



# DIGITALNA LOGIKA

**Spremnici podataka**

Zdravko Kunić  
zdravko.kunic@algebra.hr



# Spremnici podataka

Ishod  
učenja 8

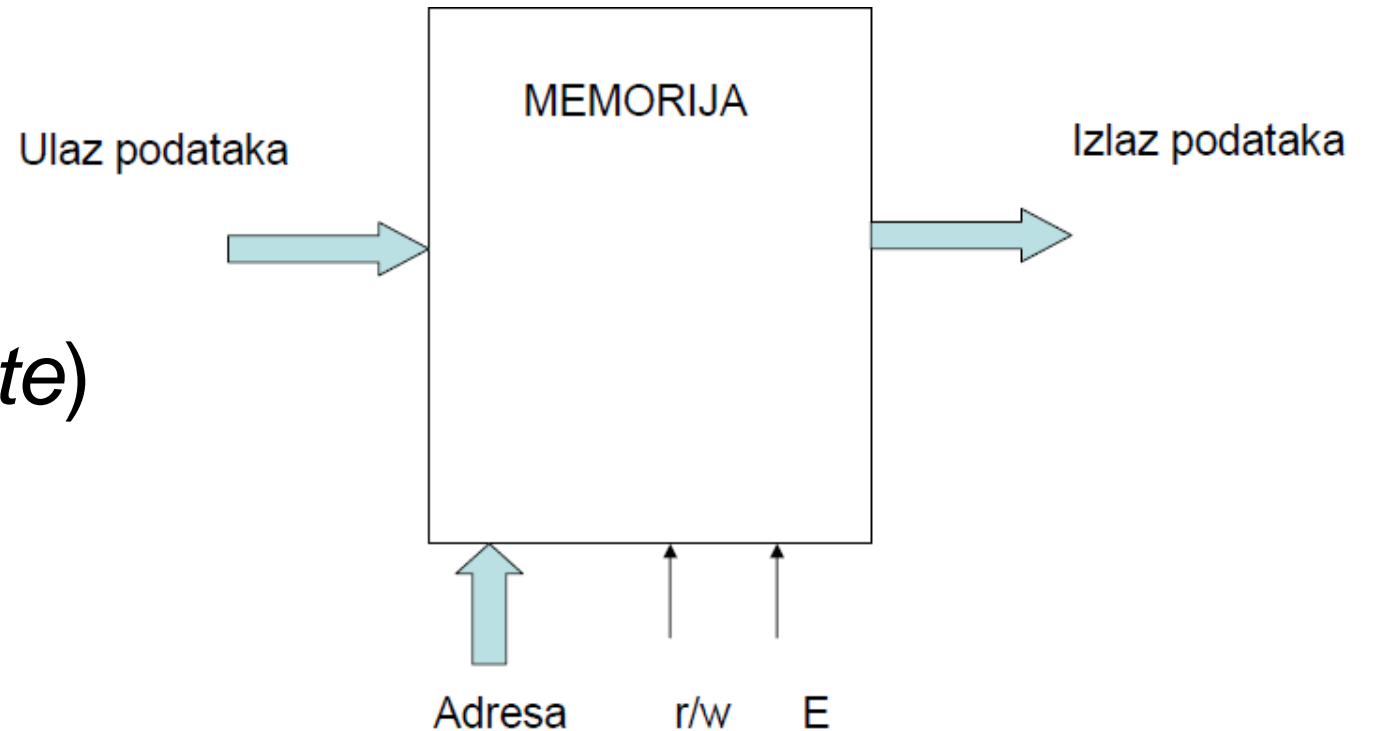
Analizirati statičke i dinamičke memorijske ćelije.  
Izraditi logičku shemu statičkog i dinamičkog memorijskog sklopa.

# Sadržaj predavanja

- Osnovne karakteristike memorija
- Statičke i dinamičke memorije
- Magnetske memorije
- Optičke memorije

# Opći prikaz spremnika podataka

- Osnovne operacije:
  - pristup podacima putem adrese
  - čitanje i pisanje podataka (*read, write*)



# Opća obilježja memorije

Memorija predstavlja fizičku lokaciju za spremanje podataka.

- Određena je **adresom** –  $n$ -bitnim binarnim brojem
- Podržava operacije **pisanja** (*write*) i **čitanja** (*read*)
  - Operaciju određuje upravljački signal: **r/w** (*read/write*), a omogućuje signal na ulazu **E** (*enable*)
- Za ulaznu i izlaznu komunikaciju memorija koristi istu sabirnicu, ali ne istovremeno

# Postojanost memorijskih ćelija

- **Postojane**

- mogu ostati u stabilnom stanju po volji dugo, bez utroška energije
- npr. magnetske, optičke...

- **Nepostojane**

- troše energiju za održavanje informacije
- prestankom napajanja gube informaciju

- Poluvodičke memorije mogu biti postojane i nepostojane

# Disipacija i površina (gustoća)

- Disipacija predstavlja rasipanje energije u toplinu
- Radna temperatura memorijskih sklopova ovisi o disipaciji energije i odvodu tako stvorene topline
- Manja disipacija omogućuje proizvodnju memorija s većom gustoćom
- Veća gustoća (veći broj ćelija po jedinici površine) smanjuje cijenu memorije

# Organizacija i dohvat podataka

- Osnovna jedinica informacije koja se pamti u memoriji je **memorijska riječ** (engl. *Memory word*)
- Za pamćenje riječi od  $b$  bitova potrebno je  $b$  **memorijskih ćelija**
- Skup ćelija u koje su zapisani bitovi riječi predstavlja **registar**
- Pristup memorijskim riječima se može izvesti **paralelno** i **serijski**



# Pristup podacima

- **Paralelni**

- **Vrijeme pristupa jednako je za sve riječi:**
- Karakteristika paralelne memorije je nasumični pristup (engl. *Random Access Memory, RAM*) koji ne ovisi o prethodnim pristupima

- **Serijski**

- Do adresirane riječi dolazi se krećući od prve ili prethodno adresirane riječi pa je **vrijeme pristupa** pojedinim riječima **značajno različito**
  - Ovisi o mjestu u nizu

# Karakteristični parametri memorija

- **Kapacitet memorije:**  $C = W * b$  (kapacitet = duljina riječi \* broj bitova)
  - ukupna količina bitova, okteta/riječi (bajtova)
- **Vrijeme pristupa,**  $t_a$  (engl. *access time*)
  - vrijeme potrebno za dohvat podatka uz prethodno postavljenu adresu
- **Prosječno vrijeme pristupa,**  $t_a$ 
  - za sekvencijalne memorije  $t_a = (t_a)_{\max}/2$
- **Vrijeme ciklusa,**  $t_c$  (engl. *cycle time*)
  - minimalno moguće vrijeme između dva čitanja ili pisanja
- **Maksimalna frekvencija:**  $f_{\max} = t_c^{-1}$ 
  - maksimalan broj čitanja/pisanja u jedinici vremena (s)

# Memorije prema načinu čitanja/pisanja

- **Upisno-ispisne memorije** (read/write)
  - memorije **promjenjivog** sadržaja, uobičajeni tip memorije
  - uglavnom građene od **nepostojanih** ćelija
  - za paralelne upisno-ispisne memorije uvriježio se naziv RAM (engl. *Random Access Memory*)
- **Ispisne memorije** (read only)
  - memorije **nepromjenjivog** sadržaja, permanentne memorije
  - uglavnom građene od **postojanih** ćelija
  - u pravilu se u njih informacija upiše jedanput, prilikom proizvodnje ROM (engl. *Read Only Memory*), ili je broj pisanja zanemarivo mali (npr. EPROM – Erasable Programmable ROM)

# Memorijska hijerarhija

- **CPU interna**

- unutar procesora, "operativna", najbrža, najmanjeg kapaciteta

- **Priručna**

- pohrana manje količine upravo korištenih podataka (engl. *cache*)

- **Glavna**

- nepostojana: programi, podaci, operacijski sustav...

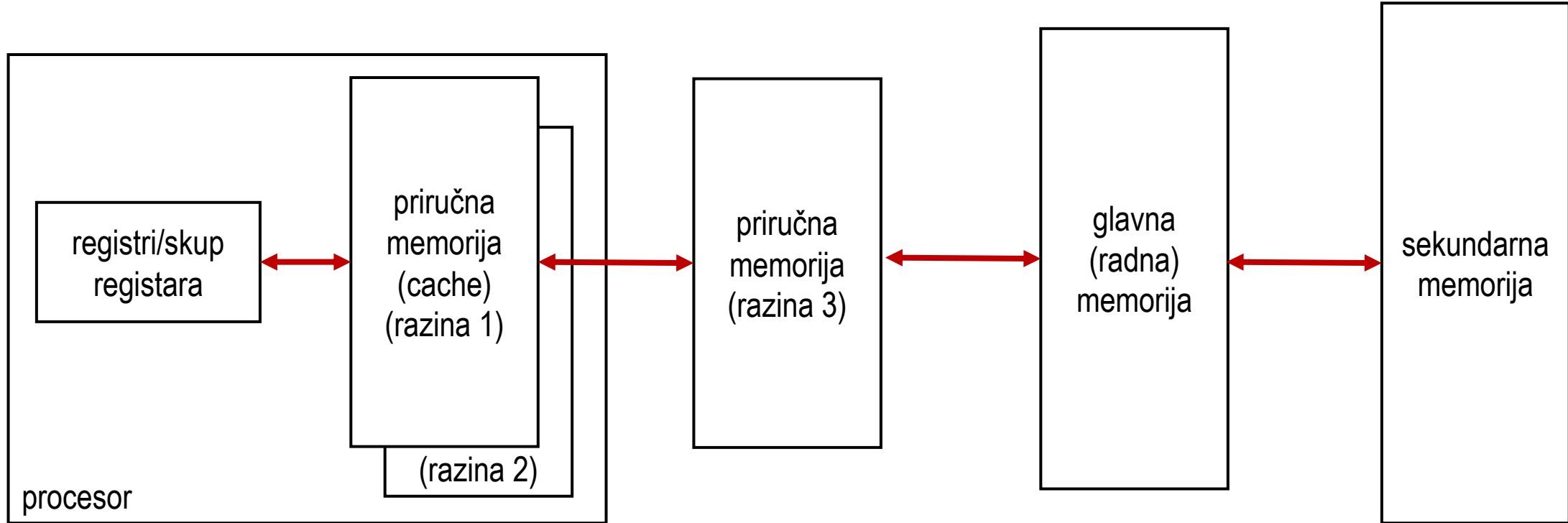
- **Vanjska**

- postojana: veći kapacitet, manja brzina (npr. disk, ssd)

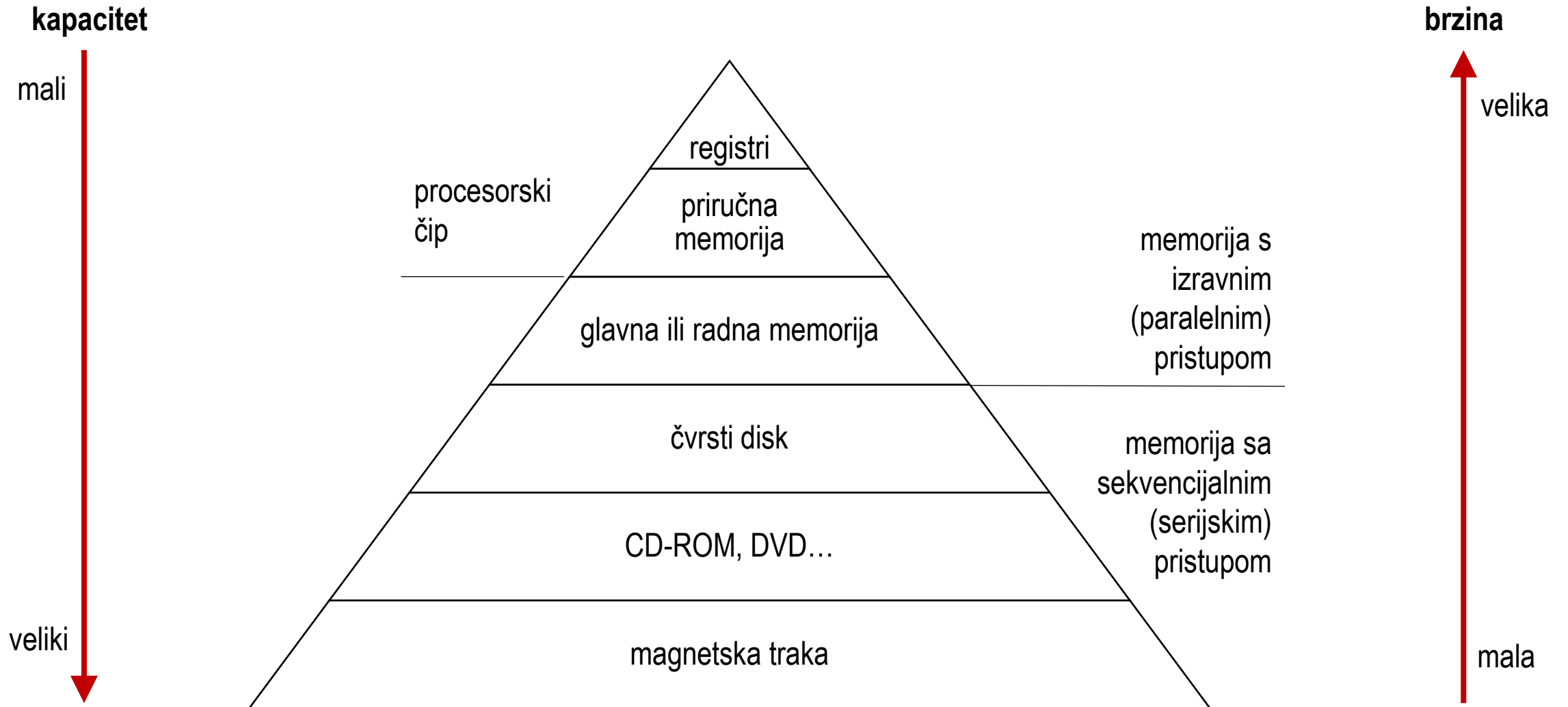
- **Arhivska**

- za pohranu trajnih podatka, najsporija, najvećeg kapaciteta (npr. traka)

# Memorijska hijerarhija

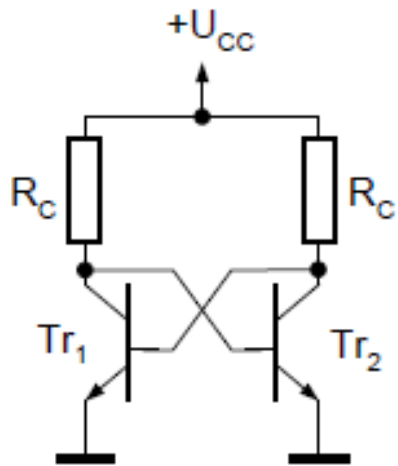
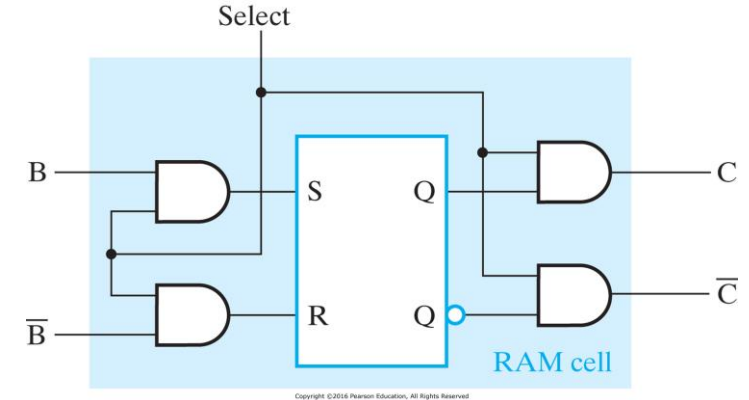


# Memorijska hijerarhija



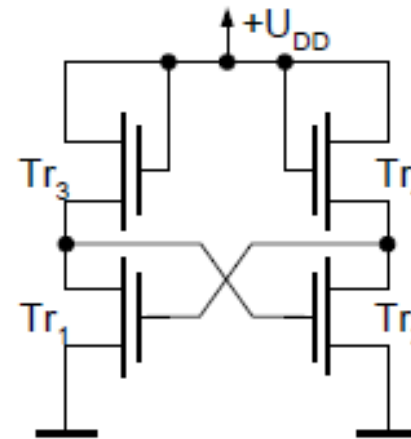
# Statičke memorije (SRAM)

- memorijska ćelija = **SR bistabil**
- **nepostojana** memorija
  - nestankom napajanja gubi sadržaj



SRAM s **bipolarnim** tranzistorima

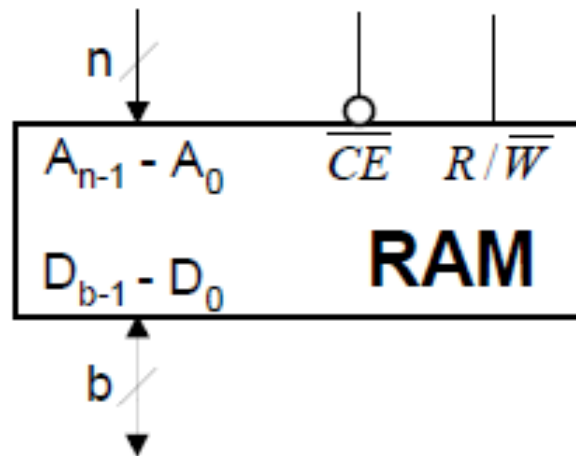
- manji kapacitet
- **veća brzina**
- **veća cijena**



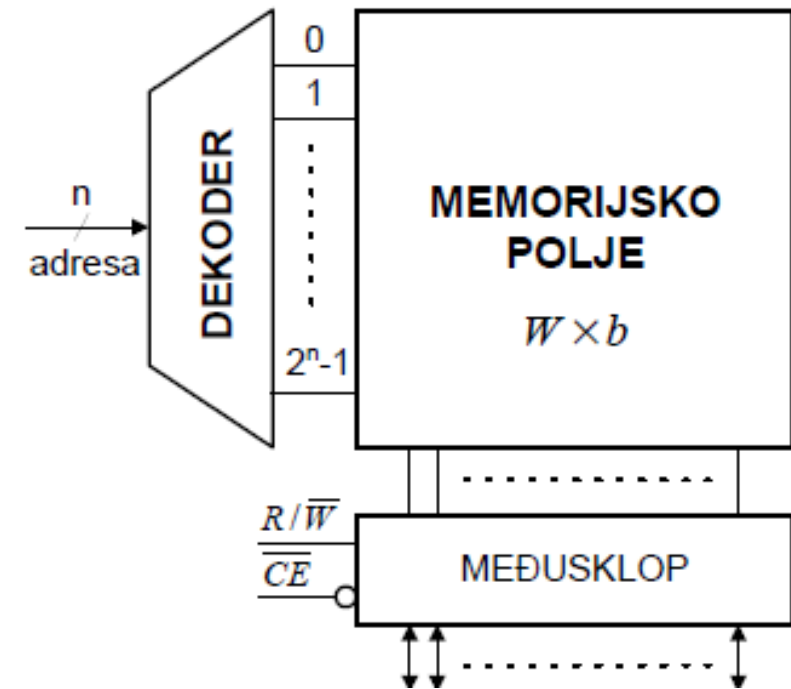
- SRAM s **MOS**  
(engl. *Metal Oxide Semiconductor*) tranzistorima
- **veći kapacitet**
- manja brzina
- **niža cijena**

# Arhitektura memorijskog čipa

- Funkcijski blokovi memorijskih čipova:
  - dekodeer adrese
  - memorijsko polje
  - međusklop: pojačala za čitanje/pisanje



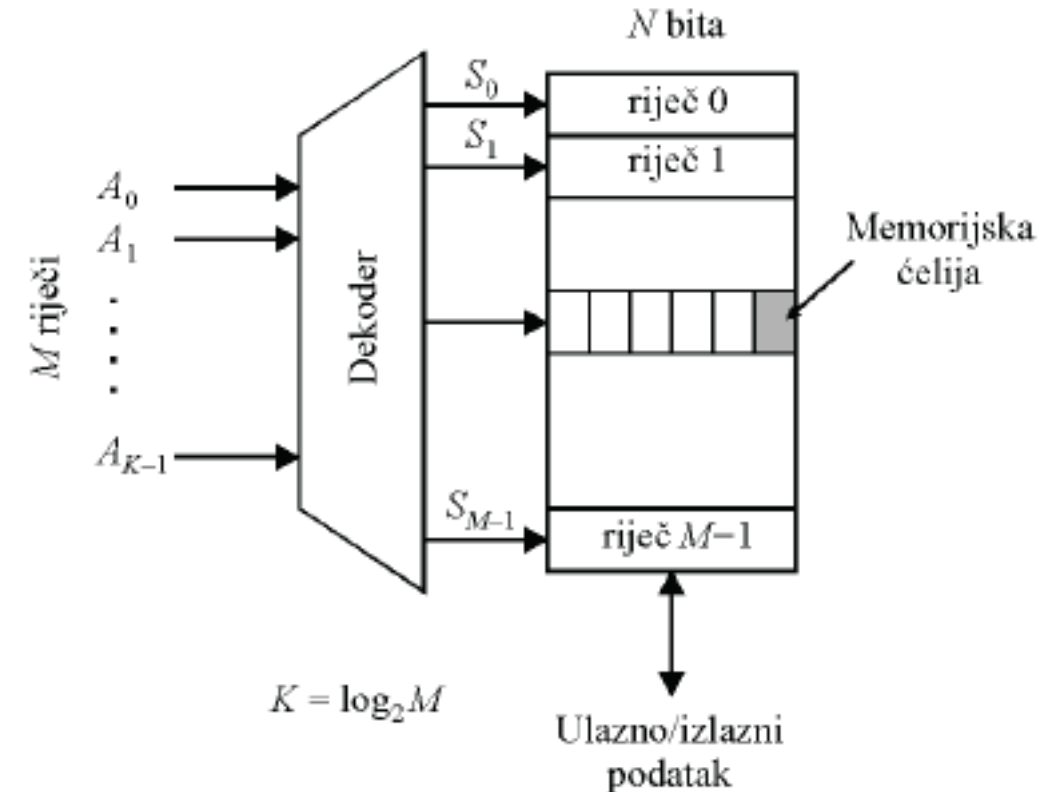
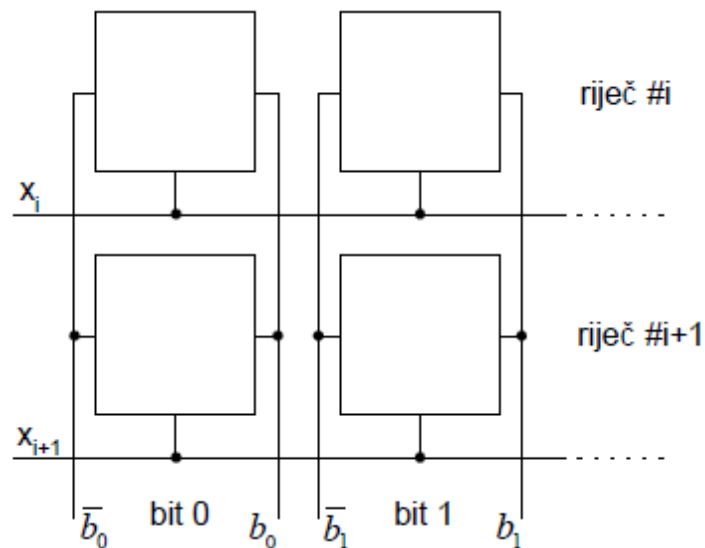
CE = Chip Enable





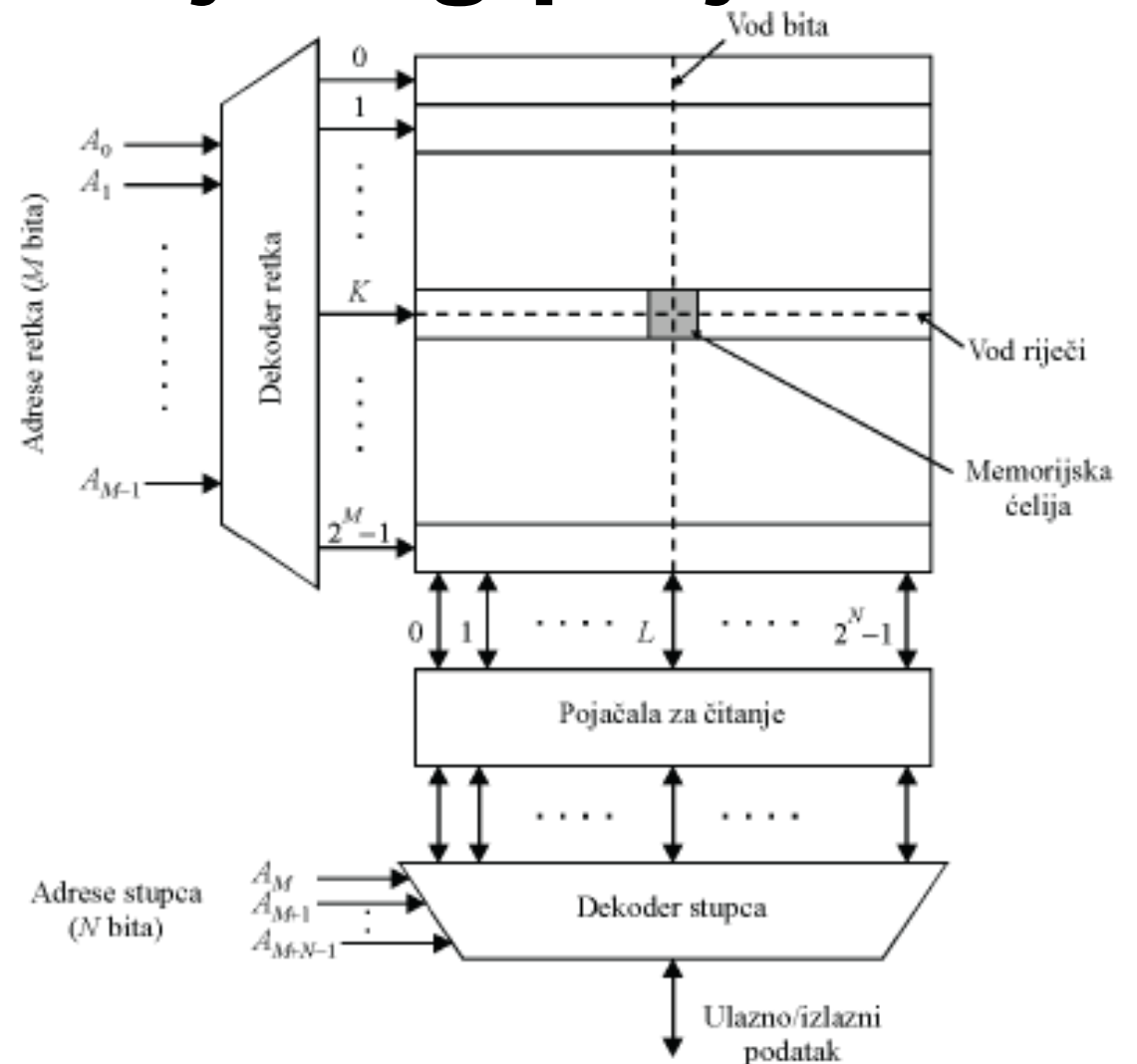
# 2D adresiranje memorijskog polja

- Linearno adresiranje
  - jedna riječi sastoji se od  $b$  ćelija
  - 1 redak = 1 riječ = 1 izlaz dekodera



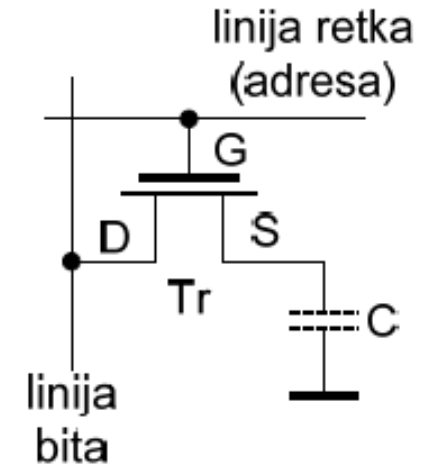
# 3D adresiranje memorijskog polja

- Koincidentno adresiranje
- Dva dekodera
  - posebni dekoderi za retke i stupce
- Bitovi jedne riječi se nalaze u z dimenziji
  - jedan iza drugoga



# Dinamičke memorije (DRAM)

- Za pohranu podatka podatka se koristi kapacitet
  - nabijeni kapacitet predstavlja **1**, a nenabijeni **0**
- Čelija može biti izvedena:
  - s MOS tranzistorom i vanjskim kondenzatorom
  - samo s MOS tranzistorom (u tom slučaju se koristi međuelektrodni/parazitni kapacitet
    - neželjeni kapacitet između dijelova elektroničke komponente ili sklopa koji se javlja zbog njihove međusobne blizine
- Zbog površinske vodljivosti naboj s vremenom nestaje pa ga je potrebno **redovito osvježavati** (engl. *refresh*)
  - u redovitim vremenskim razmacima (~2-3 ms) se sadržaj svake memorijske ćelije čita i ponovno upisuje



# DRAM - osvježavanje sadržaja

- Čitanje informacije
  - Napon na adresiranom kapacitetu  $C$  se očitava pomoću pojačala (engl. *sense amplifier*)
  - **Čitanje je destruktivno!** Uključivanjem tranzistora se kapacitet raspodjeljuje između kondenzatora i voda bita, što uzrokuje pad napona (brisanje informacije)
- Pisanje informacije
  - U adresiranu ćeliju se ponovno upisuje pročitani podatak

# DRAM – vrste osvježavanja

- **Distribuirano** (engl. *Distributed refresh*)
  - osvježavanje je isprepleteno s pristupima memoriji
  - češće se koristi u modernim sustavima
- **Usnopljeno** (engl. *Burst refresh*)
  - tijekom osvježavanja nije moguće pristupiti memoriji
  - uzrokuje duže periode nedostupnosti memorije

# DRAM – osjetljivost na pogreške

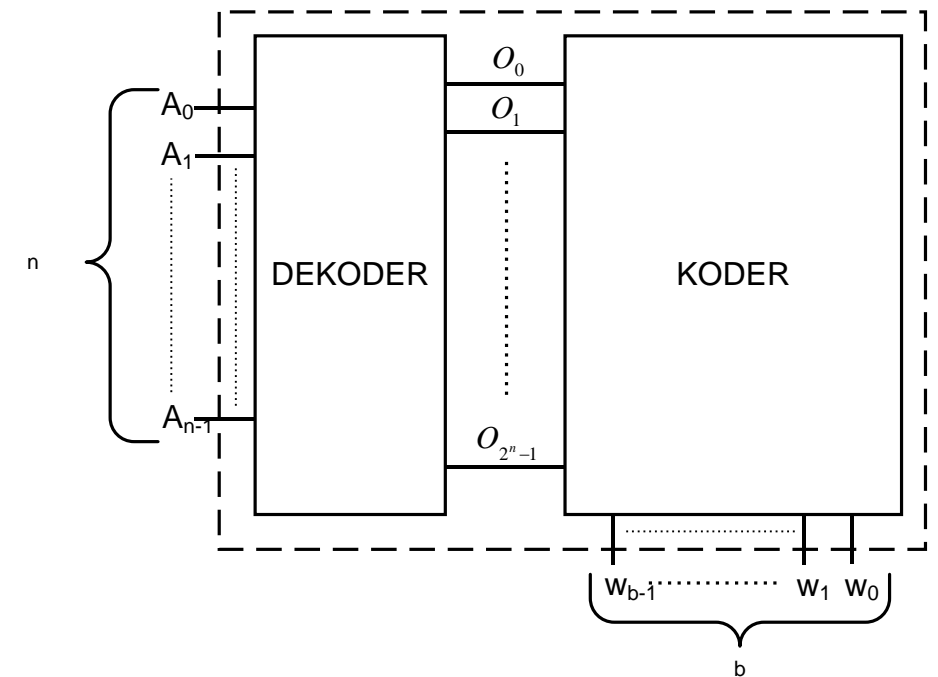
- DRAM je osjetljiv na pogreške uzrokovane radioaktivnim zračenjima koja mogu ionizirati poluvodič i izazvati gubitak naboja na kapacitetu (pogrešku)
- Rješenje problema:
  - posebne izvedbe kondenzatora
  - dodatni sklopovi za zaštitu podatka (ECC - *Error Correction Code*)
    - tipično Hammingovi kodovi

# Usporedba SRAM i DRAM

SRAM	DRAM
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pohranjuje podatke u <b>bistabil</b></li><li>• Pamti <b>naponom</b></li><li>• Čitanje <b>nije destruktivno</b></li><li>• Veća potrošnja struje, <b>skuplji</b></li><li>• <b>Osvježavanje sadržaja nije potrebno</b></li><li>• Kraće vrijeme pristupa (<b>brže</b>)</li><li>• Memorijska ćelija je realizirana s <b>4 tranzistora</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pohranjuje podatke u <b>kondenzator</b></li><li>• Pamti <b>nabojem</b></li><li>• Čitanje <b>je destruktivno</b></li><li>• Manja potrošnja struje, <b>jeftiniji</b></li><li>• <b>Potrebno je redovito osvježavanje</b> i dodatno nakon svakog čitanja</li><li>• <b>Sporije</b> vrijeme pristupa</li><li>• Memorijska ćelija je realizirana s <b>1 tranzistorom</b></li></ul>

# Permanentna memorija

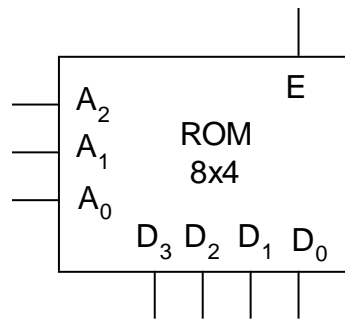
- Sklop s permanentno upisanim sadržajem (samo za čitanje)
  - **jednostruki upis** (obično pri proizvodnji)
    - ROM (engl. *Read Only Memory*)
  - **višestruki upis**
    - ali zanemarivo malo u odnosu na broj čitanja
    - PROM, EAROM, EPROM, EEPROM
- Kombinaijski sklop
  - podatak upisan nekom vrstom "ožičenja"
  - mogućnost "programiranja"



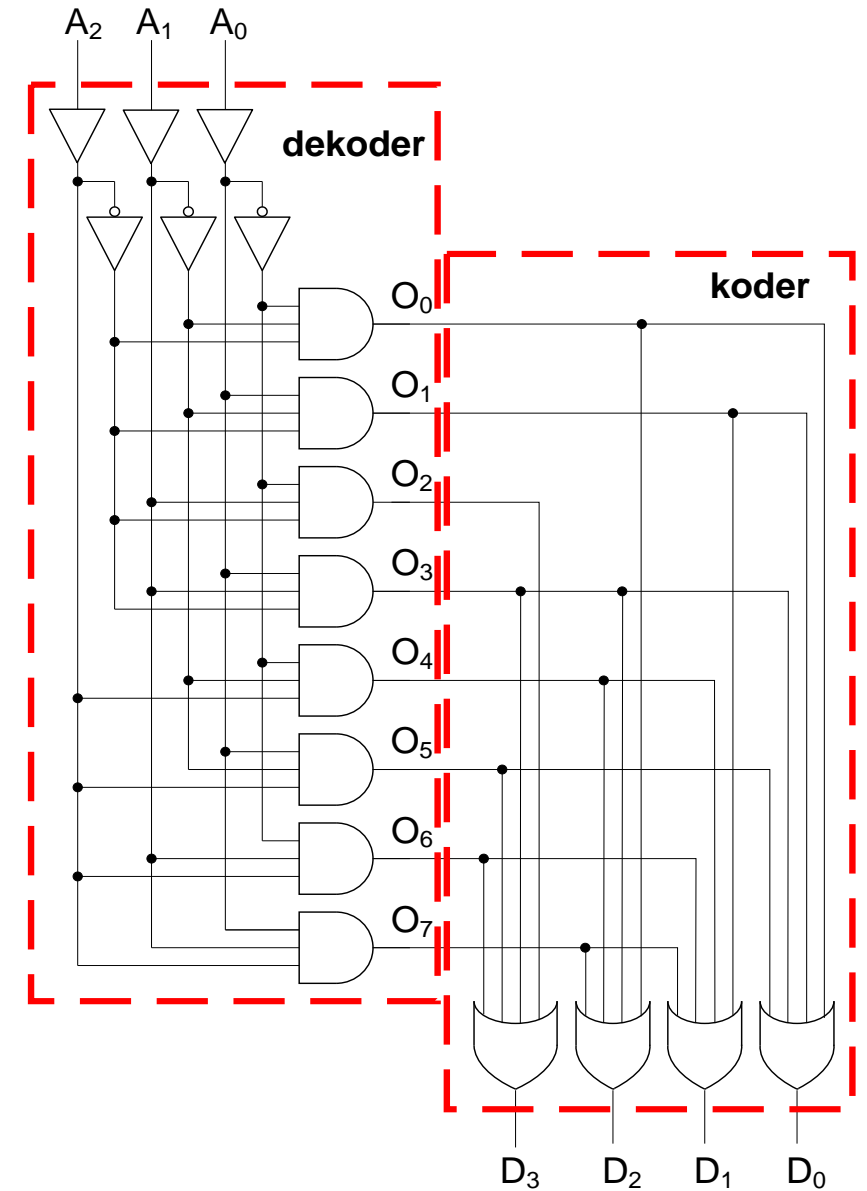


# Primjer: ROM 8x4

- ROM s osam 4-bitnih riječi



riječ	$A_2$	$A_1$	$A_0$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1	1
2	0	1	0	1	0	0	0
3	0	1	1	1	1	0	1
4	1	0	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	0	0	1
6	1	1	0	1	0	1	0
7	1	1	1	0	1	1	0

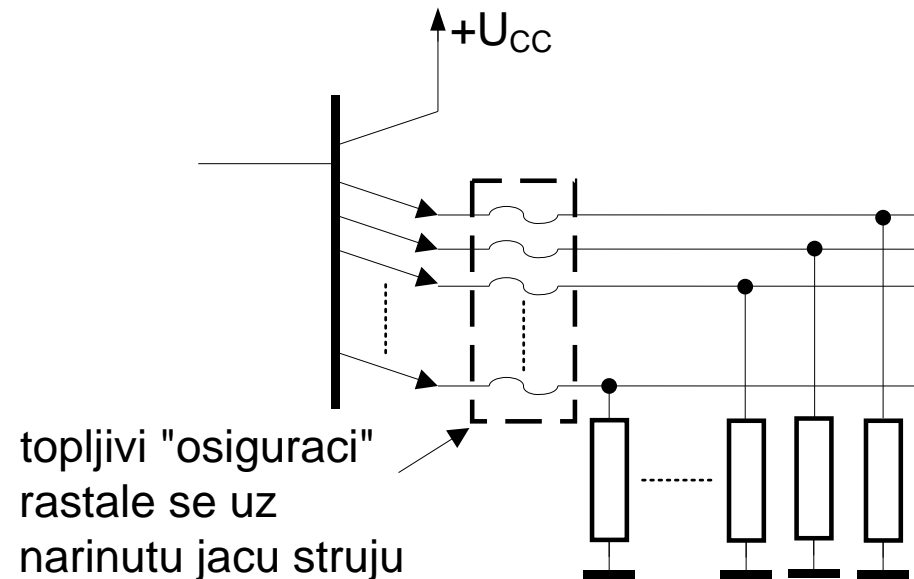


# ROM bez mogućnosti programiranja

- „Programiran” prilikom proizvodnje
- uobičajena tehnologija: MOSFET
- zadnja se maska za proizvodnju izrađuje po narudžbi i sadrži potrebne veze
- $t_a \sim 100 \text{ ns}$

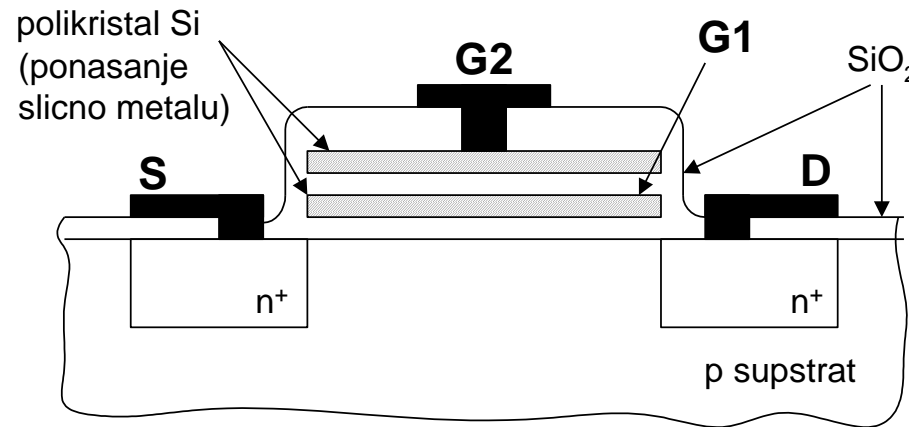
# ROM – za jednokratno programiranje

- **PROM** (engl. *Programmable ROM*)
- Bipolarna tehnologija, tipično TTL višeemitterski tranzistor
- Za male serije
  - programiranje "na licu mjesta"  
(engl. *in-the-field programming*)
- Način programiranja:
  - jačom strujom (namjernim pregorijevanjem „osigurača”)
- $t_a \sim 30 - 50 \text{ ns}$



# ROM – za višekratno programiranje

- Izbrisivi programirljivi ROM (engl. *EPROM* - *Erasable PROM*)
- MOSFET tehnologija (engl. *MOS Field Effect Transistor*):
  - posebna izvedba tranzistora s lebdećom elektrodom
- Sadržaj je moguće obrisati pomoću UV svjetla
  - za permanentnu promjenu stanja ćelije potreban je napon  $U_{G2D} \sim 25 \text{ V}$
- $t_a \sim 200 \text{ ns}$



# ROM – za višekratno programiranje

- S mogućnošću višekratnog programiranja i brisanja električkim putem:
  - **EAROM** (engl. *Electrically Alterable ROM*)
  - **EEPROM** (engl. *Electrically Erasable Programmable ROM*),
  - Omogućuju izbjegavanje dugotrajnog brisanja cijelog sadržaja u posebnom uređaju (UV za brisanje EPROM-a)
- Upisivanje i brisanje podatka dovođenjem različitih napona:
  - upis:  $U_{G2D} \sim 10 \text{ V}$ , brisanje:  $U_{G2D} \sim -10 \text{ V}$
- $t_a \sim 250 \text{ ns}$

# Sekundarna memorija

- Predstavlja **proširenje glavne memorije**
- Služi za rezervnu pohranu podataka i programa
- Prednosti:
  - **vrlo veliki kapacitet,**
  - **neizbrisivost**
  - **niska cijena** po pohranjenom bitu podatka
- Nedostatak:
  - relativno **duže vrijeme pristupa**

# Mediji za masovnu pohranu podataka

- **Magnetski** mediji
  - Magnetske vrpce
  - Tvrdi diskovi
- **Optički** mediji
  - CD, DVD, Blu-ray
- **Poluvodički** mediji
  - USB *stick*
  - Memorijske kartice
  - SSD (engl. *Solid State Drive*)



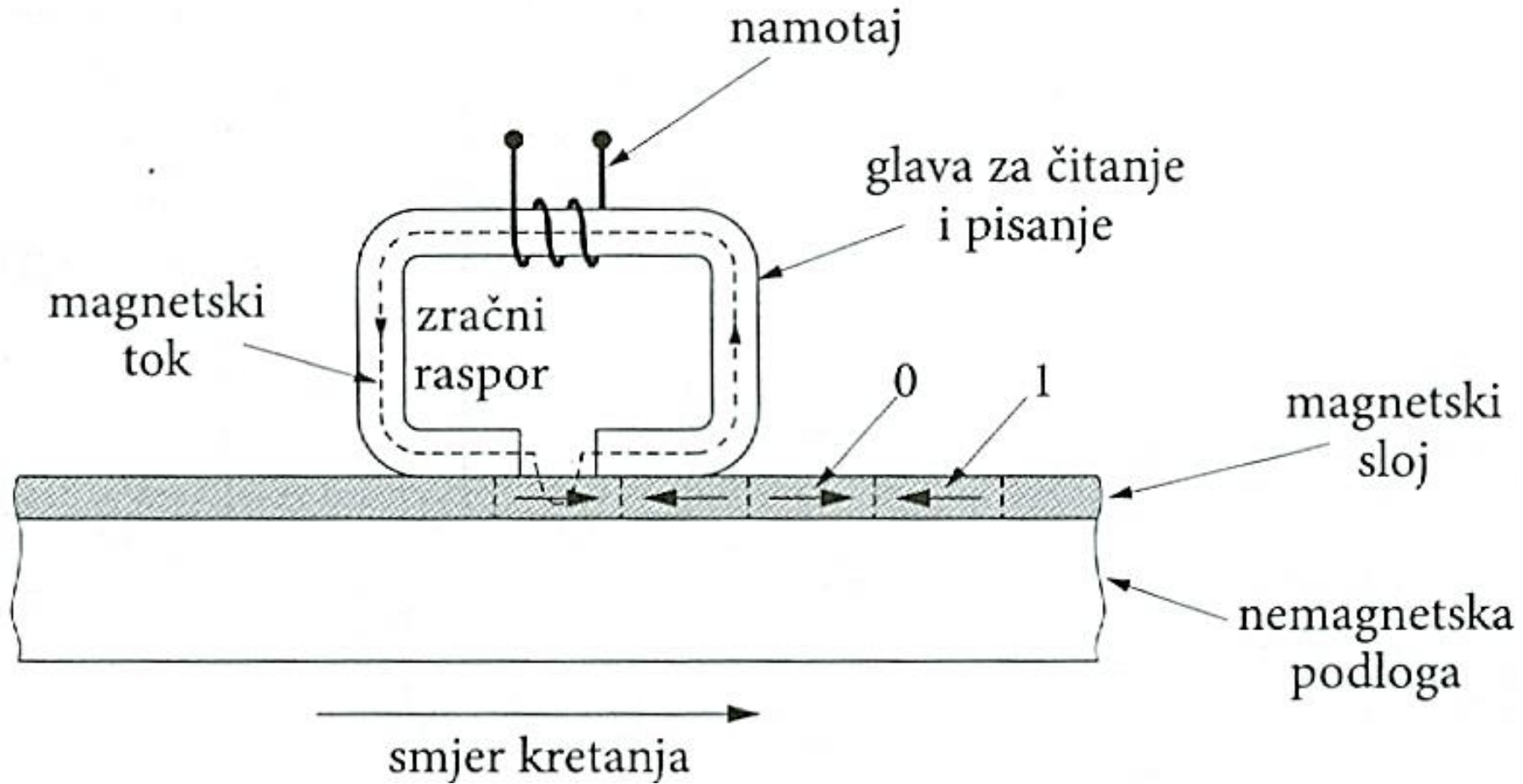
Spremni podataka





Saznajte više...

# Zapis podataka na magnetsku površinu



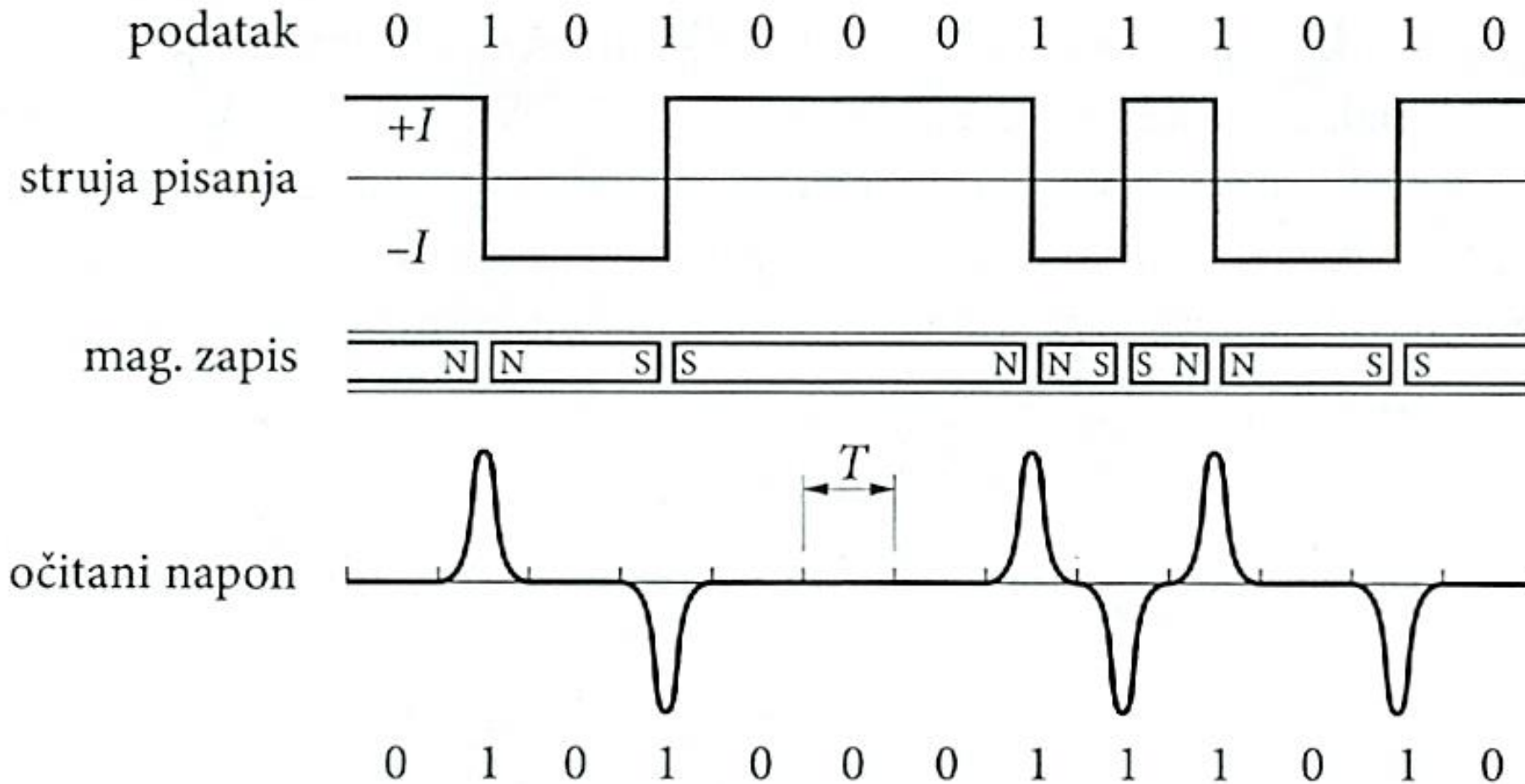
# Zapis podataka na magnetsku površinu

- Vrlo tanak **magnetski sloj** (1-10  $\mu\text{m}$ ) na nemagnetskoj podlozi
- Elektromagnet sa zračnim rasporom ima funkciju **glave za čitanje i pisanje**
- Struja kroz magnetsku glavu stvara **magnetsko polje** u zračnom prostoru te magnetizira magnetski sloj u jedan od dva moguća smjera:
  - jedan smjer predstavlja **1**, a drugi **0**
- Vrste magnetskih zapisa s obzirom na usmjerenje zapisa:
  - **longitudinalni** (paralelan s podlogom)
  - **perpendikularni** (okomit na podlogu)
  - **lateralni** (ukošen s obzirom na podlogu)

# Čitanje podataka s magnetske površine

- Magnetski medij se pomiče ispod magnetske glave
- U magnetskoj glavi se mijenja magnetsko polje i inducira se napon u namotaju
  - Napon se inducira samo pri promjeni polariteta magnetskog polja u mediju
- Postoje razne metode zapisa (kodovi magnetskog zapisa):
  - NRZ (engl. Non-Return-to-Zero)
  - **NRZI** (engl. Non-Return-to-Zero Inverted)
  - Manchester encoding

# NRZI metoda čitanje magnetskog zapisa



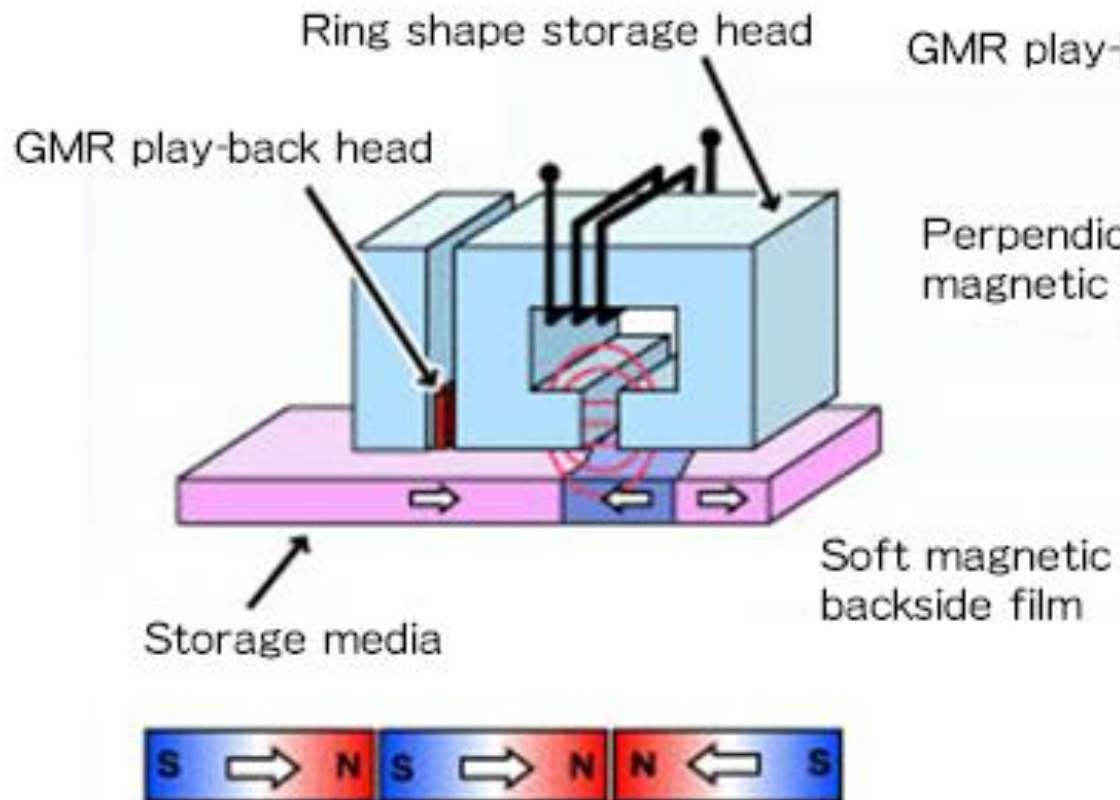
# Čitanje podataka sa magnetskog zapisa

- Izlazni impulsi se generiraju na mjestu zapisa stanja **1**
- Polaritet impulsa može biti pozitivan ili negativan
- Na izlazu se impulsi pretvaraju u slijed stanja **0** i **1**
- Za pouzdano razdvajanje perioda  $T$  se koriste sinkronizacijski impulsi

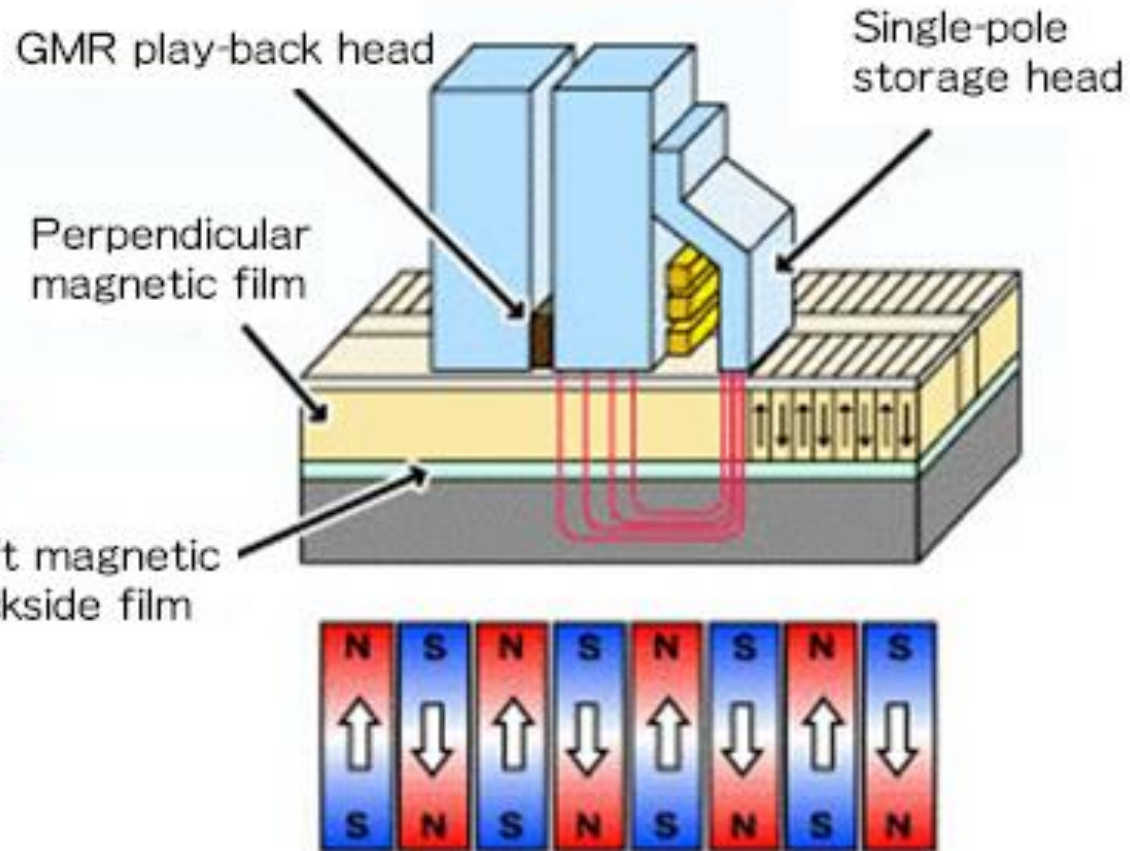


# Zapis podataka na magnetsku površinu

Horizontal magnetic recording system



Perpendicular magnetic recording system



GMR = *giant magnetoresistance*

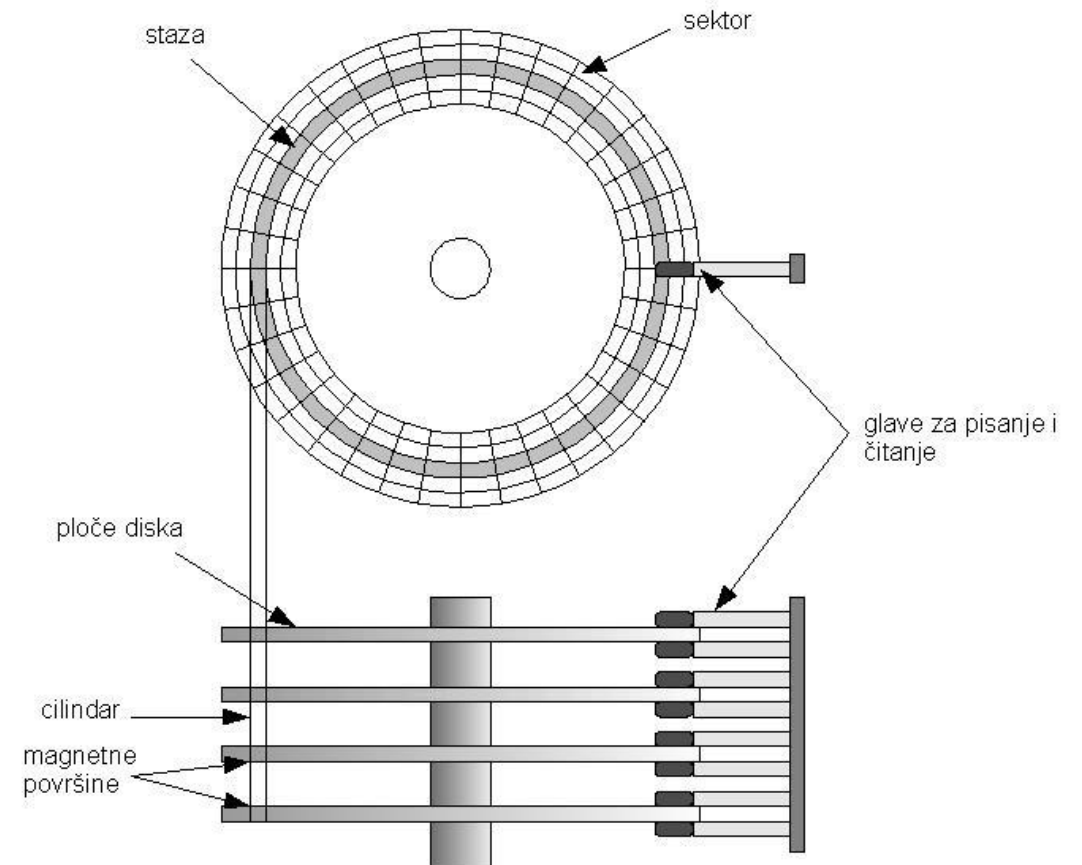
Izvor: <https://www.kyodo-inc.co.jp/english/frontier/erazer/index.html>

# Tvrdi disk (engl. *Hard Disk*)

- Magnetska memorija
- Sekundarna jedinica za pohranu
- Podaci zapisani na disku ostaju sačuvani i nakon gašenja računala
- Sastoji se od dva podsustava:
  - fizičke komponente
  - elektronički podsustav (engl. *Drive Electronics*)

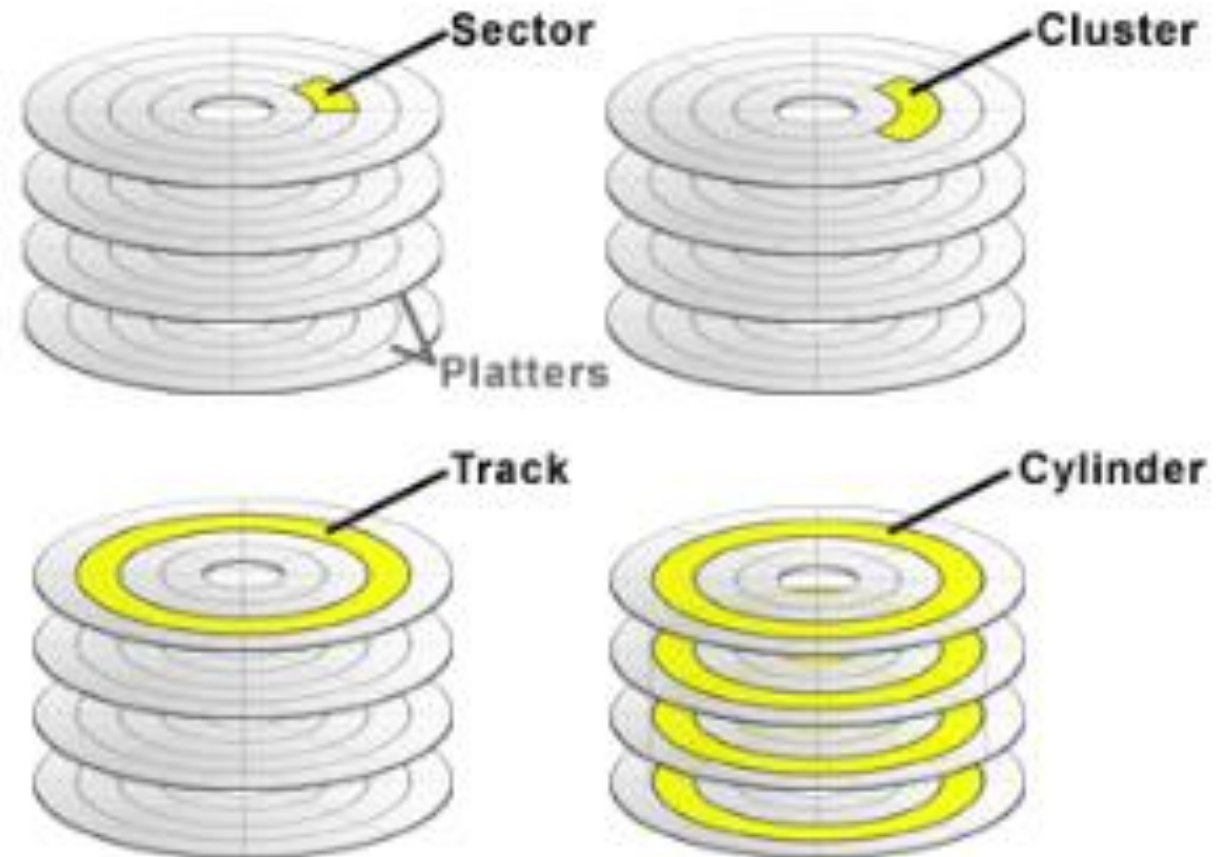


# Podsustav koji čine fizičke komponente

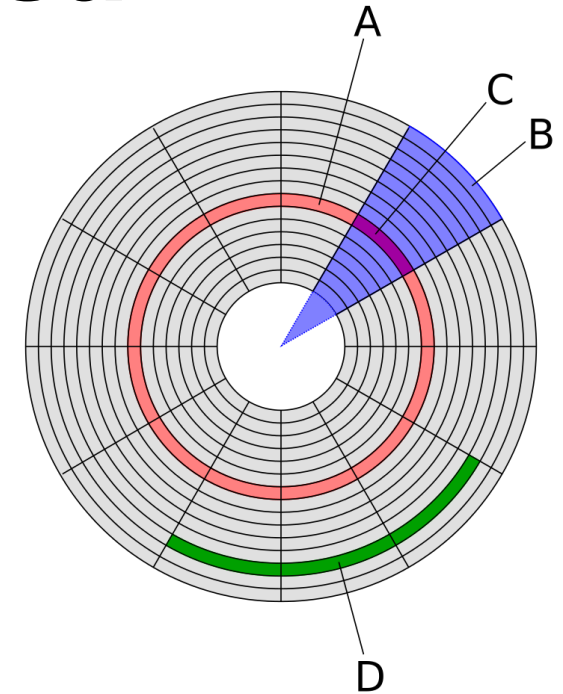
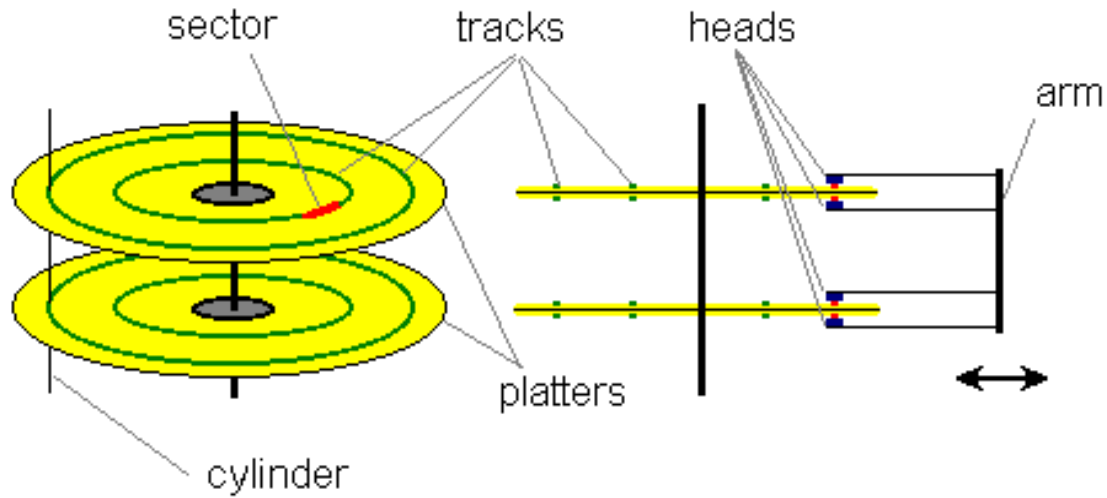


# Organizacija diskovnog zapisa

- **Staza** (*Track*)
- **Cilindar** (*Cylinder*)
- **Sektor** (*Sector*)
- **Klaster** (*Cluster*)



# Organizacija diskovnog zapisa



- A – staza
- B – Geometrijski sektor
- C – Sektor
- D - Klaster

# Dinamički parametri diskovne jedinice

- Odnose se na vrijeme pristupa podacima tijekom operacije pisanja ili čitanja
- Vrijeme pristupa određuje se na temelju triju operacija:
  - **pozicioniranje glave na odgovarajuću stazu**
    - vrijeme traženja (engl. *seek time*)
  - **pristup željenom sektoru na stazi**
    - rotacijsko kašnjenje (engl. *rotational latency*)
  - **prijenos bloka podataka**
    - vrijeme prijenosa (engl. *transfer time*)
    - vrijeme potrebno za prijenos bloka podataka
    - ovisi o veličini sektora, brzini vrtnje i gustoći zapisa podataka na stazi

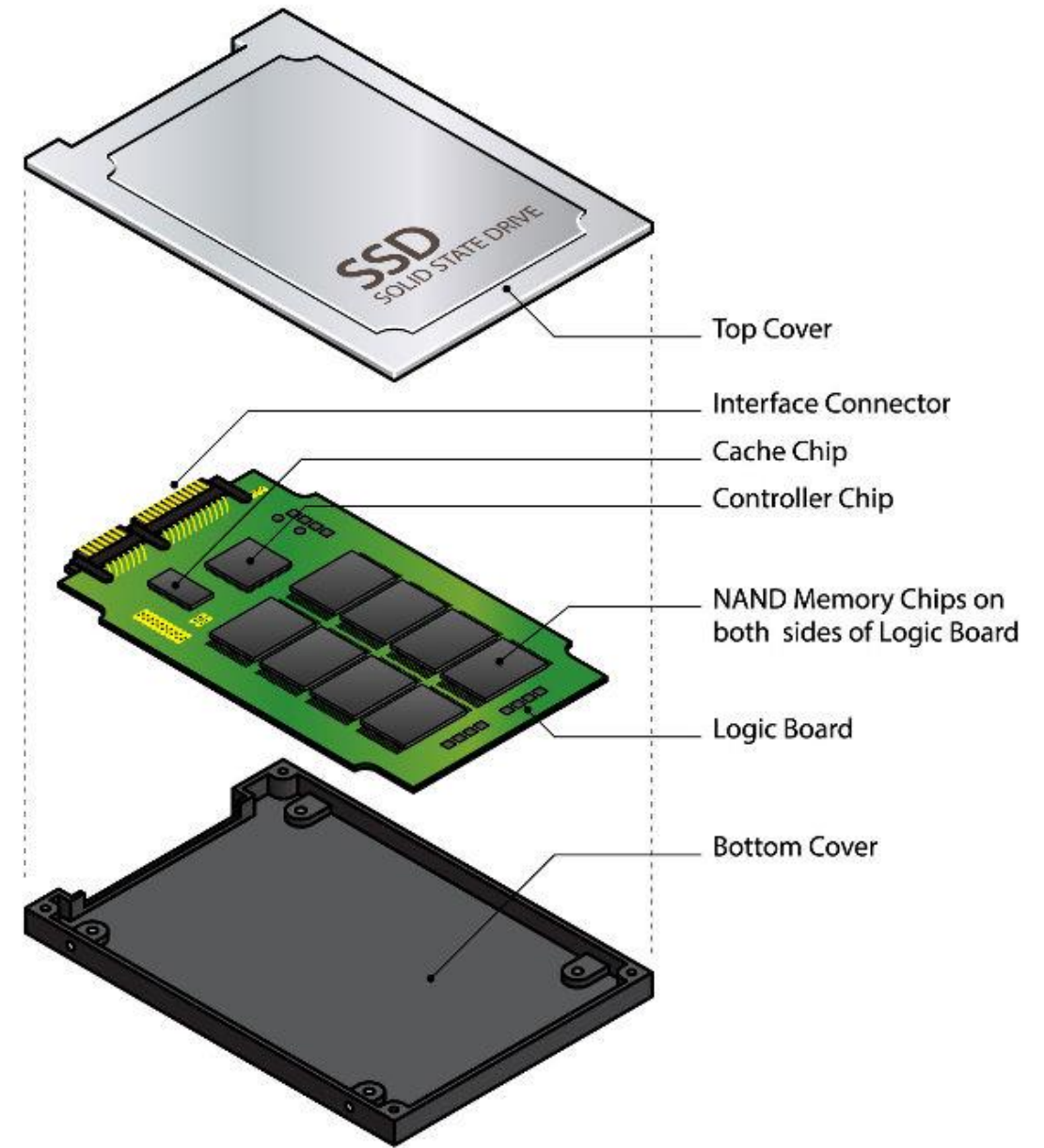
# Priručna diskovna memorija (engl. *disk cache*)

- Da bi se smanjio broj pristupa disku, prilikom čitanja s diska se dohvaćaju i susjedni sektori sa staze nad kojom je pozicionirana glava
- Dohvaćeni sektori pohranjuju se u priručnu diskovnu memoriju
- Ako se kopija traženog sektora nalazi u priručnoj diskovnoj memoriji, operacijski sustav će ga pročitati izravno iz priručne diskovne memorije, bez pokušaja čitanja s diska
- Ako se traženi sektor ne nalazi u priručnoj diskovnoj memoriji, onda će ga operacijski sustav pročitati s diska i pospremiti njegovu kopiju u priručnu diskovnu memoriju

# Adresiranje sektora na disku

- **CHS** (*Cylinder, Head, Sector*)
  - pozicija sektora na disku je određena rednim brojem **cilindra** (*Cylinder*), **glave** (*Head*) i **sektora** (*Sector*)
- **LBA** (*Local Block Addressing*)
  - pozicija sektora na disku je određena slijednim brojem sektora od početka diska (kao da se svi sektori na disku nalaze u linearnom slijedu)

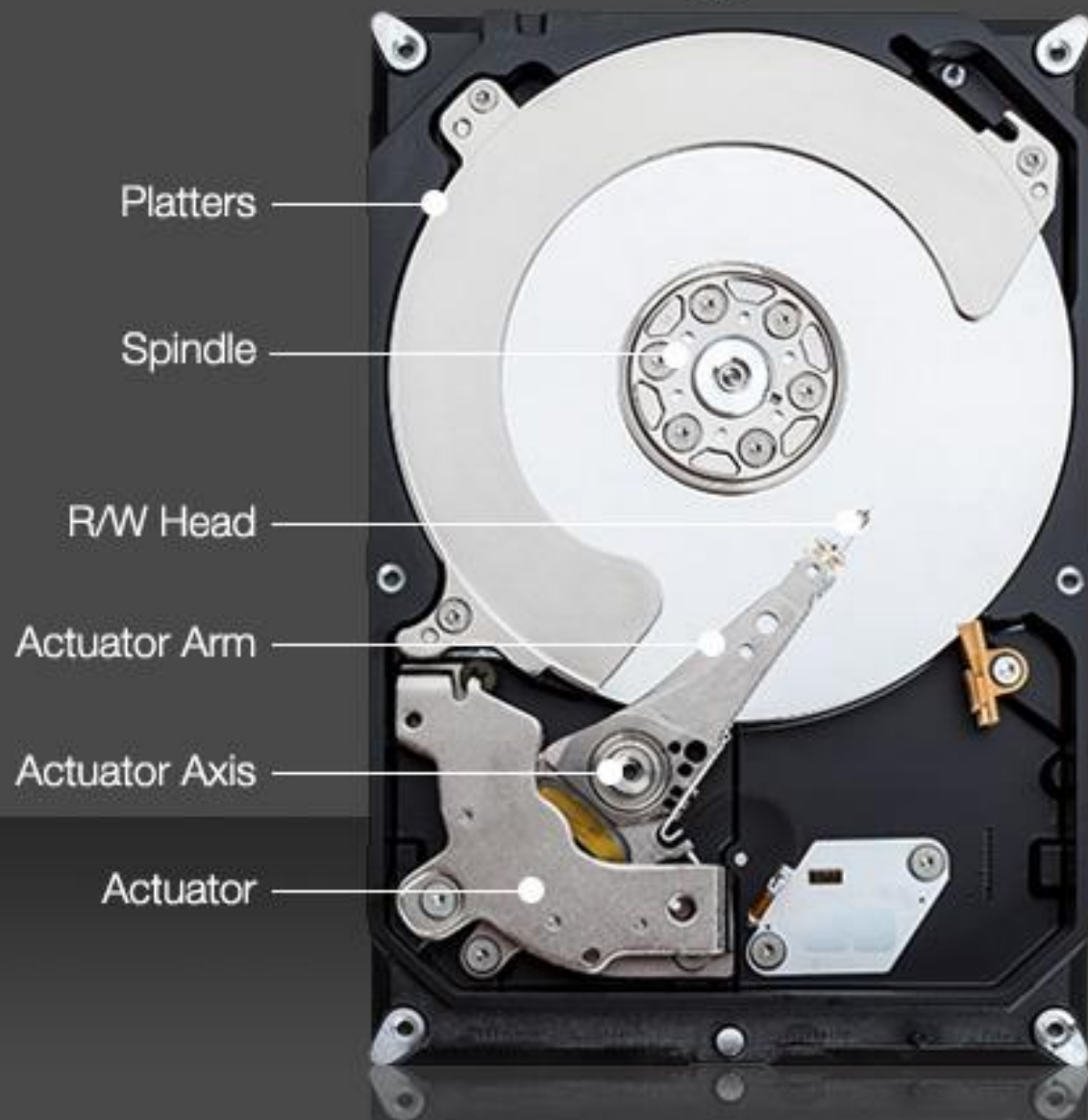
# SSD (Solid-state drive)





# HDD

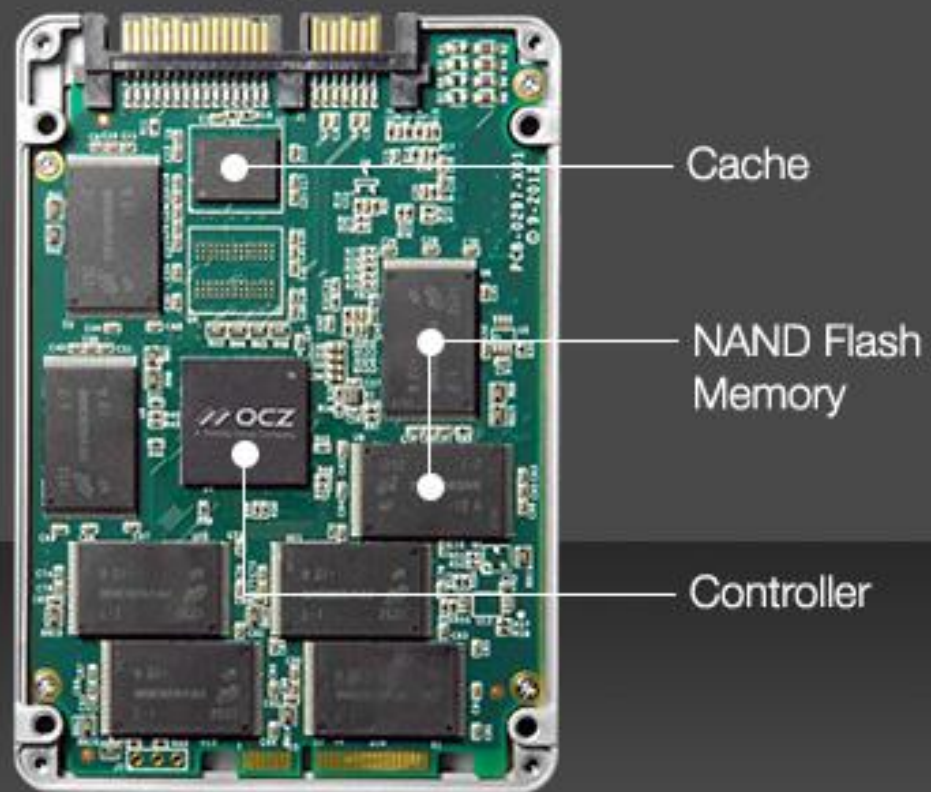
3.5"



Shock resistant up to 350g/2ms

# SSD

2.5"



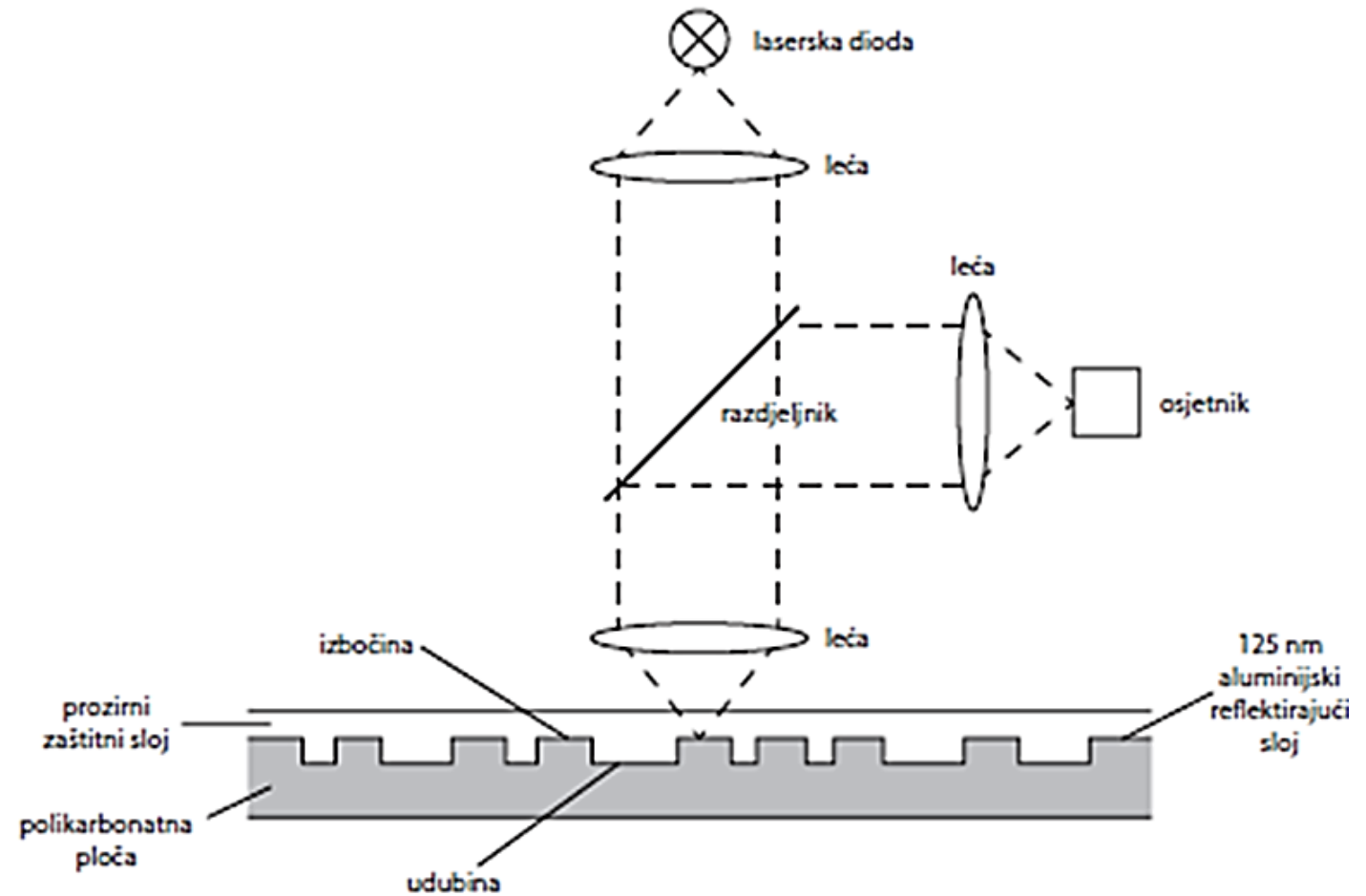
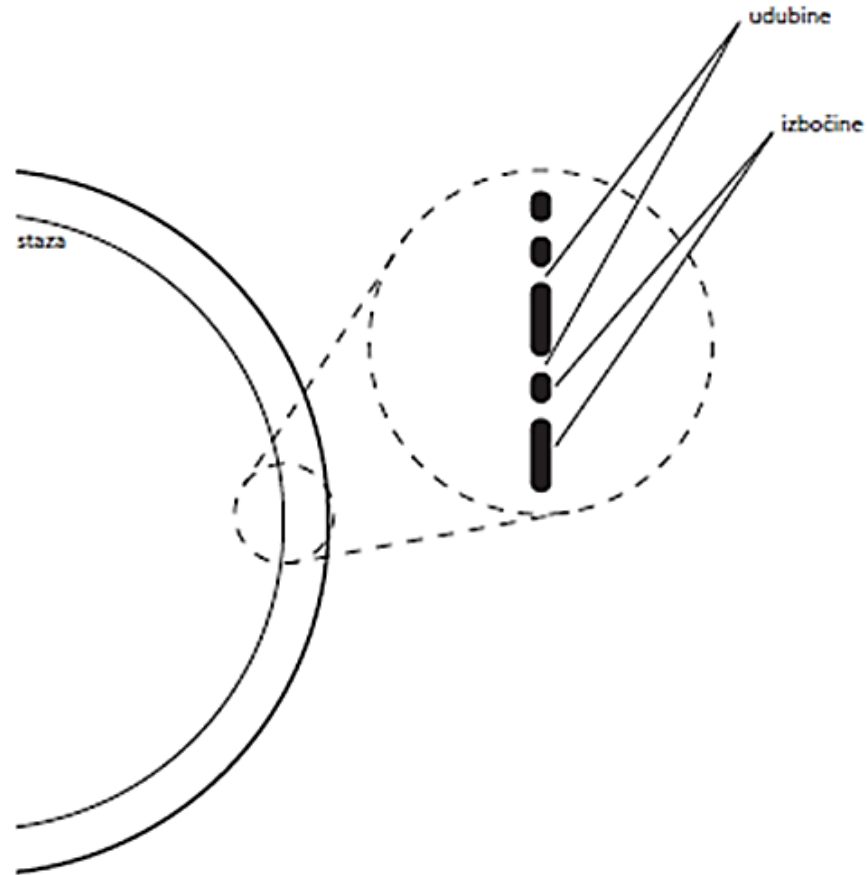
Shock resistant up to 1500g/0.5ms



# Optičke memorije

- CD (*Compact Disc*), DVD (*Digital Versatile Disc*), Blu-ray
- Informacija je pohranjena u binarnom obliku uzduž **spiralne** staze
- Bitovi su pohranjeni u obliku **udubina** (engl. ***pit***) i **izbočina** (engl. ***land***) između njih
- Podaci se čitaju osjetnikom koji detektira reflektirano svjetlo laserske diode

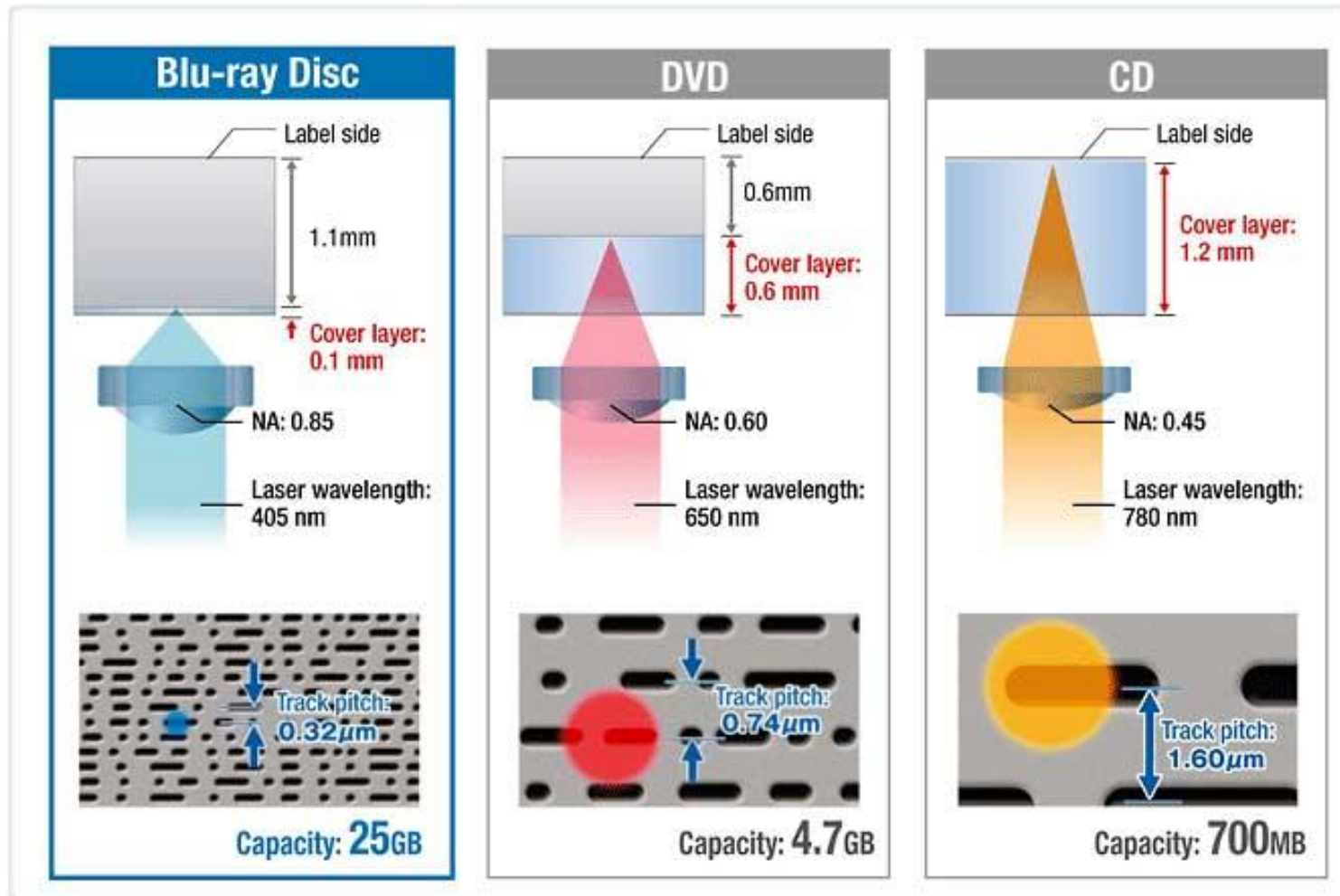
# Optičke memorije



# Optičke memorije – princip čitanja

- Kad zrake padnu na izbočinu, odnosno mjesto između dvije udubine, svjetlo se reflektira u osjetnik (engl. sensor)
  - Većina reflektiranih zraka prevaljuje istu duljinu puta (zrake su u fazi)
- Ako zrake pogode udubinu, oko pola od njih padne na izbočinu, a pola u udubinu
  - Reflektirane zrake prevaljuju različite duljine putova (zrake se razlikuju u fazi) zbog čega međusobno interferiraju
  - rezultat interferencije je manji svjetlosni intenzitet detektiran osjetnikom
- Promjene razine svjetlosnog intenziteta reflektirajućeg svjetla odgovaraju prijelazima na stazi – od izbočine na udubinu te od udubine na izbočinu

# Optičke memorije



<https://wasttime.files.wordpress.com/2009/11/blu-ray-works.jpg>



Zadatci za vježbu

# Zadatak

- Nacrtajte matrični prikaz permanentne memorije čiji sadržaj odgovara rješenju zadanih funkcija

$$f_3 = \sum m(2,3,5,6)$$

$$f_2 = \sum m(0,3,4,7)$$

$$f_1 = \sum m(1,4,6,7)$$

$$f_0 = \sum m(0,1,3,5)$$

# Postupak

- Nacrtajte matrični prikaz  
permanentne memorije čiji sadržaj  
odgovara rješenju zadanih funkcija

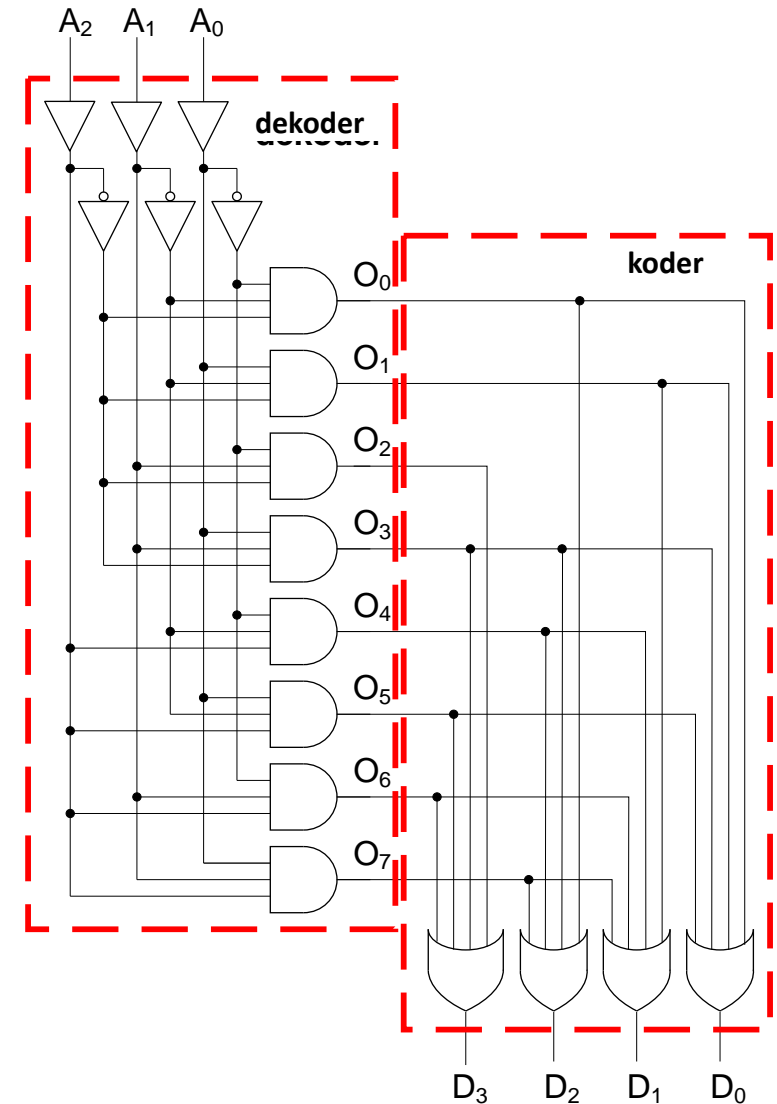
$$f_3 = \sum m(2,3,5,6)$$

$$f_2 = \sum m(0,3,4,7)$$

$$f_1 = \sum m(1,4,6,7)$$

$$f_0 = \sum m(0,1,3,5)$$

word	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1	1
2	0	1	0	1	0	0	0
3	0	1	1	1	1	0	1
4	1	0	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	0	0	1
6	1	1	0	1	0	1	0
7	1	1	1	0	1	1	0





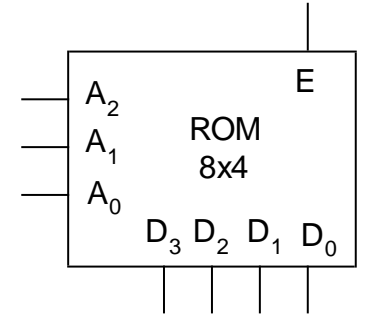
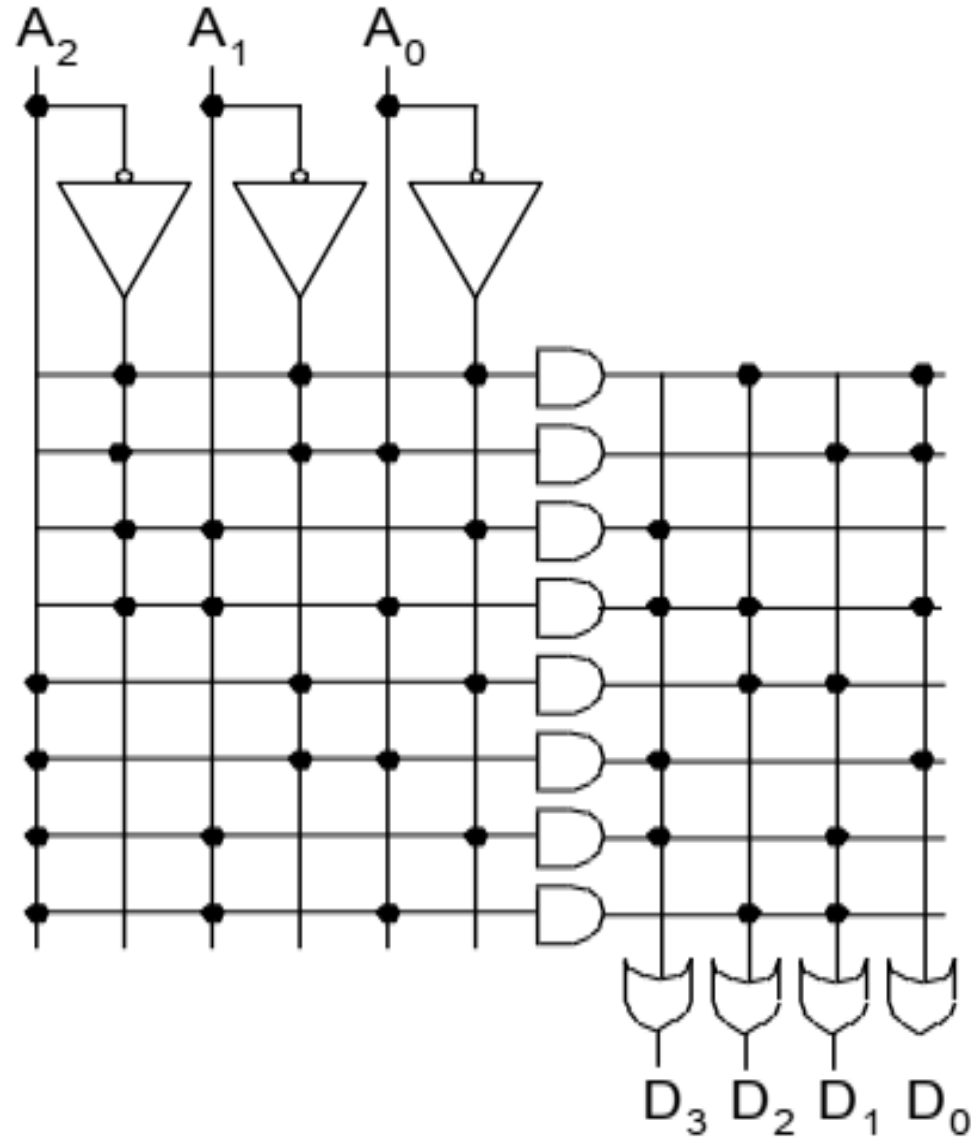
# Rješenje

$$f_3 = \sum m(2,3,5,6)$$

$$f_2 = \sum m(0,3,4,7)$$

$$f_1 = \sum m(1,4,6,7)$$

$$f_0 = \sum m(0,1,3,5)$$





# Zadatak

Nacrtajte matrični prikaz permanentne memorije čiji sadržaj odgovara rješenju zadanih funkcija:

$$f_0 = ABC, \quad f_1 = AB + C, \quad f_2 = A + B + C$$

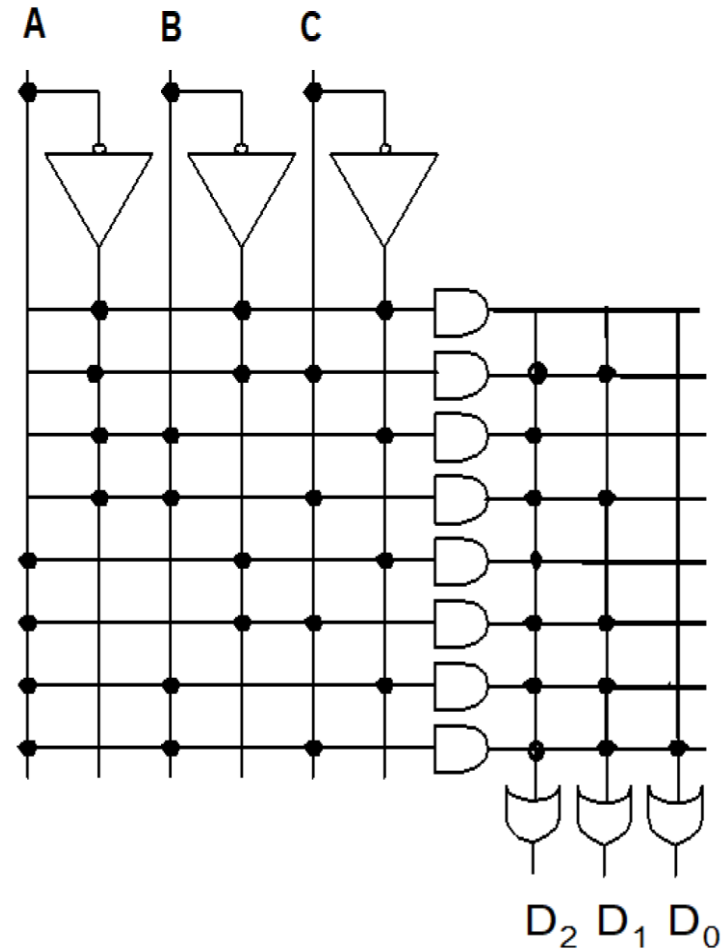
Odredite sadržaj memorijske lokacije čiji je sadržaj **100**.

# Rješenje

$$f_0 = ABC$$

$$f_1 = AB + C$$

$$f_2 = A + B + C$$



ABC	f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>0</sub>
0 0 0	0	0	0
0 0 1	1	1	0
0 1 0	1	0	0
0 1 1	1	1	0
1 0 0	1	0	0
1 0 1	1	1	0
1 1 0	1	1	0
1 1 1	1	1	1

# Primjeri zadataka s prethodnih ispita\*

Ishod učenja 8 – 8 bodova - 20 min

1. **[I8\_M, 2 boda]** Usporedite memorijske ćelije s obzirom na svojstvo postojanosti.
2. **[I8\_M, 2 boda]** Nacrtajte memorijsku ćeliju statičke memorije (SRAM) i navedite karakteristike po kojima se razlikuje od ćelije dinamičke memorije
3. **[I8\_Ž, 4 boda]** Nacrtajte matrični prikaz permanentne memorije  $6 \times 3$  čiji sadržaj odgovara rješenju zadanih funkcija:  $f_1 = A + BC$ ;  $f_2 = AC + B$ ;  $f_3 = (A + B + C) \cdot C$   
(tablica stanja – 1,5 bodova; shema - 2 boda).  
Odredite sadržaj memorije čija je adresa 100 (0,5 bodova).

\* Primjer ispita je ilustrativan. Vrste zadataka na budućim brzim testovima i ispitima mogu biti drugačije.

# LITERATURA

- U. Peruško, V. Glavinić: Digitalni sustavi
  - 267 - 275
  - 459 - 489