



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪大学计算机系列教材

微机原理 与接口技术

(基于32位机)

马春燕 主编 段承先 秦文萍 副主编
李月娥 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪大学计算机系列教材

微机原理 与接口技术 (基于32位机)

马春燕 主编 段承先 秦文萍 副主编

李月娥 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书以 Intel 80486 微处理器为主体,将微型计算机原理、汇编语言程序设计和微机接口技术整合在一起,全面介绍了 32 位微处理器的内部结构、指令系统、汇编语言程序设计、存储器管理技术、中断技术、I/O 接口技术、多功能接口芯片、微机总线和人机交互接口技术。内容由浅入深、循序渐进、结构层次清晰。本书配有大量的例题,提供了相应的汇编语言源程序,在 MASM 6.0 系统环境下调试通过,给出运行结果。每章都配有丰富的习题,可供读者练习,帮助读者理解和掌握所学知识。本书提供电子教案,包括各章主要内容、插图、汇编语言源程序代码,便于教师课堂教学。

本书参考学时为 60~70 学时,可作为普通高等院校理、工科非计算机类电子信息、自动化、电气工程等相关专业的本科或大专层次的教材,也可供研究生和工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术:基于 32 位机/马春燕,段承先,秦文萍主编. —北京:电子工业出版社,2007.1

(21 世纪大学计算机系列教材)

ISBN 7-121-03604-5

I. 微… II. ①马… ②段… ③秦… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 147959 号

策划编辑:何 雄

责任编辑:何 雄 王 纲 特约编辑:张 健

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:27 字数:691 千字

印 次:2007 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

“微机原理与接口技术”是电子信息、自动化、电气工程等相关专业的一门重要的专业基础课程。随着微处理器技术的迅猛发展和社会上对人才培养的更高要求,迫切需要一本反映当今新技术及其应用的新教材。为此,我们在总结多年来从事“微机原理与接口技术”教学和科研经验的基础上,参考了大量中、外文资料,组织编写了这本《微机原理与接口技术(基于 32 位机)》教材,主要目的是使理工科学生通过本门课程的学习,了解微处理器发展的新技术和应用领域,掌握微型计算机的基本结构、工作原理、接口技术及汇编语言程序设计,具有初步的微型计算机硬件和软件开发的能力,为后续课程的学习和今后的工作打下坚实的基础。

本书共分 9 章。

第 1, 2 章讲述微型计算机的发展历史和基础知识, 16 位 Intel 8086 和 32 位 Intel 80486 微处理器的内部结构, 寄存器组织及其工作方式。

第 3, 4 章讲述 Intel 80486 微处理器的指令系统、寻址方式、汇编语言程序设计基础及微机系统中的 DOS 和 BIOS 功能调用。

第 5 章在介绍存储器 RAM 和 ROM 芯片的基础上, 讲述微型计算机存储器系统的设计方法、高速缓冲器 Cache、虚拟存储器管理技术及 Intel 80486 微处理器存储器的管理模式。

第 6 章讲述微型计算机中断技术、Intel 80486 微处理器的中断系统、可编程中断管理控制器 8259A 及其应用。

第 7 章讲述微型计算机 I/O 接口技术, 包括可编程接口芯片 8255A, 8254, 8237A, 8250 和多功能外围接口芯片组 82C206, 82371 及 A/D 和 D/A 转换接口芯片, 详细介绍它们的内部结构、初始化编程及其应用。

第 8, 9 章讲述日新月异的 PCI 总线、USB 总线、IEEE 1394 总线标准及其通用外围输入/输出设备的接口技术, 包括键盘、鼠标、显示器、打印机、扫描仪、硬盘、光驱和网络接口。

本书附录包括 32 位微处理器的指令表、微机系统的 DOS 功能调用表。

为了更好地理解和掌握课堂所学知识, 增强实际应用能力, 书中列举了大量面向实际应用的例题, 给出了分析方法、计算过程和详细注释, 提供了相应的汇编语言源程序, 并在 MASM 6.0 系统环境下调试通过, 给出运行结果。各章配有一定数量的习题, 供读者练习和自测。本书的特点在于追踪新技术的发展, 面向实用, 夯实基础; 内容丰富, 便于自学; 条理清晰, 便于领会; 重点突出, 详解难点。

本书建议课堂教学 64 学时, 其中包括实验课 10 学时, 如果有条件, 可安排 1 周的课程设计。书中第 2~7 章为教学重点, 其中第 2, 4, 5, 7 章为教学难点, 应分配较多的学时, 第 1 章重点讲述数制之间的转换和数的原码、反码、补码及补码运算, 第 8, 9 章重点讲解键盘和 LED 显示器的工作原理及程序设计, 其他内容可供读者自学。

书中第 1, 3 章及附录由段承先老师编写; 第 4, 5, 8, 9 章由秦文萍老师编写, 并将第 4

章例题中的所有汇编语言源程序在 MASM 6.0 环境下调试成功, 给出运行结果; 第 2, 5, 7 章由马春燕老师编写。段承先和马春燕老师负责全书的大纲拟定、组织编写与统稿。

本书由山西大学电子信息技术系李月娥教授主审, 她对书稿进行了认真的审阅和指导, 提出了许多宝贵意见, 在此向她表示衷心感谢。

在编写本书的过程中, 我们得到了太原理工大学教务处和太原理工大学信息工程学院谢克明教授的大力支持和帮助, 太原理工大学计算机学院的研究生王颖同学也为本书的编写做了大量的工作, 在此一并表示感谢。

由于作者水平有限, 书中难免有不妥和错误之处, 恳请读者批评指正。

作者 E-mail 地址: tyutchyma@sina.com。

作 者

目 录

第 1 章 微型计算机概述	1
1.1 微型计算机发展简史	1
1.1.1 微型计算机的硬件发展	1
1.1.2 微型计算机的软件发展	7
1.2 微型计算机运算基础	10
1.2.1 二进制数的运算方法	10
1.2.2 数在计算机中的表示	13
1.2.3 数的编码方法	18
1.3 微型计算机系统	19
1.3.1 微型计算机系统的组成	19
1.3.2 微型计算机系统的硬件组成	20
1.3.3 微型计算机系统的软件组成	22
1.3.4 微型计算机系统的性能指标	24
习题 1	25
第 2 章 微处理器及其结构	26
2.1 Intel 8086 16 位微处理器	26
2.1.1 Intel 8086 微处理器内部结构	26
2.1.2 Intel 8086 微处理器寄存器结构	28
2.1.3 Intel 8086 微处理器引脚信号及功能	30
2.1.4 Intel 8086 微处理器的存储器组成及输入/输出结构	34
2.2 Intel 80486 32 位微处理器	38
2.2.1 Intel 80486 微处理器内部结构	38
2.2.2 Intel 80486 微处理器寄存器结构	41
2.2.3 Intel 80486 微处理器引脚信号及功能	48
2.2.4 Intel 80486 微处理器的存储器组织及输入/输出结构	52
2.3 Intel 80486 微处理器的工作模式	53
2.3.1 实地址工作模式	53
2.3.2 保护工作模式	54
2.3.3 虚拟 8086 工作模式	54
2.4 Intel 80486 微处理器总线操作时序	54
2.4.1 总线操作	54
2.4.2 总线操作时序	55
2.5 Pentium 32 位微处理器	59
2.5.1 Pentium 32 位微处理器内部结构	60

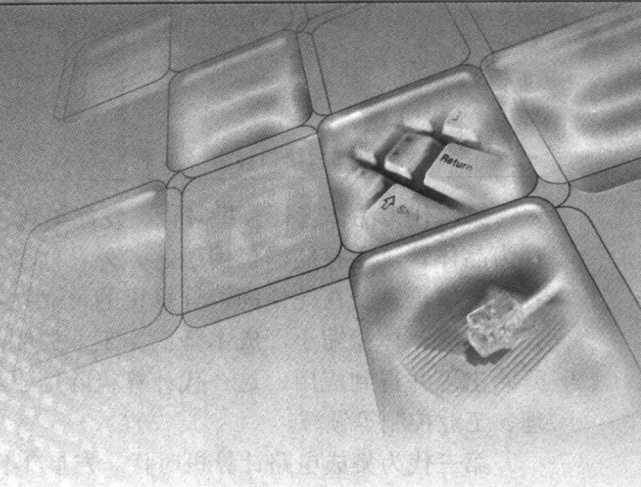
2.5.2 Pentium 微处理器寄存器结构	62
2.5.3 Pentium 微处理器引脚信号及功能	64
2.5.4 Pentium 微处理器的存储器组织及输入/输出结构	69
习题 2	70
第 3 章 指令系统	71
3.1 80486 微处理器的数据类型和指令格式	71
3.1.1 数据类型	71
3.1.2 指令格式	72
3.2 寻址方式	73
3.2.1 关于操作数的寻址方式	73
3.2.2 对程序转移地址的寻址方式	79
3.2.3 关于 I/O 端口的寻址方式	81
3.3 80486 微处理器的基本指令系统	81
3.3.1 数据传送类指令	82
3.3.2 算术运算类指令	91
3.3.3 逻辑运算与移位类指令	106
3.3.4 串操作类指令	111
3.3.5 程序控制类指令	115
3.3.6 处理器控制类指令	123
3.4 80486 微处理器的扩展指令	125
3.4.1 80486 微处理器新增加的指令	125
3.4.2 80486 微处理器增强功能的指令	126
3.4.3 80486 微处理器新增指令功能简介	127
习题 3	132
第 4 章 汇编语言程序设计	137
4.1 概述	137
4.1.1 机器语言	137
4.1.2 汇编语言	137
4.1.3 高级语言	138
4.1.4 宏汇编程序及上机过程简介	139
4.2 MASM 宏汇编语句结构	139
4.3 MASM 宏汇编语言的数据和表达式	140
4.3.1 MASM 宏汇编语言数据	140
4.3.2 MASM 宏汇编语言表达式	141
4.4 伪指令	148
4.4.1 变量定义伪指令	148
4.4.2 符号定义伪指令	151
4.4.3 段定义伪指令	152
4.4.4 过程定义伪指令	154

4.4.5 其他伪指令	156
4.5 宏指令	158
4.5.1 宏指令、宏定义、宏调用和宏展开	158
4.5.2 宏定义中的标号和变量	160
4.5.3 宏嵌套	162
4.5.4 宏指令与子程序	164
4.6 汇编语言程序设计	165
4.6.1 汇编语言程序的基本结构	165
4.6.2 顺序结构程序设计	167
4.6.3 分支结构程序设计	169
4.6.4 循环结构程序设计	173
4.6.5 子程序设计	179
4.6.6 应用程序设计举例	187
4.7 DOS 和 BIOS 功能调用	190
4.7.1 DOS 功能调用	191
4.7.2 BIOS 功能调用	196
4.7.3 BIOS 功能调用和 DOS 功能调用的关系	198
习题 4	198
第 5 章 存储器	204
5.1 存储器的分类与性能指标	205
5.1.1 半导体存储器的分类	205
5.1.2 半导体存储器的性能指标	207
5.2 只读存储器 ROM	208
5.2.1 EPROM 芯片	208
5.2.2 E ² PROM 芯片	210
5.2.3 Flash 芯片	211
5.3 随机存取存储器 RAM	213
5.3.1 静态随机存取存储器 SRAM 芯片	213
5.3.2 动态随机存取存储器 DRAM 芯片	215
5.3.3 内存条	216
5.4 存储器的扩展设计	217
5.4.1 存储器的构成原理	217
5.4.2 存储器的扩展	219
5.4.3 存储器的地址译码	222
5.4.4 存储器的扩展设计举例	224
5.5 高速缓冲存储器 Cache	229
5.5.1 Cache 的工作原理	229
5.5.2 Cache 的读/写策略	230
5.5.3 Cache 的地址映射	233

5.6	虚拟存储器及其管理技术	234
5.6.1	虚拟存储器的基本概念	234
5.6.2	分段存储管理	236
5.6.3	分页存储管理	237
5.6.4	段页存储管理	238
5.7	80486 存储器管理模式	239
5.7.1	80486 保护模式存储管理	239
5.7.2	虚拟 8086 模式存储管理	245
习题 5		246
第 6 章	中断技术	249
6.1	中断概述	249
6.1.1	中断与中断系统的功能	249
6.1.2	中断源分类及中断管理	251
6.1.3	中断处理过程	253
6.2	80486 微处理器中断系统	254
6.2.1	80486 中断系统结构及类型	254
6.2.2	实地址模式下的中断与异常处理	257
6.2.3	保护模式下的中断与异常处理	261
6.3	可编程中断控制器 8259A	262
6.3.1	8259A 内部结构及其引脚功能	263
6.3.2	8259A 的工作方式	266
6.3.3	8259A 初始化编程	268
6.3.4	8259A 应用举例	274
习题 6		277
第 7 章	I/O 接口技术	278
7.1	I/O 接口概述	278
7.1.1	接口技术	279
7.1.2	I/O 端口的编址方式	280
7.1.3	输入/输出的控制方式	280
7.2	可编程并行接口芯片 8255A 及其应用	282
7.2.1	8255A 内部结构及其引脚功能	282
7.2.2	8255A 工作方式及其初始化编程	284
7.2.3	8255A 应用举例	288
7.3	可编程定时/计数器 8254 及其应用	294
7.3.1	8254 内部结构及其引脚功能	294
7.3.2	8254 工作方式及其初始化编程	296
7.3.3	8254 应用举例	302
7.4	DMA 控制器 8237A 及其应用	304
7.4.1	8237A 内部结构及其引脚功能	304

7.4.2	8237A 工作方式及初始化编程	307
7.4.3	8237A 应用举例	313
7.5	可编程串行通信接口 8250/16550 及其应用	315
7.5.1	串行通信与串行接口标准	315
7.5.2	8250/16550 内部结构及其引脚功能	324
7.5.3	8250/16550 内部寄存器及其初始化编程	328
7.5.4	8250 应用举例	334
7.6	A/D 与 D/A 转换器及其应用	339
7.6.1	自动测控系统的构成	339
7.6.2	数/模转换器 (DAC) 及其接口技术	340
7.6.3	模/数转换器 (ADC) 及其接口技术	346
7.7	多功能外围接口芯片组简介	350
7.7.1	多功能外围接口芯片组 82C206	351
7.7.2	多功能外围接口芯片组 82371AB	353
习题 7		355
第 8 章 微机总线技术		357
8.1	总线概述	357
8.1.1	总线分类	358
8.1.2	总线性能指标	359
8.2	PCI 总线	360
8.2.1	PCI 系统结构	360
8.2.2	PCI 总线信号定义	362
8.2.3	PCI 总线操作	367
8.3	通用串行总线 USB	368
8.3.1	USB 系统组成及原理	368
8.3.2	USB 传输协议	371
8.4	高速串行总线 IEEE 1394	372
8.4.1	IEEE 1394 的性能特点	373
8.4.2	IEEE 1394 的工作模式	373
8.4.3	IEEE 1394 和 USB 的比较	374
习题 8		374
第 9 章 人机交互接口		376
9.1	键盘与键盘接口	376
9.1.1	键开关与键盘类型	376
9.1.2	小型键盘接口	376
9.1.3	微机键盘及键盘接口	382
9.2	鼠标接口	384
9.2.1	鼠标的基本工作原理	384
9.2.2	鼠标与微机的接口方式	384

9.3 显示器与显示卡	385
9.3.1 LED 显示器及其接口	385
9.3.2 LCD 显示器	389
9.3.3 显示卡	390
9.4 打印机和扫描仪接口	391
9.4.1 打印机及其接口	391
9.4.2 扫描仪及其接口	394
9.5 网络接口	395
9.5.1 调制解调器	395
9.5.2 非对称数字用户专线	396
习题 9	397
附录 A 80x86 指令系统一览表	399
附录 B DOS 系统功能调用 (INT 21H)	413
参考文献	418



第1章

微型计算机概述

摘要 本章首先介绍微型计算机的发展概况，并从应用角度出发，介绍微型计算机中数的表示及编码方法，最后介绍微机系统的概念、组成和各部分的功能、特点。本章内容将对后续章节的学习打下良好的基础。

1.1 微型计算机发展简史

电子计算机是一种能自动高速地进行大量运算的电子机器。电子计算机的出现和发展，是科学技术和生产力发展的卓越成就之一，反过来，它也极大地促进了科学技术和生产力的发展。

1.1.1 微型计算机的硬件发展

1. 电子计算机的发展概况

1946年，在美国宾夕法尼亚大学诞生了世界上第一台电子计算机 ENIAC (electronic numerical integrator and computer)。它使用了 18 800 多个电子管和 1500 多个继电器，重达 30t，占地 150m²，耗电 150kW，每秒可以完成 5000 次加法运算。从此以后，电子计算机为世人瞩目，而且对它寄予了无限的厚望。

自从第一台电子计算机问世以来，计算机科学与技术获得了日新月异的飞速发展。计算机的发展大致经历了四代：

第一代电子管计算机时代。发展年代为 1946—1958 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用电子管，存储器采用磁芯和磁鼓，软件主要使用机器语言。在此期间，形成了电子管计算机体系，确定了程序设计的基本方法，数据处理机（指专门用于数据处理的计算机）开始得到应用。计算机的运算速度一般为每秒几千至几万次，体积庞大，成本很高。虽然它的体积、速度、软件等各方面都不能与今天的微型计算机相比，但它却奠定了计算机科学和技术的发展基础。这一代计算机主要应用于科学计算。

第二代为晶体管计算机时代。发展年代为 1958—1965 年。这一代计算机的主要逻辑元件为晶体管，主存储器仍用磁芯，外存储器已开始使用磁盘，软件也有较大发展，出现了各种高级语言。在此期间，计算机的可靠性和速度均得到提高。速度一般为每秒几千次至几十万次，体积缩小，成本降低。工业控制机（指专门用于工业生产过程控制的计算机）开始出现并得到应用。这一代计算机除用于科学计算外，也开始应用于各种事务的数据处理、工业控制等领域。

第三代为集成电路计算机时代。发展年代为 1965—1971 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用中小规模集成电路。在此期间，计算机的可靠性和速度都有了进一步的提高，速度一般为每秒几十万至几百万次，体积进一步缩小，成本进一步降低。小型计算机（指规模小，结构简单，操作方便的计算机）开始出现并迅速发展，操作系统、会话式高级语言等软件发展迅速。机种多样化，生产系列化，结构积木化，使用系统化，是这一阶段计算机发展的主要特点。

第四代为大规模集成电路计算机时代。发展年代为 1971 年至今。这一代计算机采用大规模集成电路 LSI（large scale integrator），指在单个硅片上集成 1000~2000 个晶体管）或超大规模集成电路 VLSI（very large scale integrator，指在单个硅片上集成 6 万~10 万个晶体管）。由于 LSI、VLSI 的体积小，耗电少，可靠性高，因而使这一阶段的计算机体积更小，可靠性和运算速度更高，成本更低。计算机的速度可达每秒运算几千万至上亿次。同时，全套电路只集中在一块硅片上的微型计算机已开始出现，相继出现了广泛使用的单板机、单片机和各种型号的个人计算机。同时，以并行处理为特征的用于科学计算和尖端技术中的巨型机也得到了发展，由若干台计算机组成的计算机网络也已开始实际使用。

目前，电子计算机正在向着人工智能化方向发展，人工智能是综合了计算机科学与控制论而发展的一门新技术。它能模拟人的智能，如识别图形、语言、物体等。它将对社会的发展带来不可估量的影响。电子计算机的发展概况见表 1.1。

表 1.1 电子计算机的发展概况

计算机	第一代	第二代	第三代	第四代
特 征	采用电子管作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒仅几千次，内存容量仅几 KB	采用晶体管作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几十万次，内存容量扩大到几十 KB	采用集成电路作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几十万至几百万次	采用大规模和超大规模集成电路作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几千万至上亿次
时 间	1946—1958 年	1958—1965 年	1965—1971 年	1971 年至今
代表机型	ENIAC	CDC7600	IBM360	Intel 80x86
应 用	仅限于军事和科研中的科学计算	由科学计算扩展到数据处理和自动控制	开始广泛应用于各个领域	应用范围已渗透到各行各业，并进入了以网络为特征的时代

2. 微型计算机的发展概况

微型计算机是 20 世纪 70 年代初才发展起来的，是人类重要的创新之一。从微型机问世到现在不过 30 多年，但已经经历了以下几个发展阶段：

第一代为低档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1971—1973 年,是微机的问世阶段。1971 年美国 Intel 公司生产了 4004 芯片,它本来是为高级袖珍计算机设计的,但生产出来后却获得了意外的成功。经过改进,生产出了 4 位的微处理器 4004,并于 1972 年生产了 8 位微处理器 8008。这一代微型计算机的特点是采用 PMOS (P-channel metal oxide semiconductor) 工艺,集成度为每片 2300 个晶体管,字长分别为 4 位和 8 位,运算速度较慢(基本指令执行时间 $4\sim 10\mu\text{s}$),指令系统简单,运算功能较差,采用机器语言或简单汇编语言,价格低廉。

第二代为中档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1973—1977 年。这一代微型计算机采用 NMOS (N-channel metal oxide semiconductor) 工艺,集成度提高了 $1\sim 4$ 倍,每片集成了 8000 个晶体管,字长为 8 位,基本指令执行时间 $2\mu\text{s}$ 左右。典型的微处理器产品有 1973 年的 Intel 8085, Motorola 6800, 以及 1976 年 Zilog 公司的 Z80。这些微处理器有完整的配套接口电路,如可编程的并行接口电路、串行电路、定时/计数器接口电路,以及直接存储器存取接口电路等,并且已具有高级中断功能。软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC, FORTRAN, PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并在后期配上了操作系统。

第三代为 16 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1977—1984 年。1977 年前后,超大规模集成电路(VLSI)工艺的研制成功,使一个硅片上可以容纳十万个以上的晶体管,64K 位及 256K 位的存储器已生产出来。这一代微型计算机采用 HMOS (high performance metal oxide semiconductor) 工艺,基本指令执行时间约为 $0.5\mu\text{s}$ 。代表产品是 Intel 8086、Z8000 和 MC68000。这类 16 位微型计算机都具有丰富的指令系统,采用多级中断系统、多种寻址方式、多种数据处理形式、分段式存储器结构及乘除运算硬件,电路功能大为增强。软件方面可以使用多种语言,有常驻的汇编程序、完整的操作系统、大型的数据库,并可构成多处理器系统。此外,在这一阶段,还有一种称为准 16 位的微处理器出现,典型产品有 Intel 8088 和 Motorola 6809,它们的特点是能用 8 位数据线在内部完成 16 位数据操作,工作速度和处理能力均介于 8 位机和 16 位机之间。近年来,高档 16 位微处理器发展很快,Intel 公司在 8086 的基础上又制成了 80186 和 80286 等性能更为优越的微处理器。其特点是从单元集成过渡到系统集成,以获得尽可能高的性能价格比。

第四代为 32 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1984—1993 年。20 世纪 80 年代初,在每个单片硅片上可集成几十万个晶体管,产生了第四代的 32 位微处理器。典型产品有 Intel 的 80386、National Semiconductor 的 16032、Motorola 的 68020 等。在 32 位微处理器中,具有支持高级调度、调试及系统开发的专用指令。由于集成度高,系统的速度和性能大为提高,可靠性增加,成本降低。

第五代为 64 位高档微处理器和微型计算机。发展年代为 1994 年至现在。随着人们对图形图像、定时视频处理、语音识别、CAD (computer-assisted design) /CAE (computer-assisted education) /CAI (computer-assisted instruction)、大规模财务分析和大流量客户/服务器应用等的需求日益迫切,现有的微处理器已难以胜任此类任务。于是,在 1993 年 3 月,Intel 公司率先推出了统领 PC (personal computer) 达十余年之久的第五代微处理器体系结构产品——Pentium (奔腾),代号为 P5,也称为 80586。从它的设计制造工艺到性能指标,都比第四代产品有了大幅度的提高。微型计算机的发展概况见表 1.2。

表 1.2 微型计算机的发展概况

微处理器	第一代（8 位）	第二代（8 位）	第三代（16 位）	第四代（32 位）	第五代（64 位）
时 间	1971—1973 年	1973—1977 年	1977—1984 年	1984—1993 年	1993 年至现在
代表产品	Intel 8008	Intel 8085	Intel 8086	Intel 80386	Pentium

3. Intel 80x86 系列微处理器的发展概况

80x86 微处理器是 Intel 公司的系列产品，随着微处理器芯片从低级向高级、从简单到复杂的发展过程，也可以看成个人计算机家族的进化史。其设计、制造和处理技术的不断更新换代，以及处理能力的不断增强，使微型计算机的应用领域越来越广泛。

1978 年 Intel 公司生产的 8086 是第一个 16 位的微处理器。很快 Zilog 公司和 Motorola 公司也宣布计划生产 Z8000 和 68000。这就是第三代微处理器的起点。8086 微处理器最高主频速度为 8MHz，具有 16 位数据通道，内存寻址能力为 1MB。

1979 年，Intel 公司又开发出了 8088。8086 和 8088 在芯片内部均采用 16 位数据传输，所以都称为 16 位微处理器，但 8086 每个总线周期能传送或接收 16 位数据，而 8088 每个总线周期只能传送或接收 8 位数据。因为最初的大部分设备和芯片是 8 位的，而 8088 的外部 8 位数据传送、接收能与这些设备相兼容。所以 8088 得到了广泛的应用。8088 采用 40 针的 DIP（dual in-line package）封装，工作频率为 6.66MHz、7.16MHz 或 8MHz，微处理器集成了大约 29 000 个晶体管。

8086 和 8088 问世后不久，Intel 公司就开始对它们进行改进，将更多功能集成在芯片上，这样就诞生了 80186 和 80188。这两款微处理器内部均以 16 位工作，在外部输入/输出上 80186 采用 16 位，而 80188 和 8088 一样，是采用 8 位工作。

1981 年，美国 IBM 公司将 8088 芯片用于其研制的 PC 中，从而开创了全新的微机时代。也正是从 8088 开始，个人电脑的概念开始在全世界范围内发展起来。从 8088 应用到 IBM PC 上开始，个人电脑真正走进了人们的工作和生活之中，它也标志着一个新时代的开始。

1982 年，Intel 公司在 8086 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 位内存地址的寻址，内存寻址能力为 16MB。80286 可工作于两种方式，分别是实模式和保护方式。

在实模式下，微处理器可以访问的内存总量限制在 1MB。而在保护方式之下，80286 可直接访问 16MB 的内存。此外，80286 工作在保护方式下，可以保护操作系统，使之不像实模式或 8086 等不受保护的微处理器那样，在遇到异常时会系统停机。

IBM 公司将 80286 微处理器用在微机中，引起了极大的轰动。80286 在以下四个方面比它的前辈有显著的改进：支持更大的内存；能够模拟内存空间；能同时运行多个任务；提高了处理速度。最早，PC 的速度是 4MHz，第一台基于 80286 的 AT 机运行速度为 6~8MHz，一些制造商还自行提高速度，使 80286 达到了 20MHz，这意味着在性能上有了重大的进步。

80286 的封装是一种被称为 PGA（pin grid array），插针网格阵列式的正方形封装。PGA 是塑料有引线芯片载体 PLCC（plastic leaded chip carrier）的一种简易封装形式，在这个封装中，80286 集成了大约 130 000 个晶体管。

8086 发展到 80286 的这个时代是个人电脑起步的时代，当时在国内使用甚至见到过 PC 的

人很少，它在人们心中是一个神秘的东西。到20世纪90年代初，国内才开始普及计算机。

1985年春，Intel公司开始开发32位核心的CPU——80386。Intel给80386设计了三个技术要点：使用“类286”结构；开发80387协处理器，增强浮点运算能力；开发高速缓存，解决内存速度瓶颈。

1985年10月17日，Intel 80386 DX正式发布，其内部包含27.5万个晶体管，时钟频率为12.5MHz，后来逐步提高到20MHz、25MHz、33MHz，最后还有少量的40MHz产品。80386 DX的内部和外部数据总线是32位，地址总线也是32位，可以寻址4GB内存，并可以管理64TB的虚拟存储空间。它的运算模式除了具有实模式和保护模式以外，还增加了一种“虚拟8086”的工作方式，可以通过同时模拟多个8086微处理器来提供多任务处理能力。80386 DX有比80286更多的指令，频率为12.5MHz的80386每秒钟可执行六百万条指令，比频率为16MHz的80286快2.2倍。

由于32位微处理器的运算能力较强，PC的应用扩展到很多领域，如商业办公和计算、工程设计和计算、数据中心、个人娱乐。80386使32位CPU成为PC的工业标准。虽然当时80386没有完善和强大的浮点运算单元，但配上80387协处理器，80386就可以顺利完成许多需要大量浮点运算的任务，从而顺利进入了主流的商用电脑市场。另外，80386还有较丰富的外围配件支持，如82258（DMA控制器）、8259A（中断控制器）、8272（磁盘控制器）、82385（Cache控制器）、82062（硬盘控制器）等。针对内存的速度瓶颈，Intel公司为80386设计了高速缓存（Cache），采取预读内存的方法来缓解速度瓶颈，从此，Cache就成了CPU的标准配件。

1989年，Intel推出80486芯片。这款芯片首次突破了100万个晶体管的界限，单个硅片上集成了120万个晶体管，使用1μm的制造工艺。80486的时钟频率从25MHz逐步提高到33MHz、40MHz、50MHz。80486是将80386和数字协处理器80387及8KB的高速缓存器集成在一个芯片内。80486中集成的80487的运算速度是以前80387的两倍，内部缓存缩短了微处理器与慢速DRAM之间的等待时间。并且，在80486系列中首次采用了精简指令集RISC（reduction instruction set computer）技术，可以在一个时钟周期内执行一条指令。它还采用了突发总线方式，大大提高了与内存的数据交换速度。由于这些改进，80486的性能比带有80387数字协处理器的80386 DX性能提高了四倍。常见的80486 CPU有80486 DX 33（40和50）。486 CPU与386 DX一样，内外数据总线都是32位，但是最慢的486 CPU也比最快的386 CPU要快，这是因为486 SX/DX执行一条指令，只需要一个时钟周期，而386 DX CPU却需要两个时钟周期。

1993年，586 CPU问世，并被命名为Pentium（奔腾）以区别于AMD和Cyrix的产品。Pentium最初级的CPU是Pentium 60和Pentium 66，分别工作在与系统总线频率相同的60MHz和66MHz两种频率下，没有我们现在所说的倍频设置。早期的奔腾75MHz~120MHz使用0.5μm的制造工艺，后期120MHz以上的奔腾CPU则改用0.35μm工艺。

Pentium Pro的核心架构代号为P6（也是未来PⅡ、PⅢ所使用的核心架构），这是第一代产品，二级Cache有256KB或512KB，最大有1MB。工作频率有：133/66MHz（工程样品）、150/60MHz、166/66MHz、180/60MHz、200/66MHz。

Pentium Ⅱ的中文名称是“奔腾二代”，它有Klamath, Deschutes, Mendocino, Katmai等几种不同核心结构的系列产品，其中，第一代采用Klamath核心，0.35μm工艺制造，内部

集成了 750 万个晶体管，核心工作电压为 2.8V。

Pentium II 微处理器采用了双重独立总线结构，即其中一条总线连通二级缓存，另一条主要负责内存。Pentium II 使用了一种脱离芯片的外部高速 L2 Cache，容量为 512KB，并以 CPU 主频的一半速度运行。作为一种补偿，Intel 公司将 Pentium II 的 L1 Cache 从 16KB 增至 32KB。另外，在 Pentium II 中采用了 Slot 1 接口标准和单边接触盒 SECC（single edge contact cartridge）封装技术。

1999 年春，Intel 公司又发布了采用 Katmai 核心的 Pentium III。它具有以下特点：采用 0.25 μ m 工艺制造，内部集成了 950 万个晶体管；系统频率为 100MHz；采用第六代 CPU 核心 P6 微架构，针对 32 位应用程序进行优化，双重独立总线；L1 Cache 为 32KB（16KB 指令缓存加 16KB 数据缓存），L2 Cache 大小为 512KB，以 CPU 核心速度的一半运行；采用 SECC2 封装形式；新增加了能够增强音频、视频和 3D 图形效果的数据流单指令多数据扩展 SSE（streaming SIMD extensions）指令集，共 70 条新指令。Pentium III 的起始主频速度为 450MHz。与 Pentium II Xeon 一样，Intel 同样也推出了面向服务器和工作站系统的 Pentium III Xeon 微处理器。除前期的 Pentium II Xeon 500, 550 采用 0.25 μ m 技术外，该款微处理器是采用 0.18 μ m 工艺制造，Slot 2 架构和 SECC 封装形式，内置 32KB L1 Cache 和 512KB L2 Cache，工作电压为 1.6V。

2000 年 6 月，Intel 公司推出了 Pentium 4（简称 P4）。P4 系统的工作频率在 1.3GHz 以上，工作电压为 1.565~1.700V。P4 微处理器不但拥有更高的时钟频率，并且支持 Intel 超线程技术 HT（hyper threading）技术。超线程技术就是利用特殊的硬件指令，把两个逻辑内核模拟成两个物理芯片，让单个处理器都能使用线程级并行计算，进而兼容多线程操作系统和软件，减少了 CPU 的闲置时间，提高了 CPU 的运行效率，使一块芯片的性能几乎相当于两块。80x86 系列微处理器的发展见表 1.3。

表 1.3 80x86 系列微处理器的发展

微处理器	首批生产时间	性能 (MIPS) ^①	CPU 最高主频 (MHz)	集成度 (百万) ^②	寄存器宽度	外部数据总线宽度	最大寻址空间	内含（或捆绑）高速缓存大小
8086	1978	0.8	8	0.029	16	16	1MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.134	16	16	16MB	无
80386 DX	1985	6.0	20	0.275	32	32	4GB	无
80486 DX	1989	20	25	1.2	32	32	4GB	8KB L1
Pentium	1993	100	200	3.1	32	64	4GB	16KB L1
Pentium Pro (P6)	1995	440	266	5.5	32	64	64GB	16KB L1, 256KB 或 512KB L2 ^④
Pentium II	1997	466	450	7.5	32	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2
Pentium III	1999	1000	900	28.2	32 ^③	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2
Pentium 4	2000	3200	2800	42	32 ^③	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2

注：① MIPS（millions of instructions per second），每秒执行的指令数，单位为百万条/秒。

② 芯片中所集成的晶体管数，单位为百万个。

③ 用做通用目的寄存器时为 32 位，用于单指令流、多数据流 SIMD（single instruction multiple data）处理时为 128 位。

④ L1 为一级高速缓存器，L2 为二级高速缓存器。