

Mikroprocesori računala

Irsak, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **The University of Applied Sciences Baltazar Zaprešić / Veleučilište s pravom javnosti Baltazar Zaprešić**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:129:136942>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**

Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of the University of Applied Sciences Baltazar Zaprešić - The aim of Digital Repository is to collect and publish diploma works, dissertations, scientific and professional publications](#)



VELEUČILIŠTE
s pravom javnosti
BALTAZAR ZAPREŠIĆ
Zaprešić

Preddiplomski stručni studij
Informacijske tehnologije

MARIO IRSAK

MIKROPROCESORI RAČUNALA

STRUČNI ZAVRŠNI RAD

Zaprešić, 2020. godine

VELEUČILIŠTE
s pravom javnosti
BALTAZAR ZAPREŠIĆ
Zaprešić

Preddiplomski stručni studij
Informacijske tehnologije

STRUČNI ZAVRŠNI RAD

MIKROPROCESORI RAČUNALA

Mentorica:
dr. sc. Alisa Bilal Zorić

Naziv kolegija:
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Student:
Mario Irsak

JMBAG studenta:
0234057013

Sadržaj

SAŽETAK	1
ABSTRACT.....	1
1. Uvod	3
1.1. Predmet i cilj rada.....	3
1.2. Izvori podataka	3
1.3. Sadržaj i struktura rada	4
2. Mikroprocesori računala	5
2.1. Klasifikacija mikroprocesora	5
2.2. Primjene mikroprocesora.....	7
2.3. Izrada mikroprocesora	8
3. Razvoj računala kroz povijest	10
3.1. Rane godine	10
3.2. Računala 19. stoljeća.....	10
3.3. Elektromehanički strojevi.....	11
3.4. Generacije računala	12
3.4.1. 1. generacija računala.....	12
3.4.2. 2. generacija računala.....	13
3.4.3. 3. generacija računala.....	13
3.5. Povijest mikroprocesora	13
4. Ključne značajke mikroprocesora.....	18
4.1. Broj jezgri.....	18
4.2. Frekvencija sata	18
4.3. RAM ,Cache i vanjska memorija	19
4.4. Ostale značajke mikroprocesora.....	20
4.4.1. Tehnološki proces.....	20
4.4.2. Disipacija topline	20
4.4.3. Ugrađeni grafički procesor	21
4.4.4. Utičnica.....	21
5. Arhitektura i rad mikroprocesora	22
5.1. Princip rada mikroprocesora	22
5.2. Procesi i dretve	23
5.3. Arhitektura mikroprocesora.....	24

5.4.	Porast performansi mikroprocesora	26
5.5.	Prednosti i nedostaci mikroprocesora	28
6.	Zaključak	29
7.	Izjava	30
8.	Popis literature	31
9.	Popis slika, tablica i grafikona	32
10.	Životopis	33

SAŽETAK

Mikroprocesori računala su „mozak“ svakog važnijeg elektroničkog sklopa koji pomaže u obavljanju svakodnevnih poslova. On kontrolira sve funkcije centralne procesne jedinice računala ili pak nekog drugog digitalnog uređaja te je programiran na način da zaprima, daje i obrađuje set instrukcija dobiven od drugih komponenti sustava. Ovakav sustav je sposoban kontrolirati gotovo sve što možemo zamisliti, od kalkulatora i mobilnih telefona pa sve do automobila.

U ovom radu proći ćemo kroz povijest i razvoj mikroprocesora, primjenu, prednosti te njegove nedostatke. Sam vrhunac tehnologije sakriven u tako malom integriranom sklopu, sastavljen od milijuna i milijardi tranzistora sastavljen kao jedna komponenta, međusobno povezanih finim žicama od bakra. Ova komponenta je veličinom mjerena i izrađena uporabom nano¹ tehnologije, te jednostavno nikoga ne može ostaviti ravnodušnim. Na samom kraju osvrnuti ću se kroz zaključak te pokušati prenijeti svoje viđenje ove superiorne elektroničke komponente.

Ključne riječi: Mikroprocesor, računalo, UI²

Title in English: COMPUTER MICROPROCESSORS

ABSTRACT

Microprocessor of computers is a brain of each important electronic device which are helping us to perform daily chores. It controls all functions of CPU³ (eng. Central Processing Unit) or any other electronic device. It is also programmed to receive, give, and process a set of instructions obtained from the other system components. This kind of system can control almost everything we can imagine, from calculators and mobile phones to cars.

In this paper, we will go through the history and development of microprocessors, application, its advantages and disadvantages. The very pinnacle of technology hidden in such small integrated circuit, made up of millions and billions of transistors assembled as a single

¹ Nano – $1 \times 10^{-9} \text{m}$

² UI – umjetna inteligencija

³ CPU (eng. Central Processing Unit) je centralna procesna jedinica

component, measured in size and made by using nano ($1 \times 10^{-9} \text{m}$) technology simply cannot leave anyone indifferent. At the very end I will give my opinion through a conclusion and try to convey my thoughts of this superior electronic component.

Key words: Microprocessor, computer, AI⁴

⁴ AI (eng. Artificial Intelligence) umjetna inteligencija

1. Uvod

Današnji svijet je nezamisliv bez ovog vrlo važnog dijela, mikroprocesora (složenica od eng. riječi *micro*⁵ – malo te eng. riječi *processor*⁶ – stroja koji nešto obrađuje ili procesira), koji se sve češće naziva samo procesor (eng. - Central Processing Unit - CPU) a osnovni je dio svakog elektroničkog računala koji u svom najjednostavnijem opisu služi kao centralno mjesto za obradu podataka. U mnogoj literaturi možemo naići još i na nazive poput mikroobradnik ili mikropreradnik ali svi ti nazivi su sinonimi za mikroprocesor, kako ćemo ga mi najčešće nazivati u ovome radu. On je najvažniji dio svake računalne arhitekture bez čijeg prisustva ne bi bilo moguće izvršiti niti jednu operaciju unutar računala. Možemo ga još i nazvati programibilnim⁷ uređajem koji nad ulaznim podacima obavlja aritmetičke i logičke operacije te daje željene izlazne podatke ovisne o potrebama.

Tridesetak godina u povijesti je relativno kratko razdoblje, međutim u području računarstva a posebno u razvoju mikroprocesora, dogodile su se značajne promjene. Pojavom prvog mikroprocesora 1971. godine, za današnje vrijeme vrlo skromnih mogućnosti, otvoreno je jedno potpuno novo područje koje uključuje mikro-računalnu tehnologiju, programsku potporu te specifičan pristup projektiranju i primjeni mikroručunala.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog završnog rada je pobliže objasniti funkcionalnost i svrhu mikroprocesora računala ali i pokušati dočarati o koliko bitnom dijelu svakog računala se ovdje zapravo radi. Kroz ovaj rad bolje ćemo upoznati povijest mikroprocesora, strukturu, od čega se proizvode, kakve vrste postoje, gdje se koriste itd.

U današnje vrijeme, gdje smo svi zapravo ovisni o tehnologiji, uz sve mogućnosti koje nam ona pruža, te nam olakšava svakodnevnu komunikaciju i poslovanje, bilo bi gotovo nezamislivo ostati bez nje. Sva tehnologija današnjice, koju svi koriste, sadrže mikroprocesor kao glavnu komponentu računala. Bez obzira radilo se o računalima, mobilnom uređaju, TV prijemu, automobilima, bankarstvu, raznim dijagnostičkim uređajima u zdravstvu, prijevozu, industriji, poljoprivredi itd., ne postoji niti jedan uređaj pogonjen električnom energijom a da ne sadrži u sebi određenu vrstu mikroprocesora koji njime upravlja.

1.2. Izvori podataka

Izvori podataka ovog završnog rada biti će s više izvora među kojima je neizostavna stručna literatura kao i literatura koja se je koristila na Veleučilištu kroz protekle tri godine kao nastavni materijal. Veliki dio podataka će biti preuzet i s interneta koji je u današnje vrijeme najveći izvor podataka te nam pruža gotovo beskonačne mogućnosti. Određeni dio ovog rada

⁵ Nano – $1 \times 10^{-6} \text{m}$

⁶ Processor (eng. Processor) obradnik

⁷ Programibilan - koji ima mogućnost programiranja, koji se može programirati

biti će i iz vlastitog radnog iskustva s obzirom da se informacijskim tehnologijama bavim već preko 15 godina gdje sam stekao određena znanja i vještine. Interes i odabir ove teme kao i njegova obrada je tako bio logičan s obzirom na vrstu posla kojim se bavim.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Prvi dio rada sastojati će se od uvoda u rad, pokušati ću objasniti zbog čega je ova računalna komponenta toliko važna te gdje ju sve možemo pronaći. Uz to, dijelovi uvoda će sadržavati i informaciju koja je svrha ovoga rada, koja literatura će se koristiti itd.

Nakon uvodnog dijela krenut ću s općenitim opisom mikroprocesora, njegovom poviješću i razvoju, primjeni, glavnim značajkama te zanimljivostima vezanim uz ovu komponentu. Također ću opisati povijest mikroprocesora odnosno tko su najznačajniji izumitelji kroz povijest, tko ih je patentirao te razdoblja koja su značajna za njegovu uporabu te primjenu u različitim područjima.

Nakon razrade glavne teme uslijediti će zaključak koji će biti usmjeren na važnost ove komponente kao i načinu današnjeg života koji nam mikroprocesor pruža.

2. Mikroprocesori računala

Prvenstveno i najjednostavnije rečeno, mikroprocesor je računalni procesor koji obavlja najveći dio operacija tijekom rada računala. Te operacije se mogu obavljati zahvaljujući uređenom skupom naredbi odnosno instrukcija. Takav uređen skup instrukcija se naziva program. Svaki mikroprocesor naizgled izvana djeluje vrlo jednostavno međutim u svojoj unutrašnjosti je vrlo kompleksan jer se radi o stotinama milijuna tranzistora smještenih u jednome sklopu.

Prema riječima dr. sc. Davor Zorc (2015), „Mikroračunalo je digitalni automat sposoban za izvršenje računskih operacija, a na osnovu programa pohranjenog u memoriji. Izvedeno je od jednog ili više integriranih krugova.“

Također radi se o obliku jednog samostalnog integriranog sklopa koji je mozak računalnog sustava i prema broju vodova podatkovne sabirnice određuje se klasa PC sustava. Usporedba mikroprocesora s mozgom nam daje jasnu predodžbu o njegovoj vitalnoj važnosti u radu računala.

Druga definicija koju često možemo čuti je da je mikroprocesor bilo koja vrsta minijaturnog elektroničkog uređaja koja sadrži aritmetičku, logičku i kontrolnu jedinicu potrebnu za obavljanje funkcija računalne centralne procesne jedinice.

Treća definicija kaže kako se radi o komponenti koja izvršava upute i zadatke uključene u računalnu obradu. U računalnom sustavu mikroprocesor je središnja jedinica koja izvršava i upravlja logičkim uputama koje su mu prosljeđene. Mikroprocesor se također može nazvati procesorom ili središnjom procesorskom jedinicom, ali zapravo je napredniji u smislu arhitektonskog dizajna i izgrađen je preko silicijskog mikročipa. On je najvažnija jedinica unutar računalnog sustava i odgovoran je za obradu jedinstvenog skupa uputa i procesa. Mikroprocesor je dizajniran za izvršavanje logičkih i računskih zadataka s tipičnim operacijama kao što su zbrajanje / oduzimanje, međuprocena i komunikacija uređaja, upravljanje ulazom / izlazom itd. Mikroprocesor je sastavljen od integriranih krugova koji sadrže tisuće tranzistora; koliko točno ovisi o njegovoj relativnoj računskoj snazi. Mikroprocesori se obično klasificiraju prema broju uputa koje mogu obraditi u određenom vremenu, njihovom taktu izmjerenom u MHz (megahercima) i broju bitova korištenih po naredbi.

2.1. Klasifikacija mikroprocesora

Mikroprocesori se klasificiraju prema nekoliko različitih skupina. Prva skupina je prema poluvodičkoj tehnologiji izrade:

- TTL (eng. tranzistor-tranzistor logic)
- CMOS (eng. complementary-metal-oxide semiconductor)
- ECL (eng. emitter-coupled logic)

Od tri spomenute tehnologije najčešća je u uporabi TTL tehnologija dok se CMOS tehnologija koristi najviše u prijenosnoj elektronici kojoj je potrebna najmanja količina električne energije

s obzirom da se dobiva iz baterija pohranjenih u samome uređaju. Ukoliko nam je potrebna velika brzina i potrošnja električne energije nam nije presudna onda se koristi ECL tehnologija.

Iduća skupina klasifikacije je prema veličini formata podataka koje mikroprocesor obrađuje:

- 4-bit
- 8-bit
- 32-bit
- 64-bit

Razvoj mikroprocesora po veličini formata podataka je bio logičan slijed s obzirom da je čovječanstvo kroz povijest imalo potrebu za obradom sve veće količine podataka kao i za obradom sve kompleksnijih setova instrukcija. U samim začetima 4-bitni mikroprocesori su bili odlični za obradu jednostavnih računskih operacija ili kontrolu jednostavnih aplikacija. Općenito govoreći što je format mikroprocesora veći to je i brzina mikroprocesora veća ali i cijena izrade raste.

Kao zadnja klasifikacija, mikroprocesori se dijele prema načinu izvršenja instrukcija:

- CISC⁸ – Računalo sa složenim setom instrukcija
- RISC⁹ - Računalo sa smanjenim setom instrukcija

CISC je računalo sa složenom arhitekturom seta instrukcija (eng. ISA¹⁰) u kojoj mikroprocesor koristi mikro-kod gdje se instrukcije tretiraju kao mali zasebni programi kako bi se izvršio širok skup instrukcija. Takve instrukcije mogu biti vrlo kompleksne i promjenjive dužine što zahtjeva jaču sirovu snagu samih komponenti računala.

RISC je računalo sa smanjenim setom instrukcija (eng. ISA) u kojoj skupovi instrukcija imaju fiksnu duljinu. S obzirom na činjenicu da se jedna instrukcija izvršava u jednom ciklusu oni vrlo brzo izvršavaju instrukcije. U usporedbi s CISC arhitekturom ovakvi mikroprocesori koriste manje tranzistora što čini njihovo projektiranje i izradu jeftinijom. Nedostatak RISC arhitekture je što im je potrebna vrlo velika količina RAM memorije za zapis podataka što često može biti problem ukoliko nemamo dovoljnu količinu memorije. Uz navedeni nedostatak i programeri koji pišu kod za ovakvu arhitekturu nose puno veći teret s obzirom da je u sami programski kod potrebno implementirati puno veći broj programskih koraka. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

U tablici 1 možemo vidjeti glavne značajke i razlike između CISC i RISC arhitekture seta instrukcija.

⁸ CISC – eng. Complex-Instruction-Set Computer

⁹ RISC - eng. Reduced-Instruction-Set Computer

¹⁰ ISA – eng. Instruction Set Architecture – arhitektura seta instrukcija

Tablica 1 - Osnovna razlika između CISC i RISC načina izvršenja instrukcija.

Izvor: Rad autora

CISC	RISC
Originalni mikroprocesor ISA	Redizajnirani mikroprocesor ISA koji se pojavio ranih 1980tih godina
Instrukcije mogu trajati nekoliko ciklusa	Jedna instrukcija, jedan ciklus
Dizajn usmjeren na sirovu snagu hardverskih komponenti <ul style="list-style-type: none"> ISA radi najvećom mogućom brzinom koristeći svu hardversku snagu 	Dizajn usmjeren na programski jezik <ul style="list-style-type: none"> Najveći teret nose programeri koji moraju kodirati puno veći broj programskih koraka
Efikasno korištenje RAM memorije	Potrebna velika količina RAM memorije
Kompleksna i varijabilna dužina instrukcija	Jednostavna, standardizirana dužina instrukcija
Podržava korištenje mikro-koda gdje se instrukcije tretiraju kao mali zasebni programi	Samo jedan sloj instrukcija
Korištenje velikog broja instrukcija	Korištenje malog broja instrukcija fiksne duljine
Složeni način adresiranja	Ograničeni način adresiranja

2.2. Primjene mikroprocesora

Mikroprocesori čine svakodnevni život puno lakšim a najviše zbog svoje pristupačnosti. To se najviše odnosi na nisku cijenu, nisku potrošnje električne energije, male dimenzije te malu masu što im omogućuje da ih smjestimo u bilo koji finalni proizvod što im dozvoljava vrlo široku primjenu. Iako imaju široku primjenu u svim poljima navesti ćemo samo neke, najvažnije:

- Kućanstvo – možemo ih pronaći u gotovo svim električnim uređajima poput perilice suđa i rublja, satovima, radio i TV uređajima, aparatima za kavu, termostatima, mikrovalnim pećnicama, audio i HIFI sustavima, kućnim računalima, igraćim konzolama itd.
- Industrija – industrije koje koriste mikroprocesorsku tehnologiju su primjerice auto industrija, brodogradnja, avionska industrija, alati i strojevi, dizala, benzinske postaje,

bankomatima, upravljanje prometom, serverska računala, visoko tehnološka medicinska oprema, nadzorni i sigurnosni sustavi itd.

- Transport – mikroprocesore možemo pronaći u automobilima, vlakovima, avionima, autobusima itd. U transportu se mogu koristiti za navigacijske uređaje uz pomoć korištenja GPS¹¹ tehnologije.
- Računala i elektronika – mikroprocesorska tehnologija se ovdje koristi kao glavna komponenta računala tj. „mozak“ sustava. Koriste se u svim tipovima računala od mikroručunala do super računala, mobilnim uređajima, TV i igraćim konzolama u kojima najčešće izvršavaju vrlo zahtjevne grafičke instrukcije.
- Medicina – može se pronaći u mnogim medicinskim uređajima poput inzulinskih pumpi, uređajima koji se primjerice koriste za umjetnu ventilaciju pluća što im pridodaje vrlo veliku važnost. Mogu se koristiti za procesiranje prikupljenih podataka s bioloških senzora te analizu rezultata itd.
- Instrumentacija – vrlo su korisni primjerice kod funkcijskih generatora, brojača frekvencija, analize spektra itd. gdje se mikroprocesor koristi kao upravljačka jedinica.
- Zabava – sva igraća oprema primjerice u casinima, u aparatima za igre na sreću, igračkama itd.
- Komunikacija – najviše se koristi u telekom industriji, digitalnim telefonima, modemima, satelitskoj komunikaciji TV i telekonferencijama, internetskoj tehnologiji itd.

2.3. Izrada mikroprocesora

Silicij je drugi najobilniji element na Zemlji, nakon kisika. Glavni je sastojak pijeska na plažama, prirodni je poluvodič i koristi se za izradu mikroprocesora. Na slici 1 možemo vidjeti komadić pročišćenog silicija od kojeg se izrađuju mikroprocesori.



Slika 1 - Komadić pročišćenog silicija

Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Silicij#/media/Datoteka:SiliconCroda.jpg>

¹¹ GPS (eng. Global Positioning System) je satelitski radionavigacijski sustav za određivanje položaja na Zemlji ili u njezinoj blizini.

Dok naizgled izgledaju plosnato oni su trodimenzionalno strukturirani te mogu sadržavati čak 30 slojeva složenih krugova. Izrada mikroprocesora se odvija u takozvanim čistim sobama koje su tisuću puta čišće od operacijskih dvorana u bolnicama kako bi se spriječila kontaminacija poput ljudske kose.

Prema službenoj stranici Kraljevskog društva kemičara (<https://www.rsc.org/>) „Silicij čini 27,7% mase ukupne Zemljine kore te je drugi najrašireniji kemijski element (kisik je prvi) u periodnom sustavu elemenata. U prirodi se uglavnom javlja kao oksid (silicija) ili kao silikat. Oksid sadrži pijesak, kvarc, kameni kristal, ametist, ahat, kremen i opal dok silikatni oblik sadrži azbest, granit, amfibole, glinenca gline i tinjca.

Elementarni silicij proizvodi se komercijalno smanjenjem pijeska s ugljikom u električnoj peći. Silikon visoke čistoće, za elektroničku industriju, priprema se toplinskim raspadom ultra čistog triklorosilana, nakon čega slijedi rekristalizacija.“

Kako će mikroprocesor raditi je rezultat rasporeda i dizajna tranzistora kao i načina primjene mikroprocesora. Dizajnerske specifikacije koje uključuju veličinu mikroprocesora, broj tranzistora, testiranje te proizvodne faktore se koriste kako bi se napravila shema – simbolička reprezentacija tranzistora te njihova međusobna povezanost koja će u konačnici kontrolirati tok električnih impulsa kroz mikroprocesor. Nakon toga dizajneri od svakog sloja izrađuju uzorke u obliku šablona koje nazivamo maske. Nakon što su maske izrađene, dizajneri koriste računalno dizajnirane radne stanice za izvođenje sveobuhvatnih simulacija i ispitivanja funkcija čipa. Da bi dizajnirali, testirali i precizno prilagodili čip i pripremili ga za izradu potrebno je stotine ljudi.

"Recept" za izradu čipa varira ovisno o predloženoj uporabi čipa. Izrada čipa složen je proces koji zahtijeva stotine precizno kontroliranih koraka koji rezultiraju slojevima raznih materijala ugrađenih jedan na drugog. Postupak fotolitografskog "tiskanja" koristi se za formiranje višeslojnih tranzistora i povezivanja (električnih krugova) na čipu. (Intel, 2020.)

3. Razvoj računala kroz povijest

Povijest računala je prepuna zanimljivih i zabavnih detalja koji nam mogu pomoći da ih bolje i korisnije upotrijebimo u svrhu za koju su nam u danom trenutku najkorisnija. Također, to je putovanje kroz vrijeme, razne izume ljudi, entuzijastima, koji su u trenutku stvaranja bili daleko ispred svog vremena. Svima njima možemo biti zahvalni na blagodatima koje danas uživamo.

3.1. Rane godine

Nastavno na ranije spomenuto podijeliti ćemo računala kroz povijest u nekoliko kategorija od kojih prvu nazivamo „rane godine“. Postoje zapisi da su Egipćani već 5000 godina prije Krista koristili kamenčiće kako bi im pomogli u osnovnim matematičkim operacijama poput zbrajanja i oduzimanja. 2000 godina kasnije, Kinezi su izumili abacus, pomagalo pločastog oblika za lakše izvođenje računskih operacija. To je i najstarije pomagalo za učenje koje se koristi i dan danas u nekim školama.

U istu kategoriju ranih godina, točnije u 17. stoljeću spada i logaritamsko računalo koje je nastalo zahvaljujući logaritamskim tablicama koje je prvi izradio John Napier (1614. godine.). (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.).

Slijedeći u nizu nalazi se mehanički kalkulator naziva Pascalina koji je mogao relativno brzo zbrajati i oduzimati velike brojeve. Stroj je izumio francuski filozof i matematičar Blaise Pascal, 1642 godine, a zanimljiva činjenica je da je takav kalkulator trebao pomoći njegovom ocu u računanju koji je bio poreznik. S obzirom na činjenicu da u to vrijeme nije postojala dovoljno dobra tehnologija koja bi omogućila preciznu i pouzdanu izradu pomičnih mehaničkih dijelova ovakav stroj nije bio dovoljno precizan u računanju. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

1671. godine njemački matematičar i filozof Gottfried Wilhelm von Leibniz napravio je prvi mehanički kalkulator (naziva Step Reckoner) kao nadogradnju na Pascalov kalkulator s razlikom da je ovaj mogao uz zbrajanje i oduzimanje, množiti i dijeliti. Kako je Gottfried bio velik zaljubljenik u matematiku bio je među prvim matematičarima koji su proučavali binarni brojevni sustav koji se i dan danas primjenjuje u računalnim sustavima. Ovakav sustav je prikladan zbog dva moguća stanja (0 ili 1) koja predstavljaju otvoren ili zatvoren prekidač.

3.2. Računala 19. stoljeća

Idućim strojem ulazimo u slijedeću kategoriju računala 19. stoljeća. Prvi u nizu je tkalački stroj usavršen 1808. godine, kojeg je izumio francuski tehničar i tkalac Jacquard, Joseph Marie. Ovakav stroj radi na principu izuma za podizanje osnovnih niti s pomoću bušenih kartica a raspored rupica na karticama je predstavljao program kojim se određivalo djelovanje tkalačkog stroja. Ovo je u svoje vrijeme bio revolucionaran i vrlo popularan izum koji se rabi i danas s obzirom da su vrlo prikladni za izradu tkanina s vrlo bogatim uzorcima. (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.).

Slijedeći stroj u nizu, izumio je 1822. godine, engleski izumitelj Charles Babbage, pod nazivom diferencijalni stroj. Radi se o stroju čija je namjena računanje logaritama u logaritamskim tablicama. Ulaz u stroj su predstavljale metalne pločice dok su rezultati bili tiskani na papiru. Na Babbageovu žalost ovaj stroj nije nikada bio dovršen s obzirom da tehnologija izrade dijelova nije bila dovoljno precizna kako bi slijedila njegove zamisli. Uz to ovakav stroj je bio iznimno skup za izradu te ga je vlada prestala financirati nakon 15 godina. (Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2020.). Šest godina kasnije, 1833. godine, Babbage je izumio analitički stroj za računanje kojim je želio ispraviti sve nedostatke svoj diferencijalnog stroja. Ovaj stroj je građom bio vrlo sličan današnjim računalima jer se sastojao od ulaznog uređaja, jedinice za pohranu podataka tj. memorije, centralne procesne jedinice programskog jezika te izlaznog uređaja. Analitički stroj je kao i Jacquardov stroj radio na principu bušenih kartica. Ovaj projekt nije nikada u potpunosti ostvaren zbog nedostatka novca te loše tehnološke podrške za izradu potrebnih dijelova. (Hrčak, Portal hrvatskih znanstvenih i stručnih časopisa, 2020.)

Vrlo je bitno spomenuti da je Ada Lovelace, britanska matematičarka, blisko surađivala s Charlesom Babbageom oko unaprjeđenja njegova analitičkog stroja. Jedna od njezinih bilješki daje algoritam, koji se danas smatra prvim računalnim algoritmom, s pomoću kojega je prototip računala bio u stanju izračunati Bernoullijeve brojeve (nazvane po Jakobu Bernoulliju). Temeljem tog algoritma ona se smatra prvim računalnim programerom te je po njoj nazvan i računalni jezik Ada. (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.)

3.3. Elektromehanički strojevi

Krajem 19. stoljeća Herman Hollerith, američki izumitelj, je izumio tzv. sortirni stroj za svrstavanje bušenih kartica s podacima dobivenih iz popisa stanovništva. Njegov izum bio je popularan u Sjedinjenim Američkim Državama međutim punu pažnju je privukao u Europi gdje je stroj primjenjivan za razne statističke kalkulacije. Hollerith je 1896. godine osnovao Tabulating Machine Company (TMC) sa sjedištem u New Yorku kako bi proizvodio navedeni stroj za sortiranje. 1924. godine spajanjem tvrtke TMC s nekoliko srodnih kompanija prerastao je u tvrtku pod nazivom International Business Machines Corporation (IBM) koja i danas predstavlja jednu od najznačajnijih proizvođača računala u svijetu. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

Na daljnji razvoj računala znatno je utjecao II. svjetski rat s obzirom da je za ratne potrebe bilo potrebno izvršiti velike količine računskih operacija kako bi se stekla borbena nadmoć. S obzirom na navedeno u slijedećih nekoliko godina razvijeno je nekoliko računala. Prvo računalo u nizu je Z1, razvijeno 1938. godine, od strane Konrada Zusea, njemačkog inženjera građevinarstva. S obzirom na svoju struku, još od vremena studija, razmišljao je kako sagraditi stroj koji bi mu olakšao inženjerske kalkulacije koje su bile prilično kompleksne. To je bilo jedno od prvih binarnih računala a Zuse ga je koristio za nekoliko inovativnih tehnologija u razvoju kalkulatora poput aritmetičke lebdeće točke, memorije velikih kapaciteta te moduli/releji koji rade na principu 0 ili 1. S obzirom da Zuse nije implementirao sve svoje ideje u računalo Z1, narednih godina razvijao je nove modele računala, Z2, Z3 (prvi programabilni kalkulator) te Z4, a svako od njih je bila napredna verzija prethodnog računala. Z4 je u

konačnici imao mehaničku memoriju kapaciteta 1024 riječi te nekoliko čitača kartica. (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.)

Već 1943. godine, američki matematičar Howard Aiken je u suradnji s još tri inženjera proizveo računalo pod nazivom Mark I koji je mogao izvesti bilo koji slijed pet aritmetičkih operacija (zbrajanje, oduzimanje, množenje, dijeljenje te referencirati se na prethodne rezultate). Ovakvo računalo je bilo vrlo impresivno s obzirom na svoje dimenzije; bilo je dugačko više od 15m, visoko gotovo 2,5m, težine 35t te je sadržavalo oko 800km žice te više od 3000000 priključaka! Mark I bio je programiran za rješavanje problema pomoću papirne vrpce na kojoj su bile utisnute kodirane upute. Jednom kada su bili programirani, ovaj kalkulator je bilo prigodan za korištenje i osobama koje su imale vrlo malo obuke. Mark I je najčešće bio korišten od strane američke mornarice, rad u topništvu kod balističkih izračuna te kod obrade raznih podataka. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

Iste godine, engleski matematičar Alan Turing izradio je računalo Colossus koji je bio u stanju dešifrirati tajne poruke koje su bile šifrirane poznatim njemačkim strojem za šifriranje pod nazivom Enigma. Ovo računalo se sastojalo od preko 2000 elektronskih cijevi koje su bile osnovna građevna jedinica. Unos podataka je bilo preko bušene papirne vrpce koje je optički čitač pretvarao u električne impulse. Takvi impulsi su se dalje prenosili do glavnih sklopova koji su izvršavali aritmetičko-logičke operacije te na taj način dešifrirali poruku. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

3.4. Generacije računala

3.4.1. 1. generacija računala

ENIAC – (eng. Electronic Numerical Integrator and Computer) je prva generacija računala opće namjene. Izrađen je u SAD-u 1945. godine od strane istraživačke skupine entuzijasta dok je matematičku dimenziju dao J. von Neumann. Jedna od prvih zadaća računala su bili balistički izračuni za američku vojsku ali se je koristilo i u znanstvene svrhe te za izračun proračuna za izgradnju vodikove bombe. Računalo je bilo ogromnih dimenzija, zauzimajući prostor od 140 m² te je imao masu 30 tona. Ovo računalo se sastojalo od 18 000 elektronskih cijevi (koji je bio i temeljni elektronički element) i 1 500 releja. Kapacitet radne memorije od 1 kB je bio dovoljan za brzinu računanja od oko 5 000 zbrajanja u sekundi što je bilo nekoliko redova veličine brže od svojih elektromehaničkih prethodnika. Iako je ENIAC imao i mnogobrojne nedostatke ipak je označio početak razdoblja digitalnih računala. (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.)

UNIVAC 1 - Nakon ENIAC računala nastaje prvo komercijalno računalo UNIVAC 1. To je bilo prvo u potpunosti automatsko računalo s pohranjenim programom, zamišljeno za obradu podataka. Mogao je očitati 7 200 decimalnih znamenki u sekundi što ga je činilo najbržim računalom tadašnjice. UNIVAC je postao slavan 1952. godine kada je predvidio pobjedu generala Dwighta Davida Eisenhowera na američkim predsjedničkim izborima na uzorku od 1% glasova. S obzirom na činjenicu da je većina anketara davala prednost protivničkom

kandidatu, mediji se nisu usudili objaviti javno predviđanje UNIVAC-a. Tek tada su shvatili koliku sposobnost skriva ovo računalo. (Mrežno izdanje hrvatske enciklopedije, 2020.)

3.4.2. 2. generacija računala

Prekretnicu između prve i druge generacije računala predstavlja poluvodički element pod imenom tranzistor kojeg su 1947. godine izumili tri američka fizičara, John Bardeen, Walter H. Brattain, te William B. Shockley. Tranzistor se pokazao kao vrlo dobra alternativa do tada korištenim elektroničkim cijevima koji su za razliku od tranzistora bili vrlo velikih dimenzija. Tranzistor je osim svojih malih dimenzija generirao i puno manje topline, bio vrlo pouzdan te trošio vrlo malo električne energije. U ovom razdoblju počeo je i razvoj prvih programskih jezika. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

3.4.3. 3. generacija računala

1958. godine, Jack Kilby i Robert Noyce, pronašli su način kako dodatno smanjiti tranzistor te su izumili integrirani krug, sklop elektroničkih komponenata kao jedna cjelina koji se sastoji od aktivnih (tranzistori i diode) i pasivnih (otpornici i kondenzatori) komponenti. Do tada je najveći dio sklopa bilo nespretno ožičenje između uređaja pa su dodatno razmišljali o načinu kako smanjiti veličinu sklopa. Polagali su vrlo tanke staze od metala (od aluminija ili bakra) na isti komad materijala te su te staze djelovale kao žice. Ovom tehnikom se je mogao cijeli krug integrirati u jedan komad čvrstog materijala koji na taj način tvori integrirani krug. U današnje vrijeme jedan integrirani krug je u mogućnosti sadržavati stotine tisuća pojedinačnih tranzistora na jednom komadu materijala veličine graška. (Encyclopedia Britannica, 2020.)

Trećom generacijom računala zapravo završava doba elektroničkih cijevi, tranzistora te integriranih krugova te se počinje koristiti središnji čip, odnosno mikroprocesor koji je izumio elektroničar Marsijan Hof a proizvela tvrtka Intel poznat pod nazivom 4004. Povijest mikroprocesora ćemo detaljnije opisati u sljedećem poglavlju.

3.5. Povijest mikroprocesora

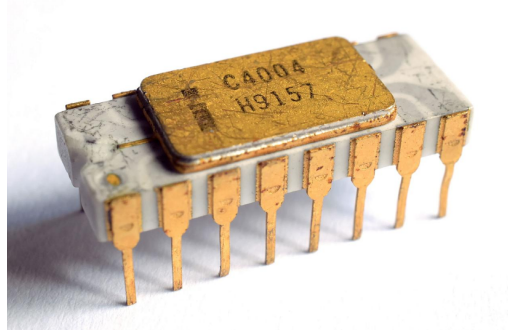
Prvotni procesori elektroničkih računala bili su građeni od mnoštva zasebnih dijelova. Na samome početku to su bili elektronske cijevi a kasnije, iz sada već davnih 1950-tih godina od tranzistora. Zahvaljujući američkim istraživačima¹² koji su 1947. godine konstruirali prvi tranzistor, koji je osnovni dio svakog mikroprocesora, danas uživamo mnoge blagodati koje su u nazad nekoliko desetaka godina bile gotovo nezamislive.

Prva generacija

Na slici 2 možemo vidjeti prvi Intelov mikroprocesor, model 4004, koji je tvrtka Intel izdala 1971. godine. To je bio prvi komercijalno dostupan mikroprocesor te kompanije i prvi u

¹² J. Bardeen, W. Brattain i W. Shockley

dugoj liniji Intelovih procesora koji je radio taktom brzine 108 KHz. Sa samo 4 bita podatkovnog prostora ovaj procesor je mogao prikazati brojeve od -8 do +7 što je za današnje pojmove vrlo malo. Ovakav mikroprocesor nije imao praktičnu primjenu u aritmetičkim kalkulacijama ali je pronašao svoju primjenu u upravljanju uređajima.

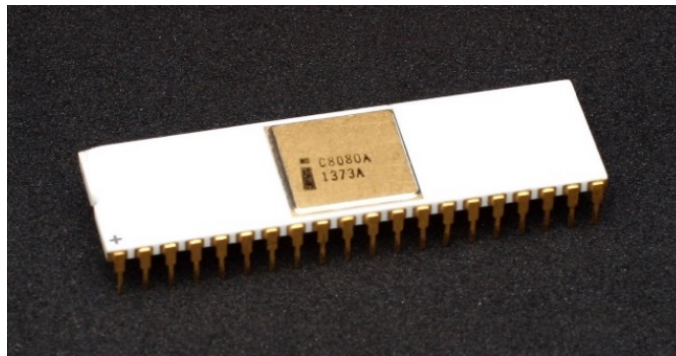


Slika 2 - Intel 4004, mikroprocesor 1. generacije

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004#/media/File:Intel_C4004.jpg

Druga generacija

Procesor 8008 je nasljednik prvog mikroprocesora te je prvi koji ima 8 bita podatkovnog prostora. Predstavljen je 1972. godine ali ga je brzo zamijenio 8 bitni mikroprocesor model 8080 koji je postao komercijalno vrlo popularan. Ovakav 8 bitni procesor mogao je prikazati brojeve od -128 do +127 što nije bilo dovoljno za primjenu u aritmetičkim kalkulacijama te je i on svoju primjenu pronašao u upravljanju uređajima. Primjer mikroprocesora 2. generacije možemo vidjeti na slici 3.

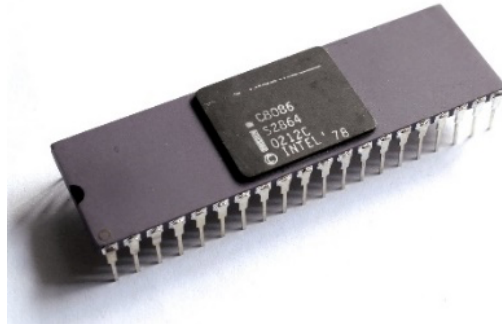


Slika 3 – Intel 8080, mikroprocesor 2. generacije

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_8080#/media/File:KL_Intel_i8080_Black_Background.jpg

Treća generacija

Tvrtka Intel je dugo godina razvijala treću generaciju mikroprocesora te je napokon 1978. godine proizvela prvi 16 bitni procesor modela 8086 koji je ovoga puta mogao prikazati brojeve od -32 768 do +32 767. Ovakav mikroprocesor je već mogao imati svoju primjenu u aritmetičkim računskim operacijama zbog pristojne veličine brojeva koje može prikazati. Uz to je imao i primjenu u upravljanju uređajima. Na slici 4 možemo vidjeti izgled jednog takovog procesora.



Slika 4 - Intel 8086, mikroprocesor 3. generacije

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_8086#/media/File:Intel_C8086.jpg

Četvrta generacija

Nedugo nakon izlaska 3. generacije Intel procesora, početkom 80tih godina, proizveden je prvi 32 bitni mikroprocesor pod nazivom Intel 80386. Ovaj mikroprocesor je mnogima poznat po imenu „386-ica“ koji je ugrađivan u prva osobna računala. Ovakav mikroprocesor mogao je prikazati brojeve u rasponu od $\pm 2 \cdot 10^9$ što je vrlo velik raspon u aritmetičkim računskim operacijama. Nakon njega Intel je proizveo popularnu „486-icu“ službenog naziva 80486 koji je u stvari bio kombinacija mikroprocesora 80386 i koprocera 80387 na jednom čipu. Nedugo nakon toga, Intel je proizveo prvi Intel procesor naziva 80586. Ovakav mikroprocesor je bio izuzetno brz u izvođenju aritmetičkih računskih operacija i izvršavanju instrukcija.

Prema riječima autora Gorana Malčića, dipl.ing. i mr. sc. Velimira Rajkovića, dipl.ing. (datum nije poznat), „Uz mikroprocesor se može pridodati i matematički koprocera koji procesoru potpomaže u računskim operacijama. Koprocera radi paralelno s mikroprocesorom i može preko njemu usmjerenih instrukcija izvršiti vrlo moćne operacije s pokretnim zarezom. Svi noviji procesori imaju integriran koprocera u kućište s mikroprocesorom.“

Kao posljednji u nizu 4. generacije mikroprocesora, Intel je 2000 proizveo mikroprocesor koji je sadržavao 42 miliona tranzistora koji su radili frekvencijom od 1.5 GHz te je bio sposoban

odraditi 1500 MIPS¹³ (eng. Million Instructions Per Second), odnosno 1500 miliona instrukcija po sekundi. Na slici 5 možemo vidjeti kako je izgledao prvi mikroprocesor 4. generacije – Intel 80386.



Slika 5 - Intel 80386, mikroprocesor 4. generacije

Izvor: https://sh.wikipedia.org/wiki/Intel_80386#/media/Datoteka:KL_Intel_i386DX.jpg

Peta generacija

Ova generacija procesora koja je krenula u masovnu proizvodnju 1995. godine, sve do danas, donosi visoke performanse i brzinu kao glavno obilježje ovog 64 bitnog procesora. Najpoznatiji modeli ove generacije mikroprocesora su PENTIUM, celeron, dvojezgreni, četverojezgreni te osmojezgreni procesori.

Prema autorima Svetić i Sok (2008.), „Računalo sve podatke tretira kao brojeve, a koliko velike brojeve procesor može obraditi ovisi o veličini općenamjenskih registara. Iz toga proizlazi osnovna prednost 64-bitnih procesora u odnosu na 32-bitne. 32-bitni procesori mogu izravno baratati cijelim brojevima u rasponu do 2³² (4.294.967.296), a kod 64-bitnih procesora taj se raspon povećava: oni mogu izravno baratati cijelim brojevima u rasponu do 2⁶⁴ odnosno do nešto više od 18 kvadrilijuna (18.446.744. 073.709.551.616)“

U tablici 2 ćemo prikazati neka osnovna obilježja mikroprocesora poput imena, godine proizvodnje, brzine takta, broja tranzistora te broja instrukcija koje je ovakav mikroprocesor sposoban odraditi u jednoj sekundi. Na taj način lakše je shvatiti o kakvom tehnološkom napretku se radi kroz proteklih 50 godina.

¹³ MIPS (eng. Million Instructions Per Second) predstavlja broj u milijunima instrukcija koje je mikroprocesor sposoban odraditi u jednoj sekundi

Tablica 2 – Popis najvažnijih mikroprocesora s njihovim obilježjima.
Izvor: Rad autora

Ime mikroprocesora	Bit	Godina proizvodnje	Brzina takta	Broj tranzistora	Broj instrukcija po sekundi (u milijunima)
INTEL 4004/4040	4 bit	1971	740 KHz	2300	0,092 MIPS
8008	8 bit	1972	500 KHz		0,032 MIPS
8080	8 bit	1974	2 MHz	60,000	0,290 MIPS
8086	16 bit	1978	4,77 MHz, 8 MHz, 10 MHz	29000	2,5 MIPS
8088	16 bit	1979	5 MHz do 10 MHz		2,5 MIPS
80186/80188	16 bit	1982	6 MHz		
80286	16 bit	1982	4 MHz - 25 MHz	134000	4 MIPS
INTEL 80386	32 bit	1986	16 MHz–33 MHz	275000	11,4 MIPS
INTEL 80486	32 bit	1986	16MHz-100MHz	1,2 milijuna	50 MIPS
PENTIUM	32 bit	1993	66MHz		188 MIPS
INTEL core 2	64 bit	2006	1,06 GHz do 3,33 GHz	291 milijun	59455 MIPS
i3, i5, i7, i9	64 bit	2007 - 2020	2,2GHz – 3,3GHz, 2,4GHz – 4,5GHz	540 milijuna do 50 milijardi	8800 MIPS - 2356230 MIPS

4. Ključne značajke mikroprocesora

4.1. Broj jezgri

Višejezgreni procesor je mikroprocesor koji se fizički ugrađuje u jedno procesorsko podnožje na matičnoj ploči ali sadrži dvije ili više jezgri od kojih svaka predstavlja zaseban procesor koji obrađuje programske instrukcije. U početku su poslužitelji koristili matične ploče koje su sadržavale više procesorskih podnožja što je zauzimalo puno mjesta te je samim time praktičnost gradnje računalnih sustava s više procesora bila limitirana. Kako se uz pomoć ostalih tehnologija, kroz godine, veličina procesora počela smanjivati, odnosno povećavao se broj tranzistora ugrađenih na poluvodičku pločicu, omogućena je proizvodnja višejezgrenih procesora u jedno procesorsko podnožje. Tako je primjerice 2017. godine razvijen MPPA-1024, mikroprocesor s 1024 jezgre.

Moramo spomenuti i Hyper-Threading¹⁴ tehnologiju koju je tvrtka Intel osmislila kako bi mikroprocesori mogli obraditi veću količinu podataka. Naime kod jednojezgrenih procesora postoji problem koji se manifestira na način da je kompletna aktivnost procesora usmjerena na samo jednu operaciju. Hyper-Threading tehnologijom zapravo jednu fizičku jezgru operativni sustav vidi kao dvije te na taj način može obrađivati dvije aktivnosti u jedinici vremena. Ovakva tehnologija donekle ubrzava stvari iz razloga što dvije virtualne jezgre zapravo dijele iste resurse koji su potrebni za obradu podataka. Tako primjerice ako jedna virtualna jezgra trenutno nema što raditi, druga može uzeti njezine resurse te brže izvršiti zadani set instrukcija od strane programa.

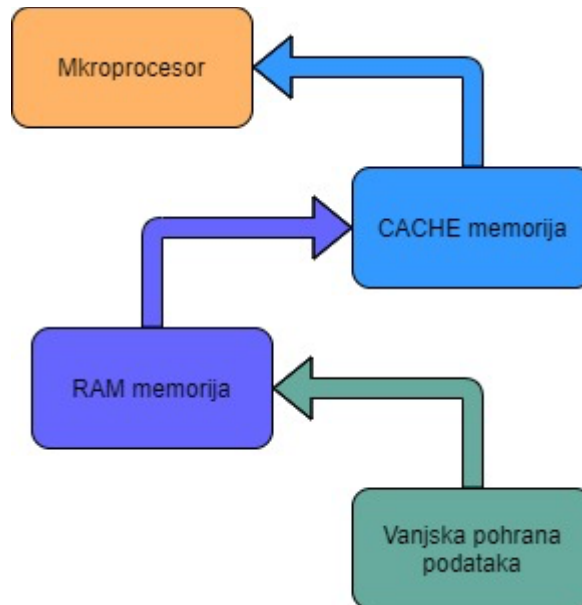
4.2. Frekvencija sata

Frekvenciju sata možemo još poistovjetiti i s brzinom rada računala. S obzirom da se mikroprocesor napaja istosmjernom strujom a takav napon je nepromjenjiv potrebno je uvesti izvor izmjeničnog signala koji zapravo predstavlja generator takta. S obzirom na navedeno možemo zaključiti da upravljački sklop koji upravlja radom svih komponenti određuje generator takta pa samim time frekvencija generatora takta određuje brzinu rada mikroprocesora. Brzina promjene stanja izmjeničnog signala u jedinici vremena nazivamo i frekvencijom sata. Frekvencija sata tako određuje i brzinu izvršavanja naredbi u samom mikroprocesoru. U današnje vrijeme novijih mikroprocesora frekvencija sata se mjeri u GHz iako se još mogu naći neki stari modeli kod kojih se brzina mjeri u MHz. Naravno, težimo većoj frekvenciji sata kako bi i brzina izvršenja pojedinih naredbi bila veća.

¹⁴ Hyper-Threading – pojam koji predstavlja paralelni sustav obrade podataka kod jednojezgrenih procesora na način da operativni sustav zapravo vidi dvije jezgre među kojima ravnomjerno raspoređuje obradu podataka

4.3. RAM¹⁵, Cache¹⁶ i vanjska memorija

Jedna od važnijih sustava za obradu podataka mikroprocesora je svakako i cache, RAM te vanjska memorija odnosno vanjska pohrana podataka koja može biti u obliku CD/DVD medija, USB prijenosne memorije, čvrstog diska ugrađenog u uređaj itd. Na slici 6 možemo vidjeti kako mikroprocesor koristi različite vrste memorije, ovisno o njihovoj brzini pristupa te ćemo svaku od njih detaljnije opisati.



Slika 6 - Dijagram pristupa memoriji odnosno pohrani podataka
Izvor: Rad autora

Cache memoriju još nazivamo i priručnom memorijom ili predmemorijom koja se nalazi fizički najbliže mikroprocesoru. To je vrlo važno jer ona sadrži podatke koje mikroprocesor često koristi a služi za povećanje brzine izvođenja programa. S obzirom da mikroprocesor radi puno brže od RAM memorije, mikroprocesor bi gubio previše vremena čekajući sporiju memoriju da zapiše sve što je potrebno. S obzirom na nesrazmjer u brzini rada mikroprocesora i RAM memorije uvedena je cache memorija kao posrednik u prijenosu podataka. Takva memorija može biti izvedena u više razina ukoliko je to potrebno, a nazivamo ih L1, L2 i L3. L1 je smješten u samom procesoru te njegova brzina pristupa odgovara brzini mikroprocesora. To znači da mikroprocesor više ne mora gubiti vrijeme čekajući da se zapiše određeni podatak u L1. Ovakva memorija je vrlo male veličine, obično nekoliko KB tako da prema potrebi postoji i L2 cache koji je nešto sporiji od L1 ali ipak brži od RAM memorije. U L2 cache se zapisuju podatci koje se temeljem cache algoritama pretpostavlja da će ih mikroprocesor trebati u budućnosti te su obično veličine od nekoliko KB pa do nekoliko MB.

¹⁵ RAM (eng. Random Access Memory) je vrsta memorije s nasumičnim pristupom kao oblik primarne računalne memorije čijem se sadržaju može izravno pristupiti

¹⁶ Cache je vrsta priručne memorije male veličine ali velike brzine pristupa. Ona se koristi za pohranu podataka kojima mikroprocesor često pristupa

Prema riječima dr. sc. Davor Zorc (2015), „Cache se nadopunjuje po principu “briši najmanje korišteno u zadnje vrijeme”” (LRU¹⁷ –least recently used). Također, može se organizirati i druga CACHE-memorija: između diska i radne memorije (izvedena programski - bez dodatnog hardware-a)“

RAM memorija se koristi za upisivanje aktivnih programa koji se izvršavaju te informacija bitnih za trenutačan rad računala. S obzirom da je veličina ovakve memorije najčešće nekoliko GB u nju stane velika količina programskog koda i podataka. Slično kao i kod cache algoritama i ovdje se spremaju podaci koji će se najprije koristiti na način da ih se učita u memoriju s vanjske pohrane podataka.

Vanjska pohrana podataka je sva ostala pohrana podataka velikog kapaciteta a glavna značajka je da je ta pohrana trajna. To znači da se kod gašenja uređaja ova memorija neće obrisati kao što je to slučaj kod cache i RAM memorije, već će ostati trajno zapisana. Vanjska pohrana podataka poput čvrstog diska sadrži i operativni sustav koji je potreban kod paljenja uređaja kao i korisničke podatke kako bismo mogli nastaviti s radom kad god poželimo.

4.4. Ostale značajke mikroprocesora

4.4.1. Tehnološki proces

Vrlo bitna stavka svakog mikroprocesora je svakako i tehnološki proces koji se koristi prilikom izrade. Najviše se odnosi na veličinu izrade odnosno broj tranzistora u mikroprocesoru. Primjerice, ako koristimo vrlo napredan tehnološki proces te je tehnologija izrade reda veličine nm (nanometar) tada će i potrošnja električne energije ali i disipacija topline biti puno manja. Uz to moći ćemo ugraditi više tranzistora na istu površinu mikroprocesora te samim time poboljšati njegove performanse.

4.4.2. Disipacija topline

Disipacija topline ili rasipanje topline TDP (W)¹⁸ je pokazatelj koji nam govori koliko je otpuštanje topline tijekom rada mikroprocesora. Na taj način se može neizravno procijeniti potrošnja električne energije mikroprocesora. Na TDP uvelike utječe tehnologija kojom je mikroprocesor izrađen kao i broj jezgri. Naime ako je tehnologija izrade veća (nm) tada će se i mikroprocesor jače zagrijavati. TDP nam pomaže u dimenzioniranju hladnjaka kako bi se osiguralo učinkovito odvođenje generirane topline.

¹⁷ LRU (eng. Least Recently Used) predstavlja tehniku tj. algoritam koji se koristi za učinkovitu uporabu memorijskog prostora. Novi podatci zamjenjuju podatke u memorijskom prostoru koji nisu bili korišteni najduže vrijeme.

¹⁸ TDP (W) (eng. Thermal Design Power in Watts) predstavlja maksimalnu količinu topline proizvedene od strane mikroprocesora koju sustav za hlađenje može uspješno disipirati pod bilo kojim opterećenjem

4.4.3. Ugrađeni grafički procesor

Mikroprocesori novije generacije uz nekoliko jezgri koji se nalaze u njemu može sadržavati i jezgru koja je namijenjena samo za prikaz grafike na zaslonu uređaja koji koristimo. To je zapravo minijaturna grafička kartica ukomponirana u sam mikroprocesor. Takve integrirane grafičke kartice ne mogu se pohvaliti visokim performansama ali su sasvim dovoljne za obradu video signala na uredskim računalima koja se najčešće koriste za čitanje e-mail poruka, surfanje internetom, obradu dokumenata itd. Na taj način cjelokupna nabavna cijena uredskog računala je manja s obzirom da nam nije potrebna dodatna grafička kartica za obradu video signala pune veličine. Nedostatak ovakvog integriranog grafičkog procesora je taj što se memorija potrebna za obradu slike rezervira od ukupno ugrađene memorije.

4.4.4. Utičnica

Pojam utičnica zapravo predstavlja fizički priključak na matičnoj ploči u koji se umeće fizički procesor. Možemo reći i da je to točka povezivanja mikroprocesora na matičnu ploču ali i ostatak sustava. Vrsta utičnice je vrlo bitna jer određuje koju vrstu procesora možemo koristiti odnosno ugraditi na matičnu ploču.

Postoje tri osnovne vrste utičnica, LGA, PGA te BGA:

- LGA¹⁹ - je Intelova inačica utičnice koja označava niz kopnenih mreža što znači da su pinovi smješteni na samoj utičnici. Kompatibilni procesori s LGA utičnicom imaju odgovarajući broj kontaktnih točaka postavljenih točno u određenom obrascu. Glavna prednost pinova na strani utičnice je da je gotovo nemoguće oštetiti procesor pinovima na strani utičnice. Najveći nedostatak je što ako se oštete pinovi na samoj utičnici potrebno je promijeniti cijelu matičnu ploču.
- PGA²⁰ – je AMD-ova inačica utičnice koja predstavlja niz pinova postavljenih u rešetku. U odnosu na LGA utičnice, PGA utičnice imaju pinove na procesoru umjesto na utičnici odnosno matičnoj ploči. Glavna prednost ovakvih utičnica je lakša instalacija mikroprocesora u matičnu ploču ali i veća otpornost samih matičnih ploča zbog nedostatka pinova.
- BGA²¹ - Ovakva vrsta priključka predstavlja niz rešetkastih točaka koja se najviše koristi u igraćim konzolama i mobilnim uređajima gdje se ne očekuje od strane korisnika da mijenja procesor. Da bi se povezao mikroprocesor s matičnom pločom potrebno je zagrijavati kuglice za lemljenje dok se iste ne rastope te zatim nježno utisnuti mikroprocesor u njegovu utičnicu.

¹⁹ LGA (eng. Land Grid Array) predstavlja mikroprocesor s velikom gustoćom kontaktnih točaka

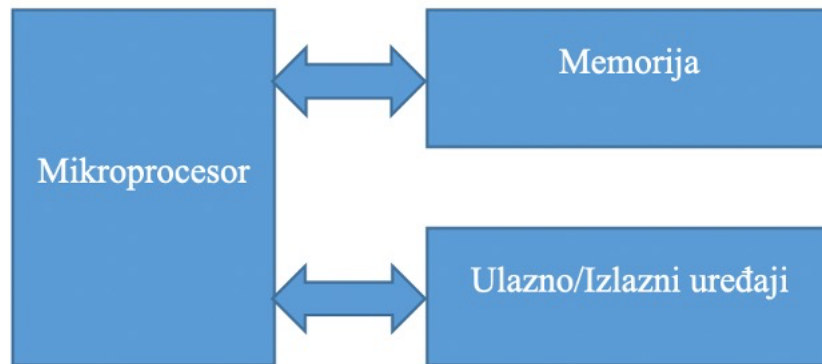
²⁰ PGA (eng. Pin Grid Array) predstavlja mikroprocesor s velikom gustoćom kontaktnih pinova

²¹ BGA (eng. Ball Grid Array) predstavlja mikroprocesor s velikom gustoćom kontaktnih kuglica

5. Arhitektura i rad mikroprocesora

5.1. Princip rada mikroprocesora

Svako računalo može na jednostavan način biti prezentirano jednostavnom blok shemom koja se sastoji od tri osnovna dijela, mikroprocesora, memorije i ulazno/izlaznih uređaja kako je prikazano na slici 7.



Slika 7 - Blok dijagram računala
Izvor: Rad autora

Mikroprocesor (eng. CPU – Central Processing Unit) – izvršava potrebne aritmetičke i logičke operacije te kontrolira radni takt te općenito rad cijelog sustava.

Memorija – služi za pohranu instrukcija koje je potrebno izvršiti kao i za pohranu podataka koji će se koristiti.

Ulazno/Izlazni uređaji – koriste se za snabdjevanje mikroprocesora podacima koji se potom obrađuju. Tako na primjer ulazni uređaji mogu biti oni sa kojih se prikupljaju podatci za obradu podataka poput prekidača, analogno-digitalnih konvertera podataka, tipkovnice, miša, čvrstih diskova, CD uređaja itd. Izlazni uređaji se koriste za prikaz i/ili pohranu obrađenih podataka poput monitora, čvrstog diska, printera itd. Ovi uređaji ujedno služe kao komunikacija s vanjskim svijetom na nama razumljiv način.

Mikroprocesor sadrži nekoliko skupina strujnih krugova koji djeluju unutar mikroprocesora. Samim time računalo je sposobno izvršiti zadane instrukcije instruirane od strane programa koji se izvršava. Kako bi mikroprocesor uspješno izvršio zadani set instrukcija on ponavlja tri faze koje nazivamo instrukcijski ciklus. Instrukcijski ciklus se sastoji od faza koje nazivamo fazom pribavljanja, dekodiranja te izvršenja instrukcija. Te tri faze se izmjenjuju toliko dugo dok se ne izvrši zadani program. Za svaku od pojedinih faza postoji rezervirani dio sklopovlja na samome mikroprocesoru koji je zadužen za izvršavanje pojedine faze. Fizička veličina rezerviranog dijela za fazu pribavljanja i dekodiranja je 1/4 površine mikroprocesora za svaku fazu te 2/4 veličine za fazu izvršenja instrukcija.

Stolno računalo tako na primjer može služiti za obradu teksta ili obradu grafike. Možemo ga koristiti za igranje računalnih igara ili izvršavanje raznih matematičkih problema. Samim

time možemo zaključiti da je uporaba računala raznolika te da za sve zadane zadatke koristimo isti hardware računala. Ono što je potrebno mijenjati je zapravo zadani set instrukcija koji mi poznajemo kao softver kako bi računalo bilo sposobno izvršiti različite zadatke. Hardware računala je izgrađen na način da može slijediti zadani set instrukcija kao što su zbrajanje, oduzimanje, množenje te dijeljenje. Uz ove četiri osnovne računске operacije, računalo može i usporediti dva broja kako bi odredio veći odnosno manji. Može raditi i sa slovima i riječima kada one budu transformirane u zapis binarnog oblika.

Bez obzira o kojoj se vrsti informacije radi mikroprocesor koristi posebne dijelove strujnih krugova kako bi izvršio proces koji se sastoji od tri faze (instrukcijski ciklus).

- Faza pribavljanja instrukcija
- Faza dekodiranja instrukcija
- Faza izvršenja instrukcija

Strujni krugovi mikroprocesora su sposobni izvršavati instrukcijski ciklus vrlo velikom brzinom i točnošću. Tako se koraci instrukcijskog ciklusa izvršavaju stotinama milijuna puta u jedinici sekunde dok se zadani zadatak potpuno ne izvrši.

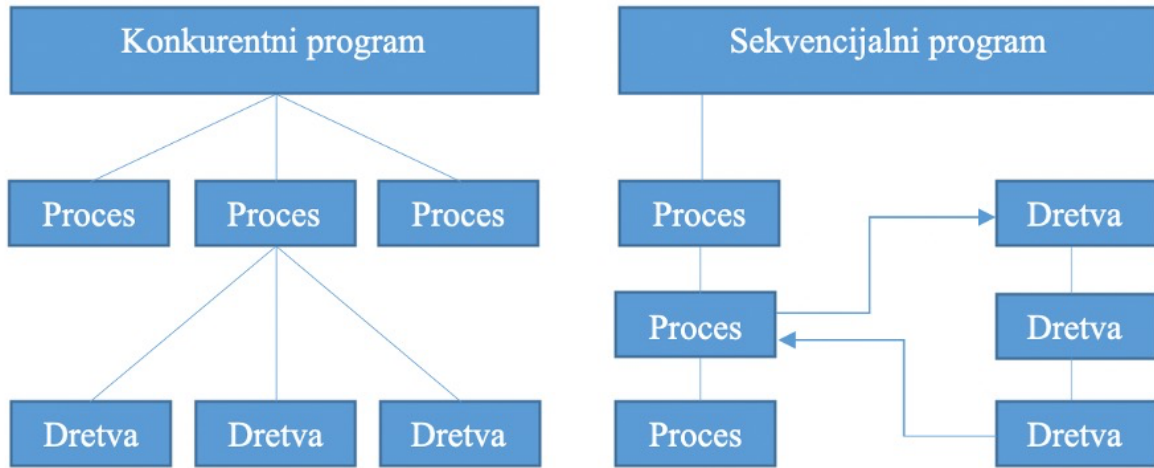
5.2. Procesi i dretve

Da bi računalo bilo maksimalno učinkovito i zadovoljilo sve korisničke potrebe mnoge aktivnosti se izvode paralelno odnosno simultano. Da bi operacijski sustav mogao upravljati takvim paralelnim aktivnostima koriste se pojmovi poput procesa i dretve. Slobodno možemo usporediti izvođenje paralelnih aktivnosti s primjerom rada ljudskog organizma. Dišemo, pokrećemo mišiće tijela, razmišljamo, koristimo razna osjetila poput njuha, vida ili sluha a sve to se odvija isto vrijeme. Slično je i s računalom koje obavlja mnoge funkcije istovremeno poput, primanja e-pošte, ispisivanja podataka na štampaču, pretraživanja WEB stranice i slično.

Program pisan za računalo tako možemo podijeliti na procese a procese na manje dijelove odnosno dretve. Prijevodom programa u računalu razumljiv oblik (strojni oblik), program dobiva attribute poput početka, vremena trajanja i završetka. Program u izvođenju nazivamo računalnim procesom ili samo procesom. U raznim fazama procesi koriste različite dijelove računalnog sustava pa sama logika nalaže da je potrebno organizirati izvršavanje takvih procesa kako bi se povećala učinkovitost simultanog korištenja resursa. Kao primjer simultanog izvršavanja procesa možemo navesti dva procesa od kojih jedan dohvaća podatke iz memorije kako bi izvršio aritmetičke ili logičke operacije nad podacima te bi ih pripremio za obradu dok drugi proces za to vrijeme izvršava svoje naredbe.

Pojedini dijelovi hardvera koji su jasno razlučivi nazivamo i računalnim resursima (eng. Resources). Tako nam višezadačni (eng. Multitasking) ili višeprogramske (eng. Multiprograming) rad omogućava veću i bolju iskoristivost resursa kao i samu organizaciju poslova u računalnom sustavu. Svaki proces se odvija izvršavanjem njegovog podniza naredbi ili dretvi. Svaki program je statična tvorevina toliko dugo dok se ne smjesti u radni spremnik te se ne pokrene tj. dobije komponentu vremena. Tada on postaje dinamičan i postaje proces. U tom trenutku operacijski sustav se mora pobrinuti kako bi osigurao nesmetano izvršavanje procesa te mu dodijelio sve potrebne resurse na zahtjev. Kako bi operacijski sustav bio u

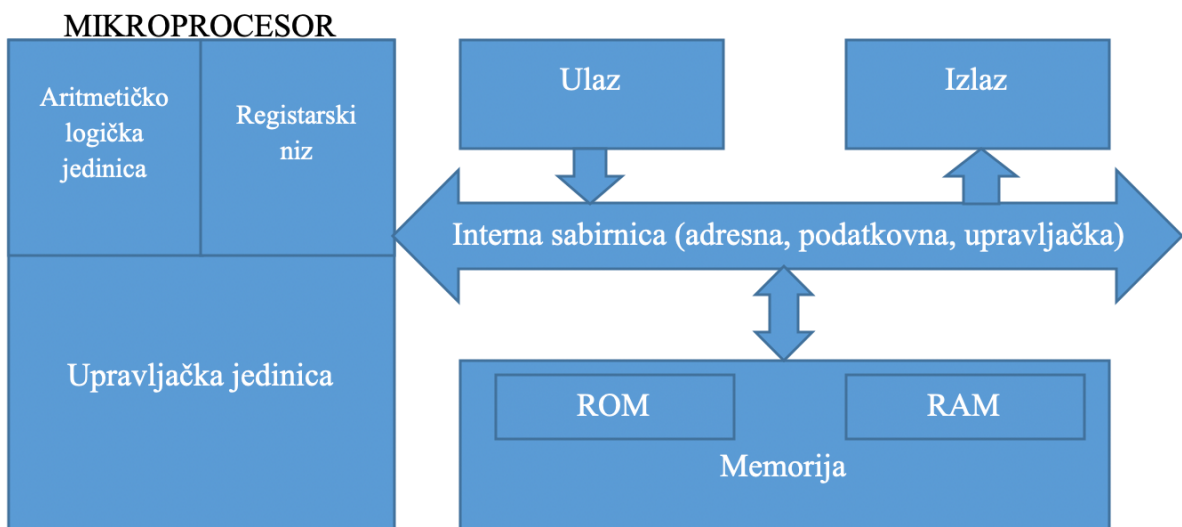
mogućnosti izvršiti bilo kakav program, on se može odvijati konkurentno ili sekvencijalno. Kako bi bolje pojasnili o čemu se radi na slici 8 možemo vidjeti kako se programi izvršavaju konkurentno a kako sekvencijalno. (A1 Hrvatska d.o.o., 2020.)



Slika 8 - Primjer izvršavanja programa konkurentno i sekvencijalno.
Izvor: Rad autora

5.3. Arhitektura mikroprocesora

Kako smo naveli ranije mikroprocesor čita instrukcije iz memorije, dekodira ih te ih izvršava. Također procesira podatke prema zadanim instrukcijama prema pravilima aritmetičkih i logičkih operacija. Ti podatci se preuzimaju iz memorije ili ulaznih uređaja te se nakon obrade pohranjuju nazad u memoriju ili izlazni uređaj, naravno sve prema dekodiranim uputama iz preuzete instrukcije. Da bi izvršio sve ove funkcije, mikroprocesor uključuje različite funkcijske jedinice na odgovarajući način. Takva unutarnja struktura ili organizacijska struktura mikroprocesora koja određuje kako djeluje, poznata je kao njegova arhitektura. Tipična arhitektura mikroprocesora je prikazana na slici 9.



Slika 9 - Jednostavna arhitektura mikroprocesora
Izvor: Rad autora

Sabirnica (eng. Bus) – kako sva računala poznaju samo binarne informacije one su reprezentirane binarnim znamenkama koje nazivamo bitovima (1 bit odgovara jednoj znamenki binarnog brojevnog sustava). Mikroprocesor upravlja skupinama bitova koje nazivamo riječima. Standardne veličine riječi su 4-bit, 8-bit, 12-bit, 16-bit i 32-bit. Slika 9 prikazuje kako su međusobno povezani blokovi dijagrama sabirnicom koja dozvoljava razmjenu riječi među njima. Sabirnica se sastoji od linija odnosno vodova za svaki bit zasebno te nam na taj način dozvoljava razmjenu svih bitova riječi paralelno. Naravno mikroprocesor je također sposoban obraditi zaprimljene bitove paralelno. Radi jednostavnosti, sabirnicu možemo vizualizirati poput autoceste s brojem traka koja je jednaka veličini riječi koju je sabirnica sposobna razmijeniti. Zbog jednostavnosti, slika 9 prikazuje tri sabirnice koje se koriste za različite funkcije. Putem adresne sabirnice mikroprocesor šalje točnu adresu ulazno/izlaznog uređaja ili memorije kojoj želi pristupiti. Ta informacija je prosljeđena svim uređajima spojenima na adresnu sabirnicu ali odgovara samo uređaj kojemu je bila namijenjena ta poruka. Ovakva sabirnica je jednosmjerna. Podatkovna sabirnica se koristi za razmjenu podataka između mikroprocesora i ulazno/izlaznih uređaja ili memorije dok ujedno ti podaci sadrže i instrukcije pohranjene u memoriji. Ovakva sabirnica je dvosmjerna. Upravljačka sabirnica se koristi za primanje i slanje upravljačkih signala između mikroprocesora i ostalih uređaja.

ALU²², Aritmetičko logička jedinica – je uređaj koji izvršava aritmetičke i logičke operacije nad podacima.

Registarski niz – mikroprocesor se sastoji u pravilu od nekoliko registara koji služe za privremenu pohranu podataka, instrukcija i adresa prilikom izvršavanja programa. Kao jedan od najčešćih primjera koristiti ćemo 8085 mikroprocesor tvrtke Intel.

- Akumulator (eng. Acc – Accumulator) - je 8-bitni registar (što znači da može pohraniti 8-bitni podatak) i dio je ALU-a. Nakon izvođenja Aritmetičke i logičke operacije nad podatkom rezultat se sprema u akumulator. Akumulator se još definira i kao registar A.
- Registar zastavica (eng. Status Register) – je registar specijalne namjene i potpuno se razlikuje od ostalih registara. Sastoji se od 8 bitova kao i akumulatorski registar ali je upotrebljivo samo 5 bitova. Ostala 3 se ne koriste te su rezervirana za buduće verzije Intel mikroprocesora. Vrijednosti bitova mogu biti postavljeni u stanje logičke jedinice ili nule zavisno o rezultatu izvođenja prethodne naredbe.

Prema stranicama Fakulteta političkih znanosti „Npr., ako operacija zbrajanja dva osambitna broja proizvede prijenos s bita najveće težine, onda se postavi zastavica prijenosa (CF - carry flag) registra stanja. Naredbe uvjetnog skoka, grananja, koriste zastavice registra stanja za donošenje odluka o usmjeravanju toka programa.“

- Registri opće namjene – postoji šest 8-bitnih registara opće namjene koje mogu biti korišteni od strane programera za razne namjene. Ti registri su označeni oznakama B, C, D, E, H i L te se mogu koristiti pojedinačno (ukoliko radimo s 8-bitnim podacima)

²² ALU – eng. Arithmetic Logic Unit – Aritmetičko Logička Jedinica

ili u paru (ukoliko nam je potreban rad s 16-bitnim podacima). U paru je dozvoljen rad samo s B-C, D-E te H-L kombinacijama.

- Instrukcijski registar (eng. IR – Instruction Register) – 8-bitni registar koji ima pohranjen idući set instrukcija koje je potrebno izvršiti. U određenom trenutku pohranjena riječ u registru se dekodira i daje odgovarajući signal kontrolnoj jedinici nakon čega nova riječ ulazi u registar kako bi bila obrađena.
- Programsko brojilo (eng. PC – Program Counter) – je 16-bitni registar koji sadrži adrese slijedeće instrukcije koja će biti dohvaćena iz glavne memorije te biti pohranjena u instrukcijski registar. Program koji kontrolira operacija se sprema u glavnu memoriju i upute se preuzimaju iz te memorije zadanome nizu. Nakon dohvata instrukcije programsko brojilo se inkrementalno povećava za jedan. Međutim, određene klase instrukcija mogu biti modificirane na način da programer može osigurati odvajanje od normalnog tijeka programa. Primjeri takvog odvajanja mogu biti "skok" na drugi dio programskog koda ili pozivanje pod-programa na izvršenje.
- Pokazivač stoga (eng. SP -Stack Pointer) – 16-bitni registar koji programeri koda koriste za održavanje stoga u memoriji dok se koristi pod-programima.
- Namjenski registri (eng. Dedicated Registers) – nekoliko registara ugrađenih u mikroprocesor koji imaju internu namjenu te im nije moguće pristupiti kroz kod programa.

Upravljačka jedinica i instrukcijski dekodier – je jedinica zadužena za dekodiranje pojedine instrukcije te pod nadzorom internog takta mikroprocesora upravlja unutarnjim i vanjskim uređajima kako bi se osiguralo točno izvršavanje logičkih operacija sustava.

ROM²³ – je vrsta memorije čiji sadržaj kada je jednom programiran ostaje nepromjenjiv te ne može biti promijenjen od strane mikroprocesora.

RAM²⁴ - je vrsta memorije koja služi mikroprocesoru za vrijeme rada s podacima za pisanje i čitanje a koji su skloni čestoj promjeni prilikom rada sustava. Tako npr. podatci koji se koriste za izračune te njihovi rezultati ili dijelovi programa koji su skloni čestoj promjeni.

5.4. Porast performansi mikroprocesora

Porast performansi mikroprocesora je do 2005 godine rastao strelovitom brzinom a tada je dosta usporio. Do tog zastoja je došlo zbog problema pregrijavanja. Tehnologija koju danas poznajemo dovoljno je napredna kako bi se napravili brži mikroprocesori ali odvod topline koju takav procesor generira predstavlja nepremostiv problem. Kako bi se tome doskočilo i ipak se ubrzao rad, pristupa se razvoju više jezgri unutar samog mikroprocesora koji su međusobno povezani kako bi zajedničkim snagama izvršavali zadani set instrukcija istovremeno ili pak izvršavali dva ili više različitih programa u isto vrijeme. Naravno da bi to funkcioniralo,

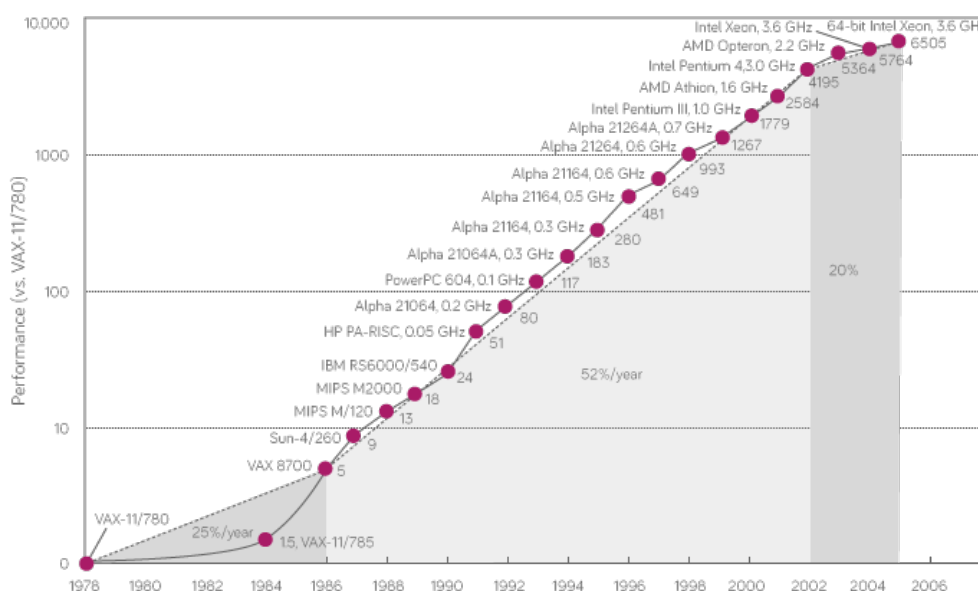
²³ ROM – eng. Read Only Memory

²⁴ RAM – eng. Random Access Memory

programi koje pišu programeri moraju biti tome prilagođeni na način da znaju iskoristiti njihovu zajedničku snagu u nekoj jedinici vremena.

Prema riječima Zlatka Sirotića, univ.spec.inf. (2012.), „I multiprocesiranje i višezadačnost su primjeri konkurentnog izvršavanja programa. Postoji i distribuirano izvršavanje, koje je po svom ponašanju dosta slično konkurentnom izvršavanju. Razlika je u tome što se konkurentno izvršavanje zbiva na jednom računalu (koje može imati više CPU-a, pa i stotine i tisuće), a distribuirano izvršavanje zbiva se na dva ili više računala koja su spojena mrežom.“

Grafikon na slici 10 prikazuje rast performansi procesora od 1978. - 2005. godine koje je podijeljeno u tri razdoblja. Prvo razdoblje je trajalo do 1986. godine gdje je prosječno godišnje povećanje performansi bilo oko 25%. Nakon toga slijedi razdoblje gdje imamo značajno povećanje performansi od otprilike 52% godišnje. Kao zadnje razdoblje od 2002. godine do danas možemo posvjedočiti da je brzina mikroprocesora usporila ali je zato počeo značajan razvoj višezadrenih mikroprocesora kako bi se ubrzao njihov rad.



Slika 10 - Prikaz rasta performansi mikroprocesora

Izvor: http://www.istrattech.hr/wp-content/uploads/2013/01/rast_performansi_11.png

Mooreov zakon²⁵ nije prestao vrijediti jer broj tranzistora po procesoru i dalje eksponencijalno raste otprilike svake dvije godine i to baš na prije spomenuti način, povećanjem broja jezgri mikroprocesora.

²⁵ Mooreov zakon - nazvan po Gordonu Mooreu, koji je 1965. godine opisao udvostručenje svake godine u broju komponenta po integriranom krugu

5.5. Prednosti i nedostaci mikroprocesora

Svaka komponenta pa tako i mikroprocesor računala ima svoje prednosti ali i nedostatke koje ćemo sada navesti.

- Prednosti:
 - Brzina je glavna prednost mikroprocesora koja se mjeri u GHz. Tako je primjerice mikroprocesor frekvencije 3 GHz sposoban izvršiti 3 milijarde zadataka u jednoj sekundi
 - Brzina prijenosa podataka između različitih vrsta memorije (cache, RAM, vanjska memorija)
 - Male dimenzije – koje nam omogućuju da ga smjestimo u bilo koji uređaj
 - Programibilnost – relativno jednostavno možemo ponuditi sofisticirane funkcije kroz sami program
 - Masovna proizvodnja je relativno jeftina jer su mikroprocesori višenamjenski
 - Pouzdani s obzirom da nema pokretnih dijelova koji bi se mogli habati

- Nedostaci:
 - Prekomjerno grijanje koje je potrebno adekvatno raspršiti
 - Razvoj mikroprocesora je vrlo skup i dugotrajan
 - Performanse uvelike ovise o veličini podataka koji se obrađuju (manji podatci – više vremena, veći podatci – manje vremena)
 - Vrlo su osjetljivi na greške u kodu s obzirom da će izvršiti točno onakvu naredbu kakva im je i predana (mikroprocesor nema zdrav razum ili intuiciju što je programer zapravo htio izvršiti)

Izvršavanje jedne instrukcije u jedinici vremena ukoliko se ne radi o višejezgrenom procesoru ili se ne koristi Hyper-Threading tehnologija.

6. Zaključak

Mikroprocesori računala su u zadnjih pedesetak godina doživjeli vrlo velik tehnološki napredak te se je broj tranzistora na čipu povećao za više od 1000 puta. U nazad nekoliko godina na žalost razvoj mikroprocesora više ne raste tolikom brzinom, brzina takta mikroprocesora s obzirom na veliku disipaciju topline koju je gotovo nemoguće dovoljno brzo prenijeti na hladnjak kako bi se omogućio nesmetan rad. Tome se zadnjih petnaestak godina doskočilo na način da se povećava broj jezgri mikroprocesora umjesto brzine radnog takta te će se takav trend nastaviti i tijekom idućih godina.

Vrlo velikom brzinom nastaju nove arhitekture računala, mikroprocesori nalaze nova područja primjene te je svakako i tržište svakim danom sve veće i zahtjevnije na način da se pokušava smanjiti njegova veličina i samim time proširiti primjena. Razvojem mikroračunala razvili su se i programski jezici visoke razine te time korisnik više nije obavezan poznavati programiranje mikroračunala na osnovnoj razini čime se olakšava pisanje programa koje će koristiti mikroprocesori. Budućnost mikroprocesora uvelike ovisi i o stvaranju novih, suvremenijih programskih jezika koji će moći potpuno iskoristiti sirovu procesorsku snagu računala. Također razvoj mikroprocesora ovisi i o novim tehnologijama izrade te novim legurama koje će moći podnijeti veća opterećenja u smislu otpornosti na visoke temperature koje su se pokazale kao najveća prepreka u napretku.

S obzirom na današnje potrebe čovječanstva vrlo je izgledno da će razvoj mikroprocesora i njegove snage rasti, možda i brže nego što očekujemo te vjerujem da će doći i nova era računala. Budućnost nas čeka u kvantnim računalima koja za rješavanje problema koriste kvantno-mehaničke fenomene superpozicije stanja te kvantno sprezanje. Danas ta računala nisu široko poznata te o njima javnost vrlo malo zna ali su obećavajuća te nam donose nezamislive mogućnosti koje za sada možemo samo pojmiti. Veliki proizvođači računala predviđaju dostupnost ovih računala u idućih pet godina pa nam stoga predstoji samo čekati nova otkrića.

7. Izjava

Izjava o akademskoj čestitosti

Ime i prezime studenta: **MARIO IRSAK**

Matični broj studenta: **1-347/17-ITI**

Naslov rada: **Mikroprocesori računala**

Svojim potpisom jamčim:

- Da sam jedini autor ovog rada.
- Da su svi korišteni izvori, kako objavljeni, tako i neobjavljeni, adekvatno citirani i parafrazirani te popisani u bibliografiji na kraju rada.
- Da ovaj rad ne sadrži dijelove radova predanih na Veleučilište Baltazar Zapešić ili drugim obrazovnim ustanovama.
- Da je elektronička verzija rada identična onoj tiskanoj te da je to verzija rada koju je odobrio nastavnik.

Potpis studenta

8. Popis literature

Sirotić Z. (2012). Utjecaj razvoja mikroprocesora na programiranje, ISTRA TECH d.o.o..
Preuzeto s <http://www.istrattech.hr/> Pristupljeno 27.6.2020.

Intel Corporation . Preuzeto s <http://www.intel.com/> Pristupljeno 27.6.2020.

Svetić S. i Sok A. (2008). Osnove 64-bitnoga računalstva. Preuzeto s
<http://www.hrcaak.srce.hr/> Pristupljeno 6.7.2020.

Zorc D. (2015). Mikroprocesorsko upravljanje. Preuzeto s <http://www.titan.fsb.hr/>
Pristupljeno 6.7.2020.

Malčić G. i Rajković V. (datum nepoznat). Mikrokontrolerski sustavi. Preuzeto s
<http://www.tvz.hr/> Pristupljeno 6.7.2020.

Silicon. Preuzeto s <http://www.rsc.org/> Pristupljeno 6.7.2020.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. Preuzeto s <https://www.britannica.com/> Pristupljeno
17.7.2020. / 6.9.2020.

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020.
Preuzeto s <https://www.enciklopedija.hr/> Pristupljeno 17. 7. 2020.

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Preuzeto s
<https://www.pmf.unizg.hr/> Pristupljeno 17.7.2020.

Fakultet političkih znanosti. Preuzeto s <https://www.fpz.unizg.hr/> Pristupljeno 8.9.2020.

A1 Hrvatska d.o.o.. Preuzeto s <https://www.metrobroadband.metronet.hr/> Pristupljeno
8.9.2020.

9. Popis slika, tablica i grafikona

Popis slika

<i>Slika 1 - Komadić pročišćenog silicija</i>	8
<i>Slika 2 - Intel 4004, mikroprocesor 1. generacije</i>	14
<i>Slika 3 – Intel 8080, mikroprocesor 2. generacije</i>	14
<i>Slika 4 - Intel 8086, mikroprocesor 3. generacije</i>	15
<i>Slika 5 - Intel 80386, mikroprocesor 4. generacije</i>	16
<i>Slika 6 - Dijagram pristupa memoriji odnosno pohrani podataka</i>	19
<i>Slika 7 - Blok dijagram računala</i>	22
<i>Slika 8 - Primjer izvršavanja programa konkurentno i sekvencijalno.</i>	24
<i>Slika 9 - Jednostavna arhitektura mikroprocesora</i>	24
<i>Slika 10 - Prikaz rasta performansi mikroprocesora</i>	27


Popis tablica

<i>Tablica 1 - Osnovna razlika između CISC i RISC načina izvršenja instrukcija.</i>	7
<i>Tablica 2 – Popis najvažnijih mikroprocesora s njihovim obilježjima.</i>	17

10. Životopis

OSOBNJE INFORMACIJE


Irsak Mario

 Dvorska 10, 10000 Zagreb (Hrvatska)

 +385 91 6090 743

 Mario.Irsak@span.eu

 www.linkedin.com/in/mario-irsak

 Skype [mario.irsak](#)

Spol Muško | Datum rođenja 30/03/1983 | Državljanstvo hrvatsko

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

01/11/2017–danas

stručni prvostupnik informacijskih tehnologija (bacc. techn. inf.)

Veleučilište Baltazar Zaprešić, Zaprešić (Hrvatska)

- Work with hardware and software components at advanced level,
- Apply mathematical methods, models and techniques for solving problems in programming or business and information system design,
- Assess trends in the current operating systems and estimate their applicability for the requirements of an organisation or individual,
- Identify the needs for designing a connection between a computer system, programme support and operating system functions,
- Apply the basic level of C Sharp and JAVA programming,
- Apply the advanced level of creating CMS, HTML, XML and CSS content,
- Create advanced level MySQL database,
- Work with server applications at the basic level,
- Use business and data processes modelling techniques in organisations, and apply models in information and business system development,
- Create information systems at the basic level,
- Apply methods and techniques of information and programme system development,
- Configure computer network at the basic level,
- Apply the basic level of econometric analysis,
- Work with IT tools in project management at the basic level,
- Apply the basics of legal regulations in e-commerce,
- Manage the flow of funds in project budget management at the basic level,
- Create mobile and web applications at the basic level,
- Use IT tools for digital marketing at the basic level,
- Apply the learning skills required for lifelong learning and continuation of education.

18/05/2017 **MCSE: Cloud Platform and Infrastructure**

18/05/2017 **MCSA: Windows Server 2016**

01/2015 **MCTS: Administering and Deploying System Center 2012 Configuration Manager**

- 10/2012 MCSE: Server Infrastructure
- 10/2012 Microsoft Certified Solutions Expert (MCSE)
- 10/2012 MCSE: Private Cloud
- 04/2012 Windows Server 2008 Applications Infrastructure, Configuration
- 10/2011 Windows Server 2008 Network Infrastructure, Configuration
- 09/2011 Windows 7 and Office 2010, Deployment
- 02/2011 Windows Server 2008 Active Directory, Configuration
- 10/2010 Windows 7, Configuration
- 10/2010 Enterprise Desktop Administrator on Windows 7
- 10/2010 Microsoft Certified Technology Specialist (MCTS)
- 10/2010 Microsoft Certified IT Professional (MCITP)
- 01/2010 Cisco Certified Network Associate (CCNA)
NetAkademija, Zagreb (Hrvatska)

- 1997–2001 **Technical School „Ruđera Boškovića“**
Computer technicians fill this need, and while their specific responsibilities can vary from position to position, duties often include:
 - Installing hardware and software systems
 - Maintaining or repairing equipment
 - Troubleshooting a variety of computer issues
 - Setting up computer security measures
 - Configuring computer networks
 - Offering technical support on-site or via phone or emailComputer technicians can be found working in a variety of industries. Possible job opportunities range from a computer technician in a retail electronics store who helps repair hardware or software, to a member of an internal IT team within large and medium sized companies, to a technical support advisor who helps customers over the phone with their computer issues.

RADNO ISKUSTVO

- 01/10/2019–danas **Inženjer rješenja**
Span d.d., Zagreb (Hrvatska)
Svrha
Osnovna zadaća ovog radnog mjesta je implementacija tehnološki složenijih IT rješenja bilo kroz samostalno vođenje manje kompleksnih projekata ili sudjelovanje na kompleksnim projektima vođenih od strane projektanata rješenja. Sekundarna zadaća uključuje obavljanje funkcije Technical Account Managera za određene korisnike i rad na projektima implementacije novih IT sustava. Zadatke mu dodjeljuje voditelj, nadređeni, a kod rada na projektima - voditelj projekata. Interno komunicira uglavnom

unutar tima, a eksterno s korisnikom (Sistem administratori, inženjeri, voditelji IT-a).

Područje odgovornosti (Radne aktivnosti)

1. Izgradnja IT sustava
2. Komunikacija s klijentom i predlaganje rješenja
3. Podrška (treća razina podrške) klijentima nakon što je sustav izgrađen
4. Procesi prodajnog savjetovanja
5. Usvajanje novih znanja i tehnologija

01/09/2014–30/09/2019

System Engineer

Span d.o.o., Zagreb (Hrvatska)

- Since May 2016 working full time job for McDonald's UK IT Team as a member of IT Software Deployment Team but still as SPAN d.o.o. employee. Advanced using and maintaining over 15000 devices in SCCM 2007 and 2012 environments.
- Implementation of more complex IT solutions, performing functions Technical Account Manager for specific users
- Deployment, manage and monitor all installed systems and infrastructure (All Windows Server versions, Exchange, Hyper-V, FS, DNS, DFS, AD, SCCM, SCOM, SCVMM, SQL, SP, Cluster, BizTalk, EOP, FIM, LiveVault, Symantec Backup, PowerShell, etc.)
- Install, configure, test and maintain operating systems, application software and system management tools
- Proactively ensure the highest levels of systems and infrastructure availability for over 2000 servers in over 100 countries on 6 continents
- Monitor and test application performance for potential bottlenecks, identify possible solutions, and work with developers to implement those fixes
- Maintain security, backup, and redundancy strategies
- Write and maintain custom scripts to increase system efficiency and lower the human intervention time on any tasks
- Participate in the design of information and operational support systems
- Provide 2nd and 3rd level support
- Liaise with vendors and other IT personnel for problem resolution
- Creating extensive reports for customers
- Everyday communication with our customers via phone, email, Skype for Business, ticketing application and solving raised issues
- Working by following ISO9001, ISO27001 and ISO20000 standards

01/05/2013–01/09/2014

Service Desk Engineer

Span d.o.o., Zagreb (Hrvatska)

- Work on resolving more complicated incidents/change requests reported from the customer.
- Receive and record technical and/or application support calls from end users.
- Provide investigation, diagnosis, resolution and recovery for hardware/software problems. When unable to resolve, escalate to second or third level in accordance with Help Desk escalation processes.
- Maintain overall ownership of user's issue & service ensuring that they receive resolution within a reasonable timeframe.
- Provide initial assessment of urgency and business impact on all support calls.
- Manage service requests, software installations, new computer setups, upgrades, etc.
- Record incident resolutions in the Help Desk tool.
- Provide enhancement request feedback to IT regarding technology environment and customer needs through the defined processes.
- Monitor daily backups.
- Ability to work independently and in a team environment.
- Ability to communicate well with internal and external contacts.

01/02/2010–30/04/2013

OpDesk Specialist

Span d.o.o., Zagreb (Hrvatska)

- Work on resolving incidents/change requests reported from the customer.
- Receive and record technical and/or application support calls from end users.
- Provide investigation, diagnosis, resolution and recovery for hardware/software problems. When unable to resolve, escalate to second or third level in accordance with Help Desk escalation processes.
- Maintain overall ownership of user's issue & service ensuring that they receive resolution within a reasonable timeframe.
- Provide initial assessment of urgency and business impact on all support calls.
- Manage service requests, software installations, new computer setups, upgrades, etc.
- Record incident resolutions in the Help Desk tool.
- Provide enhancement request feedback to IT regarding technology environment and customer needs through the defined processes.
- Monitor daily backups.
- Ability to work independently and in a team environment.
- Ability to communicate well with internal and external contacts.

01/01/2002–31/01/2010

Technical Manager

Klising d.o.o., Zagreb (Hrvatska)

Fingerprint time attendance and access control system in the protected premises via biometrics, face readers, card readers. Network maintenance to our clients where I worked as the head of maintenance.

OSOBNJE VJEŠTINE

Materinski jezik hrvatski

Strani jezici

engleski

RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
B2	B2	B2	B2	B2

Stupnjevi: A1 i A2: Početnik - B1 i B2: Samostalni korisnik - C1 i C2: Iskusni korisnik
[Zajednički europski referentni okvir za jezike - Ljestvica za samoprocjenu](#)

Komunikacijske vještine

- Experience at working independently and in a team-oriented, collaborative environment.
- Exceptional customer service orientation.
- Ability to effectively prioritize and execute tasks in a high pressure environment.
- Analytical and problem-solving abilities.
- Highly self motivated and directed.

Digitalne vještine

- MCSA: Windows Server 2016
- MCTS: Administering and Deploying System Center 2012 Configuration Manager
- Cisco Certified Network Associate (CCNA)
- Microsoft® Certified Technology Specialist (MCTS)
- MCTS: Windows 7, Configuration
- Microsoft® Certified IT Professional (MCITP)
- MCITP: Enterprise Desktop Administrator 7
- MCTS: Windows Server 2008 Active Directory, Configuration

- MCTS: Windows 7 and Office 2010, Deployment
- MCTS: Windows Server 2008 Network Infrastructure, Configuration
- MCSA: Windows 7
- MCTS: Windows Server 2008 Applications Infrastructure, Configuration
- MCSA: Windows Server 2008
- MCITP: Enterprise Administrator on Windows Server 2008
- MCSE: Private Cloud Charter Member
- MCSA: Windows Server 2012 Charter Member
- MCSE: Server Infrastructure Charter Member

Vozačka dozvola A, B