



现代操作系统教程



黄红桃 主编 龚永义 副主编
许宪成 李畅 范策 编著

清华大学出版社





现代操作系统教程



黄红桃 主编 龚永义 副主编

许宪成 李畅 范策 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书从概念、原理和技术的角度介绍操作系统的基础知识,包括进程管理、中断与处理机调度、死锁、存储管理、设备管理、文件系统。不仅讲述基本原理,而且以当今较为成熟和流行的操作系统如以 Windows、UNIX、Linux 为例,在相关章节介绍具体的实现技术和方法。此外,还介绍了近年来最新出现的云操作系统,苹果 Mac OS、安卓 Android 等移动操作系统。针对云计算技术,增加篇幅介绍其实现的基础:分布式文件系统。

本书有 3 个特色:理论和实际系统的实现相结合;收录了近年来操作系统最新的技术和发展;每章后面附一篇描述对应章节技术的英语小短文,既可拓展视野,又可以提高读者的科技英语阅读水平。

本书可作为普通高等院校计算机专业及相关专业的操作系统课程教材,也可供广大计算机科学工作者和从事相关领域工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

现代操作系统教程/黄红桃主编. —北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-44741-2

I. ①现… II. ①黄… III. ①操作系统—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 185984 号

责任编辑:刘向威 薛 阳

封面设计:文 静

责任校对:梁 毅

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.5 字 数:572 千字

版 次:2016 年 10 月第 1 版 印 次:2016 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

前言

foreword

操作系统是加载在计算机硬件上的第一层软件,也是计算机系统中一个最重要的核心软件。本书介绍操作系统的基本原理和功能,力求说明操作系统是什么、做什么,是怎样设计和构造的以及核心内容有哪些,同时也阐述了操作系统的历史发展和演变过程。

考虑到本科的基础内容学习和考研的需要,本书并不围绕着一个特定的操作系统展开,讨论和介绍不同操作系统的共性是本书的主要内容。首先阐述理论知识,然后通过以当今较为流行和成熟的操作系统如 UNIX、Linux、Windows 为例,说明其具体实现的技术方法。相对于封闭源代码的 Windows,开放源代码的 Linux 描述得更为详细。

操作系统虽然不属于一个新的研究领域,但近几年一直在不断地发展和创新。Windows 版本不断更新,移动操作系统如苹果 Mac OS、安卓 Android 方兴未艾,云操作系统成为研究和应用的热点。

本书在组稿的过程中,删除或减少之前版本较陈旧的内容,增加一些最新的技术介绍,部分数据来自 2016 年 4 月各大软件公司最新发布的版本。具体的改动:第 1 章增加了云操作系统、移动操作系统的介绍,删除原来较陈旧的 Windows 介绍部分,重新对 Windows 家族的产品按照位数分类介绍,增加 Mac OS、Android 操作系统的介绍;第 3 章增加网络计算与多线程应用的介绍,云计算往往涉及多处理机系统,与多线程机制密切相关;第 9 章增加介绍适合在云计算环境中使用的、固态硬盘 SSD 构成的纯 SDD RAID 阵列。第 10 章增加了一节,阐述云操作系统的底层基础——分布式文件系统,并对目前应用最广泛的 Hadoop 分布式文件系统 HDFS 做进一步的描述。每章后附一篇相关内容英语短文,既可以拓展视野,又有利于提高读者的科技英语阅读水平。当然,由于篇幅所限,有些问题不能深入展开,只能点到为止,更进一步的内容请参考相关的专门论著。

本书由多年从事操作系统课程教学一线的教师执笔。第 1 章部分、5、6、10 章由黄红桃编写;第 2、7、8 章由李畅编写;第 1 章部分由范策编写;第 3、4、9 章由许宪成和范策共同编写;全书由黄红桃统稿。龚永义指导本书的编写并审阅了全书。

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免有不妥和挂一漏万之处,恳请读者不吝赐教。

作者

2016 年 4 月于广州

教学资源支持

敬爱的教师：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了配合本课程的教学需要,本教材配有配套的电子教案(素材),有需求的教师请到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn>)上查询和下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题,或者有相关教材出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

我们的联系方式：

地 址：北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮 编：100084

电 话：010-62770175-4604

课件下载：<http://www.tup.com.cn>

电子邮件：weijj@tup.tsinghua.edu.cn

教师交流 QQ 群：136490705

教师服务微信：itbook8

教师服务 QQ：883604

(申请加入时,请写明您的学校名称和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注计算机教材公众号。



扫一扫

课件下载、样书申请
教材推荐、技术交流

第 1 章 操作系统概述	1
1.1 什么是操作系统	1
1.2 操作系统的目标和功能	3
1.2.1 操作系统的目标	3
1.2.2 操作系统的功能	4
1.3 操作系统的发展历程	6
1.3.1 操作系统的形成	6
1.3.2 操作系统的完善	9
1.4 操作系统的分类	9
1.4.1 多道批处理操作系统	9
1.4.2 分时操作系统	11
1.4.3 实时操作系统	13
1.4.4 通用操作系统	15
1.4.5 网络操作系统	15
1.4.6 分布式操作系统	16
1.4.7 微机操作系统	16
1.4.8 嵌入式操作系统	17
1.4.9 多处理机操作系统	18
1.4.10 服务器操作系统	19
1.4.11 大型机操作系统	19
1.4.12 云操作系统	20
1.4.13 移动操作系统	22
1.5 支持操作系统的硬件环境	24
1.6 操作系统的特征	26
1.6.1 并发性	26
1.6.2 资源共享性	27
1.6.3 异步性	27
1.7 现代操作系统	27
1.7.1 Windows	28
1.7.2 Mac OS	30
1.7.3 UNIX	31

1.7.4 Linux	31
1.7.5 Android	32
1.8 有关操作系统的研究	33
习题 1	34
阅读材料	36
第 2 章 用户接口与作业管理	39
2.1 操作系统提供的用户接口	39
2.1.1 程序接口与系统调用	39
2.1.2 操作接口与系统程序	42
2.2 作业的基本概念	45
2.2.1 作业的定义	45
2.2.2 作业的分类	46
2.3 批处理作业控制	47
2.3.1 作业状态	47
2.3.2 作业控制块	48
2.4 调度算法	49
2.4.1 作业调度算法的目标与设计因素	49
2.4.2 单道批处理作业调度算法	50
2.4.3 多道批处理作业调度算法	51
习题 2	52
阅读材料	53
第 3 章 进程管理	54
3.1 多道程序设计	54
3.2 进程的概念	55
3.2.1 前驱图和程序执行	56
3.2.2 进程的描述	63
3.3 进程控制块和状态转换	64
3.3.1 进程控制块 PCB	64
3.3.2 进程状态及其转换	67
3.4 进程控制	72
3.4.1 操作系统控制结构	72
3.4.2 进程创建与终止	75
3.4.3 进程的阻塞与唤醒	76
3.4.4 进程的挂起与激活	77
3.4.5 进程间的相互关系	78
3.5 线程	79
3.5.1 线程的引入	79

3.5.2	线程的结构与线程控制块 TCB	80
3.5.3	线程与进程	81
3.5.4	线程的实现	81
3.5.5	线程的调度	84
3.5.6	线程的应用	86
3.6	Linux 进程管理	89
3.6.1	Linux 进程结构	90
3.6.2	Linux 进程状态及运行模式	93
3.6.3	Linux 进程控制	95
习题 3	.....	97
阅读材料	.....	98
第 4 章	中断和处理机调度	101
4.1	中断	101
4.1.1	中断和指令周期	101
4.1.2	中断处理	103
4.1.3	多个中断	106
4.1.4	多道程序设计	107
4.1.5	调度机制	108
4.1.6	高级、中级和低级调度	110
4.2	处理机调度	114
4.2.1	进程调度方式	114
4.2.2	调度算法	114
4.2.3	调度时机	125
4.3	实时调度	125
4.3.1	实现实时调度的基本条件	125
4.3.2	实时调度算法的分类	127
4.3.3	实时调度算法	128
4.4	多处理机调度	130
4.4.1	多处理机系统的类型	130
4.4.2	自调度	130
4.4.3	组调度	131
4.5	Linux 系统进程调度	131
4.5.1	Linux 时钟运作机制(时间基准)	131
4.5.2	UNIX/Linux 中的系统调用	138
4.5.3	Linux 调度程序	138
习题 4	.....	144
阅读材料	.....	145

第 5 章 并发性——互斥、同步和通信	148
5.1 并发的原理	148
5.1.1 与时间有关的错误	148
5.1.2 互斥与同步的概念	149
5.1.3 临界区与进程互斥	150
5.1.4 硬件支持互斥的方法	151
5.2 信号量机制	153
5.2.1 信号量的概念	153
5.2.2 信号量的应用	154
5.2.3 生产者-消费者问题信号量机制解法	155
5.2.4 哲学家进餐问题信号量机制解法	157
5.2.5 读者-写者问题解法	158
5.3 管程机制	160
5.3.1 管程的概念	161
5.3.2 生产者-消费者问题管程机制解法	162
5.3.3 哲学家进餐问题管程机制解法	163
5.4 进程通信	165
5.4.1 进程通信的方式	165
5.4.2 消息缓冲通信	166
5.4.3 信箱通信	167
5.4.4 共享文件通信	168
5.4.5 消息传递系统的若干问题	168
习题 5	170
阅读材料	171
第 6 章 并发性——死锁	175
6.1 死锁的概念	175
6.2 产生死锁的条件和处理	176
6.2.1 必要条件	176
6.2.2 处理死锁的基本方法	177
6.3 死锁的预防	178
6.3.1 预先分配策略	178
6.3.2 有序分配策略	179
6.4 死锁的避免	180
6.4.1 系统安全状态	180
6.4.2 银行家算法	180
6.5 死锁的检测与解除	183
6.5.1 死锁的检测	183

6.5.2 死锁的解除	185
6.6 死锁的综合处理策略	186
习题 6	186
阅读材料	188
第 7 章 内存管理	191
7.1 内存管理的功能	191
7.1.1 内存分配	191
7.1.2 地址变换	192
7.1.3 存储保护	193
7.1.4 存储共享	193
7.1.5 存储扩充	193
7.2 程序的链接和加载	194
7.2.1 程序的链接	194
7.2.2 程序的加载	196
7.3 连续分配方式	197
7.3.1 单一连续分配	197
7.3.2 固定分区分配	198
7.3.3 动态分区分配	199
7.3.4 可重定位分区分配	201
7.3.5 交换和覆盖	202
7.4 基本分页分配方式	203
7.4.1 页面与页表	204
7.4.2 地址变换机构	205
7.4.3 页面大小	208
7.5 基本分段分配方式	208
7.5.1 段表	209
7.5.2 地址变换机构	210
7.5.3 共享与保护	210
习题 7	212
阅读材料	212
第 8 章 虚拟存储管理	216
8.1 虚拟存储器	216
8.1.1 虚拟存储器的定义	216
8.1.2 虚拟存储器的特点	217
8.1.3 虚拟存储器技术需要解决的问题	217
8.2 请求页式分配	218
8.2.1 请求分页硬件支持	218

8.2.2	内存分配策略	220
8.2.3	内存分配方法	222
8.2.4	缺页处理	222
8.3	页面置换算法	223
8.3.1	最优页面置换算法	223
8.3.2	先进先出置换算法	224
8.3.3	最近最少使用置换算法	225
8.3.4	用软件模拟 LRU 算法	226
8.3.5	时钟算法	228
8.3.6	改进 Clock 算法	229
8.3.7	工作集模型	229
8.4	虚拟段式分配	231
8.4.1	请求分段中的硬件支持	231
8.4.2	地址变换机构	231
8.4.3	缺段中断	232
8.5	段页式分配方式	232
8.5.1	段页式分配的原理	232
8.5.2	段页式分配的地址变换	233
8.5.3	分段和分页的结合: Intel Pentium	234
8.6	Linux 系统的存储管理	236
8.6.1	Linux 的虚拟存储空间	237
8.6.2	Linux 管理内存空间的数据结构	238
8.6.3	Linux 内存区的分配、释放和淘汰	239
	习题 8	242
	阅读材料	243
第 9 章 设备管理		246
9.1	I/O 系统	246
9.1.1	设备的类别	246
9.1.2	设备标识	248
9.1.3	I/O 系统的结构	249
9.2	I/O 设备数据传输控制方式	252
9.2.1	程序直接控制方式	252
9.2.2	中断控制方式	253
9.2.3	DMA 控制方式	254
9.2.4	通道控制方式	255
9.3	设备管理与功能	258
9.4	设备分配	259
9.4.1	设备分配中的数据结构	260

9.4.2	设备分配应考虑的因素和分配技术	261
9.4.3	设备分配算法	264
9.4.4	SPOOLING 系统	264
9.5	缓冲技术	267
9.5.1	缓冲的引入	267
9.5.2	单缓冲	269
9.5.3	双缓冲	271
9.5.4	循环缓冲	272
9.5.5	缓冲池	273
9.6	I/O 软件设计	277
9.6.1	I/O 软件的设计目标和原则	277
9.6.2	I/O 中断处理程序	278
9.6.3	设备驱动程序	279
9.6.4	与硬件无关的操作系统 I/O 软件	281
9.6.5	用户空间的 I/O 软件	282
9.7	磁盘存储器管理	283
9.7.1	磁盘 I/O	283
9.7.2	磁盘调度算法	288
9.8	RAID 技术	292
9.8.1	RAID 技术的引入	292
9.8.2	RAID 分级	293
9.9	Linux 的设备管理	294
9.9.1	Linux 设备管理概述	295
9.9.2	设备驱动程序和内核之间的接口	296
9.9.3	字符设备	297
9.9.4	块设备	297
9.9.5	网络设备	299
	习题 9	300
	阅读材料	301
第 10 章	文件管理	304
10.1	文件系统的概念	304
10.1.1	文件和文件系统	304
10.1.2	文件分类	305
10.1.3	文件操作	307
10.2	文件的逻辑结构	307
10.2.1	文件逻辑结构的类型	308
10.2.2	顺序文件	308
10.2.3	索引文件	309

10.2.4	索引顺序文件	309
10.2.5	直接文件和散列文件	310
10.3	文件的物理结构	311
10.3.1	顺序结构	311
10.3.2	链接结构	312
10.3.3	索引结构	314
10.4	文件的存取方法	317
10.4.1	顺序存取	317
10.4.2	直接存取	318
10.4.3	按键存取	318
10.5	文件目录	319
10.5.1	文件控制块与索引结点	319
10.5.2	文件目录与目录文件	321
10.5.3	目录结构	322
10.5.4	目录查询技术	325
10.6	文件存储空间管理	326
10.6.1	空闲表和空闲链表	326
10.6.2	位示图	327
10.6.3	UNIX 成组链接	328
10.7	文件共享和保护	330
10.7.1	文件共享的模式	330
10.7.2	文件的保护	333
10.8	Windows 文件系统	335
10.8.1	Windows 磁盘管理和文件系统驱动	335
10.8.2	Windows 文件系统格式	336
10.8.3	NTFS 文件系统的结构	338
10.9	Linux 的文件系统	340
10.9.1	ext2 的文件系统	341
10.9.2	虚拟文件系统	346
10.10	分布式文件系统	350
10.10.1	分布式文件系统的发展阶段	351
10.10.2	HDFS 系统构成	352
10.10.3	HDFS 文件的读写操作	356
10.10.4	HDFS 数据维护机制	357
习题 10	.....	358
阅读材料	.....	359
参考文献	.....	362

操作系统概述

“计算机如果离开了软件将成为一堆废铜烂铁”，这是计算机界名人安德鲁·坦尼鲍姆(Andrew S. Tanenbaum)的名言。

当今，一些复杂的自动化系统，无论是航天飞机发射控制、各种工业生产流水线，还是智能机器人系统，都是利用计算机作为其控制中心。而计算机本身也是一个复杂的系统，同样需要能够对计算机进行自动管理和相应控制的一套机构，即操作系统。

从计算机最初的产生到今天，在计算机科学领域的研究人员不断创新和努力下，操作系统经历了从无到有，从最初的监控程序逐渐演变成目前可以并发执行多用户多任务的高级系统软件，同时还产生了许多与之相关的操作系统基本理论和核心技术。可以说，没有操作系统，就没有计算机科学的普及和发展。

1.1 什么是操作系统

计算机科学中许多技术名词都没有统一的定义和解释，操作系统也是如此。目前大家所知道一些操作系统的名称，如 Mac OS、VMS、Windows XP、Windows 8、Windows 10、UNIX、Linux 等，这些都是微型计算机上安装和使用的操作系统。在操作系统的发展过程中，由于计算机的种类和形式的不同，产生了不同的操作系统，分别适合在各种巨、大、中、小、微型计算机上运行。我国在研制巨型计算机银河系列的同时，也研制了相应的银河麒麟服务器操作系统等。如何看待一个操作系统，通常有下面三种观点。

1. 虚拟机的观点——操作系统扩展机器功能

计算机系统分为硬件和软件。软件又可分为系统软件和应用软件，操作系统是最基本，也是最重要的系统软件。如果仅仅是裸机(图 1.1 底层阴影部分)，则仅有机器语言可供用户利用，关于内存、文件、外设等的操作相当麻烦，严重影响工作效率以及机器的利用率。

在裸机上加载操作系统，使得用户无须知道硬件的具体细节和操作，可以利用操作系统提供的各种命令或系统调用开发、设计各种系统软件(语言编译器、数据库系统等)。下一级用户再在此基础上进一步开发各种应用软件(财务、航空订票、保险等系统)，感觉好像逐步扩充机器的功能，这就是所谓虚拟机的观点。其中，操作系统起到了承上启下的作用，如图 1.1 所示。

2. 资源管理的观点——操作系统作为计算机系统资源的管理者

计算机系统资源包括硬件和软件资源，可再细分成 4 大类，即处理机、存储器、外部设备以及信息(程序和数据等)，如图 1.2 所示。这 4 类资源构成了操作系统本身和用户程

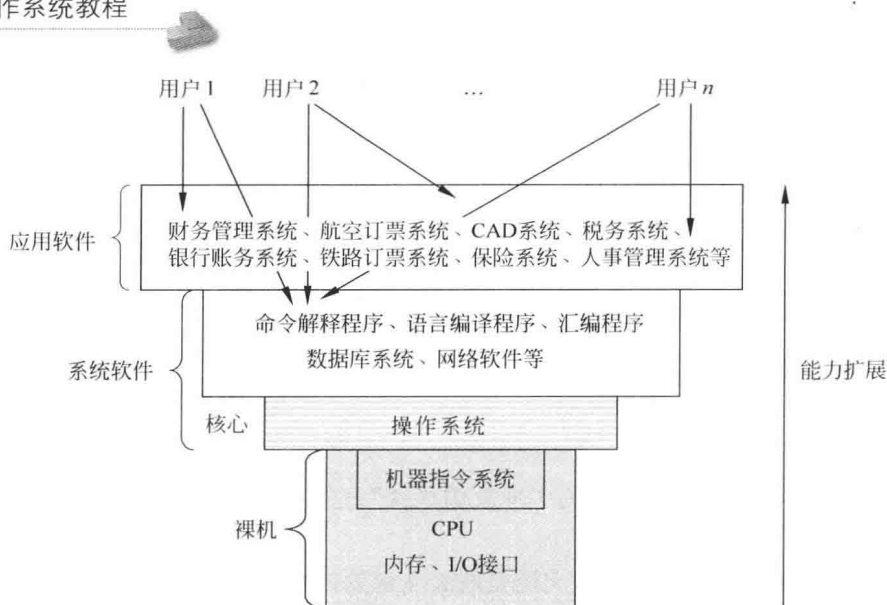


图 1.1 计算机系统层次,每一层的扩充都为向上虚拟

序运行的物理基础和工作环境。如何有效地组织和管理这些资源,正是操作系统的任务。基于这一观点,可以将操作系统看成是一组管理资源的程序。对应上述的4类资源,就有了相应的章节:处理机管理(调度)、存储器管理、外部设备管理以及信息管理(文件系统),分析和研究操作系统基本原理和相关实现技术。资源管理的观点在众多的观点中占有主导地位。

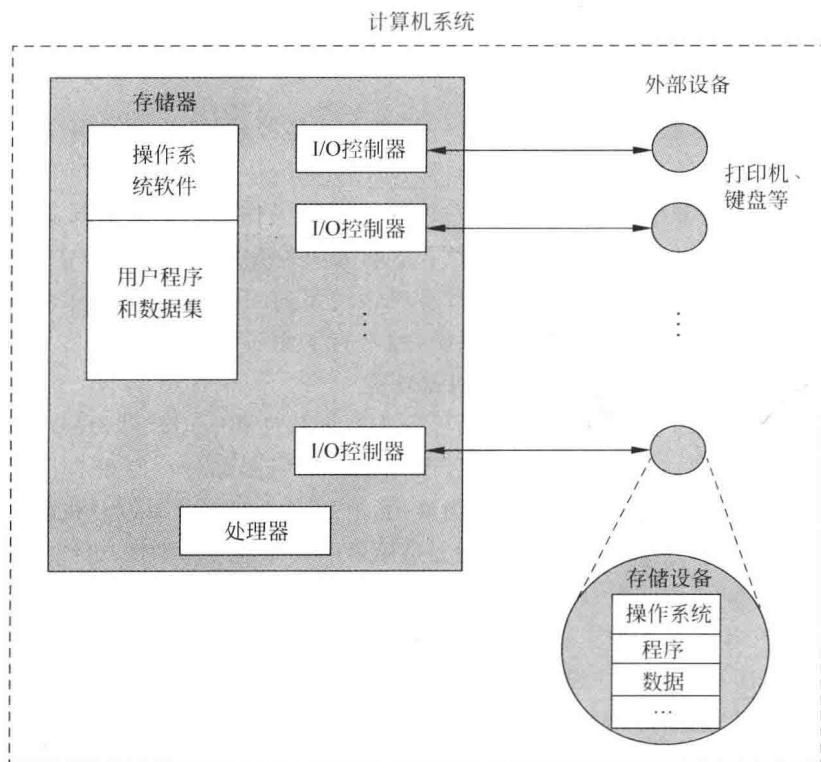


图 1.2 操作系统作为资源管理器

资源管理的目的是：为用户提供简单、有效的使用资源的方法，充分发挥各种资源的利用率，对每种资源的管理都要研究如下的内容。

(1) 资源的使用状态，即使用、未使用、谁使用等问题。

(2) 资源的分配原则和调度策略，即根据系统的设计目标，确定如何分配、分配给谁、何时分配、分配多少等问题。

(3) 按具体要求执行分配，亦即根据(2)中的策略进行资源分配。

(4) 资源回收，即当某些用户或程序不再需要某种资源时，系统应及时回收，以便再分配。

3. 人机交互的观点——操作系统作为机器与用户之间的接口

最初的计算机在没有操作系统的情况下，用户使用计算机需要进行大量的手工操作。从程序和数据的装入、程序的修改调试、到结果的输出等操作全部由人工完成。有了操作系统之后，许多烦琐费时的操作可由操作系统来完成。用户只需要敲入简单命令、在图形化的窗口进行鼠标操作，甚至通过声音控制的方式来操纵计算机。可以说现在的操作系统是人机交互的界面与接口，这个界面易用性与否，常常还会决定用户是否选择某类操作系统。

综上所述，可从以下几点理解操作系统的定义。

(1) 操作系统是系统软件，是第一次在计算机硬件上进行加载的一组计算机程序。与其他计算机程序(包括用户程序、编辑程序等)类似，都需要在处理机上运行，区别在于它是控制管理其他程序的运行。

(2) 它的基本职能是控制和管理计算机系统内各种资源，有效地组织作业或任务在CPU上运行。

(3) 它提供众多服务，方便用户使用，扩充硬件功能。例如用户可以利用操作系统提供的各种命令或图形界面完成对文件输入/输出、程序运行等各方面的控制、管理工作。

这里给出操作系统不严格的定义：操作系统是加载在硬件之上，支持其他软件，并控制和管理计算机系统内各种硬件和软件资源，有效地组织各程序运行的系统软件，或程序集合。

1.2 操作系统的目标和功能

1.2.1 操作系统的目标

从计算机发展到今天，产生过许多类型的操作系统。不同类型的操作系统其目标有所不同，有的追求通用性，面向多领域多用户，有的面向特殊领域，追求高、精、尖端技术的实现，但总地来说，在计算机加载操作系统的目标有以下几点。

1. 方便性

加载了操作系统的计算机系统容易操作和使用。从利用计算机解决过程问题的角度来说，最简单的就是用户通过操作系统的某种接口形式(命令，或鼠标等)只需输入几个命令，或点击几个图标便可完成。至于目前通过计算机查询网上的各种信息，也通常就是通过操作系统的支持，点击几个图标就可以实现，这些都是目前使用计算机的用户常常能体会到的。因此，具有操作系统的计算机系统对于用户是不可缺少和必要的。

2. 有效性

操作系统应当允许以更有效的方式使用计算机系统资源。在没有加载操作系统的计算机系统中,有很多资源,由于没有一种机构来登记、管理这些资源而处于空闲状态,因而不能充分地得到利用。例如 CPU、I/O 设备的完全串行操作,都会使得要么 CPU 工作, I/O 闲置,要么 I/O 工作, CPU 闲置。另外的情形就是,内存与外存中所存放的数据没有统一的管理而带来的无序和空间的浪费。加载或安装了操作系统就会使得这些资源得到充分的利用。此外,通过操作系统合理地组织计算机的工作流程,也会提高资源的利用率和系统的吞吐率,也相对缩短了用户“计算”的时间。

3. 可扩展性

随着 VLSI 技术和计算机技术的迅速发展,计算机硬件和体系结构也随之得到迅速发展,它们都对操作系统提供和提出了更高的功能和性能上的要求。因此,在构造操作系统时,应该允许在不妨碍服务的前提下,有效地开发、测试和引进新的系统功能。例如,由于硬件升级和新型硬件的出现带来了操作系统升级的例子就是,早期运行 UNIX 和 IBM OS/2 的机器没有分页的硬件机制,因而也就没有使用页式存储分配机制,而在高性能芯片中出现了控制寄存器等新型硬件机制后,操作系统经过扩展就实现了页式存储分配机制。这在 IBM PC 上有着同样的经历,在新型的微处理器出现了相应的控制寄存器等硬件机制后,也就产生了带有页式分配的操作系统。

1.2.2 操作系统的功能

操作系统通过管理计算机资源,提供计算机的基本功能。从资源管理的角度看,操作系统要对计算机系统内的所有资源进行有效和自动的管理,实现资源合理分配、高效使用。而用户只需通过所提供的简单接口就可以使用计算机中的资源。操作系统的基本功能有如下 5 个方面。

1. 存储器管理功能

(1) 内存分配: 内存分配的主要任务是为每道(用户)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,或回收用户释放的内存空间。

(2) 地址映射: 在多道程序系统中,所编写的程序在编译之后,通常都从“0”地址开始的,也称为逻辑地址或相对地址,而根据(1)中分配的内存地址通常不可能在 0 地址开始,这就产生了一个问题——程序如何访问真正的物理单元。这就需要操作系统在硬件的支持下(1.5 节)解决地址映射,即逻辑地址到内存物理地址的转换。

(3) 内存保护: 由于多道程序的问题带来了内存中各程序如何保证自己的空间不受“进犯”的问题,特别是操作系统空间更不能由用户程序进行写访问,因此需要操作系统在存储器管理上加以保护。具体如何保护与系统所采用的存储管理机制有关。

(4) 内存扩充: 一台机器的物理空间通常是固定和有限的,而系统内各个用户是不关心(至少是不太关心)真正内存空间大小的,所关心的就是系统工作的速度和时间,因而要将若干用户程序全部同时放入内存,内存可能无法容纳,因此就需要系统将物理空间通过虚拟存储器技术虚拟成比内存空间大得多的空间来满足实际运行的需要。