

Párhuzamos számítógéparchitektúrák

Dr. Seebauer Márta

főiskolai tanár

seebauer.marta@szgti.bmf.hu

Irodalmi források

1. Andrew S. Tanenbaum: Számítógép-architektúrák. – Panem Kiadó, 2001.
- 1., 2. és 8. fejezet
2. Cserny László: Számítógépek architektúrája – ME-DFK jegyzet, 1996.
3. Sima-Fountain-Kacsuk: Korszerű számítógép-architektúrák. - SZAK, 1998.
4. Kacsuk-Ferenczi: Párhuzamos és konkurens programozás
soktranszputeres rendszerekben. - BME jegyzet
5. Hirdet\szakcsoportok\szgrendszerek\seebauer_marta/Rendszertechnika3
6. www.lpds.sztaki.hu
7. www.top500.org

TEMPUS projektek

1. **Introducing Parallel Processing into the Curriculum of the Hungarian Higher Educational Institutions of Technology (1994-1997)**
2. **Distributed and Network Computing in the Information Society (1998-2001)**

Résztvevő intézmények

University of Miskolc, Department of Automation and Department of Information Technology (H)

Kandó Kálmán Polytechnic, Institute of Informatics, **Budapest**
Kandó Kálmán Polytechnic, Institute of Computer Engineering, Székesfehérvár

KFKI Research Institute for Measurement and Computing Techniques, Department of Parallel and Distributed Systems (H)

Technical University of Budapest, Department of Process Control (H)

Technical University of Budapest, Department of Measurement and Instrument Engineering (H)

University of Westminster, London (UK)

Universidad Autonoma de Barcelona, Barcelona (E)

University of Klagenfurt, Institut für Informatik (A)

Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Informatica (P)

Ecole Normal Supérieure de Lyon, Lab. de Informatique de Parallelisme (F)

Pisa Dependable Computer Centre (I)

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen (D)

University of Athens (GR)

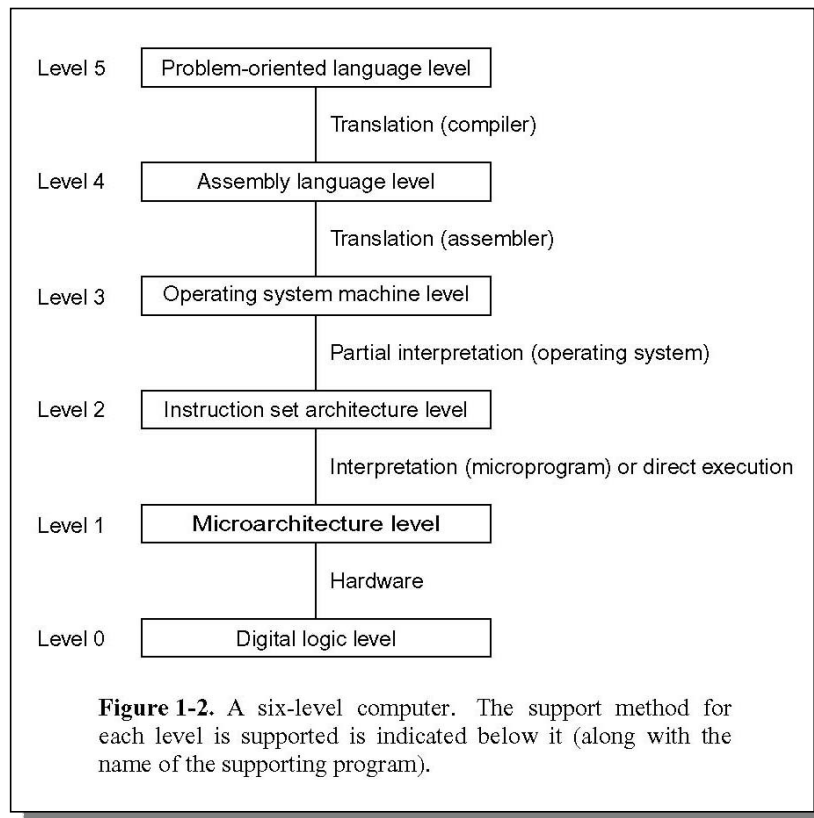
University of Vienna (A)

University of Cyprus, School of Economics and Management (CY)

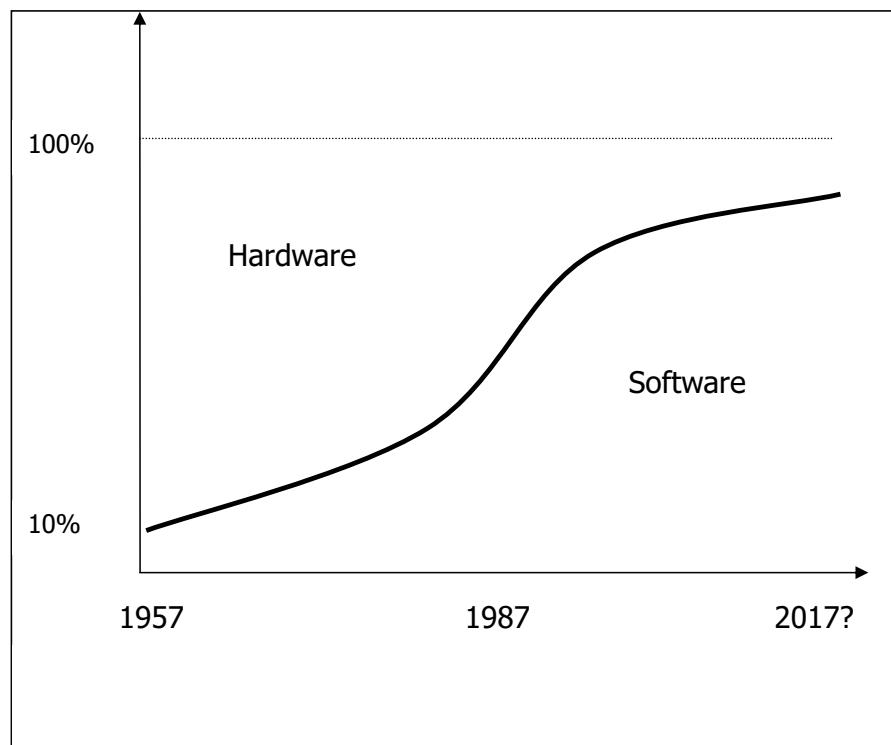
Többprocesszoros rendszerek kutatási-fejlesztési területei

- architektúrák
- operációs rendszerek
- adatbázisok
- programnyelvek
- alkalmazások

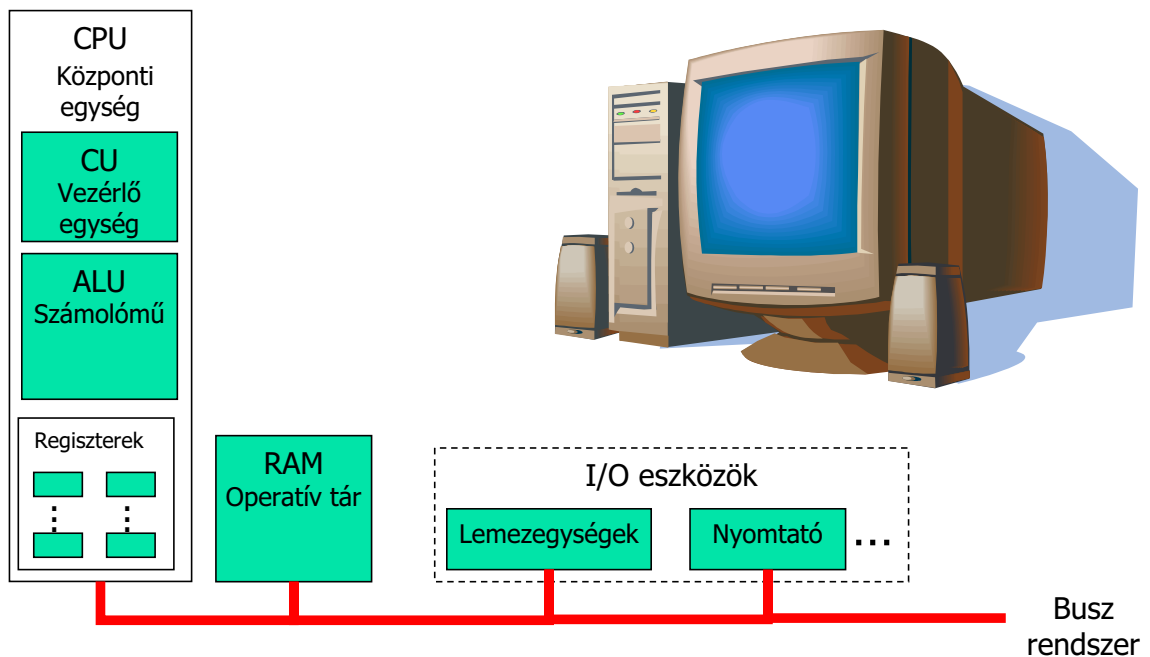
Számítógép rendszer felépítése



Számítógépes műveletek végrehajtásának HW/SW aránya



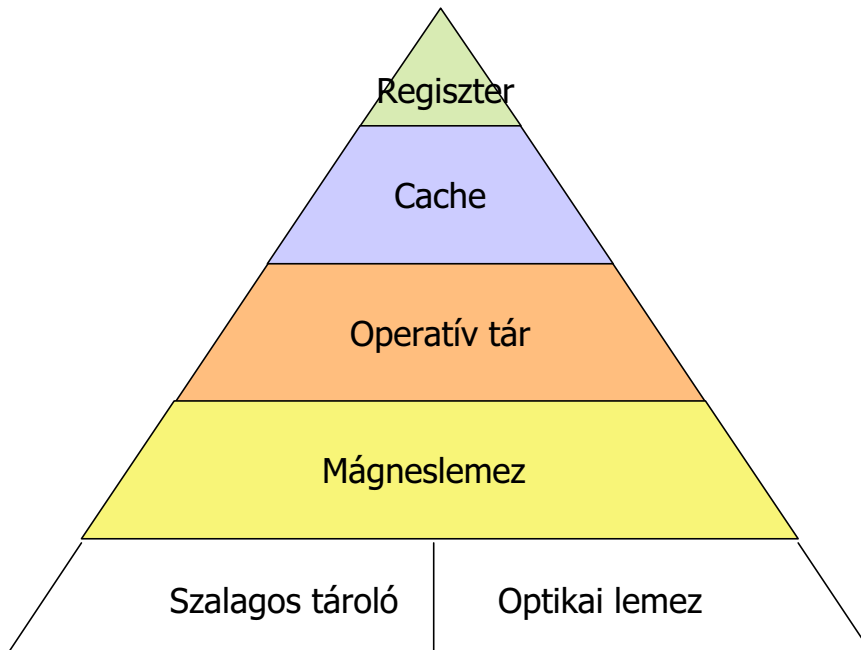
Neumann-típusú számítógép általános felépítése



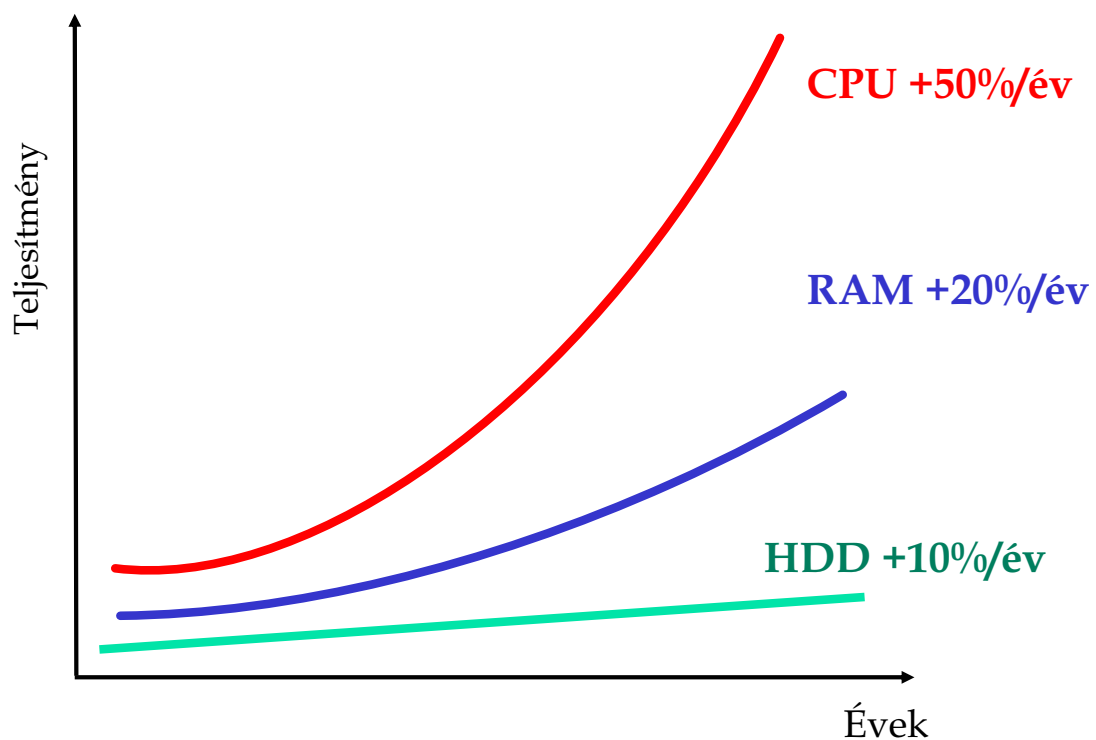
Neumann típusú számítógépek korlátai

- egy időben egy program végrehajtása
- erőforrások rossz kihasználtsága
- szűk keresztmetszet:
CPU és a tárok közötti adatcsere

Tárhierarchia



A számítógép egységek teljesítménynövekedése



A számítógépek teljesítőkéessége

Felhasználói oldalról

A feladat elvégzésére fordított **idő**

$$T_u = I * C_{\text{eff}} * T \quad [\text{s/task}]$$

I - utasítások száma

C_{eff} – ciklusok átlagosszáma utasításonként

T – periódusidő

$$T_u = I * C_{\text{eff}} / f \quad [\text{s/task}]$$

f - órajelfrekvencia

Átbocsátókéesség - egységnyi feladat elvégzésére fordított idő reciproka

$$P = f / C_{\text{eff}}$$

fixpontos utasítások esetén [MIPS]

lebegőpontos utasítások esetén [MFLOPS]

Meghatározó tényezők

- az elektronikus áramkörök **működési sebessége** (technológia, méret)
- a számítógép **architektúrája**
- az alkalmazott **programozási** paradigmák

Processzortípusok

CISC Complex Instruction Set Computer
Összetett utasításkészletű számítógép – Az utasítások mikroprogramozott értelmezése

Intel Pentium processzor

RISC Reduced Instruction Set Computer
Csökkentett utasításkészletű számítógép – Az utasítások huzalozott értelmezése

DEC Alpha processzor

Transputer = Transistor + Computer

HW szintű párhuzamosítás

Utasítás szint

- Harvard-architektúra
az operandusok és az utasítások párhuzamos lehívása
- Pipelining – futószalag feldolgozás
- Szuperskalár architektúra

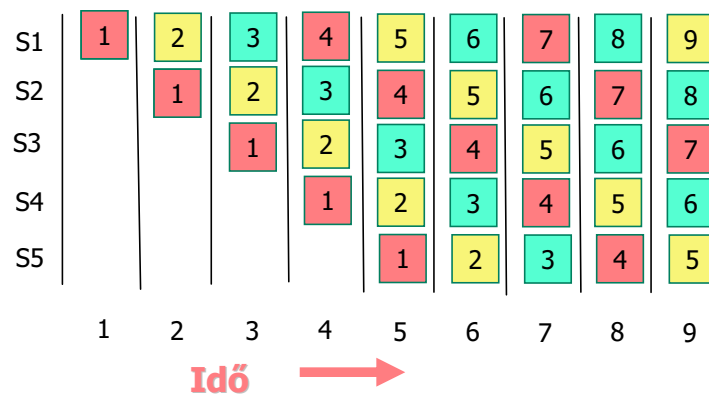
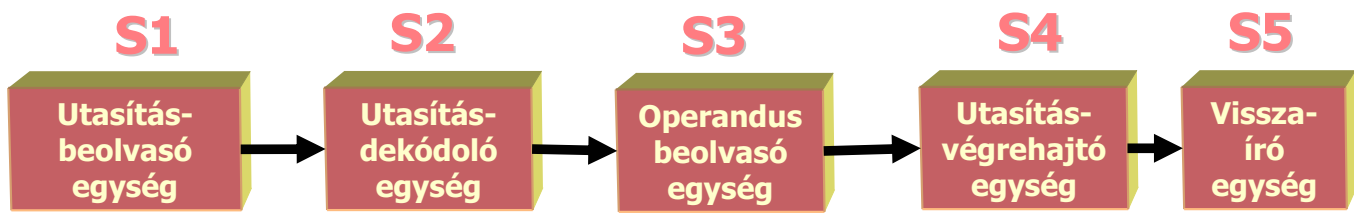
Processzor szint

- Adatpárhuzamos processzorok
 - tömbprocesszorok
 - vektorprocesszorok
- Funkcionálisan párhuzamos processzorok - többprocesszoros rendszerek
 - multiprocesszorok
 - multiszámítógépek

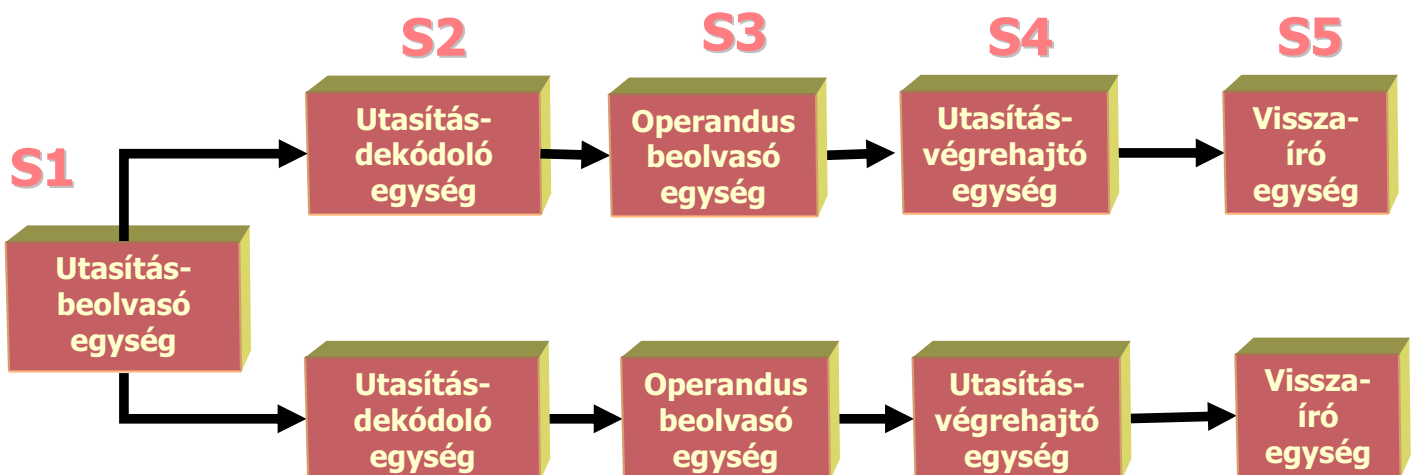
Utasításvégrehajtási ciklus

1. A soron következő **utasítás beolvasása** a memóriából az utasításregiszterbe.
2. A **programszámláló beállítása** a következő utasítás címére.
3. A beolvasott **utasítás típusának** meghatározása.
4. Ha az utasítás memóriabeli szót használ, a **szó helyének** a megállapítása.
5. Ha szükséges, a **szó beolvasása** egy regiszterbe.
6. Az utasítás **végrehajtása**.
7. Vissza az 1. pontra.

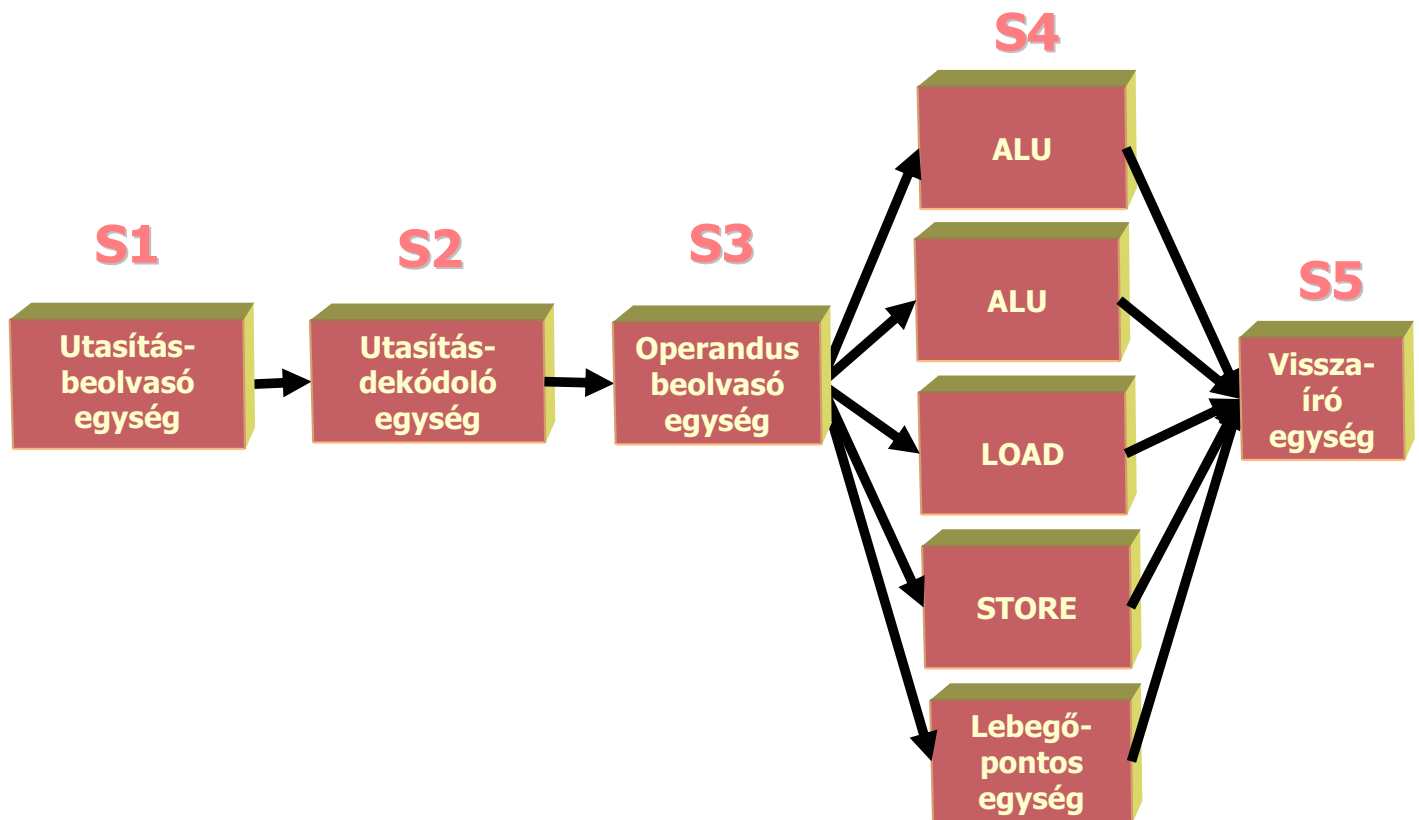
Futószalag elvű processzorok - Pipelining



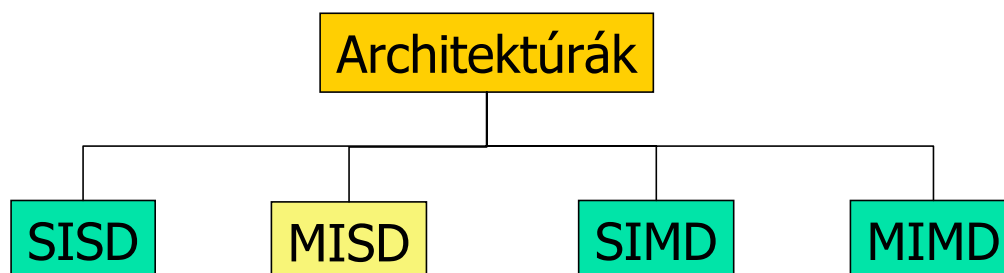
Szuperskalár architektúra -dupla pipeline



Szuperskalár processzor - egy pipeline öt funkcionális egységgel



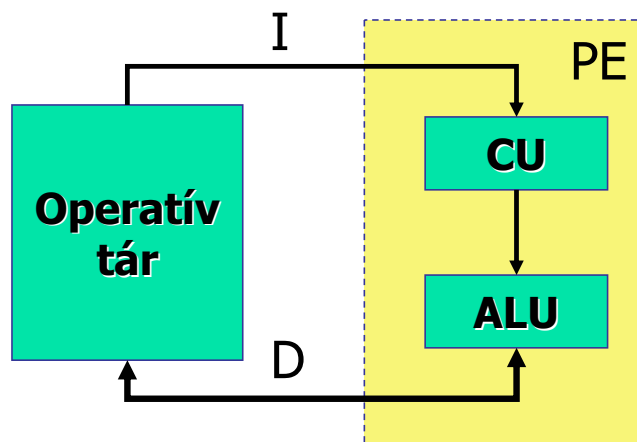
A számítógép architektúrák Flynn-féle osztályozása



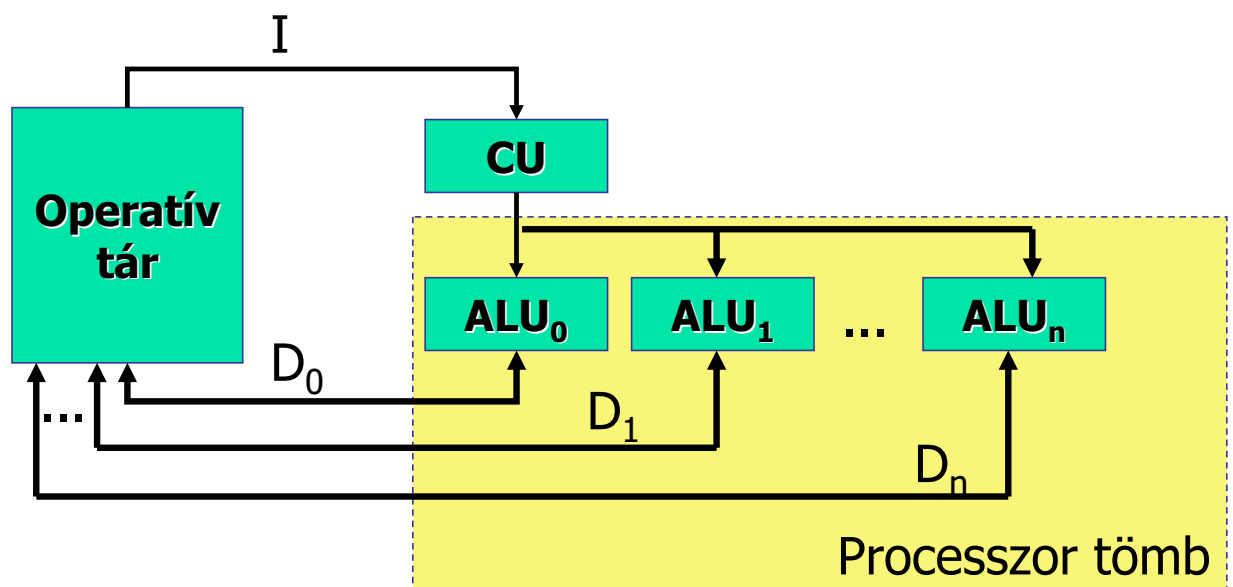
I - Instruction Stream
Utasításfolyam
D - Data Stream
Adatfolyam

S - Single – egyetlen
M - Multiple - többszörös

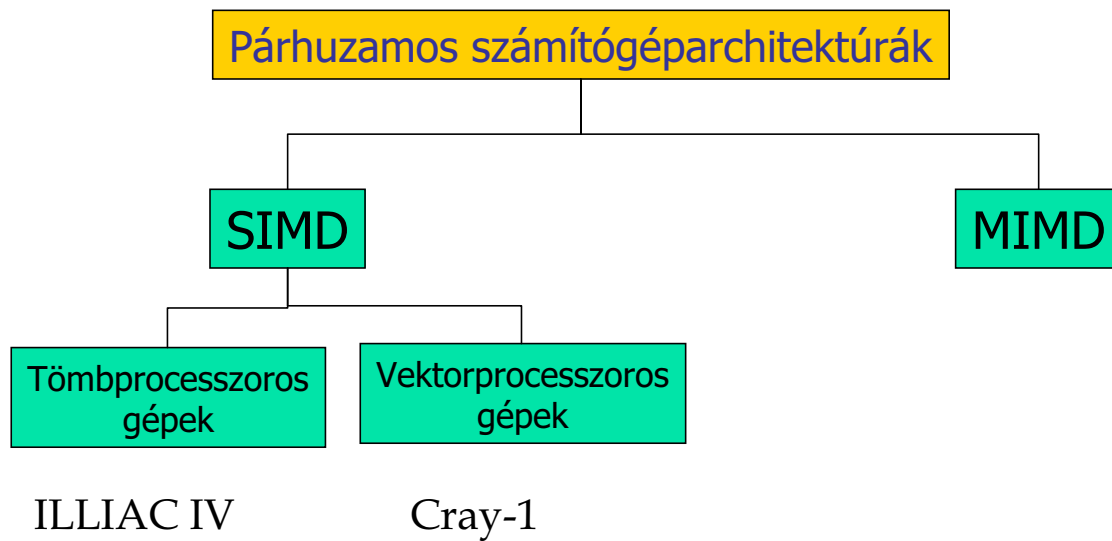
SISD architektúra



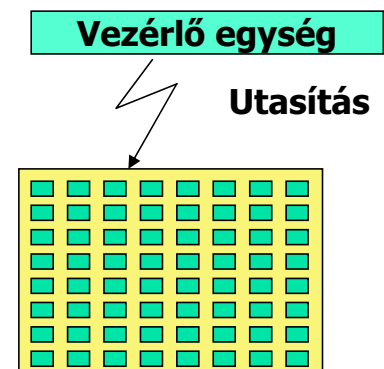
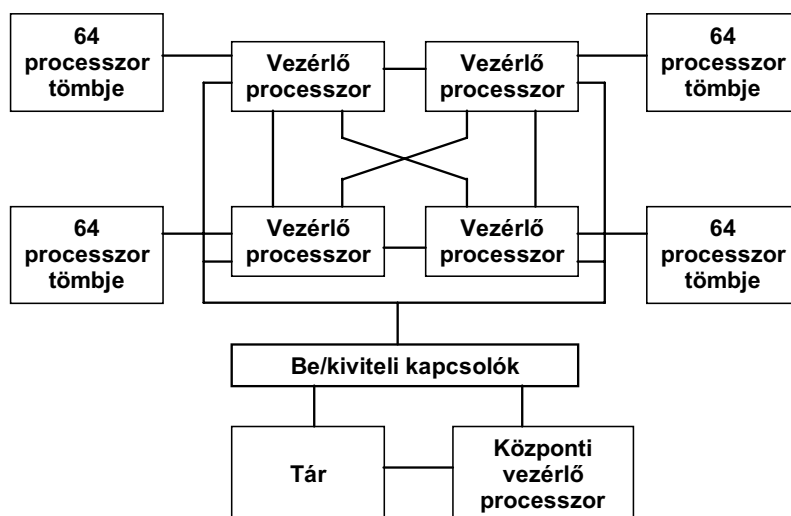
SIMD architektúra



A párhuzamos számítógéparchitektúrák osztályozása

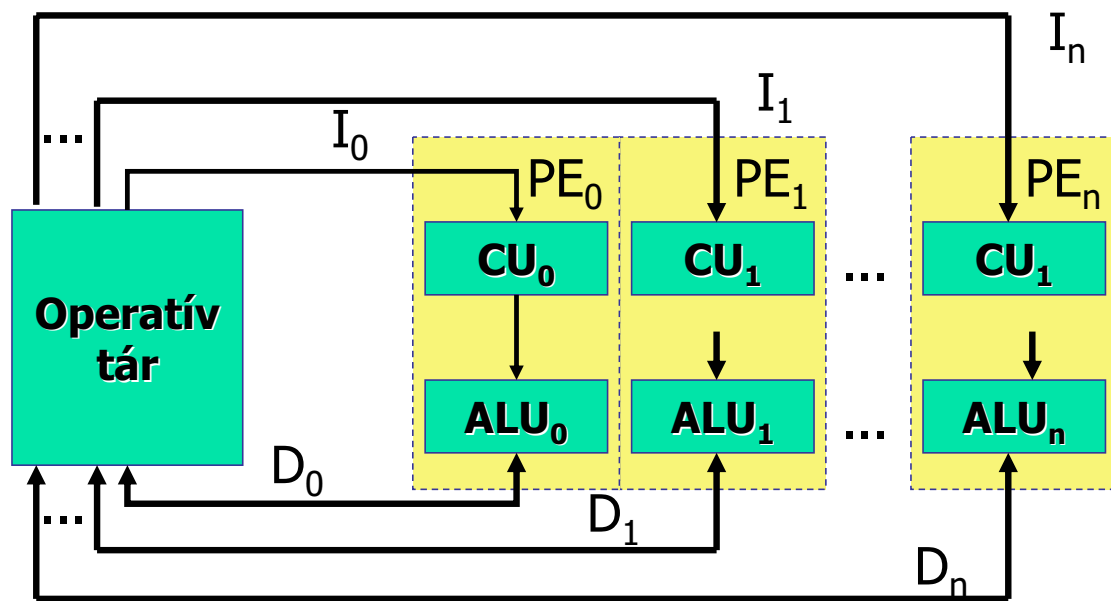


Tömbprocesszoros számítógép ILLIAC IV

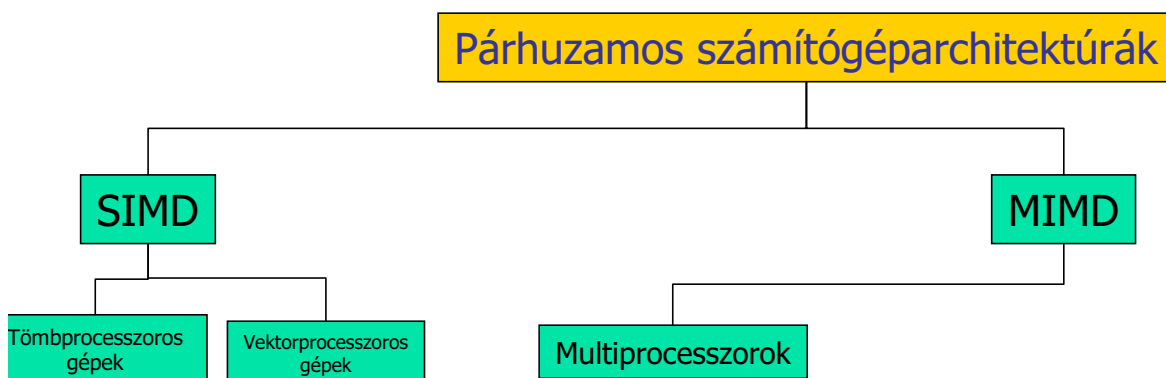


8x8 processzor/memória rács

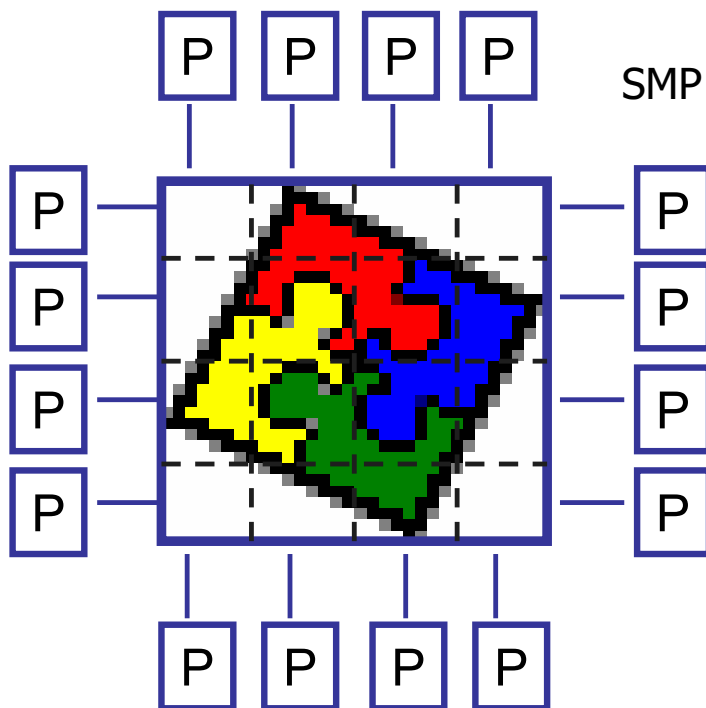
MIMD architektúra



A párhuzamos számítógépparchitektúrák osztályozása



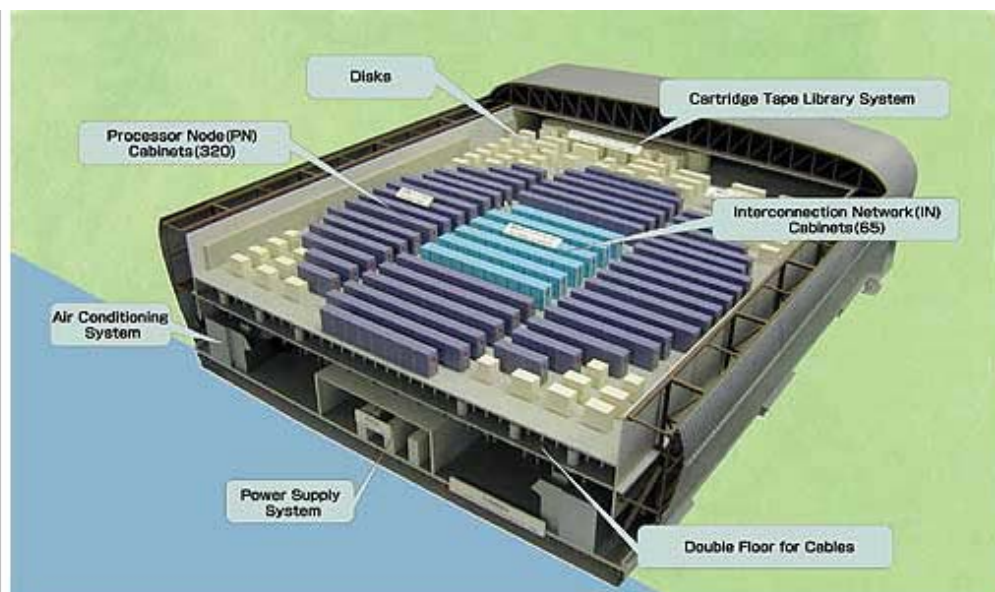
Multiprocesszor megosztott memóriával (Shared Memory)



SMP – Symmetric MultiProcessor

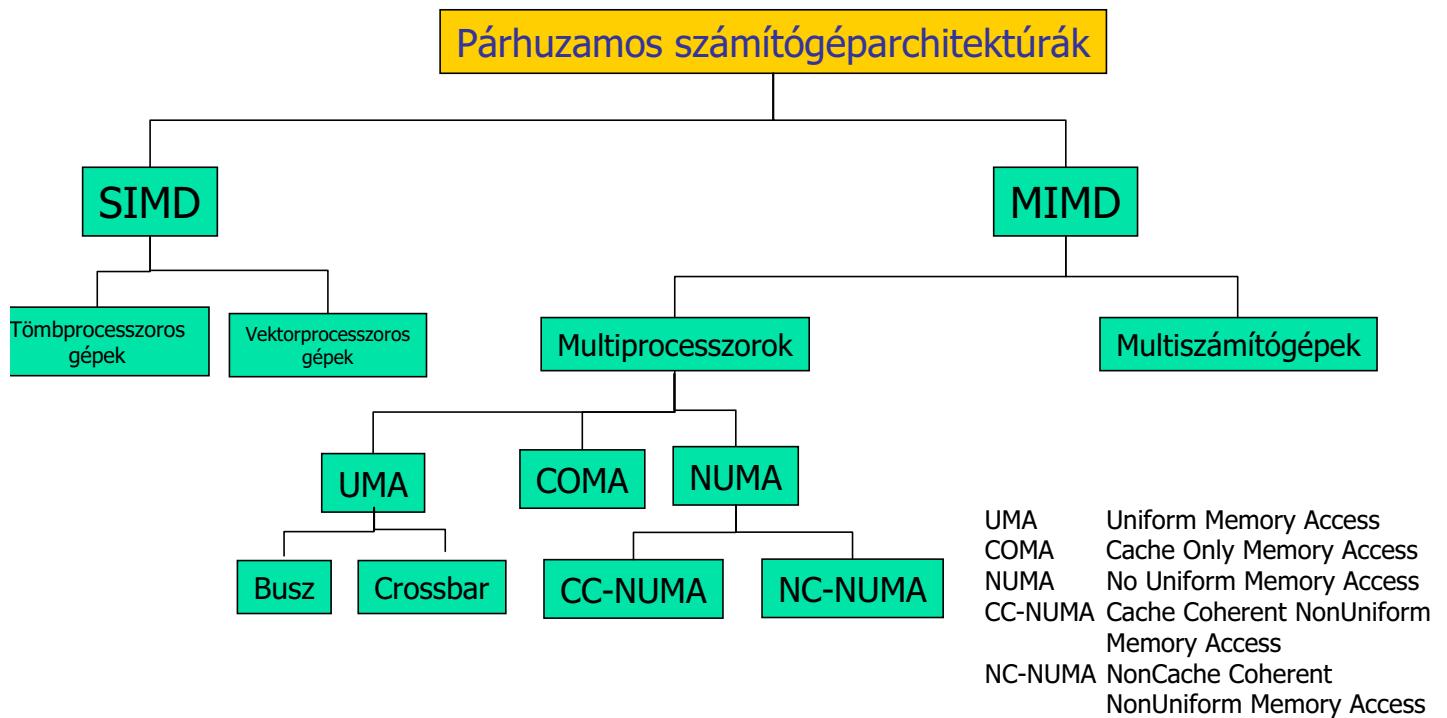
Sun Enterprise 10000
Sequent NUMA-Q
SGI Origin 2000
HP/Convex Exemplar

Az Earth Simulator (SMP)

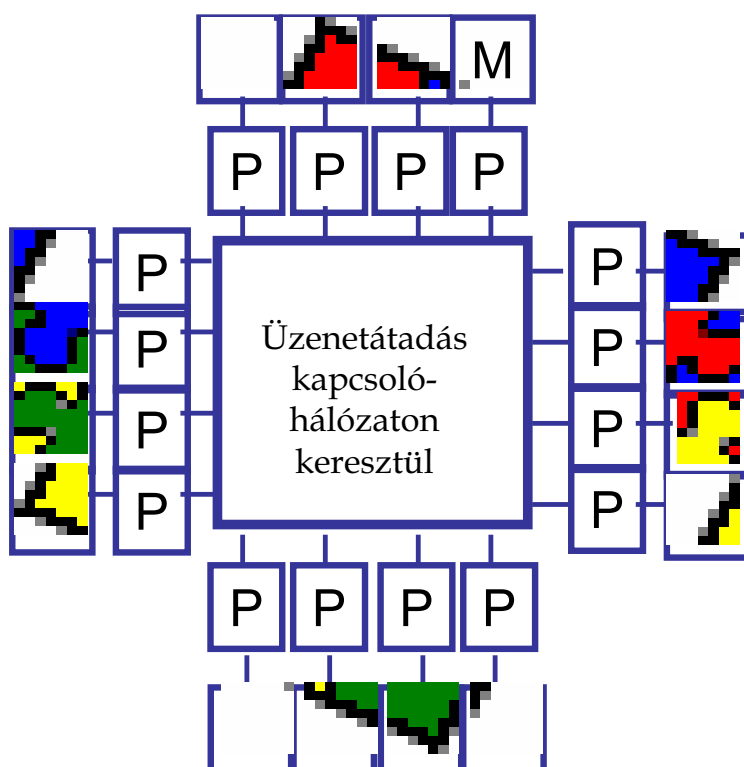


- 640 processor nodes, each consisting of eight vector processors are connected as a high speed interconnection network.

A párhuzamos számítógéparchitektúrák osztályozása

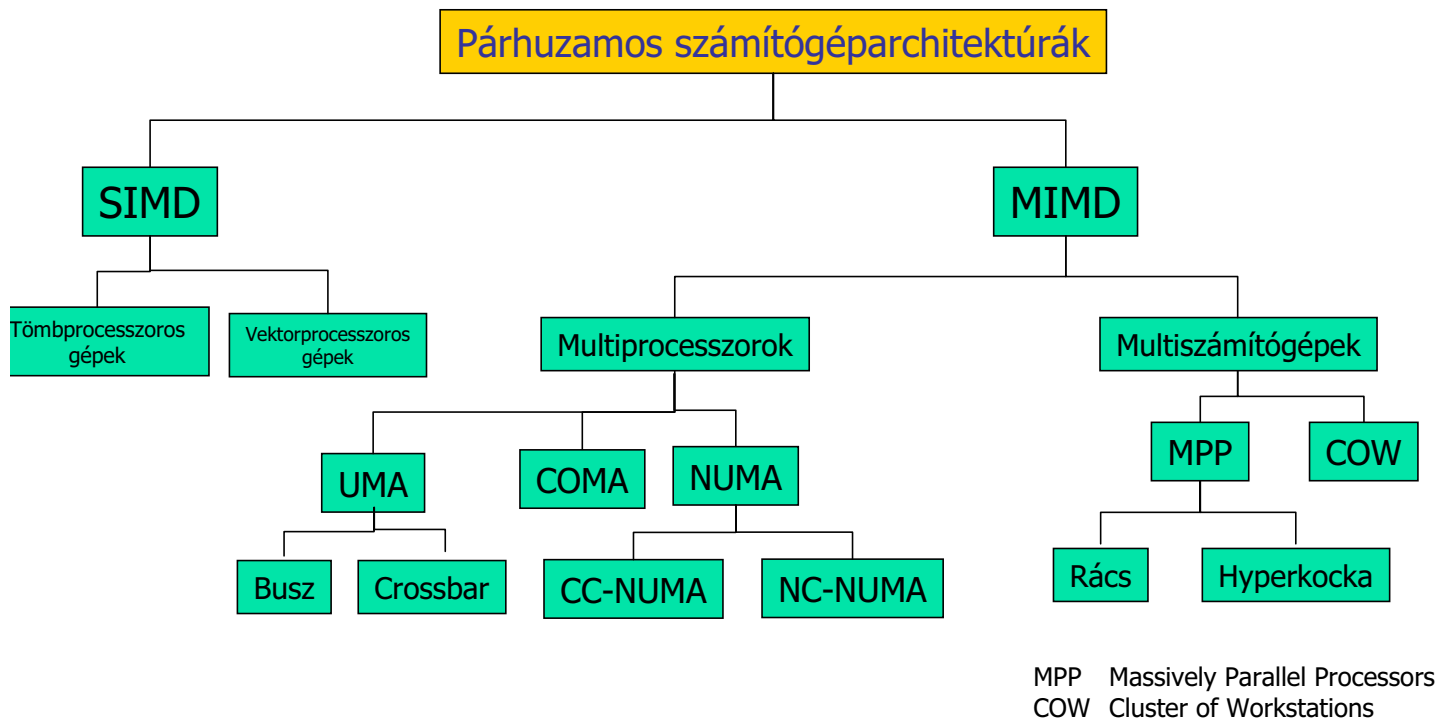


Multiszámítógép elosztott memóriával (Distributed Memory)

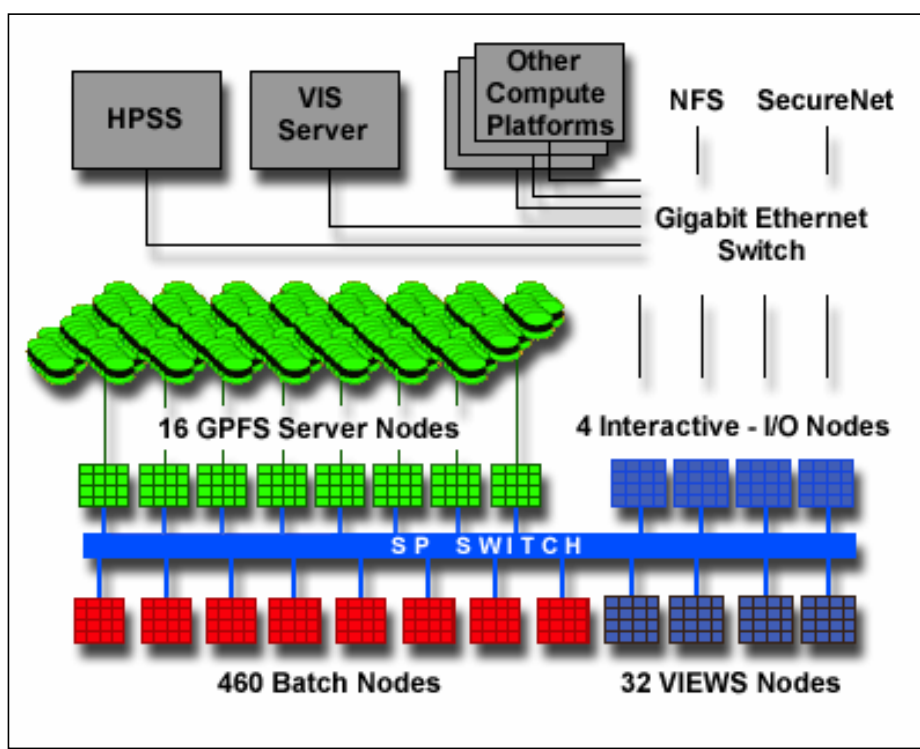


IBM SP/2
Intel/Sandia Option Red
Wisconsin COW

A párhuzamos számítógéparchitektúrák osztályozása



IBM ASCI White (MPP)



SW szintű párhuzamosítás

Utasítások szintje

Adatpárhuzamosság szintje

- azonos utasítások végrehajtása különböző adathalmazon

Párhuzamos programozás

Folyamatok szintje

- egy programon belül a folyamatok párhuzamos végrehajtása

Konkurrens programozás

Multitask üzemmód – programok párhuzamos végrehajtása

Többprocesszoros rendszerek osztályozása csatolás foka szerint

lazán csatolt rendszerek (számítógéphálózatok is)

- önálló, egymástól független számítógépek alkotják
- az adatátvitel kommunikációs interfészeken át bonyolódik
- szigorú átviteli protokollok szerint nagysebességű soros átviteli csatorna
- a hálózat csak a kommunikáció számára létezik
- bármelyik számítógép hozzáférhet bármely más gép erőforrásaihoz és adataihoz

szorosan csatolt rendszerek (valódi többprocesszoros rendszerek)

- általános célú processzorok azonos jellemzőkkel
- a processzorok közös tárterülettel rendelkeznek, a közös vagy osztott táron kívül lehet saját táruk is
- közös operációs rendszer
- a processzorok terhelése közel azonos
- gondosan kialakított szinkronizációs eljárásokra van szükség
 - közös sín
 - crossbar kapcsolat
 - többszörös hozzáférésű táruk

mérsékelten csatolt rendszerek (elosztott intelligenciájú rendszerek)

- önálló rendszerelemek alkotják, saját központi egység, programtár, adattár és be/kiviteli egységek
- a processzorok saját hozzárendelt feladatokat látnak el
- a processzorok az alkalmazói program be/kiviteli műveleteit és a rendszerkommunikációval kapcsolatos feladatokat is ellátják
- a processzorok komplexitása különböző lehet, a processzorok HW és SW kiépítettsége a feladathoz optimalizált
- a processzorok közötti kommunikáció főleg adatátvitelre korlátozódik, statikus terhelés

Párhuzamos számítógépek tervezési szempontjai

Processzorelemek - típusa, teljesítménye és száma
a minimális **ALU-tól** a komplett **számítógépekig**

Memóriamodulok – típusa, mérete és száma
a **CPU-ba integrálttól** a nagyméretű dinamikus
memóriamodulokig két-, három- vagy négyszintű cache-sel

A processzorelemek és a memóriamodulok **összekapcsolási módja**
statikus vagy **dinamikus**

A párhuzamosság mértéke Szemcsézettség

Durva szemcsézettség – az adott program túlnyomó részének
végrehajtása a programrészek közötti kevés
kommunikációval vagy teljesen kommunikáció nélkül
pl. **banki tranzakciós feldolgozó rendszerek**

Közepes szemcsézettség – egy program egyes részeinek
párhuzamos végrehajtása
konkurens programok

Finom szemcsézettség – a program egészének párhuzamos
végrehajtása, a programrészek azonos utasításokból állnak
párhuzamos programok

A kapcsolat kivitelezése

- Elektromos vagy optikai
- Soros, párhuzamos vagy csomagkapcsolt
- Szimplex, félduplex vagy duplex)
- szinkron vagy aszinkron
- Pufferelt vagy nem pufferelt
- Univerzális vagy tipizált

Egy közös busz

legegyszerűbb és legolcsóbb megoldás

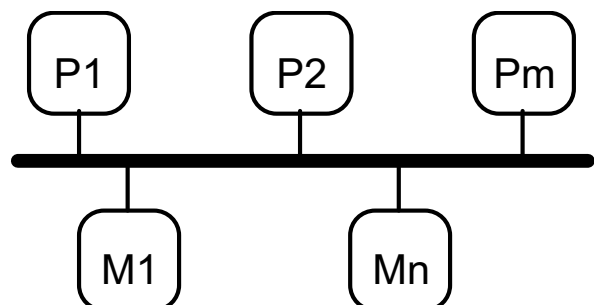
prioritás (fix, felfűzött, FIFO)

a busz átbocsátóképessége meghatározza az aktív processzorok számát

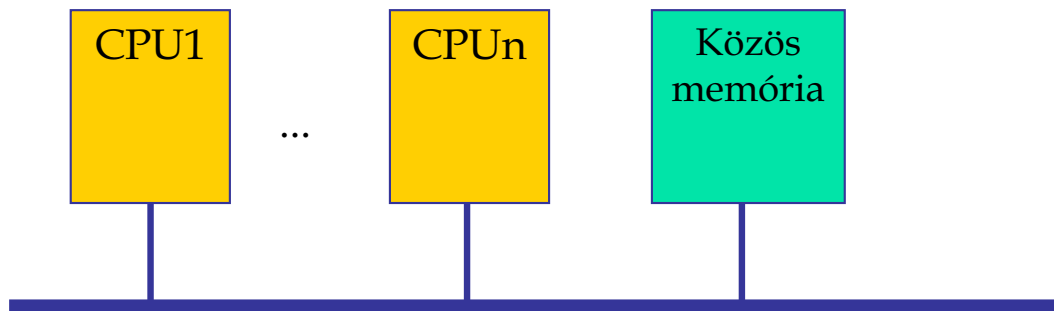
helyi tár használatával csökkentik a buszforgalmat

a busz meghibásodása a rendszer katasztrofális hibájához vezet

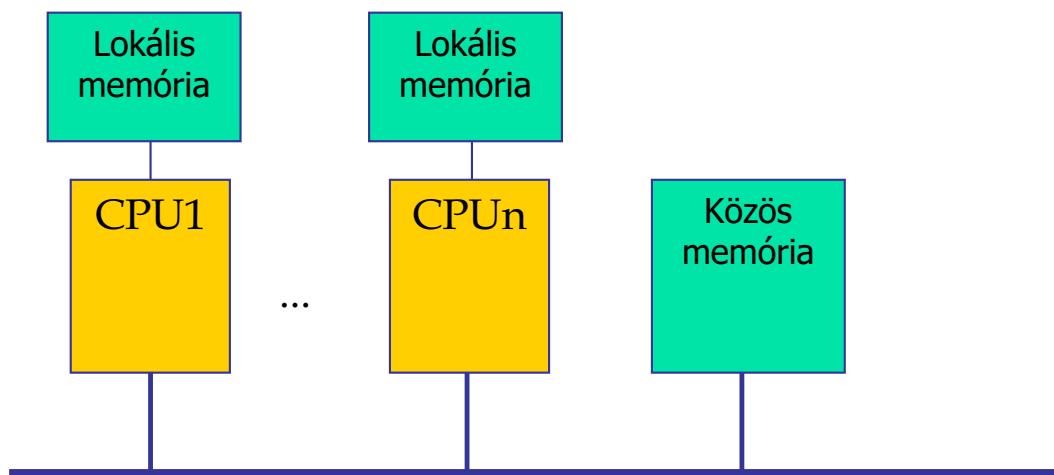
többszörös buszok alkalmazása



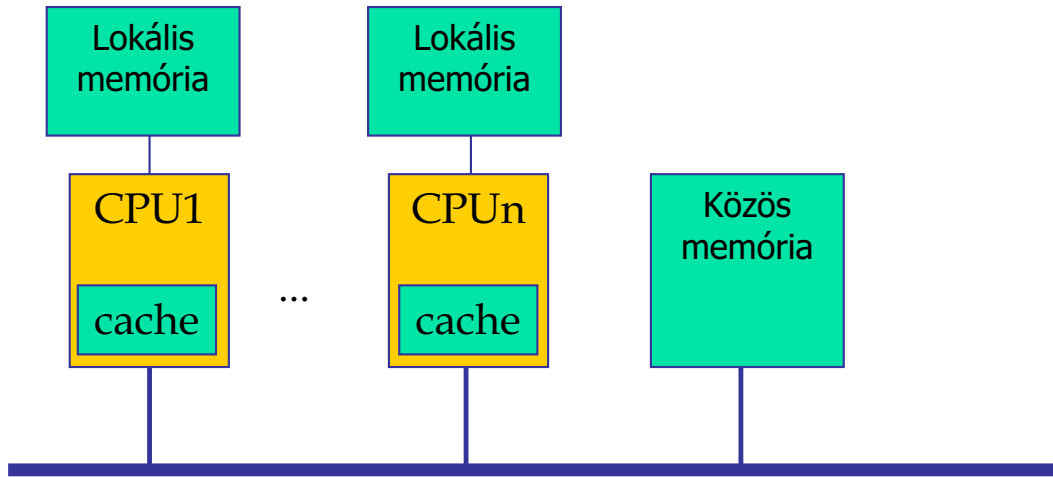
Többprocesszoros rendszer egyetlen busszal



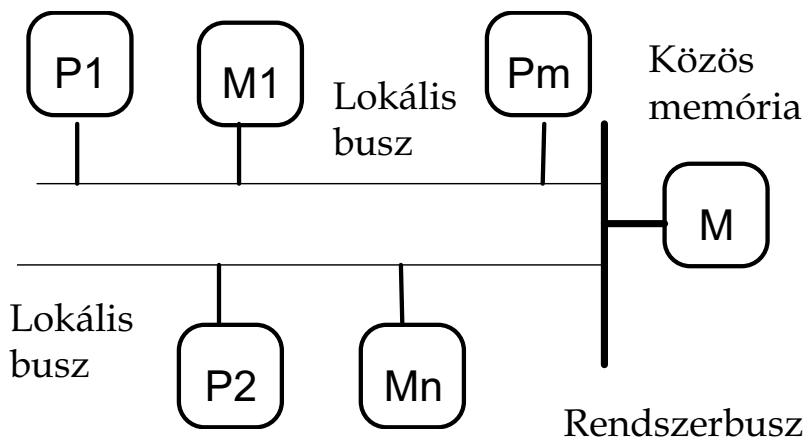
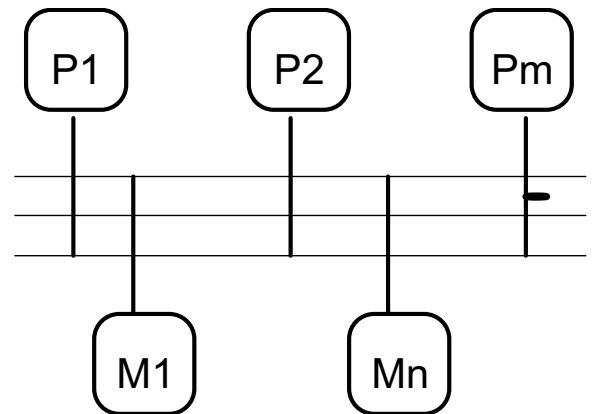
Többprocesszoros rendszer lokális memóriával



Többprocesszoros rendszer lokális memóriával és cache tárral

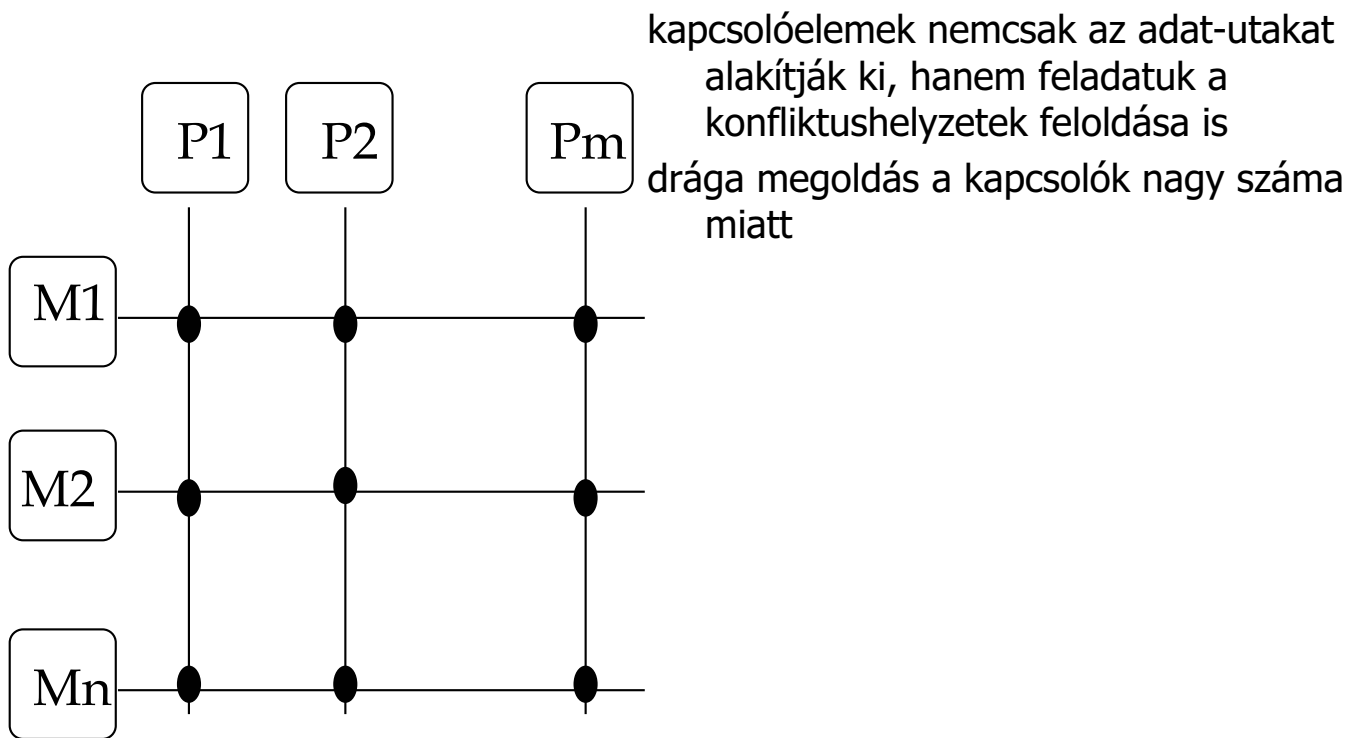


Többszörös busz

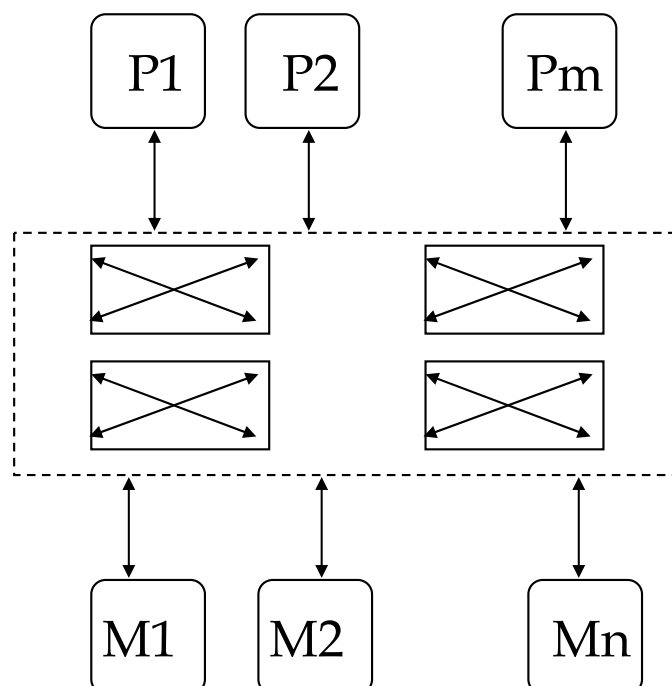


Rendszerbusz és lokális buszok

Crossbar kapcsolóhálózat

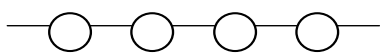


Többfokozatú crossbar kapcsolóhálózat

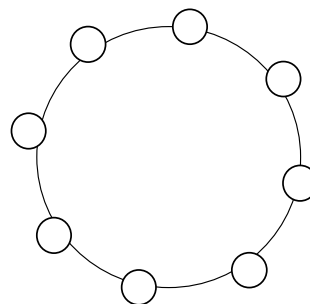


Topográfiaiák - Topológiák

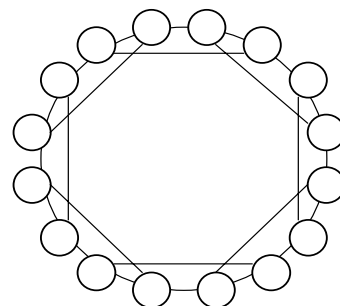
Cső



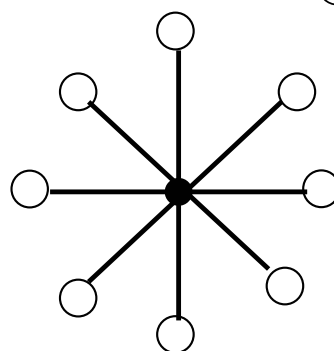
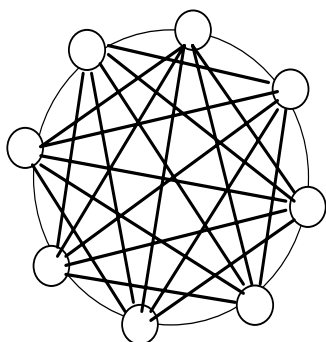
Gyűrű



Többszörös gyűrű

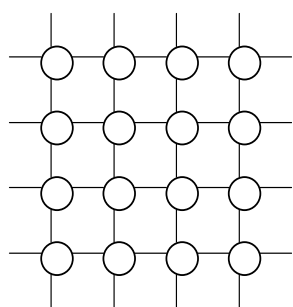


Teljes összeköttetés

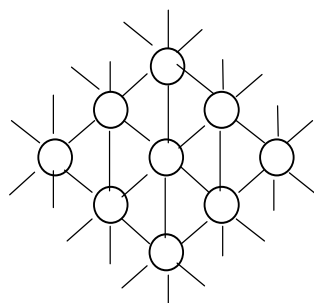


Csillag

Topográfiaiák - Topológiák

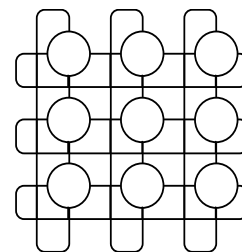


Rács

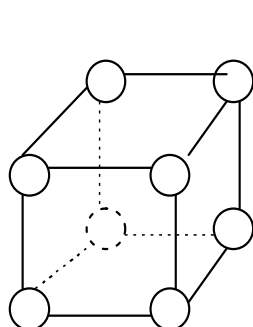


Hyperkocka

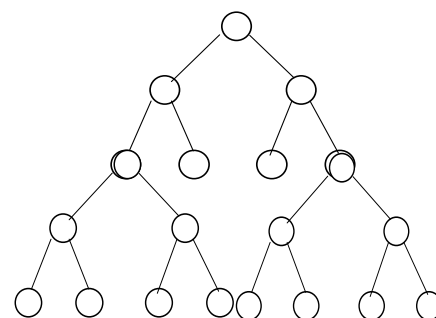
*Henger
vagy gömb*



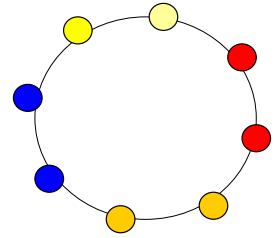
Kocka



Fa



A kapcsolatok jellemzői



Egyidejűség (*simultaneity*) a rendszer egyidejűleg kommunikáló processzorainak az aránya

$$S = m/N$$

m – az egy időben üzenetet küldő processzorok száma

Üzenetterítés (*broadcast scope*)

a rendszer egy adatalelmet max. hány processzorhoz képes egyszerre továbbítani

$$B = b/(N-1)$$

b – az egy időben üzenetet fogadó processzorok száma

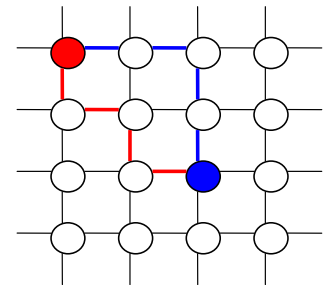
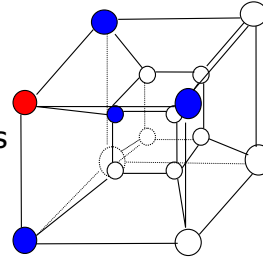
Összekötöttség (*connectivity*)

egy processzorközi kapcsolat lehetséges útvonalainak az aránya

$$C = r/N!$$

r – az átvitel különböző lehetséges útvonalainak a száma

N – a rendszer összes processzorának száma



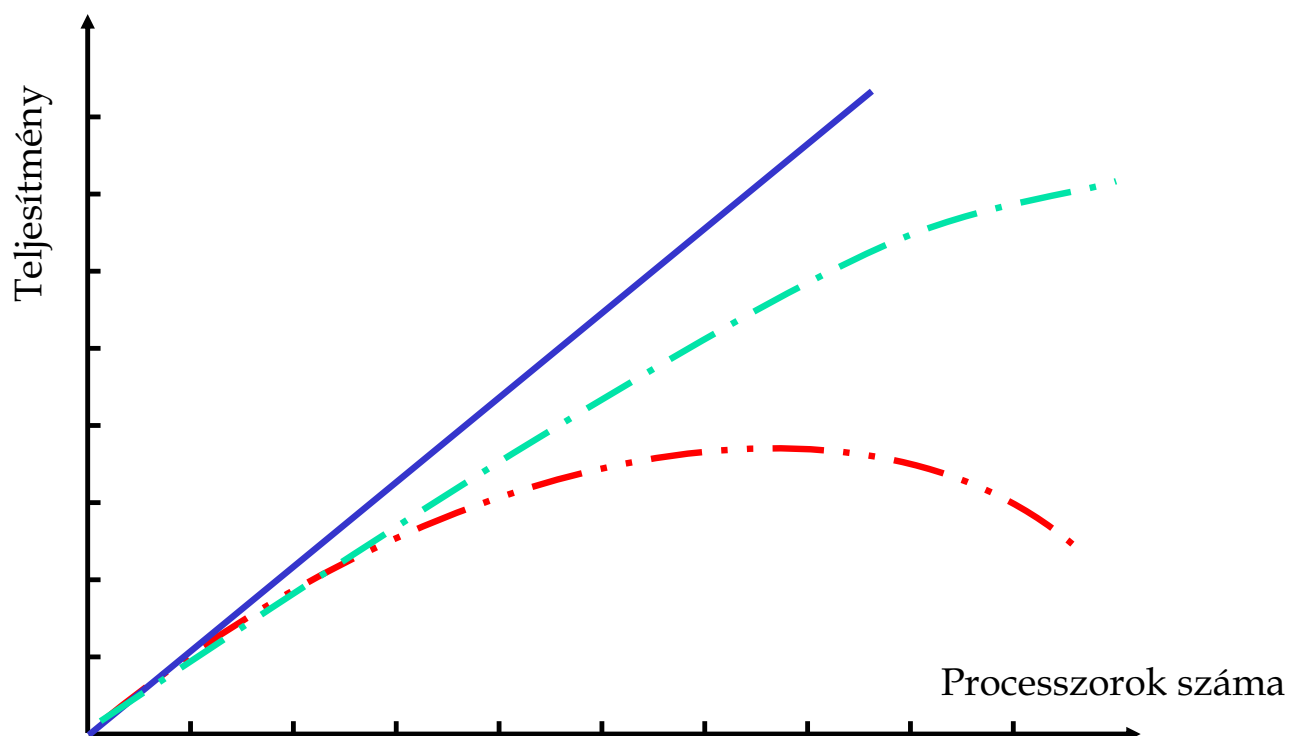
Többprocesszoros rendszerek előnye az egyprocesszoros rendszerekkel szemben

- nagyobb **hatékonyság/ár arány** a többszörözött olcsó hardveregységek használatának köszönhetően
- nagyobb **teljesítő- vagy átbocsátóképesség**
- nagyobb és **összetettebb** feladatok megoldása
- könnyű **átkonfigurálhatóság**, rugalmasság
- nagyobb **megbízhatóság** redundáns elemek viszonylag olcsó alkalmazásával

Többprocesszoros rendszerek értékelése

- feldolgozási teljesítőképesség
- ár/teljesítmény viszony
- közös erőforráshasználat
 - konfliktusmentesség
- a rendszer megbízhatósága
 - rendelkezésre állás: MTBF + MTTR
 - hibatűrés
- szervizelhetőség
 - karbantarthatóság
 - javíthatóság
- rugalmasság - átkonfigurálhatóság

A többprocesszoros rendszerek teljesítménynövekedése

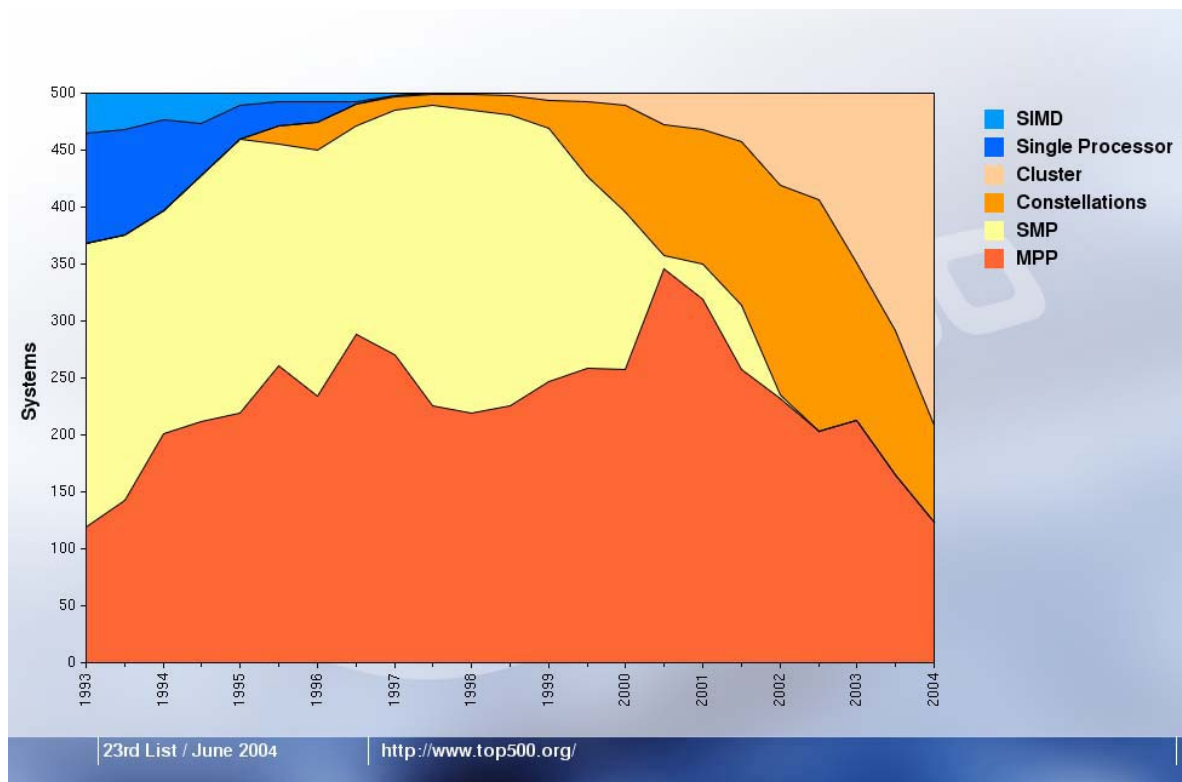


Aktuális TOP500 lista

<http://www.top500.org/>

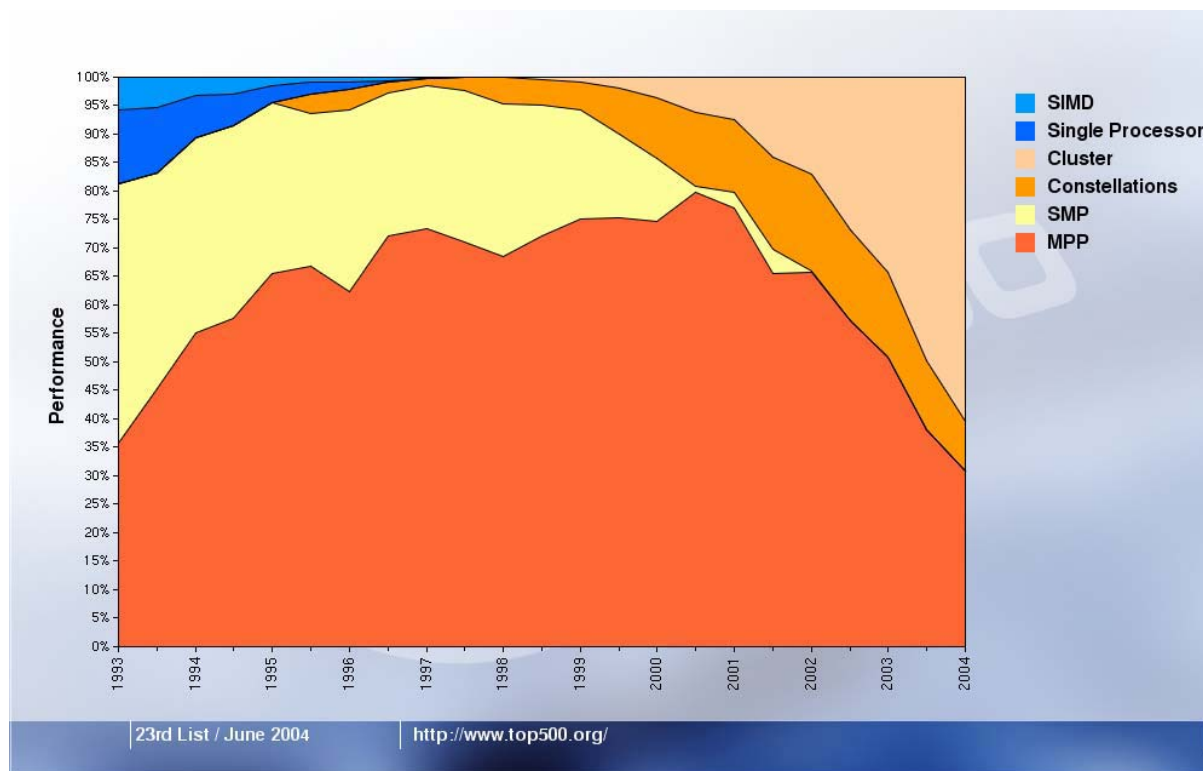
Az aktuális TOP500 lista minden évben kétszer készül a meghirdetett konferenciákon. A Benchmark teszten az adott határidőig benevezett számítógép rendszerek vesznek részt.

A szuperszámítógépek trendje architektúrájuk szerint



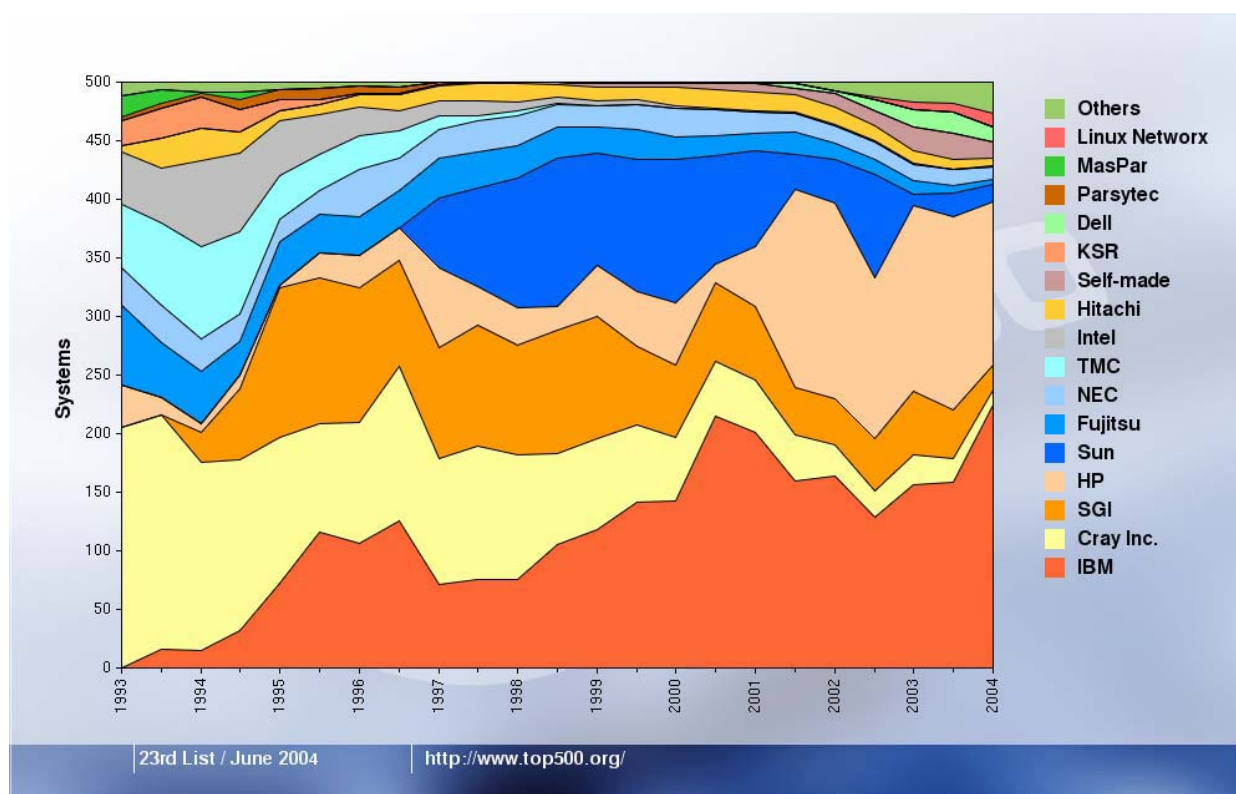
A szuperszámítógépek trendje

A teljesítmény alakulása

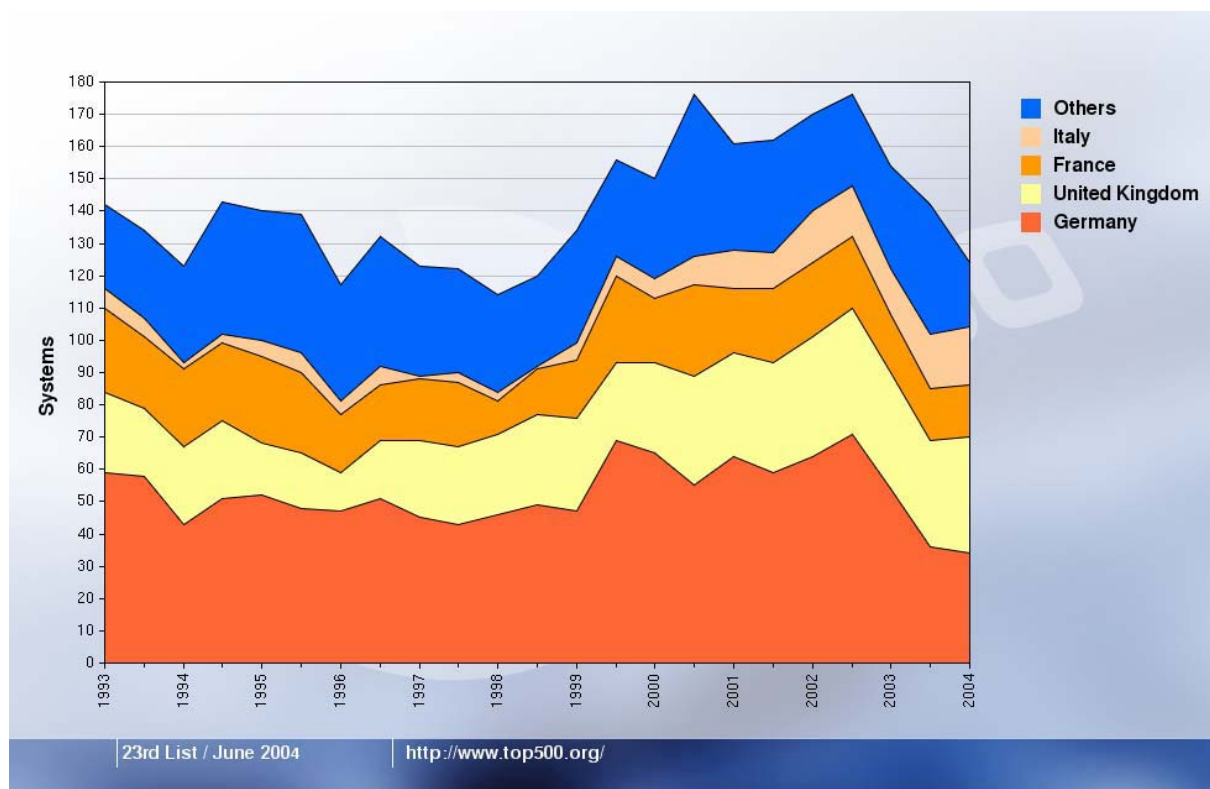


A szuperszámítógépek trendje

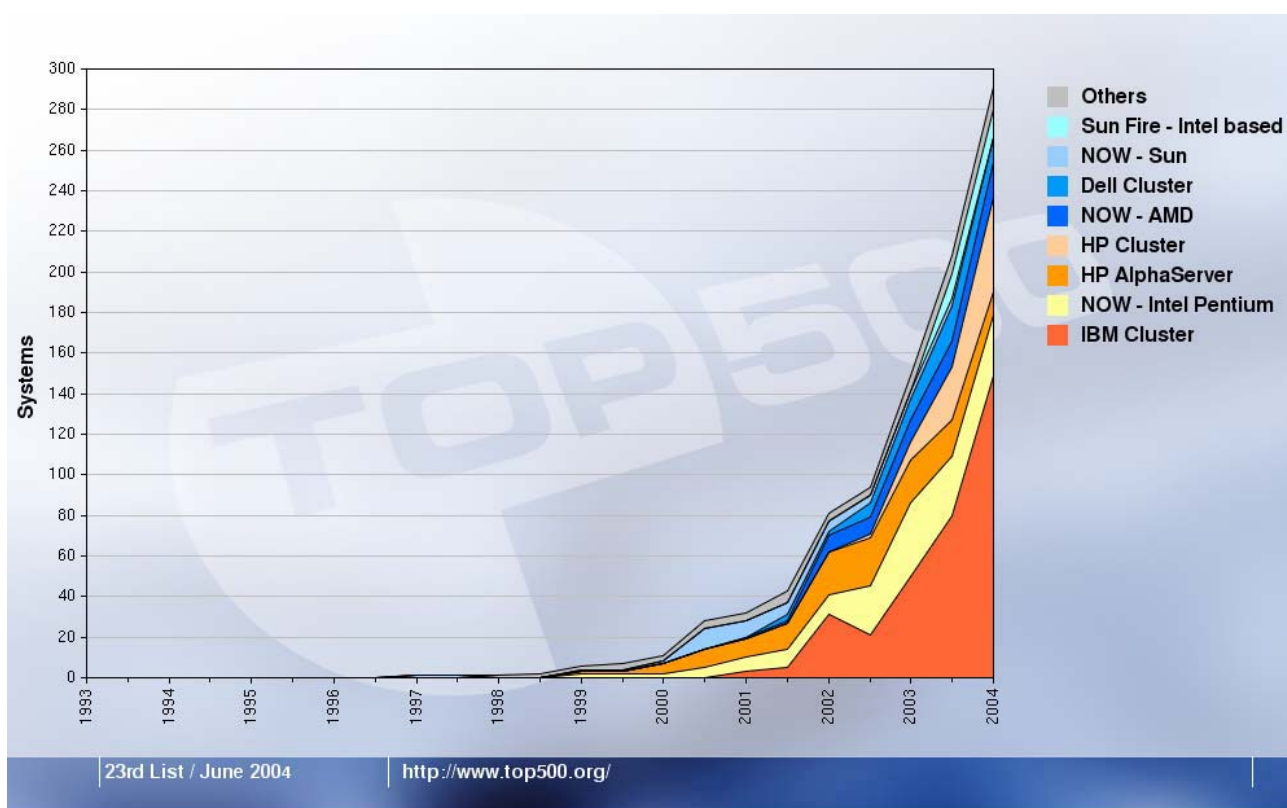
gyártó cég szerint



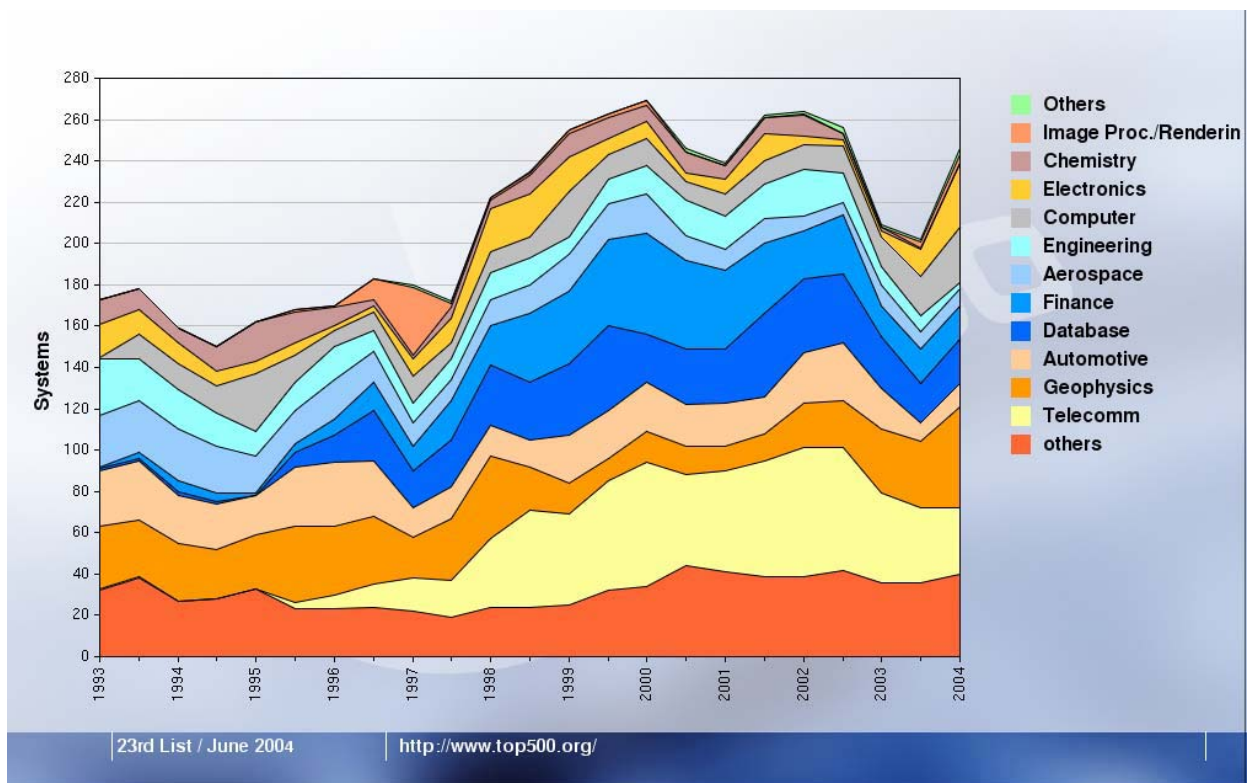
A szuperszámítógépek trendje Európai installációk



A szuperszámítógépek trendje A clusterek terjedése



A szuperszámítógépek trendje Alkalmazási terület



Többprocesszoros rendszerek főbb alkalmazási területei

- tudományos számítások asztrofizika, meteorológia
- szimulációk végeelem számítások
- vezérlések légiközlekedési irányítórendszerek
- kép- és jelfeldolgozás orvosi diagnosztikai rendszerek
- szerverek adatbáziskezelés, információs rendszerek
- mesterséges intelligencia optimumkeresés
- stb.