

本书荣获全国优秀畅销书一等奖

周明德 编著

# 微型计算机系统 原理及应用

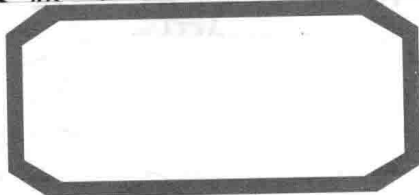
(第六版)

- 8086、80386、80486、Pentium、Pentium II、Pentium III、Pentium 4
- 汇编语言程序设计
- 现代存储器
- 接口电路
- D/A、A/D
- 保护虚地址方式
- 64位处理器与嵌入式处理器
- 计算机新技术及应用

清华大学出版社



本书荣获全国优秀畅销书一等奖



周明德 编著

# 微型计算机系统 原理及应用

(第六版)

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是《微型计算机系统原理及应用》的第六版。新版本根据微处理器的最新发展,从 80x86 系列微处理器整体着眼,落实到最基本的 8086 微处理器,介绍了微型计算机系统原理、80x86 系列微处理器结构、8086 指令系统和汇编语言程序设计、主存储器及与 CPU 的接口、输入输出、中断、常用的微型计算机接口电路、数模转换与模数转换接口以及 64 位微处理器与嵌入式微处理器。根据教学改革的要求与授课教师的意见,本书对计算机的新技术及应用做了介绍,每章末都附有习题。全书观点新、实用性强。

另有配套的习题解答与实验指导。

本书适合各类高等院校、各种成人教育学校和培训班作为教材使用。

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

微型计算机系统原理及应用/周明德编著. —6 版. —北京:清华大学出版社,2018  
ISBN 978-7-302-49806-3

I. ①微… II. ①周… III. ①微型计算机 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 037121 号

责任编辑:张瑞庆

封面设计:何凤霞

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

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

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28.25 字 数:689 千字

版 次:1985 年 9 月第 1 版 2018 年 7 月第 6 版 印 次:2018 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1041001~1043000

定 价:59.00 元

产品编号:078057-01

# 前 言

本书的第一版是在 1985 年出版的。从计算机技术的发展来看,20 世纪 80 年代,微处理器、微型计算机进入飞速发展时期。1981 年,当时计算机界的巨头——IBM 公司推出了第一代微型计算机 IBM-PC,它是以 Intel 公司研制的 Intel 8088 作为 CPU 的 8 位个人计算机(PC),IBM-PC 的问世极大地推动了个人计算机的迅猛发展。

1984 年正值我国改革开放,工业、农业、科学技术飞速发展之际。当时国家号召学习、推广和发展微型计算机技术及应用。在这样的背景下,我们编写了本书,为当时我国科技界学习和推广微型计算机做出了一定的贡献。

本书第二版是在 1990 年出版的。当时微处理器和微型计算机已经有了巨大的发展。微处理器已由 8088、8086、80286 发展到 80386,由 16 位机发展到 32 位机,性能和功能也都有了崭新的发展和提升。以 0520 系列为代表的国产微型计算机也有了长足的发展和进步,应用十分广泛。第二版按照适用于我国各类高校和继续教育的要求,以满足学习和推广标准的 16 位微型计算机原理与应用为目标,做了重大修改。

1998 年,根据微型计算机发展的需要和教学的要求,本书再次做了修订,出版了第三版。

随着网络时代的来临和多媒体信息的数字化,信息量呈爆炸式增长,信息的存储、处理、交换和传输,强烈地要求和促进了微处理器向 64 位时代过渡。本书也根据需要做了两次修订,前后出版了第四版和第五版。

自 2007 年本书第五版出版以来,微处理器技术、计算机技术、存储技术以及网络技术仍然按照摩尔定律飞速发展。

以 Intel 公司的芯片为例,现在大量使用的第七代酷睿处理器,就是以更高的频率、更多的核、更多的线程、更多的高速缓存来提高并行处理能力,以满足应用的需要。目前,台式计算机和移动设备能够以更快的速度启动、更长的时间工作,并且以支持高分辨率图形与视频为发展方向。第七代智能 Intel 酷睿处理器就是为满足这些需要而研制开发的,它以前所未有的方式为用户带来了身临其境般的逼真游戏娱乐感受。无论是在速度方面,还是在灵活性方面,这一代智能处理器都远胜于前代产品。

Intel 酷睿处理器有 4 个系列,分别为 i3 系列、i5 系列、i7 系列和 i9 系列。它们的主要特点和应用领域如下。

(1) Intel 酷睿 i3-7100 处理器: 2 个内核,4 个线程,3.9GHz 基本频率,该处理器快速充电、强力续航、内置移动性,主要应用于处理日常任务的 PC。

(2) Intel 酷睿 i5-7500 处理器: 4 个内核,4 个线程,3.40GHz 基本频率,该处理器可以快速启动、按需加速,主要应用于家用与商用 PC,其 4K 图形呈现效果能够展示生动的视频与游戏画面。

(3) Intel 酷睿 i7-7820X 处理器: 8 个内核,16 个线程,3.60GHz 基本频率。具有出众的高速与非凡的性能,主要应用于下一代台式计算机、笔记本电脑及二合一 PC,以及高端游

戏、多任务处理及内容创作。

(4) Intel 酷睿 i9-7900 处理器: 10 个内核, 20 个线程, 3.30GHz 基本频率。主要应用于高性能台式机、首款 18 核处理器, 以及极致游戏、超级任务、高端内容创作。

与 5 年前的 PC 相比, 现在的 PC 多任务处理速度提升了 65%, 能以 4K 清晰度畅玩 Overwatch 这类游戏, 而且电池续航时间超过 10 小时。

芯片技术、计算机技术以及网络技术应用已经渗透到人们社会生活的各个领域。嵌入式应用(如手机)已经成为人们日常生活中不可缺少的工具。

技术的发展和进步要求本书必须修订。本次修订中增加了新技术的内容, 对计算机的最新技术及应用做了介绍与说明。本版也改正了前一版中的错误。期望广大读者提出宝贵意见和建议。

周明德

2018 年 1 月

# 目 录

第 1 章 概述	1
1.1 80x86 系列结构的概要历史	1
1.1.1 Intel 8086	2
1.1.2 Intel 80386	2
1.1.3 Intel 80486	3
1.1.4 Intel Pentium	3
1.1.5 Intel P6 系列处理器	4
1.1.6 Intel Pentium II	4
1.1.7 Intel Pentium III	4
1.1.8 Intel Pentium 4	4
1.1.9 Intel 超线程处理器	5
1.1.10 Intel 双核技术处理器	6
1.2 计算机基础	7
1.2.1 计算机的基本结构	7
1.2.2 常用的名词术语和二进制编码	8
1.2.3 指令程序和指令系统	11
1.2.4 初级计算机	12
1.2.5 简单程序举例	15
1.2.6 寻址方式	19
1.3 计算机的硬件和软件	24
1.3.1 系统软件	24
1.3.2 应用软件	25
1.3.3 支撑软件	25
1.4 微型计算机的结构	25
1.4.1 微型计算机的外部结构	26
1.4.2 微型计算机的内部结构	26
1.5 多媒体计算机	27
1.5.1 人机接口	27
1.5.2 多媒体计算机的主要功能	28
1.5.3 多媒体计算机的组成	28
1.6 新技术	29
1.6.1 平板电脑	29
1.6.2 大数据和网络存储	30

1.6.3	大数据 .....	34
1.6.4	网格技术 .....	34
1.6.5	云计算 .....	36
1.6.6	物联网 .....	37
1.6.7	人工智能和智能机器人 .....	38
习题	.....	42
<b>第 2 章</b>	<b>80x86 系列结构微处理器与 8086</b> .....	<b>45</b>
2.1	80x86 系列微处理器是 8086 的延伸 .....	45
2.1.1	8086 功能的扩展 .....	45
2.1.2	8086 性能的提高 .....	46
2.2	8086 的功能结构 .....	47
2.3	8086 微处理器的执行环境 .....	48
2.3.1	基本执行环境概要 .....	48
2.3.2	基本的程序执行寄存器 .....	49
2.3.3	存储器组织 .....	54
习题	.....	55
<b>第 3 章</b>	<b>8086 指令系统</b> .....	<b>57</b>
3.1	基本数据类型 .....	57
3.1.1	字、双字、四字、双四字的对齐 .....	57
3.1.2	数字数据类型 .....	58
3.1.3	指针数据类型 .....	59
3.1.4	位字段数据类型 .....	59
3.1.5	串数据类型 .....	60
3.2	8086 的指令格式 .....	60
3.3	8086 指令的操作数寻址方式 .....	60
3.3.1	立即数 .....	61
3.3.2	寄存器操作数 .....	61
3.3.3	存储器操作数 .....	61
3.3.4	I/O 端口寻址 .....	64
3.4	8086 的通用指令 .....	64
3.4.1	数据传送指令 .....	65
3.4.2	二进制算术指令 .....	69
3.4.3	十进制算术指令 .....	78
3.4.4	逻辑指令 .....	80
3.4.5	移位和循环移位指令 .....	85
3.4.6	控制传送指令 .....	87
3.4.7	串指令 .....	94



3.4.8	标志控制操作 .....	98
3.4.9	段寄存器指令 .....	98
3.4.10	杂项指令 .....	98
	习题 .....	99
<b>第 4 章</b>	<b>汇编语言程序设计 .....</b>	<b>102</b>
4.1	汇编语言的格式 .....	102
4.1.1	8086 汇编语言程序的一个例子 .....	102
4.1.2	8086 汇编语言源程序的格式 .....	102
4.2	语句行的构成 .....	103
4.2.1	标记 .....	103
4.2.2	符号 .....	106
4.2.3	表达式 .....	107
4.2.4	语句 .....	110
4.3	指示性语句 .....	110
4.3.1	符号定义语句 .....	111
4.3.2	数据定义语句 .....	111
4.3.3	段定义语句 .....	118
4.3.4	过程定义语句 .....	124
4.3.5	结束语句 .....	125
4.4	指令语句 .....	125
4.4.1	指令助记符 .....	125
4.4.2	指令前缀 .....	126
4.4.3	操作数寻址方式 .....	126
4.4.4	串操作指令 .....	128
4.5	汇编语言程序设计及举例 .....	131
4.5.1	算术运算程序设计 .....	131
4.5.2	分支程序设计 .....	133
4.5.3	循环程序设计 .....	134
4.5.4	字符串处理程序设计 .....	136
4.5.5	码转换程序设计 .....	139
4.5.6	有关 I/O 的 DOS 功能调用 .....	142
4.5.7	宏汇编与条件汇编 .....	145
	习题 .....	154
<b>第 5 章</b>	<b>处理器总线时序和系统总线 .....</b>	<b>161</b>
5.1	8086 的引脚功能 .....	161
5.1.1	8086 的两种组态 .....	161
5.1.2	8086 的引线 .....	163



5.2	8086 处理器时序 .....	165
5.2.1	时序的基本概念 .....	165
5.2.2	8086 的典型时序 .....	168
5.3	系统总线 .....	172
5.3.1	概述 .....	172
5.3.2	PC 总线 .....	177
5.3.3	ISA 总线 .....	179
5.3.4	PCI 总线 .....	181
5.3.5	USB 总线 .....	184
	习题 .....	185
<b>第 6 章 存储器</b> .....		<b>187</b>
6.1	半导体存储器的分类 .....	188
6.1.1	RAM 的种类 .....	188
6.1.2	ROM 的种类 .....	189
6.2	读写存储器 RAM .....	189
6.2.1	基本存储电路 .....	189
6.2.2	RAM 的结构 .....	191
6.2.3	RAM 与 CPU 的连接 .....	194
6.2.4	64KB 动态 RAM 存储器 .....	198
6.3	现代 RAM .....	205
6.3.1	内存条的构成 .....	205
6.3.2	扩展数据输出动态随机访问存储器 .....	205
6.3.3	同步动态随机访问存储器 .....	206
6.3.4	突发存取的高速动态随机存储器 .....	209
6.4	只读存储器 .....	209
6.4.1	掩模只读存储器 .....	209
6.4.2	可擦除的可编程序的只读存储器 .....	211
	习题 .....	218
<b>第 7 章 输入和输出</b> .....		<b>223</b>
7.1	概述 .....	223
7.1.1	输入输出的寻址方式 .....	223
7.1.2	CPU 与 I/O 设备之间的接口信息 .....	224
7.1.3	CPU 的输入输出时序 .....	225
7.1.4	CPU 与接口电路间数据传送的形式 .....	225
7.1.5	IBM PC 与外设的接口与现代 PC 的外设接口 .....	226
7.2	CPU 与外设数据传送的方式 .....	228
7.2.1	查询传送方式 .....	229

7.2.2	中断传送方式	232
7.2.3	直接数据通道传送方式	233
7.3	DMA 控制器 Intel 8237/8237-2	235
7.3.1	主要功能	235
7.3.2	8237 的结构	236
7.3.3	8237 的工作周期	237
7.3.4	8237 的引线	238
7.3.5	8237 的工作方式	240
7.3.6	8237 的寄存器组和编程	241
	习题	248
<b>第 8 章</b>	<b>中断</b>	<b>250</b>
8.1	引言	250
8.1.1	为什么要用中断	250
8.1.2	中断源	250
8.1.3	中断系统的功能	251
8.2	最简单的中断情况	251
8.2.1	CPU 响应中断的条件	251
8.2.2	CPU 对中断的响应	253
8.3	中断优先权	254
8.3.1	用软件确定中断优先权	255
8.3.2	硬件优先权排队电路	256
8.4	8086 的中断方式	258
8.4.1	外部中断	258
8.4.2	内部中断	259
8.4.3	中断向量表	259
8.4.4	8086 中的中断响应和处理过程	259
8.5	中断控制器 Intel 8259A	261
8.5.1	8259A 的功能	261
8.5.2	8259A 的结构	262
8.5.3	8259A 的引线	262
8.5.4	8259A 的中断顺序	264
8.5.5	8259A 的编程	264
8.5.6	8259A 的工作方式	269
8.6	IBM PC/XT 的中断结构	273
8.6.1	中断类型	273
8.6.2	IBM PC/XT 中系统保留的中断	273
	习题	275

<b>第 9 章 计数器和定时器电路 Intel 8253/8254-PIT</b>	277
9.1 概述	277
9.1.1 8253-PIT 的主要功能	277
9.1.2 8253-PIT 的内部结构	277
9.1.3 8253-PIT 的引线	279
9.2 8253-PIT 的控制字	280
9.3 8253-PIT 的工作方式	281
9.3.1 方式 0——计完最后一个数时中断	281
9.3.2 8253-PIT 工作方式小结	282
9.4 8253-PIT 的编程	284
9.5 Intel 8254-PIT	285
习题	286
<b>第 10 章 并行接口芯片</b>	289
10.1 可编程的并行输入输出接口芯片 Intel 8255A-5 的结构	289
10.2 方式选择	291
10.2.1 方式选择控制字	292
10.2.2 方式选择举例	292
10.2.3 按位置位/复位功能	295
10.3 方式 0 的功能	295
10.3.1 方式 0 的基本功能	295
10.3.2 方式 0 的时序	296
10.4 方式 1 的功能	297
10.4.1 方式 1 的主要功能	297
10.4.2 方式 1 输入	297
10.4.3 方式 1 输出	299
10.5 方式 2 的功能	300
10.5.1 方式 2 的主要功能	300
10.5.2 方式 2 的时序	301
10.5.3 方式 2 的控制字	302
10.6 Intel 8255A 应用举例	303
习题	305
<b>第 11 章 串行通信及接口电路</b>	307
11.1 串行通信	307
11.1.1 概述	307
11.1.2 串行接口标准 EIA RS-232C 接口	311
11.2 Intel 8251A 可编程通信接口	313

11.2.1	Intel 8251 的基本功能 .....	313
11.2.2	Intel 8251 的框图 .....	313
11.2.3	Intel 8251 的接口信号 .....	315
11.2.4	Intel 8251 的编程 .....	317
11.2.5	Intel 8251 应用举例 .....	319
习题	.....	322
<b>第 12 章</b>	<b>数模转换与模数转换接口 .....</b>	<b>324</b>
12.1	D/A 转换器接口 .....	324
12.1.1	CPU 与 8 位 D/A 芯片的接口 .....	324
12.1.2	8 位 CPU 与 12 位 D/A 转换器的接口 .....	325
12.2	A/D 转换器接口 .....	329
12.2.1	概述 .....	329
12.2.2	用软件实现 A/D 转换 .....	329
12.2.3	A/D 转换芯片介绍 .....	332
12.2.4	A/D 转换芯片与 CPU 的接口 .....	340
12.2.5	D/A 和 A/D 转换应用举例 .....	345
习题	.....	348
<b>第 13 章</b>	<b>x86 系列微处理器的结构与工作方式 .....</b>	<b>349</b>
13.1	x86 系列处理器的功能结构 .....	349
13.1.1	Intel 8086 的功能结构 .....	349
13.1.2	Intel 80386 的功能结构 .....	349
13.1.3	Intel 80486 的功能结构 .....	350
13.2	80x87 FPU 的结构 .....	353
13.2.1	概述 .....	353
13.2.2	80x87 FPU 的数字系统 .....	355
13.2.3	80x87 FPU 的结构 .....	359
13.3	x86 系列结构微处理器的工作方式 .....	371
13.3.1	实地址方式 .....	371
13.3.2	保护虚地址方式 .....	372
13.3.3	虚拟 8086 方式 .....	390
13.3.4	x86 系列结构微处理器中的中断和异常 .....	397
习题	.....	402
<b>第 14 章</b>	<b>x86 系列微处理器的发展 .....</b>	<b>403</b>
14.1	AMD x86-64 处理器 .....	403
14.1.1	引言 .....	403
14.1.2	操作模式 .....	407

14.2 Intel Itanium 处理器 .....	409
14.2.1 Intel Itanium 体系结构介绍 .....	409
14.2.2 执行环境 .....	414
14.3 x86 系列的嵌入式处理器 .....	419
14.3.1 通用描述 .....	420
14.3.2 体系结构概要 .....	420
习题 .....	426
附录 A ASCII(美国信息交换标准码)字符表(7 位码) .....	427
附录 B 8088 指令系统表 .....	428
参考文献 .....	439

# 第 1 章 概 述

自从 1981 年 IBM 公司进入微型计算机领域并推出了 IBM-PC 以后,计算机的发展开创了一个新的时代——微型计算机时代。微型计算机的迅速普及,使计算机真正广泛地应用于工业、农业、科学技术领域以及社会生活的各个方面。以前的大型机、中型机、小型机的界线已经日趋模糊与消失。随着微型计算机应用的普及和技术的发展,芯片与微型计算机的功能和性能迅速提高,其功能已经远远超过了 20 世纪 80 年代以前的中型机、小型机甚至超过了大型机。

到了 20 世纪 90 年代,随着局域网、广域网、城域网以及 Internet 的迅速普及与发展,微型计算机从功能上可分为网络工作站(客户端,Client)和网络服务器(Server)两大类型。网络客户端又称为个人计算机(台式 PC 或笔记本 PC)。

在个人计算机中,其核心是中央处理单元(CPU)。Intel 公司的芯片在个人计算机中占据了统治地位(约占 80%),形成了个人计算机芯片的主流——80x86 系列结构。80x86 系列结构从 8 位的 8088、16 位的 8086 发展到 32 位的 Pentium 4(简称 P4 或奔腾 4)以及双核心的 Pentium D,其功能与性能都有近千倍的提升。由于应用广泛,80x86 系列结构已经成为事实上的工业标准。其他厂商,例如 AMD 也推出了依从这样的体系结构的兼容 CPU,并且得到了大量的应用。所以,我们认为把这样的体系结构称为 80x86 系列体系结构更为合宜。

## 1.1 80x86 系列结构的概要历史

1971 年,Intel 公司发布了 Intel 4004,这是一个 4 位微处理器,也被认为是世界上第一个微处理器。从此,微处理器得到了极其迅速的发展。直至今今天,微处理器基本上按摩尔定律(每 18 个月微处理器芯片上的晶体管数翻一番)指出的那样发展。

到了 20 世纪 70 年代中期,微处理器的主流是 Intel 公司的 8080、8085, Motorola 公司的 6800 和 Zilog 公司的 Z80 等 8 位微处理器。3 家公司的产品三分天下,其中 Z80 稍占优势。随后,各个公司都向 16 位微处理器发展。

1981 年,计算机界的巨头——IBM 公司(当时,IBM 一个公司的销售额占整个计算机行业销售额的 50%以上)进入个人计算机(Personal Computer, PC)领域,推出了 IBM-PC。在 IBM-PC 中采用的 CPU 是 Intel 公司研制的 8088 微处理器。

IBM-PC 的推出极大地推动了个人计算机的迅猛发展,到 20 世纪 80 年代中期,个人计算机的年产量已经超过了 200 万台,到 20 世纪 80 年代后期,已经超过了 1000 万台。

个人计算机的迅猛发展,造就了两大新的巨人——Microsoft 公司和 Intel 公司。Intel 公司在微处理器市场占据着绝对的垄断地位。

此后 20 年间,Intel 公司的微处理器有了极大的发展,从 8086(8088)到 80286、80386、80486、Pentium(也称为 80586)、Pentium MMX、Pentium PRO(也称为 80686)、Pentium

II、Pentium III,直至最新的 Pentium 4、Pentium D,形成了 IA(Intel Architecture)-32 结构。目前推出了 IA-64 结构,微处理器正在向 64 位发展。

计算机功能和个人计算机拥有量的指数增长趋势,使得计算机成为 20 世纪后半世纪社会发展的最重要的力量。而且,在将来的技术、业务和其他新的领域中,我们预期计算机将继续扮演决定性的角色,因为新的应用(例如互联网、数字媒体和遗传学研究等)强烈地依赖于计算机功能的增强。

领先的计算机结构和强大的功能及优越的性能,使得 80x86 系列结构已经处于计算机大变革的最前沿。80x86 系列结构得到如此广泛应用的两个关键因素是:①在 80x86 系列上运行的软件的兼容性;②每一代交付的 80x86 系列处理器的性能都大大高于上一代产品。下面简要介绍 80x86 系列结构的发展历史——从 80x86 系列结构初始的 Intel 8086 处理器到 Pentium 4 处理器的最新版本。

### 1.1.1 Intel 8086

80x86 系列结构的最新版本的发展可以追溯到 Intel 8086。在 80x86 系列结构引进 32 位处理器之前是 16 位的处理器,包括 8086 处理器和随后很快开发出来的 80186 与 80286。从历史的观点来看,80x86 系列结构同时包括了 16 位处理器和 32 位处理器。现在,32 位 80x86 系列结构对于许多操作系统和应用十分广泛的应用程序来说,是最流行的计算机结构。

80x86 系列结构的最重要的成就之一是:从 1978 年开始的那些处理器上建立的目标程序仍然能够在 80x86 系列结构的最新处理器上执行。

8086 处理器有 16 位寄存器和 16 位外部数据总线,具有 20 位地址总线,可寻址 1MB 地址空间。

Intel 286(80286)处理器在 80x86 系列结构中引进了保护方式操作。这种新的操作方式用段寄存器的内容作为选择子或描述符表的指针。描述符提供 24 位基地址,允许最大的物理存储器的尺寸至 16MB,支持在段对换基础上的虚拟存储器管理和各种保护机制。这些保护机制包括段界限检查、只读和只执行段选择以及多至 4 个特权级(用于从应用程序和用户程序保护操作系统代码)。此外,硬件任务切换和局部描述符表允许操作系统在应用程序和用户程序相互之间实现保护。

### 1.1.2 Intel 80386

Intel 80386 处理器是 80x86 系列结构中的第一个 32 位处理器。它在结构中引入了 32 位寄存器,用于容纳操作数和地址。每个 32 位寄存器的后半保留两个早期处理器版本(8086 和 80286)的 16 位寄存器的特性,以提供完全的向后兼容性。Intel 80386 还提供了一种新的虚拟 8086 方式,以便在新的 32 位处理器上最有效地执行为 8086 处理器建立的程序。

Intel 80386 处理器有 32 位地址总线,能支持多至 4GB 的物理存储器。32 位结构为每个软件进程提供逻辑地址空间。32 位结构同时支持分段的存储模式和“平面”(flat)存储模式。在“平面”存储模式中,段寄存器指向相同地址,且每个段中的所有 4GB 可寻址空间对于软件程序员来说是可访问的。



原始的 16 位指令用新的 32 位操作数和新的寻址方式得到增强,并提供了一些新的指令,包括位操作指令。

Intel 80386 处理器把分页引进了 80x86 系列结构,用 4KB 固定尺寸的页提供一种虚拟存储管理方法,它比分段更为优越。分页对于操作系统更为有效,且对应用程序完全透明,对执行速度没有明显影响。4GB 虚拟地址空间的支持能力、存储保护与分页支持一起,使 80x86 系列结构成为高级操作系统和使用广泛的应用程序的最常见选择。

80x86 系列结构已经考虑到维护在目标码级向后兼容的任务,以保护 Intel 公司产品用户在软件上的大量投资。同时,最有效的微结构和硅片制造技术已用于生产高性能的处理器。在 80x86 系列处理器的每一代中,Intel 公司已经构思并将不断发展的技术应用到它的微结构中,以追求运行速度更快的计算机。各种形式的并行处理已经使这些技术得到最大的性能增强,Intel 80386 处理器是包括若干并行操作部件的第一个 80x86 系列结构处理器。

### 1.1.3 Intel 80486

Intel 80486 处理器把 Intel 80386 处理器的指令译码和执行单元扩展为 5 个流水线段,增加了更多的并行执行能力,其中每个段(当需要时)与其他的并行操作最多可以在不同段上同时执行 5 条指令。每个段以能在一个时钟周期内执行一条指令的方式工作,所以,Intel 80486 处理器能在每个时钟周期执行一条指令。

80486 的一个重大改进是在 80x86 系列处理器的芯片中引入了缓存。在芯片上增加了一个 8KB 的一级缓存(Cache),大大增加了每个时钟周期执行一条指令的百分比,包括操作数在一级 Cache 中的存储器访问指令。

Intel 80486 处理器也是第一次把 80x87 FPU(浮点处理单元)集成到处理器上并且增加了新的引脚、位和指令,以支持更复杂和更强有力的系统(二级 Cache 支持和多处理器支持)。

直至 Intel 80486 处理器这一代,Intel 公司把设计以支持电源保存及其他系统功能加入到 80x86 系列主流结构和 Intel 80486 SL 增强的处理器中。这些特性是在 Intel 80386 SL 和 Intel 80486 SL 处理器中开发的,是特别为快速增长的使用电池的笔记本 PC(笔记本电脑)市场提供的。这些特性包括新的用专用的中断引脚触发的系统管理模式,允许复杂的系统管理特性(例如在 PC 内的各种子系统的电源管理),透明地加至主操作系统和所有的应用程序中。停止时钟(Stop Clock)和自动暂停电源下降(Auto Halt Powerdown)特性允许处理器在减慢的时钟速率下执行,以节省电源或关闭(保留状态),从而进一步节省电源。

### 1.1.4 Intel Pentium

Intel Pentium(奔腾)处理器增加了第二个执行流水线以达到超标量性能(两个已知的流水线 u 和 v 一起工作能实现每个时钟执行两条指令)。

芯片上的一级 Cache 容量也加倍了,8KB 用于代码,另外 8KB 用于数据。数据 Cache 使用 MESI 协议,以支持更有效的回写方式,以及由 Intel 80486 处理器使用的写通方式。加入的分支预测和芯片上的分支表增加了循环结构中的性能。加入了扩展以使虚拟 8086 方式更有效,并像允许 4KB 页一样允许 4MB 页。主要的寄存器仍是 32 位,但内部数据通路是 128 位和 256 位以加速内部数据传送,且猝发的外部数据总线已经增加至 64 位。增加

了高级的可编程中断控制器(Advanced Programmable Interrupt Controller, APIC)以支持多奔腾处理器系统,新的引脚和特殊的方式(双处理)设计以支持无连接的两个处理器系统。

奔腾系列的最后一个处理器(具有 MMX 技术的奔腾处理器)把 Intel MMX 技术引入 IA-32 结构。Intel MMX 技术用单指令多数据(SIMD)执行方式,在包含 64 位 MMX 寄存器中包装的整型数据上执行并行计算。此技术应用在高级媒体、影像处理和数据压缩应用程序上,极大地增强了 IA-32 处理器的性能。

### 1.1.5 Intel P6 系列处理器

1995 年,Intel 公司引入了 P6 系列处理器。此处理器系列基于新的超标量微结构,并建立了新的性能标准。P6 系列微结构设计的主要目的之一是:在仍使用相同的  $0.6\mu\text{m}$ 、4 层金属 BICMOS 制造过程的情况下,使处理器的性能明显地超过奔腾处理器。用与奔腾处理器同样的制造过程要提高性能只能在微结构上有实质的改进。

Intel Pentium Pro 处理器是基于 P6 微结构推出的第一个处理器。P6 处理器系统随后推出的成员是 Intel Pentium II、Intel Pentium II Xeon(至强)、Intel Celeron(赛扬)、Intel Pentium III 和 Intel Pentium III Xeon(至强)处理器。

### 1.1.6 Intel Pentium II

Intel Pentium II 处理器把 MMX 技术加入 P6 系列处理器,并且具有新的包装和若干硬件增强。处理器核心包装在 SECC 上,这使其具有更灵活的母板结构。每个第一级数据和指令 Cache 扩展至 16KB,支持二级 Cache 的尺寸为 256KB、512KB 和 1MB。

Intel Pentium II Xeon(至强)处理器组合了 Intel 处理器前一代的若干额外特性,例如 4way、8way(最高)可伸缩性和运行在“全时钟速度”后沿总线上的 2MB 二级 Cache,以满足中等性能和高性能服务器与工作站的要求。

### 1.1.7 Intel Pentium III

Intel Pentium III 处理器引进流 SIMD 扩展(SSE)至 80x86 系列结构。SSE 扩展把由 Intel MMX 引进的 SIMD 执行模式扩展为新的 128 位寄存器,并且能在包装的单精度浮点数上执行 SIMD 操作。

Intel Pentium III Xeon 处理器采用 Intel 公司的  $0.18\mu\text{m}$  处理技术的全速高级传送缓存(Advanced Transfer Cache)扩展了 IA-32 处理器的性能级。

### 1.1.8 Intel Pentium 4

Intel Pentium 4 处理器是 2000 年推出的 IA-32 处理器,并且是第一个基于 Intel NetBurst 微结构的处理器。Intel NetBurst 微结构是新的 32 位微结构,它允许处理器能在比以前的 IA-32 处理器更高的时钟速度和性能等级上进行操作。Intel Pentium 4 处理器有以下高级特性:

① Intel NetBurst 微结构的第一个实现。

——快速的执行引擎。

——Hyper 流水线技术。