

ARHITEKTURA I ORGANIZACIJA RAČUNARA

MEMORIJSKI SISTEM(4) SPOLJAŠNJA MEMORIJA

KLJUČNE TEZE

- **Magnetni disk** ostaje najvažnija komponenta spoljašnje memorije. Kako zamenljivi, tako i fiksni, diskovi se koriste u sistemima od personalnih, pa do glavnih računara i superračunara.
- Da bi se postigle bolje performanse i veća raspoloživost, serveri i veći sistemi koriste **RAID tehnologiju diskova**. RAID je skup tehnika za upotrebu više diskova kao paralelnog niza uređaja za skladištenje podataka, sa ugrađenom redundantnošću da bi se kompenzovao otkaz diska.
- **Poluprovodnički disk** postaje sve važnija komponenta računarskih sistema.
- **Tehnologija optičkih skladišta** postala je vrlo značajna u svim vrstama računarskih sistema. Iako su se CD-ROM memorije široko koristile mnogo godina, sve važnije su relativno novije tehnologije, kao što su upisivi CD i DVD diskovi.

Vrste spoljašnje memorije

- Magnetni disk
 - RAID
 - Zamenljivi
- Poluprovodnički diskovi
 - Fleš memorija
 - SSD uređaji
- Optička memorija
 - CD-ROM
 - CD-upisivi (CD-R)
 - CD-R/W
 - DVD
- Magnetna traka

Magnetni disk

* Disk je ploča – podloga (*substrate*) - presvučena materijalom koji se može namagnetišati (oksid gvožđa)

* Za podlogu se koristio aluminijum

* Sada se koristi staklo

Prednosti staklene podloge

- 1. Poboljšana uniformnost površine**
 - To povećava pouzdanost
- 2. Smanjenje defekata površine**
 - Smanjen broj grešaka
čitanja/upisivanja
- 3. Manje visine leta glave**
- 4. Čvršća struktura**
 - smanjuje se dinamičnost diska
- 5. Veća otpornost na udare/oštećenja**

Mehanizmi za čitanje i upisivanje

- **Zapisivanje i izdvajanje preko provodnog namotaja zvanog glava**
- **Može da bude jedna glava za čitanje/upisivanje ili posebne glave**
- **U toku čitanja/upisivanja, glava miruje, ploča rotira ispod nje**

Mehanizmi za čitanje i upisivanje

* Upisivanje

- Struja kroz namotaj daje magnetno polje
- Impulsi se šalju u glavu
- Magnetni uzorak se zapisuje na površini ispod glave

* Čitanje (tradicionalno)

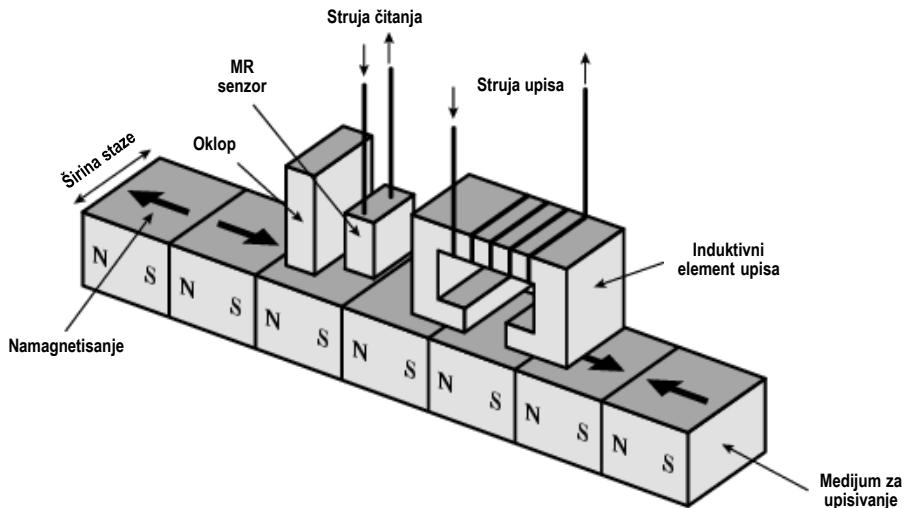
- Magnetno polje koje se kreće u odnosu na namotaj daje struju
- Namotaj je isti i za čitanje i za upisivanje

Mehanizmi za čitanje i upisivanje

* Čitanje (savremeno)

- Posebna glava za čitanje, blizu glave za upisivanje
- Delimično oklopljen magnetno-otporni (MR) senzor
- Električna otpornost zavisi od smera magnetnog polja
- Visoka frekvencija operacije
 - Veća gustina i brzina skladišta

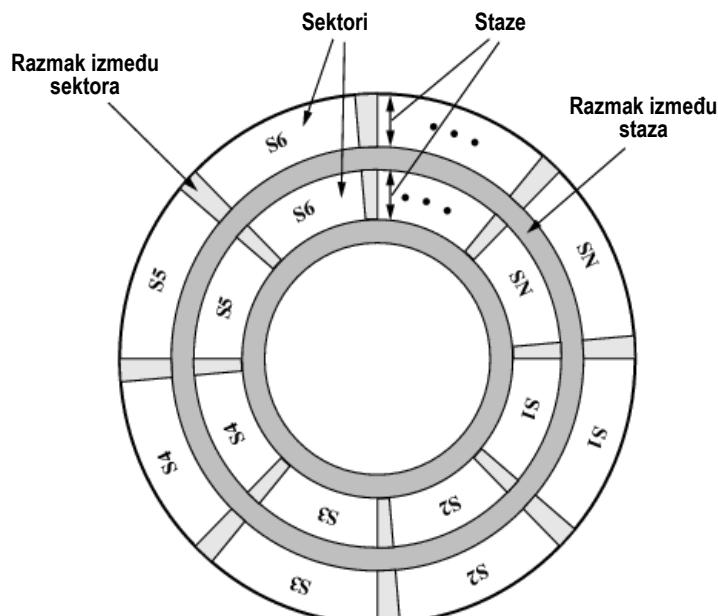
Induktivno upisivanje, MR čitanje



Organizacija podataka i formatiranje

- Koncentrični prstenovi ili staze
 - Razmaci između staza
 - Razmak se smanjuje da bi se povećao kapacitet
 - Isti broj bitova po stazi (promenljiva gustina pakovanja)
 - Konstantna ugaona brzina
- Staze su podjeljene na sektore
- Minimalna veličina bloka je 1 sektor
- Može biti više od 1 sektora po bloku

Raspored podataka na disku



Brzina diska

- * Bit blizu centra obrtnog diska prolazi fiksiranu tačku sporije od bita na ivici diska
- * Povećava se prostor između bitova na različitim stazama

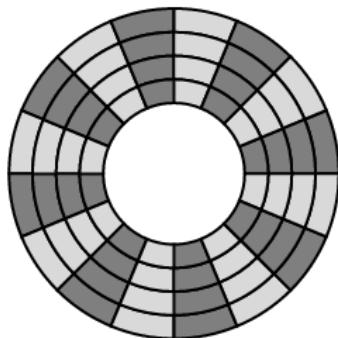
Brzina diska

- **Obrtanje diska konstantnom ugaonom
brzinom (CAV)**
 - Daje sektore u obliku "parčića bureka"
i koncentrične staze
 - Individualne staze i sektori su
adresibilni
 - Pomjeranje glave na datu stazu i
čekanje za dati sektor
 - Gubljenje prostora na spoljašnjim
stazama
 - Manja gustina podataka

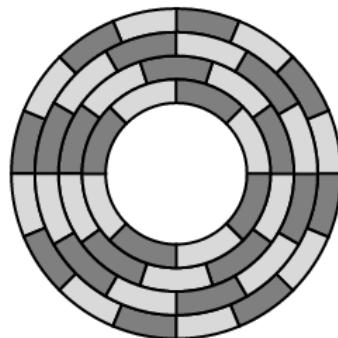
Brzina diska

- * Da bi se povećao kapacitet mogu da se koriste zone
- * Svaka zona ima fiksni broj bitova po stazi
 - Složenija elektronska kola

Metodi rasporeda na disku



(a) Konstantna ugaona brzina



(b) Upisivanje u više zona

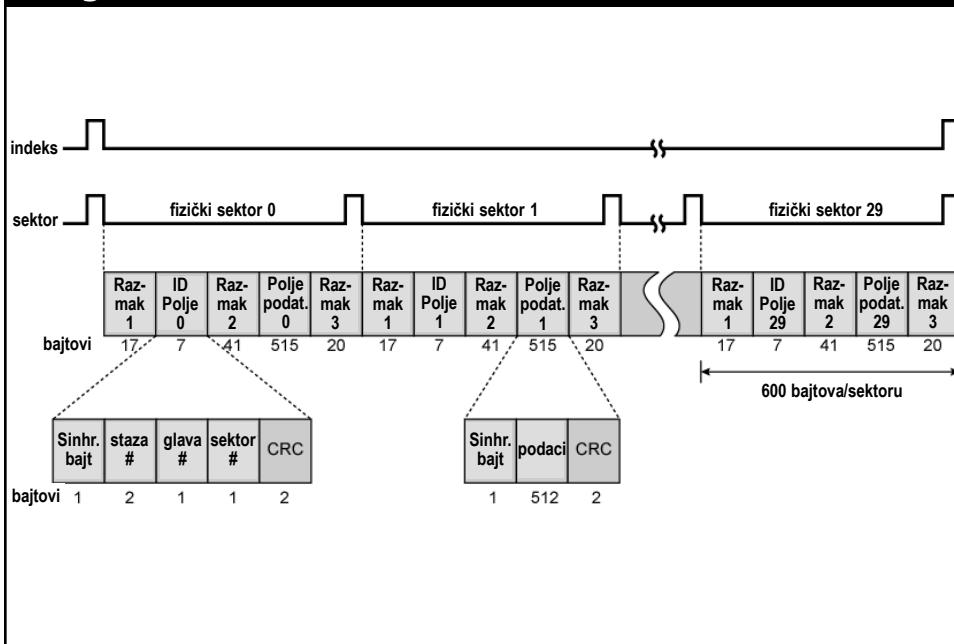
Pronalaženje sektora

* Moraju se identifikovati počeci staze i sektora

* Format diska

- Dodatna informacija neraspoloživa korisniku
- Oznake staza i sektora

Format Winchester disk Seagate ST506



Fizičke karakteristike diskova

- **Fiksirana (retko) ili pokretna glava**
- **Prenosivost: zamenljivi ili fiksirani**
- **Jednostran ili dvostran (obično)**
- **Sa jednom ili više ploča**
- **Mehanizam glave**
 - **Kontaktni (fleksibilna disketa)**
 - **Sa fiksiranim razmakom**
 - **Lebdeći (Winchester)**

Fiksirana/pokretna glava diska

*Fiksirana glava

- Jedna glava za čitanje upisivanje po stazi
- Glave montirane na fiksiranoj čvrstoj ručici

*Pokretna glava

- Jedna glava za čitanje upisivanje po strani
- Montirane na pokretnoj ručici

Zamjenljiv ili nezamjenljiv disk

*Zamenljiv disk

- Može da se izvadi iz uređaja i zameni drugim diskom
- Obezbeđuje neograničen kapacitet skladišta
- Lak prenos podataka između sistema

*Nezamenljiv disk

- Stalno montiran u uređaju

Višestruke ploče

* Jedna glava po strani

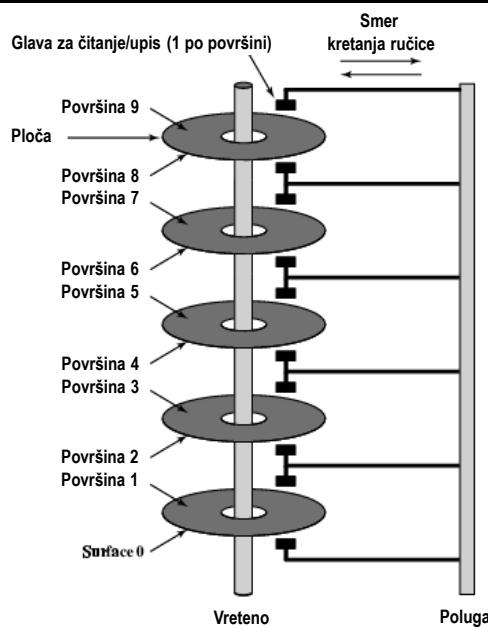
* Glave su združene i poravnate

* Poravnate staze na svakoj ploči formiraju cilindre

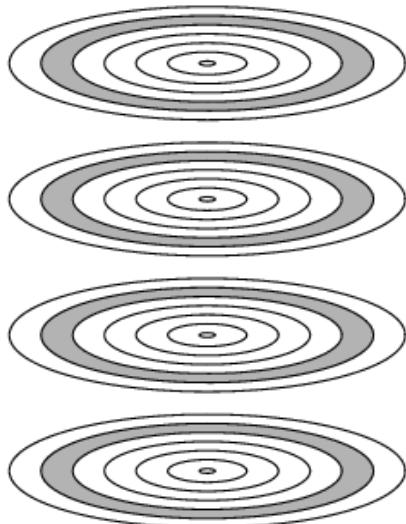
* Podaci se dele na trake (*stripes*) pomoću cilindra

- Smanjuje se pomeranje glava
- Povećava se brzina (brzina prenosa)

Višestruke ploče



Staze i cilindri



Fleksibilna disketa (*floppy disk*)

***8"; 5,25"; 3,5"**

***Mali kapacitet**

- Do 1,44 MB (2,88 MB nikad nije stekla popularnost)

***Spora**

***Univerzalna**

***Jeftina**

***Zastarela**

Winchester čvrsti disk

- Razvijen od IBM-a u Winchesteru (SAD)
- Zatopljena jedinica
- Jedna ili više ploča (diskova)
- Glave lebde na graničnom sloju vazduha dok se disk obrće
- Veoma mali razmak do diska
- Postaje sve robustniji
- Univerzalni
- Jeftin

Brzina

*Vreme pozicioniranja

- Pomeranje glave na tačnu stazu

* (Rotaciono) kašnjenje

- Čekanje da se podatak obrne do ispod glave

*Vreme pristupa =

Pozicioniranje + Kašnjenje

Vreme prenosa od/ka disku

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

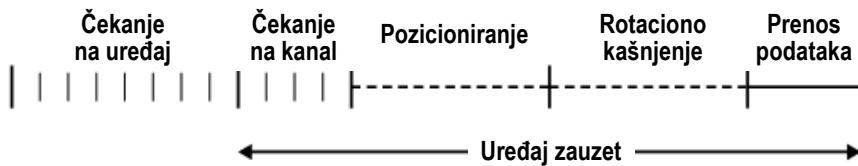
- T = vreme prenosa
- b = broj bajtova za prenos
- N = broj bajtova na stazi
- r = brzina rotacije (obrtaja/sekundi)

Ukupno vrijeme pristupa

$$T_a = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN}$$

- T_a = vreme pristupa
- T_s = srednje vreme pozicioniranja
- b = broj bajtova za prenos
- N = broj bajtova na stazi
- r = brzina rotacije (obrtaja/sekundi)

Vremenski dijagram U/I prenosa sa diskova



Tipični parametri diskova

Karakteristika	Seagate Barracuda 180	Seagate Cheetah X15-36LP	Seagate Barracuda 36ES	Toshiba HDD1242	Hitachi Microdrive
Primena	Server velikog kapaciteta	Server velike performanse	Stoni sistem ulaznog nivoa	Prenosivi računar	Uredaji koji se drže u ruci
Kapacitet	181.6 GB	36.7 GB	18.4 GB	5 GB	4 GB
Minimalno t pozicioniranja od staze do staze	0.8 ms	0.3 ms	1.0 ms	—	1.0 ms
Srednje t pozicioniranja	7.4 ms	3.6 ms	9.5 ms	15 ms	12 ms
Brzina vretena	7200 rpm	15K rpm	7200	4200 rpm	3600 rpm
Srednje rotac.kašnjenje	4.17 ms	2 ms	4.17 ms	7.14 ms	8.33 ms
Maks. brzina prenosa	160 MB/s	522 to 709 MB/s	25 MB/s	66 MB/s	7.2 MB/s
Bajtova po sektoru	512	512	512	512	512
Sektora po stazi	793	485	600	63	—
Staza po cilindru (broj površina pliča)	24	8	2	2	2
Cilindara (broj staza na jednoj površini pliče)	24,247	18,479	29,851	10,350	—

RAID

- Redundantna grupa nezavisnih diskova
(Redundant Array of Independent Disks)
- Redundantna grupa jeftinih diskova
(Redundant Array of Inexpensive Disks)
- 6 nivoa u uobičajenoj upotrebi
- To nije hijerarhija

RAID

- Skup fizičkih diskova koji O/S vidi kao jedan logički uređaj
- Podaci distribuirani preko fizičkih uređaja
- Može da koristi redundantni kapacitet da bi skladištilo informacije o parnosti

RAID 0:

- Nema redundantnosti
- Podaci izdeljeni na trake (*stripes*) preko svih diskova
- Deljenje na trake po kružnom dodjeljivanju
- Povećava brzinu
 - Višestruki zahtevi za podacima verovatno nisu na istom disku
 - Pozicioniranje diskova paralelno
 - Skup podataka će verovatno biti izdeljen na trake preko više diskova

RAID 1:

- * Preslikani diskovi
- * Podaci izdeljeni na trake preko diskova
- * 2 kopije svake trake na posebnim diskovima
- * Čita se sa svakog
- * Upisuje se na oba
- * Obnavljanje je jednostavno
 - Zameni se neispravan disk i ponovo preslika
 - Nema vremena prekida rada
- * Skupo

RAID 2

- * Diskovi su sinhronizovani
- * Veoma male trake
 - Često 1 bajt/reč
- * Ispravljanje grešaka se računa preko odgovarajućih bitova na diskovima
- * Višestruki diskovi za parnost drže Hammingov kod za ispravljanje grešaka na odgovarajućim pozicijama
- * Mnogo redundantnosti
 - Skupo
 - Ne koristi se

RAID 3

- Sličan RAID 2
- Samo jedan redundantan disk, bez obzira koliko je velika grupa
- Jednostavan bit parnosti za svaki skup odgovarajućih bitova
- Podaci na disku koji otkaže mogu da se rekonstruišu iz preživelih podataka i informacija o parnosti
- Veoma velike brzine prenosa

RAID 4

- * Svaki disk radi nezavisno
- * Dobar za veliku učestalost U/I zahtjeva
- * Velike trake podataka
- * Parnost bit po bit se računa preko traka na svakom disku
- * Parnost se skladišti na disku za parnost

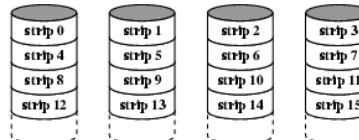
RAID 5

- * Kao RAID 4
- * Parnost izdjeljena na trake preko svih diskova
- * Kružno dodjeljivanje za traku parnosti
- * Izbegava usko grlo RAID 4 kod diskova parnosti
- * Obično se koristi u mrežnim serverima

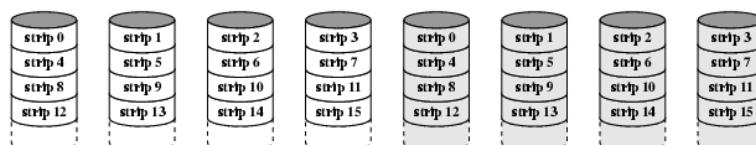
RAID 6

- Dva proračuna parnosti
- Smešteno u posebnim blokovima na različitim diskovima
- Zahtevu korisnika za N diskova treba $N+2$
- Velika raspoloživost podataka
 - Tri diska treba da otkažu da bi se izgubili podaci
 - Značajno kažnjavanje upisivanja

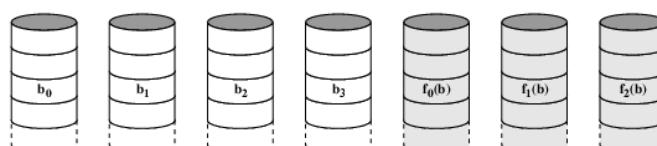
RAID 0, 1, 2



(a) RAID 0 (neredundantan)

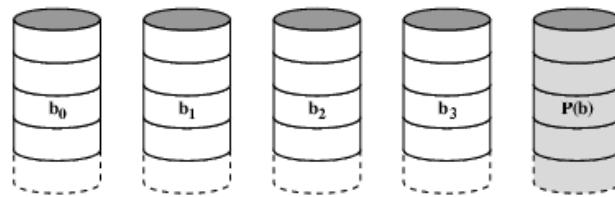


(b) RAID 1 (preslikan)

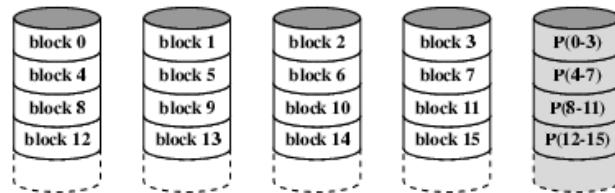


(c) RAID 2 (redundantnost kroz Hammingov kôd)

RAID 3 i 4

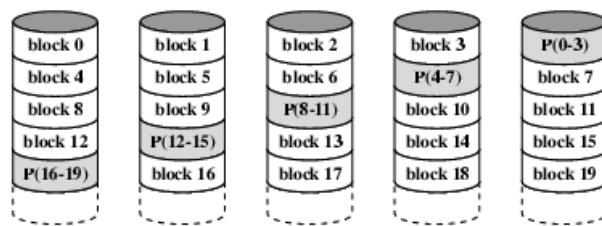


(d) RAID 3 (bit-isprepletena parnost)

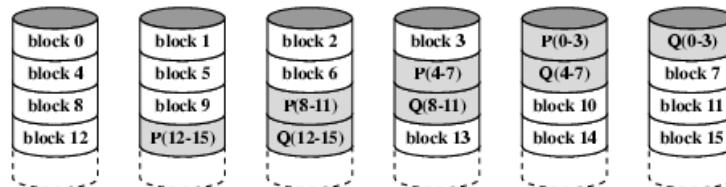


(e) RAID 4 (parnost na nivou bloka)

RAID 5 i 6

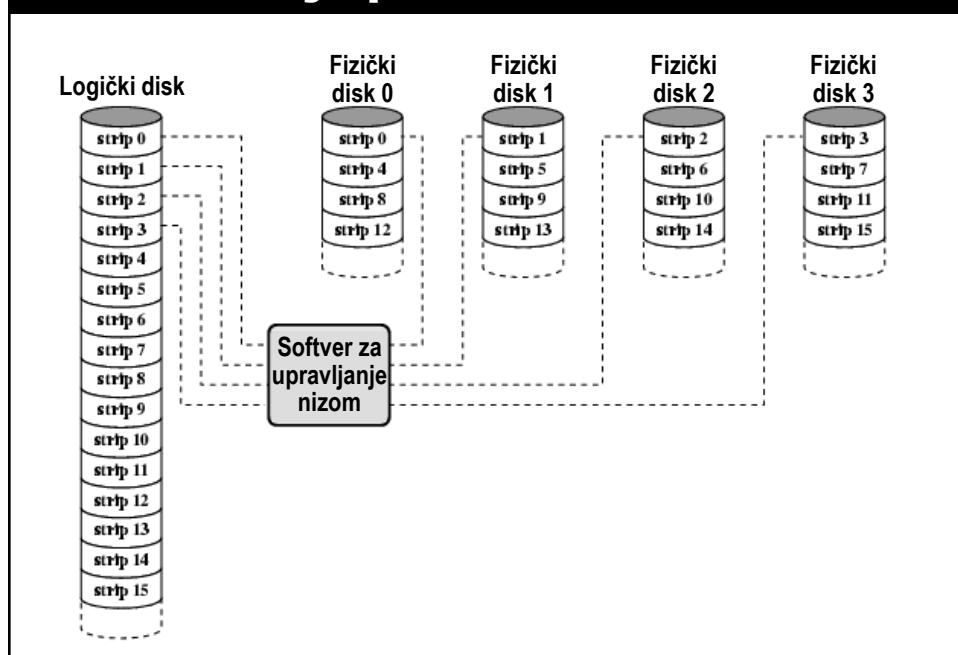


(f) RAID 5 (distribuirana parnost na nivou bloka)



(g) RAID 6 (dvostruka redundantnost)

Preslikavanje podatka za RAID 0



POLUPROVODNIČKI DISKOVI

- * **Povećanje upotrebe poluprovodničkih diskova (SSD) je jedan od najznačajnijih razvoja u arhitekturi računara.**
- * **SSD uređaji koriste vrstu poluprovodničke memorije koja se zove fleš memorija**

Fleš memorije

- * Dugo u upotrebi
- * Evoluirale do tačke kada je izvodljivo upotrebiti je kao zamenu za HDD uređaje
- * Dva tipa fleš memorije
 - NOR – osnovna jedinica pristupa je bit, a logička organizacija liči na NOR logička kola
 - NAND – osnovna jedinica 16 ili 32 bita, a logička organizacija liči na NAND logička kola

NOR fleš memorije

- * Obezbeđuje slučajni pristup velike brzine
- * Mogu da se čitaju i upisuju podaci na određene lokacije
- * Mogu da se pozivaju i izvlače pojedinačni bajtovi
- * Koristi se da učita kod OS mobilnog telefona, a na računarima pod OS Windows za program BIOS

NAND fleš memorije

- Čita i upisuje u malim blokovima
- Koristi se u USB fleš uređajima, memorijskim karticama i u SSD uređajima
- Veća gustina po bitu nego kod NOR-a
- Veća brzina upisivanja nego kod NOR-a
- Ne obezbjeđuje slučajni pristup sa spoljašnje adresne magistrale, pa podaci moraju da se čitaju na bazi blokova (stranični pristup), gdje svaki blok sadrži više stotina do više hiljada bitova.

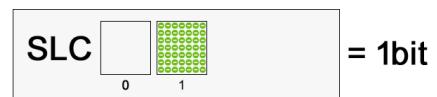
PRINCIJ RADA SSD UREĐAJA

Pored interfejsa ka matičnom sistemu (najčešće SATA interfejs) SSD sadrži komponente

- Fleš memorija
- Kontroler
- Bafer/keš za podatke
- Adresiranje
- Ispravljanje grešaka.

Fleš NAND memorija je dostupna u tri različite vrste memorijskog pakovanja:

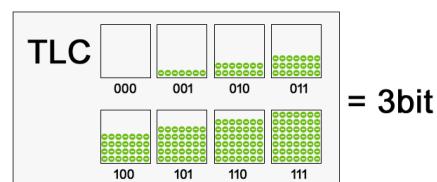
- **SLC (Single Level Cell)**



- **MLC (Multi Level Cell)**



- **TLC (Triple Level Cell)**



Osnovne operacije za funkcionisanje

U osnovne operacije za funkcionisanje SSD spadaju:

- **Proces čitanja – tom prilikom se očitava 4 KB podataka.**
- **Proces upisa – upisuje u stranicu minimum 4 KB podataka. Ono što je važno napomenuti je da svakim novim upisom u neku od stranica, ukupan broj upisnih ciklusa te stranice se smanjuje za jedan. Kada se broj upisnih ciklusa "potroši", tj. dostigne određeni broj upisa, tu stranicu više nije moguće brisati i ponovo u nju upisivati.**

Osnovne operacije za funkcionisanje SSD (2)

- **Proces brisanja – u odnosu na prva dva procesa, ovaj proces je malo složeniji.**
- **Sastoji se od četiri koraka.**
 - Prvi korak zahteva operaciju čitanja cijelog bloka (512 KB) u internu memoriju
 - U drugom koraku u memoriji modifikuju neke od stranica (4 KB).
 - U trećem koraku sledi operacija samog brisanja cijelog bloka (512 KB) flash-a
 - U četvrtom koraku operacija ponovnog upisa stranica (4 KB) čiji sadržaj nije menjan i novih stranica umesto starih koje više nisu validne.

Kontroler SSD uređaja

- **Glavni i najbrži dio SSD uređaja predstavlja kontroler. Njegova uloga je da obezbedi elektronici da premosti NAND memorijske komponente do glavnog računara.**
- **Neke od funkcija koje za koje je kontroler zadužen uključuju:**
 - Kod za korekciju grešaka – ECC.
 - Wear leveling.
 - over-provisioning
 - WA (write amplification)
 - Mapiranje loših blokova.
 - Keširanje čitanja i pisanja.
 - Upravljanje čišćenjem pročitanog teksta
 - Enkripcija.

FIZIČKA ORGANIZACIJA

• **Hijerarhijska struktura fizičke organizacije memoriskog prostora unutar SSD jedinice:**

- **SSD jedinica** ima više čipova koji svojim brojem i kapacitetom određuju ukupan kapacitet SSD jedinice.
- **Fizički čip** sadrži više ravni.
- **Ravan (plane)** čine 1024 bloka.
- **Blok (block)** se sastoji od 128 stranica, pa je njegova veličina $128 \times 4 \text{ KB} = 512 \text{ KB}$. Blok predstavlja najmanju memorisku strukturu koja se može brisati.
- **Stranica (page)** je veličine 4 KB i nju čine organizovane grupe celija. Stranice predstavljaju najmanju strukturu koja se može očitavati ili na koju se može upisivati.
- **Memorijska celija** predstavlja osnovnu memorisku komponentu koja čuva jedan bit podataka u slučaju SLC čipa, dva bita podataka kada je u pitanju MLC čip i tri bita podatka kada je u pitanju TLC čip.

MEĐUSOBNO POREĐENJE HDD I SSD

- **Performanse HDD uređaja fokusiraju na karakteristike performansi, kojih gotovo i nema kod SSD uređaja, kao što su vrijeme traženja i vrijeme čekanja.**
- **Za razliku od hard diskova, gdje najznačajniju ulogu prilikom određivanja cene ima kapacitet uređaja, kod SSD uređaja, značajnu ulogu ima i IOPS.**
- **Po parametru cijena/kapacitet veliku prednost ima HDD, dok po IOPS parametrima SSD daleko ispred HDD.**

PREDNOSTI SSD U ODNOSU NA HDD

- **Mogućnosti pristupa podacima potpuno elektronski umesto elektromehanički, što dovodi do superiorne brzine transfera i mehaničke izdržljivosti.**
- **Značajno su veće performanse U/I podsistema tj. SSD u odnosu na HDD ima visoke performanse ulazno/izlaznih operacija u sekundi (IOPS);**
- **Manja osetljivost na udare i vibracije;**
- **Nisu podložni mehaničkom habanju;**
- **Magnetno neosetljivi;**
- **Tiši rad;**
- **Manja potrošnja.**

NEDOSTATAK SSD

- **Performanse SSD diskova opadaju kako se uređaj koristi – proizvođači na različite načine kompenzuju ovo svojstvo fleš memorija npr. prekomernim snabdijevanjem, komanda TRIM itd.**
- **Nakon izvesnog broja upisivanja fleš memorije postaju neupotrebljive – većina fleš memorija sposobna je da proceni sopstveno preostalo vrijeme ispravnosti, tako da sistemi mogu da predviđaju otkaze.**

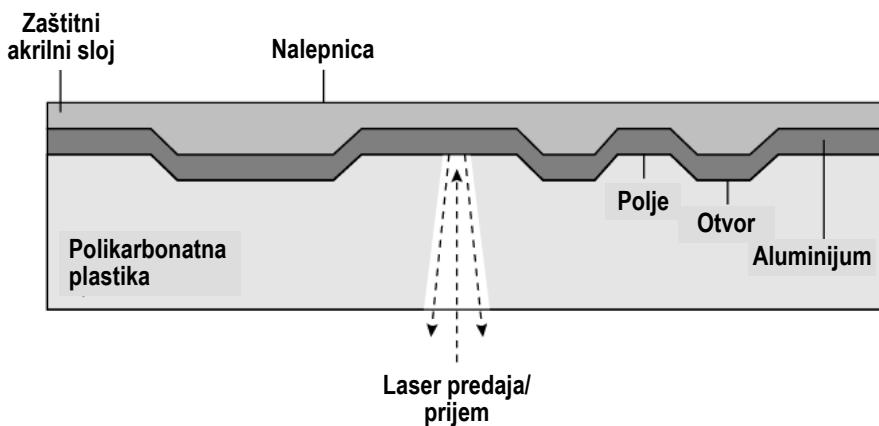
Optička memorija CD-ROM

- * Prvobitno za audio**
- * 650 Mbajta što daje preko 70 minuta zvuka**
- * Polikarbonat presvučen visoko reflektivnim slojem, obično od aluminijuma**

Optička memorija CD-ROM

- * Podaci se skladište kao otvori**
- * Čita se reflektujućim laserom**
- * Konstantna gustina pakovanja**
- * Konstantna linearna brzina**

Rad CD



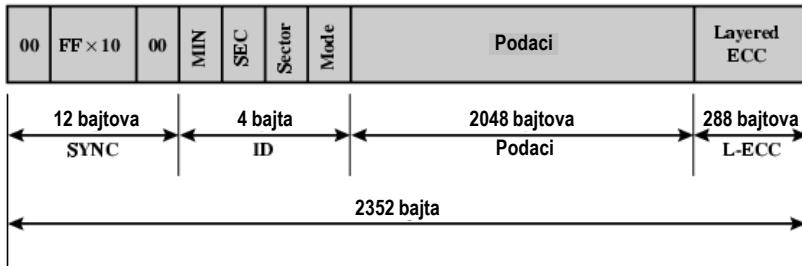
Brzine CD-ROM uređaja

- **Audio je jedne brzine**
 - **Konstantna linearna brzina: 1,2 m/s**
 - **Staza (spiralna) je dužine 5,27 km**
 - **To daje 4391 sekunde = 73,2 minuta**
- **Ostale brzine se navode kao umnošci, na primer: 24x**
- **Navedena cifra je maksimum koji uređaj može da dostigne**

Format CD-ROM

- Mode 0=prazno polje podataka

- I
- I



Slučajan pristup na CD-ROM

- Teško
- Glava se pomera na približnu poziciju
- Postavlja se korektna brzina
- Čita se adresa
- Postavlja se na zahtevanu lokaciju
- (Ovo baš dugo traje!)

CD-ROM: prednosti

- * Lako se masovno proizvodi
- * Zamenljiv
- * Robustan

CD-ROM: nedostaci

- * Skup za male serije
- * Spor
- * Samo za čitanje

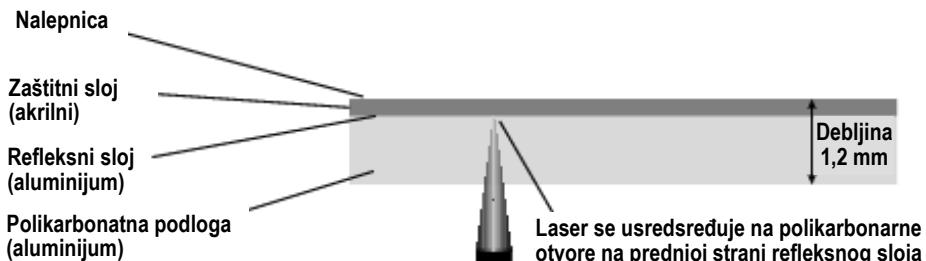
Druge optičke memorije

- **CD-Upisiv (CD-R, recordable)**
 - WORM (piši jednom, čitaj često)
 - Sada je na raspolaganju
 - Kompatibilan sa uređajima za CD-ROM
- **CD-RW (upisiv-izbrisiv)**
 - Izbrisiv
 - Sve je jeftiniji
 - Većina je kompatibilna sa uređajima za CD-ROM
 - Promena faze
 - Materijal ima dve različite refleksivnosti u različitim faznim stanjima

DVD - tehnologija

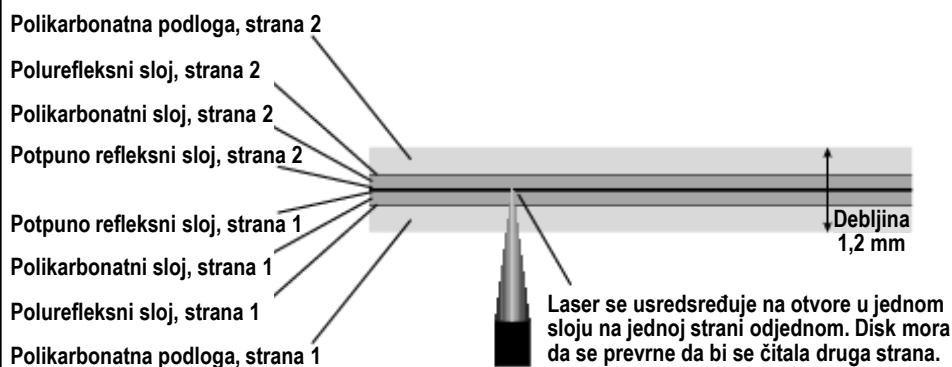
- * **Višeslojna**
- * **Veoma veliki kapacitet (4,7 GB po sloju)**
- * **Cjelovečernji film na jednom disku**
 - Koristi se kompresija MPEG
- * **Najzad standardizovana**

CD i DVD



(a) CD-ROM: Kapacitet 682 MB

CD i DVD



(b) DVD-ROM, dvostrani, dvoslojni: kapacitet 17 GB

Magnetna traka

- **Serijski pristup**
- **Spora**
- **Veoma jeftina**
- **Služi za rezervne kopije i za arhivu**