



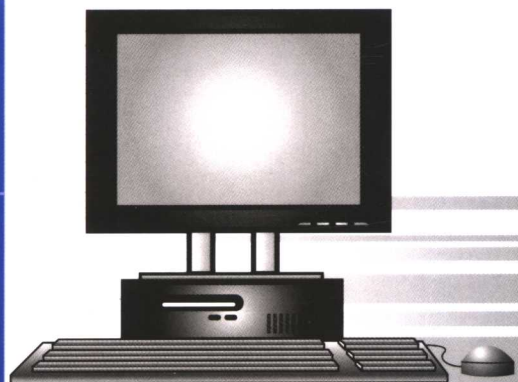
21st CENTURY

十一五规划教材

21世纪全国高等院校

自动化系列

实用规划教材



微机原理及接口技术

主 编 赵志诚 段中兴
副主编 王 君 张开生

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TP36

397

21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材

微机原理及接口技术

主 编	赵志诚	段中兴
副主编	王 君	张开生
参 编	聂诗良	吴叶兰
	江 虹	

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共分为 11 章。第 1 章讲述微型计算机基础;第 2 章讲述 Intel 8086 系统结构;第 3 章讲述高档微处理器;第 4 章讲述 8086 指令系统;第 5 章讲述汇编语言程序设计;第 6 章讲述半导体存储器;第 7 章讲述输入/输出技术;第 8 章讲述中断系统;第 9 章讲述可编程接口芯片;第 10 章讲述总线技术;第 11 章讲述数/模转换与模/数转换接口。

本书可作为高等学校自动化、电子信息、计算机相关专业本科生的教材,也可供从事微型计算机技术应用的相关科研和工程技术人员参考和自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及接口技术/赵志诚,段中兴主编. —北京:中国林业出版社;北京大学出版社, 2006. 8

(21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4414-0

I. 数… II. ① 赵… ② 段… 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 090049 号

书 名: 微机原理及接口技术

著作责任者: 赵志诚 段中兴 主编

策 划 编 辑: 李娉婷

责 任 编 辑: 李 虎 曹 岚 何 蕊

标 准 书 号: ISBN 7-5038-4414-0

出 版 者: 中国林业出版社(地址:北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号 邮编:100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail: cfphz@public.bta.net.cn

电话: 总编室 66180373 营销中心 66187711

北京大学出版社(地址:北京市海淀区成府路 205 号 邮编:100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail: pup_6@163.com

电话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 河北涿县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 27.5 印张 640 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》

专家编审委员会

主任委员 张德江

副主任委员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈 静 丁坚勇 侯媛彬

纪志成 任庆昌 吴 斌

秘书长 于微波

委 员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈志新 戴文进 段晨旭 樊立萍

范立南 公茂法 关根志 嵇启春

蒋 中 雷 霞 刘德辉 刘永信

刘 原 马永翔 孟祥萍 孟彦京

聂诗良 王忠庆 吴旭云 燕庆明

杨新华 尤 文 张桂青 张井岗

总 序

我们所处的时代被称为信息时代。信息科学技术的迅速发展和广泛应用,深深地改变着人类生产、生活的各个方面。人类社会生产力发展和人们生活质量的提高越来越得益于和依赖于信息科学技术的发展。自动化科学技术涉及到信息的检测、分析、处理、控制和应用等各个方面,是信息科学技术领域的重要组成部分。在我国经济建设的进程中,工业化是不可逾越的发展阶段。面对全面建设小康社会的发展目标,党和国家提出走新型工业化道路的战略决策,这是一条我国当代工业化进程的必由之路。实现新型工业化,就是要坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的可持续发展的科学发展之路。在这个过程中,自动化科学技术起着不可替代的重要作用,高等学校的自动化学科肩负着人才培养和科学研究的光荣的历史使命。

我国高等教育中工科在校大学生数占在校大学生总数的 35%~40%,其中自动化类的学生是工科各专业中学生人数最多的专业之一。在我国高等教育已走进大众化阶段的今天,人才培养模式多样化已成为必然的趋势,其中应用型人才是我国经济建设和社会发展需求最多的一大类人才。为了促进自动化领域应用型人才培养,发挥院校之间相互合作的优势,北京大学出版社组织了这套《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》。

参加这一系列教材编写的基本上都是来自地方工科院校自动化学科的专家学者,由此确定了教材的使用范围,也为“实用教材”的定位找到了落脚点。本系列教材具有如下特点:

(1) 注重实用性。地方工科院校的人才培养规格大多定位在高级应用型,对这一大类人才的培养要注重面向工程实践,培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力。从这一教学原则出发,本系列教材注重实用性,注意引用工程中的实例,培养学生的工程意识和工程应用能力,因此将更适合地方工科院校的教学要求。

(2) 体现新颖性。更新教材内容,跟进时代,加入一些新的先进实用的知识,同时淘汰一些陈旧过时的内容。

(3) 院校间合作交流的成果。每一本教材都有几所院校的教师参加编写。北大出版社事先在西安市和长春市召开了编写计划会和审纲会,来自各院校的教师比较充分地交流了情况,在相互借鉴、取长补短的基础上,形成了编写大纲,确定了编写原则。因此,这一系列教材可以反映出各参编院校一些好的经验和做法。

(4) 这一系列教材几乎涵盖了自动化类专业从技术基础课到专业课的各门课程,到目前为止,列入计划的已有 30 多门,教材门数多,参与的院校多,参加编写人员多。

地方工科院校是我国高等院校中比例最大的一部分。本系列教材面向地方工科院校自动化类专业教学之用，将拥有众多的读者。教材专家编审委员会深感教材的编写质量对教学质量的重要性，在审纲会上强调了“质量第一，明确责任，统筹兼顾，严格把关”的原则，要求各位主编加强协调，认真负责，努力保证和提高教材质量。各位主编和编者也将尽职尽责，密切合作，努力使自己的作品受到读者的认可和欢迎。尽管如此，由于院校之间、编者之间的差异性，教材中还是难免会出现一些问题和不足，欢迎选用本系列教材的教师、学生提出批评和建议。

张德江

2006年1月

前 言

微机原理及接口技术既电气信息类本科专业的一门基础课。本教材的主要内容是从 8086 到 Pentium/Pentium II/Pentium III 微处理器的结构、组成原理及实现系统结构时所采用的主要先进技术、总线操作、指令系统,第 6 章在传统半导体存储器的基础上扩充了高速缓冲存储器的技术,微机的中断系统,输入/输出数据传输方式;接口技术部分介绍串并行通信的概念,并行接口,串行接口,定时器/计数器接口,数/模与模/数转换接口;总线技术介绍系列扩展总线,从 8 位的 XT 总线、16 位的 ISA 总线,到 32 位的 EISA、VESA,可扩充的 64 位的 PCI 总线。

为了提高学生综合运用本课程所学知识的能力,全面掌握微型计算机及其接口的工作原理、编程和使用方法。本书在内容上注重讲解基本概念,注重技术实用性和新颖性,概念准确,文字描述简洁明了,在各章中,对重点技术都结合例子予以说明,并进行总结和归纳,以利于学生对微型计算机技术中最重要和关键的内容能深入理解、掌握和应用。为进一步深入学习和研究计算机科学技术打下基础。

本书由太原科技大学赵志诚、西安建筑科技大学段中兴任主编,兰州理工大学王君、陕西科技大学张开生任副主编,西南科技大学聂诗良、北京工商大学吴叶兰、长春工业大学江虹参加编写。其中,段中兴编写第 1、2 章,王君编写第 3、8 章,赵志诚编写第 4 章、附录,江虹编写第 5 章,吴叶兰编写第 6、7 章,张开生编写第 9、10 章,聂诗良编写第 11 章。全书由赵志诚统稿并定稿。

由于编者水平所限,疏漏之处在所难免,恳请广大专家和读者批评和指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

第 1 章 微型计算机基础.....1	思考题与习题.....70
1.1 概述.....1	第 3 章 高档微处理器.....71
1.1.1 微型计算机发展概况.....1	3.1 Intel 80286 微处理器.....71
1.1.2 微型计算机发展特点与分类.....4	3.1.1 80286 的功能结构.....71
1.2 计算机中的数制和编码.....6	3.1.2 80286 的内部寄存器.....73
1.2.1 计算机中的数制.....7	3.2 Intel 80386 微处理器.....74
1.2.2 计算机中的码制.....13	3.2.1 80386 的功能结构.....74
1.2.3 计算机中的信息编码.....21	3.2.2 80386 的内部寄存器.....76
1.3 计算机系统的组成与运行原理.....22	3.3 Intel 80486 微处理器.....79
1.3.1 计算机系统常用的术语.....23	3.3.1 80486 的功能结构.....79
1.3.2 计算机系统的组成.....25	3.3.2 80486 的内部寄存器.....81
1.3.3 微处理器.....27	3.4 Intel Pentium 微处理器.....82
1.3.4 存储器.....28	3.4.1 Pentium 的功能结构.....83
1.3.5 计算机运行原理.....29	3.4.2 Pentium 的内部寄存器.....84
1.4 微型计算机的基本结构.....30	3.4.3 Pentium 的微处理器的 新发展.....85
1.4.1 微型计算机的外部结构.....31	3.5 高档微机存储器管理.....86
1.4.2 微型计算机的内部结构.....32	3.5.1 实地址方式.....86
本章小结.....35	3.5.2 保护虚地址方式.....87
思考题与习题.....36	3.5.3 虚拟 8086 方式.....90
第 2 章 Intel 8086 系统结构.....37	本章小结.....90
2.1 8086 微处理器的结构.....37	思考题与习题.....90
2.1.1 8086 微处理器的功能结构.....37	第 4 章 8086 的指令系统.....92
2.1.2 8086 的存储器分段组织.....40	4.1 寻址方式.....92
2.1.3 8086 的寄存器结构.....43	4.1.1 立即寻址.....92
2.2 8086 的系统组态及引脚功能.....47	4.1.2 寄存器寻址.....93
2.2.1 8086 的两种系统组态.....47	4.1.3 直接寻址.....93
2.2.2 8086 的引脚功能.....55	4.1.4 寄存器间接寻址.....94
2.3 8086 的总线周期.....59	4.1.5 变址寻址.....95
2.3.1 总线周期的基本概念.....59	4.1.6 基址加变址寻址.....96
2.3.2 8086 的存储器读写周期.....61	4.2 8086 指令系统.....97
2.3.3 8086 的 I/O 读写周期.....65	4.2.1 数据传送指令 (Data Transfer).....97
2.3.4 8086 其他典型时序分析.....65	4.2.2 算术运算指令.....105
本章小结.....69	

4.2.3 逻辑运算和移位指令	116	第 6 章 半导体存储器	194
4.2.4 串操作指令 (String Manipulation)	124	6.1 存储器概述	194
4.2.5 控制转移指令	129	6.1.1 半导体存储器的分类	195
4.2.6 处理器控制指令	137	6.1.2 半导体存储器芯片的 一般结构	197
4.3 80286、80386 扩充与增加的指令	139	6.1.3 半导体存储器的技术指标	199
4.3.1 80286 扩充与增加的指令	139	6.2 随机存取存储器(RAM)	200
4.3.2 80386 扩充与增加的指令	142	6.2.1 静态 RAM	200
本章小结	146	6.2.2 动态 RAM	204
思考题与习题	147	6.3 只读存储器(ROM)	208
第 5 章 汇编语言程序设计	149	6.3.1 掩模 ROM	208
5.1 汇编语言源程序的结构	149	6.3.2 可编程 ROM(PROM)	209
5.1.1 分段结构	149	6.3.3 可擦除可编程 ROM(EPROM)	209
5.1.2 汇编语言源程序语句 的类型及组成	150	6.3.4 电可擦除可编程 ROM(EEPROM)	212
5.1.3 名字和标号	152	6.3.5 Flash 存储器 (Flash Memory)	214
5.1.4 助记符和定义符	153	6.4 存储器的接口技术	215
5.1.5 操作数	153	6.4.1 存储器接口设计应考虑 的问题	215
5.1.6 注释	161	6.4.2 存储器的扩展技术	216
5.2 伪操作指令	161	6.4.3 存储器的地址译码	220
5.2.1 数据定义伪指令	162	6.4.4 8086 存储器子系统的设计	222
5.2.2 符号定义伪指令	163	6.5 高速缓冲存储器 Cache	225
5.2.3 段定义伪指令	165	6.5.1 Cache 的工作原理	226
5.2.4 过程定义伪指令	166	6.5.2 Cache 的地址映射	227
5.2.5 宏处理伪指令	167	6.5.3 Cache 的置换算法	229
5.2.6 其他伪操作	170	6.5.4 高档机 Cache 结构简介	229
5.3 DOS 和 BIOS 调用	171	6.6 半导体存储器新技术	230
5.3.1 DOS 软件中断和系统功能 调用	171	6.6.1 静态 RAM	230
5.3.2 BIOS 中断调用	178	6.6.2 动态 RAM	231
5.4 程序设计举例	183	本章小结	232
5.4.1 直线运行程序设计	183	思考题与习题	233
5.4.2 分支程序设计	184	第 7 章 输入/输出技术	234
5.4.3 循环程序设计	186	7.1 I/O 接口概述	234
5.4.4 字符串处理程序设计	189	7.1.1 I/O 接口的功能	234
5.4.5 码制转换程序设计	191		
本章小结	192		
思考题与习题	192		

7.1.2 CPU 与 I/O 接口间的信息类型	236	8.5 可编程中断控制器 8259A	282
7.1.3 I/O 接口的典型结构	237	8.5.1 8259A 的内部结构和引脚	282
7.2 I/O 端口的编址方式	238	8.5.2 8259A 的工作方式	285
7.2.1 存储器映像编址方式	238	8.5.3 8259A 的编程	290
7.2.2 I/O 端口单独编址方式	238	8.5.4 8259A 的中断级联	295
7.2.3 PC XT/AT I/O 端口地址分配	239	8.5.5 8259A 的应用实例	296
7.2.4 I/O 端口地址的译码	240	本章小结	301
7.3 I/O 传送方式	242	思考题与习题	302
7.3.1 无条件传送方式	242	第 9 章 可编程接口芯片	304
7.3.2 查询传送方式	243	9.1 并行 I/O 接口 8255A	304
7.3.3 中断传送方式	248	9.1.1 8255A 的内部结构和引脚	304
7.3.4 DMA 方式	250	9.1.2 8255A 的工作方式字	306
7.3.5 I/O 处理机方式	253	9.1.3 8255A 的编程控制字	307
7.4 简单 I/O 接口的设计	253	9.1.4 8255A 的应用实例	309
7.4.1 芯片功能介绍	253	9.2 定时器/计数器 8253/8254	315
7.4.2 接口设计实例	256	9.2.1 8253 的内部结构和引脚	316
本章小结	261	9.2.2 8253 的工作方式	317
思考题与习题	261	9.2.3 8253 的编程	327
第 8 章 中断系统	262	9.2.4 8254 与 8253 的区别	329
8.1 中断的基本概念	262	9.2.5 8253/8254 的应用实例	330
8.1.1 中断	262	9.3 直接存储(器)存取 DMA 控制器 8237A	334
8.1.2 中断系统及功能	262	9.3.1 8237A 的引脚和内部结构	334
8.1.3 中断的基本过程	264	9.3.2 8237A 的工作周期	337
8.2 8086 微处理器的中断方式	265	9.3.3 8237A 的工作模式	338
8.2.1 外部中断	266	9.3.4 8237A 的寄存器组和编程控制字	340
8.2.2 内部中断	267	9.3.5 8237A 的软件命令	343
8.2.3 中断向量表	269	9.3.6 8237A 的应用实例	343
8.3 中断管理	272	9.4 串行通信接口 8251A	345
8.3.1 CPU 响应中断的条件	272	9.4.1 串行通信的基本概念	345
8.3.2 中断响应和处理过程	273	9.4.2 串行接口的基本功能和硬件支持	348
8.3.3 中断优先权	274	9.4.3 8251A 的结构和引脚	349
8.3.4 中断嵌套	278	9.4.4 8251A 的内部寄存器及初始化编程	354
8.4 高档微处理器中断系统	278	9.4.5 8251A 的应用实例	357
8.4.1 异常中断	279	本章小结	360
8.4.2 中断描述符表	279		
8.4.3 80X86 新增的保留中断	281		

思考题与习题.....	361	的接口实例	393
第 10 章 总线技术	362	11.5 A/D 转换器工作原理.....	398
10.1 总线概述.....	362	11.5.1 采样和保持	399
10.1.1 总线的分类及发展	362	11.5.2 量化和编码	400
10.1.2 总线规范及主要性能指标 ...	363	11.5.3 逐次逼近式 A/D 转换器	400
10.2 系统总线.....	364	11.5.4 双积分式 A/D 转换器	401
10.2.1 ISA 总线.....	364	11.6 A/D 转换器的主要性能参数.....	403
10.2.2 PCI 总线	371	11.7 A/D 转换器芯片与微处理器	
10.3 通信总线.....	381	的接口.....	404
10.3.1 RS-232C 总线	381	11.7.1 A/D 转换器与 CPU 接口	
10.3.2 USB 总线	385	的基本设计方法	404
本章小结.....	387	11.7.2 A/D 转换器与 CPU	
思考题与习题.....	388	的接口实例	405
第 11 章 数/模转换与模/数		本章小结.....	412
转换接口	389	思考题与习题.....	412
11.1 概述.....	389	附录 A ASCII 码表	414
11.2 D/A 转换器的工作原理.....	389	附录 B 8086/8088 汇编语言指令表.....	416
11.2.1 权电阻网络 D/A 转换器	389	附录 C 8086/8088 伪操作指令表	421
11.2.2 T 形电阻网络 D/A 转换器 ...	391	附录 D DOS 系统功能调用表	
11.3 D/A 转换器的主要性能参数.....	391	(INT 21H)	422
11.4 D/A 转换器芯片与微处理器		附录 E BIOS 中断调用表(INT n).....	425
的接口.....	392	参考文献	427
11.4.1 D/A 转换器与 CPU 接口			
的基本原理	392		
11.4.2 D/A 转换器与 CPU			

第 1 章 微型计算机基础

电子计算机无疑是人类历史上最伟大的发明之一。人类从原始社会学会使用工具以来到现代社会经历了 3 次大的产业革命：农业革命、工业革命、信息革命。而信息革命就是以计算机技术和通信技术的发展和普及为代表的。如果从 17 世纪欧洲出现近代科学算起，到今天差不多有 400 年的历史了。但是这 400 年的发展速度是人类以前几十万年的历史无法比拟的。尤其进入信息革命以后，人类更是以突飞猛进的速度在发展。目前，人类已经进入了高速发展的后现代时代。其中计算机科学与技术发展之快，是任何其他技术都无法相提并论的。

1.1 概 述

1.1.1 微型计算机发展概况

自 20 世纪 40 年代世界上第一台计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学研制成功以来，电子计算机经历了几次重大的技术革命，得到了突飞猛进的发展。通常按照电子计算机采用的电子器件来进行划分，可将电子计算机的发展分为 4 个阶段，习惯上称为四代：

第一代：电子管计算机时代(1946 年第一台计算机问世~20 世纪 50 年代后期)。这一时期的计算机采用电子管作为基本器件。在这一时期，主要为军事与国防尖端技术的需要而研制计算机，并逐步扩展到民用，转为工业产品，形成了计算机工业。

第二代：晶体管计算机时代(20 世纪 50 年代中期~20 世纪 60 年代后期)。这一时期计算机主要器件的电子管逐步由晶体管代替，使整机的体积缩小，功耗降低，可靠性和运算速度得到提高，且价格下降。并且随着磁心存储器的使用，速度得到进一步提高。计算机的应用领域由军事与尖端技术领域扩大到气象、工程设计、数据处理以及其他科学研究等领域。

第三代：集成电路计算机时代(20 世纪 60 年代中期~20 世纪 70 年代前期)。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件，因此，功耗、体积、价格进一步下降，而速度和可靠性进一步提高，使计算机的应用领域进一步扩大，占领了许多数据处理的应用领域。

第四代：大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代(20 世纪 70 年代以后)。这一时期的计算机采用大规模和超大规模集成电路作为基本器件，芯片集成度和微处理器的工作速度以摩尔定律发展，大体上每 2~3 年翻两番；半导体存储器取代磁心存储器，并不断向大容量、高速度发展；微型计算机和计算机网络的产生和发展，使计算机的应用更加普及，并深入到社会生活各方面。

随着大规模和超大规模集成电路制造技术的发展，20 世纪 70 年代初期，已经能把原来体积很大的中央处理机电路集成在一片面积仅十几平方毫米的微处理器(Microprocessor, 简称 μP)电路芯片上，微处理器的出现开创了微型计算机的新时代。

所谓微型计算机是指以微处理器为核心再配上半导体存储器、输入/输出(I/O)端口电路、系统总线及其他支持逻辑电路组成的计算机。微型计算机的出现，为计算机技术的发

展和普及开辟了崭新的途径,是计算机科学技术发展史上的一个新的里程碑。

由于微型计算机具有体积小、质量小、价格便宜、耗电少、可靠性高、通用性和灵活性等突出特点,再加上超大规模集成电路技术的迅速发展,使微型计算机技术得到极其迅速的发展和广泛的应用。从 1971 年美国 Intel 公司首先研制成功世界上第一块微处理器芯片 4004 以来,差不多每隔 2~3 年就推出一代新的微处理器产品,如今已经推出了六代微处理器产品。微处理器是微型计算机的核心部件,它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此,微型机的发展是以微处理器的发展而更新换代的。目前,以 Pentium Pro(P6)微处理器为标志的微型计算机已进入第六代。

1. 第一代(1971—1973 年)4 位或低档 8 位微处理器

第一代微处理器和微型计算机是以 4 位微处理器和低档 8 位微处理器为代表,典型产品有:美国 Intel 公司 1971 年首次推出的 Intel 4004,其改进型是 Intel 4040,它是实现 4 位并行运算的单片微处理器,构成运算器和控制器的所有元件都集成在一片大规模集成电路芯片上。以它为核心构成的微型计算机是 MCS-4;1972 年 3 月 Intel 公司推出的低档 8 位通用微处理器 Intel 8008,以 Intel 8008 为核心构成的微型计算机是 MCS-8。第一代微处理器的芯片采用 PMOS(Metal-Oxide Semiconductor,金属氧化物半导体)工艺,集成度约为 2000 管/片,时钟频率为 1MHz,平均指令执行时间为 20 μ s。

第一代微型计算的特点是指令系统简单,运算功能单一,但价格低廉,使用方便。

2. 第二代(1974—1978 年)中高档 8 位微处理器

微处理器问世后,众多公司纷纷研制微处理器,逐步形成以 Intel 公司、Motorola 公司、Zilog 公司产品为代表的 3 大系列微处理器。典型产品有:1973 年 Intel 公司推出的 Intel 8080 及其改进型 8085;1974 年美国 Motorola 公司推出的 MC6809;1975 年由 Zilog 公司推出的 Z-80,它是国内曾经最流行的单板微型机 TP801 的微处理器;MOS 公司推出的 MOS 6502,它是 IBM PC 问世之前世界上最流行的微型计算机 Apple II(苹果机)的微处理器。第二代微处理器的芯片采用 NMOS 工艺,集成度达到 5000~9000 管/片,微处理器的性能技术指标有明显改进,时钟频率为 2~4MHz,运算速度加快,平均指令执行时间为 1~2 μ s。

第二代微型计算机的特点是具有多种寻址方式,指令系统较完善。在系统结构上已经具有典型计算机的体系结构,具有中断、DMA(Direct Memory Access,直接存储器存取)等控制功能,设计考虑了机器间的兼容性、端口的标准化和通用性,配套外围电路的功能和种类齐全。在软件方面,除可使用汇编语言外,还有高级语言和操作系统。

3. 第三代(1978—1983 年)16 位微处理器

20 世纪 70 年代后期,超大规模集成电路研制成功和制造技术的成熟,进一步推动微处理器和微型计算机生产技术向更高层次发展,出现了 16 位微处理器。这一时期最典型的产品是 Intel 公司 1978 年推出的 16 位微处理器 Intel 8086 以及与 8086 内部结构相同,但外部总线只有 8 位的准 16 位微处理器 8088。除 8086/8088 外,还有 Zilog 公司的 Z-8000, Motorola 公司的 MC68000。第三代微处理器工艺上采用 HMOS 高密度集成工艺技术,集成度为 2~7 万管/片,时钟频率为 4MHz~8MHz,数据总线宽度为 16 位,地址总线为 20 位,可寻址内存空间达 1MB,运算速度比 8 位机提高 2~5 倍。1981 年,IBM 公司推出的以 8088 为微处理器的个人计算机 IBM PCXT 投入市场后迅速占领市场,形成了使用 16 位个人计算机的高潮。1982 年,Intel 公司又推出 80286 微处理器,它是 16 位微处理器中的

高档产品,其集成度达到10万个晶体管/片,时钟频率为10MHz,平均指令执行时间为0.2 μ s,速度比8086提高5~6倍。

第三代微型计算机的特点是具有丰富的指令系统、多种寻址方式以及多种数据处理形式,并采用多级中断,有完善的操作系统。微处理器(80286)含有多任务系统必须的任务转换功能、存储器管理功能和多种保护机构,以支持虚拟存储体系结构。

4. 第四代(1983—1993年)32位高档微处理器

1983年以后,以Intel公司为代表的一些世界著名半导体集成电路生产商先后推出了32位微处理器,这一时期的典型产品有:1983年Zilog公司推出的Z-80000;1984年Motorola公司推出的MC68020;1985—1989年Intel公司分别推出的Intel 80386和Intel 80486;NEC公司推出的V70等。32位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代,无论是从结构、功能还是从应用范围等方面看,都可以说是小型机的微型化。第四代微处理器采用先进的高速CHMOS(HCMOS)工艺,集成度为1~120万管/片。具有32位数据总线和32位地址总线,直接寻址能力高达4GB,同时具有存储保护和虚拟存储功能,虚拟空间可达64TB(264),时钟频率达到16MHz~33MHz,平均指令执行时间约0.1 μ s,运算速度为每秒300~400万条指令,即3MIPs~4MIPs(Million Instruction Per Second,每秒百万条指令)。

第四代微型计算机的特点是内部采用流水线控制(80386采用6级流水线),使取指令、指令译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。Intel 80486片内增加了协处理器和8KB的片内高速缓存(即一级cache),支持配置外部高速缓存(即二级cache)。内部数据总线宽度有32位、64位和128位,分别用于不同单元间的数据交换。采用RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)技术,使微处理器可以一个时钟周期执行一条指令;采用突发总线(Burst BUS)技术与外部RAM进行高速数据交换,大大加快了数据处理速度。

5. 第五代(1993年后)准64位高档微处理器

微处理器第五代的推出,使微处理器技术发展到了一个崭新阶段,这一时期的典型产品有:1993年Intel公司推出的经典Pentium;1995年IBM公司、Motorola公司、Apple公司联合推出的Power PC;AMD公司推出的K5。第五代微处理器采用亚微米(0.6 μ m)的CMOS工艺制造,集成度高达310万管/片,采用64位外部数据总线,使经总线访问内存数据的速度高达528MB/s、是主频为66MHz的80486-DX2最高速度(105MB/s)的5倍,36位地址总线使可寻址空间达64GB,主频最初有60MHz和66MHz两种,后来陆续推出的Pentium系列产品的主频有75MHz,90MHz,100MHz,120MHz,133MHz,166MHz,Pentium系列产品的主频最高为200MHz。

第五代微型计算机的特点是采用了全新的体系结构,内部采用超标量流水线设计,在微处理器内部有UV两条流水线并行工作,允许Pentium在单个时钟周期内执行两条整数指令,即实现指令并行;Pentium芯片内采用双cache结构,即指令cache和数据cache,每个cache为8KB,数据宽度为32位,避免了预取指令和数据可能发生的冲突。数据cache还采用了回写技术,大大节省了处理器的处理时间;采用分支指令预测技术,实现动态地预测分支程序的指令流向,大大节省了处理器用于判别分支程序的时间。

6. 第六代(1995年后)64位微处理器

1995年2月,Intel公司推出第六代微处理器,Pentium PRO (P6),P6采用0.6 μ m工艺,

集成度为 550 万管/片, 具有两个一级高速缓存(即 8KB 的指令 cache 和 8KB 的数据 cache), 256KB 的二级 cache, 内部采用 12 级超标量流水线结构, 一个时钟周期可以执行 3 条指令, 同时它在 CISC(复杂指令集)/RISC 的混合使用、乱序执行等方面都有新的特点。随后, Intel 公司对 P6 的性能作了进一步的改进和提升, 2000 年末 Intel 公司又推出了目前的主流微处理器 Pentium 4。Pentium 4 采用 0.18 μm 工艺, 集成度为 4200 万管/片, 具有两个一级高速缓存(即 64KB 的指令 cache 和 64KB 的数据 cache), 512KB 的二级 cache, 电源电压仅为 1.9V, 主频为 1.3GHz~3.6GHz。由于 Pentium 4 内部采用了 20 级超标量流水线结构, 并增加了很多新指令, 所以更加有利于多媒体操作和网络操作。

第六代微处理器性能优异, 适应当前对多媒体、网络、通信等多方面的要求。随着科学技术的发展, 将会不断地对微处理器提出新的要求, 新型、新概念的微处理器定会层出不穷。

1.1.2 微型计算机发展特点与分类

1. 微型计算机的发展特点

由于微型计算机是采用大规模和超大规模集成电路组成的, 所以在发展过程中除了具有一般计算机的运算速度快、计算精度高、记忆功能和逻辑判断力强、自动工作等常规特点外, 还表现出自身的特点。

1) 体积小、质量小、功耗低

由于采用了大规模和超大规模集成电路, 从而使构成微型计算机所需的器件数目大为减少, 体积大为缩小。一个与小型机 CPU 功能相当的 16 位微处理器 MC68000, 由 13000 个标准门电路组成, 其芯片面积仅为 42.25mm², 功耗为 1.25W。32 位的超级微处理器 80486, 有 120 万个晶体管电路, 其芯片面积仅为 16 $\times$ 11mm², 芯片的重量仅十几克。工作在 50MHz 时钟频率时的最大功耗仅为 3W。随着微处理器技术的发展, 今后推出的高性能微处理器产品体积更小、功耗更低而功能更强, 这些优点对于航空、航天、智能仪器仪表等领域具有特别重要的意义。

2) 可靠性高、使用环境要求低

微型计算机采用大规模集成电路以后, 使系统内的芯片数大大减少、从而使印刷电路板上的连线减少, 接插件数目大幅度减少, 加之 MOS 电路芯片本身功耗低、发热量小, 使微型计算机的可靠性大大提高, 因而也降低了对使用环境的要求, 普通的办公室和家庭环境就能满足要求。

3) 结构简单灵活、系统设计方便、适应性强

微型计算机多采用模块化的硬件结构, 特别是在采用总线结构后, 使微型计算机系统成为了一个开放的体系结构, 系统中各功能部件通过标准化的插槽和端口相连, 用户只要选择不同的功能部件(板卡)和相应外设就可构成不同要求和规模的微型计算机系统。由于微型计算机的模块化结构和可编程功能, 使得一个标准的微型计算机在不改变系统硬件设计或只部分地改变某些硬件时, 在相应软件的支持下就能适应不同的应用任务要求, 或升级为更高档次的微机系统。从而使微型计算机具有很强的适应性和广泛的应用范围。

4) 性能价格比高

随着大规模和超大规模集成电路技术的不断成熟, 集成电路芯片的价格越来越低, 微型计算机的成本不断下降, 同时也使许多过去只在大、中型计算机中采用的技术(如流水线技术、RISC 技术、虚拟存储技术等)也在微型计算机中采用, 许多高性能的微型计算机(如 80486、

Pentium Pro、Pentium II~IV 等)的性能实际上已经超过了中、小型计算机(甚至是大型机)的水平,但其价格要比中、小型机低几个数量级,当前一台配置为 Pentium II 266MHz 主频,3.2G 硬盘,32M 内存,24 倍速(1 倍速是 150KB/s)光驱,15 英寸彩显(Pentium IV 2GHz, 60G 硬盘,128M 内存,50 倍速光驱,17 英寸彩显或液晶显示器)的高档微型计算机其价格也不过 7 千元~8 千元。而其性能可达数百 MIPS。

2. 微型计算机的分类

微型计算机种类繁多,型号各异,因此人们可以从不同角度对其进行分类。例如按微处理器的制造工艺、按微处理器的字长、按微型计算机的构成形式、按应用范围等进行分类。不过,最常见的是按微处理器的字长和按微型计算机的构成形式来进行分类。这是因为微处理器是微型计算机的核心部件,微处理器的性能(特别是字长)在很大程度上决定了微型机的性能,此外,从构成形式上,目前微型计算机有单片机、单板机和系统机(多板机)三种形式。

1) 按微处理器(CPU)字长分类

按微处理器字长来分,微型计算机一般分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位机。

(1) 4 位微型计算机:用 4 位字长的微处理器作 CPU,其数据总线宽度为 4 位,一个字节数据要分两次来传送或处理。4 位机的指令系统简单、运算功能单一,主要用于袖珍或台式计算器、家电、娱乐产品和简单的过程控制,是微型计算机的低级阶段。

(2) 8 位微型计算机:用 8 位字长的微处理器作 CPU,其数据总线宽度为 8 位。8 位机中字长和字节是同一概念。当 8 位微处理器推出时,微型机在硬件和软件技术方面都已比较成熟,所以 8 位机的指令系统比较完善,寻址能力强,外围配套电路齐全,因而使 8 位机通用性强,应用范围广,广泛用于事务管理、工业生产过程的自动检测和控制、通信、智能终端、教育以及家用电器控制等领域。

(3) 16 位微型计算机:用高性能的 16 位微处理器作 CPU,数据总线宽度为 16 位。由于 16 位微处理器不仅在集成度和处理速度、数据总线宽度、内部结构等方面与 8 位机有本质上的不同,而且由它们构成的微型计算机在功能和性能上也已基本达到了当时的中档小型机的水平,特别是以 Intel 8086 为 CPU 的 16 位微型计算机 IBM PC/XT 不仅是当时相当一段时间内的主流机型,而且其用户拥有量也是世界第一,以至在设计更高层次的微型计算机时,都要保持对它的兼容。16 位机除原有的应用领域外,还在计算机网络中扮演了重要角色。

(4) 32 位微型计算机:32 位微型计算机使用 32 位的微处理器作 CPU,这是目前的主流机型。从应用角度看,字长 32 位是较理想的,它可满足绝大部分用途的需要,包括文字、图形、表格处理及精密科学计算等多方面的需要。典型产品有 Intel 80386, Intel 80486, MC68020, MC68030、Z-80000 等。特别是 1993 年 Intel 公司推出 Pentium 微处理器之后,使 32 位微处理器技术进入了一个崭新阶段。32 位微型计算机不仅继承了其前辈的所有优点而且在许多方面有新的突破,同时也满足了人们对图形图像、实时视频处理、语言识别、大流量客户机/服务器应用等应用领域日益迫切的需求。

(5) 64 位微型计算机:64 位微型计算机使用 64 位的微处理器作 CPU,这是目前各个计算机领军公司争相开发的最新产品。其实高档微处理器早就有了 64 位字长的产品,只是价格过高,不适合微型计算机使用,通常用在工作站或服务器上。现在,已到了 64 位微处理器进入微型计算机领域的时机了。估计 Intel 公司和 HP 公司会在 2003 年推出它们合作研

制的第一款用于微型计算机的 64 位微处理器。相信 64 位微处理器会将微型计算机推向一个新的阶段。

2) 按微型计算机的组装形式分类

微型计算机是由多个功能部件构成的一个完整的硬件系统,除核心部件微处理器之外,还配置有相应的存储部件、I/O 端口等。因此,按照微型计算机多个部件的组装形式分类,又可分为单片机、单板机和多板微型计算机 3 类。

(1) 单片机:如果将构成微型计算机的各功能部件(CPU, RAM, ROM 及 I/O 端口电路)集成在同一块大规模集成电路芯片上,一个芯片就是一台微型计算机,则该微型计算机就称为单片微型计算机,简称单片机。单片机的特点是集成度高、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活方便、控制功能强、编程保密化、价格低廉、利用单片机可较方便地构成一个控制系统。因此,在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信和分布式控制系统、家用电器等领域的应用日益广泛。典型产品有: Intel 公司的 MCS8051、8096(16 位单片机), Motorola 公司的 MC68HC05, MC68HC11 等。

一般单片机本身没有软件开发功能,因为单片机内无监控程序或系统通用管理软件,只放置有用户事先调试好的应用程序,不过随着单片机技术的迅速发展,目前也有一些高档单片机其内部可以固化部分系统软件。

(2) 单板机:如果将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 端口芯片及简单的 I/O 设备(如小键盘、数码显示器(Light Emitting Diode, LED 发光二极管))装配在同一块印刷电路板上,这块印刷电路板就是一台完整的微型计算机,称为单板微型计算机,简称单板机。单板机具有完全独立的操作功能,加上电源就可以独立工作。但由于它的输入、输出设备简单、存储容量有限,工作时只能用机器码(二进制)编程输入,故通常只能应用于一些简单控制系统和教学中。国内曾经最流行的单板机是 TP801(CPU 为 Z-80),现已被单片机、系统机(PC)淘汰。

(3) 多板微型计算机:也称系统机,把微处理器芯片、存储器芯片、各种 I/O 端口芯片和驱动电路、电源等装配在不同的印刷电路板上,各印刷电路板插在主机箱内标准的总线插槽上,通过系统总线相互连接起来,就构成了一个多插件板的微型计算机。目前广泛使用的微型计算机系统(如 IBM PC/XT, PC/AT, PC386, PC484, PC586 等)就是用这种方式构成的。多板微型计算机也称单机系统,所有的系统软件 and 应用程序都在系统内的硬盘上或内存中。它功能强、组装灵活。选择不同的功能部件适配卡(如主机板、内存条、显示卡、声卡、软、硬盘驱动器、光驱、打印机、键盘、鼠标等)就可以构成不同功能和规模的微型计算机。

1.2 计算机中的数制和编码

日常生活中,人们使用各种进制来表示数据,如二进制、八进制、十进制、十六进制等等。由于电子元器件对表示两种状态的事物容易实现,所以在计算机中采用了二进制数字系统,即计算机中要处理的所有数据、字母和符号,都要用二进制数字来表示。但人们又习惯使用十进制数,因此,在学习和掌握计算机的原理之前,需要了解二进制、十进制、十六进制等表示方法及其相互关系和转换。

另外,人们经常使用的字母、符号、图形以及汉字,在计算机中也一律用二进制编码来表示,这些编码也是本节要介绍的内容。