

Arhitektura i organizacija računara

Prof.dr Siniša Minić,

E-mail: sinisa.minic@pr.ac.rs

Arhitektura i organizacija računara

- **Arhitektura računara** su oni njegovi atributi koji su vidljivi programeru
 - Skup instrukcija, broj bitova koji se koristi za predstavljanje podataka, mehanizmi U/I, tehnike adresiranja.
 - Primer: da li postoji instrukcija za množenje?
- **Organizacija računara** je način kako se implemetiraju ta svojstva
 - Upravljački signali, interfejsi, tehnologija memorije.
 - Primer: Da li postoji hardverski množać ili se to izvodi pomoću ponavljanog sabiranja?

Arhitektura i organizacija računara

- **Celokupna porodica Intel x86 deli istu osnovnu arhitekturu**
- **Porodica IBM System/370 deli istu osnovnu arhitekturu**
- **To sobom donosi kompatibilnost koda**
 - **U najmanju ruku unazad**
- **Organizacija se razlikuje između različitih verzija**

Struktura i funkcija računara

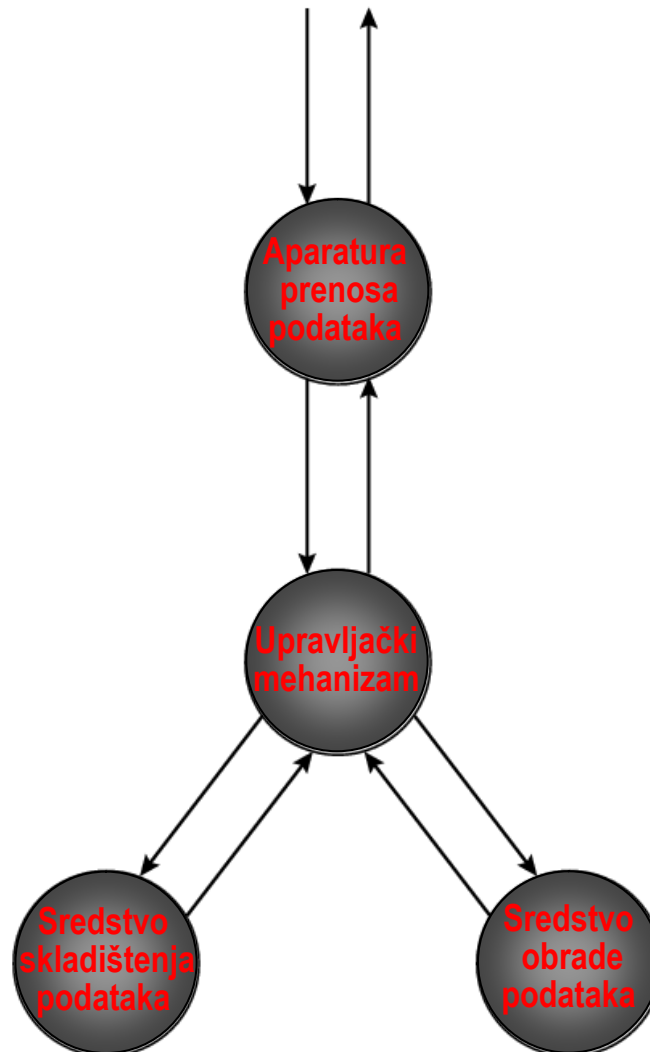
- **Struktura** je način na koji su komponente u međusobnom odnosu
- **Funkcija** je rad individualnih komponentata kao deo strukture

Funkcija računara

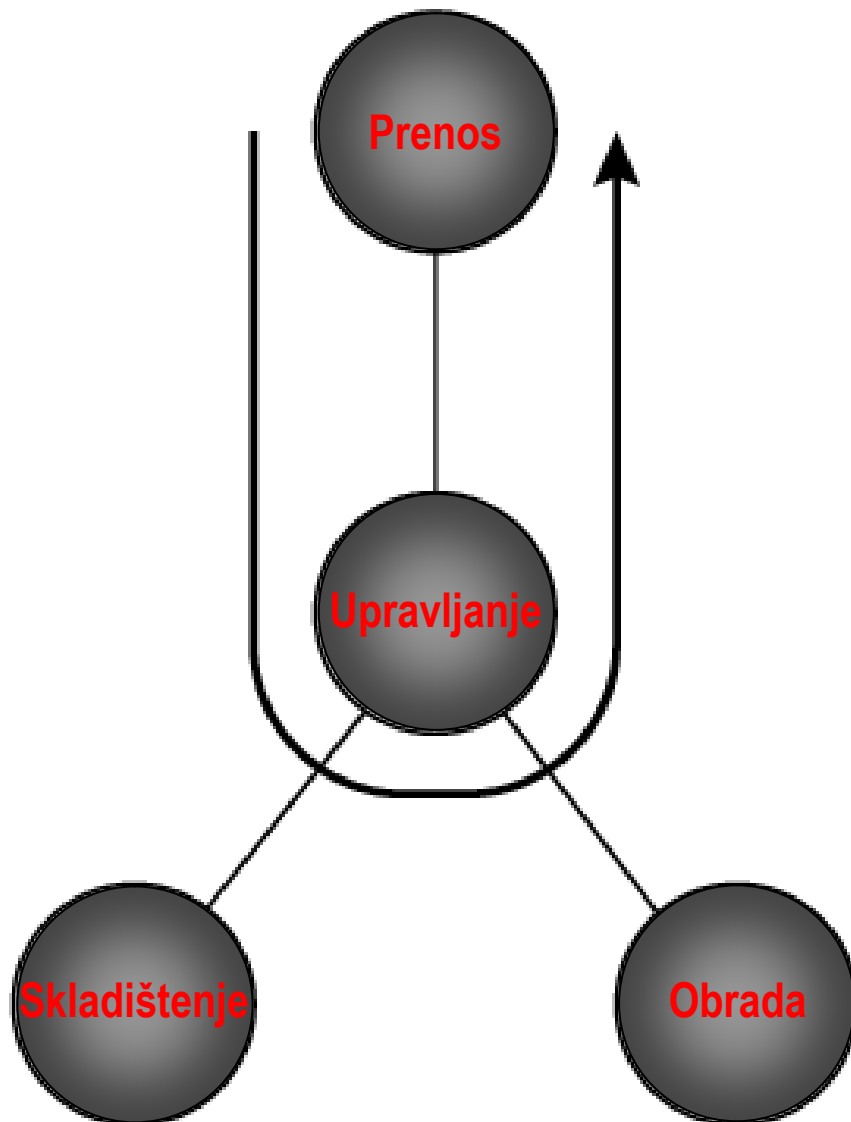
- **Sve funkcije jednog računara su:**
 - **Obrada podataka** (*Data processing*)
 - **Skladištenje podataka** (*Data storage*)
 - **Prenos podataka** (*Data movement*)
 - **Upravljanje** (*Control*)

Funkcionalni pogled na računar

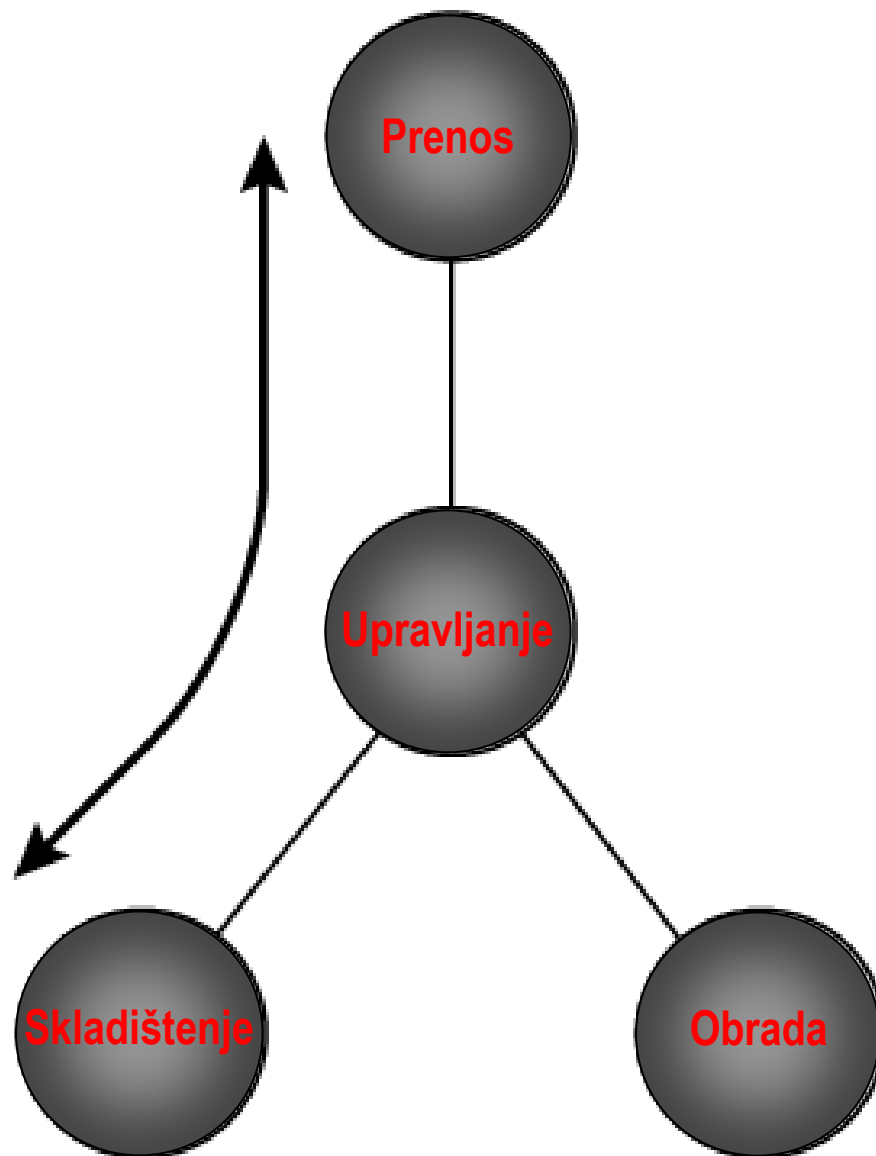
Radno okruženje
(izvor i odredište podataka)



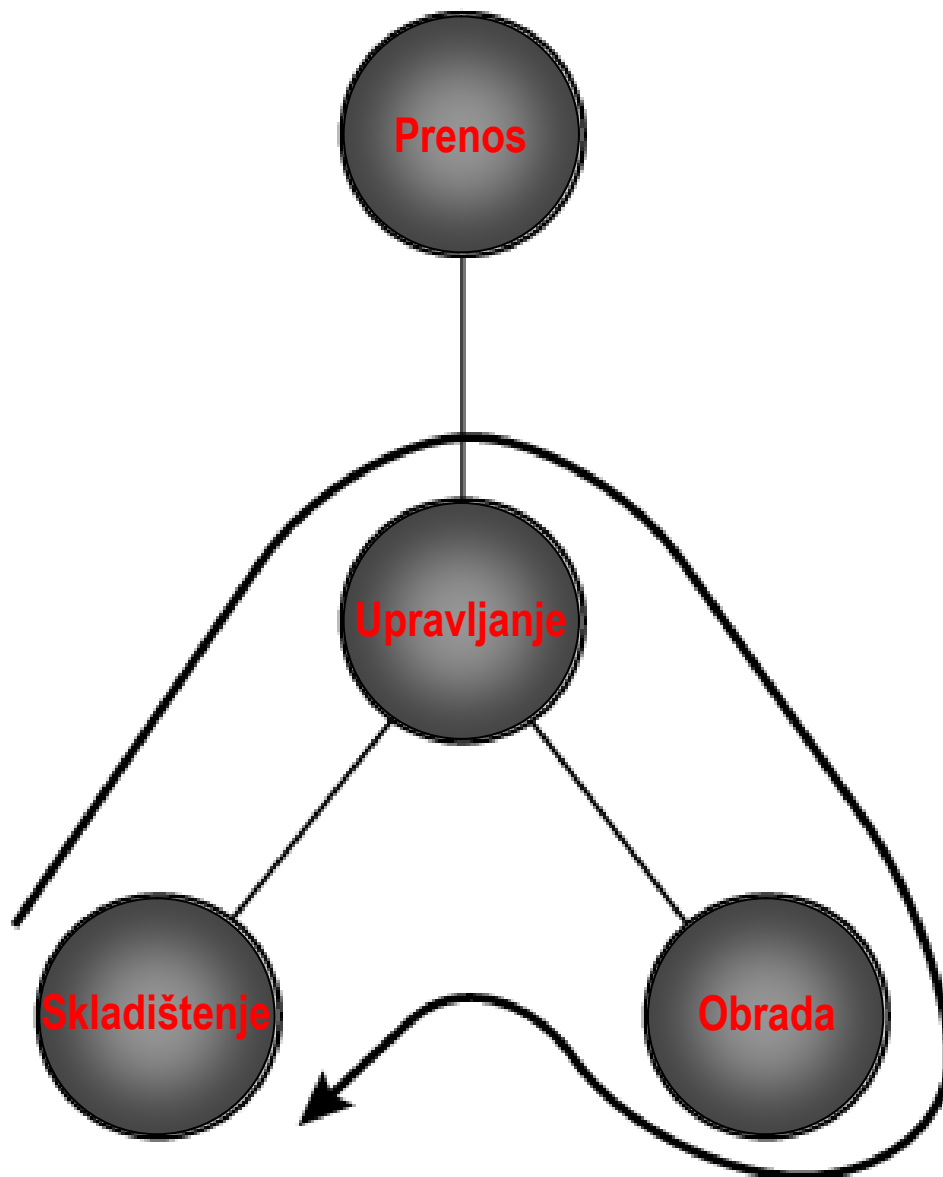
Operacije: (a) Prenos podataka



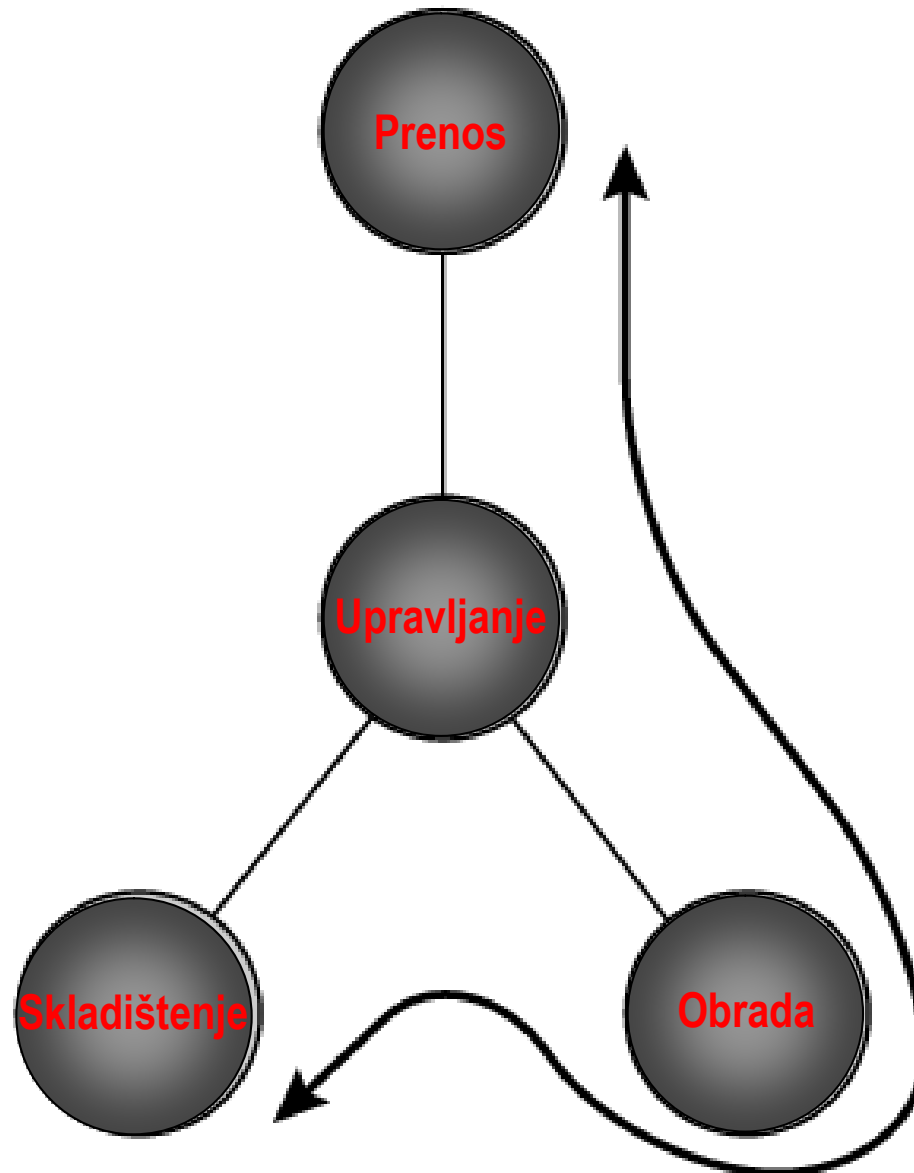
Operacije: (b) Skladištenje



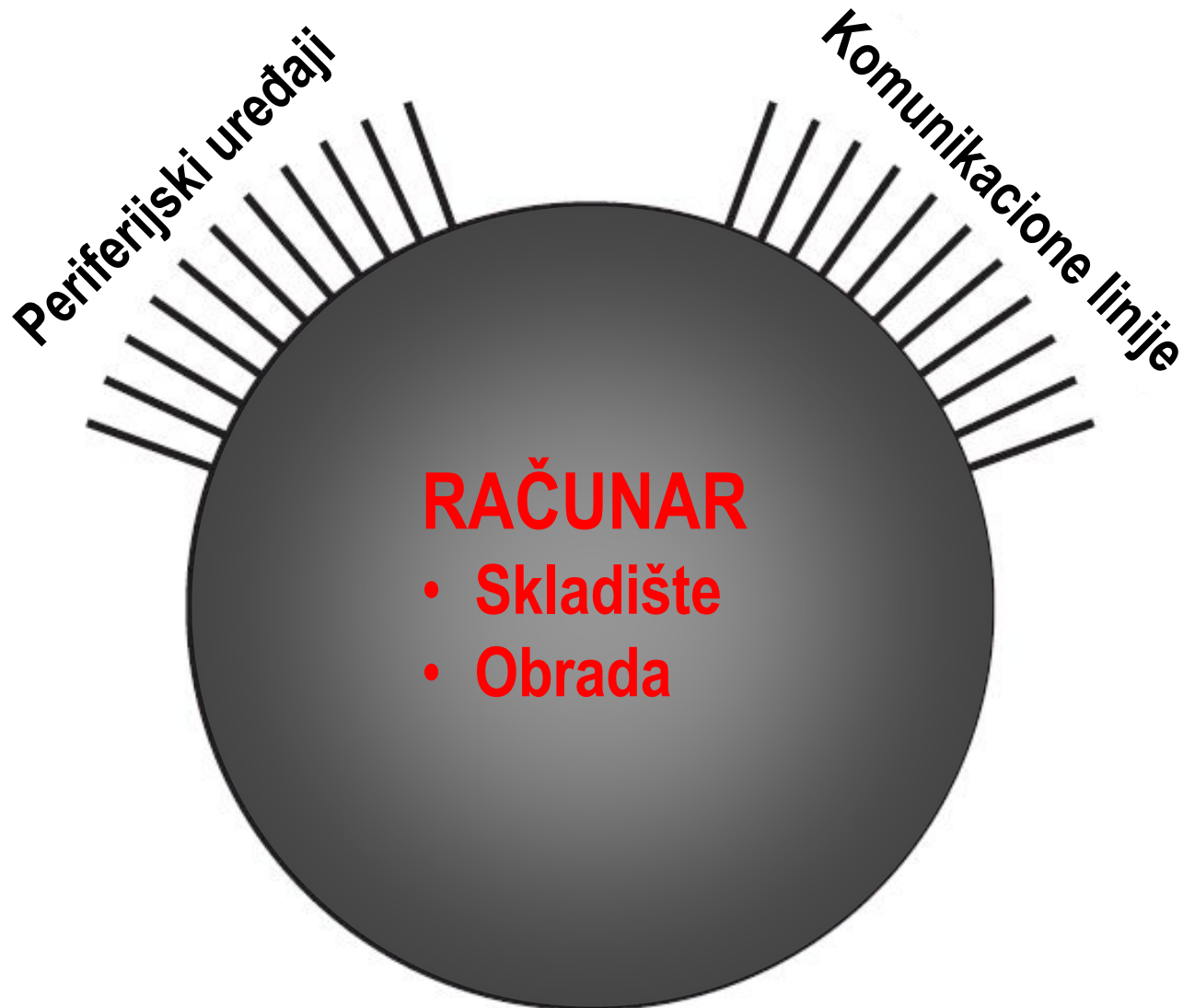
Operacije: (c) Obrada iz/u skladište



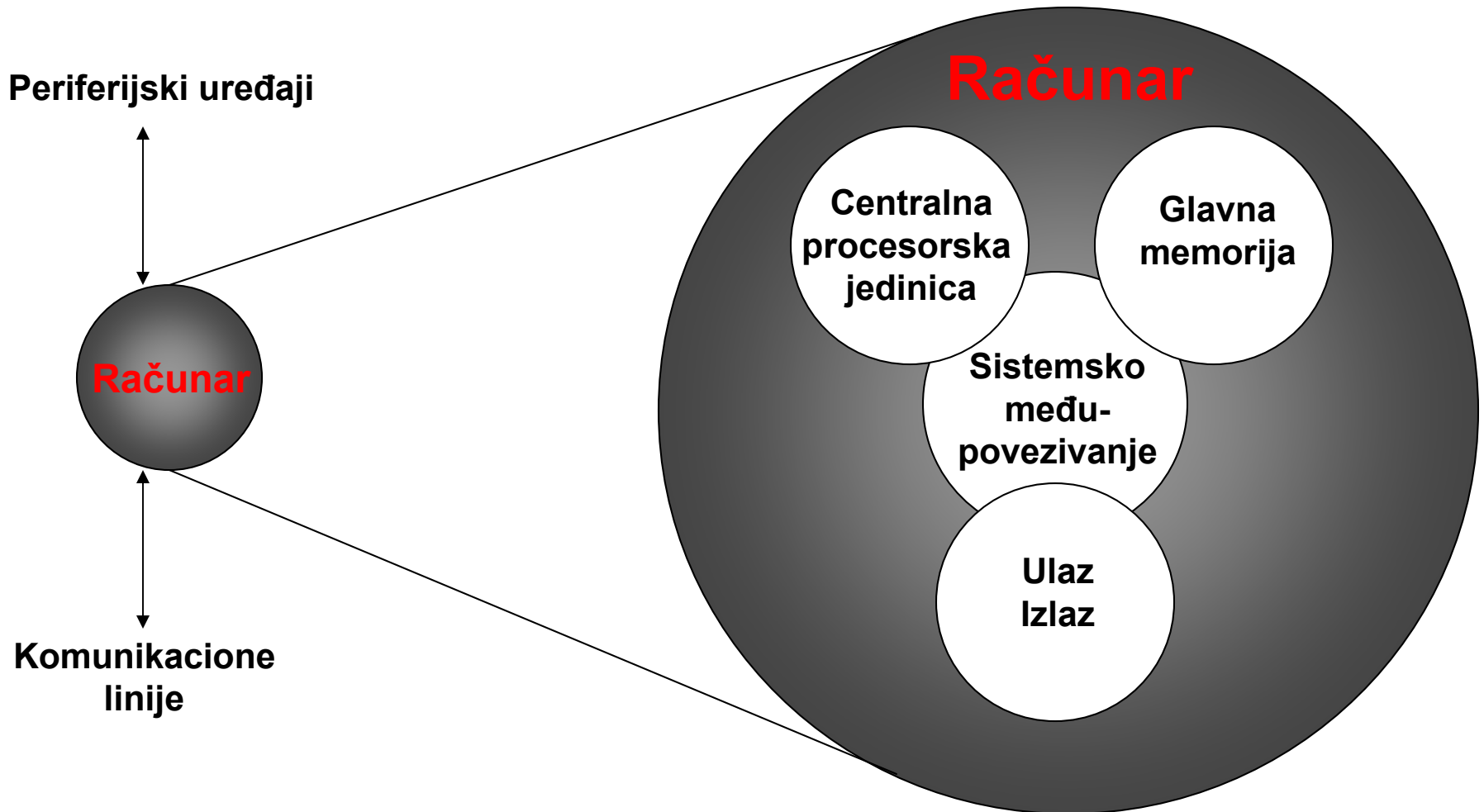
Operacije: (d) Obrada iz skladišta u U/I



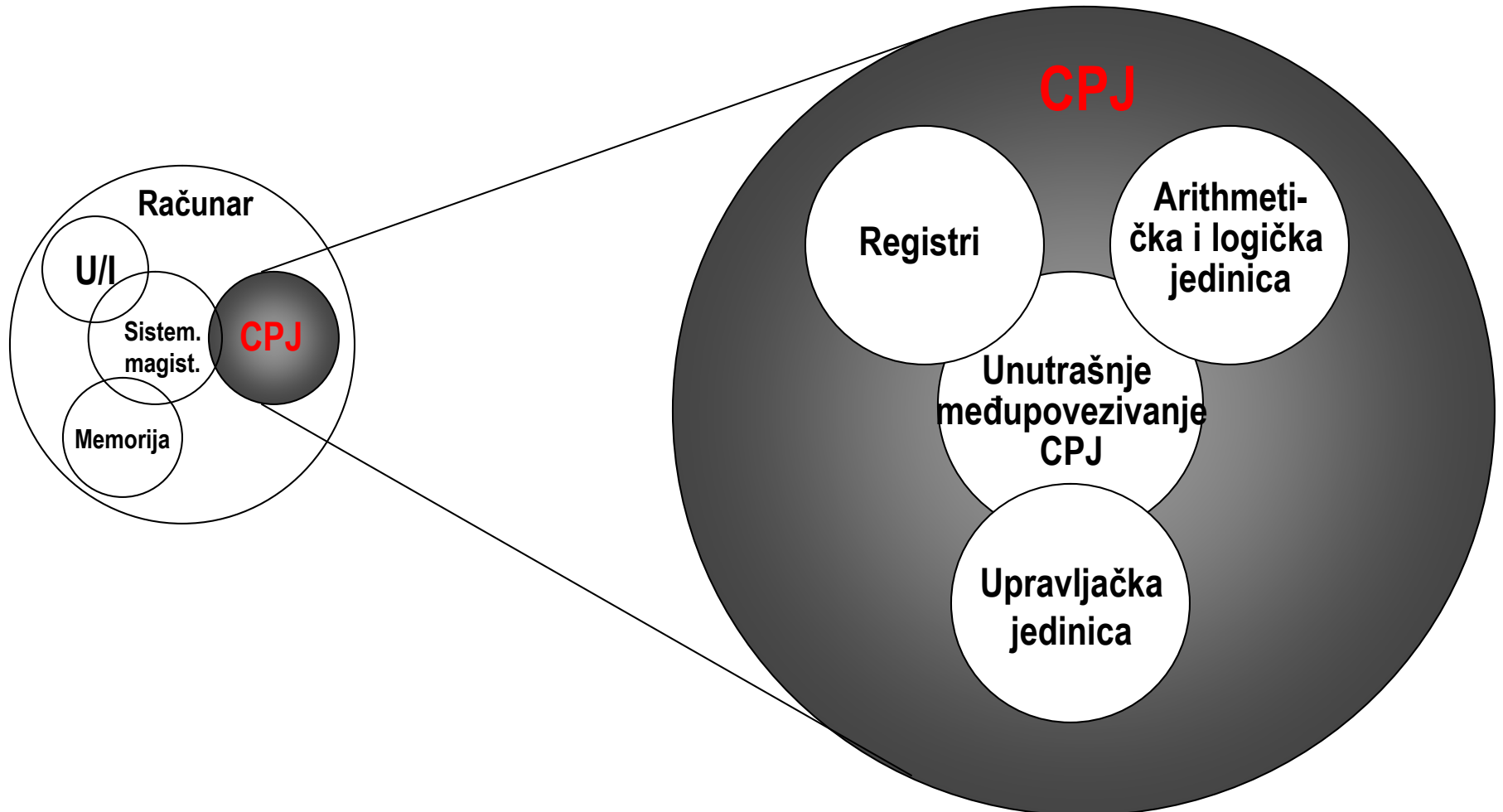
Najjednostavnija predstava računara



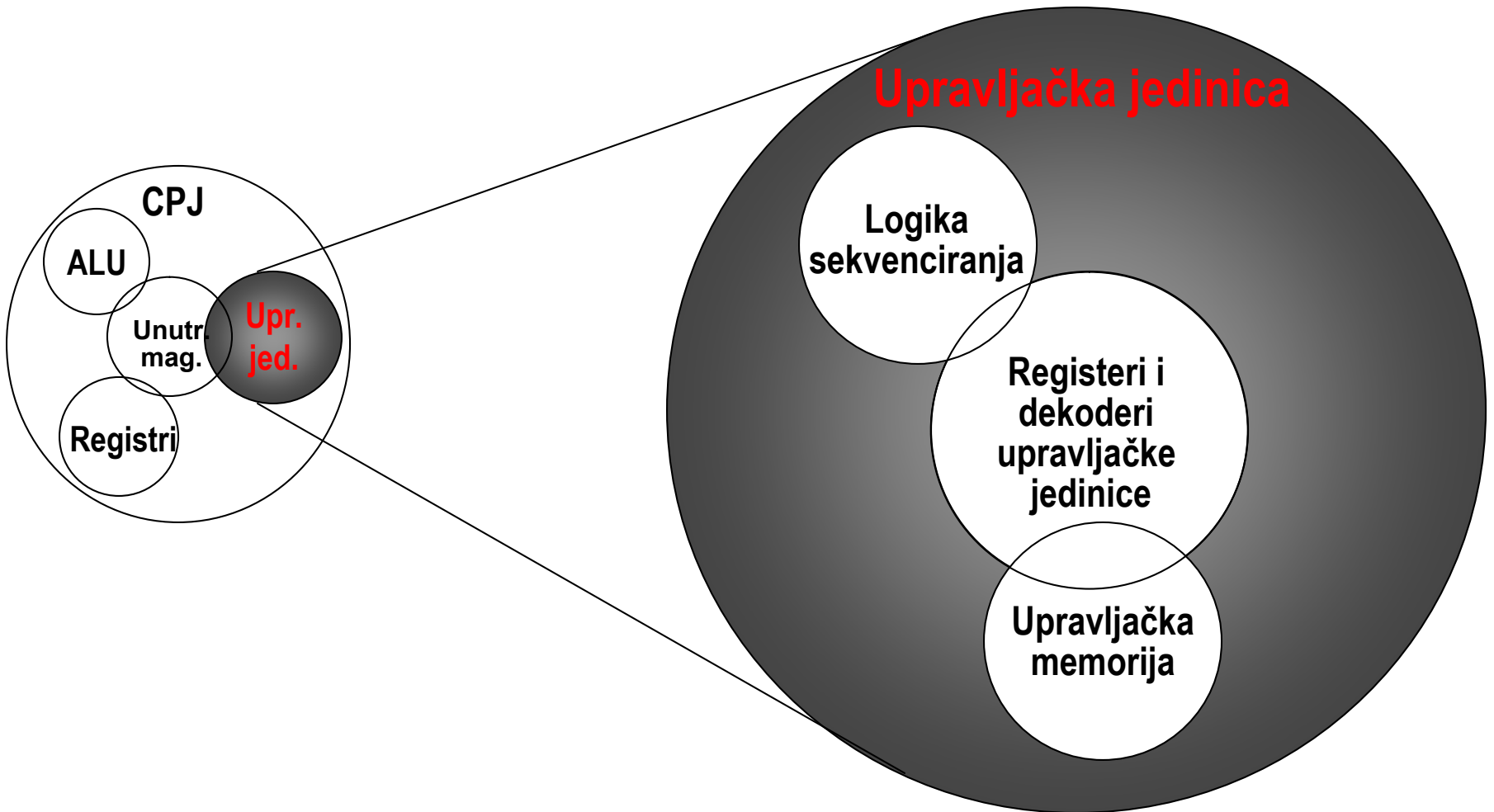
Struktura računara – gornji nivo



Struktura – Centralna procesorska jedinica



Struktura – Upravljačka jedinica



Zašto studirati arhitekturu i organizaciju računara?

IEEE/ACM Computer Curricula 2001:

- Računar leži u srcu računarstva i informatike. Bez njega, većina računarskih disciplina danas bi bile grane teorijske matematike.***
- Da bi se danas bio profesionalac u bilo kojoj oblasti računarstva, potrebno je da se na računar ne gleda kao na crnu kutiju koja računa pomoću čarobnog štapića.***
- Svi studenti informatike bi trebalo da dođu do izvesnog razumevanja i znanja o funkcionalnim komponentama računarskog sistema, njihovim karakteristikama, performansama i međusobnim dejstvima.***

Zašto studirati arhitekturu i organizaciju računara?

IEEE/ACM Computer Curricula 2001:

- Postoje i praktične implikacije. Studenti treba da razumeju arhitekturu računara da bi strukturirali program, tako da se on efikasnije izvršavao na stvarnoj mašini.***
- U izboru sistema za upotrebu, oni bi trebalo da su sposobni da razumeju kompromise između raznih komponenata, kao što su brzina generatora takta CPU prema veličini memorije.***

1. razlog za studiranje arhitekture i organizacije računara

Pretpostavite da diplomac ulazi u industriju i da se od njega traži da izabere računar sa najboljim odnosom cene i performanse za upotrebu u velikoj organizaciji.

Razumevanje implikacija većeg trošenja za razne alternative, kao što su veća keš memorija ili veća brzina procesorskog generatora takta, od suštinskog je značaja za donošenje odluke.

2. razlog za studiranje arhitekture i organizacije računara

Mnogi procesori se ne koriste u PC računarima ili serverima, nego u ugrađenim sistemima. Projektant može da programira procesor u jeziku C koji je ugrađen u nekom sistemu za rad u realnom vremenu ili većem sistemu, kao što je inteligentni kontroler elektronike u automobilu.

Otklanjanje grešaka u sistemu može da zahteva upotrebu logičkog analizatora koji prikazuje odnos između zahteva za prekid iz senzora motora i koda na mašinskom nivou.

3. razlog za studiranje arhitekture i organizacije računara

Koncepti koji se koriste u arhitekturi računara nalaze primenu i u drugim kursevima.

Posebno, način na koji računar obezbeđuje podršku arhitekture jezicima za programiranje i operativnom sistemu pojačava koncepte iz tih oblasti.

FIT-Nastava u oblasti organizacije i arhitekture računara

- **I godina studija:**
 - **OSNOVI RAČUNARSKE TEHNIKE**
 - **Obrazovni cilj: Sticanje opštih znanja iz organizacije računara i računarskih sistema.**
- **II godina studija:**
 - **ARHITEKTURA RAČUNARA**
 - **Obrazovni cilj: Sticanje opštih i specifičnih znanja iz naprednih arhitekture i organizacije računara. Rad sa jednim CISC mikrokontrolerom. Programiranje na assembleru.**
- **III godina studija:**
 - **MIKROPROCESORSKI SISTEMI**
 - **Obrazovni cilj: Sticanje opštih i specifičnih znanja iz oblasti RISC mikrokontrolera.**

Arhitektura računara

- **Sadržaj kursa:**

- Uvod u arhitekturu i organizaciju računara.
- Funkcija i međusobno povezivanje u računaru.
- Unutrašnja memorija i skrivena (keš) memorija.
- Spoljašnja memorija.
- Ulaz/izlaz računara.
- Podrška operativnog sistema.
- Računarska aritmetika.
- Skupovi instrukcija.
- Struktura i funkcija centralne procesorske jedinice.

- **Literatura**

- William Stallings: *Organizacija i arhitektura računara: projekat u funkciji performansi*, CET, 2006.

- **Način formiranja ocene:** 8 kolokvijuma iz teorije, 8 kolokvijum sa zadacima, završni.ispit kolokvijum, ispit

Po završetku kursa:

- Student razume računar kao sistem i osnove arhitekture i organizacije računara.
- Upoznat je sa dosadašnjim razvojem i glavnim trendovima u arhitekturi računara.
- Poznaje namenu, hijerarhijsku organizaciju i način funkcionisanja memorijskog podsistema računara: skrivene (keš) memorije, unutrašnje i spoljašnjih memorija.
- Poznaje mehanizme i način rada ulazno/izlaznog podsistema računara: spoljašnjih uređaja, U/I modula, mehanizama prekida, U/I kanala i spoljašnjih interfejsa.
- Razume podršku operativnog sistema i osnovna rešenja u oblasti raspoređivanja procesa i upravljanja memorijom.
- Poznaje aritmetičko logičku jedinicu, predstavljanje brojeva i aritmetiku.
- Upoznat je sa karakteristikama i funkcijama skupova instrukcija i načinima adresiranja. Ima osnovna znanja o pisanju programa u asemblerskom jeziku.
- Poznaje strukturu i funkcije centralne procesorske jedinice.

Po završetku kursa:

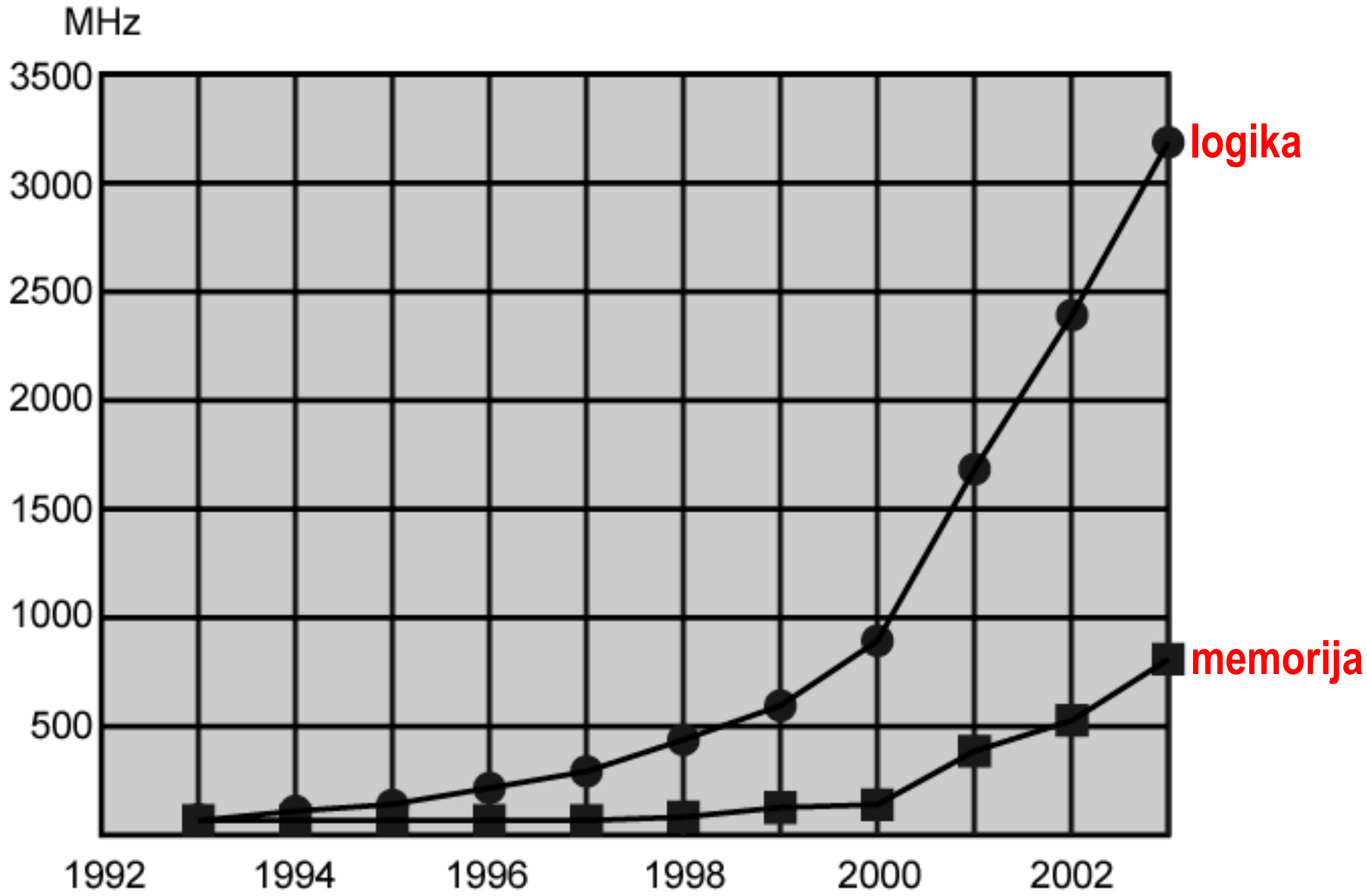
- **Zna kako funkcionišu procesori sa protočnom obradom instrukcija, procesori sa redukovanim skupom instrukcija (RISC), superskalarni procesori, procesori sa veoma dugom instrukcijskom reči (VLIW).**
- **Poznaje osnovne arhitekture računara za paralelnu obradu (vektorske procesore i multiprocesore).**
- **Zna razliku između arhitektura računara opšte namene i namenskih arhitektura.**
- **Upoznat je sa metodologijom za projektovanje i procenu performansi složenog namenskog multimikroprocesorskog računara.**

PROFESIONALNI ŽIVOT

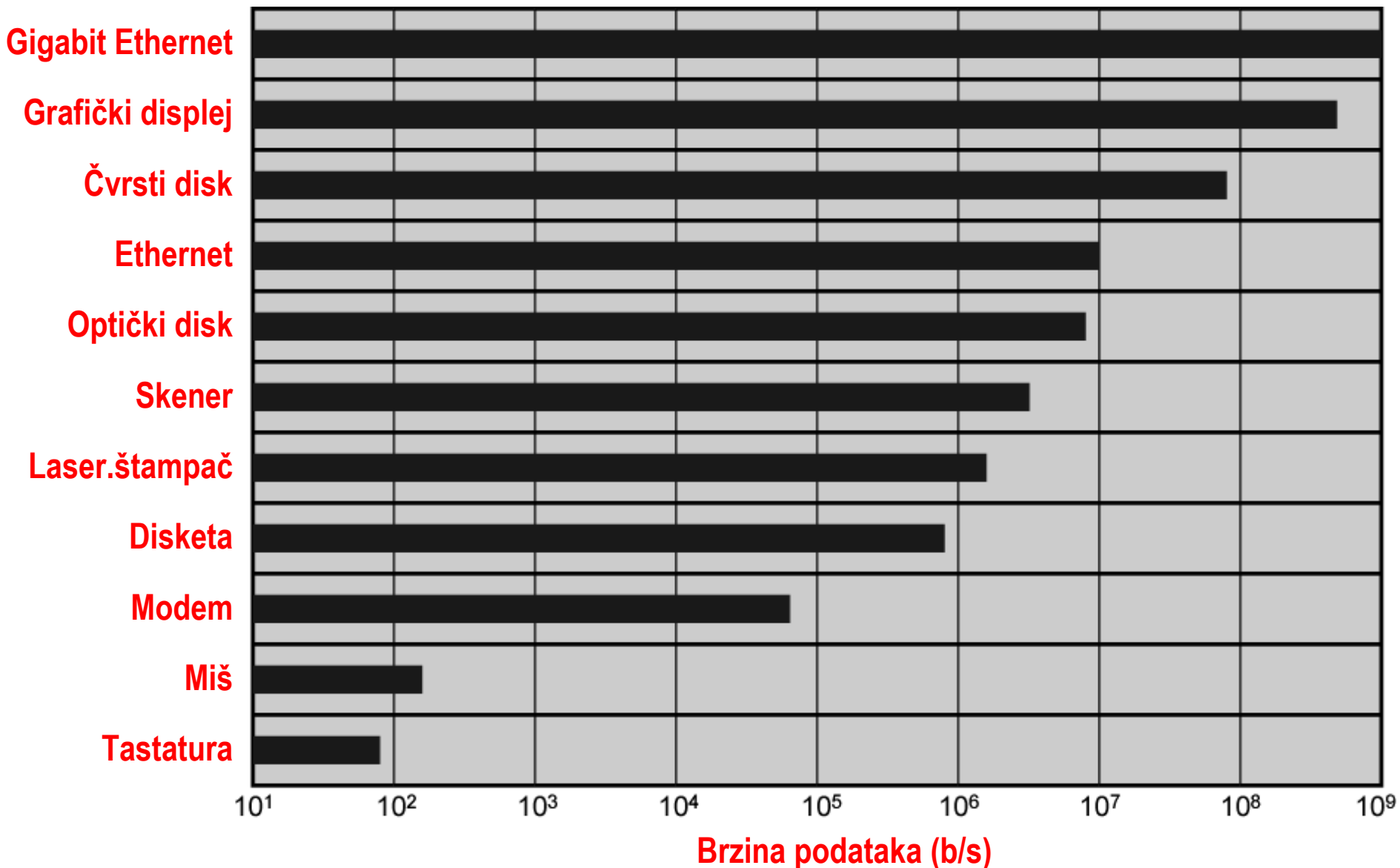


FIT

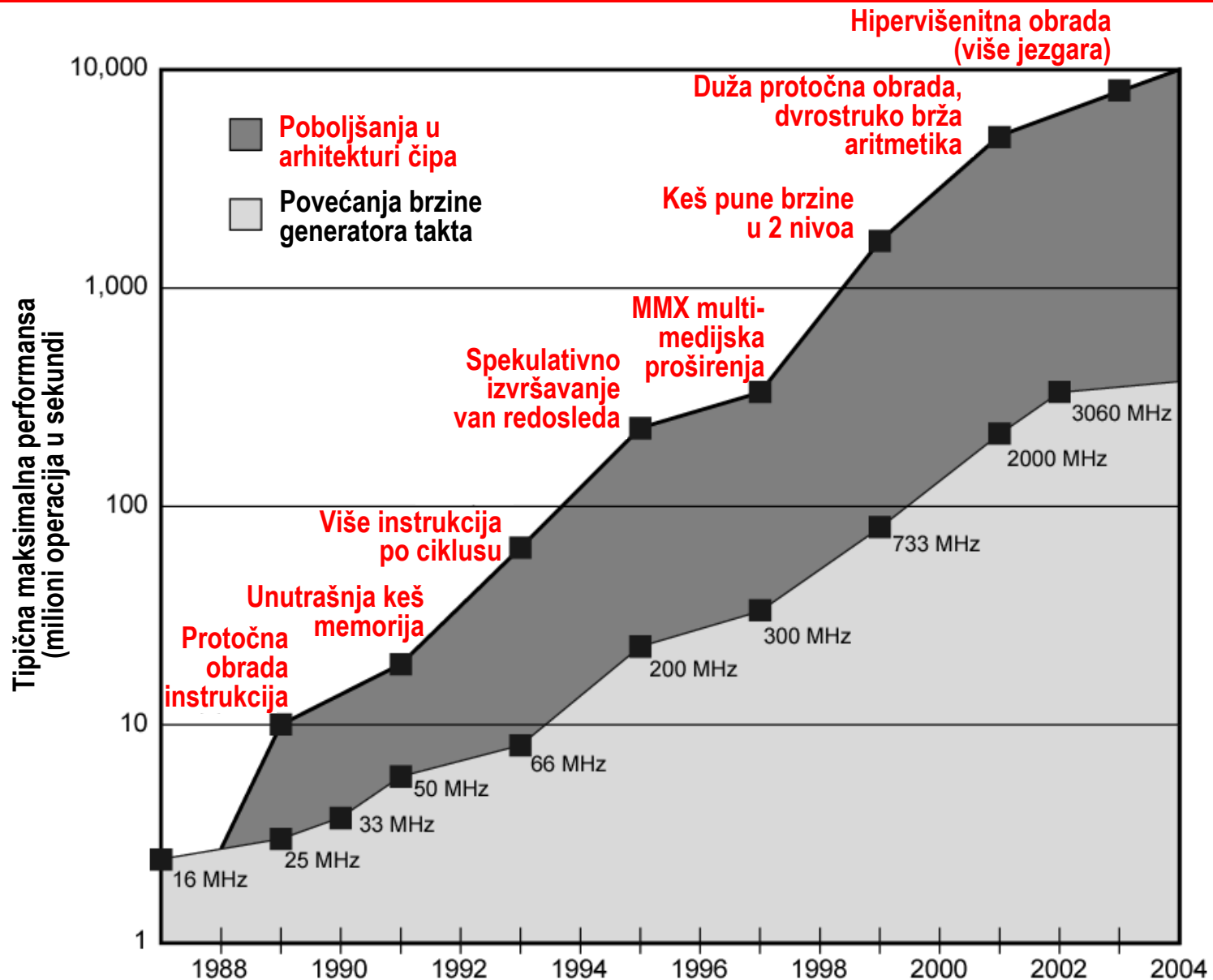
Razmak performanse logičkih kola i memorije



Tipične brzine podataka U/I uređaja



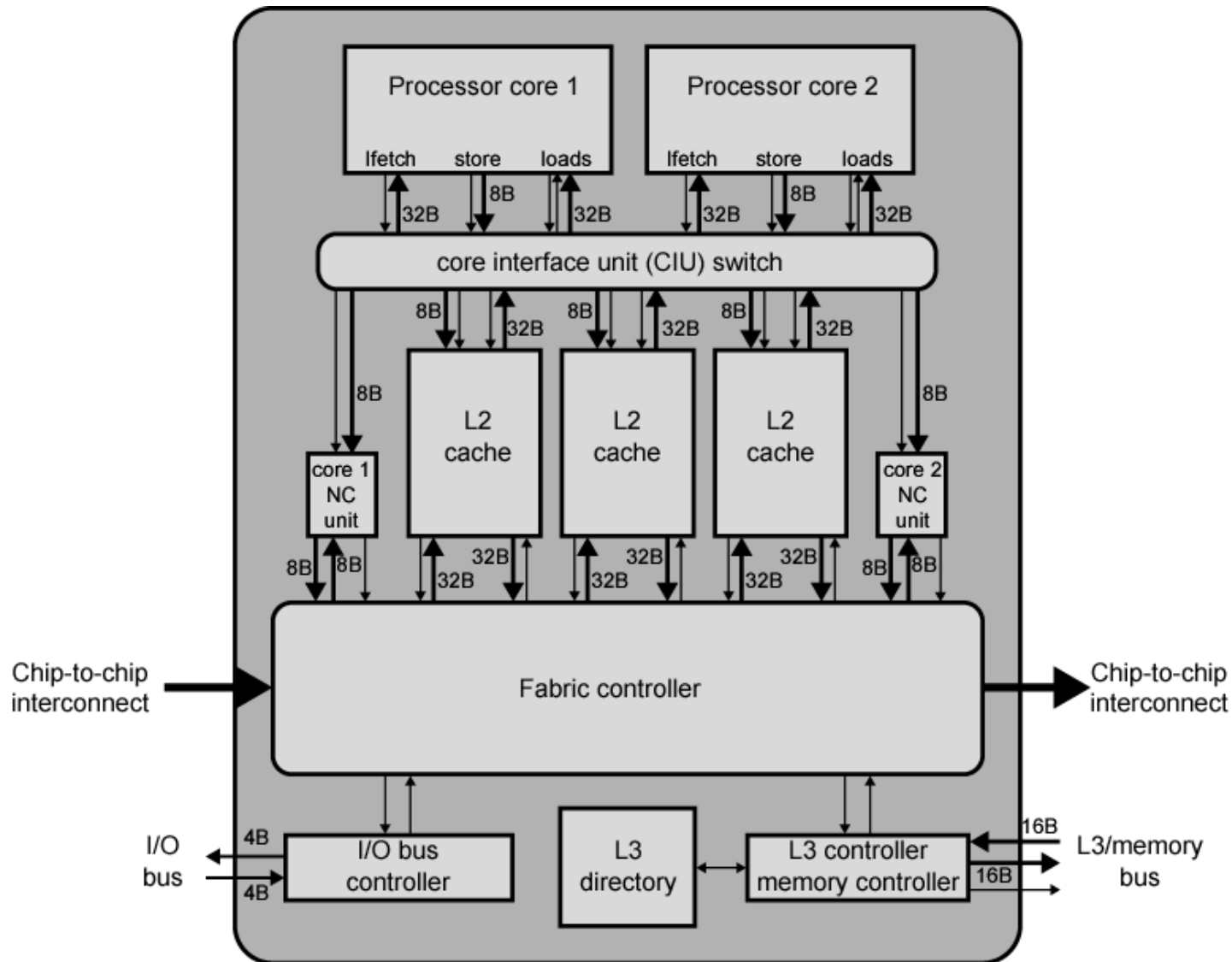
Performansa Intelovih mikroprocesora



Novi pristup – višestruka jezgra

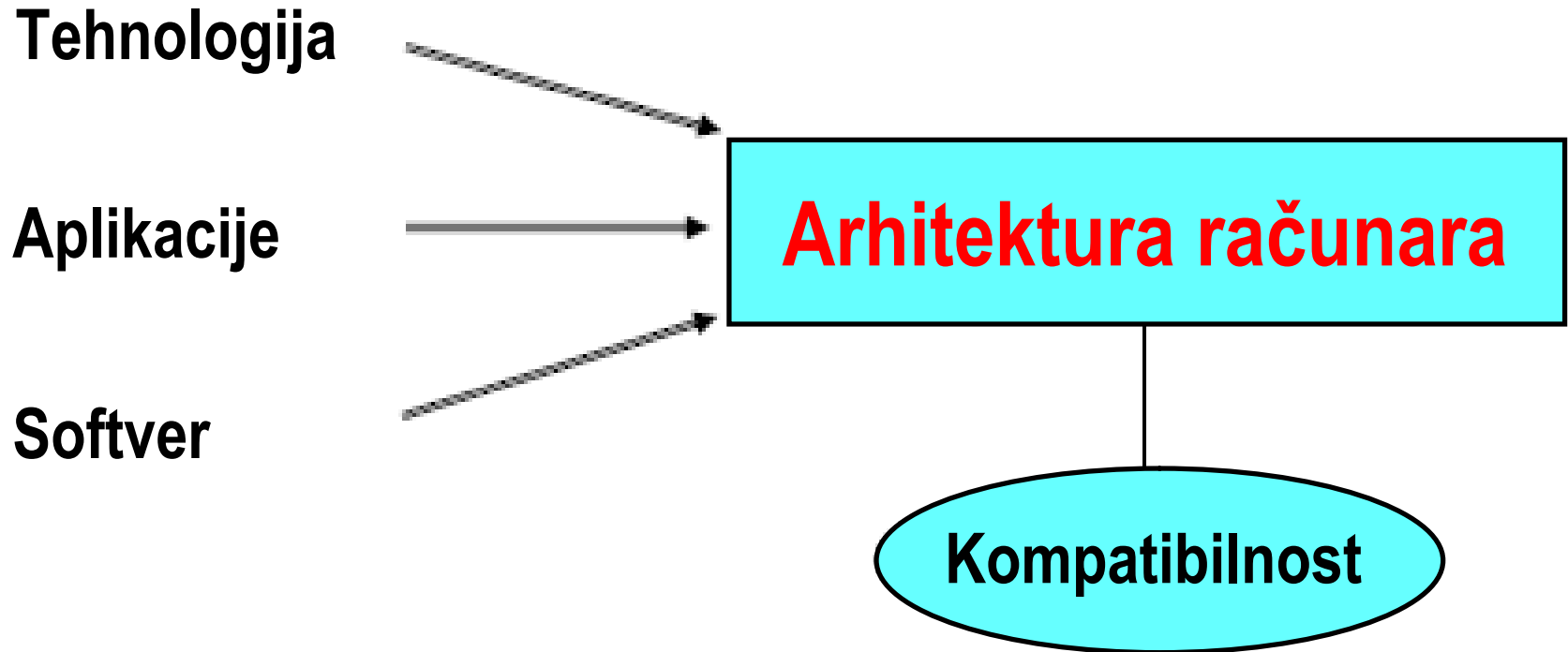
- **Više procesora na jednom čipu**
 - Velika deljena keš memorija
- **Unutar procesora, povećanje performanse je proporcionalno kvadratnom korenu povećanja u složenosti**
- **Ako softver može da upotrebi višestruke procesore, udvostručavanje broja procesora skoro udvostručava performansu**
- **Prema tome, treba koristiti 2 jednostavna procesora na čipu, a ne 1 složeniji procesor**
- **Sa 2 procesora, opravdane su veće keš memorije**
 - Potrošnja električne energije logike memorije je manja od potrošnje procesorske logike
- **Primer: IBM POWER4**
 - Dva jezgra zasnovana na PowerPC

Organizacija čipa POWER4



NC = noncacheable

Činioci koji utiču na arhitekturu računara



Softver nije igrao skoro nikakvu ulogu u definisanju arhitekture pre sredine pedesetih godina!

Namenske mašine prema mašinama opšte namene

Kompatibilnost

- **Od suštinskog značaja za prenosivost i konkurentnost**
Njen značaj raste sa veličinom tržišta, ali je takođe i **najregresivnija sila**
- **ISA (Instruction Set Architecture) kompatibilnost**
Isti asemblerski program može da se izvršava na bilo kom na gore kompatibilnom modelu računara
Nekad IBM 360/370 ... Kasnije Intel x86
- **Međutim, za razvoj SW sada se očekuje više od ISA kompatibilnosti**
API (application program interface), skup rutina koje aplikativni program koristi za upravljanje izvršavanjem procedura od strane OS)

Ekonomika mikroprocesora

- Projektovanje najsavremenijih mikroprocesora zahteva ogroman tim

Pentium ~ 300 inženjera

PentiumPro ~ 500 inženjera

- Ogromna ulaganja u proizvodne linije

⇒ da bi se stvar isplatila, treba prodati 2 do 4 miliona primeraka

- Potrebna su stalna usavršavanja da bi se poboljšao prinos i brzina generatora takta

⇒ Cena pada na 1/10 u 2 do 3 godine

- Brzi novi procesori traže i nove periferijske čipove (memorijske kontrolere, U/I) ⇒ SKUPO!

Cena uvođenja nove ISA je preterano visoka, a prednost nije baš najjasnija!

Pogledi na arhitekturu računara

**Dizajner jezika / kompajlera
i sistemskog softvera**

Potrebni su mu mehanizmi
da podrže važne apstrakcije ⇒

Određuje strategiju kompi-
lacije i nove apstrakcije jezika ←

Dizajner

Arhitekture / hardvera

Dekomponuje svaki meha-
nizam u suštinske mikro-
mehanizme i određuje im
izvodljivost i isplativost

Predlaže mehanizme i
svojstva za performansu

**Glavna briga računarskog arhitekta su odnos
cena-performansa, performansa i efikasnost u
podršci široke klase softverskih sistema**

Preliminarni plan kursa

Uvod: opis, osnovna računarska arhitektura i organizacija, osnovne funkcije i glavne komponente računara, von Neumannova arhitektura.

Memorijski sistem: hijerarhija memorije, skrivene (keš) memorije, virtuelne memorije, upravljanje memorijom.

Protočna obrada instrukcija: organizacija jedinica protočne obrade, hazardi, smanjivanje gubitaka usled grananja, strategije predviđanja grananja.

RISC arhitekture: analiza izvršenja instrukcija koda koji generišu programi u jezicima visokog nivoa, prevodjenje za RISC arhitekture, glavne karakteristike RISC arhitektura.

Preliminarni plan kursa (nastavak)

Superskalarne arhitekture: paralelizam na nivou instrukcije i mašine, hardverske tehnike za poboljšanje performanse, zavisnosti podataka, politike paralelnog izvršavanja instrukcija, ograničenja superskalarnog pristupa.

VLIW arhitekture: VLIW pristup – prednosti i ograničenja, prevođenje za VLIW arhitekture, arhitektura Merced (Itanium).

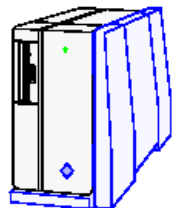
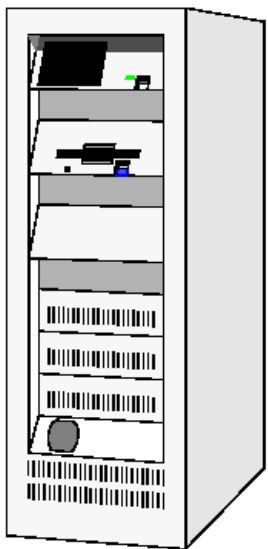
Arhitekture za paralelnu obradu: paralelni programi, klasifikacija računarskih arhitektura, performansa paralelnih arhitektura, mreža za međusobno povezivanje, nizovi procesora, multiprocesori, multiračunari, vektorski procesori.

Studija slučaja namenske arhitekture: multiprocesorski sistem za transakcionu obradu poruka u realnom vremenu (postavka problema, arhitektura i hardver, softver, simulacioni model, procena performansi)

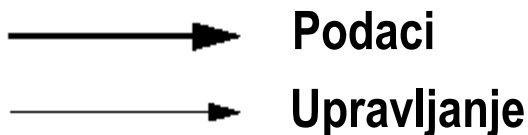
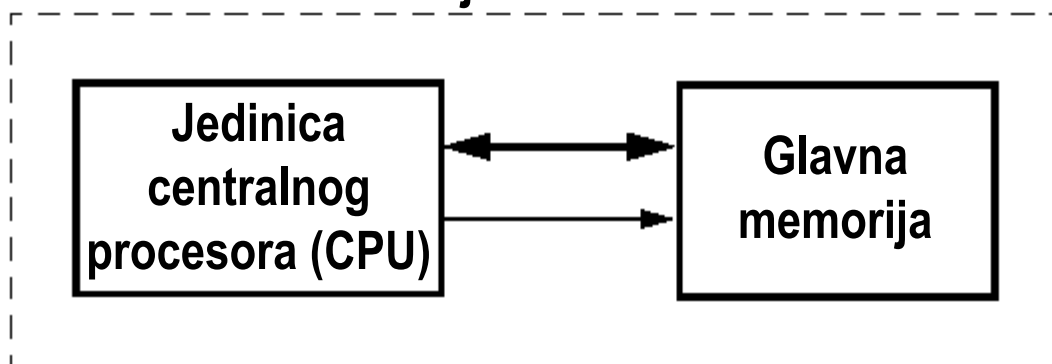
RAČUNARSKA ARHITEKTURA

1. Von Neumannova arhitektura
2. Specifično za aplikaciju prema opštoj nameni
3. Predstavljanje podataka i instrukcija
4. Izvršavanje instrukcije
5. Šta je računar / računarski sistem
6. Upravljačka jedinica
7. Računarski sistem
8. Glavna i sekundarna memorija
9. Ulazno – izlazni uređaji

Šta je računar centralna jedinica?

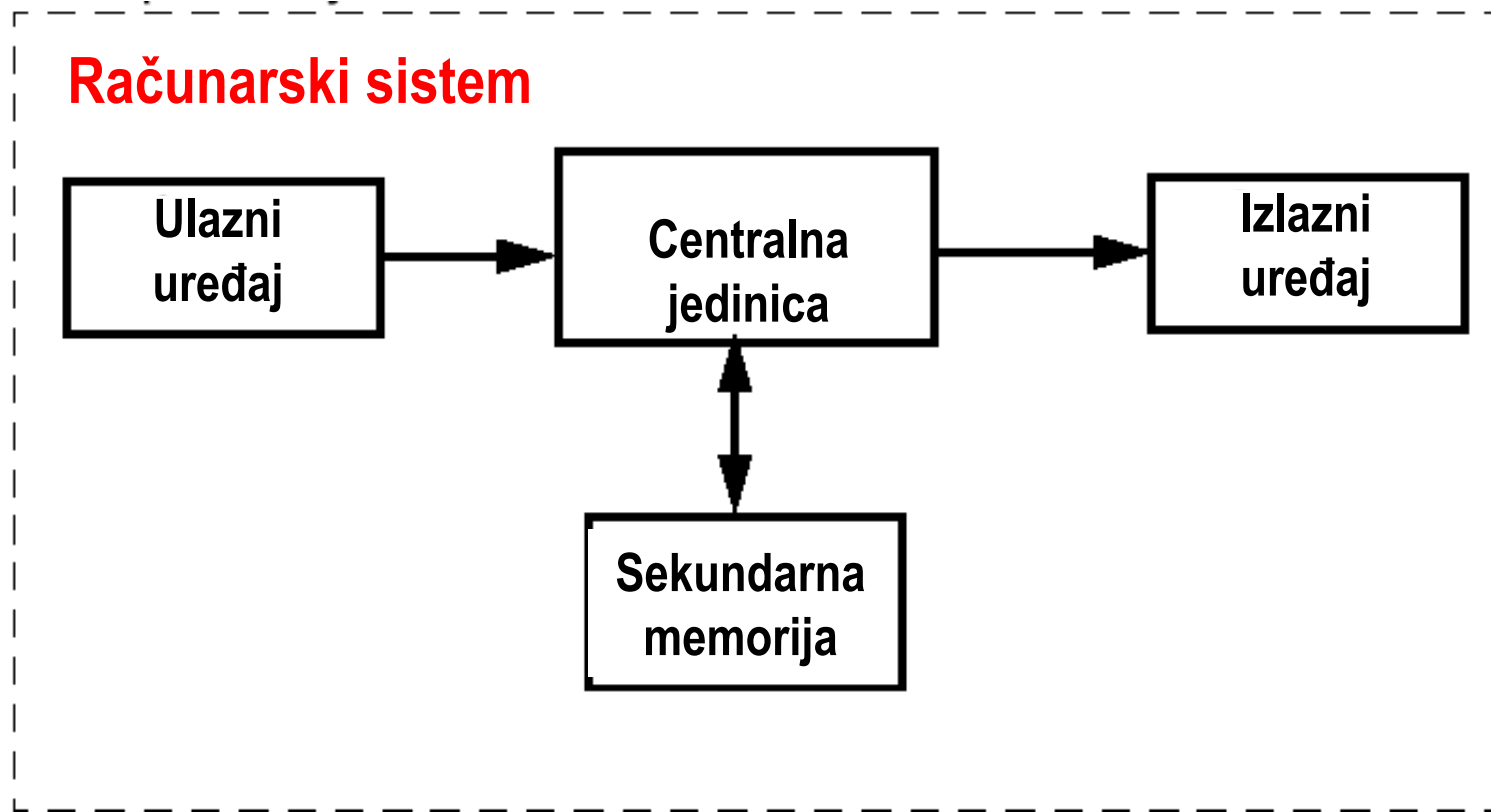


Računar-centralna jedinica



Računar je mašina za obradu podataka koja radi **automatski**, pod upravljanjem niza **instrukcija** (koji se zove program), smeštenog u njenoj glavnoj memoriji.

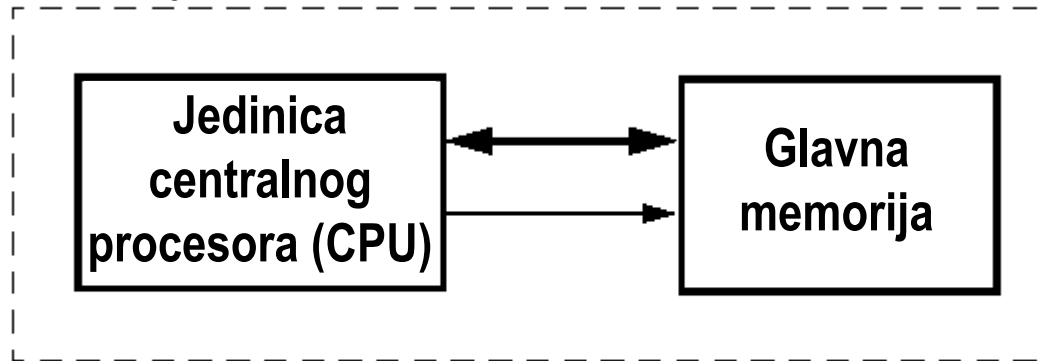
Šta je računarski sistem?



- **Računarski sistem** se obično sastoji od centralne jedinice-računara u užem smislu i njegovih periferija
- **Računarske periferije** su ulazni uređaji, izlazni uređaji i sekundarne memorije

Centralna jedinica (von Neumanova arhitektura)

Centralna jedinica



podaci



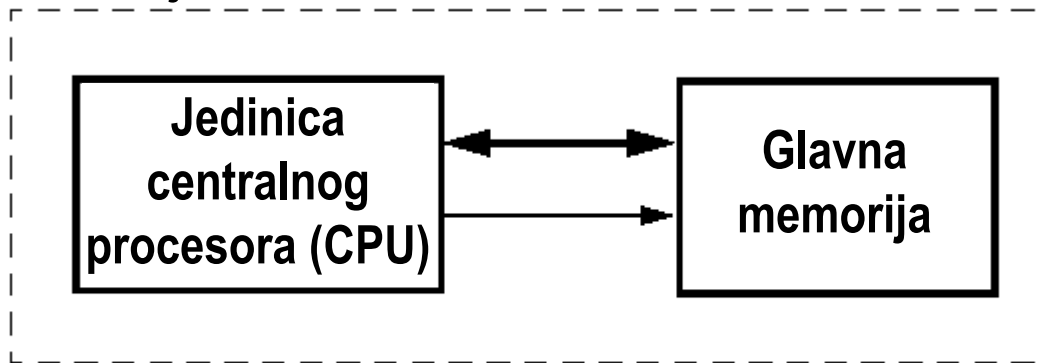
upravljanje

Principi

- I podaci i instrukcije su uskladišteni u glavnoj memoriji (koncept internog programa)
- Sadržaj memorije se može adresirati po lokaciji (bez obzira šta se nalazi u toj lokaciji);
- Instrukcije se izvršavaju sekvencijalno (jedna za drugom, u redosledu njihovih lokacija u memoriji) izuzev ako se redosled ne menja eksplicitno;

von Neumanova arhitektura

Centralna jedinica



- Organizacija (arhitektura) računara:
 - *jedinica centralnog procesora (CPU):* sadrži *upravljačku jedinicu (CU)*, koja koordinira izvršavanje instrukcija, *aritmetičko/logičku jedinicu (ALU)*, koja izvodi aritmetičke i logičke operacije i skup registara opšte i posebne namene;
 - (glavna) memorija.

von Neumannova arhitektura

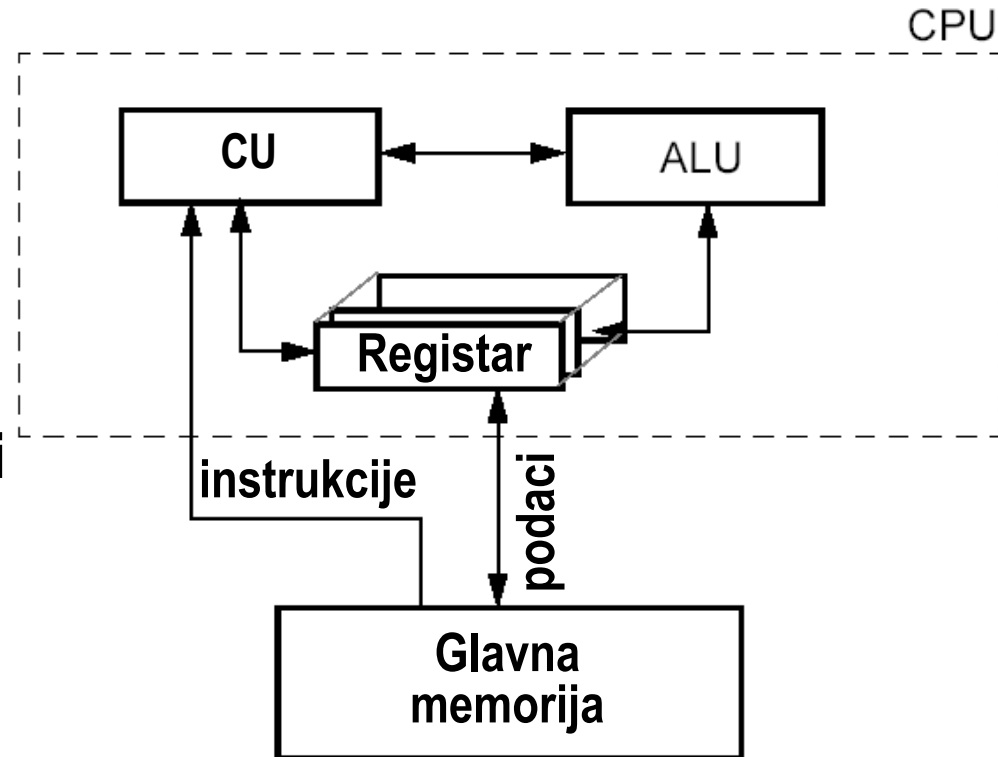
- Von Neumannovi računari su *računari opšte namene.*



- oni mogu da reše veoma različite probleme, zavisno od *programa* koji su dobili da izvršavaju!
- Ključni koncepti ovde su *program* i *izvršenje programa.*

von Neumannova arhitektura

- Instrukcija kaže CPU da izvede jednu od svojih osnovnih operacija (aritmetičku ili logičku, prenos podataka iz glavne memorije, itd).
- Upravljačka jedinica (CU) interpretira (dekoduje) instrukciju koja treba da se izvrši i “kaže” drugim komponentama šta da rade.
- Primarna funkcija glavnog procesora (CPU) je da izvršava instrukcije koje se donose iz glavne memorije.
- CPU obuhvata skup registara, privremenih memorijskih uređaja koji se obično koriste da drže intenzivno korišćene podatke i međurezultate.



Predstavljanje podataka

- **Unutar računara, podaci i upravljačke informacije (instrukcije) predstavljaju se u *binarnom formatu*, koji koristi samo dva osnovna simbola: “0” i “1”.**
- **Dva osnovna simbola predstavljaju se elektronskim signalima.**

Predstavljanje podataka

- Numerički podaci predstavljaju se koristeći *binarni sistem*, u kome su pozicione vrednosti stepeni od 2:

$$100101 = 1*2^0 + 0*2^1 + 1*2^2 + 0*2^3 + 0*2^4 + 1*2^5$$

$$10110 = 0*2^0 + 1*2^1 + 1*2^2 + 0*2^3 + 1*2^4$$

- Aritmetičko-logička jedinica (ALU) direktno sabira, oduzima, množi i deli binarne brojeve; nije potrebno da se oni prvo pretvore u decimalne brojeve.

$$100101 + 10110 = 111011$$

Mašinske instrukcije

- CPU može da izvršava samo *mašinske instrukcije*.
- Svaki računar ima skup specifičnih mašinskih instrukcija koje CPU može da prepozna i izvršava.
- Mašinska instrukcija se predstavlja kao niz bitova (binarnih cifara). Ti bitovi treba da definišu:
 - šta treba da se uradi (kôd operacije);
 - na šta se operacija primenjuje (izvorni operandi);
 - gde odlazi rezultat (operand odredišta);
 - kako da se nastavi *posle* završetka operacije.

Mašinske instrukcije

00001	01110001	011
-------	----------	-----

kôd operacije

operand
(memorija)

operand
(registar)

- Predstava mašinske instrukcije je podeljena na *polja*; svako polje sadrži po jednu stavku specifikacije instrukcije (kôd operacije, operande, itd.); Tipično za Intel.
- polja se organizuju u skladu sa *formatom instrukcije*.

Vrste mašinskih instrukcija

Po jednoj klasifikaciji postoje četiri vrste mašinskih instrukcija:

- 1. Prenos podataka između memorije i registara CPU**
- 2. Aritmetičke i logičke operacije**
- 3. Upravljanje programom (ispitivanje i grananje-skok)**
- 4. U/I prenos (a može se posmatrati i kao vrsta 1. grupe, ubuduće)**

Vrste mašinskih instrukcija

Postoje tri vrste mašinskih instrukcija:

1. Prenos podataka

- između registara CPU**
- U/I prenos**
- između memorije i registara CPU**

2. Aritmetičke i logičke operacije

3. Upravljanje programom

Važni aspekti mašinskih instrukcija

- **Broj adresa**
- **Načini adresiranja**
- **Repertoar operacija**
- **Pristup registrima**
- **Format instrukcije**

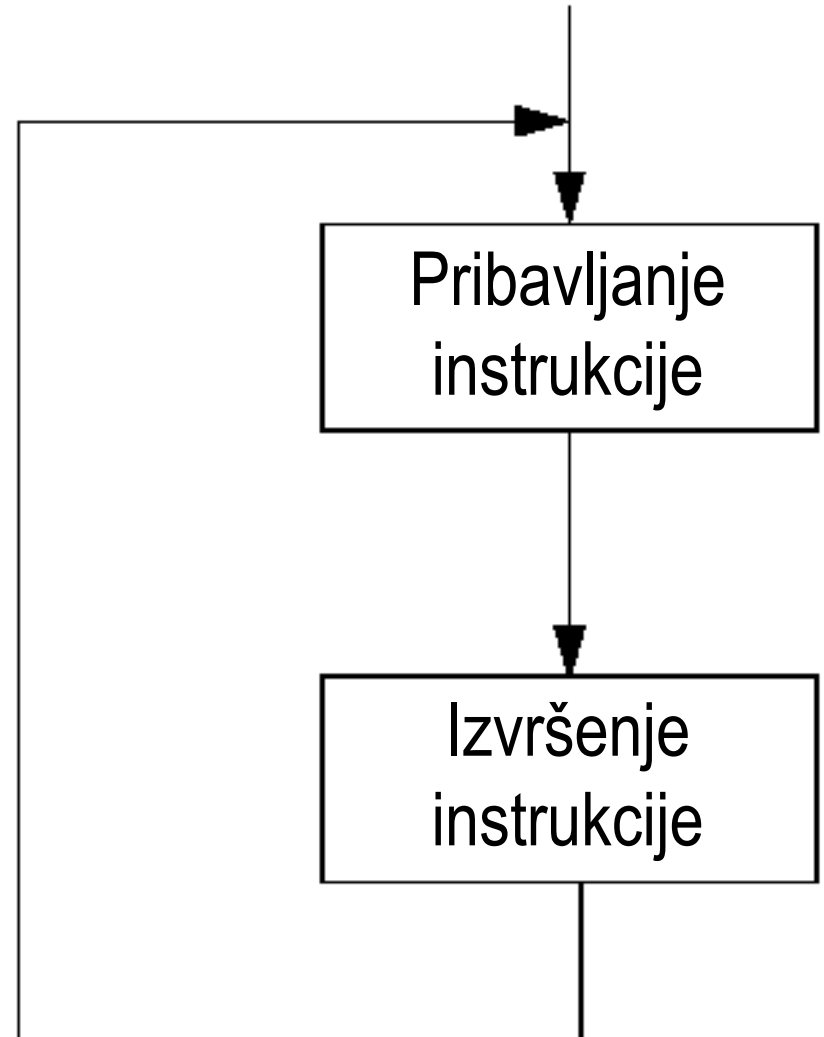


**Dizajn skupa
instrukcija**

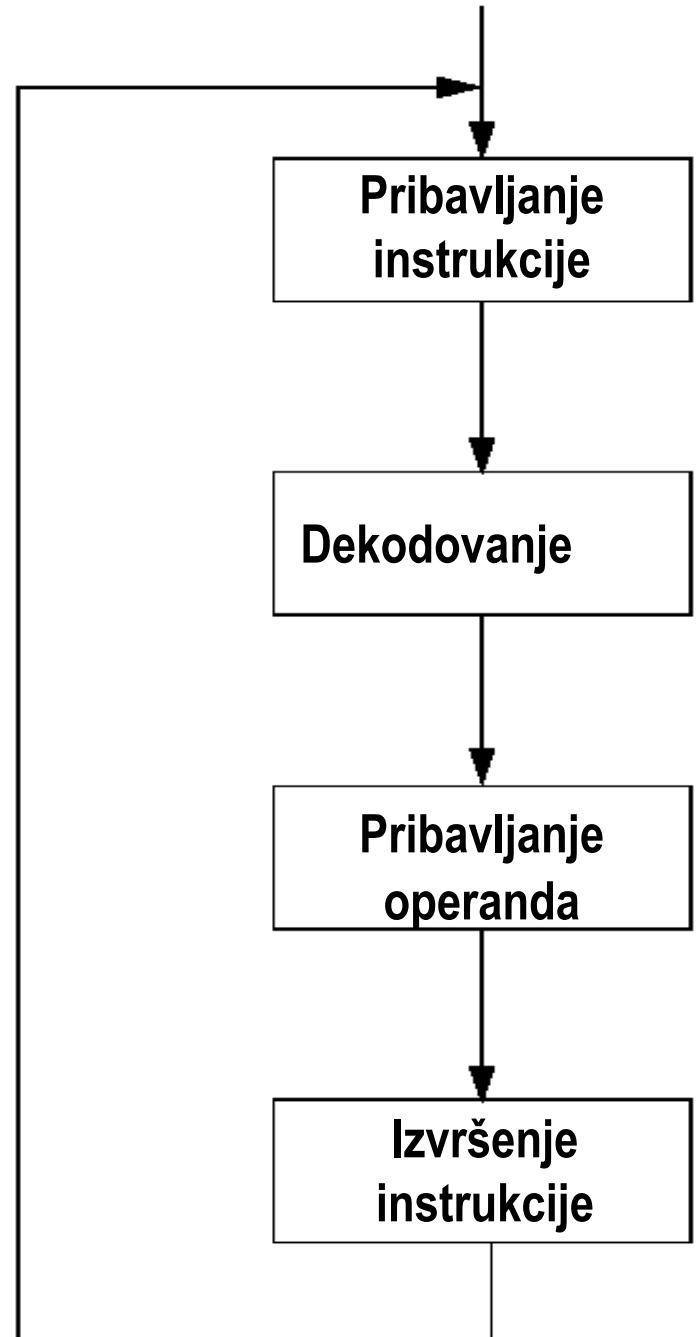
Instrukcioni ciklus:

- Svaka instrukcija se izvršava u nizu koraka;
- Svi koraci koji odgovaraju jednoj instrukciji zajedno se zovu *instrukcioni ciklus*.

Jednostavan izgled instrukcionog ciklusa:



Instrukcioni ciklus (nastavak):



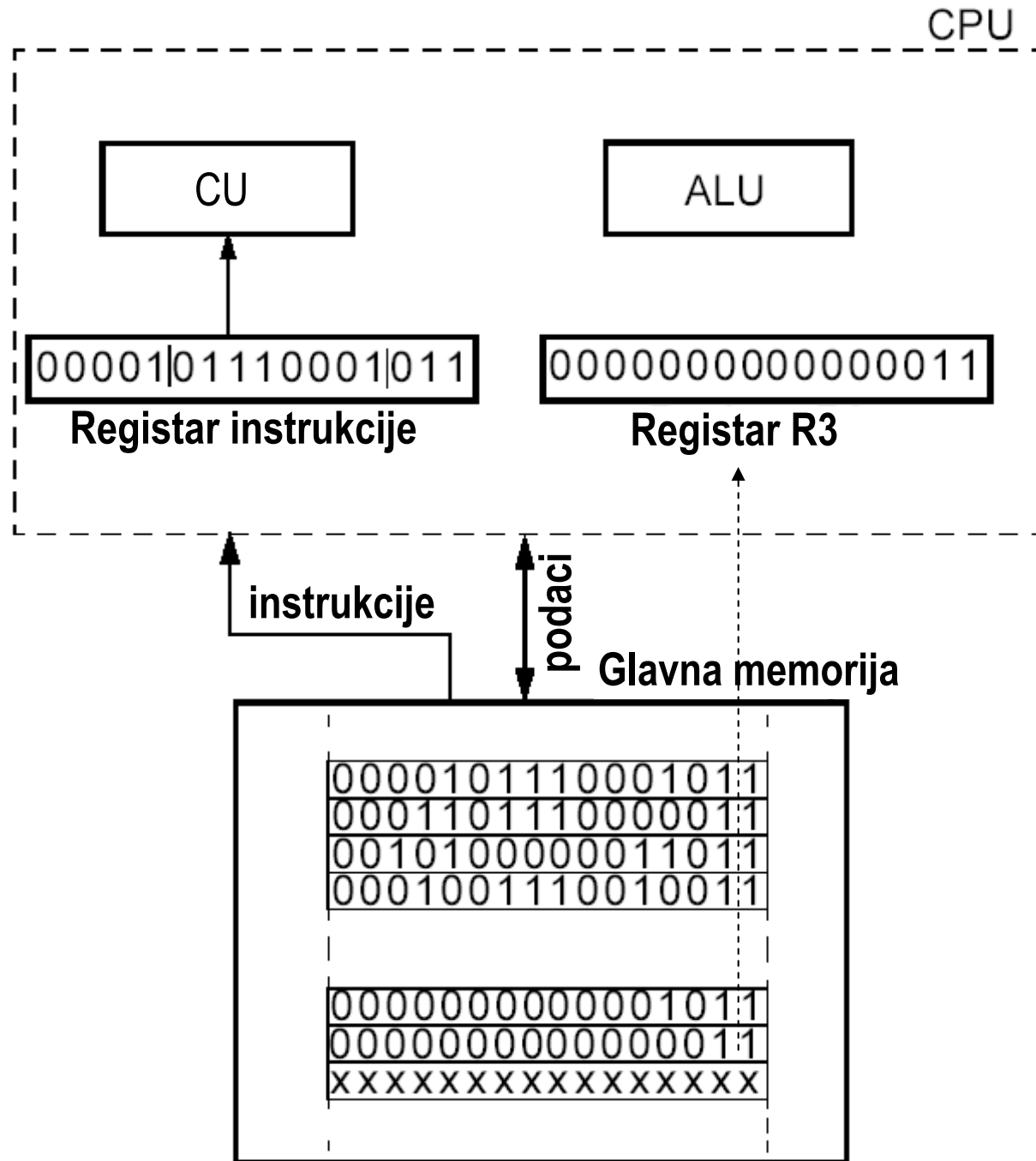
Detaljniji izgled instrukcionog ciklusa

Izvršenje instrukcija

Sledeće
četiri
instrukcije
izvode
 $Z := (Y + X) * 3$

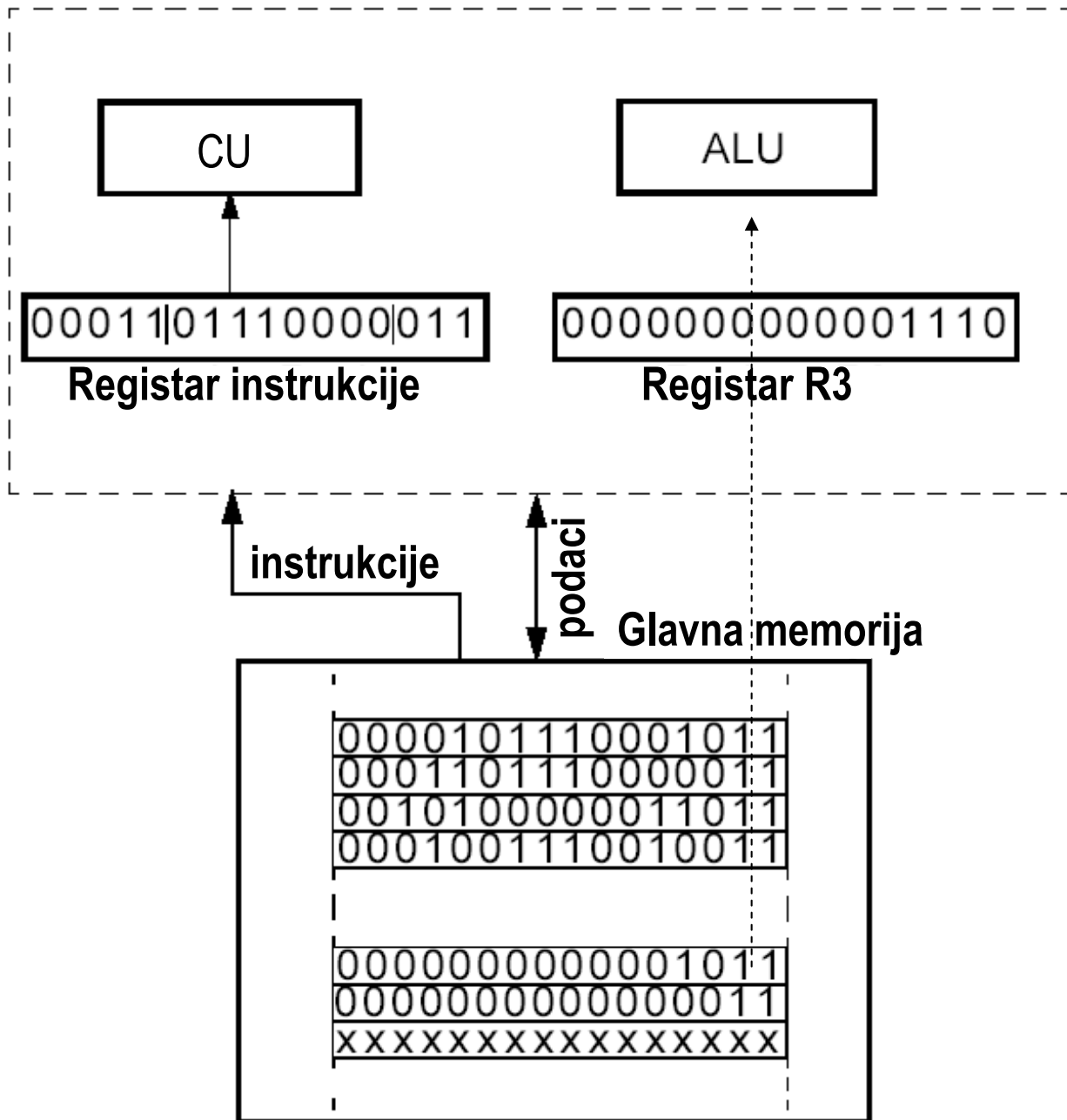
<u>Adresa</u>							
00001000	<table border="1"><tr><td>00001</td><td>01110001</td><td>011</td></tr><tr><td>Move</td><td>Adresa Y</td><td>Reg 3</td></tr></table>	00001	01110001	011	Move	Adresa Y	Reg 3
00001	01110001	011					
Move	Adresa Y	Reg 3					
00001001	<table border="1"><tr><td>00011</td><td>01110000</td><td>011</td></tr><tr><td>Add</td><td>Adresa X</td><td>Reg 3</td></tr></table>	00011	01110000	011	Add	Adresa X	Reg 3
00011	01110000	011					
Add	Adresa X	Reg 3					
00001010	<table border="1"><tr><td>00101</td><td>00000011</td><td>011</td></tr><tr><td>Mul</td><td>operand "3"</td><td>Reg 3</td></tr></table>	00101	00000011	011	Mul	operand "3"	Reg 3
00101	00000011	011					
Mul	operand "3"	Reg 3					
00001011	<table border="1"><tr><td>00010</td><td>01110010</td><td>011</td></tr><tr><td>Move</td><td>Adresa Z</td><td>Reg 3</td></tr></table>	00010	01110010	011	Move	Adresa Z	Reg 3
00010	01110010	011					
Move	Adresa Z	Reg 3					
.....						
01110000	00000000000001011 ← X						
01110001	00000000000000011 ← Y						
01110010	0000000000101010 ← Z						

Prva instrukcija



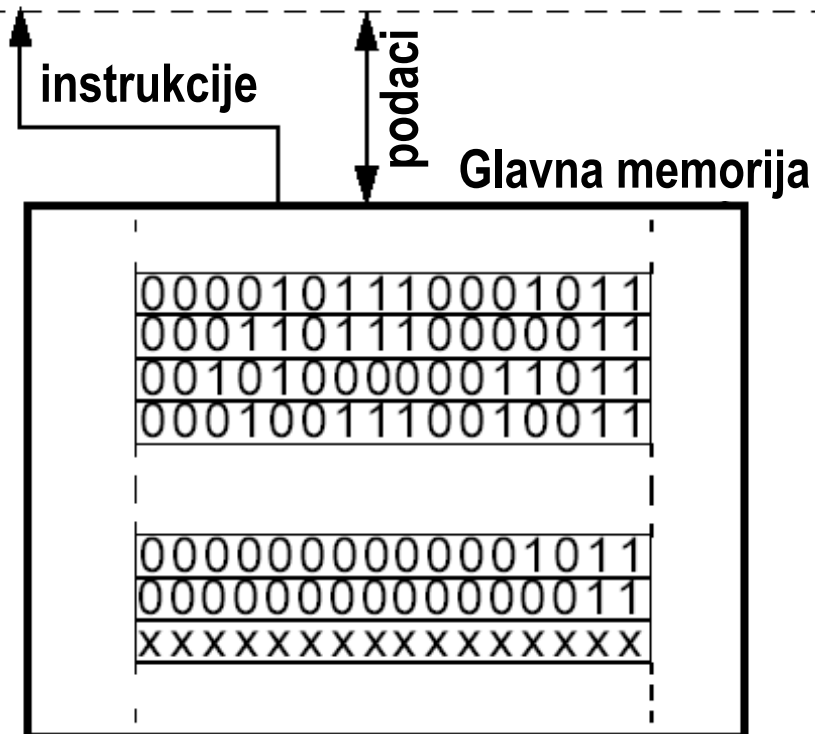
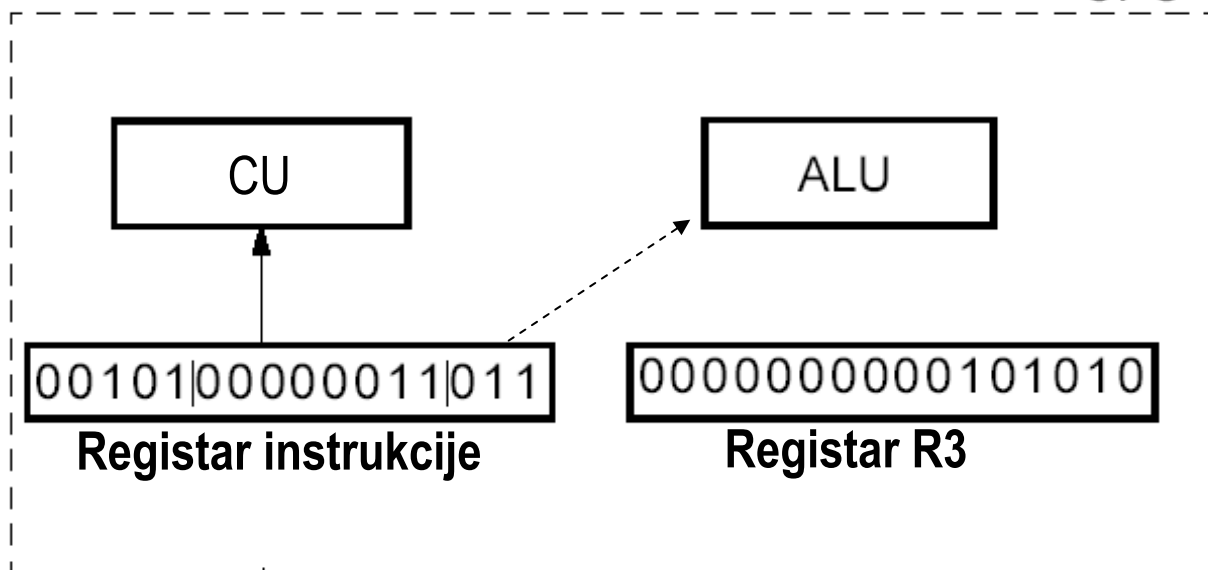
Druga instrukcija

CPU



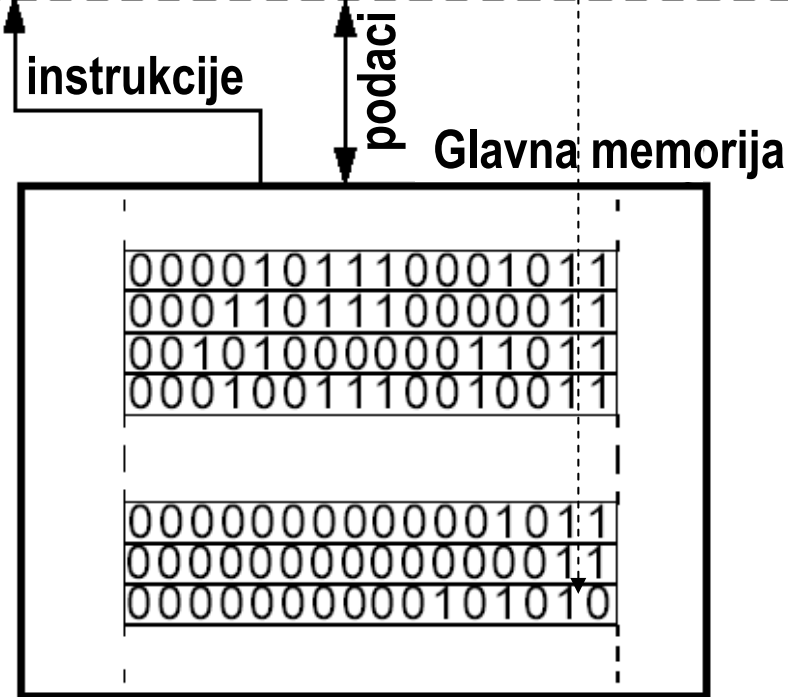
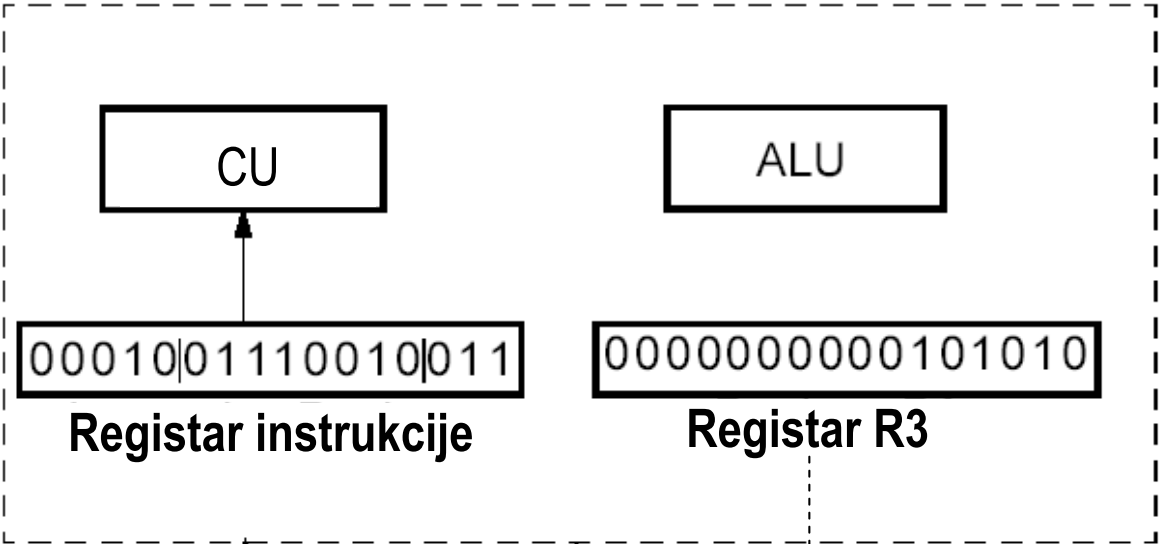
Treća instrukcija

CPU

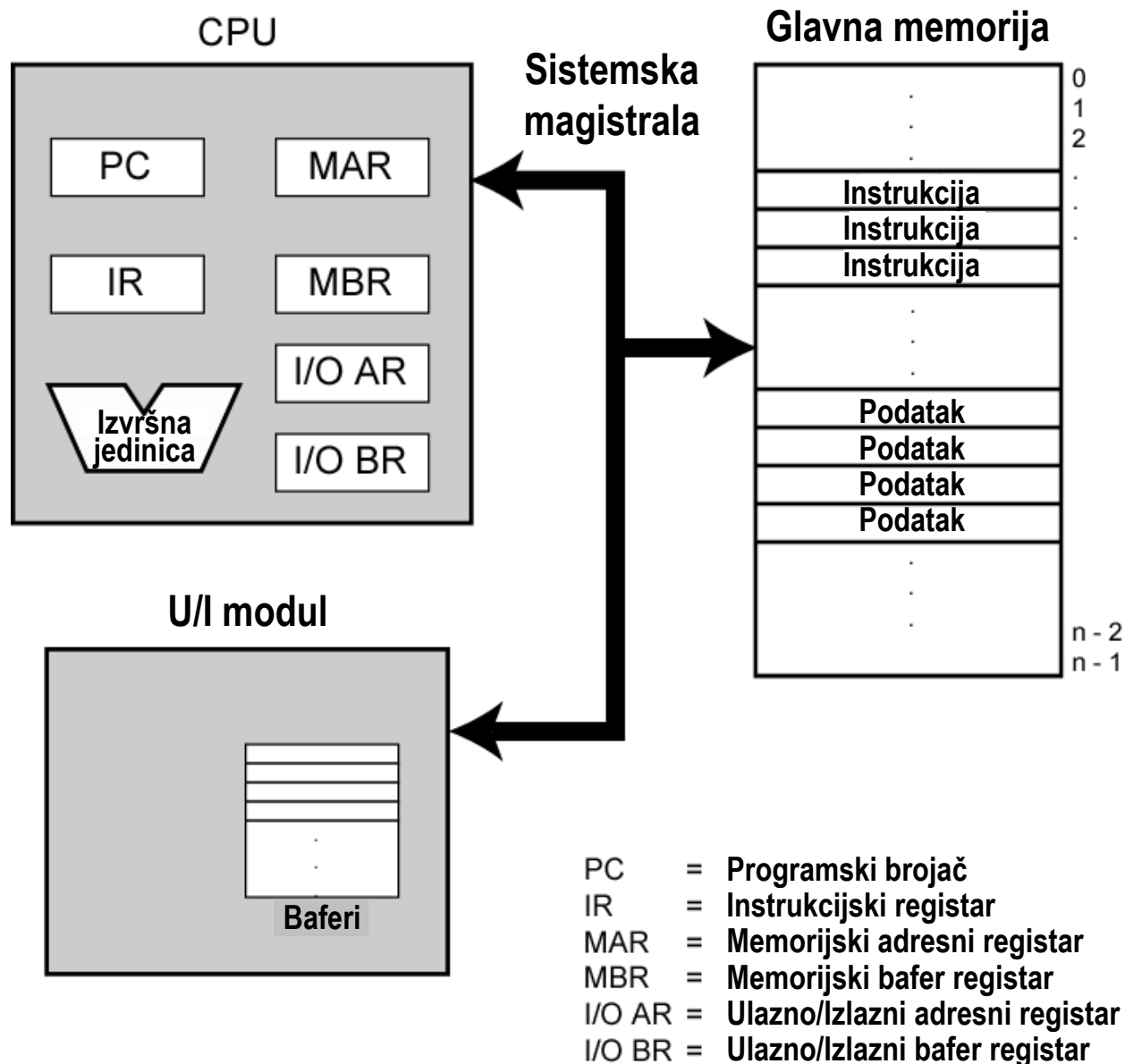


Četvrta instrukcija

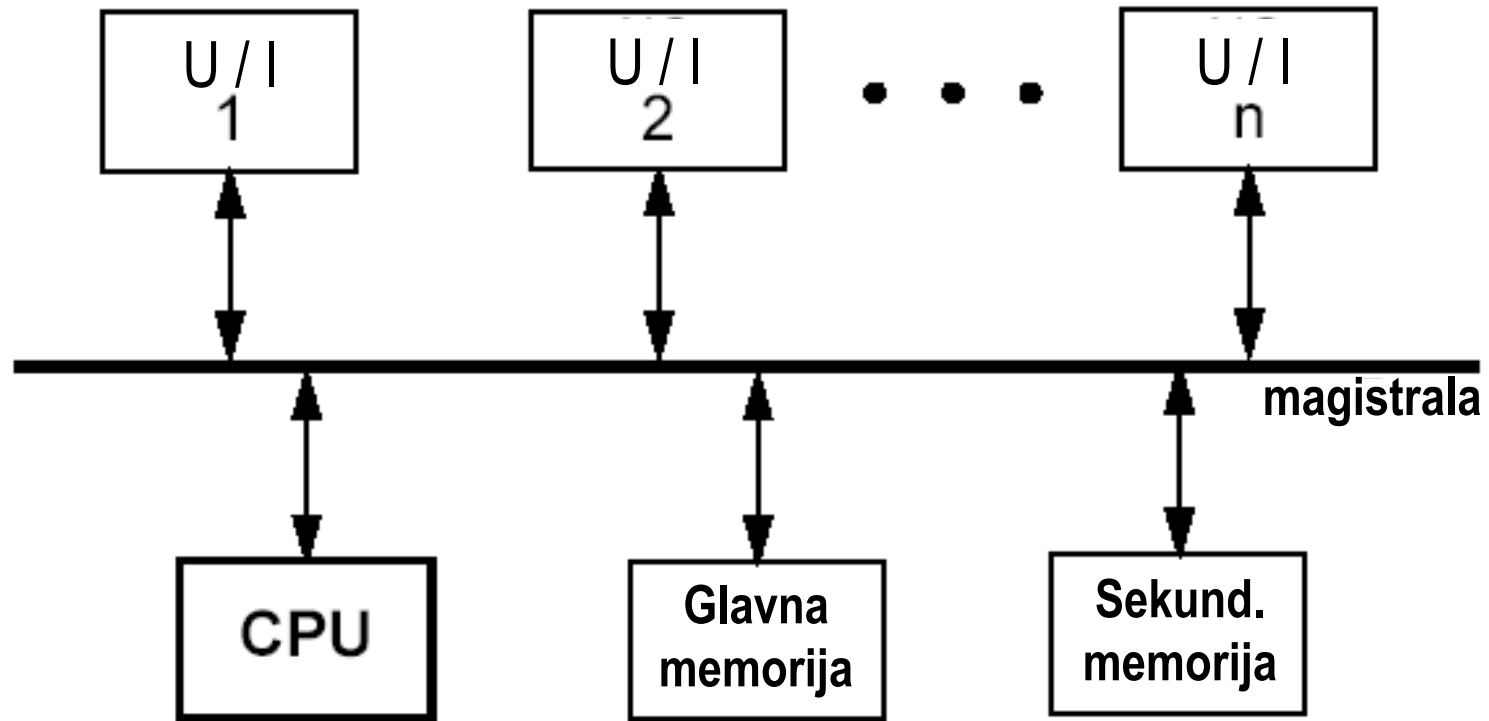
CPU



Komponente računara: Pogled sa gornjeg nivoa

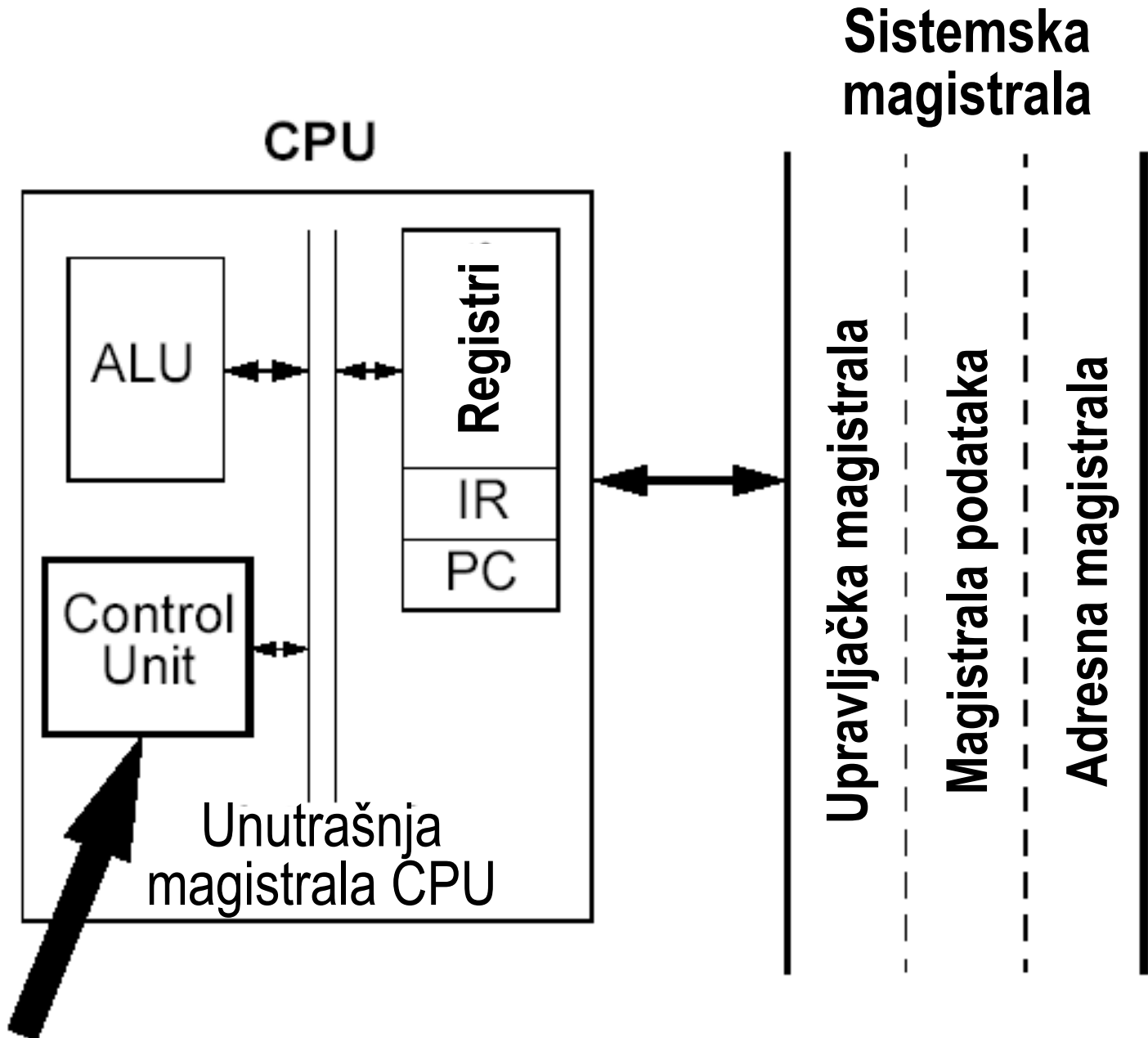


Računarski sistem



- *CPU + glavna memorija* čine “jezgro” računarskog sistema, odnosno centralnu jedinicu ili računar u užem smislu.
- *Sekundarna memorija + U/I uređaji* su tzv. periferali.
- Komunikacija između različitih sastavnih delova sistema se obično izvodi korišćenjem jedne ili više *magistrala*.

Upravljačka jedinica (CU)



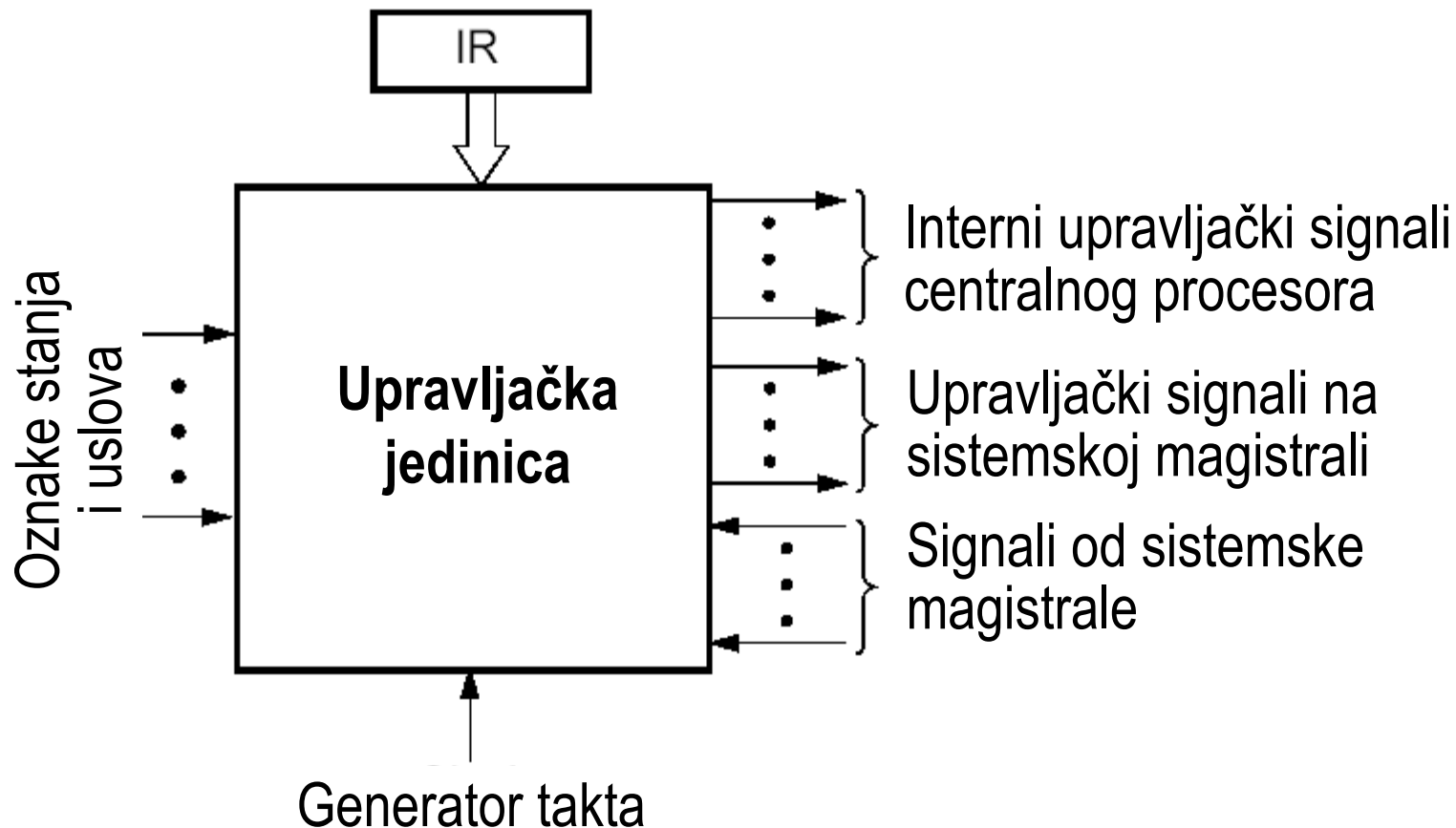
Upravljačka jedinica (CU)

- Kako se upravlja (sinhronizuje) elementima unutar jedinice centralnog procesora (CPU) i interfejsom sa spoljašnjim putanjama podataka, da bi se ispravno radilo?



Zadatak *upravljačke jedinice (CU)* je da izvodi to upravljanje

Upravljačka jedinica (CU)

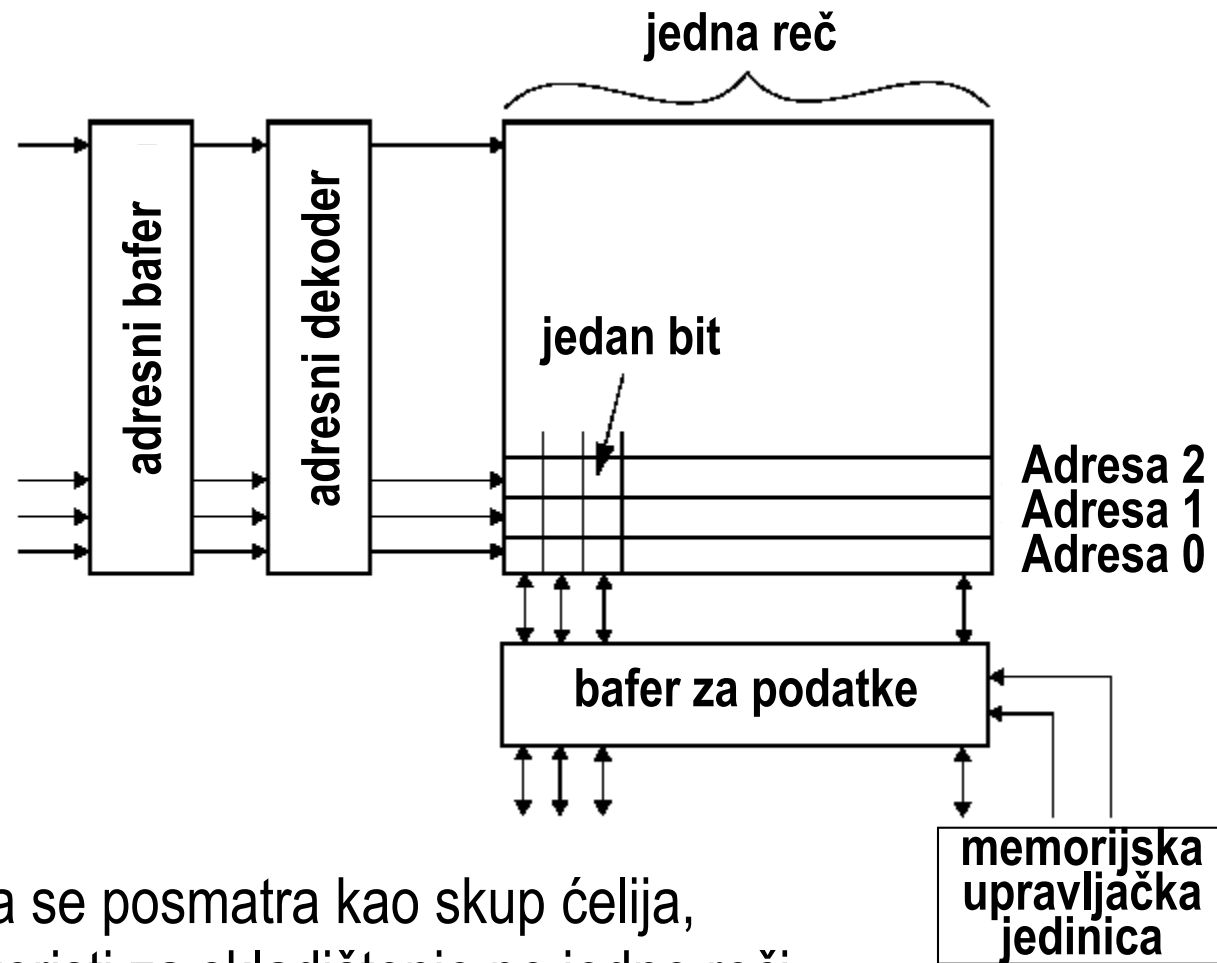


- Tehnike za implementaciju upravljačke jedinice:
 1. Ožičeno upravljanje
 2. Mikroprogramirano upravljanje

Memorije

- **Glavna memorija** služi za skladištenje programa i podataka sa kojima jedinica centralnog procesora (CPU) često radi.
- **Sekundarna memorija** obezbeđuje skladištenje velikih količina programa i podataka na duže vreme.
- Pre nego što CPU može da radi sa podacima i programima u sekundarnoj memoriji, oni prvo moraju da se učitaju u glavnu memoriju.
- Najvažnije **karakteristike memorije** (njena brzina, veličina i cena), najviše su **ograničene tehnologijom** upotrebljenom za njenu implementaciju.
- Tipično
 - **Glavna** memorija je **brza** i **ograničene veličine**;
 - **Sekundarna** memorija je relativno **spora** i veoma **velika**.

Glavna memorija



- Glavna memorija može da se posmatra kao skup ćelija, od kojih svaka može da se koristi za skladištenje po jedne reči.
- Svakoj ćeliji pridružuje se jedinstvena adresa; adrese se numerišu sekvencijalno: 0, 1, 2,
- Pored ćelija skladišta, postoji i *memorijski adresni bafer registar* (MAR, u kome je adresa reči za učitavanje/upisivanje) i *bafer za podatke* (MBR, u kome su podaci za učitavanje/upisivanje), *adresni dekodeer* i *memorijska upravljačka jedinica*.

Glavna memorija

- Poluprovodničke memorije su najviše korišćena tehnologija za implementaciju glavne memorije.
- Najčešća vrsta poluprovodničke memorije je *memorija sa direktnim pristupom (RAM)*.
- Informacije uskladištene u poluprovodničkoj RAM memoriji će biti izgubljene kada se isključi napajanje električnom energijom.

Sekundarna memorija:čvrsti disk

- Podaci se upisuju na površini čvrstog diska, napravljenog od metala presvučenog magnetnim materijalom.
- Diskovi i pogon su obično izgradjeni zajedno u zaptivenom kućištu, radi zaštite diskova od zagadjuvača kao što su čestice dima i prašine. Više diskova su obično naslagani na zajedničkoj pogonskoj osovini, a svaki disk ima sopstvenu glavu za čitanje / upisivanje.
- Glavne karakteristike:
 - Direktan pristup
 - Brz pristup
 - vreme pozicioniranja ≈ 10 ms
 - brzina prenosa podataka ≈ 5 MB/s
 - Veliki kapacitet (više desetina GB)

Sekundarna memorija: disketa

- Podaci se upisuju na površini fleksibilnog diska, napravljenog od poliestera presvučenog magnetnim materijalom.
- Da bi se pristupilo podacima na disketi, mora da se koristi specijalan uređaj diskete, koji radi slično gramofonu.
- Glavne karakteristike:
 - direktan pristup, jevtina, prenosiva, bila zgodna za upotrebu, **više se praktično ne koristi**
- Glavni standardi
 - 5,25 inča. Kapacitet \approx 360 KB po disku
 - 3,5 inča. Kapacitet \approx 1,44 MB po disku
(oko 700 stranica teksta A4)

Sekundarna memorija: magnetna traka

- Magnetska traka se pravi od sloja plastike, presvučenog oksidom gvožđa.
- U radu koristi princip sličan kasetnom ili trakastom magnetofonu.
- Glavne karakteristike:
 - sekvencijalan pristup (vreme pristupa oko 1 – 5 s),
veliko skladište (50MB po traci), jevtina
- Često se koristi za izradu rezervnih kopija ili arhiviranje podataka.

Optička memorija

- **CD-ROM.** Površina diska je ištampana mikroskopskim šupljinama u kojima su zapisane digitalne informacije. Kada laser male snage osvetli površinu, jačina reflektovane svetlosti se menja kada naiđe na šupljinu. Promena se detektuje pomoću fotosenzora i pretvara u digitalni signal.
 - veliki kapacitet: 775 MB po disku \approx 500 disketa
 - jeftina replikacija i proizvodnja
 - prenosiv, samo za čitanje
 - dugo vreme pristupa (može da bude i pola sekunde)

Optička memorija

- **WORM (Write Once Read Many) CD.** Laserski zrak umerene jačine u uređaju diska koristi se za štampanje uzorka šupljina.
 - dobar za arhivsko skladište, daje stalan zapis za veliki obim podataka.
- **Izbrisiv optički disk:** kombinacija laserske tehnologije i tehnike magnetske površine.
 - može više puta da se upisuje i prepisuje
 - velika pouzdanost i duži vek od magnetskih diskova.

Ulazni - izlazni uređaji

- Ulazni i izlazni uređaji omogućavaju ljudima da koriste računare.
- Neki U / I uređaji rade kao interfejs između računarskog sistema i drugih fizičkih sistema. Takav interfejs se obično sastoji od A/D i D /A pretvarača.

Tipični ulazni uređaji

Uređaj	Karakteristike	Prednosti	Nedostatci
Tastatura	Kao pisaća mašina	Efikasna za unos teksta	Relativno spora, brzina zavisi od operatora
Svetleće pero	Pokazuje na ekran	Lako za upotrebu	Treba dosta obiman SW da bi bilo višenamensko
Miš	Kreće se po stolu	Efikasan za ikone i izbor menija	Potrebna dosta obimna SW podrška
Upravljačka palica	Za računarske igre i upravljanje	Kao gore, brza	Potrebna dosta obimna SW podrška
Grafička tabla	Grafički ulaz	Unošenje slika i skica slobodnom rukom	Spora
Skener	Kopira slike	Brz grafički ulaz	Samo bitmapirana grafika
Govorni ulaz	Lak za upotrebu	Bez ruku	Ograničen rečnik, potreban SW za prepoznavanje govora

Tipični izlazni uređjaji

Uredjaj	Karakteristike	Prednosti	Nedostaci	Brzina
Ekran računara	Višenamenski: tekst i grafika	Efikasna za pregled teksta	Bez trajne kopije	
Linijski štampač	Udarni štampač, veoma brz	Veliki obim štampe	Velike verzije su vrlo bučne	Do 6000 karaktera/s
Matrični štampač	Višenamenski: tekst i grafika	Jevtin	Slab kvalitet i brzina	Do 200 karaktera/s
Inkjet štampač	Mehanički sličan gornjem; tačka se dobija izbacivanjem kapljice mastila.	Mali, jevtin	Slabiji kvalitet od laserskog	Oko 20 redova/s
Laserski štampač	Tekst i grafika visokog kvaliteta	Veoma brz, veliki obim štampe	Skup u eksploataciji (nekad bio)	Moguće 20000 redova/s
Ploter	Grafika visokog kvaliteta	Moguć izlaz velikih grafika	Velika i skupa mašina	Pera do 1 m/s
Govorni izlaz	Prirodan za određene aplikacije	Bez upotrebe očiju	Ograničen opseg zvukova	Normalan govor

Rezime

- Računar = CPU + glavna memorija
Računarski sistem = Računar + periferali
- CPU izvršava instrukcije uskladištene zajedno sa podacima u glavnoj memoriji
- Von Neumannovi računari su opštenamenski, programabilni računari.
- Podaci i instrukcije se predstavljaju u binarnom formatu.
- Mašinske instrukcije su specifične za svaki računar i organizovane su prema odredjenom formatu instrukcija.
- Instrukcija se izvršava kao niz koraka; to je ciklus instrukcije.
- Program i podaci sa kojima se trenutno radi su uskladišteni u glavnoj memoriji. Ona je organizovana kao skup skladišnih ćelija, od kojih svaka ima jedinstvenu adresu.
- Sekundarna memorija može da bude čvrsti disk, disketa, magnetska traka ili optički uređaj.
- Ulazno-izlazni uređaji omogućavaju ljudima da razmenjuju informacije sa računarom.

Šta je tema ovog kursa?

Zanimaju nas neki napredni koncepti, tipični za savremene mikroprocesore i računarske sisteme.

Od sledećih dostignuća potiču visoke performanse koje su dostigli današnji računari:

- Hijerahija memorija
 - keš memorija
 - virtuelna memorija
 - upravljanje memorijom
- Napredne strukture CPU i strategije izvršavanja instrukcija:
 - protočna obrada
 - RISC arhitekture
 - superskalarne arhitekture
 - VLIW arhitekture
- Arhitekture sistema za paralelnu obradu