Politechnika Łódzka
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

Interfejsy platform mobilnych

Wykład
Programowanie asynchroniczne w C#

Opracował: dr inż. Radosław Wajman

Delegacje

- Delegacja pozwala utworzyć nowy typ danych, który definiuje sygnaturę metody.

- Obiekty delegacji mogą wywoływać metody zgodne z ich sygnaturą.
  Ogólna deklaracja delegacji:

```
[modyfikatory] delegate typ nazwaDelegacji ( ... ) ;
```

- np.

```
delegate int Policz (string s); // <- Deklaracja (typu) delegacji mogącej wywoływać metody
                                // pobierające parametr typu string i zwracające int.

Policz p = Policz( nazwaMetody ); // <- Utworzenie obiektu delegacji
p( );                             // <- Wywołanie metody wskazywanej przez delegację
```

Delegacje

- Jeśli utworzymy delegację typu **void**, to będzie ona mogła wskazywać i wywoływać wiele metod jednocześnie (delegacje inne niż **void** nie mogą rejestrować wielu metod, gdyż nie miało by sensu zwracanie wyniku wywołania wielu metod na raz).
- W takim wypadku rejestrujemy kolejne metody, które ma wywołać delegacja dzięki operatorowi +=, natomiast wyrejestrowujemy je za pomocą -=.
- Przykładowo:

```
class A {
  delegate void ListyFunkcji ( );                  // Deklaracja delegacji typu void.

  public static void Main( ) {

        ListyFunkcji listaInicjalizacyjna = null;// <- Utworzenie obiektu delegacji
        listaInicjalizacyjna += przywitaj;        // <- Zarejestrowanie dodatkowej funkcji

        ...                                       // Następnie obiekt
        listaInicjalizacyjna();                   // moglibyśmy przekazać do funkcji lub wywołać.

  }

  void przywitaj() {...}                          // <- Funkcja zarejestrowana w delegacji.
}
```

Delegacje - Callback

- Callback to kod wykonywalny przekazywany jako parametr do innego kodu,
- Implementowany jest m.in. za pomocą delegacji,
- Sposób na wywołanie czasochłonnych zadań i na informowanie w miejscu delegacji, gdy zadanie się zakończy.

```
public delegate void WorkCompletedCallBack(string result);

1 reference
public void DoWork(WorkCompletedCallBack callback)
{
    callback("Hello world");
}

1 reference
public void Test()
{
    WorkCompletedCallBack callback = TestCallBack;
    DoWork(callback);
}

1 reference
public void TestCallBack(string result)
{
    Console.WriteLine(result);
}
```

Operator lambda - anonimowość

- Operator lambda jest funkcją anonimową służącą do tworzenia delegatów,
- Za jego pomocą można pisać funkcje lokalne, które mogą być przekazywane jako argumenty lub zwracane jako wartość wywołania funkcji,
- Aby utworzyć wyrażenie lambda, należy po lewej stronie operatora lambda => określić parametry wejściowe (jeśli istnieją) i umieścić blok wyrażenia lub instrukcji po prawej.
- Wyrażenie lambda x => x * x określa parametr o nazwie x i zwraca wartość x kwadratów, a następnie całość można przypisać do typu delegata:

```
delegate int del(int i);
static void Main(string[] args)
{
    del myDelegate = x => x * x;
    int j = myDelegate(5); //j = 25
}
```

Operator lambda - anonimowość

- Operator lambda (=>) ma takie samo pierwszeństwo jak operator przypisania (=) i następuje łączność do prawej strony,

- Ogólna forma to:
```
(input parameters) => expression
```

- Nawiasy są opcjonalne tylko wtedy, gdy lambda ma jeden parametr wejściowy; w przeciwnym razie są wymagane.
  Co najmniej dwa parametry wejściowe są rozdzielane przecinkami w nawiasach:
```
(x, y) => x == y
```

- Czasami jest trudne lub wręcz niemożliwe dla kompilatora wywnioskowanie typów wejściowych dlatego można określić typy jawnie:
```
(int x, string s) => s.Length > x
```

- Określanie braku parametrów wejściowych za pomocą pustych nawiasów:
```
() => SomeMethod()
```

Instrukcja lambda

- Instrukcja lambda jest podobna do wyrażenia lambda, z tym że instrukcje są ujęte w nawiasy klamrowe:

```
(input parameters) => {statement;}
```

- Treść instrukcji lambda może składać się z dowolnej liczby instrukcji

```
delegate void TestDelegate(string s);
…
TestDelegate myDel = n => { string s = n + " " + "World"; Console.WriteLine(s); };
myDel("Hello");
```

Zdarzenia

- Zdarzenia używane są do oprogramowania czynności zachodzących w trakcie działania aplikacji,

- Takim zdarzeniem może być ruch myszą, kliknięcie w obrębie komponentu, przesunięcie kontrolki i wiele innych,

- Po umieszczeniu przykładowej kontrolki na formie i kliknięciu w niego, generowany jest automatycznie kod:

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{

}
```

Zdarzenia

- Jak to się dzieje, że po naciśnięciu przycisku wykonywany jest kod znajdujący się w tej metodzie?

- Zdarzenia w dużej mierze opierają się właśnie na delegatach,

- W pliku **.designer.cs* można odnaleźć instrukcje, które odpowiadają za utworzenie przycisku Button na formularzu oraz za przypisanie określonej metody do danego zdarzenia:

```
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
```

- Zdarzenie Click zadeklarowane jest w klasie Control

```
public event EventHandler Click;
```

- Delegaty deklarujemy z użyciem słowa kluczowego **delegate**, a zdarzenia — z użyciem słowa **event**.
  Fraza EventHandler nie należy do słów kluczowych języka C#.
  Jest to nazwa delegatu określonego w przestrzeni System:

```
public delegate void EventHandler(object sender, EventArgs e);
```

Zdarzenia

- Nic nie stoi zatem na przeszkodzie, aby przypisać do danego zdarzenia więcej niż jedną metodę:

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Procedura zdarzeniowa #1");
}

private void myButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Procedura zdarzeniowa #2");
}

private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    button1.Click += button1_Click;
    button1.Click += myButton_Click;
}
```

Lambda asynchronicznie

- Można łatwo tworzyć wyrażenia lambda i instrukcje, które obejmują wywołania asynchroniczne za pomocą słów kluczowych **async** i **await**,

- Przykład zawiera program obsługi zdarzeń, który wywołuje i czeka na metodę asynchroniczną

```
public partial class Form1 : Form
{
    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
    }

    private async void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        // ExampleMethodAsync returns a Task.
        await ExampleMethodAsync();
        textBox1.Text += "\r\nControl returned to Click event handler.\r\n";
    }

    async Task ExampleMethodAsync()
    {
        // The following line simulates a task-returning asynchronous process.
        await Task.Delay(1000);
    }
}
```

Lambda asynchronicznie

- Sam program obsługi zdarzeń można dodać, używając lambdy asynchronicznej,

- Aby dodać taką obsługę, należy użyć modyfikator **async** przed listą parametrów lambda:

```
public partial class Form1 : Form
{
    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
        button1.Click += async (sender, e) =>
        {
            // ExampleMethodAsync returns a Task.
            await ExampleMethodAsync();
            textBox1.Text += "\r\nControl returned to Click event handler.\r\n";
        };
    }

    async Task ExampleMethodAsync()
    {
        // The following line simulates a task-returning asynchronous process.
        await Task.Delay(1000);
    }
}
```

Asynchroniczność

- Asynchroniczność jest istotna dla działań, które mogą powodować blokowanie, np. kiedy aplikacja uzyskuje dostęp do sieci web.
- Dostęp do zasobów sieci web bywa powolny lub opóźniony i jeśli takie działanie jest zablokowane w procesie synchronicznym, cała aplikacji musi czekać.
- W procesie asynchronicznym aplikacja może kontynuować wykonywanie innych zadań, które nie są zależne od zasobów sieci web przed zakończeniem zadania mogącego powodować blokowanie.
- Poniżej wymienione zostały interfejsy API środowiska .NET Framework 4.5 oraz WinRT, które zawierają metody z obsługą wywołań asynchronicznych:

Obszar aplikacji	Obsługa interfejsów API, która obejmuje metody asynchroniczne
Dostęp do sieci Web	HttpClient, SyndicationClient
Praca z plikami	StorageFile, StreamWriter, StreamReader, XmlReader
Praca z obrazami	MediaCapture, BitmapEncoder, BitmapDecoder
Programowanie WCF	Operacje synchroniczne i asynchroniczne

Asynchroniczność

- Asynchroniczność okazuje się szczególnie cenna w przypadku aplikacji, które uzyskują dostęp do wątku interfejsu użytkownika, ponieważ wszystkie działania związane z interfejsem użytkownika korzystają zazwyczaj z jednego wątku.

- Jeśli w aplikacji synchronicznej jest zablokowany jakikolwiek proces, to wszystko jest zablokowane. Aplikacja przestanie odpowiadać, i może uznać, że uległa awarii zamiast po prostu czekać.

- Przy użyciu metod asynchronicznych, aplikacja dalej odpowiada interfejsowi.

Łatwość implementacji

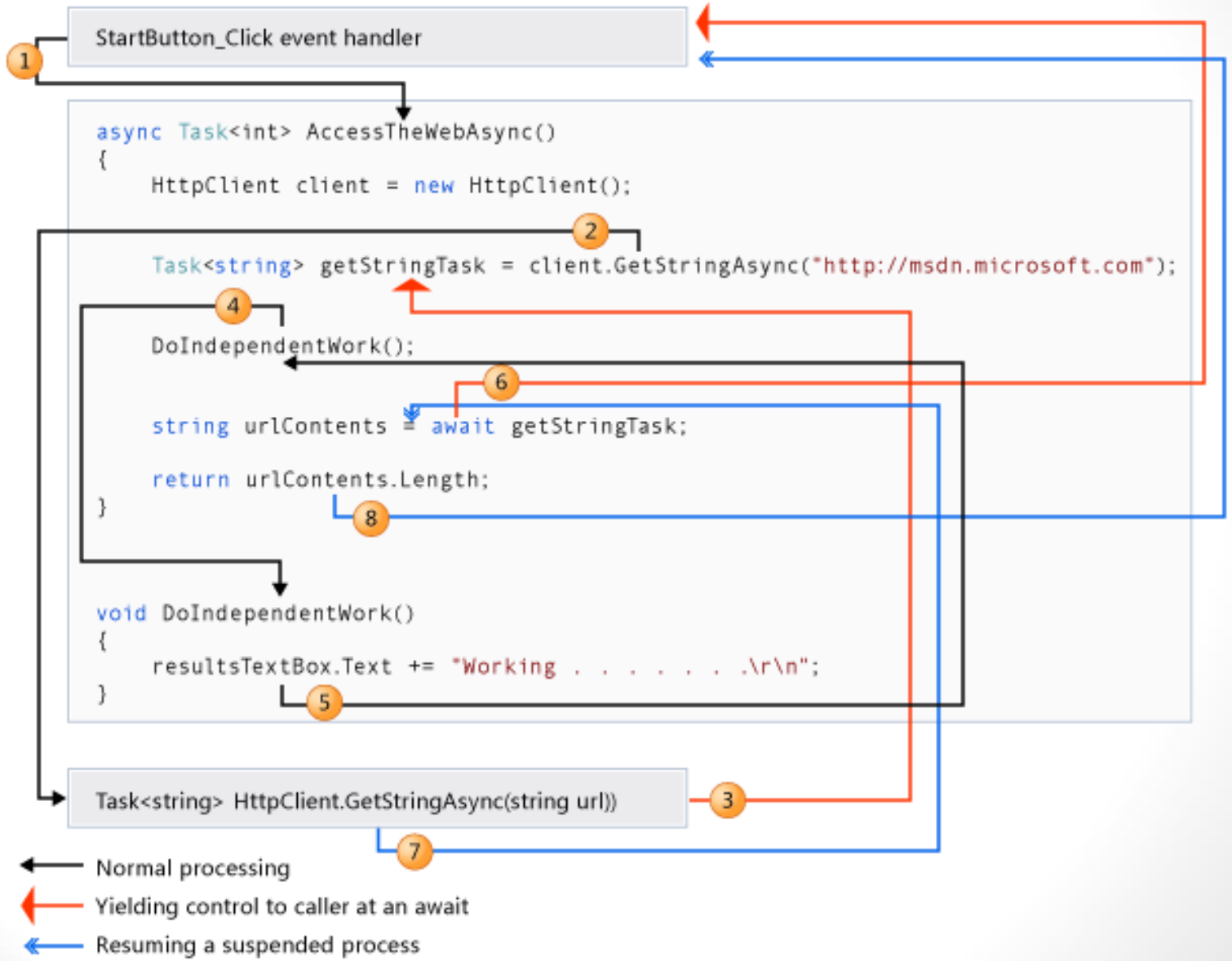
- Za pomocą dwóch słów kluczowych (**async** i **await**), można użyć zasobów w programie .NET Framework lub Windows Runtime (WinRT) do utworzenia metody asynchronicznej niemalże podobnie łatwo jak metody synchronicznej.

- Metody asynchroniczne definiowane za pomocą **async** i **await** są określane jako metody **async**.

- Zainteresowanych odsyłam do strony: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/mt674882.aspx

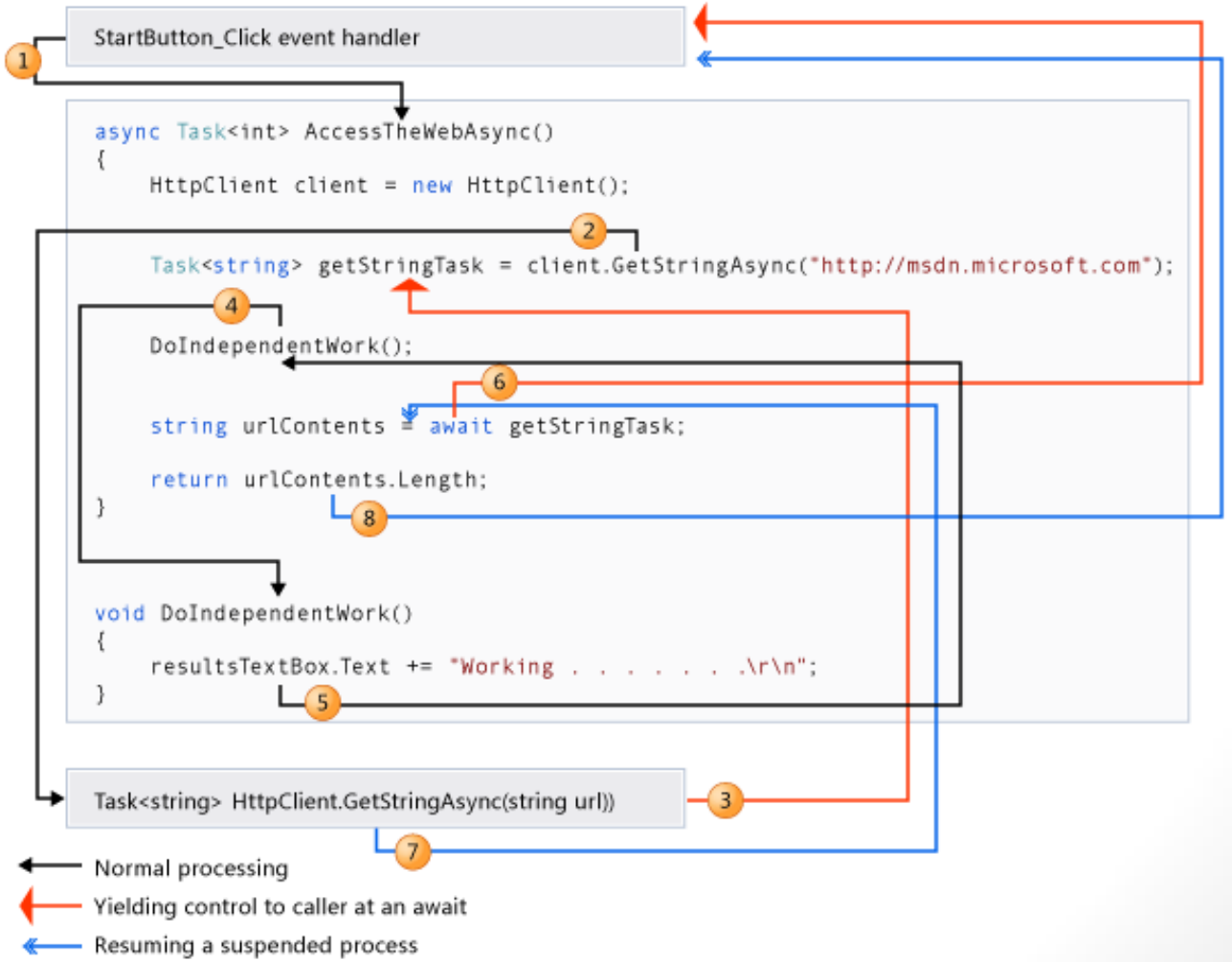
Jak to działa?

- Poniżej przykład wywołania metody pobierającej dane z sieci w trybie asynchronicznym



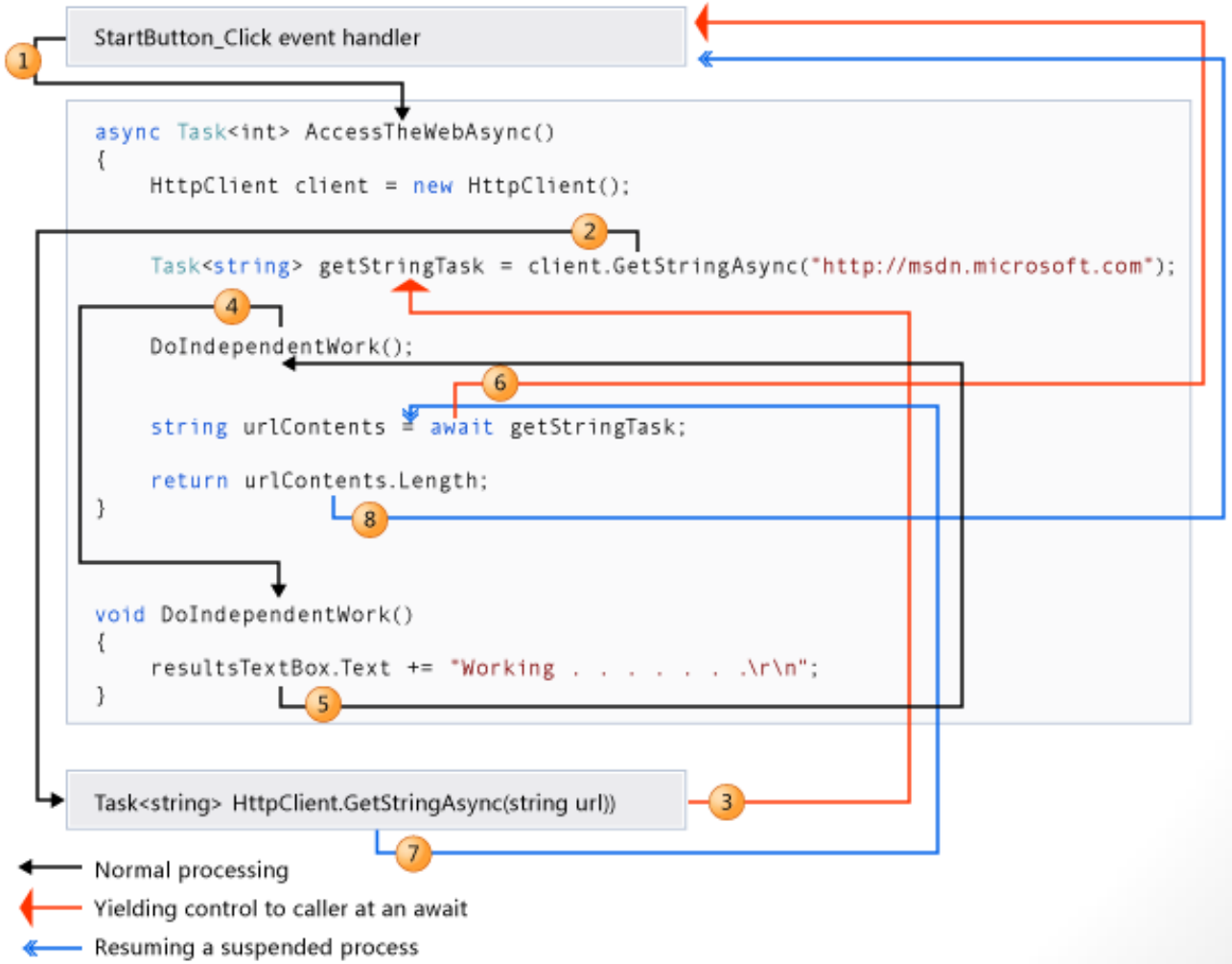
Jak to działa?

1. Procedura obsługi zdarzeń związana z kliknięciem przycisku wywołuje asynchronicznie i czeka na **AccessTheWebAsync**.



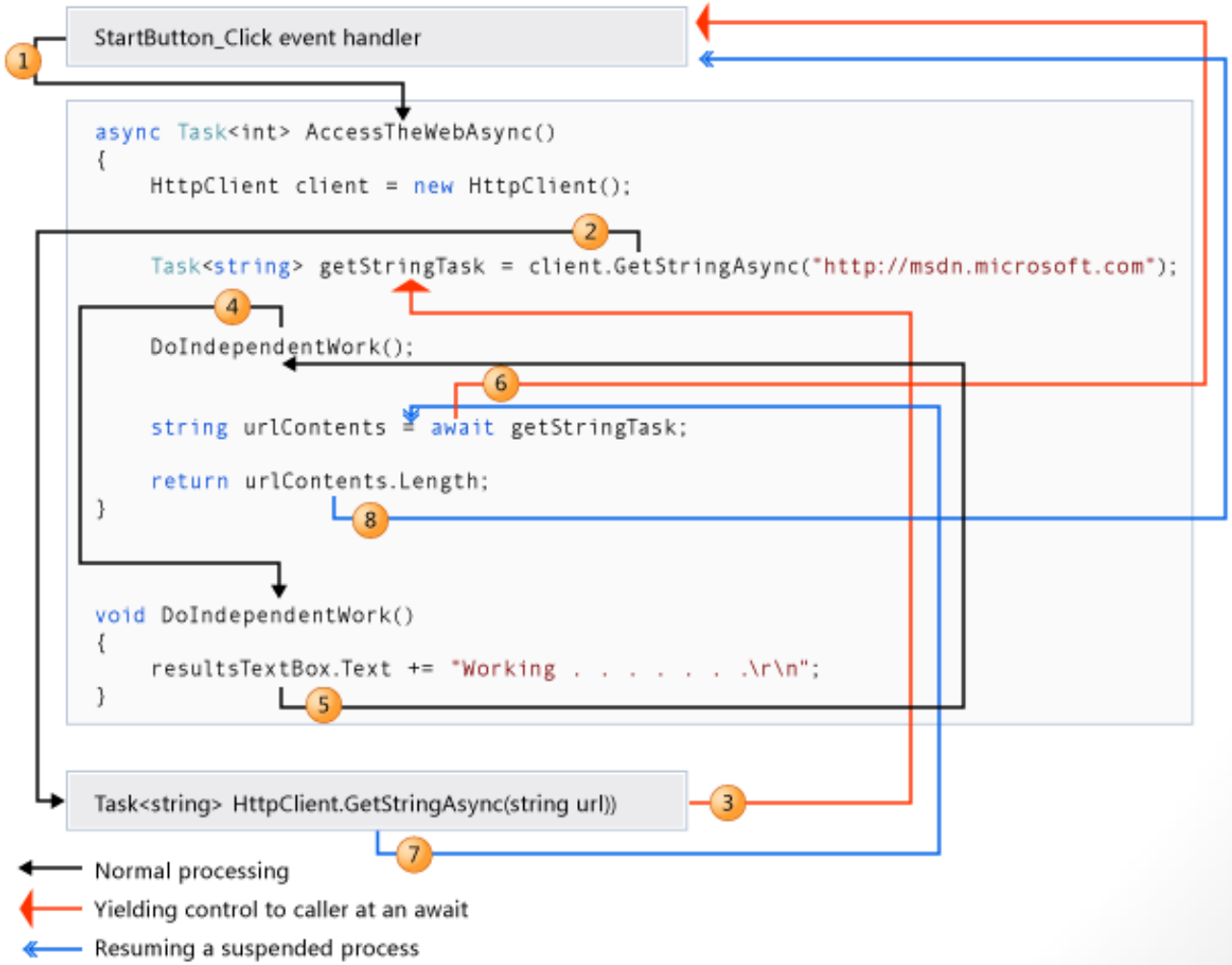
Jak to działa?

2. **AccessTheWebAsync** tworzy obiekt HttpClient i wywołuje asynchronicznie jego metodę GetStringAsync w celu pobrania zawartości witryny sieci Web jako zmienną **String**.



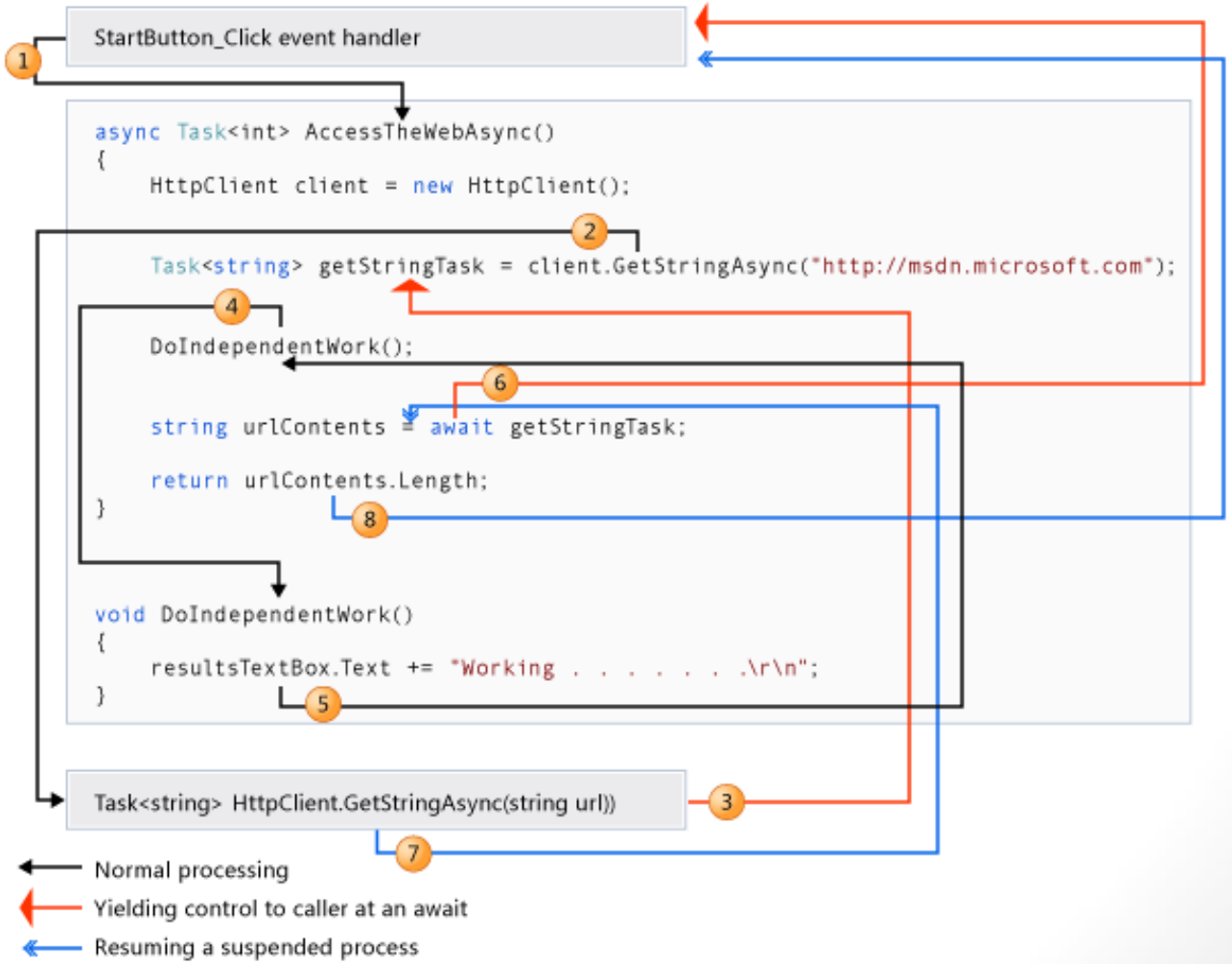
Jak to działa?

3. Załóżmy, że coś się dzieje w metodzie **GetStringAsync,** coś co wstrzymuje jej postęp. Być może musi czekać na pobranie lub jest to jakieś inne działanie blokujące witryny sieci Web. Aby uniknąć blokowania aplikacji, **GetStringAsync** przekazuje z powrotem sterowanie do obiektu wywołującego **AccessTheWebAsync**.



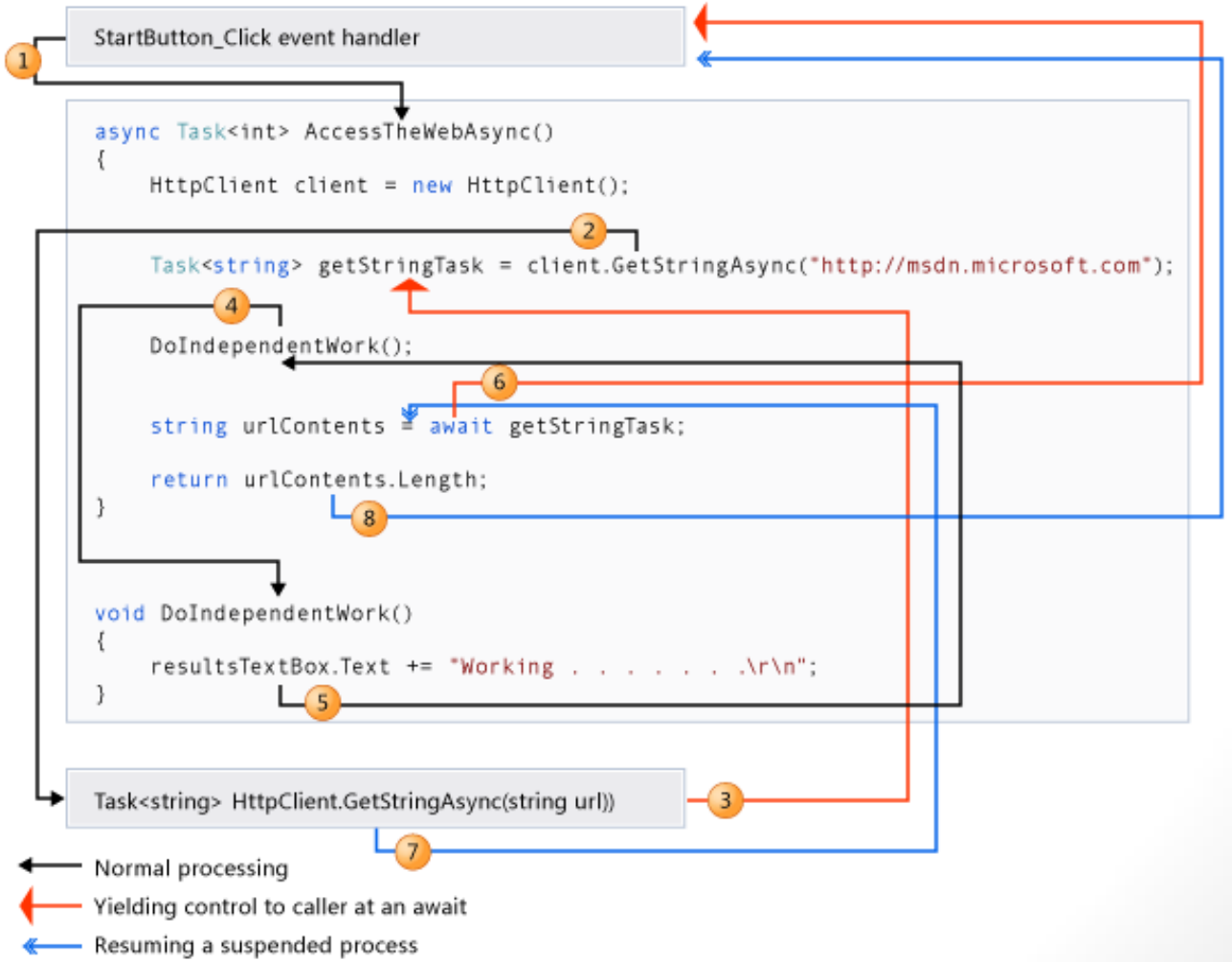
Jak to działa?

3. **GetStringAsync** zwraca obiekt Task<TResult>, gdzie **TResult** jest typu **String**, a z kolei **AccessTheWebAsync** przypisuje zadanie do zmiennej **getStringTask** . Obiekt **Task** przedstawia ciągły proces wywołania **GetStringAsync**, ze zobowiązaniem utworzenia faktycznej wartości ciągu po ukończeniu pracy.



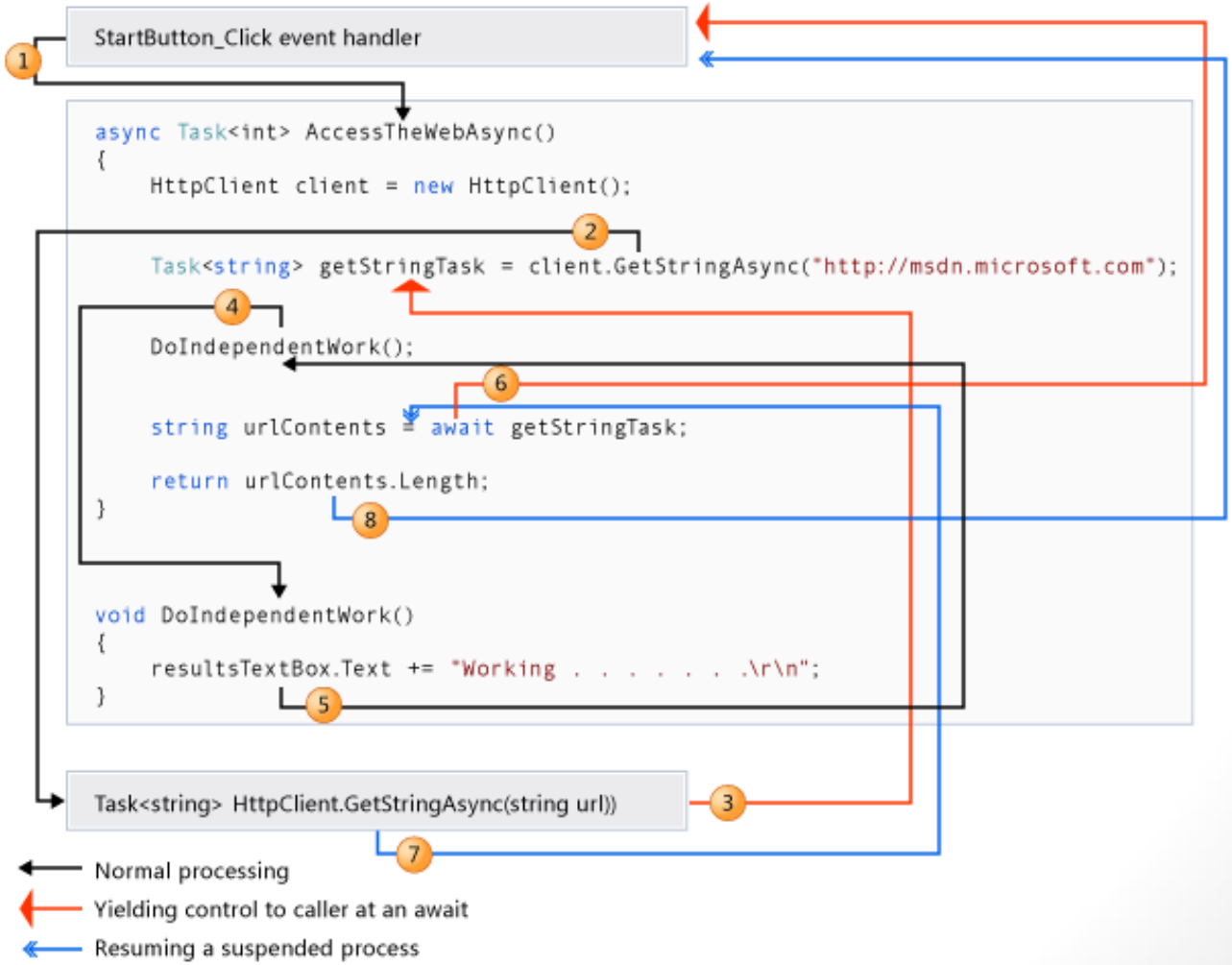
Jak to działa?

4. Ponieważ **getStringTask** nie zakończyło się jeszcze, **AccessTheWebAsync** może kontynuować wykonywanie innych zadań, które są niezależne od wyniku końcowego **GetStringAsync**. Ta praca jest reprezentowana przez wywołanie metody synchronicznej **DoIndependentWork**.



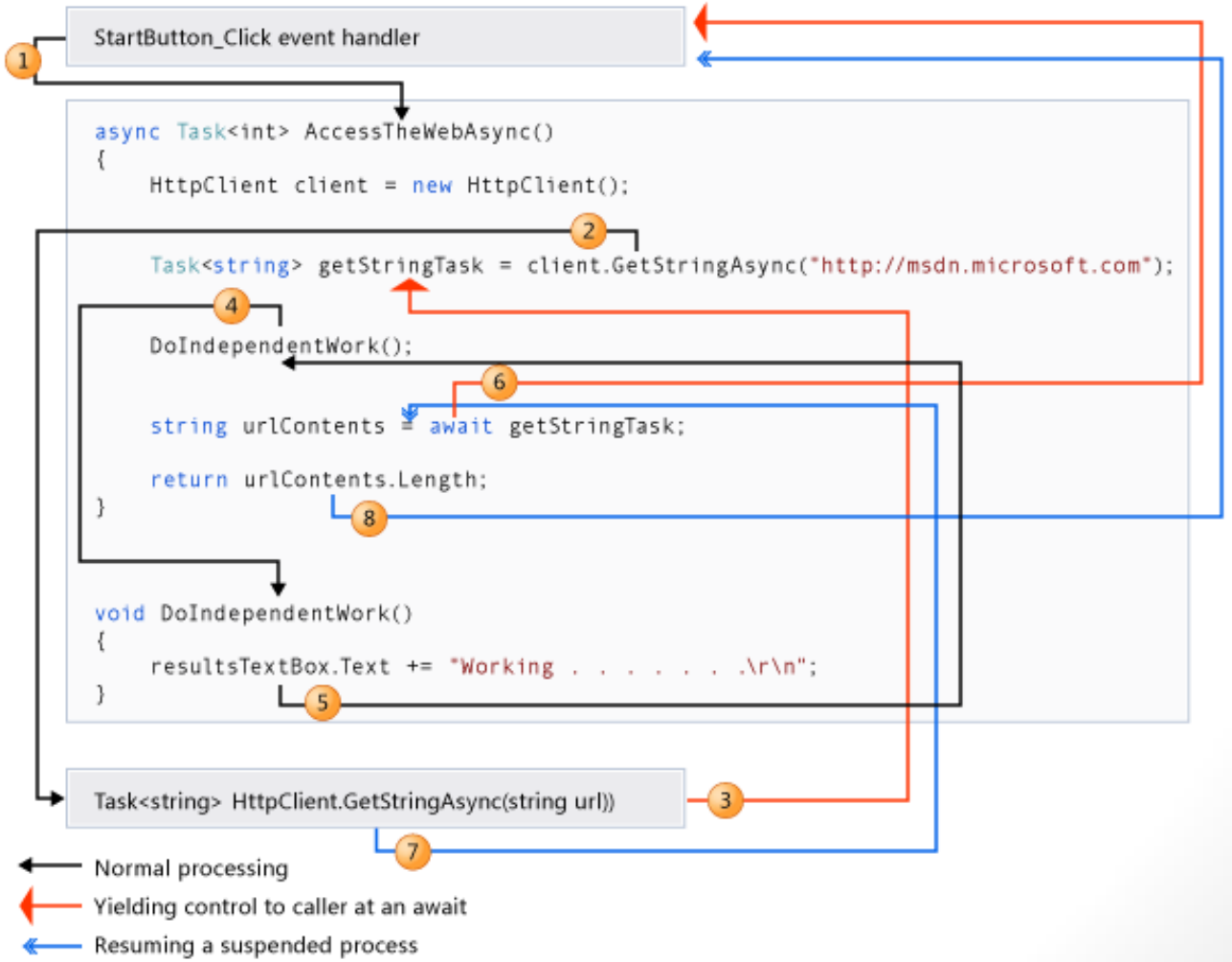
Jak to działa?

5. **DoIndependentWork** jest metodą synchroniczną, która działa i powraca.



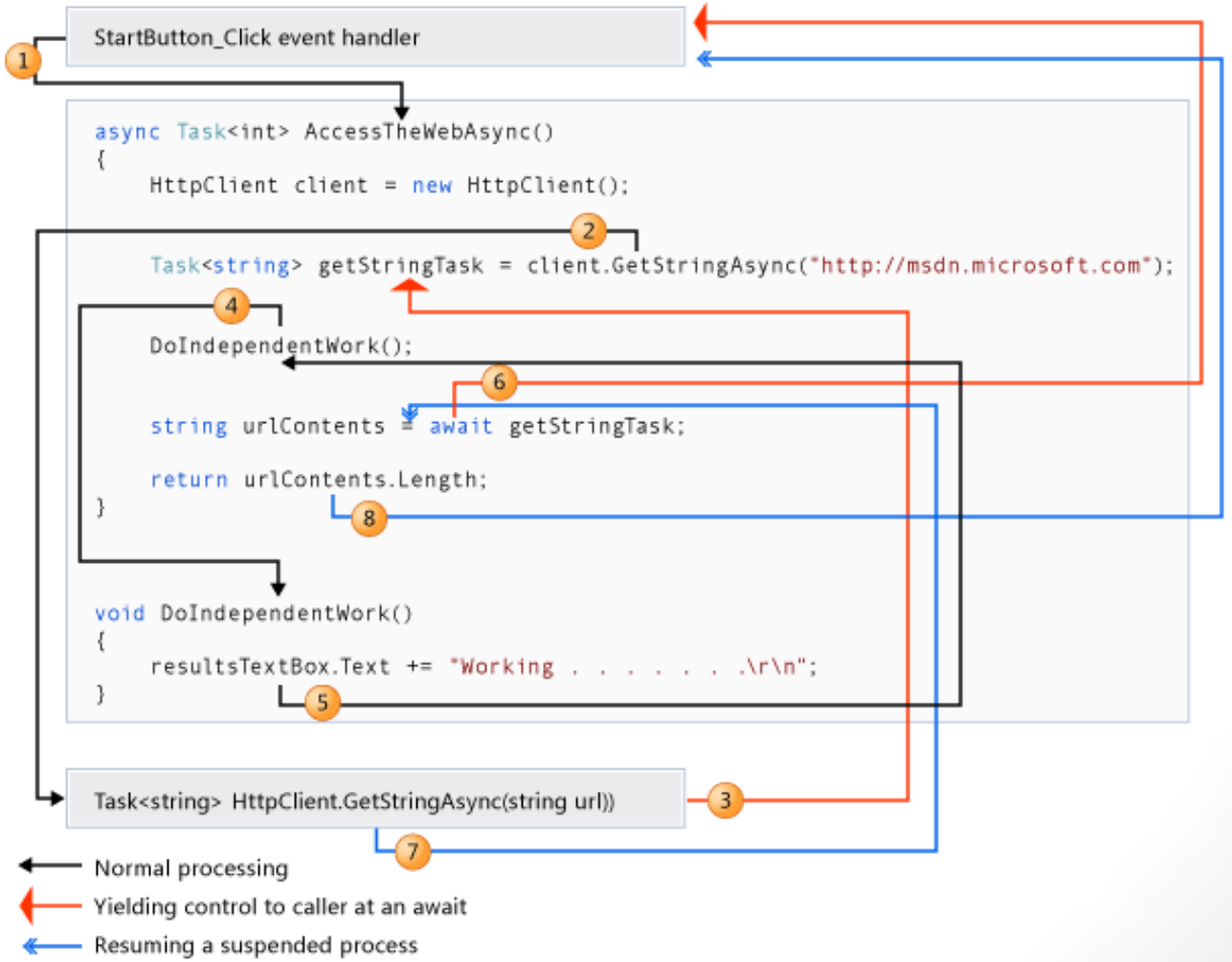
Jak to działa?

6. Załóżmy, że metoda **AccessTheWebAsync** nie ma nic więcej do roboty i wciąż musi czekać na wynik **getStringTask**, który jest jej potrzebny, aby obliczyć i zwrócić długość pobranej strony.



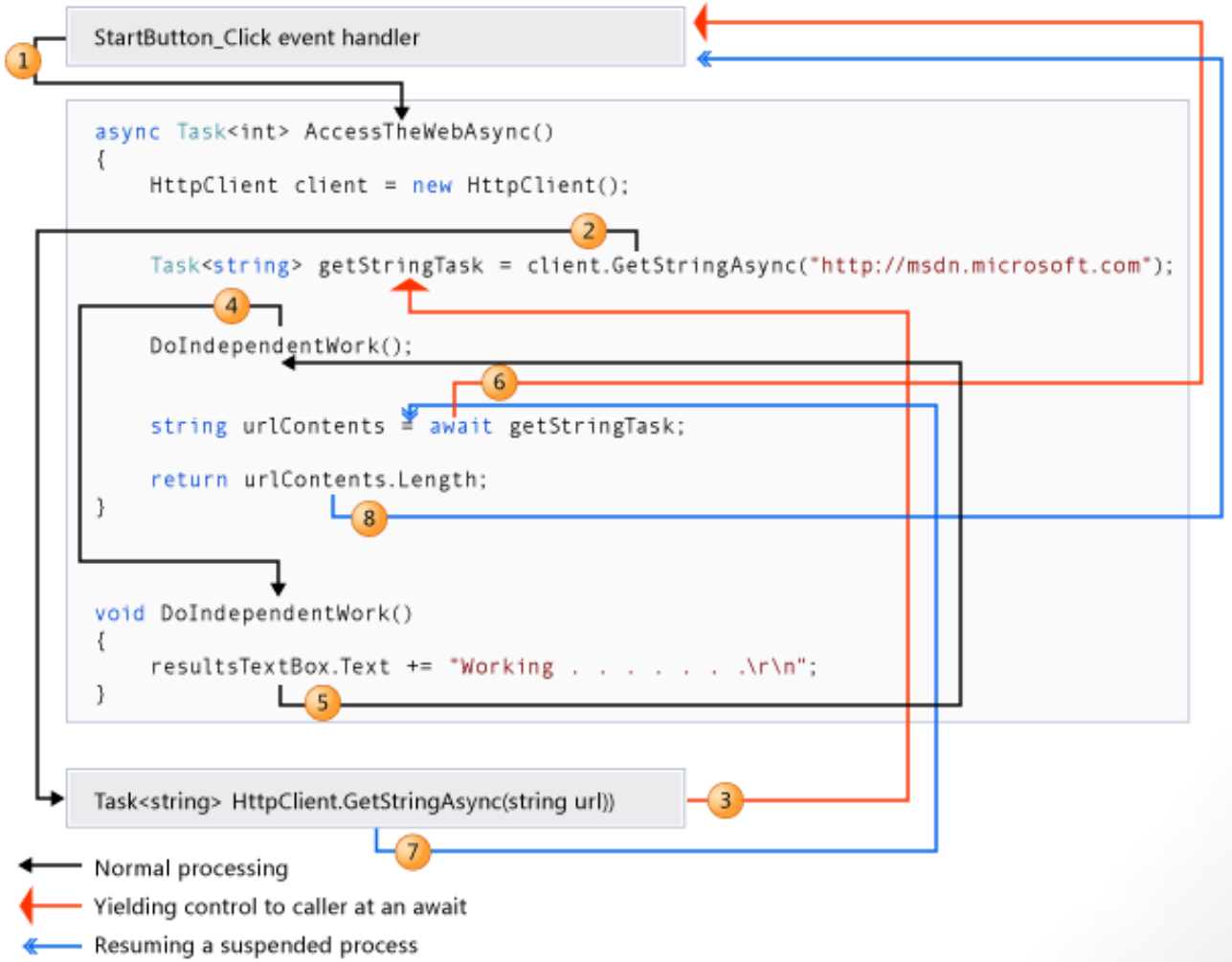
Jak to działa?

6. W związku z tym **AccessTheWebAsync** używając operatora **await** zawiesza swoje działanie i przekazuje sterowanie do metody, która ją wywołała.
   Zwraca **Task<int>** do obiektu wywołującego.
   Obiekt jest obietnicą utworzenia w wyniku liczby całkowitej.



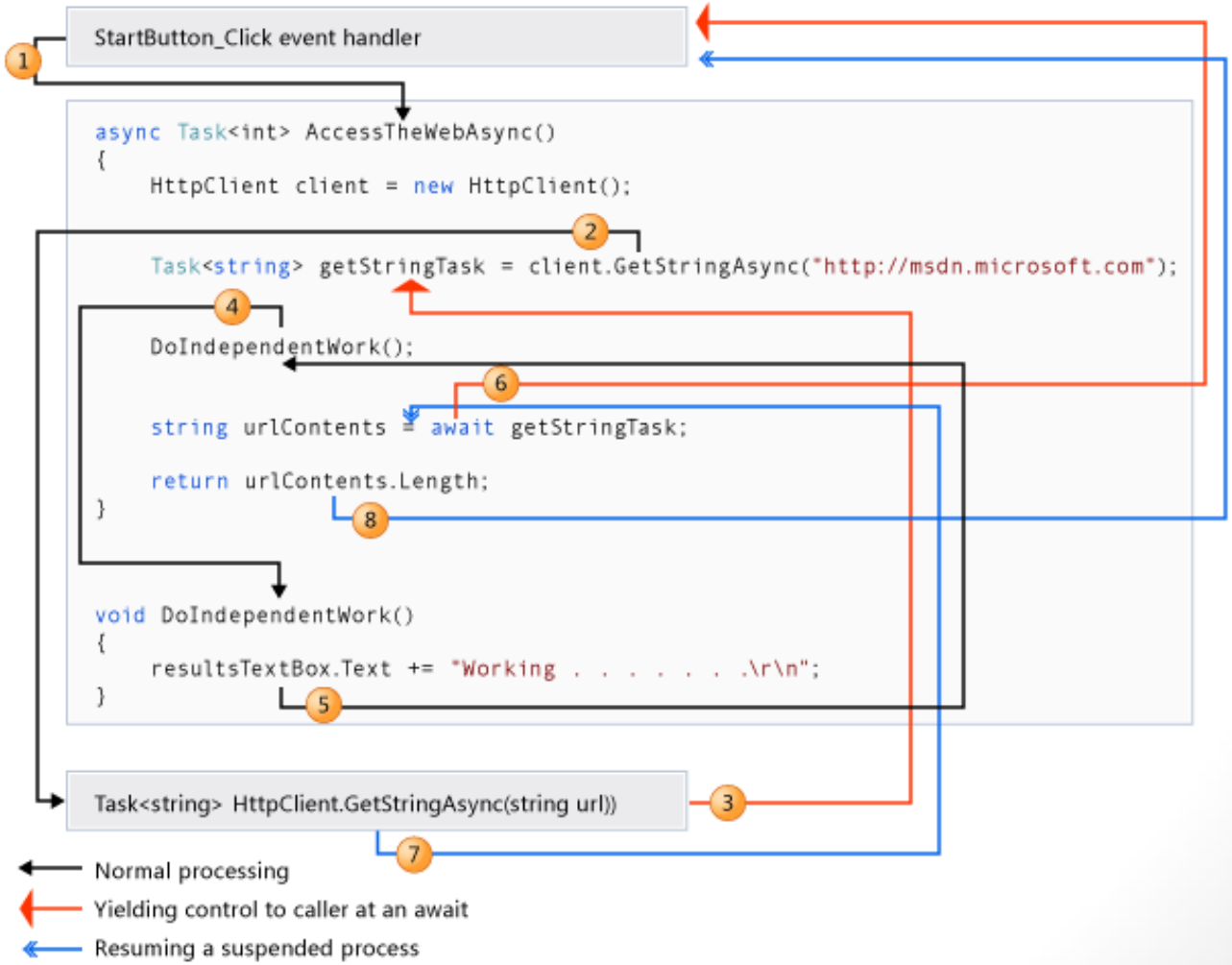
Jak to działa?

6. W metodzie obsługującej zdarzenie wciśnięcia przycisku działanie jest kontynuowane. Obiekt wywołujący może wykonywać inne czynności, które nie są zależne od wyników **AccessTheWebAsync** .



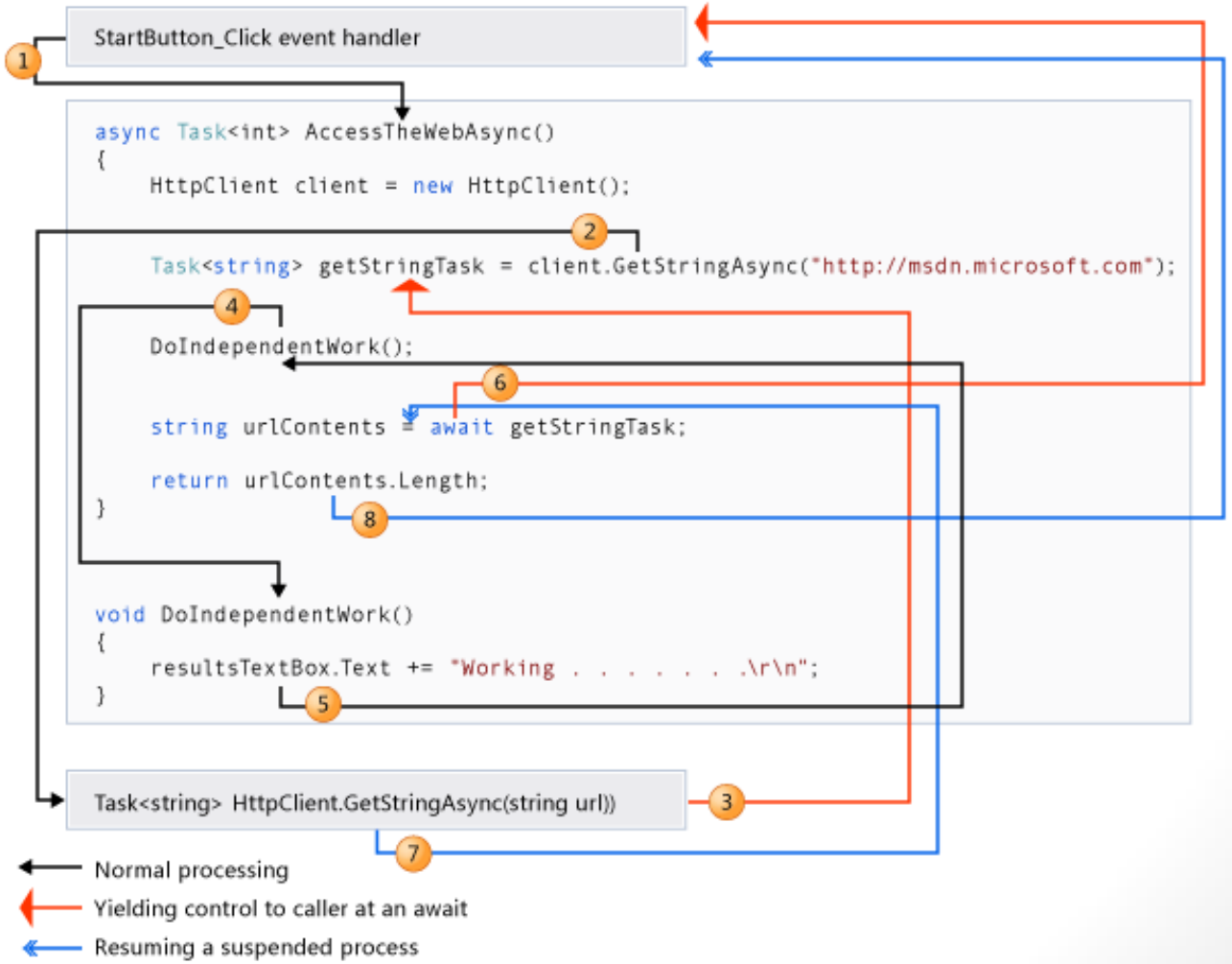
Jak to działa?

7. **GetStringAsync** kończy i zwraca wynik w postaci obiektu **Task**.
   Zwrócony obiekt typu **String** nie jest zwracany przez wywołanie **GetStringAsync** w taki sposób, który można by oczekiwać.
   (Należy pamiętać, że metoda zwróciła już obiekt **Task** w kroku 3).



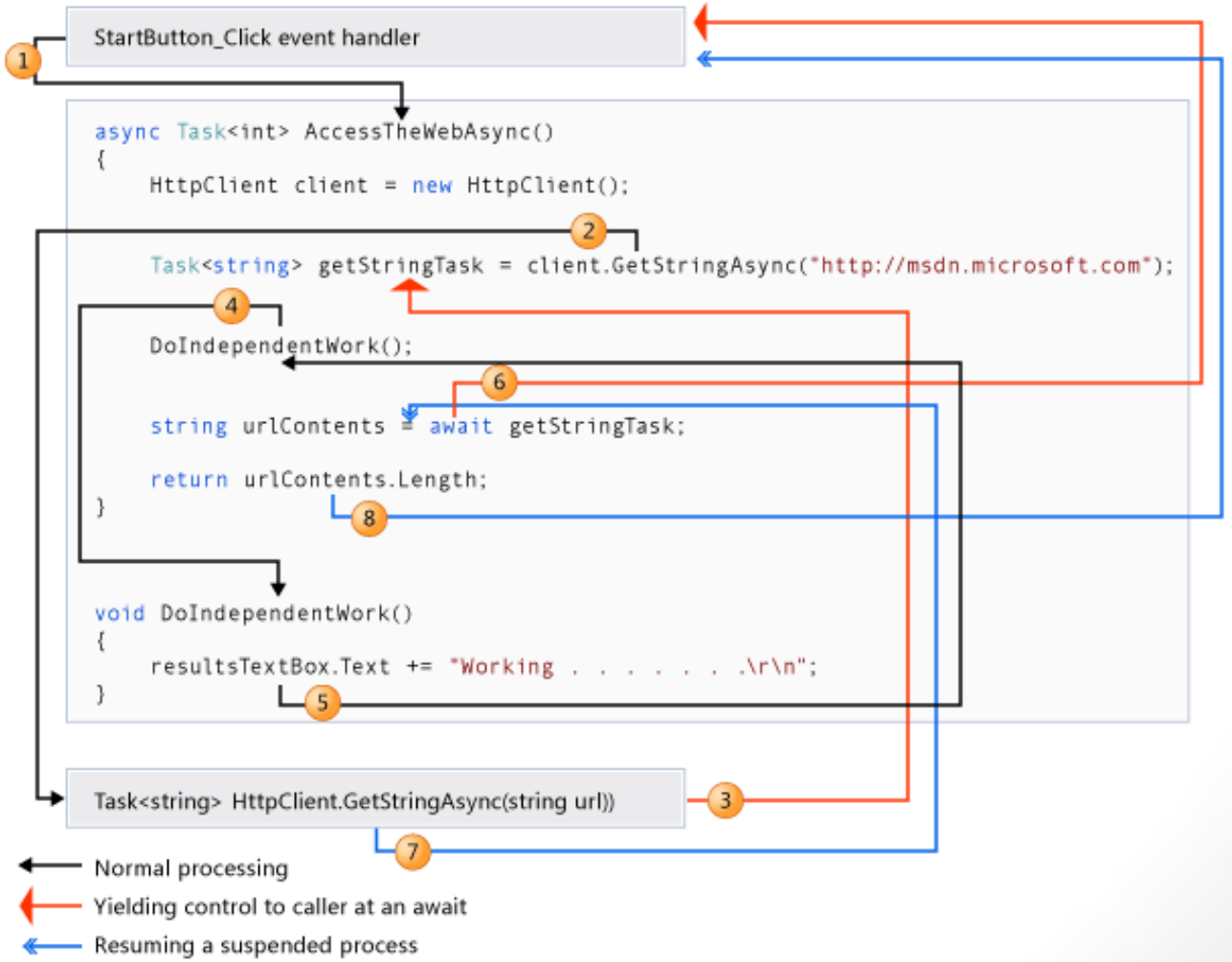
Jak to działa?

7. Pobrana strona jest zapisana w obiekcie **Task**, który reprezentuje ukończenie metody **GetStringTask**.
   Operator **await** pobiera wyniki z obiektu **getStringTask**.
   Instrukcja przypisania przypisuje pobrany wynik w **urlContents**.



Jak to działa?

8. Gdy metoda **AccessTheWebAsync** ma pobraną stronę, może obliczyć długość ciągu. Następnie jej praca jest również zakończona, a czekający program obsługi zdarzenia może wznowić działanie.



async i await - podsumownie

Metoda oznaczona jako **async** może:

- użyć **await** do wskazania punktów zawieszenia;

  operator **await** poinformuje kompilator, że metoda **async** nie może kontynuować działań do czasu ukończenia procesu asynchronicznego;

  w międzyczasie sterowanie powraca do obiektu wywołującego metodę **async**;

  zawieszenie metody **async** na wyrażeniu **await** nie stanowi wyjścia z metody, dlatego też nie zostaną uruchomione bloki **finnaly**;

- być oczekiwana przez metody, które ją wywołują.

- Metoda **async** zazwyczaj zawiera jeden lub więcej wystąpień operatora **await**.
- Brak **await** nie powoduje błędu kompilatora.
- Jeśli metoda **async** nie używa **await**, aby oznaczyć punkt zawieszenia, pomimo **async** metoda jest wykonywana jak metoda synchroniczna.
- Kompilator generuje wówczas tylko ostrzeżenia dla takich metod.

Typy zwracane

Zwykle są to **Task** lub **Task<TResult>**.

Wewnątrz metody **async** operator **await** jest użyty do obiektu **Task**, który jest zwracany w wyniku wywołania innej metody **async**.

Jeżeli jest potrzeba zwrócenia wyniku wyrażeniem **return**, wówczas należy zastosować typ **Task<TResult>** i zastąpić **TResult** odpowiednim typem zwracanym.

```
// Signature specifies Task
async Task Task_MethodAsync()
{
    // . . .
    // The method has no return statement.
}

// Calls to Task_MethodAsync
Task returnedTask = Task_MethodAsync();
await returnedTask;
// or, in a single statement
await Task_MethodAsync();
```

```
// Signature specifies Task<TResult>
async Task<int> TaskOfTResult_MethodAsync()
{
    int hours;
    // . . .
    // Return statement specifies an integer result.
    return hours;
}

// Calls to TaskOfTResult_MethodAsync
Task<int> returnedTaskTResult = TaskOfTResult_MethodAsync();
int intResult = await returnedTaskTResult;
// or, in a single statement
int intResult = await TaskOfTResult_MethodAsync();
```

Możliwe jest również swobodne użycie właściwości Status, aby określić, czy **Task** wystartował, czy zakończył się, został anulowany lub też wyrzucił wyjątek.

Status jest reprezentowany przez typ wyliczeniowy TaskStatus .

Typy zwracane

Zwykle są to **Task** lub **Task<TResult>**.

Wewnątrz metody **async** operator **await** jest użyty do obiektu **Task**, który jest zwracany w wyniku wywołania innej metody **async**.

Jeżeli jest potrzeba zwrócenia wyniku wyrażeniem **return**, wówczas należy zastosować typ **Task<TResult>** i zastąpić **TResult** odpowiednim typem zwracanym.

- Każdy zwracany **Task** reprezentuje pracę w toku.
  Task zawiera informacje o stanie procesu asynchronicznego i/lub ostatecznego wyniku procesu lub wyjątku, który zgłasza proces, jeśli się nie powiedzie.
- Metoda **async** może także zawierać **void** jako typ zwracany.
  Jest to zabieg używany głównie do definiowania programów obsługi zdarzeń (**void** jest wymagany).
- Metoda **async** zwracająca **void** nie może być oczekiwana, a obiekt wywołujący taką metodę nie może przechwycić wyjątków przez nią generowanych.
- Metoda **async** nie można zadeklarować parametrów **ref** i **out**, ale może wywoływać metody mające takie parametry.

Metody asynchroniczne w Windows Runtime mają inny zestaw typów zwracanych:

- **IAsyncOperation<TResult>**, które odpowiada **Task<TResult>**
- **IAsyncAction**, które odpowiada **Task**
- **IAsyncActionWithProgress<TProgress>**
- **IAsyncOperationWithProgress<Tresult, TProgress>**

Tworzenie i uruchamianie zadań

- Jednym ze sposobów niejawnego tworzenia i uruchamiania nowych zadań jest wywołanie metody ***Parallel.Invoke*** np.

```
Parallel.Invoke(() => DoSomeWork(), () => DoSomeOtherWork());
```

- W przykładzie wystartują dwa zadania równolegle,

- Innym ciekawym przykładem pokazującym rozszerzoną liczbę równoległych zadań jest: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd460705(v=vs.110).aspx

Tworzenie i uruchamianie zadań

- Innym sposobem jest z kolei jawne podanie delegacji, która zahermetyzuje kod wykonywany w ramach zadania **Task** np.

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      Thread.CurrentThread.Name = "Main";

        // Create a task and supply a user delegate by using a lambda expression.
        Task taskA = new Task( () => Console.WriteLine("Hello from taskA."));
        // Start the task.
        taskA.Start();

        // Output a message from the calling thread.
        Console.WriteLine("Hello from thread '{0}'.",
                          Thread.CurrentThread.Name);
        taskA.Wait();
   }
}
// The example displays output like the following:
//       Hello from thread 'Main'.
//       Hello from taskA.
```

Tworzenie i uruchamianie zadań

- Lub też z natychmiastowym uruchomieniem poprzez wywołanie metody **Task.Run**

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      Thread.CurrentThread.Name = "Main";

      // Define and run the task.
      Task taskA = Task.Run( () => Console.WriteLine("Hello from taskA."));

      // Output a message from the calling thread.
      Console.WriteLine("Hello from thread '{0}'.",
                        Thread.CurrentThread.Name);
      taskA.Wait();
   }
}
// The example displays output like the following:
//       Hello from thread 'Main'.
//       Hello from taskA.
```

Tworzenie i uruchamianie zadań

- Obiekty Task i Task<TResult> posiadają statyczną właściwość Factory, która zwraca instację do obiektu TaskFactory. Możliwe jest zatem użycie **Task.Factory.StartNew()**.

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      Thread.CurrentThread.Name = "Main";

      // Better: Create and start the task in one operation.
      Task taskA = Task.Factory.StartNew(() => Console.WriteLine("Hello from taskA."));

      // Output a message from the calling thread.
      Console.WriteLine("Hello from thread '{0}'.",
                        Thread.CurrentThread.Name);

      taskA.Wait();
   }
}
// The example displays output like the following:
//       Hello from thread 'Main'.
//       Hello from taskA.
```

Tworzenie i uruchamianie zadań

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
        Task<Double>[] taskArray = { Task<Double>.Factory.StartNew(() => DoComputation(1.0)),
                                     Task<Double>.Factory.StartNew(() => DoComputation(100.0)),
                                     Task<Double>.Factory.StartNew(() => DoComputation(1000.0)) };

        var results = new Double[taskArray.Length];
        Double sum = 0;

        for (int i = 0; i < taskArray.Length; i++) {
            results[i] = taskArray[i].Result;
            Console.Write("{0:N1} {1}", results[i],
                          i == taskArray.Length - 1 ? "= " : "+ ");
            sum += results[i];
        }
        Console.WriteLine("{0:N1}", sum);
   }

   private static Double DoComputation(Double start)
   {
      Double sum = 0;
      for (var value = start; value <= start + 10; value += .1)
         sum += value;

      return sum;
   }
}
// The example displays the following output:
//       606.0 + 10,605.0 + 100,495.0 = 111,706.0
```

Tworzenie i uruchamianie zadań

- Aby poczekać na kompletne wykonanie wszystkich **Task**'ów, można też wywołać metodę **Task.WaitAll** podając jako parametr posiadaną tablicę.

- Zgodnie z poprzednim przykładem będzie to następujące wywołanie

```
Task.WaitAll(taskArray);
```

- Więcej o obiekcie Task, o zarządzaniu ID oraz o dostępnych opcjach można znaleźć w: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd537609(v=vs.110).aspx

Kolejkowanie zadań

- Częstą praktyką programowania asynchronicznego jest kolejkowanie kilku zadań tak, aby zakończenie jednego wykonywało zadanie następne,

- Proces ten nazywamy kontynuowaniem zadań (ang. *continuation tasks*),

- W ramach tego możliwe jest:
  - Przekazywanie danych z zadania poprzedniego do następnego,
  - Precyzyjne określenie warunków, względem których kontynuowanie nastąpi bądź nie,
  - Anulowanie kontynuacji w dowolnym momencie,
  - Wywołanie wielu kontynuacji równolegle z jednego zadania,
  - Wywołanie jednej kontynuacji, gdy zakończone zostaną wszystkie lub dowolne z wielu zadań poprzedzających,
  - Użycie kontynuacji do przechwycenia wyjątku wyrzuconego przez poprzednika.

Kontynuacja po jednym poprzedniku

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      // Execute the antecedent.
      Task<DayOfWeek> taskA = Task.Run( () => DateTime.Today.DayOfWeek );

      // Execute the continuation when the antecedent finishes.
      Task continuation = taskA.ContinueWith( antecedent => Console.WriteLine("Today is {0}.", antecedent.Result) )
   }
}
// The example displays output like the following output:
//       Today is Monday.
```

Kontynuacja po wielu poprzednikach

- Metoda Task.WhenAll(IEnumerable<Task>) twory zadanie „kontynuację”, które odzwierciedla wynik zakończenia swoich dziesięciu poprzedników.

```
using System.Collections.Generic;
using System;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      List<Task<int>> tasks = new List<Task<int>>();
      for (int ctr = 1; ctr <= 10; ctr++) {
         int baseValue = ctr;
         tasks.Add(Task.Factory.StartNew( (b) => { int i = (int) b;
                                                   return i * i; }, baseValue));
      }
      var continuation = Task.WhenAll(tasks);

      long sum = 0;
      for (int ctr = 0; ctr <= continuation.Result.Length - 1; ctr++) {
         Console.Write("{0} {1} ", continuation.Result[ctr],
                       ctr == continuation.Result.Length - 1 ? "=" : "+");
         sum += continuation.Result[ctr];
      }
      Console.WriteLine(sum);
   }
}
// The example displays the following output:
//    1 + 4 + 9 + 16 + 25 + 36 + 49 + 64 + 81 + 100 = 385
```

Opcje kontynuacji

- Metoda **Task.ContinueWith** posiada przeciążenie, dzięki któremu dodatkowo można podać jako parametr obiekt wyliczeniowy typu System.Threading.Tasks.TaskContinuationOptions, co pozwala określić dodatkowe warunki wystartowania kontynuacji np.:
  - Kontynuacja wystartuje tylko wtedy, gdy poprzednik zakończył się sukcesem,
  - Lub też tylko wtedy, gdy poprzednik zakończy niepowodzeniem,

- Jeśli warunek nie jest spełniony, gdy poprzednik jest gotowy do wezwania kontynuacji, wówczas natychmiast zadanie kontynuacji ustawiane jest w stan TaskStatus.Canceled i nie może zostać dalej wystartowane.

- Podobne przeciążenia ma metoda TaskFactory.ContinueWhenAll używana w przypadku kontynuowania po wielu poprzednikach.

Przekazywanie danych do kontynuacji

- Metoda Task.ContinueWith przekazuje jako argument do delegacji kontynuacji referencję **antecedent** do zadania poprzednika,
- Jeśli poprzednik zakończy się błędem lub zostanie przerwany, próba dostępu do właściwości Result spowoduje wyrzucenie AggregateException.
- Można temu zapobiec używając opcji OnlyOnRanToCompletion

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      var t = Task.Run( () => { DateTime dat = DateTime.Now;
                                if (dat == DateTime.MinValue)
                                   throw new ArgumentException("The clock is not working.");

                                if (dat.Hour > 17)
                                   return "evening";
                                else if (dat.Hour > 12)
                                   return "afternoon";
                                else
                                   return "morning"; });
      var c = t.ContinueWith( (antecedent) => { Console.WriteLine("Good {0}!",
                                                                  antecedent.Result);
                                                Console.WriteLine("And how are you this fine {0}?",
                                                                  antecedent.Result); },
                              TaskContinuationOptions.OnlyOnRanToCompletion);
   }
}
// The example displays output like the following:
//       Good afternoon!
//       And how are you this fine afternoon?
```

Przekazywanie danych do kontynuacji

- Można też sprawdzić **Task.Status** i w zależności od jego wartości decydować o dalszym działaniu w kontynuacji.

```
var c = t.ContinueWith( (antecedent) => { if (t.Status == TaskStatus.RanToCompletion) {
                                             Console.WriteLine("Good {0}!",
                                                               antecedent.Result);
                                             Console.WriteLine("And how are you this fine {0}?",
                                                               antecedent.Result);
                                          }
                                          else if (t.Status == TaskStatus.Faulted) {
                                             Console.WriteLine(t.Exception.GetBaseException().Message);
                                          }} );
```

Anulowanie kontynuacji

```
Random rnd = new Random();
var cts = new CancellationTokenSource();
CancellationToken token = cts.Token;
Timer timer = new Timer(Elapsed, cts, 5000, Timeout.Infinite);

var t = Task.Run( () => { List<int> product33 = new List<int>();
                          for (int ctr = 1; ctr < Int16.MaxValue; ctr++) {
                             if (token.IsCancellationRequested) {
                                Console.WriteLine("\nCancellation requested in antecedent...\n");
                                token.ThrowIfCancellationRequested();
                             }
                             if (ctr % 2000 == 0) {
                                int delay = rnd.Next(16,501);
                                Thread.Sleep(delay);
                             }

                             if (ctr % 33 == 0)
                                product33.Add(ctr);
                          }
                          return product33.ToArray();
                        }, token);

Task continuation = t.ContinueWith(antecedent => { Console.WriteLine("Multiples of 33:\n");
```

```
try {
    continuation.Wait();
}
catch (AggregateException e) {
   foreach (Exception ie in e.InnerExceptions)
      Console.WriteLine("{0}: {1}", ie.GetType().Name,
                        ie.Message);
}
```


Kompletny przykład dostępny na stronie
https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee372288(v=vs.110).aspx

Wyłapywanie wyjątków z kontynuacji

- Należy użyć metod Wait, WaitAll, lub WaitAny, aby czekać na poprzednika i sterować pracą kontynuacji jednocześnie wyłapując wyjątki w sekcji **try**

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

public class Example
{
   public static void Main()
   {
      var task1 = Task<int>.Run( () => { Console.WriteLine("Executing task {0}",
                                                           Task.CurrentId);
                                         return 54; });
      var continuation = task1.ContinueWith( (antecedent) =>
                                             { Console.WriteLine("Executing continuation task {0}",
                                                                 Task.CurrentId);
                                               Console.WriteLine("Value from antecedent: {0}",
                                                                 antecedent.Result);
                                               throw new InvalidOperationException();
                                             } );

      try {
         task1.Wait();
         continuation.Wait();
      }
      catch (AggregateException ae) {
          foreach (var ex in ae.InnerExceptions)
              Console.WriteLine(ex.Message);
      }
   }
}
// The example displays the following output:
//       Executing task 1
//       Executing continuation task 2
//       Value from antecedent: 54
//       Operation is not valid due to the current state of the object.
```

Wyjątki w wywołaniach asynchronicznych

- Taka implementacja nic nie daje

```
private async void ThrowExceptionAsync()
{
    throw new InvalidOperationException();
}
public void AsyncVoidExceptions_CannotBeCaughtByCatch()
{
    try
    {
        ThrowExceptionAsync();
    }
    catch (Exception)
    {
        // The exception is never caught here!
        throw;
    }
}
```

Asynchroniczność i GUI

```
CoreApplication.MainView.CoreWindow.Dispatcher.RunAsync(

      CoreDispatcherPriority.High, new DispatchedHandler(() =>
          {
             statusTextBox.Text = "Jakiś tekst";
             textBlock.Text = "Jakiś inny text";
           }));
```

https://www.pedrolamas.com/2016/01/20/awaiting-the-coredispatcher/