

普通高等院校“十二五”规划教材

# 微型计算机 原理与接口技术

王建国 傅妍芳 主编  
马 静 田鹏辉 王河媛 徐淑萍 王晓利 编著

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等院校“十二五”规划教材

# 微型计算机 原理与接口技术

王建国 傅妍芳 主编

马 静 田鹏辉 王河媛 徐淑萍 王晓利 编著

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

---

## 内 容 简 介

本书由主讲“微型计算机原理与接口技术”课程的教师团队,在总结多年教学经验的基础上,结合微型计算机技术的最新发展编写而成。本书以典型微处理器 Intel 8086/8088 为背景,以基本概念为基础,以微型计算机的组成为主线,以关键技术为重点,以具体技术应用为实例,来讲解微型计算机系统的基础理论和关键技术。本书主要内容包括:典型微处理器结构与技术、Intel 8086/8088 指令系统、汇编语言程序设计、存储器系统、输入/输出与中断技术、接口技术、基本人-机交互接口、总线技术以及模数(A/D)和数模(D/A)转换。

本书条理清晰、讲解透彻、语言流畅、理论与实践相结合,并配以诸多应用实例,力求培养学生今后作为科研人员应掌握的资料阅读能力、接口设计能力、系统设计与编程实现能力,以及软、硬件调试能力。

本书适合作为普通高等院校电子信息类专业本科生教材,还可作为高职高专计算机类学生教材,对内容进行适当的取舍后,也可以作为其他工科类本科生教材,以及学习或从事微型计算机系统设计、应用的科技人员和研究生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理与接口技术/王建国,傅妍芳主编

北京:中国铁道出版社,2011.8

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-13351-1

I. ①微… II. ①王…②傅… 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(2011)第 170921 号

书 名:微型计算机原理与接口技术

作 者:王建国 傅妍芳 主编

策 划:吴宏伟

读者热线:400-668-0820

责任编辑:孟欣

编辑助理:王惠

封面设计:刘颖

责任印制:李佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>, <http://www.edusources.net>

印 刷:航远印刷有限公司

版 次:2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:19 字数:456千

印 数:1~3 000册

书 号:ISBN 978-7-113-13351-1

定 价:30.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材研究开发中心批销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)63549504

微型计算机由于具有体积小、质量小、能耗低、可靠性高、系统设计灵活、价格低廉等诸多优点而得到飞速发展。微型计算机的应用已经深入到科学计算、信息处理、工业控制、仪器/仪表制造、多媒体信息处理以及通信网络等各个方面。标志着微型计算机技术发展的微处理器平均 18 个月更新一代,字长从 4 位、8 位、16 位发展到 64 位;集成度从 Intel 4004 的 2 000 个晶体管/片,发展到 Intel Core 2 的 2.91 亿个晶体管/片;工作频率从最初的 0.5 MHz 提高到 3.2 GHz。当前,一台普通的 32 位微型计算机的功能已经超越 20 世纪 70 年代小型机的功能。

在高等教育的课程体系中,“微型计算机原理与接口技术”课程除了被设置为电子信息类专业的专业基础课程外,近年来,绝大多数工科专业也将其列为专业基础课,作为后续学习计算机相关技术的基础。为了便于学生的学习,我们组织了一个多年从事该门课程教学的教师团队,在总结多年教学经验的基础上,结合微型计算机技术的最新发展,编写了本书。

本书编写思路: Intel 8086/8088 是典型的 16 位微处理器,虽然现在微处理器发展到了 64 位,功能也有了极大的提高,但是其内部结构的设计思想、指令系统、芯片连接、接口处理方式、信号时序关系都成为 Intel 80x86 系列微处理器设计时的参考对象,以保证系列产品的兼容性。基于这些原因,本书以典型微处理器 Intel 8086/8088 为背景,以基本概念为基础,以微型计算机的组成为主线,以关键技术为重点,以具体技术应用为实例,重点讲解微型计算机系统的基础理论知识和关键技术,有利于学生理解微型计算机系统的基本构成和工作原理;通过具体的应用实例培养学生今后作为科研人员应掌握的资料阅读能力、接口设计能力、系统设计与编程实现能力,以及软、硬件调试能力。

本书的特色:在编写团队方面,本书由多位主讲“微型计算机原理与接口技术”课程的教师,在总结多年教学经验的基础上编写而成;在内容方面,根据“微型计算机原理与接口技术”精品课程的教学内容进行组织,并结合微型计算机技术的最新发展,同时运用一些教改项目的成果,使内容保持系统性和先进性;在理论和实践方面,本书既注重微型计算机系统的基本原理和关键技术的讲解,也注重实践环节,力求将理论与实践相结合,书中列举了大量的应用实例,对关键技术的应用进行了详细讲解。

本书共分 10 章,主要内容是:微型计算机系统的基本概念和原理、Intel 80x86 系列微处理器的内部结构; Intel 8086/8088 指令系统和汇编语言程序设计的基本方法;存储器系统、输入/输出接口、中断技术;几种典型可编程接口以及基本人-机交互接口;总线技术和模/数(A/D)以及数/模(D/A)转换。

本书适合作为普通高等院校工科类专业的教材,也可以作为研究生相关课程以及科研技术人员的参考资料。

本书由王建国、傅妍芳任主编，负责全书的统筹设计、审阅和统稿；参加编写的还有马静、王河媛、田鹏辉、徐淑萍、王晓利等。

由于时间仓促，书中难免存在不足与疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2011年6月

<b>第 1 章 微型计算机系统概述</b> .....	1
1.1 微型计算机的发展 .....	1
1.2 Intel 80x86 系列微处理器 .....	3
1.3 微型计算机系统的组成 .....	6
1.3.1 微型计算机的硬件系统 .....	7
1.3.2 微型计算机的软件系统 .....	9
1.4 微型计算机的特点和分类 .....	10
1.5 微机系统的主要性能指标 .....	10
1.6 微机的应用 .....	11
小结 .....	13
习题 .....	13
<b>第 2 章 典型微处理器结构与技术</b> .....	14
2.1 典型 16 位微处理器 (8086/8088) .....	14
2.1.1 8086/8088 微处理器内部结构 .....	15
2.1.2 8086/8088 微处理器中的内部寄存器 .....	17
2.1.3 8086/8088 微处理器外部基本引脚与工作模式 .....	20
2.1.4 8086/8088 的存储器组织 .....	26
2.1.5 8086 CPU 的工作时序 .....	28
2.1.6 系统总线的形成 .....	31
2.2 80x86 微处理器 (80286/80386/80486) .....	33
2.2.1 80286 微处理器 .....	33
2.2.2 80386 微处理器 .....	35
2.2.3 80486 微处理器 .....	36
2.3 Pentium 系列微处理器 .....	38
2.3.1 Pentium 系列微处理器的主要特点 .....	38
2.3.2 Pentium 微处理器的内部结构 .....	38
2.4 多处理器系统简介 .....	40
小结 .....	41
习题 .....	42
<b>第 3 章 Intel 8086/8088 的指令系统</b> .....	43
3.1 指令系统及指令格式 .....	43
3.2 与操作数有关的寻址方式 .....	44
3.3 与转移地址有关的寻址方式 .....	49
3.4 数据传送指令 .....	51
3.4.1 通用传送指令 .....	51

3.4.2	地址传送指令 .....	56
3.4.3	标志传送指令 .....	56
3.4.4	输入/输出指令 .....	58
3.5	算术运算指令 .....	58
3.5.1	加法运算指令 .....	59
3.5.2	减法运算指令 .....	59
3.5.3	乘法运算指令 .....	61
3.5.4	除法运算指令 .....	62
3.6	逻辑运算和移位循环指令 .....	63
3.6.1	逻辑运算指令 .....	63
3.6.2	移位指令 .....	64
3.6.3	循环移位指令 .....	65
3.7	串操作指令 .....	66
3.8	控制转移指令 .....	68
3.8.1	无条件转移指令 .....	68
3.8.2	条件转移指令 .....	69
3.8.3	循环控制指令 .....	71
3.8.4	中断指令 .....	72
3.9	处理器控制指令 .....	73
	小结 .....	74
	习题 .....	74
<b>第 4 章</b>	<b>汇编语言程序设计给 .....</b>	<b>76</b>
4.1	汇编语言程序格式 .....	76
4.2	汇编语言中的数据 .....	78
4.3	伪指令语句 .....	82
4.4	汇编语言程序上机过程 .....	85
4.4.1	汇编语言的工作环境 .....	85
4.4.2	汇编语言程序上机步骤 .....	86
4.5	汇编语言程序设计 .....	89
4.5.1	顺序程序设计 .....	89
4.5.2	分支程序设计 .....	91
4.5.3	循环程序设计 .....	93
4.5.4	子程序设计 .....	96
4.6	宏汇编与条件汇编 .....	98
4.6.1	宏汇编 .....	98
4.6.2	条件汇编 .....	99
4.7	DOS 和 BIOS 功能调用 .....	100
4.8	应用举例 .....	105
	小结 .....	107
	习题 .....	108

<b>第 5 章 存储器系统</b> .....	<b>109</b>
5.1 存储器概述 .....	109
5.1.1 存储器的分类 .....	109
5.1.2 内存储器的一般结构 .....	111
5.1.3 存储器的主要技术指标 .....	113
5.2 随机存储器 .....	114
5.2.1 静态随机存储器 (SRAM) .....	114
5.2.2 动态随机存储器 (DRAM) .....	116
5.3 只读存储器 .....	120
5.3.1 可编程只读存储器 (PROM) .....	120
5.3.2 可擦除可编程只读存储器 (EPROM) .....	120
5.3.3 电可擦除可编程只读存储器 (E <sup>2</sup> PROM) .....	123
5.4 存储器芯片的扩展及其与系统总线的连接 .....	124
5.4.1 存储器的扩展 .....	124
5.4.2 存储器片选信号的产生 .....	128
5.4.3 存储器芯片与 CPU 的连接 .....	129
5.5 高速缓冲存储技术 .....	130
5.5.1 cache 的工作原理 .....	130
5.5.2 cache 的基本操作 .....	131
5.5.3 cache 的地址映射 .....	131
5.5.4 替换策略 .....	133
5.6 外存储器简介 .....	133
5.6.1 硬盘 .....	133
5.6.2 光存储设备 .....	135
5.6.3 USB 闪存盘 .....	136
小结 .....	137
习题 .....	138
<b>第 6 章 输入/输出与中断技术</b> .....	<b>139</b>
6.1 I/O 接口概述 .....	139
6.1.1 接口信息 .....	140
6.1.2 接口结构和功能 .....	141
6.1.3 I/O 端口及其编址方式 .....	143
6.2 输入/输出控制方式 .....	144
6.2.1 程序控制方式 .....	144
6.2.2 中断和 DMA 传送方式 .....	147
6.3 中断技术 .....	149
6.3.1 中断相关概念 .....	149
6.3.2 中断优先控制 .....	152
6.4 8086/8088 CPU 的中断系统和中断处理 .....	154

6.4.1	外部中断 .....	154
6.4.2	中断处理 .....	156
6.4.3	应用举例 .....	158
6.5	DMA 控制器 8237A .....	159
6.5.1	DMA 传送的工作原理 .....	159
6.5.2	Intel 8237A .....	160
6.6	可编程中断控制器 8259A .....	170
6.6.1	8259A 内部结构及其引脚功能 .....	170
6.6.2	8259A 的工作方式 .....	173
6.6.3	初始化编程 .....	175
6.6.4	应用举例 .....	181
	小结 .....	183
	习题 .....	184
<b>第 7 章</b>	<b>接口技术 .....</b>	<b>185</b>
7.1	接口技术概述 .....	185
7.2	可编程串行通信接口 8251A .....	187
7.2.1	串行通信基本概念 .....	187
7.2.2	串行接口芯片 8251A .....	189
7.2.3	8251A 应用举例 .....	197
7.3	可编程计数器/定时器 8253 .....	200
7.3.1	8253 的结构与外部引脚 .....	200
7.3.2	8253 的工作方式 .....	201
7.3.3	8253 的初始化编程 .....	204
7.3.4	8253 的应用 .....	206
7.4	可编程并行接口 8255A .....	207
7.4.1	简单的并行接口技术 .....	207
7.4.2	8255A 内部结构及其引脚功能 .....	208
7.4.3	8255A 的工作方式及其初始化 .....	210
7.4.4	8255A 应用举例 .....	214
7.5	异步串行通信接口 RS-232C .....	216
7.5.1	RS-232C 通信连接及电气特性 .....	217
7.5.2	RS-232C 与 TTL 标准的转换 .....	219
	小结 .....	220
	习题 .....	221
<b>第 8 章</b>	<b>基本人-机交互接口 .....</b>	<b>222</b>
8.1	微型计算机键盘接口 .....	222
8.1.1	非编码键盘 .....	222
8.1.2	微机与键盘的接口 .....	225
8.2	鼠标接口 .....	226

8.2.1	鼠标原理及技术指标 .....	226
8.2.2	鼠标的接口 .....	227
8.3	显卡与显示器 .....	229
8.3.1	显卡 .....	229
8.3.2	显示器 .....	231
8.4	人-机交互应用实例 .....	237
8.4.1	人-机交互设备——打印机 .....	237
8.4.2	人-机交互设备——键盘 .....	239
	小结 .....	241
	习题 .....	242
<b>第 9 章</b>	<b>总线技术 .....</b>	<b>243</b>
9.1	总线技术概述 .....	243
9.2	系统总线 .....	246
9.2.1	ISA 总线 .....	247
9.2.2	其他系统总线 .....	249
9.3	PCI 局部总线 .....	251
9.3.1	PCI 局部总线 .....	251
9.3.2	AGP 总线 .....	255
9.4	通信总线 .....	256
9.4.1	USB .....	257
9.4.2	IEEE 1394 总线 .....	260
	小结 .....	262
	习题 .....	263
<b>第 10 章</b>	<b>数/模 (D/A) 及模/数 (A/D) 转换 .....</b>	<b>264</b>
10.1	D/A 转换及其接口 .....	264
10.1.1	基本原理 .....	265
10.1.2	主要性能参数 .....	267
10.1.3	DAC0832 芯片引脚和内部结构 .....	267
10.1.4	DAC0832 的连接 .....	269
10.2	A/D 转换及其接口 .....	271
10.2.1	基本原理 .....	271
10.2.2	主要性能参数 .....	273
10.2.3	ADC0809 芯片引脚和内部结构 .....	274
10.2.4	ADC0809 与系统的连接 .....	275
10.3	应用实例 .....	278
	小结 .....	279
	习题 .....	279

附录 A 7 位 ASCII 码编码表.....	280
附录 B 8086 指令系统.....	281
附录 C DOS 系统功能调用 (INT 21H) .....	285
附录 D BIOS 功能调用.....	291
参考文献.....	294

# 第 1 章 微型计算机系统概述

学习目标:

- 掌握微型计算机系统的基本概念和基础知识;
- 理解微处理器的基本功能及其在微机系统中的作用;
- 了解微处理器的发展历程;
- 了解微型计算机系统的特点和分类。

微型计算机是电子计算机的一个分类, 它的出现为计算机的广泛应用开拓了更加广阔的前景。目前微型计算机是得到最为广泛应用的计算机, 已经渗透到社会的各个领域, 极大地改变了人们的工作、学习及生活方式, 成为信息时代的重要标志之一。

本章主要介绍微型计算机的基本概念, 回顾微处理器的产生和发展历程, 介绍微型计算机的特点和应用。

## 1.1 微型计算机的发展

自 1946 年第一台电子数字计算机 ENIAC 诞生以来, 计算机共经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路 5 个阶段的发展。而大规模集成电路为计算机的微型化打下了坚实的基础。

20 世纪 70 年代初美国硅谷诞生了第一片微处理器 (Micro Processor Unit, MPU)。MPU 将运算器、控制器、寄存器以及连接三者的片内总线集成在一个芯片上, 即微型计算机中的中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)。微型计算机就是微处理器、内存、I/O 接口、其他支持电路 (如总线控制器、中断控制器、DMA (Direct Memory Access, 直接存储器存取) 控制器、总线驱动电路和定时电路等) 以及连接这些组成部件的系统总线的集合, 也即俗称的“裸机”。

CPU 是微型计算机的核心, 微型计算机中的各部件在 CPU 的控制下工作。微型计算机的发展通常以 CPU 的更新换代为主要标志。根据摩尔定律, CPU 的集成度几乎每 18 个月增加一倍, 产品也每 2~4 年更新换代一次。以 CPU 的字长和功能为主要划分依据, 微型计算机已经经历了 6 代发展, 它们的特点如表 1-1 所示。

① 第一代 (1971—1973): 4 位和 8 位低档微型计算机。字长为 4 位的 CPU 的典型代表是 Intel 公司的 4004, 由它作为 CPU 的 MCS-4 计算机是世界上第一台微型计算机。这项突破性的发明当时还被用于日本 Basicom 计算器中, 从而开创了将智能内嵌于计算机和无生命设备的先河。随后, Intel 公司又推出了以 8 位 CPU 8008 为核心的 MCS-8 微型计算机。这一代微型计算机的特点是采用 P-沟道金属氧化物半导体 (P-channel Metal Oxide Semiconductor, PMOS) 工艺, 集成度为每片 2 300 个晶体管, 指令系统简单, 采用机器语言或简单汇编语言, 运算功能较差,

速度较慢(基本指令执行时间4~10 ms),主要用于算术运算、家用电器及简单的控制等。

② 第二代(1974—1977):8位中高档微型计算机。1973—1975年为典型的第二代,以美国Intel公司的8080和Motorola公司的MC 6800为代表,集成度提高1~2倍,运算速度提高一个数量级。1976—1978年为高档的8位微型计算机阶段,被称为第二代半微型计算机,代表产品是美国Zilog公司的Z80和Intel公司的8085微处理器,集成度和运算速度都比典型的第二代提高一倍以上。这一代微型计算机的特点是采用N-沟道金属氧化物半导体(N-channel Metal Oxide Semiconductor, NMOS)工艺,集成度提高了1~4倍,每片集成了8 000个晶体管,基本指令执行时间为2 ms左右;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。其主要用于教学和实验、工业控制、智能仪器等。

③ 第三代(1978—1984):16位微型计算机,是由第一代采用超大规模集成电路的微处理器组成的微型计算机。在这个阶段,CPU的典型代表有Intel公司的8086/8088、Zilog公司的Z-8000和Motorola公司的MC 68000。IBM选择Intel 8088作为微处理器,于1981年成功开发了第一台个人计算机(IBM PC),从此开始了个人计算机大发展的时代。这一代微型计算机采用高性能金属氧化物半导体(High performance Metal Oxide Semiconductor, HMOS)工艺,集成度可达10万个以上的晶体管,时钟频率为4~8 MHz,基本指令执行时间约为0.5 ms。1982年2月,Intel公司推出了超级16位微处理器Intel 80286,能够实现多任务并行处理。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。

④ 第四代(1985—1992):32位微型计算机。在这个阶段,微处理器的典型代表有Intel公司的80386。该微处理器集成了27.5万个晶体管,数据总线和地址总线均为32位,具有4 GB的物理寻址能力。1989年4月,Intel公司又推出了80486微处理器,其芯片内集成了120万个晶体管。32位微处理器具有支持高级调度、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。从此,PC的功能越来越强大,可以构成与20世纪70年代大、中型计算机相匹敌的计算能力,大有取而代之之势。

⑤ 第五代(1993—1999):超级32位微型计算机。在这个阶段,Intel公司相继推出了Pentium(俗称586)、Pentium Pro、Pentium MMX、Pentium II、Pentium III以及Pentium 4(简称P4)系列高性能微处理器。以这些微处理器为核心的微型计算机能够实现多用户、多任务处理,能够处理多媒体信息,能够更好地满足互联网用户的需求。

⑥ 第六代(2000年至今):64位微型计算机。在不断完善Pentium系列处理器的同时,Intel公司与HP公司联手开发了更为先进的64位微处理器——Merced。Merced采用了全新的结构设计,这种结构称为IA-64(Intel Architecture-64)。IA-64不是原来Intel公司的32位x86结构的64位扩展,也不是HP公司64位PA-RISC结构的改进,IA-64是一种采用长指令字、指令预测、分支消除、推理装入和其他一些先进技术从程序代码提取更多并行性的全新结构。

表 1-1 各代微型计算机的特点

比较项目	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	第六代
时间/年	1971—1973	1974—1977	1978—1984	1985—1992	1993—1999	2000年至今

续表

比较项目	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	第六代
典型代表	Intel 4004 Intel 8008	Intel 8080 MC 6800 Z-80	Intel 8086/8088 MC 68000 Z-8000	Intel 80386 Intel 80486 MC 68020 Z-80000	Intel Pentium 系列 AMD 的 K6 Cyrix 的 6x86	Merced Thunderbird Duron Intel Core 2
字长/位	4/8	8	16	16/32	32	64
集成度/个	1 000~2 000	5 000~9 000	2~10 万	20~120 万	300~1 000 万	几千万至上亿
时钟频率/MHz	0.5~0.8	1~4	5~20	12~50	60~1 200	1 300~2 600
基本指令执行时间/ms	4~10	1~2	<1	<0.125	<0.06	<0.025
数据总线宽度/位	4/8	8	16	16/32	32/64	64
地址总线宽度/位	4/8	16	20/24	24/32	32/36	36/64
软件水平	机器语言 汇编语言	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统 数据库	汇编语言 高级语言 操作系统 部分软件固化	汇编语言 高级语言 操作系统 部分软件固化	汇编语言 高级语言 操作系统 部分软件固化
应用领域	算术运算 家用电器 简单控制	教学实验 工业控制 智能仪器	办公自动化 计算机辅助设计	科学计算 计算机辅助制造 网络与通信	科学计算 多媒体应用 网络与通信	科学计算 多媒体应用 网络与通信

## 1.2 Intel 80x86 系列微处理器

80x86 微处理器是 Intel 公司的系列产品，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 微处理器最高主频为 8 MHz，具有 16 位数据通道，内存寻址能力为 1 MB。

1979 年，Intel 公司又开发出了 8088。8086 和 8088 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 6.66 MHz、7.16 MHz 或 8 MHz，集成了大约 2.9 万个晶体管。

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，个人计算机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,个人计算机真正走进了人们的工作和生活中。

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,采用 8 位工作。

1982 年, Intel 公司在 8086 的基础上,研制出了 80286 微处理器,该 CPU 的最大主频为 20 MHz,内、外部数据传输均为 16 位,使用 24 位内存寻址,内存寻址能力为 16 MB。80286 可工作于两种模式:实模式和保护模式。在实模式下,CPU 可以访问的内存总量限制在 1 MB 以内;而在保护模式下,80286 可直接访问 16 MB 的内存。此外,80286 工作在保护模式下,可以保护操作系统,使之不像实模式或 8086 等不受保护的 CPU 那样,在遇到异常时会使系统停机。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 4 个方面比它的前辈有显著的改进:① 支持更大的内存;② 能够模拟内存空间;③ 能同时运行多个任务;④ 提高了处理速度。最早,PC 的速度是 4 MHz,第一台基于 80286 的 AT 机运行速度为 6~8 MHz,一些制造商还自行提高速度,使 80286 达到了 20 MHz,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)的正方形封装。PGA 是 PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier, 塑料有引线芯片载体)的一种简易封装形式,在这个封装中,80286 集成了大约 13.5 万个晶体管。

1985 年, Intel 划时代的 80386 DX 芯片正式发布,其内部集成了 27.5 万个晶体管,其内部和外部数据总线均为 32 位,地址总线为 32 位,可以寻址 4 GB 内存,管理 64 TB 虚拟存储空间,时钟频率为 12.5 MHz。它的工作方式除了具有实模式和保护模式以外,还增加了“虚拟 86”模式。80386 有 3 个技术要点:① 使用“类 286”结构;② 开发 80387 协处理器以增强浮点运算能力;③ 开发高速缓存 (cache) 以解决内存速度瓶颈。Intel 386 微处理器具有处理“多任务”的特性,也就是说,它可以同时运行多个程序。由于 32 位微处理器的运算能力较强,PC 的应用扩展到更多领域。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计算机市场。另外,80386 还支持较丰富的外围配件,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,从此以后, cache 就成为 CPU 的标准配件。

1989 年, Intel 推出 80486 芯片。它使用 1  $\mu\text{m}$  的制造工艺,集成了 120 万个晶体管。80486 的时钟频率从 25 MHz 逐步提高到 33 MHz、40 MHz、50 MHz。80486 是将 80386 和数字协处理器 80387 及 8 KB 的 cache 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内存之间的等待时间。同时,80486 系列首次采用了精简指令集计算机 (Reduction Instruction Set Computer, RISC) 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 4 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 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 60 MHz 和 66 MHz

两种频率下,没有现在所说的倍频设置。早期的 Pentium 75~120 MHz 使用 0.5 mm 的制造工艺,后期 120 MHz 以上的 Pentium CPU 则改用 0.35 mm 工艺。

Pentium Pro 的核心架构代号为 Pentium 6 (也是后来 Pentium II、Pentium III 所使用的核心架构),二级 cache 有 256 KB 或 512 KB,最大有 1 MB;工作频率有:133/66 MHz (工程样品)、150/60 MHz、166/66 MHz、180/60 MHz、200/66 MHz。

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、0.35 mm 工艺制造,内部集成了 750 万个晶体管,核心工作电压为 2.8 V。Pentium II 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 512 KB,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 16 KB 增至 32 KB。另外,在 Pentium II 中采用了 Slot 1 接口标准和单边接触盒 (Single Edge Contact Cartridge, SECC) 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 mm 工艺制造,内部集成了 950 万个晶体管;系统频率为 100 MHz;采用第六代 CPU 核心 Pentium 6 微架构,针对 32 位应用程序进行优化,双重独立总线;L1 cache 为 32 KB (16 KB 指令缓存加 16 KB 数据缓存),L2 cache 为 512 KB,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 (Streaming SIMD Extensions, SSE) 指令集,共 70 条新指令。Pentium III 的起始主频速度为 450 MHz。与 Pentium II Xeon 一样,Intel 同样也推出了面向服务器和 workstation 系统的 Pentium III Xeon 微处理器。除前期的 Pentium II Xeon 500、550 采用 0.25 mm 技术外,该款微处理器是采用 0.18 mm 工艺制造,Slot 2 架构和 SECC 封装形式,内置 32 KB L1 cache 和 512 KB L2 cache,工作电压为 1.6 V。

2000 年 6 月,Intel 公司推出了 Pentium 4。Pentium 4 处理器的诞生是 Intel 微处理器技术的另一个里程碑。这种基于 0.18  $\mu\text{m}$  工艺技术、容纳 4 200 万个晶体管的产品,采用了 Intel 全新的 NetBurst 系架构,依靠超级流水线技术、快速执行引擎、400 MHz 系统总线、改进的浮点运算等技术,为数字时代的用户提供了个性化的快速处理音频/视频、制作个人电影、下载 MP3 音乐、进行庞大的 3D 游戏等功能。Pentium 4 处理器成为延伸 PC 时代下,数字世界的动力核“芯”。Pentium 4 系统的工作频率在 1.3 GHz 以上,工作电压为 1.565~1.700 V。Pentium 4 微处理器不但拥有更高的时钟频率,并且支持 Intel 超线程 (Hyper Threading, HT) 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。

2005 年 4 月,Intel 推出第一款双核处理器平台,包括采用 Intel 955X 高速芯片组、主频为 3.2 GB 的 Intel Pentium 处理器至强版 840。双核和多核处理器设计用于在一枚处理器中集成两个或多个完整执行内核,以支持同时管理多项活动。Intel 超线程技术能够使一个执行内核发挥两枚逻辑处理器的作用,因此与该技术结合使用时,Intel Pentium 处理器至强版 840 能够充分利用以前可能被闲置的资源,同时处理 4 个线程。2005 年 5 月,带有两个处理内核的 Intel Pentium D 处理器随 Intel 945 高速芯片组家族一同推出,它带来某些消费电子产品的特性,例如环绕立体声音频、高清晰度视频和增强图形功能。

2006 年 5 月,Intel Core (酷睿) 2 双核处理器品牌隆重推出。2006 年 7 月,Intel 公司向家用和商用个人计算机与笔记本式计算机,发布了全新的 Intel Core 2 双核处理器和 Intel Core

至尊处理器。Intel Core 2 双核处理器家族包括 5 款专门针对企业、家庭、工作站和玩家（如高端游戏玩家）定制的台式计算机处理器以及 5 款专门针对移动生活而定制的处理器。Intel Core 2 双核处理器可以更快速地运行多种复杂应用，提供更耐久的电池使用时间和更加纤巧时尚的笔记本式计算机外形，比最出色的 Intel Pentium 处理器的能效高出 40%。Intel Core 2 双核处理器内含 2.91 亿个晶体管。

2007 年，Intel 推出四核处理器 QX9770，采用了先进的节能冷静技术，先进的 SSE4.1 指令集和快速除法器。

2008 年 11 月，Intel 发布了 Core i7 处理器。该处理器是一款 45 nm 的原生四核处理器，基于 Nehalem 微架构，拥有 8 MB 三级缓存，支持三通道 DDR3 内存，采用 LGA 1366 引脚设计，采用先进的 SSE4.2 指令集，支持第二代超线程技术，即处理器能以 8 线程运行，主频分别为 3.2 GHz、2.93 GHz 和 2.66 GHz。

Intel 80x86 系列微处理器的特点如表 1-2 所示。

表 1-2 Intel 80x86 系列微处理器的特点

Intel 微处理器	生产年份	性能 /MIPS	时钟频率 /MHz	集成晶体数目/万个	寄存器规模	外部数据总线宽度/位	最大寻址空间	CPU 封装的 cache
Intel 8086	1978	0.8	8	2.9	16 个	16	1 MB	—
Intel 80286	1982	2.7	12.5	13.5	16 个	16	16 MB	—
Intel 386DX	1985	6.0	20	27.5	32 个	32	4 GB	—
Intel 486DX	1989	20	25	120	32 个	32	4 GB	8 KB L1
Pentium	1993	100	60	310	32 个	64	64 GB	16 KB L1
Pentium Pro	1995	440	200	550	32 个	64	64 GB	16 KB L1 256 KB
Pentium II	1997	446	300	750	32 个	64	64 GB	32 KB L1 256 KB
Pentium III	1999	1 000	500	950	32GP 128 个 SIMD-F	64	64 GB	32 KB L1 512 KB L2
Pentium 4	2000	3 000	1300	4 200	32GP 128 个 SIMD	64	64 GB	8 KB+12 KB (TC) 512 KB L2
Intel Core 2	2006	4 200	2100	29 100	32GP 128 个 SIMD	64	64 GB	32 KB L1 4 MB L2

### 1.3 微型计算机系统的组成

微型计算机系统是由计算机硬件系统、软件系统组成的，如图 1-1 所示。组成一台微型计算机的物理设备的集合叫做微型计算机硬件系统，是实实在在的物体。指挥微型计算机工作的各种程序的集合称为微型计算机软件系统，是控制微型计算机工作的核心。微型计算机通过执行程序而运行，工作时软、硬件协同工作，二者缺一不可。可以说硬件是基础，软件是灵魂，