

计算机组成原理

孟传良 张庸一 主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了计算机组成原理及其工作原理,着重阐述计算机各个部件的结构以及如何用这些部件组成一个计算机系统。本书共 10 章,包括计算机概论、指令系统、存储器及其组织、运算器及其运算方法、控制器、辅助存储器、提高计算机性能的技术、常用外设及其接口、非传统计算机等等内容。

本书注意到计算机理论和技术的发展,既有一定的理论高度,又反映当前的新技术新思想。本书是计算机本科专业的专业课教材,也可供计算机工程技术人员参考和计算机自修者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 孟传良主编 重庆:重庆大学出版社,1994

计算机科学与技术专业本科系列教材

陈月华编 陈月华编

I 计算机组成原理 II 孟传良 III 计算机体系结构—高等学校—教材 IV 计算机

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 1000 号

计算机组成原理

主编 孟传良 张庸一

责任编辑 彭宁

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本 787mm×1092mm 1/32 印张 10.5 字数 250千字

1994年 01月第 1版 1994年 01月第 1次印刷

印数 1—1000

陈月华编 陈月华编 定价 3.50元

前言

摇摇计算机技术的进步带动了整个社会的进步,尤其是带动了信息行业的飞速发展,可以称作信息化的革命。计算机技术发展主要靠处理机的实现技术的进步,本书就是专门介绍这个技术的最基础的教科书。

计算机组成原理研究计算机的各个部件的结构原理,以及如何用这些硬件部件组成一个计算机系统。是计算机专业学生和工程技术人员必须掌握的理论和实践知识。本书脱开具体机型,博采诸家之长,不使本书成为某个具体机器的硬件分析说明书,充分体现本课的专业基础性和视野性。本书注意到计算机技术的发展,既保证了基础理论的高度,又反映当前的新技术新思想。

本书按照 1985 年 7 月中国西部大学计算机专业本科教材昆明研讨会的精神组织编写。编写深度定位在大学的计算机类本科专业教学使用,同时兼顾自学。因此,以计算机基本组成的实际知识与设计为重点,兼顾系统性和完整性,以好教好学为目的。着重阐述计算机单机的基本组成原理及主要的硬件部件结构原理和设计。主参编人员根据教学实际体会,在目前各个学校硬件教学普遍费力的情况下,精选内容,力图达到深入浅出,重点突出,内容新颖,好教好学的目的。使初学者容易理解掌握,方便自学,也尽力满足不同层次读者的需要。

本书按照 70 学时的课堂教学量编写,推荐各章教学学时数为:

章	员	圆	猿	源	缘	远	苑	愿	怨	机动
推荐学时	圆	缘	10	10	15	愿	远	远	员	源

各学校可以根据自己的教学计划和办学特点选取教学内容。例如,常用外设及其接口的接口部分可以在《接口技术》课讲解,虚拟存储器可以在《计算机体系结构》课中讲解。

本课必须安排在《数字逻辑电路》课程之后开课,也建议在《汇编语言》课程之后开课。

本书由孟传良、张庸一主编。孟传良编写了第 员远愿章;张庸一编写了第 缘怨章;陈智勇编写了第 圆猿章;雷超编写了第 源苑章;全书由孟传良统稿。本书在编写过程中得到了中国西部的多所大学和许多老师的关心,在此衷心感谢。

由于计算机技术的飞速发展,新的理论和技术层出不穷,教材难以全面概括计算机技术的最新发展变化,具有明显的时效性是计算机书籍的共同特征;再加上编者的水平能力限制,在教材中肯定存在不少的问题和错误,恳请专家学者同仁以及广大读者批评指正,不胜感激。

全体编者
圆园年 愿月

第 1 章

计算机概论

1.1 数字计算机的基本组成

1.1.1 数字计算机的发展历程

数字计算产生于人类的生活和生产活动。原始人扳手指作计算工具,发明了十进制计数法。结绳记事开始了最先的存储方式。公元前 5 世纪,我国发明了最早的算盘,这是人类第一个数字化的运算工具。它的意义还在于,算盘是硬件和软件高度结合的运算工具,至今仍然具有实用价值。由于生产发展的需求和无数探索者的努力,人类最有价值的计算工具——数字计算机于 1946 年在美国宾夕法尼亚大学摩尔学院诞生了。

这台计算机名叫 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator, 电子数字积分和计算机),它的理论基础得益于英国科学家布尔于 19 世纪创立的“布尔代数”,而它的物质基础来自巴特勒和埃克特两位工程师发明的电子管双稳态触发器,即成功地解决了“0”和“1”的表示问题。由于这是采用电子器件来实现的数字计算机,因此也称为电子数字计算机。它使用了 18000 个电子管,功率消耗 150 千瓦,运行速度仅为每秒 500 次,能存储 20 个数据。它不使用软件,采用硬件程序实现不同的运算操作。虽然它的功能低下,但它是人类发明的第一台电子数字计算机,具有划时代的意义而被人们永远铭记。

当代电子数字计算机体系结构,是美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1946 年 1 月,在“关于电子计算装置逻辑结构初探”的报告中提出的。冯·诺依曼参加了 ENIAC 的研究,他对 ENIAC 的实用性进行了深入的研究之后,在该报告中提出了以二进制、程序存储和程序控制为核心的一系列思想,对 ENIAC 的缺陷进行了有效的改进,从而奠定了冯·诺依曼计算机的体系结构基础。以后,计算机经过了几十年的发展,由电子管(1946 年)、晶体管(1958 年)、集成电路(1959 年)和大规模集成电路(1969 年)源代进步,计算机的体系结构也发生了许多改进,但冯·诺依曼提出的数字计算机的原则仍然没有突破。

当前,第四代电子数字计算机已经发展到顶峰,它的核心部件是微电子芯片。1974 年 1 月,Intel 公司推出主频为 1MHz 的 Intel 8008 微处理器,将在 1976 年推出采用 1μm 芯片制造技术生

产的主频为 1GHz 以上的 32 位微处理器。目前全球的芯片制造商制造的晶体管数为 100 亿个,相当于地球上的蚂蚁总数。然而芯片制造技术是有极限的,主要是磁场效应、热效应和量子效应以及制作方面的工艺限制等,即线宽低于 0.1μm 以下,就必须开拓新的制作技术。因此电子计算机的革命迟早会发生。从目前的研究趋势看,可能取代电子器件为物质基础的新型数字计算机主要有 纳米计算机、光计算机、生物计算机和量子计算机四种。而超导、光子、生物与量子计算机是实现高性能计算的新途径,尤其是它们的混合互补技术极有前途,例如光电技术、超导—电子混合技术、光学生物混合技术、生物与量子混合技术等等。未来的计算机体积将真正实现微型化,例如小到针尖,可以置入人的大脑和器官里。这时,计算机系统将是“知识信息处理系统”,即人工智能、模式识别与信息处理技术和通信技术的有机融合。人们将用日常语言操作计算机,计算机具有学习、联想和推理的功能。这时就是人们期盼的“第五代计算机”。

1.1.1 数字计算机的组成

一台典型的数字计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部件组成,如图 1-1 所示。该计算机的特点可归纳如下:

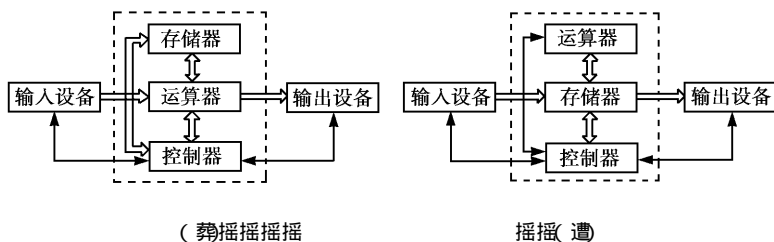


图 1-1 数字计算机组成框图

(a) 以运算器为中心的结构 (b) 以存储器为中心的结构

数据的表示及运算采用二进制,指令及其他非数值信息也用二进制表示。

二进制在工程上实现容易,因为具有两个稳定状态的电子器件众多。例如,三极管的导通与截止、电容的充放电、开关的闭合与断开、光线的有无等等都可方便地用来表示二进制的两个符号 0 和 1。它们的特点都是具有两个截然不同的状态,因此用二进制表示数据具有抗干扰能力强,可靠性高的优点,这是数字计算机生存的最关键的因素。

另一方面,数制基数愈小,表示数的符号就少,相应的运算规律也就愈简单。例如十进制乘法有“九九表”的 9 条规则,如果要采用电路实现十进制乘法,将非常的复杂。而二进制的乘法只有 4 条规则,即 0 乘 0 得 0、0 乘 1 得 0、1 乘 0 得 0、1 乘 1 得 1。用电路实现二进制乘法规则,只需一个两输入端的与门就可实现。二进制的“0”和“1”还正好与逻辑推理中的真和假对应,可以非常方便地实现逻辑运算和逻辑判断。

除了数据用二进制表示外,其他任何非数值信息,像计算机指令,命令状态信息,字母、汉字、图像、声音等都可以通过二进制的编码来表示。这样非数值信息也就可以进入计算机内,使计算机处理非数值信息成为可能。

(1) 以运算器为中心,计算机由五个部分组成。控制器集中控制整个系统。

① 运算器是用二进制进行算术和逻辑运算的部件。它由算术逻辑运算部件(ALU)和若干通用寄存器组成。ALU 由组合逻辑电路构成,完成算术和逻辑运算。其中,算术运算指加减乘除和求补码等等,它以加法运算为核心,减法通过补码变减为加,乘除通过一系列的加法

和移位来完成。逻辑运算完成“与”、“或”、“非”和“异或”等等基本逻辑运算。寄存器用来存放参加运算的二进制数据以及保存运算结果。运算器除了完成运算之外,还可以传送数据,因此,运算器是计算机的关键部件之一,它的功能和运算速度对计算机来说至关重要。

②控制器是计算机的指挥中心,它的作用是从存储器中取出指令,然后分析指令,发出由该指令规定的一系列操作命令,完成指令的功能。控制器组成框图如图 1-1 所示,它主要包括:

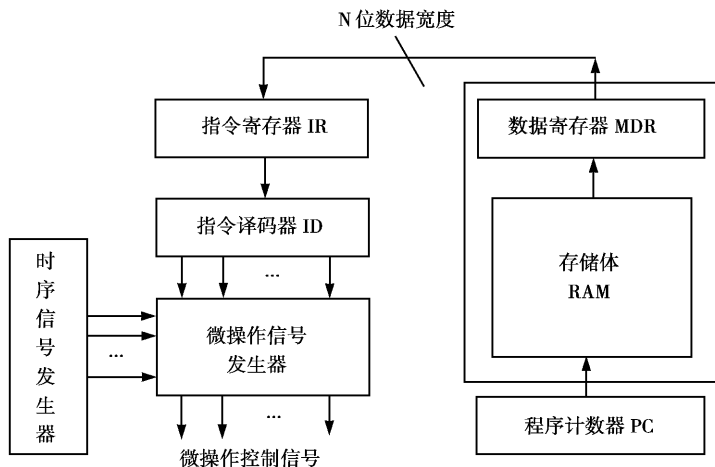


图 1-1 控制器框图

程序计数器(PC)存放即将要取出来执行的指令在存储器中的地址。每次取指令由 PC 输出地址从存储器取指令。当本条指令取出后,程序计数器加 1 为取下条指令作好准备。

指令寄存器(IR)存放当前正在执行的指令码。

指令译码器(ID)分析当前指令操作码的内容。

时序信号发生器产生指令执行的时间节拍和操作信号时钟脉冲。

微操作信号发生器取指令时产生取指令的一系列控制信号;取到指令后,根据指令译码器输出的信号和时序信号发生器的信号,产生该指令需要完成的操作的一系列控制信号。使整个计算机有机协调地工作。

控制器是计算机的关键部件,它的功能直接关系到计算机性能,是计算机最复杂最关键的部件。

③输入输出设备是计算机与外界联系的设备,因此也称为外设。计算机通过外设获得各种外界信息,并且通过外设输出运算处理结果。因此,计算机能够在各行各业中大显身手,完成人难以达到的运算速度,控制机器生产完成人不能够达到的产品数量和质量。常见的主要外设有关键盘、鼠标器、扫描仪、显示器、打印机、绘图仪等等。前者是典型的输入设备,而后者是典型的输出设备。这些外设是人机联系最密切的设备。

存储器以单元为单位线性编址,按地址读写其单元。每个单元的二进制位数相同,常用的是 8 位二进制组成的一个单元。

存储器存放计算机的指令和数据。图 1-1 中的存储器就是计算机的主存。计算机程序只有存放主存中才能被执行。主存由集成电路制造,通常容量为若干兆字节(几兆字节)。

节 员字节 越位二进制 ,就是一个单元)。

源人把解决问题的方法和过程编制成为程序 ,即指令序列。在存储器中按顺序存放这些指令序列 ,由计算机逐条取出执行。

程序是计算机解题的步骤 ,它是人解题思想的体现。每条指令由操作码和地址码两部分组成 ,操作码指明操作的种类 ,地址码指明操作的对象 ,即操作数存放的地点。每条指令控制计算机硬件完成一系列特定的操作 ,例如 ,加、减或者数据传送等。

把计算机程序顺序存入存储器 ,并且把解决该问题所需原始数据也存入存储器 ,这称为“程序存储”。控制器把存放在存储器中的指令逐条取出并执行 ,对数据进行运算加工求得处理结果。整个过程都是在程序控制下自动进行的 ,这一过程称为“程序控制”。
计算机的硬件一旦设计好 ,它的每条指令的功能便被惟一地固定下来 ,完成不同的运算功能完全依靠预先存放在存储器中的指令序列来实现 ,这就是“存储程序控制”的基本原理。程序存储为计算机连续自动地工作奠定了基础。因此 ,存储程序控制是计算机与其他运算工具 ,例如算盘、对数计算尺、手摇计算机等等运算工具的根本区别。

在图 员员 苑中 ,首先将编好的解题程序和数据由输入设备 ,例如键盘、磁盘和早期的穿孔纸带等 ,通过运算器传送进入存储器 ,完成“程序存储”过程。计算机运行程序时由程序计数器发出地址 ,从存储器中逐条取出指令 ,并且根据指令的功能发出相应的控制信号 ,指挥计算机五大部件协调工作。例如指挥存储器读出数据送往运算器 ,并指挥运算器执行某个规定的运算操作 ,然后将运算结果送存储器存储。这就是“程序控制”。最后 ,根据程序中安排的输出指令 ,在控制器控制下从存储器取出结果 ,并通过运算器送往输出设备 ,再由输出设备以人能够感知的方式提供给人。例如在显示器上显示或者在打印机上打印输出等等。

图 员员 苑中双线箭头表示地址总线 and 数据总线(箭头表示传输方向) ,单线表示控制器发出的控制信号和外设与控制器的联系信号。虚线框里的部件称为主机。

随着计算机的发展 ,人们编制的程序规模越来越大 ,图形图像和多媒体信息的数据量巨大。原来以运算器为中心的结构成为速度瓶颈 ,因此 ,演化为现在的以存储器为中心的结构。如图 员员 遭所示。输入设备和输出设备直接与主存交换数据 ,称为直接存储器存取(阅云粤) ,使输入输出速度大大提高 ,成为当今计算机的典型结构。

由于集成电路技术的提高 ,在芯片的制造中 ,常常把计算机的字长较短而且功能比较简单的机器的运算器和控制器集成在一个芯片中 ,称其为中央处理机(悦哉) ,读作“中央处理器”。

常提到的硬盘、软盘、光盘等称为计算机的辅助存储器或者外存 ,它们既是输入设备 ,又是输出设备。它们存储计算机暂时不使用的程序和数据。它们的特点是存储容量大 ,停电不丢失信息。

员员 员 员 摇计算机系统的组成

员员 员 员 摇计算机系统的组成

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 ,硬件系统和软件系统的组成及其关系如图 员员 员 员 所示。硬件和软件是一个有机的整体 ,必须协同工作才能发挥计算机的源

作用。



图 1-1 计算机组成关系图

硬件系统是指构成计算机五大部件的电路和安装构件,例如:电路板、机箱、键盘和显示器等等物理装置,是看得见摸得着的东西。硬件是计算机的物质基础,就像人的躯体四肢内脏肌肉等等一样,硬件系统的优劣直接决定了计算机的性能。对于微型计算机来说,中央处理器悦载的技术指标往往表示了机器的性能。悦载的主要技术指标是字长和主频,例如:悦载具有 16 位字长,1MHz 主频档次的技术水平,而悦载只有 8 位字长,1MHz 主频水平,两者性能悬殊巨大。这里,字长是悦载一次能够处理二进制数据的位数,字长越长,完成同等运算精度的运算速度就越快。主频指悦载的时钟频率,主频越高,运算速度越快。

软件是支持计算机硬件系统工作的程序,它需要人根据机器的硬件结构和要解决的实际问题,预先编制好并且输入到计算机的主存中。软件系统的优劣决定了对硬件系统作用发挥的程度,就像人的大脑思维和思想意识一样。

只有硬件系统而没有配备软件系统的计算机称为裸机,裸机不能运行,就像一个切掉大脑的植物人,此时硬件系统的能力被发挥的程度为零。如果只有软件系统而无硬件系统,这时的软件也无法存放,更不能够运行。就像算盘这个硬件一样,没有运算法则和计算口诀,算盘就不能够计算。运算法则和珠算口诀就是软件。而只有运算法则和珠算口诀没有算盘,也不能进行计算。我们常常把暂时不运行的软件存放在磁盘里,或者打印在纸上,但不能把“磁盘”和“纸”也当作软件,它们都属硬件范畴。软件不是物质,它看不见摸不着。

1.1 计算机软件系统

计算机的发展目标是标准化和易学易用化,因此软件的发展更加突出了这个目的。为了更加方便地应用计算机,软件发展为系统软件和应用软件两个大类。

(一) 系统软件

系统软件为用户提供一个具有一定标准的通用平台,使用户能够与计算机进行人机交流,具备开发用户软件的基本条件。简化使用、提高效率是系统软件的宗旨。如图 1-2 所示,系统软件主要包括:操作系统、诊断系统、服务程序、汇编程序、语言编译系统等等,除了操作系统以外,其余的都可以归类为工具软件。

(一) 操作系统 (OS, Operating System) 的功能

用户使用英文字符命令和英文界面,如果键盘输入的命令字符出错或者格式不对,计算机通过屏幕文字提示出错信息。使用者需要经过一定的学习和较长时间的实践才能掌握使用,对计算机的普及应用不利。因此,它现在几乎完全被 360 公司的 Windows 操作系统所取代了。

在我国曾经流行过的 286 等操作系统,是在 Windows 操作系统的基础上,添加了中文输入输出处理模块后形成的。它们都能够处理汉字符号,与同类版本的 Windows 兼容,为我国的计算机应用作出了很大的贡献。

③ Windows

Windows 操作系统是 360 公司开发的 32 位操作系统,它使用菜单、图标和对话框等等交互式的图形方式表示命令,通过用户的选择来发出命令,不需要记住命令和输入命令字符就可以使用计算机,因此操作简单易学,很快成为 32 位最流行的操作系统。除了良好的人机界面之外,Windows 操作系统还提供了多媒体功能、对象的链接与嵌入功能、网络和网络操作功能。

Windows 是单用户多任务的操作系统;Windows NT 则是多用户多任务的操作系统,既可以作单机操作系统,又可以作网络操作系统,功能较强大。

④ Windows 网络版

Windows 网络版是在 Windows 操作系统基础上开发的多用户多任务的网络操作系统。它增加了网络服务器的功能,只要把各台 32 位的网卡连接好,就很容易搭建出一个局域网来。Windows 网络版作局域网服务器的操作系统应用广泛,在 360 公司的系列软件的支持下后劲较大。

⑤ Unix

Unix 操作系统是芬兰科学家托瓦尔兹在 1979 年还是一个大学生时编写出来的。它是一种个人计算机上的 32 位操作系统,除支持几乎所有的 32 位版本所支持的功能外,还添加了许多新的功能。Unix 系统最大的优势是免费和源代码公开,再加上对硬件要求不高,因此前景广阔。Unix 操作系统经过各国计算机工作者的补充完善,其发展非常快,目前已经广泛应用并且进入商业时期。中国科学院软件研究所开发出了“红旗 Unix 版”,对 Unix 的内核进行了改进,增加了设备驱动程序,优化了人机界面,简化了安装配置过程,是一个很成功的操作系统。

Unix 操作系统与 360 服务器软件配合,构成 Unix 企业级应用模式,是企业内部网络(内网)的优秀平台,也是 360 网站的优秀平台。

源)高级语言程序设计系统

高级语言程序设计系统是系统软件的重要组成部分,提供用户编制程序平台,使之利用计算机解决自己要解决的问题。高级语言程序设计系统具有完善的文件管理功能和操作控制命令集,让用户使用类似人类自然语言的语句编制程序,并且方便地进行调试。常见的高级语言有 C、C++、Java 等等。高级语言程序设计系统淡化了各种型号计算机的硬件结构的千差万别,使用户不学习计算机的复杂结构就可以使用计算机,即在相对简单的语言环境中思维并且使用计算机,就能够得到解决自己问题的方法,是计算机普及应用的一个创举。

随着 Windows 操作系统的流行,高级语言程序设计系统进入了“可视化”阶段,即具有“所见即得”的用户界面设计和多媒体应用开发功能。典型的可视化程序设计语言有:Visual Basic、Visual C++、Visual FoxPro 等等。

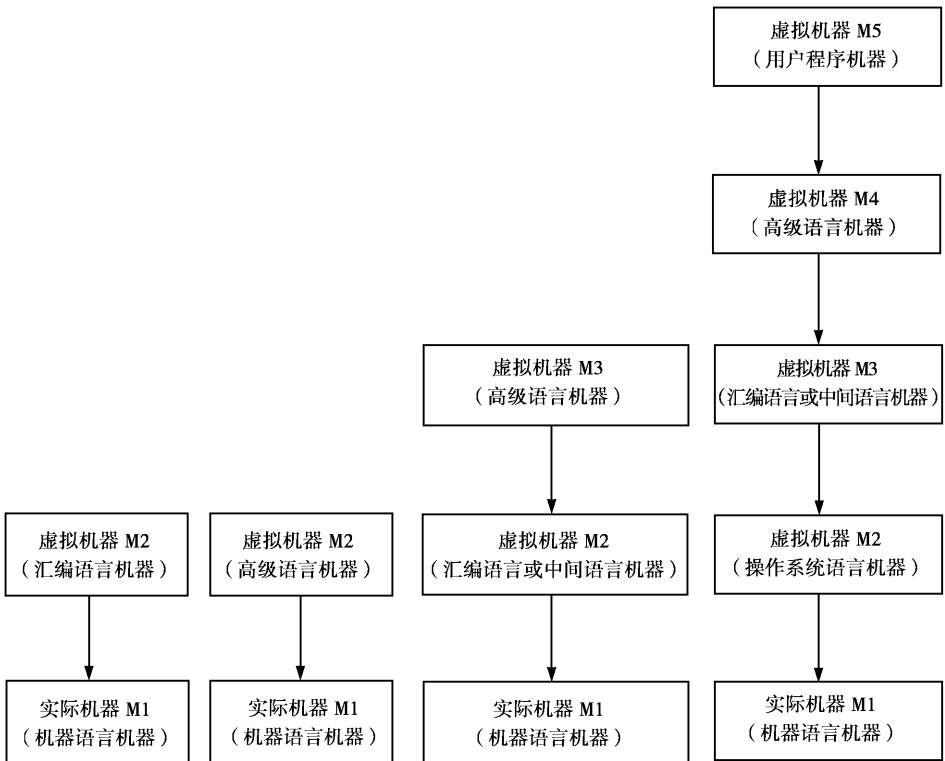
(猿)计算机系统的多级层次结构

员)机器语言

机器语言就是二进制机器指令。在早期的计算机中,人们直接使用机器语言编写程序,称为手编程序。用机器语言书写的程序计算机能够直接“识别”执行,因此又叫做目的程序。但直接用机器语言编写程序是非常困难的事,因为机器语言不易记忆,编写出的程序根本没有可读性,只有少数专业人员才能胜任,使调试和维护耗费大量的人力和时间。这大大限制了计算机的应用。

圆)汇编语言

到 缘 年代,人们想出了用一些具有一定含义的文字、符号和数字,按规定的格式来表示各种不同的机器指令,称为“助记符”。例如,用“粤阅”表示作加法;“酷灾”表示数据传输等等。再用这些助记符来编写程序,这就是汇编语言。由于这种符号语言便于记忆,比直接采用机器语言编程方便得多了。但计算机只“认识”机器语言而不认识由助记符表示的指令,为此需要创造一种用机器语言编写的“汇编程序”来把汇编语言“翻译”成为机器码程序,即目的程序,再在计算机上执行。从而实现了程序设计工作的部分自动化。这时,对用户来说,他所面对的已经不是实际的机器 配员,而是使用汇编语言的虚拟机器 配圆了,如图 员豫 葬所示。



摇摇(葬)摇摇

摇摇(遭)摇摇摇摇摇摇摇摇(糟)摇摇摇摇摇摇摇摇(凿)

图 员豫 猿计算机系统的多层次结构

猿)高级语言

用汇编语言编程序比用机器语言编程序进了一大步,但汇编语言还是一种很初级的语言,它的语义结构和数学语言的差别巨大,并且汇编语言与机器结合紧密,它的每条指令与机器指 怨

令几乎是一一对应的,因此必须搞清楚该机器的结构和指令系统才能使用汇编语言,这对于大多数人来说还是很费力费事的事。为了根本变革程序设计的方式和便于程序交流,达到不学习具体的计算机原理也能方便地使用计算机的目的,一种接近于数学语言的“算法语言”被创造出来了。

算法语言也称为高级语言,它定义了一套基本符号以及怎样使用这套基本符号设计程序的规则。算法语言比较接近数学语言,与具体机器无关,直接学习该高级语言的规则就可以使用计算机解决自己的问题,既方便又省事,这为计算机的普及应用找到了一条出路。目前常用的算法语言有 C 语言、Pascal 语言、Basic 语言、Fortran 语言、Lisp 语言等。

用高级语言编写的程序称为源程序,机器也不能直接识别和执行。必须把高级语言程序“翻译”成为机器语言,计算机才能识别执行。这种翻译通常有两种方法:

①编译法:给每一种计算机编制一套用机器语言编写的编译程序,它先把源程序翻译成目的程序,再提供给机器执行。编译法只是在编译过程中需要额外时间,并且还能够在编译中优化目的程序,因此执行的效率较高。C 语言、Pascal 语言、Basic 语言等属于编译法的高级语言。

②解释法:它不是先把源程序全部编译为目的程序后再执行,而是把程序的语句逐条翻译成目的程序并且立即逐条执行。即解释一条执行一条。这种方法每运行一次就需要解释一遍,浪费许多时间,也不可能优化目的程序,因此速度慢效率低。Lisp 语言就是典型的解释型高级语言。

如图 1-1 所示,使用高级语言对用户来说,这时他所面对的已经不是实际的机器,而是使用高级语言的虚拟机。图 1-2 表示了当高级语言不是直接被翻译为机器语言时的情况。高级语言先翻译为汇编语言或者某个中间语言,再经过中间语言的翻译然后成为目的程序,再执行。

图 1-3 大致表示了操作系统存在时的计算机系统的层次结构划分。

①虚拟机:运行的是为某一个具体应用专门设计的应用软件。这一层次的用户所看到的计算机是能够解决专门问题的智能机器。他对计算机的理解是建立在大量软件及硬件基础上的虚拟机,因此用户可以完全不理解计算机的软件和硬件而方便地使用计算机。

②虚拟机:是高级语言程序员十分熟悉的虚拟机,他所看到的计算机是一个能够理解接近于人类自然语言的聪明机器,高级语言虚拟机可以按照程序员的要求完成运算和处理。而该层次的程序员可以完全不了解计算机的硬件,也可以完全不懂得编译和操作系统的设计。

③虚拟机:是汇编语言程序员所熟悉的虚拟机,他所看到的计算机是只能进行加减乘除算术运算和逻辑运算等一些简单运算和操作的机器。而该层次的程序员要用计算机解决问题,必须简单地了解计算机的硬件结构和善于分解复杂的计算和处理为简单的计算机运算和操作流程,才能胜任自己的工作。

④虚拟机:本层是操作系统虚拟机,是任何计算机操作人员所熟悉的虚拟机。他所看到的计算机是能够在键盘和鼠标操作下管理计算机的资源的机器。

操作系统能够管理高级语言和汇编语言的运行,从这个角度看,操作系统似乎应位于各层之外,而作用于各层,不应将它作为层次结构中的一层。但从另一个角度看操作系统又是用汇编语言或高级语言编写的,从这点考虑操作系统似乎应位于这两级之上,但是从操作系统所提供的的基本操作和对计算机系统进行管理角度来看,它却是计算机软硬件功能的最直接的延

伸,理应在高级语言和汇编语言之下,实际物理机器之上。

⑤实际机器 层是执行机器语言的物理机,它是计算机软硬件的分界面,在它以上是各层次的软件和汇编语言(关系最直接的是汇编语言,它与机器语言有着一一对应的简单关系),在它以下是计算机的硬件。该层次除了计算机的专业设计者之外很少有人熟悉和了解它。但汇编语言的编译程序必须是机器语言编制的,它能够被计算机硬件直接执行,是十分难懂的二进制编码信息。

计算机硬件由数字逻辑电路构成。如果计算机的控制器采用微程序控制器构造的话,这一层里包含有微程序层。在图 1-1 中没有表示该层。微程序被固化于控制存储器的只读存储器中,因此称为“固件”。它的任务是用软件的方法分解一条机器指令为一系列微指令,即控制命令。除了硬件设计专业人员,一般人不知道它的存在,这恰恰是本书主要涉及的方面。

在计算机的层次结构中,凡是由软件实现的机器界面称为虚拟机,即在图 1-1 中第 4 层以上均属虚拟机,需要说明的是这些层次结构中的软、硬件的界面可能存在着一定程度的交叉,并且不同的机器结构,其软、硬件之间的功能分配也不同。因为从功能上讲,任何可以由软件完成的功能均可由硬件来替代,反过来,由硬件实现的功能也完全可以用软件来模拟。硬件意味着速度,软件则意味着灵活。由于大规模集成电路的技术进步,使硬件成本不断下降,而随着计算机应用领域的不断扩展,软件的设计成本又在不断上升,于是一些本来由软件完成的传统任务逐步改为硬件完成,称为软件的硬化,这造成硬件界面某种程度的上移。

现代计算机是一个功能复杂的软硬件系统。从普通使用者的角度,从计算机操作员的角度,从程序设计员的角度和从硬件工程师的角度,所看到的计算机系统各有完全不同的属性。计算机专业的工作者应该把握各个层次的关系,推动计算机的发展。

1.1 计算机系统的分类

自计算机诞生至今虽然只有 50 多年,但计算机的发展是非常惊人的。因此,各种类型的计算机数不胜数。

1.1.1 通常分类法

按计算机系统的规模和功能的强弱分类,可以分为:巨型机(超级计算机);大型机;中型机;小型机;工作站;微型机;单片机等等。

其中,巨型机的运算速度最快,处理的信息流量最大,容纳的用户最多,价格最贵,其运算速度在每秒一亿次以上,主要用于科学计算。我国自行研制的“神威 I”大规模并行计算机,1995 年 10 月在国家并行计算机工程技术研究中心牵头下研制成功,它的峰值运算速度每秒 1.31 亿亿浮点结果,主要技术指标和性能达到国际先进水平,在世界已投入商业运行的前 10 台高性能巨型机中排名第 4 位。这是继美、日之后世界上第三个具有研制高性能计算机能力的国家,从而打破了西方国家在高性能计算机方面对我国的禁运。江泽民总书记亲自为该机题名“神威”。

单片机是只用一片集成电路做成的计算机,体积小,结构简单,性能指标较低,价格便宜。

主要用于通信设备、仪器、家电产品的控制器和工业控制机等等。

介于巨型机和单片机之间的是大型机、中型机、小型机和微型机,它们的结构规模和性能指标依次递减。但是随着超大规模集成电路的迅速发展,微型机、小型机和中型机彼此之间的概念也在发生变化,因为今天的中型机可能就是明天的小型机,今天的小型机可能就是明天的微型机,而今天的微型机可能就是明天的单片机。

按计算机应用的普通性和专一性,可分为通用机和专用机。

上面的机器主要是通用机。专用计算机是针对某一任务或者设备设计的计算机,一般来说,其结构要比通用机简单。目前已经出现了多种型号的单片专用机,用于测试或控制。

按计算机的组成器件分类,可分为:机械计算机;电子计算机;光学计算机和生化计算机等。

按计算机专业分类法——费林分类法

本分类方法是按计算机信息处理的特性分类。在程序执行过程中,计算机内部有两种信息在流动。一种是计算机指令,它由存储器流入控制器转化为整个计算机系统的控制命令。另一种是数据,原始数据由输入设备流入存储器,再流入运算器完成特定的运算,运算结果流至输出设备输出。费林将前一种信息流称为“指令流”,后一种称为“数据流”。根据指令流与数据流的不同组织方式,计算机系统可被划分为源类:

- 单指令流单数据流计算机
- 单指令流多数据流计算机
- 多指令流单数据流计算机
- 多指令流多数据流计算机

其中,多指令流单数据流计算机在工程中没有实际的用途,因此本节只提及其余源种。

单指令流单数据流计算机

本类型机器就是普通的单运算器、单控制器和单存储器计算机,这种典型的机器。它的控制器每次只能执行一条指令,因此是单指令流;它的执行部件每次只能处理单一的数据,因此是单数据流。图示意了这种机器的信息流动和部件的关系。图中的和分别代表指令流、控制流和数据流;和分别表示控制部件、执行部件和主存模块。虽然有的机器设计了指令流水线、运算流水线和多体交叉存储器以提高计算机的性能,但它们仍然是计算机。本书主要研究的就是这种类型的机器,它是其他类型计算机系统的基础。

单指令流多数据流计算机

本类型计算机系统由单一控制器管理多个执行部件,控制部件每次执行单一指令并向多个执行部件“播发”相同的控制命令,使被激活的多个执行部件执行相同的操作,这是单指令流的含义。它有多存储模块,相互之间由互网络联接。每个执行部件加工的对象都是取自不同存储模块的不同数据,这是多数据流的含义。图示意了这种机器的信息流动和部件的关系。图中的个存储模块使用虚线框圈起来表示任何一个执行部件可以访问任何一个存储模块。并行处理机、阵列处理机均属于这一类。

多指令流多数据流计算机

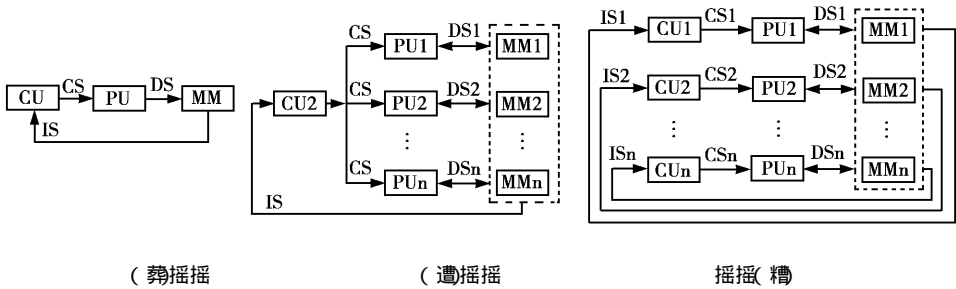


图 1.1 多处理机计算机系统的三种类型

(单处理器) (共享处理器) (分布式处理器)

本类型计算机系统是一个多处理机系统。它有多控制部件、多个执行部件和多个存储模块,由互连网络实现各处理机和各存储模块间的联系。各控制部件并行地执行各自的指令,这是多指令流的含义。各执行部件接受各自控制部件的控制命令,并行地处理各自的数据,这是多数据流的含义。多处理机系统实际上相当于多个单处理机系统的有机组合,可在作业、任务、指令、数组各个层次实现全面的并行操作。图 1.1(c)示意了这种机器的信息流动和部件的关系。

多处理机计算机的应用

计算机的应用范围几乎涉及人类社会的所有领域,下面仅列举常见的几方面应用。

(一) 科学计算

科学计算是计算机应用最早的领域,也是应用非常广泛的领域。例如,数学、物理学、生物学等基础科学的研究,利用计算机进行数值计算,可以节省大量时间、大量人力和物力。例如,20世纪中叶,数学上提出了地图着色的“四色定理”问题,就是用四种颜色画地图,就可以使相邻的两国采用不同的颜色区分。但这一定理在数学上长期得不到精确的证明而成为难题。直到一百年后的1976年,科学家们才利用计算机完成了它的证明而轰动了世界。它在当时的高速计算机上共运算了1600小时,若用人工手算,一个人日夜不停地算需要十几万年!

(二) 自动控制

自动控制涉及面非常大,在工业、农业、国防以及生活等各个领域都需要。特别是微型计算机的出现,使自动控制进入了以计算机为主要控制工具的新阶段。

计算机控制系统在生产中大幅度提高生产效率和产品质量已经是人人皆知的事实。同时还可以达到节约能源、减轻劳动强度和保障生产安全的综合效果。例如,微型机控制的铣床可以加工形状复杂的涡轮叶片,加工精度可以提高到0.01毫米,加工时间从原来的三个星期缩短至四个小时。在二战后兴建的年产100万吨钢的工厂需要生产人员15000人,而70年代新建的年产100万吨钢的工厂,由于采用计算机控制,只需要生产人员1000人,人均产量提高10倍。70年代初,一台年产100万吨的标准带钢热轧机,采用人工控制每周产量1000吨,而采用计算机控制后每周产量可达10万吨,产量提高了100倍。

目前,计算机辅助设计与计算机辅助制造(计算机辅助)、大型加工中心、大型集散控制系统等等已经普遍应用,在工业生产领域中发挥了非常重要的作用并且产生了巨大的经济效益。