



Arhitectura sistemelor de calcul

- Prelegerea 14 -

Sisteme multiprocesor

Ruxandra F. Olimid

Facultatea de Matematică și Informatică

Universitatea din București

Cuprins

1. Multicore
2. Topologii de rețea multiprocessor

Sisteme multiprocesor

- *Sisteme multiprocesor* : sisteme cu două sau mai multe procesoare
- *Sisteme uniprocessor* : sisteme cu un singur processor
- O proprietate importantă a sistemelor multiprocesor este *scalabilitatea*, i.e. trebuie să funcționeze pe un număr variabil de procesoare (ex.: se pot adăuga procesoare pentru creșterea eficienței)
- Sistemele procesor prezintă și *disponibilitate* crescută, pentru că se pot strica unele procesoare și sistemul trebuie să funcționeze cu procesoarele rămase
- Din punct de vedere software, acceptă **programe procesate în paralel**, i.e. un program rulează simultan pe mai multe procesoare

Procesor vs. microprocesor

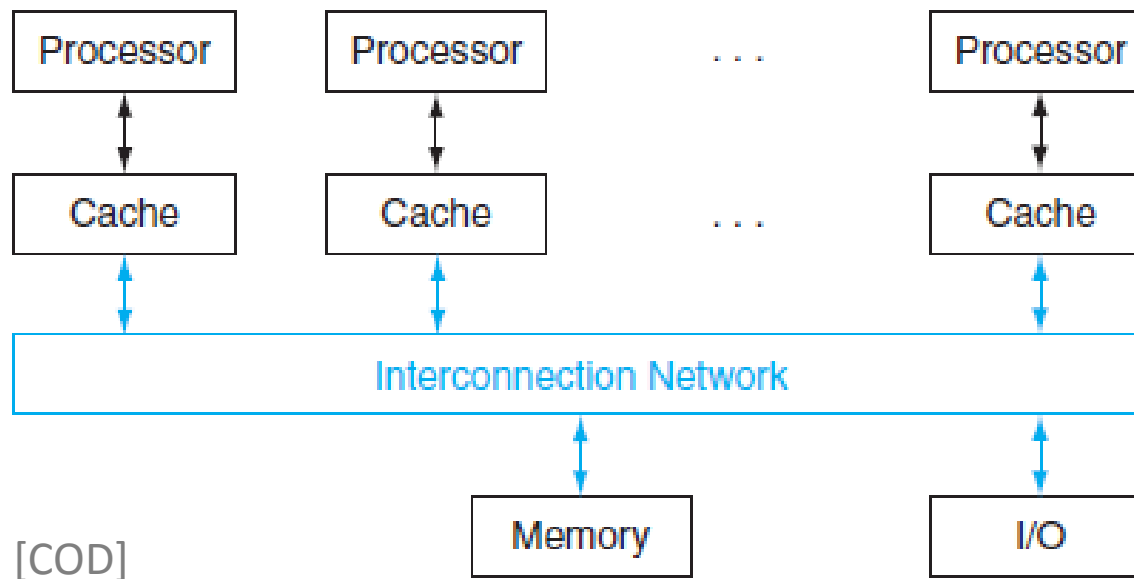
- Un *microprocesor* este un circuit integrat unitar (o singură componentă, chip) care poate să conțină mai multe procesoare
- Pentru a reduce confuzia între *procesor* și *microprocesor*, se utilizează termenul *core* pentru procesoare (**multicore microprocessors** în loc de **multiprocessor microprocessors**)
- Astfel, un microprocesor quadcore este un chip cu 4 procesoare sau 4 core-uri
- Un *cluster* este o mulțime de computere conectate într-un LAN (Local Area Network) care funcționează ca un singur multiprocesor

Sisteme multiprocesor

- Pentru a facilita programarea paralelă pe mai multe core-uri, se poate utiliza **același spațiu de memorie fizică de către toate procesoarele** (ex. toate procesoarele au acces direct la variabilele stocate în memorie)
- *SMP* (*S*hared *M*emory Multi*P*rocessors): oferă un singur spațiu fizic de adrese pentru toate procesoarele
- Această soluție este în general folosită de **microprocesoarele multicore**

Sisteme multiprocesor

- Structura generală a sistemelor multiprocessor cu memorie fizică partajată:



Sisteme multiprocesor

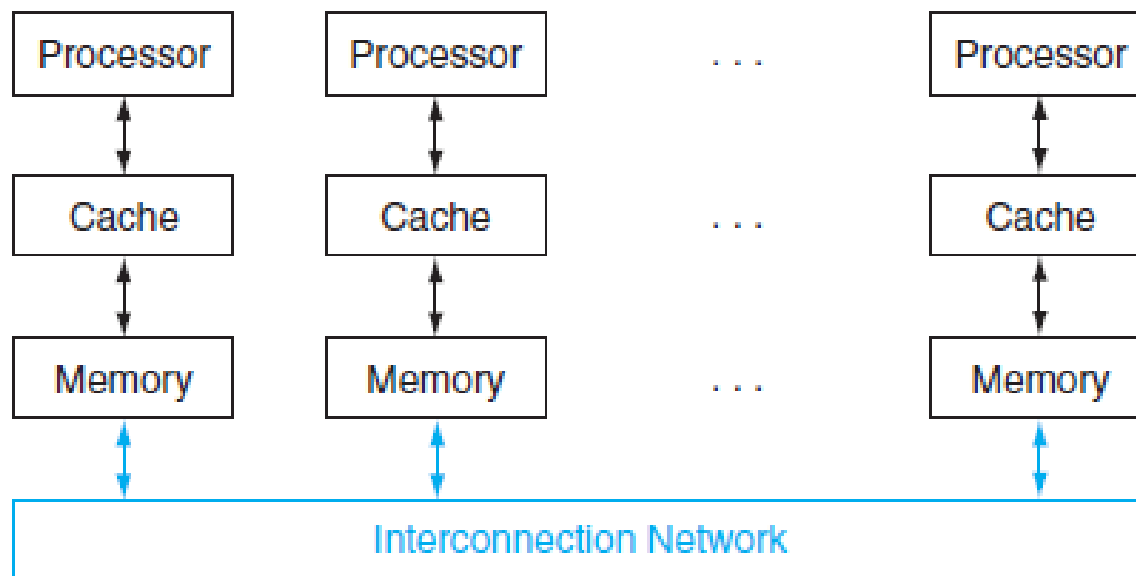
- Există 2 tipuri de SMP:
 - ✓ **UMA** (**U**niform **M**emory **A**ccess): toate procesoarele au nevoie de aproximativ același timp pentru accesarea memoriei, indiferent de procesorul care a inițiat cererea și de word-ul de memorie utilizat
 - ✓ **NUMA** (**N**on**U**niform **M**emory **A**ccess): anumite operații de acces la memorie sunt mai rapide în funcție de procesorul care a inițiat operația și memoria accesată
- Între procesoarele care operează în paralel este nevoie de *sincronizare*, i.e. coordonarea proceselor care rulează pe procesoare diferite
- Spre exemplu, pentru partajarea datelor, se poate bloca o variabilă partajată între mai multe procesoare (*lock*). Un singur procesor poate cere lock, celelalte procesoare așteaptă până la *unlock*

Sisteme multiprocesor

- O alternativă la SMP este să se folosească **spații de memorie fizică separate** pentru fiecare procesor
- Coordonarea procesoarelor se face prin mesaje prin care se transmit și se primesc informații (*message passing*)
- **Clustrele** sunt un exemplu de astfel de arhitectură

Sisteme multiprocesor

- Structura generală a sistemelor multiprocessor cu memorie fizică separată:



[COD]

Sisteme multiprocesor

- Un cluster cu n mașini are n memorii independente, deci n copii ale sistemului de operare, în timp ce un sistem SMP necesită o singură copie a sistemului de operare
- *Întrebare:* Fie un sistem SMP care deține 20GB memorie principală și un cluster cu 5 componente, fiecare având 4GB. Sistemul de operare ocupă 1GB. Cu cât este mai multă memoria utilizabilă pentru SMP față de cluster?
- *Răspuns:*

$$\frac{20 - 1}{5(4 - 1)} \approx 1.25$$

SMP prezintă deci aproximativ 25% mai multă memorie utilizabilă

Topologii de rețea multiprocessor

- Chip-urile multiprocesor necesită *rețele de conectare (interconnection network)* a procesoarelor
- Acestea includ: comutatoare pentru conectarea la rețea, numărul de biți transferați prin conexiune (*link*), etc.
- Rețelele sunt reprezentate ca grafuri, pentru care **arcele** reprezintă **conexiunile** și **procesoarele** reprezintă **nodurile**
- Conexiunile sunt considerate *bidirecționale*, i.e. informația circulă în ambele direcții

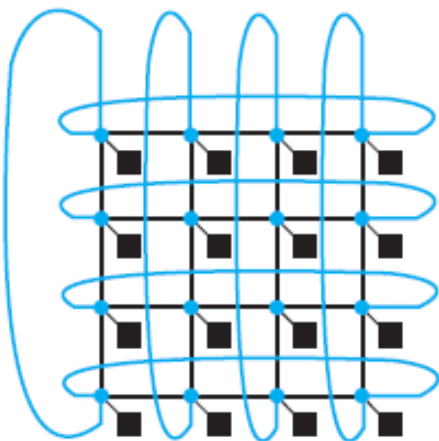
Topologii de rețea multiprocessor



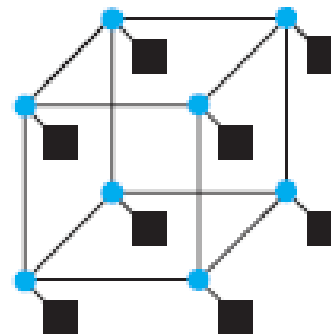
Topologie bus



Topologie ring (inel)



Topologie 2-D grid (mesh)



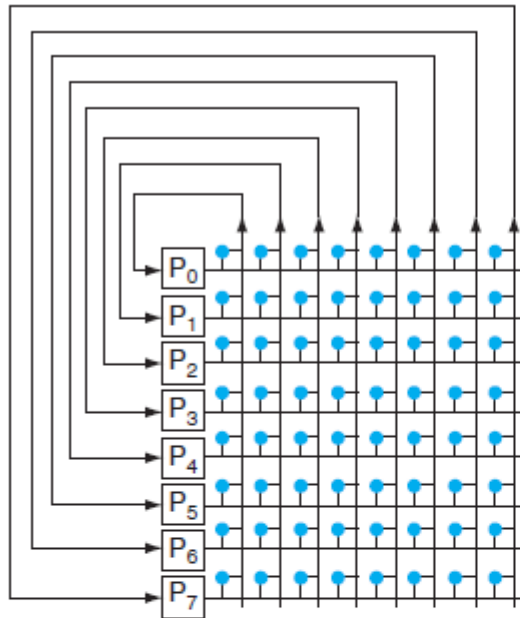
Topologie 3-D (cub)

[COD]

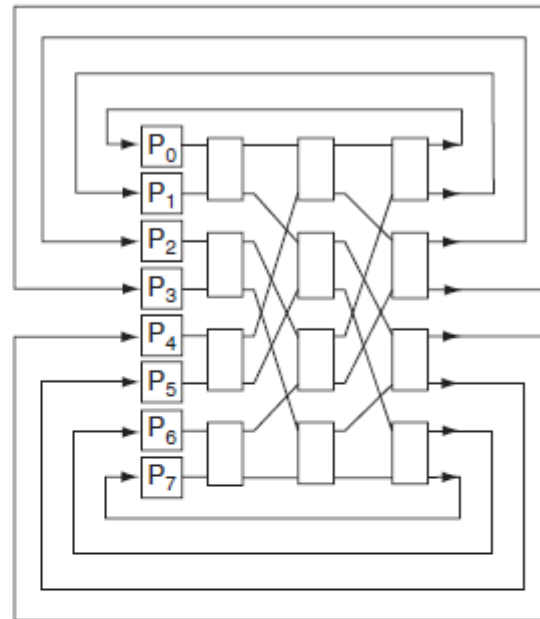
Topologii de rețea multiprocessor

- O alternativă la utilizarea unui procesor în orice nod este utilizarea comutatoarelor (*switch*)
- Din punct de vedere constructiv ocupă mai puțin spațiu și deci pot conduce la crearea unor microprocesoare mai compacte, scăzând distanța și crescând eficiența
- *Multistage network* sunt rețele care utilizează un comutator în fiecare nod

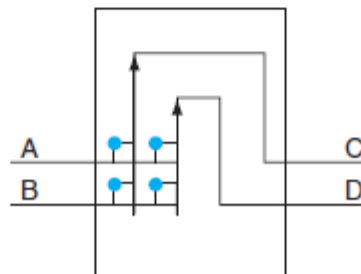
Topologii de rețea multiprocessor



a. Crossbar



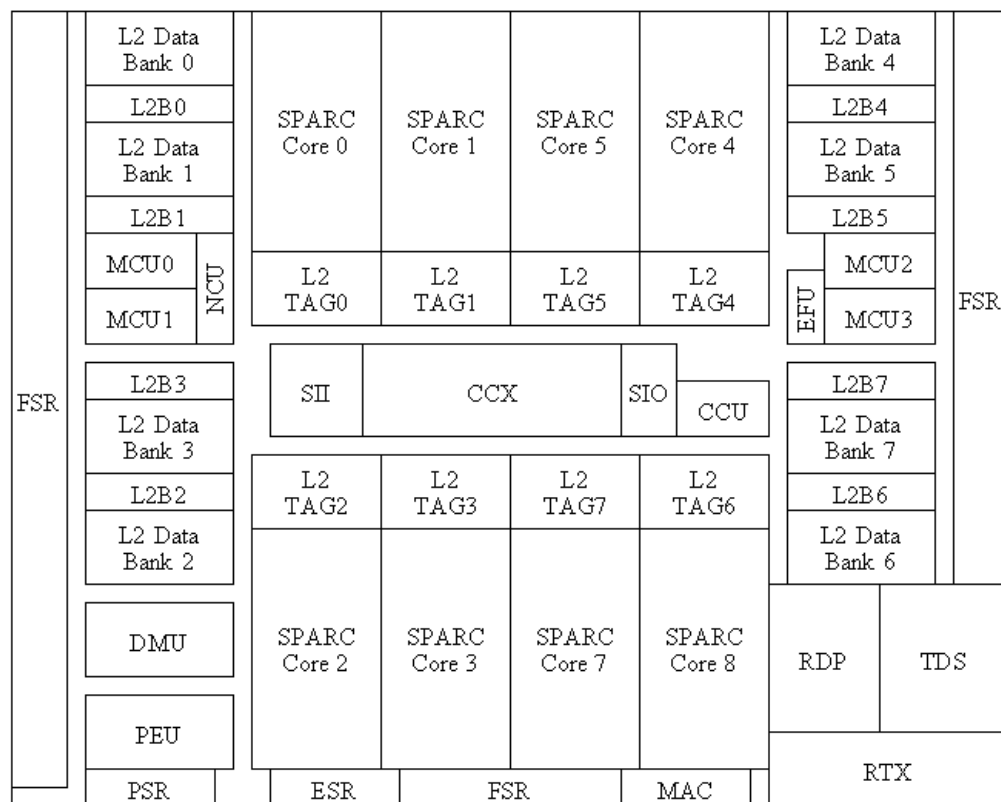
b. Omega network



c. Omega network switch box

[COD]

Crossbar Topology: UltraSPARC T2 Sun Microsystems , 2007

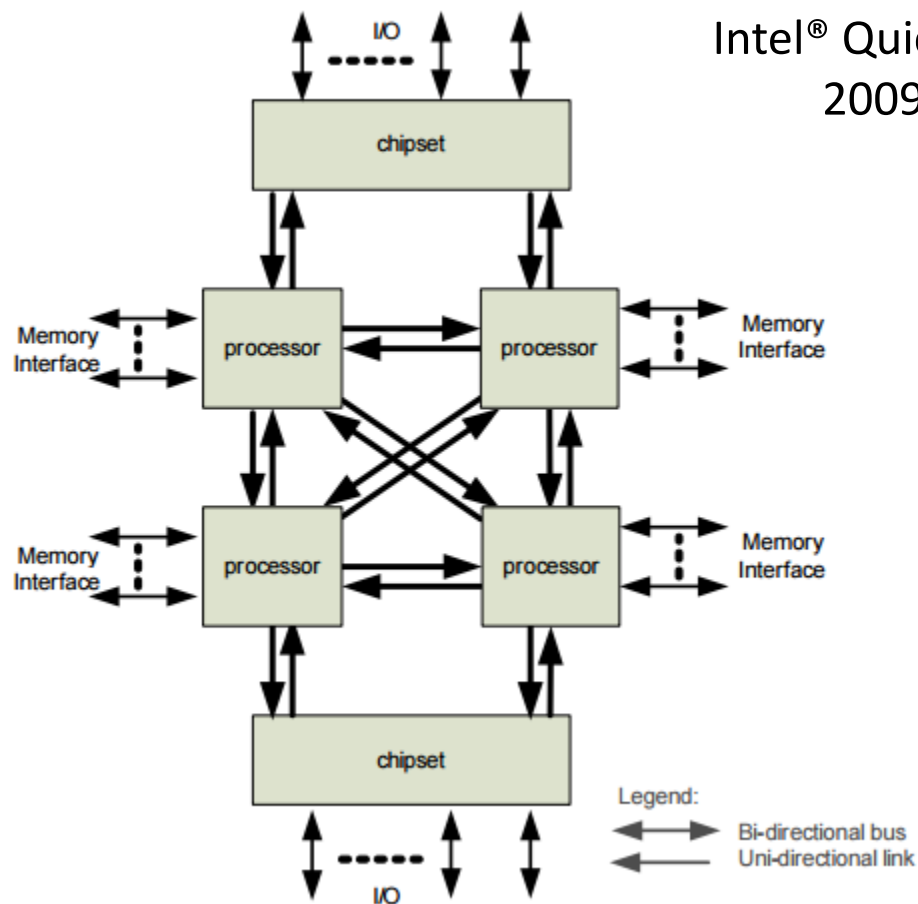


Niagra 2 / UltraSPARC T2 / OpenSPARC T2 - Die Micrograph Diagram (davidhallo)



Intel® QuickPath Interconnect

An Introduction to the
Intel® QuickPath Interconnect
2009 (white paper)

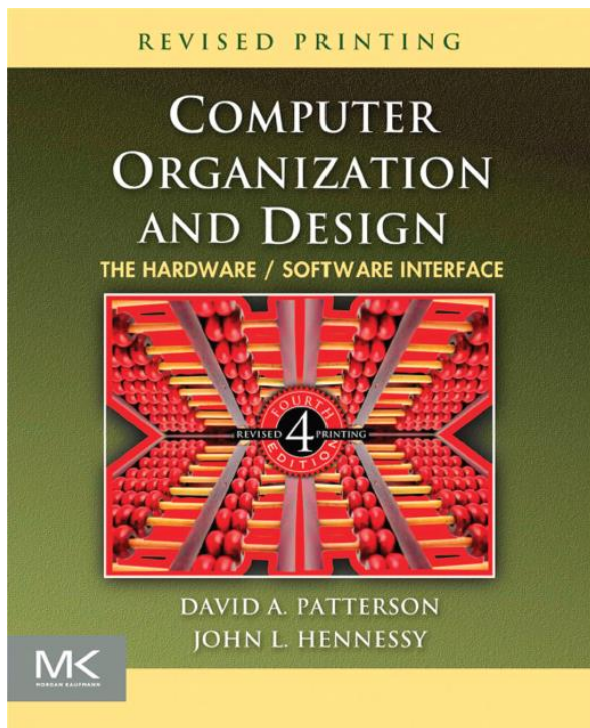


[<http://www.intel.com/content/dam/doc/white-paper/quick-path-interconnect-introduction-paper.pdf>]

Topologii de rețea multiprocessor

- Elemente cu impact în implementarea rețelelor sunt multiple
- **Distanța** link-urilor:
 - ✓ în general, cu cât distanțele sunt mai lungi, cu atât este mai dificil să se păstreze o perioadă scurtă a tactului de ceas
 - ✓ link-urile scurte necesită mai puțin spațiu și un consum de energie mai mic
- **Numărul de noduri:** o rețea Omega folosește $2n \log n$ comutatoare, în loc de n^2 necesare unei rețele Crossbar

Referințe bibliografice



[AAT] A. Atanasiu, Arhitectura calculatorului



[COD] D. Patterson and J. Hennessy, Computer Organisation and Design

Schemele [Xilinx - ISE] au fost realizate folosind

<http://www.xilinx.com/tools/projnav.htm>

Grafurile [JFLAP] au fost realizate folosind

<http://www.jflap.org/>