

10.

SPOLJAŠNJA MEMORIJA

10.1 Magnetni disk

Disk je kružna ploča, konstruisana od nemagnetnog materijala, koja se zove supstrat, presvučena materijalom koji se može namagnetisati. Supstrat je tradicionalno bio od aluminijuma ili aluminijumske legure. U novije vreme, uvedeni su supstrati od stakla. Stakleni supstrat donosi više koristi, uključujući:

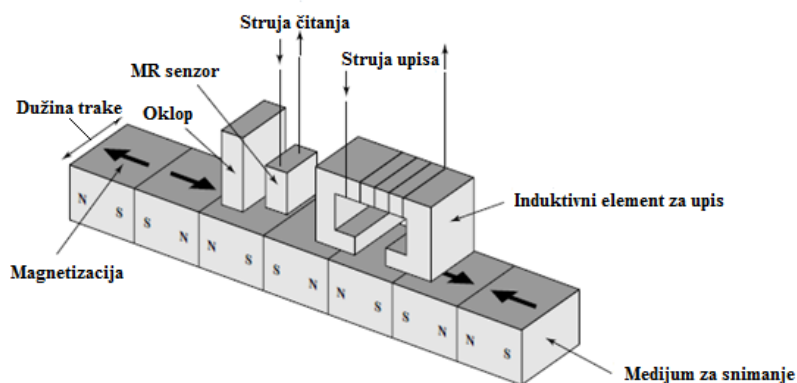
- poboljšanje uniformnosti površine magnetnog filma da bi se povećala pouzdanost diska;
- značajno smanjenje ukupnih neispravnosti površine da bi se potpomoglo smanjivanje broja grešaka čitanja-upisivanja;
- sposobnost podrške manjih visina preleta;
- bolju čvrstinu da bi se smanjila dinamika diska;
- veću sposobnost izdržavanja udara i oštećenja.

10.1.1 Magnetni mehanizmi za čitanje i upisivanje

Podaci se upisuju na disk i posle sa njega izvlače preko provodnog namotaja koji se zove glava; u mnogim sistemima postoje dve glave, za čitanje i za upisivanje. Za vreme operacije čitanja ili upisivanja, glava je stacionarna, dok ploča rotira ispod nje.

Mehanizam za upisivanje koristi činjenicu da elektricitet koji teče kroz namotaj stvara magnetno polje. Električni impulsi se šalju u glavu za upisivanje i rezultujući magnetni uzorak se zapisuje na površinu ispod glave, sa različitim uzorcima za pozitivne i negativne struje. Sama glava za upisivanje napravljena je od materijala koji se lako namagnetiše i u obliku je pravougaonog prstena sa procepom duž jedne strane i nekoliko namotaja provodne žice duž suprotne strane (slika 1). Električna struja u žici indukuje magnetno polje preko procepa koje, sa svoje strane, namagnetiše malu površinu medijuma za upisivanje. Menjanje smer struje obrće smer namagnetisanja na medijumu za zapis.

Savremeni sistemi čvrstih diskova koriste mehanizam za upisivanje koji zahteva posebnu glavu za čitanje, zbog pogodnosti postavljenu u blizini glave za upisivanje. Glava za čitanje sastoji se od delimično oklopljenog magnetno-otpornog (MR) senzora. MR materijal ima električnu otpornost koja zavisi od smera namagnetisanja medijuma koji se kreće ispod njega. Proticanjem struje kroz MR senzor, otkrivaju se promene otpornosti kao naponski signali. MR dizajn dozvoljava rad na višim frekvencijama, što znači veće gustine skladišta i brzine rada.

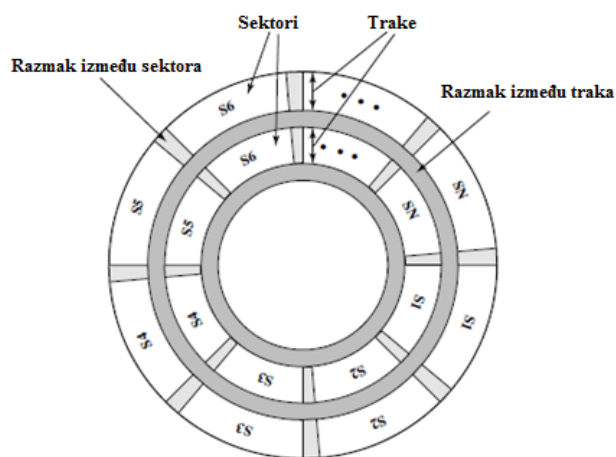


Slika 1. Induktivna upisno-čitajuća magnetnorezistivna glava

10.1.2 Organizacija i formatiranje podataka

Glava je relativno mali uređaj, sposoban za čitanje iz dela ploče koja rotira ispod njega, ili za upisivanje u taj deo ploče. To postavlja pitanje organizacije podataka na ploči u koncentričnom skupu prstenova koji se zovu staze. Svaka staza je iste širine kao i glava. Postoje hiljade staza na površini diska.

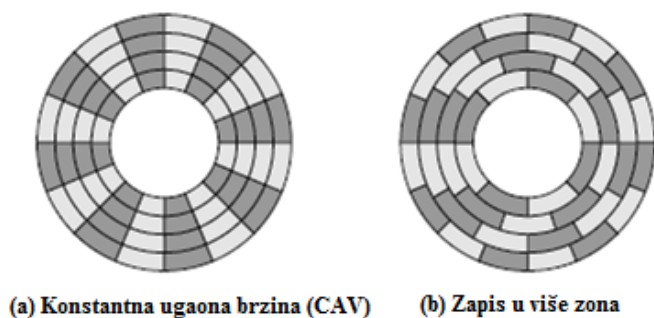
Na slici 2 prikazan je taj raspored podataka. Susedne staze razdvojene su razmacima. To sprečava, ili u najmanju ruku minimizuje greške zbog razmeštenosti glave ili jednostavne interferencije magnetnih polja.



Slika 2. Izgled podataka na disku

Podaci se prenose na disk i sa njega u sektorima (slika 2). Postoje na stotine sektora po stazi i mogu da budu fiksne ili promenljive dužine. U većini savremenih sistema, koriste se sektori fiksne dužine, gde je 512 bajtova skoro univerzalna veličina sektora. Da bi se izbeglo postavljanje nerazumnih zahteva za preciznošću pred sistem, susedni sektori se razdvajaju razmacima između sektora i između staza.

Disk koji rotira prolazi fiksiranu tačku (kao stoje glava za čitanje-upisivanje) sporije nešto bliže centru rotacije nego nešto dalje od njega. Prema tome, mora da se pronade neki način da se kompenzuje promenljivost brzine tako da glava može da čita sve bitove istom brzinom. To može da se uradi povećavanjem razmaka između bitova informacije zapisane u segmentima diska. Informacija onda može da se skenira istom brzinom rotacijom diska fiksiranom brzinom, poznatom kao konstantna ugaona brzina (*constant angular velocity*, CAV). Na slici 3a prikazan je nacrt diska koji koristi CAV. Disk je podeljen na izvestan broj sektora i niz koncentričnih staza. Prednost korišćenja CAV-a je u tome što pojedinačni blokovi podataka mogu direktno da se adresiraju po stazi i sektoru. Da bi se glava pomerila sa svoje trenutne pozicije na specifičnu adresu, potreban je samo kratak pokret glave na određenu stazu i kratko vreme da se odgovarajući sektor obrne do mesta ispod glave. Nedostatak CAV-a je to što je količina podataka koja može da se uskladišti na dužim spoljašnjim stazama ista kao i ona koja može da se uskladišti na kraćim unutrašnjim stazama.



Slika 3. Poređenje metoda za upis na disk

Zbog gustine, u bitovima po linearnom inču, povećanja u kretanju od spoljašnje do unutrašnje staze, kapacitet skladišta diska u direktnom CAV sistemu ograničen je maksimalnom gustinom zapisivanja koja može da se postigne na unutrašnjoj stazi. Da bi se povećala gustina, savremeni sistemi čvrstih diskova koriste tehniku koja je poznata kao zapisivanje u više zona, gde je površina podeljena na izvestan broj koncentričnih zona (obično 16). Zone koje su dalje od centra sadrže više bitova (više sektora) od onih koje su mu bliže. To dozvoljava veći ukupan kapacitet skladišta po cenu nešto složenijih elektronskih kola. Kako se glava diska pomera sa jedne zone na drugu, dužina (po stazi) pojedinačnih bitova se

menja, što prouzrokuje promenu u vremenu za čitanje i upisivanje. Na slici 3b nagoveštava se struktura zapisivanja u više zona; na toj ilustraciji, svaka zona je širine samo jedne staze.

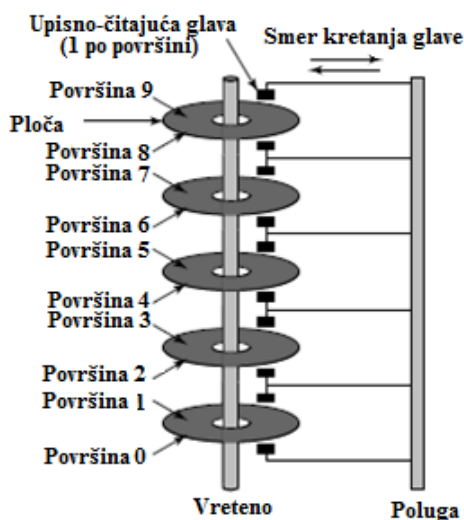
Potrebno je neko sredstvo da bi se locirale pozicije sektora unutar staze. Jasno je da mora postojati neka polazna tačka na stazi i način kako da se identifikuju početak i kraj svakog sektora. Ti zahtevi se opslužuju pomoću upravljačkih podataka zapisanih na disku. Prema tome, disk je formatiran sa nekim dodatnim podacima koje koristi samo uređaj diska i koji nisu dostupni korisniku.

10.1.3 Fizičke karakteristike magnetnog diska

Prvo, glava može da bude fiksna ili pokretna u odnosu na radijalni pravac ploče. U disku sa fiksnim glavama, postoji jedna glava za čitanje-upisivanje po stazi. Sve glave su montirane na krutoj ručici koja se proteže preko svih staza; takvi sistemi su danas retki. U disku sa pokretnim glavama, postoji samo jedna glava za čitanje-upisivanje. Glava je opet montirana na ručici. Da bi glava mogla da se postavi iznad svake staze, ručica može da se produžuje ili skraćuje. Na slici 4 su prikazane komponente magnetnog diska.

Sam disk se montira na uređaju diska koji se sastoji od ručice, vretena koje obrće disk i elektronskih kola potrebnih za ulaz i izlaz binarnih podataka. Neizmenljivi disk se stalno montira u uređaju diska; čvrsti disk u personalnom računaru je neizmenljivi disk. Izmenljivi disk može da se izvadi i zameni drugim diskom. Prednost ove poslednje vrste je što je na raspolaganju neograničena količina podataka sa ograničenim brojem sistema diskova. Pored toga, takav disk može da se premešta sa jednog računarskog sistema na drugi. Fleksibilne diskete i ZIP kertridži su primeri izmenljivih diskova.

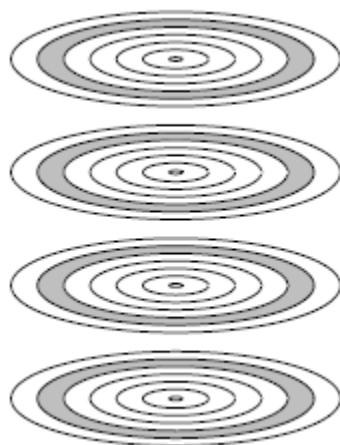
U većini diskova, sloj koji se može namagnetisati nanesen je na obe strane ploče, pa se takvi diskovi zovu dvostranim. Neki jeftiniji sistemi koriste jednostrane diskove.



Slika 4. Komponente magnetnog diska

Neki diskovi mogu da smeste višestruke ploče, naslagane vertikalno sa međusobnim razmakom od dela inča. Obezbeđene su višestruke ručice (slika 5). Diskovi sa višestrukim pločama upotrebljavaju pokretnu glavu, sa jednom glavom za čitanje-upisivanje po površini ploče. Sve glave su mehanički fiksirane, tako da su sve na istom rastojanju od centra diska i kreću se zajedno. Prema tome, u bilo kom trenutku, sve glave su postavljene nad stazama koje su na jednakom rastojanju od centra diska. Skup svih staza koje su na istom relativnom položaju na ploči zove se cilindar. Na primer, sve osenčene staze na slici 5 su deo jednog cilindra.

Najzad, mehanizam glave daje klasifikaciju diskova na tri vrste. Tradicionalno, glava za čitanje-upisivanje postavljala se na fiksnom rastojanju iznad ploče, što je dozvoljavalo vazdušni razmak. Druga krajnost je mehanizam glave koja stvarno dolazi u fizički kontakt sa medijumom za vreme operacije čitanja ili upisivanja. Taj mehanizam se koristi kod fleksibilne diskete, koja je mala savitljiva ploča i najjeftinija vrsta diska.



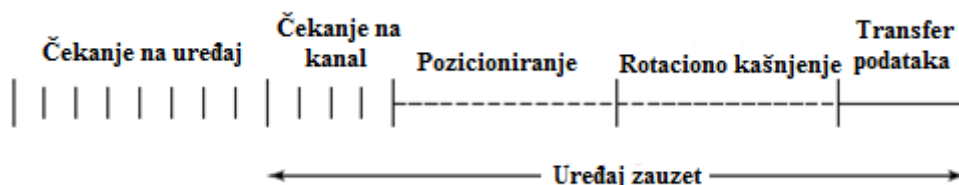
Slika 5. Trake i cilindri

Da bi se razumela treća vrsta diskova, treba da analiziramo odnos između gustine podataka i veličine vazdušnog razmaka. Glava mora da generiše ili da otkrije elektromagnetno polje dovoljne veličine da bi mogla ispravno da upisuje ili čita. Što je glava uža, to mora biti bliža ploči da bi funkcionisala. Uža glava znači uže staze i stoga veću gustinu podataka, što je poželjno. Međutim, što je glava bliža disku, to je veći rizik greške zbog nečistoća ili nesavršenosti. Da bi se unapredila tehnologija, razvijen je *Winchester* disk. *Winchester* glave se koriste u zatopljenim sklopovima uređaja koji su skoro bez zagađivača. One su konstruisane da rade bliže površini diska od uobičajenih krutih glava diskova, dozvoljavajući na taj način veću gustinu podataka. Glava je stvarno aerodinamička folija koja se lako oslanja na površinu ploče kada disk miruje. Pritisak vazduha koji se stvara obrtanjem diska dovoljan je da uzdigne foliju iznad površine. Rezultat je beskontaktni sistem koji može

da se konstruiše kako bi se koristile uže glave koje rade bliže površini ploče od konvencionalnih krutih glava diskova.

10.1.4 Parametri performansi magnetnih diskova

Stvarni detalji U/I operacije diska zavise od računarskog sistema, operativnog sistema i prirode U/I kanala i hardvera kontrolera diska. Opšti vremenski dijagram U/I prenosa diska prikazan je na slici 6.



Slika 6. Vremenski dijagram U/I prenosa diska

Kada uređaj diska radi, disk rotira konstantnom brzinom. Da bi čitala ili upisivala, glava mora da se postavi na željenu stazu i na početak željenog sektora na stazi. Izbor staze obuhvata pomeranje glave u sistemu sa pokretnom glavom, ili elektronski izbor jedne od glava u sistemu sa fiksnim glavama. U sistemu sa pokretnom glavom, vreme koje je potrebno da bi se glava postavila na stazu zove se **vreme pozicioniranja** (engl. *seek time*). U oba slučaja, jednom kada se staza izabere, kontroler diska čeka dok se odgovarajući sektor ne obrne da bi se poravnao sa glavom.

Vreme koje je potrebno da bi početak sektora stigao do glave zove se **rotaciono kašnjenje** (engl. *rotational latency*). Zbir vremena pozicioniranja, ako ga ima, i rotacionog kašnjenja daje vreme pristupa, koje predstavlja vreme potrebno da se dođe na položaj za čitanje ili upisivanje. Kada je glava na tom položaju, izvodi se operacija čitanja ili upisivanja kako se sektor pomera ispod glave; to je deo prenosa podataka operacije; vreme potrebno za prenos je vreme prenosa. Rotaciono kašnjenje se može izračunati preko sledećeg obrasca:

$$T_r = \frac{1}{2r}$$

gde je r – broj obrtaja diska u sekundi.

Vreme pozicioniranja je vreme potrebno da se ručica diska pomeri na zahtevanu stazu. Ispostavlja se daje to veličina koju je teško staviti u određen okvir. Vreme pozicioniranja sastoji se od dve ključne komponente: početnog vremena startovanja i vremena potrebnog za prelazak staza koje treba da se prođu jednom kada je pristupna ručica postigla svoju brzinu. Nažalost, vreme prelaska nije linearna funkcija broja staza, nego obuhvata vreme uspostavljanja (vreme od pozicioniranja glave iznad ciljne staze dok se ne potvrdi identifikacija staze).

Vreme prenosa na disk ili sa njega zavisi od brzine rotacije diska na sledeći način:

$$T = \frac{b}{rN}$$

gde je

T – vreme prenosa,

b – broj bajtova koji treba da se prenesu,

N – broj bajtova na stazi,

r – brzina rotacije, u obrtajima po sekundi.

Prema tome, ukupno srednje vreme pristupa može da se izrazi kao

$$T_{pr} = T_{poz_{sr}} + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN}$$

gde je:

$T_{poz_{sr}}$ - srednje vreme pozicioniranja glave.

Zapazite da je na zoniranom uređaju broj bajtova po stazi promenljiv, što usložnjava proračun.

Kapacitet magnetnog diska se računa po sledećem obrascu:

$$C = N_c \cdot N_{st} \cdot N_{sek} \cdot L_{sek}$$

gde je:

N_c – broj cilindara,

N_{st} – broj staza po cilindru (ili broj glava),

N_{sek} – broj sektora po stazi,

L_{sek} – veličina (kapacitet) sektora.

Primer 1. Izračunati kapacitet hard diska koji poseduje 1046 cilindara, 16 glava i 63 sektora veličine 512 B.

$$C = N_c \cdot N_{st} \cdot N_{sek} \cdot L_{sek} = 1046 \cdot 16 \cdot 63 \cdot 512 = 527184 \text{ kB} = 514 \text{ MB}$$

Zadatak 1. Hard disk ima 24247 cilindara, 24 staze/cilindru, 793 sektora/stazi, a veličina sektora je 512 B. Broj obrtaja magnetnog diska je 7200 obrtaja/min, pri čemu je minimalno vreme pozicioniranja 0,8 ms, a srednje vreme pozicioniranja 7,4 ms. Odrediti:

- Kapacitet diska u GB;
- Vreme potrebno za iščitavanje 1 MB podataka koji su sekvencijalno raspoređeni na disku;
- Vreme potrebno za iščitavanje 1 MB podataka koji su slučajno raspoređeni na disku.

Rešenje:

a) $C = 24247 \cdot 24 \cdot 793 \cdot 512 = 214,88 \text{ GB}$

$$b) \quad N_{sek}' = \frac{1 \text{ MB}}{512 \text{ B}} = 2048 \rightarrow 1 \text{ MB podataka se nalazi na 2048 sektora na hard disku}$$

$$N_{st}' = \frac{2048 \text{ sektora}}{793 \text{ sektora/stazi}} = 2,58 \rightarrow 1 \text{ MB podataka se nalazi na 3 staze na disku}$$

Vreme pristupa jednoj stazi se računa prema sledećem obrascu:

$$T_{pr} = T_{poz_{sr}} + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN}$$

$$r = 7200 \text{ ob/min} = 120 \text{ ob/s}$$

$$T_{poz_{sr}} = 7,4 \text{ ms}$$

$$N = 793 \cdot 512 = 396,5 \text{ kB} \rightarrow \text{kapacitet staze}$$

$$b = b_1 + b_2 + b_3 \rightarrow \text{proćiće se dve cele staze i 58\% treće staze}$$

$$b_1 = b_2 = N = 396,5 \text{ kB}$$

$$b_3 = 0,58 \cdot N = 230 \text{ kB}$$

Prema tome, ukupno vreme potrebno za iščitavanje 1 MB podataka je:

$$T_{pr} = \underbrace{T_{poz_{sr}}}_{\text{traženje prve staze}} + \underbrace{\frac{1}{2r}}_{\text{rotaciono kašnjenje}} + \underbrace{\frac{b_1}{rN}}_{\text{čitanje prve staze}} + \underbrace{T_{poz_{min}}}_{\text{prelazak na susednu stazu}} + \underbrace{\frac{1}{2r}}_{\text{rotaciono kašnjenje}} + \underbrace{\frac{b_2}{rN}}_{\text{čitanje druge staze}} + \underbrace{T_{poz_{min}}}_{\text{prelazak na susednu stazu}} + \underbrace{\frac{1}{2r}}_{\text{rotaciono kašnjenje}} + \underbrace{\frac{b_3}{rN}}_{\text{čitanje treće staze}}$$

$$T_{poz_{min}} = 0,8 \text{ ms}$$

$$T_{pr} = 7,4 \text{ ms} + \frac{1}{2 \cdot 120 \frac{\text{obr}}{\text{s}}} + \frac{396,5 \text{ kB}}{120 \frac{\text{obr}}{\text{s}} \cdot 396,5 \text{ kB}} +$$

$$+ 0,8 \text{ ms} + \frac{1}{2 \cdot 120 \frac{\text{obr}}{\text{s}}} + \frac{396,5 \text{ kB}}{120 \frac{\text{obr}}{\text{s}} \cdot 396,5 \text{ kB}} + 0,8 \text{ ms} + \frac{1}{2 \cdot 120 \frac{\text{obr}}{\text{s}}} + \frac{230 \text{ kB}}{120 \frac{\text{obr}}{\text{s}} \cdot 396,5 \text{ kB}} =$$

$$= 7,4 \text{ ms} + 4,2 \text{ ms} + 8,3 \text{ ms} + 0,8 \text{ ms} + 4,2 \text{ ms} + 8,3 \text{ ms} + 0,8 \text{ ms} + 4,2 \text{ ms} + 4,83 \text{ ms} =$$

$$= 43,03 \text{ ms}$$

$$c) \quad N_{sek}' = \frac{1 \text{ MB}}{512 \text{ B}} = 2048 \rightarrow 1 \text{ MB podataka se nalazi na 2048 sektora na hard disku}$$

$$b = 512 \text{ B}$$

$$N = 396,5 \text{ kB}$$

Pošto se podaci nalaze nasumično raspoređeni na disku, to znači da u najgorem slučaju moramo pročitati svih 2048 sektora na kojima se može naći po 512 B našeg podatka od 1 MB, tako da je srednje vreme pristupa:

$$T_{pr} = 2048 \cdot \left(T_{poz_{sr}} + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN} \right) = 2048 \cdot (7,4 \text{ ms} + 4,17 \text{ ms} + 0,01 \text{ ms}) = 23,715 \text{ s}$$

Zadatak 2. Hard disk poseduje 10350 cilindara, 2 staze po cilindru, 63 sektora po stazi i 512 B po sektoru. Srednje vreme pozicioniranja je 15 ms, a broj obrtaja diska je 3600 ob/min.

- Odrediti kapacitet diska.
- Odrediti vreme potrebno za prenošenje 16 kB podataka koji su sekvencijalno raspoređeni na disku.
- Odrediti vreme potrebno za prenošenje 16 kB podataka koji su slučajno raspoređeni na disku.

Rešenje:

a) $C = 10350 \cdot 2 \cdot 63 \cdot 512 = 66769920 \text{ B} = 652050 \text{ kB} = 636,77 \text{ MB}$

b) $N' = \frac{L}{N_{sek} \cdot L_{sek}} = \frac{16 \text{ kB}}{63 \frac{\text{sektora}}{\text{stazi}} \cdot 512 \frac{\text{B}}{\text{sektoru}}} = 0,508 \rightarrow 16 \text{ kB je raspoređeno na jednoj}$

stazi (tačnije na malo više od pola staze, ali mi pristupamo celoj stazi)

$$r = 3600 \text{ ob/min} = 60 \text{ ob/s}$$

$$T_{poz_{sr}} = 15 \text{ ms}$$

$$b = 16 \text{ kB} = 16384 \text{ B}$$

$$N = N_{sek} \cdot L_{sek} = 63 \cdot 512 = 31 \text{ kB}$$

$$T_{pr} = T_{poz_{sr}} + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN} = 15 \text{ ms} + \frac{1}{2 \cdot 60 \frac{\text{ob}}{\text{s}}} + \frac{16 \text{ kB}}{60 \frac{\text{ob}}{\text{s}} \cdot 31 \text{ kB}} = 15 \text{ ms} + 8,3 \text{ ms} + 8,6 \text{ ms} =$$

$$T_{pr} = 31,9 \text{ ms}$$

c) $N_{sek}' = \frac{L}{L_{sek}} = \frac{16 \text{ kB}}{512 \frac{\text{B}}{\text{sektoru}}} = 32 \rightarrow \text{na 32 sektora je nasumično raspoređeno 16 kB}$

podataka

$$b = 512 \text{ B}$$

$$T_{pr} = 32 \cdot \left(T_{poz_{sr}} + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN} \right) = 32 \cdot (15 \text{ ms} + 8,3 \text{ ms} + 0,3 \text{ ms}) = 755,2 \text{ ms}$$

10.1.5 SSD diskovi

Solid state ili tvrdo stanje je električni termin koji se odnosi na elektroniku koja je u potpunosti izrađena od poluprovodnika. Termin je prvobitno korišćen za definisanje radio-tranzistora koji koriste poluprovodnike, a ne vakuum cevi u njenoj izgradnji. Skoro sva elektronika koju koristimo danas je napravljena od poluprovodnika i čipova. Sto se tiče SSD-

a, to se odnosi na činjenicu da se primarno skladištenje podataka vrši kroz poluprovodnike, umesto magnetnih, kao što su hard diskovi.

Moglo bi se reći da ovaj vid skladištenja već postoji u obliku fleš memorije koji se priključuju u USB ulaz. Ovo je delimično tačno, jer SSD diskovi i fleš memorije koriste isti tip dugotrajne memorije koje zadržavaju informacije čak i kad nemaju napon. Razlika je u formi i kapacitetu diskova. Fleš disk je dizajniran da bude van računarskog sistema, dok je SSD namenjen da bude u računaru kao zamena tradicionalnom hard disku.

Princip rada

Za razliku od magnetnih hard diskova, SSD diskovi nemaju pokretne delove i ne oslanjaju se na magnetno polje za upis podataka na disk. Oni koriste električnu struju, a ne motore i magnete za skladištenje podataka, te zbog toga mogu da pristupe podacima bešumno i sa mnogo manjom potrošnjom energije.

SSD takođe ne podleže fizičkim oštećenjima od udarca ili velike magnetne sile, što ih čini pogodne za mobilne računare.

SSD koristi niz tranzistora, komade silikona i poluprovodnika za prenos električne struje. Svaki komad je mikroskopski i na svaki deo može da utiče transfer nekoliko elektrona. Kao i ostali principi skladištenja podataka, SSD koristi binarni sistem za upis podataka. Nula (0) je predstavljena kao tranzistor koji ne može da prihvati električnu struju, dok jedinica (1) predstavlja tranzistor koji omogućava protok struje.

Prazan disk ili deo praznog diska se obeležava sa svim jedinicama. Svi tranzistori u ovom delu diska će omogućiti slobodan protok struje. Kada je podatak u procesu snimanja, napon se primenjuje na jedan komad silikona, koji je poznat kao kontrolna vrata (*control gate*). Ovaj proces prenosi elektrone na drugi deo diska, koji se naziva plutajuća kapija (*floating gate*). Kada ta kapija bude ispunjena elektronima, struja neće prolaziti kroz njega i disk će ga čitati kao nulu.

Dok pišete ili brišete podatke sa diska, informaciju konvertuje program u binarni podatak. Ovo se dalje šalje u centar diskova za pisanje podataka, gde se pretvara u električnu struju i koristi za poravnavanje tranzistora. Da biste pročitali podatak, centar za čitanje podataka diska šalje struju kroz deo koji drži podatak koji treba da se pročita i vraća ga u sekvencama sačinjenim od jedinica i nula. Ova sekvencu se šalje do programa i predstavlja se kao informacija koju možemo da pročitate.

Proces pisanja podataka SSD diska nudi nekoliko prednosti, kao što je mogućnost korišćenja diska dok je u pokretu, ali tehnologija je predmet ograničenja. Pre svega, svaki tranzistor može biti korišćen do određenog broja puta pre nego što ona neće više biti u

funkciji. Svaki disk koristi napredne metode, poznate kao *wear level* ili nivo potrošnje, kako bi se sprečio određeni deo diska od prerane potrošnje. Čak i sa nivoom potrošnje, SSD disk se na kraju treba menjati jer delovi postaju diska postaju neupisivi.

SSD diskovi imaju nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalne hard diskove. Većina ovoga proizilazi iz činjenice da disk nema pokretnih delova, dok tradicionalni disk ima pogonske motore, koji pokreće magnetne ploče i glave diska. Sve skladištenje na SSD disku obrađuju fleš memorijski čipovi.

Ovo obezbeđuje tri različite prednosti:

- Manja potrošnja struje,
- Brzi pristup podacima,
- Veća pouzdanost.

Potrošnja struje je ključna uloga za korišćenje SSD diska u prenosivim računarima. Pošto ne postoji potreba za napajanje motora, disk koristi daleko manje energije nego običan disk. Sada, industrija je preuzela korake za spustanjem brzine okretanja glave diska u vidu smanjenja potrošnje kod klasičnih diskova i razvoja hibridnih hard diskova, ali oba ova principa i dalje koriste više energije od SSD-a.

Pošto disk ne mora da zavrti ploču diska ili da premešta glave diska, podaci sa diska se mogu citati skoro u trenutku.

Pouzdanost je, takođe, ključni faktor za prenosive diskove. Hard disk ploče su veoma krhke i veoma osetljive. Čak i mali potres diska može izazvati totalan poremećaj diska.

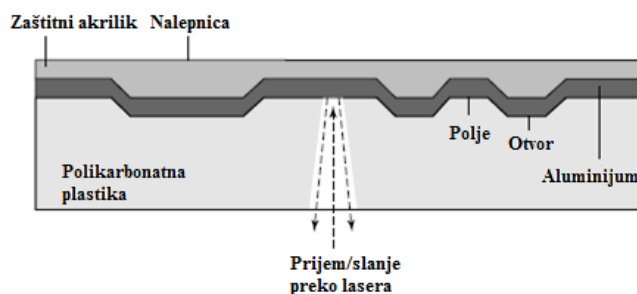
10.2 Optička memorija

Godine 1983. uveden je jedan od najuspešnijih proizvoda svih vremena za široko tržište: digitalni audio sistem kompaktnog diska (CD). CD je neizbrisivi disk na kome može da se uskladišti više od 60 minuta audio informacija na jednoj strani. Ogroman komercijalni uspeh CD-a omogućio je razvoj jeftine tehnologije optičkog skladišta koja je potpuno promenila skladište računarskih podataka. Uvedeni su različiti sistemi optičkih diskova.

10.2.1 Kompaktni disk

CD-ROM i audio CD i CD-ROM (memorija samo za čitanje na kompaktnom disku) dele sličnu tehnologiju. Glavna razlika je u tome što su CD-ROM plejeri otporniji i imaju uređaje za ispravljanje grešaka koji obezbeđuju da se podaci ispravno prenesu sa diska na računar. Obe vrste diskova prave se na isti način. Disk se formira od smole, kao što je polikarbonat. Digitalno zapisane informacije (muzika ili računarski podaci) utiskuju se kao nizovi mikroskopskih otvora na površinu polikarbonata. To se radi, pre svega, fino

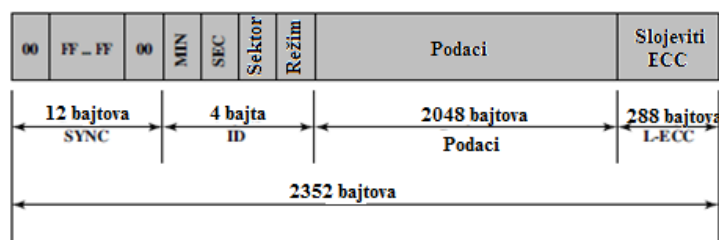
fokusiranim laserom velikog intenziteta, da bi se napravio matični disk. Matični disk se, sa svoje strane, koristi za izradu matrice radi štampanja kopija na polikarbonatu. Površina sa otvorima se zatim prevlaci visokoreflektivnom površinom, obično od aluminijuma ili čistog akrilika. Najzad, na akrilik može da se nanese nalepnica.



Slika 7. Operacije na CD-u

Informacija se izdvaja sa CD-a ili CD-ROM-a pomoću lasera male snage koji se nalazi u plejeru optičkih diskova, ili jedinici uređaja. Laser osvetljava kroz providni polikarbonat dok motor obrće disk pored njega (slika 7). Intenzitet reflektovane svetlosti lasera se menja kada on naiđe na otvor. Posebno, ako laserski zrak padne na otvor, koji ima nešto grublju površinu, svetlost se rasipa i manji intenzitet se reflektuje nazad ka izvoru. Površine između otvora se zovu *polja* (engl. *land*). Polje je glatka površina, koja reflektuje unazad velikim intenzitetom. Promena između otvora i polja otkriva se fotosenzorom i pretvara u digitalni signal. Senzor testira površinu u pravilnim intervalima. Početak ili kraj otvora predstavlja 1; kada se ne pojavljuje nikakva promena u elevaciji između intervala, zapisana je 0.

Da bi se postigao veći kapacitet, informacije na CD-u i CD-ROM-u se ne organizuju po koncentričnim stazama. Umesto toga, disk sadrži jednu spiralnu stazu, koja počinje blizu centra i spiralno se odvija sve do spoljašnje ivice diska. Sektori blizu spoljašnjosti diska su iste dužine kao i oni blizu unutrašnjosti. Dakle, informacija se pakuje ravnomerno na disku u segmentima iste veličine, koji se skeniraju istom brzinom pomoću rotiranja diska promenljivom brzinom. Otvori se onda čitaju laserom konstantnom linearnom brzinom (CLV). Disk rotira sporije za pristupe blizu spoljašnje ivice, nego za one blizu centra. Dakle, i kapacitet staze i rotaciono kašnjenje se povećavaju za pozicije bliže spoljašnjoj ivici diska. Kapacitet podataka za CD-ROM je oko 680 MB



Slika 8. Format bloka CD-ROM-a

Podaci na CD-ROM-u se organizuju kao sekvenca blokova. Tipični format bloka prikazan je na slici 8. On se sastoji od sledećih polja:

- **Sync:** pomoću polja *sync* identifikuje se početak bloka. Ono se sastoji od bajta sa svim 0, 10 bajtova sa svim 1 i bajta sa svim 0.
- **Zaglavlje:** zaglavlje sadrži adresu bloka i bajt za režim. Režim 0 određuje prazno polje podataka; režim 1 određuje upotrebu koda za ispravljanje grešaka i 2048 bajtova podataka; režim 2 određuje 2336 bajtova korisničkih podataka, bez koda za ispravljanje grešaka.
- **Podaci:** korisnički podaci.
- **Pomoćno polje:** dodatni korisnički podaci u režimu 2. U režimu 1, to je 288-bajtni kod za ispravljanje grešaka, ECC (*Error Correction Code*).

Kod upotrebe CLV, slučajni pristup postaje teži. Lociranje određene adrese obuhvata kretanje glave po opštoj površini, podešavanje brzine rotacije i čitanje adrese, a zatim mala podešavanja da bi se pronašao određeni sektor i da bi mu se pristupilo.

CD-ROM je pogodan za distribuciju velikih količina podataka velikom broju korisnika. Zbog visoke cene inicijalnog procesa upisivanja, on nije pogodan za individualizovane primene. U poređenju sa tradicionalnim čvrstim diskovima, CD-ROM ima dve prednosti:

- Optički disk, zajedno sa informacijom uskladištenom na njemu, za razliku od magnetnog diska, može jeftino masovno da se reprodukuje. Baza podataka na magnetnom disku treba da se reprodukuje kopiranjem jednog diska odjednom, korišćenjem dva uređaja diskova.
- Optički disk je izmenljiv, dozvoljavajući samom disku da se koristi kao arhivsko skladište. Većina magnetnih diskova su neizmenljivi. Informacije na neizmenljivom disku moraju prvo da se kopiraju na traku pre nego što uređaj diska/disk može da se upotrebi za skladištenje novih informacija.

Nedostaci CD-ROM-a su sledeći:

- On je samo za čitanje i ne može da se ažurira.

- Ima vreme pristupa mnogo duže od onog za magnetni disk, otprilike polovinu sekunde.

10.2.2 CD na koji se može upisivati

Da bi se prilagodio aplikacijama u kojima je potrebna samo jedna, ili mali broj kopija skupa podataka, razvijen je CD za upisivanje jednom i čitanje mnogo puta, poznat kao CD na koji se može upisivati (CD-R). Za CD-R, disk se priprema na takav način da u njega može jednom da se upisuje pomoću laserskog zraka umerenog intenziteta. Dakle, sa nešto skupljim kontrolerom diska od onog za CD-ROM, korisnik može jednom da upiše i da čita sa diska.

Medijum CD-R je sličan, ali ne i istovetan sa onim za CD ili CD-ROM. Za CD i CD-ROM, informacija se upisuje pravljenjem otvora na površini medijuma, što menja refleksivnost. Za CD-R, medijum ima sloj boje. Boja se koristi za promenu refleksivnosti i aktivira se pomoću lasera velikog intenziteta. Rezultujući disk može da se čita na uređajima za CD-R ili CD-ROM.

Optički disk CD-R je privlačan za arhivsko skladište dokumenata i datoteka. On obezbeđuje trajan zapis velikih obima korisničkih podataka.

10.2.3 CD preko koga se može prepisivati

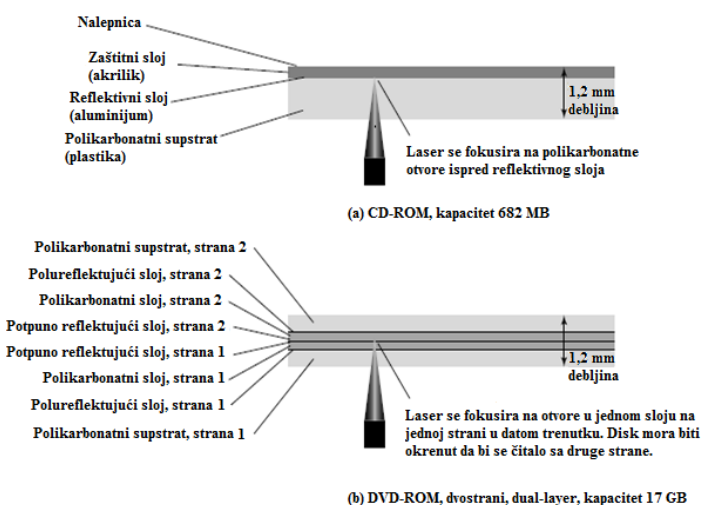
Na optički disk CD-RW može više puta da se upisuje i preko njega prepisuje, kao na magnetni disk. Mada je isproban veći broj pristupa, jedini čisto optički pristup koji se dokazao kao privlačan zove se promena faze. Disk sa promenom faze koristi materijal koji ima dve značajno različite refleksivnosti u dva različita stanja faze. Postoji amorfno stanje, u kome su molekuli slučajno orijentisani i slabo reflektuju svetlost i kristalno stanje, koje ima glatku površinu i dobro reflektuje svetlost. Zrak laserske svetlosti menja fazu materijala. Glavni nedostatak diskova sa promenom faze je da materijal na kraju trajno gubi svoje poželjne osobine. Trenutno postojeći materijali mogu da se koriste za između 500.000 i 1.000.000 ciklusa brisanja.

CD-RW ima očiglednu prednost na CD-ROM i CD-R zato što može da se prepisuje i tako koristi kao pravo sekundarno skladište. Kao takav, on konkuriše magnetnom disku. Ključna prednost optičkog diska je u tome što su inženjerske tolerancije za optički disk mnogo manje stroge nego za magnetne diskove velikog kapaciteta. Na taj način, on ima veću pouzdanost i duži životni vek.

10.2.4 Digitalni video disk

Sa digitalnim video diskom (DVD) velikog kapaciteta, elektronska industrija je najzad pronašla prihvatljivu zamenu za analognu VHS video traku. DVD će zameniti video traku,

korišćenu u video kasetnim rekorderima (VCR-ovima) i, što je važnije za ovu raspravu, CD-ROM memorije u personalnim računarima i serverima. DVD uvodi video u digitalno doba. On isporučuje filmove sa impresivnim kvalitetom slike i može da mu se pristupa na slučaj, kao kod audio CD-a, koje DVD mašine takođe mogu da reprodukuju. Veliki obimi podataka mogu da se smeste na disk, često sedam puta veći nego na CD-ROM.



Slika 9. Razlike između CD-ROM-a i DVD-ROM-a

Veći kapacitet DVD-ja je posledica tri razlike u odnosu na CD (slika 9):

1. Bitovi se bliže pakuju na DVD-ju. Rastojanje između petlji spirale na CD-u je $1,6 \mu\text{m}$, a minimalno rastojanje između otvora duž spirale je $0,834 \mu\text{m}$. DVD koristi laser sa manjom talasnom dužinom i postiže rastojanje između petlji od $0,74 \mu\text{m}$.
2. DVD koristi drugi sloj otvora i polja, na prvom sloju. Dvoslojni DVD ima polurefleksni sloj preko reflektivnog sloja i, podešavanjem žiže, laseri u DVD uređajima mogu da čitaju svaki sloj posebno. Ta tehnika gotovo udvostručava kapacitet diska, na oko 8,5 GB. Manja refleksivnost drugog sloja ograničava njegov kapacitet skladišta, tako da se potpuno udvostručavanje ne postiže.
3. DVD-ROM memorija može da bude dvostrana, dok se podaci upisuju samo na jednoj strani CD-a. To donosi ukupan kapacitet do 17 GB.

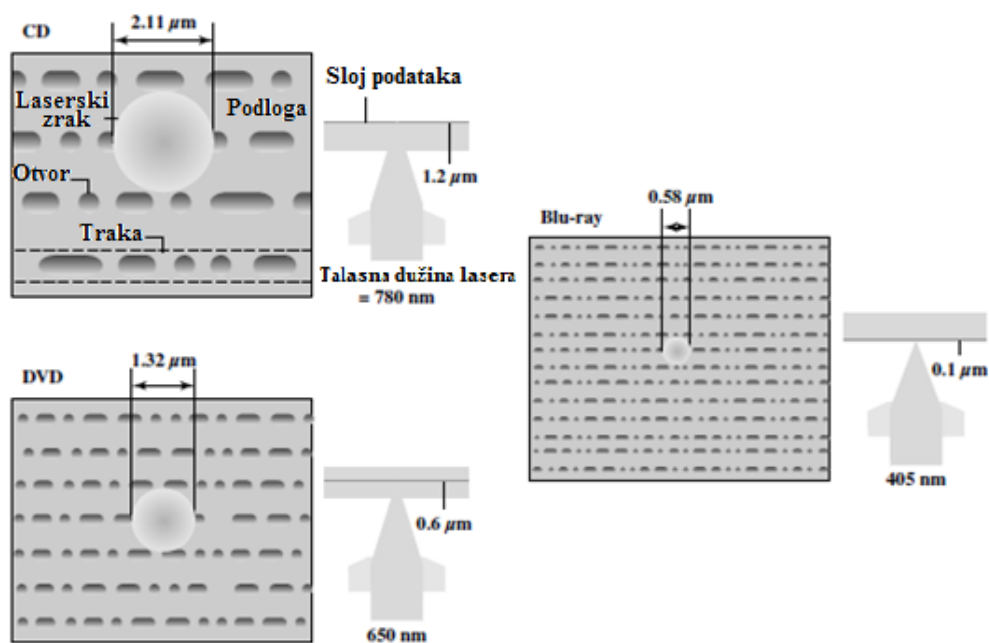
Kao i CD, DVD-ovi dolaze u verzijama za upisivanje, kao i samo za čitanje.

10.2.5 Optički diskovi visoke definicije

Ovi diskovi su dizajnirani da bi smestili HD video materijale i da pruže značajno veće smeštajne kapacitete od DVD-a. Veća gustina bitova se postiže korišćenjem lasera sa manjom talasnom dužinom, u opsegu plave i ljubičaste svetlosti.

Dva formata su se početno takmičila za tržišni uspeh: HD DVD i *Blu-ray* DVD. *Blu-ray* je na kraju postao opšte prihvaćen standard. HD DVD može da smesti 15 GB na jednom sloju

na jednoj strani diska. *Blu-ray* pozicionira sloj podataka bliže laseru (prikazano na desnoj strani svakog dijagrama sa slike 10). Ovo omogućava užu fokus i manje rasipanje i time manje trake i otvore za podatke. *Blu-ray* može da smesti 25 GB na jednom sloju.



Slika 10. Karakteristike optičkih memorija