



Organizacija memorije

Katedra za elektroniku

Memorija - osnovni pojmovi

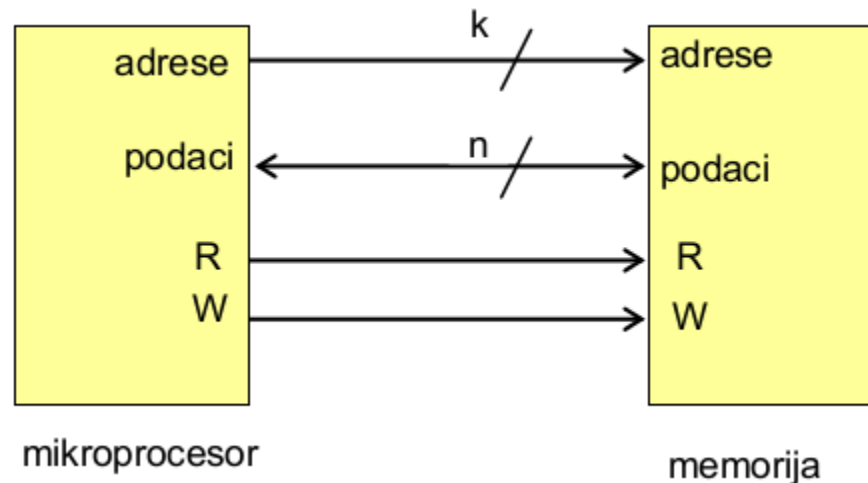
- Memorijski podsistem zadužen je za smeštanje programskih instrukcija i podataka (promenljivih).
- Memorija se sastoji od velikog broja bistabilnih elemenata od kojih svaki skladišti po jedan bit informacije. Ovi biti su organizovani u n-bitne grupe koje funkcionišu na sličan način kao registri, a nazivaju se još i memorijskim ćelijama ili memorijskim lokacijama.
- Sadržaj memorijske ćelije predstavlja osnovnu jedinicu informacije i naziva se memorijska reč. Svaka memorijska lokacija se identifikuje na jedinstven način, preko memorijske adrese.
- Kapacitet memorijske jedinice izražava se kao $m \times n$, gde parametri m i n imaju sledeća značenja:
 - m - Broj memorijskih lokacija, uobičajeno je $m = 2^k$. Kod memorija većeg kapaciteta koriste se oznake kilo ($1K = 2^{10}$), mega ($1M = 2^{20}$), giga ($1G = 2^{30}$) i tera ($1T = 2^{40}$)
 - n - Širina memorijske reči, odnosno broj bita koji se nalaze u okviru svake memorijske lokacije. Ukoliko je $n=1$, kaže se da je širina jedan bit (1b), a ukoliko je $n=8$, širina je jedan bajt (1B).

RAM i ROM memorije

- U pogledu postojanosti podataka koje skladište, memorije se dele na:
 - RAM (engl. Random Access Memory)
 - ROM (engl. Read-Only Memory)
- RAM memorija dozvoljava obavljanje dve operacije: **upis i čitanje** sadržaja pojedinačne memorijske lokacije na proizvoljnoj adresi. Podaci upisani u RAM se čuvaju do prestanka napajanja, nakon čega se nepovratno gube.
- Postoje 2 osnovna tipa RAM memorija:
 - Statički RAM (SRAM) - Svaka ćelija zadržava sadržaj sve do upisa novog sadržaja, ili prestanka napajanja. Konstrukcija ćelije je nešto glomaznija, jer se sastoji iz 6 tranzistora.
 - Dinamički RAM (DRAM) - Pojedinačna ćelija sadrži svega tranzistor i 1 kondenzator, ali je interfejs memorije složeniji nego kod SRAM-a i neophodno je periodično osvežavanje sadržaja.
- ROM memorija u normalnom režimu rada dozvoljava samo operaciju **čitavanja**. Sadržaj se upisuje ("programira") specijalnim postupkom i zadržava se trajno, čak i po prestanku napajanja.
- Važna podvrsta ROM memorija su EEPROM memorije (engl. *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), u koje je moguće upisivati sadržaj više puta električnim postupkom. U ovu klasu između ostalog spadaju i FLASH memorije.

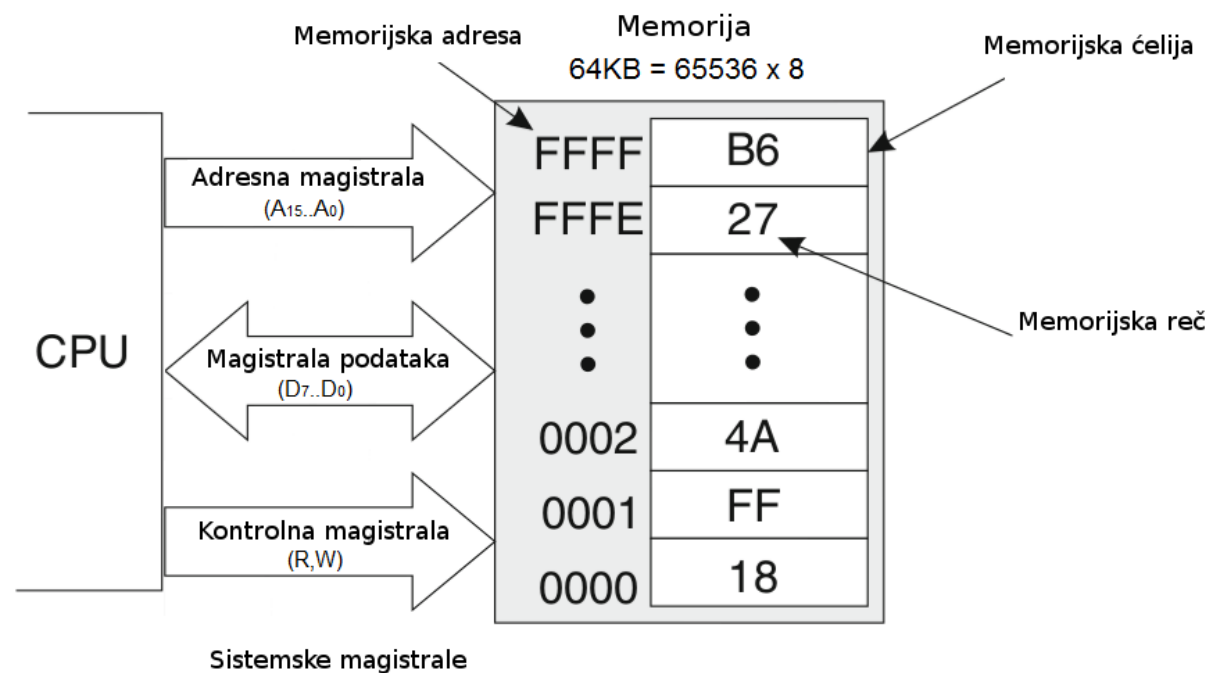
Povezivanje memorije sa procesorom

- Za povezivanje memorije sa procesorom koriste se grupe linija koje se nazivaju magistralama:
 - Adresna magistrala (engl. *Address Bus*): linije preko kojih procesor zadaje adresu lokacije kojoj se pristupa. Memorija sa $m = 2^k$ lokacija ima adresnu magistralu širine k bita.
 - Magistrala podataka (engl. *Data Bus*): linije preko kojih se vrši prenos podataka od procesora ka memoriji kod operacije upisa, odnosno od memorije ka procesoru prilikom čitanja. Širina magistrale podataka određena je širinom memorijske reči (n).
 - U sastav kontrolne magistrale ulaze signali za dozvolu čitanja (R) i dozvolu upisa (W).



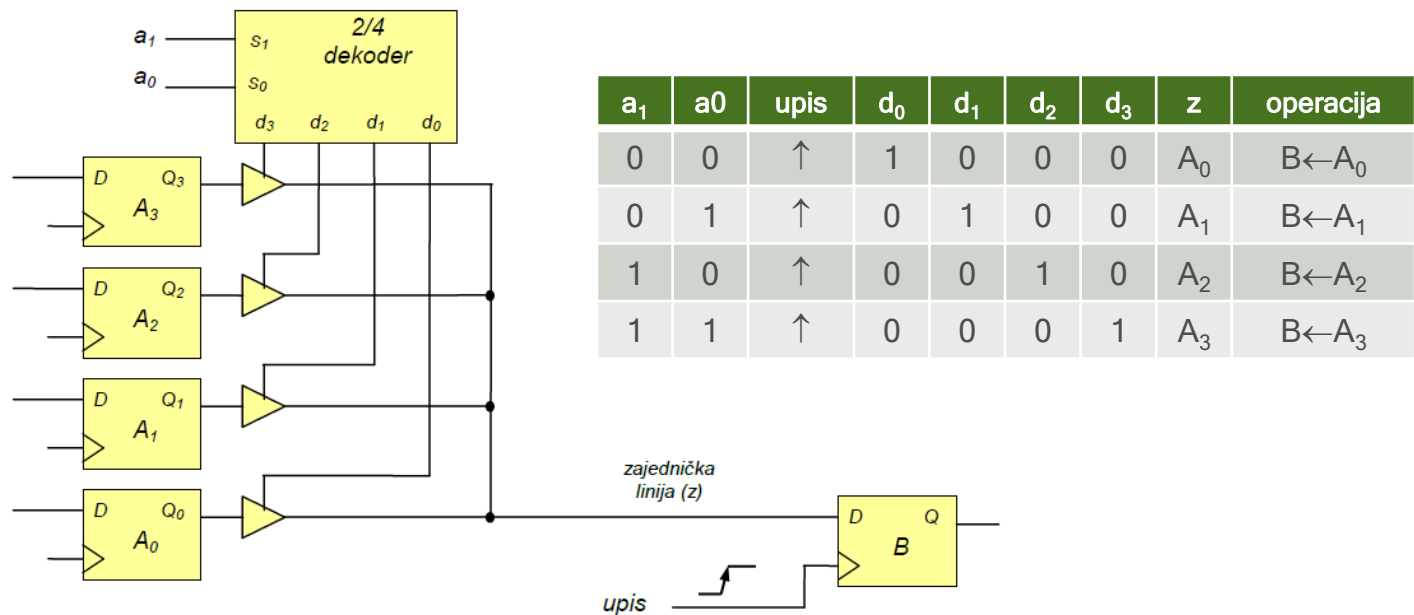
PRIMER: RAM memorija kapaciteta 64KB

- $m = 64K = 64 \cdot 2^{10} = 2^6 \cdot 2^{10} = 2^{16} = 65536 \Rightarrow$ širina adresne magistrale je 16 bita (linije $A_{15}..A_0$)
- $n = 8 \Rightarrow$ širina magistrale podataka je 8 bita (linije $D_7..D_0$)



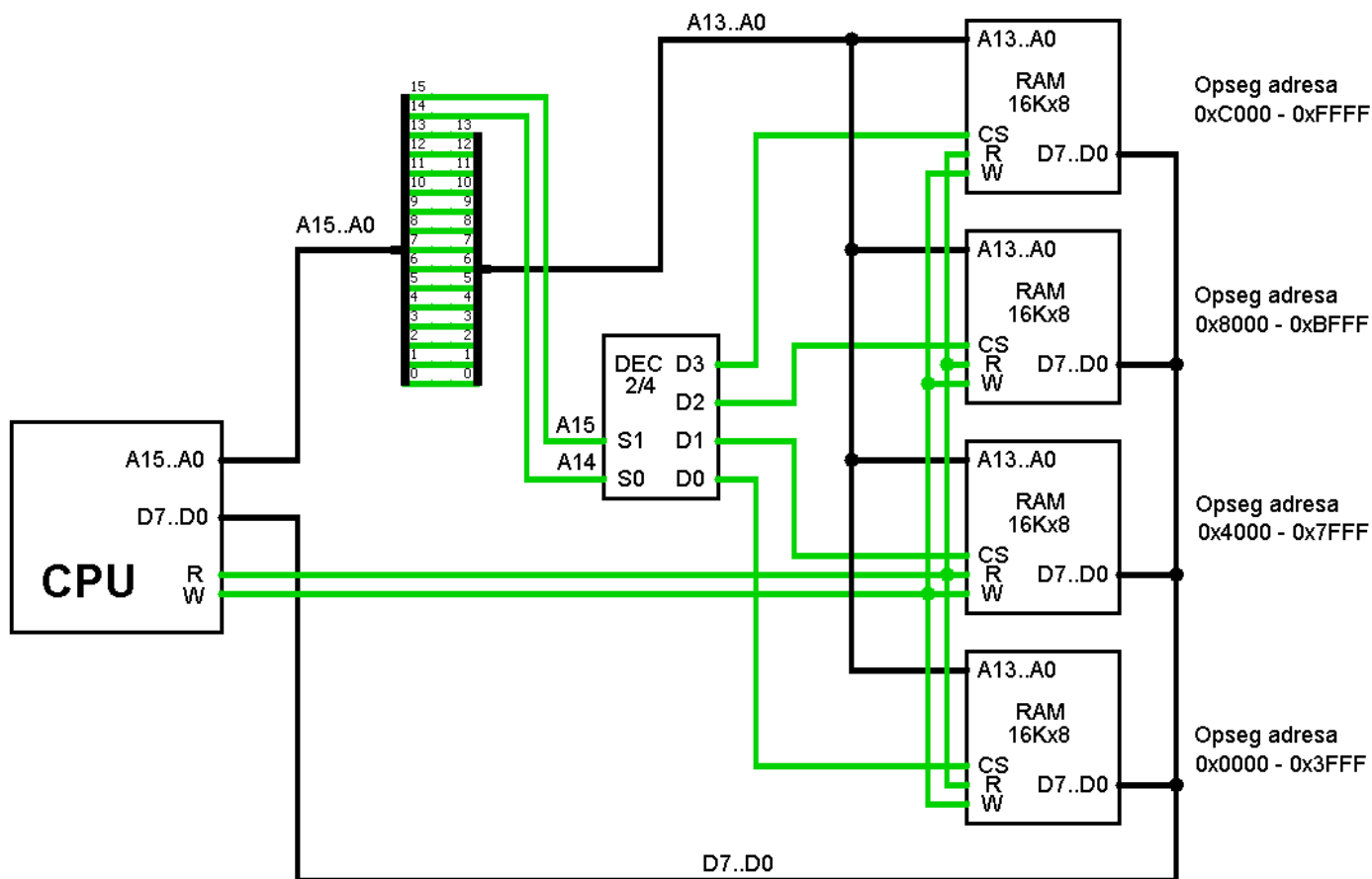
Povezivanje memorijskih elemenata na zajedničku magistralu

- Kada je potrebno istovremeno spojiti izlaze više memorijskih elemenata na zajedničku magistralu, potrebno je obezbediti mehanizam kojim se sprečava pojava *konflikta na magistrali*. Ova pojava se dešava kada dva elementa istovremenu pokušavaju da diktiraju različita logička stanja na magistrali, što može dovesti do fizičkog uništenja oba elementa.
- Tehnike za prevazilaženje konflikta na magistrali:
 - Korišćenje kola sa izlaznim stepenom sa "otvorenim kolektorom"
 - Korišćenje trostatičkih bafera
- Ukoliko se koriste trostatički baferi, njima upravlja dekoderska logika koja na magistralu propušta signal sa izlaza tačno jednog bafera (onog koji je trenutno adresiran), dok sve ostale postavlja u stanje visoke impedanse.



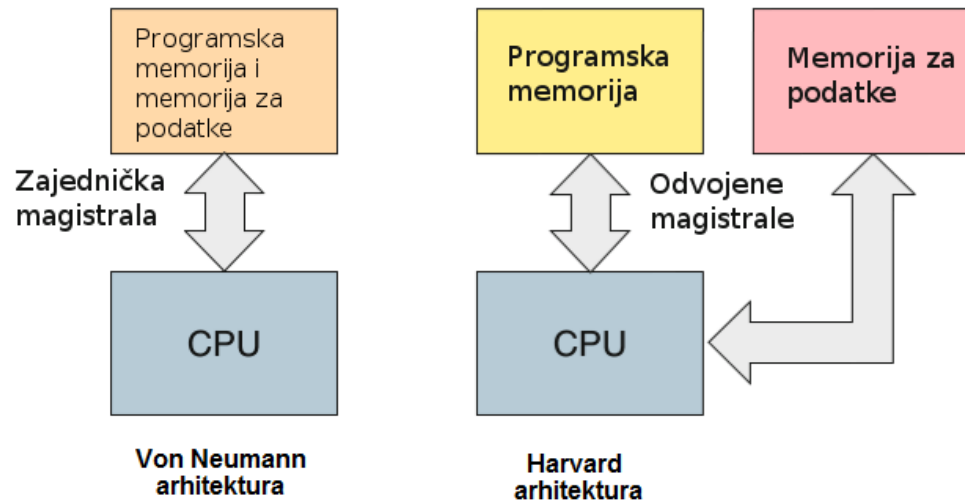
PRIMER: Povezavanje procesora sa 4 memorijska modula kapaciteta po 16KB, čime se dobija jedinstven memorijski prostor kapaciteta 64KB

- Napomena: signal CS (engl. *Chip Select*) na ulazima memorijskih modula u neaktivnom stanju (CS=0) onemogućava pristup memorijskom modulu i prevodi izlaze u stanje visoke impedanse, a u aktivnom stanju (CS=1) aktivira modul za čitanje ili upis, u zavisnosti od signala R i W i povezuje ga sa magistralom podataka.



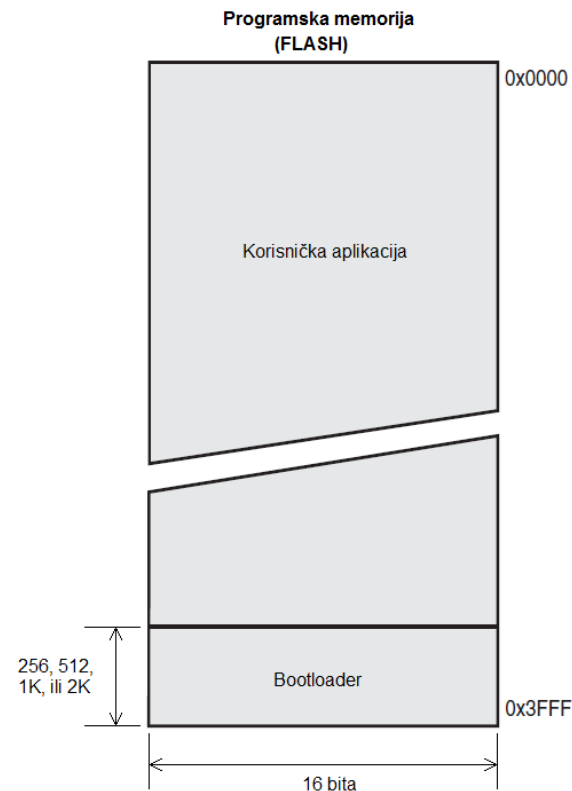
Programska memorija i memorija za podatke

- Da bi se postigla željena funkcionalnost mikroračunarskog sistema, potrebno je u odgovarajući memorijski prostor smestiti programske instrukcije i podatke koji se obrađuju.
- Kod računara opšte namene, uobičajeno je da su program i podaci smešteni u isti memorijski prostor. Ovakva arhitektura nazvana je po svom tvorcu *Von Neumann* arhitektura, ili *Princeton* arhitektura.
- Organizacija mikroračunarskog sistema kod koje su programska memorija i memorija za podatke fizički razdvojene poznata je kao *Harvard* arhitektura. Struktura mikrokontrolera je obično zasnovana na ovoj arhitekturi, gde je programska memorija tipa FLASH, a memorija za podatke SRAM. Na ovaj način je program permanentno prisutan unutar mikrokontrolera, čak i po prestanku napajanja.



Mapa programske memorije mikokontrolera ATmega328p

- Programska FLASH memorija mikokontrolera ATmega328p je kapaciteta 32B. Pošto su programske instrukcije veličine 16 bita, ova memorija je organizovana kao 16Kx16, tj. 16K lokacija širine 16 bita.
- Korisnički program (aplikacija) se smešta od početne adrese (0x00).
- Vrh memorijskog prostora programske memorije rezervisan je za pomoćni program zvani *bootloader*. Njegova uloga je učitavanje programskih instrukcija preko serijskog porta i njihovo smeštanje (programiranje) u deo programske memorije rezervisan za korisničku aplikaciju. Za bootloader može biti rezervisan prostor veličine 256, 512, 1K, ili 2K reči širine 16 bita.



Mapa memorije za podatke mikokontrolera ATmega328p

- Memorija za podatke mikokontrolera ATmega328p je tipa SRAM.
- Registri opšte namene u okviru CPU jezgra i ulazno-izlazni registri su memorijski mapirani u okviru prvih 256 bajta memorije za podatke.
- Počev od adrese 256 (odnosno 0x0100) nalazi se prostor za korisničke varijable, kapaciteta 2KB. Stoga je ukupan kapacitet memorije za podatke 256B + 2KB = 2304B
- Opseg adresa je od 0 - 2303 decimalno, odnosno 0x0000 - 0x08FF heksadecimalno.

Memorija za podatke (SRAM)

32 registra opše namene (R0-R31)	0x0000 - 0x001F
64 U/I registra *	0x0020 - 0x005F
160 dodatnih U/I registara	0x0060 - 0x00FF
Interni SRAM (2048x8)	0x0100
	0x08FF

* Registri na adresama 0x0020-0x003F su bit-adresabilni

Vremenski dijagrami pristupa memoriji mikrokontrolera ATmega328p

- Prilikom bilo koje od dve moguće operacije pristupa RAM memoriji (čitanje ili upis), operacija se odvija tokom dve periode sistemskog takta, na način prikazan na slici.
- Kod operacije upisa, tokom druge periode takta aktivira se signal za upis (W), a stanje magistrale podataka određuje procesorsko jezgro.
- Kod operacije čitanja, tokom druge periode takta aktivira se signal za čitanje (R), a stanje magistrale podataka određuje memorija.

