

O'REILLY®

# C# 10 Programowanie

Tworzenie aplikacji Windows,  
internetowych i biurowych



Helion 

Ian Griffiths

Tytuł oryginału: Programming C# 10: Build Cloud, Web, and Desktop Applications

Tłumaczenie: Piotr Rajca

ISBN: 978-83-8322-206-6

© 2023 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of *Programming C# 10*

ISBN 9781098117818 © 2022 Ian Griffiths.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

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 wydawca 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 wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/c10pro>

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>Wstęp .....</b>	<b>17</b>
<b>1. Prezentacja C# .....</b>	<b>21</b>
Dlaczego C#?	22
Kod zarządzany i CLR	24
Ogólność jest preferowana względem specjalizacji	26
Standardy oraz implementacje języka C#	27
Wiele .NET-ów	27
Cykle wydawnicze i wsparcie długoterminowe	29
Użycie .NET Standard w celu tworzenia projektów działających w różnych wersjach .NET	30
Visual Studio, Visual Studio Code oraz JetBrains Rider	31
Anatomia prostego programu	35
Pisanie testu jednostkowego	40
Przestrzenie nazw	43
Klasy	48
Testy jednostkowe	50
Podsumowanie	51
<b>2. Podstawy stosowania języka C# .....</b>	<b>52</b>
Zmienne lokalne	53
Zakres	58
Niejednoznaczności nazw zmiennych	60
Instancje zmiennych lokalnych	62
Instrukcje i wyrażenia	63
Instrukcje	63
Wyrażenia	64
Komentarze i białe znaki	70

Dyrektywy preprocesora	72
Symbole kompilacji	72
Dyrektywy #error oraz #warning	74
Dyrektywa #line	74
Dyrektywa #pragma	75
Dyrektywa #nullable	76
Dyrektywy #region i #endregion	76
Podstawowe typy danych	77
Typy liczbowe	77
Wartości logiczne	88
Znaki i łańcuchy znaków	88
Krotki	96
Dynamic	100
Object	101
Operatory	101
Sterowanie przepływem	107
Decyzje logiczne przy użyciu instrukcji if	107
Wielokrotny wybór przy użyciu instrukcji switch	109
Pętle: while i do	111
Pętle znane z języka C	112
Przeglądanie kolekcji przy użyciu pętli foreach	113
Wzorce	115
Łączenie i negacja wzorców	119
Wzorce relacyjne	120
Uzyskiwanie większej dokładności dzięki użyciu when	120
Wzorce w wyrażeniach	121
Podsumowanie	123
<b>3. Typy .....</b>	<b>124</b>
Klasy	124
Składowe statyczne	127
Klasy statyczne	129
Rekordy	130
Typy referencyjne i wartość null	135
Eliminacja wartości pustych przy użyciu referencji, które ich nie akceptują	139
Struktury	146
Kiedy tworzyć typy wartościowe?	151
Gwarantowanie niezmienności	156
Typy record struct	157
Klasy, struktury, rekordy czy krotki?	158

Składowe	160
Dostępność	160
Pola	160
Konstruktory	163
Dekonstruktory	173
Metody	175
Właściwości	191
Operatory	202
Zdarzenia	205
Typy zagnieżdżone	205
Interfejsy	206
Domyślne implementacje metod w interfejsach	208
Typy wyliczeniowe	210
Inne typy	213
Typy anonimowe	214
Typy i metody częściowe	216
Podsumowanie	218
<b>4. Typy ogólne .....</b>	<b>219</b>
Typy ogólne	220
Ograniczenia	222
Ograniczenia typu	223
Ograniczenia typu referencyjnego	225
Ograniczenia typu wartościowego	228
Wszystkie typy w hierarchii wartościowe dzięki ograniczeniu unmanaged	229
Ograniczenie notnull	229
Inne specjalne ograniczenia typów	229
Stosowanie wielu ograniczeń	229
Wartości przypominające zero	230
Metody ogólne	231
Wnioskowanie typu	232
Typy ogólne i krotki	233
Tajniki typów ogólnych	234
Podsumowanie	236
<b>5. Kolekcje .....</b>	<b>237</b>
Tablice	237
Inicjalizacja tablic	241
Przeszukiwanie i sortowanie	242
Tablice wielowymiarowe	246
Kopiowanie i zmiana wielkości	250
List<T>	251

Interfejsy list i sekwencji	254
Implementacja list i sekwencji	260
Implementacja IEnumerable przy użyciu iteratorów	260
Klasa Collection<T>	264
Klasa ReadOnlyCollection<T>	265
Odwołania do elementów z użyciem indeksów i zakresów	266
System.Index	267
System.Range	269
Obsługa indeksów i zakresów we własnych typach danych	272
Słowniki	274
Słowniki posortowane	277
Zbiory	278
Kolejki i stopy	280
Listy połączone	281
Kolekcje współbieżne	282
Kolekcje niezmiennie	283
Podsumowanie	285
<b>6. Dziedziczenie .....</b>	<b>286</b>
Dziedziczenie i konwersje	287
Dziedziczenie interfejsów	290
Typy ogólne	291
Kowariancja i kontrawariancja	292
System.Object	298
Wszechobecne metody typu System.Object	298
Dostępność i dziedziczenie	299
Metody wirtualne	301
Metody abstrakcyjne	303
Dziedziczenie i wersje bibliotek	305
Metody i klasy ostateczne	310
Dostęp do składowych klas bazowych	312
Dziedziczenie i tworzenie obiektów	313
Rekordy	317
Rekordy, dziedziczenie i słowo kluczowe with	320
Specjalne typy bazowe	321
Podsumowanie	322
<b>7. Cykl życia obiektów .....</b>	<b>323</b>
Mechanizm odzyskiwania pamięci	324
Określanie osiągalności danych	326
Przypadkowe problemy mechanizmu odzyskiwania pamięci	328
Słabe referencje	331

Odzyskiwanie pamięci	335
Tryby odzyskiwania pamięci	341
Tymczasowe zawieszanie odzyskiwania pamięci	344
Przypadkowe utrudnianie scalania	345
Wymuszanie odzyskiwania pamięci	349
Destruktory i finalizacja	350
Interfejs IDisposable	353
Zwalnianie opcjonalne	360
Pakowanie	361
Pakowanie danych typu Nullable<T>	366
Podsumowanie	367
<b>8. Wyjątki .....</b>	<b>368</b>
Źródła wyjątków	370
Wyjątki zgłaszane przez API	371
Błędy wykrywane przez środowisko uruchomieniowe	374
Obsługa wyjątków	375
Obiekty wyjątków	376
Wiele bloków catch	377
Filtry wyjątków	379
Zagnieżdżone bloki try	380
Bloki finally	382
Zgłaszanie wyjątków	383
Powtórne zgłaszanie wyjątków	385
Sposób na szybkie zakończenie aplikacji	388
Typy wyjątków	388
Wyjątki niestandardowe	391
Wyjątki nieobsługiwane	393
Podsumowanie	395
<b>9. Delegaty, wyrażenia lambda i zdarzenia .....</b>	<b>396</b>
Typy delegatów	397
Tworzenie delegatów	399
MulticastDelegate — delegaty zbiorowe	402
Wywoływanie delegatów	403
Popularne typy delegatów	404
Zgodność typów	406
Więcej niż składnia	408
Funkcje anonimowe	410
Przechwytywane zmienne	414
Wyrażenia lambda oraz drzewa wyrażeń	422

Zdarzenia	423
Standardowy wzorzec delegatów zdarzeń	426
Niestandardowe metody dodające i usuwające zdarzenia	426
Zdarzenia i mechanizm odzyskiwania pamięci	429
Zdarzenia a delegaty	431
Delegaty a interfejsy	432
Podsumowanie	433
<b>10. LINQ .....</b>	<b>434</b>
Wyrażenia zapytań	435
Jak są rozwijane wyrażenia zapytań	438
Obsługa wyrażeń zapytań	440
Przetwarzanie opóźnione	444
LINQ, typy ogólne oraz interfejs IQueryable<T>	447
Standardowe operatory LINQ	449
Filtrowanie	451
Selekcja	453
Operator SelectMany	457
Podział na części	459
Określanie porządku	460
Testy zawierania	463
Konkretne elementy i podzakresy	465
Agregacja	470
Operacje na zbiorach	475
Operatory działające na całych sekwencjach z zachowaniem kolejności	476
Grupowanie	477
Złączenia	482
Konwersje	484
Generowanie sekwencji	489
Inne implementacje LINQ	490
Entity Framework Core	490
Parallel LINQ (PLINQ)	491
LINQ to XML	491
IEnumerableAsync<T>	491
Reactive Extensions	491
Podsumowanie	492
<b>11. Reactive Extensions .....</b>	<b>493</b>
Podstawowe interfejsy	495
Interfejs IObservable<T>	496
Interfejs IObservable<T>	497



Publikowanie i subskrypcja z wykorzystaniem delegatów	504
Tworzenie źródła przy wykorzystaniu delegatów	504
Subskrybowanie obserwowalnych źródeł przy użyciu delegatów	508
Generator sekwencji	509
Empty	510
Never	510
Return	510
Throw	511
Range	511
Repeat	511
Generate	511
Zapytania LINQ	512
Operatory grupowania	514
Operator Join	516
Operator SelectMany	521
Agregacja oraz inne operatory zwracające jedną wartość	522
Operator Concat	523
Operatory biblioteki Rx	523
Merge	524
Operatory Buffer i Window	526
Operator Scan	532
Operator Amb	533
DistinctUntilChanged	534
Mechanizmy szeregujące	535
Określanie mechanizmów szeregujących	536
Wbudowane mechanizmy szeregujące	538
Tematy	539
Subject<T>	539
BehaviorSubject<T>	541
ReplaySubject<T>	541
AsyncSubject<T>	542
Dostosowanie	542
IEnumerable<T> i IEnumerableAsync<T>	542
Zdarzenia .NET	544
API asynchroniczne	546
Operacje z uzależnieniami czasowymi	548
Interval	548
Timer	549
Timestamp	550
TimeInterval	551
Throttle	551
Sample	552

Timeout	552
Operatory okien czasowych	552
Delay	553
DelaySubscription	554
Reaqtor — Rx jako usługa	554
Podsumowanie	555
<b>12. Podzespoły .....</b>	<b>557</b>
Anatomia podzespołu	558
Metadane .NET	559
Zasoby	559
Podzespoły składające się z wielu plików	559
Inne możliwości formatu PE	560
Tożsamość typu	562
Wczytywanie podzespołów	565
Określanie podzespołów	567
Jawne wczytywanie podzespołów	570
Izolacja i obsługa wtyczek z użyciem typu AssemblyLoadContext	571
Nazwy podzespołów	573
Silne nazwy	573
Numer wersji	576
Numery wersji a wczytywanie podzespołów	579
Identyfikator kulturowy	579
Zabezpieczenia	583
Platformy docelowe i .NET Standard	583
Podsumowanie	585
<b>13. Odzwierciedlanie .....</b>	<b>587</b>
Typy odzwierciedlania	588
Assembly	589
Module	592
MemberInfo	593
Type i TypeInfo	596
MethodBase, ConstructorInfo oraz MethodInfo	601
ParameterInfo	603
FieldInfo	603
PropertyInfo	604
EventInfo	604
Konteksty odzwierciedlania	604
Podsumowanie	606

<b>14. Atrybuty .....</b>	<b>607</b>
Stosowanie atrybutów	607
Cele atrybutów	609
Atrybuty obsługiwane przez kompilator	612
Atrybuty obsługiwane przez CLR	619
Definiowanie i stosowanie atrybutów niestandardowych	623
Typy atrybutów	624
Pobieranie atrybutów	626
Wczytywanie jedynie metadanych	627
Podsumowanie	629
<b>15. Pliki i strumienie .....</b>	<b>630</b>
Klasa Stream	631
Położenie i poruszanie się w strumieniu	633
Opróżnianie strumienia	634
Kopiowanie	635
Length	635
Zwalnianie strumieni	636
Operacje asynchroniczne	637
Konkretne typy strumieni	638
Jeden typ, wiele zachowań	639
Dostęp swobodny i rozproszone/zebrane operacje wejścia-wyjścia bez klasy Stream	641
Typy operujące na tekstach	642
StreamReader oraz StreamWriter	643
Konkretne typy do odczytu i zapisu łańcuchów znaków	645
Kodowanie	647
Pliki i katalogi	651
Klasa FileStream	651
Klasa File	656
Klasa Directory	660
Klasa Path	661
Klasy FileInfo, DirectoryInfo oraz FileSystemInfo	663
Znane katalogi	664
Serializacja	665
Klasy BinaryReader i BinaryWriter	665
Serializacja CLR	666
JSON	668
Podsumowanie	676

<b>16. Wielowątkowość .....</b>	<b>677</b>
Wątki	677
Wątki, zmienne i wspólny stan	679
Pamięć lokalna wątku	682
Klasa Thread	685
Pula wątków	687
Powinowactwo do wątku oraz klasa SynchronizationContext	689
Klasa ExecutionContext	691
Synchronizacja	693
Monitory oraz słowo kluczowe lock	694
Klasa SpinLock	701
Blokady odczytu i zapisu	703
Obiekty zdarzeń	704
Klasa Barrier	708
Klasa CountdownEvent	708
Semaforey	709
Muteksy	709
Klasa Interlocked	710
Leniwa inicjalizacja	713
Pozostałe klasy obsługujące działania współbieżne	715
Zadania	716
Klasy Task i Task<T>	717
Kontynuacje	722
Mechanizmy szeregujące	725
Obsługa błędów	727
Niestandardowe zadania bezwątkowe	727
Związki zadanie nadrzędne — zadanie podrzędne	728
Zadania złożone	729
Inne wzorce asynchroniczne	729
Anulowanie	731
Równoległość	732
Klasa Parallel	732
Parallel LINQ	733
TPL Dataflow	734
Podsumowanie	734
<b>17. Asynchroniczne cechy języka .....</b>	<b>735</b>
Nowe słowa kluczowe: async i await	736
Konteksty wykonania i synchronizacji	740
Wykonywanie wielu operacji i pętli	742
Zwracanie obiektu Task	748
Stosowanie async w metodach zagnieżdżonych	749

Wzorzec słowa kluczowego await	750
Obsługa błędów	754
Weryfikacja poprawności argumentów	757
Wyjątki pojedyncze oraz grupy wyjątków	758
Operacje równoległe i nieobsłużone wyjątki	760
Podsumowanie	761
<b>18. Wydajne użytkowanie pamięci .....</b>	<b>763</b>
(Nie) kopiować!	764
Reprezentacja elementów sekwencyjnych przy użyciu Span<T>	767
Metody pomocnicze	770
Tylko na stosie	771
Reprezentacja elementów sekwencyjnych przy użyciu Memory<T>	771
ReadOnlySequence<T>	772
Przetwarzanie strumieni danych przy użyciu potoków	772
Przetwarzanie danych JSON w ASP.NET Core	775
Podsumowanie	780
<b>Skorowidz .....</b>	<b>783</b>



# Prezentacja C#

Język programowania C# (wymawiane jako „C szarp”) jest używany do tworzenia wielu rodzajów aplikacji, w tym witryn internetowych, aplikacji działających w chmurze, aplikacji działających w urządzeniach internetu rzeczy, aplikacji dla komputerów stacjonarnych, aplikacji na telefony oraz narzędzi uruchamianych z poziomu wiersza poleceń. C# wraz ze swym systemem uruchomieniowym, bibliotekami oraz narzędziami tworzącymi wspólnie środowisko określane jako .NET już niemal od dwudziestu lat ma największe znaczenie dla programistów tworzących aplikacje dla systemu Windows. Obecnie środowisko .NET jest produktem wieloplatformowym i jednocześnie projektem otwartoźródłowym, który pozwala aplikacje i usługi napisane w języku C# uruchamiać nie tylko w systemie Windows, lecz także w systemach Android, iOS, macOS oraz Linux.

Udostępnienie wersji 10.0 języka C# oraz odpowiadającej jej wersji 6.0 środowiska uruchomieniowego .NET stanowi ważny kamień milowy: C# stał się w pełni wieloplatformowym językiem udostępnianym jako otwarte oprogramowanie. Choć implementacje open source były dostępne dla niemal wszystkich wersji języka C#, to jednak kluczowa zmiana nastąpiła w 2016 roku, kiedy to firma Microsoft udostępniła .NET Core 1.0 — pierwszą platformę, która w pełni wspierała korzystanie z C# nie tylko w systemie Windows, lecz także w systemach Linux i macOS. Wsparcie dla biblioteki i narzędzi .NET Core było początkowo niejednolite, dlatego Microsoft wciąż udostępniał nowe wersje wcześniejszego, własnościowego środowiska uruchomieniowego, .NET Framework, przeznaczonego wyłącznie dla systemu Windows. Jednak obecnie, po sześciu latach, to stare środowisko w praktyce zostało wycofane<sup>1</sup>, gdyż w całości zastąpiła je nowsza, wieloplatformowa wersja. W .NET 5.0 zrezygnowano ze słowa „Core” w nazwie, zaznaczając w ten sposób, że teraz jest to podstawowa wersja środowiska, ale jego w pełni wieloplatformowa wersja pojawiła się dopiero w .NET 6.0, ponieważ dopiero ono uzyskała status pełnego **wsparcia długoterminowego** (ang. *Long Time Support* — LTS). Po raz pierwszy wersja C# i .NET niezależna od platformy systemowej zastąpiła stare środowisko .NET Framework.

Obecnie C# i .NET są projektami otwartoźródłowymi, jednak wcześniej było inaczej. W początkowym okresie istnienia języka C# firma Microsoft pilnie strzegła jego kodów źródłowych, ale w 2014 roku w celu przyspieszenia i popularyzacji tworzenia projektów open source na platformie .NET stworzono .NET Foundation (<https://dotnetfoundation.org>), która obecnie zarządza wieloma

---

<sup>1</sup> Ta stara wersja środowiska .NET Framework będzie wspierana jeszcze przez wiele lat, jednak Microsoft ogłosił, że nie będą do niej dodawane żadne nowe możliwości.

spośród najistotniejszych projektów związanych z językiem C# i platformą .NET rozwijanych przez Microsoft. Do tych projektów należą kompilator C# (<https://github.com/dotnet/roslyn>) oraz pakiet .NET (<https://github.com/dotnet/runtime>) obejmujący środowisko uruchomieniowe i bibliotekę klas. Obecnie niemal wszystko, co wiąże się z językiem C#, jest rozwijane jako projekty open source, a wkład zewnętrzny jest bardzo mile widziany. Nowe propozycje rozwoju języka są udostępniane w serwisie GitHub, co umożliwia zaangażowanie społeczności programistów w rozwój C# już od najwcześniejszych etapów.

## Dlaczego C#?

Choć C# można używać na wiele sposobów, to zawsze istnieje możliwość wyboru innego języka programowania. Niby dlaczego mielibyśmy wybrać właśnie C#? Wszystko zależy od tego, co chcemy zrobić, oraz od tego, jakie możliwości i cechy języka programowania lubimy, a jakich nie lubimy. Osobiście uważam, że C# zapewnia znaczące możliwości, elastyczność i wydajność, a przy tym działa na wystarczająco wysokim poziomie abstrakcji, by nie trzeba było poświęcać znacznego wysiłku na niewielkie, szczegółowe problemy, które nie są bezpośrednio powiązane z problemami, jakie stara się rozwiązać tworzony program.

Znaczna część potęgi C# pochodzi z szerokiego zakresu technik programistycznych, które język ten udostępnia. Jest to język obiektowy, udostępnia typy ogólne oraz możliwość programowania funkcyjnego. Pozwala na stosowanie zarówno typowania dynamicznego, jak i statycznego. Dzięki technologii LINQ (ang. *Language Integrated Query*) udostępnia bogate możliwości operacji na listach i zbiorach. Dysponuje ona przy tym wbudowanym wsparciem dla programowania asynchronicznego. Oprócz tego liczne środowiska programistyczne obsługujące język C# udostępniają szeroki zakres różnorodnych narzędzi i możliwości poprawiających efektywność pracy programistów.

C# udostępnia opcje umożliwiające równowagę łatwości pisania kodu i jego wysokiej jakości. Środowisko uruchomieniowe tego języka zawsze udostępniało **mechanizm oczyszczania pamięci** (ang. *garbage collector*, w skrócie GC), w przeważającej większości przypadków zwalniający programistów z konieczności samodzielnego odzyskiwania pamięci, która nie jest już używana przez program. Takie mechanizmy oczyszczania pamięci są rozwiązaniem powszechnie stosowanym w nowoczesnych językach programowania i choć są dobrodziejstwem dla większości programów, to jednak są pewne wyspecjalizowane scenariusze, w których ich wydajność może być problematyczna. Dlatego C# udostępnia możliwości pozwalające na bardziej jawne zarządzanie pamięcią i na rezygnację z łatwości programowania na rzecz wydajności działania aplikacji, jednak bez utraty bezpieczeństwa, jakie zapewnia kontrola typów. Modyfikacje te pozwoliły na rozpoczęcie stosowania języka C# do tworzenia aplikacji, dla których krytyczna jest wydajność i które od lat tradycyjnie już były tworzone w mniej bezpiecznych językach, takich jak C oraz C++.

Języki programowania nie istnieją w próżni — niezwykle istotne są także wysokiej jakości biblioteki zapewniające szeroką gamę możliwości. Istnieją niezwykle eleganckie i akademicko piękne języki, które są wprost cudowne aż do chwili, kiedy spróbujemy użyć ich do zrobienia czegoś trywialnego, takiego jak wymiana informacji z bazą danych lub określenie, gdzie można przechować ustawienia użytkownika. Niezależnie od tego jak mocny jest zestaw idiomów programistycznych



oferowany przez dany język, musi on także zapewniać pełny i wygodny dostęp do usług platformy systemowej. Dzięki swojemu środowisku uruchomieniowemu, wbudowanej bibliotece klas oraz niezwykle obszernej bibliotece klas tworzonych przez innych twórców język C# jest pod tym względem niezwykle mocny.

.NET obejmuje zarówno środowisko uruchomieniowe, jak i biblioteki klas, z których korzystają programy pisane w języku C#. Część uruchomieniowa .NET nosi nazwę *Common Language Runtime* (i jest zazwyczaj określana skrótowo jako CLR). Jej nazwa odzwierciedla fakt, że nie obsługuje ona wyłącznie C#, lecz wszystkie języki programowania używane w .NET. Na przykład Microsoft udostępnia takie języki jak Visual Basic i F# oraz dostosowaną do .NET wersję języka C++. CLR dysponuje specjalnym systemem typów — *Common Type System* (w skrócie CTS) — który sprawia, że kod pisany w różnych językach może ze sobą bez przeszkód współpracować; a to z kolei oznacza, że biblioteki .NET zazwyczaj mogą być używane w kodzie pisany w dowolnym języku — F# może używać bibliotek napisanych w C#, C# może używać bibliotek Visual Basic i tak dalej.

Oprócz środowiska uruchomieniowego istnieje także biblioteka klas. Wraz z upływem lat miała ona kilka różnych nazw: Base Class Library (BCL), Framework Class Library oraz biblioteki frameworku, jednak obecnie wydaje się, że Microsoft zdecydował się określać ten element platformy .NET jako **biblioteki środowiska uruchomieniowego** (ang. *runtime libraries*). Biblioteki te udostępniają klasy pozwalające stosować wiele mechanizmów systemu operacyjnego, jak również udostępniają sporo innych rozwiązań funkcjonalnych, takich jak klasy kolekcji czy też narzędzia do przetwarzania formatu JSON.

Biblioteka klas wbudowana w .NET to jednak jeszcze nie wszystko — wiele innych platform udostępnia własne biblioteki klas przeznaczonych dla tej platformy. Na przykład dostępne są rozbudowane biblioteki pozwalające programom pisany w C# na korzystanie z popularnych usług chmurowych. Zgodnie z tym, czego można się spodziewać, firma Microsoft udostępnia wyczerpujące biblioteki .NET przeznaczone do wykorzystania z usługami działającymi na platformie Azure. I podobnie firma Amazon udostępnia równie wyczerpujący pakiet SDK do wykorzystania w programach pisanych w C# oraz innych językach.NET z platformy Amazon Web Services (AWS). Jednak biblioteki wcale nie muszą być powiązane z konkretnymi platformami czy usługami. Istnieje obszerny ekosystem bibliotek .NET, zarówno komercyjnych, jak i dostępnych bezpłatnie, obejmujących rozwiązania matematyczne, do parsowania, komponenty interfejsu użytkownika oraz wiele innych. Nawet jeśli okaże się, że mamy pecha i musimy korzystać z mechanizmów systemu operacyjnego, dla których nie ma klas w bibliotece .NET, to język C# udostępnia mechanizmy pozwalające na stosowanie innych **interfejsów programowania aplikacji** (w skrócie **API**), takich jak stare API Win32, macOS oraz Linux bądź też API COM (Component Object Model) stosowane w systemie Windows.

Oprócz bibliotek dostępne są także liczne frameworki do tworzenia aplikacji. .NET zawiera wbudowane frameworki do tworzenia aplikacji i API internetowych, aplikacji biurowych oraz mobilnych. Dostępne są także frameworki wspierające różne style tworzenia systemów rozproszonych, takie jak Reaqtor (<https://reactive.net>), przeznaczony do obsługi ogromnych ilości zdarzeń, czy też globalnych systemów o bardzo dużej dostępności, takie jak Orleans (<https://dotnet.github.io/orleans/>).

I w końcu, ze względu na fakt, że platforma .NET istnieje i jest stosowana już od przeszło dwóch dekad, wiele organizacji zainwestowało w technologie bazujące na niej. Dlatego też język C# jest zazwyczaj naturalnym wyborem, jeśli chcemy czerpać korzyści z tych inwestycji.

Podsumowując, C# zapewnia bardzo obszerny zbiór abstrakcji wbudowanych w sam język, potężne środowisko uruchomieniowe oraz łatwy dostęp do niezwykle dużej liczby bibliotek i narzędzi ułatwiających korzystanie z możliwości funkcjonalnych platformy.

## Kod zarządzany i CLR

C# był pierwszym językiem zaprojektowanym jako rodzimy język CLR. Dzięki temu C# ma unikalny charakter. Oznacza to także, że aby zrozumieć C#, trzeba zrozumieć CLR oraz to, w jaki sposób wykonuje ono kod.

Przez lata najczęstszym sposobem działania kompilatorów było przetwarzanie kodu źródłowego i generowanie wyników, których postać pozwalała na ich bezpośrednie wykonanie przez procesor komputera. Kompilatory generowały zatem **kod maszynowy** (ang. *machin code*) — serię instrukcji zapisanych w odpowiednim binarnym formacie wymaganym przez konkretny rodzaj procesora używanego w komputerze. Wiele kompilatorów wciąż działa właśnie w taki sposób, jednak kompilator C# do nich nie należy. Zamiast tego kompilator ten działa w modelu bazującym na generowaniu tak zwanego **kodu zarządzanego** (ang. *managed code*).

W przypadku kodu zarządzanego to środowisko uruchomieniowe, a nie kompilator generuje kod maszynowy wykonywany następnie przez procesor. Dzięki temu środowisko uruchomieniowe jest w stanie dostarczać usług, których udostępnianie w tradycyjnym modelu działania byłoby trudne lub nawet niemożliwe. Kompilator generuje pośrednią formę kodu binarnego, tak zwany **język pośredni** (ang. *intermediate language*, w skrócie: *IL*), natomiast środowisko uruchomieniowe tworzy wykonywalny kod binarny w trakcie działania programu.

Być może najbardziej zauważalną korzyścią, jaką zapewnia model bazujący na użyciu kodu pośredniego, jest to, że wyniki generowane przez kompilator nie są powiązane z żadną konkretną architekturą procesorów. Na przykład procesory używane w większości nowoczesnych komputerów obsługują zarówno 32-, jak i 64-bitowe zbiory instrukcji (które z powodów historycznych są określane, odpowiednio, jako instrukcje **x86** i **x64**). W przypadku starego modelu kompilacji kodu źródłowego do języka maszynowego trzeba wybrać, który z tych zestawów instrukcji ma być obsługiwany i, jeżeli chcemy, by komponent działał na procesorach o różnych architekturach, zbudować jego wiele wersji. Dzięki .NET można natomiast napisać pojedynczy komponent, który bez żadnych modyfikacji będzie działał na procesorach o architekturze zarówno x86, jak i x64. Co więcej, ten sam komponent można by nawet uruchamiać na procesorach o zupełnie innej architekturze (jest ona powszechnie stosowana w urządzeniach mobilnych, nowszych komputerach Mac, jak również niewielkich komputerach, takich jak Raspberry Pi). W przypadku języka, którego kod jest kompilowany bezpośrednio do kodu maszynowego, konieczne byłoby wygenerowanie osobnych plików binarnych dla każdej z tych architektur, choć w niektórych przypadkach można by także wygenerować jeden plik zawierający kopie kodu dla każdej z obsługiwanych architektur. .NET pozwala natomiast skompilować jeden komponent, zawierający tylko jedną wersję kodu, który nie tylko będzie mógł działać w tych wszystkich architekturach, lecz także w architekturach, które nawet nie

istniały w momencie, gdy był on tworzony (oczywiście zakładając, że zostanie dla nich opracowane odpowiednie środowisko uruchomieniowe). (Na przykład komponenty .NET napisane wiele lat przed pojawieniem się pierwszych komputerów Apple z procesorami ARM mogą na nich działać rodzimie bez korzystania z technologii Rosetta ([https://pl.wikipedia.org/wiki/Rosetta\\_\(oprogramowanie\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Rosetta_(oprogramowanie))), która normalnie zapewnia możliwość uruchamiania starego kodu na nowych procesorach). Ujmując rzecz bardziej ogólnie, jeśli tylko pojawi się jakiegokolwiek usprawnienie w używanym przez CLR sposobie generowania kodu — czy to obsługa nowej architektury procesorów, czy jakieś usprawnienie wydajności — to wszystkie języki programowania .NET natychmiast będą mogły z niego skorzystać. Na przykład starsze wersje CLR nie korzystały z rozszerzeń do przetwarzania wektorowego, w które są wyposażone nowoczesne procesory x86 oraz x64, natomiast nowsze wersje CLR będą z nich zazwyczaj korzystały podczas generowania kodu pętli. Z możliwości tych korzysta cały kod działający w bieżącej wersji .NET, w tym także taki, który został napisany i zbudowany wiele lat przed udostępnieniem tych usprawnień.

Sam moment, w którym CLR generuje wykonywalny kod maszynowy, może się zmieniać. Zazwyczaj wykorzystywane jest podejście nazywane kompilacją *just in time* (JIT), w którym każda funkcja jest kompilowana do postaci kodu maszynowego w trakcie działania programu, przed jej pierwszym wywołaniem. Niemniej jednak mogą być używane także inne rozwiązania. Jedną z implementacji środowiska uruchomieniowego, Mono, może interpretować kod IL bezpośrednio, bez konwertowania go do nadającego się do wykonywania kodu maszynowego, co może być przydatne na platformach takich jak iOS, w których ograniczenia prawne mogą uniemożliwiać stosowanie kompilacji JIT. .NET SDK (*Software Development Kit*) udostępnia także narzędzie o nazwie *crossgen*, pozwalające budować prekompilowany kod oprócz kodu IL. Ten rodzaj kompilacji, nazywany **kompilacją z wyprzedzeniem** (ang. *ahead of time*, w skrócie **AoT**), może skrócić czas uruchamiania aplikacji. Dostępne jest także całkowicie odrębne środowisko uruchomieniowe o nazwie .NET Native, obsługujące wyłącznie kompilację wstępną; jest ono używane przez aplikacje Windows Store Apps, tworzone z myślą o platformie Universal Windows Platform (UWP). (Microsoft ogłosił jednak, że środowisko .NET Native, przeznaczone wyłącznie dla systemu Windows, zostanie w przyszłości wycofane i zastąpi je NativeAOT, jego wieloplatformowy następca).



Jednak nawet w przypadku stosowania narzędzi takich jak *crossgen* generowanie kodu wykonywalnego i tak może następować podczas wykonywania aplikacji — mechanizm **kompilacji warstwowej** (ang. *tiered compilation*) środowiska uruchomieniowego może zdecydować o ponownym, dynamicznym skompilowaniu metody w celu zoptymalizowania jej pod kątem sposobu, w jaki jest używana w środowisku, a co więcej, może to zrobić niezależnie od tego, czy używana jest kompilacja JIT, czy AoT<sup>2</sup>.

W kodzie zarządzanym wszechobecne są informacje o typach. Środowisko uruchomieniowe .NET wymaga zamieszczania tych informacji, gdyż umożliwiają one stosowanie pewnych mechanizmów. Na przykład .NET udostępnia różne automatyczne usługi do serializacji danych; pozwalają one na zapisywanie obiektów w formie binarnych lub tekstowych reprezentacji ich stanu, które następnie można ponownie przekształcić na obiekty, być może nawet na innym komputerze.

---

<sup>2</sup> Ani .NET Native, ani NativeAOT tego nie robią — zostały one zaprojektowane specjalnie pod kątem unikania kompilacji JIT, dlatego nie udostępniają możliwości kompilacji warstwowej.

Działanie takich usług bazuje na pełnym i precyzyjnym opisie struktury obiektu — czyli informacjach, których dostępność w kodzie zarządzanym jest zagwarantowana. Jednak informacje o typach danych mogą być używane także na inne sposoby. Na przykład platformy do przeprowadzania testów jednostkowych mogą ich używać do sprawdzania kodu w projektach testowych i odnajdywania wszystkich napisanych testów. Operacje tego typu bazują na udostępnianych przez CLR usługach **odzwierciedlania** (ang. *reflection*), które zostały opisane w rozdziale 13.

Choć ścisły związek C# ze środowiskiem uruchomieniowym jest jedną z jego najważniejszych cech, to jednak nie jest jedyną. Taki projekt języka C# ma swoje uzasadnienie.

## Ogólność jest preferowana względem specjalizacji

C# preferuje możliwości ogólnego przeznaczenia, a nie te bardziej wyspecjalizowane. Obecnie dostępna jest już 10. główna wersja języka, a w każdej, projektując nowe możliwości, jego twórcy zawsze mieli na myśli konkretne scenariusze. Pomimo to dokładali wszelkich starań, by każdy dodany element języka był przydatny także poza tymi podstawowymi scenariuszami.

Na przykład kilka lat temu twórcy C# zdecydowali o dodaniu do niego mechanizmów, których celem było zapewnienie poczucia, że dostęp do baz danych jest lepiej zintegrowany z językiem. W efekcie została stworzona technologia *Language Integrated Query* (LINQ, opisana dokładniej w rozdziale 10.), która bez wątpienia spełnia ten cel, choć twórcom C# udało się to osiągnąć bez dodawania do języka jakiegokolwiek bezpośredniej obsługi dostępu do danych. Zamiast tego dodano grupę pozornie różnorodnych możliwości. Można do nich zaliczyć lepsze wsparcie dla idiomów programowania funkcyjnego, możliwość dodawania nowych metod do istniejących typów bez konieczności stosowania dziedziczenia, obsługę typów anonimowych, możliwość pobierania modelu obiektów reprezentującego strukturę wyrażenia oraz określenie składni zapytań. Ostatnia z tych możliwości jest w oczywisty sposób związana z dostępem do danych, jednak w przypadku pozostałych wskazanie takiego powiązania jest znacznie trudniejsze. Pomimo to wszystkich tych rozwiązań można używać wspólnie, znacznie sobie w ten sposób ułatwiając realizację niektórych zadań związanych z dostępem do danych. Jednak każda z tych możliwości jest także bardzo użyteczna sama w sobie, dzięki czemu poza dostępem do danych można ich także używać w wielu innych sytuacjach. Na przykład C# znacznie ułatwia przetwarzanie list, zbiorów oraz wszelkich innych grup obiektów, gdyż nowe możliwości pozwalają operować na kolekcjach obiektów pochodzących z dowolnych źródeł, a nie tylko z baz danych.

Jednym z przykładów tej filozofii preferującej ogólność jest pewna funkcjonalność, która została opracowana z myślą o języku C#, lecz której ostatecznie jej twórcy nie zdecydowali się wprowadzić. Miała ona pozwalać na umieszczanie kodu XML bezpośrednio w kodzie programu, dodając w ten sposób wyrażenia, które w trakcie działania programu będą używane do wyliczania wartości umieszczanych następnie w treści XML. Mechanizm ten kompilował taki kod do postaci kodu, który w trakcie działania programu generował kompletny kod XML. Dział badań firmy Microsoft zademonstrował to rozwiązanie publicznie, niemniej nie zostało one dodane do języka C#, choć nieco później zostało udostępnione w innym języku rozwijanym przez Microsoft, Visual Basicu, który dodatkowo został wyposażony w pewne wyspecjalizowane mechanizmy zapytań, służące do pobierania informacji z dokumentów XML. Jeśli chodzi o pobieranie danych z kodu XML,

język C# udostępnia te możliwości za pośrednictwem technologii LINQ bez konieczności wprowadzania jakichkolwiek rozwiązań powiązanych bezpośrednio z XML-em. Popularność XML-a znacznie przygasła, od kiedy zaczęto kwestionować jego koncepcję, co nastąpiło, gdy okazało się, że pod wieloma względami znacznie lepszy jest format JSON (choć bez wątplenia za kilka lat także i on straci popularność na korzyść jakiegoś innego rozwiązania). Gdyby możliwość osadzania kodu XML trafiła jednak do języka C#, to aktualnie byłaby traktowana jako nieco anachroniczna ciekawostka.

Nowe możliwości wprowadzane w kolejnych wersjach języka C# są zgodne z tą filozofią. Na przykład mechanizmy **dekonstrukcji** (ang. *deconstruction*) i dopasowywania wzorców dodane w nowszych wersjach C# mają za zadanie ułatwiać programistom życie w sposób subtelny i użyteczny, przy czym możliwości ich wykorzystania nie ograniczają się do żadnego konkretnego obszaru zastosowań.

## Standardy oraz implementacje języka C#

Zanim będziemy mogli zacząć pisać jakikolwiek kod, musimy wiedzieć, jakiej wersji C# oraz środowiska uruchomieniowego będziemy używać. ECMA, instytucja zajmująca się standardami, przygotowała specyfikacje definiujące język C# oraz jego środowisko uruchomieniowe (są to odpowiednio specyfikacje ECMA-334 i ECMA-335). Umożliwiły one powstanie wielu implementacji samego języka C#, jak i jego środowiska uruchomieniowego. W czasie przygotowywania niniejszej książki dostępne są cztery powszechnie używane implementacje: Mono, .NET Native, .NET (wcześniej znane pod nazwą .NET Core) oraz .NET Framework. Choć to nieco mylące, wszystkie cztery są obecnie rozwijane przez Microsoft, mimo że początkowo sytuacja była nieco inna.

### Wiele .NET-ów

Projekt Mono powstał w 2001 roku, przy czym początkowo nie był tworzony przez Microsoft. (To z tego powodu w jego nazwie nie ma „.NET” — może on używać nazwy C#, gdyż jest to nazwa języka używana w standardzie, jednak w czasach przed powołaniem .NET Foundation .NET był nazwą marki używaną jedynie przez Microsoft). Projekt Mono powstał w celu umożliwienia pisania aplikacji dla systemu Linux w języku C#, lecz został następnie rozszerzony na inne platformy systemowe — iOS i Android. Ten kluczowy krok pozwolił projektowi Mono znaleźć swoją niszę rynkową, gdyż obecnie jest on używany głównie do tworzenia w języku C# wieloplatformowych aplikacji mobilnych. Obecnie Mono udostępnia także kompilację kodu dla WebAssembly (WASM) i zawiera implementację CLR, która może działać w każdej przeglądarce zgodnej ze standardami, umożliwiając wykonywanie kodu C# po stronie klienta w ramach aplikacji internetowych. Rozwiązanie to jest często stosowane wraz z frameworkiem .NET o nazwie Blazor, który pozwala tworzyć interfejs użytkownika w HTML oraz implementować zachowania aplikacji w C#. Połączenie Blazora i WASM stanowi kombinację umożliwiającą także stosowanie języka C# podczas używania z takich frameworków jak Electron, korzystających z klienckich technologii internetowych do tworzenia wieloplatformowych aplikacji biurowych. (Blazor nie wymaga stosowania WASM — może także współdziałać z kodem C# kompilowanym w normalny sposób i wykonywanym w środowisku uruchomieniowym .NET; to standardowe rozwiązanie dla Multi-platform App UI (MAUI), technologii .NET umożliwiającej pisanie jednej aplikacji, którą można będzie uruchamiać w systemach Android, iOS, macOS oraz Windows).

Mono od samego początku był projektem open source, wspieranym przez wiele różnych firm. W 2016 roku Microsoft wykupił firmę Xamarin, która wcześniej zajmowała się rozwojem tego projektu. Obecnie Xamarin pozostaje odrębną marką, a Microsoft dba, by była ona kojarzona z tworzeniem w języku C# wieloplatformowych aplikacji przeznaczonych do uruchamiania na urządzeniach mobilnych. Podstawowa technologia Mono została dodana do bazy kodu .NET Microsoftu. Moment ten wyznaczył zakończenie kilkuletniego procesu, w trakcie którego Mono stopniowo miało coraz więcej wspólnego z .NET. Początkowo Mono udostępniało własne implementacje wszystkich składników platformy: kompilatora C#, bibliotek oraz CLR. Jednak kiedy Microsoft udostępnił swój kompilator C# jako projekt otwartoźródłowy, narzędzia Mono zaczęły z niego korzystać. Mono dysponowało wcześniej własną, kompletną implementacją bibliotek uruchomieniowych .NET, jednak kiedy Microsoft udostępnił .NET Core, oprogramowanie open source, Mono stopniowo zaczęło się coraz bardziej od niego uzależniać. Obecnie Mono jest praktycznie jedną z dwóch implementacji CLR dostępnych w repozytorium środowisk uruchomieniowych .NET i zapewnia wsparcie dla tworzenia aplikacji przeznaczonych dla środowisk mobilnych oraz WebAssembly.

A co z pozostałymi trzema implementacjami, z których każda jest określana jako .NET? .NET Native jest używana w aplikacjach UWP i, zgodnie z informacjami podanymi wcześniej w tym rozdziale, stanowi wyspecjalizowaną wersję .NET wspierającą wyłącznie kompilację AoT. Niemniej jednak .NET Native ma zostać zastąpiona przez NativeAOT, która ma się stać przyszłością .NET, a nie jej odrębną wersją. Oznacza to, że istnieją dwie wersje platformy, których los nie został jeszcze przesądzony: .NET Framework (tylko dla systemu Windows i jej kod źródłowy nie jest otwarty) oraz .NET (wieloplatformowa i rozwijana jako projekt open source, wcześniej nosząca nazwę .NET Core). Jednak, jak już wspomniałem, Microsoft nie planuje dodawania do .NET Framework żadnych nowych możliwości, przez co w praktyce .NET 6.0 jest jedyną aktualną wersją platformy.

To dążenie do uzyskania tylko jednej bieżącej wersji było jednym z głównych celów prowadzenia .NET 6, co sprawia, że ta wersja ma szczególne znaczenie. Jednak inne wersje też warto znać, gdyż wciąż można znaleźć działające systemy, które z nich korzystają. Jednym z powodów nieustającej popularności .NET Framework jest to, że wciąż dysponuje on kilkoma możliwościami, których nie ma w .NET 6.0. .NET Framework działa tylko w systemie Windows, natomiast .NET 6.0 obsługuje systemy Windows, macOS oraz Linux i choć sprawia to, że .NET Framework nie ma aż tak szerokiego zastosowania, to równocześnie oznacza, że pozwala on korzystać z kilku możliwości dostępnych wyłącznie w systemie Windows. Na przykład jedna z części biblioteki klas .NET Framework jest przeznaczona do obsługi technologii COM+ Component Services, funkcjonalności systemu operacyjnego Windows służącej do uruchamiania komponentów integrujących się z produktem Microsoft Transaction Server. Możliwości te nie są dostępne w nowszych, wieloplatformowych wersjach .NET, gdyż kod mógłby być wykonywany w systemie Linux, który nie zapewnia analogicznych możliwości bądź są one zbyt odmienne, by można było korzystać z nich przy użyciu tego samego API .NET.

W kilku ostatnich wydaniach platformy liczba możliwości dostępnych wyłącznie w .NET Framework uległa drastycznemu zmniejszeniu, gdyż Microsoft dokładał starań, by nawet aplikacje przeznaczone tylko dla systemu Windows mogły używać najnowszej wersji .NET 6.0. Na przykład biblioteka System.Speech była niegdyś dostępna wyłącznie w .NET Framework, ponieważ umożliwia korzystanie z funkcjonalności związanych z rozpoznawaniem i syntezą mowy dostępnych

wyłącznie w systemie Windows, obecnie natomiast jest ona dostępna także w bibliotece .NET 6.0. Biblioteka ta działa wyłącznie w systemie Windows, jednak jej dostępność oznacza, że korzystający z niej twórcy aplikacji mogą przejść z .NET Framework do .NET. Pozostałe możliwości .NET Framework, których nie przeniesiono do innych wersji platformy, są zazwyczaj używane na tyle rzadko, że nakład pracy konieczny do ich przeniesienia byłby nieuzasadniony. Wsparcie dla COM+ nie ograniczało się do biblioteki — miało także implikacje związane ze sposobem wykonywania kodu przez CLR, zatem obsługiwanie ich w nowoczesnych wersjach .NET wiązałoby się z kosztami zbyt wysokimi w stosunku do ich wykorzystania.

W ciągu kilku ostatnich lat zdecydowanie najwięcej pracy włożono w rozwój wieloplatformowej wersji .NET. .NET Framework wciąż jest obsługiwany, lecz od pewnego czasu traci na znaczeniu. Na przykład ASP.NET Core — framework do tworzenia aplikacji internetowych — już w 2019 roku przestał być wspierany na platformie .NET Framework. Wszystko to oznacza, że emerytura dla .NET Framework i uznanie .NET 6.0 za jedyną prawdziwą wersję platformy są nieuniknionym zakończeniem procesu trwającego już od kilku lat.

## Cykle wydawnicze i wsparcie długoterminowe

Obecnie Microsoft udostępnia jedną wersję .NET każdego roku, zazwyczaj w listopadzie lub grudniu, ale nie wszystkie te wersje są porównywalne. Niektóre z nich dysponują **wsparciem długoterminowym** (ang. *Long Time Support*, LTS), co oznacza, że Microsoft będzie je wspierać przez okres przynajmniej trzech lat. W tym czasie wszystkie narzędzia, biblioteka oraz środowisko uruchomieniowe będą regularnie aktualizowane poprzez wydawanie „łatek” (ang. *patches*) bezpieczeństwa. Platforma .NET 6.0 została wydana w październiku 2021 roku i jest wersją LTS. Poprzednią wersją LTS platformy była .NET Core 3.1, udostępniona w grudniu 2019 roku, co oznacza, że będzie wspierana aż do grudnia 2022 roku. Jeszcze wcześniejszą wersją LTS platformy była .NET Core 2.1, której wsparcie zakończyło się we wrześniu 2021 roku<sup>3</sup>.

A co z wersjami, które nie mają wsparcia długoterminowego? Są one wspierane od momentu wydania do momentu, w którym upływa sześć miesięcy od wydania kolejnej wersji LTS. Na przykład wersja .NET 5.0 była wspierana od wydania w grudniu 2020 roku aż do maja 2022 roku, kiedy minęło sześć miesięcy od wydania .NET 6.0. Oczywiście może się zdarzyć, że Microsoft zdecyduje się na przedłużenie wsparcia dla którejś wersji .NET, jednak na potrzeby planowania warto przyjąć, że wszystkie wersje niemające wsparcia długoterminowego (określane potocznie jako wersje nie-LTS) przestają nadawać się do użycia po 18 miesiącach od daty wydania.

Pełne wykorzystanie nowej wersji .NET przez ekosystem zajmuje czasami nawet kilka miesięcy. W praktyce zapewne nie będziesz w stanie skorzystać z najnowszej wersji .NET już w dniu wydania, gdyż dostawca platformy chmurowej nie będzie jej jeszcze obsługiwać bądź nie będzie ona zgodna z używanymi bibliotekami. Czynniki te znacząco skracają okres, w jakim w praktyce

---

<sup>3</sup> Jeśli zastanawiasz się, w jaki sposób te numery wersji oraz daty ich wydań pasują do corocznych, naprzemiennych wydań platformy, to wiedz, że aktualny harmonogram wydań został wprowadzony wraz z pojawieniem się wersji .NET Core 3.1 oraz że nie było żadnej wersji .NET Core 4. Wraz ze zmianą nazwy .NET Core na .NET kolejnym numerem wersji po 3.1 był 5.0, co miało podkreślić odejście do .NET Framework, którego ostatnia wersja miała numer 4.8.

można korzystać z wersji nie-LTS, i mogą sprawić, że będziemy mieć dość mało czasu na zaktualizowanie aplikacji przed udostępnieniem kolejnej wersji platformy. Jeśli czas dostosowywania wszelkich używanych narzędzi, platform oraz bibliotek do nowej wersji .NET wynosi kilka miesięcy, to będziesz mieć bardzo niewiele czasu na jej wykorzystanie, nim okres jej wspierania się zakończy. W ekstremalnych przypadkach to „okno czasowe”, w którym można skorzystać z wersji .NET, w ogóle się nie pojawi — wsparcie dla .NET Core 2.2 zakończyło się, zanim usługa Azure Functions zapewniła pełne wsparcie dla .NET Core 3.0 lub 3.1, zatem okazało się, że programiści, którzy w usłudze Azure Functions używali .NET Core 2.2, znaleźli się w sytuacji, w której numer ostatniej obsługiwanej wersji cofnął się, musieli więc wybierać pomiędzy powrotem do .NET Core 2.1 oraz kilkumiesięcznym stosowaniem nieobsługiwanej wersji CLR w środowisku produkcyjnym. Z tego względu wielu programistów postrzega wersje nie-LTS jako swoiste wersje demonstracyjne — można eksperymentalnie korzystać z ich nowych możliwości i oczekiwać na zastosowanie ich w wersji produkcyjnej dopiero po wydaniu kolejnej wersji LTS platformy .NET.

## Użycie .NET Standard w celu tworzenia projektów działających w różnych wersjach .NET

Istnienie wielu wersji środowiska uruchomieniowego, z których każda posiada odmienne wersje biblioteki klas, stwarza problemy dla wszystkich, którzy chcieliby udostępniać swój kod innym programistom. Choć zmiany, które w końcu zostały wprowadzone w .NET 6.0, mogą nieco zmniejszyć ten problem, to jednak programiści jeszcze często będą chcieli wspierać systemy działające na starej wersji platformy .NET Framework. Oznacza to, że przez pewnie czas wciąż przydatne będzie tworzenie komponentów przeznaczonych dla różnych wersji środowiska uruchomieniowego. W serwisie <http://nuget.org> dostępne jest repozytorium pakietów z komponentami .NET, w którym Microsoft umieszcza wszystkie biblioteki .NET niewchodzące bezpośrednio w skład platformy i w którym większość programistów .NET publikuje i udostępnia własne biblioteki klas. Ale którą wersję platformy należy wybrać? To pytanie ma dwa aspekty. Z jednej strony istnieją implementacje środowiska uruchomieniowego (.NET, .NET Framework), a z drugiej ich wersje (na przykład .NET Core 3.1 lub .NET 6.0 albo .NET Framework 4.7.2 lub 4.8). Wielu autorów popularnych pakietów udostępnianych w serwisie NuGet jako oprogramowanie open source także zapewnia wsparcie dla wielu typów i wersji frameworków, zarówno starszych, jak i nowszych.

Programiści tworzący komponenty radzili sobie z wieloma wersjami poprzez budowanie kilku wariantów własnych bibliotek. W przypadku dystrybuowania bibliotek .NET za pośrednictwem serwisu NuGet w pakietach przeznaczonych do wykorzystania w różnych wersjach .NET można umieszczać wiele zestawów plików binarnych. Takie rozwiązanie ma jednak tę wadę, że wraz z pojawianiem się nowych wersji .NET istniejące biblioteki nie będą działać we wszystkich nowszych środowiskach uruchomieniowych. Komponent napisany z myślą o .NET Framework 4.0 będzie działać we wszystkich nowszych wersjach .NET Framework, lecz nie na .NET 6.0. Nawet jeśli kod źródłowy komponentu był w pełni zgodny z nowszym środowiskiem uruchomieniowym, konieczne było przygotowanie osobnej wersji biblioteki, skompilowanej specjalnie dla danej platformy. Jeśli autor



używanej biblioteki nie przygotował jej wersji jawnie przeznaczonej dla .NET<sup>4</sup>, to korzystanie z tej biblioteki w danej wersji platformy .NET nie było możliwe. Taka sytuacja nie była korzystna dla nikogo. Na przestrzeni lat pojawiło się i zostało porzuconych wiele wersji .NET (takich jak Silverlight lub wersja dla Windows Phone), co oznaczało, że twórcy komponentów zostali wprężnięci w kierat ciągłego przygotowywania nowych wariantów swoich produktów, a ponieważ wymagało to od nich zaangażowania i czasu na wykonywanie niezbędnych prac, mogło się okazać, że komponenty, które inni programiści chcieli zastosować, i tak nie były dostępne w docelowej wersji platformy.

Aby uniknąć tego problemu, Microsoft wprowadził .NET Standard, który definiuje wspólny podzbiór zewnętrznych klas API środowiska uruchomieniowego .NET. Jeśli pakiet NuGet jest przeznaczony na przykład dla .NET Standard 1.0, to stanowi to gwarancję, że będzie go można używać w .NET Framework 4.5 lub nowszych, .NET Core 1.0 lub nowszych, .NET 5.0 lub nowszych oraz w Mono 4.6 lub nowszych. A co ważniejsze, jeśli w przyszłości pojawi się jeszcze inny wariant platformy .NET, to o ile tylko będzie on wspierał .NET Standard 1.0, istniejące komponenty będą na nim działać bez konieczności wprowadzania jakichkolwiek modyfikacji, i to nawet jeśli w czasie, gdy były tworzone, ta wersja platformy jeszcze nie istniała.

Obecnie najlepszym wyborem dla twórców komponentów, którzy chcą, by ich produkty były dostępne dla wielu wersji platformy, będzie zapewne .NET Standard 2.0, gdyż jest on obsługiwany przez wszystkie udostępnione ostatnio wersje .NET oraz zapewnia dostęp do bardzo szerokiego zestawu możliwości. Niemniej jednak liczba różnych wersji .NET obsługiwanych przez Microsoft jest obecnie dużo mniejsza niż w czasie, kiedy wprowadzono .NET Standard, dlatego jego znaczenie jest nieco mniejsze. Obecnie podstawową zaletą tworzenia komponentów zgodnych z .NET Standard jest to, że będą one działać w .NET Framework oraz .NET Core i .NET. Jeśli jednak obsługa .NET Framework nie jest konieczna, to zdecydowanie lepszym rozwiązaniem będzie tworzenie komponentów przeznaczonych dla .NET Core 3.1 oraz .NET 6.0. Uwarunkowania związane z tworzeniem oprogramowania dla .NET Standard zostały przedstawione dokładniej w rozdziale 12.

Jednak Microsoft udostępnia nie tylko język oraz różne środowiska uruchomieniowe wraz z bibliotekami klas — oferuje także środowiska programistyczne, ułatwiające pisanie, testowanie, debugowanie oraz pielęgnację kodu.

## Visual Studio, Visual Studio Code oraz JetBrains Rider

Microsoft udostępnia trzy środowiska programistyczne przeznaczone dla komputerów biurowych: Visual Studio Code, Visual Studio oraz Visual Studio for Mac. Wszystkie trzy oferują pewne możliwości podstawowe, takie jak edytor kodu, narzędzia do budowania oraz debugger, jednak to Visual Studio udostępnia najbardziej rozbudowane wsparcie dla pisania programów w języku C#, niezależnie od tego, czy aplikacje te będą działać w systemie Windows, czy na innej platformie systemowej. Visual Studio jest także najstarszym z tych narzędzi — istnieje tak długo, jak sam język C# — pochodzi z czasów, kiedy C# nie był otwartym oprogramowaniem, dlatego też

---

<sup>4</sup> Albo .NET Core. Zmiany nazwy mogą wprowadzać tu pewne zamieszanie. Komponent obsługujący .NET Framework 3.1 będzie działał w .NET 5.0 oraz .NET 6.0, gdyż są to nowsze wersje tego samego środowiska uruchomieniowego; w momencie udostępniania .NET 5.0 pominięto jedynie słowo „Core” w nazwie oraz jeden numer wersji.

samo nie jest oprogramowaniem o otwartym kodzie źródłowym. Dostępne jest jednak w kilku wersjach, zaczynając do darmowej, aż po taką, której koszt może przerażać. Jednak do dyspozycji mamy nie tylko produkty Microsoftu — firma JetBrains, zajmująca się tworzeniem narzędzi dla programistów, sprzedaje doskonale IDE dla platformy .NET o nazwie Rider, które może działać w systemach Windows, Linux oraz macOS.

Visual Studio jest zintegrowanym środowiskiem programistycznym (IDE), stworzonym jako narzędzie „kompletne”. Zostało ono wyposażone nie tylko w doskonały edytor tekstów, ale także w wizualne narzędzie do tworzenia graficznych interfejsów użytkownika. Zapewnia ono głęboką integrację z systemami kontroli wersji, takimi jak git, z internetowymi systemami udostępniającymi repozytoria kodów źródłowych i śledzenie problemów oraz innymi narzędziami typu AML (Application Lifecycle Management), takimi jak GitHub lub Azure DevOps firmy Microsoft. Visual Studio udostępnia także wbudowane narzędzia do monitorowania wydajności oraz diagnostyczne. Dysponuje mechanizmami do współpracy z aplikacjami przeznaczonymi i wdrożonymi na Azure — chmurową platformę firmy Microsoft. Spośród wszystkich opisywanych tu IDE Microsoftu Visual Studio udostępnia także najbardziej rozbudowany zestaw narzędzi do refaktoryzacji kodu. Warto zwrócić uwagę, że Visual Studio działa wyłącznie w systemie Windows.

W 2017 roku firma Microsoft udostępniła Visual Studio for Mac. Nie jest to jednak żadna zmodyfikowana wersja Visual Studio. Początkowo była to platforma o nazwie Xamarin, zintegrowane środowisko programistyczne dla komputerów Mac przeznaczone do pisania w języku C# aplikacji mobilnych działających w środowisku uruchomieniowym Mono. Xamarin był początkowo niezależną technologią, jednak kiedy Microsoft przejął firmę, która go rozwijała (o czym wspominałem już wcześniej), i udostępnił jako produkt marki Visual Studio, został on zintegrowany z wieloma rozwiązaniami dostępnymi w wersji IDE przeznaczonej dla systemu Windows.

Rider firmy JetBrains jest pojedynczym IDE działającym w trzech systemach operacyjnych. To produkt o przeznaczeniu określonym dokładniej niż w przypadku Visual Studio — służy wyłącznie do tworzenia aplikacji dla platformy .NET. (Visual Studio obsługuje także język C++). Rider stworzono również zgodnie z filozofią narzędzia kompletnego, przy czym udostępnia on wyjątkowo rozbudowany zestaw narzędzi do refaktoryzacji kodu.

Visual Studio Code (określane skrótowo jako VS Code) zostało udostępnione po raz pierwszy w 2015 roku. Jest to program open source działający na wielu platformach systemowych — Linux, Windows i Mac. VS Code zostało stworzone w oparciu o platformę Electron i napisane w głównej mierze w języku TypeScript. (Oznacza to, że w odróżnieniu od Visual Studio naprawdę jest to ten sam program, który może działać w różnych systemach operacyjnych). VS Code jest nieco prostszym produktem niż Visual Studio: jego podstawowa instalacja nie zawiera wiele więcej niż edytor tekstów. Niemniej jednak, kiedy go uruchomimy, szybko odkryjemy, że pozwala ono na pobranie i instalowanie wielu rozszerzeń, zapewniających wsparcie dla pisania kodu w bardzo wielu językach, takich jak C#, F#, TypeScript, PowerShell, Python i inne. (Mechanizm stosowany do tworzenia tych rozszerzeń jest otwarty, więc każdy, kto tylko chce, może tworzyć i publikować własne rozszerzenia). Choć jego początkowa postać jest bardziej edytorem tekstów niż zintegrowanym środowiskiem programistycznym, to jednak model rozszerzeń, w jaki jest wyposażone VS Code, stwarza z niego naprawdę potężne narzędzie. Ogromna liczba dostępnych rozszerzeń

sprawiła, że VS Code stało się bardzo popularnym narzędziem wśród programistów, którzy nie używają języków programowania firmy Microsoft, a to z kolei doprowadziło do jeszcze większego wzrostu liczby dostępnych rozszerzeń.

Pisanie programów w języku C# najłatwiej jest zaczynać, używając Visual Studio oraz JetBrains Ridera — nie trzeba w tym celu instalować jakichkolwiek rozszerzeń ani modyfikować ustawień konfiguracyjnych. Z drugiej strony Visual Studio Code jest dostępne dla szerszego grona odbiorców i dlatego użyję go w krótkiej prezentacji pisania programów w C# zamieszczonej w dalszej części tego rozdziału. Podstawowe rozwiązania i możliwości są wspólne dla wszystkich prezentowanych tu IDE, dlatego większość informacji będzie przydatna także w przypadku, gdy używasz Visual Studio lub Ridera.



Darmową wersję Visual Studio Code można pobrać ze strony <https://code.visualstudio.com>. Dodatkowo konieczne będzie także pobranie .NET SDK (<https://dotnet.microsoft.com/en-us/download>).

Jeśli używasz systemu Windows i wolisz skorzystać z Visual Studio, to jego darmową wersję (która jest określana jako Visual Studio Community) można pobrać ze strony <https://visualstudio.microsoft.com/>. W tym przypadku wraz z IDE zostanie zainstalowany również pakiet .NET SDK, o ile podczas instalacji wybierzesz przynajmniej jedno **obciążenie** (ang. *workload*) związane z .NET.

Każdy projekt aplikacji pisanej w C#, może z wyjątkiem tych najbardziej trywialnych, będzie zawierał wiele plików źródłowych, a wszystkie te pliki będą należały do *projektu*. Każdy projekt generuje pojedynczy wynik, nazywany **celem** (ang. *target*). W najprostszym przypadku tym celem może być pojedynczy plik, plik wykonywalny bądź biblioteka. Jednak projekty C# mogą także generować znacznie bardziej złożone wyniki. Na przykład niektóre projekty tworzą witryny WWW. Taka witryna będzie się zazwyczaj składać z wielu plików, jednak łącznie reprezentują one jedną całość — konkretną witrynę. Wyniki projektu będą zazwyczaj wdrażane jako jedna jednostka, nawet jeśli składa się na nie wiele plików.



W systemie Windows pliki wykonywalne mają zazwyczaj rozszerzenie *.exe*, natomiast biblioteki używają rozszerzenia *.dll* (historycznie jest to skrót od angielskich słów *dynamic link library* — biblioteka dołączana dynamicznie). .NET SDK może także generować ładujący program wykonywalny (w systemie Windows będzie on miał rozszerzenie *.exe*), którego działanie sprowadza się jednak do uruchomienia środowiska wykonawczego i wczytania biblioteki *.dll* zawierającej główny skompilowany kod aplikacji. (W przypadku generowania programów dla .NET Framework wygląda to nieco inaczej: kod aplikacji kompilowany jest bezpośrednio do samodzielnie uruchamianego pliku *.exe*, bez wykorzystania dodatkowego pliku *.dll*). W każdym z przypadków podstawowa różnica pomiędzy głównym skompilowanym kodem aplikacji oraz biblioteką polega na tym, że ten pierwszy określa punkt wejścia aplikacji. Oba te typy plików mogą eksportować funkcjonalności, które następnie będą wykorzystywane przez inne komponenty. Oba są także przykładami **podzespołów** (ang. *assembly*), które zostały dokładniej opisane w rozdziale 12.

Pliki projektów C# mają rozszerzenie `.csproj`, a jeśli przejrzymy te pliki przy użyciu edytora tekstów, przekonamy się, że zazwyczaj zawierają kod XML. Pliki `.csproj` opisują zawartość projektu oraz konfigurują sposób, w jaki jest on budowany. Pliki te są rozpoznawane zarówno przez Visual Studio, jak i przez rozszerzenia .NET dla VS Code. Mogą być także przetwarzane przy użyciu różnych programów narzędziowych wykonywanych z poziomu wiersza poleceń, takich jak `dotnet` wchodzący w skład .NET SDK oraz starszy program o nazwie `msbuild`. (Program `msbuild` obsługuje różne języki programowania i cele, a nie jedynie .NET. W rzeczywistości polecenie `dotnet build` używane do budowania projektów C# jest uproszczonym sposobem wywołania programu `msbuild`).

Bardzo często będziemy chcieli pracować nad całymi grupami projektów. Na przykład dobra praktyka programistyczna nakazuje tworzenie testów jednostkowych dla pisanego kodu, jednak przeważająca część tych testów nie musi być udostępniana jako element aplikacji; z tego względu zautomatyzowane testy są zazwyczaj tworzone w ramach odrębnych projektów. Mogą się także pojawić inne powody, które skłonią nas do rozdzielenia kodu aplikacji. Być może tworzony system składa się z klasycznej aplikacji oraz witryny WWW, jednak istnieją pewne komponenty używane w obu tych aplikacjach. W takim przypadku będziemy potrzebowali jednego projektu do utworzenia biblioteki zawierającej wspólny kod, kolejnego projektu do utworzenia pliku wykonywalnego aplikacji, kolejnego, w ramach którego będzie tworzona witryna, oraz trzech dodatkowych, zawierających testy dla trzech projektów głównych.

Narzędzia do budowania oraz IDE umożliwiające tworzenie aplikacji na platformę .NET ułatwiają nam pracę nad powiązаныmi ze sobą projektami za pomocą tak zwanych **rozwiązań** (ang. *solution*). Rozwiązanie, czyli plik z rozszerzeniem `.sln`, jest po prostu kolekcją projektów; i choć zazwyczaj projekty te są ze sobą powiązane, to wcale nie muszą być.

W przypadku korzystania z Visual Studio trzeba pamiętać, że środowisko to wymaga, by każdy projekt należał do jakiegoś rozwiązania, nawet gdyby miało to oznaczać, że w jednym rozwiązaniu znajdzie się tylko jeden projekt. Visual Studio Code pozwala otwierać pojedyncze projekty, choć jego rozszerzenia dla .NET rozpoznają i obsługują rozwiązania.

Projekt może należeć do więcej niż jednego rozwiązania. W przypadku dużej bazy kodu stosunkowo często zdarza się korzystać z kilku rozwiązań zawierających różne kombinacje projektów. W takich przypadkach zazwyczaj istnieje jakieś główne rozwiązanie zawierające wszystkie projekty, jednak nie wszyscy programiści będą chcieli dysponować ciągłym dostępem do całego kodu. Kontynuując nasz hipotetyczny przykład, można założyć, że osoby pracujące nad klasyczną aplikacją dla komputerów stacjonarnych także chcą mieć dostęp do wspólnych bibliotek, jednak najprawdopodobniej nie interesuje ich projekt witryny WWW.

W dalszej części rozdziału, w ramach wstępu do prezentacji możliwości języka, przedstawię, jak utworzyć nowy projekt, otworzyć go w Visual Studio Code, a potem uruchomić. Następnie opiszę różne możliwości projektów C#. Pokażę także, w jaki sposób można dodać nowy projekt z testami jednostkowymi oraz jak utworzyć rozwiązanie.

# Anatomia prostego programu

Po zainstalowaniu .NET SDK, bezpośrednio bądź wraz z jakimś IDE, możemy przystąpić do tworzenia nowego programu dla platformy .NET. Zacniemy od utworzenia na dysku twardym nowego katalogu, *WitajSwiecie*, przeznaczonego do przechowywania kodów naszego programu. Następnie należy otworzyć okno wiersza poleceń, przejść do utworzonego wcześniej katalogu i wykonać polecenie:

```
dotnet new console
```

Wykonanie tego polecenia spowoduje utworzenie nowej aplikacji konsolowej w języku C#, która początkowo będzie się składać z dwóch plików. Pierwszym z nich jest plik projektu, którego nazwa jest określana na podstawie nazwy bieżącego katalogu; w naszym przypadku będzie to *WitajSwiecie.csproj*. Drugim z utworzonych plików jest *Program.cs*, zawierający kod źródłowy aplikacji. Kiedy otworzymy ten plik w edytorze, okaże się, że jego zawartość jest bardzo prosta, jak pokazałem na listingu 1.1.

*Listing 1.1. Nasz pierwszy program*

```
// See https://aka.ms/new-console-template for more information
Console.WriteLine("Hello, World!");
```

Ten program można skompilować i uruchomić przy użyciu następującego polecenia:

```
dotnet run
```

Jak łatwo się domyślić, program wyświetla w oknie wiersza poleceń napis „Hello World!”.

Jeśli już masz doświadczenie w pisaniu programów w języku C#, a po niniejszą książkę sięgnąłeś jedynie po to, by dowiedzieć się, jakie nowości wprowadzono w C# 10.0, to ten przykład może być pewną niespodzianką. We wcześniejszych wersjach języka kod klasycznego programu typu „Witaj, świecie!”, który obowiązkowo rozpoczyna wszystkie książki poświęcone językom programowania, był znacząco dłuższy. Ten kod wygląda tak odmiennie, że twórcy .NET SDK uznali za konieczne opatrzyć go stosownymi wyjaśnieniami — ponad połowę kodu tego przykładu stanowi komentarz zawierający odnośnik do strony WWW z wyjaśnieniami, gdzie podziela się reszta kodu. My potrzebujemy jednak tylko tego drugiego, krótszego wiersza.

Pokazuje on jedną ze zmian wprowadzonych w języku C# 10.0: ma ona na celu umożliwienie programistom przejścia do razu do tego, co najważniejsze, poprzez zredukowanie ilości powtarzającego się, **szablonowego kodu** (ang. *boilerplate code*). Określenie to odnosi się do kodu, który musi zostać użyty w celu spełnienia pewnych reguł lub konwencji, lecz w każdym projekcie wygląda mniej więcej tak samo. Na przykład język C# wymaga, by kod był definiowany wewnątrz **metod**, które z kolei muszą być definiowane wewnątrz **typów**. Przykłady tych reguł możemy zobaczyć na listingu 1.1. W celu wygenerowania wyników nasz przykładowy program korzysta z możliwości wyświetlania tekstów na ekranie zapewnianych przez środowisko uruchomieniowe .NET, które w kodzie są reprezentowane przez metodę `WriteLine`. Jednak w kodzie nie użyliśmy jedynie nazwy tej metody, `WriteLine`, gdyż w C# metody zawsze należą do typów — to właśnie dlatego w kodzie programu pojawił się fragment `Console.WriteLine`.

Oczywiście regułem tym podlega każdy kod pisany w języku C#, dlatego przykładowy kod wywołujący metodę `Console.WriteLine` musi istnieć wewnątrz jakiejś metody jakiegoś typu. W kodzie pisany

w C# typ i metoda przeważnie są zapisane jawnie: w większości przypadków możemy zobaczyć kod podobny do przedstawionego na listingu 1.2.

*Listing 1.2. Przykład „Witaj, świecie!” z widocznym szablonowym, powtarzającym się kodem*

```
using System;

internal class Program
{
    private static void Main(string[] args)
    {
        Console.WriteLine("Hello, World!");
    }
}
```

Także w tym przypadku za określenie działania aplikacji odpowiada tylko jeden wiersz kodu i jest on dokładnie taki sam jak na listingu 1.1. Oczywiście zaletą pierwszego z przykładów jest to, że możemy w nim od razu skoncentrować się na tym, co robi program, natomiast jego wadą jest ukrycie znacznej części tego, co się w nim dzieje. Jawny zapis, przedstawiony na listingu 1.2, niczego nie ukrywa. W przypadku kodu z listingu 1.1 kompilator wciąż umieszcza kod wewnątrz metody zdefiniowanej w typie Program, jednak dla nas ten kod jest niewidoczny. W kodzie z listingu 1.2 zarówno metoda, jak i typ są wyraźnie widoczne.

W praktyce większość kodu pisanego w języku C# przypomina kod z listingu 1.2, a nie kod z listingu 1.1. Wynika to z faktu, że większość możliwości eliminowania powtarzającego się kodu wprowadzonych w C# 10.0 dotyczy wyłącznie punktu wejścia do programu. Zawsze gdy piszemy kod, który ma być wykonywany podczas uruchamiania programu, możemy pominąć metodę i klasę, w których będzie on umieszczony. Jednak każdy program ma tylko jeden punkt wejścia, dlatego cały pozostały kod wciąż musi być jawnie umieszczany w metodach i klasach.

W praktyce projekty składają się z wielu plików, a zazwyczaj także z wielu projektów, dlatego teraz przedstawię nieco bardziej realistyczny przykład, a mianowicie napiszemy program, który wylicza średnią liczb (oczywiście mam tu na myśli średnią arytmetyczną). Oprócz tego przygotowujemy od razu drugi projekt, który testuje działanie pierwszego. Będziemy zatem mieli do czynienia z dwoma projektami, a to oznacza, że tym razem będziemy potrzebować rozwiązania. Zaczniemy od utworzenia katalogu o nazwie *Averages*. Jeśli czytając tekst, od razu wykonujesz opisywane w nim czynności, zwróć uwagę, że nie ma znaczenia, gdzie utworzysz ten katalog, choć umieszczanie go w katalogu pierwszego projektu jest *naprawdę kiepskim* pomysłem — *nie* należy tak robić. A zatem otwórz okno wiersza poleceń, przejdź w nim do utworzonego wcześniej katalogu *Averages*, a potem wykonaj następujące polecenie:

```
dotnet new sln
```

Jego wykonanie spowoduje utworzenie nowego pliku rozwiązania o nazwie *Averages.sln*. (Polecenie `dotnet new` zazwyczaj nadaje nowym rozwiązaniom i projektom nazwy odpowiadające nazwie bieżącego katalogu, w którym zostało wykonane, choć nazwy te można także podawać samodzielnie). Teraz do tego rozwiązania dodamy dwa projekty. Możemy to zrobić, wykonując dwa poniższe polecenia:

```
dotnet new console -o Averages
dotnet new mstest -o Averages.Tests
```

Zastosowana w tych poleceniach opcja `-o` (skrót od `output`) oznacza, że chcemy, by każdy z projektów został utworzony w nowym podkatalogu — w przypadku korzystania z wielu projektów każdy z nich musi być umieszczony we własnym, odrębnym katalogu.

Teraz musimy dodać te projekty do rozwiązania:

```
dotnet sln add ./Averages/Averages.csproj
dotnet sln add ./Averages.Tests/Averages.Tests.csproj
```

Ten drugi projekt posłuży nam do zdefiniowania testów sprawdzających działanie kodu w pierwszym projekcie (to właśnie z tego powodu podczas jego tworzenia jawnie użyliśmy typu `mstest`, zaznaczając w ten sposób, że chodzi nam o projekt korzystający z platformy do tworzenia i obsługi testów jednostkowych). Aby te testy mogły działać, drugi projekt potrzebuje dostępu do kodu umieszczonego w pierwszym projekcie. Możemy go zapewnić, wykonując następujące polecenie:

```
dotnet add ./Averages.Tests/Averages.Tests.csproj reference ./Averages/Averages.csproj
```

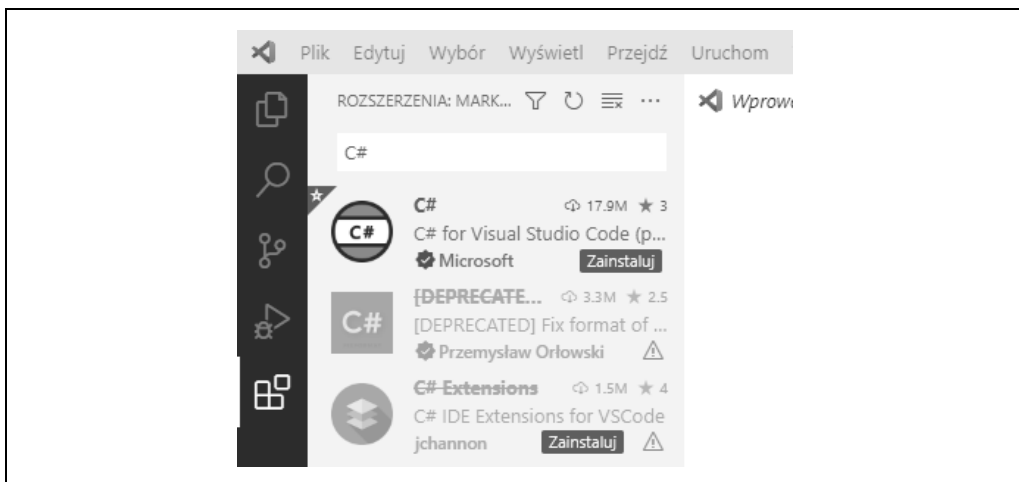
I w końcu, aby przejść do edycji kodu, możemy uruchomić w bieżącym katalogu program VS Code, używając w tym celu poniższego polecenia:

```
code .
```

Jeśli podczas lektury tekstu wykonujesz opisywane w nim czynności i jeśli jest to pierwszy raz, kiedy korzystasz z programu VS Code, to zostaniesz poproszony o podjęcie kilku decyzji, takich jak wybranie schematu kolorów. Być może będzie Cię kusić, by zignorować to pytanie, lecz jedną z możliwości, jakie będą dostępne w tym momencie, będzie zainstalowanie rozszerzeń związanych z obsługą języka. VS Code jest używany do pisania kodu w bardzo wielu językach, a jego program instalacyjny nie stara się domyślić, którego z nich Ty zechcesz używać. Oznacza to, że aby korzystać z języka C#, musisz zainstalować odpowiednie rozszerzenie. Jeśli jednak będziesz postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi przez VS Code, to program sam zainstaluje przygotowane przez Microsoft rozszerzenie do obsługi języka C#. Jeżeli VS Code nie zaproponuje Ci zainstalowania tego rozszerzenia, nie panikuj, bo być może już jest zainstalowane, więc zadawanie tych wstępnych pytań nie jest konieczne, albo od czasu kiedy przygotowywałem tę książkę, zmienił się sposób działania VS Code podczas jego pierwszego uruchamiania. Na szczęście rozszerzenia można wyszukiwać i instalować bardzo łatwo. Wystarczy kliknąć ikonę *Rozszerzenia*<sup>5</sup> (*Extensions*), umieszczoną na pasku z lewej strony okna VS Code, a zostanie wyświetlony panel z listą wszystkich rozszerzeń, które, według programu, mogą się nam przydać w bieżącym kontekście. Jeśli uruchomimy program w katalogu zawierającym plik `.csproj`, to na tej liście powinno być widoczne rozszerzenie do obsługi C#. Jeśli jednak tak się nie stanie, zawsze możesz samodzielnie poszukać potrzebnego rozszerzenia. Na rysunku 1.1 pokazałem panel rozszerzeń VS Code — można go wyświetlić, klikając ikonę na pasku z lewej strony okna programu (ostatnią z ikon widocznych na rysunku).

---

<sup>5</sup> Podczas pierwszego uruchamiania VS Code program automatycznie proponuje zainstalowanie rozszerzenia polonizującego interfejs użytkownika, dlatego w dalszej części tekstu będę się posługiwał polskimi nazwami opcji, podając ich angielskie odpowiedniki w nawiasach — *przyp. tłum.*



Rysunek 1.1. Panel rozszerzeń VS Code z widocznym rozszerzeniem do obsługi języka C#

Jak widać na rysunku, w polu wyszukiwania na górze panelu wpisałem C#, a pierwszym z wyświetlonych wyników jest rozszerzenie do obsługi C# przygotowane przez Microsoft. Oprócz niego na liście wyników pojawiło się kilka innych rozszerzeń. Jeśli czytasz książkę i od razu wykonujesz opisywane czynności, to upewnij się, że wybierasz odpowiednie rozszerzenie. Kliknięcie jednego z rozszerzeń wyświetlonych na liście spowoduje wyświetlenie szczegółowych informacji na jego temat. W naszym przypadku pełna nazwa rozszerzenia powinna brzmieć „C# for Visual Studio Code (powered by OmniSharp)”, a jego wydawcą (ang. *publisher*) powinna być firma Microsoft. Aby zainstalować rozszerzenie, wystarczy kliknąć przycisk *Install*.

Pobranie i zainstalowanie rozszerzenia dla języka C# może zająć kilka minut, a kiedy zostanie zakończone, to lewy dolny róg okna VS Code powinien wyglądać tak jak na rysunku 1.2 — powinny być na nim widoczne nazwa pliku rozwiązania oraz ikona płomienia, oznaczająca, że OmniSharp, system obsługujący język C# w VS Code, jest gotowy. Może się także zdarzyć, że w górnej części okna VS Code zostanie wyświetlone okienko do wyboru projektu — rozszerzenie C# przeskanuje bowiem katalog rozwiązania i znajdzie w nim nasze rozwiązanie oraz dwa projekty wchodzące w jego skład. Normalnie VS Code otworzy jedynie plik rozwiązania, ale w zależności od konfiguracji systemu może również poprosić o wybranie jednego z dostępnych projektów. My mamy zamiar pracować z oboma projektami, więc wybierz opcję *Averages.sln*.

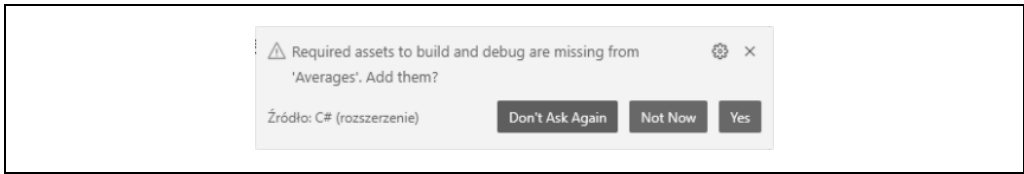


Rysunek 1.2. Pasek statusu Visual Studio Code

Kolejną czynnością, jaką wykona VS Code, jest przeskanowanie wszystkich kodów źródłowych we wszystkich projektach należących do rozwiązania. Oczywiście w naszym przypadku nie ma ich jeszcze zbyt wiele, jednak VS Code będzie analizować kod podczas jego wpisywania, co pozwoli mu wykrywać problemy i wyświetlać przydatne sugestie. W trakcie tego procesu program wykryje, że nie dysponujemy jeszcze plikiem konfiguracyjnym z informacjami o sposobie budowania

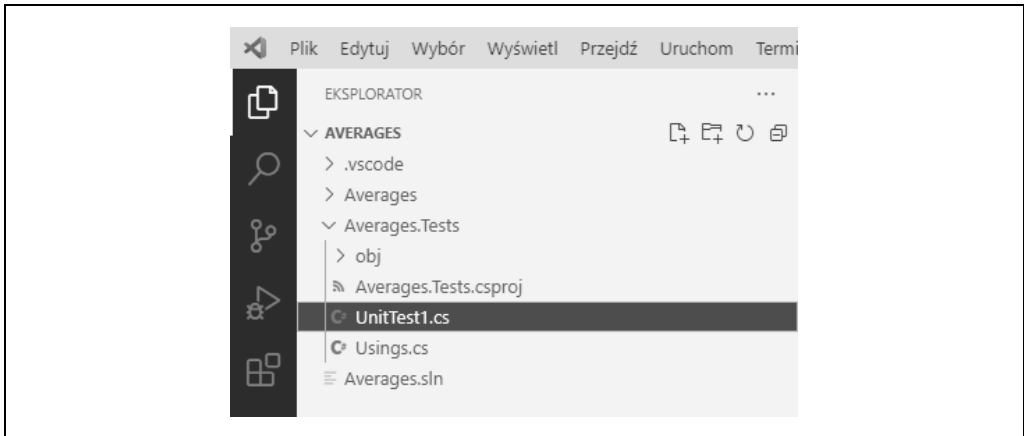


i debugowania projektów. Wyświetli także (w prawym dolnym rogu okna) okienko dialogowe umożliwiające jego dodanie (zobacz rysunek 1.3). Warto kliknąć w nim przycisk *Yes*, a następnie wybrać opcję *Averages.csproj*, aby wskazać program główny, dzięki czemu VS Code będzie wiedzieć, którego kodu ma użyć, gdy poprosimy o jego uruchomienie lub rozpoczęcie debugowania.



Rysunek 1.3. Wyświetlane przez rozszerzenie C# pytanie o dodanie zasobów do budowania i debugowania

Pliki wchodzące w skład rozszerzenia i projektów są prezentowane w panelu *Eksplorator (Explorer)*, który można wyświetlić, klikając ikonę umieszczoną na samej górze paska z lewej strony okna VS Code. Jak widać na rysunku 1.4 panel ten prezentuje katalogi i pliki. Na rysunku rozwinąłem zawartość katalogu *Averages.Tests* i zazaczyłem plik *UnitTest1.cs*.



Rysunek 1.4. Panel Eksplorator Visual Studio Code



Pojedyncze kliknięcie pliku w panelu *Explorer* powoduje, że VS Code wyświetla plik na **karcie podglądu** (ang. *preview tab*), co oznacza, że nie będzie on prezentowany zbyt długo: gdy tylko klikniemy jakiś inny plik, umieszczony w nim kod zastąpi dotychczasową zawartość karty. Rozwiązanie to zostało zaprojektowane po to, by uniknąć otwierania setek kart, jednak gdy często przełączamy się pomiędzy dwoma plikami, może ono być denerwujące. Można go jednak uniknąć: wystarczy dwukrotnie kliknąć plik, który chcemy otworzyć — powoduje to otworenie zawartości pliku w normalnej karcie, która pozostanie otwarta aż do momentu, kiedy ją celowo zamkniemy. Ewentualnie, jeśli interesujący nas plik już jest otwarty w karcie podglądu, wystarczy dwukrotnie kliknąć gdziekolwiek w obszarze tej karty, by przekształcić ją w normalną. VS Code wyświetla nazwy plików na karcie podglądu kursywą; łatwo zauważyć, że po dwukrotnym kliknięciu czcionka w nazwie karty zostaje zmieniona na normalną.

Być może się zastanawiasz, dlaczego na rysunku 4.1 wyświetliłem zawartość katalogu *Averages.Tests*. Otóż zrobiłem tak dlatego, że ten projekt testowy pozwoli nam upewnić się, iż główny projekt, *Averages*, będzie działał zgodnie z oczekiwaniami. Tak się składa, że jestem zwolennikiem stylu programowania, w którym najpierw pisane są testy, a dopiero potem kod, który testują. Właśnie dlatego zaczniemy od projektu testowego.

## Pisanie testu jednostkowego

Nieco wcześniej, w poleceniu tworzącym drugi projekt, jawnie określiłem jego typ: `mstest`. Użycie tego szablonu projektu spowodowało wygenerowanie klasy testowej umieszczonej w pliku *UnitTest1.cs*. My jednak będziemy chcieli wybrać bardziej opisową nazwę. Istnieje wiele różnych szkół określania struktury tworzonych testów jednostkowych. Niektórzy programiści opowiadają się za tworzeniem jednej klasy testowej dla każdej klasy, którą chcemy testować, jednak ja preferuję rozwiązanie polegające na tworzeniu odrębnej klasy testowej dla każdego **scenariusza**, w jakim klasa ma być testowana, oraz odrębnych metod dla wszystkich warunków, które w danym scenariuszu powinny być spełnione przez nasz kod. Nasz program główny będzie działał tylko w jeden sposób: będzie obliczał średnią arytmetyczną liczb wpisanych jako dane wejściowe. Dlatego zmienimy nazwę pliku testu jednostkowego z *UnitTest1.cs* na *WhenCalculatingAverages.cs*. (Nazwę pliku można zmienić poprzez kliknięcie go prawym przyciskiem myszy w panelu *Explorer* VS Code i wybranie z menu podręcznego opcji *Rename*). Ten test pozwoli nam upewnić się, że wyniki obliczone dla kilku określonych liczb będą prawidłowe. Kompletny kod testu jednostkowego przedstawiłem na listingu 1.3; zawiera on dwa testy, których kod został wyróżniony pogrubieniem.

Listing 1.3. Klasa testu jednostkowego dla naszego pierwszego programu

```
using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting;

namespace Averages.Tests;

[TestClass]
public class WhenCalculatingAverages
{
    [TestMethod]
    public void SingleInputShouldProduceSameValueAsResult()
    {
        string[] inputs = { "1" };
        double result = AverageCalculator.ArithmeticMean(inputs);
        Assert.AreEqual(1.0, result, 1E-14);
    }

    [TestMethod]
    public void MultipleInputsShouldProduceAverageAsResult()
    {
        string[] inputs = { "1", "2", "3" };
        double result = AverageCalculator.ArithmeticMean(inputs);
        Assert.AreEqual(2.0, result, 1E-14);
    }
}
```

Każdy z fragmentów powyższego kodu zostanie opisany nieco później, po przedstawieniu samego programu. Na razie najbardziej interesującym aspektem tego przykładu są dwie metody. Pierwszą z nich jest `SingleInputShouldProduceSameValueAsResult`, która upewnia się, że program prawidłowo oblicza średnią w przypadku, gdy zostanie wpisana tylko jedna liczba. Pierwszy wiersz kodu w metodzie opisuje dane wejściowe — w tym przypadku jest nimi pojedyncza liczba. (Nieco dziwnie może wyglądać to, że w teście liczby są reprezentowane w formie łańcuchów znaków. Dzieje się tak, gdyż do programu głównego dane wejściowe będą przekazywane w postaci argumentów wiersza poleceń, a test musi to prawidłowo odzwierciedlać). Drugi wiersz metody wywołuje testowany kod (którego jeszcze nie napisaliśmy). Trzeci wiersz stwierdza, że wyliczona średnia musi być równa jedynej danej wejściowej. Jeśli średnia będzie inna, test zgłosi błąd. Druga z metod klasy testowej, `MultipleInputsShouldProduceAverageAsResult`, testuje nieco bardziej złożony przypadek, w którym dane wejściowe zawierają trzy liczby, jednak jego ogólna postać jest taka sama jak w przypadku pierwszego testu.



W tym przypadku korzystamy z typu `double` języka C#, czyli liczb zmiennoprzecinkowych o podwójnej precyzji, co pozwoli nam obsługiwać wyniki, które nie są liczbami całkowitymi. Wbudowane typy danych języka C# opisałem dokładniej w następnym rozdziale, musisz jednak pamiętać, że podobnie jak w większości innych języków programowania, także w C# arytmetyka zmiennoprzecinkowa ma ograniczoną dokładność. Metoda `Assert.AreEqual`, której używamy do sprawdzania wyników, uwzględnia te ograniczenia i pozwala określić maksymalną tolerancję dla niedokładności porównania. Ostatni argument obu jej wywołań, `1E-14`, oznacza liczbę 1 podzieloną przez 10 do potęgi 14. Oznacza to, że testy wymagają, by odpowiedź była poprawna z dokładnością do 14 miejsc po przecinku dziesiętnym.

Skupmy się na jednym, konkretnym wierszu obu tych testów, a mianowicie wierszu wywołującym kod, który chcemy testować. Wiersz ten przedstawiłem na listingu 1.4. Pokazuje on, w jaki sposób w języku C# można wywoływać metodę, która zwraca wynik. Rozpoczyna się on od zadeklarowania zmiennej, która będzie przechowywać wynik. (Słowo `double` określa typ danych, a `result` jest nazwą zmiennej). W C# wszystkie metody muszą być definiowane wewnątrz jakiegoś typu, a zatem używamy tu zapisu podobnego jak w przedstawionym wcześniej przykładzie wywołującym metodę `Console.WriteLine`: nazwa typu, kropka i nazwa metody. Za nazwą metody, w nawiasach, podawane są argumenty wywołania.

Listing 1.4. Postać wywołania metody

```
double result = AverageCalculator.ArithmeticMean(inputs);
```

Jeśli wpisujesz prezentowany tu kod podczas lektury książki, to po pierwsze należy Ci się szacunek! A po drugie: jeżeli przyjrzyj się dwóm miejscom, w których występuje przedstawiony wiersz kodu (a występuje w obu metodach), to zapewne zauważysz, że VS Code każde wystąpienie nazwy `AverageCalculator` podkreśla cienką, falistą linią. Jeśli umieścimy wskaźnik myszy na takim wyróżnionym tekście, VS Code wyświetli komunikat błędu, taki jak na rysunku 1.5.

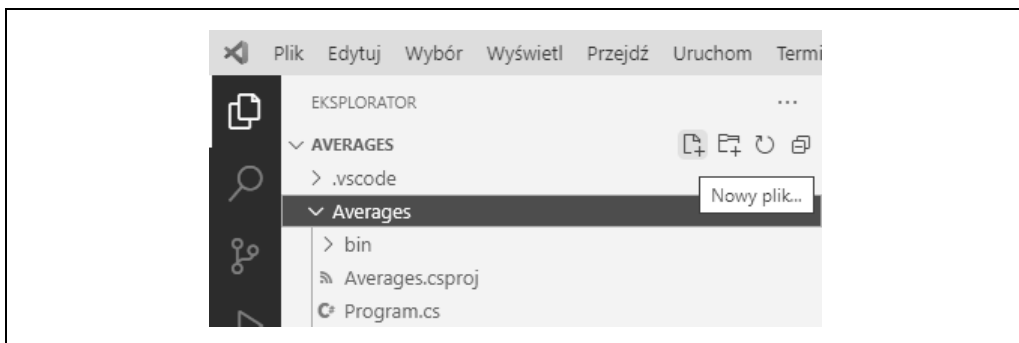
```
[TestMethod]
0 references | Run Test | Debu
public void SingleIn
{
    string[] inputs
    double result = AverageCalculator.ArithmeticMean(inputs);
    Assert.AreEqual(1.0, result, 1E-14);
}
```

Nazwa „AverageCalculator” nie istnieje w bieżącym kontekście [Averages.Tests] csharp(CS0103)

Wyświetl problem Brak dostępnych szybkich poprawek

Rysunek 1.5. Oznaczenie nierozpoznanego typu

Ten błąd informuje nas o tym, o czym już wiemy: kod, którego działanie test ma sprawdzać, nie został jeszcze napisany. Spróbujmy zatem rozwiązać ten problem. W tym celu musimy dodać nowy plik. Możemy to zrobić w panelu *Explorer* VS Code, klikając skrajny lewy przycisk wyświetlony z prawej strony paska z tytułem panelu. Jak pokazałem na rysunku 1.6, umieszczenie wskaźnika myszy na tym przycisku powoduje wyświetlenie etykiety ekranowej potwierdzającej przeznaczenie przycisku. Kliknij przycisk, a następnie wpisz nazwę tworzonego pliku: *AverageCalculator.cs*.



Rysunek 1.6. Dodawanie nowego pliku

W efekcie VS Code utworzy nowy, pusty plik. Dodamy doń najkrótszy możliwy kod niezbędny do rozwiązania problemu zasygnalizowanego przez błąd pokazany na rysunku 1.5. Kod przedstawiony na listingu 1.5 spełni wymagania kompilatora C#. Nie będzie on jednak kompletny, nie będzie bowiem wykonywał niezbędnych obliczeń (tym zajmiemy się nieco później).

Listing 1.5. Prosta klasa

```
namespace Averages;

public static class AverageCalculator
{
    public static double ArithmeticMean(string[] args)
    {
        return 1.0;
    }
}
```

Teraz kod można już skompilować, a to oznacza, że możemy także przeprowadzić testy. W tym celu wykonaj poniższe polecenie:

```
dotnet test
```

Jego wykonanie spowoduje wyświetlenie następujących wyników:

```
Niepowodzenie MultipleInputsShouldProduceAverageAsResult [26 ms]
Komunikat o błędzie:
  Assert.AreEqual failed. Expected a difference no greater than <1E-14> between expected
  ↳value <2> and actual value <1>.
Ślad stosu:
  at Averages.Tests.UnitTest1.MultipleInputsShouldProduceAverageAsResult() in H:\
  ↳Programming C# 10.0\R01\Averages\Averages.Tests\WhenCalculatingAverages.cs:line 19

Niepowodzenie! – niepowodzenie:      1, powodzenie:      1, pominięto:      0, łącznie:      2,
czas trwania: 95 ms - Averages.Teststs.dll (net6.0)
```

Zgodnie z oczekiwaniami testy nie zostaną wykonane poprawnie, gdyż nie napisaliśmy jeszcze kodu implementującego obliczanie średniej. Jednak zanim to zrobimy, chciałem wyjaśnić wszystkie elementy kodu z listingu 1.5, gdyż stanowi on doskonały przykład prezentujący kilka ważnych elementów składni oraz struktury kodu C#. Pierwszym elementem umieszczonym w tym pliku jest **deklaracja przestrzeni nazw**.

## Przestrzenie nazw

**Przestrzenie nazw** (ang. *namespace*) wnoszą porządek i strukturę do świata, który bez nich byłby jednym wielkim chaosem. Biblioteka uruchomieniowa .NET zawiera bardzo wiele typów, a wiele innych istniejących bibliotek udostępnia kolejne, nie wspominając w ogóle o tych, które samodzielnie napiszesz. W przypadku tak wielkiej liczby elementów posiadających własne nazwy pojawiają się dwa podstawowe problemy. Przede wszystkim bardzo trudno jest zagwarantować niepowtarzalność nazw. Poza tym sporych problemów może przysporzyć odszukanie potrzebnego API — jeśli nie znamy lub nie jesteśmy w stanie zgadnąć odpowiedniej nazwy, to znalezienie jej na liście liczącej tysiące pozycji może być bardzo trudne. Przestrzenie nazw rozwiązują oba te problemy.

Większość typów platformy .NET została zdefiniowana w przestrzeniach nazw. Istnieją pewne konwencje związane z ich tworzeniem i stosowaniem, z którymi będziesz się bardzo często stykać. Na przykład typy umieszczone w bibliotekach uruchomieniowych .NET należą do przestrzeni nazw, których nazwy zaczynają się od System. Co więcej, Microsoft stworzył bardzo wiele przydatnych bibliotek, które nie wchodzą w skład podstawowej części platformy .NET; ich nazwy zazwyczaj zaczynają się od Microsoft, bądź też, jeśli są przeznaczone do użycia z jakąś konkretną technologią, ich nazwy mogą odpowiadać nazwie tej technologii. (Na przykład biblioteki pozwalające korzystać z chmurowej platformy Microsoftu, Azure, definiują typy umieszczone w przestrzeniach nazw, których nazwy rozpoczynają się od Azure). Biblioteki stworzone i dostarczane przez inne firmy także zazwyczaj mają nazwy rozpoczynające się od nazwy firmy lub produktu, natomiast nazwy bibliotek tworzonych w ramach otwartych projektów rozpoczynają się przeważnie od nazwy projektu. Nie ma żadnego nakazu, który by nas zmuszał do umieszczania naszych własnych typów w przestrzeniach nazw, jednak zaleca się, by właśnie tak postępować. C# nie traktuje przestrzeni

nazw System w żaden specjalny sposób, zatem nic nie stoi na przeszkodzie, byśmy używali jej w swoich własnych typach, choć jeśli nie piszemy kodu rozbudowującego bibliotekę uruchomieniową .NET, który zostanie opublikowany jako **prośba wprowadzenia zmian** (ang. *pull request*) do repozytorium środowiska uruchomieniowego .NET (<https://github.com/dotnet/runtime>), to nie będzie to dobry pomysł, gdyż może zmylić innych programistów. Na potrzeby definiowania własnego kodu należy raczej wybrać coś bardziej unikatowego, na przykład nazwę firmy lub produktu. Jak widać w pierwszym wierszu listingu 1.5, klasę `AverageCalculator` zdefiniowaliśmy w przestrzeni nazw `Averages`, co odpowiada nazwie naszego projektu.

Styl deklarowania przestrzeni nazw przedstawiony na listingu 1.5 jest nowością wprowadzoną w C# 10.0. Obecnie w przeważającej większości kodu, z jakim będziesz się stykać, stosowany jest starszy, nieco dłuższy zapis, przedstawiony na listingu 1.6. Różnica polega na tym, że w starszym sposobie deklarowania przestrzeni nazw za nazwą jest umieszczana para nawiasów klamrowych (`{}`), a efekt deklaracji odnosi się do jej zawartości. Takie rozwiązanie pozwala umieszczać kilka deklaracji przestrzeni nazw w jednym pliku. Jednak w praktyce przeważająca większość plików z kodem C# będzie zawierać deklarację tylko jednej przestrzeni nazw. A to oznacza, że w przypadku stosowania tego starszego stylu deklarowania przestrzeni nazw przeważająca większość kodu zapisanego w każdym z plików musi być umieszczona w nawiasach klamrowych i odpowiednio wcięta. W nowym stylu deklarowania, przedstawionym na listingu 1.5, przestrzeń nazw będzie zawierać wszystkie typy zadeklarowane w pliku, i to bez konieczności jawnego umieszczenia ich w nawiasach klamrowych. Ten nowy styl deklarowania przestrzeni nazw jest jednym z nowych rozwiązań wprowadzonych w C# 10.0, mających na celu ograniczenie nieproduktywnego bałaganu w kodzie źródłowym.

Listing 1.6. Deklaracja przestrzeni nazw przed wprowadzeniem C# 10.0

```
namespace Averages
{
    public static class AverageCalculator
    {
        ...reszta jak wcześniej...
    }
}
```

Przestrzenie nazw zazwyczaj stanowią także pewną odpowiedź dotyczącą przeznaczenia typu. Na przykład wszystkie typy związane z obsługą plików dostępne w bibliotece uruchomieniowej należą do przestrzeni nazw `System.IO`, natomiast typy związane z komunikacją sieciową — do przestrzeni `System.Net`. Przestrzenie nazw mogą także tworzyć hierarchie. Dlatego przestrzeń nazw `System` zawiera typy, jak również kilka innych przestrzeni nazw, na przykład `System.Net`, która z kolei zawiera dalsze przestrzenie, takie jak `System.Net.Sockets` oraz `System.Net.Mail`. Przykłady te pokazują, że przestrzenie nazw pełnią także rolę opisów pomagających w korzystaniu z zawartości biblioteki. Poszukując narzędzi do obsługi wyrażeń regularnych, możemy przejrzeć listę dostępnych przestrzeni nazw i zwrócić uwagę, że jest wśród nich dostępna przestrzeń `System.Text`. Przeglądając jej zawartość, znajdziemy kolejną przestrzeń nazw — `System.Text.Regular` ↪ `Expressions` — i w tym momencie uzyskamy już pewność, że trafiliśmy we właściwe miejsce.

Przestrzenie nazw pozwalają także zapewniać niepowtarzalność. Przestrzeń, do jakiej należy dany typ, jest elementem jego pełnej nazwy. Dzięki temu biblioteki mogą nadawać swoim typom krótkie

i proste nazwy. Na przykład API do obsługi wyrażeń regularnych zawiera klasę `Capture`, reprezentującą wyniki zwrócone podczas próby dopasowania wyrażenia. Jeśli jednak pracujemy nad oprogramowaniem związanym z przetwarzaniem obrazów, to ten sam angielski termin **capture** będzie najczęściej używany w kontekście pobierania pewnych danych obrazu, możemy zatem uznać, że nazwa `Capture` będzie najbardziej odpowiednia dla którejś z naszych klas. Byłoby bardzo denerwujące, gdybyśmy musieli wymyślać jakieś inne nazwy tylko dlatego, że te, które nam najbardziej odpowiadają, zostały już wykorzystane; zwłaszcza skoro nasz kod do przetwarzania obrazów w ogóle nie korzysta z wyrażeń regularnych, a co za tym idzie — nie mamy zamiaru korzystać z istniejącego typu `Capture`.

Ale w rzeczywistości nie ma większego problemu. Oba typy mogą nazywać się `Capture`, a jednocześnie ich nazwy mogą być różne. Pełną nazwą klasy `Capture` związanej z obsługą wyrażeń regularnych jest w rzeczywistości `System.Text.RegularExpressions.Capture`; analogicznie pełna nazwa naszej klasy także będzie zawierać określenie przestrzeni nazw (na przykład `SpiffingSoftworks.Imaging.Capture`).

Jeśli naprawdę będziemy tego chcieli, to podczas każdego użycia typu możemy podawać jego pełną nazwę, jednak większość programistów nie chce robić czegoś tak męczącego i tu właśnie przydają się dyrektywy `using` umieszczone na początku kodu z listingów 1.2 i 1.3. Bardzo często na początku pliku źródłowego będzie umieszczona cała lista takich dyrektyw, które określają przestrzenie nazw zawierające typy używane w danym pliku. Zazwyczaj będziemy edytować tę listę, dostosowując ją do wymagań kodu w konkretnym pliku. Na przykład w naszym przypadku podczas generowania projektu testowego polecenie `dotnet` dodało dyrektywę `using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting`. W zależności od kontekstu spotkamy się z różnymi zestawami dyrektyw `using`. Na przykład, jeśli do projektu dodamy klasę reprezentującą kontrolkę interfejsu użytkownika, to Visual Studio umieści na liście różne przestrzenie nazw związane z obsługą interfejsu użytkownika.

Projekty korzystające z możliwości C# 10.0 przeważnie będą zawierać mniej dyrektyw `using`, niż możemy zobaczyć w kodzie pisanim w starszych wersjach języka (czyli obecnie niemal we wszystkich). Dzieje się tak ze względu na nową możliwość wprowadzoną w C# 10.0, tak zwane **globalne dyrektywy `using`** (ang. *global using directives*). Jeśli przed dyrektywą umieścimy słowo kluczowe `global`, jak pokazałem na listingu 1.7, to dyrektywa ta będzie się odnosić do wszystkich plików źródłowych w projekcie. .NET SDK przesuwa tę możliwość jeszcze o krok dalej: generuje w projekcie plik ukryty zawierający zestaw dyrektyw `global using`, aby zapewnić, że w projekcie będą dostępne takie przestrzenie nazw jak `System` i `System.Collections.Generic`. (Dokładny zestaw przestrzeni nazw dodawanych w ten sposób zmienia się zależnie od typu projektu, na przykład projekty aplikacji internetowych zawierają kilka dodatkowych przestrzeni. Jeśli zastanawiasz się, dlaczego rozwiązanie z listingu 1.7 nie zostało zastosowane w naszym przykładowym projekcie testowym, to wiedz, że powodem jest brak odrębnego typu projektu dla projektów zawierających testy jednostkowe — .NET SDK traktuje je jako pewien rodzaj bibliotek klas).

*Listing 1.7. Dyrektywa `global using`*

```
global using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting;
```

Dzięki użyciu deklaracji `using` (bądź to bezpośrednio w pliku, bądź też globalnie) będzie w nim można stosować skrócone, a nie pełne nazwy klas. Wiersz, który sprawia, że kod z listingu 1.1 realizuje swoje zadanie, korzysta z klasy `System.Console`, jednak dzięki temu, że SDK dodało

niejawną dyrektywę `global using` odwołującą się do przestrzeni nazw `System`, można w nim używać skróconej nazwy — `Console`.



Wcześniej w tym rozdziale użyliśmy programu narzędziowego `dotnet`, by dodać do projektu `Averages.Tests` odwołanie do projektu `Averages`. Można by sądzić, że określanie tych odwołań jest zbyteczne — w końcu czy kompilator nie jest w stanie określić niezbędnych zewnętrznych bibliotek na podstawie podanych w kodzie dyrektyw `using`? Mógłby, gdyby istniało bezpośrednie odwzorowanie pomiędzy przestrzeniami nazw oraz bibliotekami lub pakietami. Jednak takiego odwzorowania nie ma. Czasami jednak istnieje zauważalny związek, na przykład w popularnym pakiecie `NuGet Newtonsoft.Json` jest biblioteka `Newtonsoft.Json.dll` zawierająca klasy należące do przestrzeni nazw `Newtonsoft.Json`. Jednak często takiego związku nie ma — biblioteka uruchomieniowa `.NET` zawiera plik `System.Private.CoreLib.dll`, ale nie ma przestrzeni nazw `System.Private.CoreLib`. Dlatego konieczne jest przekazanie kompilatorowi informacji o tym, których bibliotek potrzebuje nasz program, jak również określenie, które przestrzenie nazw będą używane. Szczegółowe informacje dotyczące natury oraz struktury plików bibliotek zostały zamieszczone w rozdziale 12.

Jednak nawet pomimo korzystania z przestrzeni nazw mogą się pojawiać niejednoznaczności. Może się zdarzyć, że w jednym pliku źródłowym zechcemy używać dwóch przestrzeni nazw, a każda z nich będzie definiować tę samą klasę. Chcąc używać takiej klasy, będziemy musieli zrobić to jawnie, czyli podać jej pełną nazwę. Jeśli takie klasy będą się pojawiały w pliku bardzo często, to istnieje pewien sposób pozwalający nieco skrócić ilość wpisywanego kodu: nazwę klasy będziemy musieli podać tylko raz, gdyż zdefiniujemy dla niej **nazwę zastępczą**. Kod przedstawiony na listingu 1.8 korzysta z nazw zastępczych, by rozwiązać konflikt, z którym spotkałem się już kilka razy: `Windows Presentation Foundation (WPF)` — platforma do obsługi interfejsu użytkownika wchodząca w skład `.NET` — definiuje klasę `Path` służącą do pracy z krzywymi Béziera, wielobokami oraz innymi kształtami, jednak istnieje także klasa `Path`, ułatwiająca operacje na ścieżkach dostępu do plików i katalogów, a może się zdarzyć, że będziemy chcieli używać obu tych typów jednocześnie, by w graficznie wyświetlić zawartość pliku. W tym przypadku dodanie dyrektyw `using` dla obu przestrzeni nazw sprawi, że nazwa `Path` podana w skróconej formie będzie niejednoznaczna. Jednak jak pokazuje listing 1.8, dla każdej z tych klas można zdefiniować unikatową nazwę zastępczą.

*Listing 1.8. Usuwanie niejednoznaczności poprzez użycie nazw zastępczych*

```
using System.IO;
using System.Windows.Shapes;
using IoPath = System.IO.Path;
using WpfPath = System.Windows.Shapes.Path;
```

Po określeniu nazw zastępczych możemy używać nazwy `IoPath` jako synonimu klasy `Path` związanej z systemem plików oraz nazwy `WpfPath` jako synonimu klasy graficznej.

Swoją drogą, korzystając z nazw typów należących do własnej przestrzeni nazw, nie trzeba jej jawnie podawać, i to bez konieczności stosowania odpowiedniej dyrektywy `using`. To właśnie z tego powodu kod przedstawiony na listingu 1.3 nie używał dyrektywy `using Averages;`. Być może jednak zastanawiasz się, jak to wszystko działa, gdyż kod testu deklaruje inną przestrzeń nazw: `Averages.Tests`. Aby to zrozumieć, musisz poznać zagnieżdżone przestrzenie nazw.



## Zagnieżdżone przestrzenie nazw

Jak już wiesz, biblioteka uruchomieniowa .NET korzysta z zagnieżdżonych przestrzeni nazw, i to korzysta powszechnie. Również Ty zapewne zechcesz z nich często korzystać. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszym jest zagnieżdżanie deklaracji przestrzeni nazw, przedstawione na listingu 1.9.

Listing 1.9. Zagnieżdżanie deklaracji przestrzeni nazw

```
namespace MyApp
{
    namespace Storage
    {
        ...
    }
}
```

Alternatywnym rozwiązaniem jest podanie pełnej nazwy przestrzeni w jednej deklaracji, jak pokazałem na listingu 1.10. To rozwiązanie jest stosowane znacznie częściej. Ten styl deklarowania można stosować zarówno korzystając z nowej składni deklaracji przestrzeni nazw wprowadzonej w C# 10.0 (zobacz listing 1.10), jak i w przypadku korzystania ze starego stylu używającego nawiasów klamrowych.

Listing 1.10. Określanie zagnieżdżonych przestrzeni nazw w jednej deklaracji

```
namespace MyApp.Storage;
```

Kod umieszczany w zagnieżdżonej przestrzeni nazw będzie mógł korzystać z typów należących do tej samej przestrzeni, jak i do przestrzeni zewnętrznej, bez konieczności podawania ich pełnych nazw. Kod umieszczony w przestrzeniach z listingów 1.9 i 1.10 nie wymagałby podawania pełnych nazw ani stosowania dyrektywy `using` w odwołaniach do typów należących do przestrzeni `MyApp.Storage` i `MyApp`. To właśnie dzięki temu w przykładzie z listingu 1.3 nie musieliśmy dodawać dyrektywy `using Averages;`, by móc odwoływać się do klasy `AverageCalculator` zadeklarowanej w przestrzeni nazw `Averages`: nasz test został zadeklarowany w przestrzeni `Averages.Tests`, a ponieważ była ona zagnieżdżona w przestrzeni `Averages`, to jej kod automatycznie miał dostęp do zewnętrznej przestrzeni nazw.

W przypadku stosowania zagnieżdżonych przestrzeni nazw używana jest konwencja polegająca na tworzeniu struktury katalogów odpowiadającej hierarchii przestrzeni. Niektóre narzędzia oczekują, że będziemy stosować się do tej konwencji. Choć VS Code nie ma pod tym względem żadnych oczekiwań, to jednak Visual Studio z tej konwencji korzysta. Jeśli nasz projekt nosi nazwę `MyApp`, to wszystkie nowe klasy dodawane do projektu Visual Studio będzie domyślnie umieszczać w przestrzeni nazw `MyApp`. Gdy w takim projekcie utworzymy nowy katalog, na przykład o nazwie `Storage`, to wszystkie nowe klasy umieszczane w tym katalogu Visual Studio będzie umieszczało w przestrzeni nazw `MyApp.Storage`. Nie jest to jednak żaden wymóg — Visual Studio po prostu dodaje deklaracje przestrzeni nazw do każdego tworzonego pliku, nic jednak nie stoi na przeszkodzie, by je zmienić. Kompilator w żaden sposób nie sprawdza, czy nazwa przestrzeni nazw odpowiada strukturze katalogów. Ponieważ jednak różna narzędzia, w tym Visual Studio, stosują tę konwencję, to ułatwimy sobie życie, jeśli i my z niej skorzystamy.

# Klasy

W naszym pliku *AverageCalculator.cs*, poniżej deklaracji przestrzeni nazw, została umieszczona definicja **klasy**. Ten fragment pliku przedstawia listing 1.11. W tym przypadku definicja klasy rozpoczyna się od słowa kluczowego `public`, które sprawia, że dana klasa będzie mogła być używana przez inne komponenty programu. Następnie umieszczone jest słowo kluczowe `static`, które oznacza, że nie przewidujemy możliwości tworzenia instancji czy też obiektów danej klasy — będzie ona udostępniać jedynie operacje charakterystyczne dla klasy, a nie możliwości zależne od poszczególnych obiektów. Kolejnym elementem deklaracji klasy jest słowo kluczowe `class`, po którym została podana nazwa klasy. Ponieważ kod klasy należy do przestrzeni nazw, pełna nazwa typu ma postać `Averages.AverageCalculator`. Jak widać, w języku C# do ograniczania wszelkiego rodzaju bloków kodu używane są nawiasy klamrowe (`{}`) — widzieliśmy je już przy okazji starszego (choć wciąż powszechnie używanego) stylu deklaracji przestrzeni nazw, a w tym przykładzie służą do określenia zasięgu klasy oraz umieszczonej w niej metody.

Listing 1.11. Klasa wraz z metodą

```
public static class AverageCalculator
{
    public static double ArithmeticMean(string[] args)
    {
        return 1.0;
    }
}
```

Klasy są mechanizmem, którego język C# używa w celu definiowania elementów posiadających stan oraz zachowanie, czyli podstawowego idiomu programowania obiektowego. Jednak w naszym przykładzie klasa zawiera tylko i wyłącznie jedną metodę. W języku C# nie ma możliwości tworzenia metod globalnych — cały pisany kod musi być umieszczony wewnątrz jakiegoś typu. Przedstawiona klasa nie jest szczególnie interesująca — pełni jedynie rolę pojemnika zawierającego punkt wejścia do programu. Znacznie bardziej interesujące zastosowania klas zostaną przedstawione w rozdziale 3.

Podobnie jak wcześniej w przypadku klasy, także metodę oznaczyliśmy jako publiczną (`public`), by zapewnić możliwość dostępu do niej z poziomu innych komponentów. Oprócz tego zadeklarowaliśmy ją jako **statyczną**, używając słowa kluczowego `static`, dzięki czemu jej wywołanie nie będzie wymagało tworzenia instancji typu, w którym została zdefiniowana (czyli w naszym przypadku klasy `AverageCalculator`). Umieszczone w następnej kolejności słowo kluczowe `double` oznacza typ danych wyniku zwracanego przez metodę — w tym przypadku będzie to liczba zmiennoprzecinkowa o podwójnej precyzji.

Poniżej deklaracji metody znajduje się jej ciało, które w przedstawionym przykładzie ogranicza się do instrukcji zwracającej konkretną wartość. Pozostaje nam zatem zmodyfikować kod umieszczony w nawiasach klamrowych wyznaczających ciało metody. Na listingu 1.12 przedstawiłem kod, który zamiast zwracać 1.0 oblicza i zwraca średnią.

Listing 1.12. Obliczanie średniej

```
return args.Select(numText => double.Parse(numText)).Average();
```

Ten kod bazuje na funkcjach bibliotecznych służących do operowania na kolekcjach, które stanowią jeden z elementów mechanizmu określanego potocznie jako LINQ (opisałem go dokładnie w rozdziale 10.). Wyjaśnię jednak pobieżnie, jak działa ten wiersz kodu. Metoda `Select` pozwala zastosować pewną operację dla każdego elementu kolekcji. W naszym przypadku operacją tą jest wywołanie metody `double.Parse` — jest to funkcja biblioteki uruchomieniowej .NET, która konwertuje liczbę zapisaną w formie łańcucha znaków na odpowiadającą jej wartość zmienoprzecinkową o podwójnej precyzji. Następnie przekształcone w ten sposób wyniki przekazujemy do metody `Average`, która przeprowadza za nas obliczenie średniej.

Po uzupełnieniu tego kodu, jeśli teraz ponownie wykonamy polecenie `dotnet`, test okaże się, że oba testy zostaną wykonane prawidłowo. Wszystko zatem wskazuje na to, że nasz kod działa. Kiedy jednak spróbujemy zweryfikować działanie programu, wykonując go nieco nieformalnie przy użyciu poniższego polecenia, przekonamy się, że pojawia się jakiś problem:

```
./Averages/bin/Debug/net6.0/Averages 1 2 3 4 5
```

Wykonanie tego polecenia spowoduje wyświetlenie na ekranie tekstu `Hello, World!`. Napisałyśmy i przetestowałyśmy kod, który wykonuje niezbędne obliczenia, jednak na razie nie połączyłyśmy go z punktem wejścia do programu. Kod wykonywany podczas uruchamiania programu jest umieszczony w pliku `Program.cs`, choć nie ma w nim nic szczególnego. Punkt wejścia do programu można bowiem umieścić w dowolnym pliku. W starszych wersjach języka C# punkt wejścia do programu był oznaczany przy użyciu statycznej metody `Main`, takiej jak przedstawiona na listingu 1.2. Jednak od wersji C# 10.0 można także tworzyć pliki zawierające wykonywalne instrukcje bez jawnego umieszczenia ich w metodzie i typie — kompilator C# potraktuje je jako punkt wejścia do programu. (W projekcie może się znaleźć tylko jeden plik napisany w taki sposób — każdy program może mieć tylko jeden punkt wejścia). Kiedy zastąpimy dotychczasową zawartość pliku `Program.cs` kodem z listingu 1.13, program będzie działał w oczekiwany sposób.

*Listing 1.13. Punkt wejścia do programu pobierający argumenty*

```
using Averages;  
  
Console.WriteLine(AverageCalculator.ArithmeticMean(args));
```

Warto zwrócić uwagę na zastosowanie dyrektywy `using` w powyższym kodzie — w razie korzystania z uproszczonej składni punktu wejścia do programu wprowadzonej w C# 10.0 kod umieszczony w tym pliku domyślnie nie należy do żadnej przestrzeni nazw, dlatego musimy jawnie zaznaczyć, że chcemy używać klas zdefiniowanych w przestrzeni nazw `Averages`. W drugim wierszu kodu wywołujemy napisaną wcześniej metodę, przekazując do niej `args` jako argument, a następnie zwrócony wynik wyświetlamy na ekranie przy użyciu metody `Console.WriteLine`. W przypadku pisania programów korzystających z punktu wejścia tego rodzaju `args` jest nazwą specjalną — stanowi w praktyce niejawnie zdefiniowaną zmienną lokalną zapewniającą dostęp do argumentów wiersza poleceń. Będzie to tablica łańcuchów znaków, której elementami będą kolejne argumenty. Aby uruchomić program i przekazać do niego te same argumenty co wcześniej, musimy go najpierw ponownie zbudować przy użyciu polecenia `dotnet build`.



W językach należących do rodziny języka C pierwszym argumentem jest zawsze nazwa pliku programu, gdyż także i ją użytkownik wpisuje w wierszu poleceń. C# nie korzysta z tej konwencji. Jeśli program został uruchomiony bez żadnych argumentów, to tablica przekazywana do metody `Main` będzie pusta (jej długość będzie wynosić 0). Być może zauważyłeś, że nasz program nie radzi sobie dobrze w takiej sytuacji. Możesz jednak dodać nowy scenariusz testowy definiujący odpowiednie zachowanie, a następnie odpowiednio zmodyfikować kod programu.

## Testy jednostkowe

Skoro nasz program już działa, chciałbym powrócić do przedstawionych wcześniej testów jednostkowych, gdyż ilustrują one pewne cechy C#, których nie można pokazać na przykładzie programu głównego. Jeśli ponownie spojrzymy na listing 1.3, zauważymy, że rozpoczyna się on w standardowy sposób, czyli od dyrektywy `using` oraz deklaracji przestrzeni nazw, której nazwa, `Averages.Tests`, odpowiada nazwie naszego testowego projektu. Jednak sama klasa wygląda nieco inaczej. Listing 1.14 przedstawia interesujący nas aktualnie fragment kodu z listingu 1.3.

Listing 1.14. Klasa testu jednostkowego z atrybutem

```
[TestClass]
public class WhenCalculatingAverages
{
```

Bezpośrednio przed deklaracją klasy został umieszczony tekst `[TestClass]`. Jest to tak zwany **atrybut**. Atrybuty są adnotacjami, które można dodawać do klas, metod oraz innych elementów kodu. Większość z nich sama w sobie nic nie robi — kompilator pamięta jedynie, że zostały podane, i zamieszcza odpowiednie informacje o nich w wygenerowanym kodzie wynikowym — i to wszystko. Atrybuty okazują się przydatne wyłącznie wtedy, gdy ktoś ich szuka; dlatego zazwyczaj są używane przez różne platformy. W naszym przypadku korzystamy z platformy testów jednostkowych firmy Microsoft, która poszukuje klas oznaczonych atrybutem `[TestClass]`. Platforma ta zignoruje wszystkie klasy, które nie posiadają tego atrybutu. Atrybuty są zazwyczaj charakterystyczne dla konkretnej platformy, a jak się przekonasz, czytając rozdział 14., można także definiować swoje własne atrybuty.

Dwie metody zdefiniowane w klasie naszego testu jednostkowego także zostały opatrzone atrybutami. Odpowiednie fragmenty kodu z listingu 1.3 przedstawiłem na listingu 1.15. Mechanizm wykonujący testy odnajdzie i wykona wszystkie metody oznaczone atrybutem `[TestMethod]`.

Listing 1.15. Metody z atrybutami

```
[TestMethod]
public void SingleInputShouldProduceSameValueAsResult()
...
[TestMethod]
public void MultipleInputsShouldProduceAverageAsResult()
...
```

W ten sposób poznałeś każdy element programu głównego oraz projektu testowego, który sprawdza, czy program działa zgodnie z założeniami.

# Podsumowanie

W tym rozdziale przedstawiłem podstawową strukturę programów pisanych w języku C#. Stworzyliśmy w nim rozwiązanie zawierające dwa projekty — projekt testu i projekt samego programu. Zamieszczony w rozdziale przykład był bardzo prosty, dlatego każdy projekt składał się wyłącznie z jednego lub dwóch plików źródłowych, którymi mogliśmy się zainteresować. Tam, gdzie to było konieczne, pliki źródłowe rozpoczynały się od dyrektyw `using`, określających typy używane w kodzie umieszczonym w danym pliku. Punkt wejścia do programu został zapisany w nowy, skrócony sposób, wprowadzony w C# 10.0, natomiast pozostałe pliki źródłowe miały już klasyczną strukturę i zawierały deklaracje przestrzeni nazw, do których należała zawartość danego pliku, oraz klasy zawierające jedną lub więcej metod albo innych składowych, takich jak pola.

Typy oraz ich składowe zostały wyczerpująco opisane w rozdziale 3., jednak zanim do niego dotrzemy, w rozdziale 2. zajmiemy się kodem umieszczanym wewnątrz metod, który pozwala nam wyrazić to, co program ma robić.



.NET, 23, 27  
.NET Framework, 27  
.NET Native, 25, 27  
.NET Standard, 30, 583

## A

Action, 404  
adres URL, 765  
agregacja, 522  
akcesor  
    get, 192, 193, 595  
    set, 192, 193, 595  
akumulator, accumulator, 472  
AML, Application Lifecycle Management, 32  
Android, 324  
anulowanie operacji, 731  
AoT, ahead of time, 25  
apartament  
    jednowątkowy, 622  
    wielowątkowy, 622  
API, 23  
    asynchroniczne, 546  
aplikacje  
    samodzielne, 567  
    zależne od platformy, 567  
APM, Asynchronous Programming Model, 546,  
    637, 730  
argument, 175  
    typu, type argument, 219, 247  
argumenty  
    opcjonalne, 184  
    sprawdzanie poprawności, 757  
    zmienna liczba, 186  
ASCII, 95, 647  
asynchroniczne  
    przetwarzanie natychmiastowe, 465  
    wzorce, 546  
    zwalnianie, 746  
asynchroniczny wzorzec zadaniowy, TAP, 637,  
    717  
atrybut  
    [TestClass], 50  
    [TestMethod], 50  
    AggressiveInlining, 621  
    AssemblyCulture, 613  
    AssemblyFileVersion, 614  
    AssemblyKeyFileAttribute, 613, 614  
    Authorize, 611  
    CallerArgumentExpression, 618  
    CallerMemberName, 615, 617  
    DebuggableAttribute, 621  
    FromBody, 778  
    FromRoute, 611  
    InternalsVisibleToAttribute, 619, 620  
    MethodImplAttribute, 589, 621  
    MTAThread, 622  
    NeutralResourcesLanguageAttribute, 613  
    Serializable, 667  
    STAThread, 622  
atrybuty, 607  
    cele, 609  
    metadane, 627  
    metody, 611  
    modułu, 610  
    niestandardowe, 623  
    nullable, 143, 145  
    obsługiwane przez CLR, 619  
    obsługiwane przez kompilator, 612  
    określające numer wersji, 613  
    pobieranie, 626

## atrybuty

- podzespołu, 610
  - pola zdarzenia, 611
  - typy, 624
  - w klasie testu jednostkowego, 608
  - współdziałanie, 623
  - z argumentem konstruktora, 609
  - z informacjami o kodzie wywołującym, 614
  - z informacjami o podzespole, 614
- awaitable, 731
- AWS, Amazon Web Services, 23

## B

- BCL, Base Class Library, 23
- bezpieczeństwo typów, 766
- białe znaki, whitespace, 71
- biblioteka
- JSON.NET, 669
  - klas, 23
  - Moq, 423
  - Reactive Extension, Rx, 491, 493
  - TPL, 687
- biblioteki środowiska uruchomieniowego, 23
- blok, 59, 64
- catch, 375, 377
  - finally, 381
  - try, 375, 380
- blokady odczytu i zapisu, 703
- błąd, error, 307, 727, 754
- COM, 81
  - kompilacji, 60, 61
  - Win32, 81

## C

- C#, 22
- camelCase, 126, 670, 675
- capture, 45
- cel, target, 33
- CLR, Common Language Runtime, 23, 324, 335, 350, *Patrz* środowisko uruchomieniowe
- CLS, Common Language Specification, 79
- crossgen, 25
- CTS, Common Type System, 23
- czas trwania zdarzeń, 517

## D

- definiowanie klasy ogólnej, 220
- deklaracja
- przestrzeni nazw, 43
  - typu ogólnego, 220
  - zmiennej krótkiej, 233
  - zmiennych, 57
- dekonstrukcja, deconstruction, 27, 98
- dekonstruktor, 173
- delegat
- EventHandler, 426
  - Predicate<object>, 431
- delegaty, delegate, 397, 505, 508
- Action, 404
  - dziedziczenie, 408
  - Func, 405
  - interfejsy, 432
  - Predicate<T>, 406
  - składowe, 409
  - tworzenie, 399
  - typy, 397
  - wywoływanie, 403
  - zbiorowe, 402
  - zdarzeń, 426, 431
  - zgodność typów, 406
- destruktory, 350
- diagram aktywności, 496
- DLR, Dynamic Language Runtime, 100
- dodawanie nowego pliku, 42
- DOM, Document Object Model, 673
- dosłowny literał łańcuchowy, 94
- dostawca
- formatu, format provider, 93
  - LINQ, LINQ provider, 434
  - LINQ to Objects, 435, 438, 444
- dostęp
- do składowych, 312
  - swobodny, 641
- drzewa wyrażań, 422
- dynamiczny pośrednik, dynamic proxy, 227
- dyrektywa
- #endregion, 76
  - #error, 74
  - #line, 74
  - #nullable disable annotations, 141
  - #nullable enable warnings, 141
  - #nullable, 76



- #pragma, 75
- #region, 76
- #warning, 74
- global using, 45
- using, 46
- dyrektywy preprocesora, 72
- dziedziczenie, inheritance, 286–322
  - interfejsów, 290

## E

- Entity Framework Core, 490

## F

- FIFO, first-in, first-out, 280
- filtrowanie danych wejściowych, 451
- filtry wyjątków, 379
- finalizacja, finalization, 350, 359
- format PE, 560
- framework aplikacji, 569
- Func, 405
- funkcje
  - skrótowa składnia, 189
  - anonimowe, anonymous function, 410
    - wygenerowany kod, 415
  - lokalne, 188

## G

- GC, garbage collector, 22, 323, 335, 764
- generowanie
  - sekwencji, 489, 509
  - sekwencji asynchronicznych, 745
- git, 95
- globalne dyrektywy using, global using directives, 45, 441
- globalnie unikatowy identyfikator, 154
- gniazda dziedziny, domain sockets, 639
- graficzny interfejs użytkownika, 561
- grupa metod, 400
- grupowanie zdarzeń, 515

## H

- hermetyzacja, encapsulation, 124, 130
- heurystyki tworzenia wątków, 688
- hiperwątkowość, hyperthreading, 678

## I

- IANA, Internet Assigned Numbers Authority, 651
- IDE, 32
- identyfikator
  - kulturowy, culture, 579
  - uruchomieniowy, RID, 567
- ikona Rozszerzenia, Extensions, 37
- IL, intermediate language, 24
- ILDASM, 402
- implementacja, 27
  - IDisposable, 354
  - IEnumerable, 260
  - IEnumerable<T>, 262
  - interfejsu
    - abstrakcyjna, 304
    - jawna, 208
    - pochodnego, 291
  - IObservable<T>, 540
  - LINQ, 490
  - list i sekwencji, 260
  - metod, 208
  - źródeł ciepłych, 501
  - źródeł zimnych, 497
- indeksator, indexer, 199
- indeksy, 266, 272
- inicjalizacja
  - list, 253
  - pól, 131
  - słownika, 276
  - tablic, 241
- inicjalizatory, 54
  - obiektów, 195, 201
  - pól statycznych, 171
  - składnia, 201
- inicjalizowanie niejawne, 162
- instrukcja
  - break, 111
  - continue, 111
  - if, 107, 120
  - lock, 695, 697
  - switch, 109, 121, 211
  - yield return, 261, 264, 445
- instrukcje, 63
  - deklaracji, declaration statement, 63
  - iteracyjne, iteration statements, 63
  - wyboru, selection statements, 63
  - wyrażeń, expression statements, 63

- interfejs, 191, 206
  - IAsyncDisposable, 747
  - IAsyncEnumerable<T>, 256, 542
  - IAsyncEnumerable<T>, 491
  - ICollection<T>, 254, 256, 257
  - IDictionary<TKey, TValue>, 275
  - IDisposable, 255, 353, 358, 636
  - IEnumerable, 255, 260
  - IEnumerable<KeyValuePair<TKey, TValue>>, 275
  - IEnumerable<T>, 114, 206, 254, 262, 542
  - IEqualityComparer<T>, 487
  - IGrouping<TKey, TItem>, 479
  - IList<T>, 254, 258
  - INotifyPropertyChanged, 616
  - IObservable<T>, 493, 497, 539
  - IObserver<T>, 496
  - IQueryable<T>, 447
  - IReadOnlyCollection<T>, 265
  - IReadOnlyList<T>, 259
  - ISet<T>, 278

- interfejsy
  - delegaty, 432
  - dziedziczenie, 290
  - list, 254
  - programowania aplikacji, API, 23
- interpolacja łańcuchów znaków, 91
- IPC, interprocess communication, 639
- iterator, 260, 264
- izolacja wtyczek, 571

## J

- jawna inicjalizacja, 162
- jednolity identyfikator zasobu, URI, 163
- jednostka kodowa UTF-16, 88
- JetBrains Rider, 31
- język pośredni, IL, 24
- JIT, just in time, 25
  - .NET SDK, 25
- JSON, JavaScript Object Notation, 668, 775
  - DOM, 673

## K

- karta podglądu, preview tab, 39
- katalogi, 664
- klasa, 48, 124, 158
  - AggregatedException, 389
  - AppDomain, 394

- Application, 395
- ArgumentException, 388
- Array, 244
- Assembly, 589
- AssemblyLoadContext, 572
- AsyncSubject<T>, 542
- Barrier, 708
- BehaviorSubject<T>, 541
- BinaryWriter, 666
- BinaryFormatter, 667
- BinaryPrimitives, 666
- BinaryReader, 666
- BlockingCollection<T>, 716
- BoxAreaComparer, 295
- BrotliStream, 639
- BufferedStream, 639
- Collection<T>, 264
- ConcurrentBag, 715
- ConcurrentCollection, 716
- ConcurrentDictionary, 715
- ConcurrentQueue, 715
- ConcurrentStack, 715
- ConstructorInfo, 602
- CornerSharpnesComparer, 296
- CountdownEvent, 708
- DeflateStream, 639
- Dictionary<TKey, TValue>, 274
- Directory, 660
- DirectoryInfo, 663
- Encoding, 647, 651
- Enumerable, 489
- Environment, 664
- Eventful, 424
- EventInfo, 604
- EventLoopScheduler, 538
- Exception, 376
- ExceptionDispatchInfo, 388
- ExecutionContext, 691, 692
- FieldInfo, 603
- File, 641, 656, 658, 659
- FileInfo, 663
- FileStream, 635, 638, 651, 652
- FileSystemInfo, 663
- GZipStream, 639
- HistoricalScheduler, 539
- HostBuilder, 173
- HttpClient, 361
- ImmutableArray<T>, 285

Interlocked, 710, 711  
 JsonNode, 675  
 JsonSerializer, 668, 669, 671  
 Lazy<T>, 222, 714  
 LazyInitializer, 714  
 LinkedList<T>, 281  
 LinkedListNode<T>, 281  
 List<T>, 251  
 ManualResetEvent, 704, 705  
 MemberInfo, 593  
 MemoryStream, 636, 638  
 MetadataLoadContext, 627  
 MethodBase, 601  
 MethodInfo, 602  
 Mock<T>, 423  
 Module, 592  
 Monitor, 694, 703  
 MulticastDelegate, 402, 406  
 Mutex, 710  
 NewThreadScheduler, 538  
 Observable, 505  
 Parallel, 732  
 ParameterInfo, 603  
 Path, 46, 661  
 PropertyChangedEventArgument, 616  
 PropertyInfo, 604  
 Queue<T>, 281  
 RandomAccess, 638, 641, 642  
 ReaderWriterLock, 703  
 ReaderWriterLockSlim, 703, 704  
 ReadOnlyCollection<T>, 265  
 ReplaySubject<T>, 541  
 ResourceManager, 582  
 SafeFileHandle, 641  
 SaleLog, 696  
 Semaphore, 709  
 SortedDictionary<TKey, TValue>, 277  
 SortedList<TKey, TValue>, 277  
 SpinLock, 701, 703  
 Stack<T>, 280  
 Stream, 631–41  
 StreamReader, 373, 645  
 StreamWriter, 645, 658  
 StringReader, 646  
 StringWriter, 646  
 Subject<T>, 539  
 SynchronizationContext, 689  
 Task, 687  
 Task<T>, 717  
 TaskCompletionSource<T>, 727  
 TaskPoolScheduler, 538  
 TextReader, 643, 644  
 TextWriter, 643  
 Thread, 685  
 ThreadLocal<T>, 683  
 ThreadPoolScheduler, 538  
 Transaction, 682  
 Type, 596  
 TypeInfo, 596  
 Utf8JsonReader, 775  
 WaitHandle, 706  
 WeakCache<TKey, TValue>, 334  
 klasy, 48, 124, 158  
     bazowe, 286  
         dostęp do składowych, 312  
         dziedziczenie, 292  
     konkretne, 303  
     ostateczne, 310  
     pochodne, 313  
     składowe statyczne, 127  
     statyczne, 129  
     testu jednostkowego, 40  
 klauzula  
     else, 107  
     group, 478  
     join, 519  
     let, 439  
     orderby, 461  
     select, 437, 453  
     when, 121  
     where, 437, 441, 513  
 kod  
     maszynowy, machin code, 24  
     zarządzany, managed code, 24  
 kodowanie  
     ASCII, 647  
     ISO/IEC 8859-5, 643  
     obsługa, 647  
     stosowanie, 650  
     strony kodowe, 649  
     Unicode, 647  
     UTF-8, 643, 668, 778  
     Windows-1252, 643  
 kody mieszające, hashes, 276  
 kolejki, 280

- kolekcja, 114, 237
    - kolejka, 280
    - lista, 251
    - słownik, 274
    - stos, 280
    - tablica, 237
    - zbiór, 278
  - kolekcje
    - asocjacyjne, 487
    - bezpieczne pod względem wielowątkowym, 681
    - leniwe, lazy collections, 114
    - niezmienne, 283
    - współbieżne, 282
  - kolizja kodów mieszających, 150
  - komentarze
    - jednowierszowe, 70
    - oddzielone, 70
    - wielowierszowe, 71
  - komparator `IComparer<RoundedRectangle>`, 296
  - kompilacja, build, 577
    - JIT, 25
    - warstwowa, tiered compilation, 25
    - warunkowa, 73
    - z wyprzedzeniem, AoT, 25
  - kompilator C#, 61
  - komponent, 557, 583
  - komunikacja pomiędzy procesami, IPC, 639
  - konsola, 561
  - konspekt, outlining, 76
  - konstruktor, 131, 163, 164
    - bezargumentowy, 165
    - domyślny, 164
    - `HttpRequestMessage`, 327
    - klasy `FileStream`, 651
    - klasy `Thread`, 686
    - kopiujący, 166, 167
    - statyczny, 169, 171
    - typu `WeakReference<T>`, 332
  - kontekstowe słowo kluczowe, 192
  - konteksty
    - adnotacji nullable, 140
    - odzwierciedlania, reflection contexts, 604
    - ostrzeżenia nullable, 140
    - sprawdzone, 84
    - synchronizacji, 740
    - wykonywania, execution context, 684, 740
  - kontrawariancja, 292
  - kontynuacja, continuation, 722
  - konwersje
    - dziedziczenie, 287
    - liczb, 82
    - sprawdzone, 84
  - kopie defensywne, 157
  - kopiowanie
    - instancji, 136
    - referencji, 136
  - kowariancja, 292, 485
    - delegatów, 407
  - krotki, tuples, 77, 96, 158, 176, 233
    - dekonstrukcja, 98
    - pominięcie, 99
  - krzys wieku średniego, 339
  - kształtowanie danych, data shaping, 456
  - kwalifikator descending, 460
  - kwantyfikikator
    - istnienia, 464
    - ogólny, 464
- ## L
- lambda, 412
  - leniwa inicjalizacja, lazy initialization, 713
  - liczba taktów, tick count, 85
  - liczby o podwójnej precyzji, 79
  - LIFO, last-in, first-out, 280, 724
  - LINQ, Language Integrated Query, 22, 26, 434–492, 512
    - agregacja, 470
    - filtrowanie, 451
    - grupowanie, 477
    - implementacje, 490
    - konkretne elementy, 465
    - konwersje, 484
    - kształtowanie danych, 455
    - określanie porządku, 460
    - operacje na zbiorach, 475
    - operatory, 449, 487
    - podzakresy, 465
    - przetwarzanie opóźnione, 444
    - selekcja, 453
    - testy zawierania, 463
    - to Objects, 255
    - to XML, 491
    - wyrażenia zapytań, 435
    - złączenia, 482
    - źródło danych, 450

- listy
  - implementacja, 260
  - inicjalizacja, 253
  - interfejsy, 254
  - List<T>, 251
  - metody, 254
  - połączone, 281
- literal, 65
  - dosłowny, 94
  - łańcuchowy
- little-endian, 647
- LTS, Long Time Support, 29

## Ł

- łańcuch
  - formatowanie danych, 91
  - interpolowany, 92
  - konstruktorów, 167
  - metody modyfikujące, 90
  - niezmiennosc, 90
  - znaków, 88, 563

## M

- manifest
  - podzespołu, assembly manifest, 560
  - wdrożenia, deployment manifest, 560
- mechanizm
  - oczyszczania pamięci, 22, 323, 335, 764
  - wczytywania podzespołów, 557
- mechanizmy szeregujące, schedulers, 535, 725
  - jawne przekazywanie, 537
  - ObserveOn, 536
  - SubscribeOn, 537
  - wbudowane, 538
- metadane, 627
  - .NET, 559
- metoda, 175
  - Add, 251, 275
  - Announce, 424
  - AppendAllLines, 659
  - Array.BinarySearch, 244
  - Array.FindIndex, 397, 402
  - Base.Foo, 594
  - BeginRead, 637
  - BeginWrite, 637
  - BinarySearch, 245
  - CallDispose, 365
  - Clear, 770
  - Close, 636
  - CompareExchange, 711
  - Console.WriteLine, 41
  - ContinueWith, 722
  - Copy, 656
  - CopyTo, 635
  - CopyToAsync, 637
  - Create, 94, 505, 657
  - CreateCopy, 693
  - CreateDelegate, 401
  - CreateDirectory, 661
  - CreateJobFrugalAsync, 778
  - Debug.Assert, 74
  - Decrement, 710
  - Decrypt, 656
  - Delegate.Combine, 403
  - Dequeue, 280
  - Dispose, 263, 355, 635, 636
  - double.Parse, 49
  - Encrypt, 656
  - EndRead, 637
  - EndWrite, 637
  - Enqueue, 280
  - Enumerable.Empty<T>, 489
  - Enumerable.Repeat<T>, 489
  - EnumerateArray, 673
  - EnumerateDirectories, 660
  - EnumerateFiles, 357, 660
  - EnumerateFileSystemEntries, 660
  - EnumerateObject, 673, 674
  - Equals, 133, 149, 298
  - Exist, 657
  - File.Delete, 660
  - File.OpenText, 658
  - Fill, 770
  - Finalize, 350
  - FindAll, 244
  - FindIndex, 243, 411
  - FindIndexOf, 244
  - FindLastIndex, 244
  - Flush, 634, 719
  - FlushAsync, 637
  - FromCurrentSynchronizationContext, 725
  - FromEventPattern, 544
  - GenericParameterAttributes, 601
  - Get, 144
  - GetBuffer, 638

## metoda

- GetCallingAssembly, 589
- GetCustomAttribute, 627
- GetDeclaredConstructor, 598
- GetDeclaredEvent, 598
- GetDeclaredField, 598
- GetDeclaredMethod, 598
- GetDeclaredNestedType, 598
- GetDeclaredProperty, 598
- GetDetails, 696
- GetDirectoryName, 662
- GetDirectoryRoot, 661
- GetEnumerator, 264
- GetFileName, 662
- GetFilePusher, 505
- GetFileSystemEntries, 660
- GetFolderPath, 664
- GetHashCode, 149, 276
- GetInfo, 275
- GetNextValue, 125
- GetOrAdd, 716
- GetRandomFileName, 662, 663
- GetString, 673, 675
- GetStringAsync, 717
- GetTempFileName, 662, 663
- GetTempPath, 663
- GetType, 299, 596
- HashCode.Combine, 150
- Increment, 710
- Insert, 91, 251
- InsertRange, 251
- int.Parse, 765
- Interval, 550
- Invoke, 410
- IsSubclassOf, 598
- JsonSerializer.Serialize, 671
- MakingGenericType, 600
- MemberwiseClone, 299
- Monitor.Enter, 698
- Monitor.Exit, 697, 698
- Monitor.Pulse, 699
- Monitor.Wait, 699
- Observable.Create, 505, 506
- Observable.Empty<T>, 510
- Observable.Generate<TState, TResult>, 511
- Observable.Interval, 548
- Observable.Never<T>, 510
- Observable.Range, 511
- Observable.Repeat<T>, 511
- Observable.Return<T>, 510
- Observable.Throw, 511
- Observable.Timer, 549
- ObserveOn, 536, 537
- OpenHandle, 641
- OpenRead, 657
- OpenWrite, 657
- Parse, 368
- Path.Combine, 661
- Path.GetFullPath, 661
- PipeReader.ReadAsync, 774
- Post, 691
- Pulse, 699
- PulseAll, 699
- Read, 641, 711
- ReadAsync, 641
- Remove, 91, 281
- Replace, 91
- ReRegisterForFinalize, 352
- Seek, 634
- Select, 438, 440, 444
- SendAsync, 737
- Serialize, 667, 669
- SetCurrentDirectory, 660
- SetLength, 635, 636
- SetMinThreads, 689
- SetSynchronizationContext, 691
- Split, 90
- string.Format, 93
- Substring, 765
- SuppressFinalize, 353
- ThreadException, 395
- ToArray, 638, 770
- ToLower, 90
- ToString, 135
- ToUpper, 90
- Trim, 91
- TryGetProperty, 674
- TryGetValue, 144, 332
- TryParse, 369
- Wait, 699, 759
- WhenAll, 729
- WhenAny, 729
- Where, 438, 440, 448
- Write, 641
- WriteAsync, 641
- WriteLine, 35

## metody

- abstrakcyjne, abstract methods, 303
- anonimowe, anonymous methods, 411
- asynchroniczne, 729, 735, 748, 757
- częściowe, 216
- dodające zdarzenia, 426
- lokalne, 188
- ogólne, generic methods, 219, 231
- ostateczne, sealed methods, 310
- pomocnicze, 770
- przeciążanie, 185
- przesłanie, 302
- rozszerzeń, extension methods, 190
- składnia, 411
- typu System.Object, 298
- ukrywanie, 307
- usuwające zdarzenia, 426
- warunkowe, conditional methods, 73
- wirtualne, 301
- wytwórcza, factory methods, 169, 422
- zagnieżdżone, 749
- zwrotne, callback, 396

minimalizacja alokacji, 764

model programowania asynchronicznego, APM, 546, 637, 730

moduły, modules, 559

Mono, 27

Moq, 423

msbuild, 34

MulticastDelegate, 402

muteksy, 709

## N

### nawiasy

- kątowe, 139
- klamrowe, 48, 59, 91

### nazwa

- typu z określeniem podzespołu, 597
- zastępcza, 46

### nazwane potoki, named pipes, 639

### nazwy

- niewyobrażalne, 215
- podzespołów, 573
- zastępcze, 564

### niezmiennik kulturowy, invariant culture, 94

### niezmienność, 156

### numery wersji, 577, 579

## O

### obciążenie, workload, 33

### obiekt typu ExceptionDispatchInfo, 388

### obiekty

- cykl życia, 323
- obserwowalne, 531
- tworzenie, 313, 315
- wyjątków, 376
- zdarzeń, 704

### object, 101

### obserwator, 503

### obsługa

- błędów, 727, 754
- danych JSON, 775, 776
- indeksów, 272
- niezarządzana, unmanaged hosting, 679
- sposobów kodowania, 647
- wtyczek, 571
- wyjątków, 375, 756
- wyrażeń zapytań, 440
- zakresów, 273, 769
- zdarzeń, 424

### odczyt danych z pliku, 641

### odwołanie cykliczne, 172

### odwzorowanie, map, 456

### odzwierciedlanie, reflection, 26, 587

- konteksty, 604

- typy, 588

### odzyskiwanie pamięci, garbage collector, GC, 22,

- 323, 335, 764

- obsługa zdarzeń, 429

- pełne, 339

- problemy, 328

- tryby, 341

- tymczasowe zawieszanie, 344

- wymuszanie, 349

### ograniczenia

- specjalne typów, 229

- typu, 223

- referencyjnego, 225

- wartościowego, 228

### ograniczenie

- new(), 223

- nonnull, 229

- unmanaged, 229

### okrajanie, slicing, 286

### określanie podzespołu, assembly resolution, 567

### opakowywanie zdarzeń, 544

operacje

- anulowanie, 731
- asynchroniczne, 637, 742
  - obsługa wyjątków, 755
- bez blokowania, lock free, 712
- niejawne konwersji, 769
- wejścia-wyjścia, 641
- wielofazowe, 708
- współbieżne, 732, 760

operand, 65

- kolejność przetwarzania, 69

operator, 202

- !=, 148
- &&, 204
- ..., 266
- ^, 267
- ||, 204
- ==, 137, 148
- >, 203
- >=, 203
- Aggregate, 471, 473
- Amb, 533
- Any, 463
- as, 289
- AsEnumerable<T>, 485
- AsParallel, 486
- AsQueryable<T>, 486
- Average, 470
- Buffer, 526, 531
- Cast<T>, 485
- Chunk, 459
- Concat, 476, 523
- Contains, 463
- Count, 463
- DefaultIfEmpty, 476
- Delay, 553
- DelaySubscription, 554
- Distinct, 279, 475
- DistinctBy, 475
- DistinctUntilChanged, 534
- ElementAt, 467
- ElementAtOrDefault, 467
- Except, 475
- ExceptBy, 475
- First, 466
- FirstOrDefault, 466, 467
- GroupBy, 480, 481, 514
- GroupJoin, 514, 520
- IntersectBy, 475
- is, 289
- Join, 482, 518
- LastOrDefault, 467
- LongCount, 463
- Max, 470
- Merge, 524
- Min, 470
- nameof, 616
- new(), 56
- null coalescing, 105
- null forgiving, 143
- OfType<T>, 452, 485
- OrderByDescending, 461
- Publish, 539
- Reverse, 476
- Sample, 552
- Scan, 532
- Select, 454, 456
- SelectMany, 457, 521
- SequenceEqual, 477
- Single, 465
- SingleOrDefault, 466, 467
- Skip, 469
- SkipLast, 469
- SkipWhile, 469
- Sum, 470
- Take, 469
- TakeLast, 469
- TakeWhile, 469
- Throttle, 551
- TimeInterval, 551
- Timeout, 552
- Timestamp, 550, 551
- ToArray, 486
- ToDictionary, 486, 487
- ToHashSet, 486
- ToList, 486
- ToLookup, 486
- UnionBy, 475
- Where, 451
- Window, 526–531
- Zip, 476

operator, 202

- arytmetyczne, 101
- biblioteki Rx, 523
- bitowe, 102
- grupowania, 514



- LINQ, LINQ operators, 255, 434, 438, 449, 487
- logiczne, 103
- okien czasowych, 552
- relacyjne, 103
- trójargumentowe, 105
- warunkowe wartości pustych, 103, 105, 200
- zakresu, 266
- złożone, 61
- złożone przypisania, 106
- zwracające jedną wartość, 522

Orleans, 23

osiągalność danych, 326

ostrzeżenie, warning, 307

## P

- pakiet, bucket, 386
- pakowanie, boxing, 138, 208, 361
  - danych typu `Nullable<T>`, 366
- pamięć, 763
- para surogatów, 89
- Parallel LINQ, PLINQ, 491, 733
- parametr, 175
  - typu, type parameter, 219
- PascalCasing, 126, 207, 670
- pętla
  - do, 111
  - for, 112
  - foreach, 113, 255, 437
  - while, 111
- pętle asynchroniczne, 744
- pierwszy program, 35
- platformy docelowe, 583
- plik `AssemblyInfo.cs`, 612
- pliki
  - .csproj, 34
  - .sln, 34
  - odczyt danych, 641
- POD, plain old data, 131
- podpisywanie
  - opóźnione, delay signing, 576
  - publiczne, public signing, 576
- podzespół, assembly, 33, 557
  - identyfikator kulturowy, 579
  - jawne wczytywanie, 570
  - numer wersji, 576, 579
  - określanie, 567

- silne nazwy, 573
- wczytywanie, 565, 579
- zabezpieczenia, 583

pola, 160

polecenie

- code ., 37
- dotnet, 49
  - build, 49
  - new, 36
  - test, 43

pominięcie, discard, 99, 115

porównywanie

- instancji struktur, 150
- kształtów, 295
- wartości, 138, 148

potok, 772

powinowactwo do wątku, thread affinity, 622, 689

powrót karetki, carriage return, 95

preambuła, 650

predykat, predicate, 397

prefiksy, 126

priorytet, 68

projekcja, projection, 456

propagacja zdarzeń, event bubbling, 427

prośba wprowadzenia zmian, pull request, 44

przechodzenie, 110

przechwycone

- zakresy, 421
- zmiennie, 414

przeciążanie metod, 185

przeglądanie kolekcji, 113

przekazywanie

- argumentów przez referencję, 176
- argumentów w formie tablicy, 187
- typów, type forwarding, 564

przełącznik konfiguracji hosta CLR, 342

przesłanianie, overloading, 185

- metod wirtualnych, 302

przestrzeń

- deklaracji, declaration scope, 61
- nazw, namespace, 43
- zagnieżdżona, 47

przetwarzanie

- asynchroniczne, 465
- danych
  - JSON, 775
  - potoki, 772
- leniwe, lazy evaluation, 446
- opóźnione, deferred evaluation, 444, 446

przewinięcie wiersza, line feed, 95  
przypisanie, 68, 106  
złożone, 106  
pseudonim platformy docelowej, TFM, 583  
pudełko, box, 208  
pula wątków, 687

## R

Reaqtor, 23, 554  
redukcja, reduce, 475  
referencja this, 312  
referencje, 135, 153, 177, 183, 325  
akceptujące wartości null, 76, 140  
główne, root references, 326  
słabe, weak references, 331  
długie, long weak reference, 335  
krótkie, short weak reference, 334  
rekordy, 130, 158, 317  
dziedziczenie, 317  
tworzenie, 317  
zagnieżdżone, 134  
reprezentacja elementów sekwencyjnych, 767,  
771  
rewizja, revision, 577  
RID, Runtime Identifier, 567  
rozwiązanie, solution, 34  
Rx, Reactive Extension, 491, 493  
agregacja, 522  
dostosowanie, 542  
grupowanie, 515  
interfejs IObservable<T>, 497  
interfejs IObservable<T>, 496  
jako usługa, 554  
mechanizmy szeregujące, 535  
operator, 514, 522, 552  
Amb, 533  
Buffer, 526, 531  
Concat, 523  
DistinctUntilChanged, 534  
Join, 516  
Merge, 524  
Scan, 532  
SelectMany, 521  
Window, 526, 528, 529, 531  
tematy, subjects, 539  
uzależnienia czasowe, 548  
zapytania LINQ, 512  
zdarzenia .NET, 544

źródła ciepłe, 497  
źródła zimne, 497  
rzutowanie, 83  
sekwencji, 485  
w dół, downcast, 288

## S

satelickie podzespoły zasobów, 582  
scenariusz, 40  
SDK, Software Development Kit, 25  
sekcja case, 110  
sekwencje, 254, 260  
asynchroniczne, 745  
generowanie, 489, 509  
rzutowanie, 485  
semafory, 709  
semantyczne numerowanie wersji, 577  
serializacja, 162, 630, 665  
CLR, 666  
silna nazwa, strong name, 573, 576  
składanie, fold, 475  
składnia  
metody anonimowej, 411  
pozycyjna, 132  
składowe, 160  
klasy Stream, 631  
statyczne, 127  
typów  
chronione prywatne, 300  
chronione wewnętrzne, 300  
typu delegata, 409  
słowniki, 274  
posortowane, 277  
składnia inicjalizatora, 276  
zastosowanie, 274  
słowo kluczowe  
abstract, 304  
async, 177, 256, 722, 736  
await, 256, 722, 726, 737, 747–754, 759  
base, 312, 314  
catch, 375  
checked, 86  
class, 48, 125  
const, 161  
double, 48  
event, 424  
explicit, 203  
finally, 355

get, 133  
 global, 130  
 implicit, 203  
 in, 178–181, 406, 436  
 init, 195  
 internal, 125, 160, 299  
 internal, 583  
 lock, 694, 697  
 new, 237, 253, 308  
 out, 176, 177, 181, 405  
 override, 302, 307, 308  
 params, 186, 187  
 private, 160, 299  
 protected, 160, 300  
 public, 48, 125, 160, 299  
 readonly, 156, 161  
 record, 317  
 ref, 178, 181  
 return, 175  
 sealed, 311, 360  
 set, 133  
 stackalloc, 769  
 static, 48, 71, 127, 160, 419  
 struct, 147, 156, 228  
 this, 126, 129, 312  
 throw, 383  
 try, 355, 375  
 unchecked, 87  
 using, 636  
 value, 192  
 var, 55, 117, 253  
 virtual, 301  
 void, 71, 175, 405  
 with, 320  
 yield, 261, 264, 445, 746  
 SMT, simultaneous multithreading, 678  
 sortowanie, 462  
     binarne, 244  
 specyfikator formatu, 93, 94  
 SQL, 456  
 stała, 162  
 sterta, heap, 324  
     obiektów unieruchomionych, pinned object  
         head, POH, 347  
     pokolenia, 337  
     scalanie, 345  
     utrudnianie scalania, 345  
     wielkich obiektów, Large Object Heap, LOH,  
         340  
     żłobek, 338  
 stos, stack, 280, 771  
 strony kodowe, 649  
 struktura, 136, 146, 158  
     danych, *Patrz* kolekcja  
     tylko do odczytu, 157  
     wyrażenia, 66  
 strumienie, 630  
     aktualizacja położenia, 633  
     automatyczne opróżnianie, 635  
     długość, 635  
     konkretne typy, 638  
     kopiowanie, 635  
     operacje asynchroniczne, 637  
     opróżnianie, 634  
     używanie, 639  
     zwalnianie, 636  
 symbole kompilacji, 72  
 system kontroli wersji, 95  
 szablony C++, 234  
 szyfrowanie asymetryczne, 574

## T

tablice, 237  
     indeksy, 266  
     inicjalizacja, 241  
     kopiowanie, 250  
     mieszające, hash table, 149  
     modyfikowanie, 240  
     nieregularne, 246  
     odwołania do elementów, 266  
     prostokątne, 246, 248  
     przeszukiwanie, 242  
     sortowanie, 242  
     tworzenie, 237  
     wielowymiarowe, 246  
     zakresy, 266  
     zmiana wielkości, 250  
 TAP, Task-based Asynchronous Pattern, 637,  
     717  
 tematy, subjects, 539  
 teoria kategorii, 294  
 testy  
     jednostkowe, 40, 50  
     wydajności, 763

TFM, target platform moniker, 583

token

- funkcji, function token, 409
- klucza publicznego, 573

TPL, Task Parallel Library, 687

- Dataflow, 734

transakcja otoczenia, ambient transaction, 682

tworzenie

- obiektów, 313, 315
- rekordów, 317

typ, 124

- AssemblyLoadContext, 571
- BigInteger, 87
- BinaryFormatter, 667
- Capture, 45
- dynamic, 100
- FileOptions, 655
- IAsyncEnumerable<T>, 746
- IEnumerable<string>, 437
- JsonDocument, 675
- JsonElement, 674, 675
- List<T>, 219
- Memory<T>, 771
- mstest, 40
- Nullable<T>, 139, 366
- object, 101
- POD, 130
- Predicate<T>, 406
- Range, 269
- ReadOnlySequence<T>, 772
- ReadOnlySpan<T>, 768
- record tylko do odczytu, 158
- Span<T>, 767, 770
- string, 88, 90
- System.Index, 267
- System.Object, 298
- System.Range, 269
- System.String, 562
- System.ValueType, 321
- Utf8JsonReader, 668, 779
- Utf8JsonWriter, 668
- ValueTask<T>, 718
- wyliczeniowy
  - BindingFlags, 593
  - FileAccess, 652
  - FileMode, 652
  - LazyThreadSafetyMode, 714
  - TaskCreationOptions, 723

typowanie

- dynamiczne, 53
- statyczne, 53

typy, 124

- anonimowe, 57, 214, 455
- atrybutów, 624
- bazowe specjalne, 321
- częściowe, 216
- delegatów, 397, 404
- liczb całkowitych, 78
- liczbowe o rodzimej wielkości, 78
- odzwierciedlania, 588
- hierarchia dziedziczenia, 589
- hierarchia zawierania, 588
- ogólne, generic types, 219, 233, 291, 447, 600
- opakowujące, 139
- record struct, 157
- referencyjne, 135, 155
- referencyjne akceptujące wartości puste, 103
- rekordów zagnieżdżonych, 134
- skonstruowane, constructed types, 220
- tablicowe, 238
- wartościowe, 151, 155
  - zmienne, 197
- wyjątków, 388
- wyliczeniowe, 210
- zagnieżdżone, 205
- zmienne, mutable types, 251
- zmiennoprzecinkowe, 79

## U

Unicode, 54, 89, 647

uruchomieniowy magazyn pakietów, 569

UTF-16, 88

użytkowanie pamięci, 763

## V

Visual Studio, 31

- debuger, 373
- Studio Code, 31
- menu Szybkich akcji, 56
- panel Eksplorator, 39
- panel rozszerzeń, 38
- pasek statusu, 38
- Studio for Mac, 32

## W

- wartości, 153
  - logiczne, 88
  - przypominające zero, 230
  - puste, nullable types, 139, 205
  - wynikowe, 181
- wartość null, 135
- wątki, 622, 679
  - blokada, 698
  - heurystyki, 688
  - limity czasu, 700
  - oczekiwanie, 699
  - pamięć lokalna, 682
  - pierwszoplanowe, foreground threads, 686
  - powiadomienia, 699
  - powinowactwo, 689
  - pula, 687
  - sprzętowe, hardware threads, 677
  - synchronizacja, 693
  - tworzenie, 685
  - zabezpieczanie stanu, 695
- wczytywanie
  - jawne podzespołów, 570
  - podzespołów, 565, 579
  - wtyczki, 573
- wdrożenie zależne od platformy, 568
- wersja
  - główna, major version, 577
  - pomocnicza, minor version, 577
- wersjonowanie kodu, 310
- weryfikacja poprawności argumentów, 757
- wielowątkowość, 677
  - współbieżna, SMT, 678
- wirowanie, spinning, 701
- własne atrybuty, custom attributes, 239
- właściwości
  - automatyczne, 192
  - domyślne, 199
  - definiowanie, 191
  - implementowane automatycznie, 192
  - modyfikowalne, 195
  - obliczane, 196
  - zmiennego typu wartościowego, 197
  - zwracająca referencję, 198
- właściwość, 85, 191
  - AllowedDerivedTypes, 609
  - CanSeek, 639
  - Current, 682
  - DateTime.Now, 550
  - DeclaredConstructors, 598
  - DeclaredEvents, 598
  - DeclaredFields, 598
  - DeclaredMethods, 598
  - DeclaredNestedTypes, 598
  - DeclaredProperties, 598
  - DeclaringType, 594
  - Exception, 727
  - Filter, 431
  - GenericTypeArguments, 601
  - GetField, 592
  - GetFields, 592
  - GetMethod, 592
  - GetMethods, 592
  - InnerException, 376, 387, 727
  - IsGenericParameter, 601
  - IsGenericTypeDefinition, 600
  - IsNestedAssembly, 598
  - IsNestedFam, 598
  - IsNestedFamily, 598
  - IsPublic, 598
  - JsonProperty.Value, 673
  - Length, 238, 635
  - location, 674
  - Module, 598
  - Name, 593
  - Namespace, 598
  - Position, 633, 638
  - PublicationDate, 461
  - ReflectedType, 594
  - Result, 721
  - RootElement, 673
  - ServerGarbageCollection, 342
  - SignAssembly, 613
  - sNestedFamANDAssem, 598
  - Status, 720
  - SynchronizationContext.Current, 691
  - Target, 429
  - Timestamp, 550
  - TotalHours, 472
  - ValueKind, 674
  - WebName, 651
- wnioskowanie typu, 232
- WPF, Windows Presentation Foundation, 46
- wskazniki zarządzane, managed pointers, 325
- wskrzeszenie, 353
- wsparcie długoterminowe, LTS, 29

- wstrzykiwanie zależności, dependency injection, 193
- wtyczki, 571
- wygładzanie, 528, 530
- wyjątek, exception, 368, 727, 754, 755
  - AggregateException, 389
  - ArgumentException, 636
  - ArgumentNullException, 383, 388
  - ArgumentOutOfRangeException, 383
  - ArrayTypeMismatchException, 297
  - DirectoryNotFoundException, 377
  - DivideByZeroException, 374
  - FileNotFoundException, 375, 377, 657
  - FormatException, 369
  - InvalidOperationException, 391, 471
  - IOException, 377, 381, 635
  - KeyNotFoundException, 275
  - MissingMethodException, 305
  - NotImplementedException, 390
  - NotSupportedException, 255, 390, 634, 636
  - NullReferenceException, 139, 366, 380
  - ObjectDisposedException, 358, 391
  - OutOfMemoryException, 261, 374
  - RequestFailedException, 379
  - StackOverflowException, 374
  - SwitchExpressionException, 122
  - XamlParseException, 377, 378
- wyjątki, 368, 727, 754, 755
  - asynchroniczne, asynchronous exceptions, 374
  - blok
    - catch, 375, 377
    - finally, 381
    - try, 375, 380
  - filtry, 379
  - grupy, 758
  - nieobsługiwane, 393, 760
  - niestandardowe, 391
  - niezaobserwowane, 727
  - obiekty, 376
  - pojedyncze, 758
  - sprawdzone, checked exceptions, 381
  - typy, 388
  - zgłaszane, 383
    - powtórnie, 385
    - przez API, 371
    - przez CLR, 374
- wyrażenie, 64
  - funkcyjne, 410
  - is, 122
  - lambda, lambda expression, 244, 412, 422, 443, 452
  - lambda z atrybutami, 611
  - switch, 121
  - this(), 168
  - warunkowe, 106
  - z nawiasami, 65
  - zapytań, query expression, 434, 435
  - zwracające metody, 410
- wyszukiwanie binarne, 245
- wywoływanie delegatów, 403
- wzorce, patterns, 115
  - asynchroniczne, 546, 729
  - dysjunktywne, 119
  - koniunktywne, 119
  - łączenie, 119
  - negacja, 119
  - pozycyjne, 116
  - rekurencyjne, 116
  - relacyjne, relational patterns, 120
  - w wyrażeniach, 121
  - właściwości, property patterns, 118
- wzorzec
  - deklaracji, declaration pattern, 115, 117
  - delegatów zdarzeń, 426
  - Dispose, 359
  - pominięcia, discard pattern, 118
  - pozycyjny, positional pattern, 116, 117, 174, 175
  - słowa kluczowego await, 750
  - stałej, constant pattern, 115
  - TAP, 637, 717
  - typu, type pattern, 115
  - z klauzulą when, 121
  - z var, 117

## X

- Xamarin, 324
- XAML, Extensibel Application Markup Language, 376

## Z

- zadania, 716
  - anulowanie, 724
  - bezwątkowe, 718, 727
  - kontynuacje, 723, 724
  - nadrzędne, 728
  - pobieranie wyniku, 722
  - podrzędne, 728
  - statusy, 720
  - tworzenie, 720
  - złożone, 729
- zakleszczenie, 722
- zakres zmiennej, 58
- zakresy, 266, 269, 272
- zamki błyskawiczne, zipper, 476
- zapach kodu, code smell, 639
- zapytania, 435
- zasoby Win32, 560
- zasób osadzony, Embedded Resource, 559
- zawężenie, 83
- zbiory, 278
- zdarzenia, events, 205, 423, 704
  - .NET, 544
  - delegaty, 431
  - mechanizm odzyskiwania pamięci, 429
  - metody dodające i usuwające, 426
  - wzorzec delegatów, 426
  - zgłaszanie, 424
- zdarzenie
  - DispatcherUnhandledException, 395
  - MouseDown, 516
  - MouseMove, 512
  - PropertyChanged, 616
  - UnhandledException, 394, 395
- zerwane odczyty, torn reads, 696
- ziarno, seed, 472
- zintegrowane środowisko programistyczne, IDE, 32
- zmienna zakresu, range variable, 436
- zmienne
  - deklarowanie, 57, 59
  - inicjowanie, 58
  - lokalne, 53, 62
  - niejednoznaczności nazw, 60
  - przechwytywanie, 414
  - referencyjne, 181
  - ukrywanie, 61
  - zakres, 58
- znacznik kolejności bajtów, 646
- znak
  - ., 438
  - /, 661
  - ?, 446
  - @, 95
  - podkreślenia, 115, 178, 413
  - ucieczki, escape character, 94
- znaki, 88
  - //, 71
  - =>, 189
- zwalnianie, 359
  - opcjonalne, 360
- zwolnienie przedwczesne zasobów, 417
- zwracanie obiektu Task, 748

## Ż

- źródło
  - asynchroniczne, 506
  - ciepłe, 497
    - implementacja, 501
    - wykorzystujące delegaty, 507
  - obserwowalne, 505, 508
  - zimne, 497





# 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** 

# Poznaj tajniki C# i zostań mistrzem dobrego kodu!

Język C#, sztandarowe dzieło Microsoftu, jest rozwijany stopniowo i ze starannością. Wciąż cechuje go prostota, a jego możliwości konsekwentnie rosną. Każda nowa funkcjonalność idealnie integruje się z resztą języka. W efekcie C# jest dojrzały, nowoczesny, wszechstronny i bezpieczny. Jego kolejne wydanie, oznaczone numerem 10.0, różni się od poprzednich, więc aby programowanie w C# pozostało efektywne i satysfakcjonujące, trzeba opanować niuanse nowej wersji języka i narzędzi z nim związanych.

Ta książka jest uaktualnionym wydaniem wyczerpującego przewodnika dla doświadczonych programistów. Omawia ważne koncepcje języka C# i te jego tajniki, które rzadko kiedy są opisywane w poświęconych mu publikacjach. Uwzględnia najnowsze możliwości .NET 6 i C# w wersjach 9.0 i 10.0, z czego warto wymienić: rekordy, rozszerzone możliwości dopasowywania wzorców, a także nowe techniki upraszczania kodu w celu poprawy jego efektywności. Dokładnie opisano tu typy ogólne, LINQ i techniki programowania asynchronicznego. Wyjaśniono, jak w praktyce skorzystać z tych możliwości podczas tworzenia różnego rodzaju aplikacji: chmurowych, internetowych i klasycznych dla komputerów biurowych.

## W książce między innymi:

- zmiany wprowadzone w ostatnich wersjach języka C#
- zasady korzystania z nowych możliwości języka
- zastosowanie nowych funkcjonalności C# w tworzeniu aplikacji
- nowe możliwości bibliotek klas .NET
- zastosowanie bibliotek klas .NET do praktycznych zadań programistycznych
- zwiększanie siły ekspresji kodu w C#

**Ian Griffiths** jest uważany za świetnego nauczyciela języka C#. Pracuje w firmie konsultingowej endjin jako doradca do spraw technicznych. Zdobył tytuł Microsoft MVP w dziedzinie technologii programistycznych. Pasjonuje się technologią, na specjalistycznych forach dla programistów jest znany z pisania długich odpowiedzi na krótkie pytania. Mieszka w Hove w Anglii.

	<b>KOD KORZYŚCI</b> Sięgnij po więcej! ▶	
 <a href="http://helion.pl">helion.pl</a>		
 <b>HELION SA</b> ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	ISBN 978-83-8322-206-6	
9 788383 222066		
Cena: 169,00 zł		