

高职高专21世纪规划教材
GAOZHI GAOZHUAN 21 SHIJI GUIHUA JIAOCAI

操作系统—— Linux篇

■ 李成大 编著 ■



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专 21 世纪规划教材

操作系统——Linux 篇

李成大 编著



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统——Linux 篇/李成大编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.1

ISBN 7-115-12972-X

I. 操... II. 李... III. Linux 操作系统 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 005361 号

内 容 提 要

本书以 Linux 操作系统为背景, 论述操作系统的基本原理、基本思想和基本方法, 并在此基础上介绍 Linux 网络操作系统的内核结构、安装、配置、基本操作、系统管理及网络应用等, 从而系统地、完整地讲述操作系统从基本原理到应用实践的主要内容。

本书在内容上突出理论与实践相结合的特点, 并注重对学生应用能力的培养, 在编写上力求循序渐进、通俗易懂, 注重科学性和实用性, 并配有习题和实训, 便于教学和自学。

本书具有较强的灵活性和较宽的适用性, 可作为高职高专、成人高等院校计算机专业的操作系统课程的教材, 也可作为其他相关专业学生学习 Linux 系统的教材和参考书。

高职高专 21 世纪规划教材 操作系统——Linux 篇

◆ 编 著 李成大

责任编辑 潘春燕

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129259

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17

字数: 407 千字 2005 年 1 月第 1 版

印数: 1—5 000 册 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12972-X/TP · 4373

定价: 22.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编 者 的 话

操作系统是现代计算机系统中最重要的系统软件。它控制和管理计算机系统的所有硬件和软件资源，并为用户使用计算机提供一个友好的工作环境。

计算机操作系统不仅是计算机专业的必修课程，也是从事计算机应用的人员必不可少的专业知识。Linux 操作系统是符合 POSIX 标准的、真正的多用户、多任务操作系统，并且它的源代码是开放的，允许任何人获取、修改和重新发布。

本书以 Linux 操作系统为背景，讲述操作系统的基本原理，并对 Linux 系统的安装、使用和维护进行了全面的介绍。本书以 Red Hat Linux 为蓝本，但不局限于 Red Hat Linux。

本书在内容上力求突出应用能力培养，在保证基本理论的基础上，大大加强了实践环节。在编写上力求循序渐进、通俗易懂，注重科学性和实用性，并配有习题和实训，便于教学和自学。

全书共 12 章。第 1 章简述操作系统的发展过程、基本特性和主要功能。第 2~6 章详细介绍多任务、多用户网络操作系统 Linux。其中，第 2 章介绍 Linux 的发展、特性和常用软件；第 3 章阐述 Linux 系统的安装与配置方法；第 4 章介绍 Linux 常用命令和 Shell 编程；第 5 章介绍 Linux 用户管理、文件系统管理与维护；第 6 章介绍 Linux 系统的网络应用，包括 Apache Web 服务器的安装与配置、电子邮件服务器的配置和 FTP 服务器的安装与配置等内容。

第 7~11 章以 Linux 操作系统为背景，论述操作系统的基本原理、基本思想和基本方法，并对 Linux 系统内核进行了较深入的分析。其中，第 7 章阐述进程控制、进程同步、进程通信、进程调度、死锁和线程；第 8 章介绍作业管理和调度；第 9 章介绍存储器管理方式，包括连续分配方式、离散分配方式和虚拟存储器；第 10、11 章分别介绍了设备管理和文件管理。

第 12 章为实际技能训练，共编制了 10 个实训单元，其中的每个实训单元都可以训练学生在 Linux 系统和网络管理方面的一个或若干个技能。

通过本书的学习，可使学生从理论到实践较全面地了解现代操作系统的基本概念、原理和方法，为今后从事相关的工作打下坚实的基础。

本书由李成大编著。电子科技大学计算机科学与工程学院王忠仁教授仔细审阅了本书，并提出了非常宝贵的意见，在此表示深深的谢意。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第1章	操作系统概述	1
1.1	操作系统的概念	1
1.1.1	计算机系统的层次结构	1
1.1.2	什么是操作系统	2
1.1.3	操作系统的目标和作用	2
1.2	操作系统的发展过程	4
1.2.1	无操作系统的计算机系统	4
1.2.2	批处理系统	5
1.2.3	分时系统	6
1.2.4	实时系统	7
1.2.5	网络操作系统	8
1.3	操作系统的特性和功能	9
1.3.1	操作系统的特性	9
1.3.2	操作系统的功能	11
	习题	13
第2章	网络操作系统 Linux 简介	14
2.1	Linux 的发展	14
2.1.1	什么是 Linux	14
2.1.2	Linux 的历史	14
2.2	Linux 的版本	15
2.2.1	国外主要发行版本	15
2.2.2	国内主要发行版本	16
2.3	Linux 的特性和功能	18
2.3.1	Linux 的特性	18
2.3.2	Linux 的功能	20
2.4	Linux 的常用软件	21
2.4.1	基本命令和工具	21
2.4.2	办公软件	21
2.4.3	程序设计	21
2.4.4	网络软件	21
2.4.5	X Window	22

2.4.6 多媒体软件	23
2.4.7 其他软件	24
2.5 Linux 的内核体系结构	24
2.6 Linux 的现状 & 前景	26
习题	27
第 3 章 Linux 的安装与配置	28
3.1 安装前的准备工作	28
3.1.1 确定系统环境	28
3.1.2 选择安装方法	29
3.1.3 准备工作的步骤	29
3.2 安装 Linux	32
3.3 安装后的系统配置	43
3.3.1 设置代理	43
3.3.2 配置工具	45
习题	48
第 4 章 Linux 使用基础	49
4.1 Linux 常用命令	49
4.1.1 进入与退出命令	49
4.1.2 系统询问命令	50
4.1.3 文件操作命令	51
4.1.4 目录操作命令	56
4.1.5 口令、权限命令	58
4.2 Shell 程序设计	61
4.2.1 Shell 概述	61
4.2.2 Shell 变量	64
4.2.3 Shell 中的特殊字符	66
习题	71
第 5 章 Linux 系统管理	72
5.1 用户管理	72
5.1.1 用户管理的内容	72
5.1.2 用户和组群配置	74
5.2 文件系统管理与维护	77
5.2.1 Linux 的文件系统概述	77
5.2.2 建立文件系统	79
5.2.3 安装和卸载文件系统	80
5.3 软件包管理	82

5.3.1 RPM 的设计目标	82
5.3.2 使用 RPM	83
习题	86
第 6 章 Linux 网络应用	87
6.1 Linux 的网络功能	87
6.2 基本网络操作命令	88
6.2.1 ping 命令	88
6.2.2 telnet 命令	89
6.2.3 ftp 命令	90
6.2.4 netstat 命令	93
6.3 网络资源共享	94
6.3.1 Linux/UNIX 系统之间文件共享—NFS	94
6.3.2 Linux/Windows 系统之间文件共享—Samba	99
6.4 Internet 站点的建立	103
6.4.1 Apache HTTP 服务器	103
6.4.2 电子邮件服务器	108
6.4.3 FTP 服务器	115
习题	117
第 7 章 进程管理	118
7.1 进程的基本概念	118
7.1.1 程序的顺序执行和并发执行	118
7.1.2 进程的定义和特征	120
7.1.3 进程的状态及其转换	121
7.1.4 进程的结构	122
7.2 进程控制	125
7.2.1 操作系统内核	125
7.2.2 进程控制的概念	126
7.2.3 进程的创建与撤消	126
7.2.4 进程的阻塞与唤醒	127
7.3 进程互斥和同步	128
7.3.1 进程互斥	128
7.3.2 进程同步	130
7.3.3 信号量机制	131
7.3.4 进程互斥和同步的实现	132
7.4 进程通信	134
7.4.1 进程通信的类型	135
7.4.2 消息缓冲队列通信机制	136

7.5	进程调度	138
7.5.1	进程调度的概念	138
7.5.2	进程调度算法	140
7.6	死锁	143
7.6.1	产生死锁的原因和必要条件	143
7.6.2	预防死锁	145
7.6.3	避免死锁	146
7.7	线程	149
7.7.1	线程的引入	149
7.7.2	线程与进程的比较	150
7.7.3	线程的属性	151
7.7.4	线程的状态及其转换	151
7.8	Linux 中的进程管理	152
7.8.1	Linux 进程概述	152
7.8.2	Linux 的进程控制	154
7.8.3	Linux 的进程调度	154
7.8.4	Linux 进程的同步和通信	156
	习题	161

第 8 章 作业管理

8.1	作业管理概述	163
8.1.1	作业及其类型	163
8.1.2	作业的状态及其转换	164
8.1.3	作业控制级的接口	165
8.1.4	作业管理的功能	165
8.2	作业调度	166
8.2.1	作业调度应考虑的因素	166
8.2.2	作业调度算法	166
8.3	Linux 中的作业管理	169
8.3.1	Linux 作业概述	169
8.3.2	Linux 中的作业控制命令	169
	习题	172

第 9 章 存储器管理

9.1	存储器管理概述	173
9.1.1	存储器管理中的基本概念	173
9.1.2	存储器管理的目的和功能	175
9.1.3	存储器管理方式	175
9.2	连续分配存储管理方式	176

9.2.1 单一连续分配	176
9.2.2 固定分区分配	176
9.2.3 动态分区分配	177
9.2.4 可重定位分区分配	179
9.3 覆盖与对换技术	180
9.3.1 覆盖技术	180
9.3.2 对换技术	181
9.4 分页存储管理方式	182
9.4.1 分页存储管理的基本原理	183
9.4.2 分页系统的地址变换机构	184
9.5 分段存储管理方式	186
9.5.1 分段存储管理方式的引入	186
9.5.2 分段存储管理的基本原理	187
9.5.3 段页式存储管理方式	189
9.6 虚拟存储器的基本概念	192
9.6.1 虚拟存储器的引入	192
9.6.2 虚拟存储器的特征	193
9.6.3 虚拟存储器的实现方式	193
9.7 请求分页存储管理方式	194
9.7.1 请求分页存储管理的基本原理	194
9.7.2 页面置换算法	197
9.8 Linux 中的存储管理	199
9.8.1 Linux 的分段和分页机制	199
9.8.2 Linux 的存储映射	200
9.8.3 Linux 内存的分配和回收	201
9.8.4 Linux 的内存交换	203
9.8.5 Linux 存储管理系统的缓冲机制	204
习题	204
第 10 章 设备管理	207
10.1 设备管理概述	207
10.1.1 I/O 设备的类型	207
10.1.2 设备管理的任务和功能	208
10.1.3 设备控制器	209
10.1.4 I/O 通道	209
10.1.5 缓冲技术	211
10.1.6 设备驱动	212
10.2 I/O 控制方式	213
10.2.1 程序 I/O 方式	213

10.2.2	中断驱动 I/O 控制方式	214
10.2.3	DMA 控制方式	214
10.2.4	I/O 通道控制方式	215
10.3	设备分配	216
10.3.1	设备分配中的数据结构	216
10.3.2	设备分配时应考虑的因素	217
10.3.3	独占设备的分配程序	219
10.4	虚拟设备技术	220
10.4.1	SPOOLing 技术的定义	220
10.4.2	SPOOLing 系统的组成	220
10.4.3	SPOOLing 技术的实例	220
10.5	磁盘存储器管理	221
10.5.1	磁盘性能简介	222
10.5.2	磁盘调度	222
10.6	Linux 中的设备管理	225
10.6.1	Linux 设备管理概述	225
10.6.2	Linux 设备驱动程序	226
10.6.3	Linux 字符设备的管理	227
10.6.4	Linux 块设备的管理	228
	习题	229

第 11 章 文件管理 230

11.1	文件和文件系统	230
11.1.1	文件类型和文件属性	230
11.1.2	文件系统的功能	231
11.2	文件的逻辑结构	231
11.2.1	顺序文件	232
11.2.2	索引文件	232
11.2.3	索引顺序文件	232
11.3	外存分配方式	233
11.3.1	连续分配	233
11.3.2	链接分配	234
11.3.3	索引分配	235
11.4	目录管理	236
11.4.1	文件控制块和索引结点	236
11.4.2	单级目录结构	238
11.4.3	两级目录结构	239
11.4.4	树型目录结构	239
11.5	Linux 的文件系统管理	241

11.5.1 ext2 文件系统	241
11.5.2 Linux 虚拟文件系统	245
习题	251
第 12 章 实际技能训练	252
实训 1——Linux 系统安装	252
1. 实训目的	252
2. 实训环境	252
3. 实训内容	252
实训 2——Linux 系统的基本操作	253
1. 实训目的	253
2. 实训环境	253
3. 实训内容	253
实训 3——简单 shell 编程	253
1. 实训目的	253
2. 实训环境	254
3. 实训内容	254
实训 4——Linux 文件管理	254
1. 实训目的	254
2. 实训环境	254
3. 实训内容	254
实训 5——Linux 网络配置	254
1. 实训目的	254
2. 实训环境	255
3. 实训内容	255
实训 6——NFS 服务器配置	255
1. 实训目的	255
2. 实训环境	255
3. 实训内容	255
实训 7——Samba 服务器配置	256
1. 实训目的	256
2. 实训环境	256
3. 实训内容	256
实训 8——Apache HTTP 服务器配置	256
1. 实训目的	256
2. 实训环境	256
3. 实训内容	256
实训 9——邮件服务器配置	257
1. 实训目的	257

2. 实训环境	257
3. 实训内容	257
实训 10——FTP 服务器配置	257
1. 实训目的	257
2. 实训环境	258
3. 实训内容	258
参考文献	259

计算机发展到今天,从个人计算机到巨型计算机系统,毫无例外地都要配置一种或多种计算机操作系统。如果让用户去使用一台没有操作系统的计算机,那将是难以想象的。操作系统(Operating System, OS)是现代计算机系统的重要组成部分,其他所有软件,例如汇编程序、编译程序、数据库管理系统等系统软件以及各种应用软件,都依赖于操作系统的支持,并取得它的服务。那么究竟什么是操作系统,操作系统在计算机系统中的地位如何等内容将在这一章做简要阐述;为了阐明上述问题,回顾一下操作系统的形成和发展的过程以及理解各类操作系统的特点是必要的。为便于今后的学习,本章还要介绍操作系统的特性和功能。

1.1 操作系统的概念

1.1.1 计算机系统的层次结构

虽然任何一种计算机系统都要配置操作系统,并且计算机用户大多具有使用操作系统的经验,但要给操作系统下一个精确的定义并非轻而易举。

众所周知,计算机系统由两部分组成:计算机硬件和计算机软件。计算机硬件通常由 CPU(中央处理机)、存储器及输入/输出设备等部件组成,它构成了系统本身和用户作业赖以活动的物质基础和工作系统。计算机软件则包括系统软件和应用软件。系统软件如操作系统、多种语言处理程序(汇编和编译程序等)、连接装配程序及工具软件等;应用软件是为特定应用目的而编制的程序。

没有任何软件支持的计算机称为裸机(Bare Machine),它仅仅构成了计算机系统的物质基础,而实际呈现在用户面前的计算机系统是经过若干层软件改造的机器,图 1.1 展示了计算机系统的这一层次结构。

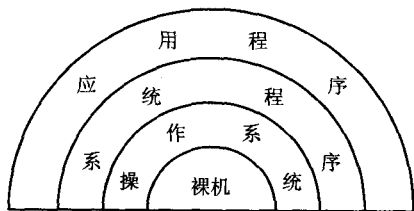


图 1.1 计算机系统的层次结构

由图 1.1 可见,裸机处于最底层,裸机的外面是操作系统。操作系统是运行在计算机基本硬件系统上的最基本的系统软件。操作系统通过系统核心程序对计算机

系统中的几类主要资源进行管理,如处理机、存储器、输入/输出设备、数据与文档资源及用户作业等,并为其他系统软件和应用软件提供运行支持,向用户提供若干服务。操作系统所提供的资源管理功能和方便用户的各种服务功能把裸机改造成为功能更强、使用更为方便的机器,并把所有对硬件的复杂操作隐藏起来,为用户提供一个友好、透明的操作环境。而位于操作系统之上的是另外一些系统程序,最外层是应用程序层。

1.1.2 什么是操作系统

从以上的分析可以看出,引入操作系统的目的可从两方面来考察:一方面,从系统管理人员的观点来看,引入操作系统是为了合理地去组织计算机的工作流程;另一方面,从用户的观点来看,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,用户无需了解有关硬件和系统软件的细节,就能方便灵活地使用计算机。

综上所述,可以对操作系统做如下的定义:操作系统是一组控制和管理计算机硬件和软件资源,合理地对各类作业进行调度,以及方便用户使用的程序的集合。

1.1.3 操作系统的目标和作用

1. 操作系统的目标

在计算机系统上配置操作系统的主要目标,与计算机系统的规模和操作系统的应用环境有关。通常,对于配置在大、中型计算机系统上的操作系统,都有着较高的要求,相应地,其操作系统就具有较强的功能;又如,对应用于实时工业控制和武器控制环境下的操作系统,则要求其操作系统具有实时性和高度可靠性。

操作系统的目标通常有以下几点。

(1) 方便性

配置操作系统后可使计算机系统更容易使用。一个未配置操作系统的计算机系统是极难使用的,因为计算机硬件只能识别 0 和 1 这样的机器代码。因此,用户要在计算机上运行自己所编写的程序,就必须用机器语言书写程序。如果在计算机硬件上配置了操作系统,用户便可通过操作系统所提供的各种命令来使用计算机系统。比如,编译命令可方便地把用户用高级语言书写的程序翻译成机器代码,这样可大大地方便用户,从而使计算机变得易学易用。

(2) 有效性

在未配置操作系统的计算机系统中,诸如 CPU、I/O 设备等各类资源,都会因经常处于空闲状态而得不到充分利用;内存及外存中所存放的数据可能由于无序而浪费存储空间。在配置了操作系统后,可使 CPU 和 I/O 设备能保持忙碌状态而得到有效的利用,并且可使内存和外存中存放的数据有序而节省存储空间。此外,操作系统还可以通过合理地组织计算机的工作流程,进一步改善资源的利用率及提高系统的吞吐量。

方便性和有效性是设计操作系统时最重要的两个目标。在过去的很长时间内,由于计算机系统非常昂贵,因而非常重视其有效性。正因如此,现在的大多数操作系统其理论上都着重于如何提高计算机系统的资源利用率和系统的吞吐量问题。然而,近年来在微机上所配置的操作系统,则更重视其方便性。

(3) 可扩充性

随着超大规模集成电路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的发展,相应地,它们也对操作系统提出了更高的功能和性能要求。此外,计算机网络的发展,特别是 Internet 的发展,也对操作系统提出了一系列更新的要求。因此,操作系统必须具有很好的可扩充性,才能适应发展的要求。这就是说,操作系统在软件结构上应采用分层结构及微内核结构,以提高操作系统软件的可维护性(指便于增加新的功能层次和模块,并能方便地修改老的功能层次和模块)。

(4) 开放性

20 世纪 80 年代以来, 由于计算机网络的发展, 尤其是局域网的迅速发展, 使计算机操作系统的应用环境, 已逐步由单机环境转向网络环境。为使来自不同厂家的计算机和设备能通过网络加以集成化, 并能正确、有效地协同工作, 实现应用的可移植性和互操作性, 必须具有统一的开放环境, 进而要求操作系统具有开放性。开放性是指系统能遵循世界标准规范, 特别是遵循开放系统互连 (OSI) 国际标准。遵循国际标准所开发的硬件和软件, 能彼此兼容, 方便地实现互连。

2. 操作系统的作用

可以从不同的观点 (角度) 来观察操作系统的作用。从一般用户的观点来看, 可把操作系统看作是用户与计算机硬件系统之间的接口; 从资源管理的观点来看, 则可把操作系统视为计算机系统资源的管理者。

(1) 操作系统作为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系统之间接口的含义是: 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, 运行自己的程序。应注意, 操作系统是一个系统软件, 因而这种接口是软件接口。如图 1.2 所示是操作系统作为接口的示意图。

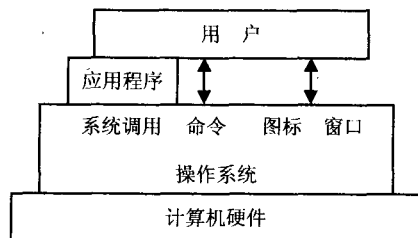


图 1.2 操作系统作为接口的示意图

由图 1.2 可以看出, 用户可通过以下 3 种方式使用计算机。

① 命令方式。这是指由操作系统提供了一组联机命令 (语言), 用户可通过键盘输入有关命令来直接操纵计算机系统。

② 系统调用方式。操作系统提供了一组系统调用, 用户可在自己的应用程序中通过相应的系统调用来操纵计算机。

③ 图标、窗口方式。用户通过屏幕上的图标和窗口来操纵计算机系统, 运行自己的程序。

(2) 操作系统作为计算机系统资源的管理者

操作系统的主要功能是实现对系统中 4 类资源进行有效地管理, 即: 处理机管理, 用于分配和控制处理机; 存储器管理, 主要负责内存的分配与回收; I/O 设备管理, 负责 I/O 设备的分配与操纵; 文件管理, 负责文件的存取、共享和保护。可见, 操作系统是计算机系统资源的管理者。

(3) 操作系统用作扩充机器

对于裸机来说, 即使其功能再强大, 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, 用户便可利用它所提供的 I/O 命令, 来进行数据输入和打印输出。此时用户所看到的机器, 将是一台比裸机功能更强、使用更方便的机器。通常把覆盖了软件的机器称为扩充机器或虚机器。如果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, 来进行文件的存取。如果在文件管理软件上再覆盖一层面向用户的窗口软件, 则用户便可在窗口环境下方便地使用计算机, 这样就形成了一台功能更强的虚机器。由此可知, 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个层次, 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机器或多层虚机器。

1.2 操作系统的发展过程

操作系统是由于客观的需要而产生的，它伴随着计算机技术本身及其应用的日益发展而逐渐发展和不断完善。它的功能由弱到强，在计算机系统中的地位不断提高。至今，它已成为计算机系统的核心，任何计算机系统都要配置操作系统。

为了更好地理解操作系统的基本概念、特性和功能，回顾一下操作系统形成和发展的历史过程是很有意义的。

1.2.1 无操作系统的计算机系统

1. 人工操作方式

在 20 世纪 50 年代以前的第一代计算机时期，构成计算机的主要元器件是电子管，计算机运算速度慢，没有操作系统，甚至没有任何软件。用户直接用机器语言编制程序，并在上机时独占全部计算机资源。用户既是程序员，又是操作员，上机完全是手工操作。先把程序纸带（或卡片）装入输入机，然后启动输入机把程序和数据送入计算机，接着通过控制台开关启动程序运行。计算完毕，用户取走并卸下纸带（或卡片）。第二个用户上机，照此过程办理。

这种人工操作方式有以下两个方面的缺点。

(1) 用户独占全机。计算机及其全部资源只能由上机用户独占。

(2) CPU 等待人工操作。当用户进行装带（卡）、卸带（卡）等人工操作时，CPU 及内存等资源是空闲的。

可见，人工操作严重降低了计算机资源的利用率，此即所谓的人机矛盾。随着 CPU 速度的提高和系统规模的扩大，人机矛盾变得日趋严重。此外，随着 CPU 速度的迅速提高，CPU 和 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾也变得更加突出。后来引入的脱机输入/输出技术，较好地缓和了这些矛盾。

2. 脱机输入/输出（Off-Line I/O）方式

为了解决人机矛盾及 CPU 和 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾，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数据的纸带（或卡片）装入纸带输入机（或卡片机），在一台外围机的控制下，把纸带（卡片）上的数据（程序）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，然后再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。如图 1.3 所示为脱机输入/输出示意图。

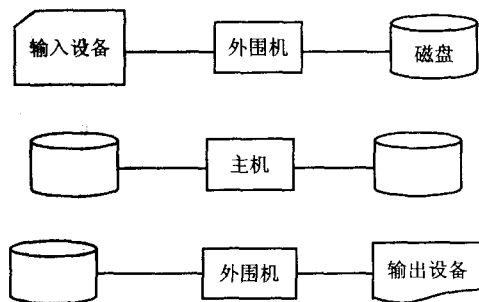


图 1.3 脱机输入/输出示意图

由于程序和数据的输入/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，故称为脱机输入/输出方式。与之相反的，

在主机的直接控制下进行输入/输出的方式称为联机输入/输出 (On-Line I/O) 方式。这种脱机输入/输出方式的主要优点如下。

(1) 减少了 CPU 的空闲时间。装带 (卡)、卸带 (卡) 以及将数据从低速 I/O 设备送到高速磁带 (或磁盘) 上, 都是在脱机情况下进行的, 都不占用主机时间, 从而有效减少了 CPU 的空闲时间, 缓和了人机矛盾。

(2) 提高 I/O 速度。当 CPU 在运行中需要数据时, 是直接从高速的磁带 (或磁盘) 上将数据调入内存的, 不再是从低速 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

早期的计算机系统非常昂贵, 为了能充分利用它, 应尽量让系统连续运行, 以减少系统的空闲时间, 这样, 就产生了最早的操作系统: 批处理操作系统。批处理操作系统是将用户作业成批地提交给系统, 由系统进行作业运行的控制, 让作业能一个接一个地连续处理。所谓作业是指用户要求计算机系统所做的工作的集合。这些工作可能是一次计算过程、一次数据处理、一次信息查询等。批处理操作系统一般分为单道批处理系统和多道批处理系统。

1. 单道批处理系统

单道批处理系统是早期批处理系统的类型。在单道批处理系统中, 通常是把一批作业以脱机输入方式输入到磁带上, 并在系统配置的监控程序的控制下使这批作业能一个接一个地连续处理。其自动处理过程是: 先由监控程序将磁带上的第一个作业装入内存, 并把运行控制权交给该作业, 当该作业的处理完成后, 又把控制权交还给监控程序, 再由监控程序把磁带上的第二个作业调入内存。计算机系统就这样自动地一个作业接一个作业地进行处理, 直至磁带上的所有作业都全部完成为止。由于系统对作业的处理是成批进行的, 且在内存中始终只保持一道作业, 故称此系统为单道批处理系统。

不难看出, 单道批处理系统是在解决人机矛盾和 CPU 与 I/O 设备速度不匹配的矛盾过程中形成的。虽然单道批处理系统旨在提高系统资源利用率和系统吞吐量 (系统吞吐量是指系统在单位时间内完成的总工作量), 但仍然不能很好地利用系统资源。

单道批处理系统具有如下特征。

(1) 自动性。在顺利情况下, 磁带上的一批作业能自动地逐个依次运行, 而无须人工干预。

(2) 顺序性。磁带上的各道作业顺序地进入内存, 正常情况下, 各道作业完成的顺序与它们进入内存的顺序是一样的。

(3) 单道性。内存中某一时刻只有一道作业在运行, 仅在当前运行的一道作业运行完毕或发生异常情况时, 才调入下一道作业进入内存运行。

2. 多道批处理系统

多道批处理是基于多道程序设计技术的应用, 在内存中可以同时存放多道作业, 并允许这些作业在系统中交替地运行, 由此而形成了多道批处理系统。在多道批处理系统中, 用户通过系统提供的各种功能, 如作业控制语言、命令、程序等, 将用户程序、数据等提交给系统, 所提交的作业都存放在外存上形成作业的“后备队列”; 然后, 系统根据一定的调度原则从后备队列中选取若干作业调入内存, 系统按照多道方式组织在内存中的这些作业的运行。