

缪行外 主 编

苏前敏

吴敬仙 副主编

史志才

操作系统与自由软件

Linux



清华大学出版社



010100101101010010100101010100101101010001001011100111001100101010010010101101
1010010101010010110101001001011100111001100101010010010101101010100010110101010110100101101

缪行外 主 编

苏前敏

吴敬仙 副主编

史志才

操作系统与自由软件

Linux

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书将传统经典理论与实际应用相结合,一切从教学实际出发,以达到学以致用为目的。全书内容共分8章,包括绪论、作业管理、进程管理、内存管理、设备管理、文件管理、操作系统的安全性、复杂计算环境下的操作系统。每章后配有习题。附录中给出操作系统上机实验和Linux基本命令。

本书可作为高等院校计算机专业或非计算机专业的教材和参考书,也可供从事软件开发和维护的人员参考,同时为Linux系统研究和开发使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

操作系统与自由软件Linux/缪行外主编. —北京:清华大学出版社,2010.1
ISBN 978-7-302-21518-9

I. ①操… II. ①缪… III. ①Linux 操作系统 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第215717号

责任编辑:张占奎

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.25 字 数:369千字

版 次:2010年1月第1版 印 次:2010年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032428-01

前言

操作系统是计算机系统最重要的系统软件,是计算机的“管家”,是计算机与用户之间的接口。同时,操作系统又是计算机及其相关专业的核心课程之一,它主要讲述操作系统的基本原理和实现方法。操作系统课程的特点是概念多,内容抽象,理论性强。长期以来,高校普遍反映这门课难讲、难学和难实验。除了课程本身的原因,事实上,教材的选用也是一个非常重要的因素。目前已出版的操作系统教材中,偏重理论的较多,而能结合教学实际、注重实践性的教材很少。本教材就是作者根据多年教学研究经验,针对课程本身的特点,并充分结合目前的教学实际而编写的。

操作系统课程是计算机专业的核心课程。本书根据最新的操作系统课程教学大纲的要求,全面、系统地介绍了作业管理、进程管理、内存管理、设备管理、文件管理、操作系统的安全性、复杂计算环境下的操作系统,从实用的角度把理论与实践紧密结合起来。另外,本书的最大特色是结合目前自由软件——主流操作系统 Linux 的相关实现技术进行阐述,举例生动形象;附录 A 还提供了操作系统上机实验,具有很强的可操作性。

自由软件 Linux 被国内业界人士看作是开发自主操作系统的一个千载难逢的机遇。从国家主权和国家安全的角度考虑,中国从来没有放弃过对自主操作系统的开发,多年来国家投入了大量资金,但仍然是个薄弱环节。完全采用别人的操作系统是危险的,何况中国每年还要为 Windows 操作系统支付几百亿的版权费。国家有以 Linux 为契机开发自主操作系统的行动,业界对此呼声强烈,媒体宣传态度中肯,用户也应该有首选 Linux 的自觉性。

本书既可作为高等院校本、专科计算机及相关专业的教材或参考书,也可作为自考、考研或计算机等级(三级和四级)考试的辅导用书,同时也适合操作系统爱好者与软件开发人员研习。

鉴于普通高校计算机专业教育的特殊性,不可能照搬一流重点大学计算机专业的教学模式,又不能类同职业学校计算机专业的教学模式,必须根据普通高校计算机专业人才培养的目标和普通高校计算机专业操作系统课程教学的目的,制定统一的教学计划和大纲,并根据计划和大纲编写出适合一般高校操作系统课程的教材。

为了配合本教材的教学,书中附有实验指导,结合理论教学配有详细的实验安排,培养学生的实际操作能力,使理论与实践能有机地结合在一起。

本教材共分 8 章,参加本书编写的有缪行外(第 1 章和第 4 章)、苏前敏(第 2 章、第 5 章和第 7 章)、吴敬仙(第 6 章和附录)和史志才(第 3 章和第 8 章)。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中不当之处恳请读者批评指正。

编者

2009 年 8 月

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是操作系统	1
1.1.1 计算机系统	2
1.1.2 操作系统定义	2
1.1.3 引入操作系统的目的	3
1.2 操作系统的基本特征	3
1.2.1 操作系统的功能	3
1.2.2 操作系统的特性	5
1.3 操作系统的发展历史	6
1.3.1 手工操作阶段	6
1.3.2 批处理系统	7
1.3.3 多道程序系统	8
1.3.4 分时操作系统	10
1.3.5 实时操作系统	10
1.3.6 通用操作系统	10
1.3.7 操作系统的进一步发展	10
1.4 操作系统的类型	11
1.4.1 批处理操作系统	11
1.4.2 分时系统	11
1.4.3 实时系统	12
1.4.4 通用操作系统	13
1.4.5 网络操作系统	14
1.4.6 分布式操作系统	14
1.5 实用操作系统介绍	14
1.5.1 UNIX	14
1.5.2 Linux	15
1.5.3 MS-DOS	16
1.5.4 Windows	16
1.5.5 网络操作系统	17

1.6	操作系统的安装与引导	17
1.6.1	基本硬件需求	17
1.6.2	安装准备	18
1.6.3	安装过程	19
1.7	操作系统的运行环境	20
1.7.1	中央处理机	20
1.7.2	存储器	21
1.8	自由软件 Linux	22
1.8.1	概述	22
1.8.2	分类	23
1.8.3	意义	24
1.9	如何学习操作系统	24
1.9.1	操作系统是计算机资源的管理者	24
1.9.2	用户界面的观点	24
1.9.3	进程管理观点	25
1.9.4	虚拟机观点	25
1.9.5	软件的观点	25
1.10	小结	25
	习题	26
第2章	作业管理	27
2.1	概述	27
2.1.1	作业的建立	28
2.1.2	作业控制方式	28
2.2	操作系统的用户接口	29
2.3	Linux 的用户接口	30
2.3.1	Linux 命令控制界面	30
2.3.2	Linux 的编程界面	30
2.4	小结	31
	习题	31
第3章	进程管理	32
3.1	进程的基本概念	32
3.1.1	程序的顺序与并发执行	32
3.1.2	进程的定义及特征	35
3.1.3	进程的状态及转换	36
3.2	进程描述	37
3.2.1	进程的组成	37
3.2.2	进程控制块	38

3.3	进程控制	40
3.3.1	进程空间	40
3.3.2	进程控制原语	40
3.3.3	进程上下文	42
3.4	线程	42
3.4.1	线程的基本概念及分类	42
3.4.2	线程的状态及转换	43
3.4.3	线程的应用	44
3.5	Linux 的进程模型	45
3.5.1	Linux 的进程控制块	45
3.5.2	Linux 进程的创建和撤销	46
3.5.3	Linux 进程的状态及其转换	47
3.6	Linux 系统的线程机制	48
3.7	作业和进程调度	49
3.7.1	作业和进程的分级调度	49
3.7.2	调度算法	51
3.8	Linux 的进程调度	57
3.8.1	调度的时机	57
3.8.2	调度算法	58
3.9	进程互斥	59
3.9.1	临界区与进程互斥	60
3.9.2	互斥的加锁实现	62
3.9.3	信号量和 P、V 原语	63
3.9.4	利用 P、V 原语实现进程互斥	64
3.10	进程同步	65
3.10.1	进程同步的基本概念	65
3.10.2	经典的进程同步问题	68
3.11	进程通信	70
3.11.1	进程通信的类型	71
3.11.2	消息传递通信	72
3.12	死锁	73
3.12.1	死锁的基本概念	74
3.12.2	进程死锁的解决方案	75
3.12.3	典型的进程死锁解决方案——银行家算法	76
3.13	Linux 中的线程同步	79
3.14	Linux 中的进程通信机制	79
3.14.1	管道	80
3.14.2	System V 的 IPC 通信机制	80
3.15	小结	84

习题	85
第 4 章 内存管理	88
4.1 内存管理功能.....	88
4.1.1 地址重定位	88
4.1.2 内存分配与回收	90
4.1.3 内存共享与保护	91
4.1.4 虚拟存储	91
4.2 分区管理.....	92
4.2.1 单一分区分配法	92
4.2.2 多重固定分区分配方法	93
4.2.3 多重动态分区分配方法	94
4.2.4 伙伴系统	96
4.3 页式管理.....	97
4.3.1 基本概念	97
4.3.2 静态分页管理	99
4.3.3 请求分页管理	99
4.4 段式管理	102
4.4.1 基本概念.....	102
4.4.2 简单分段.....	103
4.4.3 请求分段.....	103
4.5 段页式管理	104
4.5.1 实现原理.....	104
4.5.2 地址转换.....	104
4.6 Linux 存储管理	105
4.7 小结	106
习题.....	106
第 5 章 设备管理.....	107
5.1 设备管理概述	107
5.2 I/O 系统的硬件结构	108
5.2.1 基本概念.....	108
5.2.2 I/O 设备类型	108
5.2.3 I/O 设备的物理特性	109
5.2.4 I/O 系统的硬件组织	109
5.3 I/O 控制方式	109
5.3.1 程序直接控制方式.....	109
5.3.2 中断控制方式.....	110
5.3.3 DMA 方式	110

5.3.4	通道控制方式	110
5.4	I/O 系统的软件组织	112
5.5	缓冲技术	113
5.5.1	缓冲技术的引入	113
5.5.2	单缓冲	114
5.5.3	双缓冲	114
5.5.4	缓冲池	115
5.6	设备分配	117
5.6.1	设备分配中的数据结构	117
5.6.2	设备分配时应考虑的因素	120
5.6.3	独占设备的分配程序	121
5.7	SPOOLing 技术	121
5.7.1	SPOOLing 系统的组成	122
5.7.2	利用 SPOOLing 技术共享打印机	122
5.8	设备处理	122
5.8.1	设备驱动程序	123
5.8.2	I/O 中断处理程序	123
5.9	磁盘调度	124
5.9.1	磁盘 I/O 时间	125
5.9.2	磁盘的移臂调度	125
5.9.3	磁盘的优化分布	127
5.10	Linux 设备管理	128
5.10.1	特别文件	128
5.10.2	设备驱动程序和内核之间的接口	129
5.10.3	字符设备和块设备	130
5.10.4	主设备号与次设备号	130
5.10.5	设备文件	131
5.10.6	I/O 空间以及 I/O 端口操作	131
5.10.7	设备驱动程序接口	132
5.10.8	字符设备和块设备驱动	133
5.10.9	Linux 设备驱动程序	135
5.11	小结	138
	习题	138
第 6 章	文件管理	140
6.1	概述	140
6.1.1	文件与文件系统	140

6.1.2	文件的分类	141
6.2	文件结构与存取方式	142
6.2.1	文件存取方式	142
6.2.2	文件的逻辑结构	143
6.2.3	文件的存储介质	145
6.2.4	文件的物理结构	146
6.2.5	记录的成组与分解	150
6.3	文件目录	151
6.3.1	文件控制块与目录项	151
6.3.2	文件目录结构	151
6.3.3	目录的改进	153
6.4	磁盘存储空间的管理	154
6.5	文件系统的层次结构与文件系统的界面	157
6.5.1	文件系统的层次结构	157
6.5.2	文件系统的实现	158
6.5.3	文件系统的界面	159
6.6	文件的共享	162
6.7	文件的保护、保密和安全	164
6.7.1	文件的保护	164
6.7.2	文件的保密	166
6.7.3	文件的安全	168
6.8	Linux 文件系统	168
6.8.1	虚拟文件系统	168
6.8.2	文件系统的注册、注销、安装与卸载	172
6.8.3	Linux 文件系统的缓存机制	172
6.8.4	EXT2 文件系统	173
6.9	小结	176
	习题	177
第 7 章	操作系统的安全性	179
7.1	安全性概述	179
7.2	安全操作系统的概念及发展	180
7.2.1	安全操作系统的概念及重要性	180
7.2.2	安全操作系统的发展	181
7.3	安全操作系统的一般模型及开发方法	182
7.3.1	安全操作系统的一般模型	182
7.3.2	安全操作系统的开发方法	183
7.3.3	安全操作系统的开发过程	184

7.4 Linux 系统的安全	185
7.4.1 Linux 系统的安全措施	185
7.4.2 Linux 系统的安全漏洞	186
7.4.3 Linux 系统的安全增强建议	186
7.5 小结	188
习题	188
第 8 章 复杂计算环境下的操作系统	189
8.1 计算机系统的分类	189
8.2 并行计算机操作系统	190
8.2.1 并行计算机系统	190
8.2.2 多处理机操作系统	191
8.3 计算机网络操作系统	194
8.3.1 计算机网络简介	194
8.3.2 计算机网络体系结构与协议	195
8.3.3 网络操作系统的发展及分类	197
8.3.4 网络操作系统的功能	198
8.3.5 网络操作系统提供的服务	200
8.4 分布式操作系统	201
8.4.1 分布式操作系统的特点	201
8.4.2 分布式操作系统的构成	202
8.4.3 分布式系统的通信	203
8.4.4 分布式操作系统的资源管理	205
8.4.5 分布式进程管理	205
8.4.6 分布式进程的同步、互斥与死锁	206
8.4.7 分布式文件系统	208
8.5 集群操作系统	208
8.5.1 集群系统概述	208
8.5.2 集群操作系统	210
8.6 网络操作系统	211
8.6.1 网络的体系结构	211
8.6.2 网络操作系统	211
8.7 小结	213
习题	213
附录 A 操作系统上机实验	215
实验一 熟悉 Linux 基本操作	215
实验二 进程创建,父子进程同步	216
实验三 Linux 进程控制	218

X 操作系统与自由软件 Linux

实验四 Linux 进程通信(1)	219
实验五 Linux 进程通信(2)	220
实验六 Linux 内存管理	224
实验七 设备管理	225
附录 B Linux 基本命令	229
参考文献	232

绪 论

人们几乎每天都在使用操作系统,在开始学习前,下面的问题能准确回答多少?

- 什么是操作系统?
- 为什么需要操作系统?
- 操作系统如何工作? 又如何使用?
- 掌握操作系统有何用处?
- 如何掌握操作系统?

对于计算机用户来说,已经很少有人记起没有操作系统的年代。因为如今从巨型机到小型个人计算机都已经使用操作系统。大批的计算机制造商生产硬件来支持操作系统,用户见到的是 CRT 与键盘这样的硬件组成部分,但功能视图却是操作系统提供的。因此对用户来说,更多的功能是操作系统带来的。

1.1 什么是操作系统

只要用过计算机,就肯定用过操作系统。先来看一看常用的操作系统。下面这些软件中哪些是操作系统呢? 极品飞车、Windows、Turbo C++、Word、Visual Foxpro、UNIX、VI、Linux、自己编写的 C 程序、VI 和 Linux。显然,其中的 Windows、UNIX、Linux 是操作系统,其余都是用户程序或其他系统软件。

实际存在的操作系统有几百种。根据使用经验,你能说出操作系统能做什么吗?

比如,用计算机做任何事,都需要先运行某个相应的程序。在 Windows 系列操作系统下,通常是通过双击一个程序的图标或程序名来运行该程序。这个图标或程序名通常出现在桌面、桌面上的开始菜单、资源管理器等处,如果开机后不出现桌面,就什么都不能运行。桌面是 Windows 操作系统显示的,程序图标的显示、双击鼠标动作的接收和翻译、启动并执行相应的程序都属于 Windows 操作系统的功能。此外,在 Windows、Linux、UNIX 等操作系统下还可以通过命令方式来启动程序,这时也是由操作系统负责显示命令提示符、接受命令行、启动执行相应的程序。

不管将计算机用于何种领域,都需要经常进行文件复制或删除、磁盘内容查看、建立文件夹等工作。在 Windows 操作系统下,可以在资源管理器中通过菜单和鼠标来完成这些工作。资源管理器是 Windows 操作系统的一个部件。

在 IBM PC 上用汇编语言编写程序时,都需要 INT 语句。使用 INT 语句的目的大都是

要做一些 I/O(输入/输出)工作,比如文件读写或打印等。INT 语句实际上是一种特殊的调用语句,它调用的是相应操作系统的内部功能。操作系统的功能很丰富和强大,好像什么事都做,但又不可能什么事都能做。例如,操作系统不能完成天气预报,而是由专门的天气预报软件来做的;操作系统不能做房屋设计,而是由专门的建筑 CAD 软件来做的;操作系统不是编译程序,用户用什么语言编写的源程序就用对应语言的编译程序。可见,操作系统不能直接解决具体的应用问题。

1.1.1 计算机系统

现代计算机系统是一个相当复杂的系统,即使相当普及的个人电脑也是如此。一个计算机系统是由系统硬件和系统软件组成的。整个计算机系统,按功能划分成四个层次,即硬件、操作系统、系统实用软件和应用软件。这四个层次表现为一种单向服务关系,即外层可以使用内层提供的服务,反之则不行。

系统硬件是计算机系统的基础,操作系统及其他软件最终还是要以机器指令来访问和控制各种硬件资源。硬件系统的组织结构也在不断地改进。

计算机系统是按人的要求接受和存储信息,自动进行数据处理和计算,并输出结果信息的机器系统。图 1-1 是计算机系统的组成。

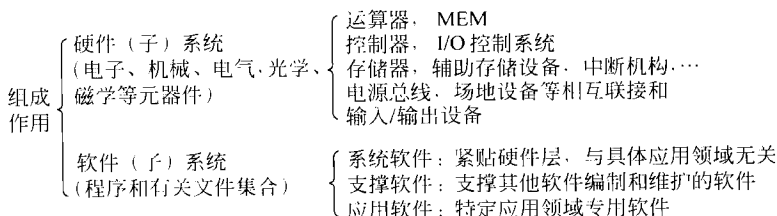


图 1-1 计算机系统的组成

1.1.2 操作系统定义

操作系统是最基本的系统软件,它直接影响到计算机的使用效果和正确性。操作系统是为提高计算机的利用率、方便用户使用、缩短计算机响应时间而配备的一种软件,是对计算机系统全部资源进行控制和管理的大型程序。它由许多具有控制和管理功能的子程序组成。

操作系统的概念可以从两方面理解:第一,它是软件;第二,它是用于管理计算机系统本身的软件。操作系统的主要任务是使硬件的能力得到充分的利用,支持用户的应用软件的运行并提供适当的服务。

因此,操作系统定义为:用以控制和管理系统资源、方便用户使用计算机的程序的集合。

操作系统是计算机系统中的一个系统软件,它是这样一些程序模块的集合——它们管理和控制计算机系统硬件及软件资源,合理地组织计算机的工作流程,以便有效地利用

这些资源为用户提供一个功能强、使用方便的工作环境,从而在计算机与其他用户之间起到接口的作用。

在计算机系统的层次结构中,包围着系统硬件的一层就是操作系统,它是最基本的系统软件。尽管操作系统处于系统软件最底层,却是其他所有软件的管理者。

操作系统层在计算机系统层次结构中是特殊的、极为重要的一层,它不仅接收硬件层提供的服务,并向上层的系统实用软件层、应用软件层提供服务,而且管理着全系统的硬件和软件资源。

1.1.3 引入操作系统的目的

从用户角度看,引入操作系统是为了给用户使用计算机提供一个良好的界面,使用户无需了解硬件和系统软件的细节,就能方便灵活地使用计算机。

一个应用程序可以用一种程序设计语言描述,是由应用程序设计员开发的。如果用一组负责控制计算机硬件的机器指令开发应用程序,是一件非常复杂的任务。为此,要提供一些系统程序,其中的一部分称为实用工具,它们实现了在创建程序、管理文件和控制 I/O 设备中经常使用的功能。程序员在开发应用程序时将调用这些实用工具以实现特定功能。最重要的系统程序就是操作系统,操作系统为程序员屏蔽了硬件细节,为程序员使用系统提供了方便的接口。

从系统管理员来看,引入操作系统是为了合理组织计算机工作流程,管理和分配计算机系统硬件及软件资源,为多个用户共享。因此,操作系统是计算机资源的管理者。

操作系统实际上是一组计算机程序,与其他计算机程序类似,它们都给处理机提供指令,主要不同之处在于编制程序的目的。操作系统控制处理机使用其他系统资源,并控制处理机运行其他程序的时间安排等。但是,处理机做任何一件事情,都必须停止执行操作系统程序,而去执行其他程序。操作系统决定在程序运行过程中何时使用 I/O 设备,并控制文件的访问和使用。处理机自身也是一个资源,操作系统必须决定在运行一个特定的用户程序时,可以分配多少处理机时间。在多台处理机系统中,这个决定要传到所有的处理机。

1.2 操作系统的基本特征

操作系统的作用在于提高计算机系统的效率,增强系统的处理能力,提高系统资源的利用率,方便用户使用。但操作系统是如何进行管理的呢?操作系统本身具有哪些特性呢?

1.2.1 操作系统的功能

操作系统的首要任务是实现对系统资源的管理。在单用户系统中,这种管理相对简单;而当多用户共享资源时,要竞争 CPU 时间、I/O 设备、存储空间等资源,因此增加了管理的复杂性。操作系统一般具有以下管理功能。

1) 处理机(CPU)管理

CPU 的性能和使用情况会影响整个计算机系统的性能。CPU 是较为昂贵的资源,它的速度比其他硬件设备要快得多,其他设备的正常运行离不开 CPU。因此,有效管理 CPU,充分利用 CPU 资源是操作系统最重要的管理任务。

在 CPU 管理中,最关心的是其运行时间,所以提出一些调度策略,给出了调度算法,并进行 CPU 分配。由于处理机的分配和运行都以进程为单位,对 CPU 的管理主要也就是对进程的管理,其主要内容包括进程通信、进程控制、进程同步和进程调度。

2) 存储器管理

存储器对作业的重要程度如同土地对于人类。一个作业要在处理机上运行,它的代码和数据就要全部或部分地驻在内存中,操作系统也要占据相当大的内存空间。在多道程序系统中,并发运行的程序都要占有自己的内存空间。因此,内存是计算机资源中较为缺乏的资源之一。虽然 RAM 芯片的集成度不断提高,价格不断下降,但需求量大,内存整体价格仍较昂贵,而且受 CPU 寻址能力的限制,其容量也有限制。

因此,内存管理的主要任务是对要运行的作业进行内存分配,分配方式有静态分配和动态分配。

另外,为了使并发运行的作业互不干涉,不能随意存取本作业空间以外的存储区,要进行内存保护。

为了使更多作业在系统中并发运行,但有限的内存不能满足系统中增长更快的并发作业对内存的需求,操作系统要进行内存扩充,即虚拟存储技术,通过虚拟技术向作业提供大于物理内存的存储空间。

3) 设备管理

设备管理是指除了 CPU 和内存以外的所有输入、输出设备的管理,是操作系统中最繁杂、琐碎的部分,涉及种类多且控制复杂。输入/输出设备相对 CPU 来说,运行速度较慢,如何提高 CPU 和设备的并行性,充分利用设备资源,便于用户和程序对设备的操作和控制,一直是操作系统要解决的主要任务。

为了提高 CPU 与设备运行的并行程度,处理机与设备进行数据传输时一般经过通道、控制器和中断机构进行。

设备管理的主要任务是设备分配、设备处理、设备无关性和缓冲管理。缓冲管理主要管理设备与 CPU 交换信息时所用到的缓冲,以解决 CPU 与 I/O 设备的速度不匹配问题。

4) 信息管理

信息管理也称文件管理,为用户提供一种简便的、统一的存取和管理信息的方法,负责对信息的组织,实现对文件共享、数据的存取控制和保密等问题,并负责对磁盘空间的分配和管理工作。包括文件存储空间、文件目录、文件读写以及文件保护。

5) 用户接口

配置操作系统主要的目的是方便用户使用计算机。操作系统内核通过系统调用向应用程序提供友好的接口,方便用户程序对文件和目录的操作。此外,操作系统还提供了几百条程序命令,使用户可以方便地与系统交互。操作系统提供程序级的用户接口包括系统调用、作业级的用户接口、作业控制语言或程序命令接口。

