

高等院校计算机教育系列教材



微型计算机 接口技术

邓亚平 陈昌志 编著

0101100101101110
0101100101101110
0101100101101110



清华大学出版社

高等院校计算机教育系列教材

微型计算机接口技术

邓亚平 陈昌志 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以现代微型计算机为主要对象,系统深入地论述了以 CPU 为核心的微机各部件之间的关系。从微型计算机系统的角度阐述了微型计算机的基本工作原理、各种 I/O 接口以及常用 I/O 设备的结构与连接使用方法。其主要内容包括: I/O 端口地址译码技术、总线、存储器及其接口、定时器/计数器接口、中断控制接口、DMA 接口、并行接口、串行通信接口、键盘与鼠标器接口技术、显示器接口技术、多媒体设备及其接口、磁盘接口、打印机接口、A/D 与 D/A 转换器接口等。本书内容全面,对各种新的接口标准都进行了讲述。

本书可以作为高等院校计算机专业及相近专业的本科、研究生教材,也可作为从事微型计算机应用与开发的工程技术人员的参考书。

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

微型计算机接口技术/邓亚平,陈昌志编著.—北京:清华大学出版社,2005.5

(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 7-302-10629-0

I.微… II.①邓…②陈… III.微型计算机—接口—高等学校—教材 IV.TP364.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 019186 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

组稿编辑: 刘建龙

文稿编辑: 杨作梅

封面设计: 陈刘源

排版人员: 叶燕飞

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印 张: 29.75 字 数: 708 千字

版 次: 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10629-0/TP·7200

印 数: 1~4000

定 价: 35.00 元

前 言

微型计算机接口技术是高等院校计算机本科专业的核心课程，也是其他相近专业的必修课程。本课程主要介绍微型计算机作为信息或控制系统的核心与外界联系(广义输入/输出)的基本原理和方法，同时也是微型计算机硬件与软件衔接而构成系统的一个重要领域。本课程的任务是使学生从系统的角度出发，在理论和实践上掌握微机系统的基本组成、工作原理、接口电路及硬件的连接，使学生具有微机应用系统硬件开发的能力。

从第一台微型计算机问世以来，近 30 年的时间微型计算机技术有了飞速的发展，因而其接口技术也有了很大的变化。本书力求在保持教学内容相对稳定的同时，尽可能地反映现代微型计算机接口技术的最新成果。

本书的主要内容包括：I/O 端口地址译码技术、总线、存储器及其接口、定时器/计数器接口、中断控制接口、DMA 接口、并行接口、串行通信接口、键盘与鼠标器接口技术、显示器接口技术、多媒体设备及其接口、磁盘接口、打印机接口、A/D 与 D/A 转换器接口等。本书内容全面，对各种新的接口标准都进行了讲述。

作者根据多年从事微型计算机接口的科研和教学工作的实践编写了此书。在编写过程中，力求做到：

- (1) 在内容安排上，尽量适合学生学习的特点，循序渐进、深入浅出，注重微型计算机接口的应用方法和技能的传授；
- (2) 注重教材的先进性，力求反映当前微型计算机接口技术发展的最新成果；
- (3) 兼顾教材的系统性与科学性，既考虑知识和技能的科学体系，又遵循教育规律，注意内容的取舍以及与相关课程的衔接，并尽量避免内容重复；
- (4) 力求文字精炼、语言流畅，并注重向学生传授灵活的学习方法；
- (5) 习题具有思考性和启发性，有利于培养学生的创新能力。

本书的第 1 章~第 4 章由邓亚平编写，第 5 章~第 14 章由陈昌志编写。全书由邓亚平统稿和最后定稿。在本书的编写过程中，殷科、刘强、徐震和董世容参加了部分录入及插图工作，在此一并向他们表示感谢！

由于作者水平有限，编写时间仓促，书中难免有错误或不当之处，殷切希望广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.3.1 VL 总线.....	58
1.1 微处理器的发展.....	1	2.3.2 PCI 总线.....	59
1.1.1 从 8086 到 Pentium.....	1	2.4 PCMCIA 扩展总线.....	63
1.1.2 从 Pentium Pro 到 Pentium 4	3	2.4.1 PCMCIA 的硬件规格.....	63
1.2 微处理器的性能评测标准.....	5	2.4.2 PCMCIA 的软件接口.....	64
1.2.1 iCOMP 指数.....	6	2.5 AGP.....	64
1.2.2 P-Rating 指数.....	9	2.5.1 产生的背景.....	65
1.3 Pentium 处理器.....	10	2.5.2 AGP 的特点.....	65
1.3.1 Pentium 的内部结构.....	10	2.5.3 AGP 的工作模式.....	66
1.3.2 Pentium 的寄存器结构.....	16	2.5.4 AGP 与 PCI 的关系.....	66
1.3.3 Pentium 的引脚信号.....	25	2.6 通用串行总线.....	67
1.4 微机接口技术的基本概念.....	30	2.6.1 USB.....	67
1.4.1 硬件接口.....	30	2.6.2 IEEE 1394 总线.....	72
1.4.2 软件接口.....	30	2.6.3 IEEE 1394 总线与 USB 的比较.....	77
1.4.3 接口技术.....	31	2.7 现场总线.....	78
1.5 接口的组成.....	31	2.7.1 现场总线概述.....	78
1.6 I/O 端口地址译码技术.....	32	2.7.2 现场总线的几种类型.....	85
1.6.1 I/O 端口及其编址方式.....	32	2.7.3 基金会现场总线 FF.....	88
1.6.2 I/O 端口地址分配.....	35	2.8 本章小结.....	94
1.6.3 I/O 端口地址译码.....	37	2.9 习题与思考题.....	94
1.7 本章小结.....	43	第 3 章 存储器及其接口.....	96
1.8 习题与思考题.....	44	3.1 概述.....	96
第 2 章 总线.....	45	3.1.1 对存储设备的要求.....	96
2.1 总线的基本概念.....	45	3.1.2 存储设备的分类.....	97
2.1.1 总线的规范.....	45	3.2 半导体存储器.....	97
2.1.2 总线的性能指标.....	45	3.2.1 易失性存储器.....	98
2.2 系统总线.....	47	3.2.2 非易失性存储器.....	103
2.2.1 IBM PC 总线.....	48	3.3 内存的管理.....	106
2.2.2 ISA 总线.....	50	3.3.1 80X86 系列 CPU 的 两种内存管理模式.....	106
2.2.3 MCA 总线.....	54	3.3.2 PC 系列微机的 存储器空间.....	109
2.2.4 EISA 总线.....	56		
2.3 局部总线.....	57		

3.3.3 常规内存的管理	111	5.1.4 PC 系列机的中断系统	169
3.3.4 扩展内存的管理	112	5.2 8259A 中断控制器	177
3.4 存储器接口技术	112	5.2.1 8259A 的引脚信号和 内部结构	177
3.4.1 存储器接口中应考虑 的几个问题	113	5.2.2 中断响应周期	182
3.4.2 存储器地址译码方法	114	5.2.3 8259A 的命令字	183
3.5 主存储器接口	120	5.3 8259A 在微机系统中的应用	193
3.5.1 EPROM 与 CPU 的接口	120	5.3.1 8259A 的编程	193
3.5.2 SRAM 与 CPU 的接口	123	5.3.2 非常驻的中断服务 程序编程模式	196
3.5.3 DRAM 与 CPU 的接口	126	5.4 APIC 技术	198
3.6 高速缓冲存储器的接口	131	5.4.1 Pentium 的中断处理机制	198
3.6.1 高速缓冲存储器的特点	132	5.4.2 APIC 子系统	200
3.6.2 高速缓冲存储器 的体系结构	132	5.4.3 APIC 工作模式	205
3.7 本章小结	134	5.5 本章小结	207
3.8 习题与思考题	134	5.6 习题和思考题	208
第 4 章 定时器/计数器接口	136	第 6 章 DMA 接口	209
4.1 8254 可编程定时器/计数器	137	6.1 DMA 概述	209
4.1.1 8254 的引脚信号和 内部结构	137	6.1.1 DMA 简介	209
4.1.2 8254 的控制字	141	6.1.2 DMA 控制器的基本功能 和工作过程	211
4.1.3 8254 的工作方式	142	6.2 8237A DMA 控制器	212
4.2 8254 在 PC 系列机中的应用	148	6.2.1 8237A 的引脚信号	213
4.2.1 8254 编程	148	6.2.2 8237A 的内部机构 及操作方式	214
4.2.2 8254 在 PC 系列机 中的应用	151	6.3 8237A 在 PC 系列机中的应用	224
4.3 MC146818 及其应用	157	6.3.1 8237A 在 PC/XT 机 中的应用	225
4.3.1 MC146818 的引脚信号 和内部结构	157	6.3.2 8237A 在 PC/AT 机 中的应用	226
4.3.2 MC14818 在 PC/AT 机中的应用	162	6.4 8237A 的编程举例	227
4.4 小结	164	6.5 本章小结	231
4.5 习题与思考题	164	6.6 习题与思考题	232
第 5 章 中断控制接口	166	第 7 章 并行接口	233
5.1 中断系统概述	166	7.1 并行接口与并行通信	233
5.1.1 中断请求与中断源	167	7.2 8255A 可编程并行接口芯片	234
5.1.2 中断系统的功能	167	7.2.1 8255A 的引脚信号	234
5.1.3 中断响应	168	7.2.2 8255A 的内部结构	235

7.2.3 8255A 的控制字和 工作方式	237	9.3.2 PC/XT 机与键盘的接口	325
7.3 8255A 的编程及应用	248	9.3.3 PC/AT 机与键盘的接口	327
7.3.1 8255A 的编程	248	9.4 鼠标器接口技术	330
7.3.2 8255A 的应用	249	9.4.1 鼠标器的分类	330
7.4 本章小结	255	9.4.2 鼠标器的工作原理	331
7.5 习题与思考题	256	9.4.3 鼠标器与主机的接口	331
第 8 章 串行通信接口	257	9.5 本章小结	332
8.1 串行通信基础	257	9.6 习题与思考题	332
8.1.1 串行通信中的基本概念	257	第 10 章 显示器接口技术	333
8.1.2 串行通信的数据格式	263	10.1 LED 显示器接口技术	333
8.1.3 串行通信标准	268	10.1.1 LED 显示器的原理	333
8.1.4 串行通信接口的功能 及传输控制器的环测	277	10.1.2 LED 显示器的接口	334
8.2 8251A 可编程串行接口芯片	278	10.2 CRT 显示器接口技术	336
8.2.1 8251A 的引脚信号	278	10.2.1 CRT 显示器概述	336
8.2.2 8251A 的内部结构	280	10.2.2 单色显示适配器 MDA	338
8.2.3 8251A 的工作方式	282	10.2.3 彩色图形适配器 CGA	340
8.2.4 8251A 的编程	285	10.2.4 增强型图形适配器 EGA 和视频图形阵列 VGA	341
8.3 16550 可编程串行接口芯片	294	10.2.5 Super VGA	343
8.3.1 16550 的引脚信号	294	10.3 LCD 显示器接口技术	350
8.3.2 16550 的内部结构	297	10.3.1 LCD 显示器的原理	351
8.3.3 16550 的内部寄存器	300	10.3.2 LCD 显示器的接口	353
8.3.4 16550 在 PC 系列机 中的应用	306	10.4 显示器的新技术	354
8.4 本章小结	309	10.5 本章小结	357
8.5 习题与思考题	309	10.6 习题与思考题	358
第 9 章 键盘与鼠标器接口技术	311	第 11 章 多媒体设备及其接口	359
9.1 键盘的工作原理	311	11.1 多媒体计算机概述	359
9.1.1 编码键盘	311	11.1.1 多媒体的概念	359
9.1.2 非编码键盘	312	11.1.2 多媒体技术的主要特点	360
9.2 键盘接口芯片	314	11.1.3 多媒体计算机的 关键技术	361
9.2.1 8279 的引脚信号	314	11.2 多媒体功能卡	363
9.2.2 8279 的内部结构	316	11.2.1 音频卡	364
9.2.3 8279 的命令字/状态字	317	11.2.2 视频卡	369
9.2.4 8279 的编程	321	11.2.3 乐器数字接口(MIDI)	374
9.3 PC 系列机的键盘	323	11.3 光盘存储设备	380
9.3.1 PC 系列机键盘工作原理	323	11.3.1 光盘存储设备的分类	380
		11.3.2 光盘的数据存储容量	384

11.3.3 CD-ROM 光盘 及其驱动器	384	13.3 IEEE 1284 标准并行外设接口	437
11.3.4 CD-ROM 的数据结构	385	13.3.1 概述	437
11.3.5 CD-ROM 的文件结构	386	13.3.2 IEEE 1284 的传输方式	437
11.3.6 DVD 光盘	387	13.4 本章小结	442
11.4 本章小结	388	13.5 习题与思考题	442
11.5 习题与思考题	389	第 14 章 A/D 与 D/A 转换器接口	444
第 12 章 磁盘接口	390	14.1 D/A 转换器接口技术	444
12.1 磁盘及其接口	390	14.1.1 D/A 转换器接口的 主要性能指标	444
12.1.1 磁盘的结构	390	14.1.2 8 位 D/A 转换器 接口设计	447
12.1.2 磁盘接口	396	14.1.3 12 位 D/A 转换器 接口设计	451
12.2 硬盘及其接口	401	14.2 A/D 转换器接口技术	453
12.2.1 硬盘的结构	401	14.2.1 A/D 转换器接口的 主要性能指标	454
12.2.2 硬盘接口	410	14.2.2 8 位 A/D 转换器 接口设计	455
12.3 本章小结	429	14.2.3 12 位 A/D 转换器 接口设计	460
12.4 习题与思考题	429	14.3 本章小结	465
第 13 章 打印机接口	430	14.4 习题与思考题	465
13.1 Centronics 标准打印机接口	430	参考文献	466
13.2 PC 系列机的并行打印机接口	431		
13.2.1 PC 系列机打印机 适配器的结构	431		
13.2.2 打印机适配器的编程	432		
13.2.3 打印机适配器的应用	433		

第 1 章 绪 论

1.1 微处理器的发展

微处理器诞生于 20 世纪 70 年代初, 是大规模集成电路发展的产物。在这之前, 计算机的发展经历了电子管计算机时代、晶体管计算机时代和中小规模集成电路计算机时代。大规模集成电路于 1970 年研制成功, 开创了微处理器计算机时代。第一个微处理器是 1971 年底美国 Intel 公司生产的 4004。Intel 4004 主要用来处理算术运算, 它集成了 2300 多个晶体管, 具有 4 位带宽, 工作频率为 108kHz, 寻址空间只有 640B。经过 30 多年的发展, 随着集成电路技术的飞速发展和大量新技术的涌现, 微处理器得到了惊人的发展, 从 4 位、8 位、16 位到 32 位机, 目前已经研制开发出了 64 位的微处理器。

1.1.1 从 8086 到 Pentium

1978 年 6 月, Intel 公司推出了 16 位 CPU——8086。它的出现成为 20 世纪 70 年代微处理器发展过程中的重要分水岭。8086 是真正的 16 位 CPU, 其内部集成了 29000 多个晶体管, 主频速率达 5MHz、8MHz、10MHz, 数据线 16 条, 地址线 20 条, 寻址空间达到了 1MB, 第一次超过 640KB。8086 芯片有 40 个引脚数, 共 133 条指令集。

1979 年 6 月, Intel 推出的 8088 是 8086 的一个简化版本, 时钟频率为 4.77MHz, 它将 8 位数据总线独立出来, 减少了管脚, 因此成本也较低。1980 年, 美国 IBM 公司采用 Intel 的 8086 与 8088 作为其个人计算机 IBM PC 的 CPU, 微型计算机从此诞生。

80286 芯片于 1982 年 2 月 1 日正式发布, 这是 Intel 公司推出的性能更完善和功能更强的高档 16 位微处理器, 它集成了 13.4 万个晶体管, 时钟频率由最初的 8MHz 逐步提高到 20MHz, 地址总线为 24 位, 指令集有 143 条, 芯片引脚 68 根。80286 和 8086 都是 16 位的微处理器, 但是 80286 有明显的改进, 其真正的闪光点在于以下 3 点。

- (1) 它首次提出了实方式和保护方式这两种对 CPU 不同的操作方式。保护方式的提出使得 80286 突破了 8086/8088 受 16 位地址总线制约而不能遍访 1MB 以上的存储空间这一关键约束, 而 80286 的 24 位地址总线使得它可以访问到 16MB 地址空间。
- (2) 由于引进了段描述符表的概念, 80286 可以访问 1GB 的虚拟地址空间, 它可以将在 1GB 虚拟空间中的任务映射到 16MB 空间中去, 从而使多任务并行处理成为可能。这对后来的多任务操作系统的普及是至关重要的。
- (3) 80286 是第一款“100%完全向下兼容”的 Intel 微处理器。

8086、8088 和 80286 都是 16 位微处理器, 属于 Intel 的第三代微处理器(P3)。

1985 年 10 月, Intel 推出了它的新一代微处理器——32 位的 80386DX。80386DX 是一

块集成了 27.5 万个晶体管的全 32 位微处理器,其时钟频率最初为 12.5MHz,后很快提高到 20MHz、25 MHz 和 33 MHz,数据总线和地址总线均为 32 位,具有 4GB 的物理寻址能力,有 154 条指令集,132 根引脚。80386 提供了一种叫做“虚拟 8086”的工作方式,使得芯片能够同时模拟多个 8086 处理器,以同时运行多个 8086 应用程序,从而保证了多任务处理能够向下兼容。为了加快浮点操作速度,80386 还成功地推出了协处理器——80387(也称浮点运算部件)。80386 的成功为日后 80486 及 Pentium 的研制奠定了技术基础。

Intel 公司除了推出标准的 80386 芯片(80386 DX)外,还推出了另外几种型号的 80386。80386 SX 的推出便于微处理器同外部设备进行通信,因为当时的外部设备大部分都是 16 位。80386 SX 外部数据总线只有 16 位,内部结构与 80386 相同,也采用了 32 位的内部数据总线,是一种准 32 位的处理器。80386 SX 地址总线为 24 位,最大寻址范围 16MB,引脚 100 根。

80 年代末期,出现了采用大、中型计算机系统结构设计的技术或最先进的集成工艺技术,采用多级流水线结构、虚拟存储技术的高性能 32 位微处理器。

80486 微处理器于 1989 年 4 月正式发布。这款微处理器采用 1 微米制造工艺,集成了 120 万个晶体管,时钟频率从 25MHz 逐步提高到 50MHz 和 100MHz,数据总线和地址总线为 32 位,指令集有 160 条,芯片引脚数 168 根。它不仅把浮点运算部件集成进芯片之内,同时还把一个规模大小为 8KB 的一级高速缓冲存储器(Cache)也集成进了 CPU 芯片内。这种集成极大地加快了 CPU 处理指令的速度,使指令平均执行时间从 80386 的约 4.5 个周期降至 80486 的约 1.8 个周期。芯片首次采用了 RISC 技术,可以在一个时钟周期执行一条指令。此外,80486 引进了时钟倍频技术(即用一种特殊的电路使得大多数内部部件以输入时钟的倍频运行,因而能使装在 cache 中的程序的运行速度快一倍。但其内部总线仍以外部时钟的频率工作,使得 80486 DX 可以和低速器件相连),从而使主频超过 100MHz 变成可能。

除了标准的 80486 芯片(80486 DX)外,Intel 公司还推出了多款 80486。

80486 SX 没有集成 80387 协处理器,它把 80386 CPU 和 8KB 的超高速缓冲存储器集成在一个芯片上,使 80486 SX 能以接近 80386 的价格而获得与 80486 相近的性能。

80486 DX2 处理器是一种采用了时钟倍频技术的 80486 芯片,其芯片内部的运行速度是外部总线运行速度的 2 倍。其内部时钟频率主要有 40MHz、50MHz 以及 66MHz 三种。

80486 DX4 处理器是 Intel 公司推山的 80486 系列芯片中最快的一种,它采用了 0.6 微米的制造工艺和时钟倍频技术,其芯片内部的运行速度是外部总线运行速度的 3 倍,芯片内部的超高速缓冲存储器扩大到 16KB,该芯片的时钟频率为 100MHz。其运行速度比 80486 DX2/66MHz 快 40%。

80386 和 80486 微处理器是 Intel 的第四代微处理器(P4)。

1993 年 3 月,Intel 推出了全新一代的高性能处理器 Pentium。Pentium 是拉丁文“五”(Pente)和元素周期表的公用后缀——IUM 组合而成,意指 Pentium 为 Intel 公司的第五代微处理器(P5)。Pentium 芯片内部集成了 310 万个晶体管,指令集有 165 条,时钟频率有 60、66、75、90、100、120、133、150、166 和 200MHz,芯片内部数据总线为 32 位,外部数据总线为 64 位,地址总线 32 位,引脚数为 273(PGA 封装)。Pentium CPU 内部配置了大小为 16KB 的一级 Cache,指令和数据各占 8KB,这使得 Pentium 微处理器的功能更加强大。

Pentium 在 80486 的基础上作了很大的改进,从而把 Pentium 的性能提高到了一个新的

高度。Pentium 新型的设计可以归结为以下 4 点。

(1) 超标量结构

微处理器内有多个指令执行单元，多条指令执行流水线，可在单个时钟周期内执行两条简单指令，比相同时钟频率的 80486DX 性能提高了一倍。

(2) 代码高速缓存与数据高速缓存独立

这种结构可以减少高速缓冲存储器发生的争用，并且两组存储器在需要时可随时提供服务，充分改善了处理器的性能。

(3) 分支预测

Pentium 内部提供了一个分支目标缓冲器来动态地预测程序的分支，从而加快了循环的速度。

(4) 高性能的浮点运算

Pentium 的浮点运算单元分为 8 级流水线，使每个时钟周期可完成一个浮点运算。对常用指令(MUL 和 LOAD)采用了新的算法，并用硬件实现，因此，其运行速度明显提高。

代号为 P5 的 Pentium CPU 由于在推出后被发现在浮点运算方面存在某些缺陷，Intel 公司很快推出了它的改进产品，用 P54C 取代了早期的 Pentium。P54C 集成了 330 万个晶体管，工作电压 3.3V。主频在 75MHz、90MHz、100MHz 和 120MHz 以内的 CPU，采用 0.6 微米工艺；主频为 133MHz、150MHz、166MHz 和 200MHz 的 CPU，采用了 0.35 微米工艺，芯片引脚数为 296。

美国 Cyrix 公司和 AMD 公司也推出了与 P54C 兼容的系列微处理器。Cyrix 的 6X86 系列和 AMD 的 K5 系列，性能与 P54C 相当，但价格便宜近 1/4。

1996 年 10 月，Intel 推出了带 MMX(Multi Media Extension, 多媒体扩展结构)功能的 P55C，该款 CPU 集成了 450 万个晶体管，一级高速缓存 32KB。下面介绍其主要特点。

- (1) 增加了 57 条 MMX 的新指令，用于高效地处理图形视频和音频数据。一条指令可并行执行 8 个 8 位数据、4 个 16 位数据或两个 32 位数据的运算；具有积和运算能力，特别适合向量运算和矩阵运算；具有饱和运算能力，把溢出值作为定值。
- (2) CPU 内部的 L1 Cache 由原来的 16MB 提高到 32MB。
- (3) 优化了 CPU 的核心结构。
- (4) 将核心电压与 I/O 电压分开。CPU 工作电压为 2.5V~3.1V，随 CPU 的主频不同而不同。

1.1.2 从 Pentium Pro 到 Pentium 4

1995 年底，Intel 公司推出了代号为 P6 的 Pentium Pro，中文名为高能奔腾。Pentium Pro 芯片内部集成了 550 万个晶体管，二级高速缓冲存储器(L2 Cache)集成了 1550 万个晶体管，两块芯片同时封装有 387 个引脚。它拥有三路超标量结构和 14 级流水线结构，有 5 个并行处理单元：两个整数单元、1 个存储单元、1 个装载单元和 1 个浮点处理单元；Pentium Pro 比奔腾处理器增加了 9 条指令，不具备 MMX 功能，CPU 工作电压为 2.9V，采用 socket 9 插座。Pentium Pro 最引人注目的地方是它采用了独特的动态执行技术，将多分支转移分流

预测机制、数据流分析和推测执行这三项技术有机地结合起来,提高了 CPU 的执行效率和响应速度。

1997 年 5 月, Intel 推出了 Pentium Pro 的改进型产品 Pentium II。它是 Pentium Pro 的先进性与 MMX 技术相结合的新型 P6, 采用了 0.35 微米和 0.28 微米的制造工艺, 集成了 750 万个晶体管, 全面支持 MMX, CPU 工作电压为 2.8V。在总线方面, Pentium II 处理器采用了双重独立总线结构, 即一个独立的 64 位系统总线负责与主存通信; 另一个独立的 64 位总线连接“片上 L2 Cache”。这种高性能技术结合了一个高速与专用的 L2 Cache 总线和一个先进的系统总线, 使多重并行传输成为可能。在封装形式上, Pentium II 采用了 SEC(Single Edge Contact)封装技术, 与主板特殊设计的 Slot1 插槽相配。

Pentium II 有一系列不同档次的产品, 其主要产品有:

Klamath: 233MHz、266MHz、300MHz;

Deschutes: 333MHz、350MHz、400MHz、450MHz 等;

Xeon: 400MHz 以上, 作服务器和 workstation;

旧款赛扬(Celeron): CPU 中没有集成 L2 Cache, 266MHz、300MHz 和 Slot1;

新款赛扬(Celeron): 集成了 128KB L2 Cache, 时钟频率分别为 300MHz、333MHz、366MHz 和 400MHz, CPU 插槽 Slot1/Socket370, 超频能力强;

Cyrix 公司的 6X86MX(M2): 有 MMX, 180MHz、200MHz 和 333MHz 几种, 制造工艺 0.3 微米, 3.3/2.9V 内核电压。

AMD 公司的 K6 系列产品: 有 MMX, 180MHz、200MHz、233MHz 和 266MHz 几种, 制造工艺 0.35/0.25 微米, 内核电压 2.9/3.2V, K6-2 有 3D NOW! 功能。K6 系列产品指令集有 21 条新指令, 并以 SIMD 的方式实现一些浮点运算、整数运算、数据预取等功能。MMX 侧重整数运算, 因而主要针对图形描绘、数据压缩与解压、音频处理等应用; 而 3D NOW! 侧重浮点运算, 因而主要针对三维建模、坐标变换、效果渲染等三维应用。

1999 年 2 月, Intel 公司推出了代号为 Katmai 的 Pentium III 处理器, 这款 CPU 主要是为了配合商业多媒体、通信和浏览因特网而开发的新一代微处理器。Pentium III 集成了 950 万个晶体管, 时钟频率从 450/500MHz 开始, 地址总线有 36 条, 制造工艺 0.25 微米, 外频 100MHz, 新功能主要表现在如下几个方面。

- (1) 采用新的 SIMD 浮点指令集, 新增加的 70 条指令大大提高了多媒体性能;
- (2) 采用了内存流体系结构, 提高了 CPU 的指令执行速度;
- (3) 内置处理器序列号为处理器的识别提供了方便, 可提供安全性和管理性方面的应用。

AMD 公司也推出了与 Pentium III 相当的 K7 系列处理器, 它的时钟频率为 500MHz~1000MHz (Athlon/Thunderbird/Duron), 其性能超过了 Pentium III, 惟一不足是使用专有的 Slot A。

2000 年 6 月, Intel 推出代号为 Willamette 的 Pentium 4 处理器, 它集成了 4200 万个晶体管, 时钟频率 1400/1500MHz, 0.18 微米工艺, 前端总线频率达 400MHz, 只支持 Rambus 内存, 引脚数为 423。Pentium 4 对 P6 的架构进行了如下几方面的改造。

- (1) 不同运行速度的单元构成处理器的非对称内核;
- (2) 改进了指令执行的超标量体系架构机制;

- (3) 采用全新的高速缓存来追踪指令的执行情况;
- (4) 改进了多媒体单元和浮点处理单元的性能;
- (5) 采用了超级流水线技术, 它的指令流水线深度达到了 20 级, 是 P6 结构的 2 倍;
- (6) 采用了第二代 SSE 指令集。

Pentium 型处理器几乎达到了 32 位 Intel 架构的登峰造极的境界, 新一代 64 位微处理器呼之欲出。1994 年, Intel 公司和 HP 公司决定联合设计开发下一代微处理器 P7——基于 IA-64 架构的 Merced 芯片。下面介绍其特点。

- (1) 64 位的体系结构
- (2) 显性并行指令计算 EPIC

EPIC 由以下三步组成: 首先, 编译器分析指令间的依赖关系; 其次, 编译器将没有依赖关系的指令(最多 3 条)组成一组, 从而形成多个组; 最后由 Merced 内置的执行单元读入被分成组的指令群并行执行。

- (3) 分支预测技术

IA-64 中采用的分支预测技术是在编译过程中控制的, 使分支判断语句和各个分支语句同时执行: 在执行过程中, 由判断语句得出结论, 取分支中的哪一支。

- (4) 动态执行技术

在 IA-64 架构中, 程序运行时, 当发现某个数据可能会被用到, 就将数据提前取出并存入寄存器备用。

以上三种技术的共同点在于: 由优化编译器识别和判断并行指令, 改变程序的执行顺序, 从而提高执行过程的并行度。

- (5) 提高时钟主频

估计主频可达 500MHz~2GHz, SPEC int92 得分将高达 1500。

1.2 微处理器的性能评测标准

每当新处理器面世的时候, 总要使用各种测试软件评测其性能的高低。尽管各种测试软件并不少, 但遗憾的是, 至今没有一个世界公认的权威性测试软件能够评定各种 CPU 的性能。因此, 用户迫切需要一个测试标准, 对 CPU 进行基准测试, 来比较各种微处理器的性能高低。

当前, CPU 基准测试软件有十几种, 如果再加上一些实验室自己的测试软件, 则多达 50 多种。其中比较有权威的要数 WinBench 97 和 ZD 实验室开发的 Winstone 测试软件。

除此之外, 用户还常使用 SPECint、SPECfp 这样的测试基准对 CPU 的性能进行测试, 从而得到 CPU 的性能指标, 并以这些测试参数来作为 CPU 指数性能的基准测试。

SPEC 是 System Performance Evaluation Cooperative 的缩写, 即系统性能评价协作标准。SPEC 负责研究如何对计算机系统性能进行有效的描述, 由此建立的一套测试程序称为 SPEC。由于其评价标准比较客观公正, 因而成为计算机系统评测的公认标准。

目前使用的版本是 SPEC92, 它由 20 个基准程序组成(6 个整数, 14 个浮点数)。其评价指标有 SPEC 参考时间、SPEC 比率和 SPECmark。SPEC 参考时间是指在 DEC VAX11/780

上运行 SPEC92 基准程序所花的时间; SPEC 比率是该基准程序参考时间与在被测机器上运行时间的比值, 被测机器运行越快, SPEC 比率就越大; SPECmark 为该机器 20 个 SPEC 比率的几何平均值。

目前, 根据上述测试标准来建立的衡量微处理器的性能指标主要有两个, 一个是由 Intel 公司制定的 iCOMP, 另一个是由 IBM、AMD 与 Cyrix 等公司联合制定的 P-Rating 指数。下面简要介绍这两种 CPU 性能评测标准。

1.2.1 iCOMP 指数

iCOMP 是 intel Comparative Microprocessor Performance 的缩写, 它是 Intel 公司为一般用户提供的—个理解和比较 Intel 微处理器性能相对差异的易用工具。

为了帮助用户选购 CPU, Intel 制定了一种简易单一的指标来描述和直接比较 CPU 的相对性能, 并称之为 iCOMP 指数。iCOMP 指数用来度量 Intel 32 位以上的微处理器系列各种 CPU 之间的相对性能, 以帮助用户掌握各类 CPU 之间的性能差异。该指标的设定不光考虑目前桌面 PC 系统的应用, 而且还考虑到未来几年内软件技术的提高带来的应用层面上的变化。该指数利用了 4 套工业标准的性能测试程序(包括 SPEC int92 和 SPEC fp92), 按 4 类技术应用, 包括整数运算、浮点运算、图形显示运算和视频运算。

iCOMP 指数 1.0 版根据常用的多种应用软件, 测试处理器运行 16 位或 32 位软件时的性能表现, 依据上述 8 种应用类型所占处理器时间来分别赋予不同的权重, 并用不同的测试基准(Benchmark)对不同的 CPU 进行评测, 从而得出 iCOMP 指数的值。iCOMP 指数 1.0 版使用的测试基准及权重见表 1.1, 其具体计算是以 486SX-25 作为比较基准, 再用下面的公式计算 CPU 的 iCOMP 值:

$$iCOMP=100\times\left\{\left(\frac{BM_1}{Base_BM_1}\right)P_1+\left(\frac{BM_2}{Base_BM_2}\right)P_2+\cdots+\left(\frac{BM_j}{Base_BM_j}\right)P_j\right\}$$

其中, Base_BM_j 代表 486SX-25 在第 j 个指标下的基准测试值, BM_j 代表被测 CPU 在第 j 个指标下的基准测试值。P_j 为第 j 个指标的权值, 计算结果即为被测 CPU 的 iCOMP 值, 见表 1.1 所示。

表 1.1 iCOMP 指数 1.0 版使用的测试基准和权值

应用类型	测试基准	权值(p)
16 位整数运算	ZD Labs CPU mix	67%
16 位浮点运算	Whetstone	2%
16 位浮点运算	ZD Labs CPU mix	1%
32 位整数运算	SPEC int92	25%
16 位浮点运算	SPEC fp92	5%
16 位视频运算	ZD Labs/SPEC int 92	0
32 位视频运算	ZD Labs/SPEC int 92	0

续表

应用类型	测试基准	权值(p)
16 位图形运算	ZD Labs/SPEC int 92	0
32 位图形运算	ZD Labs/SPEC int 92	0

表 1.2 列出了部分 Intel CPU 的 iCOMP 指数值(1.0 版)。

表 1.2 部分 Intel CPU 的 iCOMP 指数值(1.0 版)

CPU 型号	iCOMP 值	CPU 型号	iCOMP 值
386DX-33	68	486DX4-100	435
486SX-20	78	Pentium-60	510
486SX-25	100	Pentium-66	567
486DX-25	122	Pentium-75	610
486SX-33	136	Pentium-90	735
486DX-33	166	Pentium-100	815
486SX-25 ODP	231	Pentium-120	1000
486DX2-50	231	Pentium-133	1110
486DX-50	249	Pentium-150	1160
486DX2-66	297	Pentium-166	1320
486DX4-75	319		

1996 年, Intel 公司公布了第二代 iCOMP 指数 2.0 版, iCOMP Index 2.0 由 4 个工业标准的 32 位测试基准和一个 Intel 自行开发的 Media Benchmark 组成。它们的应用类别和权值列于表 1.3 中。

表 1.3 iCOMP 2.0 的评价条件

评价项目	测试标准	权值(P)
传统商业应用	CPUMark32	40%
高端应用	Norton SI32	15%
常规用途的整数运算	SPEC int_base 95	20%
常规用途的浮点运算	SPEC fp_base 95	5%
常规多媒体、通信和视频应用	Intel Media Benchmark	20%
传统商业应用	CPUMark32	40%
高端应用	Norton SI32	15%

iCOMP Index 2.0 以 Pentium 120(主频 120MHz, 外频 60MHz)为性能测试的基准, 即它

的 iCOMP 值为 100。计算公式如下:

$$iCOMP=100\times\left[\left(\frac{BM_1}{Base_BM_1}\right)P_1+\left(\frac{BM_2}{Base_BM_2}\right)P_2+\cdots+\left(\frac{BM_s}{Base_BM_s}\right)P_s\right]$$

表 1.4 列出了 Pentium、Pentium MMX 及 Pentium II 在 2.0 版下的 iCOMP 指数。

表 1.4 部分 Pentium CPU 的 iCOMP 指数

CPU 类型	主频/MHz	外频/MHz	倍频因子	iCOMP 指数
Pentium120	120	60	2	100
Pentium133	133	66	2	111
Pentium150	150	60	2.5	114
Pentium166	166	66	2.5	127
Pentium200	200	66	3	142
Pentium MMX-166	166	66	2.5	160
Pentium MMX-200	200	66	3	182
Pentium MMX-233	233	66	3.5	203
Pentium II-233	233	66	3.5	267
Pentium II-266	266	66	4	303
Pentium II-300	300	66	4.5	332
Pentium II-333	333	66	5	366

为了能够反映处理器在当今迅速增长的多媒体、3D 和 Internet 应用需求方面的性能指标, 1999 年初 Intel 公司公布了 iCOMP Index 3.0 性能评价体系, 将 PC 应用明确划分成 4 大领域: 多媒体、3D、Internet 和生产率(Productivity)。其中, Productivity 是指除去前三项之外的所有 PC 应用, 典型的是各种电子表格、数据库和字处理软件。

iCOMP Index 3.0 的评价条件如表 1.5 所示。

表 1.5 iCOMP Index 3.0 的评价条件

评价项目	基准测试	权值(P)
Productivity	CPU mark 99	20%
Productivity	Wintune 98 Advanced CPU	20%
Productivity	Interger Test	20%
多媒体	Multimedia Mark 99	25%
3D	3D Winbench 99-3D Lighting and Transformation Test	20%
Productivity/3D	WinBench 99-FPU	5%
Internet	Jmark 2.0 Processor Test	10%

iCOMP Index 3.0 以 Pentium II-350 为性能测试的基准, 并且其 iCOMP 指数为 1000。故 iCOMP 指数计算公式变为:

$$iCOMP=1000\times\left[\left(\frac{BM_1}{Base_BM_1}\right)P_1+\left(\frac{BM_2}{Base_BM_2}\right)P_2+\cdots+\left(\frac{BM_6}{Base_BM_6}\right)P_6\right]$$

Pentium II-350 以 6 个测试基准程序测得的 Base_MB 的值分别是: 27.8, 87.21, 883, 26.5, 1790, 609。例如, 以 6 个测试基准程序测试 Pentium II-400, 得到的 BM 值分别是: 31.6, 99.25, 999, 30.1, 12050, 674。不难计算出它的 iCOMP 指数为 1130。表 1.6 列出了部分 Pentium II/ III 处理器的 iCOMP 指数。

表 1.6 部分 Pentium II/ III 处理器的 iCOMP 指数

CPU 类型	主频/MHz	外频/MHz	倍频因子	iCOMP3.0 指数
Pentium II-350	350	100	3.5	1000
Pentium II-400	400	100	4.0	1130
Pentium II-450	450	100	4.5	1240
Pentium III-450	450	100	4.5	1500
Pentium III-500	500	100	5.0	1650
Pentium III-550	550	100	5.5	1780

1.2.2 P-Rating 指数

随着各个厂家 CPU 新品种的推出, 单从时钟频率上来区分芯片性能已不太全面了, 不同结构的 CPU 会因时钟频率不同而造成误解, 而且使用 iCOMP 来测评不同厂家生产的 CPU 会有失公正, 为此, IBM、AMD 及 Cyrix 等公司合作建立了一套新的微处理器性能评测标准: P-Rating, 即额定性能。

P-Rating 是以 Winstone 96 为测试依据, 将 AMD 5X86、Cyrix 5X86/6X86 等非 Intel 公司的 CPU 与 Pentium 系列 CPU 比较来评定其性能, 而无需关心其本身名称和主频。例如, AMD 5X86 133 的主频是 133MHz, 其 Winstone 96 得分与 75MHz 的 Pentium 相当, 因此, AMD 5X86 133 的 P-rating 指数为 P75。

Winstone 96 是基于实际应用的测试软件, 它测试了十几个当今最流行的应用软件, 并结合权重给出最终得分, 它是公认的基于 Windows 的测试标准。Pentium 系列是第五代 x86 CPU 的标准, 它采用了超标量双流水线结构, 8 级流水线浮点单元、分支预测等多项先进技术。因此, 将二者结合起来作为基准, 能使用户易于理解非 Intel 公司 CPU 的性能级别。

例如, Cyrix 公司的 6X86 的命名就采用了 P-Rating 指数: Cyrix 6X86-P166+GP133, 它表示主频为 133MHz, 与 Pentium-166 CPU 性能相当。表 1.7 列出了一部分 Cyrix 6X86 的 P-Rating 指数与对应的主频。

P-Rating 指数作为一种实用的性能评价指标, 给用户提供了一个当量级的概念, 为选用 CPU 提供了一种简易的比较方案。

但是, P-Rating 存在一定的局限性, 其原因是 Winstone 96 测试软件的浮点运算很少, 而对 3D 应用来讲, 浮点运算相当重要。虽说其兼容芯片的很多性能与同级 Pentium 系列相比并不逊色, 但其浮点运算性能一般不如 Pentium 速度快。此外, Winstone 96 是基于单