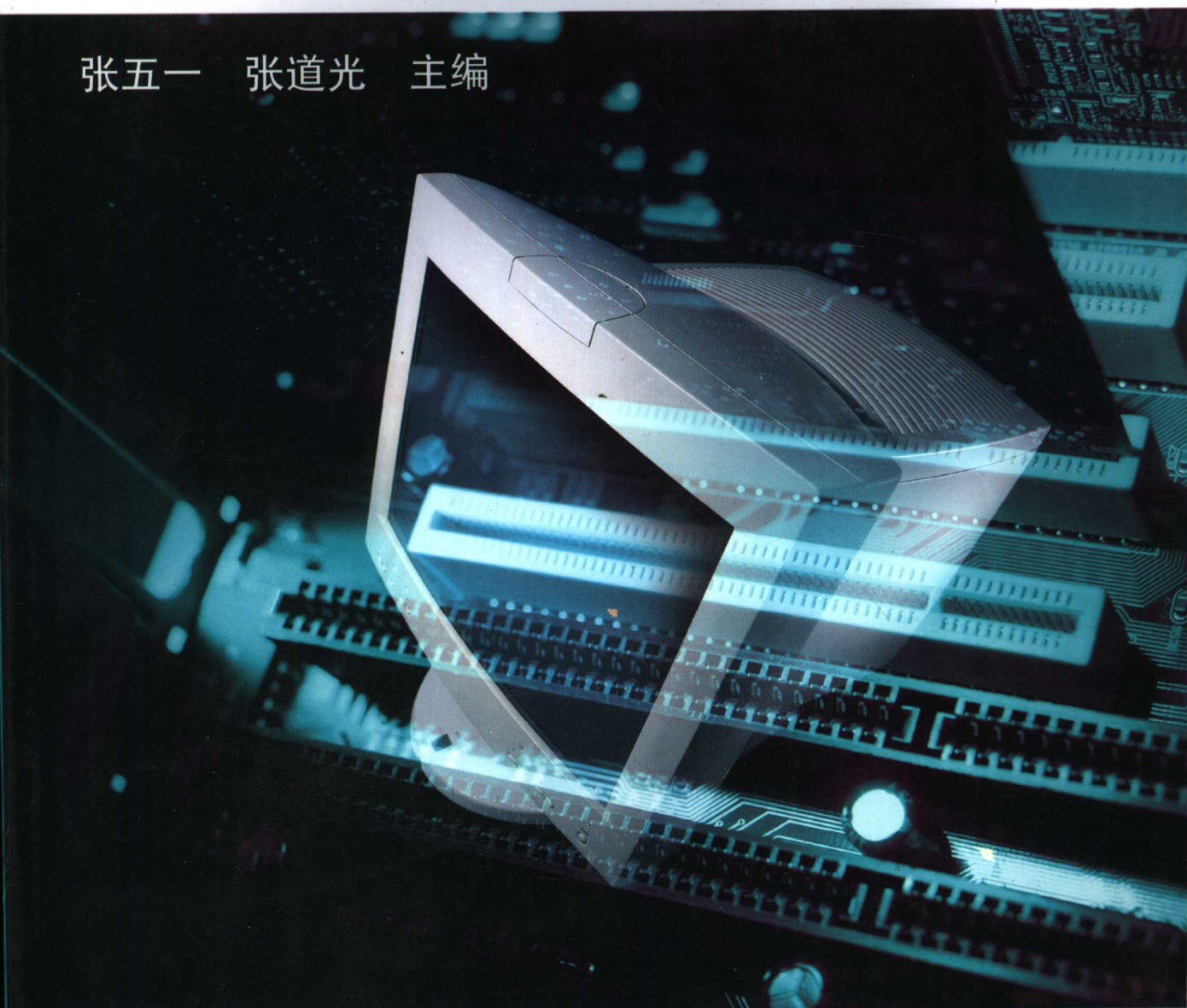


微型计算机原理 与接口技术

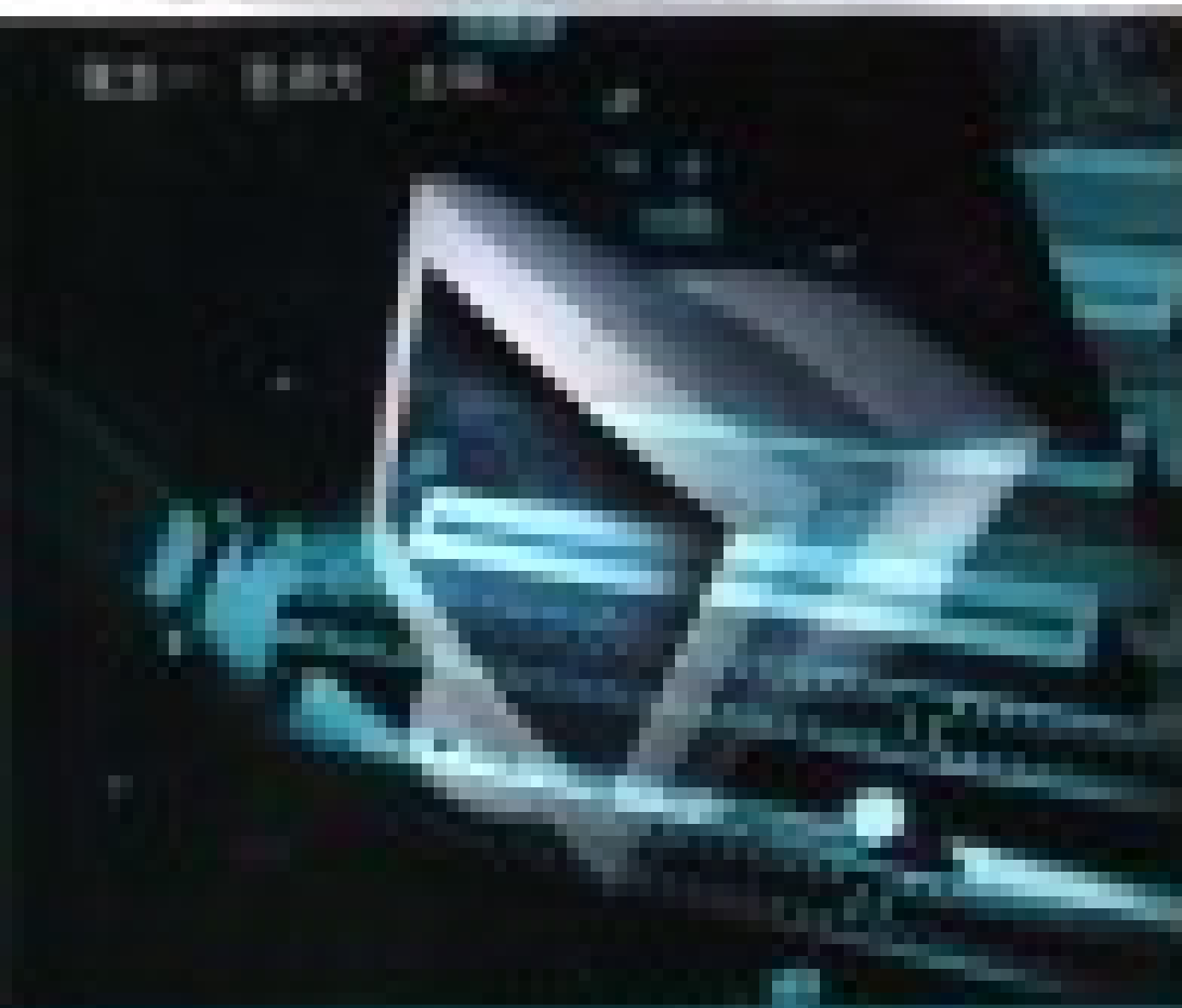
张五一 张道光 主编



河南科学技术出版社

微型计算机原理 与接口技术

第2版



清华大学出版社

微型计算机原理与接口技术

张五一 张道光 主 编

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书以 Intel 8086/8088 微处理器为主体,论述了 16 位微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术,并引出了 32 位微机系统的相关技术。全书共 11 章,主要内容有:微型计算机的基本系统、微处理器内部结构、指令系统和汇编语言程序设计、微处理器外部特性、半导体存储器、数据传送方式、基本输入输出接口及各种接口(中断控制接口、定时计数控制接口、DMA 控制接口、并行接口、串行通信接口、模拟接口)的应用技术。附录提供指令系统、系统功能调用等。本书可作为高校“微机原理与接口技术”、“微机原理及应用”或“汇编语言程序设计”等课程的教材或参考书,主要读者为计算机、电子工程和自动控制等相关学科的本科、专科学生,也适用于计算机应用开发人员。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理与接口技术/张五一,张道光主编. —郑州:河南科学技术出版社, 2006. 8

ISBN 7-5349-3557-1

I. 微… II. ①张… ②张… 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(2006)第 103614 号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路 66 号 邮编:450002

电话:(0371) 65737028

责任编辑:张 鹏

责任校对:张艳芳

封面设计:李 冉

版式设计:王 阳

印 刷:河南省中景印务有限公司

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:21.75 字数:520 千字

版 次:2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—4 095

定 价:32.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系。

编写人员

主 编 张五一 张道光

副主编 (以姓氏笔画为序)

杨学昭 陈玉国 邵奇峰 贺焕林 薛 滨

编 委 (以姓氏笔画为序)

李春雷 杨学昭 张五一 张道光 陈玉国

邵奇峰 贺焕林 薛 滨

前 言

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已渗透到国民经济与人们生活的各个方面,正日益改变着人们的生产方式、工作方式、生活方式和学习方式,对社会的进步起到了巨大的推动作用并产生了深远的影响。掌握计算机基本知识和应用技术已成为当今社会人们的迫切要求和参与社会竞争的必要条件,计算机应用能力已是衡量个人素质的重要标志之一。

《微型计算机原理与接口技术》是工科计算机及相关专业重要的专业基础课程,将微机原理基础知识与汇编语言程序设计和接口技术融为一体,依托硬件知识,深刻领会计算机指令的功能和使用,学会运用汇编语言进行程序设计,掌握微机接口技术和方法,为更好地应用计算机和进一步学习计算机理论打下坚实的基础。基于这种指导思想,本书采用“前后照应、案例教学”的编写方式,使教学内容联系更密切,系统性更强,同时注重应用型人才专业技能和实用技术的培养。本书在内容的组织上,力求由浅入深,循序渐进,举一反三,重点突出,通俗易懂。

本教材的教学参考学时为 60~80 学时,可按照实际情况进行调整。全书共 11 章,第 1 章微型计算机概述,第 2 章微型计算机的运算基础与信息表示方法,第 3 章 8086/8088 微处理器结构,第 4 章 80X86CPU 的指令系统,第 5 章汇编语言程序设计,第 6 章半导体存储器,第 7 章基本输入输出接口,第 8 章中断技术,第 9 章串行通信接口,第 10 章并行接口技术,第 11 章总线与接口标准;附录部分汇总了 8086 指令系统、系统功能调用等,可供读者查询。在每章的后面,给出了与内容紧密结合的习题,以供强化训练。

本书由张五一、张道光主编,杨学昭、陈玉国、邵奇峰、贺焕林、薛滨任副主编。其中,第 5 章和第 10 章(10.1、10.2)由张道光编写,第 3 章(3.1~3.4)和第 4 章由张五一编写,第 2 章和第 8 章由杨学昭编写,第 1 章和第 9 章由薛滨编写,第 6 章和第 7 章由贺焕林编写,第 10 章(10.3~10.4)由陈玉国编写,第 11 章由邵奇峰编写,第 3 章(3.5)和附录由李春雷编写。全书由张道光、张五一、杨学昭统稿。

本书承蒙王东云教授审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。由于时间较紧,加之编者水平所限,书中疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第1章 微型计算机概述	(1)
1.1 计算机的发展概况	(1)
1.1.1 计算机发展阶段和发展趋势	(1)
1.1.2 计算机的特点与分类	(3)
1.1.3 计算机的应用	(4)
1.2 计算机的基本结构和工作原理	(5)
1.2.1 计算机的基本结构	(5)
1.2.2 计算机的工作原理	(6)
1.3 微型计算机的发展概况	(7)
1.3.1 微处理器的生产与发展	(7)
1.3.2 微型计算机的性能指标	(8)
1.3.3 微型计算机系统	(9)
本章小结	(10)
习题一	(10)
第2章 微型计算机的运算基础与信息表示方法	(11)
2.1 进位计数制及其之间的转换	(11)
2.1.1 进位计数制	(11)
2.1.2 进位计数制之间的相互转换	(12)
2.2 数值信息的表示方法	(14)
2.2.1 基本字长类型	(14)
2.2.2 计算机中数值信息的表示方法	(15)
2.2.3 补码运算及溢出	(18)
2.3 非数值信息的表示方法	(20)
2.3.1 二进制编码的十进制数	(20)
2.3.2 字母与字符的编码	(21)
本章小结	(22)
习题二	(23)
第3章 8086/8088 微处理器结构	(25)
3.1 8086/8088 微处理器的内部结构	(25)
3.1.1 8086/8088 的功能结构	(25)
3.1.2 8086/8088 的寄存器结构	(27)
3.2 8086/8088 微处理器的存储器结构	(30)
3.2.1 存储器的组成	(30)
3.2.2 存储器的分段	(31)

3.2.3	物理地址和逻辑地址	(32)
3.2.4	堆栈	(33)
3.3	8086 微处理器的引脚信号和总线形成	(34)
3.3.1	最小方式的引脚定义	(34)
3.3.2	最大方式的引脚定义	(37)
3.3.3	8086 的两种模式的总线形成	(37)
3.4	8086 CPU 的总线时序	(41)
3.4.1	最小模式的总线时序	(43)
3.4.2	最大模式的总线时序	(45)
3.5	80X86 系列微处理器	(46)
3.5.1	80286 微处理器	(48)
3.5.2	80386/80486 微处理器	(49)
3.5.3	Pentium 微处理器	(50)
	本章小结	(51)
	习题三	(52)
第4章	80X86 CPU 的指令系统	(53)
4.1	8086 的寻址方式	(53)
4.1.1	立即数的寻址方式	(55)
4.1.2	寄存器数的寻址方式	(55)
4.1.3	存储器数的寻址方式	(56)
4.2	8086 的指令格式	(59)
4.2.1	指令的基本格式与构成	(59)
4.2.2	通用指令格式	(60)
4.3	数据传送类指令	(62)
4.3.1	通用数据传送指令	(62)
4.3.2	累加器专用传送指令	(64)
4.3.3	标志操作指令	(66)
4.3.4	地址传送指令	(66)
4.4	算术运算类指令	(67)
4.4.1	加法和减法指令	(69)
4.4.2	符号扩展指令	(72)
4.4.3	乘法和除法指令	(73)
4.4.4	十进制调整指令	(76)
4.5	位操作类指令	(78)
4.5.1	逻辑运算指令	(78)
4.5.2	移位指令	(80)
4.5.3	循环移位指令	(81)
4.6	串操作类指令	(82)
4.6.1	重复操作前缀	(83)

4.6.2 基本串操作指令	(83)
4.7 控制转移类指令	(84)
4.7.1 无条件转移指令	(85)
4.7.2 条件转移指令	(86)
4.7.3 循环指令	(88)
4.7.4 过程调用指令	(89)
4.7.5 中断指令	(91)
4.8 处理器控制类指令	(91)
4.8.1 状态标志位操作指令	(91)
4.8.2 处理器控制指令	(92)
4.9 32 位微处理器的指令系统	(92)
4.9.1 80386/80486 增强与增加的指令	(92)
4.9.2 Pentium 系列处理器增加的指令	(96)
本章小结	(97)
习题四	(97)
第 5 章 汇编语言程序设计	(101)
5.1 基础知识	(101)
5.1.1 汇编语言和汇编程序	(101)
5.1.2 汇编语言程序的语法规则	(102)
5.1.3 伪指令	(108)
5.1.4 汇编语言源程序的书写格式	(115)
5.2 汇编语言程序的设计思想	(116)
5.2.1 程序设计的基本概念	(116)
5.2.2 程序设计的基本步骤	(116)
5.2.3 程序的基本结构	(118)
5.3 常用 DOS 功能调用	(120)
5.3.1 DOS 功能调用方法	(120)
5.3.2 常用 DOS 功能调用简要说明及应用	(121)
5.3.3 实现返回操作系统的常用方法	(122)
5.4 汇编语言程序上机调试过程	(123)
5.4.1 汇编语言源程序的上机过程	(123)
5.4.2 调试程序 (DEBUG.COM)	(124)
5.5 汇编语言程序设计	(125)
5.5.1 顺序结构程序设计	(125)
5.5.2 分支结构程序设计	(127)
5.5.3 循环结构程序设计	(136)
5.5.4 子程序设计	(142)
本章小结	(147)
习题五	(147)

第 6 章 半导体存储器	(151)
6.1 半导体存储器概述	(151)
6.1.1 半导体存储器的分类	(151)
6.1.2 半导体存储器的主要技术指标	(152)
6.1.3 存储器技术的新发展	(153)
6.2 随机存取存储器	(154)
6.2.1 RAM 的基本结构	(155)
6.2.2 静态随机存储器	(157)
6.2.3 动态随机存储器	(158)
6.3 只读存储器	(161)
6.3.1 ROM 的分类	(161)
6.3.2 光可擦除可编程 ROM (EPROM)	(162)
6.3.3 E ² PROM	(163)
6.3.4 快闪存储器	(163)
6.3.5 常见 EPROM 芯片	(164)
6.4 存储器的扩展与应用	(166)
6.4.1 存储芯片的扩展	(166)
6.4.2 存储器与 CPU 的连接	(168)
6.5 高速缓冲存储器	(172)
6.5.1 Cache 的工作原理	(172)
6.5.2 Cache 的基本结构	(173)
6.5.3 Cache 与 DRAM 存取的一致性	(174)
本章小结	(174)
习题六	(175)
第 7 章 基本输入输出接口	(176)
7.1 I/O 接口概述	(176)
7.1.1 I/O 接口的主要功能及结构	(176)
7.1.2 I/O 端口的编址方式	(177)
7.1.3 I/O 端口地址的译码	(178)
7.2 数据传送方式	(181)
7.2.1 无条件传送方式	(181)
7.2.2 查询传送方式	(181)
7.2.3 中断传送方式	(184)
7.2.4 直接存储器方式	(185)
本章小结	(186)
习题七	(186)
第 8 章 中断技术	(187)
8.1 中断的基本概念	(187)
8.1.1 中断与中断源	(187)

8.1.2	中断识别与中断优先级排队	(188)
8.1.3	中断处理过程(硬件中断)	(189)
8.1.4	中断嵌套	(191)
8.2	8086/8088 CPU 的中断系统	(191)
8.2.1	8086/8088 CPU 的中断分类	(191)
8.2.2	中断向量及中断向量表	(194)
8.2.3	中断向量的装入	(195)
8.2.4	8086/8088 中断处理过程	(196)
8.3	可编程中断控制器 8259A	(199)
8.3.1	8259A 的结构及引脚功能	(200)
8.3.2	8259A 的工作过程及工作方式	(202)
8.3.3	8259A 的初始化命令字和操作命令字	(206)
8.3.4	8259A 的应用举例	(212)
	本章小结	(217)
	习题八	(217)
第9章	串行通信接口	(219)
9.1	串行通信的基本概念	(219)
9.1.1	串行通信的特点及数据传送方向	(219)
9.1.2	信号的调制、解调及检错、纠错	(220)
9.1.3	串行通信的数据格式	(224)
9.2	常用串行通信接口标准	(227)
9.2.1	RS-232C 接口标准	(227)
9.2.2	RS-422A 接口标准	(230)
9.2.3	RS-485 接口标准	(231)
9.2.4	串行通信接口的任务及组成	(232)
9.3	可编程串行接口芯片 8251A	(232)
9.3.1	8251A 的外部特性和内部结构	(233)
9.3.2	8251A 的控制字	(236)
9.3.3	8251A 应用举例	(239)
	本章小结	(241)
	习题九	(241)
第10章	并行接口技术	(243)
10.1	DMA 控制器 8237A	(244)
10.1.1	DMA 概况	(244)
10.1.2	8237A 引脚及其功能	(245)
10.1.3	8237A 内部结构	(246)
10.1.4	8237A 的工作时序	(252)
10.1.5	8237A 初始化编程	(253)
10.2	可编程并行接口 8255A	(255)

10.2.1	8255A 外部特性	(255)
10.2.2	8255A 的内部结构	(256)
10.2.3	8255A 的编程命令	(257)
10.2.4	8255A 的工作方式	(259)
10.2.5	8255A 的初始化编程及应用实例	(262)
10.3	定时与计数技术	(268)
10.3.1	定时/计数器的分类	(269)
10.3.2	8253-5 外部特性	(269)
10.3.3	8253-5 的内部结构	(270)
10.3.4	8253-5 的编程命令及读操作	(272)
10.3.5	8253-5 的工作方式	(273)
10.3.6	8253-5 的初始化编程及应用实例	(278)
10.4	模拟接口	(280)
10.4.1	数模转换器 (DAC)	(281)
10.4.2	DAC 0832 芯片	(281)
10.4.3	模数转换器 (ADC)	(284)
10.4.4	ADC 0809 芯片	(285)
10.4.5	数据采集系统	(286)
本章小结		(290)
习题十		(290)
第 11 章	总线与接口标准	(292)
11.1	总线与接口的组成及结构	(292)
11.1.1	总线和接口标准的含义	(292)
11.1.2	总线和接口标准的分类	(293)
11.1.3	总线的组成	(294)
11.1.4	总线传输过程及控制方式	(294)
11.1.5	总线的层次化结构	(296)
11.2	系统总线	(297)
11.2.1	ISA 总线	(297)
11.2.2	EISA 总线	(297)
11.3	PCI 局部总线	(297)
11.3.1	PCI 总线的特点	(297)
11.3.2	PCI 总线信号定义	(298)
11.3.3	PCI 总线命令	(303)
11.3.4	PCI 总线上的数据传输过程	(306)
11.4	通用外设接口标准 USB	(308)
11.4.1	USB 的物理接口和电气特性	(308)
11.4.2	USB 设备及其描述器	(309)
11.4.3	USB 系统组成和拓扑结构	(311)

11.4.4	USB 传输类型	(312)
11.4.5	USB 交换的包格式	(314)
11.4.6	USB 设备状态和总线枚举	(316)
11.4.7	USB 的应用	(317)
	本章小结	(317)
	习题十一	(318)
	附录	(319)
	附录 1 8086 指令系统	(319)
	附录 2 DOS 系统功能调用 (INT 21H)	(323)
	附录 3 BIOS 功能调用	(327)
	参考文献	(331)

第 1 章 微型计算机概述

学习要点

本章从计算机基本结构和工作原理出发, 重点介绍微处理器和微型计算机的基本知识, 认知计算机应用领域, 掌握计算机组成分类, 培养并激发学生的学习兴趣, 为后续内容的学习打下良好的基础。本章学习要点如下:

- 计算机的发展、分类、基本结构及工作原理
- 微处理器和微型计算机发展、分类、性能指标
- 微型计算机系统的组成

1.1 计算机的发展概况

随着 1946 年第一台电子数字计算机的问世, 计算机日益迅猛的发展对人类社会的进步起到了巨大的推动作用并产生了深远的影响, 尤其微型计算机的出现和快速普及, 计算机技术、网络技术、通信技术突飞猛进并相互融合, 极大地开拓了计算机更为广阔的应用领域, 它已渗透到国民经济的各个领域和人民生活的各个方面, 正潜移默化地改变人们的生产方式、工作方式、生活方式和学习方式, 当今社会掌握计算机基本知识和应用技术已成为人们的迫切要求和参与社会竞争的必要条件, 计算机应用能力已是衡量个人素质的重要标志之一。

1.1.1 计算机发展阶段和发展趋势

1. 按逻辑部件划分计算机发展阶段

1946 年 2 月, 在美国的宾夕法尼亚大学研制成功了第一台电子计算机, 称为“ENIAC”(Electronic Numerical Integrator and Calculator, 电子数字积分计算机), 主要用于弹道设计过程中数据计算, 它是一个重 30t、占地 150m²、耗电功率 150kW 的庞然大物。其内部采用了 18 800 只电子管, 1 500 个继电器, 与当今的微型计算机相比, 相形见绌, 只能送博物馆展览了, 但它毕竟是计算机的鼻祖, 是一个新生事物, 自诞生之日起, 便具有强大的生命力, 综观其发展历史, 随着主要电子器件的演变, 计算机经历了四代。

(1) 第一代计算机 (1946 ~ 1958 年): 电子管计算机。

主要特点: 逻辑器件——电子管

主 存——磁鼓

辅 存——磁带

软 件——机器语言、汇编语言

应 用——科学计算

代表机型：IBM 700 系列计算机。

(2) 第二代计算机 (1959 ~ 1964 年)：晶体管计算机。

主要特点：逻辑器件——晶体管

主 存——磁芯

辅 存——磁盘

软 件——高级语言、编译系统

应 用——除科学计算外，已开始应用于数据处理、过程控制

代表机型：IBM 7000 系列计算机。

(3) 第三代计算机 (1965 ~ 1970 年)：集成电路 (IC) 计算机。

主要特点：逻辑器件——小规模集成芯片

主 存——磁芯

辅 存——磁盘

软 件——高级语言、操作系统

应 用——科学计算、数据处理、过程控制

代表机型：IBM 360 系列计算机，DEC 生产的 PDP-8 小型商用计算机。

(4) 第四代计算机 (1971 年以后)：大 (超大) 规模集成电路 (LSIC/VLSIC) 计算机。

主要特点：逻辑器件——大规模/超大规模集成芯片

主 存——半导体存储芯片

辅 存——磁盘、光盘

软 件——高级语言、操作系统 (多用户、多任务系统)

应 用——科学计算、数据处理、过程控制，并进入网络应用时代

代表机型：微型计算机。

2. 按应用特点划分计算机发展阶段

计算机发展的每一个阶段与其应用密切相关，计算机按其应用特点可以划分为三个发展阶段。

(1) 超、大、中、小型计算机阶段 (1946 ~ 1980 年)：计算机代替人的脑力劳动，提高工作效率，解决较复杂的数学计算和数据处理。

(2) 微型计算机阶段 (1981 ~ 1990 年)：随着微型计算机的普及和计算机技术的日新月异，计算机的功能日益强大，应用领域无所不在，无处不用，对世界科技和经济的发展起到了重要的推动作用。

(3) 计算机网络阶段 (1981 年以后)：计算机技术与通信技术融合而聚变的网络技术在 20 世纪 80 年代以后发展极为迅速，由简单的远程终端，发展到今天遍布全球的因特网，实现了信息资源共享，推动了信息化社会的进程。

3. 计算机的发展趋势

随着科学技术的不断进步，未来计算机将会朝着高性能、网络化、个性化等方向发展，具体体现以下几个方面：

(1) 两极发展方向：当今计算机正朝着微型计算机和巨型计算机方向发展，微型计算机的发展和普及程度标志着计算机应用水平，巨型计算机的发展代表了计算机科学的发展水平。

(2) 智能化计算机: 它采用人工智能方法和技术, 系统设计中充分考虑建造知识库管理系统, 根据所存储的知识进行推理和判断, 在某种程度上具有模仿人的思维功能, 并具有声音和图像识别能力。

(3) 多媒体计算机: 它采用多媒体技术, 充分考虑到人的听觉、视觉效果, 将大量信息用数值、文字、声音、图形、图像、视频等进行展现, 从而极大地改善人们生活、学习环境。

(4) 网络计算机: 计算机网络技术在压缩时空方面有着出色的表现, 已成为现代人们生活中必不可少的组成部分, 它正朝着高速化、综合化、智能化方面发展。

(5) 非冯·诺依曼体系结构计算机: 冯·诺依曼 (johne Von Neumann) 在 1946 年提出了“存储程序”的计算机设计方案, 人们把按照这一原理设计的计算机称之为冯·诺依曼计算机, 该计算机“集中顺序控制”的串行机制严重制约了计算机的性能, 为进一步提高计算机性能, 非冯·诺依曼体系结构的计算机理论产生了, 相继出现并行处理机、神经网络计算机、生物晶体计算机等。

1.1.2 计算机的特点与分类

1. 计算机的特点

(1) 运算速度快: PC 机每秒钟可以处理几百万条指令, 巨型计算机的运算速度可以达到每秒钟几十亿次乃至上百亿次, 使得过去许多让人望而生畏、天文数字的计算工作在极短的时间内就能够完成。

(2) 计算精度高: 计算机能够表示的有效数位越多, 其计算精度越高, 目前 PC 机的计算精度已达到 32 ~ 64 位, 通过一些算法, 实际的有效数字可达几百位。

(3) 具有“记忆”和逻辑判断功能: “记忆”功能是指计算机能够存储大量信息, 供用户随时检索和查询。逻辑判断功能是指计算机不仅能够进行算术运算, 还可以进行逻辑运算和逻辑判断。

(4) 自动工作: 计算机按照人们事先编好的程序逐条执行, 不再需要人工干预。

2. 计算机的分类

(1) PC 机: 个人或家庭使用的低档微型计算机

(2) 工作站: 介于 PC 机和小型计算机之间的高档微型计算机, 通常配置大屏幕、高分辨率显示器和大容量存储器, 多用于计算机辅助设计和图像处理。

(3) 小型计算机: 结构简单, 易维护和使用, 其规模可以满足一个中小型部门的工作需要。

(4) 中型计算机: 具有大容量存储器和多种类型的 I/O 通道, 支持批处理和分时处理等工作方式, 其规模可以满足一个大中型部门的工作需要。

(5) 大型计算机: 也称为桌上型超级计算机, 与巨型计算机相比, 最大的特点是价格低廉, 且具有较好的性能价格比。

(6) 巨型计算机: 具有极高的性能和极大的规模, 价格昂贵, 主要用于大型科学计算和尖端科技领域, 它是衡量一个国家科学实力的重要标志。我国是世界上生产巨型计算机的少数国家之一。

1.1.3 计算机的应用

随着计算机的普及和计算机技术日新月异, 计算机应用范围从科学计算、数据处理等传统领域扩展到办公自动化、人工智能、电子商务、远程教育等, 涉及到政治、经济、军事、科技以及社会生活的各个方面。归纳起来, 计算机的应用有以下几个方面:

1. 科学计算

在科学研究和工程技术中遇到的各类数学问题的计算统称为科学计算。科学计算问题复杂、计算量大, 有些用人工计算甚至无法完成。例如地图着色的“四色问题”, 需要上百亿次的计算, 如果人工计算, 一个人即使昼夜不停, 也需要几万年。又如海域气象预报, 如果用人工计算, 算出结果时早已失去了实际意义。在工程预算方面, 为选择一个理想的方案, 往往需要计算几十个甚至上百个方案, 只有使用计算机才能很好地解决上述问题。

2. 数据处理

数据处理是指对数据进行收集、分析和加工等。据统计, 世界上 70% 以上的计算机主要用于数据处理, 因此, 计算机不再是传统意义上的计算工具了, 已成为数据处理领域最强有力的工具, 被广泛用于信息传递、情报检索、企事业管理、金融、物流、办公自动化等。

3. 实时控制

实时控制又称过程控制, 要求及时地检测和收集被控对象的有关数据, 并能按最佳状态进行自动调节和控制。利用计算机可以提高自动控制的准确性, 实时控制广泛应用于冶金、机械、纺织、化工、电力等行业。

在军事上, 导弹的发射、先进的防空系统等现代化军事设施通常都是计算机构成的控制系统。例如利用卫星定位系统控制导弹实际飞行轨道, 直接袭击目标, 其命中率几乎接近 100%; 美国在海湾战争和伊拉克战争中, 计算机实时控制技术发挥了淋漓尽致的作用。

4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统包括计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM) 等。

(1) CAD (Computer Aided Design): CAD 是人们借助计算机进行设计的一项专门技术, 广泛应用于航空、制造、建筑及微电子技术等方面。首先按照设计任务书的要求提出设计方案, 然后进行各种方案的比较, 确定产品结构、外形尺寸、材料选择, 进行模拟组装, 再对模拟组装设备进行各种性能测试, 根据测试结果进行修正, 最后设计出产品, 产品设计完成后再将其分解为零件、分装部件, 并给出零件图、分装部件图、总体装配图等, 上述全部工作都由计算机完成, 大大降低了产品的设计成本, 缩短了产品设计周期, 因此, CAD 技术被各制造业广泛应用。

(2) CAM (Computer Aided Manufacturing): CAM 是利用计算机代替人去完成制造过程相关工作, 包括生产工艺控制、物料流控制、生产过程控制与仿真、质量控制与检测。目前人们将数控、物料流控制及储存、机器人、柔性制造、生产过程仿真等计算机相关控制技术统称为计算机辅助制造。利用计算机参与大脑的辅助工作是一个不断开拓的新领域, 计算机辅助工艺规划 CAPP (Computer Aided Process Planning)、计算机辅助工程 CAE (Computer Aided Engineering) 等越来越得到广泛的应用。