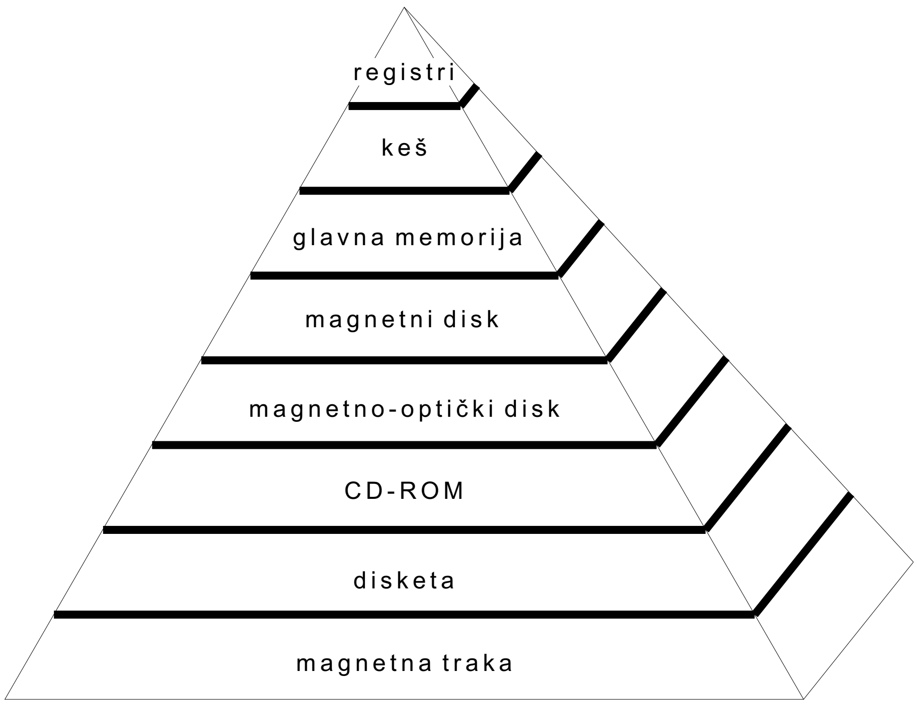
Memorija

Karakteristike memorije

- Stalnost zapisa
- Fizički tip medijuma
- Kapacitet
- Jedinica prenosa
- Adresivost. Adresivost predstavlja svojstvo memorije da joj se može pristupiti pomoću adrese. Memorije mogu biti:
  - adresive, ako se pomoću adrese može pristupiti jednom bajtu ili jednoj reči;
  - poluadresive, ako se pomoću adrese može pristupiti grupi bajtova (većoj od reči);
  - neadresive, ako se posredstvom adrese ne može prići sadržaju memorije.
- Mogući način pristupa
  1. *Sekvencijalni pristup*
  2. *Direktan pristup*
  3. *Slučajni pristup*
  4. *Asocijativni pristup*
- Cena
- Performanse. Performanse memorije su odredjene sledećim parametrima:
  1. *Vreme pristupa*
  2. *Vreme memorijskog ciklusa*
  3. *Brzina prenosa*
- Mogućnost promene sadržaja

Hijerarhija memorija



Slika 1: Hijerarhija nekih memorija u računarskom sistemu

Unutrašnja memorija

Glavna memorija

Tipovi

<table>
<tr><th>Tip memorije</th><th>Kategorija</th><th>Brisanje</th><th>način upisa</th></tr>
<tr><td>Samočitajuća memorija (ROM)</td><td rowspan="2">Memorija samo za čitanje</td><td rowspan="2">Nije moguće</td><td>Maska</td></tr>
<tr><td>Programibilni ROM (PROM)</td><td rowspan="4">Električno</td></tr>
<tr><td>Izbrisivi PROM (EPROM)</td><td rowspan="3">Memorija najčešće za čitanje</td><td>UV zraci, ceo čip</td></tr>
<tr><td>Električno Izbrisivi PROM (EEPROM)</td><td>Električno, na nivou bajta</td></tr>
<tr><td>Fleš memorija</td><td>Električno, na nivou bloka</td></tr>
<tr><td>Memorija sa slučajnim pristupom (RAM)</td><td>upisno–čitajuća memorija</td><td>Električno, na nivou bajta</td><td>Električno</td></tr>
</table>

Tabela 1: Tipovi poluprovodničke memorije

RAM memorija

- *Statička RAM memorija* (eng. *Static RAM, SRAM*) za čuvanje podataka koristi flip-flop kombinatorne mreže.

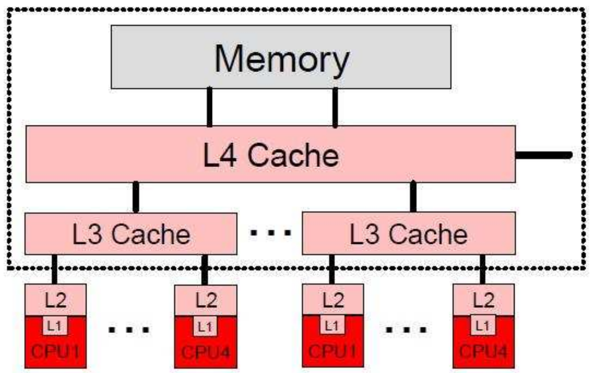
- *Dinamička RAM memorija* (eng. *Dynamic RAM, DRAM*) se pravi od ćelija koje čuvaju vrednosti kao naboje u kondenzatorima. Prisustvo, odnosno odsustvo električnih naboja se interpretira kao 1 odnosno 0. Kako kondenzatori imaju prirodnu tendenciju da se isprazne, to je dinamički RAM ima potrebu za periodičnim osvežavanjem naboja da bi zadržao neizmenjen sadržaj.

Tehnologije izrade DRAM memorije

- *FPM* (eng. *Fast Page Mode*)
- *EDO* (eng. *Enhanced Data Out*)
- *BEDO* (eng. *Burst EDO*)
- *ESDRAM* i *CDRAM* (eng. *Enhanced SDRAM* i *Cache DRAM*)
- *JEDEC SDRAM*
- *DDR SDRAM* (eng. *Double Data Rate SDRAM*)
- *SGRAM* (eng. *Synchronous Graphics RAM*)
- *RDRAM* (eng. *Rambus DRAM*)
- *SLDRAM* (eng. *Synchronous Link DRAM*)
- *EDRAM* (eng. *Enhanced SDRAM*)
- *eDRAM* (eng. *embedded DRAM*)

Keš memorija

1. L1 keš
2. L2 keš
3. L3 keš
4. L4 keš



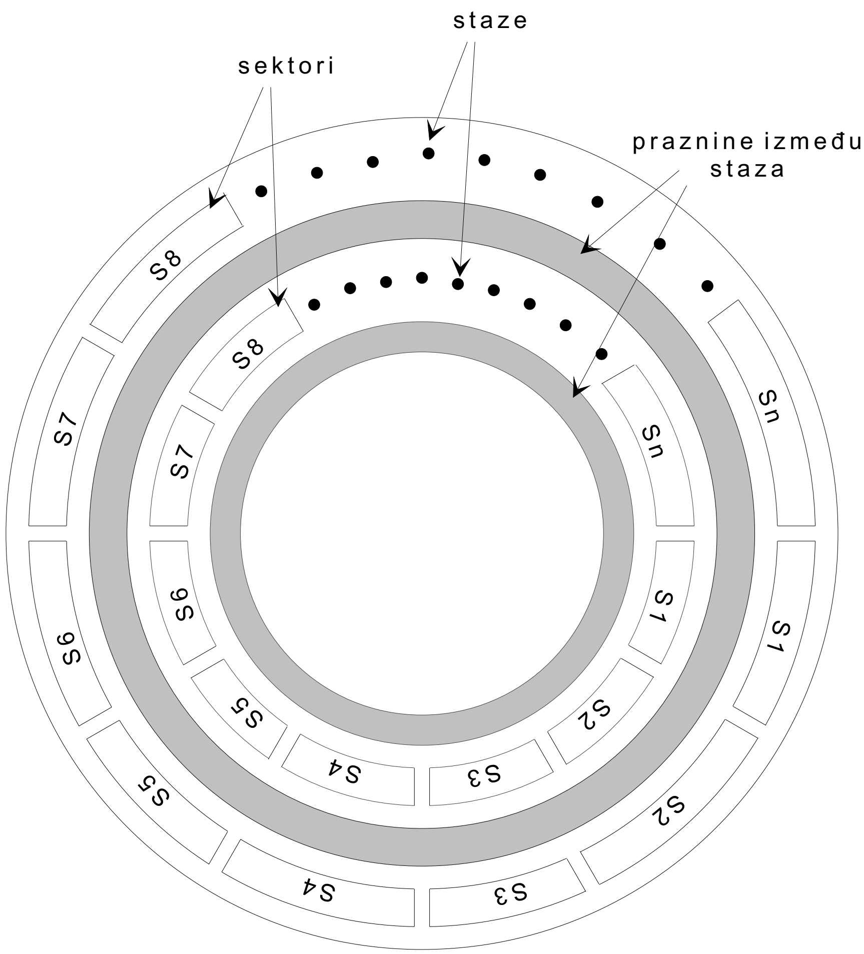
Slika 2: Arhitektura sa 4 nivoa keš memorije

Spoljašnja memorija

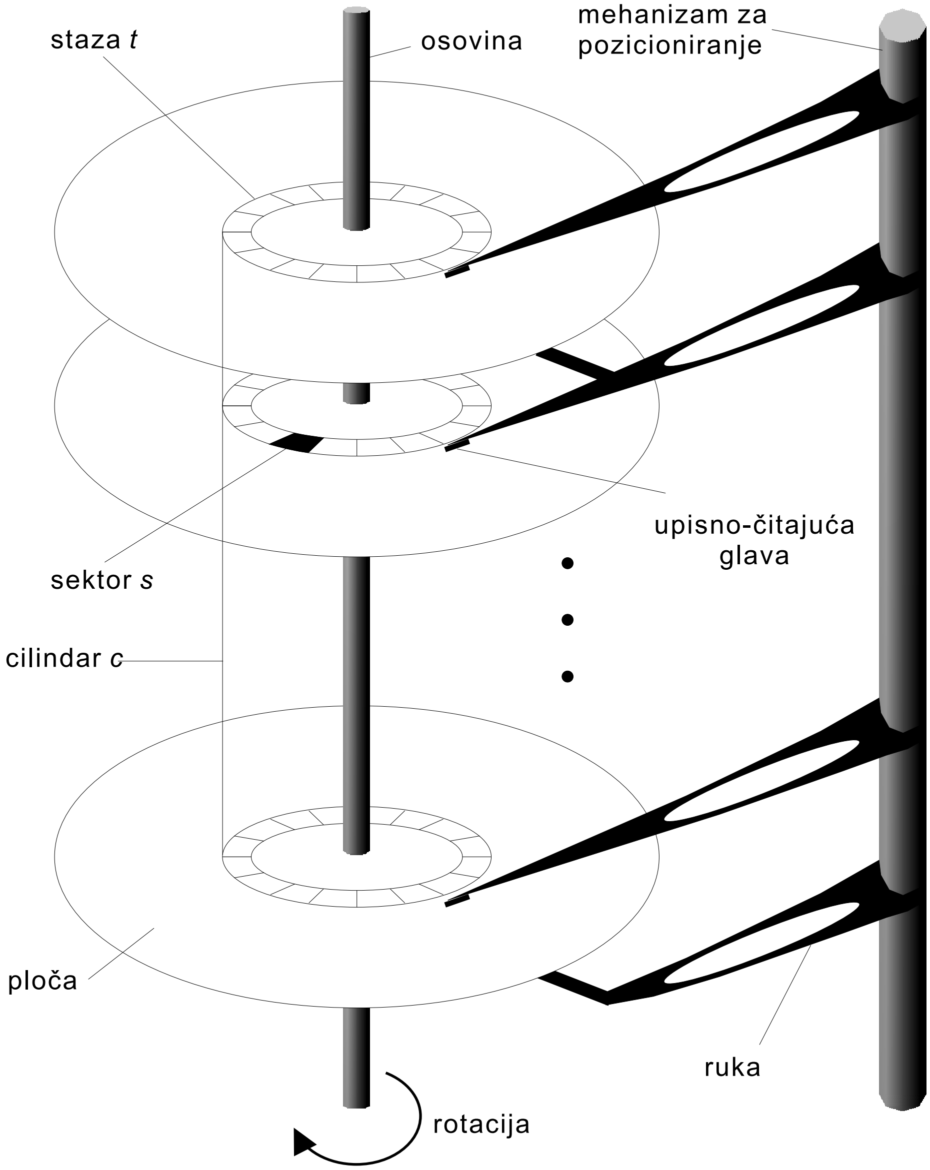
Sadržaj spoljašnjem memorije je stalan – po prestanku električnog napajanja ne gubi sadržaj.

Magnetni diskovi

- Sastoje se od kružnih ploča
- Ploče su napravljene od metala ili plastike i prevučene supstancom koja poseduje magnetna svojstva.
- Podaci se upisuju preko posebnog provodnika sa navojnim kalemom koji se naziva *upisno-čitajuća glava*.



Slika 3: Izgled ploče diska



Slika 4: Disk jedinica sa više disk ploča

Formatiranje je proces upisa staza, sektora i kontrolnih podataka na disk. Kod medjusobnog odnosa cilindara, staza i sektora razlikujemo dve mogućnosti:

1. Kod disk uredjaja prethodnih generacija svaka staza sadrži istu količinu podataka. Zbog toga je gustina zapisa veća na unutrašnjim nego na spoljašnjim stazama.

   Ovi disk uredjaji su adresu podatka generisali kao uredjenu trojku koja je sadržavala broj cilindra, broj staze unutar tog cilindra i broj sektora unutar staze.

2. Disk uredjaji nove generacije se adresiraju kao jedan veliki jednodimenzioni niz logičkih blokova, pri čemu je logički blok najmanja jedinica prenosa. Veličina logičkog bloka je obično 512 bajtova, mada na nekim diskovima može biti i drugačija.

   Jednodimenzionalni niz logičkih blokova se redom preslikava u sektore diska. Sektor 0 je prvi sektor na prvoj stazi cilindra sa najvećim poluprečnikom. Proces preslikavanja se nastavlja u okviru ove staze, zatim kroz ostale staze na tom cilindru i posle toga kroz ostale cilindre idući od spoljašnjih cilindara ka unutrašnjim.

   Savremeni diskovi su organizovani u zone cilindara. U svakoj od tih zona broj sektora po stazi je konstantan, pri čemu zone na obodu imaju veći broj sektora od zona koje su bliže središtu diska. Uobičajeno je da spoljašnje zone imaju do 40% više sektora od unutrašnjih zona.

Formatiranje diska

1. **Formatiranje niskog nivoa** (eng. *low-level formating, physical formating*) upisuje na disk specijalne strukture koje se nazivaju sektori.
   - Obično se radi u fabrici kao deo proizvodnog procesa.
   - Omogućuje proizvodjaču da testira disk i inicijalizuje preslikavanje izmedju brojeva logičkih blokova i sektora diska koji nemaju oštećenje.
   - Moguće je izabrati različite veličine sektora (256, 512 ili 1024 bajta).
   - Veći sektor $\Rightarrow$ manji broj sektora na stazi $\Rightarrow$ manje zaglavlja i završnih slogova $\Rightarrow$ više prostora za podatke.
   - Neki operativni sistemi rade samo sa diskovima koji imaju sektore veličine 512 bajta.
   - **Ne preporučuje se krajnjim korisnicima.**
2. **Logičko formatiranje**. Da bi formatiran disk mogao da čuva podatke, potrebno je da operativni sistem upiše svoje strukture podatka na disk.
   - Deljenje diska (particionisanje) u jednu ili više grupa cilindara.
   - Logičko formatiranje u kome operativni sistem upisuje strukture podataka koje mu omogućuju rad sa datotekama. Ove strukture mogu da uključe preslikavanja izmedju praznog i zauzetog prostora na disku, kao i početne prazne direktorijume.

Karakteristike diska

- Broj upisno/čitajućih glava
- Jednostrani/dvostrani
- Fiksni/izmenjivi

Vreme pristupa disku

- *Vreme traženja* (eng. *seek time*) koje predstavlja vreme potrebno za pomeranje ruke sa glavom na cilindar koji sadrži željeni sektor.
- *Rotaciono kašnjenje* (eng. *rotational latency*) je vreme čekanja da se usled rotacije diska željeni sektor pozicionira ispod glave.

Opseg diska je ukupan broj prenetih bajtova podeljen sa ukupnim vremenom izmedju prvog zahteva za prenosom i završetka poslednjeg prenosa.

RAID tehnologija

1. DASD uredjaji (eng. *Direct Access Storage Devices*)

2. RAID (niz redundantnih nezavisnih diskova, eng. *Redundant Array of Independent Disks*). Podržava veliki broj jedinica diskova sa kontrolerskim čipom i ugradjenim specijalizovanim sofverom. Umesto smeštanja podataka na jedinicu diska jednim putem RAID istovremeno razmešta podatke preko više paralelnih puteva i na ovaj način dobija kraće vreme odziva.

RAID nivoi

1. *RAID-0* – “komadanje podataka”.
   - Podaci se pišu sekvencijalno (u komadima) na nekoliko različitih diskova umesto na jedan disk u kontinuitetu.
   - Obezbedjuje poboljšanje U/I performansi ali ne nudi zaštitu od otkaza pojedinih komponenti.
2. *RAID-1* – dvostruko pisanje ili uzimanje slike podataka (eng. *data mirroring*).
   - Isti podaci se pišu na dve različite diske jedinice istovremeno.
   - Najprostija i najefikasnija RAID implementacija sa stanovišta performansi.
   - Nedostatak povećana cena za dupliranje kapaciteta diskova, kao i problemi sa zaštitom obe kopije podataka od neautorizovanog pristupa.
3. *RAID-2* – korišćenje svih diskova kao jednog uredjaja za sve vrste pristupa.
   - Podaci se dele u vrlo male komade (obično bajtove ili reči).
   - Da bi rad bio efikasan svi diskovi moraju zajedno da se sinhronizuju.
   - Kodovi za korekciju grešaka se izračunavaju za sve diskove i čuvaju na dodatnim diskovima.
   - Ima efekta jedino u slučaju pojave jako velikog broja grešaka na diskovima.

4. *RAID-3* – sličan RAID-2; umesto ECC koda koriste se informacije o parnosti podataka.

    - Koristi jedan redundantni disk koji se naziva *disk parnosti*.
    - Informacije sa diska parnosti se koriste za potrebe oporavka podataka u slučaju otkaza nekog od ostalih diskova.
    - Informacije o parnosti se izračunavaju za pojedinačne skupove bitova koji se nalaze na istoj poziciji na svim diskovima.
    - Disk parnosti predstavlja usko grlo.

5. *RAID-4* – omogućuje pristup pojedinačnim delovima podataka.

    - Parnost se računa za svaki bit odgovarajućih delova podataka na diskovima i dobijene vrednosti se čuvaju na redundantnom disku.
    - Jedan logički upis zahteva dva fizička upisa.
    - Disk parnosti predstavlja usko grlo.
    - Vrlo retko se implementira.

6. *RAID-5* – sličan RAID-4; deli informacije o parnosti.

    - Informacije o parnosti se dele i zapisuju na dva ili više diskova koji sadrže i podatke.
    - Višestruke operacije pisanja po više diskova $\Rightarrow$ odlaganje izvršavanja pojedinih operacija
    - Izbegava stvaranje uskog grla kao kod RAID-3

7. *RAID-6* se ne koristi često u komercijalnim aplikacijama.

    - Istovremeno se koriste dve šeme za kontrolu parnosti.
    - Omogućuje se rekonstrukcija podataka i u slučaju otkaza dva diska.
    - Povećana kompleksnost RAID obrade $\Rightarrow$ duža odlaganja izvršavanja programa.

8. U *RAID-7* nivou svi U/I prenosi su asinhroni i nezavisno kontrolisani i keširani.

    - Sva čitanja i pisanja su centralno keširana.
    - Komunikacione kanale kontroliše poseban operativni sistem koji radi u realnom vremenu.
    - Bitovi potrebni za kontrolu parnosti se čuvaju u kešu.
    - Nedostatak ovog nivoa – podržan je od strane samo jednog proizvođača.

9. *RAID-10* tehnologija omogućuje vrlo visoku pouzdanost kombinovanu sa visokim performansama.

    - Suština – slika podataka (kao kod RAID-1) se deli na više komada (kao kod RAID-0).
    - Implementira se kao skup segmenata koji se sastoje od RAID-1 nizova diskova.
    - Zahteva minimalno 4 diska za rad.
    - Nedostaci – visoka cena, slaba iskorišćenost diskova (zbog uzimanja kopije podataka) i ograničena skalabilnost (dodavanje novih diskova zahteva kompletnu rekonfiguraciju).
    - Preporučuje se za servere baza podataka koji zahtevaju visoke performanse i otpornost na greške.

10. *RAID-53* je implementiran kao podeljen niz (RAID-0) čiji se segmenti sastoje od RAID-3 nizova diskova.

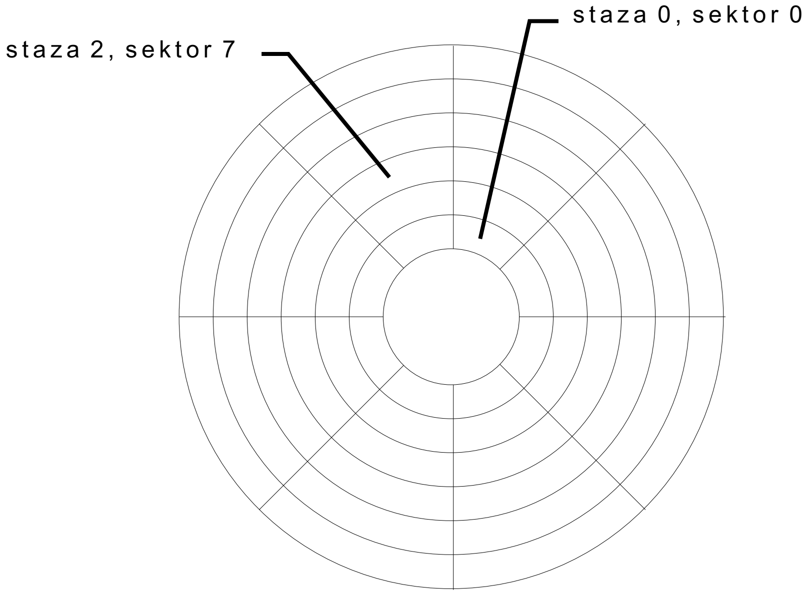
    - Vrlo visoka brzina prenosa podataka (od RAID-3) i obezbedjuje vrlo malo vreme pristupa (od RAID-0).
    - Zahteva minimalno 5 diskova za rad.
    - Nedostaci – vrlo visoka cena, potreba za sinhronizacijom svih grupa diskova i loša iskorišćenost kapaciteta zbog deljenja podataka na različite diskove.

11. *RAID-1+0* se implementira kao slika niza čiji su segmeni nizovi RAID-0 diskova.

    - Otpornost na pojavu grešaka je ista kao i kod RAID-5 nivoa, a U/I performanse su slične RAID-0 nivou.
    - Nedostaci – nepostojanje zaštite od otkaza pojedinih komponenti (otkaz jednog diska uzrokuje pad celog sistema jer se u suštini radi o diskovima sa RAID-0 nivoom), vrlo visoka cena i ograničena skalabilnost (dodavanje novih diskova zahteva kompletnu rekonfiguraciju).
    - Preporučuje se u slučajevima kada su potrebne visoke performanse ali ne i visoka pouzdanost, npr. kod aplikacija koje rade sa grafikom ili klasičnih servera datoteka.

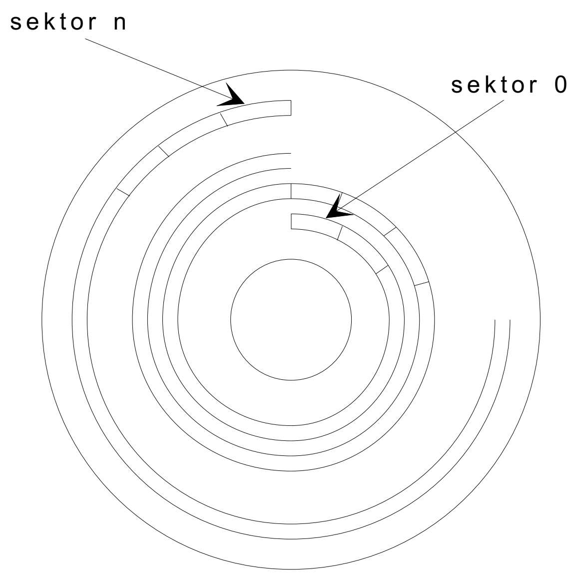
Optički diskovi

- Uvedeni su 1983. godine kao medijum koji omogućuje digitalni zapis muzike (kompakt disk audio, CD-DA).
- Podaci se čitaju tako što ploča diska rotira ispod mehanizma za čitanje.
- Čuvanje i čitanje podataka se može izvesti na dva načina:
  1. Mehanizmom koji se naziva **konstantna ugaona brzina** (eng. *constant angular velocity, CAV*).
     - Pri rotaciji disk ploče konstantnom brzinom podaci na obodu diska prolaze ispod mehanizma za čitanje sporije nego podaci koji se nalaze bliže centru.
     - Da bi mehanizam za čitanje mogao da čita u odredjenom vremenskom intervalu jednake količine podataka sa sa različitih staza ova razlika u brzinama je morala da bude nadoknadjena.
     - Prostor izmedju bitova na delovima diska koji su bliži obodu je veći što omogćuje čitanje istom brzinom bez obzira na kojoj stazi su podaci zapisani.
     - Potrebna brzina rotacije diska se naziva konstanta ugaona brzina.
     - Prednost CAV zapisa je mogućnost pristupa svakom pojedinačnom bloku podataka pomoću adrese staze i sektora. $\Rightarrow$ olakšan je slučajni pristup podacima.
     - Nedostatak CAV zapisa je relativno neekonomično korišćenje prostora na disku zbog različite gustina zapisa u sektorima.



Slika 5: Izgled diska koji koristi konstantu ugaonu brzinu

2. Mehanizmom koji se naziva **konstantna linearna brzina** (eng. *constant linear velocity, CLV*).
   - Podaci se pakuju na celom disku u segmente jednake veličine, koji se skeniraju i čitaju istim tempom rotiranjem diska različitim brzinama.
   - Disk rotira sporije kada se čitaju podaci bliže obodu nego kada se čitaju podaci bliže centru diska.
   - Kapacitet staze i rotaciono kašnjenje se povećavaju kako je staza bliža obodu diska.
   - Na taj način se čitanje zapisa obavlja konstantnom linearnom brzinom.
   - Umesto više koncentričnih staza moguće je da postoji samo jedna staza u obliku spirale.
   - Komplikovaniji slučajan pristup podacima



Slika 6: Izgled diska koji koristi konstantu lineanu brzinu

Optički diskovi se dele u tri grupe:

1. Diskove koji su su nasnimljeni i čiji sadržaj ne može da se menja. U ovu grupu spadaju CD-ROM diskovi, CD-DA diskovi i DVD-ROM diskovi, laserdiskovi, itd.

2. Diskove na koje korisnik može jednom da upiše neki sadržaj i posle toga ne može da ga menja. U ovu grupu spadaju CD-R diskovi, DVD-R i WORM diskovi.

3. Diskove čiji sadržaj može da se upisuje i briše bez ograničenja. U ovu grupu spadaju magnetno–optički, CD-RW i DVD-RW diskovi.

Performanse današnjih optičkih diskova su zadovoljavajuće što se tiče brzine; njihov glavni nedostatak je osetljivost na strujanje vazduha, prašinu i prljavštinu.

Neke karakteristike CD diskova

Od optičkih diskova danas se najčešće koriste različiti oblici CD diskova. Neke karakteristike CD diskova su:

- Prečnik standardnog diska je 120mm, a debljina 1.2mm.
- Podaci se smeštaju sekvencijalno u sektorima veličine 2KB.
- Širina staze je 0.6μm, a prostor izmedju staza 1.6μm.
- Za zapis i čitanje podataka koristi se infracrveni laser talasne dužine 780nm. Gustina zapisa je 1Mb/mm^2, odnosno oko 16000 staza/inču.
- Najčešći problem koji se javlja kod CD diskova je da disk nije perfektno ravan i moguća je pojava horizontalne devijacije pri okretanju.

Podaci se na CD diskovima zapisuju u skladu sa sledećim standardima:

- *Red Book* - CD DA
- *Yellow Book* - CD ROM
- *Green Book* - CD I
- *Orange Book* - CD za nasnimavanje
- *White Book* - video CD
- *Blue Book* - CD E

CD-DA

CD-DA (eng. *Compact Disc–Digital Audio*) se koristi za zapis muzike. Kapacitet diskova je 74, 80 ili 90 minuta muzike. Zapis sadrži:

- specifikaciju zvuka,
- sistem za modulaciju i otklanjanje grešaka,
- kontrolni sistem i sistem za prikaz,
- specifikaciju diska koja sadrži početni i završni prostor i prostor za program. Program može da sadrši najviše 99 staza različite dužine, pri čemu svaka staza poseduje indeks za direktno pozicioniranje.

CD-ROM

CD-ROM (eng. *Compact Disc–Read Only Memory*) – dizajniran je za čuvanje različitih tipova računarskih podataka. Pored specifikacije CD-DA, CD-ROM sadrži i strukturu sektora sa ECC kodom i EDC kodom (eng. *error detection code*).

Neke karakteristike CD-ROM-a su:

- Uvodi 2 načina zapisa:
  - Način 1 - za računarske podatke
  - Način 2 - za različite tipove podataka (ravni podaci, audio, video, ...)
- Format logičkih podataka (sistem datoteka) može da bude:
  1. ISO 9660 koji uključuje
     (a) Sadržaj diska (sistemski prostor, opis)
     (b) Nivo 1 - omogućuje zapis imena datoteka u formatu 8+3 karaktera, uz upotrebu samo velikih slova
     (c) Nivo 2 - omogućuje zapis imena datoteka dužine do 31 karaktera.
     (d) Nivo 3 - dopušta nekontinualan zapis datoteka.
  2. Joliet - Ovaj format je Microsoft-ova podrška za dugačka imena datoteka. Prepoznaju ga samo Windows 95/98/XP, WindowsNT i Windows 2000 operativni sistemi.
  3. Rock Ridge - predstavlja proširenje ISO 9660 za POSIX sisteme datoteka (na Unix-olikim operativnim sistemima).
  4. UDF (univerzalni format podataka).

CD ROM-XA je proširenje *Yellow Book* standarda u kome se za zapis podataka koristi strukutra po načinu 2 (ravni podaci, audio, video, ...)

CD-I

Dizajniran je specijalno kao dodatak televizoru, a sadrži informacije o tzv. potrošačkoj elektronici. CD-I sadrži kompletan sistem, zasnovan je na CD-ROM formatu, a može da sadrži video zapis, dodatke za prikazivanje pokreta, itd.

CD za nasnimavanje

CD mediji ovog tipa mogu da se nasnimavaju uz mogućnost postojanja više sesija.

Postoje tri različite specifikacije: za magnetno-optičke diskove, za CD-WO (eng. *CD-Write Only*) i CD-R (eng. *CD-Recordable)* diskove, kao i za CD-RW (eng. *CD-ReWritable*) diskove.

Najčešće korišćeni ISO 9660 zapis je neodgovarajući za CD-R, CD-RW (kao i za DVD) tehnologiju. Umesto njega koristi se UDF ISO 13346 koji propisuje zapisivanje paketa i postojanje virtualne tabele alokacija koja se zapisuje na kraju svake sesije. Ova tabela sadrži fizičke lokacije svake datoteke, kao i podatke iz prethodne virtualne tabele alokacija.

Video CD

Karakteristike Video-CD diskova su:

- Format diska uključuje staze, prosto za VideoCD informacije, prostor sa stavkama za izvodjenje po segmentima i staze sa audio/video i CD-DA zapisima.
- MPEG enkodiranje audio/video zapisa na stazama.
- Prostor sa podacima korisnika za brzo pretraživanje.
- Primere prikazivanja sekvenci i kontrole ponavljanja.

CD E

CD-E definiše proširenja specifikacije CD-a (npr. dve sesije sačinjene od audio zapisa i zapisa podataka). Specifikacija diska uključuje dve sesije (audio i podaci), strukturu direktorijuma koja uključuje dodatane informacije, slike i podatke, MPEG format podataka za kadar slike (zamrznutu sliku), itd.

DVD diskovi

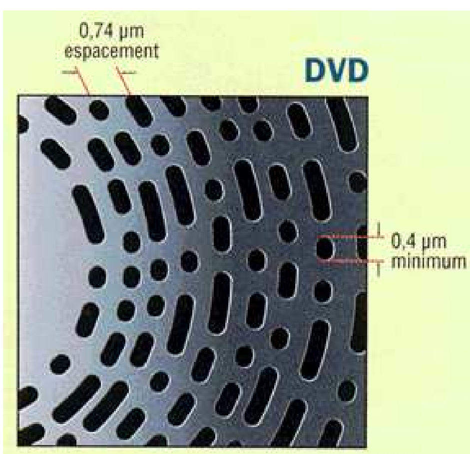
DVD (eng. *Digital Video Disc, Digital Versatile Disc*) su optički diskovi većeg kapaciteta ali fizički iste veličine kao i CD-ROM diskovi. Kapacitet DVD diskova je 4,7GB po jednom nivou zapisa na jednoj strani diska, odnosno 18GB kod diskova sa zapisom na dva nivoa na obe strane diska.

DVD uredjaj koristi crveni laser dužine 650nm dok CD uredjaj koristi infracrveni laser dužine 780nm (slike 7, 8).

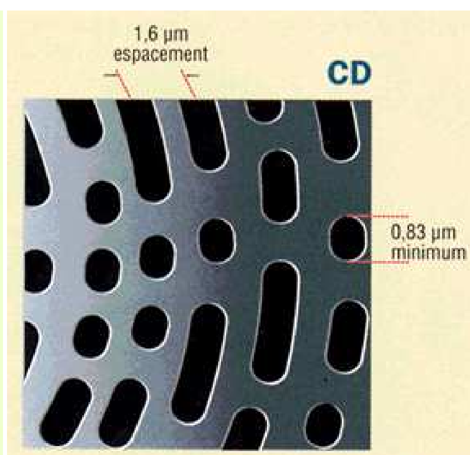
DVD diskovi sadrže DVD zaštitu od dupliranja, CSS (eng. *Content Scrambling System*), regionalno kodiranje (npr. 1 - USA, Kanada, 2 - Japan, Južna Afrika i Bliski istok, itd.). Ovo kodiranje garantuje ekskluzivnost tržišta kao i različite vrste kontrola. Postoje DVD diskovi različitih formata:

- DVD ROM
- DVD Video
- DVD Audio
- DVD R
- DVD RAM/DVD-RW/DVD+RW

Namena im je slična kao kod CD diskova.



Slika 7: Površina DVD diska

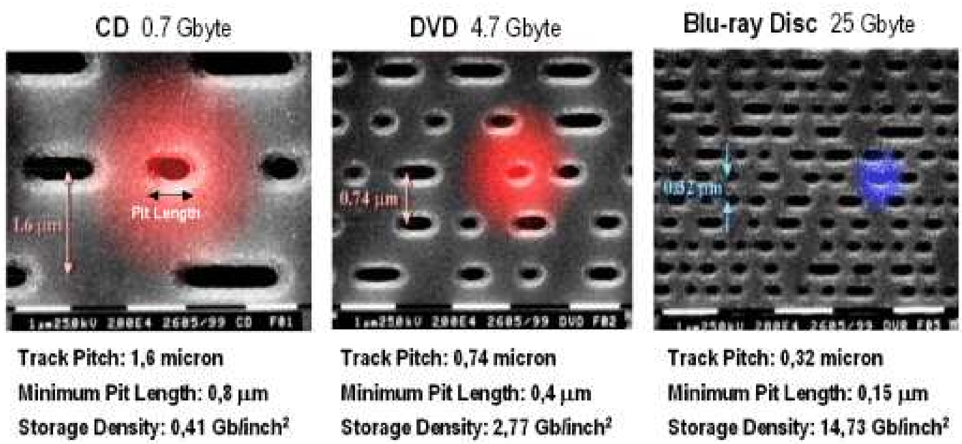


Slika 8: Površina CD diska

BD diskovi

BD (eng. *Blu-ray Disc*) su optički diskovi većeg kapaciteta ali fizički iste veličine kao i CD-ROM odnosno DVD diskovi. Kapacitet BD diskova je 25GB po jednom nivou zapisa na jednoj strani diska, odnosno 50GB kod diskova sa zapisom na dva nivoa na obe strane diska. Najnovije verzije BD diskova omoguĂĞuju 20-slojni zapis zapis podataka. Namena im je slična kao kod CD diskova.

DVD uredjaj koristi plavi laser dužine 405nm (slika 9).



Slika 9: Površina CD, DVD i BD diska (izvor: www.blu-raydisc.com)

Nasnimljeni optički diskovi

CD-ROM

CD-ROM i CD-DA diskovi se prave pomoću master diska, koji se koristi kao matrica pomoću koje se formiraju kopije. Master disk se formira pomoću laserskog snopa velikog intenziteta. Površine sa rupicama na kopijama se presvlače bezbojnim lakom da bi se zaštitile od prljavštine i oštećenja.

CD-ROM i CD-DA diskovi koriste CLV. Kapacitet ovih diskova zavisi od gustine zapisa i rastojanja izmedju staza, tj. delova spirale. Kacitet jednog CD-ROM diska je obično 700MB podataka, a CD-DA diska 80 minuta muzike. Postoje i CD-ROM i CD-DA diskovi iste (fizičke) veličine na kojima može da se zapiše 800MB podataka odnosno 90 minuta muzike. Vreme trajanja zapisa na CD-ROM i CD-DA diskovima se procenjuje na oko 100 godina.

Optički diskovi za jednokratno nasnimavanje

CD-R diskovi

WORM

WORM (eng. *Write-Once, Read-Many-times*) diskovi sadrže tanak sloj aluminijuma izmedju dve ploče od stakla ili plastike. WORM uredjaj upisuje podatke na disk koristeći laserski zrak kojim izbuši malu rupu u aluminijumu. Pošto prostor na kome je rupa ne može da se vrati u prethodno stanje, u bilo koji sektor na disku može da se upisuje samo jednom i promena već upisanih podataka nije moguća. Iako je moguće uništiti informacije na disku pravljenjem novih rupica na površini, nije moguće menjati podatke jer bi ECC kod koji je pridružen svakom sektoru otkrio grešku zbog dodatih rupica.

WORM diskovi koriste CAV način zapisa radi omogućivanja što bržeg pristupa podacima. Kapacitet WORM diskova se kreće od 1,2GB do 9,1GB, uz različit broj bajtova po sektoru (od 512 do 4096).

Optički diskovi sa promenljivim sadržajem

Magnetno–optički diskovi

Diskovi sa promenom faze

Disk sa promenom faze se pravi od materijala koji može da se nalazi u kristalnom ili amorfnom stanju. U zavisnosti od stanja u kome se nalazi, materijal reflektuje laserski zrak različitom jačinom. Fazni sistem koristi laserski zrak različite jačine radi promene 'faze' na površini diska, čime menja stepen refleksije. Najpoznatiji optički diskovi koji spadaju u ovu grupu su CD-RW (eng. *CD–ReWritable*) diskovi.

Diskovi sa obojenim polimerom

Kod diskova sa obojenim polimerom plastična površina je prekrivena slojem boje koji apsorbuje lasersku svetlost. Pri zagrevanju odredjenog mesta laserom boja može da otekne sa zagrevanog mesta i da formira prazninu u pokrivaču. Takodje, zagrevanje može da dovede do omekšavanja boje u okolini i smanjenja kontrasta u odnosu na okolinu.

Diskete

Diskete su vrsta izmenljivih diskova sa relativno ograničenim kapacitetom. su diskete.

Postoji više vrsta disketa koje primenjuju različitu tehnologiju za čuvanje podataka, npr. magnetne diskete, optičke diskete, itd.

Magnetne diskete

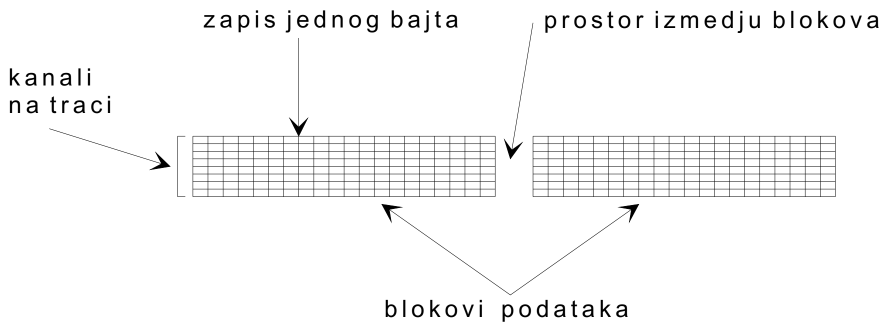
Magnetna disketa je tanka i savitljiva (eng. *floppy* - savitljiv) ploča plastike pokrivena slojem magnetnog materijala. Prva magnetna disketa pojavila se 1970. godine i imala je veličinu 8 inča; danas su u upotrebi diskete veličine 3.5 inča.

- Podaci se beleže pomoću sektorske metode zapisa.
- Na disketi postoji 40 do 80 staza koje se dele u sektore.
- Podela staza na sektore se vrši na dva načina:
  - Na IBM PC (i njima kompatibilnim) računarima svaka staza ima isti broj sektora tako da su podaci u stazama sa manjim poluprečnikom mnogo gušće spakovani nego u stazama sa većim poluprečnikom.
  - Na Apple Macintosh računarima svaka staza ima konstantu gustinu zapisa, tako da staze sa većim poluprečnikom sadrže veći broj sektora.
- Faktori od kojih zavisi kapacitet diskete:
  - Da li disketa može da čuva podatke samo na jednoj ili na obe strane.
  - Od broja staza na disketi, kao i broj bitova po inču koji se mogu upisati na disketu.

	DS/DD	DS/HD	DS/QD
5.25”	360K	1.2MB	2.4MB
3.5”	720K	1.44MB	2.88MB

Magnetne trake

Magnetne trake su napravljene od tanke plastične trake i prevučene su supstancom koja može da se namagnetiše. Tradicionalne magnetne trake sa koturovima upisuju svaki bajt podataka sekvencijalno u kolone koje sadrže odredjen broj kanala. *Kanali* na traci predstavljaju polja u kojima se mogu upisivati informacije, odnosno bitovi informacija. Broj kanala na trakama varira od 7 (kod najstarijih modela koji su radili na računarima u BCD kodu), 9 (klasiňe trake sa koturovima), 18, ...128, 256.



Slika 10: Zapis podataka na 9-kanalnoj traci

Klasične trake sa koturovima mogu da sadrže i do 250-300MB, dok kasete (slika 11) sa 256 kanala mogu da sadrže do 40GB podataka, odnosno 120GB sa kompresijom. Procenjeno vreme trajanja arhiviranih podataka na kasetama je 40 godina.

Slika 11: Kasete

U poslednjoj deceniji je razvijeno više novih modela magnetnih traka od kojih su najznačajniji:

- DAT (eng. *Digital Audio Tape*).
- DLT (eng. *Digital Linear Tape*).
- *LTO trake* (eng. *Linear Tape Open*).

Slika 12: Ultrium LTO trake

Ostali oblici spoljašnje memorije

Mehurasta memorija

PCMCIA kartični memorijski uredjaji

Pametne kartice

USB fleš uredjaj

Slika 13: USB fleš uredjaj

Memorijska dugmad

Slika 14: Memorijska dugmad

Slika 15: Mikročip u memorijskom dugmetu

Memorijske kocke

Organizacija podataka na spoljašnjoj memoriji

Efikasno korišćenje računarskog sistema u velikoj meri zavisi od brzine i lakoće korišćenja podataka na spoljšnjoj memoriji. Pored vrste memorijskog medijuma na kome se nalaze podaci, brzina i način pristupa podacima na spoljašnjoj memoriji zavise i od načina organizacije podataka. Podaci na spoljašnjim memorijama su organizovani u obliku tri vrste datoteka:

1. Datoteke sa sekvencijalnom organizacijom podataka. Ovaj metod se sastoji u smeštanju podataka u niz, jedan iza drugog. Slogovi moraju da se čitaju po istom redosledu kako su i upisani.

2. Datoteke sa indeks-sekvencijalnom organizacijom podataka. Indeks–sekvencijalna organizacija koristi sekvencijalnu metodu za upisivanje slogova u datoteku, ali se formira i indeks koji za svaki slog sadrži ključ i adresu njegove fizičke lokacije u datoteci.

3. Datoteke sa direktnim pristupom podacima. Ova organizacija datoteka koristi matematičku formulu nazvanu *hash* algoritam za translaciju ključa pojedinačnog sloga u njegovu fizičku adresu na memorijskom medijumu, bez upotrebe specijalnog indeksa.