

Hardver digitalnih računara

Softverski praktikum

Institut za matematiku i informatiku

Institut za matematiku i informatiku
Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

Oktobar 2010. god.

O čemu će biti reči?

Struktura računarskog sistema

Svaki računarski sistem treba da obezbedi:

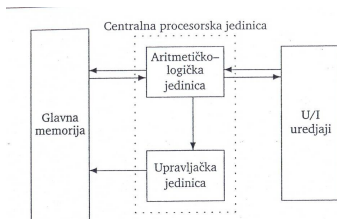
- 1 Mogućnost učitavanja ulaznih podataka
- 2 Njihovu obradu
- 3 Čuvanje i/ili prikazivanje rezultata na nekom spoljašnjem medijumu
- 4 Čuvanje međurezultata obrade

Važno

Računarski sistem mora da poseduje **procesor** (centralni) koji vrši obradu podataka, **unutrašnju memoriju** u kojoj se čuvaju podaci koji su predmet obrade i odgovarajuće **ulazno/izlazne uređaje** pomoću kojih se podaci učitavaju odnosno zapisuju ili prikazuju.

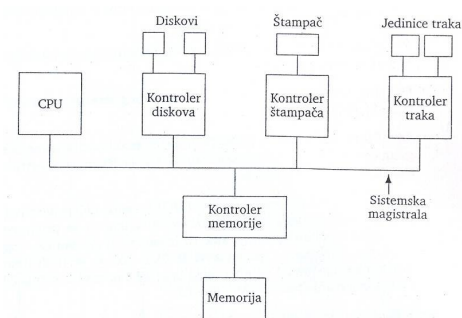
Fon Nojmanova mašina

- Američki matematičar Džon fon Nojman 1945. god. objavio nacrt konstrukcije računara koji bi mogao da učita i čuva program sastavljen od niza konkretnih operacija i da ga izvrši
- Ovaj računar nazvao je EDVAC (*Electronic Descrete 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



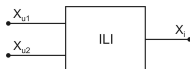
Princip rada računara

- Obrada podataka se vrši u delu računara koji se zove procesor i koji se sastoji od velikog broja logičkih kola
- Osnovu logičkih kola čini elektronska komponenta koja se zove tranzistor
- 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

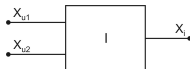
1 Operacija ILI (OR)

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	1
1	0	1
1	1	1



3 Operacija NE (NOT)

X_u	X_i
0	1
1	0



Processor

Definicija

Procesor, ili centralna procesorska jedinica CPU (*Central Processing Unit*) je glavni izvršilac obrade podataka, ali i glavni organizator procesa obrade.

Sastoji se iz dve jedinice:

- 1 Upravljačko-kontrolna jedinica
- 2 Aritmetičko-logička jedinica

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.

Postupak realizacije instrukcije

Instrukcija sadrži operacioni kod, adresu prvog operanda u operativnoj memoriji i adresu drugog operanda u operativnoj memoriji. Na primer, sabiranje:

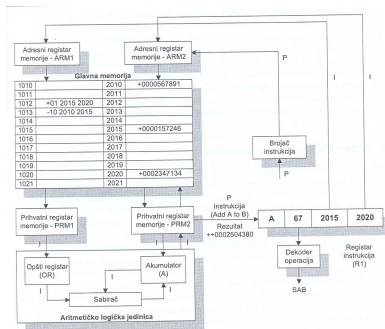
A	2015	2020
---	------	------

Adresa prvog sabirka u operativnoj memoriji je 2015 dok je adresa drugog sabirka 2020. Na tim adresama u memoriji se nalaze potrebni podaci zapisani u binarnoj formi.

Proces realizacije instrukcije se sastoji iz dve faze koje čine takozvani ciklus instrukcije:

- 1 **Ciklus pripreme**
- 2 **Ciklus izvršavanja**

Postupak realizacije instrukcije



- 1 **Prihvatni registar memorije (PRM)**. Služi za prijem podataka iz operativne memorije i za dalju distribuciju aritmetičko logičkoj jedinici.
- 2 **Adresni registar memorije (ARM)**. Služi za upisivanje adrese podataka koji su predmet obrade ili adrese instrukcije koja se izvršava.
- 3 **Registar instrukcije (RI)**. Služi za upisivanje tekuće instrukcije.
- 4 **Brojač instrukcije (BI)**. Čuva adresu sledeće instrukcije koju treba preneti iz operativne memorije.

Postupak realizacije instrukcije

Ciklus pripreme

- 1 Faza pripreme počinje tako što se adresa tekuće instrukcije iz brojača instrukcija prenosi u adresni registar memorije ARM2
- 2 Na osnovu adrese upravljačka jedinica vrši prepisivanje instrukcije sa te adrese u prihvatni registar memorije PRM2
- 3 Iz prihvatnog registra memorije PRM2 instrukcija se prepisuje u registar instrukcija čime se završava ciklus pripreme

Ciklus izvršavanja

- 1 Dekodiranje instrukcije koja se nalazi u registru instrukcije
- 2 U našem slučaju, to je operacija sabiranja dva broja u obliku ($B = A + B$)
- 3 Dekoder šalje adrese prvog (2015) i drugog (2020) operanda instrukcije u adresne registre ARM2 i ARM1
- 4 Upravljačka jedinica čita sadržaj adresa u memoriji i prepisuje sadržaj adrese 2015 u prihvatni registar PRM1, a sadržaj adrese 2020 u prihvatni registar PRM2
- 5 Sabirak iz prihvatnog registra PRM1 prepisuje u opšti registar (OR) dok se sabirak iz prihvatnog registra PRM2 prepisuje u tzv. *akumulator*
- 6 Sabirač vrši sabiranje ova dva sabirka i rezultat upisuje u akumulator
- 7 Iz akumulatora se rezultat prepisuje u prihvatni registar PRM2, a zatim na adresu drugog sabirka

Aritmetičko-logička jedinica

Definicija

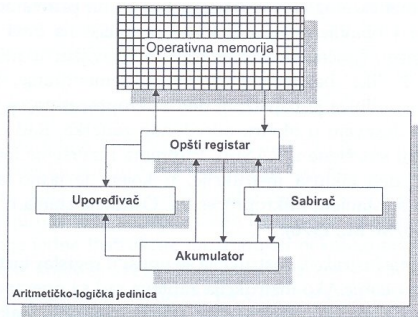
Kao što sam i naziv govori osnovni zadatak ovog dela procesora je izvršavanje osnovnih aritmetičkih i logičkih operacija.

- 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**

Aritmetičko-logička jedinica

Struktura

Funkcionisanje aritmetičko-logičke jedinice je dirigovano od strane *upravljačke jedinice*. Po pravilu podaci (operandi) koji su predmet obrade se preko odgovarajućih prihvatnih registara prenose iz operative memorije i upisuju u opšti registar i akumulator.



- Brzina izvršenja instrukcija je određena brzinom časovnika koji je obično smešten na sam procesor
- 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 operativne memorije učitava 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 **magistrale**.

- **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

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

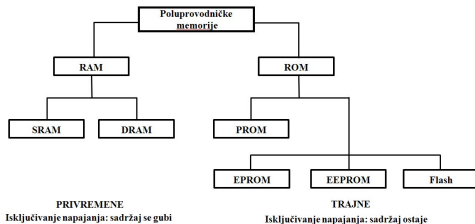
② Vreme pristupa - Interval koji započinje činom iniciranja komunikacije sa memorijom, a završava se pronalaženjem podatka u okviru memorijske lokacije

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 spregnutih 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

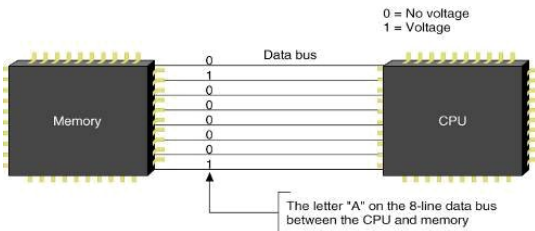
- U slučaju procesora keš memorija je nastala iz potrebe da se **ubrza brzina prenosa podataka** između procesora i RAM memorije
- Izrada CPU na kompaktnom čipu direktno je uslovila i **mali kapacitet keš memorije**
- Keš memorija skladišti **najčešće korišćene memorijske reči**. Procesor joj se obraća 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

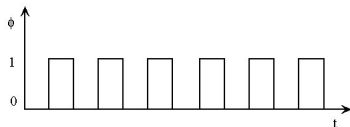
RAM memorija

- 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

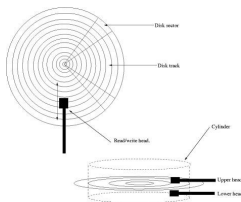
Spoljašnje memorije

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

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

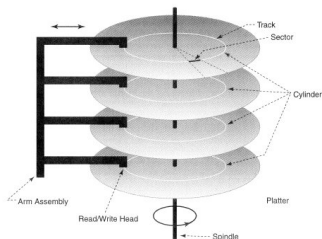
Disketa

- 1 Tanka, poliesterska kružna ploča premazana feromagnetnim materijalom sa obe strane koja je upakovana u zaštitno četvrtasto kućište
- 2 Prva koja se pojavila bila je proizvedena od strane IBM-a 1971. godine i bila je kapaciteta 80 *KB* i dimenzija 8 inča
- 3 3,5 inčna kapaciteta 1,44 MB se najduže koristila
- 4 40 staza i 36 kružnih isečaka, ukupno 2880 blokova od 512 B



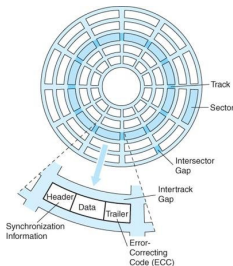
Hard disk

- 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



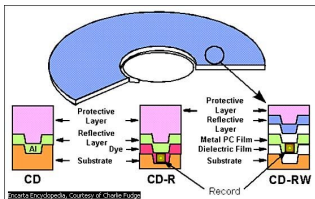
Hard disk

- 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, ispupčenje - 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 kompakt diskova se vrlo brzo pokazao kao “siromašan”
- 2 DVD (Digital Versatile Disk) 1996.god
- 3 Kategorizacija je slična kao kod kompakt 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

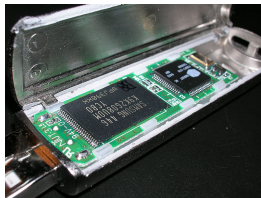
- 1 Blu-Ray disk (disk plavog zraka) je dobio naziv po laseru plave boje koji je manje talasne dužine nego crveni.
- 2 Pojavio se iz potrebe smeštanja HD zapisa (High Definition – visoka rezolucija) na memorijski medijum.
- 3 Kapaciteti mogu biti od 25 ili 50 GB.

Magnetna traka

- ➊ Memorisanje podataka na magnetnoj traci se danas vrlo retko primenjuje zbog dugotrajne, sekvencijalne pretrage koja je glavni nedostatak, iako je jeftina i velikog kapaciteta
- ➋ Ostala je primena za **backup podataka**
- ➌ 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



Memorijske kartice

- 1 Memorijske kartice su posebna vrsta fleš memorije koja se koristi kod digitalnih kamera i foto-aparata, PDA uređaja, mobilnih telefona, itd.
- 2 Vrste koje su upotrebi su: SD (mikro i mini), SDHC, CF, xD, MMC, Memory Stick ProDuo M2 i dr.
- 3 Kapaciteti su nekoliko desetina gigabajta.
- 4 Svi laptop računari imaju čitač kartica za ovu vrstu memorije.

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.

