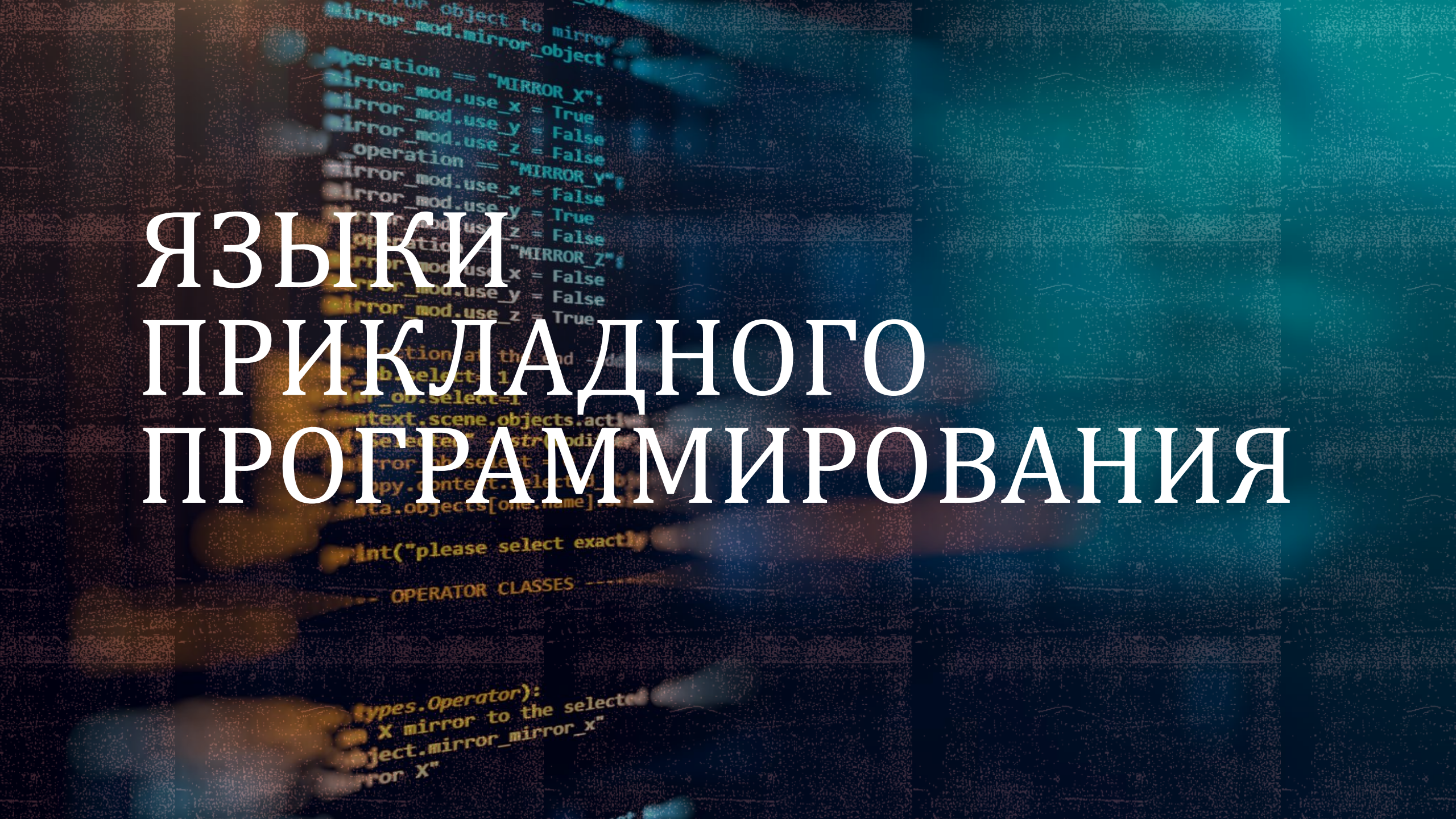
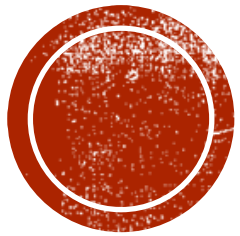


ЯЗЫКИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ



SYSTEM.THREADING

КЛАСС THREAD

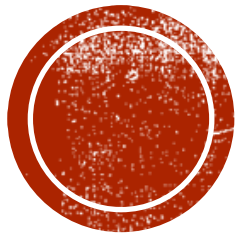
- **Thread –** класс представляющий собой поток.
- **Thread.CurrentThread –** текущий поток.
- **Thread.Sleep** – остановить поток на **X** мс.

- Поля:
  - **Priority (Lowest, BelowNormal, Normal, AboveNormal, Highest)** – приоритет потока
  - **IsBackground –** указывает, является ли поток фоновым
  - **ManagedThreadId** – **id** текущего потока
  - **Name** – имя потока
  - **IsAlive** – работает ли поток в текущий момент
  - **ThreadState** – состояние потока

ЗАПУСК ПОТОКА

- Thread(ThreadStart **start**)
- Thread(ThreadStart **start**, int **maxStackSize**)
- Thread(ParameterizedThreadStart **start**)
- Thread(ParameterizedThreadStart **start**, int **maxStackSize**)

- *ThreadStart, ParameterizedThreadStart – делегаты*



СИНХРОНИЗАЦИЯ ПОТОКОВ

ПРИМЕР БЕЗ СИНХРОНИЗАЦИИ

```
6 references
private static int _counter = 0;
4 references
private const int IterationsCount = 100000;

4 references
private static void RunThreadsForAction(ThreadStart start)
{
    _counter = 0;
    var workerOne = new Thread(start);
    var workerTwo = new Thread(start);

    workerOne.Start();
    workerTwo.Start();

    Thread.Sleep(1000);
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Counter at the end: {_counter}");
}

1 reference
private static void ThreadAction()
{
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Started");
    for (var i = 0; i < IterationsCount; i++)
    {
        _counter++;
    }
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Finished");
}
```

INTERLOCKED

- Набор простых атомарных операций (реализованных на уровне процессора)
- Самый легковесный способ синхронизации.

INTERLOCKED

- Decrement/Increment(ref int location) – атомарные ++, -- для простых типов
- Add(ref int location, int value) – складывает два числа и заменяет первое на сумму
- Exchange(ref int location, int value) – присвоить значение в location из value и возвращает его атомарно.
- CompareExchange (ref double location, double value, double comparand);
  - location - Целевой объект, который нужно сравнить с объектом comparand и, возможно, заменить.
  - **value** - Значение, которым будет заменено целевое значение, если проверка покажет равенство.
  - **comparand** - Значение, которое сравнивается со значением в позиции location1.
- CompareExchange<T> (ref T location1, T value, T comparand) where T : class; - для атомарного сравнения по ссылке

INTERLOCKED ПРИМЕР

```
1 reference
private static void ThreadActionWithInterlocked()
{
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Started");
    for (var i = 0; i < IterationsCount; i++)
    {
        Interlocked.Increment(ref _counter);
    }
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Finished");
}
```

МОНИТОР

- Примитив реализующий идею критической секции т.е. взаимоисключающее выполнение части кода потоками
- В один момент времени – один поток имеет доступ.
- Наиболее важные методы:
  - **static void Enter (object obj)**
  - **static void Enter (object obj, ref bool lockTaken)**
  - **static bool TryEnter()**
  - **static void Exit (object obj)**

МОНИТОР, ПРИМЕР

```
2 references
private static readonly object MonitorObj = new object();

1 reference
private static void ThreadActionWithMonitor()
{
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Started");
    for (var i = 0; i < IterationsCount; i++)
    {
        try
        {
            Monitor.Enter(MonitorObj);
            _counter++;
        }
        finally
        {
            Monitor.Exit(MonitorObj);
        }
    }
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Finished");
}
```

LOCK

- Оператор lock получает взаимоисключающую блокировку заданного объекта перед выполнением определенных операторов, а затем снимает блокировку.
- Синтаксический сахар над **Monithor**.
- Можно дважды брать **lock** на один объект – это безопасно.
- В **lock** нельзя использовать **await**

```
lock (x)
{
    // Your code...
}
```

```
object __lockObj = x;
bool __lockWasTaken = false;
try
{
    System.Threading.Monitor.Enter(__lockObj, ref __lockWasTaken);
    // Your code...
}
finally
{
    if (__lockWasTaken) System.Threading.Monitor.Exit(__lockObj);
}
```

РЕКОМЕНДАЦИИ

- Не используйте один и тот же экземпляр объекта блокировки для разных общих ресурсов: это может привести к взаимоблокировке или состязанию при блокировке.
- Минимизировать количество времени блокировки
- Не использовать блокировку на используемых в коде переменных и т.п. Лучше всего создать отдельную переменную типа `object`

LOCK ПРИМЕР

```
1 reference
private static readonly object LockObj = new object();

1 reference
private static void ThreadActionWithLock()
{
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Started");
    for (var i = 0; i < IterationsCount; i++)
    {
        lock (LockObj)
        {
            _counter++;
        }
    }
    Console.WriteLine($"[{Environment.CurrentManagedThreadId}] Finished");
}
```

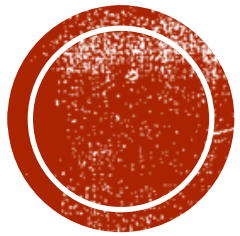
ПРОЧИЕ ПРИМИТИВЫ

- **Semaphore** – примитив синхронизации основанный на счетчике, позволяет «запустить» в критическую секцию более одного потока
- **Mutex** – упрощенная реализация семафора.
- **ResetEvents (Auto, Manual…)**

- Изучать тут: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/threading/overview-of-synchronization-primitives

PARALLEL

- Позволяет выполнить параллельно итерации цикла:
  - public static ParallelLoopResult For(int fromInclusive, int toExclusive, Action<int> body)
  - public static ParallelLoopResult ForEach<TSource>(IEnumerable<TSource> source,Action<TSource> body)



SYSTEM.THREADING.TASKS

КЛАСС TASK

- **Task** – абстракция асинхронной операции, которая может быть запущена в отдельном потоке.

- **Task** – операция не возвращающая значений
- **Task<T>** - операция возвращающая значение типа **T**

СОЗДАНИЕ И ЗАПУСК ЗАДАЧИ

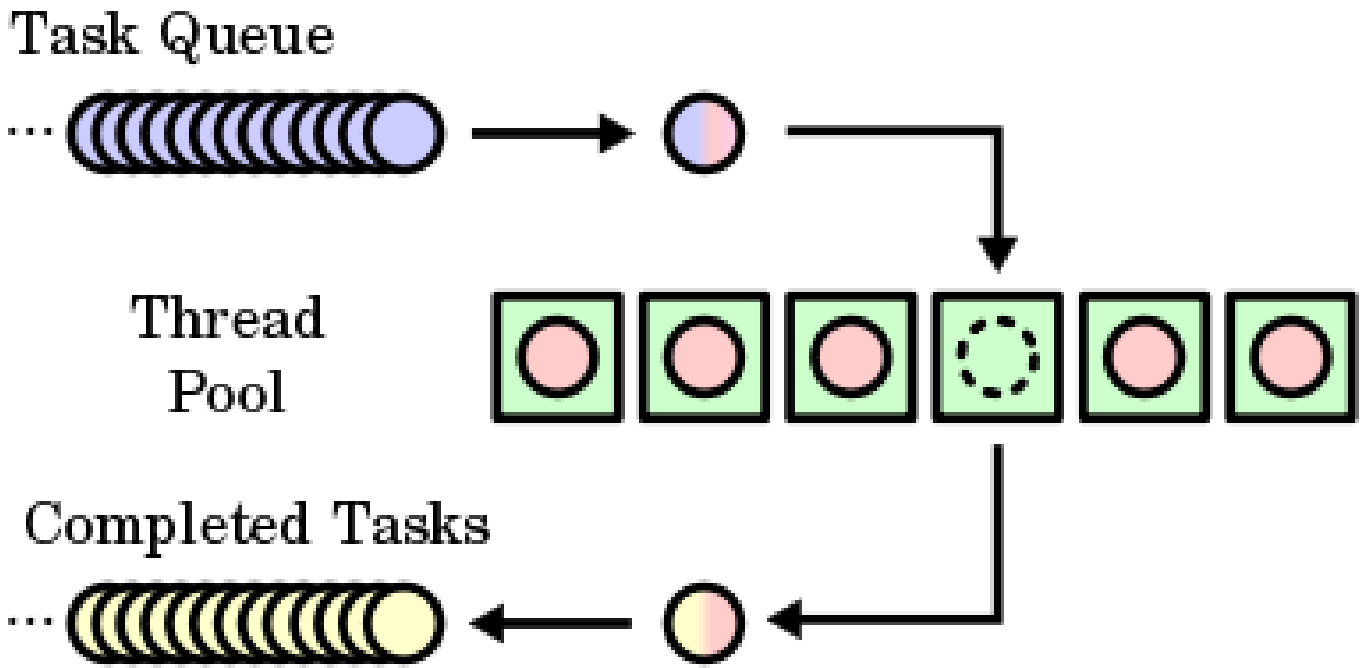
- **Task** можно создать несколькими способами:
  - Через конструктор передав делегат/лямбду
  - **static Task Run(Action action)** – создает и запускает задачу на выполнение
  - **Task.Factory.StartNew(Action action)**
  - …
- Метод **Start()** – запускает задачу.

- Задачи запускаются в пуле потоков.

ПУЛ ПОТОКОВ

- Создание потока – не самая дешевая операция. Если необходимо выполнять много коротких задач – эффективнее создать потоки заранее и дальше распределять по ним задачи.
- В .NET для этих целей используется класс ThreadPool
  - эффективно управляет потоками, уменьшая количество создаваемых, запускаемых и останавливаемых потоков (по сравнению с ручным запуском) – учитывает количество ядер процессора и т.п. технические детали.
  - Позволяет сосредоточиться на решении задачи, а не на инфраструктуре потоков приложения.

ПУЛ ПОТОКОВ



ПУЛ ПОТОКОВ

Ограничения:

- Все потоки пула – фоновые, их приоритеты менять нельзя
- Потоки в пуле подходят для выполнения коротких задач, длинные операции следует запускать в отдельном от пула потоке

ПРИМЕР ЗАПУСКА ЗАДАЧИ

```
1 reference
public static void Run()
{
    var task = new Task(() =>
    {
        Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} START");
        Task.Delay(1000);
        Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} END");
    });

    task.Start();
    task.Wait();
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} Main thread");
}
```

ВОЗВРАЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАДАЧИ

- Используем **Task<T>**, при создании соответственно вместо **Action – Func**
- Результат выполнения будет записан в свойство **Result** – при этом, если обратиться к нему то текущий поток останавливается и ждет, пока результат не будет получен.

ОСТАНОВКА ЗАДАЧ

- Для прерывания задач в **.NET** используется структура **CancellationToken**
- **CancellationTokenSource** – объект для создания и управления **CancellationToken**
- Для остановки – **CancellationTokenSource.Cancel();**

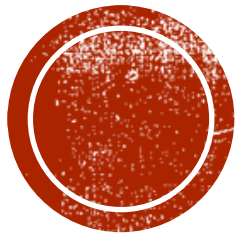
ПРИМЕР ОСТАНОВКИ ЗАДАЧ

```
1 reference
public static void RunWithCancellationTokenSource()
{
    var source = new CancellationTokenSource();
    Task.Run(() =>
    {
        Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} START");
        for (var i = 0; i < 100; i++)
        {
            Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} {i}");
            Thread.Sleep(100);
        }
        Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} END");
    }, source.Token);

    Thread.Sleep(500);
    source.Cancel();
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} Main thread");
}
```

ОЖИДАНИЕ ЗАДАЧ И СИНХРОНИЗАЦИЯ

- **Task.Wait()** – ожидает завершения задачи (есть варианты с **cancellationToken**, указанием времени и др.)
- **static void WaitAll(params Task[] tasks)** – ожидает завершения всех задач
- **static void WaitAny(params Task[] tasks)** – ожидает завершения хотя-бы одной задачи
- **static Task WhenAll(params Task[] tasks)** – создает задачу которая будет выполнена когда завершаться все переданные в нее.
- **WhenAny** – аналогично **WhenAll**



ASYNC/AWAIT

ASYNC

- Модификатор ***async*** позволяет указать, что метод, лямбда-выражение или анонимный метод является асинхронным. Если этот модификатор используется в методе или выражении, они называются асинхронными методами.
- **Async** позволяет использовать в методе ключевое слово **await** и указывает компилятору на необходимость создания конечного автомата для обеспечения асинхронной работы.
- Если метод, который изменяется ключевым словом async, не содержит выражения или оператора await, метод выполняется синхронно.

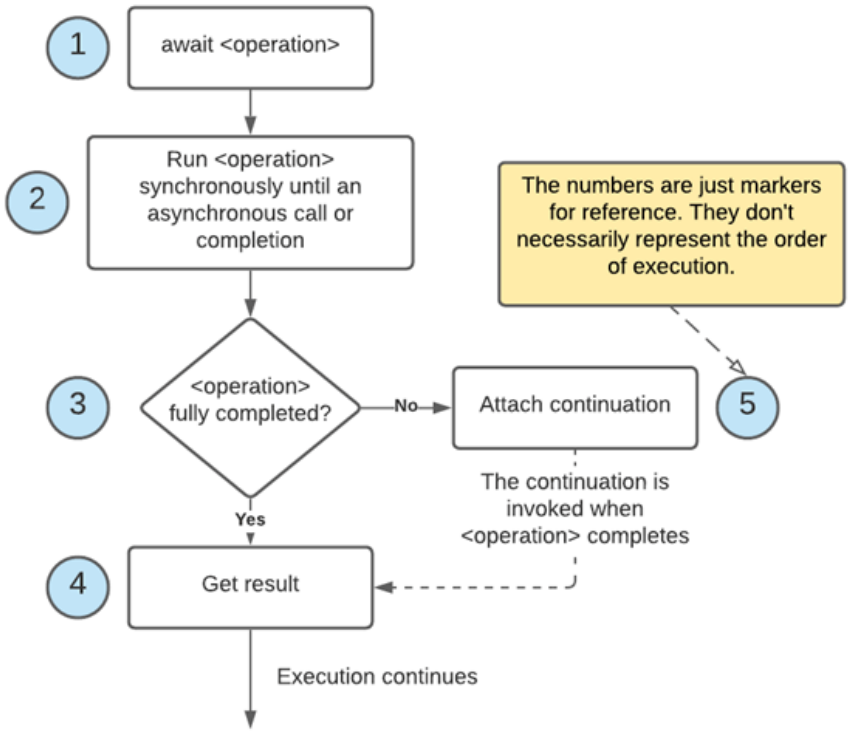
ASYNC

- Возвращаемые значения:
  - **void** – для обработчика событий.
  - **Task** – если нет возвращаемого значения.
  - **Task<TResult>** - если есть возвращаемое значение.
  - Любой тип, имеющий доступный **GetAwaiter** метод. Объект, возвращаемый методом **GetAwaiter**, должен реализовывать интерфейс **System.Runtime.CompilerServices.ICriticalNotifyCompletion** (**ValueTask** и **ValueTask<TResult>**)
  - **IAsyncEnumerable<T>** - асинхронный поток/коллекция, для повторяющихся асинхронных вызовов.

AWAIT

- **await –** унарный оператор, означающий, что необходимо дождаться выполнения асинхронной операции.
- В случае ожидания - вызывающий поток будет освобожден для последующих действий, а код метода после **await** будет выполнен в виде продолжения (**callback**).
- **Callback** в общем случае может быть выполнен уже другим потоком!

AWAIT


1
await <operation>
2
Run <operation> synchronously until an asynchronous call or completion
The numbers are just markers for reference. They don't necessarily represent the order of execution.
3
<operation> fully completed?
No
Attach continuation
5
The continuation is invoked when <operation> completes
Yes
4
Get result
Execution continues

ASYNC/AWAIT ПРИМЕР

```
0 references
public static void Run()
{
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} Main START");
    DoWorkAsync().Wait();
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} Main END");
}

1 reference
private static async Task DoWorkAsync()
{
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} START");

    await Task.Delay(1000);
    // real work with awaiting
    Console.WriteLine($"PID: {Environment.CurrentManagedThreadId} END");
}
```

РЕКОМЕНДАЦИИ

- Если метод асинхронный – добавьте в конце имени **Async**
- Если можно не использовать **async/await** (например – можно без ущерба для качества кода и оборачиваний всего в лямбду вернуть **Task**) то стоит так делать.

ЧТО ЕЩЕ ИЗУЧИТЬ?

- https://www.youtube.com/watch?v=eip2Xjrzp9g – про конечный автомат, декомпиляция, разбор деталей.
- https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/programming-guide/concepts/async/
- https://www.youtube.com/watch?v=zj7cveBMx5Q – лекция 2020 про многопоточность, про **Task**, блокировки и некоторые практические примеры.
- https://www.youtube.com/watch?v=TXau9UuMRSY – лекция 2020 про **async/await** и **Task**, примеры с **UI** потоком и оптимизацией десктопных приложений (вынесение задач из **UI** потока).