

高等院校计算机科学与技术
“十五”规划教材

微机原理 与接口技术



陆鑫 廖建明 张建 李巧勤 编著
彭寿全 审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等院校计算机科学与技术“十五”规划教材

微机原理与接口技术

陆鑫 廖建明 张建 李巧勤 编著
彭寿全 审



机械工业出版社

本书以 Intel 系列微处理器组成的微机为对象, 介绍微型计算机的组成原理、汇编程序设计、接口技术及微机系统应用。全书共 12 章, 内容包括微机系统概论、Intel 系列微处理器、存储器系统、汇编程序设计基础、微机 I/O 接口基础、总线系统、中断系统、DMA 系统、并行通信与串行通信、定时器/计数器、人机交互设备与接口和汇编高级编程技术。每章末还备有习题, 帮助理解和巩固所学内容。本书内容丰富, 涉及微机系统的三大部分: 微机硬件系统的工作原理、技术特点和应用方法; 微机汇编编程技术与程序设计方法; 微机 I/O 接口技术、编程控制方法与应用实例等。此外, 全书还涉及许多新的微机技术, 反映了现代微机硬件系统发展的最新趋势。

本书可作为高等院校计算机专业微机原理与接口技术课程教材, 也可作为其他专业本科生或研究生的微机原理、汇编程序设计与接口技术等课程教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理与接口技术 / 陆鑫等编著. —北京: 机械工业出版社, 2005.8

(高等院校计算机科学与技术“十五”规划教材)

ISBN 7-111-17017-2

I. 微... II. 陆... III. ①微型计算机—理论—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 (2005) 第 081578 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 车 忱

责任印制: 石 冉

三河市宏达印刷有限公司印刷

2005 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 28.5 印张 · 702 千字

0001—5000 册

定价: 39.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

出版说明

适逢高等院校计算机专业教育改革的关键时期，为配合相关的教材建设，机械工业出版社会同全国在该领域内享誉盛名、具备雄厚师资和技术力量的高等院校，包括清华大学、上海交通大学、南京大学、电子科技大学、东南大学、西安电子科技大学、解放军理工大学、北京科技大学等重点名校，组织长期从事教学工作的骨干教师，集思广益，对当前高等院校的教学现状开展了广泛而深入的研讨，继而紧密结合当前技术发展需要并针对教学改革所提出的问题，精心编写了这套面向普通高等院校计算机专业的系列教材，并陆续出版。

本套教材内容覆盖了普通高等院校计算机专业学生的必修课程，另外还恰如其分地添加了一些选修课程，总体上分为基础、软件、硬件、网络和多媒体五大类。在编写过程中，对教学改革力度比较大、内容新颖，以及各院校急需的并且适应社会经济发展的新教材，优先选择出版。

本套教材注重系统性、普及性和实用性，力求达到专业基础课教材概念清晰、深度合理的标准，并且注意与专业课教学的衔接；专业课教材覆盖面广、深浅适中，在体现相关领域最新发展的同时注重理论联系实际。全套教材体现了教育改革的最新思想，可作为高等院校计算机科学与技术专业的教学用书，同时也是培训班和自学使用的最佳教材。

机械工业出版社

前 言

微机原理与接口技术课程是计算机专业的一门重要的专业基础课。通过该课程的学习，可使学生掌握微型计算机的基本组成原理、汇编程序设计及接口技术知识，并具备微机应用系统软硬件开发与设计能力。

本书是严格按照全国工科电子类计算机专业教学指导委员会的十五规划教材要求编写的。在编写过程中，遵循微型计算机硬件系统的特点，注重基本知识与典型应用的介绍；内容深入浅出、概念清楚、重点突出，以实例帮助理解；取材尽可能反映微型机系统的新技术与新知识，以适应微型机不断发展的趋势。本书不但适合作为计算机专业的本科生教材，也可作为其他专业的本科生或研究生学习微型机原理、汇编程序设计及接口技术等课程的教材。

本书内容丰富，在教学实践中，可根据教学对象和学时要求选取有关章节讲解。授课学时可在 48 学时到 64 学时之间。由于本课程是一门实践性很强的课程，在学习教材的同时，还可安排 20 学时左右的硬件实验与汇编上机实践，以培养学生对微机系统的实际理解与动手能力。

本书作者都是多年从事计算机专业“微型机原理与接口”、“汇编程序设计”等课程授课的教师，他们具有扎实的专业背景和丰富的教学实践经验。本书的第 1、9、10 和 11 章由陆鑫编写，第 2、3 和 5 章由廖建明编写，第 6、7 和 8 章由张建编写，第 4、12 章和附录部分由李巧勤编写，陆鑫负责全书统稿。

本书采用的逻辑符号部分是国外流行符号，其与国家标准的对照请参阅附录 D。

电子科技大学计算机学院彭寿全教授在百忙中仔细审阅了本书，并提出了非常宝贵的意见，特此表示深深的谢意。本书的编写工作也得到电子科技大学计算机学院傅彦教授的关心与支持，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中错误之处难免，恳请读者指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 微机系统概论	1
1.1 微机系统的概念	1
1.1.1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统	1
1.1.2 微型机分类	2
1.2 微机系统的发展概况	4
1.2.1 微处理器	4
1.2.2 微机系统	6
1.3 微机硬件系统的基本结构与组成	7
1.3.1 微机硬件系统的基本结构	7
1.3.2 微机硬件系统的组成与配置	8
1.4 微机系统的软件与编程语言	13
1.4.1 系统软件	13
1.4.2 应用软件	15
1.4.3 编程语言	16
1.5 微机信息处理基础	17
1.5.1 信息在微机中的表示	17
1.5.2 微机的基本工作过程	25
1.6 思考与练习题	27
第 2 章 微处理器与指令系统	28
2.1 微处理器基础知识	28
2.1.1 微处理器基本概念	28
2.1.2 微处理器基本结构与功能	28
2.2 Intel 8086/8088 微处理器	29
2.2.1 Intel 8086/8088 的功能结构	29
2.2.2 Intel 8086/8088 的内部寄存器	31
2.2.3 CPU 的引脚功能	34
2.2.4 CPU 的总线操作与时序	39
2.2.5 Intel 8086/8088 的编程结构	45
2.3 Intel 8086/8088 的寻址方式与指令系统	48
2.3.1 Intel 8086/8088 的寻址方式	48
2.3.2 Intel 8086/8088 的指令系统	53
2.4 高性能微处理器	67
2.4.1 Intel 80286 微处理器	67

2.4.2	Intel 80386 微处理器	69
2.4.3	Intel 80486 微处理器	72
2.4.4	Pentium 系列微处理器	74
2.5	Intel 32 位微处理器工作方式	81
2.5.1	实地址方式	81
2.5.2	保护虚地址方式	81
2.5.3	虚拟 8086 方式	87
2.6	思考与练习题	89
第 3 章	内部存储器	91
3.1	存储器概述	91
3.1.1	存储器分类	91
3.1.2	存储器系统的层次结构	94
3.1.3	主存储器的基本组成	95
3.1.4	存储器的主要性能指标	95
3.2	半导体存储器及接口	96
3.2.1	静态随机存取存储器 SRAM	96
3.2.2	动态随机存取存储器 DRAM	101
3.2.3	DRAM 内存条简介	107
3.2.4	只读存储器 ROM	108
3.2.5	闪速存储器 (Flash memory)	112
3.2.6	存储器与微处理器的接口	114
3.3	存储器的组织与容量扩展	116
3.3.1	位扩展	117
3.3.2	字扩展	117
3.3.3	字位全扩展	119
3.4	微机系统的其他内部存储器	120
3.4.1	CMOS RAM	120
3.4.2	ROM BIOS	122
3.4.3	Shadow RAM	123
3.5	思考与练习题	123
第 4 章	汇编程序设计基础	125
4.1	汇编语言基础	125
4.1.1	概述	125
4.1.2	汇编语言语句种类与格式	126
4.1.3	汇编语言数据和表达式	127
4.2	源程序的基本结构框架	139
4.2.1	段定义	140
4.2.2	段寻址伪指令	141
4.2.3	END 伪指令	142

4.2.4	段寄存器的装入	142
4.2.5	返回 DOS 系统的方式	144
4.2.6	源程序结构实例	144
4.3	其他伪指令	145
4.3.1	过程定义伪指令	145
4.3.2	ORG 伪指令	146
4.3.3	NAME 和 TITLE 伪指令	147
4.3.4	PUBLIC 和 EXTRN 伪指令	147
4.4	汇编程序设计方法	148
4.4.1	概述	148
4.4.2	顺序程序设计	149
4.4.3	分支程序设计	150
4.4.4	循环程序设计	157
4.4.5	子程序设计	165
4.5	汇编语言程序的开发过程	174
4.5.1	编辑源程序	175
4.5.2	汇编	175
4.5.3	连接	176
4.5.4	调试与运行	177
4.6	思考与练习题	181
第 5 章	PC 微机 I/O 接口基础	185
5.1	概述	185
5.1.1	I/O 接口的基本概念	185
5.1.2	I/O 接口的功能	185
5.1.3	CPU 与 I/O 设备之间的接口信息	186
5.1.4	I/O 接口的组成与分类	187
5.1.5	I/O 端口的编址方式	188
5.2	I/O 接口的控制方式	188
5.2.1	程序控制方式	188
5.2.2	中断控制方式	191
5.2.3	DMA 控制方式	192
5.2.4	I/O 通道控制方式与处理机控制方式	193
5.3	PC 微机 I/O 端口访问	193
5.3.1	PC 机 I/O 端口的地址分配	193
5.3.2	I/O 端口的指令操作	194
5.4	微机 I/O 接口设计	195
5.4.1	I/O 接口硬件设计	195
5.4.2	I/O 接口地址译码电路设计	196
5.4.3	I/O 接口编程控制	199

5.5	多功能芯片组简介	202
5.5.1	芯片组功能	202
5.5.2	Intel 845 芯片组	202
5.5.3	Intel 82915 芯片组	203
5.6	思考与练习题	205
第 6 章	PC 微机总线系统	206
6.1	概述	206
6.1.1	总线的分类	206
6.1.2	总线的性能参数	207
6.1.3	总线标准	208
6.2	PCI 系统总线	208
6.2.1	PCI 总线信号及特点	209
6.2.2	PCI 总线接口规范	209
6.2.3	PCI 总线数据传输过程	213
6.2.4	PCI 总线配制	216
6.2.5	PCI 总线 BIOS	218
6.3	外部通信总线	219
6.3.1	USB 通用串行总线	219
6.3.2	IEEE 1394 高性能串行总线	221
6.3.3	SCSI 小型机接口总线	223
6.4	思考与练习题	225
第 7 章	PC 微机中断系统	226
7.1	概述	226
7.1.1	中断的基本概念	227
7.1.2	中断优先权与嵌套	228
7.1.3	中断的处理过程	232
7.2	PC 微机中断系统机制	233
7.2.1	中断源类型	233
7.2.2	实模式下的中断机制	234
7.2.3	保护模式下的中断机制	235
7.3	中断控制器	236
7.3.1	8259A 的内部结构与引脚信号	236
7.3.2	8259A 中断控制器的编程	239
7.3.3	8259A 的工作方式	243
7.3.4	8259A 中断控制器的应用	245
7.3.5	芯片组内中断控制器逻辑	246
7.4	中断应用	248
7.4.1	BIOS 中断及应用	248
7.4.2	系统调用及应用	249

7.4.3 中断程序设计	250
7.5 思考与练习题	253
第 8 章 PC 微机 DMA 系统	254
8.1 概述	254
8.1.1 DMA 的传送原理	254
8.1.2 芯片组内 DMA 控制器	256
8.2 DMA 控制器	257
8.2.1 8237 的内部结构及引脚	257
8.2.2 8237 的内部寄存器	258
8.2.3 8237 的工作模式	259
8.2.4 8237 寄存器的命令字格式	259
8.2.5 IBM PC 的页面地址寄存器	264
8.3 DMA 编程及应用	264
8.3.1 8237 初始化编程	264
8.3.2 8237 应用实例	266
8.4 思考与练习题	268
第 9 章 PC 微机并行与串行通信	269
9.1 概述	269
9.1.1 并行通信及接口	269
9.1.2 串行通信及接口	270
9.2 可编程并行接口芯片 8255	276
9.2.1 芯片结构及引脚	276
9.2.2 芯片工作方式	279
9.2.3 芯片编程	285
9.2.4 芯片应用实例	286
9.3 可编程串行接口芯片 16550	292
9.3.1 芯片功能与内部结构	292
9.3.2 芯片外部引脚	297
9.3.3 芯片初始化编程	299
9.3.4 芯片应用实例	301
9.4 并行与串行接口标准	303
9.4.1 Centronic 标准	303
9.4.2 RS-232 标准	306
9.4.3 RS-422、RS-423 和 RS-485 标准	308
9.5 思考与练习题	311
第 10 章 定时器与计数器芯片及应用	313
10.1 定时/计数器原理	313
10.1.1 定时器	313
10.1.2 计数器	314

10.2	可编程定时/计数器芯片 8254	314
10.2.1	芯片结构及引脚	314
10.2.2	芯片工作方式	317
10.2.3	芯片编程	321
10.2.4	芯片应用实例	322
10.3	实时时钟电路	324
10.3.1	实时时钟电路原理	324
10.3.2	实时时钟编程	326
10.4	思考与练习题	330
第 11 章	人机交互设备及接口	331
11.1	键盘	331
11.1.1	键盘设备	331
11.1.2	键盘接口	332
11.1.3	键盘接口编程	333
11.2	鼠标	333
11.2.1	鼠标设备	334
11.2.2	鼠标接口	334
11.2.3	鼠标接口编程	335
11.3	视频子系统	337
11.3.1	视频子系统主要性能参数与标准	338
11.3.2	视频显示器原理	339
11.3.3	显示器接口	342
11.3.4	显示器接口编程	346
11.4	打印机	347
11.4.1	打印设备	347
11.4.2	打印机接口	348
11.4.3	打印机接口编程	349
11.5	思考与练习题	352
第 12 章	微机汇编高级编程技术	353
12.1	高级宏汇编语言	353
12.1.1	结构与记录	353
12.1.2	宏指令	360
12.2	混合编程技术	366
12.2.1	C/C++高级编程语言	367
12.2.2	C/C++与汇编混合编程技术	368
12.3	微机硬件的编程访问	373
12.3.1	内存管理编程技术	373
12.3.2	硬盘访问与文件系统编程技术	378
12.3.3	图形处理编程技术	392

12.3.4 USB 设备驱动程序设计	397
12.4 思考与练习题	404
附录	407
附录 A 80x86 系列微处理器指令系统汇总表	407
附录 B DOS 系统功能调用 (INT 21H)	428
附录 C BIOS 中断调用	435
附录 D 逻辑符号对照表	440
参考文献	441

第 1 章 微机系统概论

1.1 微机系统的基本概念

微型计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备以及输出设备五大部分组成的。通常，把运算器和控制器合称为中央处理器（CPU）。中央处理器和内存储器则合称为主机。输入设备、输出设备和外存储器统称为外围设备，简称外设。

1.1.1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

随着大规模集成电路的发展，一块集成电路芯片可以包含上千万个晶体管电路，计算机的大部分功能电路都可以集成在一个芯片内，这就出现了所谓的微处理器芯片。以微处理器芯片为核心构成的计算机就是微型计算机。

1. 微处理器

微处理器是一个由算术逻辑运算单元、控制器单元、寄存器组以及内部系统总线等单元组成的大规模集成电路芯片，通常又简称为 CPU。

2. 微型计算机

微型计算机是以微处理器芯片为核心，配上内存芯片、I/O 接口电路以及输入设备、输出设备、磁盘设备以及电源机箱等部件构成的硬件装置，简称微型机或微机。

3. 微型计算机系统

微型计算机系统是以微型计算机为主体，配上系统软件与应用软件组成的系统，简称微机系统。

微处理器、微机和微机系统之间的关系如图 1.1-1 所示：

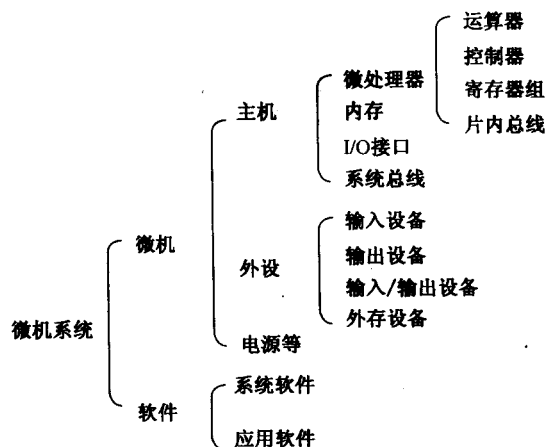


图 1.1-1 微处理器、微机和微机系统的关系

1.1.2 微型机分类

微型计算机可以从不同角度进行分类，下面分别进行介绍。

1. 按组装形式和系统规模分类

(1) 单片机。单片机是一种将 CPU 单元、部分存储器单元、部分 I/O 接口单元以及内部系统总线等单元集成在一个超大规模集成电路芯片内的计算机。单片机具有微型计算机的基本功能，可以运行特定程序。随着集成电路的发展，近年来推出的高档单片机除了增强基本微机功能以外，还集成了一些特殊功能单元，如 A/D、D/A 转换器，DMA 控制器，通信控制器等。单片机具有体积小、可靠性高、成本低等特点，广泛应用于仪器、仪表、家电与工业控制等领域。因此，单片机有时也称为嵌入式控制器。

(2) 个人计算机 (PC)。个人计算机是一种将一块主机母板 (含有微处理器、内存与 I/O 接口等芯片)、若干 I/O 接口卡、外部存储器和电源等部件组装在一个机箱内，并配置显示器、键盘、鼠标器与打印机等基本外围设备所组成的个人用户计算机，如图 1.1-2 所示。个人计算机具有功能强、配置灵活和软件丰富等诸多特点，广泛应用于办公、商业和科研等许多领域，它是一种使用最普遍的微机。

(3) 笔记本电脑。笔记本电脑是一种体积较小、可放入公文包的便携式个人计算机，它是当代移动办公的主要设备。它内部有一块尺寸较小的主机母板 (含有微处理器、内存、I/O 接口等芯片)，并配置 LCD 显示器、键盘、鼠标、DVD 光驱和硬盘等基本设备，如图 1.1-3 所示。笔记本电脑具有功能强、体积小、重量轻、便于携带等特点，广泛应用于办公、商业、家庭等许多领域，它也是一种使用很普遍的微机。

(4) 掌上电脑。掌上电脑是一种尺寸比笔记本电脑更小的便携式个人计算机，相对功能较简单，其大小适合放入衣服的口袋内。它内部也有一块尺寸较小的含有微处理器、内存、I/O 接口芯片的电路板，并配置 LCD 显示器、笔输入键盘等基本外围设备，如图 1.1-4 所示。掌上电脑具有体积小、重量轻、便于携带等特点，主要用于收发电子邮件与商务处理，它是一种使用较普遍的智能办公用品。

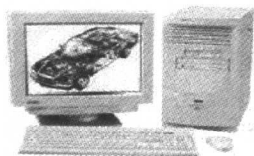


图 1.1-2 个人计算机



图 1.1-3 笔记本电脑

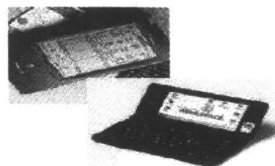


图 1.1-4 掌上电脑

2. 按微处理器位数分类

微处理器的处理位数由运算器能直接并行处理的二进制位数决定。微处理器按处理位数可分为 8 位、16 位、32 位和 64 位。具有不同处理位数的微处理器，性能不同，处理器位数越多，性能就越强。

(1) 8 位微机。以 8 位微处理器为核心的微机，称为 8 位微机。如早期的 Z80 单片机、IBM 最初的个人计算机以及目前使用的 MCS-51 系列单片机等。8 位微机主要应用于字符信息处理、简单的工业控制等领域。它在硬件方面有广泛的芯片与设备支持，软件也很丰富。

但是 8 位微机无法胜任高速运算和大容量的数据处理。

(2) 16 位微机。以 16 位微处理器为核心的微机，称为 16 位微机。如 PC/AT 个人计算机和 MCS-96 单片机等。16 位微机比 8 位微机具有更高的运算速度，更强的处理性能，并可用于实时的多任务处理，因而应用领域更加广泛。

(3) 32 位微机。以 32 位微处理器为核心的微机，称为 32 位微机。如 PC386、PC486、Pentium、Pentium II/III/IV 等个人计算机以及 MCS-960 单片机等。目前，32 位微机的性能已达到或超过早期的小型机，它能综合处理数字、图形、图像和声音等多媒体信息。广泛应用于数据处理、科学计算、CAD/CAM、实时控制与多媒体等多种领域。

(4) 64 位微机。以 64 位微处理器为核心的微机，称为 64 位微机。如 Itanium 处理器构成的微机，它具有 64 位 Intel 体系结构。由这类微处理器组成的微机是迄今速度最快、功能最强的微机，其性能大大超过了 Pentium 微机。

3. 按微型机体系结构分类

除了按照微处理器的位数对微型机分类外，有时也按微型机的体系结构来区分微型机。从 16 位机到 64 位机在系统基本设计和体系结构方面都很相似，但 8 位机却有显著的区别。因此，微机从结构上可分为两类。

(1) 8 位（PC/XT 级）系统。PC/XT 是扩展个人计算机的缩写。XT 和 AT 这些缩写词都取自最初 IBM 系统中所用的名字。XT 机主要是在带有软盘的基本 PC 系统基础上，加上用于存储大量信息的硬盘所构成的 PC 系统。PC/XT 系统带有 8 位的 8088 处理器，以及一组便于系统扩展的 8 位工业标准体系结构（ISA）总线。总线插槽上能够安装附加的 8 位 I/O 接口卡来连接外围设备。

(2) 16/32/64 位（PC/AT 级）系统。PC/AT 是先进技术个人计算机的缩写。16 位以上的系统都叫做 AT 级系统，它们遵循一定的标准，沿着初始 IBM AT 系统的基本设计发展。AT 是 IBM 为首次采用先进的 16 位（以后是 32 位和 64 位）处理器和扩展槽系统取的名字。AT 级系统至少包含 Intel 80286 或更高级处理器（如 386、486、Pentium、Pentium Pro、Pentium II/III/IV）及其兼容处理器。AT 系统必须至少有 16 位或更宽的系统总线。AT 系统除了系统总线结构相似外，还在基本存储器体系结构、中断逻辑、直接存储器访问逻辑以及 I/O 端口地址分配等方面类似。

表 1.1-1 给出了老式 XT 系统与现代 AT 系统之间的差别。

表 1-1 PC/XT 系统与 AT 系统之间的差别

系 统 属 性	(8 位) PC/XT 系统	(16/32/64) PC/AT 系统
支持的处理器	所有 x86 或 x88	286 或更高
处理器工作模式	实模式	实模式/保护模式/虚拟 8086 模式
软件支持	只有 16 位软件	16 位或 32 位软件
系统总线带宽	8 位	16/32/64 位
总线插槽标准	ISA	ISA/EISA/VL-BUS/PCI
硬件中断	8 (6 个可用)	16 (11 个可用)
DMA 通道	4 (3 个可用)	8 (7 个可用)
最大内存 RAM	1MB	16MB/4GB 或更多
键盘接口	单向	双向
CMOS 存储器/时钟	非标准	与 MC146818 兼容
串口 UART	8250	16550

1.2 微机系统的发展概况

1.2.1 微处理器

由于集成电路的出现与快速发展,微处理器在 20 世纪 70 年代出现,以 Intel 公司微处理器为主流 CPU 的微机系统逐渐成为使用最广泛的微型计算机。下面以 Intel 公司的各代系列微处理器为例介绍它们的发展情况。

1. Pentium 以前的处理器

Intel 公司于 1971 年推出了世界上第一个微处理器芯片 Intel 4004。Intel 4004 是一种 4 位微处理器,它采用了 PMOS 工艺设计电路芯片,集成了 2000 多个晶体管。该处理器能够进行串行的十进制运算。在 Intel 4004 之后,Intel 公司又推出了 Intel 8008,它是一种低档 8 位的微处理器。随后推出一些中高档的 8 位处理器芯片,如 Intel 8085 等。真正得到广泛应用的微处理器是 Intel 公司于 1978 年推出的著名的 Intel 8086,它集成了 29 000 个晶体管,时钟速度为 4.77MHz,引入了实模式。1979 年又推出了一种准 16 位处理器 8088。IBM 公司于 1981 年采用 Intel 8088 作为其 PC 的处理器芯片,开创了个人电脑的新时代。1981 年 Intel 公司推出的一种增强型 16 位处理器 Intel 80286,其时钟速度上升到 6MHz,引入了保护模式,芯片集成了 13.5 万个晶体管。1985 年首次发布的 Intel 80386DX 是第一个 32 位的处理器,它是 32 位微处理器的原型代表。Intel 80386 DX 的主频时钟速度达到了 12.5MHz,芯片集成了 27.5 万个晶体管,CPU 实现了多任务和虚拟 8086 工作模式。此时,Intel 公司的微处理器已经大量用于 IBM PC/AT 以及其兼容机。Intel 公司于 1989 推出了内置协处理器 80387 和 8KB 高速缓存的 Intel 80486,该芯片集成了 120 万个晶体管,具有 32 地址总线和 32 位数据总线,可支持访问 4GB 物理内存。Intel 80486 首次采用了 RISC 技术,从而使得 Intel 80486 在一个时钟周期内可以执行一条指令,采用了突发总线的方式与内存高速数据交换。随着芯片技术的不断发展,CPU 的频率越来越高,而 PC 外围设备受工艺限制,能够承受的工作频率有限,这就阻碍了 CPU 主频的进一步提高,在这种情况下,出现了 CPU 倍频技术。该技术使 CPU 内部工作频率为处理器外频的 2~3 倍。Intel 80486DX2、Intel 80486DX4 的名字便是由此得来。

2. Pentium 处理器

1993 年 Intel 公司发布了一种继 Intel 80486 之后的全新 32 位处理器,它命名为 Pentium,不再使用 80x86 序号命名。该芯片集成了 310 万个晶体管,主频时钟从 60MHz 到 200MHz。Pentium 处理器内部采用了 16KB 的 Cache、两条超标量流水线(U 流水线和 V 流水线)。U 流水线处理复杂指令,V 流水线处理简单指令,这两条流水线各配有 8KB 的高速缓存。处理器具有 64 位数据总线和 32 位地址总线。此外,处理器还采用了分支预测技术和 RISC 技术,使处理器的速度大大提高。早期的奔腾 75~120 使用 0.6 μ m 的半导体制造工艺,后期的 120MHz 频率以上的奔腾则改用 0.35 μ m 工艺,这有助于 CPU 频率的进一步提高。典型 Pentium 微处理器的供电电压均为 3.3V。

3. Pentium Pro 处理器

Intel 于 1995 年 11 月推出了 Pentium Pro 处理器,芯片集成了 550 万个晶体管,若加上

512KB 的 L2 高速缓存, 总的晶体管数可达 3100 万个。处理器具有 64 位数据总线和 36 位地址总线, 可寻址 64GB 物理存储器。芯片内部集成二级缓存, L1 高速缓存 (16KB) 和 L2 高速缓存 (256KB、512KB、1MB)。Pentium Pro 处理器在 Pentium 处理器基础上加入了三种新的技术: 多重分支预测, 可让 CPU 预测几个分支的程序流程; 数据流分析技术, 可让 CPU 根据分析结果安排要执行的指令, 其次序独立于原程序; 推理执行技术, 它使 CPU 具有超越实际程序计数器执行指令的能力。此外, Pentium Pro 处理器采用了双独立总线体系结构, 一组总线用于系统主板, 另一组总线用于高速缓存。

4. Pentium II 处理器

Intel 公司在 1997 年 5 月推出了基于 Slot1 结构的 Pentium II 处理器, 核心包括 750 万个晶体管。芯片内部集成二级缓存, L1 高速缓存 (32KB) 和 L2 高速缓存 (512KB、1MB、2MB)。Pentium II 处理器可看成是带有 MMX 技术的 Pentium Pro。Pentium II 是新一代的奔腾处理器, 主要有 233 MHz、266 MHz、300 MHz、333 MHz、350 MHz、400 MHz、450 MHz 七种规格。Pentium II 的发展历经了三个阶段: 第一阶段的 Pentium II 代号“Klamath”, 使用 0.35 μ m 工艺制造, CPU 核心电压为 2.8V, 工作在 66MHz 外频下, 主要频率有 233 MHz、266 MHz、300 MHz 三种; 第二阶段的 Pentium II 代号为“Deschutes”, 采用 0.25 μ m 工艺制造, 由于工艺的改进, 新一代 Pentium II 的核心电压大幅度下降, 为 2.0V, 工作频率也是 66MHz, 主要频率有 300 MHz、333 MHz 等几种; 第三阶段的 Pentium II 代号仍为“Deschutes”, 采用 0.25 μ m 制造工艺, 核心电压 2.0 V, 工作在 100MHz 外频下, 主要频率有 350 MHz、400 MHz 和 450 MHz 三种。

5. Pentium III 处理器

Intel 公司在 1999 年 2 月推出了 Pentium III 处理器, 它采用 0.25 μ m 制造工艺, 芯片核心集成有 950 万个晶体管。后期处理器采用 0.18 μ m 制造工艺, 芯片内核加上片内 256KB L2 高速缓存, 集成有 2810 万个晶体管。Pentium III 处理器内部有 32KB L1 缓存和 512KB、1MB 或 2MB L2 缓存。指令集包含 MMX 指令和流式扩展指令 SSE。处理器具有动态执行技术和 MMX 技术。Pentium III 处理器还可构成多处理器系统。

6. Pentium IV 处理器

在 2000 年 11 月, Intel 公司推出了新一代 32 位微处理器 Pentium IV。它采用 NetBurst 微结构, 包含超流水线技术、快速执行引擎、400MHz 系统总线和执行跟踪高速缓存。它具有如下技术特性: ① 主频运行速度在 1.7 GHz 以上。② 芯片包含 4200 万只晶体管, 采用 0.18 μ m 工艺。③ 兼容先前 Intel 的 32 位处理器。④ 处理器的系统总线可运行在 400MHz。⑤ 算术逻辑单元 (ALU) 运行在两倍处理器核心频率上。⑥ 采用超流水线 (20 级) 技术。⑦ 超深度无序指令执行与增强分支预测。⑧ 20KB 的 L1 高速缓冲存储器 (12KB 的 L1 执行跟踪高速缓冲存储器和 8KB 的 L1 数据高速缓冲存储器)。⑨ 片内 256KB 全核速度 128 位带有 8 路相联的 L2 高速缓冲存储器, L2 高速缓冲存储器能够处理 4GB 的 RAM, 并且支持 ECC。⑩ 采用 144 条新 SSE2 指令。⑪ 增强浮点单元。

7. Itanium 处理器

Intel 公司与 HP 公司合作, 在 2001 年 5 月推出了 Intel 的第一个 64 位处理器 Itanium。该处理器并不是在 Intel 32 位体系结构的微处理器上做简单的扩展, 而是一种全新的 Intel 64 位体系结构设计。Itanium 处理器是目前最高性能的 Intel 微处理器, 它具有如下特点: ① 采