

应用型本科院校计算机教育规划教材

# 操作系统 原理与实训教程

李 俭 主 编  
王 鑫 副主编  
齐景嘉 主 审  
王梦菊 左 雷 侯菡萏

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

应用型本科院校计算机教育规划教材

# 操作系统原理与实训教程

李 俭 主 编

王梦菊 左 雷 侯菡茜 王 鑫 副主编

齐景嘉 主 审

## 内 容 简 介

本书采用通俗的语言和实例,深入浅出地讲述了操作系统的基本概念、基本原理、方法及典型实现技术,理论学习和实践应用相结合,既注重对操作系统经典内容的论述,又介绍了操作系统的实用成果及发展趋势。

全书共分6章,内容包括操作系统概述、进程管理、存储器管理、设备管理、文件管理、Linux操作系统实例分析。每章除提供知识结构图和教学要点,方便学生对本章的知识点有一个系统、全面的了解外,还在每章末提供了本章小结和丰富的习题,并配有与本章理论内容相对应的Windows Server 2003和Linux操作系统的相关实训内容,既体现了应用性,又将新技术和新知识融入各章,方便学生更好地理解操作系统原理。

本书可作为高等院校(特别是应用型本科)计算机及相关专业的教材,也可作为自学考试的教材和计算机专业技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理与实训教程 / 李俭主编. —北京:  
中国铁道出版社, 2014. 8  
应用型本科院校计算机教育规划教材  
ISBN 978-7-113-18542-8

I. ①操… II. ①李… III. ①操作系统—高等学校—  
教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第093916号

书 名: 操作系统原理与实训教程  
作 者: 李 俭 主编

策 划: 刘丽丽  
责任编辑: 周 欣  
封面设计: 刘 颖  
封面制作: 白 雪  
责任校对: 汤淑梅  
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)  
网 址: <http://www.51eds.com>  
印 刷: 三河市航远印刷有限公司  
版 次: 2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷  
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.25 字数: 471千  
书 号: ISBN 978-7-113-18542-8  
定 价: 38.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)51873659

计算机操作系统管理计算机系统所有的软件和硬件资源,同时为用户提供一个方便、安全、可靠的工作环境。操作系统课程是计算机专业学生的必修课程,掌握并理解计算机操作系统的基本原理和方法,对计算机专业的学生和技术人员来说是非常必要的。

目前,各高校都注重培养应用型计算机专业人才,而要让学生在今后的工作中不断自我提升业务水平,作为计算机专业基础课之一的操作系统课程必须要承担起搭建良好专业基础的任务。单纯的操作系统原理知识已经不能很好地为学生服务,只有把实际应用的操作系统融入其中,才能让学生真正领会操作系统的精髓。另外,据调查,我国 Linux 操作系统的使用比较广泛,但 Linux 人才仍然处于短缺状态,因此必须把 Linux 操作系统与操作系统原理结合起来,让学生熟练使用 Linux 以适应社会需要。本书正是在迎合社会需求和学生就业的基础上,以培养应用型计算机专业人才为目的而策划的。

由于操作系统在计算机系统中所处的特殊地位,以及它具有的抽象性及理论深度,这门课程并不是那么容易真正地被学生学懂弄通。很多初学者会感到这门课程理论性太强,概念原理太多,不容易记住,更不易掌握,特别是在本科操作系统课程中,选择合适的实验内容是一个普遍的难题。编者参考了国内外近几年出版的教材和文献,并结合操作系统开发工作对操作系统教学的要求,注意到当前我国计算机教育、研究与开发、应用的现实情况,参考 2013 年计算机专业操作系统考研大纲,结合多年操作系统课程教学经验编写了本书,其技术内容具有较高的先进性及实用性。

本书采用通俗的语言和实例,全面阐述了操作系统的基本概念、原理、方法及实现,既注重对操作系统经典内容的论述,又注意介绍操作系统的实用成果及发展趋势。本书内容共分 6 章:第 1 章介绍操作系统的基本概念、功能、发展史及现代典型操作系统等;第 2 章介绍进程的概念、进程描述、进程控制、进程的同步与互斥、进程通信及线程、进程调度、死锁的概念与产生的原因,以及解决死锁的方法;第 3 章介绍操作系统对内存的管理方法,主要介绍各种内存管理及分配方法的思想、数据结构、重定位及实现原理;第 4 章介绍操作系统对设备的管理方法,主要介绍对设备的控制、分配、缓冲区的管理等,并对其他一些主要的 I/O 技术进行了介绍;第 5 章介绍操作系统对文件的管理,重点介绍文件的逻辑结构、物理结构及文件系统的构成;第 6 章从操作系统的四大功能角度对 Linux 操作系统实例进行了分析。全书内容在介绍原理的基础上,注重理论与实践相结合。本书还为各章提供了习题,并从第 2 章开始为每章提供了 Windows Server 2003 和 Linux 操作系统的相关实训内容,方便学生更好地理解操作系统原理。

本书由哈尔滨金融学院的李俭任主编;哈尔滨金融学院的王梦菊、左雷、侯菡蓓,黑龙江

工程院的王鑫任副主编，哈尔滨金融学院的齐景嘉任主审。其中，第1章、第3章由李俭编写；第2章和第5章的5.3由王梦菊编写；第4章和第5章的5.1、5.2节由王鑫编写；第5章的5.4~5.8节及实训习题由左雷编写；第6章由侯菡菡编写。全书由李俭统稿。

本书可作为高校计算机及相关专业的教材，特别是应用型本科计算机专业的操作系统课程配套教材，也可作为计算机及应用专业自学考试教材和计算机专业技术人员的参考书。

本书的编写过程中得到了许多领导和同事的大力支持，参考了大量同行的著作，在此一并表示感谢。也感谢中国铁道出版社各位编辑的悉心指导，使本书得以顺利出版。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。如有意见或建议请发送 E-mail 至 [jane\\_star\\_love@126.com](mailto:jane_star_love@126.com)。

编 者

2014年4月

第 1 章 操作系统概述.....	1
1.1 操作系统的概念.....	2
1.1.1 操作系统的地位.....	2
1.1.2 操作系统的作用.....	2
1.2 操作系统的发展与分类.....	3
1.2.1 无操作系统的计算机系统.....	3
1.2.2 批处理系统.....	5
1.2.3 分时系统.....	7
1.2.4 实时系统.....	8
1.2.5 网络操作系统.....	9
1.2.6 分布式操作系统.....	10
1.2.7 云计算.....	10
1.2.8 嵌入式操作系统.....	11
1.3 操作系统的特征.....	12
1.3.1 并发性.....	12
1.3.2 共享性.....	12
1.3.3 异步性.....	13
1.3.4 虚拟性.....	13
1.4 操作系统的功能.....	13
1.4.1 处理器管理.....	14
1.4.2 存储器管理.....	14
1.4.3 设备管理.....	15
1.4.4 文件管理.....	15
1.4.5 用户接口.....	16
1.5 操作系统结构设计.....	17
1.5.1 层次结构.....	17
1.5.2 微内核结构.....	18
1.6 现代主流操作系统简介.....	19
1.6.1 MS-DOS 及 Windows 系列.....	19
1.6.2 UNIX 大家族.....	23
1.6.3 自由软件 Linux.....	24
本章小结.....	26
习题 1.....	26
第 2 章 进程管理.....	28
2.1 进程的引入.....	29
2.1.1 程序的顺序执行.....	29

2.1.2	程序的并发执行	30
2.1.3	进程	31
2.1.4	进程的状态及转换	33
2.1.5	进程控制块	35
2.2	进程控制	37
2.2.1	原语	37
2.2.2	进程的创建与撤销	37
2.2.3	进程的阻塞与唤醒	38
2.2.4	进程的挂起与激活	39
2.3	进程同步与互斥	40
2.3.1	临界资源与临界区	40
2.3.2	信号量及 P、V 操作	41
2.3.3	经典的进程同步互斥问题	46
2.3.4	管程	50
2.4	进程通信	53
2.4.1	共享存储	53
2.4.2	消息传递	53
2.4.3	共享文件	56
2.5	进程调度	56
2.5.1	调度的层次	56
2.5.2	调度算法的评价标准	58
2.5.3	调度算法	59
2.6	死锁	61
2.6.1	死锁的概念	62
2.6.2	死锁的预防	63
2.6.3	死锁的避免	63
2.6.4	死锁的检测	68
2.6.5	死锁的解除	69
2.7	线程	69
2.7.1	线程的引入	69
2.7.2	进程与线程的关系	70
2.7.3	线程调度与通信	70
本章小结		71
实训		72
实训 1	Windows Server 2003 的任务与进程管理器	72
实训 2	Linux 的安装、启动、退出与系统设置	78
实训 3	Linux 中的进程管理	84
习题 2		88

第 3 章 存储器管理 .....	92
3.1 存储体系 .....	93
3.1.1 存储管理的功能 .....	94
3.1.2 存储分配方式 .....	94
3.1.3 存储空间的管理 .....	94
3.1.4 地址重定位 .....	95
3.1.5 存储保护 .....	97
3.2 连续分配存储管理 .....	98
3.2.1 单一连续分配方式 .....	98
3.2.2 分区分配方式 .....	98
3.2.3 紧凑和对换技术 .....	103
3.3 离散分配存储管理 .....	104
3.3.1 分页存储管理 .....	104
3.3.2 分段存储管理方式 .....	109
3.3.3 段页式存储管理方式 .....	112
3.4 虚拟存储器 .....	114
3.4.1 程序局部性原理 .....	114
3.4.2 虚拟存储器的概念 .....	115
3.4.3 请求分页存储管理方式 .....	116
3.4.4 页面置换算法 .....	119
3.4.5 请求分段存储管理方式 .....	121
本章小结 .....	123
实训 .....	123
实训 1 Windows Server 2003 的系统监视器 .....	123
实训 2 Windows Server 2003 的存储管理 .....	129
实训 3 Linux 中内存交换空间 (swap) 的构建 .....	132
习题 3 .....	134
第 4 章 设备管理 .....	137
4.1 设备管理概述 .....	137
4.1.1 设备的分类 .....	137
4.1.2 设备管理的目标与功能 .....	138
4.2 I/O 系统 .....	139
4.2.1 I/O 系统的硬件组织 .....	139
4.2.2 I/O 系统的软件组织 .....	143
4.2.3 输入/输出控制方式 .....	147
4.3 设备的分配与回收 .....	151
4.3.1 设备分配中的数据结构 .....	151
4.3.2 设备的分配与回收 .....	152
4.4 虚拟技术和缓冲技术 .....	155



4.4.1	SPOOLing 技术	155
4.4.2	缓冲技术的引入	156
4.4.3	单缓冲	157
4.4.4	双缓冲	157
4.4.5	缓冲池	158
4.5	I/O 磁盘调度	159
4.5.1	磁盘传输性能	159
4.5.2	磁盘调度算法	162
4.6	RAID 技术	164
4.6.1	RAID 基本原理	165
4.6.2	RAID 配置等级	166
4.7	其他 I/O 技术简介	168
4.7.1	USB 技术	168
4.7.2	即插即用技术	170
4.7.3	缓存	170
	本章小结	174
	实训	175
	实训 1 Windows Server 2003 的设备管理	175
	实训 2 Windows Server 2003 的注册表管理	180
	实训 3 Linux 的设备管理	185
	习题 4	190
<b>第 5 章</b>	<b>文件管理</b>	<b>192</b>
5.1	文件系统概述	193
5.1.1	文件和文件系统	193
5.1.2	文件类型	195
5.2	文件的结构	196
5.2.1	文件的逻辑结构	196
5.2.2	顺序文件	197
5.2.3	索引文件	199
5.2.4	索引顺序文件	199
5.3	外存分配方式	200
5.3.1	连续分配	200
5.3.2	链接分配	202
5.3.3	索引分配	203
5.4	文件目录管理	206
5.4.1	文件目录的内容	206
5.4.2	目录结构	208
5.4.3	文件目录操作	211
5.4.4	目录查询技术	212

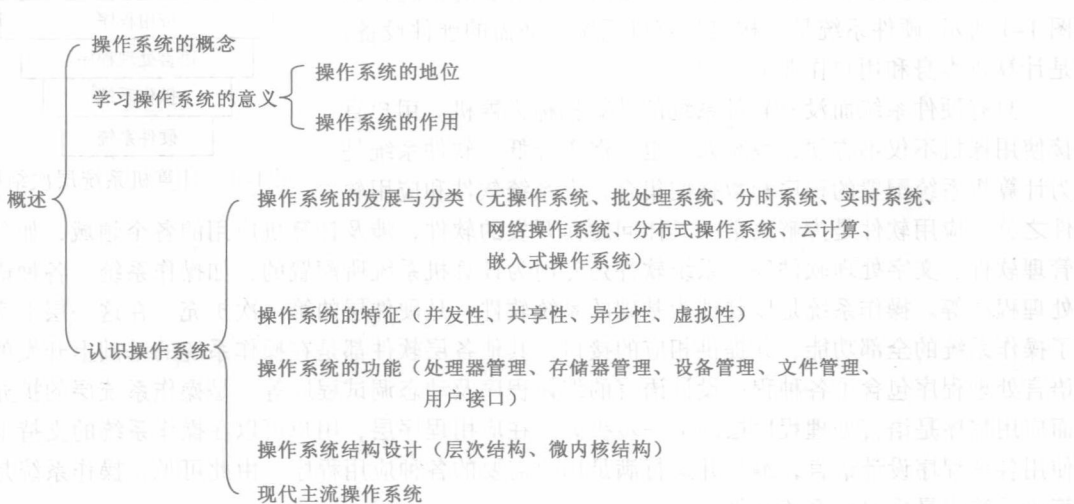
5.5	文件存储空间的管理.....	213
5.5.1	空闲表法和空闲链表法.....	213
5.5.2	位示图法.....	214
5.5.3	成组链接法.....	215
5.6	文件操作和文件的存取控制.....	216
5.6.1	文件操作.....	217
5.6.2	文件的存取控制.....	218
5.7	文件的共享与安全.....	220
5.7.1	文件的共享.....	221
5.7.2	文件系统的安全.....	224
5.8	文件系统性能的改善.....	225
	本章小结.....	228
	实训.....	228
	实训 1 Windows Server 2003 磁盘文件系统的管理与维护.....	228
	实训 2 Linux 的文件管理.....	237
	习题 5.....	243
<b>第 6 章</b>	<b>Linux 操作系统实例分析.....</b>	<b>246</b>
6.1	Linux 的基本结构.....	247
6.1.1	Linux 的体系结构.....	247
6.1.2	Linux 内核源代码组织结构.....	248
6.2	Linux 的进程管理.....	248
6.2.1	Linux 的进程和线程管理.....	249
6.2.2	Linux 的进程调度.....	251
6.2.3	Linux 进程间的通信.....	253
6.3	Linux 的存储管理.....	256
6.3.1	Linux 虚拟内存的抽象模型.....	256
6.3.2	Linux 的高速缓存机构.....	258
6.3.3	管理内存空间的数据结构.....	259
6.3.4	内存区的分配和页面淘汰策略.....	260
6.4	Linux 的文件管理.....	262
6.4.1	Linux 文件系统的构成.....	262
6.4.2	EXT2 对磁盘的组织.....	264
6.4.3	EXT2 文件的物理结构.....	266
6.4.4	EXT3 文件系统.....	267
6.4.5	虚拟文件系统 VFS.....	269
6.5	Linux 的设备管理.....	270
6.5.1	Linux 设备管理概述.....	270
6.5.2	Linux 中的设备驱动.....	272
6.5.3	设备管理实例.....	273

6.6	Linux 的 Shell.....	274
6.6.1	Shell 的工作原理.....	275
6.6.2	Shell 的种类.....	276
6.6.3	Bash Shell 的命令.....	276
6.6.4	Bash Shell 编程.....	281
6.7	Linux 的安全机制.....	283
6.7.1	标识与鉴别.....	284
6.7.2	存取控制.....	284
6.7.3	审计与加密.....	285
6.7.4	网络安全.....	286
6.7.5	备份与恢复.....	287
	本章小结.....	287
	实训.....	288
	实训 1 Windows Server 2003 的用户管理.....	288
	实训 2 Linux 的用户管理.....	290
	习题 6.....	295
	附录 各章习题参考答案.....	296
	参考文献.....	298

# 操作系统概述

## 第1章 操作系统概述

【知识结构图】



【学习目的与要求】

本章对操作系统进行了概括介绍，让学生对操作系统的基本概念、分类和功能等基本问题有一个整体了解。本章学习要求如下：

- 掌握操作系统的概念；
- 了解操作系统的发展及分类；
- 理解操作系统的特征；
- 了解操作系统的功能和现代主流操作系统。

计算机系统由硬件和软件两部分组成，操作系统（Operating System, OS）是计算机系统中最重要系统软件，它是配置在计算机硬件上的第一层软件，是对硬件系统的首次扩充，是整个计算机系统的控制中心。在现代计算机系统中，如果不安装操作系统，很难想象如何使用计算机。操作系统不仅可以将裸机改造成功能强、服务质量高、使用方便灵活、运行安全可靠的虚拟机，为用户提供良好的使用环境，而且可以采用有效的方法组织多个用户共享计算机系统资源，最大限度地提高系统资源的利用率。

## 1.1 操作系统的概念

操作系统是配置在计算机硬件平台上的第一层软件，是一组系统软件。在计算机系统中，处理器、内存、磁盘、终端等硬件资源通过主板连接构成了看得见摸得着的计算机硬件系统。为了使这些硬件资源高效地、尽可能并行地供用户程序使用，给用户使用硬件的通用方法，必须为计算机配置操作系统。操作系统的工作就是管理计算机的硬件资源和软件资源，使用户尽可能方便地使用这些资源。操作系统是软硬件资源的控制中心，它以尽量合理有效的方法组织多个用户共享计算机的各种资源。

### 1.1.1 操作系统的地位

计算机系统是由硬件和软件按层次结构组成的系统，如图 1-1 所示。硬件系统是指构成计算机系统所必需的硬件设备，是计算机本身和用户作业的基础。

只有硬件系统而没有软件系统的计算机称为裸机。用户直接使用裸机不仅不方便，系统效率也会严重降低。软件系统是计算机系统配置的程序和数据的集合，有系统软件和应用软件之分。应用软件是为解决某一具体问题而开发的软件，涉及计算机应用的各个领域，如各种管理软件、文字处理软件等；系统软件是专门为计算机系统所配置的，如操作系统、各种语言处理程序等。操作系统是以硬件为基础的系统软件，是硬件层的第一次扩充，在这一层上实现了操作系统的全部功能，并提供相应的接口，其他各层软件都是在操作系统的基础上开发的。语言处理程序包含了各种程序设计语言的编译程序及动态调试程序等，是操作系统层的扩充，而应用程序是语言处理程序层的进一步扩充。在应用程序层，用户可以在操作系统的支持下，使用各种程序设计语言，编写并运行满足用户需要的各种应用程序。由此可见，操作系统是计算机系统中最重要的系统软件。

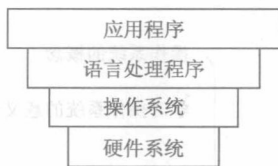


图 1-1 计算机系统层次结构

### 1.1.2 操作系统的作用

如何看待一个操作系统，人们从不同的角度出发有不同的观点。从一般用户的观点，可以把操作系统看作用户与计算机硬件系统之间的接口；从资源管理观点看，则可以把操作系统视为计算机系统资源的管理者。

#### 1. 人机交互的观点——操作系统是用户与计算机硬件系统之间的接口

操作系统作为用户与计算机硬件之间的接口的含义是：操作系统处于用户与计算机硬件系统之间，用户通过操作系统来使用计算机系统。或者说，用户在操作系统的帮助下，能够方便、快捷、安全、可靠地操纵计算机硬件和运行自己的程序。用户可以通过 3 种方式使用计算机。

① 命令方式：指由操作系统提供了一组联机命令，用户可以通过键盘输入有关命令来使用计算机。

② 系统调用方式：指在程序中，用户请求操作系统为自己服务的手段或方法。用户可以在自己的应用程序中，通过调用操作系统提供的一组系统调用来操纵计算机。

③ 图形、窗口方式：指用户通过屏幕上的窗口或图标，来操纵计算机系统和运行自己的程序。

## 2. 资源管理的观点——操作系统作为计算机资源的管理者

一个计算机系统通常都含有各种各样的硬件和软件资源,归纳起来可将资源分为4类:处理器、存储器、I/O设备以及数据和程序。相应地,操作系统的主要功能也是针对这4类资源进行有效的管理,即处理器管理、存储器管理、设备管理和文件管理。可见操作系统是计算机系统资源的管理者。

## 3. 虚拟机的观点——操作系统用作扩充计算机

对于一台完全无软件的计算机系统,即使其功能再强,也必定是难于使用的。如果在裸机上覆盖一层I/O设备管理软件,用户便可利用它提供的I/O命令进行数据输入和打印输出等操作。此时用户所看到的计算机,将是一台比裸机功能更强、使用更方便的计算机。通常把覆盖了软件的计算机称为扩充机或虚拟机。如果又在第一层软件上再覆盖一层文件管理软件,则用户可利用该软件提供的文件存取命令进行文件的存取。每当人们在计算机系统上覆盖一层软件后,系统功能便增强一级。由于操作系统自身包含了若干层次,因此当在裸机上覆盖操作系统后,便可获得一台功能显著增强、使用极为方便的多层扩充计算机或多层虚拟计算机。

因此,作为在硬件之上的第一层软件的操作系统是一组程序和数据的集合,它能控制和管理计算机系统的所有资源,并合理地进行调度,为用户使用计算机提供方便。据此,我们可以把操作系统定义为:操作系统是一组控制和管理计算机硬件和软件资源,合理地组织计算机工作流程,并为用户使用计算机提供方便的程序和数据的集合。

# 1.2 操作系统的发展与分类

计算机从1946年问世至今,已有半个多世纪的发展历程。最初的计算机由于运算速度慢、存储容量小、仅用于数值计算等特点,基本上采用手工操作方式。随着计算机技术的发展,在20世纪50年代中期出现了第一个简单的批处理操作系统,到20世纪60年代中期产生了多道程序批处理操作系统,不久又出现了基于多道程序的分时系统。自20世纪80年代以来,出现了微型计算机、多处理器和计算机网络技术,同时也形成了微机操作系统、多处理器操作系统、网络操作系统。也就是说,操作系统的发展过程也是各类操作系统形成的过程。随着通信技术的发展以及大型数据管理系统、远程处理系统和计算机网络的成熟与普及应用,操作系统的研究开始向并行计算与分布式方向发展。

## 1.2.1 无操作系统的计算机系统

### 1. 人工操作方式

从第一台计算机诞生至20世纪50年代中期的计算机,属于第一代计算机,这时还未出现操作系统。这时的计算机操作是由用户采用人工操作方式直接使用计算机硬件系统,即用户一个接一个地轮流使用计算机。每个用户的工作过程大致是将事先已穿孔的纸带或卡片装入纸带机或卡片输入机,再启动输入机将程序和数据输入计算机存储器,然后利用控制台开关启动计算机来运行程序。计算结束后,用户取走打印出来的结果,并卸下纸带或卡片,这时才能让下一个用户使用计算机。在这个过程中,需要人工装卸纸带或卡片、控制程序运行。人工操作速度相对计算机的运行速度而言是很慢的,因此使用计算机完成某一工作的整个过程中,手工操作时间占了很大比例,而计算机运行时间所占比例较小,这就形成了明显的人机矛盾,致使计

算机资源利用率很低,从而使计算机工作效率很低。

这种人工方式有 3 个方面的缺点:

① 用户独占全机。此时,用户既是程序员又是操作员,计算机及其全部资源只能由上机用户独占,资源利用率低。例如,打印机在装卸卡片和计算过程中被闲置。

② CPU 等待人工操作。当用户进行程序装入或结果输出等人工操作时,CPU 及内存等资源处于空闲状态,严重降低了计算机资源的利用率。

③ CPU 和 I/O 设备串行工作。所有设备均由主机来控制,主机向设备发送命令后,设备开始工作,而此时主机处于等待状态;当主机工作时,I/O 设备处于等待主机命令的状态,即 CPU 和 I/O 设备不能同时进行工作。

可见人工操作严重地降低了计算机资源的利用率,此即所谓的人机矛盾。CPU 速度迅速提高,而 I/O 设备的速度提高缓慢,也使 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾更加突出。为此产生了脱机输入/输出技术。

## 2. 脱机输入/输出方式

为了解决人机矛盾及 CPU 与 I/O 设备之间串行工作和速度不匹配的问题,20 世纪 50 年代末出现了脱机输入/输出技术。该技术是指事先将装有用户程序和数据的纸带装入纸带输入机,在一台外围机的控制下,把纸带上的数据输入到磁带上。当 CPU 需要这些程序和数据时,再从磁带上高速地调入内存。类似地,当 CPU 需要输出时,可由 CPU 直接高速地把数据从内存送到磁带上,然后在另一台外围机的控制下,将磁带上的结果通过相应的输出设备输出。脱机输入/输出方式如图 1-2 所示。

由于程序和数据的输入和输出都是在外围机的控制下完成的,或者说,它们是在脱离主机的情况下进行的,所以称为脱机输入/输出方式;相反,如果程序和数据的输入和输出是在主机的直接控制下完成的,就称为联机输入/输出方式。

现在来比较一下人工操作方式和脱机 I/O 方式。假设有 A 和 B 两个用户要使用计算机,他们在不同的方式下使用计算机时,等待的时间完全不同,具体情况如图 1-3 所示。可见,在脱机 I/O 方式下,在较短的时间内完成了用户 A 和 B 的工作。

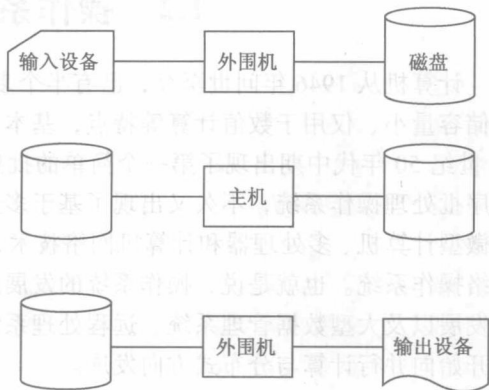


图 1-2 脱机 I/O 方式



图 1-3 人工操作方式和脱机 I/O 方式的比较

脱机输入/输出方式主要有以下优点:

① 减少了 CPU 的空闲时间。输入设备和输出设备都是在脱离主机的情况下进行工作的,不占用主机时间,从而有效地减少了 CPU 的空闲时间,缓和了人机矛盾。

② 提高了 I/O 速度。当 CPU 在运行程序的过程中需要数据时，是直接从高速的存储设备上将数据调入内存的，而不再是从低速的 I/O 设备上输入，从而大大缓和了 CPU 和 I/O 设备速度不匹配的矛盾，进一步减少了 CPU 的空闲时间。

## 1.2.2 批处理系统

### 1. 单道批处理系统（监督程序）

为了减少系统操作员工作所花的时间，提高资源利用率，人们开始利用计算机系统软件来代替系统操作员的部分工作，从而产生了最早的操作系统——早期批处理系统。

首先出现的是作业的概念。作业就是用户在一次上机活动中要求计算机系统所做的一系列工作的集合。从执行的角度看，作业由一组有序的作业步组成，例如，输入、编译、运行、输出称为不同的作业步。

早期批处理系统的基本思想是：设计一个常驻主存的程序（监督程序），操作员有选择地把若干用户作业合成一批，以脱机的方式输入到磁带（磁盘）上，并启动监督程序，然后由监督程序自动控制这批作业一个接一个地连续运行。其自动处理的过程是：监督程序首先把第一道作业调入主存，并启动该作业运行；当该作业运行结束后，再由监督程序把第二道作业调入主存启动运行。计算机系统就这样在监督程序的控制下自动地一个作业一个作业地进行处理，直至磁带（磁盘）上的所有作业全部处理结束，系统操作员再把作业运行的结果一起交给用户。这样便形成了早期的批处理系统。由于系统对作业的处理都是成批地进行的，而且某一时刻在主存中始终只保持一道作业，所以称之为单道批处理系统。

监督程序取代系统操作员的部分工作后，用户也应以一种方式告知监督程序其作业的处理步骤以及发生了异常情况如何处理等。因此，在早期批处理系统中引出了“作业控制语言”和“作业控制说明书”的概念。作业控制说明书是利用作业控制语言编写的用于控制作业运行的一段描述程序。在组织一道作业时，通常将作业控制说明书放在被处理的作业前面或插入相应位置，监督程序则通过解释执行作业控制说明书中的语句来控制作业运行。

图 1-4 给出了单道作业的运行情况。从图中可以看出，在  $t_2 \sim t_3$ 、 $t_6 \sim t_7$  时间间隔内 CPU 是空闲的。



图 1-4 单道作业运行情况

单道批处理系统是最早出现的一种操作系统，它只能算作操作系统的前身而非真正意义上的操作系统，它的主要特征如下：

① 自动性。在顺利的情况下，磁带（磁盘）上的一批作业能自动地依次运行，而无需人工干预。



② 顺序性。磁带（磁盘）上的各道作业是按照它们调入内存的顺序依次完成的，即先调入内存的作业先完成。

③ 单道性。内存中仅有一道作业运行，只有该作业完成或发生异常情况时，才调入下一个作业运行。

用单道批处理系统处理作业时，各作业间的转换以及各作业的运行完全由监督程序自动控制，从而减少了部分人工干预，有效地缩短了作业运行前的准备时间。但是这种单道批处理系统仍然不能很好地利用系统资源，因为某一时刻，系统中所有资源只能被内存中唯一的作业所使用，故现在已很少使用。

## 2. 多道批处理系统

为了提高资源的利用率和系统的吞吐量，在 20 世纪 60 年代中期引入了多道程序设计技术，由此形成了多道批处理系统。在该系统中用户所提交的作业都先存在外存中并排成一个队列，称为“后备队列”，然后，由作业调度程序按一定的算法从后备队列中选择若干作业调入内存，使它们共享 CPU 系统中的各种资源。具体地说，在操作系统中引入多道技术可以带来以下好处：

① 提高 CPU 的利用率。当内存中仅有一道作业时，每逢该作业发出 I/O 请求后，CPU 空闲，必须在其 I/O 完成后才继续运行，尤其因 I/O 设备的低速性，更使 CPU 的利用率显著降低。例如，一个作业在运行过程中请求输入一批数据，当纸带输入机花 1 000 ms 输入 1 000 个字符后，CPU 只花 300 ms 就处理完了，而这时，第二批数据输入还需 700 ms 才能完成。在引入多道程序设计技术后，由于同时在内存中装有若干道作业，并使它们交替地运行，这样，当正在运行的作业因 I/O 而暂停执行时，系统可调度另一道作业运行，从而保持 CPU 处于忙碌状态。图 1-5 以 4 个程序为例，给出了 4 个程序在引入多道技术后的运行情况。

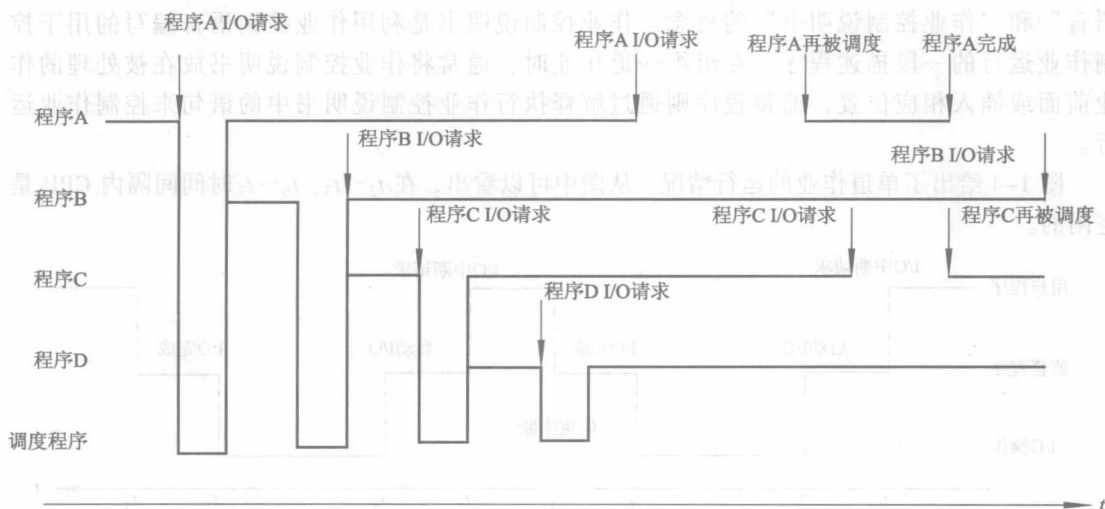


图 1-5 4 个程序在引入多道技术后的运行情况

② 可提高内存和 I/O 设备利用率。为了能运行较大的作业，通常内存都具有较大容量，但由于 80% 以上的作业都属于中小型作业，因此在单道程序环境下也造成内存的浪费。类似地，对于系统中所配置的多种类型的 I/O 设备，在单道程序环境下也不能充分利用。如果允许在内存中装入多道程序，并允许它们并发执行，则无疑会大大提高内存和 I/O 设备的利用率。