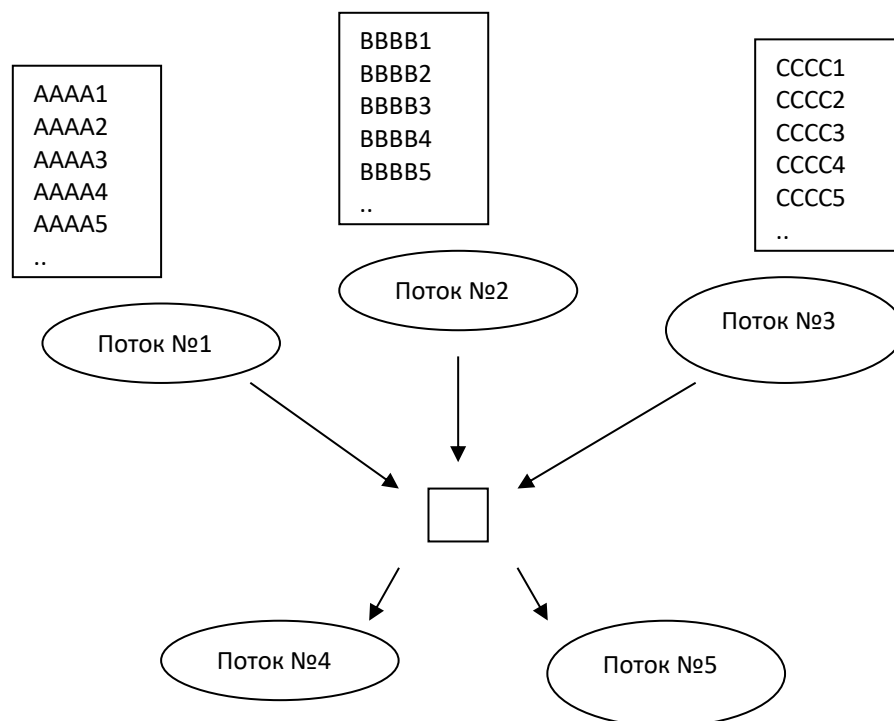


Практика №3. Синхронизация доступа к одноэлементному буферу

Задача

Несколько потоков работают с общим одноэлементным буфером. Потоки делятся на «писателей», осуществляющих запись сообщений в буфер, и «читателей», осуществляющих извлечение сообщений из буфера. Только один поток может осуществлять работу с буфером. Если буфер свободен, то только один писатель может осуществлять запись в буфер. Если буфер занят, то только один читатель может осуществлять чтение из буфера. После чтения буфер освобождается и доступен для записи. В качестве буфера используется глобальная переменная, например, типа `string`. Работа приложения заканчивается после того, как все сообщения писателей через общий буфер будут обработаны читателями.



Задание

1. Реализуйте взаимодействие потоков-читателей и потоков-писателей с общим буфером без каких-либо средств синхронизации. Проиллюстрируйте проблему совместного доступа. Почему возникает проблема доступа?
2. Реализуйте доступ «читателей» и «писателей» к буферу с применением средств синхронизации:
 - `lock`
 - `AutoResetEvent`

- Interlocked

Дополнительные средства синхронизации по вариантам приведены в таблице ниже.

3. Исследуйте производительность средств синхронизации при разном числе сообщений, разном объеме сообщений, разном числе потоков.
4. Сделайте выводы об эффективности применения средств синхронизации.

Задания по вариантам

C1 – первая буква имени в верхнем регистре на английском языке, C2 – первая буква фамилии в верхнем регистре на английском языке

V1 = C1 % 4		V2 = C2 % 4	
0	Semaphore	0	Monitor с одинарной проверкой
1	SemaphoreSlim	1	Mutex
2	ManualResetEvent	2	Monitor с двойной проверкой
3	ManualResetEventSlim	3	lock с одинарной и двойной проверкой

Методические указания

В случае одноэлементного буфера достаточно использовать флаг типа `bool` для контроля состояния буфера. Читатели обращаются к буферу, только если он свободен:

```
// Работа читателя
while (!finish)
{
    if (!bEmpty)
    {
        MyMessages.Add(buffer);
        bEmpty = true;
    }
}
```

Писатели обращаются к буферу, только если он пуст:

```
// Работа писателя
while(i < n)
{
    if (bEmpty)
    {
        buffer = MyMessages[i++];
        bEmpty = false;
    }
}
```

Писатели работают, пока не запишут все свои сообщения. По окончании работы писателей основной поток может изменить статус переменной `finish`, который является признаком окончания работы читателей.

```
static void Main()
{
    // Запускаем читателей и писателей
    ..
    // Ожидаем завершения работы писателей
    for(int i=0; i< writers.Length; i++)
        writers[i].Join();
    // Сигнал о завершении работы для читателей
    finish = true;

    // Ожидаем завершения работы читателей
    for(int i=0; i< readers.Length; i++)
        readers[i].Join();
}
```

Отсутствие средств синхронизации при обращении к буферу приводит к появлению гонки данных – несколько читателей могут прочитать одно и то же сообщение, прежде чем успеют обновить статус буфера; несколько писателей могут одновременно осуществить запись в буфер. В данной задаче следствием гонки данных является потеря одних сообщений и дублирование других. Для фиксации проблемы предлагается выводить на экран число повторяющихся и потерянных сообщений.

Самый простой вариант решения проблемы заключается в использовании критической секции (lock или Monitor).

```
// Работа читателя
while (!finish)
{
    lock ("read")
    {
        if (!bEmpty)
        {
            MyMessage[i++] = buffer;
            bEmpty = true;
        }
    }
}
```

Для писателей существует своя критическая секция:

```
// Работа писателя
while(i < n)
{
    lock("write")
    {
        if (bEmpty)
        {
            buffer = MyMessage[i++];
            bEmpty = false;
        }
    }
}
```

Данная реализация не является оптимальной. Каждый из читателей поочередно входит в критическую секцию и проверяет состояние буфера, в это время другие читатели блокируются, ожидая освобождения секции. Если буфер свободен, то синхронизация читателей избыточна. Более эффективным является вариант двойной проверки:

```
// Работа читателя
while (!finish)
{
    if (!bEmpty)
    {
        lock ("read")
        {
            if (!bEmpty)
            {
                bEmpty = true;
                MyMessage[i++] = buffer;
            }
        }
    }
}
```

Если буфер свободен, то читатели «крутятся» в цикле, проверяя состояние буфера. При этом читатели не блокируются. Как только буфер заполняется, несколько читателей, но не все, успевают войти в первый `if`-блок, прежде чем самый быстрый читатель успеет изменить статус буфера `bEmpty = true`.

Применение сигнальных сообщений позволяет упростить логику синхронизации доступа. Читатели ожидают сигнала о поступлении сообщения, писатели – сигнала об опустошении буфера. Читатель, освобождающий буфер, сигнализирует об опустошении. Писатель, заполняющий буфер, сигнализирует о наполнении буфера. Сообщения с автоматическим сбросом `AutoResetEvent` обладают полезным свойством – при блокировке нескольких потоков на одном и том же объекте `AutoResetEvent` появление сигнала освобождает только один поток, другие потоки остаются заблокированными. Порядок освобождения потоков при поступлении сигнала не известен, но в данной задаче это не существенно.

```
// Работа читателя
void Reader(object state)
{
    var evFull = state[0] as AutoResetEvent;
    var evEmpty = state[1] as AutoResetEvent;
    while (!finish)
    {
        evFull.WaitOne();
        MyMessage.Add(buffer);
        evEmpty.Set();
    }
}
```

Данный фрагмент приводит к зависанию работы читателей. Писатели закончили работу, а читатели ждут сигнала о наполненности буфера `evFull`. Для разблокировки

читателей необходимо сформировать сигналы `evFull.Set()` от писателей при завершении работы или от главного потока. Чтобы отличить ситуацию завершения можно осуществлять проверку статуса `finish` непосредственно после разблокировки.

Применение семафоров (`Semaphore`, `SemaphoreSlim`) в данной задаче аналогично использованию сигнальных сообщений `AutoResetEvent`. Кроме предложенного варианта обмена сигналами между читателями и писателями, семафоры и сигнальные сообщения могут использоваться в качестве критической секции читателей и писателей.

Вопросы и упражнения

1. Почему проблема гонки данных проявляется не при каждом прогоне?
2. Какие факторы увеличивают вероятность проявления проблемы гонки данных?
3. Возможно ли в данной задаче при отсутствии средств синхронизации возникновение исключения и аварийное завершение программы?
4. Можно ли в данной задаче использовать атомарные операторы для обеспечения согласованности доступа? Необходимы ли при этом дополнительные средства синхронизации?
5. Можно ли в данной задаче использовать потокобезопасные коллекции для обеспечения согласованного доступа?
6. Какие средства синхронизации обеспечивают наилучшее быстродействие в данной задаче? Объясните с чем это связано.