



高等院校计算机教材系列

微机系统与汇编语言

颜志英 主 编
杨东勇 审 校

为教师配有电子教案



机械工业出版社
China Machine Press

TP36
206

TP36
206

高等院校计算机教材系列

微机系统 与汇编语言

颜志英 主 编
杨东勇 审 校



机械工业出版社
China Machine Press

本书以微型计算机系统原理和应用为主题,以 80x86 为主线,在介绍微型计算机系统的基本知识、基本组成和体系结构的基础上,详细地介绍了 80x86 系统中的 16/32 位指令系统、汇编语言以及程序设计方法和技巧,存储器系统的组成和构成方法,微机系统的中断技术,常见的可编程接口芯片的基本结构 and 应用。另外,还简要分析了现代微机系统中涉及的总线技术、高速缓存技术、数据传输方法、高性能计算机的体系结构和主要技术。

本书可以作为高等院校“微机系统与汇编语言”、“微机原理”或“汇编语言程序设计”等课程的教材或参考书,特别适合计算机应用、计算机软件以及电子、通信和自动化控制等专业的学生使用。本书也可以作为相关工程技术人员的参考书。

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

微机系统与汇编语言/颜志英主编. —北京:机械工业出版社,2007.9
(高等院校计算机教材系列)

ISBN 978-7-111-22279-8

I. 微… II. 颜… III. ①微型计算机—高等学校—教材 ②汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 137403 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:王春华

北京慧美印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.75 印张

定价:30.00 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

本书以微型计算机系统原理和应用为主题,以 80x86 为主线,在介绍微型计算机系统基本知识、基本组成和体系结构的基础上,详细介绍了 80x86 系统中 16/32 位的指令系统、汇编语言以及程序设计方法和技巧,存储器系统的组成和构成方法,以及微机系统的中断技术,常见的可编程接口芯片的基本结构和应用,并对现代微机系统中涉及的总线技术、高速缓存技术、数据传输方法、高性能计算机的体系结构和主要技术作了简要分析。本书根据我们十几年的教学积累和经验编写而成,着重于从微机应用的角度来组织内容及教学,从而达到“基础性、系统性、实用性、先进性”的统一。对所讲解的每一个主题都有大量的案例加以说明,每一个例题都通过上机调试,便于教师备课,也便于同学们课后复习。特别适合当前 64 学时的课程教学。

本书以简明流畅的语言,清晰的层次结构,由浅入深地展开教学内容。对于每一个重点和难点,都列举了大量典型而有意义的例题,再配合每节后面所附的习题与思考,同学们就能又快又好地学习微机系统与汇编语言课程。

本书在每一章的开头都有重点提示,在每一小节的最后都附有习题与思考,使学生能够理解并巩固所学的每一个知识点内容。全书的最后一章专门安排了微机输入/输出综合应用,既可以作为汇编语言在微机系统中应用的综合设计题,也可以作为微机应用的实验。

本书编写的内容,参考了国内高校和自学考试的本科、高职、高专的“微机原理”、“汇编语言”课程的教学大纲,并兼顾了计算机应用、通信和自动化控制等专业的教学要求,可以作为高等院校“微机系统与汇编语言”、“微机原理”或“汇编语言程序设计”等课程的教材或参考书,特别适合计算机应用、计算机软件以及电子、通信和自动化控制等专业的本科或专科学生用做教材,同时也适合参加自考的学生作为微机原理、汇编语言课程的自学教材或参考书。

目前,《微机系统与汇编语言》是我校重点教材建设项目,也是教学改革项目中的一项重要内容,结合浙江省“计算机组成原理”精品课程建设项目,将计算机的硬件课程整合为“微机系统课程群”优秀课程建设,已经建成课程网站 <http://kczy.zjut.edu.cn:8001/>,在此网站上我们会陆续增加相关课程的课程教案、网络课件、教学大纲等相关资料。

本书由颜志英主编和负责全书的统稿,并编写了第一章、第二章、第三章、第四章、第六章的全部内容和第五章的部分内容,杨东勇教授编写了第五章中的部分内容并审稿,刘端阳、丁峥参与了部分内容的编写,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中可能会有不足之处,特别希望广大读者和同仁赐教、指正。作者的电子邮箱是 zyy@zjut.edu.cn。

颜志英

2007 年 7 月于浙江工业大学

教学建议

一、教学目的

本课程是计算机应用、软件工程、通信、自动化和电子信息类等专业的学生学习和掌握计算机硬件知识和汇编语言程序设计的入门课程。通过本课程的理论与实验的学习，目的是使学生掌握微机系统的基本组成、工作原理、80x86 的指令系统和汇编语言程序设计、接口电路及微机系统的连接，建立微机系统的整体概念，培养学生具有微机应用的软、硬件开发能力。

二、课时安排

章	学习要点	课时安排
第一章 微机系统的组成	1. 微机系统的结构 2. 微机发展的新技术 3. 80x86 微处理器及现代微机系统构成	6 学时
第二章 汇编语言程序设计	1. 80x86 的寻址方式 2. 80x86 的指令系统 3. 汇编语言程序格式 4. 汇编语言程序设计方法 5. 汇编语言与高级语言的接口	12 学时
第三章 存储器系统	1. 半导体存储器 2. 主存储器设计 3. 新型半导体存储器 4. 现代微机系统的内存管理	5 学时
第四章 微机中断技术	1. 微机的输入/输出系统 2. 现代微机的中断技术 3. Intel 8259 中断控制器 4. 中断程序设计	8 学时
第五章 微机输入/输出接口及其应用	1. Intel 8254 可编程定时器/计数器及应用 2. Intel 8255 可编程并行接口及其应用 3. Intel 8251 可编程串行接口及其应用 4. D/A 转换器接口及应用 5. A/D 转换器接口及应用	17 学时
第六章 微机输入/输出综合应用与实验	1. 可编程定时器/计数器 (Intel 8254) 实验 2. 中断控制器 (Intel 8259) 实验 3. 可编程并行接口 (Intel 8255) 实验 4. 可编程串行接口 (Intel 8251) 实验 5. 串行通信实验	16 学时

目 录

前言

教学建议

第一章 微机系统的组成 1

第一节 微机系统概述 1

一、微机系统的结构 1

二、微机系统的分类 6

三、微机系统的应用 7

四、微机发展的新技术 7

第二节 80x86 微处理器 11

一、微处理器的发展 11

二、80x86 微处理器的基本结构 13

三、Pentium CPU 内部结构 17

四、80x86 的 32 位寄存器结构 19

五、存储器组织和管理 21

六、堆栈 22

七、I/O 组织 23

八、现代微处理器的工作模式 23

九、现代微机的构成 24

第二章 汇编语言程序设计 27

第一节 80x86 的寻址方式 27

一、固定寻址 28

二、立即数寻址 28

三、寄存器寻址 28

四、存储器寻址 29

五、I/O 端口寻址 32

六、与转移地址有关的寻址 33

第二节 80x86 的指令系统 36

一、数据传送类指令 37

二、地址传送类指令 44

三、算术运算类指令 46

四、逻辑运算类指令 57

五、串操作类指令 62

六、控制转移类指令 69

七、处理器控制类指令 89

第三节 汇编语言程序格式 94

一、汇编语言的特性 94

二、伪指令 97

三、汇编语言源程序举例 103

四、汇编语言程序的调试(常用的 DEBUG 命令) 105

第四节 汇编语言程序设计方法 110

一、表格与数组的处理方法 110

二、表格与数组的处理及其 应用 112

三、子程序设计 115

四、结构与宏 117

五、模块化程序设计 121

第五节 汇编语言程序设计举例 123

第六节 汇编语言与高级语言的 接口 132

一、内嵌汇编代码 132

二、模块化连接方法 134

第三章 存储器系统 140

第一节 概述 140

第二节 常用半导体存储器芯片 介绍 141

一、随机读写存储器与只读 存储器 141

二、半导体存储器的性能 指标 143

三、常用的半导体存储器 芯片 143

第三节 主存储器设计 144

一、概述 144

二、主存储器与 CPU 的连接 145

第四节 新型半导体存储器	149	第三节 串行通信及其应用	228
第五节 现代微机系统的内存管理	152	一、串行通信的基本方式	228
一、虚拟存储器	152	二、Intel 8251 可编程串行接口 及其应用	230
二、描述符	153	第四节 模拟量输入/输出接口及其 应用	243
三、描述符表	155	一、典型的模拟量输入/输出 通道	243
四、描述符表寄存器和任务 寄存器	156	二、D/A 转换器接口	244
五、主存储器的地址类型 及其管理	156	三、A/D 转换器接口	256
第四章 微机中断技术	161	第六章 微机输入/输出综合 应用与实验	269
第一节 输入/输出与接口技术	161	一、中断控制器(Intel 8259)实验	269
一、微机的输入/输出系统	161	二、可编程定时器/计数器 (Intel 8254)实验	270
二、接口电路的结构及其功能	162	三、利用 Intel 8254 模拟实时 时钟实验	271
三、CPU 与外设之间的数据传送 控制方式	163	四、可编程并行接口(Intel 8255) 实验	273
四、输入/输出端口的编址方式与 译码	164	五、可编程串行接口(Intel 8251) 实验	274
第二节 现代微机的中断技术	165	六、串行通信实验	275
一、关于中断和中断的分类	165	七、数/模转换实验	276
二、实地址模式与保护模式下的 中断	169	八、模/数转换实验	276
三、外部中断源的管理	173	附录 A Intel 80x86 指令系统一览表	277
第三节 Intel 8259 中断控制器	174	附录 B MASM 伪指令	281
第四节 中断程序设计	187	附录 C MASM 操作符	282
第五章 微机输入/输出接口 及其应用	192	附录 D 标准 ASCII 码	283
第一节 定时器/计数器及其应用	192	附录 E PC 中断表	284
一、Intel 8254 可编程定时器/ 计数器	193	附录 F DOS 功能调用	286
二、Intel 8254 的初始化编程	206	附录 G BIOS 功能调用	289
三、Intel 8254 在微机系统中的应用	209	参考文献	292
第二节 并行输入/输出接口及其 应用	213		
一、并行输入/输出接口	213		
二、Intel 8255 可编程并行接口 及其应用	213		

第一章

微机系统的组成

重点提示

本章重点讲述微机系统中的硬件系统与软件系统的主要特征，微机系统的分类和应用，以及现代微机发展的新技术、微机的结构等基础知识，使读者对微机系统的组成、发展有一个全面的了解。通过学习 16 位微处理器的工作原理和基本结构，了解并熟悉微处理器的组成、寄存器结构和功能、存储器和 I/O 组织，熟悉 80x86 的 32 位寄存器结构、现代微处理器的工作模式，这些都是学习指令系统的前提，为后续课程的学习奠定了基础。

第一节 微机系统概述

一、微机系统的结构

微机系统的结构包括硬件系统和软件系统两大部分。硬件系统和软件系统的结合才能构成一个完整的计算机系统，二者缺一不可，否则计算机不能正常工作。

(一) 软件系统

软件系统是计算机系统的重要组成部分。软件系统是指为运行、管理、应用、维护计算机编制的所有程序及文档的总和。依据功能的不同，软件系统包括系统软件和应用软件及其程序设计语言如图 1-1 所示。

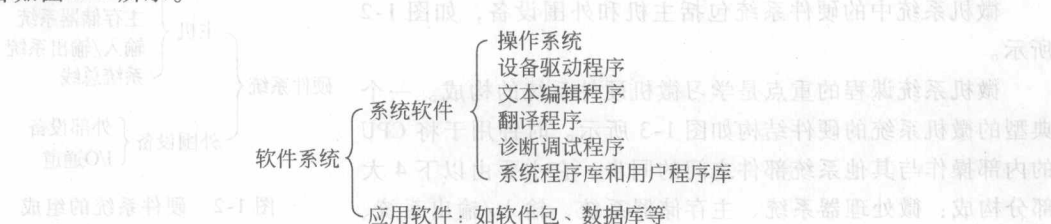


图 1-1 软件系统的组成

其中，系统软件是面向计算机系统的，是由计算机的生产厂家提供给用户的一组程序，是使用和管理计算机必需的软件。系统软件主要包括：

1) 操作系统(Operating System)。系统软件中最重要的是操作系统，它用来负责管理整个计算机系统的软件和硬件资源，为用户创造方便、有效和可靠的计算机工作环境。操作系统的主要

部分是常驻监督程序(Monitor),只要一开机它就存在于内存中,它可以接收用户命令,并使操作系统执行相应的动作。

2)设备驱动程序(I/O Driver)。用来对输入/输出设备进行控制或管理。当系统程序或用户程序需要输入/输出设备时,就调用设备驱动程序来对设备发出命令,完成CPU和输入/输出设备之间的信息传送。

3)文本编辑程序(Text Editor)。文本是指由字母、数字、符号等组成的信息,它可以是一个用汇编语言或高级语言编写的程序,也可以是一组数据或一份报告。文本编辑程序用来建立、输入或修改文本,并将其存入存储器。

4)翻译程序(Translator)。计算机能识别的唯一语言是机器语言,翻译程序是一种符号语言,它几乎和机器语言一一对应,在书写时使用助记符表示。例如,相对于机器语言来说,汇编语言是易于为人们理解的语言,但计算机却不能直接识别汇编语言。汇编程序就是用来把由用户编制的汇编语言程序翻译成机器语言程序的一种系统程序。IBM PC机中的汇编程序有:

- ASM(小汇编语言程序),它占有较小的存储区,功能较弱。
- MASM(宏汇编程序),它需要的存储区较大,功能较强,具有宏汇编能力,而ASM却不具备这种能力。

5)调试程序(DEBUG)。是系统提供给用户的能监督和控制用户程序的一种工具。它可以装入、修改、显示或逐条执行一个程序。在IBM PC机上,简单的汇编语言程序可以通过DEBUG调试程序来建立、修改和执行。

6)系统程序库(System Library)和用户程序库(User Library)。各种标准程序、子程序及一些文件的集合称为程序库,它可以被系统程序或用户程序调用。操作系统还允许用户建立程序库,以提高不同类型用户的工作效率。

应用软件是为解决用户各种实际问题的程序和文档,也叫应用程序。它包含了计算机应用的各个方面。应用软件可以标准化、模块化。解决各种典型问题的应用程序的组合,称为软件包(Software Package)。

软件系统的基本功能是保证计算机硬件的功能得以充分发挥,并为用户提供一个使用计算机的工作环境。

(二)硬件系统

硬件系统的基本功能是接受计算机程序,并在程序的控制下完成数据输入、数据处理和输出结果等任务。

微机系统中的硬件系统包括主机和外围设备,如图1-2所示。

微机系统课程的重点是学习微机硬件系统的构成。一个典型的微机系统的硬件结构如图1-3所示。时钟用于将CPU的内部操作与其他系统部件之间的同步。它主要由以下4大部分构成:微处理器系统、主存储器系统、输入/输出系统、系统总线。

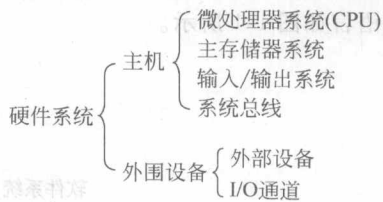


图 1-2 硬件系统的组成

下面具体介绍微机系统的硬件结构。

1. 微处理器系统

微处理器是微机系统的核心,又称为中央处理器(Central Processing Unit, CPU),微处理器由运算器、控制器和寄存器组成。

1) 运算器是计算机中加工和处理数据的功能部件。运算器的主要功能有:

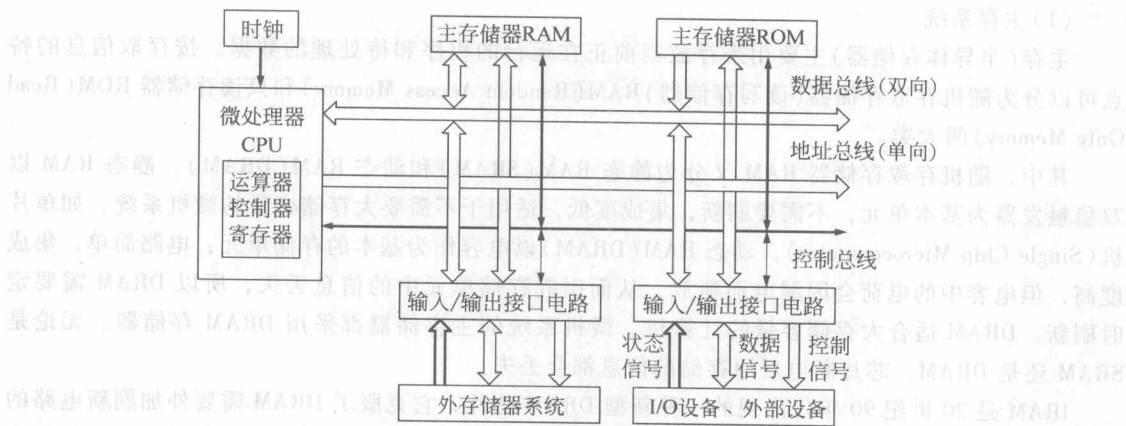


图 1-3 微机系统的结构

- 对数据进行加工处理，主要包括算术和逻辑运算，如加、减、乘、除、与、或、非等。
 - 暂时存放参与运算的数据和中间结果。
- 2) 控制器是控制和指挥计算机内各功能部件协同工作，完成计算机程序的功能部件。控制器由程序计数器(IP)、指令寄存器(IR)、指令译码器(ID)和时序信号发生器组成。它主要包括：
- 程序计数器(IP)：程序指令所在单元地址。
 - 指令寄存器(IR)：保存当前正在执行的一条指令。
 - 指令译码器(ID)：将指令的操作码翻译成机器能识别的命令信号。
 - 时序信号发生器：根据指令译码器产生的命令信号产生具体的控制信号。
- 3) 寄存器组中包括一组通用寄存器和专用寄存器。通用寄存器用于暂存参加运算的一个操作数，例如数据寄存器可以用来存放二进制操作数。这些操作数可以是参加操作的数据、操作的中间结果，也可以是操作数的地址，大部分算术和逻辑运算指令都可以使用这些数据寄存器。专用寄存器通常有指令指针 IP 或程序计数器 PC 和堆栈指针 SP 等。

CPU 通过插入 CPU 插槽的引脚与微机系统的其他部件相连，主要与数据总线、控制总线、地址总线相连接。

2. 存储器系统

存储器用于存放程序和数据，在控制器的控制下，可以与输入设备、输出设备、运算器、控制器交换信息，是计算机中各种信息存储和交流的部件。

存储器系统采用分级结构来组织，主要由 CPU 内部的寄存器、高速缓存器(Cache)、主存储器、外存储器组成，微机系统中的存储器系统又分为主存系统和辅存系统，如图 1-4 所示。



图 1-4 存储器系统组成

(1) 主存系统

主存(半导体存储器)主要用来存放当前正在运行的程序和待处理的数据。按存取信息的特点可以分为随机存取存储器(读写存储器)RAM(Random Access Memory)和只读存储器 ROM(Read Only Memory)两大类。

其中,随机存取存储器 RAM 又分为静态 RAM(SRAM)和动态 RAM(DRAM),静态 RAM 以双稳触发器为基本单元,不需要刷新,集成度低,适用于不需要大存储容量的微机系统,如单片机(Single Chip Microcomputer)。动态 RAM(DRAM)以电容作为基本的存储单元,电路简单,集成度高,但电容中的电荷会因漏电而泄放,从而引起存储单元中的信息丢失,所以 DRAM 需要定时刷新。DRAM 适合大存储容量的计算机。微机系统的主存储器都采用 DRAM 存储器。无论是 SRAM 还是 DRAM,芯片断电后原存储的信息都会丢失。

IRAM 是 20 世纪 90 年代出现的一种新型 DRAM 芯片,它克服了 DRAM 需要外加刷新电路的缺点,内部含有动态刷新电路,使之兼有 SRAM 速度快、接口简单的优点,又具有 DRAM 集成度高、功耗低、价廉的长处,因而它与 CPU 的接口非常简单。

只读存储器 ROM 是一种写入信息后只能读出、不能写入的固定存储器,断电后其中的信息仍然保持不变。在微机系统中,ROM 通常用来存放固定的程序、表格和数据等。按存入信息的方式 ROM 存储器可以分为:掩模式 ROM 和可编程 ROM。掩模式 ROM 也叫固定 ROM,在制作这种 ROM 芯片时,其中的内容已经固定下来,用户不能修改,适用于大批量生产,成本较低。可编程 ROM 也称 PROM(Programmable ROM),允许用户根据需要存入信息,PROM 只允许编写一次。可擦除式的 PROM 也称 EPROM(Erasable Programmable ROM),分为紫外光擦除 EPROM(也称 UVEPROM)和电擦除 EPROM(也称 E^2 PROM),可擦除式的 PROM 既能长期保存信息,又可多次擦除、重新编程,广泛应用于微机产品的研制、开发和生产中。

另一种只读存储器 FLASH,也称“闪烁”存储器,简称“闪存”,它具有掉电时信息不丢失、块擦除、单一供电、高集成度、高速的信息存储等特点,主要用于保存系统引导程序、系统数据等需要长期保存的信息。FLASH 可以在线擦除和编程,甚至可以通过 Internet 升级它的产品,使产品的研制和开发变得更加容易和方便。目前,微机系统中,用于保存系统程序的 ROM 大多采用 FLASH。

(2) 辅存(外存储器)系统

微机系统除了需要存取速度高的主存储器以外,还需要使用存储容量大的外存储器作为存储设备,以增加系统的存储容量,并可以永久地保存信息。常用的外存储器主要有软盘、硬盘、光盘等,这是微机系统常用的输入/输出设备。

3. 输入/输出系统

输入/输出系统包括输入/输出接口电路和外部设备,是计算机与外部世界交换信息所必需的手段。输入/输出技术在微机系统中起着非常重要的作用。一方面,程序、数据、现场采样的物理量等,需要通过输入设备输入给计算机;另一方面,计算机运行的结果或各种控制信号,需要通过输出设备进行输出或实现实时控制。但相对于 CPU 而言,外设的工作速度比较慢,外设能处理的信息非常复杂,既有数字量也有模拟量,外设的信息传送方式既有串行方式也有并行方式。正是由于输入/输出设备的数据形式、数据的传递方式以及传递速率的差异很大,因此,在微计算机与外设之间必须设置一种接口电路,以完成信号转换、数据缓冲、接收并解释和执行 CPU 的命令,使 CPU 与外设之间能协调工作,有效地完成 CPU 与外设的信息交换。

通常,接口电路需要与外设传输三种信号:数据信号、状态信号、控制信号,如图 1-3 所示。数据信号是 CPU 与外设之间交换的数据,包括模拟信号和数字信号。为了实现 CPU 与外设

之间的协调工作, CPU 需要了解外设的现行状态, 如外设是否忙、是否准备好, 状态信号是外设通过接口传递给 CPU 的。而控制信号是在 CPU 与外设的信息交换过程中, CPU 通过接口电路向外设发出的控制命令, 以控制外设的动作。所以, 接口电路中应包含数据寄存器、状态寄存器、控制寄存器。而 CPU 与接口之间通过三种总线(数据总线、地址总线、控制总线)交换信息。

4. 系统总线

在微机系统中, 系统总线的功能就是完成计算机中各个部件之间的各类信息传送。系统的各个部件或模块是通过系统总线连接在一起的, 模块之间的各种信息(如地址信号、数据信号、控制信号等)是利用系统总线进行传送的, 所以, 系统总线是微机系统中各模块之间传送信息的通道。高性能的 CPU 必须有高性能的系统总线来支持, 才能构成高性能的微机系统。

CPU 通过系统总线与主存储器系统、输入/输出系统交换信息。例如, CPU 要访问主存储器某一单元或 I/O 系统中的某一端口, 必须输出地址(地址总线是单向的), 以确定具体要访问哪一个主存单元或 I/O 端口; 必须输出控制信号(如读、写等控制), 以确定对该单元或端口的访问是读操作还是写操作; 从该单元或端口读出或写入的数据通过数据总线传送。

(1) 系统总线的分类

系统总线的分类方法很多, 按总线功能或信号类型分类, 有三种总线:

1) 地址总线——传输地址信息, 采用单向三态逻辑, 是单向总线, 它是 CPU 发出地址信息的总线, CPU 在地址总线上输出将要访问的内存单元或 I/O 端口的地址。地址总线的宽度决定了该总线的寻址能力, 例如, 某总线有 n 条地址线可寻址 2^n 个字节单元; 16 条地址线可以访问 $2^{16} \text{B} = 64 \text{KB}$ (64 K 字节); 20 条地址线可以访问 $2^{20} = 1 \text{MB}$ (1 兆字节)。

2) 数据总线——传输数据信息, 采用双向三态逻辑, 是双向总线。数据总线的宽度决定了该总线一次能传送的二进制数据的位数。字长是计算机内部一次可以处理的二进制数据的位数, 一台计算机的字长由它的通用寄存器、主存储器、ALU 的位数和数据总线的宽度决定。字长越长, 数据处理的速度越高, 一般情况下, CPU 内、外数据总线的宽度是一致的。

3) 控制总线——传输控制或状态信息, 用于控制数据和地址总线的访问和使用, 是 CPU 向主存储器系统或输入/输出系统发出的控制命令, 例如, I/O 读写信号、存储器的读写信号或中断信号等, 主存储器系统或输入/输出系统向 CPU 发出的状态信号和中断请求信号也是通过控制总线传送的。

如果按总线的分级结构分类, 则总线可以分为四种:

1) CPU 总线——也称主总线(Host Bus), 是 64 位数据线、32 位地址线的同步总线, 使用 66 MHz 或 100 MHz 的总线时钟频率。它提供系统原始的控制和命令等信号, 是微机系统中速度最快的总线。

2) 局部总线(PCI 总线)——是在 CPU 总线和系统总线之间的一级总线, 它的一侧直接连 CPU 总线, 另一侧连系统总线, 分别用桥片连接, 是 32 位或 64 位数据/地址分时复用同步总线, 采用 33.3 MHz/66.6 MHz 的时钟频率, 如果采用 33.3 MHz 的时钟频率和 64 位的数据宽度, 数据传输率可以达到 266 MB/s。

PCI 总线是一种独立于处理器的总线标准, 它支持多种处理器, 将微处理器子系统与外围设备分开。为 PCI 总线设计的外围设备是针对 PCI 的, 而不是针对处理器的, 这样, 这些外围设备可以独立于处理器进行设计和升级, 也不会因为微处理器技术的更新、变化使外围设备过时。

PCI 总线可以通过桥芯片与多种总线共存于同一个系统中, 例如, 使用 HOST-PCI 桥芯片与更高速的 CPU 总线相连接; 使用 PCI-ISA/EISA 桥芯片与 ISA 或 EISA 总线相连, 使同一系统中的

低速设备和高速设备可以分别挂在不同的总线上。PCI 总线已经成为局部总线的新标准。高速的 PCI 总线对现代微机性能的提高起着很重要的作用。

3) 系统总线——也称 I/O 通道总线, 是用来与扩展槽上的各种扩展卡相连接的总线。例如, ISA 总线有 16 位数据线、24 条地址线, 可以寻址 16 MB, 最高工作频率为 8 MHz, 数据传输率为 16 MB/s, ISA 总线适合具有 16 位外部数据总线的微机系统。当微机发展到 32 位数据总线后, ISA 总线的数据总线与地址总线的宽度影响了 32 位处理器性能的发挥, 因此推出了 32 位的 EISA 总线, 它与 ISA 总线兼容, 支持 32 位地址, 可以寻址 4 GB, 具有 32 位数据总线, 总线频率为 8.33 MHz, 最大数据传输率达到 33.3 MB/s。但目前在安有奔腾等先进处理器的 PC 机中, 为了提高总线速度, 采用局部总线 PCI 连接扩展卡, 即将高速 I/O 设备通过 PCI 总线直接与 CPU 总线连接, 只保留了 ISA 总线, 以便兼容以前的低速设备, 并淘汰了 EISA 总线。

4) 通信总线——也称外部总线, 是微机系统之间或微机系统与外部设备之间进行通信的总线。例如, RS-232/RE-485 总线、IEEE = 488/VXI 总线以及现代微机上很流行的 USB 和 IEEE-1394 通用串行总线。

(2) 总线的主要性能指标

1) 总线频率——总线的工作频率, 以 MHz 为单位, 工作频率越高其速率越快。

2) 总线宽度——是指数据线的位数, 以 bit (位) 为单位。总线宽度表明总线传输数据的能力。

3) 总线的数据传输率——单位时间内总线上可以传输的数据总量, 它等于

$$(\text{总线宽度} \div 8 \text{ 位}) \times \text{总线频率}$$

数据传输率的单位是 MB/s。例如, PCI 总线的总线频率是 33.3 MHz, 总线宽度是 32 位, 则数据传输率是 133 MB/s。

实际上, 整机速度不仅与 CPU 时钟频率有关, 也与总线速度、内存存取速度、硬盘读写速度等有关, 尤其是总线速度占据了越来越重要的地位。事实上, Intel 在开发高速处理器时, 曾遇到的一个难题就是, 其他部件的制造商未必能设计出相应的高速电脑, 后来采取了一个折中的办法, 将外部总线频率减半, 以利于硬件厂商的设计, 但现在外部总线的频率还是成了整机速度的瓶颈。美国《PC World》的一篇测试报告表明, 时钟频率比 Pentium-166 快了 20% 的 Pentium-200 的实际运行速度只快 2% ~ 6%。实际上, 无论是 Pentium-100、Pentium-133, 还是 Pentium-166、Pentium-200, 其外部总线频率都只是 66 MHz。

(3) 微机系统采用总线结构的好处

1) 简化软硬件的设计。由于总线是按统一的标准设计生产的, 这给用户在硬件设计上提供了很大的方便, 简化了设计过程。由于硬件的各模块是挂在总线上的相对独立的模块, 所以编写该模块的相应软件的设计也变得比较容易, 同时给调试和修改带来方便。模块化设计提高了效率, 降低了成本。

2) 简化系统结构, 便于系统扩展与更新。采用标准总线, 挂在总线上的各模块就能构成微机的硬件系统, 同时也便于系统的扩展与更新。

二、微机系统的分类

目前, 微处理器的品种很多, 用不同的微处理器构成的计算机系统种类繁多, 将它归纳分类, 会给用户的设计和选用带来方便。按微机应用的对象分类, 可以将微机分为:

1) 单片机。单片机 (Single Chip Microcomputer) 又称单片微控制器 (Microcontroller), 它是把一

个计算机系统集成到一个芯片上。概括地讲,它主要是将微处理器、部分存储器、输入/输出接口都集成在一块集成电路芯片上,一块芯片就成了一台计算机。

2) 单板机。单板机是将计算机的各个部分都组装在一块印制电路板上,包括微处理器、存储器、输入/输出接口,以及简单的七段发光二极管显示器、小键盘、插座等。单板机的功能比单片机强,适于进行生产过程的控制。另外,可以直接在实验板上操作,适用于教学。

3) PC 机。PC 机(Personal Computer)是面向个人单独使用的一类微机,实现各种计算、数据处理及信息管理等功能。

4) 工作站。工作站是介于 PC 机和小型机之间的高档微型机。

5) 巨型计算机。巨型计算机也称超级计算机。它具有极高的性能和极大的规模,价格昂贵,多用于尖端科技领域。

三、微机系统的应用

微机系统的应用已经广泛地渗透到许多领域,按计算机处理信息的特点,主要包括以下几个方面的应用:

1) 科学计算和科学研究。用于解决科学研究和工程技术中提出的数学问题,也称数值计算。

2) 数据处理和信息管理。主要是利用计算机对所获取的信息进行采集、记录、整理、加工、存储和传输,对数字信息进行加工及综合分析等。信息管理系统可以是单机,也可以是不同类型的计算机网络系统。

3) 工业控制。由计算机按控制模型进行计算,产生相应的控制信号,对受控对象进行控制和调整。

4) 计算机辅助系统。计算机辅助系统主要有计算机辅助教学系统(CAI)、计算机辅助设计系统(CAD)、计算机辅助制造系统(CAM)、计算机辅助测试系统(CAT)、计算机集成制造系统(CIMS)等。计算机在该领域有着十分重要和广泛的应用。

5) 计算机仿真。计算机仿真是使用仿真软件在计算机上进行必要的模拟试验,从而大大减少投资、避免风险。

6) 人工智能。人工智能主要是研究并解释和模拟人类智能、智能行为及其规律的一门学科,包括智能机器人、模拟人的思维过程、计算机学习等。人工智能的主要任务是建立智能信息处理理论,进而设计可以展现某些近似于人类智能行为的计算系统,如图形和声音的识别、推理和学习的过程等。人工智能研究方向中最具有代表性的两个领域是专家系统和机器人。

7) 多媒体系统。多媒体系统是计算机技术与视频、音频和通信等技术融为一体并能进行多功能、多用途的信息交流的新技术。多媒体技术正向着实用化、标准化方向发展。

8) 网络应用。计算机网络是利用通信设备和线路等与不同的计算机系统互连起来,并在网络软件支持下实现资源共享和信息传递。通常有局域网(LAN)、广域网(WAN)、城域网(CAN)和因特网(Internet)。

9) 远程教育。远程教育是建立在互联网上的一种教学环境。它以现代化的信息技术为手段,以适合远程传输和交互式学习的教学资源为教材构成开放式教育网络。

四、微机发展的新技术

自从 1971 年 Intel 公司发布世界上第一个微处理器——Intel 4004(一个 4 位的微处理器)以来,微处理器得到了极其快速的发展,它是随着超大规模集成电路的发展而发展的。微处理器是构成微机系统的主要部件,其性能决定了微机系统的主要性能指标,以 8 位、16 位微处理器芯

片构成的低档微机系统,已经在家用电器、仪器仪表、过程控制等领域得到广泛的应用。IBM-PC486 和 IBM-PC586 是 32 位微机系统的典型代表,常出现在信息处理系统和通信系统中,如 TI 公司的 TMS320C80DSP 是将 4 个 32 位数字信号处理器 DSP、一个 32 位的 RISC 主处理器、一个传输控制器、2 个视频控制器和 50 KB 的 SRAM 集成在一个芯片上,构成了 32 位的微控制器,广泛应用在通信、语言、图像处理等领域。64 位微机系统具有更高的运算速度和精度,更大的主存储器容量,更丰富的指令系统。微处理器性能的改善和提高是微机系统发展的重要前提,微机系统在其发展过程中主要引入了以下技术。

(一) 中断技术

所谓中断(Interrupt),是指计算机具有响应不可预料事件的处理能力,即当 CPU 正在执行程序时,某一中断源(可能来自内部中断源,也可能来自外部中断源)向 CPU 发出中断请求,CPU 暂停当前程序的执行,转至该中断源的服务(或称中断服务)程序,当中断服务程序运行结束后,返回原程序继续执行的过程。

所谓内部中断源,是 CPU 执行指令时产生的异常或中断指令,如除法出错、溢出、断点、单步操作、程序中的 INT n 指令等。外部中断源可以来自外部设备,可以来自时钟,也可以来自故障源,如电源掉电、存储器或 I/O 校验出错。外部中断是外部中断源通过 CPU 的两条中断请求引脚 NMI 和 INTR 向 CPU 发出中断请求信号的。

计算机在执行程序的过程中,能立即响应并处理更重要的请求,能进行中断的嵌套处理。中断过程允许多层嵌套,优先级高的中断源可以中断那些优先级较低的中断源的中断请求。

(二) 指令流水线技术

为了提高计算机访问主存储器和执行指令的速度,可以使需要计算机处理的多项操作在时间上重叠进行或并行执行,可以设计多个功能相同或相近的功能部件对其处理,这就是流水线技术。

在 8086/8088 系统中,已经有了指令流水线技术的雏形,CPU 将一条指令的执行分为若干部分,各部分分别由不同的部件来执行。指令的执行分为取指令和执行指令。总线接口单元(BIU)负责从主存储器中取指令或数据,执行单元(EU)负责执行指令,取指令和执行指令在时间上是重叠的,在一条指令的执行过程中,就可以取出下一条指令到指令队列缓冲器中,从而减少了微处理器为取指令而需要等待的时间,提高了执行指令的速度。在以后的微处理器中,将指令的执行过程分工,可以在多个部件中同时执行一条指令,缩短了一条指令的执行时间。

在第六代微处理器内部有多个流水线部件,将指令的执行过程进一步分工处理,使每一步并行处理的工作更少、更合理,微处理器的执行速度更快。同时,这一代微处理器还采用了先进的微处理器执行技术——推测执行技术和超顺序执行技术相结合的动态执行技术。

推测执行技术的主要作用在于决定哪一条指令是下一条最有可能要执行的指令。有多种原因会引起流水线的停顿,而转移指令对流水线效率的影响比较大。我们知道,程序中一般都有转移指令,如果按程序代码在存储器中的存放顺序将指令取到微处理器内部执行,平均每七条指令后就有可能要转移到存储器的其他地址去取指令,而当流水线的深度或并行执行的规模比较大时,进入流水线并行执行单元的指令代码就可能很多。当然,其中也可能包含一些转移指令,当微处理器执行这些转移指令时,位于它后面的指令由于是顺序取入并译码的,就可能不是下一条要执行的指令,甚至根本不在流水线中,必须根据该转移指令重新将指令取入流水线,并且再译码,这就影响了微处理器的执行速度。推测执行技术的意义在于微处理器在取指令阶段就能在局部范围内预先执行并判断所取指令的下一条指令的位置,保证所取的指令是按指令的执行顺序而不是完全按程序在存储器中的存放顺序取入的。在这里,指令的执行顺序是动态的,执

行的临时结果暂存于微处理器的缓冲器中,推测执行技术可以避免流水线的停顿,提高微处理器执行指令的速度。

第六代微处理器采用的超顺序执行技术是一种新型的计算机执行技术,这种技术突破了传统的计算机顺序执行过程。在这种微处理器中,除了传统微处理器所必须具有的取指令部件和指令译码部件外,还必须具有一些特殊部件来支持,包括:寄存器重名表、微指令缓冲器、驻留站、超顺序执行单元、执行结果退回单元等,这种技术突破了传统的计算机顺序执行过程,最大限度地利用计算机中的物理与逻辑资源,尽快地执行指令。

(三) Cache 技术

为了解决 CPU 与主存之间的速度匹配问题,在 CPU 和主存之间增设一个容量不大但操作速度很快的存储器——高速缓冲存储器 Cache。Cache 是位于 CPU 与主存储器之间的临时存储器,它的容量比主存储器小但交换速度快,通常由 SRAM(静态随机存储器)构成,用来存放那些被 CPU 频繁使用的数据或指令。Cache 中的数据是内存中的一小部分,但这一小部分是短时间内 CPU 即将访问的,当 CPU 调用大量数据时,可以避开内存直接从 Cache 中调用,从而加快读取速度。由此可见,在 CPU 中加入 Cache 是一种高效的解决方案,这样整个内存系统(Cache + 内存)就变成了既有 Cache 的高速度又有内存的大容量的存储系统。

CPU 要读取一个数据时,首先从 Cache 中查找。如果找到就立即读取并送给 CPU 处理;如果没有找到,就从内存中读取并送给 CPU 处理,同时把这个数据所在的数据块调入 Cache 中,可以使得以后对整块数据的读取都从 Cache 中进行,不必再调用内存。

正是这样的读取机制使 CPU 读取 Cache 的命中率非常高(大多数 CPU 可达 90% 左右),也就是说 CPU 下一次要读取的数据 90% 都在 Cache 中,只有大约 10% 需要从内存读取。这大大节省了 CPU 直接读取内存的时间,也使 CPU 读取数据时基本无需等待。

在 80386 系统中,Cache 在 CPU 片外,对 80486 和 Pentium 系统,则采用 CPU 片内 Cache 技术。Intel 从 Pentium 开始将 Cache 分开,通常分为一级高速缓存 L1 和二级高速缓存 L2。在以往的观念中,Cache L1 是集成在 CPU 中的,称为片内 Cache。在 L1 中还分数据 Cache(D-Cache)和指令 Cache(I-Cache),它们分别用来存放数据和执行这些数据的指令,而且两个 Cache 可以同时被 CPU 访问,减少了争用 Cache 所造成的冲突,提高了处理器的效能。

以前的 Cache L2 没有集成在 CPU 中,而在主板上或与 CPU 集成在同一块电路板上,因此也称为片外 Cache。但从 Pentium III 开始,由于集成电路工艺的提高,Cache L2 被集成在 CPU 内核中,以与主频相同的速度工作,使 Cache L2 与 Cache L1 在性能上平等,从而达到更高的传输速度。Cache L2 只存储数据。在 CPU 核心不变化的情况下,增加 Cache L2 的容量能使性能提升,同一核心的 CPU 高低端之分往往也是在 Cache L2 上的区别,可见 Cache L2 的重要性。现在 CPU 的 Cache L1 与 Cache L2 的唯一区别在于读取顺序。

CPU 在 Cache 中找到有用的数据称为命中(Hit),当 Cache 中没有 CPU 所需的数据时称为未命中(Miss),这时 CPU 才访问内存。Cache 的“命中率”(Hit Rate)和 Cache 的容量大小、控制算法、组织方式有关,当然还与所运行的程序有关。从理论上讲,在一个拥有两级 Cache 的 CPU 中,读取 Cache L1 的命中率为 80%。也就是说 CPU 从 Cache L1 中找到的有用数据占数据总量的 80%,剩下的 20% 从 Cache L2 中读取。由于不能准确预测将要执行的数据,读取 L2 的命中率也在 80% 左右(从 L2 读到有用的数据占数据总量的 16%)。那么还有一些数据就不得不从内存调用,但这已经是一个相当小的比例了。在一些高端领域的 CPU(像 Intel 的 Itanium)中,我们常听到 Cache L3,它是为读取 Cache L2 后未命中的数据而设计的一种 Cache,在拥有 Cache L3 的 CPU 中,只有约 5% 的数据需要从内存中调用,这进一步提高了 CPU 的效率。

在传输速度有较大差异的设备间可以利用 Cache 来匹配,或者说是作为这些设备的传输通道。在显示系统、硬盘和光驱以及网络通信中,都需要使用 Cache 技术。但 Cache 均由静态 RAM 构成,结构复杂,成本较高,使用现有工艺在有限的面积内不可能做得很大。

(四) 虚拟存储技术

所谓虚拟存储系统(Virtual Memory System),就是通过软件、硬件的结合,将主存储器与辅助存储器统一成一个整体,使存储器系统的速度接近于主存,而容量接近于辅存。这种可以将多种、多个存储设备统一管理,为使用者提供大容量、高数据传输性能的存储系统的技术,称为虚拟存储技术。

虚拟存储系统是由操作系统的存储管理软件辅助一些硬件实现的,这种硬件叫做存储器管理部件(Memory Management Unit, MMU),它一般包含在 CPU 芯片中,程序运行时,存储管理软件及辅助硬件会把辅存的程序以块为单位自动调入主存,由 CPU 执行或从主存调出,这样用户就具有一个容量特别大的存储器而不受主存储器容量的限制,但每次访问都要进行虚地址和实地址的转换,计算机系统中采用存储管理软件自动完成地址变换和对存储空间的动态分配,这些过程对用户程序是不透明的,用户看到的只是用虚地址编程,而 CPU 可以按虚地址访问遍及主存和辅存的存储空间。

(五) 多媒体技术

多媒体(Multimedia)是指多种信息载体的表现形式和传递方式,这些信息媒体包括文字、声音、图形、图像、动画、视频等。计算机处理这些多媒体信息时,其计算量呈指数级增加,为了加快计算机对多媒体信息的处理速度,Intel 公司首先推出了能处理多媒体信息的 MMX Pentium 微处理器芯片,它将 MMX(Multi Media Extention)技术——多媒体扩展技术加入到微处理器中,并增加了可以处理图像、音频、视频、通信等多媒体信息的指令(MMX 指令)及数据类型,它也支持并行处理,使计算机的性能达到一个新的水平。

MMX 技术主要包括单指令多数据技术(SIMD)、新增的 MMX 指令系统、新增的 8 个 64 位 MMX 寄存器以及新增的 4 种数据类型。采用 MMX 技术的微处理器能快速高效地处理各种多媒体应用程序和多媒体通信程序。

通常可以把多媒体技术看成是先进的计算机技术与视频、音频和通信等技术融为一体而形成的新技术或新产品。

多媒体技术有以下几个主要特点:

- 1) 集成性。能够对信息进行多通道统一获取、存储、组织与合成。
- 2) 控制性。多媒体技术以计算机为中心,综合处理和控制在多媒体信息,并按要求以多种媒体形式表现出来,同时作用于人的多种感官。
- 3) 交互性。交互性是多媒体应用有别于传统信息交流媒体的主要特点之一。传统信息交流媒体只能单向地、被动地传播信息,而多媒体技术则可以实现人对信息的主动选择和控制。
- 4) 非线性。多媒体技术的非线性特点将改变人们传统循序性的读写模式。以往人们读写时大都采用章、节、页的框架,循序渐进地获取知识,而多媒体技术将借助超文本链接(Hyper Text Link)的方法,把内容以一种更灵活、更具变化的方式呈现给读者。
- 5) 实时性。当用户给出操作命令时,相应的多媒体信息都能够得到实时控制。
- 6) 信息使用的方便性。用户可以按照自己的需要、兴趣、任务要求、偏爱和认知特点来使用信息,任取图、文、声等信息表现形式。
- 7) 信息结构的动态性。用户可以按照自己的目的和认知特征重新组织信息,增加、删除或修改节点,重新建立链接。