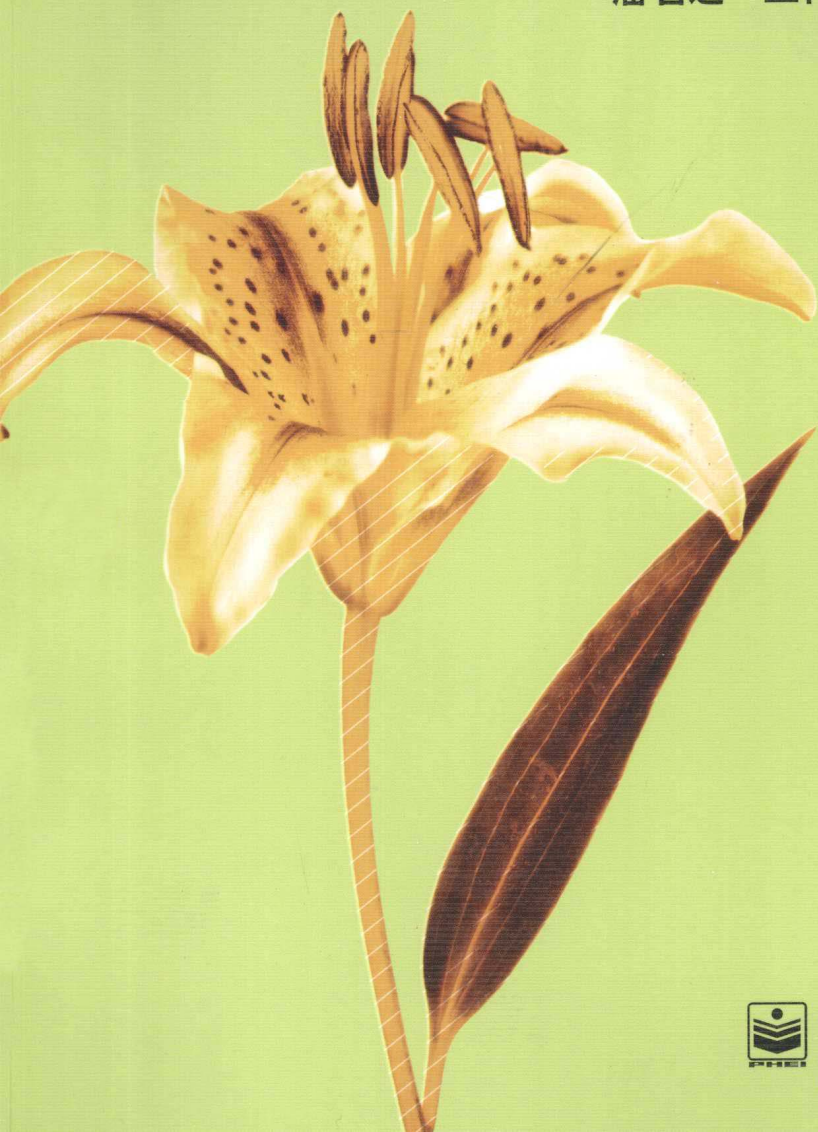




微计算机原理及应用

(第3版)

潘名莲 王传丹 庞晓凤 编著



卓越工程师培养计划『十二五』规划教材

Engineering Innovation



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

卓越工程师培养计划“十二五”规划教材

微计算机原理及应用

(第3版)

潘名莲 王传丹 庞晓凤 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共 8 章,以得到最广泛应用的 IA-32 位结构微处理器家族产品 80x86/Pentium 和 PC 系列微计算机为背景,系统阐述了微处理器的基本工作原理、体系结构、指令系统、汇编语言程序设计以及主存储器、输入/输出接口芯片围绕 CPU 构建微计算机/微处理器系统的基本组成原理、应用技术和方法。

本书系统性强,既有基本原理的阐述,又配有相应的应用实例。书中的程序都经上机通过,硬件连接实例都取于成功的系统。

本书可作为高等院校理工科非计算机专业相关课程的教材,也可供从事微处理器和微机应用的研究生及科技人员学习和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微计算机原理及应用 / 潘名莲, 王传丹, 庞晓凤编著. —3 版. —北京:电子工业出版社,2013.4
卓越工程师培养计划“十二五”规划教材
ISBN 978-7-121-17111-6

I. ①微… II. ①潘… ②王… ③庞… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 101790 号

策划编辑:章海涛

责任编辑:章海涛 特约编辑:曹剑锋

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:23 字数:625 千字

印 次:2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

第3版前言

又过了10年。《微计算机原理(第2版)》到现在已经用10年了,历经15次印刷,受到各高校、各位老师、同学们和广大科技工作者的厚爱,我们深感欣慰。

回想20世纪80年代中期,8086 16位微处理器和IBM PC/XT微机还不为大多数人认知,作为本书从第1版、第2版到现在的第3版的主编,幸运地从科研得到了一台IBM PC/AT微机,并从此走上了为电子科大硕士、博士研究生开设的“16位微计算机”课程的讲台。在取得教学、科研经验的基础上,我们撰写了《微计算机原理》(16位)的教材,并投向了当年由电子工业工科电子类专业(无线电技术与信息系统)编委会(仪器与测量)编审组在全国重点高校的征稿。也就是这本书,它荣获了唯一的中标人资格,并推荐给电子工业出版社出版,作为全国高校工科电子类的规划教材。受教的多少学生,当他们走上工作岗位后回校对老师说的一句话:“是《16位微计算机》引我上手工作打开局面”。他们在熟懂微计算机原理的基础上,展翅高飞,已飞得很高、很远。十年、二十年母校再聚首,总也忘不了老师的Microprocessor和Microcomputer的恩惠。多少学生、读者如今已是各行各业的骨干、带头人。他们硕果累累,青出于蓝,更胜于蓝。

21世纪,人类社会在微电子技术、通信技术、计算机技术和软件技术的支撑下,微处理器和微计算机的发展已从当年的16位到32位到64位。以Intel公司为代表的生产厂商从80x86/Pentium家族产品进入到多核处理器时代。微处理器的另一分支则向着片上系统的嵌入式形态发展,构成了信息社会从巨型机到超小型机应用的后PC时代。微处理器和微计算机技术飞跃发展,产品不断升级换代的过程中,计算机的组成原理、体系结构、基本工作原理并没有改变。我们看到的只是组成芯片的集成度变高了,一个芯片中包含的基本组成部件增多了,即后代硬件产品结构覆盖着前代,而用前代产品指令系统开发的软件可以在后代产品上运行。以此为出发点,本书第3版仍保持第2版的主干内容不变,特色不变,进行了添新、删陈、合并、重组,与时俱进地引入现代微处理器和微计算机发展的新内容,并增加实践和应用实例。

具体修编体现如下:

① 保持全书8章的建制不变,将原来的第7章中断系统合并入第6章输入/输出技术中,并把其中的功能扩展及总线标准重组到新的第8章微计算机扩展与应用,增加了在多学科中的应用实例。附录中增加了汇编语言程序上机调试过程,以便学习者即使不进实验室,也完全可以用自机自实验,实现学以致用目的。显然,这也很有助于教育部启动的“卓越工程师教育培养计划”的院校选用。

② 在第2版写到微处理器和微计算机发展到2003年的基础上,第3版增加以后近10年的新发展内容,如64位CPU、多核微计算机和嵌入式片上系统以及多媒体应用方面的基础和发展,相应增加了C/C++与汇编语言的混合编程(其实例一样是经上机通过的),加强了A/D和D/A的应用,AGP总线等内容。

③ 删去了较陈旧、烦琐或在其他基础课中学过的内容,精简了原第4章中的一些伪指令和一些实用程序设计实例,并把声音和动画程序并到相应地方作应用实例。

④ 将DOS功能调用和BIOS功能调用从位于原来的中断指令部分重组到第4章中,以利于编程应用。

本书作为理工科电类各专业的专业基础课教材,参考学时为60~80,实验安排可用16学

时,各校可根据实际情况伸缩。

本书由电子科技大学计算机科学与工程学院教授、博导刘乃琦担任主审,他仔细审核了编写大纲,提出了宝贵意见,对编写过程给予关心;由电子科技大学副校长马争教授(前两版的编著者之一)担任顾问;得到了高等学校电子信息类教材编委会的黄书万教授的鼓励与指导;得到了四川大学计算机学院李志蜀教授、西南交通大学计算机与信息工程学院诸昌铃教授、电子科技大学自动化工程学院古天祥教授和陈光祚教授的关心和指导,古天祥教授还为第8章编写了微机在测控系统中应用的实例;得到了电子科技大学计算机科学与工程学院罗克露教授的关心,送来了《计算机组成原理》的精品教材;在读硕士生、博士生梁恒菁、校友屈升为本书查找了资料,谨向他们表示诚挚的诚意。

本书由潘名莲、王传丹和庞晓凤编著,潘名莲任主编。第1、3章由潘名莲编写,第2、4、5章由庞晓凤编写,第6、7章和新编第8章由王传丹编写。由于我们水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指出。

本书为读者提供配套的教学资料包(含电子课件、编程实例等),有需要者,请登录到<http://www.hxedu.com.cn>,注册后进行下载。读者反馈:unicode@phei.com.cn。

作者
于电子科技大学

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 计算机的基本结构和工作原理	(1)
1.1.1 计算机的基本结构	(1)
1.1.2 计算机的工作原理	(2)
1.2 微处理器、微计算机、微处理器系统、 片上系统	(2)
1.2.1 微处理器 MPU	(2)
1.2.2 微计算机 MC	(3)
1.2.3 微处理器系统 MPS	(3)
1.2.4 片上系统 SoC	(4)
1.3 微处理器的产生、发展及多核处理器 ..	(4)
1.4 IA-32 结构微处理器	(6)
1.5 微计算机系统的组成	(7)
1.5.1 硬件系统	(8)
1.5.2 软件系统	(8)
1.5.3 微计算机系统结构的特殊性	(10)
1.6 微计算机基本工作原理	(11)
1.6.1 系统连接	(11)
1.6.2 微处理器的内部结构	(12)
1.6.3 存储器的内部结构	(14)
1.6.4 简单程序的编制和执行过程	(16)
1.7 IA-32 结构的数据类型	(19)
1.7.1 计算机中的数据	(19)
1.7.2 常用的名词术语	(19)
1.7.3 数值型数据的表示法	(20)
1.7.4 非数值型数据的表示法	(21)
1.7.5 基本数据类型	(22)
1.8 现代微计算机印象	(23)
1.8.1 Pentium 微计算机	(23)
1.8.2 多核处理器微计算机	(27)
1.9 用汇编语言程序 C/C++ 开通 自行设计的微处理器系统	(28)
习题 1	(29)

第2章 IA-32 结构微处理器及其体系结构

.....	(30)
2.1 微处理器的主要性能指标	(30)
2.2 8086 微处理器	(33)
2.2.1 8086 的内部结构	(33)
2.2.2 8086 的寄存器结构	(35)
2.2.3 8086 的引脚特性	(37)

2.2.4 8086 的时钟和总线周期概念	(39)
2.2.5 8086 的工作模式	(41)
2.2.6 8086 的总线操作时序	(47)
2.2.7 存储器组织	(50)
2.2.8 8086 I/O 端口组织	(55)
2.3 80286 微处理器	(56)
2.3.1 80286 的主要性能	(56)
2.3.2 80286 的内部结构	(56)
2.3.3 80286 的寄存器结构	(57)
2.3.4 80286 的系统结构	(57)
2.4 80386 微处理器	(58)
2.4.1 80386 的主要性能	(58)
2.4.2 80386 的内部结构	(59)
2.4.3 80386 的寄存器结构	(59)
2.4.4 80386 的数据处理	(62)
2.5 80486 微处理器	(62)
2.6 Pentium 系列微处理器	(62)
2.7 80x86/Pentium 系列微处理器工作 模式	(64)
2.8 64 位微处理器与多核微处理器	(66)
2.8.1 64 位微处理器	(66)
2.8.2 多核微处理器	(67)
习题 2	(68)

第3章 80x86 Pentium 指令系统

3.1 指令的基本格式	(70)
3.2 寻址方式	(71)
3.3 指令执行时间	(76)
3.4 8086 指令系统	(78)
3.4.1 数据传送(Data Transfer) 类指令	(78)
3.4.2 算术运算(Arithmetic) 类指令	(84)
3.4.3 逻辑运算与移位(Logic and Shift)类指令	(94)
3.4.4 串操作(String Manipulation) 类指令	(97)
3.4.5 控制转移(Control Jump) 类指令	(101)
3.4.6 处理器控制(Processor Control)类指令	(108)
3.5 中断类指令	(109)
3.6 80286 扩充的指令	(111)

3.6.1 对 8086 某些指令功能的 扩充	(111)	第 5 章 主存储器	(176)
3.6.2 通用扩充指令	(111)	5.1 半导体存储器	(176)
3.6.3 保护模式下的新增指令	(112)	5.1.1 半导体存储器的分类	(176)
3.7 80386 扩充的指令	(113)	5.1.2 半导体存储器的性能指标	(176)
3.7.1 对 80286 工作范围扩大的 指令和功能	(113)	5.1.3 半导体存储器的特点	(177)
3.7.2 实地址模式下的扩充指令	(114)	5.2 随机存取存储器 RAM	(178)
3.7.3 保护模式下的特权指令	(116)	5.2.1 静态存储器 SRAM	(178)
3.8 80486 扩充的指令	(117)	5.2.2 动态存储器 DRAM	(180)
3.8.1 新增指令	(117)	5.3 只读存储器 ROM	(182)
3.8.2 管理 Cache 的有关指令	(117)	5.3.1 掩模 ROM	(182)
3.9 Pentium 系列 CPU 扩充的指令	(117)	5.3.2 一次性编程 ROM	(182)
习题 3	(120)	5.3.3 可擦除可编程 EPROM	(182)
第 4 章 汇编语言程序设计	(125)	5.3.4 电擦除可编程 EEPROM	(184)
4.1 汇编语言和汇编程序	(125)	5.3.5 快擦写存储器 Flash	(185)
4.2 MASM 宏汇编语言程序的规范	(126)	5.4 现代微计算机系统主存的扩充与 内存条	(185)
4.2.1 一个简单的汇编语言程序	(126)	5.5 主存储器系统设计	(187)
4.2.2 分段结构	(126)	5.5.1 主存储器芯片的选择	(187)
4.2.3 语句的构成与规范	(127)	5.5.2 计算机系统中存储器的 地址分配	(188)
4.3 汇编语言伪指令	(131)	5.5.3 存储器芯片与 CPU 的连接	(189)
4.3.1 常用伪指令	(131)	5.5.4 存储器芯片的地址译码及应用	(189)
4.3.2 结构型伪指令	(135)	5.6 现代微机系统的内存结构	(195)
4.3.3 与宏有关的伪指令	(140)	5.6.1 分级存储结构	(195)
4.4 系统调用功能	(142)	5.6.2 高速缓存 cache	(196)
4.4.1 DOS 功能调用	(142)	5.6.3 虚拟存储器与段页结构	(197)
4.4.2 BIOS 功能调用	(145)	习题 5	(199)
4.5 汇编语言程序设计方法	(147)	第 6 章 输入/输出和中断技术	(200)
4.6 汇编语言程序的基本结构及基本 程序设计	(149)	6.1 微机与外设之间的输入/输出接口	(200)
4.6.1 程序的基本结构	(149)	6.1.1 接口电路中的信息	(200)
4.6.2 顺序结构与简单程序设计	(149)	6.1.2 接口电路的组成	(201)
4.6.3 条件结构与分支程序设计	(151)	6.1.3 I/O 端口的编址方式	(201)
4.6.4 循环结构与循环程序设计	(154)	6.1.4 80x86/Pentium 系列微机 I/O 端口地址分配与地址译码	(202)
4.6.5 子程序设计	(160)	6.2 输入/输出的控制方式	(204)
4.7 汇编语言与 C/C++ 的混合编程	(167)	6.2.1 程序控制方式	(204)
4.7.1 C/C++ 嵌入汇编语言的方式	(168)	6.2.2 中断控制方式	(209)
4.7.2 模块连接方式	(169)	6.2.3 直接存储器存取(DMA) 控制方式	(209)
习题 4	(173)	6.3 DMA 控制器 8237A 及应用	(210)
		6.3.1 8237A 的内部结构及与 外部的连接	(210)
		6.3.2 8237A 的引脚特性	(211)
		6.3.3 8237A 的内部寄存器	(213)

6.3.4	8237A 的初始化编程	(216)	7.4.3	8253 的引脚特性及其与 外部的连接	(275)
6.3.5	8237A 应用举例	(218)	7.4.4	8253 的控制字	(275)
6.4	中断系统	(221)	7.4.5	8253 的工作方式	(276)
6.4.1	中断控制方式的优点	(221)	7.4.6	8253 初始化编程	(281)
6.4.2	80x86/Pentium 的 中断机构	(222)	7.4.7	8253 应用举例	(283)
6.4.3	外部中断	(225)	7.4.8	8253、8255 的综合应用	(286)
6.4.4	中断的优先权管理	(226)	7.5	模拟量输入/输出接口	(291)
6.5	可编程中断控制器 8259A	(228)	7.5.1	A/D、D/A 接口简介	(291)
6.5.1	8259A 的引脚特性	(228)	7.5.2	DAC 及其接口技术	(292)
6.5.2	8259A 的内部结构及工作原理	(228)	7.5.3	ADC 及其接口技术	(295)
6.5.3	8259A 的工作方式	(230)	7.5.4	A/D 和 D/A 接口的综合应用	(298)
6.5.4	8259A 的级联	(232)	习题 7		(300)
6.5.5	8259A 的初始化命令字和 操作命令字	(233)	第 8 章 微计算机扩展与应用		(302)
6.5.6	8259A 应用举例	(237)	8.1	微计算机功能扩展及总线标准	(302)
6.6	80x86/Pentium 微计算机的中断系统	(239)	8.1.1	微计算机功能扩展	(302)
6.6.1	IBM PC/XT 微计算机的中断系统	(239)	8.1.2	总线标准	(302)
6.6.2	80386/80486/Pentium 微计算机的 中断系统	(240)	8.1.3	ISA 总线	(303)
6.6.3	80386/80486/Pentium 微机的 硬中断控制系统	(243)	8.1.4	PCI 总线	(305)
习题 6		(244)	8.1.5	USB	(308)
第 7 章 可编程接口应用		(246)	8.1.6	AGP 总线	(310)
7.1	可编程接口芯片	(246)	8.2	微计算机体系结构实例	(311)
7.2	并行 I/O 接口 8255A	(247)	8.2.1	IBM PC/XT 微型计算机	(311)
7.2.1	8255A 的基本性能	(247)	8.2.2	Pentium 系列微计算机	(313)
7.2.2	8255A 的内部结构	(247)	8.2.3	多核微计算机	(314)
7.2.3	8255A 的引脚特性及其与 外部的连接	(248)	8.3	微处理器在测控系统中的应用	(315)
7.2.4	8255A 的控制字	(249)	8.4	微机及微处理器在数控机床中的应用	(320)
7.2.5	8255A 的工作方式	(251)	8.5	微处理器及微机在计算机网络中的应用	(322)
7.2.6	8255A 应用举例	(257)	8.6	SoC 在手机中的应用	(324)
7.3	串行通信接口	(260)	习题 8		(325)
7.3.1	串行接口及串行通信协议	(260)	附录 A 8086/8088 指令系统一览表		(326)
7.3.2	串行通信的物理标准	(263)	附录 B MASM 伪指令一览表		(335)
7.3.3	可编程串行异步通信 接口 8250	(264)	附录 C 中断向量地址一览表		(338)
7.3.4	8250 的初始化编程	(267)	附录 D DOS 功能调用 (INT 21H)		(339)
7.3.5	8250 应用举例	(270)	附录 E BIOS 中断调用		(343)
7.4	可编程定时器/计数器 8253	(272)	附录 F IMB PC ASCII 码字符表		(346)
7.4.1	8253 的基本功能及用途	(273)	附录 G MASM 宏汇编程序出错信息		(347)
7.4.2	8253 的内部结构及工作原理	(273)	附录 H 调试程序 DEBUG 的主要命令		(353)
			附录 I 80x86/Pentium 汇编语言程序 上机调试过程		(356)
			参考文献		(358)

第 1 章 概 述

1946 年,电子数字计算机问世。它作为 20 世纪的先进技术成果之一,最初只作为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到超大规模和甚大规模集成电路。尤其在 20 世纪 70 年代初,在大规模集成电路技术发展的推动下,微计算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。计算机已经远不只是一种计算工具,与多媒体技术、通信网络结合,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计算机的基本概念、组成、特点和应用概貌,以期对微计算机和应用有一个概括的了解。

1.1 计算机的基本结构和工作原理

1.1.1 计算机的基本结构

第一台电子数字计算机虽然是作为一种计算工具出现的,然而经过几十年的发展,从构成器件上、性能的提升上和应用的发展上都出现了惊人的变化。但是,究其基本组成结构,万变不离其宗,都可归结于如图 1-1 所示的基本结构,即计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 部分组成。

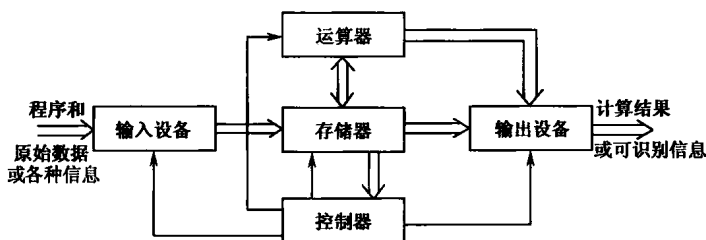


图 1-1 计算机的基本结构框图

① 运算器:计算机对各种数据进行运算,对各种信息进行加工、处理的部件,它是数据运算、加工和处理的中心。

② 存储器:计算机存放各种数据、信息和执行程序的部件,包括存放供运算、加工的原始数据,运算、加工的中间结果,运算加工的最终结果,以及指挥控制进行运算、加工的指令代码。存储器是存放数据的大仓库,又分为主存储器(又称内存)和辅助存储器(又称外存)。

③ 输入设备:给计算机输入各种原始信息,包括数据、文字、声音、图像和程序,并将它们转换成计算机能识别的二进制代码存入存储器中。因此,输入设备是信息接收并进行转换的装置。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、手写板及数码相机等。

④ 输出设备:将计算机中各种数据运算的结果,各种信息加工、处理的结果,以人们可识别的信息形式输出。因此,输出设备是信息输出并进行转换的装置。常用的输出设备有显示器、打印机等。

输入、输出设备是人机交互的设备,统称为外部设备,简称外设。

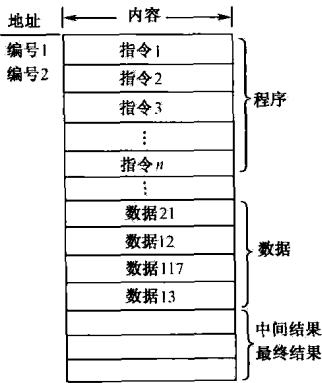
⑤ 控制器:计算机对以上各部件进行控制、指挥,以实现计算机运行过程自动化的部件。因

此,控制器是计算机发布操作命令的控制中心和指挥系统。当然,这种控制和指挥是要由人们事先进行设计的,即人们需要事先把解题和处理的步骤(Program)根据设计要求,按先后顺序排列起来,也就是编制成程序,由输入设备送入存储器中存放起来。经启动计算机运行程序后,便由控制器控制、指挥各组成部件,自动完成全部处理过程,直至得到预定的计算结果,并转换成可识别的信息。

1.1.2 计算机的工作原理

由图 1-1 可见,计算机中有两类信息在流动。一类是数据,用双线表示,包括原始数据、中间结果、最终结果及程序的指令信息;另一类是控制命令,用单线表示。数据和控制命令都是用“0”和“1”表示的二进制信息。

现在,以 $21 \times 12 - 117 \div 13$ 这一简单的算术运算为例,展示一下计算机的工作过程。



第一步:由输入设备将事先编制好的解题步骤(即程序)和原始数据(21,12,117 和 13)输入到存储器指定编号的地方(或称单元)存放起来,并在存储器中划出存放中间结果和最终结果的单元,如图 1-2 所示。

第二步:启动计算机,从第一条指令开始执行程序。计算机便在程序的控制下自动完成解题的全过程,包括:

(1)把第 1 个数据 21 从存储器中取到运算器(取数操作)。

(2)把第 2 个数据 12 从存储器中取到运算器,进行 21×12 运算,并得到中间结果 252(乘法运算)。

(3)将运算器中的中间结果 252 送到存储器中暂时存放(存数操作)。

(4)把第 3 个数据 117 从存储器中取到运算器(取数操作)。

(5)把第 4 个数据 13 从存储器中取到运算器,并进行 $117 \div 13$ 的运算,运算器中得到中间结果 9(除法运算)。

(6)将运算器中的中间结果 9 送到存储器中暂时存放(存数操作)。

(7)将暂存的两个中间结果先后取入运算器,进行 $252 - 9$ 的运算,得到最终结果 243,并存入存储器中保存。

第三步:将最终结果 243 直接由运算器(或存储器)经输出设备输出,如打印出来。

第四步:停机。

以上就是迄今为止,电子计算机共同遵循的计算机结构原理和程序存储及程序控制的计算机工作原理。这种原理是 1945 年由冯·诺依曼(John Von Neumann)提出的,故又称为冯·诺依曼型计算机原理。

图 1-1 的五大基本组成部分是计算机的实体,统称为计算机的硬件(Hardware)。包括解题步骤在内的各式各样的程序称为计算机的软件(Software)。硬件中的运算器、控制器和存储器称为计算机系统的主机,其中运算器和控制器是计算机结构中的核心部分,又称为中央处理器 CPU(Central Processing Unit)。

1.2 微处理器、微计算机、微处理器系统、片上系统

1.2.1 微处理器 MPU

微处理器就是把原来体积庞大的中央处理器 CPU 的复杂电路,包括运算器和控制器做在一片大规模集成电路的半导体芯片上。我们把这种微缩的 CPU 大规模集成电路 LSI(Large

Scale Integration)称为微处理器(Microprocessor),简称 MP,或 μp ,或 CPU。其职能是执行算术、逻辑运算和控制整个计算机自动地、协调地完成操作。通常,这种微缩的 CPU 的芯片尺寸只有十几至几十平方毫米。MP 是计算机发展的第四代产品。

1.2.2 微计算机 MC

仅是一块 MP 芯片不可能具有一台完整的计算机的功能,它只是计算机中核心的运算器和控制器,必须搭配其他芯片,如随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、输入和输出接口电路 I/O(Input/Output),以及其他辅助电路,如时钟发生器、各类译码器、缓冲器等。这些芯片通过一定的联系方式,围绕 CPU 才能构成一台微计算机。因此,所谓微计算机,就是以微处理器为核心,配上大规模集成电路的随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入/输出接口 I/O 及相应的辅助电路而构成的微型化的计算机主机装置,简称 MC 或 μC 。这些大规模集成电路芯片被组装在一块印制板(PCB)上,即微计算机主板(或母板)。

有的生产厂家把 CPU、存储器和输入/输出接口电路集成制作在单块芯片上,使其具有完整的计算机功能,我们称这种大规模集成电路芯片为单片微型计算机或单片机。

在微计算机主机上配上各种外设和各种软件,就构成微计算机系统,也简称微机系统。

1.2.3 微处理器系统 MPS

微计算机有它独自的特点,不再像小型机和大型机那样,完全由计算机生产厂家设计组装成通用计算机系统,提供给用户使用。微计算机由大规模集成电路芯片构成,因此用户完全可以根据自己的用途,选购某种微处理器为核心,并选购相应数量的与之相配的系列大规模集成电路,自行设计、装配成满足需求的特殊微计算机装置;用户也可以在选购生产厂家生产的微机主板后,再根据其提供的扩展总线槽,自行设计需要的部分,以构成某种专门用途的系统。我们称这种以微处理器为核心构成的专用系统为微处理器系统(Micro-Processing System),简称 MPS 或 μPS 。微处理器系统和外部世界的联系更广泛,在组成结构的规模上更具灵活性。典型的 MPS 的结构如图 1-3 所示。

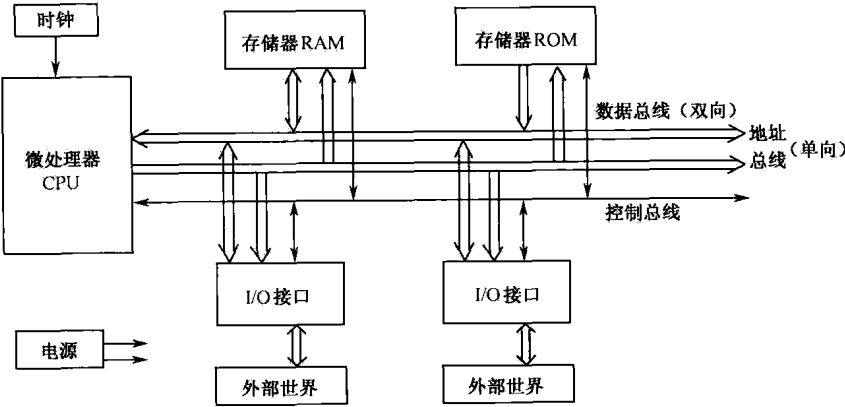


图 1-3 典型的微处理器系统框图

这里,必须提及一下,微计算机系统和微处理器系统在人们使用的概念上有其共同之处,都是以 CPU 为核心组建的。但是,在提到微计算机系统时,人们常常会以其通用性,而自然与它的配置齐全联系起来,这是一种市场购置和它独立存在使用的概念。而微处理器系统则是以其专用性和具备功能的“量体裁衣”概念相联系的,是行业专用、自行设计的嵌入式概念,是各行业

实现数字化、智能化的核心。例如,各种家用电器的控制系统,各种智能仪器的控制系统,测控系统、通信设备、程控交换设备中的智能管理、功能控制系统,机电一体化设备中的数控系统等,这些都是些微处理器系统。显然,在现今信息化、自动化时代,MPS是一种应用更广泛也是一种更广义的称呼。要把配置齐全的微计算机系统称为通用的微处理器系统,自然也不为过。

1.2.4 片上系统 SoC

前面所述的微计算机和微处理器系统都是将系统组成的各芯片焊接在印制板(PCB)上,通过板上印制连线将它们连接起来。但是,当系统要求速度增加,功耗降低,体积小,这种印制连线的延时、噪声、体积将不能满足系统性能的要求。在这种需求的牵引和当今半导体集成度提高的推动下,就出现了系统级芯片 SoC(System on Chip,片上系统)。

所谓片上系统 SoC,就是将一个具有专门系统功能的组成部件嵌入集成在一块芯片上,包括 CPU、存储器、需要的 I/O 接口,适应特殊需要的(如数字信号处理器 DSP、数/模混合电路等)硬件部件,加上系统软件、用户软件等软核部件,构成更微小型的微处理器系统。这种片上系统又称为嵌入式系统,通常是为客户定制的 CSIC(Customer Specific Integrated Circuit),或是面向特定用途的标准产品 ASSP(Application Specific Standard Product),适用于嵌入到应用对象系统中,构成更大规模的系统。SoC 的特点是速度快,集成度高,功耗低、体积小、专用性强,软、硬部件均可“量体裁衣”,使系统成本降低,加快了嵌入的宿主系统更新换代的速度。这些优点正好适应了各类通信产品、移动电话、掌上电脑、消费类电子产品的数字音频播放器、数字机顶盒、游戏机、数码相机、商用 POS/ATM 机、汽车电子及工业控制机的要求,从而获得了广泛的应用。

1.3 微处理器的产生、发展及多核处理器

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,美国旧金山南部的森特克拉郡(硅谷)的 Intel 公司首先制成 4004 微处理器,并用它组成 MCS-4(Microcomputer System-4)微计算机。自此,微处理器和微计算机就以其异乎寻常的速度发展着,每隔 2 年~4 年就换代一次。这种换代通常是以 CPU 的字长位数及功能来划分的。

第一代(1971—1973 年),4 位和低档 8 位微处理器时代。代表产品是 Intel 的 4004(集成度:1200 个晶体管/片)和由它组成的 MCS-4 微计算机及随后的 Intel 8008(集成度:2000 个晶体管/片)和由它组成的 MCS-8 微计算机。其特点是采用 PMOS 工艺,速度较慢,基本指令执行时间为 10~20 μ s,引脚采用 16 条、24 条,指令系统简单,运算功能较差,但价格低廉,主要用于家用电器、计算器和进行简单的控制等。

第二代(1973—1978 年),8 位微处理器时代。其集成度提高了 1~2 倍,代表产品有 Intel 公司的 8080(集成度:4900 个晶体管/片)、Motorola 公司的 MC6800(集成度:6800 个晶体管/片)和 Zilog 公司的 Z80(集成度:10000 个晶体管/片)。其特点是采用 NMOS 工艺,用 40 条引脚的双列直插式封装,运算速度提高一个数量级,基本指令执行时间为 1~2 μ 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 年),16 位微处理器时代。1978 年,Intel 公司推出 Intel8086(集成度:29000 个晶体管/片),相继 Zilog 公司推出 Z-8000(集成度:17500 个晶体管/片),Motorola 公司推出 MC68000(集成度:68000 个晶体管/片)。其特点是均采用高性能的 HMOS 工艺,各方面性能指标比第二代又提高一个数量级。Intel8086 的基本指令执行时间约为 0.5 μ s,指令执行速度为 2.5MIPS(MIPS 为每秒百万条指令)。1982 年,Intel 公司推出高性能的 16 位 CPU 80286,

采用 68 条引脚的无引线的方形封装。指令执行速度提高到 4MIPS。Intel 80286 设计了两种工作方式——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 公司的产品组建个人计算机(Personal computer,PC)IBM PC/XT 和 IBM PC/AT 机,并成为世界销量最大的 PC 机型。

第四代(1985—1992 年),32 位微处理器时代。1985 年,Intel 公司推出 Intel 80386,采用 CHMOS 工艺和 132 条引脚的针筒阵列封装(集成度达到 27.5 万个晶体管/片),指令执行速度提高到 10MIPS。其工作方式除 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,运行速度比 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 80486,其集成度达 100 万个晶体管/片。与 80386 显著不同的是,80486 将多种不同功能的芯片电路集成到一个芯片上。在 80486 芯片上,除有 80386 CPU 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,时钟为 33MHz 时,达 19MIPS。

第五代(1993—2005 年),奔腾(Pentium)产品时代。1993 年,Intel 公司推出 Pentium 微处理器(也称为 Intel 80586,或 P5)。该微处理器集成度为 310 万个晶体管/片,在时钟频率为 60MHz 下,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。

Pentium 微处理器的面市称得上是微机发展史上的里程碑。Pentium 微处理器不仅是对前代产品 80486 的改进,而且从设计思想上把提高微处理器内部指令的并行性和高效率作为指导,它把芯片上的 Cache 加倍为 16KB(这里 $K=1024$),并分为两个,一个 8KB 作为指令缓冲存储器(L1),另一个 8KB 作为数据缓冲存储器(L2);数据总线宽度由 32 位增加到 64 位;采用双整数处理器技术,允许每个时钟周期同时执行两条指令。这种有两个独立的整数处理器技术又称为超标量(Superscalar)技术。为了摆脱 80486 时代处理器名称的混乱,Intel 公司把新一代的产品命名为 Pentium(奔腾)。另一个 CPU 制造商 AMD 公司把自己的这代产品命名为 K5,Cyrix 公司则命名为 6x86。以后,Intel 公司不断对产品进行更新,相继发布了 Pentium Pro、Pentium MMX、Pentium II、Pentium III 和 Pentium 4。AMD 公司也相继发布了 K6、K7 产品。目前,Intel 公司和 AMD 公司是这代 CPU 的两个最大的制造商。

1995 年,Intel 公司推出 Pentium Pro(高能奔腾),又称为 P6,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,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 MMX(MultiMedia eXtension)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。

1997 年,Intel 公司推出 Pentium II(P II)微处理器。实际上,这是 Pentium Pro 级的 MMX 处理器,芯片集成度达到 750 万个晶体管/片,时钟频率高达 450MHz。第一级(L1)数据和指令 Cache 每个扩展为 16KB,支持片外的第二级(L2)Cache,其容量为 256KB、512KB 和 1MB。Intel Celeron 提供集成第二级 Cache 为 128KB,是 Pentium II 的简化版本,以降低 CPU 的成本。P II

微处理器封装不再采用 Pentium 和 Pentium Pro 所用的陶瓷封装,而采用新的封装结构——单边接触 SEC(Single Edge Contact)插件盒和一块带金属外壳的印制板电路,PⅡ CPU 和 L2 Cache 都集成(捆绑)安装在这块印制板上。

1999 年,Intel 公司推出 PentiumⅢ(PⅢ)微处理器,芯片集成度为 950 万个晶体管/片,最初推出时的时钟频率为 450MHz 和 500MHz。PⅢ将 PⅡ的片外第二级(L2)Cache 集成进片内。PⅢ的最大特点是增加了 70 条单指令多数据流扩展 SSE(Streaming SIMD eXtension)指令集。

2000 年 11 月,Intel 公司推出 Pentium4 微处理器(时钟频率为 1.5GHz,工艺尺寸为 0.18 μm),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,增加了功能更强大的执行跟踪缓存(Execution Trace Cache)。在 SSE 指令基础上新增了 76 组 SSE2 指令,更加满足网络、图像图形处理、视频和音频流编解码等多媒体的应用。Pentium4 使用 Socket423 或 Socket478 插座。由于其集成度和时钟频率增高带来的发热量增加,除了封装采用金属外壳外,安装时还要加带散热片的微型风扇。2002 年 11 月,Intel 公司公布了更新的 Pentium 4 微处理器,其时钟频率已达 3.06GHz(工艺尺寸为 0.13 μm)。

2004 至 2005 年,Intel 与 AMD 为争夺微处理器市场,不断推出新的产品,基于 NetBurst 的 Pentium4 处理器家族也逐渐庞大起来,出现了支持超线程技术和 SSE3 的新 Pentium4 微处理器。这时期,微处理器的最高集成度可达十几亿个晶体管/片。

目前,市场上可实现 64 位计算的 CPU 主要来自 Intel 和 AMD 公司。Intel IA64,基于安腾 2 处理器,不兼容 32 位应用。Intel EM64T 基于 XeonDP Nocona 和 MP 处理器,兼容 32 位应用,是 Intel-32 结构的扩展,因而可在兼容 IA-32 软件情况下,允许软件利用更多的内存地址空间,并且允许软件进行 32 位线性地址写入。AMD64,基于 Opteron 处理器,兼容 32 位应用。

当代(2006 年至今)片上多核处理器时代,随着半导体制造工艺不断进步,集成度的提高,单纯靠采用提高时钟频率来提高微处理器性能的办法也带来了因功耗提高而难以解决的散热问题。在这种背景下,各主流处理器厂商纷纷将产品战略从提高芯片时钟频率的研究和开发转向多线程、多内核(core)等技术的研究和开发上。

2006 年,Intel 推出了基于新的 Core 微结构的 Core 2 Duo 处理器酷睿 2。这种采用低功耗的双核设计技术,不仅提高了性能,而且由于采用较低运行频率,降低了功耗需求,也提高了微处理的能效。这推动了片上多核处理器的研究热潮,而进入了片上多核处理器 CMP(Chip Multi-Processors)的时代。

所谓 CMP,就是在一个芯片上做出多个(如 2、4 个或更多)结构相对简单的处理器内核。这些内核既可采用简单流水线结构,又可使用中等复杂的超标量处理器,多个内核并行执行多线程任务,从而有效地扩展了处理器的性能。

2008 年,Intel 公司推出一款代号为“Nehalem”的全新微体系结构,这是 Intel 的 8 个内核处理器的全新芯片设计代号。2010 年,Intel 公司公布了超多核商用芯片产品“Knights Corner”,它可以将 50 个以上处理器核集成到一块芯片上。

当代的多核处理器已成微处理器发展的必然趋势,无论是在移动式、嵌入式、桌面式微机和服务器的应用中都将采用,其未来前景将十分广阔。

1.4 IA-32 结构微处理器

从微处理器的发展历程看出: Intel 芯片在竞争中得到发展,并形成了包括 16 位微处理器 8086,8088,80286 和 32 位微处理器 80386,80486 及 Pentium 系列产品以及 64 位 CPU 和多核处理器在内的 IA(Intel Architecture)-32 结构。这一结构的微处理器得到广泛应用的两个关键因素:一

是后一代产品性能大大高于前一代产品,其数据寄存器的宽度呈 2 的倍数增加,后代结构覆盖了前代;二是指令系统向下兼容,后代产品只是根据性能的提升扩充了原有的指令组,因此,IA-32 结构的指令系统可统称为 80x86 指令系统。IA-32 结构的微处理器芯片如表 1-1 所示。

表 1-1 IA-32 结构的微处理器芯片

Intel CPU	推出时间(年)	推出时的时钟频率(MHz)	集成度(晶体管数/片)
8086/8088	1978/1979	8MHz	29k
80286	1982	12.5MHz	134k
80386DX	1985	20MHz	275k
80486DX	1989	25MHz	1.2M
Pentium(p5)	1993	60MHz	3.1M
Pentium pro	1995	200MHz	5.5M
Pentium II	1997	266MHz	7.5M
Pentium III	1999	500MHz	8.2M
Pentium 4	2000	1500MHz	42M
New Pentium4	2002	3.06GHz	330M

1.5 微计算机系统的组成

微计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成,其组成构件的列表如图 1-4 所示。

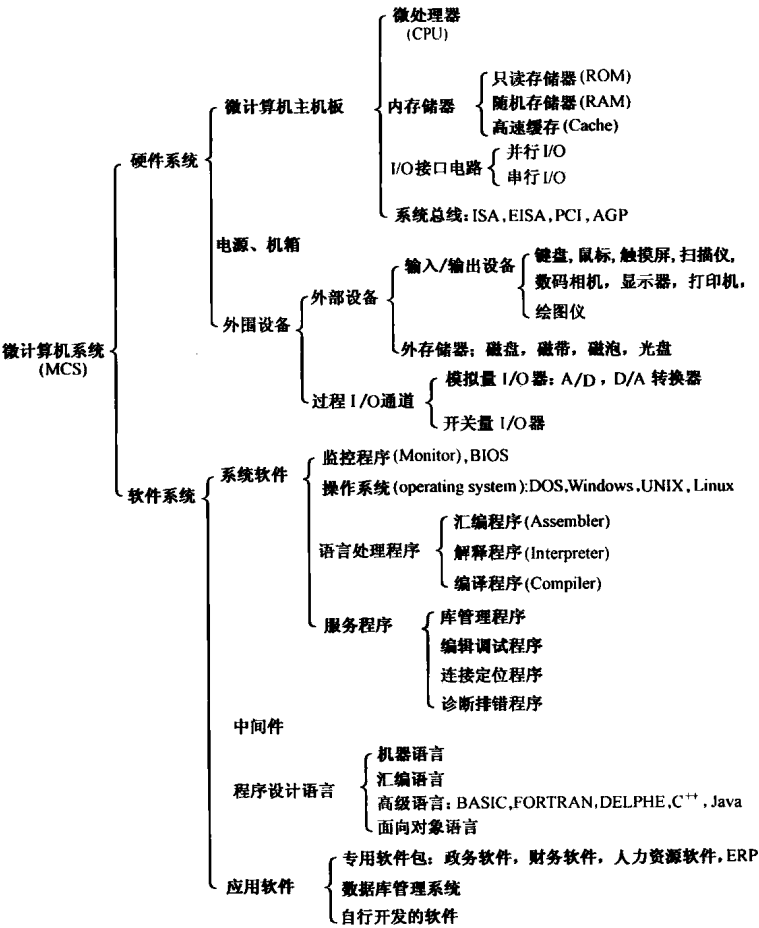


图 1-4 微计算机系统的组成

1.5.1 硬件系统

硬件系统是微计算机系统硬设备的总称,是微机工作的物质基础,是实体部分。构成微计算机主机的包括大规模集成电路的各个部件:CPU,ROM,RAM 和 I/O 接口电路等将在本书后面各章讲述,并从计算机组成原理出发,根据其外部引脚特性和连接的原则、方法将它们围绕 CPU 核心构成实用系统。

1.5.2 软件系统

软件系统是微计算机为了方便用户使用和充分发挥微计算机硬件效能所必备的各种程序的总称。这些程序或存在于内存储器中,或存放在外存储器中。

一台微计算机或微处理器系统组装好后,没有安装任何软件之前则称为“裸机”。“裸机”再好,也不能发挥机器效能。因此,硬件和软件是组成微机系统必不可少的组成部分。微计算机系统根据其使用场合和利用形态的不同,设计者或用户给它配上的软件规模也不相同。

1. 程序设计语言

程序设计语言是指用来编写程序的语言,是人和计算机之间交换信息所用的一种工具,又称编程环境。程序设计语言通常可分为机器语言、汇编语言和高级语言 3 类。

(1) 机器语言

机器语言就是能够直接被计算机识别和执行的语言。计算机中传送的信息是一种用“0”和“1”表示的二进制代码,因此,机器语言程序就是用二进制代码编写的代码序列。由于每种微计算机使用的 CPU 不同(每种 CPU 都有自己的指令系统),所以使用的机器语言也就不相同。用机器语言编写程序,优点是计算机认得,缺点是直观性差、烦琐、容易出错,对不同 CPU 的机器也没有通用性能等。因而难于交流,在实际应用中很不方便,则很少直接采用。

(2) 汇编语言

基于机器语言的缺点,人们想出一种办法——用一种能够帮助记忆的符号,即用英文字或缩写符来表示机器的指令,并称这种用助记符(Mnemonic)表示的机器语言为汇编语言。由于汇编语言程序是用这种帮助记忆的符号指令汇集而成的,因此,程序比较直观,从而易记忆、易检查、便于交流。但是,用助记符指令编写的汇编语言程序(又称源程序)计算机是不认得的,汇编语言源程序必须要翻译成与之对应的机器语言程序(又称目标程序)后,计算机才能执行。担任翻译加工的系统软件称为汇编程序(Assembler)。

由于汇编语言的符号指令与机器代码是一一对应的,从执行的时间和占用的存储空间来看,它和机器语言一样是高效率的,同时也是随所用的 CPU 不同而异的。机器语言和汇编语言都是面向机器的,故又称为初级语言。使用它便于利用计算机的所有硬件特性,是一种能直接控制硬件、实时能力强的语言。

(3) 高级语言

高级语言又被称为算法语言。为了从根本上克服初级语言的弱点,一方面为了使程序设计语言适合于描述各种算法,使程序设计中所使用语句与实际问题的更接近;另一方面为了使程序设计可以脱离具体的计算机结构,不必了解其指令系统,这就出现了各种高级语言。用高级语言编写的程序通用性更强,如 BASIC, FORTRAN, DELPHI, C/C++, Java。用高级语言编写的源程序仍需翻译成机器语言表示的目标程序后,计算机才能执行,这就需要相应的解释程序或编译程序。高级语言已在有关课程中学习,本书不再赘述。

汇编语言离不开 CPU 的指令系统,通过它可了解微计算机工作原理。本书将以汇编语言为主,阐明编程原理和方法。

(4)面向对象的语言

为了提高编程的实际开发效率,还可以采用混合语言编程的方法,即采用高级语言和汇编语言混合编程,彼此互相调用,进行参数传递,共享数据结构及数据信息。这样,可以充分发挥各种语言的优势和特点,充分利用现有的多种实用程序、库函数等资源,使得软件的开发周期大大缩短。

2. 系统软件

系统软件是应用软件的运行环境,是人和硬件系统之间的桥梁,人就是通过它们来使用机器的。系统软件是由机器的设计者或销售商提供给用户的,是硬件系统首先应安装的软件。

(1)监控程序

监控程序又称为管理程序。在单板微计算机上的监控程序(Monitor)一般只有1~2KB,通常固化在内存ROM中,又被称为驻留(Resident)软件。在PC微机中,起此作用的叫做BIOS(基本输入/输出系统),其容量要大得多,从几十字节到几兆字节。其主要功能是对主机和外部设备的操作进行合理的安排,接受、分析各种命令,实现人机联系。通常在BIOS中还包括一些可供用户调用的有用子程序。

(2)操作系统

操作系统是在管理程序基础上,进一步扩充许多控制程序所组成的大型程序系统。其主要功能有:合理地组织整个计算机的工作流程,管理和调度各种软、硬件资源——包括CPU、存储器、I/O设备和软件,检查程序和机器的故障。用户通过操作系统便可方便地使用计算机。操作系统是计算机系统的指挥调度中心,操作系统常驻留在磁盘(Disk)中,又称DOS(Disk operating system)。

操作系统具有层次结构,我们可以把操作系统管理的资源表示为图1-5所示的层次。

有了操作系统的微计算机系统的所有资源都将由操作系统统一管理,用户不必过问各部分资源的分配使用情况,而只是通过使用它的一些命令就行了。例如,通过使用它的实用程序命令就可调用各种语言。因此,可以说操作系统是用户和裸机间的接口。

微计算机系统常用的操作系统有以下几种:

① MS-DOS(Microsoft-Disk Operating System):这是美国Microsoft公司开发的通用16位单用户磁盘操作系统,主要包括文件管理和外设管理。该系统吸收了其他操作系统的长处,结构优良,软件上的互换性强,是PC机的主要操作系统之一。

② Windows: Window 3.0是Microsoft公司于1990年5月推出的一种图形用户界面(GUI)和具有先进动态内存管理方式的操作系统,用其图形窗口操作环境替代了DOS环境下的命令操作方式,使PC机操作更为直观,易学、好用。1995年7月又推出了Windows 95,是80486和Pentium PC机的基本操作系统。之后又陆续推出了Windows 98/2000/XP为了不抛弃老用户,Windows 95/98/2000/XP提供了支持MS-DOS应用程序的运行和绝对的兼容性。为此,Windows包括了MS-DOS的最新版本,并为每个运行MS-DOS应用程序创建了一个MS-DOS虚拟机环境。

3. 语言处理程序

① 汇编程序:其功能是把用汇编语言编写的源程序翻译成机器语言表示的目标程序。汇编程序可存放在内存的ROM中,被称为驻留的汇编程序。汇编程序也可存放在磁盘上,使用时应

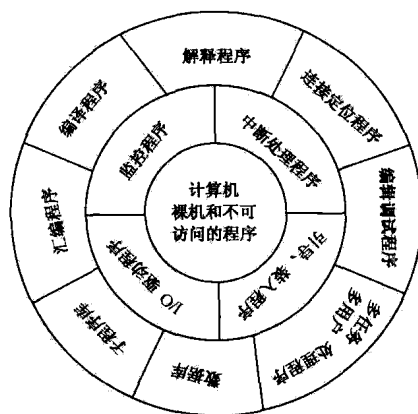


图 1-5 微计算机操作系统的层次结构