



高等学校教材

微计算机原理

(第2版)

潘名莲 马 争 丁庆生 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校教材

微计算机原理

(第2版)

潘名莲 马 争 丁庆生 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以得到最广泛应用的 IA(Intel Architecture)-32 结构微处理器家族产品(即 80x86/pentium 系列)和 PC 系列微计算机为背景,系统地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 组建微计算机/微处理器系统的基本组成原理、应用技术和方法。

全书共含 8 章。内容覆盖了 IA-32 结构微处理器家族。重点从 8086/8088 入手,以对比、类推的方式,从性能提升和指令扩展角度出发,将家族的后续产品尽致展现。本书系统性强,深入浅出,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。每章还附有习题,便于练习和掌握。

本书可作为高等院校、高等教育自学考试、职业教育和远程教育的工科电子类非计算机专业的本科教材,同时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/潘名莲等编著. —2 版. —北京:电子工业出版社,2003.8

高等学校教材

ISBN 7-5053-9087-2

I. 微… II. 潘… III. 微型计算机—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆.CIP 数据核字(2003)第 075088 号

责任编辑:王昌铭

印 刷:北京彩艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1 092 1/16 印张:24.5 字数:643 千字

版 次:2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印 数:8 000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

本书系根据国家教育部关于“加强工科非计算机专业计算机基础教学工作的几点意见”和普通高校计算机基础教学的基本要求,应电子工业出版社及其高等学校电子信息类教材编委会的邀约而编写的,可作为高等院校非计算机专业计算机基础教学的《微计算机原理》的本科生教材。

我们在 1994 年编著的、由电子工业出版社出版的《微计算机原理》是经〈八·五〉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〉编审组以投标征稿方式而荣获中标入选推荐出版的高等学校工科电子类的规划教材,到现在已经过去 9 年了,共经 16 次重印,受到各高校,各位老师、同学们和许多科技工作者的厚爱,使我们感到欣慰,深受感动。我们决心与时俱进,再将我们多年耕耘所获心得和从事微处理器/微机应用的科研、产品开发与工程应用取得的实际工作经验编撰成这本新编的《微计算机原理》,与大家共享。

近 10 多年来,微处理器与微计算机技术突飞猛进的发展,其应用已渗透到各行各业的各个领域,深入到科学计算、信息处理、过程控制、仪器仪表、事务管理、计算机辅助设计、制造、家用电器、网络通信服务等方面,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。因此,学习微处理器和微计算机已成为现代科技人员和高等院校各专业学生不可缺少的课程。

Intel 公司生产的 CPU,从 8086,8088,80186,80286,80386,80486 以及 pentium(曾被称为 80586)及 pentiumpro, pentium II, pentium III 直至最新的 pentium 4,这些产品形成了一个系列,即 80x86 系列。Intel 公司把它们称为 IA(Intel Architecture)-32 结构家族。在这个家族里,后代产品在结构上完全覆盖前代产品,即向下兼容;而指令系统则向上兼容,即在前代产品上开发的程序可以在后代产品上运行。例如,在 8086 上开发的程序也完全可在 pentium 4 上运行。Intel 公司不仅提供了 CPU,还提供有许多专门功能的接口芯片,如并行 I/O 接口 8225A、串行通信接口 8250、定时器/计数器 8253/8254、中断控制器 8259A、DMA 控制器 8237 等,用起来十分方便,从而在各种专业的产品中得到了普遍应用,使 Intel 在市场竞争中成了大赢家。Intel 还促进世界著名的计算机硬、软件厂商,如 IBM,Microsoft 等公司与之携手,推出像 PC 个人微机,笔记本电脑,工控微机,单板机等机种,适合各种应用的选型。我们还注意到,随着半导体集成工艺的发展,伴随 IA-32 结构 CPU 后继产品的不断升级的同时,Intel 公司又把那些具有专门功能的接口芯片、控制逻辑及高速缓存(cache)等集成起来,做成了与 CPU 性能配套的芯片组(chipset)。例如, pentium 微计算机主板上的南桥和北桥芯片组。

本次新编的《微计算机原理》是以 IA-32 结构的 CPU 为背景材料。编写时保持了原书的组织结构,名称照旧;保留了以 8086/8088 CPU 及其指令系统、配套支持芯片为起点内容,使老用户使用起来感到亲切,不必另起炉灶;增添了 IA-32 结构后续的高档产品,引入了与时俱进的新内容,使新、老用户决不落伍;删去了较为浅显、累赘的内容,大有面貌一新的感觉。编入本书的新内容是以对比和类推的方式,从性能提升和指令的扩展角度进行介绍的,便于学习与理解。

全书共分 8 章,编写时尽力做到:

- 原理和应用相结合;

- 硬件和软件相结合；
- 典型品种与家族产品相结合；
- 难点分散和系统性保持相结合；
- 讲授引导与自学练习相结合。

书中的程序都是经上机通过的,具有启发性。书中的硬件连接实例都取于成功的系统,读者可据此参考,设计出满足自己要求的微机应用系统。每章后面均附有与内容紧密结合的思考题和习题。还编有《微计算机原理解题指南》与之配套。

本教材参考学时为 60 学时左右,可根据实际情况进行伸缩。章节安排尽量做到各章既独立又衔接。书中的 2,3,4 章为第 1 个重点,在阐述 CPU 体系结构和指令系统基础上,达到能进行汇编语言程序设计的要求;5,6,7,8 章为第 2 个重点,在了解内存储器芯片和各种接口芯片内部工作原理、性能,并在重点掌握其外部引脚特性基础上,能够选用,并将之与 CPU 进行连接,达到能自行设计所需要的硬件系统或在微机上进行二次开发、扩展的目的;第 1 章是入门的基本知识的介绍,并提供了两个具有时代代表性和应用典型性的机型范例——IBM PC/XT 和奔 4(P4)微机,使学习者一经接触本书,就十分明确自己学它的目的。

我们在接受任务与编写过程中,得到电子科技大学校长助理蓝家隆教授,教材科胡浩科长的鼓励与帮助;得到电子工业出版社高等学校电子信息类教材编委会的亲切指导;得到电子科技大学自动化系陈光祜教授,四川大学计算机学院杨家沅教授,西南交通大学计算机与通信学院诸昌铃教授及成都信息工程学院电子技术系吴素君副教授的关心,提出了许多宝贵意见,在此一并致以诚挚的谢意。

本书由潘名莲主编。其中第 1,3,4 章由潘名莲编著;第 6,7,8 章由马争编著;第 2,5 章由丁庆生编著;附录由潘名莲整理。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。

编著者 于电子科技大学
2003.7

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	(3)
1.2.1 微处理器(Microprocessor)	(3)
1.2.2 微计算机(Microcomputer)	(3)
1.2.3 微处理器系统(Microprocessing System)	(3)
1.3 微处理器的产生和发展	(4)
1.4 IA-32 结构微处理器	(6)
1.5 微计算机系统的组成	(6)
1.5.1 硬件系统	(7)
1.5.2 软件系统	(7)
1.5.3 微计算机系统结构的特殊性	(10)
1.6 典型微处理器系统结构及工作原理	(11)
1.6.1 系统连接	(12)
1.6.2 典型微处理器的内部结构	(12)
1.6.3 典型存储器的内部结构	(15)
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	(20)
1.7.1 常用的名词术语	(20)
1.7.2 数的表示法	(20)
1.7.3 字符的表示法	(22)
1.7.4 基本数据类型	(23)
1.8 微计算机实例	(24)
1.8.1 IBM PC/XT 微计算机	(25)
1.8.2 奔腾 4(P4)微计算机系统	(27)
1.9 用汇编语言程序开通自行设计的微处理器系统	(31)
习题	(32)
第 2 章 IA-32 结构微处理器及其体系结构	(33)
2.1 微处理器的主要性能指标	(33)
2.1.1 字长	(33)
2.1.2 指令数	(33)
2.1.3 运算速度	(33)
2.1.4 访存空间	(34)
2.1.5 高速缓存大小	(34)
2.1.6 虚拟存储空间	(34)
2.1.7 是否能构成多处理器系统	(34)
2.1.8 工艺形式及其他	(34)
2.2 8086/8088 微处理器	(36)
2.2.1 8086 的内部结构	(36)

2.2.2	8086 的寄存器结构	(38)
2.2.3	8086 的引脚特性	(41)
2.2.4	8088 与 8086 的比较	(43)
2.2.5	8086 的时钟和总线周期概念	(43)
2.2.6	8086/8088 的工作方式	(45)
2.2.7	8086/8088 的总线操作时序	(52)
2.2.8	存储器组织	(56)
2.2.9	I/O 端口组织	(62)
2.3	80186/80188 微处理器	(62)
2.4	80286 微处理器	(63)
2.4.1	80286 的主要性能	(63)
2.4.2	80286 的内部结构	(63)
2.4.3	80286 的寄存器结构	(64)
2.4.4	80286 的地址方式	(65)
2.4.5	80286 的系统结构	(65)
2.5	80386 微处理器	(65)
2.5.1	80386 的主要性能	(66)
2.5.2	80386 的内部结构	(66)
2.5.3	80386 的寄存器结构	(67)
2.5.4	80386 的数据处理	(70)
2.5.5	80386 的工作方式	(70)
2.6	80486 微处理器	(72)
2.7	Pentium 和 Pentium Pro 微处理器	(73)
2.7.1	Pentium 微处理器	(73)
2.7.2	Pentium Pro 微处理器	(73)
2.8	Pentium II, Pentium III 及 Pentium 4 微处理器	(73)
2.8.1	Pentium II 微处理器	(74)
2.8.2	Pentium III 微处理器	(74)
2.8.3	Pentium 4 微处理器	(74)
	习题	(75)
第 3 章	80x86 指令系统	(78)
3.1	指令的基本格式	(78)
3.2	寻址方式	(79)
3.3	指令执行时间	(85)
3.4	8086/8088 指令系统	(87)
3.4.1	数据传送(Data Transfer)类指令	(87)
3.4.2	算术运算(Arithmetic)类指令	(94)
3.4.3	逻辑运算与移位(Logic and shift)类指令	(106)
3.4.4	串操作(String Manipulation)类指令	(110)
3.4.5	控制转移(Control Jump)类指令	(114)
3.4.6	处理器控制(Processor Control)类指令	(121)
3.5	中断类指令及 PC DOS 系统功能调用	(122)
3.5.1	中断及中断返回指令	(123)
3.5.2	8086 的专用中断	(124)
3.5.3	PC DOS 的系统功能调用与基本 I/O 子程序调用	(126)

3.5.4	BIOS 中断调用	(130)
3.5.5	返回 DOS 的方法及使用的中断调用	(131)
3.6	80286 扩充的指令	(133)
3.6.1	对 8086/8088 某些指令功能的扩充	(133)
3.6.2	通用扩充指令	(133)
3.6.3	保护模式下的新增指令	(134)
3.7	80386 扩充的指令	(135)
3.7.1	对 80286 工作范围扩大的指令	(135)
3.7.2	实地址模式下的扩充指令	(135)
3.7.3	保护模式下的特权指令	(138)
3.8	80486 扩充的指令	(138)
3.8.1	新增指令	(139)
3.8.2	管理 Cache 的有关指令	(139)
3.9	pentium CPU 扩充的指令	(139)
	习题	(140)
第 4 章	汇编语言程序设计	(145)
4.1	汇编语言和汇编程序	(145)
4.1.1	汇编语言(Assembly Language)	(145)
4.1.2	汇编程序(Assembler)	(145)
4.2	MASM 宏汇编语言程序的规范	(146)
4.2.1	一个简单的汇编语言程序	(146)
4.2.2	分段结构	(147)
4.2.3	语句的构成与规范	(147)
4.3	伪指令及其应用	(151)
4.3.1	数据定义及存储器分配伪指令	(151)
4.3.2	符号定义伪指令 EQU 和 =	(153)
4.3.3	标号定义伪指令 LABEL	(154)
4.3.4	段定义伪指令 SEGMENT/ENDS	(154)
4.3.5	段寻址伪指令 ASSUME	(155)
4.3.6	过程定义伪指令 PROC/ENDP	(155)
4.3.7	程序计数器 \$ 和定位伪指令 ORG	(155)
4.4	结构与记录	(156)
4.4.1	结构	(156)
4.4.2	记录	(158)
4.5	宏指令及其应用	(161)
4.5.1	宏指令的定义	(161)
4.5.2	宏指令的使用——宏调用	(161)
4.5.3	宏指令应用举例	(161)
4.5.4	取消宏指令的伪指令 PURGE	(163)
4.5.5	定义局部标号伪指令 LOCAL	(163)
4.6	指定处理器及段模式选择伪指令	(164)
4.6.1	指定处理器伪指令	(164)
4.6.2	段模式选择伪指令	(164)
4.7	程序的基本设计方法	(165)
4.7.1	汇编语言程序的设计步骤	(165)

4.7.2 模块化程序设计	(166)
4.8 程序的基本结构及基本程序设计	(168)
4.8.1 程序的基本结构	(168)
4.8.2 顺序结构与简单程序设计	(169)
4.8.3 条件结构与分支程序设计	(170)
4.8.4 循环结构与循环程序设计	(173)
4.8.5 子程序结构与子程序设计	(177)
4.9 实用程序设计实例	(185)
4.9.1 代码转换程序	(185)
4.9.2 BCD 数运算程序	(189)
4.9.3 用逻辑尺控制对数组的处理	(191)
4.9.4 表处理程序	(193)
4.9.5 声音和动画程序	(201)
4.9.6 32 位微处理器程序	(208)
习题	(212)
第 5 章 主存储器	(215)
5.1 半导体存储器的分类及特点	(215)
5.1.1 半导体存储器的分类	(215)
5.1.2 半导体存储器的性能指标	(216)
5.1.3 半导体存储器的特点	(217)
5.2 随机存取存储器 RAM	(218)
5.2.1 静态存储器 SRAM	(218)
5.2.2 动态存储器 DRAM	(220)
5.3 只读存储器 ROM	(222)
5.3.1 固定掩膜编程 ROM	(222)
5.3.2 可编程 PROM	(222)
5.3.3 可擦除可编程 EPROM	(223)
5.4 新型存储器	(225)
5.4.1 快擦写 Flash 存储器	(226)
5.4.2 多端口读写存储器	(226)
5.4.3 内存条	(226)
5.5 主存储器系统设计	(228)
5.5.1 存储器芯片的选择	(228)
5.5.2 计算机系统中存储器的地址分配	(229)
5.5.3 存储器芯片与 CPU 的连接	(230)
5.5.4 存储器的寻址方法	(230)
5.5.5 线选法的应用	(231)
5.5.6 部分译码法的应用	(232)
5.5.7 芯片选中全译码法的应用	(233)
5.5.8 3-8 译码器芯片 74LS138 在存储器芯片组织中的应用	(234)
5.5.9 小结	(237)
习题	(238)
第 6 章 输入/输出技术	(239)
6.1 微机和外设间的输入/输出接口	(239)
6.1.1 为什么需要接口电路	(239)

6.1.2	接口电路中的信息	(239)
6.1.3	接口电路的组成	(240)
6.1.4	I/O 端口的编址方式	(240)
6.1.5	80x86 系列微机 I/O 端口地址分配与地址译码	(241)
6.2	输入/输出的控制方式	(244)
6.2.1	程序控制方式	(244)
6.2.2	中断控制方式	(249)
6.2.3	直接存储器存取(DMA)控制方式	(249)
6.3	DMA 控制器 8237A 及应用	(250)
6.3.1	8237A 的内部结构及与外部的连接	(251)
6.3.2	8237A 的引脚特性	(252)
6.3.3	8237A 的内部寄存器	(253)
6.3.4	8237A 的初始化编程	(257)
6.3.5	8237A 应用举例	(258)
6.4	微计算机功能扩展及总线标准	(262)
6.4.1	微计算机功能扩展	(262)
6.4.2	总线标准	(262)
6.4.3	ISA 总线	(264)
6.4.4	PCI 局部总线	(266)
6.4.5	USB 总线	(267)
	习题	(271)
第 7 章	微计算机的中断系统	(272)
7.1	中断控制方式的优点	(272)
7.2	8086/8088 的中断机构	(272)
7.2.1	中断源	(273)
7.2.2	中断过程	(273)
7.2.3	中断向量表的设置方法	(274)
7.3	外部中断	(276)
7.3.1	NMI 中断	(277)
7.3.2	INTR 中断	(277)
7.4	中断的优先权管理	(277)
7.4.1	软件查询方式	(277)
7.4.2	菊花链法	(278)
7.4.3	专用芯片管理方式	(278)
7.5	可编程中断控制器 8259A	(279)
7.5.1	8259A 的引脚特性	(279)
7.5.2	8259A 的内部结构及工作原理	(280)
7.5.3	8259A 的工作方式	(281)
7.5.4	8259A 的级联	(284)
7.5.5	8259A 的初始化命令字和操作命令字	(285)
7.5.6	8259A 应用举例	(289)
7.6	IBM PC/XT 微计算机的中断系统	(291)
7.7	386/486 微计算机的中断系统	(293)
7.7.1	80386/80486 CPU 的中断机构	(293)
7.7.2	386/486 微机的硬中断控制系统	(295)

习题	(297)
第8章 可编程通用接口芯片	(299)
8.1 可编程接口芯片	(299)
8.1.1 可编程接口的组成及功能	(299)
8.1.2 可编程接口芯片的分类	(300)
8.2 并行 I/O 接口 8255A	(300)
8.2.1 8255A 的基本性能	(300)
8.2.2 8255A 的内部结构	(301)
8.2.3 8255A 的引脚特性及其与外部的连接	(302)
8.2.4 8255A 的控制字	(303)
8.2.5 8255A 的工作方式	(304)
8.2.6 8255A 用于 A/D 和 D/A 接口	(311)
8.2.7 8255A 应用举例	(312)
8.3 串行通信接口	(315)
8.3.1 串行接口及串行通信协议	(315)
8.3.2 串行通信的物理标准	(319)
8.3.3 可编程串行异步通信接口 8250	(320)
8.3.4 8250 的初始化编程	(323)
8.3.5 8250 应用举例	(326)
8.4 可编程定时器/计数器 8253/8254	(329)
8.4.1 8253 的基本功能及用途	(329)
8.4.2 8253 的内部结构及工作原理	(329)
8.4.3 8253 的引脚特性及其与外部的连接	(332)
8.4.4 8253 的控制字	(332)
8.4.5 8253 的工作方式	(333)
8.4.6 8253 初始化编程	(338)
8.4.7 8253 应用举例	(340)
8.4.8 8254 与 8253 的比较	(348)
习题	(349)
附录一 8086/8088 指令系统一览表	(351)
附录二 MASM 伪指令一览表	(360)
附录三 中断向量地址一览表	(363)
附录四 DOS 功能调用 (INT 21H)	(364)
附录五 BIOS 中断调用	(368)
附录六 IBM PC ASCII 码字符表	(371)
附录七 MASM 宏汇编程序出错信息	(372)
附录八 调试程序 DEBUG 的主要命令	(378)
参考资料	(382)

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,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,然而经过半个多世纪的发展,不管从构成器件上、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等 5 部分组成。

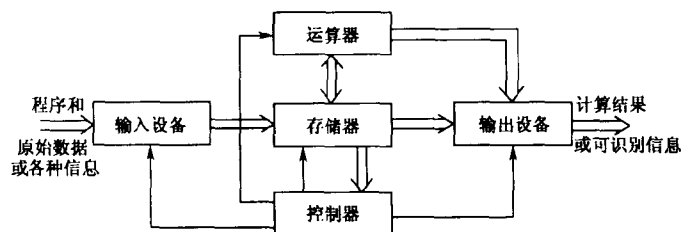


图 1-1 计算机的基本结构框图

(1)运算器:是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,因此,它是数据运算、加工和处理的中心。

(2)存储器:是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。它是存放数据的大仓库。存储器又分主存储器(又称内存)和辅助存储器(又称外存)。

(3)输入设备:它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,它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:它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,它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。

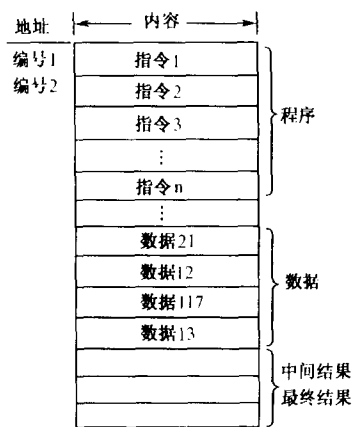
输入、输出设备是人机交互的设备,统称为外部设备,简称外设。

(5)控制器:是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,它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,自动地完成全部处理过程,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。不管是数据还是控制命令,它们都是用“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。这包括下列操作:

- (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 的运算,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

图 1-2 程序 and 数据的存放 (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,例如打印在纸上。

第四步:停机。

以上就是迄今为止,电子计算机所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)。而把包括解题步骤在内的各式各样的程序叫做计算机的软件(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,其中的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

1.2.1 微处理器(Microprocessor)

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或几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~几十) mm^2 大小。MP 是计算机发展的第四代产品。

1.2.2 微计算机(Microcomputer)

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,必须配上其他的片子(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),以及其他一些辅助电路,如时钟发生器、各类译码器、缓冲器等芯片。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,起到计算机的作用。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 以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片子(芯片)被组装在一块印制板上,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片子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(Microprocessing System)

微计算机有它独自的特点。它不再像小型机和大型机那样,完全是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。微计算机由于是由大规模集成电路片子构成,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、装配成满足需要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,自行设计特殊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加广泛,在组成结构的规模上更具有灵活性。典型的 MPS 的结构如图 1-3 所示。

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,而自然和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

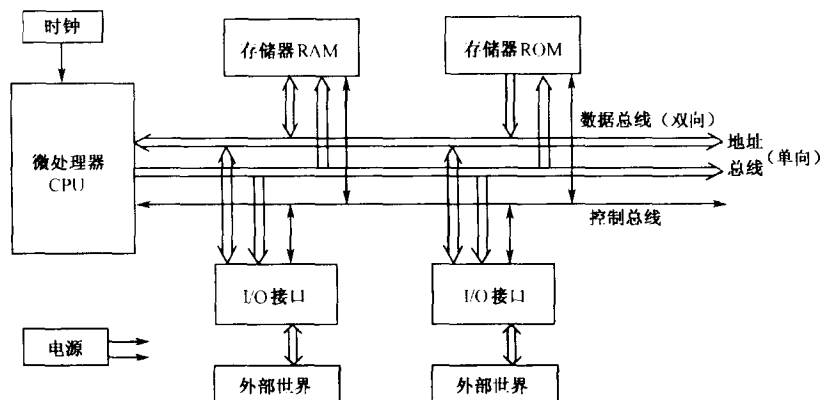


图 1-3 典型的微处理器系统框图

数控系统等, 这些都是一些微处理器系统。显然, 在现今信息化、自动化时代, MPS 是一种应用更为广泛, 从而也是一种更为广义的称呼。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。

1.3 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(集成电子产品)公司首先制成 4004 微处理器, 并用它组成 MCS-4(Micro-computer 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进行着发展。大约每隔 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 年~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 Intel8008(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 年~1978 年), 8 位微处理器时代。这代产品的集成度提高了 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 年~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 CPU80286, 采用 68 条引脚的无引线的方型封装。指令执行速度提高到 4MIPS。Intel80286

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),简称 PC 机——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 年~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,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 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到一个芯片上。在 80486 芯片上,除有 80386CPU 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,而时钟为 33MHz 时,达 19MIPS。

第五代(1993 年至今),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 PC 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,世界最大的 CPU 制造商 Intel 公司把这类新一代的产品命名为 Pentium(奔腾),并注册了。而其他的 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,相继又发布了 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 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,这样,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 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(赛扬)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,P II 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 Pentium III(P III)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。P III 将 P II 的片外的第二级(L2)Cache 集成进片内。P III 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 Pentium 4 微处理器(时钟频率为 1.5GHz,工艺尺寸为 0.18 μ m),它采用了称之为 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的执行跟踪缓存(Execution Trace Cache)。在 SSE 指令基础上又新增加了 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。Pentium 4 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 公司又公布了最新的 Pentium 4 微处理器,其时钟频率已达 3.06GHz(工艺尺寸为 0.13 μ m)。

1.4 IA-32 结构微处理器

个人计算机的迅猛发展,造就像 Intel 这样的 CPU 芯片制造商。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;二是指令系统向上兼容,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。目前 IA-64 结构正在酝酿之中,微处理器正向着 64 位的下一代发展。

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	8	29k
80286	1982	12.5	134k
80386DX	1985	20	275k
80486DX	1989	25	1.2M
Pentium(p5)	1993	60	3.1M
Pentium pro	1995	200	5.5M
Pentium II	1997	266	7.5M
Pentium III	1999	500	8.2M
Pentium 4	2000	1500	42M

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。