

## 5. ELEMENTI HARDVERA

Principi rada računara dobro su poznati i u osnovi se zasnivaju na matematičkom aparatu koji je objašnjen u prethodnim poglavljima.

Tom aparatu dodajemo elektroniku koja praktično može da realizuje prethodne postavke, kao i nešto mehaničkih dijelova.

Povezivanjem ovih u složenije, dobijaju se osnovne komponente savremenog računara, koje su ranije već pomenute. To su:

1. memorija,
2. aritmetičko-logička jedinica,
3. upravljačka jedinica,
4. ulazne jedinice i
5. izlazne jedinice.

Svaka od ovih jedinica ima svoj značaj u radu cjelokupnog računara i omogućuje dio procesa obrade podataka. Detaljnije će se objasniti neke od ovih komponenata.

### 5.1 Memorija

Jedna od osnovnih karakteristika računara je njegova mogućnost da radi s velikom količinom podataka.

Svi ovi podaci ne mogu se istovremeno obrađivati u računaru, nego se ta obrada vrši postepeno. Dok se jedni podaci obrađuju, korištenjem odgovarajućih programa, druge je potrebno zapamtiti, privremeno ili na duže vrijeme, da bi se tek kasnije u slučaju potrebe mogli obraditi.

Ovo pamćenje ili memorisanje podataka, ali i programa, vrši se u memoriji računara.

**Dakle, osnovni zadatak memorije je da se u nju smjeste, odnosno upišu podaci, da bi se kasnije mogli čitati. U memoriji se ne mogu vršiti obrade** (sabiranje, oduzimanje i sl.). Mogu se samo donositi podaci da se memorišu (zapišu u memoriju), ili memorisane podatke prenositi u druge dijelove računara radi obrade (čitanje iz memorije).

**Funkcija memorisanja se realizuje u:** registrima centralnog procesora, cache memoriji, centralnoj memoriji i na jedinicama periferne memorije.

### 5.1.1 Registarske memorije

Registar je vrsta memorije koja je smještena u procesoru.

Registri služe za privremeno memorisanje informacija.

Kapacitet registara najčešće je jedna mašinska riječ, čija dužina je jednaka broju bitova koje je procesor u stanju da istovremeno obradi.

Registri se projektuju tako da vrijeme pristupa sadržaju registra odgovara brzini rada procesora.

U procesoru postoji nekoliko registara različite namjene:

- za memorisanje međurezultata koriste se tzv. akumulatori,
- za čuvanje instrukcija – registar instrukcija (instrukcioni registar – IR),
- za dohvatanje instrukcija i podataka služi tzv. programski brojač (program counter – PC).

### 5.1.2 Centralna memorija

Centralna meorija zove se još i primarna, glavna, radna, ili operativna memorija.

Ovo je poseban dio računara koji je u direktnoj vezi s procesorom, odnosno aritmetičkom i upravljačkom jedinicom.

Ova memorija je veoma brza. Kod današnjih računara kapacitet joj se kreće od nekoliko stotina megabajta, do nekoliko gigabajta.

Svi podaci i programi moraju biti smješteni u centralnu memorijsku jedinicu prije nego što se mogu koristiti u obradi.

Centralna memorija računara ima višestruku namjenu:

1. čuva takozvane sistemske programe, koji od momenta uključanja upravljaju radom računara i omogućavaju komunikaciju između čovjeka i mašine;
2. prihvata korisnikove aplikativne programe za obavljanje konkretnih poslova, radne podatke i čuva međurezultate i rezultate obrade;
3. prihvata programe koji prevode korisnikove izvorne programe, pisane u nekom višem programskom jeziku, u oblik pristupačan elektronskim kolima računara.

Prema tehnologiji memorijskih elemenata, kod starijih tipova računara za centralne memorije su korištene memorije sa magnetnim jezgrima.

Kod savremenih računara, centralna memorijska jedinica sastoji se od poluprovodničkih memorija.

One su znatno brže, dimenzije su im manje, a i cijena im je niža od ranijih rješenja. Pojavile su se razvojem nove tehnologije koja se bazira na povezivanju velikog broja elektronskih sklopova tipa flip-flop na samo jednom poluprovodničkom elementu. To su tzv. kola visoke integracije – čipovi.

U osnovi poluprovodničke memorije se dijele u dvije klase:

1. RAM (Random Access Memory) memorije – nazivaju se i memorije sa direktnim pristupom. Nad njima se mogu nesmetano vršiti obje osnovne operacije: čitanje i pisanje. Primjenjuju se za pohranjivanje podataka i programa koji nisu stalni, tako da se u toku rada sadržaj ove memorije može jednostavno mijenjati, dopunjavati ili brisati. RAM čipovi gube svoj sadržaj po isključenju napajanja;
2. ROM (Read Only Memory) memorije – poseban tip memorija iz kojih je omogućeno samo čitanje. Prilikom upotrebe centralne memorije, sadržaj u nekim ćelijama se veoma rijetko mijenja, a u nekim se uopće i ne mijenja. Za ovakve slučajeve pokazalo se opravdanim uvođenje specijalnih rješenja za memoriju. To su tzv. postojeane poluprovodničke memorije. Kod njih je pristup s ciljem čitanja memorije uvijek moguć. Međutim, zapisivanje u memoriju je moguće samo prilikom konstrukcije memorije ili u nekim rješenjima kada je ova memorija van upotrebe. Razlozi za uvođenje ovih memorija su:
  - niža cijena,
  - veća brzina,
  - veća gustina smještaja elektronskih elemenata, pa time i veći kapacitet,
  - obezbjeđenje od neželjenih izmjena postojećeg sadržaja.

Sadržaj ROM memorija ostaje sačuvan i poslije isključenja računara sa izvora napajanja.

## **Zapisivanje i čitanje podataka u centralnoj memoriji**

Centralna memorija je podijeljena u mnogo malih sekcija nazvanih memorijske lokacije. Za CPU centralna memorija je sekvenca riječi. Elektronika koja fizički realizuje memorisanje jedne riječi naziva se memorijskom lokacijom.

Centralna memorija se često upoređuje sa grupom poštanskih sandučića, gdje svaki od njih ima svoju adresu i sposoban je da memoriše jedan dio podataka.

Naime, svaka pozicija memorije ima specifičnu numeričku lokaciju nazvanu adresa, tako da računar može lako locirati sadržaj memorisanih podataka.

Adresiranje je zapravo numerisanje memorijskih lokacija rednim brojevima od 0 do k-1. Redni broj lokacija predstavlja adresu lokacije, a ukupan broj lokacija je kapacitet memorije. Skup svih memorijskih lokacija kojima procesor može da pristupi čini memorijski adresni prostor ili memorijsku mapu.

Savremeni računari najčešće podržavaju i koncept virtualne memorije.

### **5.1.3 Periferne memorije**

Periferna memorija često se zove i sekundarna, eksterna ili masovna.

Kapacitet joj je znatno veći od kapaciteta centralne memorije.

Međutim, ove memorije su znatno sporije i nisu direktno vezane sa procesorom računara, nego preko centralne memorije (odatle i naziv "sekundarna").

Programi memorisani na perifernoj memoriji moraju se prvo učitati u centralnu memoriju pa tek onda izvršavati. Isto važi i za podatke koji se prvo moraju smjestiti u centralnu memoriju pa tek onda obrađivati.

Za realizaciju ovih memorija koristi se nekoliko tehnologija zapisa podataka na medij: magnetna, optička, magnetooptička i magnetna s promjenom faze.

## **Magnetski zapis**

Kod magnetne tehnologije podaci se upisuju ili učitavaju preko magnetnog medija koji je pokretan ispred tzv. glava za čitanje i pisanje.

Magnetni medij je tanki sloj od feritnog materijala nanešen na noseću površinu (disk, traku i slično).

Prilikom snimanja podataka na memoriju, odnosno čitanja podataka iz ove memorije, noseća površina se kreće (pravolinijski kod traka ili kružno kod diskova i disketa) ispred glava za čitanje i pisanje.

**Princip zapisivanja je slijedeći:** dovodenjem struje u glavu za pisanje i pokretanjem feritnog medija ispod glave vrši se magnetisanje tog medija u jednom ili drugom smjeru (zapis "0" ili "1"). Prestankom dovoda struje u glavi, medij je i dalje namagnetisan, odnosno podatak je memorisan.

**Prilikom čitanja proces je obrnut.** Prolaskom namagnetisanog medija pored glave za čitanje pojavljuje se struja u glavi, što predstavlja pročitani podatak.

**Memorijski uređaji sa magnetnim trakama** (jedinice magnetnih traka) dugo vremena su bili jedino rješenje za periferne memorije.

Danas su potisnute zbog sporosti njihovog rada u odnosu na magnetske diskove, ali su zbog relativno niske cijene i velikog kapaciteta memorisanih podataka još u primjeni, prvenstveno za arhiviranje podataka.

Na taj način se vrši i zaštita podataka sa magnetnih diskova računara za slučaj njihove havarije ili gubitka programa i podataka zbog drugih uzroka.

Podaci se na traku zapisuju po kanalima, kojih ima devet, osam za upisivanje podataka (za paralelni zapis jednog bajta) i deveti kanal kao kontrolni koji omogućuje da se ispita da li se podatak koji je upisan na traku pravilno čita. Zbog postojanja više kanala, za svaki kanal postoji glava za čitanje i pisanje.

Podaci se na traku upisuju jedan iza drugog, a ovim redoslijedom se i čitaju. Da bi smo pročitali jedan podatak na sredini trake, potrebno je pročitati i sve podatke prije njega. Uz malu brzinu kretanja trake ispod glave, to su razlozi zbog kojih je ova jedinica dosta spora. Isto se odnosi i na kasete. U nedostatke se može ubrojati i visoka osjetljivost na ekstremne temperature.

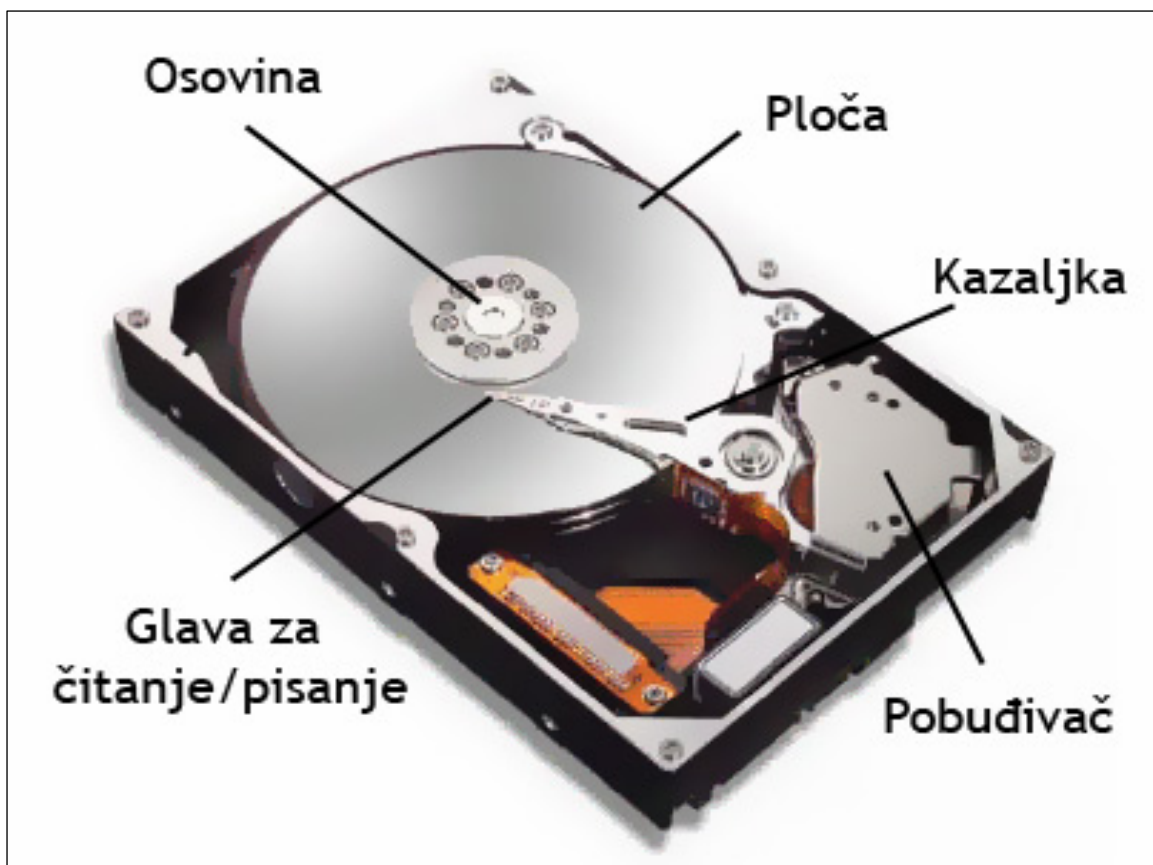
Zbog toga su primat preuzele jedinice periferne memorije sa direktnim pristupom: magnetne diskete, magnetni diskovi, CD-ROM-ovi i dr.

Savremenija i kvalitetnija verzija magnetnih traka su strimer-trake (kertridži), kojima je prvenstvena namjena pohranjivanje podataka (back up) radi zaštite. Kapacitet im obično iznosi nekoliko stotina MB (120, 250 ili više Mb).

Slijedeće rješenje za trajnu pohranu podataka bila je disketna jedinica sa magnetnom disketom kao medijem (engl. floppy disc). To je okrugla savitljiva (floppy) poliesterska ploča presvučena magnetnom emulzijom. Jeftina je i omogućuje izmjenu medija (kao i kod magnetne trake). Promjer disketa iznosio je najprije 5,25" sa kapaciteom 1,2 MB, dok je kasnije u standard ušla disketa promjera 3,5" i kapaciteta 1,44 MB. Razmak glave i feromagnetne emulzije iznosi 0,002 mm.

Potom je uveden magnetni disk (tvrđi disk), koji je i do danas ostao nezamjenjiv kada je riječ o medijima za pohranu podataka i predstavlja za ove poslove najisplativije i najbrže rješenje.

Svaki disk se sastoji od određenog broja kružnih ploča sa površinama presvučenim feritnim materijalom, odnosno magnetnom emulzijom (2, 8, 10 i više površina), smještenih na istoj osovini u vakuumirano kućište. Površine su podijeljene na koncentrične kružne trake ili staze (tracks), koje se opet dijele na blokove (clusters), definisane sektorima, u koje se zapisuju podaci. Blokovi sadrže fiksni broj riječi podataka (od 512 bajta do 64 kB). Osim kružnih ploča ili diskova, hard disk ima i glave za čitanje i pisanje, nosače ovih glava i elektronsku podršku.



Sl. 5.1 Tvrđi disk

Ranije su hard-diskovi imali veoma malo elektronike na sebi, dok je funkcije komande, nadzor nad gustinom zapisa i kontrolu nad glavama imao kontroler. Kasnije je uvedeno da se hard diskovi "sami brinu" o svom radu, što je iziskivalo složeniju elektroniku na njima, ali i dalo veće mogućnosti za povećanje brzine, kapaciteta i ubrzavanje rada.

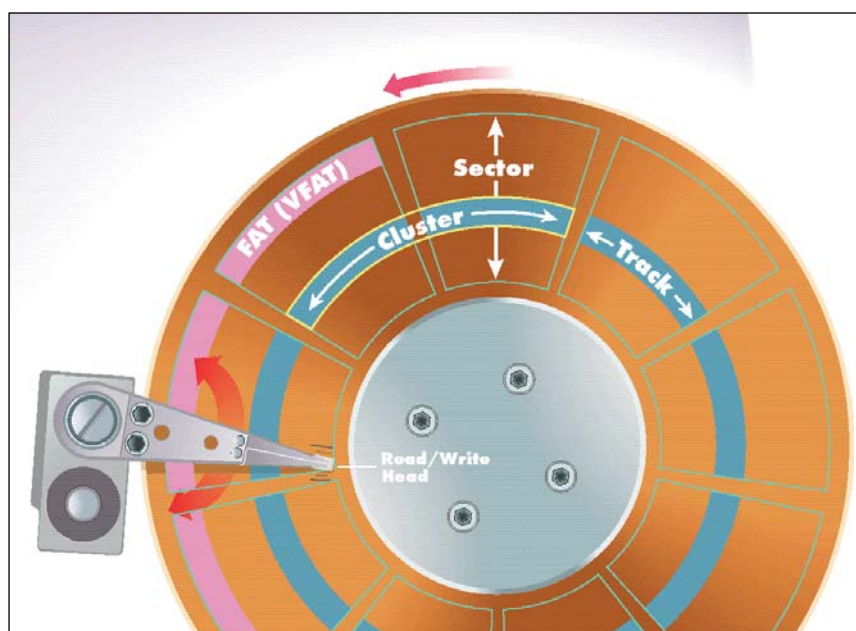
Glave za čitanje i pisanje su pokretne i ima ih koliko i površina na disku. One ulaze u disk i izlaze iz njega, dok se disk okreće.

Princip magnetisanja je isti kao i kod magnetnih traka. Najmanja memorijska jedinica kojoj se, može pristupiti je bit. To je najmanji dio jedne staze gdje se pomoću pripadajuće glave čita ili zapisuje binarna cifra "1" ili "0". Razmak između magnetne glave i diska iznosi samo jedan milioniti dio centimetra.

Disketa je unatoč nedovoljnom kapacitetu dugo bila dobar "partner" tvrdom disku.

Dok je tvrdi disk gotovo uvijek ugrađen u samo kućište računara i pohranjuje podatke i aplikacije potrebne za rad s računarom, disketna jedinica i disketa su preuzele ulogu medija za prenos i arhiviranje podataka.

Da bi se olakšali snimanje podataka i pristup istim, svaki disk se na početku rada treba formatirati. Površina diska se nizom 0 i 1 radijalno dijeli na sektore i koncentrične cilindrične trake (slika 5.2), odnosno staze (tracks). Dva ili više sektora na istoj stazi čine cluster ili blok. Broj bajtova u jednom bloku može varirati. Od broja i veličine blokova (cluster) zavisi kapacitet diska. Disk kreira specijalni fajl u sektoru 0. On se naziva **File Allocation Table (FAT)** u OS DOS, ili **Virtual FAT (VFAT)** u OS Windows (FAT čita 16 bita, a VFAT 32 bita). U FATu se nalaze osnovne informacije o fajlovima na disku.



Sl. 5.2 Površina diska

Kod diskova i disketa prilikom formatiranja kompletan prostor se dijeli u četiri dijela:

- početni zapis (boot record): broj sektora na disku, broj sektora po stazi, broj bajtova po sektoru i broj glava;
- tabela za smještanje podataka o fajlovima;
- osnovni direktorij (root directory) i
- područje podataka (data area).



Kada se želi snimiti datoteka na disk, program šalje naredbu operativnom sistemu (OS) kojom se ta datoteka prebacuje iz RAMa na disk. Operativni sistem mijenja FAT diska i time inicira snimanje predmetne datoteke u izabrani direktorij. Nakon toga OS provjerava FAT za broj bloka gdje se datoteka može snimiti bez brisanja već postojećih podataka (npr. Cluster 3) i šalje ovu informaciju u BIOS. BIOS preuzima datoteku iz RAMa i šalje instrukcije upravljačkoj jedinici diska gdje da se dati podaci snime. Ako je datoteka veća od jednog clustera, OS pita FAT za lokaciju sljedećeg gdje se može nastaviti snimanje. Zavisno od file sistema na disku, clusteri se moraju ili ne moraju nalaziti jedan do drugog. Proces preuzimanja iz RAM-a se nastavlja dok OS ne pošalje specijalni **end-of-file marker**. Konačno, OS mijenja informaciju u FATu, da bi markirao koji clusteri sadrže novu datoteku, da ne bi došlo do slučajnog brisanja te datoteke u budućnosti.

Kada se želi pročitati datoteka sa diska, najprije se otvara dijalog kojim se nudi lista datoteka koje mogu biti otvorene. OS provjerava FAT da li se željena datoteka nalazi u trenutnom direktoriju. Nakon što OS pronade datoteku na disku, FAT šalje informaciju o clusterima u kojima je snimljena ta datoteka. Ova informacija se šalje BIOSu koji daje upravljačke signale glavi diska za pokretanje iznad željenih clustera. Pročitani podaci se preko BIOSa šalju u RAM i program ih može koristiti preko RAMa.

### Načini priključenja tvrdih diskova

Tvrđi diskovi se danas priključuju prema sljedećim standardima za interfejs:

- SATA (Serial Advanced Technology Attachment) standard koji je donio serijsko povezivanje uređaja, koje je opet donijelo veće propusnosti. Novije verzije SATA priključka (SATA2 i SATA3) imaju propusnost i do 6 Gbit/s i znatno tanje kablove za interno povezivanje tvrdog diska unutar kućišta računara u odnosu na starije standarde (IDE, PATA);
- SCSI (Small Computer System Interface) standard omogućava veliku brzinu prenosa podataka i mogućnost serijskog povezivanja više uređaja (do 14 u nizu) na jednu SCSI vezu.

Za kućnu ili uredsku primjenu, oba su priključka dovoljno brza, ali kod umreženih računara i servera prikladniji su SCSI diskovi, čija veća brzina prenosa i veća inteligencija mogu napraviti bitnu razliku u brzini. SCSI diskovi se malo više "brinu sami o sebi".

Prema načinu priključenja tvrde diskove možemo podijeliti na interne i eksterne. Interni diskovi se nalaze u kućištu računara i napajani su električnom energijom iz napojne jedinice računara. Eksterni diskovi imaju svoje vlastito kućište i na računar se spajaju preko vanjskih priključaka, najčešće preko USB priključka, ali u zadnje vrijeme i preko mrežnog (LAN) i vanjskog SATA (eSATA) priključka. Eksterni tvrđi diskovi imaju prednost što se lako

spajaju na računar (bez otvaranja kućišta), te se pomoću njih jednostavno mogu prenositi podaci s jednog računara na drugi. Nedostaci eksternih diskova se ogledaju u činjenici da im je dosta često neophodno vanjsko napajanje električnom energijom, sporiji su od internih tvrdih diskova, a i nešto su skuplji.

### **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Discs)**

**Radi se o dva ili više povezanih tvrdih diskova u sistem kojim se povećava kapacitet, brzina ili sigurnost podataka, ili kombinacija ovih elemenata.**

Postoji više načina na koji se diskovi povezuju u RAID polje i oni se označavaju rednim brojevima, na primjer RAID 0, RAID 1... Specifičnosti nekih od njih su:

- RAID 0 – ovaj način povezivanja diskova naziva se i *striped set* i koristi se za povećanje brzine pristupa podacima. Podaci se dijele i istovremeno zapisuju/čitaju na oba diska, pa se teorijski brzina udvostručuje. Stvarni dobici su ipak nešto manji. Nedostatak ovog načina je što se u slučaju kvara jednog diska gube podaci i sa drugog diska;
- RAID 1 – poznat kao *mirror* sistem. Koristi se za povećanje pouzdanosti diskova. Istovjetni podaci se zapisuju na dva diska, pa u slučaju kvara jednog od njih podaci ostaju sačuvani na drugom disku. Praksa je pokazala da savremeni SATA/SCSI kontroleri uspješno rade s RAID-om 1 i da performanse ovakvog sistema s dva diska ne opadaju;
- RAID 3 – ovaj način povezivanja diskova se koristi za povećanje pouzdanosti. Minimalno se koriste tri diska, od kojih je jedan tzv. *parity disc*, na kojem se zapisuje *checksum* izračunat iz podataka zapisanih na druga dva diska, koji su povezani u *striped set*. Tako se u slučaju kvara jednog diska može pomoću ostala dva ispravna diska izračunati sadržaj pokvarenog diska. Mana ovog sistema je što se gubi trećina (ili manje, ako se koristi više od tri diska) od ukupnog kapaciteta diskova;
- RAID 5 – ovo je verzija RAID-a 3, koja se danas puno češće koristi. Razlika između dva sistema je u tome što se kod RAID-a 5 ne koristi isključivo jedan *parity disc*, već se *parity* podaci zapisuju i na ostale diskove. Ovo doprinosi brzini rada (izračunavanje *checksum*-a), kao i olakšanom oporavku nakon havarije. Nedostatak je ostao isti – gubi

se jedan dio ukupnog kapaciteta na račun sigurnosti podataka. RAID 3 i 5 imaju još jednu manu (uvjetno rečeno), a to je zahtjevnost prema procesoru;

- RAID 6 – podverzija RAID-a 3, kod koje se umjesto jednog koriste dva *parity disc*-a. Ovaj način se koristi kod velikih sistema s puno diskova, kod kojih je sigurnost podataka od najvećeg značaja;
- RAID 0+1 – dva *striped set*-a od dva ili više diskova se povezuju u *mirror* konfiguraciju, tako da se dobije najbolje od dva sistema, i brzina i pouzdanost. RAID 0 nema jednu, a RAID 1 drugu od pomenutih osobina;
- RAID 10 – ovo je takođe kombinacija RAID 0 i RAID 1 načina, ali se prvo prave *mirror* kombinacije, koje se zatim povezuju u *striped set*.

Postoje još neke kombinacije, poput RAID 100 (RAID 10 + RAID 0), ili RAID 50 (RAID 5 + RAID 0), ali se iste rjeđe koriste. Iz imena se može zaključiti o kakvim sistemima se radi.

### **Razlozi isticanja važnosti tvrdih diskova**

Nikad nije dovoljno istaknuti koliko je tvrdi disk bitan kao komponenta računara. To je zapravo jedini dio koji je odgovoran za čuvanje onoga što radimo koristeći se računarom.

Svi ostali dijelovi (procesor, memorija, kartice,...), mogu se zamijeniti bez većih posljedica.

Jedino otkazivanje tvrdog diska povlači za sobom gubljenje onoga što je u suštini najvrednije – podataka i truda koji se ponekad mjeri mjesecima i godinama, pogotovo ako se nije radio redovan backup podataka (zaštita podataka), što je čest slučaj u našoj praksi.

## Optički zapis

Kod uređaja na optičkom principu za pisanje i čitanje koriste se karakteristike svjetlosti, odnosno laserske zrake. Ovakvi sistemi omogućavaju jednokratni zapis sa bezgraničnim brojem čitanja (WORM – Write Once Read Many).

Kada su u kompanijama Sony i Philips izumili kompakt disk (CD) ranih 80tih godina prošlog vijeka, nije se ni slutilo koliko će svestran medij on postati. Audio CD je izbačen na tržište 1982. godine i zahvaljujući izdržljivosti, mogućnosti pristupa proizvoljnom dijelu sadržaja i audio kvalitetu, postaje veoma popularan, zauzimajući veliki dio tržišta za samo nekoliko godina. Zatim je slijedio CD-ROM 1984. godine, ali je njemu bio potreban period od nekoliko godina da postane široko prihvaćen kao audio CD.

U osnovi CD-ROM je disk prečnika 120mm, sastavljen iz tri sloja: sloja čiste plastične mase (osnova s gornje strane), tankog lista aluminijuma i sloja laka (plastike) koji štiti od ogrebotina i prašine.

Zapis na CD-ROM vrši se paljenjem plastičnog materijala laserskom zrakom koja omogućava postizanje vrlo visokih temperatura na prostoru mikrometarske veličine. Zapisivanje se vrši u posebnom uređaju za "pečenje" CD-ova.

Tokom zapisa se na plastičnu osnovu CD-ROMa utisne mnoštvo sitnih brazdi (eng. pit) koje formiraju spiralu od centra diska prema obodu. Pri tome ove brazde prekriva otopljeni aluminij i stvara refleksni sloj koji disku daje karakterističnu srebrnu boju.

Kod čitanja, laserska zraka iz izvora dovodi se sistemom leća do metalnog sloja CD-ROMa, odnosno do spiralne trake na kojoj su brazde. Refleksni aluminijski sloj odbija lasersku zraku prema foto diodi koja prima istu i ovisno od toga da li je zraka došla na brazdu ili na ravan dio dobiva se električni signal u jednom od dva stanja. Rezultat je da se nizovi brazdi i ravne međupovršni ("izbočine") interpretiraju kao nizovi nula i jedinica.

Optički mediji za pohranu podataka pogodni su za kvalitetan zapis video i audio signala, te se multimedijalne datoteke sa ovakvim zapisom, zbog relativno velike brzine prenosa, mogu odvijati u realnom vremenu. Karakteriše ih i dugotrajnost zapisa.

CD-RW (*rewritable*) uređaji, koji rade na principu promjene faze materijala medija za pohranu podataka, uveli su mogućnost brisanja i ponovnog zapisivanja.

DVD (Digital Video Disc) je u odnosu na CD noviji medij za pohranu podataka. Kapacitet mu se kreće od 4,7 GB do 17 GB, što je nekoliko desetina puta više od kapaciteta sadašnjih CDova za CD-ROM uređaje. Tehnologija zapisa i čitanja je ista kao kod običnih CD-ROM uređaja, ali s većom gustoćom zapisa, što je omogućeno korištenjem lasera manje valne duljine.

U 4,7 GB prostora na DVD mediju može se spremiti oko 7,5 sati audio zapisa CD kvalitete, ili 135 minuta MPEG-2 komprimiranog video signala.

Treba istaći i DVD uređaje s mogućnošću brisanja i ponovnog zapisa (*rewritable*), poznatih i kao DVD-RW ili DVD-RAM.

Blu-ray disk (BD) je nasljednik DVDa i odlikuje ga mnogo veći kapacitet od prethodnika (25, 50, pa do 100 i 200 GB). Sam naziv Blu-ray se odnosi na plavu lasersku zraku kojom se čita sadržaj diska i čijom upotrebom je omogućeno čitanje i pisanje podataka s mnogo većom gustoćom u odnosu na crvenu lasersku zraku koja se koristi kod DVDa.

Upotrebom Blu-ray tehnologije omogućeno je, između ostalog, i snimanje dužih video zapisa i filmova visoke rezolucije (HD) na jedan disk.

Slično kao kod CD i DVD diskova, i kod Blu-ray diskova postoje verzije kod kojih je omogućeno samo čitanje sadržaja (BD-ROM), kao i verzije kod kojih je omogućeno jednostruko ili višestruko zapisivanje podataka (BD-R i BD-RE).

## **Flash memorija**

Flash memorija je poluprovodnička sekundarna memorija koja radi na principima ROM-memorije, ali za razliku od ove, flash memorija može biti brisana uz pomoć električnih impulsa i ponovo programirana odnosno zapisivana. Kod flash memorije nije potrebno stalno dovođenje električne energije da bi se podaci na njoj sačuvali. Moguće su velike brzine čitanja i zapisivanja podataka, a za razliku od tvrdih diskova nije osjetljiva na udare, pa je vrlo popularna kod prenosnih uređaja.

Prvenstveno se koristi kod USB memorijskih stikova, memorijskih kartica, SSD (Solid State Drive) diskova, MP3 playera i sličnih uređaja.

USB memorijski stik je uređaj s flash memorijom koji se na računar spaja preko USB priključka i danas predstavlja najpraktičniju vrstu prenosnog medija za pohranu podataka. Glavne prednosti su mu mala težina i veličina, te **veći kapacitet (u novijim uređajima od nekoliko stotina MB pa do preko stotinu GB)**, nego kod npr. floppy diskete i CD ili DVD medija. Praktičnost USB memorijskog stika se ogleda i u tome što za svoj rad ne zahtijeva dodatne drivere (na novijim operativnim sistemima) te ne zahtijeva posebno napajanje strujom.

Memorijska kartica je element za pohranjivanje podataka na bazi flash memorije, a koristi se kod velikog broja elektroničkih uređaja kao što su: digitalni fotoaparati i kamere, mobilni telefoni, prenosni računari i audio playeri. Postoje različiti formati s različitim podvarijantama memorijskih kartica, a najpoznatiji od njih su SD (Secure Digital), MMC (MultiMedia Card), MS (Memory Stick) i CF (Compact Flash). U jednom uređaju se mogu koristiti samo oni formati koji su za taj uređaj predviđeni, pošto se memorijske kartice različitih formata razlikuju po veličini i obliku. Da bi se u nekom računaru mogli čitati i pisati podaci na memorijske kartice različitih formata, na taj računar se mora priključiti (interno ili eksterno) čitač kartica koji je kompatibilan sa željenim formatima.

SSD (Solid-State Drive) disk je moderni uređaj s flash poluprovodničkom memorijom, čiji je cilj zamjena klasičnog tvrdog diska koji radi na principu magnetskog zapisa podataka. U poređenju sa klasičnim tvrdim diskovima, SSD diskovi su manje osjetljivi na udare, mnogo su tiši i imaju veću brzinu odziva. SSD diskovi imaju iste načine spajanja na računar kao i tvrdi diskovi, pa ih mogu zamijeniti u velikom broju aplikacija. Osnovni nedostaci SSD diskova se ogledaju u činjenici da oni na sadašnjem stupnju razvoja tehnologije još uvijek po kapacitetu ne mogu dostići klasične tvrde diskove, a još su uvijek i dosta skuplji od njih.