



高等学校计算机教材建设立项项目

计算机系列教材

微机原理与接口技术

王 娟 张全新 主编
李元章 谭毓安 张启坤 副主编

清华大学出版社



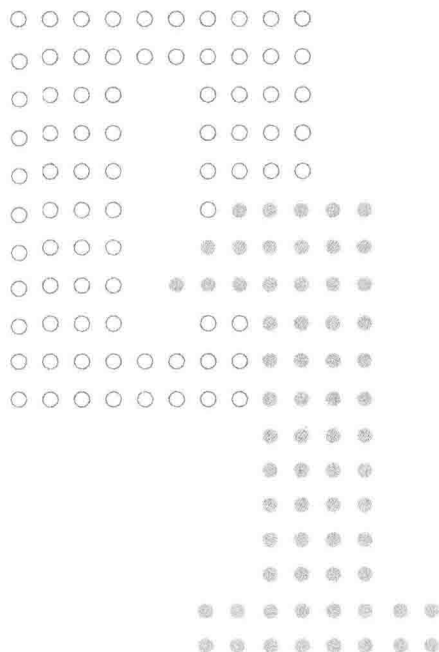


高等学校计算机教材建设立项项目

计算机系列教材

王 娟 张全新 主编
李元章 谭毓安 张启坤 副主编

微机原理与接口技术



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 Intel 系列微处理器为背景,系统地介绍了 80x86 微处理器以及后继机型的基本组成、工作原理与计算机领域主流的接口技术。教材的编写基于作者多年的教学和科研经验,编写重点是在介绍接口基本原理的基础上,进一步总结接口技术的方法和概念,结合典型接口电路实例,强调最新接口技术及其典型应用。教材的特色是内容新,主要讨论 32 位/64 位 CPU 的编程模型,在经典的微机接口技术基础上,增加了通用的 USB 总线技术及其应用、PCI/PCIE 总线、LCD 与触摸屏显示技术以及无线接口技术等。教材编写组织形式灵活,在勾画出计算机硬件系统架构、注重原理的同时,又结合具体的实现技术以实例驱动,便于学生学习和掌握。教材配套的实验均为开放性设计,不依赖于任何实验箱,只要有微型计算机就可以进行实验。

为配合教师课堂教学和学生课后学习,本书配套有多媒体教学课件以及相应的实验设计和实验程序等资料。

本书可以作为高等学校计算机及相关专业微机接口、微机原理课程的教材,也可以作为计算机硬件或者软件开发人员的参考用书。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术/王娟,张全新主编. --北京:清华大学出版社,2016

计算机系列教材

ISBN 978-7-302-41719-4

I. ①微… II. ①王… ②张… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 284938 号

责任编辑:张瑞庆

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23.5

字 数:587 千字

版 次:2016 年 2 月第 1 版

印 次:2016 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:058895-01

随着计算机技术的应用日益广泛和深入,计算机产品更新换代越来越快。新一代信息技术中物联网技术的蓬勃发展,使得计算机相关的软件技术和硬件技术都有了巨大的变化。计算机接口技术也在不断地、快速地发展着,旧的接口(如并行接口)被淘汰,新的接口(如无线接口等)逐渐普及,传统的计算机接口教材以及实验教学体系已经不能满足现有的教学需要。本教材编写组积极跟踪计算机软硬件技术的最新发展,对国内外的相关教材内容进行了深入调研,结合在相关科研项目中所取得的研究成果编写了这本教材。本教材的编写在强调理论的基础上,着力引导学生进行实践,激发学生的主动性及创新能力。

与国内现有同类教材相比,本教材的特色及创新体现在以下 4 个方面。

1. 教材内容新

教材中大量增加了反映现代计算机领域的先进技术的教学内容,体现计算机硬件技术的升级换代,淘汰了同类教材中比较陈旧的部分内容。例如,同类教材中一般都采用 8237 作为典型的 DMA 控制器来介绍,然而现代微机的 DMA 控制器已经与设备接口紧密集成,成为设备接口的专属部件,如网卡和 PCI-IDE 控制器等内部集成了独立的 DMA 控制器。所以,本教材在 PCI-IDE 硬盘接口中,介绍了 DMA 的工作原理,并配合相应的实验使学生了解硬盘的 DMA 数据传输过程。此外,相比于同类教材,本教材新增和加强的主要内容包括多核技术、保护模式的原理及编程模型、高级可编程中断机制 APIC、硬盘 ATA 接口及协议、USB 总线技术及应用、PCI/PCIE 总线、LCD 与触摸屏显示技术以及无线接口技术等。

2. 组织结构合理

在组织形式上,本教材编写过程中放弃了传统的知识点简单堆叠和芯片手册似的接口技术介绍,在介绍接口基本原理的基础上,以培养学生的接口技术思维为目标,进一步总结接口技术的方法和概念,结合典型接口电路实例,强调并介绍最新接口技术及其典型应用。教材的编写遵照循序渐进的原则,注重从理论基础到实践应用的过渡。以微处理器、总线和外围接口为中心内容,与 PCI、USB、DMA、中断机制、保护模式和无线接口等具体技术紧密结合。在宏观上勾画出计算机硬件系统架构的同时,结合具体的实现技术,使学生对现代计算机系统有更全面深入的了解。

3. 理论与实践相结合

本教材贯穿了集理论、实践于一体的思想,重点突出了理论与实践的结合。本书的大部分实例来自于作者多年的科研总结和项目成果,是“有用的”技术,能够激发学生的学习兴趣。本书在写作过程中,注重将计算机中的各种复杂抽象的原理实例化,在介绍功能及概念之后,结合实例说明它们的应用。通过这种方式,使读者在获得知识的同时,还能够学会灵活地运用这些知识。书中通过屏幕截图、运行实例程序等手段,将抽象的计算机部件的运行机制以易于理解的形式展现出来,方便学生学习和掌握。

4. 开放式的实验环境以及配套实验

计算机接口类课程是实践性比较强的课程,需要通过实验来加强学生对现代微机更深层次的理解,并且要提高学生的动手能力。但是通过调研我们发现,几乎所有的同类教材均须依赖于某种实验箱或者实验设备才能搭建实验环境。这样存在很多不利的问题,例如,学生做实验只能到实验室,不同高校之间由于实验设备的不同不能方便地交流,进行微机实验设备的更新换代需要大量资金,等等。为了解决这些问题,本教材采用开放式的实验环境和配套实验,提出只要有微机就能开展接口实验的思路,以摆脱实验箱的限制。本教材提供的实验均可以在基于 Intel 80x86 系列的微机上进行,利用最接近实用的技术,采用目前主流微机的接口,直接在微机主板上做实验,既具有广泛性,有利于推广,又具有实用性,极大地激发了学生的学习兴趣。

参加本书编写的作者均为多年站在教学和科研第一线、有着丰富经验的教师。其中,王娟负责全书内容的修改和最终定稿,并编写了部分章节;参加本书各章节(包括习题和实验设计)编写的还有李元章、张全新、谭毓安和张启坤。本书在编写过程中得到了全国高等学校计算机教育研究会、清华大学出版社、北京理工大学和郑州轻工业学院科技处的大力支持,在此表示诚挚的谢意。

由于微机接口技术发展迅速,再加上作者水平有限,难免会有不足之处,希望得到广大同仁和读者的批评指正。

王 娟

2015 年 12 月

第 1 章 微处理器导论 /1

- 1.1 微处理器概述 /1
- 1.2 80x86 系列 CPU 发展 /1
 - 1.2.1 4 位微处理器 /1
 - 1.2.2 8 位微处理器 /2
 - 1.2.3 16 位微处理器 /2
 - 1.2.4 32 位微处理器 /2
 - 1.2.5 64 位微处理器 /4
 - 1.2.6 CPU 的微结构 /5
- 1.3 微处理器性能指标 /6
 - 1.3.1 速度指标 /6
 - 1.3.2 高速缓冲存储器 /7
 - 1.3.3 制造工艺 /7
 - 1.3.4 核心电压 /8
 - 1.3.5 封装形式 /8
- 1.4 软件特性 /9
 - 1.4.1 工作模式 /9
 - 1.4.2 指令系统 /10
 - 1.4.3 超线程技术 /11
 - 1.4.4 超标量和超长指令字 /11
 - 1.4.5 动态执行技术 /12
- 1.5 多核技术 /12
 - 1.5.1 概述 /12
 - 1.5.2 多核的发展和挑战 /14
 - 1.5.3 多核技术在中国 /14
- 习题 1 /15

第 2 章 微型机硬件系统组成 /17

- 2.1 概述 /17
- 2.2 主板 /17

2.2.1	主板结构	/17
2.2.2	芯片组	/18
2.2.3	主板上常见插槽	/23
2.2.4	主板外部接口	/27
2.3	扩展插槽上的板卡	/30
2.3.1	显卡	/30
2.3.2	网卡	/30
2.3.3	声卡	/31
习题 2		/31

第 3 章 微处理器编程模型 /32

3.1	微处理器的基本结构	/32
3.2	寄存器模型	/34
3.2.1	程序可见的寄存器	/34
3.2.2	80386 以后新增的寄存器	/40
3.3	CPU 工作模式	/44
3.3.1	实模式	/44
3.3.2	保护模式	/45
3.3.3	虚拟 8086 模式	/45
3.3.4	64 位 CPU 的工作模式	/46
3.4	内存管理	/47
3.4.1	内存管理基础	/47
3.4.2	段式内存管理	/52
3.4.3	页式内存管理	/57
3.5	任务	/64
3.5.1	任务执行环境	/65
3.5.2	任务状态段	/65
3.5.3	门	/68
3.5.4	任务切换	/70
3.6	保护	/75
3.6.1	数据访问保护	/75
3.6.2	对程序的保护	/78

3.6.3 输入输出保护 /80

习题3 /83

第4章 存储器以及接口技术 /86

4.1 存储系统概述 /86

4.2 高速缓冲存储器 /86

4.2.1 Cache 工作原理 /87

4.2.2 Cache 一致性协议 /89

4.3 内部存储器 /90

4.3.1 内存分类 /90

4.3.2 内存主要技术指标和参数 /92

4.3.3 内存模组 /94

4.4 辅助存储器 /102

4.4.1 硬盘概述 /102

4.4.2 HDD 原理和主要技术指标 /102

4.4.3 ATAPI 标准 /104

4.4.4 ATA 接口的编程模型 /108

4.4.5 串行 ATA /124

4.4.6 固态硬盘 /126

习题4 /128

第5章 微机总线技术 /130

5.1 总线概述 /130

5.1.1 总线的分类 /130

5.1.2 总线技术指标 /131

5.2 ISA 总线 /132

5.2.1 ISA 总线的引脚信号 /132

5.2.2 ISA 总线时序 /135

5.3 PCI 总线 /137

5.3.1 PCI 总线的特点 /138

5.3.2 PCI 总线的体系结构 /138

5.3.3 PCI 总线引脚信号定义 /140

5.3.4	PCI 总线命令	/143
5.3.5	PCI 总线协议	/145
5.3.6	PCI 总线数据传输过程	/147
5.3.7	总线仲裁	/150
5.3.8	PCI 总线配置	/151
5.4	PCI-E 总线	/153
5.4.1	PCI-E 概述	/153
5.4.2	PCI-E 的协议层次	/154
5.5	SCSI 总线	/156
5.5.1	SCSI 概述	/156
5.5.2	SAS 总线	/158
5.6	USB 总线	/159
5.6.1	USB 的起源和发展	/159
5.6.2	USB 接口的硬件特性	/162
5.6.3	USB OTG 技术及其扩展	/170
5.6.4	USB 通信协议	/176
5.6.5	USB 应用设计实例	/192
5.7	其他总线	/201
5.7.1	I ² C 总线	/201
5.7.2	PCMCIA 总线	/203
5.7.3	IEEE 1394 总线	/204
习题 5		/204
第 6 章 可编程接口芯片 /206		
6.1	并行接口及应用	/206
6.1.1	并行接口概述	/206
6.1.2	可编程并行接口芯片	/207
6.2	串行接口及应用	/217
6.2.1	串行通信概述	/217
6.2.2	可编程串行通信接口	/227

- 6.3 定时与计数技术 /244
 - 6.3.1 定时与计数技术概述 /244
 - 6.3.2 可编程间隔定时器芯片 /245
 - 6.3.3 微机系统中的定时 /261
- 习题 6 /267

第 7 章 中断技术 /270

- 7.1 中断概述 /270
 - 7.1.1 中断基本原理 /270
 - 7.1.2 中断和异常 /270
 - 7.1.3 中断服务程序 /274
- 7.2 实模式的中断处理 /274
 - 7.2.1 中断向量表 /274
 - 7.2.2 实模式下的中断处理过程 /275
 - 7.2.3 写中断向量表的方法 /276
- 7.3 保护模式的中断处理 /277
 - 7.3.1 中断描述符表 /278
 - 7.3.2 保护模式下的中断和异常的处理过程 /279
- 7.4 可编程中断控制器 8259 /284
 - 7.4.1 内部结构 /284
 - 7.4.2 8259 中断过程 /286
 - 7.4.3 8259 的级联 /287
 - 7.4.4 8259 的编程 /288
 - 7.4.5 8259 在 Pentium 微机中的应用 /297
- 7.5 高级可编程中断控制器 APIC /298
 - 7.5.1 APIC 概述 /298
 - 7.5.2 LAPIC /299
 - 7.5.3 IO APIC /306
- 习题 7 /309

第8章 显示技术 /311

8.1 显示模式 /311

8.1.1 文本模式 /313

8.1.2 图形模式 /314

8.2 图像的显示 /315

8.2.1 INT 10H 读写像素 /315

8.2.2 存储器映像编程 /317

8.3 文字的显示 /320

8.3.1 字符的点阵表示 /320

8.3.2 字符的 TrueType 表示 /322

8.3.3 文本模式编程 /323

8.4 液晶显示技术 /327

8.4.1 液晶显示器的原理 /327

8.4.2 液晶显示器的特点及分类 /328

8.4.3 液晶显示静态驱动和动态驱动 /330

8.4.4 LCD 编程技术 /332

8.4.5 触摸屏技术 /337

习题8 /342

第9章 无线接口技术 /344

9.1 蓝牙技术 /344

9.1.1 蓝牙技术概述 /344

9.1.2 蓝牙技术工作原理 /345

9.1.3 蓝牙协议 /345

9.2 红外 /348

9.2.1 红外技术概述 /348

9.2.2 IrDA 协议分析 /350

9.2.3 IrDA 建立连接的过程 /350

9.3 WiFi /352

9.3.1 WLAN 的组成单元 /352

9.3.2	WLAN 的组成结构	/353
9.3.3	IEEE 802.11 协议	/354
9.4	其他无线接口	/357
9.4.1	ZigBee	/357
9.4.2	RFID	/360
	习题 9	/362
	参考文献	/363

第 1 章 微处理器导论

微处理器(Microprocessor)简称 μ P、MP 或 MPU(Microprocessing Unit)。微处理器是微型计算机的核心,它的性能决定了整个计算机的各项关键指标。MPU 是采用大规模和超大规模集成电路技术,将算术逻辑部件(Arithmetic Logic Unit, ALU)、控制部件(Control Unit, CU)和寄存器组(Registers)三个基本部分以及内部总线集成在一块半导体芯片上构成的电子器件。微处理器又称为“中央处理单元”(Central Processor Unit, CPU)。自 20 世纪 80 年代以来,微型计算机大都采用 Intel 公司设计制造的 CPU 或 AMD 等公司的其他兼容产品。

1.1 微处理器概述

自 20 世纪 70 年代微处理器诞生以来,除了用于 PC、笔记本电脑、工作站以及服务器上的通用微处理器(General-purpose Microprocessors)以外,还包括一些专用的微处理器(Dedicated Microprocessors)。专用微处理器面向特定的应用,包括单片机(Single Chip Microcomputer)和数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)等。单片机又称微控制器(Micro controller),常用于控制领域,芯片内部除了 CPU 外还集成了其他(如 RAM/ROM、输入输出接口等)主要部件,一个芯片配上少量的外部电路和设备就能构成具体的应用系统。著名的单片机包括 Intel 公司的 8 位 MCS-51 系列、16 位/32 位的 MCS-96/98 系列以及 ARM 公司的系列产品等。数字信号处理器专注于数字信号的高速处理,这类微处理器主要在通信、消费类电子产品领域使用,知名的数字信号处理器是美国德州仪器公司(Texas Instruments, TI)的系列产品,如 TMS320 系列各代 DSP 等。

通用微处理器和专用微处理器基本原理大同小异,技术上相通,应用在不同的领域,各具特色。本书主要讨论通用 Intel 80x86 系列微处理器的基本原理和接口技术,其基本原理可以推广适用于其他类型的应用系统。

1.2 80x86 系列 CPU 发展

自 20 世纪 70 年代开始出现微型计算机以来,CPU 经历了飞速的发展。而 Intel 公司也逐步取得了巨大的成功,成为这个领域的“霸主”。

1.2.1 4 位微处理器

1971 年,Intel 公司成功设计了世界上的第一个微处理器——4 位微处理器 Intel 4004。它有 45 条指令,执行速度为 50k IPS(Instruction Per Second, IPS),即每秒执行 5

万条指令。直到今天,由于其良好的性能价格比,4 位微处理器仍然应用于一些嵌入式系统,如微波炉、洗衣机和计算器等。

1.2.2 8 位微处理器

1972 年,Intel 公司推出了世界上第一款 8 位微处理器 8008,8008 可以支持 16KB 内存。整体性能比 4004 有了较大的提升。基于 Intel 4004 和 Intel 8008 微处理器诞生了第一代的微型计算机 MCS-4 和 MCS-8 微机。1973 年 Intel 公司推出的 8080 微处理器,执行速度达到 500k IPS,寻址范围达到 64KB。1974 年,基于 Intel 8080 的个人计算机问世。微软公司(Microsoft)创始人 Bill Gates 为这种 PC 开发了 BASIC 语言解释程序。1977 年 Intel 公司推出了 8085 微处理器,基于 8085 的微机执行速度达到 770k IPS。这一时期的典型微机产品还有 Motorola 公司的 M6800、Zilog 公司的 Z80 等。

1.2.3 16 位微处理器

1978 年 6 月,Intel 8086 微处理器问世,它是 Intel 公司的第一个 16 位 CPU。1979 年 6 月,Intel 推出了 Intel 8088 微处理器。执行速度为 2.5MIPS(Million Instructions Per Second)。8086 和 8088 都是 16 位 CPU,能够进行 16 位数据的运算和处理,寻址范围达到 1MB。它们的主要区别在于外部数据总线的宽度,8086 的外部数据总线为 16 位,而 8088 的外部总线为 8 位。当时与微处理器配套的外围接口电路大都是 8 位,因此尽管 8086 的数据传输能力要强于 8088,但是 8088 的兼容性更好。8088 在市场上获得了极大的成功,IBM 公司选择 8088 作为 CPU,在 1981 年 8 月推出了它的第一代个人计算机 IBM PC。自此,Intel 公司逐步确立了 PC 行业的 CPU 霸主地位。同时,Microsoft 公司的 MS DOS 被 IBM 公司采用,Microsoft 公司经过多年的经营,成为软件领域的巨无霸。

8086/8088 微处理器只能支持整数运算,而浮点运算则通过转换为整数指令来完成,即“浮点仿真”。为了提高浮点运算的速度,Intel 公司在 1976 年推出了数字协处理器 8087,它能够在 8086/8088 的控制下执行浮点运算指令,进行复杂的数学运算,大幅度提升运算速度。

1982 年,Intel 公司在 8086 微处理器的基础上,研制出了 80286 微处理器,该微处理器的最大主频为 20MHz,内、外部数据传输均为 16 位,使用 24 位地址,内存寻址范围达到 16MB。在 Intel 系列 CPU 中,80286 微处理器首次引入了保护模式。兼容 8086/8088 的运行模式称为实模式,而 80286 可以运行在实模式和保护模式下。

1.2.4 32 位微处理器

1986 年,Intel 公司推出了 80386 微处理器,它的数据总线和地址总线都是 32 位的,内部寄存器和操作也都是 32 位,能够进行 32 位数据的运算和处理,它的寻址范围达到 4GB。80386 微处理器首次引入了虚拟 8086 模式,它可以运行在实模式、保护模式和虚

拟 8086 三种模式。与 80286 相比,80386 的保护模式功能更强,支持内存分页机制。到 2015 年为止,Windows 和 Linux 操作系统都运行在保护模式下,分页机制是这些操作系统实现虚拟内存所必需的硬件环境。

1989 年,Intel 公司推出了 80486 微处理器,它集成了 80386、80387 和 8KB 片内高速缓存(Level 1 Cache,简称 L1 Cache)。80387 是与 80386 微处理器配套的浮点协处理器。80486 的运行速度和处理能力比 80386 有了大幅度的提高,80486 推动了图形用户界面(Graphic User Interface,GUI)的广泛应用。从 80486 开始,Intel 公司采用了倍频技术,CPU 主频(处理器工作频率)可以设置为外频(系统总线工作频率)的若干倍,从而使 CPU 工作频率远远高于其外围电路。

在 1993 年 3 月,Intel 公司推出了新一代奔腾(Pentium)CPU。在此之前,Intel 公司以 80x86 来命名其 CPU,数字命名不能得到商标的保护,所以生产兼容 Intel CPU 的 AMD、Cyrix 等公司也采用与 Intel 公司相同的数字命名。从奔腾 CPU 开始,Intel 公司不再使用数字来命名。

Pentium 不是 64 位 CPU,尽管它的外部数据总线为 64 位,一次内存总线操作可以存取 8 字节的数据。但是,Pentium 内部的寄存器和运算操作仍然是 32 位,地址总线也是 32 位。Pentium 体系结构中包括了两个整型处理单元和一个浮点协处理单元,内设两条指令流水线,这种超级标量技术(Superscalar)在每个时钟周期可以并行执行两条 32 位的指令,并且通过动态转移预取技术,保证了流水线操作的连续性。因此,Pentium 被称为准 64 位 CPU。

Pentium 有许多不同主频的版本,如 60MHz、66MHz、75MHz、90MHz、100MHz 和 120MHz 等。66MHz Pentium 的指令执行速度为 110MIPS。Pentium 的片内高速缓存为 16KB,数据高速缓存(D-Cache)和指令高速缓存(I-Cache)各占 8KB。

1995 年 11 月,Intel 公司推出的 Pentium Pro,地址总线为 36 位,寻址范围达到 2^{36} B=64GB。其片内高速缓存有两级,分别为 L1 Cache 和 L2 Cache,L2 Cache 为 256KB 或 512KB。

1997 年 1 月,Intel 公司发布了 Pentium MMX 指令集增强对多媒体数据的支持。

1997 年 5 月,Intel 公司推出 Pentium II (简称 P II),它的主频达到 233MHz~400MHz。片内高速缓存为 32KB,数据 Cache 和指令 Cache 各占 16KB。它的 L2 缓存为 512KB,但没有包含在 CPU 内部,采用新的封装形式 SECC(Single Edge Contact Cartridge,单边接触盒)来连接 Pentium II 和 L2 缓存。P II 不是一个芯片,而是一个多芯片模组,包括 P II CPU、L2 芯片组以及电阻电容等配套电路。这几个部件被放置在一个电路板上,密封在一个保护壳的盒子里。Intel 公司为 P II 的插座和插槽申请了专利(Slot1),目的是避免兼容厂商仿制。1998 年,Intel 公司为进入低端市场,推出了赛扬(Celeron)处理器,它是 P II 的简化版,去掉了它的 L2 缓存,因此其性能比 P II 低,但价格便宜。

1999 年 2 月,Intel 公司推出 Pentium III 处理器(简称 P III),主频为 450MHz 和 500MHz。P III 具有一个流式指令扩展 SSE(Streaming SIMD Extensions,其中 SIMD 即 Single Instruction Multiple Data)的指令集,全面增强三维图形运算,也对动画、图像、声

音、网络 and 语音识别等功能进一步增强。P III 芯片内部都有一个 128 位处理器序号,每个 CPU 的序号是唯一的。这个序号的设计目的是用于识别用户,提高网上电子商务的安全性。用户可将这个功能关闭。

2000 年 11 月,Intel 公司推出 Pentium IV 处理器(简称 P4),主频为 1.4GHz。系统总线速度达到 400MHz,指令流水线达到 20 级,增加了 SSE2 指令集,进一步增强了多媒体和网络等密集运算能力。

2002 年,Intel 公司在 CPU 中加入 Hyper-Threading(HT)超线程技术。之后主频逐步提高,达到了 3.2GHz。

2004 年 2 月,Intel 公司发布了 Pentium4 E 系列处理器,90nm 制造工艺,800MHz 系统总线频率,CPU 名称也改为数字命名,主要有 P4E 580/570/560/550/540/530/520,对应频率为 4.0GHz/3.8GHz/3.6GHz/3.4GHz/3.2GHz/3.0GHz/2.8GHz。

Intel 系列的 CPU 至今仍是桌面计算机的主流。采用 Intel CPU 制造的计算机,被称为 IA(Intel Architecture)架构计算机。内部寄存器和运算位数为 32 位的 Pentium 系列 CPU 统称为 IA-32 架构 CPU(Intel Architecture-32)架构 CPU。8086、80286、80386、80486、Pentium、P II、P III、P4 的一系列 CPU,统称为 80x86 系列 CPU,简称为 x86 系列 CPU。这些 CPU 保持了兼容的特点,即后推出的 CPU 的指令系统完全覆盖以前推出的 CPU 指令系统,因此各种已有软件可以在新推出的 CPU 上运行。

1.2.5 64 位微处理器

由于 IA 架构的计算机在高端市场(大型服务器系统)中所占比例不够理想,其他的 RISC CPU 在 20 世纪 90 年代初期就发展了 64 位的 CPU,在高端市场起着主流的作用。为了在企业服务器与高性能运算市场上占据一席之地,HP 公司与 Intel 公司自 1994 年开始共同研发基于 IA-64(Intel Architecture 64)架构的 64 位 CPU。并于 2001 年推出了第一款 64 位的 Itanium(中文名称为安腾)微处理器。Itanium 的微结构基于显式并行指令计算(Explicitly Parallel Instruction Computing,EPIC),由编译器来决定哪些指令并发性处理。该架构彻底地不同于其他 Intel 处理器采用的 x86(包含 x86-64)架构,也不与 x86 架构兼容,在市场上并没有取得很大的成功。

与 Intel 公司抛开 IA-32 发展新的 64 位 CPU 不同,一直生产 Intel 兼容 CPU 的 AMD 公司,沿袭了 IA-32 的思路,发布了与 x86 兼容的 64 位 CPU。它在 32 位 x86 指令集的基础上加入扩展的 64 位 x86 指令集,使这款芯片在硬件上兼容原来的 32 位 x86 软件,并同时支持 64 位计算,这款芯片也成为真正的 64 位 x86 芯片,即 x86-64。x86-64 在市场上取得了很大的成功。

为了和 AMD 64 位技术竞争,Intel 公司也回到 x86 路线上,在 AMD 公司之后发布了与 x86 兼容的 64 位技术,命名为 Intel 64 位扩展技术(Extended Memory 64 Technology,EM64T),该技术指令集和体系结构向下与 8086 兼容,在 Pentium 4 6xx、Pentium 4 5x1(如 541、551、561)、Celeron D 3x1、3x6(如 331、336、341、346)等处理器产品中采用。在体系结构上新增了一组附加的 SSE 寄存器,通过 SSE、SSE2 和 SSE3 指令

访问。

在 x86 的 16 位和 32 位时代,技术上都是由 Intel 公司来主导的,AMD 公司与之兼容。而在 x86-64 上,部分技术的主导权已经属于 AMD 公司。例如,AX 和 EAX 是 Intel 公司命名的 16 位和 32 位的寄存器,而 AMD 公司将 x86 寄存器扩展为 64 位以后,命名为 RAX。Intel 公司的 EM64T 也使用了 RAX 作为寄存器名称。

1.2.6 CPU 的微结构

微结构(Micro-Architecture)又称计算机组织,它包含处理器内部的构成以及这些组成部分如何执行指令集(ISA)。微结构通常被表示成流程图的形式来描述 CPU 内部元件的连接状况,如流水线(PipeLine)、缓存(Cache)设计以及各种总线设计等。

Intel 系列 CPU 产品种类繁多,根据 CPU 的微结构可以分为 i386、i486、P5、P6、Netburst、Pentium-M、Core (Merom、Penryn)、Nehalem (Nehalem、Westmere)、Sandy Bridge(Sandy Bridge、Ivy Bridge)和 Haswell(Haswell、Rockwell)。市面上的多个 CPU 产品可能源于同一个微结构,属于同一类或同一代产品。同一个微结构下的多款 CPU 的原因很多,例如版本简化的需要,或者根据市场定制的版本等。同一个名称的 CPU 也可以来自不同的微结构,如 Core i7 就包括有 Nehalem 微结构的和 Westmere 微结构的。不同微结构的 CPU 性能和价格有差异,因此购买 CPU 时不能只关注 CPU 的产品名称,一定要知道其来自哪个微结构。表 1-1 给出了 Intel 各种微结构和与之相应的产品名称。

表 1-1 Intel CPU 微结构和对应产品

发布时间	微结构	CPU 型号
1985 年	i386	80386DX,80386SX,80376,80386SL,80386EX
1989 年	i486	80486DX,80486SX,80486DX2,80486SL,80486DX4
1993 年	P5	Pentium,Pentium with MMX
1995 年	P6	Pentium Pro,Pentium II,Celeron(Pentium II-based),Pentium III,Pentium II and Pentium III Xeon,Celeron(Pentium III CoppermINe-based),Celeron(Pentium III TualatIN-based)
2000 年	NetBurst	(32 位) Pentium 4,Xeon,Mobile Pentium 4-M,Pentium 4EE,Pentium 4E,Pentium 4F,(64 位) Pentium D,Pentium Extreme Edition,Xeon
2003 年	Pentium-M	Pentium M,Celeron M,Intel Core,Dual-Core Xeon LV,Intel Pentium Dual-Core
2006 年	Core	(64 位) Xeon,Intel Core 2,Pentium Dual Core,Celeron M
2008 年	Nehalem	Xeon,Core i7,Core i7 Extreme,Core i5
2010 年	Westmere	Xeon,Core i7,Core i7 Extreme,Core i5,Core i3,Pentium,Celeron
2011 年	Sandy Bridge	Xeon,Core i7,Core i7 Extreme,Core i5,Core i3,Pentium,Celeron