考试科目名称 操作系统

考试方式： 闭卷 考试日期 2021 年 6 月 26 日 教师

系（专业） 年级 班级

学号 姓名 成绩

题号	一	二
分数		

得分	

一、综合题（共 42 分）

1. UNIX 系统中，执行 Shell 命令：**cat** fileA.txt fileB.txt **| sort >** sorted.txt

cat，拼接指定的若干个文件的内容并输出到标准输出设备

sort，排序指定文件或标准输入设备文件的内容，默认升序排序

文件内容如下：

fileA.txt	fileB.txt
2	3
4	8
1	5
6	7

试回答如下问题（8 分）：

（一）该命令的执行结果是什么？

（二）该命令执行过程中，会创建几个进程？与 shell 的关系如何？

（三）该命令执行过程中，创建了一种什么类型的进程间通信机制？简要描述其实现，并列举几种常见的进程间通信机制（不少于 2 个）；

（四）该命令执行过程中，还涉及到了输入输出重定向，请指出输入重定向和输出重定向的具体位置，简要描述输入输出重定机制的实现；

答：（一）输出一个文件 sorted.txt 文件，文件中的内容为 1 2 3 4 5 6 7 8

（二）创建 2 个进程，都是 shell 的子进程

（三）管道通信机制。基于文件系统实现的通信机制，可分为有名管道和匿名管道。

常见的进程间通信：共享内存、信号机制、套接字

（四）cat 进程输出重定向到管道，sort 进程输入重定向到管道，输出重定向到 sorted.txt 文件

输入重定向指不使用标准输入端口输入文件，而是使用指定的文件作为标准输入设备。

输出重定向就是指不使用标准输出设备显示信息，而是指定某个文件做为标准输出设备来存储文件信息。

2. 一个具有**两道**作业的批处理系统，作业调度采用短作业优先调度算法，进程调度采用基于优先数的抢占式调度算法（作业优先数即为对应的进程优先数，优先数越小，优先级越高）。

作业名	到达时间	估计运行时间（分钟）	优先数
Job1	9:00	30	4
Job2	9:10	35	2
Job3	9:35	15	3
Job4	9:40	10	1

试回答如下问题（6 分）：

（一） 列出各作业**进入主存时间**与结束时间，并计算作业的平均周转时间；

（二） 请列出其他几种常见的进程调度算法（不少于 2 种）；

（三） 进程调度算法往往需要平衡 IO 密集型和计算密集型进程占用 CPU 的时间，设计此类算法最关键的问题是什么（请结合课上介绍的某个具体的算法进行讨论）？

（四） 请简要讨论抢占式调度算法与非抢占式调度算法的优缺点。

答：（一）

	进入主存	结束
Job1	9:00	10:30
Job2	9:10	9:45
Job3	9:55	10:10
Job4	9:45	9:55

平均周转时间为 （90+35+35+15）/4=43.75min

（二）时间片轮转、先来先服务、最高响应比等

（三）最关键问题是预测进程的行为。例如老化算法，可根据进程历史行为来预测其后续行为；

（四）抢占式：优点：不会使得一个低优先级进程长时间占用 CPU，更好响应优先级高的进程；缺点：进行进程调度浪费太多时间

非抢占式：优点：进程调度少，CPU 利用率高；缺点：可能会使一个低优先级进程霸占 CPU，紧急的进程不能响应

3. 若某个系统中有 5 个并发进程分别是 P0、P1、P2、P3、P4，四类资源，分别标记为 A、B、C、D，系统目前各进程的资源分配和申请情况如下表所示：

Process	Allocation	Claim	Available
	A B C D	A B C D	A B C D
P0	0 0 2 1	2 0 3 2	1 2 1 2
P1	1 0 0 0	3 1 2 1	
P2	1 2 0 0	2 3 1 2	
P3	0 1 1 0	0 2 1 1	
P4	1 0 1 2	2 1 3 4	

试回答如下问题（6 分）：

（一） 该系统目前是否安全，如果安全，请给出一个安全序列？

（二） 若此时 P1 发起资源申请(1, 0, 1, 0)，能否满足 P1 申请（简要说明理由）？

（三） 若此时 P4 发起资源申请(1, 1, 1, 1)，能否满足 P4 申请（简要说明理由）？

答：

（一）p2->p0->x->x->x (x 可取 1,3,4 中任意值且不重复，下同)

p2->p3->x->x->x

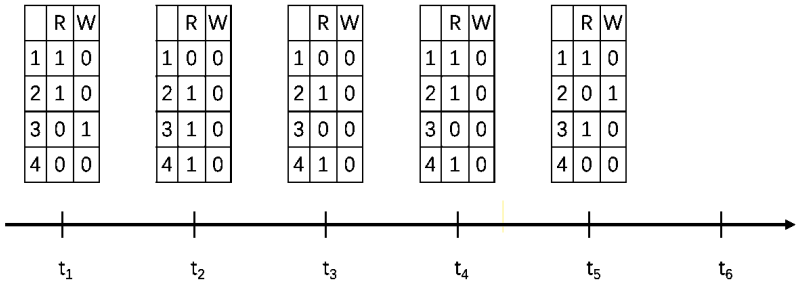
p3->p2->x->x->x

p3->p4->x->x->x 皆可。

（二）不能，系统不存在安全序列。

（三）可以，存在安全序列：p3->p4->x->x->x

4. 一个 32 位系统的计算机，具有 1GB 物理内存，其上的操作系统采用请求分页存储管理技术，页面大小为 4KB，页表项大小为 4B。系统中某进程固定分配了四个页框，已驻留 1~4 号页面的访问情况如下图所示（t_1~t_6 为等间隔时刻），试回答如下问题（9 分）：



（一） 如果采用二级页表，则一个逻辑地址如何划分（页目录号、页号和页内偏移）？

（二） 在支持请求分页的系统中，一个页表项除了页框号还需要包括哪些主要信息（简要描述其作用）？

（三） 什么原因导致图中 3 号页面的 W 位从 t_1 时刻的 1 变为 t_2 时刻的 0？

（四） 若在 t5 和 t6 时刻之间需要执行机器指令 mov [2000], REG，将一个 32 位的 REG 值存放到逻辑地址 2000 开始存储器中，会引发缺页异常吗？若发生缺页，则试着分别采用 LFU（最不常用）和 Aging（老化算法，采用 **4 位寄存器**存放页面引用情况）给出被淘汰的页面（**结合 W 位考虑**），并说明理由。如果后续没有再对逻辑地址 2000 对应的页面进行任何处理，则该页的 R 位和 W 位在 t_6 时刻分别为多少？

（五） Aging 算法要接近 LRU（最近最少使用）算法的效果，需要采取什么措施？

答：

（一）逻辑地址前 10 位为页目录号，中间 10 位为页号，后 12 位为页内偏移。

（二）缺页（驻留）标志：指出对应页是否已经装入主存，访问一个页面时，如果某页所对应栏的驻留标志位为 1，则表示该页已经在主存。

辅存地址，

脏位：判断此页是否被修改，淘汰时写回内存

引用位：在该页被引用时（无论是读或写）设置，其值被用来帮助操作系统进行页面淘汰

访问标志：表示页面是否被访问

（三）3 号页面被写回了磁盘

（四）逻辑地址为 2000，对应第 0 号页面，引发缺页异常

LFU：t5 时页面 2 和 4 的 R=0，最近未被访问。而页面 2 的 w=1，最近被修改，因此淘汰页面 4

Aging：此时页面 1 为 1100，页面 2 为 0111，页面 3 为 1001，页面 4 为 0111，页面 2 和 4 一样小，但页面 2 的 w=1，最近被修改，所以淘汰页面 4

R=0，W=1

（五）①增加寄存器位数，使其存更多历史信息 ②减小时间间隔

5. 设某 UNIX 系统，文件系统的每个 inode 包含直接索引项 10 个和一、二、三级间接索引项各 1 个，物理块大小为 512B，每个索引项占 4B，每个目录项占 16B（包含文件名和 inode 号），每个 inode 占 128B。test 目录下除了.和..仅存在两个文件 demoA.dat 和 demoB.dat，且互为硬链接文件，文件大小为 2000B。试阅读如下代码并回答问题(9 分)：

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <fcntl.h>
4
5  int main(void)
6  {
7      int fd;
8      char buf[1600];
9
10     fd = open("/test/demoA.dat", O_RDONLY);
11     if (fork() == 0)
12     {
13         sleep(1);
14         printf("childA: %ld\n", read(fd, buf, 1000));
15     } else {
16         printf("father: %ld\n", read(fd, buf, 1600));
17         if (fork() == 0)
18         {
19             sleep(2);
20             fd = open("/test/demoB.dat", O_RDONLY);
21             printf("childB: %ld\n", read(fd, buf, 1000));
22         } else sleep(3); // wait for all children to end
23     }
24     printf("Done.\n");
25 }
```

（一） 该文件系统中，一个普通文件的理论最大尺寸是多少字节？（给出计算过程）

（二） test 目录文件的大小？占了多少磁盘空间？（给出计算过程）

（三） 程序运行过程中，OS 内核共创建了几个用户已打开文件表项，几个系统已打开文件表项？几个活动 inode（不考虑目录文件的 inode）？并画出程序运行过程中用户已打开文件表项、系统已打开文件表项、活动 inode 之间的**引用关系示意图**；

（四） 第 14 行代码中，请描述 read 系统调用的大致工作过程？共读入几个物理块？

（五） 上述代码若能正常执行完成，则输出的内容是什么？

答：（一）每个物理块中的索引个数为 512B/4B=128 个

直接索引项：10*512B

一级间接索引项：128*512B

二级间接索引项：128*128*512B

三级间接索引项：128*128*128*512B

最大尺寸为

10*512B+128*512B+128*128*512B+128*128*128*512B=1082201088B=1056837KB

（二）test 目录文件共包含 4 个目录项，大小为 16B*4=64B。占据一个物理块，所占磁盘空间为 512B。

（三）OS 内核共创建了 4 个用户已打开文件表项，2 个系统已打开文件表项，1 个活动 inode。画图见下页

（四）根据 fd 在 inode 表中找到对应表项，由 inode 表中的索引项得到数据块的开始地址和

指针位置，按顺序读取 1000B 数据到缓冲区。父进程先读 1600，所以第十四行只读了 400B，读入 1 个物理块。

（五）

father：1600

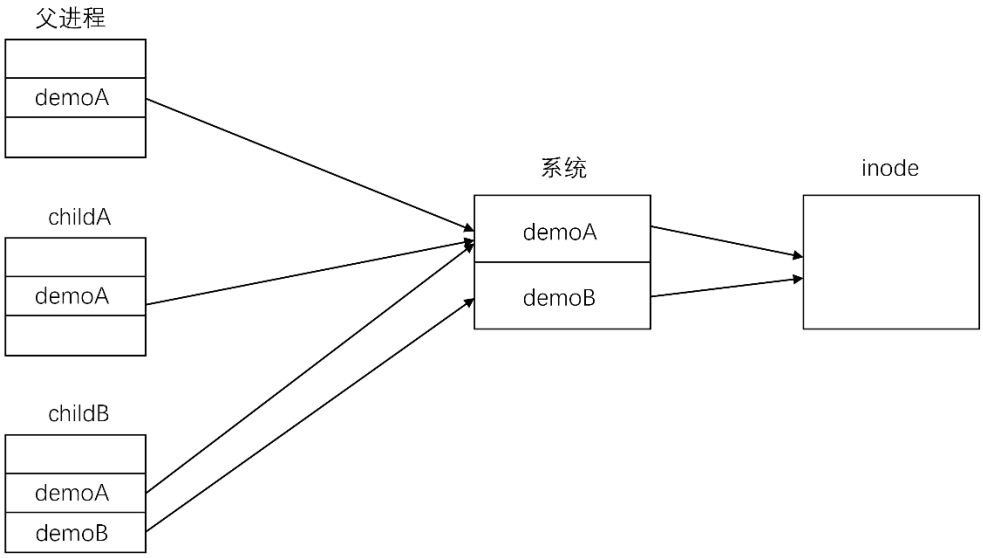
childA：400

Done.

childB：1000

Done.

Done.



6. 设有一个包含了 16 个磁头(编号 0-15)和 120 个柱面(编号 0-119)的磁盘，每磁道扇区数 200 个(编号 0-199)，每个扇区 512B，磁盘的转速为 7200rpm（转每分钟），相邻柱面间的平均寻道时间为 1ms。试回答如下问题（4 分）：

   （一） 该磁盘容量是多少字节？最大理论传输速率是多少字节每秒？访问某个扇区的平均循环等待时间是多少？

   （二） 现磁盘移动臂刚处理完 10 号柱面的请求，目前正在 25 号柱面读数据。接着依次到来磁盘访问请求（柱面号）：76、7、56、5、90、47、32、106、21、115，试分别用先来先服务、电梯调度、扫描和最短寻找时间优先算法，给出完成访问请求的顺序，并计算各算法中移动臂经历的总柱面数。

答：

（一）容量为 16*120*200*512=196608000B=192000KB

最大理论传输速率为 7200*200*512/60=12000 KB/s

平均循环等待时间为 1/120*(1/2)=1/240 s

（二）先来先服务：25->76->7->56->5->90->47->32->106->21->115

经历的总柱面数为：616

电梯调度：25->32->47->56->76->90->106->115->21->7->5

经历的总柱面数为：200

扫描：25->32->47->56->76->90->106->115->119->21->7->5

经历的总柱面数为：208

最短寻找时间优先：25->21->32->47->56->76->90->106->115->7->5

经历的总柱面数：208

得分	

二、编程题（8）

1. Hoare 类型的管程实现如下图所示，为保证管程内各进程执行的串行性，其基本思想是执行 signal 操作的进程阻塞(next queue)，被唤醒的进程执行，请使用信号量 PV 操作模仿 Hoare 类管程的实现，给出一种新的管程，其基本思想是执行 signal 操作的进程继续执行，被唤醒的进程仍需等待直到执行 signal 操作的进程退出或者再次进入等待状态。（需要定义条件变量、管程体、给出 signal 和 wait 实现代码、管程方法体的封装代码等）

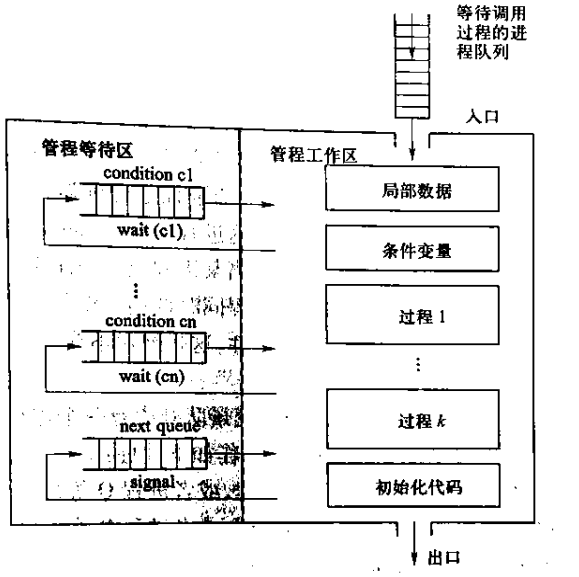


图 3-3 管程结构示意图

答：（思路）

真题解决思路与《操作系统教程》提供的思路一致，即每个条件变量引入一个信号量，每个管程另外需要一个互斥信号量和一个 next 信号量用于 阻塞就绪状态的管程内进程。 主要实现区别在于 signal 操作需要将满足条件的进程转移到 next 信号量上。