

A számítógépek felépítése 7.a: Buszok

Markó Tamás
PTE TTK, 2003

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

1

A rádiótelefonokat kérem KIKAPCSOLNI!

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

2

Az adatátvitel

- A BUS elnevezés eredete: **Bidirectional Universal Switch (DEC)**
- Mai definíciója:
 - A busz egy digitális rendszer két vagy több alkatrészének összekötésére szolgál. A busz egy vezeték-köteg, amit az említett alkatrészek közösen, az egymás közti kommunikációra használnak.
 - Egy busz **párhuzamos**, ha egy időben egy útvonalon több jel is haladhat. Egyébként **soros**.
 - Több - bizonyos értelemben együttműködő - busz **busz-rendszert** alkot.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

4

Busz-hierarchia 1.: kártyán belül (board-level)

- Egy - esetleg több - kártyán belüli kommunikációra szolgál
- Szokásos elnevezés: local bus
- Példák:
 - VMX (a VME rendszerben)
 - PCI (Peripheral Component Interconnect)

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

5

Busz-hierarchia 2.: backplane busz

- Külön kártyákon (nyomtatott áramköri lapokon) megvalósított komponensek közti kommunikációra szolgál (pl. a CPU és az I/O-processzorok)
- Példák:
 - VME (IEEE 1014-1987)
 - Multibus II (IEEE 1296-1987)
 - Nubus (IEEE 1196-1987)

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

6

Busz-hierarchia 3.: az interfészek szintje

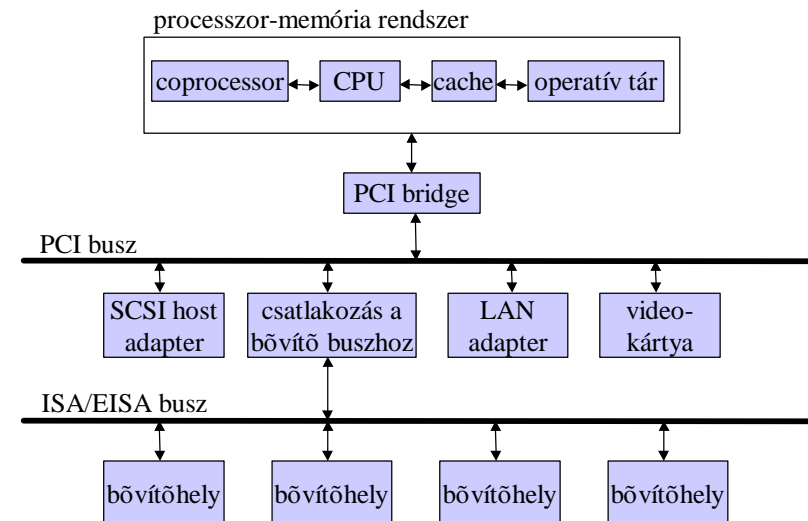
- Az I/O-eszközök és a rendszer többi része közti kommunikációra szolgál
- Példák:
 - SCSI (Small Computer System Interconnect) 1984
 - USB (Universal Serial Bus) 1.0: 1996, 2.0: 2000

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

7

Példa a busz-hierarchiára



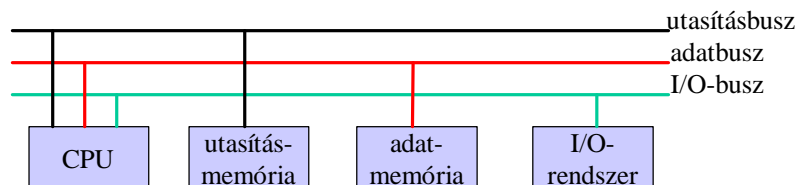
2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

8

Dedikálás 1.

- Egy busz **dedikált** (dedicated), ha csak egy bizonyos fajta kommunikációt végez (extrém esetben csak két eszköz között).
- Előny:
 - nagyobb áteresztőképesség, (alig lép fel konfliktus)
 - speciális - akár buszonként különböző - technikai megoldás lehetséges
- Hátrány:
 - költségesebb (több külön dedikált busz kell a rendszerbe)



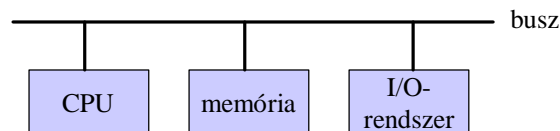
2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

9

Dedikálás 2.

- Egy busz **nem dedikált** (nondedicated, shared), ha többfajta kommunikációt képes végezni.
- Előny:
 - a rendszer szintjén egyszerűbb felépítés (extrém esetben csak egyetlen busz)
- Hátrány:
 - kisebb átbecsátóképesség (konfliktusok léphetnek fel)
 - bonyolultabb felépítés:
 - a partnereket (az adót és a vevőt) azonosítani kell
 - egyesíteni kell több dedikált busz képességeit
 - sínfoglalás (ütemezés, bus arbitration, a busz vezetékeinek odaítélése)
- Példa: PCI



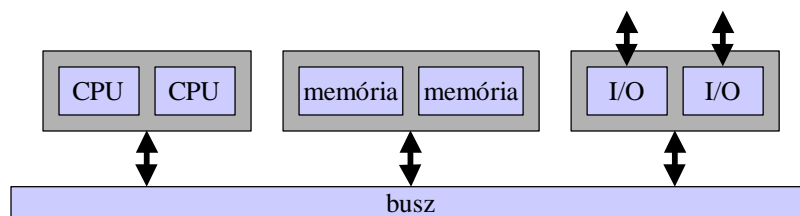
2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

10

Partícionálás

- Egy busz **erőforrás-partícionált** (resource partitioned), ha az azonos típusú erőforrásokat (CPU-k, memóriák, I/O-eszközök) csoportokba foglalják és a buszon a csoportok között folyik a kommunikáció.



2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

11

Az erőforrás-partícionált busz jellemzői

- Egyprocesszoros rendszereknek kedvez:
 - egy busz-“master”: a CPU
 - a busz központi odaítélése
 - minden megszakításnak ugyanaz a célja: a CPU
- A memóriabusznak kedvez: domináns a CPU és a memória közti adatforgalom
 - egyes adatok (bájtok, szavak) átvitele történik
 - rövid ciklusidők érhetők el:
 - külön cím- és adatvezetékekkel
 - egyszerű buszprotokollal
 - az ellenőrzés elhagyásával
 - aszinkron üzemmóddal

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

12

A funkció-partícionált busz

- Egy busz **funkció-partícionált**, ha olyan eszközöket köt össze, amelyek félautomata működésre képesek (mindegyiknek van processzor-képessége, memóriája, esetleg I/O-eszköze is).
- Jellemzői:
 - több processzort tételez fel
 - üzenetekben kommunikál
 - blokkos adatátvitel van, a blokkhossz változó
 - nagyszámú üzenet átvitelére képes

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

13

Néhány szakszó... 1.

- A buszra csatlakozó eszköz **master** (mester, főnök), ha kezdeményezhet egy busz-ciklust, egyébként **slave** (szolga). Vannak eszközök, amik (különböző időpontokban) mindkét szerepet betölthetik.
- **Sínütemezés** (bus arbitration): az a mechanizmus, amely minden időpillanatban eldönti hogy ki (az egyetlen) master.
- **Forrás** (source) az az eszköz, amely egy adatátvitelnél az adatot küldi, a **cél** (destination) pedig az, aki fogadja.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

14

Néhány szakszó... 2.

- **Busz-tranzakció**: a buszon végzett tevékenységeknek az adatátvitel befejezéséig tartó sorozata. Ez több **műveletből** is állhat, amelyek mindegyike több **buszciklust** is igénybe vehet.
- Egy busz-tranzakció **multiplexelt**, ha a címeket és az adatokat ugyanazokon a vezetékeken, egymás után viszik át. Egyébként **nem-multiplexelt**.
- **Split data transfer**: a busz felszabadítása egy tranzakció közben (pl. a címek és az adatok átvitele között)
 - **üzenet-kapcsolt** (message switching), **csomagkapcsolt** (packet switching) ? **vonalkapcsolt** (circuit switching)

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

15

Tranzakciók

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

16

Busz-tranzakciók

Egy busz-tranzakció tipikus műveletei:

- Igénylés (request)
- Odaítélés (arbitration)
- Címzés (addressing)
- Adatátvitel (data transfer)
- Ellenőrzés (error detection)

2003.08.07.

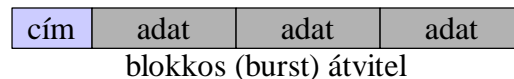
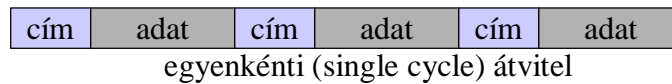
Markó Tamás, PTE TTK

17

Címzés és adatátvitel

Adatátviteli módok (a mester szemszögéből):

- Write
- Read
- Read-modify-write (a cím csak egyszer!)
- Read-after-write (a cím csak egyszer!)
- Block data transfer (1 x cím, n x adat)



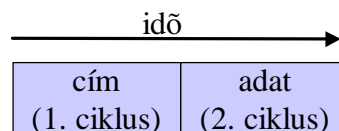
2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

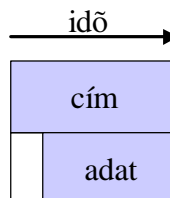
18

A WRITE művelet

írás multiplexelt
üzem módban:



írás nem-multiplexelt
üzem módban:



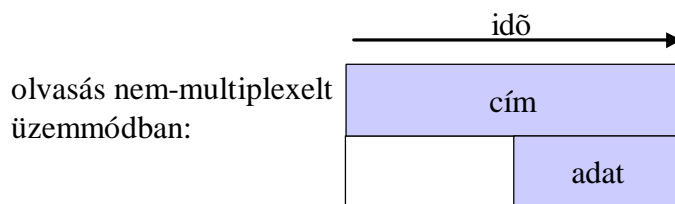
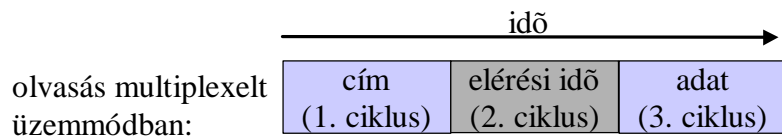
A mester a címet és az
adatot ugyanabban a
ciklusban teszi ki a buszra,
de más vezetékekre.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

19

A READ művelet

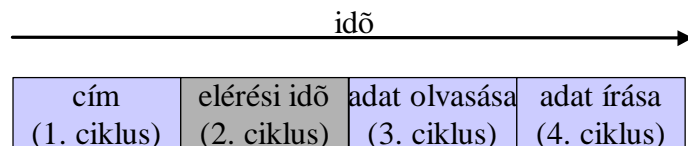


2003.08.07.

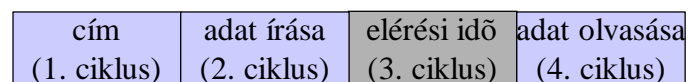
Markó Tamás, PTE TTK

20

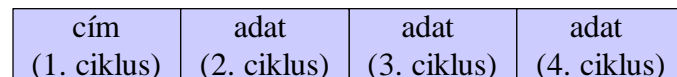
Összetett műveletek



read-modify-write



read after write



block transfer

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

21

A címzés

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

22

A címzés

- A *master* címzi meg a *slave*-et
 - (gyakran: <komponens.alkomponens>)
- Egy komponens akkor van kiválasztva, ha a címe megegyezik az igényelt címmel.
- Kétfajta címzési mód:
 - logikai címzés (a fizikai helytől független)
 - helyfüggő („földrajzi”) címzés

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

23

A logikai címzés

- Minden komponensnek saját egyértelmű címe van.
- A címet kapcsolókkal, EPROM-ban, vagy hasonló módon állítják be.
- A komponenseket tetszés szerinti helyen csatlakoztathatjuk a buszra
- Példa: VME, Unibus, PCI

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

24

A broadcast-címzés

- Amikor az összes slave-et megcímezzük, **broadcast-** vagy **broadcast-címzésről** beszélünk.
- Példa:
 - inicializálás
 - a megszakítást (interruptot) kérő eszköz azonosítása

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

26

Helyfüggő címzés

- Mindegyik dugaszoló aljzatnak saját címe van.
- Amelyik eszközt oda bedugják, annak ez lesz a címe.
- Csak funkció-partícionált busznál van értelme, vagy az inicializálás idején, amíg kiosztják a logikai címeket.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

27

Protokollok

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

28

Busz-protokollok

- Az adatátvitelben két olyan partner (a forrás és a cél) vesz részt, amelyek gyakorlatilag semmit sem tudnak egymásról.
- Párhuzamosan dolgoznak ? bizonyos időbeli konvenciókat be kell tartaniuk

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

29

Tipikus írási protokoll

Adó (forrás)

Vevő (cél)

1. Az információ kiírása a busz vezetékeire.

3. A stabilizálódásra vonatkozó jelzés vétele.

6. Az átvétel megtörténtének észlelése.

7. Az információ eltávolítása a vezetékekről.

8. Jelzés küldése, hogy nincs már info. a vezetékeken.

10. A következő tranzakció indítása.

2. Az észlelt információ stabilizálódik, ennek jelzése.

4. Az információ átvétele.

5. Jelzés küldése, hogy az info. átvétele megtörtént.

9. Az információ elvételének észlelése.

10. Az átvitel befejezésének jelzése.

Ne felejtsük el, hogy a jeleknek a vezetékeken való haladáshoz időre van szükségük!

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

30

Szinkronizálás

Az alapötlet időben többféleképpen is megvalósítható:

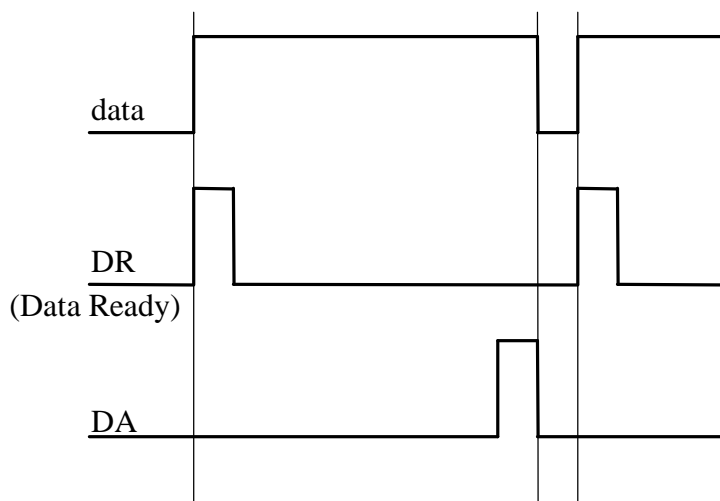
- szinkron:
 - minden esemény fix időpillanatban történik
 - előfeltétel:
 - közös óra
 - az idő-tengelyt ugyanakkora szakaszokra osztják az eszközök
- aszinkron:
 - az események bármikor megtörténhetnek
- félszinkron (szemiszinkron):
 - az események bármikor, de csak egy rögzített idő-raszterben történhetnek meg

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

31

A szinkron üzemmód

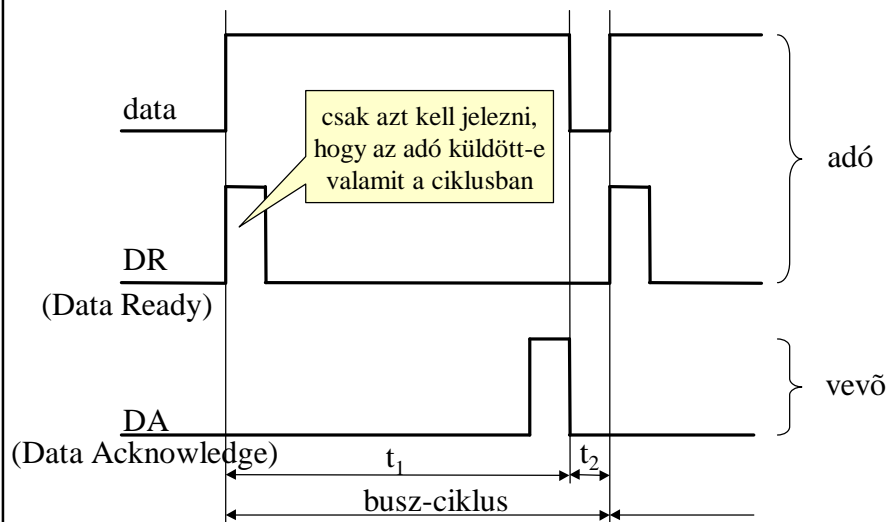


2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

32

A szinkron üzemmód



A szinkron üzemmód értékelése

- A periódusok száma a helyzettől függ, de rögzített
 - Előny: elvileg optimális átviteli sebesség érhető el (nem kellnek állapotjelentések)
 - Hátrány: a leglassúbb partner és a leghosszabb út határozza meg a sebességet
- ? csak speciális buszoknál használható

Az aszinkron üzemmód

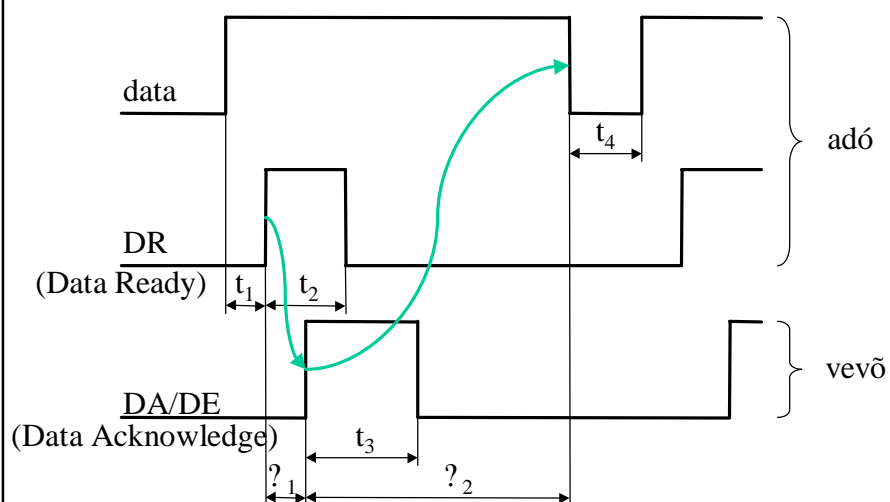
- Nincs órajel
- Az események bármelyik időpontban felléphetnek
- Az események kezdeményezése:
 - csak a kommunikációs partnerek által:
fully interlocked
 - részben feltételezett időszükségletek alapján:
half interlocked
 - csak feltételezett időszükségletek alapján:
non interlocked

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

35

Aszinkron, non interlocked protokoll



2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

36

Az aszinkron üzemmód értékelése

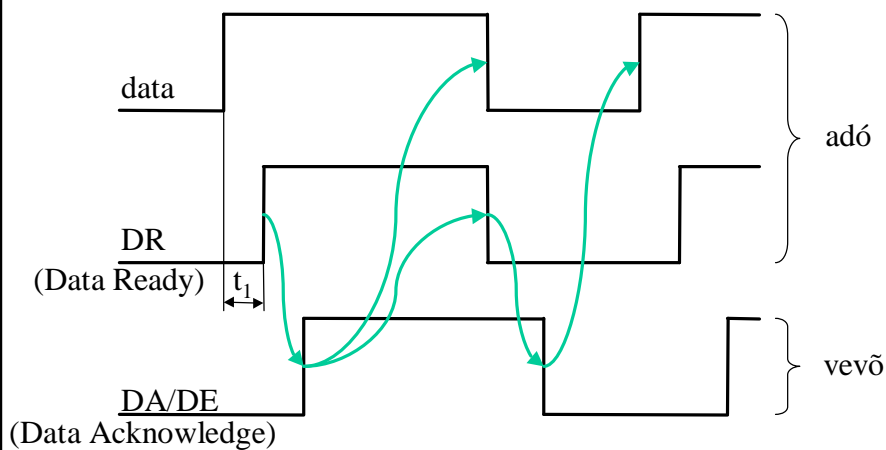
- Az adó és a vevő saját maga határozza meg a késleltetését ($t1 \dots t4$).
- Előny:
 - a ?1 és ?2 helyi meghatározása miatt nagyon eltérő sebességu komponensek is alkalmazhatók
- Probléma:
 - A vevő nem ismeri $t2$ -t. Ha a vevő nagyon gyors (?1 nagyon rövid), akkor a DR még 1 lehet, amikor az adat érvénytelené válik.
 - Az adó nem ismeri $t3$ -at, ezért új átvitelt indíthat, miközben DA/DE még 1.
- Megoldás:
 - Az adó a DR-t 0-ra állítja, amikor DA/DE=1 lesz
? half-interlocked protokoll
 - Ezen kívül a vevő a DA/DE-t 0-ra állítja, amikor DR=0 lesz, az adó pedig csak akkor kezd új átvitelt, ha DA/DE=0
? fully interlocked protokoll

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

37

Aszinkron, fully interlocked protokoll



2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

38

A busz lefoglalása

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

39

Bus arbitration (a busz vezetékeinek lefoglalása)

- Bármely időpillanatban csak 1 adó van
? szükség van lefoglalási mechanizmusra
- A legegyszerűbb módszer: **statikus lefoglalás**
 - időszeletek, amiket ciklikusan odaítélnék a mestereknek
 - Mester_i vagy kihasználja a szeletét, vagy nem
- Előny: egyszerű, garantált átviteli sebesség
- Hátrány: pocsékolás, ha Mester_i nem tudja kihasználni az időszeletét

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

40

Dinamikus buszfoglalás

- Az előző problémák megoldására:
dinamikus (igény szerinti) foglalás
- Probléma:
egyszerre több igény is felmerülhet
- Megoldási módszerek:
 - Prioritás alapján (a dominancia veszélye)
 - egyenletes megosztás (fontos mestereknél túl hosszú várakozási időt okozhat)
 - kombinált eljárás

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

41

A busz központi odaítélése

- Van egy egység, ami központilag felügyeli a buszt.
Lehet önálló egység, vagy a csatlakozó komponensek egyike (jobbára egy CPU)
- A mester, amelyik használni akarja a buszt, egy **request**-et küld a felügyelőnek. Ez az igénylők közül kiválaszt egyet, a jóváhagyását **grant**-tel jelzi.
- Módszerek:
 - shared request with daisy-chained grant
 - independent requests and grants
 - kombinált megoldás

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

42

A busz decentralizált odaítélése

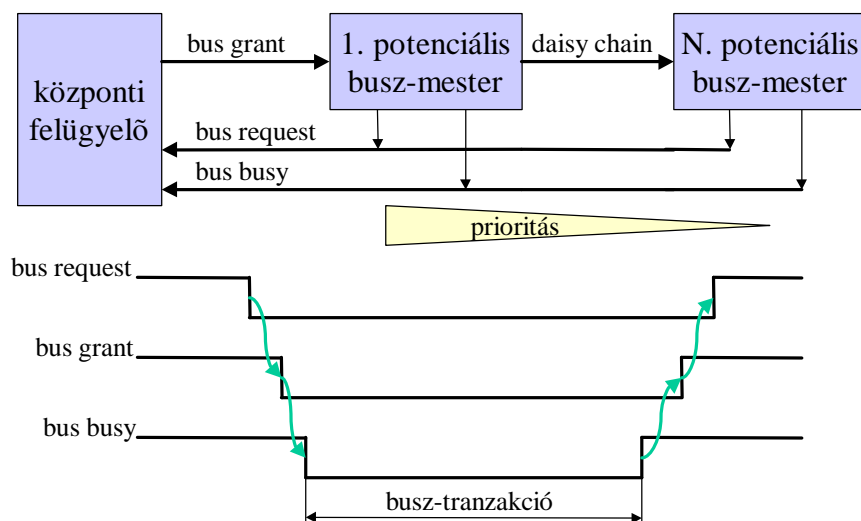
- A csatlakozó egységek maguk között döntenek el, hogy ki lehet a busz-mester.
- Az egységeken működő egyszerű protokoll választ ki egy busz-mestert.
- Módszerek:
 - **Carrier sense:** “jóhiszeműen” történik a küldés. A konfliktust felismeréséhez az adó a buszról olvasott adatot összehasonlítja az elküldötttel (pl. Ethernet)
 - **Token passing:** az adás joga ciklikusan körbejár. Adási igény esetén ezt kihasználják, egyébként továbbadják.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

43

A busz lefoglalása *daisy chain* technikával

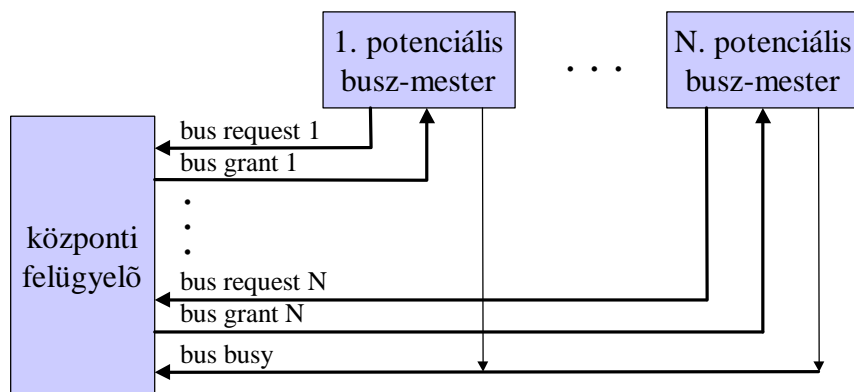


2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

44

A busz lefoglalása dedikált vezetékkel



A prioritást a vezérlő algoritmus határozza meg.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

45

A busz szabaddá tétele

- **release on request:**
 - A mester mindaddig magánál tartja a buszt, amíg valaki más nem kéri (még akkor is, ha nem használja). Mikroprocesszoros rendszereknél szokásos.
- **release when done:**
 - A mester egy tranzakció idejére tartja magánál a buszt, aztán szabaddá teszi.
- **preemption:**
 - Tranzakció közben a mestert egy magasabb prioritású mester megszakíthatja. Blokkos átvitelnél értelmes megoldás.

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

46

Példák

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

47

ISA 1.

- Az eredeti (i8088 alapú) IBM PC-s sín gyakorlati szabvánnyá vált (hasonmás-gyártók)
 - 20 bites címbusz
 - 8 bites adatbusz
- Az i80286 alapú PC/AT megjelenésével kompatibilitási okokból csak bővítették a sít
 - 20 + 4 bites címbusz
 - 8 + 8 bites adatbusz

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

48

ISA 2.

- Az i80386 alapú PS/2-höz az IBM teljesen új buszt tervez: Microchannel
- Szabadalmakkal védi
- Az ipar többi része saját szabványt alkot: Industrial Standard Architecture (ISA)
 - szinkron (8,33 MHz)
 - alapvetően megegyezik az PC/AT sínnel
- EISA (Extended ISA): 32 bitesre bővített ISA
 - nem terjedt el tömegesen

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

49

PCI 1.

- Kicsi a sávszélesség az új alkalmazásokhoz:
ISA: 16,7 MB/s, EISA: 33,3 MB/s
- 1990-ben az Intel új sín tervez: Peripheral Component Interconnect bus (PCI)
 - multiplexelt (ugyanazokon a vezetékeken megy a cím és az adat)
 - 32 bites átvitel
 - 33 MHz órajel
 - 133 MB/s sávszélesség
- Szabadalmaztatja, de a felhasználását ingyenessé teszi
 - minden Pentium alapú PC-ben van
 - egyéb rendszerekben is előfordul

50

PCI 2.

- 1993-től PCI 2:
 - 64 bites átvitel
 - 66 MHz órajel
 - 528 MB/s sávszélesség
 - nem kompatibilis a régi (ISA) kártyákkal
- A Pentium II-től kezdve a PC-kben 3 busz:
 - lokális busz (CPU, cache, memória)
 - PCI (SCSI-vezérlő, USB-vezérlő, videokártya, ...)
 - ISA (modem, hangkártya, nyomtató, ...)

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

51

USB 1.

- Kidolgozása az 1990-es évek közepén (Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC, Northern Telecom)
- Célkitűzések:
 - új eszközök csatlakoztatásakor ne kelljen
 - a konfiguráláshoz a felhasználónak bármit beállítani
 - a gépházat felnyitni
 - a gépet újraindítani
 - a kábel
 - egységes minden eszközhöz
 - a tápfeszültséget is biztosítja az eszközöknek
 - akár 127 eszköz is rákapcsolható

52

USB 2.

- Sáv szélesség: 1,5 MB/s ? lassú eszközökhöz
- Fa topológia
 - root hub a számítógép belsejében
 - több csatlakozó
 - a rákapcsolt eszközökön is lehetnek további csatlakozók
- Két periféria között nem lehetséges adatforgalom!

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

53

USB 3.

- Eszközök csatlakoztatása üzem közben:
 - az eseményt a root hub érzékeli és megszakítást kezdeményez
 - az operációs rendszer beolvassa az eszköz jellemzőit
 - egy egyedi azonosítót (1-127) és egyéb paramétereket letölt az eszköz konfigurációs regisztereibe

2003.08.07.

Markó Tamás, PTE TTK

54