

Ovais Mehboob Ahmed Khan

# C# 7 i .NET Core 2.0

Programowanie  
wielowątkowych  
i współbieżnych  
aplikacji

Tytuł oryginału: C# 7 and .NET Core 2.0 High Performance:  
Build multi threaded and concurrent applications using C# 7 and .Net Core 2.0

Tłumaczenie: Łukasz Świder

ISBN: 978-83-283-5044-1

Copyright © Packt Publishing 2018. First published in the English language  
under the title 'C# 7 and .NET Core 2.0 High Performance – (9781788470049)'

Polish edition copyright © 2019 by Helion SA  
All rights reserved.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means,  
electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system,  
without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej  
publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną,  
fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje  
naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich  
właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne  
i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym  
ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również  
żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!  
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres  
<http://helion.pl/user/opinie/c7nc2p>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

# Spis treści

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>O autorze</b>                                             | <b>7</b>  |
| <b>O recenzencie</b>                                         | <b>8</b>  |
| <b>Wstęp</b>                                                 | <b>9</b>  |
| <b>Rozdział 1. Co nowego w .NET Core 2 i C# 7?</b>           | <b>13</b> |
| <b>Rozwój frameworka .NET</b>                                | <b>13</b> |
| <b>Nowości w .NET Core 2.0</b>                               | <b>15</b> |
| Poprawki wydajności                                          | 15        |
| Uproszczony system pakietów                                  | 17        |
| <b>Ścieżka aktualizacji z .NET Core 1.x do 2.0</b>           | <b>17</b> |
| 1. Instalacja .NET Core 2.0                                  | 17        |
| 2. Zaktualizowanie TargetFramework                           | 17        |
| 3. Aktualizacja wersji .NET Core SDK                         | 18        |
| 4. Aktualizacja .NET Core CLI                                | 18        |
| Zmiany w ASP.NET Core Identity                               | 18        |
| <b>Odkrywanie .NET Core CLI i szablonów nowych projektów</b> | <b>18</b> |
| <b>.NET Standard</b>                                         | <b>22</b> |
| Wersjonowanie .NET Standard                                  | 24        |
| Nowości w .NET Standard 2.0                                  | 25        |
| <b>Tworzenie biblioteki .NET Standard</b>                    | <b>27</b> |
| <b>Co nowego w ASP.NET Core 2.0?</b>                         | <b>27</b> |
| ASP.NET Core Razor Pages                                     | 27        |
| Uproszczona konfiguracja Application Insights                | 28        |
| Pule połączeń w Entity Framework Core 2.0                    | 29        |
| <b>Nowe funkcje w C# 7.0</b>                                 | <b>29</b> |
| Krotki                                                       | 30        |
| Wzorce                                                       | 31        |
| Zwracanie referencji                                         | 32        |
| Rozszerzone wyrażenia typu expression bodied member          | 32        |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tworzenie lokalnych funkcji                                                  | 33        |
| Zmienne wyjściowe                                                            | 33        |
| Asynchroniczna metoda Main                                                   | 34        |
| <b>Pisanie kodu wysokiej jakości</b>                                         | <b>35</b> |
| <b>Podsumowanie</b>                                                          | <b>38</b> |
| <b>Rozdział 2. Mechanizmy wewnętrzne .NET Core i mierzenie wydajności</b>    | <b>39</b> |
| <b>Mechanizmy wewnętrzne .NET Core</b>                                       | <b>40</b> |
| CoreFX                                                                       | 40        |
| CoreCLR                                                                      | 40        |
| Działanie MSIL, CLI, CTS i CLS                                               | 41        |
| Jak działa CLR?                                                              | 42        |
| Od kompilacji do wykonania — pod maską                                       | 42        |
| Mechanizm odzyskiwania pamięci (ang. garbage collection)                     | 43        |
| .NET Native i kompilacja JIT                                                 | 46        |
| <b>Wykorzystywanie wielu rdzeni CPU dla większej wydajności</b>              | <b>46</b> |
| <b>Jak kompilacje w trybie wydania zwiększają wydajność</b>                  | <b>48</b> |
| <b>Testy porównawcze aplikacji .NET Core 2.0</b>                             | <b>49</b> |
| Poznanie BenchmarkDotNet                                                     | 49        |
| Jak to działa                                                                | 51        |
| Ustawianie parametrów                                                        | 51        |
| Diagnostyka pamięci z użyciem BenchmarkDotNet                                | 53        |
| Dodawanie konfiguracji                                                       | 53        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                          | <b>55</b> |
| <b>Rozdział 3. Wielowątkowość i programowanie asynchroniczne w .NET Core</b> | <b>57</b> |
| <b>Wielowątkowość kontra programowanie asynchroniczne</b>                    | <b>58</b> |
| <b>Wielowątkowość w .NET Core</b>                                            | <b>60</b> |
| Zastrzeżenia w wielowątkowości                                               | 60        |
| Wątki w .NET Core                                                            | 61        |
| Synchronizacja wątków                                                        | 64        |
| Task parallel library (TPL)                                                  | 70        |
| Wzorce projektowe programowania równoległego                                 | 77        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                          | <b>83</b> |
| <b>Rozdział 4. Struktury danych i pisanie zoptymalizowanego kodu C#</b>      | <b>85</b> |
| <b>Czym są struktury danych?</b>                                             | <b>86</b> |
| <b>Notacja wielkiego O do mierzenia wydajności i złożoności algorytmu</b>    | <b>88</b> |
| Logarytmy                                                                    | 90        |
| <b>Wybieranie odpowiedniej struktury danych do optymalizacji wydajności</b>  | <b>91</b> |
| Tablice                                                                      | 91        |
| Listy                                                                        | 92        |
| Stosy                                                                        | 93        |
| Kolejka                                                                      | 94        |
| Listy łączone                                                                | 95        |
| Słowniki, tablice haszujące i zbiory haszujące                               | 96        |
| Listy generyczne                                                             | 96        |

|                                                                                                          |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Najlepsze praktyki pisania zoptymalizowanego kodu C#</b>                                              | <b>97</b>  |
| Narzut pakowania i rozpakowywania                                                                        | 98         |
| Konkatenacja łańcuchów znaków                                                                            | 100        |
| Obsługa wyjątków                                                                                         | 101        |
| For i foreach                                                                                            | 102        |
| Delegaty                                                                                                 | 103        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                                      | <b>104</b> |
| <b>Rozdział 5. Wytyczne projektowania wydajnych aplikacji .NET Core</b>                                  | <b>105</b> |
| <b>Zasady kodowania</b>                                                                                  | <b>106</b> |
| Konwencje nazewnicze                                                                                     | 106        |
| Komentarze                                                                                               | 107        |
| Jedna klasa na plik                                                                                      | 107        |
| Jedna logika na metodę                                                                                   | 107        |
| <b>Zasady projektowania</b>                                                                              | <b>108</b> |
| KISS (Keep It Simple, Stupid)                                                                            | 108        |
| YAGNI (You Aren't Gonna Need It)                                                                         | 109        |
| DRY (Don't Repeat Yourself)                                                                              | 109        |
| Podział odpowiedzialności                                                                                | 109        |
| Zasady SOLID                                                                                             | 110        |
| Buforowanie                                                                                              | 121        |
| Struktury danych                                                                                         | 122        |
| Komunikacja                                                                                              | 122        |
| Zarządzanie zasobami                                                                                     | 123        |
| Współbieżność                                                                                            | 124        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                                      | <b>125</b> |
| <b>Rozdział 6. Techniki zarządzania pamięcią w .NET Core</b>                                             | <b>127</b> |
| <b>Przegląd zarządzania alokacją pamięci</b>                                                             | <b>128</b> |
| <b>Analizowanie mechanizmów wewnętrznych CLR przez debugger SOS w .NET Core</b>                          | <b>128</b> |
| <b>Fragmentacja pamięci</b>                                                                              | <b>132</b> |
| <b>Unikanie destruktorów</b>                                                                             | <b>133</b> |
| <b>Najlepsze praktyki zwalniania obiektów w .NET Core</b>                                                | <b>135</b> |
| Wstęp do interfejsu IDisposable                                                                          | 135        |
| Czym są niezarządzane zasoby?                                                                            | 135        |
| Wykorzystywanie IDisposable                                                                              | 136        |
| Kiedy implementować interfejs IDisposable?                                                               | 137        |
| Destruktor i Dispose                                                                                     | 138        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                                      | <b>140</b> |
| <b>Rozdział 7. Stosowanie zabezpieczeń i implementowanie odporności na błędy w aplikacjach .NET Core</b> | <b>141</b> |
| <b>Wprowadzenie do aplikacji odpornych na błędy</b>                                                      | <b>142</b> |
| Polityki odporności                                                                                      | 142        |
| <b>Przechowywanie danych wrażliwych z wykorzystaniem Application Secrets</b>                             | <b>158</b> |
| <b>Zabezpieczanie API w ASP.NET Core</b>                                                                 | <b>161</b> |
| SSL (ang. Secure Socket Layer)                                                                           | 161        |
| Zapobieganie atakom CSRF (ang. Cross-Site Request Forgery)                                               | 163        |

|                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Wzmacnianie nagłówków bezpieczeństwa                                                       | 163        |
| Uwierzytelnianie i autoryzacja                                                             | 168        |
| Uwierzytelnianie                                                                           | 169        |
| Autoryzacja                                                                                | 169        |
| Implementacja uwierzytelniania i autoryzacji<br>z użyciem frameworka ASP.NET Core Identity | 169        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                        | <b>173</b> |
| <b>Rozdział 8. Architektura mikrousług</b>                                                 | <b>175</b> |
| <b>Architektura mikrousług</b>                                                             | <b>176</b> |
| Zalety architektury mikrousług                                                             | 177        |
| Standardowe praktyki podczas tworzenia mikrousług                                          | 178        |
| Typy mikrousług                                                                            | 179        |
| DDD                                                                                        | 179        |
| Manipulowanie danymi w mikrousługach                                                       | 179        |
| Spójność w różnych scenariuszach biznesowych                                               | 180        |
| Komunikacja z mikrousługami                                                                | 181        |
| Architektura baz danych w mikrousługach                                                    | 182        |
| Czym jest kompozycja API?                                                                  | 183        |
| CQRS                                                                                       | 184        |
| <b>Tworzenie architektury mikrousług w .NET Core</b>                                       | <b>185</b> |
| Tworzenie przykładowej aplikacji w .NET Core<br>z wykorzystaniem architektury mikrousług   | 185        |
| <b>Wdrażanie mikrousług w kontenerach Docker</b>                                           | <b>210</b> |
| Czym jest Docker?                                                                          | 211        |
| Korzystanie z Dockera w .NET Core                                                          | 212        |
| Uruchamianie obrazów Dockera                                                               | 214        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                        | <b>214</b> |
| <b>Rozdział 9. Monitorowanie wydajności aplikacji z wykorzystaniem narzędzi</b>            | <b>215</b> |
| <b>Kluczowe wskaźniki wydajności aplikacji</b>                                             | <b>216</b> |
| Średni czas odpowiedzi                                                                     | 216        |
| Apdex                                                                                      | 216        |
| Odsetek błędów                                                                             | 216        |
| Liczba żądań                                                                               | 216        |
| Przepustowość/punkty końcowe                                                               | 217        |
| Wykorzystanie procesora i pamięci                                                          | 217        |
| <b>Narzędzia i techniki monitorowania wydajności</b>                                       | <b>217</b> |
| Wstęp do App Metrics                                                                       | 217        |
| Konfigurowanie App Metrics w ASP.NET Core                                                  | 217        |
| Śledzące oprogramowanie pośredniczące                                                      | 218        |
| Dodawanie raportów graficznych                                                             | 220        |
| <b>Podsumowanie</b>                                                                        | <b>229</b> |
| <b>Skorowidz</b>                                                                           | <b>231</b> |

# Mechanizmy wewnętrzne .NET Core i mierzenie wydajności

Podczas projektowania architektury aplikacji znajomość wewnętrznych mechanizmów platformy .NET jest kluczowa dla zagwarantowania jakości przyszłej aplikacji. W tym rozdziale skupimy się na mechanizmach wewnętrznych .NET Core, które mogą pomóc nam w pisaniu kodu wysokiej jakości i tworzeniu wysokiej jakości architektury dla dowolnej aplikacji. Ten rozdział poruszy główne pojęcia związane z mechanizmami wewnętrznymi .NET Core, takimi jak: proces kompilacji, mechanizm odzyskiwania pamięci i **biblioteka klas platformy** (ang. *Framework Class Library*, FCL). Zakończymy rozdział przeglądem narzędzia BenchmarkDotNet, które jest najczęściej używane do mierzenia wydajności aplikacji i jest zalecane do testowania fragmentów kodu w aplikacji.

W tym rozdziale poruszymy następujące zagadnienia:

- Mechanizmy wewnętrzne .NET Core
- Wykorzystywanie wielu rdzeni procesora w celu osiągnięcia wysokiej wydajności
- Jak budowanie w trybie wydania zwiększa wydajność
- Analiza porównawcza wydajności aplikacji .NET Core 2.0

# Mechanizmy wewnętrzne .NET Core

.Net Core składa się z dwóch głównych komponentów — środowiska wykonawczego CoreCLR i bibliotek bazowych CoreFX. W tym podrozdziale poruszymy następujące tematy:

- CoreFX
- CoreCLR
- Działanie MSIL, CLI, CTS i CLS
- Jak działa CLR?
- Od kompilacji po wykonanie — pod maską
- Mechanizm odzyskiwania pamięci
- .NET Native i kompilacja JIT

## CoreFX

CoreFX jest nazwą kodową bibliotek składających się na .NET Core. Zawiera wszystkie biblioteki zaczynające się słowami `Microsoft.*` i `System.*` oraz obejmuje kolekcje, mechanizmy I/O (wejścia-wyjścia), manipulowanie łańcuchami znaków, refleksję, zabezpieczenia i wiele innych.

CoreFX jest niezależne od środowiska wykonawczego i może być uruchamiane na każdej platformie bez względu na to, jakie interfejsy API ona wspiera.

Aby poznać więcej szczegółów, możesz odnieść się do kodu źródłowego .NET Core pod adresem <https://source.dot.net>.

## CoreCLR

CoreCLR udostępnia wspólne środowisko wykonawcze dla aplikacji .NET Core i zarządza pełnym cyklem życia każdej aplikacji. Wykonuje wiele operacji podczas działania programu. Operacje takie jak alokowanie pamięci, mechanizm odzyskiwania pamięci, obsługa wyjątków, bezpieczeństwo typów, zarządzanie wątkami oraz bezpieczeństwo są częścią CoreCLR.

Środowisko uruchomieniowe .NET Core zawiera taki sam **mechanizm odzyskiwania pamięci** (ang. *Garbage Collection*, GC) jak .NET Framework oraz nowy, bardziej zoptymalizowany kompilator **Just In Time** (JIT), zwany *RyuJIT*. Podczas pierwszego wydania .NET Core obsługiwał tylko aplikacje w architekturze 64-bitowej, lecz wraz z wydaniem .NET Core 2.0 obsługuje także 32-bitowe architektury. Jednak wersja 32-bitowa obsługuje tylko system Windows.

## Działanie MSIL, CLI, CTS i CLS

Podczas budowania projektu kod jest kompilowany do formy języka przejściowego (ang. *Intermediate Language*, IL), znanego także jako język przejściowy Microsoft (ang. *Microsoft Intermediate Language*, MSIL). MSIL jest zgodny ze wspólną infrastrukturą języka (ang. *Common Language Infrastructure*, CLI), gdzie CLI jest standardem definiującym wspólny system typów (*Common Type System*, CTS) oraz specyfikację języka (*Common Language Specification*, CLS).

CTS zawiera wspólny system typów i kompiluje typy specyficzne dla języka na typy zgodne z platformą. Standaryzuje wszystkie typy języków platformy .NET na typy wspólne dla zapewnienia współoperacyjności języka. Przykładowo, jeśli kod jest napisany w C#, zostanie przekonwertowany do właściwego CTS.

Przypuśćmy, że mamy dwie zmienne zdefiniowane w poniższym kodzie C#:

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        int minNo = 1;
        long maxThroughput = 99999;
    }
}
```

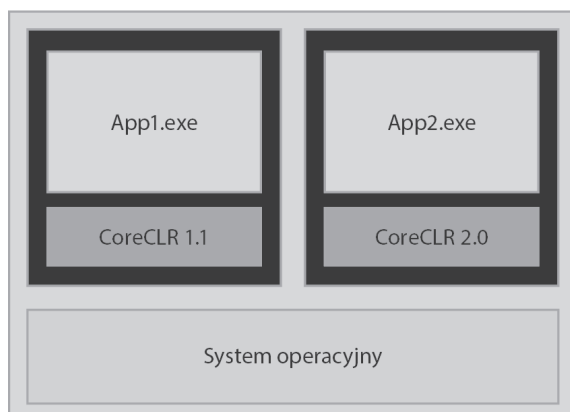
Podczas kompilacji kompilator wygeneruje do podzespołu (ang. *Assembly*) MSIL, które będzie dostępne dla CoreCLR, aby wykonać JIT i przekonwertować go na natywny kod maszynowy. Należy zauważyć, że typy `int` i `long` są konwertowane na, odpowiednio, `int32` i `int64`:

```
.method private hidebysig static void Main(string[] args) cil managed
{
    .entrypoint
    // Code size          11 (0xb)
    .maxstack 1
    .locals init (int32 V_0,
                  int64 V_1)
    IL_0000: nop
    IL_0001: ldc.i4.1
    IL_0002: stloc.0
    IL_0003: ldc.i4      0x1869f
    IL_0008: conv.i8
    IL_0009: stloc.1
    IL_000a: ret
} // end of method Program::Main
```

Nie jest wymagane, aby każdy język był w pełni zgodny z CTS, może obsługiwać tylko mały wycinek CTS. Na przykład, gdy VB.NET został wydany po raz pierwszy w .NET Framework, obsługiwał tylko typy całkowitoliczbowe ze znakiem i nie było możliwe użycie typów całkowitoliczbowych bez znaku. Z kolejnymi wersjami .NET Framework i teraz z .NET Core 2.0 możemy do tworzenia aplikacji używać wszystkich zarządzanych języków, takich jak C#, F# i VB.NET, i łatwo odwoływać się do różnych podzespołów.

## Jak działa CLR?

CLR jest zaimplementowane jako zestaw bibliotek wewnątrzprocesowych, które są ładowane wraz z aplikacją i działają w ramach kontekstu procesu aplikacji. Na poniższym rysunku widzimy dwie działające aplikacje, które zostały nazwane *App1.exe* i *App2.exe*. Każdy z czarnych kwadratów reprezentuje przestrzeń adresową aplikacji, wewnątrz których *App1.exe* i *App2.exe* mają uruchomione ich własne wersje CLR obok siebie:



Podczas pakowania aplikacji .NET Core możemy je opublikować albo jako **zależne od frameworka** (ang. *Framework Dependent Deployment*, FDD), albo jako **niezależne** (ang. *Self-Contained Deployments*, SCD). W FDD opublikowany pakiet nie posiada środowiska uruchomieniowego .NET Core i oczekuje, że .NET Core jest zainstalowane w docelowym systemie. Przy SCD wszystkie komponenty, takie jak środowisko uruchomieniowe .NET Core oraz biblioteki .NET Core, są dołączone do opublikowanego pakietu. Dzięki temu nie jest wymagane, aby docelowy system operacyjny posiadał zainstalowane .NET Core.

Więcej informacji o FDD i SCD znajdziesz na stronie pod adresem <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/core/deploying/>.

## Od kompilacji do wykonania — pod maską

Proces kompilacji .NET Core jest podobny do tego w .NET Framework. Podczas konstruowania projektu system MSBuild, który buduje projekt i generuje bibliotekę klas (*.dll*) lub plik wykonywalny (*.exe*), wywołuje wewnętrzne polecenie .NET CLI. Podzespół zawiera manifest posiadający metadane podzespołu, takie jak numer wersji, język, informacja o referencjach typów, informacja o referencjach do innych podzespołów oraz listę innych plików w podzespole wraz z ich lokalizacją. Ten manifest jest przechowywany w kodzie MSIL lub w samodzielnym **przenośnym pliku wykonywalnym** (ang. *Portable executable*, PE):



Gdy uruchamiany jest plik wykonywalny, tworzy się nowy proces i ładuje środowisko uruchomieniowe .NET Core, które potem inicjalizuje środowisko wykonawcze, konfiguruje sterter oraz pulę wątków i ładuje podzespół do przestrzeni adresowej procesu. Na podstawie kodu programu wywoływana jest metoda punktu startowego (metoda Main) i wykonywana jest kompilacja JIT. Od tego momentu kod jest wykonywany i obiekty zaczynają być alokowane na stercie, podczas gdy typy proste przechowywane są na stosie. Dla każdej metody wykonywana jest kompilacja JIT i generowany jest natywny kod maszynowy.

Po wykonaniu kompilacji JIT, a przed generowaniem natywnego kodu maszynowego wykonywanych jest kilka walidacji. Do tych walidacji zalicza się:

- weryfikowanie, czy MSIL został wygenerowany podczas procesu budowania,
- weryfikowanie, czy kod nie został zmodyfikowany lub czy podczas procesu kompilacji JIT nie zostały dodane nowe typy,
- weryfikowanie, czy został wygenerowany zoptymalizowany kod dla docelowej maszyny.

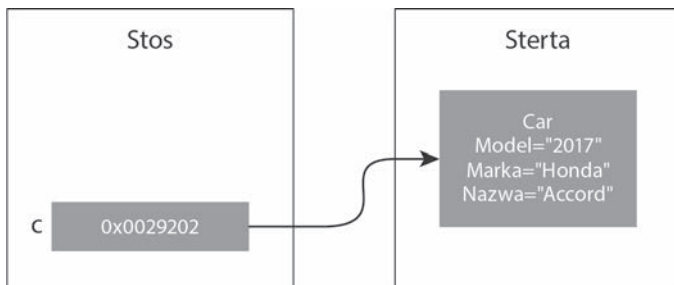
## Mechanizm odzyskiwania pamięci (ang. garbage collection)

Jedną z najważniejszych cech CLR jest mechanizm odzyskiwania pamięci. Skoro aplikacje .NET Core są aplikacjami zarządzanymi, większość procesu odzyskiwania pamięci wykonywana jest automatycznie przez CLR. Alokacja obiektów w pamięci jest efektywnie wykonywana przez CLR. CLR nie tylko od czasu do czasu dostosowuje zasoby pamięci wirtualnej, lecz także zmniejsza fragmentację podległej pamięci wirtualnej, aby była bardziej wydajna pod względem dostępnej przestrzeni.

Gdy aplikacja jest wykonywana, obiekty zaczynają być alokowane na stercie, a adres każdego z obiektów przechowywany jest na stosie. Ten proces jest kontynuowany, dopóki pamięć nie osiągnie swojego maksymalnego limitu. Wtedy do gry wchodzi GC i zaczyna odzyskiwać pamięć poprzez usuwanie nieużywanych zarządzanych obiektów i alokowanie nowych obiektów. Wszystko to GC wykonuje automatycznie, lecz można też je wywołać, aby wykonało odzyskiwanie pamięci, poprzez wywołanie metody `GC.Collect`.

Na potrzeby przykładu założmy, że w metodzie Main mamy obiekt `c` typu `Car`. Podczas wykonywania metody obiekt `Car` będzie przez CLR zaalokowany w pamięci sterty, a referencja do obiektu `c` wskazująca na adres obiektu `Car` na stercie zostanie odłożona na stos.

Podczas działania mechanizmu odzyskiwania pamięci odzyskana zostanie pamięć ze sterty i referencja do obiektu ze stosu zostanie usunięta:



Warty odnotowania jest fakt, że odzyskiwanie pamięci wykonywane jest automatycznie przez GC tylko dla obiektów zarządzanych i jeśli mamy jakieś obiekty niezarządzane, jak połączenie z bazą danych, operacje wejścia-wyjścia itp., muszą być one zwolnione ręcznie. Inaczej mówiąc, GC działa efektywnie dla obiektów zarządzanych i zapewnia, że aplikacja nie odczuje spadku wydajności podczas wykonywania GC.

## Generacje w GC

W odzyskiwaniu pamięci wyróżniamy trzy typy generacji, znane jako **Generacja 0**, **Generacja 1** i **Generacja 2**. W tym podrozdziale przyjrzymy się idei generacji i temu, jak wpływają one na wydajność odzyskiwania pamięci.

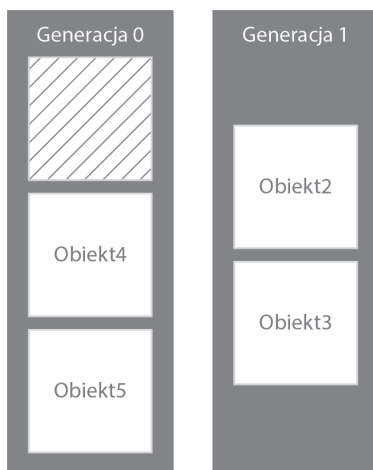
Przypuśćmy, że uruchamiamy aplikację tworzącą trzy obiekty nazwane Obiekt1, Obiekt2 i Obiekt3. Obiekty te będą miały zaalokowaną pamięć w **Generacji 0**:



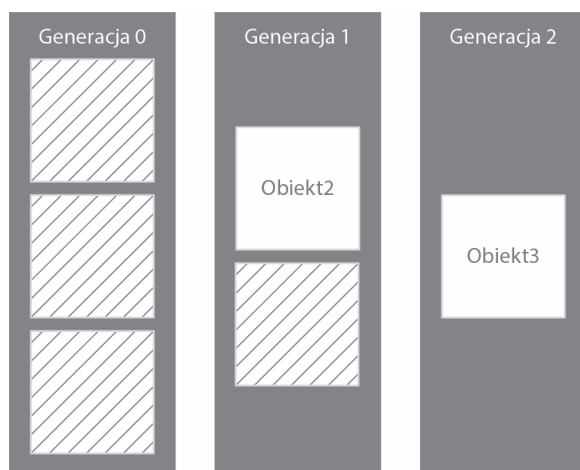
Gdy odzyskiwanie pamięci zostanie uruchomione (jest to proces automatyczny, chyba że samodzielnie wywołasz go z kodu), sprawdza, czy są obiekty, które nie są już potrzebne w aplikacji i nie ma do nich referencji w programie. Takie obiekty zostaną po prostu usunięte.

Przykładowo, jeżeli nigdzie nie ma odwołania do zakresu obiektu **Obiekt1**, pamięć zajmowana przez ten obiekt zostanie odzyskana. Jednakże dwa inne obiekty **Obiekt2** i **Obiekt3** nadal mają odwołania w kodzie programu i zostaną przeniesione do **Generacji 1**.

Teraz założmy, że są utworzone dwa kolejne obiekty, zwane **Obiekt4** i **Obiekt5**. Zostaną zakwalifikowane do **Generacji 0**, co pokazuje poniższy rysunek:



Gdy proces odzyskiwania pamięci zostanie uruchomiony po raz drugi, znajdzie dwa obiekty, zwane **Obiekt4** i **Obiekt5**, w **Generacji 0** i dwa obiekty, nazywające się **Obiekt2** i **Obiekt3**, w **Generacji 1**. GC sprawdzi najpierw referencje do obiektów w **Generacji 0** i jeśli nie będą używane przez aplikację, zostaną usunięte. Tak samo zostaną sprawdzone obiekty **Generacji 1**. Przykładowo, jeśli **Obiekt3** nadal jest używany, zostanie przesunięty do **Generacji 2**, a **Obiekt2** zostanie usunięty z **Generacji 1**, co pokazano na poniższym rysunku.



Koncept generacji optymalizuje pracę GC — jest wysoce prawdopodobne, że obiekty przechowywane w **Generacji 2** będą przechowywane przez dłuższy czas. GC wykonuje mniej operacji i dzięki temu zyskuje czas, zamiast za każdym razem sprawdzać obiekt po obiekcie. To samo tyczy się **Generacji 1**, dla której także odzyskanie pamięci jest mniej prawdopodobne niż w przypadku **Generacji 0**.

## .NET Native i kompilacja JIT

Kompilacja JIT odbywa się w trakcie wykonania i konwertuje kod MSIL do natywnego kodu maszynowego. Odbywa się to podczas pierwszego uruchomienia kodu, które trwa trochę dłużej niż następne. W .NET Core tworzymy teraz aplikacje na platformy mobilne i urządzenia przenośne, które mają limitowane zasoby procesora oraz pamięci. W przypadku platform *Universal Windows Platform* (UWP) i Xamarin .NET Core generuje natywny kod w czasie kompilacji lub podczas generowania pakietów specyficznych dla platform. Nie jest przez to wymagana podczas działania kompilacja JIT, co zwiększa szybkość uruchamiania aplikacji. Ta natywna kompilacja wykonywana jest przez komponent zwany .NET Native.

.NET Native rozpoczyna proces kompilacji zaraz po kompilacji specyficznej dla języka podczas budowania aplikacji. Mechanizmy .NET Native odczytują kod MSIL generowany przez kompilator języka i przeprowadzają szereg operacji, m.in.:

- eliminują metadane z MSIL,
- podmieniają kod bazujący na refleksji i metadanych na natywny statyczny kod podczas porównywania wartości pól,
- sprawdzają kod, który ma być wykonany przez aplikację (i tylko on zostaje w wynikowym podzespołe),
- zamieniają pełne CLR na zrefaktoryzowane środowisko uruchomieniowe z mechanizmem odzyskiwania pamięci i bez kompilatora JIT. Zrefaktoryzowane środowisko uruchomieniowe zostanie dostarczone wraz z aplikacją i jest zawarte w bibliotece o nazwie *mrt100\_app.dll*.

## Wykorzystywanie wielu rdzeni CPU dla większej wydajności

W obecnych czasach aplikacje bazują bardziej na łączności i w niektórych przypadkach operacje wykonywane przez aplikację trwają dłużej. Wiemy także, że obecnie wszystkie komputery posiadają wielordzeniowe procesory i efektywne wykorzystanie tych rdzeni zwiększa wydajność aplikacji. Operacje takie jak sieć bądź IO mają opóźnienia i synchroniczne wykonanie kodu aplikacji może prowadzić do długich czasów oczekiwania. Jeśli czasochłonne zadania są wykonywane w oddzielnym wątku lub w sposób asynchroniczny, wykonywana operacja będzie trwać krócej i wzrośnie responsywność aplikacji. Kolejną zaletą jest wykonywanie zadań na wielu rdzeniach procesora jednocześnie. W świecie .NET możemy zyskać responsywność i wydajność poprzez podział zadań na wiele wątków, wykorzystując klasyczne API progra-

owania wielowątkowego lub korzystając z uproszczonego i zaawansowanego modelu znanego jako *task programming library* (TPL). TPL jest obsługiwane przez .NET Core 2.0 i wkrótce przyjrzymy się temu, jak może być użyte do wykonywania zadań na wielu rdzeniach.

Model programowania z wykorzystaniem TPL bazuje na pojęciu zadania. Zadanie jest jednostką pracy — obiektywnym przedstawieniem operacji w trakcie wykonywania.

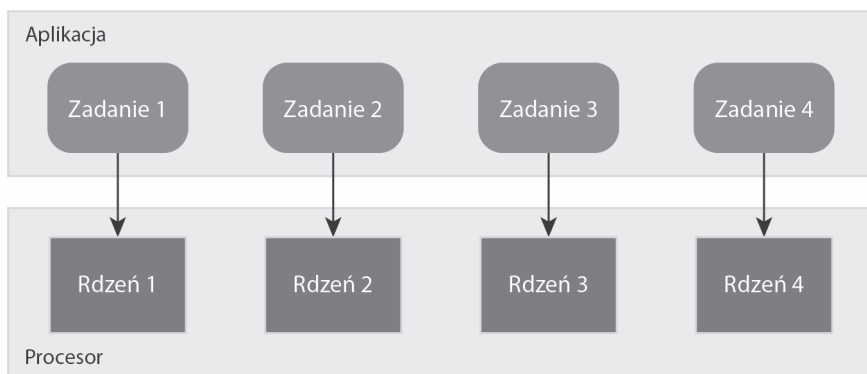
Proste zadanie możemy utworzyć poprzez napisanie np. poniższego kodu:

```
static void Main(string[] args)
{
    Task t = new Task(Execute);
    t.Start();
    t.Wait();
}

private static void Execute()
{
    for (int i = 0; i < 100; i++)
    {
        Console.WriteLine(i);
    }
}
```

W przedstawionym kodzie zadanie może być inicjalizowane z użyciem obiektu typu `Task`, gdzie `Execute` jest metodą obliczeniową, która zostanie wykonana po wywołaniu metody `Start`. Metoda `Start` informuje .NET Core, że zadanie może zostać wykonane, i kończy swoje działanie. Rozdziela wykonanie programu na dwa wątki, które działają współbieżnie. Pierwszy wątek to główny wątek aplikacji, a drugi wykonuje metodę `Execute`. Użyliśmy metody `t.Wait`, aby poczekać na wątek roboczy i wyświetlić wynik na konsoli. W innym przypadku po opuszczeniu przez program bloku kodu metody `Main` aplikacja kończy działanie.

Celem programowania równoległego jest efektywne wykorzystanie wielu rdzeni procesora. Na przykład założymy, że uruchamiamy podany kod na procesorze jednordzeniowym. Dwa wątki będą działać i dzielić ten sam procesor. Jeśli program byłby uruchomiony na procesorze wielordzeniowym, mógłby działać na kilku rdzeniach, wykorzystując każdy rdzeń oddzielnie, zwiększając wydajność i osiągając prawdziwą równoległość:

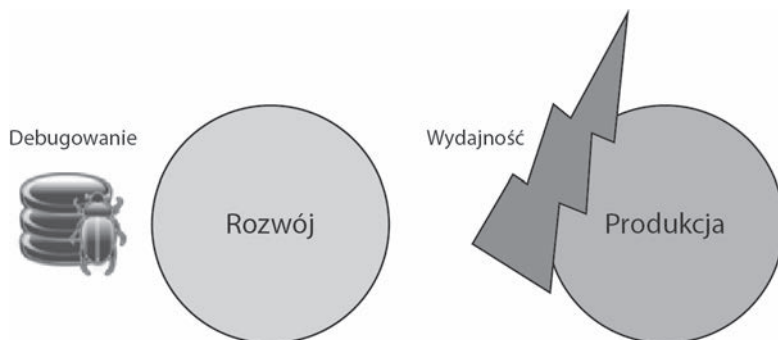


W przeciwieństwie do TPL, klasyczny obiekt typu Thread nie gwarantuje, że wątek będzie działał na różnych rdzeniach procesora. TPL daje pewność, że każdy wątek będzie wykonywany na innym rdzeniu, chyba że osiągnięta zostanie liczba zadań na rdzeń i rdzenie będą współdzielone.

Więcej informacji na temat korzyści stosowania TPL znajdziesz na stronie pod adresem <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/parallel-programming/task-parallel-library-tpl>.

## Jak kompilacje w trybie wydania zwiększają wydajność

Tryby kompilacji dla wydania (ang. *Release*) i debugowania są dwoma głównymi sposobami budowania aplikacji .NET. Tryb debugowania jest używany zazwyczaj podczas pisania kodu lub naprawiania błędów, podczas gdy tryb wydania jest częściej używany podczas pakowania aplikacji do wdrożenia na serwerach produkcyjnych. Podczas tworzenia paczki wdrożeniowej programiści często pomijają zmianę trybu budowania na tryb wydania, przez co po wdrożeniu aplikacji pojawiają się problemy z wydajnością.



Poniższa tabela opisuje różnice pomiędzy trybami debugowania i wydania.

| Tryb debugowania (Debug)                                          | Tryb wydania (Release)                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kompilator nie wykonuje optymalizacji kodu                        | Kod jest optymalizowany i zmniejszany jest jego rozmiar podczas budowania w trybie wydania |
| Ślad stosu jest łapany i wyrzucany w momencie wystąpienia wyjątku | Ślad stosu nie jest łapany                                                                 |
| Symbole debugowania są przechowywane                              | Symbole debugowania i cały kod w ramach dyrektywy <code>#debug</code> są usuwane           |
| Kod źródłowy zużywa więcej pamięci podczas wykonania              | Kod źródłowy zużywa mniej pamięci podczas wykonania                                        |

## Testy porównawcze aplikacji .NET Core 2.0

Testowanie porównawcze aplikacji jest procesem oceny i porównywania artefaktów z uzgodnionymi standardami. Aby wykonać testy porównawcze kodu aplikacji .NET Core 2.0, możemy użyć narzędzia BenchmarkDotNet, które zawiera bardzo proste API do oceny wydajności kodu aplikacji. Zazwyczaj analiza porównawcza w skali mikro, jak w przypadku klas i metod, nie jest prosta i zmierzenie wydajności wymaga wiele wysiłku, podczas gdy BenchmarkDotNet może wykonać całe to niskopoziomowe zadanie, jak i złożone zadania związane z analizą porównawczą.

### Poznanie BenchmarkDotNet

W tym podrozdziale poznamy BenchmarkDotNet i nauczymy się, jak efektywnie możemy użyć tego narzędzia do mierzenia wydajności aplikacji.

Możemy go zainstalować z użyciem konsoli menedżera pakietów NuGet lub poprzez sekcję *References* projektu. Aby zainstalować BenchmarkDotNet, należy wykonać polecenie:

**Install-Package BenchmarkDotNet**

Powyższe polecenie dodaje pakiet BenchmarkDotNet z *NuGet.org*.

Aby przetestować narzędzie BenchmarkDotNet, utworzymy prostą klasę, która zawiera dwie metody do generowania sekwencji 10 liczb ciągu Fibonacciego. Ciąg Fibonacciego może być zaimplementowany na kilka sposobów, dlatego użyjemy go do zmierzenia, który fragment kodu jest szybszy i bardziej wydajny.

Oto pierwsza metoda generująca ciąg Fibonacciego iteracyjnie:

```
public class TestBenchmark
{
    int len = 10;

    [Benchmark]
    public void Fibonacci()
    {
        int a = 0, b = 1, c = 0;
        Console.WriteLine("{0} {1}", a, b);
        for (int i = 2; i < len; i++)
        {
            c = a + b;
            Console.WriteLine(" {0}", c);
            a = b;
            b = c;
        }
    }
}
```

Poniżej druga metoda, która wykorzystuje podejście rekurencyjne do generowania ciągu Fibonacciego:

```
[Benchmark]
public void FibonacciRecursive()
{
    int len = 10;
    Fibonacci_Recursive(0, 1, 1, len);
}

private void Fibonacci_Recursive(int a, int b, int counter, int len)
{
    if (counter <= len)
    {
        Console.WriteLine("{0} ", a);
        Fibonacci_Recursive(b, a + b, counter + 1, len);
    }
}
```

Zauważ, że obie metody generujące liczby ciągu Fibonacciego zawierają atrybut `Benchmark`. To właśnie mówi obiektowi `BenchmarkRunner`, które metody mierzyć. Możemy też wywołać `BenchmarkRunner` z głównego punktu wejściowego aplikacji, który to zmierzy wydajność aplikacji i wygeneruje raport, co pokazano w poniższym fragmencie kodu:

```
static void Main(string[] args)
{
    BenchmarkRunner.Run<TestBenchmark>();
    Console.Read();
}
```

Po uruchomieniu analizy otrzymamy raport podobny do tego:

```
C:\Program Files\dotnet\dotnet.exe
// * Summary *
BenchmarkDotNet=v0.11.1, OS=Windows 10.0.17134.228 (1803/April2018Update/Redstone4)
Intel Core i7-5700HQ CPU 2.70GHz (Broadwell), 1 CPU, 8 logical and 4 physical cores
Frequency=2630639 Hz, Resolution=380.1358 ns, Timer=TSC
.NET Core SDK=2.1.400
[Host] : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT [AttachedDebugger]
DefaultJob : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT

      Method |      Mean |      Error |      StdDev |
-----|-----|-----|-----|
      Fibonacci | 19.84 us | 0.3938 us | 0.7587 us |
 FibonacciRecursive | 21.87 us | 0.4363 us | 0.7641 us |

// * Warnings *
Environment
  Summary -> Benchmark was executed with attached debugger

// * Legends *
Mean   : Arithmetic mean of all measurements
Error  : Half of 99.9% confidence interval
StdDev : Standard deviation of all measurements
1 us   : 1 Microsecond (0.000001 sec)

// ***** BenchmarkRunner: End *****
Run time: 00:01:08 (68.88 sec), executed benchmarks: 2

// * Artifacts cleanup *
```

Zostaną również wygenerowane pliki w głównym folderze aplikacji uruchamiającej BenchmarkRunner: plik .html zawierający informacje o wersji BenchmarkDotNet, wersji systemu, procesorze, częstotliwości, rozkładzie, szczegółach licznika, wersji .NET (w naszym przypadku .NET Core SDK 2.1.4), hoście i tak dalej:

```
BenchmarkDotNet=v0.11.1, OS=Windows 10.0.17134.228 (1803/April2018Update/Redstone4)
Intel Core i7-5700HQ CPU 2.70GHz (Broadwell), 1 CPU, 8 logical and 4 physical cores
Frequency=2630639 Hz, Resolution=380.1358 ns, Timer=TSC
.NET Core SDK=2.1.400
[Host] : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT [AttachedDebugger]
DefaultJob : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT
```

| Method             | Mean     | Error     | StdDev    |
|--------------------|----------|-----------|-----------|
| Fibonacci          | 19.84 us | 0.3938 us | 0.7587 us |
| FibonacciRecursive | 21.87 us | 0.4363 us | 0.7641 us |

Tabela zawiera cztery kolumny. Możemy jednak dodać więcej kolumn, które domyślnie są opcjonalne. Możemy także dodawać niestandardowe kolumny. **Method** to nazwa metody zawierającej atrybut Benchmark, **Mean** jest średnim czasem, który zajmuje wykonanie wszystkich pomiarów (us oznacza milisekundy), **Error** jest czasem przeznaczonym na przetwarzanie błędów, **StdDev** jest standardowym odchyleniem pomiarów.

Po porównaniu obu metod można stwierdzić, że metoda FibonacciRecursive jest bardziej wydajna, jako że wartości dla **Mean**, **Error** i **StdDev** są mniejsze niż dla metody iteracyjnej.

Oprócz pliku HTML, tworzone są dwa dodatkowe pliki, plik CSV (ang. *Comma Separated Value*) oraz plik Markdown (MD), zawierające te same informacje.

## Jak to działa

BenchmarkDotNet w czasie działania generuje projekt dla każdej analizowanej metody oraz buduje go w trybie wydania. Próbuje kilku kombinacji, aby zmierzyć wydajność metody poprzez wielokrotne jej wywoływanie, po czym generuje raport składający się z plików i informacji o BenchmarkDotNet.

## Ustawianie parametrów

W poprzednim przykładzie testowaliśmy metodę z tylko jedną wartością. W praktyce podczas testowania aplikacji klasy enterprise testujemy ją z różnymi wartościami, aby oszacować wydajność metody.

Po pierwsze, możemy zdefiniować właściwość dla każdego parametru poprzez dodanie atrybutu Params i podanie wartości, dla jakich chcielibyśmy, aby metoda była testowana. Później możemy użyć tej właściwości w kodzie. BenchmarkRun automatycznie testuje metodę ze wszystkimi parametrami i generuje raport. Poniżej kompletny kod klasy TestBenchmark:

```

public class TestBenchmark
{
    [Params(10,20,30)]
    public int Len { get; set; }

    [Benchmark]
    public void Fibonacci()
    {
        int a = 0, b = 1, c = 0;
        Console.WriteLine("{0} {1}", a, b);

        for (int i = 2; i < Len; i++)
        {
            c = a + b;
            Console.WriteLine(" {0}", c);
            a = b;
            b = c;
        }
    }

    [Benchmark]
    public void FibonacciRecursive()
    {
        Fibonacci_Recursive(0, 1, 1, Len);
    }

    private void Fibonacci_Recursive(int a, int b, int counter, int len)
    {
        if (counter <= len)
        {
            Console.WriteLine("{0} ", a);
            Fibonacci_Recursive(b, a + b, counter + 1, len);
        }
    }
}

```

Po uruchomieniu analizy zostanie wygenerowany raport podobny do poniższego:

BenchmarkDotNet=v0.11.1, OS=Windows 10.0.17134.345 (1803/April2018Update/Redstone4)  
 Intel Core i7-5700HQ CPU 2.70GHz (Broadwell), 1 CPU, 8 logical and 4 physical cores  
 Frequency=2630638 Hz, Resolution=380.1359 ns, Timer=TSC  
 .NET Core SDK=2.1.400  
 [Host] : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT [AttachedDebugger]  
 DefaultJob : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT

| Method             | Len | Mean     | Error     | StdDev    |
|--------------------|-----|----------|-----------|-----------|
| Fibonacci          | 10  | 19.44 us | 0.3799 us | 0.5915 us |
| FibonacciRecursive | 10  | 21.96 us | 0.4362 us | 0.7166 us |
| Fibonacci          | 20  | 44.87 us | 0.8831 us | 1.6147 us |
| FibonacciRecursive | 20  | 46.27 us | 0.9088 us | 1.6617 us |
| Fibonacci          | 30  | 73.30 us | 1.4386 us | 2.9710 us |
| FibonacciRecursive | 30  | 72.49 us | 1.4392 us | 3.3356 us |

## Diagnostyka pamięci z użyciem BenchmarkDotNet

Z BenchmarkDotNet możemy także diagnozować dowolne problemy z pamięcią, procesem odzyskiwania pamięci oraz mierzyć liczbę alokowanych bajtów.

Możemy to zaimplementować, używając atrybutu `MemoryDiagnoser` na poziomie klasy. Dodajmy atrybut `MemoryDiagnoser` do klasy `TestBenchmark` utworzonej w poprzednim przykładzie:

```
[MemoryDiagnoser]
public class TestBenchmark {}
```

Przy ponownym uruchomieniu aplikacji zostaną zebrane dodatkowe dane związane z alokacją pamięci i procesem odzyskiwania pamięci, a następnie odpowiednio umieszczone w raporcie:

```
BenchmarkDotNet=v0.11.1, OS=Windows 10.0.17134.345 (1803/April2018Update/Redstone4)
Intel Core i7-5700HQ CPU 2.70GHz (Broadwell), 1 CPU, 8 logical and 4 physical cores
Frequency=2630638 Hz, Resolution=380.1359 ns, Timer=TSC
.NET Core SDK=2.1.400
[Host] : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT [AttachedDebugger]
DefaultJob : .NET Core 2.1.2 (CoreCLR 4.6.26628.05, CoreFX 4.6.26629.01), 64bit RyuJIT
```

| Method             | Len | Mean     | Error     | StdDev    | Gen 0  | Allocated |
|--------------------|-----|----------|-----------|-----------|--------|-----------|
| Fibonacci          | 10  | 22.69 us | 0.4177 us | 1.0557 us | 0.1221 | 528 B     |
| FibonacciRecursive | 10  | 24.05 us | 0.4300 us | 0.9617 us | 0.1526 | 560 B     |
| Fibonacci          | 20  | 46.53 us | 0.7754 us | 1.6856 us | 0.3052 | 1152 B    |
| FibonacciRecursive | 20  | 49.91 us | 1.3673 us | 3.9009 us | 0.3662 | 1184 B    |
| Fibonacci          | 30  | 80.66 us | 1.3024 us | 3.3619 us | 0.4883 | 1792 B    |
| FibonacciRecursive | 30  | 76.86 us | 1.3586 us | 3.5791 us | 0.4883 | 1824 B    |

W powyższej tabeli kolumna **Gen 0** oznacza liczbę generacji na 1000 operacji. Jeśli wartością jest 1, oznacza to, że proces odzyskiwania pamięci miał miejsce po 1000 operacji. Zauważ jednak, że w pierwszym wierszu jest wartość 0.1221, która oznacza, że odzyskiwanie pamięci zostało wykonane po 0,1221 sekundy, podczas gdy dla tego wiersza nie zostało przeprowadzone odzyskiwanie pamięci dla **Generacji 1** (w takim wypadku pojawiłaby się kolumna **Gen 1**). **Allocated** oznacza rozmiar pamięci zaalokowany podczas wywoływania metody. Nie zawiera natywnych wywołań *Stackalloc/heap*.

## Dodawanie konfiguracji

Konfiguracja analizy porównawczej może być zdefiniowana poprzez utworzenie niestandardowej klasy i dziedziczenie z klasy `ManualConfig`. Oto przykład klasy `TestBenchmark`, którą utworzyliśmy wcześniej, zawierającej metody testowe:

```
[Config(typeof(Config))]
public class TestBenchmark
{
    private class Config : ManualConfig
    {

```

```

// Będziemy analizować TYLKO metody mające w nazwie Recursive
public Config()
{
    Add(new DisjunctionFilter(
        new NameFilter(name => name.Contains("Recursive"))
    ));
}

[Params(10, 20, 30)]
public int Len { get; set; }

[Benchmark]
public void Fibonacci()
{
    int a = 0, b = 1, c = 0;
    Console.Write("{0} {1}", a, b);

    for (int i = 2; i < Len; i++)
    {
        c = a + b;
        Console.Write(" {0}", c);
        a = b;
        b = c;
    }
}

[Benchmark]
public void FibonacciRecursive()
{
    Fibonacci_Recursive(0, 1, 1, Len);
}

private void Fibonacci_Recursive(int a, int b, int counter, int len)
{
    if (counter <= len)
    {
        Console.Write("{0} ", a);
        Fibonacci_Recursive(b, a + b, counter + 1, len);
    }
}
}

```

W powyższym kodzie zdefiniowaliśmy klasę `Config`, która dziedziczy z klasy `ManualConfig` dostarczanej wraz z biblioteką. Reguły mogą być zdefiniowane wewnątrz konstruktora klasy `Config`. W przykładzie występuje reguła określająca, że należy analizować metody zawierające w nazwie słowo *Recursive*. W naszym przypadku mamy tylko taką metodę, `FibonacciRecursive`, która zostanie wywołana i której wydajność będzie zmierzona.

Innym sposobem dodania konfiguracji jest użycie API fluent, w którym możemy pominąć tworzenie klasy Config i zaimplementować to w taki sposób:

```
static void Main(string[] args)
{
    var config = ManualConfig.Create(DefaultConfig.Instance);
    config.Add(new DisjunctionFilter(new NameFilter(
        name => name.Contains("Recursive"))));
    BenchmarkRunner.Run<TestBenchmark>(config);
}
```

Więcej informacji o BenchmarkDotNet znajdziesz pod adresem <http://benchmarkdotnet.org/Configs.htm>.

## Podsumowanie

W niniejszym rozdziale poznaliśmy główne założenia .NET Core, w tym procesy kompilacji i odzyskiwania pamięci, dowiedzieliśmy się, jak tworzyć wysoko wydajne aplikacje .NET Core poprzez użycie wielu rdzeni procesora oraz jak publikować aplikacje w trybie wydania. Przyjrzelśmy się również narzędziu do analizy porównawczej, które jest najczęściej używane do optymalizacji kodu i które dostarcza wyników specyficznych dla klas.

W następnym rozdziale dowiemy się więcej o programowaniu wielowątkowym i współbieżnym w .NET Core.



# Skorowidz

- .NET Core, 22
- .NET Core 2, 13
- .NET Core CLI, 18
  - instalacja, 19
  - polecenia, 20
- .NET Core SDK, 18
- .NET Framework, 22
- .NET Native, 46
- .NET Standard, 22
  - API, 25
  - tryb kompatybilności, 26
  - tworzenie biblioteki, 27
  - wersjonowanie, 24

## A

- ACID, Atomicity, Consistency, Integrity, Durability, 181
- ACS, Azure Container Service, 175
- aktualizacja, 17
- alokacja pamięci, 128
- analiza porównawcza, 53
- Apdex, 216, 218
- API, 161
- aplikacje
  - ASP.NET Core MVC, 19
  - odporne na błędy, 142
  - responsywne, 57
  - SPAs, 194
- APM, Asynchronous Programming Model, 76
- App Metrics, 217
  - konfigurowanie, 217
  - monitorowanie wydajności, 218
  - śledzące oprogramowanie pośredniczące, 219

- Application
  - Insights, 28
  - Secrets, 158
- architektura
  - baz danych, 182
  - logiczna, 187
  - mikrouslug, 175, 185
  - zalety, 177
- ASP.NET Core, 161
  - Identity, 18, 169
  - Razor Pages, 27
- ASP.NET Core 2.0, 27
  - Application Insights, 28
  - automatyczna kompilacja widoku, 28
  - Entity Framework Core 2.0, 29
  - składnia Razor, 27
- asynchroniczna metoda Main, 34
- asynchroniczne operacje, 58
- atak CSRF, 163
- atomowość, 181
- automatyczna kompilacja widoku, 28
- autoryzacja użytkowników, 168, 192

## B

- baza danych
  - InfluxDB, 220
  - per usługa, 183
- BCI, Base Class Libraries, 14
- BenchmarkDotNet, 49
  - diagnostyka pamięci, 53
  - mierzenie wydajności, 49
- bezpieczeństwo
  - wzmacnianie nagłówków, 163

biblioteka  
     .NET Standard, 27  
     PCL, 24  
 biblioteki klas frameworka, FCL, 14  
 błędy, 142  
 buforowanie, 121

## C

**C#**  
     najlepsze praktyki, 97  
     # 7.0, 13  
     expression bodied members, 32  
     krotki, 30  
     metoda Main, 34  
     nowe funkcje, 29  
     tworzenie funkcji, 33  
     wzorce, 31  
     zmienne wyjściowe, 33  
     zwracanie referencji, 32  
 CAS, Central Authentication Server, 192  
 centralny serwer autoryzacji, CAS, 192  
 CLI, Command Line Interface, 18  
 CLI, Common Language Infrastructure, 41  
 CLR, Common Language Runtime, 14, 124, 128  
     analiza mechanizmów wewnętrznych, 128  
 CLS, Common Language Specification, 41  
 CoreCLR, 40  
 CoreFX, 40  
 CORS, Cross-Origin Resource Sharing, 167, 184  
 CQRS, Command Query Responsibility  
     Segregation, 180  
 CRUD, 179  
 CSRF, Cross-Site Request Forgery, 163  
 CSV, Comma Separated Value, 51  
 CTS, Common Type System, 41  
 cykl życia wątku, 63

## D

dane wrażliwe, 158  
 DDD, Domain Driven Design, 178  
 debugger SOS, 128  
 debugowanie, 129  
 delegaty, 103  
 denormalizacja danych, 180  
 destruktor, 133, 138  
 DI, Dependency Injection, 146, 191  
 diagnostyka pamięci, 53  
 Docker, 211  
     uruchamianie obrazów, 214  
     wdrażanie mikrousług, 210

doświadczenie użytkownika, 35  
 DRY, 109  
 działanie  
     BenchmarkDotNet, 51  
     CLR, 42  
 dziedziczenie, 112

## E

EAP, Event-based Asynchronous Pattern, 76  
 Entity Framework Core 2.0, 29

## F

FCL, Framework Class Libraries, 14  
 FIFO, First In First Out, 94  
 fragmentacja pamięci, 132  
 framework .NET, 13  
 funkcje lokalne, 33

## G

GC, Garbage Collection, 40  
 generacje, 44  
 Grafana  
     instalowanie narzędzia, 223  
     pulpit nawigacyjny, 223, 225  
     raportowanie, 227  
     testowanie aplikacji, 227

## I

IDE, Integrated Development Environment, 35  
 IDisposable, 136  
     implementowanie, 137  
 implementacja  
     buforowania, 155  
     interfejsu IDisposable, 137  
     limitu czasu, 154  
     sprawdzania stanu zdrowia, 157  
     TAP, 75  
     TLS, 165  
     usługi dostawców, 202  
     uwierzytelniania i autoryzacji, 169  
     Wylącznika obwodu, 145  
     wzorca Ponawianie, 143  
 InfluxDB  
     instalowanie, 222  
     konfigurowanie, 220, 224  
     pulpit nawigacyjny, 223

instalowanie  
 .NET Core CLI, 19  
 Grafana, 223  
 InfluxDB, 222  
 integralność, 181  
 interfejs  
 IDisposable, 135  
 konsolowy, CLI, 18  
 repozytorium, 190  
 iterowanie, 102

## K

KISS, 108  
 klasa, 107  
 BaseEntity, 189  
 Startup, 29, 225  
 TestBenchmark, 51  
 kolejka, 87, 94  
 FIFO, 94  
 kolejkovanie komunikacji, 123  
 komentarze, 107  
 kompilacja, 42  
 w trybie wydania, 48  
 kompilator  
 JIT, 46  
 RyuJIT, 16  
 kompozycja, 113  
 API, 180, 183  
 komunikacja, 122  
 z mikrouslugami, 181  
 konfiguracja  
 analizy porównawczej, 53  
 Application Insights, 28  
 App Metrics, 217  
 InfluxDB, 220, 224  
 podsystemu Windows, 221  
 konkatencja łańcuchów znaków, 100  
 kontener Docker, 210  
 konwencje nazewnictwa, 106  
 krotki, 30

## L

LINQ, 82  
 listy, 92  
 cykliczne, 95  
 dwukierunkowe, 95  
 generyczne, 96  
 jednokierunkowe, 95  
 łączone, 87, 95

logarytmy, 90  
 logika, 107  
 logowanie, 190

## Ł

łańcuchy znaków, 100

## M

mapowanie obiektowo-relacyjnego, ORM, 188  
 maszyna wirtualna, VM, 176  
 mechanizm odzyskiwania pamięci, GC, 40, 43  
 mechanizmy wewnętrzne, 40  
 metapakiety, 17  
 metoda  
 AddDbContextPool, 29  
 Configure, 225  
 ConfigureServices, 225  
 Dispose, 138  
 Finalize, 138  
 Main, 34  
 metody  
 asynchroniczne, 72  
 pakowania, 98  
 synchroniczne, 72  
 mierzenie wydajności, 39, 49, 88  
 mikrouslugi, 175  
 architektura baz danych, 182  
 bezstanowe, 179  
 manipulowanie danymi, 179  
 opakowywanie, 180  
 stanowe, 179  
 tworzenie, 178, 185  
 wdrazanie, 210  
 minimalizowanie rozmiaru wiadomości, 122  
 model programowania asynchronicznego,  
 APM, 76  
 modele wdrazania, 15  
 monitorowanie wydajności aplikacji, 217, 215  
 monitory, 65  
 MSIL, Microsoft Intermediate Language, 41  
 MVC, Model View Controller, 14

## N

nagłówki  
 Content-Security-Policy, 166  
 referrer-policy, 166  
 strict transport security, 165

nagłówek  
 X-Content-Type-Options, 165  
 X-Frame-Options, 165  
 X-Xss-Protection, 166  
 najlepsze praktyki, 97  
 zwalnianie obiektów, 135  
 narzędzia  
 do debugowania, 129  
 do monitorowania wydajności, 217  
 narzędzie  
 .NET Core CLI, 18  
 App Metrics, 217  
 Grafana, 223  
 narzut pakowania, 98  
 niezarządzane zasoby, 135  
 notacja wielkiego O, 88

## O

obiekt  
 DbContext, 29  
 Task, 73  
 obsługa wyjątków, 101  
 odzyskiwanie pamięci, 43  
 opakowywanie mikrouslug, 180  
 oprogramowanie pośredniczące śledzenia, 218  
 optymalizacja wspierana profilem, PGO, 16  
 ORM, Object-Relational Mapping, 188

## P

pakiet, 17  
 NuGet, 20  
 pamięć  
 fragmentacja, 132  
 zarządzanie alokacją, 128  
 Parallel LINQ, 82  
 parametry, 111  
 PCL, Portable Class Libraries, 23  
 pętla  
 for, 102  
 foreach, 82, 102  
 PGO, profile-guided optimization, 16  
 platformy PCL, 24  
 plik Markdown, 51  
 pliki .cs, 107  
 POCO, Plain Old CLR object, 122, 188  
 podstawowe biblioteki klas, BCL, 14  
 podział  
 baz danych, 183  
 odpowiedzialności, 109  
 tabel, 183

polecenia  
 .NET Core CLI, 20  
 Entity Framework Core, 21  
 serwerowe, 21  
 polityka Fallback, 153  
 polityki  
 odporności, 142  
 proaktywne, 154  
 reaktywne, 142  
 ponawianie, 143, 148, 153  
 programowanie  
 asynchroniczne, 58  
 równoległe, 47  
 wzorce projektowe, 77  
 projekt  
 infrastruktury, 189  
 APIComponents, 191  
 usługi tożsamości, 194  
 projektowanie, 108  
 przenośny plik wykonywalny, 42  
 przepływy połączenia OpenIddict, 193  
 pula wątków, 63

## R

raportowanie, 227  
 raporty graficzne, 220  
 referencje, 32  
 reguły, 37  
 rozszerzenie SOS, 128  
 RPM, Request Per Minute, 227  
 RyuJIT, 16

## S

słowniki, 96  
 SOLID, 110  
 SOS, 128  
 spójność, 180, 181  
 SSL, Secure Socket Layer, 161  
 włączanie, 161  
 sterta, 132  
 stos, 87, 93  
 struktura danych, 85, 122  
 kolejka, 94  
 lista, 92  
 generyczna, 96  
 łączona, 95  
 słownik, 96  
 stos, 93

- tablica, 91
- tablica haszująca, 96
- zbiór haszujący, 96
- synchronizacja wątków, 64
- system pakietów, 17
- szablon projektów, 18

## Ś

- ścieżka aktualizacji, 17
- śledzące oprogramowanie pośredniczące, 218, 219

## T

- tabela
  - per usługa, 182
  - użytkownika, 171
- tablica, 87, 91
  - haszująca, 96
- TAP, Task-based asynchronous pattern, 71
- TargetFramework, 17
- testowanie aplikacji, 227
- testy porównawcze, 49
- TLS, Transport Level Security, 165
- TPL, task parallel library, 70
  - tworzenie zadania, 70
- TPL, task programming library, 47
- trwałość, 181
- tryb
  - debugowania, 48
  - wydania, 48
- tworzenie
  - architektury mikrousług, 185
  - biblioteki .NET Standard, 27
  - domeny sprzedawców, 202
  - infrastruktury sprzedawców, 204
  - interfejsu repozytorium, 190
  - klasy, 189
  - lokalnych funkcji, 33
  - mikrousług, 178
  - usługi sprzedawców, 206
  - usługi tożsamości, 192
  - wątków, 61
  - zadania, 70
- typy
  - proste, 86
  - wiadomości, 206

## U

- unikanie destruktorów, 133
- URL, Uniform Resource Locator, 194
- usługa
  - e-mail, 143
  - rejestracji użytkowników, 143
- uwierzytelnianie, 168

## V

- VM, Virtual Machine, 176

## W

- wątki
  - cykl życia, 63
  - synchronizacja, 64
  - w .NET Core, 61
- WDK, Windows Driver Kit, 128
- wdrażanie, 15
  - mikrousług, 210
- wersjonowanie .NET Standard, 24
- węzeł Analityczny, 36
- wielowątkowość, 58
  - w .NET Core, 60
- włączanie CORS, 167
- wskaźnik
  - aktywne żądania, 219
  - Apdex, 216, 218
  - błędy, 219
  - czas odpowiedzi, 219
  - liczba żądań, 216
  - odsetek błędów, 216
  - przepustowość/punkty końcowe, 217
  - średni czas odpowiedzi, 216
  - wydajności, 216
  - wykorzystanie procesora i pamięci, 217
- wspólne środowisko uruchomieniowe, CLR, 14
- współbieżność, 124
- wstrzykiwanie zależności, DI, 29, 146, 191
- wydajność, 15, 39
  - algorytmu, 88
  - BenchmarkDotNet, 49
  - kompilacje w trybie wydania, 48
  - monitorowanie, 215
  - narzędzia, 217
  - programowanie równoległe, 47
  - rdzenie CPU, 46

wydajność

RPM, 227

wskaźniki, 216

wybór struktury danych, 91

wyjątek, 72, 101

Wyłącznik obwodu, 148, 153

wyrażenia typu expression bodied member, 32

wzorze, 31

projektowe programowania równoległego, 77

stałych, 31

tworzenia obiektów, 120

wzorzec

DDD, 178, 179

Fabryka, 120

Jednostka pracy, 189

Mediator, 206

Ponawianie, 143

potoku, 77

producent-konsument, 80

przepływu danych, 78

typu, 31

var, 32

wstrzykiwanie zależności, 120

Wyłącznik obwodu, 145

## X

Xamarin, 22

## Y

YAGNI, 109

## Z

zabezpieczenia, 141

zadania, 70

anulowanie, 73

raportowanie postępu, 74

status, 73

zajmowanie zasobów, 124

zarządzanie

pamięcią, 127, 128

zasobami, 123

zasada

jednej odpowiedzialności, 110

odwrócenia zależności, 120

otwarte-zamknięte, 111

podstawienia Liskov, 115

segregacji interfejsów, 117

zasady projektowania, 106, 108

DRY, 109

KISS, 108

SOLID, 110

YAGNI, 109

zbiory haszujące, 96

zintegrowane środowisko deweloperskie, IDE, 35

złożoność programu, 88

zmienne wyjściowe, 33

zwalnianie obiektów, 124, 135

zwracanie referencji, 32

## Ż

żądania na minutę, RPM, 227

# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion** 

## C# i .NET Core: wielowątkowość – współbieżność – wydajność!

W świecie programistów aplikacji panuje kult wydajności: najważniejsze są szybkość i efektywność działania kodu. Dostrajanie elementów dużych aplikacji staje się wirtuozerią: wymaga eliminowania wąskich gardeł, optymalizacji kodu, pilnowania każdego bitu pamięci. Niewielkie braki w rozwiązaniach w przypadku rozbudowanych systemów przeradzają się w wielkie problemy. Dla programisty oznacza to, że jeśli chce pracować na prawdziwie profesjonalnym poziomie, musi perfekcyjnie opanować zagadnienia związane ze skalarnością, z modularnością i efektywnością kodu.

Ta książka jest przeznaczona dla programistów .NET, którzy chcą przyspieszyć pracę swoich aplikacji. Opisuje nowe funkcje C# 7 i .NET Core 2.0 oraz ich wpływ na wydajność kodu. Przedstawia takie mechanizmy .NET Core jak proces kompilacji, odzyskiwanie pamięci czy wykorzystywanie wielu rdzeni procesora. Prezentuje koncepcje wielowątkowości i programowania asynchronicznego oraz wyjaśnia znaczenie optymalizacji struktur danych. Omawia też wzorce i najlepsze praktyki projektowania aplikacji w .NET Core, a także zagadnienia bezpieczeństwa i elastyczności oraz architektury mikrousług. Wiedza zawarta w książce pozwoli na pisanie modularnych, skalowalnych, bezpiecznych i niezależnie wdrażanych aplikacji.

### W tej książce między innymi:

- nowości w C# 7 i .NET Core 2.0
- struktury danych i optymalizacja kodu w C#
- zarządzanie pamięcią i zapobieganie wyciekom pamięci
- zapewnianie odporności na błędy aplikacji
- narzędzia do monitorowania wydajności aplikacji: App Metrics, InfluxDB i Grafana
- wytyczne projektowania i dobre praktyki programistyczne

**Ovais Mehboob Ahmed Khan** jest architektem z 14-letnim doświadczeniem w programowaniu, a także autorem książek i innych publikacji technicznych. Pracował w kilku firmach informatycznych w Pakistanie, USA oraz na Bliskim Wschodzie. Obecnie jest zatrudniony w państwowej firmie w Dubaju. Otrzymał tytuł MVP. Specjalizuje się w takich technologiach jak Microsoft .NET, chmura i tworzenie aplikacji internetowych.

|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Helion</b>                            | <i>Sprawdź nasze szkolenia!</i>                                                                                                                                                                           | <b>KOD KORZYŚCI</b><br>Sięgnij po więcej! ▶ |  |
|  <a href="http://helion.pl">helion.pl</a> | <br><b>SZKOLENIA</b><br>AKADEMIA IT & BUSINESS<br><a href="http://WWW.SZKOLENIA.HELION.PL">WWW.SZKOLENIA.HELION.PL</a> | ISBN 978-83-283-5044-1                      |  |
|  <b>0 801 339900</b>                      |                                                                                                                                                                                                           |                                             |                                                                                     |
|  <b>0 601 339900</b>                      |                                                                                                                                                                                                           |                                             |                                                                                     |
| <b>INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                           | Cena: 49,00 zł                              |                                                                                     |

**Packt**