

5 Memorija

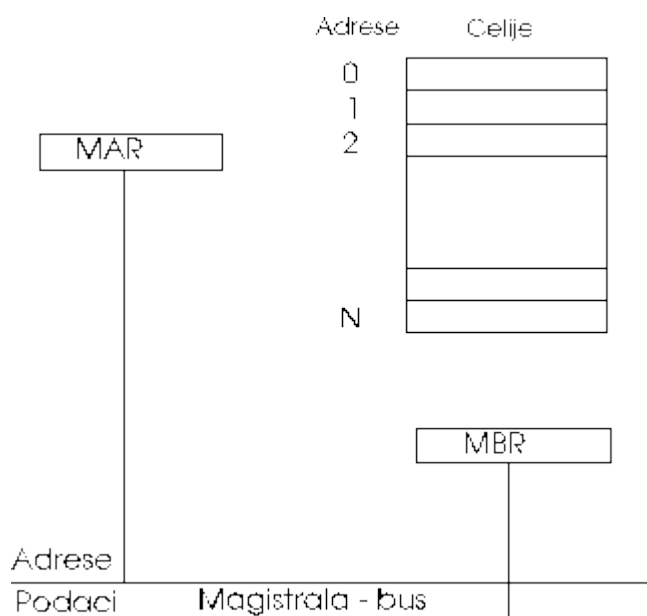
U Glavi 1 je prikazan opšti koncept memorije koja može da čuva informacije koje se obrađuju u računaru. Informacije smo podijelili u dvije grupe: instrukcije (naredbe) algoritma obrade i podatke nad kojima se algoritam izvršava.

U ovom poglavlju biće prikazani različiti koncepti i tehnologije izrade računarske memorije.

5.1 Osnovni memorijski blokovi

Svaka memorija je izgrađena kao skup memorijskih ćelija, gdje svaka ćelija ima svoj naziv to jest adresu. Uobičajeno je da se adrese označavaju cijelim pozitivnim brojevima. Podatak koji je smješten u memorijsku ćeliju naziva se sadržajem ćelije.

Slika 6.1 prikazuje uobičajenu strukturu memorije sastavljene od niza ćelija. CPU računara komunicira sa memorijom uz pomoć dva registra: memorijskog adresanog registra (MAR) i memorijskog bafer registra (MBR). Registri će detaljnije biti opisani u poglavlju 6.2.



Slika 5.1 Veza CPU - memorija

Da bi CPU obavio komunikaciju sa memorijom u MAR se najprije smješta adresa memorijske ćelije. Adresa se zatim dekodira elektronskim dekodierom koji aktivira memorijsku ćeliju. Pošto se na ovaj način može aktivirati bilo koja od ćelija (zavisno od adrese u MAR-u) u slučajnom (random) redoslijedu, ovakve memorije se obično nazivaju RAM (Random access memory). Memorijska ćelija može biti procesirana na dva načina.

Jelija se može čitati, to jest sadržaj ćelije se putem memorijske magistrale (bus-a) dovodi u MBR. U memorijsku ćeliju se može upisivati, to jest sadržaj MBR-a se prenosi magistralom do ćelije. Prilikom čitanja sadržaj ćelije se ne mijenja, već se samo "koipira" iz ćelije u MBR. Međutim, prilikom pisanja sadržaj ćelije se uništava i zamjenjuje sadržajem MBR-a. Na taj način CPU i memorija komuniciraju pomoću registara MAR i MBR i magistrale koja povezuje CPU i memoriju.

Veličina memorijske ćelije može da varira od računara do računara, ali su obično sve ćelije iste veličine. Veličina ćelije obično nije manja od osam binarnih cifara - bitova.

Bajt je memorijska jedinica od 8 bitova i u nju može biti smješteno jedno slovo ili cio broj u opsegu 0-255. Tako mala memorijska jedinica nije dovoljna za smještanje većih brojeva, pa se često veličina memorije mjeri ne bajtima već riječima. Memorijska riječ je obično veličine 2 ili više bajtova. Veličina memorijske ćelije je u korespondenciji sa veličinom MBR-a, tako da se čitav sadržaj ćelije prenosi u MBR ili obrnuto u jednom prenosu magistralom.

5.2 Registri

Pod registrima se podrazumijevaju posebne memorijske ćelije koje nijesu dio glavne memorije i kojima se ne pristupa putem MAR i MBR. Pristup registrima se obavlja direktno, pa je i brzina obavljanja operacija sa registrima mnogo veća nego sa standardnim memorijskim ćelijama. Obično, registara ima manji broj i imaju specifičnu namjenu u računaru, a najčešće su dio CPU-a. Na primjer, kada je potrebno sabrati dva broja koja su smještena u dvije ćelije glavne memorije, zbog efikasnosti se najčešće brojevi dovode u interne CPU registre, a rezultat sabiranja smješta ponovo u neki registar prije nego što se pošalje u memorijsku ćeliju. Veličina registra zavisi od njegove namjene. Tako se u računarima mogu naći i registri od samo jednog bita poznati i kao flegovi (flag) ili flip-flopovi. U takvim registrima se čuvaju stanja dijela računara, pa se testiranjem takvih registara utvrđuje stanje dijela računara na za koji je registar zadužen. Obično se ovi jednobitni registri stanja grupišu u jedan veći registar sa više bitova u kojem svaki bit prati određeni dio računara.

5.3 Keš memorije (Cache memories)

Brzina rada računara u najvećoj mjeri ograničena je brzinom prenosa podataka iz memorije u CPU i obratno. Za sada su bile pomenute dvije vrste memorije: spora periferna memorija za smještaj datoteka, i znatno brža glavna memorija. Keš memorija je uvedena upravo zbog potrebe da se u računarima koriste memorije različite brzine. Ideja za uvođenjem keš memorije proistekla je iz potrebe za ubrzanjem izvršavanja instrukcija. Analizom programa otkriveno je da većina programa koristi manju količinu memorijskih ćelija za podatke (varijable) uz veći broj ćelija potrebnih za instrukcije. Tako, ako se ćelije potrebne za podatke grupišu u posebnu memoriju (keš memoriju) koja je veće brzine od glavne memorije, brzina izvršavanja programa

će se značajno povećati. Danas je uobičajeno da procesori već u sebi sadrže keš memoriju. Na primjer, Intel 40486 čip ima 8K keš memorije u CPU-u.

5.4 Virtuelne memorije

Keš memorijom je uveden koncept memorijske hijerarhije u kojem je vrlo brza memorija (keš) sadržala varijable programa koji se izvršava. Ideja virtuelne memorije širi ovaj hijerarhijski koncept tako da memorije (brze i spore) izgledaju programeru kao jedna jedinstvena direktno adresibilna memorija. Zapravo, memorija koju "vidi" programer može biti i veća od stvarne glavne memorije, pa otuda i naziv virtuelna.

Sada se pravi razlika između adresa koje koristi programer - programskih ili logičkih adresa, i stvarnih fizičkih adresa. Sistemi sa virtuelnom memorijom imaju poseban mehanizam za automatsko preslikavanje (mapiranje) logičkih u fizičke adrese, i obratno. Ovaj mehanizam se zasniva na podjeli adresnog prostora (i logičkog i fizičkog) u blokove određene dužine, i dovodjenju logičkog bloka u fizički blok kada je potreban za obradu. Ovdje se pojavljuje dilema: koliki treba da budu blokovi? Sa hardverskog aspekta blokovi fiksne dužine koji se zovu stranicama (pages) bili bi najbolje rjesenje, jer se na taj način fizička memorija može lako izdeliti na fiksni broj stranica. Sa softverskog (programskog) aspekta ovi blokovi bi trebali da budu promjenjive dužine i da odgovaraju dužini programskih segmenata. Zato se koncept virtuelne memorije može zasnivati ili na stranicama ili na segmentima, ili na nekoj njihovoj kombinaciji.

5.5 Organizacija memorije kod PC računara

Većina današnjih PC računara se zasniva na Intel-ovim procesorima (8086, 80286, 80386, 80586, PENTIUM).

Kod originalnog 8086 mikroprocesora koji je korišćen kod prvih IBM PC računara adresna magistrala (bus) je bio sa 20 linija pa je maksimalni adresni prostor bio 2^{20} bajtova ili 1 MB. Međutim, pošto su registri (MAR i ostali) bili 16-bitni moglo se adresirati 2^{16} bajta ili samo 64KB. Intel je prevazišao ovaj problem na način opisan u Glavi 7.

Sa pojavom procesora 80286 i 80386 pojavljuju se i pojmovi "extended memory" i "expanded memory". Extended memory je prosto stvarna instalirana RAM memorija iznad granice od 640KB koja je bila postavljena operativnim sistemom DOS.

Expanded memory je stranični (paging) mehanizam gdje se 32MB virtuelna memorija preslikava u područje veličine 192KB (dvanaest 16KB stranica) u područje iznad DOS granice od 640KB i 1MB maksimalne adresibilne memorije.

Izraz "expanded memory" su u praksu uvele firme Lotus, Intel i Microsoft, pa se često koristi i naziv LIM EMS.

Za implementaciju virtualne memorije koristi se poseban hardverski dodatak koji može biti ili poseban čip ili dio samog CPU-a. Ovaj dodatak dobija logičku adresu od CPU i prevodi je u fizičku adresu glavne memorije (ili keš memorije). Tako recimo Intel 80386 sadrži kao dio CPU-a mehanizam i za segmentaciju i za straničenje. Fizički adresni prostor može biti do 4GB (232 bajtova) dok logički adresni prostor može biti do 64 tera bajta (tera bajt = 10^{12} bajtova).

5.6 ROM memorije

Do sada smo razmatrali samo slučaj memorija u kojima može da se piše i čita podatak. Postoji, međutim, i posebna vrsta memorije koja može samo da se čita (read only memory - ROM). ROM memorija se najčešće koristi da se u nju upiše neki standardni algoritam u trenutku izrade same memorije.

Kod PC računara, na primjer, ROM sadrži dio operativnog sistema i poznat je kao BIOS (Basic input output system). U trenutku uključanja računara, glavna memorija (RAM) ne sadrži nikakve instrukcije ili podatke. Zato je neophodno da postoji program koji će se automatski prenijeti u RAM, a zatim tim programom biti prenijeti sa sekundarne memorije (diska ili diskete) drugi djelovi operativnog sistema. Takav program se naziva "bootstrep loader".

ROM memorija se često koristi i kod računara specijalne namjene (registar kase, na primjer) da čuva aplikativni program.

5.7 Memorijske tehnologije

Tehnologija izrade memorija se razvijala od megnetnih tehnika korišćenih tokom 1950-tih i 1960-tih godina, do poluprovodničkih čipova iz 1970-tih godina do danas. Danas se skoro isključivo koriste poluprovodnički memorijski čipovi.

Na početku razvoja poluprovodničke memorije imale su svega nekoliko bitova, dok su današnji čipovi kapaciteta miliona bitova. Ovaj značajan porast postignut je razvojem poluprovodničke tehnologije. Prvobitna poluprovodnička tehnologija iz 1960 godine bila je u mogućnosti da napravi jedan tranzistor na kvadratnom santimetru. U periodu 1980-90 milion tranzistora je mogao biti izgradjen na istoj površini (1cm^2).

Prvobitne poluprovodničke memorije su bile statičke, to jest kada se u memoriju upiše podatak on ostaje zapisan sve dok se ne isključi napajanje. Sa razvojem integrisanih kola, razvijene su i dinamičke memorije. Kod dinamičkih memorija sadržaj mora periodično biti osvježavan (refreširan) da se ne bi izgubio sadržaj. Refreširanje se obavlja automatski posebnim elektronskim kolima i bez učešća programera.

ROM memorije se takođe izrađuju poluprovodničkom tehnologijom. Postoji nekoliko varijanti ROM memorija. Pored klasične verzije ROM-a kojem je sadržaj upisan prilikom fabrikovanja, postoji i tzv. PROM (programabilni ROM) kod kojeg se sadržaj upisuje naknadno kod korisnika. Ako se sadržaj ROM-a može mijenjati onda se govori o tzv. EPROM-u (Erasable PROM). Brisanje i upisivanje u EPROM vrši se u posebnim uređajima - EPROM programatorima.

Brzina kojom se čita memorija (ROM i RAM) je važan parametar kvaliteta memorije. U postojećoj tehnologiji brzine memorije su u opsegu 20-1000 ns ($ns = 10^{-9}$ sekunde). [to je memorija brža to je i skuplja, pa se zato vrlo brze memorije koriste kao keš memorije, a manje brze kao glavne memorije.