

# Tehnologije trajne pohrane podataka

---

**Krota, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:933861>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-11**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**IVAN KROTA**

**TEHNOLOGIJE TRAJNE POHRANE PODATAKA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**TEHNOLOGIJE TRAJNE POHRANE PODATAKA  
PERMAMENT DATA STORAGE TECHNOLOGIES**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Mikro i osobna računala

Mentor: izv. prof. dr. sc. Jasmin Čelić

Student: Ivan Krota

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 00690729336

Rijeka, rujan 2023.

Student: Ivan Krota

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu


JMBAG: 00690729336

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom **Tehnologije trajne pohrane podataka** izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jasmina Čelića.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezoao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student

A rectangular box containing a handwritten signature in grey ink that reads "Ivan Krota".

---

Ivan Krota

Student: Ivan Krota

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 00690729336

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor

A rectangular box containing a handwritten signature in cursive script that reads "Ivan Krota".

---

Ivan Krota

## **SAŽETAK**

Ovaj završni rad temelji se na istraživanju trajne pohrane podataka. U radu će se obraditi princip rada trajnih memorija, način izvedbe memorija, njihova primjena i najznačajnije vrste trajnih memorija. Medija za trajnu pohranu podataka je jedan od najvažnijih elemenata u osobnom računalu. Da nema trajnih memorija ne bi bilo moguće pohraniti operativne sustave, programe, slike, video zapise itd. Razvitkom ove tehnologije kroz vrijeme kapacitet za pohranu je rastao a cijena samih uređaja je padala. Danas postoje različite tehnologije za zapis podataka neke od njih su novije a neke starije koje još uvijek nalaze svoju primjenu.

Ključne riječi: memorija, CD, DVD, HDD, SSD, NAND, USB

## **SUMMARY**

This thesis is based on the research of permanent data storage. The paper will cover the working principle of non-volatile memories, the way memories are made, their application and the most important types of non-volatile memories. Media for permanent data storage is one of the most important elements in a personal computer. If there were no permanent memories, it would not be possible to store operating systems, programs, images, videos, etc. With the development of this technology over time, the storage capacity grew and the price of the devices themselves fell. Today there are various technologies for recording data, some of them are newer and some are older which still find their application.

Keywords: memory, CD, DVD, HDD, SSD, NAND, USB

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>I</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>II</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>III</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MAGNETSKI DISKOVI</b> .....	<b>2</b>
2.1. POVIJEST TVRDIH DISKOVA.....	3
2.2. PRINCIP RADA TVRDIH DISKOVA .....	4
2.2.1. <i>KOMPONENTE U TVRDOM DISKU</i> .....	4
2.2.2. <i>KAPACITET TVRDIH DISKOVA</i> .....	8
2.3 BRZINA PRISTUPA PODATCIMA.....	8
2.4 POUZDANOST TVRDIH DISKOVA.....	10
<b>3. OPTIČKE JEDINICE ZA POHRANU PODATAKA</b> .....	<b>11</b>
3.1. CD OPTIČKA MEMORIJA .....	11
3.2. DVD OPTIČKA MEMORIJA .....	13
<b>4. USB MEMORIJE</b> .....	<b>15</b>
4.1. TEHNOLOGIJA U USB MEMORIJAMA .....	15
4.1.1. <i>VELIČINA I OBLIK USB MEMORIJA</i> .....	17
4.2. TRAJNOST USB MEMORIJA .....	18
4.2.1. <i>PRIMJENE USB MEMORIJE</i> .....	19
<b>5. SOLID-STATE DISKOVI</b> .....	<b>21</b>
5.1 POVIJEST SSD DISKOVA.....	21
5.2 ARHITEKTURA SSD-a.....	22
5.2.1. <i>NAND FLASH MEMORIJA</i> .....	22
5.2.2. <i>UPRAVLJAČKI SKLOP</i> .....	24
5.2.3. <i>ECC</i> .....	24
5.2.4 <i>PROCESOR I MEĐUSPREMNIK</i> .....	25
5.2.5 <i>HARDVERSKO SUČELJE</i> .....	25
5.3 PERFORMANSE SSD DISKOVA.....	26
5.3.1 <i>IZDRŽLJIVOST SSD DISKOVA</i> .....	26

5.3.2 BRZINA SSD DISKA .....	26
5.3.3 USPOREDBA TVRDOG DISKA I SSD-a.....	27
5.4 TRŽIŠTE ZA SSD DISKOVE.....	29
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>30</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>31</b>
<b>KAZALO KRATICA.....</b>	<b>32</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>33</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>35</b>



# 1. UVOD

U današnje vrijeme sa velikim tehnološkim napretkom čovjek ima potrebu da na neki način pohrani određenu količinu informacija. Količina informacija i podataka koje se trebaju pohraniti je sve veća i veća pa danas postoje različiti načini za pohranu informacija i podataka. Neki od načina pohrane podataka u povijesti su bili da se podaci zapisuju na kamene ili glinene ploče, u nešto novije vrijeme se čovjek počeo koristiti papirusom ili papirom. U moderno vrijeme nastali su uređaji za pohranu podataka. Ti uređaji mogu biti za trajnu i privremenu pohranu podataka.

Kod uređaja za privremenu pohranu podataka podatci koji su zapisani u takvu memoriju nestaju pri nestanku napajanja sa memorije. To su u pravilu jedne od najbržih memorija današnjice, a spadaju u privremene radne memorije (RAM). Vrste takvih memorija su: SRAM, DRAM, SDRAM.

Kod uređaja za trajnu pohranu podatci ostaju postojani i kod nestanka napajanja. U takve memorije se najčešće spremaju razni programi, slike, video zapisi i ostali razni podatci. Ti uređaji mogu bit napravljeni u više inačica to su: optički uređaji, magnetski diskovi i poluvodičke memorije. U današnje vrijeme svako osobno računalo sadrži jedan ili više magnetskih ili poluvodičkih diskova na kojima moraju bit podatci koji su potrebni za pokretanje računala poput operacijskog sistema preko kojega se vrši daljnja pohrana podataka. Ovakve memorije se još zovu sekundarne memorije.

Danas postaje sve popularnija online pohrana podataka tzv. pohrana u oblaku. Kod ovog načina pohrane velika prednost je pristup podacima sa bilo kojeg računala koje ima pristup internetu. Kod ovakvog načina pohrane nudi se određena sigurnost radi male mogućnosti gubitka podataka. Neki od ovakvih servisa su: Google Drive, Microsoft OneDrive, iCloud, pCloud, Mega.

Kako bi se detaljno razradile metode trajne pohrane podataka razradit će se tehničke karakteristike i metode rada pojedinih uređaja.

Kao osnovne metode istraživanja primijenit će se metode analize dostupnih pisanih i online izvora, te stručne knjige i znanje stečeno tijekom studija.

## 2. MAGNETSKI DISKOVI

Magnetski disk je elektro – mehanički sekundarni uređaj u računalu namijenjen za trajnu pohranu podataka. Magnetski diskovi na tržištu su se pojavili 1956. godine, kao proizvod tvrtke IBM i nakon dolaska na tržište postali su prevladavajuća tehnologija za trajnu pohranu podataka u komercijalnim svrhama. Dan danas su magnetski diskovi uveliko zastupljena tehnologija u trajnoj pohrani podataka u osobnim računalima i na serverima. Glavni proizvođači magnetskih diskova danas su: Toshiba, Seagate i Western Digital. Glavne prednosti ovog uređaja za trajnu pohranu podataka su: veliki kapacitet, solidne performanse i niska cijena po gigabajtu prostora za pohranu. Danas postoje dvije osnovne veličine magnetskih diskova to su 3.5 – inča za korištenje u stolnim računalima i 2.5 – inča primarno namijenjeni za korištenje u prijenosnim računalima.

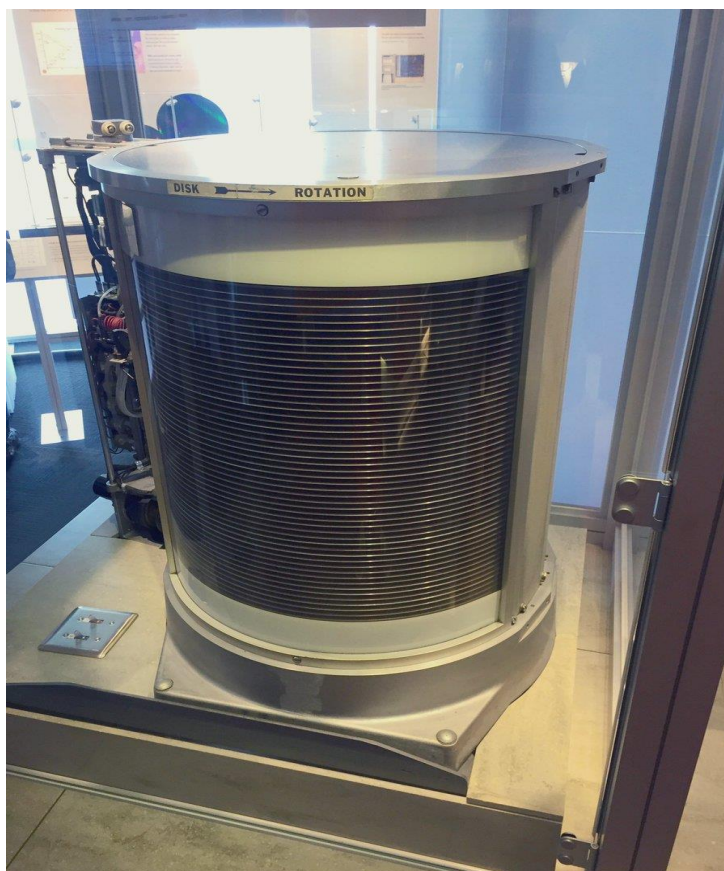
Magnetski disk sastavljen je od jedne ili više okruglih ploča koje se nalaze u hermetički zatvorenom kućištu i vrte se oko svoje osi pomoću elektro motora. Ploče se izrađuju od metala ili stakla i moraju bit presvučene tankim slojem feromagnetskoga materijala. Zapisivanje i brisanje podataka izvršava se pomoću magnetskih glava koje se nalaze iznad ploča na pomičnoj ruki unutar kućišta. Kompletan rad tvrdih diskova se zasniva na fizikalnim osnovama magnetskoga polja.



Slika 1. Magnetski diskovi u veličini 2.5 i 3.5 inča

## 2.1 POVIJEST MAGNETSKIH DISKOVA

Prvi magnetski disk 1956. godine je razvila tvrtka IBM i nazvala ga IBM 250 Disk File. Ovaj disk se danas smatra prvim magnetskim diskom i bio je sastavni dio ibm-ovog 305 ramac računalnog sustava. Kapacitet mu je iznosio 5 milijuna 7-bitnih znakova što iznosi oko 4,4 megabajta. Sastojao se je od 50 okruglih ploča koje su imale promjer 610 milimetara sa 100 površina za trajno spremanje podataka radi obostranoga zapisa na pločama, svaka površina je na sebi imala 100 traka. Ploče su bile izrađene od aluminija koji je presvučen gama ferro–oksidnom smjesom u epoksidnoj bazi koja se nanosila obostrano. Brzina vrtnje diskova je iznosila 1200 okretaja u minuti, a brzina prijenosa podataka je dosegala 8800 znakova po minuti. Kao sve računalne komponente iz tog vremena i ovaj disk je bio ogroman, dimenzije su mu iznosile dužina- 60”, visina – 68” i širina – 28”, a uz to je bio poprilično težak i bučan. Broj korištenih glava je bio jedna glava po površini i dvije glave po disku. 1980. godine IBM predstavlja disk ibm 3380. Koji je prvi disk kapaciteta jedan gigabajt. Težak oko 250 kilograma, veličine frižidera i cijene od 40000 dolara. 2007. godine Hitachi je napravio prvi magnetski disk kapaciteta 1 terabajt. Tehnologija u magnetskim diskovima ostala je gotovo ne promijenjena do danas.



Slika 2. IBM-ov 350 tvrdi disk

## 2.2. PRINCIP RADA MAGNETSKIH DISKOVA

Magnetski disk je uređaj za trajnu pohranu podataka koji svoj rad zasniva na fizikalnim svojstvima magnetizma. Podatci se na magnetskom disku spremaju u obliku magnetskoga uzorka. Magnetski diskovi mogu spremati sve vrste podataka kao na primjer: slike, tekstualne dokumente, video materijale, zvuk itd. Magnetski disk obično je napravljen od okrugle ploče koja je podijeljena na milijune malih segmenata koji služe za pohranu podataka. Magnetizacijom ovih malih segmenata oni se prepoznaju kao binarna jedinica, a ukoliko mali segment nije magnetiziran on će predstavljati binarnu nulu. Ovo dovodi do zaključka da svi podatci koji se spremaju na magnetskom disku su kombinacija binarnih nula i jedinica. Najmanji podatak koji se može spremić na magnetski disk je jedan bit. Proces magnetiziranja se koristi za čuvanje podataka iz razloga jer ukoliko nema napajanja on može jako dugo čuvati podatke zapisane na sebi. Namagnetizirani dio diska nastoji ostati magnetiziran sve dok se ne demagnetizira.

### 2.2.1 KOMPONENTE U MAGNETNSKOM DISKU

Magnetski diskovi obično su napravljeni od 9 glavnih komponenti. Te komponente su: Aktuator, ruka za zapisivanje i čitanje, motor koji okreće ploče, magnetske ploče, konektor za spajanje diska, glave za čitanje i pisanje, matične ploče, fleksibilni kabel i malog motora koji pomiće ruku za čitanje.

Aktuator je dio magnetskog diska koji pomiće ruku sa magnetskim glavama. Zadaća aktuatora nije samo pomicanje magnetskih glava iznad ploča, nego i potpuna kontrola svakog pokreta glava. Pravilno kretanje ovih glava je od presudne važnosti za pravilno funkcioniranje magnetskog diska, ako se uzme u obzir da se u današnjim tvrdim diskovima ploče vrte na brzinama od 5400 i 7200 okretaja, a mogu ići do 15000 okretaja može se vidjeti koliko je kompleksan zadatak za aktuatore pronalaženje pravog sektora gotovo momentalno. Aktuatori su zamijenili nekadašnje koračne motore koji su bili spori, nisu bili pouzdani, precizni i više osjetljivi na utjecaje okoline poput temperature, pritiska...



Slika 3. Aktuator

Ruka za čitanje i pisanje još se zove aktuatorska ruka. To je ustvari pokretni mehanizam koji je zadužen za pomicanje magnetske glave naprijed – nazad iznad površine ploče.



Slika 4. Aktuatorska ruka

Motor koji vrti ploče osigurava da se ploče vrte adekvatnom brzinom. Također kod diskova koji imaju jednu ili više ploča postoji centralni nosač koji osigurava dovoljan razmak između njih i drži ploče na mjestu.



Slika 5. Elektro motor i centralni nosač

Magnetske ploče su kružni diskovi napravljeni od aluminijske ili staklene te presvučeni magnetskim materijalom po svojoj površini. Ovo je najvažniji dio magnetskog diska. Magnetske ploče su najbitnija stvar za spremanje digitalnih podataka u disku. Podatci se mogu spremati na obje strane ploče, što zahtjeva dvije glave za čitanje i pisanje. Broj okretaja ploče ima direktnu povezanost sa performansama magnetskog diska, što se ploče brže vrte to će uređaj biti brži.





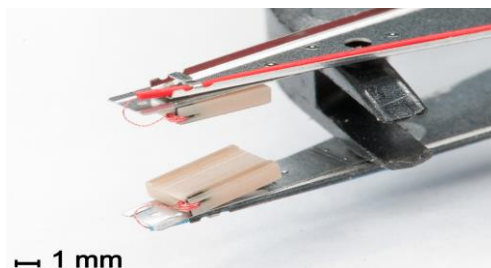
Slika 6. Tvrđi disk sa 9 ploča

Konektor na magnetskom disku služi povezivanju sa kompjuterskim sistemom. Koriste se dva konektora jedan je podatkovni, a drugi naponski konektor. Postoje dvije izvedbe konektora: SATA i ATA. SATA konektor se danas najviše koristi, a ATA konektori se danas mogu pronaći samo u starijim računalima.



Slika 7. Usporedba veličine ata i sata konektora

Glava za čitanje i pisanje nalazi se na krajevima njihovih nosača. Glavni zadatak ovih glava je čitanje i zapisivanje podataka po površini ploče. Magnetski diskovi imaju po jednoj ploči dvije glave za čitanje i pisanje, svaka je za jednu stranu ploče. Da bi se smanjilo trošenje glave za čitanje i pisanje u radu se uvijek moraju nalaziti iznad ploče i nesmiju ju dodirivati.



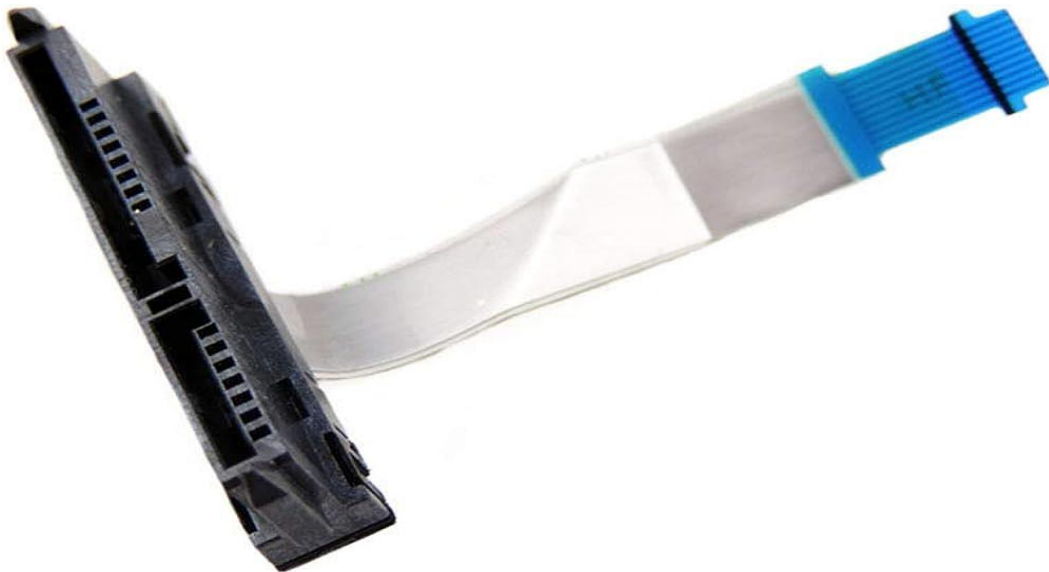
slika 8. Glave za čitanje i pisanje

Matična ploča sastavni je dio magnetskog diska. Pomoću matične ploče kontroliraju se mnogi aspekti magnetskog diska poput osiguravanja da tvrdi disk ispravno funkcionira i da ima dovoljno energije da nesmetano zapiše podatak. To je dio koji nije univerzalan već se mora tipski izraditi za svaku vrstu magnetskoga diska. To znači da će matične ploče sadržavati jedinstvene podatke za određenu vrstu diska.



Slika 9. Tipična kontrolna tiskana pločica u tvrdom disku

Fleksibilni kabel uloga je da poveže čitače – pisane glave i uređaj. Služi za prijenos podataka.



Slika 10. Fleksibilni konektor u tvrdom disku

## 2.2.2 KAPACITET MAGNETNIH DISKOVA

Kapacitet je jedna od bitnijih stavki kada korisnik krene u odabir vlastitoga magnetskog diska. Od pojave prvoga magnetskoga diska do danas kapacitet im je uvelike narastao. Kapacitet magnetskih diskova se je kroz godine jako sporo povećavao. Kapacitet magnetskih diskova uvjetuju određene stvari to su: kvaliteta i gustoća magnetskog materijala kojim se presvlače ploče, veličinom magnetske glave koja uvjetuje širinu trake za zapis i tehnologijom zapisa. Sa unaprijeđenjem tehnologije kroz vrijeme kapacitet tvrdih diskova je relativno sporo rastao. Da bi se proizveo prvi disk kapaciteta 1 terabajt trebalo je proć 50 godina, a za pojavu prvog diska od 2 terabajta nakon pojave prvog diska od 1 terabajt trebalo je proć samo godinu dana.

## 2.3 BRZINA PRISTUPA PODATCIMA

Brzina magnetskih diskova uvelike ovisi o njegovim tehničkim karakteristikama pošto je to elektro – mehanički uređaj. Parametri koji utiču na vrijeme pristupa podacima su brzina vrtnje magnetske ploče, brzina pomicanja magnetske glave za čitanje i pisanje, prijenos podataka između magnetske glave i ploče i prijenos podataka na računalo i sa računala. Tri osnovne stvari utječu na brzinu prijenosa podataka, to su latentnost, vrijeme traženja i brzina prijenosa podataka.

Latentnost je vrijeme potrebno da bi se neki dio magnetske ploče koji na sebi ima zapisane podatke ponovo pojavio ispod glave za čitanje i pisanje. Latentnost magnetskoga diska direktno je povezana sa brzinom okretanja ploče, sa bržim okretanjem ploče dobiva se manja latentnost. Isto tako latentnost na tvrdom disku određena je geometrijom traka koje se nalaze na pločama. Radi velikoga broja traka na ploči latentnost može ovisiti o položaju trake tako da će trake koje su bliže centru ploče imat manju latentnost, dok trake na vanjskom obodu imaju veću latentnost. Radi maloga promjera ploče koristi se prosječna vrijednost latencije.

Tablica 1. Prosječno vrijeme latencija kod tvrdih diskova

Spindle Speed (rpm)	Average Latency Time (ms)	Typical applications
5,400	5.6	IDE, SATA, SCSI, laptops
7,200	4.2	IDE, SATA, SCSI, desktops
10,000	3.0	IDE, SATA, SCSI, desktops
12,000	2.5	SCSI
15,000	2.0	SAS, SCSI
20,000	1.5	SAS



Vrijeme traženja podatka je vrijeme koje treba proć da bi se došlo do željenoga sektora na kojem su zapisani podatci ili vrijeme od trenutka kada je računalo poslalo upit disku i vrijeme koje je potrebno magnetskom disku da nađe taj sektor di možemo spremić ili proćitat taj podatak. Na vrijeme traženja utječe nekoliko faktora oni su: koliki broj okretaja ima magnetni disk, vrijeme pomicanja magnetske glave sa trake na traku, vrijeme potrebno da magnetska glava pronade željeni sektor i naćin na koji se zapisuju podatci u sektore. Također na vrijeme traženja znaćajni utjecaj ima di se nalazi magnetska glava u trenutku kada se ne ćitaju podatci. Izvršavanje zadataka ćitanja i pisanja prema redu kojim dolaze nije idealno rješenje pa su proizvođaći tvrdih diskova osmislili algoritme sa kojima pokušavaju umanjiti nagla pomicanja magnetskih glava sa ciljem da se umajni vrijeme potrebno za traženje podataka.

Brzina prijenosa podataka može se još nazvat propusnost podataka, u obzir se uzima unutarnju i vanjska brzina. Unutarnja brzina je koliko brzo podatci putuju između magnetskih ploća i kontrolera diska, a vanjska brzina je koliko podacima treba da stignu od kontrolera do poslužiteljskog računala. Maksimalna održiva brzina je uvijek manja ili jednaka maksimalnoj brzini. Unutarnja brzina je određena vremenskim opterećenjem sektora, vremenom koliko glavi treba da se pomakne sa sektora na sektor i brzinom vrtnje magnetske ploće. Brzina prijenosa podataka definira koliko maksimalno digitalnih podataka može putovati sa jednog mjesta na drugo mjesto, na primjer sa tvrdoga diska na USB memoriju u nekom određenom vremenu. Sa današnjom tehnologijom postoje mogućnosti za prijenos velikih kolićina podataka pri velikim brzinama. Brzina prijenosa podataka izražava se u megabajtima po sekundi (MB/s).

Tablica 2. Brzine prijenosa podataka kod tvrdih diskova ovisno o njihovom standardu

SATA STANDARD	BRZINA PRIJENOSA	PROPUSNOST PODATAKA
SATA 1 (VERZIJE 1.X)	1.5 Gb/s	150 MB/s
SATA 2 (VERZIJE 2.X)	3.0 Gb/s	300 MB/s
SATA 3 (VERZIJE 3.X)	6.0 Gb/s	600 MB/s

## 2.4 POUZDANOST MAGNETSKIH DISKOVA

Pošto u magnetskim diskovima ima jako mali zračni prostor između glave i površine magnetske ploče, nastaje problem da može doći do zapinjanja glave o magnetsku ploču, posljedica ovoga je grebanje magnetske ploče i oštećivanje magnetskog materijala te gubitak podataka. Ove ogrebotine mogu bit uzrokovane radi: elektroničke greške u magnetskom disku, naglog nestanka napajanja, udara, prašine u unutrašnjosti tvrdog diska, korozije i loše kvalitete tvrdoga diska. Sustav magnetnog diska oslanja se na gustoću zraka unutar kućišta kako bi se glave održavale na odgovarajućoj visini dok se disk okreće. Pošto tvrdi diskovi zahtijevaju određenu gustoću zraka unutar kućišta za svoj pravilan rad, osigurana im je veza sa njihovom okolinom preko male rupe promjera oko 0.5 mm na njihovom kućištu. Tvrdi diskovi rade u okolini koja nije čista pa radi toga je potrebno da unutar sebe imaju ugrađene filtere koji će skupljat sitne nečistoće iz zraka. Kod male gustoće zraka u kućištu neće doći do dovoljnog podizanja glave od magnetske ploče pa će glava bit preblizu pločama i onda postoji potencijalna opasnost da će glava zagrebati u ploču i da će doć do gubitka podataka. Moderni diskovi u sebe imaju ugrađene senzore temperature pa se mogu prilagodit radnim uvjetima njihove okoline. Rupe za zrak se ne smiju zatvarati i pored sebe imaju najčešće naljepnicu na kojoj piše da se ne smiju zatvoriti. Prilikom rada zrak unutar kućišta magnetskoga diska konstantno cirkulira radi toga u kućištu postoji ugrađen filter za zrak koji se zove recirkulacijski filter, koji skuplja sve nečistoće koje se nađu unutar kućišta. Rješenje za ove probleme su hermetički zatvoreni magnetski diskovi koji su napunjeni helijem. Kod ove vrste magnetskih diskova eliminiraju se svi problemi vezani za radnu okolinu, poput prašine, promjene vanjskoga tlaka i vlage. U većini slučajeva kod kvarova na tvrdim diskovima većina podataka će se moć spasiti. Kod malih udara glave u površinu magnetskih ploča ako ne dođe do oštećenja magnetskog materijala podatci nakon što se glava ohladi bit će i dalje čitljivi. Kod kvara matične ploče podatci se mogu spasiti na način da se sa drugog istog ispravnog tvrdog diska uzme matična ploča i prebaci na pokvareni te se podatci iščitaju na novi disk. Kod kvara glava za čitanje i pisanje one se mogu zamijeniti uz pomoć posebnih alata u okolini gdje nema prašine.

### **3. OPTIČKE JEDINICE ZA POHRANU PODATAKA**

Optički disk je sredstvo za trajnu pohranu podataka kod kojega se za pohranu koristi optički trag na površini diska. Taj trag na površini predstavlja nulu ili jedinicu pošto je svaki dio diska kodiran. Optički se diskovi prema primjeni i građi razlikuju međusobno. Optički zapis funkcionira tako da na inače glatkoj metalnoj površini prekrivenoj plastičnim materijalom nalazi niz malih neravnina. Taj niz malih neravnina prikazuje podatak na način da kad preko njega prođe zraka svijetla se mjeri jakost odbljeska svijetla. Prvi ovakvi diskovi su bili laserski diskovi koji nikada nisu zaživjeli. Nakon njih je uslijedio kompaktni disk (CD) koji je stekao značajnu popularnost. Uz kompaktni disk još postoji i digital versatile disk (DVD) koji ima puno veću popularnost od CD-a. Sa DVD-om je došlo značajno povećanje kapaciteta i kvalitete pohranjenoga sadržaja.

#### **3.1 CD OPTIČKA MEMORIJA**

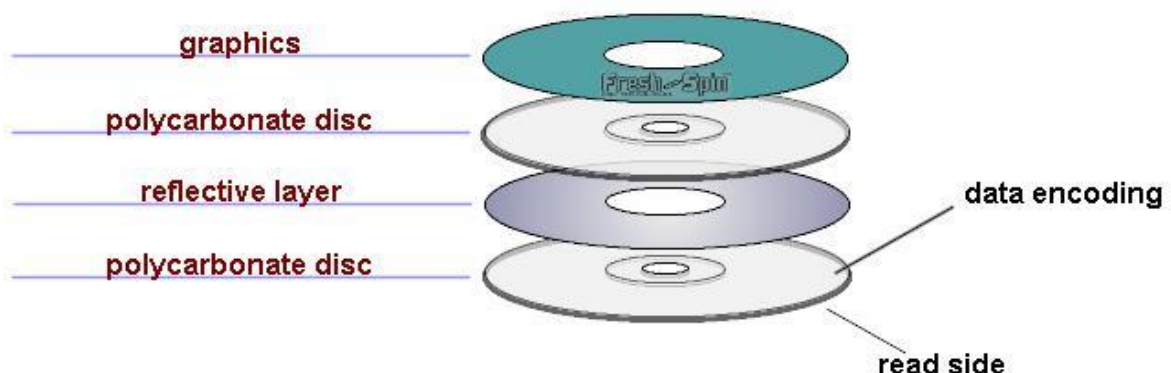
Kompaktni disk kao proizvod zajedno su osmislile tvrtke Philips i Sony te je masovna proizvodnja počela 1982. godine. U početku je zamišljen kao zamjena za gramofonsku ploču, a ne kao mediji za trajnu pohranu podataka. Kasnije 1985. godine je izašao CD-ROM, a 1990. godine je izašao CD-R koji je služio za snimanje. Tipična veličina memorije za pohranu na kompaktnom disku iznosi 682 MB. Ovi diskovi i danas još uvijek imaju široku primjenu.

Kompaktni disk je ravni okrugli prijenosni mediji za trajnu pohranu podataka koji ima promjer od 120mm. Izvor svjetlosti koja se koristi je infracrveni laser. Osnovni način rada se bazira na tome da se optički spremljene podatke pretvori u električne signale. Podatci se čitaju tako da se usmjerava lasersku zraku na površinu diska i detektira refleksija svjetla koja ovisi o tome dali na površini postoji udubljenje ili ne. Svjetlost koja se reflektira iz udubljenja ima puno manji intenzitet od svjetlosti reflektirane iz okolne površine. Reflektirana svjetlost prikuplja se pomoću foto diode koja detektira razlike u intenzitetu svjetlosti te ih pretvara u električne impulse.

Udubljena se rade na spiralnoj traki koja počinje na sredini, a završava na 5mm od ruba diska. Dvije trake su međusobno razmaknute za 1.6 $\mu$ m pa je gustoća zapisa 16000 traka na jednom inču. Brzina vrtnje diska iznosi 1.2 metara po sekundi.

CD-R je tehnologija koja je imala zadatak da se napravi zapis na disku na način koji neće zahtijevati skupu tehnologiju koja se koristila za snimanje običnih kompaktnih diskova. Na ovim diskovima je tvornički već napravljena prazna spirala. Da je nema bilo bi nemoguće precizno upisivati podatke. Na ovu spiralu se nanosi tanki posebni foto reflektirajući sloj, te na njega tanki reflektirajući sloj koji je napravljen od zlata ili srebra pa onda ide zaštitni plastični sloj. Najbitniji od svih slojeva je fotoreflektirajući sloj koji se ponaša tako da kada je osvjetljen laserom točno određenog tipa i jačine mijenja svoj kemijski sastav. Rezultat ovoga je da površina koja je “spržena” reflektira manje svjetlosti. Na ovaj način cijeli disk se je razdjelio na “spržene” dijelove koji predstavljaju logičku nulu i zdrave dijelove koji predstavljaju logičku jedinicu. Disk napravljen na ovakav način može se čitati na bilo kojem CD-MEDIA čitaču. Pošto jednom snimljen disk trajno mijenja svoju strukturu njega se više ne može pobrisati ili presnimati.

CD-RW je tehnologija koja je omogućila da se jednom zapisan disk može obrisati i ponovo snimiti. Kao i CD-R diskovi sastoje se od polikarbonskog sloja koji na sebi ima urezanu spiralu. Glavna razlika je u sloju za snimanje koji se izrađuje od kristalne smjese materijala srebra, iridijuma i antimona. Ovakva smjesa materijala ima specifična svojstva da kad se zagrije do određene temperature i ohladi postaje kristalna, a ako se zagrije do više temperature i ohladi opet postaje masa bez kristala. Kristalni dijelovi dozvoljavaju refleksiju svjetla te se ponašaju kao reflektivna površina, dok ne kristalizirani dijelovi ne reflektiraju svjetlost. Da bi se ovo postiglo mora se koristiti laser sa tri intenziteta svjetlosti. Jačine lasera su “read power” jačina lasera za čitanje podataka, “write power” jačina lasera za zapisivanje i “erase power” jačina lasera za vraćanje diska u nekristalizirano stanje.



Slika 11. Slojevi kod kompaktnog diska

### 3.2 DVD OPTIČKA MEMORIJA

DVD je skraćenica od engleskoga naziva Digital Versatile Disk ili Digital Video Disk. Smatra se da je DVD nasljednik CD-a, razvijen je 90-tih godina. Prvobitna namjena je bila spremanje muzike i filmova dok se danas može koristiti za čuvanje svakakvih podataka.

Izgledom DVD je identičan kao CD. To je disk koji ima promjer od 120mm i debljinu od 1.2 mm. Kod oba dva diska koristi se laserska svjetlost za čitanje podataka koji su spremljeni u obliku reflektirajućih i ne reflektirajućih površina na spiralnoj stazi u disku. Glavna razlika je da su kod DVD-a spirale smještene puno bliže jedna drugoj čime se je dobila puno veća gustoća zapisa, ta spirala kada bi se razvukla dobila bi se dužina od 11 km što je duplo više nego kod CD-a. Razmak između spirala kod DVD-a iznosi 0.74 um.

Postoji više izvedba DVD diskova:

- DVD-Video poseban DVD namijenjen isključivo distribuciji video zapisa
- DVD-Audio poseban DVD namijenjen isključivo distribuciji audio podataka
- DVD-R moguće samo jedno snimanje podataka na disk
- DVD-RW moguće više od jednog snimanja podataka na disk

DVD-i koji se mogu snimat dostupni su više različitih izvedbi da bi se prilagodili različitim namjenama i kapacitetima. Postoji više načina na koje se mogu izvesti DVD uređaji. Najrašireniji je jednostrani jednoslojni DVD koji ima kapacitet od 4.7 GB. DVD isto tako može imati dva podatkovna sloja. Podatci sa ovakvog DVD-a se čitaju promjenom laserskoga fokusa. Svaki od ovakvih DVD-a ima samo jednu stranu no podatci se zapisuju u dva sloja. Prvi sloj se nalazi se u prozirnoj površini dok se drugi podatkovni sloj nalazi na reflektirajućoj površini na taj sloj se može spremati više podataka. Tipičan kapacitet za ovakve diskove iznosi oko 8.5 GB. Druga izvedba su dvostrani DVD-i. Kako im samo ime govori oni mogu podatke spremati na obje strane diska. Dvostrani DVD ima kapacitet od 9.4 GB. Da bi ga iskoristili do kraja prvo je potrebno "spržiti" jednu stranu, onda izvaditi disk van, okrenuti ga i zatim "spržiti" drugu stranu. Postoje još dvostrani dvoslojni DVD-ovi koji mogu pohraniti više podataka od ostalih. Kapacitet im iznosi oko 17 GB.

DVD-MEDIA je optički uređaj za iščitavanje podataka sa DVD-a. On isto kako čita podatke sa DVD može iščitavati podatke sa CD-a sa većom brzinom. DVD-MEDIA okreće

diskove sporije od CD-Media ali pošto je kod DVD-a dosta veća gustoća zapisa podataka puno je veći protok. Protok podataka kod DVD-Roma iznosi oko 1385 kb/s.

Tablica 3. usporedba CD i DVD

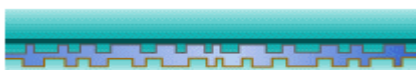
# CD VS DVD

BASIS FOR COMPARISON	CD	DVD
Expands to	Compact disk	Digital Versatile Disk
Acquired size	700 MB	4.7 to 17 GB
Usage	Less as compared to <u>DVDs</u>	More
Metal layer (recording layer) position on the disk	Top	Middle of the disk
Layers of the pits	Single	Double (two-sided)
Spacing between the loops of the spiral	1.6 micrometre	0.74 micrometre
Spacing between the pits	0.834 micrometre	0.4 micrometre
Error correction codes	CIRC and EFMP	<u>RS-PC</u> and <u>EFMplus</u>
Removal of the adhesive labels	Result in damage of metal layer	Can cause an imbalance in spin

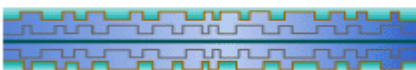
**Single-sided, single layer (4.7GB)**



**Single-sided, double layer (8.5GB)**



**Double-sided, double layer (17GB)**



©2000 How Stuff Works

Slika 12. Slojevi kod DVD diska

## **4. USB MEMORIJE**

USB memorija je jedan od široko korištenih uređaja za pohranu podataka koji trajno pamti podatke. Pojavili su se na tržištu u kasnim 2000. Glavni razlog široke primjene je velika kompatibilnost sa uređajima, jednostavnost korištenja i mogućnost pohrane bilo kakve vrste podataka. Podatci spremeni na USB memoriju mogu se brisati, uređivati i formatirati. Količina podataka koja se može pohraniti na USB memoriju ovisi o tome koliko je prostor za pohranu velik, tipične veličine USB memorija danas su 8 GB, 16 GB, 32 GB. Ovakvi uređaji imaju veliku pouzdanost pošto u njima nema nikakvog mehaničkoga kretanja pri čitanju i zapisivanju podataka. USB je standard koji nastao sa ciljem da se pojednostavi komunikacija računala sa ostalim uređajima.

Pouzdanost USB memorija je naspram optičkih memorija znatno veća i puno je manja mogućnost da će kod ovakvih memorija doći do gubitka ili oštećenja podataka. Također njihova veličina je značajno manja od optičkih memorija pa će prilikom transporta teže doći do nekakve vrste oštećenja. Tipična USB memorija je veličine čovjekovoga palca, a može biti i veličine nokta.

Osnove USB flash memorije je razvio Fujio Masuoka 1980. godine. Ta memorija je za memorijske ćelije koristila MOSFET tranzistore. Puno osoba je tvrdilo da su oni izmislili USB memoriju, ali 05.04.1999. godine Amir Ban, Dov Moran i Oron Ogdan su patentirali arhitekturu za Universal Serial Bus (USB) memorijski disk. Te su ovi pojedinci poznati kao izumitelji današnje USB memorije. Singapurska kompanija Trek 2000 International je prva kompanija koja je prodala USB memoriju.

### **4.1 TEHNOLOGIJA U USB MEMORIJAMA**

Na USB disku na jednom kraju se nalazi standardni USB-A muški konektor, na nekima se još može i na drugom kraju nalaziti micro-USB konektor te je na taj način omogućen prijenos podataka između više različitih uređaja. Unutar kućišta se nalaze se male printane pločice koje su naponske i komunikacijske. Komunikacijske pločice omogućavaju komunikaciju USB priključka i memorije. Tipični protokol koji se koristi u komunikaciji se zove USB mass storage device class i služi za komunikaciju uređaja sa poslužiteljem.

USB memorije kombiniraju brojne tehnologije starijega datuma koje su jeftinije za proizvodnju, imaju manju potrošnju energije i manju veličinu koju su omogućile primjene poluvodičke tehnologije proizvodnje. Tehnologija pohrane je bazirana na EPROM (erasable

programmable read-only memory) i EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory) tehnologijama. Ovakva tehnologija imala je ograničen kapacitet, nije imala veliku brzinu i moglo se ponovo zapisivat u memoriju samo ako bi se podaci sa cijeloga čipa izbrisali. Proizvođači su kasnije razvili EEPROM-ove koji su bili podijeljeni na manja polja čiji su se podaci mogli brisati pojedinačno bez utjecaja na ostala polja. Da bi se promijenili podaci u nekom polju to je zahtijevalo kopiranje cijeloga polja u međuspremnik van čipa, brisanje toga polja, modificiranje podataka prema potrebi u međuspremniku i ponovno upisivanje podataka u to isto polje. Ovaj proces zahtijeva značajnu računalnu podršku, a EEPROM memorijski sustavi na računalima su često imali vlastiti namjenski mikroprocesorski sustav za ovakve zadatke. Flash memorije danas su male verzije ovog sustava.

Razvojem serijskih sučelja sve većih brzina USB memorije morale su prijeći na serijsku pohranu podataka umjesto do sad korištenog paralelnog pristupa. Serijski pristup podacima je za posljedicu imao ubrzan razvoj malih i brzih mikroprocesorskih sistema sa malom potrošnjom energije koji su mogli bit integrirani u kompaktne sisteme. Serijski pristup podacima zahtijeva puno manje elektroničkih veza na memorijskim čipovima od paralelnog pristupa. Upravljački sustav USB-a ima potpunu kontrolu nad time di su podaci zapravo pohranjeni.

U USB uređajima tipično postoji 5 glavnih komponenti:

- USB port – omogućava fizički kontakt sa računalom
- USB mass storage controller – mali mikrokontroler
- NAND memorijski čipovi – podaci se spremaju na njih
- Kristalni oscilator – kontrolira ulaz/izlaz podataka uređaja kroz phase-locked petlju
- Kućište – štiti uređaj mehaničkih oštećenja

Dodatne komponente koje tipičan uređaj može imati:

- Testni pinovi – služe za testiranja tijekom proizvodnog procesa i ubacivanje koda u mikrokontroler
- Led dioda – svijetli kad se odvija prijenos podataka
- Prekidač za pisanje – omogućuje ili onemogućuje zapisivanje podataka u memoriju
- Kapica za USB konektor – štiti konektor od oštećenja



- Neki USB-ovi mogu imat mogućnost proširenja memorije sa micro SD karticom

USB memorije imaju različite brzine čitanja i zapisivanja koje se iskazuju u MB po sekundi, brzina čitanja je inače brža od brzine zapisivanja. Za brzine USB memorije postoje standardi. Standardi su specifikacije koje se zovu USB 1.0, 2.0, 3.0. USB 1.0 je standard koji je nastao 1996. godine i predstavljao je sam početak razvoja ove tehnologije. Ovaj standard je omogućavao brzinu prijenosa od 1.5 Mbit/s nije omogućavao korištenje produžnoga kabela radi ograničenja vremena i snage. Mali broj ovakvih uređaja je plasiran na tržište sve do pojave novoga standard USB 1.1. pojavom novoga standarda USB 1.1 1998. godine mogle su se postizati brzine od 12 Mbit/s, kod ovoga standard se upotreba proširila na prijenos podataka, te je uvedena mogućnost korištenja produžnog kabela maksimalne dužine od 3 m.

Novi standard je nastao 2000. godine nazvan je USB 2.0. Sa ovim standardom je počeo snažan razvoj USB memorija za prijenos podataka. Ova verzija omogućuje maksimalan teoretski prijenos od 480 Mbit/s. Priključak je ostao isti tako da je ova verzija kompatibilna sa prošlom generacijom. Linux operativni sustav je prvi podržavao ovaj standard. Maksimalna duljina produžnog kabela sa ovom generacijom iznosi 5 metara.

USB 3.0 je novi standard koji je nastao 2008. godine. Sa ovim standardom moguć je teoretski prijenos od 4.8 Gbit/s, ali to nije realno očekivati već je realna brojka kod se u obzir uzme signalizacija oko 3.2 Gbit/s. Sa ovim standardom u kabel je došlo još dvije oklopljene podatkovne bakrene parice, dok su se do sad koristile dvije bakrene parice od kojih je jedna bila naponska, a druga podatkovna. Kod ovoga standarda dodatni kabeli smješteni su dublje u konektoru. Ovaj standard koristi isti konektor kao i prošli standardi pa je kompatibilan sa njima pa se USB 2.0 standard može koristiti na konektoru za USB 3.0. Ovaj standard ima primjenu kod uređaja di se prenosi velika količina podataka.

#### **4.1.1. VELIČINA I OBLIK USB MEMORIJA**

Danas u usporedbi sa nekad USB memorije su sve manje uz sve veći kapacitet koji danas može ići čak do 2 TB, uz težinu od svega 30 grama, a veličina im može biti tek nekoliko milimetara van USB porta. USB memorije danas se mogu naći u svakakvim oblicima od klasičnog izgleda do oblika kao ključ od automobila.

## 4.2 TRAJNOST USB MEMORIJA

Kao svi ostali elektronički uređaji USB memorije imaju određen životni vijek. Kod većine ostalih uređaja radni vijek se izražava u radnim satima, dok se kod flash memorija životni vijek izražava u ciklusima zapisivanja i brisanja. Pa je životni vijek USB memorije maksimalni broj puta koliko se nešto može zapisati u čip. Postoji više vrsta memorijskih ćelija, maksimalni broj zapisa ovisi o vrste ćelija koje se koriste. Ćelije koje se koriste u USB memorijama su: MLC – multi-level cell, TLC – triple-level cell i SLC – single-level cell. Kod MLC ćelija će se moć odraditi 3000 do 5000 ciklusa zapisivanja i brisanja. Kod TLC ćelija će se moć odraditi do 500 ciklusa zapisivanja i brisanja. Kod SLC ćelija će se moć odraditi do 30000 ciklusa zapisivanja i brisanja. Ujedno se može zaključiti kako su SLC ćelije najpouzdanije, ali isto tako imaju najbolje performanse. Nevezano koji se od gore navedenih tipova ćelija koristi nema ograničenja koliko puta se neka ćelija može pročitati. Proizvođači deklariraju da je životni vijek USB memorija oko 10. godina. Ta brojka je bazirana na korištenju prosječnoga korisnika, tako da ta brojka ovisno o korisniku može jako varirati i bit debelo ispod 10. godina.

Simptomi kada USB memorija dođe do kraja životnoga vijeka su da brzina čitanja i pisanja drastično padne ispod tvornički deklarirane brzine. Ovo dovodi do toga da USB za neku operaciju treba duže biti uključen u računalo što može dovesti do toga da ćelija prestane sa radom i dođe do gubitka podataka. Također računalo može ne prepoznavati USB memoriju ili slati poruku da je memorija formatirana iako korisnik zna da ima spremljene podatke na njoj, dostupna memorija za pohranu može naglo opasti pa računalo govori da postoji manje mjesta nego što bi trebalo stvarno biti i ako dođe do gubitka podataka ili ako se neki podatci ne mogu pročitati.

Pouzdanost i trajnost USB memorije može se postići najviše na način da se kupuju kvalitetne USB memorije. Nošenjem USB memorije sa pažnjom da se smanji mogućnost potencijalnih mehaničkih oštećenja jer će se puno prije nepažljivim rukovanjem smanjiti životni vijek memorije nego samim korištenjem. USB memorija ako se ne koristi bilo bi ju poželjno isključiti jer iako se ne koristi računalo povremeno provjerava da li je uređaj još uvijek spojen što smanjuje cikluse zapisivanja.

#### 4.2.1 PRIMJENE USB MEMORIJA

Najšira upotreba USB memorije je prijenos i pohrana podataka. USB memorije mogu imat i razne druge namjene. Prva i osnovna namjena je prijenos i pohrana podataka poput nekakvih tekstualnih dokumenata, slika, programa itd. što je ujedno i najšira primjena USB memorija. Mogu se također koristit kao instalacijski mediji za operativne sisteme. Može ga se koristiti kao nosač aplikacija koje za svoj rad ne zahtijevaju instalaciju na poslužiteljskom računalu. Može se ga koristit kao mediji za povrat podataka.



Slika 13. USB tip A 3.0 konektor



Slika 14. Tipičan izgled USB memorije

Tablica 4. Usporedba FAT32 i NTFS formata

	FAT32	NTFS
Compatibility	All Windows versions, macOS, Linux, PlayStation 3 and 4...	All Windows versions, Mac OS X (only read, cannot write), Linux
Max volume size	32GB	16TB
Max file size	4GB	16TB
Cluster size	4KB to 32KB	4KB
Fault tolerance	No	Auto repair
Conversion	Possible	Not allowed
Compression	No	Yes

Tablica 5. Usporedba brzine USB-a po standardima

Year	USB specification	Speed Convention	Speed	Power supply
1996	USB 1.0	FS (Full Speed)	12Mbps	
1998	USB 1.1	LS (Low Speed)	1.5Mbps	5V/500mA
1998	USB 1.1	FS (Full Speed)	12Mbps	5V/500mA
2000	USB 2.0	HS (High Speed)	480Mbps	5V/500mA
2000	USB 2.0 OTG	HS (High Speed)	12/480Mbps	
2008	USB 3.0	SS (Super Speed)	5Gbps	5V/900mA
2013	USB 3.1	SSP (Super Speed Plus)	10Gbps	5V/900mA
2012	USB PD			5V/2A, 12V/1.5-3A, 20V/3-5A
2014	USB Type-C			5V/3A
2017	USB 3.2	SSP (Super Speed Plus)	20Gbps	5V/1500 mA

## 5. SOLID-STATE DISKOVI

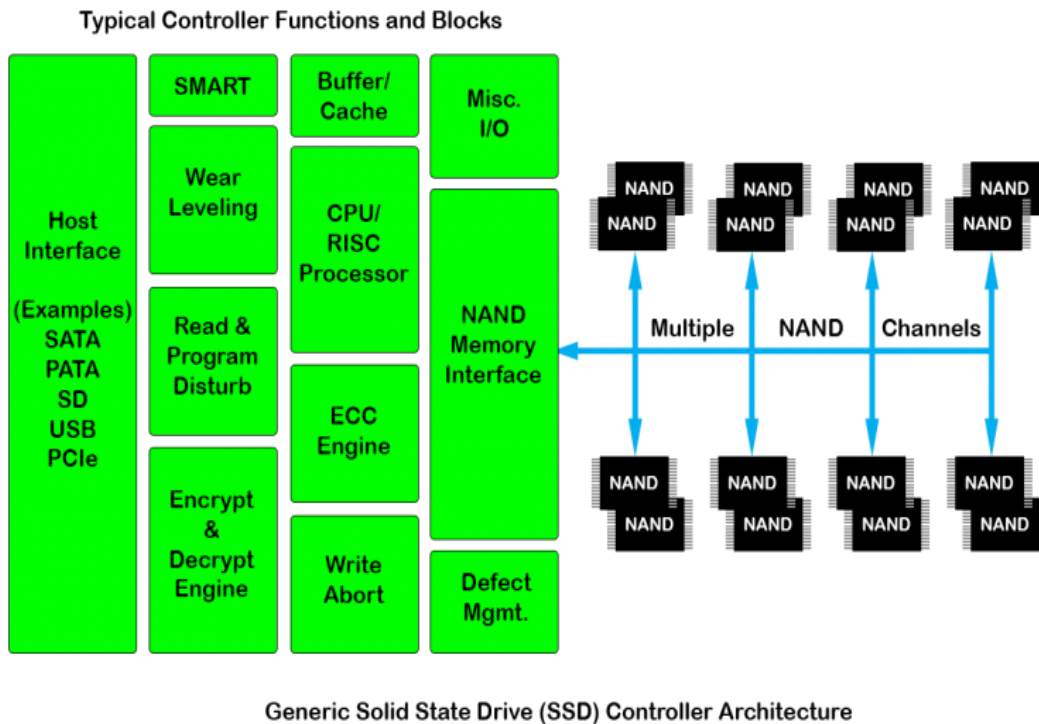
Solid state diskovi (SSD) su uređaji koji su namijenjeni za trajnu pohranu podataka za pohranu podataka koriste integrirane krugove. Mogu se još zvat poluvodičke memorije. Nemaju nikakve mehaničke dijelove pa radi toga u usporedbi sa magnetskim diskovima su puno brži i pouzdaniji. Koriste isto sučelje za komunikaciju sa poslužiteljskim računalom kao i magnetski diskovi, pa je zamjena starih magnetnih diskova sa solid state diskovima izrazito jednostavna.

### 5.1 POVIJEST SSD DISKOVA

Prvu inačicu neizbrisive memorije nazvane CCROS (charged capacitor read only store) napravio je IBM 1950-ih godina, ta memorija se smatra kao prvi SSD disk i bio je baza sve moderne načine pohrane podataka poput EEPROM, EPROM i flash memorije. 1980-tih godina SSD tehnologija se je ponovo probala oživit od strane par kompanija poput IBM, AMDAHL i CRAY u njihovim super računalima, ali pošto je cijena proizvodnje bila poprilično visoka vrlo brzo je ova ideja odbačena. Posljednji pokušaj sa ovakvom tehnologijom bio je ROM, ali pošto se nije postigao životni vijek od deset godina, također i ta tehnologija je odbačena. Od 1970-te do 1987-e godine ove uređaje ponovo pokušavaju oživit tvrtke Texas memory systems i njihov 16kb RAM SSD, Digital Equipment Corporation, Dana Generals i Tallgras Tehnologies Corporation sa njihovim 20mb SSD diskom, EMC Corporation i Santa Clara Systems. Tek 1995. godine svijetlo dana je ugledala prva ovakva memorija za trajnu pohranu podataka koja se bazirala na Flash SSD tehnologiji. M-Systems je napravio prvi SSD disk koji nije trebao imati baterije da može zadržat podatke kada bi disk ostao bez napajanja. Tek nakon što je prošlo 10. godina se je tehnologija i proces proizvodnje poboljšao da bi se isplatila proizvodnja. Kada su SSD diskovi došli na tržište cijena po gigabajtu prostora je bila prevelika i bili su spori naspram magnetskih diskova, SSD-ovi su tada imali brzinu od oko 60 MB/s dok su tvrdi diskovi imali brzinu od oko 150 MB/s. Nakon što je prošlo još neko vrijeme cijena SSD diskova je drastično pala, a brzina čitanja i pisanja višestruko se povećala na otprilike 550 MB/s to je učinilo SSD diskove cjenovno prihvatljivom konkurencijom magnetnim diskovima.

## 5.2 ARHITEKTURA SSD-a

Kako je gore spomenuto pojavom NAND Flash memorije, SSD diskovi doživjeli su procvat u svijetu trajne pohrane podataka i počinju se proizvoditi diskovi za privatne korisnike, a ne kao do sad samo za potrebe vojske i servera. Kod NAND Flash SSD-ova podaci se mogu očuvati u memoriji i kad nema napajanja za razliku od RAM SSD-ova gdje su podatci ostajali očuvani radi baterije koja je dolazila sa njima.



Slika 15. Arhitektura SSD diska

### 5.2.1 NAND FLASH MEMORIJA

Pojavom NAND Flash memorije počinje nagli razvoj SSD diskova, zahvaljujući ovoj vrsti memorije današnji SSD diskovi stekli su veliku popularnost. NAND memorija je alternativa DRAM memorijama koje su se koristile u ranijim SSD-ovima. NAND memorija je pristupačnija i ne zahtijeva konstantan izvor napajanja da bi podatci ostali sačuvani poput DRAM memorija.

U današnjim SSD diskovima može se nać par najzastupljenijih vrsta memorijskih ćelija to su:

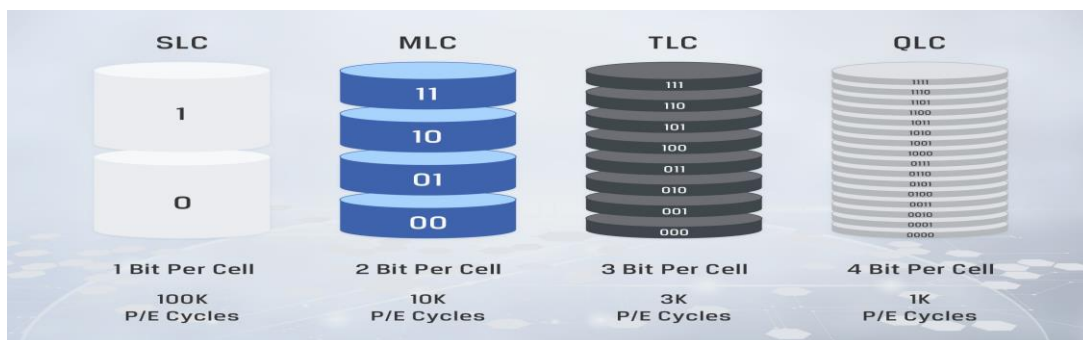
- SLC – Single Level Cell
- MLC – Multi Level Cell
- TLC – Triple Level Cell
- QLC – Quad Level Cell

SLC memorijske ćelije nude najbolje performanse, brzinu, toćnost i imaju najduži životni vijek od ostalih tipova ćelija koje se mogu ugrađivat u SSD diskovima. Kod ovih ćelija jedan bit informacije se piše u jednu ćeliju. Također ova vrsta ćelija ima veću cijenu od ostalih tipova ćelija. Ovakav SSD često imaju manji kapacitet za pohranu podataka. Ovakav tip SSD-a se uglavnom koristi u poslovima koji zahtijevaju puno ciklusa čitanja pisanja i veliku pouzdanost pri radu koja iznosi čak do 100000 ciklusa zapisivanja – brisanja.

MLC ćelije su sporije od SLC ćelija i manje su pouzdane. Kod MLC ćelija se sprema dva bita informacije po ćeliji, tako da kod njih imamo veću gustoću zapisa podataka. SSD-ovi sa MLC vrstom ćelija mogu bit proizvedeni sa većim kapacitetom za pohranu podataka. Ovo je dobar kompromis između cijene, performansi i trajnosti međutim ovdje ima puno manje mogućih ciklusa pisanja – brisanja oko 10000. Ovu vrstu ćelija će se uobićajeno naći u SSD-ovima za široku potrošnju.

TLC ćelije kod njih se na jednu ćeliju spremaju tri bita informacije. Kod ovog tipa ćelija još više je smanjen trošak proizvodnje, a kapacitet je povećan. Ovaj naćin zapisa ima negativan efekt na performanse i trajnost sa 3000 ciklusa pisanja – brisanja.

QLC ćelije još se mogu zvat 3D NAND memorije. Sa ovim ćipovima možemo doći do velikih kapaciteta pohrane. Kod ovog tipa ćelija sprema se 4 bita informacije po ćeliji.



Slika 16. Prikaz kako se spremaju podatci u ćelijama

### 5.2.2. UPRAVLJAČKI SKLOP

Upravljački sklop ima dva zadatka:

1. Da osigura najpovoljnije sučelje i protokol za flash memoriju i poslužiteljsko računalo
2. Da efikasno raspolaže podacima, omogućiti maksimalnu brzinu prijenosa, integritet podataka i čuva podatke

Najbitniji dio kod upravljačkoga sklopa je Flash File System (FFS) to je sustav za pohranu podataka koji omogućava da se SSD disk može primijeniti kao magnetski disk. FFS je tvornički ugrađeni program u sklopovskoj opremi i obavlja funkciju pristupa podacima sa poslužiteljskoga računala sa minimalnom gustoćom podataka od 512 byte-a. Ova funkcija je najvažnija tijekom prijenosa podataka. Glavne zadaće su mu Wear Leveling, Garbage Collection i Bad Block Management. Ove zadaće se obavljaju pomoću tablica za modeliranje sektora i stranica iz logičkih u fizičke. Zbog ograničenosti flash memorija brisanje na istoj stranici nije moguće, zbog toga se nova stranica mora pronaći u novom fizičkom bloku, a prethodna će bit označena kao nevažeća. Kada neki fizički blok postane pun dodijelit će se drugi fizički blok u istom logičkom bloku. Tablice za modeliranje su uvijek spremljene na uređaju te time smanjuju kapacitet uređaja.

### 5.2.3. ECC

ECC ili Error Correction Code. Niti jedna memorija nije savršena, pa tako sa vremenom se očekuju neke pogreške. NAND flash memorije će sa vremenom akumulirati više grešaka kroz trošenje i razne oblike smetnji od programiranja i čitanja, a isto tako i kroz ograničenje zadržavanja podataka. Količina pogrešaka se izražava kroz "raw bit error rate" ili RBER količina pogrešaka nakon primjene ECC naziva se "uncorrectable bit error rate" ili UBER. Sposobnost da se podatci iščitaju iz ćelije zahtijeva precizno mjerenje napunjenosti na temelju praga napona pa treba postojati način da se te greške isprave, a u tu svrhu se koristi kod za ispravljanje pogrešaka (ECC). Postoje dvije osnovne metode ispravljanja pogrešaka kod modernih SSD-ova, a to su tvrdo i meko dekodiranje. Tvrdo dekodiranje je površnije sa manjom mogućnosti ispravke pogrešaka, ali je brže i učinkovitije sa manje zauzetog mjesta na regulatoru potrebnom za ECC sistem. Kod starih verzija SSD-a taj posao je obavljen Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) kodovima. Dolaskom TLC memorija pogreške su postale izraženije što je dovelo do upotrebe koda za provjeru pariteta



niske gustoće (LDPC). Iako ovaj kod ima manju učinkovitost on također može napraviti meko dekodiranje sa ciljem popravka što više bitova. Kad kod SSD diska dođe do problema sa čitanjem podataka uključit će se ECC i pokušat ponovo pročitati podatke. Za podatke koji imaju više pogrešaka bit će potrebno više faza ECC-a i više pokušaja čitanja. Čip koji ima veće trošenje ili zastarjele podatke imat će i više pogrešaka. Ovi koraci uzrokuju kašnjenje što za posljedicu ima slabije performanse. Kontroler SSD-a pokušat će obnoviti podatke prije nego oni postanu skloni pogreškama. Blokovi koji se ovim postupkom ne poprave bit će izbrisani i zamijenjeni drugim ako je to moguće.

#### 5.2.4 PROCESOR I MEĐUSPREMNIK

Današnji SSD diskovi koriste najmanje 32-bitni procesor. Koji upravlja procesima ugrađenih programa važnih za rad SSD-a. Međuspremnik je mala memorija koja se bazira na DRAM memoriji. Njezina uloga je slična kao i uloga buffer memorije kod magnetskih diskova u nju se dohvaćaju podatci koji dolaze sa računala tijekom operacija čitanja – pisanja.

#### 5.2.5 HARDVERSKO SUČELJE

Današnji SSD diskovi naslijedili su sučelje od magnetskih diskova, pa je izmjena magnetnih diskova sa SSD diskovima vrlo jednostavna. Neka od najčešćih sučelja koja se mogu pronaći kod SSD diskova su:

- Sata sučelje
- MVMe Sučelje
- PCIe Sučelje

Tablica 6. Brzina prijenosa podataka kod različitih SSD sučelja

	M.2	SATA	NVMe
SATA	550Mb/s	550Mb/s	/
NVMe	7000Mb/s	/	7000Mb/s
PCIe	7000Mb/s	/	7000Mb/s

## 5.3 PERFORMANSE SSD DISKOVA

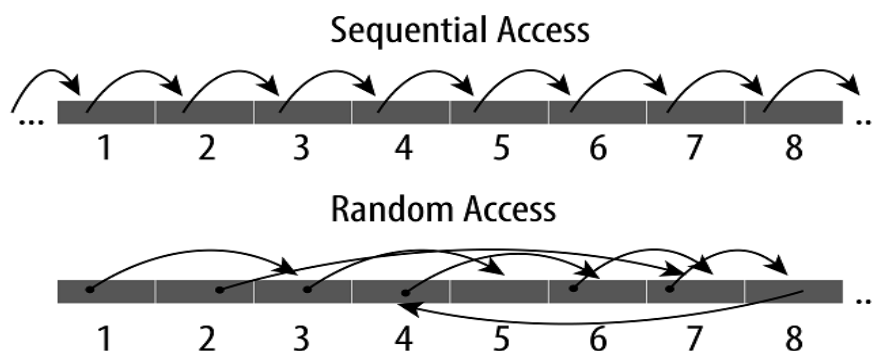
Performanse SSD diskova određene su sljedećim parametrima.

### 5.3.1 IZDRŽLJIVOST SSD DISKOVA

Izdržljivost ili trajnost SSD diskova se može objasniti na hardverskoj i softverskoj razini. Najbitnija je softverska razina. Softverska izdržljivost SSD-a može se definirat kao maksimalan broj podataka koji se može zapisati na njega prije pojave kvara. Tako da SSD će trajati duže ako je manja količina podataka koja se zapisuje u njega, također ako se na SSD disku se nalazi manje podataka može se očekivati da će imati duži vijek trajanja. Novi SSD diskovi imaju dobar algoritam koji omogućava ravnomjerno popunjavanje ćelija, a time duži radni vijek. Kod novih diskova podatci se zapisuju ravnomjerno po svim ćelijama, a time se osigurava da se sve ćelije jednako troše. Pomoću tih algoritama može se izračunati životni vijek SSD diska. Općeniti životni vijek SSD diska se izražava u broju zapisanih informacija u TB. Životni vijek je oko 10. godina.

### 5.3.2 BRZINA SSD DISKA

Može se nazvati još IOPS (Input/Output operations per second). To je broj ulazno – izlaznih operacija u sekundi. Standardno mjerilo za performanse uređaja za trajnu pohranu podataka, kako i kod tvrdih diskova tako i kod SSD diskova. Izračun IOPS-a radi se mjerenjem operacija. Operacije mogu biti sekvencijalne i nasumične. Sekvencijalni pristup koristi se kod prenošenja većih podataka, a nasumični pristup kod prijenosa manjih podataka. Kod SSD diska nasumični broj IOPS-a određen je upravljačem koji SSD disk koristi, a sekvencijalni broj IOPS-a ovisi o maksimalnoj propusnosti za koju je uređaj napravljen. Kod kupovine SSD diska ako se želi kupiti brži SSD disk bilo bi bolje gledati da broj IOPS-a bude što veći jer to znači i brži disk.



Slika 17. Sekvencijalni i nasumični pristup podacima

### 5.3.3 USPOREDBA MAGNETNOG DISKA I SSD-a

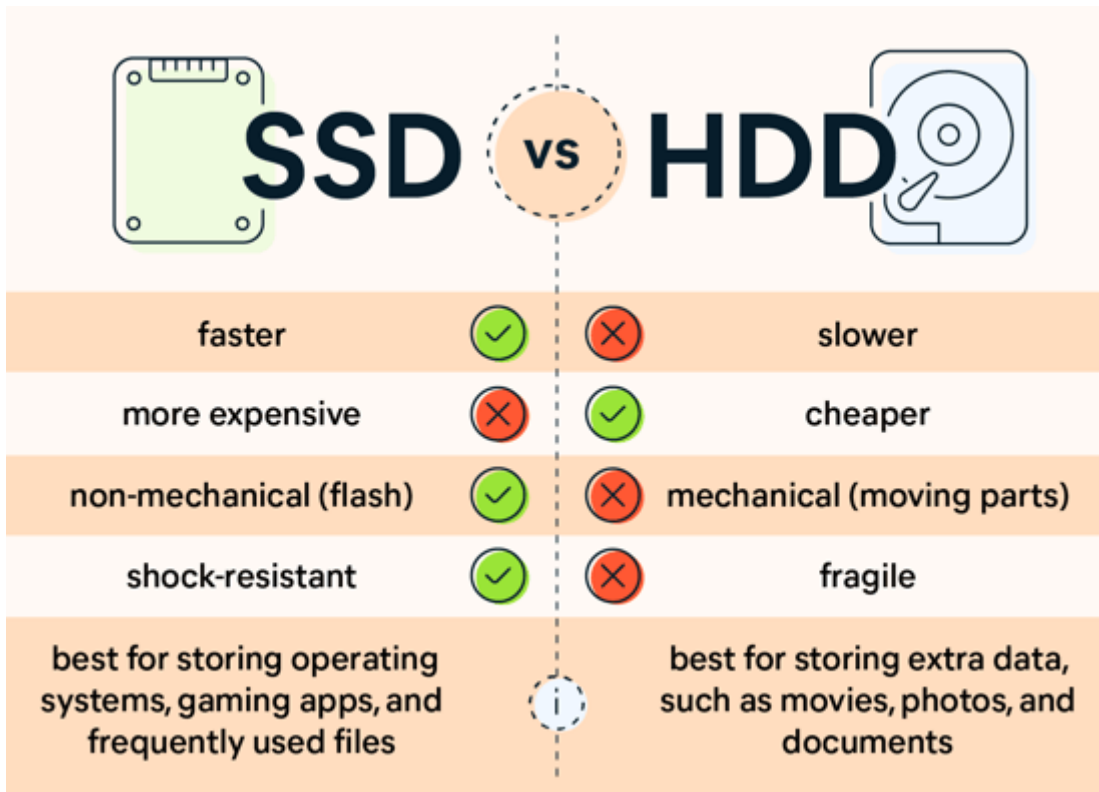
Svaka od ovih tehnologija ima neke prednosti i nedostatke. Prije pojave SSD diskova postojali su samo magnetski diskovi pa je i odabir nekoga uređaja za pohranu bio relativno jednostavan posao. Kako danas postoje dvije različite tehnologije, u tekstu ispod će se navesti glavne razlike.

Kod tvrdih diskova glavni dio za pohranu podataka je aluminijska ili staklena ploča koja je presvučena tankim slojem magnetskoga materijala. Magnetske ploče kod tvrdih diskova se rotiraju velikim brzinama, a iznad tih ploča na udaljenosti od par mikrometara lebde glave za čitanje i pisanje. Glave pri pisanju mijenjaju magnetska svojstva na ploči, a kod čitanja samo iščitavaju. Kada pri radu tvrdog diska dođe do nekakvog udarca postoji mogućnost da dođe do sudara magnetske ploče i glave za čitanje i pisanje, a to znači da će doći do oštećenja magnetskoga materijala na ploči i gubitka podataka koji su zapisani na tom dijelu ploče. Kod magnetskih diskova iščitavanje informacija je zahtijevan posao koji zahtjeva da se glave konstantno pomiču i ploče se moraju rotirati na određenoj brzini da bi iščitavanje i zapisivanje bilo moguće. Ovaj proces traži dosta vremena i zahtjeva više energije i uz sve to stvara se veća buka. Ove gore navedene probleme rješava SSD disk.

Kod SSD diska više ne postoje magnetske ploče, a ni kompletna mehanika koja je prisutna u tvrdom disku to je sve zamijenjeno sa čipovima koji su dosta jednostavnije i otpornije komponente. Magnetnim diskovima treba neko vrijeme dok se magnetske ploče zavрте i disk pripremi za čitanje ili pisanje podataka. SSD je gotovo trenutno spreman za operacije čitanja ili pisanja. SSD diskovi su otporni na udarce i vibracije što ih čini pogodnijim za terensko korištenje od tvrdih diskova, a također i manje energije troše.

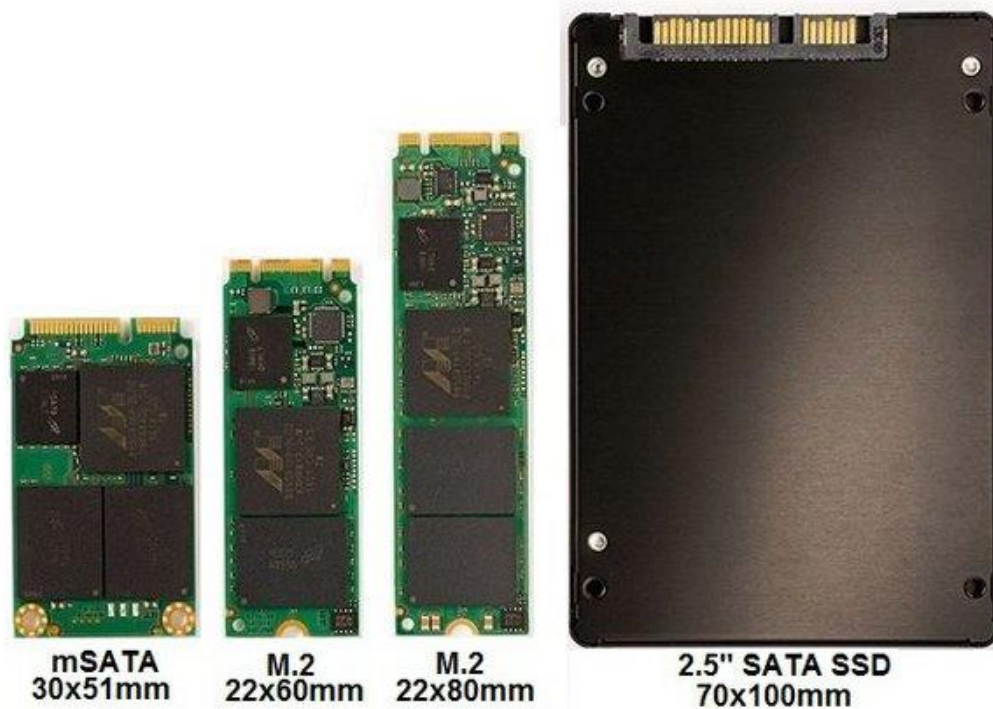
Sa gledišta brzine i performansi i u tome segment su SSD diskovi daleko nadmoćniji od tvrdih diskova. Kod sekvencijalnoga čitanja brzina tvrdoga diska dolazi jedva do 100MB/s dok kod SSD diskova ta brzina može ići do 250MB/s. Također i u čitanju je SSD disk nadmoćniji od tvrdih diskova.

Kada se usporede ove dvije tehnologije za pohranu podataka može se vidjeti da je SSD disk puno bolji izbor po tehničkim značajkama u mnogim područjima. Najveća mana SSD diskova je visoka cijena naspram tvrdih diskova, ali zadnjih godina cijena sve više i više pada, pa mnogi stručnjaci predviđaju da će cijene SSD diskova doći na razinu tvrdih diskova.



slika 18. HDD VS SSD disk

## BASIC SSD FORM FACTORS



Slika 19. Izgled standardnih veličina SSD diskova

## 5.4 TRŽIŠTE ZA SSD DISKOVE

U početku su SSD diskovi bili zamišljeni i počeli su razvijati za potrebe vojske. Danas SSD diskovi nalaze sve veću i veću primjenu u osobnim računalima posebno u prijenosnim računalima gdje je mobilnost i mala potrošnja energije glavni faktor. Kapaciteti variraju i mogu biti od 120 GB pa sve do 30TB ipak u osobnim računalima će se najčešće naći SSD diskovi kapaciteta 250GB do 500GB. Kod primjene SSD diskova u vojsci traže se visoke performanse i pouzdanost te rad u uvjetima koji mogu varirati od pustinjskih vrućina pa do polarnih hladnoća i intenzivnih vibracija. Sposobni su za rad na temperaturama od  $-40^{\circ}\text{C}$  pa do  $+90^{\circ}\text{C}$ . Pošto se na njima nalaze povjerljivi podatci zahtijeva se od njih velika sigurnost. SSD diskovi svoju primjenu još nalaze u industriji gdje imaju široko područje primjene. Zahtjevi za SSD uređaje u industriji su da mogu trpiti nagle udarce, vibracije, promjene temperature i da imaju lako održavanje. Tipična primjena im je prikupljanje podataka od raznih mjerenja, testiranja i čuvanja upravljačkih programa za robotske ruke. Moraju osigurati brz prijenos podataka, stabilan rad i pouzdanost u najtežim uvjetima.



Slika 20. Industrijski SSD

## 6. ZAKLJUČAK

Kroz povijest razvojem računalnih tehnologija nastajali su uređaji koji su omogućavali korisnicima da mogu svoje podatke trajno i sigurno pohraniti. Najčešće stvari koje se pohranjuju na ove uređaje su programi, video zapisi, slike, tekstualni dokumenti i razne druge stvari. Kod ovih uređaja cilj je da podatci ostanu postojani i kad dođe do nestanka napajanja. Sve od tehnologija koje su nabrojane u radu ima neke svoje prednosti i nedostatke. Optičke jedinice za pohranu podataka danas nisu toliko zastupljene te su njihovu ulogu preuzele su USB Flash memorije. USB Flash Memorije su jedan od široko korištenih uređaja za pohranu podataka. USB memorije imaju veliku kompatibilnost sa uređajima i jednostavne su za korištenje. Naspram optičkih memorija USB memorije su daleko pouzdanije i imaju puno manju mogućnost da će se podatci izgubiti ili oštetiti. Sljedeći uređaji za pohranu podataka su magnetski diskovi. To su elektro – mehanički uređaji za pohranu podataka koji su se na tržištu pojavili 1956 godine. Podatci se kod tvrdih diskova pohranjuju zahvaljujući magnetizmu i postojani su nakon gubitka napajanja. Danas je to vrlo pristupačna memorija koja nudi zadovoljavajuće performanse i veliki kapacitet pohrane. Tvrdi diskovi nude velike kapacitete pohrane uz prihvatljivu cijenu. Suprotna tehnologija koja se pojavila na tržištu su SSD diskovi koji za pohranu podataka koriste integrirane krugove još se zovu i poluvodičke memorije. Kod SSD diskova nema mehaničkih dijelova tako da su puno brži od tvrdih diskova. Prednosti SSD-a naspram tvrdih diskova su otpornost na udarce i vibracije, a uz to troše puno manje energije od magnetnih diskova. Prema tome možemo zaključiti da je SSD puno bolji izbor za korištenje u prijenosnim računalima, u industriji itd. Također SSD diskovi imaju bolje performanse. SSD diskovi imaju puno veću cijenu po GB od tvrdih diskova, ali zadnjih godina cijene SSD-ova su drastično pale pa se danas sve više koriste, ali nakraju bitno je što korisnik želi, jer ako želi veliki kapacitet uz pristojne performanse za malu cijenu tu je tvrdi disk puno bolji izbor od SSD-a, dok ako kapacitet nije toliko bitan koliko su performanse onda je SSD puno bolji izbor.

## LITERATURA

<https://history-computer.com/compact-disc/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_disc\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_disc_drive)

<https://www.vidpaw.com/topics/difference-cd-dvd.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/USB\\_flash\\_drive#References](https://en.wikipedia.org/wiki/USB_flash_drive#References)

<https://www.USBmemorydirect.com/blog/what-is-flash-drive/>

<https://sabrent.com/blogs/storage/error-correction-ecc>

<https://www.linkedin.com/pulse/nand-flash-rber-raw-bit-error-rate-nila-fang>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Solidstate\\_drive#Architecture\\_and\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Solidstate_drive#Architecture_and_function)

<https://www.thessdreview.com/featured/ssd-throughput-latency-iopsexplained/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/IOPS>

<https://www.zdnet.com/article/ssd-vs-hdd-whats-the-difference-and-which-should-you-buy/>

<https://superuser.com/questions/1325962/sequential-vs-random-i-o-on-ssds>

<https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/storage>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_disk\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive)

<https://louwrentius.com/understanding-storage-performance-iops-and-latency.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_disk\\_drive\\_performance\\_characteristics](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive_performance_characteristics)

<https://www.avast.com/c-ssd-vs-hdd>

[https://www.researchgate.net/publication/337691364\\_Data\\_Storage](https://www.researchgate.net/publication/337691364_Data_Storage)

## **KAZALO KRATICA**

CD – Compact disc

DVD – Digital Versatile disc

CD-ROM – Compact disc Read only memory

CD-R – Compact Disc Recordable

CD-RW Compact Disc Rewritable

DVD-ROM – Digital Versatile Disc Read only memory

DVD-R - Digital Versatile Disc Recordable

DVD-RW – Digital Versatile Disc Rewritable

USB – Universal Serial Bus

SRAM – Static random access memory

DRAM – Dynamic random access memory

SDRAM – Synchronous dynamic random access memory

EPROM – Erasable Programmable Read only memory

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read only memory

MLC – Multi Level Cell

TLC – Triple Level Cell

SLC – Single Level Cell

QLC – Quad Level Cell

IBM – International Business Machines

SATA – Serial ATA

ECC – Error Correction Code

ROM – Read only memory

RAM – Random access memory

SSD – Solid state drive

HDD – Hard disc drive



## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Magnetski diskovi u veličini 2.5 i 3.5 inča

Izvor: [https://i0.wp.com/www.deskdecode.com/wp-content/uploads/2020/01/enNG0RR-min\\_zpsx1belbey.jpg?resize=1024%2C576&ssl=1](https://i0.wp.com/www.deskdecode.com/wp-content/uploads/2020/01/enNG0RR-min_zpsx1belbey.jpg?resize=1024%2C576&ssl=1)

Slika 2. IBM-ov 350 tvrdi disk

Izvor: <https://pbs.twimg.com/media/Dx5Ft4xVAAAIRQF.jpg>

Slika 3. Aktuator

Izvor: <https://previews.123rf.com/images/radub85/radub851402/radub85140200277/26271482-computer-hard-disk-drive-actuator-close-up-isolated-on-white.jpg>

Slika 4. Aktuatorska ruka

Izvor: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Seagate\\_ST33232A\\_hard\\_disk\\_head\\_and\\_platters\\_detail.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Seagate_ST33232A_hard_disk_head_and_platters_detail.jpg)

Slika 5. Elektro motor i centralni nosač

Izvor: <https://hddsurgery.com/images/blog/motor-maxtor.jpg>

Slika 6. Tvrdi disk sa 9 ploča

Izvor: [https://blocksandfiles.com/wp-content/uploads/2019/09/WDC-Ultrastar-DC-HDD\\_02-small.jpg](https://blocksandfiles.com/wp-content/uploads/2019/09/WDC-Ultrastar-DC-HDD_02-small.jpg)

Slika 7. Usporedba veličine ata i sata konektora

Izvor: <https://www.techguy.org/attachments/ata-sata-gif.91992/>

Slika 8. Glave za čitanje i pisanje

Izvor: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/ReadWrite\\_Head\\_of\\_SyQuest\\_SQ3270S.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/ReadWrite_Head_of_SyQuest_SQ3270S.jpg)

Slika 9. Tipična kontrolna tiskana pločica u tvrdom disku

Izvor: <https://datarecovery.com/wp-content/uploads/2014/06/fried-pcb-550x300.jpg>

Slika 10. Fleksibilni konektor u tvrdom disku

Izvor: [https://m.media-amazon.com/images/I/41Ycv7Ph2TL.AC\\_UF1000,1000\\_QL80\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/41Ycv7Ph2TL.AC_UF1000,1000_QL80_.jpg)

Slika 11. Slojevi kod kompaktnog diska

Izvor: <https://itec226pro.files.wordpress.com/2013/12/layers.jpg>

Slika 12. Slojevi kod DVD diska

Izvor: <https://media.hswstatic.com/eyJidWNrZXQiOiJjb250ZW50Lmhzd3N0YXRpYy5jb20iLCJrZXkiOiJnaWZlc2R2ZC1sYXllcnMuZ2lmIiwiaWZWRpdHMiOiJ0nsicmVzaXplIjp7IndpZHRoIjoyMzJ9fX0=>

Slika 13. USB tip A 3.0 konektor

Izvor: <https://m.media-amazon.com/images/I/61Dw7p7qfCL.jpg>

Slika 14. Tipičan izgled USB memorije

Izvor: <https://www.minitool.com/images/uploads/articles/2020/08/thumb-drive-vs-flash-drive/thumb-drive-vs-flash-drive-1.jpg>

Slika 15. Arhitektura SSD diska

Izvor: <https://www.cactus-tech.com/wp-content/uploads/2019/03/Detailed-SSD-Diagram-b8cdb421.png>

Slika 16. Prikaz kako se spremaju podatci u ćelijama

Izvor: <https://media.kingston.com/kingston/content/ktc-content-solutions-pc-performance-difference-between-slc-mlc-tlc-3d-nand-infographic-en.jpg>

Slika 17. Sekvencijalni i nasumični pristup podacima

Izvor: [https://www.qnap.com/images/products/Application/notes/QNAP\\_storage\\_3.png](https://www.qnap.com/images/products/Application/notes/QNAP_storage_3.png)

Slika 18. HDD VS SSD disk

Izvor: [https://academy.avast.com/hs-fs/hubfs/New\\_Avast\\_Academy/ssd\\_vs\\_hdd\\_which\\_should\\_you\\_buy\\_academy\\_2nd\\_refresh/Avast-SSD-vs-HDD-EN.png?width=550&height=396&name=Avast-SSD-vs-HDD-EN.png](https://academy.avast.com/hs-fs/hubfs/New_Avast_Academy/ssd_vs_hdd_which_should_you_buy_academy_2nd_refresh/Avast-SSD-vs-HDD-EN.png?width=550&height=396&name=Avast-SSD-vs-HDD-EN.png)

Slika 19. Izgled standardnih veličina SSD diskova

Izvor: <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-96d7c9c3ada5668caa453d2981d3f099-lq>

Slika 20. Industrijski SSD

Izvor: <https://www.mouser.com/images/marketingid/2013/img/146827614.png?v=070223.0341>

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Prosječno vrijeme latencija kod tvrdih diskova

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Hard-Disk-Drive-Spindle-Motor-System-Design-For-TPI-Chao/2aea9c7a2078abd5ae471ef2184ba8b334c7480f>

Tablica 2. Standardi 1.0 2.0 3.0

Tablica 3. usporedba CD i DVD

Izvor: <https://www.vidpaw.com/img/topics/cd-dvd-comparison.jpg>

Tablica 4. Usporedba FAT32 i NTFS formata

Izvor: <https://www.easeus.com/images/en/screenshot/partition-manager/fat32-vs-ntfs.png>

Tablica 5. Usporedba brzine USB-a po standardima

Izvor: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/59135144d482e99e6a24a30e/1528827216556-A51NJZBJJS934EOP3LGJ/USB+Evolution+3.2+SSP+20+GBPS>

Tablica 6. Brzina prijenosa podataka kod različitih SSD sučelja