



全国高职高专教育“十一五”规划教材

32位微机原理与 汇编语言

孙 晔 主 编
高 睿 李 萍 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

全国高职高专教育“十一五”规划教材

32 位微机原理与汇编语言

32 Wei Weiji Yuanli Yu Huibian Yuyan

孙 晔 主 编

高 睿 李 萍 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是全国高职高专教育“十一五”规划教材。

全书以培养学生的应用能力为主线,从简单和实例入手,由浅入深地介绍计算机的基本知识、微型计算机的特点、基本结构等。全书共分9章,主要内容包括微型计算机概述、数制与码制、32位CPU工作原理、80x86指令系统、汇编语言程序设计、微型计算机存储器、中断、总线技术和微型计算机的输入/输出等。

本书可作为高等职业院校计算机应用及相关电子类专业的微机原理与汇编语言教材,也可作为其他职业教育考试院校的“微机原理”、“汇编语言”课程教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

32位微机原理与汇编语言 / 孙晔主编. —北京:高等教育出版社, 2010.2

ISBN 978-7-04-028977-0

I. ①3… II. ①孙… III. ①微型计算机-理论-高等学校:技术学校-教材②汇编语言-程序设计-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TP36②TP313

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第006767号

策划编辑 冯 英 责任编辑 康兆华 封面设计 张志奇
版式设计 范晓红 责任校对 姜国萍 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 保定市申画美凯印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.5
字 数 420 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)
<http:// www.hep.com.cn>
网上订购 <http:// www.landaco.com>
<http:// www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http:// www.widedu.com>

版 次 2010年2月第1版
印 次 2010年2月第1次印刷
定 价 22.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28977-00

前言

信息时代使计算机硬件和软件技术得到了空前的发展,计算机的应用范围也在不断地扩大。计算机硬件每隔二三年就要更新一代,面对这种变化,相关的计算机原理及汇编语言的教材也应随之变化,即从原来的 8 位机、16 位机转变到 32 位机上来。

根据高等职业院校教学的需要,我们编写了本书,主要以 80x86 微处理器为主体,讲述了该处理器的总体结构、组成原理、输入/输出接口和汇编语言的相关内容。考虑到高职教育信息类相关专业对计算机知识学习的连续性要求以及 32 位机和 16 位机的兼容性,本书对有关的计算机基础做了简单的论述,同时也对 16 位机的相关内容做了讲解。

本书在编写时,根据从简单和实例入手的原则,由浅入深地讲述了微型计算机的基本组成、数制与码制、微处理器的结构、工作原理与工作过程、指令系统、汇编语言程序设计、半导体存储器、中断、总线技术和微型计算机的输入/输出等内容,力争把复杂的内容讲清楚,便于学生理解和掌握。

全书共分 9 章。第 1 章“微型计算机概述”,简要介绍有关计算机的基本知识,微型计算机的产生与发展,微型计算机的特点和基本结构。第 2 章“数制与码制”,主要介绍各种进位计数制和数值在计算机内的表示,讲解了原码、补码、反码的运算方法。第 3 章“32 位 CPU 工作原理”,重点介绍通用 32 位 CPU 的逻辑结构、寄存器组织、工作方式、指令流水线和时序控制方式及高速缓存工作方式,同时简单介绍了 ARM 嵌入式微处理器的主要逻辑结构和寄存器组织,便于读者全面了解 32 位 CPU 的工作原理。第 4 章“80x86 指令系统”,简要介绍 80x86 指令系统的发展概况和格式,重点介绍了 80x86 主存储器的特点和结构,并突出讲解指令系统的寻址方式和 80x86 指令系统。第 5 章“汇编语言程序设计”,介绍汇编语言的格式和伪指令的定义,重点讲解汇编语言的顺序程序设计、分支程序设计、循环程序设计和子程序设计,同时对汇编语言与高级语言的接口和汇编语言程序的开发做了必要的叙述。第 6 章“微型计算机存储器”,其内容是有关存储器的一些知识,其中存储器的存储原理和分类作为本章最重要的部分,32 位存储器的组成和分段、分页思想贯穿了本章的所有内容。第 7 章“中断”,主要介绍中断的基本概念,中断源、中断类型及中断的控制方式和中断向量的建立方法。第 8 章“总线技术”,介绍总线的概念、分类及标准。第 9 章“微型计算机的输入/输出”,主要介绍微型计算机的输入/输出端口,包括 I/O 端口的寻址方式和处理机方式,其中重点分析了 CPU 与外设通信接口的通信方式,同时还介绍了 DMA 传送方式。

本书每一章后面均附有习题,便于学生学习、练习,有利于检验学生对所学知识的掌握程度。

本书的第 1 章、第 2 章由辽宁装备制造职业技术学院王韬编写,第 6 章由辽宁装备制造职业技术学院高睿编写并担任副主编,第 3 章~第 5 章由辽宁装备制造职业技术学院孙晔编写并

担任主编，第7章～第9章由辽宁装备制造职业技术学院李萍编写并担任副主编。同时，本书还得到了沈阳航空学院富刚教授和中国海事大学陈修权教授的审核。在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，书中难免存在一些不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年11月

目 录

第1章 微型计算机概述	1	第3章 32位CPU工作原理	30
1.1节 概述	1	3.1节 CPU的基本结构	31
1.2节 微型计算机系统的组成	1	3.1.1 通用CPU的内部结构	31
1.2.1 硬件系统	2	3.1.2 80x86 CPU的内部基本结构	34
1.2.2 软件系统	4	3.1.3 80x86 CPU的外部基本引脚	37
1.2.3 层次结构	5	3.1.4 80x86 CPU的主要逻辑结构	42
1.3节 微型计算机的发展、 分类与应用	5	3.1.5 嵌入式微处理器	47
1.3.1 微型计算机发展概况	5	3.2节 80x86 CPU寄存器组织	47
1.3.2 微型计算机的分类与应用	7	3.2.1 通用寄存器	47
1.4节 微处理器的运算速度与字长	8	3.2.2 段寄存器	48
习题	9	3.2.3 专用寄存器	49
第2章 数制与码制	11	3.2.4 地址寄存器	51
2.1节 进位计数制的应用	11	3.2.5 控制寄存器	52
2.1.1 进位计数制的基本概念	11	3.2.6 测试寄存器	53
2.1.2 计算机中的常用进位制	12	3.2.7 调试寄存器	53
2.1.3 不同进位制之间的转换	12	3.2.8 堆栈和堆栈指针	54
2.2节 计算机内数值的表示方法	16	3.3节 CPU的工作方式	55
2.2.1 无符号定点数表示方法	16	3.3.1 实地址方式	55
2.2.2 有符号定点数表示方法	16	3.3.2 虚拟8086方式	56
2.2.3 浮点数表示方法	19	3.3.3 保护方式	57
2.3节 运算方法	20	3.3.4 3种工作方式的状态转换	58
2.3.1 补码定点加减法的运算	20	3.3.5 系统管理方式	58
2.3.2 运算结果溢出的判别方法	21	3.4节 指令流水线操作	58
2.3.3 无符号数的乘法与除法运算	22	3.5节 高速缓存	60
2.4节 BCD码与其他字符的编码	25	3.5.1 高速缓存结构	60
2.4.1 BCD码	25	3.5.2 高速缓存的操作	62
2.4.2 ASCII码	26	3.5.3 高速缓存的清洗	63
2.4.3 汉字编码	26	3.5.4 二级高速缓存	63
习题	27	习题	63
		第4章 80x86指令系统	65
		4.1节 指令和指令系统概述	65

4.1.1 指令系统的发展	65	5.6.2 复杂分支程序	138
4.1.2 指令系统的含义	66	5.7 节 循环程序设计	140
4.1.3 指令编码格式	66	5.7.1 单重循环程序	140
4.1.4 指令格式	67	5.7.2 多重循环程序	142
4.2 节 主存储器	68	5.8 节 子程序设计	143
4.2.1 80x86 主存储器的特点	68	5.8.1 过程定义	143
4.2.2 主存储器的段结构	69	5.8.2 调用与返回	144
4.2.3 主存储器的页结构	69	5.8.3 编制子程序的基本要求	148
4.2.4 逻辑地址与物理地址	69	5.8.4 子程序设计	150
4.3 节 指令系统的寻址方式	69	5.9 节 汇编语言与高级语言的 接口	155
4.3.1 数据寻址方式	69	5.9.1 C 语言调用协议	155
4.3.2 程序地址寻址方式	77	5.9.2 内存模式和段的约定	156
4.3.3 堆栈地址寻址方式	79	5.9.3 数据类型与结果返回	156
4.4 节 80x86 指令系统	80	5.9.4 MASM 调用高级语言	157
4.4.1 数据传送指令	81	5.10 节 汇编语言程序的开发	159
4.4.2 算术运算指令	85	5.10.1 汇编语言程序上机过程	159
4.4.3 逻辑运算指令	91	5.10.2 汇编语言程序的开发	159
4.4.4 控制转移指令	98	习题	160
4.4.5 串操作指令	103	第 6 章 微型计算机存储器	170
4.4.6 输入/输出指令	106	6.1 节 存储器的基本概念	170
4.4.7 处理器控制指令	108	6.1.1 半导体存储器的分类	170
4.4.8 保护方式指令	108	6.1.2 半导体存储器的性能指标	172
习题	111	6.1.3 半导体存储器的地址译码 原理	172
第 5 章 汇编语言程序设计	114	6.1.4 只读存储器的分类	175
5.1 节 概述	114	6.2 节 微型计算机内存存储器的 组成	175
5.2 节 汇编语言语句	116	6.2.1 32 位存储器的组成与多 字节访问	175
5.3 节 汇编语言数据	118	6.2.2 存储器的多级结构	176
5.3.1 符号定义语句	118	6.3 节 存储容量的扩展	178
5.3.2 数据定义语句	119	6.3.1 存储容量的位扩展	178
5.3.3 数据	122	6.3.2 存储容量的体扩展	178
5.3.4 运算符	125	6.4 节 内存存储器的分段和分页 管理的基本思想	179
5.4 节 伪指令语句	129	6.4.1 内存分段的基本思想	179
5.4.1 简化的段定义伪指令	129	6.4.2 内存分页的基本思想	180
5.4.2 完整段定义伪指令	130		
5.4.3 常用伪指令	132		
5.5 节 顺序程序设计	133		
5.6 节 分支程序设计	137		
5.6.1 简单分支程序	137		

6.5 节 微型计算机存储系统的层次结构	181
习题	182
第 7 章 中断	184
7.1 节 中断与中断控制	184
7.1.1 中断的概念	184
7.1.2 中断源的识别与中断源的判优	185
7.1.3 基本中断控制方式	186
7.2 节 可编程中断控制器 8259A	187
7.2.1 8259A 的内部结构及逻辑功能	188
7.2.2 8259A 的外部引脚信号	190
7.2.3 8259A 的工作方式	190
7.2.4 8259A 的编程及应用举例	193
7.3 节 中断向量表	200
7.3.1 中断向量表	200
7.3.2 中断类型	202
7.3.3 中断向量表的建立方法	206
习题	208
第 8 章 总线技术	210
8.1 节 概述	210
8.1.1 总线的基本概念	210
8.1.2 总线的分类	211
8.1.3 总线标准及标准总线的优点	212
8.1.4 总线的数据传输	212
8.1.5 总线的性能指标	216
8.2 节 局部总线	218
8.2.1 IBM PC 总线结构	218
8.2.2 ISA 工业标准总线	218
8.2.3 MCA 微通道结构总线	221
8.2.4 EISA 扩展的工业标准体系结构总线	222
8.2.5 VL 总线	222
8.2.6 PCI 总线	223
8.3 节 系统总线	225
8.3.1 常用的系统总线简介	225
8.3.2 MULTI bus 的功能规范	226
8.3.3 STD 总线	230
8.4 节 通信总线	232
8.4.1 IEEE 488 总线	232
8.4.2 VXI 总线	235
8.4.3 SCSI 总线	236
8.4.4 IDE 总线	237
8.4.5 Centronics 总线	238
8.4.6 RS-232C 总线	239
8.4.7 RS-423A 总线	243
8.4.8 RS-422A 总线	244
8.4.9 RS-485 总线	245
习题	245
第 9 章 微型计算机的输入/输出	246
9.1 节 CPU 与外设通信的特点	246
9.1.1 接口的用途	246
9.1.2 I/O 端口的寻址方式	247
9.1.3 I/O 端口地址的形成	247
9.2 节 输入/输出方式	248
9.2.1 程序控制传送方式	248
9.2.2 中断控制传送方式	249
9.2.3 直接存储器存取方式	249
9.2.4 I/O 处理机方式	249
9.3 节 CPU 与外设通信的接口	249
9.3.1 同步传送方式与接口	249
9.3.2 异步查询方式与接口	251
9.3.3 查询方式应用举例	253
9.4 节 DMA 传送方式与 DMA 控制器 8237A	255
9.4.1 8237A 的基本功能和内部结构	255
9.4.2 8237A 的工作方式	258
9.4.3 8237A 的寄存器组与编程	260
习题	267
附录 美国标准信息交换码 ASCII 码表	268
参考文献	269

第 1 章 微型计算机概述

[本章重点和难点]

本章主要介绍有关计算机的组成、结构，微型计算机的发展概况及应用领域等。其中微型计算机系统的组成作为本章的重点和难点，应该对该部分内容加深认识和理解。通过学习本章内容，可以对微型计算机的结构、发展及分类有一个比较清晰的认识，对微处理器的性能指标也将有一定的了解。

[本章学习目标]

- (一) 掌握微型计算机系统的组成；
- (二) 掌握微型计算机的发展与分类；
- (三) 了解微型计算机的性能指标。

1.1 节 概 述

计算机是 20 世纪的一项伟大发明，自其问世以来，对国民经济和科学技术的发展起到了巨大的推动作用。目前，人们所说的计算机主要是指电子的、数字的计算机，机械计算机已经消失，电子模拟计算机一般人则很难看到，它用于一些专用的场合，而且逐渐被电子数字计算机所取代。

计算机是一种能够自动完成运算的电子装置。其所以能够自动完成运算，是因为它能够存储程序、原始数据和中间结果并计算出最终结果。存储程序和采用二进制运算奠定了冯·诺依曼结构的计算机的设计思想。无论计算机技术如何发展，这一点是相对不变的。

显然，计算机不同于一般的计算工具（如计算器等），因为一般的计算工具离不开人的直接干预。

利用计算机不仅能够完成数学运算，而且还可以进行逻辑运算，同时还具有推理判断的能力。因此，人们又称它为“电脑”。现在，科学家们正在研究具有“思维能力”的智能计算机。随着科学技术的发展，人们对计算机能力的认识也在不断地深入。

1.2 节 微型计算机系统的组成

微型计算机系统的组成可分为两大范畴：硬件，软件。硬件是指系统中可触摸得到的设备实体以及将它们组织为 1 个微机系统的总线、接口等，如 CPU（Central Processing Unit，中央

处理器)、主板、内存条等。软件是指系统中的各类程序和文件,由于它们在微型计算机中体现为一些不能直接触摸的二进制信息,所以称为软件。微机系统的组成如图 1.1 所示。下面将分别介绍微机系统中的硬件组成及软件组成。

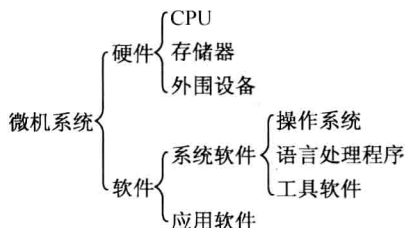


图 1.1 微机系统的组成

1.2.1 硬件系统

1946 年,匈牙利籍数学家冯·诺依曼(John von Neumann)对计算机的一般结构进行了描述,如图 1.2 所示,计算机的硬件是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备这 5 部分经由系统总线和接口连接而成的。

下面以图 1.2 为基础,分别说明各组成部件的功能和相应的特性。

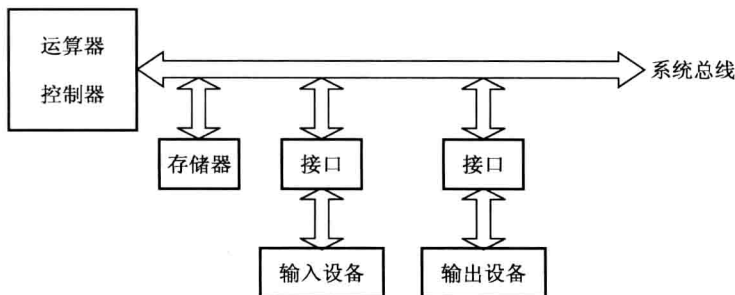


图 1.2 冯·诺依曼计算机硬件结构

1. 运算器

运算器(Arithmetic Logic Unit, ALU)是由电子线路构成的对数据进行加工处理的部件,又称算术逻辑部件。运算器的主要功能是执行算术运算和逻辑运算,所以称之为算术逻辑部件,它的核心部件是加法器。除此之外,运算器还具有移位、比较等功能。

2. 控制器

控制器(Control Unit, CU)是计算机的控制中心,它统一指挥计算机的各部分协调地进行工作。它能够根据事先给定的命令发出各种控制信号,使整个工作过程一步一步地进行。

运算器和控制器合起来称为计算机的中央处理器,或称微处理器(CPU)。

3. 主存储器

存储器(Memory)是计算机的记忆部件,它是用于存放程序和数据的。程序是计算机执

行操作的依据，数据是计算机操作的对象。存储器按其作用可分为主存储器和外存储器两种。

主存储器又称为内存储器，一般简称为主存，它可以与 CPU 直接交换或传递信息。

主存储器划分为许多单元，通常是每个单元包括 8 个二进制位，称为 1 个字节。每个单元都有 1 个相应的编号，称为地址。向主存储器送出某个地址编码，就能根据地址选中相应的 1 个单元，可见主存储器的一项重要特性是：能够按地址（单元编号）存放或读取内容，也就是允许 CPU 直接编址访问，以字节为编址单位。

通常把运算器、控制器和主存储器合称为计算机的主机。

4. 外存储器

外存储器又称为辅助存储器，一般简称为外存，包括硬盘、光驱、软驱等。外存储器用来存放那些需要联机存放但暂不执行的程序和数据，当需要运行它们时再由外存调入内存。例如在光盘中存放着几个可能要用到的软件，但当前只用得着其中 1 个，先将它调入主存，其实软件仍存放在光盘之中。这样，主存的容量就不需要很大，可以做到速度比较快。而由硬盘、光盘等构成的外存储器则容量很大，为整个系统提供后援支持。由于外存的任务是这样的，所以对它的速度要求可以比主存低。

外存储器不由 CPU 直接编址访问，也就是说不需要按字节从外存储器读取或写入，因此外存储器中的内容一般都按文件进行组织。用户按文件名对其进行调用，CPU 找到该文件在外存中的存放位置，以数据块为单位进行读/写。

从功能上看，外存储器是整个存储系统的一部分，是一种存储器。从信息传送的角度看，它又是一种输入输出设备。将磁盘中的文件调入主存时，磁盘是输入设备；将主存中的内容以文件的形式写入磁盘时，磁盘是输出设备。

5. 输入设备

输入设备（Input Device）是计算机从外部获得信息的设备，它将人们熟悉的待处理信息转换为计算机能识别和接收的电信号送入计算机内部进行处理。最常用的输入设备有键盘、鼠标器和扫描仪等。

6. 输出设备

输出设备（Output Device）是将计算机内的信息转换成能够为人或其他设备所接收和识别的形式（如文字、声音、图像和电压等），并提供给外界使用的部件。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

输入输出设备是人与计算机直接对话的工具，是人、机相互联系的桥梁。输入设备和输出设备又称 I/O 设备，而 I/O 设备和外存储器又统称为计算机的外围设备。

7. 总线

CPU、主存储器、多台 I/O 设备通过总线连接形成整机系统。总线是指一组能为多个部件分时共享的信息传输线。共享是指总线所连接的部件都通过它传输信息。分时是指某个时刻只能有 1 个部件或设备向总线发送数据，如果有 2 个或 2 个以上的部件同时向总线发送数据，就会产生冲突，使数据传输发生混乱。但是总线上的数据既可以只向某一部件发送，也可以同时向多个部件发送。

按总线连接的部件，可将总线分为芯片内总线、系统总线和外总线。芯片内总线是连接芯

片内各部件的总线,例如 CPU 内部总线。芯片内总线的结构简单,传输距离很短,传输速度快。系统总线是指在一个计算机系统内连接 CPU、主存储器、I/O 接口等部件的总线。系统总线包括地址、数据和控制信号 3 类传输线以及电源线。系统总线的连接距离短,传输速度较快。外总线则是多台计算机之间或计算机与一些智能设备之间的连接总线。外总线的传输距离一般较远,速度较慢。

8. 接口

I/O 设备通过接口与系统总线相连。接口的主要功能有两个,一是平衡系统总线与外围设备的速度,因为大部分 I/O 设备的速度比系统总线慢得多,直接将外围设备与系统总线相连将影响整个计算机系统的速度,所以 I/O 设备通过接口与系统总线相连,当系统总线需要与 I/O 设备通信时,系统总线首先与速度相当的接口通信,然后接口再与 I/O 设备通信;二是进行数据缓冲,当系统总线需要与 I/O 设备交换数据时,系统总线首先与接口交换数据,然后接口与 I/O 设备交换数据。

1.2.2 软件系统

计算机中的软件包括程序和文件。程序是指令的集合,能够被计算机执行,如 Word 2000、Excel 2000 等,它规定着计算机如何去完成某个任务。文件包含了一些信息,不能被计算机执行,如文本文件、图像文件等。计算机中各种软件的有机组合构成了软件系统。软件系统分为系统软件和应用软件两大类,系统软件用来管理和配置计算机的软、硬件资源,而应用软件是为了进行某种应用而配备的。

1. 系统软件

系统软件又称系统程序,它的主要功能是对整个计算机系统进行调度、管理、监控及提供维护服务等。它可以使计算机系统的资源得到合理的调度以及有效的利用。系统软件主要包括操作系统、计算机语言处理程序和工具软件等。

操作系统是软件系统的核心,用于控制和管理计算机硬件、软件和数据资源,提供了软件的开发环境和运行环境,使用户可以方便、有效地使用计算机。它可分为单用户操作系统、多用户操作系统和网络操作系统等。操作系统是任何计算机必备的软件。

计算机语言处理程序能够把用户使用高级语言编写的程序转换成计算机能够识别的机器语言程序。一般计算机所配备的汇编语言的汇编程序、多种高级语言的解释程序或编译程序都属于计算机语言处理程序。计算机语言处理程序是在计算机上运行各种语言程序的基础。

工具软件是开发、研制各种软件以及诊断、维护计算机的工具。它所包含的内容非常广泛,例如有各种编辑程序、调试程序和诊断程序等。

2. 应用软件

应用软件也称为应用程序,它们是用户在各自的业务系统中开发和使用的各种程序。应用软件通常是针对某个具体问题而编制的,包括厂家出售的通用软件 and 用户利用计算机及其配备的系统软件自行研制开发的应用软件两类。随着计算机应用的普及,应用软件的种类越来越多,名目也各不相同,用户通过应用软件尽善尽美地发挥着计算机的效能。

1.2.3 层次结构

微机系统是一个十分复杂的硬件、软件结合体，两者之间是相辅相成、缺一不可的。微机系统的层次结构可用图 1.3 来表示。

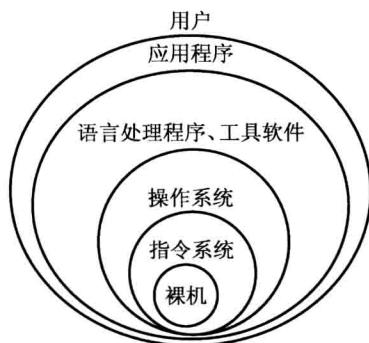


图 1.3 微机系统的层次结构

层次结构图表示了微机系统软件、硬件的组成及其相互之间的关系。没有软件系统的计算机称为裸机，它只是具有计算的可能，即使接上电源，也不能工作。从层次结构图的外层向内层看，表明了从用户提出任务到硬件的执行过程。通常根据给定的问题，用户使用某种高级语言编写程序，在操作系统的控制下，调用语言处理程序完成源程序转换成目标程序的过程，目标程序是用机器语言描述的，最后由硬件执行机器语言程序。从计算机的层次结构来看，操作系统是用户与计算机硬件的接口，是用户的工作平台；指令系统是裸机与软件的接口。

需要强调的是，现代计算机系统的硬件和软件之间的分界线并不明显。软件与硬件有逻辑等价性，即任何一种操作既可用硬件来完成，也可用软件来完成；任何一条指令的执行既可以由硬件来完成，也可以由软件来完成。随着大规模集成电路技术的发展，软件固化的趋势备受重视，明确划分软件和硬件之间的界线也就更加困难。计算机系统总的发展趋势是硬件和软件两者统一融合，在发展中互相促进。

1.3 节 微型计算机的发展、分类与应用

1.3.1 微型计算机发展概况

1946 年，在美国诞生了世界上第一台电子计算机 ENIAC，该机字长为 12 b，每秒完成 5 000 次加法运算，它使用了 18 800 个电子管、70 000 个电阻、1 000 个电容、6 000 个开关，占地面积约为 170 m^2 ，耗电功率 150 kW，重达 30 t。这个庞然大物被称作第一代电子计算机，为当今的电子计算机奠定了基础。1958—1964 年，用晶体管取代电子管，形成第二代电子计算机，它不仅大大缩小了计算机的体积，而且还降低了成本，同时将运算速度提高了近百倍。1965 年集成电路问世，形成了中、小规模集成电路构成的第三代计算机。1970 年出现了大规模集成电路为主体的第四代计算机，这是大规模集成电路迅猛发展的产物。所谓第五代计算机，其目标主

要是：采用超大规模集成电路，在系统结构上要类似人脑的神经网络，在材料上使用常温超导材料和光器件，在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

由于在一块芯片上可集成上千万个电子元件，因而使电子计算机的体积大为缩小，这就导致了微型计算机的问世。因为微型计算机具有体积小、功耗低、重量轻、价格低、可靠性高、使用方便等一系列优点，因此获得了广泛的应用和迅速的发展。自微型计算机于 1971 年问世以来，大约每隔 2~4 年就更新换代一次，至今已经历了 4 个阶段的演变。

第一阶段（1971—1973 年）为 4 位和低档 8 位微处理器及微型计算机。美国 Intel 公司首先研制成功 4 位的 4004 微处理器，以它为核心再配以 RAM、ROM 和 I/O 接口芯片就构成了 MCS-4 微型计算机。随后又研制出 8 位的 8008 微处理器及 MCS-8 微型计算机，其特点是指令系统简单，运算功能较差，速度较慢（平均指令执行时间约为 20 μ s）。

第二阶段（1973—1978 年）为中档 8 位微处理器和微型计算机。其间又分为两个阶段。1973—1975 年为典型的第二代，以美国 Intel 公司的 8080 和 Motorola 公司的 MC6800 为代表，集成度提高 1~2 倍，运算速度提高一个数量级；1976—1978 年为高档的 8 位微型计算机阶段，被称为第二代半微型计算机，代表产品是美国 Zilog 公司的 Z80 和 Intel 公司的 8085 微处理器，集成度和运算速度都比典型的第二代提高 1 倍以上。

第三阶段（1978—1981 年）为 16 位微处理器和微型计算机，又称为第一代超大规模集成电路的微处理器。其代表产品是美国 Intel 公司的 8086/8088、Zilog 公司的 Z8000 和 Motorola 公司的 M68000。这些 16 位微型计算机都具有丰富的指令系统，并配有强有力的软件系统，时钟频率为 4~8 MHz，平均指令执行时间约为 0.5 μ s。

第四阶段（1981 年以后）为高性能的 16 位机和 32 位微处理器和微型计算机。其代表产品是 Intel 公司的 80386 和 Motorola 68020，时钟频率达 16~20 MHz，平均指令执行时间约为 0.1 μ s。通常称这类微处理器构成的微型计算机为超级微型机。到目前为止，Intel 公司又相继开发出了 80486、80586 等微处理器。

第四代微处理器向着系列化的方向发展，首先 Intel 公司推出了性能更高、功能更强的高级 16 位微处理器 80186 和 80286，它们与 8086 向上兼容。1985 年，Intel 公司又率先推出了 32 位微处理器 80386，它与 8086、80186、80286 向上兼容。进入 20 世纪 90 年代，该公司相继推出了 80486 和 80586，形成完整的 80x86 系列。同时还不断推出带多媒体技术的 Pentium（奔腾）系列机。发展速度之快，令人鼓舞，催人奋进。

各代微处理器的主要特点如表 1.1 所示。

表 1.1 各代微处理器的主要特点

代次 主要特点 比较项	第一代 1971—1973 年	第二代 1973—1978 年	第三代 1978—1981 年	第四代 1981 年以后
	Intel 4004 Intel 4040 Intel 8008	Intel 8080 MC6800 Z80	Intel 8086/8088 M68000 Z8000	Intel 80186、 80286、80386、 80486 和 80586 M68020 Z80000

续表

主要特点 比较项	代次	第一代 1971—1973 年	第二代 1973—1978 年	第三代 1978—1981 年	第四代 1981 年以后
	字长/b	4/8	8	16	16/32
芯片集成度/(晶体管/片)		1 000~2 000	5 000~9 000	20 000~70 000	10 万个以上
时钟频率/MHz		0.5~0.8	1~4	5~10	10 以上
数据总线宽度/条		4/8	8	16	16/32
地址总线宽度/条		4~8	16	20~24	24~32
存储器容量		≤16 KB 实存	≤64 KB 实存	≤1 MB 实存	≤4 000 MB 实存 (4 GB) ≤64 TB 虚存
基本指令执行时间/μs		10~15	1~2	<1	<0.125
软件水平		机器语言 汇编语言	机器语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 部分软件固化

1.3.2 微型计算机的分类与应用

20 世纪 80 年代以前，人们按功能、体积、价格等因素将计算机分为微型计算机、小型计算机、大中型计算机和巨型计算机。但是随着微型计算机技术的不断发展，这种分类方法正在逐渐失去意义。因为现在能够在一块芯片上制造出一个功能强大的 CPU，甚至包含部分存储器，这样的 CPU 其工作速度、可控制的主存容量（访存空间）已经超过了以前的小型计算机和大型计算机，其字长也可以达到以前大型计算机的水平。用多个 CPU 构成的阵列，其功能也超过了传统的巨型计算机。所以，虽然目前人们还在一些场合沿用原来的分类方法，但已有人建议，今后改为根据 CPU 的数量分类，即单机系统、多机系统、大规模并行处理系统。2000 年 6 月，IBM 公司宣布研制成功一种超大规模的并行处理计算机，它由 8 192 个 CPU 组成，工作速度达到每秒 12.3 万亿次浮点运算，用于模拟核爆炸技术。

另外，也有按微处理器的字长将微型计算机分为 8 位、16 位、32 位和 64 位计算机。

计算机的工作就是对信息进行处理，而信息无处不在，所以计算机的应用涉及所有领域。下面根据信息处理任务的性质，分类列举部分典型的应用领域。

1. 科学计算

科学计算一般是指这样一种类型的任务：原始数据不太多而计算量大且比较复杂。例如求解数学方程，大坝、桥梁等工程结构的应力分析，航天技术中对卫星轨道的计算，气象预报，对化学反应甚至核爆炸的计算机模拟等都属于这种类型。

2. 信息管理中的数据处理

数据处理一般是指那种数据量很大而操作类型相近的任务，如各种人事管理、企业管理、金融管理、信息情报与文献资料检索等。数据处理中存储数据所需的存储空间远远大于处理数据的程序所需的存储空间。大多数计算机被用来为这一类任务服务。

以计算机信息管理系统为核心,加上文字处理、通信、分析决策,就形成了办公自动化系统。

3. 科技工程中的数据处理

这类数据处理与信息管理中的数据处理有所不同,它们的数据量也比较大,但是分析计算比较复杂,例如物理探矿中对振动波形的分析、医疗仪器中的图像处理、卫星遥感系统的数据处理等都属于这种类型。

4. 自动控制

计算机应用于炉温控制、机床控制和各种化工生产过程控制,都极大地提高了生产力和生产质量。以炉温控制为例,传感器将温度值变为电信号,再转换为数字信号送入计算机,与要求保持的温度值进行比较,得出误差值,再按照某种控制算法进行调整,调节发热部件使温度达到要求值。过程控制的一个突出特点是实时性,也就是说计算机做出反应的时间必须与被控制过程的实际需要相适应。

5. 计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机模拟、计算机辅助教学

运用计算机进行设计,监控生产过程,可以使生产进入高度自动化。许多复杂的事物可以在计算机产生的虚拟环境中进行模拟分析,使所需时间大大缩短,成本大大降低。例如训练驾驶员的环境模拟,复杂的化学反应过程模拟,核反应过程模拟,飞机、车辆、桥梁、大坝等的应力情况模拟等都可以用计算机来实现。

近年来,随着信息技术的发展,传统的教学手段受到了挑战,计算机辅助教学(CAI)的应用日益广泛并取得了长足的进展。利用多媒体技术制作的CAI课件将文本、图像、声音、动画融为一体,解决了传统课堂中难以解决的问题,为学生提供了生动、直观的学习素材,且可实现人机对话。将CAI软件应用于网络环境并使一些有经验的教师通过计算机网络对学生给予指导,就可以实现远程教育。

6. 人工智能

人工智能是计算机应用中处于前沿地位的一个重要分支,或者说是高层次的应用。人工智能是指用计算机模拟实现人的某些智能行为,包括专家系统、模式识别、机器翻译、自动定理证明、自动程序设计、智能机器人、知识工程等。

专家系统包含知识库和推理机两大部分,它能够在某个特定的领域内使用大量的专家知识去解决需要专家水平才能解决的某些问题,例如能下国际象棋的著名的“深蓝”系统、某些大型设备的诊断维护系统、中医专家系统、能分析物质分子结构的专家系统等都属于人工智能。

利用计算机对物体、图像、语音、文字等信息模式进行自动识别,称为模式识别。现在,对英文和汉字的自动识别率已经很高,颇具实用价值,对有限语音的识别能力也已达到可用语言指挥计算机的某些操作的程度。

总之,这是一个五彩缤纷的精彩世界,应用实例不胜枚举。更多的辉煌还有待大家去创造。

1.4 节 微处理器的运算速度与字长

计算机的性能主要以微处理器的性能为基础,而微处理器的性能又主要取决于微处理器的运算速度与字长。下面主要介绍微处理器的运算速度与字长的概念与类型。

1. 微处理器的运算速度

同一台计算机, 执行不同运算所需的时间有可能不同, 因而对运算速度的描述常采用不同的方法。

(1) 主频、外频和倍频

主频: 指 CPU 内部的工作频率。

外频: 指系统总线的工作频率。

倍频: 表示主频与外频比例关系的一个数值。

主频和外频的关系: $\text{主频} = \text{外频} \times \text{倍频}$ 。例如, 一台计算机的外频是 133 MHz, 倍频是 6, 则主频是 798 MHz。

(2) MIPS 和 MFLOPS

MIPS (Million Instructions Per Second, 每秒百万条指令) 是指计算机每秒所能执行的指令条数, 是衡量 CPU 速度的一个指标。

MFLOPS (Million Float-point operations Per Second, 每秒百万条浮点运算) 是指计算机每秒所能执行的浮点指令条数, 也是衡量 CPU 速度的一个指标。

2. 微处理器的字长

字长是指计算机字所含的二进制位数。计算机字也就是作为一个整体被一次传送或运算最多的二进制数位。它和计算机能够处理的二进制信息的位数是两个不同的概念。如 32 位和 32 位数相加, 用 8 位机须加 4 次, 用 16 位机须加两次, 用 32 位机则只加一次即可。很显然, 32 位机的运算速度要快得多。字长是对某一型号的计算机而言的。

字节: 无论对哪个厂家、哪种型号的计算机, 都指的是 8 位二进制信息。

微处理器的迅速发展和更新换代, 使基于微处理器的微型计算机的性能在不断提高。

所谓微处理器, 是把运算器和控制器集成在一个芯片上。

所谓微型计算机, 是由微处理器配上一定容量的半导体随机存储器 (RAM)、半导体只读存储器 (ROM) 及接口电路、必要的外围设备组成的。

所谓微型计算机系统, 是硬件系统和软件系统的总称。硬件系统包括微型计算机、时钟、电源等; 软件系统包括系统软件和应用软件。

习 题

1. 完整的计算机系统应包括_____。

(A) 运算器、存储器、控制器

(B) 外围设备和主机

(C) 主机和应用程序

(D) 硬件系统和软件系统

2. 现代电子计算机是按_____进行设计的。

(A) 程序控制

(B) 存储程序

(C) 存储程序控制

(D) 冯·诺依曼结构

3. 下列描述中, _____是正确的。

(A) 控制器能理解、解释并执行所有的指令及存储结果

(B) 所有的数据运算都在 CPU 的控制器中完成