



北京市高等教育精品教材立项项目

高等学校计算机科学与技术专业教材

# 操作系统原理教程

张丽芬 刘美华 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

华北水利水电学院图书馆



207976957

TP316

Z130



北京市高等教育精品教材立项项目

高等学校计算机科学与技术专业教材

# 操作系统原理教程

张丽芬 刘美华 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

797695

10

## 内 容 简 介

计算机操作系统是计算机系统中最基本的系统软件,它负责管理和控制整个系统的软、硬件资源,并向用户提供良好的用机环境。

本书共分为四篇。第一篇主要介绍操作系统的基本原理,三种基本操作系统(批处理、分时和实时)的特点,操作系统的基本功能(处理机管理、作业管理、存储器管理、文件管理和设备管理)和操作系统的进一步发展。第二篇介绍 UNIX 和 Linux 操作系统各部分功能的具体实现技术。第三篇为 Windows 2000 操作系统,介绍以面向对象方法设计操作系统的技术。第四篇介绍网络和分布式系统的实现技术。

本书以操作系统的基本原理与实现技术为主要内容,同时注意实际的应用。在编写过程中注意吸收国内外较新的操作系统理论和实现技术,以反映现代操作系统发展的新动向。

本书可以作为高等学校计算机专业及相关的计算机应用专业,包括电子工程和自动控制等专业的教科书和参考书,也可作为从事计算机研究和应用人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理教程/张丽芬,刘美华编著. —北京:电子工业出版社,2004.7

高等学校计算机科学与技术专业教材

ISBN 7-121-00004-0

I. 操… II. ①张… ②刘… 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(2004)第 056502 号

责任编辑:韩同平 特约编辑:明足群

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:27.5 字数:668.8 千字

印 次:2004 年 7 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:33.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

操作系统是计算机系统中不可缺少的基本系统软件,主要用来管理和控制计算机系统的软、硬件资源,提高资源利用率,且为用户提供一个方便、灵活、安全和可靠地使用计算机的工作环境。

计算机操作系统不仅是高等学校计算机专业的核心课程,也是从事计算机研究和应用开发人员的必修知识。

本书作者从1979年以来一直从事操作系统的教学和科研工作,对多种机器的操作系统,如国产的实时操作系统 RTOS,200 系列的中型操作系统,微机上的 CP/M,MS-DOS,UNIX 和 Linux 操作系统等进行了研究,特别对 UNIX 系统 V 进行了较系统的、全面的源代码的剖析和专题研究,并且查阅了近几年来大量的国内外有关资料,结合科研开发,积累了大量的知识素材和实际经验。在此基础上,编写了本书。

本书共分为四篇 19 章。第一篇操作系统基本原理,分为六章,主要介绍操作系统的基本概念和基本原理,包括处理机管理、作业管理、存储器管理、文件管理和设备管理;第二篇 UNIX 系统 V 和 Linux 操作系统的实例研究,分为七章,较详细地介绍了 UNIX 系统 V 各部分功能的具体实现技术,包括进程管理、存储器管理、文件管理、输入/输出子系统、进程之间的通信、UNIX 系统的中断和异常处理,以及 Linux 操作系统的基本组成和功能。第三篇 Windows 2000 操作系统研究,分为五章,介绍以面向对象方法设计的 Windows 2000 操作系统的实现技术,其中包括 Windows 2000 系统实现机制、进程和线程管理、存储器管理、文件管理和设备管理;第四篇网络与分布式处理,介绍网络和分布式系统的实现技术,主要包括网络和分布式系统的通信结构、服务器管理、分布式进程管理、进程迁移、进程同步和通信,以及分布式系统中解决进程死锁的一些技术等。

为帮助教师使用本教材,编著者开发了这本书的电子课件,并发布在电子工业出版社的华信教育资源网站上,其网址为 <http://www.hxedu.com.cn>,或直接联系教材服务部 010-68152204 索取。

本书第 13 章由刘美华编写;其余部分由张丽芬编写,并对全书进行统稿。

在第三篇 Windows 2000 的操作系统研究编写过程中,主要参考了参考文献[7],[9],[10],[18]和[26]等,也包括 Internet 上提供一些技术资料。在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中编写不当或疏漏之处,恳请读者批评指正。

编著者  
于北京理工大学

# 目 录

## 第一篇 操作系统的基本原理

<b>第 1 章 操作系统概论</b> .....	(1)
1.1 操作系统的组成和设计目标 .....	(1)
1.2 操作系统的形成与发展 .....	(2)
1.2.1 顺序处理(手工操作)阶段 .....	(2)
1.2.2 简单的批处理系统(Simple Batch System) .....	(3)
1.2.3 多道成批处理系统(Multiprogrammed Batch System) .....	(5)
1.2.4 分时系统(Time-Sharing System) .....	(8)
1.2.5 实时系统(Real-Time System) .....	(10)
1.2.6 嵌入式系统(Embedded System) .....	(11)
1.3 操作系统的功能和特性 .....	(12)
1.4 操作系统的进一步发展 .....	(14)
1.5 操作系统的设计规范 .....	(16)
1.6 小结 .....	(17)
习题 .....	(18)
<b>第 2 章 进程管理</b> .....	(19)
2.1 进程的引入及其概念 .....	(19)
2.2 进程的描述 .....	(22)
2.3 进程的控制 .....	(25)
2.4 进程调度 .....	(27)
2.5 线程的引入 .....	(29)
2.6 进程之间的低级通信 .....	(31)
2.6.1 进程之间的互斥 .....	(32)
2.6.2 进程之间的同步 .....	(34)
2.6.3 信号量和 P、V 操作 .....	(35)
2.6.4 管程 .....	(39)
2.7 进程之间的高级通信 .....	(42)
2.8 死锁 .....	(45)
2.8.1 死锁的定义和死锁产生的必要条件 .....	(45)
2.8.2 解决死锁的方法 .....	(46)
2.9 小结 .....	(54)

习题 .....	(55)
<b>第3章 作业管理</b> .....	(58)
3.1 引言 .....	(58)
3.2 作业输入 .....	(59)
3.3 作业调度 .....	(60)
3.3.1 作业的状态及其转换 .....	(60)
3.3.2 作业调度的任务 .....	(61)
3.4 作业控制 .....	(63)
3.5 系统调用 .....	(64)
3.6 小结 .....	(67)
习题 .....	(67)
<b>第4章 存储器管理</b> .....	(69)
4.1 引言 .....	(69)
4.1.1 存储器管理功能 .....	(69)
4.1.2 存储器管理中涉及的几个概念 .....	(69)
4.2 单用户单道程序的存储器分配 .....	(71)
4.3 多用户多道程序的存储器分配——分区分配 .....	(72)
4.3.1 固定式分区(Fixed Partition) .....	(72)
4.3.2 可变式分区(Dynamic Partition) .....	(73)
4.4 覆盖与交换技术 .....	(77)
4.5 页式存储器管理 .....	(79)
4.5.1 页式管理的实现原理 .....	(79)
4.5.2 页式动态地址变换 .....	(80)
4.5.3 快表和联想存储器 .....	(81)
4.5.4 页式管理的主存分配与回收 .....	(83)
4.6 段式存储器管理 .....	(84)
4.7 虚拟存储器 .....	(87)
4.7.1 页式虚拟存储器管理 .....	(87)
4.7.2 页式管理设计中应考虑的问题 .....	(92)
4.7.3 段式虚拟存储器管理 .....	(96)
4.7.4 段页式存储器管理 .....	(98)
4.8 小结 .....	(99)
习题 .....	(99)
<b>第5章 文件系统</b> .....	(102)
5.1 文件和文件系统 .....	(102)
5.2 文件的逻辑结构和存取方法 .....	(103)
5.3 文件的物理结构和存储介质 .....	(105)

5.3.1	文件的物理结构 .....	(105)
5.3.2	文件的存储介质 .....	(108)
5.4	文件记录的组块与分解 .....	(110)
5.5	文件目录结构 .....	(111)
5.6	文件存储器存储空间的管理 .....	(114)
5.7	文件的共享与保护 .....	(116)
5.7.1	文件的共享 .....	(117)
5.7.2	文件的保护 .....	(117)
5.7.3	文件的存取控制 .....	(118)
5.8	文件的操作命令 .....	(120)
5.9	文件系统的组织结构 .....	(122)
5.10	小结 .....	(123)
	习题 .....	(123)
<b>第6章</b>	<b>设备管理</b> .....	(125)
6.1	I/O 硬件组成 .....	(125)
6.1.1	I/O 设备 .....	(125)
6.1.2	设备控制器 .....	(125)
6.1.3	直接存储器访问(DMA) .....	(128)
6.1.4	通道控制方式 .....	(129)
6.2	I/O 软件的组成 .....	(130)
6.2.1	I/O 软件的目标 .....	(130)
6.2.2	I/O 软件的功能 .....	(131)
6.3	磁盘管理 .....	(136)
6.3.1	磁盘的物理性能 .....	(136)
6.3.2	磁盘调度算法 .....	(137)
6.3.3	磁盘调度算法的比较 .....	(139)
6.3.4	磁盘的错误处理 .....	(140)
6.3.5	提高磁盘性能和容错性的机制——独立磁盘的冗余阵列 .....	(141)
6.4	终端管理 .....	(144)
6.4.1	终端硬件 .....	(144)
6.4.2	终端软件 .....	(146)
6.5	时钟管理 .....	(148)
6.5.1	时钟硬件 .....	(149)
6.5.2	时钟软件 .....	(149)
6.6	小结 .....	(151)
	习题 .....	(151)

## 第二篇 UNIX 系统 V 操作系统的实例研究

<b>第 7 章 UNIX 系统 V 的进程管理</b> .....	(154)
7.1 UNIX 系统的进程组成 .....	(154)
7.1.1 UNIX 系统的进程映像 .....	(154)
7.1.2 UNIX 系统的进程控制块 .....	(155)
7.2 进程的状态及其转换 .....	(160)
7.3 UNIX 系统进程的上下文 .....	(162)
7.4 UNIX 系统的进程控制 .....	(163)
7.4.1 进程的创建 fork() .....	(163)
7.4.2 进程的终止 exit() .....	(165)
7.4.3 父进程等待子进程终止的同步命令 wait() .....	(165)
7.4.4 进程的睡眠与唤醒(sleep()和 wakeup()) .....	(167)
7.4.5 进程执行一个新程序的系统调用 exec() .....	(170)
7.4.6 UNIX 系统的工作过程 .....	(172)
7.5 UNIX 系统的进程调度 .....	(173)
7.5.1 进程优先级 .....	(174)
7.5.2 影响进程调度的三个标志 .....	(175)
7.5.3 进程调度的时机 .....	(175)
7.5.4 进程调度的功能 .....	(176)
7.6 进程的换入与换出 .....	(177)
7.7 小结 .....	(178)
习题 .....	(178)
<b>第 8 章 UNIX 系统 V 存储器管理</b> .....	(179)
8.1 虚存空间的划分 .....	(179)
8.1.1 系统空间布局 .....	(179)
8.1.2 VAX-11 机的地址结构 .....	(180)
8.2 存储器管理中的几个数据结构 .....	(180)
8.2.1 页表 .....	(180)
8.2.2 系统空闲页表(spt)区的管理 .....	(181)
8.2.3 主存位示图 .....	(182)
8.2.4 交换区空闲空间的管理 .....	(182)
8.3 主存分配与回收 .....	(183)
8.3.1 主存的分配和释放函数 .....	(183)
8.3.2 进程的主存分配与释放 .....	(186)
8.4 地址转换 .....	(189)
8.5 请求调页处理 .....	(190)



8.6 小结 .....	(193)
习题.....	(193)
<b>第9章 UNIX系统V的文件系统 .....</b>	<b>(194)</b>
9.1 UNIX文件系统的逻辑结构 .....	(194)
9.2 UNIX文件系统中所用的数据结构 .....	(194)
9.2.1 文件卷的结构 .....	(194)
9.2.2 超级块结构 .....	(195)
9.2.3 UNIX系统文件目录与索引节点 .....	(196)
9.3 磁盘索引节点的分配与回收 .....	(199)
9.4 空闲盘块的分配与回收 .....	(200)
9.5 UNIX系统使用的打开文件数据结构 .....	(201)
9.6 UNIX文件系统的系统调用命令 .....	(204)
9.6.1 文件的创建、打开和删除命令 .....	(204)
9.6.2 文件的读/写命令 .....	(206)
9.6.3 文件关闭的系统调用命令(close) .....	(207)
9.6.4 文件连接系统调用命令(link) .....	(208)
9.6.5 改变文件读/写指针的系统调用命令(seek) .....	(208)
9.6.6 解除连接的系统调用命令(unlink) .....	(208)
9.7 UNIX文件系统的安装与拆卸 .....	(209)
9.7.1 安装表与文件卷的安装过程 .....	(209)
9.7.2 文件卷的拆卸 .....	(211)
9.8 小结 .....	(211)
习题.....	(212)
<b>第10章 UNIX系统V的输入/输出子系统 .....</b>	<b>(214)</b>
10.1 与设备驱动程序的接口.....	(214)
10.2 块设备管理.....	(215)
10.2.1 系统缓冲池及各种队列的管理 .....	(215)
10.2.2 缓冲区的分配与释放 .....	(219)
10.2.3 块设备管理中的几个数据结构 .....	(220)
10.2.4 系统调用与块设备驱动程序的接口 .....	(225)
10.3 字符设备管理.....	(229)
10.3.1 字符设备中使用的数据结构 .....	(229)
10.3.2 字符设备的缓冲技术 .....	(234)
10.3.3 终端设备的字符输入/输出处理及设备驱动 .....	(238)
10.4 小结.....	(240)
习题.....	(241)

<b>第 11 章 UNIX 系统 V 进程之间的通信</b> .....	(242)
11.1 管道通信 .....	(242)
11.1.1 创建无名管道 .....	(242)
11.1.2 创建一个有名管道 .....	(244)
11.2 消息缓冲机制 .....	(246)
11.2.1 消息缓冲使用的数据结构 .....	(247)
11.2.2 消息缓冲的系统调用 .....	(248)
11.2.3 消息缓冲的通信过程 .....	(250)
11.3 共享主存段机制 .....	(252)
11.3.1 共享主存段使用的数据结构 .....	(252)
11.3.2 共享主存段的系统调用 .....	(253)
11.3.3 共享主存段机制中各数据结构的关系 .....	(254)
11.4 信号量机制 .....	(256)
11.4.1 信号量机制中的数据结构 .....	(256)
11.4.2 信号量机制的系统调用 .....	(258)
11.5 小结 .....	(261)
习题 .....	(261)
<b>第 12 章 中断和异常处理</b> .....	(262)
12.1 中断和异常处理的硬件基础 .....	(262)
12.2 中断和异常处理 .....	(266)
12.2.1 中断处理 .....	(266)
12.2.2 异常处理 .....	(269)
12.3 软中断处理机制 .....	(272)
12.3.1 软中断的处理方式 .....	(273)
12.3.2 软中断中使用的几个函数 .....	(273)
12.3.3 软中断信号机制的应用 .....	(275)
12.4 小结 .....	(276)
习题 .....	(276)
<b>第 13 章 Linux 操作系统</b> .....	(277)
13.1 Linux 的进程管理 .....	(278)
13.2 Linux 的存储器管理 .....	(281)
13.2.1 i386 的页式主存管理机制 .....	(281)
13.2.2 Linux 主存管理的基本框架 .....	(282)
13.2.3 存储器管理中的几个重要数据结构 .....	(283)
13.2.4 主存页框的调度 .....	(287)
13.2.5 缺页异常处理 .....	(288)
13.3 Linux 虚拟文件系统 .....	(289)

13.3.1	VFS 的数据结构	(290)
13.3.2	VFS 系统调用的实现	(296)
13.4	Ext2 文件系统	(298)
13.4.1	Ext2 的磁盘数据结构	(298)
13.4.2	Ext2 的主存数据结构	(301)
13.4.3	Ext2 的系统调用命令	(304)
13.5	Linux I/O 系统	(305)
13.6	小结	(309)
	习题	(310)

### 第三篇 Windows 2000 的操作系统研究

<b>第 14 章</b>	<b>Windows 2000 操作系统模型</b>	(311)
14.1	Windows 2000 操作系统的体系结构	(311)
14.1.1	用户态进程	(312)
14.1.2	NT 子系统动态连接库 NTDLL, DLL	(313)
14.1.3	NT 执行体	(313)
14.1.4	内核	(314)
14.1.5	硬件抽象层	(315)
14.1.6	设备驱动程序	(315)
14.2	Windows 2000 操作系统的特点	(315)
14.3	Windows 2000 的系统机制	(316)
14.3.1	陷阱处理程序(Trap Dispatching)	(316)
14.3.2	中断调度	(317)
14.3.3	异常调度(Exception Dispatcher)	(320)
14.3.4	系统服务调度	(321)
14.4	对象管理器	(322)
14.4.1	对象结构	(322)
14.4.2	管理对象	(324)
14.5	对象之间的同步	(326)
14.5.1	内核对象的同步	(326)
14.5.2	执行体对象的同步	(327)
14.6	小结	(330)
	习题	(330)
<b>第 15 章</b>	<b>Windows 2000 进程和线程管理</b>	(331)
15.1	Windows 2000 进程和线程	(331)
15.1.1	进程对象	(331)
15.1.2	Windows 2000 线程对象	(333)

15.2	Windows 2000 的线程调度 .....	(334)
15.2.1	Windows 2000 的线程调度特征 .....	(334)
15.2.2	进程和线程优先级 .....	(334)
15.2.3	调度程序的数据结构 .....	(337)
15.2.4	线程调度的策略 .....	(337)
15.2.5	线程优先级提升 .....	(338)
15.3	对称多处理机系统上的线程调度 .....	(340)
15.4	线程的状态 .....	(342)
15.5	Windows 2000 的进程同步 .....	(343)
15.5.1	同步对象 .....	(343)
15.5.2	同步对象的应用示例 .....	(344)
15.6	小结 .....	(348)
	习题 .....	(349)
<b>第 16 章</b>	<b>Windows 2000 的存储器管理 .....</b>	<b>(350)</b>
16.1	Windows 2000 的存储器管理概述 .....	(350)
16.1.1	进程地址空间的布局 .....	(350)
16.1.2	进程空间的主存分配 .....	(351)
16.2	Windows 2000 地址转换 .....	(355)
16.2.1	Windows 2000 地址转换所涉及的数据结构 .....	(355)
16.2.2	页错误处理 .....	(360)
16.3	页调度策略 .....	(362)
16.4	小结 .....	(364)
	习题 .....	(364)
<b>第 17 章</b>	<b>Windows 2000 的文件系统 .....</b>	<b>(365)</b>
17.1	Windows 2000 的文件系统概述 .....	(365)
17.2	主控文件表 .....	(366)
17.3	NTFS 文件的物理结构 .....	(369)
17.4	Windows 2000 文件系统模型 .....	(370)
17.4.1	Windows 2000 文件系统分层模型 .....	(370)
17.4.2	Windows 2000 文件系统驱动程序的组成 .....	(371)
17.5	NTFS 文件的安全性 .....	(373)
17.6	NTFS 可恢复性支持 .....	(373)
17.6.1	文件系统采用的优化技术 .....	(373)
17.6.2	日志文件服务的实现 .....	(374)
17.6.3	NTFS 坏簇恢复的支持 .....	(378)
17.7	小结 .....	(379)
	习题 .....	(379)

<b>第 18 章 Windows 2000 的设备管理</b> .....	(380)
18.1 Windows 2000 的 I/O 系统结构 .....	(380)
18.2 I/O 管理系统所涉及的关键数据结构 .....	(381)
18.2.1 I/O 管理系统的特点 .....	(381)
18.2.2 几个关键的数据结构 .....	(382)
18.3 Windows 2000 I/O 处理 .....	(384)
18.3.1 对单层驱动程序的 I/O 请求的处理 .....	(385)
18.3.2 设备 I/O 的中断处理 .....	(386)
18.3.3 I/O 请求的完成过程处理 .....	(386)
18.3.4 对多层驱动程序的 I/O 请求的处理 .....	(387)
18.3.5 使用异步 I/O 的考虑 .....	(390)
18.4 多处理 I/O 中的同步问题 .....	(390)
18.5 映射文件 I/O 和文件高速缓存 .....	(391)
18.6 快速 I/O .....	(391)
18.7 即插即用管理器 .....	(392)
18.8 小结 .....	(393)
习题 .....	(394)

## 第四篇 网络与分布式系统

<b>第 19 章 网络与分布式处理综述</b> .....	(395)
19.1 分布式系统概述 .....	(395)
19.2 开放式系统互连通信结构 .....	(400)
19.3 网络服务器 .....	(402)
19.4 进程迁移 .....	(406)
19.5 分布式进程通信 .....	(409)
19.6 分布式进程管理 .....	(414)
19.6.1 分布式互斥 .....	(414)
19.6.2 分布式互斥算法 .....	(417)
19.7 分布式进程死锁问题 .....	(420)
19.7.1 资源分配中的死锁 .....	(420)
19.7.2 消息通信中的死锁 .....	(422)
19.8 小结 .....	(424)
<b>参考文献</b> .....	(425)

# 第一篇 操作系统的基本原理

## 第 1 章 操作系统概论

### 1.1 操作系统的组成和设计目标

#### 1. 计算机系统的组成

随着计算机技术的迅速发展,计算机系统的硬件和软件资源愈来愈丰富。从功能上,可把整个计算机系统划分为硬件、操作系统、实用程序和应用程序四个层次,如图 1.1 所示。这四层的关系表现为一种单向调用关系,即外层的软件必须以事先约定的方式调用内层软件或硬件提供的服务。通常把这种约定称为界面或接口(Interface)。下面简单介绍各个层次的特点。

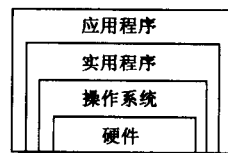


图 1.1 计算机系统的组成

#### (1) 硬件

硬件层由计算机的硬件资源组成。它包括中央处理机(简称 CPU,也称处理机)、存储器(包括主存储器和辅助存储器)和输入/输出设备。其中,辅助存储器又称外存储器,包括磁盘、磁带、光盘等;输入设备有卡片或纸带输入机、键盘、鼠标、图形扫描仪等;输出设备有卡片或纸带输出机、显示器、打印机、绘图仪等。这种不加任何扩充的计算机称为裸机。一个裸机的功能即使很强,用户也很难使用,因为这些裸机的部件是通过执行机器指令来实现计算和输入/输出功能的。

#### (2) 操作系统

操作系统是整个计算机系统的管理和控制中心。一个计算机如果没有操作系统,整个系统将无法工作。

#### (3) 实用程序

实用程序层包括下面一些程序,且它们通常是驻留在磁盘上的。

- ① 各种语言编译程序。语言编译程序包括高级语言和汇编语言编译程序。
- ② 文本编辑程序。文本编辑程序用来建立和修改用户的源程序或其他文本数据。这类程序种类繁多,功能各异,有面向行的和面向全屏幕的。

③ 调试程序。调试程序又称排错程序。它用来帮助用户调试程序,从而方便地找出程序中的逻辑错误。

④ 连接装配和装入程序。连接装配程序把用户分别编译好的各目标程序连接装配成一个可执行的程序。装入程序则负责将一个可执行程序装入主存运行。还有一些实用程序,如

标准过程和函数、系统诊断程序、分类合并程序、文件加密/解密程序等。总之,这些实用程序为用户使用计算机系统提供一个良好环境。

#### (4) 应用程序

应用程序是计算机系统的最外层软件,主要负责解决用户的实际问题。这些程序通常由用户或专门的软件公司编制。这类软件比较丰富,如各种数据库管理软件、计算机辅助设计软件及各种事务处理软件等。

## 2. 操作系统的定义和设计目标

从宏观上讲,操作系统的设计目标是使用计算机的整个系统;从微观上讲,是使用计算机的各种硬件资源,用存储器保存程序和数据,用 CPU 完成各种操作运算,通过外围设备实现计算机与外部世界的信息交换,即完成输入/输出工作,用辅助存储器保存大量的信息文件。另外,还要用到各种软件资源,如上述的各种实用程序和应用程序,完成用户程序的计算工作。由谁来组织和管理这些软、硬件资源,使之协调一致并高效地完成用户的计算工作呢?这就是操作系统。

操作系统究竟是什么,该如何定义它?为了深入、全面地理解操作系统的含义,从以下两方面来阐述。

① 从计算机系统设计者的角度看,操作系统是由一系列程序模块组成的一个大的程序,它依据设计者设计的各种管理和调度策略,对计算机的软、硬件资源进行管理和调度,合理地组织计算机的工作流程,从而提高资源的利用效率。由此可以认为,操作系统是计算机软、硬件资源的管理和控制系统。

② 从用户角度看,配上操作系统的计算机是一台比裸机功能更强、使用更方便简单的虚拟机,它是用户与计算机裸机之间的一个接口界面,用户通过它来使用计算机。

从上述两个角度可以总结出,设计操作系统的目标有两个:一个是使用户方便简单地使用计算机系统,另一个就是使计算机系统高效地运转。故操作系统是现代计算机系统不可缺少的关键部件。计算机系统越复杂,操作系统越显得重要。为此,有必要了解操作系统的组成和功能,以便更好地利用计算机进行系统和应用开发。这正是本书要讨论的主题。

## 1.2 操作系统的形成与发展

### 1.2.1 顺序处理(手工操作)阶段

早期的计算机(从 20 世纪的 40 年代~50 年代中期),程序员直接与计算机硬件打交道,没有操作系统。计算机由 CPU、主存、某种类型的输入设备(卡片输入机)、一台打印机,以及装有显示灯、乒乓开关的操作控制台组成。用机器代码编写的程序通过输入设备装入计算机,再由程序员从控制台上通过设置乒乓开关启动程序运行。程序处理过程中,如果出现错误,则通过控制台上的指示灯指示错误产生的条件并停止运行。这时,程序员检查寄存器和主存单元,找出引起错误的原因,经修改后可以再次运行。如果程序正常完成,将输出结果送打印机

打印。

这种早期的计算机存在两个问题。

#### (1) 人工负责计算机的调度

各用户将需要使用计算机各种资源的时间登记在一张纸上,由机房负责人为用户安排上机时间。如果一个用户预约 1 小时,结果用 45 分钟就完成了,剩余的 15 分钟被浪费掉。另一方面,用户程序运行过程中如果出现问题,由于需要检查错误原因,解决问题而被迫暂停,等待下一次预约后才能运行。

#### (2) 人工负责编排作业的运行顺序

在操作系统中,通常把用户在一次算题过程中要求计算机所做工作的集合叫做一个作业。以执行一个作业为例,用户在计算机上进行算题时,通常要经历以下几步:

① 采用某种高级语言按算法编写源程序,将源程序通过某种手段(键盘输入或卡片输入等)送入计算机内;

② 调用某语言的编译程序,对源程序进行编译,产生目标代码程序;

③ 将目标代码及调用的各种库代码连接装配成一个可执行程序;

④ 提供程序运行时所需数据,运行程序并产生计算结果。

由此可见,一个算题的完成通常要经历“建立”、“编译”、“连接装配”和“运行”才能得到计算结果。把相对独立的每一个步骤叫做作业步。一个作业的各作业步之间总是相互联系的,在逻辑上是顺序执行的。下一作业步能否执行,完全取决于上一作业步是否成功完成。比如,编译失败,则不可能进行连接装配。

一次运行可能只是编译一个程序。为此,要将编译程序和一个用高级语言编写的源程序装入主存,保存被编译好的目标程序;然后,连接和装入目标程序和公共函数库。其中每一步都涉及安装和卸下磁带或卡片叠等。如果在该次处理中出现错误,则用户不得不返回编排序列的开始,重新运行。因此,大量时间用在编排程序运行上。这种操作方式叫做顺序处理。

### 1.2.2 简单的批处理系统(Simple Batch System)

早期的计算机造价昂贵,上述人工调度和编排作业的方式浪费了大量的计算机时间。因此,要使计算机得到充分利用,必须改进使用方式,从而产生了操作系统的概念。简单的批处理系统正是在 20 世纪的 50 年代后期到 60 年代中期,伴随着第 2 代计算机的出现而研制成功的。

简单的批处理模式的中心思想是使用一种监控程序软件。在这种软件控制下,用户不再直接与计算机打交道,而是将自己的一个作业的卡片叠或纸带交给机房的操作员,再由操作员将多个作业的卡片或纸带按序、成批地放在一个输入设备上,由监控程序自动控制输入设备,将各个作业读入磁带。之后,监控程序开始顺序地装入一个个作业,进行处理。

这时监控程序常驻主存,工作非常简单,就是将 CPU 的控制权自动地从一个作业转换到另一个作业。很明显,手工操作阶段的两个问题已得到圆满解决:一方面由监控程序处理调度问题,各作业以尽可能快的速度执行,从而不存在空闲的机器时间;另一方面由监控程序处理作业编排问题。为了能用监控程序代替用户完成对作业的编排控制,系统向用户提供一套作业控制命令。每当用户提交作业时,将对作业的控制意图以作业控制卡或作业说明书的形式



提交给监控程序。图 1.2 给出以卡片形式提交作业的一个简单例子。在这个例子中,用户提交一个用 FORTRAN 语言编写的程序及程序所用数据;还有控制作业执行的控制指令卡,以“\$”开头。图 1.2 是一个典型的监控程序所使用的几个控制卡:

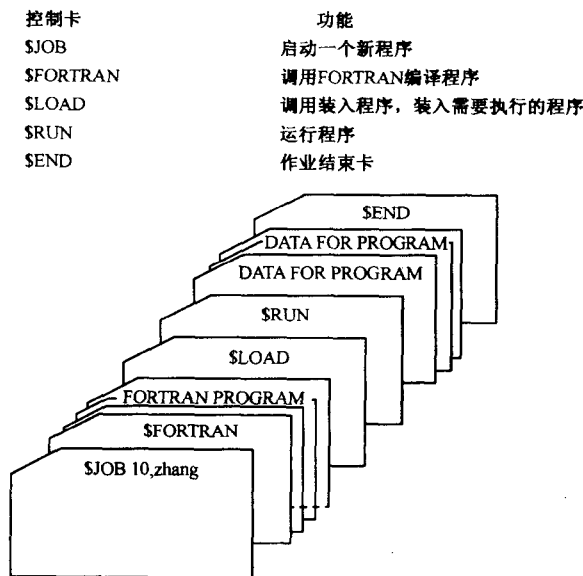


图 1.2 一个典型的输入作业的结构

为了执行这个作业,监控程序读入 \$FORTRAN 控制卡,从磁带装入 FORTRAN 编译程序。编译程序翻译用户程序为目标代码,并存入主存储器或磁带上。如果它存入主存,这个操作叫做“编译、装入和执行”。如果它存入磁带(即只编译不装入执行),那么当要装入时还需要读入一个 \$LOAD 卡。监控程序读入该卡片后,通过执行装入程序将目标程序及其调用的标准函数装入主存。接着,读 \$RUN 卡启动执行用户程序。在用户程序执行期间,用户程序的每个输入指令都读一张数据卡。一个用户作业的成功或错误完成,都引起监控程序扫描输入卡,直到遇到下一个作业的控制卡 \$JOB 为止。

当计算机运行中发生错误或意外时,监控程序通过控制台打字机输出信息,向操作员报告。这种输出信息不仅比亮灯显示所表达的内容更为丰富,而且便于操作员理解。总之,用这种半自动方式控制计算机不仅提高了效率,而且方便了使用。这种简单的批处理在硬件结构上有两种不同的控制方式。

### 1. 早期的联机批处理

早期的联机批处理的硬件控制方式是:作业的输入、计算和输出都在 CPU 直接控制下进行。图 1.3 给出了联机批处理的模型。

由于输入或输出是在 CPU 直接控制下进行的,在输入或输出过程中,主机的速度降低为慢速的输入或输出设备的速度。为了提高 CPU 的利用率,引入早期的脱机批处理方式。