

SISTEMSKE MEMORIJE

Sistemska memorija je mesto gde racunar drži programe i podatke koji se trenutno koriste i, zbog potreba sve mocnijeg softvera, zahtevi koji se postavljaju pred sistemska memoriju, povecavaju se poslednjih nekoliko godina alarmantnom brzinom. Posledica je da moderni racunari imaju mnogo više memorije od prvih PC racunara iz ranih 1980-ih godina, što je imalo uticaja na razvoj njihove arhitekture. Smeštanje i izvlacenje podataka iz velikog memorijskog bloka zahteva mnogo više vremena od istih radnji sa manjim blokom. Sa velikom kolicinom memorije, razlika u vremenu izmedju pristupa registru i memoriji je veoma velika, pa je to imalo za posledicu pojavljivanje dodatnih slojeva "keša" (skrivena memorije) u memorijskoj hijerarhiji.

Što se tice brzine pristupa, danas procesori prevazilaze memorijske cipove i ta razlika se stalno povecava. To znaci da procesori sve više moraju da cekaju na podatke koji idu u, ili izlaze iz glavne memorije. Jedno od rešenja je da se upotrebi "keš" izmedju glavne memorije i procesora, kao i pametna elektronika, da bi se osiguralo da se sledeci podatak koji je potreban procesoru vec nalazi u skrivenoj memoriji.

Primarna keš memorija

Primarna, ili keš prvog nivoa, je na centralnoj procesorskoj jedinici i koristi se za privremeno smeštanje instrukcija i podataka organizovanih u blokovima od po 32 bajta. Primarna keš je najbrži oblik memorije. Ona je ogranicena po velicini, zato što je ugradjena na cipu sa spregom sa nultim stanjem cekanja (bez kašnjenja) prema procesorskoj izvršnoj jedinici.

SRAM memorija se proizvodi na slican nacin kao i procesori: visoko integrisani uzorci rasporeda tranzistora se foto-graviraju u silicijumu. Svaki bit SRAM memorije se sastoji od cetiri do šest tranzistora, što je razlog zašto SRAM zauzima mnogo više prostora u poredjenju sa DRAM memorijom, koja koristi samo jedan tranzistor po bitu (plus kondenzator). Ovo, kao i cinjenica da je SRAM memorija nekoliko puta skuplja od DRAM memorije, objašnjava zašto se ona ne koristi u vecoj meri u PC sistemima.

Intel-ov procesor P55 MMX, uveden pocetkom 1997. godine, bio je zapažen zbog povecanja kapaciteta skrivene memorije prvog nivoa na 32 Kbajta. Procesorski cipovi AMD K6 i Cyrix M2, uvedeni kasnije te godine, doneli su dalja povecanja skrivenih memorija prvog nivoa na 64 Kbajta.



Sekundarna keš

Vecina PC racunara se nude sa sekundarnom skrivenom memorijom, da bi se premostio jaz izmedju performansi procesora i memorija. Sekundarna keš (takodje poznata i kao "spoljašnja" ili keš drugog nivoa) koristi istu upravljacku logiku kao i primarna keš i zato se implementira pomocu SRAM memorije.

Sekundarna keš dolazi tipicno u dve velicine, od 256 Kbajta i 512 Kbajta, i može da se pronadje ili zalemi na maticnoj ploci u podnožju CELP (Card Edge Low Profile) ili, u novije vreme, na modulu COAST ("cache on a stick"). Ovaj poslednji podseca na SIMM (Single Inline Memory Module - jednostruki memorijski modul u liniji), ali je nešto kraci i ulazi u COAST podnožje, koje je uobicajeno smešteno blizu procesora i lici na PCI slot za proširenje. Pentijum Pro je odstupio od ovog rasporeda, postavljajuci skrivenu memoriju drugog nivoa na sam procesorski cip.

Cilj skrivene memorije drugog nivoa je da obezbedi procesoru zapamcene informacije bez ikakvog kašnjenja (stanja cekanja). U tu svrhu, procesorska sprega na magistralu ima poseban prenosni protokol koji se zove režim prenosa neprekidne grupe podataka. Ciklus ovog prenosa se sastoji od cetiri prenosa podataka gde se samo adresa od prvih 64 upucuje na adresnu magistralu. Najčešća sekundarna keš je sinhrona protocna neprekidna grupa podataka.

Glavna memorija

Treci i najvažniji nivo sistemske memorije PC racunara je glavna memorija, ili memorija sa direktnim pristupom (RAM - Random Access Memory). Ona je izvor privremenih podataka, ali je glavno podrucje memorije kojoj pristupa cvrsti disk. Ona radi, da tako kažemo, kao prolazna stanica izmedju cvrstog diska i procesora. Što se više podataka može imati u RAM memoriji, to ce brže raditi PC racunar.

Glavna memorija je prikljucena na procesor preko njenih magistrala za adrese i podatke. Svaka magistrala se sastoji od izvesnog broja elektricnih kola, odnosno bitova. Širina adresne magistrale odredjuje kolikom broju razlicitih memorijskih lokacija se može pristupiti, a širina magistrale za podatke - koliko je informacija smešteno u svakoj od lokacija. Svaki put kada se jedan bit doda adresnoj magistrali, opseg adresa se udvostruci. Svi Intel-ovi procesori, pocevši od 386 pa na dalje, imaju 32-bitnu adresnu magistralu koja im omogucava da pristupe memoriji do 4 Gbajta. Savremeni procesori imaju 64-bitne magistrale za podatke, pa mogu da pristupe na 8 bajtova podataka istovremeno.

Glavna memorija se gradi upotrebom DRAM cipova, što je skracenica za Dinamicku RAM memoriju.

DRAM

DRAM cipovi su velike, pravougaone matrice memorijskih celija, sa logikom za podršku koja se koristi citanje i upisivanje podataka u matrice i sa sklopom za osvežavanje da bi se održao integritet smeštenih podataka. Memorijske matrice su



rasporedjene po redovima i kolonama memorijskih celija koji se zovu linije reci i linije bitova, respektivno. Svaka memorijska celija ima jedinstvenu lokaciju ili adresu, definisanu presekom reda i kolone.

DRAM se proizvodi korišćenjem slicnog procesa kao i za procore: silicijumski substrat se gravira uzorcima rasporeda tranzistora i kondenzatora (kao i podržavajuće strukture) od kojih se sastoji svaki bit. Ona je mnogo jeftinija od procesora, jer predstavlja seriju jednostavnih, ponavljajucih struktura, tako da nije komplikovano pravljenje jedinstvenog cipa sa više miliona individualno smeštenih tranzistora, a DRAM je jeftinija od SRAM memorije jer koristi upola manje tranzistora. Tokom godina, više razlicitih struktura je korišćeno da bi se stvorile memorijske celije na cipu, a u današnjim tehnologijama, elektronska kola za podršku obicno ukljucuju:

- sens-pojacavace, za pojacanje signala ili naelektrisanja na memorijskoj celiji
- adresnu logiku, za izbor redova i kolona
- logiku za signale /RAS (Row Adress Select - izbor reda adrese) i /CAS (izbor kolone adrese), za pamcenje i razrešavanje adresa reda i kolone i zapocinjanie i okoncanje operacija citanja i upisivanja
- kola za citanje i upisivanje za smeštanje informacija u memorijske celije ili citanje onoga što je tamo smešteno
- unutrašnje brojace ili registre, za cuvanje traga o sekvenci osvežavanja ili za zapocinjanie ciklusa osvežavanja po potrebi
- logiku za omogucavanje izlaza, koja sprecava da se podaci pojavljuju na izlazima, sem kada se to izricito želi.

Brzina osvežavanja se izražava u nanosekundama (ns) i ta cifra u stvari predstavlja "brzinu" RAM meorije. Vecina PC racunara zasnovanih na Pentijumu koristi RAM sa brzinama od 60 ns do 70 ns.

SDRAM (sinhrona dinamicna memorija sa direktnim pristupom)

Novija Sinhrona DRAM memorija radi sasvim drugacije od drugih tipova memorija. Ona koristi cinjenicu da su vecina PC pristupa memoriji sekvencijalni i projektovana je da donosi sve bitove u neprekidnim grupama što je brže moguće. Kod SDRAM memorije brojac neprekidne grupe podataka na cipu dozvoljava da se deo adrese koji se odnosi na kolonu inkrementira veoma brzo, što pomaže da se znacajno ubrza izvlacenje informacija u sekvencijalnim citanjima. Kontroler memorije obezbedjuje zahtevano mesto i velicinu bloka memorije, a cip SDRAM daje bitove onako brzo kako centralna procesorska jedinica može da ih preuzme, koristeci generator takta da sinhronizuje vremensko uskladjenje memorijskog cipa sa sistemskim generatorom takta centralne procesorske jedinice.

Ova kljucna osobina SDRAM memorije daje joj znacajnu prednost nad ostalim, asinhronim tipovima memorija, omogucavajući podacima da budu isporuceni van cipa brzinama neprekidnih grupa do 100 MHz. Jednom kada je poceo prenos neprekidne grupe podataka, svi preostali bitovi grupe se isporucuju brzinom od 10 ns. Pri brzini magistrale od 66 MHz, SDRAM memorije mogu da smanje brzine prenosa grupe na 5-1-1-1. Prvi broj je veci od odgovarajuceg vremenskog uskladjenja za FPM i EDO



RAM, jer je potrebno više postavljanja za početni prenos podataka. Čak i tako, postoji teoretsko poboljšanje od 18 % u odnosu na EDO za pravi tip prenosa podataka.

Sledeći korak u razvoju memorija, dalje od SDRAM na 100 MHz, bio je predviđen da bude Direct Rambus DRAM (DRDRAM). Prema Intel-u, jedini ustupak u prelaznom periodu trebala je da bude specifikacija S-RIMM, koja dozvoljava da čipovi SDRAM na 100 MHz koriste memorijske module Direct RDRAM. Međutim, imajući u vidu da bi skupi Direct RDRAM mnogo povećao cene sistema, sa približavanjem 1999. godine bilo je značajnog nivoa podrške za nekoliko prelaznih memorijskih tehnologija.

DDR DRAM (double data rate DRAM - DRAM sa dvostrukom brzinom podataka)

Double Data Rate DRAM (DDR DRAM – DRAM sa dvostrukom brzinom podataka) je druga memorijska tehnologija koja se bori da obezbedi konstruktore sistema sa alternativom visokih performansi za Direct RDRAM memorije. Tradicionalno, da bi se sinhronizovali logički uređaji, prenos podataka treba da se pojave na ivici signala generatora takta. Kako impuls generatora takta osciluje između 1 i 0, podaci bi izlazili ili na prednjoj ivici (kada se impuls menja od "0" na "1") ili na zadnjoj ivici. DDR DRAM radi tako što dozvoljava aktiviranje izlaznih operacija i na prednjoj i na zadnjoj ivici, dajući tako efektivno udvostručenje učestanosti generatora takta bez povećanja njegove stvarne učestanosti.

Relativna performansa

Da bi ostvario dobitak u performansi pomoću EDO ili SDRAM memorije, sistem mora da je podrži odgovarajućim skupom čipova i osnovnim ulazno/izlaznim sistemom (BIOS). U suštini, povećanje brzine zavisi od tipa skupa čipova, brzine procesorske magistrale i brzine EDO memorije. SDRAM memorija zahteva različitu spregu (uključujući tu i signal generatora takta) obuhvaćenu DIMM (Dual In-line Memory Module - dvostruki in-lajn memorijski modul) standardom i podržanu pomoću skupa čipova Triton 430 VX. Kasniji skup čipova 430 TX čak je još poboljšao performansu SDRAM memorija.

Sledeća tabela prikazuje idealne vremenske karakteristike sistema za trenutno raspoložive memorijske tehnologije, kada radi u opsegu brzina magistrale od 50 MHz do 66 MHz.

Memorijska tehnologija	Tipične brzine magistrale	Vremenske karakteristike neprekidne prenosa podataka grupe
-------------------------------	----------------------------------	---



Sekundarna keš (SRAM)		
Keš sa protocnom neprekidnom grupom podataka	-	3-1-1-1
Asinhrona keš	-	3-2-2-2
Glavna memorija (DRAM)		
Konvencionalna	4.77-40	5-5-5-5 ili gore
FPM DRAM	16-66	5-3-3-3
EDO DRAM	33-75	5-2-2-2
Burst EDO DRAM	60-100	5-1-1-1
Sinhrona DRAM (SDRAM)	60-100	5-1-1-1

SIMM memorijski moduli

Memorijski cipovi se obicno pakuju u mala plasticna ili keramicka dvostruka inlajn pakovanja (DIP – dual inline package), koja se sklapaju u okviru memorijskih modula. Jednostruki inlajn memorijski modul ili SIMM (single inline memory module) je mala štampana ploca konstruisana tako da prihvati memorijske cipove u tehnologiji površinske montaže. SIMM moduli koriste manje prostora na ploci i kompaktniji su od ranijeg hardvera za montiranje memorije.

Prvobitni SIMM modul imao je 30-pinski format, ali je to odavno zamenjeno varijantom sa 72 pina. Tipicna matična ploca nudi cetiri SIMM podnožja koja mogu da prihvate jednostrane ili dvostrane SIMM memorijske module kapaciteta 4, 8, 16, 32 ili cak 64 Mbajta. Obzirom da procesor Pentijum ima spoljašnju magistralu podataka širine 64 bita, dva modula iste velicine se zahtevaju kao minimalna konfiguracija.

DIMM memorijski moduli

Dvostruki inlajn memorijski modul (DIMM – Dual In-line Memory Module) veoma brzo zamenjuje SIMM kao sledeci standard modula za industriju PC racunara, jer se memorijski podsistemi standardizuju oko 8-bitne sprege za podatke. DIMM memorijski moduli imaju 168 pinova u dva reda kontakata - po jedan na svakoj strani kartice. Pomocu dodatnih pinova racunar može da izvuci informacije iz DIMM memorijskih modula, po 64 bita istovremeno, umesto prenosa od po 32 ili 16 bita koji su uobicajeni kod SIMM memorijskih modula. Što je bitno, i za razliku od SIMM memorijskih modula, oni mogu da se koriste pojedinačno i tipicno je da savremeni PC racunar ima samo jedno ili dva DIMM podnožja.

Izgleda da je nebaferovani DIMM memorijski modula sa napajanjem od 3,3 V izbio na površinu kao favorizovani standard. To dozvoljava kompatibilnost za SDRAM, BEDO, EDO i FPM DRAM, kao i module x64 i x 72 sa parnošcu i module x72 i x80 sa kodom za proveru grešaka (ECC – Error Check Code).

RIMM memorijski moduli



Kada su 1999. godine uvedene Direct RDRAM memorije (DRDRAM), pojavili su se i RIMM memorijski moduli (RIMM nije nikakva skracenica, nego zašticen trgovacki naziv firme Rambus Inc.). RIMM memorijski moduli koriste istu specifikaciju podnožja kao i standardni DIMM memorijski modul za 100 MHz. BIOS PC racunara ce moci da odredi koji tip RAM memorije je ugradjen, pa bi tako SDRAM memorijski moduli za 100 MHz mogli da rade u RIMM-kompatibilnom sistemu. Medjutim, sistemi ne mogu da koriste RIMM memorijske module ukoliko ih i BIOS i skup cipova ne podržavaju. Što se tice ovog poslednjeg, posle mnogo kašnjenja, konacno je stigao u obliku Intel-ovog skupa cipova 820, u novembru 1999. godine.

Memorija sa parnošcu

Memorijski moduli su tradicionalno bili raspoloživi u dve osnovne verzije: bez parnosti i sa parnošcu. Provera parnosti koristi deveti memorijski cip da drži kontrolni zbir podataka iz sadržaja drugih osam cipova u toj memorijskoj sekciji. Ako predvidjena vrednost kontrolnog zbira odgovara njegovoj stvarnoj vrednosti, sve je u redu. Ako ne odgovara, tada je sadržaj memorije oštecen i nepouzdan. U tom slucaju generiše se nemaskirani prekid (NMI – non-masccable interrupt), da bi se sistem isključio i time izbeglo bilo kakvo moguće oštećenje podataka.

Provera parnosti je sasvim ogranicenih mogucnosti – otkriva samo neparne brojeve grešaka bitova (jer ce dve greške parnosti u istom bajtu meddjusobno da se ponište) i nema nacina da se identifikuju ili poprave neispravni bitovi. Zato je poslednjih godina složenija i skuplja memorija sa kodom za proveru grešaka (ECC – Error Check Code) postala popularnija.

ECC memorija

Za razliku od memorije sa parnošcu, koja koristi jedan bit da obezbedi zaštitu osam bitova, ECC koristi vece grupe. Potrebno je pet ECC bitova da se zaštiti rec od osam bitova, šest za 16-bitne, sedam za 32-bitne i osam za 64-bitne reci.

Potreban je dodatni kod za ECC zaštitu, a firmver koji generiše i proverava ECC može da bude na samoj maticnoj ploci, ili ugradjen u skupove cipova na maticnoj ploci (vecina Intel-ovih cipova sada ima i ECC kod). Loša strana je da je ECC memorija relativno spora – ona zahteva više dodatnog rada za smeštanje podataka od memorije sa parnošcu i prouzrokuje gubitak performanse u memorijskom podsistemu od oko 3 %. Uopšte uzevši, upotreba ECC memorija ogranicena je na takozvane kritične primene, pa se zato mnogo češće nalaze u serverima nego u stonim racunarima.

Šta firmver radi kada otkrije grešku može da bude veoma razlicito. Savremeni sistemi ce automatski ispraviti greške na jednom bitu bez zaustavljanja sistema, što vredi za vecinu grešaka u RAM memoriji. Mnogi od njih mogu takodje da isprave greške na više bitova u toku rada ili, gde to nije moguće, da automatski ponovo pokrenu sistem sa oznacenom lošom memorijom.



Evolucija

Krajem 1990-ih godina, korisnici PC računara su imali koristi od izuzetno stabilnog perioda u razvoju arhitekture memorija. Posle loše organizovanog prelaska sa FPM na EDO memorije, došlo je do postepenog i uredjenog prelaska na tehnologiju Sinhrona DRAM memorije. Međutim, budućnost izgleda znatno neizvesnija, sa više razlicitih mogućih paralelnih scenarija za sledeću generaciju memorijskih uređaja.

Do kraja 1998. godine, SDRAM memorija za 100 MHz (PC100) bila je industrijski standard za glavno tržište i servere. Kao što je prikazano u tabeli za poredjenje dalje u tekstu, to nudi maksimalni memorijski propusni opseg od 800 Mbajta u sekundi, sa tipicnom efikasnošću od 65 % dostava sa oko 500 Mbaja u sekundi u praksi. To je perfektno odgovarajuće za standardni stoni PC računar, ali na delu tržišta sa vrhunskim karakteristikama proizvoda, mocni AGP graficki podsistemi i nove primene zahtevaju viši nivo performanse.

Direktna alternativa SDRAM memorije bila je Direktni Rambus, visoko skalabilna i protocna memorijska arhitektura, razvijena u kalifornijskoj kompaniji Rambus i podržana od strane industrijskog giganta - firme Intel. To je trebalo da se ostvari sredinom 1999. godine, sa uvođenjem skupa cipova centralne procesorske jedinice Pentijum III poznate pod kodnim imenom "Camino". Međutim, problemi sa tim skupom cipova i proizvodnjom Direct Rambus DRAM memorije (DRDRAM), prouzrokovali su kašnjenje do kraja 1999. godine. Drugi cinilac koji je doprineo neizvesnosti bilo je ustezanje proizvođača DRAM memorija da plate velike troškove za prava korišćenja tehnologije firme Rambus. Cena za krajnjeg korisnika je takodje problem, jer prve procene nagoveštavaju oko 50 % vecu cenu DRDRAM modula (RIMM memorijski moduli) u odnosu na SDRAM memorije.

Posledica je da je proizvođačima PC računara ostavljeno da traže put ka privremenom rešenju memorije, sa vecim propusnim opsegom i manjim kašnjenjem, posebno za upotrebu u serverima i radnim stanicama. Prva alternativa bila je PC 133 SDRAM memorija – direktno inkrementalno povecanje brzine memorije PC 100. To je imalo prednost da su moduli mogli da se koriste u postojećim sistemima koji rade na 100 MHz. U jesen 1999. godine Intel se konacno složio da usvoji standard PC 133 i objavio je nameru da proizvodi skup cipova PC 133 u prvoj polovini 2000. godine. U medjuvremenu, prodavci ce morati da nastave da se snabdevaju ovim skupom cipova kod proizvođača iz konkurencije.

Druga mogućnost je DDR-SDRAM (Double Data Rate SDRAM - sinhrona memorija sa direktnim pristupom i dvostrukom brzinom podataka) koja ima prednost da radi na istoj brzini magistrale kao i SDRAM ali je, upotrebom naprednije sinhronizacije, u stanju da udvostruci raspoloživi propusni opseg na 2,1 Gbajta u sekundi. Dalji razvoj ovog pristupa predstavlja DDR2-SDRAM memorija koja nudi do 4,8 Gbajta u sekundi i podržana je od strane konzorcijuma proizvođača RAM memorija, poznatog kao Advanced Memory International. Ova grupa je u stvari ponovo ustanovljena inkarnacija konzorcijuma SyncLink DRAM (SLDRAM), koji je 1998. godine zasnovao skalabilnu tehnologiju zasnovanu na paketima, veoma slicnu Direktnom Rambus-u, ali kao slobodni standard, bez placanja za prava korišćenja.



Dugoročnije gledano, veoma je verovatno da će Direktni Rambus postati standard - ne samo zbog toga što njegova skalabilnost nije postignuta od strane alternativa izuzev SLDRAM memorija. Međutim, dok se to dogodi, izgleda verovatno da će različiti proizvođači ići svojim drugačijim putevima - dajući nesrećne kratkoročne izgleda većem broju konkurentskih i nekompatibilnih tipova memorija i brzina.

	PC10 0	PC13 3	DDR SDRAM	SL DRAM	Osnovni Rambus	Konkur. Rambus	Direktni Rambus
Objavljena frekvencija (MHz)	100	133	200/266	800	700	700	600/800
Maksimalni propusni opseg (Gbajta/s)	0.80	1.00	1.6/2.1	1.60	0.70	0.70	1.2/1.6
Očekivani propusni opseg (Gbajta/s)	0.50	1.00	0.9/1.2	?	0.40	0.50	1.1/1.5
Efikasnost (%)	65	60	60	?	60	80	97
Širina podataka (bit)	64	64	64	16	8/9	8/9	16/18

