

Struktura mikroračunarskog sistema

Računarstvo i informatika *III_{sm}*

doc. dr Miloš Ivanović, mivanovic@kg.ac.rs

Institut za matematiku i informatiku
Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

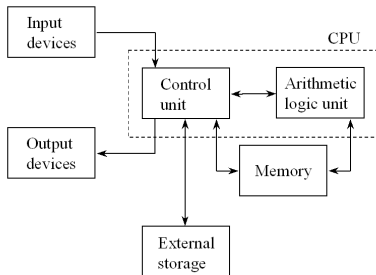
Septembar 2012.

- 1 Pregled
- 2 Digitalna logika i CPU
 - Istorijat razvoja mikroprocesora
- 3 Časovnik i magistrale
- 4 Memorija
 - Unutrašnje memorije
 - Spoljašnje memorije

Arhitektura mikroračunara

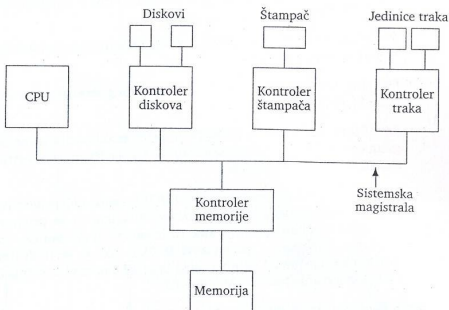
Fon Nojmanova mašina

- 1945. god. objavio nacrt konstrukcije računara koji bi mogao da učitati, čuva i izvrši program sastavljen od niza operacija
- EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*)
- Većina današnjih računara je koncipirana na bazi fon Nojmanove mašine



Savremeni računarski sistemi

- U najvećoj meri se njihova struktura podudara sa fon Nojmanovom arhitekturom
- Jedina očigledna razlika je u mogućnosti da **spoljašnji uređaji mogu da komuniciraju direktno s memorijom**
- **DMA (*Direct Memory Access*)**



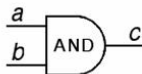
Mikroprocesor (CPU)

- Obrada podataka se vrši u procesoru i koji se sastoji od velikog broja logičkih kola
- Osnovu logičkih kola čine **tranzistori**
- Operacije koje procesor treba da realizuje se definišu instrukcijama i svode se na kreiranje izlaznih podataka na osnovu zadatih ulaznih podataka
- Proces kreiranja izlaznih podataka se odvija u logičkim kolima koja u zavisnosti od svoje prirode realizuju neku od operacija **Bulove algebre**

Osnovne operacije Bulove algebre

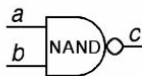
1 Operacija ILI (OR)

X_{u1}	X_{u2}	X_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



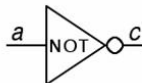
2 Operacija I (AND)

X_{u1}	X_{u2}	X_i
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



3 Operacija NE (NOT)

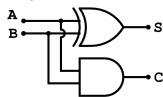
X_u	X_i
0	1
1	0



Polusabirač i sabirač

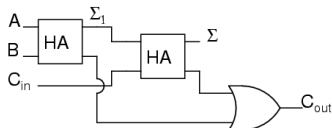
1 Polusabirač (z-rezultat, p-prenos)

x	y	z	p
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



2 Sabirač

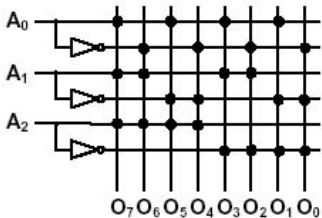
x_i	y_i	p_{i-1}	z_i	p_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



Dekoder operacija

Dekoder

Logičko kolo sa n ulaza i 2^n izlaza. Ima široku primenu recimo prilikom dekodiranja memorijske adrese.

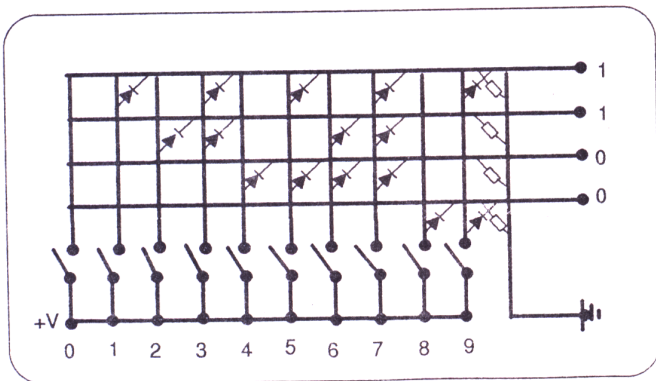


A ₂	A ₁	A ₀	O ₇	O ₆	O ₅	O ₄	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Koder (*encoder*)

Koder

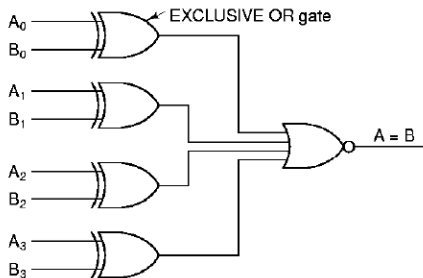
Logičko kolo sa $\leq 2^n$ ulaza i n izlaza. Može se koristiti prilikom pretvaranja pritiska tastera na tastaturi u ASCII kod znaka.



Komparator

Komparator

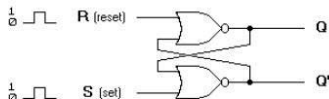
Logičko kolo koje poredi dva podatka po bitovima.



Flip-flop

Flip-flop

Logičko kolo koje ima dva stabilna stanja. Koriste se kao **jednobitne ćelije statičke memorije**, npr. unutar procesorskih registara.



(a) Logic diagram

S	R	Q	Q'	
1	0	1	0	
0	0	1	0	(after S=1, R=0)
0	1	0	1	
0	0	0	1	(after S=0, R=1)
1	1	0	0	

(b) Truth table

Basic flip-flop circuit with NOR gates

Upravljačko-kontrolna jedinica

Možemo da kažemo da upravljačko-kontrolna jedinica predstavlja **glavnog supervizora svih procesa** koji se odvijaju u delu obrade podataka. Osnovne uloge ovog dela računara se mogu sistematizovati u četiri grupe:

- 1 Unos podataka i programskih instrukcija iz operativne memorije,
- 2 Upravljanje prenosom podataka između aritmetičko logičke jedinice i operativne memorije,
- 3 Praćenje izvršenja aritmetičkih i logičkih operacija i donošenje odluka na osnovu rezultata
- 4 Upravljanje i praćenje rada ulazno-izlaznih jedinica

Izvršavanje programskih instrukcija

Struktura instrukcija je standardizovana kako bi procesor, odnosno upravljačka jedinica, bila u stanju da prepozna i izvrši datu instrukciju.

Operacioni kôd	Operand 1	Operand 2
----------------	-----------	-----------

Generalno, instrukcije se dele na:

- 1 aritmetičke,
- 2 logičke,
- 3 instrukcije za konverziju,
- 4 instrukcije za prenos podataka,
- 5 ulazno/izlazne instrukcije,
- 6 kontrolne instrukcije i
- 7 instrukcije za prenos kontrole.

Memorijske adrese

- Pojam memorije je prvi put upotrebio Čarls Bebidž u nacrtu svoje analitičke mašine
- Pod tim pojmom je podrazumevao deo mašine u kojoj je bilo moguće čuvati ulazne, izlazne i podatke koji predstavljaju međurezultat računanja
- Memorija se organizuje u ćelije od kojih svaka ima svoju adresu
- Ako adresa sadrži n bitova da je najveći mogući broj ćelija koje se mogu adresirati je 2^n
- Na primer, ukoliko je broj bitova za definisanje adrese 8, maksimalan broj adresa koje se mogu adresirati je $2^8 = 256$

Standardna veličina ćelije iznosi 8 bitova i naziva se bajt.

Aritmetičko-logička jedinica

Definicija

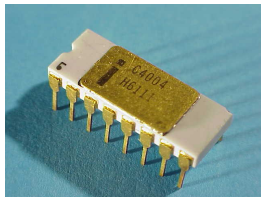
Kao što sam i naziv govori osnovni zadatak ovog dela procesora je izvršavanje osnovnih aritmetičkih i logičkih operacija.

- Pod aritmetičkim operacijama podrazumevamo operacije sabiranja, oduzimanja, množenja, deljenja, diferenciranja i integraljenja
- Logičke operacije se svode na operacije poređenja tipa “manje od”, “jednako” i “veće od”
- Sve aritmetičke operacije svode se na operaciju sabiranja, pa se taj deo procesora zove jednostavno **sabirač**
- Drugi deo procesora koji je zadužen za pomenute operacije poređenja se zove **upoređivač**

Intel 4004, 8008 i 8080

Istorijat razvoja mikroprocesora

- **Intel 4004** je 1971. konstruisan u po narudžbi jedne japanske firme
- Radio je na 0.108 MHz , imao 2300 tranzistora i mogao da adresira 640 bajta memorije
- Njegova unapređena 8-bitna varijanta **Intel 8008**
- Prvi mikroprocesor opšte namene bio je **Intel 8080** i mogao je da adresira čak 64KB memorije



Intel 8086/8088

- NMOS tehnologija
- Adresna magistrala 20 bita, mogao da adresira $2^{20} = 1 MB$
- Procesorska reč 16 bita
- 29000 tranzistora, 40 pinova sa dve strane
- i8088 je oslabljena varijanta i8086. Sa spoljnom logikom je i8088 komunicirao preko magistrale podatka od 8 umesto 16 bita. Sa programerske tačke gledišta i8086 i i8088 su identični
- i8088 je bio srce prvog IBM PC-a



Intel 80286

Istorijat razvoja mikroprocesora

- 1982. godina, 68 pinova sa sve 4 strane čipa, 13000 tranzistora
- 16-bitna magistrala podataka
- 24-bitna adresna magistrala ($2^{24} = 16 MB$)
- **MMV** - posebno kolo koje podržava adresiranje virtuelne memorije
- Odvojena adresna magistrala od magistrale podataka
- Mogućnost rada aplikacija u **zaštićenom režimu** kada aplikacija ne može da čita/piše po memorijskom prostoru druge aplikacije
- MANA: Ceo adresni prostor od 16MB nije bilo lako iskoristiti usled **problema segmentacije**. Recimo, nije bilo moguće deklarirati veći od 64KB.

Intel 80386

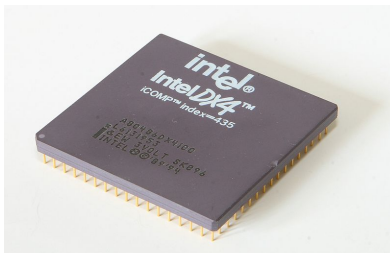
Istorijat razvoja mikroprocesora

- Revolucionaran CPU konstruisan 1985.
- Svi novi procesori su, u stvari, jako ubrzan i386
- Magistrala podataka i adresna imaju **punih 32 bita**, moguće adresirati do $2^{32} = 4 \text{ GB}$ memorije
- **CISC (*Complex instruction set computing*) pristup**
- 280000 tranzistora
- **Prevaziđen problem segmentacije memorije!**
- i386 je bio dovoljno moćan i za **grafičke aplikacije**



Intel 80486

- 1989. godine kao ubrzana verzija i386
- 168 pinova, 32-bitni, 1.2 miliona tranzistora
- Nema bitnih novina u arhitekturi
- Interni keš od 8KB, eksterni obično do 256KB
- **Ugrađen aritmetički koprosesor** za operacije u pokretnom zarezu
- Ide se ka sve većoj integraciji nekada spoljašnjih komponenata u sam procesorski čip



Intel Pentium

Istorijat razvoja mikroprocesora

- 1993. godine BICMOS tehnologija
- 296 pinova, 32-bitni, 3.2 miliona tranzistora
- **Novina je delimični RISC pristup** (*Reduced instruction set computing*) umesto dotadašnjeg CISC (*Complex instruction set computing*)
- 2 puta brži od i486 u celobrojnim i čak 5 puta u operacijama sa pokretnim zarezom



Intel Pentium II, Pentium III, Pentium 4

- **Pentium II** ima ugrađene MMX instrukcije (*MultiMedia eXtension*)
- **Pentium III** dodaje SSE (*Streaming SIMD Extensions*) instrukcije za 3D grafiku.
- **Pentium 4** dodaje nove SSE instrukcije, kao i rad sa više niti (hyperthreading)
- I tako dalje...

SIMD

Single Instruction Multiple Data - Vid paralelizma kada se jedna instrukcija izvršava nad više podataka. Primer je recimo obrada slike, gde se nad grupom piksela vrši neka matematička operacija.

Časovnik

- Brzina izvršenja instrukcija je određena brzinom časovnika koji je obično smešten u sâm CPU
- Brzina časovnika se meri u megahercima (*MHz*), pri čemu *1MHz* označava milion taktova u sekundi

Taktovi u jednoj instrukciji

Za izvršenje jedne instrukcije potrebno je 5 taktova: jedan takt da se instrukcija iz operative memorije učita u registar instrukcija, jedan takt da se izvrši njeno dekodiranje, jedan takt da se učitaju podaci (operandi) iz memorije, jedan takt da se instrukcija izvrši i jedan takt da se izvrši upisivanje rezultata.

Magistrala (Bus)

Definicija

Prenos podataka između operativne memorije i CPU, ulaznih uređaja i operativne memorije kao i između operativne memorije i ekranskih uređaja se vrši posredstvom **magistrala**.

- **Širina magistrale**, recimo 32 ili 64 bita. Povezana je sa dužinom procesorske reči
- **Brzina magistrale** se meri u *MHz* i nešto je niža nego brzina CPU časovnika

Unutrašnje magistrale

Unutrašnje magistrale su **magistrala podataka**, **adresna magistrala** i **kontrolna magistrala**.

Razne vrste magistrala

- 1 **ISA**, radna magistrala za sve sisteme malih brzina, više se ne koristi. Brzina prenosa oko 5 MBps za periferije nižeg propusnog opsega. Radi na 8 MHz i ima širinu od 16 bitova.
- 2 **VL bus**, magistrala koja je pravljena za sisteme sa procesorom 486. 120 MBps.
- 3 **MCA**, IBM-ova magistrala za Plug and Play dodatke, nikad prihvaćena na tržištu. 33 MBps.
- 4 **EISA**, Industrijski odgovor na MCA magistralu.
- 5 **PCI**, dugo vladajući standard. Radi na 33MHz i ima 32 bita širine. 132 MBps.
- 6 **AGP**, je vid povezivanja grafičkih kartica 264MBps/ 528MBps.
- 7 **PCI Express**, vladajući standard na savremenim računarima.
- 8 **SCSI**, standard za brze interne i eksterne veze 5/10/20/40/... Mbps
- 9 **USB**, Universal Serial Bus 3.0. Projektovana za uređaje kao što su miš, tastatura, skener i digitalni fotoaparati. 5Gbps
- 10 **IrDA**, povezivanje periferije infracrvenim zracima. 4 Mbps
- 11 **Bluetooth**

Memorija

Definicija

“Memorija je svaki uređaj koji je u stanju da podatke sačuva u formatu koji neka mašina može da prepozna.”

James A. Sean

Glavne karakteristike memorije su:

- 1 **Stalnost zapisa** (trajne ili privremene)
- 2 **Mogućnost promene sadržaja** – *Read Only* ili “samo za čitanje” i *Read-Write* ili “upisno-čitajuće”
- 3 **Kapacitet**
- 4 **Jedinica prenosa** (bajt, blok)
- 5 **Adresivost** **adresive** (pomoću adrese se pristupa jednom bajtu ili reči), **poluadresive** (gde se pristupa grupi bajtova) i **neadresive** (gde je onemogućen pristup sadržaju memorije pomoću adrese)

Memorija

Osnovne karakteristike

Još neke karakteristike memorije su:

① Načini pristupa

- **Sekvencijalni** - podaci organizovani u slogove i upisuju se u redosledu unošenja
- **Direktan** - do željenog sloga se dolazi direktno preko njegove adrese u memoriji
- **Slučajni** – do željenog podatka se pristupa direktno na osnovu adrese u memoriji na kojoj je podatak zapisan. Termin slučajni (eng. *random*) znači da je vreme potrebno da se pristupi bilo kojoj adresi u memoriji isto. Primer je RAM
- **Asocijativni** – podacima se pristupa ne na osnovu adrese nego na osnovu njihovog sadržaja. Primer je keš memorija

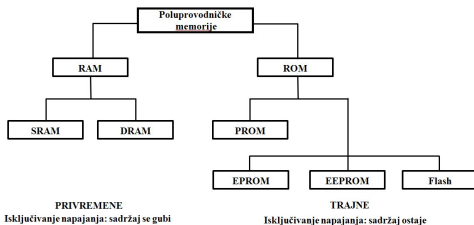
- ### ② Vreme pristupa
- Interval koji započinje činom iniciranja komunikacije sa memorijom, a završava se pronalaženjem podatka u okviru memorijske lokacije

Memorija

Osnovne karakteristike

Dalje karakteristike memorije su:

- 1 **Vreme memorijskog ciklusa** - zbir vremena pristupa i dodatnog vremena potrebnog za ponovni pristup memoriji
- 2 **Brzina prenosa** - količina podataka koji se mogu pročitati ili upisati u memoriju u jedinici vremena
- 3 **Fizički tip** (poluprovodničke, optičke, magnetne)



Memorija

vrsta memorije	kapacitet	jedinica prenosa	prosečno vreme pristupa	brzina prenosa	ko upravlja prenosom podataka	fizički tip
registri CPU-a	256B-1kB	Reč obima 2B ili 4B	200ps-1ns	0,5-60GB/s	upravljačka jedinica CPU-a	CMOS SRAM
L1 keš memorija	16-64kB	Linija 4-32B	5-10ns	0,8-1GB/s	primarni keš kontroler	CMOS SRAM
L2 keš memorija	128kB-1GB	Linija 4-128B	15-40ns	0,1-0,3GB/s	sekundarni keš kontroler	CMOS SRAM
glavna (RAM) memorija	256MB-1GB	Stranice 4kB	50-100ns	20-80MB/s	jedinica za upravljanje memorijom (MMU)	CMOS DRAM
slotovi proširenja glavne memorije	1-10GB	Stranice 4kB	75-500ns	800kB-30MB/s	jedinica za upravljanje memorijom (MMU)	CMOS DRAM
hard disk keš	1-10MB	Blokovi 4kB	60-500ns	900kB-30MB/s	kontroler uređaja	CMOS DRAM
hard disk	100-500GB	Fajlovi obima MB	5-50ms	1200-6000kB/s	kontroler uređaja	magnetni medijum
disketa	1,44MB	Fajlovi obima MB	95ms	100-200kB/s	kontroler uređaja	magnetni medijum
CD-ROM	600MB-20GB	Fajlovi obima MB	100-500ms	500-4000kB/s	kontroler uređaja	optički zapis
magnetna traka	1-10TB	Fajlovi obima MB	0,5s pa naviše	2000kB/s	kontroler uređaja	magnetni medijum

Memorija

Kategorizacija

- 1 **Unutrašnje memorije**, smeštene unutar samog procesora ili u njegovoj neposrednoj blizini sa kojim čine centralnu procesorsku jedinicu
- 2 **Spoljašnje memorije**, koje su locirane dalje od procesora i koje pripadaju kategoriji perifernih uređaja

Unutrašnje memorije

- 1 **Registri** - memorija velike brzine i malog kapaciteta koja služi za skladištenje upravljačkih instrukcija i privremenih rezultata obrade unutar samog procesora. Registri mogu biti opšti (akumulatori) i specijalizovani (instrukcioni, memorijskih adresa, prihvatni, kontrolni, brojač instrukcija)
- 2 **Keš (Cache)** - Interna memorija procesora i nekih drugih perifernih uređaja (npr. hard diskova) koja premošćava veliku razliku u brzini prenosa podataka između spregnutnih komponenti.
- 3 **RAM** - Glavna, operativna, radna memorija ili memorija sa slučajnim pristupom (RAM - *Random Access Memory*). Preko nje procesor komunicira sa ostalim uređajima računara (spoljašnjom memorijom, U/I uređajima itd.).
- 4 **ROM** - (*Read Only Memory*) je memorija koja jedino omogućava čitanje prethodno fabrički upisanih podataka. Kada se jednom programira njen sadržaj se ne menja i ne gubi čak i kada se isključi napajanje. Koristi se za čuvanje BIOS-a.
- 5 **PROM** - (*Programmable Read Only Memory*) je nastala 1956. godine kao memorija koja se samo jednom može programirati, ali ne tokom tehnološkog postupka izrade u fabrici, već na adresi kupca pomoću specijalnog uređaja.
- 6 **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory) se pojavila prvi put 1971. godine kao trajna memorija koja se može više puta puniti i brisati.

Keš memorija

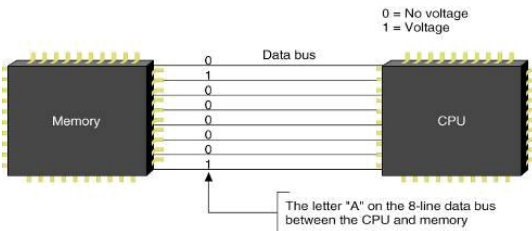
- U slučaju procesora keš memorija je nastala iz potrebe da se **poveća brzina prenosa podataka** između procesora i RAM memorije
- Izrada CPU na kompaktnom čipu direktno je uslovila i **mali kapacitet keš memorije**
- Keš memorija skladišti **najčešće korišćene memorijske reči**. Procesor joj se obraća i u slučaju da ne pronađe datu reč, nastavlja pretragu u RAM memoriji
- Kada se pronađe reč u RAM memoriji dolazi do prebacivanja u keš memoriju ne samo te reči, **već i svih susednih reči**

Nivoi keša

- **L1** - Unutar CPU čipa
- **L2** - Van CPU, ali u paketu s njim
- **L3** - Ponekad na matičnoj ploči

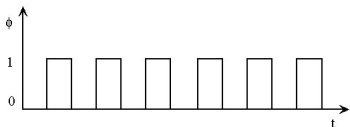
RAM memorija

- Tokom rada računara sadržaj radne memorije se stalno menja, a **nakon gašenja računara sadržaj se prazni**
- Glavna memorija je priključena na procesor **preko magistrala za adrese i podatke**
- Postoje dve vrste RAM memorije: **statička (SRAM)** i **dinamička (DRAM)**



DRAM - dinamički RAM

- **DRAM čipovi** su velike, pravougaone matrice memorijskih ćelija, sa logikom za podršku koja se koristi za čitanje i upisivanje podataka u matrice i sklopom za osvežavanje da bi se održao integritet smeštenih podataka
- **Asinhronoj DRAM memoriji** je potrebno izvesno vreme da pročita/upiše podatke koje se meri u *ns*
- **Sinhrona DRAM memorija - SDRAM** radi na taktu magistrale. Brzina se meri u *MHz*
- **DDR SDRAM - Double Data Rate SDRAM** radi tako što dozvoljava operacije s memorijom i na prednjoj i na zadnjoj ivici impulsa (i kada 0 prelazi u 1 i kada 1 prelazi u 0)



Karakteristike poluprovodničkih memorija

Vrsta memorije	Mogućnost promene sadržaja	Stalnost zapisa	Upisivanje	Brisanje/ jedinica prenosa	Namena
SRAM	Memorija za čitanje i upisivanje	Privremena	Električno	Električno/ nivo bajta	Keš drugog nivoa
DRAM	Memorija za čitanje i upisivanje	Privremena	Električno	Električno/ nivo bajta	Glavna memorija
SDRAM	Memorija za čitanje i upisivanje	Privremena	Električno	Električno/ nivo bajta	Glavna memorija
ROM	Memorija samo za čitanje	Trajna	Utiskivanje u silicijum	Nije moguće	Kućni aparati (velike serije)
PROM	Memorija samo za čitanje	Trajna	Električno	Nije moguće	Oprema (male serije)
EPROM	Memorija uglavnom za čitanje	Trajna	Električno	UV zrak/ nivo čipa	Prototipovi uređaja
EEPROM	Memorija uglavnom za čitanje	Trajna	Električno	Električno/ nivo bajta	Prototipovi uređaja
FLASH memorija	Memorija za čitanje i upisivanje	Trajna	Električno	Električno/ nivo bloka	Spoljašnja memorija

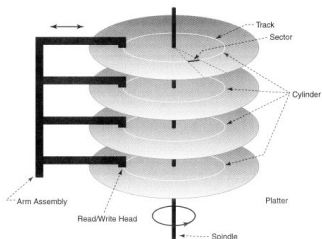
Spoljašnje memorije

Glavne karakteristike spoljašnjih memorija su trajnost zapisa, veliki kapacitet, blok je jedinica prenosa, većina su optičkog ili magnetskog tipa.

- hard disk,
- kompakt disk (CD),
- DVD,
- Blu-Ray disk,
- magnetna traka,
- fleš memorija i
- memorijske kartice.

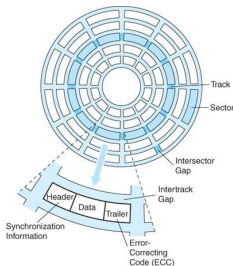
Hard disk

- 1 Osnovni medijum za skladištenje podataka svakog personalnog računara
- 2 Više tankih aluminijumskih ploča premazanih feromagnetnim materijalom i zaštitnim slojem sa obe strane ploče
- 3 Pogonski motor - aktuator
- 4 Postoji više glava za čitanje/upis



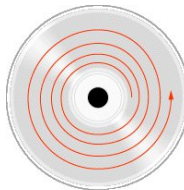
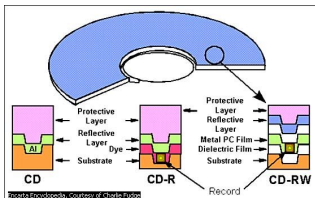
Hard disk

- 1 Podaci se zapisuju po koncentričnim krugovima - **stazama**
- 2 Svaka staza je podeljena na segmente koji se nazivaju **sektori**, obično veličine 512 bajta
- 3 **Dužina staze zavisi od poluprečnika na kojem se nalazi**
- 4 Noviji hard diskovi imaju različit broj sektora na različitim stazama pa je uobičajeno da spoljašnje zone imaju i do 40% više sektora nego unutrašnje
- 5 Hard diskovi bi u budućnosti mogli biti zamenjeni **SSD diskovima** (Solid State Drive)



Kompakt disk - CD

- 1 Kompakt diskovi su prvobitno (1980. god.) bili namenjeni snimanju muzičkih sadržaja
- 2 Spadaju u tip optičkih medija
- 3 Funkcionisanje zasnovano na emitovanju laserskih zraka ka površini diska i njihovoj refleksiji od iste
- 4 Postoje čitajući **CD-ROM**, jednom pisajući **CD-R** i više puta pisajući **CD-RW**
- 5 Nema sektora, već se podaci pišu po spirali



CD-ROM

Kapacitet 650-700MB

CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) su diskovi kod kojih se podaci mogu upisati samo jednom (najčešće fabrički) tako da korisnik može samo da čita njihov sadržaj.

- 1 **Tri sloja:** polikarbonatno staklo, tanki sloj aluminijuma i zaštitni lak
- 2 **Zapisivanje podataka** se vrši tako što disk rotira a specijalni uređaj duž spiralne staze pravi mikroskopska udubljenja na polikarbonatnom staklu koji se prevlači aluminijumom
- 3 Ako **prilikom čitanja** laserski zrak emituje na mesto gde je udubljenje (gde je deblji sloj aluminijuma) refleksija je izraženija i obrnuto
- 4 Odbijeni snop laserskog zraka upija fotodetektor i generiše električni impuls
- 5 **Udubljenje - jedinica, ispučenje - nula**

CD-R

Kapacitet 650-700MB

CD-R (Compact Disc - Recordable) su diskovi na koje podatke mogu da upisuju i korisnici

- 1 CD-R diskovi takođe sadrže sloj od polikarbonatnog stakla na koji se nanosi fotosenzitivni sloj. Na fotosenzitivni sloj se nanosi reflektivni sloj od srebra ili zlata
- 2 Ovi diskovi su fabrički prazni sa pripremljenim stazama za pisanje
- 3 **Pisanje:** Na mestu gde je fotosenzitivni sloj pogođen laserskim zrakom potrebne jačine dolazi do njegove hemijske promene koja za posledicu ima slabiju refleksiju - **nula**
- 4 Mesta na spiralnoj stazi kojima nije promenjen hemijski sastav (koja nisu "spržena") su nosioci digitalnog zapisa 1

CD-RW

Kapacitet 650-700MB

CD-RW (Compact Disc - ReWritable) su diskovi na kojima je moguće i pisanje i brisanje podataka

- 1 Na polikarbonatno stakle se nanosi još 5 slojeva od kojih je najbitniji sloj za snimanje koji ima mogućnost fazne promene
- 2 Kada se ovaj sloj zagreje do određene temperature prelazi u **kristalnu fazu** koja se odlikuje velikom refleksijom
- 3 Kada se zagreje do više temperature prelazi u **amorfnu fazu** koja ima vrlo nizak stepen refleksije

Režimi rada CD-RW snimača

- 1 **Režim za brisanje** - veća jačina lasera neophodna za prelaz u amorfno stanje,
- 2 **Režim za snimanje** - srednja jačina lasera neophodna za prelaz u kristalno stanje
- 3 **Režim čitanja** - najmanja jačina lasera

DVD

- 1 Kapacitet od 700 MB masovno korišćenih kompaktnih diskova se vrlo brzo pokazao kao “siromašan”
- 2 DVD (Digital Versatile Disk) 1996.god
- 3 Kategorizacija je slična kao kod kompaktnih diskova što znači da možemo da razlikujemo **DVD-ROM, DVD-R i DVD-RW**
- 4 Povećanje memorijskog kapaciteta je postignuto povećavanjem gustine spiralnih staza
- 5 Zamena polikarbonatnog supstrata plastičnim supstratom

Vrste DVD diskova

- 1 DVD – 5 jednostrani i jednoslojni DVD, kapacitet 4,7 GB
- 2 DVD – 9 jednostrani i dvoslojni DVD, kapacitet 8,5 GB
- 3 DVD – 10 dvostrani i jednoslojni DVD, kapacitet 9,4 GB
- 4 DVD – 18 dvostrani i dvoslojni DVD, kapacitet 17 GB

Blu-Ray disk

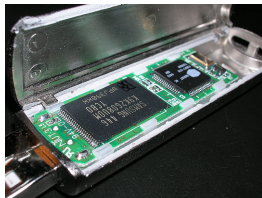
- 1 Blu-Ray disk (disk plavog zraka) je dobio naziv po laseru plave boje koji je manje talasne dužine nego crveni.
- 2 Pojavio se iz potrebe smeštanja HD zapisa (High Definition – visoka rezolucija) na memorijski medijum.
- 3 Kapaciteti mogu biti od 25 ili 50 GB.

Magnetna traka

- 1 Memorisanje podataka na magnetnoj traci se danas vrlo retko primenjuje zbog dugotrajne, sekvencijalne pretrage koja je glavni nedostatak, iako je jeftina i velikog kapaciteta
- 2 Ostala je primena za **backup podataka**
- 3 Princip izrade i rada je isti kao kod muzičkih i video kaset

Fleš memorija

- 1 Fleš memorija (flash - bljesak) se pojavila 1988. godine kao poslednja vrsta EEPROM memorije
- 2 Karakteristike: kompaktna, brza, velikog kapaciteta, pogodna za back up, malih dimenzija
- 3 Često se izrađuje u kombinaciji sa MP3 plejerom, radiom i mikrofonom



Hijerarhija memorija

Piramida prikazuje hijerarhijsku uređenost memorija na osnovu kapaciteta, vremena pristupa i cene gde se može uočiti neophodnost postojanja keš memorije u funkcionisanju računara.

