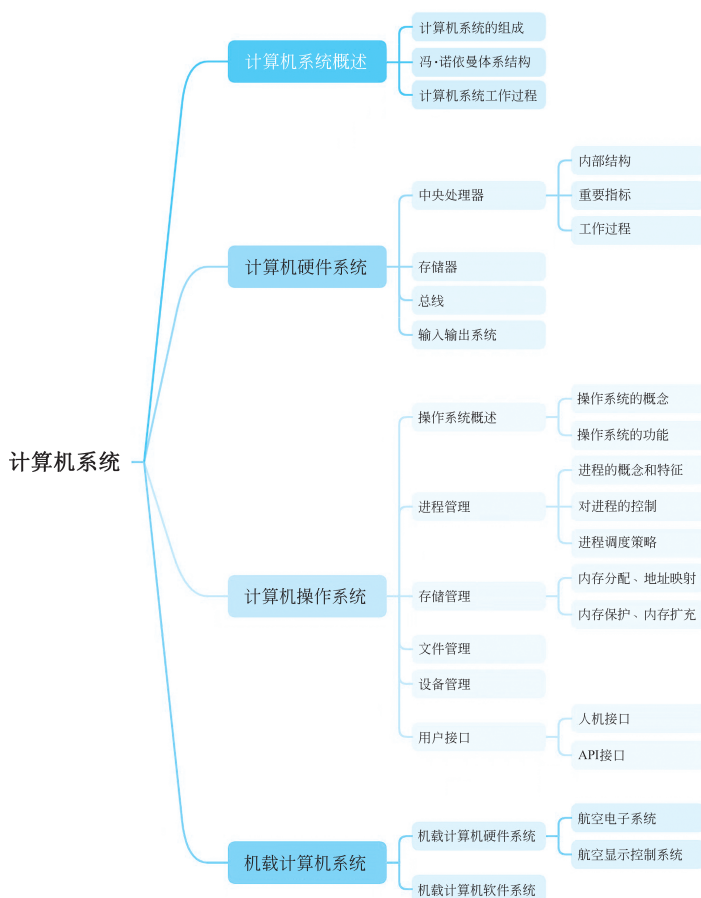


第5章 计算机系统

计算机是 20 世纪最伟大的发明之一,对人类社会生活带来巨大变化。计算机硬件是整个计算机系统发挥其功能的物质基础;操作系统是其最基本也是最为重要的基础性系统软件。本章介绍计算机系统,包含计算机硬件系统、计算机操作系统和机载计算机系统,其中计算机硬件系统包含中央处理器、存储器、总线和输入输出系统;计算机操作系统包含进程管理、存储管理、文件管理、设备管理和用户接口;机载计算机系统包含机载计算机硬件系统和机载计算机软件系统。



学习任务单(一)

一、学习指南	
章节名称	第 5 章 计算机系统 5.1 计算机系统概述 5.2 计算机硬件系统
学习目标	(1) 能描述计算机系统的组成,阐述冯·诺依曼体系结构的特点。 (2) 能描述 CPU 的各组成部分及其功能,阐述 CPU 执行指令的工作过程。 (3) 能描述存储系统层次结构及各层次的功能与特点,区分机器周期与指令周期的概念。 (4) 能描述 CISC、RISC、流水及并行处理等概念。 (5) 能说明输入输出系统的组成和总线的分类及作用。
学习内容	(1) 计算机系统。 (2) 计算机硬件系统。
重点与难点	重点: 冯·诺依曼体系结构的特点;CPU 的组成与执行指令的工作过程;存储系统的层次结构与特点。 难点: CPU 的组成与执行指令的工作过程;存储系统的层次结构与特点。
二、学习任务	
线上自学	中国大学 MOOC 平台“大学计算机基础”。 自主观看以下内容的视频:“第四单元 计算机系统的程序员视角(一)~(四)”。
研讨问题	(1) 写出你在购买笔记本计算机、智能手机、平板计算机时考察的主要组成部件及其性能参数指标,写出三者硬件组成的共同点和程序运行过程的相同之处。 (2) 写出中央处理器(CPU)的主要组成部分,小组角色扮演各个组成部分,模拟演示程序段“求 1 到 1000 的和”在 CPU 中的执行过程。 (3) 简述机载计算机与通用计算机的异同。
三、学习测评	
内容	习题 5(一)

学习任务单(二)

一、学习指南	
章节名称	第 5 章 计算机系统 5.3 计算机操作系统 5.4 机载计算机系统
学习目标	(1) 能描述计算机软件系统的分类、层次结构及各类软件的主要作用。 (2) 能阐述操作系统的基本功能。 (3) 能描述进程管理、存储管理、文件管理、设备管理、用户接口等基本概念。 (4) 能解释说明程序调度与内存分配方法。 (5) 能描述 FAT32 与 NTFS 等典型文件系统的特点。 (6) 能描述常用设备管理方法与设备驱动配置方法。
学习内容	(1) 计算机操作系统。 (2) 机载计算机系统。
重点与难点	重点：操作系统的基本功能与进程管理、存储管理、文件管理、设备管理的基本功能。 难点：进程管理与存储管理的基本功能。
二、学习任务	
线上学习	中国大学 MOOC 平台“大学计算机基础”。 自主观看以下内容的视频：“第四单元 计算机系统的程序员视角(三)”“4.3 操作系统漫谈”“操作系统安装”。注：这里对应的是中国大学 MOOC 平台上的单元和节。
研讨问题	(1) 针对操作系统的四大管理功能,结合你对计算机的使用,分别举例说明。 (2) 什么是进程? 进程有何特征? (3) 阐述虚拟存储管理技术的基本思想和理论依据。
三、学习测评	
内容	习题 5(二)

5.1 计算机系统概述

5.1.1 计算机系统的组成

计算机是一种可编程的机器,它接收输入、存储并且处理数据,然后按照某种有意义的格式进行输出。可编程指的是能给计算机下一系列的命令,并且这些命令能被保存在计算机中,并在某个时刻能被取出并执行。

通常所说的计算机实际上指的是计算机系统,包括计算机硬件系统和计算机软件系统两部分,如图 5.1 所示。

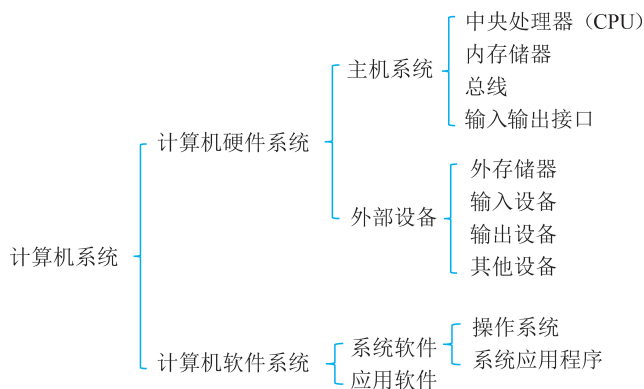


图 5.1 计算机系统的组成

1. 计算机硬件系统

计算机硬件系统是整个计算机系统运行的物理平台,是计算机系统的电子机械装置的总称,包括用于存储并处理数据的主机系统,以及各种与主机系统相连的、用于输入和输出数据的外部设备。其中,主机系统由中央处理器(CPU)、内存储器、总线和输入输出接口组成;外部设备根据用途不同可分为外存储器、输入设备和输出设备、其他设备,常用输入设备如键盘、鼠标和扫描仪等,常用输出设备如显示器、打印机和绘图仪等。

2. 计算机软件系统

计算机软件系统是为运行、管理和维护计算机系统或为完成一定任务而编写的各种程序及其相关资料(文档)。它是用户与硬件之间的接口,着重解决如何管理和使用计算机的问题。

用户主要是通过软件系统与计算机进行交流。没有任何软件支持的计算机称为裸机,其本身不能完成任何功能,只有配备一定的软件才能发挥功效。

5.1.2 冯·诺依曼体系结构

目前占主流地位的计算机硬件系统结构是冯·诺依曼体系结构,如图 5.2 所示。

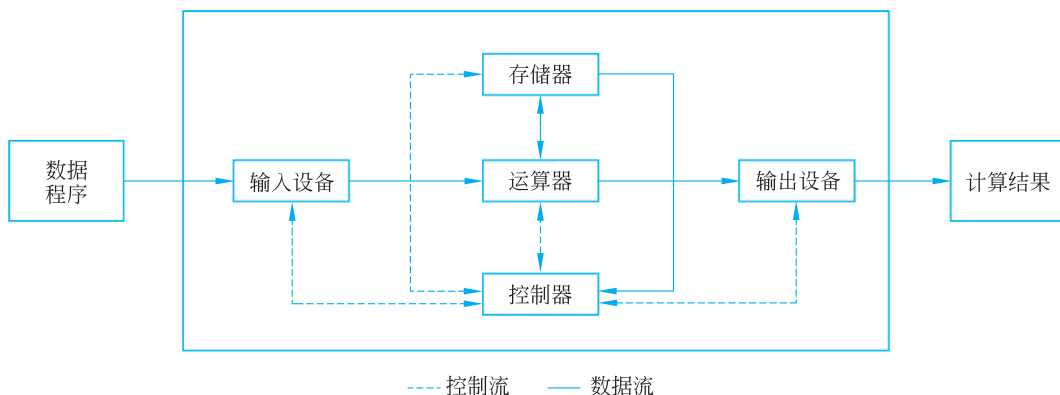


图 5.2 冯·诺依曼体系结构

1945 年 6 月,冯·诺依曼等人在一份报告中正式提出了存储程序的原理,论述了存储程序计算机的基本概念,在逻辑上完整描述了计算机的结构。

冯·诺依曼体系结构计算机具有如下特点。

- (1) 计算机中的程序和数据均以二进制形式表示,共同存储在存储器中。
- (2) 计算机硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。
- (3) 顺序执行程序。计算机运行过程中,把要执行的程序和处理的数据预先存入主存储器(内存),计算机执行程序时,将自动并按顺序从主存储器中取出指令一条一条地执行。

5.1.3 计算机系统工作过程

下面以 Word 编辑文档为例,说明计算机系统的工作过程。

- (1) 双击要编辑的 Word 文档,该 Word 文档中的数据和 Word 应用程序从硬盘中读出并送入内存。
- (2) 运行 Word 应用程序后,显示器显示出程序界面,并显示要编辑文档的内容。
- (3) 单击 Word 应用程序中的菜单项或工具栏按钮执行某项操作,即计算机进行某种运算。Word 应用程序执行某项操作后,根据操作功能不同,给出不同操作结果。例如,将文档内容文字颜色设置为蓝色,选中要进行颜色设置的文字和要设置的颜色作为输入,计算机系统经过处理,在显示器上显示已选中文字变为蓝色即为输出。
- (4) 单击 Word 应用程序的“保存”按钮,数据将从内存写入硬盘,永久保存;单击 Word 应用程序的退出菜单或“关闭”按钮,结束程序的运行。

5.2 计算机硬件系统

5.2.1 CPU

中央处理器(Central Processing Unit,CPU)是计算机系统的核心部件,是计算机执行指令的主要部件,控制计算机各部件协同工作,实现计算机主要功能。

1. CPU 的内部结构

CPU 一般由运算器、控制单元和寄存器组构成,由 CPU 内部总线将这些部件连接为有机整体,其内部结构如图 5.3 所示。运算器由算术逻辑部件(Arithmetic and Logic Unit,ALU)、累加器、状态寄存器、通用寄存器组等组成,其中算术逻辑部件主要用于实现数据的加、减、乘、除等算术运算,以及与、或、非、异或等逻辑运算。控制单元(Control Unit)负责指令的分析、指令及操作数的传送、产生控制和协调整个 CPU 工作所需的时序逻辑等。寄存器组(Registers)由一组寄存器构成,分为通用寄存器组和专用寄存器组,用于临时保存数据。通用寄存器组暂存参与运算的操作数或运算的结果。专用寄存器组用于记录计算机当前的工作状态,如程序计数器用于保存下一条要执行的指令。

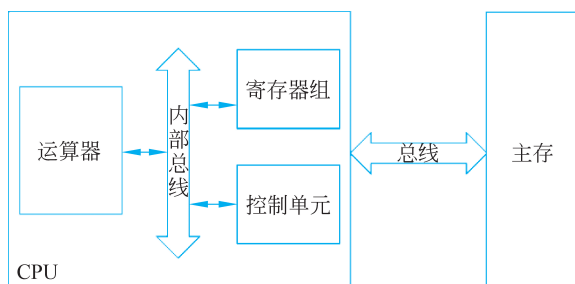


图 5.3 CPU 的内部结构

2. CPU 的主要性能指标

CPU 的主要性能指标包括执行速度、主频和字长等。

(1) 执行速度。CPU 每秒能执行的指令条数 (Million Instructions Per Second, MIPS)。

(2) 主频。CPU 的工作频率, 即 CPU 一秒内能够完成的工作周期 (时钟周期) 数, 单位是 MHz 或 GHz。

(3) 字长。CPU 一次可以处理的数据的二进制位数, 比如 16 位、32 位、64 位等。

3. CPU 的工作过程

CPU 的工作过程是循环执行指令的过程。指令是计算机能够识别的“命令”, 是计算机执行的最小单位。指令的执行过程是在控制单元的控制下, 精确地、一步一步地完成的。执行一条指令的过程通常可归纳为 3 个阶段: 取指令、译码和执行, 如图 5.4 所示。取指令就是根据程序计数器 (PC) 的值, 从内存中把具体的指令加载到指令寄存器中, 然后把 PC 自增 1 存放下一条指令的地址; 译码就是将指令寄存器中的指令解析成要进行什么样的操作; 执行就是实际运行指令, 进行算术逻辑操作、数据传输或者直接地址跳转等。

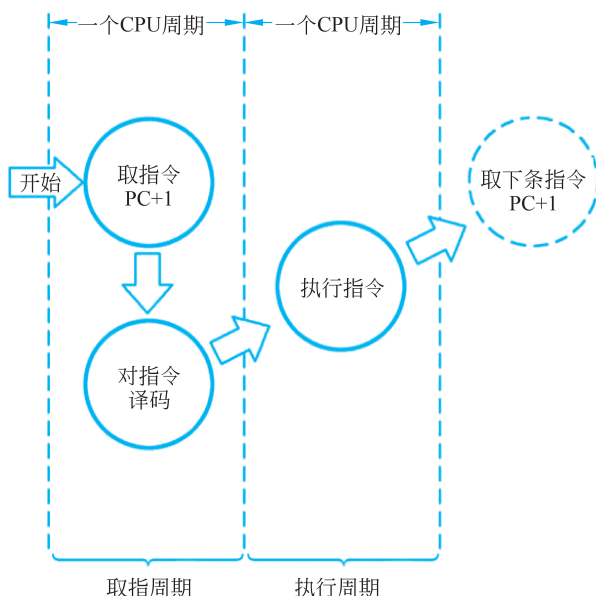


图 5.4 指令执行过程

4. 指令周期、机器周期与时钟周期

指令周期是指 CPU 取出一条指令并执行指令的时间。由于各条指令的操作功能不同,因此各种指令的指令周期不尽相同。例如,一条加法指令的指令周期与一条乘法指令的指令周期就是不同的。

机器周期也称为 CPU 周期,指令执行过程中的每个阶段,例如取指令、译码和执行,每一个阶段完成一个基本操作。完成一个基本操作所需要的时间称为机器周期。一般情况下,一个机器周期由若干个时钟周期组成。

时钟周期又称为振荡周期,定义为时钟频率的倒数。时钟周期是计算机中最基本的、最小的时间单位。在一个时钟周期内,CPU 仅完成一个最基本的动作。

一个指令周期由若干个机器周期组成,而一个机器周期又包含若干个时钟周期。

5. CPU 高级话题

1) CISC 与 RISC

复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer,CISC)指采用一整套计算机指令进行操作的计算机,其设计理念是要用最少的机器指令来完成所需的计算任务。因此,设计上用专用指令来完成特定的功能,以提高计算机的处理效率。

精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer,RISC)的设计思路是尽量简化计算机指令功能,只保留那些功能简单、能在一个节拍内执行完成的指令,而把较复杂的功能用一段子程序来实现。

采用 CISC 架构的微处理器,包括 Intel 公司的 x86 系列、Pentium 系列等;采用 RISC 架构的微处理器,包括 ARM、MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipelined Stages)等。

2) 并行计算(Parallel Computing)

并行计算或称平行计算,是相对于串行计算而言的,它是一种许多指令得以同时进行的计算模式,目的是提高计算速度,以及通过扩大问题求解规模解决大型而复杂的计算问题。并行计算分为时间并行和空间并行。时间并行指的是指令流水线,指令执行周期分节拍,将指令执行分解成多个更细的步骤,每个步骤由专门的硬件分别执行。空间并行是指用多个处理器并发地执行计算。

5.2.2 存储系统

计算机的存储系统呈金字塔层次结构,如图 5.5 所示。自上而下分别为 CPU 内的寄存器、高速缓存、主存储器、磁盘存储器和移动硬盘、U 盘等。自上而下,存储容量越来越大,速度越来越慢,成本越来越低。

1. CPU 内的寄存器

CPU 内的寄存器分为通用寄存器和专用寄存器,容量小,速度快,价格高。

2. 高速缓存

主存访问速度总比 CPU 的速度慢,存储器越慢,CPU 等待的时间越长。目前,技术上的解决办法是利用更小更快的存储设备与大容量低速的主存组合使用,以适中的价格

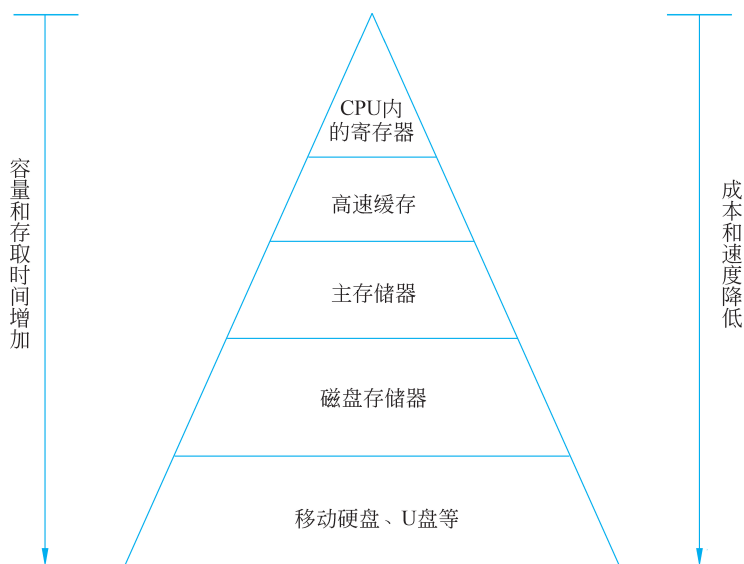


图 5.5 存储系统的层次结构

得到速度和高速存储器差别不大的大容量存储器。这种更小更快的存储设备称为高速缓存存储器(Cache),简称高速缓存,逻辑上介于 CPU 和主存之间,可以将其集成到 CPU 内部,也可置于 CPU 之外。高速缓存的工作原理是把使用频率最高的存储内容保存起来。当 CPU 要访问主存时,先访问高速缓存,只有当高速缓存中找不到时才访问内存。高速缓存的理论基础是程序的局部性原理,即 CPU 对主存的访问总是局限在整个主存的某个部分中。

3. 主存储器

主存储器(主存)又叫内存,用来存放计算机运行期间所需要的程序和数据,CPU 可直接随机进行读写。主存容量较小,存取速度较高。主存以字节为单位,每字节称为一个单元。每个单元对应一个唯一的编号,称为地址。一般通过主存地址对主存单元数据进行读写。由于 CPU 要频繁地访问主存,所以主存的性能在很大程度上影响了整个计算机系统的性能。

主存一般包括用于存储数据的存储体,其结构如图 5.6 所示。外围电路用于数据交换和存储访问控制,与 CPU 或高速缓存连接。外围电路中有两个非常重要的寄存

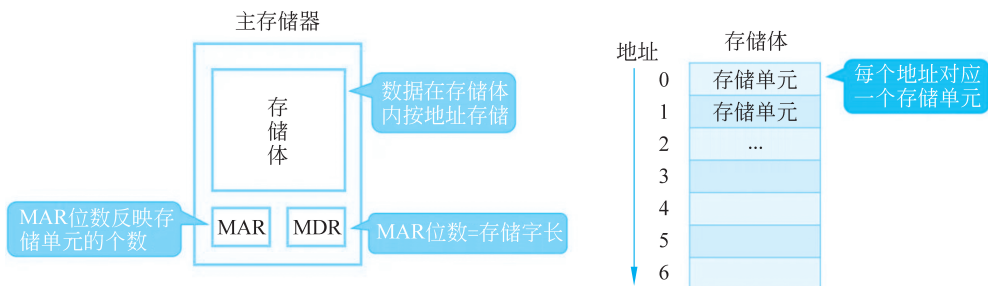


图 5.6 主存储器结构

器——数据寄存器 (Memory Data Register, MDR) 和地址寄存器 (Memory Address Register, MAR), 前者是用于临时保存读出或写入的数据, 后者用于临时保存访问地址。要访问主存时, 首先将要访问的地址送入 MAR, 如果是读主存, 则在控制电路控制下, 将 MAR 指向的主存单元数据送入 MDR, 然后发送到 CPU 或高速缓存; 如果是写主存, 则首先要将需要写入的数据送到 MDR, 在控制电路控制下, 将 MDR 数据写入 MAR 指向的主存单元。

主存储器按存储信息的特性可分为随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 和只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 两类。随机存取存储器 (RAM) 是既能写入又能读出的存储器, 访问时间与所访问的存储单元位置没有关系, 具有“易失性”, 即只能临时存储数据, 一旦机器断电或关机, 其存储的信息会立即消失, 且无法恢复。而只读存储器 (ROM) 是一般用户只能读出不能写入和修改的存储器。当机器断电或关机时, ROM 中的信息不会丢失, 用于存放一些重要的系统程序, 在制造时由厂家用专门的设备写进去。

4. 磁盘存储器

磁盘存储器是以磁盘为存储介质的存储器, 具有存储容量大, 可长期保存等特点, 速度低于主存储器。通常用于存放操作系统、程序和数据, 是主存储器的扩充。

5. 移动硬盘、U 盘等

移动硬盘、U 盘等属于外部设备的范畴, 统称为辅存。外部设备具有速度慢、价格低等特点。

5.2.3 总线

总线是连接计算机各部件的一组电子管道, 负责各个部件之间传递信息。总线是多个系统功能部件之间进行信息传送的公共通路。按照传输数据内容的不同, 将总线分为数据总线、地址总线和控制总线。其中, 数据总线 (Data Bus, DB) 用来传输数据信息; 地址总线 (Address Bus, AB) 用于传送 CPU 发出的地址信息; 控制总线 (Control Bus, CB) 用于传送控制信号、时序信号和状态信息等。

5.2.4 输入输出系统

输入输出设备是计算机与外界的联系通道, 如用于用户输入的鼠标和键盘, 用于输出的显示器, 以及用于长期存储数据和程序的磁盘。每个输入输出设备通过一个控制器或适配器与输入输出总线连接。控制并实现信息输入输出的就是输入输出系统。输入输出系统由输入输出控制器、控制软件和设备构成。

在计算机系统与外部设备交换数据的过程中, 最关心的是如何协调快速 CPU 与慢速外部设备, 既不能让慢速设备拖累快速 CPU, 又不能丢失数据, 造成错误。这就涉及输入输出的控制方式, 常用的方式有程序查询方式、程序中断方式、直接主存访问方式等。

5.3 计算机操作系统

5.3.1 操作系统概述

操作系统是方便用户管理和控制计算机硬件和软件资源的系统软件(或程序集合)。操作系统通过管理计算机系统的软硬件资源,为用户提供使用计算机系统的良好环境,并且采用合理有效的方法组织多个用户共享各种计算机系统资源,最大限度地提高系统资源的利用率。

操作系统具有资源管理者和用户接口两重角色。作为资源管理者,其功能主要包括进程管理、存储管理、文件管理和设备管理,主要工作是跟踪资源状态、分配资源、回收资源和保护资源。用户使用计算机时,都是通过操作系统进行的。因此,操作系统成为了用户和计算机之间的接口,主要包括图形界面接口和命令接口等。

目前常用的操作系统有 Windows、UNIX、Linux、macOS、iOS、Android、银河麒麟(KylinOS)和中标麒麟(NeoKylin)等。

5.3.2 进程管理

1. 进程

为了提高计算机资源的利用率,引入多道程序技术,即多个程序在处理机上交替执行。现代操作系统具有并发和共享两大基本特征。所谓并发,即在一个时间段内,多个程序在计算机系统中“一起”执行(“并发”区别于“并行”,所谓并行,是指两个或多个事件在同一时刻同时发生)。为了使程序能够并发执行,并且对并发执行的程序加以描述和控制,引入了“进程”的概念。进程是可并发执行的程序在一个数据集合上的运行过程,是系统进行资源分配和调度的一个独立单位。进程具有以下特性。

1) 动态性

进程的动态性不仅表现在它是一次“程序的执行”,而且还表现在它具有由创建而产生、由调度而执行、由撤销而消亡的生命周期。

2) 并发性

多个进程实体同存于主存中,在一段时间内可以同时运行。

3) 结构特性

进程由程序段和相应的数据段及进程控制块构成,程序只包含指令代码及相应数据。

4) 独立性

进程是操作系统进行调度和分配资源的独立单位。

5) 不确定性

系统中的进程,按照各自的、不可预知的速度向前推进。

进程与程序之间的区别和联系有以下几个方面。