

Számítógép architektúrák

Számítógéprendszerek felépítése

Processzorok

- CPU felépítése

- CPU: Central Processing Unit, központi feldolgozóegység

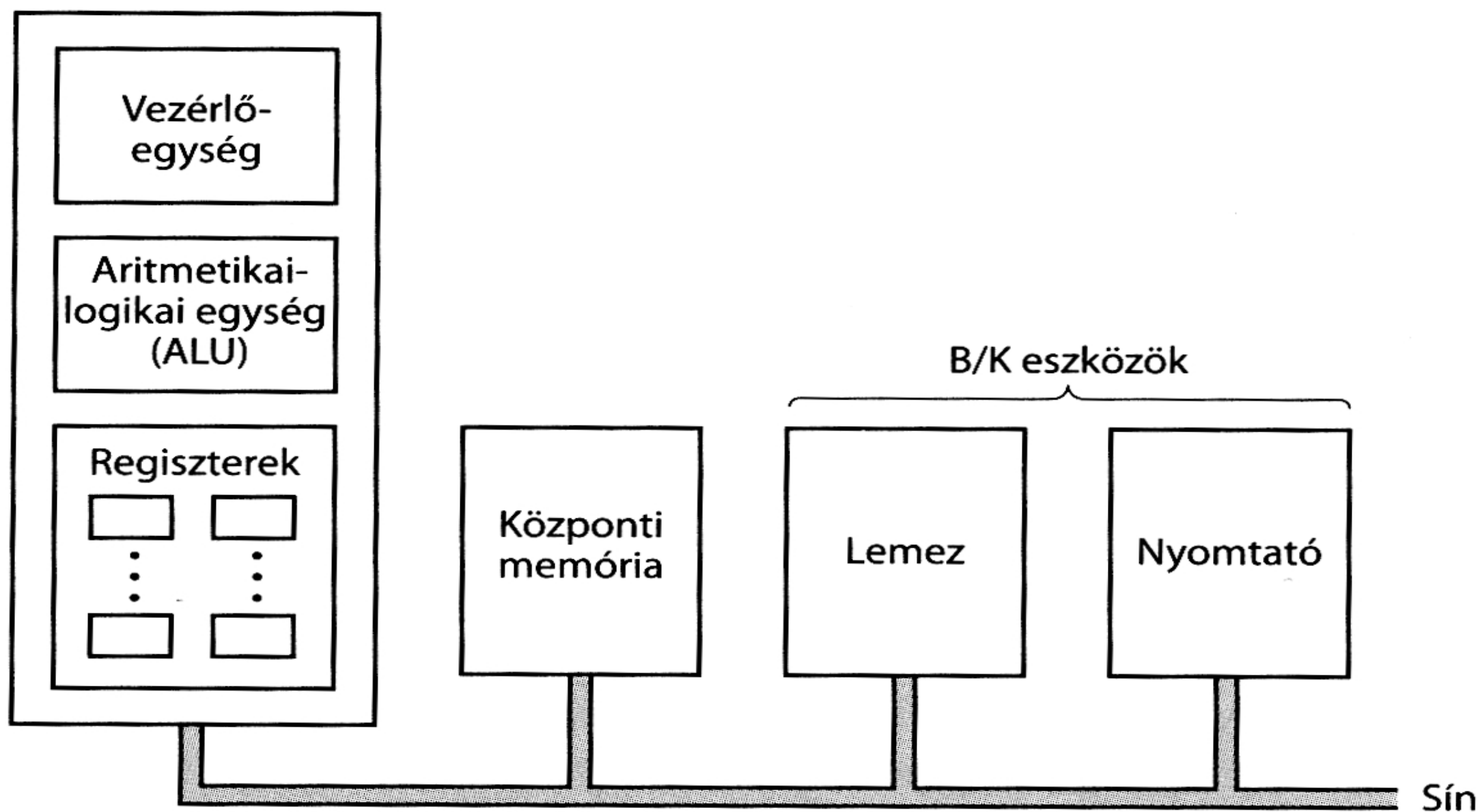
- Bus (sín): a számítógép részegységeit összekötő, címeket, adatokat és vezérlőjeleket továbbító párhuzamos vezetékköteg.
 - Elhelyezkedése szerint lehet belső vagy külső
- Vezérlőegység: utasításbeolvasás és dekódolás, a CPU belső részegységeinek a vezérlése.
- ALU (Aritmetikai és Logikai Egység): utasítás-végrehajtás
- Regiszterek: kisméretű és gyors, CPU-n belüli memória
 - Utasítás vagy programszámláló (PC, Program Counter)
 - Utasításregiszter (IR, Instruction Register)
- Adatút: regiszterek, ALU és az ezeket összekötő sínrendszer összessége

- Utasítások

- Két fő csoport: regiszter-memória és regiszter-regiszter típusú műveletek
 - Adatútciklus: ALU-n belüli utasítás-végrehajtás az előzőleg betöltött két operanduson, majd az eredmény visszaírása valamelyik regiszterbe
 - Minél gyorsabb az adatútciklus, annál gyorsabban működik a CPU

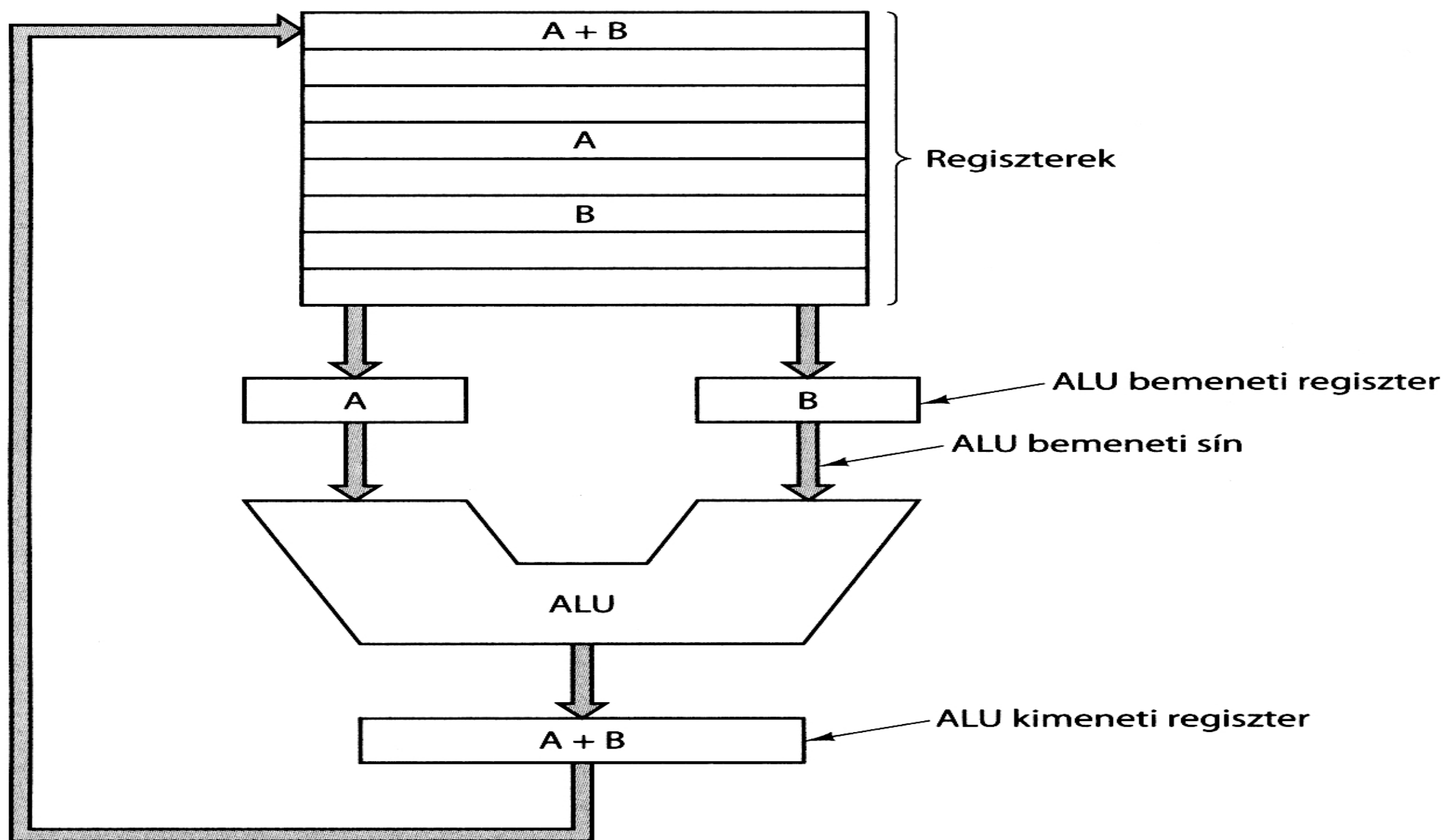
Processzorok

Központi vezérlőegység (CPU)



2.1. ábra. Egy egyszerű, egy processzorból és két B/K egységből álló számítógép felépítése

Processzorok



2.2. ábra. Egy tipikus Neumann-elvű számítógép adatútja

Processzorok

- Utasítás-végrehajtás
 - Minden utasítást „részműveletek” sorozataként hajt végre
 - Soron következő utasítás beolvasása az IR-be
 - PC beállítása a következő utasítás címére
 - Utasításdekódolás
 - Operandus(ok) címének megállapítása
 - Ha szükséges, operandus(ok) beolvasása a regiszter(ek)be
 - Utasítás végrehajtása, majd vissza a ciklus elejére
 - Utasítások végrehajtása történhet,
 - Fixen „bedrótolt”, azaz kizárólag hardveres megoldással
 - Programozottan, azaz egy interpreter (értelmező) segítségével, melynek előnyei:
 - Architektúráisan kompatibilis számítógépek készíthetők
 - Hibásan implementált utasítások javíthatók, tervezési hibák áthidalhatók
 - Lehetőség az utasításkészlet utólagos bővítésére
 - Strukturált felépítés
 - A CPU bonyolultsága a hardver oldaláról áthelyeződik az értelmezőre (interpreter), azaz a szoftver oldalára.

Processzorok

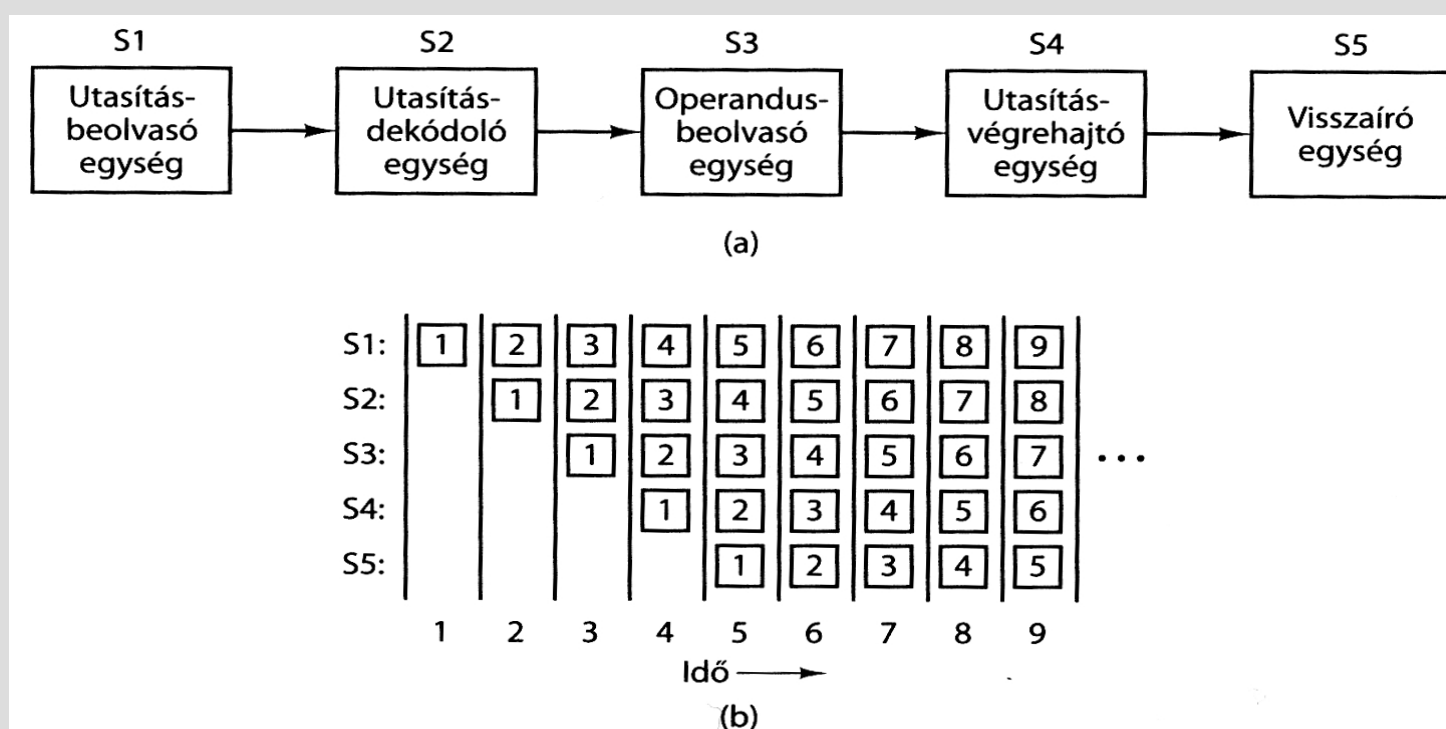
- RISC és CISC CPU-k
 - '80-as évektől kísérletek folynak a Berkeley-n és Stanfordban VLSI áramkörökkel az interpreter nélküli CPU-k kifejlesztésére.
 - Hamarosan megjelennek az első példányok RISC I, RISC II és MIPS néven
 - Nincsenek kompatibilitási problémák
 - A kulcskérdés egyre inkább az 1 mp. alatt kiadható utasítások száma lett.
 - CISC (Complex Instruction Set Computer)
 - Komplex utasításkészletű számítógép (200-300 utasítás)
 - RISC (Reduced Instruction Set Computer)
 - Csökkentett utasításkészletű számítógép (kb. 50 utasítás)
 - Ha egy CISC utasítás helyettesíthető 4-5 RISC utasítással, valamint ez utóbbiak végrehajtása 10-szer gyorsabb, akkor egyértelműen a RISC lesz a győztes
 - Visszafelé kompatibilitás hiányzik
 - Nem szorították ki a CISC CPU-s gépeket
 - Intel a 486-ostól kezdődően arany középutas megoldásként vegyíti a két típus előnyeit
 - RISC mag az egyszerű utasításokhoz és CISC mag a bonyolultakhoz (hibrid megoldás)
 - Teljesítménye elmarad a RISC-től, de visszafelé kompatibilis a régi CPU-kkal

Processzorok

- RISC CPU-k tervezési kérdései
 - Minden utasítást közvetlenül a hardver hajtson végre
 - Az utasítások nem bonthatók fel mikroutasításokra, nincs interpreter.
 - Maximalizálni kell az utasítások kiadásának ütemét
 - Egyik megoldás a sok közül, hogy minél több utasítás végrehajtását kell egy másodperc alatt elindítani, pl. a párhuzamosság alkalmazásával
 - MIPS: Millions of Instructions Per Second; mérőszám, mely nem foglalkozik az utasítások végrehajtási idejével.
 - Könnyen dekódolható utasítások
 - Utasítások indítási ütemét befolyásolja a dekódoláshoz szükséges idő
 - Megoldás: pl. szabályos, fix hosszúságú és kevés mezőből álló utasítások
 - Külön betöltő és tároló utasítások
 - Csak a STORE és LOAD utasítás használhat az operandusai között külső memóriára hivatkozást, minden más utasítás csak regiszterekkel dolgozhat.
 - Sok regiszter szükséges
 - Lehetőség szerint minél több regiszterre van szükség, hogy csökkenteni lehessen a STORE és LOAD utasítások számát

Processzorok

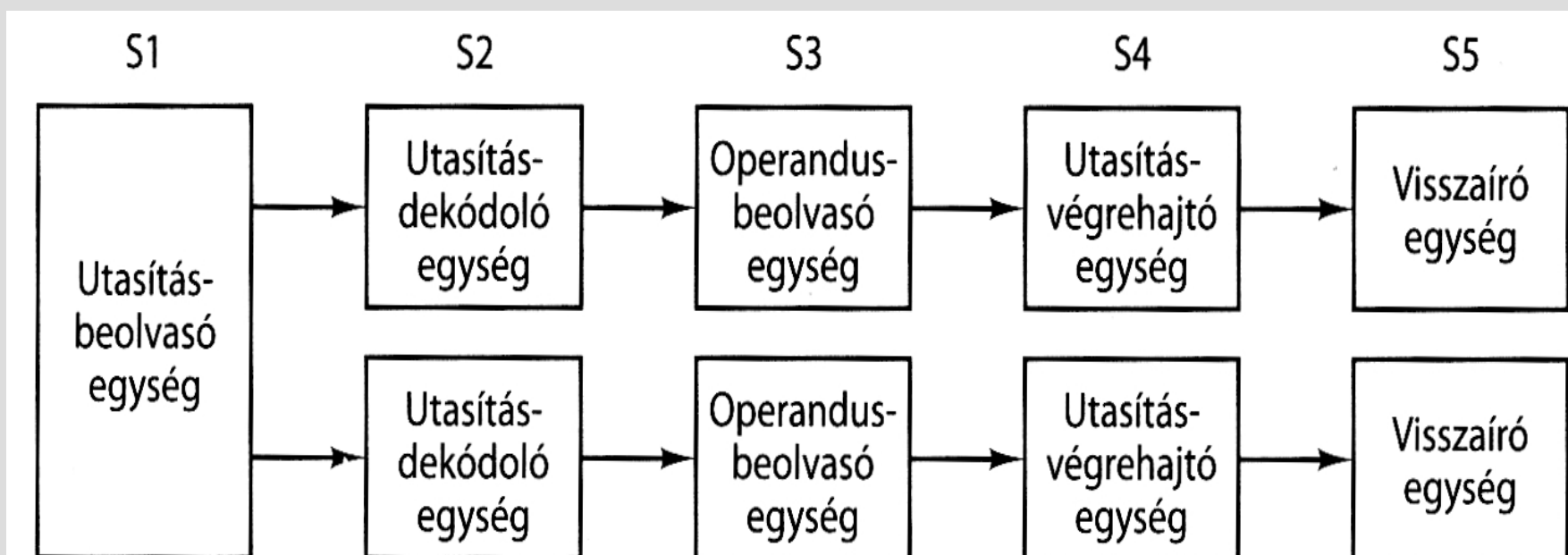
- Utasításszintű párhuzamosság
 - Teljesítménynövelés párhuzamosság alkalmazása nélkül szinte kizárólag csak a lapka órajelének emelésével lehetséges
 - Párhuzamosság bevezetése: utasításszintű és/vagy processzorszintű
 - Pipeline (csővezeték)
 - Az IBM Stretch (1959) is alkalmazta ezt a megoldást (prefetch buffer vagy queue)
 - Pipeline sokkal több részre bontja az utasítás-végrehajtást (min. 12-re)



2.4. ábra. (a) Ötfázisú csővezeték. (b) A fázisok állapota az idő függvényében. Az ábrán kilenc órajelciklus látható

Processzorok

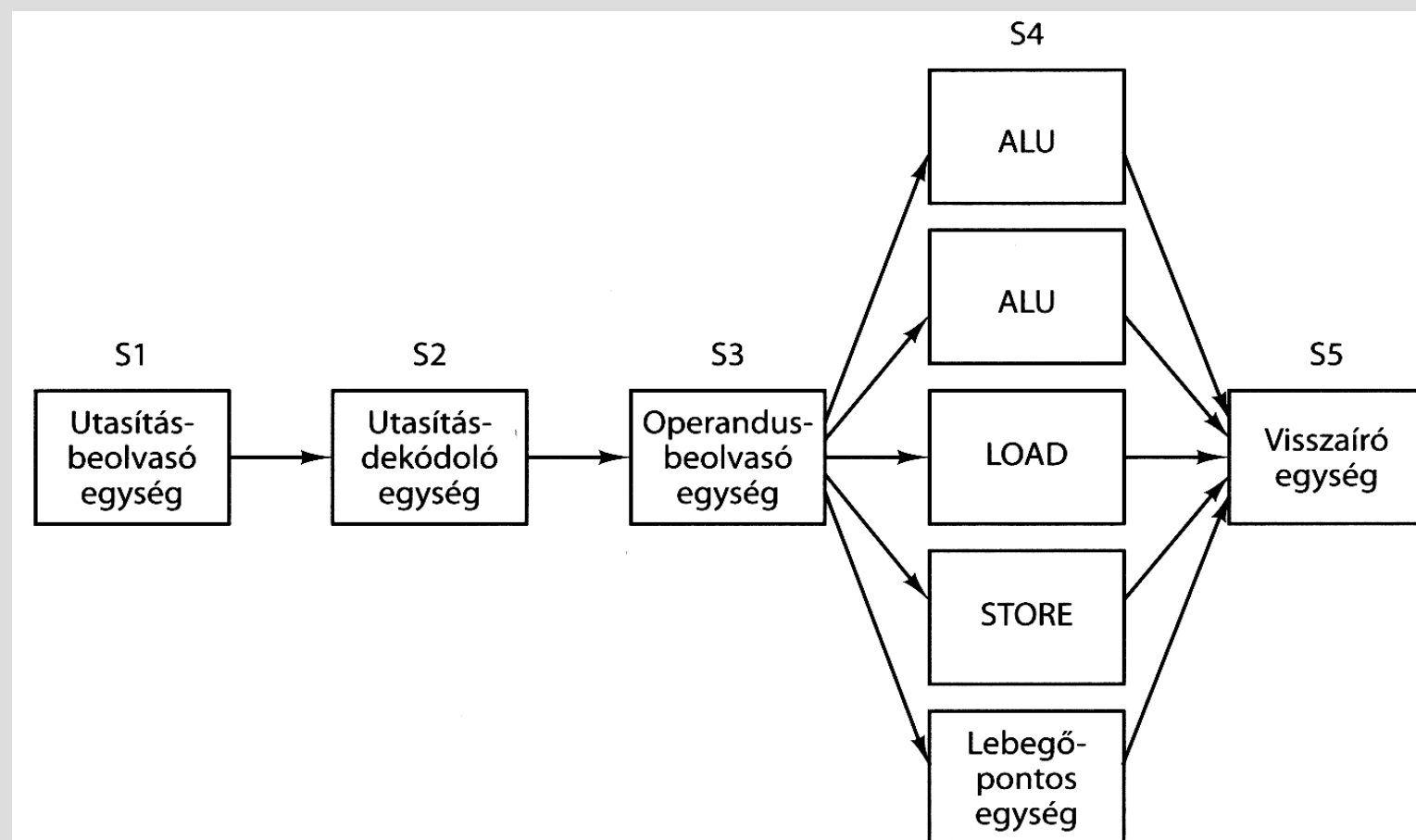
- Utasításszintű párhuzamosság
 - Szuperskaláris architektúrák
 - Két csővezetékes CPU: alapvetően RISC processzorokban használják, de a Pentiumtól kezdve az Intel CPU-kban is hasonlókat alkalmaznak
 - 1. csővezeték („u pipeline”): tetszőleges Pentium utasítás végrehajtására
 - 2. csővezeték („v pipeline”): egyszerű egész vagy lebegőpontos műveletet hajthat végre
 - Saját ALU-ja van a csővezetékeknek, de két utasítás nem használhatja ugyanazt az erőforrást
 - Bonyolult szabályok határozzák meg a párhuzamosan végrehajtható utasítások körét



2.5. ábra. Kettős csővezeték közös utasítás-beolvasó egységgel

Processzorok

- Utasításszintű párhuzamosság
 - Szuperskaláris architektúrák
 - Egy csővezetékes CPU több funkcionális egységgel
 - 4-6 utasítás végrehajtását kezdik el egy órajel alatt
 - Az S3 fázis gyorsabban előkészíti az utasításokat mint ahogy az S4 fázis végrehajtnának
 - Az S4 fázisban akár több ALU is lehet



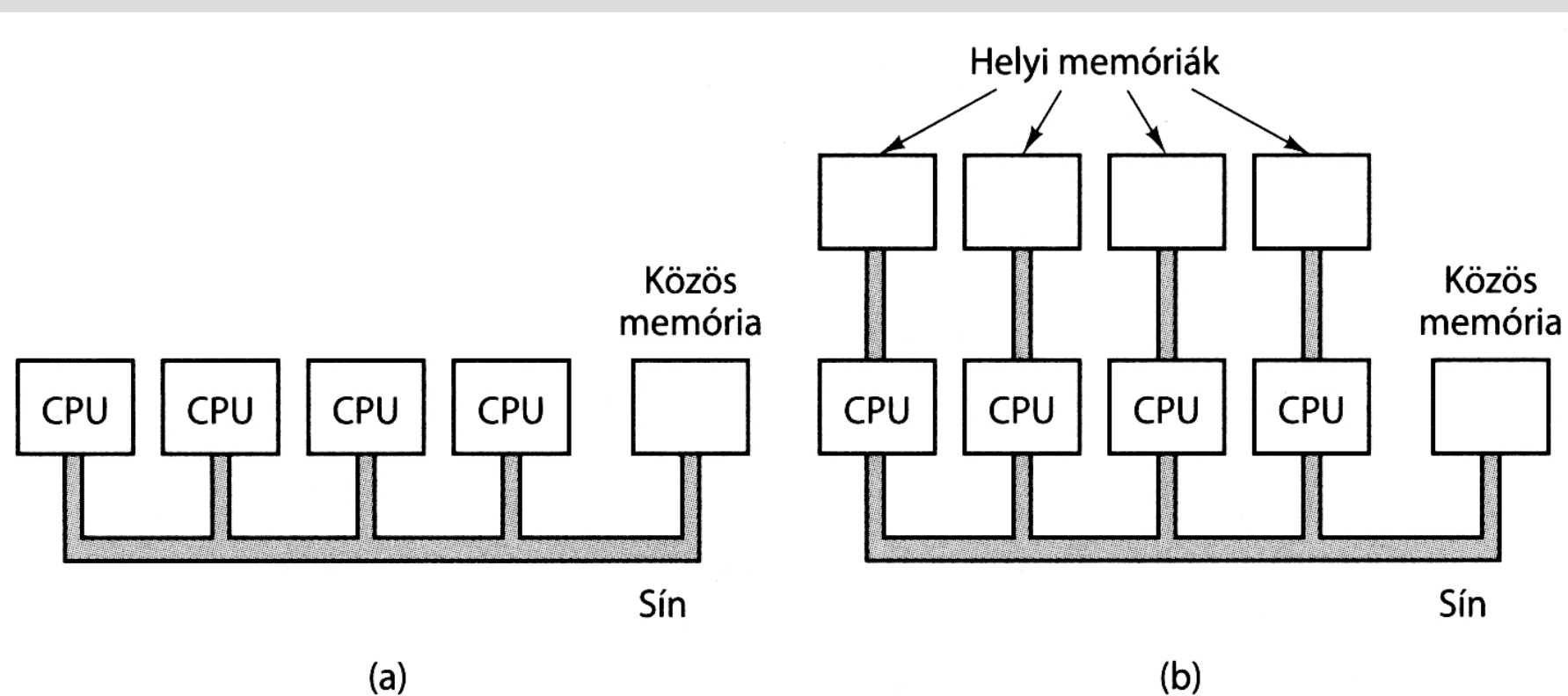
2.6. ábra. Szuperskaláris processzor 5 funkcionális egységgel

Processzorok

- Processzorszintű párhuzamosság
 - Tömbprocesszor
 - Nagyszámú egyforma felépítésű CPU-ból áll, melyek ugyanazt a műveletet végzik el ugyanazon az adathalmazon
 - SIMD, Single Instruction-stream Multiple Data stream
 - A világ első ilyen gép az ILLIAC IV volt (University of Illinois, 1972)
 - A terv szerint 4 negyedből állógép lett volna, negyedekként 8x8-as mátrixban CPU/memória párokkal, egy vezérlőegység/negyed
 - Gazdasági megfontolásokból csak egy negyedet építettek meg belőle (50MFLOP sebességű volt)
 - Már nem gyártanak ilyen CPU-kat
 - A Pentium4-től kezdve az MMX és SSE utasításoknál használják ezt a végrehajtási modellt
 - Vektorprocesszor
 - Programozói oldalról nézve, hasonló mint a tömbprocesszor
 - Minden összeadás egyetlen csővezeték elven működő egységben zajlik
 - Adattömbökkel dolgozik, pl vektorokkal kapcsolatos műveletvégzés
 - Vektorregisztereket használ (több hagyományos regiszterből áll)

Processzorok

- Processzorszintű párhuzamosság
 - Multiprocesszorok
 - Olyan rendszer, melyben egy közös memóriát használó, egynél több CPU található
 - Szoftveres együttműködésre van szükség a CPU-k között
 - Ebben a felállásban a CPU-kat szorosan kapcsoltaknak nevezik
 - Könnyű a közös memória programozási modelljét használni
 - Felosztható a közös memória a CPU-k között, de a határok nincsenek „kőbe vésve”



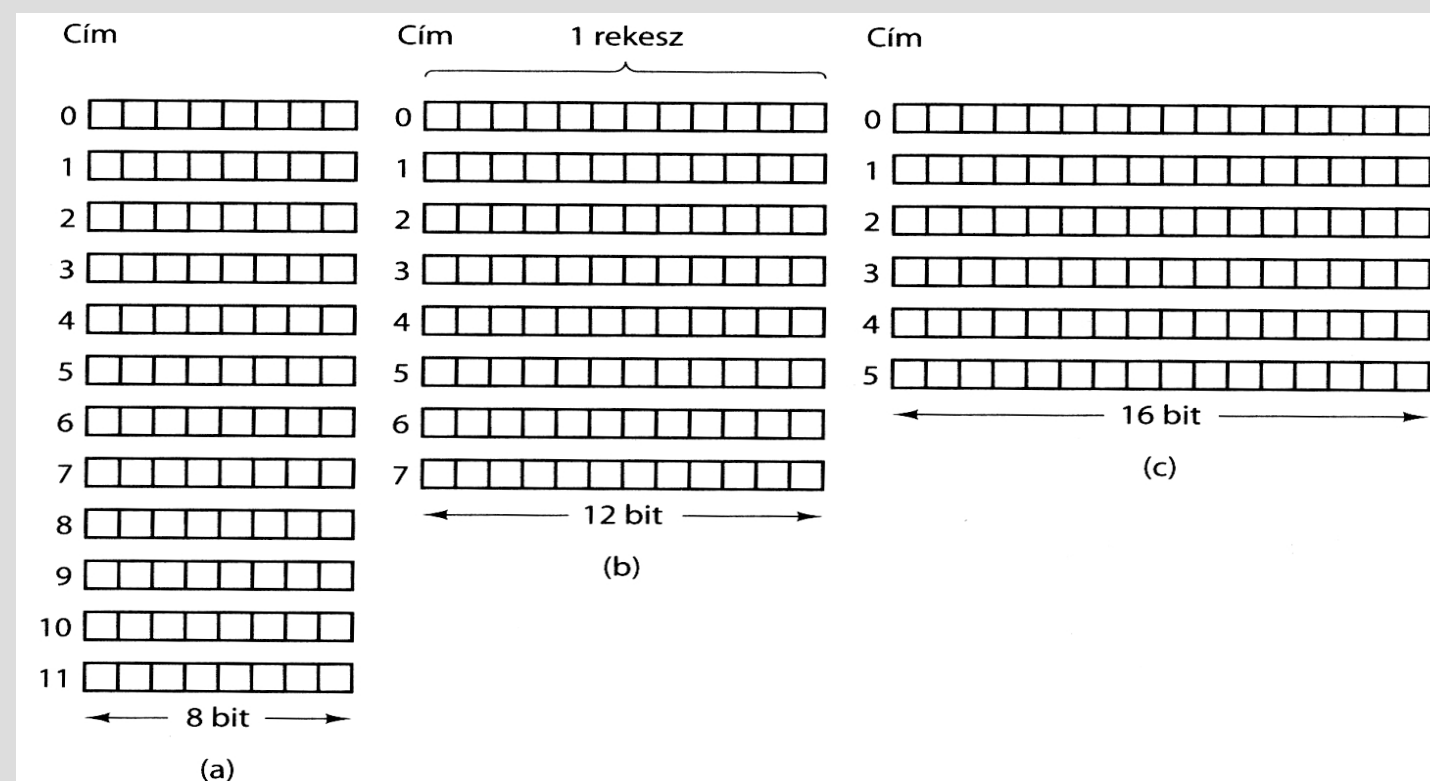
2.8. ábra. (a) Egysínes multiprocesszor. (b) Multiprocesszor lokális memóriákkal

Processzorok

- Processzorszintű párhuzamosság
 - Multiszámítógépek
 - 256 CPU felett, már nehézségekbe ütközik a megvalósítás
 - Olyan, sok számítógépből álló rendszerek, melyeknek csak saját memóriájuk van, közös nincs
 - Multiszámítógépek CPU-it lazán kapcsoltaknak is nevezik
 - Nagyobb rendszerekben nem célszerű a mindenkit mindenkivel séma alkalmazása
 - Gyors üzenetekkel kommunikálnak a multiszámítógép CPU-i
 - Multiprocesszorokat könnyebb programozni, de a multiszámítógépeket könnyebb építeni
 - Hibrid rendszerek építésével próbálják az előnyös tulajdonságaikat ötvözni
- Központi memória
 - Programok és adatok átmeneti tárolója a programvégrehajtás során
 - Bitek
 - A memória alapegysége, tovább nem osztható.
 - Minél több értéket akarunk egy helyiértéken ábrázolni (kódolni), annál bonyolultabb a szomszédos értékek szétválasztása → megbízhatatlanabb lesz a memória
 - Megoldás → digitális információ kódolása a bináris számrendszer segítségével
 - Némely IBM nagygépnél BCD, binárisan kódolt decimális aritmetika is használható

Központi memória

- Memóriacímek
 - A memóriák rekeszekből (cellákból) épülnek fel
 - A rekeszekre, a hozzájuk rendelt számmal (rekesz címével) lehet hivatkozni
 - Pl.: ha egy memóriában n rekesz van és egyenként k bitet tárolhatnak, akkor $0 - n-1$ különböző cím létezik és **egy rekesz 2^k különböző** értéket vehet fel
 - A legkisebb címezhető egység a rekesz
 - 8 bites rekesz → **bájt, szó** → $n \cdot (8 \text{ bit})$ vagy n bájt



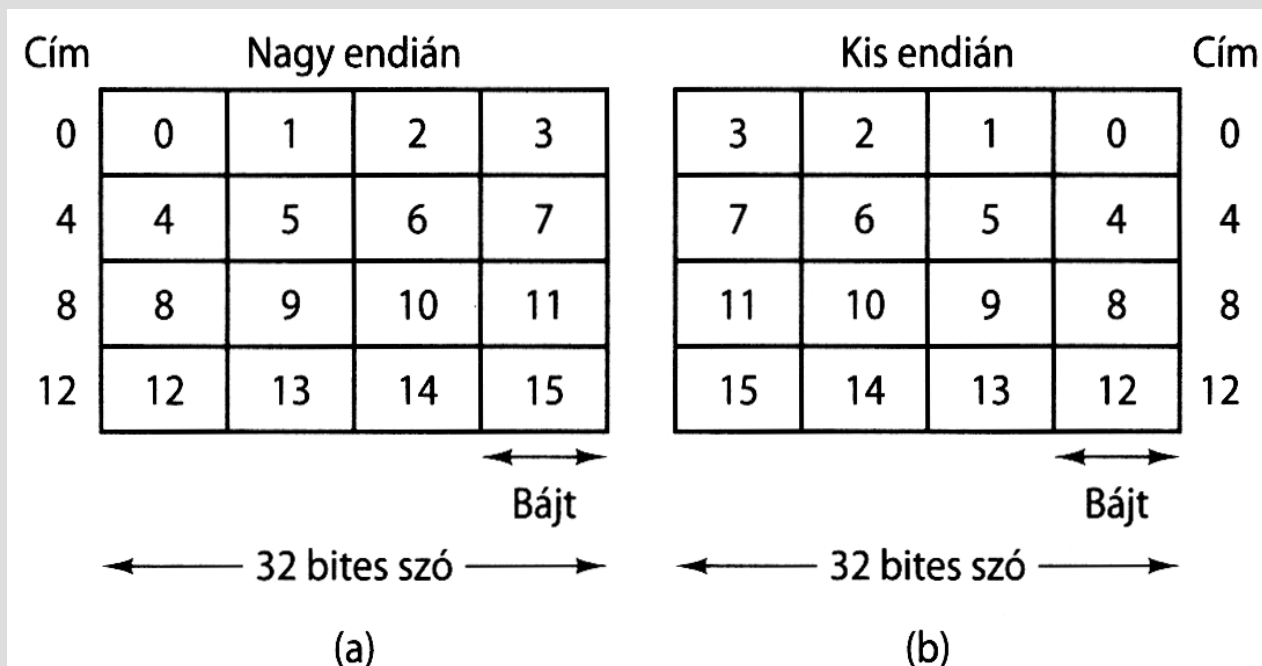
2.9. ábra. Egy 96 bites memória háromféle szervezési módja

Központi memória

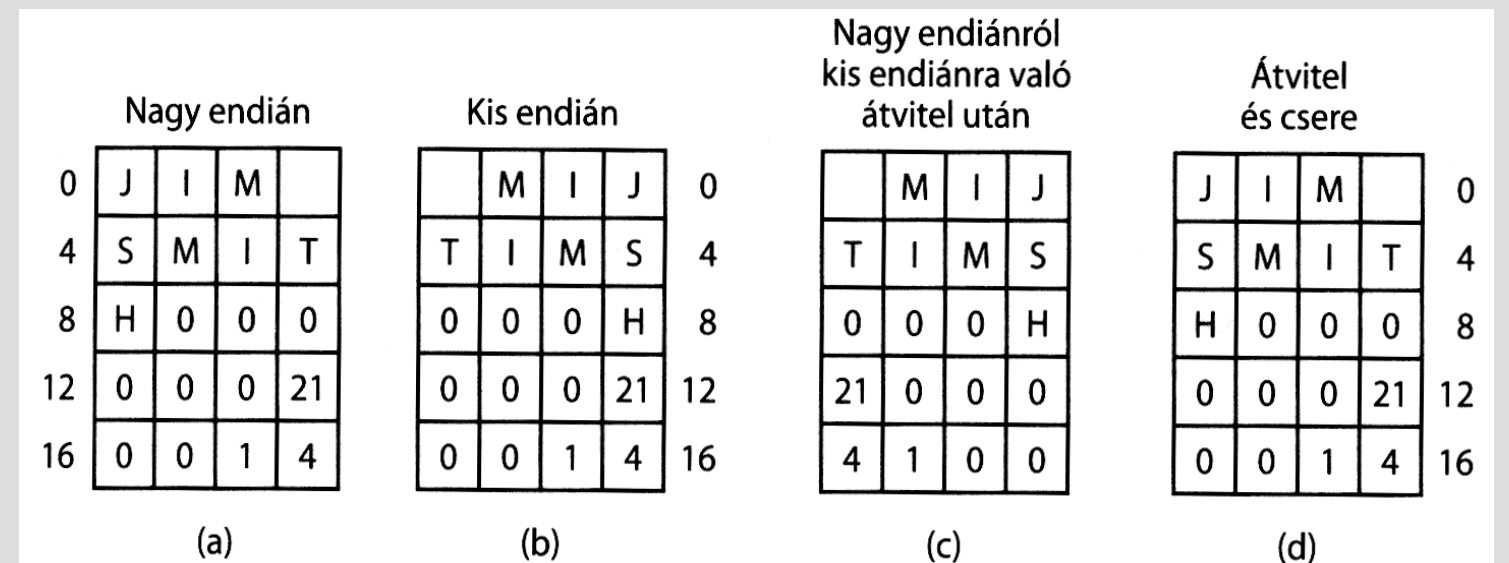
- Bájtrend

- Egy szón belüli sorszámozás iránya

- Balról-jobbra (SPARC, IBM nagygépek) → **nagy endián (big endian)**
- Jobbról-balra (Intel CPU-k) → **kis endián (little endian)**
- Különböző bájtrendet használó gépek közötti adatátvitel során **konverzóra** is szükség van.
- Hibamentes adatátvitelhez jelezni kell az adat típusát annak hosszát is.



2.11. ábra. (a) Nagy endián memória. (b) Kis endián memória



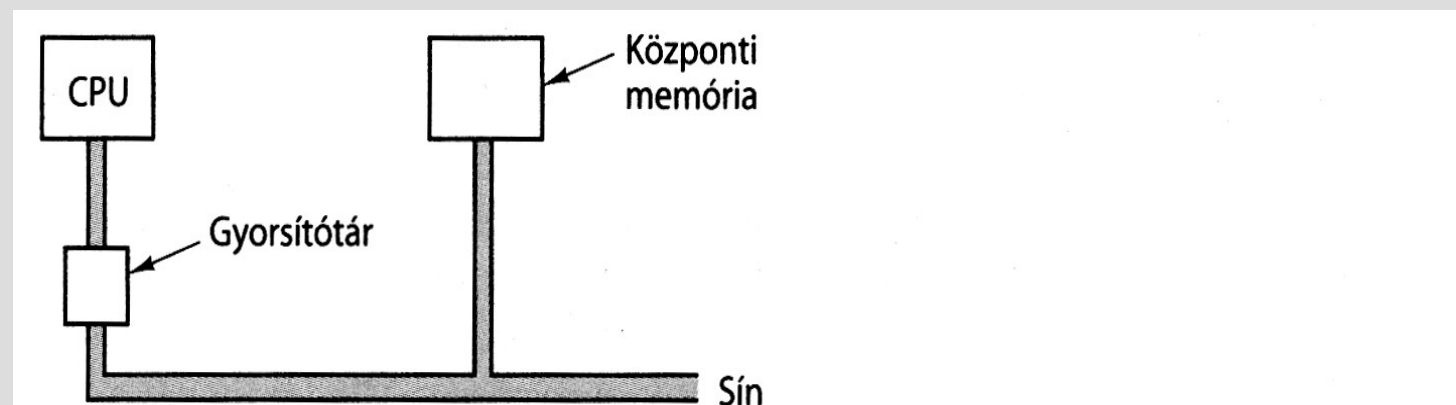
2.12. ábra. (a) Személyi adatstruktúra nagy endián gépben. (b) Ugyanaz kis endián gépben. (c) Nagy endián gépről kis endián gépre történt átvitel eredménye. (d) Előző átvitel a bájtrend megfordításával

Központi memória

- Hibajavító kódok
 - Külső körülmények hatására a memória-áramkörök hibázhatnak
 - Megoldás: hibafelismerő vagy hibajavító kódolás alkalmazása
 - Mi a hiba?
 - Vegyünk két $n = m + r$ bites kódszót, ahol m , az adatbitek száma és r , az ellenőrző bitek száma.
 - **Hamming távolság:** két kódszó eltérő bitpozícióinak száma
 - Ha a két kódszó távolsága d , akkor d egyszeres hiba szükséges ahhoz, hogy az egyik kódszó átalakulhasson a másikba
 - Kódolás
 - *Hibafelismerő kódolás:* d egyszeres bithiba felismeréséhez **$d+1$ Hamming távolságú** kódolás kell (pl. paritásbit ahol, a Hamming távolság 2)
 - *Hibajavító kódolás:* d egyszeres bithiba javításához **$2d+1$ Hamming távolságú** kódolás kell
 - Amennyiben adott az adatbitek száma m , úgy az összes egyszeres hiba javításához szükséges r ellenőrző bit az $(m + r + 1) \leq 2^r$ képlet alapján határozható meg (pl.: $m=8, r=4; m=16, r=5; m=32, r=6; m=64, r=7$)

Központi memória

- Gyorsítótár
 - Az áramkörök integráltsági fokának növelését eltérő célokra használták fel a CPU-k és memóriák fejlesztésénél
 - CPU-knál a csővezeték-rendszert és a superskaláris funkciókat fejlesztették
 - Memóriáknál alapvetően a kapacitást növelték
 - A CPU-k és a memóriáramkörök közötti sebességkülönbség továbbra sem szűnt meg
 - Megoldás: a memóriát a CPU lapkára kell integrálni
 - Technológiai és gazdasági okok korlátozzák ebben az esetben a memória méretét
 - Kicsi, gyors memória vagy nagy, lassú memória



2.16. ábra. A gyorsítótár logikailag a CPU és a központi memória között helyezkedik el. Fizikailag számos olyan lehetséges hely van, ahová elhelyezhető.

Központi memória

- Gyorsítótár
 - Kicsi, gyors memória (cache, gyorsítótár)
 - A leggyakrabban használt memóriaszavakat a gyorsítótárban tároljuk
 - A gyorsítótárazás fontos jellemzője a találati arány.
 - Lokálitási elv (alapelv): egy rövid időintervallumban a memóriahivatkozások a teljes memória csak egy kis részét érintik
 - Központi memória és a gyorsítótár blokkokra osztott (gyorsítósor)
 - Gyorsítótárak tervezési szempontjai
 - Gyorsítótár mérete
 - Gyorsítósor mérete
 - Gyorsítótár felépítése
 - Egyesített vs. osztott gyorsítótár (Harvard-architektúra)
 - Gyorsítótárak száma pl. L1, L2, L3 gyorsítótár az Intel és AMD CPU-k lapkáján
- Memóriatkozás és típusok
 - 8 vagy 16 memórialapkát egy NYÁK-ra rögzítenek
 - SIMM (Single Inline Memory Module): 72 érintkező, 32 adatbit
 - DIMM (Dual Inline Memory Module): 168 érintkező, 64 adatbit
 - SO-DIMM (Small Outline DIMM): DIMM modul a notebook-okba

Háttérmemória

- Memóriahierarchia

- CPU regiszterek (összesen min. 128 byte, t ns)
- Gyorsítótár (cache, 32kB – $n \cdot 1$ MB, 2-3 t ns)
- Központi memória (16MB – $n \cdot 10$ GB, $t \cdot 10$ ns, USD/MB)
- Mágneslemez ($n \cdot 10$ GB – $n \cdot 1$ TB, min. 10 ms, penny/MB)
- Mágnesszalag (USD/GB), optikai lemez ($n \cdot 1$ GB – $n \cdot 100$ GB, $t \cdot 1$ s)

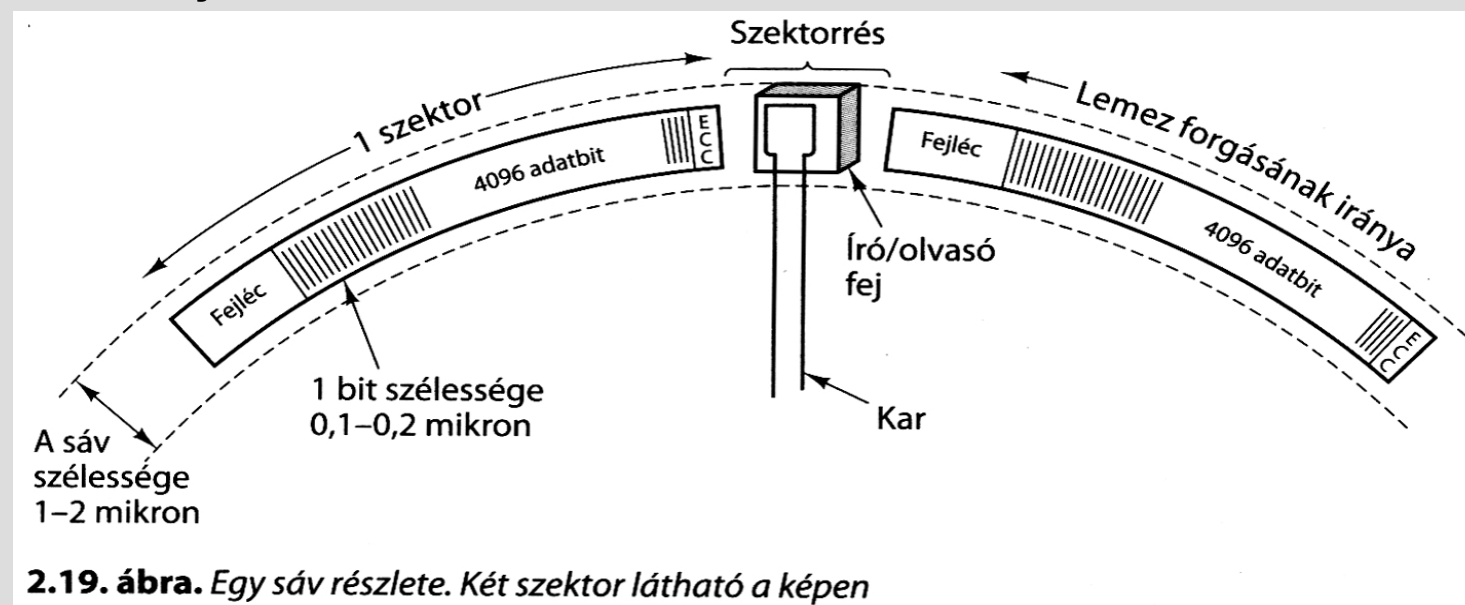


2.18. ábra. Ötszintű memóriahierarchia

Háttérmemória

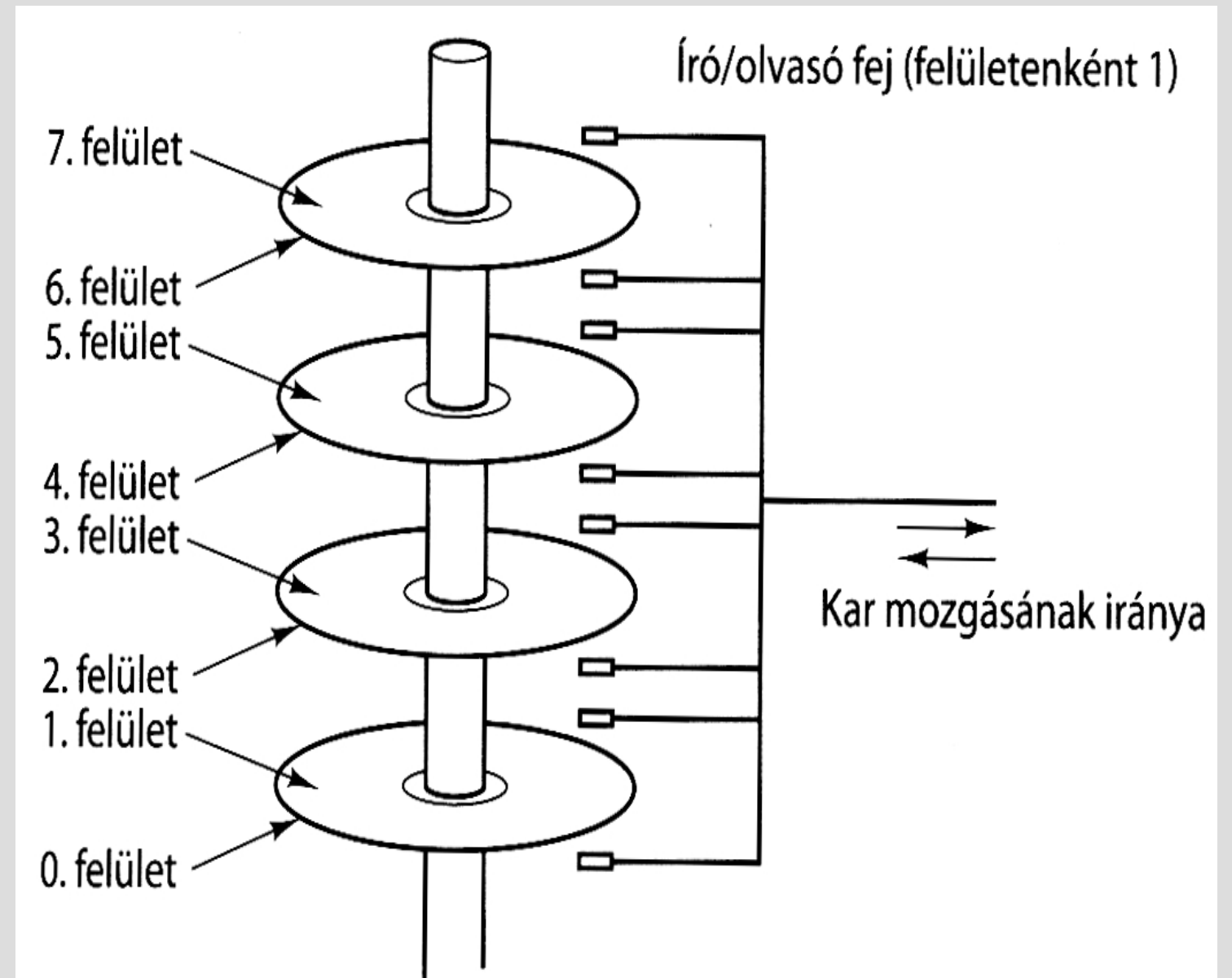
- **Mágneslemezek**

- Egy vagy több mágnesezhető bevonattal ellátott, alumíniumkorongból áll,
- Átmérőjük 50 cm-ről indult, a mai leggyakoribb méretek 1,8", 2,5" és 3,5"
- Lemezfelület logikai felosztása
 - Sáv (track): egy körülfordulás alatt felírt bitsorozat
 - Szektor (sector): rögzített méretű darabok (általában 512 byte) a sávon belül
 - Szektorok előtti fejléc: szinkronizálási funkció
 - Hibajavító kód (ECC: Hamming kód vagy RS-kód) : Adatok után található
 - Szektorrés (gap): szektorok közötti keskeny rés
 - Cylinder (cylinder): több, egymás felett elhelyezett korong, azonos sorszámú sávjai, együttesen alkotják



Háttérmemória

- **Mágneslemezek**
 - **Működés**
 - Egy indukciós tekercset tartalmazó író-olvasó fej lebeg a lemez fölött lévő légpárnán
 - A fejbe vezetett áram polaritásától függően az alatta lévő mágnesezhető réteg szemcséi a mágneses erőter irányától függően állnak be.
 - Olvasáskor a folyamat fordítva játszódik le, a lemez mágneses részecskéi, mágnesezettségüknek megfelelő irányú áramot gerjesztenek a fej tekercsében
 - **Jellemzők**
 - 5000 – 10000 sáv/cm/lemezfelület (1-2 μm szélesek)
 - 50000 – 100000 bit/cm kerületi sűrűség



2.20. ábra. Lemezegység négy koronggal

Háttérmemória

- **Mágneslemezek**

- **Jellemzők**

- Sűrűség növelése pld. a merőleges rögzítés bevezetésével
- Lemezeket és az író/olvasó fejeket védelmük ill. közvetetten a kapacitás növelése érdekében pormentesen lezárt térben helyezik el.
- Keresési (seek) idő: 5-10 ms (szomszédos sávok esetén 1ms alatt)
- Forgási késleltetés: 3-6 ms
- Adatátviteli idő: kerületi bitsűrűségtől és a fordulatszámától függően 20-40MB/s, azaz 1 szektor (512 byte) beolvasása 13-26 μ s időt igényel

- **Lemezvezérlő**

- A hozzá kapcsolt meghajtó(k) vezérlése az alapvető feladata
- Írás/olvasás és egyéb vezérlőparancsok végrehajtása, végrehajtatása
- Adatátalakítás, hibafelismerés és javítás, esetleg puffereelés, hibás szektorok felismerése kezelése

- **Hajlékonylemezek**

- Kisméretű, cserélhető, hajlékony lemez a hétköznapi értelemben vett adatátvitel ill. programterjesztés céljaira
- Eltérően a merevlemezekről, a fejek hozzáérnek a lemezhez
- Lemezek élettartamának növelése érdekében szakaszos működésűek

Háttérmemória

- IDE meghajtók
 - Őse az IBM PC-XT -ben használt 10 MB-os Seagate HDD volt
 - Következő lépcső, a meghajtóba integrált vezérlő ill. meghajtó megjelenése (Integrated Drive Electronics, IDE, '80-as évek közepe)
 - Maximális kapacitás 504 MB (16 fej, 63 szektor, 1024 cylinder)
- EIDE meghajtók
 - Extended IDE meghajtók már támogatták az LBA címezést is
 - LBA (Logical Block Addressing) minden szektort egy egyedi címmel ($0 - 2^{28}-1$) azonosít
 - Hátrány: újabb korlát (128 GB max. kapacitás) került „bedrótozásra” a meghajtók kezelésébe
 - Előnyei: két EIDE csatorna/vezérlő, azaz max. 4 eszköz/vezérlő, CD-ROM és DVD-ROM kezelése, átviteli sebesség növekedése (16,67MB/s)
 - EIDE utódjaként megjelennek az ATA-3, majd az ATAPI-4 és -5 szabványok (sebesség megnő 66MB/s-re)
 - ATAPI-6 szabvány megjelenésével az LBA címeket 28-ról 48 bitre (és ezzel a max. méretet 128PB-ra) növelték

Háttérmemória

- EIDE meghajtók
 - ATAPI-7 (SATA) és SATAII
 - A párhuzamost felváltja a soros átvitel (150 MB/s, 300MB/s - SATAII), csökken az energiafelhasználás (5-ről 0,5 V-ra csökken a SATA rendszerszintje)
- SCSI rendszer
 - Small Computer System Interface
 - Általános célú, a kis számítógéprendszerek számára kifejlesztett interfész
 - Jelentősen nagyobb átviteli sebességet biztosít az eszközök között, mint az EIDE
 - Általában Sun, HP és SGI gépekben alkalmazzák, de megjelennek az Intel alapú PC szerverekben is
 - Scanner, de akár nyomtató is köthető egy SCSI buszra
 - 7 ill. 15 eszköz lehet egy kábelre (buszra) kötni

Név	Adatbitek	Sín MHz	MB/s
SCSI-1	8	5	5
Fast SCSI	8	10	10
Wide Fast SCSI	16	10	20
Ultra SCSI	8	20	20
Wide Ultra SCSI	16	20	40
Ultra2 SCSI	8	40	40
Wide Ultra2 SCSI	16	40	80
Ultra3 SCSI	8	80	80
Wide Ultra3 SCSI	16	80	160
Ultra4 SCSI	8	160	160
Wide Ultra4 SCSI	16	160	320

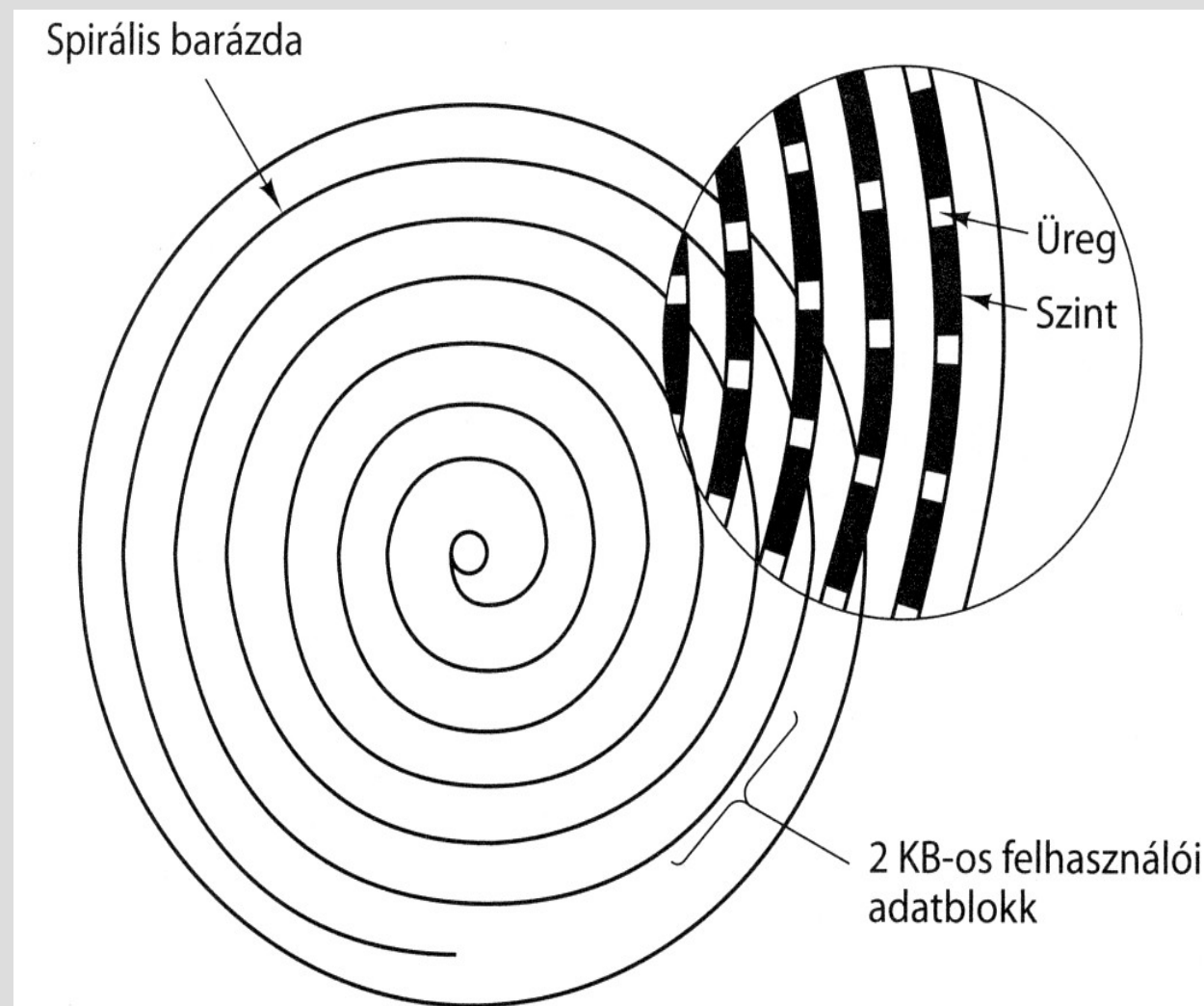
2.22. ábra. Néhány lehetséges SCSI-paraméter

Háttérmemória

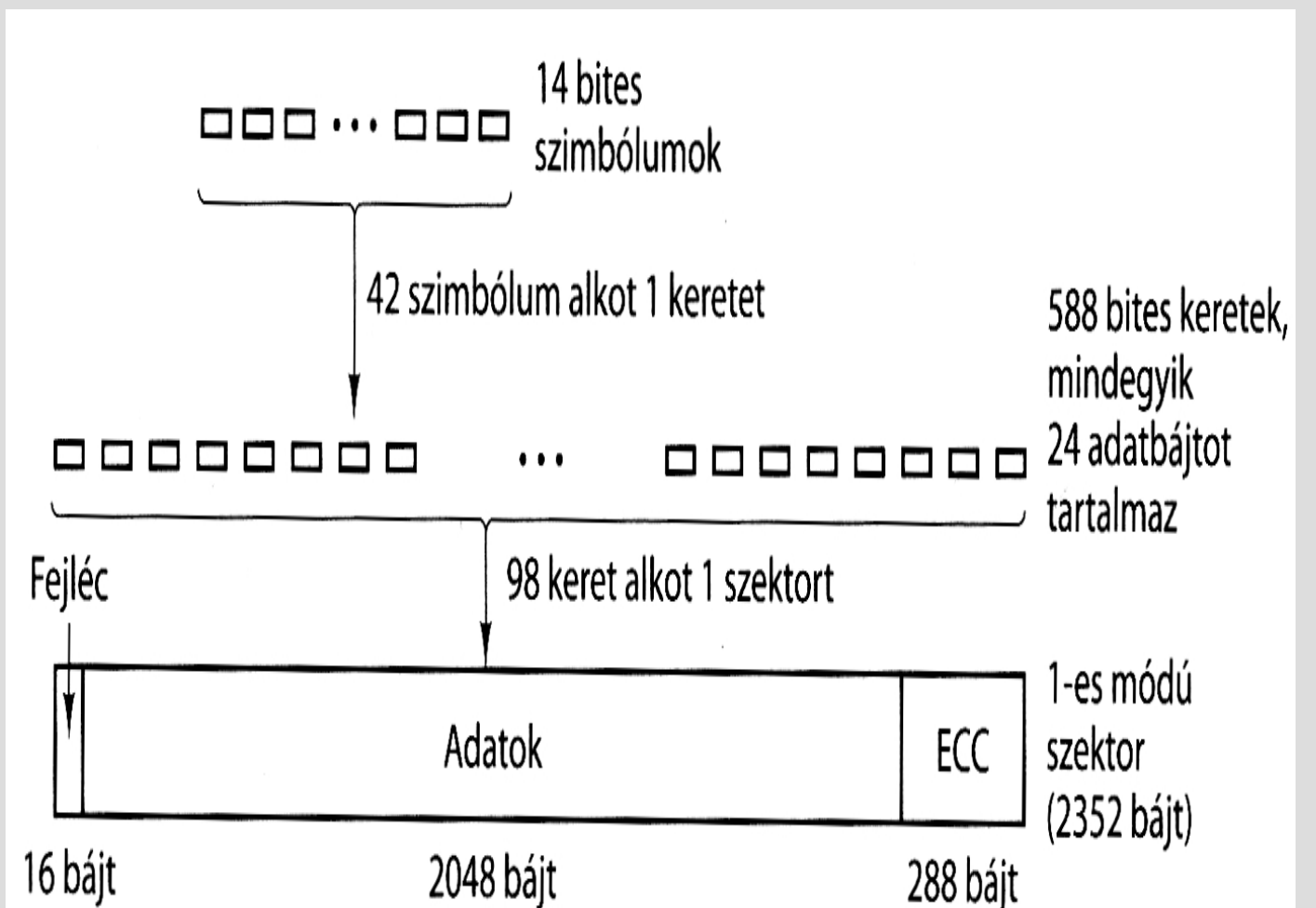
- **SCSI rendszer**
 - Minden vezérlő és periféria kezdeményező és fogadó üzemmódban működhet
 - A parancsok és válaszok fázisonként követik egymást
 - Ellentétben az EIDE-vel, egyidejűleg több eszköz működése is megengedett (vezérlőjelekkel kialakított ütemezési rendszer)
- **CD-ROM**
 - Eredetileg TV adások rögzítésére fejlesztették ki
 - 1980-ban a Philips és Sony fejlesztésében piacra kerül az első Compact Disc (CD)
 - A CD felületén spirális vonal mentén rögzített bináris adatokat üregek (pit) és szintek (land) reprezentálják.
 - Lejátszáskor kis energiájú lézerefénnyel világítják meg a CD felületét
 - a „pit”-ekről ill. a „land”-ekről visszaverődő fény mennyisége alapján állítják vissza az eredeti bitsorozatot.
 - A CD állandó kerületi sebességgel forog, azaz a belső részen gyorsabban, mint a lemez külső felén

Háttérmemória

- CD-ROM



2.24. ábra. Adattárolás a kompaktlemezen vagy CD-ROM-on

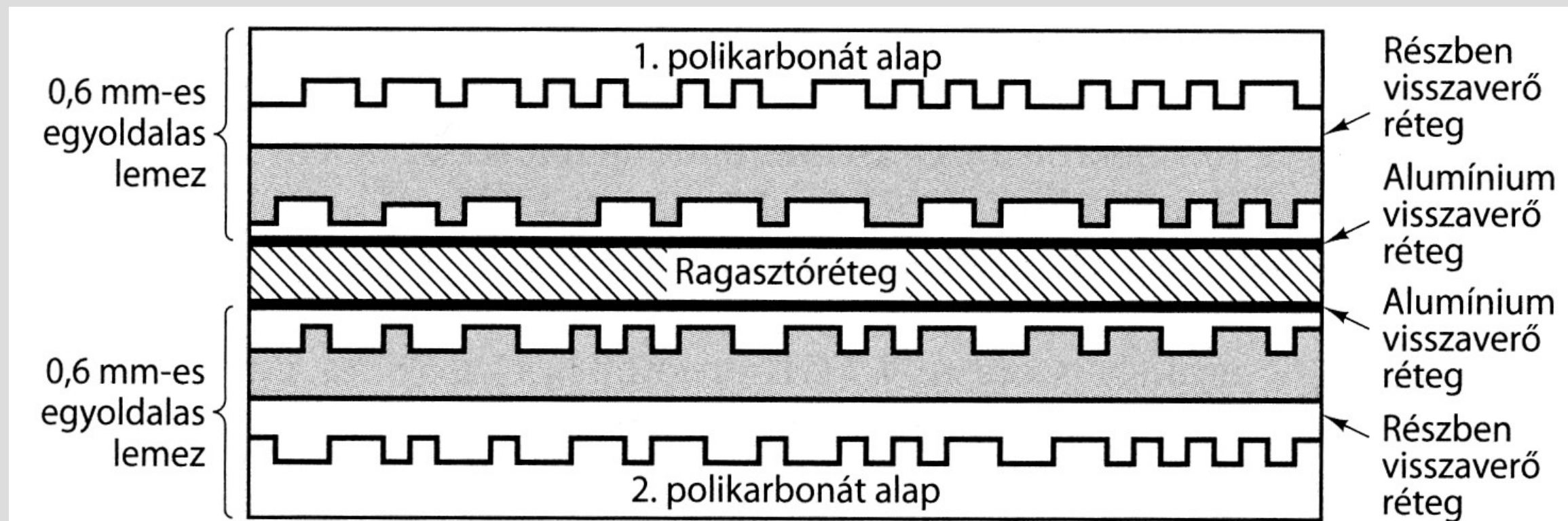


2.25. ábra. Az adatok logikai elhelyezkedése egy CD-ROM-on

Háttérmemória

- CD-ROM
 - 1984-ben a „Sárga Könyvben” definiálták a mai CD-ROM szabványát
 - Jellemzők
 - Két módot definiáltak a „Sárga Könyvben” (Mode1 és Mode2)
 - Az átviteli sebesség: ~150kByte (Mode1) és ~170kByte (Mode2)
 - Tárolási kapacitás: audio-CD 74 perc, adat-CD (Mode1) 650MByte
 - Adatátviteli sebessége messze elmarad az SCSI meghajtókétól
 - Három szintű ISO 9660 fájlrendszer
- DVD
 - CD-k sikerére alapozva fejlesztették ki a DVD-ket (kezdetben Digital Video Disk, majd Digital Versatile Disk)
 - Eltérések a CD-től
 - Fele akkora üregek: 0,4 mikron a 0,8 helyett
 - Szorosabb spirál: 0,74 mikron rés a 1,6 helyett a sávok között
 - Vörös lézer: 0,65 mikron a 0,78 helyett
 - 7 CD-nyi adat fér egy DVD-re
 - Kb. 10-szer akkora (1,4MB/s) adatátviteli sebesség
 - Kapacitás növelése érdekében négy tárolási formátumot definiálnak (két oldal, két réteg /oldal)

Háttérmemória

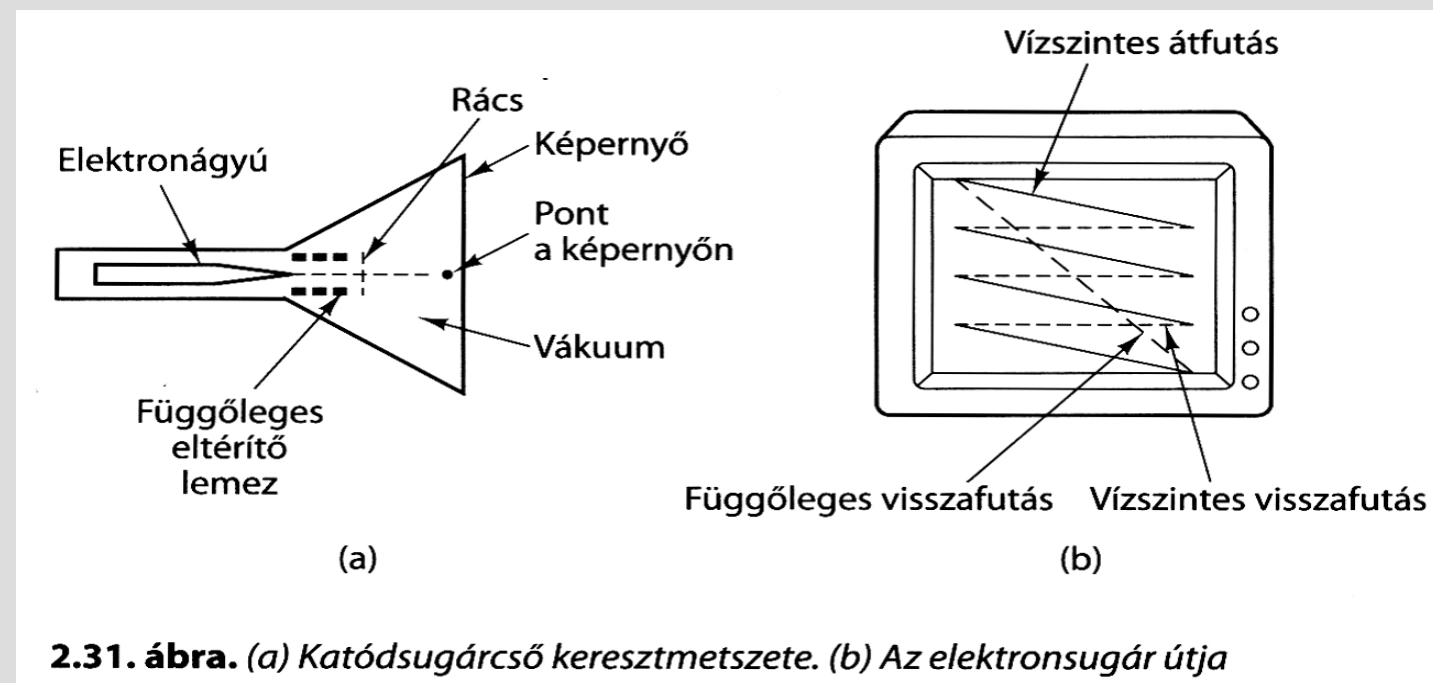


2.27. ábra. Kétoldalas, kétrétegű DVD-lemez

- Blue-Ray
 - Eltérések a DVD-től
 - Kék lézer a vörös helyett (pontosabb fókusználhatóság)
 - Tárolási kapacitás: 25GB (egy oldalon) és 50GB (mindkét oldalon)
 - Adatátviteli sebesség: 4,5MB/s, szemben a DVD-k 1,4MB/s értékével

Háttérmemória

- Be- és kimeneti egységek
 - Katódsugárcsőves monitorok
 - A CRT-ben egy elektronágyú segítségével „rajzolják” ki a foszforeszkáló ernyőre a képet (színes monitorokban három elektronágyú)
 - A foszforeszkáló rétegbe becsapódó elektronok csak egy rövid idejű villanást idéznek elő az adott pontban
 - Ezért a megjelenítendő képet frissíteni kell (30-60 kép/s sebességgel)
 - Az adott képpont megjelenítését a CRT-ben lévő rácstra kapcsolt feszültséggel lehet vezérelni



Háttérmemória

- Be- és kimeneti egységek
 - Folyadékkristályos kijelzők
 - Alapelv: a folyadékkristályban lévő molekulák elrendeződése és így optikai tulajdonsága elektromos mező segítségével megváltoztatható
 - Alaptípusa a Twisted Nematic (elforgatott molekájú, TN) kijelző, mely alapján lehet passzív ill. aktív mátrixmegjelenítő

