



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

操作系统

(第3版)

| 孟庆昌 牛欣源 张志华 路旭强 编著



资源下载



中国工信出版集团



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
北京高等教育精品教材

操作系统

(第3版)

孟庆昌 牛欣源 张志华 路旭强 编著

- (1) 将第2版中第12章“实例”和第13章“实例研究2: Linux”、第14章“实例研究3: Windows 2000”和附录B“Linux 常用系统调用”共4个章节删除。这主要是考虑到读者学时有限,教材篇幅不宜过长,实例中部分较具内容并入其他章节。
- (2) 在第1章“操作系统”中增加了“操作系统的发展”一节,介绍了操作系统的历史、分类、功能、特点、组成、层次结构、主要性能指标、应用、主要修改之前,我们是海阔天空,自由翱翔,现在我们是脚踏实地,稳步前进。
- (3) 在第2章中改写了“对字库进行问题”的算法,增加了“使用信号量解决进程同步问题”的例题,使其更具实用性,希望起到“抛砖引玉”的效果。
- (4) 在第3章中加入了“死锁”概念的介绍。
- (5) 删除原第5章中“请求分页技术”的有关“链接中断处理”的内容。
- (6) 在第10章“壳形式操作系统”中增加“云计算系统”一节,以适应当前信息技术发展的应用的需要。
- (7) 对原书中不妥、不确切、不明白的表述做了修订。

全书共分11章:
第1章是操作系统引论;
第2章至第8章分别讲述进程和线程、死锁、同步、存储管理、设备管理、用户接口服务;
第9章介绍嵌入式操作系统;
第10章讲述分布式操作系统;
第11章讲述安全与保护机制。
本书附录给出了实验指导,包括9个实验,并为教师负责提供电子教案及习题答案。
在课后可登录牛信教育资源网 <http://www.niuxedu.com.cn> 查阅。
由于各学校课程设置、学时安排及学生程度等方面存在差异,所以在选用本教材授课时,可以对内容进行取舍。下面列出的课程学时分配表是我们多年授课的体会,仅供参考。

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

版次	第1章	第2章	第3章	第4章	第5章	第6章	第7章	第8章	第9章	第10章	第11章
45	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
30	3	10	4	3	10	10	10	10	10	10	10
64	6	12	5	4	12	4	6	3	3	3	3

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，北京高等教育精品教材，全面系统地介绍了现代操作系统的基本理论和最新技术。全书共分11章：第1章是操作系统引论；第2章至第8章分别讲述进程和线程、死锁、调度、存储管理、文件系统、输入/输出管理和用户接口服务；第9章介绍嵌入式操作系统；第10章讲述分布式操作系统；第11章讲述安全性与保护机制。附录给出实验指导，包括9个实验。本教材为教师免费提供电子教案，及相关习题参考答案。

本书可作为大学本科及专科计算机相关专业教材或考研参考书，也可作为计算机工作者的自学用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统 / 孟庆昌等编著. —3版. —北京: 电子工业出版社, 2017.1

ISBN 978-7-121-30740-9

I. ①操… II. ①孟… 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 (2016) 第 316826 号

策划编辑: 袁 玺

责任编辑: 袁 玺

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 518.4 千字

版 次: 2004 年 5 月第 1 版

2017 年 1 月第 3 版

印 次: 2017 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：192910558(QQ 群)，yuanxi@phei.com.cn。

前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，北京高等教育精品教材。本次修订时，我们遵循从精从简原则，突出理论基本点，讲清技术发展脉络，导入最新知识应用。在修改之前，我们征询和归纳了使用本教材的各院校师生的反馈意见，结合实际教学中的体会，讨论了操作系统理论、技术和应用的最新发展。

与第2版相比，本次修订进行了一系列重大修改，主要是减、增部分内容。修改包括以下几方面：

(1) 将第2版中第12章“实例研究1: UNIX”、第13章“实例研究2: Linux”、第14章“实例研究3: Windows 2000”和附录B“Linux常用系统调用”共4个章节删除。这主要考虑到学生学时有限，教材篇幅不宜过长。实例中部分经典内容并入其他章节。

(2) 在第1章中增加“操作系统初启过程”一节，使读者对开机引导过程有个大致了解。

(3) 在第2章中改写了“哲学家进餐问题”的算法，增加了“使用信号量的几点提示”，以答复实际授课中学生对使用信号量和P、V操作解决进程同步等问题时的疑惑，仅是粗浅体会，希望起到“抛砖引玉”的效果。

(4) 在第3章中加入“活锁”概念的介绍。

(5) 删除原第5章中“请求分段技术”的有关“链接中断处理”的内容。

(6) 在第10章“分布式操作系统”中增加“云计算系统”一节，以适应当前信息技术最热门应用的潮流。

(7) 对原书中不妥、不确切、不明了的表述做了修订。

全书共分11章：

第1章是操作系统引论；

第2章至第8章分别讲述进程和线程、死锁、调度、存储管理、文件系统、输入/输出管理和用户接口服务；

第9章介绍嵌入式操作系统；

第10章讲述分布式操作系统；

第11章讲述安全性与保护机制；

书后附录给出了**实验指导**，包括9个实验，并为教师负责提供**电子教案及习题参考答案**。

任课老师可登录华信教育资源网 <http://www.hxedu.com.cn> **注册下载**。

由于各学校课程设置、学时安排及学生程度等方面存在差异，所以在应用本教材授课时，可以对内容酌情进行取舍。下面列出的理论课学时分配建议是我们多年授课的体会，仅供参考。

理论学时安排（建议）

总学时	课时分配										
	第1章	第2章	第3章	第4章	第5章	第6章	第7章	第8章	第9章	第10章	第11章
48	4	10	4	5	12	6	6	1	0	0	0
56	5	10	4	5	12	7	6	2	1	2	2
64	6	12	5	6	12	8	6	3	2	2	2

本书可作为大学本科及专科计算机相关专业学生的教科书或考研参考书，以及计算机工作者的自学用书。

本次修订主要由孟庆昌、牛欣源、张志华和路旭强编写，参加编写、整理、录入工作的还有刘振英、孟欣、肖林、袁薇、孟平等。

由于编者水平有限，时间又很紧，对广大读者的需求尚缺乏广泛深入的了解，书中难免存在不妥甚至错误之处，恳请广大读者批评指正，并及时反馈用书信息。

作者

于北京信息科技大学

责任编辑：袁 莉

责任印制：袁 莉

印 刷：北京信通印刷有限公司

电子工业出版社·北京·朝阳门内大街252号

邮政编码：100010

出版发行：电子工业出版社

北京市海定区万寿路173号 邮编：100036

电 话：010-787×1092 1/16 49线 2025 传真：010-51844473

电子邮箱：itp@pup.cn

读者服务部：北京市丰台区右安门外大街22号 邮编：100054

电话：010-68123196 传真：010-68123197

网上订购：http://www.it-ebook.com

地址：北京市丰台区右安门外大街22号 邮编：100054

电话：010-68123196 传真：010-68123197

网上订购：http://www.it-ebook.com

书 名	编 者	定 价	出 版 年 份	ISBN	书 号	书 号	书 号	书 号	书 号	书 号	书 号
操作系统(第3版)	孟庆昌、牛欣源、张志华、路旭强	49.00	2025	978-7-121-51844-7	01	02	03	04	05	06	07
操作系统(第2版)	孟庆昌、牛欣源、张志华、路旭强	49.00	2020	978-7-121-48123-1	01	02	03	04	05	06	07
操作系统(第1版)	孟庆昌、牛欣源、张志华、路旭强	49.00	2015	978-7-121-23196-6	01	02	03	04	05	06	07

目录

第 1 章 操作系统引论	1	2.1.1 多道程序设计	28
1.1 计算机硬件结构	1	2.1.2 进程概念	29
1.1.1 处理器	2	2.2 进程的状态和组成	31
1.1.2 存储器	2	2.2.1 进程的状态及其转换	31
1.1.3 I/O 设备	3	2.2.2 进程描述	34
1.1.4 总线	3	2.2.3 进程队列	36
1.2 什么是操作系统	4	2.3 进程管理	37
1.2.1 操作系统概念	4	2.3.1 进程图	37
1.2.2 操作系统的主要功能	5	2.3.2 进程创建	38
1.2.3 操作系统的地位	8	2.3.3 进程终止	40
1.3 操作系统的发展历程	9	2.3.4 进程阻塞	40
1.3.1 操作系统的形成	9	2.3.5 进程唤醒	41
1.3.2 操作系统的发展	12	2.4 线程	41
1.3.3 推动操作系统发展的动力	12	2.4.1 线程概念	41
1.4 操作系统的类型	12	2.4.2 线程的实现	44
1.4.1 批处理系统	13	2.5 进程的同步和互斥	45
1.4.2 分时系统	14	2.5.1 进程同步与互斥的概念	45
1.4.3 实时系统	15	2.5.2 临界资源和临界区	47
1.4.4 网络操作系统	16	2.5.3 互斥实现方式	48
1.4.5 分布式操作系统	18	2.5.4 信号量	50
1.4.6 其他操作系统	18	2.5.5 信号量的一般应用	53
1.5 操作系统的特征	20	2.6 经典进程同步问题	54
1.6 操作系统结构设计	20	2.7 管程	59
1.6.1 整体结构	21	2.8 进程通信	61
1.6.2 层次结构	21	2.8.1 消息传递系统	62
1.6.3 虚拟机结构	23	2.8.2 客户-服务器系统中的通信	64
1.6.4 客户-服务器结构	24	2.9 本章小结	65
1.7 操作系统初启过程	25	习题 2	66
1.8 本章小结	26	第 3 章 死锁	69
习题 1	26	3.1 资源	69
第 2 章 进程和线程	28	3.1.1 资源使用模式	69
2.1 进程概念	28	3.1.2 可抢占资源与不可抢占资源	70

3.2 死锁概念	70	4.5 调度算法	97
3.2.1 什么是死锁	71	4.5.1 先来先服务法	97
3.2.2 死锁的条件	73	4.5.2 短作业优先法	98
3.2.3 资源分配图	73	4.5.3 最短剩余时间优先法	99
3.2.4 处理死锁的方法	75	4.5.4 优先级法	100
3.3 死锁的预防	75	4.5.5 轮转法	101
3.3.1 破坏互斥条件	75	4.5.6 多级队列法	103
3.3.2 破坏占有且等待条件	75	4.5.7 多级反馈队列法	103
3.3.3 破坏非抢占条件	76	4.5.8 高响应比优先法	104
3.3.4 破坏循环等待条件	76	4.5.9 公平共享法	105
3.4 死锁的避免	77	4.5.10 几种常用调度算法的比较	105
3.4.1 安全状态	77	4.6 线程调度	106
3.4.2 资源分配图算法	79	4.7 多处理器调度	107
3.4.3 银行家算法	79	4.7.1 多处理器系统的类型	107
3.5 死锁的检测和恢复	81	4.7.2 多处理器调度方法	107
3.5.1 对单体资源类的死锁检测	82	4.8 实时调度	108
3.5.2 对多体资源类的死锁检测	82	4.8.1 实时任务类型	108
3.5.3 从死锁中恢复	83	4.8.2 实时调度算法	108
3.5.4 “饥饿”和活锁的概念	85	4.9 UNIX/Linux 进程调度	109
3.6 处理死锁的综合方式	86	4.9.1 UNIX 进程调度	109
3.7 本章小结	87	4.9.2 Linux 进程调度	110
习题 3	88	4.10 中断处理	112
第 4 章 调度	90	4.10.1 中断概述	112
4.1 调度类型	90	4.10.2 中断的处理过程	113
4.2 作业调度	92	4.10.3 中断优先级和多重中断	116
4.2.1 作业状态	92	4.11 信号机制	119
4.2.2 作业控制块和作业调度的功能	92	4.11.1 信号机制概念	119
4.3 进程调度	94	4.11.2 信号的分类、产生和传送	120
4.3.1 进程调度的功能	94	4.11.3 信号的处理方式	121
4.3.2 进程调度的时机	94	4.11.4 信号的检测和处理	121
4.3.3 进程调度的基本方式	94	4.12 本章小结	122
4.3.4 交互式系统中常用的调度算法	95	习题 4	123
4.3.5 两级调度模型	95	第 5 章 存储管理	125
4.4 调度准则	96	5.1 引言	125
4.4.1 影响调度算法选择的主要因素	96	5.1.1 用户程序的地址空间	125
4.4.2 调度性能评价准则	96	5.1.2 重定位	126
		5.1.3 对换技术	128
		5.2 分区法	130
		5.2.1 固定分区法	130

5.2.2	动态分区法	131	5.10	请求分段技术	166
5.2.3	可重定位分区分配	134	5.11	Linux 系统的存储管理	167
5.3	分页技术	135	5.11.1	Linux 的多级页表结构	167
5.3.1	分页存储管理的基本概念	135	5.11.2	内存页的分配与释放	168
5.3.2	分页系统中的地址映射	137	5.11.3	内存交换	169
5.3.3	页面尺寸	138	5.12	本章小结	169
5.3.4	硬件支持	138	习题 5		171
5.3.5	保护方式	140	第 6 章	文件系统	173
5.3.6	页表的构造	140	6.1	概述	173
5.3.7	页面共享	143	6.1.1	文件及其分类	173
5.4	分段技术	144	6.1.2	文件命名	175
5.4.1	分段存储管理的基本概念	145	6.1.3	文件属性	176
5.4.2	地址转换	146	6.1.4	文件存取方法	177
5.4.3	段的共享和保护	147	6.1.5	文件结构	178
5.5	段页式技术	148	6.2	文件系统的功能和结构	180
5.5.1	段页式存储管理的基本原理	148	6.2.1	文件系统的功能	180
5.5.2	地址转换过程	149	6.2.2	文件系统的结构	180
5.6	虚拟存储器	150	6.3	目录结构和目录查询	181
5.6.1	虚拟存储器的概念	150	6.3.1	文件控制块和文件目录	181
5.6.2	虚拟存储器的特征	151	6.3.2	单级目录结构	183
5.7	请求分页技术	151	6.3.3	二级目录结构	184
5.7.1	请求分页存储管理的基本思想	151	6.3.4	树形目录结构	185
5.7.2	硬件支持及缺页处理	152	6.3.5	非循环图目录结构	186
5.7.3	请求分页技术的性能	153	6.3.6	目录查询方法	187
5.8	页面置换算法	155	6.4	文件和目录操作	188
5.8.1	页面置换	155	6.4.1	文件操作	188
5.8.2	先进先出法	156	6.4.2	目录操作	190
5.8.3	最佳置换法	157	6.4.3	UNIX 系统中文件操作示例	191
5.8.4	最近最久未使用置换法	157	6.5	文件系统的实现	193
5.8.5	最近未使用置换法	158	6.5.1	文件系统的格式	193
5.8.6	第二次机会置换法	159	6.5.2	文件存储分配	195
5.8.7	时钟置换法	160	6.5.3	空闲存储空间的管理	200
5.8.8	最少使用置换法	160	6.6	管道文件	203
5.8.9	页面缓冲算法	160	6.7	文件系统的可靠性	204
5.9	内存块的分配和抖动问题	161	6.7.1	磁盘坏块管理	204
5.9.1	内存块的分配	161	6.7.2	后备	205
5.9.2	抖动问题	163	6.7.3	文件系统和一致性	206
			6.8	本章小结	207
			习题 6		208

第7章 输入/输出管理	210	第9章 嵌入式操作系统	254
7.1 I/O 管理概述	210	9.1 嵌入式系统概述	254
7.1.1 I/O 设备分类和标识	210	9.2 嵌入式操作系统概述	255
7.1.2 I/O 系统结构	211	9.2.1 嵌入式软件系统的体系结构	255
7.1.3 设备控制器	212	9.2.2 嵌入式操作系统	256
7.1.4 I/O 系统的控制方式	213	9.3 实时内核及其实现	257
7.1.5 I/O 管理的功能	217	9.3.1 任务管理与调度	257
7.2 设备分配	218	9.3.2 中断和时间管理	259
7.2.1 与设备分配相关的因素	218	9.3.3 任务的同步和通信	259
7.2.2 设备分配技术	219	9.3.4 内存管理	262
7.2.3 设备分配算法	220	9.3.5 I/O 管理	264
7.2.4 SPOOLing 系统	220	9.4 实例简介—— μ CLinux	264
7.3 I/O 软件层次	221	9.5 本章小结	267
7.3.1 中断处理程序	222	习题 9	267
7.3.2 设备驱动程序	222	第10章 分布式操作系统	268
7.3.3 与设备无关的操作系统 I/O 软件	225	10.1 分布式系统概述	268
7.3.4 用户级 I/O 软件	228	10.1.1 分布式系统特征	268
7.4 磁盘调度和管理	228	10.1.2 分布式系统的优点	269
7.4.1 磁盘调度	229	10.2 分布式操作系统概述	269
7.4.2 磁盘管理	232	10.2.1 分布式操作系统简介	269
7.5 本章小结	234	10.2.2 分布式系统的设计目标	270
习题 7	235	10.3 分布式系统的实现	272
第8章 用户接口服务	237	10.3.1 通信问题	272
8.1 用户接口的发展	237	10.3.2 进程管理	272
8.2 系统调用	238	10.3.3 死锁问题	275
8.2.1 系统调用和库函数	238	10.3.4 文件系统	275
8.2.2 系统调用使用方式	239	10.3.5 中间件	277
8.2.3 系统调用的处理方式	241	10.4 4种多机系统的比较	278
8.3 命令行接口	244	10.5 云计算系统	279
8.3.1 命令的一般使用方式	244	10.5.1 云计算简述	279
8.3.2 命令解释程序	245	10.5.2 云操作系统简述	282
8.3.3 shell 程序设计	246	10.6 本章小结	282
8.4 图形用户界面	247	习题 10	283
8.4.1 图形界面简介	247	第11章 安全性与保护机制	284
8.4.2 X Window 系统	249	11.1 安全性概述	284
8.5 本章小结	252	11.1.1 信息安全问题	284
习题 8	253	11.1.2 安全环境	284

11.2 常见的安全性攻击.....	286	习题 11.....	299
11.2.1 常见的攻击点.....	286	附录 A 实验指导.....	300
11.2.2 网络威胁.....	286	实验一 进程同步和互斥.....	300
11.2.3 计算机病毒.....	287	实验二 进程及其资源管理.....	302
11.3 一般性安全机制.....	290	实验三 存储管理.....	306
11.3.1 安全措施.....	290	实验四 页面置换算法.....	308
11.3.2 一般性安全机制.....	290	实验五 进程调度.....	308
11.4 保护机制.....	291	实验六 银行家算法.....	309
11.4.1 保护域.....	292	实验七 磁盘调度算法.....	310
11.4.2 存取控制表.....	294	实验八 设备处理程序设计.....	311
11.4.3 权力.....	295	实验九 文件系统.....	312
11.4.4 可信系统.....	296	参考文献.....	314
11.4.5 安全性能评测标准.....	298		
11.5 本章小结.....	298		

1.1 计算机硬件结构

如上所述,计算机系统是由硬件和软件组成的。软件“坐”在硬件之上,硬件是软件独立与活动的基础,而软件是对硬件进行管理和功能扩充。没有硬件,就失去了计算机系统的存在基础,软件也就无法运行了。可以说,没有硬件就没有软件,就像一个人先去买衣服在买体的道理,没有买衣存在的前提,软件与硬件也就结合在一起,相辅相成,才使计算机技术飞速发展,并在当今信息时代占据举足轻重的地位。

现代计算机体系结构基本上仍沿用 Von Neumann 冯·诺依曼体系结构,采用存储程序工作原理,即:把计算过程描述为由指令条命令按一定顺序组成的程序,然后把程序和所需的数据一起输入计算机存储器中保存起来,工作时由控制器执行程序,控制计算机自动逐条进行运算。

大家知道,从硬件的角度看,现代通用计算机系统是由 CPU、内存单元及 I/O 设备组成,它们经计算机系统总线连接在一起,实现彼此通信。从功能上讲,它由五大功能部件组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。这五大功能部件相互配合、协同工作。其中,运算器和控制器集成在一片或几片大规模或超大规模集成电路中,称为中央处理器(CPU)。

图 1-1 是现代计算机系统硬件结构的示意图。图中突出的控制器是设备控制器,每个设备控制器负责对所定类型的设备进行控制和管理,如磁盘控制器用来控制磁盘中数据,视频控制器用

第 1 章

操作系统引论

本章导读

一个完整的计算机系统是由硬件和软件两大部分组成的。操作系统 (Operating System) 是所有软件中最基础、最核心的部分, 是计算机用户和计算机硬件之间的中介程序, 它为用户执行程序提供更方便、更有效的环境。从资源管理的角度来看, 操作系统对整个计算机系统内的所有硬件和软件资源进行管理和调度, 优化资源的利用, 协调系统内的各种活动, 处理可能出现的种种问题。

操作系统伴随着计算机技术的飞速发展而经历不同的阶段, 从第 1 代的手工系统, 到多道程序和分时系统, 直到当今的嵌入式系统和云计算系统。回顾操作系统的发展历程和类型, 有助于理解操作系统是什么、干什么和如何干。

与其他软件相比, 操作系统是它们运行的基础。考察操作系统的特征可以帮助我们理解其功能和实现。

本章还介绍操作系统的体系结构, 从早期的整体结构, 到现代的客户—服务器结构, 其内部实现有很大差别, 从而加深对操作系统设计的理解。

1.1 计算机硬件结构

如上所述, 计算机系统是由硬件和软件组成的。软件“裹”在硬件之上。硬件是软件建立与活动的基础, 而软件是对硬件进行管理和功能扩充。没有硬件, 就失去了计算机系统的物理基础, 软件也就无法存在了。反过来, 若只有硬件而没有软件, 就像一个人失去灵魂仅存躯体的僵尸, 没有多大存在的价值。硬件与软件有机地结合在一起, 相辅相成, 才使计算机技术飞速发展, 且在当今信息时代占据举足轻重的地位。

现代计算机体系结构基本上仍沿用 Von Neumann (冯·诺依曼) 体系结构, 采用存储程序工作原理, 即: 把计算过程描述为由许多条命令按一定顺序组成的程序, 然后把程序和所需的数据一起输入计算机存储器中保存起来, 工作时控制器执行程序, 控制计算机自动连续进行运算。

大家知道, 从硬件的角度看, 现代通用计算机系统是由 CPU、内存和若干 I/O 设备组成, 它们经由系统总线连接在一起, 实现彼此通信。从功能上讲, 是由五大功能部件组成, 即**运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备**。这五大功能部件相互配合, 协同工作。其中, 运算器和控制器集成在一片或几片大规模或超大规模集成电路中, 称为中央处理器 (CPU)。

图 1-1 是现代计算机系统硬件结构的示意图。图中示出的控制器是设备控制器。每个设备控制器负责对特定类型的设备进行控制和管理, 如硬盘控制器用来控制硬盘驱动器, 视频控制器用

来控制监视器, 等。CPU 和设备控制器可以并行工作, 它们都要存取内存中的指令或数据。为保障对共享内存的有序存取, 内存控制器对这些访问实施同步管理。

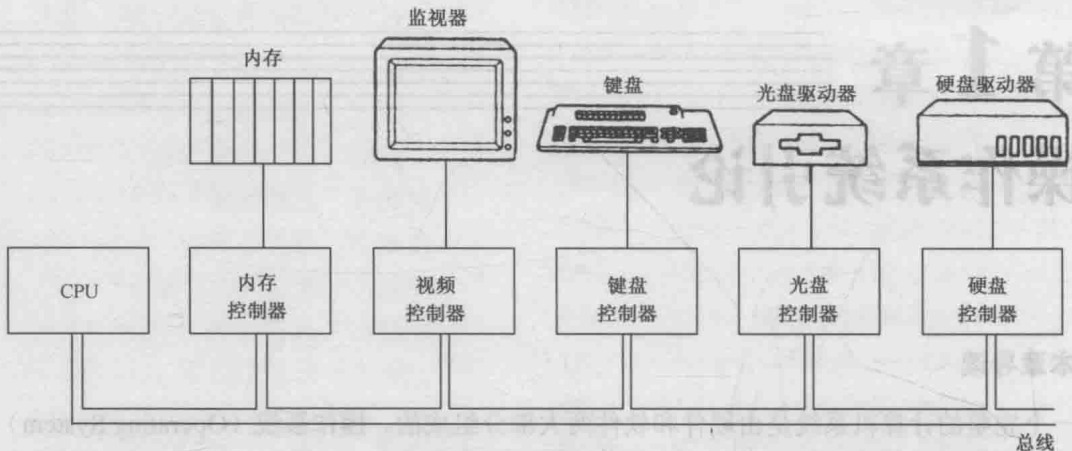


图 1-1 现代计算机硬件结构

1.1.1 处理器

CPU 是计算机的“大脑”，它从内存中提取指令并执行它们。CPU 工作的基本周期是：提取指令，译码分析，执行指令。对后面的指令按类似步骤进行处理。

每种型号 CPU 的指令集都是专用的。另外，CPU 内部都包含若干寄存器，其中，一类是通用寄存器，用来存放关键变量和中间结果；另一类是专用寄存器，如程序计数器（PC）、栈指针寄存器和程序状态字（PSW）。PC 中保存下面要提取指令的内存地址。栈指针寄存器中存放指向当前内存栈的顶端的指针，该栈中保存有关函数（过程）调用时的现场信息，包括输入参数、局部变量和未在寄存器中保存的临时变量。程序执行过程中调用的每个函数在栈中占有一个帧面。PSW 中包括条件码位、CPU 优先级、程序执行模式（用户态或者核心态）和各种其他控制位。在系统调用和 I/O 中 PSW 起重要作用。

一般系统都提供核心态和用户态两种处理机执行状态。其目的是为了保护操作系统程序（特别是其内核部分），防止受到用户程序的损害。当执行操作系统程序时，处理机处于核心态（也称作系统态、管理态）。这时，它有较高特权，可以执行所有的指令，包括普通用户程序中不能使用的特权指令，从而能对所有寄存器和内存进行访问，以及启动 I/O 操作等。而用户程序（也包括各种应用程序、工具、例程等）是在用户态下执行的，它们的权限较低，只能执行指令集中非特权指令。

1.1.2 存储器

在任何计算机中，存储器都是最主要的组成部分之一。按照速度、容量和成本划分，存储器系统构成一个层次结构，如图 1-2 所示。

顶层是 CPU 内部寄存器，其速度与 CPU 一样快，所以存取它们没有延迟。但它的成本高，容量小，通常都小于 1KB。

下面一层是高速缓存（Cache），它们大多由硬件控制。Cache 的速度很快，它们放在 CPU 内部或非常靠近 CPU 的地方。当程序需要读取具体信息时，Cache 硬件先查看它是否在 Cache 中，如果在其中（称作“命中”），就直接使用它；如果不在，就从内存中获取该信息，并把它放入 Cache 中，以备今后再次使用。但 Cache 的成本很高，容量较小，一般小于 4 MB。

典型存取时间

典型容量

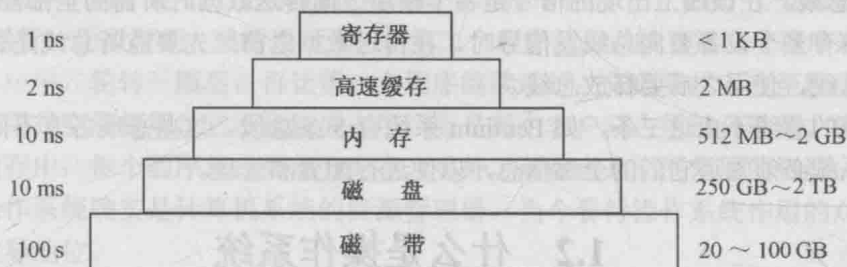


图 1-2 典型的存储器层次结构

中间一层是内存（或称主存），它是存储器系统的主力，也称作 RAM（随机存取存储器）。CPU 可以直接存取内存及寄存器和 Cache 中的信息，但不能直接存取磁盘上的数据。因此，机器执行的指令及所用的数据必须预先存放在内存及 Cache 和寄存器中。然而，内存中存放的信息是易失的，当机器电源被关闭后，内存中的信息就全部丢失了。

再下一层是磁盘（即硬盘），称作辅助存储器（简称辅存或外存），它是对内存的扩展。磁盘上可以永久保留数据，而且容量特别大，现在常用的磁盘容量为 250 GB~2 TB。磁头是可以移动的，由于是机械装置，所以，磁盘上数据的存取速度低于内存存取速度。

最下层是磁带。它记录的数据可以持久保存，而且根据需要可以随时换装新带，故容量很大。但是，它的存取速度很慢，不适宜进行随机存取。所以，磁带设备一般不能用做辅存。它的主要用途是作为文件系统的后备，存放不常用的信息或用做系统间传送信息的介质。

除了上面介绍的存储器以外，在实际应用中还有其他存储器，如软盘、光盘（CD-ROM）、U 盘等。

1.1.3 I/O 设备

I/O 设备是人机交互的工具。它通常由控制器和设备本身两部分组成。

控制器是 I/O 设备的电子部分，它协调和控制一台或多台 I/O 设备的操作，实现设备操作与整个系统操作的同步。在小型机和微型机上，往往以印制电路卡的形式插入计算机中。很多控制器可以管理 2 台、4 台甚至 8 台同样的设备。设备控制器本身有一些缓冲区和一组专用寄存器，负责在外部设备和本地缓冲区之间移动数据。

设备本身的对外接口相当简单，实际上它们隐藏在控制器的后面。因而，操作系统总是与控制器打交道，而不是与设备直接作用。

设备的种类很多，因而设备控制器的类别就很多，这就需要不同的软件来控制它们。这些向控制器发布命令并接收其回答信息的软件就是设备驱动程序。不同操作系统上的不同控制器分别对应不同的设备驱动程序。理论上讲，驱动程序可以在核心之外运行，但当前的系统都把它放在操作系统中，使之在核心方式下运行。

1.1.4 总线

按照在总线上传送的信息所起的作用，系统总线基本上分为如下三部分。

① 数据总线。这是计算机各部件之间传送数据的通道，其宽度随字长而定。如 32 位结构的数据总线应是 32 根。数据总线是双向总线，即两个方向都能传送数据。

② 地址总线。从 CPU 送来地址的地址线，它可以是存储器的地址，也可以是 I/O 设备控制器中控制寄存器或数据寄存器的地址。

③ **控制总线**。在该线上出现的信号是各个模块之间传送数据时所需的全部控制信号。

在系统中有多个设备要向总线发信号时,在传送数据之前,先要监听总线是否有空闲,空闲时才能占用总线,使用之后要释放总线。

实际系统的总线不止这三条,如 Pentium 系统有 8 条总线。这些总线各有不同的传输速率和功能。操作系统必须知道它们的全部信息,以便进行配置和管理。

1.2 什么是操作系统

大家都用过一种或几种操作系统,如 Windows XP, Windows 7, UNIX, Linux 等,也有应用的体验,但什么是操作系统呢?至今尚未形成一个统一的标准化定义。出现这个问题一方面由于操作系统实现两项相对独立的功能——扩展机器和管理资源,另一方面取决于从什么角度来看待操作系统——用户观点还是系统观点。

1.2.1 操作系统概念

1. 操作系统作为扩展机器

裸机(即仅有硬件的计算机)提供的机器语言难记、难用又难懂,全是“0”、“1”码,好似“天书”。很显然,大多数程序员都不愿意在这种环境下编程。

在裸机之上安装操作系统之后,就把硬件细节与程序员隔离开。用户可以使用系统提供的各种命令,直接打开文件、读/写文件、更改目录、将文件复制到 U 盘上,等。在做这些事情时,我们只关心自己要实现的目标,并未考虑硬件如何动作,从而隐藏了底层硬件的特性。经过操作系统的加工,呈现在用户面前的机器是功能更强、使用更方便的机器。通常把裸机之上覆盖各种软件,从而形成功能更强的机器称为**扩展机器或虚拟机**。

这种功能扩展可以重叠。在裸机之上覆盖一层软件后,得到第一层扩展;在此基础上再加一层软件,就得到第二层扩展,依此类推。

2. 操作系统作为资源管理器

操作系统为用户提供方便的接口,使计算机的应用更加容易。这是一种自顶向下的观点。另外一种是自底向上的观点,它考察操作系统如何管理一个复杂系统的各个部分。大家知道,现代计算机由处理器、内存、时钟、磁盘、鼠标、网络接口、打印机及各种其他设备组成。操作系统的功能就是管理这些硬件资源和数据、程序等软件资源,控制、协调各个程序对这些资源的利用,尽可能地充分发挥各种资源的作用。

设想一下:当多个用户的程序都想在系统中运行时,如何为它们分配内存?何时调度哪个程序在 CPU 上执行?要打开某个文件时,怎样到磁盘中查找?多个用户都要在同一台打印机上输出计算结果时,如何解决彼此的竞争问题?诸如此类的资源分配、管理、保护以及程序活动的调度、协调种种事项都需要操作系统负责。因此,作为资源管理者,操作系统主要做以下工作:

- ① 监视各种资源,随时记录它们的状态;
- ② 实施某种策略以决定谁获得资源,何时获得,获得多少;
- ③ 分配资源供需求者使用;
- ④ 回收资源,以便再分配。

资源管理包含资源复用(或共享),分为时间复用和空间复用两种方式。

时间复用的一个例子是 CPU 的轮流使用,即多道程序在同一个 CPU 上分时运行:第一个程序在 CPU 上运行一小段时间,然后退下来,让第二个程序运行;接着第二个程序退下来,让第三个程序运行,……,轮转一圈后,再让第一个程序继续运行,依此类推,直至程序完成。

另一种复用是空间复用,它不是轮流占用,而是每个客户只占用部分资源。例如,若干程序同时存放在内存中,每个程序只占用部分内存。另外,硬盘也是空间复用的资源。

总之,操作系统确实是计算机系统的资源管理器。当今看待操作系统作用的众多观点中,这种观点仍占主导地位。

3. 操作系统的用户观点和系统观点

从计算机用户的角度来看,操作系统处于用户与计算机硬件系统之间,为用户提供使用计算机系统的接口。因此,操作系统应当使用方便,功能强,效率高,使用安全可靠,易于安装和维护,等,当然价格应该便宜。这些看法反映了普通用户对操作系统的需求和期望,是从系统外部看待操作系统的作用。

另一种观点是系统观点,从系统内部实现的角度来看待操作系统的作用。操作系统是硬件之上的第一层软件,它要管理计算机系统中各种硬件资源和软件资源的分配问题,如 CPU 时间、内存空间、文件存储空间、I/O 设备,等,要解决大量对资源请求的冲突问题,决定把资源分配给谁、何时分配、分配多少等,使得资源的利用高效而且公平。这样,操作系统就是资源分配者。

另外,操作系统要对 I/O 设备和用户程序加以控制,保证设备正常工作,防止非法操作,及时诊断设备的故障等。从这个意义上讲,操作系统就是控制程序。

操作系统实现了对计算机资源的抽象,如隐藏了对各种设备操作的细节,对文件实施按名存取等,既方便用户使用,也增强了系统功能。

还可以从其他角度来看待操作系统,这里不一一列举。

综上所述,以下几点有助于我们理解操作系统的定义。

① 操作系统是软件,而且是系统软件,即它由一整套程序组成。

② 它的基本职能是控制和管理系统内各种资源,有效地组织多道程序的运行。想象一下用户编写的程序在计算机上执行的大致过程:程序以文件形式存放在磁盘上,运行之前计算机把它调入内存,然后在 CPU 上运行,产生的结果在屏幕上显示出来。这些工作都由操作系统完成。

③ 它提供众多服务,方便用户使用,扩充硬件功能。例如,用户可以使用操作系统提供的上百条命令或者图形界面完成对文件、输入/输出、程序运行等许多方面的控制、管理工作;可在一台机器上完成多项任务,甚至可以多人同时使用一台机器。

通常,可以这样定义操作系统:操作系统是控制和管理计算机系统内各种硬件和软件资源,有效地组织多道程序运行的系统软件(或程序集合),是用户与计算机之间的接口。

1.2.2 操作系统的主要功能

从资源管理的角度看,操作系统要对系统内所有的资源进行有效的管理,优化其使用。从用户的角度来看,操作系统应当使用方便。综合这些因素可以看出,操作系统的主要功能有以下 5 个方面:存储管理、作业和进程管理、设备管理、文件管理和用户接口服务。

1. 存储管理

存储管理的主要功能包括:内存分配,地址映射,内存保护和内存扩充。

(1) 内存分配

内存分配的主要任务是为每道程序分配一定的内存空间。为此,操作系统必须记录整个内存的使用情况,处理用户提出的申请,按照某种策略实施分配,接收系统或用户释放的内存空间。

由于内存是宝贵的系统资源,并且往往出现这种情况:用户程序和数据对内存需求量的总和大于实际内存可提供的使用空间。为此,在制定分配策略时应该考虑提高内存的利用率,减少内存浪费。

(2) 地址映射

大家都有这种经历:我们在编写程序时并未考虑程序和数据放在内存的什么地方,在程序中设置变量、数组和函数等,只是为了实现这个程序所要完成的任务。源程序经过编译之后,形成若干目标程序,各自的起始地址都是“0”(但它并不是实际内存的开头地址!),各程序中用到的其他地址都分别相对起始地址计算。这样一来,在多道程序环境下,用户程序中所涉及的相对地址与装入内存后实际占用的物理地址就不一样。CPU 执行用户程序时,要从内存中取出指令或数据,为此就必须把所用的相对地址(或称逻辑地址)转换成内存的物理地址。这就是操作系统的地址映射功能(需要有硬件支持)。

(3) 内存保护

不同用户的程序都放在一个内存中,就必须保证它们在各自的内存空间中活动,不能相互干扰,更不能侵占操作系统的空间。为此,必须建立内存保护机制。例如,设置两个界限寄存器,分别存放正在执行的程序在内存中的上界地址值和下界地址值。当程序运行时,所产生的每个访问内存的地址都要做合法性检查。就是说,该地址必须大于或等于下界寄存器的值,并且小于上界寄存器的值。如果地址不在此范围内,则属于地址越界,将发生中断并且进行相应处理。

另外,还要允许不同用户程序共享一些系统的或用户的程序。

(4) 内存扩充

一个系统中内存容量是有限的,不能随意扩充其大小。然而,用户程序对内存的需求越来越大,很难完全满足用户的要求。这样就出现各用户对内存“求大于供”的局面。怎么办?物理上按需扩充内存的办法往往并不妥当,实际上是采取逻辑扩充内存的办法,这就是虚拟存储技术。简单来说,就是把一个程序当前正在使用的部分(不是全体)放在内存,而其余部分放在磁盘上。在这种“程序部分装入内存”的情况下,就启动并执行它。以后根据程序执行时的要求和内存当时使用的情况,随机地将所需部分调入内存;必要时还要把已分出去的内存回收,供其他程序使用(即内存置换)。

2. 作业和进程管理

操作系统中有两个重要概念,即作业和进程。简言之,用户的计算任务称为**作业**(详见 1.4.1 节);程序的执行过程称作**进程**(详见 2.1.2 节)。从传统意义上讲,进程是分配资源和在处理机上运行的基本单位。众所周知,计算机系统最重要的资源是 CPU,对它管理的优劣直接影响整个系统的性能。所以,作业和进程管理的基本功能包括:作业和进程调度、进程控制和进程通信。

(1) 作业和进程调度

一个作业通常经过两级调度才得以在 CPU 上执行。首先是作业调度,它把选中的一批作业放入内存,并分配其他必要资源,为这些作业建立相应的进程。然后进程调度按一定的算法从就绪进程中选出一个合适进程,使之在 CPU 上运行。

(2) 进程控制

进程是系统中活动的实体。进程控制包括创建进程、撤销进程、封锁进程、唤醒进程等。

(3) 进程通信

多个进程在活动过程中彼此间会发生相互依赖或者相互制约的关系。为保证系统中所有进程都能正常活动,就必须设置进程同步机制,它分为同步方式和互斥方式。

相互合作的进程之间往往需要交换信息,为此,系统要提供通信机制。

在现代计算机系统中,又引进了线程概念。一个进程可以拥有多个线程,每个线程是一个调度和独立运行的单位(详见2.4节)。

3. 设备管理

只要使用计算机,就离不开设备:用键盘输入数据、用鼠标操作窗口、在打印机上输出结果等。设备的分配和驱动由操作系统负责,即设备管理的主要功能包括:缓冲区管理,设备分配,设备驱动和设备无关性。

(1) 缓冲区管理

缓冲区管理的目的是解决CPU和外设速度不匹配的矛盾,使它们充分并行工作,提高各自的利用率。

(2) 设备分配

根据用户的I/O请求和相应的分配策略,为该用户分配外部设备、通道和控制器等。

(3) 设备驱动

实现CPU与通道和外设之间的通信。由CPU向通道发出I/O指令,后者驱动相应设备进行I/O操作。当I/O任务完成后,通道向CPU发出中断信号,由相应的中断处理程序进行处理。

(4) 设备无关性

设备无关性又称设备独立性,即用户编写的程序与实际使用的物理设备无关,由操作系统把用户程序中使用的逻辑设备映射到物理设备。

4. 文件管理

在计算机上工作时,经常要建立文件、打开文件、对文件读/写等。所以,文件管理功能包括:文件存储空间的管理,文件操作的一般管理,目录管理,文件的读/写管理和存取控制。

(1) 文件存储空间的管理

系统文件和用户文件都要放在磁盘上。为此,需要由文件系统对所有文件以及文件的存储空间进行统一管理:为新文件分配必要的外存空间,回收释放的文件空间,提高外存的利用率。

(2) 文件操作的一般管理

文件操作的一般管理包括文件的创建、删除、打开、关闭等。

(3) 目录管理

目录管理包括目录文件的组织、实现用户对文件的“按名存取”,以及目录的快速查询和文件共享等。

(4) 文件的读/写管理和存取控制

根据用户的请求,从外存中读取数据或者将数据写入外存中。为了保证文件信息的安全性,防止未授权用户的存取或破坏,对各个文件(包括目录文件)进行存取控制。

5. 用户接口服务

用户上机操作时直接用到操作系统提供的用户接口。通过这些接口,操作系统对外提供多种服务,使得用户可以方便、有效地使用计算机硬件和运行自己的程序,使软件开发工作变得容易、