



МНОГОПОТОЧНОСТЬ

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ

2

- 1) Введение в многопоточность;
- 2) Создание потоков;
- 3) Потоки с параметрами;
- 4) Синхронизация потоков;
- 5) Мониторы;
- 6) Класс `AUTORESETEVENT`;
- 7) Мьютексы;
- 8) Семафоры;
- 9) Использование таймеров.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

3

Одним из ключевых аспектов в современном программировании является **многопоточность**. Ключевым понятием при работе с многопоточностью является **поток**. Поток представляет некоторую часть кода программы. При выполнении программы каждому потоку выделяется определенный квант времени. И при помощи многопоточности мы можем выделить в приложении несколько потоков, которые будут выполнять различные задачи **одновременно**. Если у нас, допустим, графическое приложение, которое посылает запрос к какому-нибудь серверу или считывает и обрабатывает огромный файл, то без многопоточности у нас бы блокировался графический интерфейс на время выполнения задачи. А благодаря потокам мы можем выделить отправку запроса или любую другую задачу, которая может долго обрабатываться, в отдельный поток. Поэтому, к примеру, клиент-серверные приложения (и не только они) практически не мыслимы без многопоточности. Таким образом, многопоточная обработка является особой формой многозадачности.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

4

Образно многопоточность на базе потоков можно изобразить следующим образом:



ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

5

Разумеется, необходимо знать особенности одновременного выполнения множества потоков. Из-за того, что они выполняются в одно и то же время, при получении ими доступа к одним и тем же данным могут возникать проблемы. Чтобы этого не происходило, должны быть реализованы механизмы синхронизации.

Поток (thread) представляет собой независимую последовательность инструкций в программе. Потоки играют важную роль как для клиентских, так и для серверных приложений. К примеру, во время ввода какого-то кода C# в окне редактора Visual Studio проводится анализ на предмет различных синтаксических ошибок. Этот анализ осуществляется отдельным фоновым потоком. То же самое происходит и в средстве проверки орфографии в Microsoft Word. Один поток ожидает ввода данных пользователем, а другой в это время выполняет в фоновом режиме некоторый анализ. Третий поток может сохранять записываемые данные во временный файл, а четвертый — загружать дополнительные данные из Интернета.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

6

В приложении, которое функционирует на сервере, один поток всегда ожидает поступления запроса от клиента и потому называется **потоком-слушателем** (listener thread). При получении запроса он сразу же пересылает его отдельному **рабочему потоку** (worker thread), который дальше сам продолжает взаимодействовать с клиентом. Поток-слушатель после этого незамедлительно возвращается к своим обязанностям по ожиданию поступления следующего запроса от очередного клиента. Каждый процесс состоит из ресурсов, таких как оконные дескрипторы, файловые дескрипторы и другие объекты ядра, имеет выделенную область в виртуальной памяти и содержит как минимум один поток. Потоки планируются к выполнению операционной системой. У любого потока имеется приоритет, счетчик команд, указывающий на место в программе, где происходит обработка, и стек, в котором сохраняются локальные переменные потока. Стеки у каждого потока выглядят по-своему, но память для программного кода и куча разделяются среди всех потоков, которые функционируют внутри одного процесса. Это позволяет потокам внутри одного процесса быстро взаимодействовать между собой, поскольку все потоки процесса обращаются к одной и той же виртуальной памяти. Однако это также и усложняет дело, поскольку дает возможность множеству потоков изменять одну и ту же область памяти.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

7

Различают две разновидности многозадачности: на основе процессов и на основе потоков. В связи с этим важно понимать отличия между ними.

Процесс отвечает за управление ресурсами, к числу которых относится виртуальная память и дескрипторы Windows, и содержит как минимум один поток. Наличие хотя бы одного потока является обязательным для выполнения любой программы. Поэтому многозадачность на основе процессов — это средство, благодаря которому на компьютере могут параллельно выполняться две программы и более.

Так, многозадачность на основе процессов позволяет одновременно выполнять программы текстового редактора, электронных таблиц и просмотра содержимого в Интернете. При организации многозадачности на основе процессов программа является наименьшей единицей кода, выполнение которой может координировать планировщик задач.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

8

Поток представляет собой координируемую единицу исполняемого кода. Своим происхождением этот термин обязан понятию "поток исполнения". При организации многозадачности на основе потоков у каждого процесса должен быть по крайней мере один поток, хотя их может быть и больше. Это означает, что в одной программе одновременно могут решаться две задачи и больше. Например, текст может форматироваться в редакторе текста одновременно с его выводом на печать, при условии, что оба эти действия выполняются в двух отдельных потоках.

Отличия в многозадачности на основе процессов и потоков могут быть сведены к следующему: **многозадачность на основе процессов организуется для параллельного выполнения программ, а многозадачность на основе потоков — для параллельного выполнения отдельных частей одной программы.**

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

9

Главное преимущество многопоточной обработки заключается в том, что она позволяет писать программы, которые работают очень эффективно благодаря возможности выгодно использовать время простоя, неизбежно возникающее в ходе выполнения большинства программ. Как известно, большинство устройств ввода-вывода, будь то устройства, подключенные к сетевым портам, накопители на дисках или клавиатура, работают намного медленнее, чем центральный процессор (ЦП). Поэтому большую часть своего времени программе приходится ожидать отправки данных на устройство ввода-вывода или приема информации из него. А благодаря многопоточной обработке программа может решать какую-нибудь другую задачу во время вынужденного простоя.

Например, в то время как одна часть программы отправляет файл через соединение с Интернетом, другая ее часть может выполнять чтение текстовой информации, вводимой с клавиатуры, а третья — осуществлять буферизацию очередного блока отправляемых данных.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

10

Поток может находиться в одном из нескольких состояний. В целом, поток может быть выполняющимся; готовым к выполнению, как только он получит время и ресурсы ЦП; приостановленным, т.е. временно не выполняющимся; возобновленным в дальнейшем; заблокированным в ожидании ресурсов для своего выполнения; а также завершенным, когда его выполнение окончено и не может быть возобновлено.

В среде .NET Framework определены две разновидности потоков: **приоритетный** и **фоновый**. По умолчанию создаваемый поток автоматически становится приоритетным, но его можно сделать фоновым. **Единственное отличие приоритетных потоков от фоновых заключается в том, что фоновый поток автоматически завершается, если в его процессе остановлены все приоритетные потоки.**

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

11

В связи с организацией многозадачности на основе потоков возникает потребность в особом режиме, который называется **синхронизацией** и позволяет координировать выполнение потоков вполне определенным образом. Для такой синхронизации в C# предусмотрена отдельная подсистема.

Все процессы состоят хотя бы из одного потока, который обычно называют основным, поскольку именно с него начинается выполнение программы. Из основного потока можно создать другие потоки.

В языке C# и среде .NET Framework поддерживаются обе разновидности многозадачности: на основе процессов и на основе потоков. Поэтому средствами C# можно создавать как процессы, так и потоки, а также управлять и теми и другими.

Намного более важной оказывается поддержка в C# многопоточной обработки, благодаря которой упрощается написание высокопроизводительных, многопоточных программ на C# по сравнению с некоторыми другими языками программирования.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

12

Основной функционал для использования потоков в приложении сосредоточен в пространстве имен `System.Threading`. В нем определен класс, представляющий отдельный поток - класс `Thread`.

Класс `Thread` определяет ряд методов и свойств, которые позволяют управлять потоком и получать информацию о нем.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

13

Основные свойства класса Thread:

Статическое свойство **CurrentContext** позволяет получить контекст, в котором выполняется поток

Статическое свойство **CurrentThread** возвращает ссылку на выполняемый поток

Свойство **IsAlive** указывает, работает ли поток в текущий момент

Свойство **IsBackground** указывает, является ли поток фоновым

Свойство **Name** содержит имя потока

Свойство **Priority** хранит приоритет потока - значение перечисления `ThreadPriority`

Свойство **ThreadState** возвращает состояние потока - одно из значений перечисления `ThreadState`

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

14

Некоторые методы класса Thread:

Статический метод **GetDomain** возвращает ссылку на домен приложения

Статический метод **GetDomainId** возвращает `id` домена приложения, в котором выполняется текущий поток

Статический метод **Sleep** останавливает поток на определенное количество миллисекунд

Метод **Abort** уведомляет среду CLR о том, что надо прекратить поток, однако прекращение работы потока происходит не сразу, а только тогда, когда это становится возможно. Для проверки завершенности потока следует опрашивать его свойство `ThreadState`

Метод **Interrupt** прерывает поток на некоторое время

Метод **Join** блокирует выполнение вызвавшего его потока до тех пор, пока не завершится поток, для которого был вызван данный метод

Метод **Resume** возобновляет работу ранее приостановленного потока

Метод **Start** запускает поток

Метод **Suspend** приостанавливает поток

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

15

Получение информации о потоке

Используем вышеописанные свойства и методы для получения информации о потоке:

В этом случае мы получим примерно следующий вывод:

```
Имя потока:  
Имя потока: Метод Main  
Запущен ли поток: True  
Приоритет потока: Normal  
Статус потока: Running  
Домен приложения: ThreadApp.vshost.exe
```

Так как по умолчанию свойство Name у объектов Thread не установлено, то в первом случае мы получаем в качестве значения этого свойства пустую строку.

```
using System.Threading;  
.....  
static void Main(string[] args)  
{  
    // получаем текущий поток  
    Thread t = Thread.CurrentThread;  
  
    //получаем имя потока  
    Console.WriteLine("Имя потока: {0}", t.Name);  
    t.Name = "Метод Main";  
    Console.WriteLine("Имя потока: {0}", t.Name);  
  
    Console.WriteLine("Запущен ли поток: {0}", t.IsAlive);  
    Console.WriteLine("Приоритет потока: {0}", t.Priority);  
    Console.WriteLine("Статус потока: {0}", t.ThreadState);  
  
    // получаем домен приложения  
    Console.WriteLine("Домен приложения: {0}", Thread.GetDomain().FriendlyName);  
  
    Console.ReadLine();  
}
```


ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

16

Статус потока

Статусы потока содержатся в перечислении *ThreadState*:

Aborted: поток остановлен, но пока еще окончательно не завершен

AbortRequested: для потока вызван метод `Abort`, но остановка потока еще не произошла

Background: поток выполняется в фоновом режиме

Running: поток запущен и работает (не приостановлен)

Stopped: поток завершен

StopRequested: поток получил запрос на остановку

Suspended: поток приостановлен

SuspendRequested: поток получил запрос на приостановку

Unstarted: поток еще не был запущен

WaitSleepJoin: поток заблокирован в результате действия методов `Sleep` или `Join`

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

17

В процессе работы потока его статус многократно может измениться под действием методов. Так, в самом начале еще до применения метода `Start` его статус имеет значение `Unstarted`. Запустив поток, мы изменим его статус на `Running`. Вызвав метод `Sleep`, статус изменится на `WaitSleepJoin`. А применяя метод `Abort`, мы тем самым переведем поток в состояние `AbortRequested`, а затем `Aborted`, после чего поток окончательно завершится.

ВВЕДЕНИЕ В МНОГОПОТОЧНОСТЬ. КЛАСС THREAD

18

Приоритеты потоков

Приоритеты потоков располагаются в перечислении *ThreadPriority*:

Lowest

BelowNormal

Normal

AboveNormal

Highest

По умолчанию потоку задается значение *Normal*. Однако мы можем изменить приоритет в процессе работы программы. Например, повысить важность потока, установив приоритет *Highest*. Среда CLR будет считывать и анализировать значения приоритета и на их основании выделять данному потоку то или иное количество времени.

СОЗДАНИЕ ПОТОКОВ. ДЕЛЕГАТ THREADSTART

19

Используя класс `Thread`, мы можем выделить в приложении несколько потоков, которые будут выполняться одновременно.

Во-первых, для запуска нового потока нам надо определить задачу в приложении, которую будет выполнять данный поток. Для этого мы можем добавить новый метод, производящий какие-либо действия.

Для создания нового потока используется делегат `ThreadStart`, который получает в качестве параметра метод, который мы определили выше.

И чтобы запустить поток, вызывается метод `Start`. Рассмотрим на примере:


```
ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    // создаем новый поток
    // новый поток будет производить действия, определенные в методе Count
    Thread myThread = new Thread(new ThreadStart(Count));
    myThread.Start(); // запускаем поток

    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Главный поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        // после каждого умножения с помощью метода Thread.Sleep
        // мы усыпляем поток на 300 миллисекунд
        Thread.Sleep(300);
    }

    Console.ReadLine();
}

ссылка 1
public static void Count()
{
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Второй поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        Thread.Sleep(400);
    }
}
```

Здесь новый поток будет производить действия, определенные в методе Count. Чтобы запустить этот метод в качестве второго потока, мы сначала создаем объект потока: `Thread myThread = new Thread(new ThreadStart(Count));`. В конструктор передается делегат `ThreadStart`, который в качестве параметра принимает метод `Count`. И следующей строкой `myThread.Start()` мы запускаем поток. После этого управление передается главному потоку, и выполняются все остальные действия, определенные в методе `Main`.


```
ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    // создаем новый поток
    // новый поток будет производить действия, определенные в методе Count
    Thread myThread = new Thread(new ThreadStart(Count));
    myThread.Start(); // запускаем поток

    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Главный поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        // после каждого умножения с помощью метода Thread.Sleep
        // мы усыпляем поток на 300 миллисекунд
        Thread.Sleep(300);
    }

    Console.ReadLine();
}
```

```
ссылка 1
public static void Count()
{
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Второй поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        Thread.Sleep(400);
    }
}
```

```
file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tmp2/bin/
Главный поток :
9
Второй поток :
9
Главный поток :
16
Главный поток :
25
Второй поток :
16
Главный поток :
36
Второй поток :
25
Главный поток :
49
Второй поток :
36
Главный поток :
64
Второй поток :
49
Второй поток :
64
```

Таким образом, в нашей программе будут работать одновременно главный поток, представленный методом `Main`, и второй поток. Кроме действий по созданию второго потока, в главном потоке также производятся некоторые вычисления. Как только все потоки отработают, программа завершит свое выполнение.

Подобным образом мы можем создать и три, и четыре, и целый набор новых потоков, которые смогут решать те или иные задачи.

СОЗДАНИЕ ПОТОКОВ. ДЕЛЕГАТ THREADSTART

22

Существует еще одна форма создания потока:
`Thread myThread = new Thread(Count);`
Хотя в данном случае явным образом мы не используем делегат `ThreadStart`, но неявно он создается. Компилятор `C#` выводит делегат из сигнатуры метода `Count` и вызывает соответствующий конструктор.

ПОТОКИ С ПАРАМЕТРАМИ И PARAMETERIZEDTHREADSTART

23

В предыдущем примере мы рассмотрели, как запускать в отдельных потоках методы без параметров. А что, если нам надо передать какие-нибудь параметры в поток?

Для этой цели используется делегат `ParameterizedThreadStart`. Его действие похоже на функциональность делегата `ThreadStart`. Рассмотрим на примере:


```
ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    int number = 4;
    // создаем новый поток
    Thread myThread = new Thread(new ParameterizedThreadStart(Count));
    // После создания потока мы передаем метод myThread.Start(number);
    // переменную, значение которой хотим передать в поток.
    myThread.Start(number);

    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Главный поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        Thread.Sleep(300);
    }

    Console.ReadLine();
}

ссылка 1
public static void Count(object x)
{
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        int n = (int)x;

        Console.WriteLine("Второй поток:");
        Console.WriteLine(i * n);
        Thread.Sleep(400);
    }
}
```

После создания потока мы передаем метод `myThread.Start(number)`; переменную, значение которой хотим передать в поток.

При использовании `ParameterizedThreadStart` мы сталкиваемся с ограничением: мы можем запускать во втором потоке только такой метод, который в качестве единственного параметра принимает объект типа `object`. Поэтому в данном случае нам надо дополнительно привести переданное значение к типу `int`, чтобы его использовать в вычислениях.

ПОТОКИ С ПАРАМЕТРАМИ И PARAMETERIZEDTHREADSTART

25

Но что делать, если нам надо передать не один, а несколько параметров различного типа? В этом случае на помощь приходит классовый подход:


```

ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    Counter counter = new Counter();
    counter.X = 4; counter.Y = 5;

    Thread myThread = new Thread(new ParameterizedThreadStart(Count));
    myThread.Start(counter);

    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("Главный поток:");
        Console.WriteLine(i * i);
        Thread.Sleep(300);
    }
    Console.ReadLine();
}

```

```

ссылка 1
public static void Count(object obj)
{
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Counter c = (Counter)obj;

        Console.WriteLine("Второй поток:");
        Console.WriteLine(i * c.X * c.Y);
        Thread.Sleep(400);
    }
}

```

```

ссылка 4
public class Counter
{
    ссылка 2
    public int X { get; set; }
    ссылка 2
    public int Y { get; set; }
}

```

26

```

file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tmp2/bin/Debug
Главный поток :
9
Второй поток :
60
Главный поток :
16
Главный поток :
Второй поток :
80
25
Главный поток :
36
Второй поток :
100
Главный поток :
49
Второй поток :
120
Главный поток :
64
Второй поток :
140
Второй поток :
160

```

Сначала определяем специальный класс Counter, объект которого будет передаваться во второй поток, а в методе Main передаем его во второй поток.

Но тут опять же есть одно ограничение: метод Thread.Start не является типобезопасным, то есть мы можем передать в него любой тип, и потом нам придется приводить переданный объект к нужному нам типу.

ПОТОКИ С ПАРАМЕТРАМИ И PARAMETERIZEDTHREADSTART

27

Для решения данной проблемы рекомендуется объявлять все используемые методы и переменные в специальном классе, а в основной программе запускать поток через `ThreadStart`.

Например:

class Program

```
{
    ссылка 0
    static void Main(string[] args)
    {
        Counter counter = new Counter(5, 4);
        Thread myThread = new Thread(new ThreadStart(counter.Count));
        myThread.Start();

        for (int i = 1; i < 9; i++)
        {
            Console.WriteLine("Главный поток:");
            Console.WriteLine(i * i);
            Thread.Sleep(300);
        }
        Console.ReadLine();
    }
}
```

ссылка 3

```
public class Counter
```

```
{
    private int x;
    private int y;
    ссылка 1
    public Counter(int _x, int _y)
    {
        this.x = _x;
        this.y = _y;
    }
    ссылка 1
    public void Count()
    {
        for (int i = 1; i < 9; i++)
        {
            Console.WriteLine("Второй поток:");
            Console.WriteLine(i * x * y);
            Thread.Sleep(400);
        }
    }
}
```

file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tmp2/bin

```
Главный поток:
9
Второй поток:
60
Главный поток:
16
Главный поток:
Второй поток:
80
25
Главный поток:
36
Второй поток:
100
Главный поток:
49
Второй поток:
120
Главный поток:
64
Второй поток:
140
Второй поток:
160
```

28

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПОТОКОВ

29

Нередко в потоках используются некоторые разделяемые ресурсы, общие для всей программы. Это могут быть общие переменные, файлы, другие ресурсы. Например:


```
static int x = 0;
```

ссылка 0

```
static void Main(string[] args)
```

```
{  
    // запускаются пять потоков, которые работают с общей переменной x  
    for (int i = 0; i < 5; i++)  
    {  
        Thread myThread = new Thread(Count);  
        // задаем имя для потока  
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();  
        myThread.Start();  
    }  
  
    Console.ReadLine();  
}
```

ссылка 1

```
public static void Count()
```

```
{  
    x = 1;  
    for (int i = 1; i < 9; i++)  
    {  
        // Thread.CurrentThread.Name - возвращает имя текущего потока  
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);  
        x++;  
        Thread.Sleep(100);  
    }  
}
```

30

```
file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tn  
Поток 0: 12  
Поток 3: 14  
Поток 2: 14  
Поток 4: 14  
Поток 0: 17  
Поток 1: 17  
Поток 4: 19  
Поток 2: 19  
Поток 3: 19  
Поток 1: 22  
Поток 0: 22  
Поток 3: 24  
Поток 2: 24  
Поток 4: 24  
Поток 1: 27  
Поток 0: 27  
Поток 4: 29  
Поток 2: 29  
Поток 3: 29  
Поток 1: 32  
Поток 0: 32  
Поток 4: 34  
Поток 2: 34  
Поток 3: 34
```

Здесь у нас запускаются пять потоков, которые работают с общей переменной x. И мы предполагаем, что метод выведет все значения x от 1 до 8. И так для каждого потока. Однако в реальности в процессе работы будет происходить переключение между потоками, и значение переменной x становится непредсказуемым.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПОТОКОВ

31

Решение проблемы состоит в том, чтобы синхронизировать потоки и ограничить доступ к разделяемым ресурсам на время их использования каким-нибудь потоком. Для этого используется ключевое слово `lock`. Оператор `lock` определяет блок кода, внутри которого весь код блокируется и становится недоступным для других потоков до завершения работы текущего потока. И мы можем переделать предыдущий пример следующим образом:


```
static int x = 0;
// объект-заглушка для блокировки
static object locker = new object();
// ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        // задаем имя потока
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }

    Console.ReadLine();
}
// ссылка 1
public static void Count()
{
    lock (locker)
    {
        x = 1;
        for (int i = 1; i < 9; i++)
        {
            // Thread.CurrentThread.Name - возвращает имя текущего потока
            Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
            x++;
            Thread.Sleep(100);
        }
    }
}
```

```
file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/t
Поток 0: 1
Поток 0: 2
Поток 0: 3
Поток 0: 4
Поток 0: 5
Поток 0: 6
Поток 0: 7
Поток 0: 8
Поток 3: 1
Поток 3: 2
Поток 3: 3
Поток 3: 4
Поток 3: 5
Поток 3: 6
Поток 3: 7
Поток 3: 8
Поток 4: 1
Поток 4: 2
Поток 4: 3
Поток 4: 4
Поток 4: 5
Поток 4: 6
Поток 4: 7
Поток 4: 8
Поток 2: 1
Поток 2: 2
Поток 2: 3
Поток 2: 4
Поток 2: 5
Поток 2: 6
Поток 2: 7
Поток 2: 8
Поток 1: 1
Поток 1: 2
Поток 1: 3
Поток 1: 4
Поток 1: 5
Поток 1: 6
Поток 1: 7
Поток 1: 8
```

Для блокировки с ключевым словом `lock` используется объект-заглушка, в данном случае это переменная `locker`. Когда выполнение доходит до оператора `lock`, объект `locker` блокируется, и на время его блокировки монопольный доступ к блоку кода имеет только один поток. После окончания работы блока кода, объект `locker` освобождается и становится доступным для других потоков.

МОНИТОРЫ

33

Наряду с оператором `lock` для синхронизации потоков мы можем использовать мониторы, представленные классом `System.Threading.Monitor`.

Фактически конструкция оператора `lock` из прошлого примера инкапсулирует в себе синтаксис использования мониторов. А рассмотренный пример будет эквивалентен следующему коду:


```
static int x = 0;
static object locker = new object();
//ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
    Console.ReadLine();
}
//ссылка 1
public static void Count()
{
    try
    {
        Monitor.Enter(locker);
        x = 1;
        for (int i = 1; i < 9; i++)
        {
            Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
            x++;
            Thread.Sleep(100);
        }
    }
    finally
    {
        Monitor.Exit(locker);
    }
}
```

```
file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tmp2/b
Поток 0: 1
Поток 0: 2
Поток 0: 3
Поток 0: 4
Поток 0: 5
Поток 0: 6
Поток 0: 7
Поток 0: 8
Поток 3: 1
Поток 3: 2
Поток 3: 3
Поток 3: 4
Поток 3: 5
Поток 3: 6
Поток 3: 7
Поток 3: 8
Поток 4: 1
Поток 4: 2
Поток 4: 3
Поток 4: 4
Поток 4: 5
Поток 4: 6
Поток 4: 7
Поток 4: 8
Поток 2: 1
Поток 2: 2
Поток 2: 3
Поток 2: 4
Поток 2: 5
Поток 2: 6
Поток 2: 7
Поток 2: 8
Поток 1: 1
Поток 1: 2
Поток 1: 3
Поток 1: 4
Поток 1: 5
Поток 1: 6
Поток 1: 7
Поток 1: 8
```

Метод `Monitor.Enter` блокирует объект `locker` так же, как это делает оператор `lock`. А в блоке `try...finally` с помощью метода `Monitor.Exit` происходит освобождение объекта `locker`, и он становится доступным для других потоков.

Кроме блокировки и разблокировки объекта класс `Monitor` имеет еще ряд методов, которые позволяют управлять синхронизацией потоков. Так, метод `Monitor.Wait` освобождает блокировку объекта и переводит поток в очередь ожидания объекта. Следующий поток в очереди готовности объекта блокирует данный объект. А все потоки, которые вызвали метод `Wait`, остаются в очереди ожидания, пока не получат сигнала от метода `Monitor.Pulse` или `Monitor.PulseAll`, посланного владельцем блокировки. Если метод `Monitor.Pulse` отправлен, поток, находящийся во главе очереди ожидания, получает сигнал и блокирует освободившийся объект. Если же метод `Monitor.PulseAll` отправлен, то все потоки, находящиеся в очереди ожидания, получают сигнал и переходят в очередь готовности, где им снова разрешается получать блокировку объекта.

КЛАСС AUTORESETEVENT

36

Класс `AutoResetEvent` также служит целям синхронизации потоков. Этот класс является оберткой над объектом ОС Windows "событие" и позволяет переключить данный объект-событие из сигнального в несигнальное состояние. Так, предыдущий пример мы можем переписать с использованием `AutoResetEvent` следующим образом:


```
// создаем объект типа AutoResetEvent
// передавая в конструктор значение true, мы тем самым указываем,
// что создаваемый объект изначально будет в сигнальном состоянии
static AutoResetEvent waitHandler = new AutoResetEvent(true);
static int x = 0;
ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
    Console.ReadLine();
}
ссылка 1
public static void Count()
{
    // метод WaitOne указывает, что текущий поток переводится в состояние ожидания,
    // пока объект waitHandler не будет переведен в сигнальное состояние
    // и так все потоки у нас переводятся в состояние ожидания
    waitHandler.WaitOne();
    x = 1;
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
        x++;
        Thread.Sleep(100);
    }
    // метод waitHandler.Set, который уведомляет все ожидающие потоки,
    // что объект waitHandler снова находится в сигнальном состоянии,
    // и один из потоков "захватывает" данный объект, переводит в несигнальное состояние и выполняет свой код.
    waitHandler.Set();
}
```

Во-первых, создаем переменную типа `AutoResetEvent`. Передавая в конструктор значение `true`, мы тем самым указываем, что создаваемый объект изначально будет в сигнальном состоянии. Когда начинает работать поток, то первым делом срабатывает определенный в методе `Count` вызов `waitHandler.WaitOne()`. Метод `WaitOne` указывает, что текущий поток переводится в состояние ожидания, пока объект `waitHandler` не будет переведен в сигнальное состояние. И так все потоки у нас переводятся в состояние ожидания.


```

// создаем объект типа AutoResetEvent
// передавая в конструктор значение true, мы тем самым указываем,
// что создаваемый объект изначально будет в сигнальном состоянии
static AutoResetEvent waitHandler = new AutoResetEvent(true);
static int x = 0;
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
    Console.ReadLine();
}

```

```

public static void Count()
{
    // метод WaitOne указывает, что текущий поток переводится в состояние ожидания,
    // пока объект waitHandler не будет переведен в сигнальное состояние
    // и так все потоки у нас переводятся в состояние ожидания
    waitHandler.WaitOne();
    x = 1;
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
        x++;
        Thread.Sleep(100);
    }
    // метод waitHandler.Set, который уведомляет все ожидающие потоки,
    // что объект waitHandler снова находится в сигнальном состоянии,
    // и один из потоков "захватывает" данный объект, переводит в несигнальное состояние и выполняет свой код.
    waitHandler.Set();
}

```

file:///C:/Users/User/Desktop/...

```

Поток 0: 1
Поток 0: 2
Поток 0: 3
Поток 0: 4
Поток 0: 5
Поток 0: 6
Поток 0: 7
Поток 0: 8
Поток 4: 1
Поток 4: 2
Поток 4: 3
Поток 4: 4
Поток 4: 5
Поток 4: 6
Поток 4: 7
Поток 4: 8
Поток 3: 1
Поток 3: 2
Поток 3: 3
Поток 3: 4
Поток 3: 5
Поток 3: 6
Поток 3: 7
Поток 3: 8
Поток 2: 1
Поток 2: 2
Поток 2: 3
Поток 2: 4
Поток 2: 5
Поток 2: 6
Поток 2: 7
Поток 2: 8
Поток 1: 1
Поток 1: 2
Поток 1: 3
Поток 1: 4
Поток 1: 5
Поток 1: 6
Поток 1: 7
Поток 1: 8

```

После завершения работы вызывается метод `waitHandler.Set`, который уведомляет все ожидающие потоки, что объект `waitHandler` снова находится в сигнальном состоянии, и один из потоков "захватывает" данный объект, переводит в несигнальное состояние и выполняет свой код. А остальные потоки снова ожидают. Так как в конструкторе `AutoResetEvent` мы указываем, что объект изначально находится в сигнальном состоянии, то первый из очереди потоков захватывает данный объект и начинает выполнять свой код.

КЛАСС AUTORESETEVENT

39

Но если бы мы написали

```
AutoResetEvent waitHandler = new AutoResetEvent(false),
```

тогда объект изначально был бы в несигнальном состоянии, а поскольку все потоки блокируются методом `waitHandler.WaitOne()` до ожидания сигнала, то у нас попросту случилась бы блокировка программы, и программа не выполняла бы никаких действий.

Если у нас в программе используются несколько объектов `AutoResetEvent`, то мы можем использовать для отслеживания состояния этих объектов методы `WaitAll` и `WaitAny`, которые в качестве параметра принимают массив объектов класса `WaitHandle` - базового класса для `AutoResetEvent`.

Так, мы тоже можем использовать `WaitAll` в вышеприведенном примере. Для этого надо строку `waitHandler.WaitOne();` заменить на следующую:

```
AutoResetEvent.WaitAll(new WaitHandle[] {waitHandler});
```


МЬЮТЕКСЫ

40

Еще один инструмент управления синхронизацией потоков представляет класс `Mutex`, также находящийся в пространстве имен `System.Threading`. Данный класс является классом-оболочкой над соответствующим объектом ОС Windows "мьютекс". Перепишем предыдущий пример, используя мьютексы:


```

// создаем объект мьютекса
static Mutex mutexObj = new Mutex();
static int x = 0;

// ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }

    Console.ReadLine();
}

// ссылка 1
public static void Count()
{
    // Метод mutexObj.WaitOne() приостанавливает выполнение потока до тех пор,
    // пока не будет получен мьютекс mutexObj
    mutexObj.WaitOne();
    x = 1;
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
        x++;
        Thread.Sleep(100);
    }
    // освобождение мьютекса
    mutexObj.ReleaseMutex();
}

```

Сначала создаем объект мьютекса: `Mutex mutexObj = new Mutex()`. Основную работу по синхронизации выполняют методы `WaitOne()` и `ReleaseMutex()`. Метод `mutexObj.WaitOne()` приостанавливает выполнение потока до тех пор, пока не будет получен мьютекс `mutexObj`. После выполнения всех действий, когда мьютекс больше не нужен, поток освобождает его с помощью метода `mutexObj.ReleaseMutex()`.


```

// создаем объект мьютекса
static Mutex mutexObj = new Mutex();
static int x = 0;

// ссылка 0
static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Thread myThread = new Thread(Count);
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }

    Console.ReadLine();
}

// ссылка 1
public static void Count()
{
    // Метод mutexObj.WaitOne() приостанавливает выполнение потока до тех пор,
    // пока не будет получен мьютекс mutexObj
    mutexObj.WaitOne();
    x = 1;
    for (int i = 1; i < 9; i++)
    {
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
        x++;
        Thread.Sleep(100);
    }
    // освобождение мьютекса
    mutexObj.ReleaseMutex();
}

```

file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2

```

Поток 0: 1
Поток 0: 2
Поток 0: 3
Поток 0: 4
Поток 0: 5
Поток 0: 6
Поток 0: 7
Поток 0: 8
Поток 4: 1
Поток 4: 2
Поток 4: 3
Поток 4: 4
Поток 4: 5
Поток 4: 6
Поток 4: 7
Поток 4: 8
Поток 1: 1
Поток 1: 2
Поток 1: 3
Поток 1: 4
Поток 1: 5
Поток 1: 6
Поток 1: 7
Поток 1: 8
Поток 3: 1
Поток 3: 2
Поток 3: 3
Поток 3: 4
Поток 3: 5
Поток 3: 6
Поток 3: 7
Поток 3: 8
Поток 2: 1
Поток 2: 2
Поток 2: 3
Поток 2: 4
Поток 2: 5
Поток 2: 6
Поток 2: 7
Поток 2: 8

```

42

Таким образом, когда выполнение дойдет до вызова `mutexObj.WaitOne()`, поток будет ожидать, пока не освободится мьютекс. И после его получения продолжит выполнять свою работу.

МЬЮТЕКСЫ

43

Мы использовали мьютекс для синхронизации потоков. Однако замечательная черта мьютексов состоит также в том, что они могут также применяться не только внутри одного процесса, но и между процессами. Типичный пример - создание приложения, которое можно запустить только один раз. Создадим подобное приложение:


```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Reflection;

namespace example
{
    ссылка 0
    class Program
    {
        ссылка 0
        static void Main(string[] args)
        {
            bool existed;
            // получаем GIUD приложения
            string guid = Marshal.GetTypeLibGuidForAssembly(Assembly.GetExecutingAssembly()).ToString();

            Mutex mutexObj = new Mutex(true, guid, out existed);

            if (existed)
            {
                Console.WriteLine("Приложение работает");
            }
            else
            {
                Console.WriteLine("Приложение уже было запущено. И сейчас оно будет закрыто.");
                Thread.Sleep(3000);
                return;
            }
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

В данном случае для создания мьютекса мы используем другую перегрузку конструктора. Значение `true`, которое передается в качестве первого параметра конструктора, указывает, что приложение будет запрашивать владение мьютексом. Второй параметр указывает на уникальное имя мьютекса. В данном случае в качестве имени выбран `guid` приложения, то есть глобальный уникальный идентификатор.


```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Reflection;

namespace example
{
    ссылка 0
    class Program
    {
        ссылка 0
        static void Main(string[] args)
        {
            bool existed;
            // получаем GIUD приложения
            string guid = Marshal.GetTypeLibGuidForAssembly(Assembly.GetExecutingAssembly()).ToString();

            Mutex mutexObj = new Mutex(true, guid, out existed);

            if (existed)
            {
                Console.WriteLine("Приложение работает");
            }
            else
            {
                Console.WriteLine("Приложение уже было запущено. И сейчас оно будет закрыто.");
                Thread.Sleep(3000);
                return;
            }
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

Третий параметр возвращает значение из конструктора. Если он равен true, то это означает, что мьютекс запрошен и получен. А если false - то запрос на владение мьютексом отклонен. И после создания мьютекса, если мы запустим вторую копию приложения, то она будет закрыта. И в один момент времени сможет работать только одна копия программы.

Еще один инструмент, который предлагает нам платформа .NET для управления синхронизацией, представляют семафоры. Семафоры позволяют ограничить доступ определенным количеством объектов.

Например, у нас такая задача: есть некоторое число читателей, которые приходят в библиотеку три раза в день и что-то там читают. И пусть у нас будет ограничение, что одновременно в библиотеке не может находиться больше трех читателей. Данную задачу очень легко решить с помощью семафоров:


```
ссылка 3
class Reader
{
    static Semaphore sem = new Semaphore(3, 3); // создаем семафор
    Thread myThread;
    int count = 3; // счетчик чтения
    ссылка 1
    public Reader(int i)
    {
        myThread = new Thread(Read);
        myThread.Name = "Читатель " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
    ссылка 1
    public void Read()
    {
        while (count > 0)
        {
            sem.WaitOne();
            Console.WriteLine("{0} входит в библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            Console.WriteLine("{0} читает", Thread.CurrentThread.Name);
            Thread.Sleep(1000);
            Console.WriteLine("{0} покидает библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            sem.Release();
            count--;
            Thread.Sleep(1000);
        }
    }
}
```

```
ссылка 0
class Program
{
    ссылка 0
    static void Main(string[] args)
    {
        for (int i = 1; i < 6; i++)
        {
            Reader reader = new Reader(i);
        }
        Console.ReadLine();
    }
}
```

В данной программе читатель представлен классом `Reader`. Он инкапсулирует всю функциональность, связанную с потоками, через переменную `Thread myThread`.

Для создания семафора используется класс `Semaphore`:

`static Semaphore sem = new Semaphore(3, 3);`. Его конструктор принимает два параметра: первый указывает, какому числу объектов изначально будет доступен семафор, а второй параметр указывает, какой максимальное число объектов будет использовать данный семафор. В данном случае у нас только три читателя могут одновременно находиться в библиотеке, поэтому максимальное число равно 3.


```

ссылка 3
class Reader
{
    static Semaphore sem = new Semaphore(3, 3); // создаем семафор
    Thread myThread;
    int count = 3; // счетчик чтения
ссылка 1
    public Reader(int i)
    {
        myThread = new Thread(Read);
        myThread.Name = "Читатель " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
ссылка 1
    public void Read()
    {
        while (count > 0)
        {
            sem.WaitOne();
            Console.WriteLine("{0} входит в библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            Console.WriteLine("{0} читает", Thread.CurrentThread.Name);
            Thread.Sleep(1000);
            Console.WriteLine("{0} покидает библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            sem.Release();
            count--;
            Thread.Sleep(1000);
        }
    }
}

```

```

ссылка 0
class Program
{
    ссылка 0
    static void Main(string[] args)
    {
        for (int i = 1; i < 6; i++)
        {
            Reader reader = new Reader(i);
        }
        Console.ReadLine();
    }
}

```

Основной функционал сосредоточен в методе Read, который и выполняется в потоке. В начале для ожидания получения семафора используется метод `sem.WaitOne()`. После того, как в семафоре освободится место, данный поток заполняет свободное место и начинает выполнять все дальнейшие действия. После окончания чтения мы высвобождаем семафор с помощью метода `sem.Release()`. После этого в семафоре освобождается одно место, которое заполняет другой поток. А в методе `Main` нам остается только создать читателей, которые запускают соответствующие потоки.


```

class Reader
{
    static Semaphore sem = new Semaphore(3, 3); // создаем семафор
    Thread myThread;
    int count = 3; // счетчик чтения
    ссылка 1
    public Reader(int i)
    {
        myThread = new Thread(Read);
        myThread.Name = "Читатель " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }
    ссылка 1
    public void Read()
    {
        while (count > 0)
        {
            sem.WaitOne();
            Console.WriteLine("{0} входит в библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            Console.WriteLine("{0} читает", Thread.CurrentThread.Name);
            Thread.Sleep(1000);
            Console.WriteLine("{0} покидает библиотеку", Thread.CurrentThread.Name);
            sem.Release();
            count--;
            Thread.Sleep(1000);
        }
    }
}

```

```

ссылка 0
class Program
{
    ссылка 0
    static void Main(string[] args)
    {
        for (int i = 1; i < 6; i++)
        {
            Reader reader = new Reader(i);
        }
        Console.ReadLine();
    }
}

```

49

```

file:///C:/Users/User/Desktop/tmp2/tmp2/bin/Debug/tmp2.EXE
Читатель 4 читает
Читатель 1 входит в библиотеку
Читатель 1 читает
Читатель 5 покидает библиотеку
Читатель 3 входит в библиотеку
Читатель 3 читает
Читатель 4 покидает библиотеку
Читатель 2 входит в библиотеку
Читатель 2 читает
Читатель 1 покидает библиотеку
Читатель 5 входит в библиотеку
Читатель 5 читает
Читатель 3 покидает библиотеку
Читатель 2 покидает библиотеку
Читатель 4 входит в библиотеку
Читатель 4 читает
Читатель 1 входит в библиотеку
Читатель 1 читает
Читатель 5 покидает библиотеку
Читатель 3 входит в библиотеку
Читатель 3 читает
Читатель 4 покидает библиотеку
Читатель 2 входит в библиотеку
Читатель 2 читает
Читатель 1 покидает библиотеку
Читатель 5 входит в библиотеку
Читатель 5 читает
Читатель 3 покидает библиотеку
Читатель 2 покидает библиотеку
Читатель 4 входит в библиотеку
Читатель 4 читает
Читатель 5 покидает библиотеку
Читатель 4 покидает библиотеку

```


ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАЙМЕРОВ

50

Одним из важнейших классов, находящихся в пространстве имени `System.Threading`, является класс `Timer`. Данный класс позволяет запускать определенные действия по истечению некоторого периода времени.

Например, нам надо запускать какой-нибудь метод через каждые 2000 миллисекунд, то есть раз в две секунды:

ссылка 0

```
static void Main(string[] args)
{
    int num = 0;
    // устанавливаем метод обратного вызова
    // создается объект делегата TimerCallback,
    // который в качестве параметра принимает метод
    TimerCallback tm = new TimerCallback(Count);
    // создаем таймер
    Timer timer = new Timer(tm, num, 0, 2000);

    Console.ReadLine();
}
```

ссылка 1

```
public static void Count(object obj)
{
    int x = (int)obj;
    for (int i = 1; i < 9; i++, x++)
    {
        Console.WriteLine("{0}", x * i);
    }
}
```

Первым делом создается объект делегата `TimerCallback`, который в качестве параметра принимает метод. Причем данный метод должен в качестве параметра принимать объект типа `object`. И затем создается таймер. Данная перегрузка конструктора таймера принимает четыре параметра: объект делегата `TimerCallback`; объект, передаваемый в качестве параметра в метод `Count`; количество миллисекунд, через которое таймер будет запускаться (в данном случае таймер будет запускаться немедленно после создания, так как в качестве значения используется `0`); интервал между вызовами метода `Count`. И, таким образом, после запуска программы каждые две секунды будет срабатывать метод `Count`.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАЙМЕРОВ

52

Если бы нам не надо было бы использовать параметр `obj` у метода `Count`, то при создании таймера мы могли бы указывать в качестве соответствующего параметра значение `null`:

```
Timer timer = new Timer(tm, null, 0, 2000);
```