

第3章 计算机组成

计算机组成即计算机系统结构的逻辑实现,其任务是研究计算机各组成部分的内部构造和相互联系,以实现机器指令集的各种功能和特性。

本章主要介绍计算机的系统结构、工作原理、性能指标,以及组成计算机的存储系统、中央处理器及外部设备的结构与原理。

3.1 计算机系统结构

计算机系统结构是计算机的机器语言程序员或编译程序编写者所看到的外特性。所谓外特性,就是计算机的概念性结构和功能特性,主要研究计算机系统的基本工作原理,以及在硬件、软件界面划分的权衡策略,建立完整的、系统的计算机软硬件整体概念。

3.1.1 冯·诺依曼体系结构

计算机问世以来,虽然现在的计算机系统从性能指标、运算速度、工作方式、应用领域和价格等方面与当时的计算机有很大的差别,但基本体系结构没有变,都属于冯·诺依曼计算机结构模式。

1. 冯·诺依曼思想的基本要点

冯·诺依曼思想即冯·诺依曼体系结构思想,其最基本的概念是存储程序概念,它奠定了现代计算机的结构基础。从世界第一台数字计算机 ENIAC 到当前最先进的计算机都采用的是冯·诺依曼体系结构。

1) 功能部件

根据冯·诺依曼体系结构构成的计算机,必须具有如下功能:把需要的程序和数据送至计算机中;具有长期记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力;具有能够完成各种算术运算、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的能力;能够根据需要控制程序走向,并能根据指令控制机器的各部件协调工作;能够按照要求将处理结果输出给用户。

为了完成上述功能,计算机必须具备五大基本组成部件,包括输入数据和程序的输入设备、记忆程序 and 数据的存储器、完成数据加工处理的运算器、控制程序执行的控制器、输出处理结果的输出设备。

2) 存储程序原理

冯·诺依曼体系结构思想的核心是采用存储程序原理。存储程序原理是将根据特定问题编写的程序存放在计算机存储器中,然后按存储器中的存储程序的首地址执行程序的第一条指令,以后就按照该程序的规定顺序执行其他指令,直至程序结束执行。

3) 采用二进制形式

冯·诺依曼体系结构计算机中,数据与指令均以二进制代码的形式同存于存储器中,两者在存储器中的地位相同,并可按地址寻访。

2. 计算机体系结构的研究

电子计算机问世以来,冯·诺依曼体系结构一直占据计算机体系结构的统治地位,科学家和工程师们在此基础上不断研究硬件和软件,使 CPU 和存储器技术得到了飞速的发展,也为信息化、网络化奠定了基础。随着人们对信息化的要求越来越高,冯·诺依曼体系结构已经无法满足人们的技术需求和发展要求,对计算机的要求不再仅仅是高速计算,同时更应具备信息处理和智能升级能力。

近年来人们谋求突破传统冯·诺依曼体制的束缚,这种努力被称为非冯·诺依曼化。对所谓非冯·诺依曼化的探讨仍在争议中,一般认为它表现在以下方面的努力。

在冯·诺依曼体制范畴内,对传统冯·诺依曼机进行改造,如采用多个处理部件形成流水处理,依靠时间上的重叠提高处理效率。又如组成阵列机结构,形成单指令流多数据流,提高处理速度。这些方向已比较成熟,成为标准结构。

用多个冯·诺依曼机组成多机系统,支持并行算法结构。这方面的研究目前比较活跃。

从根本上改变冯·诺依曼机的控制流驱动方式。例如,采用数据流驱动工作方式的数据流计算机,只要数据已经准备好,有关的指令就可并行地执行。这是真正非冯·诺依曼化的计算机,它为并行处理开辟了新的前景,但由于控制的复杂性,仍处于实验探索之中。

3.1.2 计算机的总线结构

总线结构是微型计算机的典型结构,其设计目标是以小的硬件代价组成具有较强功能的系统,不仅可以大大减少信息传送线的数目,又可以提高计算机扩充主存及外部设备的灵活性。自微型计算机诞生起就采用了总线结构,随着微型计算机的发展,总线结构也不断地发展变化。

1. 总线结构

总线是一组信号线和相关的控制、驱动电路的集合,是计算机系统各部件之间传输地址、数据和控制信息的公共通道。在微型计算机系统中常把总线作为一个独立部件看待。CPU 通过总线实现读取指令,并实现与内存、外设之间的数据交换。在 CPU、内存与外设确定的情况下,总线速度是制约计算机整体性能的关键,总线的性能对于解决系统瓶颈、提高整个微型计算机系统的性能有着十分重要的影响。采用总线结构具有系统结构简单、系统扩展和更新容易、可靠性高等优点,但在部件之间必须采用分时传送操作,也降低了系统的工作速度。

典型的计算机总线结构由内部总线和外部总线组成。内部总线用于连接 CPU 内部各个模块;外部总线用于连接 CPU、存储器和 I/O 系统,又称为系统总线。

2. 系统总线

根据传送的信息类型,系统总线可分为三种不同功能的总线,即数据总线(Data Bus, DB)、地址总线(Address Bus, AB)和控制总线(Control Bus, CB)。

1) 数据总线

数据总线用于传送数据信息。数据总线是双向三态形式的总线,既可以把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件,也可以将其他部件的数据传送到 CPU。数据总线的位数是微型计算机的一个重要指标,通常与微处理的字长相一致。例如,Intel 8086 微处理器字长 16 位,其数据总线宽度也是 16 位。这里数据的含义是广义的,可以是真正的数

据,也可以是指令代码或状态信息,有时甚至是一个控制信息,因此,在实际工作中,数据总线上传送的并不一定仅仅是真正意义上的数据。

2) 地址总线

地址总线是专门用来传送 CPU 所要访问的存储单元或输入输出接口地址的,由于地址只能从 CPU 传向外部存储器或 I/O 端口,所以地址总线总是单向三态的。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存空间大小,例如 8 位微型计算机的地址总线为 16 位,则其最大可寻址空间为 $2^{16} = 64\text{KB}$,16 位微型计算机的地址总线为 20 位,其可寻址空间为 $2^{20} = 1\text{MB}$ 。一般来说,若地址总线为 n 位,则可寻址空间为 2^n 字节。

3) 控制总线

控制总线用来传送控制信号和时序信号。控制信号中,有的是微处理器送往存储器和 I/O 接口电路的,如读写信号、片选信号、中断响应信号等;也有是其他部件反馈给 CPU 的,如中断申请信号、复位信号、总线请求信号、设备就绪信号等。因此,控制总线的传送方向由具体控制信号而定,一般是双向的,控制总线的位数要根据系统的实际控制需要而定。

按照传输数据的方式划分,可以分为串行总线和并行总线。串行总线中,二进制数据逐位通过一根信号线发送到目的器件;并行总线的数据信号线通常超过 2 根。常见的串行总线有 SPI、I²C、USB 及 RS-232 等。

按照时钟信号是否独立,可以分为同步总线和异步总线。同步总线的时钟信号独立于数据,而异步总线的时钟信号是从数据中提取出来的。SPI、I²C 是同步串行总线,RS-232 采用异步串行总线。

3.2 计算机工作原理与性能指标

计算机的基本原理是存储程序和程序控制。预先要把指挥计算机如何进行操作的指令序列(称为程序)和原始数据通过输入设备输送到计算机内存储器中。每一条指令中明确规定了计算机从哪个地址取数,进行什么操作,然后送到什么地址去等步骤。

3.2.1 计算机工作原理

为使计算机按预定要求工作,首先要编制程序。程序是一个特定的指令序列,它告诉计算机要做哪些事,按什么步骤去做。指令是一组二进制信息的代码,用来表示计算机所能完成的基本操作。

1. 计算机的指令系统

计算机之所以能够自动地进行工作,是由于人们把计算机运行的步骤用命令的形式预先输入存储器中。在工作时,计算机把这些命令一条一条地取出来,加以翻译和执行。把要求计算机执行的各种操作,用命令的形式表示出来就称为指令。通常一条指令包括两方面的内容:操作码和操作数,操作码决定要完成的操作,操作数指参与运算的数据及其所在的地址。

指令系统是指一台计算机能够执行的全部指令的集合,是计算机硬件的语言系统,也叫机器语言。不同类型的计算机有不同的指令系统,指令系统中指令类型的多少,是计算机功能强弱的具体体现。

程序是人们为了解决某一实际问题而设计的一系列指令的有序集合。计算机程序可以分为机器语言程序、汇编语言程序和高级语言程序。机器语言程序是用机器指令(二进制代码表示)编写的,计算机能够直接识别和执行。汇编语言程序是用汇编指令(助记符表示)编写的,必须经汇编程序汇编(翻译)为机器语言程序,计算机才能识别和执行。高级语言程序是使用一些接近人们书写习惯的英语和数学表达式形式的语言编写的,同样需要翻译(编译)成机器语言程序,计算机才能执行。就是说,机器语言程序是计算机唯一能直接识别并执行的程序。

2. 计算机的工作过程

计算机的工作过程,就是执行程序的过程。了解了“程序存储”,再去理解计算机工作过程变得十分容易。如果能让计算机工作,就得先把程序编出来,然后通过输入设备送到存储器保存起来,即程序存储。接下来就是执行程序的问题。根据冯·诺依曼的设计,计算机能自动执行程序,而执行程序又归结为逐条执行指令。计算机的工作过程参见图 3-1。

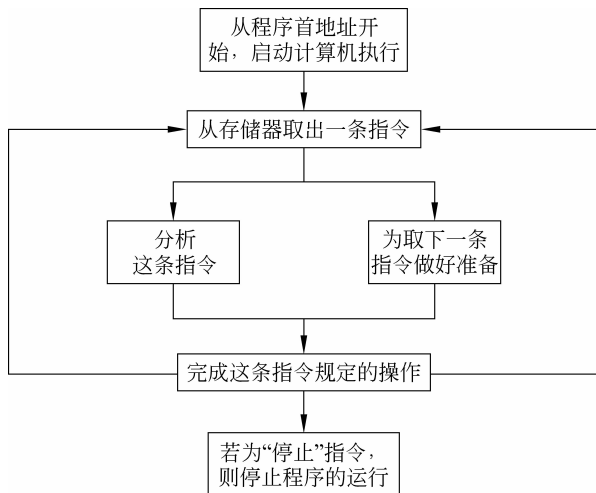


图 3-1 计算机的工作过程

执行一条指令又可分为以下基本操作。

取出指令: 从存储器某个地址中取出要执行的指令,送到 CPU 内部的指令寄存器暂存。

分析指令(指令译码): 把保存在指令寄存器中的指令送到指令译码器,译出该指令对应的微操作。

执行指令: 根据指令译码,向各个部件发出相应控制信号,完成指令规定的各种操作。

为执行下一条指令做好准备,即修改程序计数器的值,形成下一条指令的地址。

3.2.2 计算机的性能指标

机器字长、数据通路宽度、主存容量、运算速度等性能指标可以进一步表征计算机的特性,衡量一台计算机的性能。

1. 机器字长

一般说来,计算机在同一时间内处理的一组二进制数称为一个计算机的“字”,而这组二

进制数的位数就是“字长”。机器字长是指参与运算的数的基本位数,它是由加法器、寄存器的位数决定的,所以机器字长一般等于 CPU 内部寄存器的字长。字长标志着精度,字长越长,计算的精度就越高。倘若字长较短,又要计算位数较多的数据,那么需要经过两次或多次的运算才能完成,这样势必影响整机的运算速度。早期的微型计算机字长一般是 8 位和 16 位,386 以及更高的处理器大多是 32 位。目前市面上的计算机的处理器大部分已达到 64 位。

2. 数据通路宽度

数据总线一次所能并行传送信息的位数,称为数据通路宽度。它影响信息的传送能力,从而影响计算机的有效处理速度。这里所说的数据通路宽度是指外部数据总线的宽度,它与 CPU 内部的数据总线宽度(内部寄存器的大小)有可能不同。有些 CPU 的内、外数据总线宽度相等,例如,Intel 8086、80286、80486 等;有些 CPU 的外部数据总线宽度小于内部,如 8088;也有些 CPU 的外部数据总线宽度大于内部。

3. 主存容量

一个主存储器所能存储的全部信息量称为主存容量。通常,以字节数表示存储容量,这样的计算机称为字节编址的计算机。也有一些计算机是以字为单位编址的,它们用字数乘以字长表示存储容量。计算机的主存容量越大,存放的信息就越多。

4. 运算速度

计算机的运算速度与许多因素有关,如机器的主频、执行什么样的操作以及主存本身的速度等。对运算速度的衡量有不同的方法。

根据不同类型指令在计算过程中出现的频繁程度,乘上不同的系数,求得统计平均值,这时所指的运算速度是平均运算速度。以每条指令执行所需时钟周期数(Cycles Per Instruction,CPI)衡量运算速度;或者以 MIPS 和 MFLOPS 作为计量单位衡量运算速度。MIPS(Million Instructions Per Second)表示每秒执行多少百万条指令;MFLOPS(Million Floating-point Operations Per Second)表示每秒执行多少百万次浮点运算。

除上述性能指标外,还有其他一些因素,对计算机的性能也起重要作用,主要有可靠性、可维护性、可用性、性能价格比等。可靠性即计算机系统平均无故障工作时间;可维护性指计算机的维修效率,通常用故障平均排除时间表示;可用性指计算机系统的使用效率,可以用系统在执行任务的任意时刻所能正常工作的概率表示;性能价格比是一项综合性评估计算机系统的性能指标。性能包括硬件和软件的综合性能,价格是整个计算机系统的价格,与系统的配置相关。

3.3 计算机主机

通常,人们将计算机硬件分为主机与外部设备两大部分。主机主要包含了主存储器及 CPU 等部件,外部设备包含输入输出设备及其连接设备等。

3.3.1 存储系统

计算机存储系统是由几个容量、速度和价格各不相同的存储器构成的系统。设计一个容量大、速度快、成本低的存储系统是计算机发展的一个重要课题。

1. 存储系统层次结构

随着计算机系统结构和存储技术的发展,存储器的种类日益繁多。按存储器在计算机系统中的作用,可分为主存储器、辅助存储器、高速缓冲存储器等类型。

1) 主存储器

主存储器用来存放计算机运行期间所需要的程序和数据,CPU可直接随机地进行读写访问,主存储器容量较小,存取速度较高。由于CPU要频繁地访问主存储器,而主存储器的速度往往比CPU慢很多,所以主存储器的性能在很大程度上影响了整个计算机系统的性能。

2) 辅助存储器

辅助存储器用来存放当前暂不参与运行的程序和数据以及一些需要永久保存的信息。辅助存储器设在主机外部,容量极大且成本低,但存取速度较低,而且CPU不能直接访问它。辅助存储器中的信息必须经操作系统调入主存储器后,CPU才能使用。

3) 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器(cache)位于主存储器和CPU之间,用来存放正在执行的程序和数据使CPU能高速地使用它们。高速缓冲存储器的存取速度可以与CPU的速度相匹配,但存储容量较小,价格较高。目前的高档微型计算机通常将它们或它们的一部分制作在CPU芯片中。

为了解决存储容量、存取速度和价格之间的矛盾,通常把各种不同存储容量、不同存取速度的存储器,按一定的体系结构组织起来,形成一个统一完整的存储系统。

由高速缓冲存储器、主存储器、辅助存储器构成的三级存储系统可以分为两个层次,其中高速缓冲存储器和主存储器间的“cache-主存”存储层次称为高速缓存系统,“主存-辅存”存储层次称为虚拟存储系统。

高速缓存系统是为解决主存速度不足而提出来的。在cache和主存储器之间,增加辅助硬件,让它们构成一个整体。从CPU看,该存储系统整体的速度接近cache的速度,容量是主存储器的容量,价格接近于主存储器的价格。由于高速缓存系统全部用硬件调度,因此它对系统程序员和应用程序员都是透明的。

虚拟存储系统是为解决主存储器容量不足而提出来的。在主存储器和辅助存储器之间,增加辅助的软硬件,让它们构成一个整体。从CPU看,该存储系统整体的速度接近主存储器的速度,容量是虚拟的地址空间的容量,价格却接近于辅助存储器的价格。由于虚拟存储系统需要通过操作系统来调度,因此对系统程序员是不透明的,但对应用程序员是透明的。

2. 主存储器的组织

主存储器是整个存储系统的核心,它用来存放计算机运行期间所需要的程序和数据,CPU可直接随机地对它进行访问。

冯·诺依曼计算机是以主存储器为中心的结构,由主存储器直接向CPU和I/O设备交换信息。主存储器作为计算机的记忆核心作用可体现在,主存储器是计算机中信息存储的核心;主存储器是CPU与外界进行数据交换的窗口,CPU所执行的程序和所涉及的数据都由主存储器直接提供,运算的结果一般也要送回主存储器;主存储器可以与CPU有机结合,达到高速、准确运算的目的。

主存储器被划分为若干个存储单元,存储单元从0开始顺序编号。存储单元是CPU对主存储器可访问操作的最小存储单位。

计算机主存储器采用半导体存储器,主要类型有以下三种。

1) 随机存储器

随机存储器(Random Access Memory, RAM)又称读写存储器,存储单元的内容可按需随意取出或存入,且存取的速度与存储单元的位置无关。这种存储器在断电时将丢失其存储内容,故主要用于存储短时间使用的程序。按照存储信息不同,随机存储器又分为静态随机存储器(Static RAM, SRAM)、动态随机存储器(Dynamic RAM, DRAM)。

SRAM是一种具有静止存取功能的内存,不需要刷新电路即能保存它内部存储的数据,特点是存取速度快,价格高,体积大,不能作为用量较大的主存,而常用于高速缓存。

DRAM即通常所说的系统内存。DRAM使用电容存储,只能将数据保持很短的时间,为了保持数据,必须隔一段时间刷新(refresh)一次。如果存储单元没有被刷新,存储的信息就会丢失。

2) 只读存储器

只读存储器(Read Only Memory, ROM)是一种工作时只能读出,不能写入信息的存储器。ROM所存数据稳定,断电后数据也不会丢失,通常用来存放固定不变的程序、汉字字型库、字符及图形符号等。由于它和读写存储器分享主存储器的同一地址空间,故仍属于主存储器的一部分。

ROM中的信息在出厂前通过特殊设备写入,使用时不能改变或写入新信息。为便于使用和大批量生产,进一步发展了可编程只读存储器(PROM)、可擦除编程只读存储器(EPROM)、电可擦除编程只读存储器(EEPROM)、闪存(flash memory)等。

PROM芯片开始时是没有任何信息的,一旦通过特殊可编程设备将信息写入,将永久存储这些信息并且不能改变。

EPROM可利用高电压将数据编程写入,抹除时将线路曝光于紫外线下,则数据可被清空,并且可重复使用。通常在封装外壳上会预留一个石英透明窗以方便曝光。

EEPROM与EPROM相似,但是擦除的方式是使用电脉冲,因此不需要透明窗。

闪存是EEPROM的变种,与EEPROM不同的是,EEPROM能在字节水平上进行擦除和重写而不是整个芯片擦写,而闪存的大部分芯片需要块擦除。由于其断电时仍能保存数据,闪存通常被用来保存设置信息,如在计算机的BIOS(基本输入输出程序)、PDA(个人数字助理)、数码相机中保存资料等。

3) 互补金属氧化物存储器

互补金属氧化物存储器(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)与RAM的区别在于,CMOS芯片功耗很低,通过电池提供电源,即当关机时其存储的信息不会丢失;而它与ROM的区别在于,它的存储内容是可以更新的。因此,CMOS常保存计算机的硬件配置和用户对某些参数的设定(如日期、时间、启动设置等),即BIOS设置。

3. 主存储器的技术指标

主存储器的主要技术指标有存储容量、存取速度、可靠性、功耗、性价比等。

1) 存储容量

对于字节编址的计算机,以字节数表示存储容量;对于字编址的计算机,以字数与其字

长的乘积表示存储容量。如某机的主存储器容量为 $64\text{Kb} \times 16$, 表示它有 2^{16} 个存储单元, 每个存储单元的字长为 16 位, 若改用字节数表示, 则可记为 128KB。

2) 存取速度

主存储器的存取速度通常由存取时间 T_a 、存取周期 T_m 和主存带宽 B_m 等参数来描述。存取时间又称为访问时间或读写时间, 它是指从启动一次存储器操作到完成该操作所经历的时间。显然 T_a 越小, 存取速度越快。存取周期又可称作读写周期, 是指主存进行一次完整的读写操作所需的全部时间, 即连续两次访问存储器操作之间所需要的最短时间。与存取周期密切相关的指标是主存储器的带宽, 它又称为数据传输率, 表示每秒从主存储器进出信息的最大数量, 单位为字每秒或字节每秒或位每秒。目前, 主存储器提供信息的速度还跟不上 CPU 处理指令和数据的速度, 所以, 主存储器的带宽是改善计算机系统性能瓶颈的一个关键因素。为了提高主存储器的带宽, 可以采取的措施有缩短存取周期、增加存储字长、增加存储体。

3) 可靠性

可靠性是指在规定的时间内, 存储器无故障读写的概率。通常, 用平均无故障时间 (Mean Time Between Failures, MTBF) 来衡量可靠性。MTBF 可以理解为两次故障之间的平均时间间隔, MTBF 越长, 说明存储器的可靠性越高。

4) 功耗

功耗是一个不可忽视的问题, 它反映了存储器件耗电多少, 也反映了其发热的程度。

5) 性价比

性价比是衡量存储器经济性能好坏的综合性指标。这项指标与存储器的结构和外围电路以及用途、要求、使用场合等诸多因素有关。

3.3.2 中央处理器

中央处理器 (Central Processing Unit, CPU) 是计算机系统的核心。微型计算机的 CPU 是由一块超大规模集成电路组成, 称为微处理器 (microprocessor), 大、中、小型计算机的 CPU 则由多块超大规模集成电路组成。

1. CPU 的基本结构

CPU 包括算术逻辑单元、寄存器和控制单元等。CPU 的结构示意图参见图 3-2。

1) 算术逻辑单元

算术逻辑单元 (Arithmetic Logic Unit, ALU) 可以执行定点或浮点的算术运算操作、移位操作以及逻辑操作, 也可执行地址的运算和转换。

2) 寄存器

寄存器包括通用寄存器、专用寄存器和控制寄存器。通用寄存器又可分定点数和浮点数两类, 它们用来保存指令中的寄存器操作数和操作结果。通用寄存器是中央处理器的重要组成部分, 大多数指令都要访问到通用寄存器。通用寄存器的宽度决定计算机内部的数据通路宽度, 其端口数目往往可影响内部操作的并行性。专用寄存器是为了执行一些特殊操作所需用的寄存器。控制寄存器通常用来指示机器执行的状态, 或者保持某些指针, 有处理状态寄存器、地址转换目录的基地址寄存器、特权状态寄存器、条件码寄存器、处理异常事故寄存器以及检错寄存器等。

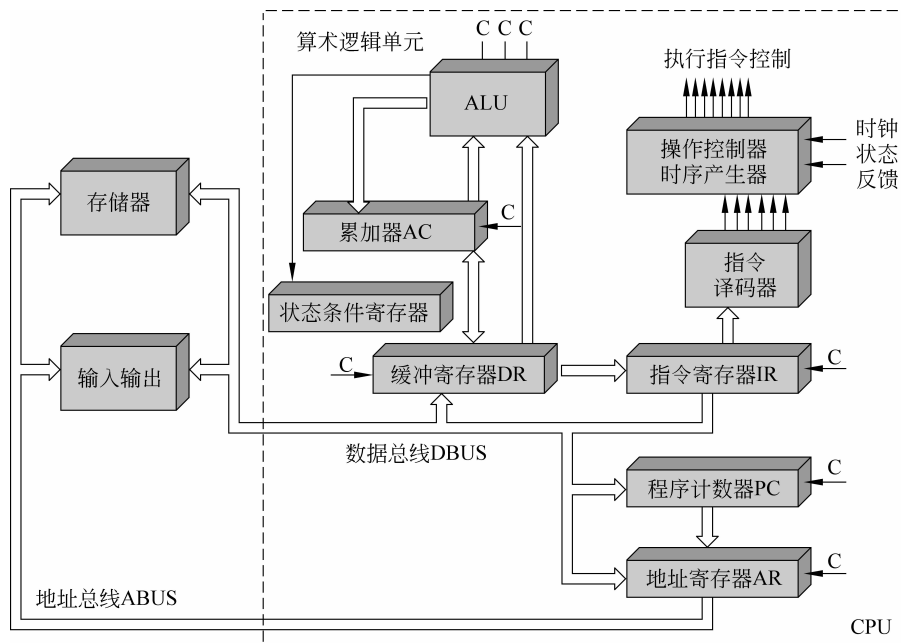


图 3-2 CPU 的结构

有的时候,中央处理器中还有一些缓存,用来暂时存放一些数据指令,缓存越大,说明 CPU 的运算速度越快。

3) 控制单元

控制单元主要负责对指令译码,并且发出为完成每条指令所要执行的各个操作的控制信号。

2. CPU 的主要技术参数

CPU 品质的高低直接决定了一个计算机系统的档次,而 CPU 的主要技术参数可以反映出 CPU 的大致性能。

1) 主频

主频也叫时钟频率(CPU Clock Speed),单位是 MHz,用来表示 CPU 的运算速度。CPU 的主频=外频×倍频系数,主频表示在 CPU 内数字脉冲信号震荡的速度。主频和实际的运算速度是有关的,但主频仅仅是 CPU 性能表现的一个方面,而不代表 CPU 的整体性能。

2) 外频

外频是 CPU 的基准频率,单位也是 MHz。CPU 的外频决定着整块主板的运行速度。在台式机中所说的超频,都是超 CPU 的外频,但对于服务器 CPU 来讲,超频是绝对不允许的。目前的绝大部分计算机系统中外频也是内存与主板之间的同步运行的速度。

3) 前端总线频率

前端总线(FSB)频率(即总线频率)直接影响 CPU 与内存数据交换速度。有一条公式可以计算,即数据带宽=(总线频率×数据带宽)/8,数据传输最大带宽取决于所有同时传输的数据的宽度和传输频率。例如,支持 64 位的“至强”Nocona CPU,前端总线是 800MHz,

按照公式,它的数据传输最大带宽是 6.4GB/s。

前端总线频率与外频的区别是,前端总线的速度指的是数据传输的速度,外频是 CPU 与主板之间同步运行的速度。

4) CPU 的位和字长

能处理字长为 8 位数据的 CPU 通常称为 8 位的 CPU,同理 32 位的 CPU 就能在单位时间内处理字长为 32 位的二进制数据。字长的长度是不固定的,对于不同的 CPU,字长的长度也不一样。8 位的 CPU 一次只能处理 1 字节,而 32 位的 CPU 一次就能处理 4 字节,同理字长为 64 位的 CPU 一次可以处理 8 字节。

5) 倍频系数

倍频系数是指 CPU 主频与外频之间的相对比例关系。在相同的外频下,倍频越高 CPU 的频率也越高。但实际上,在相同外频的前提下,高倍频的 CPU 本身意义并不大。这是因为 CPU 与系统之间数据传输速度是有限的,一味追求高倍频而得到高主频的 CPU 就会出现明显的“瓶颈”效应,CPU 从系统中得到数据的极限速度不能够满足 CPU 运算的速度。

6) 缓存

缓存大小也是 CPU 的重要指标之一,而且缓存的结构和大小对 CPU 速度的影响非常大,CPU 内缓存的运行频率极高,一般是和处理器同频运行,工作效率远远大于系统内存和硬盘。实际工作时,CPU 往往需要重复读取同样的数据块,而缓存容量的增大,可以大幅度提升 CPU 内部读取数据的命中率,而不用再到内存或者硬盘上寻找,以此提高系统性能。但是由于 CPU 芯片面积和成本的因素,缓存都很小。

7) CPU 内核和 I/O 工作电压

从 586CPU 开始,CPU 的工作电压分为内核电压和 I/O 电压两种,通常内核电压小于等于 I/O 电压。其中内核电压的大小是根据 CPU 的生产工艺而定,I/O 电压一般都在 1.6~5V。低电压能解决耗电过大和发热过高的问题。

8) 制造工艺

线宽是指芯片上门电路的宽度,实际上门电路之间连线的宽度与门电路的宽度相同,所以可以用线宽来描述制造工艺。线宽越小,意味着芯片上包括的晶体管数目越多。Pentium II 的线宽是 $0.35\mu\text{m}$,集成 750 万个晶体管;Pentium III 的线宽是 $0.25\mu\text{m}$,集成 950 万个晶体管;Pentium 4 的线宽是 $0.18\mu\text{m}$,集成 4200 万个晶体管。

3.4 计算机外部设备

外部设备是计算机系统不可缺少的重要组成部分,用户使用计算机时,接触最多的就是外部设备。外部设备是计算机与外部世界之间联系的桥梁。随着计算机技术的快速发展和应用领域的扩展,计算机系统需要的外部设备的种类越来越多。

3.4.1 外部设备的地位与作用

在计算机硬件系统中,外部设备是相对于计算机主机来说的。凡是计算机主机处理数据前后,负责把数据输入计算机主机、对数据加工处理及输出处理结果的设备都称为外部设

备。外部设备也称为外围设备,在计算机系统中起着重要作用。

1. 外部设备的地位

长期以来,在计算机系统中对外部设备部分的重视较少,说起计算机系统的性能,往往只提 CPU 的性能,许多人认为 CPU 的速度就是计算机的速度,加之外部设备又冠以“外部”和“外围”的前缀,因此往往受到人们的忽视。

其实,从计算机系统整体的角度来看,外部设备是计算机和外部世界联系的纽带、接口和界面。没有外部设备,计算机将无法工作。随着大规模集成电路技术的发展,主机的价格越来越低,而外部设备的价格在整个计算机系统中所占的比例越来越高,外部设备在计算机系统中所占据的地位变得越来越重要了。计算机的性能主要由系统中最慢的部分(称为系统瓶颈)决定。在 CPU 的性能以摩尔速度飞速发展时,要是外部设备的性能不随之改进的话,即使 CPU 再快也没有多大意义,整机性能的提高将受到外部设备性能的严重制约。

2. 外部设备的作用

外部设备在计算机系统中的作用主要体现在如下几个方面。

1) 人机对话的通道

无论是微型计算机系统,还是小、中、大型计算机系统,要把数据、程序送入计算机或要把计算机的计算结果及各种信息送出来,都要通过外部设备实现。

2) 完成数据媒体变换的设备

将各种信息变成计算机能识别的二进制代码形式,再输入计算机;同样,经计算机加工处理的结果也必须变换成人们所熟悉的表示方式(例如,十进制形式),这两种变换只能通过外部设备实现。

3) 计算机系统软件和信息的存放地

随着计算机技术的发展,系统软件、数据库和待处理的信息量越来越大,因此,以磁盘存储器或光盘存储器为代表的辅助存储器已成为系统软件、数据库及各种信息的存放地。

4) 计算机在各领域应用的桥梁

随着计算机应用范围的扩大,已从早期的数值计算扩展到文字、表格、图形、图像和语音等非数值信息的处理。为了适应这些处理,各种新型的外部设备陆续被制造出来。由此可见,无论哪个领域、哪个部门,只有配置了相应的外部设备,才能使计算机在这些方面获得广泛的应用。

3.4.2 外部设备的种类

外部设备种类繁多,有的设备兼有多种功能,到目前为止,很难对外部设备作出准确的分类。按照功能的不同,外部设备大致可以分为输入设备、显示设备、打印设备、外部存储器和网络设备五大类。

1. 输入设备

输入设备(input device)是人或外部与计算机进行交互的一种装置,用于把原始数据和处理这些数据的程序输入计算机中。现在的计算机能够接收各种各样的数据,既可以是数值型的数据,也可以是各种非数值型的数据,如图形、图像、声音等都可以通过不同类型的输入设备输入计算机中,进行存储、处理和输出。

常见的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、数码绘图板、轨迹球、数字化仪、磁卡输入设备、语音输入设备、影像输入设备等。

2. 输出设备

输出设备包括显示设备、打印设备及声音设备等。

显示设备在计算机输出设备中相当于人体的眼睛。人们要了解操作是否正确,结果是什么,通常都通过显示设备来观察。计算机显示设备主要有 CRT 显示器、LCD 显示器、等离子显示器和投影机等。而用于微型计算机中的主要是 CRT 显示器和 LCD 显示器。

打印设备是计算机重要的输出设备,将计算机的运算结果或中间结果以人所能识别的数字、字母、符号和图形等,依照规定的格式印在介质上。打印设备的种类很多,按打印元件对纸是否有击打动作,分击打式打印机与非击打式打印机;按打印字符结构,分全形字打印机和点阵字符打印机;按一行字在纸上形成的方式,分串式打印机与行式打印机;按所采用的技术,分柱形、球形、喷墨式、热敏式、激光式、静电式、磁式、发光二极管式等打印机。衡量打印设备好坏的指标有打印分辨率、打印速度和噪声等。

声音输出设备是音箱,其作用是把音频电能转换成相应的声能,并把它辐射到空间。

3. 外部存储器

外部存储器是用来存储计算机中不直接与运算器发生联系的那些指令和数据等信息的设备。它最初主要用来扩充计算机内存的容量,但随着计算机体系结构的变化,后来成为联机实时、分时系统的随机存储体系中不可缺少的部分,软件和数据等信息大都存放在高速外存中。

外存能长期保存信息,并且不依赖于电来保存信息。但是由机械部件带动,其速度与内存相比就显得慢很多。外存储器不直接与运算器和控制器交换信息,而是在处理机控制下,通过外部控制部件把所需的数据和程序随时送到内存储器,并把运算过程中的结果存储起来。这样就解决了速度和容量、造价之间的矛盾。

常见的外部存储器有软磁盘存储器、硬磁盘存储器、磁带存储器、光盘存储器以及移动存储器等。

磁盘盘片是一种表面涂以磁性材料的圆盘片,盘片分上、下两面,以圆心为主轴,将盘片逻辑划分成若干个同心圆,称为磁道,每个磁道又分为若干个 V 形的部分称为扇区,每扇区存放 512B 的信息。最广泛使用的 1.44MB 双面高密度软盘的存储容量为: $2 \text{面} \times 80 \text{磁道} \times 18 \text{扇区} \times 512\text{B}/\text{扇区} \approx 1.44\text{MB}$ 。

硬盘使用厚的、刚性的金属磁盘片,盘片与驱动器封装在一起。硬盘能快速地存储和读取信息,并且其容量远远大于软盘。其存储容量的计算公式为: $\text{容量} = \text{柱面数} \times \text{扇区数} \times \text{每扇区字节数} \times \text{磁头数}$ (硬盘每个盘面相同编号的磁道形成一个圆柱,称为柱面)。

光盘存储器通过激光束改变塑料或金属盘片的表面来表示数据,存储容量大,信息保存时间长。有 CD 光盘、DVD 光盘等。

移动存储指便携式的数据存储装置,主要有移动硬盘、闪存盘和各种存储卡。随着信息技术的发展,移动存储介质已经在信息领域得到广泛应用,目前 PC 上已很少使用软盘存储器。

4. 网络设备

为了高速、准确地进行信息传送,达到资源共享,提高计算机的利用率,往往把许多计算

机系统通过专门的设备和通信线路连成计算机网络。随着计算机技术的飞速发展,计算机网络已经渗透到社会的各个领域,与我们的生活密切相关。网络控制着社会经济的发展,也使人们的工作和生活方式发生了巨大的变化。计算机与计算机、工作站与服务器进行连接时,除了使用连接介质外,还需要网络传输介质互联设备、网络物理层互联设备、数据链路层互联设备、网络层互联设备和应用层互联设备等中介设备。

5. 过程控制设备

当计算机进行实时控制时,需要从控制对象取得参数,而这些原始参数大多数是模拟量,需要先用模数转换器将模拟量转换为数字量,然后输入计算机进行处理。经计算机处理后的控制信息,需先经数模转换器把数字量转换成模拟量,再送到执行部件对控制对象进行自动调节。模数、数模转换设备均是过程控制设备,有关的检测设备也属于过程控制设备。

3.4.3 主机与外设的连接

现代计算机系统中外部设备的种类繁多,各类外部设备不仅结构和工作原理不同,而且与主机的连接方式也是复杂多变的。

1. 扩展槽和适配卡

现代计算机使用开放体系结构,允许用户通过系统主板所提供的扩展槽增加新的设备,其方法是插入适配卡到系统主板的扩展槽上,然后通过适配卡的端口和连接电缆连接适配卡和外部设备。常用的适配卡有网卡、显卡、声卡等,由于集成度不断提高,目前很多的系统主板芯片中已集成这些部件,可以直接通过主板的输入输出接口连接外部设备。

2. 输入输出接口

由于主机和外设各自具有自己的工作特点,它们在信息形式和工作速度上具有很大的差异,接口正是为了解决这些差异而设置的。输入输出接口(I/O接口)是主机和外设之间的连接部件,通过接口可以实现主机和外设之间的信息交换,主要有数据信息、控制信息、状态信息、联络信息、外设识别信息等。

输入输出接口的功能主要有:

1) 主机和外设通信联络

实现主机和外设的通信联络,控制接口中的同步控制电路用来解决主机与外设的时间配合问题。

2) 地址译码和设备选择

任何一个计算机系统都配备多种外设,同一种外设也可能配备多台,主机在不同时刻要与不同外设交换信息,当CPU送来选择外设的地址码后,接口必须对地址进行译码以产生设备选择信息,使主机能和指定外设交换信息。

3) 数据缓冲

在接口电路中,一般设置一个或几个数据缓冲寄存器,用于数据的暂存,以避免因速度不一致而丢失数据。在传送过程中,先将数据送入数据缓冲寄存器中,然后送到输出设备或主机中。

4) 数据格式变换

在输入或输出操作过程中,为了满足主机或外设的各自要求,接口电路中必须具有实现

各类数据相互转换的功能。例如,并-串转换、串-并转换、模-数转换、数-模转换以及二进制数和 ASCII 码的相互转换等。

5) 传递控制命令和状态信息

当 CPU 要启动某一外设时,通过接口中的命令寄存器向外设发出启动命令;当外设准备就绪时,则有“准备好”状态信息送回接口中的状态寄存器,为 CPU 提供反馈信息,告诉 CPU,外设已经具备与主机交换数据的条件。

3. 外设的识别与端口寻址

为了能在众多的外设中寻找或挑选出要与主机进行信息交换的外设,就必须对外设进行编址。外设识别是通过地址总线和接口电路中的外设识别电路实现的,I/O 端口地址就是主机与外设直接通信的地址,CPU 可以通过端口发送命令、读取状态和传送数据。实现对这些端口的访问就是 I/O 端口的编址方式。

1) 端口地址编址方式

I/O 端口编址方式有两种:一种是独立编址方式,即把 I/O 端口地址与存储器地址分别进行独立的编址;另一种是存储器映射方式,即把端口地址与存储器地址统一编址。

在独立编址方式中,主存地址空间和 I/O 端口地址空间是相对独立的,分别单独编址。例如,在 8086 中,其主存地址范围是 00000H~FFFFFFH 连续的 1MB,其 I/O 端口的地址范围是 0000H~FFFFH,它们互相独立,互不影响。CPU 访问主存时,由主存读写控制线控制;访问外设时,由 I/O 读写控制线控制,所以在指令系统中必须设置专门的 I/O 指令。当 CPU 使用 I/O 指令时,其指令的地址字段直接或间接地指示出端口地址。这些端口地址被接口电路中的地址译码器接收并且进行译码,符合者就是 CPU 所指定的外设寄存器,该外设寄存器将被 CPU 访问。

统一编址方式中,I/O 端口地址和主存单元的地址是统一编址的,把 I/O 接口中的端口作为主存单元一样进行访问,不设置专门的 I/O 指令。当 CPU 访问外设时,把分配给该外设的地址码(具体到该外设接口中的某一寄存器号)送到地址总线上,然后各外设接口中的地址译码器对地址码进行译码,如果符合即是 CPU 指定的外设寄存器。

2) 独立编址方式的端口访问

独立编址方式在计算机中得到广泛应用,Intel 80x86 的 I/O 地址空间由 2^{16} 个独立编址的 8 位端口组成。两个连续的 8 位端口可作为 16 位端口处理;4 个连续的 8 位端口可作为 32 位端口处理。因此,I/O 地址空间最多能提供 2^{16} 个 8 位端口、 2^{15} 个 16 位端口、 2^{14} 个 32 位端口或总容量不超过 64KB 的不同端口的组合。

80x86 的专用 I/O 指令 IN 和 OUT 有直接寻址和间接寻址两种类型。直接寻址 I/O 端口的寻址范围为 0000H~00FFH,最多为 256 个端口地址。

间接寻址由 DX 寄存器间接给出 I/O 端口地址。DX 寄存器长 16 位,所以最多可寻址 64K 个端口地址。

4. 输入输出信息传送控制方式

主机和外设之间的信息传送控制方式,经历了由低级到高级、由简单到复杂、由集中管理到各部件分散管理的发展过程,按其发展的先后次序和主机与外设并行工作的程度,可以分为以下 4 种。

1) 程序查询方式

程序查询方式是一种程序直接控制方式,这是主机与外设间进行信息交换的最简单方式,输入和输出完全是通过 CPU 执行程序完成的。一旦某一外设被选中并启动,主机将查询这个外设的某些状态位,看其是否准备就绪。若外设未准备就绪,主机将再次查询;若外设已准备就绪,则执行一次 I/O 操作。

这种方式控制简单,但外设和主机不能同时工作,各外设之间也不能同时工作,系统效率很低,因此,仅适用于外设的数目不多,对 I/O 处理的实时要求不高的情况。

2) 程序中断方式

在主机启动外设后,无须等待查询,而是继续执行原来的程序,外设在做好输入输出准备时,向主机发中断请求,主机接到请求后就暂时中止原来执行的程序,转去执行中断服务程序对外部请求进行处理,在中断处理完毕后返回原来的程序继续执行(见图 3-3)。显然,程序中断不仅适用于外部设备的输入输出操作,也适用于对外界发生的随机事件的处理。

程序中断在信息交换方式中处于最重要的地位,它不仅允许主机和外设同时并行工作,并且允许一台主机管理多台外设,使它们同时工作。但是完成一次程序中断还需要许多辅助操作,当外设数目较多时,中断请求过分频繁,可能使 CPU 应接不暇;另外,对于一些高速外设,由于信息交换是成批的,如果处理不及时,可能会造成信息丢失,因此,它主要适用于中速、低速外设。

3) 直接存储器存取方式

直接存储器存取方式(Direct Memory Access, DMA)是在主存和外设之间开辟直接的数据通路,可以进行基本上不需要 CPU 介入的主存和外设之间的信息传送,这样不仅能保证 CPU 的高效率,而且能满足高速外设的需要。

DMA 方式只能进行简单的数据传送操作,在数据块传送的起始和结束时还需 CPU 及中断系统进行预处理和后处理。

4) I/O 通道控制方式

I/O 通道控制方式是 DMA 方式的进一步发展,在系统中设有通道控制部件,每个通道挂若干外设,主机在执行 I/O 操作时,只需启动有关通道,通道将执行通道程序,从而完成 I/O 操作。

通道是一个具有特殊功能的处理器,它能独立地执行通道程序,产生相应的控制信号,实现对外设的统一管理和外设与主存之间的数据传送。但它不是一个完全独立的处理器。它要在 CPU 的 I/O 指令指挥下才能启动、停止或改变工作状态,是从属于 CPU 的一个专用处理器。

目前,小型、微型计算机大多采用程序查询方式、程序中断方式和 DMA 方式;大、中型机多采用通道方式。

5. 常用的输入输出接口

输入输出接口是系统单元和外部设备的连接,有些接口专门用于连接特定的设备,而多数接口则具有通用性,它们可以连接各种各样的外设。

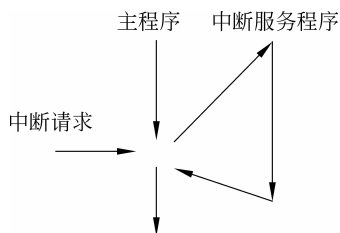


图 3-3 中断的概念

常用的接口主要包括以下几种。

1) 串行口

串行口用于把像 modem 这种低速外部设备与微型计算机连接,传送信息的方式是一位一位地依次进行。串行口一直被视作计算机最基础的外部连接设备之一,虽然许多较新的系统在采用 USB 连接设备后,已经彻底放弃了串行口,但大多数调制解调器都仍然在使用,一些打印机、掌上电脑和数码相机也是如此。

2) 并行口

并行口多用于连接打印机等高速外部设备,传送信息的方式是按字节进行,即 8 个二进制位同时进行。

3) 通用串行总线口

通用串行总线口(Universal Serial Bus,USB)是串行口和并行口的最新替换技术,用于规范计算机与外部设备的连接和通信。USB 具有传输速度快(USB 1.1 是 12Mb/s,USB 2.0 是 480Mb/s,USB 3.0 是 5Gb/s),使用方便,支持热插拔,连接灵活,独立供电等优点,可以连接鼠标、键盘、打印机、扫描仪、摄像头、闪存盘、MP3、手机、数码相机、移动硬盘等几乎所有的外部设备,成为当今个人计算机和大量智能设备必配的口之一。

4) “火线”口

“火线”(firewire)又称为 IEEE 1394 总线,是一种高效串行接口,支持即插即用,能实现点对点、同步和异步传输,最高速率可达 400Mb/s。用于高速打印机和数码影像设备到系统单元的连接。

5) 无线接口

无线传输的优势在于在一定的范围内,允许设备之间不通过连接电缆进行数据传输。如红外接口是一种红外线无线传输协议以及基于该协议的无线传输接口,由于红外线的波长较短,对障碍物的衍射能力差,所以更适合应用在需要短距离无线通信的场合,进行点对点的直线数据传输。蓝牙(bluetooth)技术,实际上是一种短距离无线电技术,在 10~100m 的空间内,支持点对点及点对多点通信,工作在全球通用的 2.4GHz ISM(即工业、科学、医学)频段,其数据速率为 1Mb/s,采用时分双工传输方案实现全双工传输。

6) 音频系统接口

目前的声卡具有音频输入输出接口、话筒输入接口(MIC)、MIDI/游戏手柄接口等。

3.5 思考与讨论

3.5.1 思考题

- (1) 通常将计算机硬件结构划分为哪几部分? 各部分的功能是什么?
- (2) 什么叫总线? 总线结构有何特点?
- (3) 什么是计算机指令系统?
- (4) 计算机的性能指标有哪些?
- (5) 中央处理器由哪几部分组成?
- (6) 常见外部设备有哪些?

3.5.2 课外讨论

- (1) 冯·诺依曼计算机的特点是什么?
- (2) 指令和数据都存于存储器中,计算机如何区分它们?
- (3) 从存储程序和程序控制两个方面说明计算机的基本原理。
- (4) 计算机存储器分为主存储器、辅助存储器、高速缓冲存储器等类型,它们的主要区别是什么?
- (5) 计算机外部设备在计算机系统中占据的地位如何?
- (6) 同种类的外部设备接入计算机系统时,应解决哪些主要问题?

第4章 操作系统

计算机发展到今天,从个人计算机到超级计算机,无一例外都配置一种或多种操作系统。操作系统在计算机系统中占据着非常重要的地位,它不仅是硬件与所有其他软件之间的接口,而且是整个计算机系统的控制和管理中心。操作系统是计算机系统中必不可少的关键组成部分。

本章介绍操作系统的地位、特征、功能等基本概念,操作系统的类型、发展过程、研究与设计方法,以及典型操作系统。

4.1 操作系统概述

操作系统是管理计算机硬件与软件资源的程序集合,是计算机系统的内核与基石。操作系统理论在计算机科学中为历史悠久而又活跃的分支,而操作系统的设计与实现则是软件工业的基础与内核。

4.1.1 操作系统的概念

操作系统(Operating System, OS)是计算机中最重要的一种系统软件。操作系统能有效地组织和管理计算机系统硬件及软件资源,合理地组织计算机工作流程,控制程序的执行,并向用户提供各种服务功能,使得用户能够灵活、方便、有效地使用计算机,使整个计算机系统能高效地运行。

1. 操作系统的地位

硬件系统是整个计算机系统的基础,通常只有硬件系统的计算机称为裸机。操作系统是建立在裸机之上的第一层软件,是对硬件资源的首次扩充,其他软件都是建立在操作系统的基础之上的,通过操作系统对硬件功能进行管理,并在操作系统的统一管理和支持下运行。因此,操作系统在整个计算机系统中占据着特殊的重要的地位,它是硬件与所有其他软件的接口,是用户与计算机的接口,更是整个计算机系统的管理与控制中心。图 4-1 为计算机硬件和软件构成的层次关系。

操作系统是一个大型的软件系统,其功能复杂,体系庞大。从不同的角度看的结果也不同,正是“横看成岭侧成峰”,下面通过最典型的两个角度来分析。

1) 程序员角度的操作系统

如果没有操作系统,程序员在开发软件的时候就必须陷入复杂的硬件实现细节。程序员并不想涉足这个可怕的领域,而且大量的精力花费在这个重复的、没有创造性的工作上也使得程序员无法集中精力放在更具有创造性的程序设计工作中。程序员需要的是一种简单的、

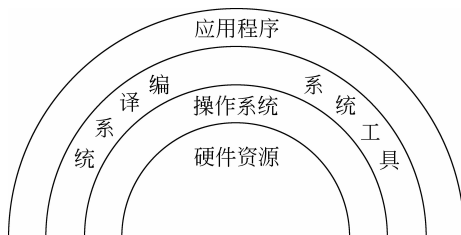


图 4-1 计算机硬件和软件构成的层次关系

高度抽象的,可以与之打交道的设备。将硬件细节与程序员隔离开来,这当然就是操作系统。

从这个角度看,操作系统的作用是为用户提供一台等价的扩展机器,也称虚拟机,它比底层硬件更容易编程。

2) 使用者角度的操作系统

操作系统用来管理一个复杂系统的各个部分。操作系统负责在相互竞争的程序之间有序地控制对 CPU、内存及其他 I/O 接口设备的分配。比如说,在一台计算机上运行了三个程序,它们试图同时在同一台打印机上输出计算结果。那么头几行可能是程序 1 的输出,下几行是程序 2 的输出,然后又是程序 3 的输出,等等。最终结果将是一团糟。这时,操作系统采用将打印输出送到磁盘上的缓冲区的方法就可以避免这种混乱。在一个程序结束后,操作系统可以将暂存在磁盘上的文件送到打印机输出。

从这种角度来看,操作系统则是系统的资源管理者。

总之,操作系统是管理计算机系统的软硬件资源,使之正常运行的系统软件,是为用户提供人机操作界面的系统软件。

2. 操作系统提供的服务

用户程序的执行需要一个良好的运行环境,因此,操作系统为用户程序提供了一系列的服务,其服务类型主要有公共服务类型和系统调用类型。

操作系统的公共服务类型主要有程序执行、I/O 操作、文件系统操作、资源分配、拥挤和保护、通信和差错检测。系统调用类型是根据操作系统所提供服务的功能决定的。系统调用分为进程管理、设备管理、文件操作、信息维护及通信。

3. 操作系统的种类

操作系统的种类很多。如果按应用领域划分,操作系统主要包括桌面操作系统、服务器操作系统和嵌入式操作系统三种。

1) 桌面操作系统

桌面操作系统主要用于个人计算机。个人计算机市场从硬件架构上来说主要分为 PC 与 Mac 两大阵营。从软件上可主要分为两大类,分别为类 UNIX 操作系统和 Windows 操作系统。UNIX 和类 UNIX 操作系统包括 Mac OS X、Linux 发行版(如 Debian、Ubuntu、Linux Mint、openSUSE 和 Fedora 等)。Windows 操作系统包括 Windows XP、Windows Vista、Windows 7、Windows 8 等。

2) 服务器操作系统

服务器操作系统一般指的是安装在大型计算机上的操作系统,如 Web 服务器、应用服务器和数据库服务器等。服务器操作系统主要集中在三大类:UNIX 系列(SUN Solaris、IBM-AIX、HP-UX、FreeBSD 等)、Linux 系列(Red Hat Linux、CentOS、Debian、Ubuntu 等)以及 Windows 系列(Windows Server 2003、Windows Server 2008、Windows Server 2008 R2 等)。

3) 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统是应用在嵌入式系统的操作系统。嵌入式系统广泛应用在生活的各个方面,涵盖范围从便携设备到大型固定设施,如数码相机、手机、平板电脑、家用电器、医疗设备、交通灯、航空电子设备和工厂控制设备等,越来越多嵌入式系统安装了实时操

作系统。

在嵌入式领域常用的操作系统有嵌入式 Linux、Windows Embedded、VxWorks 等,以及广泛使用在智能手机或平板计算机等消费电子产品的操作系统,如 Android、iOS、Symbian、Windows Phone 和 BlackBerry OS 等。

4. 操作系统的界面形式

操作系统为用户提供的界面形式有交互终端命令(或图形用户界面)、作业控制语言和系统调用命令。

1) 交互终端命令

交互终端命令(command line)是分时系统所具有的界面形式。系统为交互终端用户提供一组交互式命令,用户可以通过终端键盘输入这些命令。每个输入命令都被操作系统中的命令解释程序所接收,该程序分析所接收到的命令,然后调用操作系统中的相应模块完成此命令所要求的功能,最后将此命令的执行结果输出给用户。用户根据此结果决定下一个命令的输入,如此直到用户完成自己的工作。

2) 图形用户界面

考虑用户尤其是非计算机专业人员使用计算机系统的方便性,现代操作系统都提供了图形用户界面(Graphic User Interface, GUI)形式。GUI 在本质上也属于交互式界面形式,只不过界面由命令行转变为图形提示和鼠标点击。图形界面一般由视窗、图标、菜单、对话框等基本元素以及对基本元素所能进行的操作构成。

3) 作业控制语言

作业控制语言(Job Control Language, JCL)是批处理系统所具有的界面形式。系统为用户提供一种作业控制语言。当用户要提交批作业时,使用这种语言书写一个作业说明书,该说明书以操作系统所能识别的形式描述了一个用户作业的处理步骤。然后将此说明书与程序、数据一道提交给系统,操作系统将按照作业说明书所规定的步骤一步一步地处理作业。

4) 系统调用命令

系统调用命令(system call)也称应用程序界面(Application Program Interface, API)。操作系统为用户提供一组系统调用命令,用户可将这些系统调用命令写在程序中。当用户程序在运行过程中执行到这些系统调用命令时,将发生自愿性中断,进入操作系统。操作系统将根据不同的系统调用命令转到相应的处理程序完成该调用命令所要求的服务。

系统调用命令通常可以分为如下几类:与文件相关的系统调用命令,如建立文件、撤销文件、打开文件、关闭文件、读写文件等;与进程相关的系统调用命令,如创建子进程、撤销子进程、跟踪子进程等;与进程通信相关的系统调用命令,如发送消息、接收消息、发送信件、接收信件等;与资源相关的系统调用命令,如申请资源、释放资源等。

4.1.2 操作系统的功能

操作系统是计算机系统软件的核心,它在计算机系统中担负着管理系统资源、控制输入输出处理和实现用户与计算机系统间通信的重要任务。操作系统的功能可以从不同的角度来理解,例如可以从资源管理的角度或者从方便用户(人机交互)的角度来理解。