



湖南大学现代远程教育
全国税务系统远程教育 系列教材

计算机组成原理

CHINESE FISCAL AND TAXATION LONG-DISTANCE LEARNING

彭蔓蔓 主编



湖南电子音像出版社

计算机组成原理

彭蔓蔓 主编

TP303/12

湖南电子音像出版社



湖南大学现代远程教育
全国税务系统远程教育

系列教材

计算机组成原理

彭蔓蔓 主编

策 划：谭慧渊 刘镜波 蒋菊香

责任编辑：杨许国 肖家红

装帧设计：黄 弋 赵 慧

湖南出版集团

湖南电子音像出版社出版发行

长沙市展览馆路 66 号 邮编：410005

长沙青山印刷厂印刷

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

开本：850×1168 1/32 印张：9

字数：220 千字 印数：5000 册

ISBN 7-900352-08-2/G4·100

定价：82.00 元/套(光盘配书)

编写说明

现代远程教育是 20 世纪 80 年代以来国际教育发展的共同趋势。1998 年 9 月,教育部批准湖南大学等四所大学首批试办现代远程教育,标志着我国现代远程教育已正式启动。湖南大学的现代远程教育,在探索中不断前进,特别是与国家税务总局合作开办的主要面向行业的财税远程教育,在办学模式、教学手段等方面正在实现跨越式发展。

在全国税务系统远程学历教育领导小组的领导下和在全国税务系统远程学历教育教学指导委员会的指导下,我们根据湖南大学本科学历教育教学大纲和新形势下社会对财经类人才素质的要求,组织全国相关专业的著名教授、学者、专家编写了这套系列教材及学习指导书,并配有电子光盘、VCD 光盘、网络课件等教学资源。

本书由彭蔓蔓、沈立强、彭胜标、韦玉科、骆嘉伟编写。

由于时间原因,错漏之处在所难免,敬请同行专家批评指正。

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 计算机的发展历史	(1)
第二节 计算机系统的基本组成	(4)
第三节 计算机的特点与性能指标	(21)
第四节 计算机的工作过程	(28)
第五节 计算机的应用和发展	(31)
第二章 数据信息的表示	(35)
第一节 数值数据的表示	(35)
第二节 非数值数据的表示	(44)
第三节 数据信息的检验	(47)
第三章 运算方法和运算器	(56)
第一节 逻辑运算	(56)
第二节 移位运算	(59)
第三节 定点加减运算	(63)
第四节 定点乘法运算	(75)
第五节 定点除法运算	(86)
第六节 浮点运算	(93)
第七节 运算器组织	(99)
第四章 存储系统	(105)
第一节 存储器的基本概念	(105)
第二节 半导体 RAM 结构和工作原理	(117)
第三节 半导体只读存储器(ROM)	(127)

第四节	主存储器组织	(132)
第五节	多体交叉存储器	(146)
第五章	指令系统	(150)
第一节	指令格式	(151)
第二节	寻址技术	(159)
第三节	指令的类型及功能设计	(169)
第四节	Pentium 格式实例分析	(177)
第五节	从复杂指令系统到精简指令系统	(180)
第六章	中央处理器(CPU)	(182)
第一节	控制器的基本功能与组成	(182)
第二节	时序系统	(188)
第三节	CPU 的总体结构	(194)
第四节	组合逻辑控制器设计	(198)
第五节	微程序控制器的原理	(217)
第六节	微程序控制器设计举例	(234)
第七章	接口与总线	(242)
第一节	概 述	(242)
第二节	直接程序控制方式	(250)
第三节	程序中中断方式	(252)
第四节	DMA 方式	(262)
第五节	通道与 IOP	(265)
第六节	系统总线	(270)

第一章 概 论

本章首先简要回顾计算机的发展历史,然后概括地描述计算机系统的层次结构、计算机的特点与性能指标,并重点讨论计算机的组成和工作原理,以便在学生的头脑中初步建立一个整机的概念。

第一节 计算机的发展历史

计算机是一种能自动、快速、准确地实现信息存储、数值计算、数据处理和过程控制等多种功能的电子机器。自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学 W·Mauchly 和 J·P·Eckert 两位教授研制的第一台计算机 ENIAC(Electronic Numerical Intergrator and Calculator)问世以来,计算机的发展已经经历了五代。一般认为:

第一代(1946 年 ~ 1959 年):电子管计算机

主要特点:逻辑元件——电子管

主 存——磁鼓

辅 存——磁带

软 件——机器语言、符号语言

应 用——科学计算

主要成就:

1946 年 6 月美国数学家、普林斯顿大学教授冯·诺依曼(John

Von Neumann)发表了一篇《关于电子计算仪器逻辑设计的初步探讨》的论文。该文提出了计算机组成和工作方式的基本思想,要点可以归纳如下:

(1)由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备等五大部件组成计算机系统。

(2)五大部件的功能是:

①存储器能存放数据和指令;

②控制器应能自动执行指令;

③运算器应能进行加、减、乘、除等基本运算及附加操作;

④操作人员可以通过输入、输出设备和主机进行对话。

(3)计算机内部采用二进制表示指令和数据。每条指令一般具有一个操作码和一个地址码,其中操作码表示运算性质,地址码指出操作数在存储器中的位置,由一串指令组成程序。

(4)计算机工作采用存储程序方式。这是冯·诺依曼思想的关键。它意味着事先编制好程序,将程序和数据存入主存储器中,计算机在运行程序时就自动地、连续地从存储器中取出指令、分析指令并执行指令,而无需人工干预。

计算机的这种工作方式可称为控制流(指令流)驱动方式,而数据信息流则被动地被调用处理。

第二代(1959年~1964年):晶体管计算机

主要特点:逻辑元件——晶体管

主 存——磁芯

辅 存——磁盘

软 件——高级程序设计语言、操作系统

应 用——除科学计算外,已应用于数据处理、
过程控制

主要成就:

(1)首次将晶体管用于计算机,克服了第一代计算机体积大而

笨重、造价高、功耗大和不稳定等缺陷。晶体管是 1947 年由贝尔实验室以 W·Shockly, J·Bardeen 和 W·H·Brattain 为核心的固体物理研究小组研制成功的。

(2)发明了高级语言。1956 年美国国防部发明了第一个专用的高级语言 Ada 语言。1957 年 IBM 公司的 Backus 发明了 FORTRAN 高级语言,主要用于科学计算。

(3)计算机兼容问题的产生。包括硬件兼容和软件兼容。

第三代(1964 年 ~ 1970 年):集成电路(IC)计算机

主要特点:逻辑元件——集成电路(IC)

主	存——半导体
辅	存——磁盘
软	件——高级程序设计语言、操作系统
应	用——科学计算、数据处理、过程控制

主要成就:

(1)IBM 公司首次提出了系列机的概念,圆满地解决了计算机兼容的问题,典型代表是 IBM360 系列机。

(2)控制器设计使用微程序控制技术,使控制器的设计规范化。

第四代(1971 年 ~ 至今):大规模/超大规模集成电路(LSI/VLSI)计算机

主要特点:逻辑元件——大规模/超大规模集成电路(LSI/VLSI)

主	存——LSI/VLSI 半导体芯片
辅	存——磁盘、光盘
软	件——高级程序设计语言、操作系统
应	用——科学计算、数据处理、过程控制,并进入以计算机网络为特征的应用时代。

主要成就:

1971 年美国 Intel 公司成功地研制出了 I4004 微处理器芯片。从此,随着 LSI/VLSI 技术的发展,微处理器每隔二三年就有一个新的产品问世,至今已发展到 P4 微处理器。

因此,如果说第二代电子计算机是由于晶体管代替电子管,是由于元件革命所引起的飞跃,那么,第三代、第四代电子计算机的产生的根本原因则是由制造工艺的革新即集成电路工艺所引起的。

第五代(20 世纪 80 年代开始到将来):第五代计算机

自从 70 年代初第四代计算机问世以来,许多科学家一直预测着第五代计算机将朝哪个方向发展,综合起来大概有以下几个研究方向:

- ①人工智能计算机;
- ②巨型计算机;
- ③多处理机;
- ④激光计算机;
- ⑤超导计算机;
- ⑥生物晶体计算机(DNA 计算机)。

第二节 计算机系统的基本组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是构成计算机系统的设备实体,它包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五大部件。软件是各类程序和文件,它包括系统软件和应用软件。其结构如图 1.1 所示。

硬件是躯体,是物质基础;软件是智慧,是灵魂,是硬件功能的完善与扩充。没有硬件或没有良好的硬件支持,软件也就无法运行,就无从谈起处理某一方面的问题。没有软件,或者没有优秀的

软件,计算机就是一个空壳,根本无法工作,或者不能高效率地工作。因此,硬件与软件是相互渗透、相互依存、互相配合、互相促进的关系,二者缺一不可。硬件与软件的组合构成了实用的计算机系统。

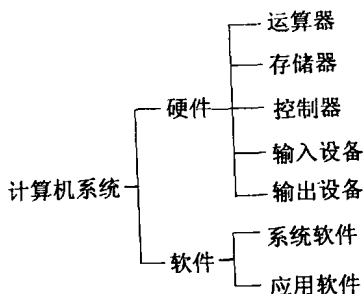


图 1.1 计算机系统的基本组成

一、计算机系统的硬件组成

硬件(Hardware)是组成计算机的所有电子器件和机电装置的总称,是计算机系统中可触摸得到的设备实体。硬件是计算机系统的核心。现代计算机均遵照存储程序计算机体系结构,据此,计算机硬件系统均由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备以及将它们联结为有机整体的总线构成,如图 1.2 所示。

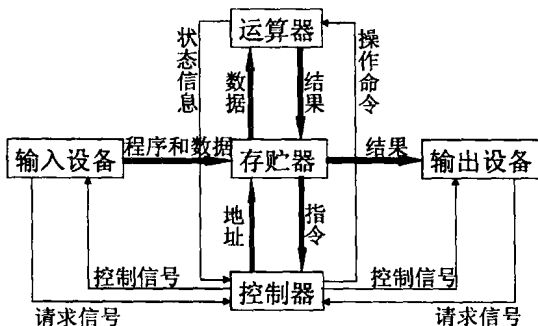


图 1.2 存储程序计算机硬件系统组成

运算器与控制器合称为中央处理机 CPU (Central Processing

Unit)。CPU 是计算机硬件系统的核心。CPU 和内存存储器一起称为主机(Main Frame)。外存储器和输入、输出设备一起统称为外部设备或外围设备。

(一) 运算器

运算器(Arithmetic Unit)是进行算术运算和逻辑运算的部件。算术运算如加、减、乘、除,以及它们的复合运算。逻辑运算如比较、移位、与、或、非和异或等操作。

运算器通常由算术逻辑单元

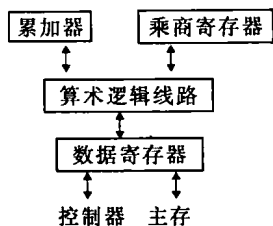


图 1.3 运算器框图

ALU(Arithmetic Logical Unit)和一系列寄存器组成,如图 1.3 所示。ALU 是具体完成算术逻辑运算的部件,由加法器及其他逻辑运算器件组成,它是运算器的核心。寄存器用于存放参与运算的操作数。累加器(Accumulator)用来存放操作数、运算的中间结果和最终结果,具有“累加”的功能。寄存器和累加器的数据均从存储器中取得,累加器的最后结果也存放到存储器中。

精度和速度是运算器的两个重要性能参数,它们直接影响整个计算机的性能。

(二) 存储器

存储器(Memory/Storage)的主要功能是存放数据和程序(大量二进制信息)。

通常,存储系统分为三级:主存、高速缓冲存储器 and 辅存。CPU 能按存储单元地址直接访问主存。增加高速缓冲存储器(Cache)的目的是为了提高速度,解决 CPU 与主存之间速度不匹配的矛盾。增加辅存的目的是弥补主存容量的不足。

主存的最基本构成是存储元件,它能存储一位二进制信息。若某存储器容量为 32KB,则它所需的存储元件数为 $32 \times 1024 \times 8 = 262144$ 。所有存储元件的集合称为存储体,它是存储器的核心

部件。

存储体就像一个庞大的仓库,它由许多个存储单元组成,每个单元存放一个数据或一条指令,如图 1.4 所示。为了区分不同的存储单元,通常把全部单元进行统一编号,此编号称为存储单元的地址码,即单元地址,它用二进制编码表示。不同的存储单元有不同的地址码,单元与单元地址是一一对应的。每个存储单元只有一个地址,但存储在其中的信息则是可以更换的。

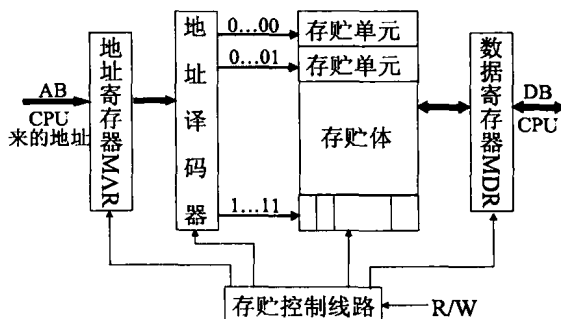


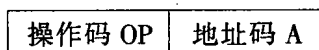
图 1.4 存储器构成框图

存储单元存入或取出信息,称之为访问存储器,即对存储器进行写入或读出操作。访问存储器时,地址译码器将由地址总线 AB 送经地址寄存器(MAR)的单元地址译码,以找到相应的存储单元;然后存储控制电路根据读写命令产生读出或写入时序信号,将存储器中指定单元的数据读出到数据缓冲寄存器(MBR)中,或将 MBR 中的数据写入到存储器的指定单元。通常,读出时,被读出的存储单元的内容不变;写入时,被写入的存储单元原有内容被破坏而代之以新写入的内容。

(三)控制器

控制器(Control Unit)是计算机的管理机构和指挥中心,它协调计算机的各部件自动地工作。程序是由一系列指令构成的,而指令是要求计算机进行基本操作的命令,一条指令由操作码和地

址码两部分组成,其基本格式可以表示如下:



其中操作码 OP(Operation Code)指出机器操作的类型,如取数、加法、减法等等,不同的指令有不同的操作码;地址码 A(Address)用来指示参与操作的数据保存在什么地方,例如它是主存地址,说明参与操作的数据保存在主存由地址码所指示的单元中。

控制器的实质就是解释程序,它每次从存储器中读取一条指令,经过分析译码,产生一系列的控制信号,发向各个部件以控制它们的操作。连续不断、有条不紊地继续上述动作,即所谓执行程序。

鉴于控制器的上述功能,其结构主要由指令控制部件、地址形成部件、时序信号部件及微操作控制部件等组成,如图 1.5 所示。

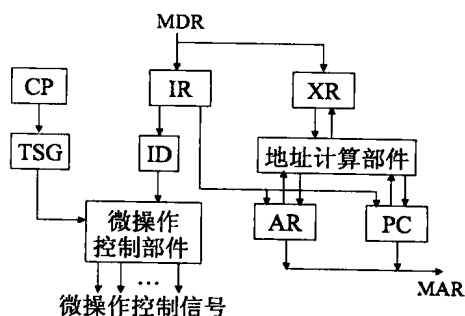


图 1.5 控制器的组成

指令控制部件包括程序计数器 PC(Program Counter)、指令寄存器 IR(Instruction Register)和指令译码器 ID(Instruction Decoder)。

程序计数器 PC 又叫指令计数器。它给出程序中下一条指令在存储器中的单元地址。它兼有指令地址寄存器和计数器的功能。当一条指令执行完毕时,PC 作为指令地址寄存器,其内容已变成下一条指令的地址。控制器依据 PC 的内容从存储器取出指

令到 IR, PC 将自动加 1, 又指示下一条指令的地址。若非顺序执行, 只要将 PC 内容作相应改变, 就可按新的序列顺序执行。IR 保存当前正在执行的指令, 在指令执行过程中由它决定指令的操作性质及参与操作的操作数地址等。ID 也叫操作码译码器, 将指令的操作码转换为相应的控制电位信号, 指示各部件做什么操作。

地址形成部件包括地址寄存器 AR(Address Register)、变址寄存器 XR(Index Register)和地址计算部件。其功能主要是依据指令的寻址方式和指令的地址码部分形成操作数的有效地址。

时序信号部件由时钟 CP(Clock Pulse)和时序信号产生器 TSG(Timing Signal Generator)组成。CP 是协调计算机各部件进行操作的同步时钟, 其工作频率称为计算机的主频。主频的高低直接影响计算机的工作速度。TSG 的功能是按时间顺序, 周而复始地发出若干节拍信号。所谓节拍即相邻两个时钟脉冲的时间间隔, 即主频周期。因此, 时序信号部件就是根据机器的时钟脉冲, 产生计算机中各个部件所需的各种定时节拍信号。各部件在不同的节拍信号控制下自动地工作。

微操作(Micro-operation)是指计算机各部件在一个节拍能完成的基本操作。指令的执行都需分解成许多微操作来执行。微操作控制部件就是根据指令控制部件给出的节拍信号(进行什么操作)和时序部件给出的节拍信号(指令执行哪一步), 向运算器、存储器、输入输出设备以及控制器本身发送各种微操作命令信号。

(四)输入设备

输入设备(Input Equipment)的作用是将参加运算的数据和程序送入计算机, 并将它们转换成计算机能识别的信息。常见的输入设备有键盘、鼠标、数字化仪、扫描仪、摄像机等。它们多是电子和机电混合的装置, 与运算器、存储器等纯电子部件相比, 速度较慢。因此, 一般均通过接口与运算器、存储器相连接。

(五)输出设备

与输入设备正好相反,输出设备(Out Equipment)是将计算处理的结果转化为人或其他设备所能识别或接收的信息形式的装置。例如,显示器能将信息转化

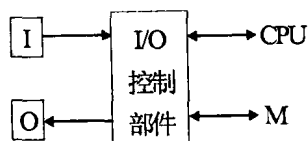


图 1.6 I/O 部件逻辑框图

为字符、汉字、图形、图像;打印机能将结果打印成文件的形式;绘图机可将结果画成图形,等等。和输入设备一样,输出设备也多为机电装置,也需通过设置接口与运算器和存储器连接。如图 1.6 所示。

(六)总线

总线(BUS)是连接计算机各部分之间进行信息传送的一组公共传输线,它将上述各大部件连接构成一个有机的整体。如图 1.7 所示。采用总线结构后,系统的连接就显得十分清晰、规整,便于设备的扩充、维护。总线的类型和结构形式很多,有关它的详细内容将在第七章中介绍。

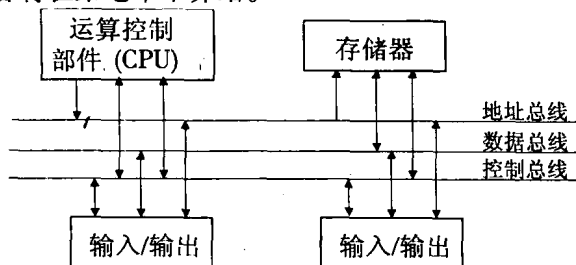


图 1.7 以总线连接的计算机框图

二、计算机系统的软件组成

软件(Software)是相对于硬件而言的,是用户与硬件之间的接口界面。要使用计算机,就必须编制程序,必须有软件。按照国际标准化组织(ISO)的定义,软件是计算机程序及运用数据处理系统所必需的手续、规则、文件的总称。因此,一般认为软件是由程序

与文档两部分组成,主要指程序。

软件的作用有三:其一是用作计算机用户与硬件之间的接口界面;其二是在计算机系统中起指挥管理作用;其三是作为计算机体系结构设计的重要依据。一台计算机中全部程序的集合,统称为这台计算机的软件系统。软件又分为应用软件、系统软件两大类。如图 1.8 所示。

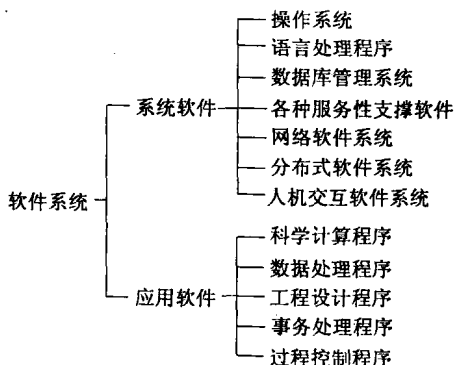


图 1.8 计算机软件系统的分类

(一) 系统软件

系统软件是计算机厂家为实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等功能而提供给用户使用的软件。它居于计算机系统中靠近硬件的一层,与具体应用领域无关,但其他软件一般均要通过它才能发挥作用。系统软件的目的是方便用户,提高使用效率,扩充系统功能。系统软件一般包含操作系统、语言处理系统、数据库管理系统、分布式软件系统、网络软件系统、人机交互软件系统等。

1. 操作系统

操作系统 OS(Operating System)是管理和控制计算机各种资源、自动调度用户作业程序、处理各种中断的系统软件。它是用户和计算机之间的接口,提供了软件开发环境和运行环境。操作系统是系统软件的核心,一般包括存储管理、设备管理、信息管理、作