

Многопоточное программирование



Процесс

- ▶ Приложению в операционной системе соответствует – процесс (концепция уровня ОС). Процесс выделяет для приложения изолированное адресное пространство и поддерживает один или несколько потоков выполнения.

О процессе

- ▶ 1) для каждого загружаемого в память файла *.exe в операционной системе создается отдельный изолированный процесс, который используется на протяжении всего времени его существования
- ▶ 2) выход из строя одного процесса никак не сказывается на работе других процессов
- ▶ 3) доступ напрямую к данным в одном процессе из другого процесса невозможен (API - распределенных вычислений Windows Communication Foundation)
- ▶ 4) каждый процесс Windows получает уникальный *идентификатор процесса (Process ID — PID)*
- ▶ 5) может независимо загружаться и выгружаться операционной системой (в том числе программно)

Process

- ▶ позволяет управлять уже запущенными процессами, а также запускать новые.
- ▶ `System.Diagnostics`

```
Process current = Process.GetCurrentProcess();  
  
Console.WriteLine($"{current.Id} {current.ProcessName}  
                    { current.StartTime}");
```

Свойство **Handle**: возвращает дескриптор процесса

Свойство **Id**: получает уникальный идентификатор процесса в рамках текущего сеанса ОС

Свойство **MachineName**: возвращает имя компьютера, на котором запущен процесс

Свойство **MainModule**: представляет основной модуль - исполняемый файл программы, представлен объектом типа `ProcessModule`

Свойство **Modules**: получает доступ к коллекции `ProcessModuleCollection`, которая в виде объектов `ProcessModule` хранит набор модулей (например, файлов `dll` и `exe`), загруженных в рамках данного процесса

Свойство **ProcessName**: возвращает имя процесса, которое нередко совпадает с именем приложения

Свойство **StartTime**: возвращает время, когда процесс был запущен

Свойство **PageMemorySize64**: возвращает объем памяти, который выделен для данного процесса

Свойство **VirtualMemorySize64**: возвращает объем виртуальной памяти, который выделен для данного процесса

Метод `CloseMainWindow()`: закрывает окно процесса, который имеет графический интерфейс

Метод `GetProcesses()`: возвращает массив всех запущенных процессов

Метод `GetProcessesByName()`: возвращает процессы по его имени. Так как можно запустить несколько копий одного приложения, то возвращает массив

Метод `GetProcessById()`: возвращает процесс по Id. Так как можно запустить несколько копий одного приложения, то возвращает массив

Метод `Kill()`: останавливает процесс

Метод `Start()`: запускает новый процесс

- ▶ Получить информацию обо всех процессах системы

```
var allProcess = Process.GetProcesses()
```

```
using System.Diagnostics;

var process = Process.GetCurrentProcess();
Console.WriteLine($"Id: {process.Id}");
Console.WriteLine($"Name: {process.ProcessName}");
Console.WriteLine($"VirtualMemory: {process.VirtualMemorySize64}");
```

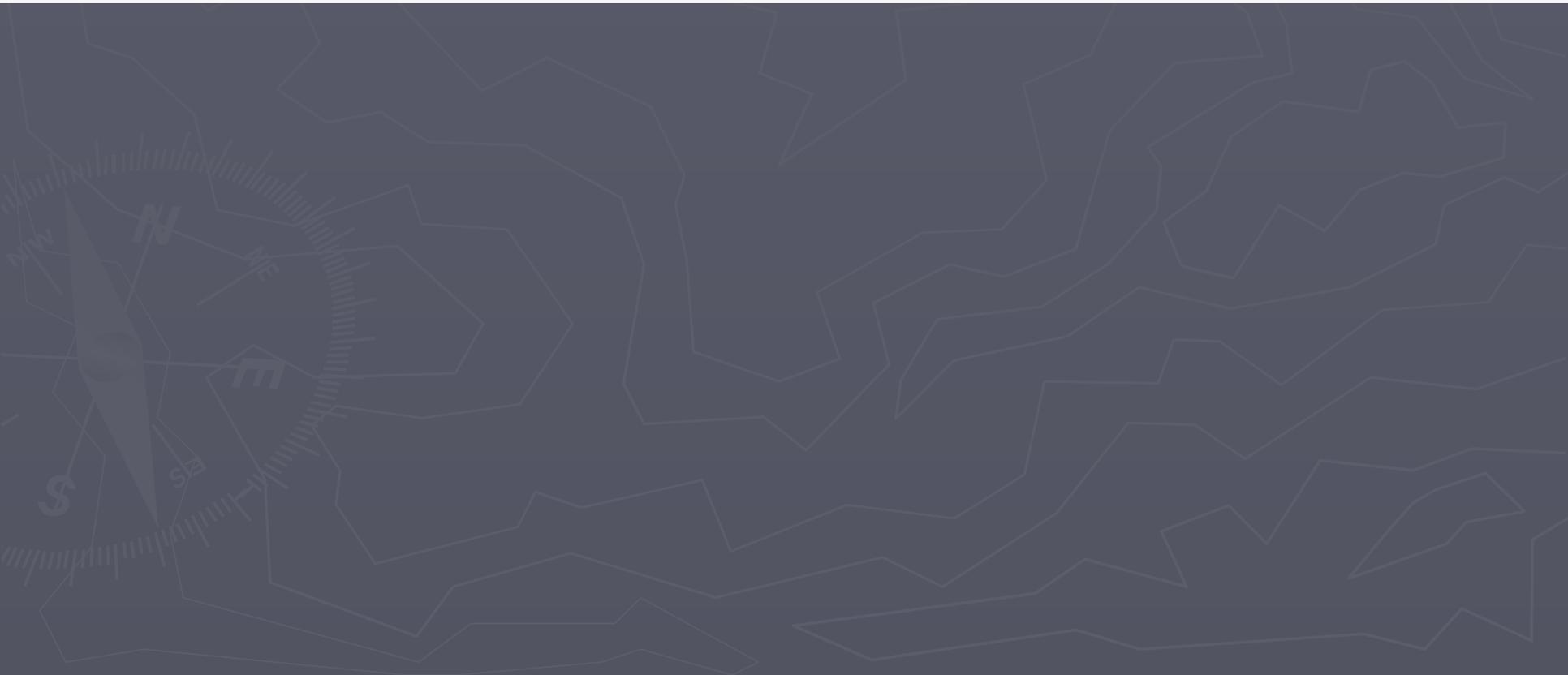
- ▶ Управление процессами

```
Process calc = Process.Start("calc.exe");
Thread.Sleep(4000);
calc.Kill();
```

Получим id процессов, который представляют запущенные экземпляры Visual Studio

```
using System.Diagnostics;

Process[] vsProcs = Process.GetProcessesByName("devenv"); // ДЛЯ Windows
// Process[] vsProcs = Process.GetProcessesByName("VisualStudio"); // ДЛЯ MacOS
foreach (var proc in vsProcs)
    Console.WriteLine($"ID: {proc.Id}");
```



ProcessModule

класс `Process` имеет свойство `Modules`, которое представляет объект `ProcessModuleCollection`

свойства:

`BaseAddress`: адрес модуля в памяти

`FileName`: полный путь к файлу модуля

`EntryPointAddress`: адрес функции в памяти, которая запустила модуль

`ModuleName`: название модуля (краткое имя файла)

`ModuleMemorySize`: возвращает объем памяти, необходимый для загрузки модуля

Получим все модули

```
using System.Diagnostics;

Process proc = Process.GetProcessesByName("devenv")[0]; // ДЛЯ Windows
// Process proc = Process.GetProcessesByName("VisualStudio")[0]; // ДЛЯ MacOS
ProcessModuleCollection modules = proc.Modules;

foreach(ProcessModule module in modules)
{
    Console.WriteLine($"Name: {module.ModuleName}   FileName: {module.FileName}")
}
```

Запуск нового процесса. Process.Start()

При обращении к исполняемому файлу .NET запускает приложение

```
// обращение к исполняемой программе
```

```
Process.Start(@"C:\Program Files\Google\Chrome\Application\chrome");
```

```
// Process.Start("/Applications/Google Chrome.app/Contents/MacOS/Google Chrome")
```

Домен приложения

- ▶ В .NET исполняемые файлы не обслуживаются прямо внутри процесса Windows. ОНИ обслуживаются в отдельном логическом разделе внутри процесса, который называется *доменом приложения (Application Domain — AppDomain)*
- ▶ В процессе может содержаться несколько доменов приложений
- ▶ **Класс System.AppDomain**

О домене приложения

- ▶ 1) существуют внутри процессов
- ▶ 2) содержат загруженные сборки
- ▶ 3) процесс запускает при старте домен по умолчанию (**AppDomain.CurrentDomain**)
- ▶ 4) домены могут создаваться и уничтожаться в ходе работы в рамках процесса (менее затраты по сравн. с процессами)

```
AppDomain newD = AppDomain.CreateDomain("New");  
newD.Load("имя сборки");  
AppDomain.Unload(newD);
```

Выгрузить сборки из домена нельзя, можно выгрузить весь домен

- ▶ 5) обеспечивают уровень изоляции кода

Свойство **BaseDirectory**: базовый каталог, который используется для получения сборок (как правило, каталог самого приложения)

Свойство **CurrentDomain**: домен текущего приложения

Свойство **FriendlyName**: имя домена приложения

Свойство **SetupInformation**: представляет объект `AppDomainSetup` и хранит конфигурацию домена приложения

Метод **ExecuteAssembly()**: запускает сборку `exe` в рамках текущего домена приложения

Метод **GetAssemblies()**: получает набор сборок `.NET`, загруженных в домен приложения

Процесс Windows

AppDomain #1 (Default)

MyApp.exe

TypeLib.dll

System.dll

AppDomain #2

ExternLib.dll

System.dll

```
using System.Reflection;
```

```
AppDomain domain = AppDomain.CurrentDomain;
```

```
Console.WriteLine($"Name: {domain.FriendlyName}");
```

```
Console.WriteLine($"Base Directory: {domain.BaseDirectory}");
```

```
Console.WriteLine();
```

```
Assembly[] assemblies = domain.GetAssemblies();
```

```
foreach (Assembly asm in assemblies)
```

```
    Console.WriteLine(asm.GetName().Name);
```

Name: HelloApp

Base Directory: /Users/eugene/Projects/HelloApp/HelloApp/bin/Debug/net6.0/

System.Private.CoreLib

HelloApp

System.Runtime

System.Console

System.Threading

Microsoft.Win32.Primitives

System.Collections

System.Memory

О Потоках

- ▶ **Поток** - используемый внутри процесса путь выполнения
 - CLR поддерживает многопоточность опирается на многопот . ОС
 - В каждом процессе Windows содержится первоначальный "поток", который является входной точкой для приложения (метод Main())
 - поток, который создается первым во входной точке процесса, называется *главным потоком (primary thread)*.
 - Главный поток создается автоматически
 - Процессы, в которых содержится единственный главный поток выполнения, изначально являются *безопасными потоками (thread safe)*,

два типа потоков:

- ▶ **ОСНОВНОЙ**
 - ▶ **ФООНОВЫЙ**
-
- ▶ если первым завершится основной поток, то фооновые потоки в его процессе будут также принудительно остановлены
 - ▶ если же первым завершится фооновый поток, то это не повлияет на остановку основного потока — тот будет продолжать функционировать до тех пор, пока не выполнит всю работу и самостоятельно не остановится

Обычно при создании потока ему по-умолчанию присваивается основной тип.

ПОТОКИ



**локальное хранилище потоков
(Thread Local Storage – TLS)**

Чтобы поток не забывал, на чем он работал перед тем, как его выполнение было приостановлено, каждому потоку предоставляется возможность записывать данные в **локальное хранилище потоков (Thread Local Storage — TLS)** и выделяется отдельный стек вызовов,

Многопоточное приложение

отдельные компоненты работают одновременно (псевдоодновременно), не мешая друг другу.

Случаи использования многопоточности:

- ▶ выполнение длительных процедур, ходом выполнения которых надо управлять;
- ▶ функциональное разделение программного кода: пользовательский интерфейс – функции обработки информации;
- ▶ обращение к серверам и службам Интернета, базам данных, передача данных по сети;
- ▶ одновременное выполнение нескольких задач, имеющих различный приоритет.

- ▶ CLR делит потоки: фоновые и основные
- ▶ Процесс не может завершиться, пока не завершены все его основные потоки.
- ▶ Завершение процесса автоматически прерывает все фоновые потоки

```
Console.WriteLine(" " + currThread.ManagedThreadId);
```

уникальный числовой идентификатор управляемого потока

Виды многопоточности

▶ Переключательная многопоточность.

Основа – резидентные программы.

Программа размещалась в памяти компьютера вплоть до перезагрузки системы, и управление ей передавалось каким-либо заранее согласованным способом (предопределенной комбинацией клавиш на клавиатуре).

▶ Совместная многопоточность.

Передача управления от одной программы другой. При этом возвращение управления – это проблема выполняемой программы. Возможность блокировки, при которой аварийно завершаются ВСЕ программы.

► Вытесняющая многопоточность.

ОС централизованно выделяет всем запущенным приложениям определенный квант времени для выполнения в соответствии с приоритетом приложения. Реальная возможность работы нескольких приложений в ПСЕВДОПАРАЛЛЕЛЬНОМ режиме.

"Зависание" одного приложения не является крахом для всей системы и оставшихся приложений.

Класс Thread

► System.Threading

► представляет управляемые потоки.

Статические члены класса Thread	Назначение
CurrentThread	Свойство. Только для чтения. Возвращает ссылку на поток, выполняемый в настоящее время.
GetData() SetData()	Обслуживание слота текущего потока.
GetDomain() GetDomainID()	Получение ссылки на домен приложения (на ID домена), в рамках которого работает указанный поток.
Sleep()	Блокировка выполнения потока на определенное время.

Нестатические члены	Назначение
IsAlive	Свойство. Если поток запущен, то true
IsBackground	Свойство. Работа в фоновом режиме. GC работает как фоновый поток.
Name	<p>Свойство. Дружественное текстовое имя потока. Если поток никак не назван – значение свойства установлено в null.</p> <p>Поток может быть поименован единожды. Попытка переименования потока возбуждает исключение.</p>
Priority	Свойство. Значение приоритета потока. Область значений – значения перечисления ThreadPriority.
ThreadState	Свойство. Состояние потока. Область значений – значения перечисления ThreadState.

Класс Thread

```
Context ctx = Thread.CurrentContext;
```

получает контекст, в котором выполняется поток

```
var currt = Thread.CurrentThread;
```

получает ссылку на выполняемый поток

```
Console.WriteLine(" " + currt.Name);
```

ИМЯ ПОТОКА

```
if (currt.IsAlive)
{
    Console.WriteLine("Working");
}
```

работает ли поток в текущий момент

```
if (!currt.IsBackground)
{
    Console.WriteLine("not Background");
}
```

является ли поток фоновым

Класс Thread. Приоритеты

```
Console.WriteLine(curr.Priority); //Normal
```

- ▶ перечисление **ThreadPriority**:
 - **Lowest**
 - **BelowNormal**
 - **Normal** (по умолчанию)
 - **AboveNormal**
 - **Highest**

CLR считывает и анализирует значение приоритета и на их основании выделяет данному потоку то или иное количество времени.

```
Thread thrd = new Thread((new Point()).Move)
    { Name = "Point Move",
      Priority =
          ThreadPriority.BelowNormal,
      IsBackground = true,

};
```

настройка свойств потока

Класс Thread

► Статус потока

```
Console.WriteLine($"Статус потока: {currThread.ThreadState}");
```

```
Статус потока: Running
```

Перечисление **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

Для создания потока применяется один из конструкторов класса Thread:

делегат, инкапсулирующий метод для выполнения в потоке

```
public Thread(ThreadStart start);  
public Thread(ParameterizedThreadStart start);
```

при запуске метода передает ему данные в виде объекта

```
public Thread(ThreadStart start, int maxStackSize);
```

Максимальный размер стека, выделяемый потоку (резервирует 1 МБ)

```
Thread th = new Thread((new Point()).Move);  
th.Start();
```

Запуск потока

Делегат ThreadStart

```
public delegate void ThreadStart();
```

```
using System.Threading;
```

```
// создаем новый поток
```

```
Thread myThread1 = new Thread(Print);
```

```
Thread myThread2 = new Thread(new ThreadStart(Print));
```

```
Thread myThread3 = new Thread(() => Console.WriteLine("Hello Threads"));
```

```
myThread1.Start(); // запускаем поток myThread1
```

```
myThread2.Start(); // запускаем поток myThread2
```

```
myThread3.Start(); // запускаем поток myThread3
```

```
void Print() => Console.WriteLine("Hello Threads");
```

```
using System.Threading;

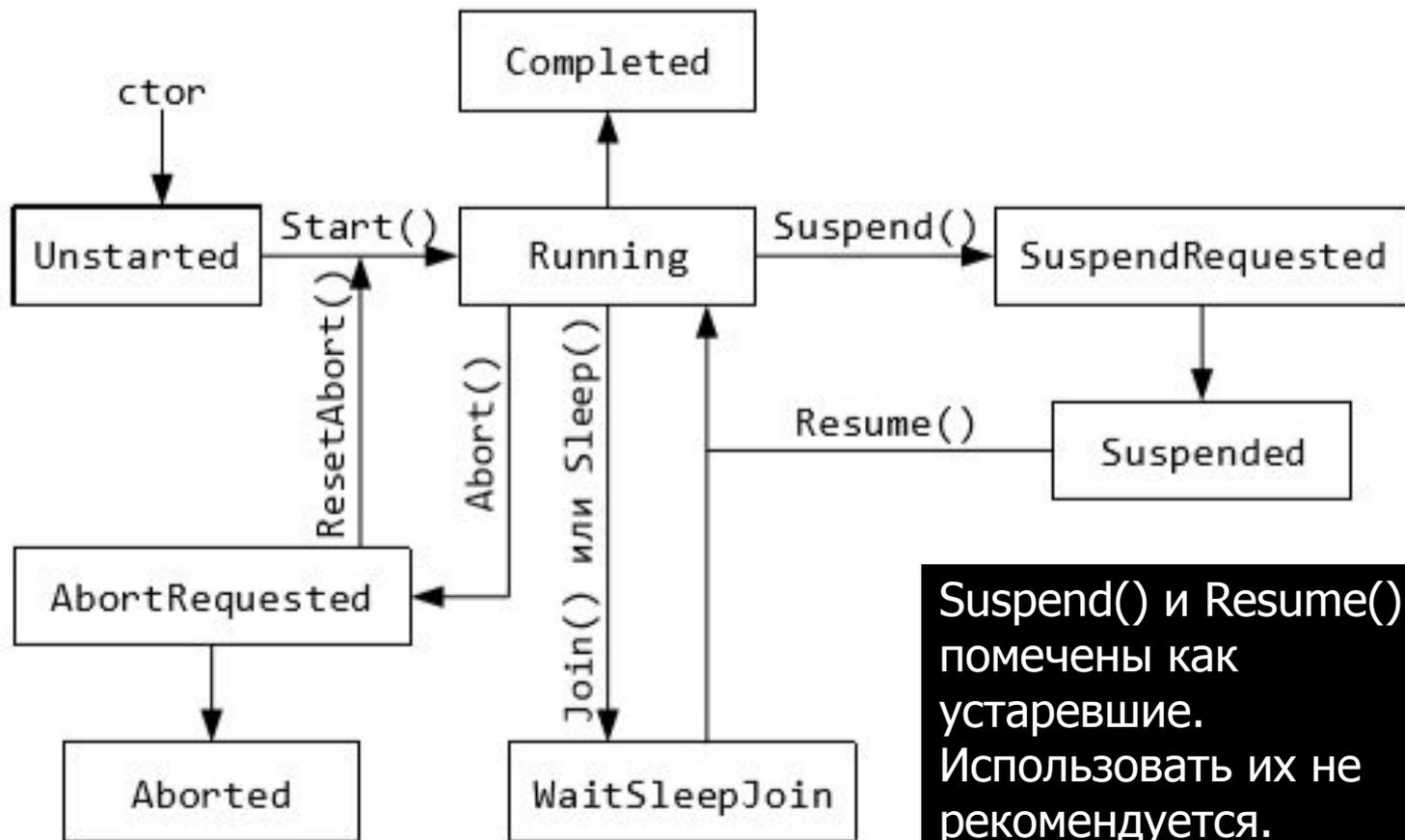
// создаем новый поток
Thread myThread = new Thread(Print);
// запускаем поток myThread
myThread.Start();

// действия, выполняемые в главном потоке
for (int i = 0; i < 5; i++)
{
    Console.WriteLine($"Главный поток: {i}");
    Thread.Sleep(300);
}

// действия, выполняемые во втором потоке
void Print()
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        Console.WriteLine($"Второй поток: {i}");
        Thread.Sleep(400);
    }
}
```

Главный поток: 0
Второй поток: 0
Главный поток: 1
Второй поток: 1
Главный поток: 2
Второй поток: 2
Главный поток: 3
Второй поток: 3
Главный поток: 4
Второй поток: 4

Состояния и методы потока

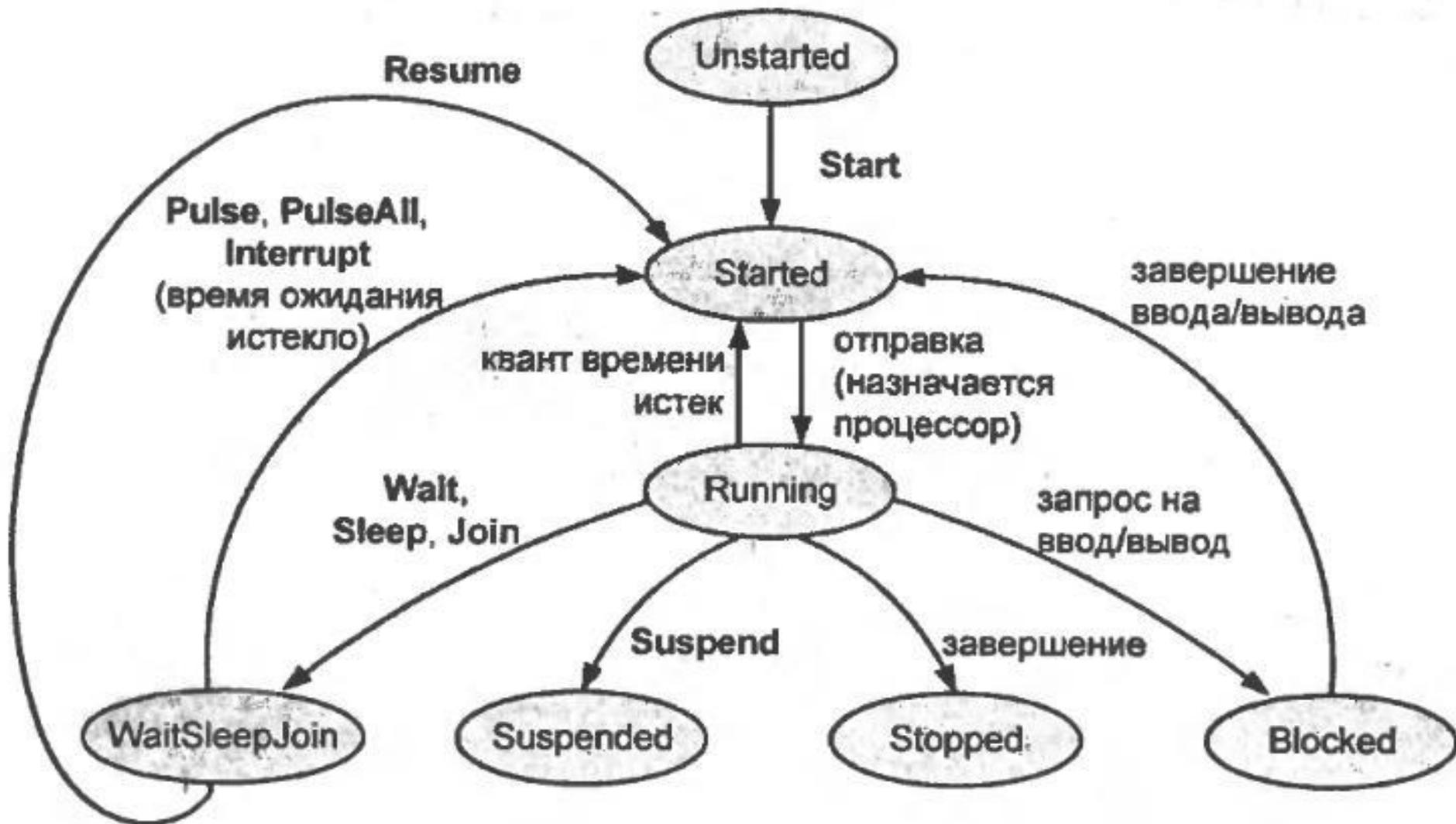


`Suspend()` и `Resume()` – помечены как устаревшие. Использовать их не рекомендуется.

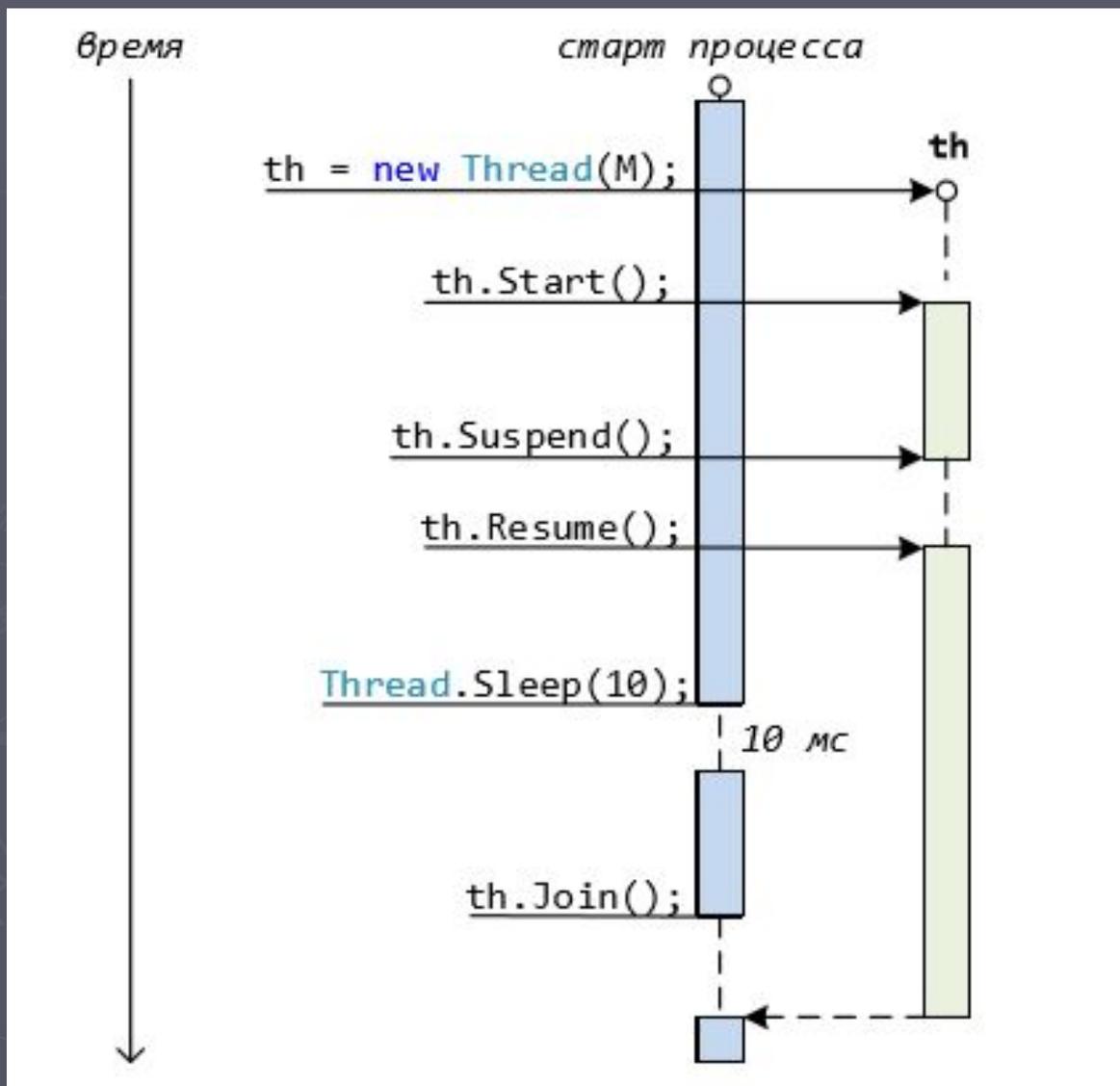
Методы класса Thread:

- ▶ **GetDomain** - статический, возвращает ссылку домен приложения
- ▶ **GetDomainId** - статический, возвращает id домена приложения, в котором выполняется текущий поток
- ▶ **Sleep** – статический, останавливает поток на определенное количество миллисекунд
- ▶ **Abort** - уведомляет среду CLR о том, что надо прекратить поток (происходит не сразу)
- ▶ **Interrupt** - прерывает поток на некоторое время
- ▶ **Join** - блокирует выполнение вызвавшего его потока до тех пор, пока не завершится поток, для которого был вызван данный метод
- ▶ **Resume** - возобновляет работу приостановленного потока
- ▶ **Start** - запускает поток
- ▶ **Suspend** - приостанавливает поток
- ▶ **Yield** - передаёт управление следующему ожидающему потоку системы

Жизненный цикл потока



Временная диаграмма работы потоков



метод Abort()

прерывания потока до его нормального завершения

- ▶ генерирует исключение `ThreadAbortException`
- ▶ если поток требуется остановить перед тем, как продолжить выполнение программы, то после метода `Abort()` следует сразу же вызвать метод `Join()`.
- ▶ Обычно поток должен завершаться естественным образом.

```
public void Abort(object stateInfo)
```

где `stateInfo` обозначает любую информацию, которую требуется передать потоку, когда он останавливается.

```
public static class ThreadClass
```

```
{
```

```
    public static void ThreadProc()
```

```
    {
```

```
        while (true)
```

```
        {
```

```
            try
```

```
            {
```

```
                Console.WriteLine("Работаю ...");
```

```
                Thread.Sleep(1000);
```

```
            }
```

```
            catch (ThreadAbortException e)
```

```
            {
```

```
                Console.WriteLine("Запрос Abort!");
```

```
                Thread.ResetAbort();
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

исключается повторное
генерирование исключения по
завершении обработки
исключения

```
Thread th2 = new Thread(ThreadClass.ThreadProc);
```

```
th2.Start();
```

```
Thread.Sleep(3000);
```

```
th2.Abort();
```

```
th2.Join();
```

```
1Workingnot Background
```

```
Работаю ...
```

```
Работаю ...
```

```
Работаю ...
```

```
Работаю ...
```

```
Запрос Abort!
```

```
Работаю ...
```

делегат ThreadStart

```
Thread thrd = new Thread(new ThreadStart((new Point()).Draw))
```

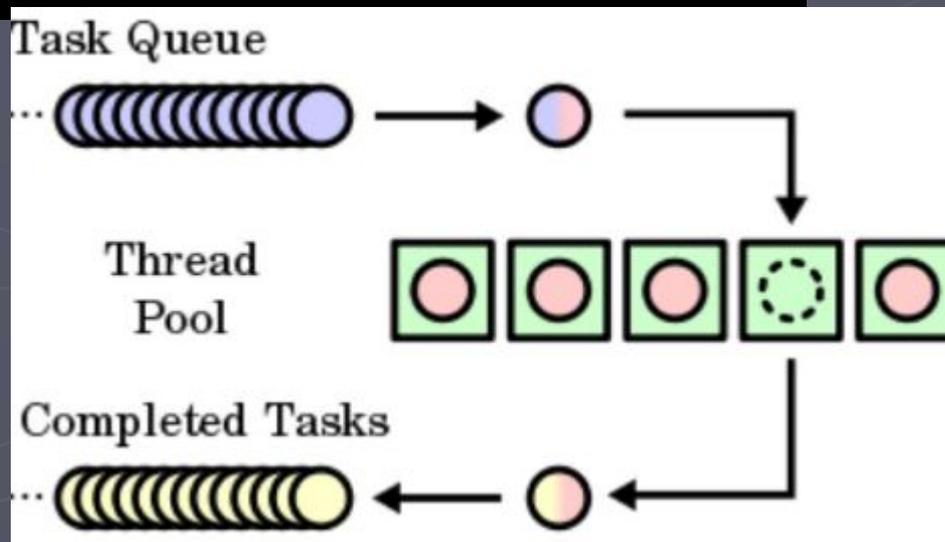


Пул потоков

Для уменьшения издержек, связанных с созданием потоков, платформа .NET поддерживает специальный механизм, называемый пул потоков. Пул состоит из двух основных элементов:

- 1) очереди методов
- 2) рабочих потоков.

► ёмкость —
максимальное число
рабочих потоков



Статический класс ThreadPool

- ▶ `ThreadCount` - возвращает текущее количество потоков в пуле потоков
- ▶ `SetMaxThreads()` - позволяет изменить ёмкость пула
- ▶ `SetMinThreads()` - устанавливает количество рабочих потоков, создаваемых без задержки
- ▶ `QueueUserWorkItem()` - помещение метода в очередь пула

```
ThreadPool.QueueUserWorkItem(Move);
```

```
public static void Main()
{
    // Queue the task.
    ThreadPool.QueueUserWorkItem(ThreadProc);
    Console.WriteLine("Main thread does some work, then sleeps.");
    Thread.Sleep(1000);

    Console.WriteLine("Main thread exits.");
}

// This thread procedure performs the task.
static void ThreadProc(Object stateInfo)
{
    // No state object was passed to QueueUserWorkItem, so stateInfo is null.
    Console.WriteLine("Hello from the thread pool.");
}
```

Если закомментировать вызов Thread.Sleep метода, основной поток завершает работу перед выполнением метода в потоке пула потоков.

Когда не следует использовать потоки из пула потоков

Вариант 1	Необходим не фоновый поток
Вариант 2	Поток должен иметь определенный приоритет
Вариант 3	Имеются задачи, которые приводят к блокировке потока на длительное время. Для пула потоков определено максимальное количество потоков, поэтому большое число заблокированных потоков в пуле может препятствовать запуску задач.

предполагаем, что метод выведет все значения x от 1 до 5. И так для каждого потока.

```
int x = 0;
```

```
// запускаем пять потоков
```

```
for (int i = 1; i < 6; i++)
```

```
{
```

```
    Thread myThread = new(Print);
```

```
    myThread.Name = $"Поток {i}"; // устанавливаем имя для каждого
```

```
    myThread.Start();
```

```
}
```

```
void Print()
```

```
{
```

```
    x = 1;
```

```
    for (int i = 1; i < 6; i++)
```

```
    {
```

```
        Console.WriteLine($" {Thread.CurrentThread.Name}: {x}");
```

```
        x++;
```

```
        Thread.Sleep(100);
```

```
    }
```

```
}
```

в реальности в процессе работы будет происходить переключение между потоками, и значение переменной x становится непредсказуемым.

Решение проблемы состоит в том, чтобы синхронизировать потоки и ограничить доступ к разделяемым ресурсам на время их использования каким-нибудь потоком

Поток 1: 1

Поток 5: 1

Поток 4: 1

Поток 2: 1

Поток 3: 1

Поток 1: 6

Поток 5: 7

Поток 3: 7

Поток 2: 7

Поток 4: 9

Поток 1: 11

Поток 4: 11

Поток 2: 11

Поток 3: 14

Поток 5: 11

Поток 1: 16

Поток 2: 16

Поток 3: 16

Поток 5: 18

Синхронизация потоков

- ▶ координация действий для получения предсказуемого результата
- ▶ В потоках используются разделяемые ресурсы, общие для всей программы

Способы синхронизации потоков

- ▶ Монитор (Monitor)
- ▶ AutoResetEvent
- ▶ Мьютекс (Mutex)
- ▶ Семафор (Semaphore)

```
class Program
```

```
{
```

```
    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()
```

```
    {
```

```
        x++;
```

```
        Thread.Sleep(100 + x * x);
```

```
        x--;
```

```
        Console.WriteLine($"{Thread.CurrentThread.Name}: {x}");
```

```
        Thread.Sleep(100+x*x);
```

```
    }
```

```
}
```

```
}
```

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
```

```
ПотоК 0: 4
```

```
ПотоК 2: 2
```

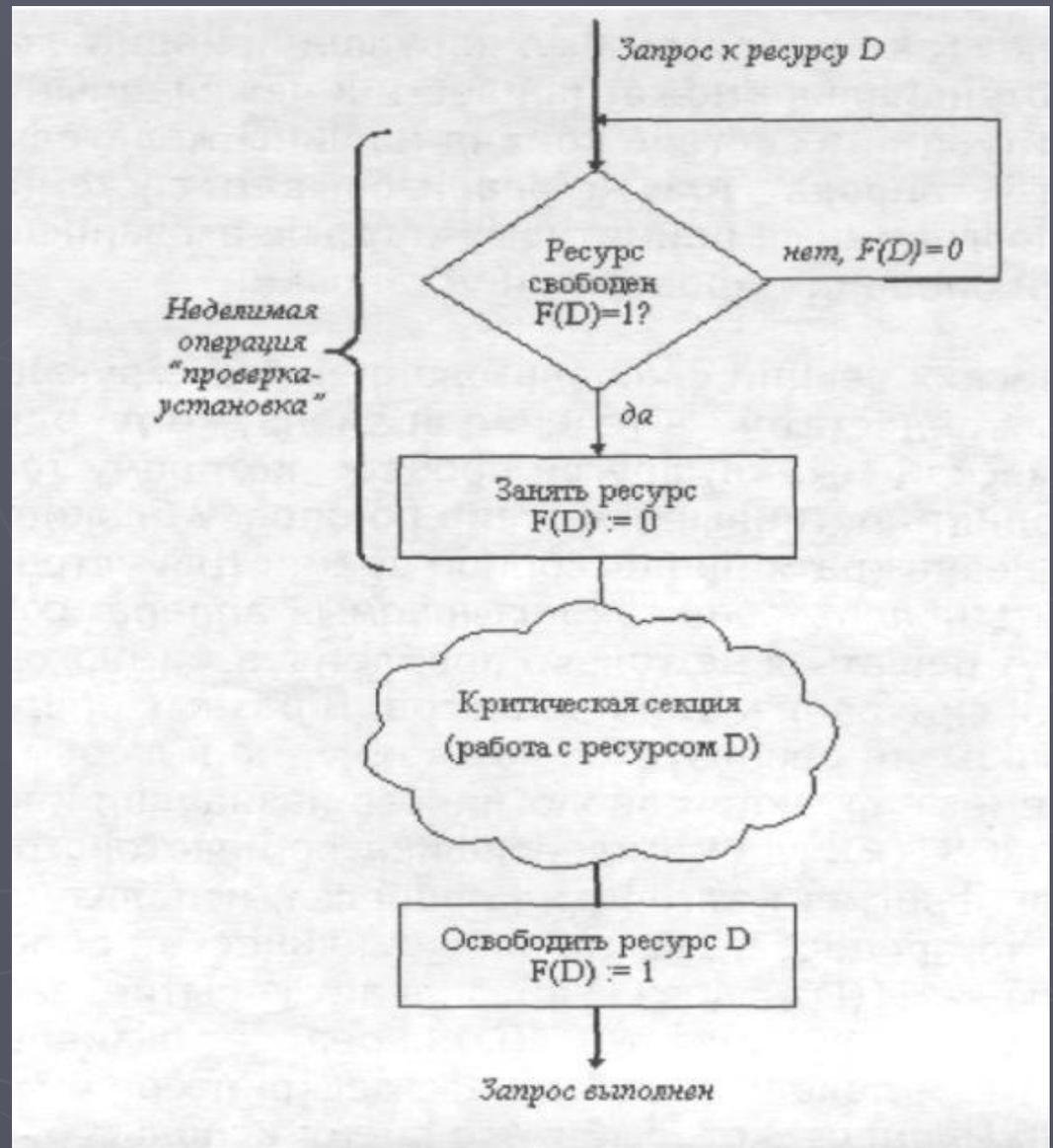
```
ПотоК 1: 3
```

```
ПотоК 4: 0
```

```
ПотоК 3: 0
```

Критическая секция — участок исполняемого кода программы, в котором производится доступ к общему ресурсу (данным или устройству), который не должен быть одновременно использован более чем одним потоком исполнения.

необходимо гарантировать выполнение операторов, только одним потоком в любой момент времени



Оператор Lock

- ▶ определяет блок кода, внутри которого весь код блокируется и становится недоступным для других потоков до завершения работы текущего потока.
- ▶ Остальные потоки помещаются в очередь ожидания и ждут, пока текущий поток не освободит данный блок кода.

```
lock (переменная)  
{  
    ...  
}
```

Необходимо

- ▶ Как можно быстрее освободить блокировку
- ▶ Избегать взаимоблокировок

```
lock (A)                                lock (B)
{
    lock (B)
    {
    }
}
}
```

- ▶ Блокировать только ссылочную переменную
- ▶ Экземпляр объекта должен быть один и тот же для всех потоков

Оператор Lock

```
class Program
{
    static int x = 0;
    static string objlocker = "null";
    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()
    {
        lock (objlocker)
        {
            x++;
            x--;
            Console.WriteLine($"{Thread.CurrentThread.Name}: {x}");
            Thread.Sleep(100 + x * x);
        }
    }
}
```

C:\Windows\system32\cmd.exe

```
Поток 0: 0
Поток 1: 0
Поток 2: 0
Поток 3: 0
Поток 4: 0
```

бъект-заглушка,

В операторе lock, объект objlocker блокируется, и на время его блокировки монопольный доступ к блоку кода имеет только один поток

Thread.Sleep(100 + x * x);

выражение должно иметь ссылочный тип

```
int x = 0;
object locker = new(); // объект-заглушка
// запускаем пять потоков
for (int i = 1; i < 6; i++)
{
    Thread myThread = new(Print);
    myThread.Name = $"Поток {i}";
    myThread.Start();
}
```

```
void Print()
{
    lock (locker)
    {
        x = 1;
        for (int i = 1; i < 6; i++)
        {
            Console.WriteLine($" {Thread.CurrentThread.Name}: {x} ");
            x++;
            Thread.Sleep(100);
        }
    }
}
```

```
Поток 1: 1
Поток 1: 2
Поток 1: 3
Поток 1: 4
Поток 1: 5
Поток 5: 1
Поток 5: 2
Поток 5: 3
Поток 5: 4
Поток 5: 5
Поток 3: 1
Поток 3: 2
Поток 3: 3
Поток 3: 4
Поток 3: 5
Поток 2: 1
```

Monitor

механизм взаимодействия и **синхронизации** процессов, обеспечивающий доступ к неразделяемым ресурсам.

- ▶ **Monitor.Enter()** - вход в критическую секцию, увеличение блокировок на 1
- ▶ **Monitor.Exit()** – выход из секции (-1 блок-ка)
- ▶ Вход и выход должны выполняться в одном и том же потоке.
- ▶ Аргументами методов является объект-идентификатор критической секции.

Monitor.Enter (переменная)

...

Monitor.Exit (переменная)

void Pulse (object obj): уведомляет поток из очереди ожидания, что текущий поток освободил объект obj

void PulseAll(object obj): уведомляет все потоки из очереди ожидания, что текущий поток освободил объект obj. После чего один из потоков из очереди ожидания захватывает объект obj.

bool TryEnter (object obj): пытается захватить объект obj. Если владение над объектом успешно получено, то возвращается значение true

bool Wait (object obj): 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

```
class Program
```

```
{
```

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

```
    static string objlocker = "null";
```

идентификатором критической секции

```
...
```

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

```
{
```

```
    try
```

```
    {
```

```
        Monitor.Enter(objlocker);
```

```
        {
```

```
            x++;
```

```
            Thread.Sleep(100 + x * x);
```

```
            x--;
```

```
            Console.WriteLine($"{Thread.CurrentThread.Name}: {x}");
```

```
            Thread.Sleep(100 + x * x);
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    finally
```

```
    {
```

```
        Monitor.Exit(objlocker);
```

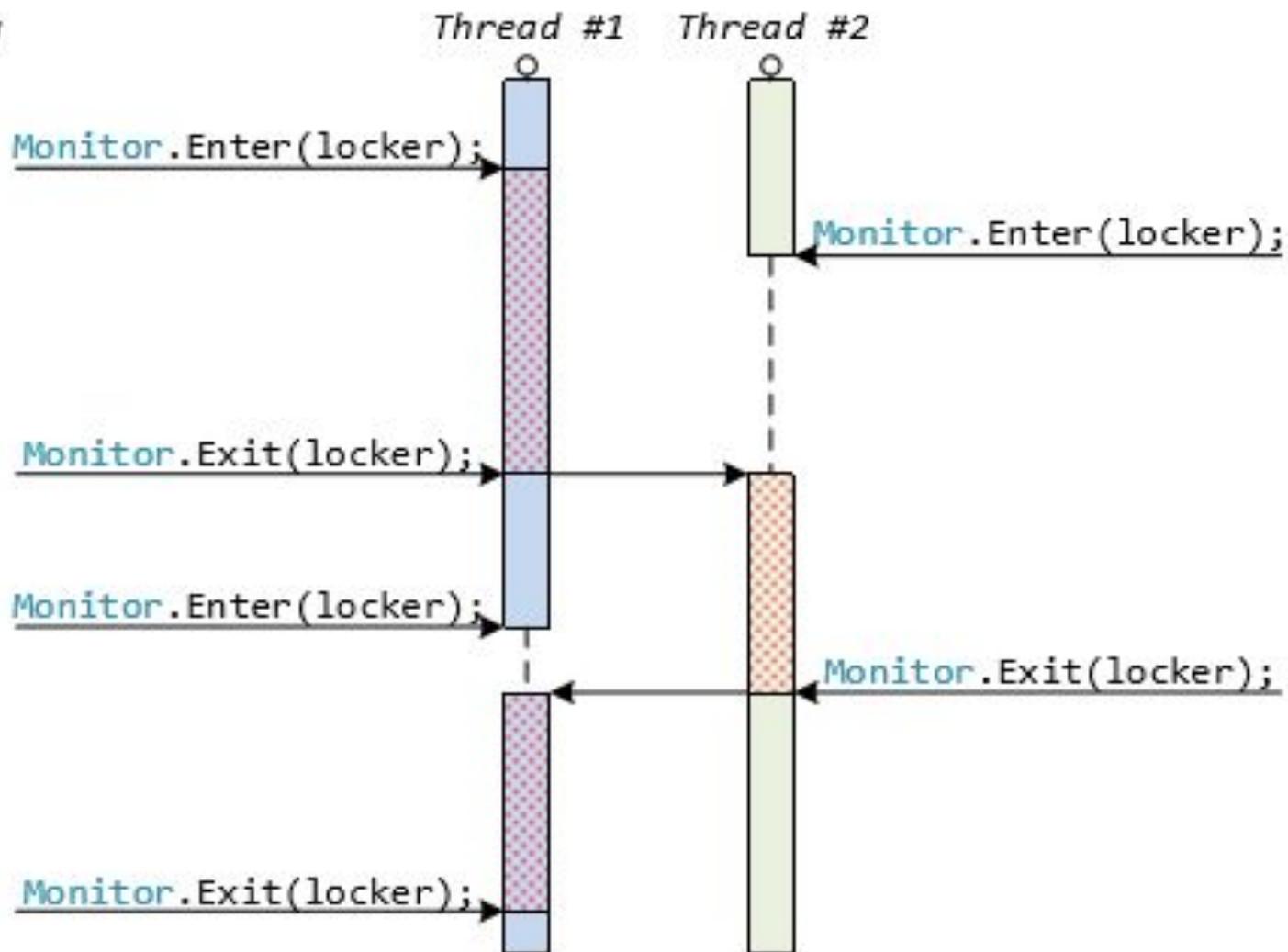
```
    }
```

```
}
```

Входит в критическую секцию
блокирует объект objlocker

Выходит из критической секции
освобождение объекта objlocker,
и он становится доступным для
других потоков.

время



Мьютекс

- ▶ `System.Threading.Mutex`
- ▶ позволяет организовать критическую секцию для нескольких процессов
- ▶ `WaitOne()` - входа в критическую секцию,
- ▶ `ReleaseMutex()` – для выхода из неё (выход может быть произведён только в том же потоке выполнения, что и вход).

```
Mutex myMutex = new Mutex();  
...  
myMutex.WaitOne();  
...  
myMutex.ReleaseMutex();
```

создаем объект мьютекса

```
static Mutex mutex = new Mutex();
```

```
Поток 0: 0  
Поток 1: 0  
Поток 2: 0  
Поток 3: 0  
Поток 4: 0
```

...

```
public static void Count()  
{  
    mutex.WaitOne();  
    {  
        x++;  
        Thread.Sleep(100 + x * x);  
        x--;  
        Console.WriteLine($"{Thread.CurrentThread.Name}: {x}");  
  
        Thread.Sleep(100 + x * x);  
    }  
    mutex.ReleaseMutex();  
}
```

приостанавливает выполнение потока до тех пор, пока не будет получен мьютекс

поток освобождает его. мьютекс получает один из ожидающих потоков.

Изначально мьютекс свободен, поэтому его получает один из потоков.

Семафор

- ▶ объект синхронизации, позволяющий войти в заданный участок кода не более чем N потокам (N – ёмкость семафора)
- ▶ получение и снятие блокировки в случае семафора может выполняться из разных потоках
- ▶ классы `System.Threading.Semaphore` (между процессами) и `SemaphoreSlim` (в рамках одного процесса)
- ▶ `Wait()` - получение блокировки,
- ▶ `Release()` – снятие блокировки

```
Semaphore mySem = new Semaphore(3, 3);  
...  
mySem.WaitOne();  
...  
mySem.Release();
```

конструкторов класса Semaphore

- ▶ Semaphore (int initialCount, int maximumCount):
initialCount задает начальное количество потоков,
maximumCount - максимальное количество потоков,
которые имеют доступ к общим ресурсам
- ▶ Semaphore (int initialCount, int maximumCount, string? name): в дополнение задает имя семафора
- ▶ Semaphore (int initialCount, int maximumCount, string? name, out bool createdNew):
createdNew при значении true указывает, что новый семафор был успешно создан. Если этот параметр равен false, то семафор с указанным именем уже существует

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.

```

class Reader
{
    // создаем семафор
    static Semaphore mySem = new Semaphore(3, 3);

    Thread myThread;
    int count = 3; // счетчик чтения

    public Reader(int i)
    {
        myThread = new Thread(Read);
        myThread.Name = "Читатель " + i.ToString();
        myThread.Start();
    }

    public void Read()
    {
        while (count > 0)
        {
            mySem.WaitOne(); освобождаем место

            Console.WriteLine("{0} входит в библиотеку", Thread.Current
Thread.Name);

            Console.WriteLine("{0} читает", Thread.CurrentThread.Name);
            Thread.Sleep(1000);

            Console.WriteLine("{0} покидает библиотеку", Thread.Curren
tThread.Name);

            mySem.Release();

            count--;
            Thread.Sleep(1000);
        }
    }
}

```

```

static void Main(string[] args)
{
    for (int i = 1; i < 6; i++)
    {
        Reader reader = new Reader(i);
    }

    Console.ReadLine();
}

```

```

Читатель 5 входит в библиотеку
Читатель 5 читает
Читатель 4 входит в библиотеку
Читатель 4 читает
Читатель 1 входит в библиотеку
Читатель 1 читает
Читатель 5 покидает библиотеку
Читатель 1 покидает библиотеку
Читатель 4 покидает библиотеку
Читатель 3 входит в библиотеку
Читатель 3 читает
Читатель 2 входит в библиотеку
Читатель 2 читает
Читатель 4 входит в библиотеку
Читатель 3 покидает библиотеку
Читатель 2 покидает библиотеку
Читатель 5 входит в библиотеку

```

```

public class ThePool
{
    // ёмкость семафора равна 3
    private static SemaphoreSlim sema = new SemaphoreSlim(3);

    public static void Main() {
        for (var i = 1; i <= 10; i++)
            new Thread(Enter).Start(i);
    }
    private static void Enter(object id)
    {
        Console.WriteLine(id + " enter");
        sema.Wait();
        Console.WriteLine(id + " is sweeming");
        Thread.Sleep(1000 * (int) id);
        Console.WriteLine(id + " is leaving");

        sema.Release();
    }
}

```

```

C:\Windows\system
2 is sweeming
1 enter
1 is sweeming
3 enter
3 is sweeming
4 enter
5 enter
6 enter
7 enter
8 enter
9 enter
10 enter
1 is leaving
4 is sweeming
2 is leaving
5 is sweeming
3 is leaving
6 is sweeming
4 is leaving
7 is sweeming
5 is leaving
8 is sweeming
6 is leaving
9 is sweeming
7 is leaving
10 is sweeming
8 is leaving
9 is leaving
10 is leaving
Для продолжения

```

ReaderWriterLockSlim

- ▶ ресурс нужно блокировать так, чтобы читать его могли несколько потоков, а записывать – только один

два вида замков:

- ▶ Чтение блокировки
- ▶ Блокировка записи

- ▶ `EnterReadLock()` и `ExitReadLock()` задают секцию чтения ресурса,
- ▶ `EnterWriteLock()` и `ExitWriteLock()` – секцию записи ресурса.

Синхронизация на основе подачи сигналов

- ▶ – при этом один поток получает уведомление от другого потока (для возобновления работы заблокированного потока)

- ▶ `AutoResetEvent`

- ▶ `ManualResetEvent`

- ▶ `ManualResetEventSlim`

- ▶ `CountdownEvent`

- ▶ `Barrier`

AutoResetEvent

позволяет при получении сигнала переключить данный объект-событие из сигнального в несигнальное состояние.

Reset(): задает несигнальное состояние объекта, блокируя потоки.

Set(); задает сигнальное состояние объекта, позволяя одному или нескольким ожидающим потокам продолжить работу.

WaitOne(): задает несигнальное состояние и блокирует текущий поток, пока текущий объект `AutoResetEvent` не получит сигнал.

```
AutoResetEvent myEvent = new AutoResetEvent(true);  
// Передавая в конструктор значение true, мы тем самым указы  
ваем, что создаваемый объект изначально будет в сигнальном  
состоянии.  
  
...  
myEvent.WaitOne();  
  
...  
myEvent.Set();
```

AutoResetEvent

```
a = new AutoResetEvent(false);
```

время

Thread #1

Thread #2

Thread #3

`a.WaitOne();`

`a.WaitOne();`

`a.Set();`

`a.Set();`

Если состояние события несигнальное, поток, который вызывает метод `WaitOne`, будет заблокирован, пока состояние события не станет сигнальным.

Поток может вызвать его метод `WaitOne()`, чтобы остановиться и ждать сигнала. Для отправки сигнала применяется вызов метода `Set()`.

ожидаящие потоки освобождаются и запускаются последовательно, на манер очереди

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

```
// переменную будем использовать для синхронизации
```

```
static AutoResetEvent myEvent = new AutoResetEvent(true);
```

```
// главный метод программы
```

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

```
{
```

```
    // создаем потоки
```

```
    for (int i = 0; i < 5; i++)
```

```
    {
```

```
        Thread myThread = new Thread(Count);
```

```
        myThread.Name = "Поток " + i.ToString();
```

```
        myThread.Start();
```

```
    }
```

```
}
```

```
// поток
```

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

```
{
```

```
    myEvent.WaitOne(); ожидаем сигнала
```

```
    x = 1;
```

```
    for (int i = 1; i < 9; i++)
```

```
    {
```

```
        Console.WriteLine("{0}: {1}", Thread.CurrentThread.Name, x);
```

```
        x++;
```

```
        Thread.Sleep(100);
```

```
    }
```

```
    myEvent.Set();
```

```
сигнализируем, что waitHandler в сигнальном состоянии
```

```
}
```

Barrier

- ▶ организует для нескольких потоков точку встречи во времени

```
class Program
```

```
{  
    private static readonly Barrier _barrier = new Barrier(3);  
    public static void Main()  
    {  
        new Thread(Print).Start();  
        new Thread(Print).Start();  
        new Thread(Print).Start();  
        // ВЫВОД: 0 0 0 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4  
        Console.ReadLine();  
    }  
    private static void Print() {  
        for (var i = 0; i < 5; i++) {  
            Console.Write(i + " ");  
            _barrier.SignalAndWait();  
        }  
    }  
}
```

КОЛИЧЕСТВО УЧАСТНИКОВ

System.Threading.Timer

позволяет запускать определенные действия по истечению некоторого периода времени

Принимает метод, который должен в качестве параметра принимать объект типа object.

```
int num = 0;  
// устанавливаем метод обратного вызова  
TimerCallback tm = new TimerCallback(Count);  
// создаем таймер  
Timer timer = new Timer(tm, num, 0, 2000);
```

- 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

после запуска программы каждые две секунды будет срабатывать метод Count.

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        int num = 0;
        // устанавливаем метод обратного вызова
        TimerCallback tm = new TimerCallback(Count);
        // создаем таймер
        Timer timer = new Timer(tm, num, 0, 2000);

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

атрибут [ThreadStatic]

- ▶ применяется к статическим полям
- ▶ поле помечено таким атрибутом, то каждый поток будет содержать свой экземпляр поля

```
public class ClassThread
{
    public static int SharedField = 25;

    [ThreadStatic]
    public static int NonSharedField;
}
```

не рекомендуется делать инициализацию при объявлении, так как код инициализации выполнится только в одном потоке

ThreadLocal<T>

- ▶ Для создания неразделяемых статических полей.
- ▶ предоставляет локальное хранилище потока и для статических полей, и для полей экземпляра, и позволит Вам задать значения по умолчанию.

```
public class Slot
{
    private static readonly Random rnd = new Random();
    private static int Shared = 25;
    private static ThreadLocal<int> NonShared =
        new ThreadLocal<int>(() => rnd.Next(1, 20));

    public static void PrintData()
    {
        Console.WriteLine($"Thread: {Thread.CurrentThread.Name} " +
            $"Shared: {Shared} NonShared: {NonShared.Value}");
    }
}
```

```
public class MainClass
{
    public static void Main()
    {
        // для тестирования запускаем три потока
        new Thread(Slot.PrintData) { Name = "First" }.Start();
        new Thread(Slot.PrintData) { Name = "Second" }.Start();
        new Thread(Slot.PrintData) { Name = "Third" }.Start();

        Console.ReadLine();
    }
}
```

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
```

```
Thread: First Shared: 25 NonShared: 2
Thread: Second Shared: 25 NonShared: 7
Thread: Third Shared: 25 NonShared: 5
```

ПОТОКИ

- ▶ Поток (Thread) – это низкоуровневый инструмент для организации параллельной работы
- ▶ Ограничения:
 - 1) отсутствует механизм продолжений (после завершения метода, работающего в потоке, в этом же потоке автоматически запускается другой заданный метод)
 - 2) Затруднено получение значения функции, выполняющейся в отдельном потоке
 - 3) создание множества потоков ведёт к повышенному расходу памяти и замедлению работы приложения

на что влияет приоритетность потоков

пример:

программа с тремя потоками, каждый из которых будет выводить в консоль цифры от 0 до 9, от 10 до 19 и от 20 до 29 соответственно.

Поставим перед собой задачу вывести в консоль все эти числа последовательно от 0 до 29.

```
Поток 1 выводит 0
Поток 1 выводит 1
Поток 1 выводит 2
Поток 1 выводит 3
Поток 1 выводит 4
Поток 1 выводит 5
Поток 2 выводит 10
Поток 2 выводит 11
Поток 2 выводит 12
Поток 2 выводит 13
Поток 2 выводит 14
Поток 2 выводит 15
Поток 2 выводит 16
Поток 2 выводит 17
Поток 2 выводит 18
Поток 2 выводит 19
Поток 1 выводит 6
Поток 1 выводит 7
Поток 1 выводит 8
Поток 1 выводит 9
Поток 3 выводит 20
Поток 3 выводит 21
Поток 3 выводит 22
Поток 3 выводит 23
Поток 3 выводит 24
Поток 3 выводит 25
Поток 3 выводит 26
Поток 3 выводит 27
Поток 3 выводит 28
Поток 3 выводит 29
```

у всех трёх потоков одинаковый приоритет, процессору, по сути, будет всё равно, какой за каким потоки выводить

```
static void mythread1()
{
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        Console.WriteLine("Поток 1 выводит " + i);
    }
}

static void mythread2()
{
    for (int i = 10; i < 20; i++)
    {
        Console.WriteLine("Поток 2 выводит " + i);
    }
}

static void mythread3()
{
    for (int i = 20; i < 30; i++)
    {
        Console.WriteLine("Поток 3 выводит " + i);
    }
}

static void Main(string[] args)
{
    Thread thread1 = new Thread(mythread1);
    Thread thread2 = new Thread(mythread2);
    Thread thread3 = new Thread(mythread3);
    thread1.Priority = ThreadPriority.Highest;
    thread2.Priority = ThreadPriority.AboveNormal;
    thread3.Priority = ThreadPriority.Lowest;

    thread1.Start();
    thread2.Start();
    thread3.Start();

    Console.ReadLine();
}
```

```
Поток 3 выводит 0
Поток 3 выводит 1
Поток 3 выводит 2
Поток 3 выводит 3
Поток 3 выводит 4
Поток 3 выводит 5
Поток 3 выводит 6
Поток 3 выводит 7
Поток 3 выводит 8
Поток 3 выводит 9
Поток 2 выводит 10
Поток 2 выводит 11
Поток 2 выводит 12
Поток 2 выводит 13
Поток 2 выводит 14
Поток 2 выводит 15
Поток 2 выводит 16
Поток 2 выводит 17
Поток 2 выводит 18
Поток 2 выводит 19
Поток 1 выводит 20
Поток 1 выводит 21
Поток 1 выводит 22
Поток 1 выводит 23
Поток 1 выводит 24
Поток 1 выводит 25
Поток 1 выводит 26
Поток 1 выводит 27
Поток 1 выводит 28
Поток 1 выводит 29
```

```
thread1.Priority = ThreadPriority.Lowest;  
thread2.Priority = ThreadPriority.BelowNormal;  
thread3.Priority = ThreadPriority.Highest;
```

```
Поток 3 выводит 20  
Поток 3 выводит 21  
Поток 3 выводит 22  
Поток 3 выводит 23  
Поток 3 выводит 24  
Поток 3 выводит 25  
Поток 3 выводит 26  
Поток 3 выводит 27  
Поток 3 выводит 28  
Поток 3 выводит 29  
Поток 2 выводит 10  
Поток 2 выводит 11  
Поток 2 выводит 12  
Поток 2 выводит 13  
Поток 2 выводит 14  
Поток 2 выводит 15  
Поток 2 выводит 16  
Поток 2 выводит 17  
Поток 2 выводит 18  
Поток 2 выводит 19  
Поток 1 выводит 0  
Поток 1 выводит 1  
Поток 1 выводит 2  
Поток 1 выводит 3  
Поток 1 выводит 4  
Поток 1 выводит 5  
Поток 1 выводит 6  
Поток 1 выводит 7  
Поток 1 выводит 8  
Поток 1 выводит 9
```

отличие фоновых потоков в C# от основных.

имеется два потока — thread1 и поток в из метода Main. Изначально потоки работают независимо друг от друга, и, пока не закончится выполняться один поток, второй поток нельзя будет закончить принудительно

```
static void mythread1()
{
    for (int i = 0; i < 1000000; i++)
    {
        Console.WriteLine("Поток 1 выводит " + i);
    }
}

static void Main(string[] args)
{
    Thread thread1 = new Thread(mythread1);
    thread1.IsBackground = true;

    thread1.Start();

    Thread.Sleep(100);
}
```

Но сделали его фоновый

значит он будет полностью
зависеть от потока в этом методе.

приостанавливаем приоритетный поток
исключительно для того, чтобы успеть
сделать скриншот вывода

```
Поток 1 выводит 161
Поток 1 выводит 162
Поток 1 выводит 163
Поток 1 выводит 164
Поток 1 выводит 165
Поток 1 выводит 166
Поток 1 выводит 167
Поток 1 выводит 168
Поток 1 выводит 169
Поток 1 выводит 170
Поток 1 выводит 171
Поток 1 выводит 172
Поток 1 выводит 173
Поток 1 выводит 174
Поток 1 выводит 175
Поток 1 выводит 176
Поток 1 выводит 177
Поток 1 выводит 178
Поток 1 выводит 179
Поток 1 выводит 180
Поток 1 выводит 181
Поток 1 выводит 182
Поток 1 выводит 183
Поток 1 выводит 184
```