

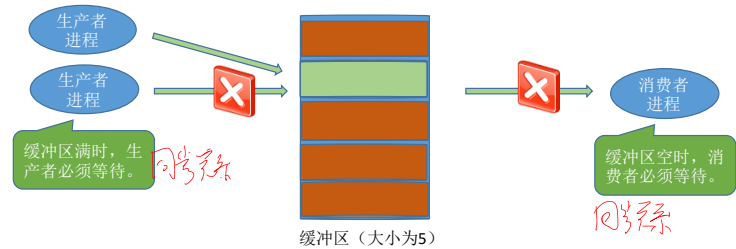
## 本节内容

# 生产者消费者问题

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 问题描述

系统中有一组生产者进程和一组消费者进程，生产者进程每次生产一个产品放入缓冲区，消费者进程每次从缓冲区中取出一个产品并使用。（注：这里的“产品”理解为某种数据）  
生产者、消费者共享一个初始为空、大小为 $n$ 的缓冲区。  
只有缓冲区没满时，生产者才能把产品放入缓冲区，否则必须等待。  
只有缓冲区不空时，消费者才能从中取出产品，否则必须等待。  
缓冲区是临界资源，各进程必须互斥地访问。



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 问题分析

系统中有一组生产者进程和一组消费者进程，生产者进程每次生产一个产品放入缓冲区，消费者进程每次从缓冲区中取出一个产品并使用。（注：这里的“产品”理解为某种数据）  
生产者、消费者共享一个初始为空、大小为 $n$ 的缓冲区。  
只有缓冲区没满时，生产者才能把产品放入缓冲区，否则必须等待。  
只有缓冲区不空时，消费者才能从中取出产品，否则必须等待。  
缓冲区是临界资源，各进程必须互斥地访问。



如何用信号量机制（P、V操作）实现生产者、消费者进程的这些功能呢？  
信号量机制可实现互斥、同步、对一类系统资源的申请和释放。

设置初值为1的互斥信号量

设置初值为0的同步信号量（实现“一前一后”）

设置一个信号量，初始值即为资源的数量（本质上属于“同步问题”，若无空闲资源，则申请资源的进程需要等待特别的进程释放资源后才能继续往下执行）

PV操作题目分析步骤：

1. 关系分析。找出题目中描述的几个进程，分析它们之间的同步、互斥关系。
2. 整理思路。根据各进程的操作流程确定P、V操作的大致顺序。
3. 设置信号量。设置需要的信号量，并根据题目条件确定信号量初值，同步信号量的初始值要看对应资源的初始值是多少。

生产者每次要消耗（P）一个空闲缓冲区，并生产（V）一个产品。  
消费者每次要消耗（P）一个产品，并释放一个空闲缓冲区（V）。  
往缓冲区放入/取走产品需要互斥。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 问题分析

系统中有一组生产者进程和一组消费者进程，生产者进程每次生产一个产品放入缓冲区，消费者进程每次从缓冲区中取出一个产品并使用。（注：这里的“产品”理解为某种数据）  
生产者、消费者共享一个初始为空、大小为 $n$ 的缓冲区。  
只有缓冲区没满时，生产者才能把产品放入缓冲区，否则必须等待。  
只有缓冲区不空时，消费者才能从中取出产品，否则必须等待。  
缓冲区是临界资源，各进程必须互斥地访问。



如何用信号量机制（P、V操作）实现生产者、消费者进程的这些功能呢？  
信号量机制可实现互斥、同步、对一类系统资源的申请和释放。

设置初值为1的互斥信号量

设置初值为0的同步信号量（实现“一前一后”）

设置一个信号量，初始值即为资源的数量（本质上属于“同步问题”，若无空闲资源，则申请资源的进程需要等待特别的进程释放资源后才能继续往下执行）

```
semaphore mutex = 1; // 互斥信号量，实现对缓冲区的互斥访问
semaphore empty = n; // 同步信号量，表示空闲缓冲区的数量
semaphore full = 0; // 同步信号量，表示产品的数量，也即非空闲缓冲区的数量
```

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 如何实现

生产者、消费者共享一个初始为空、大小为n的缓冲区。

- ① 只有缓冲区没满时，生产者才能把产品放入缓冲区，否则必须等待。
- ② 只有缓冲区不空时，消费者才能从中取出产品，否则必须等待。

缓冲区是临界资源，各进程必须互斥地访问。

```
semaphore mutex = 1;    //互斥信号量，实现对缓冲区的互斥访问
semaphore empty = n;     //同步信号量，表示空闲缓冲区的数量
semaphore full = 0;      //同步信号量，表示产品的数量，也即非空缓冲区的数量
```

```
producer () {
    while(1) {
        生产一个产品;
        P(empty); ① //消耗一个空闲缓冲区
        P(mutex); ② //实现互斥
        把产品放入缓冲区;
        V(mutex);
        V(full); ③ //增加一个产品
    }
}

consumer () {
    while(1) {
        P(full); ④ //消耗一个产品 (非空缓冲区)
        P(mutex);
        从缓冲区取出一个产品;
        V(mutex);
        V(empty); ⑤ //增加一个空闲缓冲区
        使用产品;
    }
}
```

实现互斥是在同一进程中进行一对PV操作

实现两进程的同步关系，是在其中一个进程中执行P，另一进程中执行V

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 思考：能否改变相邻P、V操作的顺序？

```
producer () {
    while(1) {
        生产一个产品;
        P(mutex); ①
        P(empty); ②
        把产品放入缓冲区;
        V(mutex);
        V(full);
    }
}

consumer () {
    while(1) {
        P(mutex); ③
        P(full); ④
        从缓冲区取出一个产品;
        V(mutex);
        V(empty); ⑤
        使用产品;
    }
}
```

能否放到PV操作之间？

可以放，但不必要，会锁死同一临界区时间

若此时缓冲区内已经放满产品，则  $empty=0$ ,  $full=n$ 。

则生产者进程执行①使  $mutex$  变为0，再执行②，由于已没有空闲缓冲区，因此生产者被阻塞。由于生产者阻塞，因此切换回消费者进程。消费者进程执行③，由于  $mutex$  为0，即生产者还没释放对临界资源的“锁”，因此消费者也被阻塞。

这就造成了生产者等待消费者释放空闲缓冲区，而消费者又等待生产者释放临界区的情况，生产者和消费者循环等待对方唤醒，出现“死锁”。

同样的，若缓冲区中没有产品，即  $full=0$ ,  $empty=n$ 。按③④①的顺序执行就会发生死锁。

因此，实现互斥的P操作一定要在实现同步的P操作之后。

V操作不会导致进程阻塞，因此两个V操作顺序可以交换。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 知识回顾与重要考点

PV操作题目的解题思路：2种：同步、互斥。

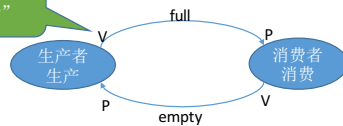
1. 关系分析。找出题目中描述的几个进程，分析它们之间的同步、互斥关系。
2. 整理思路。根据各进程的操作流程确定P、V操作的大致顺序。
3. 设置信号量。设置需要的信号量，并根据题目条件确定信号量初值。（互斥信号量初值一般为1，同步信号量的初值要看对应资源的初始值是多少）

生产者消费者问题是一个互斥、同步的综合问题。

对于初学者来说最难的是发现题目中隐含的两对同步关系。

有时候是消费者需要等待生产者生产，有时候是生产者要等待消费者消费，这是两个不同的“一前一后问题”，因此也需要设置两个同步信号量。

实现“一前一后”需要“前V后P”



易错点：实现互斥和实现同步的两个P操作的先后顺序

先同步

后互斥

王道考研/CSKAOYAN.COM