南京大学本科生实验报告

课程名称：**操作系统**　　　　任课教师：叶保留　　　　助教：尹熙喆/水兵

学院	**计算机科学与技术**	专业（方向）	**计算机科学与技术**
学号	**201220062**	姓名	**黄子睿**
Email	**201220062@smail.nju.edu.cn**	开始/完成日期	**4/29-4/30**

1. 实验名称：

OS LAB 4

2. 实验目的：

进程间通信的方式多种多样，常见的有管道，信号量，信号，共享内存，套接字......

本次实验会让大家体会一下信号量 PV 操作是如何进行的。

3. 实验内容：

索引：

Exercise 1　　Exercise 2　　Exercise 3　　Exercise 4

任务：格式化输入并实现信号量

任务：设计哲学家就餐问题

任务：设计生产者消费者问题

任务：设计读者写者问题

Exercise1 请回答一下，什么情况下会出现死锁。(对于哲学家就餐问题)

答：如果 5 位哲学家同时拿起右边（或左边）的叉子，当每位哲学家企图再拿起其左边（或右边）的叉子时，将出现死锁。

Exercise2：说一下该方案有什么不足？（答出一点即可）

答：每位哲学家的用餐不是互斥的，但是这里为了避免死锁将其设置为互斥的过程，降低了运行过程的效率。

Exercise3：正确且高效的解法有很多，请你利用信号量 PV 操作设计一种正确且相对高效（比方案 2 高效）的哲学家吃饭算法。

答：**方案一：至多允许 4 位哲学家同时吃通心面。**

```
semaphore chopstick[5]={1,1,1,1,1};
semaphore count=4; // 设置一个 count，最多有四个哲学家可以进来
void philosopher(int i)
{
    while(true)
    {
        think();
        P(count); //请求进入房间进餐 当 count 为 0 时 不能允许哲学家再进来了
        P(chopstick[i]); //请求左手边的筷子
        P(chopstick[(i+1)%5]); //请求右手边的筷子
        eat();
        V(chopstick[i]); //释放左手边的筷子
        V(chopstick[(i+1)%5]); //释放右手边的筷子
        V(count); //离开饭桌释放信号量
    }
}
```

方案二：奇数号哲学家先取左边叉子，再取右边叉子；偶数号哲学家反之。

```
semaphore chopstick[5]={1,1,1,1,1};
void philosopher(int i)
{
    while(true)
    {
        think();
        if(i%2 == 0) //偶数哲学家，先右后左。
        {
            P (chopstick[(i + 1)%5]) ;
            P (chopstick[i]) ;
            eat();
```

```
            V (chopstick[(i + 1)%5]) ;
            V (chopstick[i]) ;
        }
        else //奇数哲学家，先左后右。
        {
            P (chopstick[i]) ;
            P (chopstick[(i + 1)%5]) ;
            eat();
            V(chopstick[i]) ;
            V (chopstick[(i + 1)%5]) ;
        }
    }
}
```

方案三：每位哲学家取到两把才开始吃，否则一把也不取。

仅当哲学家的左右两支筷子都可用时，才允许他拿起筷子进餐。可以利用 AND 型信号量机制实现，也可以利用信号量的保护机制实现。利用信号量的保护机制实现的思想是通过记录型信号量 mutex 对取左侧和右侧筷子的操作进行保护，使之成为一个原子操作，这样可以防止死锁的出现。

```
semaphore chopstick[5]={1,1,1,1,1};
do{
    //think()
    AND_P(chopstick[(i+1)%5],chopstick[i]);
    //eat()
    AND_V(chopstick[(i+1)%5],chopstick[i]);
}while(true)

void AND_P(semaphore s1, semaphore s2){
        s1.value--;
        s2.value--;
        if(s1.value<0) sleep(s1.list);
        else if(s2.value<0) sleep(s2.list);
}

void AND_V(semaphore s1, semaphore s2){
        s1.value++;
        s2.value++;
        if(s1.value<=0) wakeup(s1.list);
        if(s2.value<=0) wakeup(s2.list);
}
```

Exercise4：为什么要用两个信号量呢？emptyBuffers 和 fullBuffer 分别有什么直观含义？

答：因为生产者与消费者申请的资源是不一样的，前者申请的是空闲的位置，后者申请产品，两者含义不同，应当用两个独立的信号量表示。

emptyBuffers 的含义是生产者能否向缓冲区内放入产品，fullBuffer 的含义是消费者能否从缓冲区中取出商品。

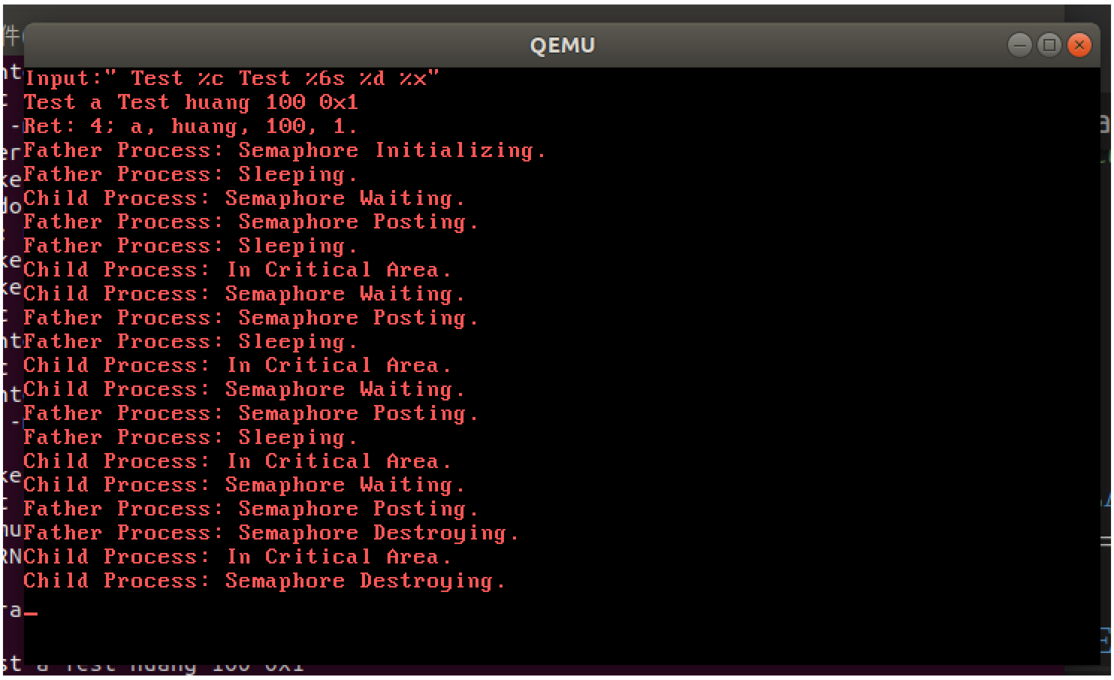
任务：格式化输入并实现信号量

对于格式化输入，这里给出 syscallReadStdIn 的伪代码：

```
def syscallReadStdIn( sf )
    get str and size from sf
    if dev[STD_IN].value < 0 then
        sf -> eax := -1
    else if dev[STD_IN].value > 0 then
        dev[STD_IN].value := 0
        sf -> eax := -1
    else
        character := ‘\0’
        idx := 0
        do
            dev[STD_IN] := -1
            add pcb[current] to the waiting list of dev[STD_IN]
            block current process
            int $20
            if keyboardBuffer is not empty then:
                character := keyboardBuffer[first]
                if character is backspace then
                    backspace
                else
                    move character to str[idx++]
        while character is not ‘\n’
        str[idx++] := ‘\0’
        sf -> eax := idx
```

实现信号量的过程与教材中的伪代码思路一致，这里就不再赘述了。

下面给出完成格式化输入以及实现信号量之后的结果:



任务：设计哲学家就餐问题

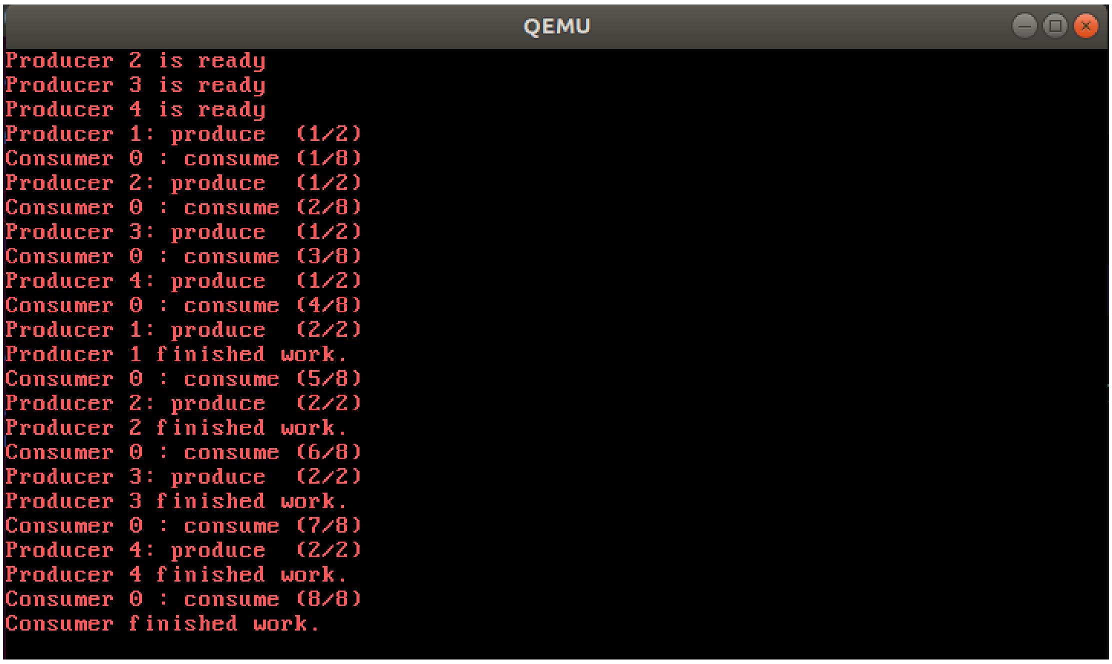
我采用的方式是上面提到的方案二，即奇数先取左边，偶数先取右边，代码思路见上，下面给出测试结果:

任务：设计生产者消费者问题

首先给出伪代码：

```
def consumer                              def producer
    while True do                             while True do
        P(&full)                                  P(&empty)
        P(&mutex)                                 P(&mutex)
        consume                                   produce
        V(&mutex)                                 V(&mutex)
        V(&empty)                                 V(&full)
```

下面是测试结果截图：



任务：设计读者写者问题

读者写者问题需要考虑到两个进程共享临界区的问题（比如共同读取/修改 Rcnt 与 file），我认为这个问题实际上与上一个 lab 实现线程（分享父进程的代码区与全局变量）有同样的要求。

Lab3 我是在分页的机制下实现了线程跟 COW，用填充页表的方式这两个功能实际上很好实现。当时我想实现分段机制下的线程（共享一部分内存）只需要修改子进程的 ss 跟 ds 就可以了。具体来讲，就是 child.ss = USEL(child.pid*2+2)

为线程分配单独的栈空间，而 child.ds = father.ds，子进程的数据段指向父进程的数据段，以实现数据共享的方式。当时我觉得这种思路没有问题，但是“绝知此事要躬行”，在设计读者写者问题的时候我就尝试了一下，发现了其中存在得错误。具体来讲，这个思路的错误在于认为对栈的访问仅仅通过 ss，但事实上程序有时也会通过 ds 访问栈区。比如下面这段汇编：

```
lea -0x20(ebp), eax
mov (eax), eax
```

lea -0x20(ebp), eax 指令将 eax 指向一块栈空间，mov (eax), eax 则将 eax 指向栈空间中的数据取出来。但是需要注意的是，此时 mov 指令对于内存的访问总是通过 ds 进行的，但是访问栈区理应通过 ss 访问，而此时 ds 与 ss 包含了不同的值！这就出现了 bug。

为了解决在分段机制下的进程共享内存问题，我只好把共享的内容调入内核态，让需要访问共享空间的进程通过系统调用进入共享空间，虽然在实际情况中不可能接受每次访问共享段而软中断的巨大开销，但是在这个样例里，凑活着还是能用的。

在读者写者问题中，我在内核态的共享段中分配了 3 个变量，Rcnt，file 以及 Wcnt。Rcnt，Wcnt 用来计数读者与写者，后者在写优先的实现中会用得到。File 是一个字符串，用来模拟文件。系统调用的逻辑并不负责，这里就不赘述了，具体可以去看源代码。

这里给出了三种不同情况的解决方式，分别是读者优先，写者优先以及公平竞争。代码实现了前两种。首先给出伪代码：

1、读者优先

读者优先是教材中给出的思路，每次可以有若干个读者，但当写者开始写时，

需要清空文件区的读者，并且每次只有一个写者在写。优点是读者效率较高，但是缺点是可能出现写者饥饿的情况。

```
semaphore write=1,mutex=1;
int readCount=0;

Writer(){
   while(true) {
      P(mutex);   //互斥访问变量
      if(readCount==0)       //如果是第一个读者，那么就禁止写文件
          P(write);
      readCount++;
      V(mutex);
      *****
      读取数据
      *****
      P(mutex);
      readCount--;
      if(readCount==0)      //如果是最后一个读者，那么此后就允许写文件
          V(write);
      V(mutex);
   }
}

Writer(){
   while(true) {
        P(write);
        *****
        写数据
        *****
        V(write);
   }
}
```

2、写者优先

写者优先的意思是：如果有写者申请写文件，那么在申请之前已经开始读取文件的可以继续读取，但是如果再有读者申请读取文件，则不能够读取，只有在所有的写者写完之后才可以读取

我们可以通过增加一个特权级队列来实现这个功能，一旦有写者申请写，那

么后面的读者全部在特权及队列中排队

```
semphore write=1,mutex=1,queue=1;
int readCout=0,writeCount=0;

Reader(){
   while(true){
      P(queue);      // Reader 在 queue 上排队，等待 writer 写
      if(readCount==0)
          P(write);
      readCount++;
      V(queue);
      ****
      读取数据
      ****
      P(mutex);
      readCount--;
      if(readCount==0)
          V(write);
      V(mutex);
   }
}

Writer(){
   while(true){
      P(mutex);
      if(writeCount==0)
          P(queue);
      writeCount++;
      V(mutex);
      P(write);
      ****
      写数据
      ****
      P(mutex);
      writeCount--;
      if(writeCount==0)
          V(queue);
      V(mutex);
   }
}
```

3、公平竞争

这个思路就比较简单，就是所有读者写者都在同一个队列里排队，采取先来

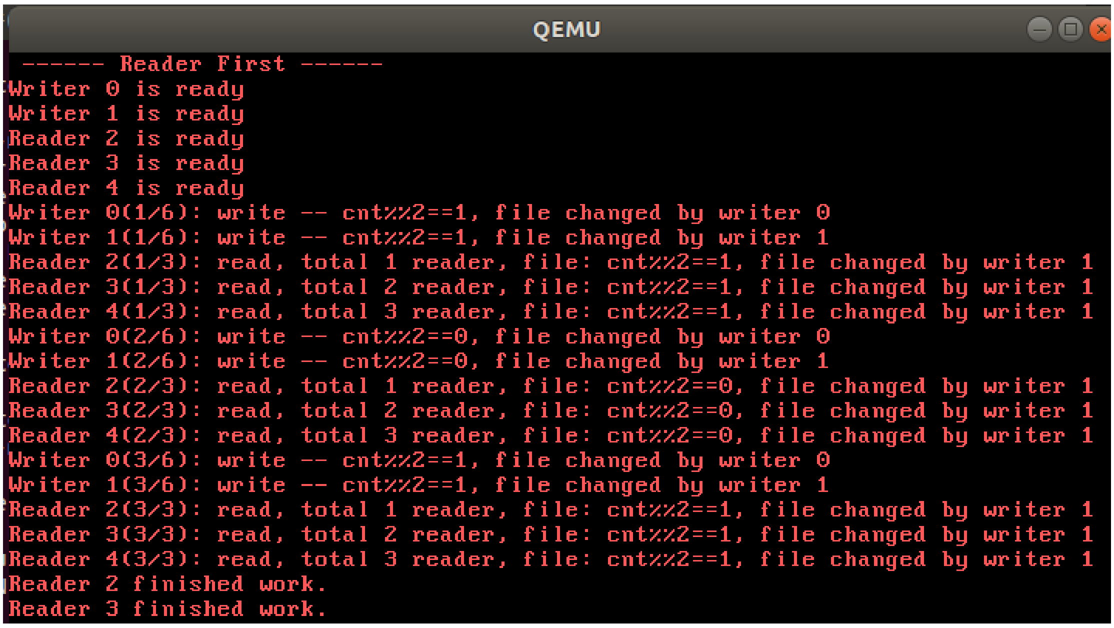
后到的原则访问共享段。但是这一实现中，每次只有一个进程在文件区中工作，效率较低。

```
semphore write=1,queue=1;

Reader(){
  while(true) {
     P(write)
     ****
     读取数据
     ****
     V(write);
  }
}

Writer(){
  while(true) {
     P(write)
     ****
     写数据
     ****
     V(write);
  }
}
```

我在代码中实现了读者优先与写者优先的情况，并对要求中的情形做了一些修改，改成 3 个读者与 2 个写者，否则写者优先没有意义。最后给出写者优先与读者优先的两张运行截图。

对比两张截图很容易看出两者的差别，读者优先的情况下只要有读者想读，就会一直读下去，直到这一轮读者全部读结束，writeblock 才会释放写者按照先来后到的关系开始写；但是这过程中读者会与写者争抢 writeblock，相当于读者也在 writeblock 上排队。而写者优先的情况则不同，读者在 queue 上排队，等待最后一个写者释放 queue，而写者则在 writeblock 上排队，轮流进行写的操作。因此上面两张截图有不一样的运行顺序。

下面先给出读者优先的运行截图：



然后是写者优先的运行截图: