



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

微型 计算机原理与 接口技术

(第2版)

尹建华 主 编
张惠群 副主编

10101010100010101010110010100110001
10101010100010101010110010100110001
01010101010010101010110010100110001
101010101001010101010110010100110001



高等教育出版社
Higher Education Press

TP36/488

2008



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

微型 计算机原理与 接口技术

(第2版)

尹建华 主 编
张惠群 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书以 Intel 系列微处理器为背景,以 16 位微处理器 8086 为核心,追踪 Intel 主流系列高性能微型计算机技术的发展方向,全面讲述微型计算机系统的基本组成、工作原理、硬件接口技术和典型应用,在此基础上介绍 80386、80486 和 Pentium 等高档微处理器的发展和特点。使学生系统掌握汇编语言程序设计的基本方法和硬件接口技术,建立微型计算机系统的整体概念,并且使之具有微型计算机软件及硬件初步开发、设计的能力。为便于教师授课和学生学习,本书配备了多媒体 CAI 课件。

全书共 11 章。主要内容包括:微型计算机基础知识、80×86CPU、微型计算机指令系统、汇编语言程序设计、存储器及其与 CPU 的接口、输入/输出接口及中断技术、总线和总线标准、常用可编程并行数字接口芯片及其应用、串行通信接口及总线标准、模拟接口技术、常用外设和人机交互接口。

本书可作为高等学校工科非计算机专业微型计算机原理及应用课程的教材,也可供从事微型计算机硬件和软件设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理与接口技术/尹建华主编;—2 版. —北京:高等教育出版社,2008.1

ISBN 978-7-04-022220-3

I. 微… II. 尹… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 190194 号

策划编辑 杜 炜 责任编辑 唐笑慧 封面设计 张 楠 责任绘图 尹 莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 王效珍 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京奥鑫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 37.75
字 数 930 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2003 年 8 月第 1 版
2008 年 1 月第 2 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 42.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22220-00

第1版前言

当前,微型计算机技术的发展日新月异,新技术、新机型层出不穷。为适应当前高新技术的发展,培养工科高素质、具有创新能力、面向 21 世纪的专门人才,教材和教学内容必须适应形势的发展,进行必要的调整、充实和提高。

本书依据国家教委关于高等学校工科非计算机专业“微型计算机原理及应用”课程教学基本要求,参照原国家教委对“微型计算机原理和接口技术”课程的指示精神而编写。可作为高等学校工科非计算机专业本科生微型计算机原理及应用课程的教材,也可供从事微机硬件及软件设计工作的技术人员参考。

“微型计算机原理与接口技术”课程是非计算机专业的技术基础课,是非计算机机电类专业硬件技术的主干课程。尽管当前计算机技术飞速发展,新机型、新技术不断涌现,考虑到非计算机专业学时的限制和本门课程的定位,而且学生学习掌握计算机的工作原理需要一个由浅入深、循序渐进的过程,本教材仍然以 IBM PC/XT 或 AT 机型为背景机,以 16 位微处理器为核心,追踪 Intel 主流系列高性能微机的技术发展方向,全面讲述微机系统的组成、工作原理、硬件接口技术和典型应用。在此基础上,介绍 80386、80486 和 Pentium 等高性能微处理器芯片的功能特点,使学生系统掌握汇编语言程序设计基本方法和微机硬件接口技术,建立微机系统的整体概念,并且具有微机软件及硬件初步开发、设计的能力。

本教材作为高等学校非计算机专业硬件技术基础教程,总结了编者十几年的教学实践经验,并且融入了编者多年的科研成果。在内容安排上,注重系统性、实用性和先进性。本教材的主要特点是:

1. 书中以适当的篇幅介绍了微机发展过程中出现的新技术。例如,第 2 章中介绍了新型主流微处理器 Pentium 到 Pentium IV 的性能、结构及技术指标;在第 7 章总线技术中,介绍了当前主流总线标准 PCI、USB 等,并且介绍了在工业测控领域中广泛应用的嵌入式计算机 PC/104 总线,工业网络中的现场总线技术等。在有关章节讲述了计算机网络的基础知识,介绍了高速缓冲存储器(Cache)、虚拟存储技术及虚拟仪表技术的概念及原理等。

2. 引用 C 语言作为硬件接口的控制程序。由于微机的运行速度迅速提高,高级语言在工业实时控制和测量中的应用越来越广泛,在掌握汇编语言程序基本设计方法的基础上,讲述了高级语言(C 语言)与汇编语言程序软件接口的方法,并列举介绍了高级语言控制硬件的驱动程序及其在工业现场的应用,以例题的形式贯穿于硬件技术有关章节始终。

3. 在内容的取舍方面,着重从非计算机专业的特点出发,叙述力求深入浅出,适用实用,系统与原理并重。考虑到学生的知识水平,采用浅显、清晰、循序渐进的描述方法,既有利于



教师组织课程教学、实验教学，又便于学生自学。结合非计算机专业的特点，为了培养学生的工程思维能力，偏重于微机的工程实际应用及外围信号的处理，书中列举了大量的微机专用系统的典型应用例题，并就设计原理和方法作了详细的注释说明，这些内容不一定全部在课上讲授，可由学生自学，以期提高学生学习的积极性和主动性。

4. 为适应现代化的教学手段——多媒体教学的需要，本教材配备了“微型计算机系统原理多媒体 CAI 课件”。该课件是我们多年教学经验的总结，其中引入了多媒体技术，利用声音、图像、文档及动画等手段，使教学更加生动、直观、形象，加大授课时空信息量，提高了教学效果及效率，激发了学生的学习主动性和积极性。我校在五届学生的微机原理教学中，使用本课件进行辅助教学，获得了很好的效果。

本书共 11 章，其中第 1、2、3 章由张惠群编写，第 5 章由刘鲁源编写，第 10 章由刘迎澍编写，尹建华编写了第 4、6、7、8、9、11 章并负责全书的统稿。魏秀芬等同志在程序调试、绘图、文字处理等方面做了大量工作。

对本书的疏漏和不足，敬请专家和读者批评指正，不吝指教。

编 者

2002 年 12 月于天津

第2版前言

自本教材出版以来,得到了读者和同行的热情支持,并且提出了许多宝贵的反馈意见,在此表示感谢。“微型计算机原理与接口技术”课程是普通高等教育重要的专业课,是电气类专业的平台课程。为适应当代高新技术日新月异的发展,适应教学改革的需要,提高工科非计算机专业本科教学水平,我们总结多年的教学实践和教材的使用经验,广泛征求使用本教材的学生和教师的意见,对本教材进行了修订。

本书在保持第1版体系结构和指导思想不变的基础上,进行了如下调整、增删和修改:

(1) 为适应微型计算机新技术的发展,增加了多核处理器内容的介绍。

(2) 由于操作系统的发展,对关于DOS系统的阐述进行了精简。

(3) 对存储器一章进行了调整和必要的删减,增加了关于多端口存储器的内容。

(4) 对常用外设和人机交互接口一章,增加了LCD显示器原理的介绍,并对有关内容进行了重组。

(5) 考虑到本教材定位于非计算机专业,学时有限,对总线和总线标准一章,删除了总线数据传输通信协定、传输方式和时序波形等内容。同时精简了系统总线标准的介绍,删除了对MCA、VL、IDE、SCSI等总线的介绍。

(6) 对于可编程并行接口芯片,为了突出核心内容,掌握关键技术和基本应用方法,对其有关内容大多进行了重组,精简了部分例题,删除了DMA时序等有关内容。

(7) 计算机在实际工程中的应用种类繁多,如果非计算机专业的学生能够掌握微型计算机的基本原理、基本结构和基本软硬件技术,就可以适应微型计算机新技术的发展,适应实际工作的需要。因此,对于书中的各个知识单元,着重于学生能力的培养,力求深入浅出、突出重点。本教材精简和压缩了有关PC系列微型计算机的具体硬件及软件应用的说明。

(8) 对微型计算机原理与接口技术CAI课件进行了修订,为了使学生更深入地掌握微型计算机技术,关于中断、DMA技术等内容中比较复杂的动态操作过程,利用动画进行了形象的描述,使之更加便于学生理解和掌握。

本书共11章,其中第1、2、3章由张惠群编写,第5章由刘鲁源编写,第10章由刘迎澍编写,尹建华编写了第4、6、7、8、9、11章,并负责全书的统稿工作。此次由尹建华完成对全书的修订工作。



在修订过程中，国防科技大学邹逢兴教授提出了许多宝贵意见，并对全书进行了审校，在此深表感谢。

由于编者的水平和经验的限制，书中定有遗漏和不当之处，恳请专家、读者提出宝贵意见，予以指正。

编 者

2007年9月于天津

目 录

第 1 章 微型计算机基础知识.....1	2.3.1 指令周期和总线周期.....64
1.1 微型计算机的发展概述.....1	2.3.2 总线读操作时序.....65
1.1.1 微型计算机硬件技术发展概况.....2	2.3.3 总线写操作时序.....67
1.1.2 微型计算机操作系统的发展概况.....6	2.4 8086/8088 存储器的组织和管理.....69
1.1.3 微型计算机发展趋势.....7	2.4.1 8086/8088 存储器的组织.....69
1.2 微型计算机的运算基础.....7	2.4.2 存储器的分段管理.....70
1.2.1 无符号数的表示方法.....8	2.5 多处理器系统.....72
1.2.2 带符号数的表示方法.....13	2.5.1 8086/8088 的协处理器.....72
1.2.3 数的定点表示与浮点表示.....22	2.5.2 多处理器系统.....73
1.2.4 计算机中二进制信息编码.....24	2.6 从 80286 到 Pentium 系列 CPU
1.3 微型计算机组成原理.....28	的发展过程.....75
1.3.1 微型计算机系统组成.....28	2.6.1 Intel 80286 CPU 的基本结构.....75
1.3.2 微型计算机分类.....33	2.6.2 Intel 80386 CPU 的基本结构.....77
1.4 CPU 内部结构及微机的工作过程.....35	2.6.3 Intel 80486 CPU 的基本结构.....80
1.4.1 典型的 CPU 内部结构.....35	2.6.4 Intel Pentium CPU82
1.4.2 存储器的内部结构及读写操作.....37	2.6.5 Intel Pentium II CPU84
1.4.3 微型计算机工作过程.....37	2.6.6 Intel Pentium III CPU85
1.5 微型计算机的主要性能指标及典型配置.....42	2.6.7 Pentium IV CPU 简介.....86
1.5.1 微型计算机的主要性能指标.....42	2.6.8 新一代 CPU——Itanium (安腾)87
1.5.2 微型计算机硬件系统的典型配置.....44	2.6.9 双核处理器.....87
习题 1.....50	习题 2.....88
第 2 章 80x86 CPU.....51	第 3 章 微型计算机指令系统.....90
2.1 8086/8088 CPU 编程结构.....51	3.1 指令的构成和操作数的类型.....90
2.1.1 8086/8088 CPU 内部编程结构.....51	3.1.1 指令构成.....90
2.1.2 8086/8088 内部寄存器.....54	3.1.2 操作数的类型.....91
2.2 8086/8088 的引脚信号及工作模式.....56	3.2 寻址方式.....93
2.2.1 8086/8088 的引脚信号.....56	3.2.1 立即寻址.....93
2.2.2 8086/8088 的工作模式.....58	3.2.2 寄存器寻址.....94
2.3 8086/8088 总线操作时序.....64	3.2.3 直接寻址.....94



3.2.4 寄存器间接寻址·····	95	4.4 DOS 和 BIOS 调用·····	200
3.2.5 变址寻址·····	97	4.4.1 概述·····	200
3.2.6 基址寻址·····	98	4.4.2 DOS 系统功能调用·····	201
3.2.7 基址、变址寻址方式·····	98	4.4.3 ROM BIOS 中断调用·····	205
3.2.8 隐含寻址·····	99	4.5 汇编语言程序设计·····	207
3.3 8086/8088 指令系统·····	100	4.5.1 汇编语言源程序的框架结构·····	208
3.3.1 数据传送指令·····	100	4.5.2 程序设计基本步骤·····	211
3.3.2 算术运算指令·····	110	4.5.3 汇编语言程序设计应注意的问题·····	212
3.3.3 逻辑运算和移位指令·····	126	4.5.4 程序的基本结构和基本程序设计·····	212
3.3.4 串操作指令·····	133	4.5.5 高级语言与汇编语言的混合编程·····	234
3.3.5 控制转移指令·····	139	习题 4·····	240
3.3.6 中断指令·····	151	第 5 章 存储器及其与 CPU 的接口·····	244
3.3.7 处理器控制指令·····	153	5.1 存储器分类·····	244
3.4 8086/8088 指令系统的扩充·····	155	5.1.1 半导体存储器的分类·····	245
3.4.1 80286 扩充与增加的指令·····	155	5.1.2 半导体存储器的主要技术指标·····	248
3.4.2 80386 扩充与增加的指令·····	159	5.2 随机读写存储器·····	249
3.4.3 80486 扩充的指令·····	164	5.2.1 静态读写存储器 SRAM·····	249
3.4.4 Pentium 扩充的指令·····	164	5.2.2 动态读写存储器 DRAM·····	254
习题 3·····	165	5.2.3 多端口存储器·····	259
第 4 章 汇编语言程序设计·····	170	5.3 只读存储器 ROM·····	261
4.1 概述·····	170	5.3.1 掩模 ROM·····	261
4.1.1 机器语言·····	170	5.3.2 可擦除可编程的只读存储器 EPROM·····	262
4.1.2 汇编语言·····	171	5.3.3 电可擦除可编程只读存储器 EEPROM·····	267
4.1.3 高级语言·····	171	5.4 存储器与 CPU 接口的基本技术·····	271
4.1.4 宏汇编程序及上机过程简介·····	172	5.4.1 接口连接应注意的问题·····	271
4.2 汇编语言源程序的格式和基本语法·····	173	5.4.2 CPU 与存储器的连接·····	273
4.2.1 汇编语言源程序分段结构·····	173	5.5 高速缓冲存储器 Cache·····	286
4.2.2 汇编语言语句类型和格式·····	174	5.5.1 工作原理·····	287
4.3 伪操作命令和宏指令·····	184	5.5.2 高速缓存与主存的存取一致性·····	287
4.3.1 数据定义和存储器分配伪指令·····	185	5.6 外部存储器简介·····	288
4.3.2 符号定义伪指令·····	187	5.6.1 磁盘·····	289
4.3.3 程序模块定义伪指令·····	189	5.6.2 光盘·····	290
4.3.4 过程定义伪指令 PROC/ENDP·····	195	5.6.3 存储卡·····	292
4.3.5 宏指令语句·····	196	习题 5·····	293
4.3.6 模块连接伪指令: PUBLIC 和 EXTRN·····	199		
4.3.7 列表伪指令·····	200		



第 6 章 输入/输出接口及中断技术	295	7.3 通信总线	374
6.1 输入/输出接口概述	295	7.3.1 IEEE 488 总线	375
6.1.1 I/O 接口电路的必要性及功能	295	7.3.2 VXI 总线	377
6.1.2 I/O 的信息组成及接口模型	297	7.3.3 RS-232C 串行通信总线	378
6.1.3 I/O 端口的编址方式及端口地址	298	7.3.4 USB 总线与 IEEE 1394	378
6.1.4 常用的简单输入/输出接口芯片	300	7.3.5 现场总线简介	384
6.2 PC 系列微机 I/O 端口和 I/O 端口地址译码	301	习题 7	385
6.2.1 PC 系列微机 I/O 端口的地址分配	301	第 8 章 常用可编程并行数字接口芯片及其应用	386
6.2.2 I/O 端口地址译码	303	8.1 可编程接口芯片的基本概念	386
6.3 CPU 与外设之间数据传送的控制方式	307	8.2 计数器/定时器 8253/8254	387
6.3.1 程序直接控制传送方式	307	8.2.1 可编程的 8253 功能概述	388
6.3.2 程序中断传送方式	312	8.2.2 8253 的内部结构和引脚功能	388
6.3.3 直接存储器存取方式 DMA	315	8.2.3 8253 的编程命令	392
6.4 中断技术	316	8.2.4 8253 的工作方式	395
6.4.1 中断的基本概念	316	8.2.5 8254 计数器/定时器	402
6.4.2 8086/8088 中断系统和中断处理	323	8.2.6 8253 的应用	403
6.4.3 中断向量和中断向量表	328	8.3 可编程并行接口 8255A	410
6.4.4 中断响应的过程	330	8.3.1 8255A 基本功能概述	410
6.4.5 中断处理程序编制原则和基本结构	332	8.3.2 8255A 内部结构及引脚	410
6.5 可编程中断控制器 8259A	338	8.3.3 8255A 的控制字	413
6.5.1 8259A 中断控制器的编程结构	338	8.3.4 8255A 三种工作方式及操作时序	416
6.5.2 引脚功能	341	8.3.5 8255A 应用举例	421
6.5.3 中断优先级的管理	342	8.4 DMA 技术及可编程的 DMA 控制器 8237A	426
6.5.4 8259A 的寄存器编程——初始化命令字和操作命令字	345	8.4.1 DMA 工作过程	427
6.5.5 8259A 的级联	354	8.4.2 8237A DMA 控制器	428
习题 6	356	8.4.3 8237A 在 IBM PC/AT 上的应用	440
第 7 章 总线和总线标准	358	习题 8	443
7.1 概述	358	第 9 章 串行通信接口及总线标准	446
7.1.1 总线标准	359	9.1 串行通信基本概念	446
7.1.2 总线分类	361	9.1.1 并行通信和串行通信	446
7.2 常用 PC 的系统总线	362	9.1.2 两种串行通信方式	447
7.2.1 IBM PC/XT 总线	362	9.2 串行通信的物理标准	457
7.2.2 ISA 总线	365	9.2.1 EIA RS-232C 串行接口标准	458
7.2.3 PCI 总线	368		
7.2.4 PC/104 总线	373		



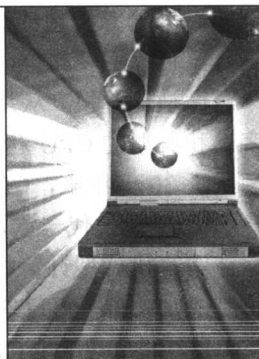
9.2.2 EIA RS-423A 总线、RS-422A 总线、RS-485 总线	462	习题 10	540
9.3 可编程的串行通信接口芯片 INS8250	466	第 11 章 常用外设和人机交互接口	541
9.3.1 INS8250 主要功能简介	466	11.1 显示器及其接口	541
9.3.2 INS8250 的内部结构及工作原理	467	11.1.1 LED 数码显示器及其接口	541
9.3.3 INS8250 的引脚功能	469	11.1.2 CRT 显示器	546
9.3.4 INS8250 内部寄存器和控制字及 状态字	472	11.1.3 液晶显示器	551
9.3.5 INS8250 初始化编程	479	11.2 打印机及其接口	552
9.3.6 INS8250 应用举例	483	11.2.1 串行接口总线	552
9.4 PC 系列微机的异步串行通信适 配器及其编程	487	11.2.2 并行接口总线	553
9.4.1 PC 系列微机串行口编程	487	11.2.3 打印机适配器	554
9.4.2 通过端口读/写进行串行口编程	491	11.3 键盘及其接口	554
习题 9	492	11.3.1 键盘种类	554
第 10 章 模拟接口技术	494	11.3.2 用 8255A 实现键盘接口	555
10.1 过程通道概述	494	11.3.3 PC 中的键盘	563
10.1.1 模拟量输入通道的组成	495	11.4 鼠标	565
10.1.2 模拟量输出通道的组成	496	11.4.1 鼠标的工作原理	565
10.2 D/A 转换器	496	11.4.2 常见鼠标分类	565
10.2.1 D/A 转换器的工作原理	496	11.5 图形板和画笔	566
10.2.2 D/A 转换器的主要技术指标	500	习题 11	567
10.2.3 典型 D/A 转换芯片	501	附录 A MASM 伪操作命令表	568
10.2.4 D/A 转换器与 CPU 的接口	506	附录 B 8086/8088 指令系统	571
10.3 A/D 转换器	509	附录 C 常用 DOS 功能调用 (INT 21H)一览表	580
10.3.1 A/D 转换器的工作原理	509	附录 D ROM BIOS 功能调用表	583
10.3.2 A/D 转换器的主要技术指标	511	附录 E 国标电路逻辑符号和国际 流行逻辑符号对照表	584
10.3.3 典型 A/D 转换器芯片	513	中英文对照	585
10.3.4 A/D 转换器与系统的接口	519	参考文献	593
10.4 多路转换器和采样保持器	532		
10.4.1 几种常用的多路模拟开关器件	532		
10.4.2 多路模拟开关的主要技术参数	534		
10.4.3 采样保持器	535		
10.5 数据采集系统举例	537		
10.5.1 系统组成	537		
10.5.2 工作原理和过程	538		

第 1 章

微型计算机基础知识

内 容 提 要

本章对微型计算机的发展背景和它的系统组成进行概述,主要包括微型计算机的发展概况、计算机中的数制和编码、微型计算机的组成、典型的微处理器特点和微型计算机的工作过程。



1.1 微型计算机的发展概述

自 1946 年世界上第一台电子计算机问世以来,计算机科学与技术获得了高速发展。电子计算机的产生和发展是 20 世纪最重要的科技成果之一。到今天为止,电子计算机的发展已经历了由电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机到大规模集成电路计算机、超大规模集成电路计算机的四代更替。未来的计算机将是半导体技术、光学技术和电子仿生技术相结合的产物。由于超导器件、集成光学器件、电子仿生器件和纳米技术的迅速发展,将出现超导计算机、光学计算机、纳米计算机、神经计算机和人工智能计算机等。新一代计算机将着眼于机器的智能化,使之具有逻辑推理、分析、判断和决策的功能。目前,已经有了第五代非冯·诺伊曼计算机和第六代神经计算机研制计划。

计算机按其性能、价格和体积可分为:巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型机诞生于 20 世纪 70 年代,一方面是由于当时军事、工业自动化技术的发展,需要体积小、功耗低、可靠性好的微型计算机(简称微机);另一方面,由于大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)迅速发展,可以在单片硅片上集成几千个到几十万个晶体管,为微型机的产生打下了坚实的物质基础,促使微型计算机迅速发展,引发了新的技术革命。微型计算机一经问世,就以不可阻挡的势头迅猛发展,成为当今计算机发展的一个主流方向。当前,微型计算机的应用已日益普及,深入到人类社会生活的各个领域,深刻地改变了人们的工作方式、学习方式和生活方式,成为信息时代的主要标志。

在计算机技术中,一般把计算机的核心部件运算器和控制器称为中央处理单元,简称为 CPU (Central Processing Unit)。利用大规模集成电路技术,把计算机中的运算器和控制器集成



在一个硅片上而制作的集成电路（包括多个内部寄存器），通常称为微处理器，简称 MPU（MicroProcessor Unit）或 MP（MicroProcessor）。它是微型机的核心芯片，在本书中可简称为 CPU。

微型计算机简称 μC 或 MC（MicroComputer），它是由 CPU、存储器、输入/输出接口电路，通过总线（BUS）结构联系起来的。若配有相应的外部设备（简称外设，如显示器、键盘、打印机等）和系统软件就组成了微型计算机系统（MicroComputer System）。在工业控制、小型仪器仪表的检测中，可只用微型计算机、单板或单片计算机。而在数据处理中必须使用较完备的微型计算机系统。

1.1.1 微型计算机硬件技术发展概况

微型计算机是计算机的一个重要分支。1971 年，世界上第一个 CPU 芯片 4004 诞生于美国，该芯片字长 4 位，集成了约 2 300 个晶体管。以它为核心组成的 MCS-4 计算机是世界上第一台微型计算机。从那时起，短短 30 年的时间，微型计算机的发展已经历了四代。人们一般以字长和典型的 CPU 芯片作为微型计算机各发展阶段的标志。

近 30 多年来，CPU 和微型计算机获得了极快的发展，几乎每 2 年 CPU 的集成度翻一番，2~4 年更新换代一次，现已进入第五代。

第一代微型计算机（1971—1973 年）——4 位和低档 8 位 CPU。1971 年由 Intel 公司首先研制成功 4 位 4004 CPU，1972 年 Intel 公司推出低档 8 位的 8008 CPU。其工艺为 PMOS，主频 1 MHz，集成度为 2 000 个晶体管/片。软件主要使用机器语言及简单的汇编语言。

第二代微型计算机（1974—1977 年）——中高档 8 位 CPU。1974 年以后中档 CPU 陆续诞生，有以 Intel 公司、Motorola 公司、Zilog 公司产品为代表的三大系列 CPU。1976 年又推出高档 8 位 CPU，典型产品为 Intel 8080、Intel 8085、MC6800、Z80，其工艺为 NMOS，主频 2~4 MHz，集成度为 9 000 个晶体管/片，其运算速率大大提高。软件除汇编语言外，也可使用高级语言如 BASIC、FORTRAN、PASCAL 以及 PL/M 等高级语言。当时出现了具有磁盘操作系统的微型计算机，如以 MC6502 为 CPU 的苹果机。

第三代微型计算机（1978—1984 年）——16 位 CPU。这一阶段超大规模集成电路工艺成熟，一个硅片上可以容纳几万个晶体管，16 Kb（bit）和 64 Kb 半导体存储器也已推出。三大公司推出具有代表性 16 位 CPU 芯片，如 Intel 8086/8088，Zilog 公司的 Z8000，以及 Motorola 公司的 M68000。这些 CPU 的时钟频率为 4~8 MHz，基本指令执行时间约为 0.15 μs ，字长为 16 位。其工艺为 HMOS，Intel 8086 CPU 的集成度达到 29 000 个晶体管/片，Z8000 为 17 500 个晶体管/片，MC68000 为 68 000 个晶体管/片。软件也迅猛发展，具有丰富的指令系统，多级中断系统，还有功能较强的系统软件。为与原 8 位机相衔接，方便 8 位机用户，Intel 公司又推出了 8088CPU，其指令系统完全与 8086 兼容，内部仍然为 16 位的功能结构，而外部数据总线是 8 位。IBM 公司以 8088CPU 组成了微型机系统 IBM PC 和 IBM PC/XT，其中 XT（Expanded Technology）的意思为扩展，它扩充了前者的内存，并增加了一个硬盘驱动器，在其他方面二者并没有什么区别。IBM 公司采用新的策略——公布了该计算机的全部资料，使许多厂商为其研制配套的外设产品。由于其性能价格比好，迅速占领了国际市场。进一步，Intel 公司又推出性能优良的 80286CPU 和协处理器 80287，其集成度达到 13.4 万个晶体管/片。以此为基础，IBM 公司推出了 IBM PC/AT 计算机，其中 AT（Advanced Technology）意思为增强，它进一步提高



了 PC 的总体性能。IBM PC/XT/AT 统称为 IBM PC 系列机，以上提到的 8088 CPU 芯片和个人计算机 IBM PC/XT 将是本书的主要介绍对象，此外，也涉及 8086、80286 CPU 和 IBM PC/AT 个人计算机。从此，微型机的应用也逐渐普及开来，真正进入了个人计算机的时代。

第四代微型计算机（1985—1993 年）——32 位高档 CPU。Intel 公司首先推出了 32 位 CPU 芯片 80386，它具有两种结构：80386SX 和 80386DX。80386SX 内部结构为 32 位，外部数据总线为 16 位，采用 80287 作为协处理器。80386DX 内部结构与外部数据总线皆为 32 位，采用 80387 作为协处理器。其集成度达到 27.5 万个晶体管/片，每秒钟可完成 5 百万个指令（5 MIPS）。从这时起，微型计算机步入第四个发展阶段。1990 年，Intel 公司又研制出新一代 32 位 CPU 芯片 80486，它将 80386、80387 及高速缓冲存储器集成在一块芯片上，时钟频率为 16~40MHz，其集成度达到 120 万个晶体管/片。

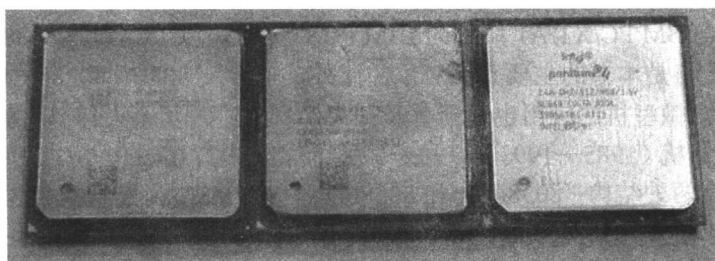
第五代微型计算机（1993 年至今）——64 位高档 CPU。1993 年，Intel 公司研制出新一代 64 位高档 CPU 芯片奔腾（Pentium），其外部数据总线为 64 位，主频为 66 MHz、133 MHz、200 MHz，内部集成度 300 万个晶体管/片，速率达到 90 MIPS。以它为 CPU 的微型机称为 586 机或奔腾计算机。IBM、APPLE、Motorola 几个公司合作生产的 PowerPC 芯片又是一种性能优异的 64 位 CPU 芯片，以它为 CPU 的微型机称为 Macintosh。1995 年推出的高能奔腾（Pentium Pro）芯片，其集成度达到 550 万个晶体管/片，内部还装进了包含 256 KB/512 KB 高速缓存（Cache）的电路，运行速率达到 300 MIPS；1996 年 Intel 公司将 MMX（MultiMedia eXtension）多媒体扩展技术用于 Pentium，推出多功能奔腾芯片（MMX Pentium）；1997 年又将 MMX 多媒体技术用于 Pentium Pro，推出 Pentium II 芯片。在后来的改进中，Intel 公司很快推出 Pentium III 处理器，主频为 450~600 MHz 以上，并在此基础上产生了多媒体计算机。Pentium III（奔腾 III，P III）处理器，增加了音频、视频和 3D 处理能力。1999 年 10 月新一代 Pentium III Compemine，主频可达 733 MHz。Intel 公司的 Pentium II / III 采用双独立总线架构：一条总线连接 L2 Cache，另一条负责主要内存，这使处理器能在平行的两条总线上同时处理数据。这使得这类 CPU 为现代的高速信息处理（如 DVD 技术）提供了可能。

2000 年 3 月，AMD 与 Intel 两家公司都分别推出了时钟频率达 1 GHz 的 Athlon 和 Pentium III 高性能 CPU。

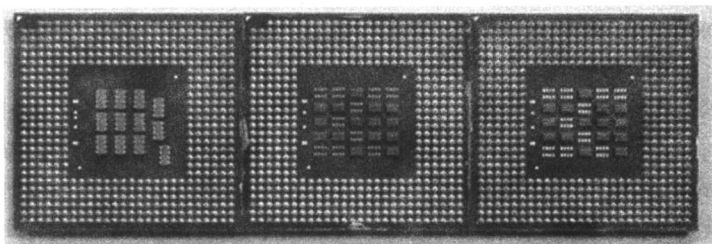
2000 年 6 月 Intel 公司推出了最新的 CPU Pentium IV（简称为 PIV 或 P4），并产生了以 PIV 为 CPU 的微型计算机。PIV 系统的工作频率为 1.3~2.8 GHz，其工作电压为 1.565~1.700 V。目前以 PIV 为 CPU 的微型计算机已经成为计算机市场的主流产品。PIV 的主频已经高达 3.2 GHz。PIV CPU 的外形图如图 1.1 所示。PC 生产商在 2002 年底已推出以 3 GHz PIV 为核心的计算机。它不但拥有更高时钟频率并且支持 Intel 公司的超线程技术，这将使一个芯片的性能提高一倍。

在推出 PIV 的同时，Intel 公司已经为市场准备了 64 位的新一代 CPU。与以往的 64 位 RISC 架构的 CPU 不同，Intel 公司代号为“Merced”的 Itanium（安腾）引入了许多新概念和新技术，其目标是带领 CPU 市场跨入新型 64 位新时代。

Intel 公司和其他处理器生产公司为了提高处理器的速率，一直沿着提高 CPU 的时钟频率方向进行变革。双核处理器的出现，改变了处理器制造技术的理念。双核（Dual Core）处理器是指在一个处理器上集成两个运算核心，即把两个或两个以上处理器的核心直接做到同一个处理器上，以多个处理器核心协同运算来提高执行效率。配置双核处理器的计算机系统已经是当前市场的主流。



(a) 从左到右依次是 Pentium IV 2.8 GHz、2.4 GHz 和 1.6 GHz 的正面图



(b) 从左到右依次是 Pentium IV 2.8 GHz、2.4 GHz 和 1.6 GHz 的底面图

图 1.1 PIV 外形图

Intel 公司生产的不同时期的 80x86 结构 CPU 系列比较可参见表 1.1。

表 1.1 80x86 系列 CPU 比较

CPU	首批生产时间	性能 ^① /MIPS	CPU 最高 主频/MHz	集成度 ^② / 百万	寄存器 宽度	外部数据 总线宽度	最大寻 址空间	内含(或捆绑)高速 缓存大小
8086	1978	0.8	8	0.029	16	16	1 MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.134	16	16	16 MB	无
80386DX	1985	6.0	20	0.275	32	32	4 GB	无
80486DX	1989	20	25	1.2	32	32	4 GB	8 KB L1
Pentium	1993	100	200	3.1	32	64	4 GB	16 KB L1
Pentium Pro	1995	440	266	5.5	32	64	64 GB	16 KB L1、256 KB 或 512 KB L2 ^④
Pentium II	1997	466	450	7.5	32	64	64 GB	32 KB L1、256 KB 或 512 KB L2
Pentium III	1999	1 000	900	28.2	32 ^③	64	64 GB	32 KB L1、256 KB 或 512 KB L2
Pentium IV	2000	3 200	2 800	42	32 ^③	64	64 GB	32 KB L1、256 KB 或 512 KB L2

注：① MIPS (Millions of instructions per Second)，每秒执行的指令数，单位为百万条。

② 芯片中所集成的晶体管数，单位为百万个。

③ 用作通用目的寄存器时为 32 位，用于 SIMD (单指令流、多数据流) 处理时为 128 位。

④ L1 为一级高速缓存器，L2 为二级高速缓存器。

为便于系统的扩展，微机在体系结构上采用开放式的总线结构。总线的主要职能是负责计算机各模块之间以及计算机与外设之间的数据传输。由于微机的字长成倍增加，速率不断提高，



外设的类型和品种越来越多,在数据形式和传输速率等方面差别很大。特别是多媒体技术的兴起,需要很高的数据传输速率,所有这些都对总线提出了更高的要求。为满足这些要求,在传统的低端总线的基础上,发展了现代的高端总线,如 EISA 总线、MCA 总线、PCI 总线、VL 总线等。

在微机家族中,嵌入式系统的发展同样十分迅速。嵌入式系统一般指非 PC 系统,有计算机的功能但又不称为计算机的设备或器材。它是以应用为中心,软硬件可裁减的,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性严格要求的专用计算机系统。简单地说,嵌入式系统集成系统的应用软件与硬件于一体,类似于 PC 中 BIOS 的工作方式,具有软件代码小、高度自动化、响应速率快等特点,特别适合于要求实时和多任务的体系。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件系统等组成,它是可以独立工作的专用的微机系统。

嵌入式计算机系统几乎包括了生活中的所有电气设备,如工控机、掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、手机上网、数字电视、多媒体、汽车、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、消费电子设备、工业自动化仪表与医疗仪器等。

嵌入式系统的硬件核心是微控制器或者嵌入式微处理器。根据现状,嵌入式计算机可分成下面几类。

1. 嵌入式微处理器 EMPU (Embedded MicroProcessor Unit)

嵌入式微处理器采用“增强型”通用微处理器。由于嵌入式系统通常应用于环境比较恶劣的环境中,因而嵌入式微处理器在工作温度、电磁兼容性以及可靠性方面的要求比通用的标准 CPU 高。但是,嵌入式微处理器在功能方面与标准的 CPU 基本上是一样的。根据实际嵌入式应用要求,将嵌入式微处理器装配在专门设计的主板上,只保留和嵌入式应用有关的主板功能,这样可以大幅度减小系统的体积和功耗。将嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等安装在一块电路主板上构成一个通常所说的单板机系统。嵌入式处理器目前主要有 Am186/188、Intel 386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM 系列等。

2. 嵌入式微控制器 MCU (MicroController Unit)

嵌入式微控制器又称单片机,它将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某种 CPU 内核为核心,根据某些典型的应用,在芯片内部集成了 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D 转换器、D/A 转换器、Flash RAM、EEPROM 等各种必要功能部件和外设。为适应不同的应用需求,对功能的设置和外设的配置进行必要的修改和裁减定制,使得一个系列的单片机具有多种衍生产品,每种衍生产品的处理器内核都相同,不同的是存储器和外设的配置及功能的设置。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配,从而减少整个系统的功耗和成本。和嵌入式微处理器相比,微控制器的单片化使应用系统的体积大大减小,从而使功耗和成本大幅度下降、可靠性提高。微控制器是嵌入式系统应用的主流。微控制器的片上外设资源一般比较丰富,适合于控制,因此称为微控制器。单片机的字长已由 4 位、8 位发展到目前的 32 位;片内存储器的 RAM 容量已增加到数千字节,片内存储器 ROM 容量已达到 32 KB (Flash ROM);有的单片机还包含高精度的 A/D 和 D/A 转换器;有的还配有现场总线的接口如 CAN 总线、BUS 总线等,可连接成局域网。单片机在工业控制和智能仪器仪表中得到了广泛的应用。通常,嵌入式微控制器可分为通用和半通用两类,比较有代表性的通用系列包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、68300 等。而比较有代表性的半通用系列包括如下:支持 USB 接口的 MCU 8XC930/931、C540、C541;支持 I²C、CAN 总线、LCD 等的众多专用 MCU 和兼容系列;等等。



目前 MCU 约占嵌入式系统市场份额的 70%。

3. 嵌入式 DSP 处理器 EDSP (Embedded Digital Signal Processor)

在数字信号处理应用中,各种数字信号处理算法相当复杂,一般结构的处理器无法实时地完成这些运算。由于 DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合于实时地进行数字信号处理。在数字滤波、FFT、谱分析等方面,DSP 算法正大量进入嵌入式领域。DSP 应用正从在通用单片机中以普通指令实现 DSP 功能,过渡到采用嵌入式 DSP 处理器。嵌入式 DSP 处理器有两类:① DSP 处理器经过单片化、EMC 改造、增加片上外设成为嵌入式 DSP 处理器,TI 公司的 TMS320 C2000/C5000 等属于此范畴;② 在通用单片机或 SOC 中增加 DSP 协处理器,例如 Intel 公司的 MCS-296 和 Infineon (Siemens) 的 TriCore。另外,在有关智能方面的应用中,也需要嵌入式 DSP 处理器,例如各种带有智能逻辑的消费类产品、生物信息识别终端、带有加解密算法的键盘、ADSL 接入、实时语音解压系统、虚拟现实显示等。这类智能化算法一般都运算量较大,特别是向量运算、指针线性寻址等较多,而这些正是 DSP 处理器的优势所在。嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 公司的 TMS320 系列和 Motorola 公司的 DSP56000 系列。TMS320 系列处理器包括用于控制的 C2000 系列、用于移动通信的 C5000 系列,以及性能更高的 C6000 和 C8000 系列。DSP56000 目前已经发展成为 DSP56000、DSP56100、DSP56200 和 DSP56300 等几个不同系列的处理器。另外,Philips 公司最近也推出了基于可重置嵌入式 DSP 结构,采用低成本、低功耗技术制造的 R.E.A.L DSP 处理器,其特点是具备双 Harvard 结构和双乘/累加单元,应用目标是大批量消费类产品。

4. 嵌入式片上系统 SOC (System On Chip)

随着 EDI 的推广和 VLSI 设计的普及化,以及半导体工艺的迅速发展,可以在一块硅片上实现一个更为复杂的系统,这就产生了 SOC 技术。各种通用处理器内核将作为 SOC 设计公司的标准库,和其他许多嵌入式系统外设一样,成为 VLSI 设计中一种标准的器件,用标准的 VHDL、Verilog 等硬件语言描述,存储在器件库中。用户只需定义出其整个应用系统,仿真通过后就可以将设计图交给半导体工厂制作样品。这样除某些无法集成的器件以外,整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中去,应用系统电路板将变得很简单,对于减小整个应用系统体积和功耗、提高可靠性非常有利。SOC 可分为通用和专用两类,通用 SOC 如 Infineon (Siemens) 公司的 TriCore、Motorola 公司的 M-Core,以及某些 ARM 系列器件,如 Echelon 公司和 Motorola 公司联合研制的 Neuron 芯片等;专用 SOC 一般专用于某个或某类系统中,如 Philips 公司的 Smart XA,它将 XA 单片机内核和支持超过 2 048 位复杂 RSA 算法的 CCU 单元制作在一块硅片上,形成一个可加载 Java 或 C 语言的专用 SOC,可用于互联网安全方面。

嵌入式系统应用广泛:可用于移动计算平台(PDA、掌上计算机)、信息家电(数字电视、机顶盒、网络设备)、无线通信设备(智能手机、股票接收设备)、工业/商业控制(智能工控设备、POS/ATM 机)、电子商务平台,甚至军事应用等诸多领域。据估计,其在全球每年带来的相关工业产值已超过 1 万亿美元。

1.1.2 微型计算机操作系统的发展概况

在硬件系统取得迅猛发展的同时,软件系统的发展同样也十分迅速。以操作系统为例,PC 上最早使用的是 DOS 操作系统。随着 PC 的升级,DOS 操作系统的版本已由最初的 DOS1.0 版本升级到目前的 DOS7.0 版本。此外,目前广泛使用的是 MS-Windows (如 Windows 95、Windows