

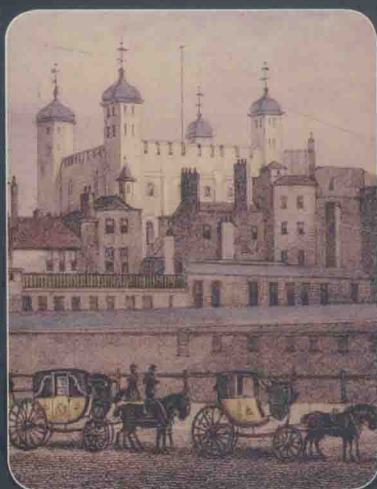
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

微机原理 与接口技术 (第3版)

Principle & Interface Technique
of Micro-Computer (3rd Edition)

周明德 张晓霞 兰方鹏 著

- 强调微机原理的基础知识
- 突出常用接口及实际应用
- 提供大量实用的汇编程序



名家系列

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

微机原理 与接口技术 (第3版)

Principle & Interface Technique
of Micro-Computer (3rd Edition)

周明德 张晓霞 兰方鹏 著



名家系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 周明德, 张晓霞, 兰方鹏著

— 3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2018.1

普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-115-46291-6

I. ①微… II. ①周… ②张… ③兰… 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(2017)第262439号

内 容 提 要

本书以最基本、最常用的 8086 处理器为基础, 介绍微机系统原理、Intel 系列微处理器结构、8086 指令系统、汇编语言程序设计、主存储器及常用的各种接口技术, 并进一步介绍了微处理器的最新发展(并行处理技术、多核技术), 力求构建出微型计算机的完整轮廓和清晰结构。

本书从基础性、实用性和时代性出发, 根据当前计算机教学改革的要求与授课需要, 在第 2 版的基础上做了必要的精简与补充。

本书适合各类高等院校作为教材使用。

-
- ◆ 著 周明德 张晓霞 兰方鹏
 - 责任编辑 邹文波
 - 责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 16.5 2018 年 1 月第 3 版
 - 字数: 423 千字 2018 年 1 月河北第 1 次印刷
-

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

第3版前言 PREFACE

当前,随着微处理器技术的快速发展,超线程、双核/多核、64位微处理器的广泛应用,微型计算机的结构也越来越复杂。因此,在对微型计算机的学习过程中除了要强调基础知识和基本原理外,也要融入当今的新技术。

本书第1章从PC的基本构成入手,引入计算机和微机的基本结构,通过一个模型机介绍微机的工作原理,同时针对高性能PC也做了简要的介绍,以满足读者对各种微型机基础知识的学习需要。第2章、第3章从IA-32结构的系统出发,讨论IA-32结构的微处理器和指令系统,虽然各微处理器型号不同,但它们之间有很多相同之处。第4章以8086(8088)为基础,介绍8086(8088)的汇编语言程序设计。第5章介绍8086的引脚和时序以及系统总线。第6章介绍主存储器(包括SDRAM、RDRAM和闪存)及其与CPU的接口。第7章介绍输入和输出的基本知识(包括DMA控制器8237和8259中断控制器)。第8章着重介绍各种常用的微机接口,包括可编程定时/计数器8253、可编程并行接芯片8255、串行接口芯片8251、D/A和A/D转换器接口。第9章结合微处理器的发展,介绍能提高微处理器性能的技术。

本书在修订过程中,除了对第2版第1~6章进行了修订外,还特别对第2版中接口相关内容进行了删改,更加强调常用的接口技术。同时为了增进读者对微型计算机发展过程的了解,增加了第9章微处理器性能提高技术。

本书由周明德主编,参与编写的还有张晓霞、兰方鹏。其中,第1~3章、第5~7章由周明德编写,第4章和第8章由张晓霞编写,第9章由兰方鹏编写。

周明德

2018年1月

目录 CONTENTS

第1章 概述..... 1

1.1 IA-32 结构的发展概要..... 2

1.1.1 通用微处理器..... 2

1.1.2 专用微处理器..... 7

1.2 计算机基础..... 9

1.2.1 计算机的基本结构..... 9

1.2.2 常用的名词术语和二进制编码..... 10

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..... 23

1.3.1 系统软件..... 23

1.3.2 应用软件..... 24

1.3.3 支撑（支持）软件..... 24

1.4 微型计算机的结构..... 24

1.4.1 微型计算机的外部结构..... 25

1.4.2 微型计算机的内部结构..... 25

习题..... 26

第2章 IA-32 结构微处理器与 8086..... 29

2.1 IA-32 微处理器是 8086 的延伸..... 30

2.1.1 8086 功能的扩展..... 30

2.1.2 8086 性能的提高..... 31

2.2 8086 的功能结构..... 32

2.3 8086 微处理器的执行环境..... 33

2.3.1 基本执行环境概要..... 33

2.3.2 基本的程序执行寄存器..... 34

2.3.3 存储器组织..... 38

习题..... 40

第3章 8086 指令系统..... 41

3.1 基本数据类型..... 42

3.1.1 字、双字的对齐..... 42

3.1.2 数字数据类型..... 42

3.1.3 指针数据类型..... 43

3.1.4 串数据类型..... 44

3.2 8086 的指令格式..... 44

3.3 8086 指令的操作数寻址方式..... 44

3.3.1 立即数..... 45

3.3.2 寄存器操作数..... 45

3.3.3 存储器操作数..... 45

3.3.4 I/O 端口寻址..... 49

3.4 8086 的通用指令..... 49

3.4.1 数据传送指令..... 49

3.4.2 二进制算术指令..... 53

3.4.3 十进制调整指令..... 58

3.4.4 逻辑指令..... 61

3.4.5 移位和循环移位指令..... 63

3.4.6 控制传送指令..... 66

3.4.7 串指令..... 71

3.4.8 标志控制操作..... 75

3.4.9 段寄存器指令..... 76

3.4.10 杂项指令..... 76

习题..... 76

第4章 汇编语言程序设计..... 80

4.1 汇编语言的格式..... 81

4.1.1 8086 汇编语言程序的一个例子..... 81

4.1.2 8086 汇编语言源程序的格式..... 81

4.2 语句的格式..... 82

4.2.1 常量..... 84

4.2.2 变量..... 87

4.3 伪指令语句..... 88

4.3.1 符号定义语句..... 88

4.3.2 数据定义语句..... 89

4.3.3 段定义语句..... 94

4.3.4 过程定义语句..... 97

4.3.5 结束语句	98
4.4 指令语句	99
4.4.1 指令助记符	99
4.4.2 指令前缀	99
4.4.3 操作数寻址方式	99
4.4.4 串操作指令	100
4.5 汇编语言程序设计及举例	102
4.5.1 算术运算程序设计(直线运行程序)	102
4.5.2 分支程序设计	104
4.5.3 循环程序设计	105
4.5.4 字符串处理程序设计	106
4.5.5 码转换程序设计	110
4.5.6 有关 I/O 的 DOS 功能调用	113
4.5.7 子程序设计	116
4.5.8 宏汇编	121
4.5.9 与 C 语言的混合编程	124
习题	127

第 5 章 处理器总线时序和系统总线 129

5.1 8086 的引脚功能	130
5.2 8086 处理器时序	133
5.3 系统总线	141
5.3.1 概述	141
5.3.2 PC 总线	145
5.3.3 ISA 总线	145
5.3.4 PCI 总线	146
5.3.5 USB 总线	149
习题	150

第 6 章 存储器 152

6.1 半导体存储器的分类	153
6.1.1 RAM 的种类	154
6.1.2 ROM 的种类	154
6.2 读写存储器 RAM	155
6.2.1 基本存储电路	155
6.2.2 RAM 的结构	156
6.2.3 RAM 与 CPU 的连接	160

6.3 只读存储器 (ROM)	163
6.3.1 掩模只读存储器	163
6.3.2 可擦除的可编程只读存储器 EPROM	165
6.4 提高存储器性能的技术	171
6.4.1 高速缓存	172
6.4.2 虚拟存储器	175
6.4.3 并行存储器	177
6.5 微机主存空间分配	177
习题	180

第 7 章 输入和输出 181

7.1 概述	182
7.1.1 输入/输出的寻址方式	182
7.1.2 CPU 与 I/O 设备之间的接口信息	182
7.1.3 CPU 的输入/输出时序	183
7.1.4 CPU 与接口电路间数据传送的形式	184
7.1.5 可编程接口的概念	184
7.2 CPU 与外设数据传送的方式	185
7.2.1 查询传送方式	185
7.2.2 中断传送方式	188
7.2.3 直接数据通道传送 (DMA)	189
7.3 中断系统	191
7.3.1 中断和中断源	191
7.3.2 中断系统的功能	191
7.3.3 最简单的中断情况	192
7.3.4 8086 的中断方式	195
7.3.5 中断控制器 8259A	197
7.3.6 8259A 应用举例	202
习题	203

第 8 章 常用接口电路芯片 206

8.1 可编程定时器/计数器 8253	207
8.1.1 主要功能	207
8.1.2 8253 的内部结构	207
8.1.3 8253 的引线	208

8.1.4	8253 的控制字	209
8.1.5	8253 的工作方式	210
8.1.6	8253 的编程	214
8.2	可编程并行接口 8255A	215
8.2.1	8255A 的内部结构	215
8.2.2	8255A 的引线	217
8.2.3	工作方式	217
8.2.4	控制字和状态字	220
8.2.5	8255A 应用举例	221
8.3	串行通信及串行通信接口	
	芯片 8251	223
8.3.1	串行通信概述	223
8.3.2	8251 可编程通信接口	225
8.3.3	8251 的编程	228
8.4	数模(D/A)转换与模数(A/D)转换接口	229
8.4.1	数模(D/A)转换器	229
8.4.2	模数(A/D)转换器	233
	习题	236

第9章 微处理器性能提高技术 239

9.1	精简指令集计算机技术	240
9.1.1	复杂指令集和精简指令集	240
9.1.2	RISC 技术的主要特点	241
9.2	指令流水线技术	242
9.2.1	指令流水线思想	242
9.2.2	Pentium 超标量指令流水线	243
9.3	浮点数据处理单元	244
9.3.1	浮点寄存器	244
9.3.2	Pentium 浮点指令	247
9.4	并行处理技术	250
9.4.1	并行性概念	250
9.4.2	数据级并行技术	250
9.4.3	指令级并行技术	251
9.4.4	线程级并行技术	254
9.4.5	多核技术	256
	习题	257

自从 1981 年 IBM 公司进入微型计算机领域并推出 IBM-PC 以后,计算机的发展就进入了一个新的时代——微型计算机时代。微型计算机(以下简称微机)的迅速普及,使计算机真正广泛应用于工业、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(Main Frame)、中型机、小型机的界线日益模糊甚至已经消失。随着微机应用的普及和技术的发展,微机的功能日渐丰富、性能迅速提高,其功能已远远超过了 20 世纪 80 年代以前的中、小型机,甚至是大型机。

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。网络工作站(客户端)又称为个人计算机(Personal Computer, PC)。

1.1 IA-32 结构的发展概要

1971年, Intel公司发布了 Intel 4004, 这是一个4位微处理器, 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, 微处理器性能的提升基本上符合摩尔定律(每18个月微处理器芯片上的晶体管数翻一番)。

20世纪70年代中期, 微处理器的主流是 Intel 的 8080、8085, Motorola 的 6800 和 zilog 的 Z80 等8位微处理器。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公司的销售额占整个计算机行业销售额的50%以上)进入了个人计算机领域, 推出了 IBM-PC。在 IBM-PC 中采用的微处理器是 Intel 的 8088 微处理器。

IBM-PC 的推出极大地推动了个人计算机的发展, 在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, 而到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, 造就了两个新的“巨人”——Microsoft公司和 Intel公司。今天, Intel公司在微处理器市场占据着绝对的垄断地位。

30年来, Intel公司的微处理器有了极大的发展, 从8086(8088)到80286、80386、80486、奔腾(也称为80586)、奔腾 MMX、奔腾 PRO(也称为80686)、奔腾 II、奔腾 III, 直至最新的奔腾4、奔腾 D 等, 形成了 IA(Intel Architecture)32 结构。

计算机的强大功能和个人计算机拥有量的指数增长使得计算机成为20世纪后期社会发展的最重要的力量之一。在将来的技术、业务和其他新领域中, 计算机仍将继续扮演决定性的角色, 因为新技术、新应用(例如, 国际互连网、数字媒体和遗传学研究)等极度依赖于计算功能的增强。

领先的体系结构、强大的功能及优越的性能, 使 IA-32 Intel 结构已经处在计算机大变革的最前沿。下面简要地介绍 IA-32 结构处理器的发展历史, 从它初始的 Intel 8086 处理器到奔腾(Pentium) D 处理器的版本。

1.1.1 通用微处理器

根据微处理器的应用领域, 微处理器大致可以分为两大类: 通用微处理器和专用微处理器。一般而言, 通用处理器追求高性能, 它们用于运行通用软件, 配备完备、复杂的操作系统。目前, 在桌面计算领域, Intel公司的处理器和 AMD公司的处理器在PC市场上各占半壁江山, 而 Intel公司的处理器起步最早, 下面就以 Intel公司的处理器为例介绍其相关产品及其技术沿革。

(1) 8086 处理器

IA-32 结构的起源能追溯到 Intel 8086。在 IA-32 结构系统引进32位处理器之前, 采用的都是16位的处理器, 包括8086处理器和随后很快发布的80186与80286。从历史的观点来看, IA-32 结构同时包括了16位处理器和32位处理器。现在, 对于许多操作系统和应用程序来说, 32位 IA-32 结构是最流行的微处理器结构。

IA-32 结构的最重要的成就之一, 是1978年 Intel公司在那些早期处理器上建立的目标程序仍能在 IA-32 结构系列最新的处理器上执行。

8086 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。

8086 处理器引进了段结构。16 位的段寄存器包含最大为 64KB 的内存段的指针。8086 处理器一次用四个段寄存器,能寻址到 256KB 而无需在段之间切换。用段寄存器指针和附加的 16 位指针能形成 20 位地址,提供总共可达 1MB 的地址范围。

Intel 286 (80286) 处理器在 IA-32 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表或描述符表的指针。描述符提供 24 位基地址,允许最大的物理存储器的容量为 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检查,及具有多至 4 个特权级以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之间实现保护。

(2) 386 处理器

386 处理器是 IA-32 结构系列中的第一个 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,以提供完全的后向兼容。Intel 386 还提供了一种新的虚拟 8086 方式,以在新的 32 位处理器上最有效地执行为 8086 处理器建立的程序。

Intel 386 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都是可访问的。

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,并提供完全新的指令,包括那些位操作指令。

Intel 386 处理器把分页引进了 IA-32 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 IA-32 结构成为高级操作系统和众多应用程序的首选。

IA-32 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 公司的客户在软件上的大量投资。同时,在每一代 IA-32 结构的微处理器上,Intel 公司将最有效的微结构和硅片制造技术应用到生产高性能的处理器。在 IA-32 处理器的每一代中,Intel 公司构思并采用不断发展的新技术应用到它的微结构中,以制造运行速度更快的微处理器。Intel 386 处理器是首个包括若干并行操作部件的 IA-32 结构处理器,各种形式的并行处理技术使微处理器的性能得到极大的增强。

(3) 486 处理器

486 处理器把 386 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在不同段上同时执行 5 条指令。每个段已能在一个时钟周期内执行一条指令的方式工作,所以,Intel 486 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 IA-32 处理器的芯片中引入了缓存。在芯片上增加了一个大小为 8KB 的一级缓存 (Cache),使得大量指令,包括操作数在一级 Cache 中的存储器访问指令,能在一个时钟周期内被执行。

Intel 486 处理器也是世界上首次把 x87 FPU (浮点处理单元) 集成到处理器上,并增加了新的引脚、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)。

至 Intel 486 处理器这一代,Intel 公司把设计用于支持电源保存和其他的系统功能加入到 IA-32 主流结构和 Intel 486 SL 增强的处理器中。这些功能是在 Intel 386 SL 和 Intel 486 SL 处理器中开发的,

是专门为快速增长的笔记本电脑市场提供的。

(4) 奔腾(Pentium)处理器

Intel 奔腾(Pentium)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, 一起工作就能实现每个时钟执行两条指令)。

芯片上的一级 Cache 也加倍了, 8KB 用于代码, 另外的 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 486 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的性能。加入了扩展使虚拟 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 位以加速内部数据的传送, 且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)以支持多个奔腾处理器系统, 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(具有多媒体扩展指令集技术(Multi-media Extension Technology, MMX)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(Single Instruction Multiple Data, SIMD)的方式执行并行计算。此技术极大地增强了处理器在高级媒体、影像处理和数据压缩应用程序方面的性能。

(5) P6 系列处理器

1995 年, Intel 公司引入了 P6 系列处理器。此系列处理器基于新的超标量微结构, 它建立了新的性能标准。P6 系列微结构设计的主要目的之一, 是在使用相同的 0.6 μm 、四层金属 BICMOS 制程的情况下, 使处理器的性能相较于奔腾处理器有明显的提升。而在用与奔腾处理器同样制程的基础上提高性能, 只能对处理器的微结构进行改进。

Intel Pentium Pro 处理器是基于 P6 微结构的第一个处理器。P6 处理器系统随后的成员是 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。

(6) Pentium II 处理器

Pentium II 处理器把 MMX 技术应用到 P6 系列处理器上, 采用了新的包装结构, 并增强了若干硬件的性能。处理器核心包装在电解亚铅镀锌钢板(SECC)上, 这样的包装方式使其具有了更灵活的母板结构。第一级数据和指令 Caches 扩展至 16KB, 支持二级 Cache 的大小为 256KB、512KB 和 1MB。

Pentium II Xeon(至强)处理器组合 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, 以满足中等和高性能服务器与工作站的要求。

(7) Pentium III 处理器

Pentium III 处理器引进流 SIMD 扩展(Streaming SIMD Extension, SSE)至 IA-32 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。

Pentium III Xeon 处理器用 Intel 公司的 0.18 μm 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。

(8) Pentium 4 处理器

Pentium 4 处理器是 Intel 公司于 2000 年推出的 IA-32 处理器, 它是第一个基于 Intel NetBurst 微结构的处理器。Intel NetBurst 微结构是全新的 32 位微结构, 它允许处理器在比以前的 IA-32 处理器

更高的时钟速度和性能等级上进行操作。

(9) Intel 超线程处理器

Intel 公司于 2002 年推出了具有超线程 (Hyper-Threading, HT) 技术的 IA-32 处理器。超线程技术允许单个物理处理器用共享的执行资源并发地执行两个或多个分别的代码流(线程)。以提高 IA-32 处理器运行多线程操作系统与执行多线程应用程序代码时的性能。

从体系结构上说,支持 HT 技术的 IA-32 处理器,在一个物理处理器核心中有两个或多个逻辑处理器,每个逻辑处理器有它自己的 IA-32 体系结构状态。每个逻辑处理器由全部的 IA-32 数据寄存器、段寄存器、控制寄存器与大部分的 MSR (Model Specific Register) 构成。

图 1-1 所示为支持 HT 技术(用两个逻辑处理器实现的)的 IA-32 处理器与传统的多处理器系统的比较。

与用两个或多个单独的 IA-32 物理处理器的传统的 MP 系统配置不同,在支持 HT 技术的 IA-32 处理器中的逻辑处理器共享物理处理器的核心资源。其中,包括执行引擎和系统总线接口。在加电和初始化以后,每个逻辑处理器能独立地直接执行规定的线程、中断或暂停。

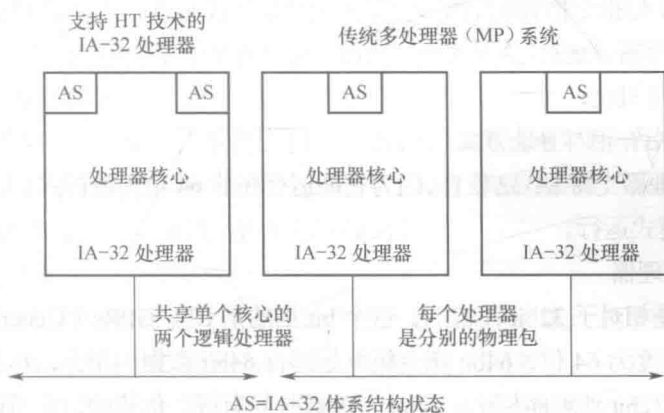


图 1-1 支持 HT 技术的 IA-32 处理器与传统的多处理器系统的比较

(10) Intel 双核技术处理器

2005 年 Intel 公司推出了使用双核技术的奔腾处理器极品版 840 IA-32 处理器。这是首个在 IA-32 结构中引入双核技术的处理器。该处理器用双核技术与超线程技术一起提供硬件多线程支持。双核技术是在 IA-32 结构中硬件多线程能力的另一种形式。双核技术由在单个物理包中的两个分别的执行核心提供硬件多线程能力。因此,Intel Pentium 处理器极品版在一个物理包中提供 4 个逻辑处理器(每个处理器核有两个逻辑处理器)。

Intel Pentium D 处理器也以双核技术为特色。该处理器用双核技术提供硬件多线程支持,但它不提供超线程技术。因此,Intel Pentium D 处理器在一个物理包中提供两个逻辑处理器,每个逻辑处理器拥有处理器核的执行资源,如图 1-2 所示。

Intel 奔腾处理器极品版中引入了 Intel 扩展的存储器技术 (Intel EM64T), 对于软件增加线性地址空间至 64 位并且支持物理地址空间至 40 位。此技术还应用了称为 IA-32e 模式的新操作模式。

IA-32e 模式在两种子模式之一上操作: ①兼容模式允许 64 位操作系统不修改地运行大多数 32 位软件, ②64 位模式允许 64 位操作系统运行应用程序访问 64 位地址空间。

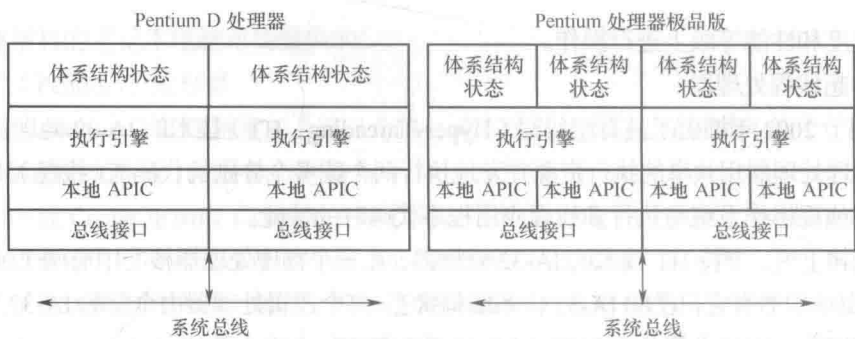


图 1-2 支持双核的 IA-32 处理器

在 Intel EM64T 的 64 位模式中，应用程序可以访问以下内容：

- 64 位平面线性寻址；
- 8 个附加的通用寄存器（GPR）；
- 流 SIMD 扩展（SSE、SSE2 与 SSE3）的 8 个附加的寄存器；
- 64 位宽的 GPR 与指令指针；
- 统一的字节寄存器寻址；
- 快速中断优先级机制；
- 一种新的指令指针相对寻址方式。

Intel EM64T 的处理器支持 IA-32 软件，因为它能运行在非 64 位传统模式。大多数已存在的 IA-32 应用程序也能在兼容模式运行。

（11）Intel 64 位处理器

64bit 处理器技术是相对于 32bit 而言的，这个 bit 指的是 CPU GPRs（General-Purpose Registers，通用寄存器）的数据宽度为 64 位，64bit 指令集就是运行 64bit 数据的指令，也就是说处理器一次可以运行 64bit 数据。和 32bit 处理器相比，64bit 处理器是具有很大优势的，它可以进行更大范围的整数运算，以及支持更大的内存。但是对 64bit 处理器还存在以下两方面的误区。

① 处理速率上的误区。

不能因为数字上的变化，而简单的认为 64bit 处理器的性能是 32bit 处理器性能的两倍。实际上在 32bit 应用下，32bit 处理器的性能甚至会更强，即使是 64bit 处理器，也只是在 64bit 应用下性能更强。

② 运行环境的误区。

要实现真正意义上的 64bit 计算，仅有 64bit 的处理器是不行的，还必须得有 64bit 的操作系统以及 64bit 的应用软件才行，三者缺一不可，缺少其中任何一种要素都是无法实现 64bit 计算的。这就是为什么在有些环境下的 32bit 处理器的性能甚至比 64bit 处理器的性能还强。

目前，64bit 的主流技术主要有 AMD 公司的 AMD64 位技术、Intel 公司的 EM64T 技术、和 Intel 公司的 IA-64 技术。其中 IA-64 是 Intel 独立开发，不兼容传统的 32 位计算机，仅用于 Itanium（安腾）以及后续产品 Itanium 2，一般用户不会用到。

EM64T 全称 Extended Memory 64 Technology，即扩展 64bit 内存技术。EM64T 是 Intel IA-32 架构的扩展，即 IA-32e（Intel Architectur-32 extension）。IA-32 处理器通过附加 EM64T 技术，便可在兼容 IA-32 软件的情况下，允许软件利用更多的内存地址空间，并且允许软件进行 32 bit 线性地址写入。

EM64T 特别强调的是对 32 bit 和 64 bit 的兼容性。Intel 为新核心增加了 8 个 64 bit GPRs (R8-R15), 并且把原有 GRPs 全部扩展为 64 bit。增加 8 个 128bit SSE 寄存器 (XMM8-XMM15), 是为了增强多媒体性能, 包括对 SSE、SSE2 和 SSE3 的支持。

Intel 支持 64 位技术的 CPU 有使用 Nocona 核心的 Xeon 系列、使用 Prescott 2M 核心的 Pentium 4 6 系列和使用 Prescott 2M 核心的 P4 EE 系列。

1.1.2 专用微处理器

专用微处理器强调处理特定应用问题的高性能, 主要用于运行面向特定领域的专用程序, 配备轻量级操作系统, 主要用于蜂窝电话、CD 播放机等消费类家电。嵌入式处理器是专用微处理器的一种, 它是由通用计算机的 CPU 演变而来。在嵌入式应用中, 嵌入式处理器只保留与嵌入式应用紧密相关的功能部件, 去掉多余的功能部件, 保证它能以最低的资源 and 功耗实现嵌入式应用需求。

嵌入式微处理器与通用处理器的最大区别在于, 嵌入式微处理器一般工作在特定的系统中, 通常把通用处理器中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部, 从而有利于实现嵌入式系统设计的小型化、高效率、高可靠性等特点。有时为了满足嵌入式应用的特殊要求, 嵌入式微处理器还会增强对工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面的性能。因此, 嵌入式微处理器一般具有体积小、成本低、可靠性高、抗干扰性好等特点。

嵌入式微处理器主要分为 8 位、16 位、32 位, 目前, 嵌入式微处理器一般是指 32 位的处理器, 典型的 32 位处理器内核有: 典型的嵌入式微处理器有: X86、Am186/88、386EX、SC-400、PowerPC、68000、MIPS、ARM 等系列, 其中以 ARM 芯片最为著名。

(1) ARM 微处理器

ARM 系列处理器是专门针对嵌入式设备设计的, 是目前构造嵌入式系统硬件平台的首选。

1991 年 ARM (Advaced RISC Machines) 公司成立于英国剑桥, 其主要业务是设计 16 位和 32 位的嵌入式微处理器。但它本身并不生产和销售芯片, 而是采用技术授权的方式, 由合作公司生产各具特色的芯片。世界各大半导体生产商从 ARM 公司购买其设计的 ARM 微处理器核, 根据各自不同的应用领域, 加入适当的外围电路, 从而形成自己的 ARM 微处理器芯片进入市场。因此 ARM 技术获得了许多第三方工具、制造和软件的支持, 从而降低了整个系统的成本, 使产品更容易进入市场被消费者接受。

目前, 采用 ARM 技术知识产权核的微处理器, 即通常所说的 ARM 微处理器, 已遍及工业控制、消费类电子产品、通信网络、无线电系统等各类产品市场, 基于 ARM 技术微处理器的应用占据了 32 位 RISC 微处理器 75% 以上的市场份额。

到目前为止, ARM 处理器及其技术的应用已经深入到以下诸多领域。

① 工业控制领域: 作为 32 位的 RISC 架构, 基于 ARM 核的微处理器芯片不但占据了高端微控制器市场的大部分市场份额, 同时也逐渐向低端微控制应用领域扩展, ARM 微控制器的低功耗、高性价比, 向传统的制造 8/16 位微控制器的企业发出挑战。

② 无线通信领域: 目前已经超过 85% 的无线通信设备采用了 ARM 技术, ARM 以其高性能和低成本, 在该领域的地位日益巩固。

③ 网络应用: 随着宽带技术的推广, 采用 ARM 技术的 ADSL 芯片正逐步获得竞争优势。此外, ARM 在语音及视频处理上进行优化, 并获得广发支持, 也对 DSP 的应用领域提出了挑战。

④ 消费类电子产品: ARM 技术在目前流行的数字音频播放器、数字机顶盒和游戏机中得到广泛采用。

⑤ 成像和安全产品: 现在流行的绝大部分数码相机和打印机采用 ARM 技术。手机中的 32 位 SIM 智能卡也应用了 ARM 技术。

ARM 处理器产品主要有: ARM7 系列、ARM9 系列、ARM11 系列以及目前最新的 Cortex 系列的微处理器。采用 RISC 架构的 ARM 处理器一般具有如下特点:

- 体积小、功耗低、成本低、性能高;
- 支持 Thumb (16 位) /ARM (32 位) 双指令集, 能很好地兼容 8 位/16 位器件;
- 大量使用寄存器, 指令执行速度快;
- 大多数数据操作都在寄存器中完成;
- 寻址方式灵活简单, 执行效率高;
- 采用固定长度的指令格式。

(2) PowerPC 处理器

PowerPC (Performance Optimization With Enhanced RISC - Performance Computing) 是一种精简指令集 (RISC) 架构的中央处理器 (CPU), 其基本的设计源自 IBM (国际商用机器公司) 的 POWER (Performance Optimized With Enhanced RISC)。POWER 是 1991 年, Apple (苹果电脑)、IBM、Motorola (摩托罗拉) 组成的 AIM 联盟研究出的微处理器架构。PowerPC 是整个 AIM 联盟平台的一部分, 到目前为止, 它也是唯一的一部分。

PowerPC 处理器有广泛的应用范围, 包括从诸如 Power4 那样的高端服务器 CPU 到嵌入式 CPU 市场 (任天堂 Gamecube 使用了 PowerPC)。PowerPC 处理器有非常优秀的嵌入式表现, 因为它具有优异的性能、较低的能耗以及较低的发热量。除了像串行和以太网控制器那样的集成 I/O, 该嵌入式处理器与台式机 CPU 还存在非常显著的区别。例如, 4xx 系列 PowerPC 处理器缺乏浮点运算, 并且还使用一个受软件控制的 TLB 进行内存管理, 而不是像台式机芯片中那样采用反转页表。

PowerPC 体系结构是 RISC (精简指令集计算) 体系结构的一个示例。因此, 所有 PowerPC (包括 64 位实现) 都使用定长的 32 位指令。PowerPC 处理模型要从内存检索数据, 然后在寄存器中对它进行操作, 最后将它存储回内存。几乎没有指令 (除了装入和存储) 是直接操作内存的。

Motorola 公司发布的基于 PowerPC 体系结构的嵌入式处理器芯片有 MPC505、821、850、860、8240、8245、8260、8560 等, 其中, MPC860 是 Power QUICC 系列的典型产品, MPC8260 是 Power QUICC II 系列的典型产品, MPC8560 是 Power QUICC III 系列的典型产品。

(3) MIPS 处理器

MIPS 技术公司是一家设计制造高性能、高档次的嵌入式 32/64 位处理器的厂商, 在 RISC 处理器领域占有重要地位。1984 年 MIPS 计算机公司成立, 1991 年推出第一款 64 位商用微处理器 R4000, 之后又陆续推出 R8000、R10000 和 R12000 等型号的微处理器。随后, MIPS 公司的战略发生变化, 将嵌入式系统作为发展的重点。1999 年, MIPS 公司发布 MIPS32 和 MIPS64 架构标准, 为未来 MIPS 处理器的开发奠定了基础。MIPS 公司陆续开发了高性能、低功耗的 32 位处理器内核 (core) MIPS324Kc 与高性能 64 位处理器内核 MIPS64 5Kc。2000 年, MIPS 公司发布了针对 32 位 MIPS32 4Kc 内核以及 64 位 MIPS 64 20Kc 内核的处理器。

MIPS 的系统结构及设计理念比较先进, 它采用精简指令系统计算结构 (RISC) 来设计芯片。和英

特尔采用的复杂指令系统计算结构（CISC）相比，RISC 具有设计更简单、设计周期更短等优点，并可以应用更多先进的技术，开发出性能更强大的下一代处理器。

MIPS 指令系统经过通用处理器指令体系 MIPS I、MIPS II、MIPS III、MIPS IV、MIPS V，嵌入式指令体系 MIPS16、MIPS32、MIPS64 的发展已经十分成熟。在设计理念上 MIPS 强调软硬件协同提高性能，同时简化硬件设计。中国龙芯 2 和前代产品采用的都是 64 位 MIPS 指令架构，它与大家平常熟悉的 X86 指令架构互不兼容，MIPS 指令架构由 MIPS 公司开发，属于 RISC 体系。过去，MIPS 架构的产品多见于工作站领域，索尼 PS2 游戏机所用的“Emotion Engine”也采用 MIPS 指令，这些 MIPS 处理器的性能都非常强劲，而龙芯 2 也属于这个阵营，在软件方面与上述产品完全兼容。

1.2 计算机基础

1.2.1 计算机的基本结构

自计算机诞生以来，经历了电子管、半导体、小规模集成电路和超大规模集成电路四代，计算机的规模、运行速度、用途等有极大的不同。以最常用的台式机为例，有 CPU、主板、内存条、硬盘、光驱、网卡、显卡、显示器、键盘、鼠标等部件，虽然这些部件的功能与性能都有了巨大的发展，但从计算机的原理来看，计算机的基本结构仍未改变。

计算机最早是作为运算工具出现的，显然，它首先要有能进行运算的部件，这个运算部件称为运算器；其次要有能记忆原始题目、原始数据和中间结果以及为了使计算机能自动进行运算而编制的各种命令，这种器件称为存储器；最后，要有能代替人的控制作用的控制器，它能根据事先给定的命令发出各种控制信息，使整个计算过程能一步步地自动进行。但是仅仅包含这 3 部分还不够，要输入原始的数据与命令，需要有输入设备；要输出计算的结果（或中间过程），就需要有输出设备，这样才能构成一个基本的计算机系统，如图 1-3 所示。

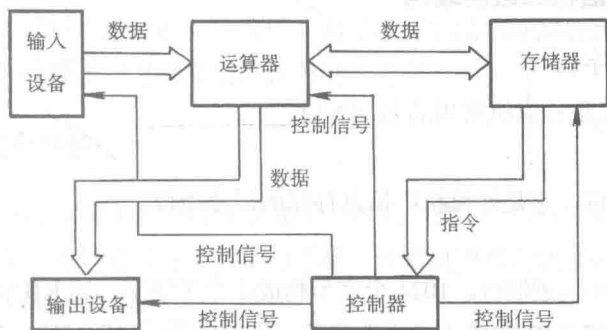


图 1-3 计算机的基本结构图

在计算机中，基本上存在两种流动信息，一种为数据，即各种原始数据、中间结果、程序等。这些数据由输入设备输入至运算器，再存于存储器中；在运算处理过程中，数据从存储器读入运算器进行运算；运算的中间结果要存入存储器中，或最后由运算器经输出设备输出。人向计算机发出的各种命令（即程序），也以数据的形式在计算机运行之前存放在存储器中。另一种为控制命令，在计算机启动后由存储器送入控制器，由控制器经过译码后变为各种控制信号。其主要功能包括控制

输入装置的启动或停止;控制运算器一步步地进行各种运算和处理;控制存储器的读和写;控制输出设备输出结果等。

图 1-3 中的各部分构成了计算机硬件(Hardware)。在上述的计算机硬件中,人们往往把运算器、控制器和存储器合在一起统称为计算机的主机;而把各种输入、输出设备统称为计算机的外围设备(或称外部设备——Peripheral)。

在主机部分中,又把运算器和控制器合在一起称为中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)。随着半导体集成电路技术的发展,把整个 CPU 集成在一个集成电路芯片上,统称为微处理器(Microprocessor)。现在在市场上销售的 Intel 公司的奔腾芯片(Pentium II、Pentium III 和 Pentium 4)以及 AMD 公司的速龙等 x86 系列都是这样的微处理器,它们从功能上说是一个中央处理单元(运算器与控制器的集合)。以微处理器(CPU)为核心加上一定数量的存储器以及若干个外部设备(通过 I/O 接口芯片与 CPU 接口),就构成了微机。早期的微机(如 1981 年推出的 IBM-PC),由于 CPU 的速度较低(当时 CPU 的工作频率为 5MHz),内存容量较小(如 128KB),外部设备的数量很少,总之,功能有限,只能用于处理个人事务,故称之为个人计算机——Personal Computer。目前,人们仍把微机称之为 PC,但实际上现在微机 CPU 的工作频率已超过 1GHz,内存容量已超过 2GB,硬盘容量已达 1TB,其性能已远远超过 20 世纪 80 年代的大型机。

总之,人们把以微处理器为核心构成的计算机,称为微机,最典型的就是上述的 PC。若内存的容量较小,输入、输出设备少,整个计算机可只安装在一块印制电路板上,这样的计算机,称为单板计算机。若把整个计算机集成在一个芯片上,就称之为单片机。

不论计算机的规模大小,CPU 只是计算机的一个部件;只有具备了 CPU、存储器、输入和输出设备,才能称之为计算机。

随着计算机的普及推广,输入和输出设备的种类也越来越多。目前,PC 的典型输入设备为键盘和鼠标;典型的输出设备为显示器。

1.2.2 常用的名词术语和二进制编码

1. 位、字节、字及字长

位、字节、字及字长是计算机常用的名词术语。

(1) 位(bit)

“位”指一个二进制位。它是计算机中信息存储的最小单位。

(2) 字节(Byte)

“字节”指相邻的 8 个二进制位。1024 个字节构成 1 个千字节,用 KB 表示。1024KB 构成 1 个兆字节,用 MB 表示。1024MB 构成 1 个千兆字节,用 GB 表示。B、KB、MB、GB 都是计算机存储器容量的单位。

(3) 字(Word)和字长

“字”是计算机内部进行数据传递处理的基本单位。通常它与计算机内部的寄存器、运算装置、总线宽度相一致。

一个字所包含的二进制位数称为字长。常见的微型计算机的字长,有 8 位、16 位、32 位和 64 位。