

21 世纪高等学校规划教材

# 计算机操作系统

李岩 主编  
李俭 李康乐 闫大顺 缪行外 副主编



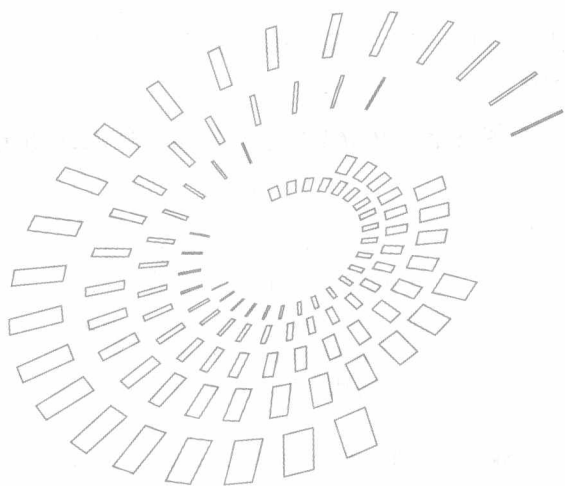
中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

21 世纪高等学校规划教材

# 计算机操作系统

李岩 主编  
李俭 李康乐 闫大顺 缪行外 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

操作系统是配置在计算机上的最基本的系统软件，是对计算机硬件功能的首次扩充。本书详细介绍了计算机操作系统的基本概念、基本原理和典型实现技术，理论学习和实践应用相结合。全书共分为7章，分别介绍了操作系统的基本概念、功能和特征；阐述了进程的概念和进程管理的各种策略，同时还介绍了现代操作系统中普遍使用的线程的基本知识；阐述了存储管理的方式和实现的方法；阐述了设备管理分配的方法及设备管理中的重要技术；阐述了操作系统中文件和文件系统的基本概念及文件管理的实现方法；并以Linux操作系统为例，结合前面对操作系统原理的阐述，在进程管理、存储管理、设备管理和文件管理等方面进行了应用性剖析；在第7章介绍了操作系统使用、维护、保护及安全管理的方法。每章内容均有小结，并配有大量习题供读者自测。

本书可作为高等学校计算机科学与技术及相关专业的本科或高职高专的教材，也可作为从事信息科学和计算机工作的科技人员学习操作系统的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统 / 李岩主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

21世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-8313-2

I. 计… II. 李… III. 操作系统—高等学校—教材  
IV. TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第212035号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009年2月第一版 2009年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.25印张 324千字

定价 23.00元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

操作系统是配置在计算机上的第一层软件,是对计算机硬件功能的首次扩充。它是计算机软件系统的核心和所有计算机系统的基础和支撑。它管理和控制着计算机系统软硬件资源,可以说操作系统是计算机系统的灵魂。由于操作系统原理过于抽象,要真正理解操作系统的概念,必须将原理与实践相结合。本教材将操作系统原理、概念和实例融为一体,使学生通过学习这门课程,对操作系统有一个明确清晰的认识。

本书作者根据多年丰富的教学经验,参考国内外大量最新教材和相关资料,注重基础性、系统性、实用性、前沿性和新颖性,结合实际操作系统,深入浅出地阐述了操作系统的概念、原理和实现技术。本书本着有利于培养学生获取知识的能力、运用知识的能力和科学创新能力的原则安排教材内容,注重对学生创新能力和学生综合素质的培养,不仅有操作系统原理,更有操作系统实现,把理论知识和实践应用融为一体,使学生在理解操作系统原理的基础上,能够进行操作系统的实验、测试及设计。本书共分7章,建议总的教学时数为80学时,其中理论教学60学时,实验教学20学时。

第1章 操作系统概述。主要阐述了操作系统的定义、发展历史、分类、功能和特性。重点讲述了操作系统的基本概念、功能和特征。建议课堂教学4学时。

第2章 处理机管理。主要介绍了程序的并发执行、进程的引入、进程的概念、进程的基本状态及其转换、进程同步与互斥的概念及其各种实现策略、进程通信、进程调度与死锁、线程的引入及线程的概念和线程的通信等内容。重点讲述了进程和进程同步的概念、同步机制、通信方式、调度算法、死锁的概念及解决方法、线程的概念、线程与进程的关系;难点是进程同步问题的实现。建议课堂教学时数为16学时,实验教学时数为6学时。

第3章 存储器管理。主要介绍了存储器管理的概念,存储器管理的目的,存储器管理的四大基本功能——内存分配与回收、逻辑地址到物理地址的转换、存储保护和内存的扩充,以及实存管理和虚存管理的各种策略。重点讲述了各种存储管理方式的实现方法,难点是虚拟存储器的概念及实现方法。建议课堂教学时数为14学时,实验教学时数为4学时。

第4章 设备管理。主要介绍了设备管理的任务与功能、设备管理的硬件组织与软件组织、缓冲技术、虚拟设备技术、设备分配管理。重点讲述了缓冲技术和设备处理过程。建议课堂教学时数为8学时,实验教学时数为4学时。

第5章 文件管理。主要介绍了文件和文件系统的概念、文件的组织结构、文件存储空间的管理、文件的安全与保护。重点讲述了文件的基本概念及实现过程,难点是目录管理和文件存储空间的管理。建议课堂教学时数为10学时,实验教学时数为6学时。

第6章 Linux操作系统分析。主要介绍了Linux操作系统的形成和发展、Linux的进程管理(包括进程调度和进程通信)、Linux的存储管理、Linux的设备管理、Linux的文件管理和Linux的Shell接口。以前面5章所介绍的操作系统原理为基础对Linux操作系统进行了实践性剖析。重点介绍了Linux的进程管理和文件管理及存储管理。建议课堂教学时数为6学时。

第7章 操作系统管理。主要介绍了操作系统的生成及运行，操作系统在使用过程中的维护以及对操作系统的保护。重点介绍了操作系统的安全管理，这是保证用户程序和其他程序安全的基础。建议课堂教学时数为2课时。

本书每章开始有教学重点，最后有小结，每章均配有大量习题，使学生能够在学习中边学习、边检测、边加深、边掌握。

本书第1章由李康乐编写，第2章和第3章由李俭编写，第4章和第5章由李岩、李康乐编写，第6章由闫大顺编写，第7章由李康乐、缪行外编写，侯茵菡、左雷在本书的编写过程中做了大量工作。全书由李岩统稿。

在本书的编写过程中得到了许多领导和同志的大力支持，参考了大量同行的著作，在此表示深深的谢意。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中错误和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。如有意见或建议请发送 E-mail 至 [liyan\\_1966@126.com](mailto:liyan_1966@126.com)。

编者

2008年11月

## 目 录

## 前 言

第1章 操作系统概述	1
1.1 操作系统的概念	1
1.2 操作系统的发展	3
1.3 操作系统的分类	6
1.4 操作系统的特征	12
1.5 操作系统的功能	14
1.6 小结	17
习题1	17
第2章 处理机管理	20
2.1 进程的引入	20
2.2 进程控制	27
2.3 进程同步与互斥	29
2.4 进程通信	40
2.5 进程调度	43
2.6 死锁	49
2.7 线程	54
2.8 小结	56
习题2	56
第3章 存储器管理	60
3.1 概述	60
3.2 连续分配存储管理	65
3.3 分页存储管理方式	71
3.4 分段存储管理方式	76
3.5 段页式存储管理方式	79
3.6 虚拟存储器	81
3.7 小结	90
习题3	91
第4章 设备管理	93
4.1 设备管理概述	93
4.2 输入/输出硬件组织	97
4.3 输入/输出软件组织	101
4.4 虚拟设备和缓冲技术	106



4.5	设备分配与回收	110
4.6	I/O 磁盘调度	114
4.7	小结	117
	习题 4	118
<b>第 5 章</b>	<b>文件管理</b>	<b>121</b>
5.1	文件系统概述	121
5.2	文件的逻辑结构	123
5.3	外存分配方式	127
5.4	文件的目录管理	132
5.5	文件存储空间的管理	137
5.6	文件的使用和文件的存取控制	140
5.7	文件的共享与安全	144
5.8	文件系统性能的改善	147
5.9	小结	149
	习题 5	150
<b>第 6 章</b>	<b>Linux 操作系统分析</b>	<b>152</b>
6.1	Linux 概述	152
6.2	Linux 的进程管理	155
6.3	Linux 的存储管理	165
6.4	Linux 的文件管理	171
6.5	Linux 的设备管理	177
6.6	Linux 的 Shell	181
6.7	小结	191
	习题 6	191
<b>第 7 章</b>	<b>操作系统管理</b>	<b>193</b>
7.1	操作系统使用	193
7.2	操作系统维护	195
7.3	操作系统保护	197
7.4	操作系统安全	199
7.5	小结	205
	习题 7	205
	参考文献	206

## 第1章 操作系统概述

计算机系统由硬件和软件两部分组成，操作系统（OS）是配置在计算机硬件上的第一层软件，是对硬件系统的首次扩充。在现代计算机系统中，如果不安装操作系统，很难想象如何使用计算机。操作系统是计算机系统最重要的系统软件，是整个计算机系统的控制中心。操作系统不仅将裸机改造成为功能强、服务质量高、使用方便灵活、运行安全可靠的虚拟机来为用户提供良好的使用环境，而且采用有效的方法来组织多个用户共享计算机系统内的各种资源，最大限度地提高了系统资源的利用率。

本章重点讲述以下几方面内容：

- (1) 操作系统的概念。
- (2) 操作系统的发展。
- (3) 操作系统的特征。
- (4) 操作系统的功能。

### 1.1 操作系统的概念

操作系统是配置在计算机硬件平台上的第一层软件，是一组系统软件。在计算机系统中，处理器、内存、磁盘、终端等硬件资源通过主板连接构成了看得见、摸得着的计算机硬件系统。为了使这些硬件资源高效、尽可能并行地供用户程序使用，并给用户使用这些硬件的通用方法，必须为计算机配备操作系统。操作系统的工作就是管理计算机的硬件资源和软件资源，并组织用户尽可能方便地使用这些资源。操作系统是软硬件资源的控制中心，它以尽量合理有效的方法组织用户共享计算机的各种资源。

#### 1.1.1 操作系统的地位

计算机系统可以看作是由硬件和软件按层次结构组成的系统，如图 1.1 所示。硬件系统是指构成计算机系统所必需的硬件设备，是计算机本身和用户作业的基础。

只有硬件系统而没有软件系统的计算机称为裸机。用户直接使用裸机不仅不方便，而且系统效率非常低。软件系统是为计算机系统配置的程序和数据的集合。软件系统又有系统软件和应用软件之分。应用软件是为解决某一具体问题而开发的软件，它涉及计算机应用的各个领域，如各种管理软件、文字处理软件等；系统软件是专门为计算机系统配置的，如操作系统、各种语言处理程序等。操作系统是以硬件为基础的系统软件，是硬件层的第一次扩充，在硬件层上实现了操作系统的全部功能，并提供相应的接口，其他各层软件都是在操作系统的基础上开发的。语言处理程序包括各种程序设计语言的编译程序及动态调试程序等，语言处理程序是操作系统层的扩充，而应用程序是语言处理程序层的进一步扩充。在应用程序层用户可以使用各种程序设计语言，在操作系统的支持下，编写

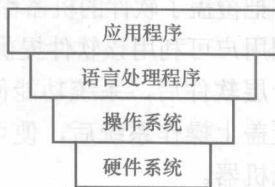


图 1.1 计算机系统层次结构



并运行满足用户需要的各种应用程序。由此可见操作系统是计算机系统中最重要系统软件。

### 1.1.2 操作系统的作用

可以从不同的角度来观察操作系统的作用。从一般用户的观点,可以把操作系统看做是用户与计算机硬件系统之间的接口;从资源管理观点看,则可以把操作系统视为计算机系统资源的管理者。

#### 1. 操作系统作为用户与计算机硬件系统之间的接口

操作系统作为用户与计算机硬件之间的接口的含义是:操作系统处于用户与计算机硬件系统之间,用户通过操作系统来使用计算机系统,或者说,用户在操作系统的帮助下,能够方便、快捷、安全、可靠地操纵计算机硬件和运行自己的程序。用户可以通过3种方式使用计算机。

(1) 命令方式。这是指由操作系统提供了一组联机命令,用户可以通过键盘输入有关命令来使用计算机。

(2) 系统调用方式。用户可以在自己的应用程序中,通过调用操作系统提供的一组系统调用来操纵计算机。所谓系统调用是操作系统提供给编程人员的一个接口,成为在程序一级上用户请求系统服务的一种手段或方法。

(3) 图形、窗口方式。用户通过屏幕上的窗口或图标来操纵计算机系统和运行自己的程序。

#### 2. 操作系统作为计算机资源的管理者

在一个计算机系统中,通常都含有各种各样的硬件和软件资源。归纳起来可将资源分为4类:处理器、存储器、I/O设备以及数据和程序。相应地,操作系统的主要功能也正是针对这4类资源进行有效的管理,即处理机管理、存储器管理、设备管理和文件管理。可见,操作系统是计算机系统资源的管理者。

#### 3. 操作系统用作扩充机器

对于一台完全无软件的计算机系统,即使功能再强,也必定是难以使用的。如果在裸机上覆盖上一层I/O设备管理软件,用户便可以利用它提供的I/O命令来进行数据输入和打印输出等操作。此时用户所看到的计算机,将是一台比裸机功能更强、使用更方便的机器。通常把覆盖了软件的机器称为扩充机或虚拟机。如果在第一层软件上再覆盖一层文件管理软件,则用户可利用该软件提供的文件存取命令来进行文件的存取。每当人们在计算机系统上覆盖一层软件后,系统功能便增强一级。由于操作系统自身包含了若干层次,因此当在裸机上覆盖上操作系统后,便可获得一台功能显著增强、使用极为方便的多层扩充机器或多层虚拟机。

因此,作为在硬件之上的第一层软件的操作系统是一组程序和数据的集合,它能控制和管理计算机系统的所有资源,并合理地进行调度,为用户使用计算机提供方便。据此,我们可以把操作系统定义为:操作系统是一组控制和管理计算机硬件和软件资源,合理地组织计算机工作流程,并为用户使用计算机提供方便的程序和数据的集合。

### 1.1.3 操作系统设计目标

在计算机系统上所配置的操作系统,其设计目标与计算机的规模和操作系统的类型有关,而操作系统在计算机系统中所起的作用可以从不同角度来看,但无论是什么类型的操作系统其设计的目标基本上是一致的。

### 1. 正确性

操作系统是计算机系统中最基本、最重要的软件，它的正确性是系统可靠运行的前提。随着计算机应用范围的日益扩大，对于操作系统的正确性要求也越来越高。例如，用于航天控制的操作系统必须绝对可靠，否则所造成的后果可能不堪设想。

影响操作系统正确性的因素有很多，最主要的是并发性、共享性以及由此而带来的随机性。并发性使得系统中各进程指令流的执行次序可能任意交叉；共享性导致对于系统资源的竞争；随机性要求系统能动态地应付所发生的各种内部和外部事件。因此，需要对操作系统的结构进行研究。一个设计良好的操作系统不仅应当是正确的，而且其正确性应当是可验证的。

### 2. 高效性

对于支持多道程序设计的操作系统来说，其根本目标是提高系统中各种资源的利用率，即提高系统的运行效率。大家知道，一个计算机系统在其运行过程中时而处于目态，时而处于管态。管态又称系统态、核心态，它具有较高的特权，能执行一切指令，访问所有寄存器和存储区；目态也称用户态、常态，是具有较低特权的执行状态，它只能执行规定的指令，访问指定的寄存器和存储区。处于目态时为用户服务，处于管态时可能为用户服务（如为进程读文件），也可能做维护工作（如切换进程、调度页面、检测死锁等）。

运行操作系统程序，完成系统管理功能所花费的时间与空间称为系统开销。假设一个计算机系统，在一段时间  $T$  之内，运行目态程序所用的时间为  $T_u$ ，运行管态程序为用户服务所用的时间为  $T_{su}$ ，运行管态程序做系统管理工作所用的时间为  $T_{sm}$ ，定义系统运行效率为

$$\eta = \frac{T_u + T_{su}}{T_u + T_{su} + T_{sm}}$$

显然， $\eta$  越大，系统运行效率越高。为了提高系统运行效率，应当尽量减少用于系统管理所需要的时间  $T_{sm}$ 。

### 3. 易维护性

易维护性包括易读性、易扩充性、易裁减性、易修改性等。一个实际操作系统投入运行后，有时希望增加新功能，删除不需要的功能，或修改在运行过程中所发现的错误。为了对系统进行增、删、改等维护操作，必须读懂系统，为此要求操作系统具有良好的可读性。

### 4. 易移植性

操作系统的开发是一个非常庞大的工程。为了避免重复性的工作，缩短软件研制周期，现代操作系统设计都将可移植性作为一个重要的目标。为了便于将操作系统由一个宿主系统搬迁到另外一个宿主系统中，应当使操作系统中与硬件相关的部分相对独立，并且位于操作系统程序的底层，移植时只需修改这一部分。

### 5. 易加载性

现代操作系统都采用 DLL 技术，系统启动时只装入必需的功能模块，其他许多功能模块可以根据调用需要动态加载到内存中。这样，不需要的功能根本不必装入内存，节省了系统空间。

## 1.2 操作系统的发展

计算机从 1946 年问世至今，已有半个多世纪的发展历程。最初的计算机由于运算速度慢、存储容量小、仅用于数值计算等特点，其操作方式基本上采用手工操作方式。随着计算机技

术的发展,在20世纪50年代中期出现了第一个简单的批处理操作系统,到20世纪60年代中期产生了多道程序批处理操作系统,不久又出现了基于多道程序的分时系统。自20世纪80年代以来,出现了微型计算机、多处理机和计算机网络技术,同时也就形成了微机操作系统、多处理机操作系统、网络操作系统。随着通信技术的发展及大型数据管理系统、远程处理系统和计算机网络的成熟与推广,操作系统的研究开始向并行计算与分布式方向发展。

### 1.2.1 无操作系统的计算机系统

#### 1. 人工操作方式

从第一台计算机诞生至20世纪50年代中期的计算机,属于第一代计算机,这时还未出现操作系统。这时的计算机操作是由用户采用人工操作方式直接使用计算机硬件系统。即由程序员将事先已穿孔的纸带或卡片装入纸带机或卡片输入机,再启动它们将程序和数据输入计算机,然后启动计算机运行。当程序运行完毕并取走结果后,才让下一用户使用计算机。这种人工方式有以下两个方面的缺点:

(1) 用户独占全机。此时,计算机及其全部资源只能由上机用户独占。

(2) CPU (Central Processing Unit, 中央处理器) 等待人工操作。当用户进行程序装入或结果输出等人工操作时, CPU 及内存等资源处于空闲。

可见人工操作严重地降低了计算机资源的利用率,此即所谓的人机矛盾。随着 CPU 速度的迅速提高而 I/O 设备的速度却提高缓慢,也使 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾更加突出。为此产生了脱机输入/输出技术。

#### 2. 脱机输入/输出方式

为了解决人机矛盾及 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾,20世纪50年代末出现了脱机输入/输出技术。该技术是指事先将装有用户程序和数据的数据装入纸带输入机,在一台外围机的控制下,把纸带上的数据输入到磁带上。当 CPU 需要这些程序和数据时,再从磁带上高速地调入内存。类似地,当 CPU 需要输出时,可由 CPU 直接高速地把数据从内存送到磁带上,然后再在另一台外围机的控制下,将磁带上的结果通过相应的输出设备输出。

脱机输入/输出技术是在解决人机矛盾及高速度的 CPU 与低速度的 I/O 设备间矛盾的过程中发展起来的。它的出现改善了 CPU 和外设的使用情况,实现了作业的自动定序、自动过渡,从而使整个计算机系统的处理能力得以提高。但批处理系统仍存在许多缺陷,比如,外围机与主机之间的磁带装卸仍需人工完成,操作员需要监督机器的状态等。如果一个程序进入死循环,或是程序执行了非法指令等出现错误的情况,均需要操作员进行干预,并且由于系统没有任何自我保护措施,无法防止用户程序破坏监督程序和系统程序。因此系统保护问题亟待解决。

#### 3. 执行系统

20世纪60年代初期,计算机硬件获得了两个方面的迅速发展:一是通道的引入;二是中断技术的出现,这两项重大成果使操作系统进入了执行系统阶段。

通道是一种输入/输出专用处理器,它能控制一台或多台外部设备工作,负责外部设备与内存之间的数据传输。它一旦被启动,就能独立于 CPU 运行,这样就可使 CPU 和通道并行操作,而且 CPU 和各种外部设备也能并行操作。

中断是指当 CPU 接到外部硬件(如 I/O 设备)发来的信号时,马上停止原来的工作,转去处理这一事件,在处理完以后, CPU 又回到原来的工作点继续工作。

借助通道、中断技术,输入/输出工作可以在 CPU 控制之下完成。这时,原有的监督程

序不仅要负责调度作业自动地运行,而且还要提供输入/输出控制功能,它比原有的功能增强了。这个扩展后的监督程序常驻内存,称为执行系统。执行系统比脱机处理前进了一步,它节省了外围机,降低了成本,而且同样能支持主机和通道、主机和外部设备的并行操作。在执行系统中,用户程序的输入/输出工作是委托给执行系统实现的,由执行系统检查其命令的合法性,提高了系统的安全性,可以避免不合法的输入/输出命令对系统的威胁。执行系统是操作系统初级阶段,它为操作系统的最终形成奠定了基础。

### 1.2.2 操作系统的完善

操作系统由形成到完善经历了如下几个主要发展阶段。

#### 1. 多道批处理系统(20世纪60年代初期)

执行系统出现不久,人们就发现在内存中同时存放多道作业是有利的。当一道作业因等待I/O传输完成等原因暂时不能运行时,系统可将处理机资源分配给另外一个可以运行的程序,如此便产生了多道批处理操作系统。

多道批处理的出现是操作系统发展历史上一个革命性的变革,它将多道程序设计的概念引入操作系统中。我们将会在后面内容中学习多道程序设计与传统的单道程序设计相比的本质差别,它的引入给操作系统的理论及实践等各个方面都带来了许多新的研究课题。

#### 2. 分时系统(20世纪60年代初/中期)

手工操作是一种联机操作方式,其效率很低。批处理系统否定并代替了手工操作,是一种脱机操作方式。执行系统及多道批处理系统是批处理系统的进一步发展,属于更高级的脱机处理方式。但是,多道批处理系统出现不久,人们便发现仍有联机操作的必要,这个要求首先是由程序员提出的。对于脱机操作来说,程序员无法了解其作业的执行情况 and 对其进行动态控制,如果作业在处理过程中出错,程序员不能对其进行及时的修改,必须等待批处理结果输出后才能从输出报告中得知错误所在,对其进行修改,然后再次提交批作业,如此可能需要重复多次,使得作业的处理周期较长。也就是说,脱机方式非常不利于程序的动态调试。

为达到联机操作的目的,出现了分时系统。分时系统由一个主机和若干个与其相连的终端构成,用户可在终端上输入和运行其程序,系统采用对话的方式为各个终端上的用户服务,便于程序的动态修改和调试,缩短了程序的处理周期。由于多个终端用户可以同时使用同一个系统,因而分时系统也是以多道程序设计为基础的。

多道批处理系统与分时系统各有所长,前者适用于大型科技计算任务,后者适用于交互式任务。它们是现代操作系统的两大主要类别。多道批处理系统和分时系统的出现标志着操作系统已进入完善阶段。

#### 3. 实时处理系统(20世纪60年代中期)

在20世纪60年代中期,集成电路取代了分立元件,计算机进入了第三代。由于性能的提高,计算机的应用范围迅速扩大,从传统的科学计算扩展到商业数据处理,进而深入到各行各业,例如工业自动控制、医疗诊断、航班订票等,这样就出现了实时操作系统。

多道批处理操作系统、分时操作系统和实时操作系统的三大类别,为通用操作系统的最终形成做好了必要的准备。

#### 4. 通用操作系统(20世纪60年代后期)

为了进一步提高计算机系统的适应能力和使用效率,人们将多道批处理、分时和实时等功能结合在一起,构造出多功能的通用操作系统。通用操作系统可以同时处理实时任务、接

收终端请求、运行成批作业。当然，通用操作系统更加庞大，更加复杂，造价也更高。

### 1.2.3 操作系统的发展

20 世纪 70 年代至今，人们已经成功地设计出许多优秀的实用操作系统，例如，Atlas（英国曼彻斯特大学）、XDS-940（美国加利福尼亚大学伯利分校）、THE（荷兰狄克斯特拉）、CTSS（美国麻省理工学院）、Multics（美国麻省理工学院）、OS/2（美国 IBM 公司）、UNIX（美国贝尔实验室）、Windows（美国微软公司）、Linux（自由软件）等。

近 30 年来，操作系统在多方面取得了很大的发展，主要表现在以下方面。

(1) 硬件体系结构由集中向分散发展，出现了计算机网络。计算机网络是计算机技术与现代通信技术相结合的产物，它突破了空间上的限制，使得地理上分散、功能各异的计算机连接在一起，形成一个相对完整、功能更加强大的计算机系统。它在商业、文化、教育、通信、管理、军事等各个领域为计算机的应用开辟了更加广阔的前景，成为现代信息化社会最重要的工具，也为操作系统的研究提出了新的课题，即如何有效地管理网络中的资源，并实现分布环境中的并发控制，为此出现了网络操作系统和分布式操作系统。

(2) 随着微处理机技术的迅猛发展，家庭和商用微型机广泛普及。这些微型计算机具有性能良好、价格低廉等特点。为方便非计算机专业人员使用，微型机操作系统提供了友好的操作界面。在这种微型计算机上，单用户多任务的操作系统占主导地位。

(3) 在科学和军事领域，大型计算任务要求极强的计算能力和处理能力，在单一处理机的计算能力不能满足处理要求的条件下，多处理机并行成为必然选择。处理机并行使并发控制问题变得更加复杂，由此产生了并行操作系统。随着处理机芯片价格下降，服务器甚至微机主板上都有多个处理机插槽，多数流行操作系统也提供了相应的支持。

(4) 传统的操作系统是以计算机为中心的，随着处理机芯片和各种存储介质在各种控制领域的广泛应用，嵌入式操作系统和智能卡操作系统应运而生。在这些领域，“计算”是为某种具体应用服务的，处于附属地位。应用的多样化要求操作系统具有专用特性，然而为每个具体应用开发一个操作系统代价过高，因而人们尝试从不同应用中抽取具有共性的东西，并做成很小的操作系统核心，由此产生了微内核操作系统体系结构。

## 1.3 操作系统的分类

操作系统按照功能可分为如下几类：多道批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统、通用操作系统、单用户操作系统、网络操作系统、分布式操作系统、多处理机操作系统、嵌入式操作系统等。下面分别进行简单介绍。

### 1.3.1 多道批处理操作系统

#### 1. 多道程序的引入

中断和通道技术出现以后，输入/输出设备和 CPU 可以并行操作，初步解决了高速 CPU 和低速外部设备之间的矛盾，提高了计算机的工作效率。但人们很快发现，这种并行是有限的，并不能完全消除 CPU 对外部传输的等待，它无法充分利用系统中的所有资源。为了进一步提高资源的利用率和系统的吞吐量，在 20 世纪 60 年代中期引入了多道程序设计技术，由此形成了多道批处理操作系统。在该系统中用户所提交的作业都先放在外存上，并排成一个队列，称为“后备队列”，然后，由作业调度程序按一定的算法从后备队列中选择若干个作



业调入内存，使它们共享 CPU 系统中的各种资源。具体地说，在操作系统中引入多道技术可以带来以下好处。

(1) 提高 CPU 的利用率。当内存中仅有一道程序时，每逢该程序在运行中发出 I/O 请求后，CPU 空闲，必须在其 I/O 完成后才继续运行；尤其因 I/O 设备的低速性，更使 CPU 的利用率显著降低。比如，一个作业在运行过程中请求输入一批数据，当纸带输入机用 1000ms 输入 1000 个字符后，CPU 只用 300ms 就处理完了，而这时，第二批数据输入还需 700ms 才能完成。图 1.2 给出了单道程序的运行情况。从图可以看出，在  $t_2 \sim t_3$ 、 $t_4 \sim t_5$  时间间隔内 CPU 空闲。在引入多道程序设计技术后，由于同时在内存中装有若干道程序，并使它们交替运行，这样，当正在运行的 CPU 因 I/O 而暂停执行时，系统可调度另一道程序运行，从而保持 CPU 处于忙碌状态，图 1.3 给出了 4 道程序时的运行情况。

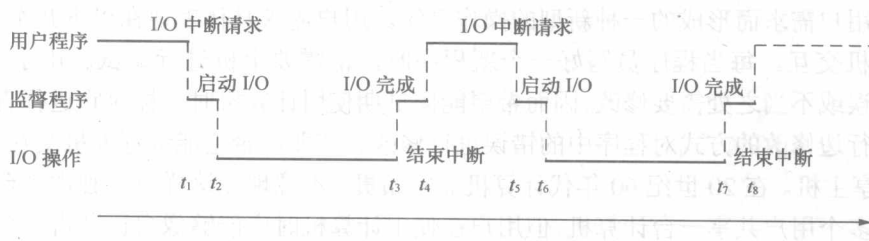


图 1.2 单道程序运行情况

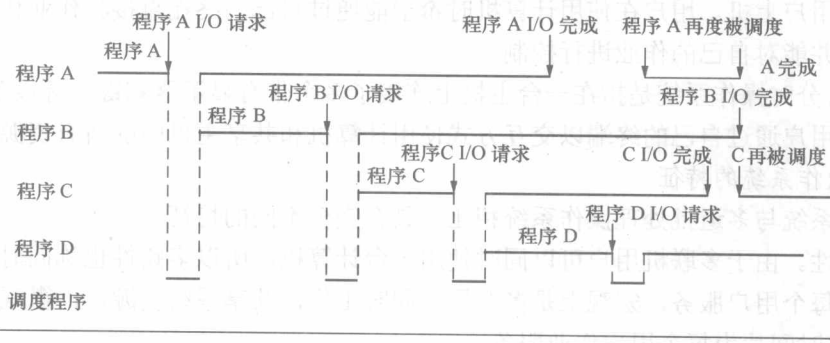


图 1.3 多道程序运行情况

(2) 可提高内存和 I/O 设备利用率。为了能运行较大的作业，通常内存都具有较大容量，但由于 80% 以上的作业都属于中小型作业，因此在单道程序环境下也造成内存的浪费。类似地，对于系统中所配置的多种类型的 I/O 设备，在单道程序环境下也不能充分利用。如果允许在内存中装入多道程序，并允许它们并发执行，则无疑会大大提高内存和 I/O 设备的利用率。

(3) 增加系统吞吐量。在保持 CPU、I/O 设备不断忙碌的同时，也必然会大幅提高系统的吞吐量，从而降低作业加工所需的费用。

## 2. 多道批处理操作系统的特征

在引入多道程序设计技术后，会使多道批处理具有以下特征。

(1) 多道性。在内存中同时存放多道相互独立的程序，并允许它们并发执行，从而有效地提高资源利用率和系统吞吐量。



(2) 宏观上并行。同时进入系统的几道程序都处于运行过程中, 即它们先后开始了各自的运行, 但都未运行完成。作业的完成顺序与它们进入内存的顺序之间无严格的对应关系。

(3) 微观上串行。从微观上看, 内存中的多道程序轮流或分时地占用处理器, 交替运行。什么时间运行哪个程序, 则应由系统采用一定的调度算法来实现。

多道批处理的优点是系统资源利用率高、吞吐量大, 缺点是对用户作业的响应时间较长, 用户不能及时了解自己程序的运行, 即没有交互能力。

### 1.3.2 分时操作系统

#### 1. 分时操作系统的产生

如果说, 推动多道批处理操作系统形成和发展的主要动力是提高资源利用率和系统吞吐量, 那么, 推动分时操作系统形成和发展的主要动力则是用户需求。或者说, 分时操作系统是为了满足用户需求而形成的一种新型的操作系统。用户需求具体表现在以下几个方面。

(1) 人机交互。每当程序员写好一个新程序时, 都需要上机进行调试。由于新编程序难免有些错误或不当之处需要修改, 因而希望能像早期使用计算机时一样对它进行直接控制, 并能以边运行边修改的方式对程序中的错误进行修改。亦即, 希望能进行人机交互。

(2) 共享主机。在 20 世纪 60 年代计算机非常昂贵, 不像现在这样每人独占一台计算机, 而只能是由多个用户共享一台计算机, 但用户在使用计算机时应能够像自己独占计算机一样, 不仅可以随时与计算机交互, 而且感觉不到其他用户也在使用计算机。

(3) 便于用户上机。用户在使用计算机时希望能通过自己的终端直接将作业传送到机器上进行处理, 并能对自己的作业进行控制。

由上所述, 分时操作系统是指在一台主机上连接了多个带有显示器和键盘等设备的终端, 同时允许多个用户通过自己的终端以交互方式使用计算机和共享主机中的所有资源。

#### 2. 分时操作系统的特征

分时操作系统与多道批处理操作系统相比, 具有完全不同的特征。

(1) 多路性。由于多联机用户可以同时使用一台计算机, 所以多路性也称同时性。系统按分时原则为每个用户服务, 宏观上是多个用户同时工作, 共享系统资源, 而微观上则是一个 CPU 轮流按时间片为每个用户作业服务。

(2) 独占性。由于所配置的分时操作系统采用时间片轮转的办法使一台计算机同时为许多终端用户服务, 因此, 每个用户都感觉不到别人也在使用这台计算机, 好像自己独占计算机一样。

(3) 交互性。用户与计算机之间进行“会话”, 用户从终端输入命令, 提出计算要求, 系统收到命令后分析用户的要求并执行, 然后把计算结果通过显示器或打印机输出, 用户可以根据计算结果提出下一步要求, 这样一问一答, 直到全部工作完成。

(4) 及时性。用户的请求能在很短的时间内获得响应, 此时时间间隔是以人们所能接受的等待时间来确定的, 通常不超过 3s。

多道批处理操作系统和分时操作系统的产生标志着操作系统的形成。在某些计算机系统中配置的操作系统, 结合了批处理能力和交互作用的分时能力, 以前台/后台方式提供服务, 前台以分进方式为多个联机终端服务, 当终端作业运行完毕时, 后台系统就可以运行批量的作业。

### 1.3.3 实时操作系统

实时操作系统是操作系统的又一种类型。对外部输入的信息, 实时操作系统能够在规定

的时间内处理完毕并作出反应。“实时”的含义是指计算机对于外来信息能够及时进行处理,并在被控对象允许的时间范围内作出快速反应。实时操作系统对响应时间的要求比分时操作系统更高,一般要求响应时间为秒级、毫秒级甚至微秒级。

实时操作系统按使用方式分为实时控制系统和实时信息处理系统。

实时控制是指利用计算机对实时过程进行控制和提供环境监督。当把计算机用于生产过程的控制,以形成以计算机为中心的系统时,系统要求能实时采集现场数据,并对所采集的数据进行及时处理,进而自动控制相应的执行机构,使某些参数(如温度、压力等)能按预定的规律变化,以保证产品的质量和提高产量。类似地,也可将计算机用于对武器的控制,如导弹发射系统、飞机自动驾驶等。

实时信息处理系统是指利用计算机对实时数据进行处理。这类应用大多属于实现服务性工作,如自动订票系统、情报检索系统等。用户可以通过这样的系统预订飞机票、查阅文献资料。用户还可以通过终端设备向计算机提出某种要求,而计算机系统处理后将通过终端设备回答用户,系统响应时间与分时操作系统相同,即满足人的反应时间。

实时操作系统主要为联机实时任务服务,其特点如下。

(1) 及时响应。系统对外部实时信号必须能及时响应,响应时间要满足能够控制发出实时信号的那个环境的要求。

(2) 高可靠性和安全性。实时操作系统工程要求有高可靠性和安全性,系统的效率则是放在第二位的。

(3) 较强的系统整体性。实时操作系统要求所管理的联机设备和资源,必须按一定的时间关系和逻辑关系协调工作。

(4) 较弱的交互会话功能。实时操作系统没有分时操作系统那么强的交互会话功能,通常不允许用户通过实时终端设备去编写新的程序或修改已有的程序。实时终端设备通常只是作为执行装置或询问装置,是为特殊的实时任务设计的专用系统。虽然实时信息系统也具有交互性,但这里人与系统的交互,仅限于访问系统中某些特定的专用服务程序。

### 1.3.4 通用操作系统

同时具有分时、实时和批处理功能的操作系统称为通用操作系统。显然,通用操作系统的规模更加庞大,构造更加复杂,功能更加强大。构造通用操作系统的目的是为用户提供多模式的服务,同时进一步提高系统资源利用效率。

在通用操作系统中,可能同时存在3类任务:实时任务、分时任务和批处理任务。这3类任务通常按照急迫程度加以分级,实时任务的级别最高,分时任务次之,批处理任务的级别最低。当有实时任务请求时,系统优先处理;当没有实时任务时,系统为分时用户服务;仅当既无实时任务也无分时任务时,系统才执行批处理任务。

在实际应用中,同时具有实时、分时、批处理3种能力的操作系统并不常见。通常将实时与批处理结合起来,或将分时与批处理结合起来,构成所谓的前后台系统。在实时与批处理相结合的系统中,实时任务为前台,批处理任务为后台;在分时与批处理相结合的系统中,分时为前台,批处理为后台。前台任务优先于后台任务。

### 1.3.5 单用户操作系统

单用户操作系统是为个人微型计算机所配置的操作系统的。这类操作系统的的核心特点是单用户,即系统在同一段时间内仅为一个用户提供服务。早期的单用户操作系统如 MS-DOS

以单任务为主要特征，由于一个用户程序独占整个计算机系统，操作系统进行资源管理的任务变得不重要，为用户提供良好工作环境成了这类操作系统更主要的目标。现代的单用户操作系统，如 Windows，已经广泛支持多道程序并发和资源共享。由于单用户操作系统应用广泛，大多数使用者不是计算机专业人员，所以一般更加注重用户界面友好性和操作的方便性。

### 1.3.6 网络操作系统

计算机技术和通信技术的结合使得共享资源和分散计算能力的愿望成为现实，并对计算机的组织方式产生了深远的影响。集中式计算机系统的模式正被一种新的模式取代，在这种新模式中，计算任务是由大量分散而又互相连接的计算机来完成的，某一台计算机上的用户可以使用其他机器上的资源，于是引出了计算机网络的概念。所谓计算机网络，是指把地理上分散的、具有独立功能的多台计算机和终端设备，通过通信线路连接起来，以达到数据通信和资源共享目的的一种计算机系统。

分时操作系统提供的资源共享有两个限制：一是限于计算机系统内部；二是限于同一地点或地理位置很近。计算机网络在分时操作系统的基础上，又大大前进了一步。

在网络范围内管理网络通信和共享资源，协调各计算机上任务的运行，并向用户提供统一、有效、方便的网络接口的程序集合，就称为网络操作系统。要说明的是，在网络中各个独立计算机仍有自己的操作系统，由它管理着自身的资源。只有在它们要进行相互间的信息传递、要使用网络中的可共享资源时，才会涉及网络操作系统。

网络操作系统有如下 4 个基本功能。

(1) 网络通信。为通信双方建立和拆除通信通路，实施数据传输，对传输过程中的数据进行检查和纠正。

(2) 资源管理。采用统一、有效的策略，协调诸用户对共享资源的使用，使用户使用远程资源如同使用本地资源一样。

(3) 提供网络服务。向用户提供多项网络服务，比如电子邮件服务，它为各用户之间发送与接收信息提供了一种快捷、简便、廉价的现代化通信手段。比如，远程登录服务，它使一台计算机能登录到另一台计算机上，使远程计算机就像一台与自己的计算机直接相连的终端一样进行工作，获取与共享所需要的各种信息。再比如，文件传输服务，它允许用户把自己的计算机连接到远程计算机上，查看那里有哪些文件，然后将所需文件从远程计算机复制到本地计算机，也可以将本地计算机中的文件复制到远程计算机中。

(4) 提供网络接口。向网络用户提供统一的网络接口，以使用户能方便地上网，使用共享资源和获得网络提供的各种服务。

网络操作系统有如下特点。

(1) 自治性。在网络中的每一台计算机都有自己的内存储器 and I/O 设备，安装有自己的操作系统，因此具有很强的自治性，能独立承担分配给它的任务。

(2) 分散性。系统中的计算机分布在不同的地域，有各自的任务。

(3) 互联性。网络中分散的计算机及各种资源，通过通信线路实现物理上的连接，进行信息传输和资源共享。

(4) 统一性。网络中的计算机，使用统一的网络命令。

目前，流行的网络操作系统以及具有联网功能的操作系统主要有 NETWARE 系列、Windows 9x、Windows NT Server、Windows 2000、VINES、Linux 等。网络操作系统已比较