



Ó
B
U
D
A
I

E
G
Y
E
T
E
M

MEMÓRIÁK

- Óbudai Egyetem
- Neumann János Informatikai Kar

számítógép ARCHITEKTÚRÁK ALAPJAI i.

- Durczy Levente

www.uni-obuda.hu



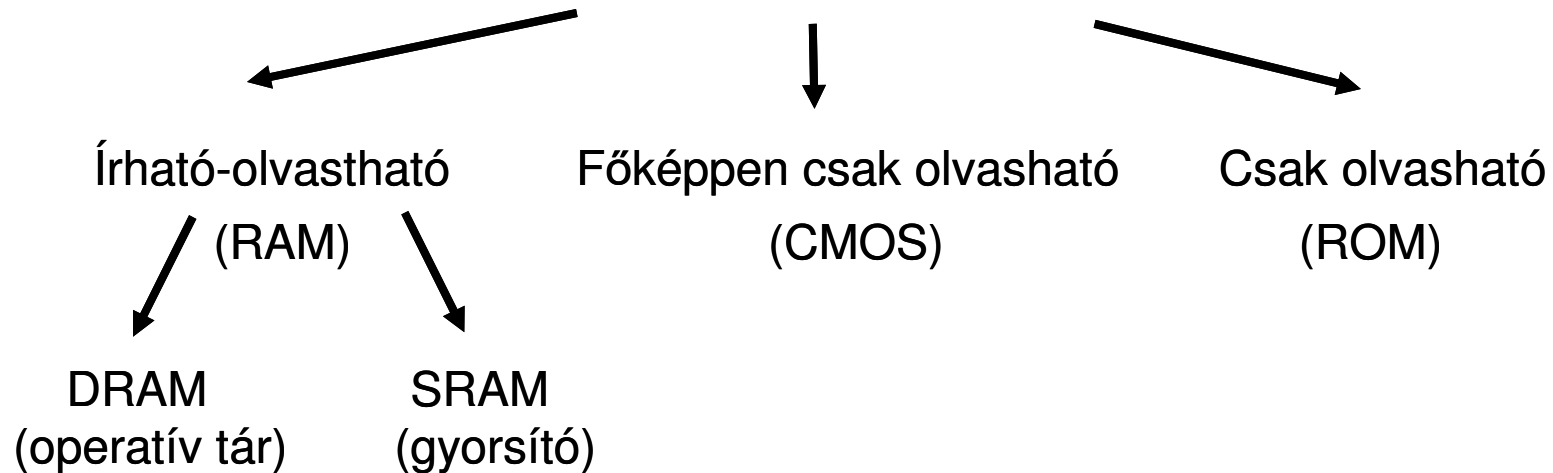


• Félvezető memóriák

- Nagyságrenddel gyorsabb a merevlemezénél (~ néhány nsec)

- **Csoportosításuk:**

- Félvezető memória típusok



- CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor):

A számítógépben lévő elemmel táplálva alacsony feszültségszinten, igen csekély fogyasztás mellett a számítógép kikapcsolása után is képes a benne tárolt adatok megőrzésére, s üzemi feszültségszinten pedig azok módosítására is. A CMOS lapka az adattároló egységen túlmenően tartalmaz egy órát is, mely az elem táplálásával a számítógép kikapcsolása után is képes követni az idő múlását.





- **ROM:**

- bekapcsolásakor e memória-típus segítségével éled fel a számítógép.
- ROM tartalma:
 - Az egyes részegységek működőképességét letesztelő programok,
 - BIOS: alapvető beviteli-kiviteli műveletek programjai
 - A hálókártyán lévő ROM például a kártya MAC-címét tartalmazza.

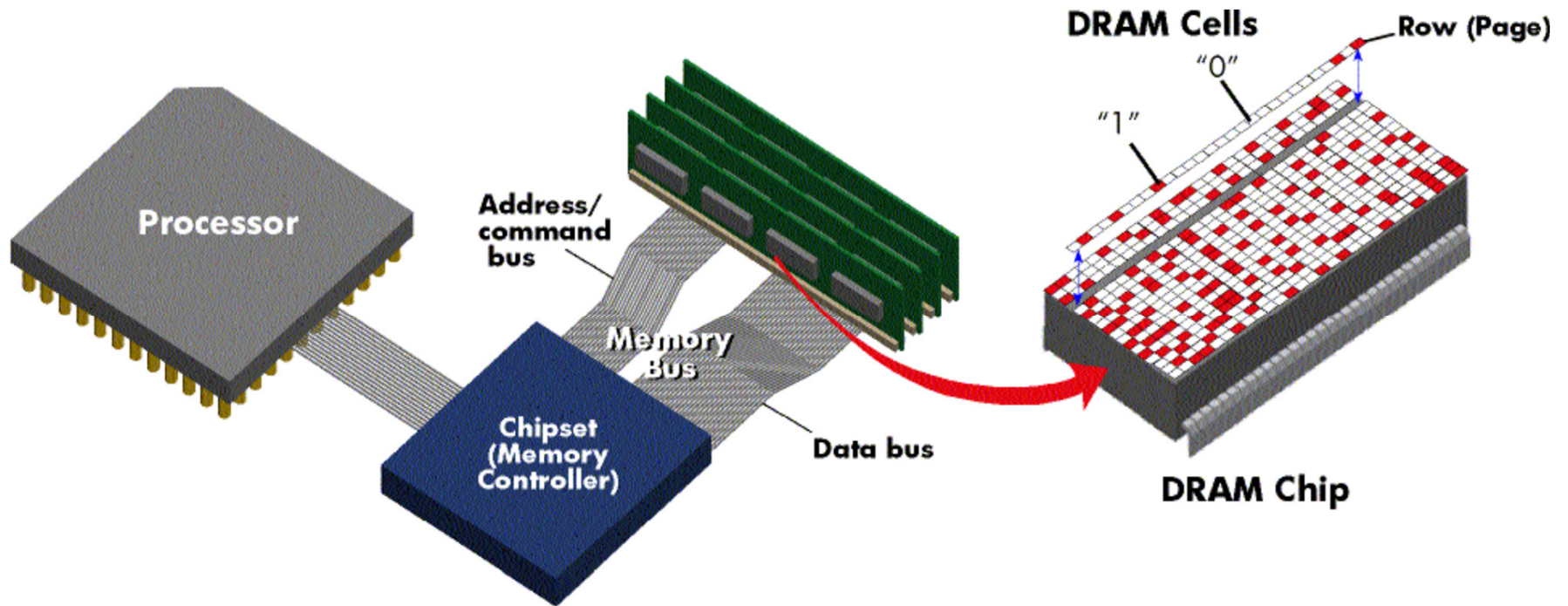
- **RAM: nem maradandó tárak** (Random Access Memory)

Statikus memória (SRAM): a tárolt adat a tápfeszültség megszűnéséig marad meg. Az adatokat általában félvezető, flip-flop memóriában tárolják (4-6 tranzisztor). Ciklusidejük megegyezik az elérési idejükkel. Energiatakarékos, gyors, drága. Regiszterek, Cache.

Előnyei:

- nagyságrendekkel nagyobb a sebessége mint a dinamikus RAM-nak.
- nem szükséges a tartalmat frissíteni, tápenergia meglétéig tárol.





» Dinamikus memória (DRAM):

a memória elemi cellái néhány pikofarad kapacitású kondenzátorok + 1 tranzisztor, melyek egy idő után kisülnek → frissíteni kell. Előnye az olcsóság, alacsony fogyasztás és a kis helyigény.

- A RAM tárolja a CPU által végrehajtandó programokat és a feldolgozásra váró adatokat. Két legfontosabb tulajdonsága: tárolókapacitás és sebesség.
- Valamint:
megbízhatóság, tömeggyárthatóság, energiaigény,
helyigény, bővíthetőség





- DRAM típusok:
 - Klasszikus DRAM (aszinkron interface)
 - SDRAM (Synchronous DRAM): nagyobb teljesítmény, 2000-től domináns
 - SDR SDRAM (Single Data Rate)
 - DDR SDRAM (Double Data Rate)

Az SDRAM a rendszersínnel van szinkronizálva → válasz mindig órajelre történik

SDR esetében az órajelnek csak a felmenő élén történik adatátvitel.

Az adattároló több logikai egységre (logikai bankra) van felosztva → a memóriavezérlő egyidejűleg több memória hozzáférési parancsot hajthat végre.

Ezek az egyes különálló bankok között a futószalag elvnek megfelelően el vannak csúsztatva (interleaved) → ezért gyorsabb az aszinkronnál!

A futószalag elvű olvasás azt jelenti, hogy a kért adat az olvasási parancs kiadása után csak fix számú óraciklust követően jelenik majd meg. Ezt késleltetésnek (latency) hívják, amit fontos teljesítmény-paraméterként kell figyelembe vennünk.

SDRAM tápfeszültsége 3,3V, átviteli sebessége ~ 1000 MB/s

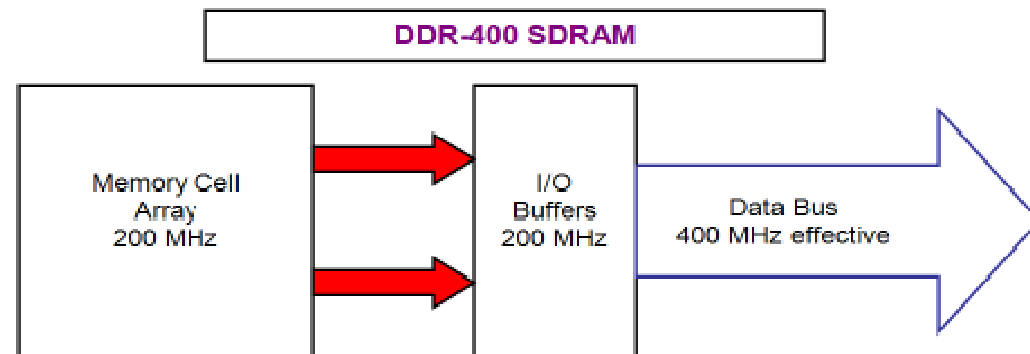
8 bájt (64 bit) x 133 Mhz = 1064 MB/s





- A single data rate (SDR) sebességű SDRAM-mal összehasonlítva, a **DDR SDRAM** interface magasabb sebességre képes, amit az adatok és órajelek pontosabb időzítés-vezérlése tesz lehetővé.
- A DDR arra utal, hogy a memória bizonyos frekvenciákon közel kétszer akkora sávszélességet biztosít, mint az SDR SDRAM.
- Az interfész kétszeres töltést alkalmaz (az órajelnek mind a felmenő, mind pedig a lemenő élén megtörténik az adat-továbbítás. Az alacsonyabban tartott frekvenciának előnye, hogy mérsékli a memóriát a vezérlőhöz csatlakoztató áramkörnek a jel-integritás iránti követelményeit csökkenti, azaz a hosszabb rendelkezésre álló időintervallum alatt a sérültebb jelet is képes helyesen értelmezni.

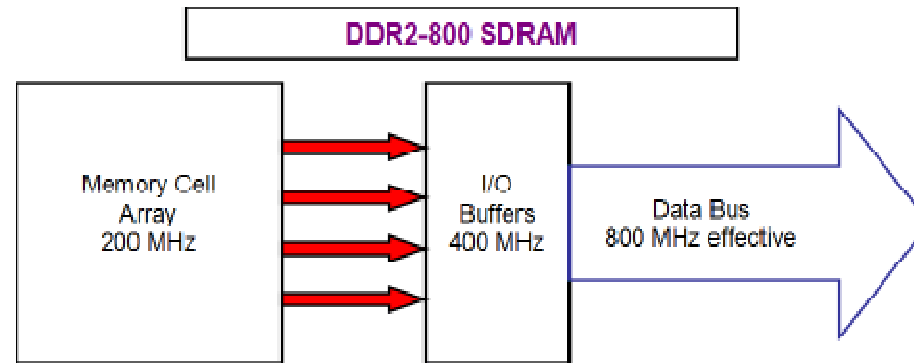
A technológia sajátossága, hogy a belső busz kétszer olyan széles kell, hogy legyen, mint a külső busz!
Két adatsáv, órajelenként két bit az I/O pufferbe.
2N-prefetch eljárás.





- **DDR2 SDRAM:**

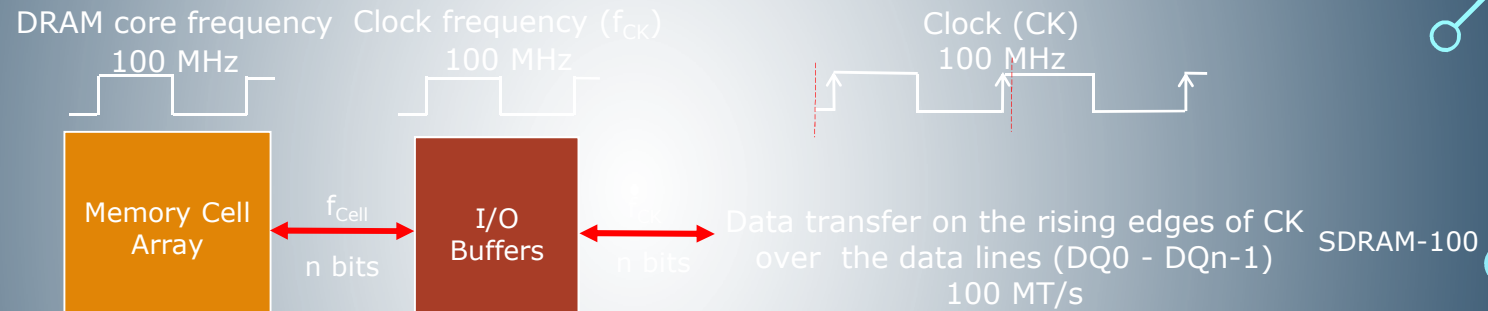
- Az alacsonyabb órajekvencia-meghajtási igény miatt alacsonyabb energia-fogyasztás.
- Magasabb frekvenciával való meghajtás lehetősége, így jelentősen növelhető a sávszélesség
- Ugyanazon órajekvenciájú meghajtás mellett nagyobb késleltetés, mint a DDR esetében.



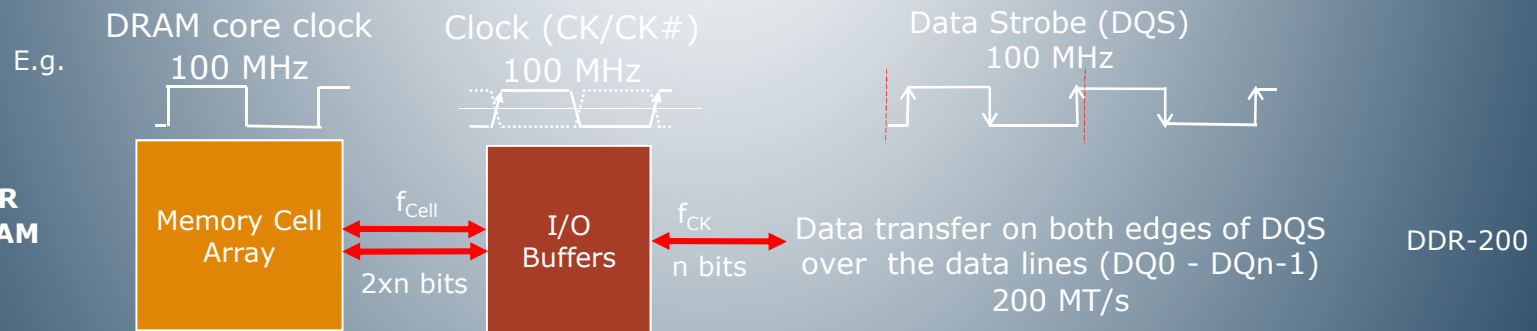
- mivel 4 sávunk van, így órajelenként négy bit feldolgozására van lehetőség (4N-prefetch eljárás). A négy sáv miatt (4-1 konverzió) nő a késleltetés.
- DDR2 SDRAM tápfeszültsége 1,8V, átviteli sebessége eléri a 6400 MB/s-ot.
- **DDR3 SDRAM:** Elv ugyanaz, 8 sáv, 8n Prefetch eljárás
- A DDR3 szabvány lehetővé teszi, hogy egy chipben 8 Gbit tárolási kapacitást helyezzünk el (240 DIMM pin lábkiosztás).
- DDR3 SDRAM tápfeszültsége 1,5V, átviteli sebessége eléri a 17000 MB/s-ot.



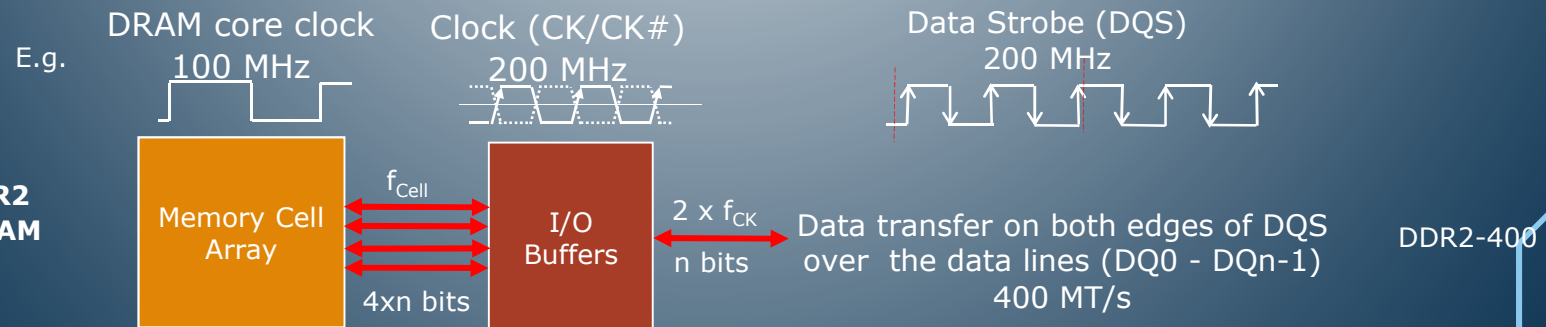
SDRAM



DDR SDRAM

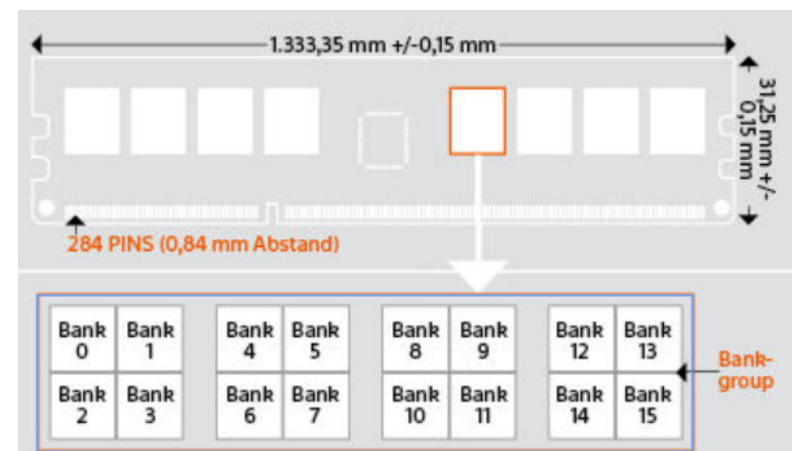
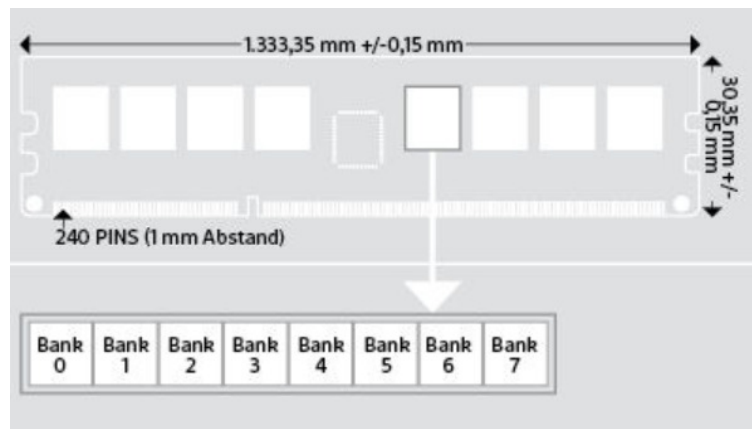


DDR2 SDRAM





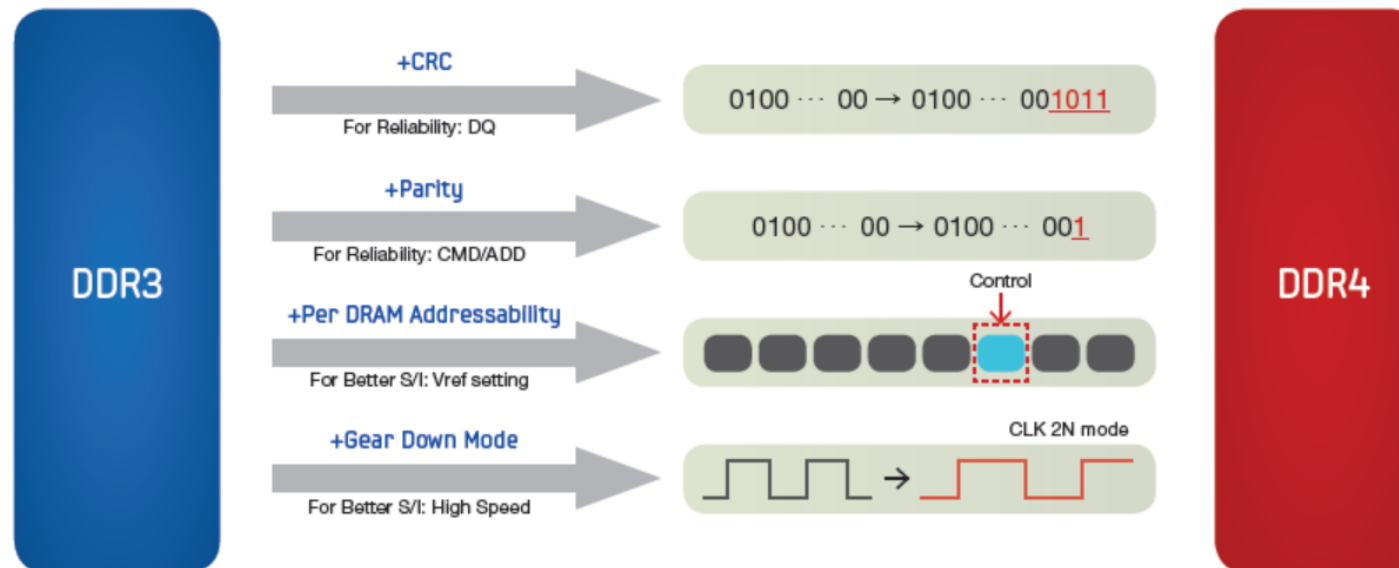
- **DDR4 SDRAM:**
- Az alacsonyabb órajekvencia-meghajtási igény miatt alacsonyabb energia-fogyasztás (1,2V).
- Magasabb frekvenciával való meghajtás lehetősége, így jelentősen növelhető a sávszélesség (2133MHz-től)
- Ugyanazon órajekvenciájú meghajtás mellett nagyobb késleltetés, mint a DDR3 esetében
- Ugyanúgy 8N-prefetch eljárás
- Bank csoportok létrehozása: amíg egyetlen DDR3-as chip 8 különálló bankot tartalmaz, addig egy DDR4-es már 16 darabot, de csoportosítva
- DDR4 esetében a chipekben négy darab négy bankból álló csoport található, amikből a vezérlés egyszerre kettőt vagy négyet választhat ki.
- A rendszer gyakorlatilag az időosztásos multiplexelés elvén képes kezelni a bankokat.





- **DDR4 SDRAM:**

- Megbízhatóság javítása:
- ECC mellett megjelenik a CRC (Cyclic Redundancy Check) is, ami a véletlenszerű változásokat (anomáliákat) érzékeli, valamint a chipenkénti extra paritás
- Chipenkénti lezárás (ODT: On-Die Termination), és feszültség szabályozás
- Gear Down Mode: Csökkentheti a prefetch értékét, ha szükséges
- Fizikai kialakítás: 288 DIMM pin





Memória típusok főbb általános paramétereit:

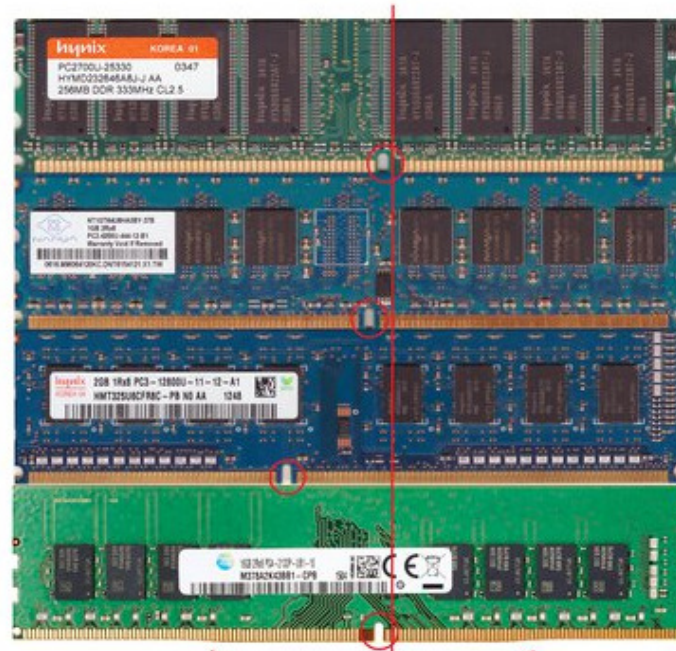
DDR SDRAM Standard	Internal rate (MHz)	Bus clock (MHz)	Prefetch	Data rate (MT/s)	Transfer rate (GB/s)	Voltage (V)
SDRAM	100-166	100-166	1n	100-166	0.8-1.3	3.3
DDR	133-200	133-200	2n	266-400	2.1-3.2	2.5/2.6
DDR2	133-200	266-400	4n	533-800	4.2-6.4	1.8
DDR3	133-200	533-800	8n	1066-1600	8.5-14.9	1.35/1.5
DDR4	133-200	1066-1600	8n	2133-3200	17-21.3	1.2

184 PINS

240 PINS

240 PINS

288 PINS



DDR 1

DDR 2

DDR 3

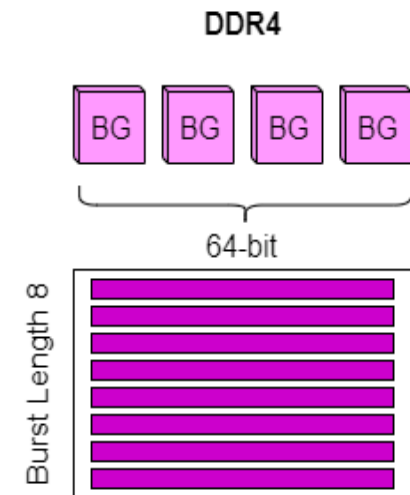
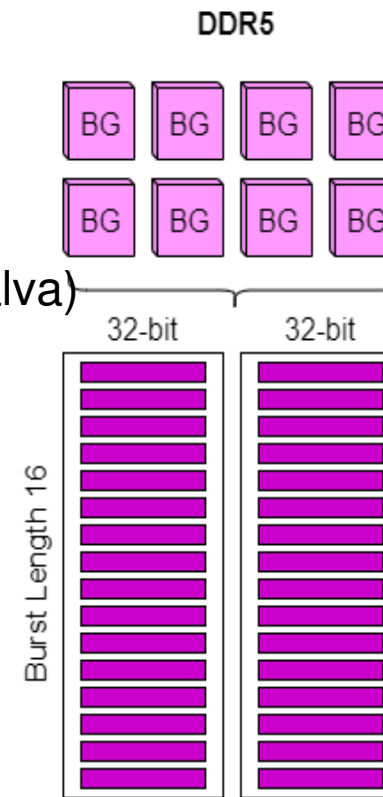
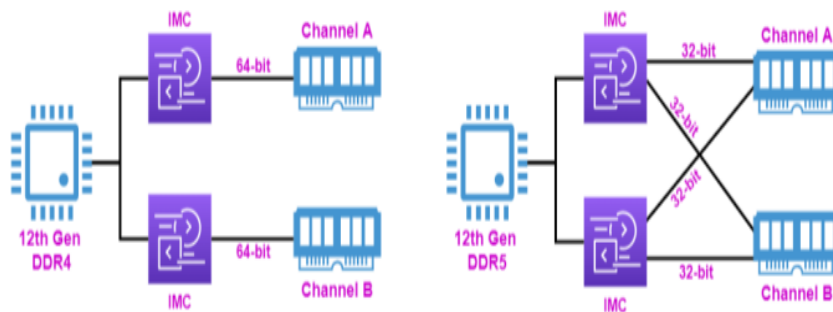
DDR 4





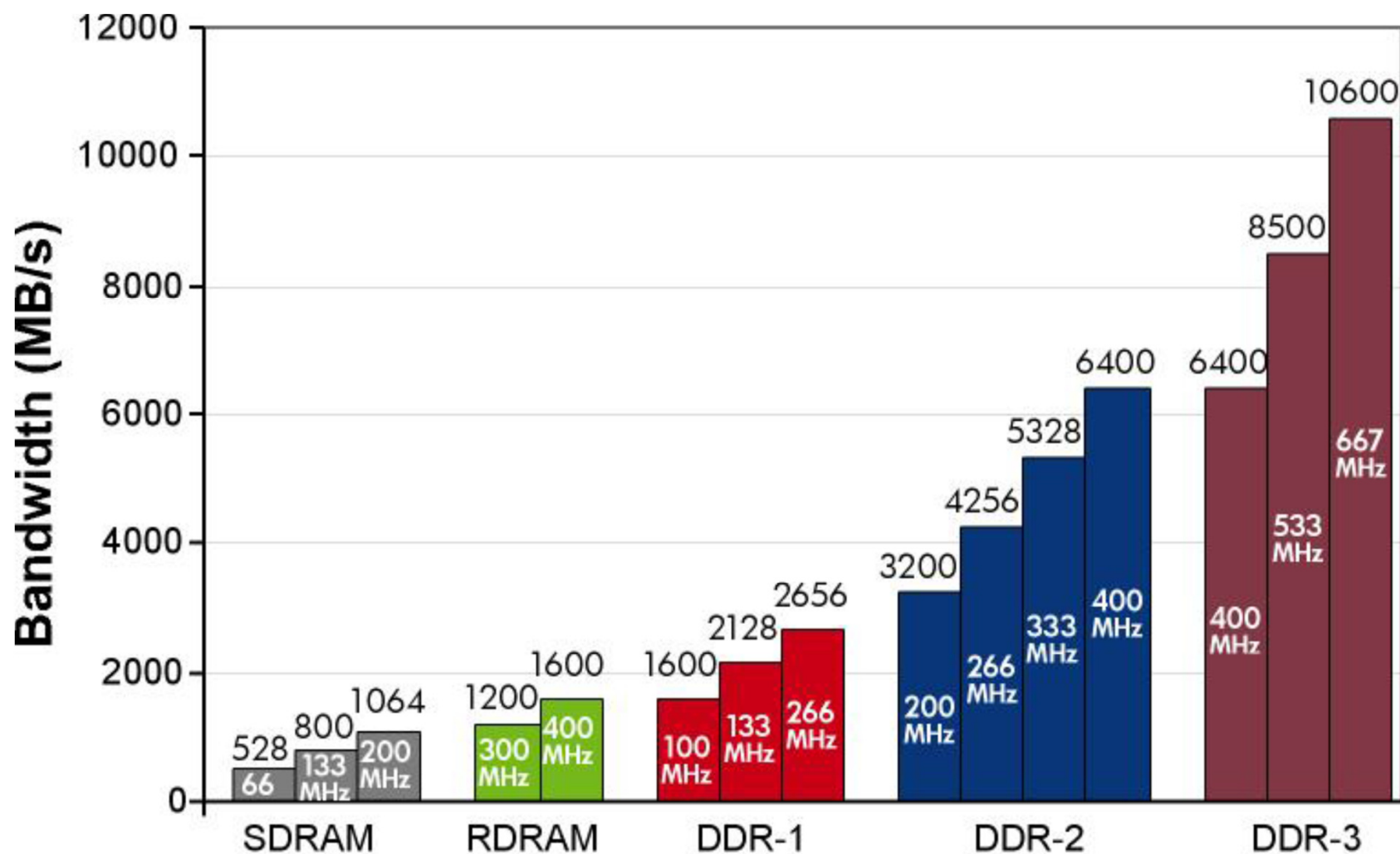
DDR5 SDRAM:

- Az alacsonyabb órafrekvencia-meghajtási igény miatt még alacsonyabb energia-fogyasztás (1,1V).
- Magasabb frekvenciával való meghajtás lehetősége, ezzel is növelhető a sávszélesség (4800 MT/s-től)
- Ugyanazon órafrekvenciájú meghajtás mellett nagyobb késleltetés, mint a DDR4 esetében
- Újdonság: 16N-prefetch eljárás
- Bank csoportok száma 8-ra nő
- Modulonként 2 csatorna (32 bit)
- On Die ECC (memória chipbe integrálva)
- Operációnként akár 64 Byte adat
- akár 12 NYÁK - réteg





- Memória típusok sávszélessége



- **Szinkron DRAM fontosabb időzítési paraméterek:**
- **tCL (CAS Latency)** - várakozási idő az oszlopburst olvasási parancsától az első adat megjelenéséig (Ha az átvíendő blokkokat nem lehet egymás mellé illeszteni, hanem csak egymás után lehet megcímezni, akkor mindegyik blokk esetében egy oszlopcímzési várakozást (CL) is el kell viselnünk.)
- **tRCD (RAS to CAS delay)** - A minimális idő a bank(sor) megnyitásától az oszlop kiválasztási parancs kiadásáig
- **tRAS** - A banksor aktiválása és lezárása (precharge) közti minimális idő
- **tRP - tRow Precharge** (előtöltés) ideje, a banksor bezárása utáni kötelező várakozási idő új banksor megnyitása előtt
- **tRC** - Ciklusidő, ugyanazon bank sorai közül történő olvasások közötti minimális idő
- A teljes olvasási ciklus:
 - Bank megnyitása
 - Oszlopblokkok olvasása a megnyitott sorból
 - Bank zárása (precharge)
 - Legalább tRP várakozás mielőtt ezt a bankot újra megnyitnánk

A legjobb eset az, amikor a megnyitott bankok soraiból olvasunk, mert ekkor folyamatosan adatot hozhatunk át minden memória-órajellel.



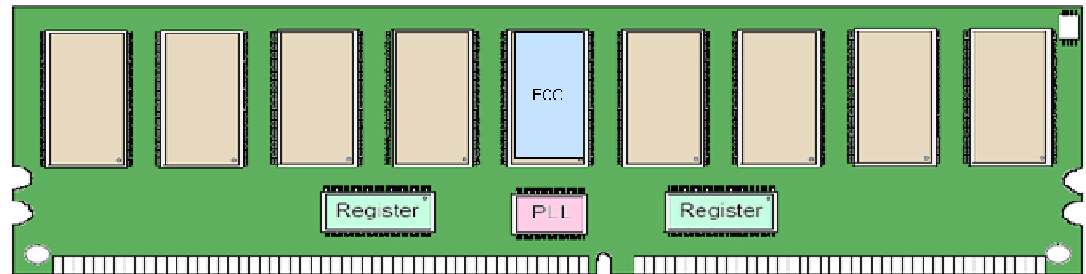


- **Megfogalmazható trendek:**

- nem kompatibilisek egymással
- folyamatosan nő az órajekvenciájuk, s a sávszélesség-növekedésüknek ez is az egyik tényezője,
- folyamatosan nő a prefetch párhuzamosan átvitt bitjeinek száma,
- folyamatosan csökken a lapka-méret,
- folyamatosan csökken a tápfeszültségük, ezáltal pedig a felvett energiaigényük, a melegedésük, azaz a hűtési igényük.

- **DIMM-ek jellemzői:**

DRAM chipeket tartalmazó memória modul, 64 bites szervezés. 168-288 pin.



- 1.) A registered DIMM modulok esetében a DRAM chipek és memóriasín közé egy regisztert helyeztek el. Ez egyrészt kisebb elektromos terhelést jelent a memória-vezérlő számára, másrészt pedig több memória-modul esetén ez a megoldás nagyobb rendszerstabilitást eredményez → Szerverek

A memóriasín és a DRAM közötti minden olvasási és írási műveletet egy ciklus erejéig puffereljük (~20-30 cím- és vezérlővonal, 1 regiszterchip általában 14 vezérlővonalat puffereel → tipikusan 2 kell belőle).





2.) ECC DIMM modulok:

- A DIMM egyik oldalán lévő kilencedik DRAM chipet a paritás bit vagy az ECC bit tárolására használják (Error Control Coding).
- A paritás bit segítségével a memória-vezérlő képes egyetlen hiba felfedezésére, de semmilyen hibát nem tud kijavítani. Továbbá a többszörös hibát sem tudja konzisztensen felfedezni.
- Az ECC bit segítségével a memória-vezérlő képes egyetlen, továbbá az egymással határos, folyamatos többszörös hibát felfedezni és kijavítani. A folyamatos bithibák akkor fordulnak elő, amikor egy egész x4 vagy x8 chip meghibásodik (ezek memória-szervezési egységek). Ezen kívül a memória-vezérlő képes nem folyamatos két bit-hibát felismerni. Amennyiben a memória-vezérlő egy kijavíthatatlan hibát észlel, akkor leállítja a rendszert és naplózza a hibát.

3.) PLL (Phase Locked Loop):

- Fáziszárt hurok: órajel elcsúszás mentesítés





Memória típusok összehasonlítása:

Memória típusa	Memóriacellák magórajele	Effektív órajel	Elérhető max. sávszélesség	Időzítések	Elérési idő (ciklusidő)
DDR3-800	100 MHz	800 MHz	6400 MB/s	5-5-5-15	12,5 ns
DDR3-1066	133 MHz	1066 MHz	8500 MB/s	7-7-7-20	13,1 ns
DDR3-1333	166 MHz	1333 MHz	10 666 MB/s	9-9-9-22	13,5 ns
DDR3-1600	200 MHz	1600 MHz	12 800 MB/s	11-11-11-28	13,8 ns
DDR3-1866	233 MHz	1866 MHz	14 933 MB/s	13-13-13-32	13,9 ns
DDR3-2133	266 MHz	2133 MHz	17 066 MB/s	14-14-14-34	13,1 ns
DDR4-2133	133 MHz	2133 MHz	17 066 MB/s	15-15-15-35	14,1 ns
DDR4-2400	150 MHz	2400 MHz	19 200 MB/s	16-16-16-39	13,3 ns

(forrás: Prohardver)

DDR RAM-ok esetében Dual-Channel módban a sávszélesség duplázható. Ami ezt csökkenti az a CL késleltetés.

A CPU-k memóriahasználata általában szabálytalan és elaprózott címezésekkel jár, ez akadályozza a blokkok átlapolását, egymáshoz illesztését.

