

Princip rada procesora

Šta je procesor i njegova uloga u računarskom sklopu

Centralna procesorska jedinica (eng. CPU), odnosno „Procesor“, je komponenta računara koja u računarskom sistemu zauzima ulogu kontrolnog centra. Uloga CPU-a je da dohvati i izvrši instrukcije računarskog programa i obrađene instrukcije vrati nazad u sistem. Žargonski, CPU se često naziva mozgom računara.

Pored centralnog procesora, računarski sistem može da ima procesore i koprocesore na integrisanim i diskretnim komponentama čija je uloga da ubrzaju ili da na sebe preuzmu deo posla centralnog procesora.

Organizacija procesora

Von Neumannov i Harvardski model su dve vrste modela procesorskih organizacija koje definišu način na koji CPU pristupa memoriji. Prvi se bazira na jedinstvenoj memorijskoj magistrali gde podaci i instrukcije dele magistralu i postala je osnova za većinu CPU-a kod personalnih računara. Harvardski model koristi odvojene magistrale memorije za podatke i instrukcije i zastupljen je u specijalizovanim sistemima (npr. moderna 3D grafika).

Dalje, procesori se mogu kategorisati po načinu na koji procesuju instrukcije (ISA - Instruction Set Architecture) i u tome se izdvajaju CISC i RISC pristupi.

CISC (Complex Instruction Set Computer) je razvijen sa ciljem da smanji broj instrukcija koje su potrebne za obavljanje zadataka tako što koristi složene skupove instrukcija i dominantan je u personalnim računarima. Iako su današnji procesori hibridne varijante različitih organizacija i arhitektura, popularna x86 platforma procesora je bazirana na CISC modelu.

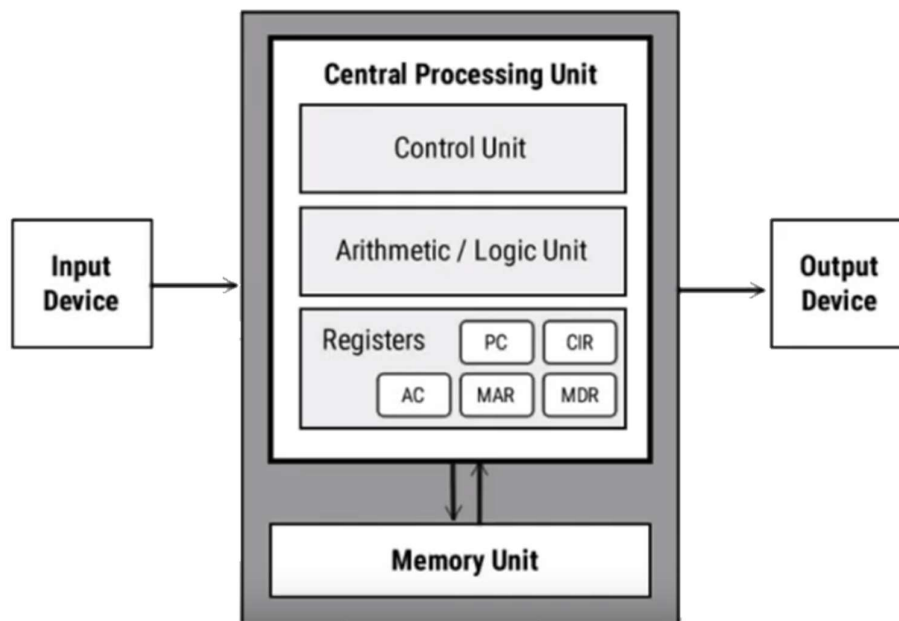
RISC (Reduced Instruction Set Computer) je model koji se fokusira na obradi kratkih i brzih instrukcija i u današnje vreme je zastupljen u mobilnim uređajima i novijim laptopima

koji koriste ARM (Advanced RISC Machine) procesore. Pre pojave ARM-a, RISC se pretežno koristio u specijalizovanim sistemima koji su zahtevali brzo izvršavanje jednostavnih procesa uz malu potrošnju energije kao što su specijalizovani serveri, linijski štampači, aktivna mrežna oprema i sl. Autor ovog rada je krajem 90-tih godina imao prilike da učestvuje u instalaciji servera sa Alpha RISC procesorom koji je bio namenjen štampanju računa za električnu energiju.

Jedinice procesora

Procesor radi u ciklusima i po jednom „treptaju“ može da dohvati i izvrši najviše jednu instrukciju. U zavisnosti od organizacije procesora (npr. CISC), procesoru je nekada potrebno više ciklusa za izvršavanje jedne instrukcije. Brzina procesora se meri u ciklusima po sekundi i izražava se u jedinici mere za frekvenciju (Hz). Ukoliko procesor ima brzinu od četiri gigaherca (4GHz), to znači da procesor može da izvrši najviše 4×10^{12} ciklusa po sekundi.

CPU se sastoji od više fizičkih i logičkih jedinica. Da bi funkcionisao, procesor mora da ima minimalno sledeće jedinice:



- Kontrolna jedinica (eng. CU) čija je uloga koordinacija drugih jedinica procesora i upravlja izvršavanjem instrukcija.
- Aritmetičko-logička jedinica (eng. ALU) zadužena za izvršavanje osnovnih aritmetičkih i logičkih operacija. ALU je direktno povezan na CU.
- Registri - brza memorija u kojoj se privremeno čuvaju podaci kojima ALU direktno raspolaže i odakle uzima podatke za obradu, a nakon obrade ih vraća u neke od registara.

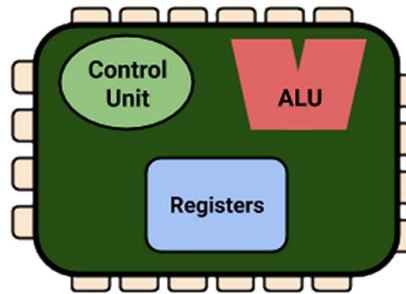
Procesori, pored osnovnih, sadrže i druge jedinice i tehnologije koje nisu apsolutno neophodne za rad CPU-a ali se u modernim organizacijama podrazumeva da se nalaze u sklopu procesora. Neke od značajnijih su:

- FPU (Floating Point Unit) je specijalizovan čip za matematičke operacije sa pokretnim zarezm koji se u zadnjih nekoliko decenija podrazumeva da se nalazi u sklopu centralnog procesora. Autor ovog rada se seća da je na svom prvom PC računaru (Intel 80386) morao debelo da doplati za „matematički koprocesor“.
- Keš memorija (L1, L2 i L3) nije apsolutno neophodna za funkcionisanje procesora ali značajno ubrzava rad CPU-a i ima ulogu međumemorije između CPU-a i RAM-a (radna memorija) i može se reći da je ključna u modernim organizacijama računarskih procesora.
- Tehnologija procesora sa više jezgara (Multiple Cores) u jedan procesor smešta više fizičkih jezgara i omogućuje istovremeno izvršavanje operacija u jednom „tik-u“ procesora.
- Hyper-Threading/SMT (Simultaneous Multithreading) je tehnologija koja od jednog fizičkog jezgra pravi više logičkih jezgara. U kombinaciji sa softverom koji ume da koristi više jezgara ova tehnologija omogućuje paralelnu i asinhronu obradu više niti instrukcija.

CPU preko magistrale komunicira sa ostalim komponentama računarskog sklopa i u početku se ta komunikacija odvijala preko čipova na tzv. severnom i južnom mostu. U današnjim računarima komponente sa severnog mosta su integrisane u sam CPU pa čip procesora ima pinove preko kojih se direktno povezuje na memoriju, PCIe magistralu, TPM, grafičke jedinice (iGPU), a južni i severni mostovi gube smisao.

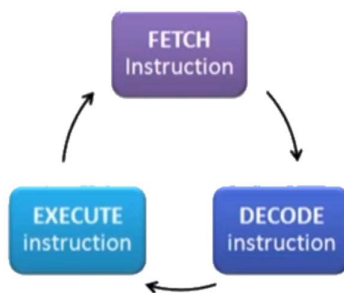
Današnji CPU-i se nazivaju i SoC (System on Chip).

Autor ovog rada se kroz korišćenje računara ZX Spectrum susretao sa assemblerom kroz proces prekucavanja i izvršavanja listinga programa. Iako je mogao da prati sintaksu i strukturu koda, njegovo razumevanje instrukcija i logike iza koda je bilo ograničeno. Shodno tome, objašnjenja koja slede su rezultat istraživanja teme iz nekoliko izvora, ali bez praktičnog iskustva, te autor nije u mogućnosti da potvrdi tačnost svih navoda.



Upravljačka jedinica (CU)

Upravljačka jedinica je ključna komponenta CPU-a koja upravlja i koordinira izvršavanje instrukcija. Ona je odgovorna za preuzimanje instrukcija iz memorije (fetch), njihovo dekodiranje (decode) i generisanje kontrolnih signala (execute) koji usmeravaju ostale komponente računarskog sistema da izvrše potrebne operacije.



Programske instrukcije se serijski dohvataju iz memorije nakon čega ih procesor interpretira i izvršava pre nego što ponovi ciklus za dohvatanje sledećih instrukcija.

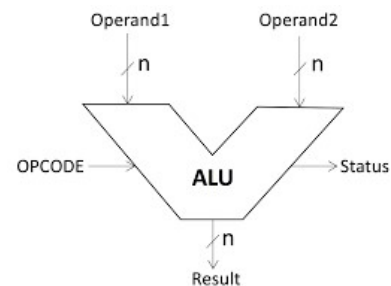
Ciklusi se nastavljaju sve dok postoje instrukcije.

Aritmetičko-logička jedinica (ALU)

Aritmetičko-logička jedinica je centralna komponenta procesora odgovorna za izvršavanje aritmetičkih i logičkih operacija nad podacima. Obavlja proračune koji su uključeni u izvršavanje instrukcija i upravlja različitim vrstama matematičkih proračuna.

Karakteristike ALU su:

- Aritmetičke operacije kao što su sabiranje, oduzimanje, množenje i deljenje. Podržava različite numeričke formate podataka i nivoe preciznosti.
- Logičke operacije kao što su AND, OR, NOT i XOR. Ove operacije su neophodne za donošenje odluka i manipulaciju podacima.
- Binarne operacije se izvode nad binarnim podacima. Može se manipulirati pojedinačnim bitovima i izvršavati operacije poput pomeranja, rotiranja i maskiranja.

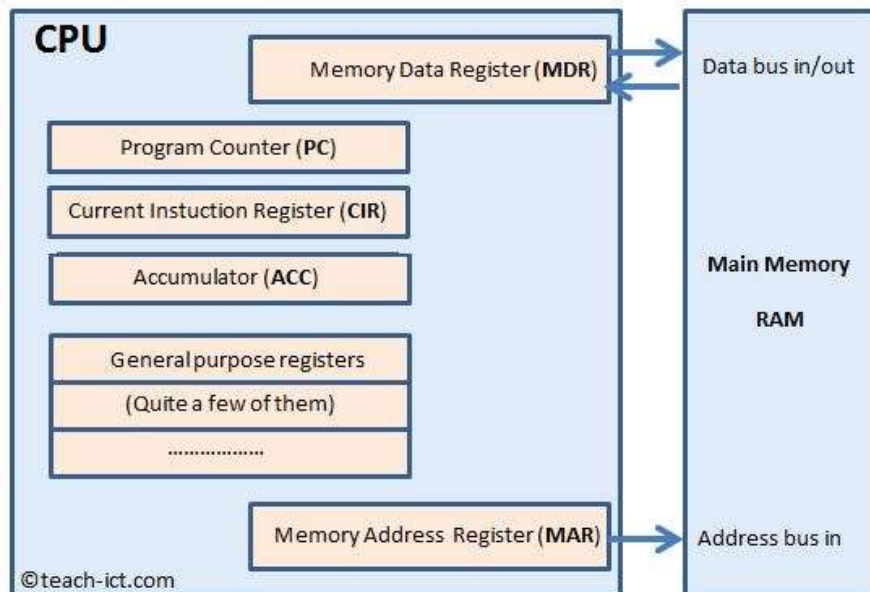


Registri

Registri su mali i brzi memorijski prostori čiji je zadatak da privremeno drže podatke, instrukcije, memorijske adrese i kontrolne informacije.

CPU sadrži različite vrste registara od kojih su neki:

- Akumulator (ACC) je registar opšte namene koji čuva međurezultate tokom proračuna ili skladišti konačni rezultat operacije.
- Registar instrukcija (IR) drži trenutno dohvaćenu instrukciju za dekodiranje i izvršavanje.
- Brojač programa (PC) prati memorijsku adresu sledeće instrukcije koja će biti dohvaćena.
- Registar podataka memorije (MDR) drži podatke koji su pročitani iz memorije ili zapisani u memoriju tokom operacija prenosa podataka.
- Registar memorijskih adresa (MAR) skladišti memorijsku adresu kojoj se pristupa ili gde će podaci biti sačuvani.

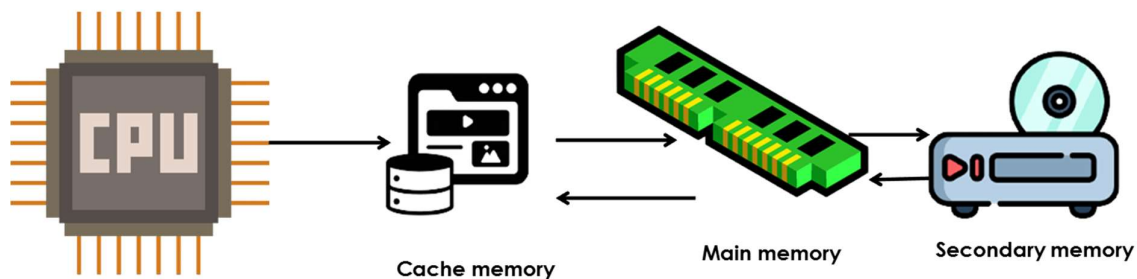


Keš memorija

Keš memorija je vrsta brze memorije koja se nalazi između procesora i glavne memorije. Deluje kao međumemorija koja čuva često korišćene podatke i instrukcije kako bi poboljšala preformanse sistema.

Keš memorija drži deo glavne memorije sa podacima i instrukcijama koji su nedavno korišćeni ili za koje algoritam pretpostavlja da će biti korišćeni u bližoj budućnosti. Držeći deo glavne memorije u bržoj keš memoriji, CPU smanjuje vreme čekanja na pristup memoriji.

Hijerarhija keš memorije uključuje više nivoa od kojih svaki ima svoj kapacitet i brzinu pristupa gde se brža i manjeg kapaciteta memorija označava sa L1 i ide ka sporijim i većim kapacitetima L2 i L3.

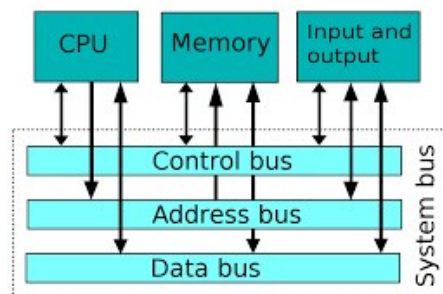


Magistrala (BUS)

Različite komponente računarskog sistema jedne sa drugima komuniciraju putem magistrala. Magistrale su električni putevi („žice“) koje omogućuju prenos kontrolnih signala, memorijskih adresa i podataka između procesora i drugih delova sistema.

Tri glavne magistrale su:

- kontrolna magistrala,
- adresna magistrala i
- magistrala podataka.



Korišćena literatura

1. Violeta Tomašević. Osnovi arhitekture i organizacije računara. Univerzitet Singidunum, 2021.
2. Wikipedia. Central Processing Unit (CPU).
https://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit
3. ScienceDirect. Von Neumann Architecture.
<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/von-neumann-architecture>
4. ScienceDirect. Harvard Architecture.
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/harvard-architecture>
5. PER. RISC vs CISC Architecture: Which is Better? <https://www.per-international.com/news-and-insights/risc-vs-cisc-architecture-which-is-better>
6. ChatGPT. Razgovor o principima rada procesora, OpenAI, 2024.
7. Ilustracije procesora i arhitekture računara. Preuzeto putem Google pretrage. Izvori slika nisu specifično zabeleženi.