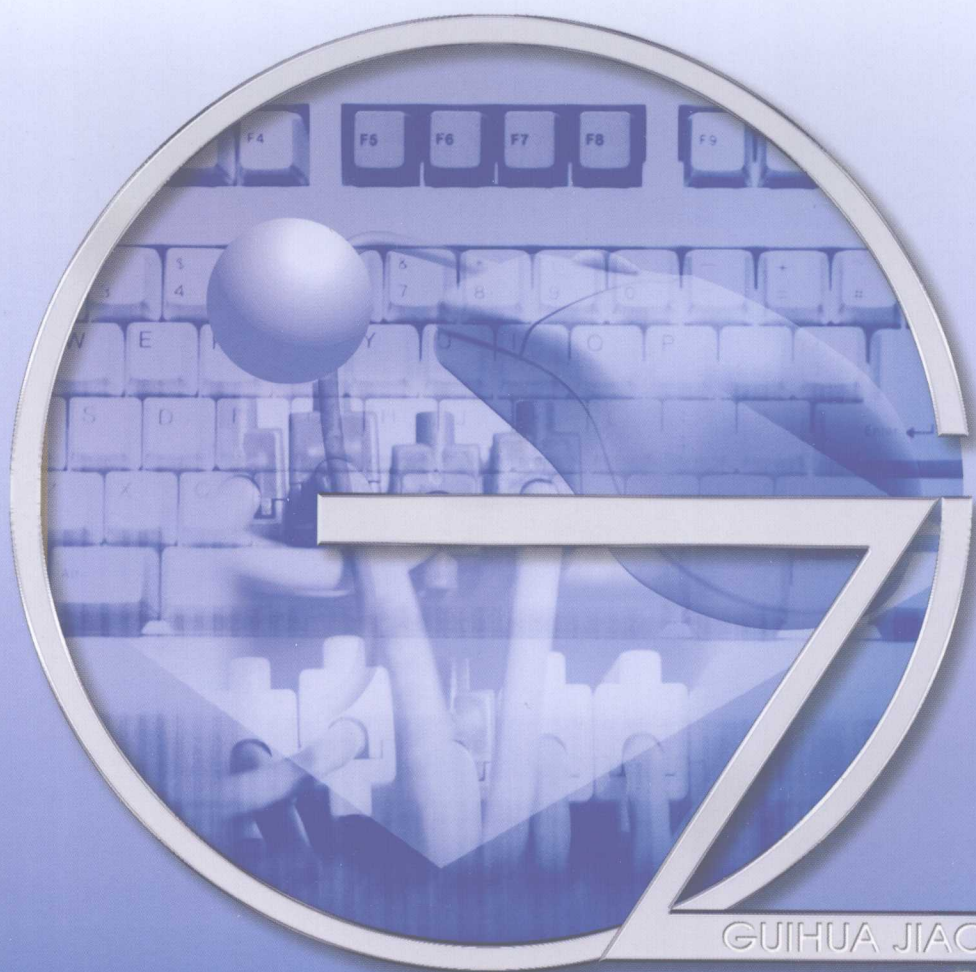




教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育计算机应用专业教学用书

计算机组成原理

教育部机械职业教育教学指导委员会 组编
中国机械工业教育协会
主编 李怀刚



GUIHUA JIAOCAI

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

gz



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育计算机应用专业教学用书

计算机组成原理

教育部机械职业教育教学指导委员会 组编
中国机械工业教育协会

主 编 李怀刚
副主编 郑红峰
参 编 张永红
朱 昭
冯 鹏
王 露
主 审 刘丽莉



机械工业出版社

本书是五年制高等职业计算机应用专业规划教材之一，书中以 8086/8088、80X86、Pentium 系列的 CPU 为核心，主要讲述了微型计算机系统的基本组成原理。全书共分为 10 章，主要内容包括：微型计算机系统概述、计算机的运算基础、微处理器、微型计算机的指令系统、汇编语言程序设计、存储系统、中断系统、总线与接口、输入输出接口、常用输入输出设备等。本书各章均附有习题，可供各院校的教师、学生选用。

本书根据五年制高职高专计算机应用专业的需要编写，并考虑了计算机网络专业及相关专业的要求，内容丰富、文字浅显易懂、融入了当今计算机技术发展中新的知识，可作为五年制高职计算机应用专业以及其他专业的教材，也可作为广大计算机爱好者的入门参考书。

本书赠教学用电子教案和习题参考答案，需要者请登录 www.cmpbook.com 下载，或联系编辑：kongxijun@163.com。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/李怀刚主编. —北京：机械工业出版社，2007.5

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 五年制高等职业教育计算机应用专业教学用书

ISBN 978-7-111-21511-0

I. 计… II. 李… III. 计算机体系结构 - 高等学校：技术学校 - 教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 070772 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：孔熹峻 版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12 印张 · 290 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-21511-0

定价：18.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

机电类高等职业技术教育教材建设 领导小组人员名单

顾问：郝广发

组长：杨黎明

成员：刘亚琴 李超群 惠新才 王世刚 姜立增
李向东 刘大康 鲍风雨 储克森 薛 涛

计算机应用专业教材编审委员会

姜立增 张卫东 廖哲智 王 伟 纪开荣
陈江红 李怀刚 刘丽莉 张 运 陈一民
李丕瑾 魏慧琴 章 锐 周岳山 于 明
佟震亚 赵晓玲

前 言

本书是五年制高等职业教育计算机应用专业规划教材之一，是按照五年制高职高专培养目标进行编写和审定的。

“计算机组成原理”是计算机应用技术专业、计算机网络技术专业、计算机软件技术专业的主要课程。本书针对当前计算机应用技术的发展趋势及高职高专教育的特点、学生的实际知识水平，力求用简明的语言、清晰的概念讲解计算机组成的基本原理及应用。

由于微型计算机技术的飞速发展，硬件技术和软件技术不断地更新，新技术的内容多、难度大，而课程学时数受到一定的限制，因此，本教材主要目的在于使学生掌握计算机组成原理的基础知识。通过本课程的学习，使学生能掌握计算机的基本组成原理、指令系统的应用、总线系统的原理及应用、接口技术、输入输出设备的基本原理及应用，提高学生分析问题和解决问题的能力，能够适应计算机技术飞速发展的需要。“计算机组成原理”是一门知识面广、实践性较强的课程，特别是针对本书中包含的汇编语言的程序设计方法，建议各学校在使用本教材时，适当增加汇编语言的实验学时。

本书内容共分 10 章。

第 1 章为微型计算机系统概述，主要介绍了与微型计算机系统有关的名词术语、微型计算机系统的基本组成、分类、主要技术指标以及微型计算机的发展与应用的概况。

第 2 章为计算机的运算基础，主要介绍了计算机数据处理的基本方法、编码方法与运算基础。

第 3 章介绍了 8086/8088 及 80X86 系列的 CPU，并主要对 Pentium 系列的 CPU 的基本结构进行了分析。

第 4 章以 80X86 的指令为例，介绍了寻址方式、常用的指令格式及应用。

第 5 章简单介绍了汇编语言程序设计。

第 6 章讲述了存储器的基本原理及其与 CPU 的连接方法和辅助存储器的基本原理。

第 7 章讲述了中断的基本知识。

第 8 章介绍了总线的系统结构和接口，如串行总线、并行总线、AGP、SCSI、USB 等。

第 9 章讲述了微型计算机系统中常用的输入输出方式、原理及其应用。

第 10 章介绍了常用的输入输出设备。

本教材第 1 章由王露老师编写；第 2 章和第 10 章由张永红老师编写；第 3 章、第 4 章和第 5 章由李怀刚老师编写；第 6 章由郑红峰老师编写；第 7 章和第 9 章由朱昭老师编写；第 8 章由冯鹏老师编写。李怀刚老师作为主编对全书的内容进行了统编和最后定稿。福建集美大学副教授刘丽莉老师担任本书的主审。本书在编写过程中得到了机械工业出版社、河南工业职业技术学院、河北机电职业技术学院、辽宁机电职业技术学院、太原理工大学长治学院和北京市仪器仪表学校的大力支持，在此表示感谢。

编 者

目 录

前言

第 1 章 微型计算机系统概述	1	6.5 虚拟存储器	100
1.1 微型计算机的概念	1	6.6 辅助存储器	104
1.2 微型计算机的基本组成	2	6.7 存储技术的新发展	109
1.3 微型计算机的发展	5	习题	111
1.4 微型计算机的主要技术指标	7	第 7 章 中断系统	112
1.5 微型计算机的应用	8	7.1 中断的概述	112
习题	10	7.2 80286 的中断系统	119
第 2 章 计算机的运算基础	11	7.3 中断控制器	120
2.1 计算机中数的表示	11	习题	123
2.2 计算机中数值型数据的表示方法	16	第 8 章 总线与接口	125
2.3 二进制数的加减运算	18	8.1 总线的基本知识	125
习题	20	8.2 总线标准	129
第 3 章 微处理器	22	8.3 常用外围设备总线与接口	130
3.1 8086/8088 微处理器	22	习题	136
3.2 80X86 微处理器	27	第 9 章 输入输出接口	137
3.3 Pentium 处理器	33	9.1 概述	137
3.4 Pentium 处理器中的新技术	40	9.2 数据传送方式	139
习题	43	9.3 并行输入输出接口	143
第 4 章 微型计算机的指令系统	45	9.4 串行输入输出接口	145
4.1 寻址方式	45	9.5 DMA 控制器	148
4.2 指令系统	51	习题	150
4.3 RISC 指令系统简介	73	第 10 章 常用输入输出设备	151
习题	73	10.1 概述	151
第 5 章 汇编语言程序设计	75	10.2 键盘	155
5.1 汇编语言与汇编程序	75	10.3 鼠标	158
5.2 伪指令	75	10.4 扫描仪	159
5.3 汇编语言程序格式	80	10.5 数码相机	162
5.4 宏操作指令和条件汇编	81	10.6 其他输入设备	165
5.5 汇编语言程序设计简介	84	10.7 显示器	166
习题	87	10.8 打印机	173
第 6 章 存储系统	88	10.9 刻录机	177
6.1 存储系统的概念	88	习题	180
6.2 半导体存储器	90	附录 ASCII 码表	182
6.3 存储器与 CPU 的连接方法	92	参考文献	183
6.4 高速缓冲存储器 (Cache)	96		

第 1 章 微型计算机系统概述

1.1 微型计算机的概念

近年来，我国的计算机技术迅速发展。人们已经认识到，微型计算机知识是当代知识结构中不可缺少的组成部分。为了用好微型计算机，充分发挥微型计算机的作用，有必要了解整个系统及其组成部分的功能和基本工作原理。

我们通常所讲的计算机，其全名是电子式数字计算机，许多人又将它称为电脑。数字计算机是一种能存储程序，能自动连续地对各种数字化信息进行快速的算术、逻辑运算的工具。

首先从组织角度看，微型计算机系统一般认为是由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统是指那些组成微型计算机系统的电子的、电磁的、机械的、光学的元器件、部件或装置的总和。它们一般是有形的物理实体。软件系统是相对硬件系统而言的，通常泛指各类程序和文件。硬件是微型计算机系统的物质基础。没有硬件，谈不上对微型计算机的使用，但是仅有硬件而没有合适的软件，微型计算机也只是毫无用处的摆设。所以硬件和软件是相辅相成的，它们的有机结合才能充分发挥计算机系统的功能。

从功能看，微型计算机系统是处理信息的系统。它的输入是以某种形式表示的信息，该信息经加工处理后得到所需要的信息，并将其以外界所能接受的形式输出。在一定意义上，可把微型计算机系统比喻为信息加工厂。只是普通的加工厂用的原材料是有形的物质，如煤、原油等；加工方法是物理和化学处理方法；加工目的是改变物理和化学性能，使产品有使用价值；所获得的产品是物质的实体，如煤气、石油等。而微型计算机的输入输出则是以某种编码形式表示的信息，加工只是对输入的信息进行分析、运算、处理。因此微型计算机和一般工厂的差别主要是送进工厂的原材料、加工方法和得到的产品不一样，但从处理的概念上看却是相似的。

微型计算机系统输入或输出信息的形式是多种多样的。例如，它们可能是数字信息、文字信息、图像信息、声音信息、符号信息或是以某种形式表示的温度、压力、位移、速度、转角或电压等各种物理量的信息。微型计算机系统输入和输出信息的多样化正反映了微型计算机用途的广泛性。例如，当微型计算机用于财务部门时，其输入信息主要是数字或文字，而输出信息则是由数字和文字组成的账单和报表；当微型计算机用于办公自动化时，其输入输出的信息可能是声音、图像和文字综合；当微型计算机用于生产过程的自动控制时，除了上述文字、数字和图像信息外，还必须有生产过程的各种参数（如温度、压力、流量等）的输入和各种起控制作用的信息输出，如开启某个控制阀，设置某参数为新的要求值等。

基于数字化的信息表示方式与存储程序工作方式，微型计算机具有如下五个重要的特点：

(1) 在程序控制下自动连续地工作 由于采用存储程序工作方式，一旦输入所编制好的程序，只要给定运行程序的条件，启动计算机后就能自动连续地执行程序，直到完成预定

的任务为止。一般在运算处理过程中不需要人的直接干预，除非本身要求采取人机对话方式。

(2) 速度快 计算机采用高速电子集成线路组成硬件，能以极高的速度工作。现在，普通的微型计算机每秒可执行数十万甚至数百万次的加减运算。这不仅提高了人类的工作效率，还使许多复杂的问题得到了实际的解决。

(3) 运算精度高 数字计算机采用二进制作为信息表示的基础，只要增加位数就可以提高运算精度。1000 多年来，许多科学家经过不断的努力将 π 值算到小数点后 500 多位，而第一台计算机已算到小数点后 200 万位。

(4) 具有很强的“记忆”能力 这是它与其他计算工具的主要区别。数字计算机设置有存储器，因此具有信息存储能力，计算机的许多功能也和这密不可分。能存储程序，所以能自动连续工作；存储容量大，可存储的程序多，计算机的功能就强。

(5) 通用性强 数字计算机能够处理范围相当广泛的各类信息。计算机不仅能实现算术运算，也能实现逻辑运算；不仅能做数值计算，也能对各类信息做非数值计算性质的运算处理，如信息检索、图形处理、逻辑判断等。因此，计算机具有极强的通用性，在各个领域得到了广泛的应用。

1.2 微型计算机的基本组成

计算机本质上是一种能按照程序对各种数据和信息进行自动加工和处理的电子设备。一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件就是泛指实际的物理设备。所谓软件，就是指实现算法的程序及其文档，包括计算机本身运行的系统软件 and 用户完成任务所需的应用软件。计算机依靠硬件和软件的协同工作来执行给定的工作任务。

1.2.1 微型计算机的硬件系统

硬件系统是构成计算机系统的物理实体，是计算机工作的物质基础，是看得见摸得着的具体设备。硬件系统包括组成计算机的各种部件和外部设备。一般来说一台计算机主要是由五个基本部分构成，即运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备，如图 1-1 所示。

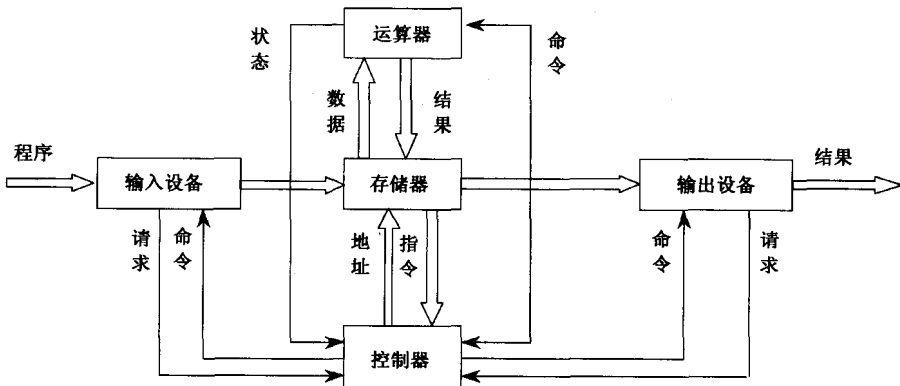


图 1-1 计算机的五大组成部分

(1) 运算器 (ALU, Arithmetic Logical Unit) 运算器是由电子线路构成的对数据进行加工处理的部件。运算器负责数据的算术运算和逻辑运算，所以也称为算术逻辑部件。它的

核心部件是加法器。运算器中还有若干个寄存器，它们用来暂存操作数。寄存器的存取速度比存储器的存取速度快得多。运算器还具有移位、比较等功能。

(2) 控制器 (CU, Control Unit) 控制器是计算机的控制中心，负责统一指挥计算机各部分协调地工作，能根据事先安排好的指令发出各种控制信号，以控制计算机各个部分的工作。例如，控制从存储器中读出数据，或将数据写入存储器中，按照程序规定的步骤进行各种运算和处理等。

控制器的实现方式一般有两种：组合逻辑控制器和微程序控制器。

运算器与控制器组成计算机的中央处理单元 (CPU, Central Processing Unit)。在微型计算机中，一般都把运算器和控制器集成在一片半导体芯片上，制成大规模集成电路。因此，CPU 通常又被称为微处理器。

(3) 存储器 (Memory) 存储器是计算机的记忆部件，负责存储程序和数据，并根据命令提供这些程序和数据。在计算机中程序是计算机操作的依据，数据是计算机操作的对象。存储器按其作用通常分为内存储器和外存储器两种。

内存储器简称为内存，可以与 CPU、输入设备和输出设备直接交换信息。内存一般采用半导体存储器，存储速度较快。根据工作方式的不同，内存分为只读存储器和随机存储器两部分。我们常把向存储器存入数据的过程称为写入，而把从存储器取出数据的过程称为读出。外存储器简称为外存，主要用来存放用户所存储的大量信息。外存容量大，但存取速度慢。常用的外存有软磁盘、硬磁盘、磁带机和光盘等。

通常把运算器、控制器和存储器 (内存) 合称为计算机的主机。

(4) 输入设备 (Input Device) 输入设备是计算机从外部获得信息的设备。它将人们熟悉的待处理的信息转换为计算机能识别和接受的电信号。基本的输入设备有键盘、鼠标和扫描仪等。

(5) 输出设备 (Output Device) 输出设备是将计算机内的信息转换成人或其他的设备所接受和识别的形式 (如图形、文字和声音等)。常用的输出设备有显示器、打印机和绘图仪等。

输入输出设备是人机沟通的桥梁，通常又称为 I/O 设备。外存储器、输入设备、输出设备等组成计算机的外围设备，简称为外设。

计算机中各功能部件通过地址总线 (Address Bus)、控制总线 (Control Bus) 和双向的数据总线 (Data Bus) 联系在一起。

1.2.2 微型计算机的软件系统

软件 (Software) 指的是计算机系统中所使用的各种程序的集合，也称为计算机系统的软资源。软件系统包含的内容非常丰富，通常分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件用于管理、监控和维护计算机资源，它可以使计算机系统的资源得到合理地调度和有效地利用。系统软件主要包括：操作系统、各种程序设计语言及其解释程序和编译程序，机器的监控管理程序、调试程序、故障检查和诊断程序等。系统软件有些是由计算机厂家作为系统的一部分提供的。

操作系统 (OS, Operating System) 是软件系统的核心。它是负责管理和控制计算机系统硬、软资源与运行程序的系统软件，是用户和计算机之间的接口，提供了软件的开发环境和运行环境。计算机中的主要部件之间相互配合、协调一致地工作都是依靠操作系统的统一

控制才得以实现的。操作系统是任何计算机都必备的软件。

程序设计语言是编写计算机程序所用的语言，它是人与计算机之间交换信息的工具，是系统软件的重要组成部分。一般分为机器语言、汇编语言和高级语言。

(1) 机器语言 计算机是数字式电子设备，其内部的逻辑器件只有识别和处理“0”和“1”两种物理状态的能力。所以在计算机中数的存储、传送及运算均采用二进制。机器语言是用二进制数的序列组成的，它是CPU惟一能“理解”的语言。用机器语言编写程序是一件十分繁琐的工作，因为不同型号的计算机具有不同的机器语言指令系统，要记住各种代码和它的含义是不容易的。而且编出的程序全是“0”和“1”的数字，直观性差，非常容易出错，程序的检查和调试都比较困难。今天，用机器语言编写程序已成为遥远的过去，人们已经不必亲自经历它的枯燥乏味。

(2) 汇编语言 是一种面向机器的程序设计语言。在汇编语言中，用助记符代替操作码，用地址符号代替地址码，正是这种替代使得机器语言变得“符号化”，所以也称汇编语言是符号语言。但使用这种语言编写的程序机器不能直接识别，要由一种起翻译作用的程序将汇编语言程序翻译成机器语言程序，机器方可执行，这一过程称之为“汇编”。汇编语言程序比机器语言程序易读、易检查和易修改，同时也保留了机器语言编程质量高、执行速度快、占存储空间小的优点。但在编制复杂程度较高的程序时，汇编语言存在着明显的局限性。尤其是这种语言程序依赖于具体的机型，故不具备通用性和可移植性。

(3) 高级语言 这是20世纪50年代中后期发展起来的面向问题的程序设计语言。高级语言的指令（或语句）是面向问题而不是面向机器的，这使得对问题及其求解的表述比汇编语言容易得多，并且大大地简化了程序的编制和调试，使编程效率得以大幅度提高。高级语言的另一个显著特点是独立于具体的机器系统。因此，较汇编语言程序而言，通用性和可移植性大为提高。目前世界上已有数百种高级语言，如Basic、C、FoxPro、Pascal、Visaul Basic、Visaul FoxPro、Visaul C++等。

(4) 语言处理程序 除机器语言程序可以直接为机器识别外，无论是汇编程序还是高级语言程序，要让机器识别，都必须经过“翻译”。所谓“翻译”是用一种特殊的程序把源程序转换成机器码，这种特殊的程序就是语言处理程序。

语言处理程序分为汇编程序、编译程序和解释程序，它们的功能分别是：汇编程序把汇编语言源程序“翻译”成机器语言程序，该过程叫“汇编”；编译程序把高级语言源程序“翻译”成目标程序，该过程叫“编译”；解释程序是逐条“翻译”并执行高级语言程序的语句。编译（或汇编）程序得到的目标代码经连接后形成的可执行程序，执行速度比解释执行程序要快，但是人机会话功能差，调试修改较复杂。以上三种语言处理程序执行过程如图1-2所示。

应用软件是指用户为利用计算机及其提供的系统软件为解决各种实际问题而编制的计算机程序。它是直接面向用户需要的一类软件。从大的方面来讲，它可以是面向数据库管理、面向计算机辅助设计、面向文字处理的软件或软件包；从小的方面来说，它可以是为某个单位、某项工作的具体需要而开发的软件，如各种科学计算程序、数据统计与处理程序、情报检索程序、企业管理程序、生产过程自动控制程序等。由于计算机已应用到几乎所有的领域。因而应用程序是多种多样、极其丰富的。目前应用程序正向标准化、模块化发展，许多通用的应用程序可以根据其功能组成不同的软件包供用户选择。

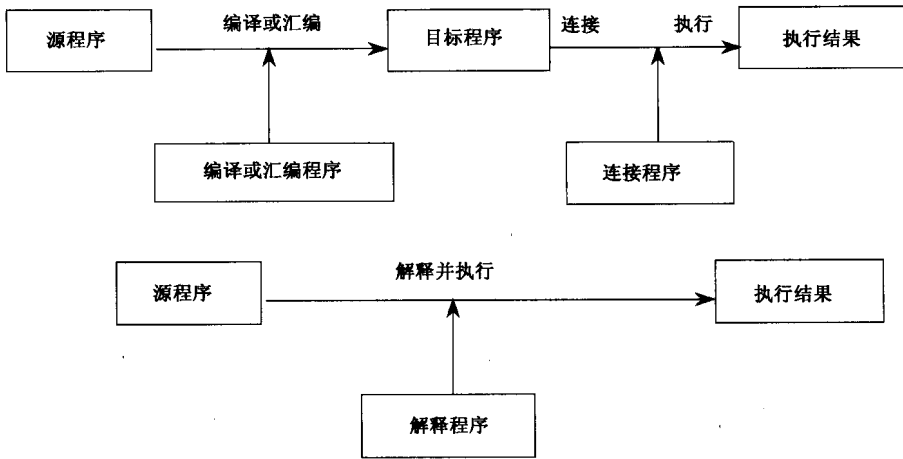


图 1-2 语言处理程序的执行过程

应当指出，在计算机系统中，软件是在硬件的支持下工作的，而应用软件又是在系统软件的支持下工作的。

综上所述可见，计算机系统的组成如图 1-3 所示。

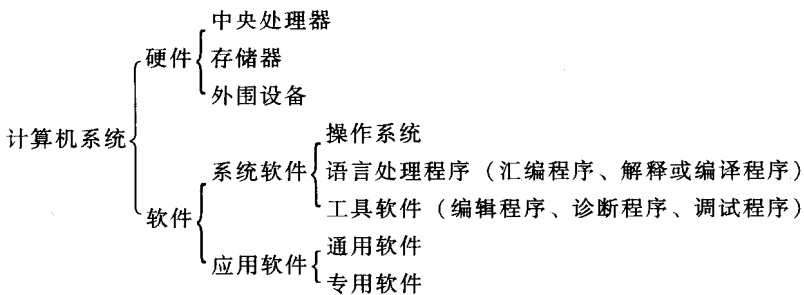


图 1-3 计算机系统的组成

1.3 微型计算机的发展

自 1946 年世界上第一台电子计算机在美国诞生至今，不过 60 多年的历史。然而它发展之迅速，普及之广泛，对整个人类社会和科学技术影响之深远，是任何其他学科所不及的。60 多年来，计算机的发展经历了从电子管计算机发展到晶体管计算机，再到集成电路计算机的过程，现已发展到以大规模和超大规模集成电路为主要特征的第四代计算机，运算速度为每秒数百亿次甚至数千亿次的巨型机也已投入运行。计算机已从早期的数值计算、数据处理发展到目前的进行知识处理的人工智能阶段，不仅可以处理文字、字符、图形图像信息，而且可以处理音频、视频信息，正向智能化和多媒体计算机方向发展。

1971 年，世界上第一台微型计算机诞生于美国。1969 年，一个日本的制造商要求美国 Intel 公司为其高性能的可编程计数器设计一组芯片。设计人员将原方案由多个专用芯片修改为一个通用逻辑装置，该装置从半导体存储器中取得应用指令进行工作。于是，世界上第一个微处理器芯片 I4004 便诞生了。该芯片字长 4 位，集成大约 2300 个晶体管，每秒可进行 6 万次运算，成本约为 200 美元。以它为核心组成的 MCS-4 计算机即世界上第一台微型计算机。

从那时起,短短的20多年时间,微型计算机的发展已经历了几代。人们一般以字长和典型的微处理器芯片作为各阶段的标志。

第一代(1971~1973年)微处理器和微型计算机是4位和低档8位微处理器时代。这一时期的典型产品有Intel 4004和Intel8008。其中,Intel 8008是第一个8位通用微处理器。以Intel 4004和Intel8008为CPU构成的微型计算机分别是MCS-4和MCS-8。

第一代微处理器的特点是:芯片采用PMOS工艺,集成度为2000个晶体管/片,主时钟频率为1MHz,平均指令执行时间为15~20 μ s,指令系统简单,运算功能单一,仅能进行串行十进制运算,采用机器语言编程,价格低廉,使用方便。主要应用于简单计算与控制。

第二代(1973~1978年)微处理器和微型计算机是成熟的8位微处理器时代。1973年,Intel公司推出了性能更好的8位微处理器8080。它的出现加速了微处理器和微型计算机的发展。很多公司对微处理器产生了极大兴趣,纷纷加入这一行业。从此,微处理器和微型计算机像雨后春笋般地蓬勃发展起来。先后推出了一批性能优良的8位微处理器产品,如Motorola公司的MC 6800,Zilog公司的Z80,Intel公司的8085等。这一时期,微处理器的设计和生产技术已经相当成熟,微处理器的生产普遍采用NMOS工艺,集成度高达10000管/片,性能有明显的改进,主时钟频率为2~4MHz,平均指令执行时间为1~2 μ s,指令系统较为完善。这一时期推出的微型计算机,在系统结构上已具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA等控制功能,在系统设计上考虑了机器间的兼容性、接口的标准化和通用性,外围配套电路种类齐全、功能完善。在系统软件方面,除可使用汇编语言外,还配有高级语言和操作系统。已经广泛用于数据处理、工业控制、汽车、电子、智能仪器仪表和家电等领域。

第三代(1978~1983年)是16位微处理器时代。Intel公司8086/8088、Motorola公司的MC 68000和Zilog公司的Z8000。这些高性能的16位微处理器为当时国内外市场上最流行的典型产品,其集成度高达29000管/片。其中,MC68000集成了68000个元器件,采用HMOS高密度制造工艺技术,时钟频率为5~40MHz,平均指令执行时间为0.5 μ s,数据总线宽度为16位,地址线为20位,最大可寻址空间为1MB,具有丰富的指令系统,且CPU的内部结构有很大的改进。例如,Intel8086/8088内部采用流水线结构,设置了指令预取队列,使处理速度大大提高。在软件方面可以使用多种高级语言,有完善的操作系统,支持构成多处理器系统。总之,其性能指标已达到或超过当时的中档小型机的水平,传统的小型机也从此受到严峻的挑战。而激烈的竞争又促使微型计算机技术以更快的速度发展,特别是在1982年,Intel公司推出了16位微处理器高档芯片80286,它具有多任务系统所必需的任务切换功能、存储器管理功能和多种保护功能,支持虚拟存储体系结构,地址总线从20位增加到24位,其存储器可直接寻址空间为16MB,时钟频率提高到5~25MHz。从20世纪80年代中、后期到90年代初期,80286一直是个人计算机IBM PC/AT机的主流型CPU。同期的产品还有Motorola的MC 68010。

第四代(1983~1993年)为32位微处理器时代。1983年ZiLog公司推出Z8000微处理器,1984年Motorola公司推出MC68020微处理器,1985年后Intel公司推出80386和80486,1989年Motorola公司又推出了MC 68040等32位微处理器。1985年,Intel公司推出与8086向上兼容的32位微处理器80386。它具有32位数据总线和32位地址总线,存储器可寻址空间达4GB,时钟频率为16~33MHz,平均指令执行时间小于0.1 μ s,运算速度达到3~4MIPS(Million Instructions Per Second)。CPU内部采用6级流水线结构,使取指令、译码、

内存管理、执行指令和总线访问并行操作，使用二级存储器管理方式，支持带有存储器保护的虚拟存储机制，虚拟存储空间高达 2^{64} B。随着集成电路工艺水平的进一步提高，1989年 Intel 公司又推出了性能更高的 32 位微处理器 80486，其集成度是 80386 的 4 倍。80486 CPU 内除含有一个 80386 体系结构的主处理器外，还增加了一个与 80386 兼容的片内数字协处理器和一个 8KB 容量的片内高速缓存（即一级 Cache）。其内部数据总线宽度可为 32 位、64 位和 128 位，分别用于不同单元间的数据交换。80486 还采用了 RISC（精简指令集计算机）技术和突发（Burst）总线技术，缩短了每条指令的执行时间，在相同频率下，80486 的处理速度一般要比 80386 快 2~3 倍。80486 的高档芯片 80486DX2 CPU 的时钟频率为 66MHz，其性能可达 54MIPS。

第五代（1993 至今）微处理器的典型代表是 Intel 公司推出的 Pentium 微处理器。Pentium 微处理器的推出，使微处理器的技术发展到了一个崭新的阶段，标志着微处理器完成从 CISC 向 RISC 时代的过渡，也标志着微处理器向工作站和超级小型机冲击的开始。目前的 Pentium4 微处理器主频达到 3.4GHz，缓存达到 2MB，并支持超线程技术，多媒体性能也非常出众。

1.4 微型计算机的主要技术指标

计算机的技术性能由体系结构、外设配置以及软件资源等多方面因素决定的。因此，评价一台计算机的性能如何，要综合各项指标，不能仅凭一两项指标。计算机主要技术指标有字长、存储容量、运算速度和外设配置等。

(1) 字长 字长是指计算机能并行传送的最大二进制位数。通常，字长是字节（8 位）的整数倍，如 8 位、16 位、32 位、64 位等。字长越长，运算精度就越高，它直接关系到计算机的功能、用途和应用范围，是计算机的一个重要技术指标。

(2) 存储容量 一个主存储器所能存储的全部信息量称为主存容量。这是用户在购买计算机时所关注的一项重要指标。内存容量的大小决定了可运行的程序大小和程序运行效率。外存容量的大小决定了整个微机系统存取数据的能力。存储容量越大，所能运行的软件功能越丰富，信息处理能力也就越强。

关于存储容量的计算单位，通常有两种用法：

1) 用字节（Byte）作单位，记作 B。在微型计算机中，存储容量一般都是用字节作单位的。常用的单位有 KB、MB、GB、TB。目前，微型计算机的内存容量可达数 GB。KB、MB、GB 和 TB 的大小与换算如下：

$1\text{KB} = 2^{10} \text{B} = 1024\text{B}$ ，称作千字节；

$1\text{MB} = 2^{20} \text{B} = 1048576\text{B}$ ，称作兆字节；

$1\text{GB} = 2^{30} \text{B} = 1073741824\text{B}$ ，称作吉（十亿）字节；

$1\text{TB} = 2^{40} \text{B} = 1099511627776\text{B}$ ，称作太（万亿）字节。

2) 用二进制的 bit 位作单位。大中型计算机常用这种单位。有时用字数乘以字长来表示，即 N 字 × W 位。

(3) 运算速度 运算速度可用每秒所能执行的指令条数表示，单位是条/s，常用 MIPS（每秒执行百万条指令）。运算速度可以衡量计算机进行数值计算或信息处理的快慢程度。由于不同的指令执行所需的时间不同，所以目前有三种计算执行速度的方法。

1) 根据不同类型指令在计算机运行过程中出现的频率高低, 乘以不同的系数, 求得统计平均值。这时所指的运算速度是平均运算速度。

2) 以特定指令为标准运算速度, 如 NOVA 机的运算速度为 50 万次/s, 是指其做定点加法的运算速度。现代高性能计算机 (包括各种并行计算机) 采用每秒浮点运算次数的峰值来表示。

3) 直接给出每条指令的实际执行时间或主频。目前, 在微型计算机中主要用主频反映运行速度。微型计算机的主频越来越高。

(4) 存取周期 存储器进行一次完整的读写操作所需要的全部时间。也就是从存储器中连续存 (写)、取 (读) 两个字所用的最小时间间隔称为存取周期。磁芯存储器的存取周期为零点几到几个微秒。半导体存储器的存取周期通常在几十到几百纳秒之间。存取周期是反映内存储器性能的一项重要技术指标, 直接影响微机运算的速度。

(5) 主频率 在每台计算机内部, 均有一个不断地产生固定频率的时钟脉冲的装置, 称为主时钟。主时钟的频率通常就是机器的主频率。主频率在很大程度上决定了计算机的运算速度。一般来说, 主频率较高的机器运算速度也较快。

衡量一台计算机的性能指标还有很多, 如系统吞吐量、外部设备配置、系统软件配置, 还有可靠性、可用性、可维护性、完整性、安全性、兼容性等等, 在此不一一说明了。值得一提的是衡量一台计算机的优劣, 不能片面强调某一项指标, 而需要综合、全面考虑。通常以性能价格比作为综合性指标, 即上述各项性能与售价的比值。性能价格比越高的计算机就越受到用户的欢迎。

1.5 微型计算机的应用

微型计算机之所以能够获得迅速的发展, 与它具有极其广泛的应用领域是分不开的。微型计算机以其体积小、价格低、耗电少、功能强和可靠性高等诸多优点, 已渗透到国民经济的各个领域。它不仅在科学计算、信息处理、过程控制、事务管理、国防尖端科技、邮电通信、人工智能、教育等方面占有重要地位, 而且在人们的日常生活中也发挥着不可缺少的重要作用, 其用户已从科学家、专业技术人员普及到广大民众乃至中小学生和儿童。它已成为人们工作和生活中不可缺少的部分, 从而将人类社会推进到了信息时代。微型计算机的应用领域举不胜举, 概括起来, 其主要应用领域可大致归纳为以下几个方面:

(1) 科学计算 科学计算一直是计算机的重要应用领域。发明计算机的原始目的就是为了科学计算。科学计算的特点是计算量大、要求精度高、结果可靠。利用计算机的高速度、大存储容量、连续运算能力, 可以求解人工无法求解的各种科学计算问题。例如, 建筑设计中的计算; 各种数学、物理问题的计算; 气象预报中气象数据的计算; 地震预测; 用计算机进行多种设计方案的比较, 选择最佳的设计方案等。

(2) 信息处理 信息处理是微型计算机应用最广泛的领域。信息处理就是用微型计算机对生产、经济活动、社会生活和科学研究中获得的大量信息进行存储、分类、变换、计算和传输, 以符合人们要求和习惯的形式输出、显示或再控制。在信息社会中, 用微型计算机进行信息处理已成为人们工作、学习和生活中必不可少的手段。微型计算机配置上适当的应用软件, 可以实现办公自动化、航空订票、银行电子化、情报检索和人事档案管理。企业管理中的 MIS 系统等也都需要用微型计算机来完成。微型计算机配置上相应的专用硬件, 还

能处理各种不同内容、不同形式的信息，如图形、图像、文字、语言等多媒体信息。微型计算机除能完成一般的信息处理外，还可以进行决策和判断，进行必要的方案论证和规划，实现现代化的科学管理。

(3) 计算机辅助设计、辅助制造和辅助工程 计算机辅助设计、辅助制造和辅助工程 (CAD/CAM/CAE) 是微型计算机应用中的另一个重要领域。CAD (Computer Assistant Design) 是指人们利用计算机帮助设计者进行各种工程设计、模拟和测试。在 CAD 过程中，设计者可以借助于 CAD 软件在图形终端上从不同侧面或空间观察自己的设计，通过鼠标或光笔方便地修改自己的设计，直到满意为止。通过模拟来验证设计是否合理，是否达到预期要求。CAD 技术可使工程设计走向自动化，提高设计效率，缩短开发周期，降低制造成本。CAD 技术已在机械制造、汽车、电子产品、服装设计等领域广泛应用并已取得显著成效。CAM (Computer Aided Manufacturing) 是指利用计算机控制机械加工和制造。用计算机控制以数控机床为中心的机械加工系统，可以实现工件的自动运输、组装、加工、测量和检查等功能。由计算机辅助设计和计算机辅助制造，大大提高了机械工业和电子工业等方面的生产效率和自动化水平。CAE (Computer Aided Engineering) 是用计算机辅助求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算以及结构性能的优化设计等问题的一种近似数值分析方法。

(4) 计算机网络通信 计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的结果。网络化是当今整个计算机发展的一个重要方向，无疑也是微型计算机发展和应用的重要方向，而微型计算机在计算机网络中扮演着重要的角色。所谓网络化，就是通过通信线路把不同地域的多台计算机连接起来，实现信息交流和资源共享。随着信息高速公路的实施，国际互联网迅速覆盖全球，还有遍及全球的各种局域网、广域网相互连接，微型计算机作为服务器、工作站而成为网络中的重要成员。如今的个人计算机，可以通过普通电话线方便地联入 Internet，从而获得网上的各种资源。

(5) 实时控制 利用微型计算机及时检测和收集某种生产活动中的某些必需的数据，并按最佳状况进行自动调节和控制，称为实时控制。微型计算机对工业生产过程的自动控制，可以说是目前微型计算机在工业部门中应用得最广泛且最有效的方面之一。它可使各类工业生产过程，如机械制造、大型化工企业生产工艺流程控制、大型冶金企业的高炉炉温控制、钢材轧制等，完全实现程序控制自动化。为工矿企业生产能力和产品质量的迅速提高、减轻劳动强度、节省能源、代替人在恶劣环境下工作等方面发挥了突出的作用。在卫星、导弹发射等国防尖端科学技术领域，更是离不开计算机的实时控制。

(6) 人工智能 人工智能是微型计算机应用发展的又一重要方面。人工智能又称智能模拟，是用计算机系统模仿人类的感知、思维、推理等智能活动。人工智能是探索计算机模拟人的感觉和思维规律的科学，是在控制论、计算机科学、仿真技术、心理学等学科基础上发展起来的边缘学科。它的研究和应用的领域包括模式识别、自然语言理解与生成、专家系统、自动程序设计、定理证明、联想与思维的机理、数据智能检索等。例如，用计算机模拟人脑的部分功能进行学习、推理、联想和决策；模拟名医给病人治病的医疗诊断专家系统。机械手与机器人的研究和应用，是人工智能研究的重要成果。神经网络与神经网络计算机技术是人工智能研究的前沿技术，主要研究人工感觉（包括计算机视觉与听觉）、带有大量需要互相协调动作的智能化机器人，以及在较复杂情况下的决策支持系统等。

计算机的出现，对科学技术和人类的社会生活产生了巨大影响。如果说机器的发明是扩展了人手的功能，交通工具的使用扩大了人腿的功能，望远镜和显微镜的使用扩大了人们的视野，那么，计算机的使用扩大了人脑的功能。计算机将帮助人们去探索大自然的秘密，也可以按照人的意志，代替人们完成相当一部分重复性的脑力劳动，使人们有充裕的时间从事开创性的工作。

习 题

1. 什么是微型计算机系统？微型计算机有哪些重要的特点？
2. 微型计算机系统由哪些部分组成？每一部分都包括哪些具体内容？
3. 微型计算机的硬件系统由哪些部分组成？它们的作用是什么？
4. 微型计算机的软件系统由哪些部分组成？它们的作用是什么？
5. 说明汇编程序、编译程序、解释程序这三种语言处理程序是如何工作的？
6. 微型计算机的发展经历了几代？每一代的特征是什么？
7. 解释下列概念
主机 CPU 主存 字长 存储容量 主频 运算速度 存储周期
8. 微型计算机的主要应用领域有哪些？

第 2 章 计算机的运算基础

计算机最基本的功能是进行大量“数”的计算与加工处理，但计算机只能“识别”二进制数。所以，二进制数及其编码是所有计算机的基本语言。

本章将从十进制数入手，再将数的基本概念引伸到二进制、八进制、十六进制等进位计数制。充分理解这些数制及其相互之间的转换方法，有助于掌握许多数字编码。同时，在熟悉二进制的基础上，讨论二进制的各种算术运算原理。

2.1 计算机中数的表示

2.1.1 进位计数制

进位计数制是指按进位的方法进行计数，简称进位制。

在采用进位计数的数字系统中，如果只用 r 个基本符号（例如， $0, 1, 2, \dots, r-1$ ），通过排列起来的符号串表示数值，则称其为基 r 数制， r 称为该数制的基（radix）。 r^n （基数的 n 次幂）则是第 r 位上的一个 1 所代表的值（位权），此时该数制称之为 r 进位计数制，简称 r 进制。下面是计算机中常用的几种进位计数制：

二进制 $r=2$ ，基本符号 $0, 1$ 。

八进制 $r=8$ ，基本符号 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 。

十进制 $r=10$ ，基本符号 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 。

十六进制 $r=16$ ，基本符号 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F$ （其中 $A \sim F$ 分别表示十进制数 $10, 11, 12, 13, 14, 15$ ）。

如十进制数共用 $0 \sim 9$ 十个数码表示数的大小，故其基数为 $r=10$ 。为区分不同的数制，可在数的下标注明基数。如 $(65535)_{10}$ 表示以 10 为基数的数制，它是每计满十便向高位进一，即“逢十进一”；当基数为 r 时，便是“逢 r 进一”。

(1) 十进制数 一个十进制数中的每一位都具有其特定的权，称为位权或简称权。就是说，对于同一个数码在不同的位它所代表的数值就不同。例如， 999.99 这个数可以写为：

$$999.99 = 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

其中，每个位权由基数的 n 次幂来确定。在十进制中，整数的位权是 10^0 （个位）、 10^1 （十位）、 10^2 （百位）等等；小数的位权是 10^{-1} （十分位）、 10^{-2} （百分位）等等。上式称为按位权展开式。

由此可见，一个十进制数有以下两个主要特点：

1) 十进制的基数为 10，共有十个不同的基本符号（ $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ ）。

2) 十进制的位权为 10^n ，进位时“逢十进一”。即在计数时，每一次计到 10 就往左进一位，或者说，上一位（左）的权是下一位（右）的权的 10 倍。

(2) 二进制数 进位计数制中最简单的是二进制，它只包括“0”和“1”两个不同的数码，即基数为 2，进位原则是“逢二进一”。