

Inhaltsverzeichnis

V	Vorwort	11
V.1	Zielgruppe	11
V.2	Über dieses Buch	12
V.3	Intel®-Produkte zur Softwareentwicklung	13
V.4	Danksagung	13
1	Einführung in die Multicore-Architektur	15
1.1	Gründe für Gleichzeitigkeit auf Softwareebene	16
1.2	Parallele Rechnerplattformen	18
	Parallelverarbeitung in Mikroprozessoren	19
	Unterschiede zwischen Multicore-Architektur und Hyperthreading-Technologie	22
	Multithreading auf Singlecore- und Multicore-Plattformen	23
1.3	Was ist Performance?	25
	Das Amdahlsche Gesetz	25
	Gustafsons Gesetz	28
1.4	Zusammenfassung	30
2	Systemüberblick: Threading	31
2.1	Threads definieren	31
2.2	Threads aus der Sicht des Systems	32
	Threading oberhalb der Betriebssystemebene	32
	Threads innerhalb des Betriebssystems	35
	Threads innerhalb der Hardware	38
2.3	Was passiert, wenn ein Thread erzeugt wird?	39
2.4	Modelle der Anwendungsprogrammierung und Threading	41
2.5	Virtuelle Umgebung: Virtuelle Maschinen und Plattformen	41
	Laufzeitvirtualisierung	41
	Systemvirtualisierung	41
2.6	Zusammenfassung	44
3	Die grundlegenden Konzepte der parallelen Programmierung	45
3.1	Design für Threads	45
	Aufgabenzerlegung	46
	Datenzerlegung	46
	Datenflusszerlegung	47
	Bedeutung der verschiedenen Zerlegungsarten	48

3.2	Herausforderungen	49
3.3	Patterns der parallelen Programmierung	49
3.4	Ein Fallbeispiel: Fehlerverteilung	51
	Analyse des Fehlerverteilungsalgorithmus	54
	Ein alternativer Ansatz: Parallele Fehlerverteilung	54
	Andere Alternativen	56
3.5	Zusammenfassung	57
4	Threading und parallele Programmierkonstrukte	59
4.1	Synchronisierung	59
4.2	Kritische Abschnitte	61
4.3	Deadlocks	62
4.4	Synchronisierungsprimitive	63
	Semaphore	63
	Sperrern	66
	Bedingungsvariablen	68
4.5	Nachrichten	70
4.6	Ablaufsteuerungsbasierte Konzepte	72
	Fence	72
	Barrier	73
	Implementierungsabhängige Threading Features	74
4.7	Zusammenfassung	75
5	Threading-APIs	77
5.1	Threading-APIs für Microsoft Windows	77
	Win32/MFC Thread-APIs	77
5.2	Threading APIs für das .NET Framework von Microsoft	103
	Threads erzeugen	103
	Threads verwalten	105
	Thread Pools	108
	Thread-Synchronisierung	112
5.3	POSIX-Threads	114
	Threads erzeugen	115
	Threads verwalten	116
	Thread-Synchronisierung	117
	Signalisieren	118
	Kompilieren und Verlinken	125
5.4	Zusammenfassung	125

6	OpenMP: Eine portierbare Lösung für Threading	127
6.1	Aufgaben beim Ausführen einer Schleife in Threads	128
	Iterationsübergreifende Abhängigkeit	129
	Data Race Conditions	131
	Gemeinsame und private Daten verwalten	132
	Scheduling und Partitionierung von Schleifen	133
	Effektive Verwendung der reduction-Klauseln	137
6.2	Threading Overhead minimieren	139
	Worksharing-Konstrukte	140
6.3	Performanceorientierte Programmierung	141
	Barrier und Nowait	141
	Singlethread- und Multithread-Ausführung miteinander verzahnen	143
	Daten kopieren	144
	Aktualisierungen von gemeinsamen Variablen schützen	146
	Taskqueuing – die OpenMP-Erweiterung von Intel	148
6.4	OpenMP-Bibliotheksfunktionen	150
6.5	OpenMP-Umgebungsvariablen	151
6.6	Kompilierung	151
6.7	Debugging	153
6.8	Performance	155
6.9	Zusammenfassung	156
7	Lösungen zu den häufigsten Problemen der parallelen Programmierung	157
7.1	Zu viele Threads	157
7.2	Data Races, Deadlocks und Livelocks	160
	Deadlocks	162
7.3	Heavily Contended Locks	165
	Prioritätsinversion	166
	Lösungen für Heavily Contended Locks	167
7.4	Nicht-blockierende Algorithmen	169
	Das ABA-Problem	171
	Cache-Zeilen-Pingpong	173
	Probleme mit der Speicherrückforderung	173
	Empfehlungen	174
7.5	Threadsichere Funktionen und Bibliotheken	174
7.6	Speicherprobleme	176
	Bandbreite	176
	Im Cache arbeiten	177
	Speicherkonflikte	179

7.7	Cachebezogene Probleme	181
	False Sharing	182
	Speicherkonsistenz	184
	Aktuelle IA-32-Architektur	185
	Itanium®-Architektur	187
	Höhere Sprachen	190
7.8	Pipeline Stalls auf IA-32-Prozessoren vermeiden	191
7.9	Datenorganisation für High Performance	191
7.10	Zusammenfassung	193
8	Debugging-Techniken für Multithread-Code	195
8.1	Allgemeine Debugging-Techniken	195
	Debug-freundliches Design	195
	Anwendungen erweitern – mit Trace Buffers	198
8.2	Multithread-Anwendungen unter Windows debuggen	202
	Das Threads-Fenster	202
	Ablaufverfolgungspunkte (Tracepoints)	203
	Haltepunktfilter	204
	Thread-Namen festlegen	204
	Ein Beispiel	205
8.3	Multithread Debugging mit GDB	209
	Benachrichtigung bei Thread-Erzeugung	209
	Auflistung aller Threads in der Anwendung	209
	Threadspezifische Haltepunkte setzen	210
	Zwischen Threads wechseln	211
	Einen Befehl auf eine Gruppe von Threads anwenden	211
8.4	Zusammenfassung	212
9	Grundlagen der Singlecore-Prozessoren	213
9.1	Grundlagen der Prozessorarchitektur	213
9.2	Superskalare und EPIC-Architektur im Vergleich	219
9.3	Zusammenfassung	221
10	Threading auf Intel®- Multicore-Prozessoren	223
10.1	Hardware Threading	223
	Threading bei Intel	227
10.2	Hyperthreading-Technologie	227
	Der Unterschied zwischen Multiprozessor- und	
	Hyperthreading-Technologie	229
	Architektur der HT-Technologie	229
10.3	Multicore-Prozessoren	231
	Architekturdetails	231
	Vergleich von Multiprozessoren und Multicore-Prozessoren	234
	Multicore für Itanium®-Architektur	235

10.4	Interaktion zwischen mehreren Prozessoren	238
	Interprozessorkommunikation und Multithread-Programmierung	238
10.5	Energieverbrauch	240
	Energiesmessverfahren	241
	Stromverbrauch senken	242
	Was kommt nach der Multicore-Prozessorarchitektur?	243
10.6	Zusammenfassung	245
11	Intel®-Produkte für die Softwareentwicklung	247
11.1	Überblick	247
	Untersuchen	247
	Erstellen/Ausdrücken	248
	Debuggen	248
	Tuning	249
11.2	Der Intel® Thread Checker	249
	Funktionsweise	250
	Hinweise für die Nutzung	251
	Intel® Thread Checker im Zusammenspiel mit OpenMP	252
11.3	Intel-Compiler	253
	OpenMP	253
	Softwarebasierte spekulative Vorausberechnung	257
	Compileroptimierung und Cache-Optimierung	257
11.4	Intel® Debugger	258
11.5	Intel-Bibliotheken	259
	Intel® Math Kernel Library	259
	Intel® Integrated Performance Primitives	260
	Parallele Programme und die Probleme beim Einsatz paralleler Bibliotheken	260
	Die Zukunft	261
	Intel®-Threading-Bausteine	261
11.6	Intel® VTune™ Performance Analyzer	261
	Hotspots finden	262
	Mit Call Graph einen Threading-Punkt finden	263
	Lastenausgleich überprüfen	264
11.7	Intel® Thread Profiler	265
11.8	MPI-Programmierung	266
	Intels MPI-Unterstützung	266
11.9	Zusammenfassung	270
A	Glossar	271
	Stichwortverzeichnis	283