

Sekundarne memorije

HARD DISK

Sadržaj prezentacije:

- Uvod
- Osnove hard diskova
- Hard disk naspram kasete
- Kapacitet i performanse
- Unutrašnjost - elektronska ploča/ispod elektronske ploče
- Unutrašnjost - ploče/ruka
- Unutrašnjost - glave za čitanje/pisanje
- Memorisanje/organizovanje podataka
- Memorisanje podataka
- Karakteristike memorisanja na disku
- Karakteristike pristupa kod diska
- Upisivanje/modifikovanje blokova
- Kontroler diska
- Hard diskovi u grupama

Uvod



- **Sekundarna memorija (auxillary storage)** je memorija koja je "odvojena" od računara i u njoj softver i podaci mogu da se smeste na polutrajnoj osnovi. Pošto primarna memorija gubi sadržaj kada se isključi napajanje, sekundarna memorija je potrebna da bi se sačuvali podaci i programi za kasniju upotrebu.

Uvod

- Skoro svi serveri, stoni i prenosni računari koji se danas koriste sadrže u sebi jedan ili više **hard disk drajvova (HDD)**.
- Svaki mainframe i superračunar uobičajeno ima na stotine HDD.
- **Hard diskovi** se danas koriste na VCR uređajima i kamkorderima, umesto uobičajenih magnetnih traka.
- Podaci na disku se čitaju "slučajanim pristupom" (random-access), što znači da se pojedini blokovi podataka mogu memorisati ili ročitati bilo kojim redosledom, pre nego sekvencijalnim pristupom.

Uvod

- Milijarde HD-a širom sveta kvalitetno obavljaju zajednički zadatak - memorišu promenjive digitalne podatke.
- Najjednostavnije rečeno, osnovni zadatak HD-a je da omoguće da se podaci sačuvaju i onda kada je računar ugašen.



Osnove hard diskova

- **Hard diskovi** su se pojavili pedesetih godina prošlog veka.
- To su bili veliki diskovi prečnika pola metra (20 inča) koji su mogli da memorišu samo nekoliko MB podataka.
- U početku su nazivani **fiksni diskovi** (fixed disks) ili **Winchesters** (naziv za tada popularan IBM-ov proizvod).
- Kasnije ovi uređaji dobijaju naziv **hard disks** kako bi se lakše razlikovali od **floppy** diskova.

Osnove hard diskova

- Stalnim unapređivanjem, HDD-i su zadržali svoju poziciju i u modernom dobu servera i personalnih računara.
- Više od 200 kompanija danas proizvodi hard diskove, a među najpoznatijima su [Seagate](#), [Toshiba](#) i [Western Digital](#).
- Procenjuje se da su širom sveta, prihodi od prodaje HDD-a u 2013. godini iznosili 33 milijarde \$, što predstavlja pad od približno 12% u odnosu na 37.8 milijardi \$ u 2012. godini.

Uvod

- Prednosti diska (i ostalih sekundarnih memorija) ogleda se u sledećem:
 - **Prostor** - moguće je smestiti velike količine podataka.
 - **Pouzdanost** - podaci na sekundarnoj memoriji su sigurni.
 - **Pogodnost** - brzo lociranje i pristup podacima.
 - **Ekonomičnost** - smanjeni troškovi čuvanja podataka.

Osnove hard diskova

- HD-i imaju **čvrstu ploču** na kojoj se nalazi magnetni medijum (za razliku od savitljivog plastičnog filma koji se koristi kod kasete i flopi diskova. Obe vrste uređaja koriste iste **magnetne tehnike** zapisa.
- Čitanje podataka sa diska znači prevođenje magnetskog podatka u električne impulse koji mogu da se pošalju procesoru. Upisivanje podatka je suprotno i uključuje slanje električnih impulsa od procesora koji će biti pretvoreni u namagnetisane tačke na površini diska.
- HD-i i kasete dele i najznačajnije prednosti magnetnog načina zapisivanja - podaci na magnetnom medijumu se mogu lako brisati i ponovo upisivati, a jednom upisani podaci mogu biti sačuvani godinama.

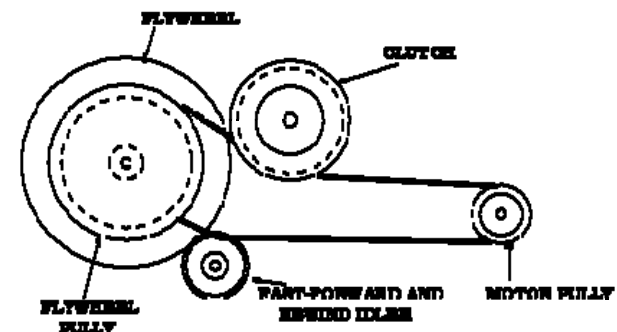
Hard disk naspram kasete

- Najznačajnije razlike između hard diskova i kasete se ogledaju u sledećem:
 - Namagnetisani materijal na kome se mogu snimati podaci se kod kasete nalazi na tankoj plastičnoj traci.
 - Kod HD, namagnetisani materijal za snimanje je nanesen u vidu posebnog sloja na aluminijumskom ili staklenom disku izuzetno velike preciznosti. Površina hard diska se potom polira do izuzetno visokog nivoa ugaćanosti.



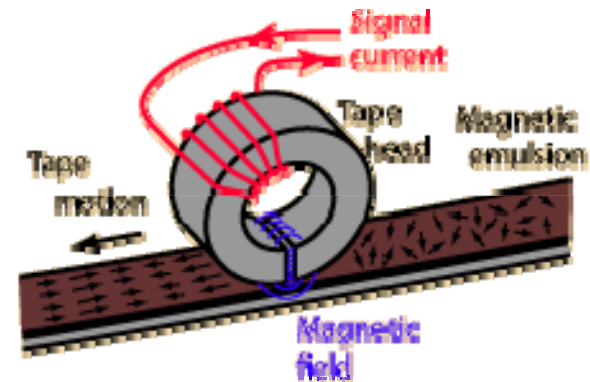
Hard disk naspram kasete

- Pristup određenom delu podataka se kod kasete može obaviti isključivo njenim premotavanjem na deo trake na kome su ti podaci memorisani. Ovaj proces može potrajati i nekoliko minuta.
- Hard diskovi raspolažu mogućnošću gotovo **trenutnog pristupa** bilo kom delu, što značajno ubrzava rad sa memorisanim podacima.



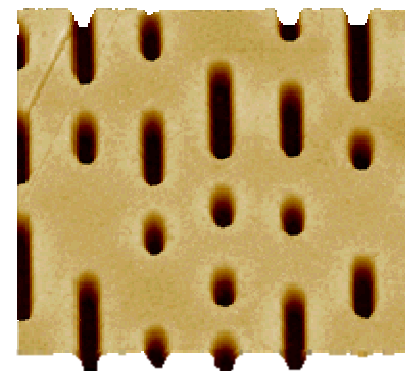
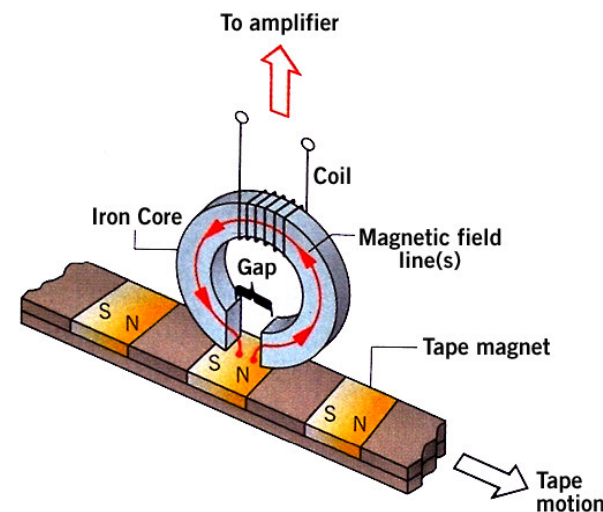
Hard disk naspram kasete

- Kod kasetofona, glava za pisanje/čitanje direktno dodiruje traku. Kod HD, glava za pisanje/čitanje **lebdí** iznad diska, ali ga nikada stvarno i ne dodiruje.
- Kasete se u kasetofonu kreće preko glave brzinom od približno 5 cm/s. Površina HD se može okretati ispod njegove glave brzinama i preko 272 km/h.



Hard disk naspram kasete

- Informacije na HD-u se snimaju na izuzetno malim magnetskim domenima, koji su neuporedivo manji od onih na kasetama. Ovako mala veličina domena je omogućena preciznošću izrade ploča i brzinom medija.
- Zbog ovih razlika savremeni HD-i su u mogućnosti da memorišu izuzetno veliku količinu informacija na malom prostoru. HD takođe, može da pristupi bilo kom memorisanom podatku u deliću sekunde.



Memorisanje podataka na disku

- Podaci se na disk memorišu u obliku **fajlova**. Bez obzira šta sadrži, fajl je najjednostavnije rečeno, imenovana grupa bajtova.
- Kada program koji se izvršava na računaru zahteva fajl, hard disk pronalazi bajtove koji ga čine i šalje ih u RAM.
- Bajtovi koji sačinjavaju fajl mogu biti:
 - ASCII kodovi za karaktere tekstualnog fajla,
 - instrukcije softverske aplikacije koju računar treba da izvrši,
 - slogovi iz baze podataka,
 - podaci o bojama tačaka u GIF ili JPEG slikama i sl.

Pregled vrsta hard diskova

Vrsta (form factor)	Status	Dužina [mm]	Širina [mm]	Visina [mm]	Max Kapacitet	Br. ploča (max)	Kapacitet po ploči [GB]
3.5"	Aktuelan	146	101.6	19 ili 25.4	6 TB (2013)	5 ili 7	1000
2.5"	Aktuelan	100	69.85	5,7, 9.5, 12.5 ili 15	2 TB (2012)	4	694
1.8"	Aktuelan	71	54	5 ili 8	320 GB (2009)	2	220
8"	Zastareo	362	241.3	117.5			
5.25"	Zastareo	203	146	82.6	47 GB (1998)	14	3.36
5.25"	Zastareo	203	146	41.4	19.3 GB (1998)	4	4.83
1.3"	Zastareo		43		40 GB (2007)	1	40
1" (CFII/ZIF/ IDE-Flex)	Zastareo		42		20 GB (2006)	1	20
0.85"	Zastareo	32	24	5	8 GB (2004)	1	8

Pregled vrsta hard diskova



Tehnološki napredak hard diskova

- Dupliranjem gustine zapisa na svake 4 godine (Kryder-ov zakon), HD-i kontinualno poboljšavaju svoje karakteristike kao na primer:
 - Kapacitet HD-a raste od 3.75 MB ka 4 TB i više - uvećanje više od milion puta.
 - Fizička zapremina HD-a se smanjuje sa 1.9 m³, na manje od 20 cm³ - umanjenje od 100,000 : 1.



Tehnološki napredak hard diskova

- Težina opada sa 910 kg na 48 grama - **umanjenje 20,000 : 1.**
- Cena opada sa približno 15,000 US\$ po MB na manje od 0.00006 \$ po MB (\$90/1.5 terabyte) - **umanjenje veće od 250-miliona : 1.**
- Prosečno vreme pristupa opada sa 100 ms na nekoliko ms - **poboljšanje veće od 40 : 1.**

Kapacitet i performanse

- Osnovne karakteristike HD-a su kapacitet i performanse.
- Današnji PC-i raspolažu hard diskovima kapaciteta od 10 do 160 GB.
- Postoje diskovi čiji se kapacitet meri TB-a (1 TB = 1000 GB).



Kapacitet i performanse

- Faktori koji ograničavaju vreme potrebno da se pristupi podacima na disku uglavnom su povezani sa mehaničkom prirodom rotirajućih diskova i pokretnih glava.
- **Vreme pretraživanja (seek time)** pokazuje koliko je vremena potrebno sklopu glava da putuju do staze na disku koja čuva tražene podatke.
- Prosčno vreme pretraživanja iznosi manje od 4 ms kod HD-a brzih servera, do 15 ms kod mobilnih diskova. Kod desktop računara uobičajeno iznosi oko 9 ms.

Kapacitet i performanse

- Kašnjenje usled rotacije (rotational latency) nastaje kada željeni sektor sa podacima na disku nije direktno ispod glava diska, u trenutku kada se zahteva transfer podataka.
- Latentnost zavisi od rotacione brzine diska i meri se brojem obrtaja u minuti (revolutions per minute - rpm).

Rotaciona brzina [rpm]	Prosečna latentnost [ms]
15,000	2
10,000	3
7,200	4.16
5,400	5.55
4,800	6.25

Kapacitet i performanse

- Kada je podatak na disku pronađen, naredni korak predstavlja **prenos podataka** - proces prenosa podataka između memorije i diska.
- **Brzina prenosa podataka (data transfer rate, bit rate)** - opisuje koliko brzo podaci mogu da se prenesu sa diska (čitanje diska), odnosno iz memorije na disk (upisivanje na disk). Meri se brojem bitova u sekundi.
- Jedan uobičajeni disk iz 2010. godine sa 7,200 obrtaja u minuti postizao je "**disk-to-buffer**" brzinu prenosa podataka od 1,030 Mbits/sec.

Unutrašnjost HD - kućište

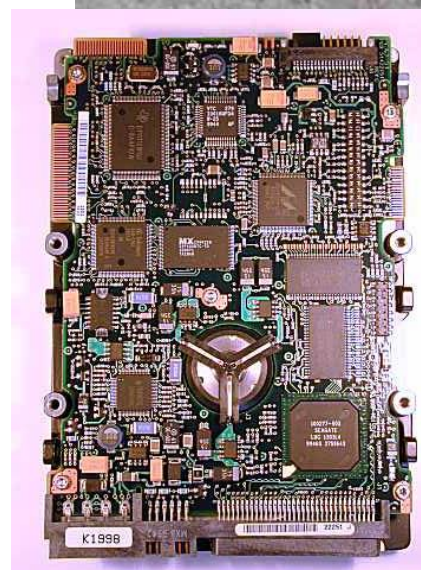
- Najbolji način za razumevanje funkcionisanja hard diskova je posmatranje njihove unutrašnjosti.
- Hard disk predstavlja zapečaćenu aluminijsku kutiju sa upravljačkom elektronikom prikačenom sa jedne strane kućišta.



Izgled tipičnog hard diska

Unutrašnjost HD - elektronska ploča

- Elektronika kontroliše mehanizam za čitanje/pisanje i motor koji okreće ploče.
- Elektronika takođe pretvara magnetne zapise sa diska u bajtove (čitanje) i pretvara bajtove u magnetne zapise (pisanje).
- Sve elektronske kontrole se nalaze na maloj ploči koja se može otkaçiti od ostatka diska.



Unutrašnjost HD - ispod elektronske ploče

- Ispod elektronske ploče se nalaze veze prema motoru koji okreće ploče, kako i otvor za ventilaciju, sa izuzetno visokim nivoom zaštite od prašine, koji omogućava izjednačavanje unutrašnjeg i spoljnog vazdušnog pritiska.



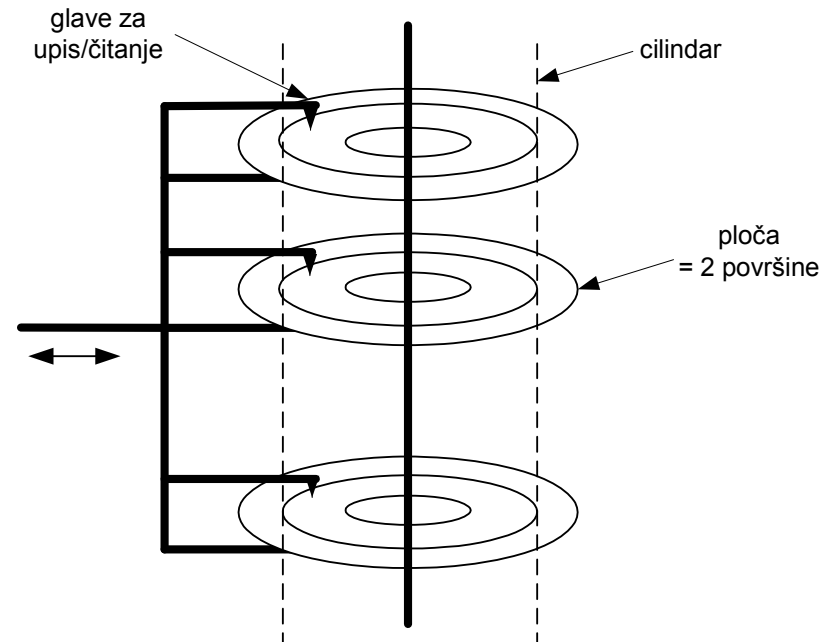
Unutrašnjost HD - mehanizam

- Uklanjanjem poklopca HDD-a dolazi se do jednostavnog, ali i veoma zanimljivog, mehanizma.



Unutrašnjost HD

- Dva osnovna pokretna dela HDD su: **sklop diskova** i **sklop glava**.
- Sklop diskova sastoji se od jedne ili više kružnih ploča koje rotiraju oko centralne osovine.
- Gornja i donja površina ploča presvučene su tankim slojem magnetnog materijala, na kome se memorišu bitovi.



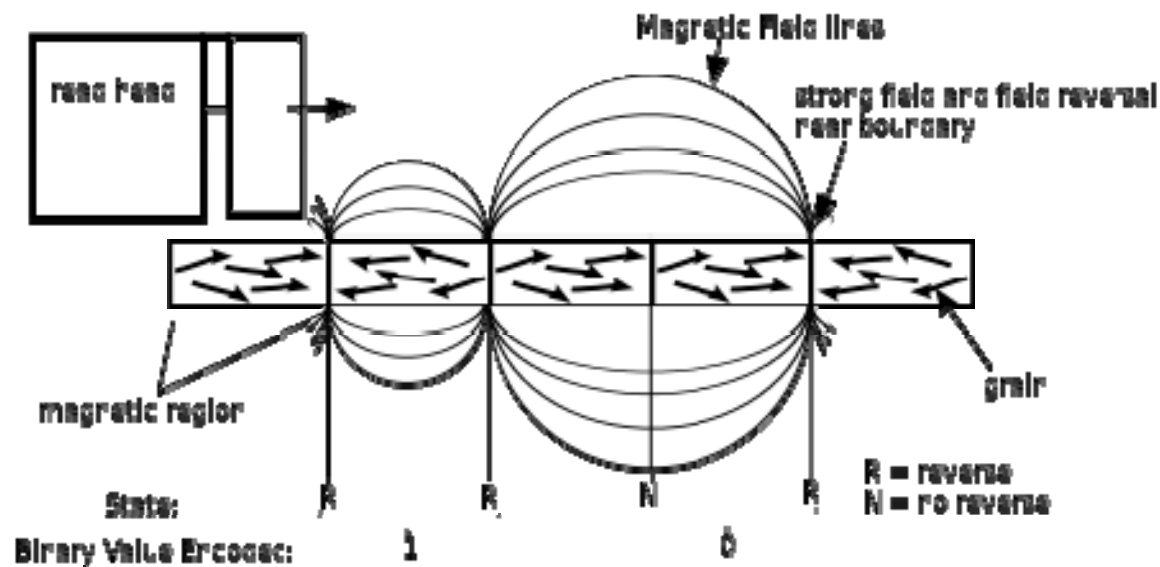
Unutrašnjost HD

Unutrašnjost HD - ploče

- Ploče (platters) se izrađuju od ne-magnetskog materijala, najčešće aluminijuma, stakla ili keramike i presvučene su tankim slojem magnetskog materijala, uobičajeno debljine 10-20 nm, sa spoljnim slojem od ugljenika koji služi kao zaštita.
- Za poređenje kopir papir je debljine 0.07-0.18 mm (70,000-180,000 nm).
- Uobičajeni prečnik ploče diska je 3.5 inča ili 2.5 inča, iako postoje i ploče većih ili manjih prečnika.

Unutrašnjost HD - ploče

- HD zapisuje podatke namagnetisavanjem tankog sloja feromagnetskom materijala kojim su presvučene ploče diska. Sekvencijalne promene smeru namagnetisanja predstavljaju binarne podatke - bitove podataka.
- Podaci se čitaju sa diska na osnovu čitanja promena u namagnetisanju.



Unutrašnjost HD - ploče

- **Ploče diska** - kod savremenih diskova rotiraju brzinama koje se kreću od 4,200 rpm kod energetski-efikasnih prenosivih uređaja, sve do 15,000 rpm kod moćnih servera.
- Prema podacima iz decembra 2013. godine, u većini široko komercijalnih HD-a ploče rotiraju brzinama od 5,400 rpm ili 7,200 rpm.



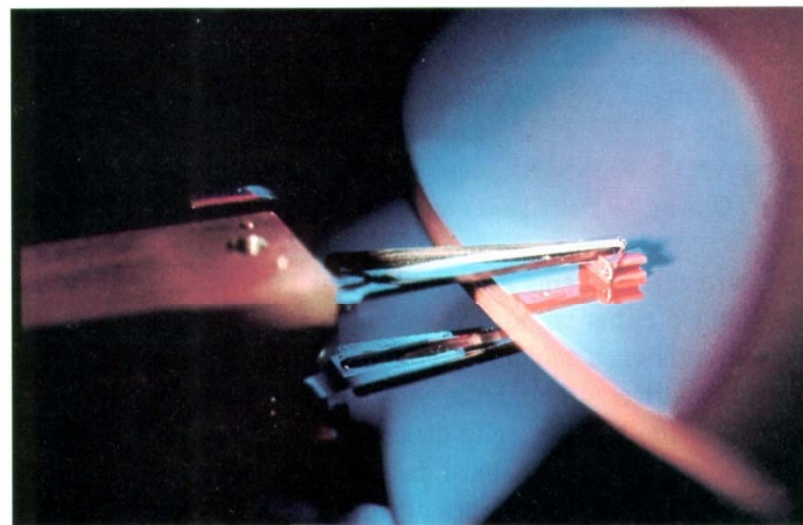
Unutrašnjost HD - ruka

- Drugi pokretni deo HDD je **sklop glava - ruka**.
- **Ruka** nosi glave za pisanje/čitanje i nju kontroliše mehanizam koji se nalazi u gornjem levom uglu (slika dole desno).



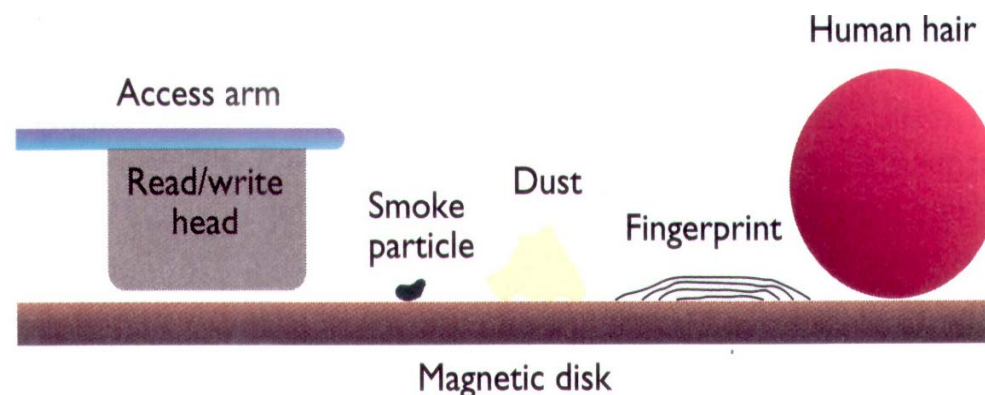
Unutrašnjost HD - ruka

- Ruka je u mogućnosti da pomera glave od ivice ka sredini diska i obratno.
- Ruka i njeni mehanizmi za pomeranje su izuzetno laki i brzi.
- Na prosečnom HD ruka može preći put od centra do ivice ploče i obratno i do 50 puta u sekundi.



Unutrašnjost HD - glave za čitanje/pisanje

- Za svaku površinu diska postoji po jedna glava koja lebdi iznad nje na veoma maloj udaljenosti, pri čemu je nikada ne dodiruje; u suprotnom došlo bi do oštećenja površine ploče diska i gubitka njenog sadržaja.
- Kad glava za čitanje/pisanje slučajno dodirne površinu diska, to se zove **pad glave** (head crash) - podatak će biti uništen. Podatak takođe može biti uništen ako glava za čitanje/pisanje naiđe na najsitniju česticu stranog tela na površini diska.



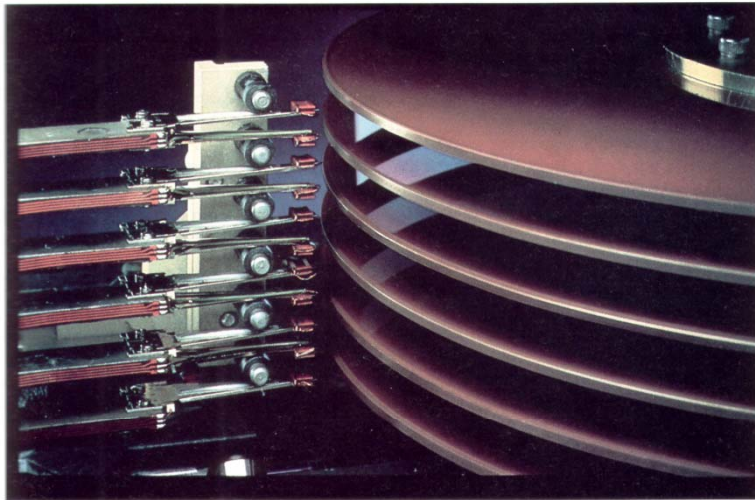
Unutrašnjost HD - glave za čitanje/pisanje

- Glave čitaju magnetizam ili ga menjaju radi upisivanja informacija na disk.
- Sve glave diska se zajedno pomeraju nad površinom ploča diska.



Unutrašnjost HD - ploče i glave

- Da bi se povećao kapacitet diska, većina HD ima više ploča.



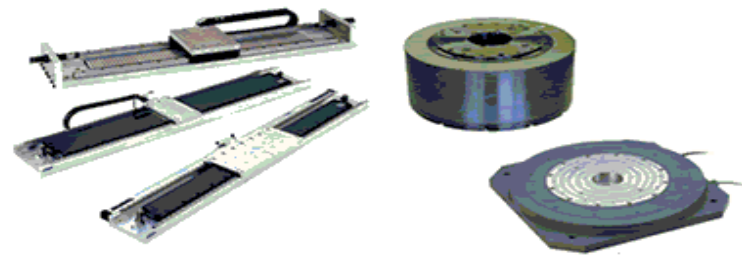
Disk sa 6 ploča / 12 površina



Disk sa 3 ploče / 6 površina

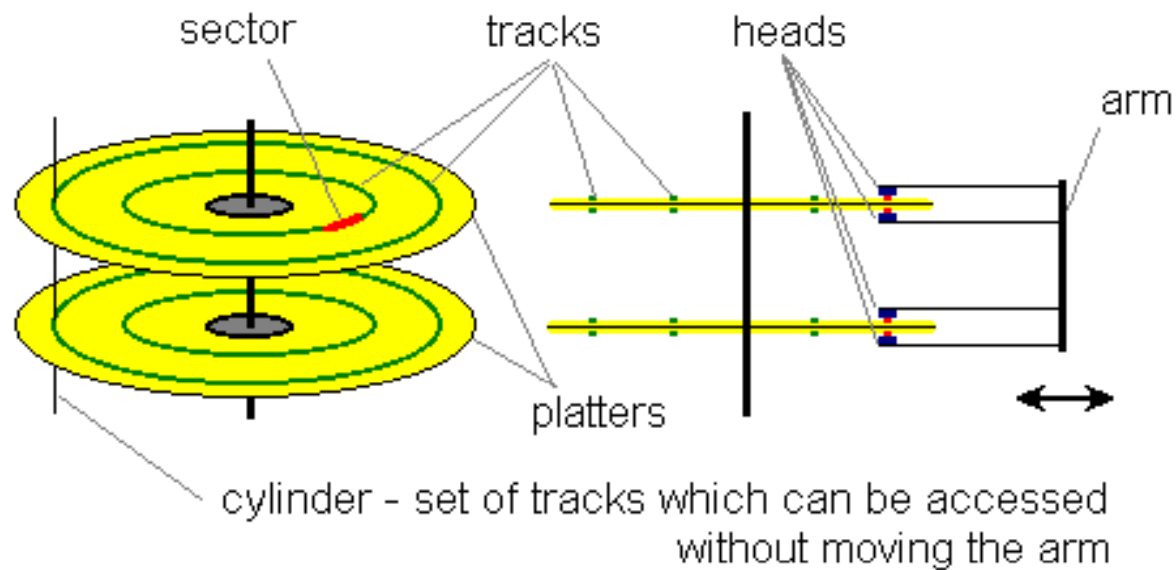
Unutrašnjost HD - ploče i glave

- Mehanizam koji pomera ruku HD-a mora da bude izuzetno brz i precizan. On se može konstruisati pomoću linearnog motora velike brzine.



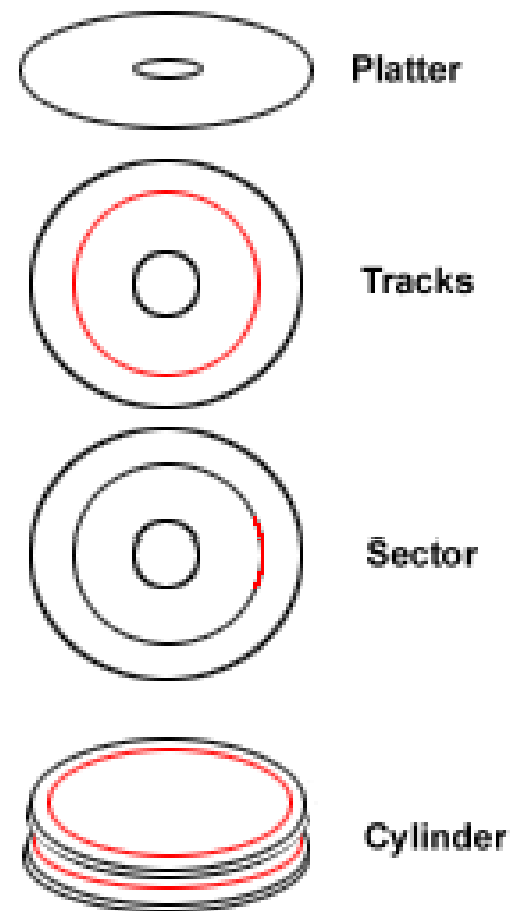
Memorisanje/organizovanje podataka

- Podaci (bitovi) koji se memorišu na površini ploče organizovani u **staze** (tracks), **sektore** (sectors), **grupe sektora/klastere** (clusters) i **cilindre** (cylinder).



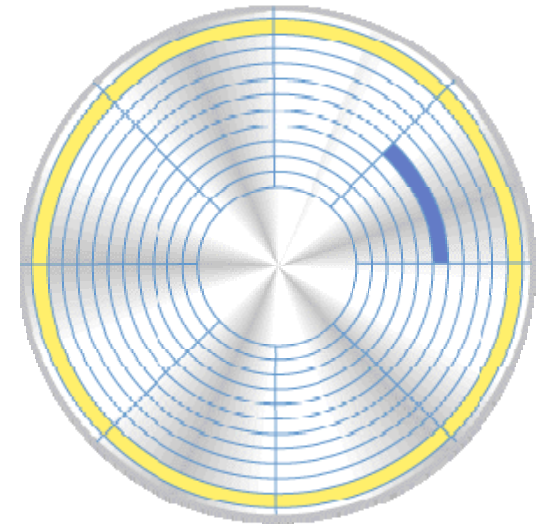
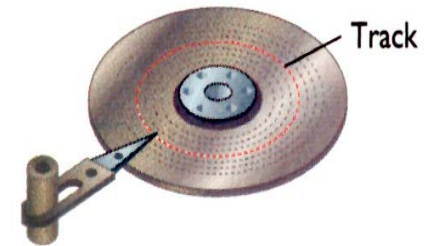
Memorisanje/organizovanje podataka

- Staze predstavljaju koncentrične krugove, a sektori su odsečci krugova.
- Skup staza istog prečnika na svim pločama obrazuje cilindar.



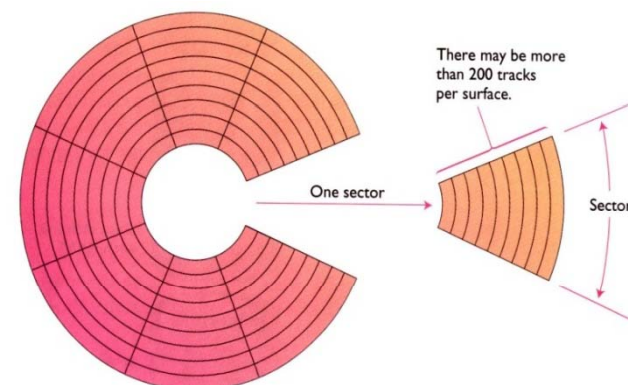
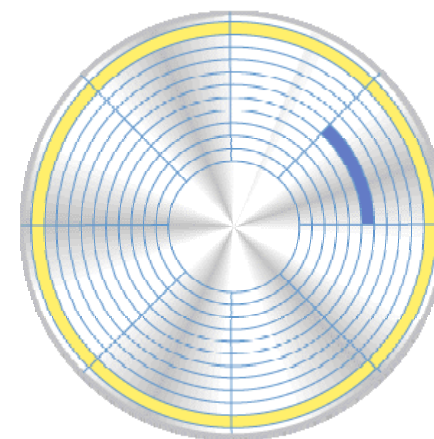
Memorisanje/organizovanje podataka

- **Staze** zauzimaju veći deo površine ploče, osim u pojasu koji se nalazi uz osovinu.
- Staza se sastoji od velikog broja tačaka od kojih svaka predstavlja jedan bit, a u zavisnosti od orijentacije magnetizma.
- Tipična staza je prikazana žutom bojom na slici.



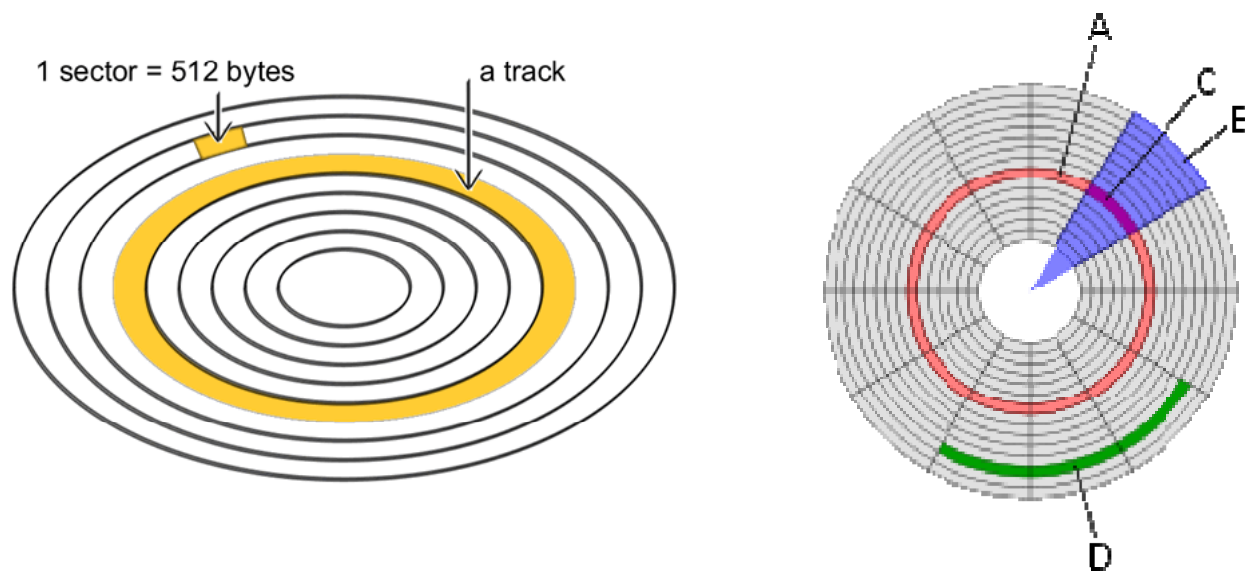
Memorisanje/organizovanje podataka

- Staze su organizovane u **sektore**, koji predstavljaju segmente na kružnicama razdvojene međuprostorima (gaps) koji nisu namagnetisani ni u jednom smeru.
- Sektor (prikazan plavom bojom na slici) je nedeljiva jedinica kada je u pitanju operacija čitanja/upisivanja na disk, kao i u slučaju greške na disku.



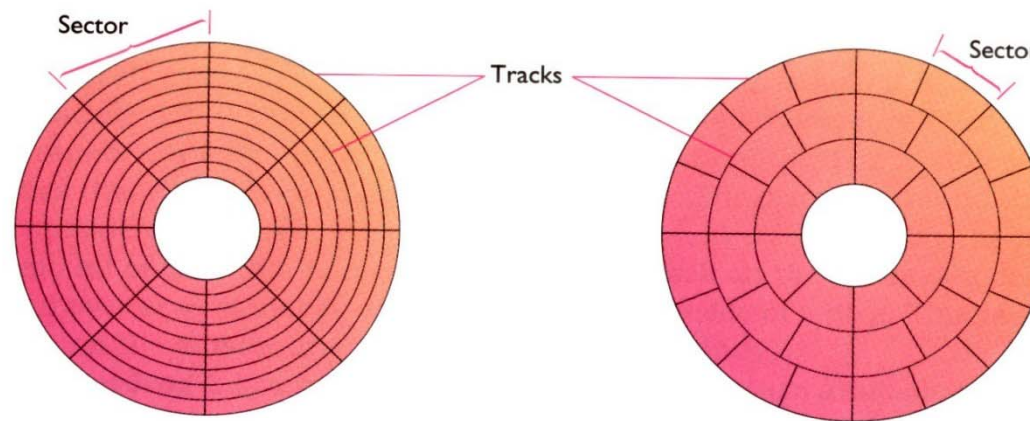
Memorisanje/organizovanje podataka

- Kod bilo kakvog oštećenja magnetnog sloja, takvog da je nemoguće memorisati podatke, ceo sektor koji sadrži takvo oštećenje nije moguće koristiti.
- **Sektor** sadrži fiksni broj bajtova, na primer, 256 ili 512. Najnoviji diskovi koriste sektore veličine 4096-byte (4 KB).



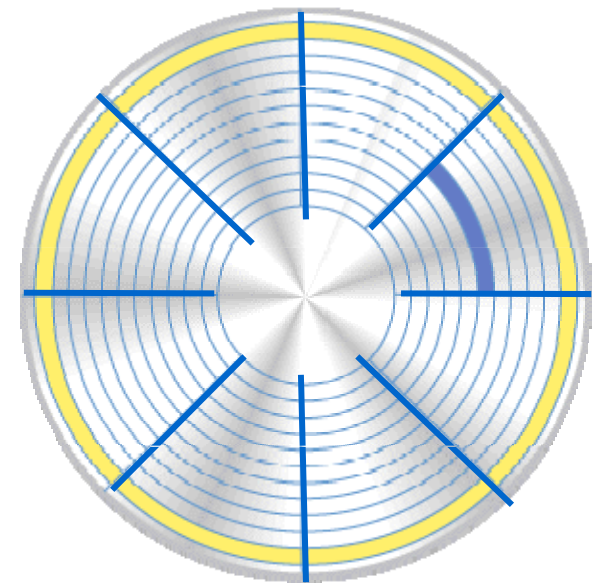
Memorisanje/organizovanje podataka

- **Zonsko snimanje** deli disk na **zone** i dodeljuje veći broj sektora stazama većeg prečnika (ka spoljnom obodu), nego onima ka centru površine.
- Na taj način se dobija veći broj sektora - veći kapacitet diska.



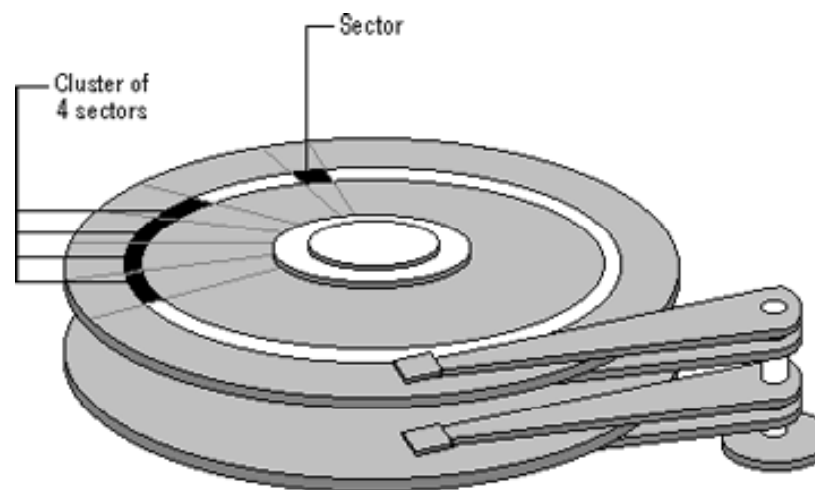
Memorisanje/organizovanje podataka

- **Međuprostori (gaps)** - najčešće zauzimaju 10% staze i služe za identifikaciju početaka sektora.
- Ranije pomenuti blokovi koji predstavljaju logičke jedinice podataka koje se razmenjuju između diska i OM-ee, sastoje se od jednog ili više sektora.



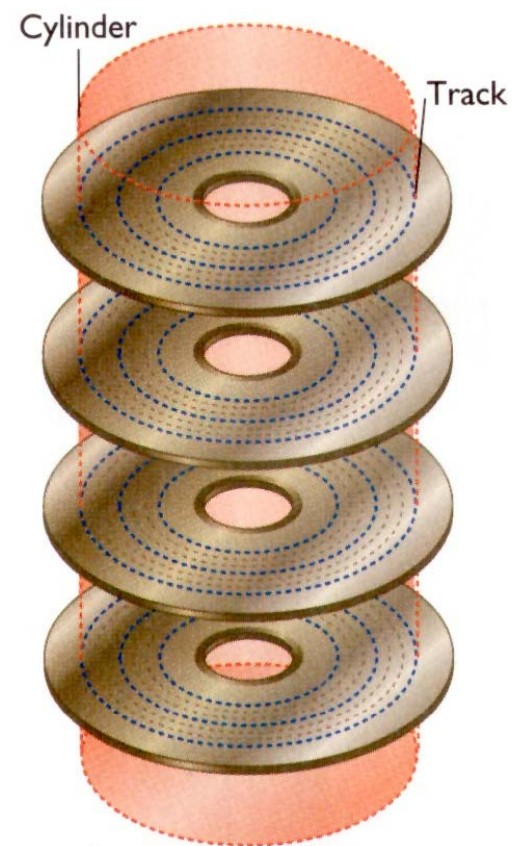
Memorisanje/organizovanje podataka

- Sektori se često grupišu u **klaster** (**clusters**) - fiksni broj susednih sektora koji se tretiraju kao celina, na primer od 2 do 8.
- **Svaki fajl se smešta na celom broju klastera**; čak i kad je fajl veliki samo nekoliko bajtova, njemu će biti dodeljen ceo klaster.
- Ovo grupisanje se može obaviti na nivou diska ili na nivou OS-a.



Memorisanje/organizovanje podataka

- **Cilindar** obrazuje skup staza istog prečnika na svim pločama diska - skup staza koje se nalaze ispod glave za čitanje/pisanje.
- Kada je fajl veći od kapaciteta jedne staze, operativni sistem će ga smestiti u staze unutar istog cilindra,
- Na taj način se smanjuje vreme koje je potrebno pristupnim rukama da se pomere na željenu poziciju. Kad su pristupne ruke na odgovarajućoj poziciji, one ne moraju dalje da se pomeraju da bi pristupile drugim stazama u okviru istog cilindra.



Memorisanje podataka

- Procesom **formatiranja niskog nivoa (low-level formatting)** disk uspostavlja staze i sektore na ploči. Ovaj proces priprema hard disk za memorisanje blokova bajtova.
- **Formatiranje visokog nivoa (high-level formatting)** potom upisuje strukture fajl sistema, poput **tabele alokacije fajlova (FAT)**, u sektore. Ovim procesom se hard disk priprema za čuvanje podataka.

Karakteristike memorisanja na disku

- Tehnologije hard diskova su u znatnom usponu, a prostor potreban da bi se memorisao jedan bit svakodnevno se smanjuje.
- Neke tipične karakteristike diska (sa podacima koji se svakodnevno menjaju), su:
 - **Brzina rotacije pogona diska** - npr. 5400 o/m (90 o/s), tj. jedna rotacija svakih 11 ms (0.011 s).
 - **Broj ploča po disku** - uobičajeni disk sadrži 3 ploče, odnosno 10 površina, ali se mogu naći i diskovi sa jednom do 15 ploča; disketa i zip disk imaju samo jednu ploču sa dve površine.

Karakteristike memorisanja na disku

- **Broj staza po površini** - zavisi od veličine diska; današnji 3.5" diskovi sa gustinom staza od 30,000 staza po inču, imaju oko 36,000 staza (oko 1.2" površine ploče koristi se za staze na 3.5" hard disku).
- Zbog geometrije diska, **maksimalni broj sektora** određen je **low level format-om** diska. Na IBM-PC kompatibilnim računarima, redni broj sektorase kodira sa 6 bita, što rezultuje sa maksimalno $2^6 - 1 = 63 = 64 - 1$ sektora po stazi ($64 = 2^6$).

Karakteristike memorisanja na disku

- Izračunavanje **kapaciteta** diska može se izvršiti na sledeći način:

Kapacitet HD = broj površina * broj staza po površini * broj sektora po stazi * by po sektoru

Megatron 747: $16 * 16384 * 128 * 4096 = 2^{37} = 128 \text{ GB}$

$$\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ 2^{14} & 2^7 & 2^{12} \end{array}$$

Karakteristike pristupa kod diska

- Kako se sva izračunavanja u računaru odigravaju u CPU, a memorisanje u operativnoj ili keš memoriji, sa stanovišta brzine pristupa, jedina bitna stvar kada je u pitanju disk je kako se prenose blokovi podataka između diska i operativne memorije.
- Blokovi (ili uzastopni sektori koji sačinjavaju blok) se čitaju ili upisuju kada:
 1. su glave pozicionirane na cilindar koji sadrži stazu na kojoj je lociran blok, i
 2. se sektori koji sadrže blok pokreću ispod glave diska dok ceo pogon diska vrši rotaciju.

Karakteristike pristupa kod diska

- Vreme koje protekne između trenutka kada je data naredba da se pročita blok i trenutka kada se sadržaj bloka nađe u OM naziva se **latentnost (latency)** diska. Ono se može podeliti na sledeće komponente:

1. **Vreme potrebno procesoru i kontroleru diska da obradi zahtev**, najčešće izraženo u delovima milisekunde, koje možemo da zanemarimo.

Takođe možemo da zanemarimo i vreme čekanja na disk kontroler (neki drugi proces može da čita ili upisuje na disk u istom trenutku) i druga kašnjenja vezana za zauzimanje, kao na primer na magistrali.

Karakteristike pristupa kod diska

2. **Vreme pretraživanja (seek time)** - vreme potrebno da se pogon glava pozicionira na određeni cilindar.

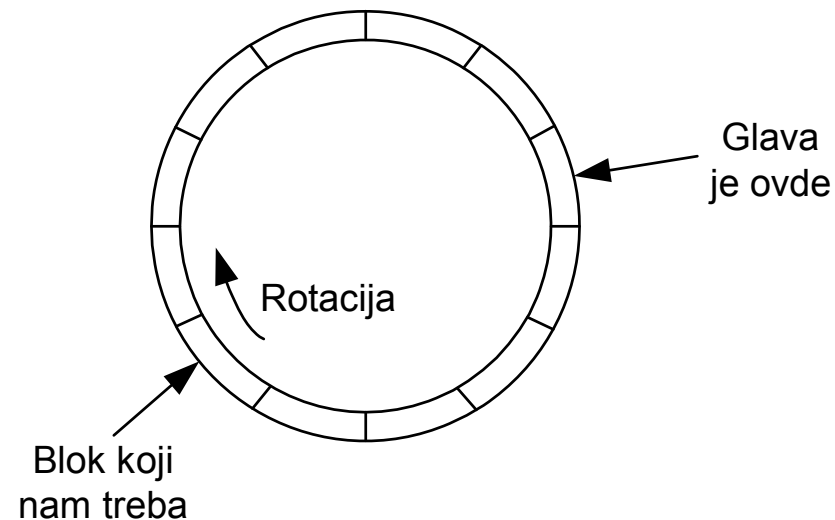
Može biti 0, ukoliko su glave već prethodno pozicionirane na taj cilindar. Ukoliko ne, potrebno je određeno vreme da se pogon glava pokrene i zaustavi, plus dodatno vreme koje je proporcionalno pređenom putu.

Uobičajena minimalna vremena, vreme za start, pomeranje za jedan cilindar i vreme zaustavljanja iznosi nekoliko milisekundi, dok maksimalno vreme koje je potrebno glavama da pređu sve staze iznosi od 10 do 40 milisekundi.

Karakteristike pristupa kod diska

3. **Kašnjenje rotacije** - vreme rotacije diska potrebno da prvi sektor diska koji sadrži traženi blok dođe pog glavu diska.

Uobičajeno vreme jedne rotacije diska je 10 ms. U proseku, željeni sektor će biti na pola kružnog puta kada glava dođe do traženog cilindra, tako da je prosečno kašnjenje rotacije oko 5 ms.



Karakteristike pristupa kod diska

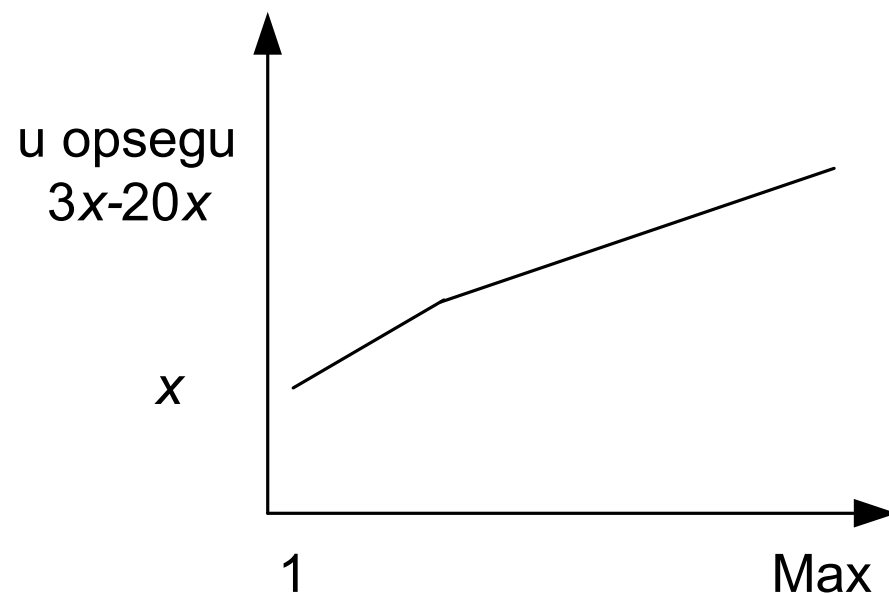
4. **Vreme transfera (transfer time)** - vreme potrebno sektorima bloka uključujući i međuprostore da prođu ispod glave.

Ukoliko disk ima 250,000 bajta po stazi, a za jednu rotaciju je potrebno 10 milisekundi, tada je moguće pročitati sa diska 25 MB u sekundi.

Vreme transfera za blok veličine 16,384 bajta iznosiće oko 2/3 milisekunde.

Karakteristike pristupa kod diska

- Na slici je prikazana promena vremena pristupa u odnosu na pređeni put glava. Kreće se od vrednosti x - za jedan pređeni cilindar, dok je maksimalno vreme u opsegu $3x - 20x$. Prosečno vreme pristupa najčešće se koristi kao karakteristika brzine diska.



Karakteristike pristupa kod diska

- Keširanje diska (**disk caching**) je operacija koja se koristi da bi se poboljšalo efektivno vreme pristupa podacima na disku.
- Kada glava čita podatke sa diska, istovremeno se čitaju i susedni podaci i smešaju se u memoriju koja se zove **disk keš (disc cache)** - posebna memorijska zona rezervisana na disku za tu namenu.
- Kada je zadata sledeća naredba čitanja, draje će prvo proveriti da li se traženi podaci nalaze u kešu diska. Ukoliko da,, nije potrebno fizičko čitanje, što značajno smanjuje vreme pristupa. Sličan princip se koristi i kod keširanja memorije.

Upisivanje blokova

- Proces upisivanja blokova analogan je procesu čitanja blokova. Glava diska se pozicionira na odgovarajući cilindar, zatim se sačeka da odgovarajući sektor dođe do glave. Umesto da se podatak pročita, u ovom slučaju glava upisuje novi podatak. Stoga će minimalna, maksimalna i prosečna vremena biti ista kao i kod čitanja diska.
- Problem nastaje kada je potrebno verifikovati da li je blok upisan korektno ili ne. U tom slučaju potrebno je sačekati još jednu rotaciju da bi blok ponovo došao do glave i pročitati svaki sektor bloka kako bi se proverilo da li je upisano zaista ono što je nameravano.

Modifikovanje blokova

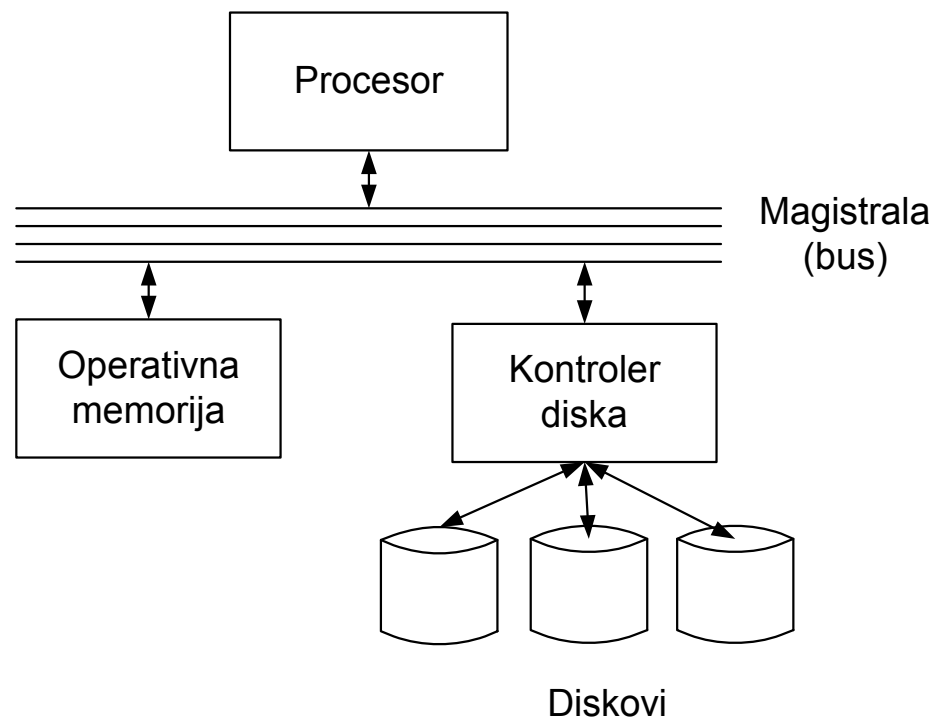
- Nije moguće modifikovati blok direktno na disku. Kada je potrebno izmeniti i samo nekoliko bajta, neophodno je uraditi sledeće:
 1. Učitati blok u operativnu memoriju.
 2. Izvršiti nameravane izmene na kopiji bloka u operativnoj memoriji.
 3. Upisati izmenjeni blok nazad na disk.
 4. Ukoliko je potrebno, verifikovati sadržaj upisanog bloka.
- Prema tome ukupno vreme potrebno za izmene bloka sastoji se od vremena čitanja, vremena izmene sadržaja u OM, vremena upisa na disk i vremena verifikacije (ukoliko se vrši).

Kontroler diska

- Sa jednim ili više diskova u računarskom sistemu upravlja **disk kontroler**, mali procesor koji može da:
 1. Upravlja mehaničkim pokretačem koji pomera sklop glava do pozicije određene staze, tako da je za svaku površinu odgovarajuća glava nad istom stazom (cilindar), omogućavajući tako upisivanje/čitanje podataka.
 2. Bira površinu sa koje će da čita/upisuje, i bira sektor sa staze na površini koja se nalazi ispod glave diska. Kontroler je takođe odgovoran da zna kada je osa rotacije došla u položaj koji postavlja željeni sektor ispod glave diska.
 3. Prenosi bitove pročitane u odgovarajućem sektoru u OM ili prenosi bitove iz OM koji će biti upisani u sektor na disku.

Kontroler diska

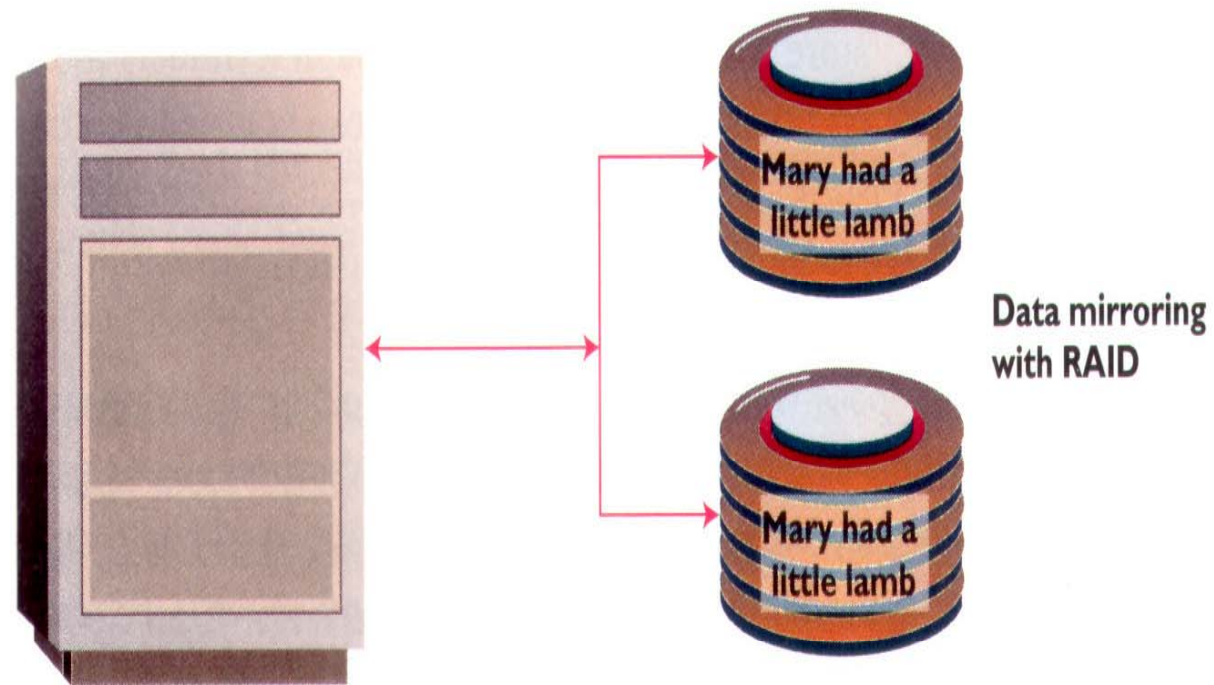
- Na slici je pojednostavljeno prikazan jednoprocorski računar. CPU komunicira sa OM i kontrolerom diska preko magistrale. Kontroler diska može da upravlja i sa više diskova.



Hard diskovi u grupama

- Nijedan sistem za smeštanje podataka nije potpuno siguran, ali je **redundantan niz nezavisnih diskova** (redundant array of independent disks - **RAID**) najbliže tome.
- **RAID** koristi grupu hard diskova koji zajedno funkcionišu kao celina.
- Najprostiji sistem - **RAID level 1** duplira podatke na posebnim hard diskovima, što je koncept pravljenja **kopije diska** (**disk mirroring**).
- Na ovaj način se ne gube podaci ako jedan od diskova otkaže. Ovaj proces je pouzdan ali skup. Ipak, cena u nekim slučajevima nije bitna kada su u pitanju važni podaci.

Hard diskovi u grupama



RAID level 1

Hard diskovi u grupama

- Viši nivoi RAID-a koriste različit pristup koji se zove **data stripping**, koji podrazumeva smeštanje izdvojenih podataka na nekoliko diskova u nizu, pri čemu se jedan disk koristi isključivo kao disk za proveru.
- Viši nivoi RAID-a obrađuju podatke brže nego što to čini prosto pravljenje kopije diska.
- RAID je danas dominantnan oblik smeštanja podataka kod velikih računarskih sistema.

