

# 计算机操作系统

张尤腊 仲萃豪 金庭湖 曹东启 编

科学出版社

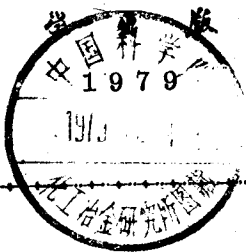
73.87221  
549  
C.4

# 计算机操作系统

张尤膳 仲萃豪 编  
金庭湖 曹东启

IS100/07

科学出版社



## 内 容 简 介

操作系统是计算机系统的重要组成部分，是计算机的主要软件之一。本书是为初学者学习和设计操作系统而编写的一本入门书，其内容分三部分：第一章概述了操作系统的内容和一些基本概念；第二、三、四、五、六章，介绍了操作系统的功能及其管理方法；最后两章，叙述了操作系统的结构设计和实现思想，并用一个简单例子来说明实现细节。

本书可供计算机工作者阅读，也可以作大专院校计算机软件专业的教学参考书。

## 计 算 机 操 作 系 统

张尤腊 仲萃豪 编  
金庭湖 曹东启

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

上海商务印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1979年5月 第一版

开本：787×1092 1/32

1979年5月第一次印刷

印张：8

印数：0001—106,140

字数：181,000

统一书号：15031·201

本社书号：1232·15-8

定 价：0.82 元

## 序 言

自从计算机问世以来,发展极为迅速,硬件结构越来越复杂,应用范围也越来越广泛。为了使各种用户能够简便有效地使用计算机,用户和计算机之间必须配置操作系统作为接口。操作系统是计算机系统中的重要组成部分,它有效地统管计算机的所有资源,合理地组织计算机的整个工作流程,以提高资源的利用率,并为用户提供强有力的使用功能和灵活方便的使用环境。当前,操作系统已普遍使用,这对计算机的普及、推广起了重要的促进作用。

由于本书是为初学者了解操作系统而编写的一本入门书,因此未作全面、系统的介绍,主要围绕操作系统“是什么”、“干什么”和“怎么干”三部分进行讨论。第一部分(第一章)通过叙述操作系统的发展过程和分析、设计操作系统的几种观点,介绍了操作系统的基本内容,引进了操作系统的一些概念和术语。第二部分(第二到六章)从资源管理的角度,介绍了操作系统的五大功能及其管理方法。第三部分(第七、八章)扼要地讲述了操作系统的层次设计方法,并通过一个简单例子介绍了这种设计方法的具体应用,目的是帮助读者加深理解前几章介绍过的若干重要概念,并向读者提供实现细节。

在本书的编写过程中,许多同志提出了不少宝贵意见。李建国、杨均等同志参加了第八章的材料整理工作。对他们的热情帮助和辛勤劳动,谨致深切谢意。

由于编者水平有限,书中缺点和错误肯定不少,希望读者批评指正。

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 序 言 .....                 | iii |
| 第一章 概 况 .....             | 1   |
| § 1.1 操作系统的发展过程 .....     | 1   |
| § 1.2 研究设计操作系统的几种观点 ..... | 20  |
| 第二章 处理机管理 .....           | 30  |
| § 2.1 引言 .....            | 30  |
| § 2.2 作业调度 .....          | 34  |
| § 2.3 进程调度 .....          | 41  |
| § 2.4 交通控制 .....          | 51  |
| § 2.5 多级调度 .....          | 61  |
| § 2.6 死锁 .....            | 63  |
| 第三章 存贮管理 .....            | 68  |
| § 3.1 引言 .....            | 68  |
| § 3.2 界地址存贮管理 .....       | 71  |
| § 3.3 页式存贮管理 .....        | 76  |
| § 3.4 段式存贮管理 .....        | 82  |
| § 3.5 段页式存贮管理 .....       | 96  |
| 第四章 文件系统 .....            | 99  |
| § 4.1 引言 .....            | 99  |
| § 4.2 文件的类型及其读写操作 .....   | 100 |
| § 4.3 文件系统的组织及其工作流程 ..... | 107 |
| § 4.4 文件的共享和安全 .....      | 121 |
| § 4.5 文件的使用 .....         | 124 |
| 第五章 输入输出管理 .....          | 127 |
| § 5.1 引言 .....            | 127 |

34710

• i •

|             |                     |            |
|-------------|---------------------|------------|
| § 5.2       | 通道结构 .....          | 129        |
| § 5.3       | 中断结构 .....          | 132        |
| § 5.4       | 输入输出处理 .....        | 135        |
| § 5.5       | 设备的分配与管理 .....      | 139        |
| <b>第六章</b>  | <b>作业控制 .....</b>   | <b>143</b> |
| § 6.1       | 引言 .....            | 143        |
| § 6.2       | 作业控制卡 .....         | 144        |
| § 6.3       | 作业说明书 .....         | 145        |
| § 6.4       | 联机作业的控制 .....       | 153        |
| <b>第七章</b>  | <b>层次结构 .....</b>   | <b>162</b> |
| § 7.1       | 引言 .....            | 162        |
| § 7.2       | 什么是层次结构 .....       | 163        |
| § 7.3       | 层次设计方法 .....        | 165        |
| § 7.4       | 分层原则 .....          | 169        |
| <b>第八章</b>  | <b>SOS 系统 .....</b> | <b>171</b> |
| § 8.1       | 系统概述 .....          | 171        |
| § 8.2       | SOS 的结构 .....       | 173        |
| § 8.3       | 中断处理程序 .....        | 180        |
| § 8.4       | 内核各程序的功能及特征 .....   | 186        |
| § 8.5       | 内核第一级的实现 .....      | 191        |
| § 8.6       | 内核第二级的实现 .....      | 204        |
| § 8.7       | 内核第三级的实现 .....      | 212        |
| § 8.8       | 第一层的实现 .....        | 226        |
| § 8.9       | 第二层的实现 .....        | 236        |
| § 8.10      | 系统初启 .....          | 238        |
| § 8.11      | 系统的运行过程 .....       | 245        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>        | <b>248</b> |

# 第一章 概 况

## § 1.1 操作系统的发展过程

五十年代末期以前,以电子管为特征的第一代计算机中,软件处于初期发展阶段。在此期间,从机器语言发展到符号语言,汇编程序业已实现,但操作系统尚未出现,还采用手工操作方式使用机器。从五十年代末期到六十年代中期,以晶体管为主要特征的第二代计算机中,软件得到了显著的发展,先后出现了 FORTRAN 语言和 ALGOL 语言,从而完成了编译程序。此外,相继出现了成批处理、执行系统以及多道成批、分时系统。多道成批和分时的出现标志着操作系统真正形成。从六十年代中期开始,由于集成电路研制成功,计算机进入了第三代。在此期间,软件得到更大的发展,出现了许多通用和专用的高级语言,多道成批系统和分时系统也发展到比较实用的阶段,操作系统开始普及,通用操作系统也完成了,并且出现了实时系统。大约从 1968 年开始,计算机发展到第三代后期,出现了许多大型计算机,出现了数据库管理系统、远程成批处理和计算机网。由于这些发展,系统就越来越复杂。研制这种系统不仅需要巨大的工作量,而且其正确性还难于保证。因此,就促使人们总结已有的操作系统,并对操作系统中的重要概念、设计原则以及各种资源管理算法进行广泛的探讨和深入的研究,从而使操作系统进入到理论化阶段。

下面,分别对操作系统在各时期内的发展情况作一简单介绍。

### 1.1.1 手工操作阶段

在第一代计算机中，操作系统尚未问世，人们采用手工操作方式使用计算机。其操作过程大致是：首先通过控制台按钮清除前一用户所留下的信息，之后挂上磁带或者把卡片装入卡片输入机，并启动输入，从而建立作业；接着通过控制台开关启动程序，若程序在运行过程中需要操作员干预，操作员就通过控制台上的开关或按钮停止程序运行，采取适当的措施之后再启动程序；最后，当作业完成时，卸下磁带、卡片和打印结果。显然，这种操作方式有下面两个突出的缺点：

(1) 一旦某用户开始操作，计算机的全部资源(处理机、内存、外部设备及一些简单的软件)都为该用户所独占，一直到他下机并把资源转给下一个用户为止；

(2) 操作是联机的，输入输出也是联机的，因此作业的运行时间拉得相当长。

这种操作方式在计算机速度较慢的情况下是允许的，但是当计算机速度大大提高以后，就暴露了严重的弱点。譬如说，一个作业在速度为每秒1千次的机器上运行需要一小时，而作业的建立和整个操作过程只花三分钟，则操作时间与运行时间之比为1:20。若机器速度提高到每秒60万次，则该作业的运行时间缩短为六秒钟，但是操作速度不会有多大的改进，因为它主要由人的手动操作速度和思维速度决定，大致还是需要三分钟。这样，操作时间与运行时间之比为30:1。这就是说，操作时间远远超过了运行时间。因此，在五十年代末期，由于使用晶体管提高了计算机速度之后，缩短作业建立时间与操作时间就成为急待解决的问题了。



### 1.1.2 成批处理阶段

怎样缩短作业的建立时间与操作时间呢？人们首先想到，从一个作业过渡到另一作业时摆脱人的干预，使其变成自动化。这样就出现了成批处理。

在早期的成批处理中，操作员把若干个作业合成一批，并将其卡片挨个放在卡片输入机上。监督程序把这一批作业输入到磁带上，当输入完成后，监督程序就开始执行该批作业。它自动地从磁带上把该批的第一个作业调入内存，并对该作业的用户程序进行汇编或编译，然后由装配程序把编译后的结果程序及其所需的子程序（结果程序形式）一起装配成一个可执行的目标程序，接着立即启动执行目标程序。计算完成之后，由善后处理程序输出该作业的计算结果。第一个作业全部完成之后，监督程序又自动地调入该批的第二个作业，并重复以上过程，一直到该批作业全部处理完毕为止。这时，监督程序又把卡片机上的另一批作业输入到磁带上，并按上述步骤处理。这样，监督程序不间断地逐个处理各作业，从而实现了作业间转换的自动化，缩短了作业建立时间和操作时间。

显然在早期成批处理中，作业的输入输出都是联机的。这也就是说，作业信息从卡片传送到磁带上，再从磁带调入内存，以及计算结果在打印机上输出，这些都由中央处理机（简称CPU）直接控制完成的。当计算机速度提高以后，由于中央处理机与输入输出（简称I/O）设备的速度差距明显地表现出来，这就使得高速的中央处理机在输入输出时，要等待慢速的联机输入输出设备，从而不能发挥自己应有的效率。为了克服这一缺点，在成批处理中引进了脱机输入输出技术。这就是在主机之外另设一台小型卫星机，该机只与外部设备打交道，不与主机直接连结，如图1.1所示。卡片输入机上的作

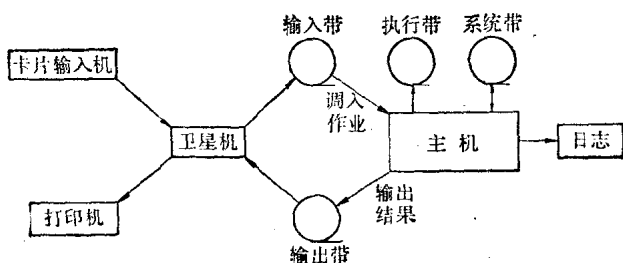


图 1.1 脱机成批处理

业通过卫星机输入到磁带上，而主机只负责从磁带上把作业调到内存，并予以执行；作业完成之后，主机只负责把结果记录到磁带上，而由卫星机负责把磁带上的信息在打印机上输出。这样，主机就摆脱了慢速的输入输出工作，而由卫星机去完成，而且卫星机与主机可以并行工作，因此这种系统比早期的成批处理系统大大提高了处理能力。这就是所谓的脱机成批处理。

成批处理是在五十年代末期伴随第二代计算机而发展起来的。它的出现又促进了其它软件的发展。其中主要的有以下几方面。

(1) 输入输出标准程序和程序库。在手工操作时期，所有的输入输出指令都是由程序员直接写在他的程序中。但采用了脱机输入输出后，系统就必须提供一套标准的输入输出程序来供用户调用。这样，系统程序越来越丰富，就导致了程序库的建立。库程序通常包括标准输入输出程序、汇编程序、FORTRAN 编译程序、装配程序、标准子程序以及善后处理程序等。库程序都放在磁带上，只有监督程序放于内存中。

(2) 装配程序。由于一个用户程序在运行时，必须调用一些库程序。为了防止用户程序和库程序之间、各库程序之间的地址发生冲突，各程序应按可再定位形式编写，并存放在

系统带上。有些库程序也可以按源程序的形式存放在系统带上。当处理一个作业时，把用户源程序翻译后送到执行带上。所用到的库程序，若为结果形式，则直接送到执行带上；若为源程序形式，则翻译后送到执行带上。该作业在运行前，把执行带上的全部程序由装配程序进行装配，即把所有的结果程序装配成一个完整的可执行的绝对地址形式的目标程序，然后执行之。

(3) 复盖技术。在目标程序的长度超过内存容量时，程序员就得预先将其程序和数据分成若干块，并把其中某些块放到磁盘、磁带等辅助存储器上，以便运行时逐块地调入内存执行之。

(4) 运行日志和记帐。在成批系统中，为了记录系统的活动情况和用户程序的运行情况，往往要指定一台联机打印机，以便印出运行过程中系统资源的使用日志和会计记录。

虽然成批系统缩短了手工操作时间，促进了软件的发展，但是它仍存在不少的缺点。首先，监督程序、系统程序和用户程序之间是通过相互调用的办法来实现转移的。因此，若目标程序企图执行一条非法指令，则整个系统就会停顿下来；若它陷入死循环，则整个系统也无法前进；更为严重的是，无法防止用户程序会冲掉一部分监督程序，因而有可能把整个系统搞乱。若出现这些情况，仍须操作员进行干预。

### 1.1.3 执行系统阶段

在六十年代初期，硬件获得两方面的进展，一是通道的引进，二是通道中断主机的能力的出现。这两种发展导致了操作系统进入执行系统阶段。

通道是一种硬件机构，它能控制一台或多台外部设备。它一旦被启动，就独立于中央处理机而运行，这样就使得输入

输出和计算重叠工作。主机与通道同步的办法，是提供一些询问指令，由主机发出这些指令，询问通道工作完成否。若未完成，主机就循环地询问，直到通道工作完成为止。

为了使通道传输与主机运行充分重叠，以减少主机询问等待时间，在程序设计中引进了缓冲技术。主机所需的输入信息由通道提前输入到缓冲区，同样，主机的输出信息先送到输出缓冲区，再由通道输出，从而减少主机的等待时间。

缓冲技术虽然减少循环询问等待时间，但是并不能彻底解决问题。于是硬件中引进了中断功能。所谓中断，就是在输入输出结束或发生某种故障时，相应的硬件向主机发信号，主机马上停止原来的工作去处理中断要求。中断处理完成后，主机再回到原来的工作点继续工作。

为了获得主机计算与外部传输的充分重叠，就必须提供中断处理程序和输入输出控制程序(IOCS)。这样，加上在这之前已有的语言处理程序、装配程序和一些库程序等，系统程序就相当庞大了。这些程序通通放在内存是不合适的，将大大减少用户的可用空间。因此，最好的办法是把所有程序都要使用的中断处理程序和 IOCS 固定在内存，其它的则放到外存上去。永久驻留内存部分的程序称为执行程序(有时也称控制程序、监督程序、管理程序等)。

执行系统显然比成批处理前进了一步，克服了成批系统的基本缺点。执行程序对其它程序拥有控制权。用户程序的输入输出是通过执行程序委托给 IOCS 实现的。这样，系统就可以对不合法的输入输出要求提供自动检查。受托要求完成之后，再通过中断信号通知执行程序，因而提高了系统的安全；此外，用户程序发生的死循环不致于把系统拖进深渊，因为可以通过硬件时钟给用户程序计时，规定的时间到期后，时钟中断发出信号，通知系统；非法操作也可以通过非法操作中

断而及时得到处理。

执行系统所依赖的硬件基础,除了上述的中断以外,还需要有存贮保护。但是在这个阶段还未出现硬件保护手段,因此不得不靠软件系统来解决这个问题。

正如成批处理对软件的发展有推动作用的情况一样,执行系统也推动了软件的发展,其中比较主要的有以下两方面:

(1) 系统程序模块化。执行系统只要有微小的修改,都会影响其它程序。然而修改和扩充执行系统的功能又是不可避免的。为此,需要把整个系统高度模块化。所谓模块化,就是:第一,把系统的每一功能孤立在某程序中,并且事后可在不涉及其它模块的条件下进行调整和修改;第二,各模块之间通过一个固定的通信区和一些指定的单元进行通信。模块化使得系统结构简单,并且易于修改和扩充。

(2) 命令语言的出现。执行系统的出现促进了作业控制语言的发展,但那时主要采用的是卡片式的,即把所需的命令穿成卡片插在作业卡片叠中,这种命令卡片称为控制卡。严格说来,这种作业控制方式在成批处理阶段就已出现,但那时极为简单。在执行系统阶段,控制卡命令才成为一种完善的实用的作业控制语言。

由于作业之间是自动过渡的,每个作业的运行过程也是自动的,因此必须把如何控制作业运行的信息都反映在控制卡上,提供给系统,由系统自动地控制作业的运行。为了把控制卡与作业卡区别开来,控制卡的第一列都穿上一个特殊符号(通常用\$)。

执行系统发挥了通道与主机的并行性,从而提高了机器效率;用户通过委托方式使用系统,提高了系统的安全性。但是执行系统仍然存在若干缺陷,主要有两方面,第一,用户往往不了解系统的使用规则而发生违规情况;第二、虽然主机与

通道可并行操作，但是并不能完全消除处理机对外部传输的等待。例如，若用户程序的输出量较大，则主机往往还要等待输出操作。为了克服这些缺点，促进了多道成批系统和分时系统的出现。

### 1.1.4 操作系统的形成和完善

六十年代初期，执行系统使用不久人们就发现，在内存中同时存放几道用户程序是十分有利的。当某一道程序因等待外部传输而工作不下去时，系统马上可令主机执行另一道程序，从而使主机得到充分的利用。在这种思想的指导下，就出现了多道成批系统。多道成批系统的最大缺点就是不允许用户和机器进行交互性对话。为了克服这一缺点，不久就出现了分时系统。多道成批系统和分时系统的出现标志着操作系统最后形成。此后，由于实际需要，又出现了实时系统，这样就完成了通用操作系统。通用操作系统的出现、系统处理能力的提高，标志着操作系统已进入日臻完善的阶段。

下面就多道成批系统、分时系统、实时系统分别进行叙述。

#### 多道成批系统

多道成批系统的基本思想，就是主存中同时放入几道作业。一般地说，这些作业是应当合理搭配的。例如，可以把运算量大的科技计算作业和输入输出量大的数据处理作业搭配在一起。只有搭配得当，才能保证主机和外部设备高度并行地工作，才能充分发挥它们的工作效率，才能使主机不断地运算，而所有外部设备都在不停地进行各自的输入输出工作。

多道成批系统的大致工作流程如下：操作员可把一批一批的作业随时提交给操作系统；假脱机输入程序及时把这些

作业预输入到辅助存贮器中等待运行;以后,当系统需要调入新的作业时,作业调度程序就根据系统的当时情况和各后备作业的特点,按照一定的调度原则,选择一个或几个搭配得当的作业,调入内存准备运行;内存中的作业交替执行,当某个作业因某种原因(如等输入输出完成)工作不下去时,系统就转去执行另一个作业,如此重复,直至某个作业工作完毕为止;当某作业完成时,系统把该作业的计算结果交给假脱机输出程序准备输出,并令资源管理程序收回该作业的全部资源。重复上述步骤,使得各作业一个接一个地流入系统,经过处理后又挨个地退出系统,构成了一个源源不断的作业流。

多道成批系统有两个特点,其一是“多道”,其二是“成批”。“多道”是指内存中有多个作业同时存在,并且辅助存贮器还有大量的后备作业。因此,这种系统有相当灵活的调度原则,易于选择搭配合理的作业,从而能够充分发挥系统中各种资源的利用率。“成批”的特点是在系统运行过程中不允许用户和机器之间发生交互作用。亦即,用户一旦把作业提交给操作系统之后,他就完全脱离开他的作业,直到作业运行完毕后,他才能够根据输出的结果去分析作业的运行情况,确定下一次上机的任务。这样,就迫使用户改变他们原来的手工操作方式,他们必须针对作业运行中可能出现的各种情况,在操作说明书中事先规定好相应的措施,以便能够取得预计的效果。正是由于系统工作时不允许用户插手干预他的作业,并在事先规定好相应措施,所以这种系统便于实现整个计算机的工作流程自动化。

### 分时系统

手工操作是一种联机操作方式,其效率很低。成批处理否定并代替了手工操作。成批处理是一种脱机操作方式。多

道成批系统继承和发展了成批处理和执行系统的特点，进入了更高级的脱机操作阶段，作业操作过程更为自动化。但是后来发现，仍有联机操作的必要。这种要求是系统程序员首先提出的。几个系统程序员希望同时调试一个系统程序，并且在调试过程中程序员要直接干预程序。此外，用户也提出了类似的要求，需要根据程序的运行情况动态地对其程序加以控制。因此，在多道成批系统出现不久，就出现了CTSS等分时系统。由此看出，分时系统是成批处理的否定之否定。但是分时系统提供的操作方式是比早期的手工操作方式更为高级的联机操作方式。

分时系统有三个特点，即多路调制性、交互性和独占性。其基本思想是：一台计算机上可以挂上几个控制台和上百台终端（如电传打字机等），每个用户都可在一台终端或控制台上操纵或控制他的作业运行。这样就使很多联机用户可以同时使用一台计算机（多路调制性），并与它进行“对话”（交互性），而用户彼此之间却感觉不到别人也在使用计算机（独占性）。换言之，这种系统为每个用户提供的工作环境是一台可以交互会话的通用虚拟计算机。分时系统的工作流程如下：每个用户可以通过终端向系统提出命令，请求完成某项工作；然后，系统分析从终端设备发来的消息，完成用户提出的要求，并把运行结果（成功或失败）再通过终端设备告诉相应的用户；以后，用户又根据系统提供的运行结果，向系统提出下一步请求。如此重复上述交互会话过程，直到用户完成预计的工作为止。由于终端上的用户工作很慢，所以系统能够在较短的时间（几秒钟）内同时响应所有用户的要求。实际上，系统是把处理机时间划分成很短的时间片，轮流地分配给各个联机作业使用。如果某个作业在时间片结束之前计算还未完成，那末该作业就被暂时中断，等待下一轮再继续计算，此



时处理机让给另一作业使用。这样,每个用户的各次要求都能得到快速响应,因而给每个用户的印象是,好象只有他自己独占计算机一样。分时系统的优点是:第一,使用户能在较短的时间内采用交互会话工作方式,及时地编写、调试、修改和运行自己的程序,因而加快了解题周期;第二,无论是本地用户或远地用户,只要与计算机连上一台终端设备,就可以随时随地使用计算机,大大有利于计算机的普及和扩大使用范围;第三,分时用户之间可以通过计算机的文件系统,彼此交流程序、信息和计算结果,便于多个用户协作完成共同关心的任务。

### 实时系统

六十年代中期,计算机进入第三代。由于组件代替了分离元件,机器性能得到极大的提高。此外,计算机的应用范围迅速扩大,从传统的科技计算扩展到商业数据处理,深入到各行各业,例如工厂的生产控制、医疗诊断、教学及飞机订座等。这样,就出现了实时操作系统。

实时系统按其使用方式分成两类。一类是实时控制,如炼钢控制、医疗诊断就属于这一类。在实时控制系统中,计算机通过特定的外围设备与被控制的对象(炼钢炉、人体)发生联系。被控制的对象的信息通过外围设备传送到计算机,计算机加工之后通过显示屏幕向控制人员显示出来,或者通过外围设备向控制对象发出指示。另一类是实时信息处理,如飞机订座、情报检索就属于这一类。在实时信息处理系统中,用户通过终端设备向系统提出服务请求(预订飞机票、查阅情报资料),系统完成服务工作后通过终端回答用户。

实时系统对响应时间的要求比分时系统更高,一旦向实时系统提出服务请求后,要求系统立即处理(要求秒级、毫秒