Работа с задачами

Задачи (tasks) являются основным строительным блоком библиотеки Task Parallel Library. Задачи представляют собой рабочие элементы, которые могут выполняться параллельно. В качестве рабочих элементов могут использоваться: методы, делегаты, лямбда-выражения.

```
static void HelloWorld()
{
     Console.WriteLine("Hello, world!");
}
static void Main()
{
     // Используем обычный метод
     Task t1 = new Task(HelloWorld);
     // Используем делегат Action
     Task t2 = new Task(new Action(HelloWorld));
     // Используем безымянный делегат
     Task t3 = new Task(delegate
          {
               HelloWorld();
          });
     // Используем лямбда-выражение
     Task t4 = new Task(() => HelloWorld());
     // Используем лямбда-выражение
     Task t5 = new Task(() =>
          {
                    HelloWorld();
          });
     Task t6 = new Task(() =>
          {
                    Console.WriteLine("Hello, world!");
          });

     // Запускаем задачи
     t1.Start(); t2.Start(); t3.Start();
     t4.Start(); t5.Start(); t6.Start();
     // Дожидаемся завершения задач
     Task.WaitAll(t1, t2, t3, t4, t5, t6);
}
```

Работа с задачами, как правило, включает три основные операции: объявление задачи, добавление задачи в очередь готовых задач, ожидание завершения выполнения задачи.

Работа с потоками:

```
Thread threadOne = new Thread(SomeWork);
threadOne.Start();
```

```
threadOne.Join();
```

Работа с задачами:

```
Task taskOne = new Task(SomeWork);
taskOne.Start();
taskOne.Wait();
```

Важное отличие заключается в том, что вызов метода `Start` для задачи не создает новый поток, а помещает задачу в очередь готовых задач – пул потоков. Планировщик (`TaskScheduler`) в соответствии со своими правилами распределяет готовые задачи по рабочим потокам. Действия планировщика можно корректировать с помощью параметров задач. Момент фактического запуска задачи в общем случае не определен и зависит от загруженности пула потоков.

Для более лаконичного «запуска» задачи существует шаблон, замещающий этапы объявления и добавления задачи в пул потоков:

```
Task t = Task.Factory.StartNew(SomeWork);
```

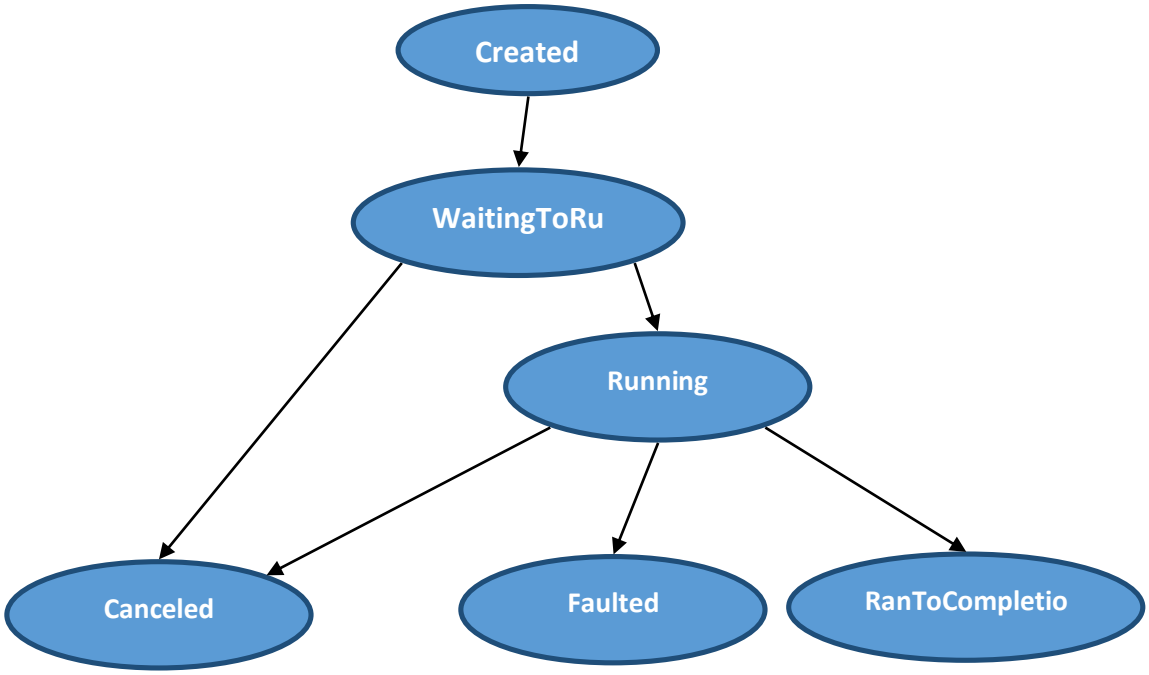
Ожидание завершения конкретной задачи осуществляется с помощью метода `Wait`. Для ожидания завершения нескольких задач существуют статические методы класса `Task`, принимающие в качестве аргумента массив задач:

```
Task t1 = Task.Factory.StartNew(DoWork1);
Task t2 = Task.Factory.StartNew(DoWork2);
Task t3 = Task.Factory.StartNew(DoWork3);
// Дожидаемся завершения хотя бы одной задачи
int firstTask = Task.WaitAny(t1, t2, t3);
// Дожидаемся завершения всех задач
Task.WaitAll(t1, t2, t3);
```

Методы ожидания `WaitAll` и `WaitAny` могут принимать в качестве аргументов, как массив задач (один параметр), так и сами задачи (произвольное число параметров). Вызов `WaitAll` блокирует текущий поток до завершения всех указанных задач. Вызов `WaitAny` блокирует текущий поток до завершения хотя бы одной из указанных задач и возвращает номер первой завершенной задачи.

Статусы задачи

Задача может находиться в нескольких состояниях: `Created`, `Running`, `WaitingToRun`, `Faulted`, `Canceled`, `RanToCompletion`, `WaitingForActivation`, `WaitingForChildrenToComplete`. Переходы между основными состояниями изображены на рисунке.



При объявлении задача получает статус `Created`. Запуск задачи с помощью метода `Start` или `StartNew` помещает задачу в пул потоков со статусом `WaitingToRun`. Задача, выполняющаяся в данный момент, имеет статус `Running`. Статус `Canceled` соответствует задаче, отмененной с помощью объекта `CancellationTokenSource`. Статус `Faulted` – при выполнении задачи произошла какая-то ошибка, необработанная в коде задачи. При успешном завершении задачи - статус `RanToCompletion`. Задачи-продолжения (см. ниже) начинают со статуса `WaitingForActivation`. При наличии дочерних вложенных задач родительская задача после завершения своей работы (`Running`) ожидает завершения вложенных задач со статусом `WaitingChildrenToComplete`.

Работа с данными в задаче

В задаче можно оперировать всеми переменными, находящимися в области видимости. Если рабочий элемент это метод класса, то работать можно с переменными этого класса. Если рабочим элементом является лямбда-выражение, то работать можно со всеми локальными переменными метода, порождающего задачу.

```
class Program
{
     static string programName;
     static void ShowTaskInfo(object taskName)
     {
          Console.WriteLine("Task name: {0}, Task ID: {1},
                              thread id: {2}, Program name: {3}",
                              taskName, Task.CurrentId,
                              Thread.ThreadId, programName);
     }
```

```
     static void Main()
     {
          programName = "Working with data";
          Task t1 = Task.Factory.StartNew(new
                         Action<object>(ShowTaskInfo),
                    "First worker");
          Task t2 = Task.Factory.StartNew(o => ShowTaskInfo(o),
                    "Second worker");
          string t3Name = "Third worker";
          Task t3 = Task.Factory.StartNew(() =>
                              ShowTaskInfo(t3Name));
     }
}
```

Для получения результата работы задачи существует специальный тип `Task<T>`. Свойство `Result` содержит результат задачи. Обращение к свойству блокирует поток до завершения задачи.

```
static void Main()
{
     long lNumber = 123456789;
     Task<double> SqrtTask = Task.Factory.StartNew((obj) =>
     {
          return Math.Sqrt((long)obj);
     }, lNumber);
     // Дожидаемся завершения вычислений без явной блокировки
     double sqrtNumber = SqrtTask.Result;
     Console.WriteLine("Result: {0}", sqrtNumber);
}
```

При объявлении задачи или при использовании шаблона `StartNew` можно указать ряд важных параметров:

- токен отмены (`CancellationToken`), с помощью которого можно реализовать «согласованную» отмену задачи;
- опции задачи (`TaskCreationOptions`), позволяющие скорректировать действия планировщика при обработке задачи;
- параметр задачи - аргумент метода, ассоциированного с задачей;
- планировщик, который будет использоваться для обработки задачи.

Вложенные задачи

В коде задачи можно запускать вложенные задачи, которые могут быть дочерними и недочерними. Недочерние задачи обладают независимостью от родительской задачи: родитель не дожидается завершения вложенной задачи, статусы задач не взаимосвязаны. Дочерняя задача действительно является вложенной – родитель дожидается завершения дочерней задачи, статусы задач при исключениях взаимосвязаны.

```
     Task tParent = Task.Factory.StartNew( () =>
```

```
          {
               Console.WriteLine("Parent task starts");
               Task t1 = Task.Factory.StartNew( () =>
                    Console.WriteLine("Inner task"));
               Task t2 = Task.Factory.StartNew( () =>
                    Console.WriteLine("Child task"),
                    TaskCreationOptions.AttachedToParent);
               Console.WriteLine("Parent task ends");
          });
     tParent.Wait();
     Console.WriteLine("Parent task really ends");
```

Вывод приведенного фрагмента определяется загруженностью системы и пула потоков. Тем не менее, можно быть уверенным, что вызов `tParent.Wait()` завершится только после вывода вложенной дочерней задачи. Вывод вложенной недочерней задачи может быть и после завершения родительской задачи.

```
Parent task starts
Parent task ends
Child task
Parent task really ends
Inner task
```

Механизм отмены задач

Встроенный механизм согласованной отмены задач позволяет унифицированным образом реализовывать корректное досрочное завершение выполнения задач.

Для реализации механизма отмены необходимо выполнить следующие шаги:

1. Создать объект `CancellationTokenSource` в области видимости метода, который порождает и запускает задачу.
2. Получить объект `CancellationToken`, через который осуществляется взаимодействие с задачей.
3. Передать объект `CancellationToken` при запуске задачи.
4. Реализовать в задаче процедуру отмены
5. При необходимости отмены вызвать метод `Cancel()`.

Обработчик отмены задачи можно реализовать либо в самой задаче, либо назначить отдельный делегат, который будет вызываться при возникновении сигнала об отмене задачи.

```
static void Main()
{
     var cts = new CancellationTokenSource();
     var token = cts.Token;
     Task t1 = new Task (() =>
       {
          while(true)
```

```
          {
               DoSomeWork();
               if(token.IsCancellationRequested)
               {
                    // Код обработки отмены
                    SaveSomeData();
                    break;
               }
          }
        }, token);

     t1.Start();
     Thread.Sleep(1000);
     cts.Cancel();
     t1.Wait();

     var cts2 = new CancellationTokenSource();
     var token2 = cts2.Token;
     // Регистрируем обработчик отмены
     token2.Register(() => {
          Console.WriteLine("Task #2 was cancelled");
          throw new TaskCanceledException();
     });
     Task t2 = new Task(() => {
          while(true)
               DoSomeWork();
     }, token2);

     t2.Start();
     Thread.Sleep(1000);
     cts2.Cancel();
     t2.Wait();
}
```

В первой задаче сигнал отмены контролируется в рабочем цикле с помощью свойства `IsCancellationRequested`. Во второй задаче отмена обрабатывается с помощью делегата, который регистрируется методом `Register`.

Исключения в задачах

Исключения, которые могут возникнуть при выполнении задач, обрабатываются в коде метода, который объявляет, запускает и ожидает завершения задач.

```
void SomeMethod()
{
     Task t1 = Task.Factory.StartNew(WorkOne);
     Task t2 = Task.Factory.StartNew(WorkTwo);
     try
     {
          Task.WaitAll(t1, t2);
     }
     catch(AggregateException ae)
```

```
     {
          // Обработка ошибок
     }
}
```

Исключения могут возникнуть в нескольких задачах. Поэтому для обработки исключений параллельного кода используется объект типа `AggregateException`, который агрегирует все возникнувшие исключения. Список единичных исключений можно получить с помощью свойства `InnerExceptions`.

```
catch(AggregateException ae)
{
     foreach(Exception exc in ae.InnerExceptions)
               Console.WriteLine(exc.Message);
}
```

Если у задачи есть вложенные дочерние задачи, то объект `exc` представляет собой опять тип `AggregateException` и для обработки исключений дочерних задач необходимо во вложенном цикле обрабатывать элементы `exc.InnerExceptions`.

Метод `Flatten()` объекта `AggregateException` возвращает все исключения, возникнувшие в задачах и вложенных задачах в одном списке, делая более удобной обработку.

```
     Task[] tasks = new Task[N];
     // объявляем и запускаем задачи
     ..
     // Обработка исключений
     try {
          Task.WaitAll(tasks);
     }
     catch(AggregateException ae)
     {
          foreach(Exception e in ae.Flatten().InnerExceptions)
               Console.WriteLine("Message:{0}", e.Message);
}
```

Метод `Handle` позволяет назначить делегаты-обработчики для конкретных исключений:

```
     Task t1 = new Task(() => {
               throw new OutOfMemoryException(); });
     Task t2 = new Task(() => {
               throw new DivideByZeroException(); });
     t1.Start(); t2.Start();
     try {
          Task.WaitAll(t1, t2);
     } catch (AggregateException ae) {
          ae.Handle((inner) => {
               if (inner is OperationCancelledException) {
```

```
                    // обработчик исключения
                    return true;
                } else if(inner is DivideByZeroException) {
                    // обработчик исключения
                    return true;
                } else
                    return false;
            });
        }
```

Делегат, определяемый в методе Handle, возвращает true, если исключение обработано, и false, если исключение не обработано.

Задачи-продолжения

Задачи-продолжения предназначены для планирования запуска задач после завершения предшествующих задач с тем или иным статусом завершения: `OnlyOnRanToCompletion`, `OnlyOnCanceled`, `OnlyOnFaulted`, `NotOnCancelled`, `NotOnRanToCompletion`.

```
// Основная задача, выполняющая расчёт
Task t1 = Task<int>.Factory.StartNew(() => FindDecision());
// Вывод результатов в отдельной задаче
Task t2 = t1.ContinueWith((prev) =>
                Console.WriteLine("Result: {0}", prev.Result),
                TaskContinuationOptions.OnlyOnRanToCompletion);
// Обработчик ошибок
Task t3 = t1.ContinueWith((prev) =>
                Console.WriteLine("Error: {0}",
                prev.Exception.InnerException.Message),
                TaskContinuationOptions.OnlyOnFaulted);
// Задача была отменена
Task t4 = t1.ContinueWith((prev) =>
                    Console.WriteLine("Task was cancelled"),
                    TaskContinuationOptions.OnlyOnCanceled);
```

Первая задача осуществляет основной расчет. Следующие задачи выполняются в зависимости от статуса завершения первой задачи. Вторая задача выполняется при успешном завершении. Третья задача выполняется при возникновении необработанного исключения. Четвертая задача выполняется только в случае отмены первой.

Задачи-продолжения позволяют без дополнительных средств синхронизации реализовать критическую секцию и конструкцию барьера:

```
// Объявляем задачи, которые могут выполняться параллельно
    Task[] tasks = new Task[3];
    tasks[0] = new Task(Work1);
    tasks[1] = new Task(Work2);
    tasks[2] = new Task(Work3);
    // Планируем выполнение критической секции
```

```
    Task tCr = Task.Factory.ContinueWhenAll(tasks, (tt) => {
                    // Критическая секция
        });
    // Параллельные задачи
    Task t5 = tCr.ContinueWith(Work5);
    Task t6 = tCr.ContinueWith(Work6);
    // Запускаем задачи
    tasks[0].Start(); tasks[1].Start(); tasks[2].Start();
    // Ожидаем завершения последней задачи
    t6.Wait();
```