

IV. Kujtesa e kompjuterit

Kujtesa kompjuterike (*Memory*) dhe ruajtja kompjuterike (*Storage*) janë dy komponente të ndryshme që shpeshherë ngatërrohen me njëra-tjetrën.

Storage është kujtesë e përhershme me kapacitet të lartë që shërben për të ruajtur fizikisht të dhëna në një kompjuter. Ky term i referohet hard diskut, kapaciteti i të cilit matet me gigabyte. Një kompjuter me 250 GB HDD tregon që në të mund të ruajmë vetëm 250 GB skedarë ose aplikacione të ndryshme. Kjo ruajtje është afatgjatë, dmth. nëse të dhënat janë shkruar në hard disk, ato do të qëndrojnë aty derisa të fshihen manualisht nga një përdorues i kompjuterit.

Memory është aftësia e kompjuterit për të koduar, për të ruajtur dhe për të rikthyer informacionin e kërkuar në një moment të caktuar. Ky term i referohet kujtesës kryesore të kompjuterit e njohur ndryshe si RAM (*Random Access Memory*). RAM është kujtesë e përkohshme dhe e paqëndrueshme, dmth. ajo ka nevojë për një furnizim të vazhdueshëm me energji elektrike në mënyrë që të ruajë të dhënat. RAM matet në megabyte ose gigabyte. Shumica e kompjuterave kanë kujtesë RAM që varion nga 1GB deri në 8 GB.

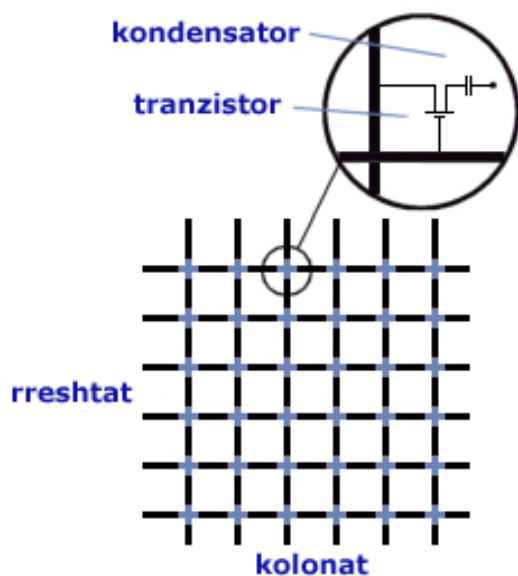
RAM dhe HDD punojnë në kombinim me njëri-tjetrin. Të dhënat (skedarët ose programet) që shtojmë në kompjuter ruhen në HDD. Kur një program do të ekzekutohet, procesi aktual i përdorimit të aplikacionit si dhe instruksionet me të cilat sistemi i operimit do të bashkëveprojë me të ngarkohen në RAM. RAM përdoret kryesisht për multi-tasking, dmth. na mundëson kryerjen e disa detyrave në të njëjtën kohë. Kur kompjuteri ristartohet përmbajtja e RAM boshatiset.

4.1, Ndërtimi dhe llojet e kujtesës RAM

RAM funksionon si një matricë elektronike, çdo qelizë e të cilës ruan vetëm një bit informacion. Ekzistojnë dy kategori kryesore kujtesash RAM, që dallohen kryesisht nga mënyra e ndërtimit të tyre:

- **SRAM** (*Static RAM*) – kujtesa statike;
- **DRAM** (*Dynamic RAM*) – kujtesa dinamike.

Në rastin e SRAM, biti i informacionit memorizohet në një flip-flop, i cili përfaqëson një qark me dy gjendje të qëndrueshme që interpretohen si “0” dhe “1”. Gjendja e flip-flopit mbetet e pandryshueshme nëse mbi të nuk aplikohet ndonjë sinjal kontrolli, ose derisa tensioni që ushqen kujtesën të ndërpritet. Ndërsa parimi i memorizimit të bitit të informacionit në një DRAM është krejt i ndryshëm. Një vlerë “1” paraqitet nëpërmjet një ngarkese elektrike të një kondensatori, ndërsa vlera “0” nëpërmjet mungesës së saj.



Çdo qelizë e kujtesës DRAM është një lloj gjysëmpërçuesi, që përbëhet nga një kondensator dhe një tranzistor i tipit MOS, që bën të mundur ndryshimin e statusit të tij, si në figurë. Është e natyrshme që me kalimin e kohës, ngarkesa e kondensatorit tenton të zvogëlohet drejt vlerës 0. Për të ruajtur gjendjen e tij, kondensatorët duhet të ngarkohen elektrikisht në intervale kohe të rregullta, duke kryer një “rifreskim” të kujtesës. Intervali i kohës që duhet për rifreskimin periodik të kujtesave dinamike quhet “**refresh cycle**”.

Ashtu si edhe SRAM, kujtesat DRAM janë të organizuara në rreshta dhe kolona. Çdo qelizë e kujtesës karakterizohet nga një adresë e cila i korrespondon një numri rreshti dhe një numri kolone. Por ndryshe nga SRAM ku lexohet njëherazi i gjithë rreshti, në kujtesat DRAM klasike përzgjidhet një bit i kujtesës, duke dërguar fillimisht adresën e rreshtit dhe pastaj atë të kolonës.

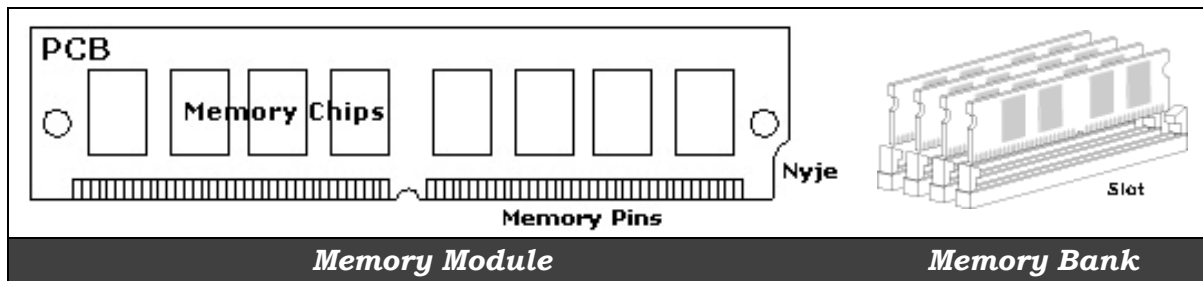
Dallime të tjera midis DRAM dhe SRAM janë: SRAM përdor më shumë tranzistorë për bite kujtese (6 tranzistorë për bit), sesa DRAM (1 tranzistor për bit). SRAM kanë densitet dhe kapacitet më të ulët, janë më të shpejta dhe konsumojnë më pak energji se DRAM. Por për shkak të strukturës së brendshme komplekse SRAM janë të kushtueshme prandaj përdoren kryesisht për kujtesën cache të procesorit. Ndërsa DRAM kanë kosto të ulët dhe aftësi që të mbajnë shumë të dhëna në një paketë relativisht të vogël. Kjo është edhe arsyeja që DRAM ka qenë RAM-i standart që është përdorur në të gjithë kompjuterat, që nga mesi i viteve ‘70.

Disa tipe të tjera kujtesash RAM të ardhshme janë: **T-RAM** (*Thyristor RAM*), **Z-RAM** (*Zero Capacitor RAM*), apo **TTRAM** (*Twin Transistor RAM*).

T-RAM është një lloj kujtese DRAM që kombinon anët e forta të saj me SRAM, dmth. shpejtësi dhe volum të madh. Supozohet që kjo lloj kujtese do të përdoret në procesorët e gjeneratës së ardhshme të AMD-së, duke zëvendësuar teknologjinë Z-RAM, e licensuar nga AMD por ende e papërdorur. TTRAM është një lloj i ri kujtese në zhvillim nga Renesas, një qelizë e së cilës është e ngjashme në koncept me kujtesat DRAM, por përbëhet nga dy tranzistorë të lidhur në seri, duke eliminuar kondensatorin dhe duke shfrytëzuar teknologjinë e shtresave të izoluara të silicit (SOI), sikurse edhe në kujtesat Z-RAM.

4.2, Organizimi i moduleve DRAM

Qelizat e kujtesës janë të organizuara në qarqe të integruara (IC) ose *memory chips*, të cilat janë të printuara në një bord të quajtur PCB (*Printed Circuit Board*), që shërben për të ofruar suportin mekanik dhe elektrik të komponenteve në të, duke formuar së bashku modulin e kujtesës.



Pjesa e poshtme e moduleve të kujtesës përbëhet nga kontakte të shumta të veshura në ar të quajtura *memory pins*, dhe është e pajisur me një ose më shumë nyje që ndihmojnë në instalimin e përshtatshëm të saj. Modulet e kujtesës vendosen në motherboard-in e kompjuterit në njësi logjike të quajtura banka të kujtesës (*memory banks*), të cilat varen nga arkitektura hardware dhe përcaktojnë mënyrën e adresimit të kujtesës nga sistemi. Një bankë kujtese përbëhet nga disa slot-e (ose sockets), ku vendosen module kujtese të të njëjtit lloj dhe me madhësi të njëjtë.

Karakteristikat dalluese të moduleve të kujtesave kompjuterike përfshijnë tensionin, kapacitetin, shpejtësinë, formën e fabrikës, etj. Sipas teknologjisë që është aplikuar në to, dallojmë këto module:

- **Fully-Buffered Module:** janë të pajisur me një “*Advanced Memory Buffer*” chip, që shërben për të rifreskuar sinjalin gjatë transmetimit të tij në busin e të dhënave, pa cënuar integritetin apo shpejtësinë e kujtesës. Këto module mund të ofrojnë edhe korrigjimin e gabimeve, dhe përdoren zakonisht në servera.
- **Unbuffered Module:** nuk janë të pajisur me buffer, dhe janë modulet më të zakonshëm për sistemet desktop.
- **Parity/ECC Module:** Për shkak të shpejtësisë së madhe të DRAM-it dhe sasisë së të dhënave që shkruhen dhe lexohen në të, ndodh që të transmetohen të dhëna të gabuara. Kjo nuk do të thotë që kujtesa është difektoze, por për një arsye të caktuar një vlerë 0 mund të transmetohet si 1, ose anasjelltas. Në shumicën e rasteve gabime të tilla tolerohen, ndërsa në sisteme sensitive këto lloj gabimesh janë fatale. *Parity RAM*, është një metodë e cila dedekton por nuk korrigjon gabimet, ndërsa sisteme që kanë nevojë për saktësi më të madhe, përdorin ECC shkurtim për “*Error-Correction Code*”.

Modulet standarte të kujtesës ruajnë ekzaktësisht një bit të dhëna në çdo qelizë kujtese, dmth. ato përdorin 8 bite për të ruajtur një byte të dhëna, që është njësia më e vogël e adresueshme e kujtesës. Ndërsa modulet ECC janë të pajisur me një bit shtesë për çdo 8-bit, që shërben për të dedektuar dhe korrigjimit gabimet. Dmth. këto module përdorin 9 bite për të shprehur një byte, nga të cilat vetëm 8 prej tyre shërbejnë për të ruajtur të dhëna. Modulet ECC janë më të ngadaltë se modulet e kujtesës që nuk e kanë këtë veti.

- **Registered Module:** janë të pajisur me një memory chip shtesë, ku ruhen të dhënat përgjatë një cikli ore. Ky proces rrit qëndrueshmërinë e tyre, prandaj këto module përdoren në servera, ku fokusi kryesor është integriteti i të dhënave. *Registered module* nuk janë kompatibël me motherboard-et e desktopëve.

4.3, Parametrat e moduleve DRAM

Dy nga parametrat më të rëndësishëm të një moduli kujtese janë shpejtësia dhe kapaciteti total i tij. Madhësia ose kapaciteti i modulit të kujtesës quhet ndryshe densitet i kujtesës DRAM dhe shprehet në **megabyte** (MB).

Përcaktimi i kapacitetit të modulit të kujtesës shpeshherë bëhet i vështirë. Disa prodhues nuk e shkruajnë kapacitetin total të kujtesës, por tregojnë në vend të saj densitetin e një memory chip, të shprehur në **megabit** (Mb). Në këtë rast kapaciteti total i modulit gjendet duke mbledhur densitetet e chip-eve që e përbëjnë atë, dhe duke e konvertuar rezultatin në megabyte.

Shembull:

Një chip 64 Mbit, përmban 64 milionë qeliza kujtese, dmth. është i aftë të ruajë 64 milionë bite të dhëna. Nëse moduli i kujtesës përbëhet nga 8 chip-e të tilla, atëherë ai është një modul 512 Mbit (64 Mbit x 8). Mqs. kapaciteti i modulit jepet në megabyte dhe jo në megabit, kjo shifër duhet të pjestohet me 8 (1 byte = 8 bit). Pra densiteti i modulit është $512 \text{ Mbit} / 8 = 64 \text{ MB}$.

Një formë standarte që përdoret për të treguar parametrat e një moduli kujtese është e trajtës **DxW-S**, ku:

- **D (bit depth):** është thellësia e modulit të kujtesës, e shprehur në milionë qeliza për çdo bit gjerësi.
- **W (bit width):** është gjerësia e modulit e shprehur në bit. Modulet e të njëjtit lloj kanë të njëjtën gjerësi. Ky numër është zakonisht 8, 32 ose 64 për modulet pa paritet; dhe 9, 36, ose 72 për modulet ECC.
- **S (speed):** është shpejtësia e modulit e shprehur në nanosekonda.

Një rregull i përgjithshëm që përdoret për të llogaritur densitetin e një moduli kujtese në rastet kur parametrat e tij jepen sipas formës më lart është:

****Shumëzohen D me W dhe produkti pjestohet me 8 (për kujtesat Non-ECC) ose me 9 (për Parity DRAM)****

Rezultati jep madhësinë në megabyte të modulit të kujtesës.

Shembull:

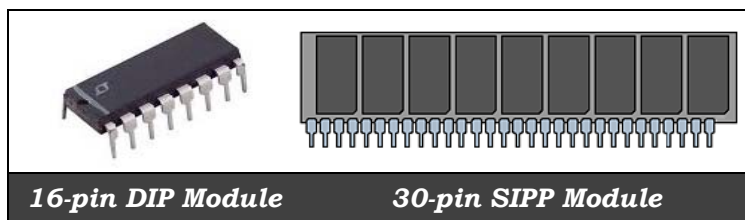
*Si do të interpretohej shënimi: **16Mx32-60?***

Madhësia e këtij moduli është 16 milionë (thellësi) x 32 bit (gjerësi), pra moduli përmban 16M (16,777,216) qeliza për çdo bit gjerësi, atëherë densiteti i këtij moduli është 512 Mbit (16x32). Mqs. kapaciteti i modulit jepet në megabyte dhe jo në megabit, kjo shifër konvertohet duke e pjestuar me 8 (1 byte=8 bit). Dmth. në këtë rast densiteti i modulit është 512 Mbit / 8=64MB. Shpejtësia e modulit është 60 ns.

Disa module kujtese kanë thellësi më të madhe për çdo bit gjerësi. Kështu një modul 64 MB mund të jetë i trajtës 16x32, ose 8x64.

4.4, Formatet e moduleve DRAM

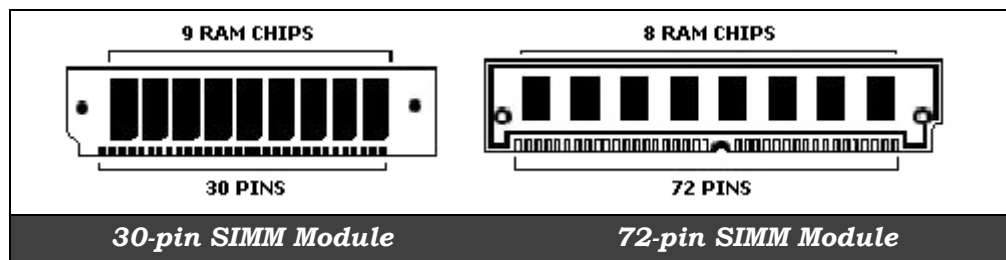
Kujtesat e hershme ekzistonin në formën e qarqeve të quajtuara **DIP** (Dual Inline Package) të pajisura me 8, 14 ose 16 dhëmbëza, dhe **SIPP** (Single Inline Pin Package) të pajisura me 30 dhëmbëza, që shërbenin për të fiksuar modulin e kujtesës në motherboard-in e kompjuterit.



Më pas filluan të përdorën module të tjera kujtesash në formën e kartave, të cilat janë më të lehta për tu instaluar në motherboard.

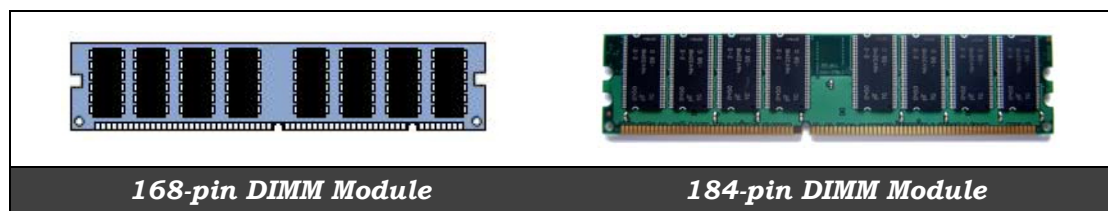
Module të tilla janë:

- **SIMM** (Single Inline Memory Module), është një modul kujtese që përmban 8-9 memory chips në bordin PCB, ku zakonisht qarku i nëntë shërben për kontrollin e gabimeve. Ato ndahen në dy lloje sipas numrit të konektorëve të tyre:
 - 1) 30-pin SIMM, kanë dimensione 89x13mm dhe madhësi standarte: 256 KB, 1 MB, 4 MB, 16 MB. Gjerësia e të dhënave 8-bit përcakton kapacitetin maksimal të tyre prej 16 MB.
 - 2) 72-pin SIMM, kanë dimensione 108x25mm dhe madhësi standarte: 1 MB, 2 MB, 4 MB, 8 MB, 16 MB, 32 MB, 64 MB, 128 MB. Gjerësia e të dhënave 32-bit përcakton kapacitetin maksimal të tyre prej 128 MB.



Modulet SIMM janë përdorur në kompjutera nga fillimi i viteve '80 deri në fund të viteve '90. Sot ato janë zëvendësuar gjerësisht nga modulet DIMM.

- **DIMM** (*Dual Inline Memory Module*) janë kujtesa 64-bit, me dimensione 130x25mm, të pajisur me konektorë në të dyja anët e bordit PCB. Formatet DIMM kanë konfigurime të ndryshme sipas numrit të konektorëve. Ato janë me 168-pin për kujtesat SDRAM (84 konektorë në secilën anë), 184-pin për kujtesat DDR, dhe 240-pin për kujtesat DDR2.



Për tu dalluar nga njëri-tjetri dhe për të shmangur ngatërresat, modulet DIMM janë të pajisur me nyje të tjera në pjesën e poshtme, ose anësore të bordit PCB. Ekzistojnë edhe module DIMM më të vegjël, si:

SO-DIMM (*Small Outline DIMM*), me gjatësi sa gjysma e formatit DIMM, të dizenuar për kompjuterat portabël. Ato kanë 144-pin në kujtesat SDRAM dhe 200-pin në kujtesat DDR dhe DDR2.

MICRO-DIMM janë një format SO-DIMM më i vogël, që përdoren kryesisht në notebook dhe mini-kompjutera.

- **RIMM** janë një nën-format i moduleve të kujtesës DIMM, të emërtuar sipas emrit të prodhuesit të tyre Rambus. Këto formate kanë 184-pin për modulet 16-bit, dhe 232-pin për modulet 32-bit.
- **SO-RIMM** janë formate të ngjashme me SO-DIMM, që bazohen në teknologjinë RAMBUS dhe përdoren në notebook.

Në tabelë janë paraqitur parametrat e disa moduleve DRAM, por jo të gjitha llojet e këtyre moduleve janë krijuar domosdoshmërisht nga prodhuesit.

Madhësia në MB	30-Pin SIMM, Non-ECC	30-Pin SIMM, Parity	72-Pin SIMM, Non-Parity	72-Pin SIMM, Parity/ECC	168-Pin DIMM, Non-Parity	168-Pin DIMM, Parity/ECC
1 MB	1Mx8	1Mx9	256kx32	256kx36	--	--
4 MB	4Mx8	4Mx9	1Mx32	1Mx36	--	--

8 MB	8Mx8	8Mx9	2Mx32	2Mx36	1Mx64	1Mx72
16 MB	16Mx8	16Mx9	4Mx32	4Mx36	2Mx64	2Mx72
32 MB	--	--	8Mx32	8Mx36	4Mx64	4Mx72
64 MB	--	--	16Mx32	16Mx36	8Mx64	8Mx72
128 MB	--	--	32Mx32	32Mx36	16Mx64	16Mx72
256 MB	--	--	--	--	32Mx64	32Mx72
512 MB	--	--	--	--	64Mx64	64Mx72

Theksojmë që sasia e kujtesës që mund të adresohet në një kompjuter varet nga gjerësia e bus-it të adresimit. Për këtë arsye, shpeshherë duhet që module identike të kujtesës të çiftëzohen për të plotësuar një bankë kujtese, e cila përfaqëson sasinë më të vogël të kujtesës që mund të adresohet nga procesori. Psh. procesorët 16-bit (286 ose 386), kërkojnë dy module 30-pin SIMMs për të formuar një bankë kujtese, ndërsa procesori 32-bit (486) kërkon katër 30-pin SIMMs ose një modul 72-pin SIMM për të formuar një bankë kujtese. Në procesorët 64-bit (Pentium) duhen dy module 72-pin SIMM ose një modul 168-pin DIMM për të formuar një bankë kujtese.

4.5, Teknologji të ndryshme DRAM

Sikurse procesorët edhe kujtesat kompjuterike DRAM kanë pësuar ndryshime të shumta teknologjike, që kanë rezultuar në përmirësimin e tyre gjatë viteve. Në thelb të gjitha këto lloje kujtesash janë të ngjashme, por ndryshojnë në mënyrën e organizimit brenda modulit, konfigurimin dhe adresimin e tyre. Teknologji të ndryshme DRAM janë:

- **FPM DRAM** (*Fast Page Mode*), është një teknologji që shfrytëzon një teknikë të quajtur **paging**, e cila në dallim nga DRAM standart, që merr adresën e rreshtit dhe të kolonës për të aksesuar një qelizë të kujtesës, ofron akses më të shpejtë të të dhënave brenda një rreshti të caktuar, duke ruajtur adresën e tij dhe duke ndryshuar vetëm adresën e kolonës.
- **EDO DRAM** (*Extended Data Out*), e quajtur ndryshe dhe *hyper-page*, është një teknologji e prezantuar në vitin 1995. EDO është e ngjashme me FPM DRAM, por e pajisur me cache të ndërtuar në chip, duke bërë të mundur adresimin e kolonës pasardhëse, gjatë leximit të vlerave të kolonës aktuale në modulin e kujtesës. Në këtë mënyrë, EDO kursen kohë në leximin e kujtesës për çdo cikël dhe ofron një rritje të performancës së përgjithshme të sistemit deri në 5%.

FPM dhe EDO janë kujtesa DRAM asinkrone. Ato kanë një sinjal ore të vetën e cila nuk është e sinkronizuar me *system clock*. Kjo do të thotë se pas aksesimit të një qelize kujtese duhet një periudhë e caktuar kohe që përmbajtja e saj të kalojë në busin e të dhënave.

Kujtesat asinkrone ofrojnë një performancë më të ulët se shumica e teknologjive të tjera të kujtesës, dhe nuk janë të përshtatshme për buset e adresimit me frekuencë më të lartë se 66 MHz. Shpejtësia e tyre varion nga 50, 60 e deri në 70 ns, prandaj këto teknologji të vjetra DRAM janë zëvendësuar me kujtesat DRAM sinkrone. Të tilla janë:

SDRAM (*Synchronous DRAM*), janë prezantuar në vitin '97, në formatin DIMM. SDRAM lejon sinkronizimin midis leximit të kujtesës dhe system clock. Shpejtësia e tyre varion nga 15, 10 deri në 7.5 ns, përkatësisht për buset e adresimit me frekuencë 66, 100 dhe 133 MHz. Shpeshherë këto lloje kujtesash emërtohen, sipas frekuencës dhe jo shpejtësisë së tyre. Psh. një modul SDRAM me shpejtësi 10 ns, mund të quhet ndryshe 100 MHz SDRAM, pasi $100 \text{ MHz} = 100 \text{ milion cikle në sekondë ose } 10 \text{ ns për cikël}$ ($100 \text{ MHz} = 1/(100\,000\,000) \cdot 10^9 = 10 \text{ ns}$).

SDR SDRAM (*Single Data Rate SDRAM*) e njohur ndryshe si SDRAM, pranon vetëm një komandë dhe transferon të dhëna sa gjatësia e fjalës për një cikël ore. Për këtë arsye kjo teknologji është më e ngadaltë sesa DDR.

RDRAM (*Rambus DRAM*), është një teknologji e zotëruar nga Rambus, që bazohet në arkitekturën dual-channel e cila rrit sasinë e transferimit. Por RDRAM punonin vetëm tek Intel Pentium 4, dhe ishin të shtrenjta si teknologji, prandaj në vitin 2003 industria e PC, adoptoi gjerësisht si kujtesë standarte DDR SDRAM.

DDR SDRAM (*Double Data Rate SDRAM*), e njohur ndryshe si DDR1, ose me hibride të çuditshme si DDR ose DDRAM, është një teknologji që dyfishon sasinë e të dhënave të transferuara në krahasim me SDR, duke kryer dy transferime për çdo cikël ore. DDR SDRAM standart për desktop paraqiten në formatin 184-pin DIMM. Shpeshherë kujtesat DDR1 emërtohen sipas sasisë së të dhënave që mund të transferojnë për një cikël ore. Kështu PC1600 është një DDR SDRAM që punon me frekuencë 100 MHz, duke dhënë një normë maksimale transferimi prej:

$$100 \text{ MHz (frekuenca e orës)} \times 2 \text{ (dual rate)} \times 64 \text{ (bite për transferim)} / 8 \text{ (numri i biteve/byte)} = 1600 \text{ MB/s}$$

DDR2 SDRAM, është një teknologji pasardhëse e DDR, që ofron bandwidth më të madh dhe konsumon më pak energji sesa ajo. DDR2 kryen dy cikle të brendshme gjatë një cikli të sistemit (*clock multiplier*), dhe nga dy transferime (*dual rate*) për çdo cikël të brendshëm. Këto dy faktorë të kombinuar së bashku katërfishojnë sasinë e të dhënave që transferohen në total për çdo cikël të brendshëm.

Dmth. në frekuencë 100 MHz, DDR2 ka normë maksimale transferimi prej:

$$100 \text{ MHz (frekuenca e orës)} \times 2 \text{ (bus clock multiplier)} \times 2 \text{ (dual rate)} \\ \times 64 \text{ (bite për transferim)} / 8 \text{ (numri i biteve/byte)} = 3200 \text{ MB/s}$$

DDR3 SDRAM punojnë në frekuenca më të larta, kanë bandwidth (sasi maksimale të të dhënave të transferuara) më të madh dhe konsumojnë rreth 30% më pak energji se DDR2. Kujtesat DDR3 ofrojnë dyfishin e *data rate*, në krahasim me DDR2. Modulet e tyre janë të pajisura me memory chips që kanë densitet shumë të lartë deri në 8 Gbit, që sjell një kapacitet total të modulit deri në 16 GB (duke përdorur 16 memory chip).

DDR4 aktualisht është duke u dizenuar dhe flitet që do të fillojë të përdoret në vitin 2012.

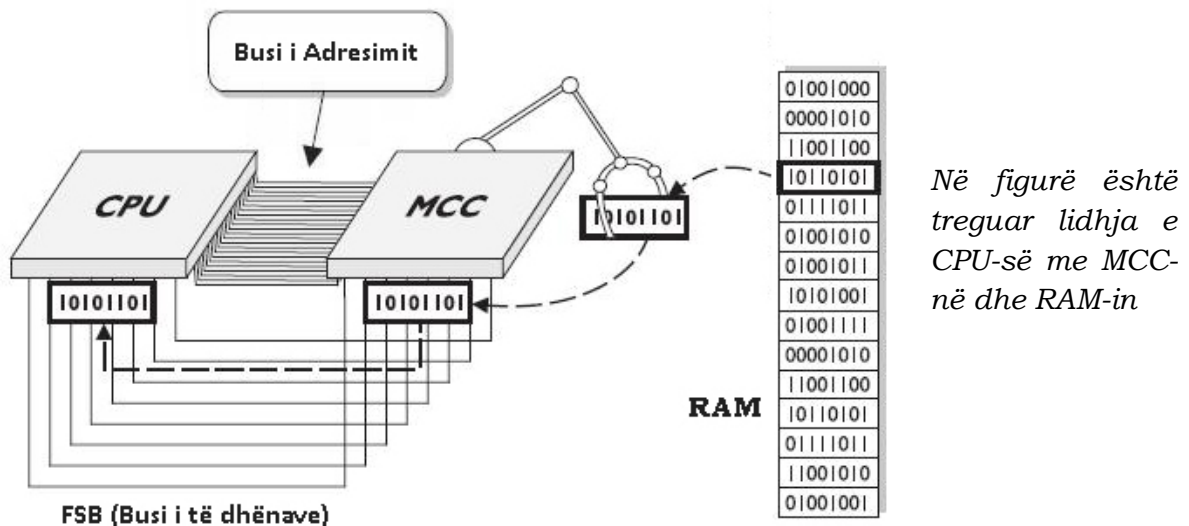
Në tabelën e mëposhtme janë paraqitur karakteristikat e kujtesave DDR, dhe emërtimet e moduleve përkatëse të tyre:

DDR SDRAM	Memory clock (MHz)	Cycle time (ns)	I/O Bus clock (MHz)	Data rate (MT/s)	Transfer rate (MB/s)	Module name	Voltage (V)
DDR1	100	10	100	200	1600	PC-1600	2.5/2.6
	133	7.5	133	266	2133	PC-2100	
	166	6	166	333	2667	PC-2700	
	200	5	200	400	3200	PC-3200	
DDR2	100	10	200	400	3200	PC2-3200	1.8
	133	7.5	266	533	4266	PC2-4200	
	166	6	333	667	5333	PC2-5300	
	200	5	400	800	6400	PC2-6400	
	266	3.75	533	1066	8533	PC2-8500	
DDR3	100	10	400	800	6400	PC3-6400	1.5
	133	7.5	533	1066	8533	PC3-8500	
	166	6	667	1333	10667	PC3-10600	
	200	5	800	1600	12800	PC3-12800	
	233	4.2	933	1866	14933	PC3-14900	
	266	3.75	1066	2133	17066	PC3-17000	

4.6, Bus-i i Adresimit dhe Kontrollori i Kujtesës

CPU komunikon vazhdimisht me RAM-in, duke përdorur busin e të dhënave (*FSB*), si një përcjellës për të kaluar bytet e informacionit që i nevojiten. Për thjeshtësi e mendojmë FSB të përbërë nga 8 fije teli, që përcaktojnë 8 bitet e të dhënave që transferohen nga procesori. Për të përshkruar gjendjen e këtyre telave në çdo moment përdoret sistemi binar, dmth. nëse në fijen e telit kalon rrymë atëherë biti përkatës do të jetë 1, përndryshe ai është 0.

Kuptohet që komunikimi i CPU-së me RAM-in, nuk mund të realizohet duke lidhur direkt 8 fijet që përbëjnë FSB-në me të, pasi RAM-i përbëhet nga miliona qeliza të organizuara në formën e një matrice dydimensionale, sikurse është shpjeguar në kapitullin e ndërtimit të RAM-it. Kjo realizohet duke përdorur një qark të specializuar që njihet me emrin **MCC** (*Memory Contoller Chip*), i cili është në gjendje të kapë çdo byte të RAM dhe ta vendosë atë në busin e të dhënave, në mënyrë që të procesohet nga CPU.



Në figurë është treguar lidhja e CPU-së me MCC-në dhe RAM-in

Në mënyrë që CPU ti tregojë MCC-së se cili rresht i RAM i nevojitet, përdoret një tjetër bashkësi fijesh elektrike, të ngjashme me ato të FSB-së, që emërtohet **Bus i Adresimit**. Duke kaluar rrymë në fijet e busit të adresimit, CPU i tregon MCC-së se cili rresht i kujtesës i nevojitet. Në rastin e Intel 8088 busi i adresimit përbëhej nga 20 fije elektrike, dmth. në këtë arkitekturë të vjetër mund të adresohet 2^{20} byte kujtese ose 1MB në total. *Kujtojmë që gjerësia e bus-it të adresave përcakton sasinë maksimale të kujtesës që mund të adresohet nga CPU në një kompjuter.*

Pra kontrollori i kujtesës ose MCC, menaxhon fluksin e të dhënave nga dhe drejt kujtesës kryesore të kompjuterit. Ai mund të jetë një chip i veçantë ose i integruar në një tjetër chipset në motherboard-in e kompjuterit. Tradicionalisht kontrollori i kujtesës implementohet në qarkun *northbridge*. Kohët e fundit në teknologji të tilla si Intel Corei7 ai është i integruar tek mikroprocesori për të zvogëluar vonesat e kujtesës (*latency*).

Latency

Operacioni i rifreskimit të kujtesave dinamike shkakton një vonesë kohore në operacionet e lexim/shkrimit të kujtesës. Dmth. kur MCC kërkon të marrë një rresht nga RAM, duhet një kohë deri në përgjigjen e kësaj të fundit ndaj kësaj kërkesë. Këto vonesa fizike në përgjigjen e RAM-it ndaj kërkesave të ndryshme quhen *Latency*.

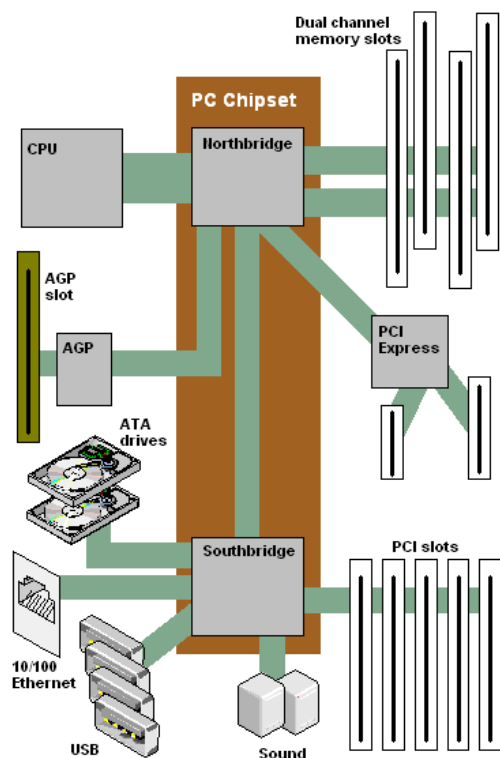
Latency matet me ciklet e orës së sistemit që i duhen RAM-it për tu përgjigjur ndaj një kërkesë të caktuar dhe shënohet shkurtimisht CL. RAM-i me latency më të vogël (CL2) është më i shpejtë se RAM-i me latency më të madhe (CL3) sepse i përgjigjet kërkesave më shpejt. Për kujtesat DDR latency varion nga 2 deri në 6 cikle ore. Nqs. rrisin frekuencën e clock-ut të sistemit psh. nga 166 MHz në 200 MHz, i njëjti RAM mund të kërkojë një cikël ore më shumë për tu përgjigjur.

4.7, CPU-Memory Gap

Shpejtësia e rritjes së performancave të procesorëve është disa herë më e madhe sesa ajo e kujtesave, duke krijuar dhe thelluar vazhdimisht atë që quhet “hendeku CPU-kujtesë” (*CPU-Memory gap*). Arsye se përse shpejtësia e kujtesave mbetet mbrapa asaj të procesorëve, është se procesi i dekodimit të adresës dhe ngarkimi i linjave elektrike të përbashkëta që shërbejnë për leximin dhe shkrimin e qelizave të kujtesës janë dy etapa të vështira për tu përshpejtuar. Kështu për kujtesat DRAM, në 10 vitet e fundit kapaciteti i tyre është rritur mbi 1000 herë, ndërsa shpejtësia afërsisht vetëm 2 herë.

V. Chipset Northbridge/Southbridge

Termi ‘**chipset**’ i referohet një grupi mikroprocesorësh të integruar në një bord dhe që kryejnë funksione specifike. Në mënyrë të ngjashme si me kujtesën, CPU nuk ndërvepron direkt me HD, portat USB, adaptorët audio/video dhe shumicën e komponenteve të tjera të kompjuterit.



Përgjegjës për këtë komunikim është *chipset-i northbridge/southbridge*, që përfaqëson një grup prej dy qarqesh të integruara që kontrollojnë lëvizjen e të dhënave midis CPU-së dhe pjesëve të tjera duke përdorur bus-et e komunikimit. Sa herë që CPU duhet të komunikojë me një pajisje, apo një pajisje duhet të komunikojë me CPU-në, ai shkon drejt chipset-it të duhur. Për të patur përputhshmëri ose kompatibilitet midis sistemeve të ndryshme metodat e komunikimit janë standartizuar.

Northbridge shërben për të lidhur CPU-në me pajisjet me shpejtësi të lartë, si RAM apo njësitë e përpunimit grafik, ndërsa **Southbridge** shërben për të lidhur CPU-në me periferikët nëpërmjet buseve me shpejtësi më të ulët si PCI, Ethernet, USB apo pajisjet audio.