

# Obsah

<b>1. Úvod do paralelních systémů a programování</b>	1
1.1. Motivace ke studiu	1
1.2. Modely paralelních architektur a programování	1
1.2.1. Abstraktní modely paralelního zpracování	2
1.2.2. Modely paralelního programování	3
1.3. Ukazatele výkonnosti paralelního zpracování	4
1.3.1. Zrychlení při rozdílné zátěži procesorů	4
1.3.2. Amdahlův a Gustafsonův zákon	5
1.3.3. Paralelní čas s omezeným počtem procesorů	7
1.4. Režie a účinnost paralelního zpracování	7
1.5. Konstantní účinnost a škálovatelnost algoritmů	9
1.6. Příklady A	10
<b>2. Symetrické multiprocesory se sdílenou pamětí (SMP)</b>	13
2.1. Architektury se sdílenou pamětí	13
2.2. Arbitrážní obvody	14
2.3. Sběrnice	18
2.3.1. Saturace sběrnice	19
2.3.2. Vysoce výkonné sběrnice	20
2.4. Křížové přepínače	23
2.5. Výkonné paměťové systémy	24
2.6. Příklady SMP	26
2.7. Příklady B	27
2.8. Koherence a konzistence dat v systémech se sdílenou pamětí	29
2.8.1. Paměti cache	29
2.8.2. Koherence pamětí cache	29
2.8.3. Paměťová konzistence	30
2.9. Protokoly CC	31
2.9.1. Protokol MSI a řadič paměti cache	32
2.9.2. 4-stavový protokol MESI (Illinois)	35
2.10. Rozšíření koherence pamětí cache	36
2.10.1. Koherence ve více úrovních cache	36
2.10.2. Sběrnice s rozdělenými transakcemi	37
2.10.3. Koherence překladové paměti TLB	38
2.11. Příklady C	39
<b>3. Programování se sdílenými proměnnými (OpenMP)</b>	41
3.1. Úvod do OpenMP	41
3.2. Vyjádření paralelismu v OpenMP	43
3.2.1. Direktiva OpenMP parallel	43
3.2.2. Paralelizace smyček	45
3.2.3. Paralelní sekce a single	48
3.2.4. Použití příkazů sdílení práce	49
3.2.5. Příklady D	49
3.3. Synchronizace	53
3.3.1. Synchronizace v OpenMP	53
3.3.2. Vzájemné vyloučení	53
3.3.3. Synchronizace událostmi	56
3.3.4. Synchronizace programovaná uživatelem	56
3.3.5. Implementace synchronizačních příkazů	57

3.3.5.1. Implementace zámků a kritických sekcí	58
3.3.5.2. Zámky se sníženou časovou režii	59
3.3.5.3. Implementace bariér	60
3.3.6. Příklady E	62
3. 4. Výkonnost paralelních aplikací se sdílenou pamětí	63
3.4.1. Algoritmus, správa procesů a granularita	63
3.4.2. Lokalita a falešné sdílení	65
3.4.3. Režie synchronizace vláken	67
3.5. Příklady F	68
<b>4. Propojovací sítě</b>	69
4. 1. Topologie a parametry propojovacích sítí	69
4.1.1. Přímé propojovací sítě	71
4.1.2. Nepřímé propojovací sítě	74
4. 2. Směrovací algoritmy	79
4.2.1. Deterministické směrování	80
4.2.2. Necitlivé směrování	81
4.2.3. Adaptivní směrování	82
4.2.4. Mechanizmy směrování	83
4.2.5. Příklady G	85
4. 3. Řízení přenosu zpráv	87
4.3.1. Řízení toku zpráv – techniky přepínání	88
4.3.2. Virtuální kanály (VC)	90
4.3.3. Správa buferů	90
4.3.4. Uvážnutí (zablokování, deadlock) při komunikaci	91
4.3.5. Řízení toku pitů (fyzická úroveň)	94
4. 4. Architektura směrovačů	95
4.4.1. Zřetěžené zpracování paketů	96
4.4.2. Organizace vstupních buferů	98
4.4.3. Přepínače	98
4.4.4. Alokátory	99
4.4.5. Příklady směrovačů	100
4.4.6. Příklady H	101
4. 5. Zpracování zpráv a výkonnost komunikací	105
4.5.1. SW vrstva zpracování zpráv (messaging layer)	105
4.5.2. Síťová rozhraní	105
4.5.3. Časová režie sw vrstvy a výkonnost propojovacích sítí	106
4.5.4. Implementace vrstvy zpracování zpráv	108
4. 6. Kolektivní komunikace	110
4.6.1. Klasifikace kolektivních komunikací	110
4.6.2. Výkonnost kolektivních komunikací	111
4.6.3. Mnohociťové komunikace a algoritmy	112
4.6.4. HW podpora bariérové synchronizace a redukce	113
4.6.5. Kolektivní komunikace se všemi uzly	114
4.6.6. Kolektivní komunikace na hyperkostce	115
4.6.7. Kolektivní komunikace na nepřímých sítích WH MIN	116
4.6.8. Příklady J	117
<b>5. Programování zasiláním zpráv (MPI)</b>	119
5.1. Základní pojmy	119
5.2. Komunikace dvou procesů v rámci komunikátoru	120
5.3. Datové typy v MPI	121
5.4. Blokující příkazy send a receive	122
5.5. Výměna dat a uvážnutí	123
5.6. Varianty komunikačních příkazů	125
5.7. Skupiny procesů a komunikátory v MPI	127

5.8. Kolektivní operace v MPI	128
5.8.1. Rozhlášení (broadcast)	128
5.8.2. Komunikace AOG a AAG	129
5.8.3. Agregiční operace: redukce a scan	129
5.9. Synchronizace v MPI	130
5.10. Virtuální topologie v MPI-1	131
5.11. Smíšené programování v OpenMP a MPI	131
5.12. Příklady K	132
<b>6. Paralelní systémy s distribuovanou pamětí (DM)</b>	<b>138</b>
6.1. Svazky počítačů	138
6.2. Technologie propojení	139
6.2.1. Myrinet	139
6.2.2. QsNet	140
6.2.3. Infiniband	141
6.3. Příklady systémů DM-MIMD	141
6.3.1. Compaq AlphaServer SC	142
6.3.2. Svazek stanic Linux se sítí Myrinet	142
6.3.3. Svazek PC ve vyhledávači Gogole	142
6.4. Příklady L	143
<b>7. Multiprocesory s distribuovanou sdílenou pamětí (DSM)</b>	<b>144</b>
7.1. Architektura DSM s CC NUMA	145
7.2. Řadiče protokolů CC a síťová rozhraní DSM	147
7.3. Implementace distribuovaných adresářů	148
7.4. Koherenční rozhraní SCI (Scalable Coherence Interface)	149
7.5. Příklady multiprocesorů DSM	150
7.6. Paměťová konzistence a koherence v reálných systémech DSM	152
7.7. Škálovatelné synchronizační mechanismy	153
7.8. Výkonnost paralelních aplikací se sdílenou pamětí NUMA	154
7.9. Příklady M	154
<b>8. Datově paralelní systémy a programování</b>	<b>156</b>
8.1. Generická architektura SIMD	156
8.2. Datově paralelní programování	158
8.2.1. High-Performance Fortran (HPF)	158
8.3. Příklady N	160
<b>Přehled označení</b>	<b>161</b>
<b>Seznam zkratk</b>	<b>162</b>
<b>Literatura</b>	<b>164</b>