

21
世纪

高职高专新概念教材

艾德才 等编著

微型计算机系统与接口

21 Shi Ji Gao Zhi Gao Zhuan Xin Gai Nian Jiao Cai



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专新概念教材

微型计算机系统与接口

艾德才 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是以 Pentium 为平台的微机系统与接口技术的教材,其内容丰富、系统、新颖、完整,反映了当今微处理机领域的新技术新潮流,是作者多年教学经验和智慧的体现。

本书以崭新的 CPU 概念来展示当今微机系统的理念,突出了总线的概念,以适应对现代微机系统的认识。把全新的教学理念、全新的教学内容、全新的微机芯片、全新的接口知识等与目前微机的先进技术结合起来,使我国微机硬件教学内容紧紧盯着微机技术的发展方向,以适应微机的发展潮流。

本书反映了微处理机领域技术发展的最新水平与趋势,其内容充分体现了计算机硬件技术的知识性与先进性的统一。每章之后都配有习题,供自学自测之用。

本书可以作为高职高专各专业的微机系统及接口技术教学用书,也可以作为普通高等院校其他专业微机系统及接口技术或计算机硬件技术基础教学参考用书及培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机系统与接口 / 艾德才等编著. —北京:中国水利水电出版社, 2004

(21 世纪高职高专新概念教材)

ISBN 7-5084-2271-6

I. 微… II. 艾… III. ①微型计算机—理论—高等学校:技术学校—教材
②微型计算机—接口设备—高等学校:技术学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 073476 号

书 名	微型计算机系统与接口
作 者	艾德才 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机) 68331835 (营销中心) 82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京北医印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19 印张 433 千字
版 次	2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

根据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》)的精神,由中国水利水电出版社北京万水电子信息有限公司精心策划,聘请我国长期从事高职高专教学、有丰富教学经验的教师执笔,在充分汲取了高职高专和成人高等学校在探索培养技术应用性人才方面取得的成功经验和教学成果的基础上,撰写了此套《21 世纪高职高专新概念教材》。

为了编写本套教材,出版社进行了广泛的调研,走访了全国百余所具有代表性的高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育高等院校以及本科院校举办的二级职业技术学院,在广泛了解情况、探讨课程设置、研究课程体系的基础上,经过学校申报、征求意见、专家评选等方式,确定了本套书的主编,并成立了编委会。每本书的编委会聘请了多所学校主要学术带头人或主要从事该课程教学的骨干,教学大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论。

本套《21 世纪高职高专新概念教材》有如下特点:

(1) 面向 21 世纪人才培养的需求,结合高职高专学生的培养特点,具有鲜明的高职高专特色。本套教材的作者都是长期在第一线从事高职高专教育的骨干教师,对学生的基本情况、特点和认识规律等有深入的了解,在教学实践中积累了丰富的经验。因此可以说,每一本书都是教师们长期教学经验的总结。

(2) 以《基本要求》和《培养规格》为编写依据,内容全面,结构合理,文字简练,实用性强。在编写过程中,作者严格依据教育部提出的高职高专教育“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,加强了应用性和实际操作性的内容。

(3) 采用“问题(任务)驱动”的编写方式,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。本套书的编写思路与传统教材的编写思路不同:先提出问题,然后介绍解决问题的方法,最后归纳总结出一般规律或概念。我们把这个新的编写原则比喻成“一棵大树、问题驱动”的原则。即:一方面遵守先见(构建)“树”(每本书就是一棵大树),再见(构建)“枝”(书的每一章就是大树的一个分枝),最后见(构建)“叶”(每章中的若干小节及知识点)的编写原则;另一方面采用问题驱动方式,每一章都尽量用实际中的典型实例开头(提出问题、明确目标),然后逐渐展开(分析解决问题),在讲述实例的过程中将本章的知识点融入。这种精选实例,并将知识点融于实例中的编写方式,可读性、可操作性强,非常适合高职高专的学生阅读和使用。本书读者通过学习构建本书中的“树”,由“树”找“枝”,顺“枝”摸“叶”,最后达到构建自己所需要的“树”的目的。

(4) 部分教材配有实验指导和实训教程,便于学生练习提高。

(5) 部分教材配有动感电子教案。为顺应教育部提出的教材多元化、多媒体化发展的要求,大部分教材都配有电子教案,以满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作,教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站www.waterpub.com.cn下载。

(6) 提供相关教材中所有程序的源代码,方便教师直接切换到系统环境中教学,提高教学效果。

总之,本套教材凝聚了数百名高职高专一线教师多年的教学经验和智慧,内容新颖,结构完整,概念清晰,深入浅出,通俗易懂,可读性、可操作性和实用性强。

本套教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校。

新世纪吹响了我国高职高专教育蓬勃发展的号角,新世纪对高职教育提出了新的要求,高职教育占据了全面素质教育中所不可缺少的地位,在我国高等教育事业中占有极其重要的位置,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着日趋显著的作用,是培养新世纪人才所不可缺少的力量。相信本套《21 世纪高职高专新概念教材》的出版能为高职高专的教材建设和教学改革略尽绵薄之力,因为我们提供的不仅是一套教材,更是自始至终的教育支持,无论是学校、机构培训还是个人自学,都会从中得到极大的收获。

当然,本套教材肯定会有不足之处,恳请专家和读者批评指正。

21 世纪高职高专新概念教材编委会

2001 年 3 月

前 言

计算机技术特别是微型计算机技术发展迅速,日新月异,新技术、新知识层出不穷、目不暇接,掌握计算机领域内软件的载体——硬件范畴内的新技术新知识是时代的需求,是激励着 IT 时代的莘莘学子们奋发读书掌握先进科学技术的原因之一。

Intel 的 Pentium 系列微机堪称是 32 位微处理机的杰出代表。全世界几千万微机用户使用以 Pentium 为平台的微机系统。学习和掌握微机知识是 IT 时代大学生必须具备的基本知识,也是基本计算机素质的综合体现。

全书不仅包括有计算机的基本概念、基本知识,更重要的是其内容与众不同,本书反映了当今 32 位微处理机——Pentium 的新设计、新技术、新思想、新潮流。

本书以崭新的 CPU 概念来展示当今微型计算机系统理念,突出了总线的概念,以适应对现代微机系统的认识。把全新的教学理念、教学内容、微机芯片、接口知识等与目前微机的先进技术结合起来,使我国微机硬件教学内容紧紧盯着微机技术的发展方向,以适应微机的发展潮流。

32 位微处理机——Pentium CPU、存储管理、Cache、浮点部件、总线技术构成了微处理机系统的核心。

本书以目前世界上最优秀的 32 位微处理机 Pentium 系统内的像 CPU、存储管理、Cache、浮点部件等微机的核心知识与目前世界上最流行的总线技术、串行接口技术、并行接口技术等综合在一起,将 32 位微机技术的发展、演变过程尽收书内,形成一个体系完整、内容先进的微机系统原理与接口技术教程。它是集基础性、知识性、系统性、先进性于一体的全新知识内容的教科书。读者能把微处理机领域内的最先进思想和技术一览无余。

本书是遵照教育部对计算机教材内容要紧跟时代,要把各学科最新技术反映到我们的本科生课堂上来的要求,在作者多年教学实践的基础上编写而成的,时时处处注意到教材内容的知识性、先进性和系统性的特点。

知识性:本书涵盖了目前世界上微机领域内最先进的技术及知识,包括表现微机卓越性能的几大技术:像分支转移预测技术,超标量执行技术,微机的流水线操作技术,高速缓冲存储器技术,分段存储管理技术,分页存储管理技术,高速总线传输技术等。是它们构成了各种高性能软件的载体。

先进性:本教材的教学内容描述的是世界上新的微型计算机理念、技术和知识,展示给学生的是目前微机领域里的顶尖技术及其实现过程,以启迪学生的想象力、创造力。

系统性:计算机本身就是一个由硬件和软件组成的庞大的复杂的系统。计算机软件的载体——硬件也是一个用新技术搭建的完整的系统,本书以 Pentium 为平台,以全新的视角介绍了微机系统的组成和工作原理,以期达到对计算机系统(软件、硬件)基本知识融会贯通之目的。

本教材由 13 章组成:其教学内容是既有基础性、知识性,又不乏先进性和系统性,是针对高职高专学生必备的硬件知识,经精选后编写而成的。知识点全面系统,内容简洁明快,是作者近 15 年来讲授 32 位微机原理与接口技术这一课程的教学经验之结晶。

本教材的每章之后都配有习题,供自学自测之用,是本章内容的扩充和延伸,也是为读者提供一种学习以 Pentium 为平台的微机知识方法和途径。

使用本教材授课次序不必拘泥于章次,可根据需要和授课习惯灵活安排。只要把核心知识核心内容学完,学生在校期间就可基本上掌握目前微机领域内先进的知识和微机发展趋势,有的内容可选讲选学。给教师和学生以比较大的自由空间。

参加本书编写的还有林成春、胡琳、车明、于健、刘桂芬、王桂月、刘桂风、秦鹏、郭青等。艾德才审定了全部书稿。

编写本教材,是在高职高专的计算机基础教育改革上进行的一次尝试,虽力图做好,但由于作者水平有限,难免有不足之处,殷切希望能得到广大同仁和读者的批评指正,尤其本书中出现的许多新技术新词汇,还有待读者、同仁不吝赐教,以便使本书的质量得到进一步提高。

编者

2004 年 6 月

目 录

序

前言

第 1 章 微处理机系统概论	1
1.1 微处理机的发展	1
1.2 微处理机硬件结构	5
1.2.1 寄存器	6
1.2.2 算术和逻辑部件 ALU	7
1.2.3 控制器	7
1.2.4 存储器	8
1.3 计算机软件的组成	8
1.3.1 系统软件	8
1.3.2 应用软件	10
1.4 数据单位表示	11
1.4.1 数据单位	11
1.4.2 表示存储器容量的计量单位	12
1.4.3 编址与寻址	13
1.5 微处理机的主要性能指标	13
1.6 RISC 和 CISC	14
1.6.1 复杂指令系统计算机——CISC	14
1.6.2 精简指令系统计算机——RISC	14
习题 1	16
第 2 章 中央处理器 CPU	17
2.1 计算机硬件组成	17
2.1.1 计算机硬件系统	17
2.1.2 微处理器芯片	17
2.1.3 CPU 的构成	19
2.1.4 存储器	24
2.2 微处理器的总线	26
2.2.1 地址总线	27
2.2.2 数据总线	28
2.2.3 控制总线	29

2.2.4 总线操作	29
2.3 微处理器的操作过程	30
2.3.1 指令周期	30
2.3.2 取指周期和执行周期	31
2.3.3 中断指令周期	31
习题 2	32
第 3 章 Pentium 的系统结构与原理	34
3.1 概述	34
3.1.1 Pentium 微处理器的常用术语	34
3.1.2 Pentium 微处理器的操作方式	36
3.2 Pentium 寄存器	36
3.2.1 基本体系结构寄存器	37
3.2.2 系统级寄存器	41
3.3 Pentium CPU 系统原理	44
3.4 Pentium 采用的新技术	46
3.4.1 新型体系结构	46
3.4.2 Pentium 采用的新技术	47
3.5 流水线技术	50
3.5.1 Pentium 整数流水线	50
3.5.2 Pentium 浮点流水线	50
3.5.3 指令流水线技术	51
3.5.4 指令预取	56
3.5.5 指令配对规则	57
3.6 寻址方式	57
3.7 数据类型	63
习题 3	65
第 4 章 存储系统	68
4.1 综述	68
4.1.1 存储器系统	68
4.1.2 存储管理	69
4.1.3 存储器保护	71
4.2 分段存储管理技术	71
4.2.1 Pentium 分段存储管理	71
4.2.2 Pentium 的段转换	73
4.3 分页存储管理技术	83
4.3.1 Pentium 的页转换	83
4.3.2 允许分页位	84

4.3.3	线性地址	85
4.3.4	页表	85
4.3.5	页表项	86
4.3.6	转换旁视缓冲存储器 TLB	88
4.4	页级保护	88
4.5	保护方式下的多任务处理	90
习题 4		91
第 5 章	高速缓冲存储器 Cache	93
5.1	Cache 存储器	93
5.1.1	什么是 Cache	93
5.1.2	局部性原理	94
5.1.3	技术术语	95
5.2	Cache 配置方案	96
5.2.1	片内 Cache	96
5.2.2	影响 Cache 性能的因素	101
5.2.3	Cache 的大小规模和性能	101
5.2.4	缔合方式和性能	103
5.2.5	实际 Cache	106
5.3	Cache 替换算法与规则	106
5.4	一致性协议	107
5.4.1	MESI Cache 一致性协议模型	107
5.4.2	指令 Cache 一致性协议	108
5.5	二级 Cache	108
5.5.1	二级 Cache	108
5.5.2	二级 Cache 与一级 Cache 的关系	110
习题 5		112
第 6 章	浮点部件	114
6.1	浮点部件体系结构	114
6.1.1	数值寄存器	114
6.1.2	状态字寄存器	116
6.1.3	控制字寄存器	119
6.1.4	标记字寄存器	121
6.1.5	最后的指令操作码字段	121
6.1.6	数值指令和数据指针	122
6.2	浮点部件流水线操作	124
6.2.1	浮点流水线	124
6.2.2	浮点指令的流动	125

6.3 数值计算基础	126
6.3.1 数字系统	126
6.3.2 数据类型和格式	128
习题 6	131
第 7 章 中断	133
7.1 中断的概念	133
7.1.1 概述	133
7.1.2 中断系统	134
7.2 异常与中断	135
7.2.1 中断源分类	136
7.2.2 中断控制器	137
7.2.3 异常和中断向量	137
7.2.4 指令的重新启动	138
7.3 允许及禁止中断	139
7.3.1 不可屏蔽中断对未来的不可屏蔽中断的屏蔽	139
7.3.2 IF 屏蔽 INTR	139
7.3.3 RF 对调试故障的屏蔽	140
7.3.4 MOV 和 POP 指令对堆栈段中某些异常和中断的屏蔽	140
7.4 中断描述符表	140
7.4.1 异常和中断同时存在时的优先级	140
7.4.2 中断描述符表 IDT	141
7.4.3 中断描述符表内的描述符	143
7.5 中断任务和中断过程	143
7.5.1 中断过程	143
7.5.2 中断任务	146
7.6 错误代码	147
7.7 异常和错误小结	147
习题 7	149
第 8 章 总线	150
8.1 总线的概念	150
8.1.1 什么是总线	150
8.1.2 总线标准的四个特性	151
8.1.3 总线分类	151
8.1.4 总线操作	153
8.1.5 总线配置结构	154
8.2 数据传送机制	157
8.2.1 实际存储器和 I/O 接口	157

8.2.2 数据传送机制	160
8.3 总线周期	161
8.3.1 单传送周期	162
8.3.2 成组周期	163
8.3.3 中断确认周期	165
8.3.4 专用总线周期	165
8.4 PCI 总线	166
8.4.1 PCI 局部总线的特征	167
8.4.2 即插即用 (Plug and Play)	168
8.4.3 PCI 接插件	168
8.4.4 PCI 性能	169
8.4.5 PCI 总线操作	170
8.4.6 总线命令	171
8.4.7 DMA 和中断	172
8.4.8 PCI 适配器	172
8.4.9 PCI 总线信号	173
习题 8	174
第 9 章 输入/输出控制	176
9.1 I/O 编址方式及 I/O 端口地址	178
9.1.1 PC 机 I/O 编址方式	178
9.1.2 I/O 端口地址	180
9.2 程序控制 I/O 方式	181
9.2.1 程序设计技术	181
9.2.2 可编程外围设备接口 82C55A	181
9.3 中断控制 I/O 方式	183
9.3.1 中断及处理过程	183
9.3.2 可编程中断控制器 82C59A	185
9.4 DMA I/O 控制方式	186
9.4.1 DMA I/O 控制方式	186
9.4.2 DMA I/O 控制器 82C37A-5	189
习题 9	189
第 10 章 外设接口	191
10.1 接口技术基础	191
10.1.1 概述	191
10.1.2 接口的功能和组成	191
10.1.3 接口类型	194
10.2 串行接口	196

10.2.1 串行数据的传送方式	196
10.2.2 串行接口标准	197
10.2.3 RS-232C 接口	199
10.3 并行接口	202
10.3.1 并行接口	202
10.3.2 并行接口芯片 82C55A	205
10.4 SCSI 接口	207
10.4.1 SCSI 接口的操作步骤	208
10.4.2 SCSI 接口的操作信号	209
10.4.3 SCSI 接口信息	211
10.4.4 SCSI 接口命令	212
10.5 通用串行 USB 总线	214
10.5.1 USB 接口	214
10.5.2 USB 的特点	215
10.5.3 USB 硬件结构	216
10.5.4 USB 系统软件	218
10.5.5 USB 协议	218
10.5.6 USB 传输过程	219
10.5.7 Windows 系统对 USB 的支持	219
习题 10	220
第 11 章 常用输出设备	222
11.1 显示器	222
11.1.1 显示器的分类	222
11.1.2 显示器的工作原理	223
11.1.3 显示器的主要性能指标	225
11.1.4 显卡的作用、结构和工作原理	226
11.2 打印机	227
11.2.1 针式打印机	228
11.2.2 激光打印机	229
11.2.3 喷墨打印机	231
11.2.4 打印机的主要性能指标	232
11.3 绘图仪	232
11.3.1 绘图仪的工作原理	233
11.3.2 绘图仪的分类	233
11.3.3 绘图仪的主要性能指标	234
11.4 声音输出设备	234
11.4.1 3D 环绕声的生成	234

11.4.2 音箱	235
习题 11	237
第 12 章 常用输入设备	240
12.1 键盘	240
12.1.1 键盘的组成	240
12.1.2 键盘的分类	241
12.1.3 键盘的工作原理	242
12.2 鼠标器	243
12.2.1 鼠标器的分类	243
12.2.2 鼠标器的结构	244
12.2.3 鼠标器的工作原理	245
12.2.4 鼠标器的主要性能指标	246
12.3 笔输入设备	247
12.4 扫描仪	248
12.4.1 扫描仪的结构和工作原理	248
12.4.2 扫描仪的分类	249
12.4.3 扫描仪的主要性能指标	250
12.4.4 扫描仪的接口	250
12.5 数码相机	250
12.5.1 数码相机的基本结构	251
12.5.2 数码相机的主要性能指标	253
12.5.3 数码相机的分类	253
12.6 声音输入设备	254
12.6.1 音乐合成	254
12.6.2 声音卡	256
12.6.3 MIDI 输入设备	257
12.7 视频输入设备	258
12.7.1 视频卡	258
12.7.2 数字视频摄像头和摄像机	260
习题 12	262
第 13 章 外存储器	265
13.1 软盘存储器	265
13.1.1 软盘存储器的基本组成	265
13.1.2 软盘存储器的工作过程	266
13.1.3 软盘的主要性能指标	267
13.1.4 软盘驱动器的主要性能指标	267
13.2 硬盘存储器	268

13.2.1	硬盘存储器的外部结构.....	268
13.2.2	硬盘存储器的内部结构.....	269
13.2.3	硬盘的登陆区 and 高速缓存.....	270
13.2.4	硬盘的主要性能指标	270
13.2.5	硬盘的工作原理及基本结构.....	270
13.2.6	硬盘存储器的主要性能指标	271
13.3	移动存储器	273
13.3.1	移动硬盘	273
13.3.2	闪存驱动器	273
13.3.3	Flash 芯片存储器.....	273
13.4	光盘存储器	273
13.4.1	光盘存储器的优点	273
13.4.2	光盘存储器的分类	274
13.4.3	CD-ROM 存储器	274
13.4.4	CD-R 和 CD-RW 刻录机.....	277
13.4.5	DVD-ROM 存储器	278
习题 13		279
参考文献		283

第 1 章 微处理机系统概论

1.1 微处理机的发展

微处理机出现于 20 世纪 70 年代初,是大规模集成电路发展的产物。在这以前,计算机的发展经历了电子管计算机时期、晶体管计算机时期、中小规模集成电路计算机时期。大规模集成电路于 1970 年研制成功,并开始以它作为计算机的主要功能部件。此时计算机进入了大规模集成电路时期,计算机的微型化成为可能。

微型计算机的发展是以微处理机的发展来表征的。将传统计算机的运算器和控制器集成在一块大规模集成电路芯片上作为中央处理部件(CPU),称为微处理机。微型计算机是以微处理机为核心,再配上存储器、接口电路等芯片构成的。

微处理机一经问世,就以体积小、重量轻、价格低廉、可靠性高、结构灵活、适应性强和应用面广等一系列优点占领世界计算机市场,并得到广泛应用,成为现代社会不可缺少的主要工具。

1946 年,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国宾州诞生;同年,贝尔实验室的 Schockley 博士发明了被誉为“20 世纪最伟大发明”的晶体管;今天,Internet 盛行、信息高速公路初见端倪,信息技术在近半个世纪内以令人炫目的速度繁衍、演化着。在这场改变人类生存方式的变革中,CPU 以其作为计算机“大脑”和“心脏”这一核心地位而始终处于变革风暴的前沿。

说到 CPU 的发展,就以 Intel 产品为例加以说明。正是由于 IBM 选定了 Intel 的芯片作为其个人计算机 IBM PC 的 CPU,从此 Intel 的发展之路在很大程度上反映了 CPU 发展之路、PC 机的发展历史。

1965 年,摩尔(G. Moore)经统计发现,集成电路内芯片的晶体管数目几乎每隔 18 个月到 24 个月,其集成度就要翻一翻。这条未经严格证明但又千真万确的“金科玉律”经过近 30 年的检验,始终表现出令人惊异的准确性。

Intel 于 1971 年顺利开发出全球第一块微处理器——4004 芯片。这项突破性的发明当时被用于一种计算器中。这一创举开始了人类将智能内嵌于电脑和无生命设备的历程。

(1) 1971 年:全球第一块微处理器 4004。4004 主要用来处理算术运算,它集成了 2300 多个晶体管,具有 4 位带宽,工作频率为 108kHz,寻址空间只有 640B。这些参数和当今流行的 Pentium II、Pentium III 相比,简直就是“小巫见大巫”了,但它对整个微处理机领域的影响,却远在后者之上。

(2) 新一代 8 位微处理器 8080。随后,Intel 加大了在微处理器上的开发研制力度,在 1974 年又推出了新一代 8 位微处理器——8080。8080 集成了 6000 个晶体管,其时钟频

率为 2MHz。8080 是一个划时代的产品，它的诞生，使得 Intel 有了自己真正意义上的微处理器，也诞生了以 8080 为 CPU 的全球第一台微处理机——Altair，同时也催生了 IT 界另外一对耀眼的明星——Steve Jobs 和采用 Motorola 6502 微处理器的 AppleII 电脑。

(3) 第一代微处理机——16 位的 8086 CPU。Intel 于 1978 年推出了 16 位 CPU——8086。它的出现成为 20 世纪 70 年代微处理机发展过程中的重要分水岭。

8086 是真正的 16 位 CPU，其内集成进了 29000 个晶体管，主频速率达 5MHz/8MHz/10MHz，寻址空间达到了 1MB，第一次超过 640KB。8088 是 8086 的一个简化版本，时钟频率为 4.77MHz，它将 8 位数据总线独立出来，减少了管脚，因此成本也较低。1979 年，Intel 的这两款 CPU 得到蓝色巨人 IBM 的青睐，由于 IBM 采用 Intel 的 8086 和 8088 作为个人计算机 IBM PC 的 CPU，个人计算机 PC 时代从此诞生。

IBM 以 Intel 的 8086 与 8088 为硬件平台，加之又配备上比较完美的操作系统和相对丰富的应用软件，使得以 Intel 16 位 8086 为平台的 PC 机成为第一代微处理机的典型代表。

(4) 第二代微处理机——16 位的 80286 CPU。80286 芯片于 1982 年 2 月 1 日正式发布，总线带宽为 16 位，集成了 13 万多个晶体管，因此性能也有了很大的提高，主频达到了 20MHz。但它真正的闪光点在于：第一，它首次提出了实方式和保护方式这两种对 CPU 不同的操作方式。保护方式的提出使得 80286 突破了 8086/8088 受 16 位地址总线制约而不能遍访 1MB 以上的存储空间这一关键约束，而 80286 的 24 位地址总线使得它可以访问到 16MB 地址空间；另外，由于引进了段描述符表的概念，80286 可以访问 1GB 的虚拟地址空间，它可以将 1GB 虚拟空间中的任务映射到 16MB 空间中去，从而使多任务并行处理成为可能，这对后来的多任务操作系统的普及是至关重要的；第二，80286 是第一款“100% 完全向下兼容”的 Intel 微处理机。

(5) 第三代微处理机——32 位的 80386 CPU。1985 年 10 月，Intel 推出它的第三代微处理机——32 位的 80386DX。80386DX 是一块集成进了 27.5 万个晶体管的全 32 位微处理机，其时钟频率达到 33 MHz，数据总线和地址总线均为 32 位，具有 4GB 的物理寻址能力，而由于在芯片内部集成了分段存储管理部件和分页存储管理部件，它能够管理高达 64TB 的虚拟存储空间；另外，它还提供了一种叫做“虚拟 8086”的工作方式，使得芯片能够同时模拟多个 8086 处理机，以同时运行多个 8086 应用程序，从而保证了多任务处理能够向下兼容。为了加快浮点操作速度，与此同时还成功地推出了数值协同处理器—80387（亦称浮点运算部件）。80386 的成功为日后 80486、Pentium 的研制奠定了技术基础。

(6) 第四代微处理机——32 位的 80486 CPU。80486 微处理机于 1989 年 4 月正式发布。这是一款在一片芯片内集成进了 120 万个晶体管的 CPU，是 Intel 第一次将微处理机的晶体管数目突破 100 万只。它不仅把浮点运算部件集成进芯片之内，同时还把一个规模大小为 8KB 的一级高速缓冲存储器（Cache）也集成进了 CPU 芯片内，这种集成极大地加快了 CPU 处理指令的速度，使指令平均执行时间从 80386 的约 4.5 个周期降至 80486 的约 1.8 个周期。芯片的整数处理部件采用的是 RISC 结构，以加速处理单一指令的速度，而芯片内部其他方面则保留 CISC 原样，用以处理复杂的指令，并保证其兼容性。此外，80486 引进了时钟倍频技术（即用一种特殊的电路使得大多数内部部件以输入时钟的倍频运行，