

— 高等学校教材 —

UNIX操作系统教程

尤晋元 主编



西北电讯工程学院出版社

024720

81
/1

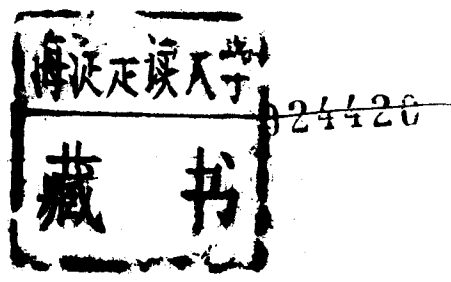
TP316.81
YJY/1



高等学校教材

UNIX操作系统教程

尤晋元 主编



0026935

西北电讯工程学院出版社

1985

内 容 简 介

本书以 UNIX 操作系统为线索,介绍计算机系统的一种基本系统软件——操作系统。全书共分十四章。第一章概要介绍设置操作系统的目的,操作系统的分类、功能和特性以及 UNIX 操作系统的概况。第二章介绍程序设计语言 C。第三章阐述进程的基本概念、进程调度状态和通讯。第四章到第十三章结合 UNIX 操作系统讲述操作系统的各个主要组成部分,包括:中断和陷入、存储管理、进程管理、信号和跟踪、字符块和字符设备管理、文件管理系统、进程通讯和死锁、系统的初启和再生以及操作系统面向用户的界面等。

本书可作为计算机科学和工程类专业的教材以及有关科技人员的参考书。

JS333/33

高等学校教材

UNIX 操作系统教程

尤晋元 主编

西北电讯工程学院出版社出版

西北电讯工程学院印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 20 10/16 印刷字数 498千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷 印数 1-20,000

统一书号: 15322·16 定价: 4.00元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新，利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

操作系统是计算机系统配置的基本系统软件之一，它在整个计算机系统软件中占有中心地位。操作系统的主要作用是对系统内包含的各种软、硬件资源进行合理的管理，为用户创造一个方便、有效、安全、可靠地使用计算机的工作环境。

本教材以国际知名、使用广泛的UNIX操作系统为线索，阐述操作系统的基本概念、工作原理和实施技术。编写本书时，注意了理论和实践的结合以及培养学生分析和设计操作系统的能力。在介绍操作系统的一般概念和工作原理时，本书尽可能通过UNIX加以展开，使得各个部分有机地联系起来；在介绍UNIX实施技术时，则注意突出重点，避免过多地陷入细节。

本书共分十四章。第一章概要介绍设置操作系统的目的，操作系统的分类、功能、特性以及UNIX操作系统概况。第二章介绍程序设计语言C，其主要目的是使读者能顺利地阅读本书其它章节中包含的用C语言编写的数据结构和程序。第三章阐述进程的基本概念、调度状态、进程通讯以及UNIX中进程的基本控制结构。第四章到十三章，结合UNIX操作系统介绍操作系统各主要组成部分的工作原理和实施技术，包括：中断和陷入、存储管理、进程管理、信号和跟踪、字符块和字符设备管理、文件管理系统、进程通讯和死锁、系统的初启和再生以及操作系统面向用户的界面等。这样就从里向外，使读者获得操作系统作为一个整体的活动着的图象。最后一章简要介绍了操作系统的结构设计方法。

本书是作为计算机科学和工程类专业的教材编写的，也可供有关科技人员参考。为了获得比较满意的教学效果，建议贯彻精讲多练的原则，尽可能要求学生阅读UNIX源代码中的某些关键段落，并加强实践性环节。本书中带*号的章节可按具体情况选择。

本书第一到第十三章由尤晋元编写，第十四章由徐良贤编写，王志良参加了本书大纲的编写以及部分初稿的修改工作。

本书的主审单位是西安交通大学，主审人是施鸿宝老师，他对本书的编写给予了积极的支持和帮助，提出过很多建设性的意见。本书编写时也得到了候文永等老师的帮助，我们的许多学生对本书初稿也曾提出过许多改进意见。在此我们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中一定还有很多错误和不妥之处，恳切希望读者予以指正。

编 者
于上海交通大学

目 录

第一章 引论

一、设置操作系统的目的	1
(一)设置操作系统的两个目的	1
(二)软、硬件资源分类	1
二、操作系统分类	2
(一)实时系统	2
(二)作业处理系统	3
三、操作系统的功能	6
(一)从人工操作到机器自动处理	6
(二)用快速输入、输出代替低速输入、输出	7
(三)从串行操作到并行操作	7
(四)从单道到多道程序	8
(五)分时操作系统的出现	8
(六)作业处理操作系统功能综合	9
四、操作系统的特性	9
(一)并发	9
(二)共享	9
(三)长期信息储存	10
(四)不确定性	10
五、操作系统的性能	10
(一)可靠性	10
(二)效率	11
(三)可维护性	11
六、UNIX系统的发展历史和特点	11
(一)UNIX系统的产生和发展	11
(二)UNIX系统的某些特点	12
七、UNIX的结构	14
(一)UNIX系统的基本结构	14
(二)UNIX内核源程序结构	14
习题	15

第二章 程序设计语言 C

一、数据类型、运算符和表达式	16
(一)从一个简单程序开始	16
(二)华氏-摄氏温度对照表打印程序	17
(三)数据类型	19

(四)常数	19
(五)运算符	20
二、控制流	24
(一)语句和复合语句	24
(二)二路选择语句 if-else	24
(三)多路选择语句 switch	35
(四)循环语句 while 和 for	26
(五)循环语句 do-while	27
(六)break 和 continue 语句	27
(七)goto 语句	27
三、符号常数和预处理程序	28
(一)符号常数	28
(二)宏代换	28
(三)文件蕴含	29
(四)条件编译	29
四、两个输入、输出程序及其应用	30
(一)字符输入和输出	30
(二)复制文件	30
(三)文件字符、字和行计数	31
五、函数	31
(一)函数的一般形式	31
(二)一个例子	32
(三)返回语句和返回值	32
(四)参数传递方式	33
(五)变量存储类型	33
(六)递归调用	35
六、指针	35
(一)指针和地址	35
(二)指针和函数参数	36
(三)指针和数组	37
(四)指针运算	37
(五)二维数组和指针	38
(六)指针和函数	39
七、结构	40
(一)结构的基本形式	40
(二)结构指针和函数	41
(三)结构数组和指针	41
(四)结构的灵活应用	42
习题	43

第三章 并发进程

一、程序和进程	44
(一)程序的顺序执行	44
(二)资源共享和程序的并发运行	44
(三)各种程序活动的相互依赖和制约	45
(四)进程概念的引入和描述	45
(五)进程和程序的区别和联系	46
(六)对并发和不确定性的再说明	46
二、进程的表示及调度状态	47
(一)进程的表示	47
(二)进程的状态	48
三、进程通讯	49
(一)同步	49
(二)互斥和临界区	50
(三)实施临界区互斥的锁操作法	51
(四)信号量	53
(五)高级通讯机构	58
四、UNIX 操作系统中的进程	60
(一)UNIX 进程与图象	60
(二)UNIX 进程的两种运行状态	60
(三)UNIX 进程的存储器图象	61
(四)进程基本控制块	62
(五)进程扩充控制块	65
(六)共享正文段	67
习题	68

第四章 中断和陷入

一、概述	69
(一)中断及其一般处理过程	69
(二)中断优先级和多重中断	70
(三)中断源分类	70
(四)陷入和系统调用	71
二、PDP-11 的中断机构	72
(一)处理机状态字 ps	72
(二)中断的多线、多级结构	73
(三)中断矢量	74
三、UNIX 中断处理	75
(一)中断隐指令	75
(二)现场保护和参数传递	75
(三)设备处理子程序	79
(四)恢复现场和退出中断	79

(五)多重中断	79
四、时钟管理	79
(一)时钟中断处理子程序	80
(二)时钟中断处理的特点	82
五、陷入处理	82
(一)陷入分类	82
(二)陷入处理子程序	84
六、系统调用处理	85
(一)参数传递	85
(二)系统调用处理程序入口表	86
(三)系统调用基本处理过程	87
七、小结	88
习题	89

第五章 存储管理

一、概述	90
(一)二级存储器及信息传送	90
(二)存储器分配	90
(三)地址重定位	91
(四)信息保护	93
二、PDP-11 内存管理机构	93
(一)虚地址字	93
(二)内存管理寄存器	94
(三)虚地址到物理地址的转换	95
三、UNIX 存储管理	96
(一)在虚、实地址空间中的 UNIX 进程 图象	96
(二)虚、实地址映照	97
(三)存储资源管理	99
(四)UNIX 存储管理中的保护	101
(五)UNIX 存储管理小结	102
四、虚拟存储器	102
(一)虚拟存储器的基本思想	102
(二)用分页技术实施虚拟存储器	104
(三)段式虚拟存储器	107
(四)段页式虚拟存储器	109
(五)在段式系统中的存放位置选择算法	111
(六)页式系统中的淘汰算法	114
(七)段式系统中的淘汰算法	115
(八)调入算法	116
(九)工作集模型	116
习题	118

第六章 进程管理

一、UNIX 中进程的各种调度状态	120
(一)运行状态	120
(二)睡眠状态	121
(三)其它状态	123
(四)进程调度状态转换图	124
二、进程切换调度	124
(一)进程调度的一般原理	124
(二)UNIX 进程切换调度算法	126
(三)进程切换调度的条件和时机	130
(四)进程切换调度程序 switch	131
(五)UNIX 进程调度小结	133
三、进程的睡眠和唤醒	133
(一)进程睡眠	134
(二)唤醒睡眠进程	135
* (三)系统调用 sleep(seconds)	136
四、进程图象在内存和盘交换区之间的传 送	137
(一)进程图象传送和切换调度关 系	137
(二)进程图象调入内存算法	137
(三)进程图象调出内存算法	137
(四)进程图象传送程序 sched	138
(五)进程图象传送对系统性能的影响	138
五、进程的创建	139
(一)进程的树形体系	139
(二)创建进程的基本任务和方式	139
(三)创建进程的基本工作方式	140
(四)创建进程的系统调用 fork	144
六、进程终止和父、子进程同步	145
(一)进程自我终止	145
(二)父进程等待子进程终止	146
* 七、数据段和栈段的扩大和缩小	147
(一)进程占用存储区的长度变更	147
(二)用户栈的扩充	148
(三)数据段长度的变更	149
习题	150

第七章 信号和跟踪

一、概述	151
二、信号机构的工作原理	151

(一)信号类型	151
(二)信号的产生、传送和同步	152
(三)信号处理方式	154
(四)信号检测和处理	155
(五)信号机构应用举例	157
三、跟踪机构的工作原理	158
(一)父、子进程基本跟踪过程	158
(二)跟踪要求和命令的提出及传送	159
(三)跟踪处理过程的启动及 stop 程序	161
(四)系统调用 wait 在跟踪机构中的 应用	161
(五)跟踪命令的执行和 proxcmt 程序	162
(六)跟踪机构工作综述	163
* 四、跟踪机构在断点调试中的应用	165
习题	167

第八章 字符块设备管理

一、概述	168
(一)设备分类	168
(二)设备管理的设计目标	168
(三)通道	170
(四)缓冲技术	173
二、PDP-11 磁盘设备	174
三、UNIX 块设备管理的主要数据结构	176
(一)缓冲存储区及缓存控制块	176
(二)块设备表	178
(三)块设备开关表	179
四、缓冲存储区管理	180
(一)两种缓冲存储区管理队列	180
(二)缓存管理算法	181
(三)缓存管理队列的初始状态及变化 过程	182
五、块设备驱动	187
(一)输入/输出请求块及其队列	187
(二)块设备启动	188
(三)块设备中断处理和同步操作	189
六、块设备读、写技术	191
(一)字符块输入	191
(二)字符块输出	194
* (三)不使用缓存的块设备读、写	195
七、UNIX 块设备管理小结	196
习题	197

第九章 字符设备管理

一、概述	199
二、字符缓冲技术	199
(一)小型字符缓存及其队列	199
(二)字符缓存管理	200
三、字符设备开关、设备表和设备寄存器组	202
(一)字符设备开关	202
(二)终端机设备表	202
(三)设备寄存器组	204
四、终端机的 I/O 字符处理及设备驱动	205
(一)终端机 I/O 字符处理	205
(二)终端机驱动	209
五、终端读、写操作	210
(一)终端机读操作	210
(二)终端机写操作	211
(三)终端机读、写操作过程综合	212
*六、终端机的打开和关闭	215
(一)终端机的打开	215
(二)终端机的关闭	215
*七、spooling 技术简介	215
习题	217

第十章 文件管理系统

一、概述	219
二、文件系统的用户界面	219
(一)文件的创建和取消、打开和关闭	220
(二)文件的读、写	221
(三)随机存取	223
三、目录结构	224
(一)一级目录结构	224
(二)二级目录结构	224
(三)多级目录结构	225
(四)目录和目录文件	227
(五)目录项	227
四、文件的结构和存取方法	227
(一)文件的逻辑结构和物理结构	227
(二)文件的三种物理组织方法	228
五、文件存储空间的管理	230
六、文件的共享、保护保密和文件系统的完整性	231

(一)文件的共享和保护保密	231
(二)文件系统的完整性	232
七、UNIX 文件系统的主要结构和算法	233
(一)文件控制块 inode	233
(二)文件索引结构	235
(三)文件目录结构和目录中的勾连	237
(四)内存打开文件结构	239
(五)文件系统存储资源管理	242
(六)子文件系统装卸和装配块表	245
(七)各主要数据结构之间的联系	247
八、UNIX 文件系统的实施	247
(一)文件读、写和地址变换	247
(二)文件的创建、打开、取消和目录搜索	251
习题	255

第十一章 进程通讯和死锁

一、UNIX 进程通讯机构 pipe	257
(一)pipe 机构的引入	257
(二)pipe 的基本组成	257
(三)pipe 文件读、写	259
(四)pipe 应用示例	260
二、UNIX 中的临界区互斥	262
三、死锁	263
(一)产生死锁的条件	263
(二)死锁的防止	264
(三)死锁的检测及解除	265
(四)死锁的避免	266
习题	268

第十二章 系统初启和再生

一、系统初启	269
(一)系统初启的主要工作	269
(二)系统初启程序	272
二、进程图象改换和文件的执行	273
(一)可执行目标程序文件的组成	273
(二)改换进程图象系统调用 exec 和参数传递	274
(三)exec 的基本执行过程	275
(四)exec 的两种用法	277
三、UNIX 操作系统的再生	278
(一)操作系统再生的几种情况	278

(二)UNIX 核源代码的组织.....	278
(三)UNIX 核目标代码的组织.....	279
(四)系统再生的基本过程.....	280
习题.....	280

第十三章 命令控制语言及其解释程序

一、概述.....	281
二、UNIX 命令语言 shell	282
(一)简单命令.....	283
(二)后台命令.....	283
(三)输入、输出转向.....	284
(四)管道命令.....	284
(五)命令表和命令行.....	285
(六)模式匹配和文件名参数.....	285
(七)元字符的转义.....	285
(八)shell 过程.....	286
三、shell 解释程序的基本结构和工作原理.....	287
(一)shell 解释程序的基本结构.....	287

(二)命令行的读入.....	288
(三)命令行的分析和命令行树的构成.....	289
(四)命令行树的执行.....	293
(五)命令树和进程族.....	298
习题.....	300

第十四章 并发 Pascal 和 Solo 操作系统

一、概述.....	302
二、一个并发程序的例子.....	304
(一)问题的提出.....	304
(二)抽象数据类型.....	307
(三)行李托运系统的完整程序.....	311
三、Solo 操作系统简介.....	314
(一)系统基本性能.....	314
(二)系统程序结构.....	315
(三)系统的数据流.....	316
(四)系统的控制流.....	317
参考文献.....	318

第一章 引 论

一、设置操作系统的目的

具有一定规模的现代计算机系统都配备有一个或几个操作系统，而且操作系统的性能在很大程度上决定了系统工作的优劣。那么在计算机系统中，设置操作系统的目的是什么呢？

(一) 设置操作系统的两个目的

一般而言，设置操作系统的主要目的有两个：

(1) 第一个目的是将裸机(不包括任何软件的机器)改造成一台功能更强、服务质量更高、用户使用起来更加灵活方便、更加安全可靠的虚拟机。

用户直接使用裸机是非常困难而且很不方便的。例如，用户用裸机进行输入、输出时，必须进行非常烦琐的程序设计，这对多数用户而言往往是难以胜任的。而在裸机基础上设置了操作系统以后，用户就可以用相当简单的方式，在操作系统帮助下进行输入、输出操作，完全摆脱了这部分程序设计的沉重负担。所以从用户角度看，操作系统是他们和裸机之间的一个界面，用户通过这一界面能方便地使用本来很难使用的计算机。也就是说，操作系统向用户提供了一个方便而且强有力的使用环境。

当然，应用环境不同对虚拟机的要求也会有所区别。例如，用于生产过程控制的计算机系统应该是响应速度快、工作安全可靠、具有应付特殊事件的能力。而大专院校计算中心配置的计算机系统则应具有灵活多样的使用方式，便于开发各种类型的程序等。因此，我们在设计操作系统时，应该充分考虑系统面向的应用环境。

(2) 设置操作系统的第二个目的是充分、合理地使用系统内包含的各种软、硬件资源，提高整个系统的使用效率和经济效益。

这种考虑主要是从经济角度出发的。迄今为止，计算机系统中的各种软、硬件资源仍然是价格昂贵的，动应以千、万元计。购置计算机系统的用户一般都极其关心系统性能与价格是否相称，能否高效地工作，能否给他们带来一定的经济效益。设置操作系统就是要合理而有效地管理好系统中包含的所有软、硬件资源，按照需要和一定规则对它们进行分配、控制和回收，以便经济而高效地向用户提供各种性能优良的服务。

(二) 软、硬件资源分类

由操作系统所管理的系统，它所包含的软、硬件究竟有哪一些呢？

1. 基本硬件、系统硬件和应用硬件

计算机系统中包含的硬件由基本硬件、系统硬件和应用硬件三部分组成。

基本硬件是指提供基本运算和控制功能的那部分硬件，例如，加法器、乘法器、指令控制部件等。它们使计算机具备了最基本的计算能力并能执行程序。如果没有这部分硬件，机

器也就不成其为计算机了。虽然，基本硬件由操作系统加以管理，但与操作系统本身的设计关系不大。

系统硬件是指构成计算机系统所必须配置的那部分硬件，它为形成和组织一个系统提供控制机构。系统硬件包括中断系统、输入输出控制系统、存储管理系统等。它们是提供给操作系统的物质手段，因而是设计操作系统时最关心的一部分硬件，而与一般用户没有直接关系。

应用硬件是配置在计算机外围的各种特定用途的部件或设备。它们往往是针对某种专门的应用领域而设置的，例如：大型精密的绘图仪、各种A/D、D/A转换装置等。应用硬件是在某些领域中推广应用计算机必不可少的。

2. 系统软件和应用软件

计算机系统中包含的软件由系统软件和应用软件两部分组成。

系统软件是指计算机系统必须配备的那部分软件。它一般是对各种领域都通用的软件，例如：各种程序设计语言的处理程序、各种操作系统、标准程序库以及系统维护软件等。

应用软件则是针对某些特定应用领域配置的软件，例如：用于计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助教学(CAI)、用于企业管理等的软件。它们往往与应用硬件一起实现某方面的应用。

不论是系统软件（除操作系统本身）还是应用软件都必须在操作系统的管理和支持下运行。

总而言之，操作系统的根本任务就是把系统内包含的所有软、硬件资源有机地组织、管理起来，尽可能充分地发挥它们各自的作用，使整个系统向用户提供他们所需要的各种高质量的服务。

二、操作系统分类

从功能出发，操作系统大致可分成两类：实时操作系统(real time system)和作业处理系统(job control system)。

实时操作系统是对来自外部世界的作用和信号在限定的时间范围内能作出响应的系统。例如：在机票预订系统中，顾客提出预订座位要求后，系统应在数十秒钟内给出回答，否则顾客将失去耐心，甚至以后不再问津。又如，在炼油厂的自动控制系统中，如果发现某一生产环节的压力增加，则应及时作出响应，以保证生产能正常、安全地进行。

作业处理系统以作业作为处理对象，连续处理在计算机系统中运行的作业流。除了对作业吞吐量有所要求外，没有严格的时间限制。在大专院校和研究机关的计算中心配备的计算机系统一般都属于作业处理系统。

下面我们对这两类系统以及它们的特点作进一步说明。

(一) 实时系统

现在有三种比较典型的实时系统。一种是过程控制系统(Process Control system)，第二种是信息查询系统(file interrogation system)，第三种是事务处理系统(transaction processing system)。

1. 过程控制系统

过程控制原来指的是对某些工业生产过程的控制。例如，对炼油、电力生产、化纤生产和钢板轧制过程的控制等。现在则扩充到包括太空舱中的环境控制、医院中的病情监护等。

过程控制计算机从被控过程中定期获得输入。例如，化学反应过程中的温度、压力、流量等。然后计算出一个能够保持该过程正常工作的响应，并启动相应机构实施这种响应。例如，若测得的温度高于正常值，那么作出的响应可能是打开一个阀门以增大冷却剂流量，使得温度下降，这种操作不断循环反复，使被控过程始终能按预期要求工作。

过程控制系统的主要特点是：与被控过程的变化速度比较，其反应速度足够快；工作安全可靠，即使系统中某些软、硬件发生故障，系统仍能安全进行；很少需要操作人员干预，即使需要某些干预，操作也很简单方便。

2. 信息查询系统

信息查询系统的主要特点是配置有大型文件系统或数据库，并向用户提供简单、方便、快速地查询信息能力。

用户提出了某种信息要求后，系统通过查找数据库获得有关信息，并立即回送给用户。整个响应过程应在相当短的时间内完成（比较典型的是一分钟左右）。当信息更新时，数据库中有关部分也应及时进行修改。

这种系统的两个比较典型的例子是仓库管理系统和医护信息系统。仓库管理系统的数据库包含了相应企、事业单位的各种库存物资的有关信息。医护信息系统的数据库则相当于一套病历卡。这些系统的用户（管理人员或医护人员）通常并不了解系统以及数据库的软、硬件结构，但要能频繁地进行信息查询操作。

3. 事务处理系统

事务处理系统的特点是数据库中的数据经常需要更新，用户和系统之间的交互作用频繁。比较典型的应用是机票预订和银行财务往来。对于前者，数据库包含了各个座位是否已经订出的信息，每订出一张座位时，就应修改数据库中的相应项。对于后者，数据库包含了银行的全部帐目，每次银行与客户发生财务往来时，就要及时更新数据库。因此，事务处理系统也应具有实时性，否则系统就会失去任何作用。而且当有多个用户同时使用这种系统时，操作系统应避免用户之间的相互冲突，并使各个用户得到他是系统唯一使用者的印象。

（二）作业处理系统

用户向作业处理系统提交的处理单位是作业。作业在执行时通常又可分为若干步，称为作业步，作业步是系统必须顺序执行的工作单位。一个简单的作业可能只有一个作业步。例如，运行一个已编译好的目标程序就只有一个作业步。比较典型的作业则一般包括编译和运行两个作业步，有时在它们中间还需插入连接作业步。每个作业步又可能包括几个可以并行执行的部分。

用户向作业处理系统提交的作业是多种多样的。为了完成这些作业，系统一般都配备有大量系统程序以及能长期存储信息的文件系统等。与此同时，为了适应各种输入、输出的要求，系统也配备有多种外部设备，如终端机、卡片输入输出机、行式打印机、绘图仪、磁带和磁盘等。作业处理操作系统的主要功能是向用户提供这些能力，并对它们实施管理、控制和组织作业流。

作业处理系统又可分为两种。一种是批处理系统(batch system), 另一种是分时系统(time-sharing system)。

1. 批处理系统

在现代批处理系统中, 作业从进入到退出系统大致分成四个阶段(见图1.1)。

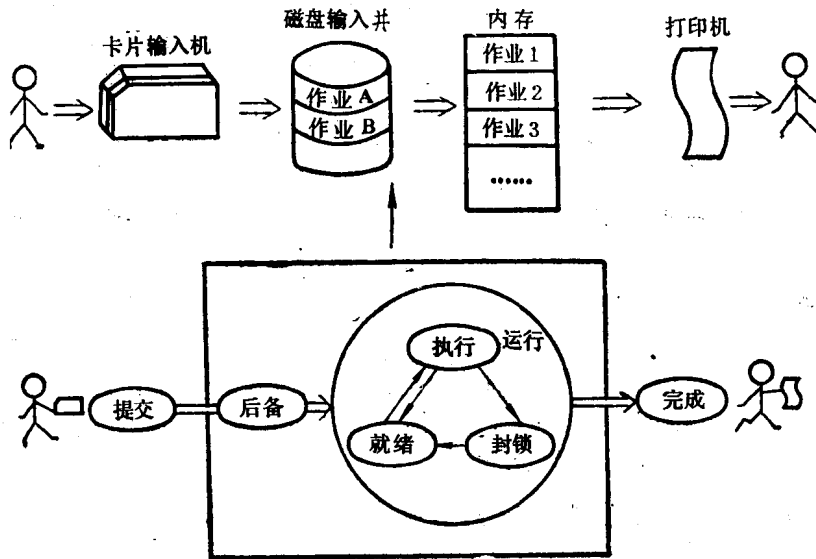


图 1.1 批处理系统中作业的信息流和状态转换

(1) 用户准备好作业程序、数据以及说明如何运行该作业的操作说明书, 然后将它们提交给系统。

作业准备方式基本上有两种: 一种是将它们穿成卡片或纸带; 另一种是用文本编辑程序将它们分别构成文件存放在文件系统中。与此相应, 提交作业的方式基本上也有两种: 一种是将纸带或卡片送交机房, 由操作员使用纸带或卡片输入机将作业提交给系统; 另一种是用户使用终端或其它输入设备直接向系统提交作业, 此时的作业被称为处于提交状态。

(2) 作业提交后, 系统将它存放在磁盘的某些盘区中等待运行。这些盘区称为输入井, 其中可以同时存放许多等待运行的作业。这些作业称为后备作业, 处于后备状态。

(3) 系统从等待运行的后备作业中, 挑选出若干作业, 将它们送入内存, 并按一定方式使它们在处理机上运行。

挑选后备作业时, 一般要考虑到充分使用系统内包含的各种资源。例如: 把运算工作量大的科学计算作业和需要进行大量输入、输出操作的数据处理作业搭配在一起。如果选择搭配得当, 处理机和各种输入、输出设备就能高度平行地工作。

在内存中的几道作业程序, 任一时刻只能有一道(在单处理机情况下)或几道(在多处理机情况下)在处理机上运行。当一个作业因某种原因(例如, 等待输入或输出操作结束)不能继续运行时, 就放弃使用处理机, 暂时被封锁以等待该原因消失。此时, 系统安排处理机执行另一道准备就绪的作业程序。如此反复, 使得各作业程序交替地在处理机上运行。在内存中的各道作业程序都已经开始运行, 但尚未结束, 因此可以宏观地认为它们都在运行, 处于运行状态。

由于有几道作业程序同时存放在内存中，所以这种批处理系统称为多道批处理系统。这是现代批处理系统普遍使用的工作方式。

(4) 作业运行结束后，系统收回该作业占用的资源，并使其退出系统。此时作业被称为处于完成状态。

一个作业运行结束后，系统根据当时资源的使用情况以及各后备作业的特点，重又选择一个或几个送入内存，开始它们的运行过程。

现代批处理系统的两个重要特点是“多道”和“成批”。“多道”是指内存中有多个作业同时存在，除此之外，在输入井中还可能有大量后备作业，因此这种系统可以有相当灵活的调度原则，易于合理地选择搭配作业，从而能够比较充分地利用系统中的各种资源。“成批”是指作业可以一批批地输入系统。但是作业一旦进入系统，用户就完全脱离他的作业，不能再与其发生交互作用，直到作业运行完毕后，用户才能根据输出结果分析作业运行情况，确定是否需要适当修改再次上机。这种特点有利于系统实现整个计算机工作流程的自动化，但是对用户而言，却带来了某种不便。

2. 分时系统

一个分时计算机系统往往带有几十台甚至上百台终端设备，每个用户在他所占用的终端上控制他的作业运行，所以分时系统也称为多路存取系统 (multi-access system)(见图1.2)。

分时系统有三个特点，即多路性、交互性和独占性。

所谓多路性就是很多用户可以同时使用一台计算机。交互性则是各个用户可用他们各自占用的终端与系统或正在系统中运行的他的作业进行对话。虽然多个用户在同时使用一台计算机，但用户彼此之间感觉不到别人也在使用这台计算机，这就是我们所说的独占性。

分时系统的基本工作过程如下：每个用户使用终端向系统发出命令，要求系统完成某项工作；系统对从终端设备上发来的命令进行分析，然后执行该命令，最后将执行结果通过相应终端的显示部分回送给用户；用户根据上一条命令的执行结果，向系统发出下一条命令。不断重复上述会话过程，直到完成用户预定的工作为止。在系统执行命令的过程中，例如，使一段程序投入了运行之后，用户也可以用交互作用方式向其输入数据或及时获得输出，或者对其进行其它干预，例如暂停或中止其执行过程等。

由于终端上用户的工作速度相对于机器而言是很慢的，所以系统一般能在较短时间（几秒钟）内轮转响应所有用户的要求。通常使用的方法是系统将处理机时间分成很短的时间片 (time slice)，轮流给各作业使用，这就是“分时”的意思。如果某个作业在分配给它的时间片结束时还未完成，则强迫该作业放弃使用处理机，等待下一轮循环再继续运行。此时，系统将处理机分配给另一作业使用。当然，如果作业在运行时要求进行输入、输出操作，也自动放弃处理机，待相应操作结束后，再等待分配使用处理机。由于各个用户的要求都能得到较快的响应，因此给每个用户造成一种印象，好象他在独自占用计算机一样。

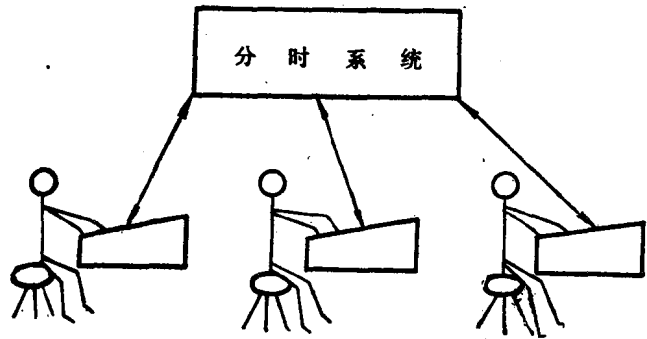


图 1.2 分时系统

设计良好，系统结构又配置得比较恰当的分时系统，一般能在用户比较满意的时间范围内对用户的活动作出响应，这一点与实时系统相近。其主要区别是，一个分时系统如果不能在所希望的时间内作出响应，除了使用户稍感不快外，并无其它影响。而在一个实时系统中，这可能造成严重甚至灾难性的后果。

有些系统同时兼有批处理、分时、实时处理中两种或三种处理能力。例如：分时与批处理相结合，把终端任务作为前台作业，批处理任务作为后台作业，当系统中没有前台作业时，立即转向执行后台作业。

作业处理系统和实时系统可在一台计算机上或若干台相互连接起来的几台计算机上实施。在后一种情况下，各台计算机可以均分工作负荷，或每台计算机各提供一种特定功能。例如：一台计算机专门处理与远程作业站有关的各种输入、输出，另一台计算机则承担要求大量数值计算的工作。系统中的各台计算机可以安装在同一机房中，或者相隔一定距离通过数据传输线进行通讯。在这种分布式系统中，操作系统必须协调各台计算机的活动，并保证这些计算机之间有所要求的信息流。

三、操作系统的功能

本节要从操作系统的简单发展过程中，归纳出操作系统，特别是作业处理系统应该具有的一般功能。

(一) 从人工操作到机器自动处理

最初，人们在缺乏系统管理软件的情况下使用计算机。此时装入和运行一个程序必须全部在人工控制下进行。操作人员的工作过程大致是(见图1.3)：

- (1) 将源程序卡片放进卡片输入机；
- (2) 启动系统带上的卡片输入程序；
- (3) 启动系统带上的汇编或编辑程序，翻译该源程序，结果送目的带；
- (4) 如若有数据卡片则将其放入卡片输入机；
- (5) 启动执行已经翻译好在目的带上的程序；
- (6) 从行式打印机取得执行结果。

在程序运行过程中，如若出现错误，操作员首先设法停止程序运行，然后根据源程序及有关出错信息，或者利用程序跟踪、数据测试等调度手段，找出发生错误的原因，寻找解决办法并对源程序予以修改。重复这一过程，直至程序能够正常运行。

这种工作方式有下列两个主要缺点：

- (1) 一旦某个用户开始操作，计算机全部资源(处机理、内存、外部设备等)都为该用户独占，一直到他下机把资源转给下一个用户为止。
- (2) 人工操作、中央处理机和输入输出设备的工作串行进行。整个操作过程非常烦琐，作业运行时间拖得比较长，工作效率很低。

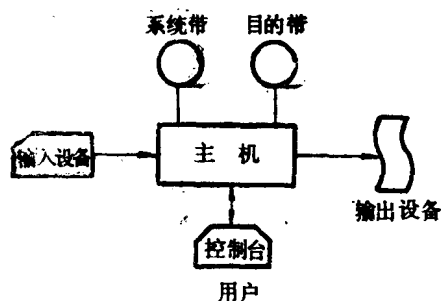


图 1.3 早期计算机系统模型

在计算机速度比较慢的情况下，这种操作方式还是可以容忍的。但是当计算机速度大大提高后，就暴露出它的严重弱点。例如：一个作业在速度为每秒 1000 次的计算机上运行需要 1 小时，而手工操作过程总共用了 3 分钟，则操作时间与运行时间之比是 1:20。如若机器速度提高到每秒 60 万次，我们又暂时不考虑输入、输出操作的影响，则该作业的运行时间大约缩短为 6 秒钟，但是人工操作时间却大致不变。这样，人工操作时间和运行时间之比变成 30:1，也就是说人工操作时间远远超过了机器运行时间。

对这种工作方式的第一步重要改进是：减少人工操作，使机器自动进行输入、编译和执行程序。于是，操作员只需要在卡片输入机上装卡片，在打印机上取执行结果。此时，用户不但要准备好源程序和数据，而且还应提供一份作业说明书，对自己的作业究竟要分成几个作业步执行，每一个作业步又应当做些什么等加以说明。这些均以作业控制语言（Job Control Language，简写成 JCL）进行描述，并穿成作业控制卡片，置于程序和数据之前输入。

为此，系统应设置一个控制程序，它的主要作用应是解释作业控制语言，根据用户提供的作业说明书，对用户作业进行分步，并控制其顺序执行。另外，在某些作业中难免发生一些错误，但是这些错误不能影响后面的其它作业，所以控制程序要负责用恰当方式处理错误。

（二）用快速输入、输出代替低速输入、输出

上述系统虽然大大减少了人工操作时间，提高了作业处理速度，但是仍然受到输入、输出速度的严重限制。例如：读卡和打印的时间可能需要几分钟，而作业在处理机上运行的时间可能只要几秒钟。由于它们的操作是串行的，所以处理机时间的浪费仍很可观。为了进一步提高系统的工作效率，必须解决低速输入、输出问题，减少这种操作对系统工作的影响。

在历史上，开始是用脱机技术解决这一问题的（见图 1.4）。在采用脱机技术的系统中，主机的所有输入、输出操作都是通过磁带进行的。用户准备好的程序、数据和作业控制卡先用能力较小、价格较低的卫星计算机传输到磁带上，然后操作员将这盘磁带安装到主机的磁带机上作为输入带。主机在处理输入带上的作业时，将产生的输出送到输出带上。以后，操作员又将输出带送到卫星机，

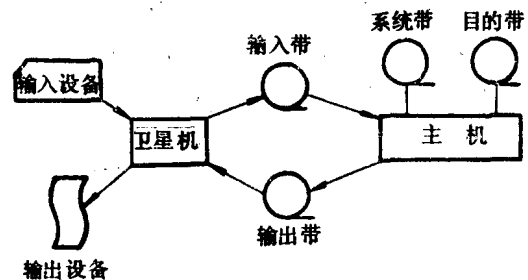


图 1.4 脱机输入输出系统模型

由它对输出带上的数据进行处理，并传送到某一输出设备（例如，行式打印机）上输出。

从五十年代后期到六十年代中期，脱机系统运行得相当成功。当时在所有可用介质中，磁带是输入、输出速度最快而且价格又比较低的一种。所以脱机技术实质上是用快速输入、输出设备代替了低速设备。由于磁带本质上是适宜于进行顺序读、写的介质，因此系统只能按作业在磁带上出现的顺序执行它们。

（三）从串行操作到并行操作

脱机技术虽然减少了输入、输出对整个系统工作的影响，但是并没有从根本上解决问题。因为中央处理机的运算和磁带机的输入、输出操作仍旧是串行进行的。为了进一步提高