

Számítógép architektúrák alapjai

Hallgatói jegyzet

Buszrendszer

2023

Tartalom

1.	Buszrendszer	1
1.1.	Jellemzői	1
1.2.	Csoportosítás	1
1.3.	Történeti áttekintés	3
1.4.	PCI szabvány	3
1.5.	USB szabvány	3
1.5.1.	Fejlődése	3
1.5.2.	Csatlakozók	4
1.6.	PCI Express	4
1.7.	Párhuzamos és soros buszok összehasonlítása	5
1.8.	Font-Side Bus	6
1.9.	HyperTransport	8
1.10.	QuickPath Interconnect	9
1.11.	Direct Media Interface	11

Készítette: Kováts Máté

A jegyzet Durczy Levente 2019 őszi Számítógép architektúrák alapjai előadás videói alapján készült.

Segítséget jelentett Uhrin Ádám és Nagy Enikő korábbi jegyzetei.

1. Buszrendszer

1.1. Jellemzői

A buszrendszer a CPU, memória és perifériák közötti kommunikációra szolgál. A kommunikáció infrastrukturális része és a felhasználó számára transzparens. Kommunikáció a buszrendszeren szervezett és egységes módon történik. Az eszközök egymással kizárolag a buszrendszeren keresztül tudnak kommunikálni.

Például: SATA, USB, PCIe

Egy rendszerre általában egyszerre több egység kapcsolódik, amihez meg kell oldani:

- adatátvitelben résztvevő eszközök kijelölését
- meg kell határozni az átvitel irányát
- szinkronizálást

Mindezekhez fontos eszköz a **szabványosítás** (jelhasználat, vezetékkiosztás), melynek következménye, hogy az eszközök könnyen cserélhetők.

1.2. Csoportosítás

1. átvitel iránya szerint:

- a. szimplex: egy irányba képes az adatátvitelre

Például: címbusz

- b. félduplex: minden irányba, de egy időben csak egy irányba közlekedik az adat
- c. duplex: egy időben két irányba is közlekedik az adat

Például: adatbusz, USB-C

2. átvitt tartalom szerint:

- a. címbusz: eszközök címzésére szolgál

- b. adatbusz: adatokat juttatja el az operatív tárból és perifériákból a processzor felé és vissza

Sávszélessége folyamatosan növekedett (8, 16, 32, 64 bit ...)

Közös lehet a vezeték a címbusszal → időbeli multiplexéssel oldják meg, amihez vezérlővonalak szükségesek

- c. vezérlőbusz: : 4 típusú vezérlőjelet különböztetünk meg:

- Adatátvitelt vezérlő jelek:

- M/IO: megmondja, hogy a buszon memória vagy periféria van címmezve
- R/W: adatáramlás irányát adja meg a CPU felől nézve
- WD/B: megadja az adat méretét
- D/S: az adat felhelyezését jelzi a memória számára
- A/S: a cím felhelyezését jelzi a memória számára
- RDY: az átvitel befejezését / a busz rendelkezésre állását jelzi

- Megszakítást vezérlő jelek:

- Megszakítást kérő jel
- Megszakítást visszaigazoló jel

- Buszvezérlő jelek: busz foglalásra, igazolásra szolgáló jelek
- Egyéb vagy speciális vezérlőjelek:
 - Reset
 - CLK

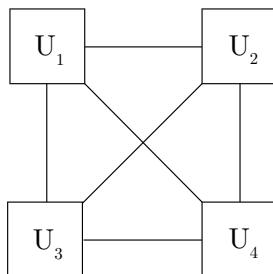
3. átvitel jellege szerint:

- dedikált: minden egység mindegyikkel össze van kötve

Például: Intel QPI

Előny: gyors, közvetlen kommunikáció

Hátrány: merev és nehezen bővíthető

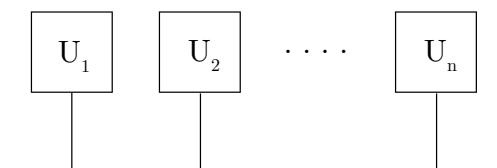


- shared: buszvezérlő utasításokra van szükség vezérlő vonalakon keresztül az ütközések elkerülésére

Előny: olcsó, egyszerű megvalósítás, könnyen bővíthető

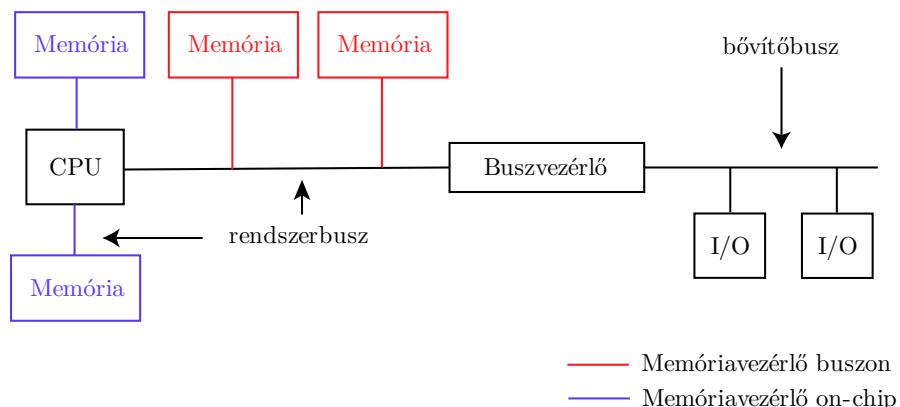
Hátrány: viszonylag lassú, vezérlés bonyolult, meghibásodás esetén több eszköz kieshet

Például: SATA, USB



4. összekapcsolt területek alapján:

- rendszerbusz: adatbusz + címbusz
- bővítőbusz: ide tartozik a PCI, PCIe, USB



5. átvitel módja szerint:

- soros
- párhuzamos

1.3. Történeti áttekintés

A kezdetekben nem voltak egységes buszok, minden gyártó saját magának alakított ki csatlakozó felületeket, amivel a perifériákat a processzorhoz tudták kapcsolni.

1981-ben az IBM létrehozta az első buszrendszerét, ami nyílt csatlakozási leírás, majd később szabvány lett az I/O csatlakozáshoz. Szabványosítás ez esetben azt jelenti, hogy definiálva van egy vezeték köteg és általános célú csatlakozók kiosztása. Az IBM 2x31 pólusú csatlakozó készített, melyet 8 bites adat és 20 bites címvezeték szolgált ki.

Mivel így bármilyen eszköz csatlakoztathatóvá vált, azért, hogy a processzor tudja milyen eszköz is csatlakozik, megjelentek a driverek. Ennek hatására platformfüggetlen megoldások kezdtek elterjedni (SATA, USB, ...), amik a CPU-tól független szabványos illesztést biztosítanak.

Kezdetben soros buszok voltak, később jelentek csak meg a párhuzamos buszok. Utolsó bővítőbusz, ami megjelent az a PCI busz.

1.4. PCI szabvány

Annyival nyújtott többet, mint a többi, hogy a PCI buszra csatlakoztatott perifériákat a CPU úgy látja, mintha azok közvetlenül a rendszerbuszra lennének csatlakoztatva, vagyis az általa látott címtérből látja el memóriacímekkel.

Előnye:

- gyorsabb adatátvitel (mondhatni közelebb kerülnek az perifériák a CPU-hoz)
- viszonylag olcsó
- egyszerű és széleskörben elfogadott

A specifikáció magába foglalja a fizikai méreteket, csatlakozó kiosztást, adatátviteli időzítést, protokollokat.

1.5. USB szabvány

- periféria busz
- 1995-ben kezdték el kifejleszteni az akkori nagy IT vállalatok (DEC, Microsoft, IBM, ...)

1.5.1. Fejlődése

Kiadás éve	Szabvány verzió	Átviteli sebesség
1998	USB 1.1 (első működőképes verzió)	12 Mb/s
2000	USB 2.0	480 Mb/s
2008	USB 3.0	5Gb/s
2013	USB 3.1	10Gb/s
2017	USB 3.2	20Gb/s
2019	USB 4	40Gb/s

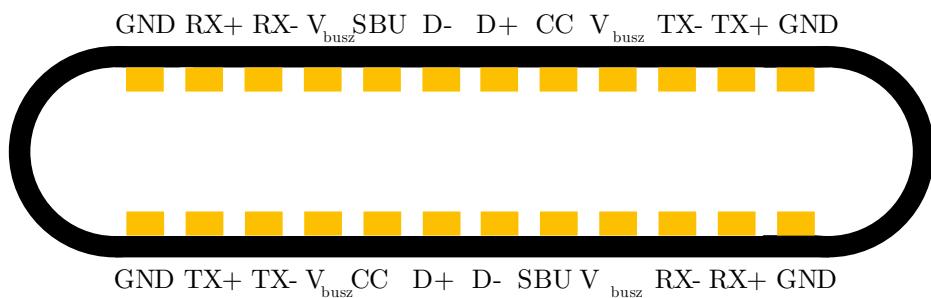
Kihívója az Intel által fejlesztett Thunderbolt 3, ami PCI Express alapokon nyugszik. Előnye, hogy támogatja az USB, HDMI és Ethernet szabványt.

1.5.2. Csatlakozók

- a) hagyományos (USB-A/USB-B)
 - o 2 érpárt tartalmaz
 - o teljesítmény maximum 5W



- b) USB-C
 - o 4 érpárt tartalmaz
 - o 24 pines csatlakozó: 2x12 érintkező szimmetrikus kiosztásban
 - o teljesítmény 15W (3A 5V)



- Mind a két végén van egy földcsatlakozó
- TX+ TX- nagysebességű adatküldési vezetékpár
- V_{busz} az áramellátást biztosítja
- D+ D- USB 2.0 adatátviteli vezeték
- RX- RX+ nagysebességű adatfogadási vezetékpár
- CC, SBU alternatív vezetékek, akár videójelek továbbítására

1.6. PCI Express

2004-ben jelent meg az Intel, HP és Dell közreműködésével.

- soros busz → kevesebb érintkező
- nagy sebességű
- hot-plug funkcióval rendelkezik: menet közben is lekapcsolható

PCIe	PCI
pont-pont	megosztott párhuzamos architektúrát használ minden eszköz
különálló vonalak kapcsolják az eszközöket a buszvezérlőhöz	minden eszköz közös cím- adat- és vezérlővonala használ
duplex	több master esetén arbitráls (buszfoglalás) történik

egy időben több végpont párhuzamosan kommunikálhat	egy időben egyetlen master működhet egy irányban
többféle szélességű aljzat (1, 4, 8, 16, 32-szeres) → rugalmás	egyetlen, közös, nagy teljesítményű busz
Buszprotokoll csomagokba ágyazza az adatokat	

1.7. Párhuzamos és soros buszok összehasonlítása

Kezdetben soros buszokat használtak, majd áttértek párhuzamosra. Ennek oka, hogy 32-64 bitet sokkal egyszerűbbé vált már párhuzamosan átküldeni, csak elég vezeték kellett hozzá.

Vezetékek száma

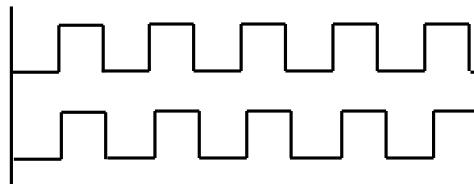
Nagy előnye viszont a hátránya is a párhuzamos adatátvitelnek. A sok vezeték komplex és drága, ráadásul sok helyet foglal (+nagy csatlakozási felület).

Soros adatátvitel esetén elég egy vezeték is, illetve a biteket bitsorozatként kódolva lehet átküldeni, ehhez viszont plusz hardver szükséges.

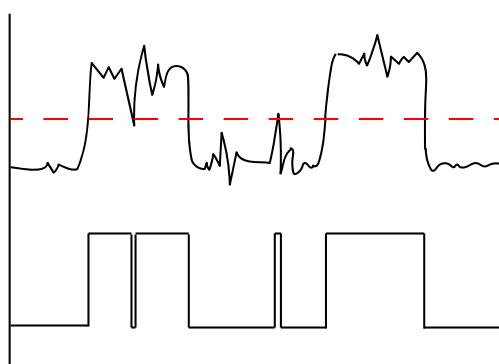
Sebesség

A frekvencia a 2000-es évek elejére jelentősen megnőtt. Kezdetben a párhuzamos adatátvitel alacsony frekvencián könnyen implementálható volt, viszont a magas frekvenciás átvitelnél problémák jelentek meg:

1. Delay Skew (időbeli eltérés): már kis vezeték hossznál is elég magas frekvencián elcsúszás lehet a jelekben. Nem ugyanabban az időpillanatban fognak megérkezni.



2. Sok párhuzamos vezeték elektromágneses interferenciát (EMI) generál, ami zaj. A zaj annyira torzíthatja a jelet, hogy kiesve az érzékelési tartományból hibásan értelmezhető.



3. Vezetékek közötti áthallás, ami szintén interferenciát generál. Minél nagyobb a vezeték annál nagyobb, ezért a távolság limitált párhuzamos rendszerekben.

Soros busznál ezek a problémák megszűnnék, ezért azt nagyobb távolságra biztosítja az adatátvitelt, a párhuzamos kisebbre.

A mai napig egyetlen hely a számítógében, ahol párhuzamos adatátvitelt használnak az a CPU és memória közt van. Ezért van a CPU-hoz a lehető legközelebb.

1.8. Font-Side Bus

A chipset az alaplapon elhelyezett szakosodott chipek. Az első chipsetek IBM PC-kben és 286-os architektúrákban jelentek meg.

A processzorok sebessége gyorsabban növekedett, mint a környező rendszereké és perifériáké. A párhuzamos adatfeldolgozás révén (lásd: Korszerű architektúrák I.) a processzor teljesítménye jobban nőtt, mint az adatáramlás sebessége. Ehhez alkalmazkodni kellett, ezért a teljesítmény növekedés céljából az lett a cél, hogy az eddig egyetlen elsődleges buszrendszer kiváltsák.

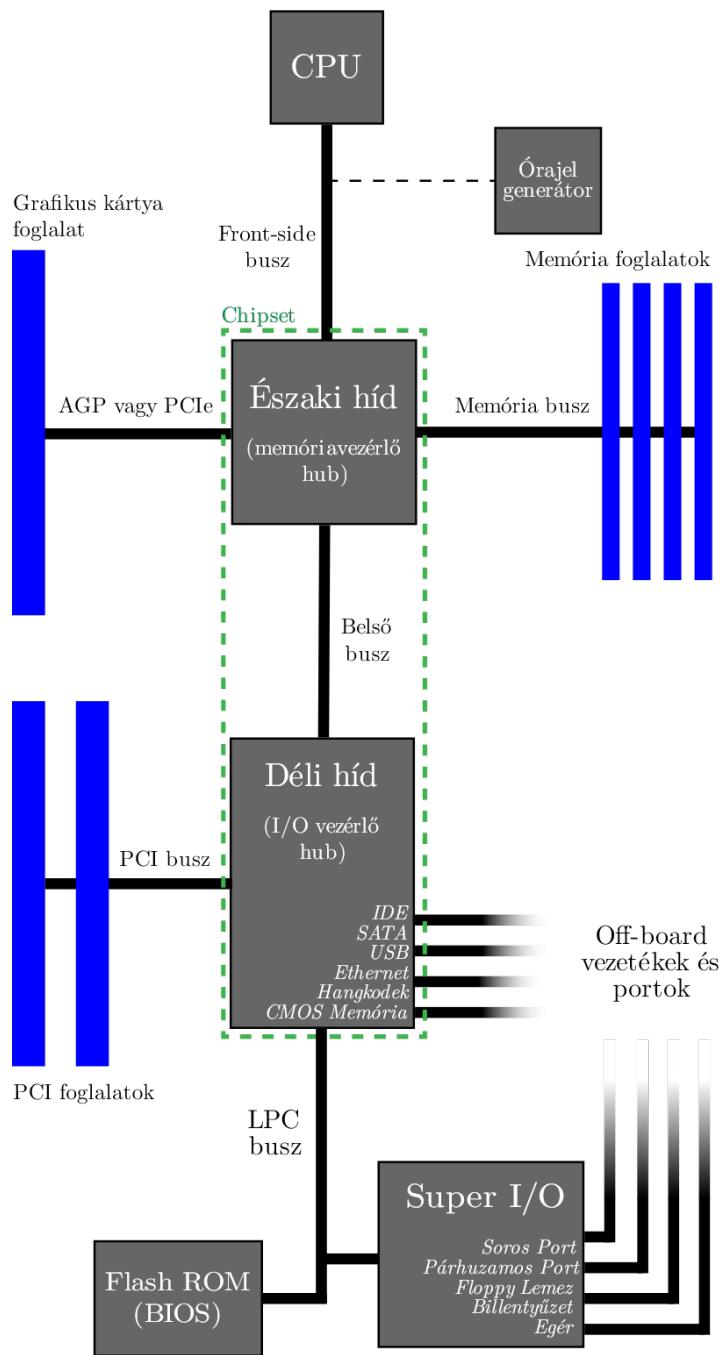
Intel esetében egy többmagos processzoron belül a back-side busz belső (magok és cachek közti), míg a 64 bites front-side busz (FSB) a külső (CPU és azon kívüli) kommunikációra szolgált.

Ez két chipben valósult meg:

- Északi híd: memóriákkal és grafikus interfésszel biztosítja a kapcsolatot
 - o gyorsabb
- Déli híd: lassabb perifériák kiszolgálására szakosodott buszvezérlő
 - o lassabb

Ezen a chipseten keresztül csatolja a külső interfészket a CPU-hoz. Az FSB sokkal lassabb, mint a back-side busz. Fejlődése 65 MHz-től 400Mhz-ig tartott.

A belső busz eredetileg PCI, később nagy sebességű buszként a két chip közötti kapcsolatot teremtette meg.



A fejlődés következő lépcsőjét az északi híd CPU-ba való integrálása jelentette.

A fejlődés mozgató rugói:

- A CPU-k még mindig gyorsabbak, mint a külső eszközök
- Többmagos CPU-k és többprocesszoros rendszerekben ez a szakadék fokozódik

Cél a I/O szűk keresztmetszet mérséklése. A megoldás lapkán lévő többszintű gyorsítótárak bevezetése memoriakezeléshez. Azok az eszközök, amik a memória eléréséhez lassú buszrendszereket használnak, szintén szenvednek a megfelelő sávszélesség hiánya miatt.

I/O eszközök és memória kapcsolata:

1. Megosztott busz (pl.: PCI)
2. Pont-pont kapcsolat (pl. PCIe, HyperTTransport, Quick Path Interconnect)

1.9. HyperTransport

AMD fejlesztette ki a memóriavezérlő a processzorba való integrálásával.

- Kétirányú
- Soros/párhuzamos szélessávú
- Alacsony késleltetésű

Több hasonlóságot mutat a PCIe-vel:

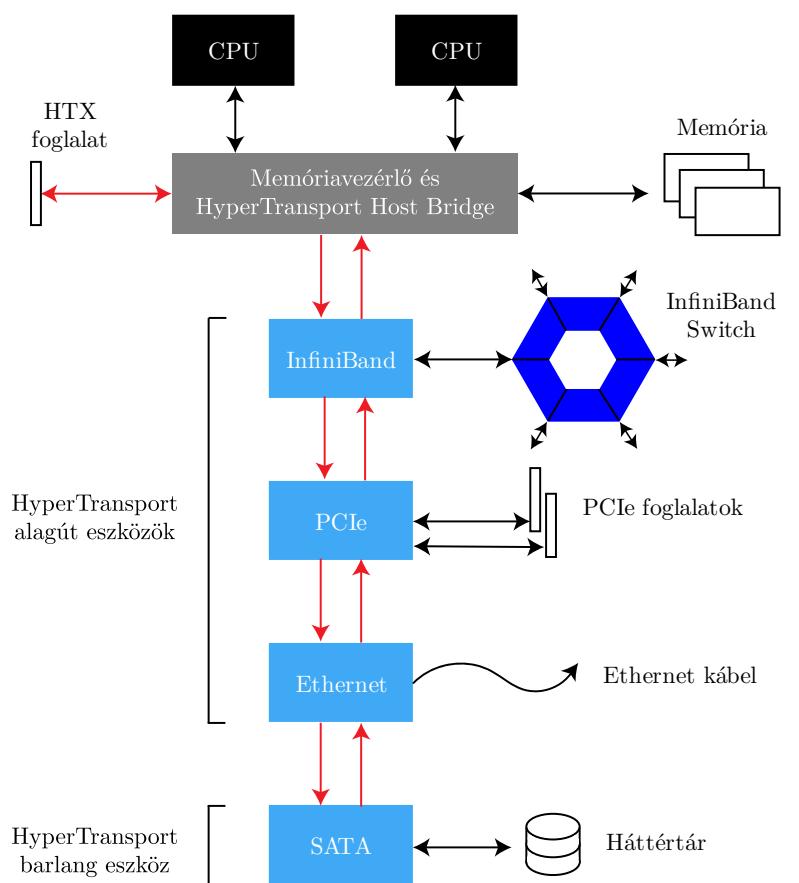
- többcstornás (4, 8, 16, 32)
- csomagkapcsolt rendszer

A képen egy 4 belső, duál szimplex linkkel rendelkező HT rendszer van.

Kétféle egységet tartalmaz:

- alagút: adott komponensen túl két HT portot tartalmaz, mely segítségével a komponensek láncba fűzhetők.
Alagút hatás segítségével, ha valamelyik periféria kommunikálni kíván a CPU-val, a köztük lévő komponensek átláthatók → skálázható és automatikusan egyeztetett kapcsolatok
- barlang: tulajdonképpen zsákutca, lezárja a HT láncot.
A képen ez a SATA.

HT-to-HT híddal több HT lánc kapcsolható össze. 40 vagy 64 bites címeket használ, de nem rendelkezik dedikált I/O címtérrel.



1.10. QuickPath Interconnect

FSB-t követően látva a HT hatékonyságát a QPI volt az Intel válasza. 2008-tól kezdték alkalmazni először a szerver, majd a high-end desktop processzorokban.

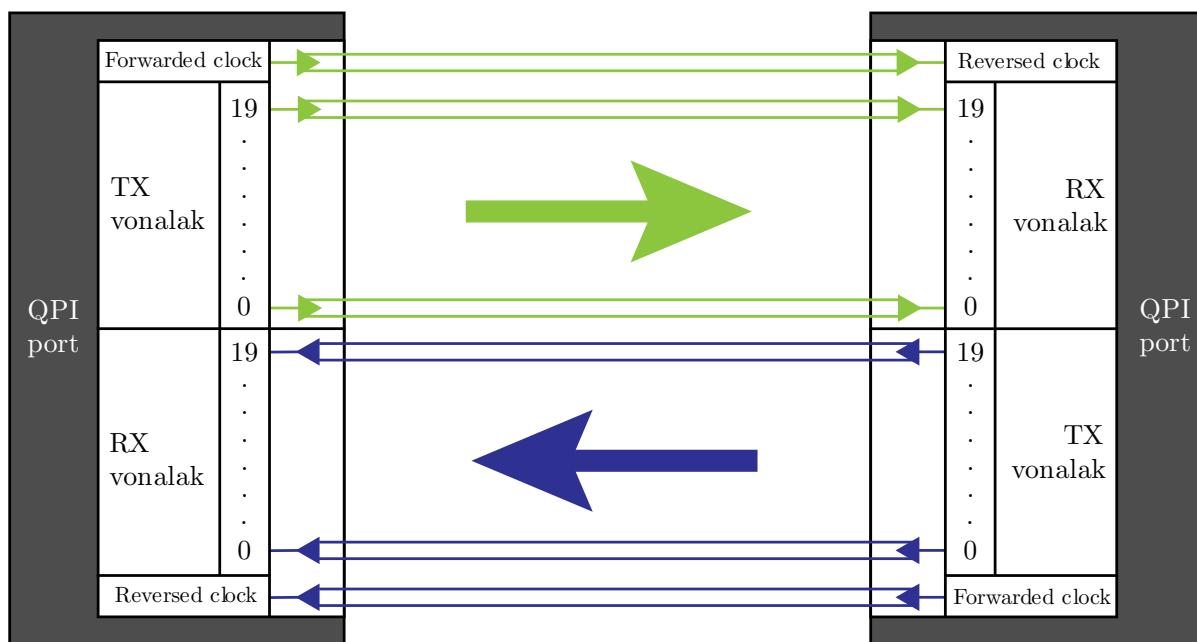
Ez esetben is a CPU lapkára integrált memóriavezérlőkkel és nem egységes memória hozzáféréssel (NUMA) rendelkezett. A memória fizikailag elosztott (több memóriavezérlő) és egyetlen, logikailag közös címtérben címzhető.

Jellemzői:

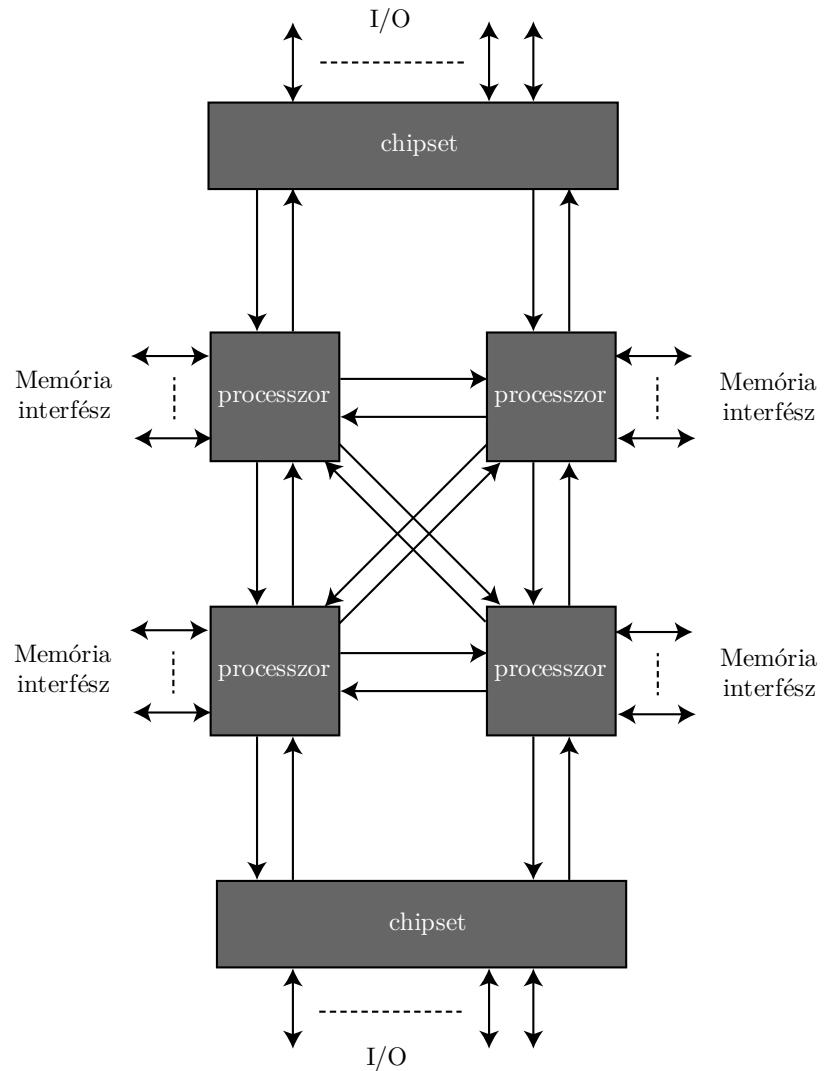
- 5 réteges architektúra: fizikai, kapcsolati, útválasztási, szállítási, protokoll
- fizikai réteg 20 vonalon órajelenként 20 adatbitet továbbít
- párhuzamos adatátvitel
- csomagkapcsolt

Portok:

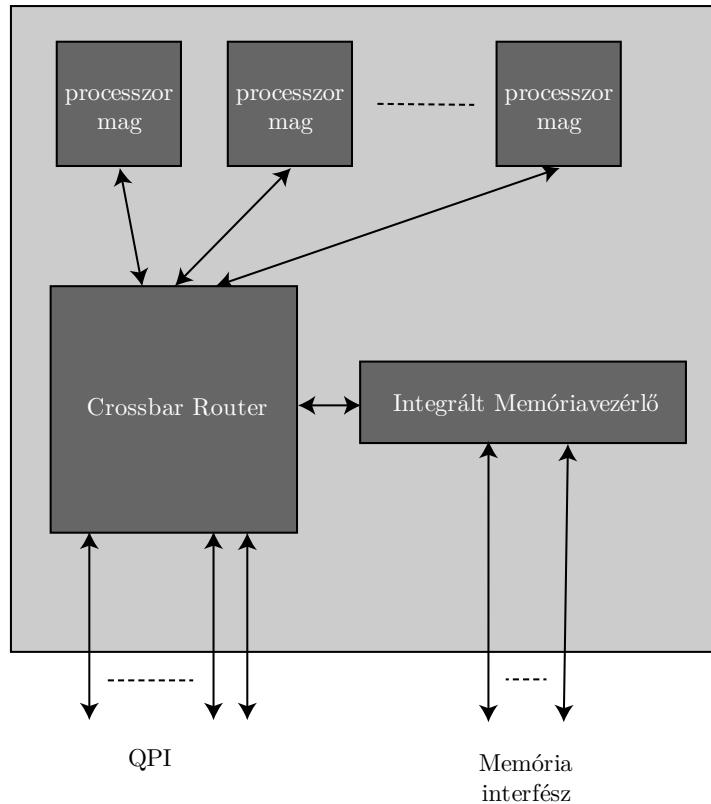
- 2x20 adatvonal + 2x1 órajel vonal
- pont-pont linkek
- irányonként különálló órajeladó → full duplex minden irányba



Többprocesszoros rendszernél:



Egyprocesszoros rendszernél: Crossbar Router a belső vezeték, ami a QPI-en keresztül beérkező adatokat a magokhoz szétosztja. Ha több mag található a processzorban, azok használhatnak közös vagy különálló gyorsítótárat.

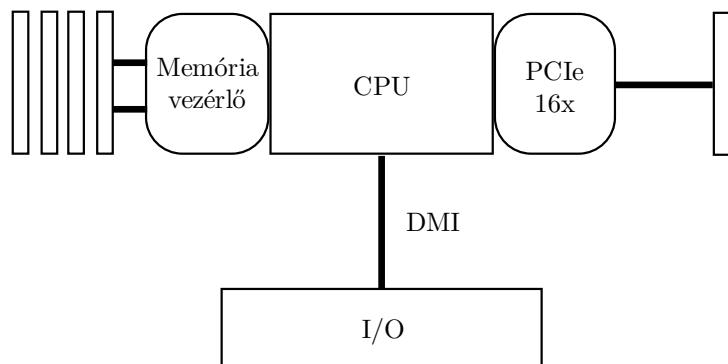


1.11. Direct Media Interface

A DMI-t alacsony és középkategóriás processzoroknál használta az Intel, mert nincs szükség nagy sebességű átvitelre:

- egyszerűbb
- olcsóbb

2GB/s-os kapcsolatot teremt a CPU és perifériák között.



Mint látható a memóriavezérlő szintén a lapkára van integrálva, illetve a grafikusvezérlő is.