

4. SEKUNDARNA MEMORIJA

Kod najvećeg broja savremenih računarskih sistema, fizički kapacitet instalirane glavne memorije nije tako veliki kao adresni prostor koji se može ostvariti dekodiranjem svih adresa CPU-a. Kada program ne može u potpunosti da se smesti u glavnu memoriju, deo koji se u tom trenutku ne izvršava se smešta u sekundarnu memoriju kao što je disk. Naravno, svi delovi programa koji se izvršavaju moraju biti smešteni u glavnoj memoriji. Kada neki novi segment programa treba da se kopira u kompletno popunjenu glavnu memoriju, on mora da se zameni drugim segmentom koji se već nalazi u glavnoj memoriji. Savremeni računari mogu upravljati ovakvim tipovima operacija automatski, tako da programer nije svestan svih detalja. Tehnike upravljanja memorijom izučavaće se kasnije.

Sekundarne memorije se koriste za čuvanje skupova podataka znatno većeg obima u odnosu na one koji se mogu čuvati u glavnoj memoriji.

4.1. Uređaji za masovno memorisanje

Već smo se do sada upoznali sa poluprovodničkim memorijama tipa RAM, ROM, EPROM i EEPROM. Svi ovi memorijski sklopovi adresiraju se direktno, tj. bilo koja lokacija se može birati (selektovati) na osnovu odgovarajuće adrese. Zovu se često memorije sa proizvoljnim pristupom, a od njih se organizuje glavna ili radna memorija.

Sa druge strane, uređaji za masovno memorisanje se razlikuju od glavne memorije u sledećim aspektima:

- nisu direktno adresibilni,
- niža im je cena po bitu,
- nakon isključenja napajanja ne gube informaciju,
- imaju relativno spori pristup.

Drugim rečima, glavna memorija je namenjena za smeštaj podataka i programa koje se aktivno koriste (sve lokacije moraju biti direktno adresibilne), a uređaji za masovno memorisanje se koriste za smeštaj programa i podataka koji se aktivno ne koriste u tom trenutku. Uređaj za masovno memorisanje može koristiti magnetni ili optički sistem zapisa.

4.2. Principi magnetnog zapisa

Magnetni zapis je najčešće korišćena tehnologija kod masovnih memorija. Osnovni princip rada sastoji se u sledećem:

- a) Elektromagnet može namagnetisati feritni materijal (žica) koji se pomera ispod njega (princip upisa).
- b) Kada se namagnetisani materijal (žica) pomera ispod nepobuđenog kalema, indukuje se napon u kalemu (princip čitanja).

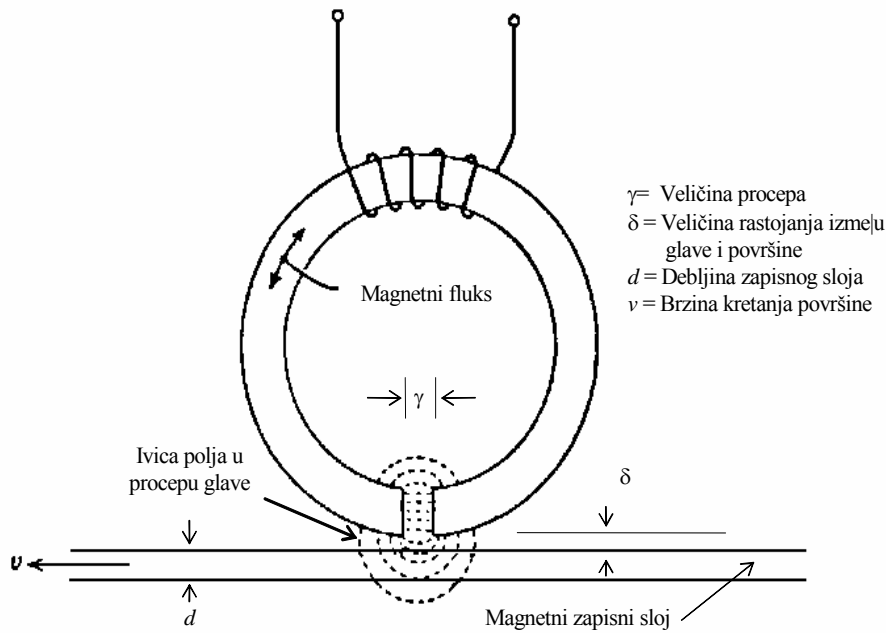
Čelična žica koja je prvobitno bila korišćena kao feritni materijal kasnije je zamenjena trakom na koju je nanet prah Fe_2O_3 . Glava za čitanje/upis je u osnovi elektromagnet sa jako fokusiranim magnetnim poljem.

Na slici 4.1 prikazana je struktura glave za čitanje/upis, nazvana kružna glava. Ona se sastoji od feritnog prstena sa malim procepom u blizini površine zapisa. Svaka strana procepa je efektivno jedan pol magneta. U malom procepu javlja se jako koncentrisano polje.

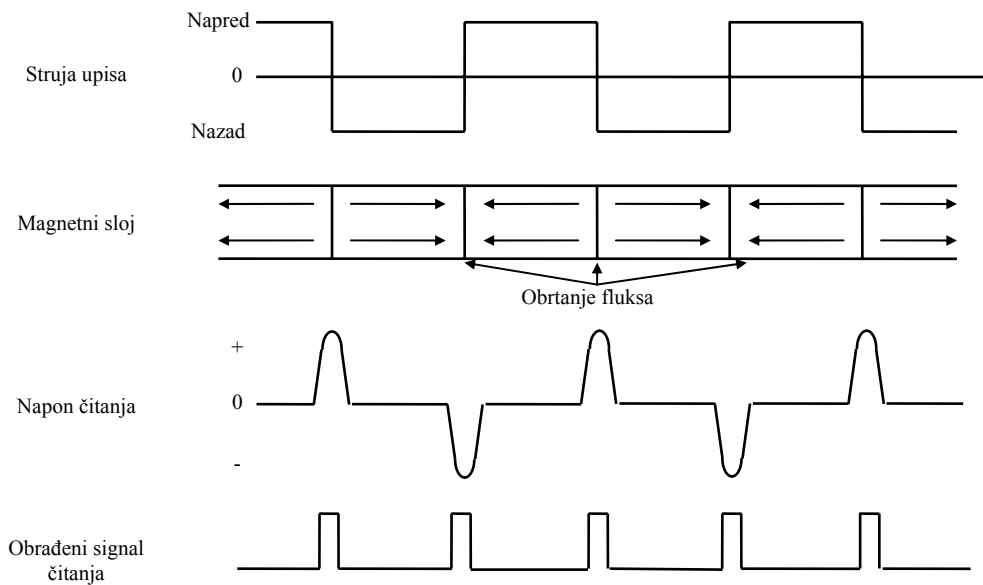
Da bi se jednostavnije analizirao proces zapisa usvojicemo da feritno-oksadni materijal čini veliki broj (oko 1 000 000) tankih magneta u obliku štapića, ili dipola, koji su proizvoljno orijentisani. Zbog te proizvoljne orijentacije elektromagnetno polje je jednako nuli. Kada se dipoli dovedu u blizinu elektromagnetnog polja oni se usmeravaju pod njegovim uticajem. Kada uticaj polja prestane neki dipoli se ponovo proizvoljno usmeravaju, a neki zadržavaju usmerenost koju su dobili pod uticajem polja. Na taj način materijal postaje namagnetisan.

Male oblasti na magnetnom medijumu, nazvane domeni, mogu se nezavisno namagnetisati od susednih oblasti. Svaki domen može da ima suprotan polaritet u odnosu na susedni domen. Promena od jednog domena na drugi, koji ima suprotnu magnetnu polarizaciju, zove se obrtanje fluksa (*flux reversal*). Gustina zapisa na disku ili

traci se izražava kao obrtanje fluksa po inču (*flux reversal per inch - frpi*), što se često naziva promena fluksa po inču (*flux change per inch - fci*).



Sl. 4.1. Struktura kružne glave za upis/čitanje.



Sl. 4.2. Odnos signala za upis, obrtanje fluksa i signala za čitanje.

Kod najvećeg broja sistema za zapis linije fluksa su paralelne u odnosu na smer kretanja, pa se ovaj format zapisa zove longitudinalni zapis. Postoji takođe i vertikalni zapis, ali se on tehnički teže izvodi. Kod analognog zapisa (klasični magnetofoni) koristi se promenljiva jačina magnetnog polja za zapis analognog signala (kontinualno promenljivi signal sa neograničenim brojem nivoa). Kod digitalnog zapisa, kakav se koristi u računarstvu, primenjuje se zapis sa zasićenjem. Svaki domen se namagnetiše, što je moguće više, na jedan polaritet ili drugi. Ovakav princip zapisa zahteva veće brzine ali se odlikuje većom imunošću na smetnje.

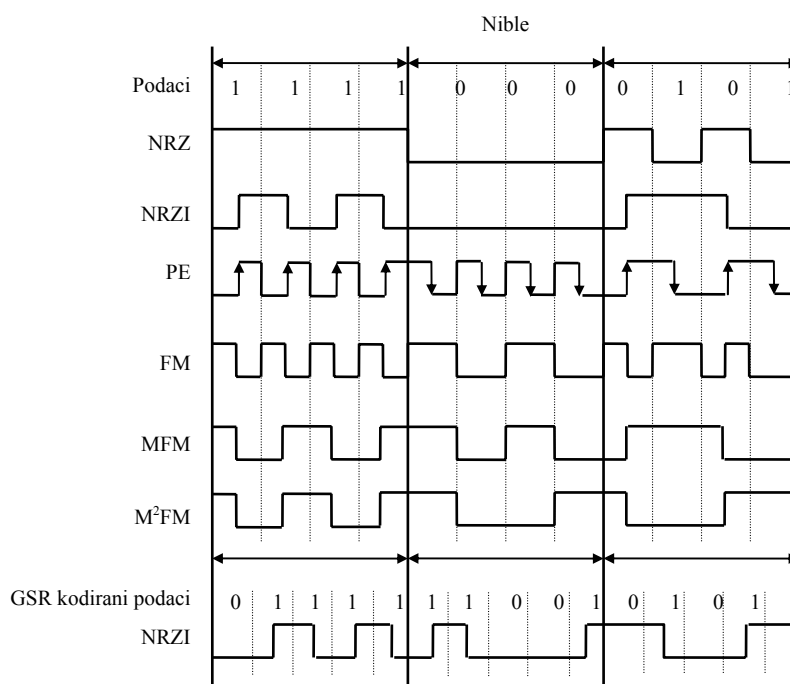
Na slici 4.2 prikazan je odnos između signala za upis, obrtanja fluksa i signala čitanja kod sistema koji koriste zapis sa zasićenjem.

4.2.1. Kodiranje podataka

Podaci se kodiraju (šifriraju) u promene fluksa na veći broj načina. Problem je sličan serijskom prenosu podataka; serijski niz bitova se mora upisati na takav način da se bit pozicije mogu lako odrediti kada se podatak čita (neki sistemi zapisa koje srećemo kod velikih računara koriste paralelni zapis, sa jednim kanalom zapisa po bitu. Gustina podataka se meri u bitovima po inču (*bits per inch* - bits/in ili bpi).

Postoje dva konfliktna zahteva kod kodiranja podataka za magnetni zapis. Prvi, poželjno je kodirati što je moguće veći broj bitova podataka za dati broj promena fluksa. Drugi, kodirani podaci moraju biti samotaktovani (*self-clocking*) tako da kolo za čitanje može da odredi lokaciju svakog bita. Ako rastojanja između promene fluksa nisu tako velika, tada se pomoću specijalnog elektronskog sklopa (PPL - *Phase Lock Loop*) može izdvojiti bitska brzina iz kodirane povorke podataka.

Na slici 4.3 prikazano je nekoliko mogućih metoda kodiranja. Kod svih metoda, za kodiranje svakog bita, koristi se jedinica nazvana bitska ćelija. Bitska ćelija je jedinica prostora na površini magnetnog medijuma i predstavlja jedinicu vremena u odnosu na signale za upis i čitanje.



Sl. 4.3. Metodi kodiranja podataka.

Najprostija i najefikasnija tehnika je NRZ (*No Return to Zero*), koja se koristi za serijski prenos podataka. Na žalost, NRZ nije samotaktovana; signal može biti na visoko ili nisko za proizvoljan vremenski period, čime se čini tehnički nemogućim izdvajanje takta iz podataka, pa se zbog toga NRZ ne koristi kod magnetnog zapisa. Kod NRZI (*No Return to Zero Invert*) podaci se kodiraju na taj način što se generiše promena fluksa za svaki bit koji ima vrednost 1, a ne generiše se promene za svaki bit koji ima vrednost 0. Ovaj kod je samotaktovan samo ako ne sadrži dugi niz nula.

PE (*Phase Encoding*) je jednostavan samotaktovani metod kodiranja. Promena fluksa postoji u sredini svake bitske ćelije, a smer promene fluksa ukazuje da li je podatak 1 ili 0. Metoda je neefikasna jer zahteva suviše veliki broj fluks prelaza po bitu.

FM (*Frequency Modulation*) ima istu efikasnost kao i PE, ali ne zavisi od smera promene fluksa. FM je sličan sa NRZI u tome što se 1 kodira kao promena fluksa na sredini bitske ćelije, a 0 ne generiše promenu fluksa. Promena fluksa kod 0 javlja se na kraju (granici) bitske ćelije, pa na taj način čini FM samotaktovanom. FM metod se koristi kod *floppy* diskova i zove se *single density* zapis. On zahteva do dve promene fluksa po bitu.

MFM (*Modified Frequency Modulation*) - koristi isti bazični pristup kao i FM ali eliminiše najveći broj fluks promena na granicama bit ćelija. Promena fluksa na granici bitske ćelije se javlja samo ako je prethodni bit 0, a i naredni bit je 0. Ovim kodiranjem se garantuje da se ne mogu javiti više od dve bitske ćelije bez promene fluksa,

pa je zbog toga ovaj metod samotaktovan. MFM se koristi kod *floppy* diskova, a poznata je kao *double density* zapis. U proseku, ova tehnika zahteva jednu promenu fluksa po bitu.

MMFM (*Modified MFM*) - eliminiše neki od prelaza na granici bitskih ćelija u odnosu na MFM. Zadržava MFM pravila, sa izuzetkom što se promenom fluksa na granicama bit ćelija izbacuje ako postoji promena fluksa na početku prethodne ćelije. Ovu tehniku je prvobitno predložila firma Shugart Associates za *double density floppy* diskove, ali je koriste IBM i drugi proizvođači.

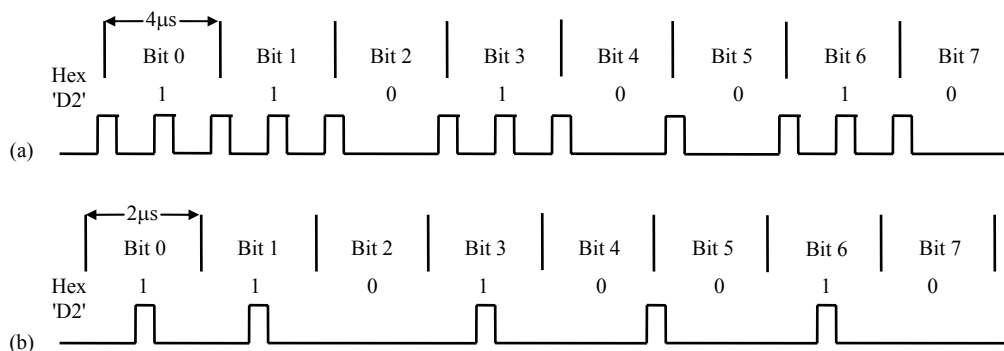
GCR (*Group Coded Recording*) - NRZI tehnika se može modifikovati na samotaktovanu, kao što je prikazano na slici 4.3, pomoću GCR tehnike. Prvo, svaka grupa od četiri bita se prevodi u 5-bitni kod. Zbog toga se ovaj kod zove 4/5 kod. U Tabeli 4.1 je prikazana lista tabele prevođenja. Prevođenjem se povećava broj bitova po podatku za 20%, tako da na prvi pogled to izgleda neekonomično. Ali, 5-bitni kod se definiše tako da se u rezultatnoj povorci bitova garantuje pojava ne više od dve uzastopne nule. Na ovaj način GCR kodirani podaci se mogu zapisivati korišćenjem NRZI, a takođe se garantuje samotaktovanje. Nedostatak GCR-a je relativno jako izražena kompleksnost koderske i dekoderske logike.

Tab. 4.1. Tabela prevođenja GCR koda.

Tetrada podataka	Kod promenljive dužine	Tetrada podataka	Kod promenljive dužine
0000	11001	0000	11010
0001	11011	0001	01001
0010	10010	0010	01010
0011	10011	0011	01011
0100	11101	0100	11110
0101	10101	0101	01101
0110	10110	0110	01110
0111	10111	0111	01111

GCR se zove i RLL kod (*Run-Length-Limited*) s obzirom da on ograničava broj nula koje se mogu javiti u povorci. Najčešće korišćeni kod iz ove grupe je RLL 2,7. Brojevi se odnose na minimalni i maksimalni broj nula koje se mogu javiti u povorci; 2,7 znači da broj uzastopnih nula između jedinica je minimalno 2 a maksimalno 7. Na istom prostoru RLL 2,7 kodom moguće je smestiti 60% više podataka nego na MFM.

Na slici 4.4, ilustracije radi, prikazani su metodi kodiranja podataka za FM i MFM signale.



Sl. 4.4. Metodi kodiranja za FM i MFM signale.

4.2.2. Formati zapisa

Da bi se učinio mogućim pristup individualnim delovima magnetnog zapisa, podaci se dele u *sekcije*. Ove sekcije, kada se govori o trakama, nazivamo *blokovima*, a kada se govori o diskovima zovu se *sektori*.

Svaka sekcija počinje identifikacionim poljem (ID), a završava se kodom za detekciju greške (obično je to *Cyclic Redundancy Check - CRC*). Između sekcija postoje praznine (*gap*) koje su neophodne za njihovo razdvajanje kao i da omoguće da se jedna sekcija modifikuje a da nepostoji uticaj na susedne sekcije. Ovakvo uređenje podataka zove se format. Ukupan broj bitova koji se može zapisati na medijumu se zove neformatirani kapacitet. Iznos koji ostaje aktuelnim podacima (oduzimaju se gapovi, ID polja i CRC-ovi) predstavlja formatirani kapacitet. Formatirani kapacitet je broj koji je interesantan krajnjem korisniku, pošto je to iznos korisničkih podataka koji se mogu čuvati.

Kod najvećeg broja aplikacija na medijum za masovno memorisanje se smešta veliki broj datoteka (*file*). Da bi se locirala datoteka neophodan je adresar (*directory*). Adresar je oblast na početku trake (ili piste na disku)

koja sadrži listu svih datoteka i ukazuje na tačku na disku ili traci gde svaka datoteka počinje. Struktura adresara je određena od strane operativnog sistemskog softvera (operativni sistem - OS). Deo diska ili trake se može koristiti za čuvanje OS-a. Veliki broj sistema poseduje softver u ROM-u ili EPROM-u koji omogućava sistemu da pročita OS sa diska nakon uključanja sistema na napajanje. Ova memorija se često zove bootstrap ROM (*boot ROM*), a proces punjenja OS sa diska u glavnu memoriju računara se zove "*booting*" sistema. *Boot ROM* sadrži onoliko softvera koliko je potrebno da se OS pročita sa diska. Obično je OS smešten na posebnim pistama na disku. OS pruža mogućnost da se obave opšte aktivnosti tipa čitanje/upis. U BIOS (*Basic Input Output System*) ROM-u se čuvaju *boot* funkcije kao i skup potprograma pomoću kojih se ostvaruje standardni softverski interfejs (sprega) sa sistemom.

4.3. Magnetne trake

Istorijski posmatrano, magnetne trake su bile prvi tip sekundarne memorije. Različiti tipovi uređaja za pokretanje traka (*tape drive*) su dostupni danas na tržištu, počev od visoko performansnih "*reel-to-reel*" digitalnih uređaja za pokretanje traka (10 000\$), do klasičnih kućnih magnetofona (50\$). Osnovne karakteristike trake kao medijuma za zapis su:

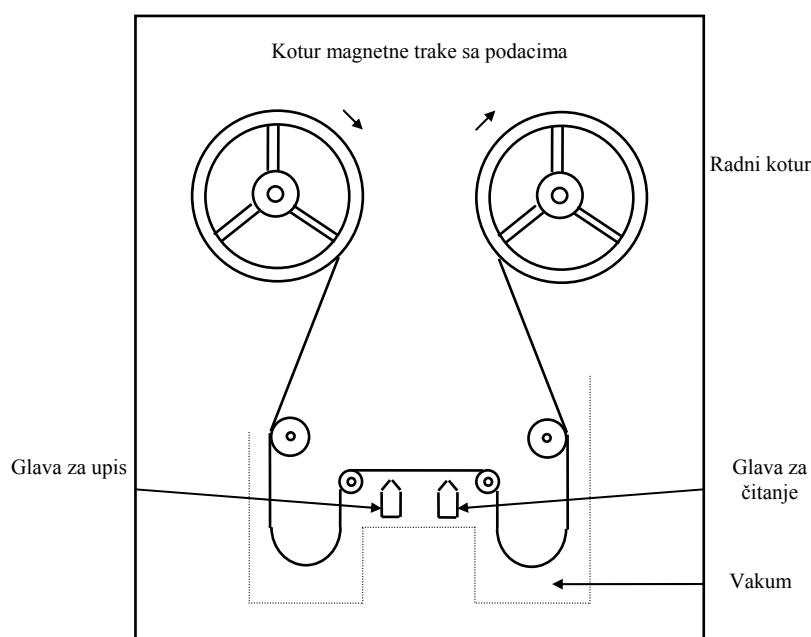
- nisu tako skupe,
- prenosive su,
- mogu čuvati veliku količinu informacija,
- ne zauzimaju prostor, i
- dosta su pouzdane.

Trake se u najvećem broju slučajeva koriste kao medijumi za arhiviranje. Za podatke koji se čuvaju na traci postoji velika verovatnoća da se neće koristiti u bliskoj budućnosti. Zapisu informacije na magnetnoj traci se pristupa sekvencijalno. Ako je traka pozicionirana na početak, da bi se pročitao fizički zapis n potrebno je pročitati jedan za drugim sve fizičke zapise od 1 do $n-1$. Ako se pristupa željenoj informaciji koja se nalazi na kraju trake, program treba da pročita skoro celu traku, a to zahteva dosta dug vremenski period (200s). Trake su pogodne za rad kada su podaci zapisani na traci sekvencijalno. Uređaji za pokretanje trake (drajv) mogu da rade u jednom od sledeća dva načina rada:

- **start-stop** (inkrementalni); drajv trake se može startovati i zaustaviti na svakom bloku podataka.
- **strimer**; predviđeni su za čitanje dugih neprekidnih nizova podataka.

4.3.1. Start-stop drajvovi

Magnetna traka kod ovih drajvova je presvučena magnetnim materijalom, namotana na kotur širine 1,2cm do 3,5cm, a ima dužinu 850m. Kao i magnetofonska traka, može se više puta koristiti (više od 10 000 puta se može vršiti upis ili čitanje jednog podatka na istom mestu).

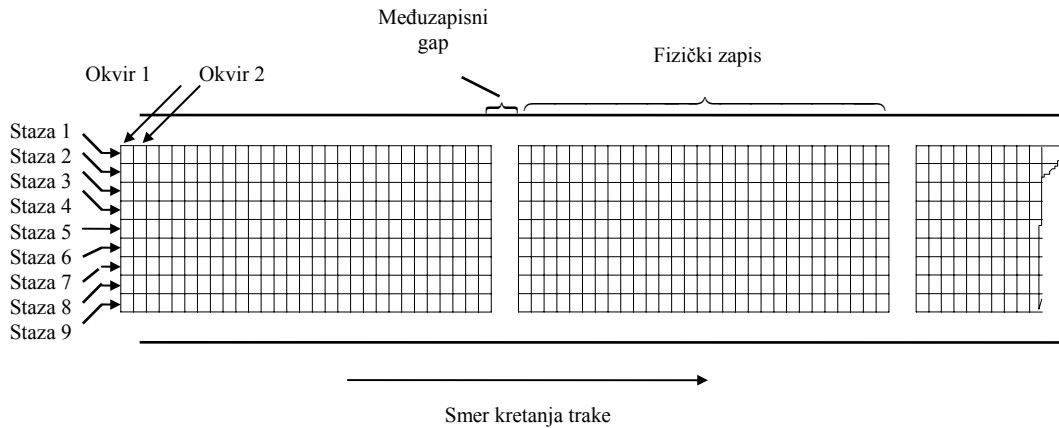


Sl. 4.5. Jedinica magnetne trake.

Kao što je prikazano na slici 4.5, jedinica magnetne trke (*tape drive*) se sastoji od:

- uređaja za pokretanje glave,
- glave za upis i glave za čitanje,
- kotura magnetne trake.

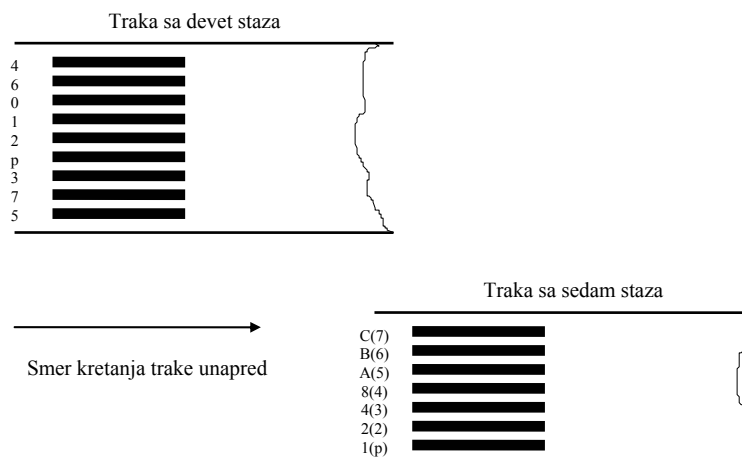
Kod većine sistema, traka se može čitati i unapred i unazad, dok se upis na traku može izvršiti samo kod kretanja trake unapred. Brzina trake kod operacija čitanja i upisa je konstantna i iznosi do 500cm/s (zavisi od modela jedinice). Vreme pokretanja i zaustavljanja trake iznosi 5-30ms, a vreme premotavanja od 1 do 4min. Broj bajtova (znakova) koji može biti upisan na 1 inč trake određuje gustinu upisa. Tipične gustine zapisa su 200, 556, 800, 1600 i 6250bpi (*bits per inch*). Jedna od glavnih karakteristika magnetne trake je gustina zapisa i brzina čitanja i zadaje se u znakovima ili bajtovima u sekundi. Na primer, sa trakom od 1600bpi i brzinom čitanja od 45inča/s može se postići brzina prenosa od 72000znakova/s. Efektivna brzina prenosa je uvek manja od nominalne zbog postojanja neiskorišćenih delova trake (gapovi), kao što je prikazano na slici 4.6.



Sl. 4.6. Zapis informacije na magnetnoj traci.

Podaci se na traku upisuju po pistama (*track*) koje predstavljaju paralelne linije na površini trake na kojima se zapisuje po jedan bit informacije. U zavisnosti od tipa uređaja, informacija se obično zapisuje sa 7 ili 9 pisti, mada postoje trake sa po 18 i 32 piste. Najčešće korišćeni tip zapisa je sa 9 pisti (svaki okvir (*frame*) sadrži 1 bajt, plus redundantni bit, nazvan bit parnosti, koji se koristi radi pouzdanosti, tj. otkrivanja greške). Na slici 4.7 prikazan je fizički raspored pisti kod traka sa 7 ili 9 pisti. Informacije se najčešće registruju na magnetnoj traci u BCD kodu (7 pisti) ili EBCDIC (9 pisti).

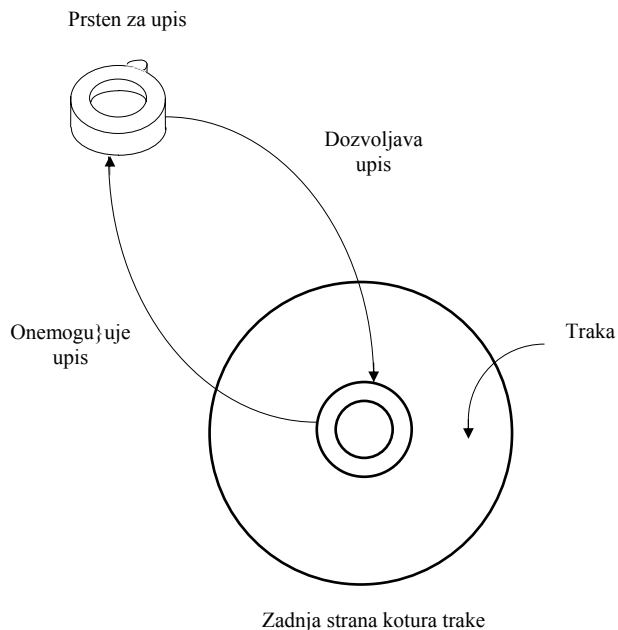
Nakon što je drajver trake završio sa upisom fizičkog zapisa (sekvenca okvira na slici 4.6) on ostavlja prazninu (gap) na traci da bi se izvršilo razdvajanje zapisa od zapisa. Ako je fizički zapis određen programom kratak, tada najveći deo prostora na traci ostaje neiskorišćen (gubi se u gapovima).



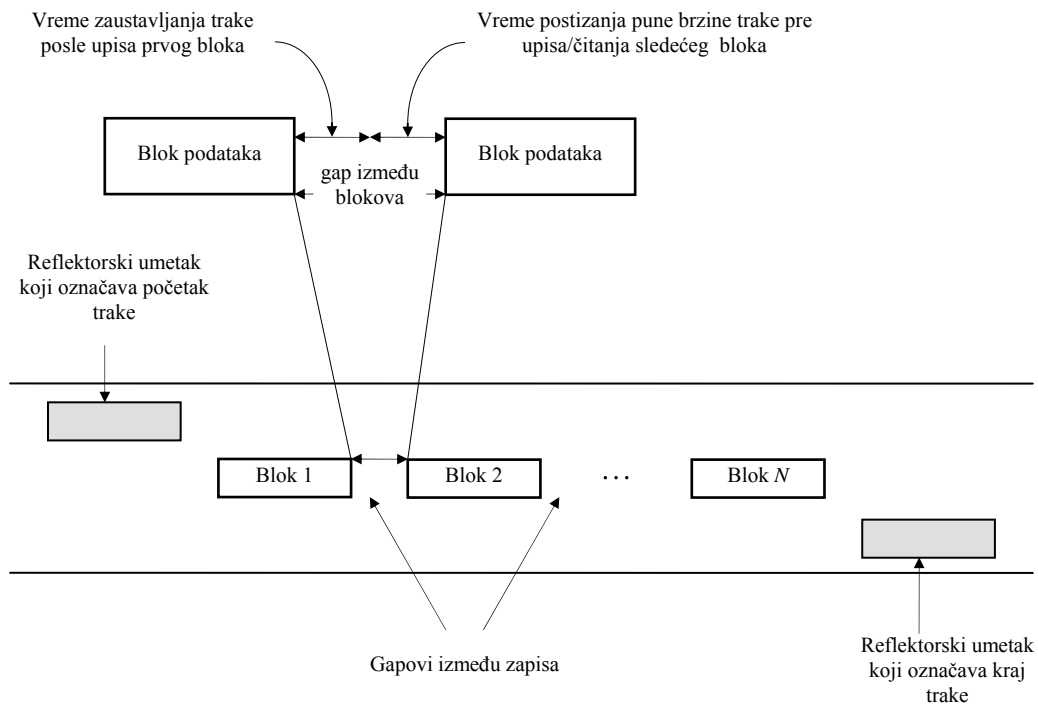
Sl. 4.7. Fizički raspored pisti kod traka sa 7 i 9 pisti.

Da bi se sprečio slučajni (nenamerni) upis na traku, na poleđini kotura trake, kao što je prikazano na slici 4.8, mora da se stavi plastični prsten. Bez tog prstena moguće je samo čitanje trake, ali ne i upis.

Metod koji se koristi za lociranje početka i kraja trake sastoji se u tome da se početak i kraj trake lako određuju glavama za čitanje na osnovu postavljenih aluminijumskih reflektujućih umetaka, kao što je prikazano na slici 4.9. Prvi umetak definiše tačku punjenja na traci (*load point*) koja se nalazi na oko 3m od početka trake, a drugi umetak, marker kraja trake označava kraj trake i nalazi se na oko 4m od fizičkog kraja trake.

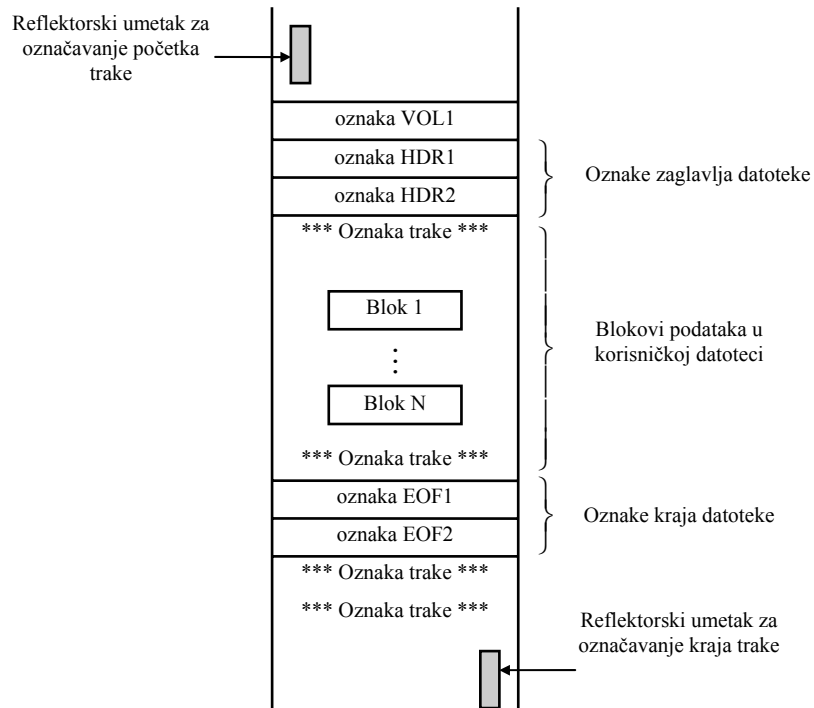


Sl. 4.8. Prsten za upis kod magnetne trake.

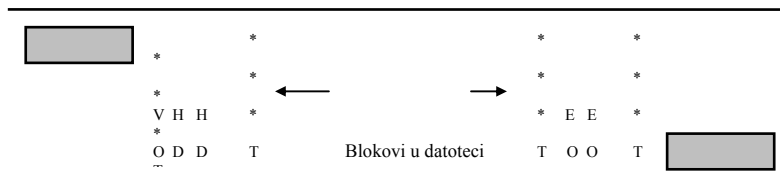


Sl. 4.9. Fizička struktura trake.

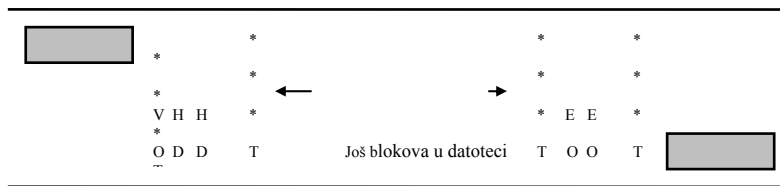
Na slikama 4.10 - 4.12 prikazani su tipovi zapisa i načini organizacije datoteka na trakama.



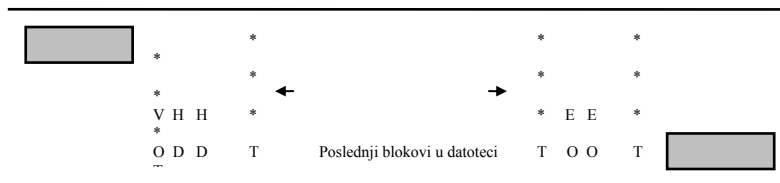
Sl. 4.10. Struktura datoteke na jednom volumenu.



a) Prva datoteka na volumenu trake.

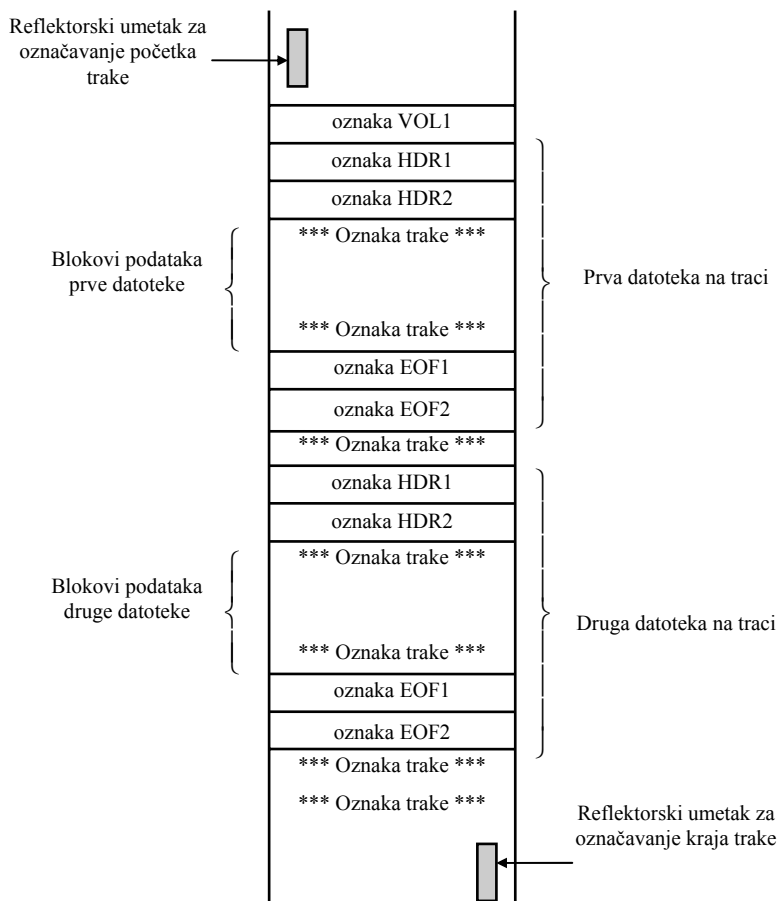


b) Druga datoteka na preposlednjem volumenu trake.



c) Poslednja datoteka na poslednjem volumenu trake.

Sl. 4.11. Datoteka na više volumena.



Sl. 4.12. Traka sa više datoteka.

4.3.2. Strimer trake

Kod start-stop drajvova moguće je vršiti ubrzanje trake od nulte brzine koja fizički odgovara poziciji glave u interzapisnom gapu (slika 4.6) do potpune brzine koja se postiže pre nego što dođe do kontakta između trake i upisno-čitajuće glave, tj. početka novog zapisa. Na ovaj način start-stop drajvovi mogu startovati i zaustavljati traku između dva bloka podataka i ne zahtevaju kontinualnu povorku podataka.

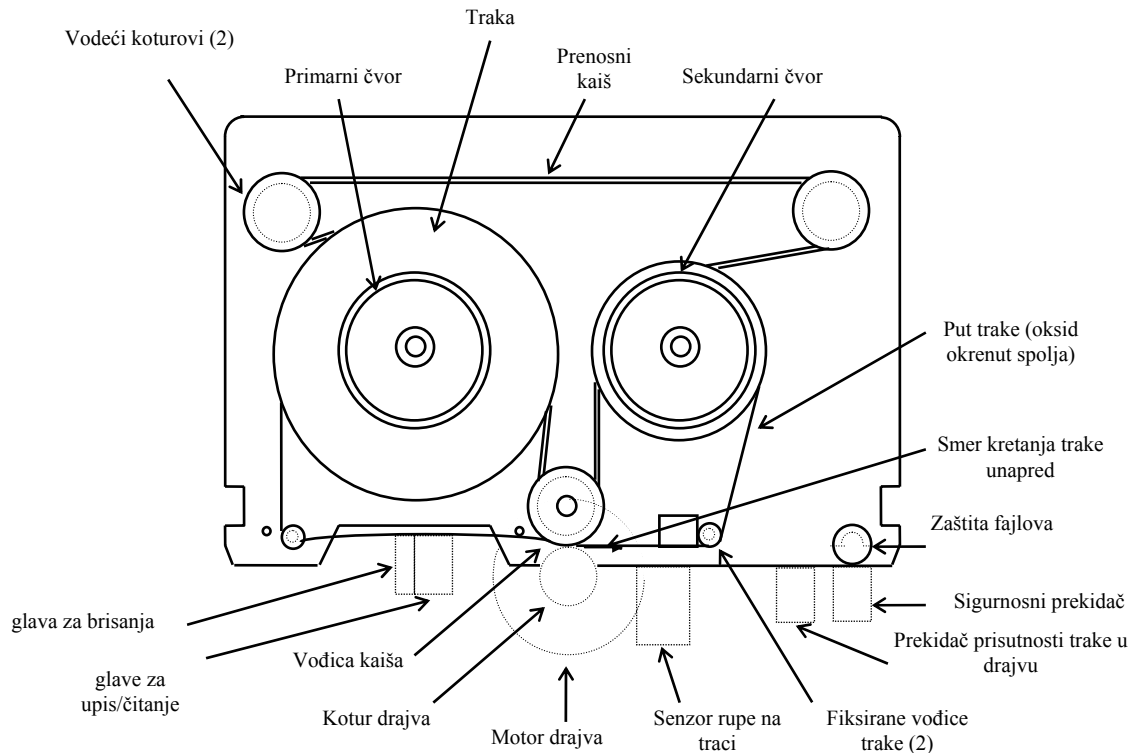
Sa druge strane, za "backup" namene, strimer drajvovi su projektovani za upis i čitanje dugačkih, kontinualnih nizova podataka. Traka se ne zaustavlja između blokova, a prostor koji se rezerviše na traci između blokova je manji, pa je zbog toga ovaj princip rada efikasniji za kopiranje celokupnog sadržaja diska za "backup" namenu. Strimer drajvovi su jeftiniji u odnosu na start-stop drajvove, jer zahtevaju ugradnju jednostavnijeg pokretačkog mehanizma (motor za pokretanje) koji se ne može startovati i zaustaviti tako brzo. Drugim rečima, gapovi između blokova kod strimer trake mogu biti manji u odnosu na start-stop, jer se koriste se samo za odvajanje blokova podataka a ne koriste se za zaustavljanje u određenim pozicijama. S obzirom da su strimer gapovi manji, moguće je zapisati veću količinu informacija na traci, naravno uz veću brzinu prenosa podataka. Nedostatak strimer drajvova ogleda se u maloj brzini repozicioniranja trake.

Uglavnom, strimer trake se koriste kao "backup" za podatke. Jedan od načina backup-a je upisivanje podataka na identičan način kao što je to izvedeno na disku i zove se "image backup". Da bi napravili "image backup" diska kapaciteta 20MB potrebno je otprilike 10-20min, dok je za kopiranje diska od 40MB potrebno vreme od 20-25min.

Drugi način kopiranja izvodi se tako što se prvo izvodi kopiranje celog diska a zatim se menjaju samo one datoteke koje su promenjene. Ovakav rad zahteva obično nekoliko minuta vremena.

Veći broj kaset sa strimer trakom (*tape cartridge*) postao je standardan kao što su:

- DC-100; 100 ft sa 1/4 inčnom trakom.
- DC-300; 300 ft sa 1/4 inčnom trakom, kod ove verzije postoje i trake dužine 450 ili 600ft.
- DC-1000; 0,15 inčna traka (nije kompatibilna sa DC-100)
- DC-2000; 1/4 inčna traka (nije kompatibilna sa DC-300)

Sl. 4.13. Interna struktura *cartridge*-a i mehanizam drajva.

Interna struktura kasete sa strimer trakom, zajedno sa pokretačkim mehanizmom drajva, prikazana je na slici 4.13, a fizički oblik DC-300 i DC-1000 *tape cartridge*-a je prikazan na slici 4.14.

Sl. 4.14. DC-300 i DC-1000 *tape cartridge*.

Formati zapisa kod strimer traka

Postoji veći broj različitih formata koji se koriste za zapis podataka na "*tape cartridge*". Zapisi su u najvećem broju slučajeva nekompatibilni između sebe. Grupa stručnjaka nazvana "*Working Group for Quarter-Inch Drive Compatibility*" (skraćeno QIC) u cilju sređivanja haotičnog stanja formirala je i razvila nekoliko standarda, od kojih su poznatiji

- PC/T (QIC - 100)
- QIC - 24

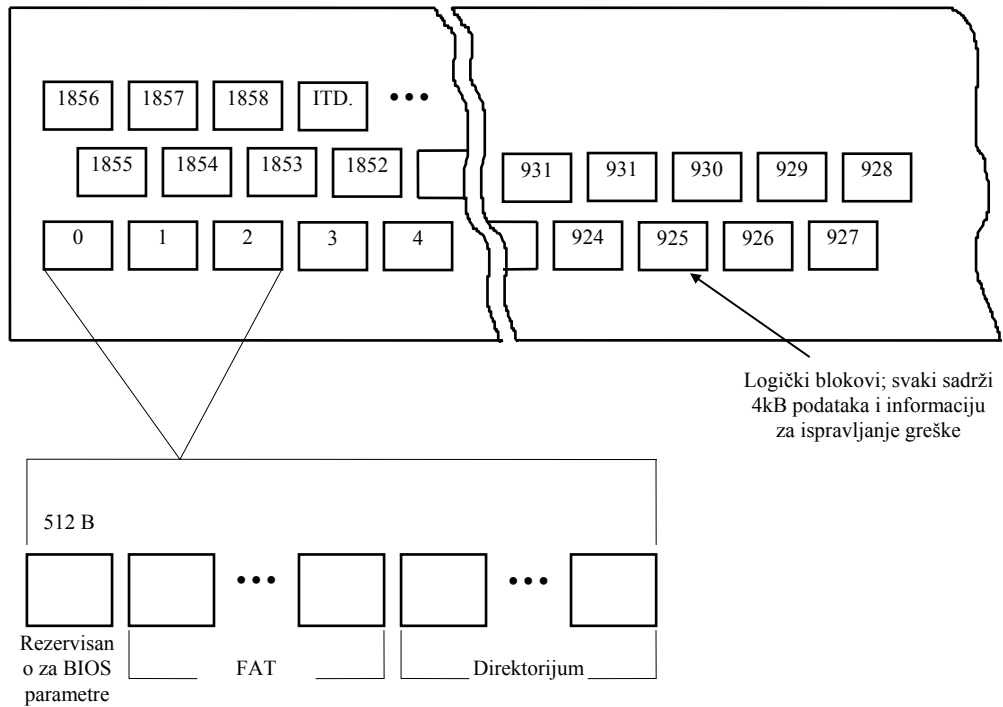
◇ PC/T format:

Veoma je sličan formatu koji se koristi kod fiksnih i fleksibilnih diskova. Jednostavan je za organizaciju informacije na traci u standardni logički format. Svaki blok čine okviri koji sadrže korisne podatke, informacije o grešci, ili informaciju o korišćenju trake i druge informacije. Svaki okvir sastoji se od dva zapisa:

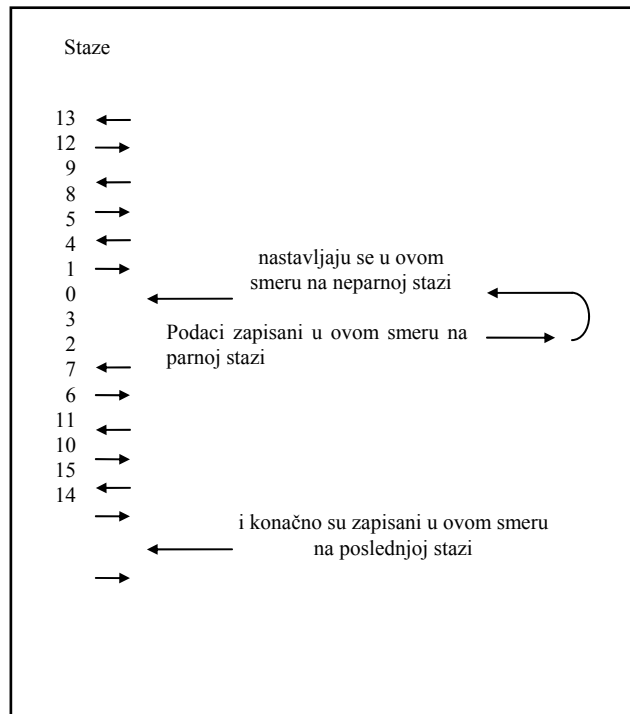
- identifikacioni ID,

- zapis za podatke.

(a)



(b)



Sl. 4.15. PC/T format ima direktorijum (a) na početku trake da bi se za svaki blok omogućila njegova individualna upotreba, kao što se svaki sektor na disku može individualno izabrati. Serpentski zapis se koristi (b) tako da na parnim stazama zapis ide u jednom a na neparnim stazama u drugom smeru.

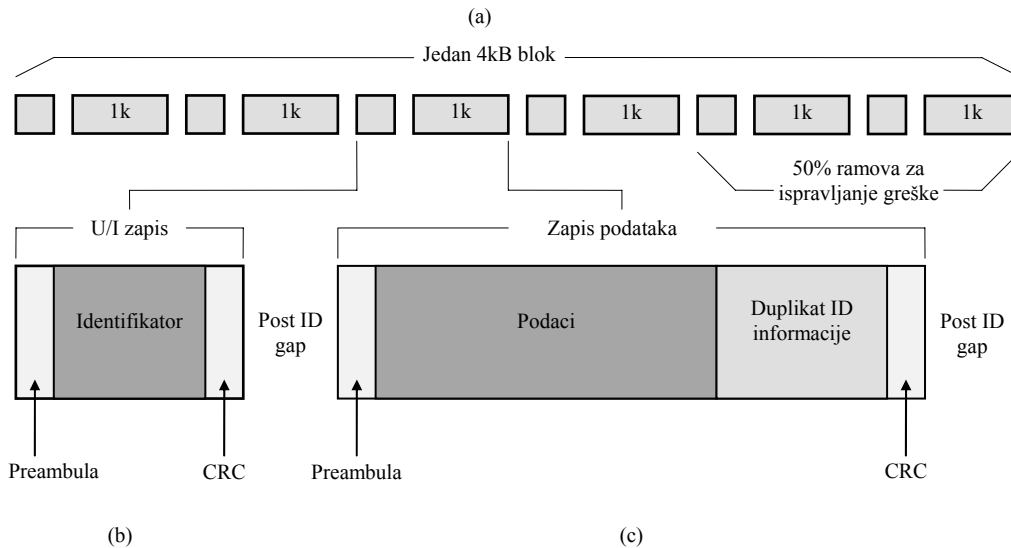
Zapis ID koristi se da odredi lokaciju zapisa podataka, a isto tako da ukaže na sopstvenu lokaciju na traci. ID zapis sadrži:

- lokaciju podataka (broj pista i okvira),
- način organizacije (veličina zapisa, broj okvira po pisti, broj pista po traci, veličina gapa i druge karakteristike bloka podataka),
- informacije o korekciji greške.

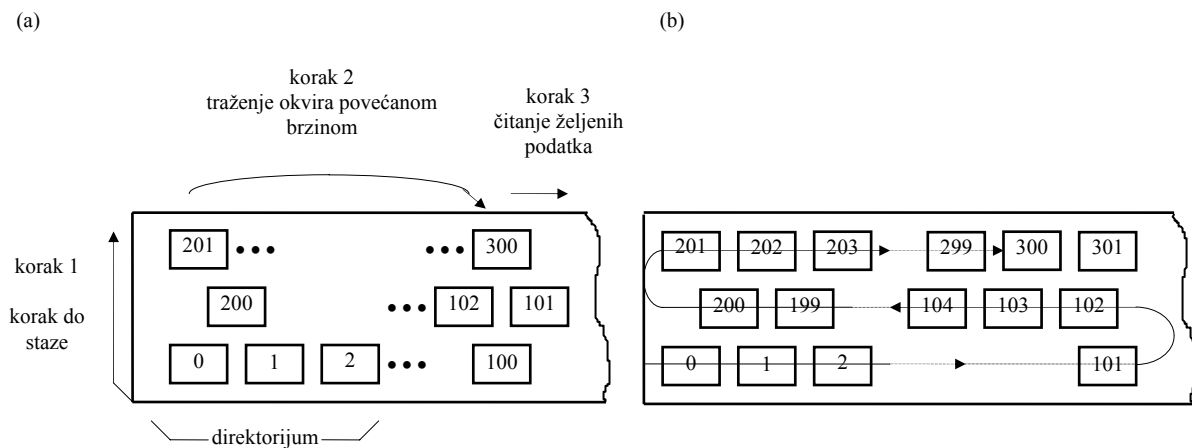
Zapis podataka sadrži:

- korisničke podatke,
- kopiju ID informacije na kraju.

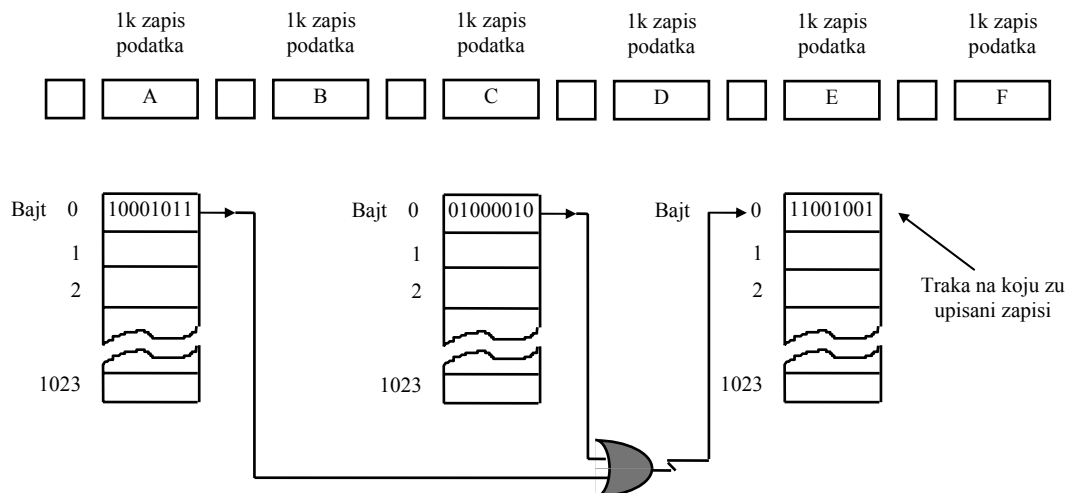
Na slici 4.15 prikazan je način zapisa kod PC/T formata. Na slici 4.16 format zapisa, na slici 4.17 način lociranja željenog bloka podataka, a na slici 4.18 tehnike za korekciju i detekciju grešaka.



Sl. 4.16. U PC/T formatu, svakih 4kB podataka obuhvata dva okvira za korekciju greške a) svaki okvir se sastoji od dva zapisa. ID zapis (b) se ponavlja na kraju korisničkih podataka (c).



Sl. 4.17. Za lociranje željnog bloka podataka PC/T format koristi sledeći algoritam zasnovan na informaciji koja se nalazi u direktorijumu trake. Najpre se logička adresa konvertuje u broj staze i okvira; pređe se na odgovarajuću stazu, pronade željeni okvir i pročitaju podaci (a). Na suprot tome, QIC-24 (b) koristi neformatiranu traku; na primer, za nalaženje bloka 300, potrebno je pretražiti sve blokove 0-299.

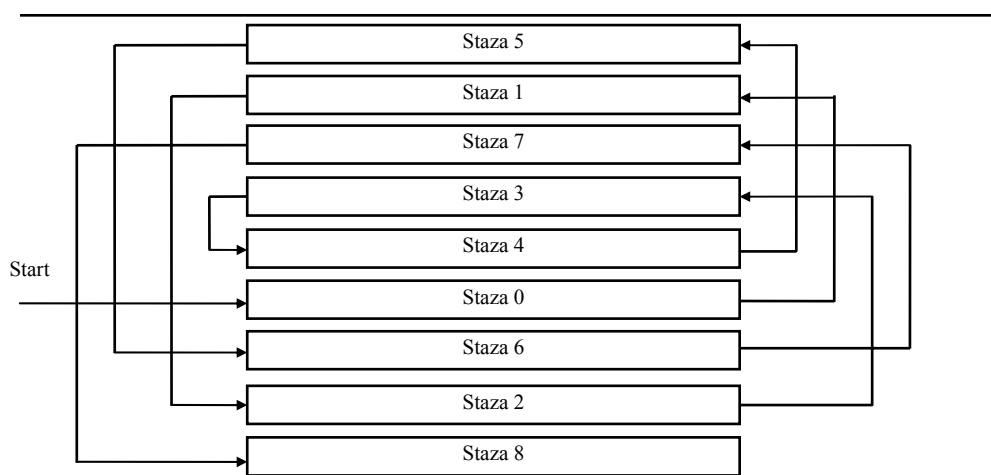


Sl. 4.18. PC/T tehnika za ispravljanje grešaka dozvoljava oporavak bilo kojeg defektnog okvira. U ovom formatu se podaci iz dva susedna zapisa kombinuju u jedan zapis za ispravljanje grešaka. Ako je jedan od originalnih zapisa podatka defektan, drugi zapis podataka i zapis za korekciju greške se kombinuju bajt po bajt prema isključivo ILI algoritmu.

◇ QIC-24:

Kao i PC/T, i QIC-24, kao što je to prikazano na slici 4.19, koristi serpentski zapis. U jednom trenutku zapisuje se samo po jednoj pisti. Na kraju trake, smer kretanja trake se obrće a sledeća pista se zapisuje u obrnutom smeru, tj. repositionira se glava. Na primer, dve glave za upis se pet puta repositioniraju da bi se pristupilo upisu na 9 pista. Kod QIC-24 formata moguće je upisivati 4 ili 9 pista, a gustina zapisa je 10000fci. Da bi se ostvarila veća gustina zapisa koristi se grupno kodiranje. Kako je kod GCR potrebno pet fluks prelaza za svaka četiri bita podatka, gustina podataka je 8000 bitova po inču. Brzina kretanja trake je 30 do 90 inča/s (ips).

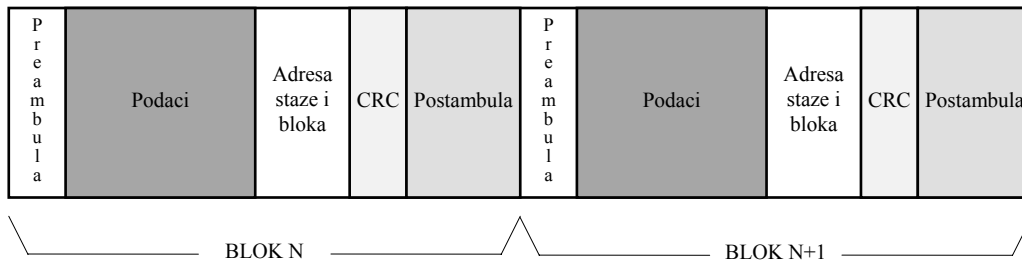
Maksimalna brzina prenosa podataka za 90ips je 9000B/s. Na kraju svakog bloka od 512 bajtova pridružuje se CRC blok koji se koristi za detekciju greške (obezbeđuje esencijalni integritet podataka što je veoma važno za backup namene). Nakon operacije upis, vrši se čitanje sa ciljem verifikovanja uspešnog upisa. Druge standardne sekundarne memorije podataka (tj. drugi tipovi strimer trake) su 20-, 45- i 60MB trake, a zavise od dužine trake i broja piste.



Sl. 4.19.

Kod QIC-24 vrši se upis na neformatiranoj traci (verifikacija korektnosti zapisa se ostvaruje, kao što je već napomenuto, tehnikom *read-after-write*). Ako se pronade greška isti zapis se ponovo upisuje na daljem toku trake.

Ne postoji mogućnost da se vrši ponovni upis na traci na specificiranoj lokaciji, tako da iznos podataka koji se može smestiti na traci varira sa vremenom, kako se kvalitet trake menja sa vremenom tj. kako se traka haba. Oblik jednog bloka podataka kod QIC-24 prikazan je na slici 4.20.



Sl. 4.20. QIC-24 format sa devet staza ne dozvoljava ponovni upis bloka i ne sadrži mogućnost otklanjanja grešaka. Koristi se *read-after-write* verifikaciona tehnika.

4.4. Magnetni diskovi

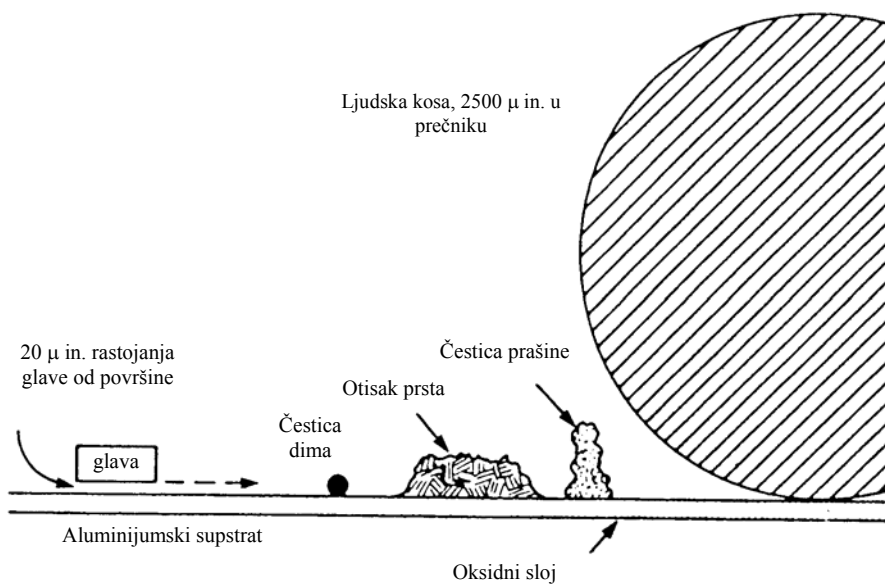
Sa kertridž drajvovima može se realizovati memorisanje velikog kapaciteta informacije na strimer traci uz relativno skromnu cenu, ali kertridž drajvovi (strimer drajvovi) imaju jedan veoma ozbiljan nedostatak: veoma dugo vreme pristupa. U najgorem slučaju, traka se mora premotati (unapred ili unazad) za skoro celu dužinu, da bi se pristupilo željenoj informaciji, što zahteva period od nekoliko minuta. Disk drajvove karakteriše znatno kraće vreme pristupa pa su zbog toga pogodniji kao uređaji za masovno memorisanje opšte namene, a strimer trake kao sekundarne memorije za dugotrajnije čuvanje informacije.

Danas se koriste dve osnovne disk tehnologije, a to su:

- fleksibilni ili "*floppy*" diskovi,
- kruti ili "*hard*" diskovi.

"*Floppy*" diskovi (diskete) napravljeni su od istog materijala kao i magnetne trake (Fe_2O_3 na Mylar bazi). Kao i kod traka, glava za čitanje/upis je u direktnom kontaktu sa medijumom.

"*Hard*" disk je ploča metala (ili substrata) od 5 do 10 inča u prečniku, na koju je nanesen magnetni materijal, obično sa obe strane diska. S obzirom da su diskovi kruti, glavi za upis/čitanje se ne dozvoljava kontakt sa diskom u toku normalnog rada, jer može doći do katastrofalnih oštećenja (poznatih kao pad glave). Glava u suštini lebdi iznad površine diska (obično na 10 mikrona). Ovo zahteva da okolina, u kojoj disk radi, bude vrlo čista. Na slici 4.21 prikazan je odnos veličina čestice u vazduhu i raznih prljavština i rastojanja glave od diska.



Sl. 4.21. Poređenje veličine razmaka glave od podloge sa različitim česticama i nečistoćama.

Prednost "*hard*" diskova je u tome što su oni mehanički stabilniji od "*floppy*" diskova. Ovo obezbeđuje da razmak između piste na "*hard*" disku bude manji, a shodno tome i količina informacije koja se može memorisati da

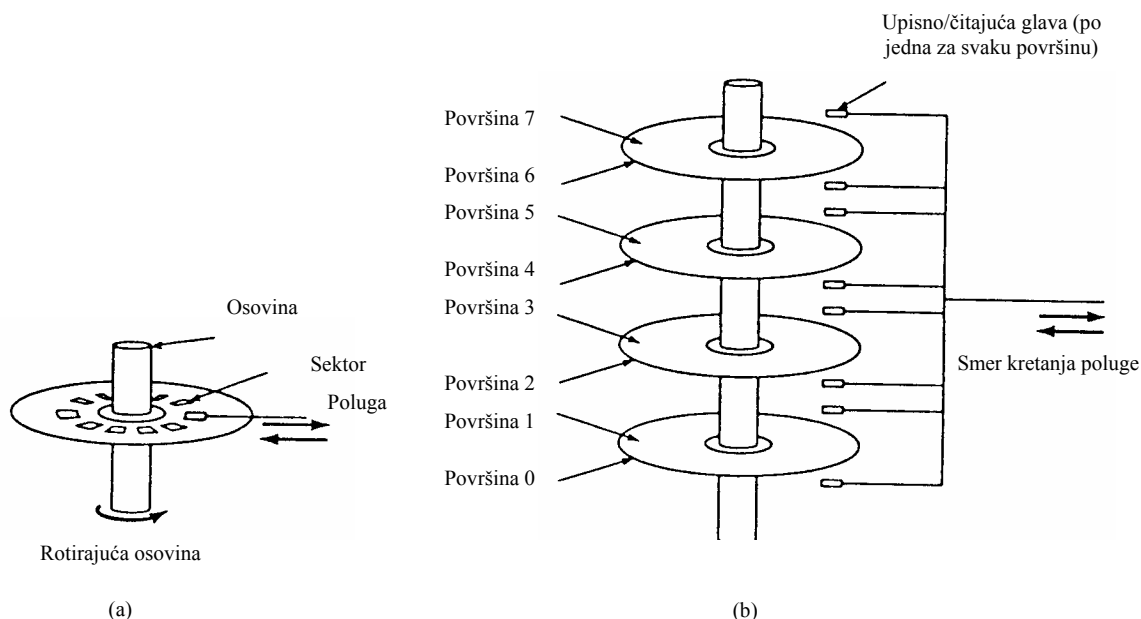
bude veća. Takođe i brzina okretanja "hard" diskova je veća što obezbeđuje da brzina prenosa podataka bude veća. Sa druge strane, prednost "floppy" disketa (sa izuzetkom i nekih "hard" diskova) je što su prenosivi, što ukazuje da možemo raspolagati sa neograničenim iznosom "off-line" memorije.

Najčešće korišćeni "hard" diskovi su *Winchester* diskovi kod kojih je medijum za snimanje neprenosiv. Prednost *Winchester* diskova je što su relativno jeftini.

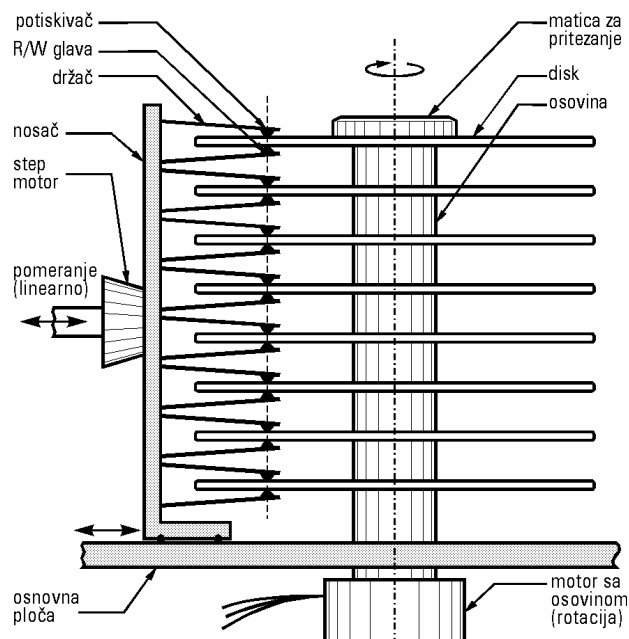
Floppy diskete i "hard" diskovi se izrađuju u različitim dimenzijama. *Floppy* diskete su najčešće dimenzija 8 i 5,25" (*minifloppy*) i 3,5" (*microfloppy*). Prvi "floppy" disk drajvovi su koristili samo jednu stranu diskete (*single-sided*). "Double-sided" drajvovi koriste obe strane diskete, pa se na taj način duplira kapacitet. "Double-sided" drajvovi imaju dve upisno-čitajuće glave, po jednu sa svake strane.

Medijum kod "hard" diska se zove tanjir (*platter*). Svaka strana tanjira ima svoju sopstvenu glavu za čitanje/upis. Najveći broj "hard" diskova ima veći broj tanjira instaliranih na jednoj osovini (slike 4.22 i 4.23).

Kod disk drajvova koji imaju veći broj površina za zapis, u jednom trenutku samo jedna glava je aktivna. Sve glave se pozicioniraju zajedno. Grupa piste kojoj se pristupa pomoću glava na datoj poziciji zove se cilindar. Kod dvostranih jedinica disketa, cilindar čine dve piste koje se nalaze na suprotnim stranama diska.



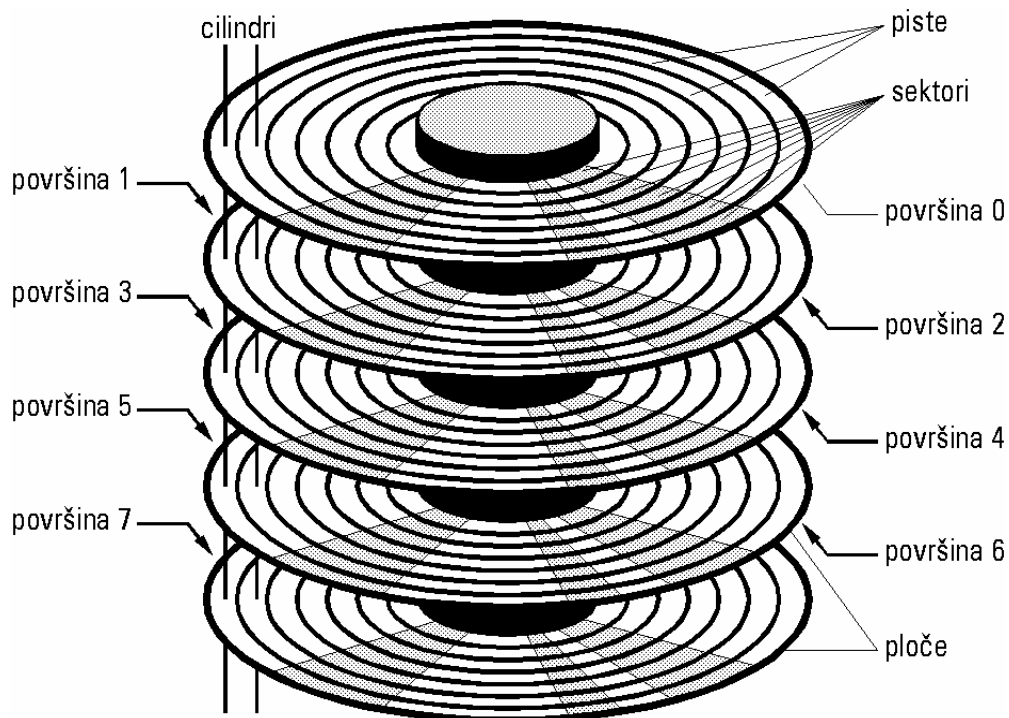
Sl. 4.22. (a) Disk sa jednim tanjirom. (b) Disk sa četiri tanjira.



Sl. 4.23. Kruti disk sa većim brojem ploča.

4.4.1. Rad jedinice diska

Svi disk sistemi, fleksibilni ili kruti, imaju veći broj zajedničkih osobina. Podaci se upisuju u koncentričnim krugovima na disku koji se zovu *piste* (*tracks*). Dužina svake piste je kraća što je ona bliža centru diska, a duža što je dalje od centra. Kod najvećeg broja sistema, disk se obrće oko svoje osovine konstantnom brzinom. Brzina prenosa podataka je konstantna, na svakoj pisti se smešta isti broj bitova, gustina zapisa je najveća na pistama bliže centru. Kod nekih sistema brzina diskova varira sa ciljem da se sačuva ista gustina zapisa po pisti, pa se na taj način povećava ukupni kapacitet tj. veći broj podataka se smešta na pistama udaljenijim od centra. Ali, treba istaći da ovakvo rešenje zahteva ugradnju složenijeg drajva i pratećeg interfejsa. Za određenu gustinu fluksa, brzina rotacije diska određuje brzinu prenosa podataka. Brzina prenosa podataka varira od 125kbps do 10 Mbps. Skup svih pisti koje se nalaze na istom rastojanju od osovine naziva se *cilindar* (slika 4.24). Kod krutih diskova se čitanje vrši sa sukcesivnih pisti koje se nalaze na istom cilindru ali ne na istoj površini. Tako, na primer, ako je završeno čitanje (upis) na k -toj pisti sa površine 0 odmah se nastavlja sa čitanjem (upisom) k -te piste sa površine 2, zatim sledi k -ta pista sa površine 4, itd. Kao što se vidi na slici 4.24, svaka pista se deli na manje delove koji se nazivaju *sektori*. Standardne vrednosti za broj sektora po pisti su 17, 24, 32 i 64, 128, ...

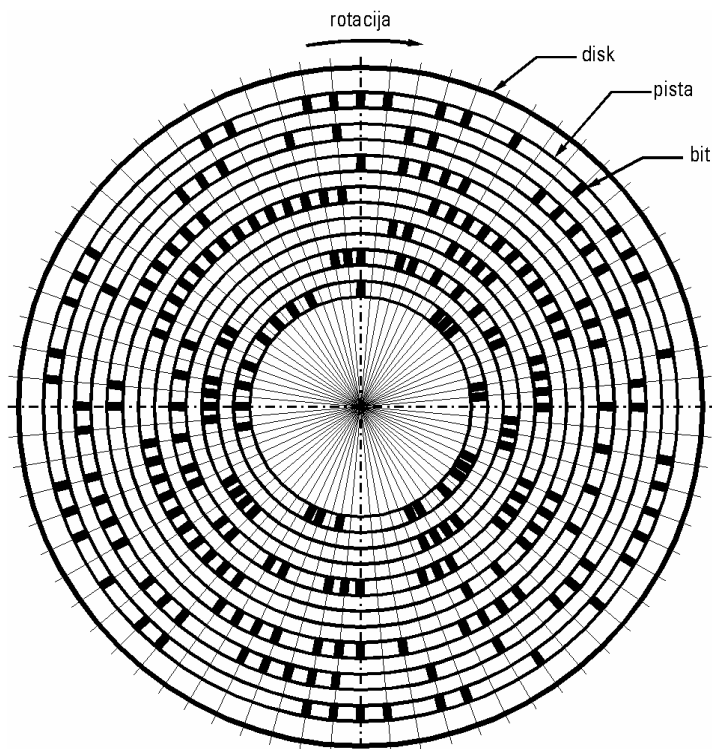


Sl. 4.24. Logičke komponente krutog diska.

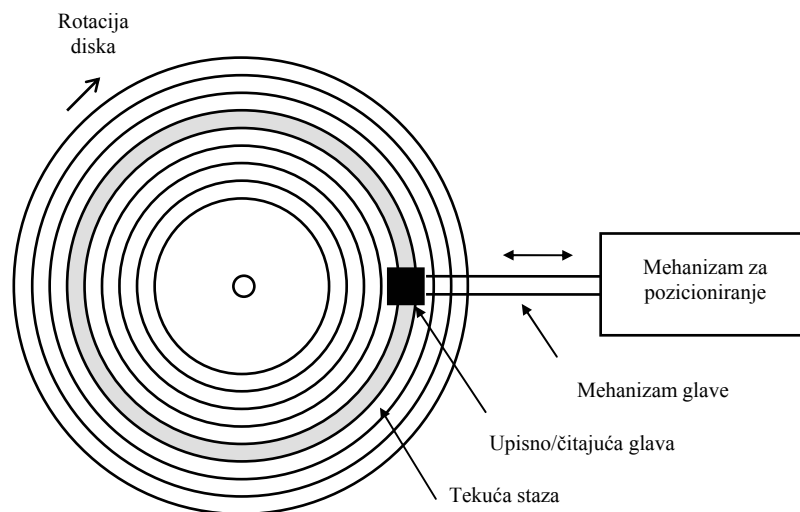
Prikaz uređenja pisti na disku prikazan je na slici 4.25. Sa ciljem da se očuva konstantna brzina u prenosu podataka, na svim pistama se memoriše isti broj bitova nezavisno od njihovog prečnika. Radi jasnijeg sagledavanja na slici 4.25. prikazano je samo nekoliko pisti i bitova. Kod realnih diskova postoji nekoliko stotina pisti i nekoliko miliona bitova.

Kod PC mašina se svaki sektor sastoji od 512B podataka, dok celokupnu informaciju po sektoru čini 571 bajt. To znači da svaki sektor, pored korisne informacije od 512B, sadrži i informaciju o početku i kraju svakog sektora i prostor rezervisan za sumu provere bajtova podataka

Važan deo svakog disk drajva je mehanizam za pozicioniranje. On dovodi upisno/čitajuću glavu na željenu pistu (slika 4.26). Kod najvećeg broja disk drajvova, koristi se *step* (koračni) motor za pozicioniranje glave. Korak pomeranja je uvek po jedna pista. Kako se motor okreće rotaciono, mora da postoji neki mehanizam koji konvertuje ovo kretanje u linearno kretanje radi pozicioniranja glave. Kod najvećeg broja drajvova, kao što je prikazano na slika 4.27, koristi se "*band*" pozicioner (čelični kaiš namotan oko osovine motora). Koračnim motorom se obezbeđuje tačan relativni pomeraj, ali se ne raspolaže informacijom kojom se ukazuje na apsolutnu poziciju. U tom cilju se koristi senzor koji detektuje pistu 0 u trenutku kada je glava pozicionirana na pisti 0, čime se dobija informacija o apsolutnoj referentnoj poziciji. Kada se jedinica diska uključi, glava se pomera sve dok se ne detektuje pista 0, pa se nakon toga glava pomera na željenu pistu.



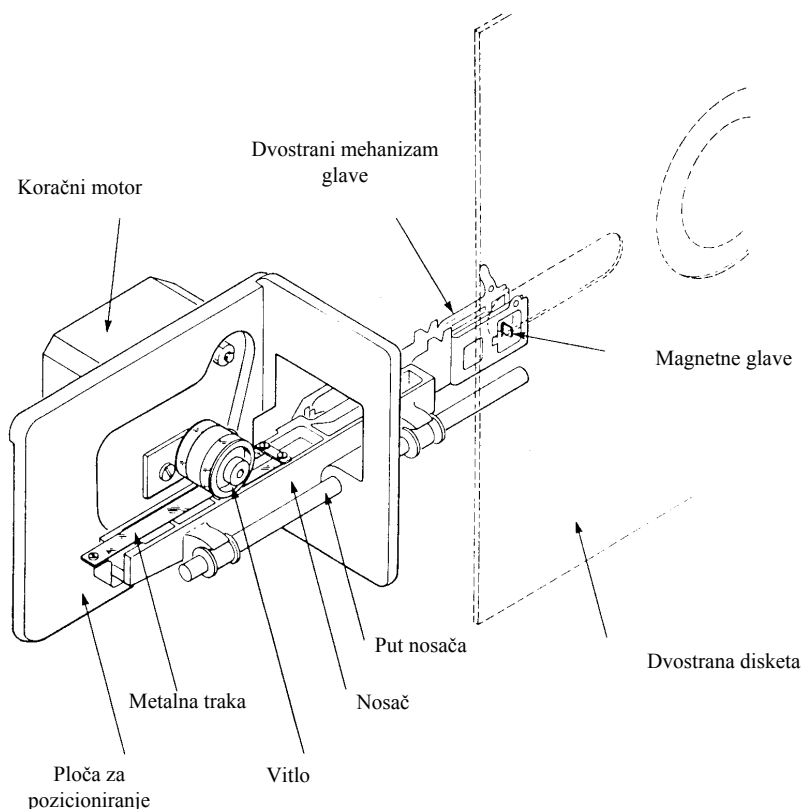
Sl. 4.25. Uređenosť pisti na disku u vidu koncentričnih krugova.



Sl. 4.26.

Mehanizam za pokretanje koračnog motora je sistem sa otvorenom petljom (*open-loop system*), pošto ne postoji povratni signal koji ukazuje kontroleru koliko se glava stvarno pomerila. Ovakav princip rada je karakterističan za sve standardne "floppy" diskove kod kojih je gustina zapisa 48 ili 96 tpi, ili kod "hard" diskova sa gustinom zapisa do maksimalno 250 tpi. Kod većih gustina zapisa za pokretanje step motora se koristi "closed-loop" pozicioni mehanizam (servo sistem). Servo informacija se smešta na disk i na osnovu nje se dobija podatak za pozicioniranje glave. Ovakav princip rada se u najvećem broju slučajeva koristi kod "hard" diskova.

Kod diskova sa većim brojem tanjira se koristi namenski servo koji analizira celokupnu površinu diska da bi se dobila informacija o poziciji glave. Drugi pristup koristi ugrađeni (*embedded*) servo, gde se izabrane oblasti površine diska koriste za upis podataka o poziciji glave. Kod trećih tipova, servo informacija se upisuje zajedno sa korisnim podacima i podacima o dužini svake piste. Na ovaj način moguće je izvršiti kontinualnu kompenzaciju koja se odnosi na promenu pozicije piste na disku. Ovakva tehnika se najviše koristi kod "hard" diskova koji imaju gustinu zapisa od 1000tpi.



Sl. 4.27.

4.4.2. Performanse diskova

Vreme potrebno za pomeranje sa jedne piste na drugu (*track-to-track access time* - TTAT) za jedinice disketa od 5,25" TTAT je 3ms. Da bi odredili ukupno vreme pozicioniranja, TTAT se množi sa brojem piste za koje se vrši pomeranje. Na kraju vremena pozicioniranja mora da se doda kašnjenja usled stabilizacije pozicije glave (*settling time* - ST). Vreme pristupa specificiranoj lokaciji na disku čine dve komponente:

- ukupno vreme pozicioniranja glave koje uključuje i ST (*seek time* - SK).
- rotaciono kašnjenje (*rotational latency* - RL) - vreme potrebno disku da bi se zarotirao na željenu poziciju.

Tab. 4.2. Ključne karakteristike različitih disk drajvova.

	Diskete				5.25" hard diskovi	
	8"	Standardne 5.25"	HD 5.25"	3.5"	Nizak do srednji opseg	Visok
Rotaciona brzina, rpm	360	300	360	300/360	3600	3600
Srednje rotaciono kašnjenje, ms	83.3	100	83.3	100/50	8.3	8.3
Srednje vreme traženja, ms	90	90	90	150-350	65-120	25-45
Brzina prenosa, MFM, bitova/s	500K	250K	500K	250K/500K	5M	5M-10M
Gustina fluksa, fci	6538-6820	5870-5925	9646	8187-8717	9000-10,000	10,000-15,000
Gustina staza, tpi	48	48.96	96	135	250-600	500-1100
Tipičan kapacitet formatiranog volumena, MFM dvostrano u bajtovima	1.0M-1.2M	250K-360K/ 500K-720K	1.2M	720K	5M-70M	60M-380M
Broj staza (po jednoj strani diskete)	77	40/80	80	80	612-8162	7500-18,500

U najgorem slučaju, glava se mora pomeriti od piste 0 do piste najbliže centru, a u proseku pola rotacije. Za *minifloppy* koji rotira sa 300rpm, srednje rotaciono kašnjenje je 100ms, a za "hard" disk koji rotira sa 3600rpm ono se smanjuje na 8,3ms.

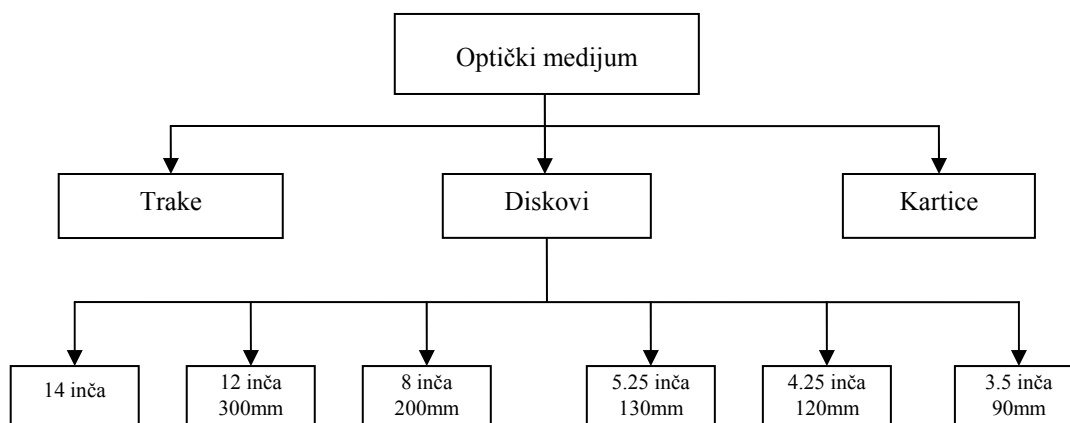
Da bi odredili ukupno srednje vreme pristupa (*Average Access Time - AVAT*) potrebno je sabrati SK i RL. Za tipični *minifloppy* drajv dobijamo:

$$AVAT = 95ms + 100ms = 195ms$$

U Tabeli 4.2 prikazano je nekoliko ključnih parametara za različite tipove disk drajvova.

4.5. Optički zapis

Poslednjih godina optički zapis postaje sve popularniji. Medijumi na kojima se informacija može optički memorisati su diskovi (poznati i kao CD ROM), trake i kartice (slika 4.28.). Kako su CD ROM-ovi najrasprostranjeniji, to ćemo se zadržati na njima.



Sl. 4.28. Format medijuma za optički zapis.

Postoji nekoliko ključnih razlika između optičkih i magnetnih diskova i one su sledeće:

1. Gustina memorisanja podataka je kod magnetnog zapisa ograničena tehnologijom. Ograničenja su diktirana pre svega tipom magnetnog medijuma, veličinom glave za čitanje/upis, kao i rastojanjem između glave i medijuma. Što je veća gustina memorisanja kraće je i rastojanje između pisti a to znači da je teže održavati tačnu i preciznu pozicioniranost glave u odnosu na disk (ili traku). Sa druge strane, kod optičkih diskova fizička ograničenja su diktirana talasnom dužinom svetlosti. To znači da ne postoji ozbiljan problem kod povećavanja gustine zapisa.
2. Važna karakteristika predstavlja i vreme potrebno da se promeni stanje memorisjkog elementa. U principu ovo vreme zavisi od energije potrebne da se promeni to stanje i brzine sa kojom mehanizam upisa (ovde je to laserski snop) može da dostavi tu energiju. Kako je optički memorijski element malih dimenzija to je i iznos energije takođe mali. Nezavisno od ovog ograničenja, brzina promene kod optičkih medijuma je u praksi ograničena snagim lasera i gubicima u optičkom sistemu i dovoljna je da ispuni postavljene zahteve.
3. Ključna karakterstika optičkih medijuma je da se snop svetlosti, nasuprot magnetnog polja, može lako fokusirati sa rastojanja. Zbog ovoga ne postoji potreba da bilo koji mehanizam glave bude veoma blizu medijuma na kome se nalazi zapis. Takođe, optički medijum za zapis je moguće zaštititi providnim tankim slojem preko koga je moguće vršiti upis i čitanje bez opasnosti da dođe do značajnog defokusiranja snopa.
4. Najzad, vreme života zapisa zavisi od tipa medijuma. Poznato je da se kod magnetnih traka vremeo informacija "gubi", a takođe vrši i "preslikavanje" informacije sa jednog sloja trake na drugi. Isto tako treba imati u vidu da je i nemoguće napraviti medijum bez defekata. Zbog toga se kod magnetnih diskova koriste rezervne piste a kod magnetnih traka rezervni blokovi. Kod optičkih diskova i manji defekti postaju kritični pa zbog toga optički diskovi koriste znatno moćnije tehnike za korekciju grešaka koje se zasnivaju na redundantnom kodiranju podataka i efikasnijim metodama za korekciju grešaka.

4.5.1. Tipovi optičkih medijuma

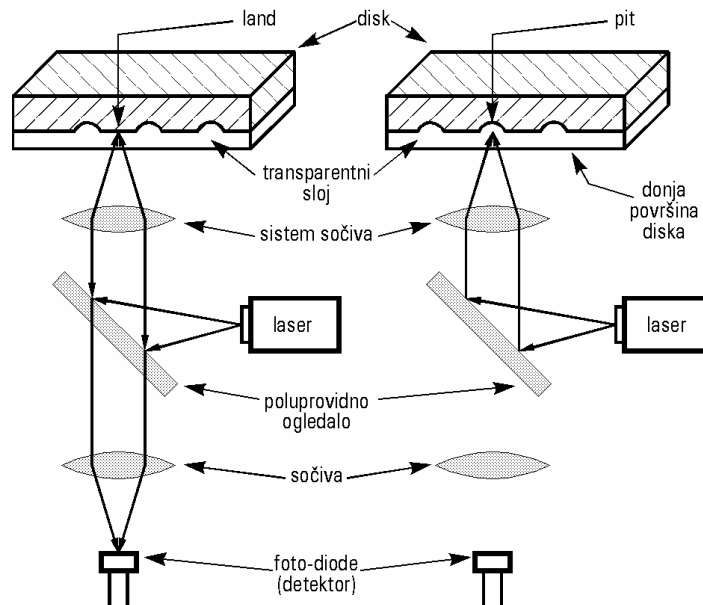
Dva su osnovna kriterijuma na osnovu kojih se medijumi za optički zapis (a tako i uređaji koji vrše upis ili čitanje sa tih medijuma) mogu klasifikovati:

- (a) Oblik i veličina optičkog medijuma.
- (b) Tehnologija zapisa.

Prvi kriterijum uzima u obzir osobine substrata a drugi osobine sloja na kome se vrši zapis

Optički diskovi

Optički diskovi su poznati pod imenom CD ROM (*Compact Disk Read Only Memory*) i predstavljaju veoma jeftin medijum velikog kapaciteta. Za izradu CD ROM koristi se snažni laser koji sagoreva jednomikronske rupe na master disku. Od master diska se pravi matrica. Matrica se nakon toga koristi za štampanje kopija na plastičnim diskovima, presvučenim tankom aluminijumskom folijom, slično izradi gramofonskih ploča. Aluminijumska folija se nakon toga prekriva zaštitnim transparentnim slojem. CD ROM-ovi se čitaju uređajima koji su slični CD audio plejerima. Svetlosni snop koji potiče od laserskog izvora male snage projektuje se na površinu diska, a detektor prihvata reflektovanu energiju. Rupe (*pits*) i ravne površine (*lands*) imaju različite reflektivne osobine što omogućava detektoru da pravi razliku u reflektovanoj energiji rupa i ravnih površina. Na slici 4.29 prikazan je osnovni princip CD ROM-a.



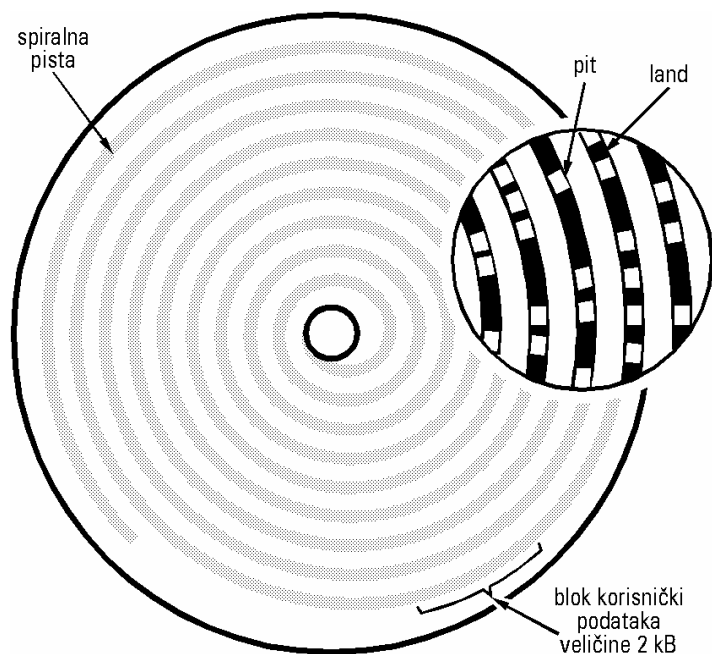
Sl. 4.29 Princip rada CD ROM-a; (a) refleksija sa ravne površine (*land*); (b) refleksija sa rupe (*pit*).

Obzirom da je tehnologija proizvodnje CD ROM-ova zasnovana na štampanju a ne na snimanju, a kao što je to slučaj kod flopi diskova, njihova proizvodnje je jeftina i automatizovana. Međutim, kako je štampanje aluminijumom presvučenim diskova veoma neprecizan posao prirodno je da upisana digitalna informacija sadrži veliki broj grešaka. Da bi se ovaj problem rešio neophodno je da se vodi računa o sledećem:

- 1) Glava za čitanje i drajv imaju ugrađeno precizno ogledalo koje se pomera servomehanizmom sa ciljem da se sledi trasa piste na površini diska i na taj način kompenzuje nesavršenost diska.
- 2) Podaci se zapisuju na disk koristeći *crossinterleaved Read-Solomon* kod za korekciju greške. Umesto da se koriste rupe kao logičke nule a ravne površine kao logičke jedinice (ili obrnuto), kod CD ROM-a se svaki prelaz tretira kao logička jedinica. Interval između dve tranzicije ukazuje koliko je nula prisutno između dva bita koji su na logičkoj jedinici. Podaci se zapisuju u grupama od po 24 bajta. Svaki podatak se proširuje sa 8 na 14 bitova koristeći Rid-Solomonov kod. Tri specijalna bita se dodaju svakoj grupi, i po jedan sinhronizacioni bajt da bi se formirao okvir. Grupa od 98 okvira formira blok veličine 2kB korisničkih podataka, koji predstavljaju osnovnu adresibilnu jedinicu. I pored toga što je ova šema komplikovana i ima za posledicu da su gubici na disku značajni, ona sa jednog jeftinog medijuma obezbeđuje pouzdanu reprodukciju.

Takođe ćemo ukazati na dve važne razlike u radu između krutog diska i CD ROM-a. Prvo, disk rotira konstantnom ugaonom brzinom ($\approx 600/s$). To znači da se sve piste, nezavisno od njihovog obima, čitaju za isti vremenski period. Sa druge strane, CD ROM rotira konstantnom linearnom brzinom. Naime, motor obezbeđuje da se CD ROM pomera istom brzinom nezavisno od toga sa kog mesta se vrši čitanje. Zbog toga, kako se detektor svetla pomera prema unutrašnjosti diska se usporava tako da je za svaki okretaj potrebno isto vreme po piste. Drugo, kod diskova se informacija upisuje po koncentričnim krugovima koji se nazivaju piste. Piste delimo na sektore. Broj sektora po piste ostaje konstantan. Kako se pomeramo prema centru diska sektori postaju sve manji. Kod CD ROM-

ova to nije slučaj, jer se upis informacije vrši po jedinstvenoj spirali (vidi sliku 4.30). Kao rezultat, sektori kod CD ROM-a su iste dužine nezavisno od toga gde su fizički na disku locirani.



Sl. 4.30 Format CD ROM-a.

Optičke trake

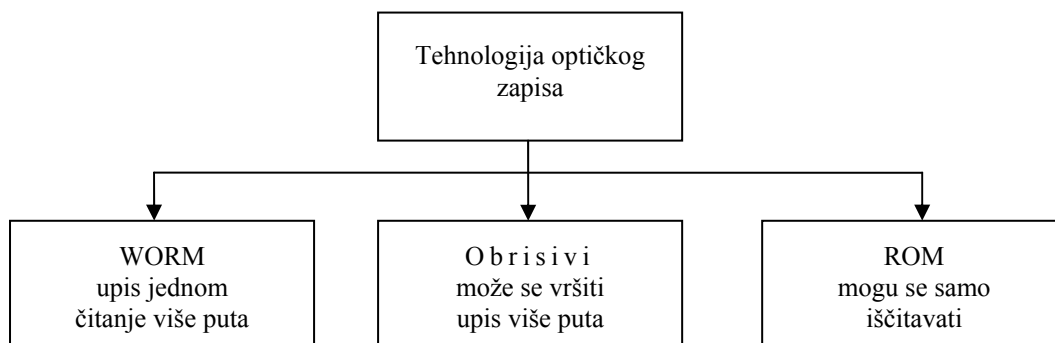
Kao i magnetne tako se i optičke trake danas sve ređe sreću. Problemi koji prate njihovu eksploataciju u vezi su sa preciznim lociranjem bloka podataka u odnosu na početak trake, ograničenom gustinom pakovanja, habanjem trake i veoma dugim vremenom pristupa. Prednost je svakako veliki kapacitet memorisanja informacija.

Optičke kartice

Treći medijum optičkog zapisa predstavljaju kartice. Zapis informacije kod kartica se, u najvećem broju slučajeva, vrši sa obe strane na rezervisanoj površini pravougaonog oblika. Čitanje kartice se ostvaruje pomoću stacionarne optičke glave. Pomeranje kartice se obično izvodi ručno. Količina informacije koja se može smestiti na jednoj kartici reda je megabajta što je sasvim zadovoljavajući kapacitet kod velikog broja aplikacija, ako što je evidencija o zaposlenima u nekom preduzeću, a tiče se vremena dolaska na posao i odlaska sa posla lica koje poseduje karticu za period do godinu dana.

4.5.2. Metod zapisa kod optičkih medijuma

Sledeća važna karakteristika optičkog načina memorisanja informacija tiče se metoda zapisa. U principu razlikujemo tri klase zapisa (vidi sliku 4.31). Postoje mediji i volumeni koji koriste više od jedne klase zapisa. Uređaji koji mogu da manipulišu sa više klasa zapisa nazivaju se multifunkcijski drajveri.



Sl. 4.31. Tehnologija zapisa.

WORM

Prva klasa zapisa poznata je kao WORM (*Write Once Read Many times*). Ključna osobina je što proces upisa nije reverzibilan. Naime, nakon što je stanje memorijskog elementa promenjeno ono se ne može povratiti u prvobitno stanje. Podaci se upisuju u sektore veličine nekoliko kilobajtova (obično 2kB). Sektori predstavljaju nedeljive veličine. Sektor se ne može promeniti, ali se može zameniti drugim sektorom. Ovakav pristup u radu ima veliki uticaj na rad operativnog sistema hosta.

ROM

Ova klasa zapisa se najčešće implementira kod CD ROM-ova koji se koriste u računarskim sistemima. Sadržaj ovih diskova ne može se menjati ali praktično ih je moguće čitati neograničeni broj puta.

Obrisivi

Ovaj metod je u stranoj literaturi poznat kao *Rewritable* mada je i stari termi *Erasable* još u upotrebi. Ovaj način upisa informacija sličan je magnetnom načinu zapisa po tome što se podaci upisani na disk mogu zameniti novim podacima. Kod najvećeg broja današnjih sistema se brisanje i upis podataka, zbog specifičnog načina kodiranja informacija, vrši po blokovima. Obrisivi tip medijuma koristi magnetno-optičku tehnologiju. Plastični disk je prevučen tankim slojem metala (*terbium* ili *gadolinijum*) koji ima osobinu da je na nižim temperaturama neosetljiv na magnetno polje, a na višim se njegova molekularna struktura usmerava u pravcu magnetnog polja. Upis informacije se vrši na sledeći način. Draj ima ugrađene dve glave, lasersku i magnetnu. Laserska glava emituje kratak paket svetlosti na površinu metala, usled čega dolazi do trenutnog porasta temperature, ali na površini metala ne stvara rupe. Istovremeno magnetna glava generiše polje koje usmerava magnetne domene u jednom od dva pravca. Kada emisija laserskog snopa prestane, metal se namagnetiše u jednom od dva moguća smera a koji odgovaraju logičkim vrednostima 0 ili 1. Ova informacija se može čitati na isti način kao i CD ROM-a, pomoću laserskog izvora male snage. Na ovakvom tipu diska je moguće vršiti upis i čitanje veći broj puta, ali je ipak, zbog "zamora" materijala, broj brisanja i ponovnih upisa ograničen.