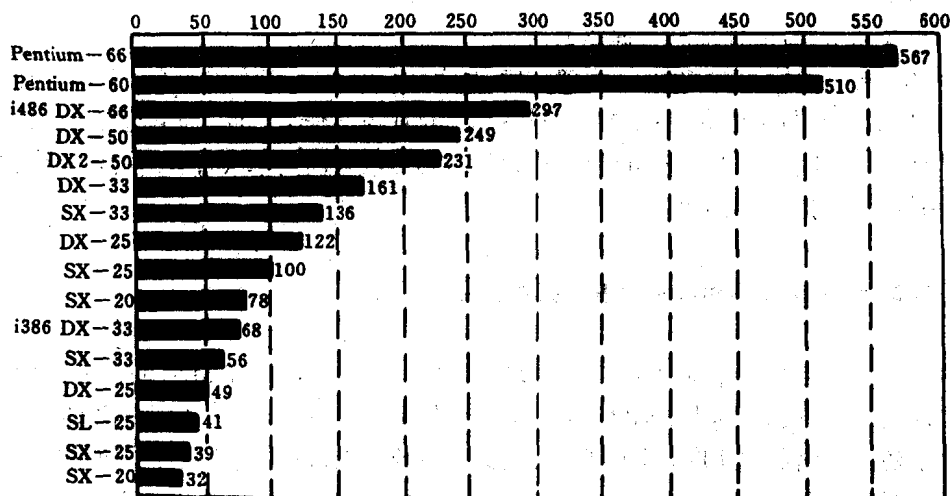


图 1-2 Intel 32 位微处理器 iCOMP™ 指数比较

80386 软件的兼容。80486 芯片内部包括 1.2M 只晶体管,是 80386 的 4 倍以上。80486 用静态 RAM 作为指令、数据共用的 Cache;它采用成组传送方式,能在一个时钟周期内传送 32 位数据,因此 80486 的性能明显高于 80386。

从 8086 到 80386,再从 80386 到 80486 直至 Pentium,可以看出 Intel 微处理器的发展趋势和特点:

- (1) 遵循开放式标准,保持兼容性;
- (2) 结构设计从 CISC 向 RISC 过渡;
- (3) 功能升级,扩大应用范围。

市场是一个公司发展的生命线。目前,以 Intel 微处理器为 CPU 的微型机数量庞大,每种微型机已经开发出很多种应用软件。因此,无论技术如何发展,Intel 公司的微处理器研制一定会保持它们的兼容性,否则它将失去巨大的市场。

与此同时,采取功能升级,使基于 Intel 微处理器的微型机性能提高,而又保持整机的兼容性,这是 Intel 微处理器升值设计的基本思想。微型机的应用已从简单的数值计算、文字处理向多媒体、局域网、工程 CAD、模式识别中的文字与语音识别、专家系统,以及以图形界面为特征的立体图形与动态视频图象处理等方向发展。微型机的机型也已从单一的办公室“桌面电脑”发展成“便携电脑”、“笔记本电脑”等多种类型。微型机的应用软件也已从早期的文字处理软件、电子数据表发展到支持多种先进的图形用户界面的 Windows 3.1、Presentation Manager、X Windows、DESQview、OSF/Motif、Open Desktop 等。微处理器除支持 DOS 操作系统之外,还需要支持目前流行的 UNIX、OS/2、NetStep、Solaris 等操作系统。

Intel 公司预计:到了 2000 年,微处理器将会以 250MHz 的时钟频率操作,性能可能高达 2000MIPS;芯片将可能集 100M 个晶体管;而且要将多个中央处理器、高速数字运算单元及一个“智能”人机界面综合起来,以应付动态全景视频图象处理、语音与文字识别技术等要求。Intel 公司正向着这个目标进行研究与开发。

1.3 80386 与 80486 结构

1.3.1 80386 结构设计的主要特点

80386 是真正的 32 位微处理器,它使用了 32 位寄存器、32 位指令、32 位地址总线、32 位数据总线、32 位内部控制总线、32 位外部总线接口,同时它能够支持 8 位、16 位和 32 位的数据运算。

80386 能够寻址的物理存储器空间可达 4GB,能够寻址的虚拟存储器空间可达 64TB。集成的存储器管理和保护机制包括地址转换寄存器、支持操作系统的保护机制与多任务操作的硬件。

80386 扩展了 8088、8086、80186 与 80286 的体系结构,增加了指令条数、寻址方式与数据类型。80386 的存储器管理部件,可以对存储器进行系统管理,它允许分段管理、分页管理,也可以不分段、不分页管理,同时还考虑了存储保护功能。80386 扩展了 80286 的分段模型,支持 4GB 的物理存储器的分段。同时还提供了标准的两级分页机制作为物理存储管理。80386 允许程序使用虚拟存储器。这就使得 80386 能够处理那些所需的存储容量要比实际物理存储容量大得多的应用程序。80386 的虚拟存储能力已超过某些大型机的能力。

从 80386 的结构看,它由以下 3 个基本单元构成:

- (1)中央处理器(CPU);
- (2)存储器管理单元(MMU);
- (3)总线接口单元(BIU)。

中央处理器 CPU 是由指令单元与执行单元组成。指令单元可以预取指令,并且能对指令操作码进行译码,将译码后的指令操作码排入指令队列,供执行单元使用。指令单元包括 8 个可用于数据操作与地址计算的 32 位通用寄存器,一个 64 位的桶形移位器(barrel shifter),用于加速移位、循环、乘、除操作;这样可以使典型的 32 位乘法可以在 1 μ s 内执行。

存储器管理单元 MMU 由分段单元与分页单元组成。分段单元通过提供一个额外的寻址单元对逻辑地址空间进行管理,可以实现任务之间的隔离与指令、数据区的再定位。分页单元提供对物理地址空间的管理,每一页为 4KB;每一段可以是一页或多页。为实现虚拟存储器系统,80386 支持对所有页与故障的完整的再启动功能。

为了使应用程序与操作系统相互隔离,并各自得到保护,分段单元提供了由硬件实现的 4 级保护,使各个系统的设计达到高度的完整。

80386 可以工作在实地址模式和保护模式,实地址模式可以看成 8086 模式。与 8086 不同之处是:速度快、功能强,需要时可以扩展为 32 位。保护模式支持多任务,其中某些任务可以工作在虚拟 8086 模式。工作在实地址模式或保护模式中的虚拟 8086 模式的 80386 可以运行 8086 与 8088 模式。

由于保护模式下的虚拟 8086 模式与非 8086 模式存在着重大区别,有时也将保护模式下的非虚拟 8086 模式称为保护模式。这样 80386 也可以说工作在 3 种模式下:实地址

模式、保护模式与虚拟 8086 模式。这一点,80486 与 80386 是相同的。保护模式需要提供复杂的存储器管理与分页管理和特殊功能。在保护模式下,软件可以通过切换转入虚拟 8086 模式。在这种模式下,每个任务都用 8086 的语义进行,因而可以运行 8086 的各种应用软件和整个操作系统。通过分页与模拟 I/O 指令,各种虚拟 8086 任务可以与 80386 主操作系统相互隔离并受到保护。

采用流水线结构是 80386 的一个重要特点。

80386 流水线结构可以分为 3 个基本组成单元:

- (1)指令流水线(Instruction Pipeline);
- (2)执行单元(Execution Unit);
- (3)地址流水线(Address Pipeline)。

组成指令流水线的逻辑单元为:

- (1)总线接口单元(BIU, Bus Interface Unit);
- (2)预取单元(Prefetch Unit);
- (3)指令译码单元(Instruction Decode Unit)。

组成执行单元的逻辑单元为:

- (1)控制单元(Control Unit);
- (2)数据单元(Data Unit);
- (3)保护测试单元(Protection Test Unit)。

组成地址流水线的逻辑单元为:

- (1)分段单元(Segmentation Unit);
- (2)分页单元(Paging Unit)。

以上 8 个逻辑单元(含指令流水线、地址流水线共享的总线接口单元)组成 80386 的基本结构,它们可以独立运行,又可以相互配合并行操作,高速高效完成 80386 指令与数据处理功能。

80386 硬件支持调试功能,增加了数据断点与 ROM 断点。

80386 提供 4 级特权级,0 级为最高级,其次是 1、2、3 级。0 级、1 级和 2 级用于操作系统,3 级用于应用程序。

80386 在每条指令执行期间要对指令特权级、类型、内存越界等进行保护性检查,以确保系统的安全性。

1.3.2 80486 结构设计的主要特点

80486 芯片内部件是经过优化的集成化程度更高的部件,它有与 80387 完全兼容的主处理器,与 80387 完全兼容的浮点运算的数值协处理器、一整套虚拟存储管理与保护系统、一个标准统一的程序与数据共用的高速缓存 Cache,以及总线监视与多重处理支持设施等。为提高系统性能并增强功能,80486 又增加了一些局部部件与 6 条新的 80386 没有的指令。80486 基本的指令系统、存储管理、程序设计模型、进程管理措施都与 80386 相同。

在设计 80486 微处理器时,主要注意了以下 4 个问题: