

普通 高校 本科 计算机 专业 **特色** 教材 精选

# 汇编语言与接口技术

王让定 陈金儿 叶富乐 史旭华 编著

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

清华大学出版社



普通高校本科计算机专业**特色**教材精选

# 汇编语言与接口技术

王让定 陈金儿 叶富乐 史旭华 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书将微机原理与汇编语言和微机接口技术融为一体。在以 80486 为主介绍指令系统的基础上,充分考虑了 80X86 系列的衔接性。汇编语言以 MASM6.0 为主,同时介绍了与 MASM5.X 的区别,详细讲解了基于 80X86 的汇编程序设计方法。书中在介绍传统的接口技术(并行、串行、定时、DMA、中断、模/数及数/模)之前,专门安排一章讲解软件接口技术,重点介绍了 DOS 下的端口调用技术和 Windows 环境下的面向对象编程语言的接口调用方式,以开阔学生的知识面。同时,在本书的第 9 章,介绍了最新的高速串行接口 USB 和 IEEE 1394。

本书力求既适合课堂教学,又能紧跟最新技术,拓宽学生的知识面。本书可作为高等学校本科计算机专业及信息类相关专业学生的教材或参考书,参考课时为 64~80,也可以供广大工程技术人员参考。

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

汇编语言与接口技术/王让定等编著.—北京:清华大学出版社,2006.1

(普通高校本科计算机专业特色教材精选)

ISBN 7-302-11518-4

I. 汇… II. 王… III. ①汇编语言—程序设计—高等学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 088312 号

出版者:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:张 民

文稿编辑:徐跃进

印刷者:北京国马印刷厂

装订者:三河市李旗庄少明装订厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:24.25 字数:562 千字

版 次:2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-11518-4/TP·7549

印 数:1~5000

定 价:29.00 元

## 编审委员会

主任：蒋宗礼

副主任：李仲麟 何炎祥

委员：（排名不分先后）

王向东 宁 洪 朱庆生 吴功宜 吴 跃

张 虹 张 钢 张为群 余雪丽 陈志国

武 波 孟祥旭 孟小峰 胡金初 姚放吾

原福永 黄刘生 廖明宏 薛永生

秘书长：王听讲

# 出版说明

## INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后，越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线，为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此，教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”，强调要以信息技术为手段，深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要，根据各行各业的具体人才需求，培养具有特色显著的人才，是我们共同面临的重大问题。具体地说，培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要，培养具有特色的计算机人才，急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前，一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作，许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式，向全国其他学校推广，对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上，决定组织出版一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势，以社会对人才的需求为导向，主要以培养应用型计算机人才为目标，立足课程改革和教材创新，广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写，从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材，供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点：

### 1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上，面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材，主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识，接受利用计算机解决实际问题的基本训练，培养研究和开发计算机系统，特别是应用系统的基本能力。

## 2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

## 3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业要求。

## 4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用本套教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”作出贡献。

清华大学出版社



# 前言

## PREFACE

汇编语言、微机接口技术是各个高等学校计算机专业或者信息类专业学生的计算机技术的专业基础课程。汇编语言的显著特点是可以直接控制硬件并充分发挥计算机硬件的功能，对于编写高性能的系统软件和应用软件具有不可忽视的作用，微机接口技术则侧重计算机硬件的结构和 I/O 系统的组成。

随着高校教学改革的深入，将汇编语言与微机接口技术结合起来，作为一门计算机基础专业课程，已经为许多高校所采用。为了满足在新形势下，计算机与信息类本科专业课程建设和教学内容改革的需求，作者在多年承担汇编语言、微机接口技术教学实践的基础上，编写了本教材，将微机原理、汇编语言程序设计、微机接口技术融为一体，比较完整地介绍了微型计算机技术，可以适合更多读者的需要。

本书共 9 章，下面介绍各章的主要内容。

第 1 章 微型计算机概述：讲述了微型计算机的概念、微型计算机的软件和硬件。

第 2 章 80X86 微处理器：以 8086 和 80486 为例，介绍了 80X86 的内部结构、原理、中断系统以及总线操作时序等。

第 3 章 80X86 的指令系统和寻址方式：介绍了 80X86 的数据类型、32 位寻址方式和 80X86 的指令系统。

第 4 章 80X86 汇编语言程序设计：介绍了 MASM 宏汇编语言运算符及伪指令、分支/循环/子程序设计技术、高级汇编语言程序设计。

第 5 章 软件接口技术：介绍微机接口的功能、原理，以及 DOS 和 Windows 下接口的调用方法和 Windows 下的 COM 编程技术。

第 6 章 串并行接口技术：介绍了定时器芯片 8253/8254、串行通信基础、串行通信接口芯片 8251A 和并行通信接口芯片 8255A。

第 7 章 中断和 DMA 技术：介绍了可编程中断控制器 8259A 和可编程 DMA 控制器 8237A。

第 8 章 模/数和数/模转换技术：介绍了模/数、数/模转换原理，8 位

和 12 位的数/模、模/数转换器芯片。

第 9 章 高速串行总线：介绍了 USB 和 IEEE 1394 高速串行总线标准。

在章节安排上，本书考虑到读者面的广泛性，尽量做到各章独立。例如，想学习微处理器原理的读者可以重点阅读第 1、2 章，想学习汇编语言程序设计的读者可以重点阅读第 3、4、5 章，想学习微机接口原理的读者可以重点阅读第 1、2、6、7、8 章。

本书由王让定、陈金儿、叶富乐、史旭华共同编写，其中第 1、2 章由史旭华执笔，第 3、4 章由叶富乐执笔，第 5 章由王让定执笔，其余各章由陈金儿执笔。另外，王让定教授负责了全书的统稿。

北京邮电大学计算机科学与技术学院白中英教授审阅了书稿，并提出了许多修改意见，清华大学出版社的责任编辑为本书的出版贡献了智慧和心血，在此表示衷心感谢。

由于本书编著者水平有限，本书中难免有错误和不妥之处，恳请广大专家和读者不吝批评指正。作者期望本书可以起到抛砖引玉的作用，欢迎读者，尤其是采用本书的教师和学生，共同探讨相关教学内容、教学方法等问题。采用本书的教师通过与作者联系，可以获取免费提供的 CAI 教学课件。作者的联系电子邮箱是 wrdds@163.com。

作者

2005 年 7 月



# 目 录

CONTENTS

<b>第 1 章 微型计算机概述</b> .....	1
1.1 微型计算机的概念 .....	1
1.2 微处理器的产生和发展 .....	2
1.3 微型计算机系统的组成 .....	4
1.3.1 硬件系统 .....	5
1.3.2 软件系统 .....	6
1.4 微型计算机的应用及发展 .....	9
小结 .....	10
习题 .....	10
<b>第 2 章 80X86 微处理器</b> .....	11
2.1 内部结构 .....	11
2.1.1 8086/8088 的内部结构 .....	11
2.1.2 80386 的内部结构 .....	14
2.1.3 80486 的内部结构 .....	16
2.2 80X86 的内部寄存器组 .....	17
2.2.1 8086 的内部寄存器组 .....	17
2.2.2 80386 的内部寄存器组 .....	20
2.2.3 80486 的内部寄存器组 .....	24
2.3 80X86 的引脚信号 .....	24
2.3.1 8086/8088 的引脚信号及功能 .....	24
2.3.2 80486 的引脚信号及功能 .....	29
2.4 80X86 系统总线的构成 .....	33
2.4.1 8086 的时钟和总线周期概念 .....	33
2.4.2 8086 的最小和最大工作模式 .....	35
2.4.3 8086 的操作和时序 .....	36
2.4.4 80486 的读写总线操作 .....	43

2.5	80486 的工作方式 .....	44
2.6	80X86 的中断系统 .....	45
2.6.1	中断和中断处理 .....	45
2.6.2	8086 的中断系统 .....	46
2.6.3	80486 的中断 .....	48
2.7	80X86 存储器和 I/O 组织 .....	49
2.7.1	8086/8088 存储器组织 .....	49
2.7.2	I/O 端口的组织 .....	51
2.7.3	80486 的虚拟存储机制和片内两级存储管理 .....	52
2.8	Pentium 的主要特点 .....	53
	小结 .....	55
	习题 .....	56
<b>第 3 章</b>	<b>80X86 的指令系统和寻址方式 .....</b>	<b>59</b>
3.1	数据类型 .....	59
3.2	80X86 的寻址方式 .....	60
3.2.1	数据寻址方式 .....	61
3.2.2	程序寻址方式 .....	63
3.2.3	操作数宽度和寻址宽度的确定 .....	64
3.2.4	I/O 地址空间 .....	66
3.2.5	段寄存器的确定 .....	66
3.3	80X86 的指令系统 .....	67
3.3.1	传送类指令 .....	67
3.3.2	算术运算指令 .....	74
3.3.3	逻辑运算指令 .....	79
3.3.4	移位指令和循环移位指令 .....	80
3.3.5	位操作指令 .....	82
3.3.6	位串操作指令 .....	83
3.3.7	串操作指令与重复前缀 .....	83
3.3.8	转移指令 .....	85
3.3.9	调用指令与返回指令 .....	88
3.3.10	标志位设置指令与按条件设置字节指令 .....	91
3.3.11	数字指令 .....	92
3.3.12	系统寄存器的装入与存储指令 .....	93
3.3.13	保护属性检查指令 .....	95
3.3.14	高级语言指令 .....	96
3.3.15	暂停指令和空操作指令 .....	98
3.3.16	cache 管理指令 .....	98

3.3.17 指令前缀小结	98
3.3.18 Pentium 引入的与系统有关的指令	99
小结	100
习题	100
<b>第4章 80X86 汇编语言程序设计</b>	<b>105</b>
4.1 MASM 宏汇编语句结构以及开发过程	105
4.1.1 汇编语言程序的语句类型和格式	105
4.1.2 汇编语言的程序格式	107
4.1.3 汇编语言程序的开发过程	109
4.2 MASM 汇编语言表达式、运算符	114
4.2.1 数值型参数	114
4.2.2 变量定义伪指令	118
4.2.3 变量和标号的属性	123
4.3 程序段的定义和属性	126
4.3.1 DOS 的程序结构	126
4.3.2 简化段定义的格式	127
4.3.3 完整段定义的格式	131
4.4 复杂数据结构	136
4.4.1 结构	137
4.4.2 记录	138
4.5 宏汇编	139
4.5.1 宏的定义和调用	140
4.5.2 宏的参数	142
4.5.3 与宏有关的伪指令	144
4.5.4 宏与子程序	146
4.6 基本汇编语言程序设计	146
4.6.1 顺序程序设计	147
4.6.2 分支程序设计	148
4.6.3 循环程序设计	152
4.7 子程序设计	156
4.7.1 过程定义伪指令	156
4.7.2 子程序的参数传递	159
4.7.3 子程序的嵌套、递归与重入	163
4.7.4 子程序的应用	166
4.8 高级汇编语言程序设计	171
4.8.1 条件控制伪指令	171
4.8.2 循环控制伪指令	174

4.8.3 过程声明和过程调用伪指令	176
小结	180
习题	180
<b>第5章 软件接口技术</b>	<b>187</b>
5.1 接口概述	187
5.1.1 接口的功能	187
5.1.2 驱动软件的运行方式	189
5.1.3 接口缓冲区	191
5.1.4 接口软件及层次结构	191
5.2 DOS系统下的接口调用	193
5.2.1 BIOS功能级软件接口及实现	193
5.2.2 DOS功能级软件接口及调用实例	197
5.3 Windows下的接口调用	201
5.3.1 Windows的体系结构	201
5.3.2 Windows操作系统的内核进程	202
5.3.3 Windows NT的设备驱动调用	204
5.4 COM编程技术	225
5.4.1 COM对象	225
5.4.2 COM接口	227
5.4.3 IUnknown接口	233
小结	243
习题	244
<b>第6章 串并行接口技术</b>	<b>245</b>
6.1 定时器/计数器 8253/8254	245
6.1.1 8253/8254的内部结构和引脚	246
6.1.2 8253/8254的工作方式	247
6.1.3 8253/8254的编程	251
6.1.4 8253/8254的应用实例	254
6.2 串行通信基础	256
6.2.1 串行通信基本概念	257
6.2.2 串行通信接口标准	258
6.3 串行通信芯片 8251A	261
6.3.1 8251A的内部结构和外部引脚	262
6.3.2 8251A的工作方式	265
6.3.3 8251A的编程	266
6.3.4 8251A的应用实例	271

6.4 并行通信接口 8255A .....	273
6.4.1 8255A 的内部结构和外部引脚 .....	273
6.4.2 8255A 的工作方式 .....	274
6.4.3 8255A 的编程 .....	278
6.4.4 8255A 的应用实例 .....	280
小结 .....	283
习题 .....	284
<b>第7章 中断和 DMA 技术 .....</b>	<b>287</b>
7.1 可编程中断控制器 8259A .....	287
7.1.1 8259A 的内部结构和外部引脚 .....	287
7.1.2 8259A 的中断过程 .....	290
7.1.3 8259A 的工作方式 .....	291
7.1.4 8259A 的初始化和控制命令字 .....	294
7.1.5 8259A 的应用实例 .....	301
7.2 可编程 DMA 控制器 8237A .....	303
7.2.1 8237A 的内部结构和外部引脚 .....	304
7.2.2 8237A 的工作原理 .....	307
7.2.3 8237A 的内部寄存器和命令 .....	310
7.2.4 8237A 的编程和应用 .....	314
小结 .....	316
习题 .....	317
<b>第8章 模/数和数/模转换 .....</b>	<b>319</b>
8.1 模拟输入输出系统 .....	319
8.1.1 微型机与控制系统接口 .....	319
8.1.2 模拟输入通道 .....	320
8.1.3 模拟输出通道 .....	321
8.2 数/模转换芯片及接口 .....	321
8.2.1 数/模转换器的主要性能指标 .....	321
8.2.2 8 位数/模转换器 DAC0832 .....	322
8.2.3 12 位数/模转换器 AD567 .....	325
8.3 模/数转换芯片及接口 .....	328
8.3.1 模/数转换原理 .....	328
8.3.2 8 位模/数转换器 ADC0809 .....	333
8.3.3 12 位模/数转换器 AD574A .....	335
8.4 模/数、数/模器件的选择 .....	338
小结 .....	340

习题	340
<b>第9章 高速串行总线</b>	<b>343</b>
9.1 高速串行接口简介	343
9.2 USB 体系结构	346
9.2.1 USB 的拓扑结构	346
9.2.2 USB 的物理接口	349
9.3 USB 通信协议	352
9.3.1 通信模型	352
9.3.2 数据格式	353
9.3.3 事务处理	355
9.3.4 数据传输模式	357
9.4 PC 机的 USB 应用及开发	359
9.5 USB2.0 简介	361
9.6 IEEE 1394 体系结构	361
9.6.1 IEEE 1394 的拓扑结构	361
9.6.2 IEEE 1394 的物理接口	363
9.7 IEEE 1394 通信协议	364
小结	368
习题	369
<b>参考文献</b>	<b>371</b>

第 **1** 章

## CHAPTER

# 微型计算机概述

计算机于 1946 年问世,最初只是一种自动化的计算工具,经过半个多世纪,从第一代采用电子管、第二代采用晶体管、第三代采用中小规模集成电路,已发展到第四代采用大规模集成电路、超大规模集成电路。20 世纪 70 年代初,在大规模集成电路技术发展的推动下,微型计算机(简称为微型机或微机)的出现为计算机的应用开拓了极其广阔的前景。计算机,特别是微型计算机的科学技术水平、生产规模和应用深度已成为衡量一个国家数字化、信息化水平的重要标志。计算机已经远不止是一种计算工具,它已渗透到国民经济和生活的各个领域,极大地改变着人们的工作和生活方式,已成为社会前进的巨大推动力。

本章将全面介绍微处理器和微型计算机的基本概念、组成、特点和应用概貌,以期对微型计算机及其应用有一个概括的了解。

本章主要内容如下:

- 微型计算机的概念;
- 微处理器的产生和发展;
- 计算机系统的软硬件组成;
- 微型计算机的应用以及发展。

## 1.1 微型计算机的概念

计算机通常按体积、性能和价格分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五类。从系统结构和基本工作原理上说,微型机和其他几类计算机并没有本质上的区别,所不同的是微型机广泛采用了集成度相当高的器件和部件,因此具有以下一系列特点:

(1) 体积小、重量轻。由于采用大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI),使微型机所含的器件数目大为减少,体积大为缩小。就功能而言,20 世纪 50 年代的庞大计算机系统,已被内部只含几十片集成电路的微型机所取代。近年来,微型机已从台式发展到便携式及笔记本。



(2) 价格低廉。当前,购买一台微型机只需花费几千元。

(3) 可靠性高、结构灵活。由于所含器件数目少,所以连线比较少,从而使微型机的可靠性高,结构灵活。

(4) 应用面广。现在,微型机不仅占领了原来使用小型机的各个领域,而且广泛应用于过程控制等场合。此外,微型机还进入了过去计算机无法进入的地方,如测量仪器、仪表、教学部门、医疗设备和家用电器等。

微型机的核心部分是微处理器或微处理机,是由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算器和控制器功能的中央处理器(CPU)。可以从不同的角度对微型机进行分类。按机器组成来分,可将微型机分为位片式、单片式、多片式;按制造工艺来分,可将微型机分为 MOS 型和双极型。由于微型机性能的高低在很大程度上取决于核心部件——微处理器,所以,最通常的做法是把微处理器的字长作为微型机的分类标准,可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位微处理器。32 位微处理器是当今最流行的微处理器,它所构成的微型机也是当今世界最流行的微型机。

从制造微处理器器件的工艺来看,可分为 MOS 工艺的通用微处理器和双极型 TTL 工艺的位片式微处理器,后者具有速度快、灵活多变、功耗较大的特点。位片式微处理器以位为单位构成微处理器芯片,常用多片位片式微处理器构成高速、分布式系统和阵列式系统等,可以按实际需要,构成不同位数的微处理器,因而使用灵活多变。以微处理器为核心,配上由大规模集成电路制作的存储器、输入输出接口电路及系统总线所组成的计算机,简称为微型计算机。以微型计算机为中心,配以相应的外围设备、电源和辅助电路,以及指挥微型计算机工作的系统软件,就构成了微型计算机系统。

## 1.2 微处理器的产生和发展

以大规模集成电路工艺和计算机组成原理为基础的微处理器和微型计算机的问世是计算机发展史上新的里程碑,标志着计算机进入了第四代。1971 年,位于美国旧金山南部圣克拉拉县(硅谷)的 Intel 公司首先制成 4004 微处理器,并用它组成 MCS-4(Micro Computer System-4)微型计算机。自此,微处理器和微型计算机就以其超乎寻常的速度发展,大约每隔 2~4 年就换代一次。这种换代通常按 CPU 字长和功能划分,它已经历了五代的演变。

第一代(1971—1973),是 4 位和低档 8 位微处理器时代。代表产品是美国 Intel 公司的 4004(集成度:1200 个晶体管/片)和由它组成的 MCS-4 微型计算机,以及随后的 Intel 8008(集成度:2000 个晶体管/片)和由它组成的 MCS-8 微型计算机。特点是采用 PMOS 工艺,速度较慢,基本指令执行时间为 10~20 $\mu$ s,指令系统简单,运算功能差,但价格低廉,主要用于家用电器、计算器和简单的控制设备等。

第二代(1973—1978),是 8 位微处理器时代。产品的集成度提高了 1~2 倍。代表产品是 Intel 公司的 8080(集成度:4900 个晶体管/片),Motorola 公司的 MC 6800(集成度:6800 个晶体管/片)和美国 Zilog 公司的 Z80(集成度:10 000 个晶体管/片)。特点是采用 NMOS 工艺。运算速度提高一个数量级,基本指令执行时间为 1~2 $\mu$ s,指令系统比较完善,寻址能力有所增强。8 位微处理器和微型计算机曾是应用的主流,主要用于教学、实

验系统和工业控制、智能仪器中。

第三代(1978—1984),是 16 位微处理器时代。1978 年,Intel 公司推出 Intel 8086(集成度: 29 000 个晶体管/片),Zilog 公司相继推出 Z-8000(集成度: 17 500 个晶体管/片),Motorola 公司推出 MC 68000(集成度: 68 000 个晶体管/片)。特点是均采用高性能的 HMOS 工艺,各方面的性能指标比第二代又提高一个数量级。Intel 8086 的基本指令执行时间约为  $0.5\mu\text{s}$ ,指令执行速度为 2.5MIPS(MIPS 为百万条指令/秒)。1982 年,Intel 公司推出的高性能的 16 位微处理器 80286,指令执行速度提高到 4MIPS。Intel 80286 具备两种工作方式——实模式和保护模式。当工作在实模式时,保持与 8086 兼容,且工作速度更快。80286 整体功能比 8086 强 6 倍。16 位微处理器广泛应用于数据处理和管理系统。IBM 公司首先用 Intel 公司的产品设计了个人计算机(personal computer),简称 PC,典型产品有 IBM PC/XT 和 IBM PC/AT 机,并成为世界销售最大的 PC 机型。

第四代(1985—1992),是 32 位微处理器时代。1985 年,Intel 公司推出的 Intel 80386,采用 CHMOS 工艺(集成度达到 27.5 万个晶体管/片),指令执行速度提高到 3.4MIPS。工作方式除 80286 的实模式和保护模式外,还增加了虚拟 8086 模式。在实模式下,能运行 8086 指令,而运行速度却比 80286 快 3 倍。80386 是 Intel 公司推出的第一个实用的 32 位微处理器。

1989 年,Intel 公司又推出另一个高性能的 32 位微处理器,即 80486,其集成度达 100 万个晶体管/片。它与 80386 显著不同的是,80486 将多种不同功能的芯片电路集成为一个芯片上。在 80486 芯片上,除有 80386 微处理器外,还集成了 80387 浮点运算处理器(FPU)、82385 高速暂存控制器和 8KB 的高速缓冲存储器(cache)。这样,80486 就在 80386 的基础上更加高速化。当时钟频率为 25MHz 时,指令执行速度达 15MIPS;时钟频率为 33MHz 时,指令速度达 19MIPS。

第五代(1993 年以后),是 64 位微处理器时代。1993 年,Intel 公司推出了当前最先进的微处理器芯片——64 位的 Pentium,又称 P5(80586)。该芯片采用了新的体系结构,其性能大大高于 Intel 系列的其他微处理器,集成度为 310 万个晶体管/片。在时钟频率为 60MHz 以下时,指令执行速度为 100MIPS。芯片内部也有一个浮点运算协处理器,但其浮点型数据的处理速度比 80486 高 5 倍。

1995 年,Intel 公司推出的 Pentium pro(高能奔腾),又称 P6(80686)。P6 的集成度为 550 万个晶体管/片,时钟频率为 150MHz,运行速度达到 400MIPS,是一种比 P5 更快的第二代奔腾产品,具有更优化的内部体系结构;整数处理器增加为 3 个,浮点运算速度也加快,使内部可以同时执行 3 条指令;片内除原有的第一级 16KB 高速缓冲存储器 L1 外,还增加一个 256KB 的第二级高速缓冲存储器 L2;采用双重独立总线和动态执行技术,地址总线又增加了 4 条(共 36 条),能寻址 64GB 存储空间。

1996 年,Intel 公司将多媒体扩展技术应用到 Pentium 芯片上,推出 Pentium MMX 微处理器,其外部引脚与 P5 兼容,但在指令系统中增加了 57 条多媒体指令用于音频、视频、图形图像数据处理,使多媒体、通信处理能力得到了很大的提高。2000 年 11 月,Intel 公司推出 Pentium 4 微处理器,采用了称为 NetBurst 的全新 Intel 32 位微体系结构(IA-32),集成度达 4200 万个晶体管/片,时钟频率在 1.5GHz 以上,增加了功能更加强大