

高等院校信息技术规划教材

# Linux操作系统 基本原理与应用

周 奇 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

# Linux操作系统 基本原理与应用

周 奇 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以 Red Hat Linux Enterprise Linux 5(5 以上版本均可)为平台,对 Linux 基础性知识点进行全面而又详细的介绍。本书根据初学者的学习规律,先介绍操作系统引论、Linux 的运行模式、Linux 文件和磁盘系统、Linux 用户管理、Linux 的 shell 程序、Linux 网络配置、Linux 系统安全的基本操作及简单原理,然后在此基础上以进程管理和存储管理为例来提升 Linux 操作系统理论的深度与广度,可以为实践提供思想和指导。

本书配套了《Linux 操作系统基本原理与应用实训教程》,通过加强实践环节教学,使读者在实践中学习和提高 Linux 操作系统的基本操作技能。

本书既可作为高等学校计算机类和信息技术类专业本科教材,也可作为 Linux 初学者或培训教材。

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

Linux 操作系统基本原理与应用/周奇编著. --北京:清华大学出版社,2016

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-43022-3

I. ①L… II. ①周… III. ①Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 031157 号

责任编辑:焦虹 李晔

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:何芊

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15

字 数:343 千字

版 次:2016 年 6 月第 1 版

印 次:2016 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.80 元

# 编 委 会

主 任：刘文清

副主任：贺桂英 程宏水 周 奇

委 员：刘 柯 王 杰 曹 伟 邓芳芳 吴 永  
邱炳城 王 颖 张 斌 黄枫珊 张 纯  
马祖苑 陈亦兵 苏 绚 钟红君 庞文颖  
张威振 汪海涛 鲁顶柱 刘邦桂 牛玉冰  
邓 聘 朱巍峰 梁培文 李美满 武 峰  
陈元双 邱 立 李绮琳 屈 军 申时全  
杨晓安 周 杰 李 晓

# 出版说明

本套教材的编写以“教育要面向现代化,构建终身学习型社会”为指导思想,以党和国家的教育方针以及高等学校应用型人才培养目标为依据,以思想性、科学性、时代性为原则,以全民学习、终身学习、处处可学、人人皆学为特色,致力于培养高层次应用型人才的创新精神和实践能力,全面体现“大学本科层次”和“应用、实用、适用”的教学要求,力求建立合理的教材体系结构,以适应我国高等教育从规模数量型向质量效益型转变的形势和社会主义市场经济对应用型人才培养的迫切需求。

本套教材均由具有丰富教学、科研实践经验的教师编写,初步规划包括计算思维,Java 高级语言程序设计,Linux 网络服务器配置、管理与实践,Linux 操作系统基本原理与应用,Linux 操作系统基本原理与应用实训,Linux 操作系统安全与性能调优,Photoshop 图像处理与设计、计算机硬件组装与维护、MySQL 数据库原理与应用,信息安全与密码学,网络安全技术,数据库安全技术,移动云计算安全与保护,防火墙与入侵检测技术,网络风险评估,面向对象方法与实践,Java Web 动态网站开发技术,网络攻击与防范技术等教材。

作为从我国高等教育实际情况出发而编写出版的全国性通用教材,本套教材主要供培养本科层次人才的高等学校应用型专业教学使用,还可供高等学校其他相关专业及科技人员使用。

编委会主任 刘文清

# 前言

## foreword

Linux 是一个优秀的日益成熟的操作系统,现在拥有大量的用户。由于其安全、高效、功能强大,具有良好的兼容性和可移植性, Linux 已经被越来越多的人了解和使用。随着 Linux 技术和产品的不断发展和完善,其影响和应用日益扩大。Linux 系统正在占据越来越重要的地位。本书的编写目的是帮助读者掌握 Linux 相关基础知识,理解一些基本原理,提高实际操作技能。

本书以 Red Hat Linux Enterprise Linux 5(5 以上版本均可)为例,对 Linux 基础性知识点进行全面详细的介绍。本书根据初学者的学习规律,先介绍操作系统引论、Linux 的运行模式、Linux 文件和磁盘系统、Linux 用户管理、Linux 的 shell 程序、Linux 网络配置、Linux 系统安全的基本操作及简单原理,然后在此基础之上对进程管理和存储管理为例来提升 Linux 操作系统理论的深度与广度,可以为实践提供思想和指导。

本书具有如下特点:一是结构严谨,内容丰富,作者对 Linux 内容的选取非常严谨,知识点的过渡顺畅自然;二是讲解通俗,步骤详细,每个知识点以及实例的讲解都通俗易懂、步骤详细,并进行了归类处理,读者只要按步骤操作就可以很快上手;三是理论和应用相结合,本书在讲解基本操作的前提下,从理论上对每个知识点的原理和应用背景都进行了详细的阐述,从而让读者在实践中举一反三,能够解决实际中遇到的问题。

本书是在经过多年教产学研的实践以及教学改革探索的基础上,根据高等教育的教学特点编写而成的。其特色是以理论够用,实用,强化应用为原则,使 Linux 初学者得以快速和轻松地进行学习。本书分为 9 章:操作系统引论、Linux 的运行模式、Linux 文件和磁盘系统、Linux 用户管理、Linux 的 shell 程序、Linux 网络配置、Linux 系统安全、进程管理和存储管理。

建议本课程教学时数为 72 学时。

本书涉及的所有程序等相关资源均可在清华大学出版社网站下载, 编者的邮件是 zhouake77@163.com, 欢迎大家相互交流。

由于作者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 2 月

# 目录

# Contents

<b>第 1 章 操作系统引论</b> .....	1
1.1 计算机系统的组成 .....	1
1.2 操作系统的基本概念和功能 .....	2
1.2.1 什么是操作系统 .....	2
1.2.2 操作系统功能 .....	3
1.3 操作系统的目标 .....	8
1.4 操作系统的基本特性 .....	9
1.4.1 并发性 .....	9
1.4.2 共享性 .....	10
1.4.3 虚拟技术 .....	10
1.4.4 异步性 .....	11
1.5 Linux 操作系统简介 .....	11
1.6 Linux 操作系统的组成及版本 .....	14
1.7 Linux 操作系统的特点 .....	16
1.8 习题 .....	17
<b>第 2 章 Linux 的运行模式</b> .....	18
2.1 Linux 的基本操作 .....	18
2.1.1 控制台与终端 .....	18
2.1.2 登录 .....	19
2.1.3 系统注销、关闭与重启 .....	20
2.1.4 修改口令(密码) .....	22
2.2 常用的文本工具 .....	22
2.2.1 磁盘管理 .....	22
2.2.2 查看进程信息 .....	25
2.2.3 关机命令 .....	28
2.2.4 压缩管理 .....	30



2.2.5	联机帮助命令 .....	34
2.3	文本编辑器 vi 的使用 .....	34
2.3.1	vi 概述 .....	34
2.3.2	使用 vi 编辑文档 .....	36
2.3.3	删除和查找 .....	38
2.3.4	vi 的环境设置 .....	39
2.4	应用软件的安装 .....	39
2.4.1	使用 rpm 工具安装应用软件 .....	39
2.4.2	编译安装应用软件 .....	41
2.5	习题 .....	41
<b>第 3 章</b>	<b>Linux 文件和磁盘系统 .....</b>	<b>42</b>
3.1	Linux 文件系统 .....	42
3.1.1	文件系统简介 .....	42
3.1.2	Linux 文件系统 .....	43
3.2	文件的基本操作 .....	51
3.2.1	查看和搜索文件 .....	51
3.2.2	新建、删除文件和目录 .....	58
3.2.3	复制、移动和重命名文件 .....	64
3.2.4	归档管理 .....	66
3.2.5	其他一些常用命令 .....	68
3.3	文件权限管理 .....	71
3.3.1	Linux 文件安全模型 .....	71
3.3.2	修改文件/目录的访问权限 .....	71
3.3.3	改变文件/目录的所有权 .....	73
3.4	即插即用设备的使用 .....	74
3.4.1	光驱的使用 .....	75
3.4.2	U 盘的使用 .....	75
3.5	习题 .....	77
<b>第 4 章</b>	<b>Linux 用户管理 .....</b>	<b>78</b>
4.1	认识用户和组 .....	78
4.2	root 账号 .....	79
4.3	管理用户账号 .....	80
4.3.1	Linux 的影子密码体系 .....	80
4.3.2	setuid 和 setgid .....	82
4.3.3	使用命令行管理用户 .....	83

4.3.4	批量建立用户账号 .....	90
4.4	管理用户组 .....	93
4.4.1	理解组账号信息文件/etc/group .....	94
4.4.2	使用命令行方式管理组 .....	94
4.4.3	组账号信息文件/etc/group .....	96
4.5	习题 .....	96
<b>第 5 章</b>	<b>Linux 的 shell 程序</b> .....	<b>97</b>
5.1	shell 的简介 .....	97
5.1.1	shell 及 shell 编程 .....	97
5.1.2	bash .....	98
5.2	创建和执行 shell 程序 .....	104
5.3	shell 环境变量及设置文件 .....	107
5.3.1	shell 的环境变量 .....	107
5.3.2	shell 配置文件 .....	108
5.4	shell 脚本编程 .....	109
5.4.1	shell 变量 .....	109
5.4.2	shell 控制结构 .....	114
5.4.3	shell 函数 .....	119
5.5	习题 .....	121
<b>第 6 章</b>	<b>Linux 网络配置</b> .....	<b>122</b>
6.1	网络配置基础 .....	122
6.1.1	TCP/TP 协议 .....	122
6.1.2	网络配置基本概念 .....	123
6.1.3	常用的网络命令 .....	127
6.2	在终端中配置网络参数 .....	131
6.2.1	使用命令工具配置网络参数 .....	131
6.2.2	使用 setup 配置网络参数 .....	136
6.3	使用文件配置网络 .....	138
6.3.1	网络接口配置文件 .....	138
6.3.2	域名解析客户端配置 .....	141
6.4	习题 .....	145
<b>第 7 章</b>	<b>Linux 系统安全</b> .....	<b>146</b>
7.1	常见的攻击类型 .....	146
7.2	Linux 日志管理 .....	148

7.2.1	Linux 日志系统简介 .....	148
7.2.2	配置系统日志 .....	149
7.2.3	日志系统 .....	154
7.3	Linux 用户安全 .....	157
7.3.1	Linux 账号安全 .....	157
7.3.2	用户口令安全 .....	160
7.3.3	TCP Wrappers .....	161
7.4	习题 .....	163
<b>第 8 章</b>	<b>进程管理</b> .....	<b>164</b>
8.1	进程 .....	164
8.1.1	程序的顺序执行与并发执行 .....	164
8.1.2	进程的概念 .....	166
8.1.3	进程控制块 .....	168
8.1.4	进程的组织 .....	169
8.1.5	Linux 系统中的进程 .....	169
8.2	进程的运行模式 .....	173
8.2.1	操作系统内核 .....	174
8.2.2	中断与系统调用 .....	175
8.2.3	进程的运行模式 .....	176
8.3	进程控制 .....	177
8.3.1	进程控制的功能 .....	177
8.3.2	Linux 系统的进程控制 .....	178
8.3.3	shell 命令的执行过程 .....	183
8.4	进程调度 .....	183
8.4.1	进程调度的基本原理 .....	184
8.4.2	Linux 系统的进程调度 .....	184
8.5	进程的互斥与同步 .....	188
8.5.1	进程之间的制约关系 .....	188
8.5.2	信号量与 P、V 操作 .....	189
8.5.3	Linux 的信号量机制 .....	191
8.5.4	死锁问题 .....	192
8.6	进程通信 .....	193
8.6.1	进程通信的方式 .....	193
8.6.2	Linux 信号通信原理 .....	194
8.6.3	Linux 管道通信原理 .....	198
8.7	线程 .....	198
8.7.1	线程的概念 .....	198

8.7.2	线程和进程的区别	199
8.7.3	内核级线程与用户级线程	199
8.7.4	Linux 中的线程	200
8.8	习题	201
<b>第 9 章</b>	<b>存储管理</b>	<b>202</b>
9.1	存储管理概述	202
9.1.1	内存的分配与回收	202
9.1.2	地址变换	202
9.1.3	内存的保护	205
9.1.4	内存的扩充	205
9.2	存储管理方案	206
9.2.1	分区存储管理	206
9.2.2	页式存储管理	208
9.2.3	段式存储管理	211
9.2.4	段页式存储管理	213
9.3	虚拟存储管理	213
9.3.1	虚拟存储技术	213
9.3.2	页式虚拟存储器原理	214
9.4	Linux 的存储管理	217
9.4.1	x86 架构的内存访问机制	217
9.4.2	Linux 的内存管理方案	219
9.4.3	进程地址空间的管理	220
9.5	习题	223
	<b>参考文献</b>	<b>224</b>

## 操作系统引论

操作系统是计算机系统的基本系统软件。软件系统中操作系统是所有软件的核心。操作系统负责控制、管理计算机的所有软件、硬件资源,是唯一直接和硬件系统打交道的软件,是整个软件系统的基础部分,同时还为计算机用户提供良好的界面。因此,操作系统直接面对所有硬件、软件 and 用户,它是协调计算机各组成部分之间、人机之间关系的重要软件系统。

### 1.1 计算机系统的组成

计算机系统由两大部分组成,即硬件系统和软件系统,它们一同构成一个完整的计算机系统。人们使用的计算机实际上就是通过操作系统驱动硬件来工作的。计算机硬件和软件既相互依存,又互为补充。

计算机软件是计算机硬件设备上运行的各种程序及其相关资料的总称。没有软件的计算机通常称为“裸机”,而裸机是无法工作的。因此,如果将硬件比喻为“唱片机”,是系统的物质基础,则软件就是“唱片的曲目”,是系统的灵魂。没有软件,硬件就不能正常工作,二者缺一不可。计算机系统的组成如图 1.1 所示。

计算机硬件的性能决定了计算机软件的运行速度、显示效果等,而计算机软件则决定了计算机可进行的工作。可以这样说,硬件是计算机系统的躯体,软件是计算机的头脑和灵魂,只有将这两者有效地结合起来,计算机系统才能成为有生命、有活力的系统。



图 1.1 计算机系统的组成

## 1.2 操作系统的基本概念和功能

### 1.2.1 什么是操作系统

操作系统(Operating System, OS)是计算机系统中最基本的软件。它直接管理和控制计算机的资源,合理地调度资源,使之得到充分的利用,并为用户使用这些资源提供一个方便的操作环境和良好的用户界面。

一种非形式的定义如下: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中的硬件和软件资源,合理地组织计算机工作流程,以便有效地利用这些资源为用户提供一个功能强大、使用方便和可扩展的工作环境,从而在计算机与用户之间起到接口作用。

普通用户使用操作系统,是把操作系统当作一个资源管理者,通过系统提供的系统命令和界面操作等工具,以某种易于理解的方式完成系统管理功能,有效地控制各种硬件资源,组织自己的数据,完成自己的工作并和其他人共享资源。

对于程序员来讲,操作系统提供了一个与计算机硬件等价的扩展或虚拟的计算平台。操作系统提供给程序员的工具除了系统命令、界面操作之外,还有系统调用,系统调用抽象了许多硬件细节,程序可以以某种统一的方式进行数据处理,程序员可以避开许多具体的硬件细节,提高程序开发效率,改善程序移植特性。

## 1.2.2 操作系统功能

### 1. 处理机管理功能

在传统的多道程序系统中,处理机的分配和运行都是以进程为基本单位,因而对处理机的管理可归结为对进程的管理;在引入了线程的 OS 中,也包含对线程的管理。处理机管理的主要功能是创建和撤销进程(线程),对诸进程(线程)的运行进行协调,实现进程(线程)之间的信息交换,以及按照一定的算法把处理机分配给进程(线程)。

#### 1) 进程控制

在传统的多道程序环境下,要使作业运行,必须先为它创建一个或几个进程,并为之分配必要的资源。当进程运行结束时,立即撤销该进程,以便能及时回收该进程所占用的各类资源。进程控制的主要功能是为作业创建进程,撤销已结束的进程,以及控制进程在运行过程中的状态转换。在现代 OS 中,进程控制还应具有为一个进程创建若干个线程的功能和撤销(终止)已完成任务的线程的功能。

#### 2) 进程同步

进程是以异步方式运行的,并以人们不可预知的速度向前推进。为使多个进程能有条不紊地运行,系统中必须设置进程同步机制。进程同步的主要任务是为多个进程(含线程)的运行进行协调。有两种协调方式:

(1) 进程互斥方式。这是指诸进程(线程)在对临界资源进行访问时,应采用互斥方式。

(2) 进程同步方式。这是指在相互合作去完成共同任务的诸进程(线程)间,由同步机构对它们的执行次序加以协调。

#### 3) 进程通信

在多道程序环境下,为了加速应用程序的运行,应在系统中建立多个进程,并且再为一个进程建立若干个线程,由这些进程(线程)相互合作去完成一个共同的任务。而在这些进程(线程)之间,又往往需要交换信息。例如,有三个相互合作的进程,它们是输入进程、计算进程和打印进程。输入进程负责将所输入的数据传送给计算进程;计算进程利用输入数据进行计算,并把计算结果传送给打印进程;最后,由打印进程把计算结果打印出来。进程通信的任务就是用来实现在相互合作的进程之间的信息交换。

#### 4) 调度

在后备队列上等待的每个作业都需经过调度才能执行。在传统的操作系统中,包括作业调度和进程调度两步。

作业调度。作业调度的基本任务是从后备队列中按照一定的算法,选择出若干个作业,为它们分配运行所需的资源(首先是分配内存)。在将它们调入内存后,便分别为它们建立进程,使它们都成为可能获得处理机的就绪进程,并按照一定的算法将它们插入就绪队列。

进程调度。进程调度的任务是从进程的就绪队列中,按照一定的算法选出一个进程,把处理机分配给它,并为它设置运行现场,使进程投入执行。值得注意的是,在多线

程 OS 中,通常是把线程作为独立运行和分配处理机的基本单位,为此,须把就绪线程排成一个队列,每次调度时,是从就绪线程队列中选出一个线程,把处理机分配给它。

## 2. 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程序分配内存空间,使它们“各得其所”;提高存储器的利用率,以减少不可用的内存空间;允许正在运行的程序申请附加的内存空间,以适应程序和数据动态增长的需要。

OS 在实现内存分配时,可采取静态和动态两种方式。在静态分配方式中,每个作业的内存空间是在作业装入时确定的;在作业装入后的整个运行期间,不允许该作业再申请新的内存空间,也不允许作业在内存中“移动”。在动态分配方式中,每个作业所要求的基本内存空间也是在装入时确定的,但允许作业在运行过程中继续申请新的附加内存空间,以适应程序和数据的动态增长,也允许作业在内存中“移动”。

为了实现内存分配,在内存分配的机制中应具有这样的结构和功能:

(1) 内存分配数据结构。该结构用于记录内存空间的使用情况,作为内存分配的依据;

(2) 内存分配功能。系统按照一定的内存分配算法为用户程序分配内存空间;

(3) 内存回收功能。系统对于用户不再需要的内存,通过用户的释放请求去完成系统的回收功能。

### 2) 内存保护

内存保护的主要任务是确保每道用户程序都只在自己的内存空间内运行,彼此互不干扰;绝不允许用户程序访问操作系统的程序和数据;也不允许用户程序转移到非共享的其他用户程序中去执行。

为了确保每道程序都只在自己的内存区中运行,必须设置内存保护机制。一种比较简单的内存保护机制是设置两个界限寄存器,分别用于存放正在执行程序的上界和下界。系统须对每条指令所要访问的地址进行检查,如果发生越界,便发出越界中断请求,以停止该程序的执行。如果这种检查完全用软件实现,则每执行一条指令,便须增加若干条指令去进行越界检查,这将显著降低程序的运行速度。因此,越界检查都由硬件实现。当然,对发生越界后的处理,还须与软件配合来完成。

### 3) 地址映射

一个应用程序(源程序)经编译后,通常会形成若干个目标程序;这些目标程序再经过链接便形成了可装入程序。这些程序的地址都是从 0 开始的,程序中的其他地址都是相对于起始地址计算的。由这些地址所形成的地址范围称为“地址空间”,其中的地址称为“逻辑地址”或“相对地址”。此外,由内存中的一系列单元所限定的地址范围称为“内存空间”,其中的地址称为“物理地址”。

在多道程序环境下,每道程序不可能都从 0 地址开始装入(内存),这就致使地址空间内的逻辑地址和内存空间中的物理地址不相一致。为使程序能正确运行,存储器管理必须提供地址映射功能,以将地址空间中的逻辑地址转换为内存空间中与之对应的物理



地址。该功能应在硬件的支持下完成。

置换功能。若发现在内存中已无足够的空间来装入需要调入的程序和数据时,系统应能将内存中的一部分暂时不用的程序和数据调至磁盘上,以腾出内存空间,然后再将所需调入的部分装入内存。

#### 4) 内存扩充

存储器管理中的内存扩充任务并非是去扩大物理内存的容量,而是借助于虚拟存储技术,从逻辑上去扩充内存容量,使用户所感觉到的内存容量比实际内存容量大得多,以便让更多的用户程序并发运行。这样,既满足了用户的需要,又改善了系统的性能。为此,只需增加少量的硬件。为了能在逻辑上扩充内存,系统必须具有内存扩充机制,用于实现下述各功能:

请求调入功能。允许在装入一部分用户程序和数据的情况下,便能启动该程序运行。在程序运行过程中,若发现要继续运行时所需的程序和数据尚未装入内存,可向 OS 发出请求,由 OS 从磁盘中将所需部分调入内存,以便继续运行。

置换功能。若发现在内存中已无足够的空间来装入需要调入的程序和数据时,系统应能将内存中的一部分暂时不用的程序和数据调至盘上,以腾出内存空间,然后再将所需调入的部分装入内存。

### 3. 设备管理功能

#### 1) 缓冲管理

CPU 运行的高速性和 I/O 低速性间的矛盾自计算机诞生时起便已存在了。而随着 CPU 速度迅速提高,使得此矛盾更为突出,严重降低了 CPU 的利用率。如果在 I/O 设备和 CPU 之间引入缓冲,则可有效地缓和 CPU 与 I/O 设备速度不匹配的矛盾,提高 CPU 的利用率,进而提高系统吞吐量。因此,在现代计算机系统中,都无一例外地在内存中设置了缓冲区,而且还可通过增加缓冲区容量的方法来改善系统的性能。

#### 2) 设备分配

设备分配的基本任务是根据用户进程的 I/O 请求、系统的现有资源情况以及按照某种设备的分配策略,为之分配其所需的设备。如果在 I/O 设备和 CPU 之间还存在着设备控制器和 I/O 通道时,还须为分配出去的设备分配相应的控制器和通道。

为了实现设备分配,系统中应设置设备控制表、控制器控制表等数据结构,用于记录设备及控制器的标识符和状态。根据这些表格可以了解指定设备当前是否可用,是否忙碌,以供进行设备分配时参考。在进行设备分配时,应针对不同的设备类型而采用不同的设备分配方式。对于独占设备(临界资源)的分配,还应考虑到该设备被分配出去后系统是否安全。在设备使用完后,应立即由系统回收。

#### 3) 设备处理

设备处理程序又称为设备驱动程序。其基本任务是用于实现 CPU 和设备控制器之间的通信,即由 CPU 向设备控制器发出 I/O 命令,要求它完成指定的 I/O 操作;反之,由 CPU 接收从控制器发来的中断请求,并给予迅速的响应和相应的处理。

处理过程是:设备处理程序首先检查 I/O 请求的合法性,了解设备状态是否是空闲