实验二 生产者-消费者问题

班级： xxx 学号： xxx 姓名： xxx

一、实验目的

独立设计并编写程序，在Windows系统下实现生产者-消费者问题，加深对进程通信的理解。

二、实验内容

1. 创建一个包含6个缓冲区的缓冲池，初始为空，每个缓冲区能存放一个长度为10个字符的字符串。
2. 创建2个生产者进程，要求每个生产者进程：
   1. 随机等待一段时间后，向缓冲区中添加数据。
   2. 若缓冲区已满，则等待消费者取走数据后再继续添加数据。
   3. 重复添加数据12次。
3. 创建3个消费者进程，要求每个消费者进程：
   1. 随机等待一段时间后，从缓冲区中读取数据。
   2. 若缓冲区为空，则等待生产者添加数据后再继续读取数据。
   3. 重复读取数据8次。
4. 输出显示每次添加或读取数据的时间，以及缓冲区的映像。

三、程序设计与实现

1. 创建BufferPoolManager类，用来管理缓冲池。
2. 为了方便向缓冲池读写数据，创建了表示缓冲池的结构体：

const int bufferPoolSize = 6;

const int bufferSize = 11;

struct BufferPool

{

    int num = 0;

    char str[bufferPoolSize][bufferSize];

};

1. 在BufferPoolManager类中，通过调用windows.h中的[CreateFileMapping](https://learn.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/api/memoryapi/nf-memoryapi-createfilemappingw?redirectedfrom=MSDN)方法来创建文件映射，用于在多个进程之间通过共享内存的方式来进行通信。

this->sharedMemoryHandle = CreateFileMapping(INVALID\_HANDLE\_VALUE, nullptr, PAGE\_EXECUTE\_READWRITE, 0, sharedMemorySize, "bufferpool");

1. 通过调用[MapViewOfFile](https://learn.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/api/memoryapi/nf-memoryapi-mapviewoffile?redirectedfrom=MSDN)方法来将文件映射到创建BufferPoolManager对象进程的内存空间里，从而可以在进程内对共享内存进行读写。

this->shareMemoryStart = MapViewOfFile(this->sharedMemoryHandle, FILE\_MAP\_ALL\_ACCESS, 0, 0, 0);

1. 通过调用[CreateSemaphoreA](https://learn.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/api/synchapi/nf-synchapi-releasesemaphore?redirectedfrom=MSDN)方法来创建三个信号量，用来进行对多个进程之间读写缓冲池的互斥和同步操作。

* empty信号量：用来表示当前缓冲池的空缓冲区数量，初值为6，最大值为6。

this->emptySemaphore = CreateSemaphoreA(NULL, bufferPoolSize, bufferPoolSize, "empty");

* full信号量：用来表示当前缓冲池的非空缓冲区数量，初值为0，最大值为6。

this->fullSemaphore = CreateSemaphoreA(NULL, 0, bufferPoolSize, "full");

* mutex信号量：用来不同进程互斥读写缓冲池，初值为1，最大值为1。

this->mutexSemaphore = CreateSemaphoreA(NULL, 1, 1, "mutex");

1. 向缓冲池中写字符串：用信号量来进进行互斥和同步操作，顺序为：P(empty)、P(mutex)、write()、V(mutex)、V(full)。其中P操作调用[WaitForSingleObject](https://learn.microsoft.com/zh-cn/previous-versions/bb202783(v=msdn.10)?redirectedfrom=MSDN)方法，V操作调用[ReleaseSemaphore](https://learn.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/api/synchapi/nf-synchapi-releasesemaphore?redirectedfrom=MSDN)方法。

WaitForSingleObject(this->emptySemaphore, INFINITE); // P(empty)

WaitForSingleObject(this->mutexSemaphore, INFINITE); // P(mutex)

std::cout << std::endl;

printInfo("buffer image before");

struct BufferPool \*bp = (struct BufferPool \*)(this->shareMemoryStart);

strcpy\_s(bp->str[bp->num], bufferSize, str.c\_str());

bp->num++;

std::cout << getNowTime() << "\t" << name <<" writes: " << str << std::endl;

printInfo("buffer image after");

std::cout << std::endl;

ReleaseSemaphore(this->mutexSemaphore, 1, nullptr); // V(mutex)

ReleaseSemaphore(this->fullSemaphore, 1, nullptr); // V(full)

1. 从缓冲池中读字符串：用信号量来进进行互斥和同步操作，顺序为：P(full)、P(mutex)、read()、V(mutex)、V(empty)。

WaitForSingleObject(this->fullSemaphore, INFINITE); // P(full)

WaitForSingleObject(this->mutexSemaphore, INFINITE); // P(mutex)

std::cout << std::endl;

printInfo("buffer image before");

struct BufferPool \*bp = (struct BufferPool \*)(this->shareMemoryStart);

bp->num--;

res = bp->str[bp->num];

strncpy(bp->str[bp->num], "", 10);

std::cout << getNowTime() << "\t" << name <<" reads: " << res << std::endl;

printInfo("buffer image after");

std::cout << std::endl;

ReleaseSemaphore(this->mutexSemaphore, 1, nullptr); // V(mutex)

ReleaseSemaphore(this->emptySemaphore, 1, nullptr); // V(empty)

1. 在生产者进程创建BufferPoolManager对象，调用write方法就可以向缓冲池中写入数据。

BufferPoolManager bpm;

srand(time(nullptr));

for (int i = 0; i < 12; i++)

{

    Sleep(rand() / 10);

    std::string str = getRandomString(10);

    bpm.write(str, "Producer " + std::string(argv[0]));

}

1. 在消费者进程创建BufferPoolManager对象，调用read方法就可以从缓存池中读出数据。

BufferPoolManager bpm;

srand(time(NULL));

for(int i = 0; i < 8; i++) {

    Sleep(rand()/10);

    std::string str = bpm.read("Consumer " + std::string(argv[0]));

}

1. 主程序通过调用[CreateProcess](https://learn.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/api/processthreadsapi/nf-processthreadsapi-createprocessa?redirectedfrom=MSDN)方法来创建进程。

CreateProcess("producer.exe", argv, NULL, NULL, FALSE, 0, NULL, NULL, &producerSi[i], &producerPi[i]);

图形用户界面, 应用程序, 电子邮件

描述已自动生成四、实验结果及分析

编译好main.cpp、producer.cpp、consumer.cpp得到exe文件，并运行main程序，分析如下：

1. 可以看到程序输出了48次，其中生产者写入24次，消费者读取了24次。
2. 当缓存池满后，下一个一定是消费者进程；当缓冲池空后，下一个一定是生产者进程。

得到的结果如下：

Start Producer ID = 0

Start Producer ID = 1

Start Consumer ID = 0

Start Consumer ID = 1

Start Consumer ID = 2

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:3   Producer 0 writes: g6120n

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   g6120n

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   g6120n

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:3   Producer 1 writes: g6120n

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   g6120n

   str[1]   g6120n

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   g6120n

   str[1]   g6120n

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:3   Consumer 0 reads: g6120n

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   g6120n

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   g6120n

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:3   Consumer 1 reads: g6120n

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:5   Producer 0 writes: c56

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   c56

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   c56

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:5   Consumer 2 reads: c56

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:5   Producer 1 writes: c56

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   c56

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   c56

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:5   Consumer 0 reads: c56

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:6   Producer 0 writes: e289ak

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:6   Consumer 1 reads: e289ak

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:6   Producer 1 writes: e289ak

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:7   Producer 0 writes: zU12IXUP8

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:7   Producer 1 writes: zU12IXUP8

--------------------buffer image after--------------------

   num   3

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]   zU12IXUP8

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   3

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]   zU12IXUP8

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:7   Consumer 2 reads: zU12IXUP8

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   e289ak

   str[1]   zU12IXUP8

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:8   Consumer 0 reads: zU12IXUP8

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   e289ak

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:8   Consumer 0 reads: e289ak

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:8   Producer 0 writes: T1

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   T1

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   T1

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:8   Producer 1 writes: T1

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   T1

   str[1]   T1

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   T1

   str[1]   T1

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:8   Consumer 1 reads: T1

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   T1

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   T1

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:9   Consumer 1 reads: T1

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:9   Producer 0 writes: VX7Zyh

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:9   Producer 1 writes: VX7Zyh

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]   VX7Zyh

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]   VX7Zyh

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:10  Consumer 2 reads: VX7Zyh

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   VX7Zyh

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:10  Consumer 2 reads: VX7Zyh

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 0 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Consumer 0 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 1 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Consumer 1 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 0 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 1 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 0 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   3

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   3

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:12  Producer 1 writes: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   4

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   4

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:13  Producer 0 writes: 0mLQ1Q9vq

--------------------buffer image after--------------------

   num   5

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   5

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:13  Producer 1 writes: 0mLQ1Q9vq

--------------------buffer image after--------------------

   num   6

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]   0mLQ1Q9vq

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   6

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]   0mLQ1Q9vq

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:13  Consumer 2 reads: 0mLQ1Q9vq

--------------------buffer image after--------------------

   num   5

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   5

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]   0mLQ1Q9vq

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:13  Consumer 0 reads: 0mLQ1Q9vq

--------------------buffer image after--------------------

   num   4

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   4

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]   5Tt4W

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:14  Consumer 1 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   3

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   3

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]   5Tt4W

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Consumer 0 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   5Tt4W

   str[1]   5Tt4W

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Consumer 2 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   5Tt4W

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Consumer 1 reads: 5Tt4W

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Producer 0 writes: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   kPwl5

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   kPwl5

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Producer 1 writes: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Producer 0 writes: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   3

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   3

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:15  Producer 1 writes: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   4

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]   kPwl5

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   4

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]   kPwl5

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:16  Consumer 2 reads: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   3

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   3

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]   kPwl5

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:16  Consumer 0 reads: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   2

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   2

   str[0]   kPwl5

   str[1]   kPwl5

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:16  Consumer 1 reads: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   1

   str[0]   kPwl5

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

--------------------buffer image before--------------------

   num   1

   str[0]   kPwl5

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

-----------------------------------------------------------

2023/10/31 21:49:18  Consumer 2 reads: kPwl5

--------------------buffer image after--------------------

   num   0

   str[0]

   str[1]

   str[2]

   str[3]

   str[4]

   str[5]

----------------------------------------------------------

五、实验收获与体会

在Windows系统下实现生产者-消费者问题，让我对进程互斥与同步有了更深入的理解。生产者-消费者问题是一个经典的并发编程问题，主要考察进程间的同步和通信。我选择了Windows系统下的VS Code作为开发环境，使用C++语言进行编程。

在程序设计中，我主要考虑了以下几个问题：

共享内存的创建和销毁：在Windows系统中，我使用了CreateFileMapping和MapViewOfFile函数来创建和映射共享内存。

生产者消费者同步：我使用了信号量（Semaphore）来进行同步，生产者只有在共享内存不满时才能进入生产数据，消费者只有在共享内存不空时才能消费数据。

互斥问题：我使用了互斥体（Mutex）来保证在任何时刻只有一个进程可以访问共享内存。

死锁避免：我在编程中特别注意避免死锁的情况，比如在申请资源时总是按照一定的顺序申请。

这次实验让我认识到，进程间通信需要借助共享内存、信号量、互斥体等工具来实现，而且需要小心处理并发控制的问题。同时本次实验让我对进程通信、信号量有了更深入的理解，还提高了我的编程技能和解决问题的能力。

附录：程序清单及说明

BufferPoolManager.h：包含了BufferPool结构体和BufferPoolManager类

consumer.cpp：消费者进程

producer.cpp：生产者进程

main.cpp：主进程，用于创建生产者和消费者进程