



**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
BEOGRAD**

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. Dr Boško Nikolić

Student:

Dragan Simanić 160/03

Beograd, 2008.

Sadržaj

SPISAK KORIŠĆENIH SKRAĆENICA	4
1. ISTORIJAT I PRIMENA RAČUNARA	5
1.1.OPIS PC RAČUNARA	6
1.2.PREGLED HARDVERSKIH KOMPONENTI PC RAČUNARA	8
2. INTERNE KOMPONENTE PC RAČUNARA	9
2.1.MIKROPROCESOR - CPU	9
2.1.1. Intel 8088.....	10
2.1.2. Uvod u moderne mikroprocesorske sisteme	13
2.1.2.1 Memorijski procep (Memory gap).....	14
2.1.3. 32-bitni Mikroprocesorski čipovi	16
2.1.4.Original Pentium, AMD K5, Pentium Pro i kasni Pentium CPU	21
2.1.5.Pentium II, AMD K6,Intel Celeron(Pentium II)	23
2.1.6.Pentium III, AMD Athlon, AMD Athlon Thunderbird i AMD Duron	25
2.1.7.Intel Pentium 4 Willamette, AMD Athlon XP(Palomino and Thoroughbred)	28
2.1.8.Intel Pentium 4 (Northwood and Prescott), AMD Athlon XP(Thorton and Barton), Pentium 4 Extreme Edition	30
2.1.9. 64-bitni Mikroprocesorski čipovi.....	32
2.1.10.Intel Itanium(Original and Itanium 2),AMDOpteron, Athlon 64 i AMD Sempron	33
2.1.11.Mikroprocesorski čipovi sa dvostrukim jezgrima	36
2.1.12.Intel pentium D, AMD Athlon dual core, Intel Core, Intel Core 2	37
2.2.OPERATIVNA MEMORIJA (OM) - RAM	40
2.2.1.Memorijska hijerarhija.....	40
2.2.2.Organizacija i funkcionisanje OM.....	42
2.2.2.Moderne Operativne memorije.....	44
2.3.HARD DISK (HD)	47
2.4.MATIČNA PLOČA(MOTHERBOARD)	49
2.5.OSTALE INTERNE KOMPONENTE PC-JA	52
LITRERATURA	55

Sadržaj slika

SL.1. PC RAČUNAR.....	6
SL.2. PERIFERNE KOMPONENTE PC RAČUNARA.....	8
SL.3. INTEL 8088 MIKROPROCESSOR	10
SL.4. ALU JEDINICA	10
SL.5. CPU I EKSTERNA MAGISTRALA	12
SL.6. SLIČNI INTEL I AMD MIKROPROCESORI	13
SL.7. VIŠENITNA SINHRONIZACIJA.	15
SL.8. KEŠ I PAJPLAJN MIKROPROCESORA	18
SL.9. IZGLED AMD-OVOG NOVOG SOCKETA AM2.	35
SL.10. MEMORIJSKA HIJERARHIJA.	41
SL.11. RAM MEMORIJA.	42
SL.12. VELIKI DRAM ČIPOVI.....	43
SL.13. SIMM MEMORIJE.	43
SL.14. DIMM ČIP PAKOVAN U 168-PINSKO PAKOVANJE.	44
SL.15. RIMM(RDRAM) I CRIMM.	45
SL.16. DDR SDRAM ČIP.....	45
SL.17. IZGLED HD SPOLJA.....	47
SL.18. HD SEKTORI.....	48
SL.19. MATIČNA PLOČA.	49
SL.20. PERIFERNI KONEKTORI NA MATIČNOJ PLOČI.	51
SL.21. GRAFIČKA KARTA.	53

Spisak korišćenih skraćenica

PC.....	<i>Personal Computer</i>
OS.....	<i>Operating System</i>
LAN.....	<i>Local Area Network</i>
ISDN.....	<i>Integrated Services Digital Network</i>
IS.....	<i>Integrated Software</i>
RAM.....	<i>Random Access Memory</i>
VoIP.....	<i>Voice over Internet protocol</i>
TCP/IP.....	<i>Transmission control protocol/Internet protocol</i>
CPU.....	<i>Control Processing Unit</i>
ALU.....	<i>Arithmetic-Logic Unit</i>
FPU.....	<i>Floating Point Unit</i>
CPUID.....	<i>CPU IDentifier</i>
VRM.....	<i>Voltage Regulating Module</i>
MMX.....	<i>MultiMedia Extensions</i>
SSE.....	<i>Streaming SIMD Extensions</i>
PGA.....	<i>Pin Grid Array</i>
LGA.....	<i>Land Grid Array</i>
PAC.....	<i>Pin Array Cartridge</i>
DTR.....	<i>Desktop Replacement</i>
OM.....	<i>Operativna Memorija</i>
SIMM.....	<i>Single Inlane Memory Module</i>
DIMM.....	<i>Dual Inlane Memory Module</i>
RAID.....	<i>Redudant Array of Independent Devices</i>
PCI.....	<i>Peripheral Component Interconnect</i>
AGP.....	<i>Accelerated Graphics Port</i>
USB.....	<i>Universal Serial Bus</i>
MIDI.....	<i>Musical Instrument Digital Interface</i>

1. Istorijat i primena računara

Računari su preuzeli svet, njihov uticaj je postao ogroman na sve aspekte života današnjeg čoveka. Poslovan svet se danas bazira na računarima i računarskim sistemima. Računari značajno utiču na odnose među organizacijama i u javnim i u privatnim sektorima. Danas kompanije u mnogome zavise od tehnologije, i od toga kako je koriste u samom poslovanju i u odnosu sa mušterijama. Ukratko, računarska industrija značajno menja način poslovanja u svetu i samim tim ima veliki uticaj na ekonomiju.

Prvobitna primena računara je bila za obavljanje prostih matematičkih operacija i računanje rezultata istih, bez mogućnosti memorisanja rezultata. Čak i tako prost računar sadržao je stotine sitnih delova i strujnih kola sa različitim funkcijama, vezama i veličinama. Potom sa izumom prvih memorijskih kola računar postaje sposoban da pamti rezultate i medjurezultate i da ih čuva. Veličina tog računara je bila malo manja od veličine jedne sobe, iako mu mogućnosti i funkcije nisu bile tako velike. Sve navedene funkcije danas obavlja jedan mali "običan" digitron. Računar danas zahteva integraciju nekoliko različitih tehnologija (wireless, Bluetooth, ISDN..). Tako se povećava dostupnost i iskorišćenost informacija, a automatski i produktivnost korisnika računara na svom radnom mestu ili kod kuće.

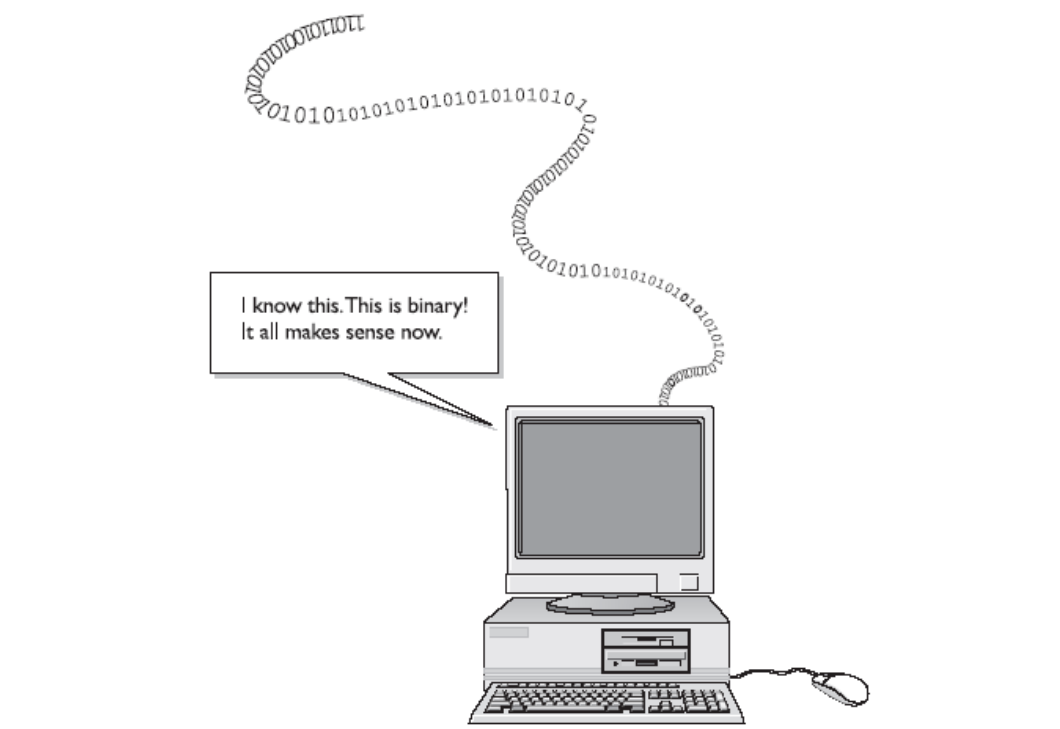
Pojavom interneta i integrisanjem računara i telefonije, primena računara je postajala sve raznovrsnija. Računari su prilagođeni svojoj svrsi, pa su međusobno računari postajali različiti u skladu sa funkcijama koje obavljaju. Tako računari koji obavljaju funkciju *servera* imaju izgled velike pljosnate kutije sa gomilom portova, povezani mnoštvom *LAN* kablova, dok su sa druge strane računari koji kontrolišu rad jedne proizvodne trake u fabrici integrisani u samu traku, programirani da rade samo jednu stvar, sa malim prostim monitorom koji korisniku tog računara daje sve potrebne informacije o radu proizvodne trake.

Najrasprostranjeniji računari danas su računari za ličnu upotrebu, takozvani PC računari, koji se nalaze svuda oko nas, u kućama, firmama, klinikama itd. Posedovanje PC-a je bila stvar luksuza, dok je danas PC računar dostupan svakome bez obzira na godine, zvanje ili socijalni status. PC je vremenom evoluirao i postao osnovni alat za brzo obavljanje svakodnevnih obaveza, alat za obavljanje naučnih operacija, za zabavu itd. Nadalje ćemo govoriti isključivo o PC računarima.

1.1. Opis PC računara

Za mnoge PC računar je samo tanak monitor koji prikazuje lepu sliku u boji koja se menja u skladu sa komandama koje korisnik računaru zadaje preko tastature ili miša, dok zvuk omiljene muzike izlazi iz malih zvučnika sakrivenih iza monitora, i sve to je istovremeno povezano sa kutijom koja se nalazi ispod stola. Ali PC je ustvari mašina koja sluša komande korisnika, prevodi ih u sebi prepoznatljiv binarni niz jedinica i nula, uradi milion prostih operacija koje se u PC-u izvršavaju paralelno i istovremeno, i tek na kraju obaveštava korisnika o izvršenju zadate komande.

Dakle sve što PC radi : pomeranje kursora miša, učitavanje internet stranice, iscrtavanje ikonica na ekranu, prebacivanje podataka, sve to za računar predstavlja jedan veliki niz nula i jedinica koji razume samo hardver računara.



Sl.1 PC računar.

Rad PC računara je definisan programiranjem istog. Programiranje na računaru ćemo sagledati iz dva ugla, programiranje *aplikacija* - programa sa kojima korisnik direktno komunicira i koji obavljaju traženi posao (programi za obradu teksta, programi za pregledanje internet stranica, za slanje e-maila itd.), ali kako sve aplikacije imaju potrebu za glavnim programom koji ih sve povezuje i koji prevodi aplikacije u mašinski kod razumljiv hardveru PC računara, postoji i programiranje na nižem nivou – bliže hardveru računara. Pomenute glavne programe u PC-u predstavljaju Operativni Sistemi (OS) računara. Najrasprostranjeniji operativni sistem danas je Microsoft Windows OS, ali postoje i sve više se koriste drugi operativni sistemi kao što su Linux i Apple Macintosh OS.

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

Razumevanje rada računara će biti još jasnije ako sam rad računara podelimo u **četiri faze rada** : ulaz (input), obradu (processing), izlaz (output) i čuvanje podataka (storage).

Ulaz (input) se obavlja preko hardverskog uređaja za ulaz, koje najčešće predstavljaju miš ili tastatura. Npr. mehaničkim kucanjem karaktera preko tastature započinjemo fazu ulaza, u kojoj međutim i OS ima značajnu ulogu. Naime, ovde OS prevodi signale koje mu šalje tastatura u kod koji ostatak hardvera može da razume.

Nakon unosa podataka obavljenog u fazi ulaza i smeštanja tih podataka u odgovarajuće registre, računar prelazi u sledeću fazu rada, u fazu koja se zove **obrada** (processing), i kreće sa obradom podataka. U ovoj fazi hardver PC-ja obavlja većinu posla. Svo računanje se obavlja u procesoru, koji za vreme rada komunicira sa RAM memorijom računara. OS ipak koordinira taj rad hardvera i na kraju kupi rezultate, koji se dalje koriste u aplikacijama.

Sav rad koji PC obavlja u prve dve faze ne bi imao smisla ukoliko računar ne bi pokazao korisniku konačne rezultate obavljenih komandi. Prikaz željenih rezultata predstavlja zasebnu fazu rada računara koju nazivamo **izlaz** (output). PC daje prikazuje korisniku rezultate rada ispisujući ih na monitoru ili štampajući ih na papir preko štampača.

Jedna od najvećih prednosti rada na računaru je to što sve detalje našeg rada možemo sačuvati (korake, vreme, rezultate..). U većini slučajeva će nam ti podatci ponovo trebati, za dorađivanje ili jednostavno za podsećanje o proteklom radu. Ova faza rada na računaru se zove **čuvanje podataka** (storage) i može se obaviti uz pomoć mnogih uređaja PC-ja kao što su : hard disk, floppy disk, CD, DVD, flash memorija.

Dakle kao što smo dosad naveli, u svim fazama rada PC-ja saradjuju hardver i softver tog PC računara. Da bismo u potpunosti razumeli rad PC-ja moramo se detaljno upoznati sa radom pojedinačnih delova hardvera i softvera. U daljem tekstu će biti govora o hardveru PC računara, razvoju i napredovanju hardverskih komponenti PC-ja.

1.2. Pregled hardverskih komponenti PC računara

HARDVER je skup fizičkih uređaja i elemenata računara. Engleska reč **hardware** udomaćila se u našem jeziku i označava, kao što jedna šala kaže, sve ono na šta možete odložiti šolju kafe: monitor, kućište računara, kartice i sve one čipove i ostale elektronske elemente koje vidite kada zavirite ispod kućišta računara, ili ukratko : svi oni delovi računara koje možete da šutnete.

Hardver sam ne znači ništa bez odgovarajućeg softvera. Hardver i softver se paralelno razvijaju i međusobno "guraju" razvoj onog drugog. Npr. kada se performanse hardverskih komponenti razviju do nivoa da u potpunosti zadovoljavaju zahteve postojećih softverskih svetskih trendova, inženjeri softvera bi tada unapredili staru verziju softvera u novu koja pruža više mogućnosti ali i zahteva više hardverskih resursa. Što potom izazove inženjere hardvera da konstruišu još naprednije verzije, i tako u krug.. Hardver se od nastanka računara neprestano razvijao. Savremeni trendovi u projektovanju i izradi hardvera nalažu konstrukciju hardvera što manjih dimenzija, tako da su se računari smanjili više desetina puta u odnosu na prvobitne računare.

Hardver računara se deli na interni i eksterni hardver, odnosno na komponente hardvera koje se nalaze unutar kućišta i na komponente hardvera koje se nalaze izvan kućišta, respektivno. Interni hardver se takođe naziva i *sistemska jedinica* (system unit).



Sl.2 periferne komponente PC računara

Eksterne (periferne) komponente hardvera jednog PC-ja su (slika 2): monitor, tastatura, miš, zvučnici ili slušalice, štampač. *Interne* hardverske komponente PC-ja su : kućište sa napajanjem, procesor (CPU), memorija (RAM), matična ploča, grafička karta, zvučna karta, hard disk, optički mediji (CD, DVD), modem, floppy disk. Struktura i funkcija ovih komponenti će biti detaljno opisane u narednim poglavljima.

2. Interne komponente PC-ja

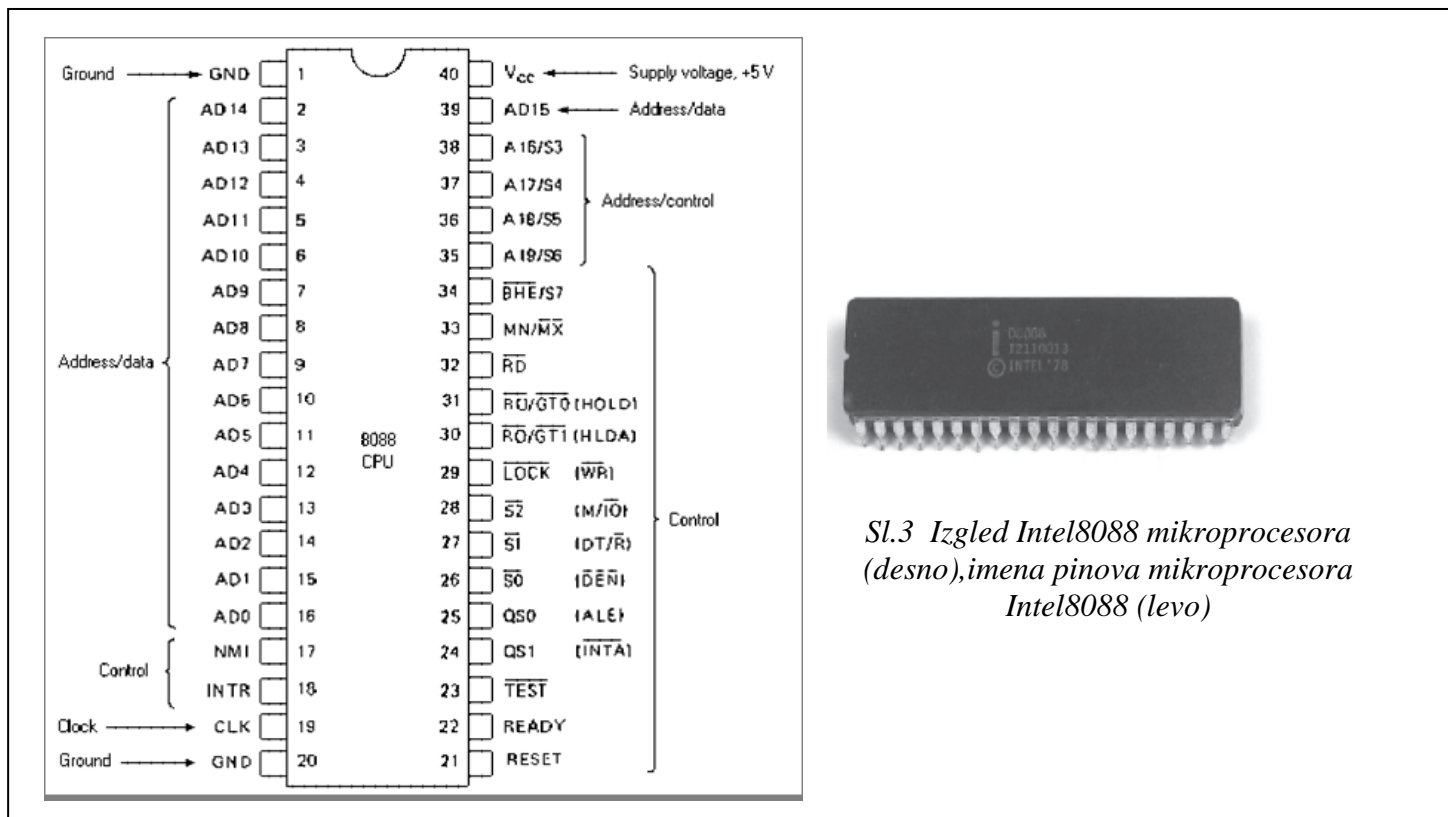
2.1. Mikroprocesor – Central Processing Unit (CPU)

Deo računara koji se popularno naziva *mozgom računarskog sistema* je ustvari po svojoj prirodi mikropcesor (*microprocessor ili ekvivalentno CPU*), koji predstavlja centralni čip računara koji jako brzo obavlja sve matematičke funkcije i obrade podataka, a potom rezultate istih šalje ostalim uredjajima. Današnji mikroprocesori (CPU) sabiraju, oduzimaju, množe, dele i premeštaju sa jednog mesta na drugo milijarde brojeva u jednoj sekundi. Obrada tolike količine podataka u tako malom vremenu čini da CPU deluje veoma pametno. Iako računar izgleda kao da obavlja svoje radnje jako pametno, poredjenje CPU sa ljudskim mozgom bi u mnogo čemu bilo precenjivanje mogućnosti CPU. Zapravo brzina CPUa, a ne njegova „inteligencija“, omogućavaju računarima da obavljaju zadatke kao što su pristup internetu, obrada slike, pokretanje raznih simulacija itd.

Mikroprocesorski uredjaj možemo zamisliti kao jednu malu kutiju u kojoj se obavlja sav posao i koja komunicira sa ostatkom računara preko mnoštva žičanih veza koje su povezane na izlaz mikropcesora. Grupisanjem pomenutih žičanih veza dobijamo računarsku magistralu (BUS). Jezik kojim međusobno komuniciraju računarske komponente je se bazira na binarnoj azbuci (uključeno – isključeno). Simbol koji označava stanje uključeno je standardizovan kao „1“, dok je simbol koji označava stanje isključeno „0“. Obzirom da su računarske komponente u osnovi sitni električni uredjaji, njihovi izlazi i ulazi mogu biti pod naponom (stanje uključeno– 1) ili bez napona (stanje isključeno - 0). Stanja ulaznih i izlaznih veza mikropcesora i ostalih računarskih komponenti se menjaju sa vremenom, u zavisnosti od podataka koje komponente obradjuju u tom momentu. Komunikacija mikropcesora sa ostatkom računarskog sistema se obavlja preko eksterne magistrale, dok se komunikacija zasebnih delova jednog mikropcesorskog sistema obavlja preko interne magistrale.

Za opis unutrašnjosti mikropcesora koristićemo Intelov model iz 1970-tih godina, *Intel 8088 microprocessor* koji, iako je mnogo prostiji od modernih mikropcesora, sadrži sve osnovne delove današnjih mikropcesora koji su kroz istoriju razvijani.

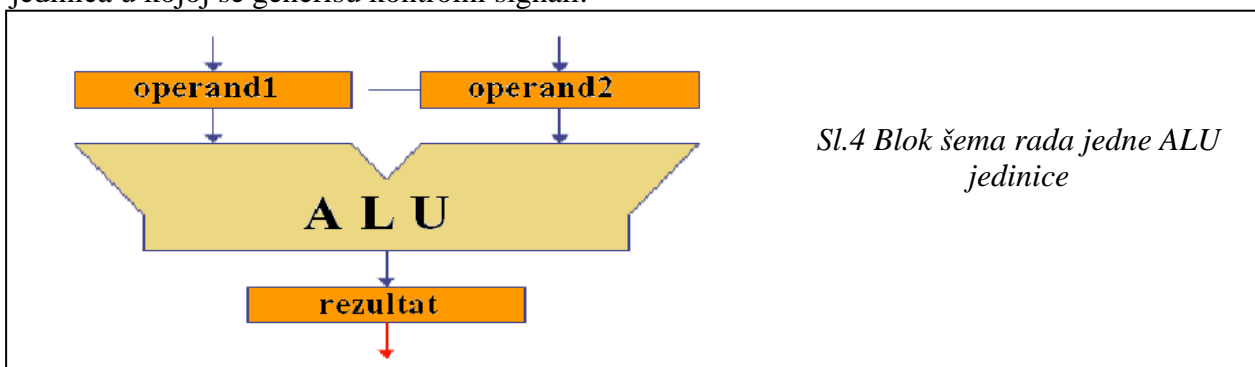
2.1.1. Intel 8088



Sl.3 Izgled Intel8088 mikroprocesora (desno), imena pinova mikroprocesora Intel8088 (levo)

Dakle, predak svih modernih mikroprocesora je Intelov model 8088 (Slika 3). Unutar ovog čipa nalaze se osnovni elementi svakog mikroprocesora : ALU jedinica, registri, računarski sat.

Aritmetičko-logička jedinica (Arithmetic-Logic Unit **ALU**), je najčešće kombinaciona mreža koja izvršava aritmetičku ili logičku operaciju zadatu kontrolnim signalima nad jednim ili dva binarna operanda i proizvodi binarni rezultat. Kontrolni signali su signali koji su do ALU jedinice došli spolja preko ulaza S4,S5,S6 i S7 (na Slici 3). Od kontrolnih signala zavisi o kojoj se operaciji nad operandom (operandima) radi. Kod 8088 mikroprocesora postoji samo jedna operaciona jedinica koja prima kontrolne signale spolja, dok kod modernijih mikroprocesora, o kojima će biti govora kasnije, postoje složenije operacione jedinice i još zasebna upravljačka jedinica u kojoj se generišu kontrolni signali.



Sl.4 Blok šema rada jedne ALU jedinice

Registri su memorijska kola koja unutar mikroprocesora služe za privremeno smeštanje bitnih podataka (operanada, adresa, itd.). Postoji više tipova mikroprocesorskih registara. Njihova podela je napravljena u odnosu na njihovu upotrebu.

- Programski dostupni registri su registri koji se mogu referisati u instrukcijama mikroprocesora.
- Registri za podatke (Data registers) su registri koji se isključivo ili bar dominantno koriste za smeštanje operanada i rezultata instrukcija.
- Registri za adrese (Address registers) su registri koji se isključivo ili dominantno koriste za smeštanje adresa operanada i adresa rezultata instrukcija, njihovih adresa iz memorije računara. Ili koji služe za brojanje koraka u instrukcijama, pamćenje pozicije izvršavanja itd.
- Registri opšte namene su registri koji se koriste kao pomoćni registri za bilo koju namenu u mikroprocesoru.

Dakle, mikroprocesori imaju veliki broj registara raznih namena, ali sada ćemo se koncentrisati na registre opšte namene, koje je Intel nazvao AX, BX, CX i DX. Obzirom da je Intel 8088 mikroprocesor bio 16-bitni svi registri će biti širine 16 bita. To zapravo znači da je 16 provodničkih žica rezervisanih isključivo za prenos podataka (brojeva, komandi, adresa itd.) spojeno na 16 ulaza, tj. izlaza registara 8088 mikroprocesora. Što dalje znači da je 8088 mikroprocesor mogao da obradi maksimalno 2^{16} ($=65536=64k$) rezervisanih komandnih reči ili 2^{20} ($=1048576=1M$) adresa u memoriji. U slučaju računarskih sistema na bazi mikroprocesora Intel 8088, memorija je imala polja od 8 bita (8 bita predstavlja 1 bajt), a ukupno 1M polja, tj. 1MB (megabajt). Širina memorijskog polja od 8 bita je uslovljavala i širinu eksterne magistrale **za podatke** od 8 bita.

Da bi mikroprocesor razumeo sve te komandne reči koje prima, mora postojati definisan **mašinski jezik** tog mikroprocesora. Mašinski jezik mikroprocesora podrazumeva skup svih predefinisanih naredbi, koje su definisane u binarnom kodu, tj. sastoje se isključivo iz nula i jedinica. Kada preko eksterne magistrale stigne niz signala (elektro signala prevedenih u nule i jedinice, od kojih zapravo svaka nula ili jedinica predstavlja jedan bit nekog od registara ili neke od memorijskih lokacija), mikroprocesor primi dati niz, protumači njegovo značenje prepoznajući ga u svom predefinisanom mašinskom jeziku, i potom izvrši komandu koju taj niz nosi u sebi. Ovaj način komunikacije je ekvivalentan šifrovanom dopisivanju dveju strana u kom obe strane imaju knjige šifara (knjigu šifara u našem slučaju predstavlja **mašinski jezik mikroprocesora**). Npr. u konkretnom slučaju opisivanog mikroprocesora Intel 8088 kada preko eksterne magistrale stigne niz bitova :

- **10111010** – Ima značenje : “U sledećem nizu bitova koji dolazi sa eksterne magistrale je broj, smestiti taj broj u DX registar.”
- **01000001** – Ima značenje : “Dodaj 1 (inkrementiraj) sadržaju registra CX.”
- **00110000** – Ima značenje : “Uporedi vrednost iz AX registra sa vrednošću iz sledećeg niza bitova koji dolazi sa eksterne magistrale”

Intel 8088 mikroprocesor ima ukupno nekoliko stotina različitih definisanih mašinskih instrukcija, moderniji mikroprocesori imaju mnogo širi mašinski jezik.

Računarski sat (clock - CLK) je signal koji je neophodan za sinhronizaciju rada mikroprocesora. Na ulaz CLK mikroprocesora (sa Slike 3) mora biti doveden odredjeni naponski nivo, da bi mikroprocesor shvatio da mu se šalje nova komandna reč (niz bitova). Bez postojanja ovog signala rad mikroprocesora bi bio haotičan i nemoguć. Jednokratno delovanje napona na ulaz CLK označava jedan **ciklus rada (clock cycle)** mikroprocesora. Zapravo, mikroprocesor

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

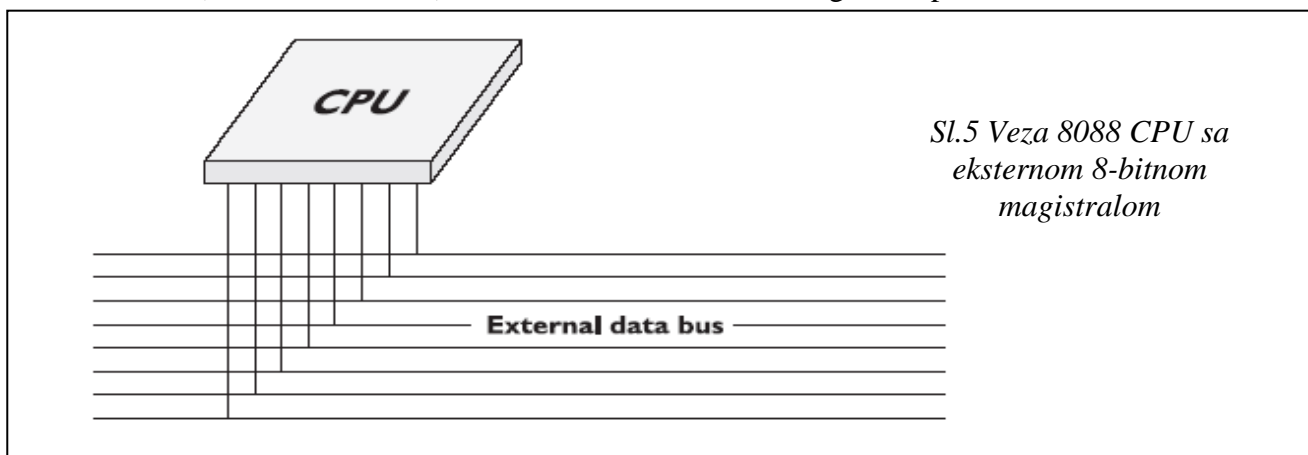
zahteva najmanje dva ciklusa rada da bi obavio jednu komandu, a najčešće i više od dva ciklusa – u zavisnosti od složenosti komande. Neke komande su toliko složene da CPU može upotrebiti stotine ciklusa rada za izvršenje samo te jedne komande.

Najvažniji parametar koji opisuje karakteristike jednog mikroprocesora je brzina rada mikroprocesora, što zapravo predstavlja brzinu rada **mikroprocesorskog sata (clock speed)**. **Brzina rada mikroprocesorskog sata je najveći broj ciklusa rada koje CPU može da obradi u jedinici vremena.** Intel 8088 mikroprocesor ima brzinu rada od **4.77 MHz** (4.77 miliona ciklusa rada u jednoj sekundi!), što je ekstremno sporo po modernim standardima ali opet jako veliki broj u poredjenju sa ručnim računanjem. Današnji mikroprocesori rade na brzinama preko 3 GHz (3 milijarde ciklusa rada u sekundi). Ovaj parametar nije brzina na kojoj mikroprocesor stalno radi, već maksimalna brzina koju taj mikroprocesor može da podnese.

Ostatak računarskog sistema (van mikroprocesora) takodje ima svoj časovnik (clock), različit od mikroprocesorskog – mnogo manji od mikroprocesorskog. Ovaj časovnik je obično integrisan na matičnoj ploči (o kojoj će biti govora kasnije), i realizovan je kao *kvarcni oscilator*.

Funkcije pinova (*pin – ulazni/izlazni konektor na poluprovodničkom čipu*) Intel 8088 mikroprocesora sa Slike 3:

- **AD15-AD0** (multipleksirano) - 16 pinova koji služe za komunikaciju sa **adresnim** delom eksterne magistrale ako je pin ALE postavljen na vrednost 1, a ako je pin ALE postavljen na vrednost 0 ovih 16 pinova služe za komunikaciju sa delom eksterne magistrale **za podatke**
- **A19/S6-A16/S3** (multipleksirano) - 4 najviša bita 20-bitne adrese (ukoliko je ALE postavljeno na 1) ili statusni biti S6-S3 (ukoliko je ALE = 1)
- **BHE** - (Bank High Enable)/S7 za prenos MSB podatka, kada je postavljen na 0
- **M/IO** - pokazuje da li se adresira memorija ili neki drugi deo računarskog sistema (npr. Hard disk)
- **RD (Read)** - Kada je postavljen na 0 deo eksterne magistrale **za podatke** koristi memorija ili neki drugi uređaj računarskog sistema
- **WR (Write)** – Kada je postavljen na 1 deo eksterne magistrale **za podatke** koristi procesor. Kada je postavljen na 0 deo eksterne magistrale **za podatke** sadrži validan podatak
- **ALE (Address Latch Enable)** - Kada je postavljen na vrednost 1, eksterna **adresna** magistrala sadrži memorijsku ili adresu nekog uređaja računarskog sistema
- **DT/R (Data Transmit/Receive)** - Deo eksterne magistrale **za podatke** prima ili šalje podatke u datom trenutku (tj. magistrala podataka je zauzeta)
- **DEN (Data Bus Enable)** - Aktivira eksterne bafere magistrale podataka.



2.1.2. Uvod u moderne mikroprocesorske sisteme

U prethodnom poglavlju opisan je osnovni mikroprocesor Intel 8088 i svi njegovi delovi, kao i većina njegovih mogućnosti. Mikroprocesorska tehnologija je nastavila da se razvija poboljšavajući karakteristike osnovnih mikroprocesora i dodavajući nove funkcije i nove mogućnosti mikroprocesorima, ali istovremeno zadržavajući osnovne delove mikroprocesora Intel 8088. Intel je imao dominantnu ulogu u razvoju mikroprocesorskih sistema, ali nije bio jedini. Raznolikost u proizvodnji mikroprocesora je uvela nova pitanja. Koji procesori idu uz koje matične ploče? Da li jedna matična ploča može da koristi procesore različitih proizvođača?

Proizvođači. Početkom 1980. godine IBM je kao vodeći proizvođač PC računara dodelio zaduženje Intelu da proizvodi mikroprocesore za nove generacije IBM računara. Ovaj događaj je dao *Intel* kompaniji monopolističku ulogu na sceni proizvodnje mikroprocesora za PC-je, što je ugasilo ostale savremene konkurente : Tandy, Commodore i Texas Instruments, jer niko nije mogao da se takmiči sa Intelom. U poslednjih 15 tak godina, novi konkurent u proizvodnji mikroprocesora za PC računare se pojavio na tržištu u liku kompanije *AMD* (*Advanced Micro Devices*) koja je počela da klonira Intelove procesore, što je oborilo cenu mikroprocesora, i donelo novu i zanimljivu konkurenciju Intelu na tržištu. Ova konkurencija između Intela i AMDa traje i dan danas.



Sl.6 Identični Intel i AMD 486 CPU

Nakon više godina sudskih tužbi i od strane Intela prema AMDu na račun kopiranja načina za projektovanje mikroprocesora, dogovor između dve kompanije je postignut. Kao rezultat ovog dogovora, Intel i AMD čipovi više nisu bili kompatibilni iako su u mnogim slučajevima čipovi bili jako slični (Slika 6). Ovo zapravo znači da su se od tog momenta koristile različite matične ploče za svakog od proizvođača.

Počevši od kasnih 1970tih godina i mikroprocesora sličnih Intel 8088 mikroprocesoru, proizvođači CPUa su dodali dosta poboljšanja u proizvodnji mikroprocesora. Kako je razvoj tehnologije rastao, poluprovodnička tehnologija je cvetala, integrisana kola su bila sve brojnija. Ovo je rezultiralo u dramatičnom proširenju eksterne magistrale i registara, kao i brzine rada mikroprocesorskog sata (kao što smo već napomenuli).

U toku 1980tih godina, računar na bazi 8088 CPU je smenjen od strane novih mikroprocesorskih računara 80286, 80386 i 80486. Svaka od ovih računarskih porodica je primenila šire magistrale, veće registre i još dosta drugih poboljšanja u odnosu na svaku prethodnu seriju.

Medjutim, u toku razvoja, projektovanje računarskih sistema je nailazilo na razne probleme. Jedan od najznačajnijih problema, koji je značajno uticao na razvoj mikroprocesora je problem „Memorijski procep“ koji će biti detaljnije opisan u sledećem poglavlju.

2.1.2.1. Memorijski procep (memory gap)

Uvod i definicija problema. Memorijski procep je problem koji se javio u poslednjih dvadeset godina u radu računarskih sistema. Naime, procesor i operativna memorija, dve najvažnije komponente za funkcionisanje računara, su se neravnomerno razvijali u pomenutom periodu. Do 1980. godine brzine procesora i memorije su bile relativno uskladjene, tj. ni procesor ni memorija nisu morali u da čekaju na rezultate onog drugog da bi se izvršavanje nastavilo već su rezultati stizali na vreme (sa maksimalnim kašnjenjem od par taktova). Medjutim iz više razloga od 1980. godine razvoj procesora i memorije je neravnomeran jer se brzina procesora mnogo brže razvijala od brzine memorije.

Jedan od razloga za to je tehničke prirode : postoje značajne razlike u poluprovodničkoj tehnologiji DRAM-a, u kojoj se konstruiše operativna memorija, i logičkih kola kojima se konstruiše procesor, koja su evidentno brža i prostija.

Drugi razlog je ekonomske (industrijske) prirode. Naime, preloman period je bio sredinom '80-tih godina kada je tada još mlada poluprovodnička tehnologija bila nepouzdana i "pod sumnjom" skeptičnih američkih stručnjaka koji su se tada okrenuli ka razvoju procesora. "Igrali su na sigurno", jer su i pored nepouzdanosti imali konkurenciju u Japanskoj industriji koja je takodje proizvodila poluprovodničke memorijske čipove. Kasnije, sa inovacijama u memoriji i učvršćivanjem poluprovodničke tehnologije tržište je masovno tražilo memoriju, ali bi se tržište takodje brzo zasitilo izlaskom u prodaju nove serije memorija. Ukratko, teže je bilo zaraditi praveći memorije nego mikroprocesore.

I pored pronadjenih rešenja za smanjenje procepa izmedju memorije i procesora, danas je procesor za klasu brži od memorije koja je postala "*usko grlo*" protočne obrade podataka u računaru. U poslednjih deset godina brzina procesora je rasla trendom od 60% godišnje, dok je brzina memorija rasla trendom od 10% godišnje. Procenjuje se da će se ovaj trend rasta procepa nastaviti u budućnosti jer je predviđeno da će brzina rasta brzine procesora biti oko 40% a razvoj brzine memorije oko 7%.

Memorijski procep je veliki problem računarstva jer izaziva fatalne greške u današnjim sve zahtevnijim softverskim aplikacijama (3D aplikacije, mrežne aplikacije, itd.) i sve opterećenijim serverima na lokalnim mrežama i na Internetu.

Primer : Na Alpha - inoj radnoj stanici "21264" na 667 MHz (XP 1000) iz 2000 god. promašaj u kešu je koštao oko 128 taktova rada računara, u poređenju sa 8 do 32 taktova na radnoj stanici iz 1990 god. Ovi podatci jasno svedoče o povećanju memorijskog procepa. A kada se uzme u obzir ozbiljnost ovakvih grešaka na računarima od kojih zavise čitave ekonomije pojedinih zemalja ili zdravstveni sistemi, shvata se ozbiljnost ovog problema.

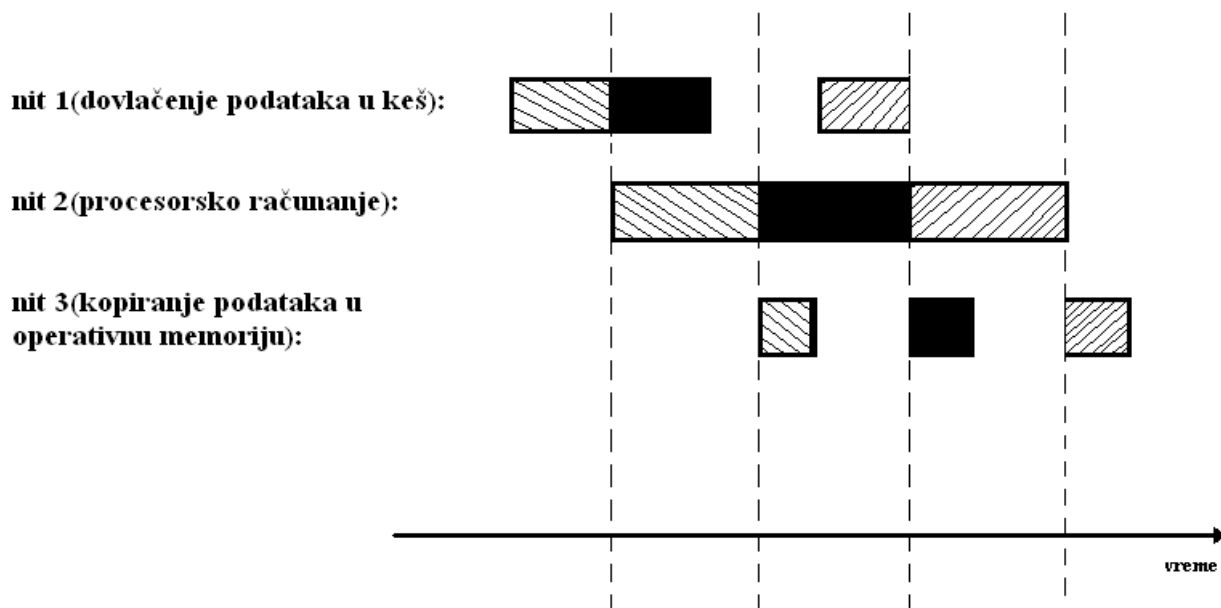
Rešenja i diskusija o rešenjima. Tradicionalni pristup za rešenje ovog problema je hardverski i predstavlja uvođenje keš memorije procesora. Keš memorija je veoma brza memorija koja je donekle uspeła da premosti problem memorijskog procepa. Medjutim, memorijski procep ipak, i pored uvođenja keš memorije, nastaje kada dođe do promašaja u keš memoriji i nedostajuća reč mora da se dovuče iz operativne memorije, što je spora operacija koja troši procesorsko vreme (jer tada procesor ulazi u stanje zaposlenog čekanja). Povećanjem kapaciteta keš memorije postignuta je privremena ravnoteža, ali samo privremena. Tako da je keš memorija sama ipak bila nedovoljno efikasno rešenje jer je procep i dalje rastao.

Sledeći pristup rešavanju problema je bio softverske prirode sa ciljem unapređenja rešenja sa keš memorijom. Višenitnost (Multi-threading) i konkurentno programiranje ima puno efikasnosti u poboljšanju rada procesora. Naime, kada dodje do promašaja u keš memoriji i

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

kada je potrebno dovlačenje podataka iz operativne memorije u keš memoriju, da se ne bi trošilo dragoceno procesorsko vreme, jezgro (*kernel*) operativnog sistema dozvoli da se paralelno sa operacijom dovođenja podataka iz memorije izvršava neki drugi proces, tj. nit (*thread*). Tako se procesor iskorišćava na najbolji mogući način jer umesto da čeka, procesor izvršava korisne proračune, što znatno ubrzava rad procesora sa protočnom obradom.

Na primer ovaj pristup kod serverskih računara skriva kašnjenje kod straničnog promašaja (*page fault*), što ustvari predstavlja promašaj u keš memoriji servera. Ovaj pristup će prouzrokovati ograničene mogućnosti za skrivanje mnogo manjih kašnjenja na račun preoterećenja multiprogramiranjem, ova kašnjenja možemo zanemariti u trenutnoj diskusiji.



Sl.7 Višenitna sinhronizacija(sa keš memorijom)

Takodje se kao softverska rešenja predstavljaju modifikacije kompajlera, koji sam menja programski kod tako da se prevodjenje petlji, promenljivih i konstanti odradi što je efikasnije moguće, da bi se prevedeni simboli smeštali u keš memoriju optimalnim redosledom i tako se smanjio broj promašaja u kešu.

Skrivanje memorijskog procepa pristupom poboljšanja keš memorije može dati samo delimično rešenje, na duže staze biće potrebno ubrzanje memorije. Ubrzanje se može postići dodavanjem novih pinova i proširenjem magistrale, posebno adresne magistrale.

Kao jedno od rešenja za budućnost proizvođači hardvera najavljuju proizvodnju i razvoj IRAM (*Intelligent RAM*) jednočipnog super-računara koji kombinuje konfigurabilan procesor i DRAM memoriju velikog kapaciteta. Cilj razvoja IRAM računara je da se pokaže kako jednostavan procesor i memorija veoma širokog opsega adresa zajedno ugrađeni na jednom čipu smanjuju efekat kašnjenja memorije (tj. memorijskog procepa). Ovaj super-računar obećava i uštedu struje (baterije) zbog inteligentnijeg ponašanja konfigurabilnog procesora.

U narednim poglavljima ćemo kroz opis novijih pikroprocesora i kasnije memorijskih modula videti kako se rešenja za problem memorijskog procepa postepeno uvode i ugrađuju u hardverske komponente.

2.1.3. 32-bitni Mikroprocesorski čipovi

U ranim 1990tim godinama, Intel je uveo u svet mikroprocesora jedan sasvim nov čip, naslednika serije 80486, i nazvao ga Pentium. Kako je Intel 8088 bio osnova za sve buduće mikroprocesore, može se reći da je Pentium postao osnova za sve mikroprocesore nakon Pentium-a. To je prvi mikroprocesorski čip koji sadrži sve suštinske delove i funkcije koje sadrže i svi mikroprocesori proizvedeni nakon njega.

Osim osnovnih delova Intel 8088 mikroprocesora, koji su kod Pentiuma znatno prošireni i ubrzani, Pentium sadrži još mnoge revolucionarne inovacije koje su postavile nove više standarde u proizvodnji mikroprocesorskih čipova.

Uvod u 32-bitnu obradu podataka. Kao što smo već naveli, stari 8088 je imao 16-bitne registre, 8-bitnu eksternu magistralu za podatke, i 20-bitnu adresnu eksternu magistralu. U vreme Intel 8088 mikroprocesora i njegovih sledbenika (pre Pentiuma), za računare su pisani Operativni Sistemi DOS i ranije verzije Windows-a koje su bile prilagodjene 16-bitnoj obradi podataka. Uvodjenjem 32-bitnih računara, prirodno, inženjeri su morali da programiraju nove i naprednije Operativne Sisteme (Linux, Windows 98, Windows XP itd.) koji su mogli da koriste bolje performanse novih mikroprocesora i da računaju sa mnogo većim brojevima, sa mnogo više istih, i sve to se obavljalo za mnogo manje vremena. Širina registara je kod Pentiuma 32 bita što omogućava rad sa većim brojevima, širina adresne magistrale je 32 bita što omogućava adresiranje mnogo više lokacija u memoriji, tj. $2^{32}=4,294,967,296$ maksimalnih mem. lokacija, u poredjenju sa $2^{20}=1,048,576$ maksimalnih mem. lokacija kod 8088 mikroprocesorskih sistema, što je 4 hiljade puta više. Pritom su i memorijske lokacije postajale veće zbog širenja magistrale za podatke. 32-bitna obrada podataka se nakon svog uvođenja održala 15 godina kao standard za proizvodnju računara i Operativnih Sistema dok je nije smenila 64-bitna obrada podataka, ali o tome će biti reči u kasnijim poglavljima.

Paralelna obrada podataka u fazama (Pipelining). Obrada komandi koje mikroprocesor prima spolja se obavlja u vremenski jednakim ciklusima rada (taktovima procesora), kao što je ranije pomenuto. Obrada svake komande se radi u najmanje 4 faze :

1. Dohvatanje (Fetch) – faza u kojoj se uzima podatak sa eksterne magistrale,
2. Dekodovanje (Decode) – faza u kojoj CPU shvata koja komanda je u pitanju
3. Izvršavanje (Execute) – faza u kojoj se obavlja računanje (izvršenje komande)
4. Upis (Write) – faza u kojoj se rezultati šalju nazad na eksternu magistralu

Nekada, u vreme 8088 mikroprocesora, CPU jedinica je najčešće obavljala komandu po komandu, što je značilo da poslate komande koje naidju dok je procesor zauzet obavljanjem neke druge komande bivaju odbačene (ili u nekim realizacijama mikroprocesora te komande budu stavljene u red), u svakom slučaju rad procesora je bio spor jer je bio ograničen na samo jednu komandu u datom trenutku. Takodje, u obavljanju jedne komande delovi CPU zaduženi za izvršavanje pojedinačnih faza komande su bili nezaposleni dok se izvršavaju neke druge faze te komande. Dakle, procesor je većinu vremena bio idiličan, tj. radio je u prazno, pa je samim tim i bio neiskorišćen.

Uvodjenjem **Pipeline** obrade podataka omogućeno je da se više komandi istovremeno procesuiru u CPU jedinici. Ovo je realizovano tako što je svaka komanda zauzimala samo po jedan deo CPU koji je zadužen za jednu fazu obrade komandi (za fazu u kojoj je pomenuta komanda). U pajplajn obradi svaka faza zahteva po jedan takt rada CPU. Pajplajn obrada drži svaki deo CPU zauzet sve vreme što dovodi do mnogo boljeg iskorišćenja procesorskog vremena. Tako jedan CPU sa četiri puta sporijim taktom, a koji ima pajplajn obradu podataka, obavlja jednako brzo komande kao i procesor sa četiri puta bržim taktom rada koji nema mehanizam pajplajn protočne obrade.

Ni pajplajn obrada nije savršena, posebno ona koja je prvobitno realizovana. U pipelineu se može desiti da naidje komanda za čije izvršavanje je potrebno više ciklusa takta (za neku od faza te komande je potrebno npr. 4 ciklusa takta umesto predviđenih 1 ciklus takta). Ovakvi događaji dovode do obustave izvršavanja i opet do neefikasnog rada CPU. Ovakve situacije se obilaze podelom pipeline faza na manje, jednostavnije, faze i tako se obezbeđuje neprestana prodočna obrada čak i veoma kompleksnih komandi. Npr. druga faza, faza dekodovanja, je podeljena inicijalno na dve faze : dekodovanje 1 i dekodovanje 2. *Tako je od početnih 4 faze u pajplajn obradi kod Pentium mikroprocesora, pajplajn tehnologija napredovala do dvadeset faza kod Pentium 4 mikroprocesora.*

Pored povećanja broja faza kod pipeline protočne obrade, i dalje su postojali problemi koji su usporavali rad CPU. Problem je nastajao u fazi izvršavanja (execute). Naime, CPU je u fazi izvršavanja najviše računa obavljao sa celobrojnim vrednostima (integer), ali se dešavalo da naidje komplikovaniji broj, za čije računanje je ovom delu CPU trebalo više ciklusa takta što je ponovo dovodilo do zaustavljanja protočne obrade i neefikasnog iskorišćenja CPU. Prvobitno rešenje je bilo uvođenje dela CPU za izvršnu fazu obrade namenjenu isključivo za računa sa kompleksnim brojevima (floating point unit FPU). Međutim, FPU delu je ipak trebalo više vremena za račun nego ineger delu, što je dovodilo do toga da integer deo bude bezposlen.

Konačno rešenje za projektovanje pipeline protočne obrade je da se napravi *jedan* pipeline tok u CPU zadužen samo za računanje celobrojnih vrednosti koji je za obradu faze izvršavanja imao samo integer jedinicu, i *drugi* pipeline tok koji je zadužen za obradu svih ostalih tipova podataka koji je za obradu faze izvršavanja imao i integer i FPU jedinice. Ovakvo rešenje je postojalo još na prvobitnim Pentium mikroprocesorima, i ono je bilo toliko efikasno da nije menjano ni od strane Intel-a ni od strane AMD-a sve do danas u konstrukciji mnogo složenijih mikroprocesora nego što je to bio Pentium. Jedina razlika između konstrukcije današnje pipeline obrade i pipeline obrade na Pentium mikroprocesorima je ta što se u današnjim CPU jedinicama nalazi osam do deset paralelnih pipeline tokova. Ovo zapravo znači da ukoliko svaki od pipeline tokova ima 20 faza i pritom ima 8 pipeline tokova, jedna *moderna CPU jedinica može da obradi 160 komandi istovremeno u vremenu jednog ciklusa takta* (kod modernih CPU vreme jednog takta je oko $3 \cdot 10^{-10}$ sekundi!).

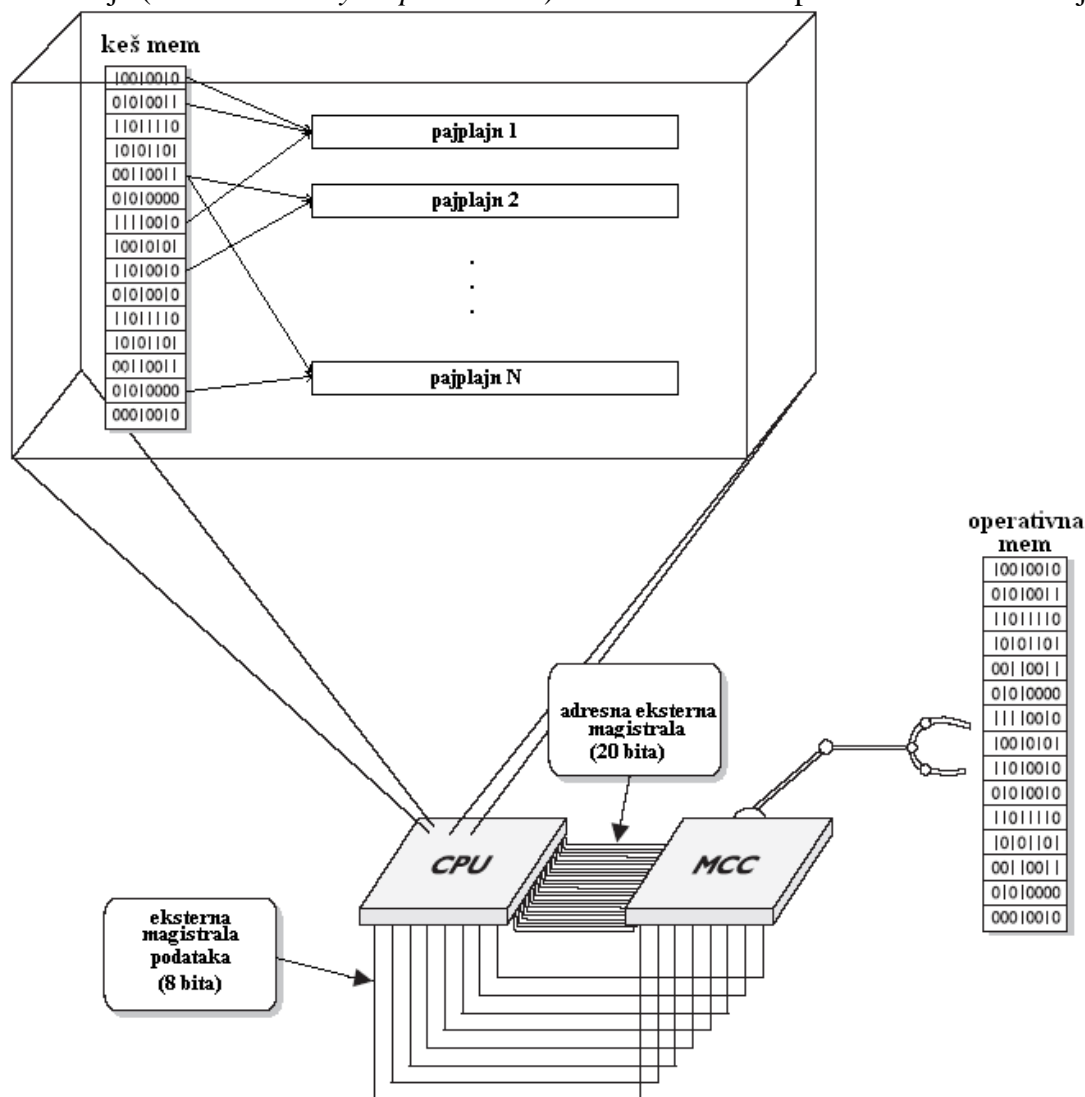
Keš memorija CPU. Kada u računaru započne izvršavanje nekog programa, taj program se učitava u operativnu memoriju računara, a informacija o adresi tog programa u memoriji se šalje CPU. Program se u realnom izvršavanju razbija na manje celine (niti - *threads*). Npr. kada u Windows OS pokrenemo program Internet Explorer i zajedno sa njim MS Excel i još par drugih programa, Windows šalje u CPU gomilu podataka o pokrenutim procesima koje se razbijaju na niti i učitavaju u memoriju. Trebalo bi uzeti u obzir da su pojedini programi jako veliki i zahtevaju mnogo prostora u memoriji. Dakle, kada se predje na obradu ovih programa (tj. obradu podataka iz operativne memorije) potrebno je dovlačiti pojedinačno svaki podatak u CPU jedinicu. Ovaj proces je jako spor, i detaljnije je objašnjen u poglavlju 2.1.2.1. Memory gap. Kao jedno od rešenja za ubrzavanje ovog procesa u navedenom poglavlju je predloženo uvođenje Keš (*cache*) memorije.

Keš (cache) memorija je mala, ali brza memorija koja sadrži samo deo adresnog prostora – radni skup instrukcija i podataka. Keš memorija je konstruisana u SRAM tehnologiji (SRAM – static Random access memory), koja je mnogo brža za pristup od drugih RAM tehnologija na kojima je zasnovana konstrukcija operativne memorije. Ideja u konstrukciji keša je zasnovana na pretpostavci o vremenskoj i prostornoj lokalnosti izvršavanja programa, tj.:

- Ako je program nedavno pristupao nekoj lokaciji u operativnoj memoriji, velika je šansa da će u budućnosti ponovo pristupati njoj (“prošlost ukazuje na budućnost”),
- Ako je program pristupao nekoj lokaciji u operativnoj memoriji, onda je velika šansa da će pristupati i nekoj njoj bliskoj lokaciji iz operativne memorije.

Ako je sadržaj lokacije u keš memoriji, odziv je brz. Inače, keš memorija očitava podatak iz operativne memorije, uz potencijalno izbacivanje nekog drugog sadržaja iz keša (ukoliko je keš popunjen), ili upisuje podatak u operativnu memoriju.

Keš memorija je transparentna za Operativni Sistem i ostali software osim u situacijama kada keš memorija preslikava virtuelne adrese u svoj sadržaj (za tekući proces koji ima kontekst procesora). O pojmu Virtuelne memorije i virtuelnih adresa biće govora u kasnijim poglavljima. Pipeline tokovi koriste podatke direktno iz keš memorije, što omogućava brz pristup i samim tim i brzu obradu podataka u CPU. Dok u slučaju nedostatka podataka u Kešu, preko kontrolera operativne memorije (*MCC - Memory chip controller*) se dovlači traženi podatak u keš memoriju.



Sl.8 Višenitna sinhronizacija(sa keš memorijom)-kod 8088 CPU

Organizacije keš memorije su različite, i svaka od organizacija ima svoje prednosti. Ovde nećemo govoriti o pojedinim tipovima organizacija keš memorije samo ćemo napomenuti da se u modernim mikroprocesorima koriste kombinovani tipovi organizacije keš memorije. **Prvobitno**, SRAM keš memorija mikroprocesora je bila jako mala, oko 16KB (kilobajta), ali i kao takva pomagala je značajno ubrzavajući komunikaciju CPU i operativne memorije, a samim tim i rad CPU. Nakon ugradjivanja keš memorije direktno na CPU, još za vreme ranih Pentium mikroprocesora projektanti su počeli da ugradjuju keš memoriju i direktno na matičnu ploču. Ova keš memorija sa matične ploče je bila dosta veća od one koja je direktno na CPU, između 128 i 512 KB. U ovom poredku stvari, CPU je tražio podatak prvo u svom ugrađenom kešu (L1 kešu), potom ukoliko podatak nije pronađen u L1 kešu, CPU je tražio u kešu koji je bio integrisan na matičnoj ploči (L2 kešu). I na kraju, ukoliko se traženi podatak nije nalazio ni u L1, ni u L2 keš memorijama, CPU je preko MCC dovlačio traženi podatak iz Operativne memorije. Nazivi L1 i L2 potiču isključivo iz redosleda po kom mikroprocesor traži podatke. Kasnije, inženjeri su koncept keš memorije odveli još dalje, pa su počeli da ugradjuju i L2 keš direktno na CPU, na nekim CPU čak je direktno ugradjivan i L3 keš. Veličina modernih keš memorija je i dalje mala u odnosu na operativnu memoriju i reda je veličine nekoliko MB.

Brzina takta i množači brzine takta (clock speed & multipliers). Na prvim matičnim pločama, postojao je jedan *generator takta* (*računarski sat - clock*) koji je davao impulse svim čipovima na matičnoj ploči, ne samo mikroprocesorskom čipu tog računarskog sistema. Posle nekog vremena, zaslugom Intelovih brzih mikroprocesora, postalo je očigledano da ostali računarski čipovi i mikroprocesorski čip ne rade na istim brzinama takta. Nadalje, Intel je imao dva izbora : ili da prestane da pravi sve brže CPU, ili da pronadje način da CPU radi brže od ostatka računara. Da bi se ovo postiglo, napravljen je množač brzine takta na CPU koji je dolazeći signal takta množio unutar CPU jedinice, što je omogućilo da interna kola CPU jedinice rade na većim brzinama od ostatka računara (van CPU čipa). Ovo je veoma potrebno jer mikroprocesori najviše taktova rada troše na rad sa keš memorijom i na računanje, a ne u komunikaciji sa eksternom magistralom, što znači da bi u toku jednog spoljnog takta rada mikroprocesor trebalo da izvrši dosta radnji da bi mogao na vreme da isporuči rezultate rada na eksternu magistralu (EBUS). Bez množača takta, ostatak računarskog sistema bi čekao bezposlen i po više ciklusa takta na rezultate iz mikroprocesora.

Svi moderni mikroprocesori koriste množače takta. Dakle procesori imaju dve brzine rada : brzinu rada sa eksternom magistralom i brzinu rada u internim mikroprocesorskim kolima. Množači takta ubrzavaju takt od 2 do čak 30 puta! Tako jedan moderan Intel Pentium 4 3.06 GHz i množačem takta od x23, radi na eksternoj brzini od 133MHz ($133\text{MHz} \cdot 23 = 3.06\text{GHz}$).

Nekada su brzine systemske magistrale (eksterne magistrale) i interne brzine takta CPU bile ručno podešavane (tj. njihov odnos je bio ručno podešavan), preko tzv. džampera na matičnoj ploči. Danas, CPU se sam prijavi matičnoj ploči preko procedure CPUID (CPU identifikator), pa se brzine takta systemske magistrale i množač takta podešavaju automatski.

PGA. Fizički izgled mikroprocesora se vremenom menjao, oblik, veličina, izgled konektora (činčeva) itd. U suštini nema pravila, ali uglavnom su mikroprocesori iz istog perioda fizički ličili jedni na druge. Značajan deo fizičkog izgleda čine konektori mikroprocesora, ali njihov raspored nije određivao samo fizički izgled nego i način na koji će se mikroprocesor priključiti na matičnu ploču. Zbog ovoga je uvedena jedna od karakteristika mikroprocesora koja daje naziv rasporedu konektora jednog tipa mikroprocesora **PGA (pin grid array)**.

Radni napon mikroprocesora (voltage). Kada bismo banalizovali jedan mikroprocesor, mogli bismo reći da je on ustvari samo skup tranzitora, malih elektronskih prekidača koji omogućavaju CPU da obradjuje binarni kod koji čini mašinski kod računara. Tranzistori, kao i svaki drugi elektronski uređaj, zahtevaju određen napon da bi ispravno funkcionisali. Ako stavite tranzistor na preveliki napon, doći će do proboja poluprovodničkog spoja pa tranzistor neće valjano raditi. Sa druge strane, ako stavite tranzistor na mali napon, neće provoditi struju pa samim tim neće raditi uopšte. U prvih 5 godina postojanja PC-ja, njegovi mikroprocesori su radili na naponu od standardizovanih 5 V (Volti), kao i svako drugo kolo na matičnoj ploči.

Medjutim, vremenom, da bi se povećale mogućnosti mikroprocesora, postepeno je povećavan i broj tranzitora u konstrukciji CPU jedinice. Ovaj trend povećavanja broja tranzitora unutar mikroprocesora nije dugo trajao jer su inženjeri shvatili da će, eventualno, mikroprocesori postati preveliki. Zbog toga je promenjena strategija za povećanje kompleksnosti i mogućnosti CPU. Intel i AMD su otkrili da se smanjivanjem radnog napona CPU može postići to da se u konstrukciji CPU koriste manji tranzistori, što je značilo da bi se onda moglo dodati još manjih tranzistora i tako povećati mogućnosti CPU bez povećanja njegove veličine. Tako da je Pentium mikroprocesor radio pod naponom od 3.3V.

Obzirom da se radni napon CPU sve više smanjivao, a da je napon ostalih kola na matičnoj ploči ostao isti (5V), proizvođači matičnih ploča su morali naći način za odvojeno napajanje same CPU jedinice. Tako su proizvođači počeli na matične ploče da ugrađuju regulatore napona VRM (voltage regulator module), koji su imali funkciju obaranja napona sa 5V na željeni nivo napona za određeni mikroprocesor.

2.1.4. Original Pentium, AMD K5, Pentium Pro i kasni Pentium CPU

U prethodnim poglavljima smo opisali početke Pentium mikroprocesora i parametre na osnovu kojih u potpunosti možemo opisati jednu vrstu mikroprocesora ove familije. U ovom poglavlju ćemo navesti osnovne karakteristike Original Pentium, AMD K5 i Pentium Pro mikroprocesora i navesti koje inovacije je „era“ koju su obeležili ovi mikroprocesori donela.

Rani Intel Pentiumi

- Interna brzina takta : 60-200 MHz
- Eksterna brzina takta : 50-66 MHz
- Množac takta : 1x – 3x
- L1 keš : 16KB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 4, Socket 5



Rani Intel Original Pentium mikroprocesor predstavlja najverovatnije najvažniji CPU ikad projektovan. Proizvodjen od 1990 do 1995 godine. Imao je dva pajplajn toka.

AMD Pentiumi ekvivalent : AMD K5

- Interna brzina takta : 60-150 MHz
- Eksterna brzina takta : 50-75 MHz
- Množac takta : 1.5x – 2x
- L1 keš : 16 KB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 7



Konkurentni CPU čip Intelovom Pentiumu, koji je pin-kompatibilan sa Original Pentium-om, ali iznutra veoma različit sa drugačijim metodama računanja.

Pentium Pro

- Interna brzina takta : 166-200 MHz
- Eksterna brzina takta : 60-66 MHz
- Množac takta : 2.5x – 3x
- L1 keš : 16 KB
- L2 keš : 256 KB, 512 KB, 1 MB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 8



Projektovan 1995 godine, Intelov naslednik Pentiuma, Pentium Pro – zvani **P6**. Osim što je očigledno fizički različit od prethodnika, imao je i par tehnoloških poboljšanja. Dobio je sasvim novu tehniku ***dinamičke obrade*** koja podrazumeva obradu preko reda (*out-of-order processing*), tj. nije obradjivao linije koda redom kao u memoriji već je imao „pametne mehanizme“ predikcije skoka (*branch prediction*). Takodje, P6 je imao ***četiri pajplajn toka protočne obrade***.

I poslednja, a možda i najveća inovacija koju je P6 doneo je L2 keš memorija koja se ugradjivala na matičnu ploču.

Koristio je Socket 8 priključak na matičnu ploču, zbog karakterističnog PGA. Nijedan drugi mikroprocesor u istoriji nije koristio ovaj Soket. Mnogi ga smatraju najvažijim CPU čipom koji je Intel ikad napravio.

Kasni CPU klase Pentium

- Interna brzina takta : 166-200 MHz
- Eksterna brzina takta : 66-75 MHz
- Množac takta : 2.5x – 4.5x
- L1 keš : 32 KB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 7



Projektovan i i proizvedeni 1996 godine, odgovarali su većini mikroprocesora klase Pentium. Iako je Intelov trend da po izbacivanju novog tipa mikroprocesora u potpunosti zasene sve prethodne, to im nije pošlo za rukom sa P6 modelom (P6 je bio više za sisteme važne upotrebe nego „izbor za sve“), ali im je to svakako uspeo modelom Pentium iz '96 godine. Kasna generacija Pentium-a nosi sa sobom povećanje L1 keš memorije, poboljšanje rada na multimediji (***Multimedia extensions - MMX***) i ***povećanje množača takta*** pa samim tim i povećanje interne brzine takta.

2.1.5. Pentium II, AMD K6 i Intel Celeron(Pentium II)

U ovom poglavlju ćemo navesti osnovne karakteristike Pentium II, AMD K6 i Intel Celeron(Pentium II) mikroprocesora i navesti koje inovacije je „era“ koju su obeležili ovi mikroprocesori donela.

Pentium II

- Interna brzina takta : 233-450 MHz
- Eksterna brzina takta : 66-100 MHz
- Množač takta : 3.5x – 4.5x
- L1 keš : 32 KB
- L2 keš : 512 KB
- Pakovanje : SEC
- Soket(i) koje koristi : Slot 1



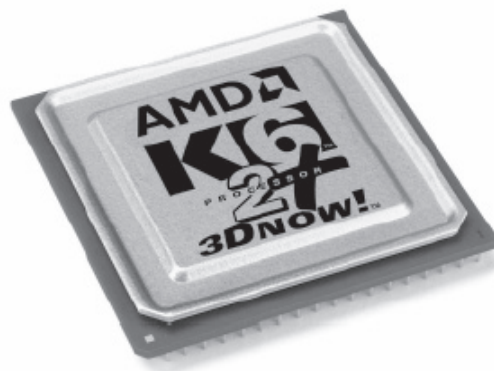
Ovo je procesor koji se ukratko može opisati kao Pentium Pro sa poboljšanjima u vidu MMX, SEC, povećane brzine takta i promenjenim setom mašinskih instrukcija. Prvo što se zapazi na Pentium II mikroprocesoru je njegov različit fizički izgled. Pentium II je pakovan u kutiju sa pinovima grupisanim samo na jednoj ivici (Single edge cartrige - SEC). Ovakvo pakovanje je ostavilo više prostora na matičnoj ploči za L2 keš memoriju, i pored toga je olasalo projektovanje procesorskog hladjenja zbog smanjene veličine CPU čipa. Ovaj CPU je postao veoma popularan u svom dobu, zbog dominantnih performansi i zbog velikog reklamiranja ovog čipa od strane Intela.

MMX (Multimedia extensions) poboljšanje CPU čipova je uvedeno od strane proizvođača kao odgovor na grafički zahtevne programe koji su postajali sve popularniji na PC računarima. MMX je sistem dizajniran tako da može da u jednom trenutku obradi velike „komade“ podataka (koji su ustvari predstavljali 3D objekte u grafičkim aplikacijama) i tako da može da obavlja vektorse matematičke operacije. Dakle računanje u izvršnoj fazi MMX jedinice CPU-a se nije obavljalo samo sa pojedinačnim podacima, već i sa vektorima pojedinačnih operacija. Npr. ovakvo poboljšanje je u mnogome olakšalo obradu kretanja 3D bojekta.

Ono što je takodje značajno kod Pentium II CPU je to što je u ovom periodu došlo do potpunog razilaženja AMD i Intel kompanija, jer njihovi procesori zbog uvođenja SEC pakovanja više nisu bili međusobno kompatibilni što je uzrokovalo posebne matične ploče za Intel i za AMD.

AMD K6

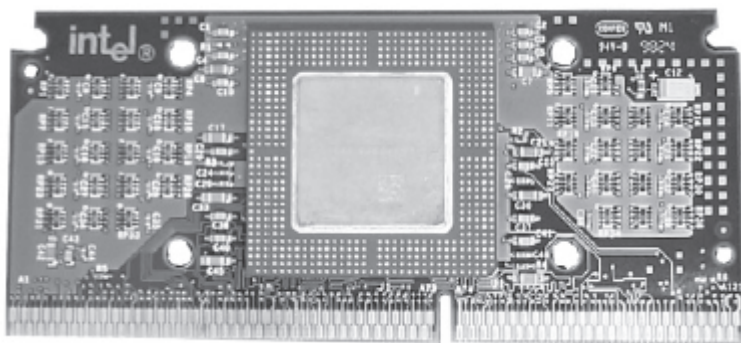
- Interna brzina takta : 200-550 MHz
- Eksterna brzina takta : 66-100 MHz
- Množač takta : 3x – 5.5x
- L1 keš : 32 KB ili 64 KB
- L2 keš : 256 KB (neki nisu imali L2)
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 7



CPU koji je AMD napravio kao odgovor na Intel Pentium II, proizvođen od 1997 do 2000 godine. AMD K6 CPU je izlazio u 3 varijante : K6-2, K6-2+ i K6-III. Koji su svaki za sebe donosili poboljšanja u odnosu na prethodnika. Poboljšanja uvedena serijom AMD K6 mikroprocesora su L1 keš od 64 KB, podrška za matične ploče sa brzinom takta od 100 MHz (na modelima K6-2+ i K6-III) i AMD-ov sistem za obradu grafike 3DNow! koji je došao kao odgovor na Intelov MMX. AMD K6-III model je uveo i L2 keš od 256 KB kao i poboljšanja u pipeline obradi u vidu povećanja broja faza.

Intel Celeron (Pentium II)

- Interna brzina takta : 266-700 MHz
- Eksterna brzina takta : 66 MHz
- Množač takta : 4x – 10.5x
- L1 keš : 32 KB
- L2 keš : 128 KB (ubačen tek u poboljšanim verzijama)
- Pakovanje : SEP, PGA
- Soket(i) koje koristi : Slot 1, Socket 370



Intel je izbacio seriju Celeron mikroprocesora paralelno sa Pentium II mikroprocesorom u nameri da pokriju celo tržište mikroprocesora za PC računare tog vremena. Naime, Pentium II je bio kvalitetan procesor ali sa višom cenom od konkurenta AMD K6, dok je Celeron bio CPU primamljivih karakteristika a pritom sa nižom cenom i od svog „velikog brata“ i od AMD K6.

Ono što karakteristiše Intel Celeron (Pentium II) mikroprocesor je to da je pravljen i za stariji tim matičnih ploča, i za novi tip (Slot 1) matičnih ploča na kojima je radio i Pentium II CPU. Pakovanje Celerona je bilo slično pakovanju Pentium II (SEC) samo bez zaštitnog prekrivača, pa se zbog toga ovo pakovanje naziva Single edge Processor (SEP). Celeron je radio samo na matičnim pločama sa brzinom takta od 66 MHz. Kvaliteti ovog CPU su u visokom množaču takta uz pomoć kog se dostižu visoke brzine internog takta, ali zbog nedostatka zaštitnog pokrivača i velike brzine takta, Celeron se brzo zagrevao, pa je samim tim zahtevao intenzivno (i bučno) procesorsko hladjenje.

2.1.6. Pentium III, AMD Athlon, AMD Athlon Thunderbird AMD Duron

U ovom poglavlju ćemo navesti osnovne karakteristike Intel Pentium III, AMD Athlon i AMD Duron mikroprocesora i navesti koje inovacije je „era“ koju su obeležili ovi mikroprocesori donela.

Pentium III

- Interna brzina takta : 450 MHz – 1.26 GHz
- Eksterna brzina takta : 100-133 MHz
- Množac takta : 4x – 10x
- L1 keš : 32 KB
- L2 keš : 256 KB ili 512 KB
- Pakovanje : SEC-2, PGA
- Soket(i) koje koristi : Slot 1, Socket 370



Mikroprocesor koji je u početku svoje proizvodnje pakovan u SEC pakovanje, Pentium III predstavlja ubrzanu verziju Pentium II sa poboljšanjima ponovo na polju grafičke obrade. Naime, Intel je spremio odgovor na AMDov 3Dnow! U vidu sistema Streaming SIMD Extensions (SSE). Kasnije, zbog napretka u poluprovodničkoj tehnologiji, Intel je pakovao Pentium III u PGA pakovanje. Pentium III je imao punu podršku za matične ploče sa brzinama takta od 100 i 133 MHz i novi, brži memorijski čip L2 keš memorije.

Intel Celeron (Pentium III)

- Interna brzina takta : 533 MHz – 700 MHz
- Eksterna brzina takta : 66-100 MHz
- Množac takta : 8x – 11.5x
- L1 keš : 32 KB
- L2 keš : 128 KB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 370



Kao što je Pentium II imao svog „malog brata“ u vidu Celeron (Pentium II), tako i pentium II ima svog Celeron (Pentium III) pratioca. Novi Celeron nije imao značajna poboljšanja.

AMD Athlon generacija mikroprocesora je u potpunosti promenila budućnost CPU industrije. Sa ovom serijom CPU, AMD se značajno izjednačio sa Intelom po mogućnostima koje njihovi proizvodi nude. Kao što je Intel nekada napravio SEC zasebno pakovanje za Intel Pentium II, tako je sada i AMD odlučio da se u potpunosti odvoji od Intelovih tehnologija i da započne proizvodnju svojih slotova (**Slot A**) i matičnih ploča koje su projektovane isključivo za AMD CPU. Slot A je je slot koji je AMD razvio specijalno za svoje mikroprocesore u cilju da se razdvoji od matičnih ploča baziranih na Intelovim standardima. Slot A predviđa mikroprocesorski čip se 462 pina (za razliku od npr. 8088 koji je imao samo 40 pinova – kao na Slici 3 – strana 10)

Rani AMD Athlon

- Interna brzina takta : 500 MHz – 1 GHz
- Eksterna brzina takta : 100 MHz
- Množak takta : 5x – 10x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 512 KB
- Pakovanje : SEC
- Soket(i) koje koristi : Slot A



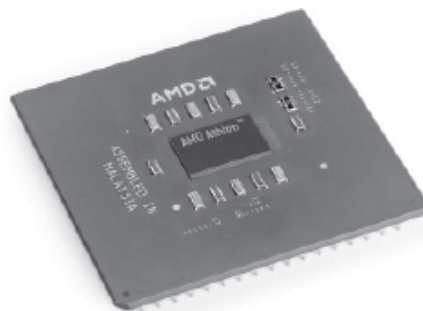
Odnos obrade podataka i električne snage čipa(Processing and Wattage). Da bi proizvodili bolje i pametnije mikroprocesore AMD i Intel su morali da povećavaju broj mikroskopskih tranzistora unutar CPU jedinice. Što više tranzistora, to je više snage potrebno za rad CPU. A što veća snaga CPU jedinice, to se veća toplota oslobađa, pa je potrebno i snažno hladjenje. Procesori koji su poznati kao „vrući“ procesori (jedan od njih je i CPU serije Celeron) se obično izbegavaju u sklapanju konfiguracije PC-ja zbog toga što se unapred zna da će za njih biti potrebno snažno hladjenje. Zbog ovog trenda povećanja toplote CPU-a, projektanti se trude da koriste što manje tranzistore u konstrukciji mikroprocesora jer manji tranzistori zahtevaju manje snage. A dodatna pogodnost manjih tranzistora je ta što inženjeri mikroprocesora mogu da računaju na veći broj istih u konstrukciji CPU-a.

Tranzistori se prave od silikonskih jedinjenja i kako je obrada poluprovodničkog silikona postala savršenija, tako su tranzistori postajali sve manji i sve bolji. Poredjenja radi, jedan tranzistor u mikroprocesoru Intel 8088 je bio veličine 3 μ m (mikrometara) = 3 $\cdot 10^{-6}$ m, a tranzistori u najmodernijim CPU su veličine oko 50nm (nanometara) = 5 $\cdot 10^{-11}$ m, dakle oko 50 hiljada puta manji! Od 2000 godine, veličina tranzistora korišćenih u konstrukciji (**Process**) jednog CPU je postala jedan od parametara koji određuju model mikroprocesora, kao i električna snaga (**Wattage - Watts**) tog CPU.

Imena mikroprocesora. Pojavljivanjem AMD athlona, pa posle njega Pentiuma 4 (o kom će biti reči u kasnijim poglavljima) otpočela je najžešća faza Intel/AMD mikroprocesorskog „rata“. Od 2000 godine pa do danas, Intel i AMD se bore za primat u CPU industriji toliko žestoko da novi modeli mikroprocesora izlaze „zabrinjavajuće“ brzo, čak više puta godišnje. Belezenje svih novih modela je postalo izazov! Proizvodjači su zbog te brzine izbacivanja novih modela počeli da daju imena svojim mikroprocesorima, kao što su u Intelu dali ime prvom Pentium 4 „Willamette“, a poslednjem 32-bitnom Athlonu su u AMD-u dali ime Barton.

AMD Athlon Thunderbird

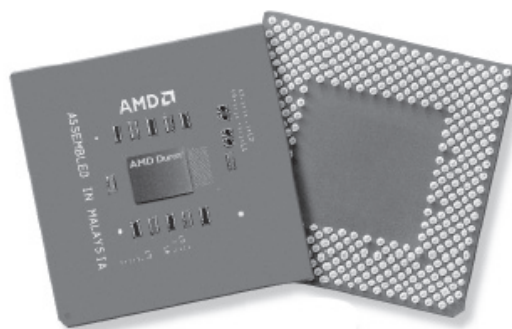
- Interna brzina takta : 650 MHz – 1.4 GHz
- Eksterna brzina takta : 100-133 MHz (double)
- Množac takta : 6.5x – 14x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 256 KB
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket A
- Process (veličina jednog tranzistora) : 180 nm
- Watts (električna snaga): 38-75



Thunderbird je prva značajno poboljšana verzija prvobitnog Athlona, sa najznačajnijim poboljšanjem u tome što ima ugrađen mehanizam koji duplo ubrzava protok podataka između mikroprocesora i eksterne magistrale, bez povećanja brzine takta. Ovaj mehanizam se zove **double-pumped frontside bus**.

AMD Duron

- Interna brzina takta : 600 MHz – 1.8 GHz
- Eksterna brzina takta : 100 MHz (double)
- Množac takta : 6x – 18x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 64 KB
- L3 keš : nema
- Pakovanje : PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket A
- Process (veličina jednog tranzistora) : 180 nm
- Watts (električna snaga): 21-57



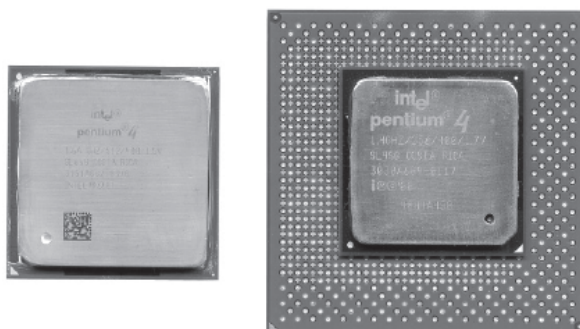
AMD Duron CPU je niskobudžetna verzija mikroprocesora baziranog na Athlon mikroprocesorskoj tehnologiji, sa manje keš memorije. Ali iako je jeftiniji, i dalje je zadržao napredne funkcije skupljih Athlona (426-pin PGA, 200MHz frontside bus- double pumped), što ga je stavljalo za korak ispred Intelovog niskobudžetnog Celerona.

2.1.7. Intel Pentium 4 Willamette i AMD Athlon XP(Palomino and Thoroughbred)

U ovom poglavlju ćemo navesti osnovne karakteristike Intel Pentium 4 Willamette i AMD Athlon XP(Palomino and Thoroughbred) mikroprocesora i navesti koje inovacije je period koji su obeležili ovi mikroprocesori doneo.

Intel Pentium 4 Willamette

- Interna brzina takta : 1.3–2.0 GHz
- Eksterna brzina takta : 100-133 MHz (quad)
- Množac takta : 13x – 20x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 256 KB
- Pakovanje : 423-pin PGA, 478-pin PGA
- Soket(i) koje koristi :Socket 423, Socket 478
- Process (veličina jednog tranzistora) : 180 nm
- Watts (električna snaga): 49-100



Dok su Intelovi Pentium II i Pentium III bili ništa drugo nego ubrzane i blago unapredjene verzije Pentium Pro mikroprocesorskog čipa, P4 je predstavio potpuno novo, redizajnirano mikroprocesorsko jezgro, zvano *NetBurst*. Ovim potezom Intel je ponovo postavio nove standarde u projektovanju mikroprocesora. NetBurst je uveo pipeline protočnu obradu sa 20 faza i redizajniran pajplajn u kom je svaka faza imala da obavi manje posla (što je znatno ubrzalo rad CPU). Takodje, prve verzije Intel Pentium 4 CPU su uključivale poboljšan mehanizam za obradu grafike (SSE – Streaming SIMD Extensions) zvani SSE2, dok su kasnije verzije Pentium 4 mikroprocesora imale još noviju verziju pomenutog mehanizma SSE3. Intel je kao odgovor na AMD-ov mehanizam, mehanizam koji duplo ubrzava protok podataka između mikroprocesora i eksterne magistrale, bez povećanja brzine taktova (*double-pumped frontside bus*), napravio **quad-pumped frontside** mehanizam koji je četiri puta ubrzavao prenos podataka između EBUS i CPU. Tako da je za eksternu brzinu takta od 133MHz Intel postizao pomenuti prenos podataka brzinom od 533MHz! Prvi među Pentium 4 serijskim CPU su pakovani sa 423-pin PGA i sa 256 KB L2 keš memorije, a poboljšane verzije su pakovane u PGA sa 478 pinova i sa 512 KB L2 keš memorije.

AMD Athlon XP(Palomino and Thoroughbred)

- Interna brzina takta : 1.3 GHz (1500+) – 2.2 GHz (2800+)
- Eksterna brzina takta : 133-166 MHz (double)
- Množač takta : 13x – 16.5x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 256 KB, 512 KB
- Pakovanje : 462-pin PGA
- Soket(i) koje koristi :Socket A
- Process (veličina jednog tranzistora) : 180 nm (Palomino), 150 nm (Thoroughbred)
- Watts (električna snaga): 60-72(Palomino), 49-70 (Thoroughbred)

Da ne bi ostali u senci Intel Pentium 4 CPU, AMD je spremio unapredjenu verziju Athlon Thunderbird-a - *Athlon XP*. Prvi Athlon XP je imenovan kao Palomino, a ubrzo za Palominom je izašao i Thoroughbred. Oba mikroprocesora su pakovana u PGA sa 462 pina, sa mnogim osveženjima i unapredjenjima koje je AMD obavio u jezgru Athlona. Jedno od tih unapredjenja je i podrška intelovom SSE mehanizmu za obradu grafike. I dalje su imali double-pumped frontside bus (dakle u tom segmentu su zaostajali za Intel Pentium 4 CPU), ali je AMD prvi projektovao svoje mikroprocesore sa mikrotranzistorima veličine 150 nm, što je smanjilo električnu snagu CPU pa samim tim smanjilo i zagrevanje mikroprocesora.

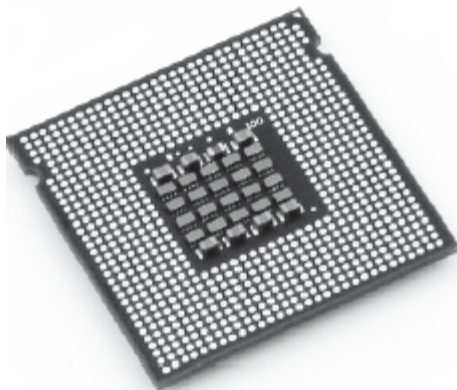
Jedna zanimljivost koja se veže za imenovanje AMD mikroprocesora počevši od Athlon XP mikroprocesora je ta što su uz ime svog CPU u AMD-u dodavali i cifru koja je služila za direktno poredjenje sa Intelovim modelima. Zanimajući stvarnu internu brzinu takta svojih mikroprocesora u AMD-u su imenovali svoje CPU cifrom koja je ekvivalentna performansama intelovog CPU sa internom brzinom takta predstavljenom u tom cifrom. Tako je, na primer, model Athlon XP 1800+ zapravo radio na 1.6 GHz (a ne na 1.8 GHz), ali su u AMD-u tvrdili da on pruža performanse ekvivalentne ili bolje od Intel Pentium 4 koji radi na 1.8 GHz. Ovaj način imenovanja CPU kod AMD se zove *ocena performanse (performance rating - PR)*.

2.1.8. Intel Pentium 4 (Northwood and Prescott), AMD Athlon XP(Thorton and Barton) i Intel Pentium 4 Extreme Edition

U ovom poglavlju ćemo navesti osnovne karakteristike Intel Pentium 4(Northwood and Prescott), AMD Athlon XP(Thorton and Barton) i Intel Pentium 4 Extreme Edition mikroprocesora i navesti koje inovacije je period koji su obeležili ovi mikroprocesori doneo.

Intel Pentium 4 (Northwood and Prescott)

- Interna brzina takta : 1.3–3.8 GHz
- Eksterna brzina takta : 100 MHz (quad), 133 MHz (quad), 200 MHz (quad)
- Množač takta : 13x – 23x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 256 KB, 512 KB
- Pakovanje : 478-pin PGA, 775-pin LGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 478, Socket LGA 775
- Process (veličina jednog tranzistora) : 130 nm (Northwood), 90nm (Prescott), 65 nm (CMill)
- Watts (električna snaga): 45-68 (Northwood), ~84(Prescott), 86(Cedar Mill)



Kao i obično, pojavljivanje serije novih mikroprocesora Intela je ubrzalo pojavljivanje serije mikroprocesora AMD-a. Tako je u ovom slučaju, Pojavljivanje Athlon XP CPU-a nateralo inženjere Intel-a da kreativnije rade i brže izbace novu seriju Pentium 4 CPU nazvanu Northwood, a ubrzo potom i poboljšani Pentium 4 Prescott. Ovi Pentium 4 CPU su povećali brzinu razmene podataka između EBUS i CPU na 800 MHz, jer su podržavali brzinu eksternog takta od 200 MHz i zadržali su mehanizam prethodnika koji ubrzava ovu brzinu četiri puta(quad-pumped frontside bus). Još jedna inovacija koju su doneli modeli Northwood i Prescott je *hiprenitna obrada procesa (hyperthreading)*. Sa sistemom hyperthreading-a, jedan pajplajn tok može obradivati više različitih niti (delova procesa, softverskog programa). Ovo zapravo znači da Operativni Sistem „vidi“ jedan Pentium 4 mikroprocesor sa ovim mehanizmom kao da su to zapravo dva mikroprocesora. Hyperthreading povećava efikasnost CPU, ali ovaj mehanizam ima i nekoliko ograničavajućih okolnosti. Prvo, Operativni Sistem mora biti svestan da CPU ima ovu osobinu. Drugo, iako je ovaj sistem zasnovan na tome da CPU koristi svoje nezaposlene resurse u tom trenutku da bi „imitirao“ drugi CPU, to ne znači da se tako povećavaju resursi mikroprocesora već se samo („samo“) postojeći resursi bolje i efikasnije iskorišćavaju.

Ono što su takodje doneli ovi mikroprocesori je smanjenje tranzistora koji se koriste za izgradnju mikroprocesora na, do tada rekordnih 65 nm. Takodje Intel je napravio novo pakovanje sa 775 pinova sa **LGA (Land Grid Array)** rasporedom, u koje je pakovao Prescott CPU.

Prethodno objašnjeni Pentium 4 CPU i novi AMD CPU su u ovom momentu dosegli vrh brzina takta mikroprocesora. Ona ka čemu će inženjeri Intela i AMD-a da se okrenu ubuduće je razvoj 64-bitne mikroprocesorske obrade podataka, razvoj paralelnih jezgara u jednom CPU itd. Ova poboljšanja će se primenjivati na mikroprocesore iz narednih poglavlja.

AMD Athlon XP(Thorton and Barton)

- Interna brzina takta : 1.6 GHz (2000+) – 2.2 GHz (3100+)
- Eksterna brzina takta : 133 MHz, 166 MHz, 200 MHz (double)
- Množac takta : 10x – 16x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 256 KB(Thorton), 512 KB (Barton)
- Pakovanje : 462-pin PGA
- Soket(i) koje koristi :Socket A
- Process (veličina jednog tranzistora) : 130 nm
- Watts (električna snaga): 60-70

Jedina razlika medju ovim AMD Athlon XP mikroprocesorima poslednje generacije je bila u L2 keš memoriji Thorton je koristio 256 KB L2 keš, dok je Barton radio sa 512 KB.

Thorton i Barton su dva poslednja modela mikroprocesora Athlon XP, i ove CPU generacije uopšte, koje će AMD da proizvodi kao 32-bitne mikroprocesore. Nakon Projektovanja ovih CPU AMD se u potpunosti okrenuo razvoju 64-bitnih mikroprocesora, dok je Intel napravio još jednu seriju 32-bitnih mikroprocesora – *Pentium 4 Extreme Edition*.

Intel Pentium 4 Extreme Edition

- Interna brzina takta : 3.2–3.7 GHz
- Eksterna brzina takta : 200 MHz (quad), 266 MHz (quad)
- Množac takta : 14x – 17x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 512 KB
- L3 keš : 2 MB
- Pakovanje : 478-pin PGA, 775-pin LGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 478, Socket LGA 775
- Process (veličina jednog tranzistora) : 130 i 90 nm
- Watts (električna snaga): 85 – 115

Intel Pentium 4 Extreme Edition je projektovan i proizveden sa ciljem da stavi Intel u vodeću poziciju po performansama mikroprocesora u tom periodu. Intel je iskoristio period u ko AMD nije izbacivao nove CPU jer je radio na budućim 64-bitnim mikroprocesorima, da se nametne kao vodeći – bar za neko vreme. Kao što se vidi iz specifikacija ove klase mikroprocesora, oni koriste iste platforme kao i prethodni Pentium 4 CPU sa velikim poboljšanjem na polju eksterne brzine takta i sa integrisanjem L3 keš memorije kapaciteta od čak 2 MB. Mane ovog tipa mikroprocesora su velika snaga koju koristi (rekordnih 115W), činjenica da je to i dalje samo 32-bitni mikroprocesor, i njegova tržišna mana – visoka cena.

2.1.9. 64-bitni Mikroprocesorski čipovi

Aktuelna mikroprocesorska tehnologija se bazira na 64-bitnim procesorima. I Intel i AMD su u potpunosti prestali sa proizvodnjom 32-bitnih CPU i prešli na 64-bitne. 64-bitni mikroprocesor ima registre opšte namene, floating point (registar za računanje sa kompleksnim vrednostima), i adresne registre širine 64-bita. Što znači da ovi CPU mogu obraditi 64-bitni kod u jednom prolazu (ranije su bila potrebna bar dva). Ovi mikroprocesori mogu da adresiraju mnogo, mnogo više lokacija u Operativnoj Memoriji nego CPU prethodne tehnologije. Mogu da adresiraju $2^{64}=18,446,744,073,709,551,616$ memorijskih lokacija, u poredjenju sa $2^{32}=4,294,967,296$ mem. lokacija koliko su mogli da adresiraju 32-bitni CPU (što je oko 4.3 milijarde puta više!). Memorijske lokacije su i dalje veličine 1 B (jedan bajt- podatak koji sadrži 8 bita), kao i ranije. Megabajt, Gigabajt, pa čak i Terabajt nisu više pogodne veličine za opisivanje mogućnosti novih CPU pa ćemo uskoro uvoditi i jedinicu Exabajt ($EB=2^{60}$). Maksimalna memorija koju podržavaju novi CPU je 16 EB.

Iako su im takve mogućnosti, i dalje ih nijedan 64-bitni CPU ne koristi u potpunosti, tj. i dalje se ne prave matične ploče sa 64-bitnim adresnim magistralama. Za to postoji i opravdan razlog, jer današnji PC računari koriste do 4 GB operativne memorije, pa samim tim još uvek nema potrebe za 64-bitnim adresnim magistralama. Npr. Intel Itanium CPU koristi matične ploče sa 44-bitnim adresnim magistralama, što je i dalje mnogo više nego dovoljno ($2^{44}=17,592,186,044,416$ bajtova).

Naravno sa pojavljivanjem ove generacije CPU, mnogo toga je moralo da se promeni. Pakovanje CPU, koje će sada imati mnogo više pinova (što i nije bio slučaj kod svih CPU). Mnogo je više mesta za raznovrsnost među CPU čipovima nego ranije, koliko će koji imati adresnih linija, vrsta tranzistora, vrsta pakovanja čipa, itd.

Intel i AMD su krenuli različitim putanjama u razvoju 64-bitnih mikroprocesora, i u narednim poglavljima ćemo videti detaljno šta je koji CPU doneo na polju inovacija.

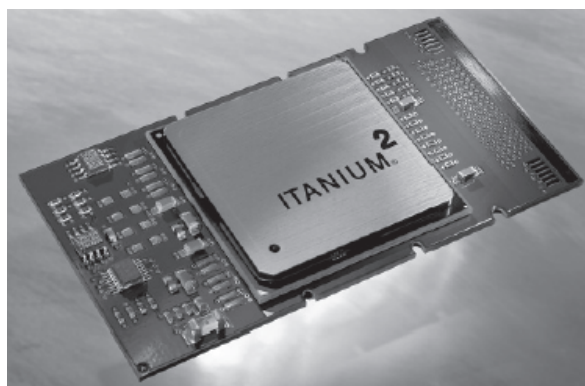
2.1.10. Intel Itanium(Original and Itanium 2),AMDOpteron, Athlon 64 i AMD Sempron

Intel je napravio prvi korak u izbacivanju 64-bitne „mašine“ sa Itanium CPU-om. Itanium je imao unikatno 418-pin pakovanje PAC (Pin Array Cartridge), sa pokrivačem koji je pomogao da se integriše L3 keš memorijski čip (veličine 2MB ili 4 MB).

Iako je izlazak prvog Itaniuma bio značajan, prvi ozbiljan 64-bitni CPU je bio Itanium 2. Opisivanje ovog mikroprocesora navodeći samo njegove brzine takta ili broj adresnih linija bi bilo nepotpuno i neodgovarajuće. Ogromni paplajn mehanizmi, keš mem. nove tehnologije koja je izuzetno brzog odziva, i još bukvalno stotine poboljšanja. Ovo je očigledno bio još jedan od Intelovih moćnih i skupih pionira u svojoj generaciji. Itanium 2 koristi najnovije pakovanje OLGA (Organic Land Grid Array).

Intel Pentium 4 Extreme Edition

- Interna brzina takta : 900 MHz – 1 GHz
- Eksterna brzina takta : 100 MHz (quad)
- Množač takta : 9x – 10x
- L1 keš : 32 KB
- L2 keš : 256 KB
- L3 keš : 1.5 MB, 3 MB
- Pakovanje : OLGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 611
- Watts (električna snaga): 90 – 100
- Širina adresne magistrale : 50 bita
- Širina magistrale podataka : 128 bita



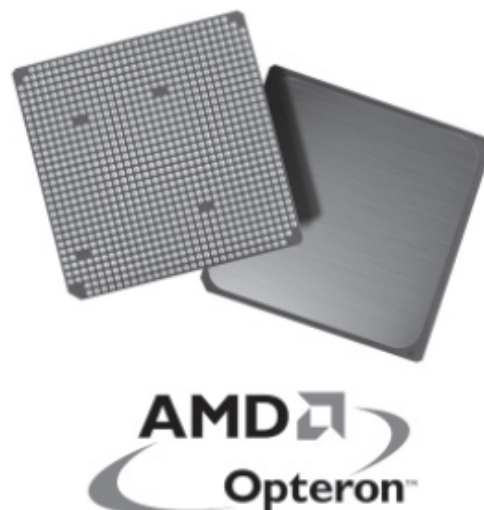
Itanium CPU je tako projektovan da pruža velike mogućnosti ali je imao i manu u tome što nije bio kompatibilan sa softverom koji je projektovan za 32-bitne procesore. Ovo znači da je Operativni Sistem i svaki program morao biti re-programiran da bi radio na sistemu sa Itanium CPU. Programeri su mogli da iskoriste sjajne mogućnosti i naprave bolji softver, a da stari bace u zaborav. Ali u realnosti, stvari se ne menjaju tako brzo. Korisnici PC računara su i dalje zahtevali CPU koji podržava njihove 32-bitne aplikacije.

AMD Opteron. AMD nije postupio kao Intel pri razvoju svojih 64-bitnih CPU. AMD-ovi modeli su, iako 64-bitni, podržavali 32-bitno računanje. Intel je eventualno pratio AMD u ovoj odluci, ali o tome će biti reči kasnije.

Izbacivanjem AMD Opteron-a AMD nije imao želju da se takmiči sa Intelovim Itanium CPU, naprotiv napravili su Opteron kao niskobudžetni 64-bitni CPU. Ali iako mu je dodeljen imidž niskobudžetnog CPU, Opteron ima zavidne mogućnosti. Preneta mu je tehnologija ubrzavanja transfera podataka između CPU i ulazno/izlaznih uređaja HyperTransport (brzinom od 6 GB po sekundi). Opteron je pakovan u mikro-PGA pakovanje, i tako veoma liči (fizički) na Pentium 4. Takođe, za razliku od Itaniuma, Opteron obradjuje kako 64-bitne tako i 32-bitne kodove, što ga čini adaptibilnijem na starije sisteme od Intel Itanium-a.

AMD Opteron

- Interna brzina takta : 1.4 GHz – 1.8 GHz
- Eksterna brzina takta : 6.4 GHz (HyperTransport)
- Množac takta : 14x – 20x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 1 MB
- Pakovanje : Micro-PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 940
- Watts (električna snaga): 82-103
- Širina adresne magistrale : 40 bita
- Širina magistrale podataka : 128 bita



AMD Opteron i Intel Itanium mikroprocesori su CPU koji su služili uglavnom kao CPU za serverske mašine (u kompanijama sa velikim mrežama računara i sl.). Tek kasniji modeli mikroprocesora Intel-a i AMD-a su se borili za „obično“ PC tržište.

Prvi CPU čip sa 64-bitnom obradom podataka, koji je napravljen za PC računare (za kućnu upotrebu) je AMD-ov **Athlon 64, izbačen 2006 godine**. Athlon mikroprocesori su po tradiciji najjača klasa AMD-ovih CPU za PC računare, i taj trend je nastavio i Athlon 64. AMD je projektovao i izbacio mnogo verzija Athlon 64 CPU sa različitim *podimenima*. Ali sve te verzije možemo svrstati u dva dominantna tipa : Athlon 64 **Regular** i Athlon 64 **FX**. FX serija je brža, koristi više električne snage, ukratko moćnija i skuplja verzija. Dok je Regular serija i dalje dovoljno dobra da bude i više nego dovoljna korisnicima tog doba. U obe verzije AMD je pravio CPU sa tranzistorima veličine 130 nm i 90 nm.

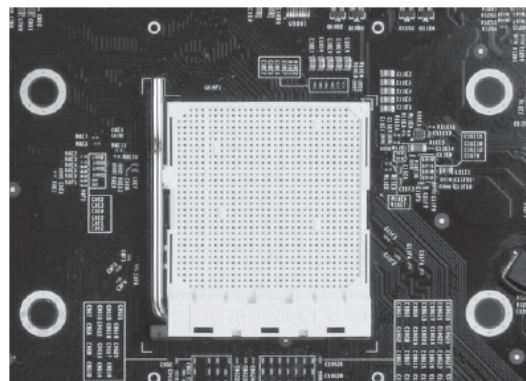
AMD Athlon 64 (130 nm)

- Interna brzina takta (Regular) : 1.8 GHz (2800+) – 2.4 GHz (4000+)
- Interna brzina takta (FX): 2.2 GHz (FX-51) – 2.6 GHz (FX-55)
- Eksterna brzina takta : 200 MHz
- Množac takta : 14x – 20x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 512 KB, 1 MB
- Pakovanje : micro-PGA
- Soket(i) koje koristi (Regular): Socket 754, 939
- Soket(i) koje koristi (FX): Socket 940, 939
- Watts (električna snaga): 89
- Širina adresne magistrale : 40 bita



AMD Athlon 64 (90 nm)

- Interna brzina takta (Regular) : 1.8 GHz (2800+) – 2.4 GHz (4000+)
- Interna brzina takta (FX): 2.6 GHz (FX-51) – 2.8 GHz (FX-57)
- Eksterna brzina takta : 200 MHz
- Množac takta : 9x – 14x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 512 KB, 1 MB
- Pakovanje : micro-PGA
- Soket(i) koje koristi (Regular i FX): Socket 754, Socket 939, **AM2**
- Watts (električna snaga): 67
- Širina adresne magistrale : 40 bita



Sl.9 Izgled AMD-ovog novog Socketa AM2

Athlon 64 unosi mnogo više inovacija u CPU projektovanje od „jednostavnog“ prebacivanja na 64-bitnu obradu podataka. Najveća inovacija je integrisanje sopstvenog kontrolera memorije, što isključuje potrebu za spoljnim MCC pa samim tim i za magistralu na prednjoj strani mikroprocesora (frontside bus). Što znači da se Operativna memorija povezuje direktno na Athlon 64 CPU. Athlon CPU koji rade na pakovanju Socket 754 i 939 podržavaju DDR RAM, a oni na Socket AM2 pakovanju podržavaju i DDR2 RAM (O RAM tehnologijama će biti reči u poglavlju 2.2). Svi Athlon 64 CPU prate Intelove standarde grafičke obrade SSE i SSE2, a neki čak i SSE3 (o SSE je bilo reči ranije, počevši od Intel Pentium II CPU).

AMD je pravio i seriju Athlon 64 CPU specijalno za portable (lap top) PC računare. Ova serija je imala AMD ovu vlastitu tehnologiju za čuvanje baterije portable PC računara **PowerNow!** Tehnologiju. Ovo us postigli smanjivanjem električne snage (Wattage) ovih mikroprocesora. U pomenutu grupu Athlon 64 CPU spadaju *Mobile Athlon 64* i *Athlon 64 DTR* (DTR – desktop replacement).

AMD-ov model koji je pratio Athlon 64 je takodje 64-bitni CPU **Sempron**. Sempron je AMD-ov jeftiniji model, koji ima manje keš memorije u odnosu na Athlon 64, nudi nešto slabije performanse, ali njegova jeftina cena ga je plasirala dobro na tržištu.

AMD Sempron

- Interna brzina takta : 1.6 GHz – 2.0 GHz (4000+)
- Eksterna brzina takta : 200 MHz (double)
- Množac takta : 8x – 10x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : 128 KB, 256 KB
- Pakovanje : micro-PGA
- Soket(i) koje koristi : Socket 754, AM2
- Watts (električna snaga): 35 - 62
- Širina adresne magistrale : 40 bita

2.1.11. Mikorprocesorski čipovi sa dvostrukim jezgrima (Dual Core)

Brzine mikroprocesora (interne brzine takta) su dostigle praktični vrh od oko 4 GHz još 2002-2003 godine, što je dodatno motivisalo proizvođače da nadju nove načine za dobijanje veće moći računanja u mikroprocesorskim čipovima. Iako su u staru Intel i AMD imali različita mišljenja o razvoju 64-bitnih CPU, obe kompanije su u isto vreme došle do ideje da spoje dva mikroprocesorska čipa u jedan, što je dovelo do stvaranja arhitekture CPU sa dvostrukim jezgrima. Od ovog trenutka, CPU je zapravo imao dve odvojene jedinice za računanje, sa odvojenim resursima, ali u većini realizacija obe jedinice su koristile istu keš memoriju. Oko pristupa realizaciji keš memorije u CPU sa dvostrukim jezgrima su se mimoišli Intel i AMD.

Otkud Ideja za integraciju dva CPU-a u jedan? Kao što smo u uvodu ovog poglavlja naveli, brzine takta mikroprocesora su dostigle fizički maksimum koji poluprovodnički materijal i tehnologije množača takta mogu da ostvare. Zbog ove činjenice, inženjeri su u cilju unapređivanja CPU tehnologije pravili poboljšanja koja nemaju veze sa brzinom takta, a jedno od tih poboljšanja, ključno, je integracija dva CPU u jedan.

Zašto se nije ranije radilo na integraciji dva CPU u jedan? Jeste. Radilo se na tome mnogo pre uvođenja dual core mikroprocesora, ali to jednostavno nije bilo isplativo jer je matematički i praktično dokazano da je jedan CPU efikasniji od dva spojena duplo slabija CPU. A bilo je prostora za napredovanje i na polju brzine takta i na drugim poljima za razvoj CPU tehnologije pa nije bilo potrebe za ovakvim poduhvatima. Ali i pored toga, odavno su mnogi serverski računari koji su opterećeni velikim brojem podataka za obradu, bazirani na multiprocesorskim sistemima. Ali naša glavna tema su PC računari, ne serveri ili drugi moćniji računarski sistemi.

2.1.12. Intel pentium D, AMD Athlon dual core, Intel Core, Intel Core 2

Kao i obično, Intel je prvi napravio korak u proizvodnji dual core CPU čipova izbacivanjem svog prvog Dual Core CPU-a **Intel Pentium D**.

Intel Pentium D

- Interna brzina takta : 2.6 GHz – 3.6 GHz
- Eksterna brzina takta : 166 MHz, 200 MHz (quad)
- Množač takta : 14x – 20x
- L1 keš : dva puta po 128 KB
- L2 keš : dva puta po 1 MB ili 2 MB
- Pakovanje : 775-pin LGA
- Soket(i) koje koristi : Socket LGA-775
- Process (veličina jednog tranzistora) : 90 nm i 65 nm
- Watts (električna snaga): 95 – 130



Pentium D je u suštini predstavljao integrirana dva modela Intel Pentium 4 mikroprocesora kasne generacije. U duhu Intelove filozofije projektovanja Dual Core mikroprocesora, svaki od dva Pentium 4 CPU-a je imao svoju zasebnu keš memoriju, iako su obe jedinice delile jednu vezu sa eksternom magistralom podataka (frontside bus). Za razliku od Intelovih ranijih 64-bitnih modela, ovaj Dual Core 64-bitni CPU je imao mogućnost obrade kako 64-bitnih podataka tako i 32-bitnih. Dakle, Intel je pratio AMD u ovom sektoru i nazvao ovu svoju tehnologiju EM64T kao pandan *AMD64 extensions* tehnologiji. Iako su Pentium 4, u suštini 32-bitni procesori, *Pentium D* ima proširene magistrale i 64-bitne registre za obradu i smeštanje 64-bitnog koda.

Pentium D se pakuje u isti šablon kao i Pentium 4 CPU, šablon LGA 775. Postoje dve serije Pentiuma D : serija *Smithfield* radjena u 90 nm tehnologiji nano-tranzistora, i serija *Presler* (65 nm).

AMD Athlon Dual Cores. AMD je u svoj Dual core CPU stavio dva Athlon 64 mikroprocesora, pa je novi CPU sa dva jezgra dobio ime **Athlon 64 X2**. Njegova dva jezgra su ustvari odvojene CPU jedinice koje koriste isti L1 keš, za razliku od načina na koji funkcioniše Intelov Pentium D. Kao i Athlon 64, Athlon 64 X2 je proizveden u verzijama **Regular i FX**. Naravno, *Regular Athlon 64 X2* je imao dva Regular Athlon 64 CPU-a, kao što je i *FX Athlon 64 X2* imao jezgra Athlon 64 FX verzije. Sve verzije su pakovane u AMD-ov Socket 939, šablon poznat samo AMD-ovim matičnim pločama, kao i u najnoviji AMD-ov Socket AM2. AMD je svojim korisnicima olakšao prelazak sa Athlon 64 CPU na Athlon 64 X2 CPU tim što je učinio da ova dva mikroprocesora mogu da koriste iste matične ploče. Dakle, zamena sa Athlon 64 na Athlon 64 X2 je bila veoma prosta, sa tim što osim proste fizičke zamene moraju da se urade male softverske modifikacije.

AMD Athlon 64 X2

- Interna brzina takta : 2.0 GHz (3800+) – 2.4 GHz (4000+)
- Eksterna brzina takta : 200 MHz
- Množač takta : 10x – 12x
- L1 keš : 128 KB
- L2 keš : dva puta po 512 KB ili 1 MB
- Pakovanje : micro-PGA
- Soket(i) koje koristi: Socket 939, Socket **AM2**
- Watts (električna snaga): 89-110
- Širina adresne magistrale : 40 bita

Nakon Pentium D modela, krajem 2006 godine Intel je izbacio **Intel Core** seriju mikroprocesorskih čipova. Od nastanka ove generacije CPU čipova, više se neće koristiti ime Pentium u imenovanju Intelovih mikroporcesora, dakle ovo obeležava kraj ere Pentium-a. Nakon Intel Core CPU, izašla je i serija Intel Core 2.

Intel Core. Moćna CPU arhitektura koja ne koristi NetBurst Intelovu tehnologiju pajplajn protočne obrade (sa 20 faza), već koristi novodizajniran pajplajn sa 12 faza protočne obrade (Intel je novu tehnologiju pajplajna nazvao **Yonah**). Core CPU je pravljen u dve verzije, sa jednim jezgrom (**Solo**) i sa dva jezgra (**Duo**). Obe verzije su kristile pakovanje sa 478 pinova FCPGA. Ukratko, ovo je CPU sjajnih mogućnosti, proizveden u najnovijoj tranzistorskoj tehnologiji, koji koristi jako malo električne snage (što znači da se mnogo manje greje i , još važnije, da je izuzetno dobar za portable PC računare).

Intel Core

- Interna brzina takta : 1.06 GHz – 2.33 GHz
- Eksterna brzina takta : 133 MHz, 166 MHz (quad-pumped)
- Množač takta : 8x – 14x
- L1 keš : 32 KB (**Solo**), dva puta po 32 KB (**Duo**)
- L2 keš : 2 MB
- Pakovanje : 478-pin microFPGA
- Soket(i) koje koristi : Socket microFPGA
- Process (veličina jednog tranzistora) : 65 nm
- Watts (električna snaga): 5.5 – 31

Intel Core 2. Kao i Intel Core CPU, Core 2 je koristio novu pajplajn arhitekturu, širi ali kraći pajplajn, što mu je omogućavalo da u jednom ciklusu takta obavi nekoliko operacija. Takođe, Core 2 CPU je ekonomičan po pitanju trošenja električne snage računara. Core 2 koristi veći keš i u kombinaciji sa novim pajplajnom ostavlja konkurentne mikroprocesore iza sebe po pitanju performansi.

Intel Core 2

- Interna brzina takta : 1.8 GHz – 3.2 GHz
- Eksterna brzina takta : 266 MHz (quad-pumped)
- Množak takta : 7x – 12x
- L1 keš : dva puta po 64 KB (**Duo**)
- L2 keš : 2 MB ili 4 MB
- Pakovanje : 775-pin LGA
- Soket(i) koje koristi : Socket LGA-775
- Process (veličina jednog tranzistora) : 65 nm
- Watts (električna snaga): 45 – 95



Intel je napravio više verzija Core 2 CPU-a u želji da pokrije potrebe svih korisnika. Postoje dve verzije za PC računare *Core 2 DUO* i *Core 2 Extreme*, verzija za portable PC računare *Core 2 Mobile*. Na samom kraju 2006, početku 2007 Intel je izbacio Core2 Extreme CPU sa **četiri jezgra...** Svi Core i Core 2 CPU koriste EM64T tehnologiju(koja je opisana u prethodnim poglavljima), što im omogućava da procesuiraju i 32-bitne i 64-bitne aplikacije.

2.2. Operativna memorija (OM) – Random Access memory (RAM)

Posle mikroprocesora, najvažniji deo za funkcionisanje računarskog sistema je Operativna Memorija (u daljem tekstu **OM**). Kao što smo već naveli u prethodnom poglavlju, mikroprocesor PC računara obavlja obradu i račun sa podacima, ali sve te podatke sa kojima radi CPU dobija iz **OM**, uzimajući komad po komad memorije. CPU iz memorije uzima liniju po liniju koda nekog programa koji se trenutno izvršava u računaru. Osim samih linija koda, CPU iz memorije uzima i podatke. CPU-u je omogućeno da čita lokacije iz memorije i da upisuje nove vrednosti u memorijske lokacije.

Dakle, da bi ceo proces bio jasniji objasnićemo postepeno kako se stvari odvijaju. Najpre se instaliranjem nekog programa na računar, taj isti program snimi na Hard Disk (o Hard disku će biti govora kasnije). Kada se pokrene pomenuti program, kopija njegovog sadržaja se sa Hard Diska snimi u OM (ceo program, ili samo deo), jer CPU jedinica komunicira sa OM a ne sa Hard Diskom zbog toga što je OM mnogo brža od Hard Diska.

Već smo pomenuli i objasnili pojam keš memorije, brze i male memorije. OM realizovana u RAM tehnologiji je nešto sporija, ali i veća od keš memorije. Razlike između raznih tipova memorije ćemo detaljnije objasniti u *poglavlju 2.2.1.*

2.2.1. Memorijska hijerarhija

Računar u radu koristi različite tipove memorija. Svaki tip memorije je prilagodjen, po karakteristikama, svojoj svrsi i primeni u računaru. Neke memorije su brže ali manjeg kapaciteta, dok su neke memorije sporije na račun većeg kapaciteta. Osnovne vrste memorija koje se koriste u radu računara su :

- **Procesorski registri,**
- **Keš memorija,**
- **Operativna memorija,**
- **Magnetni disk.**

Procesorski registri čine računarsku memoriju najvišeg nivoa koja se nalazi u samom procesoru i u koju se smeštaju podaci koje procesor (tačnije CPU jedinica procesora) koristi za računanje u datom trenutku. Ovo je najbrža memorija i memorija sa najmanjim kapacitetom u računaru.

Keš memorija je mala (u današnjim procesorima reda veličine 1 MB), ali brza memorija koja sadrži samo deo adresnog prostora – radni skup instrukcija i podataka. Ideja je zasnovana na pretpostavci o vremenskoj i prostornoj lokalnosti izvršavanja programa, tj.:

- ako je program nedavno pristupao nekoj lokaciji, velika je šansa da će u budućnosti ponovo pristupati njoj (“prošlost ukazuje na budućnost”),
- ako je program pristupao nekoj lokaciji, onda je velika šansa da će pristupati i nekoj bliskoj lokaciji.

Ako je sadržaj lokacije u keš memoriji, odziv je brz. Inače, keš memorija očitava ili upisuje podatak prema operativnoj memoriji, uz potencijalno izbacivanje nekog drugog sadržaja. Keš memorija je transparentna za OS i ostali software osim u situacijama kada keš memorija preslikava virtuelne adrese u svoj sadržaj (za tekući proces koji ima kontekst procesora).

Operativna memorija je velika memorija (u današnjim računarima reda veličine 1 GB), koja je povezana sa procesorom preko magistrale na matičnoj ploči računara. Ona je fizička memorija računara koja predstavlja linearno uređen niz ćelija sa mogućnošću *direktnog pristupa* (*direct access*), tj. u njoj svaka ćelija ima svoju adresu preko koje joj procesor može pristupiti.

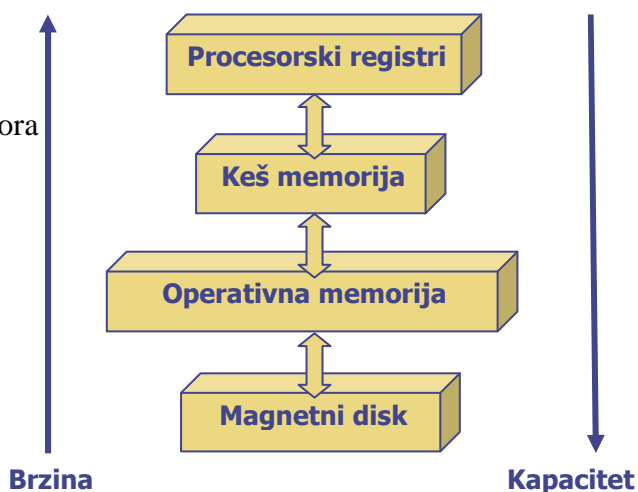
Ovaj tip memorije je obično realizovan kao *RAM (Random Access Memory - memorija nasumičnog pristupa)*, ima mogućnosti čitanja i upisa i gubi sadržaj sa gubitkom napajanja.

Magnetni disk (*HardDisk*) računara je perzistentna memorija (čuva svoj sadržaj i posle gubitka napajanja) najvećeg kapaciteta od svih memorija koje računar koristi (u današnjim računarima reda veličine 100 GB). Ovo je memorija koja ima mogućnost čitanja i upisa, i koja ima relativno brz pristup (reda milisekundi) ali memorija koja je ipak značajno sporija od operativne memorije.

U datom trenutku, memorija na višem nivou sadrži podskup (radni skup) memorijskog prostora nižeg nivoa.

U komunikaciji između memorija se javljaju razni problemi i pitanja:

- Kako odabrati radni skup?
- Kako održavati konzistentost između nivoa, tj. ako se jedan nivo promeni šta raditi sa drugim?



Sl.10 Memorijska hijerarhija

2.2.2. Organizacija i funkcionisanje OM

Operativnu memoriju možemo slikovito predstaviti kao jednu veliku dvodimenzionalnu matricu, čiji su elementi polja koja mogu sadržati vrednosti '1' i '0'. Svaki element ove matrice je zapravo jedan bit u memoriji. Redovi ove matrice su numerisani i analogno predstavljaju jednu memorijsku lokaciju, dok broj jednog reda matrice predstavlja adresu te memorijske lokacije u OM.

adresa

0000h	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0001h	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0002h	0	0	0	0	1	1	0	1	1
0003h	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0004h	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0005h	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0006h	0	0	1	1	1	1	0	0	0
0007h	0	0	0	0	1	0	0	1	1
0008h	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0009h	0	0	1	0	1	1	1	0	1
000Ah	1	0	0	0	0	0	0	0	0
000Bh	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Sl.11 RAM memorija(simbolički)

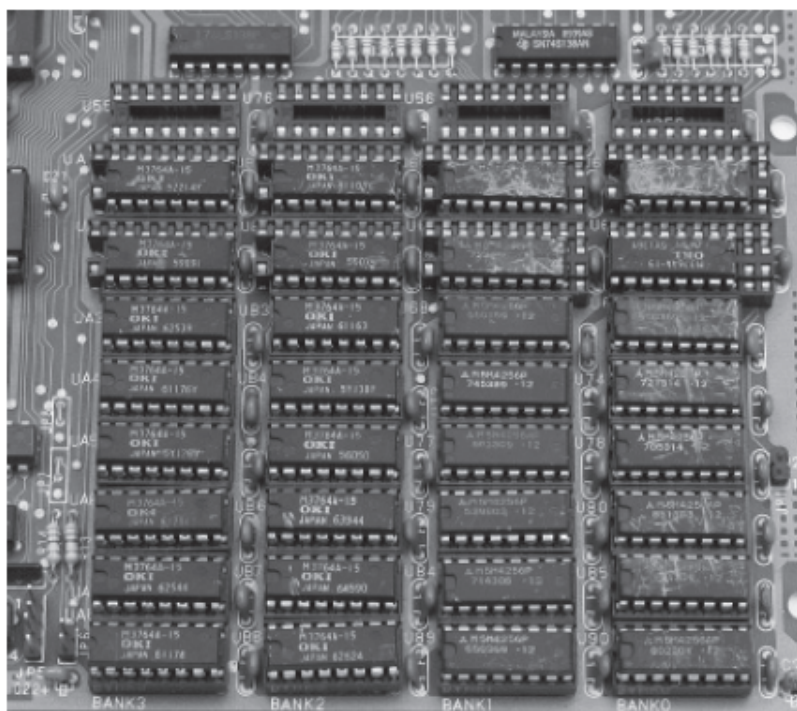
Operativna memorija je fizički realizovana u DRAM (Dynamic RAM) tehnologiji koja je sporija od SRAM tehnologije u kojoj je realizovana keš memorija, ali zato pruža mogućnost mnogo većeg kapaciteta. Svaki element matrice u memoriji je realizovan kao jedno mikroskopski malo poluprovodničko kolo (sekvencijalna mreža). Svaki memorijski čip ima ograničen broj redova i kolona, pa samim tim i ograničen kapacitet. Dok neki memorijski čip može da smesti npr. milion linija koda, neki drugi većeg kapaciteta, može da smesti milijardu linija koda. Ili neki čip može da radi samo sa 8-bitnim podacima, dok neki drugi može da radi sa 16-bitnim podacima, itd.

PC ima veoma precizno određene zahteve za DRAM čip. Dok je CPU primitivnijeg PC-a baziranog na 8088 mikroprocesoru imao eksternu magistralu za podatke širine 8 bita, bilo je dovoljno imati DRAM čip koji savladjuje 8-bitne podatke, koji su slati u komadu – svih 8 bita (= 1 bajt) odjednom. Već kod Intel 8086 mikroprocesorskog čipa (savremenka 8088) se koristila 16-bitna magistrala za podatke, pa je to sada značilo da je MCC za jednu liniju koda morao dva puta da šalje podatke DRAM čipu, bajt po bajt. Kasnije generacije PC računara su postajale sve razvijenije i zahtevnije pa su i DRAM memorijski čipovi razvijani u skladu sa savremenom upotrebom.

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

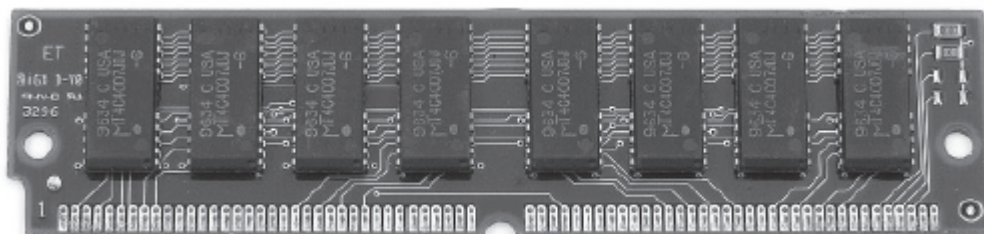
Obzirom na svoju malu cenu i sposobnost da smesti veliku količinu podataka za relativno malo vreme, DRAM memorijski čipovi su postali standard za konstrukciju Operativne memorije, ne samo PC računara već i računara svih funkcija i veličina (npr. u računarima ugrađenim u moderne automobile).

Početna ideja za razvoj i povećavanje memorije je bila jednostavno povećavanje memorijske matrice rednim povezivanjem postojećih DRAM memorijskih čipova, ali su se tako dobijali memorijski čipovi koji su zauzimali veliki fizički prostor (slika 12).



Sl.12 Veliki DRAM čipovi

Memorijski štapići (memory sticks). Kao rešenje problema velične čipova, inženjeri su proizvodili šire pojedinačne DRAM čipove i povezivali ih u memorijske štapiće. Prvobitni štapići su imali 8 DRAM čipova redno povezanih kao na slici 13. Ovi prvobitni memorijski štapići su se zvali *single inline memory module (SIMM)*.



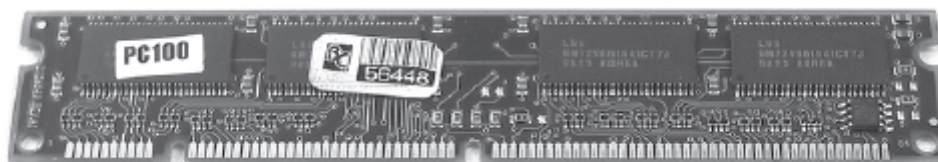
Sl.13 SIMM memorije

Moderni mikroprocesori su mnogo “pametniji” od 8088 i 8086. Njihovi mašinski jezici sadrže 64-bitne komandne reči i oni imaju 64-bitne magistrale podataka, pa ima zbog toga nije dovoljna memorija koja će da radi sa 8-bitnim podacima. Moderni kontroleri memorije (MCC) omogućavaju CPU-u da komunicira sa memorijom sa 64-bitnim podacima.

2.2.3. Moderne Operativne Memorije

DRAM tehnologija je ostala osnova za projektovanje OM, naravno unapredjene verzije DRAM. Prva ideja za unapredjenje efikasnosti DRAM memorijskih čipova je bila povezivanje istih na signal sistemskog takta. Tako se postigla **sinhronizacija** MCC i RAM memorije, tj. MCC je znao kada je memorija spremna da primi ili preda podatak. Što je dovelo do smanjenja vremenskih gubitaka u ovim transakcijama koje su inače “usko grlo” komunikacije između CPU i RAM. Ova tehnologija se zove SDRAM.

SDRAM (synchronous DRAM) je uvedena 1996. godine i pakovana je u tada novu vrstu memorijskih štapića dual inline memory module (DIMM). SDRAM DIMM memorijski čipovi su vremenom pakovani u više varijacija, od 68-pinskog pakovanja do 200-pinskog pakovanja. DIMM čipovi su imali širinu od 64 bita.

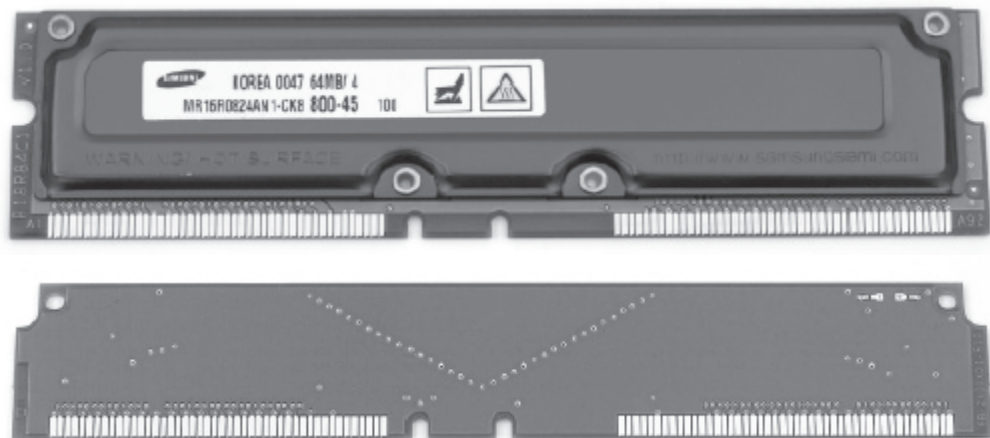


Sl.14 DIMM čip pakovan u 168-pinsko pakovanje

Obzirom da je SDRAM čip bio vezan za sistemski takt, imao je svoju brzinu takta koja je bila ista kao i brzina takta eksterne magistrale za podatke (frontside bus). Rani SDRAM čipovi su imali brzine od 66, 75, 83, 100 i 133 MHz. Brzina RAM memorije je morala da bude veća ili jednaka brzini sistemskog takta, inače bi računar radio jako sporo. Imenovanje memorijskih čipova je standardizovao Intel, dodavanjem prefiksa PC ispred brzine takta tog čipa. Tako je npr. Pentium III CPU, sa brzinom eksternog takta od 100 MHz, zahtevao SDRAM DIMM čip PC100 ili PC133.

RDRAM. Pojavljivanjem Pentium IV CPU-a, brzine eksternog takta su bile ogromne, npr. 100 MHz *quad pumped* ($100 \text{ MHz} \cdot 4 = 400 \text{ MHz}$). Zbog ovoga je bila potrebna brža RAM memorija, sa bržim taktom rada. Ova ubrzana verzija SDRAM čipova je nazvana **Rambus DRAM, RDRAM** po Rambus kompaniji koja je projektovala ovaj memorijski čip. Imala je brzine takta i preko 800 MHz i bila je pakovana u RIMM memorijske štapiće. Brzine RDRAM su klasifikovane u četiri klase od 600 MHz, 700 MHz, 800 MHz ili 1066 MHz. RDRAM RIMM memorijski čipovi su imali dve verzije : 184-pinsku verziju za Desktop PC računare, i 160-pinsku verziju (SO-RIMM, small output RIMM) za laptop PC računare. RIMM čipovi su imali širinu od 64 bita, kao i DIMM.

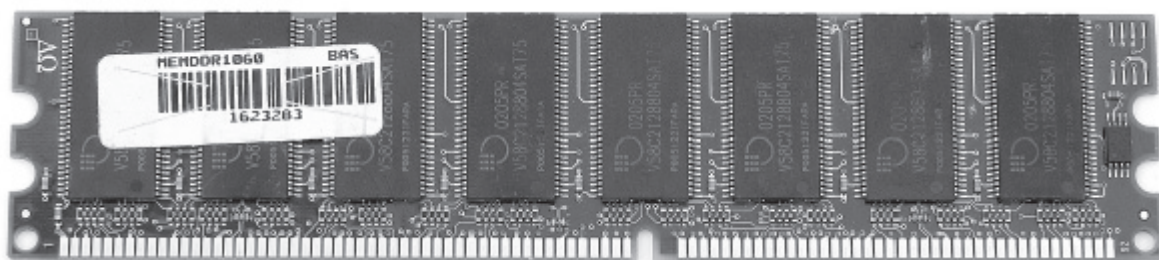
Sistem sa dva RIMM memorijska čipa je zbog modernog Rambus MCC (memory chip controller) imao novu dvo-kanalnu obradu koja je bila mnogo brža. **Dvokanalna obrada** je funkcionisala samo sa vezom Rambus MCC-a i **dva ili više** RDRAM čipova! Matične ploče sa RIMM slotovima za memorijske čipove su tako projektovane da su zahtevale popunjenost svih RIMM slotova, što znači da su se prazni RIMM slotovi morali popuniti pasivnim uređajem ukoliko nije bilo RIMM memorijskog štapića. Ovakav pasivni uređaj se zvao continuity RIMM (CRIMM) (slika 15).



Sl.15 RIMM(RDRAM) čip – gore, CRIMM pasivni uredjaj - dole

DDR SDRAM. AMD i ostali veći proizvođači računarskih sistema i komponenti su podržali razvijanje nove tehnologije RAM memorija ubrzo nakon izbacivanja RDRAM. Ova tehnologija je bila jako slična bazičnoj SDRAM, samo što je kod nove tehnologije duplirana brzina takta memorijskog čipa, pa je ime dopila po tome **double data rate SDRAM (DDR SDRAM)**.

DDR SDRAM je, u suštini, kopirao Rambus tehnologiju duplirajući brzinu čipa tako što je omogućeno obavljanje dva procesa u jednom ciklusu takta. Brzina DDR SDRAM nije bila tako visoka kao i RDRAM, ali za to nije ni bilo potrebe jer su AMD-ovi CPU imali niže brzine eksternog takta od Intel-ovih CPU. Ove dve vrste čipova su imale i slično pakovanje, ali ipak ne identično. Dakle, nisu bile međusobno kompatibilne, jer je DDR SDRAM čip pakovan u 183-pinsko pakovanje, dok je RDRAM pakovan u 168-pinsko pakovanje.



Sl.16 DDR SDRAM čip

DDR memorijski štapići koriste drugačije konvencije imenovanja u odnosu na prethodnike. Naime, DDR memory stick nakon prefiksa PC ima cifru koja označava koliko hiljada bajtova (KB) po sekundi taj memorijski čip može da pošalje ili primi. Ova cifra se dobija množenjem brzine takta tog čipa sa 8 jer memorijski čip je širine 8 bajtova (64 bita). Tako da je čip brzine 400 MHz, u stvari u mogućnosti da prenese $400 \cdot 8 = 3200$ KB u sekundi (*PC3200*). Ili drugi tip imena, baziran na brzini takta čipa, npr. DDR400 – memorijski čip brzine 400 MHz, koji u stvari radi na sistemu sa brzinom takta 200 MHz.

Zbog pojavljivanja DDR SDRAM tehnologije, i njene opšte prihvaćenosti Intel je bio primoran da prestane proizvodnju matičnih ploča i memorijskih čipova baziranih na RDRAM tehnologiji krajem 2003 godine.

Ono što je ipak sigurno kada su u pitanju računarske tehnologije uopšte, a u ovom slučaju tehnologija projektovanja RAM memorije, je da će dobre ideje i dobra rešenja biti kopirana od strane konkurencije ili od strane proizvođača koji predstavlja tehnološkog naslednika. Tako su dobre ideje Rambusa, uvođenjem MCC sa mogućnošću **dvokanalne obrade** preuzete od strane AMD-ovih inženjera u projektovanju DDR SDRAM memorije. Tako da i matične ploče bazirane na DDR SDRAM preporučuju ugradnju dva ili više DDR memorijskih štapića da bi se iskoristila dvokanalna obrada. Ali, za razliku od RDRAM-a DDR SDRAM nema potrebu za korišćenjem pasivnog uredjaja (kao što je CRIMM) u slučaju praznog memorijskog slotova.

DDR2. Najbrže verzije DDR RAM rade na sjajnih PC4800, tj. 4.8 gigabajta po sekundi! Iako je ovo ogromna brzina, ona nije dovoljna obzirom na razvoj računarskih komponenti. Zbog toga, RAM industrija je izbacila čipove nove tehnologije **DDR2**. DDR2 je u suštini DDR sa poboljšanim elektroničkim osobinama koje omogućavaju DDR2 čipu da radi brže, koristeći manje električne snage. Ubrzanje takta na DDR2 čipovima je postignuto dupliranjem ulaznih i izlaznih kola na čipu, kao i dodavanjem bafera¹ u OM.

DDR2 se pakuje u memorijski štapić DIMM sa 240 pinova, dakle nije kompatibilan sa DDR. Mada su proizvedene neke serije matičnih ploča koje podržavaju i jednokanalnu i dvokanalnu obradu, sa više tipova memorijskih slotova.

Sistemska zahtevnost za RAM memorijom

Operativni sistem	Minimum potreban	Optimum	Maksimalne performanse
Windows 2000	128 MB	256 MB	512 MB i više
Windows XP	256 MB	512 MB	1 GB i više
Windows Vista	512 MB	1 GB	2GB i više

¹ Memorijsko kolo (slično memorijskom registru), koje čuva jedan mali deo memorije koji se poslednji koristio, nešto kao keš memorija na mikroprocesorskom čipu.

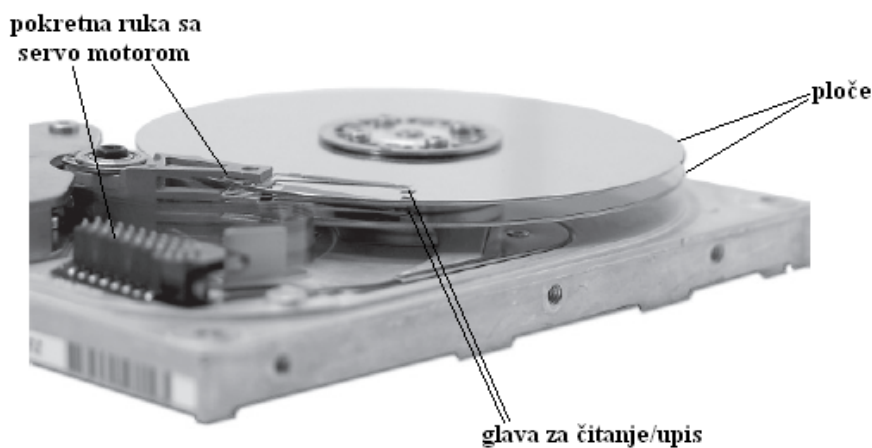
2.3. Hard Disk (HD)

Od svih delova hardvera jednog PC računara, Hard Disk se smatra najvažnijim jer, u slučaju kvara Hard Diska, korisnik gubi sve prethodno sačuvane podatke (poslovne podatke, slike, e-maile, itd.). U ovom poglavlju ćemo objasniti osnovne principe funkcionisanja jednog Hard Diska (nadalje **HD**).

Svi HD su sastavljeni od mnoštva pojedinačnih magnetnih diskova, nadalje zvanih **ploče**. Broj ploča na jednom HD zavisi od samog kapaciteta HD i od tehnologije ploča. Svaka ploča ima dve svoje glave za čitanje/upis koje pokreće pokretna ruka. Pokretnom rukom upravlja jedan mali servo motor u samom HD. Sve ovo je zatvoreno u kutiju jednog HD (slika 17).

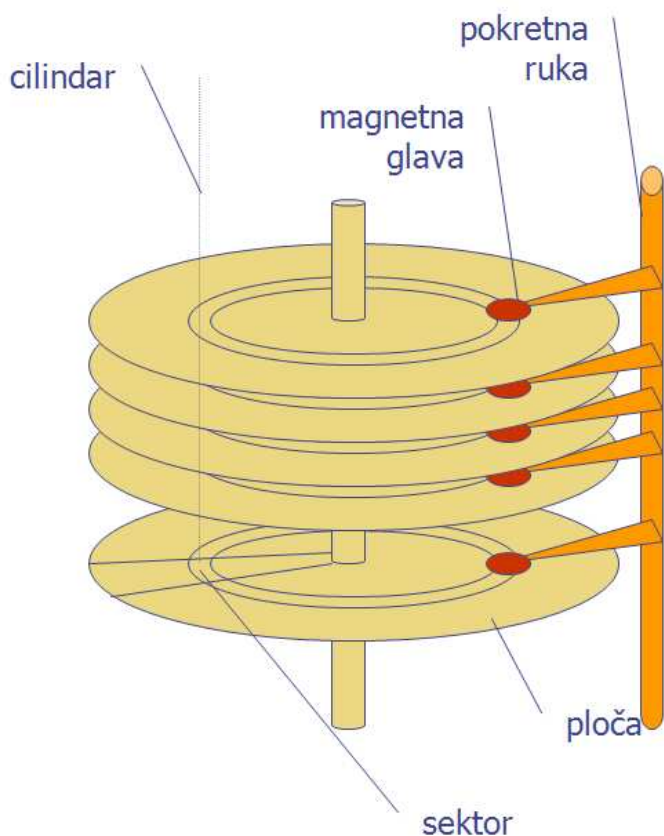


Sl.17 Izgled HD spolja



Sl.18 Izgled HD iznutra

Svaka ploča se vrti, brzinom od 3500 do 10000 obrtaja u minuti. Brzina obrtanja ploče je jedan od važnijih parametara jednog HD. Ploče su izdvojene na koncentrične cilindre (kao godovi na panju od drveta) po kojima se kreće glava za čitanje/upis (slika 19). Svaki cilindar je podeljen u određeni broj jednakih sektora, koji zapravo predstavljaju jediničnu lokaciju na HD.



Dakle, kao što smo kod RAM memorije imali jedan element matrice koji sadrži nula ili jedan, kod HD imamo sektor kao lokaciju na kojoj se nalazi niz nula i jedinica, dakle više bita ne samo jedan. HD smešta podatke u binarnom obliku, a obzirom da je HD sastavljen od magnetnih diskova, namagnetisan deo ploče je predstavljao '1', dok je ne-namagnetisan deo ploče HD-a predstavljao '0'. Funkcionisanje HD podseća na gramofon, sa tom razlikom da glave HD-a zapravo ne dodiruju ploče već lebdeći iznad njih detektuju njihovo namagnetisanje, dok kod gramofona glave imaju igle koje se kreću po cilindrima gramofonske ploče.

U suštini, HD je deo hardvera za trajno čuvanje podataka koji ne gubi sadržaj sa gubitkom napajanja (perzistentna memorija).

Sl.18 HD sektori

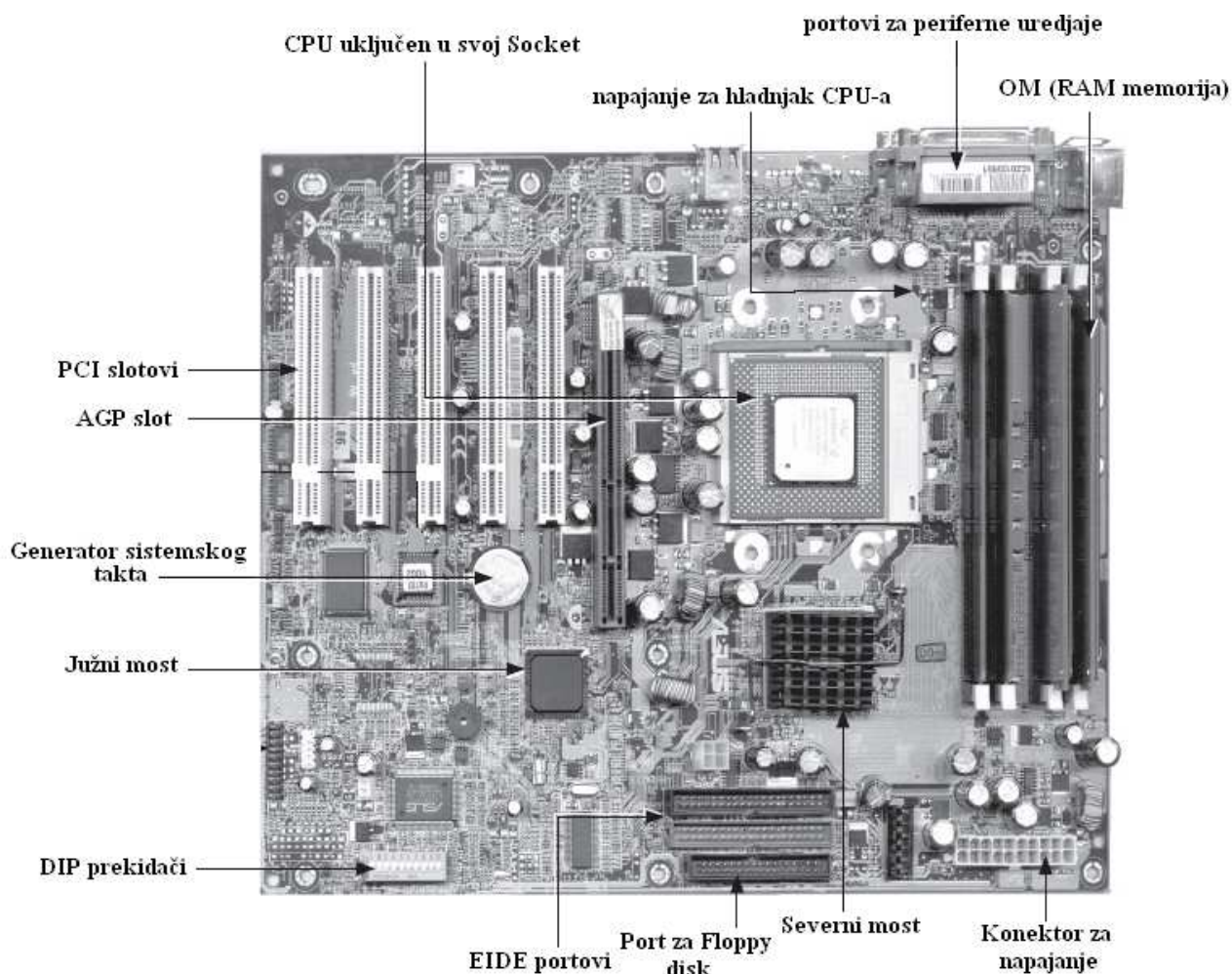
Brzina obrtaja HD, broj ploča, broj cilindara po ploči i broj sektora po cilindru, su parametri koji opisuju osobine jednog HD. Svi ovi parametri su se vremenom povećavali sa razvojem HD tehnologije.

PARAMETAR	OPSEG VREDNOSTI KOJE JE OVAJ PARAMETAR DOBIJAO GODINAMA
KAPACITET	5 MB – 1 TB
Brzina obrtanja	3,000 min ⁻¹ – 10,000 min ⁻¹
Broj ploča	2 – 512
Broj cilindara po ploči	64 – 8,096
Broj sektora po cilindru	8 – 1,024
Vreme pristupa podatku	100 ms – 0.1ms
Brzina transfera	3.3 MB/s – 330 MB/s

Kasnije su razvijene su tehnologije za povezivanje više HD-ova. Jedna od najpoznatijih je tehnologija osmišljena za čuvanje važnih podataka kopiranjem na više povezanih Hard Diskova, *RAID (redundant array of independent devices)*.

2.4. Matična ploča (Motherboard)

Sve komponente unutar jednog PC računara funkcionišu samostalno i obavljaju svoje zadatke uz stalnu komunikaciju sa ostatkom računarskog sistema. Sva komunikacija među internim komponentama se odvija preko slotova, portova, raznih veza i sistemskih magistrala koje se nalaze na **matičnoj ploči**. Dakle, kada bismo ponovo računarski sistem sa ljudskim organizmom, mogli bismo reći da matična ploča ima ulogu u računaru kao što kičma ima ulogu u ljudskom organizmu. Osim što komponente komuniciraju preko matične ploče, one preko matične ploče dobijaju električni napon potreban za funkcionisanje tih komponenti.



Sl.19 Matična ploča

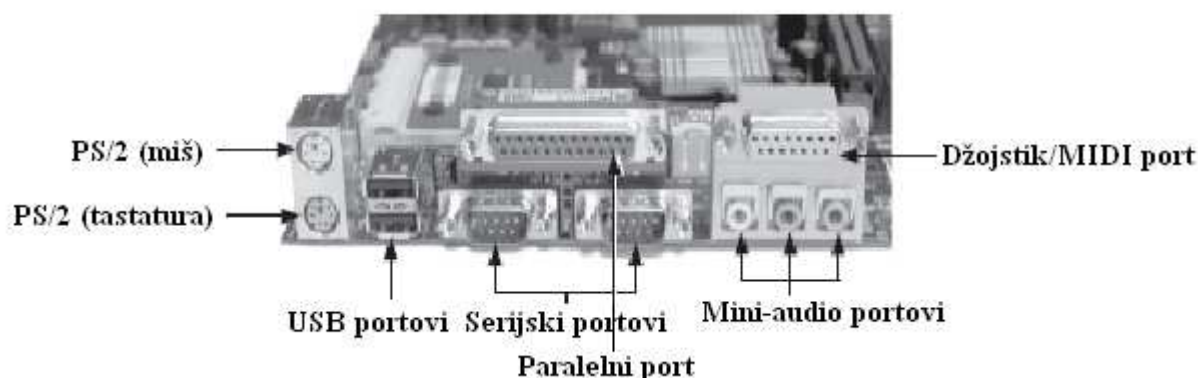
Kao što smo već naveli opisivajući razvoj mikroprocesorskih i memorijskih čipova, izgled matične ploče i njene funkcije su bili prilagodjeni mikroprocesoru i memoriji za koje je ta ploča bila namenjena. Dakle, u projektovanju jednog računarskog sistema, prvo se projektuju CPU i OM, pa potom matična ploča koja će podržati sve funkcije tih pojedinačnih komponenti. Ovaj sled događaja u projektovanju računara ne umanjuje značaj matične ploče jer, očigledno, sve napredne funkcije i mehanizmi koje poseduju komponente novih tehnologija ne bi značile ništa kada matična ploča ne bi bila dovoljno dobra da ih iskoristi na najbolji način.

OPIS SLIKE 19. NA KOJOJ JE IZGLED JEDNE UOBIČAJENE MATIČNE PLOČE

- **Portovi za perferne uređaje** – portovi koji služe za povezivanje perifernih uređaja PC računarskog sistema kao što su tastatura, miš, webcam, itd.
- **OM (RAM memorija)** – četiri slota za Operativnu (RAM) memoriju.
- **PCI slotovi** – PCI = peripheral component interconnect. 32-bitni, samokonfigurirajući slot za proširenje računarskog sistema ubacivanjem novog uređaja sa PCI slotom. Uređaj ubačen na PCI slot je preko **južnog mosta (southbridge)** i **severnog mosta (north bridge)** povezan sa mikroprocesorskim čipom. PCI-E (PCI express) slot je 64 bitni i brži od PCI.
- **AGP slot** – AGP = accelerated graphics port. Port uveden specijalno za grafičke karte zbog toga što je magistrala AGP slota mnogo brža od systemske magistrale računara. Danas ipak, većina najnovijih grafičkih kartica ne koriste AGP slot već PCI-E slot.
- **Generatir sistemskog takta** – baterija koja napaja generator impulsa sistemskog takta (eksterni takt kod CPU-a). *Chrystal clock*.
- **Južni most(southbridge) i Severni most(north bridge)** – Sabirni kontroleri perifernih(u smislu – van CPU) uređaja. Preko ovih mostova se obavlja komunikacija izmedju CPU i ostalih komponenti računara.
- **DIP prekidači** – Dual inline pin package. Stari izgled računarskih čipova.
- **EIDE portovi** – Portovi koji služe za povezivanje Hard Diska. Konkretno, matična ploča sa slike ima dva EIDE porta (može ih biti i više). Sve moderne matične ploče podržavaju **RAID** tehnologiju(prethodno poglavlje).
- **Konektor za napajanje** – Zaseban uređaj, napajanje računara, preko ovog konektora daje električni napon matičnoj ploči koji ona potom prosledjuje na sve portove, slotove i interne konektore i tako daje na raspolaganje ostalim komponentama.

Analiza razvoja komponenti PC računarskog sistema

Na matičnoj ploči se nalaze portovi i za periferne računarske komponente, koje su preko nje povezane sa ostatkom sistema.



Sl.20 Portovi za periferne uređaje na matičnoj ploči

Opis slike 20:

- **PS/2 (miš) i PS/2 (tastatura)** – Portovi na koje se povezuju miš i tastatura
- **USB portovi** – USB = *Universal serial bus*. Najčešće korišćen format konektora opšte namene kod PC-ja. Na njega se povezuju razni uređaji kao što su miš, tastatura, kamere, štampači, itd.
- **Serijski portovi** – Jedan od retkih portova koji se koriste i na modernim računarima i na računarima od pre 20 godina. Port sa specifičnim interfejsom za vezivanje retkih vrsta uređaja, npr. modema.
- **Paralelni port** – 20-pinski port koji povezuje štampače na računar.
- **Mini-audio portovi** – Audio portovi koji služe za povezivanje zvučnika, slušalica, mikrofona ili spoljnih Audio sistema (npr. pojačalo ili mikseta)
- **Džojstik/MIDI port** – port rezervisan za uređaje za igranje (džojstike).

Ukratko rečeno - bez matične ploče nema PC računara. Kičma, krvni sistem, stub oslonac računarskog sistema se nalazi upravo u matičnoj ploči. Zbog njene veličine, i zbog učestalosti električnih signala koji prolaze kroz žice na matičnoj ploči, matična ploča se zagreva. Zbog toga su joj potrebni ventilatori koji služe za hladjenje čipa matične ploče (za spuštanje temperature na normalu). U suprotnom bi se čip pregrijao i neka od osetljivih električnih komponenti matične ploče bi se pokvarila.

2.5. Ostale interne komponente PC-ja

U prethodnim poglavljima smo opisali funkcionisanje i razvoj najbitnijih komponenti jednog PC računara : mikroprocesora, operativne memorije, hard diska i matične ploče. Ove komponente nazivamo osnovnim jer one obavljaju većinu računanja i računarske obrade unutar PC-ja. Jedan računar mora da poseduje ove komponente da bi funkcionisao. Međutim, širenjem upotrebe računara se pojavila potreba za dodavanjem novih komponenti, specijalizovanih za obavljanje specifičnih radnji. Pojavom interneta, došlo je do potrebe za *modem*-om, pojavom 3D računarske grafike i upotrebe računara za multimedijalne svrhe došlo je do pojavljivanja *grafičke karte i zvučne karte*, itd. U ovom poglavlju ćemo ukratko opisati rad i funkcije nekih drugih, ali danas nezaobilaznih komponenti PC računara.

Kućište sa napajanjem

Kućište računara je aluminijumska kutija koja prekriva sve interne komponente računara i koja je projektovana tako da sve komponente budu što je višemoguće zaštićene od fizičkih oštećenja i da strujanje vazduha potrebnog za hladjenje komponenti bude optimalno unutar kutije kućišta.

Za rad računara, tj. za rad svih računarskih komponenti, potreban je električni napon. Kod prvih računara, koji su bili veličine jedne omanje sobe, svaka komponenta (pa čak i manji delovi jedne komponente) su se napajali pojedinačno uključivanjem u struju. Danas, kao što smo već naveli u opisu matične ploče, napon do komponenti dolazi preko matične ploče. Na matičnu ploču električni napon dolazi preko zasebne jedinice koja se naziva napajanje.

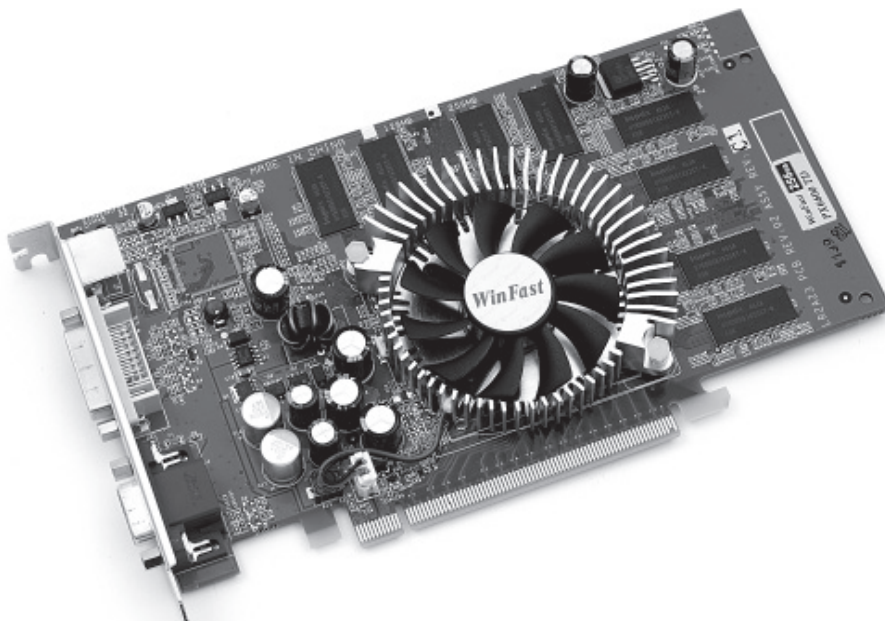
Napajanje je u suštini uredjaj koji dovodi struju od utičnice u zidu do računara. *Problem je u tome što PC računar koristi jednosmernu komponentu električne struje (DC), i to jednosmernu komponentu struje niskog napona, dok iz utikača na zidu stiže naizmjenična električna struja visokog napona.* U SAD standardna naizmjenična električna struja (AC) je napona između 110 V i 120 V (V-Volt), dok većina ostalih zemalja sveta koristi AC napona između 220 V i 240 V. Napajanje PC računara ovu AC konvertuje u DC niskog napona, tačnije u tri različite DC niskog napona (5 V, 12 V i 3.3V). Tri različite DC postoje jer neke komponente rade na drugačijem naponu od drugih. Napajanje DC struju predaje matičnoj ploči preko konektora za napajanje (slika 19.), a na samom konektoru su povezane tri različite odvodne žice za tri različite DC.

Grafička karta

Grafička kartica, Video karta ili Displej adapter.. je uređaj koji obradjuje sliku, video ili grafiku u računaru i šalje je na monitor (periferni uređaj za ispis). Ova komponenta se uključuje na matičnu ploču ili preko slotu AGP ili preko slotu PCI-E(modernije grafičke karte). Grafička kartica je sastavljena iz dva najvažnija dela, video RAM (video memorije) i video procesorskog kola. Dakle, može se reći da je grafička karta jedan mali zaseban računar koji obavlja posao za veliki (PC) računar čiji je sastavni deo. Nekada je video RAM na grafičkim kartama bio realizovan u nama već poznatoj tehnologiji DRAM, dok su na današnjim drafičkim kartama RAM memorije savršenije i brže od sistemskih RAM memorija. Slično važi i za procesor grafičke karte, koji je na modernim modelima brži i od modernih CPU.

U počecima računarske ere, sva grafika koju je računar morao da obradjuje je bilo ispisivanje belih slova i cifara (neki od 256 ASCII² karaktera) na crn monitor. Npr. kada bi na ekranu u jednom momentu bilo ispisano 1920 karaktera, to bi rnačilo da grafička karta mora da obradi 1920 bajta podataka. Jedan karakter se u računaru predstavlja kao podatak širine 8 bita (1 bajt) jer se sa 8 bita može opisati $2^8 = 256$ različitih karaktera, tačno koliko i ASCII standard propisuje.

Potom se obradjivala malo kompleksnija slika (i dalje crno-bela), rezolucije 320x200=64,000 bita ('1'-upaljen piksel tj. bela boja, '0' -ugašen piksel), što je u stvari 8000 bajta potrebne memorije na grafičkoj karti. Kada bi displej imao npr. 4 boje : crnu, plavu, ljubičastu i belu, tada ne bi bilo dovoljno kodiranje 1-bela, 0-crna, već bi nam bila potrebna 2 bita samo za kodiranje boje jednog piksela (00-crna, 01-plava, 10-ljubičasta, 11-bela). Ovo znači da bi nam za onaj isti monitor rezlucije 320x200 piksela bilo potrebno duplo više bita 128,000, ili 16,000 bajta. Moderni računari imaju rezolucije i do 2000x1500, sa 4 milijarde boja. Upravo zbog toga, modernim grafičkim kartama je potrebno i do 1GB video RAM memorije!



Sl.21 Grafička karta

² ASCII - Standardizovan skup karaktera

Zvučna karta

Svaki moderan PC-računar sadrži zvučnu kartu u kompletu sa zvučnicima, slušalicama i mikrofonom. Da bi naš računar obradio zvuk pesme koju želimo da čujemo, ili nečiji glas koji primamo preko interneta, idt., potrebna mu je zvučna karta. Ljudsko uho kada čuje neki zvuk, pretvori ga u nama prepoznatljiv osećaj. Zbog toga čovek može da razlikuje npr. zvuk rok muzike od buke koju pravi motor automobila. Računar nije ni blizu dobar kao ljudsko uho, ali ipak uspe da reprodukuje zvuke onako kako mi želimo uz pomoć standarda za konverziju zvuka.

Kada snimamo zvuk na PC računar, na osnovu svojih standarda, PC od zvuka koji prima preko mikrofona pravi niz nula i jedinica koje jednoznačno određuju taj zvuk.

Zvuk ima svoje fizičke karakteristike na osnovu kojih računar kodira taj zvuk u binarni kod (0,1). Zvuk ima svoju jačinu (**amplitudu**), svoju visinu (**frekvenciju**) i svoju boju. Sa druge strane, zvuk na računaru ima samo jednu karakteristiku, a to je njegova **bit-dubina**. Bit dubina predstavlja koliko bita po sekundi je korišćeno za kodiranje tog zvuka. Što više bita to je preciznije taj zvuk opisan na računaru. Npr. jednu pesmu slušamo u njenom 8-bitnom računarskom reprezentu ($2^8 = 256$), to znači da ćemo moći da čujemo njenih 256 osobina po sekundi. Tj. ovo znači da smo sve osobine te pesme pevane uživo svrstali u ukupno 256 klasa zvuka, što je malo obzirom na to koliko sve vrsta zvuka postoji. Ovakav snimak bi predstavljao neki „tup“ snimak ove pesme, kao da smo je slušali sa kantom preko glave. Za slušanje neke realne zvučne sekvence potrebno nam je najmanje $2^{16} = 65,536$ klasa zvučnih karakteristika.

Zvuk na računaru se snima u raznim računarskim formatima : mp3, waw, MIDI, obb i drugi. Zvučna kartica je na većini modernijih računara integrisana na matičnu ploču (sastavni je deo ploče).

Litreratura

- [1] Mike Meyers, CompTIA A+® Certification All-in-One Exam Guide, Sixth Edition, McGraw-Hill (USA), 2007
- [2] Dragan Milićev, Operativni Sistemi 1, Beograd, 2005
- [3] <http://www.intel.com>
- [4] <http://www.kingston.com>
- [5] <http://www.T13.org>
- [6] <http://www.dimensiondata.com>