

Univerza na Primorskem

Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije

Matija Tratnik

Polprevodniški disk

Zaključna naloga

Koper, maj 2012

Mentor: doc. dr. Peter Korošec

Kazalo vsebine

1	Uvod.....	1
2	Pomnilnik	3
2.1	Notranji pomnilnik	3
2.2	Zunanji pomnilnik	4
2.2.1	Luknjani trakovi	4
2.2.2	Luknjane kartice	6
2.2.3	Magnetni trakovi	7
2.2.4	Magnetni diski.....	10
2.2.5	Svetlobni bralno-pisalni diski.....	16
3	Polprevodniški diski.....	21
3.1	Razvoj in zgodovina	22
3.1.1	Zgodnji polprevodniški diski z uporabo RAMa in podobnih tehnologij	22
3.1.2	Bliskovni pomnilnik, ki temelji na polprevodniskem pomnilniku.....	22
3.1.3	Poslovni bliskovni diski	23
3.1.4	Varni digitalni kartični diski	23
3.2	Arhitektura in delovanje	24
3.2.1	Krmilnik	24
3.2.2	Dinamični RAM.....	25
3.2.3	Bliskovni pomnilnik.....	25
3.3	Predpomnilnik	32
3.4	Baterije ali super kondenzatorji	32
3.5	Vmesnik gostitelja	33
3.6	Oblikovni dejavnik	33
3.6.1	Tipične oblike polprevodniških diskov	33
3.6.2	Ostale oblike polprevodniških diskov	34
3.7	Primerjava med polprevodniškimi diski in magnetnimi trdimi diski	35
3.8	Komercializacija.....	38
3.8.1	Cena in zmogljivost.....	38
3.8.2	Dostopnost.....	38
3.9	Življenjska doba	40
3.10	Aplikacije	40
3.11	Polprevodniški optimizirani datotečni sistemi	41
3.12	Operacijski sistemi.....	41
3.12.1	Microsoft Windows.....	41
3.12.2	Linux	42
3.13	Pomnilniki prihodnosti.....	42
3.13.1	Hologramsko zapisovanje	42
3.13.2	Nanotehnologija	43
4	Zaključek.....	45

Kazalo slik

Slika 1: Zvitek luknjanega traku	4
Slika 2: Primer kodiranja besede »luknjan trak« v standardu ASCII.	5
Slika 3: Luknjana kartica.....	6
Slika 4: IBM magnetni trak.....	7
Slika 5: Delovanje tračne enote.....	8
Slika 6: StorageTek L5500.....	9
Slika 7: Kaset.....	9
Slika 8: Ureditev podatkov na disku po plošči.....	10
Slika 9: Ureditev podatkov na disku po sledih	11
Slika 10: 3,5" in 5,25" diskete	12
Slika 11: Sestavni deli 3,5" diskete	13
Slika 12: Magnetni trdi disk	14
Slika 13: Notranjost trdega diska	14
Slika 14: Stranski prerez trdega diska, ki pokaže namestitev plošč in bralno-pisalnih glav....	15
Slika 15: Bralno-pisalna glava ob plošči trdega diska	15
Slika 16: Zgoščenska	16
Slika 17: Prikaz prereza CD ali DVD	18
Slika 18: Dvoslojni DVD	19
Slika 19: Podprti formati v ameriški filmski industriji	20
Slika 20: Polprevodniški diski.....	21
Slika 21: SD kartica.....	24
Slika 22: NOR in NAND celici.....	26
Slika 23: Primerjava lastnosti med NOR in NAND pomnilnikom	27
Slika 24: Slika SLC in MLC celice	28
Slika 25: Arhitektura celice.....	29
Slika 26: Pragovna napetost v celici SLC	30
Slika 27: Pragovna napetost v celici MLC.....	30
Slika 28: Viking Modular SATADIMM kabel	34
Slika 29: PCIe polprevodniški disk OCZ RevoDrive ties X2.....	34
Slika 30: Bliskovni IDE adapter.....	39

Kazalo tabel

Tabela 1: Velikosti zgoščenk	16
Tabela 2: Prikaz kapacitete DVD glede na format.....	18
Tabela 3: Prikaz prednosti in slabosti SLC in MLC bliskovnih pomnilnikov.....	28
Tabela 4: SLC stanja	29
Tabela 5: MLC stanja	30
Tabela 6: Primerjava med SLC in MLC	31
Tabela 7: Primerjava med polprevodniškimi diski in magnetnimi trdimi diski.....	35

Povzetek

Računalnik je naprava, ki obdeluje podatke. Podatki so sestavljeni iz bitov. Bit je predstavljen kot »0« ali »1«. Pred in po obdelavi je potrebno podatke primerno shraniti, da se ne izgubijo. Zato so z izumom računalnika razvili zunanji pomnilnik, na katerega lahko shranimo podatke. Skozi leta se je fizično pomnilnik zmanjšal, medtem ko sta se količina podatkov, ki jih lahko zapišemo na pomnilnik, in hitrost pisanja ali branja podatkov zelo povečala. S časom se je spremenila tudi tehnika shranjevanja podatkov.

Najnovejša tehnologija za shranjevanje podatkov je polprevodniški disk. Uporablja polprevodniški pomnilnik za trajno shranjevanje podatkov z namenom zagotavljanja dostopa na enak način kot tradicionalni magnetni disk. Polprevodniški diski uporabljajo integrirana vezja, ki hranijo podatke v brezizgubnih spominskih integriranih vezjih in ne vsebujejo gibljivih delov. V primerjavi z magnetnimi trdimi diski so polprevodniški diski tipično manj občutljivi na udarce, tišji in imajo nižje dostopne čase ter nižjo latenco. Polprevodniški diski uporabljajo isti vmesnik kot magnetni trdi diski, s čimer se jih lahko enostavno zamenja v večini aplikacij.

V zaključni nalogi sem raziskal in opisal razliko med magnetnimi in polprevodniškimi diski.

Ključne besede:

Polprevodniški disk, SSD, bliskovni pomnilnik, pomnilniška celica, magnetni disk.

Abstract

The computer is a device that processes data. The data consist of bits. Bit is represented as "0" or "1". Before and after treatment appropriate data should be stored so that is not lost. Therefore, the invention of the computer to develop an external memory, which can store data. Throughout the years, the physical memory was reduced, while the amount of data which may be written to memory and speed of writing or reading, these data strongly increased. Through the time the technique of data storage was changed.

Latest technology for data storage is solid state disk. Semiconductor memory is used for permanent storage of data in order to provide access in the same way as the traditional magnetic disk. Solid-state drives use integrated circuits that store data in memory integrated circuits and contain no moving parts. Compared with magnetic hard drives solid state drives are typically less sensitive to shocks, are quieter and have lower access times and lower latency. Semiconductor drives use the same interface as magnetic hard drives, which can be easily replaced in most applications.

In the final thesis, I explored and described the difference between magnetic and solid state drives.

Keywords:

Solid-state disk, SSD, flash memory, memory cell, magnetic disk.

Zahvala

Za strokovno vodenje, nasvete in pomoč pri izdelavi zaključne naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Korošec Petru. Za lektoriranje pa se zahvaljujem Miri Tratnik.

1 Uvod

Računalniški sistemi delujejo tako, da obdelujejo informacije oziroma podatke. Pred in po obdelavi je potrebno te podatke shranjevati, da jih lahko kasneje uporabimo. V primeru, da podatkov ne bi shranjevali sproti, bi morali za vsako spremembo ali nadaljnjo obdelavo celoten postopek ponoviti. Ker glavni pomnilnik hrani podatke samo začasno, se je razvila potreba po zunanjem pomnilniku. Zunanji pomnilnik uporabljamo za trajno shranjevanje podatkov. Na zunanji pomnilnik lahko podatke pišemo in jih z njega tudi beremo.

Trenutno najpogosteje uporabljamo dve vrsti zunanjih pomnilnikov. In sicer magnetni disk, ki vsebuje gibljive dele, ter polprevodniški disk (ang. solid state disk - SSD), ki ne vsebuje gibljivih delov, ampak je sestavljen iz tranzistorjev oziroma integriranih vezij.

Magnetni disk deluje tako, da podatke shranjuje na magnetno podlago, ki se nahaja na ploščah. Vsaka plošča je prevlečena s finim magnetnim slojem, na katerega se shranjujejo digitalno predstavljeni podatki. Digitalni podatki so predstavljeni z 0 in 1 (binarni zapis), ki jih na disku ločimo preko zaznavanja različne smeri namagnetenosti. Bralno-pisalna glava lahko namagnetni ploščo in s tem piše podatke, ali pa bere podatke, tako da zaznava namagnetenost. Tipičen trdi disk je zgrajen iz osi, na katero so pritrjene plošče. Le nekaj nanometrov nad vsako ploščo je na premični roki nameščena bralno-pisalna glava. Sodobni diski imajo bralno-pisalne glave na obeh straneh plošče.

Polprevodniški disk temelji na tehnologiji bliskovnega pomnilnika (ang. flash memory), ki lahko uporablja dva tipa pomnilnih celic NAND-MLC in sicer, večjedrno celico (ang. multi level cell) in enojedrno celico SLC (ang. single level cell). MLC lahko v eni sami celici hrani tri ali celo več bitov, medtem ko SLC hrani le en bit informacije. MLC je zato cenovno ugodnejši, vendar porabi več električne energije, je počasnejši in dovoljuje manj pisalnih ciklov. Medtem ko je SLC veliko hitrejši, bolj zanesljiv, in dražji, saj je potrebnih več celic za hranjenje enake količine podatkov.

V zaključni nalogi bom natančneje obdelal in predstavil najnovejši zunanji pomnilnik, imenovan polprevodniški disk. Na začetku bom opisal, kaj sploh je zunanji pomnilnik, čemur sledita njegova zgodovina in razvoj od luknjanih kartic naprej. Podrobneje bom predstavil polprevodniški disk in njegovo delovanje, arhitekturo ter primerjal polprevodniški in magnetni trdi disk. Zaključil bom s skokom v prihodnost, in sicer z vizijo, na kakšen način naj bi shranjevali podatke čez 10 ali več let.

2 Pomnilnik

Računalniške pomnilnike delimo na notranje in zunanje pomnilnike. Notranji pomnilnik je namenjen začasnemu shranjevanju podatkov, medtem ko je zunanji pomnilnik namenjen trajnemu shranjevanju podatkov. Notranji pomnilnik ima manjšo kapaciteto shranjevanja in je hitrejši pri branju in pisanju, medtem ko ima zunanji večjo kapaciteto in je počasnejši pri branju in pisanju. Cena enote shranjevanja je pri notranjem pomnilniku dražja kot pri zunanjem pomnilniku.

Podatki so shranjeni v binarnem zapisu – bitih. Bit je osnovna enota informacije. Binarni sistem pozna dve vrednosti 0 in 1, tako dobimo dve različni informaciji. Biti se shranjujejo v oziroma na pomnilniški medij [14].

Vsak pomnilnik lahko opišemo z naslednjimi lastnostmi:

- Hitrostjo prenosa podatkov, ki je določena s hitrostjo branja in pisanja podatkov na pomnilnik.
- Pričakovano življenjsko dobo, ki nam pove, koliko časa je pomnilnik uporaben, oziroma po kolikem času se verjetnost okvare znatno poveča.
- Zanesljivostjo, ki jo merimo z verjetnostjo za pojav napake. Zanesljivost pomnilnika se poveča, če uporabimo kode za detekcijo in korekcijo napak. Večje število napak imajo pomnilniki, ki imajo gibljive dele in so posledično manj zanesljivi.
- Ceno pomnilnika, ki je definirana v EUR/GB. Za določeno enoto jo izračunamo tako, da ceno pomnilnika delimo z njegovo kapaciteto.

2.1 Notranji pomnilnik

Notranji pomnilnik služi za izvajanje programov in se lahko nahaja tako na procesorju, osnovni plošči, kot tudi na dodatnih pomnilniških karticah. Notranji pomnilnik razdelimo na delovni pomnilnik (ang. random access memory - RAM) in trajni pomnilnik (ang. read only memory - ROM).

V RAM se začasno shranjujejo programi, informacije, ki jih vtipkamo na primer preko tipkovnice, in rezultati programov. V delovni pomnilnik lahko podatke shranimo in jih po potrebi preberemo ali prepisemo z novimi. Ob izključitvi računalnika se podatki iz pomnilnika izbrišejo.

V ROM so trajno zapisane pomembne informacije in navodila, ki jih potrebuje računalnik za svoje nemoteno delovanje. Podatkov v ROM ne moremo vpisovati. Ob izključitvi osebnega računalnika se informacije v pomnilniku ohranijo.

Na splošno velja, da je računalnik, ki ima več delovnega pomnilnika zmogljivejši, saj omogoča nemoteno uporabo programov, ki zahtevajo za svoje delovanje več pomnilnika. V primeru, ko računalnik nima dovolj velikega delovnega pomnilnika, ustvari dodatni virtualni pomnilnik [31] na zunanjem pomnilniku, vendar ta deluje bistveno počasneje.

2.2 Zunanji pomnilnik

Zaradi potreb po shranjevanju vedno večjega števila informacij in z željo po hitrejšem branju in pisanju se je skozi zgodovino razvilo več vrst zunanjih pomnilnikov:

- luknjani trakovi,
- luknjane kartice,
- magnetni trakovi,
- magnetni diski,
- svetlobni bralno pisalni diski in
- polprevodniški diski.

2.2.1 Luknjani trakovi

Luknjani trak, ki ga prikazuje Slika 1, je bil eden prvih digitalnih medijev v binarnem zapisu za shranjevanje podatkov. Sam trak je bil narejen iz papirja. V računalništvu je bil v uporabi od 1950 do 1980. Prve oblike luknjanega traku so uporabljali pri statvah (Jacquardove statve) že v začetku 19. stoletja [15]. Leta 1846 je Alexandre Bain uporabil luknjani trak za pošiljanje telegramov [16]. Luknjani trak je bil uporabljen kot standardni pomnilniški medij za CNC stroje; zaradi pogoste uporabe so bili le-ti izdelani iz plastike.



Slika 1: Zvitek luknjanega traku

Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Luknjani_trak

Trakovi so prvotno vsebovali 5 stolpcev za posamezen znak, kar je pomenilo, da so uporabljali petbitni zapis. Petbitna teleprinterska koda je zadoščala za samo 32 različnih znakov. Kasneje so uporabljali 6, 7 in 8 stolpcev za en znak. Na začetku so uporabljali različna kodiranja znakov, v 60-tih letih 20. stoletja se je razvilo kodiranje ASCII [17], ki je standardiziralo zapis znakov v računalništvu.

Na Slika 2 je prikazan primer zapisa na luknjanem traku, in sicer kodiranje besede »luknjan trak« v standardu ASCII, kjer prvi stolpec prikazuje luknjan trak, drugi predstavljene črke in tretji zapis določene črke v kodiranju ASCII. Na luknjanem traku so podatki predstavljeni s krogi, kjer je krogec, je trak preluknjan in predstavlja bit 1, kjer pa ni preluknjan, predstavlja bit 0. Na desni strani traku so po štirje biti, na levi po trije biti in na sredini so pikice, ki so luknje v traku, ki so uravnale trak, da je tekel ravno.

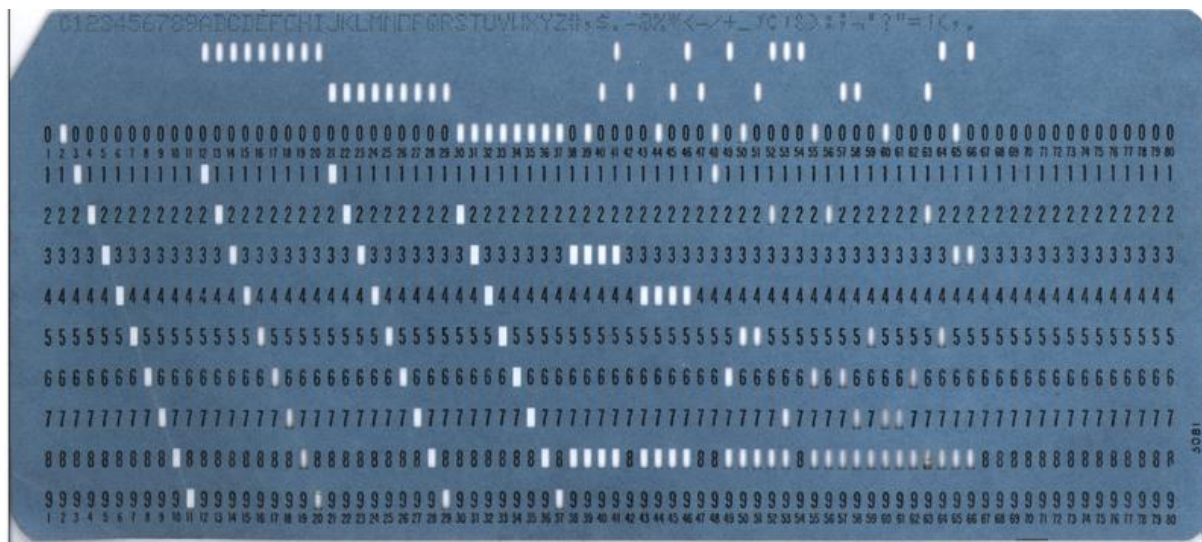
Luknjan trak	Črke	ASCII
/ \ / \ / \ /		
.		
.		
o o o . o	l	110 1100
o o o . o o	u	111 0101
o o o . o o	k	110 1011
o o o . o o	n	110 1110
o o o . o o	j	110 1010
o o o . o	a	110 0001
o o o . o o	n	110 1110
.		
o o o . o	t	111 0100
o o o . o	r	111 0010
o o o . o	a	110 0001
o o o . o o	k	110 1011
.		
.		
/ \ / \ / \ /		

Slika 2: Primer kodiranja besede »luknjan trak« v standardu ASCII.

Trakovi so bili kot medij nezanesljivi, saj so se pogosto trgali, pri čemer je poseben problem predstavljalo previjanje traku. Trakovi so bili tudi zelo neprimerni za popravljanje podatkov na njih, če je bil na traku program, je bilo potrebno izdelati nov trak (večinoma se je lahko kopiral). Zaradi naštetih slabih lastnosti so ga nadomestile luknjane kartice. Pri teh pa se je le zamenjalo, izločilo oziroma dodalo nekaj kartic in imeli smo popravljen program. Enako je veljalo tudi za vhodne podatke [4].

2.2.2 Luknjane kartice

Luknjana kartica se je uporabljala za vnos in shranjevanje podatkov v začetnem obdobju elektroinformatike. Kartica, kot je prikazana na Slika 3, je narejena iz trdega papirja, luknje v njej pa podobno kot pri luknjanem traku predstavljajo binarno informacijo.



Slika 3: Luknjana kartica

Vir: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Blue-punch-card-front-horiz.png>

Prve luknjane kartice so se pojavile mnogo pred računalniki. Uporabljale so se v tekstilni industriji kot pripomoček pri tkanju vzorcev. Prvi jih je leta 1725 uporabil Basile Bouchon, kasneje je njegovo idejo izboljšal Jean-Baptiste Falcon.

Charles Babbage je prav tako razmišljal v tej smeri in je pri izdelavi analitičnega stroja uporabil idejo Josepha Jacquarda o luknjani kartici, le ta naj bi kontrolirala zaporedje izvajanja kalkulacij na analitičnem stroju. Take kartice so se uporabljale do konca 19. stoletja v enostavnejših tabulirnih strojih. Herman Hollerithove kartice, kot včasih imenujejo luknjane kartice, je Hollerith patentiral leta 1887 [18]. Dimenzije so bile 90 mm × 215 mm - zaradi preprostega razloga, ker je bil dolarski bankovec takrat te velikosti, tako da so lahko kartice shranjevali v prostore, namenjene za shranjevanje denarja. Leta 1928 so uvedli standardno velikost kartic - 82,55 mm × 187,325 mm.

Hollerith je leta 1896 ustanovil podjetje Tabulating machines company, ki se je še z dvema drugima podjetjema združilo v IBM. Zato so imenovali luknjane kartice tudi IBM-kartice [19]. Imele so 80 stolpcev in 12 vrstic in so predstavljale 80 znakov.

Na luknjani kartici so številke in črke izražene s kombinacijami lukenj. Odčitavanje poteka podobno kot pri luknjanem traku. Vhodna enota vsebuje pregledovalnik kartic; vsak niz lukenj pregleda poseben svetlobni snop. Ob prehodu luknje pade svetloba na fotocelico, ki je za kartico, ter odda električni impulz, s pomočjo katerega lahko generiramo kodo zapisano na kartico [5].

Sistemi, ki so uporabljali luknjane kartice, so v večini izginili konec 70-tih let prejšnjega stoletja predvsem zaradi večje dostopnosti, hitrosti in učinkovitosti magnetnih trakov in kasneje magnetnih diskov.

2.2.3 Magnetni trakovi

Magnetni trak (prikazan na Slika 4), ne omogoča neposrednega dostopa do podatkov, zato so dostopni časi lahko dolgi tudi nekaj deset sekund. Magnetni trak omogoča zelo hiter sekvenčni dostop do podatkov ter hrani zelo velike količine podatkov, in sicer od nekaj GB do TB/trak. Hitrost prenosa podatkov (ang. transfer rate) sega od 1 do nekaj 10 MB/s. Magnetni trak je trenutno najcenejši medij za hranjenje podatkov, naprave za pisanje in branje na magnetni trak pa so zelo drage. Magnetni trakovi se danes uporabljajo za hranjenje arhivskih kopij podatkov in redko uporabljenih podatkov. Včasih se trakovi uporabijo tudi kot prenosni medij za prenos podatkov z enega sistema na drugi.



Slika 4: IBM magnetni trak

Vir: <http://racunalniski-muzej.si/si/wp-content/uploads/2006/10/scotchtape.JPG>

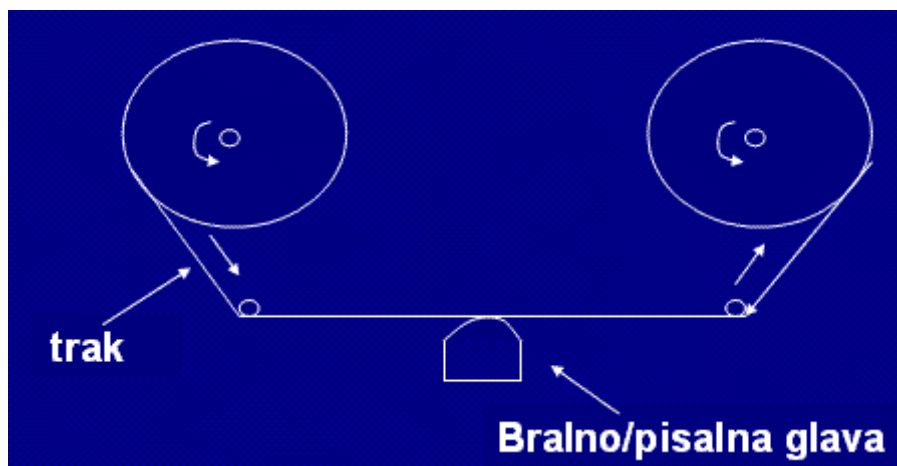
Magnetni trak je za uporabo snemanja zvoka leta 1926 izumil Nemeec Fritz Pfleumer. Od tega leta dalje so se razvili različni formati ter načini uporabe magnetnega traku. Za zapis računalniških podatkov se je magnetni trak uporabil prvič leta 1951 na računalniku UNIVAC I.

Magnetni trakovi so bili izdelani iz plastične ali kovinske podlage, na katero je naperjena elektromagnetna plast, ki jo je možno polarizirati in s tem shraniti podatke v binarnem zapisu. Znaki, iz katerih je bila sestavljena informacija, se zaporedoma nanašajo na magnetni trak in so se lahko zapisali v različnih gostotah. Večinoma so se uporabljale gostote 200, 556, 800 in 1600 znakov na palec (79, 220, 315, 630 znakov na centimeter) traku.

Blok podatkov je skupina podatkov, ki se na trak prenese z enim samim ukazom. Informacijski znaki v bloku so zapisani eden za drugim v neprekinjeni obliki. Med bloki podatkov so 19 mm dolgi nepopisani deli, s katerimi se zmanjša možnost napake. Znaki, ki so se zapisovali na trak, so bili sestavljeni iz 6 ali 8 bitov, katerim je bil dodan še bit za varnostno kontrolo pravilnosti zapisa. Glede na število bitov, ki sestavljajo en znak, ločimo sedem in devet sledne zapise na trakovih.

Pri prenosu podatkov na trak se le ta s koluta odvija in na drugi strani navija na pomožni kolut. Trak pri tem teče mimo bralne in pisalne glave, ki skrbi za branje in shranjevanje informacij. Vse to lahko vidimo na Slika 5. Za ustavljanje traku uporabljamo zavorni mehanizem, ki trak po potrebi tudi ustavi.

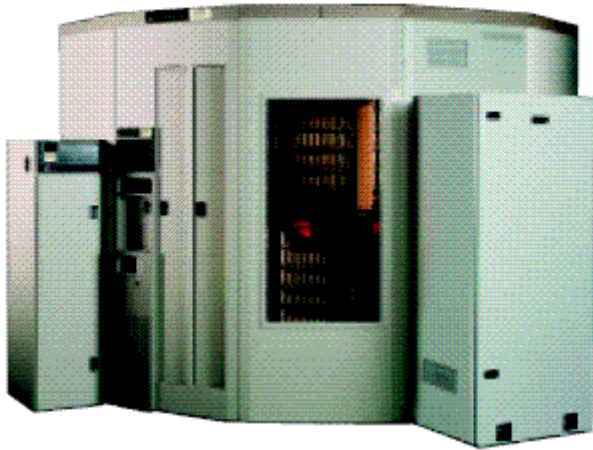
Trak se z glavnega koluta odvija v vakuumsko komoro, kjer fotoelektrični indikatorji skrbijo za pravilno dolžino spusta traku. V odvisnosti od zahtevane smeri gibanja traku se v krmilnih kolutih, ki so po obodu naluknjani, ustvarja zračni pritisk ali podtlak, ki je potreben za ustrezno gibanje. Mehanizmi, ki vodijo trak mimo bralnih in pisalnih glav, delujejo mehansko ali pnevmatsko [20].



Slika 5: Delovanje tračne enote

Vir: http://colos1.fri.uni-lj.si/ERI/RACUNALNISTVO/PODATKOVNE_BAZE/trak.GIF

Slika 6 prikazuje napravo za hranjenje in obdelavo magnetnih trakov. V napravo, ki se imenuje StorageTek L5500, lahko damo od 1500 do 5500 magnetnih trakov in ima skupno kapaciteto 1680 TB – 26400 TB. Vse bralno-pisalne glave skupaj imajo prepustnost 5,5 TB/uro – 103,7 TB/uro.



Slika 6: StorageTek L5500

Vir: http://colos1.fri.uni-lj.si/ERI/RACUNALNISTVO/PODATKOVNE_BAZE/storagetec.GIF

Zaradi nepraktičnosti magnetnih trakov so se za osebno uporabo razvile magnetne kasete, ki delujejo na principu magnetnih trakov. Nanje lahko shranimo veliko manj podatkov in so zaradi velikosti veliko bolj praktične za uporabo.

2.2.3.1 Magnetne kasete

Na kaseto lahko shranjujemo podatke v digitalni ali analogni obliki.



Slika 7: Kasete

Vir: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Kasete_magnetofonowa_ubt.jpeg

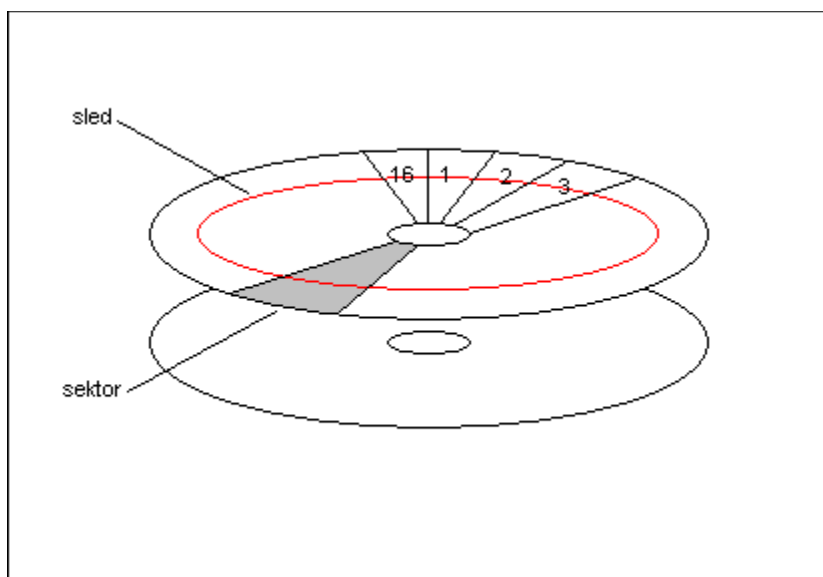
Na Slika 7 je prikazana kasetna, ki je sestavljena iz magnetnega traku, dveh valjev, na katera se trak navija in plastičnega ohišja. Poznamo več formatov kaset. Format opisuje fizično velikost kasete, vrsto in dolžino magnetnega traku ter obliko zapisa na njej. Vse te lastnosti tako določijo kapaciteto kasete, ki se meri v minutah. Kasete so se veliko bolj uveljavile v avdio in video industriji kot pa v računalništvu [13].

Leta 1935, desetletja pred uvedbo kasete, kot jo poznamo, je AEG izdal kasetofon (nem. Tonbandgerät) s komercialnim imenom "Magnetophon". Kasetofon je temeljil na izumu magnetnega traku. Ti instrumenti so bili zelo dragi in zapleteni za uporabo, zato so se večinoma uporabljali na radijskih postajah in v snemalnih studijih. Kasetofoni se niso pogosto uporabljali za zasebno uporabo. V začetku leta 1960, ko so vakumske cevi nadomestili z tranzistorji, pa so cene padle. Leta 1958, po štirih letih razvoja, je RCA Victor predstavil stereo kaseto velikosti (5" x 7"). Leta 1962 je Philips izumil kompaktno avdio kaseto, medij za shranjevanje avdio posnetkov. V Evropo je prišla avgusta 1963 na Show Berlin Radio. Čeprav je bilo drugih magnetnih sistemov veliko, je kompaktna kasetna postala prevladujoča. V računalništvu so se uporabljale kot prenosni medij za prenos podatkov v prvih domačih računalnikih, kot sta bila ZX Spectrum in Commodore.

Kasete so nadomestili gibki diski, saj so bili manjši, bolj priročni za prenos podatkov in so imeli manj napak na podatkih pri njihovem prenosu.

2.2.4 Magnetni diski

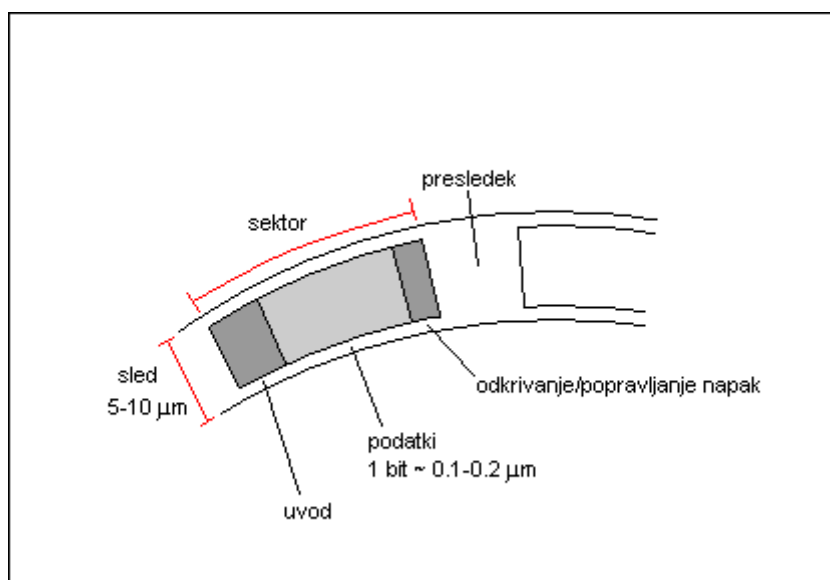
Magnetni disk je sestavljen iz ene ali več plošč, ki se vrtijo, nad njimi pa lebdijo bralno-pisalne glave. Podatki so zapisani v koncentričnih krogih, ki se imenujejo sledi, glej Slika 8



Slika 8: Ureditev podatkov na disku po plošči

Vir: <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2003/ura/Mikuz/2/shema3.png>

Pred časom so na magnetnih diskih uporabljali samo zunanjo tretjino, ker so sledi na zunanjem robu daljše od notranjih. Enostavneje si lahko to predstavljamo, če računamo obseg kroga glede na razdaljo od sredine, bolj dlje kot smo, večji je, ampak vedno se deli na isto število delov. Proizvajalci so ta problem rešili z razdelitvijo diska v več segmentov, kjer je v vsakem segmentu enako število sektorjev na sledi. Sektor je najmanjša enota, na katero lahko pišemo ali iz katere lahko beremo. Med dvema sosednjima sektorjema je vrzel, v kateri so danes pogosto zapisi, s pomočjo katerih je bralno pisalna glava natančnejša. V osnovi pa vrzel služi ločevanju dveh sosednjih sektorjev, saj je pri vrtečem se disku težko vedno pisati prek natanko iste točke na magnetni plasti. Sektor, ki je prikazan na Slika 9, vsebuje uvodni del z naslovom, podatkovni del in del z biti za odkrivanje in popravljanje napak.



Slika 9: Ureditev podatkov na disku po sledih

Vir: <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2003/ura/Mikuz/2/shema3.png>

Poznamo dve izvedbi magnetnih diskov: gibki disk in trdi disk.

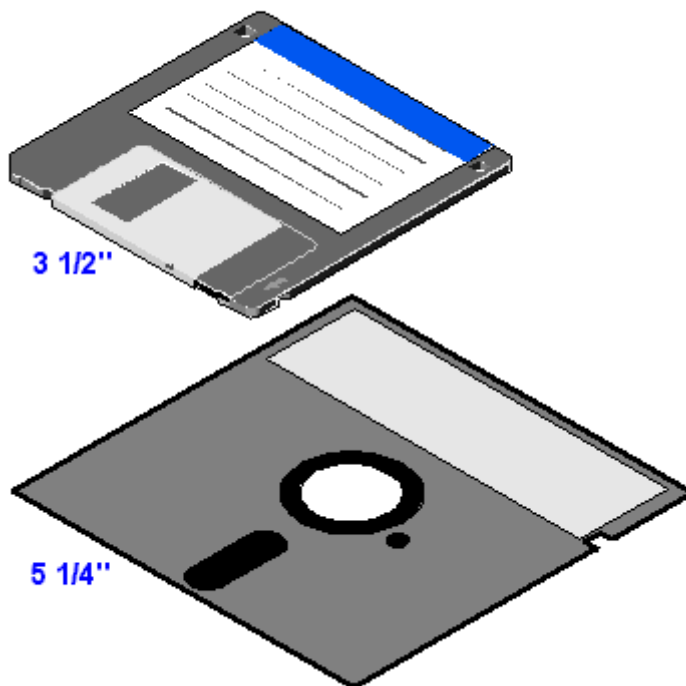
2.2.4.1 Gibki disk

Gibki oziroma mehki disk (ang. floppy disk) je zunanji pomnilniški medij, ki je bolj poznan kot disketa in ima eno ploščo z magnetno plastjo na obeh straneh. Plošča je običajno narejena iz plastike. Disketa je sicer lahek upogljiv disk, zaprt v plastičen ovitek. Velika je bodisi 5,25 palca (13,13 cm) bodisi 3,5 palca (8,8 cm), kot je prikazano na Slika 10. Nanje lahko običajno shranimo od 0,5 do 2 MB podatkov. Diskete so bile poceni in dovolj lahke, da so jih lahko pošiljali po pošti.

Prve diskete so izumili v poznih 1960, velike so bile 8 palcev (200 mm). Na tržišče so prišle leta 1971. Diskete in s tem povezane pogone so proizvajali IBM, Memorex, Associates Shugart in Burroughs Corporation. Izraz "disketa" se je pojavil v tisku že leta 1970.

Leta 1976 Shugart Associates predstavi prvo 5,25-palčno disketo. Do 1978 je bilo več kot 10 proizvajalcev, ki so proizvajali takšne diskete. Leta 1984 je IBM predstavil 1,2 MB dvostransko disketo. Leta 1988 je IBM predstavil pogon za 2,88 MB diskete, vendar se ta ni uveljavil.

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2002 The Computer Language Co. Inc.

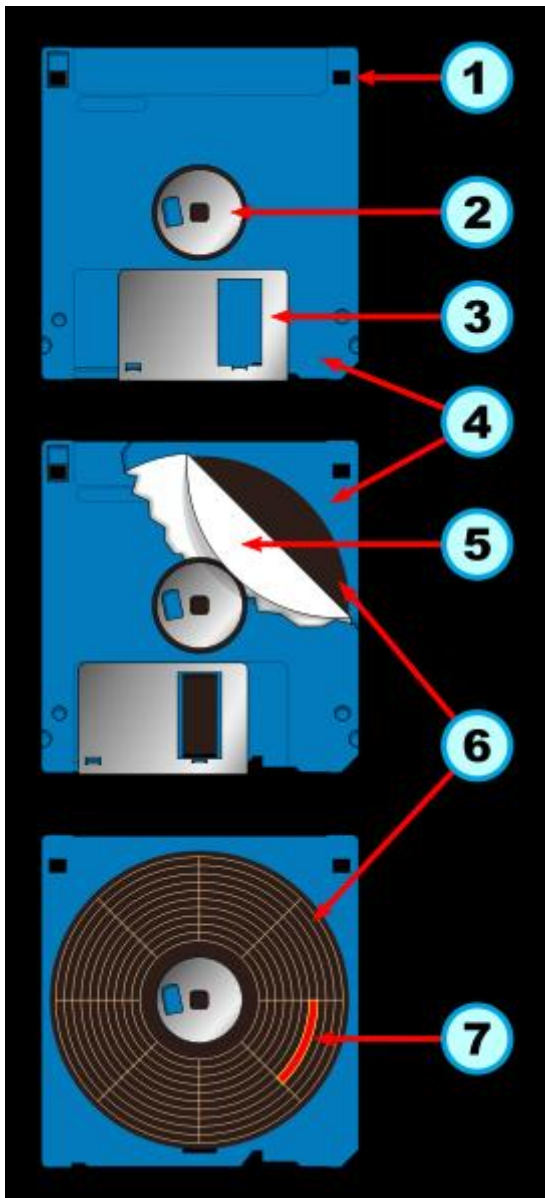


Slika 10: 3,5" in 5,25" disketi

Vir: <http://img.tfd.com/cde/FLOPPY.GIF>

Diskete so bile med letoma 1980 in 2000 najbolj razširjen tip prenosnega medija, ki pa so ga zaradi občutljivosti in potreb po shranjevanju večjih količin podatkov že skoraj popolnoma nadomestili optični mediji in bliskovni pomnilniki. Kljub temu nekateri operacijski sistemi pri namestitvi še vedno zahtevajo podatke z diskete za prenos določenih podatkov. Primer je nameščanje zunanjih gonilnikov za Windows XP. Sama disketa pa ostaja sinonim za shranjevanje podatkov, na primer v obliki ikone v uporabniških vmesnikih večine pisarniških programov [9].

Sestavni deli 3,5-palčne diskete so prikazani na Slika 11, kjer je s številko 1 označeno stikalo za zaščito pred pisanjem, s številko 2 pesto za vrtenje diskete, s številko 3 je označen zaklop, s številko 4 plastično ohišje, s številko 5 papirnati kolut, s številko 6 magnetni disk in s številko 7 sektor diska.



Slika 11: Sestavni deli 3,5" diskete

Vir: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Floppy_disk_internal_diagram.svg

2.2.4.2 Magnetni trdi disk

Magnetni trdi disk, prikazan na Slika 12, je sestavljen iz plošč, ki so bodisi iz aluminija ali stekla. Na vsaki strani plošče je magnetna plast, kamor se shranjujejo podatki. En disk ima običajno več takih plošč, s čimer se poveča njegova kapaciteta. Včasih se zunanji površini robnih plošč nista uporabljali, ker sta najbolj izpostavljeni, saj ob tresljajih glavi najbolj zanihata in se lahko plošči poškodujeta.

Trdi diski so trenutno ena izmed najbolj izpopolnjenih tehnologij. Glave trdega diska lebdiijo okoli 20 nanometrov nad površino plošče, kar je že skoraj neverjetno [6].

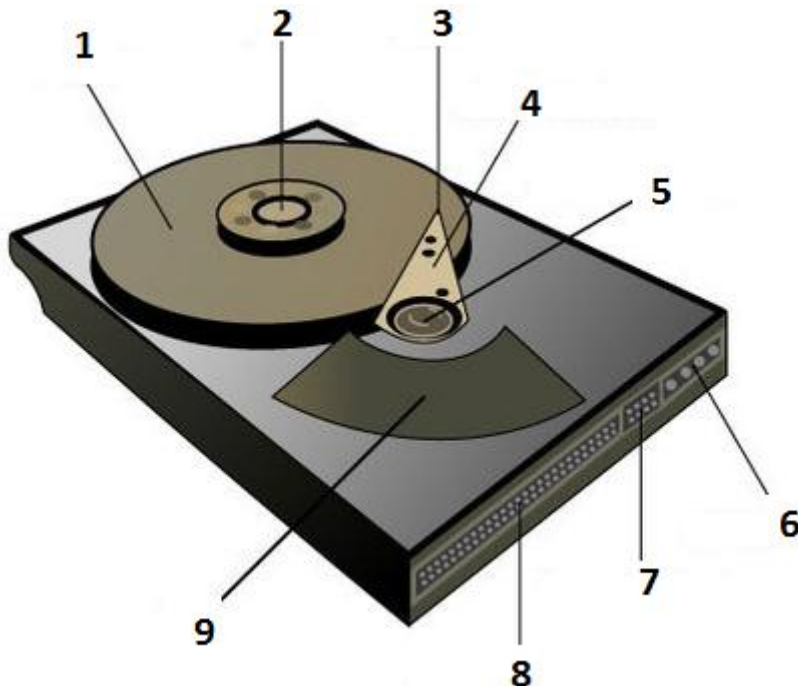


Slika 12: Magnetni trdi disk

Vir: http://www.instablogsimages.com/images/2006/05/18/samsung_hybrid_drive.jpg

Trenutno so trdi diski vgrajeni skoraj v vsak namizni ali večji računalnik in pogosto tudi v druge elektronske naprave, na primer prenosne mp3-predvajalnike, video snemalnike in igralne konzole.

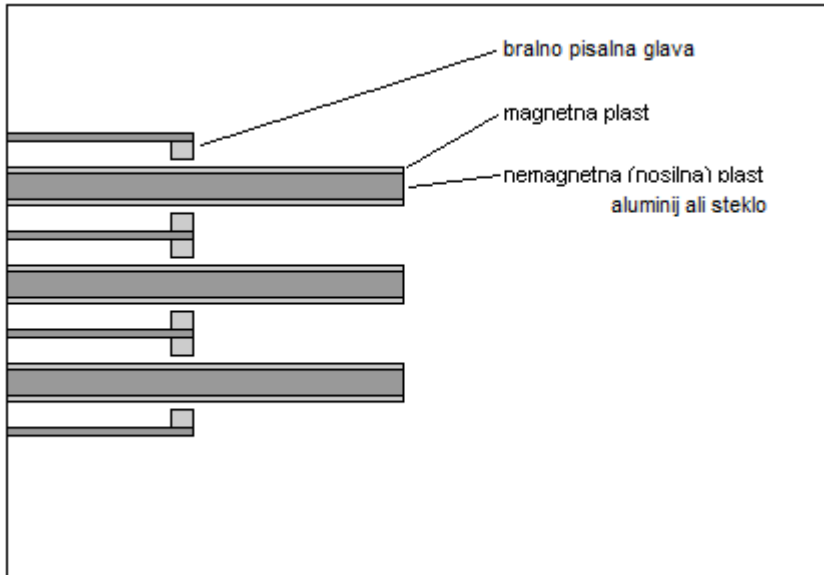
Trdi disk je sestavljen iz delov, ki so prikazani na Slika 13, kjer številka 1 prikazuje okrogle plošče, številka 2 mehanizem za vrtenje plošč, številka 3 bralno-pisalno glavo, številka 4 nosilno roko, na katero je pritrjena bralno-pisalna glava, številka 5 mehanizem za premikanje roke, številka 6 priključek za napajanje, številka 7 prostor, kjer so mostički (ang. jumpers), številka 8 priklop za podatkovni kabel in številka 9 pogon za mehanizem roke.



Slika 13: Notranjost trdega diska

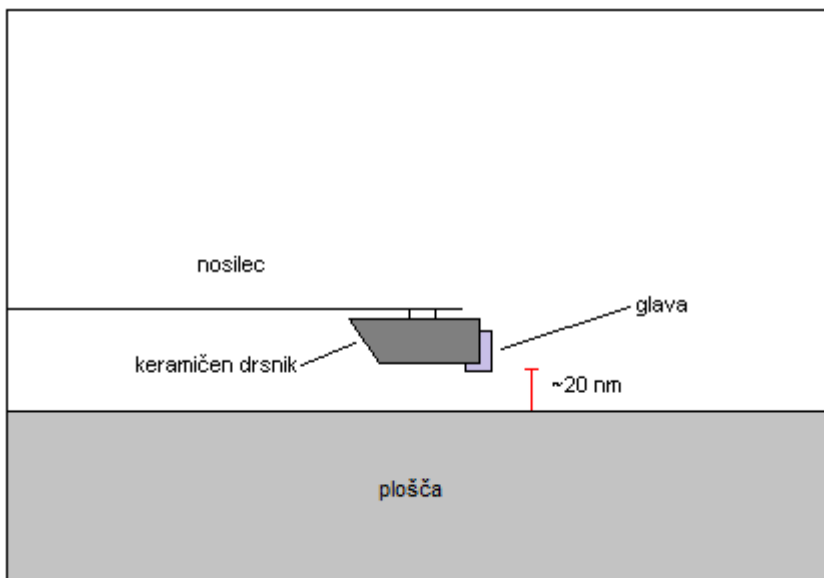
Vir: http://mypcmag.com/wp-content/uploads/2010/11/hard_drive_2.jpg

Podatki so zapisani na magnetni plasti na okroglih ploščah, ki so prikazane na Slika 14. Beremo oziroma pišemo jih s pomočjo bralno-pisalnih glav. Podatki se pri branju prenesejo v krmilnik, ki jih posreduje računalniku. Pisanje deluje podobno - podatki se prenesejo iz računalnika v krmilnik, ki poskrbi za zapis na ustrezno mesto na plošči.



Slika 14: Stranski prerez trdega diska, ki pokaže namestitve plošč in bralno-pisalnih glav
 Vir: <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2003/ura/Mikuz/2/shema1.png>

Tipično se plošče v današnjih diskih vrtijo s hitrostmi 3600-10000 obratov v minuti. Pri tem glava drsi ob površini plošče na keramičnem drsniku, oddaljena od plošče približno 20 nm, kot je prikazano na Slika 15.



Slika 15: Bralno-pisalna glava ob plošči trdega diska
 Vir: <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2003/ura/Mikuz/2/shema2.png>

Za dostopanje do podatkov na disku potrebujemo čas, ki ga imenujemo dostopni čas. Povprečen dostopni čas izračunamo tako, da seštejemo iskalni čas, vrtilno zakasnitev in čas prenosa podatkov. Iskalni čas je čas, potreben za premik glave nad ustrezen cilinder (tipično

8-10 ms). Vrtilna zakasnitev je čas, ki je potreben, da se plošča zavrti toliko, da se pod glavo nahaja ustrezen sektor. Čas prenosa podatkov pa je čas, ki ga potrebujemo, da prenesemo podatke, ki se nahajajo pod bralno-pisalno glavo, v krmilnik (tipično je hitrost prenosa 50-100 MB/s) [8].

2.2.5 Svetlobni bralno-pisalni diski

Zgoščenka (ang. Compact Disc), kot jo lahko vidimo na Slika 16, je vrsta optičnega diska, ki služi samo za branje in katerega vsebina se vtisne med izdelavo. Pri velikih nakladah je to najcenejša vrsta proizvodnje. Zgoščenka je tanka okrogla plošča različnih premerov in debeline 1,2 mm. Na enem disku lahko shranimo do približno 800 MB podatkov, kar pomeni, da lahko nanj zapišemo približno 800 milijonov zlogov dolgo besedilo, približno eno uro barvnega filma ali nekaj ur glasbe. Poznamo različne velikosti zgoščenk, ki so prikazane v Tabela 1.

Po zgoščenkah je novi standard postal DVD, ki jih je že skoraj povsem izpodrinil.



Slika 16: Zgoščenka

Vir: http://www.cdrecyclingforfree.com/images/device3_cd.jpg

Tabela 1: Velikosti zgoščenk

Velikost	Audio kapaciteta	Shranjevalna kapaciteta
12 cm (standard)	74–80 min	650–800 MB

8 cm (mini-CD)	21–24 min	185–210 MB
Poslovna kartica (ang. Business card)	~6 min	~55 MB

2.2.5.1 Zgodovina svetlobnih bralno pisalnih diskov

Prvi disk, na katerega je bilo možno pisati in brati z optičnimi žarki z uporabo svetlobe, je razvil James T. Russell leta 1965 [26]. Russell je ustvaril sistem zapisovanja in branja zvočnih in video podatkov z uporabo svetlobe namesto tradicionalnih metod, pri katerih se med pisanjem in branjem lahko poškoduje disk. Russell je razvil fotoobčutljiv disk, na katerega se lahko zapišemo podatke na 1 mikron natančno. Zapise s plošče beremo z laserjem, jih pretvorimo v električni signal in nato prenesemo v notranji pomnilnik.

Russellovo podjetje je izdelalo prvi predvajalnik oziroma napravo za branje diskov leta 1980, ampak ta tehnologija ni nikoli dosegla trga. Šele z vstopom podjetij Philips in Sony, ki sta izpopolnila to tehnologijo, je le-ta postala zanimiva za trg.

Konec leta 1982 sta Philips in Sony poslala na trg prvo zgoščenko CD-DA (ang. compact disk digital audio). V vseh letih do sedaj je industrija razvila več izvedb osnovne zgoščenske [32].

Prihod DVD-ja sega v leto 1994, ko sta bili uvedeni dve obliki, super disk (ang. Super disk - SD) in multimedijski CD, MMCD (ang. Multimedia - CD). Predlagateljem konkurenčnih si tehnologij ni uspelo doseči dogovora glede enotnega standarda do leta 1996, ko je bil izbran DVD format. DVD-ji so v nekaj letih skoraj izpodrinili uporabo CD-jev, saj na nje hitreje zapišemo večjo količino podatkov. CD-ji se trenutno predvsem uporabljajo za avdio zapise.

Po letu 1998 so se na trgu začeli pojavljati televizorji visoke ločljivosti (ang. high-definition television - HDTV). Vendar ni obstajal splošen način snemanja in predvajanja vsebin visoke ločljivosti. Prav tako ni bilo na voljo ustreznih kodekov. Do spremembe je prišlo ob izumu modrih laserskih diod, ki jih je izumil Shuji Nakamura, profesor na Kalifornijski univerzi.

Blu-ray Disc Association je bilo ustanovljeno februarja 2002. To je bila skupina posameznikov s področij elektronike, računalništva in filmov, ki je zaslužna za razvoj blu-ray (ang. blu-ray - BR) oblike zapisa. V prvih letih razvoja te tehnologije so bili vijoličnomodri diski občutljivi na praske in umazanijo, nato pa so jih zaščitili. Panasonic in Sony sta razvila trdo prevleko za medij.

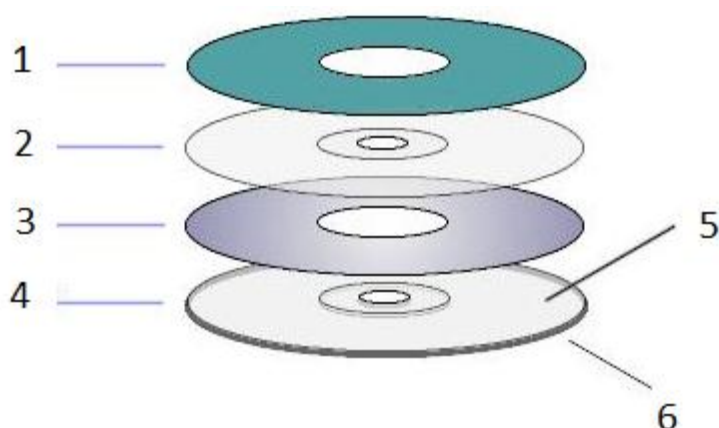
Prvi blu-ray predvajalniki so prišli v prodajo v sredini leta 2006. Prvi blu-ray diski so prišli na trg kmalu za tem, in sicer 20. junija 2006. Zaradi visokih zmogljivosti za shranjevanje in učinkovitosti pri shranjevanju podatkov visoke ločljivost blu-ray diski začenjajo prevladovati na trgu pred DVD diski.

2.2.5.2 Primerjava med CD in DVD medijem

Na zgoščenkah zapisanih podatkov praviloma ne moremo več spreminjati, izjema so CD-RW (ang. ReWritable), kjer lahko s posebnim laserjem podatke »izničimo« in nanj ponovno zapišemo nove podatke.

Kratica DVD je na začetku pomenila digitalni video disk (ang. Digital Video Disc), kasneje pa digitalni večnamenski disk (ang. Digital Versatile Disc).

CD in DVD sta optična pomnilna medija, ki imata več plasti, ki so prikazane na Slika 17, in sicer številka 1 predstavlja grafično plast, številka 2 zaščitno plast – lak, številka 3 reflektivno (odbojno) plast – srebro in števila 4 polikarbonatno snov – plastiko. Številka 5 predstavlja kodiranje podatkov oziroma stran, kjer so podatki zapisani, in številka 6 bralno stran.



Slika 17: Prikaz prereza CD ali DVD

Vir: <http://www.fresh-spin.com/images/cdLayersAnnotated.jpg>

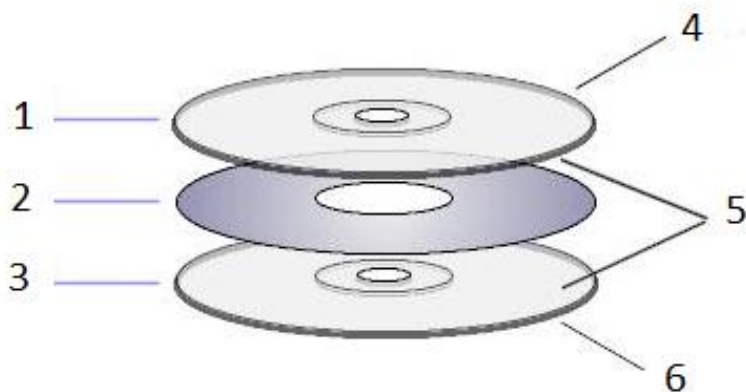
Na razpolago so nam različni formati DVD-ja, ki so podrobneje opisani v Tabela 2. V prvem stolpcu je opisan format zapisovanja. Enostransko pomeni, da so podatki samo na eni strani, dvostransko pa da so na obeh. Enoplastno pomeni, da so podatki zapisani samo v eni plasti, dvoplastno, pa da so v dveh plasteh.

Tabela 2: Prikaz kapacitete DVD glede na format.

Format	Kapaciteta [GB]	Dolžina videa [število ur]
Enostranski enoplastni	4,7	2
Enostranski dvoplastni	7,95	4
Dvostranski enoplastni	8,5	4,5
Dvostranski dvoplastni	16,9	> 8

Dvoslojni DVD, imenovan tudi DVD 9, je predstavljen na Slika 18, sestavljen je iz dveh polikarbonatnih delov, ki sta zlepljena eden na drugega, številka 1 in 3. Vsa znanost tiči v

sredinski metalizaciji, označeni s številko 2, ki je tako tanka, da prepušča nekaj svetlobe, a še vedno dovolj odbojna za podatke v spodnjem nivoju. Čitalni laser lahko s premikanjem leče fokusira na spodnji ali na zgornji nivo plasti, ki sta na sliki označena s številkami 1 in 3. Številki 4 in 6 predstavljata bralno stran, številka 5 pa kodiranje podatkov oziroma stran, kjer so zapisani podatki.



Slika 18: Dvoslojni DVD

Vir: <http://www.fresh-spin.com/images/cdLayersAnnotated.jpg>

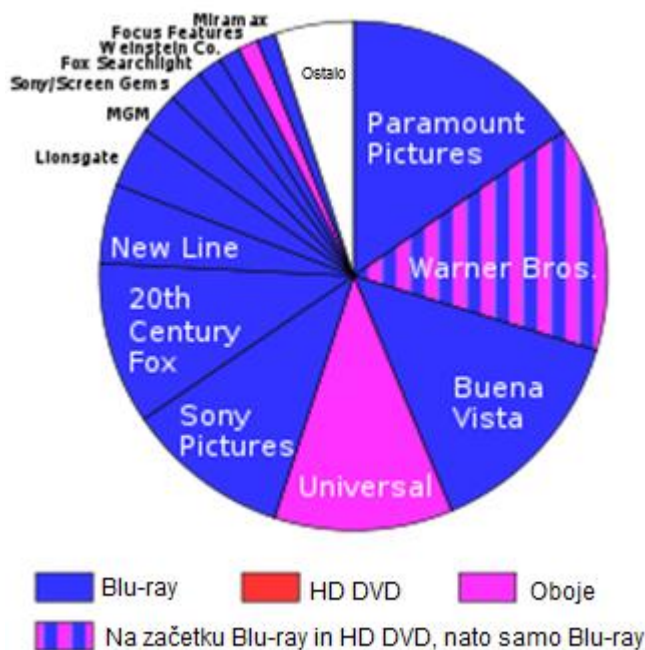
Pri zapisljivem mediju so podatki v plastiko vrezani v obliki spirale, medtem ko je treba vdolbinice simulirati. Za to skrbi pridodana plast, tako imenovano barvilo (ang. dye), nanešeno med polikarbonat in odbojni sloj. Ko pisalni žarek, ki ima večjo moč od bralnega, posveti na barvilo, le-ta zaradi optičnih lastnosti potemni. Pri čitanju to pomeni razpršen laser in posledično ničlo. Dvostranski, dvoplasten DVD+R je združek obeh tehnologij, pri čemer je bilo vse skupaj zelo zapleteno razviti za serijsko izdelavo, saj se debeline plasti barvila in metalizacije merijo v mikrometrih. Že majhno odstopanje v sredinski plasti bi povzročilo, da bi pisalni žarek žgal oba sloja naenkrat ali pa da bi bilo branje zavrženo zaradi slabe odbojnosti nepravilno. Poleg tega so morali inženirji zaradi bralne združljivosti doseči enake lastnosti kot pri DVD 9.

2.2.5.3 Zapis digitalnih podatkov

Na odbojno plast skozi plastiko sveti šibek snop laserske svetlobe. Kadar sveti na ravno površino, se svetloba odbija nazaj v senzor, če pa zadene na prehod iz podlage v izboklino ali nazaj, se svetloba razprši. Ob razpršitvi svetlobe senzor ne zazna odboja in ugotovi, da je tam zapisan podatek. Plošča DVD je sestavljena iz dveh skupaj zlepljenih "polovičnih" plošč, na vsaki pa je lahko en sloj podatkov. Če sta sloja s podatki usmerjena v isto smer, dobimo ploščo DVD-9, na kateri sta oba sloja na isti strani. Prvi sloj s podatki je delno prosojen, zato lahko laser posveti skozenj in odčita tudi podatke z drugega sloja. Če sloja s podatki gledata vsak na svojo stran, dobimo DVD-10, ki ima po en sloj na vsaki strani in ga je treba v predvajalniku ročno obrniti.

2.2.5.4 Primerjava med Blu-ray in HD DVD medijem

Disk blu-ray je dobil ime po vijoličnomodrem žarku laserja za zapisovanje in branje tega diska. Fizična velikost medija je enaka CD in DVD mediju. Zaradi krajše valovne dolžine modre svetlobe (405 nanometrov) ima 10x kapaciteto DVD medija. Nanj je možno zapisati 25GB podatkov, oziroma 50GB pri dvoslojnem zapisu (v laboratorijih so razvili že tudi štiri in večslojen zapis, ki ima ustrezno višjo kapaciteto). Primeren je za shranjevanje podatkov, predvsem pa za zapis slike in zvoka visoke ločljivosti. Blu-ray je 19.2.2008 zmagal v vojni formatov visoke ločljivosti s HD DVD - njegova kapaciteta v enoslojni izvedbi je 15 GB, v dvoslojni pa 30 GB. Prevlada je vidna na Slika 19, kjer vidimo, da velika večina video studiev in ostalih podjetij uporablja blu-ray. Ena prvih komercialnih uporab blu-ray predvajalnika je PlayStation 3 [11].



Slika 19: Podprti formati v ameriški filmski industriji

Vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:HighDefShare6.svg>

3 Polprevodniški diski

Trdi diski bodo verjetno prej ali slej šli v pozabo, saj jih že sedaj počasi nadomeščajo polprevodniški diski (ang. Solid State Disk - SSD) - vsaj tako zatrjujejo izdelovalci, ki to potrjujejo s tem, da je že nekaj časa moč kupiti prenosne računalnike, ki take diske že vsebujejo. Danes je SSD moč kupiti tudi kot komponento za osebni računalnik.

Polprevodniški disk, prikazan na Slika 20, je naprava za shranjevanje podatkov, ki uporablja polprevodniški pomnilnik za trajno shranjevanje podatkov z namenom zagotavljanja dostopa na enak način kot magnetni trdi disk. Polprevodniški diski uporabljajo integrirana vezja, ki hranijo podatke v brezizgubnih pomnilniških integriranih vezjih (ang. non-volatile memory chips) in ne vsebujejo gibljivih delov. V primerjavi z magnetnimi trdimi diski so polprevodniški diski tipično manj občutljivi na udarce, tišji in imajo nižje dostopne čase ter nižjo latenco (ang. latency). Polprevodniški diski uporabljajo isti vmesnik kot magnetni trdi diski, s čimer se jih lahko enostavno zamenja.



Slika 20: Polprevodniški diski

Vir: http://computershopper.com/var/ezwebin_site/storage/images/feature/solid-state-of-the-union-eight-solid-state-drives-tested/eight-solid-state-drives-tested/154814-1-eng-US/eight-solid-state-drives-tested.jpg

Hibridni pogon združuje značilnosti magnetnih trdih diskov in polprevodniških diskov v eni enoti, ki vsebuje velik trdi disk, z manjšim predpomnilnikom (ang. cache), ki je v bistvu polprevodniški disk za izboljšanje učinkovitosti pri pogosto dostopanih datotekah. Hibridni diski lahko ponudijo skoraj takšno učinkovitost, kot jo imajo polprevodniški diski v večini aplikacij. Za lažjo predstavo uporabimo primer zagona sistema pri Windows 7, ko smo pri zaustavitvi uporabili hibernetno zaustavitev. Pri takšni zaustavitvi sistema se podatki iz RAM-a direktno prepisejo na disk in ob zagonu nazaj v RAM, nekaj podobnega je kombinacija polprevodniškega in magnetnega diska, saj magnetni disk predstavlja v tem primeru disk,

polprevodniški disk pa predstavlja RAM. Hibridni pogon ima pogosteje uporabljene podatke shranjene v predpomnilniku oziroma polprevodniškem disku in dostopa do njih s hitrostjo polprevodniškega diska. Takšni diski niso primerni za shranjevanje podatkov, ampak bolj za shranjevanje aplikacij in niti ne ponujajo ostalih prednosti SSD, npr. enako hitrega dostopa do vseh shranjenih podatkov.

3.1 Razvoj in zgodovina

3.1.1 Zgodnji polprevodniški diski z uporabo RAMa in podobnih tehnologij

Začetki polprevodniških diskov segajo v leto 1950, ko sta se razvili dve podobni tehnologiji, in sicer pomnilnik z magnetnim jedrom (ang. magnetic core memory) in kartica kondenzatorjev za branje in shranjevanje (ang. card capacitor read-only store - CCROS). V tistem času so se imenovale pomožne pomnilniške enote in so se pojavile v dobi računalnikov z vakumskimi cevmi (ang. vacuum tube). Po uvedbi cenejših shranjevalnih enot, kot so tračne enote, je bila njihova uporaba ukinjena. Kasneje, v 1970-ih in 1980-ih, so jih IBM, Amdahl in Cray implementirali v obliki polprevodniških pomnilnikov za zgodnje super računalnike. Previsoka cena polprevodniških diskov, zgrajenih po naročilu, je vplivala na to, da so jih zelo redko uporabljali. Leta 1978 je Texas Memory Systems predstavil 16 KB naključni dostop do polprevodniškega diska (ang. RAM solid-state disk), ki so ga uporabljale naftne družbe za obdelovanje podatkov. Naslednje leto je StorageTek razvil prvi moderni polprevodniški pogon za shranjevanje podatkov [22]. Sharp PC-5000 je bil predstavljen leta 1983 in je uporabljal 128 KB velik polprevodniški disk za shranjevanje podatkov, ki je vseboval mehurčkast pomnilnik (ang. bubble memory). Leta 1984 je podjetje Tall grass Company začelo uporabljati kasete za shranjevanje podatkov velikosti 40 MB, sestavljene iz dveh polprevodniških čipov velikosti 20 MB. Tako velika pomnilniška enota bi pa že lahko nadomestila trdi disk. Septembra 1986 je Santa Clara Systems predstavil BatRam[22], velik 4 MB, namenjen shranjevanju podatkov z možnostjo razširitve na 20 MB, sestavljen iz 4 MB pomnilniških modulov. V paketu je bila tudi baterija za ohranjanje vsebine spominskih integriranih vezij, ko računalnik ni bil priključen na električno napetost. Leta 1987 je na trg polprevodniških diskov vstopilo podjetje EMC Corporation s pogoni, namenjenimi za mini računalnike, ampak je kmalu propadlo.

3.1.2 Bliskovni pomnilnik, ki temelji na polprevodniškem pomnilniku

Leta 1994 je STEC Inc kupil Cirrus Logic bliskovni krmilnik za računske operacije in tako omogočil vstop družbi na trg bliskovnih pomnilnikov za elektronske naprave.

Leta 1995 je M-Systems predstavil bliskovni polprevodniški disk (ang. flash-based solid state drives). Imeli so prednost, saj njihovi pogoni niso potrebovali baterije za ohranjanje podatkov,

vendar niso bili tako hitri kot DRAM pomnilniki. Od takrat so polprevodniške pomnilnike uspešno uporabljali kot nadomestek magnetnih trdih diskov v vojaški in vesoljski industriji. Takšne aplikacije zahtevajo izjemen povprečni čas med napakami (ang. mean time between failures - MTBF), zaradi tega so polprevodniški diski vzdržali močne udarce, visoke vibracije in temperaturne spremembe.

BiTMICRO je imel v letu 1999 veliko predstavitev in napoved za bliskovni polprevodniški disk vključno z 18 GB 3,5 inčnim polprevodniškim diskom. V letu 2007 je Fusion-io napovedala PCIe polprevodniški disk s 100.000 vhodno/izhodnih operacij na sekundo (ang. input output operations per second - IOPS) in s kapaciteto diska 320 GB. Na CeBIT-u je leta 2009 OCZ pokazal 1 TB bliskovni polprevodniški disk s PCI Express $\times 8$ vmesnikom. Ta doseže največjo hitrost zapisovanja 654 MB/s in največjo hitrostjo branja 712 MB/s. Decembra 2009 je Micron Technology kot prvi na svetu napovedal polprevodniški disk s 6 Gb/s ali 768 MB/s SATA vmesnik.

3.1.3 Poslovni bliskovni diski

Poslovni bliskovni diski (ang. enterprise flash drives - EFD) so namenjeni aplikacijam, ki zahtevajo visoke vhodno/izhodne hitrosti, zanesljivost in energetska učinkovitost [22]. V večini primerov ima EFD polprevodniški disk boljše specifikacije v primerjavi s polprevodniškim diskom, ki se običajno uporabljajo v prenosnih računalnikih. Izraz EFD je bil prvič uporabljen pri organizaciji EMC januarja 2008, da bi jim pomagal ugotoviti SSD proizvajalce, ki zagotavljajo izpolnjevanje višjih standardov. Ker ne obstajajo standardni organi, ki bi nadzorovali opredelitev EFD, lahko vsak proizvajalec polprevodniških diskov napiše, da proizvaja EFD, čeprav diski ne ustrezajo zahtevanim pogojem. Prav tako lahko obstajajo proizvajalci polprevodniških diskov, ki izpolnjujejo EFD zahteve in tega ne izpostavljajo.

3.1.4 Varni digitalni kartični diski

Varne digitalne kartice (ang. secure digital card - SD card) ali SD kartice, ki je prikazana na Slika 21, so predvsem enostavni in poceni polprevodniški diski. Če računalnik nima vgrajenega čitalca SD kartic, je potrebno uporabiti USB čitalec kartic. Pomnilniške kartice se uporabljajo predvsem v telefonih, fotoaparatih in tabličnih računalnikih. So majhne, kompaktne in jih enostavno zamenjuje uporabnik sam.



Slika 21: SD kartica

Vir:http://www.faqs.org/photo-dict/photofiles/list/1354/4919820_1201954255%5B1%5D.jpg

3.2 Arhitektura in delovanje

Ključna dela polprevodniških diskov sta krmilnik in pomnilnik za shranjevanje podatkov. Primarna pomnilniška komponenta v polprevodniških diskih je bil trajni pomnilnik DRAM. Od leta 2009 naprej pa se pogosteje uporablja NAND bliskovni brezizgubni pomnilnik (ang. NAND flash non-volatile memory) kot komponenta v polprevodniških diskih. Ostali deli igrajo manj pomembno vlogo pri delovanju polprevodniškega diska in se lahko razlikujejo med proizvajalci.

3.2.1 Krmilnik

Vsak polprevodniški disk ima krmilnik z elektroniko, ki je most med NAND pomnilniškimi enotami in računalnikom. Krmilnik je vgrajen procesor, ki izvaja kodo na ravni strojno-programске opreme in je eden najpomembnejših dejavnikov uspešnosti polprevodniških diskov. Nekatere od funkcij, ki jih izvaja krmilnik, so:

- odpravljanje napak (ang. error correction, ECC),
- izravnavanje obrabe (ang. wear leveling),
- označevanje slabih blokov (ang. bad blok mapping),
- čiščenje prebranih podatkov (ang. read scrubbing and read disturb management),
- predpomnenje branja in pisanja (ang. read and write caching),
- odstranjevanje zbranih podatkov (ang. garbage collection) in

- kriptiranje (ang. encryption).

Delovanje polprevodniškega diska lahko opišemo s številsko lestvico, ki je definirana s številom vzporednih NAND bliskovnih čipov, uporabljenih v napravi. Posamezen čip NAND je razmeroma počasen zaradi ozkega (8 / 16 bit) asinhronnega vhodno izhodnega vmesnika in dodatne visoke latence osnovnih vhodno izhodnih operacij SLC NAND potrebuje približno 25 ms, da prenese 4 K stran iz tabele strani do vhodno izhodnega medpomnilnika za branje, približno 250 ms za prenos 4 K strani iz zaščitenega vhodno izhodnega medpomnilnika do tabele za pisanje in 2 ms za brisanje 256 KB bloka. Micron in Intel sta na začetku naredila hitrejša polprevodniška diske z učinkovito implementacijo razporejanja podatkov (ang. data striping) in prepletanja v arhitekturi. To je omogočilo oblikovanje ultra-hitrega polprevodniškega diska s pisanjem in branjem s hitrostjo do 250 MB/s.

3.2.2 Dinamični RAM

Polprevodniški diski, ki temeljijo na trajnem pomnilniku, kot je DRAM, imajo karakteristike ultra hitrega dostopanja do podatkov, v splošnem imajo dostop manj kot 10 mikrosekund, in se uporabljajo predvsem za pospeševanje aplikacij, ki bi jih sicer lahko upočasnili z latenco bliskovnega polprevodniškega diska ali magnetnih diskov. Polprevodniški diski, ki temeljijo na DRAM pomnilniku, ponavadi vključujejo bodisi notranjo baterijo ali zunanje napajanje in rezervni sistem za shranjevanje podatkov, tako da zagotovijo obstojnost, medtem ko ni elektrike iz zunanjega napajanja. Če izgubi napajanje, akumulator zagotavlja napajanje, da se vse informacije prepisejo iz bralno-pisalnega pomnilnika ali DRAM-a na disk. Ko se napajanje ponovno povrne, se informacije prenese nazaj v RAM iz diska in nato polprevodniški disk nadaljuje z normalnim delovanjem. Sodobni operacijski sistemi, na primer Windows 7, imajo tako imenovano hibernirno funkcijo, ki deluje na zelo podoben način. Ob hibernatizaciji se najprej podatki iz RAMa skopirajo na trdi disk in šele nato se izklopi računalnik. Ob naslednjem zagonu pa jih samo skopira nazaj v RAM in računalnik je pripravljen za nadaljnje delo.

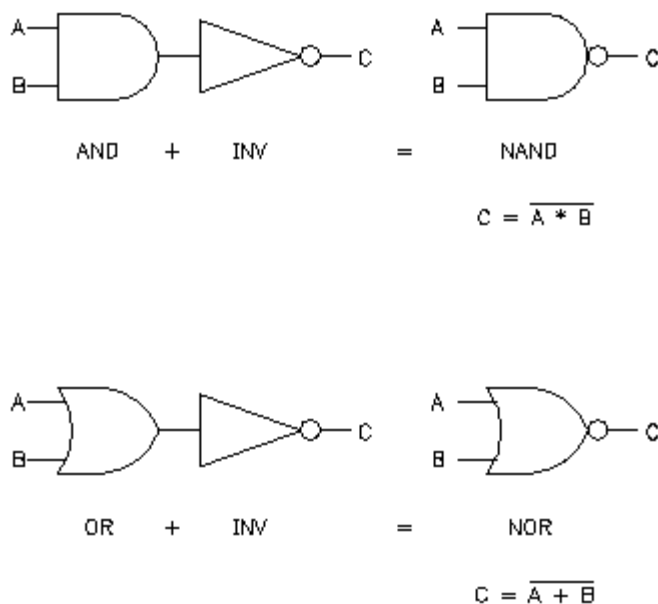
Polprevodniški diski takšnega tipa so običajno opremljeni z modulom DRAM iste vrste, kot se uporabljajo v osebni računalnikih in strežnikih, in ga lahko enostavno zamenjamo z večjim modulom.

3.2.3 Bliskovni pomnilnik

Bliskovni pomnilnik (ang. flash memory) je brezizgubni računalniški čip za shranjevanje, ki se lahko električno izbriše in nato preprogramira [22]. Uporablja se predvsem v pomnilniških karticah, USB bliskovnih pogonih, MP3 predvajalnikih in polprevodniških diskih. To je posebna vrsta električno izbrisljivega programabilnega bralnega pomnilnika (EEPROM), ki je lahko izbrisan in programiran le v velikih blokih. Prvotni bliskovni pomnilniki so delovali

tako, da je bilo potrebno izbrisati celoten čip naenkrat [22]. Bliskovni pomnilnik je stroškovno gledano precej bolj ugoden kot EEPROM, zato je postal prevladujoča tehnologija za shranjevanje. Primer aplikacije so osebni digitalni pomočniki (ang. personal digital assistant - PDA), prenosni računalniki, digitalni avdio predvajalniki, digitalni fotoaparati in mobilni telefoni. Prav tako je pridobil popularnost pri videoigrah in konzolah, kjer pa se pogosto uporablja namesto EEPROMa statični RAM (SRAM) za shranjevanje podatkov med samim igranjem. Bliskovni pomnilnik je brezizguben, kar pomeni, da ni potrebno nobenega napajanja za ohranjanje podatkov, ki so shranjeni na čipu. Poleg tega bliskovni pomnilnik ponuja hitro branje podatkov (čeprav ne tako hitro kot pomnilnik DRAM, ki se uporablja kot glavni pomnilnik v osebnih računalnikih). Te značilnosti pojasnjujejo priljubljenost bliskovnega pomnilnika v prenosnih napravah. Druga značilnost bliskovnega pomnilnika je, da lahko zdrži velik pritisk, ekstremne temperature in celo potopitev v vodi, če je čip zapakiran v pomnilniško kartico.

Bliskovni pomnilnik (NOR in NAND izvedbo) je leta 1980 izumil dr. Fujio Masuoka, ko je delal za Toshiba. V dogovoru s Toshiba je pomnilnik dobil svoje ime, ki ga je predlagal prijatelj dr. Masuoka, in sicer g. Shoji Ariizumi. Proces izbrisa vsebine pomnilnika ga je spomnila na blisk oziroma bliskavico fotoaparata. Dr. Masuoka je predstavil izum leta 1984 na IEEE konferenci, mednarodnem srečanju za elektronske naprave (IEDM), ki je potekalo v San Franciscu, California. NOR bliskovni pomnilnik je sestavljen iz NOR celic, NAND pa iz NAND celic, ki sta prikazani na Slika 22.

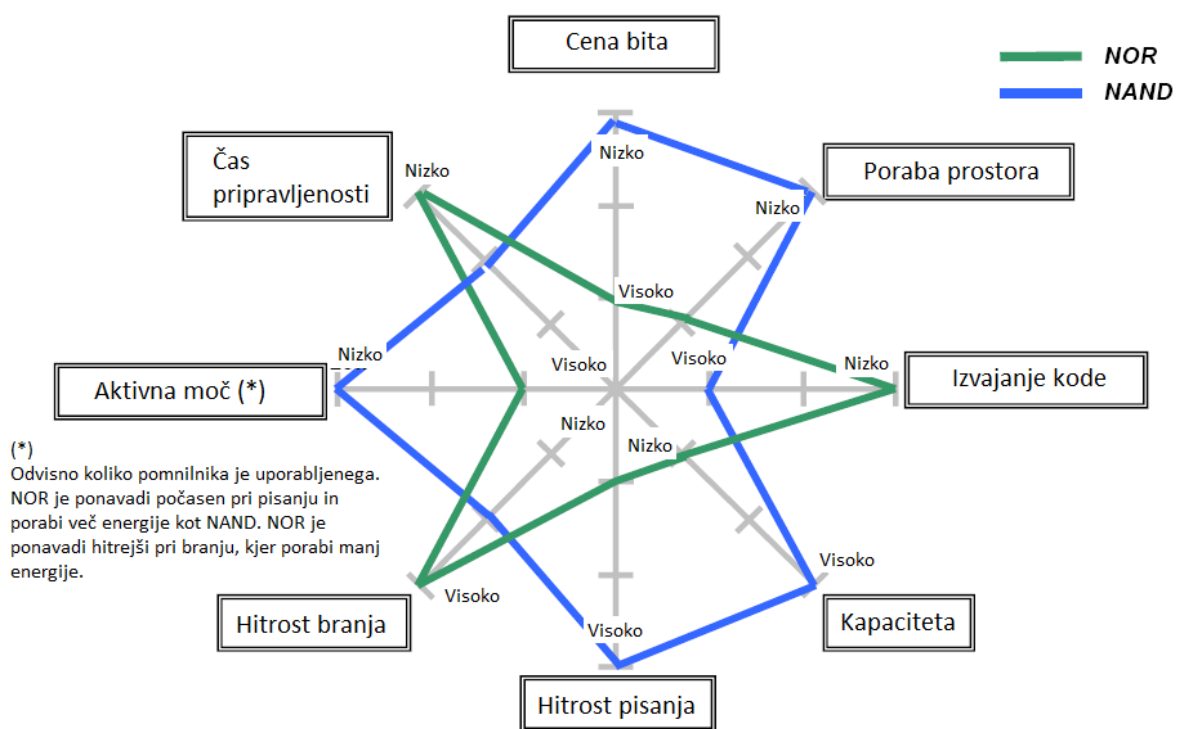


Slika 22: NOR in NAND celici

Vir: <http://www.iclayoutonline.com/Education/CMOSIntro/intropart4.asp>

Korporacija Intel je videla ogromen potencial izuma in tako so leta 1988 predstavili prvi komercialni tip NOR bliskovnega čipa. Bliskovni NOR pomnilnik ima v osnovi dolge

brisalne in pisalne čase, vendar pa zagotavlja popolne naslove in podatke, ki omogočajo naključni dostop do vseh podatkov v pomnilniku. Zaradi tega je bil primeren za zamenjavo starejšega bralnega pomnilnika (ROM), ki se je uporabljal za shranjevanje programske kode, ki jo je bilo le redko potrebno posodobiti, kot je BIOS računalnika ali strojno-programaska oprema (ang. firmware). Njegova vzdržljivost je od 10.000 do 1.000.000 ciklov brisanja. Bliskovni NOR je bil osnova za zgodnje bliskovne izmenljive medije. Kompaktni bliskovni pomnilnik (ang. compact flash) je prvotno temeljil na NOR tehnologiji, vendar so se kasneje preselili na cenejšo NAND tehnologijo [23]. Primerjava lastnosti med NOR in NAND pomnilniškima celicama je prikazana na Slika 23, kjer je z zeleno črto označena NOR pomnilniška celica in z modro NAND pomnilniška celica.



Slika 23: Primerjava lastnosti med NOR in NAND pomnilnikom

Vir:

[http://umcs.maine.edu/~cmeadow/courses/cos335/Toshiba%20NAND vs NOR Flash Memory Technology Overview.pdf](http://umcs.maine.edu/~cmeadow/courses/cos335/Toshiba%20NAND%20vs%20NOR%20Flash%20Memory%20Technology%20Overview.pdf)

Večina proizvajalcev polprevodniških diskov uporablja brezizgubne NAND bliskovne pomnilnike (ang. non-volatile NAND flash memory) za izdelavo svojih polprevodniških diskov zaradi nižje cene v primerjavi z DRAM pomnilnikom in zaradi sposobnosti zadrževanja podatkov brez stalne oskrbe z električno energijo ter s tem zagotavljanje ohranjanja podatkov ob morebitnem nenadnem izpadu električne energije. Bliskovni pomnilnik polprevodniškega diska je počasnejši kot DRAM pomnilnik in nekateri zgodnji modeli so bili celo počasnejši od magnetnih diskov. Ta problem so rešili s krmilniki, ki so prišli na trg leta 2009 in kasneje.

Od leta 2010 večina polprevodniških diskov uporablja NAND bliskovni pomnilnik. Polprevodniški diski uporabljajo tudi izgubni RAM (ang. volatile random-access memory), ki obstaja za primere, ko je zahtevan hitrejši dostop, vendar ni nujno, da podatki ostanejo shranjeni brez napajanja. V teh primerih je potrebno uporabiti zunanje napajanje ali baterije za ohranjanje podatkov po izklopu računalniku [21].

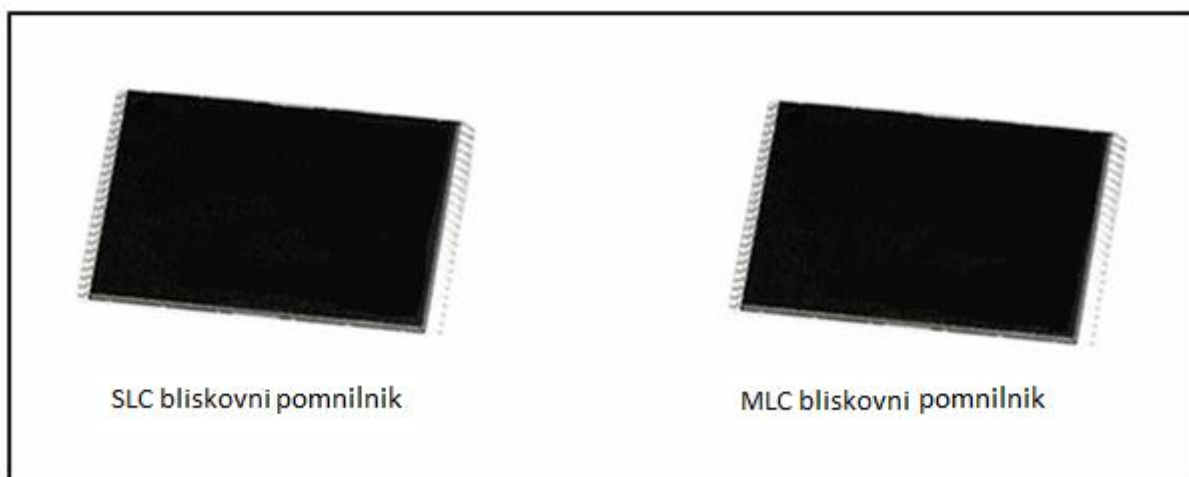
3.2.3.1 Struktura enojedrne in večjedrne celice

Enojedrni (ang. single level cell - SLC) in večjedrni (ang. multi level cell - MLC) bliskovni pomnilnik sta si podobna v izgledu, kot je razvidno iz Slika 24. MLC bliskovne naprave so cenejše in omogočajo večjo gostoto shranjevanja. SLC bliskovne naprave pa zagotavljajo hitrejše pisanje in večjo zanesljivost tudi pri temperaturah, ki so izven območja delovanja MLC bliskovnih naprav (prikazano v Tabela 3).

Tabela 3: Prikaz prednosti in slabosti SLC in MLC bliskovnih pomnilnikov.

	SLC	MLC
Višja gostota (ang. high density)		X
Cenejši glede na bit		X
Vzdržljivost – odpornost na zunanje vplive (ang. endurance)	X	
Odpornost na zunanje temperaturne razlike.	X	
Nižja poraba energije	X	
Višja hitrost pisanja / brisanja	X	
Omogoča več pisalnih / bralnih ciklov	X	

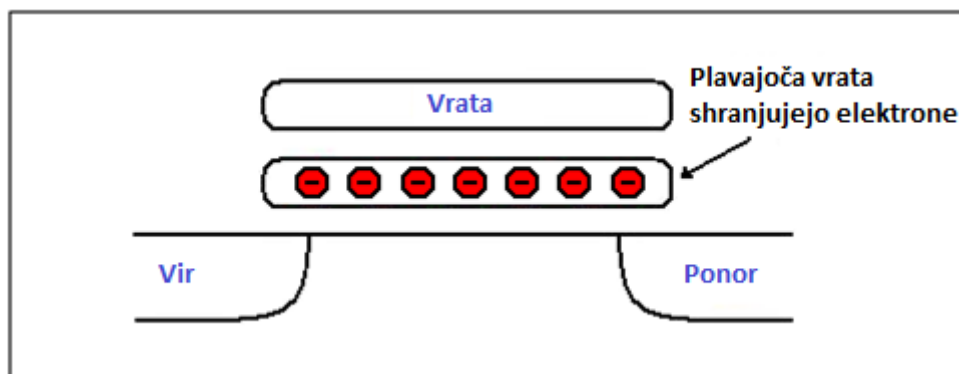
Glede na dejavnike je razvidno, da je SLC pomnilniška celica zelo prilagodljiva na zunanje dejavnike in jo uporabljajo v vgrajenih sistemih, medtem ko je MLC pomnilniška celica bolj uporabna za mobilne naprave.



Slika 24: Slika SLC in MLC celice

Pri izbiri pomnilniške celice je potrebno analizirati, kako se bo le-ta uporabljala. Na primer pri prenosnem čitalcu bar kod bo večino razvojnih inženirjev uporabilo SLC pomnilniško celico, saj je pomembna učinkovitost in vzdržljivost, medtem ko pri prenosnem MP3 predvajalniku, kjer sta pomembni cena in odpornost na zunanje vplive, MLC.

Vsaka celica je sestavljena iz enega samega tranzistorja s posebnimi plavajočimi vrati (ang. floating gate), ki lahko hrani elektrone.



Slika 25: Arhitektura celice

Velika napetostna razlika med ponorom (ang. drain - V_d) in virom (ang. source - V_s), $V_d - V_s$, ustvarja veliko električno polje med ponorom in virom. Električno polje spremeni neprevodni kanal v prevodni kanal, ki dovoljuje elektronom pot med virom in ponorom.

Prevodni kanal, ki ga ustvari električno polje, se uporabljajo za prehod elektronov iz kanala na plavajoča vrata. Bolj kot se elektron približuje ponoru, večji zagon in več energije se ustvari. Ta količina energije ni zadostna za potiskanje elektronov na plavajoča vrata. Elektroni z visokim zagonom v bližini ponora lahko včasih naletijo na silicijev atom, kar omogoči elektronu dovolj energije za prehod čez plavajoča vrata.

Število elektronov na plavajočih vratih vpliva na prag napetosti celic V_t . Ta učinek se meri za določanje stanja celic. Arhitektura celice je prikazana na Slika 25.

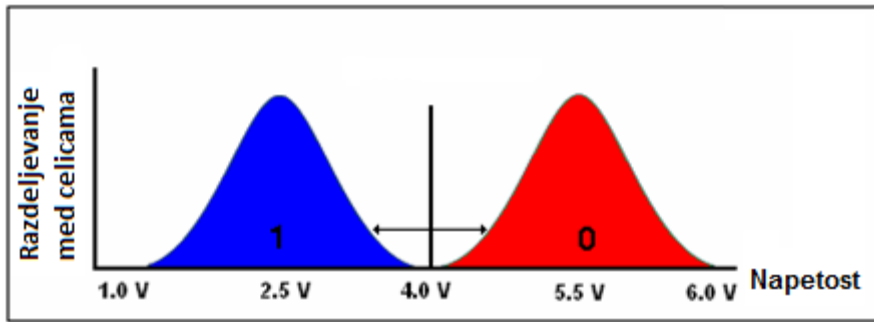
3.2.3.1.1 Enojedrna celica

Že po imenu lahko vidimo, da SLC hrani en bit vrednosti na celico, ki je v bistvu napetostni nivo. Vrednost je lahko »0« ali »1«, kot je prikazano v Tabela 4.

Tabela 4: SLC stanja

Vrednost	Stanje
0	Programirano
1	Zbrisano

Celica predstavlja enega od dveh stanj, ki sta lahko programirano stanje ali zbrisano stanje.



Slika 26: Pragovna napetost v celici SLC

Vrednost »0« ali »1« se določi glede na pragovno napetost celice, ki je prikazana na Slika 26. Pragovno napetost določajo plavajoča vrata, glede na to, koliko energije hrani. Dodajanje energije na plavajoča vrata poveča pragovno napetost v celici. Celico beremo kot programirano, ko pragovna napetost postane dovolj visoka, več kot 4,0 V. Če pragovna napetost pade pod 4,0 V, celico beremo kot zbrisano.

SLC se uporablja predvsem za poslovne in industrijske aplikacije, ki zahtevajo visoko zmogljivost in dolgoročno zanesljivost.

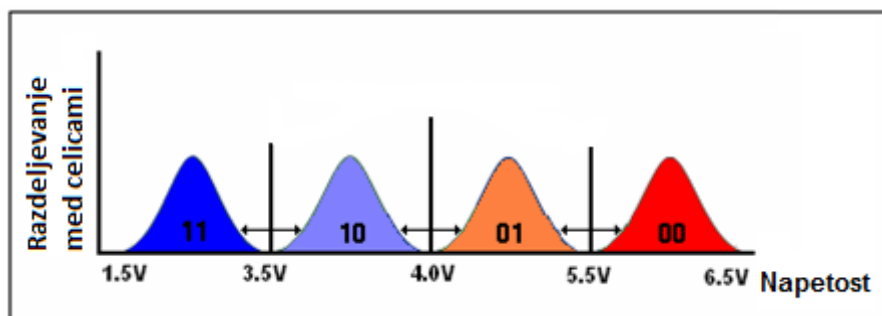
3.2.3.1.2 Večjederna celica

Iz imena je razvidno, da obstaja več vrednosti, ki jih lahko celica MLC predstavlja. Vrednosti si je mogoče razlagati kot štiri ločene: »00«, »01«, »10« ali »11«, ki jih prikazuje Tabela 5.

Tabela 5: MLC stanja

Vrednost	Stanje
00	Popolnoma programirano
01	Delno programirano
10	Delno zbrisano
11	Popolnoma zbrisano

Vsako izmed teh štirih stanj predstavljata dva bita. Kot je razvidno iz tabele, vrednosti dveh bitov segajo od popolnoma programiranega stanja do popolnoma izbrisane stanja.



Slika 27: Pragovna napetost v celici MLC

MLC ima možnost, da spreminja napetost in s tem spreminja stanja, ki jih vidimo na Slika 27. Pri približevanju referenčni točki oziroma točki, ki ločuje celici, se raven zmanjšuje, medtem ko se pri oddaljevanju raven zvišuje. Na tak način dosežemo bolj strogo nadzorovano programiranje, ki je potrebno za manipuliranje bolj natančnih vrednosti, shranjenih na plavajočih vratih. Bliskovne pomnilniške celice morajo upoštevati dve značilnosti MLC tehnologije:

- nastavljanje naboja (ang. precise charge placement) in
- zaznavanja naboja (ang. precise charge sensing).

MLC deluje na enak način kot SLC. Prag napetosti se uporablja za manipuliranje stanja celice. Plavajoča vrata določajo pragovno napetost glede na količino energije, ki jo vsebujejo.

Trenutna MLC tehnologija uporablja dva bita in posledično 4 stanja, možno pa je uporabljati tudi več bitov. Enačba 1 je generična enačba, ki nam pove, koliko stanj dobimo ob uporabi N bitov.

Enačba 1

$$\text{Št_stanj} = 2^N$$

Število N je enako številu bitov v zeleni celici. Na primer za celico, ki ima tri bite, potrebujemo 8 stanj: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

MLC se uporablja predvsem v potrošniških aplikacijah, ki ne zahtevajo dolgoročne zanesljivosti, kot so USB ključi, prenosni predvajalniki in pomnilniške kartice.

3.2.3.1.3 Primerjava med SLC in MLC

Tabela 6: Primerjava med SLC in MLC

Lastnosti	SLC	MLC	
Gostota na čip (ang. density)	16 Mb	32 Mb	64 Mb
Dostopni čas (ang. read speed)	100 ns	120 ns	150 ns
Velikost blokov (ang. block size)	64 KB	128 KB	
Arhitektura vodila (ang. bus architecture)	x8	x8/x16	
Vzdržljivost (ang. endurance)	100.000 zapisovanj	10.000 zapisovanj	
Delovna temperatura (ang. operating temperature)	industrijska	potrošniška	

Iz Tabela 6 je razvidno, da je pri uporabi enake velikosti čipa gostota zapisa podatkov na čip pri MLC tehnologiji dvakrat do štirikrat večja.

Dostopni čas je boljši pri SLC kot MLC. Diski ki uporabljajo SLC celice, imajo dostopni čas od 0,10 ms – do 0,20 ms, diski, ki uporabljajo MLC tehnologijo, pa od 0,20 ms – 0,50 ms. Pri branju stanj celice primerjamo prag napetosti s preizkuševalcem napetosti. Sama arhitektura ne vpliva na preizkušanje napetosti. V splošnem na hitrost vpliva le regulator za preizkušanje napetosti.

Vzdržljivost SLC je desetkrat večja kot pri MLC. Vzdržljivost MLC se zmanjšuje zaradi večje degradacije silicija. To je glavni razlog, zakaj se SLC več uporablja v industriji in MLC pri običajnih potrošnikih.

Višje temperature povzročajo večje »uhajanje« napetosti iz celice. Zaradi uhajanja lahko preizkuševalec napetosti zazna napačno stanje. Tako lahko MLC uporabljamo le v potrošniške namene.

Izbira prave tehnologije je predvsem odvisna od potreb. Kadar sta za naš sistem pomembni sposobnost in trajnost, je smiselno uporabiti SLC, če pa iščemo čim nižjo ceno in visoko gostoto shranjevanja, pa je MLC prava izbira [30].

3.3 Predpomnilnik

Polprevodniški disk, ki temelji na bliskovnem pomnilniku, običajno uporablja majhno količino DRAM predpomnilnika, podobno kot uporabljajo trdi diski predpomnilnik. Ko pogon deluje, je v predpomnilniku shranjen imenik postavitev blokov in podatkov po straneh. Podatki so trajno shranjeni v predpomnilniku, saj je vedno pod napajanjem, za to skrbi baterija. Polprevodniški diskovni krmilnik proizvajalca SandForce ne uporablja zunanjega DRAM predpomnilnika za svoje modele, vendar še vedno dosega zelo visoke zmogljivosti. Odprava zunanjega DRAM predpomnilnika omogoča večji prostor za druge sestavine bliskovnega pomnilnika in tako lahko zgradimo še manjše polprevodniške diske.

3.4 Baterije ali super kondenzatorji

Druga komponenta pri upravljanju polprevodniških diskov je kondenzator ali kakšna druga oblika baterij. Te so potrebne za vzdrževanje integritete podatkov, ko disk izgubi napajanje in se podatki v predpomnilniku ne izbrišejo. Nekatere imajo celo dovolj moči, da ohranjajo podatki v predpomnilniku, dokler se ne povrne napajanje. V primeru bliskovnega pomnilnika MLC se problem imenuje nižja stran korupcije in lahko se zgodi, da MLC bliskovni pomnilnik izgubi napajanje, medtem ko programira čip, ki je sestavljen iz več celic. Rezultat podatkov, zapisanih že prej, se šteje za varnega, ampak je lahko poškodovan, če pomnilnik ne

podpira super kondenzator v primeru nenadne izgube energije. Ta problem ne obstaja pri bliskovnih pomnilnikih SLC, saj programira samo eno celico.

3.5 Vmesnik gostitelja

Vmesnik gostitelja (ang. Host interface) ni izrecno del polprevodniških diskov, vendar je ključni del pogona. Vmesnik je običajno vključen v krmilnik. Najbolj tipični primeri vmesnikov, ki jih najdemo tudi pri diskih, so:

- serijski ATA (ang. serial ATA) [33],
- serijski vmesnik SCSI (ang. serial attached - SCSI), navadno na voljo na strežnikih [34],
- PCI hiter vmesnik (ang. PCI express) [35],
- kanal iz optičnih vlaken (ang. fibre channel), skoraj izključno na voljo na strežnikih [36],
- USB [37],
- paralelni ATA vmesnik (ang. parallel ATA - IDE) [38], večinoma nadomesti s SATA [33] in
- paralelni SCSI vmesnik (ang. parallel small computer system interface) [39], ponavadi se nahajajo na strežnikih, večinoma nadomesti s SAS [34].

3.6 Oblikovni dejavnik

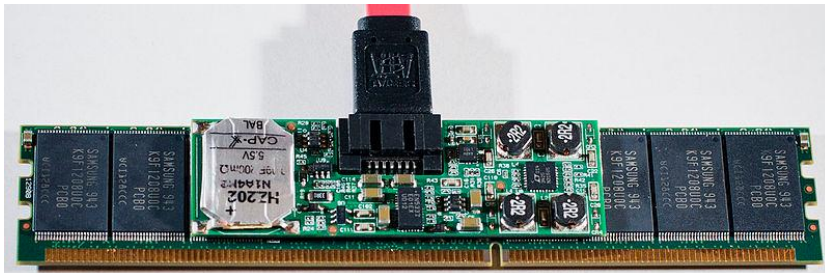
Velikost in oblika katere koli naprave je v veliki meri pogojena z velikostjo in obliko sestavnih delov, uporabljenih v notranjosti naprave. Tradicionalni magnetni diski in optični pogoni so zasnovani po obliki vrtečega se diska, skupaj z bralno-pisalno glavo v notranjosti. Nasprotno pa je polprevodniški disk sestavljen iz različnih med seboj povezanih integriranih vezij (ang. integrated circuit - IC) in konektorja vmesnika. Tako njegova oblika ni več omejena na obliko vrtečega se diska. Nekateri polprevodniški diski so v večjem ohišju, ki je lahko stojalo z logičnimi priklopi (ang. rack-mount chassis) s številnimi polprevodniškimi diski v notranjosti. Ti diski so povezani z notranjim vodilom in imajo na zunaj samo en priključek.

3.6.1 Tipične oblike polprevodniških diskov

Od magnetnih trdih diskov so SSD diski podedovali obliko obsežne infrastrukture, ki je enostavna za namestitev in priključitev na sistem. Obstoječe oblike magnetnih in polprevodniških diskov se po velikosti ohišja delijo na 5,25 ", 3,5 ", 2,5 "in 1,8 ".

3.6.2 Ostale oblike polprevodniških diskov

Oblikovni dejavniki, ki so se bolj pogosto uporabljali na pomnilniških modulih, se zdaj uporabljajo pri polprevodniških diskih. Nekatere od teh imajo PCI, PCIe, mini PCIe ali mini-DIMM. Proizvajalec InnoDisk proizvaja pogon, ki se priklopi neposredno na priključek SATA na matični plošči brez kakršne koli druge podpore [27]. SATADIMM od Viking Modular uporablja prazno DDR3 DIMM režo na matični plošči, ki zagotavlja napajanje za pogon z ločenim priključkom SATA za prenašanje podatkov na računalnik, prikazano na Slika 28. Montaža je zelo preprosta, saj za namestitev polprevodniškega diska z enako zmogljivostjo, kot navaden disk potrebujemo 2,5 " v razširitveni reži.



Slika 28: Viking Modular SATADIMM kabel

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Viking_Modular_SATADIMM_w_Cable.jpg

Nekateri polprevodniški diski temeljijo na PCIe prikljupu in uporabljajo režo PCIe za podatkovni vmesnik in napajanje. Primer takšnega diska je prikazan na Slika 29. Takšne enote se lahko uporabijo bodisi neposredno na PCIe bliskovnih krmilnikih ali z mostom med PCIe in SATA napravo, ki se nato poveže z bliskovnim SATA krmilnikom [40].



Slika 29: PCIe polprevodniški disk OCZ RevoDrive ties X2

Vir: http://digitalspower.info/uploadfiles/phonereviewerinfo-1295081467/ocz-revdrive-x2-240gb-pci-express-ssd-review_1.jpg

3.7 Primerjava med polprevodniškimi diski in magnetnimi trdimi diski

Primerjava med polprevodniškimi diski in navadnimi magnetnimi trdimi diski je težka. Tradicionalna merila uspešnosti magnetnega trdega diska so osredotočena na iskanje šibkih točk, kot je rotacijski čas in podobno. Nasprotno se polprevodniški diski ne vrtijo in tako lahko kažejo veliko premoč v takih preskusih. Vendar pa se pri polprevodniških diskih z mešanim branjem in pisanjem v daljšem časovnem obdobju poslabšajo njihove sposobnosti. Preiskovanje polprevodniških diskov je potrebno narediti z dvema diskoma, in sicer s prvim, ki je že bil v uporabi (poln disk) in drugim, ki je prazen (nov iz škatle). Pokaže se, da je drugi disk, ki je nov in nerabljen, veliko bolj uspešen kot prvi, ki je bil že rabljen. Pri zmogljivosti polprevodniških diskov je na to zelo vplivala možnost pisanja v prazne bloke. Predhodno napisane bloke podatkov, ki se več ne uporabljajo, TRIM [41] zbríše. Ampak tudi s TRIMom se za nekaj prostih blokov zmanjša zmogljivost, saj zasede nekaj prostora na disku.

Tabela 7 prikazuje primerjavo med polprevodniškimi diski in magnetnimi diski, in sicer splošne lastnosti. Ta primerjava ni osredotočena za točno določeno napravo.

Tabela 7: Primerjava med polprevodniškimi diski in magnetnimi trdimi diski

Atributi ali lastnosti	Polprevodniški diski	Magnetni trdi diski
Rotacijski čas	Ga ni.	Od nič do sekunde.
Čas naključnega dostopa (ang. random access time)	Približno 0,1 ms – mnogo-krat hitreje kot magnetni diski, saj je dostop do podatkov neposreden.	Obsega 5-10 ms zaradi potrebe, da se premakne glava in počaka, da se podatki zavrtijo pod glavo.
Bralni čas (ang. Read latency time)	V splošnem nizek, ker lahko podatke bere neposredno iz katere koli lokacije; (glej Amdahlov zakon [28]).	Zelo visok, saj mehanske komponente zahtevajo več časa, da se uskladijo (roka z glavo in magnetna plošča).
Zaporedno branje (ang. consistent read performance)	Lastnosti branja se minimalno spreminjajo glede na to, kje so podatki shranjeni.	V primeru, da so podatki zapisani na drobljeni način (ang. fragmented way), bodo odzivni časi zelo različni.
Defragmentacija (ang.	Pri polprevodniških diskih	Magnetni diski ponavadi

defragmentation)	se defragmentacija ne uporablja, ker je zelo majhna korist pri branju podatkov zaporedno in vsaka defragmentacija piše na NAND bliskovni pomnilnik, ki ima omejeno življenjsko dobo.	zahtevajo defragmentacijo po nadaljnji uporabi ali brisanju in pisanju podatkov, zlasti v primeru ko gre za velike datoteke.
Raven hrupa (ang. acoustic levels)	Polprevodniški diski nimajo gibljivih delov in ne proizvajajo zvoka.	Zvok proizvajajo gibljivi deli, in sicer glave in gred motorja. Jakost je odvisna od modela.
Mehanska zanesljivost (ang. mechanical reliability)	Glede na to da ne vsebujejo mehanskih delov, so mehanske okvare minimalne oziroma jih ni.	Vsebujejo veliko gibljivih delov, kateri so vsi podvrženi mehanskim okvarom, ki nastanejo sčasoma.
Vplivanje ostalih dejavnikov v okolju	Odporni na udarce in tresljaje.	Niso odporni na udarce in tresljaje.
Vpliv namagnetnosti	Ne vpliva na bliskovni pomnilnik.	Magneti ali namagneteni valovi lahko spremenijo podatke, ki so na mediju.
Teža in velikost	Teža bliskovnega pomnilnika in vezja je zelo lahka v primerjavi s sestavnimi deli magnetnega trdega diska.	Boljši magnetni trdi diski so v primerjavi s cenejšimi lažji, ampak še vedno težji od polprevodniških diskov.
Izvajanje več opravil istočasno (ang. parallel operations)	Nekateri bliskovni krmilniki imajo več bliskovnih čipov za branje in pisanje, tako lahko istočasno berejo in pišejo več različnih podatkov.	Diski imajo več glav (vsaka stran plošče ima eno), vendar so povezane in si delijo en motor za premikanje, tako da izvajajo več opravil istočasno le delno. Istočasno lahko bere z vseh

		<p>plošč na isti poziciji, če pa so podatki na več različnih pozicijah, pa vzporedno branje ne deluje.</p>
<p>Življenska doba</p>	<p>Polprevodniški diski uporabljajo bliskovni pomnilnik, ki ima omejeno število pisanj, medtem ko polprevodniški diski, ki uporabljajo DRAM pomnilnik, nimajo omejenega števila pisanj.</p>	<p>Magnetni trdi diski nimajo omejenega števila pisanj.</p>
<p>Programska oprema za enkripcijo - šifriranje</p>	<p>NAND bliskovnega pomnilnika ni mogoče prepisati, temveč ga je potrebno najprej zbrisati. V primeru, ko programska oprema za šifriranje podatkov šifrira podatke, ki so že na polprevodniškem disku, ostanejo prepisani podatki z ničlami še vedno nezavarovani, nešifrirani in dostopni. Če pogon temelji na strojnem šifriranju, tega problema nima. Podatkov ni mogoče varno izbrisati s prepisovanjem izvirne datoteke brez posebnega varnega izbrisa (ang. secure erase) postopkov, vgrajenih v pogon.</p>	<p>Magnetni trdi disk lahko prepíše podatke na disku v posameznem sektorju in tako jih ne moremo več obnoviti.</p>
<p>Cena glede na zmogljivost</p>	<p>Maj 2011, NAND bliskovni polprevodniški disk stane 1,5-2,5 EUR na 1GB</p>	<p>Maj 2011, magnetni disk stane 0,05-0,1 EUR na 1 GB</p>

Prostorske zmogljivosti	Polprevodniški diski obstajajo v različnih velikostih do 2 TB, vendar se običajno uporabljajo 40-200 GB zaradi visoke cene.	Magnetni diski obstajajo v različnih velikostih do 4 TB, običajno se uporabljajo 1 TB.
Bralno pisalne zmogljivosti (ang. Read/write performance)	Cenejši polprevodniški diski imajo ponavadi veliko manjšo hitrost zapisovanja od hitrosti branja podatkov. Dražji imajo približno enako hitrost pisanja in branja. Hitrejši od magnetnih diskov pri branju in pisanju.	Magnetni trdi diski imajo nekoliko nižje hitrosti zapisovanja od hitrosti branja podatkov. Počasnejši od polprevodniških diskov.
Poraba energije	Visoko zmogljivi bliskovni polprevodniški diski trenutno porabijo od 30 % do 50 % elektrike manj kot magnetni trdi diski. Visoko zmogljivi DRAM polprevodniški diski na splošno potrebujejo toliko elektrike kot magnetni diski.	Visoko zmogljivi magnetni diski običajno potrebujejo med 12 in 18 vatov, pogoni, zasnovani za prenosne računalnike, pa običajno 2 vata.

3.8 Komercializacija

3.8.1 Cena in zmogljivost

Tehnološki trend je v dobi zadnjih dveh let za 50 % zmanjšal stroške proizvodnje, hkrati pa so se zmogljivosti povečale za dvakrat. Tako bliskovni polprevodniški diski postajajo zelo popularni na trgih, kot so prenosni računalniki in mini prenosni računalniki za podjetja ter tablični računalniki za zdravstveno varstvo in sektorje zabavne elektronike.

3.8.2 Dostopnost

Tehnologija polprevodniških diskov je na trgu za potrebe v vojaški in vesoljski industriji od sredine devetdesetih let.

Ob prihodu na trg so bili polprevodniški diski nameščeni v ultra prenosne računalnike in lahke prenosne sisteme. Ključna je bila cena prenosnega računalnika in odvisnost od zmogljivosti, oblike in hitrosti delovanja. Leta 2008 so nekateri proizvajalci začeli prodajati dostopne, hitre in energijsko učinkovite diske po ceni okoli 250 EUR za izdelovalce računalnikov. V nižjem cenovnem razredu pa obstajajo USB bliskovni ključki, za katere je cena od 5 do 50 evrov, odvisno od velikosti in kvalitete. Za podobno ceno lahko dobimo tudi CompactFlash kartico s pretvornikom CF-to-IDE, ki jo vidimo na Slika 30 ali CF-to-SATA. Standardne CompactFlash kartice imajo ponavadi hitrost pisanja od 7 do 15 MB/s, medtem ko imajo dražje kartice hitrosti do 40 MB/s.



Slika 30: Bliskovni IDE adapter

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/File:CompactFlash_IDE_Adaptor.jpeg

Ena od prvih uporab polprevodniških diskov je XO prenosni računalnik, zgrajen v projektu 1 One Laptop Per Child [29]. Masovna proizvodnja teh računalnikov, zgrajena za otroke, iz držav v razvoju, se je začela decembra 2007. Dell je začel pošiljati na trg ultra prenosnik s polprevodniškim SanDisk diskom 26. aprila 2007. Asus je začel z modelom subnotebook Eee PC 16. oktobra 2007, Po uspešni reklami in prodaji v letu 2007 so pričakovali več milijonov osebnih računalnikov v letu 2008, z 2, 4 ali 8 GB bliskovnega pomnilnika. 31. januarja 2008 Apple Inc pošlje na trg MacBook Air, tanek prenosni računalnik z vgrajenim 64 GB polprevodniškim diskom. Tako je imelo podjetje Apple približno 999 \$ stroškov več, kot če bi uporabili 80 GB magnetni disk. Naslednja možnost, Lenovo ThinkPad X300 s 64 GB polprevodniškim diskom, je bila napovedana s strani družbe Lenovo v februarju 2008 in je od leta 2008 na voljo potrošnikom v nekaterih državah. 26. avgusta 2008 Lenovo ThinkPad

X301 pride na trg z možnostjo vgradnje 128 GB polprevodniškega diska, ki je dražji za približno 200 \$ v ZDA.

V letu 2008 so se pojavili prvi prenosniki z vgrajenim polprevodniškim diskom. V letu 2009 pa so se začeli polprevodniški diski vse bolj pogosteje vgrajevati v prenosnike.

14. januarja 2008 je postalo podjetje EMC prvi proizvajalec polprevodniških diskov, ki jih je poslalo na prodajne police.

Konec leta 2008 je podjetje Sun predstavilo disk Storage 7000 Unified Storage Systems (s kodnim imenom Amber Road), ki uporablja polprevodniški disk in običajni magnetni disk ter tako koristi prednosti obeh, nizko ceno in visoko hitrost. To je tako imenovani hibridni disk, ki uporablja obe tehnologiji.

Dell je v januarju 2009 ponudil na tržišču polprevodniški disk s kapaciteto 256 GB in ga je bilo možno naročiti kot dodatno opremo v njihovih prenosnih računalnikih.

V maju 2009 je Toshiba začela prodajati prenosnike s 512 GB polprevodniškimi diski.

Od oktobra 2010 imajo Applovi MacBook Air polprevodniški disk že standardno vgrajen.

Decembra 2010 je OCZ REVODRIVE X2 predstavil polprevodniške diske s kapaciteto od 100 do 960 GB, ki dosegajo hitrosti branja in pisanja preko 740 MB/s.

3.9 Življenjska doba

Polprevodniški diski, ki temeljijo na bliskovnem pomnilniku, imajo omejeno število zapisov in izbrisov ciklov. Za uporabnike, ki veliko pišejo, je njihova življenjska doba precej krajša od tradicionalnih magnetnih diskov. Čeprav je bil polprevodniški disk zgrajen z namenom skrajševanja bralno-pisalnih ciklov, lahko pričakujemo, da bo po določenem času uporabe zaganjanje aplikacije ali prijava v operacijski sistem trajala dlje. Tako po nekaj letih uporabe niso več tako hitri, kot so bili na začetku. Življenjska doba je odvisna od pogostosti uporabe. Sedanji polprevodniški diski imajo ob običajni uporabi pričakovano življenjsko dobo od 5 do 10 let, s tem da že po dveh do treh letih začne hitrost branja in pisanja upadati [12].

3.10 Aplikacije

Do leta 2009 so se polprevodniški diski uporabljali predvsem za tiste aplikacije, kjer je potreba po hitrosti sistema za branje in shranjevanje največja. Ko je bliskovni pomnilnik postal sestavni element polprevodniških diskov, so cene začele padati, gostota podatkov na disku pa se je začela povečevati; s tem je postal bolj primeren tudi za ostale aplikacije. Organizacije in podjetja, ki potrebujejo hitrejši dostop do podatkov, so trgovske družbe, telekomunikacijske družbe in internetna televizija. Seznam aplikacij, ki bi lahko imele koristi

od hitrejšega banja in shranjevanja, je velik. Vsako podjetje lahko oceni donosnost naložbe v polprevodniške diske in se nato odloči, ali je primerna zamenjava.

Bliskovni polprevodniški diski se lahko uporabljajo tudi pri omrežih napravah za shranjevanje podatkov. Bliskovni pomnilnik, ki je zaščiten proti pisanju in vsebuje operacijski sistem ter aplikacije, lahko nadomesti fizično večje in manj zanesljive diskete ali CD-ROMe.

Polprevodniški pomnilnik, ki temelji na SD kartici s SD operacijskim sistemom [42], se lahko enostavno zaklene za pisanje. Operacijski sistem, ki se zažene s SD kartice, je robusten, zanesljiv in preprečuje korupcijo. V primeru, da operacijski sistem ne deluje pravilno, je potrebno samo ponovno zagnati računalnik in sistem se povrne nazaj na prvotno stanje.

Microsoftova ReadyBoost [43] tehnologija omogoča bliskovnemu pomnilniku s USB 2.0 priklopom, da se uporablja kot vmesna predpomnilniška plast in je med pomnilnikom in diskom. V letu 2011 je Intel predstavil predpomnilniški mehanizem za njihovim Z68 čipovjem, imenovanim »Smart Response Tehnologija« [44], ki omogoča SATA polprevodniškimi diskom, da so predpomnilnik magnetnim trdim diskom. Podobno tehnologijo uporablja HighPoint za RocketHybrid PCIe kartico [45]. Hibridni pogon temelji na istem načelu, vključuje pa nekaj bliskovnega pomnilnika na pogonu namesto z ločenim polprevodniškim diskom. Na bliskovno plast v teh pogonih lahko neodvisno dostopate iz magnetnih naprav z uporabo ATA-8 ukazov, ki jih omogoča operacijski sistem za njegovo upravljanje. Na primer ReadyDrive tehnologija izrecno shrani datoteko v mirovanju predpomnilnika teh pogonov, ko gre sistem v mirovanje (ang. hibernate), kar posledično pohitri zagon [22].

3.11 Polprevodniški optimizirani datotečni sistemi

Polprevodniški mediji, kot je bliskovni pomnilnik, so podobni magnetnim diskom diskov po njihovem vmesniku, vendar imajo drugačne težave. Medtem ko je problem iskalnega časa praktično odpravljen, pa zahtevajo posebno obravnavo, kot so izravnava obrabe in različne algoritme za odkrivanje in popravljanje napak [12].

3.12 Operacijski sistemi

3.12.1 Microsoft Windows

Operacijski sistemi Windows, razen Windows 7, so optimizirani za magnetne diske, ne pa za polprevodniške diske. Windows Vista ReadyBoost je optimizirana tudi za izkoriščanje značilnosti USB bliskovnih pomnilniških naprav, vendar pri polprevodniških diskih le izboljšuje poravnavo privzete particije, da prepreči spreminjanje iz branja v pisanje, kar zmanjšuje hitrost polprevodniških diskov. To je zato, ker ima večina polprevodniških diskov običajno 4 KB sektorje in večina operacijskih sistemov temelji na 512 B sektorjih. Pravilna

poravnava res ne pomaga vzdržljivosti polprevodniškimi diskom, vendar pa nekaj Vistinih operacij, če jih ne onemogočimo, lahko skrajša življenjsko dobo polprevodniškega diska. Defragmentiranje diska mora biti onemogočeno, ker sama lokacija podatkov na polprevodniškem disku bistveno ne vpliva na njegovo delovanje.

Windows 7 je optimiziran za polprevodniške in magnetne diske. Operacijski sistem išče prisotnost polprevodniškega diska in deluje drugače s tem pogonom. V primeru, ko je prisoten polprevodniški disk, bo Windows 7 onesposobil defragmentacijo diska, SuperFetch in ReadyBoost. Ob prisotnosti polprevodniškega diska pa se avtomatsko vkjuči podpora za TRIM ukaz [41], ki zbira smeti – podatke in jih izbriše. Brez podpore za TRIM se polprevodniški disk ne bi zavedal teh podatkov in bi po nepotrebnem še naprej na novo pisal nove podatke in tako povzročil dodatno obrabo polprevodniškega diska.

3.12.2 Linux

TRIM funkcija je podprta s strani Linux jedra od različice 2.6.33.Ext4 naprej. Datotečni sistem je podprt in uporablja možnost "zavreči" ali izbrisati smeti – odvečne podatke. Najnovejši pripomočki za diske (in za namestitev programske opreme, ki jo bodo uporabljali) uporabljajo tudi pravilno particijsko poravnavo.

3.13 Pomnilniki prihodnosti

Leta 1965 je Gordon Moore napovedal, da se bo število tranzistorjev vsako leto podvojilo. Leta 1975 je napoved popravil na vsaki dve leti, tako se je v dobi 35 let število tranzistorjev na silicijevem čipu povečalo iz enega na skoraj milijardo. Takšen napredek je povsem spremenil sposobnosti digitalnih naprav za izvajanje logičnih operacij in shranjevanje podatkov. Omogočil je revolucijo v našem vsakdanjem življenju in ustvaril novo dobo digitalnih informacij, brez katere si danes sploh ne moremo predstavljati življenja.

V prihodnosti se bo najverjetneje začela uporabljati nanotehnologija ali tehnologija živih nano končičev, s čimer se približujemo obdobju super nanoračunalnikom. Kot zapisovanje pa trenutno napovedujejo strokovnjaki halogramsko zapisovanje [24].

3.13.1 Hologramsko zapisovanje

Predvidevanja kažejo, da bo hologramsko zapisovanje zamenjalo blu-ray tehnologijo. Kako hitro se stvari spremenijo? Istočasno ko blu-ray počasi zamenjuje DVD v uporabi, so razvili še eno novo tehnologijo.

Dvoslojni blu-ray disk lahko shrani 50 GB podatkov. S pisanjem 3D hologramov je možno shrantiti tudi do 20-krat več. Ta korak so omogočili novi materiali, ki so jih razvili s pomočjo novih tehnologij.

CD-ji in DVD-ji shranjujejo podatke v jamice na površini, ki se bere z laserjem. Blu-ray disk lahko vsebuje petkrat več podatkov kot standardni DVD, ker so jamice precej manjše. Pisanje podatkov na dve plasti v disk podvoji obseg podatkov, ki jih je mogoče shraniti. Toda pisanje podatkov za celotno debelino plošče v obliki holograma lahko izjemno poveča pomnilne zmogljivosti.

Par laserskih žarkov uporabljamo za pisanje podatkov v plošče iz plastike, ki so občutljive na svetlobo. Vsi žarki ciljajo na isto mesto. En žarek sveti neprekinjeno, medtem ko se drugi žarki vklopijo in izklopijo za zapisovanje popravkov.

Na mestih, kjer se laserji stikajo na plošči, močna svetloba povzroča molekulam v materialu diska, da se združijo v verige in tako ustvarjajo fizične vzorce, ki predstavljajo 0 in 1 na disk. Ta vzorec je mogoče prebrati z uporabo drugega laserja.

Plastiko, ki se običajno uporablja za shranjevanje hologramskih podatkov, spremenijo tudi strukturne spremembe, ki jih povzroča laser na materialu. Obseg spremembe je majhen, približno 0,23 %. Pri večjih gostotah je napaka lahko dovolj velika, da bi pri branju podatkov z diska napačno prebrali 1 in 0.

"V realnem svetu aplikacij mora biti verjetnost napake pod 0,1%", pravi Hawker. Podjetja, ki razvijajo naprave za holografski zapis podatkov, bi lahko imela koristi od nove tehnike s stiskanjem najmanj 1 TB podatkov na disk standardne velikosti.

Eno takšnih podjetji je Colorado, ki temelji na InPhase tehnologiji [24].

3.13.2 Nanotehnologija

Nanotehnologija pomeni manipulacijo, sintezo in kontrolo snovi na ravni posameznih molekul oz. nanometrskih dimenzij in se pojavlja na vseh področjih obstoječe industrije, od kemijske, tekstilne, računalništva in informatike, transporta, energetike, avtomobilske, še posebej pa farmacevtske in obrambne industrije. Nanotehnologija nam omogoča izdelavo materialov ali naprav, ki so lažje, hitrejše, močnejše, ki imajo popolnoma nove ali pa dodatne, specifične lastnosti.

Koncept nanotehnologije pripisujemo Nobelovemu nagrajencu Richardu Feynmanu, ki ga je podal v svojem predavanju »Na dnu« (oz. spodaj) je še veliko prostora leta 1959, v katerem je nakazal možnosti za operiranje s posameznimi atomi. Prvi pa je izraz nanotehnologija uporabil Norio Taniguchi l. 1974, ki jo je definiriral kot proizvodno tehnologijo, s katero dosežemo izredno natančnost in ultra majhne dimenzije.

Izraz nanotehnologija se je na začetku uporabljal le za prve eksperimente, ki niso imeli kakšne praktične uporabe. Izraz je sestavljen iz besedice nano, ki v grščini pomeni palček, v znanstvenem žargonu pa se uporablja za 10^{-9} (1 nm je milijardinka metra) in tehnologija, ki pomeni izdelovanje oz. način izdelovanja stvari. Nanotehnologija se je iz časov prvih

eksperimentov razširila na različna področja, kar je povzročilo tudi nastanek novih izrazov, kot so molekularna nanotehnologija in molekularno inženirstvo, [25].

Izum in patentiranje nanotehnologije bo vodilo tehnologijo za shranjevanje podatkov s čedalje večjimi zahtevami za shranjevanje podatkov v tem tisočletju.

Michael E. Thomas, predsednik Colossal Storage Corporation, je izumitelj prepisljive feroelektrične molekularne nanotehnologije za optično shranjevanje, ki bi lahko postala ena glavnih tehnologiji za shranjevanje podatkov [47].

Thomas, ki ima več kot 30 let izkušenj na področju shranjevanja podatkov, predvideva, da je potrebno zadostiti vse večjo potrebo po hitri in prostorni rešitvi za shranjevanje podatkov. Leta 1974 je izdeloval kar 5 MB diske, največje v tistem času na svetu.

4 Zaključek

Razvoj pomnilnikov sega v obdobje razvoja računalnikov. Brez pomnilnikov si s samim računalnikom ne moremo nič pomagati, ker nimamo kje hraniti podatkov, pa naj bo to pred ali po obdelavi. V nalogi smo si podrobneje ogledali zunanje pomnilnike, njihov razvoj in uporabo.

V preteklosti so se izmenjavale različne oblike zunanjih pomnilnikov in s pomočjo razvoja smo prišli na trenutno stopnjo.

Sodobne računalniške sisteme najbolj omejuje počasnost magnetnih trdih diskov in izguba podatkov ob poškodbah le-teh. Poleg vsega pa se v sedanosti tudi bolj upošteva zelenost oziroma energijsko učinkovitost diskov in v vseh teh pogledih je polprevodniški disk veliko boljši od magnetnega diska.

Magnetni diski se še vedno razvijajo in napredujejo iz leta v leto, ampak nemogoče je, da bi postali hitrejši od polprevodniških diskov. Magnetni diski vsebujejo gibljive dele, kateri so omejeni s hitrostjo. Tako pridemo do dejstva, da, ko se bo polprevodniška tehnologija pocenila ali približala na nivo magnetne tehnologije, bodo magnetni diski šli v pozabo kot vsi zunanji pomnilniki pred tem.

Trenutno se je po svetu zelo povečalo povpraševanje po polprevodniških diskih, saj so se zaradi naravnih nesreč [46] povečale cene magnetnih diskov. Tako lahko vidimo, da je tudi narava poskrbela za napredek v tehnologiji.

Samo predvidevamo lahko, kakšno obliko zapisa bomo uporabili v prihodnosti. Saj lahko praktično čez noč znanstveniki odkrijejo malenkost, ki bo omogočila enormne spremembe.

Zaključim lahko, da je polprevodniški disk zelo dobra zamenjava magnetnega trdega diska v domačem računalniku, še posebej ga priporočam v prenosni računalnikih, saj polprevodniški disk je odporen na tresljaje.

Literatura

- [1] http://sl.wikipedia.org/wiki/Zunanji_pomnilnik (19.4.2012)
- [2] http://www.sc-nm.com/e-gradivo/KIT/zunanji_pomnilniki.html (19.4.2012)
- [3] http://colos1.fri.uni-lj.si/ERI/RACUNALNISTVO/PODATKOVNE_BAZE/magnetni_trak.html (19.4.2012)
- [4] http://sl.wikipedia.org/wiki/Luknjani_trak (19.4.2012)
- [5] http://sl.wikipedia.org/wiki/Luknjana_kartica (19.4.2012)
- [6] http://www.e-studij.si/Magnetni_disk (19.4.2012)
- [7] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Disketa> (19.4.2012)
- [8] <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2003/ura/Mikuz/2/trdidisk.html#opis> (19.4.2012)
- [9] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Disketa> (19.4.2012)
- [10] http://sl.wikipedia.org/wiki/Kompaktni_disk (19.4.2012)
- [11] http://sl.wikipedia.org/wiki/Blu-ray_Disc (19.4.2012)
- [12] <http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/SSD> (19.4.2012)
- [13] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Videokaseta> (19.4.2012)
- [14] http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Binarni_zapis (19.4.2012)
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/Jacquard_loom (19.4.2012)
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Bain_%28inventor%29 (19.4.2012)
- [17] <http://en.wikipedia.org/wiki/ASCII> (19.4.2012)
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Herman_Hollerith (19.4.2012)
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Punched_card (19.4.2012)
- [20] <http://racunalniski-muzej.si/zbirka/shranjevanje-podatkov/magnetni-trak> (19.4.2012)
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_file_systems#File_systems_optimized_for_flash_memory.2C_solid_state_media (19.4.2012)
- [22] http://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive (19.4.2012)
- [23] http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory#NAND_flash (19.4.2012)
- [24] <http://www.psaudio.com/ps/news/holographic-storage-could-replace-blue-ray> (19.4.2012)
- [25] <http://www.nanosvet.com/Nanotehnologija/nanotehnologija.htm> (19.4.2012)
- [26] <http://inventors.about.com/od/qrstartinventors/a/CD.htm> (19.4.2012)

- [27] <http://www.innodisk.com/> (19.4.2012)
- [28] <http://www.scl.ameslab.gov/Publications/Gus/AmdahlsLaw/Amdahls.html> (19.4.2012)
- [29] <http://one.laptop.org/> (19.4.2012)
- [30] http://www.supertalent.com/datasheets/SLC_vs_MLC%20whitepaper.pdf (19.4.2012)
- [31] <http://vision.fe.uni-lj.si/classes/GSPV/GSPV-Pred-2005-06/Gspv-2005-VM-Ostranjenje.pdf> (19.4.2012)
- [32] http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci514667,00.html (19.4.2012)
- [33] <http://www.sata-io.org/> (19.4.2012)
- [34] <http://searchstorage.techtarget.com/definition/serial-attached-SCSI> (19.4.2012)
- [35] <http://arstechnica.com/old/content/2004/07/pcie.ars> (19.4.2012)
- [36] <http://searchstorage.techtarget.com/definition/Fibre-Channel> (19.4.2012)
- [37] <http://www.usb.org/home> (19.4.2012)
- [38] http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_ATA (19.4.2012)
- [39] <http://en.wikipedia.org/wiki/SCSI> (19.4.2012)
- [40] <http://www.areca.com.tw/products/pcie.htm> (19.4.2012)
- [41] <http://en.wikipedia.org/wiki/TRIM> (19.4.2012)
- [42] http://chdk.wikia.com/wiki/Prepare_your_SD_card (19.4.2012)
- [43] <http://en.wikipedia.org/wiki/ReadyBoost> (19.4.2012)
- [44] http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_Response_Technology (19.4.2012)
- [45] <http://news.softpedia.com/news/HighPoint-RocketHybrid-HBA-Cards-Transform-Any-HDD-and-SSD-Combo-Into-a-Hybrid-Storage-Drive-181725.shtml> (19.4.2012)
- [46] <http://www.delo.si/druzba/infoteh/trdi-diski-se-ze-drazijo-racunalniki-utegnejo-slediti.html> (19.4.2012)
- [47] http://colossalstorage.net/3page_poster.pdf (19.4.2012)
- [48] http://www.voyle.net/Guest%20Writers/Michael%20E.%20Thomas/Atomic_press.htm (19.4.2012)