

● 高等学校试用教材

# 操作系统教程

● 孙钟秀 谭耀铭 裴翔林 谢立



高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是参照原教育部颁布的计算机软件专业操作系统教学大纲，结合作者多年积累的教学经验和科研成果，吸收国内外近年来的最新成就编写的。全书注重讲解操作系统的基本原理、概念、方法和技巧。既有一般原理又有具体实例，深入浅出，便于自学。本书后两章详细介绍了目前国际上比较流行的操作系统实例，如VM/SP, UNIX, CP/M, MP/M, 和PC-DOS等。

本书可作为高等院校计算机软件专业的教材，也可供有关科技人员阅读参考。

高等学校试用教材

### 操作系统教程

孙钟秀 谭耀铭 费翔林 谢立 衣文国

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 13 字数 330 000

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数 00 001—11 140

ISBN7-04-001974-4/TP·41

定价 3.70 元

# 前 言

操作系统是计算机系统的一个重要组成部分,它出现在 50 年代末,至今已有三十余年。自 70 年代以来,许多操作系统教科书相继问世。但是,随着计算机科学技术的迅速发展和计算机应用的不断深入,操作系统的新概念、新技术不断出现。为了适应这种发展的形势,迫切需要新的操作系统教材,《操作系统教程》就是为此目的而编写的。

本书是参照原教育部 1983 年颁布的计算机软件专业操作系统教学大纲,结合编者多年积累的教学经验和科研成果,吸收国内外近几年来最新成就编写的。全书着重讲解操作系统的基本原理、概念、方法和技巧。力求做到:概念清晰,观点较高;深入浅出;便于自学;内容精选,取舍得当;难点分散,体系合理。

全书共分十章。第一章简述了操作系统的形成和发展的历史以及操作系统的类型;第二至第六章叙述操作系统的基本功能:处理器管理、存储管理、文件管理、设备管理和作业管理;第七章进程管理,讨论进程的互斥、同步、通信和死锁;第八章操作系统结构,介绍各种结构的设计方法;第九、第十两章介绍当前国内外较流行的几个操作系统,希望能给读者一个完整的操作系统的印象。其中第九章介绍基于大、中型计算机的操作系统 VM/SP,第十章介绍基于微型、小型计算机的操作系统 UNIX, CP/M, MP/M 和 PC-DOS。

限于编者水平,错误与不妥之处定然难免,恳请读者批评指正。

本书承蒙吉林大学周长林副教授审阅，并提出了许多宝贵意见。在此表示衷心的感谢。

编著者

1987年2月

# 目 录

前言 .....	1
第一章 引言 .....	1
1.1 操作系统概观 .....	1
1.1.1 什么是操作系统 .....	1
1.1.2 资源 .....	1
1.1.3 一个系统的视图 .....	1
1.2 操作系统的形成和发展 .....	3
1.2.1 操作系统的形成 .....	3
1.2.2 操作系统的发展 .....	8
1.2.3 操作系统的进一步发展 .....	10
1.3 操作系统的功能 .....	11
1.4 操作系统的分类 .....	12
1.4.1 单用户操作系统 .....	13
1.4.2 批处理操作系统 .....	13
1.4.3 实时操作系统 .....	15
1.4.4 分时操作系统 .....	15
1.4.5 网络操作系统 .....	16
1.4.6 分布式操作系统 .....	17
习题 .....	17
第二章 处理器管理 .....	18
2.1 中断 .....	18
2.1.1 中断装置 .....	18
2.1.2 中断事件的处理 .....	24
2.2 多道程序设计 .....	31
2.2.1 多道程序设计的概念 .....	31

2.2.2	多道程序设计的实现 .....	35
<b>2.3</b>	<b>进程 .....</b>	<b>37</b>
2.3.1	进程的概念 .....	37
2.3.2	进程的状态及其转换 .....	39
2.3.3	进程控制块 .....	40
2.3.4	进程的创建和撤销 .....	41
<b>2.4</b>	<b>处理器调度 .....</b>	<b>42</b>
2.4.1	处理器调度的功能 .....	42
2.4.2	队列机制 .....	42
2.4.3	处理器调度策略 .....	44
	<b>习题 .....</b>	<b>46</b>
	<b>第三章 存储管理 .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>存储管理的功能 .....</b>	<b>48</b>
3.1.1	主存储器空间的分配和去配 .....	49
3.1.2	主存储器空间的共享 .....	49
3.1.3	存储保护 .....	50
3.1.4	主存储器空间的扩充 .....	50
<b>3.2</b>	<b>单连续存储管理 .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3</b>	<b>多连续存储管理 .....</b>	<b>53</b>
3.3.1	固定分区方式 .....	53
3.3.2	可变分区方式 .....	56
3.3.3	对换方式 .....	62
3.3.4	分页式存储管理 .....	64
3.3.5	分段式存储管理 .....	71
<b>3.4</b>	<b>虚拟存储器 .....</b>	<b>74</b>
3.4.1	概述 .....	74
3.4.2	分页式虚拟存储系统 .....	75
3.4.3	分段式虚拟存储系统 .....	84
3.4.4	段页式虚拟存储系统 .....	92
	<b>习题 .....</b>	<b>95</b>
	<b>第四章 文件管理 .....</b>	<b>97</b>

4.1	文件系统概述 .....	97
4.1.1	文件和文件系统 .....	97
4.1.2	文件系统的功能 .....	98
4.2	文件组织 .....	99
4.2.1	文件的存储 .....	99
4.2.2	文件的逻辑结构 .....	103
4.2.3	文件的物理结构 .....	113
4.2.4	卷标题和文件标题 .....	125
4.3	文件目录 .....	130
4.3.1	文件目录结构 .....	130
4.3.2	文件目录管理 .....	134
4.3.3	文件的共享 .....	135
4.4	文件的保护和保密 .....	135
4.4.1	文件的副本 .....	136
4.4.2	文件的保护和保密 .....	136
4.5	文件的使用 .....	139
4.5.1	存取方法 .....	139
4.5.2	缓冲技术 .....	142
4.5.3	输入输出宏指令 .....	144
4.5.4	文件的使用 .....	146
4.6	文件系统的实现 .....	149
4.6.1	辅存空间管理 .....	149
4.6.2	文件的I/O控制 .....	152
	习题 .....	155
	<b>第五章 设备管理</b> .....	<b>158</b>
5.1	概述 .....	158
5.1.1	设备管理的基本功能 .....	158
5.1.2	输入输出通道 .....	159
5.2	设备驱动 .....	163
5.2.1	通道程序 .....	163
5.2.2	中央处理器和通道间的通信 .....	168

5.2.3	输入输出中断及其处理	173
5.2.4	输入输出程序设计	175
5.2.5	驱动调度	179
5.3	设备管理	186
5.3.1	设备的分配和去配	186
5.3.2	设备的指定方式	188
5.4	虚拟设备	193
5.4.1	问题的提出	193
5.4.2	斯普林系统的设计和实现	195
	习题	199
	<b>第六章 作业管理</b>	201
6.1	概述	201
6.1.1	作业和作业步	201
6.1.2	用户与操作系统的接口	202
6.1.3	作业管理的功能	203
6.2	批处理作业	203
6.2.1	作业控制语言	204
6.2.2	作业的组织	212
6.2.3	作业的装入	216
6.2.4	批处理作业的调度	218
6.2.5	批处理作业的控制	221
6.3	交互式作业	222
6.3.1	分时系统的优点	223
6.3.2	交互式作业的特性	223
6.3.3	命令语言	224
6.3.4	用户的注册与注销	227
6.3.5	交互式作业的控制	229
	习题	233
	<b>第七章 进程管理</b>	234
7.1	并发进程	234
7.1.1	顺序性和并发性	234



7.1.2	与时间有关的错误	235
<b>7.2</b>	<b>进程的互斥</b>	238
7.2.1	互斥和临界区	238
7.2.2	临界区的管理	239
<b>7.3</b>	<b>进程的同步</b>	243
7.3.1	同步和同步机制	243
7.3.2	PV操作	244
7.3.3	管程	250
7.3.4	管程的实现——汉森方法	254
7.3.5	管程的实现——霍尔方法	265
7.3.6	管程的嵌套调用问题	270
<b>7.4</b>	<b>进程通信</b>	271
7.4.1	进程通信的概念	271
7.4.2	直接通信	272
7.4.3	间接通信	273
7.4.4	有关问题的讨论	277
<b>7.5</b>	<b>死锁</b>	278
7.5.1	死锁的产生	278
7.5.2	死锁的防止	281
7.5.3	死锁的避免	283
7.5.4	死锁的检测	285
7.5.5	混合策略	287
	<b>习题</b>	289
	<b>第八章 操作系统结构</b>	293
8.1	操作系统结构概述	293
8.2	内核	294
8.3	操作系统结构分类	297
8.4	操作系统结构设计方法	
8.4.1	无序模块法	
8.4.2	层次结构法	
8.4.3	管程设计法	

8.5	并发程序设计 .....	308
8.5.1	并发程序设计举例 .....	308
8.5.2	并发程序设计语言 .....	318
	习题 .....	322
<b>第九章</b>	<b>操作系统VM/SP .....</b>	<b>325</b>
9.1	虚机器的概念 .....	323
9.2	虚机器的组成 .....	324
9.2.1	VM/SP目录表 .....	324
9.2.2	虚机器的组成部件 .....	326
9.2.3	VM/SP的启动和虚机器的注册和注销 .....	328
9.3	VM/SP的组成和功能 .....	329
9.3.1	VM/SP的程序部件 .....	329
9.3.2	控制程序CP .....	329
9.3.3	会话监督系统CMS .....	331
9.3.4	远程Spooling通信子系统RSCS .....	334
9.3.5	交互型问题控制系统 .....	334
9.4	VM/SP实现原理 .....	335
9.4.1	中断处理 .....	335
9.4.2	处理器管理 .....	337
9.4.3	存储管理 .....	340
9.4.4	设备管理 .....	343
9.4.5	CMS实现概要 .....	346
	习题 .....	355
<b>第十章</b>	<b>微型机及小型机操作系统 .....</b>	<b>357</b>
10.1	微型机操作系统概况 .....	357
10.2	CP/M操作系统 .....	358
10.2.1	CP/M结构 .....	358
10.2.2	CP/M的基本I/O系统BIOS .....	359
10.2.3	基本磁盘操作系统BDOS .....	363
10.2.4	键盘命令处理CCP .....	371
10.2.5	实用程序 .....	375

10.2.6	CP/M的使用 .....	377
10.3	多用户操作系统MP/M .....	379
10.3.1	MP/M的结构 .....	380
10.3.2	MP/M的存储管理 .....	380
10.3.3	MP/M的CPU管理 .....	381
10.3.4	设备管理 .....	384
10.3.5	文件系统 .....	385
10.4	PC-DOS操作系统 .....	388
10.4.1	PC-DOS的结构 .....	388
10.4.2	盘区分配和文件目录 .....	389
10.4.3	PC-DOS的系统调用 .....	392
10.4.4	PC-DOS的启动 .....	392
10.5	UNIX操作系统 .....	394
10.5.1	发展历史和系统组成 .....	394
10.5.2	系统结构 .....	395
10.5.3	存储管理 .....	397
10.5.4	文件系统 .....	398
10.5.5	设备管理 .....	399
10.5.6	系统调用 .....	401
10.5.7	Shell命令 .....	401
习题	.....	402

# 第一章 引言

## 1.1 操作系统概观

### 1.1.1 什么是操作系统

操作系统是计算机系统的一种系统软件，它用于管理计算机的资源和控制程序的执行。一个程序只有在通过操作系统获得必需的资源后才能执行。例如，程序在执行前必须获得存储器资源才能装入，它的执行要依靠处理器，它在执行中还可能要用外围设备输入或输出数据，或者使用计算机系统中的文件以及调用子程序等等。计算机配置了操作系统后可以提高效率，便于使用。现在，操作系统已成为计算机系统中不可缺少的一种软件。

### 1.1.2 资源

计算机系统的资源包括两大类：硬件资源和信息资源。

硬件资源包括中央处理器（也称处理器），存储器（例如主存储器、磁盘、磁带等）和输入输出设备（例如键盘输入设备、卡片输入设备、显示设备和打印机等）。信息资源包括程序和数据，程序库和共享文件等都是信息资源的例子。信息资源存放在存储器中供用户存取使用。

### 1.1.3 一个系统的视图

一个计算机系统可以被认为是由硬件和软件按层次方式构成。图1-1表示了一个四层结构，每层表示一组功能和一个接口。

接口是用于在该层内实现功能的一组可见的约定。我们把接口的这些特性称为系统的一个视图。

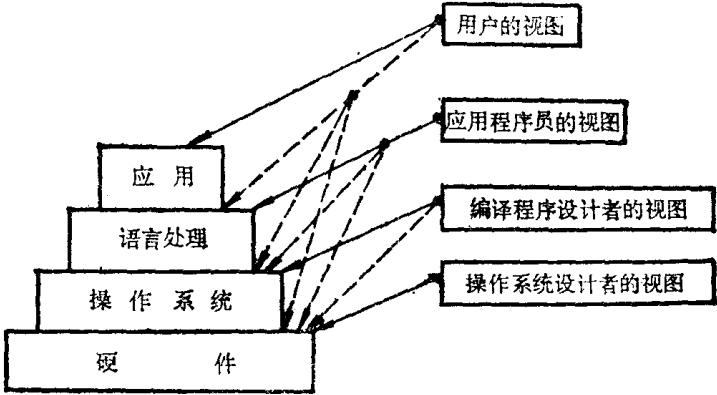


图1-1 一个系统的分层和视图

硬件层表示机器的可见结构，它包括：可执行一组指令的处理器，若干个供程序使用的寄存器和用于访问存储器的寻址模式。此外，还包含诸如通道、控制器、处理器和存储器之间的关系。它是操作系统工作的基础。因而，对操作系统的设计者来说，他所看见的一个系统视图就是硬件层。

操作系统对硬件层作第一次功能扩充，以便为编译程序的设计者和应用程序员有效的服务。它提供接口以便容易地开发系统程序。操作系统提供的接口并不能完全隐藏硬件特性，因此，一个编译程序的设计者可能需要某些机器特性的知识。

编译工作的基础是被操作系统扩充了功能的机器，它由软件定义的操作系统接口和硬件指令集合的某些部分组成。类似地，一个使用汇编语言的程序员将利用操作系统和硬件提供的复合功能。因而，向编译程序的设计者所展示的一个系统视图除了操作系统外，还应加上操作系统未能隐藏的硬件特性。它们在图1-1中分别用实线箭头与虚线箭头表示。

同样，应用程序员的视图除了语言处理层外，还有未被隐藏的

部分操作系统和硬件的特性。而用户的视图除了应用层外，还有未被隐藏的部分语言处理层、操作系统层及硬件层的特性。它们在图1-1中也分别用实线箭头和虚线箭头表示。

## 1.2 操作系统的形成和发展

### 1.2.1 操作系统的形成

第一代计算机速度较低，外围设备较少，因而，编制和运行一个程序也比较简单。在那时候，程序员往往直接使用机器语言来设计一个程序。编制的这种‘目标程序’被人为地穿在卡片(或纸带)上，并用一个引导程序装入主存储器。程序员通过控制台开关来调试和操作运行的程序。在这期间，整个计算机都是被一个程序员所占有。因而，不需要专门的操作员，程序员身兼两职——既是操作员，也是程序员。

随着计算机的发展，协助用户使用计算机软件——原始汇编系统产生了。在这样的系统中，数字操作码被记忆码所代替，程序按一个固定格式的汇编语言书写。程序员(或系统程序员)预先编制一个汇编解释程序，它把汇编语言书写的‘源程序’解释成计算机能直接执行的用机器语言书写的‘目标程序’。因而，在这样的计算机系统中，首先需要把这个汇编解释程序和源程序都穿在卡片或纸带上，然后再装入和执行。如图1-2所示，整个计算分两个阶段，六个计算步，每步的功能如下：

- (1) 通过引导程序把汇编解释程序装入到计算机；
- (2) 通过汇编解释程序读入源程序，并执行汇编过程；
- (3) 产生一个目标程序，并输出到卡片或纸带上；
- (4) 通过引导程序把目标程序装入计算机；
- (5) 目标程序读入卡片数据或纸带数据；
- (6) 产生计算结果，并输出到卡片或打印纸上。其中1—3的

三个计算步是汇编阶段,4—6的三个计算步是执行阶段。

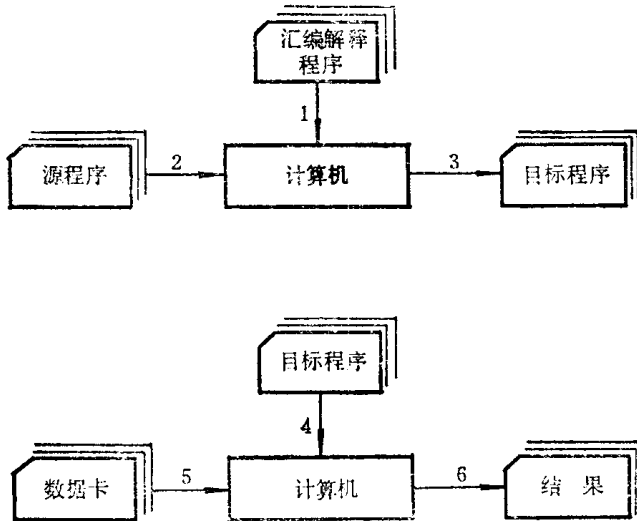


图1-2 原始汇编和执行过程

这样的工作方式尽管比第一种工作方式前进了一步,但本质上是一样的,都是手工操作方式。手工操作方式的主要特点是:用户独占计算机;用户上机算题是一个个‘串行地’进行的;调试和控制程序的运行采用‘亮灯显示,开关控制’。为了让程序员能通过开关控制程序装入和运行,设计了一个解释开关命令的程序。此外,为了方便用户,还配置了一些控制外围设备的程序,供用户调用。这些控制程序可以看成是原始的操作系统。

手工操作方式对第一代计算机还是适应的。但是,随着第二代计算机的出现,这种方式就很不适合了。首先,手工操作只能作一些简单的控制,但是,对于规模比第一代计算机大得多的第二代计算机,只作一些简单的控制已不能满足需要。其次,手工操作要求用户熟悉机器的很多细节,既带来了麻烦,又增加了出错机会。第三,手工操作速度慢,对于速度较快的第二代计算机来说,这样做会降低计算机的效率。例如,在一台第一代计算机上花了一个小时计算的一个问题。在计算过程中,人工操作可能花了三分钟,

仅占全部时间的5%。但是,当计算机的速度提高了十倍以后,这个问题可能只要计算六分钟,而人工操作如果仍需三分钟,就占了全部时间的50%。最后,对于规模较大,设备配置较多的第二代计算机,许多小型的计算问题无需使用系统的全部功能,‘独占’全机的做法不能充分利用系统资源。所以,随着第二代计算机的诞生,不久就出现了管理程序——初级的操作系统。

50年代末60年代初,计算机发展进入了第二代。不仅计算机的速度有了很大提高,而且存储容量也有了很大的增长。这就给软件的发展奠定了物质基础。在这期间,先后出现了FORTRAN和ALGOL等程序设计语言与相应的编译程序以及程序库的使用等。同时,出现了对计算机硬件和软件进行管理与调度的软件——管理程序。例如,美国IBM360系列计算机系统的初级控制程序和英国1900系列计算机系统的执行程序等,就是这种管理程序。

管理程序的主要功能是:向用户提供多个共享资源来运行他们的程序;帮助操作员控制用户程序的执行和管理计算机的部分资源。管理程序为用户提供一套控制命令,并以一定格式穿在卡片上,称为控制卡。图1-3列出了某些简单的控制卡。用户用控制卡来表达对程序进行控制的要求。管理程序通过读入和执行这些控制卡而成批地处理用户的程序,构成了程序自动定序,即在一个程序处理完毕后,管理程序再自动启动下一个程序而无需操作员进行干预。

控制卡	功能
• Job	启动一个程序
• Fortran	调用Fortran编译程序
• Assemble	调用汇编解释程序
• Load	调用装入程序
• Data	表明随后是数据卡
• End	发出数据结束信号

图1-3 一个典型管理程序的某些控制卡



有了管理程序以后，用户不必亲自上机操作，而是由专业化的操作员代劳。操作员只要通过控制台打字机打入控制命令就可以操纵计算机。操作员打入的命令由管理程序来识别和执行。这样，不仅操作速度快，而且操作员可以方便地进行一些较为复杂的控制。当计算机运行中发生错误或意外时，管理程序通过计算机从控制台打字机上输出信息向操作员报告。这种输出信息不仅比“亮灯显示”所表达的更为丰富，而且操作员也易于理解。总之，用这种半自动方式来控制计算机不仅提高了效率，而且方便了使用。

在管理程序控制下的一个典型模式如图1-4所示。

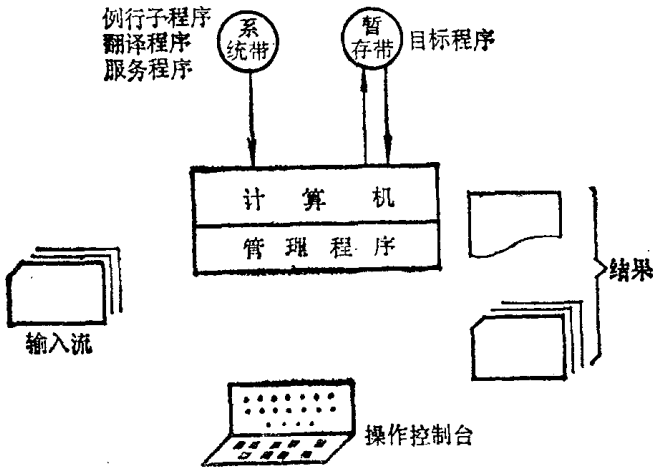


图1-4 具有管理程序的计算机系统

一般地说，管理程序的主要部分需要预先装入计算机，它的某些例行程序和语言编译程序、装入程序可以一起存放在系统带上。假设，用户使用图1-3中的控制卡来表达对运行程序的要求，那么，控制程序运行的过程大致如下：

(1) 读入Job控制卡，管理程序穿一张计帐卡以表明这个程序开始的时间，然后读入另一张控制卡。

(2) 如果读入的是Fortran控制卡，则Fortran的编译程序被