

Struktura mikroračunarskog sistema

Fon Nojmanova arhitektura računara

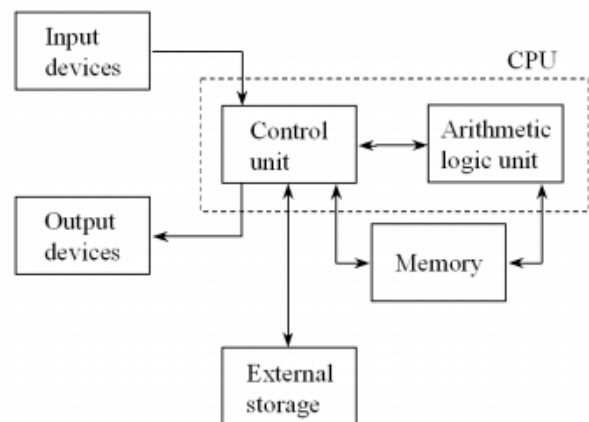
Najranije računске mašine su imale fiksne programe. Neki veoma jednostavni računari i danas koriste ovakav dizajn. Na primer, stoni kalkulator je u principu računar sa fiksnim programom. On može da izvršava proste matematičke funkcije, ali ne može da se koristi za obradu teksta, ili u neke druge svrhe. Kako bi se promenio program ovakve mašine, neophodno je prespajanje žica ili čak redizajniranje mašine. Najraniji računari su u stvari više bili „dizajnirani“ nego „programirani“.

Koncept računara sa uskladištenim programom je promenio ovu praksu. Stvaranjem skupa instrukcija računar postaje fleksibilniji. Izraz „fon Nojmanova arhitektura“ se koristi u istom značenju kao „računar sa uskladištenim programom“. Struktura savremenog računara veoma je slična strukturi fon Nojmanove mašine koja je projektovana kasnih 1940. godina, pa se za savremene elektronske računare kaže da u osnovi imaju fon Nojmanovu arhitekturu.

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator). Zasnovan na dekadnom sistemu. Svaka cifra je bila predstavljana pomoću 10 vakuumskih cevi. ENIAC nije imao uskladišteni program, već je programiranje vršeno ručno nakon pokretanja mašine.

EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) – 1945. Nacrt konstrukcije računara koji bi mogao da učitava i čuva program sastavljen od niza konkretnih operacija i da ga izvrši. Za razliku od svog prethodnika, koji je poznat kao ENIAC, zasnivao se na binarnom a ne na dekadnom sistemu. Nacrt za EDVAC je razvijen pre nego što je ENIAC postao upotrebljiv. Trebalo je da reši neke probleme koji su se pojavili u toku izgradnje računara ENIAC.

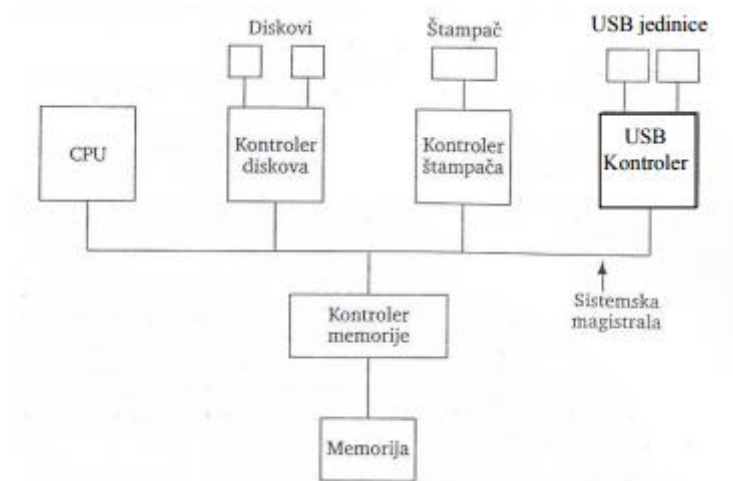
EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) – 1949. God. Prvi operativni računar koji je mogao da čuva program.



Elementarni fizički objekat fon Nojmanove mašine (pa i savremenih elektronskih računara) je elektronska cev (kod savremenih računara: tranzistor). Može da bude u 2 diskretna stanja – protiče struja/ne protiče struja (kod savremenih: „registruje“ binarnu cifru 0 ili 1) i naziva se ćelija. Ćelije se u fon Nojmanovoj mašini organizuju u nizove fiksne dužine koji se nazivaju **registri**.

Savremeni računarski sistemi

Arhitektura savremenih računarskih sistema se po mnogo čemu podudara sa arhitekturom fon Nojmanove mašine. Razlika u odnosu na fon Nojmanovu arhitekturu je što spoljašnji uređaji mogu da komuniciraju i da pristupaju memoriji direktno preko kontrolera memorije. Zbog činjenice da više uređaja može da pristupi podacima u memoriji neophodno je postojanje kontrolera memorije koji vrši sinhronizaciju pristupa.



Слика 1 Arhitektura savremenih računara

DMA (Direct Memory Access) – direktan pristup memoriji je osobina modernih računara koja omogućava određenom hardverskom podsistemu unutar računara da pristupi sistemskoj memoriji nezavisno od procesora.

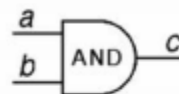
Mikroprocesor (CPU)

Procesor je izvršna jedinica – prima i izvršava instrukcije pročitane iz odgovarajuće memorije. Kada se kaže samo procesor, najčešće se misli na *centralni procesor* (eng. *Central processing unit – CPU centralna procesorska jedinica*).

Svi digitalni računari funkcionišu po istom principu, obrađujući digitalizovane podatke. Digitalni podaci su podaci koji su, kao što je to već rečeno, predstavljeni u binarnoj formi. Obrada podataka se vrši u delu računara koji se zove procesor i koji se sastoji od velikog broja logičkih kola. Osnovu logičkih kola čini elektronska komponenta koja se zove tranzistor. Današnji procesori sadrže milione tranzistora što ukazuje na složenost operacija koje procesor može da realizuje. Operacije koje procesor treba da realizuje se definišu instrukcijama i svode se na kreiranje izlaznih podataka na osnovu zadatih ulaznih podataka i definisane instrukcije (npr. instrukcija sabiranja). Kreiranje izlaznih podataka po zadatoj instrukciji podrazumeva promenu postojećih podataka i/ili dobijanje novih podataka koji su takođe u binarnoj formi. Proces kreiranja izlaznih podataka se odvija u logičkim kolima koja u zavisnosti od svoje prirode realizuju neku od operacija Bulove algebre. Osnovni Bulovi operatori su: I, ILI i NE. Kombinovanjem logičkih kola koja realizuju navedene osnovne logičke operacije dobijaju se složeni logički sklopovi. Na slikama ispod prikazana su logička kola koja realizuju osnovne Bulove operatore kao i tablice izlaza za odgovarajuće ulaze.

1 Operacija ILI (OR)

X_{u1}	X_{u2}	X_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



2 Operacija I (AND)

X_{u1}	X_{u2}	X_i
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



3 Operacija NE (NOT)

X_u	X_i
0	1
1	0

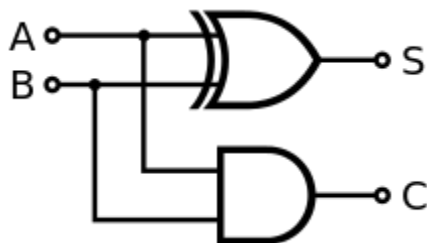


Aritmetička kola : Polusabirač i sabirač

U elektronici, sabirač je digitalno kolo koje vrši sabiranje brojeva. U mnogim računarskim i drugim procesorima, sabirači se ne koriste samo u aritmetičko-logičkoj jedinici već i u drugim delovima gde je potrebno izračunati adresu, indekse tabele i izvršiti slične operacije. Najčešće se prave sabirači koji operišu sa binarnim brojevima.

Polusabirač:

Polusabirač sabira dve jednocifrene binarne vrednosti A i B i kao rezultat vraća, takođe, dve vrednosti, sumu S i prenos C. Signal za prenos prezentuje veličinu prenosa koja se javlja ukoliko na ulazu imamo obe jedinice (zbir iznosi 2, što u binarnom obliku iznosi 10). Ukupna vrednost sume je $2C+S$. Jednostavna konstrukcija polusabirača je predstavljena na slici ispod i obuhvata jedno EX-ILI kolo i jedno I kolo. Dodavanjem jednog ILI kola za kombinovanje njihovih izlaza za prenos, dva polusabirača čine jedan potpuni sabirač. Jednostavnije, polusabirač sabira dva ulazna bita i generiše prenos i sumu koju predstavlja na svojim izlazima.

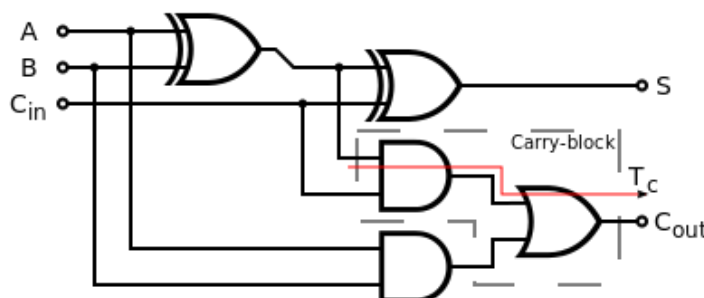


A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Слика 1 Polusabirač realizovan pomoću logičkih kola

Sabirač:

Potpuni sabirač sabira binarne vrednosti i generiše vrednosti koje šalje na izlaz. Jednobitni potpuni sabirač sabira tri jednobitna broja, često označena sa A, B i C_{in} . A i B predstavljaju operande, a C_{in} predstavlja bit prenosa prethodnog sabirača. Kolo proizvodi dvobitni izlaz, prenos i suma se reprezentuju kao i kod polusabirača sa C_{out} i S, gde je $sum = 2C_{out} + S$.



Inputs			Outputs	
A	B	C_{in}	C_{out}	S
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0
0	0	1	0	1
1	0	1	1	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1

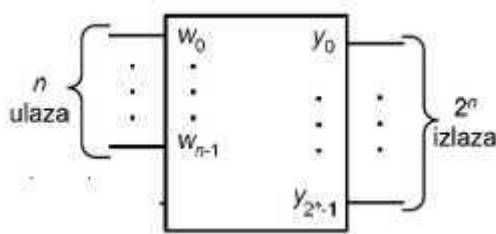
Слика 2 Potpuni sabirač, logički dijagram

Kombinaciona kola: Dekoder i Koder

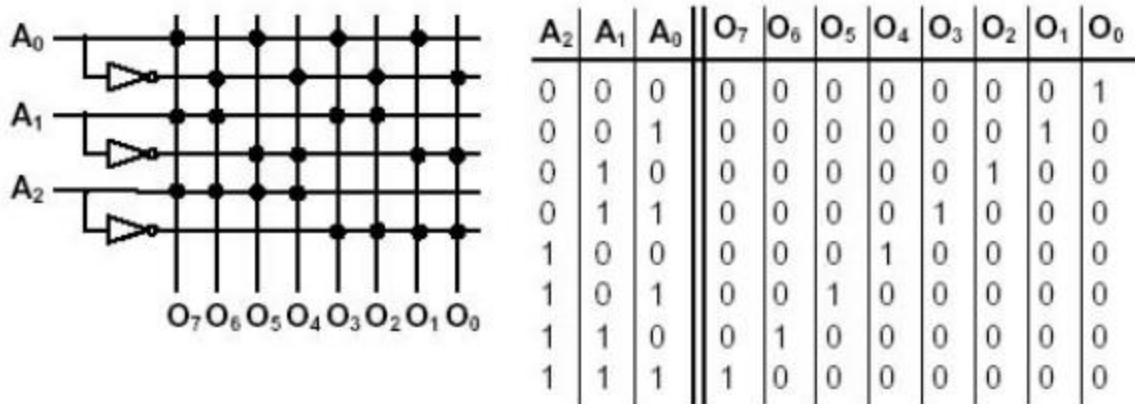
Komponente za konverziju podataka, kao što su koderi i dekoderi, se koriste za konverziju podatka iz jednog u neki drugi kod.

Dekoder:

Dekoder je kombinaciona mreža sa više ulaza i više izlaza. Na ulaz mreže dovode se kodovani podaci izraženi sa n bita. Dekoder može imati najviše 2^n izlaza. Postoji više realizacija ovog kola a neke poznatije konfiguracije su dekoderi tipa 2/4, 3/8 i 4/16. Ime dekodera se formira tako da prvi broj označava broj ulaznih signala a drugi broj izlaznih.



Слика 3 Dekoder



Слика 4 Primer rada dekodera

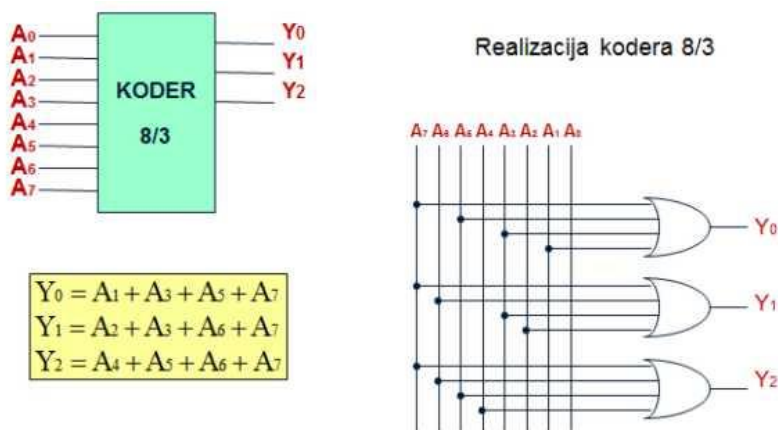
Ilustracija:

Zamislimo malu memoriju sa osam čipova od po 1 MB. Čip 0 ima adrese od 0 do 1 MB, čip 1 ima adrese od 1 MB do 2 MB itd. Kada se od memorije zatraži sadržaj s neke adrese, tri njena najznačajnija bita omogućavaju biranje jednog od osam čipova. Ta tri bita su tri ulazna signala A, B i C. Zavisno od njihovih vrednosti, na samo jednom od osam izlaza D0, ..., D7 pojaviće se

logička jedinica; na ostalim izlazima pojaviće se logička nula. Svaki izlaz aktivira jedan od osam memorijskih čipova. Pošto se samo na jednom izlazu pojavljuje logička jedinica, aktivira se samo jedan čip.

Koder:

U digitalnoj obradi podataka svi slovni simboli, zatim simboli decimalnog brojnog sistema, kao i mnoge druge oznake ispisuju se logičkim nulama i jedinicama po unapred definisanoj zakonitosti. Ovaj postupak šifrovanja opšte poznatih simbola izvodi se pomoću koder. Na sledećoj slici data je blok šema koder koga čini mreža sa više ulaza i izlaza. U principu, ovde se radi o mraži koja ima suprotnu funkciju od ranije opisane dekoderske mreže, pa prema tome ona može da ima najviše 2^n ulaza, ako se kodovanje izvodi sa n bita na izlazu.



Kombinaciona tablica kodera 8/3

A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	Y ₂	Y ₁	Y ₀
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Funkcije izlaza kodera 8/3

$$Y_0 = A_1 + A_3 + A_5 + A_7$$

$$Y_1 = A_2 + A_3 + A_6 + A_7$$

$$Y_2 = A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

Aritmetičko kolo - Komparator:

Komparator je kombinaciono kolo koje poredi dve ulazne reči. Samim tim njegova uloga je veoma značajna jer pored osnovnih matematičkih operacija koja se obavljaju u aritmetičko-logičkoj jedinici računarskih sistema, česta je potreba i za poređenjem binarnih brojeva. Treba se naravno podsetiti da binarni brojevi u računarskim sistemima nisu samo "brojevi" već da je i svaka "reč", ili pak upravljačka instrukcija, tj. svaka informacija ma kakvu ulogu ona imala takođe data u formi binarnog broja. Pitanje poređenja binarnih kodova je od velikog značaja, na primer, prilikom pretraživanja svih vrsta datoteka.

U osnovi poređenja brojeva leže tri moguća logička iskaza a to su:

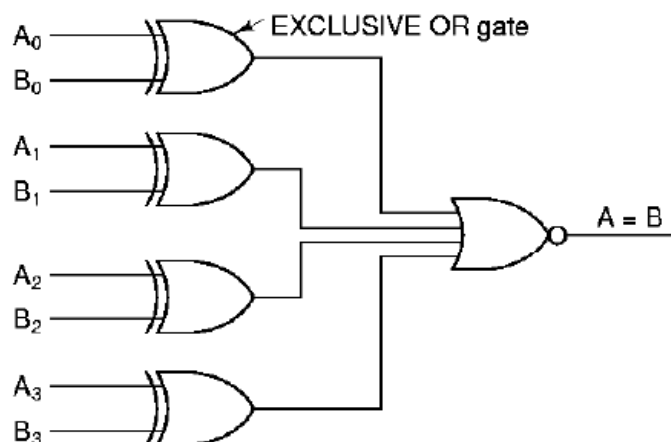
$$X = Y, X > Y \text{ i } X < Y$$

U digitalnim sistemima koriste se uglavnom dva metoda za realizaciju operacije upoređenja dva binarna niza:

- Oduzimanje jednog broja od drugog
- Formiranje logičkih sklopova komparatora

U prvom se vrši oduzimanje jednog broja od drugog u sklopu za oduzimanje u aritmetičko-logičkoj jedinici; pa ukoliko je rezultat oduzimanja nula, tada su brojevi međusobno jednaki, u suprotnom ispituje se znak ostatka i na osnovu toga znaka određuju se druga dva uslova. Pored sabirača koji učestvuje u operaciji oduzimanja moraju se obezbediti i dodatni logički sklopovi koji će fiksirati (zapamtiti) ostatak "0" pri ispunjenju uslova $X=Y$. Samim tim će aritmetičko

logička jedinica biti dodatno opterećena, pa se iz razloga njenog rasterećenja sa jedne strane, i ubrzanja same operacije poređenja sa druge, formiraju zasebni logički sklopovi koji se nazivaju opštim imenom komparatori. Dva binarna broja će biti jednaka ako su im svi bitovi odgovarajuće težine međusobno jednaki tj ako je: $X_0=Y_0$, $X_1=Y_1$, ..., $X_n=Y_n$.



Слика 5 4-bitni komparator

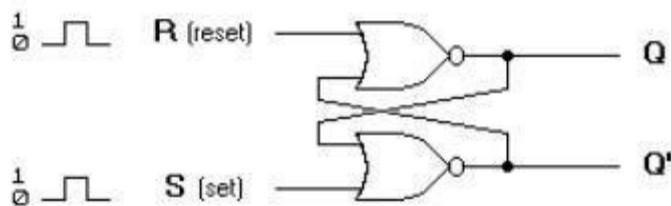
Dati komparator ima dva ulazna signala, A i B, dužine 4 bita, i generiše logičku jedinicu ako su signali jednaki, ili logičku nulu ako nisu. Komparator se zasniva na logičkom kolu XOR (isključivo ILI), koje generiše logičku nulu ako su ulazni signali jednaki, a logičku jedinicu ako nisu jednaki. Ako su dve ulazne reči jednake, sva četiri kola XOR moraju generisati vrednost 0. Na četiri signala se tada može primeniti operacija OR - ako je rezultat 0, ulazne reči su jednake, u suprotnom nisu. U našem primeru, na kraju smo upotrebili logičko kolo NOR da bismo (sa aspekta korisnika) tekstu dali više smisla, tj. da bi logička jedinica označavala jednakost, a logička nula nejednakost reči koje se porede. Na ovom principu funkcioniše poređenje n-bitnih reči.

Logičko memorijsko kolo – Flip-flop

Logičko memorijsko kolo je element koji zadržava uspostavljeno logičko stanje na izlazu i po prestanku delovanja ulaznog signala. Takav element treba da ima jasno definisana dva logička stanja: stanje logičke nule i stanje logičke jedinice. Pored toga, svako od tih stanja treba da bude na neki način održavano i po prestanku delovanja pobudnog signala, po čemu se memorijski element bitno razlikuje od kombinacionog elementa.

Podsetnik: Kod kombinacionih kola izlazni signali su jednoznačno određeni trenutnim vrednostima ulaznih signala.

Flip flop je digitalno kolo koje poseduje dva stabilna stanja. Koriste se kao jednobitne ćelije statičke memorije, npr. unutar procesorskih registara.



(a) Logic diagram

S	R	Q	Q'
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0

(after S=1, R=0)

(after S=0, R=1)

(b) Truth table

Basic flip-flop circuit with NOR gates

Ulazi su označeni sa R (Reset) i S (Set), a izlaz sa Q. Naziv RS je komponovan od oznaka ulaza. Ovaj flip-flop RS tipa funkcioniše na sledeći način: Ako je na ulazu S jedinica a na ulazu R nula, na izlazu Q se uspostavlja jedinica. Ako je na ulazu S nula a na ulazu R jedinica, na izlazu Q se uspostavlja nula. Ako su na ulazima S i R nule, na izlazu Q se ne menja zadnja uspostavljena vrednost signala. Ako su S i R jedinice, onda je to nedozvoljeni slučaj.

ZAKON FUNKCIONISANJA	GRAFICKI SIMBOL	NAZIV															
$Q(t+1) = S + \bar{R}Q$ $SR = 0$ <table border="1"> <tr> <th>R</th><th>S</th><th>Q(t+1)</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>Q</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>?</td></tr> </table>	R	S	Q(t+1)	0	0	Q	0	1	1	1	0	0	1	1	?		RS FF
R	S	Q(t+1)															
0	0	Q															
0	1	1															
1	0	0															
1	1	?															

Procesor

Kao što je već rečeno savremeni računari se u velikom delu baziraju na principima i arhitekturi fon Nojmanove mašine. Na osnovu toga se jasno vidi da računar predstavlja skup komponenti čiji sinhronizovani rad omogućava rad celokupnog računarskog sistema. Zbog toga je vrlo nezahvalno izdvojiti najvažniji deo računara. Međutim, ako pođemo od osnovne funkcije računara a to je obrada (procesiranje) podataka možemo reći da je procesor srce računarskog sistema.

Procesor, ili centralna procesorska jedinica CPU (central processing unit) je glavni izvršilac obrade podataka ali i glavni organizator procesa obrade. Sastoji se iz dve jedinice:

1. upravljačko-kontrolne jedinice i
2. aritmetičko-logičke jedinice.

Upravljačko-kontrolna jedinica

Koncept upravljačko-kontrolne jedinice je usvojen iz nacrtu fon Nojmanove mašine. Može se reći da je osnovna uloga ovog dela procesora ostala nepromenjena, tako da možemo da kažemo da upravljačko-kontrolna jedinica predstavlja glavnog supervizora svih procesa koji se odvijaju u delu obrade podataka. Osnovne uloge ovog dela računara se mogu sistematizovati u četiri grupe:

1. Unos podataka i programskih instrukcija iz operativne memorije,
2. Upravljanje prenosom podataka između aritmetičko logičke jedinice i operativne memorije,
3. Praćenje izvršenja aritmetičkih i logičkih operacija i donošenje odluka na osnovu rezultata i
4. Upravljanje i praćenje rada ulazno-izlaznih jedinica.

Izvršavanje programskih instrukcija

Izvršavanje programa u računaru se svodi na prevođenje programa na niz instrukcija i njihovo izvršavanje na procesoru. Zbog toga svaki računar poseduje standardne instrukcije čiji je postupak izvršenja procesoru poznat.

Generalno, instrukcije se dele na:

1. aritmetičke,

2. logičke,
3. instrukcije za konverziju,
4. instrukcije za prenos podataka,
5. ulazno/izlazne instrukcije,
6. kontrolne instrukcije i
7. instrukcije za prenos kontrole.

Struktura instrukcija je standardizovana kako bi procesor, odnosno upravljačka jedinica, bila u stanju da prepozna i izvrši datu instrukciju. Na početku instrukcije po pravilu se nalazi operacioni kod, a za njim slede operandi instrukcije tj. podaci koji učestvuju u operaciji definisanoj datom instrukcijom.

Struktura instrukcija je standardizovana kako bi procesor, odnosno upravljačka jedinica, bila u stanju da prepozna i izvrši datu instrukciju.

Operacioni kôd	Operand 1	Operand 2
----------------	-----------	-----------

Vrlo često su operandi instrukcije definisani preko svojih lokacija u operativnoj memoriji. Da bi bili u mogućnosti da opišemo način realizacije ovako definisane instrukcije neophodno je da definišemo pojam memorijske adrese i opišemo način memorisanja podataka u memoriji.

Memorijske adrese

Pojam memorije je prvi put upotrebio matematičar Čarls Bebidž u nacrtu svoje analitičke mašine. Pod tim pojmom je podrazumevao deo mašine u kojoj je bilo moguće čuvati kako ulazne i izlazne podatke tako i podatke koji predstavljaju međurezultat računanja. Taj koncept memorije je prisutan i danas samo što je, naravno, njegova realizacija mnogo efikasnija.

Memorija savremenih računara ima za cilj da čuva podatke koji su zapisani u binarnoj formi. Pri tome je standardima utvrđeno koliko bitova memorije je na raspolaganju za upisivanje i čuvanje svakog tipa podatka. Postavlja se pitanje na koji će način procesor pronaći i preuzeti podatke čiju obradu treba da realizuje.

Sasvim prirodno se nameće potreba da postoji informacija gde je u memoriji zapisan svaki podatak. Da bi to bilo moguće neophodno je memoriju organizovati u celine (ćelije) i svakoj od tih celina pripisati broj koji se popularno zove adresa. Na taj način procesor na osnovu adrese ćelije u kojoj je podatak zapisan može da pristupi i da preuzme potreban podatak.

Ako memorija ima n ćelija onda će adresa svake ćelije biti neki broj u rasponu od 0 do $n-1$. Računari koji koriste binarni brojni sistem za adresiranje (definisanje memorijskih adresa) izražavaju adrese u binarnom obliku. To znači da ako adresa sadrži n bitova da je najveći mogući broj ćelija koje se mogu adresirati 2^n . Na primer, ukoliko je broj bitova za definisanje adrese 3, maksimalan broj adresa koje se mogu adresirati je $2^3 = 8$, a ako je 8, onda je maksimalan broj

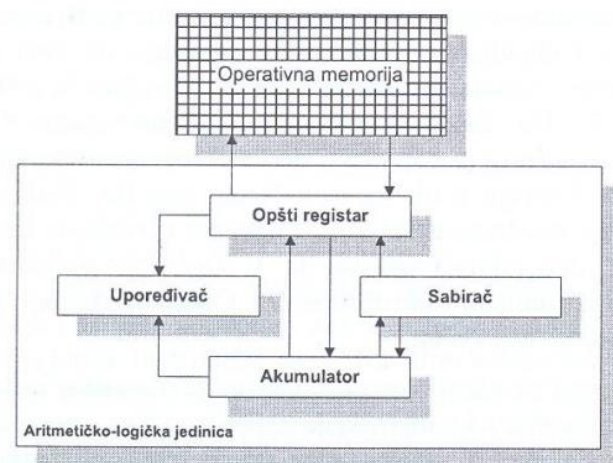
adresa $2^8 = 256$. Potpuno je očigledno da broj ćelija koje se mogu adresirati ne zavisi od broja bitova po ćeliji.

Pojam ćelije je bitan zato što označava najmanju memorijsku jedinicu koja se može adresirati. Opšte prihvaćenim međunarodnim standardom je utvrđeno da veličina ćelije iznosi 8 bitova i ona se naziva **bajt** (eng. byte). Bajtovi se dalje grupišu u računarske reči (eng. words). Veličina reči, merena u broju bajtova koji je čine, je bitna u pogledu procesorske obrade podataka zato što instrukcije procesora kao operande koriste cele reči. Na osnovu veličine reči koja se obrađuje u procesoru, računari se dele na 32-bitne računare (dužina reči je 32 bita, odnosno 4 bajta) i 64-bitne (dužina reči je 64 bita, odnosno 8 bajtova).

Aritmetičko logička jedinica

Aritmetičko-logička jedinica (ALU – Arithmetical Logical Unit) predstavlja drugi deo centralnog procesora. Kao što sam i naziv govori osnovni zadatak ovog dela procesora je izvršavanje osnovnih aritmetičkih i logičkih operacija. Pod aritmetičkim operacijama podrazumevamo operacije sabiranja, oduzimanja, množenja, deljenja, diferenciranja i integraljenja. Logičke operacije se svode na operacije poređenja tipa „manje od“, „jednako“ i „veće od“. Treba napomenuti da se sve aritmetičke operacije svode na operaciju sabiranja pa je stoga glavni deo procesora zadužen za aritmetičke operacije ujedno i jedini deo i naziva se jednostavno sabirač. Drugi deo procesora koji je zadužen za pomenute operacije poređenja se zove upoređivač. I sabirač i upoređivač su realizovani kombinovanjem logičkih kola o kojima je bilo reči ranije.

Funkcionisanje aritmetičko-logičke jedinice je dirigovano i kontrolisano od strane upravljačke jedinice. Po pravilu podaci (operandi) koji su predmet obrade se preko odgovarajućih prihvatnih registara prenose iz operativne memorije i upisuju u opšti registar i akumulator. Po okončanju procesa obrade rezultat se upisuje u akumulator, a zatim se ili koristi za sledeću operaciju ili distribuira na odgovarajuću adresu u operativnoj memoriji.



Istorijat razvoja mikroprocesora

Prvi mikroprocesor bio je četvorobitni, zvao se **Intel-4004** i pojavio se 1971 god. Nakon njega pojavljuju se brojni osmобitni mikroprocesori kao što su Motorola-ina serija 6800, familija 6502 firme Mos Technology¹², Z80 firme Zilog, kao i Intel-ovi mikroprocesori iz serije 8080. Zajednička karakteristika svih osmобitnih mikroprocesora, pored zajedničke dužine reči od 8 bitova, je i da su svi imali adresni prostor od 64K, odnosno njihova magistrala podataka bila je široka 8 bitova, a adresna magistrala 16 bitova.

Ubrzo nakon ovih serija firme izbacuju na tržište i svoje šesnaestobitne mikroprocesore među kojima je i **Intel-ov 8086**. Nakon povezivanja sa IBM-om, ugradnjom njegovih procesora u prve PC računare Intel postaje najpopularniji proizvođač mikroprocesora na svetu i tu titulu je zadržao sve do danas. Ipak teško je reći da su prvi Intel-ovi procesori zaslužili ovu titulu. Najveći nedostaci Intel-ovih šesnaestobitnih mikroprocesora 8086 i 80286 su adresiranje memorije po segmentima i korišćenje istih linija za adresnu magistralu i magistralu podataka. Naime adresna magistrala je imala četiri odnosno osam dodatnih linija tako da su ovi procesori mogli da adresiraju 1Mb odnosno 16Mb unutrašnje memorije i to sve po segmentima od po 64K. Od poboljšanja u odnosu na osmобitne procesore šesnaestobitni donose:

- rad sa virtuelnom memorijom
- multiprogramski režim rada
- rad tekućih linija (pipeline)

Tridesetdvobitni mikroprocesori su izgrađeni u minijaturnijoj tehnologiji sa većim stepenom integracije¹⁶ tranzistora na čipu. U cilju povećanja brzine rada osnovne memorije ugrađuju se specijalno brze memorije malog kapaciteta, tzv. keš-memorije. Ova memorija služi kao posrednik između mikroprocesora i osnovne memorije. Frekvencija rada procesora se povećava sa nekoliko MHz na 16, 20, 33 i više MHz. Intel otklanja nedostatke svojih prethodnih modela tako da i80836 više ne mora da radi sa segmentima od po 64Kb već može odjednom da koristi memoriju od 4Gb. Takođe razdvojene su i magistrale za rad sa podacima i adresama, a pojednostavljuje se i rad u multiprogramskom režimu.

Procesor 486 je koristio interni (L117) keš od 8Kb jedinstven za instrukcije i podatke, a on je bio i prvi procesor u koji je ugrađivan numerički koprocessor¹⁸.

Pentium procesor koji se pojavio 1993 godine je prvi Intelov procesor koji je koristio superskalarni dizajn¹⁹, koristeći dve linije za instrukcije, za istovremeni rad sa više instrukcija. Pored povećanja frekvencije časovnika koja sada iznosi i preko 150 MHz-a, ovaj procesor donosi 64-bitnu eksternu magistralu podataka, dva efikasnija L1 keša od 8Kb, po jedan za podatke i instrukcije, a jedinica za rad sa pokretnim zarezom je znatno unapređena. Varijante Pentiuma

koje rade na frekvenciji od 200 MHz-a i više imaju dodatni set tzv. MMX20 instrukcija Intel Pentium MMX ima podršku i za SIMD21 princip, koji je izuzetno koristan pri operacijama obrade slika kao što je npr. filtriranje, gde se velike količine informacija obnavljaju primenom jedne naredbe. Veličina internog keša je povećana sa 16 na 32 Kb.

1997 godine Intel izbacuje procesor pod imenom **Pentium II** koji koristi principe RISC22 koncepcije arhitekture mikroprocesora, omogućava još brže izvršavanje MMX instrukcija. Veličina L1 keša je ostala ista, ali eksterni L223 keš čiji kapacitet iznosi 512KB koristi posebnu keš magistralu koja radi mnogo brže od magistrale na matičnoj ploči. Adresna magistrala je široka 36 bita (adresni prostor je samim tim povećan na 64Gb), a dodata je i podrška za rad sa više procesora. Brzine se približavaju jednom GHz a tehnologija je sve minijaturija: 0.35 i 0.25 mikrona. U međuvremenu Intel izbacuje na tržište 64-bitne procesore iz serija **Pentium III** i **Pentium IV** izrađene u 0.18 i 0.15-mikronskoj tehnologiji čije adresne magistrale imaju širine od 64 bita, a brzine premašuju 1GHz.

Časovnik i magistrala

Brzina izvršenja instrukcija je određena brzinom časovnika koji je obično smešten na samom procesoru. Kad se računar uključi, električna struja prouzrokuje ravnomerno okidanje elektronskih impulsa konstantnog nivoa od strane časovnika. Pomoću ovih impulsa računar vrši sinhronizaciju izvršenja instrukcija. Brzina časovnika se meri u megahercima (MHz), pri čemu 1 MHz označava milion taktova u sekundi.

Za izvršenje jedne instrukcije potrebno je 5 taktova: jedan takt da se instrukcija iz operativne memorije učitava u registar instrukcija, jedan takt da se izvrši njeno dekodiranje, jedan takt da se učitaju podaci (operandi) iz memorije, jedan takt da se instrukcija izvrši i jedan takt da se izvrši upisivanje rezultata. To znači da savremeni računari sa brzinom časovnika od 3GHz mogu da realizuju 600 miliona instrukcija u sekundi.

Prenos podataka između operativne memorije i CPU, ulaznih uređaja i operativne memorije kao i između operativne memorije i ekranskih uređaja se vrši posredstvom magistrale. **Magistrala** (eng. bus) je staza ili veza kojom se u taktu procesorskog časovnika prenose električni impulsi tj. bitovi.

Najznačajnija karakteristika magistrale je tzv. **širina magistrale** koja označava broj bitova koji se u jednom trenutku mogu preneti. Tako 64-bitna magistrala u jednom trenutku može da transferiše podatak veličine 64 bita. Očigledno je da je širina magistrale direktno povezana sa veličinom procesorske reči tj. sa veličinom registara u procesorskoj jedinici.

Brzina magistrale se meri u MHz I nešto je niža nego brzina časovnika.

Unutrašnje magistrale su magistrale podataka, adresna magistrala i kontrolna magistrala.

Neke vrste magistrala:

1. **ISA**, radna magistrala za sve sisteme malih brzina, više se ne koristi. Brzina prenosa oko 5 MBps za periferije nižeg propusnog opsega. Radi na 8 MHz i ima širinu od 16 bitova.
 2. **VL bus**, magistrala koja je pravljen za sisteme sa procesorom 486. 120 MBps.
 3. **MCA**, IBM-ova magistrala za Plug and Play dodatke, nikad prihvaće na tržištu. 33 MBps.
 4. **EISA**, Industrijski odgovor na MCA magistralu.
 5. **PCI**, dugo vladajući standard. Radi na 33MHz i ima 32 bita širine. 132 MBps.
 6. **AGP**, je vid povezivanja grafičkih kartica 264MBps/ 528MBps.
 7. **PCI Express**, vladajući standard na savremenim računarima.
 8. **SCSI**, standard za brze interne i eksterne veze 5/10/20/40/... Mbps
 9. **USB**, Universal Serial Bus 3.0. Projektovana za uređaje kao što su miš, tastatura, skener i digitalni fotoaparati. 5Gbps
 10. **IrDA**, povezivanje periferije infracrvenim zracima. 4 Mbps
 11. **Bluetooth**
-

Memorija

”Memorija je svaki uređaj koji je u stanju da podatke sačuva u formatu koji neka mašina može da prepozna”

James A. Sean

Pored procesora, memorija je najvažnija komponenta jednog računarskog sistema. Koristi se i za skladištenje podataka i za skladištenje instrukcija datih nizovima nula i jedinica u formi koja direktno zavisi od fizičkog tipa njene izrade.

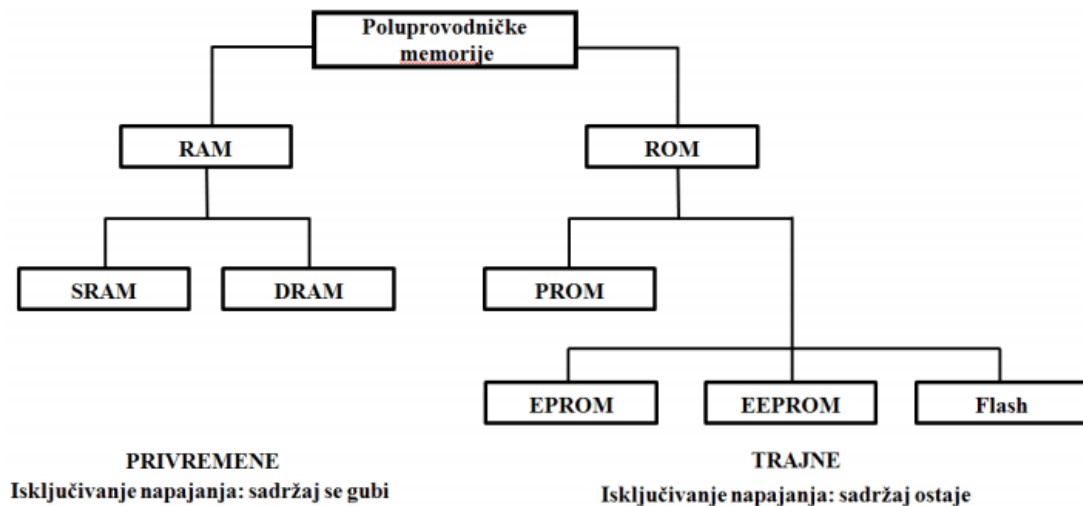
Karakteristike memorije:

Postoji čitav niz atributa kojima se memorije mogu opisati:

- **stalnost zapisa** – trajne (koje čuvaju sadržaj sve dok se ne inicira promena sadržaja od strane korisnika) i privremene (čiji se sadržaj gubi nakon nestanka električnog napajanja),

- **fizički tip** – poluprovodničke (integrisana kola velikog broja tranzistora utisnutih na silicijumski čip), magnetske (površine premazane feromagnetnim materijalom) i optičke (polikarbonatne mase presvučene slojem reflektujućeg aluminijuma),
- **kapacitet** – maksimalna količina podataka merena u bitovima ili bajtovima koju može sadržati memorija,
- **jedinica prenosa** – može biti bajt (u slučaju unutrašnje memorije) ili blok (nekoliko KB ili MB, u slučaju spoljašnje memorije),
- **adresivost** – adresive (pomoću adrese se pristupa jednom bajtu ili reči), poluadresive (gde se pristupa grupi bajtova) i neadresive (gde je onemogućen pristup sadržaju memorije pomoću adrese),
- **načini pristupa** – postoje četiri moguća načina pristupa podacima u memoriji:
 - *sekvencijalni* - podaci organizovani u grupe (slogove) i upisuju se u redosledu unošenja. Da bi se pročitao potreban podatak neophodno je pročitati sve podatke koji mu prethode zbog čega je vreme pretrage vrlo veliko i zavisi od njegove lokacije na medijumu. Primer su magnetne trake koja je identična audio ili video kaseti,
 - *direktan* - do željenog podatka (ili sloga) se dolazi direktno preko njegove adrese u memoriji. Adresa na kojoj je zapisan podatak je u direktnoj vezi sa njegovom fizičkom lokacijom. Da bi se izvršilo čitanje željenog podatka potrebno je pozicionirati uređaj za čitanje na njegovu adresu. Zbog toga vreme pristupa podacima zavisi od njihove lokacije na memorijskom medijumu. Primer su hard diskovi.
 - *Slučajni* – do željenog podatka se pristupa direktno na osnovu adrese u memoriji na kojoj je podatak zapisan. Termin *slučajni* (eng. *random*) znači da je vreme potrebno da se pristupi bilo kojoj adresi u memoriji isto. Primer je RAM.
 - *asocijativni* – podacima se pristupa ne na osnovu adrese nego na osnovu njihovog sadržaja. Primer je keš memorija.
- **vreme pristupa** – je atribut koji predstavlja izuzetno mali vremenski interval (reda veličina od mili do piko sekunde) koji započinje činom iniciranja komunikacije sa memorijom, a završava se pronalaženjem podatka u okviru memorijske lokacije,
- **vreme memorijskog ciklusa** – je atribut koji predstavlja zbir vremena pristupa i dodatnog vremena potrebnog za ponovni pristup memoriji, ● **brzina prenosa** – je atribut koji se definiše kao količina podataka koji se mogu pročitati ili upisati u memoriju u jedinici vremena,

- **mogućnost promene sadržaja** – Read Only ili ”samo za čitanje” (memorije čiji se sadržaj ne može naknadno menjati) i Read-Write ili ”upisno-čitajuće” (sa mogućnošću naknadne promene sadržaja).



Na osnovu lokacije memorije u odnosu na položaj procesora, memorije mogu biti u kategoriji

- **unutrašnjih**, smeštenih unutar samog procesora ili u njegovoj neposrednoj blizini sa kojim čine centralnu procesorsku jedinicu (CPU – Central Processing Unit) i
- **spoljašnjih**, koje su locirane dalje od procesora i koje pripadaju kategoriji perifernih uređaja, hardverskih komponenti koje se nalaze u okruženju CPU.
-

Unutrašnja memorija

Unutrašnja memorija je lokacijski najbliža samom procesoru što ima za posledicu da se sva komunikacija ostalih hardverskih komponenti sa procesorom obavlja upravo preko nje.

Postoji više vrsta ove memorije:

- registri,
- keš (Cash),
- RAM i
- ROM.

Registri

Registri predstavljaju memoriju velike brzine i malog kapaciteta koja služi za skladištenje upravljačkih instrukcija i privremenih rezultata obrade unutar samog procesora. Svaki registar ima određenu ulogu unutar procesora i uobičajeno je da su svi registri iste veličine (primer 64-bitne arhitekture gde su svi registri kapaciteta 64-bita).

Registri mogu biti opšti (akumulatori) i specijalizovani (instrukcioni, memorijskih adresa, prihvatni, kontrolni, brojač instrukcija)

Keš memorija

Keš memorija je interna memorija procesora i nekih drugih perifernih uređaja (npr. hard diskova) koja premošćava veliku razliku u brzini prenosa podataka između spregnutnih komponenti. Keš memorija je nastala iz potrebe da se ubrza prenos podataka između procesora i glavne (RAM) memorije. Naziv keš (engl. cache) što znači tajno skladište, označava da je ova vrsta memorije sakrivena od programera, tj. da programer ne može da joj pristupi.

Keš memorija skladišti najčešće korišćene memorijske reči. U potrazi za rečima procesor joj se obraća i u slučaju da ne pronađe potrebnu reč, nastavlja pretragu u glavnoj (RAM) memoriji. U takvoj situaciji se vreme pretrage produžava i dolazi do usporavanja rada računara. Međutim, kada se pronađe reč u glavnoj memoriji dolazi do prebacivanja u keš memoriju ne samo te reči, već i svih susednih reči, u zavisnosti od kapaciteta keša. Ovakav pristup se sprovodi zbog velike verovatnoće da će se u kratkom vremenskom intervalu u budućnosti pristupiti i tim susednim rečima koje će tada biti brže dostupne procesoru. Čitava prethodno objašnjena procedura je poznata kao princip lokalnosti. Na ovom principu funkcionišu sve vrste keš memorija.

RAM memorija

Treći i najvažniji nivo unutrašnje memorije računara je glavna, operativna, radna memorija ili memorija sa slučajnim pristupom (RAM - Random Access Memory). Preko RAM memorije procesor komunicira sa ostalim uređajima računara (spoljašnjom memorijom, U/I uređajima itd.). Termin radna memorija potiče od činjenice da se programi u obliku izvršnog koda (niza instrukcija prevedenih na mašinski jezik) smeštaju u RAM odakle ih poziva i izvršava procesorska jedinica. Zbog toga brzina rada računara (brzina izvršavanja programa) ne zavisi samo od brzine procesora već i od brzine preuzimanja podataka iz glavne memorije. Na brzinu rada računara utiče i veličina radne memorije.

Glavna memorija je priključena na processor preko magistrala za adrese i podatke.

Postoje dve vrste RAM memorije: **statička (SRAM)** i **dinamička (DRAM)**. Statička RAM memorija spada u rang veoma brzih memorija sa vremenom pristupa reda veličine nanosekunde i koristi se kao osnova za izradu registara i keš memorija. Dinamička RAM memorija je većeg kapaciteta i manje brzine prenosa podataka od statičke RAM memorije i koristi se kao osnova za izradu glavne memorije.

ROM memorija

ROM (Read Only Memory) je memorija koja jedino omogućava čitanje prethodno fabrički upisanih podataka. Kada se jednom programira njen sadržaj se ne menja i ne gubi čak i kada se isključi napajanje. Koristi se za čuvanje BIOS-a kao i programa za funkcionisanje uređaja (npr. veš mašina). BIOS (Basic Input Output System) je skup računarskih programa ugrađenih u čip na matičnoj ploči. Nakon uključivanja računara BIOS vrši prepoznavanje i proveru funkcionalnosti svih hardverskih komponenti u konfiguraciji, a odmah nakon toga pronalazi i učitava operativni sistem u RAM memoriju.

Po veličini ROM je dosta manji od RAM-a i nije raspoloživ korisniku, već samo sistemu. Prikaz veličine ROM memorije se obično ne navodi u specifikaciji.

Inicijalno zamišljena samo kao memorija za čitanje, vremenom je evoluirala i pretvorila se u memoriju u koju je moguće i upisivati podatke.

PROM memorija

PROM (Programmable Read Only Memory) je nastala 1956. godine kao memorija koja se samo jednom može programirati, ali ne tokom tehnološkog postupka izrade u fabrici, već na adresi kupca pomoću specijalnog uređaja koji koristi visoki napon. Zadatak tog specijalnog uređaja je da trajno uništi ili kreira veze unutar čipa čime se vrši kodiranje informacija, tj. upis sadržaja. Jednom upisani sadržaj se ne može nakon toga više menjati niti brisati.

EPROM memorija

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) se pojavila prvi put 1971. godine kao trajna memorija koja se može više puta puniti i brisati. Punjenje se vrši u za tu svrhu specijalno napravljenim uređajima, a brisanje pomoću izlaganja ultraljubičastom ili rendgenskom zračenju.

Spoljašnja memorija

Spoljašnju memoriju čine svi memorijski uređaji koji se nalaze van centralne procesorske jedinice i matične ploče na periferiji računarskog sistema. Glavne karakteristike spoljašnje memorije su trajnost čuvanja zapisa, većina su magnetskog ili optičkog tipa, velikog su kapaciteta, jedinica prenosa podataka je blok, adresive su, odnos cena/kapacitet je niži, a vreme pristupa veće nego kod unutrašnjih memorija. Postoji više vrsta spoljašnjih memorija, od kojih će ovde biti obrađene sledeće:

- disketa,
- hard disk,
- kompakt disk (CD),
- DVD,

- Blue Ray disk,
- magnetna traka,
- fleš memorija i
- memorijske kartice.

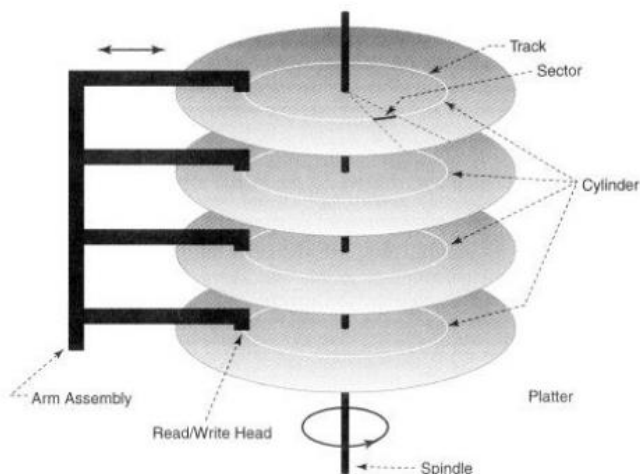
Disketa

Disketa je tanka, poliesterska kružna ploča premazana feromagnetnim materijalom sa obe strane koja je upakovana u zaštitno četvrtasto kućište od tvrde plastike na kome je metalni klizač. Prečnik kružne ploče iznosi 3,5 inča. Naziva se i "floppy" (savitljiv) disk ili samo disketa. Prva koja se pojavila bila je proizvedena od strane IBM-a 1971. godine i bila je kapaciteta 80 KB i dimenzija 8 inča. Pre upotrebe, disketu je potrebno formatirati.

Upis i čitanje podataka se odvija preko glave za čitanje/upisivanje koja klizi po površini diskete. To je razlog ubrzanog habanja disketa koje su inače veoma nepouzdanе, pa se isti sadržaj skoro uvek snima na dve diskete. Dodatni način zaštite od habanja je i izbegavanja direktnog otvaranja fajlova sa diskete, već disketu treba koristiti samo kao prenosni medijum.

Hard disk

Hard disk predstavlja osnovni medijum za skladištenje podataka svakog personalnog računara. Sastoji se od više tankih aluminijumskih ploča premazanih feromagnetnim materijalom i zaštitnim slojem sa obe strane ploče. Feromagnetni materijal je glavni nosilac podataka i služi za memorisanje podataka. Prečnik ovih ploča se kreće od 3 do 12 cm. Diskovi (ploče) su naslagani na istu osovinu koju pogoni motor koji se naziva akuator. Upis i čitanje podataka se ostvaruje preko glave za čitanje/upis podataka u obliku indukcionog kalema koja klizi u radijalnom pravcu iznad površine ploče. S obzirom da postoji više ploča, postoji i više glava za čitanje/upis (po dve za svaku ploču, osim prve i poslednje ploče gde postoji po jedna glava) koje se istovremeno pomeraju bez obzira kojoj se od ploča pristupa.



Čitanje odnosno pisanje podataka na hard disku se realizuje tako što se glava za čitanje/pisanje pozicionira iznad ploče sa koje treba da izvrši čitanje/pisanje a motor vrši okretanje osovine na koju su naslagani diskovi (ploče). Kako je glava za čitanje/pisanje relativno mali uređaj ona može da pokrije samo malu površinu ploče iznad koje se nalazi. Zbog toga se podaci zapisuju po tačno određenim koncentričnim krugovima koji se nazivaju **staze**. Širina svake staze je reda veličine mikrometra, pa s obzirom na dimenzije ploče hard diska, broj staza je izuzetno veliki. Svaka staza je podeljena na segmente koji se nazivaju **sektori**. Svaki sektor sadrži određenu količinu podataka, najčešće 512 bajtova i predstavlja najmanju fizičku celinu kojoj se može pristupiti. Hard diskovi novije generacije imaju različit broj sektora na različitim stazama pa je uobičajeno da spoljašnje zone imaju i do 40% više sektora nego unutrašnje. Na početku svakog sektora se nalazi zaglavlje (header) u koje se obično upisuje broj sektora i koje omogućava pozicioniranje glave pre čitanja ili upisa, a na kraju bloka je kod za ispravljanje grešaka (error-correcting code).

Hard diskovi spadaju u memoriju sa direktnim pristupom što znači da se podacima pristupa direktno na osnovu njihove adrese. Adresiranje savremenih diskova se sastoji u sledećem. Staze na istom poluprečniku svih naslaganih diskova čine jedan „fiktivni“ cilindar. Očito je broj cilindara jednak broju staza. Pojam cilindra je uveden zato što su prilikom čitanja/pisanja sve glave pozicionirane iznad staza istog poluprečnika pa je zbog toga efikasnije upisivanje podataka u sve staze istog cilindra a zatim u sve staze sledećeg i tako redom.

Kada je reč o prenosivim uređajima, ulogu hard diskova imaju SSD diskovi (Solid State Drive) koji su tipa SRAM ili DRAM memorije velikog kapaciteta i brzine. Njihova velika prednost je da su višestruko brži od hard diskova i da smanjuju potrošnju električne energije što je veoma bitno kod prenosivih računara.

Kompakt disk (CD)

Kompakt diskovi (Compact Disk) su prvobitno bili namenjeni snimanju muzičkih sadržaja. Pojavili su se 1980. godine kao medij koji je u budućnosti trebao da zameni gramofonske ploče. Spadaju u tip optičkih medija zato što je funkcionisanje zasnovano na emitovanju laserskih zraka ka površini diska i njihovoj refleksiji od iste. U zavisnosti od konstrukcije ovi diskovi mogu biti samo čitajući CD-ROM, jednom pisajući CD-R i više puta pisajući CD-RW .

CD-ROM

CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) su diskovi kod kojih se podaci mogu upisati samo jednom (najčešće fabrički) tako da korisnik može samo da čita njihov sadržaj. Kao i kod magnetnih diskova i kod optičkih diskova se podaci upisuju po stazama. Razlika je u tome što kod optičkih diskova ne postoji više koncentričnih staza već samo jedna spiralna staza.

- Tri sloja: polikarbonatno staklo, tanki sloj aluminijuma i zaštitni lak

- Zapisivanje podataka se vrši tako što disk rotira a specijalni uređaj duž spiralne staze pravi mikroskopska udubljenja na polikarbonatnom staklu koji se prevlači aluminijumom
- Ako prilikom čitanja laserski zrak emituje na mesto gde je udubljenje (gde je deblji sloj aluminijuma) refleksija je izraženija i obrnuto
- Odbijeni snop laserskog zraka upija fotodetektor i generiše električni impuls
- udubljenje nosilac digitalnog podatka 1 a ispupčenje digitalnog podatka 0

CD-R

CD-R (Compact Disc - Recordable) su diskovi na koje podatke mogu da upisuju i korisnici.

- CD-R diskovi takođe sadrže sloj od polikarbonatnog stakla na koji se nanosi fotosenzitivni sloj. Na fotosenzitivni sloj se nanosi reflektivni sloj od srebra ili zlata. Na kraju se nanosi zaštitni plastični sloj.
- Ovi diskovi su fabrički prazni sa pripremljenim stazama za pisanje.
- Proces pisanja se vrši tako što se glava za pisanje kreće duž spiralne staze i emituje laserske zrake određene jačine. Na mestu gde je fotosenzitivni sloj pogođen laserskim zrakom potrebne jačine dolazi do njegove hemijske promene koja za posledicu ima znatno slabiju refleksiju. Kada čitač tokom čitanja pogodi laserskim zrakom pomenuto mesto neće doći do refleksije pa samim tim ni do generisanja električnog impulsa u fotodetektoru zbog čega možemo da kažemo da je to mesto sa digitalnim zapisom 0.
- Mesta na spiralnoj stazi kojima nije promenjen hemijski sastav (koja nisu „spržena“) su nosioci digitalnog zapisa 1.

CD-RW

CD-RW (Compact Disc - ReWritable) su diskovi na kojima je moguće i pisanje i brisanje podataka.

- Na polikarbonatno staklo se nanosi još 5 slojeva od kojih je najbitniji sloj za snimanje koji ima mogućnost faze promene.
- Kada se ovaj sloj zagreje do određene temperature pa ohladi prelazi u kristalnu fazu koja se odlikuje velikom refleksijom.
- Kada se zagreje do više temperature i ohladi prelazi u amorfnu fazu koja ima vrlo nizak stepen refleksije.
- S obzirom da je postupak čitanja isti kao i u slučaju CD-ROM i CD-R diskova očigledno je da kristalna faza odgovara digitalnom zapisu 1, a amorfna faza digitalnom zapisu 0.

Zbog toga CR-RW snimač radi u 3 režima:

1. Režim za brisanje kojem odgovara veća jačina laserskih zraka neophodna za pretvaranje u amorfno stanje,

2. Režim za snimanje kojem odgovara srednja jačina laserskih zraka neophodna za transformaciju u kristalno stanje, i
3. Režim čitanja kojem odgovara najmanja jačina dovoljna za čitanje podataka.

DVD

- Kapacitet od 700 MB masovno korišćenih kompakt diskova se vrlo brzo pokazao kao “siromašan”
- DVD (Digital Versatile Disk) 1996.god
- Kategorizacija je slična kao kod kompakt diskova što znači da možemo da razlikujemo DVD-ROM, DVD-R i DVD-RW
- Povećanje memorijskog kapaciteta je postignuto povećavanjem gustine spiralnih staza
- Zamena polikarbonatnog supstrata plastičnim supstratom

Blu-Ray disk

- Blu-Ray disk (disk plavog zraka) je dobio naziv po laseru plave boje koji je manje talasne dužine nego crveni.
- Pojavio se iz potrebe smeštanja HD zapisa (High Definition – visoka rezolucija) na memorijski medijum.
- Kapaciteti mogu biti od 25 ili 50 GB.

Magnetna traka

Memorisanje podataka na magnetnoj traci se danas vrlo retko primenjuje zbog dugotrajne, sekvencijalne pretrage koja je glavni nedostatak, iako je jeftina i velikog kapaciteta. Princip izrade i rada je isti kao kod muzičkih i video kaseti.

Fleš memorija

- Fleš memorija (flash - bljesak) se pojavila 1988. godine kao poslednja vrsta EEPROM memorije
- Karakteristike: kompaktna, brza, velikog kapaciteta, pogodna za back up, malih dimenzija
- Često se izrađuje u kombinaciji sa MP3 plejerom, radiom i mikrofonom

Hijerarhija memorija

Piramida prikazana na sledećoj slici prikazuje hijerarhijsku uređenost memorija na osnovu kapaciteta, vremena pristupa i cene gde se može uočiti neophodnost postojanja keš memorije u funkcionisanju računarskog sistema. Bez nje postojao bi veliki jaz koji bi uslovljavao pad brzine rada računarskog sistema.

