

重点大学计算机教材



微型计算机原理 及应用

周杰英 张萍 陈曼娜 等编著
郭雪梅 黄方军



为教师免费提供配套教辅，需要
的教师可登录华章网站下载。



机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机教材

微型计算机原理 及应用

周杰英 张萍 陈曼娜
郭雪梅 黄方军 等编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书以经典的Intel 8086/8088微处理器和PC系列微机为背景,在参考国内外大量文献资料的基础上,全面系统地论述了16位微型计算机的基本原理和接口技术,还引出了32位微机系统的相关技术。主要包括:8086/8088微处理器的内部结构、指令系统与汇编语言程序设计;8086/8088 CPU系统总线;半导体存储器的结构及其与CPU的连接;I/O接口和8086/8088的中断系统;三块常用的功能芯片8255A、8250和8253/8254的接口技术和应用;A/D、D/A转换原理;32位Intel 80x86微处理器和32位微机的新技术等。

全书内容翔实,语言通俗易懂,讲述方法深入浅出,内容选择及安排结合了作者多年课程与实验的教学经验,务求系统性、先进性和实用性相结合,使教师和学生都能感到本书的易用性,而且能够直接指导应用。

本书可作为高等院校计算机类、电子类、通信类等相关专业本科生的教材,也可作为从事微机软硬件开发工作的科研人员的参考书。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理及应用 / 周杰英等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.8

(重点大学计算机教材)

ISBN 7-111-19646-5

I. 微… II. 周… 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(2006)第095811号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:王子恢

北京京北制版印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2006年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24印张

定价:35.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

本社购书热线:(010) 68326294

前 言

“微型计算机原理及应用”是高等院校电子、通信、自控、计算机等理工科专业大学生必修的一门重要专业基础课程。其任务就是要使学生掌握微型计算机的基本组成、工作原理、接口功能及其与系统的连接,从而建立微型计算机的整机概念,并在此基础上使学生具有微机应用系统软、硬件开发的初步能力。本书正是本着上述基本指导思想,按照“微型计算机原理及应用”本科教学大纲的要求,结合作者多年的微机教学实践,从原理和应用两方面对“微型计算机原理及应用”进行介绍和分析。

8086/8088微处理器诞生至今已有很长一段时间,期间CPU的性能、制造工艺和使用的技术都有了很大的发展。其中最重要的发展是微处理器由16位发展到了32位,相应的微机汇编指令系统等也有了很大改变。如果现在的课堂教学只单单讲授16位机的内容显然是不够的,然而现有的教材又大多以16位机为编写内容,正是基于这种教学与实际应用的矛盾,编者决定编写本书,以求达到既能适应教学需要,又能衔接微机新技术发展的目的。本书以Intel 8086/8088微处理器为基础,首先论述了16位微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术,并在此基础上引出了32位微机系统的相关技术。从教学的角度来看,8086/8088芯片的结构相对简单,指令系统相对较小,适合于课堂教学和学生理解掌握。从应用编程的寄存器结构来看,从8088、8086到80386以上,直到最新的P4处理器,只有16位与32位的区别,而没有本质的区别;它们是一个系列,向下兼容的。本书采用这样的组织编排方式,既方便了老师教学与学生学习的目的,又体现了微机发展的过程。

全书共有13章。第一章介绍微型机的发展、应用和基本组成以及数据表示方法。第二章描述80x86微处理器的内部结构。第三章详细介绍80x86的指令系统。第四章描述80x86汇编语言程序设计,并从程序结构角度介绍程序设计方法。第五章描述80x86微处理器的外部特性,包括引脚、时序和系统总线。第六章概要介绍半导体存储器的结构及其与微处理器的连接。第七章综述I/O接口及处理器与外部设备的数据传送方式以及DMA传送方式及DMA控制器8237A。第八章介绍微处理器的中断系统、中断控制器8259A和中断服务程序的编写。第九章首先介绍定时计数器8253/8254,之后介绍微机中的定时和计数方法。第十章讲述并行接口芯片8255A以及键盘、LED数码管和打印机接口。第十一章介绍串行异步通信接口,重点介绍8250芯片的使用。第十二章介绍A/D、D/A转换原理以及模拟接口芯片的应用。第十三章介绍32位Pentium微处理器及其所采用的新技术。附录中有配合第三章指令系统的调试程序DEBUG常用命令的使用方法;还有配合第四章汇编语言程序设计的内容,方便查找的8086/8088指令系统、DOS功能调用和ROMBIOS功能调用列表。

本书在编写中注重理论联系实际,首先力求将基本原理讲清、讲透,使学生掌握基本概念,在这个前提下强调用基本概念、基本方法去分析和解决实际问题,以培养学生的应用能力。在叙述上力求概念清楚、文字简洁、例证丰富。

本书的第一章至第十二章主要由周杰英老师负责编写,林毅、叶文俊、陈君伟、陈剑峰、王涛在编写过程中做了许多工作。张萍老师负责第十三章、第二章的第三节、第五章的第一

IV

节和第三节以及第六章的第七节的编写工作，张喜兵、庄志端、曾宴强在编写过程中提供了许多帮助。陈曼娜老师、郭雪梅老师和黄方军老师对书稿进行了校阅，并为本书的编写与最终定稿提出了许多宝贵的意见。全书最后由周杰英老师进行了统稿和审定。

本书的编写过程中，得到了许多教师和学生的帮助，作者在此表示感谢。作者还要感谢机械工业出版社华章分社的编辑，是他们的大力支持才使本书能够很快与读者见面。

由于时间有限，此外限于作者的学识水平，书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大同行及读者指正。同时也欢迎读者，尤其是采用本书的教师和学生，共同探讨相关教学内容、教学方法等问题。

作者

2006年7月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 微型计算机的发展及应用	1
一、计算机的发展历程	1
二、计算机的发展趋势	2
三、微型计算机的发展	3
四、微型计算机的应用	6
第二节 数据的表示方法	7
一、进位计数制	7
二、数制间的相互转换	8
三、数值数据的表示方法	11
四、二-十进制编码 (BCD编码)	15
五、字符编码	18
第三节 微型计算机系统结构概述	19
一、微型计算机的体系结构	19
二、典型的微处理器	22
三、微型计算机的工作过程	24
习题	27
第二章 微处理器体系与结构	28
第一节 Intel微处理器的概要历史	28
第二节 Intel 8086/8088微处理器的结构	29
一、执行单元与总线接口单元	29
二、8086/8088的寄存器结构	30
三、8086/8088的存储器组织	35
第三节 Intel 80386微处理器的结构	39
一、80386微处理器的体系结构	39
二、存储器管理	45
三、80386的工作方式	50
四、中断	53
习题	54
第三章 80x86指令系统	56
第一节 80x86的寻址方式	56
一、立即寻址	56
二、寄存器寻址	57
三、存储器寻址	57
四、I/O端口寻址	63
第二节 80x86指令系统	63
一、数据传送类	64
二、算术运算类	72
三、逻辑操作类	83
四、字符串操作类	90
五、控制转移类	95
六、处理器控制类	102
第三节 80x86指令系统的纵向比较	105
一、8086的指令系统	105
二、80286的指令系统	106
三、80386的指令系统	106
四、80486的指令系统	107
五、Pentium的指令系统	107
习题	108
第四章 80x86汇编语言程序设计	110
第一节 汇编语言概述	110
一、机器语言、汇编语言和高级语言	110
二、汇编语言程序结构	111
第二节 汇编语言语句的组成	111
一、字符集	111
二、保留字与标识符	112
三、常量、变量与标号	112
四、表达式及运算符	113
第三节 汇编语言的语句	117
一、指示性语句	117
二、指令性语句	127
第四节 宏汇编指令	131
一、宏操作伪指令	131
二、条件汇编	133
第五节 编写完整的汇编语言程序	134
一、汇编语言程序与MS-DOS	134
二、一般的汇编语言程序的整体框架	136

三、模块化程序设计的思想	138	第五节 存储器的工作时序	215
四、利用简化段定义伪指令编写 完整程序	141	一、存储器对读周期的时序要求	216
第六节 汇编语言程序设计	144	二、存储器对写周期的时序要求	216
一、程序设计基本方法	145	三、8086对存储器的读/写时序	217
二、程序设计举例	147	第六节 存储器空间的分配和使用	218
习题	165	一、IBM PC/XT的内存分配	218
第五章 微处理器总线操作与时序	167	二、ROM子系统	219
第一节 总线概述	167	三、RAM子系统	220
一、总线的分类	167	第七节 存储器的新技术	224
二、总线的主要性能	167	一、DRAM技术	224
三、总线的发展	168	二、闪速存储器	225
第二节 Intel 8086/8088总线操作与时序	168	习题	226
一、8086/8088的时钟和总线周期	168	第七章 输入和输出	227
二、8086/8088工作模式与系统总线	169	第一节 I/O接口	227
三、8086/8088的总线时序	179	一、I/O接口的功能	227
第三节 微机系统总线技术	187	二、接口电路的基本结构	228
一、ISA总线	187	三、I/O端口的寻址方式	230
二、EISA总线	188	第二节 CPU与外部设备数据传送的方式	230
三、VESA总线	189	一、程序控制方式	230
四、PCI总线	189	二、中断方式	235
五、AGP总线	193	三、DMA传送方式	235
六、PCI-X总线	194	第三节 DMA控制器8237A	240
七、PCI Express 总线	194	一、8237A的结构	240
八、USB 总线	195	二、8237A的引脚信号	242
九、IEEE 1394总线	196	三、8237A的工作周期、时序与模式	244
习题	197	四、8237A的内部寄存器组与编程	247
第六章 半导体存储器	198	习题	251
第一节 半导体存储器的分类	198	第八章 中断	253
一、RAM的分类	198	第一节 概述	253
二、ROM的分类	199	一、中断概念的提出	253
第二节 存储器的主要指标	199	二、中断源	253
第三节 读写存储器(RAM)	200	三、中断系统的功能	254
一、静态RAM	200	第二节 中断处理过程	254
二、动态RAM	207	一、中断请求	254
第四节 只读存储器(ROM)	210	二、中断响应	255
一、掩膜式ROM	210	三、保护现场	255
二、可编程ROM	211	四、转入执行中断服务程序	255
三、可擦除可编程ROM	211	五、恢复现场	256
四、可电擦除可编程ROM	215	六、开中断及返回	256
		第三节 中断源和中断优先权的识别	256

一、软件查询中断优先级	256
二、硬件查询中断优先级	257
三、中断嵌套	258
第四节 8086/8088的中断系统	259
一、8086/8088的中断源	259
二、中断向量表	261
三、8086/8088的中断响应过程	262
第五节 中断控制器Intel 8259A	264
一、8259A的引脚信号及内部结构	264
二、8259A的工作时序	267
三、8259A的工作方式	268
四、8259A的编程及应用	272
第六节 IBM PC/XT的中断结构	280
一、中断类型	280
二、IBM PC/XT的中断调用	280
习题	281
第九章 计数器和定时器电路	283
第一节 概述	283
一、Intel 8253的基本功能	283
二、计数器的内部结构	283
三、Intel 8253的内部结构和引线	284
第二节 Intel 8253的控制字	285
第三节 Intel 8253的工作方式	286
一、方式0	286
二、方式1	287
三、方式2	288
四、方式3	288
五、方式4	289
六、方式5	290
七、Intel 8253工作方式总结	291
八、Intel 8253的编程	292
第四节 Intel 8253在IBM PC机上的应用	293
第五节 计算机钢琴程序	294
习题	296
第十章 并行输入/输出接口芯片8255A	297
第一节 8255A的内部结构和引脚信号	297
第二节 8255A工作方式及其功能	299
一、方式选择控制字	299
二、方式0	300
三、方式1	301
四、方式2	304
第三节 8255A的操作	305
一、按位置位/复位操作	305
二、中断控制功能	306
第四节 8255A应用举例	307
一、以8255A作为终端机的接口	307
二、以8255A为接口的数模/模数转换	308
习题	311
第十一章 串行通信及接口电路	312
第一节 串行通信	312
一、同步通信和异步通信	312
二、串行通信的传送方向	313
第二节 可编程通用异步收发器	
INS 8250	314
一、INS 8250的基本功能	314
二、INS 8250的结构图与引脚信号	314
第三节 INS 8250初始化编程	317
一、INS 8250内部初始化寄存器	317
二、INS 8250内部状态寄存器	319
第四节 INS 8250应用举例	321
一、设计要求	321
二、设计思路	321
三、设计程序	322
习题	323
第十二章 数/模、模/数接口技术与编程	324
第一节 数/模转换器	324
一、数/模转换的原理	324
二、数/模转换器件及其与CPU的接口	326
第二节 模/数转换器	328
一、模/数转换的基本原理	329
二、ADC芯片与CPU的连接	331
三、模/数转换芯片及其应用	333
习题	337
第十三章 Pentium微处理器	338
第一节 Pentium微处理器概述	338
一、超标量和超流水线技术	338
二、分支转移预测技术	338
三、MMX技术	339
四、SSE技术	339
第二节 Pentium微处理器的体系结构	339

VIII

一、Pentium微处理器的系统结构	339	三、双核技术	358
二、Pentium微处理器的寄存器组	341	习题	359
三、Pentium微处理器的存储器管理	346	附录	360
四、Pentium微处理器的Cache结构	347	附录一 ASCII(美国信息交换标准码) 字符表	360
第三节 Pentium微处理器的信号引脚	350	附录二 ROM BIOS中断调用	361
第四节 Pentium微处理器的总线时序	354	附录三 IBM PC/XT软件中断与功能 调用表	363
一、Pentium的总线状态	354	附录四 8086/8088指令系统表	367
二、Pentium的总线周期	354	参考文献	375
第五节 Intel系列微处理器的技术发展	357		
一、Itanium微处理器概述	357		
二、超线程技术	357		

第一章 绪 论

第一节 微型计算机的发展及应用

一、计算机的发展历程

计算机的发明和应用堪称20世纪人类最伟大的成就，它标志着信息时代的开始。在近60年的时间里，计算机技术得以飞速发展，现在计算机及其应用已经渗透到社会的各个领域，有力地推动了社会信息化的发展。目前，计算机已经是各个行业必不可少的一种基本工具，一个国家计算机的应用水平直接标志着这个国家的科学现代化水平。

自1946年第一台计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 问世以来，计算机的发展异常迅猛，从单一的数值处理发展到非数字处理和多媒体信息处理；从科学计算领域发展到商业、办公、学习和日常生活领域；从早期的以运算器为中心的冯·诺依曼结构发展到流水线、并行处理与多处理机结构；从传统的指令驱动型计算发展到数据驱动和需求驱动型计算，可谓日新月异。

从1946年ENIAC电子计算机诞生后，半个多世纪以来，随着电子器件的不断发展电子计算机已经历了电子管、晶体管、集成电路(IC)和超大规模集成电路(VLSI)四次重大的技术换代。

第一代(约1946~1957年)是电子管计算机时代。当时的计算机主要用于科学计算，其特征是采用电子管作为逻辑元件，用阴极射线管或汞延迟线作为主存储器，外存主要使用穿孔纸带、卡片等，运算速度为每秒几千次至几万次，程序设计使用机器语言或者汇编语言。这个时期计算机的特点是体积庞大、耗电多、运算速度慢、可靠性差、内存容量小。ENIAC计算机便是一个典型的例子。

第二代(约1958~1964年)是晶体管计算机时代。这类机器的应用重点已由科学计算转向数据处理，同时还研制出了不依赖于机器的高级语言。其特征是用晶体管代替电子管，以磁芯为主存储器，外存主要使用磁带、磁盘，运算速度为每秒几十万次。程序设计方面出现了FORTRAN、COBOL、ALGOL等高级语言，简化了编程，并建立了批处理程序。

与第一代计算机相比，晶体管计算机体积小、成本低、功能强、可靠性高。这个时期的计算机不仅应用在军事等尖端技术上，而且也开始应用在工程设计、数据处理、事务管理等方面。

第三代(约1965~1970年)是中、小规模集成电路计算机时代。这时的计算机体积进一步缩小了，同时又研制成图形显示器及终端设备，大大方便了人与机器的联系。其主要特征是用中、小规模集成电路代替了分立元件晶体管。所谓集成电路，是指在单个硅片上集中几十个，甚至上万个电子器件所组成的逻辑电路，封装后在外观上已分不出各种元件和电路的界限。这个时期，磁芯存储器已被半导体存储器逐步代替，运算速度提高了到每秒几十万次至几百万次。在软件方面，操作系统日趋成熟，其功能日益完善，这是第三代计算机的显著特点。

这个时期计算机设计的基本思想是标准化、模块化、系列化。例如存储器、I/O接口等采用标准部件，积木式结构设计，采用标准组件组装。这些技术使得计算机的兼容性好，成本降低，因而进一步扩大了计算机的应用范围。

第四代(约1971年至今)是大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代。其主要特

征是采用LSI和VLSI为计算机的主要功能部件。例如80386微处理器，在面积约为10mm×10mm的单个芯片上，可以集成大约32万个晶体管。主存储器采用集成度更高的半导体存储器，容量越来越大。例如在一个指甲大小的16兆位芯片上，可以存储一部《红楼梦》小说。运算速度可达每秒几百万次甚至上亿次。在系统结构方面发展了并行处理技术、分布式计算机系统和计算机网络等；在软件方面发展了数据库系统、分布式操作系统、高效而可靠的高级语言以及软件工程标准化等，并逐渐形成软件产业部门。

第五代计算机是超大规模集成电路、人工智能、软件工程、新型计算机体系结构等综合的产物，是一种更接近于人的计算机系统。它能听懂人说话，能看懂图形和文字，能识别不同的物体，能写字和画图。它有知识，能学习，会推理，善解题。人们可不必编制程序，只要发出命令、写出某个方程式或提出某个要求，计算机就能完成所需要的程序，并把结果提供给用户。目前研制的神经网络计算机即属此类。第五代计算机从1990年开始研制至今，目前仍处于研究、实验阶段，还没有推出应用产品。

表1-1列出了前四代计算机的主要特征。

表1-1 第一代至第四代计算机的主要特征

	第一代 (1946~1955年)	第二代 (1956~1963年)	第三代 (1964~1971年)	第四代 (1972年至今)
主要元件	电子管	晶体管	中、小规模集成电路	大规模、超大规模集成电路
外存储器	穿孔纸带、 卡片为主	磁带为主	磁盘为主	磁盘和大容量存储器 (如光盘)
主存储器	汞延迟线	磁芯	半导体	大规模集成电路
内存容量	1KB~4KB	4KB~32KB	32KB~3MB	3MB以上
处理速度 (指令/秒)	2千条	1百万条	1千万条	上亿条

二、计算机的发展趋势

从1946年第一台计算机诞生，计算机已经走过半个多世纪的历程。它的发展速度之快，大大超出了人们的预料。60年来，计算机在提高速度、增加功能、缩小体积、降低成本和开拓应用等方面不断发展。进入21世纪之后，这种趋势不仅仍在继续，而且节奏更快。

(1) 计算机的处理速度不断提高

随着用户需求的不断增长，如何提高计算机的处理速度，一直是计算机发展的主要目标。20世纪50年代到70年代，计算机已经具备了高速化的基础，80年代实现了高速化，90年代更向超高速、大容量迈进。无论是巨型、大型、中型、小型还是个人计算机(PC机)，其计算速度越来越快，存储容量越来越大。特别是PC机，依靠超大规模集成电路(VLSI)和微型组装技术的支持，采用大型机的体系结构，它的计算能力之快，往往超出人们的预料。现在一个使用PC机的中学生，他所拥有的计算能力，早已超过美国阿波罗计划时使用的计算机的计算能力。人们预言，2020年之前，计算机的计算能力还将按照“摩尔定律”(每1.5年提高一倍)继续不断发展。

(2) 计算机体积不断缩小

在性能指标、功能特性和可靠性有增无减的前提下，计算机的体积、重量自然是越小越好。20世纪50年代至70年代期间，计算机的体积每5~8年就可缩小为原来的1/10左右。80年代以来大规模集成电路的发展，使计算机微型化了。近十多年来，半导体集成电路的集成度，

大约每3年就提高4倍。目前这种趋势仍将保持下去,计算机将继续朝着超微型化方向发展。

(3) 计算机的价格将持续下降

近60年来,计算机在性能不断提高、功能不断增强、可靠性大大改善的同时,价格一直在下降。下降幅度之大、速度之快,令人惊叹。1980年至1990年,大、中型机每MIPS(每秒执行百万条指令)的计算成本从30万美元降到10万美元,10年下降了2/3;与此同时,PC机每MIPS从1万美元下降到500美元,仅10年时间就下降为原来的1/20。20世纪90年代计算机的价格战越演越烈,例如,1991年以Intel i486为基础的PC机,每MIPS合225美元;而1995年Pentium微处理器大量生产后,PC机每MIPS的成本已不到10美元。

(4) 计算机的信息处理功能走向多媒体化

从应用的角度看,计算机近60年的发展过程也是一个从单一计算功能向多种信息处理功能全面发展的过程,计算机从一般的科学工程计算(数值计算),逐步发展到数据处理、文字处理、图形/图像处理和声音、动画、影像(视频)处理等。现在,普通的PC机不但能处理数值信息、文字信息、图形信息等静态信息,还可以处理动态的视觉信息(动画、视频)和音频信息(语音、音乐等),将来甚至还可以理解用户的声音、语音、表情、姿势等,它将越来越贴近人类的感知和行为习惯,计算机与人的界面会越来越友好。正是由于多媒体技术的发展,计算机的应用正在迅速渗透到各行业乃至人们的日常生活、工作和学习中,计算机的应用将会达到“无所不在”的程度。

(5) 计算机与通信相结合,计算机应用进入“网络计算时代”

在计算机的发展过程中,计算机数据通信网络(简称计算机网络)的发展与应用,几乎与计算机的发展是同步进行的,计算机与通信网络越来越融合为一体了。

计算机的应用模式,在20世纪50年代至70年代主要是依赖于大型计算机的“集中计算模式”,80年代由于个人计算机的广泛使用而表现为“分散计算模式”,90年代由于计算机网络的发展,使计算机的应用进入了“网络计算模式”。在这种情况下,用户不单单可以使用自己的计算机进行信息处理,还可从网络获得他所需要的解决问题的“能力”。在这里,这种能力泛指硬件、软件和数据资源。当然有些用户仍然只需依靠自己的一台计算机就能完成自己的特定任务,只是说,网络计算已经上升为主要模式。

网络计算的应用模式对计算机、网络乃至整个信息社会,都产生了巨大而深远的影响。

三、微型计算机的发展

第四代计算机的一个重要分支是以大规模、超大规模集成电路为基础发展起来的微处理器和微型计算机。微处理器是一种集成电路器件,它是指把计算机的运算器和控制器集成在单个芯片上的大规模集成电路,通过它来控制计算机各部分有节奏地协调工作,并对数据进行算术运算或逻辑运算,所以它起到一般计算机的中央处理器(CPU)的作用。习惯上,微处理器也叫做CPU。

由于大规模集成电路技术的飞速发展,自1971年微处理器问世以来,它就得到了异乎寻常的发展。有人认为,微型计算机的发展至今已历经四次大的演变,其主要标志就是所使用的CPU(微处理器)的字长和功能的变革。

第一阶段是诞生期(1971~1973年),以1971年Intel公司研制的采用微处理器4040的MCS-4微型计算机为开端。它的字长为4位,平均指令执行时间为20微秒,主要用来进行十进制串行运算和简单的数据处理,没有暂停和中断功能,灵活性差。后来该公司推出8位微处理器8080,并以8080微处理器为核心制成MCS-8型微型计算机。这种机的字长为8位,指令系统和

中央处理功能比较完整。

第二阶段是幼年期（1973~1977年），这是微型计算机的发展和改进阶段。它的初期产品有Intel公司的MCS-80型微型计算机，采用8080微处理器，字长为8位，基本指令执行时间缩短到2微秒，具有8级中断功能，多种寻址方式，并配备有高级语言。这个时代后期出现的以6502微处理器为核心的APPLE II型微型计算机具有16 000多个应用程序和大量外围设备，在20世纪80年代初期曾一度风靡世界。

第三阶段是成长发育期（1978~1980年），这是16位微型计算机的发展阶段。IBM公司生产的著名的IBM PC微型计算机便是这个阶段的代表产品，它采用Intel公司的8086微处理器。围绕着16位微机产品的普及，微机整机的硬件和软件，包括语言、操作系统、开发系统、配套外部设备等蓬勃发展。这个阶段实际上一直延续到1986年，它以APPLE公司1984年推出的16位微型计算机Macintosh和IBM公司1986年推出的PC/AT 286微型计算机为顶峰。

第四阶段便是从1981年开始的32位微型计算机的发展阶段。1981年初在国际固体电路会议（ISSCC）上发表了几篇关于32位微机的研究成果论文；1983年美国国家半导体公司抢先将NS 32032微处理器推入市场，此后美、日公司相继推出的32位微处理器共达数十种之多。人们所熟知的386、486微型计算机便是采用Intel公司研制的80386、80486微处理器为核心的。1993年，Intel公司推出了中文译名为“奔腾”（Pentium）的微处理器，它具有64位的内部数据通道，故可称为64位处理器，并于20世纪末推出P6和P7微处理器，在单芯片上集成晶体管数在1000万个以上，速度高达每秒10亿次。

32/64位微型计算机是微机和整个计算机发展的一个新的里程碑，是计算机产业通向21世纪的重要基石。在第五代计算机发展受阻的情况下，32/64位微机不仅成为第四代微机的顶峰，而且成为第四代计算机的重要组成部分。

微型机从出现到现在不过30余年，但其发展的神速是任何技术都无法比拟的。特别是近年来，微型机技术更是飞速发展，更新换代速度加快，平均每2~3个月就有新产品出现，每1~2年产品就更新换代一次。平均每两年芯片的集成度可提高一倍，性能提高一倍，价格降低一半。微型计算机正向体积更小、速度更快、使用更方便、价格更便宜的方向发展，它以不可阻挡之势迅速渗透到社会的各行各业、方方面面，其应用范围不断扩展，已经成为人类社会不可缺少的部分，对人类文明和社会进步产生着巨大而深远的影响。

下面我们以IBM系列PC机的发展历程来简要介绍一下微型计算机的发展过程。其历程如表1-2所示。

表1-2 IBM PC机发展历程

名 称	推出年代	采用CPU	特 点
IBM PC	1981	8088	准16位微机，内存寻址1MB
IBM PC/XT	1983	8088	比IBM PC多一个10MB硬盘
IBM PC/AT	1984	80286	内存寻址增至16MB；具有虚拟存储器功能
386	1986	80386	内存容量更大，为32MB或64MB
486	1990	80486	支持虚拟8086模式
Pentium	1993	Pentium	可执行多任务
Pentium II	1997	Pentium II	支持多媒体、网络技术
Pentium III	1999	Pentium III	
Pentium IV	2000	Pentium IV	

PC机更新换代的一个重要标志是其所采用的微处理器，从16位机到32位机，微处理器大

致经历了以下的发展历程。

(1) 8088与8086微处理器

Intel公司于1981年推出8086与8088微处理器,著名的IBM PC/XT便基于8088微处理器。这两种16位的微处理器比以往的8位微处理器功能更强大,地址线有20条,内存寻址范围为1M字节。它们的区别在于,8086微处理器外部的数据总线也是16位,而8088微处理器的外部数据总线为8位。

(2) 80286微处理器

1982年,Intel推出了80286微处理器。该微处理器含有13.4万个晶体管,也是16位微处理器,其频率比8086微处理器更高,有24条地址线,内存寻址范围是16M字节。

(3) 80386微处理器

80386微处理器属于32位微处理器,其内部和外部数据总线都是32位,地址总线也是32位,可寻址4GB内存。它除具有实模式和保护模式外,还增加了一种叫虚拟86的工作方式,可以通过同时模拟多个8086微处理器来提供多任务能力。它分为80386SX和80386DX,前者是准32位微处理器,数据总线是16位,其内部32位寄存器必须分两个16位的总线来读取,是286计算机与386DX计算机之间的过渡产品;而后者是真正的32位微处理器,它的数据总线和内部寄存器都是32位,它还可以配上80387数字协处理器,以提高计算速度。386微处理器的主频有16MHz、20MHz、25MHz、33MHz和40MHz五种。除Intel公司生产的386芯片外,还有AMD、Cyrilx、Ti、IBM等公司生产的。

(4) 80486微处理器

80486微处理器简称486,于1989年由Intel公司首先推出,其中集成了120万个晶体管。其时钟频率从25MHz逐步提高到33MHz、50MHz,它也属于32位微处理器。80486微处理器将80386微处理器和数学协处理器80387以及一个8KB的高速缓存集成在一个芯片内,并且在80x86系列中首次采用了RISC技术,可以在一个时钟周期内执行一条指令。它还采用了突发总线方式,大大提高了CPU与内存的数据交换速度。

(5) Pentium微处理器

Pentium(奔腾)是Intel公司于1993年推出的新一代微处理器,它集成了310万个晶体管。Pentium微处理器使用更高的时钟频率,最初为60MHz和66MHz,后来提高到200MHz,具有64位数据总线和16KB的高速缓存。奔腾CPU的出现进一步加速了CPU的更新速度,CPU厂商之间的竞争也愈加激烈。Intel公司为了防止其他公司侵权,为新的CPU取了“Pentium”的名字,而没有继续叫做80586。后来Intel又推出了使用MMX技术的Pentium MMX的多能奔腾,它增加了57条多媒体指令,内部高速缓存增加到32KB,最高频率是233MHz。MMX是MultiMedia eXtension的缩写,意即多媒体扩展——一种基于多媒体计算以及通信功能的技术,它能生成高质量的图像、视频和音频,加速对声音图像的处理。Cyrilx 6X86、Cyrilx Media GX和AMD K5与Pentium是同一级别的CPU;而AMD-K6和Cyrilx 6x86MMX与Pentium MMX属于同一级别的CPU。Pentium Pro 中文称作高能奔腾,也称为P6。它在Pentium MMX之前面市,不仅使用了大量新技术,还包含了256KB或512KB的高速缓存,主要应用在服务器上。

(6) Pentium II以上的CPU

目前PC微处理器的领先者是Intel的Pentium II、Pentium III、Pentium IV,其芯片内部集成了大容量的高速缓存和二级缓存,并且使用了MMX和AGP技术。AMD和CYRIX公司也推出了同一档次的处理器,即AMD-K6-2/K6-3和CYRIX MII/MIII,它们也都是32位处理器。这类芯片的主要特点是采用了更大容量的分级缓存,更快的主频以及新的封装技术,并添加了一些新的指令集,以处理类似3D运算、动画、影像、音效等功能,增强视频处理和语音识别功能。

四、微型计算机的应用

微型计算机的应用归纳起来有如下几个方面。

(1) 科学计算

科学计算的特点是计算量大和数值变化范围大,因而一直是微型计算机的重要应用领域之一。例如,在天文学、量子化学、空气动力学、核物理学等领域中,都需要依靠计算机进行复杂的运算。在军事上,导弹的发射及飞行轨道的控制都离不开计算机的科学计算。除了国防及尖端科学技术以外,计算机在数学、力学、晶体结构分析、石油勘探、桥梁设计、建筑、土木工程等领域内也得到了广泛的应用,从而促进了各门科学技术的发展。用多片微处理器构成的并行处理器甚至可以超过大型机的速度和性能,几乎可以满足各种科学计算的需要。

(2) 数据处理和管理

在企业管理、金融商贸、办公事务、教育卫生、军事活动、情报检索等领域,都需要利用计算机对大量的数据进行搜索、归纳、分类、整理、存储、统计和分析,处理结果往往以图表形式输出。据统计,目前的计算机应用中,数据处理所占的比重最大。计算机的应用使人们从大量繁杂的数据统计与事务处理中解放出来,大大提高了工作效率和管理水平。

(3) 计算机控制

现代化工厂里,计算机普遍用于生产过程的自动控制,例如在化工厂中用计算机来控制配料、温度、阀门的开闭等。

用于控制的计算机,其输入信息往往是电压、温度、机械位置等模拟量,因此要先将它们转换成数字量(称为模/数转换),然后计算机才能进行处理或计算。计算机的处理结果是数字量,一般要将它们转换为模拟量(称为数/模转换)才能去控制对象。如有需要,可将结果打印输出或显示在屏幕上,以供观察和分析。

(4) 计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)

在飞机、汽车、船舶、机械、建筑工程、集成电路等行业中,为了提高产品(工程)质量,缩短周期,降低成本,设计和制造人员借助于计算机自动或半自动地完成设计和产品制造所采用的技术,称为计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)和计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)。CAD/CAM技术发展非常迅速,应用范围不断扩大,并派生出许多新的技术分支,如计算机辅助测试(Computer Aided Test, CAT)、计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)等。特别是管理信息系统、自动控制(如数控技术、柔性制造技术)与CAD/CAM技术在制造业的综合应用,将市场信息采集、经营决策、计划、产品开发、加工制造、销售与服务等有机地结合为一个整体,从而达到在整体上优化经营与生产的目的,具有这样一些功能的计算机综合应用系统就称为计算机集成制造系统(CIMS)。

(5) 智能模拟

智能模拟是用计算机模拟人类某种智能行为(如感知、思维、推理、学习、理解等)的相关应用,例如各种计算机人工智能的应用,包括专家系统、模式(声、图、文)识别、问题求解、定理证明、机器翻译、自然语言理解等。

计算机在社会与经济发展中的作用已在近60年的历史中得到了充分肯定。计算机应用的广泛需求推动着计算机技术的飞速发展,计算机技术的飞速发展,又大大推动着计算机应用的迅猛发展。

进入20世纪90年代后,随着微型计算机技术的迅猛发展,特别是融数据、文字、声音、

图形、图像为一体的多媒体技术日益成熟, 俗称个人电脑的微型计算机正大踏步地走进办公室和家庭。在不久的将来, 微型计算机将发展成为融工作、学习、娱乐于一体, 集电脑、电视、电话于一身的综合办公设备和新型家用电器, 并且还将成为信息高速公路上的数字化、多媒体智能终端。

第二节 数据的表示方法

计算机是对信息进行高速自动化处理的机器。这些信息是以数字、字符、符号、图形、声音等形式出现的, 并且是以二进制编码的形式与机器的电子元件状态相对应的。因此, 要了解计算机的基本构造及工作原理, 就应了解计算机中符号与数字的组成格式和编码规则等基础知识。

在计算机中, 采用的是“0”和“1”两个基本符号组成的二进制码。由于计算机内部记忆信息的设备由两个状态的器件组成, 因而计算机内部的任何信息只能用“0”或“1”来表示。二进制数的编码、记数、加减运算规则简单, 二进制的两个符号“0”和“1”刚好与逻辑运算的两个值“真”和“假”相对应, 为计算机中实现逻辑运算和程序中的逻辑判断提供了便利的条件。

将多个0和1组合在一起, 便可表示任意多个不同的数。组合在一起的1和0, 称为位串, 只有一个1或0的组合称为二进制的一位。计算机中用位串来表示数、字母、标点符号和其他任何有用的信息。按一定格式构成的位组合状态用来表示数, 数具有三种基本格式: 二进制定点数、二进制浮点数, 二—十进制编码数(BCD数)。与字母、数字或其他字符对应的位组合格式称为字母数字代码。

一、进位计数制

按进位的方法进行计数, 称为进位计数制。在进位制中每个数规定使用的数码符号的数量, 称为进位基数, 用 R 表示。使用 R 为基数的计数制称为 R 进制数, 常用的有十进制数、二进制数、十六进制数、八进制数等。若每位数码用 a_i 来表示(下标 i 指示位数), 则进位计数制表示的方法如下:

$$N=(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_i \cdots a_1 a_0)_R \text{ (数码)}$$

$$R^{n-1}, R^{n-2}, \cdots, R^i, \cdots, R^1, R^0 \text{ (权值)}$$

数 N 由 n 位数码组成, 习惯上把最右边一位称为最低位, 最左边一位称为最高位, 各位的数码为1时所表示的数值, 称为该位的权值。权值随数位的增加而成指数规律增加, 最低位的权值 $R^0=1$, 第 i 位的权值为 R^i 。这样, 第 i 位数码 a_i 所表示的绝对值就是数码 a_i 乘上该位的权值, 即 $a_i \times R^i$ 。

建立了权值的概念之后, 则可把 R 进制制中数 N 写成下列按权值展开的多项式:

$$N_R = a_{n-1} R^{n-1} + \cdots + a_i R^i + \cdots + a_0 R^0 + a_{-1} R^{-1} + a_{-2} R^{-2} + \cdots + a_{-m} R^{-m}$$

上式对任何进位制都适用。式中, n 和 m 为整数, 它们分别表示整数部分和小数部分的位数; $(n+m)$ 为总共的位数; i 为数位的序号; a_i 为第 i 位的数码; R 为进位制数, 同时也为进位基数; R^i 为第 i 位的权值。

当进位基数 $R=10$, 则为十进制, 这是我们非常熟悉的数制。它的每位数可用下列10个数码(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)之一表示。

一个多位十进制整数 N_{10} 的按权值展开的表达式如下：

$$N_{10}=10^{n-1} \times a_{n-1}+\cdots+10^2 \times a_2+10^1 \times a_1+10^0 \times a_0$$

各位的权值就是通常所说的“个、十、百、千、万”等。

进位基数 $R=2$ 时，称为二进制。二进制的每位数码只有两个符号：0和1。

二进制是“逢2进1”。也就是说，每位数最多只能累计到两个，计满两个就向高位进1。二进制的基数为2，数码只有两个，并且只能用0或1来表示。

二进制整数表示如下：

$$N_2=a_{n-1} \cdots a_2 a_1 a_0$$

二进制整数的按权值展开的表达式如下：

$$N_2=2^{n-1} \times a_{n-1}+\cdots+2^2 \times a_2+2^1 \times a_1+2^0 \times a_0$$

计算机中常用的几种进位数制是：

进位数制	进位基数	数码符号
二进制 (B)	$R=2$	0,1
八进制 (O, Q)	$R=8$	0,1,2,3,4,5,6,7
十六进制 (H)	$R=16$	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F (其中, A~F分别表示十进制10,11,12,13,14,15)
十进制 (D)	$R=10$	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

二、数制间的相互转换

1. 非十进制数转换为十进制数

欲将基数为 R 的数 (R 进制数) 转换成基数为10的数 (十进制数)，可根据下式中已知的 a_i 求 d_i ：

$$a_n R^n+a_{n-1} R^{n-1}+\cdots+a_i R^i+\cdots+a_0=d_m 10^m+d_{m-1} 10^{m-1}+\cdots+d_i 10^i+\cdots+d_1 10+d_0$$

这一过程比较简单，只要将 R^i 和 a_i 用十进制表示，然后进行十进制运算即可得到所需要的结果。

例1.1 $(1011.101)_2=1 \times 2^3+1 \times 2^1+1 \times 2^0+1 \times 2^{-1}+1 \times 2^{-3}=(11.625)_{10}$

例1.2 $(2A4)_{16}=2 \times 16^2+10 \times 16^1+4$
 $=512+160+4$
 $=(676)_{10}$

2. 十进制数转换为非十进制数

十进制整数转换为非十进制整数可以采用下式计算：

$$(N)_{10}=a^n R_n+a_{n-1} R^{n-1}+\cdots+a_1 R+a_0=((\cdots(a_n R+a_{n-1}) R \cdots) R+a_1) R+a_0$$

由上式可见，当需将十进制整数转换为 R 进制数时，可以采用“除以 R 取余”法：即只需将要被转换的十进制数，连续除以 R ，直至商等于零为止。第一次除法的余数是 a_0 ，而最后一次除法的余数为 a_n ，将 a_n 至 a_1 从高到低排列得 $a_n \cdots a_1$ ，即为所求 R 进制数。

例1.3 $(251)_{10}$ 转换为二进制数 ($R=2$) 的过程如下：