

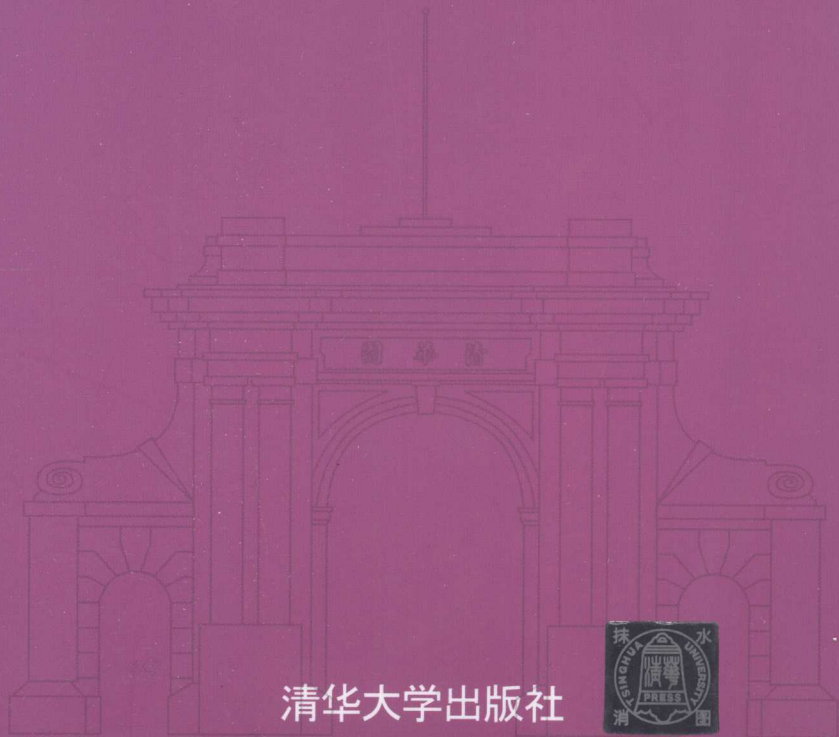
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学 计算机系列教材

张尧学 编著

计算机操作系统教程（第4版）

习题解答与实验指导



清华大学出版社



C14006782

TP316-44
11-4

清华大学 计算机系列教材

张尧学 编著

计算机操作系统教程 (第4版)

习题解答与实验指导



北航 C1693832

清华大学出版社

北京

TP316-44

11-4

01006785

内 容 简 介

本书是作者在清华大学计算机系多年教学经验和科研成果的基础上,配合清华大学计算机系列教材之一的《计算机操作系统教程》(第4版)而编写的相关习题解答和实验指导。全书分为两大部分:第一部分是《计算机操作系统教程》(第4版)中各章习题的参考解答和部分硕士研究生入学考试试题及解答;第二部分为清华大学计算机系操作系统课程教学用实验指导及相应的程序设计与源代码分析。实验主要设计在Linux环境下用C语言编程完成,也可在UNIX系统V或其他更高版本的UNIX环境下完成。

本书既可作为计算机专业和其他相关专业操作系统课程的补充教材,也可供有关人员自学,或供操作系统等系统设计人员阅读和参考。

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

计算机操作系统教程习题解答与实验指导/张尧学编著.--4版.--北京:清华大学出版社,2013
清华大学计算机系列教材
ISBN 978-7-302-33675-4

I. ①计… II. ①张… III. ①操作系统—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第206346号

责任编辑:白立军 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:沈露

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:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:9.5

字 数:227千字

版 次:1993年11月第1版 2013年11月第4版

印 次:2013年11月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00元

产品编号:055443-01

序

“清华大学计算机系列教材”已经出版发行了 30 余种,包括计算机科学与技术专业的基础数学、专业技术基础和专业等课程的教材,覆盖了计算机科学与技术专业本科生和研究生的主要教学内容。这是一批至今发行数量很大并赢得广大读者赞誉的书籍,是近年来出版的大学计算机专业教材中影响比较大的一批精品。

本系列教材的作者都是我熟悉的教授与同事,他们长期在第一线担任相关课程的教学工作,是一批很受本科生和研究生欢迎的任课教师。编写高质量的计算机专业本科生(和研究生)教材,不仅需要作者具备丰富的教学经验和科研实践,还需要对相关领域科技发展前沿的正确把握和了解。正因为本系列教材的作者们具备了这些条件,才有了这批高质量优秀教材的产生。可以说,教材是他们长期辛勤工作的结晶。本系列教材出版发行以来,从其发行的数量、读者的反映、已经获得的国家级与省部级的奖励,以及在各个高等院校教学中所发挥的作用上,都可以看出本系列教材所产生的社会影响与效益。

计算机学科发展异常迅速,内容更新很快。作为教材,一方面要反映本领域基础性、普遍性的知识,保持内容的相对稳定性;另一方面,又需要紧跟科技的发展,及时地调整和更新内容。本系列教材都能按照自身的需要及时地做到这一点。如王爱英教授等编著的《计算机组成与结构》、戴梅萼教授等编著的《微型计算机技术及应用》都已经出版了第四版,严蔚敏教授的《数据结构》也出版了三版,使教材既保持了稳定性,又达到了先进性的要求。

本系列教材内容丰富,体系结构严谨,概念清晰,易学易懂,符合学生的认知规律,适合教学与自学,深受广大读者的欢迎。系列教材中多数配有丰富的习题集、习题解答、上机及实验指导和电子教案,便于学生理论联系实际地学习相关课程。

随着我国进一步的开放,我们需要扩大国际交流,加强学习国外的先进经验。在大学教材建设上,我们也应该注意学习和引进国外的先进教材。但是,“清华大学计算机系列教材”的出版发行实践以及它所取得的效果告诉我们,在当前形势下,编写符合国情的具有自主版权的高质量教材仍具有重大意义和价值。它与国外原版教材不仅不矛盾,而且是相辅相成的。本系列教材的出版还表明,针对某一学科培养的要求,在教育部等上级部门的指导下,有计划地组织任课教师编写系列教材,还能促进对该学科科学、合理的教学体系和内容的研究。

我希望今后有更多、更好的我国优秀教材出版。

清华大学计算机系教授,中国科学院院士

张钹

第 4 版前言

计算机技术的飞速发展正在引发新一轮世界性技术革命。在经济发展越来越全球化、科技创新越来越国际化、知识经济已初见端倪的今天,任何一门技术或任何一个领域离开了计算机都是不可想象的。而计算机技术发展之迅速,计算机及其相关 IT 产品市场竞争之激烈,计算机产业让人致富速度之迅猛,也同样是人们始料不及的。在 21 世纪,任何想在技术领域有一番作为的人,都不得面对计算机技术的挑战。

软件技术是计算机系统的灵魂与核心,而操作系统更是计算机系统的大脑。“想发财,学软件!”在一些国家已成为深入人心的广告词。在我国,科技创新、高科技产业化的浪潮也势必会以雷霆万钧之力推动软件技术的迅猛发展与普及。21 世纪的哪一行哪一业能够离开软件呢?

学习计算机软件技术,特别是计算机操作系统技术,除了需要刻苦努力外,还需要掌握软件和操作系统的原理与设计技巧。这些原理与技巧可以说是计算机界的前辈们一代接一代不停顿的努力所留下的知识与智慧的结晶,学习和掌握它们对于激发自己的创造力和想象力是很有帮助的。

如何学习和掌握操作系统技术的原理与实际技巧呢?除了听课和读书之外,最好的方法就是在实践中练习。例如,自己设计一个小型操作系统,多使用操作系统,多阅读和分析操作系统源代码等。当前非常流行的 Linux 操作系统的原始版事实上也是一位优秀的大学生的练习之作。除了上述练习方法之外,习题和实验也是很重要的实践之一。

本书是配合《计算机操作系统教程》(第 4 版)的习题解答与实验指导书。本书除给出《计算机操作系统教程》(第 4 版)各章所附习题的参考答案外,还给出一些有关的综合试题及其参考答案;另外,还设计了 4 个在 Linux 环境下或 UNIX 环境下的小实验,包括进程控制、进程通信、内存管理以及文件系统设计等,并给出了这 4 个实验的参考编程解答。

本书的编写得到了清华大学计算机系网络系统组杨华杰的大力支持和帮助,她对本书中的部分习题进行了解答和完善,而且重新编写了实验程序。

本书虽然给出了《计算机操作系统教程》(第 4 版)一书中习题的参考解答和相关实验指导,但由于作者的水平与知识所限,这些解答只是一种参考,里面完全可能存在错误和不妥之处,有待于有识之士的指教。此外,还希望读者不要局限于这些解答。

衷心希望本书能对学习计算机操作系统和计算机软件的人们有所帮助!

作者

2013 年 6 月于清华园

目 录

第一部分 习题解答	1
第 1 章 绪论	3
第 2 章 操作系统用户界面	5
第 3 章 进程管理	9
第 4 章 处理机调度	21
第 5 章 存储管理	27
第 6 章 进程与存储管理示例	33
第 7 章 Windows 的进程与内存管理	37
第 8 章 文件系统	43
第 9 章 设备管理	49
第 10 章 Linux 文件系统	53
第 11 章 Windows 的设备管理和文件系统	56
第 12 章 嵌入式操作系统简介	59
综合试题	61
操作系统综合练习试题 1	61
操作系统综合练习试题 1 解答	62
操作系统综合练习试题 2	64
操作系统综合练习试题 2 解答	65
操作系统综合练习试题 3	68
操作系统综合练习试题 3 解答	68
第二部分 实验指导	71
系统调用函数说明、参数值及定义	73
实验 1 进程管理	80
实验 2 进程间通信	82
实验 3 存储管理	83
实验 4 文件系统设计	85
实验 1 指导	86
实验 2 指导	94
实验 3 指导	98
实验 4 指导	107

第一部分

习题解答

第 1 章 绪 论

1.1 什么是操作系统的基本功能?

答: 操作系统的职能是管理和控制计算机系统中的所有硬件和软件资源, 合理地组织计算机工作流程, 并为用户提供一个良好的工作环境和友好的接口。操作系统的基本功能包括处理机管理、存储管理、设备管理、信息管理(文件系统管理)和用户接口等。

1.2 什么是批处理、分时和实时系统? 它们各有什么特征?

答: 批处理系统(batch processing operating system): 操作员把用户提交的作业分类, 把一批作业编成一个作业执行序列, 由专门编制的监督程序(monitor)自动依次处理。其主要特征是用户脱机使用计算机、成批处理以及多道程序运行。

分时系统(time sharing operating system): 把处理机的运行时间分成很短的时间片, 按时间片轮转的方式把处理机分配给各进程使用。其主要特征是交互性、多用户同时性和独立性。

实时系统(real time operating system): 在被控对象允许时间范围内作出响应。其主要特征是: 对实时信息分析处理速度要比进入系统快, 要求安全可靠, 资源利用率低。

1.3 多道程序(multiprogramming)和多重处理(multiprocessing)有何区别?

答: 多道程序是作业之间自动调度执行、共享系统资源, 并不是真正地同时执行多个作业; 而多重处理系统配置多个 CPU, 能真正同时执行多道程序。要有效使用多重处理, 必须采用多道程序设计技术, 而多道程序设计原则上不一定要要求多重处理系统的支持。

1.4 讨论操作系统可以从哪些角度出发? 如何把它们统一起来?

答: 讨论操作系统可以从以下角度出发: (1) 操作系统是计算机资源的管理者; (2) 操作系统为用户提供使用计算机的界面; (3) 用进程管理观点研究操作系统, 即围绕进程运行过程来讨论操作系统。

上述这些观点彼此并不矛盾, 分别代表了从不同角度看待同一事物(操作系统)的观点。每一种观点都有助于理解、分析和设计操作系统。

1.5 写出 1.6 节中巡回置换算法的执行结果。

答: 1.6 节中的巡回置换算法要求:

设 $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

$p[i]=4, 7, 3, 1, 2, 5, 6$

当 $k \in [1 \cdots n]$

$k=P[\dots, p[k], \dots]$ 。

从而有如下解。

(1) 算法如下:

```
local x, k          /* x 和 k 为局部变量 * /
begin
  k←1              /* 初始化 k * /
  while k≤7 do
    x←k
    repeat
      print(x)
      x←p[x]
    until x=k
    k←k+1
  od
end
```

(2) 打印结果如下。

k=1 时, 置换过程为: 1 4 1。

k=2 时, 置换过程为: 2 7 6 5 2。

k=3 时, 置换过程为: 3 3。

k=4 时, 置换过程为: 4 1 4。

k=5 时, 置换过程为: 5 2 7 6 5。

k=6 时, 置换过程为: 6 5 2 7 6。

k=7 时, 置换过程为: 7 6 5 2 7。

1.6 设计计算机操作系统与哪些硬件器件有关?

答: 计算机系统的重要功能之一是对硬件资源的管理。因此设计计算机系统时应考虑下述计算机硬件资源:

- (1) CPU 与指令的长度及执行方式;
- (2) 内存、缓存和高速缓存等存储装置;
- (3) 各类寄存器, 包括各种通用寄存器、控制寄存器和状态寄存器等;
- (4) 中断机构;
- (5) 外部设备与 I/O 控制装置;
- (6) 内部总线与外部总线;
- (7) 对硬件进行操作的指令集。

第 2 章 操作系统用户界面

2.1 什么是作业和作业步？

答：把在一次应用业务处理过程中，从输入开始到输出结束，用户要求计算机所做的有关该次业务处理的全部工作称为一个作业。从系统的角度看，作业则是一个比程序更广的概念。作业由程序、数据和作业说明书组成。系统通过作业说明书控制文件形式的程序和数据，使之执行和操作。而且，在批处理系统中，作业是抢占内存的基本单位。也就是说，批处理系统以作业为单位把程序和数据调入内存以便执行。作业由顺序相连的不同作业步组成。

作业步是在一个作业的处理过程中计算机所做的相对独立的工作。例如，编辑输入是一个作业步，它产生源程序文件；编译也是一个作业步，它产生目标代码文件。

2.2 作业由哪几部分组成？这几部分各有什么功能？

答：作业由 3 部分组成：程序、数据和作业说明书。程序和数据完成用户所要求的业务处理工作，系统通过作业说明书控制文件形式的程序和数据，使之执行和操作。

2.3 作业的输出方式有几种？各有何特点？

答：作业的输出方式有 5 种：联机输入方式、脱机输入方式、直接耦合方式、Spooling (Simultaneous Peripheral Operations Online) 系统和网络联机方式，这 5 种输入方式各有如下特点。

(1) 联机输入方式：用户和系统通过交互式会话来输入作业。

(2) 脱机输入方式：利用低档个人计算机作为外围处理机进行输入处理，存储在后援存储器上，然后将此后援存储器连接到高速外围设备上和主机相连，从而在较短的时间内完成作业的输出工作。

(3) 直接耦合方式：把主机和外围低档机通过一个公用的大容量外存直接耦合起来，从而省去了在脱机输入中那种依靠人工干预来传递后援存储器的过程。

(4) Spooling 系统：可译为外围设备同时联机操作。在 Spooling 系统中，多台外围设备通过通道或 DMA 器件和主机与外存连接起来，作业的输出输入过程由主机中的操作系统控制。

(5) 网络联机方式：以上述几种输入输出方式为基础。当用户通过计算机网络中的某一台设备对计算机网络中的另一台主机进行输入输出操作时，就构成了网络联机方式。

2.4 试述 Spooling 系统的工作原理。

答：在 Spooling 系统中，多台外围设备通过通道或 DMA 器件和主机与外存连接起来，作业的输出输入过程由主机中的操作系统控制。操作系统中的输入程序包含两个独立的过程，一个过程负责从外部设备把信息读入缓冲区；另一个过程是写过程，负责把缓冲区中的

信息送入到外存输入井中。

在系统输入模块收到作业输入请求后,输入管理模块中的读过程负责将信息从输入装置读入缓冲区。当缓冲区满时,由写过程将信息从缓冲区写到外存输入井中。读过程和写过程反复循环,直到一个作业输入完毕。当读过程读到一个硬件结束标志后,系统再次驱动写过程把最后一批信息写入外存并调用中断处理程序结束该次输入。然后,系统为该作业建立作业控制块(JCB),从而使输入井中的作业进入作业等待队列,等待作业调度程序选中后进入内存。

2.5 操作系统为用户提供哪些接口? 它们的区别是什么?

答:操作系统为用户提供两个接口。一个是系统为用户提供的各种命令接口,用户利用这些操作命令来组织和控制作业的执行或管理计算机系统。另一个接口是系统调用,编程人员使用系统调用来请求操作系统提供服务,例如申请和释放外设等类资源、控制程序的执行速度等。

2.6 作业控制方式有哪几种? 调查你周围的计算机的作业控制方式。

答:作业控制的主要方式有两种:脱机方式和联机方式。

脱机控制方式利用作业控制语言来编写表示用户控制意图的作业控制程序,也就是作业说明书。作业控制语言的语句就是作业控制命令。不同的批处理系统提供不同的作业控制语言。

联机控制方式不同于脱机控制方式,它不要求用户填写作业说明书,系统只为用户提供一组键盘或其他操作方式的命令。用户使用操作系统提供的操作命令和系统会话,交互地控制程序执行和管理计算机系统。

2.7 什么是系统调用? 系统调用与一般用户程序有什么区别? 与库函数和实用程序又有什么区别?

答:系统调用是操作系统提供给编程人员的唯一接口。编程人员利用系统调用,在源程序一级动态请求和释放系统资源,调用系统中已有的系统功能来完成那些与机器硬件部分相关的工作以及控制程序的执行速度等。因此,系统调用像一个黑箱子那样,对用户屏蔽了操作系统的具体动作而只提供有关的功能。它与一般用户程序、库函数和实用程序的区别是:系统调用程序是在核心态执行,调用它们需要一个类似于硬件中断处理的中断处理机制来提供系统服务。

2.8 简述系统调用的实现过程。

答:用户在程序中使用系统调用,给出系统调用名和函数后,即产生一条相应的陷入指令,通过陷入处理机制调用服务,引起处理机中断,然后保护处理机现场,取系统调用功能号并寻找子程序入口,通过入口地址表来调用系统子程序,然后返回用户程序继续执行。

2.9 为什么说分时系统没有作业的概念?

答:因为在分时系统中,每个用户得到的时间片有限,用户的程序和数据信息直接输入

到内存工作区中和其他程序一起抢占系统资源投入执行,而不必进入外存输入井等待作业调度程序选择。因此,分时系统没有作业控制表,也没有作业调度程序。

2.10 Linux 操作系统为用户提供哪些接口? 试举例说明。

答: Linux 系统为用户提供两种接口,一种是面向操作命令的接口 Shell,另一种是面向编程用户的接口,即系统调用。常见的 Shell 命令有 login, logout, vi, emacs, cp, rm, ls, cc, link, adduser, chown, dbx, date 等;常见的系统调用有 ioctl, read, write, open, close, creat, execl, flock, stat, mount, fork, wait, exit, socket 等。

2.11 在你周围装有 Linux 系统的计算机上,查看有关 Shell 的基本命令,并编写一个简单的 Shell 程序,完成一个已有数据文件的复制和打印。

答: 假设需要将文件 src.txt 复制为 dst.txt, Shell 程序如下:

```
#!/bin/bash
#copy file
cat src.txt>dst.txt
#print file
cat src.txt>/dev/lp
```

2.12 用 Linux 文件读写的相关系统调用编写 copy 程序。

答: 假设 copy 程序的执行格式为 copy src dst, 程序的代码如下:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#define BUFSIZE 8192
int main(char ** argv, int argc)
{
    if (argc!=3)
    {
        print("\n usage: copy src dst\n");
        return -1;
    }
    int src,dst;
    char buf[BUFSIZE];
    int n;

    src=open(argv[1], O_RDONLY);
    dst=open(argv[2], O_RDWR | O_CREAT | O_TRUNC, S_IRUSR | S_IWUSR | S_IXUSR);
    while ((n=read(src,buf,BUFSIZE))>0)
    {
        if (write(dst,buf,n)!=n)
            print("write error!")
    }
}
```

```

}
if (n<0)
    print("read error!");
close(src);
close(dst);
exit(0);

```

2.13 用 Windows 的 dll 接口编写 copy 程序。

答: (1) 实现 dll 的程序:

```

dlltest.cpp
#include "windows.h"
BOOL WINAPI DllMain(HANDLE hModule,
                    DWORD ul_reason_for_call,
                    LPVOID lpReserved)
{
    return TRUE;
}

extern "C" __declspec(dllexport) int MyCopyFile(LPCSTR src,LPCSTR tar)
{
    if (CopyFile(src,tar,FALSE)==TRUE)
    {
        return 1;
    }
    else
    {
        return 0;
    }
}

```

(2) 测试 dll 的程序:

```

#include "windows.h"

extern "C" __declspec (dllimport) int MyCopyFile(LPCSTR,LPCSTR);
int main(int argc, char * argv[])
{
    MyCopyFile("C:\\1.txt","C:\\2.txt");
    return 0;
}

```

第3章 进程管理

3.1 有人说,一个进程是由伪处理机执行的一个程序,这话对吗?为什么?

答:对。

因为伪处理机的概念只有在执行时才存在,它表示多个进程在单处理机上并发执行的一个调度单位。因此,尽管进程是动态概念,是程序的执行过程,但是,在多个进程并行执行时,仍然只有一个进程占据处理机执行,而其他并发进程则处于就绪或等待状态。这些并发进程就相当于由伪处理机执行的程序。

3.2 试比较进程和程序的区别。

答:(1) 进程是一个动态概念,而程序是一个静态概念,程序是指令的有序集合,无执行含义,进程则强调执行的过程。

(2) 进程具有并行特征(独立性、异步性),程序则没有。

(3) 不同的进程可以包含同一个程序,同一程序在执行中也可以产生多个进程。

3.3 我们说程序的并发执行将导致最终结果失去封闭性。这话对所有的程序都成立吗?试举例说明。

答:并非对所有的程序均成立。例如:

```
begin
    local x
    x:=10
    print(x)
end
```

上述程序中 x 是内部变量,不可能被外部程序访问,因此这段程序的运行不会受外部环境影响。

3.4 试比较作业和进程的区别。

答:一个进程是一个程序对某个数据集的执行过程,是分配资源的基本单位。作业是用户为了让计算机完成某项任务而要求计算机所做工作的集合。一个作业的完成要经过作业提交、作业收容、作业执行和作业完成 4 个阶段。而进程是已提交完毕的程序的执行过程的描述,是资源分配的基本单位。二者的主要区别如下:

(1) 作业是用户向计算机提交任务的任务实体。在用户向计算机提交作业之后,系统将它放入外存中的作业等待队列中等待执行。而进程则是完成用户任务的执行实体,是向系统申请分配资源的基本单位。任一进程,只要它被创建,总有相应的部分存在于内存中。

(2) 一个作业可由多个进程组成,且必须至少由一个进程组成,但反过来不成立。

(3) 作业的概念主要用在批处理系统中,像 UNIX 这样的分时系统中则没有作业的概念。

念。而进程的概念则用在几乎所有的多道程序系统中。

3.5 在 UNIX System V 中,系统程序所对应的正文段未被考虑成进程上下文的一部分,为什么?

答:因为系统程序的代码被用户程序所共享,因此如果每个进程在保存进程上下文时,都将系统程序代码放到其进程上下文中,则大大浪费了资源。因此系统程序的代码不放在进程上下文中,而是统一放在核心程序所处的内存中。

3.6 什么是临界区?试举一个临界区的例子。

答:临界区是指不允许多个并发进程交叉执行的一段程序。它是由于不同并发进程的程序段共享公用数据或公用数据变量而引起的,所以它又被称为访问公用数据的那段程序。例如:

```
getspace:
begin
    local g
    g=stack[top]
    top=top-1
end
release(ad):
begin
    top=top+1
    stack[top]=ad
end
```

3.7 并发进程间的制约有哪两种?引起制约的原因是什么?

答:并发进程所受的制约有两种:直接制约和间接制约。

直接制约是由并发进程互相共享对方的私有资源所引起的。间接制约是由竞争共有资源而引起的。

3.8 什么是进程间的互斥?什么是进程间的同步?

答:进程间的互斥是指:一组并发进程中的一个或多个程序段,因共享某一公有资源而导致它们必须以一个不许交叉执行的单位执行,即不允许两个以上的共享该资源的并发进程同时进入临界区。

进程间的同步是指:异步环境下的一组并发进程因直接制约互相发送消息而进行互相合作、互相等待,是各进程按一定的速度执行的过程。

3.9 试比较 P、V 原语法和加锁法实现进程间互斥的区别。

答:互斥的加锁实现是这样的:当某个进程进入临界区之后,它将锁上临界区,直到它退出临界区时为止。并发进程在申请进入临界区时,首先测试该临界区是否是上锁的,如果该临界区已被锁住,则该进程要等到该临界区开锁之后才有可能获得临界区。

但是加锁法存在如下弊端：(1)循环测试锁定位将损耗较多的 CPU 计算时间；(2)产生不公平现象。

为此，P、V 原语法采用信号量管理相应临界区的公有资源，信号量的数值仅能由 P、V 原语操作改变，而 P、V 原语执行期间不允许中断发生。其过程是这样的：当某个进程正在临界区内执行时，其他进程如果执行了 P 原语，则该进程并不像 lock 时那样因进不了临界区而返回到 lock 的起点，等以后重新执行测试，而是在等待队列中等待由其他进程做 V 原语操作释放资源后，进入临界区，这时 P 原语才算真正结束。若有多个进程做 P 原语操作而进入等待状态之后，一旦有 V 原语释放资源，则等待进程中的一个进入临界区，其余的继续等待。

总之，加锁法是采用反复测试 lock 而实现互斥的，存在 CPU 浪费和不公平现象，P、V 原语使用了信号量，克服了加锁法的弊端。

3.10 设在 3.6 节中所描述的生产者-消费者问题中，其缓冲部分由 m 个长度相等的有界缓冲区组成，且每次传输数据长度等于有界缓冲区长度，生产者和消费者可对缓冲区同时操作。重新描述发送过程 deposit(data)和接收过程 remove(data)。

答：设第 i 块缓冲区的公用信号量为 $\text{mutex}[i]$ ，保证生产者进程和消费者进程对同一块缓冲区操作的互斥，初始值为 1。设信号量 avail 为生产者进程的私用信号量，初始值为 m ；信号量 full 为消费者进程的私用信号量，初始值为 0。从而有

```
deposit(data)
begin
    P(avail)
    选择一个空缓冲区 i
    P(mutex[i])
    送数据入缓冲区 i
    V(full)
    V(mutex[i])
end
```

```
remove(data)
begin
    P(full)
    选择一个满缓冲区 i
    P(mutex[i])
    取缓冲区 i 中的数据
    V(avail)
    V(mutex[i])
end
```

3.11 两个进程 P_A 和 P_B 通过两个 FIFO 缓冲区队列连接(如下图所示)，每个缓冲区长度等于传送消息长度。进程 P_A 和 P_B 之间的通信满足如下条件：

- (a) 至少有一个空缓冲区存在时，相应的发送进程才能发送一个消息。