

IBSYS (IBM为7094机配备的操作系统)。

### 1.2.3 第三代 (1965~1980): 集成电路芯片和多道程序设计

20世纪60年代初期,大多数计算机厂商都有两条不同并且完全不兼容的生产线。一条是面向字的、大型的科学用计算机,诸如IBM 7094,主要用于科学和工程计算。另一条是面向字符的、商用计算机,诸如IBM 1401,银行和保险公司主要用它从事磁带归档和打印服务。

开发和维护两种完全不同的产品,对厂商来说是昂贵的。另外,许多新的计算机用户一开始时只需要一台小计算机,后来可能又需要一台较大的计算机,而且希望能够更快地执行原有的程序。

IBM公司试图通过引入System/360来一次性地解决这两个问题。360是一个软件兼容的计算机系列,其低档机与1401相当,高档机则比7094功能强很多。这些计算机只在价格和性能(最大存储器容量、处理器速度、允许的I/O设备数量等)上有差异。由于所有的计算机都有相同的体系结构和指令集,因此,在理论上,为一种型号机器编写的程序可以在其他所有型号的机器上运行。而且360被设计成既可用于科学计算,又可用于商业计算,这样,一个系列的计算机便可以满足所有用户的要求。在随后的几年里,IBM使用更现代的技术陆续推出了360的后续机型,如著名的370、4300、3080和3090系列。zSeries是这个系列的最新机型,不过它与早期的机型相比变化非常之大。

360是第一个采用(小规模)芯片(集成电路)的主流机型,与采用分立晶体管制造的第二代计算机相比,其性能/价格比有很大提高。360很快就获得了成功,其他主要厂商也很快采纳了系列兼容机的思想。这些计算机的后代仍在大型的计算中心里使用。现在,这些计算机的后代经常用来管理大型数据库(如航班订票系统)或作为web站点的服务器,这些服务器每秒必须处理数千次的请求。

“单一家族”思想的最大优点同时也是其最大的缺点。原因在于所有的软件,包括操作系统OS/360,要能够在所有机器上运行。从小的代替1401把卡片复制到磁带上的机器,到用于代替7094进行气象预报及其他繁重计算的大型机;从只能带很少外部设备的机器到有很多外设的机器;从商业领域到科学计算领域等。总之,它要有效地适用于所有这些不同的用途。

IBM(或其他公司)无法写出同时满足这些相互冲突需要的软件。其结果是一个庞大的又极其复杂的操作系统,它比FMS大了约2~3个数量级规模。其中包含数千名程序员写的数百万行汇编语言代码,也包含成千上万处错误,这就导致IBM不断地发行新的版本试图更正这些错误。每个新版本在修正老错误的同时又引入了新错误,所以随着时间的流逝,错误的数量可能大致保持不变。

OS/360的设计者之一Fred Brooks后来写过一本既诙谐又尖锐的书(Brooks, 1996),描述他在开发OS/360过程中的经验。我们不可能在这里复述该书的全部内容,不过其封面已经充分表述了Fred Brooks的观点,一群史前动物陷入泥潭而不能自拔。Silberschatz等人著作(2005)的封面也表达了操作系统如同恐龙一般的类似观点。

抛开OS/360的庞大和存在的问题,OS/360和其他公司类似的第三代操作系统的确合理地满足了大多数用户的要求。同时,它们也使第二代操作系统所缺乏的几项关键技术得到了广泛应用。其中最重要的应该是多道程序设计(multiprogramming)。在7094机上,若当前作业因等待磁带或其他I/O操作而暂停时,CPU就只能简单地踏步直至该I/O完成。对于CPU操作密集的科学计算问题,I/O操作较少,因此浪费的时间很少。然而,对于商业数据处理,I/O操作等待的时间通常占到80%~90%,所以必须采取某种措施减少(昂贵的)CPU空闲时间的浪费。

解决方案是将内存分几个部分,每一部分存放不同的作业,如图1-5所示。当一个作业等待I/O操作完成时,另一个作业可以使用CPU。如果内存中可以同时存放足够多的作业,则CPU利用率可以接近100%。在内存中同时驻留多个作业需要特殊的硬件来对其进行保护,以避免作业的信息被窃取或受到攻击。360及其他第三代计算机都配有此类硬件。

第三代计算机的另一个特性是,卡片被拿到机房后能够很快地将作业从卡片读入磁盘。于是,任何时刻当一个作业运行结束时,操作系统就能将一个新作业从磁盘读出,装进空出来的内存区域运行。这种技术叫做同时的外部设备联机操作(Simultaneous Peripheral Operation On Line, SPOOLing),该技

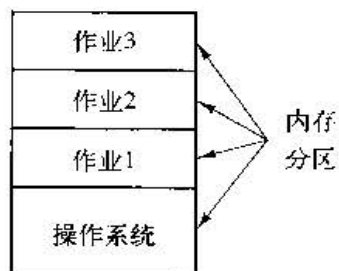


图1-5 一个内存中有三个作业的多道程序系统