

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

微计算机技术

马群生 温冬婵 赵世霞 等编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书全面地介绍了微型计算机组成原理、汇编语言程序设计及接口技术。主要内容包括:微计算机系统综述;Intel 8086/8088、80386、奔腾微处理器的结构及操作原理;x86 指令系统及基本汇编语言程序的设计方法;Intel 系列的外围支援芯片与基本 I/O 设备的接口技术;微计算机系统总线。书中对 RISC 结构的 PowerPC 微处理器也作了介绍。

本书可作为高等院校计算机专业本科生的教材,也可供相关技术人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 微计算机技术

作 者: 马群生等 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 清华大学印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23.75 字数: 546 千字

版 次: 2001 年 8 月第 1 版 2001 年 11 月第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04669-7/TP · 2773

印 数: 8001 ~ 13000

定 价: 29.50 元

序

我们正处在跨越世纪的门槛上,人类社会在一股股变革性力量的推动下发生着根本性的变化。知识经济时代的到来向我们显示,一个国家最重要的资源已经不再是土地、劳动力或资本,而是其国民的知识和创造力;国与国的竞争虽然常常表现为政治、经济或军事实力的较量,但归根到底已是一场教育和科技的竞争。换言之,国家的综合实力将主要由其国民的教育水平来决定。一时间,世界各国的校长们、跨国企业的巨头们乃至许多的政府首脑们都在纷纷议论 21 世纪的教育,以迎接知识经济的挑战。我们中华民族有着蜿蜒几千年的文明,为在世界民族之林重振雄风,再展辉煌,发出了时代的特强音:实施科教兴国,提高全民素质。从中央领导到广大群众,都对教育提出了更高的要求,寄予了更大的希望,同时也给予了更多的支持。人们在这方面的思想观念和实践探索正在以空前的速度发展着。

中国的高等教育已经走完了一个世纪的路程。已经过去的 20 世纪正是它从无到有、从小到大、由产生到发展的一段百年历史。中国人民在短短的数十年时间里构筑了资本主义国家好几百年才形成的高等教育体系,涌现出一批高水平的学校,培养了一大批高层次优秀人才,取得了辉煌的成就。但是在新时期,教育不适应现代化建设需要的矛盾不断显露,我国劳动者受教育水平普遍较低的现象无法面对新世纪的机遇和挑战,我国高等教育的发展现状也难以满足广大人民群众空前强烈的受教育愿望。一代伟人邓小平早在十年前就一针见血地指出,我们的最大失误是教育,一是放松了对青少年的思想道德教育,二是教育规模发展不够快。现在看来,这两个问题依然是症结所在。一个十二亿人口的泱泱大国,高等学校的毛入学率仅 10% 左右,实在很不相称。我国的高等教育已经面临着大力发展、高速发展、从根本上改变落后状态的紧迫问题。

令人欣慰和鼓舞的是中国有一所全世界最大的大学——中国广播电视大学,上百万的学生遍布在九百六十万平方公里的辽阔土地上。它突破传统教育在空间上的限制,不断减弱时间上的束缚,以覆盖面广、全方位为各类社会成员提供教育服务的优势,成为中国高等教育体系中的一个重要组成部分。二十多年来,它为实现高等教育大众化,为提高我国劳动者的整体素质,为变巨大的人口包袱为巨大的人力资源,以形成浩浩荡荡的高水平建设大军,发挥了不可磨灭的作用。最近,中央电大又有重大改革举措,进一步面向社会开展了“开放教育”等项试点工作,在教育思想、招生对象、培养模式、管理机制方面进行新的探索。尤其引人注目的是中央电大与国内的一些重点高校形成了紧密的合作关系,携手为我国现代远程教育开拓新路。重点高校有学科和教学上的优势,它们的加盟有利于电大提高教学质量、办出特色;而中央电大有很丰富的教育资源,有完整的办学系统,有一支富有经验的教学与管理队伍,特别是有较强的社会服务意识和人才市场意识,这对于需要进一步向社会开放的普通高校而言,又有许多值得学习和借鉴之处。我们完全有理由相信,中央电大和重点高校的结合,不仅可以在现阶段实现优势互补、资源共享,而且有

可能成长出一种符合我国国情发展教育的最具潜力的新型教育模式。

现在摆在我们面前的这套中央广播电视大学本科(专科起点)“计算机科学与技术”专业教材,就是中央电大和清华大学合作的产物。在开放教育试点启动之际,在计算机及其网络技术日新月异、其爆炸式发展和神话般应用使人们眼花缭乱、不知所措之时,在我国至少缺乏数十万计算机软件及网络技术人才的当口,这套教材像雪里送炭,像清风送爽,终于在人们的企盼和惊喜中问世了。它确实及时和解渴。教材的编者是清华大学计算机系一批学术水平高、教学经验丰富的教授,他们以知识、能力和素质的全面训练为目标,将教材的先进性、实用性和可读性融为一体。教材纲目清楚,重点突出,深入浅出,便于自学。书中每章有小结,章章有习题,有的还配有实验指导和习题解答,不仅对计算机专业学生适用,其他专业的学生也可以从此入门。清华大学的老师们还准备为这套教材制作多媒体导读光盘和网络辅导教材,指明教学基本要求,区分应该熟练掌握和只需一般了解的内容,并进行重点难点分析和讲解。这全套的教材称得上是难得的好书。

对于中国广播电视大学我是颇有感情的,不只是因为它过去的功绩和带给人们未来的曙光,还因为我本人二十年前也曾参与过中央电大《电子技术基础》课程的教学工作。那时我收到许多电大学生热情洋溢的来信,强烈感受到他们对知识与教育的渴求,感受到他们学习的艰辛和坚韧不拔的毅力,同时也感受到了广大学生对我的信任和鼓励。当年的电大学生如今多数已成为我国经济建设和社会发展中的骨干,一些人后来获得了博士学位,有的已成为我国重点大学的教授。中央电大的成功实践已在社会上赢得了很好的声誉,而当前扩大教育规模、构建终身学习体系的社会呼唤又给电大今后的发展提供了新的难得的机遇。近年来,信息网络与多媒体技术突飞猛进,也使电大的远程教育形式跃上了现代化的新台阶。这次中央电大和清华大学合作,共同在计算机专业开放教育改革试点中付出了辛勤的劳动,播下了希望的种子。我期待着中央电大有更多的创新,更大的发展,更加充满活力。我也殷切希望电大的学生们为中华民族的强盛而自强不息,学有所成。

努力吧,中国广播电视大学一定能成为中国教育界一颗璀璨的明珠。

清华大学副校长、教授

2000年8月于北京

前 言

本书是为高等院校计算机专业本科生上“微计算机技术”课程而编写的教材,它对电类非计算机专业学生及从事与微计算机技术相关工作的工程技术人员也有一定的参考价值。

当代微电子技术的迅速发展使半导体芯片的集成度每 18 个月提高一倍,这就为计算机结构设计者提供了实现各种先进技术的舞台。与此同时,以大规模集成电路为基础的微处理器与微计算机技术也出现了令人难以置信的发展速度,微计算机系统的性能价格比已达到前所未有的水平。面对这种形势,有关“微计算机技术”课程的内容需要不断更新。然而,由于课程学时的限制、新技术内容难度较大等原因,要使“微计算机技术”课程的教材内容完全与微计算机技术迅速更新换代的形势同步是十分困难的。“微计算机技术”课程是学生学习“计算机组成与结构”和“汇编语言程序设计”等课程的专业基础课。其任务是使学生掌握微处理器与微计算机的基本组成、基本操作原理及主要接口技术;还要掌握基本的汇编语言程序设计的方法,提高学生分析问题与解决问题的能力,能够适应微计算机技术迅速发展的形势。本书是在特定的教学大纲指导下编写的,内容尽量做到少而精。微计算机技术是一门实践性较强的课程,上机实验是掌握课程基本要求的重要一环。与本书配套的实验教材是《微计算机技术实验教程》,学生在完成规定的实验内容后才能达到课程的基本要求。

本书内容共分 9 章。

第 1 章为微计算机系统综述,统一了一些名词术语的内涵,建立起微计算机系统的层次概念,较全面地介绍了微处理器技术的发展概况。

第 2 章为 Intel 微处理器的结构及微计算机的组成。详细地阐述了 8086 微处理器的内部结构、总线周期等操作过程,对 32 位的微处理器 80386 的结构及保护方式的操作过程也进行了分析。

第 3 章与第 4 章讲述了 8086 的指令系统、汇编语言程序格式与运行步骤,以及一些基本汇编语言程序的设计方法。

第 5 章主要讲述中断控制器及 DMA 控制器的结构与编程方法。

第 6 章与第 7 章主要讲述接口芯片的结构、编程方法及基本外部设备的接口技术。

第 8 章主要讲述微计算机主要的系统总线结构及基本的设计方法。

第 9 章对一些高性能微处理器的基本结构作了介绍,包括奔腾系列及 RISC 结构的 PowerPC 微处理器。

第 1 章、第 2 章及第 9 章由马群生编写;第 3 章和第 4 章由温冬婵编写;第 5 章由潘孝梅编写;第 6 章和第 7 章由赵世霞编写;第 8 章由唐瑞春编写。马群生作为主编负责对

全书内容进行统编及最后定稿。上述编著者均有多年从事有关微计算机硬件与软件的教学、科研工作的经历,掌握了计算机科学技术方面较高的理论和丰富的实践经验。

由于时间仓促与编者水平所限,书中一定存在错误或不妥之处,恳请读者给予批评指正。

编著者

2001年5月于清华园

目 录

序	
前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 微型计算机的特点	1
1.2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统.....	2
1.3 微处理器技术发展的概况	4
思考题与练习题.....	8
第 2 章 微处理器的结构及微计算机的组成	9
2.1 80x86 微处理器系列概况	9
2.2 8086/ 8088 微处理器的基本结构	10
2.2.1 8088 微处理器的基本组成及逻辑框图	10
2.2.2 8086/ 8088 微处理器的存储器管理	14
2.3 8086/ 8088 芯片引脚功能说明	15
2.3.1 基本引脚信号	16
2.3.2 最小工作模式下的有关控制引脚信号	17
2.3.3 最大工作模式下的有关控制引脚信号	18
2.4 8086/ 8088 最小与最大模式下微计算机的基本组成	19
2.4.1 最小模式的微计算机组成	19
2.4.2 最大模式的微计算机组成	20
2.5 8086/ 8088 的总线操作、中断及总线请求	21
2.5.1 总线周期与总线操作	21
2.5.2 中断系统	23
2.5.3 总线请求	26
2.6 8086 微处理器访问存储器和 I/O 设备的特性	28
2.6.1 以字节或字为单位的数据处理	28
2.6.2 8086 微处理器与存储器及 I/O 模块的接口	29
2.7 80386 微处理器的基本组成与结构	30
2.7.1 80386 的内部结构	30
2.7.2 80386 的内部操作与流水线操作	35
2.7.3 存储器管理	37

2.7.4	80386 中断系统	46
	思考题与练习题	48
第 3 章	8086 指令系统及寻址方式	50
3.1	汇编语言程序格式	50
3.1.1	一个简单程序实例	52
3.1.2	汇编、连接和运行一个程序	56
3.1.3	数据类型和数据定义	59
3.2	寻址方式与机器语言转换	62
3.2.1	寻址方式	62
3.2.2	机器语言指令的转换	70
3.3	8086 指令系统	74
3.3.1	数据传送指令	74
3.3.2	算术指令	79
3.3.3	逻辑指令	90
3.3.4	串处理指令	93
3.3.5	控制转移指令	99
3.3.6	处理机控制指令	107
3.4	小结	108
	思考题与练习题	108
第 4 章	汇编语言程序设计基础	114
4.1	循环程序设计	114
4.1.1	基本结构的循环程序	114
4.1.2	多重循环程序	117
4.2	分支程序设计	119
4.2.1	分支程序结构	119
4.2.2	分支程序的设计方法	120
4.3	子程序设计	121
4.3.1	主程序与子程序之间的参数传送	122
4.3.2	嵌套与递归子程序	126
4.4	I/O 程序设计	128
4.4.1	直接控制 I/O 的程序设计	128
4.4.2	中断程序设计	132
4.4.3	中断程序设计举例	138
4.5	BIOS 和 DOS 基本调用	147
4.5.1	键盘 I/O	149
4.5.2	显示器 I/O	156

4 5 3 打印机 I/O	167
4.6 小结	171
思考题与练习题.....	172
第 5 章 微计算机中处理器与 I/O 设备间数据传输的控制方法	176
5.1 中断的基本概念	176
5.1.1 程序方式及其特点.....	176
5.1.2 中断系统的功能与组成.....	177
5.2 中断控制器	178
5.2.1 8259A 的内部结构和外部引脚定义	178
5.2.2 8259A 的工作方式	180
5.2.3 8259A 的命令字	181
5.2.4 PC 机的中断控制器及用户中断编程	185
5.3 DMA 方式的数据传输	187
5.3.1 DMA 的基本概念	187
5.3.2 DMA 的系统组成和工作过程	188
5.4 DMA 控制器	189
5.4.1 8237A 的内部结构和外部引脚定义	189
5.4.2 8237A 的工作模式和传送类型	192
5.4.3 8237A 内部寄存器的功能和格式	193
5.4.4 8237A 的初始化编程	196
思考题与练习题.....	197
第 6 章 常用可编程外围接口芯片.....	198
6.1 定时器/计数器 8253 的结构与编程	198
6.1.1 8253 功能及结构框图	198
6.1.2 8253 引脚信号定义	200
6.1.3 8253 编程命令字和工作方式	201
6.1.4 8253 工作方式与工作时序	202
6.1.5 8253 初始化编程	208
6.1.6 8253 编程应用举例	209
6.2 并行外围接口 8255A 的结构与编程	210
6.2.1 并行通信的简单原理.....	210
6.2.2 8255A 结构框图及功能部件说明	212
6.2.3 8255A 引脚信号定义	214
6.2.4 8255A 的控制字	214
6.2.5 8255A 的工作方式	216
6.2.6 8255A 编程应用举例	224

6.3	串行通信接口 8251A 的结构与编程	227
6.3.1	串行通信的基本概念与术语	227
6.3.2	8251A 结构框图及功能部件说明	234
6.3.3	8251A 引脚信号定义	236
6.3.4	8251A 编程地址的实现	239
6.3.5	8251A 的方式字、命令字的设定	239
6.3.6	8251A 编程应用举例	244
6.4	Pentium 处理器外围接口芯片介绍	247
	思考题与练习题	255
第 7 章	微机的基本接口技术	257
7.1	小型键盘的接口技术与识别按键的软件方法	257
7.1.1	键盘矩阵及接口电路	257
7.1.2	扫描方式及程序实现	259
7.2	多位七段 LED 数据显示器的电路结构及接口技术	263
7.2.1	七段 LED 数码显示器的结构	263
7.2.2	LED 显示器的静态显示接口	263
7.2.3	LED 显示器的多位动态显示接口	266
7.3	D/A 转换的工作原理	268
7.3.1	D/A 转换器的工作原理	268
7.3.2	D/A 转换器的芯片结构与接口方式	274
7.4	A/D 转换的工作原理	279
7.4.1	A/D 转换器的基本方法和原理	280
7.4.2	A/D 转换器的芯片结构与接口方式	284
7.4.3	如何选择 A/D 和 D/A 器件	291
	思考题与练习题	292
第 8 章	微计算机总线	293
8.1	微机总线的概念	293
8.1.1	总线的由来	293
8.1.2	总线的优点	293
8.1.3	总线的标准	294
8.1.4	总线的指标	295
8.2	微机总线工作原理	295
8.2.1	总线的构成与分类	295
8.2.2	总线的功能	297
8.2.3	总线仲裁	299
8.2.4	总线的信息传输与错误检测	301

8.3	ISA 总线与 PCI 总线的结构及特点	303
8.3.1	ISA 总线原理	303
8.3.2	ISA 总线扩展卡设计与应用	311
8.3.3	PCI 总线原理	317
8.4	主要外设总线介绍	324
8.4.1	IDE 总线	324
8.4.2	SCSI 总线	327
8.4.3	USB 总线	329
	思考题与练习题	330
第 9 章	先进的微处理器介绍	331
9.1	奔腾微处理器介绍	331
9.1.1	奔腾微处理器的结构框图及其特点	332
9.1.2	奔腾微处理器的流水线和指令执行顺序	334
9.1.3	指令配对法则和转移预测	335
9.1.4	浮点部件(FPU)	337
9.1.5	片上高速缓冲存储器(cache)与 TLB	338
9.1.6	多机系统中 cache 的一致性	339
9.2	高能奔腾微处理器介绍	340
9.2.1	在奔腾微处理器性能基础上的改进	341
9.2.2	高能奔腾微处理器的内部结构简介	344
9.3	PowerPC 微处理器简介	346
9.3.1	PowerPC 微处理器概况	346
9.3.2	PowerPC 微体系结构介绍	347
	思考题与练习题	350
附录 1	DOS 系统功能调用 (INT 21H)	351
附录 2	BIOS 功能调用	359
附录 3	80x86 新增指令	365
	参考文献	367

第 1 章 绪 论

内容提要：首先对计算机系统进行分类,在此基础上概括了微型计算机的特点。其次,对微处理器、微计算机及微计算机系统三个术语给出解释。最后概述了微处理器技术的发展情况。

学习目标：了解计算机的分类情况及微计算机的特点。了解微处理器的发展概况及 RISC 结构的特点,掌握微处理器、微计算机及微计算机系统三个术语的内涵。

学习方法：本章所讲的内容是有关微计算机原理的背景知识及一些术语的说明,学习时主要是阅读本章所介绍的内容及其他相关的参考材料。

1.1 微型计算机的特点

按照传统的分类方法,计算机可分为大型主计算机(mainframe)、小型计算机(mini-computer)与微型计算机(microcomputer)三类。

大型计算机主要作为大型计算机中心、大型信息处理中心的核心系统。其主机运算速度快,存储容量大,事务处理能力强,数据输入输出的吞吐率高,可为众多用户提供服务。目前大型计算机系统均采用并行处理体系结构,其性能已达到相当高的水平,人们称之为超级计算机(supercomputer)。如 IBM 公司最新发表的世界上最快的超级计算机“ASCI white”,其运算速度达到每秒 12.3 万亿次运算能力,安装在美国能源部的国家实验室,用来完成超级计算任务。

小型计算机的规模与性能比起大型主机要低得多。但发展到 20 世纪 70 年代末期,这类计算机的指令功能、存储容量、事务处理能力、输入输出能力都能与大型计算机系列中低档机相媲美,有很好的性能价格比。这类机器也被人们叫作“超级小型机”(super-minicomputer),其代表产品是 DEC 公司的 VAX-11/780。小型计算机一般都装备在大学的中心实验室、大型企业的信息中心、银行的信息中心等,提供一定用户规模的信息服务。小型计算机当前仍具有一定的市场规模,代表性产品是 IBM 公司的 AS400 系列产品。

微型计算机的产生与发展是与大规模集成电路的发展分不开的。1971 年 Intel 公司研制成第一种采用 MOS 大规模集成电路技术的单片微处理器 4004。Intel4004 本来是为袖珍计算器设计的,推出后取得很大的成功。但是由于 4004 设计的局限性,无法作为通用计算机的中央处理器使用。经过改进设计,Intel 公司推出了可用于微型计算机的 4 位微处理器 4040。此后许多半导体及电子设备厂商对微处理器的开发均十分重视。Intel 公司很快又推出 8 位微处理器 8080 和 8085。与此同时 Motorola 公司生产出 8 位微处理器 6800, Zilog 公司生产出 8 位微处理器 Z80。与此同时,各厂家也推出与其微处理器相配套的外围支援器件,设计并装配成通用型的微型计算机,以一种崭新的形态在市场上大量出现。微型计算机的出现与发展大大地推动了计算机技术在各行各业中更加广泛地被

应用。今天,人们无论是在办公室还是在家中都离不开微型计算机。

微型计算机的组成及功能与其他两种计算机是相同的,它们都是由中央处理器(微处理器)及外围支援电路、存储器、输入输出接口和输入输出设备所组成。微型计算机的特点可以概括为以下几点:

(1) 标准的工业化装配结构,体积小重量轻,系统扩展及性能升级容易。随着微电子技术的迅速发展,集成电路的集成度越来越高,组成计算机的主要电路可由几片超大规模集成电路(VLSI)实现,这就为缩小微型计算机的体积和重量提供了保障。微型计算机的主电路板、扩展电路板以及它们之间的连接方式均为国际通用的工业标准;机器的电源、机箱及部件的安装连接方式也是国际通用的工业标准。这样,一台微型计算机的结构十分紧凑,部件的安装与更换容易,系统的扩充与升级十分方便。

(2) 开放的标准体系结构和多元化的大规模工业生产使微型计算机的价格变得低廉。目前主流的微计算机均采用统一的标准体系结构。机器的核心器件、主电路板、扩展电路板以及外部设备等部件可由多个生产商提供,微型计算机市场已经形成了合理有序的竞争局面。这就大大地促进了技术的进步和价格的不断下降,微型计算机的应用得到迅速普及。

(3) 微型计算机的应用范围广泛。标准化的体系结构、超大规模集成电路的使用、规模化的生产,使得微型计算机的性能价格比越来越高,它的应用也越来越广泛。例如,各行各业的桌面办公系统、计算机网络的终端主机、工业自动控制系统中的智能设备、计算机辅助设计、计算机辅助教学及家庭娱乐等方面均大量使用微型计算机。可以说在当前的信息化社会中,微型计算机无处不在。

1 2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统

在学习微计算机技术课程时,首先要对微处理器、微型计算机和微型计算机系统这三个术语建立起一个统一的、层次化概念。这三个术语既有不同的含义又存在着相互依存的关系。

1. 微处理器(microprocessor, μp)

微处理器本身不具备微型计算机硬件的全部功能,但它却是微型计算机控制和处理的核心。微处理器的全部电路做在一块超大规模集成电路中。随着微电子技术的发展,超大规模集成化的单片微处理器中所包含的功能部件越来越多,工作频率越来越高,性能也越来越强,微处理器的设计与制造技术达到了空前高的水平。微处理器不仅仅用作微型计算机的核心处理部件,在一些超级计算机中也采用了商业化的主流微处理器作为核心处理部件。微处理器的组成包括三个基本部分(如图 1.1)。

(1) 算术逻辑部件(ALU): 它既能执行算术运算(定点运算、浮点运算),又能执行逻辑操作(逻辑“与”、逻辑“或”等)。

(2) 寄存器: 每个微处理器中都有多个寄存器,用来存放操作数、中间结果、状态标志以及指令地址等信息。

(3) 控制部件：微处理器控制部件根据当前所执行的指令的要求,产生一定时序的控制信号,控制该指令所规定的操作的执行。例如,控制 ALU 的操作、控制寄存器之间的数据传送、控制微处理器与输入输出接口或存储器之间的数据传送等。

这三个基本部分在微处理器内经内部总线连接在一起。微处理器的内部总线也被称为数据路径(data path),它的结构及宽度对微处理器的性能有着关键性的影响。微处理器把一些信号通过寄存器或缓冲器送到集成电路的引线上,以便与外部的微计算机总线相连接。

图 1.1 微处理器基本结构

2 . 微型计算机 (microcomputer, Mc)

微处理器是执行指令的核心部件,但它还不具备微型计算机的全部功能。如指令及操作数的加载、指令执行结果的转储等功能还必须借助于微处理器以外的功能部件的帮助。因此,以微处理器为核心,配上外围控制电路、存储器模块电路、输入输出接口电路并通过微型计算机的系统总线的连接就组成了微型计算机的基本硬件电路(如图 1.2)。

图 1.2 微型计算机基本结构

3 . 微型计算机系统 (microcomputer system)

微型计算机系统是在微型计算机所包含的基本硬件基础上,配置所需的外围设备为

用户提供人机交互的手段及大规模数据的储存能力。但是,光有这些硬件还不够,微型计算机系统还必须装有相应的软件(程序)才能形成信息处理的能力。软件包括系统软件、提供程序设计开发环境的软件(也称中间件)以及针对各种专门用途的应用软件。系统软件指的是可有效地管理计算机系统的各种资源,合理组织计算机的整个工作流程,为用户提供方便灵活操作环境的最基本的程序,如操作系统。中间件是指语言处理程序和工具类程序。例如,汇编语言及高级语言的编译程序,数据库管理程序,软件的调试工具以及为开发者提供方便的各种工具类程序等。应用软件是指用户根据自己的需要,针对某一实际问题而设计的程序。例如,管理信息系统程序,辅助设计程序(CAD),辅助教学程序(CAI)等等。

微处理器、微型计算机以及微型计算机系统三者的关系,如图 1.3 所示。

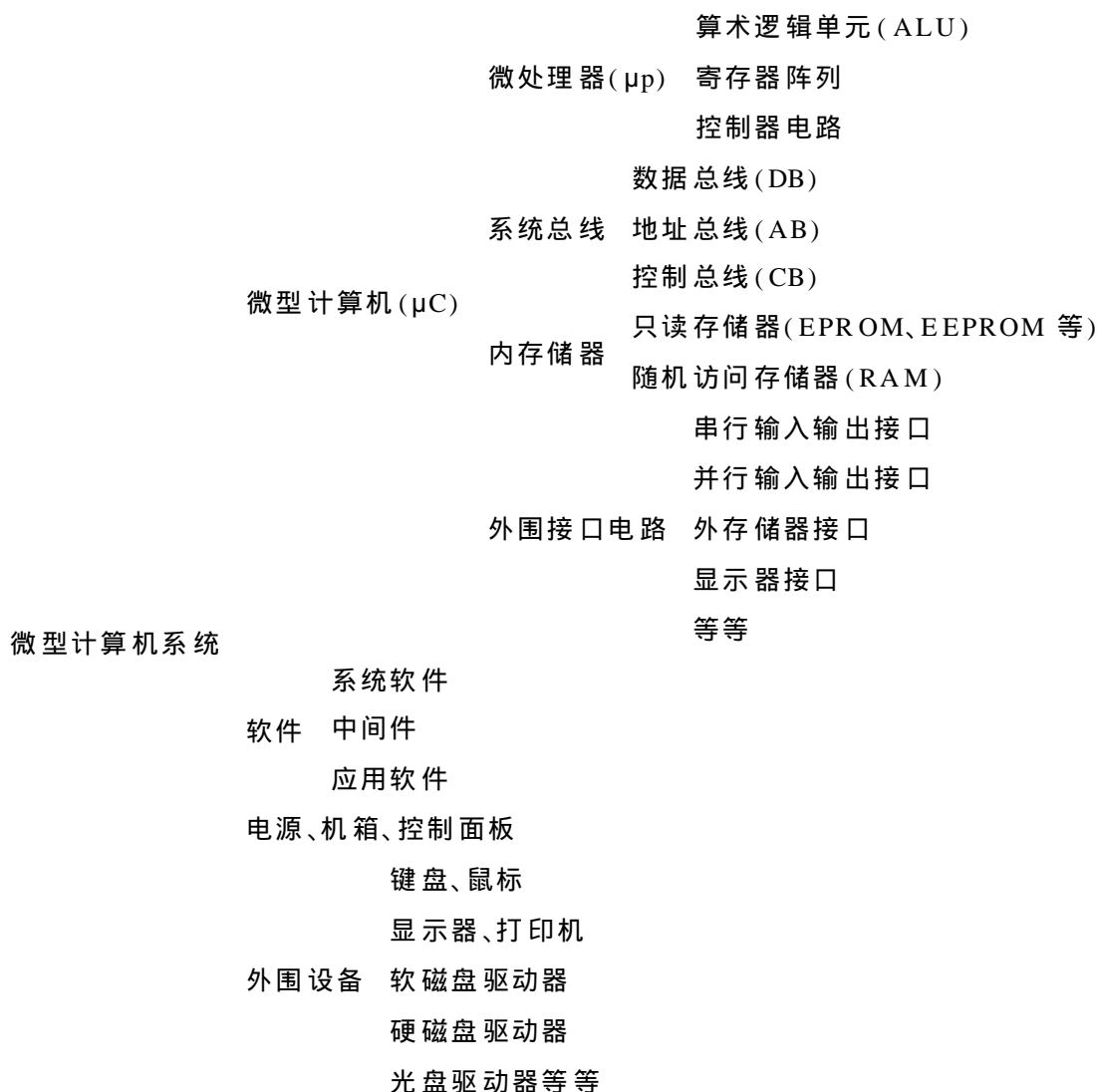


图 1.3 微处理器、微型计算机和微型计算机系统的关系

1.3 微处理器技术发展的概况

微处理器技术的发展是与微电子技术即大规模集成电路技术的发展分不开的。微电子技术以每 18 个月集成度提高一倍的速度迅速发展,为微处理器体系结构设计者提供了实现各种先进技术的舞台。以前只能在昂贵的大型计算机中采用的技术,今天在微处理器中几乎都采用了,微处理器及其外围支援器件的性能价格比已达到前所未有的水平。

微处理器是微型计算机系统的核心。微处理器技术的发展推动了整个微型计算机技术的进步,使微型计算机系统的应用领域越来越广泛。现在微型计算机在处理速度、处理信息的种类、通信功能等各个方面都已达到或超过传统概念的工作站或小型计算机。

Intel 公司是当今世界上最大的微处理器生产厂商。20 世纪 80 年代初,世界上最大的计算机制造商 IBM 公司选定了 Intel 公司制造的 16 位微处理器为核心设计制造出 IBM PC 微型计算机系统。由于当时 IBM 公司采用了公开其所有技术的开放政策,因此大大地推动了微型计算机技术及产业的发展,使 IBM PC 的组成与结构很快成为微型计算机的工业标准。

此后 Intel 公司用了近 5 年的时间(1985 年)推出了 80386 微处理器,完成了 16 位体系结构向 32 位体系结构的转变。80386 的研制成功是微处理器技术进步道路上的一个里程碑。在此之后,又经历了 4 年时间,80486 出现了。80486 的设计目标是提高指令执行速度和支持多处理器系统。80486 在芯片内部增加一个 8KB 的高速缓冲存储器(cache),还增加了相当于 80387 的浮点部件(FPU),在基本指令的实现上,采用硬布线逻辑而不是微程序技术。所有这些技术措施的采用,使得 80486 指令执行的效率大大提高,在相同主频下,其指令执行速度比 80386 快 2~3 倍。

1993 年 3 月, Intel 公司推出了第一代“奔腾”微处理器(Pentium),微处理器技术发展进入了一个新的阶段。到目前为止,“奔腾”已有四代产品,其研制开发速度之快是前所未有的。“奔腾”的设计思想是把如何提高微处理器内部指令执行的并行性作为主导。指令执行的并行性越好,微处理器的性能就越高。当然,半导体工艺技术的提高使微处理器芯片的集成度及工作频率大大的提高,也为微处理器性能的迅速提高打下了物质基础。

从微体系结构的角度看,最早推出的 Pentium 与接下来出现的 Pentium/ MMX (MMX,多媒体扩充技术)同属第一代“奔腾”微处理器产品,简称 P5。从 P5 开始,为了提高微处理器内部操作的并行性,首先把片内的一级高速缓冲存储器(L₁ cache)分为专门存放指令代码的 I cache 与专门存放操作数的 D cache 两部分,这就可使处理器取指令操作与访问数据的操作重叠进行。另外,在集成度允许的情况下,片内实现了多重功能部件,如两条整数操作执行流水线,这就是采用了超标量(superscalar)技术。为了使分支指令的执行不致影响流水线的连续运行,P5 微处理器中还实现了分支预测功能。这些技术的采用提高了微处理器内部指令执行的并行性,其总体性能得到明显地提高。

1995 年 2 月, Intel 公司推出了第二代的“奔腾”微处理器产品 Pentium Pro, 简称 P6, 中文名叫“高能奔腾”。P6 在保留并加强 P5 中所采用的提高片内操作并行性措施的基础上,又采用了两项重要的技术,以提高内部操作的并行性与各功能部件的工作效率。首先 P6 在处理器模块内部实现了第二级高速缓冲存储器(L₂ cache)。由于 L₂ cache 与微处理器核心的距离非常近,它们之间的数据交换频宽可做到等于或接近核心内部的工作频宽,这对处理器内部操作速度的提高是一个有力的支持。而在基于 P5 的系统中,L₂ cache 被设置在主机板上,与处理器核心的距离很远,其数据交换的频宽就会大打折扣。另外,P6 采用的第二项创新技术是“无序执行”技术(out of order execution)。这项技术是在 P6 内部通过硬件电路将处理器预取到的 30 条指令进行分析,打破原来指令流的顺序,将那些已形成操作数的指令先行派送到流水线中去执行,尽量保证流水线高效不停顿

地运行,使处理器内部保持一个很高的指令执行并行度。P6 的微体系结构使 Intel 公司微处理器性能及技术水平又进入了一个新的发展阶段。

1997 年 5 月 Intel 公司推出了命名为 Pentium II 的微处理器产品。Pentium II 可以说是具有 MMX 技术的 P6 微处理器, Intel 微处理器的体系结构从 P5 的内核全面转向 P6 的内核, Pentium II 的推出使英特尔微处理器产品正式进入第二代“奔腾”产品系列。

1999 年 3 月 Intel 公司正式发布了它的第三代“奔腾”微处理器产品,命名为 Pentium III。Pentium III 仍然采用 Pentium Pro 即 P6 的动态执行微体系结构,具有 Intel 的 MMX 功能,提供了称为“数据流单指令多数据扩展”(SSE)的 70 条新指令支持先进的成像、三维图形、数据流音频与视频以及语音识别数据处理的要求。Pentium III 内部工作频率最高可达 1 133MHz,对外前沿总线主频为 100MHz 或 133MHz。

Intel 奔腾微处理器经历了 P5 至 P6 微体系结构的历程。自从 1995 年推出 P6 微体系结构后 Intel 在新结构的开发与推广上一直十分谨慎。2000 年 11 月 21 日, Intel 向全球正式宣布推出 Pentium 4 微处理器。Pentium 4 属于第四代奔腾微处理器,其微体系结构完全不同于 Pentium、Pentium II 和 Pentium III,是新一代的微处理器。Pentium 4 微处理器采用了称之为 NetBurst 的全新 Intel32 位微体系结构(IA-32)。该结构特别增强了互联网应用、图像处理、视频数据流处理、语音处理、三维图形处理等方面对性能要求的支持。其内部微体系结构有以下主要特点。Pentium 4 采用了超长流水线技术,流水线共有 20 级便于大幅度提高片内工作主频,它的起始频率为 1.4GHz。Pentium 4 采用了更为先进的动态执行技术,无序执行部件在 P6 内核的基础上进行了扩展,提高了分支预测的准确性。Pentium 4 处理器有两个双倍速度的 ALU 部件,它可在每个时钟周期的上升边与下降边之间执行指令,从而实现了在一个时钟周期内完成 4 个整数运算,加快了整数指令的执行速度。Pentium 4 有一个相当于 400MHz 的系统前端总线(FSB),可实现 3.2GB/s 的传输宽带。Pentium 4 把原来微体系结构中一级指令高速缓存变成功能更加强大的“执行跟踪缓存”(execution trace cache),利用它可以从指令执行主回路中消除指令译码的延迟。Pentium 4 还采用了新的 SSE2 指令集,在原有的 SSE 指令集的基础上新增加了 76 组 SSE2 指令,增强处理器在互联网应用、3D 图形处理及多媒体处理等方面的性能。

回顾了 Intel 微处理器技术发展的概况,从最早的 8086 到目前的 Pentium 4,虽然微体系结构变化非常大,但这一系列微处理器一直保持着指令系统的向上兼容性。这样做的目的是为了保护软件开发方面的投资。现在人们习惯把这个一直保持着兼容性的指令系统称为 x86 指令系统。

20 世纪 80 年代以前,计算机的结构设计者为了解决当时出现的“软件危机”,不断地增加处理器指令系统的复杂性,使机器指令更加接近高级语言的语句。这样做的目的是使软件开发变得较为容易。但是这样做的结果是指令系统越来越大、寻址方式越来越多、指令的硬件实现也越来越复杂。后来人们把指令系统具有这种特点的计算机叫作复杂指令系统计算机(CISC),DEC 公司的 VAX 系列机器是典型的 CISC 结构。x86 指令系统产生于 70 年代末,它的设计思想也属于 CISC 技术范畴。

通过对大量统计资料的研究,人们发现:一个指令系统中大约 20% 的指令在程序中