

高等学校计算机教育规划教材

# 微型计算机 原理及应用

钱晓捷 主编  
姚俊婷 张青 编著  
徐苏 主审

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

清华大学出版社



高等学校计算机教育规划教材

# 微型计算机 原理及应用

钱晓捷 主编 / 姚俊婷 张 青 编著 / 徐 苏 主审

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书融合 16 位和 32 位微处理器、个人微机和汇编语言,以循序渐进、深入浅出、突出实践的方法,介绍了微处理器的发展、微机的组成、微处理器内部结构和外部特性、指令功能和汇编语言程序设计、存储系统、输入输出接口及其应用技术。

本书可以作为普通高校“微型机原理及接口技术(微型机原理及应用)”或“汇编语言程序设计”等课程的教材或参考书,适合计算机及电子、通信和自控等电类专业的本科学生。本书起点低,也特别适合软件学院、电类专科、高职、成教学生,以及非电类本专科学生,还可以作为计算机应用开发人员、希望深入学习微机应用技术的培训班学员和普通读者的入门教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理及应用 / 钱晓捷主编. —北京:清华大学出版社, 2006.6

(高等学校计算机教育规划教材)

ISBN 7-302-12830-8

I. 微… II. 钱… III. 微型计算机-高等学校-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033224 号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦  
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084  
社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:汪汉友

文稿编辑:张为民

印刷者:北京密云胶印厂

装订者:三河市金元印装有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:18.5 字数:446 千字

版 次:2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-12830-8/TP·8163

印 数:1~4000

定 价:24.00 元

## 编 委 会

名誉主任：陈火旺

主 任：何炎祥

副 主 任：王志英 杨宗凯 卢正鼎

委 员：（按姓氏笔画为序）

王更生 王忠勇 刘先省 刘腾红 孙俊逸

芦康俊 李仁发 李桂兰 杨健霭 陈志刚

陆际光 张焕国 张彦铎 罗 可 金 海

钟 珞 贵可荣 胡金柱 徐 苏 康立山

薛锦云

丛书策划：张瑞庆 汪汉友

本书主审：徐 苏

---

# 序 言

## PREFACE

随着信息社会的到来,我国的高等学校计算机教育迎来了大发展时期。在计算机教育不断普及和高等教育逐步走向大众化的同时,高校在校生的入数也随之增加,就业压力随之加大。灵活应用所学的计算机知识解决各自领域的实际问题已经成为当代大学生必须具备的能力。为此,许多高等学校面向不同专业的学生开设了相关的计算机课程。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。抓好计算机专业课程以及计算机公共基础课程的教学,是提高计算机教育质量的关键。现在,很多高等学校除计算机系(学院)外,其他系(学院)也纷纷开设了计算机相关课程,在校大学生也必须学习计算机基础课程。为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,培养基础宽厚、能力卓越的计算机专业入才和掌握计算机基础知识、基本技能的相关专业的复合型人才迫在眉睫。为此,在进行了大量调查研究的基础上,通过借鉴国内外最新的计算机科学与技术学科和计算机基础课程体系的研究成果,规划了这套适合计算机专业及相关专业入才培养需要的、适用于高等学校学生学习的《高等学校计算机教育规划教材》。

“教育以人为本”,计算机教育也是如此,“以人为本”的指导思想则是将“人”视为教学的主体,强调的是“教育”和“引导”,而不是“灌输”。本着这一初衷,《高等学校计算机教育规划教材》注重体系的完整性、内容的科学性和编写理念的先进性,努力反映计算机科学技术的新技术、新成果、新应用、新趋势;针对不同学生的特点,因材施教、循序渐进、突出重点、分散难点;在写作方法上注重叙述的逻辑性、系统性、适用性、可读性,力求通俗易懂、深入浅出、易于理解、便于学习。

本系列教材突出计算机科学与技术学科的特点,强调理论与实践紧密结合,注重能力和综合素质的培养,并结合实例讲解原理和方法,引导学生学会理论方法的实际运用。

本系列教材在规划时注重教材的立体配套,教学资源丰富。除主教材外,还配有电子课件、习题集与习题解答、实验上机指导等辅助教学资源。有些课程将开设教学网站,提供网上信息交互、文件下载,以方便师生的教与学。

《高等学校计算机教育规划教材》覆盖计算机公共基础课程、计算机应用技术课程和计算机专业课程。既有在多年教学经验和教学改革基础上新编

著的教材，也有部分已经出版教材的更新和修订版本。这套教材由国内三十余所知名高校从事计算机教学和科研工作的一线教师、专家教授编写，并由相关领域的知名专家学者审读全部书稿，多数教材已经经受了教学实践的检验，适用于本科教学，部分教材可用于研究生学习。

我们相信通过高水平、高质量的编写和出版，这套教材不仅能够得到大家的认可和支持，也一定能打造成一套既有时代特色，又特别易教易学的高质量系列教材，为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高，为计算机教育事业的发展和高素质人才的培养作出我们的贡献。

《高等学校计算机教育规划教材》编委会

2005年7月

# 前 言

## FOREWORD

作为面向全国普通高等院校本专科学生的教材,根据丛书编委会要求和有关专家的意见,结合作者教学经验,本教材以微型机原理和汇编语言程序设计为基础,以 I/O 接口技术为应用,同时涉及高性能微处理器。具体来说,本书分成如下 9 章:

第 1 章微型计算机系统,通过微处理器发展引出各种基本概念,以 16 位和 32 位 PC 机为例,介绍微型机结构和组成。

第 2 章微处理器内部结构,重点介绍 IA-32 微处理器整数寄存器和存储器组织形式。

第 3 章汇编语言基础,给出汇编语言源程序结构,以示例程序介绍数据表示和变量应用,以及汇编语言常用的伪指令。

第 4 章 IA-32 指令系统,介绍微处理器进行数据处理的主要指令,通过示例程序熟悉指令功能、掌握指令应用,并逐步编写程序。

第 5 章控制转移和程序结构,用转移、循环和子程序指令引出程序结构,结合数码转换、字符串处理、键盘输入和显示输出等大量示例程序,介绍顺序、分支、循环和子程序结构的汇编语言程序设计。

第 6 章微处理器外部特性,从 16 位 8086 和 32 位 Pentium 引脚,到 16 位 ISA 和 32 位 PCI 总线,介绍部件连接的信号功能和操作时序。

第 7 章存储系统,重点介绍各种半导体存储器的特点,理解存储器地址译码原理。

第 8 章输入输出接口,在熟悉 I/O 接口的特点、编址和指令基础上,结合 I/O 接口电路介绍微型机与外设进行无条件、查询、中断和 DMA 数据传送的原理,并详细介绍了微处理器的中断机制和编程方法。

第 9 章常用接口技术,综合已学知识,以应用为目的,介绍定时控制、并行接口、串行通信和模拟系统的基本原理,以及扬声器控制、PC 机键盘输入、异步串行通信的常用接口技术。

随着微型计算机技术的飞速发展和广泛应用,从教育部到各级各类高校都在进行各种形式的教学改革。本教材顺应改革,对比同类教材,形成以下特色:

### 1. 强调原理,淡化细节

微型计算机技术的突出特点是教学内容虽不深奥但较琐碎,既有共性的

工作原理,又有具体应用的技术方法。本教材在编著过程中,比较强调基本概念和工作原理,不过多表述实现细节。例如,本教材以 IA-32 微处理器及 32 位指令系统为起点,融合 16/32 位微机原理,不特别区别 16/32 位微处理器、16/32 位指令;抓住微处理器和总线的关键引脚信号,没有详细介绍所有引脚功能;重点说明存储器地址译码原理,不分析存储器芯片的连接细节;选择常用指令重点展开而不是对所有指令泛泛而谈。

## 2. 以编程实践循序渐进掌握程序设计

处理器指令和汇编伪指令繁多,调试程序难以掌握,是学习本课程的一个难点。传统的教学顺序是:先数据编码,后指令系统,再后是伪指令,最后介绍程序设计。在积累了大量指令和规则后才引出程序,往往又没有输入输出交互,编写的程序不知对错。本教材从第 3 章开始就介绍汇编语言的语句格式、源程序格式和开发方法,然后结合精心编制的示例程序,掌握数据编码、常量定义和变量应用,同时自然引出常用伪指令、显示输出和键盘输入的 DOS 功能调用。第 4 章重点学习常用指令,先要求能够阅读源程序、写好每条指令,逐渐编写特定要求的程序段。第 5 章从程序结构角度,逐步要求编写有实用目的程序,程序也从小到大,越来越复杂,最后布置了一个具有一定难度和实用价值的任务。后续章节结合 I/O 接口技术,介绍 I/O 指令和 I/O 程序、中断服务程序,以及扬声器控制、键盘扫描码读取、异步串行通信程序,将上机实践贯穿始终。

## 3. 面向普通学生,降低入门要求

本教材充分考虑到普通院校本专科学生以及自学者的实际知识水平,以清晰的逻辑结构,由浅入深介绍教学内容;尽量使用浅显生动的语言,不惜笔墨详尽讲解重点和难点知识;只要求读者具有计算机(文化)基础和高级语言的入门知识,掌握微机操作,不要求读者熟悉数字电路、计算机组成原理等内容。例如,本教材介绍基本逻辑运算、门电路、锁存器、三态缓冲器和译码器等硬件知识,还补充 MS-DOS 环境(基于 Windows 操作系统)的操作、MASM 6.15 命令行开发方法、调试程序 CodeView 的使用等方面内容。又如,本教材详细介绍开发软件包的构成,精选大量示例程序,并提供作者编写的键盘输入和显示输出 I/O 子程序库,读者完全可以依据教材所述自主完成各个程序。另外,课程虽然涉及硬件接口,但本教材设计有在 PC 机上实现的实践环节,所以可以不配置硬件实验平台而开设本课程。当然,如果能够结合硬件实验平台,效果会更加理想。

本教材努力从结构组织、内容编排和上机实践等多方面避免同类教材的不足,努力做到结构新颖、内容充实、知识先进,在有限的篇幅中让广大读者有所收获,掌握一些实实在在的东西。为了更好地服务于广大师生和读者,作者建立了“大学微机技术系列课程教学辅助网站”(http://www2.zzu.edu.cn/qwfw)。网站主要为“微机原理及接口技术”和“汇编语言程序设计”课程提供有关教学课件、教学大纲、教材勘误、疑难解答、自测练习、补充资料等辅助资源,是本教材的动态延伸,欢迎访问。另外,教材的疏漏和不当、相关教学问题的探讨,广大师生和读者也都可以通过电子邮件(qianxiaojie@zzu.edu.cn)与作者交流。

本教材由钱晓捷主编,其中,钱晓捷编写第 1~5 章和第 9 章,姚俊婷编写第 6 章、附录和习题,张青编写第 7 章和第 8 章。本教材在编写过程中还得到了穆玲玲、咎红英



和美国利等教师的帮助。南昌大学计算机系主任徐苏教授认真审阅了全书，并提出了宝贵的改进意见。郑州大学信息工程学院院长王忠勇教授推荐在清华大学出版社出版，作者在此一并表示衷心的感谢。

作者

2006年1月

# 目 录

# CONTENTS

<b>第 1 章 微型计算机系统</b> .....	1
1.1 微处理器发展.....	1
1.1.1 微处理器历史.....	1
1.1.2 Intel 80x86 系列微处理器.....	3
1.2 微型计算机组成.....	7
1.2.1 微型计算机结构.....	7
1.2.2 个人微机结构.....	9
习题.....	15
<b>第 2 章 微处理器内部结构</b> .....	17
2.1 微处理器功能结构.....	17
2.1.1 微处理器基本结构.....	17
2.1.2 8086 的功能结构.....	18
2.1.3 IA-32 的功能结构.....	20
2.2 IA-32 微处理器寄存器.....	22
2.2.1 整数寄存器.....	22
2.2.2 浮点及多媒体寄存器.....	27
2.3 微处理器存储器组织.....	28
2.3.1 IA-32 工作方式.....	29
2.3.2 实方式的逻辑段.....	29
2.3.3 保护方式的段页管理.....	30
习题.....	32
<b>第 3 章 汇编语言基础</b> .....	35
3.1 源程序结构.....	35
3.1.1 语句格式.....	35
3.1.2 程序格式.....	37
3.1.3 开发方法.....	41
3.2 数据表示.....	44
3.2.1 数制.....	44
3.2.2 编码.....	46
3.2.3 常量表达.....	48

3.3	变量应用	50
3.3.1	变量定义	50
3.3.2	变量属性	54
习题		57
<b>第4章</b>	<b>IA-32 指令系统</b>	<b>60</b>
4.1	数据寻址方式	60
4.1.1	立即数寻址方式	61
4.1.2	寄存器寻址方式	61
4.1.3	存储器寻址方式	62
4.2	数据传送类指令	68
4.2.1	数据传送指令	68
4.2.2	堆栈操作指令	70
4.2.3	地址传送指令	72
4.3	算术运算类指令	73
4.3.1	加法指令	73
4.3.2	减法指令	75
4.3.3	乘法除法等指令	77
4.4	位操作类指令	80
4.4.1	逻辑运算指令	80
4.4.2	移位指令	83
4.5	串操作类指令	87
4.5.1	串操作的寻址特点	87
4.5.2	串传送指令	88
4.5.3	串检测指令	90
习题		92
<b>第5章</b>	<b>控制转移和程序结构</b>	<b>96</b>
5.1	目标地址寻址方式	96
5.1.1	转移范围	96
5.1.2	寻址方式	97
5.1.3	无条件转移指令	98
5.2	分支程序结构	100
5.2.1	条件转移指令	100
5.2.2	单分支结构	105
5.2.3	双分支结构	106
5.2.4	多分支结构	108
5.3	循环程序结构	111
5.3.1	循环指令	111
5.3.2	计数控制循环	112
5.3.3	条件控制循环	114

5.4 子程序结构	116
5.4.1 子程序指令	116
5.4.2 子程序设计	118
5.4.3 参数传递	121
5.4.4 程序模块	127
习题	134
<b>第6章 微处理器外部特性</b>	<b>138</b>
6.1 8086 的引脚信号	138
6.1.1 地址/数据信号	139
6.1.2 读写控制信号	140
6.1.3 其他控制信号	141
6.2 8086 的总线时序	142
6.2.1 写总线周期	143
6.2.2 读总线周期	145
6.3 奔腾微处理器引脚和时序	146
6.3.1 引脚定义	146
6.3.2 总线周期	148
6.4 微机系统总线	149
6.4.1 微机总线技术	149
6.4.2 ISA 总线	154
6.4.3 PCI 总线	157
习题	160
<b>第7章 存储系统</b>	<b>163</b>
7.1 存储系统组成	163
7.1.1 层次结构	163
7.1.2 高速缓存	165
7.1.3 技术指标	168
7.2 半导体存储器	169
7.2.1 随机存储器	169
7.2.2 只读存储器	174
7.3 存储器地址译码	176
7.4 个人微机主存空间分配	182
习题	185
<b>第8章 输入输出接口</b>	<b>187</b>
8.1 I/O 接口概述	187
8.1.1 I/O 接口的典型结构	187
8.1.2 I/O 端口的编址	189
8.1.3 输入输出指令	191
8.2 外设数据传送方式	192

8.2.1	无条件传送	193
8.2.2	程序查询传送	196
8.2.3	中断传送	198
8.2.4	DMA 传送	201
8.3	中断系统	204
8.3.1	中断类型	204
8.3.2	中断向量表	206
8.3.3	中断服务程序	207
8.3.4	中断控制器及其应用	209
	习题	217
<b>第 9 章</b>	<b>常用接口技术</b>	<b>220</b>
9.1	定时控制接口	220
9.1.1	8253/8254 定时器	220
9.1.2	定时器的应用	226
9.2	并行接口	229
9.2.1	并行接口电路 8255	229
9.2.2	8255 的应用	235
9.2.3	PC 机键盘	238
9.3	串行通信接口	243
9.3.1	串行通信基础	243
9.3.2	串行接口标准	245
9.3.3	异步通信程序	247
9.4	模拟接口	254
9.4.1	模拟输入输出系统	255
9.4.2	D/A 转换器	256
9.4.3	A/D 转换器	260
	习题	266
<b>附录 A</b>	<b>调试程序 CodeView</b>	<b>269</b>
<b>附录 B</b>	<b>常用 DOS 功能调用</b>	<b>276</b>
<b>附录 C</b>	<b>输入输出子程序库 IO.LIB</b>	<b>278</b>
	<b>参考文献</b>	<b>280</b>

# 第 1 章

## 微型计算机系统

数字电子计算机经历了电子管、晶体管、集成电路为主要部件的时代。随着大规模集成电路的应用,计算机的功能越来越强大、体积却越来越微小,微型计算机(简称为微型机或微机)应运而生,并获得广泛应用。本章以 Intel 80x86 微处理器和微机为实例,介绍微处理器的发展和微型计算机的组成结构。

### 1.1 微处理器发展

在巨型机、大型机、小型机和微机等各类计算机中,微机(Microcomputer)是性能、价格、体积较小的一类,常应用在科学计算、信息管理、自动控制、人工智能等领域。工作学习中使用的个人微机,生产生活中运用的各种智能化电子设备都是典型的微机系统。

微机的运算和控制核心,即所谓的中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),被称为微处理器(Microprocessor)。它是一块大规模集成电路芯片,代表着整个微机系统的性能。所以,通常就将采用微处理器为核心构造的计算机称为微机。

#### 1.1.1 微处理器历史

微处理器的性能经常用字长、时钟频率、集成度等基本的技术参数来反映。字长(Word)表明微处理器每个时间单位可以处理的二进制数据位数,例如一次进行运算、传输的位数。时钟频率表明微处理器的处理速度,反映了微处理器的基本时间单位。集成度表明微处理器的生产工艺水平,通常用芯片上集成的晶体管数量来表达。

##### 1. 通用微处理器

1971年,美国 Intel(英特尔)公司为日本制造商设计了一个微处理器芯片。该芯片成为世界上第一个微处理器 4004。它字长 4 位,集成了约 2300 个晶体管,时钟频率为 108kHz(赫兹)。以它为核心组成的 MCS-4 计算机

也就是世界上第一台微型计算机。4004 随后被改进为 4040。

1972 年 Intel 公司研制出字长 8 位的微处理器芯片 8008, 其时钟频率为 500kHz, 集成度约 3500 个晶体管。随后的几年当中, 微处理器开始走向成熟, 出现了以 Motorola 公司 M6800、Zilog 公司 Z80 和 Intel 公司 8080/8085 为代表的中、高档 8 位微处理器。Apple 公司苹果机就是这一时期著名的个人微型机。

1978 年开始, 各公司相继推出一批 16 位字长的微处理器, 如 Intel 公司的 8086 和 8088、Motorola 公司的 M68000、Zilog 公司的 Z8000 等。例如 Intel 8086 的时钟频率为 5MHz, 集成度达到 2.9 万个晶体管。这一时期的著名微机产品是 IBM 公司采用 Intel 公司的微处理器、Microsoft (微软) 公司的操作系统开发的 16 位个人计算机 (Personal Computer, PC)。

1985 年, Intel 公司借助 IBM PC 的巨大成功, 进一步推出了 32 位微处理器 80386, 其集成度达到 27.5 万个晶体管, 时钟频率达 16MHz。从这时起, 微处理器步入快速发展阶段。就 Intel 公司来说, 就陆续研制生产了 80486、Pentium (奔腾)、Pentium Pro (高能奔腾)、MMX Pentium (多能奔腾)、Pentium II、Pentium III 和 Pentium 4 等微处理器。

2000 年, Intel 公司在微机高端产品服务器中使用了字长 64 位的新一代微处理器 Itanium (安腾)。事实上, 其他公司的 64 位微处理器在 20 世纪 90 年代已经出现, 但也是主要应用于服务器产品中, 不能与通用 80x86 微处理器兼容。2003 年 4 月, AMD 公司推出首款兼容 32 位 80x86 结构的 64 位微处理器, 被称为 x86-64 结构。2004 年 3 月, Intel 公司也发布了首款扩展 64 位能力的 32 位微处理器, 它采用扩展 64 位主存技术 (Extended Memory 64 Technology, EM64T)。64 位微处理器主要将整数运算和主存寻址能力扩大到 64 位。2005 年, 64 位 PC 机初露端倪, 逐渐获得用户青睐。

## 2. 专用微处理器

除了装在 PC、笔记本电脑、工作站、服务器上的通用微处理器 (常简称为 MPU), 还有其他应用领域的专用微处理器: 单片机 (微控制器) 和数字信号处理器。

单片机 (Single Chip Microcomputer) 是指通常用于控制领域的微处理器芯片, 其内部除 CPU 外还集成了计算机的其他一些主要部件, 如只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、随机存储器 (Random Access Memory, RAM)、计时器、并行接口和串行接口, 有的芯片还集成了 A/D、D/A 转换电路等。换句话说, 一个芯片几乎就是一个计算机, 只要配上少量的外部电路和设备, 就可以构成具体的应用系统。

单片机是国内习惯的名称, 国际上多称为微控制器 (Micro Controller) 或嵌入式微控制器 (Embedded Controller), 简称为 MCU。微控制器的初期阶段 (1976—1978 年) 以 Intel 公司的 8 位 MCS-48 系列为代表。1978 年以后, 微控制器进入普及阶段, 以 8 位为主, 最著名的是 Intel 公司的 8 位 MCS-51 系列, 还有 Atmel (爱特梅尔) 公司的 AT89 系列 (与 MCS-51 兼容)、Microchip Technology 公司的 PIC 系列单片机。1982 年以后高性能的 16 位、32 位微控制器出现, 例如 Intel 公司的 MCS-96/98 系列、Atmel 公司的 AT91 系列 (基于 ARM 内核)。

数字信号处理器 (Digital Signal Processor), 简称 DSP 芯片, 实际上也是一种微控制器 (单片机), 但更专注于数字信号的高速处理, 内部集成有高速乘法器, 能够进行快速乘法和加法运算。DSP 芯片自 1979 年 Intel 公司开发 2920 以后也经历了多代发展,

其中美国德州仪器 (Texas Instruments, TI) 公司 TMS320 各代产品具有代表性, 例如 1982 年的 TMS32010、1985 年的 TMS320C20、1987 年的 TMS320C30、1991 年的 TMS320C40, 还有 TMS320C2000 / TMS320C5000 / TMS320C6000 系列等。DSP 芯片市场主要分布在通信、消费类电子产品和计算机。我国推广和应用较多的是 TI 公司、AD 公司和 Motorola 公司的 DSP 芯片。

利用微控制器、数字信号处理器或通用微处理器, 结合具体应用就可以构成一个控制系统, 例如当前的主要应用形式是嵌入式系统。嵌入式系统融合了计算机软硬件技术、通信技术和半导体微电子技术, 把计算机直接嵌入到应用系统之中, 构造信息技术 (Information Technology, IT) 的最终产品。嵌入式系统有三个级别的体系结构。

① IP 级结构 (Intellectual Property, IP, 知识产权): 也就是片上系统 SoC (System on Chip) 形式。它把不同的 IP 单元, 根据应用的要求集成在一个芯片上, 各种嵌入式软件也能以 IP 方式集成在芯片中。

② 芯片级结构: 目前最常见的嵌入式系统形式。它根据各种 IT 产品的要求, 选用相应的处理器芯片 (MCU、DSP、MPU 等)、RAM 和 ROM, 以及 I/O 接口芯片等组成相应的嵌入式系统, 相应的系统软件和应用软件也固化在 ROM 中。

③ 模块级结构: 以 80x86 微处理器构成的计算机模块嵌入到应用系统中。

自从 20 世纪 70 年代微处理器产生以来, 它就一直沿着通用 CPU、微控制器和 DSP 芯片三个方向发展。这三类微处理器基本工作原理一样, 但各有其特点, 技术上它们不断地相互借鉴和交融, 应用上却大不相同。本书以通用微处理器 80x86 和以其构成的 PC 微机为蓝本展开教学, 基本原理也适用于其他微处理器应用系统, 可以认为是其他微处理器的一个基础知识。学习微控制器和 DSP 芯片构成的专用应用系统需要另外的课程和教材。

## 1.1.2 Intel 80x86 系列微处理器

美国 Intel 公司是目前世界上最有影响的微处理器生产厂家, 也是世界上第一个微处理器生产厂家。它们生产的 80x86 系列微处理器一直是个人微机的主流微处理器。Intel 80x86 系列微处理器的发展就是微型计算机发展的一个缩影。

### 1. 8086

1978 年, Intel 公司推出了 16 位 8086 微处理器, 这是该公司生产的第一个 16 位芯片。8086 的数据总线为 16 位, 地址总线为 20 位, 主存容量 1MB, 时钟频率 5MHz。1979 年 Intel 公司推出 8088, 它只是将外部数据总线设计为 8 位, 被称为准 16 位微处理器。80186 和 80188 则是以 8086 和 8088 为核心, 并配以支持电路构成的芯片。

微处理器的对外引脚 (Pin) 用于与其他电路进行连接, 以构成微机系统。微处理器引脚也常被称为处理器总线 (Bus), 主要由三组信号总线组成: 数据总线 (Data Bus, DB)、地址总线 (Address Bus, AB) 和控制总线 (Control Bus, CB)。

数据总线是处理器与存储器或外设交换信息的通道, 其个数 (条数) 就是一次能够传送数据的二进制位数, 通常等于微处理器字长。

地址总线用于指定存储器或外设的具体单元, 其个数反映微处理器能够访问的主存



存储器容量或外设范围。由于每个信号线只能是高或低电平两种状态，对应 1 或 0 两种编码，所以对于 20 位地址信号线的 8086 来说，最多能够组合有  $2^{20}$  个状态（编码）。每个编码就是一个地址，每个地址指示一个存储单元或 I/O 端口，其中包含一个字节（Byte）数据。这样，8086 的主存容量： $2^{20}\text{B}=1024\times 1024\text{B}=1024\text{KB}=1\text{MB}$ ，这里  $1\text{KB}=2^{10}\text{B}=1024\text{B}$ 。

控制总线用于控制处理器数据传送等操作，例如存储器读信号（MEMR）有效说明处理器正在从存储器当中读取信息，还有存储器写（MEMW）、外设读（IOR）、外设写（IOW）等信号。

## 2. 80286

1982 年，Intel 公司推出仍为 16 位字长的 80286 微处理器，但地址总线扩展为 24 位，即主存储器具有 16MB 容量。80286 设计有与 8086 工作方式一样的实方式（Real Mode），还有保护方式（Protected Mode）。在保护方式下，80286 提供了存储管理、保护机制和多任务管理的硬件支持。这些传统上由操作系统实现的功能在处理器硬件支持下，使微机系统的性能得到极大提高。

## 3. 80386

1985 年，Intel 80x86 微处理器进入第三代 80386。80386 微处理器采用 32 位结构，数据总线 32 位，地址总线也是 32 位，可寻址 4GB 主存（ $1\text{GB}=2^{30}\text{B}=1024\text{MB}$ ），时钟频率有 16、25 和 33MHz。作为 32 位微处理器，80386 设计得非常成功。当时，Intel 公司明确宣布 80386 芯片的体系结构将被确定为以后开发的 80x86 系列微处理器的标准，称为英特尔 32 位结构：IA-32（Intel Architecture-32）。IA-32 指令系统全面升级为 32 位，但仍然兼容原 16 位指令系统。

80386 除保持与 80286 兼容外，又提供了虚拟 8086 工作方式（Virtual 8086 Mode）。虚拟 8086 方式是在保护方式下的一种特殊状态，类似 8086 工作方式但又接受保护方式的管理，能够模拟多个 8086 处理器。32 位 PC 机的 Windows 操作系统采用保护方式，其 MS-DOS 命令行（环境）就是虚拟 8086 方式，而早期采用的 DOS 操作系统是以实方式为基础建立的。

为了适应便携机要求，Intel 公司在 1990 年生产的低功耗节能型芯片中，增加了一种新的工作状态：系统管理方式（System Management Mode, SMM）。它是指当微处理器进入这种工作状态后，微处理器会根据当时不同的使用环境，自动减速运行，甚至停止运行。这时微处理器还可以控制其他部件停止工作，从而使微机的整体耗电降到最小。

## 4. 80486

1989 年，Intel 公司推出 80486 微处理器。从结构上来说  $80486=80386+80387+8\text{KB Cache}$ ，即 80486 把 80386 微处理器与 80387 数学协处理器和 8KB 高速缓冲存储器（Cache）集成在一个芯片上，使微处理器的性能大大提高。为了协助微处理器处理浮点数据，Intel 公司设计有数学协处理器，后被称为浮点处理单元（Floating-Point Unit, FPU）。配合 8086 和 8088 的是 8087，配合 80286 的是 80287，配合 80386 的是 80387。而从 80486 开始，FPU 已经被集成到一个微处理器当中。高速缓冲存储器是微处理器与主存之间速度很快但容量较小的存储器，可以有效地提高整个存储器系统的存取速度。80486 不仅在芯片内部集成有 8KB 第一级高速缓存（L1 Cache），而且支持外部第二级高速缓存（L2 Cache）。