

MEMÓRIÁK

ÓBUDAI EGYETEM

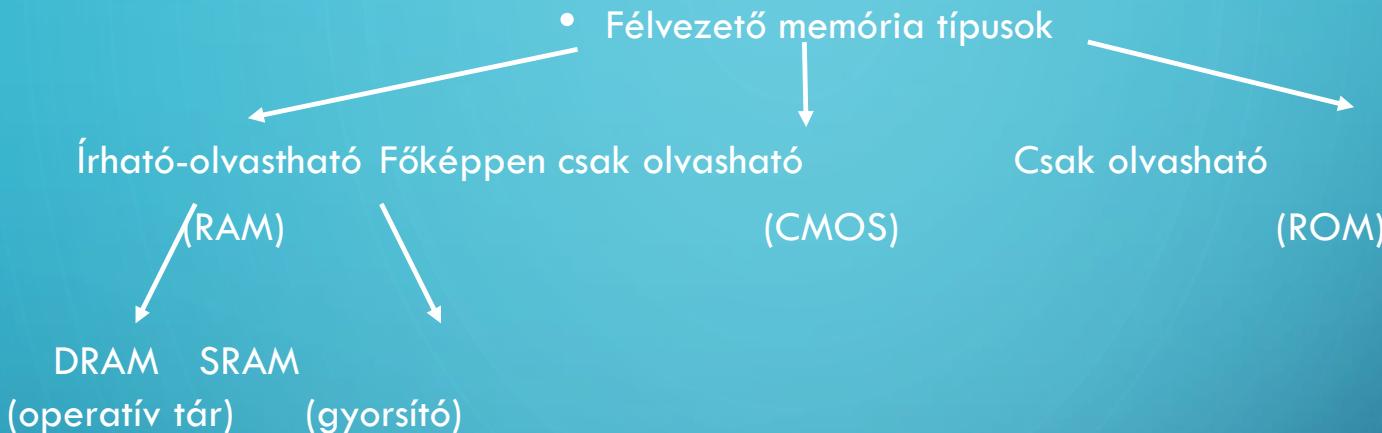
NEUMANN JÁNOS INFORMATIKAI KAR

SZÁMÍTÓGÉP ARCHITEKTÚRÁK ALAPJAI I.

DURCZY LEVENTE

• Félvezető memóriák

- Nagyságrenddel gyorsabb a merevlemeznél (\sim néhány nsec)
- **Csoportosításuk:**



- 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 műlását.

- **ROM:** bekapcsolásakor e memória-típus segítségével éled fel a számítógép.

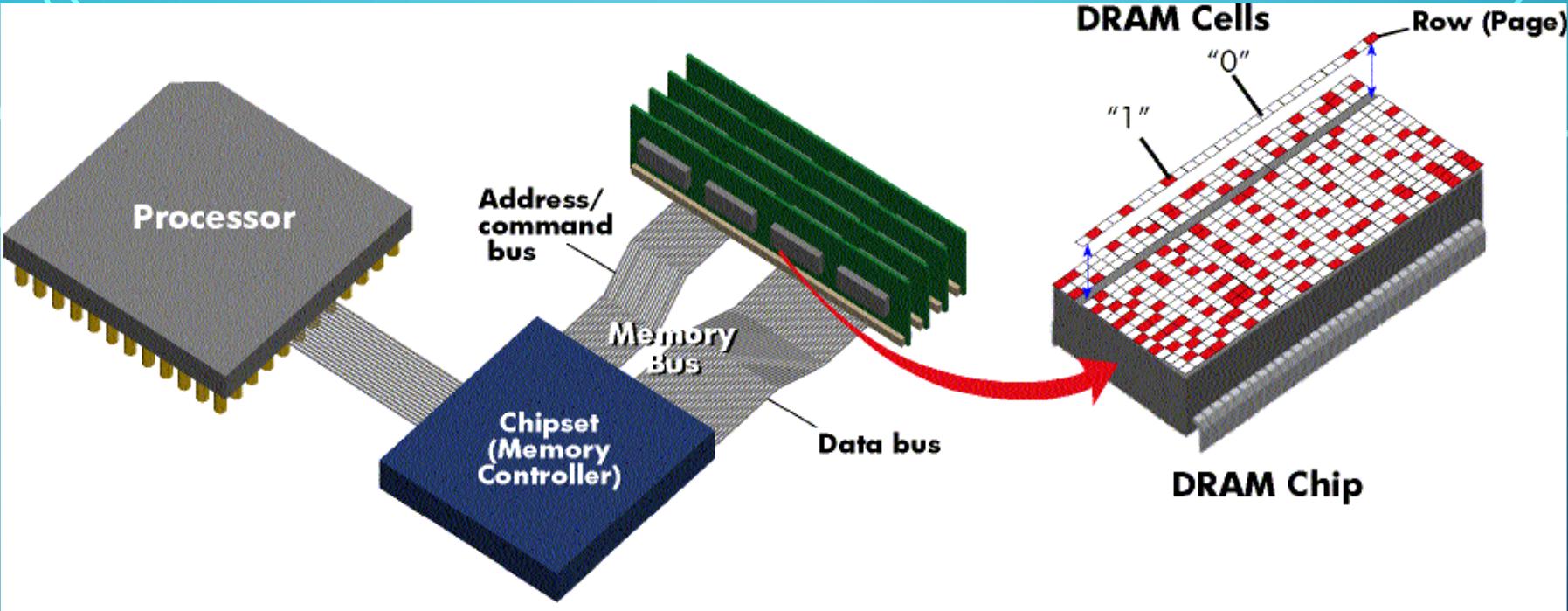
- ROM tartalma:

- Az egyes részegységek működőképességét leteszterő 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 minden 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

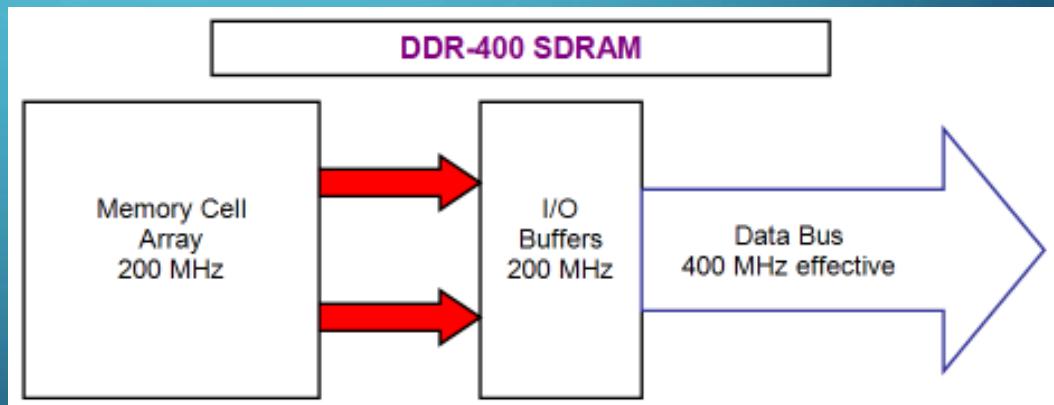
$$8 \text{ bajt (64 bit)} \times 133 \text{ Mhz} = 1064 \text{ MB/s}$$

- 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 csatlakoztatott 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.

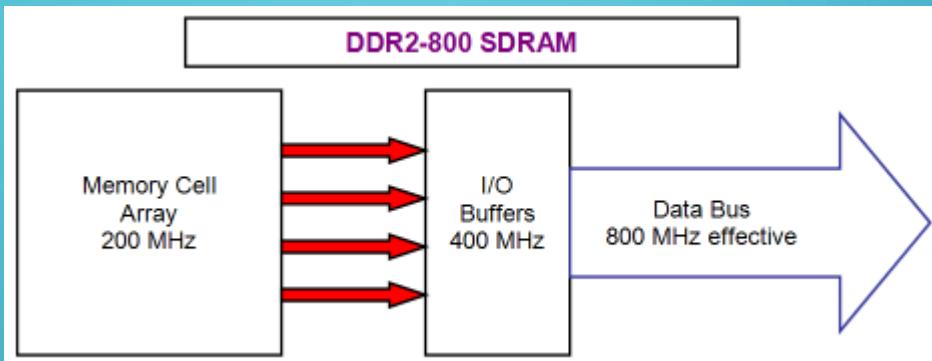
2N-prefetch eljárás.



DDR SDRAM tápfeszültsége 2,5V, átviteli sebessége ~ 3200 MB/s

- **DDR2 SDRAM:**

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



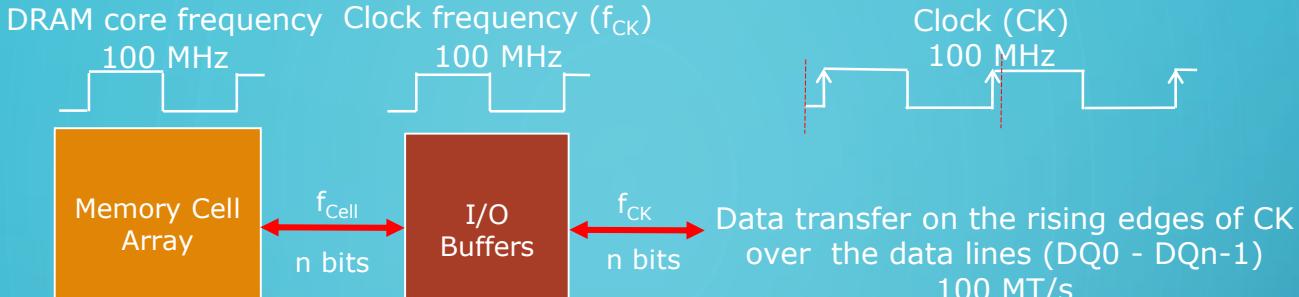
- mivel 4 sávunk van, így órajelenként négy bit feldolgozására van lehetőség
- (4N-prefetch eljárás). A négy sáv miatt (4-1 konverzió) nő a késleltetés.
- DDR2 SDRAM tápfeszültsége 1,8V, átviteli sebessége eléri a 6400 MB/s-ot.

- **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.

E.g.
SDRAM



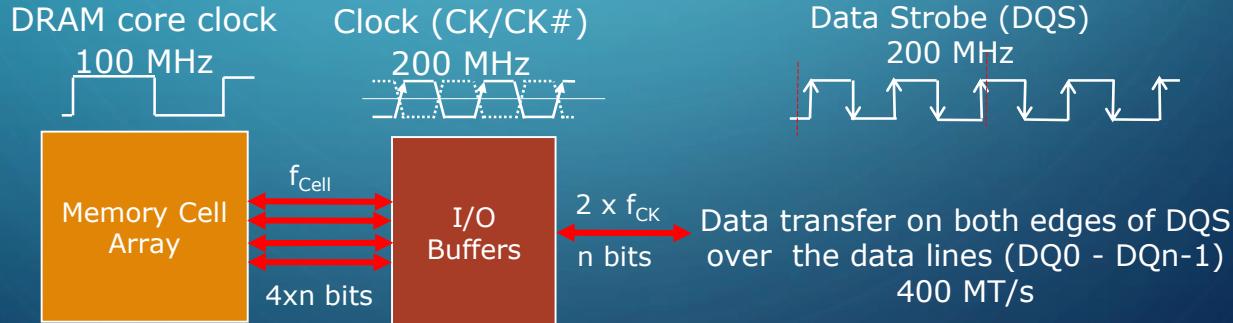
SDRAM-100

E.g.
DDR SDRAM



DDR-200

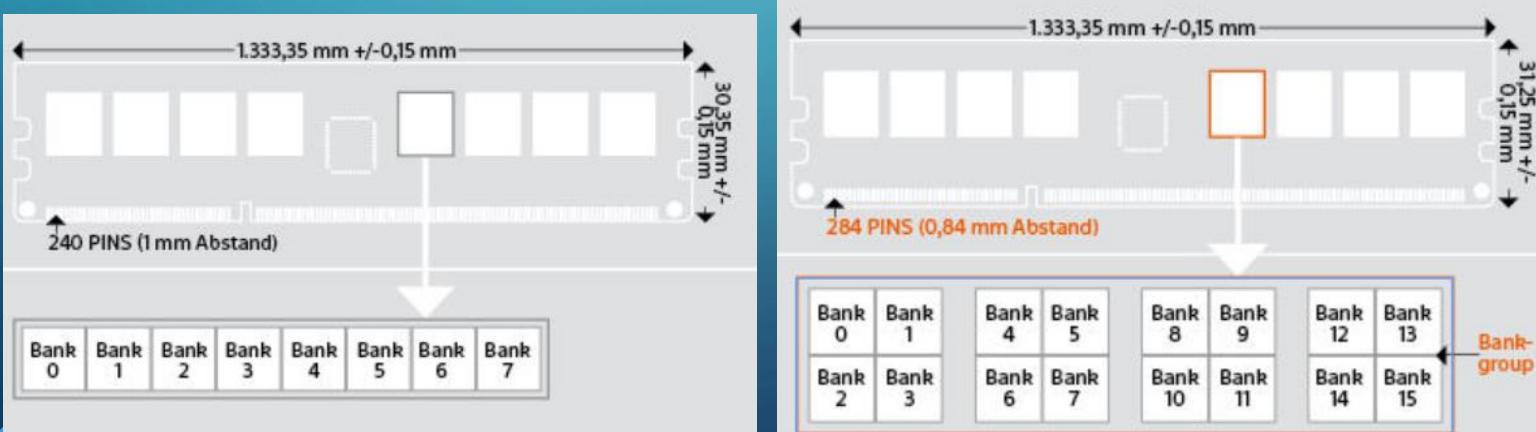
E.g.
DDR2 SDRAM



DDR2-400

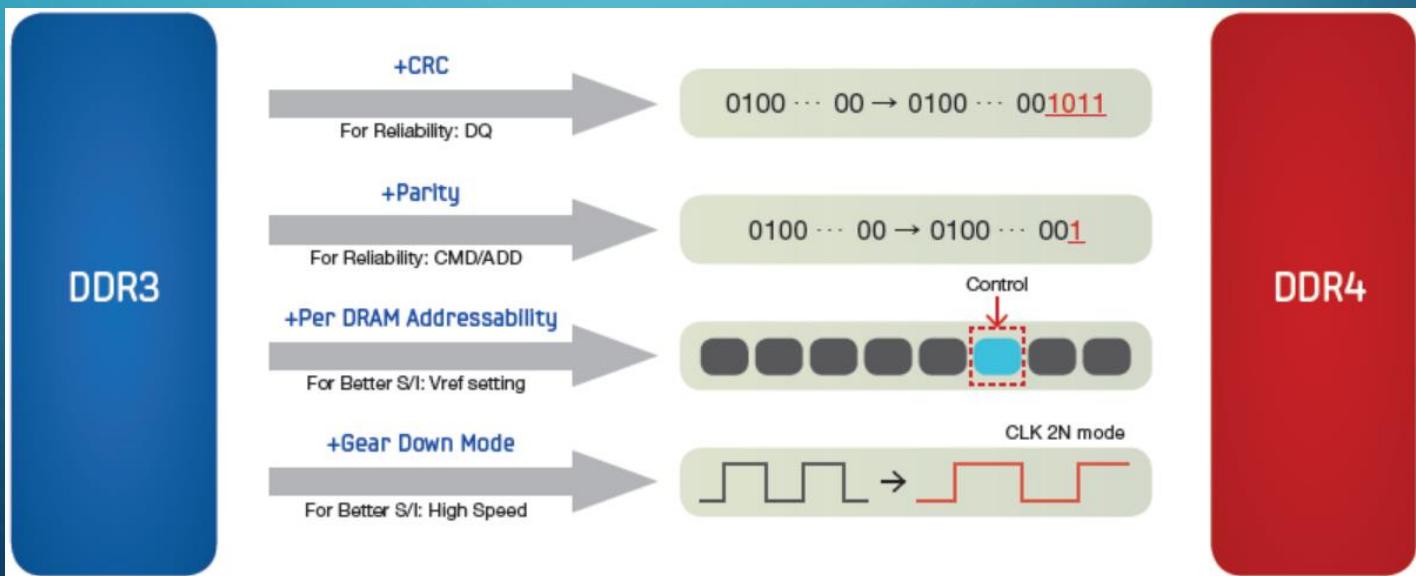
- **DDR4 SDRAM:**

- Az alacsonyabb órafrekvencia-meghajtási igény miatt alacsonyabb energia-fogyasztás (1,2V).
- Magasabb frekvenciával való meghajtás lehetősége, így jelentősen növelhető a sávszélesség (2133MHz-től)
- Ugyanazon órafrekvenciájú 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.

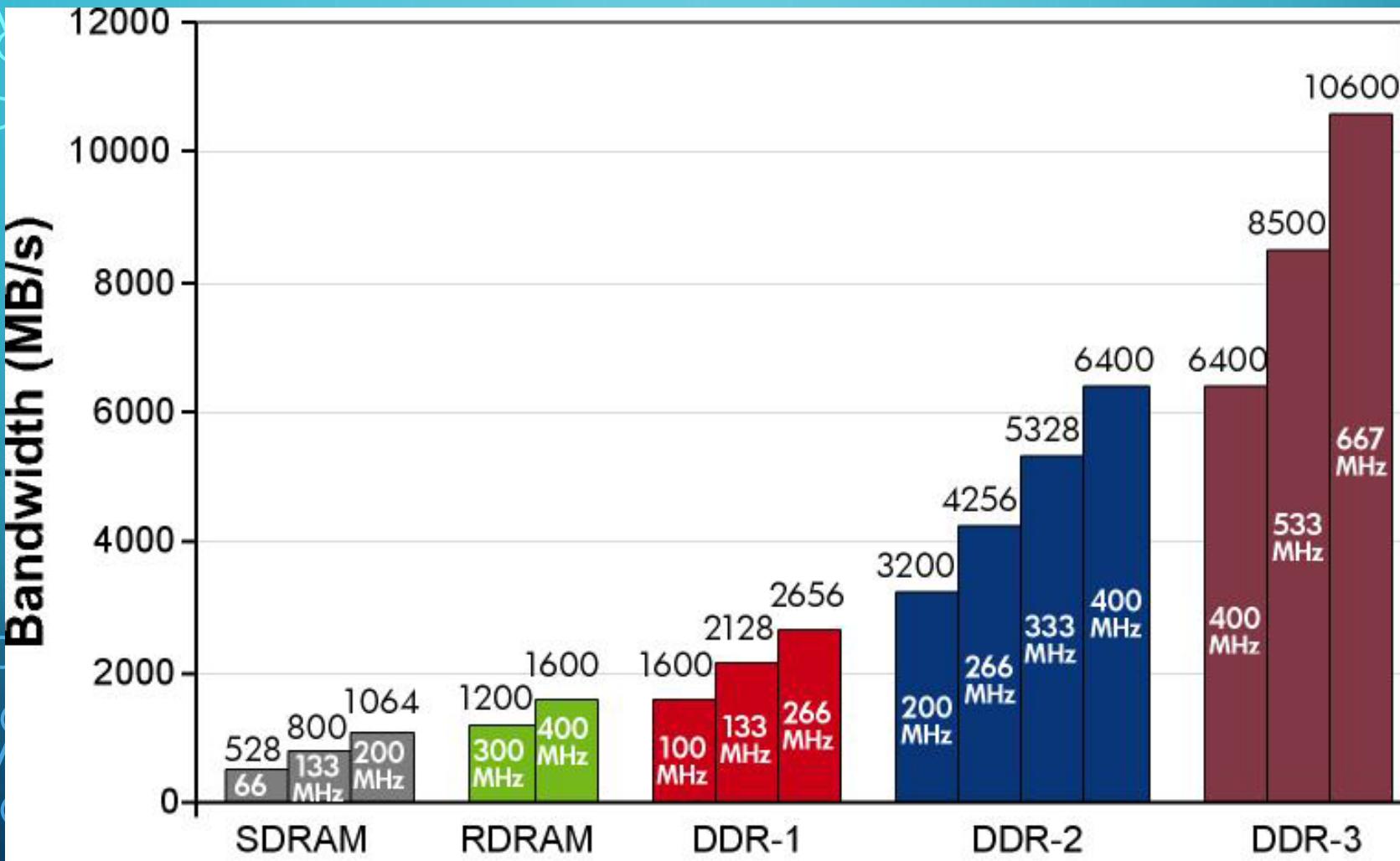


- **DDR4 SDRAM:**

- 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: 284 DIMM pin



- Memória típusok sávszélessége



- Szinkron DRAM fontosabb időzítési paraméterek:

- **tCL (CAS Latency)** - várakozási idő az oszloburst olvasási parancsától az első adat megjelenéséig (Ha az átviendő 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:

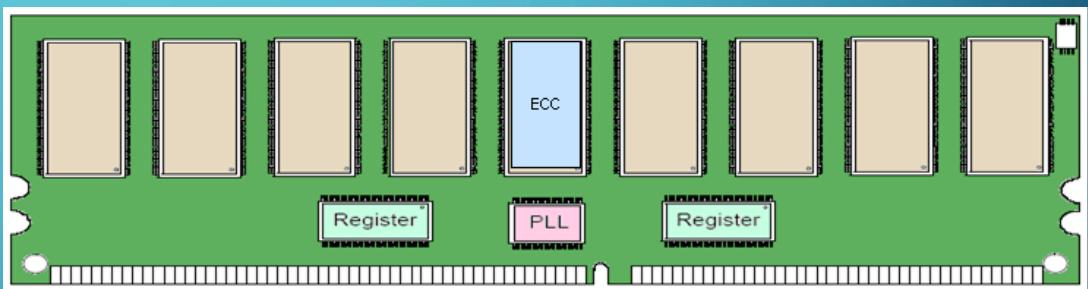
- Bank megnyitása
- Oszlopblokkok olvasása a megnyitott sorból
- Bank zárása (precharge)
- Legalább tRP várakozás mielőtt ezt a bankot újra megnyitnánk

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 órafrekvenciájuk, 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. 168-284 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, másrészről pedig több memória-modul esetén ez a megoldás nagyobb rendszerstabilitást eredményez → Szerverek

A memóriasín és a DRAM között minden olvasási és írási műveletet egy ciklus erejéig puffereljük (~20-30 cím- és vezérlővonal, 1 regiszterchip általában 14 vezérlővonalat pufferel → 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 duplázzható.

Ami ezt csökkenti az a CL késleltetés.

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