



新编 21 世纪高等院校计算机系列规划教材

微型计算机 技术及应用

北京希望电子出版社 总策划

李华贵 主 编

高学军 主 斌 张红民 副主编

程世旭 李新国 赵立辉 编 著

 科学出版社
www.sciencep.com



新编 21 世纪高等院校计算机系列规划教材

微型计算机 技术及应用

北京希望电子出版社 总策划

李华贵 主 编

高学军 王 斌 张红民 副主编

程世旭 李新国 赵立辉 编 著

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书以 Intel 8086, 80386, 80486 及 Pentium 微处理器和 PC 系列微机为背景, 全面系统地论述了微型计算机的基本原理与接口技术。

全书共分 11 章, 内容安排注重系统性、先进性和实用性。第 1~4 章先介绍了微机的基础知识, 接着讲述了微处理器与微机的组成原理、体系结构、指令系统、16 位和 32 位汇编语言程序设计, 重点阐述了 Pentium 的结构、三种工作方式及超标量流水技术; 第 5 章论述了存储器的原理与使用, 并对高速缓存作了较详细的介绍; 第 6 章讨论了 PC 系列微机输入输出的基本原理及应用; 第 7 章阐述了中断和中断控制技术; 第 8~11 章分别讲述了各种接口技术、输入输出与人机接口、系统总线及接口标准等。书中并附有大量的例题, 各章都配有适当的习题与思考题, 并有配套的电子教案和部分习题解答。

本书内容丰富、图文并茂, 讲述由浅入深、通俗易懂。可作为高等院校计算机类、通信与电子类专业和其他相近专业本科生的教材, 也可作为从事微机应用与开发的科研及工程技术人员的参考书。

需要本书或技术支持的读者, 请与北京清河 6 号信箱(邮编: 100085) 发行部联系, 电话: 010-82702660, 62978181(总机) 传真: 010-82702698, E-mail: tbd@bhp.com.cn。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机技术及应用 / 李华贵主编. —北京: 科学出版社, 2005.10

新编 21 世纪高等院校计算机系列规划教材

ISBN 7-03-016292-7

I. 微 ... II. 李 ... III. 微型计算机 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 110176 号

责任编辑: 王楠楠

/ 责任校对: 姜 艳

责任印刷: 媛 明

/ 封面设计: 梁运丽

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京媛明印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 10 月第 1 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 10 月第一次印刷 印张: 19 7/8

印数: 1—3000 字数: 456 456

定价: 29.00 元

新编 21 世纪高等院校计算机系列规划教材编委会

主 任： 陈火旺 全国工科院校计算机专业教学指导委员会主任
中国工程院院士

副主任： 李国杰 中国计算机学会理事长
中科院计算技术研究所所长

杨芙清 中国计算机学会副理事长
中国科学院院士

沈复兴 全国高等师范学校计算机教育研究会副理事长
北京师范大学信息科学学院院长

何炎祥 武汉大学计算机学院院长

桂卫华 中南大学信息科学与工程学院院长

李仁发 湖南大学计算机与通信学院院长

陆卫民 中国科学出版集团北京希望电子出版社社长

委 员： （按姓氏笔画为序）

王江晴	王行恒	甘 玲	邓志华	孙中胜	刘晓燕	匡 松
任达森	李华贵	李超锋	李节阳	李新国	李龙澍	李建平
何婷婷	何登旭	张友生	张洪瀚	罗 琳	杨 波	杨宪泽
武兆辉	陈浩杰	陈 庄	易法令	郑明红	赵振华	洪汝渝
徐建军	徐 谡	唐光海	唐霁虹	唐 雁	高 丽	阎怀志
曹永存	覃 俊	董玉萍	董晓华	谢秉元	詹国华	戴上平

秘 书： 徐建军

前 言

《微型计算机技术及应用》是计算机专业学生的一门主干必修课程，而《微机原理及应用》是为工科学生开设的一门技术基础课程，其任务是使学生在理论和实践上掌握微型计算机的体系结构、汇编语言程序设计以及输入输出接口。由于计算机专业学生一般开设了《汇编语言程序设计》和《微机接口技术》这两门课程，所以《微型计算机技术及应用》教材的内容重点应该介绍微型计算机的体系结构，其实并非如此。因为微型计算机系统的设计成功地综合了计算机系统结构、计算机组成以及计算机实现这三个层次，每一层次的设计中都渗入了另两个层次的结构设计，所以许多作者在编写这类教材时，尽管书名不尽相同，但是在内容的组织方面基本上与早期的《微机原理及应用》教材相类似，关键是微型计算机经历了8位、16位、32位到64位的演变过程，如何实现教材内容的改革，以顺应当代微机主流新技术的发展，以顺应21世纪人才知识结构的要求，本书就是为适应新形势的需要而编写的。由多位长期从事一线教学的老师所编写的这本《微型计算机技术及应用》既可以作为《微型计算机技术及应用》课程的教材，也可以作为《微机原理及应用》课程的教材，教学的内容由主讲教师作适当的取舍。

本书的特点如下：

1. 以Intel8086微处理器为基础，重点介绍32位微处理器内部的原理结构、基本寄存器组中各寄存器的组成和功能，重点分析了Pentium微处理器工作的实模式、保护模式以及虚拟8086模式。省略了80286/80386/80486微处理器的介绍，节省了篇幅。

2. 重点阐述了32位机的系统结构与接口技术，详细介绍了当代微机系统的高速缓存(Cache)、超标量(Superscalar)流水线、虚拟存储器(Virtual Storage)管理以及系统总线等主流支撑技术。

3. 重点介绍了当代微型计算机中存储器的系统结构，不同于以往单纯地讲半导体存储器。阐述了微机中多级高速缓存技术；具体地分析了DRAM基本存储单元的原理以及由此构成的动态存储器；层次分明的分别介绍了存储器与8位、16位、32位以及64位数据总线的连接。

4. 用简短的篇幅保留了8088/8086指令系统及汇编语言编程，照顾了非电类学生学习的内容。新增了32位指令系统及32位汇编语言编程，并列举了有代表性的程序实例。在附录中附有MASM6.X汇编上机指南。

5. 写输入输出接口内容时，以实为本，重点以8255A为并行接口芯片，阐述并行I/O的原理及应用，详细地分析了8255A的三种工作方式，对每一种工作方式列举了应用实例。串行接口芯片介绍了Intel8251A与Intel8250A共两种，可以供教师选择讲解。

6. 根据作者多年开发科技产品的经验，简明扼要地介绍了A/D转换和D/A转换的作用、

技术指标以及工作原理。并且阐述了典型的12位A/D转换芯片AD574及8位D/A转换芯片DAC0832与ISA总线的连接及编程应用。

建议本课程按56~72学时安排，其中实验课时计划10~12学时较合适。

本书第2、8章由程世旭副教授编写，第4章由赵立辉高级实验师编写，李新国副教授编写第6章，并参与了大纲的制定，魏立生副教授参编了第5章。高学军博士编写第7、9章，王斌博士编写第1章，张宏民博士编写第11章，三位博士担任副主编，并参与部分统稿。本书由李华贵教授策划并主编，负责全书大纲的制定及统稿，并编写了第3、5、10章内容。白凯、雷鸣、李鹏三位老师为本书的课件做了大量的工作，由程世旭副教授负责课件的统稿及审定。

本书的编写与出版，得到了长江大学教务处和计算机学院，三峡大学骆家宽教授、教务处和电气信息学院以及湖南第一师范学校教务处的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

本书配套有便于教学用的电子教案，并配有四套模拟试题，以及习题参考答案。由于篇幅有限，书中没有列出这些内容，以上所有内容可到<http://www.b-xr.com>网站下载。

书中难免存在一些不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 微型计算机概述	1	3.3.3 Pentium 工作的实模式	51
1.1 微处理器与微型计算机的发展概况	1	3.3.4 Pentium 工作的虚拟 8086 模式	52
1.2 微型计算机系统的三个层次	3	3.3.5 三种工作模式的相互转换	54
1.3 微型计算机中的三种总线结构	6	3.3.6 Pentium 的存储保护	54
1.4 微型计算机系统的主要性能指标	7	3.4 Pentium 的超标量流水线	56
1.5 微型计算机运算基础概述	7	3.4.1 Pentium 的超标量流水线结构	56
1.5.1 数的定点表示法、32 位和 64 位 浮点数标准格式	7	3.4.2 U、V 流水线及其分工策略	57
1.5.2 原码、反码与补码	9	3.5 Pentium 的引脚信号	59
1.5.3 微机中常用的数字代码与 字符代码	12	3.6 Pentium Pro~Itanium 的技术概述	63
1.6 习题	15	3.6.1 Pentium Pro 微处理器简介	63
第2章 16 位微处理器 8086	16	3.6.2 Pentium II 微处理器简介	64
2.1 8086 CPU 的内部结构	16	3.6.3 Pentium III 微处理器简介	65
2.1.1 8086CPU 内部结构	16	3.6.4 Pentium 4 微处理器简介	65
2.1.2 8086 CPU 内部寄存器结构	18	3.6.5 Itanium 微处理器简介	66
2.2 8086 对主存储器的分段管理	21	3.7 习题	66
2.2.1 主存储器的分段机构	21	第4章 16 位和 32 位微处理器的指令系统 及汇编语言编程	68
2.2.2 8086 存储器的结构	22	4.1 8086 微处理器的寻址方式与指令系统	68
2.3 8086 微处理器的引脚及工作模式	23	4.1.1 寻址方式	68
2.3.1 8086CPU 的引脚及其功能	23	4.1.2 8086 指令系统的格式	71
2.3.2 8086 在最小和最大工作模式 下的典型配置	27	4.1.3 8086 指令系统	72
2.4 习题	29	4.2 16 位汇编语言编程	80
第3章 奔腾系列微处理器	30	4.2.1 伪指令	80
3.1 Pentium 性能和结构特点	30	4.2.2 汇编语言中的常量、变量及标号	84
3.1.1 Pentium 性能简介	30	4.2.3 汇编语言中的运算符和表达式	87
3.1.2 Pentium 的原理结构	31	4.2.4 顺序与分支程序的设计	90
3.2 Pentium 的寄存器	34	4.2.5 循环程序设计	94
3.2.1 基本寄存器组	35	4.2.6 子程序设计	97
3.2.2 系统寄存器组	38	4.2.7 常用的 DOS 和 BIOS 调用	103
3.2.3 浮点寄存器组	42	4.3 32 位微处理器的寻址方式与指令系统	106
3.3 Pentium 的虚拟存储器	44	4.3.1 80286 相对 8086 增加的指令	106
3.3.1 Pentium 的工作模式简介	44	4.3.2 80386 的寻址方式和 80386 相对 80286 增加的指令	107
3.3.2 Pentium 工作的保护模式	44	4.3.3 80486 相对 80386 增加的指令	113
		4.3.4 Pentium 相对 80486 增加的指令	114

4.4	32 位汇编语言编程	115
4.4.1	汇编语言编程的两种格式	115
4.4.2	32 位汇编语言编程	117
4.5	习题	124
第 5 章	微型计算机存储器系统结构	129
5.1	存储器概述	129
5.1.1	存储器的分类	129
5.1.2	半导体存储器的主要性能指标	132
5.2	半导体存储器	133
5.2.1	存储器中地址译码的两种方式	133
5.2.2	静态随机存取存储器 SRAM	135
5.2.3	只读存储器 ROM	138
5.2.4	动态随机存储器 DRAM	142
5.3	微型计算机中存储器的系统组成	147
5.3.1	存储器芯片与 CPU 连接时的 考虑及简单连接	147
5.3.2	32 位微机系统的内存组织	151
5.4	高速缓冲存储器 (Cache Memory) 技术	155
5.4.1	Cache 工作原理	155
5.4.2	Cache 组织方式	157
5.4.3	写 cache 的策略与一致性	161
5.4.4	Pentium PC 的 Cache	162
5.5	习题	164
第 6 章	微型计算机和外设之间的数据传输	165
6.1	接口及接口技术	165
6.1.1	接口电路的概述	165
6.1.2	接口电路的主要功能	166
6.1.3	接口技术的发展及分类	168
6.2	I/O 端口的编址方式	169
6.2.1	两种 I/O 端口的编址方式	169
6.2.2	保护模式下的 I/O 空间	169
6.2.3	32 位微处理器采用 I/O 编址的 译码电路	170
6.3	微处理器与 I/O 设备数据传送的 几种方式	172
6.3.1	I/O 接口电路的基本结构	172
6.3.2	CPU 与 I/O 设备传输数据的 几种方式	173

6.4	习题	182
第 7 章	中断及中断控制器	183
7.1	概述	183
7.1.1	中断、中断源及中断系统	183
7.1.2	中断处理过程	184
7.1.3	8086/8088 的中断系统	186
7.2	可编程中断控制器 82C59A	190
7.2.1	82C59A 内部结构	191
7.2.2	中断处理过程	193
7.2.3	82C59A 引脚信号	193
7.2.4	工作方式	194
7.2.5	命令字和初始化编程	196
7.3	习题	202
第 8 章	串并行通信接口技术	203
8.1	概述	203
8.2	可编程并行通信接口芯片 8255A	204
8.2.1	8255A 的主要特征	204
8.2.2	8255A 芯片的引脚信号	204
8.2.3	8255A 的内部结构	205
8.2.4	8255A 工作方式控制字和编程	206
8.2.5	8255A 的工作方式	208
8.2.6	8255A 的应用	213
8.3	可编程串行通信接口芯片 8251A	218
8.3.1	串行通信的基本概念	218
8.3.2	可编程串行通信接口芯片 8251A	220
8.3.3	8251A 应用举例	226
8.4	通用的异步接收发送芯片 8250	228
8.5	习题	237
第 9 章	DMA 控制器 82C37A 和时间间隔 定时器芯片 82C54	238
9.1	DMA 控制器 82C37A	238
9.1.1	82C37A 的内部结构	238
9.1.2	82C37A 引脚信号的定义	240
9.1.3	内部寄存器的功能和使用	242
9.1.4	82C37A 与微处理器的接口	245
9.1.5	82C37A 的 DMA 接口	246
9.2	CHMOS 可编程时间间隔定时器 芯片 82C54	248
9.2.1	82C54 内部结构	248

9.2.2	82C54 的引脚信号	249	11.1.1	总线的基本概念与分类	278
9.2.3	82C54 的控制字	250	11.1.2	接口标准与接口标准的分类	280
9.2.4	82C54 的六种工作方式	253	11.1.3	总线的组成及性能指标	281
9.2.5	82C54 几种工作方式的比较	257	11.2	几种典型总线及接口标准	282
9.3	习题	260	11.2.1	PC/XT 总线和 ISA 总线	282
第 10 章	模/数和数/模转换	261	11.2.2	PCI 总线	285
10.1	概述	261	11.2.3	AGP 总线	286
10.2	模/数与数/模转换通道的组成	262	11.3	RS-232C 串行通信接口标准	288
10.2.1	模/数转换通道的组成	262	11.3.1	RS-232C 串行通信接口标准的 信号线	288
10.2.2	数/模转换通道的组成	266	11.3.2	RS-232C 串行通信接口标准的 电气特性	289
10.3	模/数与数/模转换器的主要技术指标 ..	267	11.3.3	RS-232C 电平与 TTL 电平的 转换	290
10.3.1	模/数转换器的主要技术指标	267	11.3.4	机械特性	291
10.3.2	D/A 转换器的主要技术指标	268	11.4	通用串行总线 USB	291
10.4	模/数转换接口技术	268	11.4.1	USB 的性能特点	291
10.4.1	常用模/数转换芯片	268	11.4.2	USB 的物理接口和电气特性	292
10.4.2	A/D 转换芯片 AD574	269	11.4.3	USB 系统组成及拓扑结构	294
10.4.3	AD574 与 ISA 总线的连接	271	11.4.4	USB 的传输类型	295
10.5	数/模转换接口技术	273	11.4.5	USB 包的类型与格式	296
10.5.1	常用数/模转换芯片	273	11.4.6	USB 的应用	299
10.5.2	8 位 D/A 转换芯片 0832	274	11.5	习题	299
10.5.3	DAC0832 与 ISA 前 62 芯 插槽接口	276	附录 A	MASM 6. x 上机操作指南	300
10.6	习题	277			
第 11 章	总线与接口标准	278			
11.1	总线和接口标准的基本概念	278			

第1章 微型计算机概述

教学目的和要求：通过本章的学习，使学生掌握微型计算机系统的三个层次，数的定点表示法、32位和64位浮点数标准格式以及微机中常用的数字代码与字符代码，了解微型计算机三种总线结构以及微型计算机系统的主要性能指标。

重点：

- ◇ 微型计算机系统的三个层次
- ◇ 数的定点表示法、32位和64位浮点数标准格式

难点：

- ◇ 三种总线结构
- ◇ 32位和64位浮点数标准格式

1.1 微处理器与微型计算机的发展概况

自世界第一台主要由电子管组成的通用电子数字计算机ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Computer）于1946年在美国宾夕法尼大学诞生以来，经过了近60年几代人的卓越奋斗，其理论与技术水平得到了飞跃式的发展，对世界经济与科学技术起到了巨大的推动作用，对于人类的生产和生活方式都带来了实质性的变更。

在微型计算机诞生之前，电子数字计算机中的元器件主要由电子管、晶体管、继电器以及磁芯存储器等组成。后来，随着大规模集成（LSI）技术的发展，在一块半导体芯片上可以集成几千个电子器件，所生产出的大规模集成芯片完全取代了原电子数字计算机中的电子管和晶体管等，于是，微型计算机中的关键部件微处理器MP（Microprocessor），也称中央处理单元CPU（Central Processor Unit），于1971年在美国问世。即Intel公司于1971年推出了以Intel 4004的4位微处理器组成的型号为MCS-4的世界第一台微型计算机，Intel 4004微处理器含有2300个晶体管，使用PMOS工艺，可寻址内存 $\leq 16\text{KB}$ ，CPU工作频率在 $0.5\sim 1.0\text{MHz}$ 之间，MCS-4微机使用机器语言和简单的汇编语言，基本指令执行时间 $10\sim 15\mu\text{s}$ 。Intel公司于1972年又推出了8位微处理器Intel 8008，并由它组成了MCS-8微型计算机，以上便是第一代微处理器及其构成的微型计算机。

1974年Intel公司推出了第二代微处理器Intel 8080，1975年~1976年相继出现了集成度更高、功能更强的Zilog Z-80等微处理器，芯片包含有5000~9000个晶体管，使用了NMOS工艺，工作频率 $2\sim 4\text{MHz}$ ，数据总线8位，地址总线16根，可寻址内存 64KB ，基本指令执行时间 $12\mu\text{s}$ ，软件上首次使用了操作系统，并使用了BASIC、FORTRAN等高级语言。

Intel公司于1978年推出的8086微处理器是第三代微处理器，8086CPU内部和外部数据总线均为16位，故称之为16位微处理器，地址总线20位，可寻址内存 1MB ，Intel公司还推出了与之相配合的数字处理器8087，这两种芯片使用相互兼容的指令集，8087协处理器设

立了专门用于对指数、三角函数以及对数等数学计算的指令。1979年, Intel公司推出的8088CPU, 与8086相比, 其差别只有两点: 第一, 它的外部数据总线只有8位; 第二, 预取指令队列只有4字节, 而不是6字节, 其他与8086均相同。1981年, 以8088微处理器为核心首次组成了IBM PC微型计算机, 开创了微型计算机的新时代。由于8088微处理器的出现, 个人计算机(PC机)开始在全世界蓬勃发展起来。此阶段Motorola公司推出了MC 68000和Zilog公司推出了Z-8000等微处理器。第三代微处理器构成的微机系统, 在软件上采用了多种高级语言、常驻汇编程序、管理功能强的操作系统以及大型数据库, 并且微机中可采用多个处理器, 其性能达到了小型计算机水平。

1982年, Intel公司推出了划时代的80286微处理器, 第四代微处理器诞生了。80286微处理具有实模式与保护模式两种工作方式, 突破了CPU只能工作在实模式下的局限。80286内含13 4万个晶体管, 采用了CMOS工艺, CPU时钟频率20MHz, 可寻址16MB内存, 但它仍属于16位微处理器。

第四代微处理器还有80386和80486, 1985年Intel公司推出了80386微处理器, 80386内部和外部的数据线都是32位, 它是Intel公司推出的第一种32位微处理器, 可寻址内存4GB, 时钟频率33MHz, 相对80286微处理器, 80386增加了虚拟86工作模式, 还具有执行多任务的功能。80486CPU是Intel公司于1989年推出的, 集成度得到了进一步地提高, 80486内部突破了100万个晶体管, 80486DX4的工作频率达到了100MHz, 在80486DX4内部首次采用了精简指令集计算机RISC (Reduction Instruction Set Computer) 技术, 工作速度大大提高, 可以在一个主频时钟周期内执行一条指令。除了内部包含有80387数字协处理器之外, 内部还增加了数据与代码混合存放的8KB高速缓冲存储器 (Cache Memory), 在同等时钟频率下, 80486相对80386的处理速度提高了2~3倍。

1993年3月, Intel公司推出了性能全面超越80486的第五代微处理器Pentium (译名为“奔腾”), 简称P5, 工作频率达到了120MHz以上, 利用了亚微米级工艺 (高达 $0.35\mu\text{m}$ 制造工艺), 内部包含晶体管高达320万个。外部数据总线32位, 内部仍然为32位寄存器, 但具有64位的数据处理能力。

1995年2月, Intel公司推出了Pentium Pro (译名为“高能奔腾”), 简称P6, 主时钟频率166MHz以上, 供电电压仅2.9V, 采用了 $0.6\mu\text{m}$ 工艺, 内部集成了550万个晶体管, 内部具有8KB指令和8KB数据的第1级高速缓存 (L_1 cache), 还有256~512KB的第2级高速缓存 (L_2 cache), L_2 cache能与CPU内部时钟同步运行。与此同时, IBM、Apple和Motorola三家公司联盟推出的第五代微处理器有PowerPC, AMD公司推出的K5以及Cyrix公司推出的M1等。1997年Intel公司推出了Pentium MMX (译名为“多能奔腾”), 它在原Pentium微处理器内部增加了处理多媒体数据的MMX指令集。1998年~1999年推出了Pentium Pro的改进型, Pentium II和Pentium III (译名为“奔腾2代”和“奔腾3代”或P II、P III), 奔腾2的工作频率达450MHz, 采用 $0.25\mu\text{m}$ 制造工艺, 内含晶体管750万只以上。它将Pentium II CPU、 L_2 Cache的管理和控制芯片以及 L_2 Cache等都集成在一块电路板上。1999年推出的Pentium II微处理器拥有32KB L_1 Cache和512KB L_2 Cache, 比Pentium II增加了70多条指令, 主要包含多媒体数据的MMX指令集和浮点运动指令集, 工作频率高达500MHz。同年又推出了适用于笔记本电脑的Pentium III “Coppermine” 处理器, 率先采用 $0.18\mu\text{m}$ 制造工艺, 内含2800万个晶体管, 体积大为减少, 电源功耗大大减低。内置256KB与CPU主频同

步运行的L₂Cache，工作频率达733MHz。

2000年Intel公司推出的代号为Northwood的Pentium 4（奔腾4代），其工作频率高达2.2GHz，采用了0.13 μm制造工艺，内含4200万个晶体管，外部多达478根引脚。目前已上市的1.30、1.40、1.50、1.60、1.70以及1.80GHz的Pentium 4（奔腾4代）采用了Intel 850芯片，组成了全新的Net Burst微处理器体系结构，它有以下的特点：

（1）增加了超标量流水线的深度，显著提高了处理器的处理速度；高速执行引擎使得算术逻辑单元的工作速度为双倍内核频率，从而具有更高的执行吞吐量，并缩短了等待时间。

（2）由于采用了先进的400MHz系统总线，可提供三倍于PIII系统总线的带宽，此总线在P4与内存控制器之间提供了3.2GB/S的传输速度，它是现有台式机传输速度最快的总线，增强了高级动态的执行，增强的浮点使数据能够有效地穿过流水线，可以实现逼真的视频和三维图形，MMX和SSE指令集（共计144条）更便于加速视频、数字音乐、多媒体和图像的处理。

（3）P4处理器采用了全新的指令高速缓存（L₁ Cache）技术，并采用了512KB 3D全速L₂Cache，有利于提高系统的整体性能。

在不断发展与完善32位微处理器的同时，Intel公司和AMD公司在开发64位微处理器方面，采用了不同的策略，将来的微处理器将朝着更高性能、低能耗、更高速度和低成本方向发展，并可能将信息采集、数据存储、数据处理、通信和人工智能都集成在一起，高度的并行处理能力，更将突破冯·诺依曼计算机的传统概念。

1.2 微型计算机系统的三个层次

人们常说的“微电脑”和“微机”是一种简称，准确的称谓“微型计算机系统”，微型计算机系统从全局到局部分为三个层次：微型计算机系统——微型计算机——微处理器，这三个层次均有确切的内容。

1. 微处理器

微处理器（Microprocessor）简称μP或MP，或MPU（Microprocessing Unit）。MPU是采用大规模和超大规模集成电路技术将算术逻辑部件ALU（Arithmetic Logic Unit）、控制部件CU（Control Unit）和寄存器组R（Registers）三个基本部分以及内部总线集成在一块半导体芯片上构成的电子器件。相当于一般计算机中系统结构中的运算器和控制器的组合，因此，又称为“中央处理单元”（Central Processor Unit），简称CPU。

2. 微型计算机

微型计算机（Micro Computer）是计算机的微型化，简称微机，它由CPU、存储器、输入接口和输出接口以及总线组成。该层次就是已安装了CPU和内存条的主板。微型计算机的硬件结构如图1-1所示。

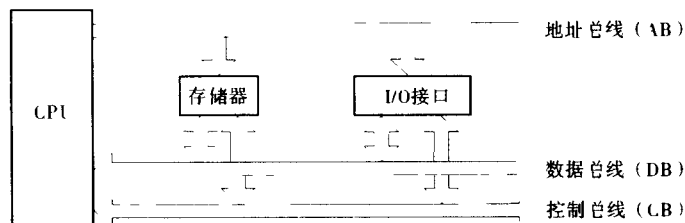


图1-1 微型计算机的硬件结构

（1）微处理器

微处理器是微型计算机的核心，它的性能决定了整个微型机的各项关键指标。

（2）存储器

用于存放程序与数据的半导体器件。

半导体存储器按读写方式可分为两种：一种是随机存取存储器RAM（Random Access Memory），RAM又分为静态存储器SRAM和动态存储器DRAM，在PC机中，前者用作高速缓存，后者用作内存条，可随时将信息写入RAM，也可随时从RAM中读出信息；另一种是只读存储器ROM（Read Only Memory），CPU只能从ROM中读出预先写入的信息。

在微机中，存储器均按字节（一字节由8位二进制信息组成）编址，即每个字节有一个二进制的地址编码。

（3）I/O接口

I/O接口（Interface）是CPU与I/O设备之间的连接电路，不同的I/O设备有不同的I/O接口电路。

（4）总线

这里指的总线（BUS）包括地址总线、数据总线和控制总线三种。所谓总线，它将多个功能部件连接起来，并提供传送信息的公共通道，能为多个功能部件分时共享，总线上能同时传送二进制信息的位数称为总线的宽度。

CPU通过三种总线连接存储器和I/O接口，构成了微型计算机。

地址总线AB（Address Bus）

CPU发出地址信息，用于对存储器和I/O接口进行寻址，因为地址信息是由CPU指向内存存储器和I/O接口的，所以地址信息是单方向的。地址总线的宽度决定了CPU访问存储器的最大容量。例如，8086CPU有20条地址线，能访问存储器的容量是 2^{20} 字节=1MB。如表1-1所示。

表1-1 Intel系列微处理器的总线和存储器容量

微处理器	数据总线宽度	地址总线宽度	最大存储器容量
8086	16	20	1MB
8088	8	20	1MB
80186	16	20	1MB
80286	16	24	16MB
80386SX	16	24	16MB

(续表)

微处理器	数据总线宽度	地址总线宽度	最大存储器容量
80386DX	32	32	4GB
80486	32	32	4GB
Pentium	64	32	4GB
Pentium Pro	64	36	64GB
Pentium II	64	36	64GB
Pentium III	64	36	64GB
Pentium IV	64	36	64GB

数据总线DB (Data Bus)

数据总线是CPU和存储器、CPU和I/O接口之间传送信息的数据通路，数据总线传输的方向为双向传输，可由CPU传输信息给存储器或I/O接口，或者反方向传输。数据总线的宽度越宽，CPU传输数据信息的速度越快，8086 CPU数据总线为16位，Pentium Pro的数据总线64位，见表1.1，分别表示CPU一次可与存储器或I/O接口传送16位和64位二进制信息。

控制总线CB (Control Bus)

CPU的控制总线按照传输方向分为两种：一种是由CPU发出的控制信号，用以对其他部件的读控制、写控制等；另一种则是其他部件发向CPU的，反过来实现对CPU的控制。在两种方向的控制信号中前者多于后者。

3. 微型计算机系统

微型计算机系统由硬件和软件两大部分组成，如图1-2所示。硬件包括微型计算机、I/O设备以及电源组成，微型计算机由微处理器、存储器、I/O接口电路以及总线四部分组成。软件一般由系统软件和应用软件组成。系统软件包括操作系统和一系列系统实用程序，比如编辑程序、汇编程序、编译程序、调试程序等。应用软件则是为解决各类问题所编写的应用程序。在系统软件的支持下，微型计算机系统硬件功能才能发挥，用户才能方便地使用计算机。

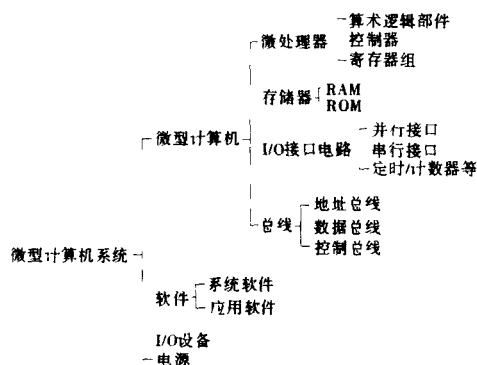


图1-2 微型计算机系统结构示意图

1.3 微型计算机中的三种总线结构

总线是微机体系结构的重要组成部分。所谓总线，笼统地讲，就是一组进行互连和传输信息（指令、数据和地址）的信号线，不同总线有不同的含义，不同总线构成不同的微机体系结构。微型计算机体系结构分为三种，分别称为单总线结构、双总线结构和双重总线结构，如图1-3所示。

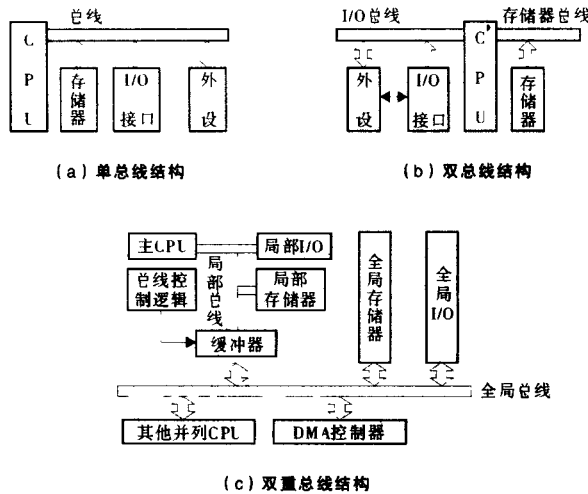


图 1-3 微型计算机中的三种总线结构

图1-3 (a) 是单总线结构微机的框图，实际上是图1.1的简化描述，在这种结构的微机中，存储器与I/O接口共享同一信息通路，CPU对存储器和I/O接口只能分时进行读写操作，显然，传输信息的效率低，一般中低档微机都采用这种结构，但它具有结构简单、成本低廉和容易实现等优点。

图1-3 (b) 是双总线结构微机的框图，CPU和存储器、CPU及I/O接口各有一种总线，分别称谓存储器总线和I/O总线，在这两种总线上可以同时传输信息，因而提高了系统传输信息的速率，有些高档微机采用了这种系统结构。

在双总线结构中，为了减轻CPU需要同时管理两种总线的负载，改善系统的性能，通常采用专门的I/O处理芯片来专门管理I/O接口，如图1.3 (c) 所示，它是双重总线结构微机的组成框图，目前各种高档微机都采用这种双重总线结构。在此结构中，主CPU与DMA控制器都可作为主模块访问存储器与I/O接口。主CPU既可通过局部总线访问局部存储器和局部I/O接口，也可以通过全局总线访问全局存储器与全局I/O接口，当主CPU访问局部存储器和局部I/O接口时，相当于单总线结构。当主CPU访问全局存储器或全局I/O接口时，如果DMA控制器请求成为主模块访问全局存储器或全局I/O接口时，则通过总线控制逻辑进行总线仲裁，将全局总线判给DMA控制器来实现存储器直接存取操作，此时主CPU仍然可以访问局部存储器与局部I/O接口，因而实现了双重总线上的并行操作，相当于提高了总线的带宽，从而大大提高了系统传输信息与处理数据的速度。

1.4 微型计算机系统的主要性能指标

1. 字长

字长是CPU内部一次能并行处理二进制数码的位数，字长取决于CPU内部寄存器、运算器和数据总线的位数。字长越长，一个字所能表示数据的精度就越高，处理速度也加快。微型计算机根据所使用的CPU不同，可分为8位、16位、32位和64位几种。因此，微型计算机根据字长可分为8位机、16位机、32位机和64位机。目前，用于服务器中的Itanium是最新的微处理器，字长64位。

2. CPU的时钟频率

也称CPU的主频。CPU是按照严格的时序进行工作的，产生时序的脉冲源是CPU的时钟脉冲，CPU的时钟频率越高，CPU的工作节律加快，计算机系统的速度越快。随着CPU的升级，CPU的时钟频率跨越式地加快，Intel 8086 CPU主频10MHz，而Pentium IV的主频高达3.06GHz。

3. 主存储器容量

主存也称内存，主存的容量以字节（Byte）为单元，简写为B，字节数量的大小，由CPU能发出地址线位数多少来确定，如果CPU地址线10根，则可寻址 $2^{10}B=1024B=1KB$ ，1024KB简称为1MB，1024MB简称为1GB，1024GB简称为1TB（太字节），Pentium系统微机地址线分为32位和36位两种，分别可寻址4GB和64GB主存容量。

CPU只能访问内存，所有存放在外存中的程序与数据必须调入内存后才能被CPU执行与处理，主存容量越大，则从外存调入内存所占用时间越少，CPU处理数据的效率就越高。并且内存容量越大，存放信息量越多，便于执行复杂的程序。

4. 外存储器容量

微型计算机一般配有硬、软盘驱动器，分别可以驱动硬盘和软盘。还配有光盘驱动器可驱动光盘，USB接口可以外接U盘，这些外存储器中，硬盘容量最大，决定了微机能存放系统软件和应用软件的多少，当前高档微机一般配接80G硬盘。

5. 外设的配置与扩展能力

要求微机配接外设种类齐全，配接方便灵活，而且扩展能力强。势必要求微机主板上硬件接口功能齐全，软件驱动程序功能要强。

1.5 微型计算机运算基础概述

1.5.1 数的定点表示法、32位和64位浮点数标准格式

在微型计算机中，既可以实现定点运算，又有浮点运算部件实现浮点运算。

1. 定点数的表示法

在计算机中，约定数据小数点的位置固定在某一位，原理上讲，小数点的位置固定在哪一位都行，但是，通常有两种定点格式，一是将小数点固定在数的最左边（即纯小数），二是固定在数的最右边（即纯整数）。

例如，用宽度为 $n+1$ 位的字来表示定点数 X ，其中 X_0 表示数的符号，例如1代表负数，0代表正数，其余位代表它的数位，对于任意定点数 $X=X_0X_1X_2\cdots X_n$ ，在定点计算机中可表示为：

- ① 如果 X 为纯小数，小数点固定在 X_0 与 X_1 之间，数 X 的表示范围为：

$$0 \leq |X| \leq 1-2^{-n} \quad (1-1)$$

- ② 如果 X 为纯整数，小数点固定在 X_n 的右边，数 X 的表示范围为：

$$0 \leq |X| \leq 2^n - 1 \quad (1-2)$$

2. 浮点数的表示法

任意一个十进制数 N 可以写成：

$$N = 10^E \times M \quad (1-3)$$

同样任意一个二进制数 N 可以写成：

$$N = 2^e \times m \quad (1-4)$$

例如， $N = 101.1101 = 2^{0011} \times 0.1011101$

其中， m 为浮点数的尾数，是一个纯小数， e 是比例因子的指数，称为浮点数的指数，是一个纯整数，比例因子的基数是一个常数，这里取值为2，也有取值为8、16两种情况。

由上例可以看出，在计算机中存放一个完整的浮点数，应该包括阶码、阶符、尾数以及尾数的符号（数符）共4部分，如下所示：

E_s	$E_1E_2\cdots E_m$	M_s	$M_1M_2\cdots M_n$
阶符	阶码	数符	尾数

现在，一般按照IEEE 754标准，采用32位浮点数和64位浮点数两种标准格式。

(1) 32位浮点数标准格式

32位浮点数标准格式如下：

31	30	23 22	0
S	E	M	

在32位浮点数中，约定基数 $R=2$ ， S 是尾数的符号位，即浮点数的符号位，它占一位，安排在最高位，0表示正数，1表示负数，尾数 M 占23位，放在低位部分，当然是纯小数。 E 是阶码，占8位，阶码采用了移码方法表示，将阶码上移127，即 $E=e+127$ 。

例【1-1】 按照32位浮点数标准格式，求数 $N=2^{011} \times 0.1011101$ 在计算机中表示的形式。

$$N = 2^{011} \times 0.1011101 = 2^{0000011} \times 0.101110100000000000000000$$

其中，因为浮点数为正数，所以 $S=0$ ， $M=101110100000000000000000$

$$E=e+127=00000011+01111111=10000010$$

反之，一个32位浮点数 N 的真值可表示为：