WYDANIE VI

C# 7.0

Kompletny przewodnik dla praktyków

MARK MICHAELIS

ERIC LIPPERT, redaktor techniczny

Przedmowa MADS TORGERSEN, menedżer ds. prac nad językiem C# w firmie Microsoft

Helion

Tytuł oryginału: Essential C# 7.0 (6th Edition)

Tłumaczenie: Tomasz Walczak

ISBN: 978-83-283-5780-8

Authorized translation from the English language edition, entitled ESSENTIAL C# 7.0, 6th Edition; by MICHAELIS, MARK; , published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley Professional.
Copyright © 2018 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may by 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 Pearson Education, Inc.
Polish language edition published by HELION S.A. Copyright © 2019.

Microsoft, Windows, Visual Basic, Visual C#, and Visual C++ are either registered trademarks or trademarks of Microsoft Corporation in the U.S.A. and/or other countries/regions.

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

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

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

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

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/c7kop6
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:
ftp://ftp.helion.pl/przyklady/c7kop6.zip

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

Spis rysunków 11
Spis tabel 13
Przedmowa 15
Wprowadzenie 17
Podziękowania 27
O autorze 29

1. Wprowadzenie do języka C# 31
Witaj, świecie 32
Podstawy składni języka C# 40
Korzystanie ze zmiennych 47
Dane wejściowe i wyjściowe w konsoli 51
Wykonywanie kodu w środowisku zarządzanym i platforma CLI 57
Różne wersje platformy .NET 62
Podsumowanie 64

2. Typy danych 65
Podstawowe typy liczbowe 65
Inne podstawowe typy 73
Wartości null i void 85
Konwersje typów danych 86
Podsumowanie 92

3. Jeszcze o typach danych 93
Kategorie typów 93
Modyfikator umożliwiający stosowanie wartości null 96
Krotki 98
Tablice 104
Podsumowanie 118

Kup ksi k

Pole ksi k

4. Operatory i przepływ sterowania 119

Operatory 120
Zarządzanie przepływem sterowania 133
Bloki kodu ({}) 138
Bloki kodu, zasięgi i przestrzenie deklaracji 140
Wyrażenia logiczne 142
Operatory bitowe (<<, >>, |, &, ^, ~) 150
Instrukcje związane z przepływem sterowania — ciąg dalszy 155
Instrukcje skoku 165
Dyrektywy preprocesora języka C# 170
Podsumowanie 177

5. Metody i parametry 179

Wywoływanie metody 180
Deklarowanie metody 185
Dyrektywa using 190
Zwracane wartości i parametry metody Main() 195
Zaawansowane parametry metod 197
Rekurencja 207
Przeciążanie metod 209
Parametry opcjonalne 212
Podstawowa obsługa błędów z wykorzystaniem wyjątków 216
Podsumowanie 227

6. Klasy 229

Deklarowanie klasy i tworzenie jej instancji 232
Pola instancji 235
Metody instancji 237
Stosowanie słowa kluczowego this 238
Modyfikatory dostępu 244
Właściwości 246
Konstruktory 260
Składowe statyczne 269
Metody rozszerzające 277
Hermetyzacja danych 278
Klasy zagnieżdżone 281
Klasy częściowe 283
Podsumowanie 287

7. Dziedziczenie 289

Tworzenie klas pochodnych 290
Przesłanianie składowych z klas bazowych 300
Klasy abstrakcyjne 310
Wszystkie klasy są pochodne od System.Object 315

Kup ksi k Pole ksi k

Sprawdzanie typu za pomocą operatora is 316
Dopasowanie do wzorca z użyciem operatora is 317
Dopasowanie do wzorca w instrukcji switch 318
Konwersja z wykorzystaniem operatora as 320
Podsumowanie 321

8. Interfejsy 323
Wprowadzenie do interfejsów 324
Polimorfizm oparty na interfejsach 325
Implementacja interfejsu 329
Przekształcanie między klasą z implementacją i interfejsami 334
Dziedziczenie interfejsów 335
Dziedziczenie po wielu interfejsach 337
Metody rozszerzające i interfejsy 337
Implementowanie wielodziedziczenia za pomocą interfejsów 339
Zarządzanie wersjami 341
Interfejsy a klasy 343
Interfejsy a atrybuty 344
Podsumowanie 345

9. Typy bezpośrednie 347
Struktury 351
Opakowywanie 356
Wyliczenia 363
Podsumowanie 373

10. Dobrze uformowane typy 375
Przesłanianie składowych z klasy object 375
Przeciążanie operatorów 387
Wskazywanie innych podzespołów 394
Definiowanie przestrzeni nazw 402
Komentarze XML-owe 405
Odzyskiwanie pamięci 409
Porządkowanie zasobów 411
Leniwe inicjowanie 418
Podsumowanie 420

11. Obsługa wyjątków 421
Wiele typów wyjątków 421
Przechwytywanie wyjątków 424
Ogólny blok catch 427
Wskazówki związane z obsługą wyjątków 429
Definiowanie niestandardowych wyjątków 433
Ponowne zgłaszanie opakowanego wyjątku 435
Podsumowanie 439

Kup ksi k Pole ksi k

12. Typy generyczne 441
Język C# bez typów generycznych 442
Wprowadzenie do typów generycznych 446
Ograniczenia 457
Metody generyczne 468
Kowariancja i kontrawariancja 472
Wewnętrzne mechanizmy typów generycznych 479
Podsumowanie 482

13. Delegaty i wyrażenia lambda 483
Wprowadzenie do delegatów 484
Deklarowanie typu delegata 487
Wyrażenia lambda 494
Metody anonimowe 499
Podsumowanie 513

14. Zdarzenia 515
Implementacja wzorca publikuj-subskrybuj za pomocą delegatów typu multicast 516
Zdarzenia 528
Podsumowanie 538

15. Interfejsy kolekcji ze standardowymi operatorami kwerend 539
Inicjatory kolekcji 540
Interfejs IEnumerable<T> sprawia, że klasa staje się kolekcją 542
Standardowe operatory kwerend 547
Typy anonimowe w technologii LINQ 576
Podsumowanie 583

16. Technologia LINQ i wyrażenia z kwerendami 585
Wprowadzenie do wyrażeń z kwerendami 586
Wyrażenia z kwerendą to tylko wywołania metod 601
Podsumowanie 603

17. Tworzenie niestandardowych kolekcji 605
Inne interfejsy implementowane w kolekcjach 606
Podstawowe klasy kolekcji 608
Udostępnianie indeksera 623
Zwracanie wartości null lub pustej kolekcji 626
Iteratory 627
Podsumowanie 639

18. Refleksja, atrybuty i programowanie dynamiczne 641
Mechanizm refleksji 642
Operator nameof 651
Atrybuty 652
Programowanie z wykorzystaniem obiektów dynamicznych 672
Podsumowanie 682

Kup ksi k Pole ksi k

19. Wielowątkowość 683
Podstawy wielowątkowości 685
Używanie klasy System.Threading 691
Zadania asynchroniczne 698
Anulowanie zadania 715
Wzorzec obsługi asynchroniczności za pomocą zadań 720
Równoległe wykonywanie iteracji pętli 746
Równoległe wykonywanie kwerend LINQ 754
Podsumowanie 759

20. Synchronizowanie wątków 761
Po co stosować synchronizację? 762
Zegary 786
Podsumowanie 788

21. Współdziałanie między platformami i niezabezpieczony kod 789
Mechanizm P/Invoke 790
Wskaźniki i adresy 801
Wykonywanie niezabezpieczonego kodu za pomocą delegata 809
Podsumowanie 810

22. Standard CLI 811
Definiowanie standardu CLI 811
Implementacje standardu CLI 812
Specyfikacja .NET Standard 815
Biblioteka BCL 815
Kompilacja kodu w języku C# na kod maszynowy 816
Środowisko uruchomieniowe 818
Podzespoły, manifesty i moduły 821
Język Common Intermediate Language 823
Common Type System 824
Common Language Specification 825
Metadane 825
Architektura .NET Native i kompilacja AOT 826
Podsumowanie 826

Skorowidz 829

Kup ksi k   Pole ksi k

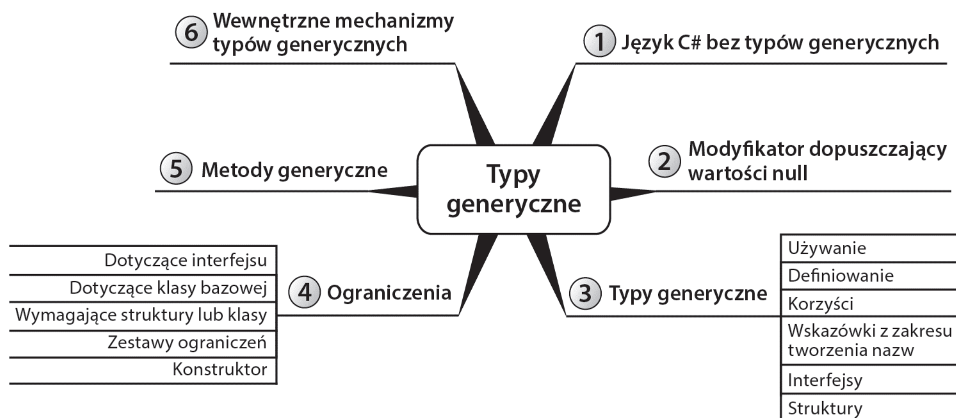
12

Typy generyczne

Początek 2.0

GDY ZACZNIESZ TWORZYĆ BARDZIEJ złożone projekty, będziesz potrzebował lepszego sposobu na ponowne wykorzystywanie i dostosowywanie istniejącego oprogramowania. Aby ułatwić wielokrotne wykorzystanie kodu (a zwłaszcza algorytmów), w języku C# udostępniono mechanizm **typów generycznych**. Podobnie jak metody są bardziej wartościowe, ponieważ mogą przyjmować argumenty, tak typy i metody przyjmujące argumenty określające typ dają dodatkowe możliwości.

Typy generyczne w języku C# są składniowo podobne do typów generycznych z Javy i szablonów z języka C++. We wszystkich trzech wymienionych językach wspomniane mechanizmy umożliwiają jednokrotne zaimplementowanie algorytmów i wzorców. Nie są potrzebne odrębne implementacje dla każdego typu, dla którego dany algorytm lub wzorzec działa. Jednak typy generyczne w języku C# znacznie różnią się od typów generycznych z Javy i szablonów z języka C++, jeśli chodzi o szczegóły implementacji oraz wpływ tych mechanizmów na system typów. Typy generyczne zostały dodane do środowiska uruchomieniowego i języka C# w wersji 2.0.



Kup książkę Poleć książkę

Język C# bez typów generycznych

W ramach omawiania typów generycznych najpierw przeanalizujemy klasę, w której takie typy nie są używane. Ta klasa, `System.Collections.Stack`, reprezentuje stos, czyli kolekcję obiektów, w której ostatni element dodawany do kolekcji jest pierwszym elementem z niej pobieranym (jest to kolekcja typu „ostatni na wejściu, pierwszy na wyjściu"; ang. *last in, first out* — LIFO). Dwie główne metody klasy `Stack`, czyli `Push()` i `Pop()`, dodają elementy do stosu i usuwają je z niego. Deklaracje tych metod z klasy `Stack` znajdują się na listingu 12.1.

Listing 12.1. Sygnatury metod klasy System.Collections.Stack

```
public class Stack
{
  public virtual object Pop() { ... }
  public virtual void Push(object obj) { ... }
  // ...
}
```

2.0

W programach stos często służy do umożliwiania wielokrotnego cofania operacji. Na przykład na listingu 12.2 kod używa klasy `System.Collections.Stack` do wycofywania operacji w programie symulującym działanie znikopisu.

Listing 12.2. Obsługa wycofywania operacji w programie symulującym działanie znikopisu

```
using System;
using System.Collections;

class Program
{
  // ...

  public void Sketch()
  {
    Stack path = new Stack();
    Cell currentPosition;
    ConsoleKeyInfo key; // Typ dodany w wersji C# 2.0.

    do
    {
      // Wymazywanie w kierunku określanym przez
      // strzałki wciśnięte przez użytkownika.
      key = Move();

      switch (key.Key)
      {
        case ConsoleKey.Z:
          // Wymazanie ostatnio narysowanego elementu.
          if (path.Count >= 1)
          {
            currentPosition = (Cell)path.Pop();
            Console.SetCursorPosition(
              currentPosition.X, currentPosition.Y);
            Undo();
```

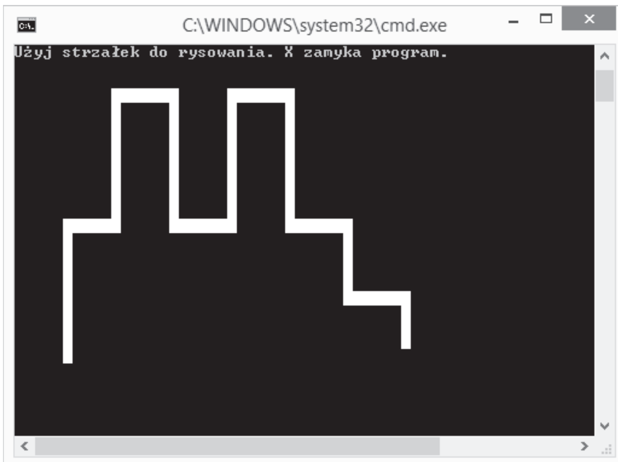
Kup ksi k Pole ksi k

```
            }
            break;

          case ConsoleKey.DownArrow:
          case ConsoleKey.UpArrow:
          case ConsoleKey.LeftArrow:
          case ConsoleKey.RightArrow:
            // SaveState()
            currentPosition = new Cell(
              Console.CursorLeft, Console.CursorTop);
            path.Push(currentPosition);
            break;

          default:
            Console.Beep();   // Dodane w wersji C# 2.0.
            break;
        }
      }
      while (key.Key != ConsoleKey.X); // Klawisz X pozwala zamknąć program.
    }
}

public struct Cell
{
  // W wersjach starszych niż C# 6.0 należy użyć pola tylko do odczytu.
  public int X { get; }
  public int Y { get; }
  public Cell(int x, int y)
  {
    X = x;
    Y = y;
  }
}
```

2.0

Efekt uruchomienia kodu z listingu 12.2 znajdziesz w danych wyjściowych 12.1

DANE WYJŚCIOWE 12.1.



W zmiennej path typu System.Collections.Stack program zachowuje wcześniejsze ruchy pędzla, przekazując element niestandardowego typu Cell do metody Stack.Push() (w wyrażeniu path.Push(currentPosition)). Jeśli użytkownik wpisze literę *Z* (lub wybierze kombinację *Ctrl+Z*), poprzedni ruch pędzla zostaje anulowany. Anulowanie odbywa się przez zdjęcie poprzedniego ruchu pędzla ze stosu za pomocą metody Pop(), przeniesienie pozycji kursora na wcześniejszą pozycję i wywołanie metody Undo().

Choć ten kod działa, klasa System.Collections.Stack ma ważną wadę. Na listingu 12.1 pokazano, że klasa Stack przechowuje wartości typu object. Ponieważ każdy obiekt w środowisku CLR jest typu pochodnego od klasy object, klasa Stack nie sprawdza, czy elementy umieszczane w kolekcji są tego samego i odpowiedniego typu. Na przykład zamiast przekazywać zmienną currentPosition, możesz przekazać łańcuch znaków zawierający współrzędne X i Y połączone kropką. Kompilator musi zezwalać na zapis wartości niespójnych typów danych, ponieważ klasa Stack przyjmuje dowolny obiekt pochodny od klasy object. Specyficzny typ obiektu nie ma tu znaczenia.

2.0

Ponadto po pobraniu (za pomocą metody Pop()) danych ze stosu należy zrzutować zwróconą wartość na typ Cell. Jeśli jednak typ wartości zwróconej przez metodę Pop() jest różny od Cell, kod zgłosi wyjątek. Rzutowanie opóźnia sprawdzanie typu do czasu wykonywania programu, przez co program jest bardziej narażony na błędy. Podstawowy problem z tworzeniem (bez używania typów generycznych) klas, które mają obsługiwać różne typy danych, polega na tym, że typy te muszą działać dla wspólnej klasy bazowej lub wspólnego interfejsu. Zwykle tą wspólną klasą jest klasa object.

Używanie w klasach wykorzystujących klasę object typów bezpośrednich, na przykład struktur lub liczb całkowitych, dodatkowo nasila problem. Jeśli do metody Stack.Push() przekażesz wartość typu bezpośredniego, środowisko uruchomieniowe automatycznie opakuje tę wartość. W trakcie pobierania wartości typu bezpośredniego trzeba jawnie wypakować dane i zrzutować referencję do obiektu typu object (pobraną za pomocą metody Pop()) na typ bezpośredni. Rzutowanie typu referencyjnego na klasę bazową lub interfejs nie ma dużego wpływu na wydajność kodu, jednak operacja opakowywania typu bezpośredniego wiąże się z większymi kosztami, ponieważ trzeba przydzielić pamięć, skopiować wartość, a później odzyskać pamięć.

C# to język ułatwiający *zachowanie bezpieczeństwa ze względu na typ*. Język ten zaprojektowano w taki sposób, by wiele błędów związanych z typami (takich jak przypisanie liczby całkowitej do zmiennej typu string) było wykrywanych na etapie kompilacji. Problem polega na tym, że klasa Stack nie jest tak bezpieczna ze względu na typ, jak można tego oczekiwać po programach w języku C#. Aby zmodyfikować tę klasę i wymusić, by elementy stosu były określonego typu (jednak bez stosowania typów generycznych), należy utworzyć wyspecjalizowaną wersję klasy, przedstawioną na listingu 12.3.

Listing 12.3. Definicja wyspecjalizowanej wersji klasy Stack

```
public class CellStack
{
  public virtual Cell Pop();
  public virtual void Push(Cell cell);
  // ...
}
```

Kup ksi k Pole ksi k

Ponieważ klasa `CellStack` może przechowywać tylko obiekty typu `Cell`, to rozwiązanie wymaga dodania niestandardowej implementacji metod potrzebnych do obsługi stosu, co nie jest wygodne. Utworzenie bezpiecznego ze względu na typ stosu liczb całkowitych wymaga następnej niestandardowej implementacji, a każda z nich jest bardzo podobna do wszystkich pozostałych. To skutkuje powstaniem dużej ilości powtarzającego się nadmiarowego kodu.

ZAGADNIENIE DLA POCZĄTKUJĄCYCH

Inny przykład — typy bezpośrednie z możliwą wartością null

W rozdziale 3. opisano możliwość zadeklarowania zmiennych, które mogą zawierać wartość `null`. Wymaga to użycia modyfikatora ? w deklaracji zmiennej typu bezpośredniego. Ta możliwość pojawiła się w wersji C# 2.0, ponieważ potrzebne były do tego typy generyczne. Przed ich wprowadzeniem programiści mieli do wyboru dwa rozwiązania.

Pierwsze z nich polegało na zadeklarowaniu typów danych z obsługą wartości `null`. Potrzebny był jeden taki typ dla każdego typu bezpośredniego, który miał przyjmować wartości `null`. Kilka takich typów pokazano na listingu 12.4.

2.0

Listing 12.4. Deklarowanie wersji różnych typów bezpośrednich z dodaną obsługą wartości null

```
struct NullableInt
{
  /// <summary>
  /// Udostępnia wartość, jeśli metoda HasValue zwraca true.
  /// </summary>
  public int Value{ get; private set; }

  /// <summary>
  /// Określa, czy wartość jest dostępna, czy jest równa null.
  /// </summary>
  public bool HasValue{ get; private set; }

  // ...
}

struct NullableGuid
{
  /// <summary>
  /// Udostępnia wartość, jeśli metoda HasValue zwraca true.
  /// </summary>
  public Guid Value{ get; private set; }

  /// <summary>
  /// Określa, czy wartość jest dostępna, czy jest równa null.
  /// </summary>
  public bool HasValue{ get; private set; }

  ...
}
...
```

Kup książkę Poleć książkę

Na listingu 12.4 pokazano możliwe implementacje typów NullableInt i NullableGuid. Jeśli w programie potrzebne są dodatkowe typy bezpośrednie z obsługą wartości null, trzeba utworzyć nową strukturę z właściwościami działającymi dla odpowiedniego typu. Każdą poprawkę w implementacji (na przykład dodanie zdefiniowanej przez użytkownika konwersji niejawnej z danego typu na jego odpowiednik obsługujący wartość null) wymaga wtedy zmodyfikowania deklaracji wszystkich typów.

Druga strategia implementowania typu z obsługą wartości null bez typów generycznych polega na utworzeniu jednego typu z właściwością Value typu object. To rozwiązanie pokazano na listingu 12.5.

Listing 12.5. Deklarowanie typu z obsługą wartości null, zawierającego właściwość Value typu object

2.0

```
struct Nullable
{
  /// <summary>
  /// Udostępnia wartość, jeśli metoda HasValue zwraca true.
  /// </summary>
  public object Value{ get; private set; }

  /// <summary>
  /// Określa, czy wartość jest dostępna, czy jest równa null.
  /// </summary>
  public bool HasValue{ get; private set; }

  ...
}
```

Choć ta technika wymaga utworzenia tylko jednej implementacji typu z obsługą wartości null, środowisko uruchomieniowe zawsze opakowuje wtedy typy bezpośrednie, gdy ustawiana jest wartość właściwości Value. Ponadto pobieranie wartości z tej właściwości wymaga rzutowania, którego wynik w czasie wykonywania programu może się okazać nieprawidłowy.

Żadne z tych rozwiązań nie jest atrakcyjne. Aby wyeliminować ten problem, w wersji C# 2.0 dodano typy generyczne. Typy z obsługą wartości null mają teraz postać typu generycznego Nullable<T>.

Wprowadzenie do typów generycznych

Typy generyczne zapewniają mechanizm tworzenia struktur danych, które można przekształcić na wyspecjalizowaną wersję w celu obsługi konkretnych typów. Programiści definiują **typy parametryzowane** w taki sposób, by dla każdej zmiennej określonego typu generycznego używany był ten sam wewnętrzny algorytm. Jednak typy danych i sygnatury metod mogą się zmieniać w zależności od podanego argumentu określającego typ.

Aby ułatwić programistom naukę, projektanci języka C# zdecydowali się na zastosowanie składni pozornie podobnej do składni szablonów z języka C++. W C# składnia tworzenia klas i struktur generycznych wymaga użycia nawiasów ostrych do deklarowania parametrów w deklaracji typu i do podawania argumentów, gdy typ jest używany.

Kup ksi k Pole ksi k

Używanie klasy generycznej

Na listingu 12.6 pokazano, jak w klasie generycznej podać argument określający typ. W kodzie zmienna `path` jest tworzona jako stos obiektów typu `Cell`. W tym celu typ `Cell` jest podawany w nawiasie ostrym zarówno w wyrażeniu tworzącym obiekt, jak i w deklaracji zmiennej. Oznacza to, że gdy deklarujesz zmienną (tu jest to zmienna `path`) typu generycznego, C# wymaga, by podać argument określający typ używany przez dany typ generyczny. Na listingu 12.6 pokazano ten proces na przykładzie nowej generycznej klasy `Stack`.

Listing 12.6. Implementowanie wycofywania operacji za pomocą generycznej klasy Stack

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class Program
{
  // ...

  public void Sketch()
  {
    Stack<Cell> path;          // Deklaracja zmiennej typu generycznego.
    path = new Stack<Cell>();  // Tworzenie obiektu typu generycznego.
    Cell currentPosition;
    ConsoleKeyInfo key;

    do
    {
      // Rysowanie kreski w kierunku określonym przez
      // strzałkę wciśniętą przez użytkownika.
      key = Move();

      switch (key.Key)
      {
        case ConsoleKey.Z:
          // Cofnięcie poprzedniego ruchu pędzla.
          if (path.Count >= 1)
          {
            // Rzutowanie nie jest potrzebne.
            currentPosition = path.Pop();
            Console.SetCursorPosition(
              currentPosition.X, currentPosition.Y);
            Undo();
          }
          break;

        case ConsoleKey.DownArrow:
        case ConsoleKey.UpArrow:
        case ConsoleKey.LeftArrow:
        case ConsoleKey.RightArrow:
          // SaveState()
          currentPosition = new Cell(
            Console.CursorLeft, Console.CursorTop);
          // W wywołaniu Push() można używać tylko zmiennych typu Cell.
          path.Push(currentPosition);
          break;
```

2.0

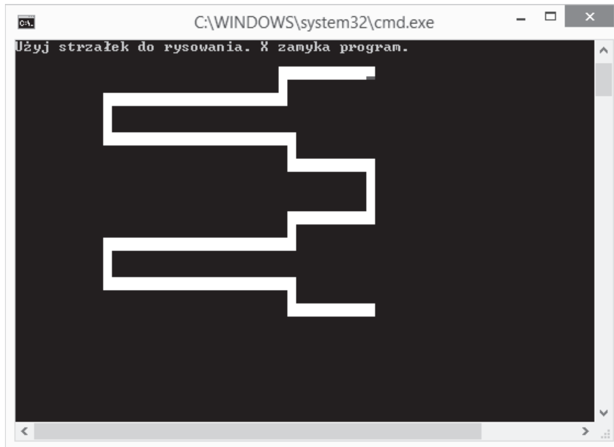
Kup książkę Poleć książkę

```
        default:
          Console.Beep(); // Metoda dodana w wersji C# 2.0.
          break;
      }
    } while (key.Key != ConsoleKey.X); // Klawisz X pozwala zamknąć aplikację.
  }
}
```

Wynik działania kodu z listingu 12.6 pokazano w danych wyjściowych 12.2.

DANE WYJŚIOWE 12.2.

2.0



Na listingu 12.6 deklarowana jest zmienna `path` inicjowana nowym obiektem klasy `System.` ↪`Collections.Generic.Stack<Cell>`. W nawiasie ostrym podano, że typ danych elementów stosu to `Cell`. Dlatego każdy obiekt dodawany do zmiennej `path` i z niej pobierany jest typu `Cell`. Nie trzeba więc rzutować wartości zwracanej przez metodę `path.Pop()` ani samodzielnie zapewniać, że tylko obiekty typu `Cell` są dodawane za pomocą metody `Push()` do zmiennej `path`.

Definiowanie prostej klasy generycznej

Typy generyczne umożliwiają tworzenie algorytmów i wzorców oraz ponowne wykorzystanie napisanego kodu dla innych typów danych. Na listingu 12.7 tworzona jest klasa `Stack<T>`, podobna do klasy `System.Collections.Generic.Stack<T>` użytej na listingu 12.6. **Parametr określający typ** (`T`) należy podać w nawiasie ostrym po nazwie klasy. Później do generycznego typu `Stack<T>` można przekazać jeden argument określający typ, podstawiany wszędzie tam, gdzie w klasie występuje `T`. Dzięki temu stos może przechowywać elementy dowolnego podanego typu. Nie wymaga to duplikowania kodu ani konwersji elementów na typ `object`. Parametr `T` (określający typ) to symbol zastępczy, który należy zastąpić argumentem określającym typ. Na listingu 12.7 parametr określający typ jest używany w wewnętrznej tablicy `Items`, w parametrze metody `Push()` i w wartości zwracanej przez metodę `Pop()`.

Kup ksi k Pole ksi k

Listing 12.7. Deklarowanie generycznej klasy Stack<T>

```
public class Stack<T>
{
  // W wersjach starszych niż C# 6.0 należy zastosować pole tylko do odczytu.
  private T[] InternalItems { get; }

  public void Push(T data)
  {
    ...
  }

  public T Pop()
  {
    ...
  }
}
```

2.0

Zalety typów generycznych

Stosowanie klas generycznych zamiast ich standardowych odpowiedników (na przykład użytej wcześniej klasy `System.Collections.Generic.Stack<T>` zamiast jej pierwowzoru `System.Col↪lections.Stack`) daje kilka korzyści.

1. Typy generyczne pozwalają zwiększyć bezpieczeństwo ze względu na typ. Uniemożliwiają stosowanie typów innych niż typy jawnie określone dla składowych parametryzowanej klasy. Na listingu 12.7 reprezentująca stos parametryzowana klasa `Stack<Cell>` pozwala stosować tylko typ `Cell`. Na przykład instrukcja `path.↪Push("garbage")` spowoduje błąd kompilacji informujący, że nie istnieje wersja przeciążonej metody `System.Collections.Generic.Stack<T>.Push(T)` działająca na łańcuchach znaków, ponieważ łańcucha nie można przekształcić na typ `Cell`.
2. Sprawdzanie typów na etapie kompilacji zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia wyjątków typu `InvalidCastException` w czasie wykonywania programu.
3. Używanie typów bezpośrednich w składowych klasy generycznej nie powoduje opakowywania wartości tych typów w typ `object`. Na przykład metody `path.Pop()` i `path.Push()` nie wymagają opakowania elementu w momencie dodawania go i wypakowywania w trakcie usuwania.
4. Typy generyczne w języku C# zmniejszają ilość kodu. Pozwalają zachować korzyści, jakie dają specyficzne wersje klasy, ale nie powodują analogicznych kosztów. Nie trzeba na przykład definiować nowej klasy `CellStack`.
5. Wydajność kodu rośnie, ponieważ nie jest potrzebne rzutowanie z typu `object`. Eliminuje to operację sprawdzania typu. Inną przyczyną wzrostu wydajności jest to, że nie trzeba opakowywać wartości typów bezpośrednich.
6. Typy generyczne zmniejszają ilość zajmowanej pamięci, ponieważ nie trzeba opakowywać wartości. Dzięki temu program zużywa mniej pamięci na stercie.
7. Kod staje się bardziej czytelny, ponieważ jest w nim mniej operacji sprawdzania typów przy rzutowaniu i mniej implementacji specyficznych typów.

Kup ksi k Pole ksi k

8. Edytory wspomagające pisanie kodu za pomocą jednej z odmian mechanizmu IntelliSense bezpośrednio obsługują wartości zwracane przez klasy generyczne. Nie trzeba rzutować zwracanych danych, aby używać mechanizmu IntelliSense.

Istotą typów generycznych jest umożliwienie implementowania wzorców i wielokrotne wykorzystywanie tych implementacji wszędzie tam, gdzie dany wzorzec jest potrzebny. Wzorce opisują problemy, które często występują w kodzie. Szablony zapewniają jedno rozwiązanie dla tych powtarzających się wzorców.

Wskazówki związane z tworzeniem nazw parametrów określających typy

Podobnie jak nazwy parametrów formalnych metod, tak i nazwy parametrów określających typ powinny być jak najbardziej opisowe. Ponadto aby podkreślić, że dany parametr określa typ, nazwę takiego parametru należy poprzedzić literą T. Na przykład w definicji klasy EntityCollection<TEntity> nazwa parametru określającego typ to TEntity.

2.0

Z opisowych nazw można zrezygnować w jednej sytuacji — wtedy, gdy nie dodają żadnej wartości. Na przykład użycie samej litery T w nazwie klasy Stack<T> jest odpowiednie, ponieważ informacja, że T to parametr określający typ, jest wystarczająco opisowa. Stos działa dla obiektów dowolnego typu.

W następnym podrozdziale zapoznasz się z ograniczeniami. Dobrą praktyką jest używanie nazw opisujących ograniczenia. Na przykład jeśli jako parametr trzeba podać typ z implementacją interfejsu IComponent, możesz nazwać ten parametr TComponent.

Wskazówki

STOSUJ opisowe nazwy parametrów określających typ i poprzedzaj te nazwy literą **T**.

ROZWAŻ podanie ograniczenia w nazwie parametru określającego typ.

Generyczne interfejsy i struktury

C# obsługuje stosowanie typów generycznych w różnych konstrukcjach języka, w tym w interfejsach i strukturach. Składnia jest tu identyczna jak dla klas. Aby zadeklarować interfejs z parametrem określającym typ, umieść ten parametr w nawiasie ostrym bezpośrednio po nazwie interfejsu. Pokazano to w przykładowym interfejsie IPair<T> na listingu 12.8.

Listing 12.8. Deklarowanie generycznego interfejsu

```
interface IPair<T>
{
  T First { get; set; }
  T Second { get; set; }
}
```

Kup ksi k Pole ksi k

Ten interfejs reprezentuje parę podobnych obiektów (na przykład współrzędnych punktu, biologicznych rodziców danej osoby lub węzłów w drzewie binarnym). Oba elementy w parze są tego samego typu.

Aby zaimplementować ten interfejs, należy zastosować taką samą składnię jak w klasach niegenerycznych. Zauważ, że dozwolone (i często spotykane) jest użycie argumentu określającego typ z jednego typu generycznego także w innym typie. Taka sytuacja ma miejsce na listingu 12.9. Argument określający typ dla interfejsu jest jednocześnie argumentem określającym typ w strukturze. W tym przykładzie zamiast klasy zastosowano właśnie strukturę, co jest dowodem na to, że C# umożliwia tworzenie niestandardowych generycznych typów bezpośrednich.

Listing 12.9. Implementowanie generycznego interfejsu

```
public struct Pair<T>: IPair<T>
{
  public T First { get; set; }
  public T Second { get; set; }
}
```

2.0

Obsługa generycznych interfejsów jest ważna zwłaszcza w klasach reprezentujących kolekcje. To właśnie w takich klasach najczęściej używa się typów generycznych. Przed wprowadzeniem takich typów programiści musieli posługiwać się zestawem interfejsów z przestrzeni nazw `System.Collections`. Te interfejsy (podobnie jak klasy z ich implementacjami) działały tylko dla typu `object`, dlatego dostęp do elementów z takich klas zawsze wymagał rzutowania. Dzięki zastosowaniu generycznych interfejsów bezpiecznych ze względu na typ można uniknąć rzutowania.

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Wielokrotne implementowanie jednego interfejsu w tej samej klasie

Dwie deklaracje tego samego generycznego interfejsu są uznawane za różne typy. Dlatego ten sam generyczny interfejs można wielokrotnie zaimplementować w jednej klasie lub strukturze. Przyjrzyj się przykładowi z listingu 12.10.

Listing 12.10. Wielokrotne implementowanie interfejsu w jednej klasie

```
public interface IContainer<T>
{
  ICollection<T> Items { get; set; }
}

public class Person: IContainer<Address>,
  IContainer<Phone>, IContainer<Email>
{
  ICollection<Address> IContainer<Address>.Items
  {
    get{...}
    set{...}
  }
```

```
  ICollection<Phone> IContainer<Phone>.Items
  {
    get{...}
    set{...}
  }
  ICollection<Email> IContainer<Email>.Items
  {
    get{...}
    set{...}
  }
}
```

W tym przykładzie właściwość `Items` pojawia się wielokrotnie w jawnie zaimplementowanych interfejsach z różnymi parametrami określającymi typ. Bez typów generycznych to rozwiązanie byłoby niemożliwe. Kompilator umożliwiłby jawne zaimplementowanie tylko jednej właściwości `IContainer.Items`.

2.0

Jednak technikę implementowania wielu wersji „tego samego” interfejsu wiele osób uznaje za złą praktykę, ponieważ może utrudniać zrozumienie kodu (zwłaszcza gdy interfejs pozwala na konwersje kowariantne lub kontrawariantne). Ponadto klasę `Person` można uznać za źle zaprojektowaną. Normalnie nie uważamy osoby za „coś, co może udostępniać zestaw adresów e-mail”. Jeśli czujesz pokusę zaimplementowania w klasie trzech wersji tego samego interfejsu, pomyśl, czy nie lepiej będzie zamiast tego zaimplementować trzech właściwości, na przykład `EmailAddresses`, `PhoneNumbers` i `MailingAddresses`, z których każda zwraca odpowiednią implementację generycznego interfejsu.

Wskazówka

UNIKAJ implementowania wielu wersji tego samego generycznego interfejsu w jednym typie.

Definiowanie konstruktora i finalizatora

Zaskoczeniem może się okazać to, że konstruktory (i finalizator) klasy lub struktury generycznej nie wymagają parametrów określających typ. Oznacza to, że zapis `Pair<T>(){...}` nie jest konieczny. W klasie `Pair` na listingu 12.11 konstruktor jest zadeklarowany z sygnaturą `public Pair(T first, T second)`.

Listing 12.11. Deklarowanie konstruktora typu generycznego

```
public struct Pair<T>: IPair<T>
{
  public Pair(T first, T second)
  {
    First = first;
    Second = second;
  }
```

Kup książkę Poleć książkę

```
  public T First { get; set; }
  public T Second { get; set; }
}
```

Określanie wartości domyślnej

Na listingu 12.11 występuje konstruktor, który przyjmuje początkowe wartości właściwości `First` i `Second` oraz przypisuje je do pól `First` i `Second`. Ponieważ typ `Pair<T>` to struktura, konstruktor musi inicjować wszystkie jej pola i automatycznie implementowane właściwości. Prowadzi to jednak do problemu. Pomyśl o konstruktorze z typu `Pair<T>`, który w trakcie tworzenia obiektu inicjuje tylko jeden element z pary.

Zdefiniowanie takiego konstruktora, pokazanego na listingu 12.12, prowadzi do błędu kompilacji, ponieważ pole `Second` po zakończeniu pracy konstruktora wciąż nie jest zainicjowane. Zainicjowanie pola `Second` sprawia trudność, ponieważ typ danych `T` nie jest znany. Jeśli używany jest typ referencyjny, można ustawić wartość `null`, jednak to rozwiązanie nie zadziała, jeżeli `T` to typ bezpośredni, który nie obsługuje wartości `null`.

2.0

Listing 12.12. Jeśli nie wszystkie pola zostaną zainicjowane, wystąpi błąd kompilacji

```
public struct Pair<T>: IPair<T>
{
  // BŁĄD: Do pola 'Pair<T>.Second' trzeba przypisać
  //         wartość przed wyjściem sterowania poza konstruktor.
  // public Pair(T first)
  // {
  //     First = first;
  // }

  // ...
}
```

Aby umożliwić rozwiązanie tego problemu, w języku C# udostępniono operator `default`, opisany wcześniej w rozdziale 9., gdzie wyjaśniono, że wartość domyślną typu `int` można podać za pomocą wyrażenia `default(int)`. Gdy używany jest typ `T` (potrzebny w polu `Second`), można podać wartość `default(T)`. Tę technikę zastosowano na listingu 12.13.

Listing 12.13. Inicjowanie pola za pomocą operatora default

```
public struct Pair<T>: IPair<T>
{
  public Pair(T first)
  {
    First = first;
    Second = default(T);
  }

  // ...
}
```

Kup książkę Poleć książkę

Operator default pozwala podać wartość domyślną dowolnego typu (także podanego za pomocą parametru).

W C# 7.1 wprowadzono możliwość używania operatora default bez podawania parametru, jeśli możliwe jest wywnioskowanie typu danych. Na przykład przy inicjowaniu lub przypisywaniu wartości zmiennej można zastosować składnię Pair<T> pair = default zamiast Pair<T> pair = default(Pair<T>). Ponadto jeśli metoda zwraca wartość typu int, można zastosować zapis return default, a kompilator wywnioskuje wywołanie default(int) na podstawie typu zwracanej wartości. Takie wnioskowanie jest możliwe także dla (opcjonalnych) parametrów domyślnych i argumentów wywołań metod.

Wiele parametrów określających typ

W typach generycznych można zadeklarować dowolną liczbę parametrów określających typ. W przedstawionym na początku typie Pair<T> występował tylko jeden taki parametr. Aby umożliwić zapis niejednorodnej pary obiektów, na przykład pary nazwa-wartość, możesz utworzyć nową wersję tego typu, obejmującą dwa parametry określające typ. To rozwiązanie pokazano na listingu 12.14.

2.0

Listing 12.14. Deklarowanie typu generycznego z kilkoma parametrami określającymi typ

```
interface IPair<TFirst, TSecond>
{
  TFirst First { get; set; }
  TSecond Second { get; set; }
}

public struct Pair<TFirst, TSecond>: IPair<TFirst, TSecond>
{
  public Pair(TFirst first, TSecond second)
  {
    First = first;
    Second = second;
  }

  public TFirst First { get; set; }
  public TSecond Second { get; set; }
}
```

Gdy używasz klasy Pair<TFirst, TSecond>, powinieneś podać oba parametry określające typ w nawiasie ostrym w deklaracji i przy inicjowaniu obiektu. Następnie należy stosować właściwe typy dla parametrów metod w ich wywołaniach. To podejście pokazano na listingu 12.15.

Listing 12.15. Używanie typu z kilkoma parametrami określającymi typ

```
Pair<int, string> historicalEvent =
  new Pair<int, string>(1914,
    "Shackleton wyrusza na Biegun Północny na statku Endurance");
Console.WriteLine("{0}: {1}",
  historicalEvent.First, historicalEvent.Second);
```

Kup ksi k Pole ksi k

Liczba parametrów określających typ (czyli **arność**) jednoznacznie odróżnia daną klasę od innych klas o tej samej nazwie. Można więc w jednej przestrzeni nazw zdefiniować klasy `Pair<T>` i `Pair<TFirst, TSecond>`, ponieważ mają różną arność. Ponadto z powodu podobnego działania typy generyczne różniące się tylko arnością należy umieszczać w tych samych plikach z kodem w języku C#.

Wskazówka

UMIESZCZAJ w jednym pliku klasy generyczne różniące się tylko liczbą parametrów określających typ.

Początek 7.0

2.0

ZAGADNIENIE DLA POCZĄTKUJĄCYCH

Krotki — typy o różnej arności

W rozdziale 3. opisano obsługę składni dla krotek z wersji C# 7.0. Wewnętrznie typ używany na potrzeby tej składni jest typem generycznym `System.ValueTuple`. Podobnie jak przy stosowaniu typu `Pair<...>` można wielokrotnie wykorzystać tę samą nazwę dzięki różnym arnościom (w każdej klasie używana jest inna liczba parametrów określających typ), co pokazano na listingu 12.16.

Listing 12.16. Przesłanianie definicji typów na podstawie arności

```
public class ValueTuple { ... }
public class ValueTuple<T1>:
  IStructuralEquatable, IStructuralComparable, IComparable {...}
public class ValueTuple<T1, T2>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3, T4>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3, T4, T5>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3, T4, T5, T6>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7>: ... {...}
public class ValueTuple<T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, TRest>: ... {...}
```

Rodzinę klas `ValueTuple<...>` zaprojektowano w tym samym celu co klasy `Pair<T>` i `Pair<TFirst, TSecond>`, przy czym klasy `ValueTuple<...>` obsługują do ośmiu argumentów określających typ. W ostatniej wersji klasy `ValueTuple` z listingu 12.16 parametr `TRest` można wykorzystać do zapisania następnego obiektu typu `ValueTuple`. Dlatego liczba elementów w krotce jest potencjalnie nieskończona. Jeśli zdefiniujesz krotki za pomocą wprowadzonej w C# 7.0 składni dla krotek, kompilator wygeneruje obiekty tego typu.

Inną ciekawą składową rodziny klas reprezentujących krotki jest niegeneryczna klasa `ValueTuple`. Ta klasa ma osiem statycznych metod fabrycznych, które służą do tworzenia obiektów różnych generycznych typów `Tuple`. Choć każdy typ generyczny umożliwia bezpośrednie tworzenie obiektów za pomocą konstruktora, metody fabryczne z klasy `Tuple` automatycznie wykrywają typy argumentów, gdy wywoływana jest metoda `Create()`. W C# 7.0 nie ma to znaczenia, ponieważ kod jest bardzo prosty: `var keyValuePair = ("555-55-5555", new Contact("Inigo Montoya"))` (przy założeniu, że nie są używane elementy nazwane). Jednak, co pokazano na listingu 12.17, stosowanie metody `Create()` w połączeniu z inferencją typów upraszcza pracę w C# 6.0.

Kup ksi k Pole ksi k

Listing 12.17. Porównanie sposobów tworzenia instancji typu System.ValueTuple

```
#if !PRECSHARP7
(string, Contact) keyValuePair;
keyValuePair =
    "555-55-5555", new Contact("Inigo Montoya"));
#else // W wersjach starszych niż C# 7.0 należy stosować składnię System.ValueTupe<string,Contact>.
Tuple<string, Contact> keyValuePair;
keyValuePair =
  ValueTuple.Create(
    "555-55-5555", new Contact("Inigo Montoya"));
keyValuePair =
  new ValueTuple<string, Contact>(
    "555-55-5555", new Contact("Inigo Montoya"));
#endif // !PRECSHARP7
```

Gdy liczba elementów w obiektach typu `ValueTuple` jest duża, podawanie wszystkich argumentów określających typ jest kłopotliwe. Łatwiej zastosować wówczas metody fabryczne `Create()`.

2.0

Początek 4.0

Warto zauważyć, że podobną klasę reprezentującą krotki, `System.Tuple`, dodano w C# 4.0. Stwierdzono jednak, że powszechne używanie składni dla krotek wprowadzonej w C# 7.0 i wynikająca z tego wszechobecność krotek uzasadniają utworzenie typu `System.ValueTuple`, ponieważ pozwala on zwiększyć wydajność.

Koniec 4.0

Koniec 7.0

Na podstawie tego, że w bibliotece platformy zadeklarowanych jest osiem różnych generycznych typów `ValueTuple`, można się domyślić, iż w systemie plików środowiska CLR nie są obsługiwane typy generyczne o *różnej* liczbie parametrów. Metody mogą przyjmować dowolną liczbę argumentów za pomocą *tablic z parametrami*, nie istnieje jednak analogiczna technika dla typów generycznych. Każdy typ generyczny musi mieć ściśle określoną arność. W zagadnieniu dla początkujących „Krotki — typy o różnej arności” znajdziesz przykład ilustrujący to zagadnienie.

Zagnieżdżone typy generyczne

Parametry określające typ w typie generycznym są automatycznie kaskadowo przekazywane w dół do typów zagnieżdżonych. Na przykład jeśli w danym typie zadeklarowany jest określający typ parametr `T`, wszystkie typy zagnieżdżone też będą generyczne, a parametr `T` również będzie w nich dostępny. Jeżeli typ zagnieżdżony ma własny określający typ parametr `T`, spowoduje on ukrycie parametru z nadrzędnego typu. Wtedy wszystkie referencje do parametru `T` w typie zagnieżdżonym będą dotyczyły parametru właśnie z tego typu. Na szczęście ponowne użycie w typie zagnieżdżonym określającego typ parametru o wykorzystanej już nazwie powoduje, że kompilator wyświetla ostrzeżenie. Zapobiega to przypadkowemu użyciu parametrów o tej samej nazwie (zobacz listing 12.18).

Listing 12.18. Zagnieżdżone typy generyczne

```
class Container<T, U>
{
  // Klasy zagnieżdżone dziedziczą parametry określające typ.
```

Kup ksi k   Pole ksi k

```
    // Ponowne wykorzystanie nazwy takiego parametru
    // prowadzi do zgłoszenia ostrzeżenia.
    class Nested<U>
    {
      void Method(T param0, U param1)
      {
      }
    }
}
```

Określające typ parametry z typu nadrzędnego są dostępne w typie zagnieżdżonym w ten sam sposób jak składowe typu nadrzędnego. Reguła jest prosta — parametr określający typ jest dostępny wszędzie wewnątrz typu, w jakim go zadeklarowano.

Wskazówka

UNIKAJ ukrywania określającego typ parametru z typu nadrzędnego przez tworzenie parametru o identycznej nazwie w typie zagnieżdżonym.

2.0

Ograniczenia

Typy generyczne umożliwiają definiowanie ograniczeń dotyczących parametrów określających typ. Te ograniczenia gwarantują, że typy podane jako argumenty będą zgodne z wymaganymi regułami. Przyjrzyj się przykładowej klasie `BinaryTree<T>` z listingu 12.19.

Listing 12.19. Deklaracja klasy BinaryTree<T> bez ograniczeń

```
public class BinaryTree<T>
{
  public BinaryTree ( T item)
  {
    Item = item;
  }

  public T Item { get; set; }
  public Pair<BinaryTree<T>> SubItems { get; set; }
}
```

Ciekawostką jest to, że w klasie `BinaryTree<T>` wewnętrznie używany jest typ `Pair<T>`. Jest to dopuszczalne, ponieważ `Pair<T>` to zwykły inny typ.

Załóżmy, że chcesz, by drzewo sortowało wartości w obiekcie typu `Pair<T>` przypisywanym do właściwości `SubItems`. Aby posortować dane, akcesor `set` właściwości `SubItems` używa metody `CompareTo()` z podanego klucza. Ilustruje to listing 12.20.

Listing 12.20. Do działania interfejsu potrzebny jest parametr określający typ

```
public class BinaryTree<T>
{
  public T Item { get; set; }
```

Kup ksi k Pole ksi k

```
  public Pair<BinaryTree<T>> SubItems
  {
    get{ return _SubItems; }
    set
    {
      IComparable<T> first;
      // BŁĄD: nie można przeprowadzić niejawnej konwersji.
      first = value.First; // Konieczne jest jawne rzutowanie.

      if (first.CompareTo(value.Second) < 0)
      {
        // Wartość właściwości First jest mniejsza niż właściwości Second.
        // ...
      }
      else
      {
        // Wartości właściwości First i Second są takie same
        // lub wartość właściwości Second jest mniejsza.
        // ...
      }
      _SubItems = value;
    }
  }
  private Pair<BinaryTree<T>> _SubItems;
}
```

2.0

W trakcie kompilacji określający typ parametr `T` jest generyczny i nie obowiązują dla niego ograniczenia. Gdy kod wygląda tak jak na listingu 12.20, kompilator przyjmuje, że typ `T` zawiera jedynie składowe odziedziczone po typie bazowym `object`. Można tak przyjąć, ponieważ `object` jest klasą bazową wszystkich typów. Dlatego dla obiektów typu `T` można wywoływać tylko takie metody jak `ToString()`. W efekcie kompilator wyświetla błąd kompilacji, ponieważ w typie `object` nie zdefiniowano metody `CompareTo()`.

By uzyskać dostęp do metody `CompareTo()`, parametr `T` można zrzutować na interfejs `IComparable<T>`. Ilustruje to listing 12.21.

Listing 12.21. Parametr określający typ musi być zgodny z interfejsem; w przeciwnym razie wystąpi wyjątek

```
public class BinaryTree<T>
{
  public T Item { get; set; }
  public Pair<BinaryTree<T>> SubItems
  {
    get{ return _SubItems; }
    set
    {
      IComparable<T> first;
      first = (IComparable<T>)value.First.Item;

      if (first.CompareTo(value.Second.Item) < 0)
      {
        // Wartość właściwości First jest mniejsza niż właściwości Second.
        ...
      }
```

Kup ksi k Pole ksi k

```
      else
      {
        // Wartość właściwości Second jest mniejsza lub równa względem właściwości First.
        ...
      }
      _SubItems = value;
    }
  }
  private Pair<BinaryTree<T>> _SubItems;
}
```

Niestety, jeśli teraz zadeklarujesz zmienną klasy `BinaryTree<Typ>`, a podany typ nie zawiera implementacji interfejsu `IComparable<Typ>`, wystąpi błąd czasu wykonania (`InvalidCastEx↪ception`). To sprawia, że główny powód stosowania typów generycznych — poprawa bezpieczeństwa ze względu na typ — staje się nieaktualny.

Aby w przypadku gdy podany typ nie zawiera implementacji interfejsu, uniknąć wspomnianego wyjątku i zamiast niego otrzymać błąd kompilacji, można podać dostępną w języku C# opcjonalną listę **ograniczeń** dla każdego określającego typ parametru zadeklarowanego w typie generycznym. Ograniczenie opisuje cechy, jakich dany typ generyczny wymaga od typów podawanych w parametrach. Do deklarowania ograniczeń służy słowo kluczowe `where`, po którym podawana jest para parametr-wymaganie. Parametry muszą być parametrami danego typu generycznego, a wymagania dotyczą klas lub interfejsów, na jakie możliwe musi być przekształcenie typu podanego w parametrze, wymagają obecności konstruktora domyślnego lub określają, że konieczny jest typ referencyjny bądź bezpośredni.

2.0

Ograniczenia dotyczące interfejsu

Aby zapewnić właściwy porządek węzłów w drzewie binarnym, można wykorzystać metodę `CompareTo()` z klasy `BinaryTree`. Najlepszym rozwiązaniem jest dodanie ograniczenia dotyczącego określającego typ parametru `T`. Podany typ powinien implementować interfejs `IComparable<T>`. Składnię służącą do deklarowania takiego ograniczenia przedstawiono na listingu 12.22.

Listing 12.22. Deklarowanie ograniczenia dotyczącego interfejsu

```
public class BinaryTree<T>
  where T: System.IComparable<T>
{
  public T Item { get; set; }
  public Pair<BinaryTree<T>> SubItems
  {
    get{ return _SubItems; }
    set
    {
      IComparable<T> first;
      // Zauważ, że teraz można pominąć rzutowanie.
      first = value.First.Item;

      if (first.CompareTo(value.Second.Item) < 0)
      {
        // Wartość właściwości First jest mniejsza niż wartość właściwości Second.
        ...
```

Kup ksi k Pole ksi k

```
      }
      else
      {
        // Wartość właściwości Second jest mniejsza lub równa względem właściwości First.
        ...
      }
      _SubItems = value;
    }
  }
  private Pair<BinaryTree<T>> _SubItems;
}
```

Po dodaniu na listingu 12.22 ograniczenia dotyczącego interfejsu kompilator za każdym razem, gdy używasz klasy `BinaryTree<T>`, sprawdza, czy podany typ zawiera implementację odpowiedniej wersji interfejsu `IComparable<T>`. Ponadto nie trzeba teraz jawnie rzutować zmiennej na interfejs `IComparable<T>` przed wywołaniem metody `CompareTo()`. Rzutowanie nie jest potrzebne nawet do uzyskania dostępu do składowych z jawnie podawanym interfejsem, gdzie w innych kontekstach brak rzutowania powoduje ukrycie danej składowej. Gdy wywołujesz metodę obiektu typu podanego w parametrze typu generycznego, kompilator sprawdza, czy dana metoda pasuje do którejś z metod dowolnego interfejsu zadeklarowanego w ograniczeniach.

2.0

Jeśli teraz spróbujesz utworzyć zmienną typu `BinaryTree<T>`, podając w parametrze typ `System.Text.StringBuilder`, wystąpi błąd kompilacji, ponieważ typ `StringBuilder` nie zawiera implementacji interfejsu `IComparable<StringBuilder>`. Wyświetlany jest wtedy komunikat podobny do tekstu z danych wyjściowych 12.3.

DANE WYJŚCIOWE 12.3.

```
error CS0311: The type 'System.Text.StringBuilder' cannot be used as type
parameter 'T' in the generic type or method 'BinaryTree<T>'. There is no
implicit reference conversion from 'System.Text.StringBuilder' to
'System.IComparable<System.Text.StringBuilder>'.
```

Aby zażądać implementacji danego interfejsu, należy zadeklarować **ograniczenie dotyczące interfejsu**. Dzięki takiemu ograniczeniu nie trzeba nawet rzutować wartości, by wywołać składowe z jawnie podawanym interfejsem.

Ograniczenia dotyczące klasy

Czasem przydatne jest ograniczenie polegające na tym, że argument ma określać typ, który można przekształcić na wskazaną klasę. W tym celu należy zastosować **ograniczenie dotyczące klasy**, pokazane na listingu 12.23.

Listing 12.23. Deklarowanie ograniczenia dotyczącego klasy

```
public class EntityDictionary<TKey, TValue>
  : System.Collections.Generic.Dictionary<TKey, TValue>
  where TValue : EntityBase
{
  ...
}
```

Na listingu 12.23 w klasie `EntityDictionary<TKey, TValue>` wymagane jest, by wszystkie typy podawane jako parametr `TValue` umożliwiały niejawną konwersję na klasę `EntityBase`. Dzięki temu wymogowi w implementacji typu generycznego możliwe jest używanie składowych klasy `EntityBase` w wartościach typu `TValue`. Jest tak, ponieważ ograniczenie gwarantuje, że wszystkie typy podane jako argument można niejawnie przekształcić na klasę `EntityBase`.

Składnia służąca do dodawania ograniczenia dotyczącego klasy jest taka sama jak dla ograniczenia dotyczącego interfejsu. Ważne jest jednak to, że ograniczenia dotyczące klasy trzeba podawać przed ograniczeniami dotyczącymi interfejsu (podobnie jak w deklaracji klasy klasę bazową podaje się przed listą implementowanych interfejsów). Jednak — inaczej niż w przypadku ograniczeń dotyczących interfejsu — nie jest możliwe dodanie kilku ograniczeń dotyczących klasy. Wynika to z tego, że klasa nie może dziedziczyć po kilku niepowiązanych ze sobą klasach. W ograniczeniu dotyczącym klasy nie można też podawać klas zamkniętych i typów innych niż klasy. C# nie zezwala na przykład na dodanie ograniczenia dotyczącego typu `string` lub `System.Nullable<T>`, ponieważ wtedy jako argument typu generycznego można podać wyłącznie jeden typ. Trudno wówczas mówić, że typ naprawdę jest „generyczny". Jeśli jako argument określający typ można podać tylko jeden typ, nie ma sensu stosować do tego parametru. Wystarczy bezpośrednio podać potrzebny typ.

2.0

Ponadto w ograniczeniu dotyczącym klas nie można podawać niektórych specjalnych typów. Szczegółowe informacje na ten temat znajdziesz w ZAGADNIENIU DLA ZAAWANSOWANYCH „Wymogi związane z ograniczeniami" w dalszej części rozdziału.

Ograniczenia wymagające struktury lub klasy (struct i class)

Innym przydatnym ograniczeniem w typach generycznych jest możliwość zażądania, by typ podany w argumencie był typem bezpośrednim bez obsługi wartości `null` lub typem referencyjnym. Język C# udostępnia w tym celu specjalną składnię, która działa dla typów bezpośrednich i referencyjnych. Zamiast określać klasę, po której `T` ma dziedziczyć, można podać słowo kluczowe `struct` lub `class`. Ilustruje to listing 12.24.

Listing 12.24. Dodawanie wymogu, by jako parametr określający typ podawano typ bezpośredni

```
public struct Nullable<T> :
  IFormattable, IComparable,
  IComparable<Nullable<T>>, INullable
  where T : struct
{
  // ...
}
```

Zauważ, że ograniczenie `class` nie wymaga, by jako argument określający typ podano klasę; wymaganie dotyczy typów referencyjnych, dlatego jego nazwa jest myląca. Typ podany jako parametr z ograniczeniem `class` może być dowolną klasą, interfejsem, delegatem lub typem tablicowym.

Kup książkę Poleć książkę

Ponieważ ograniczenie dotyczące klasy wymaga podania konkretnej klasy, użycie ograniczenia `struct` wyklucza zastosowanie ograniczenia dotyczącego klasy. Nie można więc łączyć ograniczenia `struct` z ograniczeniem dotyczącym konkretnej klasy.

Ograniczenie `struct` ma pewną cechę — uniemożliwia podawanie typów bezpośrednich z obsługą wartości `null`. Z czego to wynika? Typy bezpośrednie z obsługą wartości `null` są implementowane za pomocą typu generycznego `Nullable<T>`, w którym do `T` stosowane jest ograniczenie `struct`. Gdyby typ bezpośredni z obsługą wartości `null` był zgodny z omawianym ograniczeniem, możliwe byłoby zdefiniowanie bezsensownego typu `Nullable<Nullable<int>>`. Typ `int` z dwukrotnie dodaną obsługą wartości `null` jest na tyle nieintuicyjny, że trudno określić jego znaczenie. Z podobnych powodów niedozwolony jest też skrótowy zapis `int??`.

Zestawy ograniczeń

2.0

Dla parametru określającego typ można ustawić dowolną liczbę ograniczeń dotyczących interfejsu, ale tylko jedno ograniczenie dotyczące klasy (podobnie w klasie można zaimplementować dowolną liczbę interfejsów, ale dziedziczyć po tylko jednej innej klasie). Każde nowe ograniczenie jest deklarowane na rozdzielonej przecinkami liście, która znajduje się po nazwie parametru typu generycznego i dwukropku. Jeśli występuje więcej niż jeden parametr określający typ, słowo kluczowe `where` należy umieścić przed każdym takim parametrem, do którego dodawane są ograniczenia. Na listingu 12.25 w generycznej klasie `EntityDictionary` zadeklarowane są dwa parametry określające typ — `TKey` i `TValue`. Parametr `TKey` ma dwa ograniczenia dotyczące interfejsu, a do parametru `TValue` dodano jedno ograniczenie dotyczące klasy.

Listing 12.25. Ustawianie wielu ograniczeń

```
public class EntityDictionary<TKey, TValue>
  : Dictionary<TKey, TValue>
  where TKey : IComparable<TKey>, IFormattable
  where TValue : EntityBase
{
  ...
}
```

W tym kodzie ustawianych jest kilka ograniczeń parametru `TKey` i dodatkowe ograniczenie parametru `TValue`. Gdy dodawanych jest wiele ograniczeń jednego parametru określającego typ, wszystkie one muszą być spełnione. Na przykład jeśli jako argument `TKey` podano typ `C`, typ `C` musi zawierać implementację interfejsów `IComparable<C>` oraz `IFormattable`.

Zauważ, że między klauzulami `where` nie ma przecinka.

Ograniczenia dotyczące konstruktora

W pewnych sytuacjach w klasie generycznej potrzebny jest obiekt typu podanego jako argument tej klasy. Na listingu 12.26 metoda `MakeValue()` klasy `EntityDictionary<TKey, TValue>` musi tworzyć obiekt typu podanego jako parametr `TValue`.

Kup ksi k Pole ksi k

Listing 12.26. Ograniczenie wymagające dostępności konstruktora domyślnego

```
public class EntityBase<TKey>
{
  public TKey Key { get; set; }
}

public class EntityDictionary<TKey, TValue> :
  Dictionary<TKey, TValue>
  where TKey: IComparable<TKey>, IFormattable
  where TValue : EntityBase<TKey>, new()
{
  // ...

  public TValue MakeValue(TKey key)
  {
    TValue newEntity = new TValue();
    newEntity.Key = key;
    Add(newEntity.Key, newEntity);
    return newEntity;
  }

  // ...
}
```

2.0

Ponieważ nie wszystkie obiekty mają publiczne konstruktory domyślne, kompilator nie pozwala na wywołanie konstruktora domyślnego typu podanego jako parametr, jeśli nie ustawiono odpowiedniego ograniczenia. Aby wyeliminować tę regułę kompilatora, należy dodać słowo `new()` po wszystkich pozostałych ograniczeniach. To słowo jest **ograniczeniem dotyczącym konstruktora**. Wskutek jego dodania typ podany jako parametr musi udostępniać publiczny konstruktor domyślny. Dodane ograniczenie może dotyczyć tylko konstruktora domyślnego. Nie da się utworzyć ograniczenia zapewniającego, że podany typ udostępnia konstruktor przyjmujący parametry formalne.

Ograniczenia dotyczące dziedziczenia

Ani parametry typu generycznego, ani ich ograniczenia nie są dziedziczone w klasach pochodnych. Wynika to z tego, że parametry typu generycznego nie są jego składowymi. Pamiętaj, że dziedziczenie klas polega na tym, iż w klasie pochodnej znajdują się wszystkie składowe klasy bazowej. Często stosuje się technikę polegającą na tworzeniu nowych typów generycznych pochodnych od innych typów generycznych. W takiej sytuacji parametry określające typ w pochodnym typie generycznym są używane jako parametry określające typ w generycznej klasie bazowej. Dlatego w klasie pochodnej te parametry muszą mieć takie same (lub mocniejsze) ograniczenia jak w klasie bazowej. Czujesz się zagubiony? Przyjrzyj się listingowi 12.27.

Listing 12.27. Jawnie podawane „odziedziczone” ograniczenia

```
class EntityBase<T> where T : IComparable<T>
{
  // ...
}
```

Kup książkę Poleć książkę

```
// BŁĄD:
// Możliwa musi być konwersja typu 'U' na typ
// 'System.IComparable<U>', aby można było podać 'U' jako
// parametr 'T' w generycznym typie lub w generycznej metodzie.
// class Entity<U> : EntityBase<U>
// {
//   ...
// }
```

Na listingu 12.27 klasa `EntityBase<T>` wymaga, by podany jako argument typ `U` (używany jako parametr `T` w wyniku deklaracji klasy bazowej `EntityBase<U>`) zawierał implementację interfejsu `IComparable<U>`. Dlatego w klasie `Entity<U>` trzeba zastosować to samo ograniczenie do `U`. W przeciwnym razie wystąpi błąd kompilacji. Ten wzorzec zwiększa świadomość programisty i uwidacznia ograniczenia z klasy bazowej w klasie pochodnej. Pozwala to uniknąć niejasności, które mogą wystąpić, gdy programista używa klasy pochodnej i odkrywa ograniczenie, ale nie rozumie, z czego ono wynika.

2.0

Na razie nie omówiono w książce metod generycznych. Zapoznasz się z nimi w dalszej części rozdziału. Zapamiętaj tylko, że także metody mogą być generyczne i można w nich dodawać ograniczenia parametrów określających typ. Jak interpretowane są te ograniczenia, gdy wirtualna metoda generyczna jest dziedziczona lub przesłaniana? Inaczej niż w przypadku ograniczeń parametrów określających typ w klasie generycznej, ograniczenia w nowych wersjach wirtualnych metod generycznych (i w składowych z jawnie podawanym interfejsem) są dziedziczone niejawnie i nie można ich ponownie zadeklarować (zobacz listing 12.28).

Listing 12.28. Powtórne dodawanie odziedziczonych ograniczeń składowych wirtualnych jest niedozwolone

```
class EntityBase
{
  public virtual void Method<T>(T t)
    where T : IComparable<T>
  {
    // ...
  }
}
```

```
class Order : EntityBase
{
  public override void Method<T>(T t)
  // Nie można powtórnie dodawać ograniczeń w
  // nowych wersjach przesłanianych składowych.
  //   where T : IComparable<T>
  {
    // ...
  }
}
```

W klasie pochodnej od klasy generycznej parametr określający typ można dodatkowo ograniczyć. Wystarczy obok (wymaganych) ograniczeń z klasy bazowej podać dodatkowe ograniczenia. Jednak nowa wersja przesłanianej wirtualnej metody generycznej musi być w pełni

zgodna z ograniczeniami zdefiniowanymi w wersji metody z klasy bazowej. Dodatkowe ograniczenia mogą naruszać polimorfizm, dlatego nie są dozwolone. W nowej wersji przesłanianej metody niejawnie obowiązują ograniczenia parametru określającego typ z wersji z klasy bazowej.

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Wymogi związane z ograniczeniami

W stosunku do ograniczeń obowiązują wymogi chroniące przed powstawaniem bezsensownego kodu. Na przykład nie można łączyć ograniczenia dotyczącego klasy z ograniczeniami `struct` i `class`. Ponadto nie można utworzyć ograniczenia wymagającego użycia typu pochodnego od jednego z typów specjalnych, takich jak `object`, typy tablicowe, `System.ValueType`, `System.Enum` (i typy wyliczeniowe), `System.Delegate` lub `System.MulticastDelegate`.

W niektórych sytuacjach przydatne byłoby wprowadzenie dodatkowych reguł związanych z ograniczeniami. W przedstawionych dalej podrozdziałach znajdziesz przykłady niedozwolonych ograniczeń.

2.0

Ograniczenia dotyczące operatorów są niedozwolone

Nie można utworzyć ograniczenia parametru określającego typ, które wymagałoby implementacji konkretnej metody lub danego operatora. Można to zrobić wyłącznie za pomocą ograniczenia dotyczącego interfejsu (w przypadku metod) lub ograniczenia dotyczącego klasy (dla metod i operatorów). Dlatego generyczna metoda `Add()` z listingu 12.29 nie zadziała.

Listing 12.29. W ograniczeniu nie można dodać wymogu dostępności operatorów

```
public abstract class MathEx<T>
{
  public static T Add(T first, T second)
  {
    // BŁĄD: Operator '+' nie może zostać
    // użyty do operandów typów 'T' i 'T'.
    // return first + second;
  }
}
```

W metodzie przyjęto, że operator + jest dostępny we wszystkich typach, które mogą zostać podane jako parametr `T`. Nie istnieje jednak ograniczenie, które pozwala zapobiec podaniu typu bez operatora dodawania. Dlatego występuje błąd. Niestety, nie można utworzyć ograniczenia, które wymaga dostępności operatora dodawania. Jedyne rozwiązanie to zastosowanie ograniczenia dotyczącego klasy i zażądanie klasy z implementacją operatora dodawania.

Można więc uogólnić i stwierdzić, że nie ma sposobu na ograniczenie dozwolonych typów do tych z potrzebną metodą statyczną.

Relacja LUB między ograniczeniami nie jest obsługiwana

Jeśli podasz kilka ograniczeń dotyczących interfejsu lub klasy, kompilator zawsze przyjmie, że występuje między nimi relacja I (czyli że wszystkie ograniczenia muszą być spełnione). Na przykład ograniczenie `where T : IComparable<T>, IFormattable` wymaga, by zaimplementowane były interfejsy `IComparable<T>` i `IFormattable`. Nie da się zapisać relacji LUB między ograniczeniami, dlatego kod z listingu 12.30 jest niedozwolony.

Kup ksi k Pole ksi k

Listing 12.30. Łączenie ograniczeń za pomocą relacji LUB nie jest dozwolone

```
public class BinaryTree<T>
  // BŁĄD: relacja LUB nie jest obsługiwana.
  // where T: System.IComparable<T> || System.IFormattable
{
  ...
}
```

Dodanie obsługi tego mechanizmu uniemożliwiłoby kompilatorowi określenie na etapie kompilacji, którą metodę należy wywołać.

Ograniczenia dotyczące delegatów i wyliczeń są niedozwolone

Typy delegatów, typy tablicowe i typy wyliczeniowe nie mogą być używane w ograniczeniach, ponieważ działają jak typy zamknięte (jeśli nie wiesz, czym są typy delegatów, zajrzyj do rozdziału 13.). Typy bazowe wymienionych konstrukcji (`System.Delegate`, `System.MulticastDelegate`, `System.Array` i `System.Enum`) też nie mogą być używane jako ograniczenia. Dlatego gdy kompilator natrafi na deklarację klasy przedstawioną na listingu 12.31, zgłosi błąd.

2.0

Listing 12.31. W ograniczeniu dotyczącym dziedziczenia nie można używać typu System.Delegate

```
// BŁĄD: w ograniczeniu nie można używać specjalnej klasy 'System.Delegate'.
public class Publisher<T>
  where T : System.Delegate
{
  public event T Event;
  public void Publish()
  {
    if (Event != null)
    {
      Event(this, new EventArgs());
    }
  }
}
```

Wszystkie typy delegatów są uznawane za klasy specjalne, których nie można podawać jako parametrów określających typ. Podanie typu delegata uniemożliwia sprawdzanie poprawności wywołań metody `Event()` na etapie kompilacji, ponieważ w typach `System.Delegate` i `System.MulticastDelegate` sygnatura zgłaszanego zdarzenia nie jest znana. Podobny zakaz dotyczy typów wyliczeniowych.

W ograniczeniu dotyczącym konstruktora można podawać tylko konstruktory domyślne

Na listingu 12.26 znajduje się ograniczenie dotyczące konstruktora, zgodnie z którym typ podany jako parametr `TValue` musi udostępniać publiczny konstruktor bezparametrowy. Nie można utworzyć ograniczenia, które wymusza podanie typu udostępniającego konstruktor przyjmujący parametry formalne. Możliwe, że chcesz pozwolić na podawanie jako parametr `TValue` wyłącznie typów zawierających konstruktor, który przyjmuje typ określany za pomocą parametru `TKey`. Nie da się jednak utworzyć takiego ograniczenia. Dlatego kod z listingu 12.32 jest nieprawidłowy.

Kup ksi k Pole ksi k

Listing 12.32. W ograniczeniu dotyczącym konstruktora można podać wyłącznie konstruktor domyślny

```
public TValue New(TKey key)
{
  // BŁĄD: 'TValue': nie można podawać argumentów
  // w trakcie tworzenia instancji typu generycznego.
  TValue newEntity = null;
  // newEntity = new TValue(key);
  Add(newEntity.Key, newEntity);
  return newEntity;
}
```

Jednym ze sposobów na wyeliminowanie tego ograniczenia jest użycie interfejsu fabrycznego, który udostępnia metodę do tworzenia obiektów danego typu. Wtedy za tworzenie obiektów typu `EntityDictionary` odpowiada klasa fabryczna z implementacją wspomnianego interfejsu, a nie sama klasa `EntityDictionary` (zobacz listing 12.33).

2.0

Listing 12.33. Używanie interfejsu fabrycznego zamiast ograniczenia dotyczącego konstruktora

```
public class EntityBase<TKey>
{
  public EntityBase(TKey key)
  {
    Key = key;
  }
  public TKey Key { get; set; }
}

public class EntityDictionary<TKey, TValue, TFactory> :
  Dictionary<TKey, TValue>
  where TKey : IComparable<TKey>, IFormattable
  where TValue : EntityBase<TKey>
  where TFactory : IEntityFactory<TKey, TValue>, new()
{
  ...
  public TValue New(TKey key)
  {
    TFactory factory = new TFactory();
    TValue newEntity = factory.CreateNew(key);
    Add(newEntity.Key, newEntity);
    return newEntity;
  }
  ...
}

public interface IEntityFactory<TKey, TValue>
{
  TValue CreateNew(TKey key);
}
...
```

Kup ksi k Pole ksi k

Taka deklaracja umożliwia przekazanie nowego klucza (parametr key) do przyjmującej parametry metody fabrycznej tworzącej obiekt typu podanego w parametrze TValue. Dzięki temu nie trzeba polegać na konstruktorze domyślnym. Ponadto nie trzeba tworzyć ograniczenia dotyczącego konstruktora dla parametru TValue, ponieważ to obiekt typu TFactory odpowiada za tworzenie obiektów. W kodzie z listingu 12.33 można wprowadzić pewną modyfikację — zapisywać referencję do metody fabrycznej (na przykład z wykorzystaniem typu Lazy<T>, jeśli potrzebna jest obsługa wielowątkowości). Pozwoli to wielokrotnie wykorzystać metodę fabryczną, zamiast za każdym razem tworzyć zawierający ją obiekt.

Aby zadeklarować zmienną typu EntityDictionary<TKey, TValue, TFactory>, można utworzyć typ encji podobny do typu Order z listingu 12.34.

Listing 12.34. Deklarowanie typu encji używanych w typie EntityDictionary<…>

2.0

```
public class Order : EntityBase<Guid>
{
  public Order(Guid key) :
    base(key)
  {
    // ...
  }
}

public class OrderFactory : IEntityFactory<Guid, Order>
{
  public Order CreateNew(Guid key)
  {
    return new Order(key);
  }
}
```

Metody generyczne

Wcześniej przekonałeś się, że dodawanie metod do typów generycznych jest proste. W takiej metodzie można wykorzystać generyczne parametry określające typ. Zetknąłeś się już z tym rozwiązaniem w pokazanych wcześniej przykładowych klasach generycznych.

Metody generyczne (podobnie jak typy generyczne) korzystają z parametrów określających typ. Takie metody można deklarować w typach generycznych i zwykłych. Jeśli metoda jest zadeklarowana w typie generycznym, jej parametry są niezależne od tych z danego typu generycznego. Aby zadeklarować metodę generyczną, należy podać generyczne parametry określające typ w taki sam sposób jak w typach generycznych. Kod typu określającego parametr należy dodać bezpośrednio po nazwie metody, tak jak w przykładowych metodach MathEx.Max<T> i MathEx.Min<T> z listingu 12.35.

Listing 12.35. Definiowanie metod generycznych

```
public static class MathEx
{
  public static T Max<T>(T first, params T[] values)
    where T : IComparable<T>
```

Kup ksi k Pole ksi k

```
  {
    T maximum = first;
    foreach (T item in values)
    {
      if (item.CompareTo(maximum) > 0)
      {
        maximum = item;
      }
    }
    return maximum;
  }

  public static T Min<T>(T first, params T[] values)
    where T : IComparable<T>
  {
    T minimum = first;

    foreach (T item in values)
    {
      if (item.CompareTo(minimum) < 0)
      {
        minimum = item;
      }
    }
    return minimum;
  }
}
```

2.0

W tym przykładzie metoda jest statyczna, choć język C# tego nie wymaga.

Metody generyczne, podobnie jak typy generyczne, mogą obejmować więcej niż jeden parametr określający typ. Arność (liczba parametrów określających typ) to cecha pozwalająca odróżniać od siebie sygnatury metod. Dozwolone jest utworzenie dwóch metod o identycznych nazwach i typach parametrów formalnych, jeśli liczba parametrów określających typ w tych metodach jest różna.

Inferencja typów w metodach generycznych

W typach generycznych argumenty określające typ podawane są po nazwie typu. Podobnie w metodach generycznych argumenty określające typ należy podać po nazwie metody. Kod z wywołaniami metod `Min<T>` i `Max<T>` przedstawiono na listingu 12.36.

Listing 12.36. Jawne podawanie parametrów określających typ

```
Console.WriteLine(
  MathEx.Max<int>(7, 490));
Console.WriteLine(
  MathEx.Min<string>("R.O.U.S.", "Fireswamp"));
```

Wynik działania kodu z listingu 12.36 pokazano w danych wyjściowych 12.4.

Kup książkę Poleć książkę

DANE WYJŚCIOWE 12.4.

```
490
Fireswamp
```

Nie jest zaskoczeniem, że argumenty określające typ (`int` i `string`) są zgodne z typami użytymi w wywołaniach metod generycznych. Jednak podawanie argumentów określających typ nie jest konieczne, ponieważ kompilator potrafi ustalić typ na podstawie przekazanych do metody argumentów. Programista wywołania metody `Max` z listingu 12.36 chciał, by argumentem określającym typ był `int`, ponieważ oba argumenty metody są tego typu. Aby uniknąć zbędnego kodu, w wywołaniu można pominąć parametr określający typ, jeśli kompilator potrafi logicznie ustalić typ oczekiwany przez programistę. Przykład zastosowania tego mechanizmu, **inferencji typów w metodzie**, znajdziesz na listingu 12.37. Wynik działania tego kodu pokazano w danych wyjściowych 12.5.

2.0

Listing 12.37. Inferencja argumentu określającego typ na podstawie przekazanych argumentów

```
Console.WriteLine(
  MathEx.Max(7, 490)); // Brak argumentu określającego typ!
Console.WriteLine(
  MathEx.Min("R.O.U.S'", "Fireswamp"));
```

DANE WYJŚCIOWE 12.5.

```
490
Fireswamp
```

Aby inferencja typu w metodzie zakończyła się powodzeniem, typy argumentów muszą być „dopasowane” do parametrów formalnych metody generycznej w taki sposób, by dało się ustalić argumenty określające typ. Co się jednak stanie, jeśli w wyniku inferencji wybrane zostaną sprzeczne argumenty? Na przykład jeśli programista wywoła metodę `Max<T>` za pomocą wywołania `MathEx.Max(7.0, 490)`, kompilator może na podstawie pierwszego argumentu wywnioskować, że argumentem określającym typ powinien być typ `double`, a na podstawie drugiego argumentu uznać, że należy zastosować `int`. Typy te są niezgodne ze sobą. W wersji C# 2.0 w takiej sytuacji zgłaszany jest błąd. Po zastanowieniu można zauważyć, że niezgodność da się wyeliminować, ponieważ każdą wartość typu `int` można przekształcić na typ `double`. Dlatego jako argument określający typ należy zastosować `double`. W wersjach C# 3.0 i C# 4.0 wprowadzono usprawnienia w algorytmie inferencji typów w metodach. Dzięki temu kompilator może przeprowadzać bardziej zaawansowane analizy.

W sytuacjach gdy mechanizm inferencji nie jest wystarczająco zaawansowany, by wywnioskować wartość argumentów określających typ, można rozwiązać błąd dzięki rzutowaniu argumentów. W ten sposób można poinformować kompilator o typach, które należy uwzględnić w trakcie inferencji. Inne rozwiązanie to rezygnacja z inferencji typów i jawne podanie argumentów określających typ.

Kup ksi k Pole ksi k

Zauważ, że algorytm inferencji typów w metodzie uwzględnia tylko argumenty, ich typy i typy parametrów formalnych metody generycznej. Algorytm w ogóle nie bierze pod uwagę innych czynników, które w praktyce mogłyby zostać wykorzystane w trakcie analiz. Te czynniki to na przykład typ wartości zwracanej przez metodę generyczną, typ zmiennej, do której przypisywana jest wartość zwracana przez metodę, lub ograniczenia używanych w metodzie generycznych parametrów określających typ.

Dodawanie ograniczeń

Dla parametrów określających typ w metodach generycznych można ustawić dokładnie te same ograniczenia co dla analogicznych parametrów w typach generycznych. Możesz na przykład dodać ograniczenie, zgodnie z którym typ podany w parametrze musi zawierać implementację danego interfejsu lub umożliwiać konwersję na wybraną klasę. Ograniczenia należy podawać między listą argumentów i ciałem metody, co pokazano na listingu 12.38.

2.0

Listing 12.38. Dodawanie ograniczeń w metodach generycznych

```
public class ConsoleTreeControl
{
  // Metoda generyczna Show<T>.
  public static void Show<T>(BinaryTree<T> tree, int indent)
    where T : IComparable<T>
  {
    Console.WriteLine("\n{0}{1}",
      "+ --".PadLeft(5*indent, ' '),
      tree.Item.ToString());
    if (tree.SubItems.First != null)
      Show(tree.SubItems.First, indent+1);
    if(tree.SubItems.Second != null)
      Show(tree.SubItems.Second, indent+1);
  }
}
```

W tym kodzie w metodzie `Show<T>` nie są bezpośrednio używane żadne składowe interfejsu `IComparable<T>`. Po co więc w ogóle dodawać ograniczenie? Pamiętaj, że jest ono potrzebne w klasie `BinaryTree<T>` (zobacz listing 12.39).

Listing 12.39. Klasa BinaryTree<T> wymaga podania typu z implementacją interfejsu IComparable<T>

```
public class BinaryTree<T>
  where T: System.IComparable<T>
{
  ...
}
```

Ponieważ klasa `BinaryTree<T>` wymaga wspomnianego ograniczenia parametru `T`, a w metodzie `Show<T>` używany jest argument `T` odpowiadający parametrowi z ograniczeniem, w metodzie należy zagwarantować, że ograniczenie parametru z klasy będzie spełnione także dla parametru z metody.

Kup ksi k Pole ksi k

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Rzutowanie w metodach generycznych

Czasem należy zachować ostrożność w trakcie korzystania z typów lub metod generycznych — na przykład wtedy, gdy są używane specjalnie do przeprowadzenia rzutowania. Przyjrzyj się poniższej metodzie. Przekształca ona strumień na obiekt podanego typu:

```
public static T Deserialize<T>(
  Stream stream, IFormatter formatter)
{
  return (T)formatter.Deserialize(stream);
}
```

Obiekt `formatter` odpowiada za usuwanie danych ze strumienia i przekształcanie ich w obiekt. Wywołanie metody `Deserialize()` obiektu `formatter` powoduje zwrócenie danych typu `object`. Wywołanie generycznej wersji metody `Deserialize()` wygląda tak:

2.0

```
string greeting =
  Deserialization.Deserialize<string>(stream, formatter);
```

Problem z tym kodem polega na tym, że dla jednostki wywołującej metoda `Deserialize<T>()` wydaje się bezpieczna ze względu na typ. Jednak na rzecz jednostki wywołującej przeprowadzane jest rzutowanie — tak jak w pokazanym poniżej niegenerycznym odpowiedniku przedstawionego wcześniej wywołania.

```
string greeting =
  (string)Deserialization.Deserialize(stream, formatter);
```

W czasie wykonywania programu to rzutowanie może się zakończyć niepowodzeniem. Metoda nie jest więc tak bezpieczna ze względu na typ, jak może się wydawać. Metoda `Deserialize<T>` jest generyczna wyłącznie po to, by mogła ukryć rzutowanie przed jednostką wywołującą. Jest to niebezpiecznie zwodnicze rozwiązanie. Lepszym podejściem może być utworzenie niegenerycznej wersji metody i zwracanie w niej obiektu typu `object`. Dzięki temu w jednostce wywołującej wiadomo, że metoda nie jest bezpieczna ze względu na typ. Programiści powinni zachować ostrożność, gdy w generycznej metodzie dane są rzutowane, a nie ma ograniczenia sprawdzającego poprawność tej operacji.

Wskazówka

UNIKAJ tworzenia metod generycznych, które wywołują u autora jednostki wywołującej mylne wrażenie, że są bezpieczne ze względu na typ.

Kowariancja i kontrawariancja

Początkujący użytkownicy typów generycznych często zastanawiają się, dlaczego wyrażenia typu `List<string>` nie można przypisać na przykład do zmiennej typu `List<object>`. Skoro wartość typu `string` można przekształcić na typ `object`, lista łańcuchów znaków powinna być zgodna z listą obiektów. Jednak takie rozwiązanie nie jest ani bezpieczne ze względu na typ,

Kup książkę Poleć książkę

ani dozwolone. Jeśli zadeklarujesz dwie zmienne tej samej klasy generycznej, ale z innymi parametrami określającymi typ, zmienne nie będą miały zgodnego typu nawet wtedy, jeśli jeden z podanych typów jest pochodny od drugiego. Takie zmienne nie są **kowariantne**.

Kowariancja to techniczne pojęcie z teorii kategorii. Opisuje ono proste zjawisko. Załóżmy, że między dwoma typami `X` i `Y` występuje specjalna relacja, polegająca na tym, że każdą wartość typu `X` można przekształcić na typ `Y`. Jeśli między typami `I<X>` i `I<Y>` także zawsze występuje ta sama relacja, można powiedzieć, że „`I<T>` jest kowariantny względem `T`". Dla prostych typów generycznych mających tylko jeden parametr określający typ ten parametr jest oczywisty, dlatego wystarczy powiedzieć „`I<T>` jest kowariantny". W takiej sytuacji konwersja z `I<X>` na `I<Y>` jest **konwersją kowariantną**.

Obiekty generycznych klas `Pair<Contact>` i `Pair<PdaItem>` nie są zgodne ze względu na typ, choć same typy podane jako argumenty są ze sobą zgodne. Kompilator blokuje konwersję (niejawną i jawną) między typami `Pair<Contact>` i `Pair<PdaItem>`, choć `Contact` dziedziczy po `PdaItem`. Także próba konwersji obiektu typu `Pair<Contact>` na interfejs `IPair<PdaItem>` zakończy się niepowodzeniem. Przykładowy kod pokazano na listingu 12.40.

2.0

Listing 12.40. Konwersja między typami generycznymi z różnymi parametrami określającymi typ

```
// ...
// BŁĄD: nie można przeprowadzić konwersji typów.
Pair<PdaItem> pair = (Pair<PdaItem>) new Pair<Contact>();
IPair<PdaItem> duple = (IPair<PdaItem>) new Pair<Contact>();
```

Jednak dlaczego jest to niedozwolone? Dlaczego typy `List<T>` i `Pair<T>` nie są kowariantne? Na listingu 12.41 pokazano, co by się stało, gdyby język C# zapewniał nieograniczoną kowariancję.

Listing 12.41. Rezygnacja z kowariancji pozwala zachować jednolitość typów

```
//...
Contact contact1 = new Contact("Princess Buttercup"),
Contact contact2 = new Contact("Inigo Montoya");
Pair<Contact> contacts = new Pair<Contact>(contact1, contact2);

// Ten kod prowadzi do błędu z komunikatem, że nie można przeprowadzić konwersji.
// Wyobraź sobie jednak, że taka instrukcja jest dozwolona.
// IPair<PdaItem> pdaPair = (IPair<PdaItem>) contacts;
// Wtedy poniższy kod jest poprawny, ale nie zapewnia bezpieczeństwa ze względu na typ.
// pdaPair.First = new Address("Ulica Sezamkowa 123");
...
```

Obiekt typu `IPair<PdaItem>` może zawierać adres, jednak w tym kodzie obiekt w rzeczywistości jest typu `Pair<Contact>`, dlatego może przechowywać tylko dane kontaktowe, a nie adresy. Tak więc nieograniczona kowariancja skutkuje naruszeniem bezpieczeństwa ze względu na typ.

Teraz powinno być zrozumiałe, dlaczego listy łańcuchów znaków nie można użyć jako listy obiektów. Nie można wstawić liczby całkowitej do listy łańcuchów znaków, natomiast jest możliwe wstawienie takiej liczby do listy obiektów. Dlatego rzutowanie listy łańcuchów znaków na listę obiektów musi być niedozwolone i kompilator zgłasza wtedy błąd.

Kup ksi k Pole ksi k

Początek 4.0

Umożliwianie kowariancji za pomocą modyfikatora out stosowanego do parametru określającego typ (od wersji C# 4.0)

Może zauważyłeś, że oba opisane wcześniej problemy związane z nieograniczoną kowariancją wynikają z tego, że generyczna para i generyczna lista umożliwiają zapis przechowywanych w nich danych. Załóżmy, że wyeliminujesz tę możliwość, tworząc przeznaczony tylko do odczytu interfejs `IReadOnlyPair<T>`, który udostępnia `T` jako typ wartości wyjściowej interfejsu (`T` może być tu typem wartości zwracanej przez metodę lub przeznaczoną tylko do odczytu właściwość). `T` nigdy nie może być wtedy typem wartości wejściowej (nie może być typem parametru formalnego ani typem właściwości z możliwością zapisu). Jeśli wprowadzisz ograniczenie dotyczące interfejsu powodujące, że `T` może być tylko typem wartości wyjściowych, opisany wcześniej problem z kowariancją nie wystąpi (zobacz listing 12.42).

Listing 12.42. Rozwiązanie z potencjalnie możliwą kowariancją

2.0

```
interface IReadOnlyPair<T>
{
  T First { get; }
  T Second { get; }
}

interface IPair<T>
{
  T First { get; set; }
  T Second { get; set; }
}

public struct Pair<T> : IPair<T>, IReadOnlyPair<T>
{
  // ...
}

class Program
{
  static void Main()
  {
    // BŁĄD: tylko teoretycznie możliwe, jeśli nie
    // dodasz modyfikatora out dla parametru określającego typ.
    Pair<Contact> contacts =
      new Pair<Contact>(
        new Contact("Princess Buttercupt"),
        new Contact("Inigo Montoya") );
    IReadOnlyPair<PdaItem> pair = contacts;
    PdaItem pdaItem1 = pair.First;
    PdaItem pdaItem2 = pair.Second;
  }
}
```

Gdy ograniczysz deklarację typu generycznego w taki sposób, że dane są dostępne tylko jako dane wyjściowe z interfejsu, nie ma powodu, by kompilator blokował możliwość kowariancji. Wszystkie operacje na obiekcie typu `IReadOnlyPair<PdaItem>` powodują przekształcenie obiektów typu `Contact` (z pierwotnego obiektu typu `Pair<Contact>`) na typ bazowy

Kup ksi k   Pole ksi k

4.0

PdaItem. Jest to w pełni poprawna konwersja. Nie może się wtedy zdarzyć, że program zapisze adres w obiekcie, który w rzeczywistości jest parą danych kontaktowych. Dzieje się tak, ponieważ użyty interfejs nie udostępnia właściwości przeznaczonych do zapisu.

Mimo to kod z listingu 12.42 także się nie skompiluje. W wersji C# 4 dodano jednak obsługę bezpiecznej kowariancji. Aby określić, że generyczny interfejs ma umożliwiać kowariancję względem jednego z parametrów określających typ, ten parametr trzeba zadeklarować z modyfikatorem out. Na listingu 12.43 pokazano, jak zmodyfikować deklarację interfejsu, by informowała, że należy umożliwić kowariancję.

Listing 12.43. Kowariancja dzięki użyciu modyfikatora out do parametru określającego typ

```
...
interface IReadOnlyPair<out T>
{
  T First { get; }
  T Second { get; }
}
```

2.0

Dodanie modyfikatora out do parametru określającego typ w interfejsie IReadOnlyPair
↪<out T> umożliwia kompilatorowi stwierdzenie, że typ T rzeczywiście jest używany tylko dla danych wyjściowych — jako typ wartości zwracanych przez metodę lub przez właściwości przeznaczone tylko do odczytu. Typ ten nigdy nie jest używany dla parametrów formalnych lub w setterze właściwości. Na tej podstawie kompilator dopuszcza konwersje kowariantne z wykorzystaniem tego interfejsu. Po wprowadzeniu potrzebnej zmiany w kodzie z listingu 12.42 program można z powodzeniem skompilować i wykonać.

Stosowanie konwersji kowariantnych jest związane z wieloma ważnymi zastrzeżeniami.

- Kowariancja jest możliwa tylko w kontekście generycznych interfejsów i generycznych delegatów (zobacz rozdział 13.). Klasy i struktury generyczne nigdy nie obsługują kowariancji.
- Argumenty określające typ w źródłowym i docelowym typie generycznym muszą być typem referencyjnym (nie można używać typów bezpośrednich). To oznacza, że obiekt typu IReadOnlyPair<string> można kowariantnie przekształcić na obiekt typu IReadOnlyPair<object>, ponieważ string i IReadOnlyPair<object> to typy referencyjne. Natomiast nie jest możliwe przekształcenie obiektu typu IReadOnlyPair
↪<int> na typ IReadOnlyPair<object>, ponieważ int nie jest typem referencyjnym.
- Używany interfejs lub delegat musi być zadeklarowany jako obsługujący kowariancję. Ponadto kompilator musi móc stwierdzić, że odpowiednie parametry określające typ są używane tylko dla wartości wyjściowych.

Umożliwianie kontrawariancji z użyciem modyfikatora in dla parametru określającego typ (od wersji C# 4.0)

Kowariancja przeprowadzana „w drugą stronę” to **kontrawariancja**. Ponownie załóżmy, że dwa typy, X i Y, są powiązane w taki sposób, że każdą wartość typu X można przekształcić na wartość typu Y. Jeśli typy I<X> i I<Y> zawsze spełniają tę samą relację „w drugą stronę”, czyli

Kup ksi k Pole ksi k

4.0

każdą wartość typu I<Y> można przekształcić na typ I<X>, to I<T> jest kontrawariantny względem T.

Dla większości osób kontrawariancja jest dużo trudniejsza do zrozumienia niż kowariancja. Standardowym przykładem ilustrującym kontrawariancję jest mechanizm porównań. Załóżmy, że utworzyłeś typ Apple pochodny od typu Fruit. Między tymi typami występuje specjalna relacja — każdą wartość typu Apple można przekształcić na typ Fruit.

Teraz załóżmy, że istnieje interfejs ICompareThings<T> zawierający metodę bool FirstIs↪Better<T t1, T t2>. Ta metoda przyjmuje dwa obiekty typu T i zwraca wartość logiczną informującą, czy pierwszy obiekt jest lepszy od drugiego.

Co się stanie, gdy podasz argumenty określające typ? Obiekt typu ICompareThings<Apple> udostępnia metodę, która przyjmuje dwa obiekty typu Apple i je porównuje. Obiekt typu ICompareThings<Fruit> ma metodę, która przyjmuje dwa obiekty typu Fruit i je porównuje. Jednak ponieważ każdy obiekt typu Apple jest też typu Fruit, możliwe powinno być bezpieczne użycie wartości typu ICompareThings<Fruit> wszędzie tam, gdzie potrzebny jest obiekt ICompareThings<Apple>. Kierunek konwersji jest tu odwrócony, stąd nazwa *kontrawariancja*.

2.0

Prawdopodobnie nie jest zaskoczeniem, że bezpieczna kontrawariancja wymaga odwrotnych ograniczeń interfejsu niż kowariancja. Interfejs umożliwiający kontrawariancję z użyciem jednego z parametrów określających typ musi wykorzystywać odpowiedni parametr tylko dla wartości wejściowych, na przykład w parametrach formalnych (lub we właściwości przeznaczonej tylko do zapisu, co jednak zdarza się bardzo rzadko). Interfejs można opisać jako zgodny z kontrawariancją, dodając modyfikator in do parametru określającego typ. To rozwiązanie pokazano na listingu 12.44.

Listing 12.44. Kontrawariancja dzięki zastosowaniu modyfikatora in do parametru określającego typ

```
class Fruit {}
class Apple : Fruit {}
class Orange : Fruit {}
```

```
interface ICompareThings<in T>
{
  bool FirstIsBetter(T t1, T t2);
}

class Program
{
  class FruitComparer : ICompareThings<Fruit>
  { ... }
  static void Main()
  {
    // Dozwolone w wersji C# 4.0.
    ICompareThings<Fruit> fc = new FruitComparer();
    Apple apple1 = new Apple();
    Apple apple2 = new Apple();
    Orange orange = new Orange();
    // Obiekt typu FruitComparer może porównywać jabłka (Apple) z pomarańczami (Orange),
    bool b1 = fc.FirstIsBetter(apple1, orange);
    // a także jabłka z jabłkami.
    bool b2 = fc.FirstIsBetter(apple1, apple2);
```

Kup ksi k Pole ksi k

4.0

```
    // Jest to dozwolone, ponieważ używany interfejs umożliwia kontrawariancję.
    ICompareThings<Apple> ac = fc;
    // W rzeczywistości obiekt jest typu FruitComparer, dlatego
    // też może porównywać dwa jabłka.
    bool b3 = ac.FirstIsBetter(apple1, apple2);
  }
}
```

Kontrawariancja (podobnie jak kowariancja) wymaga użycia modyfikatora parametru określającego typ. Tu jest to modyfikator `in`, który występuje w deklaracji określającego typ parametru interfejsu. Jest to dla kompilatora informacja, że ma sprawdzić, czy `T` nigdy nie występuje w getterze właściwości lub jako typ wartości zwracanej przez metodę. To umożliwia konwersje kontrawariantne z użyciem danego interfejsu.

Konwersje kontrawariantne podlegają analogicznym ograniczeniom co opisane wcześniej konwersje kowariantne. Są dozwolone tylko dla generycznych interfejsów i delegatów, jako parametr określający typ trzeba podać typ referencyjny, a kompilator musi mieć możliwość ustalenia, że interfejs pozwala na bezpieczne konwersje kontrawariantne.

2.0

Interfejs może obsługiwać kowariancję względem jednego parametru określającego typ i kontrawariancję względem innego parametru. W praktyce takie rozwiązanie stosuje się rzadko (wyjątkiem są delegaty). Na przykład rodzina delegatów `Func<A1, A2, ..., R>` jest kowariantna względem typu zwracanej wartości (`R`), a kontrawariantna względem pozostałych parametrów określających typ.

Zauważ, że kompilator sprawdza w kodzie źródłowym poprawność modyfikatorów parametrów ważnych ze względu na kowariancję i kontrawariancję. Przyjrzyj się interfejsowi `PairInitializer<in T>` na listingu 12.45.

Listing 12.45. Sprawdzanie poprawności wariancji przez kompilator

```
// BŁĄD: nieprawidłowa wariancja. Określający typ parametr 'T'
// nie jest poprawny ze względu na wariancję.
interface IPairInitializer<in T>
{
  void Initialize(IPair<T> pair);
}
```

```
// Załóżmy, że przedstawiony wyżej kod jest poprawny.
// Zobacz, jakie problemy mogą wystąpić.
class FruitPairInitializer : IPairInitializer<Fruit>
{
  // Kod inicjuje parę obiektów typu Fruit
  // wartościami typów Orange i Apple.
  public void Initialize(IPair<Fruit> pair)
  {
    pair.First = new Orange();
    pair.Second = new Apple();
  }
}
```

```
// Dalej w kodzie.
var f = new FruitPairInitializer();
```

```
// Gdyby kontrawariancja była tu dozwolona, ten kod byłby poprawny:
IPairInitializer<Apple> a = f;
// Poniższy kod zapisuje obiekt typu Orange w obiekcie z parą obiektów typu Apple.
a.Initialize(new Pair<Apple>());
```

Na pozór można sądzić, że ponieważ typ `IPair<T>` jest używany tylko dla wejściowego parametru formalnego, kontrawariantny modyfikator `in` w typie `IPairInitializer` jest prawidłowy. Jednak interfejs `IPair<T>` nie może być bezpiecznie modyfikowany, dlatego nie można go tworzyć ze zmiennym argumentem określającym typ. Jak widać, to rozwiązanie nie jest bezpieczne ze względu na typ, dlatego kompilator w ogóle nie zezwala na zadeklarowanie interfejsu `IPairInitializer<T>` jako kontrawariantnego.

Obsługa niezabezpieczonej kowariancji w tablicach

2.0

Do tego miejsca kowariancja i kontrawariancja były opisywane jako cechy typów generycznych. Spośród wszystkich typów niegenerycznych najbardziej generyczne są tablice. Podobnie jak można tworzyć generyczne listy obiektów typu `T` lub generyczne pary obiektów typu `T`, tak można potraktować tablicę obiektów typu `T` jako wzorzec. Ponieważ tablice umożliwiają odczyt i zapis danych, to na podstawie wiedzy o kowariancji i kontrawariancji prawdopodobnie podejrzewasz, że tablice nie obsługują bezpiecznej kontrawariancji ani kowariancji. Zapewne sądzisz, że tablice umożliwiają bezpieczną kowariancję tylko wtedy, gdy nie pozwalają na zapis, a bezpieczna kontrawariancja jest możliwa tylko wtedy, gdy dane z tablicy nigdy nie są wczytywane (choć oba te ograniczenia są nierealistyczne).

Niestety, C# umożliwia kowariancję w tablicach, choć ta operacja nie jest bezpieczna ze względu na typ. Na przykład instrukcja `Fruit[] fruits = new Apple[10];` jest w języku C# w pełni poprawna. Jeśli potem wykonasz wyrażenie `fruits[0] = new Orange();`, środowisko uruchomieniowe zgłosi wyjątek informujący o naruszeniu bezpieczeństwa typu. Bardzo kłopotliwe jest to, że nie zawsze można poprawnie przypisać obiekt typu `Orange` do tablicy elementów typu `Fruit`, ponieważ w rzeczywistości może to być tablica elementów typu `Apple`. Problem ten dotyczy nie tylko języka C#, ale wszystkich języków ze środowiska CLR, w których używana jest implementacja tablic ze środowiska uruchomieniowego.

Staraj się unikać niezabezpieczonej kowariancji z użyciem tablic. Każdą tablicę można przekształcić na przeznaczony tylko do odczytu (a tym samym bezpieczny ze względu na kowariancję) interfejs `IEnumerable<T>`. Dlatego wyrażenie `IEnumerable<Fruit> fruits = new Apple[10]` jest bezpieczne i dozwolone, ponieważ nie można wstawić do tej tablicy obiektu typu `Orange` (dostępny jest wyłącznie interfejs przeznaczony tylko do odczytu).

Wskazówka

UNIKAJ stosowania niezabezpieczonej kowariancji z wykorzystaniem tablic. Zamiast tego **ROZWAŻ** konwersję tablicy na przeznaczony tylko do odczytu interfejs `IEnumerable<T>`, co pozwala na bezpieczne konwersje kowariantne.

Koniec 4.0

Kup książkę Poleć książkę

Wewnętrzne mechanizmy typów generycznych

Z poprzednich rozdziałów dowiedziałeś się o powszechności obiektów w systemie typów interfejsu CLI. Nie powinno być więc zaskoczeniem, że typy generyczne też służą do tworzenia obiektów. Określający parametr typ w klasie generycznej jest używany jako metadane, wykorzystywane przez środowisko uruchomieniowe do budowania odpowiednich klas, gdy są one potrzebne. Dlatego typy generyczne obsługują dziedziczenie, polimorfizm i hermetyzację. W typach generycznych można definiować metody, właściwości, pola, klasy, interfejsy i delegaty.

Aby było to możliwe, typy generyczne wymagają obsługi w używanym środowisku uruchomieniowym. W C# typy generyczne są mechanizmem obsługiwanym zarówno przez kompilator, jak i przez platformę. Na przykład aby uniknąć opakowywania obiektów, używana jest inna implementacja typów generycznych w zależności od tego, czy jako parametr określający typ podano typ bezpośredni, czy typ referencyjny.

2.0

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Reprezentacja typów generycznych w kodzie CIL

Po skompilowaniu klasa generyczna tylko nieznacznie różni się od klasy niegenerycznej. W wyniku kompilacji powstają metadane i kod CIL. Kod CIL jest sparametryzowany, by umożliwić zastosowanie typu podanego przez użytkownika w określonym miejscu kodu. Załóżmy, że zadeklarowana jest prosta klasa `Stack` przedstawiona na listingu 12.46.

Listing 12.46. Deklaracja klasy Stack<T>

```
public class Stack<T> where T : IComparable
{
  T[] items;
  // Pozostała część klasy.
}
```

Po skompilowaniu tej klasy wygenerowany kod CIL jest sparametryzowany i wygląda tak jak na listingu 12.47.

Listing 12.47. Kod CIL klasy Stack<T>

```
.class private auto ansi beforefieldinit
  Stack'1<([mscorlib]System.IComparable)T>
  extends [mscorlib]System.Object
{
  ...
}
```

Pierwszym wartym uwagi fragmentem jest człon `'1` pojawiający się po nazwie `Stack` w drugim wierszu. Podana wartość to arność, czyli liczba określających typ parametrów wymaganych w danej klasie generycznej. Dla klasy `EntityDictionary<TKey, TValue>` arność będzie równa 2.

Kup ksi k Pole ksi k

W drugim wierszu wygenerowanego kodu CIL znajdują się też ograniczenia stawiane klasie. Określający typ parametr T jest powiązany z interfejsem, ponieważ ograniczenie wymaga implementacji interfejsu IComparable w danym typie.

Z dalszej analizy kodu CIL dowiesz się też, że do deklaracji tablicy items z elementami typu T zastosowano notację z wykrzyknikiem, wykorzystywaną w wersji kodu CIL z obsługą typów generycznych. Wykrzyknik oznacza obecność pierwszego określającego typ parametru danej klasy (zobacz listing 12.48).

Listing 12.48. Kod CIL z notacją z wykrzyknikiem oznaczającą obsługę typów generycznych

```
.class public auto ansi beforefieldinit
  'Stack'1'<([mscorlib]System.IComparable) T>
  extends [mscorlib]System.Object
{
  .field private !0[ ] items
  ...
}
```

2.0

Oprócz arności, parametru określającego typ w nagłówku klasy i tegoż parametru wyróżnionego wykrzyknikiem kod CIL wygenerowany dla klasy generycznej prawie się nie różni od kodu CIL klasy niegenerycznej.

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Tworzenie obiektów typów generycznych opartych na typach bezpośrednich

Gdy tworzony jest pierwszy obiekt typu generycznego i jako parametr określający typ używany jest typ bezpośredni, środowisko uruchomieniowe tworzy wyspecjalizowany typ generyczny z podanymi parametrami umieszczonymi w odpowiednich miejscach kodu CIL. Tak więc środowisko uruchomieniowe tworzy nowe wyspecjalizowane typy generyczne dla każdego typu bezpośredniego podanego jako parametr.

Załóżmy, że w kodzie zadeklarowana jest klasa Stack z parametrem int, tak jak na listingu 12.49.

Listing 12.49. Definicja klasy Stack<int>

```
Stack<int> stack;
```

Gdy używasz typu Stack<int> po raz pierwszy, środowisko uruchomieniowe generuje wyspecjalizowaną wersję klasy Stack, w której określający typ argument int jest podstawiany za parametr określający typ. Później za każdym razem, gdy kod używa typu Stack<int>, środowisko uruchomieniowe ponownie wykorzystuje wygenerowaną wyspecjalizowaną klasę Stack<int>. Na listingu 12.50 zadeklarowane są dwa obiekty typu Stack<int>. Dla obu używany jest wygenerowany już przez środowisko uruchomieniowe kod klasy Stack<int>.

Listing 12.50. Deklarowanie zmiennych typu Stack<T>

```
Stack<int> stackOne = new Stack<int>();
Stack<int> stackTwo = new Stack<int>();
```

Kup ksi k Pole ksi k

Jeśli dalej w kodzie utworzysz nowy obiekt typu Stack, z innym typem bezpośrednim (na przykład typem long lub strukturą zdefiniowaną przez użytkownika) podstawianym za parametr określający typ, środowisko uruchomieniowe wygeneruje inną wersję typu generycznego. Zaletą wyspecjalizowanych klas generycznych opartych na typach bezpośrednich jest ich wydajność. Ponadto w kodzie można uniknąć konwersji i opakowywania, ponieważ każda wyspecjalizowana klasa generyczna „natywnie” korzysta z typu bezpośredniego.

ZAGADNIENIE DLA ZAAWANSOWANYCH

Tworzenie obiektów typów generycznych opartych na typach referencyjnych

Typy generyczne oparte na typach referencyjnych działają nieco inaczej. Gdy po raz pierwszy tworzony jest obiekt typu generycznego opartego na typie referencyjnym, środowisko uruchomieniowe tworzy wyspecjalizowany typ generyczny, w którym w kodzie CIL za parametry określające typ podstawiany jest typ object (a nie typ określony w argumencie). Później za każdym razem, gdy tworzony jest obiekt danego typu generycznego opartego na typie referencyjnym, środowisko uruchomieniowe ponownie wykorzystuje wcześniej wygenerowaną wersję tego typu generycznego — także wtedy, jeśli ten typ referencyjny jest inny niż wcześniej.

2.0

Załóżmy, że dostępne są dwa typy referencyjne — klasa Customer i klasa Order. Kod tworzy obiekt typu EntityDictionary z elementami typu Customer:

```
EntityDictionary<Guid, Customer> customers;
```

Zanim będzie można uzyskać dostęp do tej klasy, środowisko uruchomieniowe tworzy wyspecjalizowaną wersję klasy EntityDictionary, przy czym jako podany typ danych wykorzystuje typ object, a nie typ Customer. Załóżmy teraz, że następny wiersz kodu tworzy obiekt typu EntityDictionary oparty na innym typie referencyjnym — Order.

```
EntityDictionary<Guid, Order> orders =
  new EntityDictionary<Guid, Order>();
```

Inaczej niż w przypadku typów bezpośrednich, tu nie jest tworzona nowa wyspecjalizowana wersja klasy EntityDictionary, wykorzystująca typ Order. Zamiast tego tworzony jest obiekt wersji typu EntityDictionary opartej na typie object — i to ten obiekt jest przypisywany do zmiennej orders.

Aby móc uzyskać bezpieczeństwo ze względu na typ, dla każdej referencji typu object podstawionej za parametr określający typ alokowany jest w pamięci obszar potrzebny na typ Order i tworzony jest wskaźnik do tego obszaru.

Przyjmijmy, że natrafiłeś na wiersz kodu tworzący obiekt typu EntityDictionary opartego na typie Customer:

```
customers = new EntityDictionary<Guid, Customer>();
```

Podobnie jak wcześniej, gdy tworzono obiekt typu EntityDictionary opartego na typie Order, powstaje następny obiekt wyspecjalizowanej klasy EntityDictionary (z referencjami typu object), a wskaźniki z tego obiektu są ustawiane na typ Customer. Taka implementacja typów generycznych znacznie zmniejsza ilość kodu, ponieważ ogranicza do jednej liczbę wyspecjalizowanych klas tworzonych przez kompilator na podstawie klas generycznych opartych na typach referencyjnych.

Choć środowisko uruchomieniowe wykorzystuje tę samą wewnętrzną definicję typu generycznego, gdy jako parametry określające typ podane są różne typy referencyjne, sytuacja wygląda inaczej, gdy jako takie parametry używane są różne typy bezpośrednie. Na przykład klasy `Dictionary<int, Customer>`, `Dictionary<Guid, Order>` i `Dictionary<long, Order>` wymagają osobnych wewnętrznych definicji typów.

Porównanie języków — typy generyczne w Javie

Implementacja typów generycznych w Javie jest w całości obsługiwana przez kompilator, a nie przez maszynę wirtualną Javy. Firma Sun zastosowała to podejście, by uniknąć konieczności dystrybucji zaktualizowanej wersji maszyny wirtualnej Javy po zastosowaniu typów generycznych.

W Javie dla typów generycznych używana jest składnia podobna jak dla szablonów z języka C++ i typów generycznych z języka C# (włącznie z parametrami określającymi typ i ograniczeniami). Jednak ponieważ typy bezpośrednie wyglądają w składni tak samo jak typy referencyjne, niezmodyfikowana maszyna wirtualna Javy nie obsługuje typów generycznych opartych na typach bezpośrednich. Dlatego typy generyczne w Javie nie dają takiego wzrostu wydajności kodu co w języku C#. Gdy kompilator Javy musi zwrócić dane, przeprowadza automatyczne rzutowanie w dół z typu podanego w ograniczeniu (jeśli istnieje) lub z typu bazowego `Object` (jeżeli nie ma ograniczenia). Ponadto kompilator Javy generuje jeden wyspecjalizowany typ na etapie kompilacji, a następnie korzysta z tego typu do tworzenia obiektów dowolnej wersji typu generycznego. Poza tym ponieważ maszyna wirtualna Javy nie ma wbudowanej obsługi typów generycznych, nie ma sposobu na sprawdzenie w czasie wykonywania programu parametru określającego typ w danym obiekcie typu generycznego. Inne zastosowania mechanizmu refleksji w typach generycznych też są mocno ograniczone.

Podsumowanie

Dodanie generycznych typów i metod w wersji C# 2.0 znacznie zmieniło sposób pisania kodu przez programistów używających języka C#. W prawie wszystkich sytuacjach, w których w wersji C# 1.0 programiści używali typu `object`, od wersji C# 2.0 typy generyczne stały się lepszym rozwiązaniem. Jeśli w obecnie rozwijanych programach w języku C# używany jest typ `object` (zwłaszcza w kolekcjach), należy się zastanowić, czy lepszym rozwiązaniem nie będzie zastosowanie typów generycznych. Większe bezpieczeństwo ze względu na typ, uzyskane dzięki możliwości rezygnacji z rzutowania, wyeliminowanie spadku wydajności związanego z opakowywaniem i zmniejszenie ilości powtarzającego się kodu, to istotne korzyści zapewniane przez typy generyczne.

W rozdziale 15. omówiono jedną z najczęściej używanych przestrzeni nazw z typami generycznymi — `System.Collections.Generic`. Jak wskazuje nazwa, ta przestrzeń nazw obejmuje prawie wyłącznie typy generyczne. Znajdziesz tam dobre przykłady ilustrujące, jak niektóre typy używające wcześniej typu `object` przekształcono w typy generyczne. Jednak zanim przejdziesz do tych zagadnień, warto przyjrzeć się wyrażeniom, które od wersji C# 3.0 znacznie usprawniły pracę z kolekcjami.

Koniec 2.0

Kup ksi k Pole ksi k

Skorowidz

.NET
- Core, 814
- Native, 826
- Standard, 64, 815

A

adresy, 801
agregacja, 298
alias, 194, 659
alokowanie danych, 806
analiza
- klasy, 44
- typów zmiennoprzecinkowych, 68

anulowanie
- iteracji, 636
- kooperatywne, 715
- kwerendy PLINQ, 757
- zadania, 715

AOT, Ahead of Time, 826
API, Application Programming Interface, 62
apostrof, 75
architektura .NET Native, 826
argument, 181, 184
argumenty nazwane, 214
arność, 455
asynchroniczna metoda Main(), 769
asynchroniczne
- lambdy, 734
- metody, 730
- operacje, 691
- wywoływanie operacji, 722
- zadania, 700
- żądania sieciowe, 726

asynchroniczność
- instrukcja async, 726
- instrukcja await, 726
- zadania, 726

atrybut, 344, 652
- FlagsAttribute, 371, 663
- IndexerName, 625
- MethodImplAttribute, 771
- StructLayoutAttribute, 793
- System.AttributeUsage ↪Attribute, 661
- System.Conditional ↪Attribute, 664
- System.NonSerializable, 668
- System.ObsoleteAttribute, 666
- System.SerializableAttribute, 672

atrybuty
- inicjowanie, 657
- niestandardowe, 656
- predefiniowane, 664
- wyszukiwanie, 656
- związane z serializacją, 667

automatycznie implementowane właściwości, 255

B

bajty, 150
BCL, Base Class Library, 815, 827
bezpieczeństwo, 819
- ze względu na typ, 58

biblioteka
- BCL, 59, 815
- Microsoft.Extension.CommandUtils, 400
- Parallel Extensions, 691
- TPL, 747

biblioteki
- klas, 394
- wskazywanie, 395

bity, 150
blok
- catch, 218
- finally, 220
- ogólny catch, 223, 427
- try, 218

blokada, 690, 770
bloki kodu, 138, 140
błąd, 794
- kompilacji, 453
- nieskończonej rekurencji, 209

błędy związane z tablicami, 116

Kup książkę | Poleć książkę

C

centralizowanie inicjowania, 266
CIL, Common Intermediate Language, 57, 811, 827
CLI, Common Language Infrastructure, 58, 811, 827
 definiowanie standardu, 811
 implementacje, 813
CLR, 827
CLS, Common Language Specification, 58, 825, 827
COM, 787
CTS, Common Type System, 58, 824, 827

D

dane
 wejściowe, 51
 wyjściowe, 51, 60, 307
definiowanie
 indeksera, 623
 interfejsu, 324
 iteratora, 627
 klasy, 43, 232, 444
  abstrakcyjnej, 311
  częściowej, 284
  generycznej, 448
  publikującej zdarzenia, 517
  zagnieżdżonej, 281
 metod subskrybujących, 516
 niestandardowych
  konwersji, 294
  wyjątków, 433
 operatora indeksowania, 625
 operatorów rzutowania, 294
 przestrzeni nazw, 402
 składowych
  abstrakcyjnych, 311
 symboli preprocesora, 172
 typu, 43
 typu wyliczeniowego, 365
 właściwości, 248
 wyliczenia, 364
deklarowanie
 funkcji zewnętrznych, 790
 generycznego interfejsu, 450
 generycznego typu delegata, 532
 getterów i setterów, 246
 klasy, 43, 232
 konstruktora, 260
 metod, 185
 metody Main, 44
 parametrów formalnych, 187
 pola instancji, 235
 pól statycznych, 269
 stałej, 133
 struktury, 351
 tablicy, 106
 typu delegata, 487, 489
 właściwości, 247
 wskaźników, 803
 zdarzeń, 530
 zmiennej, 47, 48
dekonstruktory, 267
dekrementacja, 129, 132
 w pętli, 129
delegaty, 149, 466, 483, 507
 a drzewa wyrażeń, 510, 509
 deklarowanie typu, 487, 489
 operatory, 521
 równość strukturalna, 501
 synchroniczne, 699
 tworzenie instancji, 490, 491
 typ danych, 486
 typu generycznego, 532
 typu multicast, 515, 523
 typy, 488
 wewnętrzne mechanizmy, 491
 wywoływanie, 518
dereferencja wskaźników, 807
deserializacja, 671
deterministyczna finalizacja, 413
dezasembler, 59
diagram
 interfejsów, 340
 klas, 544
 sekwencji wywołań delegatów, 526
 sekwencyjny, 631
 z sekwencją wywołań delegatów, 524
długość łańcuchów znaków, 82
dodawanie
 atrybutów, 653
 łańcuchów znaków, 123
 referencji, 397
dokumentacja w formacie XML, 407
dołączanie kodu, 172
dopasowanie do wzorca, 317, 318
dosłowny literał tekstowy, 77
dostęp
 do instancji klasy, 240
 do metadanych, 642
 do pola statycznego, 270
 do pól instancji, 236
 do składowych typu docelowego, 808
 do tablicy, 105
dostrajanie wydajności, 749
Dotnet CLI, 33, 39
drzewo wyrażeń, 507, 509
 badanie, 511
 lambda, 509, 510
duck typing, 547
dynamiczne wywoływanie składowej, 644, 652
dyrektywa
 #define, 171
 #elif, 171, 172
 #else, 171, 172
 #endif, 172
 #endregion, 175
 #error, 171, 173
 #if, 171, 174
 #line, 171
 #pragma, 171, 174
 #region, 171
 #undef, 171, 172
 #warning, 171, 173
 #region, 175
 using, 80, 190
  static, 80, 193
  zagnieżdżanie, 192
dyrektywy preprocesora, 170

dziedziczenie, 230, 289, 356
interfejsów, 335
jawne, 316
klas wyjątków, 221
ograniczenia, 463
po jednym typie, 297
po wielu interfejsach, 337

F

FCL, Framework Class Library, 816, 827
FIFO, first in, first out, 622
filtrowanie, 550, 593
finalizacja, 415
finalizatory, 264, 411, 452
formatowanie
bez wcięć, 47
dwustronne, 72
łańcuchów znaków, 81
złożone, 53
funkcje
anonimowe, 494, 504
lokalne, 734
zewnętrzne, 790, 797

G

generowanie
błędów i ostrzeżeń, 173
pliku z dokumentacją, 407
typów anonimowych, 581
generyczne
interfejsy, 450
struktury, 450
gettery, 246, 258
grafy obiektów, 509
grupowanie, 567
instrukcji, 180
wyników zwracanych, 596

H

hermetyzacja, 230, 234, 244
danych, 278
procesu publikacji, 530
subskrypcji, 529
typów, 400
hierarchia
generycznych interfejsów, 607
klas, 231

I

IDE, Intergrated Development Environment, 35
identyfikatory, 41
iloczyn kartezjański, 566
implementacja
generycznego interfejsu, 451
interfejsu, 325, 329
IComparer<T>, 611
IEqualityComparer<T>, 619
System.Runtime.Serialization.ISerializable, 669
metody Equals(), 383
niestandardowej metody asynchronicznej, 736, 738
opóźnionego wykonywania, 593
relacji jeden do wielu, 568
typów subskrybujących, 516
wielodziedziczenia, 339
wzorca publikuj-subskrybuj, 516
zdarzeń, 537
złączeń zewnętrznych, 570
zmiennych zewnętrznych, 504
implementacje standardu CLI, 813
indekser, 623
inferencja typów, 469
informacje o tablicach, 105
inicjowanie
kolekcji, 263, 540, 582
obiektów, 262
słownika, 541
struktur, 352
inkrementacja, 129, 132
instancja
delegata, 490
klasy, 45
tablicy, 107
instrukcja, 45
async, 726
await, 726
break, 135, 165
continue, 134, 167
do while, 134
dynamic, 673
fixed, 805
for, 134
foreach, 134
dla interfejsu IEnumerable<T>, 543
dla tablic, 542
goto, 135, 169
if, 134, 135
bez bloku kodu, 138
if-else, 318
Join(), 564
lock, 359
return, 188
switch, 135, 162, 318
throw, 224
using, 413, 415
while, 134
yield, 639
break, 636
return, 631, 633, 638
instrukcje, 45
bez średników, 46
opakowywania, 357
skoku, 165
wierszowe, 45
interfejs, 323, 344, 356
API Win32, 794
ICollection<T>, 608
IComparer<T>, 611
IDictionary<TKey, TValue>, 606
IDisposable, 413, 415
IEnumerable<T>, 542, 543
IEqualityComparer<T>, 619
IList<T>, 606
IQueryable<T>, 575
System.Runtime.Serialization.ISerializable, 669
interfejsy
a atrybuty, 344
a klasy, 343

interfejsy
- API, 62
- bazowe, 336
- definiowanie, 324
- diagramy, 340
- dziedziczenie, 335
- generyczne, 450
- implementowanie, 325, 329, 333
  - wielodziedziczenia, 339
  - wielokrotne, 451
- jawnie podawane, 331
- kolekcji, 539
- metody rozszerzające, 337
- ograniczenia, 459
- pochodne, 335, 342
- polimorfizm, 325

interpolacja łańcuchów znaków, 52, 78
iteracja, 545
iteratory, 627, 630
- definiowanie, 627
- działanie, 636
- rekurencyjne, 635
- składnia, 628
- w jednej klasie, 638
- zwracanie wartości, 629

J

język
- C#, 31
- CIL, 57, 59
- Common Intermediate Language, 823

JIT, just-in-time, 58, 816

K

kategorie typów, 347
klasa, 229, 233
- BinaryTree<string>, 634
- CancellationToken, 717
- CancellationTokenSource, 717
- CommandLineInfo, 647
- Dictionary<TKey, TValue>, 614
- LinkedList<T>, 623
- List<T>, 608, 609
- MemberInfo, 648
- Monitor, 765
- object, 375, 643
- Queryable, 575
- Queue<T>, 622
- Stack, 444
- Stack<T>, 621, 649
- System.Delegate, 492
- System.Object, 315
- System.Threading, 691
- System.Threading.Interlocked, 772
- System.Threading.Mutex, 776
- System.Threading.Thread, 691
- System.Type, 642
- ThreadPool, 697
- WaitHandle, 778

klasy
- abstrakcyjne, 310, 344
- bazowe, 300
- bazowe podatne na błędy, 304
- częściowe, 283
- definiowanie, 232
- deklarowanie, 232
- deklarowanie zmiennych, 233
- dotyczące, 460
- finalizatory, 264
- generyczne, 447
  - deklarowanie konstruktora, 452
- kolekcji, 542, 608
- kolekcji przetwarzanych równolegle, 782
- konstruktory, 260
- metody instancji, 237
- modyfikatory dostępu, 257
- pochodne, 290
- pola instancji, 235
- przesłanianie składowych, 300
- publikujące zdarzenia, 517
- składowe, 234
- składowe statyczne, 269
- statyczne, 275
- tworzenie instancji, 232, 233
- właściwości, 246
- wyjątków, 221
- zagnieżdżone, 281
- zamknięte, 299

klauzula
- from, 600
- group, 598, 599
- into, 599
- kontynuacji kwerendy, 599
- let, 595

kod
- dyrektywy preprocesora, 172
- edytowanie, 32
- kompilowanie, 32, 38
- maszynowy, 816
- natywny, 58
- niezabezpieczony, 789, 801, 809
- tworzenie, 32
- uruchamianie, 32
- wykonywanie, 38

kolejka, 622
kolekcja, 263, 539
- Dictionary<TKey, TValue>, 614
- LinkedList<T>, 623
- List<T>, 608, 612
- Queue<T>, 622
- SortedDictionary<TKey, TValue>, 620
- SortedList<T>, 620
- Stack<T>, 621

kolekcje
- interfejsy, 606
- niestandardowe, 605
- posortowane, 620
- przeszukiwanie, 612
- przetwarzane równolegle, 782
- puste, 626
- wyszukiwanie wielu elementów, 614

Kup książkę Poleć książkę

komentarze, 55
- jednowierszowe, 56
- XML-owe, 56, 405
- z ogranicznikami, 56
- z konstrukcjami programistycznymi, 406

kompilacja, 38, 816
- AOT, 826

kompilator JIT, 58, 771, 816
konsola, 51
konstruktory, 260, 309
- definiowanie, 260
- deklarowanie, 260
- domyślne, 262, 466
- inicjowanie atrybutu, 657
- łączenie w łańcuch, 265
- ograniczenia, 462
- przeciążone, 264
- statyczne, 273
- typu generycznego, 452
- wywoływanie, 261

kontekst synchronizacji, 740
kontrawariancja, 472, 475
kontrola
- konwersji, 437
- typów, 819

konwencje programistyczne, 532
konwersje, 320
- drzewa wyrażeń, 508
- między wyliczeniami a łańcuchami znaków, 367
- niejawne, 89, 293
- typów bez rzutowania, 90
- z łańcucha znaków na wyliczenie, 368
- kontrolowane, 87
- niekontrolowane, 87
- typów danych, 86
- z kontrolą, 436

kowariancja, 472
- niezabezpieczona, 478

krotka ValueTuple, 103
krotki, 98, 189, 455
- w wyrażeniach, 589

kwerendy, 539
- operatory, 572
- PLINQ, 756
- równoległe wykonywanie, 553, 754
- standardowe operatory, 547

L

lambdy, 500
- asynchroniczne, 734
- w postaci instrukcji, 495
- w postaci wyrażeń, 497

latencja, 683
leniwe inicjowanie, 418
- za pomocą typów generycznych, 419

liczby zmiennoprzecinkowe, 126
LIFO, last in, first out, 621
LINQ, Language Integrated Query, 15, 539, 585
- grupowanie, 567
- opóźnione wykonanie, 555
- równoległe wykonywanie kwerend, 553, 754
- sortowanie, 559
- typy anonimowe, 576
- złączania, 564

listy, 608
- powiązane, 623

literał, 76
- typu decimal, 70
- typu double, 69

literały liczbowe, 68
- binarne, 72
- szesnastkowe, 71

Ł

łańcuch znaków, 50, 76
- długość, 82
- dodawanie, 123
- formatowanie, 81
- interpolacja, 78
- jako tablica, 115
- metody, 79, 80
- niezmienność, 83
- złączanie, 77

łączenie subskrybentów z nadawcą, 517
łączność, 122

M

manifesty, 821
maska, 153
mechanizm
- odzyskiwania pamięci, 234, 411
- P/Invoke, 790

menu Projekt, 398
metadane, 642, 825
metoda, 44
- Assert(), 127
- BubbleSort(), 484, 486
- CommandLineHandler.TryParse(), 659
- ContinueWith(), 708
- Count(), 554
- Equals(), 379, 383
- FindAll(), 614
- GetGenericArguments(), 650
- GetHashCode(), 377, 378
- GetType(), 643
- GroupBy(), 567
- GroupJoin(), 568, 570
- int.TryParse(), 227
- Main, 44
- Main(), 195
- OrderBy(), 559
- Pop(), 621
- Push(), 621
- Select(), 551
- SelectMany(), 571
- System.Console.Read(), 52
- System.Console.ReadLine(), 51
- Task.ContinueWith(), 741
- Task.Delay(), 786
- Task.Factory.StartNew(), 718, 719
- ThenBy(), 559
- ToString(), 376
- TryParse(), 91, 227
- Where(), 550

metody
anonimowe, 494, 499
bezparametrowe, 500
wewnętrzne mechanizmy, 502
argumenty, 184
async void, 732
asynchroniczne
niestandardowe, 736, 738
zwracanie wartości, 730, 732
częściowe, 285
deklarowanie, 185
dla tablic, 113
dla typu string, 79
generyczne, 468
dodawanie ograniczeń, 471
inferencja typów, 469
rzutowanie, 472
instancji, 237
instancyjne tablicy, 114
klasy Interlocked, 773
krotki, 189
nazwa, 184
parametry, 184
parametry opcjonalne, 212
przeciążone, 209
rozszerzające, 277, 297, 337
statyczne, 272
typ wartości zwracanej, 188
typu string, 80
wartości zwracane, 184, 528
wirtualne, 301
wywołania, 180, 181, 185, 215
z ciałem w postaci wyrażenia, 190
z jawnie podawanym interfejsem, 331
zaawansowane parametry, 197
microsoft .NET Framework, 814
miejsce wywołania, 196
modele zarządzania pamięcią, 690
moduły, 821
modyfikator
async, 742
await, 739, 742
const, 278
dostępu, 244, 402
internal, 400
private, 245, 294
protected, 295
protected internal, 401
public, 400
w getterach i setterach, 257
formatowania R, 73
formatu szesnastkowego, 72
in, 475
new, 304, 305
out, 200, 474
readonly, 279
sealed, 307
virtual, 300
modyfikowanie
implementacji zdarzeń, 537
kolekcji, 547
MTA, Multi-threaded Apartment, 787

N

nadtyp, 289
nakładki, 799
narzędzie
Dotnet CLI, 33
ILDASM, 59
nawiasy, 122
nazwa
indeksera, 625
klasy, 38
metody, 184
parametrów określających typ, 450
pliku, 38
typu, 182
nieskończoność dodatnia, 128
notacja
pascalowa, 42
szesnastkowa, 71
wykładnicza, 71
nowy wiersz, 82

O

obiekty, 233
dynamiczne, 672, 679
inicjatory, 262
obsługa
asynchroniczności, 720
błędów, 216, 794
serializacji, 435
wartości null, 445
wyjątków, 216, 219, 421, 429
wyjątków w pętlach równoległych, 749
odpytywanie cykliczne, 701
odstępy, 46
odzyskiwanie pamięci, 409, 415, 818
w platformie .NET, 819
ogólne bloki catch, 428
ograniczenia
dotyczące
delegatów, 466
dziedziczenia, 463
interfejsu, 459
klasy, 460
konstruktora, 462, 466
wyliczeń, 466
wymagające struktury, 461
wymogi, 465
ograniczniki instrukcji, 45
okno dialogowe Nowy projekt, 36
określanie wartości, 122
opakowywanie, 356, 360
interfejsu API, 799
opcja nowarn:<lista ostrzeżeń>, 174
opcje pętli równoległych, 752
operacja odrzucania, 102
operacje
arytmetyczne, 124
asynchroniczne, 691
atomowe, 688
operand, 120
operator, 119, 120
?., 147
??, 147
AND, 144

as, 320
await, 744
default, 355
dodawania dla łańcuchów znaków, 123
dopełnienia, 155
indeksowania, 625
inkrementacji, 129
postinkrementacji, 130
preinkrementacji, 131
is, 316, 317
minus, 120
nameof, 253, 651
negacji, 145
new, 260, 261, 354
OR, 144
plus, 124
rzutowania, 86, 392
typeof, 644, 649
warunkowy, 145
XOR, 144
operatory
bitowe, 150, 152
dwuargumentowe, 121, 388, 390
jednoargumentowe, 120, 391
konwersji, 392, 393
kwerend, 539, 547, 572
logiczne, 143
łączność, 122
określanie wartości, 122
porównania, 387
priorytety, 122
przesunięcia, 151
przypisania, 128
bitowe złożone, 154
relacyjne i równości, 143
rzutowania, 294
warunkowe, 391

P

P/Invoke, 790
pakiet
NuGet, 396, 399
SDK, 32
pamięć, 409
lokalna wątków, 783
parametr, 181, 184
określający typ (T), 448
out, 258
ref, 258
w postaci delegata, 486
parametry
formalne, 187
generyczne
określanie, 649
nazwane, 662
opcjonalne, 212
przekazywane
przez referencję, 199, 202, 528
przez wartość, 197
ref, 792
wyjściowe, 200
pętla
do/while, 156
for, 157, 747
foreach, 160, 547, 634, 748
bez interfejsu IEnumerable, 547
dla kolekcji, 546
Parallel.For(), 753
while, 155, 156
pętle równoległe, 747, 748
anulowanie wykonywania, 751
obsługa wyjątków, 749
opcje, 752
pierwszy program, 32
platforma
.NET, 32, 62
CLI, 57
plik projektu, 37
pliki
wczytywanie, 241
z dokumentacją, 407
zapisywanie, 241
PLINQ, Parallel LINQ, 553, 685
pobieranie
danych, 578
niepowtarzalnych elementów, 601
niestandardowych atrybutów, 658
podkradanie pracy, 749
podtyp, 289
podzespoły, 821
pola, 250, 252
instancji, 235, 270
jako zmienne, 772
statyczne, 269
wirtualne, 255
polimorfizm, 210, 232, 313
oparty na interfejsach, 325
porządkowanie
całkowite, 612
zasobów, 411, 545
powiadomienia o zdarzeniach, 773
predykat, 489, 593
priorytety, 122
proces, 685
procesor, 685
programowanie
dynamiczne, 672, 678
obiektowe, 230
równoległe, 687
sekwencyjne, 17
ustrukturyzowane, 17
programy szeregujące zadania, 740
projekcja, 551, 588
na krotkę, 552
projekt
tworzenie, 37
projektowanie synchronizacji, 775
przechwytywanie
wyjątków, 217, 424
zmiennych, 505
przeciążanie
funkcji, 386
konstruktorów, 264
metod, 209
operatorów, 387
przekazywanie
przez referencję, 199, 202, 528
przez wartość, 197
wyjątków, 418
przełączanie kontekstu, 687
przenośność, 59, 820

przepełnienie typu całkowitoliczbowego, 437
przepływ sterowania, 119, 133
przesłanianie
- definicji typów, 455
- metody, 376–379, 384
- operatora równości, 380
- składowych, 300, 375
- właściwości, 300

przestrzenie
- deklaracji, 140
- nazw, 182, 190
  - definiowanie, 402
  - zagnieżdżanie, 403

przypisanie, 49, 390
przywracanie pamięci, 58
pula wątków, 686, 696

R

RCW, runtime callable wrapper, 788
refaktoryzacja, 187
- klasy, 290

referencje, 199, 395, 409, 528
- do pakietów, 397
- słabe, 410

refleksja, 642
- do typów generycznych, 649, 650
- instrukcja dynamic, 673

rekurencja, 207
- nieskończona, 209

relacja
- „potrafi”, 323
- jeden do wielu, 562, 568
- LUB, 465
- wiele do wielu, 561

reprezentacja
- liczby, 153
- typów generycznych, 479

równoległe wykonywanie iteracji, 746
równość strukturalna, 501
rzutowanie, casting, 86, 292
- jawne, 86
- na typ bazowy, 292
- niejawne, 292
- w łańcuchu dziedziczenia, 293
- w metodach generycznych, 472

S

SDK, Software Development Kit, 32
sekwencja
- ucieczki, 74, 75
- wywołań delegatów, 524, 526

semafory, 781
separator cyfr, 70
serializacja, 435, 667
- niestandardowa, 669

settery, 246, 258
składnia, 40
- dla krotek, 99

składowa base, 308
składowe
- abstrakcyjne, 310
- bez jawnie podawanego interfejsu, 332
- prywatne, 244
- statyczne, 269
- z jawnie podawanym interfejsem, 331

słabe referencje, 410
słowa kluczowe, 40–43, 597, 598
- kontekstowe, 597, 598, 638
- zwracane po kolei, 629

słownik, 541, 606, 614
- sprawdzanie równości, 618

słowo kluczowe
- async, 726
- await, 726
- class, 232, 461
- default, 105
- lock, 767, 770
- new, 108
- null, 85
- struct, 461
- this, 238, 240, 265, 770
- static, 269
- unchecked, 89
- void, 85
- volatile, 772

sortowanie, 559, 594
- kolekcji, 610

specyfikacja
- .NET Standard, 815
- CLI, 58

sprawdzanie
- poprawności, 252
- równości, 619
- typu, 316
- wartości null, 521

stała lokalizacja danych, 805
stałe, 133
- lokalne, 132
- publiczne, 279

stan, 630
standard
- CLI, 811
- Unicode, 74

standardowe operatory kwerend, 539, 547
statyczna kompilacja, 678
sterta, 94
stos, 621, 806
- wywołań, 196

stosowanie wartości null, 96
struktury, 351
- deklarowanie, 351
- inicjowanie, 352

struktury generyczne, 450
subskrybent, 527
synchroniczne wywoływanie operacji, 720, 743
synchronizacja wątków, 761
- klasa
  - Interlocked, 772
  - Monitor, 765
  - Mutex, 776
- projektowanie, 775
- słowo kluczowe lock, 767

system
- typów CTS, 58
- VES, 58

szeregowanie zadań, 699, 740

Ś

środowisko
- IDE, 35
- uruchomieniowe, 58, 812, 818
- zarządzane, 58

T

tablica parametrów, 206
tablice, 104
- akcesor, 110
- definiowanie wielkości, 108
- deklaracja, 105, 106, 111
- dostęp, 105
- dwuwymiarowe, 106, 109
- łańcuchy znaków, 115
- metody, 113
- metody instancyjne, 114
- niezabezpieczona kowariancja, 478
- parametrów, 204
- pobieranie długości, 111
- przypisywanie, 105
- tablic, 110, 111
- trójwymiarowe, 109
- tworzenie instancji, 107
- typowe błędy, 116
- wartość Length, 112

tożsamość obiektów, 379
TPL, Task Parallel Library, 685, 759
tryb tylko do odczytu, 202
tworzenie
- aliasów, 194
- instancji
  - delegata, 490, 491
  - klasy, 233
- klas pochodnych, 290, 291
- niestandardowych kolekcji, 605
- obiektów
  - dynamicznych, 679
  - typów generycznych, 481
  - usuwanych, 418
- projektu, 37

typ
- AggregateException, 749
- AutoResetEvent, 781
- bazowy, 289
- CancellationToken, 717
- CountdownEvent, 781
- danych w postaci delegata, 486
- decimal, 68
- dynamic, 674, 676
- float, 128
- logiczny, 73
- ManualResetEvent, 781
- Pair<T>, 635
- pochodny, 289
- SafeHandle, 796
- Semaphore, 781
- SemaphoreSlim, 781
- string, 79
- System.Dynamic.DynamicObject, 681
- System.Text.StringBuilder, 84
- System.Threading.WaitHandle, 778
- System.ValueTuple<…>, 102
- Task, 720
- TaskContinuationOptions, 707
- ThreadLocal<T>, 783
- Type, 656
- ValueTask<T>, 730
- wyliczeniowy, 365
- znakowy, 74
- zwracanej wartości, 188

typy
- bezpośrednie, 198, 347, 354, 356, 359, 445
- danych, 48, 65, 791
  - anonimowe, 97, 579, 582
  - bezpośrednie, 93
  - całkowitoliczbowe, 66
  - kategorie, 93
  - konwersje, 86
  - liczbowe, 65
  - niejawnie określane, 96
  - referencyjne, 94
  - zmiennoprzecinkowe, 67, 125
- delegatów, 488
- dobrze uformowane, 375
- generyczne, 441
  - a delegaty, 534
  - dowolna liczba parametrów, 454
  - ograniczenia, 457
  - oparte na typach referencyjnych, 481
  - wewnętrzne mechanizmy, 479
  - zagnieżdżone, 456
  - zalety, 449
- niezarządzane, 803
- o różnej arności, 455
- parametryzowane, 446
- referencyjne, 198, 349
- w technologii LINQ, 576
- wyjątków, 222, 421

U

ujemna nieskończoność, 128
układ sekwencyjny, 793
UML, Unified Modeling Language, 340
- diagram klas, 544
- diagramy interfejsów, 340

Unicode, 74
unikanie
- blokad, 770, 776
- opakowywania, 362
- wieloznaczności, 239
- wypakowywania, 363

ustalanie typów, 649
usunięcie odstępów, 47

V

VES, Virtual Execution System, 58, 827
Visual Studio 2017, 35, 39

Kup ksi k Pole ksi k

W

wariancja, 501
wartości wyliczeniowe, 706
wartość
  Length, 112
  NaN, 127
  null, 85, 96, 445, 519
wątek, 521, 686, 688
  główny, 763
  z dekrementacją, 763
wątki
  pamięć lokalna, 783
  powiadamianie o zdarzeniach, 774
  problemy, 688
  pule, 696
  synchronizowanie, 761
  usuwanie, 695
  usypianie, 694
  zarządzanie, 693
wczytywanie plików, 241
wersje
  języka C#, 63, 670
  platformy .NET, 62
wiązanie
  dynamiczne, 677
  komentarzy XML-owych, 406
wielodziedziczenie, 298, 339
wielowątkowość, 683
  równoległa, 685
właściwości, 82, 246, 247, 250
  automatycznie implementowane, 249, 255
  definiowanie, 248
  deklarowanie, 247
  dodawanie atrybutów, 653
  jako pola wirtualne, 255
  leniwe inicjowanie, 418
  przesłanianie, 300
  statyczne, 274
  tylko do odczytu, 254, 280
  tylko do zapisu, 254
właściwość
  AsyncState, 703
  IsCompleted, 703
  SubItems, 635
wskazywanie
  biblioteki, 395
  projektu, 396
wskaźniki, 792, 801
  deklarowanie, 803
  dereferencja, 807
  do funkcji, 800
  przypisywanie wartości, 804
wspinaczka, 749
współdziałanie języków, 58
współdzielony stan, 545
wstawianie nowego wiersza, 76
wydajność, 687, 749, 820
wyjątek, 217
  AggregateException, 709
  NullReferenceException, 519
wyjątki, 216, 421
  nieobsłużone w wątku, 712
  niestandardowe, 433
  obsługa, 421
  ogólny blok catch, 427
  ponowne zgłaszanie, 435
  przechwytywanie, 424
  typy, 222, 421
  wskazówki, 429
  z konstruktorów, 418
  z obsługą serializacji, 435
wykluczanie kodu, 172
wykonywanie
  kodu, 38
  niezabezpieczonego kodu, 809
wyliczenia, 363, 466
  jako flagi, 369
wypakowywanie, 357
wyrażenia
  lambda, 419, 483, 494, 498
    jako dane, 507
    zmienne zewnętrzne, 503
  logiczne, 142
  z kwerendami, 585
    filtrowanie, 593
    krotki, 589
    opóźnione wykonywanie, 590, 591
    pobieranie niepowtarzalnych elementów, 601
    projekcja, 588
    sortowanie, 594
    wywołania metod, 601
wyrażenie o stałej wartości, 132
wyszukiwanie atrybutów, 656
wyścig, 689
wyświetlanie
  apostrofu, 75
  danych, 52
wywołania
  asynchroniczne, 722
  dynamiczne, 644, 652
  sekwencyjne, 523
  synchroniczne, 720 743
wywoływanie
  asynchronicznego zadania, 700
  delegata, 518, 519, 521
  funkcji zewnętrznych, 797
  instrukcji using, 415
  konstruktora, 261
  metod, 180, 185
  operatorów dwuargumentowych, 389
  pakietu NuGet, 399
  wyrażeń lambda, 557
wzorzec
  obsługi asynchroniczności, 720
  publikuj-subskrybuj, 516

X

Xamarin, 815
XML, Extensible Markup Language, 57

Z

zabezpieczenie dostępu do kodu, 58
zadania, 686
  anulowanie, 715
  asynchroniczne, 698, 699
  długotrwałe, 719

kontynuacja, 703
obsługa wyjątków, 709
powiadomienia, 708
wzorzec obsługi asynchroniczności, 720
zwalnianie zasobów, 720
zagnieżdżone
instrukcje if, 136
typy generyczne, 456
zakleszczenia, 690, 775
zapisywanie
na sztywno, 69
plików, 241
zarządzanie
przepływem sterowania, 133
wątkami, 693
wersjami, 341, 670
zasięgi, 140, 184
zasoby, 411, 545
zdarzenia, 515, 528
deklarowanie, 530
modyfikowanie implementacji, 537
powiadomienia, 773
resetujące, 778
wewnętrzne mechanizmy, 535
zgłaszanie powiadomień, 533
zdarzenie
Cooler, 516
Heater, 516
ManualResetEvent, 778
ManualResetEventSlim, 778
zegary, 786
zestawy ograniczeń, 462
zgłaszanie
błędów, 224
powiadomień, 773
powiadomień o zdarzeniu, 533
wyjątku, 225, 422
zgodność typów wyliczeniowych, 367
zliczanie elementów, 554
złączanie, 561
łańcuchów znaków, 77
złączenie
pełne zewnętrzne, 561
wewnętrzne, 561, 566
zewnętrzne lewostronne, 561
zewnętrzne prawostronne, 561
zmienna
liczba parametrów, 205
zakresowa, 587
zmienne, 47
deklarowanie, 48
lokalne, 48
modyfikowanie wartości, 49
przypisywanie wartości, 49
lokalne bez synchronizacji dostępu, 764
typu anonimowego, 578
var, 577
zewnętrzne, 503
znaki Unicode, 74
zwracanie wartości null, 626
przez iterator, 629

Ż

żądania asynchroniczne, 726

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

MARK MICHAELIS jest autorytetem w dziedzinie tworzenia zaawansowanego oprogramowania. Zabiera głos na prestiżowych konferencjach dla programistów. Obecnie prowadzi kolumnę *Essential .NET* w „MSDN Magazine". Od 1996 roku posiada tytuł Microsoft MVP. W 2007 roku został dyrektorem regionalnym Microsoftu, jest też członkiem kilku zespołów oceniających projekty oprogramowania tej firmy (między innymi języka C# i technologii VSTS).

C#. NOWOCZESNY, ELEGANCKI, BEZPIECZNY!

C# jest jednym z lepiej dopracowanych języków programowania. Cechują go dojrzałość, prostota, nowoczesność i bezpieczeństwo. Został od podstaw zaprojektowany jako obiektowy. Stanowi integralną część platformy Microsoft .NET Framework. Jest ulubionym narzędziem profesjonalnych programistów, którym zależy na pisaniu kodu bezpiecznego, przejrzystego, wydajnego i prostego w konserwacji. W wersji 7.0 tego języka pojawiły się usprawnienia, dzięki którym programowanie stało się jeszcze bardziej efektywne i satysfakcjonujące.

W tej książce między innymi:

- przewodnik po C# oraz różne paradygmaty programowania
- interfejsy, dziedziczenie, typy bezpośrednie
- obsługa wyjątków
- delegaty, technologia LINQ i mechanizm refleksji
- zarządzanie wątkami i programowanie asynchroniczne

Ta książka jest szóstym, zaktualizowanym i uzupełnionym wydaniem jednego z najlepszych podręczników programowania. Poza znakomitym kompendium języka C# znalazły się tu informacje o poszczególnych metodykach programowania, od sekwencyjnego aż po podstawy programowania deklaratywnego z wykorzystaniem atrybutów. Szczegółowo przedstawiono funkcje wprowadzone do wersji 7.0 języka, a także w platformie .NET Framework 4.7/.NET Core 2.0. Książka jest też wygodnym źródłem wiedzy o pewnych rzadko stosowanych konstrukcjach składniowych, specyficznych szczegółach i subtelnościach języka C#. Jasny i przejrzysty sposób prezentowania treści pozwoli na szybkie zrozumienie nawet najbardziej zawiłych zagadnień.

Helion

helion.pl

HELION SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
helion@helion.pl

Sprawdź nasze szkolenia!
SZKOLENIA
AKADEMIA IT & BUSINESS
WWW.SZKOLENIA.HELION.PL

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej!

ISBN 978-83-283-5780-8

INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU

Cena: 129,00 zł