

Spis treści

Podziękowania	12
Przedmowa	13
1. Wprowadzenie	15
1.1. Obiekty współdzielone i synchronizacja	18
1.2. Historyjka.....	20
1.2.1. Wzajemne wykluczenie i inne własności	23
1.2.2. Morał	24
1.3. Problem producenta-konsumenta	25
1.4. Problem czytelników i pisarzy.....	27
1.5. Surowe realia zrównoleglenia.....	28
1.6. Programowanie równoległe	30
1.7. Przypisy do rozdziału.....	31
1.8. Ćwiczenia	31
I. Zasady	35
2. Wzajemne wykluczenie.....	37
2.1. Czas.....	37
2.2. Sekcje krytyczne	38
2.3. Rozwiązania dwuwątkowe	41
2.3.1. Klasa LockOne.....	41
2.3.2. Klasa LockTwo.....	42
2.3.3. Blokada Petersona	43
2.4. Blokada Filter.....	45
2.5. Uczciwość.....	48
2.6. Algorytm piekarniany Lamporta	48
2.7. Ograniczone znaczniki czasu.....	50
2.8. Dolne ograniczenia liczby lokacji.....	54
2.9. Przypisy do rozdziału.....	59

2.10.	Ćwiczenia	59
3.	Obiekty współbieżne	64
3.1.	Współbieżność a poprawność	64
3.2.	Obiekty sekwencyjne	67
3.3.	Spójność spoczynkowa	69
3.3.1.	Uwagi	70
3.4.	Spójność sekwencyjna	71
3.4.1.	Uwagi	72
3.5.	Linearyzowalność	74
3.5.1.	Punkty linearyzacji	75
3.5.2.	Uwagi	75
3.6.	Definicje formalne	75
3.6.1.	Linearyzowalność	77
3.6.2.	Linearyzowalność kompozycyjna	78
3.6.3.	Własność nieblokująca	79
3.7.	Warunki postępu	80
3.7.1.	Zależne warunki postępu	81
3.8.	Model pamięci Javy	82
3.8.1.	Blokady i bloki synchronized	84
3.8.2.	Pola ulotne	84
3.8.3.	Pola finalne	85
3.9.	Uwagi	86
3.10.	Przypisy do rozdziału	87
3.11.	Ćwiczenia	87
4.	Podstawy pamięci współdzielonej	92
4.1.	Przestrzeń rejestrów	93
4.2.	Konstrukcje rejestrów	99
4.2.1.	Bezpieczne rejestry MRSW	100
4.2.2.	Regularny boolowski rejestr MRSW	101
4.2.3.	Regularny M-wartościowy rejestr MRSW	102
4.2.4.	Atomowy rejestr SRSW	104
4.2.5.	Atomowy rejestr MRSW	106
4.2.6.	Atomowy rejestr MRMW	108
4.3.	Atomowe migawki	110
4.3.1.	Migawka niehamowana	111
4.3.2.	Migawka nieczekająca	113
4.3.3.	Argumenty poprawności	116
4.4.	Przypisy do rozdziału	117
4.5.	Ćwiczenia	118
5.	Względna moc elementarnych operacji synchronizacyjnych	123
5.1.	Liczby konsensusu	124
5.1.1.	Stany i walencyjność	125
5.2.	Rejestry atomowe	127
5.3.	Protokoły konsensusu	130

5.4.	Kolejki FIFO.....	131
5.5.	Obiekty wielokrotnego przypisania	135
5.6.	Operacje odczytu-modyfikacji-zapisu	138
5.7.	Operacje RMW Common2	140
5.8.	Operacja compareAndSet()	142
5.9.	Przypisy do rozdziału.....	143
5.10.	Ćwiczenia	144
6.	Uniwersalność konsensusu	151
6.1.	Wprowadzenie	151
6.2.	Uniwersalność.....	152
6.3.	Uniwersalna konstrukcja niewstrzymywana	152
6.4.	Uniwersalna konstrukcja nieczekająca	157
6.5.	Przypisy do rozdziału.....	163
6.6.	Ćwiczenia	163
II.	Praktyka.....	167
7.	Blokady wirujące i rywalizacja.....	169
7.1.	Witajcie w prawdziwym świecie	169
7.2.	Blokady TAS	172
7.3.	Powtórka z blokad wirujących typu TAS	175
7.4.	Wycofywanie wykładnicze	176
7.5.	Blokady kolejkowe	178
7.5.1.	Blokady oparte na tablicach	179
7.5.2.	Kolejkowa blokada CLH	181
7.5.3.	Kolejkowa blokada MCS.....	184
7.6.	Blokada kolejkowa z czasem ważności	186
7.7.	Blokada złożona.....	189
7.7.1.	Blokada kompozycyjna z szybką ścieżką	194
7.8.	Blokady hierarchiczne	197
7.8.1.	Hierarchiczna blokada z wycofywaniem.....	198
7.8.2.	Hierarchiczna blokada kolejkowa CLH	198
7.9.	Jedna blokada, by rządzić wszystkimi	204
7.10.	Przypisy do rozdziału.....	204
7.11.	Ćwiczenia	205
8.	Monitory i synchronizacja blokująca.....	208
8.1.	Wprowadzenie	208
8.2.	Blokady z monitorami i warunki	209
8.2.1.	Warunki	210
8.2.2.	Problem zagubionych pobudek	213
8.3.	Blokady odczytujący-zapisujący	215
8.3.1.	Prosta blokada odczytujący-zapisujący	215
8.3.2.	Uczciwa blokada odczytujący-zapisujący	217
8.4.	Nasza własna blokada wielowejściowa	220
8.5.	Semafory	222

8.6.	Przypisy do rozdziału.....	223
8.7.	Ćwiczenia	223
9.	Listy powiązane: rola blokowania	227
9.1.	Wprowadzenie	227
9.2.	Zbiory oparte na listach	229
9.3.	Rozumowanie współbieżne	230
9.4.	Synchronizacja gruboziarnista.....	232
9.5.	Synchronizacja drobnoziarnista.....	234
9.6.	Synchronizacja optymistyczna	238
9.7.	Synchronizacja leniwa	242
9.8.	Synchronizacja nieblokująca	247
9.9.	Omówienie.....	253
9.10.	Przypisy do rozdziału.....	254
9.11.	Ćwiczenia	254
10.	Kolejki współbieżne i problem ABA	257
10.1.	Wprowadzenie	257
10.2.	Kolejki	259
10.3.	Ograniczona kolejka częściowa.....	259
10.4.	Nieograniczona kolejka pełna.....	264
10.5.	Nieograniczona kolejka bez wstrzymywania	265
10.6.	Odzyskiwanie pamięci i problem ABA	269
	10.6.1. Naiwna kolejka synchroniczna.....	273
10.7.	Dualne struktury danych.....	274
10.8.	Przypisy do rozdziału.....	277
10.9.	Ćwiczenia	277
11.	Współbieżne stosy i eliminacja.....	280
11.1.	Wprowadzenie	280
11.2.	Nieograniczony stos niewstrzymywany	280
11.3.	Eliminacja	283
11.4.	Eliminacyjny stos z wycofywaniem	284
	11.4.1. Wymiennik niewstrzymywany	284
	11.4.2. Tablica eliminacji	287
11.5.	Przypisy do rozdziału.....	290
11.6.	Ćwiczenia	290
12.	Zliczanie, sortowanie i koordynacja rozproszona.....	295
12.1.	Wprowadzenie	295
12.2.	Współdzielone zliczanie	295
12.3.	Łączenie programowe.....	296
	12.3.1. Przegląd	297
	12.3.2. Rozbudowany przykład	305
	12.3.3. Wydajność i odporność	306
12.4.	Pule spójne spoczynkowo i liczniki.....	307
12.5.	Sieci zliczające.....	307

12.5.1. Sieci, które liczą	308
12.5.2. Bitoniczna sieć zliczająca	311
12.5.3. Wydajność i przetwarzanie potokowe	320
12.6. Drzewa dyfrakcyjne	320
12.7. Sortowanie równoległe	325
12.8. Sieci sortujące	325
12.8.1. Projektowanie sieci sortującej	326
12.9. Sortowanie próbkowe	329
12.10. Koordynacja rozproszona	331
12.11. Przypisy do rozdziału	332
12.12. Ćwiczenia	333
13. Współbieżne mieszanie i naturalny paralelizm	338
13.1. Wprowadzenie	338
13.2. Tablice mieszające z adresowaniem zamkniętym	340
13.2.1. Gruboziarnisty zbiór wymieszany	342
13.2.2. Zbiór wymieszany z przeplataniem blokad	343
13.2.3. Adaptowalny zbiór wymieszany	346
13.3. Niewstrzymywany zbiór wymieszany	349
13.3.1. Rekurencyjny porządek dzielony	349
13.3.2. Klasa BucketList	353
13.3.3. Klasa LockFreeHashSet<T>	355
13.4. Zbiór wymieszany z adresowaniem otwartym	357
13.4.1. Mieszanie dynamiczne	358
13.4.2. Współbieżne mieszanie dynamiczne	359
13.4.3. Współbieżne mieszanie dynamiczne z przeplataniem	364
13.4.4. Adaptowalny, współbieżny, dynamiczny zbiór wymieszany	366
13.5. Przypisy do rozdziału	367
13.6. Ćwiczenia	369
14. Listy z przeskokami i wyszukiwanie wyważone	370
14.1. Wprowadzenie	370
14.2. Sekwencyjne listy z przeskokami	370
14.3. Współbieżna lista z przeskokami i z blokadą	373
14.3.1. Ogólne ujęcie	373
14.3.2. Algorytm	375
14.4. Niewstrzymywana, współbieżna lista z przeskokami	381
14.4.1. Ujęcie ogólne	381
14.4.2. Szczegółowe omówienie algorytmu	384
14.5. Współbieżne listy z przeskokami	392
14.6. Przypisy do rozdziału	392
14.7. Ćwiczenia	393
15. Kolejki priorytetowe	395
15.1. Wprowadzenie	395
15.1.1. Współbieżne kolejki priorytetowe	395
15.2. Ograniczona kolejka priorytetowa na bazie tablicy	396

15.3.	Ograniczona kolejka priorytetowa na bazie drzewa	397
15.4.	Nieograniczona kolejka priorytetowa na bazie kopca	400
15.4.1.	Kopiec sekwencyjny	401
15.4.2.	Kopiec współbieżny	403
15.5.	Nieograniczona kolejka priorytetowa na podstawie listy z przeskokami	409
15.6.	Przypisy do rozdziału	412
15.7.	Ćwiczenia	412
16.	Zobowiązania, szeregowanie i rozkład pracy	415
16.1.	Wprowadzenie	415
16.2.	Analiza zrównoleglenia	422
16.3.	Szeregowanie w realistycznym systemie wieloprocesorowym	425
16.4.	Podział pracy	428
16.4.1.	Kradzież pracy	429
16.4.2.	Zwalnianie procesorów i programowanie wieloprocesorowe	430
16.5.	Kolejki dwukierunkowe z kradzieżą pracy	430
16.5.1.	Ograniczona dwukierunkowa kolejka kradnąca pracę	431
16.5.2.	Nieograniczona dwukierunkowa kolejka kradnąca pracę	435
16.5.3.	Równoważenie pracy	439
16.6.	Przypisy do rozdziału	440
16.7.	Ćwiczenia	441
17.	Bariery	446
17.1.	Wprowadzenie	446
17.2.	Implementacje bariery	448
17.3.	Bariera zmieniająca fazy	449
17.4.	Bariera z drzewem łączącym	450
17.5.	Bariera z drzewem statycznym	453
17.6.	Bariery z wykrywaniem zakończenia	453
17.7.	Przypisy do rozdziału	458
17.8.	Ćwiczenia	459
18.	Pamięć transakcyjna	466
18.1.	Wprowadzenie	466
18.1.1.	Co jest nie tak z blokowaniem?	466
18.1.2.	Co jest nie tak z metodą compareAndSet()?	467
18.1.3.	Co jest nie tak z kompozycyjnością?	469
18.1.4.	Co można z tym zrobić?	470
18.2.	Transakcje i atomowość	470
18.3.	Programowa pamięć transakcyjna	473
18.3.1.	Transakcje i transakcyjne wątki	476
18.3.2.	Zombie i spójność	478
18.3.3.	Obiekty atomowe	479
18.3.4.	Postęp zależny czy niezależny?	481
18.3.5.	Menedżery rywalizacji	481
18.3.6.	Implementowanie obiektów atomowych	483
18.3.7.	Niehamowany obiekt atomowy	485

18.3.8. Obiekt atomowy z blokadą	489
18.4. Sprzętowa pamięć transakcyjna	497
18.4.1. Spójność pamięci podręcznej	498
18.4.2. Transakcyjna spójność pamięci podręcznej.....	499
18.4.3. Udoskonalenia	500
18.5. Przypisy do rozdziału.....	501
18.6. Ćwiczenia	501
A. Podstawy programowania	503
A.1. Wprowadzenie	503
A.2. Java	503
A.2.1. Wątki	503
A.2.2. Monitory	505
A.2.3. Ustępowanie i usypianie.....	508
A.2.4. Lokalne obiekty wątków	508
A.3. C#.....	510
A.3.1. Wątki	510
A.3.2. Monitory	512
A.3.3. Lokalne obiekty wątków	513
A.4. Pthreads.....	514
A.4.1. Lokalna pamięć wątków	517
A.5. Przypisy do rozdziału.....	518
B. Podstawowe informacje o urządzeniach	519
B.1. Wprowadzenie (i zagadka)	519
B.2. Procesory i wątki	522
B.3. Połączenie	522
B.4. Pamięć.....	523
B.5. Pamięci podręczne	524
B.5.1. Spójność.....	525
B.5.2. Aktywne czekanie.....	527
B.6. Programowanie pod kątem pamięci podręcznej, czyli rozwiązanie zagadki.....	527
B.7. Architektury wielordzeniowe i wielowątkowe	529
B.7.1. Rozluźniona spójność pamięci	530
B.8. Sprzętowe instrukcje synchronizacyjne.....	531
B.9. Przypisy do rozdziału.....	533
B.10. Ćwiczenia	533
Bibliografia.....	536
Indeks.....	548