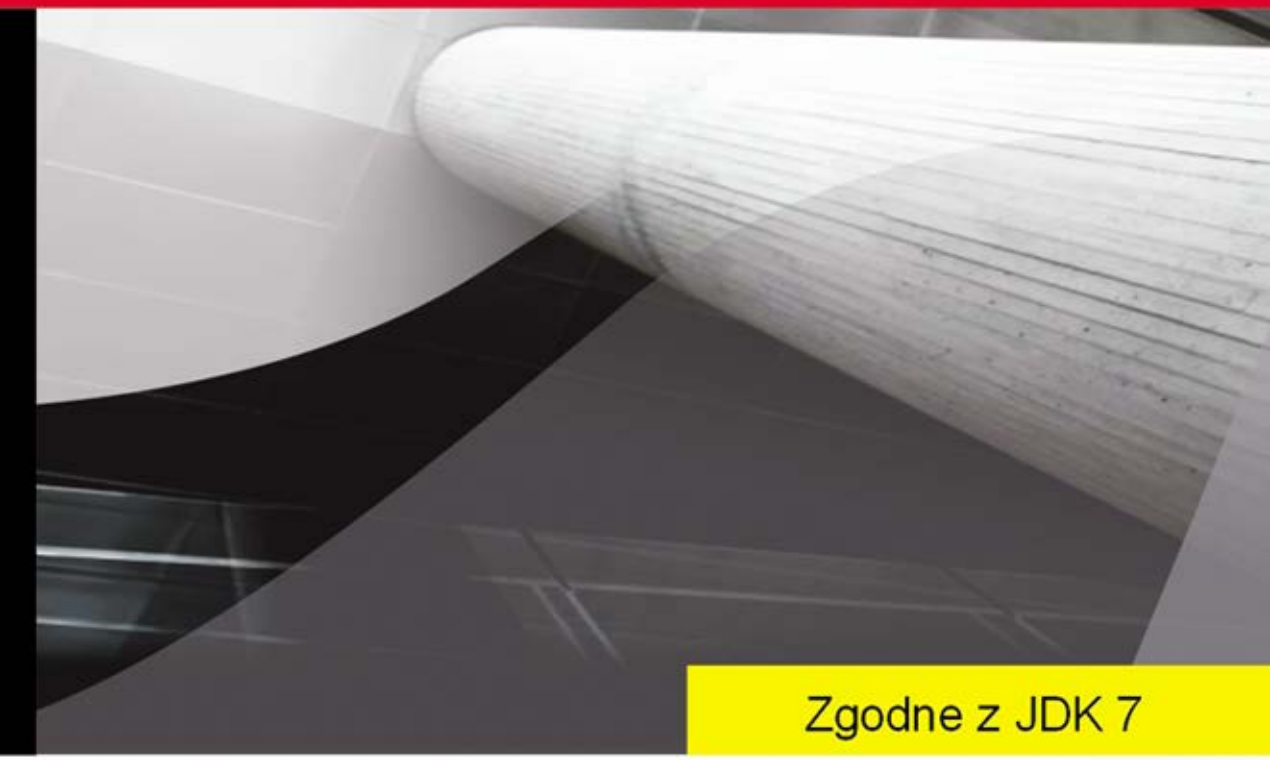
ORACLE



Zgodne z JDK 7

Java

Przewodnik dla początkujących

Wydanie V

Chcesz nauczyć się Javy?
Zacznij już dziś!

Herbert Schildt

Helion

ORIGINAL • AUTHENTIC
Oracle Press
ONLY FROM OSBORNE

Tytuł oryginału: Java, A Beginner's Guide, 5th Edition

Tłumaczenie: Jaromir Senczyk

ISBN: 978-83-246-3919-9

Wydawnictwo HELION
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)

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:
ftp://ftp.helion.pl/przyklady/javpp5.zip

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/javpp5
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

Spis treści

O autorze **11**

O redaktorze technicznym **11**

Wstęp **13**

Rozdział 1. Podstawy Javy **19**

Pochodzenie Javy 20
Java a języki C i C++ 21
Java a C# 22
Java a Internet 22
Aplety Java 22
Bezpieczeństwo 23
Przenośność 23
Magiczny kod bajtowy 24
Terminologia Javy 25
Programowanie obiektowe 26
Hermetyzacja 27
Polimorfizm 28
Dziedziczenie 28
Java Development Kit 29
Pierwszy prosty program 30
Wprowadzenie tekstu programu 30
Kompilowanie programu 31
Pierwszy program wiersz po wierszu 31
Obsługa błędów składni 34
Drugi prosty program 35
Inne typy danych 37
Przykład 1.1. Zamiana galonów na litry 38
Dwie instrukcje sterujące 39
Instrukcja if 40
Pętla for 41
Bloki kodu 43
Średnik i pozycja kodu w wierszu 44
Wcięcia 45
Przykład 1.2. Ulepszony konwerter galonów na litry 45
Słowa kluczowe języka Java 46
Identyfikatory 47
Biblioteki klas 48
Test sprawdzający 48

Rozdział 2. Typy danych i operatory 49
Dlaczego typy danych są tak ważne 50
Typy podstawowe 50
Typy całkowite 51
Typy zmiennoprzecinkowe 52
Znaki 53
Typ logiczny 54
Przykład 2.1. Jak daleko uderzył piorun? 55
Literały 56
Literały szesnastkowe, ósemkowe i binarne 57
Specjalne sekwencje znaków 57
Literały łańcuchowe 58
Zmienne 59
Inicjalizacja zmiennej 59
Dynamiczna inicjalizacja 60
Zasięg deklaracji i czas istnienia zmiennych 60
Operatory 63
Operatory arytmetyczne 63
Inkrementacja i dekrementacja 65
Operatory relacyjne i logiczne 66
Warunkowe operatory logiczne 67
Operator przypisania 69
Skrótowe operatory przypisania 69
Konwersje typów w instrukcjach przypisania 71
Rzutowanie typów niezgodnych 72
Priorytet operatorów 74
Przykład 2.2. Tabela prawdy dla operatorów logicznych 74
Wyrażenia 75
Konwersja typów w wyrażeniach 76
Odstępy i nawiasy 77
Test sprawdzający 78

Rozdział 3. Instrukcje sterujące 79
Wprowadzanie znaków z klawiatury 79
Instrukcja if 81
Zagnieżdżanie instrukcji if 82
Drabinka if-else-if 83
Instrukcja switch 84
Zagnieżdżanie instrukcji switch 88
Przykład 3.1. Rozpoczynamy budowę systemu pomocy 88
Pętla for 90
Wariacje na temat pętli for 92
Brakujące elementy 93
Pętla nieskończona 94
Pętle bez ciała 94
Deklaracja zmiennych sterujących wewnątrz pętli 95
Rozszerzona pętla for 96
Pętla while 96
Pętla do-while 97
Przykład 3.2. Ulepszamy system pomocy 99
Przerywanie pętli instrukcją break 102
Zastosowanie break jako formy goto 104
Zastosowanie instrukcji continue 108
Przykład 3.3. Końcowa wersja systemu pomocy 109

Pętle zagnieżdżone 112
Test sprawdzający 113

Rozdział 4. Wprowadzenie do klas, obiektów i metod 115
Podstawy klas 116
Ogólna postać klasy 116
Definiowanie klasy 117
Jak powstają obiekty 120
Referencje obiektów i operacje przypisania 120
Metody 121
Dodajemy metodę do klasy Vehicle 122
Powrót z metody 124
Zwracanie wartości 125
Stosowanie parametrów 127
Dodajemy sparametryzowaną metodę do klasy Vehicle 128
Przykład 4.1. System pomocy jako klasa 130
Konstruktory 135
Konstruktory z parametrami 136
Dodajemy konstruktor do klasy Vehicle 137
Operator new 138
Odzyskiwanie nieużytków i metoda finalize() 139
Metoda finalize() 139
Przykład 4.2. Ilustracja działania odzyskiwania nieużytków i metody finalize() 140
Słowo kluczowe this 142
Test sprawdzający 144

Rozdział 5. Więcej typów danych i operatorów 145
Tablice 145
Tablice jednowymiarowe 146
Przykład 5.1. Sortowanie tablicy 149
Tablice wielowymiarowe 151
Tablice dwuwymiarowe 151
Tablice nieregularne 152
Tablice o trzech i więcej wymiarach 153
Inicjalizacja tablic wielowymiarowych 153
Alternatywna składnia deklaracji tablic 155
Przypisywanie referencji tablic 155
Wykorzystanie składowej length 156
Przykład 5.2. Klasa Queue 158
Styl for-each pętli for 162
Iteracje w tablicach wielowymiarowych 165
Zastosowania rozszerzonej pętli for 166
Łańcuchy znaków 167
Tworzenie łańcuchów 167
Operacje na łańcuchach 168
Tablice łańcuchów 170
Łańcuchy są niezmienne 171
Łańcuchy sterujące instrukcją switch 172
Wykorzystanie argumentów wywołania programu 173
Operatory bitowe 175
Operatory bitowe AND, OR, XOR i NOT 175
Operatory przesunięcia 179
Skrótowe bitowe operatory przypisania 181
Przykład 5.3. Klasa ShowBits 182

Operator ? 184
Test sprawdzający 186

Rozdział 6. Więcej o metodach i klasach 189
Kontrola dostępu do składowych klasy 189
Modyfikatory dostępu w Javie 190
Przykład 6.1. Ulepszamy klasę Queue 194
Przekazywanie obiektów metodom 195
Sposób przekazywania argumentów 196
Zwracanie obiektów 199
Przeciążanie metod 201
Przeciążanie konstruktorów 205
Przykład 6.2. Przeciążamy konstruktor klasy Queue 207
Rekurencja 210
Słowo kluczowe static 212
Bloki static 215
Przykład 6.3. Algorytm Quicksort 216
Klasy zagnieżdżone i klasy wewnętrzne 218
Zmienne liczby argumentów 221
Metody o zmiennej liczbie argumentów 222
Przeciążanie metod o zmiennej liczbie argumentów 225
Zmienna liczba argumentów i niejednoznaczność 226
Test sprawdzający 227

Rozdział 7. Dziedziczenie 229
Podstawy dziedziczenia 230
Dostęp do składowych a dziedziczenie 232
Konstruktory i dziedziczenie 235
Użycie słowa kluczowego super do wywołania konstruktora klasy bazowej 237
Użycie słowa kluczowego super do dostępu do składowych klasy bazowej 240
Przykład 7.1. Tworzymy hierarchię klas Vehicle 241
Wielopoziomowe hierarchie klas 244
Kiedy wywoływane są konstruktory? 247
Referencje klasy bazowej i obiekty klasy pochodnej 248
Przesłanianie metod 252
Przesłanianie metod i polimorfizm 255
Po co przesłaniać metody? 257
Zastosowanie przesłaniania metod w klasie TwoDShape 257
Klasy abstrakcyjne 260
Słowo kluczowe final 264
final zapobiega przesłanianiu 264
final zapobiega dziedziczeniu 265
Użycie final dla zmiennych składowych 265
Klasa Object 267
Test sprawdzający 268

Rozdział 8. Pakiety i interfejsy 269
Pakiety 269
Definiowanie pakietu 270
Wyszukiwanie pakietów i zmienna CLASSPATH 271
Prosty przykład pakietu 272
Pakiety i dostęp do składowych 273
Przykład dostępu do pakietu 274
Składowe protected 275
Import pakietów 277

Biblioteka klas Java używa pakietów 279
Interfejsy 279
Implementacje interfejsów 281
Referencje interfejsu 284
Przykład 8.1. Tworzymy interfejs Queue 286
Zmienne w interfejsach 290
Interfejsy mogą dziedziczyć 291
Test sprawdzający 293

Rozdział 9. Obsługa wyjątków 295
Hierarchia wyjątków 296
Podstawy obsługi wyjątków 296
Słowa kluczowe try i catch 297
Prosty przykład wyjątku 298
Konsekwencje nieprzechwycenia wyjątku 300
Wyjątki umożliwiają obsługę błędów 301
Użycie wielu klauzul catch 302
Przechwytywanie wyjątków klas pochodnych 303
Zagnieżdżanie bloków try 304
Generowanie wyjątku 305
Powtórne generowanie wyjątku 306
Klasa Throwable 307
Klauzula finally 309
Użycie klauzuli throws 311
Nowości w JDK 7 312
Wyjątki wbudowane w Javę 313
Tworzenie klas pochodnych wyjątków 315
Przykład 9.1. Wprowadzamy wyjątki w klasie Queue 317
Test sprawdzający 320

Rozdział 10. Obsługa wejścia i wyjścia 323
Strumienie wejścia i wyjścia 324
Strumienie bajtowe i strumienie znakowe 324
Klasy strumieni bajtowych 325
Klasy strumieni znakowych 326
Strumienie predefiniowane 326
Używanie strumieni bajtowych 327
Odczyt wejścia konsoli 328
Zapis do wyjścia konsoli 329
Odczyt i zapis plików za pomocą strumieni bajtowych 330
Odczyt z pliku 330
Zapis w pliku 334
Automatyczne zamykanie pliku 336
Odczyt i zapis danych binarnych 339
Przykład 10.1. Narzędzie do porównywania plików 341
Pliki o dostępie swobodnym 343
Strumienie znakowe 345
Odczyt konsoli za pomocą strumieni znakowych 345
Obsługa wyjścia konsoli za pomocą strumieni znakowych 349
Obsługa plików za pomocą strumieni znakowych 350
Klasa FileWriter 350
Klasa FileReader 351
Zastosowanie klas opakowujących do konwersji łańcuchów numerycznych 352
Przykład 10.2. System pomocy wykorzystujący pliki 355
Test sprawdzający 361

Rozdział 11. Programowanie wielowątkowe 363
Podstawy wielowątkowości 364
Klasa Thread i interfejs Runnable 365
Tworzenie wątku 365
Drobne usprawnienia 369
Przykład 11.1. Tworzymy klasę pochodną klasy Thread 370
Tworzenie wielu wątków 372
Jak ustalić, kiedy wątek zakończył działanie? 375
Priorytety wątków 378
Synchronizacja 380
Synchronizacja metod 381
Synchronizacja instrukcji 384
Komunikacja międzywątkowa 386
Przykład użycia metod wait() i notify() 387
Wstrzymywanie, wznawianie i kończenie działania wątków 392
Przykład 11.2. Wykorzystanie głównego wątku 396
Test sprawdzający 397

Rozdział 12. Typy wyliczeniowe, automatyczne opakowywanie, import składowych statycznych i adnotacje 399
Wyliczenia 400
Podstawy wyliczeń 400
Wyliczenia są klasami 403
Metody values() i valueOf() 403
Konstruktory, metody, zmienne instancji a wyliczenia 404
Dwa ważne ograniczenia 406
Typy wyliczeniowe dziedziczą po klasie Enum 406
Przykład 12.1. Komputerowo sterowana sygnalizacja świetlna 408
Automatyczne opakowywanie 413
Typy opakowujące 413
Podstawy automatycznego opakowywania 415
Automatyczne opakowywanie i metody 416
Automatyczne opakowywanie i wyrażenia 418
Przestroga 419
Import składowych statycznych 420
Adnotacje (metadane) 422
Test sprawdzający 425

Rozdział 13. Generyczność 427
Podstawy generyczności 428
Prosty przykład generyczności 428
Generyczność dotyczy tylko obiektów 432
Typy generyczne różnią się dla różnych argumentów 432
Klasa generyczna o dwóch parametrach 433
Ogólna postać klasy generycznej 434
Ograniczanie typów 434
Stosowanie argumentów wieloznacznych 438
Ograniczanie argumentów wieloznacznych 440
Metody generyczne 443
Konstruktory generyczne 445
Interfejsy generyczne 445
Przykład 13.1. Generyczna klasa Queue 448
Typy surowe i tradycyjny kod 452
Wnioskowanie typów i operator diamentowy 455
Wymazywanie 456

Błędy niejednoznaczności 457
Ograniczenia związane z generycznością 458
Zakaz tworzenia instancji parametru określającego typ 458
Ograniczenia dla składowych statycznych 458
Ograniczenia tablic generycznych 459
Ograniczenia związane z wyjątkami 460
Dalsze studiowanie zagadnienia generyczności 460
Test sprawdzający 461

Rozdział 14. Aplety, zdarzenia i pozostałe słowa kluczowe 463
Podstawy apletów 464
Organizacja apletów i podstawowe elementy 467
Architektura apletu 467
Kompletny szkielet apletu 468
Rozpoczęcie i zakończenie działania apletu 469
Żądanie odrysowania 470
Metoda update() 471
Przykład 14.1. Prosty aplet wyświetlający baner 471
Wykorzystanie okna statusu 475
Parametry apletów 475
Klasa Applet 477
Obsługa zdarzeń 479
Model delegacji zdarzeń 479
Zdarzenia 479
Źródła zdarzeń 479
Słuchacze zdarzeń 480
Klasy zdarzeń 480
Interfejsy słuchaczy zdarzeń 480
Wykorzystanie modelu delegacji zdarzeń 481
Obsługa zdarzeń myszy 482
Prosty aplet obsługujący zdarzenia myszy 483
Inne słowa kluczowe Javy 486
Modyfikatory transient i volatile 486
Operator instanceof 486
Słowo kluczowe strictfp 487
Słowo kluczowe assert 487
Metody natywne 488
Test sprawdzający 490

Rozdział 15. Wprowadzenie do Swing 491
Pochodzenie i filozofia Swing 492
Komponenty i kontenery 494
Komponenty 494
Kontenery 495
Panele kontenerów szczytowych 495
Menedżery układu 496
Pierwszy program wykorzystujący Swing 497
Pierwszy program Swing wiersz po wierszu 498
Komponent JButton 502
Komponent JTextField 506
Komponent JCheckBox 509
Komponent JList 512
Przykład 15.1. Porównywanie plików — aplikacja Swing 516
Wykorzystanie anonimowych klas wewnętrznych do obsługi zdarzeń 521
Aplety Swing 522

Co dalej? 524
Test sprawdzający 525

Dodatek A Rozwiązania testów sprawdzających 527
Rozdział 1. Podstawy Javy 527
Rozdział 2. Typy danych i operatory 529
Rozdział 3. Instrukcje sterujące 531
Rozdział 4. Wprowadzenie do klas, obiektów i metod 533
Rozdział 5. Więcej typów danych i operatorów 535
Rozdział 6. Więcej o metodach i klasach 538
Rozdział 7. Dziedziczenie 543
Rozdział 8. Pakiety i interfejsy 545
Rozdział 9. Obsługa wyjątków 546
Rozdział 10. Obsługa wejścia i wyjścia 549
Rozdział 11. Programowanie wielowątkowe 552
Rozdział 12. Typy wyliczeniowe, automatyczne opakowywanie, import składowych statycznych i adnotacje 554
Rozdział 13. Generyczność 558
Rozdział 14. Aplety, zdarzenia i pozostałe słowa kluczowe 562
Rozdział 15. Wprowadzenie do Swing 567

Dodatek B Komentarze dokumentacyjne 573
Znaczniki javadoc 573
@author 574
{@code} 575
@deprecated 575
{@docRoot} 575
@exception 575
{@inheritDoc} 575
{@link} 575
{@linkplain} 576
{@literal} 576
@param 576
@return 576
@see 576
@serial 577
@serialData 577
@serialField 577
@since 577
@throws 577
{@value} 578
@version 578
Ogólna postać komentarza dokumentacyjnego 578
Wynik działania programu javadoc 579
Przykład użycia komentarzy dokumentacyjnych 579

Skorowidz 581

Rozdział 11.

Programowanie wielowątkowe

W tym rozdziale poznasz:

- podstawy wielowątkowości,
- klasę `Thread` i interfejs `Runnable`,
- tworzenie wątku,
- tworzenie wielu wątków,
- sposób ustalania zakończenia wątku,
- korzystanie z priorytetów wątków,
- synchronizację wątków,
- synchronizację metod,
- synchronizację bloków,
- komunikację międzywątkową,
- wstrzymywanie, wznawianie i kończenie działania wątków.

Chociaż Java dostarcza programistom wielu innowacyjnych możliwości, to z pewnością jedną z najbardziej ekscytujących jest obsługa **programowania wielowątkowego**. Program wielowątkowy zawiera dwie lub więcej części, które mogą działać równolegle. Każdą z tych części nazywamy **wątkiem**, a każdy wątek definiuje osobną ścieżkę wykonania. Wielowątkowość jest zatem szczególną formą wielozadaniowości.

Podstawy wielowątkowości

Istnieją dwa podstawowe typy wielozadaniowości, z których jeden opiera się na procesach, a drugi wykorzystuje wątki. Ważne jest, abyś zrozumiał różnice między nimi. Proces odpowiada w zasadzie wykonywanemu programowi. Zatem wielozadaniowość *wykorzystująca procesy* umożliwia Twojemu komputerowi równoległe wykonywanie dwóch lub więcej programów. Wykorzystanie procesów umożliwi Ci na przykład uruchomienie kompilatora Javy w tym samym czasie, gdy piszesz kod źródłowy w edytorze lub przeglądasz strony w Internecie. W przypadku wielozadaniowości wykorzystującej procesy program jest najmniejszą jednostką kodu podlegającą szeregowaniu do wykonania przez procesor.

W drugim rodzaju wielozadaniowości najmniejszą jednostką kodu szeregowaną przez system jest wątek. Oznacza to, że pojedynczy program może równocześnie wykonywać dwa lub więcej wątków. Na przykład edytor tekstu może w tym samym czasie formatować jeden tekst i drukować inny, pod warunkiem że obie akcje są wykonywane przez osobne wątki. Chociaż Java wykorzystuje środowiska wielozadaniowe oparte na procesach, to nie umożliwia sterowania ich działaniem. W przypadku wątków sprawy mają się inaczej.

Podstawową zaletą wielowątkowości jest możliwość tworzenia efektywnie działających programów, ponieważ wielowątkowość pozwala wykorzystać okresy bezczynności pojawiające się w działaniu większości programów. Większość urządzeń wejścia i wyjścia takich jak porty sieciowe, napędy dyskowe czy klawiatura działa znacznie wolniej od procesora. Z tego powodu program często spędza wiele czasu na oczekiwaniu na możliwość wysłania lub odebrania danych za pośrednictwem urządzenia. Zastosowanie wielowątkowości pozwala programowi wykonywać w tym czasie inne zadania. Na przykład w czasie gdy jedna część programu wysyła plik w Internecie, inna może zajmować się odczytem klawiatury, a jeszcze inna buforować kolejny blok wysyłanych danych.

W ostatnich kilku latach mamy do czynienia z upowszechnieniem się systemów wieloprocesorowych i wielordzeniowych. Oczywiście nie wyparły one zupełnie systemów jednoprocesorowych. Wielowątkowość w Javie może działać w obu typach systemów. W przypadku systemu jednordzeniowego wykonywane równolegle wątki współdzielą procesor i każdy wątek otrzymuje pewien przedział czasu procesora. Zatem w systemie jednordzeniowym dwa lub więcej wątków nie jest w rzeczywistości wykonywanych równocześnie, ale ich zastosowanie pozwala wykorzystać czas bezczynności procesora. Natomiast w systemach wieloprocesorowych bądź wielordzeniowych wątki rzeczywiście mogą działać równolegle. W wielu przypadkach pozwala to jeszcze bardziej poprawić efektywność działania programu i zwiększyć szybkość wykonywania niektórych operacji.

Wątek może znajdować się w jednym z kilku stanów. Może być **wykonywany**. Może być **gotowy do wykonywania**, gdy tylko otrzyma czas procesora. Wykonanie wątku może zostać **zawieszone**, co oznacza, że wątek nie jest wykonywany przez pewien czas. Jego wykonywanie może zostać później **podjęte**. Wątek może zostać **zablokowany** w oczekiwaniu na zwolnienie pewnego zasobu. I wreszcie wykonywanie wątku może zostać **zakończone**, co oznacza, że nie można już go podjąć.

Wielowątkowość wiąże się nierozerwalnie z pojęciem **synchronizacji**, która umożliwia skoordynowane działanie wielu wątków. Java dysponuje kompletnym podsystemem synchronizacji. Jego podstawowe możliwości również omówię w tym rozdziale.

Jeśli programowałeś już na przykład w systemie Windows, to być może masz pewne pojęcie o wielowątkowości. Java umożliwia zarządzanie wątkami za pomocą odpowiednich elementów języka, co czyni programowanie wielowątkowe szczególnie wygodnym, ponieważ wiele jego szczegółów Java obsługuje za Ciebie.

Klasa Thread i interfejs Runnable

Wielowątkowość w Javie bazuje na klasie `Thread` i towarzyszącym jej interfejsie `Runnable`, które umieszczono w pakiecie `java.lang`. Klasa `Thread` hermetyzuje wątek. Jeśli chcesz stworzyć w programie nowy wątek, powinieneś utworzyć obiekt klasy pochodnej klasy `Thread` albo zaimplementować interfejs `Runnable`.

Klasa `Thread` definiuje szereg metod pomagających zarządzać wątkami. Najczęściej używane z tych metod przedstawiłem w tabeli 11.1 (przyjrzymy się im bliżej podczas ich użycia w przykładach).

Tabela 11.1. *Wybrane metody klasy Thread*

Metoda	Znaczenie
`final String getName( )`	Zwraca nazwę wątku.
`final int getPriority( )`	Zwraca priorytet wątku.
`final boolean isAlive( )`	Sprawdza, czy wątek jest nadal wykonywany.
`final void join( )`	Czeka na zakończenie wątku.
`void run( )`	Punkt wejścia wątku.
`static void sleep(long` *`milisekund`*`)`	Zawiesza wykonywanie wątku na podaną liczbę *milisekund*.
`void start( )`	Rozpoczyna wykonywanie wątku przez wywołanie metody `run( )`.

Wszystkie procesy mają przynajmniej jeden wątek wykonania, zwykle nazywany **wątkiem głównym**, ponieważ jego wykonanie rozpoczyna się w momencie uruchomienia programu. Możemy zatem powiedzieć, że we wszystkich dotychczasowych przykładach używaliśmy wątku głównego. W wątku głównym możesz tworzyć kolejne wątki programu.

Tworzenie wątku

Wątek powstaje przez utworzenie obiektu typu `Thread`. Klasa `Thread` hermetyzuje obiekt, który może być wykonywany. Jak już wspomniałem, Java umożliwia dwa sposoby tworzenia takich obiektów:

- poprzez implementację interfejsu `Runnable`,
- poprzez tworzenie klas pochodnych klasy `Thread`.

W większości przykładów w tym rozdziale będziemy implementować interfejs `Runnable`. Natomiast w przykładzie 11.1 zademonstruję, jak zaimplementować wątek, tworząc klasę

pochodną klasy `Thread`. Zapamiętaj: oba podejścia i tak używają klasy `Thread` do tworzenia wątku i zarządzania nim. Jedyna różnica polega na sposobie, w jaki powstaje klasa reprezentująca wątki.

Interfejs `Runnable` stanowi abstrakcję wykonywalnego kodu. Wątek możesz utworzyć na podstawie każdego obiektu, który implementuje interfejs `Runnable`. Interfejs ten ma tylko jedną metodę o nazwie `run()` zadeklarowaną w następujący sposób:

```
public void run()
```

Wewnątrz metody `run()` umieszczasz kod wykonywany przez nowy wątek. Podobnie jak główny wątek programu, tak i metoda `run()`może wywoływać inne metody, używać innych klas i deklarować zmienne. Jedyna różnica polega na tym, że metoda `run()` jest punktem wejścia do osobnego, równolegle wykonywanego wątku programu. Wykonywanie tego wątku kończy się, gdy metoda `run()` zwróci sterowanie.

Po utworzeniu klasy implementującej interfejs `Runnable` na podstawie jej obiektu tworzysz obiekt typu `Thread`. Klasa `Thread` definiuje szereg konstruktorów. Na początek będziemy używać poniższego:

```
Thread(Runnable obWątku)
```

W tym przypadku parametr *obWątku* jest instancją klasy implementującej interfejs `Runnable`. Definiuje on punkt, w którym rozpocznie się wykonywanie nowego wątku.

Po utworzeniu nowy wątek nie będzie wykonywany, dopóki nie wywołasz jego metody `start()` zadeklarowanej w klasie `Thread`. Działanie metody `start()` sprowadza się w zasadzie do wywołania metody `run()`. Poniżej przedstawiłem deklarację metody `start()`:

```
void start()
```

Na listingu 11.1 przedstawiłem przykład programu, który tworzy nowy wątek i rozpoczyna jego wykonywanie.

Listing 11.1. *UseThreads.java*

```
// Tworzy wątek, implementując interfejs Runnable.

class MyThread implements Runnable {
  String thrdName;

  MyThread(String name) {
    thrdName = name;
  }

  // Punkt wejściowy wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrdName + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count < 10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(thrdName +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
```

Obiekty klasy `MyThread` mogą być wykonywane we własnych wątkach, ponieważ klasa `MyThread` implementuje interfejs `Runnable`.

Tutaj rozpoczyna się wykonywanie wątku.

```
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(thrdName + " został przerwany.");
    }
    System.out.println(thrdName + " kończy działanie.");
  }
}

class UseThreads {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    // Najpierw tworzy obiekt klasy MyThread.
    MyThread mt = new MyThread("Wątek potomny nr 1");

    // Następnie na jego podstawie tworzy wątek.
    Thread newThrd = new Thread(mt);

    // Na koniec rozpoczyna wykonywanie wątku.
    newThrd.start();

    for(int i=0; i<50; i++) {
      System.out.print(".");
      try {
        Thread.sleep(100);
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    }

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Tworzy obiekt implementujący interfejs `Runnable`.

Tworzy wątek dla tego obiektu.

Uruchamia wątek.

Przyjrzyjmy się bliżej temu programowi. Najpierw klasa `MyThread` implementuje interfejs `Runnable`. Oznacza to, że obiekt typu `MyThread` może zostać przekazany konstruktorowi klasy i być wykonywany we własnym wątku.

Wewnątrz metody `run()` działa pętla `for` odliczająca od 0 do 9. Zwróć uwagę na wywołanie metody `sleep()`. Metoda `sleep()` powoduje zawieszenie wątku, w którym została wywołana, na czas wyrażony w milisekundach. Jej deklarację przedstawiłem poniżej:

```
static void sleep(long milisekund) throwws InterruptedException
```

Wykonywanie wątku zostaje zawieszone na czas *milisekund*. Metoda `sleep()` może wygenerować wyjątek `InterruptedException` i wobec tego musi być wywoływana w bloku `try`. Metoda `sleep()` ma również drugą wersję, która umożliwia określenie czasu zawieszenia wątku z dokładnością nie tylko co do milisekundy, ale również nanosekundy, jeśli potrzebujesz aż takiej precyzji. W naszym przykładzie metoda `sleep()` wywoływana przez metodę `run()` zawiesza wykonywanie wątku na 400 milisekund podczas każdego przebiegu pętli. Dzięki temu spowolnieniu możemy obserwować wykonywanie wątku.

Wewnątrz metody `main()` nowy obiekt typu `Thread` zostaje utworzony na skutek wykonania poniższej sekwencji instrukcji:

```
// Najpierw tworzy obiekt klasy MyThread.
MyThread mt = new MyThread("Wątek potomny nr 1");

// Następnie na jego podstawie tworzy wątek.
Thread newThrd = new Thread(mt);

// Na koniec rozpoczyna wykonywanie wątku.
newThrd.start();
```

Jak sugerują to komentarze, najpierw zostaje utworzony obiekt klasy `MyThread`. Obiekt ten zostaje następnie użyty do stworzenia obiektu typu `Thread`. Jest to możliwe, ponieważ klasa `MyThread` implementuje interfejs `Runnable`. Na koniec wykonywanie nowego wątku rozpoczyna się dzięki wywołaniu metody `start()`. Wywołuje ona metodę `run()` nowego wątku. Po wywołaniu metody `start()` sterowanie powraca do metody `main()`, która rozpoczyna wykonywanie własnej pętli `for`. Pętla ta wykonywana jest 50 razy i w każdym przebiegu zawiesza wykonanie głównego wątku na 100 milisekund. Oba wątki kontynuują swoje działanie, współdzieląc procesor (w systemie jednoprocesorowym). Trwa to aż do momentu, w którym zakończy się działanie wykonywanych przez nie pętli. Komunikaty wyświetlane przez oba wątki przedstawiłem poniżej. Ze względu na różnice w środowisku wykonania programu efekt jego działania w Twoim przypadku może się nieco różnić.

```
Główny wątek rozpoczyna działanie.
.Wątek potomny nr 1 rozpoczyna działanie.
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 0
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 1
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 2
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 3
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 4
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 5
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 6
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 7
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 8
....Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 1 kończy działanie.
..........Wątek główny kończy działanie.
```

W przykładzie tym warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną rzecz. Aby zilustrować fakt równoczesnego wykonywania wątku głównego i wątku `mt`, musiałem uniknąć zakończenia działania metody `main()`, zanim wątek `mt` zakończy swoje działanie. W tym celu wykorzystałem różnice czasowe w działaniu obu wątków. Ponieważ wywołania metody `sleep()` w pętli `for` metody `main()` powodują całkowite opóźnienie równe 5 sekund (50 iteracji po 100 sekund każda), a całkowite opóźnienie wewnątrz pętli `for` metody `run()` wynosi jedynie 4 sekundy (10 iteracji po 400 milisekund każda), metoda `run()` zakończy działanie sekundę wcześniej niż metoda `main()`. W efekcie wątek główny i wątek `mt` są wykonywane równolegle do momentu zakończenia wątku `mt`. Wykonywanie wątku głównego (metody `main()`) kończy się sekundę później.

Chociaż wykorzystanie różnic czasowych pozwoliło mi zademonstrować równoległe działanie wątków, rozwiązania takiego nie stosuje się w praktyce. Java udostępnia znacznie lepsze sposoby oczekiwania na zakończenie wątku. Jeden z nich omówię w dalszej części rozdziału.

I jeszcze jedno: w przypadku programów wielowątkowych najczęściej będziemy chcieli, aby wątek główny kończył swoje działanie jako ostatni. W ogólnym przypadku program działa,

dopóki nie zakończy się wykonywanie wszystkich jego wątków. Zatem nie jest wymagane, by wątek główny kończył swoje działanie jako ostatni. Ale często jest to przykładem dobrej praktyki programistycznej, zwłaszcza gdy dopiero uczysz się korzystania z wątków.

Drobne usprawnienia

Chociaż poprzedni program jest zupełnie poprawny, niewielkie modyfikacje mogą usprawnić jego działanie i ułatwić jego użycie. Po pierwsze, możemy rozpocząć wykonywanie wątku natychmiast po jego utworzeniu. W tym celu tworzymy obiekt `Thread` wewnątrz konstruktora klasy `MyThread`. Po drugie, klasa `MyThread` nie musi przechowywać nazwy wątku, ponieważ możemy nadać mu ją podczas tworzenia. W tym celu użyjemy następującej wersji konstruktora klasy `Thread`:

```
Thread(Runnable obWątku, String nazwa)
```

W tym przypadku parametr *nazwa* określa oczywiście nazwę wątku.

Ekspert odpowiada

Pytanie: Dlaczego zalecasz, aby główny wątek kończył działanie jako ostatni?

Odpowiedź: W starszych wersjach Javy zakończenie działania głównego wątku przed zakończeniem działania wątku potomnego mogło powodować błąd działania maszyny wirtualnej. Nowoczesne wersje Javy nie stwarzają już tego rodzaju problemów. Lepiej jednak zachować ostrożność, ponieważ nigdy nie wiemy, w jakim środowisku przyjdzie działać naszemu programowi. Dodatkowo wątek główny jest doskonałym miejscem do wykonania operacji związanych z zakończeniem działania programu, na przykład zamknięcia plików. Z tego powodu często rzeczywiście ma sens, aby kończył on swoje działanie jako ostatni. Na szczęście bardzo łatwo możemy zaprogramować oczekiwanie wątku głównego na zakończenie działania wszystkich jego wątków potomnych.

Nazwę wątku możemy uzyskać, wywołując metodę `getName()` zdefiniowaną w klasie `Thread`. Jej ogólną postać przedstawiłem poniżej:

```
final String getName()
```

Chociaż nie jest to konieczne, w naszym następnym programie możesz nadać nazwę wątkowi po jego utworzeniu. W tym celu użyjesz metody `setName()` przedstawionej poniżej:

```
final void setName(String nazwaWątku)
```

Ulepszoną wersję poprzedniego programu przedstawiłem na listingu 11.2.

Listing 11.2. *UseThreadsImproved.java*

```
// Ulepszona wersja klasy MyThread.

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd; <-- Zmienna thrd przechowuje referencję wątku.

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name) {
    thrd = new Thread(this, name); <-- Wątek otrzymuje nazwę w momencie utworzenia.
    thrd.start(); // uruchamia nowy wątek <-- Uruchamia wątek.
```

```
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count<10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(thrd.getName() +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(thrd.getName() + " został przerwany.");
    }
    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }
}

class UseThreadsImproved {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    MyThread mt = new MyThread("Wątek potomny nr 1");

    for(int i=0; i < 50; i++) {
      System.out.print(".");
      try {
        Thread.sleep(100);
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    }

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Teraz wątek zostaje uruchomiony w momencie utworzenia.

Ta wersja programu wyświetla takie same komunikaty jak poprzednia. Zwróć uwagę, że referencję wątku przechowuje składowa `thrd` klasy `MyThread`.

Przykład 11.1. Tworzymy klasę pochodną klasy Thread

ExtendThread.java

Implementacja interfejsu `Runnable` jest jednym ze sposobów tworzenia klasy reprezentującej wątki. Drugi sposób polega na utworzeniu klasy wątków jako klasy pochodnej klasy `Thread`. W tym przykładzie utworzymy właśnie klasę pochodną klasy `Thread` i wykorzystamy ją w programie, którego funkcjonalność będzie odpowiadać programowi `UseThreadsImproved`.

Tworząc klasę pochodną klasy `Thread`, musimy przesłonić jej metodę `run()` stanowiącą punkt wejścia do nowego wątku. Nowa klasa musi również wywołać metodę `start()`, aby rozpocząć wykonywanie nowego wątku. Możesz również przesłonić inne metody klasy `Thread()`, ale nie jest to wymagane.

1. Utwórz plik o nazwie *ExtendThread.java*. Skopiuj do niego kod źródłowy z pliku *UseThreadsImproved.java*.
2. Zmień deklarację klasy `Thread` tak, aby zamiast implementować interfejs `Runnable`, dziedziczyła po klasie `Thread`:

```
class MyThread extends Thread {
```

3. Usuń poniższy wiersz:

```
Thread thrd;
```

Zmienna składowa `thrd` nie jest już potrzebna, ponieważ instancja klasy `MyThread` zawiera instancję klasy `Thread`, do której może się odwoływać.

4. Zmień konstruktor klasy `MyThread` w następujący sposób:

```
// Tworzy nowy wątek.
MyThread(String name) {
  super(name); // nazwa wątku
  start(); // uruchamia wątek
}
```

Wywołanie `super` zostaje użyte w celu uruchomienia następującego konstruktora klasy `Thread`:

```
Thread(String nazwa)
```

gdzie parametr *nazwa* określa oczywiście nazwę tworzonego wątku.

5. Zmień metodę `run()` tak, aby bezpośrednio, czyli bez użycia zmiennej `thrd`, wywoływała metodę `getName()`:

```
// Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count < 10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(getName() +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(getName() + " został przerwany.");
    }

    System.out.println(getName() + " został przerwany.");
}
```

6. Na listingu 11.3 przedstawiłem kompletny tekst źródłowy programu, który w obecnej wersji tworzy klasę pochodną klasy `Thread`, zamiast implementować interfejs `Runnable`. Wynik działania wyświetlany przez program będzie taki sam jak w przypadku poprzednich wersji programu.

Listing 11.3. *ExtendThread.java*

```
/*
  Przykład 11.1

  Tworzy klasę pochodną klasy Thread.
```

```
*/
class MyThread extends Thread {

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name) {
    super(name); // nazwa wątku
    start(); // uruchamia wątek
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count < 10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(getName() +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(getName() + " został przerwany.");
    }

    System.out.println(getName() + " został przerwany.");
  }
}

class ExtendThread {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    MyThread mt = new MyThread("Wątek potomny nr 1");

    for(int i=0; i < 50; i++) {
      System.out.print(".");
      try {
        Thread.sleep(100);
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    }

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Tworzenie wielu wątków

W poprzednich przykładach tworzyliśmy tylko jeden wątek potomny. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby Twój program tworzył dowolną, potrzebną liczbę wątków. Program przedstawiony na listingu 11.4 tworzy trzy wątki potomne.

Listing 11.4. *MoreThreads.java*

```
// Tworzy wiele wątków.

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name) {
    thrd = new Thread(this, name);

    thrd.start(); // uruchamia wątek
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count < 10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(thrd.getName() +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(thrd.getName() + " został przerwany.");
    }
    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }
}

class MoreThreads {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    MyThread mt1 = new MyThread("Wątek potomny nr 1");
    MyThread mt2 = new MyThread("Wątek potomny nr 2");
    MyThread mt3 = new MyThread("Wątek potomny nr 3");

    for(int i=0; i < 50; i++) {
      System.out.print(".");
      try {
        Thread.sleep(100);
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    }

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Tworzy i uruchamia trzy wątki.

A oto przykład działania tego programu:

```
Główny wątek rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 1 rozpoczyna działanie.
```

```
Wątek potomny nr 3 rozpoczyna działanie.
.Wątek potomny nr 2 rozpoczyna działanie.
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 0
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 0
.Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 0
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 1
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 1
.Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 1
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 2
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 2
.Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 2
....Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 3
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 3
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 3
....Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 4
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 4
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 4
....Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 5
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 5
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 5
...Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 6
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 6
.Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 6
...Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 7
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 7
.Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 7
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 8
.Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 8
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 8
...Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 1 kończy działanie.
.Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 3 kończy działanie.
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 2 kończy działanie.
.........Wątek główny kończy działanie.
```

Ekspert odpowiada

Pytanie: Dlaczego Java udostępnia dwa sposoby tworzenia wątków potomnych (przez tworzenie klas pochodnych klasy `Thread` lub przez implementację interfejsu `Runnable`) i który z nich jest lepszy?

Odpowiedź: Klasa `Thread` definiuje szereg metod, które mogą zostać przesłonięte w klasie pochodnej. Natomiast wymagane jest przesłonięcie tylko jednej z nich: `run()`. Ta sama metoda jest oczywiście wymagana podczas implementacji interfejsu `Runnable`. Część programistów Javy uważa, że klasy pochodne należy tworzyć tylko wtedy, gdy stanowią one specjalizację klasy bazowej. Jeśli zatem nie zamierzasz przesłaniać żadnej innej metody klasy `Thread`, to najlepiej implementuj interfejs `Runnable`. Implementacja interfejsu klasy `Runnable` umożliwi Twojej klasie wątku również dziedziczenie po innej klasie niż klasa `Thread`.

Jak widzisz, po uruchomieniu wszystkie trzy wątki potomne współdzielą czas procesora. Zwróć uwagę, że wątki są uruchamiane w kolejności ich utworzenia. Nie jest to regułą, Java może uszeregować działanie wątków w dowolny sposób. Ze względu na różnice w środowisku wykonywania informacje wyświetlane przez program mogą się nieco różnić w Twoim przypadku.

Jak ustalić, kiedy wątek zakończył działanie?

Często w programie chcielibyśmy sprawdzić, czy wątek zakończył swoje działanie. Na przykład w poprzednich przykładach w celach demonstracyjnych nie chciałem kończyć działania głównego wątku, zanim nie zakończyły się wątki potomne. W tym celu zawieszałem działanie wątku głównego na dłużej niż wątków potomnych. Jednak w ogólnym przypadku trudno uznać takie rozwiązanie za satysfakcjonujące.

Na szczęście klasa `Thread` dostarcza dwóch sposobów pozwalających ustalić, czy wątek zakończył działanie. Pierwszy z nich polega na wywołaniu metody `isAlive()` dla sprawdzanego wątku. Ogólną postać tej metody przedstawiłem poniżej:

```
final boolean isAlive()
```

Metoda `isAlive()` zwraca wartość `true`, jeśli wyjątek, dla którego została wywołana, nadal działa. W przeciwnym razie zwraca wartość `false`. Aby wypróbować jej działanie, zastąp w poprzednim przykładzie klasę `MoreThreads` jej wersją przedstawioną na listingu 11.5.

Listing 11.5. *MoreThreads2.java*

```
// Używa isAlive().
class MoreThreads2 {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    MyThread mt1 = new MyThread("Wątek potomny nr 1");
    MyThread mt2 = new MyThread("Wątek potomny nr 2");
    MyThread mt3 = new MyThread("Wątek potomny nr 3");

    do {
      System.out.print(".");
      try {
        Thread.sleep(100);
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    } while (mt1.thrd.isAlive() ||
             mt2.thrd.isAlive() ||
             mt3.thrd.isAlive());

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Oczekuje na zakończenie wszystkich wątków.

Ta wersja programu wyświetla podobne informacje jak poprzednia, z tą różnicą, że metoda `main()` kończy swoje działanie, jak tylko zakończą je pozostałe wątki. Różnica ta wynika z zastosowania metody `isAlive()` podczas oczekiwania na zakończenie wątków potomnych. Drugi sposób oczekiwania na zakończenie wątku polega na wywołaniu metody `join()` przedstawionej poniżej:

```
final void join( ) throws InterruptedException
```

Metoda ta czeka, aż wątek, dla którego została wywołana, zakończy działanie. Nazwa metody sugeruje, że wątek, który ją wywołał, czeka, aż określony wątek się z nim połączy (ang. *join*). Inne wersje metody `join()` pozwalają określić maksymalny czas oczekiwania na zakończenie wątku.

Na listingu 11.6 przedstawiłem program, który używa metody `join()`, aby zagwarantować, że główny wątek zakończy swoje działanie jako ostatni.

Listing 11.6. *JoinThreads.java*

```
// Używa join().

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name) {
    thrd = new Thread(this, name);
    thrd.start(); // uruchamia nowy wątek
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int count=0; count < 10; count++) {
        Thread.sleep(400);
        System.out.println(thrd.getName() +
                           " jest wykonywany, wartość licznika: " + count);
      }
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println(thrd.getName() + " został przerwany.");
    }
    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }
}

class JoinThreads {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");

    MyThread mt1 = new MyThread("Wątek potomny nr 1");
    MyThread mt2 = new MyThread("Wątek potomny nr 2");
    MyThread mt3 = new MyThread("Wątek potomny nr 3");

    try {
      mt1.thrd.join();
      System.out.println("Wątek potomny nr 1 zakończył działanie.");
      mt2.thrd.join();
      System.out.println("Wątek potomny nr 2 zakończył działanie.");
      mt3.thrd.join();
      System.out.println("Wątek potomny nr 3 zakończył działanie.");
    }
```

Oczekują na zakończenie konkretnego wątku.

```
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
    }
    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Poniżej przedstawiłem wynik działania tego programu. Pamiętaj, że gdy uruchomisz program w swoim środowisku, wynik może być nieco inny.

```
Główny wątek rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 1 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 3 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 2 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 0
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 0
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 0
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 1
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 1
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 1
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 2
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 2
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 2
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 3
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 3
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 3
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 4
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 4
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 4
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 5
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 5
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 5
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 6
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 6
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 6
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 7
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 7
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 7
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 8
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 8
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 8
Wątek potomny nr 2 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 1 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 2 kończy działanie.
Wątek potomny nr 1 kończy działanie.
Wątek potomny nr 1 zakończył działanie.
Wątek potomny nr 2 zakończył działanie.
Wątek potomny nr 3 jest wykonywany, wartość licznika: 9
Wątek potomny nr 3 kończy działanie.
Wątek potomny nr 3 zakończył działanie.
Wątek główny kończy działanie.
```

Jak łatwo zauważyć, powrót sterowania z metody `join()` oznacza zakończenie wątku.

Priorytety wątków

Z każdym wątkiem związany jest priorytet. Priorytet wątku decyduje, przynajmniej częściowo, o tym, ile czasu procesora otrzyma dany wątek w porównaniu do innych wątków. W ogólnym przypadku spodziewamy się, że wątek o niskim priorytecie otrzyma mało czasu procesora, a wątek o wysokim priorytecie znacznie więcej. Ilość czasu procesora przydzielonego wątkowi ma istotny wpływ na charakterystykę wykonania wątku i jego interakcję z innymi wątkami wykonywanymi równolegle w systemie.

Na ilość czasu procesora przydzielaną wątkowi mają wpływ oprócz priorytetu wątku także inne czynniki. Na przykład: jeśli wątek o wysokim priorytecie oczekuje na pewien zasób, na przykład na wprowadzenie danych z klawiatury, to w tym czasie wykonywane będą wątki o niższym priorytecie. Jednak gdy wątek o wysokim priorytecie uzyska dostęp do zasobu, to wątki o niższym priorytecie zostaną wywłaszczone z procesora i wznowione zostanie wykonywanie wątku o wysokim priorytecie. Innym czynnikiem wpływającym na szeregowanie wątków jest sposób implementacji wielozadaniowości w danym systemie (patrz ramka „Ekspert odpowiada" na końcu tego podrozdziału). Dlatego też nawet jeśli nadasz różne priorytety wątkom programu, nie musi to oznaczać, że jeden z wątków będzie wykonywany szybciej lub częściej niż inny wątek. Wątek o wysokim priorytecie ma jedynie potencjalnie lepszy dostęp do procesora.

Wątek potomny ma po uruchomieniu taki sam priorytet jak wątek główny. Priorytet wątku możesz zmienić za pomocą metody `setPriority()` zdefiniowanej w klasie `Thread`. Poniżej przedstawiłem jej ogólną postać.

```
final void setPriority(int priorytet)
```

W tym przypadku parametr *priorytet* określa nową wartość priorytetu dla wątku, dla którego wywołano metodę. Wartość parametru *priorytet* musi należeć do przedziału od `MIN_PRIORITY` do `MAX_PRIORITY`. Obecnie stałe te mają wartości odpowiednio 1 i 10. Aby przywrócić wątkowi zwykły priorytet, podajesz wartość `NORM_PRIORITY`, obecnie równą 5. Wymienione wartości priorytetów zostały zadeklarowane jako `static final` w klasie `Thread`.

Bieżący priorytet wątku możesz uzyskać, wywołując metodę `getPriority()` zdefiniowaną w klasie `Thread`, którą przedstawiam poniżej:

```
final int getPriority( )
```

Przykład programu zamieszczony na listingu 11.7 demonstruje użycie dwóch wątków o różnych priorytetach. Wątki te tworzone są jako instancje klasy `Priority`. Metoda `run()` tej klasy zawiera pętlę zliczającą iteracje. Pętla kończy działanie, gdy wykona 10 000 000 iteracji lub gdy zmienna `stop` zadeklarowana jako `static` ma wartość `true`. Początkowo zmienna ta ma wartość `false`, a wartość `true` nadaje jej ten wątek, który pierwszy zakończy swoje działanie. W ten sposób drugi z wątków również kończy swoje działanie, gdy tylko otrzyma czas procesora. W każdym przebiegu pętli łańcuch `currentName` jest porównywany z nazwą wykonywanego wątku. Jeśli są różne, oznacza to, że nastąpiło przełączenie wątków. Wtedy wyświetlona zostaje nazwa nowego wątku, która zostaje również przypisana zmiennej `currentName`. Wyświetlanie informacji na skutek przełączenia wątku umożliwia użytkownikowi obserwację dostępu obu wątków do procesora. Po zakończeniu działania obu wątków program wyświetla liczbę iteracji obu pętli.

Listing 11.7. *PriorityDemo.java*

```
// Demonstruje priorytety wątków.

class Priority implements Runnable {
  int count;
  Thread thrd;

  static boolean stop = false;
  static String currentName;

  /* Tworzy nowy wątek. Zwróć uwagę, że ten
     konstruktor nie uruchamia wątków. */
  Priority(String name) {
    thrd = new Thread(this, name);
    count = 0;
    currentName = name;
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");
    do {
      count++;

      if(currentName.compareTo(thrd.getName()) != 0) {
        currentName = thrd.getName();
        System.out.println(currentName + " jest wykonywany.");
      }

    } while(stop == false && count < 10000000);
    stop = true;

    System.out.println("\n" + thrd.getName() +
                       " kończy działanie.");
  }
}

class PriorityDemo {
  public static void main(String args[]) {
    Priority mt1 = new Priority("Wątek o wysokim priorytecie");
    Priority mt2 = new Priority("Wątek o niskim priorytecie");

    // określa priorytet wątków
    mt1.thrd.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY+2);
    mt2.thrd.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY-2);

    // uruchamia wątki
    mt1.thrd.start();
    mt2.thrd.start();

    try {
      mt1.thrd.join();
      mt2.thrd.join();
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Główny wątek rozpoczyna działanie.");
    }
```

Wątek, który pierwszy osiągnie 10 000 000, zatrzymuje wszystkie wątki.

Wątek `mt1` otrzymuje wyższy priorytet niż wątek `mt2`.

```
        System.out.println("\nWątek o wysokim priorytecie odliczył do " +
                           mt1.count);
        System.out.println("Wątek o niskim priorytecie odliczył do " +
                           mt2.count);
    }
}
```

A oto przykład działania programu:

```
Wątek o wysokim priorytecie rozpoczyna działanie.
Wątek o wysokim priorytecie jest wykonywany.
Wątek o niskim priorytecie rozpoczyna działanie.
Wątek o niskim priorytecie jest wykonywany.
Wątek o wysokim priorytecie jest wykonywany.

Wątek o niskim priorytecie kończy działanie.

Wątek o wysokim priorytecie kończy działanie.

Wątek o wysokim priorytecie odliczył do 10000000
Wątek o niskim priorytecie odliczył do 8183
```

W tym przypadku wątek o wysokim priorytecie zawłaszczył większość czasu procesora. Oczywiście dokładny wynik działania programu zależy od liczby procesorów w systemie, ich szybkości, systemu operacyjnego i liczby innych zadań wykonywanych równocześnie przez system.

Ekspert odpowiada

Pytanie: Czy sposób implementacji wielozadaniowości w konkretnym systemie operacyjnym ma wpływ na to, ile czasu procesora otrzymuje wątek?

Odpowiedź: Oprócz priorytetu wątku największy wpływ na wykonanie wątku ma właśnie sposób implementacji wielozadaniowości i szeregowania zadań w systemie operacyjnym. Niektóre systemy stosują wielozadaniowość z wywłaszczaniem, co gwarantuje, że każdy wątek otrzymuje czas procesora, przynajmniej okazjonalnie. W systemach, które nie używają wywłaszczania, wykonywany wątek musi sam zwolnić procesor, zanim będzie możliwe wykonywanie innego wątku. W takich systemach łatwo o sytuację, w której jeden wątek zawłaszczy procesor, uniemożliwiając wykonywanie innych wątków.

Synchronizacja

Gdy używasz w programie wielu wątków, może pojawić się konieczność skoordynowania działania niektórych z nich. Proces, który to umożliwia, nazywamy **synchronizacją**. Najczęstszym powodem synchronizacji jest sytuacja, gdy dwa lub więcej wątków wymaga dostępu do współdzielonego zasobu, który może być używany w danej chwili tylko przez jeden wątek. Na przykład gdy jeden wątek zapisuje dane w pliku, inny wątek nie może wykonywać zapisu w tym samym pliku w tym samym czasie. Innym powodem stosowania synchronizacji jest oczekiwanie wątku na zdarzenie, którego przyczyną jest inny wątek. W tym przypadku musi istnieć sposób zawieszenia wykonywania wątku do momentu, w którym nastąpi wspomniane zdarzenie. Wtedy wątek musi wznowić wykonywanie.

Kluczem do synchronizacji wątków w Javie jest koncepcja **monitora**. Monitor kontroluje dostęp do obiektu, używając **blokad**. Gdy dostęp do obiektu zostanie zablokowany przez jeden wątek, obiekt nie jest dostępny dla innych wątków. Dopiero gdy wątek przestanie używać obiektu, blokada zostaje zwolniona i obiekt jest dostępny dla innych wątków.

Z każdym obiektem Javy związany jest monitor. Monitory zostały wbudowane w język Java i dzięki temu Java umożliwia synchronizację dostępu do wszystkich obiektów. Odbywa się ona przez zastosowanie słowa kluczowego `synchronized` i kilku metod, którymi dysponują wszystkie obiekty. Ponieważ Javę od początku projektowano z myślą o synchronizacji, posługiwanie się tym mechanizmem jest dużo łatwiejsze, niż mogłoby się wydawać. W wielu programach synchronizacja dostępu do obiektów odbywa się prawie w transparentny sposób.

Istnieją dwa sposoby zastosowania synchronizacji w Twoim kodzie. Oba wymagają użycia słowa kluczowego `synchronized` i oba zostaną omówione w tym rozdziale.

Synchronizacja metod

Synchronizację dostępu do metody możesz zapewnić, używając w jej deklaracji słowa kluczowego `synchronized`. Wywołanie takiej metody powoduje, że monitor blokuje dostęp do obiektu. Gdy obiekt jest zablokowany, żaden inny wątek nie może wywołać tej metody ani żadnej innej metody tego obiektu zadeklarowanej w jego klasie jako `synchronized`. Gdy działanie metody kończy się, monitor odblokowuje obiekt, umożliwiając tym samym jego użycie przez kolejny wątek. W ten sposób synchronizacja dostępu do obiektu odbywa się praktycznie bez jakiegokolwiek dodatkowego wysiłku ze strony programisty.

Program przedstawiony na listingu 11.8 demonstruje działanie mechanizmu synchronizacji na przykładzie metody `sumArray()` sumującej elementy tablicy zawierającej liczby całkowite.

Listing 11.8. *Sync.java*

```
// Synchronizacja dostępu do metody.

class SumArray {
  private int sum;

  synchronized int sumArray(int nums[]) {
    sum = 0; // zeruje sumę

    for(int i=0; i<nums.length; i++) {
      sum += nums[i];
      System.out.println(Thread.currentThread().getName() +
             " wyliczył sumę częściową równą " + sum);
      try {
        Thread.sleep(10); // umożliwia przełączenie wątków
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek został przerwany.");
      }
    }
    return sum;
```

Dostęp do metody `sumArray()` jest synchronizowany.

```
  }
}

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;
  static SumArray sa = new SumArray();
  int a[];
  int answer;

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name, int nums[]) {
    thrd = new Thread(this, name);
    a = nums;
    thrd.start(); // uruchamia wątek
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    int sum;

    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");

    answer = sa.sumArray(a);
    System.out.println(thrd.getName() +
                       " wyliczył sumę równą " + answer);

    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }
}

class Sync {
  public static void main(String args[]) {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};

    MyThread mt1 = new MyThread("Wątek potomny nr 1", a);
    MyThread mt2 = new MyThread("Wątek potomny nr 2", a);

    try {
      mt1.thrd.join();
      mt2.thrd.join();
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
    }

  }
}
```

A oto przykład działania tego programu (kolejność komunikatów może być w Twoim przypadku nieco inna).

```
Wątek potomny nr 1 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 2 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 1
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 3
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 6
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 10
```

```
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 15
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 1
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę równą 15
Wątek potomny nr 1 kończy działanie.
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 3
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 6
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 10
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 15
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę równą 15
Wątek potomny nr 2 kończy działanie.
```

Przeanalizujmy szczegółowo działanie tego programu. Tworzy on trzy klasy. Pierwszą z nich jest `SumArray`. Zawiera ona metodę `sumArray()`, która oblicza sumę elementów tablicy przechowującej wartości całkowite. Druga klasa, `MyThread`, używa obiektu typu `SumArray`. Referencję `sa` tego obiektu zadeklarowałem jako `static` i wobec tego istnieje tylko jedna jej kopia współdzielona przez wszystkie obiekty klasy `MyThread`. Ostatnia z klas, `Sync`, tworzy dwa wątki obliczające sumę zawartości tej samej tablicy.

Metoda `sumArray()` wywołuje metodę `sleep()`, aby umożliwić przełączenie wątków. Jednak przełączenie nie jest możliwe, gdyż metoda `sumArray()` została zadeklarowana jako `synchronized` i wobec tego nie może być używana równocześnie przez dwa lub więcej wątków. Zatem gdy drugi z wątków potomnych rozpoczyna działanie, nie może wywołać metody `sumArray()`, dopóki nie wykona jej pierwszy wątek. Synchronizacja dostępu do metody gwarantuje w tym wypadku poprawny wynik jej działania.

Aby w pełni zrozumieć efekt słowa kluczowego `synchronized`, spróbuj usunąć je z deklaracji metody `sumArray()`. Dostęp do tej metody przestanie podlegać synchronizacji i wiele wątków będzie mogło jej używać równocześnie. Problem polega na tym, że suma częściowa jest przechowywana w składowej `sum`, która jest modyfikowana przez każdy wątek wywołujący metodę `sumArray()` dla obiektu `sa` zadeklarowanego jako `static`. Jeśli zatem dwa wątki wywołają równocześnie metodę `sa.sumArray()`, wyniki jej działania będą niepoprawne, ponieważ składowa `sum` będzie przechowywać na przemian sumy częściowe obliczane przez każdy z wątków. Poniżej przedstawiłem przykład działania programu po usunięciu słowa kluczowego `synchronized` z deklaracji metody `sumArray()` (wynik działania w Twoim przypadku może się różnić).

```
Wątek potomny nr 1 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 2 rozpoczyna działanie.
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 1
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 1
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 3
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 8
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 8
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 11
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 15
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę częściową równą 20
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 24
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę częściową równą 29
Wątek potomny nr 1 wyliczył sumę równą 24
Wątek potomny nr 1 kończy działanie.
Wątek potomny nr 2 wyliczył sumę równą 29
Wątek potomny nr 2 kończy działanie.
```

Powyższe informacje pokazują, że oba wątki potomne wywołują równocześnie metodę `sa.sumArray()`, przypisując składowej `sum` niewłaściwe wartości. Zanim przejdziemy do następnego zagadnienia, podsumujmy najważniejsze fakty związane z synchronizacją metod:

- synchronizacja metody polega na umieszczeniu słowa kluczowego `synchronized` w deklaracji metody;
- synchronizacja dostępu do metody powoduje, że jej wywołanie dla dowolnego obiektu powoduje jego zablokowanie i żaden inny wątek nie może wywołać dla tego samego obiektu żadnej metody zadeklarowanej jako `synchronized`;
- inne wątki próbujące wywołać metodę zadeklarowaną jako `synchronized` dla obiektu, do którego dostęp został zablokowany przez monitor, przechodzą w stan oczekiwania do momentu, w którym obiekt zostanie odblokowany;
- gdy wątek kończy wykonywanie metody `synchronized`, dostęp do obiektu zostaje odblokowany.

Synchronizacja instrukcji

Chociaż deklarowanie metod jako `synchronized` stanowi prosty i efektywny sposób wykorzystania mechanizmu synchronizacji, nie sprawdza się on we wszystkich sytuacjach. Na przykład może wystąpić konieczność zapewnienia synchronizacji dostępu do metody, która nie została zadeklarowana jako `synchronized`. Może się to zdarzyć, gdy używasz cudzych klas i nie masz dostępu do ich kodu źródłowego. Nie możesz zatem dodać słowa kluczowego `synchronized` w deklaracji interesującej Cię metody. W jaki sposób możesz zatem zapewnić synchronizację dostępu do obiektu tej klasy? Rozwiązanie tego problemu jest na szczęście bardzo proste: wystarczy umieszczać wywołania metod tej klasy w bloku oznaczonym jako `synchronized`.

Poniżej przedstawiłem ogólną postać bloku `synchronized`:

```
synchronized(refobj) {
  // instrukcje wymagające synchronizacji
}
```

W tym przypadku *`refobj`* jest referencją obiektu, do którego dostęp wymaga synchronizacji. Gdy wątek rozpocznie wykonywanie bloku `synchronized`, żaden inny wątek nie może wywołać metody dla obiektu *`refobj`*, dopóki bieżący wątek nie opuści tego bloku.

Kolejny sposób synchronizacji wywołań metody `sumArray()` polega zatem na ich umieszczeniu w bloku `synchronized`. Ilustruje to wersja programu przedstawiona na listingu 11.9.

Listing 11.9. *Sync2.java*

```
// Używa bloku synchronized
// dla synchronizacji dostępu
// do metody sumArray.
class SumArray {
  private int sum;
```

```
  int sumArray(int nums[]) {
    sum = 0; // zeruje sumę
    for(int i=0; i<nums.length; i++) {
      sum += nums[i];
      System.out.println(Thread.currentThread().getName() +
             " wyliczył sumę częściową równą " + sum);
      try {
        Thread.sleep(10); // umożliwia przełączenie wątków
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek został przerwany.");
      }
    }
    return sum;
  }
}

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;
  static SumArray sa = new SumArray();
  int a[];
  int answer;

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name, int nums[]) {
    thrd = new Thread(this, name);
    a = nums;

    thrd.start(); // uruchamia wątek
  }

  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
  public void run() {
    int sum;

    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");

    // synchronizuje wywołania metody sumArray()
    synchronized(sa) {
      answer = sa.sumArray(a);
    }
    System.out.println(thrd.getName() +
                       " wyliczył sumę równą " + answer);

    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }
}

class Sync2 {
  public static void main(String args[]) {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};

    MyThread mt1 = new MyThread("Wątek potomny nr 1", a);
    MyThread mt2 = new MyThread("Wątek potomny nr 2", a);

    try {
      mt1.thrd.join();
```

W tym wypadku dostęp do metody `sumArray()` nie podlega synchronizacji.

Synchronizacja wywołań metody `sumArray()` dla obiektu `sa`.

```
        mt2.thrd.join();
      } catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
      }
    }
  }
```

Wynik działania tej wersji programu będzie poprawny, taki sam jak w przypadku wykorzystania metody zadeklarowanej jako `synchronized`.

Ekspert odpowiada

Pytanie: Słyszałem coś o „API współbieżności". Do czego one służą? Do czego służy szkielet Fork/Join?

Odpowiedź: API współbieżności udostępniono w pakiecie `java.util.concurrent` (i jego pakietach podrzędnych) w celu umożliwienia w Javie programowania współbieżnego. Klasy te implementują między innymi synchronizatory, pule wątków, menedżery wykonania i blokady umożliwiające sterowanie wykonaniem wątków. Jedną z najciekawszych możliwości oferowanych przez API współbieżności jest szkielet Fork/Join wprowadzony w JDK 7.

Szkielet ten umożliwia tak zwane **programowanie równoległe**. Nazwy tej używa się do określenia technik pozwalających wykorzystać zalety komputerów o dwu lub więcej procesorach (włączając w to systemy wielordzeniowe) poprzez podział zadania na podzadania i wykonywanie każdego podzadania na osobnym procesorze. Rozwiązanie takie pozwala zwiększyć szybkość wykonywania działania i poprawić efektywność systemu. Podstawową zaletą szkieletu Fork/Join jest łatwość użycia. Upraszcza on tworzenie kodu wielowątkowego, który automatycznie skaluje się tak, aby wykorzystać liczbę procesorów dostępnych w systemie. Tym samym sprowadza tworzenie rozwiązań współbieżnych do poziomu nie trudniejszego niż typowe zadania programowania, takie jak na przykład operacje na elementach tablicy. API współbieżności, a w szczególności szkielet Fork/Join, warte są poznania, gdy nabierzesz większego doświadczenia w tworzeniu programów wielowątkowych.

Komunikacja międzywątkowa

Rozważmy następującą sytuację. Wątek T wykonuje właśnie metodę zadeklarowaną jako `synchronized` i wymaga dostępu do zasobu R, który jest tymczasowo niedostępny. Co powinien zrobić wątek T? Jeśli zacznie sprawdzać w pętli dostępność zasobu R, to zablokuje używany obiekt, uniemożliwiając dostęp innym wątkom. Rozwiązanie takie jest dalekie od optymalnego, ponieważ częściowo redukuje zalety programowania wielowątkowego. Lepiej będzie, jeśli wątek T zwolni tymczasowo wykorzystywany obiekt, umożliwiając wykonywanie innych wątków. Gdy zasób R stanie się dostępny, wątek T zostanie powiadomiony i wznowi działanie. Takie rozwiązanie wymaga jednak komunikacji międzywątkowej, dzięki której jeden wątek może powiadomić inne, że został zablokowany, a sam zostać powiadomiony, że może wznowić działanie. Java umożliwia komunikację międzywątkową za pomocą metod `wait()`, `notify()` i `notifyAll()`.

Metody `wait()`, `notify()` i `notifyAll()` są dostępne dla każdego obiektu, ponieważ zostały zaimplementowane w klasie `Object`. Metody te mogą być wywoływane tylko w kontekście

działania mechanizmu synchronizacji. Używamy ich w następujący sposób. Gdy wątek zostaje czasowo zablokowany, wywołuje metodę `wait()`. Wykonanie wątku zostaje zawieszone, a monitor obiektu zwalnia blokadę, umożliwiając innemu wątkowi dostęp do obiektu. Zawieszony wątek wznowi później swoje działanie, gdy inny wątek wywoła dla tego samego obiektu metodę `notify()` lub `notifyAll()`.

Poniżej przedstawiłem różne wersje metody `wait()` zdefiniowane w klasie `Object`:

```
final void wait( ) throws InterruptedException
final void wait(long milisekund) throws InterruptedException
final void wait(long milisekund, int nanosekund) throws InterruptedException
```

Pierwsza wersja zawiesza wykonywanie wątku do momentu wywołania metody `notify()` lub `notifyAll()`. Druga podobnie, ale wątek nie będzie oczekiwać dłużej niż podaną liczbę *milisekund*. Trzecia wersja umożliwia jeszcze dokładniejsze określenie maksymalnego czasu oczekiwania z dokładnością do pojedynczych *nanosekund*.

Poniżej przedstawiłem ogólną postać metod `notify()` i `notifyAll()`:

```
final void notify( )
final void notifyAll( )
```

Wywołanie metody `notify()` powoduje wznowienie wykonywania oczekującego wątku. Wywołanie metody `notifyAll()` powiadamia wszystkie wątki, a dostęp do obiektu uzyskuje wątek o najwyższym priorytecie.

Zanim przyjrzymy się przykładowi zastosowania tych metod, muszę uczynić jeszcze jedną ważną uwagę. Chociaż w normalnych warunkach metoda `wait()` powoduje oczekiwanie wątku na wywołanie metody `notify()` lub `notifyAll()`, istnieje bardzo rzadko spotykana możliwość, że wątek zakończy oczekiwanie na skutek tak zwanego **fałszywego przebudzenia**. Omówienie skomplikowanych warunków, które prowadzą do takiej sytuacji, wykracza poza zakres tej książki. Ze względu na możliwość wystąpienia fałszywego przebudzenia wątku firma Oracle zaleca wywoływanie metody `wait()` w pętli sprawdzającej warunek, na którego spełnienie oczekuje wątek. W następnym przykładzie zastosujemy tę technikę.

Przykład użycia metod wait() i notify()

Aby łatwiej Ci było zrozumieć zastosowania metod `wait()` i `notify()`, stworzymy teraz program symulujący tykanie zegara przez wyświetlanie na przemian słów „tik” i „tak”. W tym celu stworzymy klasę `TickTock` zawierającą dwie metody: `tick()` i `tock()`. Metoda `tick()` wyświetli słowo `"tik"`, a metoda `tock()` słowo `"tak"`. Aby uruchomić symulację zegara, utworzymy dwa wątki, z których jeden będzie wywoływać metodę `tick()`, a drugi metodę `tock()`. Wątki te muszą być wykonywane w taki sposób, aby program wyświetlał na przemian słowa „tik” i „tak”. Kod źródłowy programu przedstawiłem na listingu 11.10.

Listing 11.10. *ThreadCom.java*

```
// Używa metod wait() i notify()
// do stworzenia symulacji zegara.

class TickTock {
```

```
  String state; // przechowuje stan zegara

  synchronized void tick(boolean running) {
    if(!running) { // zatrzymuje zegar
      state = "ticked";
      notify(); // powiadamia oczekujący wątek
      return;
    }

    System.out.print("tik ");

    state = "ticked"; // zmienia stan zegara na "ticked"

    notify(); // umożliwia wykonanie metody tock()
    try {
      while(!state.equals("tocked"))
        wait(); // oczekuje na zakończenie metody tock()
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek został przerwany.");
    }
  }

  synchronized void tock(boolean running) {
    if(!running) { // zatrzymuje zegar
      state = "tocked";
      notify(); // powiadamia oczekujący wątek
      return;
    }

    System.out.println("tak");

    state = "tocked"; // zmienia stan zegara na "tocked"

    notify(); // umożliwia wykonanie metody tick()
    try {
      while(!state.equals("ticked"))
        wait(); // oczekuje na zakończenie metody tick()
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek został przerwany.");
    }
  }
}

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;
  TickTock ttOb;

  // Tworzy nowy wątek.
  MyThread(String name, TickTock tt) {
    thrd = new Thread(this, name);
    ttOb = tt;
    thrd.start(); // uruchamia wątek
  }
  // Rozpoczyna wykonywanie nowego wątku.
```

Metoda `tick()` powiadamia metodę `tock()`.

Metoda tick() czeka na zakończenie metody tock().

Metoda tock() powiadamia metodę tick().

Metoda tock() czeka na zakończenie metody tick().

```
  public void run() {

    if(thrd.getName().compareTo("tik") == 0) {
      for(int i=0; i<5; i++) ttOb.tick(true);
      ttOb.tick(false);
    }
    else {
      for(int i=0; i<5; i++) ttOb.tock(true);
      ttOb.tock(false);
    }
  }
}

class ThreadCom {
  public static void main(String args[]) {
    TickTock tt = new TickTock();
    MyThread mt1 = new MyThread("tik", tt);
    MyThread mt2 = new MyThread("tak", tt);

    try {
      mt1.thrd.join();
      mt2.thrd.join();
    } catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek główny został przerwany.");
    }
  }
}
```

A oto wynik działania tego programu:

```
tik tak
tik tak
tik tak
tik tak
tik tak
```

Przyjrzyjmy się bliżej działaniu tego programu. Sercem symulacji zegara jest klasa `TickTock`. Zawiera ona dwie metody, `tick()` i `tock()`, które komunikują się ze sobą, aby zagwarantować, że po metodzie `tick()` zostanie zawsze wykonana metoda `tock()`, a po niej znowu metoda `tick()` i tak dalej. Zwróć uwagę na składową `state`. Gdy działa symulacja zegara, składowa `state` przechowuje łańcuch `"ticked"` lub `"tocked"` informujący o bieżącym stanie zegara. Metoda `main()` tworzy obiekt `tt` klasy `TickTock` i używa go do uruchomienia dwóch wątków potomnych.

Wątki te opierają się na obiektach typu `MyThread`. Konstruktor klasy `MyThread` ma dwa parametry. Pierwszym jest nazwa wątku, `"tik"` lub `"tak"`. Drugim jest referencja obiektu typu `TickTock`, `tt` w tym przypadku. Wewnątrz metody `run()` klasy `MyThread` wywołana zostaje metoda `tick()`, jeśli nazwą wątku jest `"tik"`. Jeśli nazwą jest `"tak"`, wywołana zostaje metoda `tock()`. Każda z tych metod zostaje wywołana pięć razy z argumentem `true`. Ostatnie wywołanie przekazuje każdej metodzie argument `false`, co powoduje zatrzymanie symulacji zegara.

Najważniejszą część symulacji zegara stanowią metody `tick()` i `tock()` klasy `TickTock`. Przyjrzyjmy się metodzie `tick()`, której kod przedstawiłem poniżej.

```
synchronized void tick(boolean running) {
    if(!running) { // zatrzymuje zegar
      state = "ticked";
      notify(); // powiadamia oczekujący wątek
      return;
    }

    System.out.print("tik ");

    state = "ticked"; // zmienia stan zegara na "ticked"

    notify(); // umożliwia wykonanie metody tock()
    try {
      while(!state.equals("tocked"))
        wait(); // oczekuje na zakończenie metody tock()
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Wątek został przerwany.");
    }
  }
```

Zwróć uwagę, że metoda `tick()` została zadeklarowana jako `synchronized`. Jak już wspomniałem, metody `wait()` i `notify()` znajdują zastosowanie tylko w przypadku synchronizacji dostępu do metod. Metoda rozpoczyna działanie od sprawdzenia wartości parametru `running`. Parametr ten jest używany do zakończenia działania symulacji zegara. Jeśli ma wartość `false`, zegar zostaje zatrzymany. W takim przypadku składowa `state` otrzymuje wartość `"ticked"` i wywołana zostaje metoda `notify()`, aby umożliwić działanie oczekującego wątku. Za chwilę wrócimy jeszcze do tego punktu.

Jeśli zegar działa, metoda wyświetla słowo `"tik"`, nadaje składowej `state` wartość `"ticked"` i wywołuje metodę `notify()`. Wywołanie metody `notify()` umożliwia wznowienie działania wątku, który oczekiwał na dostęp do tego samego obiektu. Następnie w pętli `while` wywoływana jest metoda `wait()`. Wywołanie metody `wait()` powoduje zawieszenie wykonywania metody `tick()` do momentu, w którym inny wątek wywoła metodę `notify()`. Zatem wykonanie pętli zostanie również wstrzymane do momentu, w którym inny wątek wywoła metodę `notify()` dla tego samego obiektu. W rezultacie wywołanie metody `tick()` powoduje wyświetlenie jednego słowa `"tik"`, wznowienie innego wątku i zawieszenie własnego wykonania.

Pętla `while`, która wywołuje metodę `wait()`, sprawdza, czy składowa `state` ma wartość `"tocked"`, co zdarzy się dopiero po wywołaniu metody `tock()`. Jak już wcześniej wyjaśniłem, zastosowanie pętli `while` do sprawdzania tego warunku ma zapobiec fałszywemu przebudzeniu wątku. Gdy metoda `wait()` zwróci sterowanie, a składowa `state` nie ma wartości `"tocked"`, oznacza to właśnie wystąpienie fałszywego przebudzenia i metoda `wait()` zostaje wywołana ponownie.

Metoda `tock()` stanowi dokładną kopię metody `tick()`, z tą różnicą, że wyświetla słowo `"tak"` i nadaje składowej `state` wartość `"tocked"`. Zatem metoda `tock()` najpierw wyświetla słowo `"tak"`, wywołuje metodę `notify()` i następnie zawiesza swoje działanie. Metody `tick()` i `tack()` mogą działać tylko razem, przy czym po wywołaniu metody `tick()` musi nastąpić wywołanie metody `tock()`, po którym znowu następuje wywołanie metody `tick()` i tak dalej. Działanie tych metod jest wzajemnie zsynchronizowane.

Po zatrzymaniu zegara metoda `notify()` zostaje wywołana ostatni raz, aby wznowić działanie drugiego wątku. Pamiętaj, że metody `tick()` i `tock()` wywołują zawsze metodę `wait()` po wyświetleniu komunikatu. Zatem gdy zegar zostanie zatrzymany, jeden z wątków będzie się znajdować w stanie oczekiwania. Jego działanie można wznowić właśnie za pomocą ostatniego wywołania metody `notify()`. Spróbuj usunąć to wywołanie metody `notify()` i zaobserwować efekt. Zobaczysz, że program „zawiesi się" i będziesz musiał przerwać jego działanie, naciskając *Ctrl+C*. Dzieje się tak, ponieważ gdy ostatnie wywołanie metody `tock()` spowoduje wywołanie metody `wait()`, to nie będzie odpowiadającego mu wywołania metody `notify()`, które pozwoliłoby metodzie `tock()` zakończyć działanie. Zatem metoda `tock()` oczekuje wtedy w nieskończoność.

Jeśli masz jeszcze wątpliwości, czy rzeczywiście wywołania metod `wait()` i `notify()` są konieczne dla prawidłowego działania symulacji zegara, zastąp klasę `TockTock` jej poniższą wersją, z której usunąłem wywołania metod `wait()` i `notify()`.

```
// Bez wywołań metod wait() i notify().

class TickTock {

  String state; // przechowuje stan zegara

  synchronized void tick(boolean running) {
    if(!running) { // zatrzymuje zegar
      state = "ticked";
      return;
    }

    System.out.print("tik ");

    state = "ticked"; // zmienia stan zegara na "ticked"

  }

  synchronized void tock(boolean running) {
    if(!running) { // zatrzymuje zegar
      state = "tocked";
      return;
    }

    System.out.println("tak");

    state = "tocked"; // zmienia stan zegara na "tocked"
  }
}
```

Po zastąpieniu klasy `TickTock` nową wersją program wyświetli poniższe komunikaty:

```
tik tik tik tik tik tak
tak
tak
tak
tak
```

Metody `tick()` i `tock()` nie współpracują już ze sobą!

Ekspert odpowiada

Pytanie: Spotkałem się z terminem *zakleszczenie* w odniesieniu do nieprawidłowo działających programów wielowątkowych. Na czym polega ta sytuacja i jak jej unikać? Na czym polega *sytuacja wyścigu* i jak mogę jej uniknąć?

Odpowiedź: Zakleszczenie, jak wskazuje nazwa, jest sytuacją, w której jeden wątek czeka, aż drugi wątek wykona pewną operację, ale drugi wątek czeka właśnie na pierwszy. Działanie obu wątków jest wstrzymane, wątki oczekują na siebie wzajemnie. Przypomina to trochę dwie nadzwyczaj uprzejme osoby, które nie mogą przekroczyć progu, ponieważ każda chce ustąpić drugiej.

Unikanie zakleszczeń wydaje się proste, ale takie nie jest. Sama analiza kodu programu często nie wystarcza do ustalenia przyczyny zakleszczenia, ponieważ w czasie wykonania programu między wątkami mogą zachodzić skomplikowane zależności czasowe. Unikanie zakleszczeń wymaga dbałości w programowaniu oraz wszechstronnego testowania. Pamiętaj, że jeśli program wielowątkowy czasami zawiesza się, to najbardziej prawdopodobną tego przyczyną jest właśnie zakleszczenie.

Sytuacja wyścigu występuje, gdy dwa (lub więcej) wątków próbuje uzyskać równocześnie dostęp do współdzielonego zasobu, ale odbywa się to bez odpowiedniej synchronizacji. Na przykład jeden wątek może przypisywać zmiennej nową wartość, podczas gdy inny wątek w tym samym czasie zwiększa wartość tej samej zmiennej. Jeśli nie zastosujemy synchronizacji, to wynik tych operacji będzie zależeć od kolejności wykonania wątków (czy drugi wątek najpierw zwiększy oryginalną wartość zmiennej, czy raczej pierwszy wątek zdąży przypisać jej wcześniej nową wartość?). W takich sytuacjach mówi się o wyścigu wątków, ponieważ ostateczny wynik operacji zależy od tego, który wątek będzie pierwszy. Podobnie jak w przypadku zakleszczenia wykrycie sytuacji wyścigu może być trudne. Najlepszym rozwiązaniem jest zapobieganie: staranne programowanie z zastosowaniem odpowiedniej synchronizacji dostępu do współdzielonych zasobów.

Wstrzymywanie, wznawianie i kończenie działania wątków

Możliwość wstrzymania wykonywania wątku bywa przydatna w pewnych sytuacjach. Na przykład osobny wątek może wyświetlać czas. Jeśli użytkownik nie chce oglądać zegara, wtedy można wstrzymać działanie wątku, który go wyświetla. Niezależnie od przyczyny wstrzymanie wykonywania wątku nie powinno stanowić problemu. Podobnie jak późniejsze wznowienie jego działania.

Mechanizm wstrzymywania, wznawiania i kończenia działania wątków różni się we wczesnych i obecnych wersjach Javy. W wersjach wcześniejszych niż Java 2 do wstrzymywania, wznawiania i kończenia działania wątków służyły odpowiednio metody `suspend()`, `resume()` i `stop()` zdefiniowane w klasie `Thread`. Mają one następującą postać:

```
final void resume( )
final void suspend( )
final void stop( )
```

Mimo że metody te wydają się właściwym rozwiązaniem kwestii zarządzania wykonaniem wątków, obecnie ich użycie nie jest zalecane. W Javie 2 uznano metodę `suspend()` klasy `Thread` za przestarzałą. Powodem była możliwość doprowadzenia w pewnych sytuacjach do

zakleszczeń na skutek użycia tej metody. Metodę `resume()` również uznano za przestarzałą. Nie powodowała ona żadnych problemów, ale jej użycie bez metody `suspend()` nie miało sensu. Metodę `stop()` również uznano za przestarzałą w Javie 2, ponieważ w pewnych warunkach jej użycie mogło być przyczyną poważnych problemów.

Skoro nie można już używać metod `suspend()`, `resume()` i `stop()` do sterowania działaniem wątku, mogłoby się wydawać, że nie ma sposobu, by wstrzymać, wznowić lub zakończyć wykonywanie wątku. Nic bardziej błędnego. Wystarczy zaprojektować wątek w taki sposób, aby metoda `run()` sprawdzała okresowo, czy powinna wstrzymać, wznowić lub zakończyć swoje działanie. Zwykle osiąga się to przez wprowadzenie w klasie wątków dwóch znaczników: jednego dla wstrzymania i wznowienia wątku i drugiego dla zatrzymania wątku. W przypadku operacji wstrzymania i wznowienia wątku, jeśli odpowiedni znacznik nie jest ustawiony, metoda `run()` musi kontynuować wykonywanie wątku. W przeciwnym razie musi wstrzymać swoje działanie. Jeśli ustawiony jest drugi ze znaczników, oznaczający zatrzymanie wątku, metoda `run()` musi zakończyć działanie.

Na listingu 11.11 przedstawiłem jeden ze sposobów implementacji własnych wersji metod `suspend()`, `resume()` i `stop()`.

Listing 11.11. *Suspend.java*

```
// Wstrzymywanie, wznawianie i zatrzymywanie wątku.

class MyThread implements Runnable {
  Thread thrd;
  boolean suspended;  <-- Powoduje wstrzymanie wykonania wątku, gdy ma wartość true.
  boolean stopped;    <-- Powoduje zakończenie wykonania wątku, gdy ma wartość true.

  MyThread(String name) {
    thrd = new Thread(this, name);
    suspended = false;
    stopped = false;
    thrd.start();
  }

  // Punkt wejścia do wątku.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " rozpoczyna działanie.");
    try {
      for(int i = 1; i < 1000; i++) {
        System.out.print(i + " ");
        if((i%10)==0) {
          System.out.println();
          Thread.sleep(250);
        }

        // Używa bloku synchronized, aby sprawdzić
        // wartości składowych suspended i stopped.
        synchronized(this) {  <-- Ten blok synchronized sprawdza wartości składowych
          while(suspended) {      suspended i stopped.
            wait();
          }
          if(stopped) break;
        }
```

```
      }
    } catch (InterruptedException exc) {
      System.out.println(thrd.getName() + " został przerwany.");
    }
    System.out.println(thrd.getName() + " kończy działanie.");
  }

  // Zatrzymuje wątek.
  synchronized void mystop() {
    stopped = true;

    // Poniższe instrukcje umożliwiają zatrzymanie wątku,
    // którego wykonanie zostało wstrzymane.
    suspended = false;
    notify();
  }

  // Wstrzymuje działanie wątku.
  synchronized void mysuspend() {
    suspended = true;
  }

  // Wznawia działanie wątku.
  synchronized void myresume() {
    suspended = false;
    notify();
  }
}

class Suspend {
  public static void main(String args[]) {
    MyThread ob1 = new MyThread("Wątek potomny klasy MyThread");

    try {
      Thread.sleep(1000); // umożliwia rozpoczęcie wykonywania wątku ob1

      ob1.mysuspend();
      System.out.println("Wstrzymuję wątek.");
      Thread.sleep(1000);

      ob1.myresume();
      System.out.println("Wznawiam wątek.");
      Thread.sleep(1000);


      ob1.mysuspend();
      System.out.println("Wstrzymuję wątek.");
      Thread.sleep(1000);

      ob1.myresume();
      System.out.println("Wznawiam wątek.");
      Thread.sleep(1000);

      ob1.mysuspend();
      System.out.println("Zatrzymuję wątek.");
      ob1.mystop();
```

```
    } catch (InterruptedException e) {
      System.out.println("Wątek główny został przerwany");
    }

    // czeka na zakończenie wątku
    try {
      obl.thrd.join();
    } catch (InterruptedException e) {
      System.out.println("Wątek główny został przerwany");
    }

    System.out.println("Wątek główny kończy działanie.");
  }
}
```

Poniżej przedstawiłem rezultat działania programu (może nieco różnić się w Twoim przypadku).

```
Wątek potomny klasy MyThread rozpoczyna działanie.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
Wstrzymuję wątek.
Wznawiam wątek.
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
Wstrzymuję wątek.
Wznawiam wątek.
81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
101 102 103 104 105 106 107 108 109 110
111 112 113 114 115 116 117 118 119 120
Zatrzymuję wątek.
Wątek potomny klasy MyThread kończy działanie.
Wątek główny kończy działanie.
```

Program ten działa w następujący sposób. Klasa `MyThread` definiuje dwie zmienne typu `boolean` o nazwach `suspended` i `stopped`, które zarządzają operacjami wstrzymania i zatrzymania wątku. Konstruktor klasy `MyThread` nadaje tym zmiennym wartość początkową `false`. Metoda `run()` zawiera blok `synchronized`, który sprawdza wartość zmiennej `suspended`. Jeśli jest ona równa `true`, wywołuje metodę `wait()`, aby wstrzymać działanie wątku. Aby wstrzymać działanie wątku, wywołujemy metodę `mysuspend()`, która nadaje zmiennej `suspended` wartość `true`. Aby wznowić wątek, wywołujemy metodę `myresume()`, która nadaje zmiennej `suspended` wartość `false` i wywołuje metodę `notify()`.

Aby zakończyć wątek, wywołujemy metodę `mystop()`, która nadaje zmiennej `stopped` wartość `true`. Dodatkowo metoda `mystop()` nadaje zmiennej `suspended` wartość `false`, a następnie wywołuje metodę `notify()`. Jest to konieczne, aby zakończyć wątek, którego wykonanie zostało wcześniej wstrzymane.

Ekspert odpowiada

Pytanie: Wielowątkowość wydaje się być doskonałym sposobem poprawy efektywności moich programów. Czy możesz podać wskazówkę, jak najefektywniej korzystać z tego mechanizmu?

Odpowiedź: Klucz do efektywnego wykorzystania wielowątkowości polega na przestawieniu się z myślenia kategoriami sekwencyjnego działania na bardziej równoległe. Na przykład gdy w Twoim programie istnieją dwa podsystemy działające zupełnie niezależnie od siebie, powinieneś poważnie rozważyć możliwość zaimplementowania ich jako osobnych wątków. Jedno słowo przestrogi. Jeśli stworzysz zbyt wiele wątków, możesz pogorszyć efektywność działania programu, zamiast ją poprawić. Pamiętaj o narzucie związanym z przełączaniem kontekstu wykonania wątków. Jeśli Twój program uruchomi zbyt wiele wątków, większość czasu procesora zajmie przełączanie kontekstu wątków, a nie wykonanie programu!

Przykład 11.2. Wykorzystanie głównego wątku

UseMain.java

Wszystkie programy w Javie mają przynajmniej jeden wątek wykonania zwany **wątkiem głównym**. Wątek ten powstaje automatycznie w momencie uruchomienia programu. Jak dotąd zaniedbywaliśmy istnienie wątku głównego, ale w tym przykładzie przekonasz się, że można się nim posługiwać tak jak każdym innym wątkiem.

1. Utwórz plik o nazwie *UseMain.java*.
2. Dostęp do wątku głównego wymaga uzyskania obiektu typu `Thread` reprezentującego ten wątek. W tym celu wywołamy metodę `currentThread()` zadeklarowaną jako `static` w klasie `Thread`. Jej ogólną postać przedstawiłem poniżej:

   ```
   static Thread currentThread()
   ```

   Metoda ta zwraca referencję wątku, w którym została wywołana. Zatem jeśli wywołamy ją w głównym wątku, otrzymamy referencję głównego wątku. Dysponując tą referencją, możemy kontrolować działanie głównego wątku w taki sam sposób jak innych wątków.
3. Wprowadź w pliku tekst źródłowy programu przedstawiony na listingu 11.12. Program ten pobiera referencję wątku głównego, a następnie zmienia jego nazwę i priorytet.

Listing 11.12. *UseMain.java*

```
/*
   Przykład 11.2

   Sterowanie wątkiem głównym.
*/

class UseMain {
  public static void main(String args[]) {
    Thread thrd;

    // Pobiera referencję wątku głównego.
    thrd = Thread.currentThread();

    // Wyświetla nazwę wątku głównego.
    System.out.println("Nazwa wątku głównego: " +
                       thrd.getName());
```

```
    // Wyświetla priorytet wątku głównego.
    System.out.println("Priorytet wątku głównego: " +
                       thrd.getPriority());

    System.out.println();

    // Konfiguruje nazwę i priorytet wątku głównego.
    System.out.println("Zmieniam nazwę i priorytet wątku głównego.\n");
    thrd.setName("Wątek nr 1");
    thrd.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY+3);

    System.out.println("Aktualna nazwa wątku głównego: " +
                       thrd.getName());

    System.out.println("Bieżący priorytet wątku głównego: " +
                       thrd.getPriority());
  }
}
```

4. Poniżej przedstawiłem wynik działania tego programu:

```
Nazwa wątku głównego: main
Priorytet wątku głównego: 5

Zmieniam nazwę i priorytet wątku głównego.

Aktualna nazwa wątku głównego: Wątek nr 1
Bieżący priorytet wątku głównego: 8
```

5. Wykonując operacje na wątku głównym, powinieneś zachować ostrożność. Na przykład: jeśli umieścisz na końcu metody `main()` kod przedstawiony poniżej, to program nigdy nie zakończy swojego działania, ponieważ będzie oczekiwać na zakończenie wątku głównego!

```
try {
  thrd.join();
} catch(InterruptedException exc) {
  System.out.println("Wątek przerwany");
}
```

Test sprawdzający

1. W jaki sposób wielowątkowość w Javie umożliwia tworzenie efektywniejszych programów?
2. Wielowątkowość w Javie opiera się na klasie _____ i interfejsie _____.
3. Dlaczego czasami, tworząc wątki, lepiej jest utworzyć klasę pochodną klasy `Thread`, niż implementować interfejs `Runnable`?
4. Pokaż, jak użyć metody `join()` do oczekiwania na zakończenie wątku `MyThrd`.

5. Zwiększ priorytet wątku `MyThrd` o trzy poziomy ponad normalny.
6. Na czym polega efekt dodania słowa kluczowego `synchronized` w deklaracji metody?
7. Metod `wait()` i `notify()` używamy do _____.
8. Zmodyfikuj klasę `TickTock` w taki sposób, aby rzeczywiście symulowała upływ czasu. Zatem niech każdy „tik” trwa pół sekundy, podobnie „tak”. Każdy tik-tak zajmie zatem jedną sekundę (nie przejmuj się czasem potrzebnym na przełączenie wątku).
9. Dlaczego w nowych programach nie należy używać metod `suspend()`, `resume()` i `stop()`?
10. Jaka metoda klasy `Thread` zwraca nazwę wątku?
11. Co zwraca metoda `isAlive()`?
12. Spróbuj samodzielnie wprowadzić synchronizację w klasie `Queue` stworzonej w poprzednich rozdziałach w taki sposób, aby zapewnić jej bezpieczne użycie w wielu wątkach.

Skorowidz

A

abstrakcyjna klasa bazowa, 284
adnotacje, 400, 422
  ogólnego przeznaczenia, 424
  znacznikowe, 424
algorytm sortowania Quicksort, 212, 216
anonimowa klasa wewnętrzna, 221, 521
API, Application Programming Interface, 279
aplet, 22, 464, 467
  bazujący na AWT, 470
  MySwingApplet, 524
  obsługujący zdarzenia myszy, 483
  Swing, 522
  wyświetlający baner, 471
aplety
  architektura, 467
  działanie, 469
  parametry, 475
  szkielet, 468
architektura
  model-delegat, 493
  model-widok-nadzorca, 493
  z wydzielonym modelem, 493
argument, 127
argument wieloznaczny, 438
ASCII, 53, 339
asercje, 488
automatyczne
  konwersje typów, 71
  opakowywanie, 413, 415, 418
  wypakowywanie, 413
  zarządzanie zasobami, 312, 336
AWT, Abstract Window Toolkit, 464, 492

B

bajt, 334
bezpieczeństwo, 23, 25
biblioteka klas, 48, 279
biblioteka Swing, 464, 491
bit, 176
bitowe operatory przypisania, 181
blok
  finally, 309, 332
  kodu, 43
  static, 215
  synchronized, 384
  try, 299, 304, 312, 332
blokada, 381
błąd
  otwarcia pliku, 334
  niejednoznaczności, 227, 457
  przekroczenia zakresu, 300
  składni, 34
  w kodzie programu, 297
  wewnętrzne, 297
bufor, 80, 353
buforowanie wierszy, 80

C

ciało metody, 123
czas istnienia zmiennej, 62

D

definiowanie klasy, 32, 117
definiowanie pakietu, 270
deklaracja
  bloku static, 215
  klasy generycznej, 434
  klasy pochodnej, 232
  tablicy, 146, 155
  zmiennej, 36
dekoder, 353
dekrementacja, 42, 65
delegacja zdarzeń, 481
delegat interfejsu użytkownika, 493
destruktor, 140

dodawanie konstruktora do klasy, 137
dopełnienie do dwóch, 180
dostęp
  do pakietu, 274
  do pliku, 343
  do składowych, 190, 232, 273
  do składowych klasy bazowej, 240
  do systemu, 34
  sekwencyjny, 343
drzewo hierarchii, 579
dynamiczne zarządzanie pamięcią, 139
dynamiczność, 25
dynamiczny wybór metody, 255
dziedziczenie, 28, 230, 232, 235, 241
dziedziczenie wielobazowe, 232
dzielenie przez zero, 68, 185

E

Eclipse, 29
etykieta, 104
etykieta done, 105
etykieta jlabContents, 509

F

fałszywe przebudzenie, 387
funkcje wirtualne, 256

G

generowanie wyjątku, 305
generyczna klasa Queue, 448
generyczność, 427
graficzny interfejs użytkownika, 467

H

hermetyzacja, 27
hermetyzowanie tablicy, 192
hierarchia
  dziedziczenia, 28
  klas, 230, 241
  wielopoziomowa klas, 244
  wyjątków, 296
  zawierania, 494

I

IDE, 29
identyfikator, 47
implementacja, 279
implementacja interfejsu, 281
import składowej Static.out, 422
import składowych statycznych, 400, 420
importowanie pakietu, 278
inicjalizacja, 90
  dynamiczna, 60
  obiektu, 206
  tablic wielowymiarowych, 153
  zmiennej, 59
inicjalizator, 62
inkrementacja, 42, 65
instrukcja
  break, 86, 102
  break z etykietą, 104
  continue, 108
  continue z etykietą, 108
  default, 85, 89
  for, 41
  goto, 104
  if, 40, 81
  if-else-if, 83
  import, 277
  import static, 422
  new, 120, 136
  package, 270
  println(), 36
  return, 124
  super(), 238
  switch, 84, 85, 172
  throw, 297
  try, 338
instrukcje
  iteracji, 79
  skoku, 79
  wyboru, 79
interfejs, 269, 279
  ActionListener, 504
  Annotation, 423
  AutoCloseable, 336
  Closeable, 336
  Containment, 447
  DataInput, 339
  ListSelectionListener, 514
  ListSelectionModel, 513
  MouseListener, 482
  MouseMotionListener, 482
  Queue, 286
  Runnable, 366
  Series, 283
interfejsy
  dziedziczące, 291
  generyczne, 445
  słuchaczy zdarzeń, 482
interpreter kodu bajtowego, 24, 31
interpretowalność, 25
iteracja, 41

J

J2SE, Java 2 Standard Edition, 14
Java API, 279
Java SE, 15
JDK, Java Development Kit, 17, 29
język C i C++, 21
język C#, 22
JFC, Java Foundation Classes, 492
JIT, just-in-time, 24
JVM, Java Virtual Machine, 24

K

kanał, 353
klasa, 27, 115
  ActionEvent, 503, 504
  Applet, 477
  ArithmeticException, 300
  Book, 274
  BookDemo, 274
  BufferedReader, 348, 352
  ByThrees, 283
  ByTwos, 281
  CircularQueue, 287
  Component, 470, 495
  Console, 345
  Container, 495
  DataInputStream, 339
  DataOutputStream, 339
  Error, 296
  ErrorInfor, 199
  ErrorMsg, 265
  Exception, 296
  FailSoftArray, 192
  FileInputStream, 330
  FileOutputStream, 330, 334
  FileReader, 351
  FileWriter, 350
  GenericMethodDemo, 443
  Help, 130
  InputStream, 328
  InputStreamReader, 352
  ItemEvent, 509
  JApplet, 522
  java.lang.Enum, 406
  JButton, 506
  JCheckBox, 509
  JComponent, 494
  JList, 512
  JTextField, 506
  ListSelectionEvent, 513
  Math, 53, 420
  MyThread, 367, 395
  NonIntResultException, 316
  NumericFns, 435
  Object, 267
  OutputStreamWriter, 351
  Pair, 437
  PrintWriter, 349
  Pwr, 143
  Queue, 158, 194, 207, 448
  Quicksort, 217
  RandomAccessFile, 343
  Reader, 352
  RuntimeException, 313
  Scanner, 360
  ShowBits, 182, 221
  SimpleApplet, 465
  String, 167
  StringBuffer, 171
  Summation, 445
  Sup, 256
  System, 48, 279, 326
  Thread, 365, 374
  Throwable, 296, 307, 315
  TickTock, 389
  Timer, 212
  Triangle, 233, 250
  TwoDShape, 231, 250, 264
  Vehicle, 119
  Writer, 351
klasy
  abstrakcyjne, 260
  bazowe, 229
  generyczne, 428
  komponentów Swing, 495
  nadrzędne, 28
  NIO, 353
  opakowujące, 353–355
  pochodne, 229, 232
  pochodne klasy Exception, 315
  pochodne klasy Thread, 370
  strumieni bajtowych, 325
  strumieni znakowych, 326
  wewnętrzne, 219, 521
  zagnieżdżone, 218
  zagnieżdżone static, 222
  zdarzeń, 481
klauzula
  case, 85
  catch, 298, 302, 312
  else, 81
  extends, 435, 440
  finally, 309
  implements, 281
  throws, 311
  throws java.io.IOException, 80

kod bajtowy, 24
koder, 353
kodowanie, 31
kolejka, 158
kolejka cykliczna, 288
kolejka dynamiczna, 286
komentarz, 32
  dokumentacyjny, 573, 578
  jednowierszowy, 33
  wielowierszowy, 32
kompilator, 28
kompilator javac, 31, 32
kompilator JIT, 24
kompilowanie programu, 24, 31
komponent
  JButton, 502
  JCheckBox, 509
  JList, 512
  JTextField, 506
komponenty Swing, 494
komunikacja międzywątkowa, 386
konsola znakowa, 80
konstruktor, 135
  domyślny, 238
  generyczny, 445
  klasy bazowej, 235, 238
  klasy Queue, 207
  klasy Thread, 369
  klasy Throwable, 315
  klasy Triangle, 236
  klasy TwoDShape, 237
  MyClass(), 206
  o jednym parametrze, 238
  Transport(), 405
  TwoDShape(), 252
  typu wyliczeniowego, 404
  z parametrem, 136
kontekst graficzny, 465
kontener JApplet, 522
kontener JFrame, 522
kontenery szczytowe, 495
konwersja typów w wyrażeniach, 76
konwersja typu, 71
kopiowanie pliku, 335
kopiowanie tablicy, 158

L

LIFO, last-in, first-out, 28
lista argumentów o zmiennej długości, 221
lista JList, 512
literały, 56
  łańcuchowe, 58
  znakowe, 59

Ł

łańcuch wyjątków, 315
łańcuch znaków, 58, 167

M

maszyna wirtualna Java, 24
menedżer
  BorderLayout, 501
  FlowLayout, 504, 505
  układu, 496
metadane, 422
metoda, 27, 33, 122
metoda
  abs(), 205
  absEqual(), 438
  actionPerformed(), 509
  addActionListener(), 506, 521
  area(), 261
  charAt(), 171
  close(), 331, 334
  compareTo(), 355, 406
  console(), 345
  destroy(), 470
  doubleValue(), 414, 435
  finalize(), 139
  floatValue(), 414
  generator(), 141
  generyczna arraysEqual(), 443
  genException(), 307
  get(), 286
  getActionCommand(), 503
  getClass(), 267
  getContentPane(), 500
  getErrorInfo(), 199
  getErrorMsg(), 199
  getob(), 430
  getParameter(), 475
  getSelectedIndex(), 513
  getSelectedIndices(), 514
  getSpeed(), 405
  getText(), 506
  init(), 469, 485
  invokeAndWait(), 501, 502
  invokeLater(), 501, 502
  isAlive(), 375
  isFactor(), 128
  join(), 375
  main(), 33
  makeGUI(), 524
  Math.abs(), 438
  Math.pow(), 420
  mouseClicked(), 482
  mouseDragged(), 482

mouseEntered(), 482
mouseExited(), 482
mouseMoved(), 482
noChange(), 197
notify(), 386
notifyAll(), 386
ordinal(), 406
ovlDemo(), 202
paint(), 465, 470
parseDouble(), 354
print(), 37, 349
println(), 34, 37, 349, 352
printStackTrace(), 308
prompt(), 311
put(), 286
range(), 122
read(), 80, 328
readLine(), 348
readPassword(), 345
reciprocal(), 435
removeActionListener(), 506
removeKeyListener(), 480
repaint(), 470
resume(), 392
run(), 366, 393
setActionCommand(), 506, 508
setCharAt(), 171
setName(), 369
setPriority(), 378
show(), 253
showStatus(), 475
showType(), 431
sleep(), 367
sqrt(), 53, 214
start(), 469
static, 214
stop(), 392
substring(), 171
sumArray(), 384
suspend(), 392
System.console(), 345
tick(), 387
tock(), 387
toString(), 308, 414
update(), 471
valueChanged(), 514
values(), 403
valuesOf(), 403
vaTest(), 223
vaTest(int ...), 227
wait(), 386, 391
write(), 334
metody
abstrakcyjne, 261, 279
dostępowe dla składowych prywatnych, 233
generyczne, 443
klasy Applet, 477
klasy InputStream, 327
klasy Object, 267
klasy OutputStream, 328
klasy Reader, 346
klasy Thread, 365
klasy Throwable, 308
klasy Writer, 347
konwersji łańcuchów, 354
natywne, 488
o zmiennej liczbie argumentów, 222
rekurencyjne, 210
pęcherzykowego, 216
wejścia klasy DataInputStream, 340
wyjścia klasy DataOutputStream, 339
model, 493
model delegacji zdarzeń, 479
modyfikator
abstract, 261
dostępu, 33
final, 312
private, 33, 191, 194, 232
protected, 190, 275
public, 33, 190
transient, 486
volatile, 486
modyfikatory dostępu, 190
monitor, 381

N

nadzorca, 493
najmłodszy bit, 180
narzut, 420
nawias klamrowy, 34
nawiasy, 77
nazwa
klasy, 138
obiektu, 118
pliku źródłowego, 30
NetBeans, 29
niejednoznaczność, 226
niezależność, 25
niezawodność, 25

O

obiekt, 27, 116
ActionEvent, 503
klasy String, 167
przekazywany metodzie, 195
System.err, 327
System.in, 327

obiekt
System.out, 327
Thread, 369
typu Integer, 431
typu T, 437
zablokowany, 381
obiektowość, 25
obliczanie silni, 210
obsługa
błędów, 301, 317
błędów wejścia-wyjścia, 331
plików, 350
wejścia konsoli, 328
wyjątków, 295
wyjścia konsoli, 329, 349
zdarzeń, 479
zdarzeń myszy, 482
odczyt konsoli, 345
odczyt z pliku, 330
odczyt znaków, 346
odstępy, 77
odwołanie do obiektu, 120
odzyskiwanie nieużytków, 139
ogólna klasa akcji, 28
ograniczanie argumentów wieloznacznych, 440
ograniczanie typów, 434
ograniczenia dla składowych statycznych, 458
ograniczenia tablic generycznych, 459
ograniczenia związane z wyjątkami, 460
okno
apletu SimpletApplet, 466
programu ListDemo, 515
programu SwingFC, 516
programu TFDemo, 508
statusu, 475
opakowywanie, 414
opcja classpath, 271
operacja bitowa z operatorem przypisania, 181
operacja get, 159
operacja put, 159
operacje na łańcuchach, 168
operator, 63
?, 184
+, 36
bitowy AND, 175
bitowy NOT, 179
bitowy OR, 177
bitowy XOR, 178
delete, 139
diamentowy, 456
instanceof, 486
new, 120, 138, 146
przypisania, 69, 121
ternarny, 184
operatory
arytmetyczne, 64
bitowe, 175
logiczne, 66, 67
logiczne warunkowe, 67
przesunięcia bitów, 180
relacyjne, 40, 66
skrótowe przypisania, 70
złożone przypisania, 70

P

pakiet, 190, 269
AWT, 465, 477
bookpack, 272, 273
bookpackext, 275, 276
java, 279
java.awt, 504
java.awt.event, 479, 504
java.io, 312, 324
java.lang, 279
java.lang.annotation, 423
javax, 494
javax.swing.event, 513
mypack, 271
NIO, 353
Swing, 324, 493
pakiety Java API, 279
panel szklany, 495
panel warstw, 495
panel zawartości, 495
parametr, 33, 127
parametr T, 430
parametry apletów, 475
pętla
do-while, 97
for, 41, 90, 92, 162
for rozszerzona, 166
for-each, 162, 163
while, 96
pętle
bez ciała, 94
nieskończone, 94
zagnieżdżone, 112
plik
Banner.java, 471
BookDemo.java, 272
Bubble.java, 149
CompFiles.java, 341
Example.class, 31
Example.java, 30
ExtendThread.java, 371
Finalize.java, 140
GalToLit.java, 39
GalToLitTable.java, 45

GenQDemo.java, 450
Help.java, 88, 99
Help3.java, 109
HelpClassDemo.java, 130
ICharQ.java, 286
IGenQ.java, 448
IQDemo.java, 288
LogicalOpTable.java, 74
QDemo.java, 159
QDemo2.java, 207
QExcDemo.java, 317
QSDemo.java, 216
ShowBitsDemo.java, 182
Sound.java, 55
SwingFC.java, 516
TrafficLigthDemo.java, 408
TruckDemo.java, 242
UseMain.java, 396
VehicleDemo.class, 118
VehicleDemo.java, 118
pliki
.class, 270
HTML, 466
o dostępie swobodnym, 343
pomocy, 356
źródłowe, 30
polimorfizm, 28, 204
pomoc, 130, 355
porównywanie plików, 341, 516
postać binarna, 176
priorytet operatorów, 74
priorytet wątku, 378
proces hermetyzacji, 414
program, 30
appletviewer, 465, 522
CopyFile, 337
do zamiany liter, 176
javadoc, 579
SwingDemo, 498
sygnalizacji świetlnej, 408
szyfrujący, 178
wielowątkowy, 363
programowanie
obiektowe, 26
równoległe, 386
strukturalne, 26
przechwytywanie
wyjątków, 300
wyjątków klas pochodnych, 303
wyjątków klasy bazowej, 303
przeciążanie konstruktorów, 205
przeciążanie metod, 201, 204, 225
przekazywanie
argumentów, 196
argumentów w górę, 247
argumentu przez referencję, 197
argumentu przez wartość, 197
obiektów, 195
przenośność, 23, 25
przerwanie programu, Ctrl+C, 391
przerywanie pętli, 102
przesłanianie metod, 252, 255
przesłanianie metod w klasie TwoDShape, 257
przesłanianie nazw, 63
przestrzeń nazw, 270
przypisanie, 120
przypisywanie referencji tablic, 155
pusta instrukcja, 94

R

referencje, 120
interfejsu, 284
klasy bazowej, 248
obiektów klas pochodnych, 250
tablicy, 155
rekurencja, 210
ręczne opakowywanie i wypakowywanie, 415
rozproszoność, 25
rozszerzenie .class, 31
rozszerzenie .java, 30
rzutowanie, 442
rzutowanie typów, 72

S

schemat klasy Triangle, 231
schemat tablicy, 147
sekwencje specjalne, 57
sekwencje znaków, 57
selektor, 353
separator, 44
serwlet, 25
składnia (...), 226
składowa length, 156
składowa protected, 275, 278
składowa prywatna, 192
składowe klasy, 27
słowo kluczowe, 47
assert, 487
class, 116
enum, 403
extends, 230, 291
false, 47
final, 264
finally, 309
import, 420
instanceof, 487
interface, 280, 423

słowo kluczowe
native, 488
null, 47
public, 33
static, 33, 212, 420
strictfp, 487
super, 237, 240, 253
synchronized, 381
this, 142, 240, 489
transient, 486
true, 47
try i catch, 297
void, 33
volatile, 486
słuchacz, 480
specyfikacja zasobu, 336
stała final, 266
stałe własnego typu, 400
stałe współdzielone, 291
stałe wyliczeniowe, 400, 401
sterowanie cyklem wykonania apletu, 468
sterowanie instrukcją switch, 172
stos, 28, 158
strumień, 324
bajtowy, 324, 345
błędów, 327
InputStream, 339
InputStreamReader, 345
predefiniowany, 327
wejścia, 324, 328
wyjścia, 324, 327
znakowy, 324, 345
znakowy FileReader, 352
znakowy FileWriter, 351
znakowy PrintWriter, 349
sygnatura, 205
synchronizacja, 364, 380
dostępu do metody, 381
dostępu do obiektu, 381
instrukcji, 384
metod, 381, 384
system ósemkowy, 57
system pomocy, 355
system szesnastkowy, 57
szkielet apletu, 468

Ś

ścieżka dostępu do katalogu, 271
średnik, 44

T

tabela prawdy, 74
tablice, 145
dwuwymiarowe, 151
jednowymiarowe, 146
łańcuchów, 170
nieregularne, 152
tablic, 165
typu T, 460
wielowymiarowe, 153
technologia HotSpot, 24
terminologia Javy, 25
tryb SINGLE_SELECTI, 513
tworzenie
adnotacji, 423
aplikacji Swing, 497, 522
instancji T, 458
łańcuchów, 167
obiektu, 117
przycisku, 503
wątku, 365
wielu wątków, 372
typ
interfejsu generycznego, 447
logiczny, 54
surowy, 452
surowy klasy generycznej, 453
wyliczeniowy, 404
zmiennej, 36
zmiennej referencyjnej, 250
typy
całkowite, 51
danych, 37, 50
generyczne, 413, 432
ogólne, 267
opakowujące, 414
podstawowe, 139
zmiennoprzecinkowe, 52

U

Unicode, 53
ustawianie bitu, 176

W

wartość null, 348
wartość porządkowa, 407
wartość zmiennych, 62
wątek, 363
główny, 365, 369, 396
gotowy do wykonywania, 364
kończący działanie, 376, 392
potomny, 375
priorytet, 378
rozdziału zdarzeń, 501
wstrzymujący działanie, 392
wykonywany, 364
wznawiający działanie, 392

zablokowany, 364
zakończony, 364
zawieszony, 364
wczytywanie łańcuchów, 348
widok, 493
wielowątkowość, 25, 364, 396
wielozadaniowość, 364
wiersz wywołania, 173
wnioskowanie typów, 456
wskaźnik, 26
wskaźnik zawartości pliku, 343
wycieki pamięci, 331
wyjątek, 295
ArithmeticException, 301, 313
ArrayIndexOutOfBoundsException, 149, 298, 300, 304, 313
AssertionError, 487
FileNotFoundException, 334
IOException, 311, 328
wyjątki
niesprawdzane, 314
sprawdzane, 314
w klasie Queue, 317
wbudowane w Javę, 313
wyliczanie wartości, 220
wyliczenie, 400
wymazywanie, 457
wyrażenia, 75
wyścig, 392
wywołanie
konstruktora klasy bazowej, 237
super.show(), 254
System.in.read(), 80
this(), 489
konstruktorów, 247

Z

zagnieżdżanie
bloków, 62
bloków try, 304
instrukcji if, 82
instrukcji switch, 88
zasięgów, 61
zakleszczenie, 392
zamknięcie pliku, 332
zamykanie automatyczne pliku, 336
zapis danych, 329
zapis w pliku, 334
zapis znaków w pliku, 350
zapobieganie dziedziczeniu, 265
zapobieganie przesłanianiu, 264
zasięg deklaracji, 95
zasięg deklaracji zmiennych, 60
zbiór znaków, 353
zdarzenia, 479
klasy, 480
model delegacji, 481
słuchacze, 480
źródła, 479
zdarzenie ListSelectionEvent, 513, 514
zintegrowane środowisko programisty, 29
zmienna, 27, 35, 59
final, 406
iteracyjna, 162, 165
minivan, 120
referencyjna, 248, 285
sterująca, 93
środowiskowa CLASSPATH, 271
zmienne interfejsu, 280
znacznik APPLET, 465
znacznik OBJECT, 466
znaczniki javadoc, 573
znak +, 36
znak komentarza, 277
znaki, 53
zwracanie obiektów, 199
zwracanie wartości, 125

Ź

źródła zdarzeń, 479

ORACLE

Java

Wydanie V

Przewodnik dla początkujących

Java to język przeznaczony do realizacji najtrudniejszych programistycznych zadań. Świetnie sprawdza się tam, gdzie wymagane są najwyższa wydajność, niezawodność i bezpieczeństwo. Dzięki jasno sprecyzowanym zasadom, przejrzystej składni i silnemu typowaniu jest językiem łatwym w nauce i odpornym na błędy początkujących programistów. Java ma jeszcze jedną zaletę — programiści znający ten język są poszukiwani na rynku pracy w każdej liczbie. Chcesz dołączyć do tego grona?

To nie jest trudne! Na początek wystarczy Ci ta książka. Dzięki niej wejdziesz w świat Javy, klas, obiektów, polimorfizmu... Poznasz zalety i wady tego języka oraz to, jak wypada on na tle konkurencyjnych rozwiązań. Następnie zaznajomisz się ze składnią, typami danych, strukturą programu oraz mechanizmem wyjątków. Kolejne rozdziały zawierają bezcenne informacje na temat tworzenia interfejsu użytkownika, dokumentowania kodu i radzenia sobie z typowymi problemami. Ta książka gwarantuje bezbolesne rozpoczęcie przygody z językiem Java!

Zaprojektowana do łatwej nauki!

- Kluczowe umiejętności i koncepcje przedstawione na początku każdego rozdziału
- Ekspert odpowiada, czyli pytania i odpowiedzi zawierające dodatkowe informacje oraz pomocne wskazówki
- Przykłady i projekty, czyli ćwiczenia demonstrujące, jak wykorzystać w praktyce zdobyte umiejętności
- Testy sprawdzające, czyli pytania i zadania na końcu każdego rozdziału, pozwalające sprawdzić wiedzę
- Składnia ze wskazówkami, czyli przykłady kodu z komentarzami opisującymi wykorzystywane techniki programowania

Najlepszy podręcznik dla początkującego programisty!

helion.pl
księgarnia internetowa

Nr katalogowy: 8564

Księgarnia internetowa:
http://helion.pl

Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900
0 601 339900

Helion

Sprawdź najnowsze promocje:
http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane:
http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach:
http://helion.pl/nowosci

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

sięgnij po WIĘCEJ

KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-3919-9

Cena 79,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu