

2. Von Neumannov model računala

Jedan od najznačajnijih radova na području
arhitekture računala:

A. W. Burks, h. H. Goldstein, J. Neumann, “*Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument*”, 1946. godina

Zahtjevi koji su poslužili kao ishodište za određivanje arhitekture računala:

- Računalo opće namjene s potpuno automatskim izvođenjem programa
- Pohranjivanje podataka (ulaznih, međurezultata i rezultata)
- Pohranjivanje sljeda instrukcija (programa)

Računala s gornjim karakteristikama – računalo opće namjene s pohranjivanjem programa (*General purpose stored-program computer*)

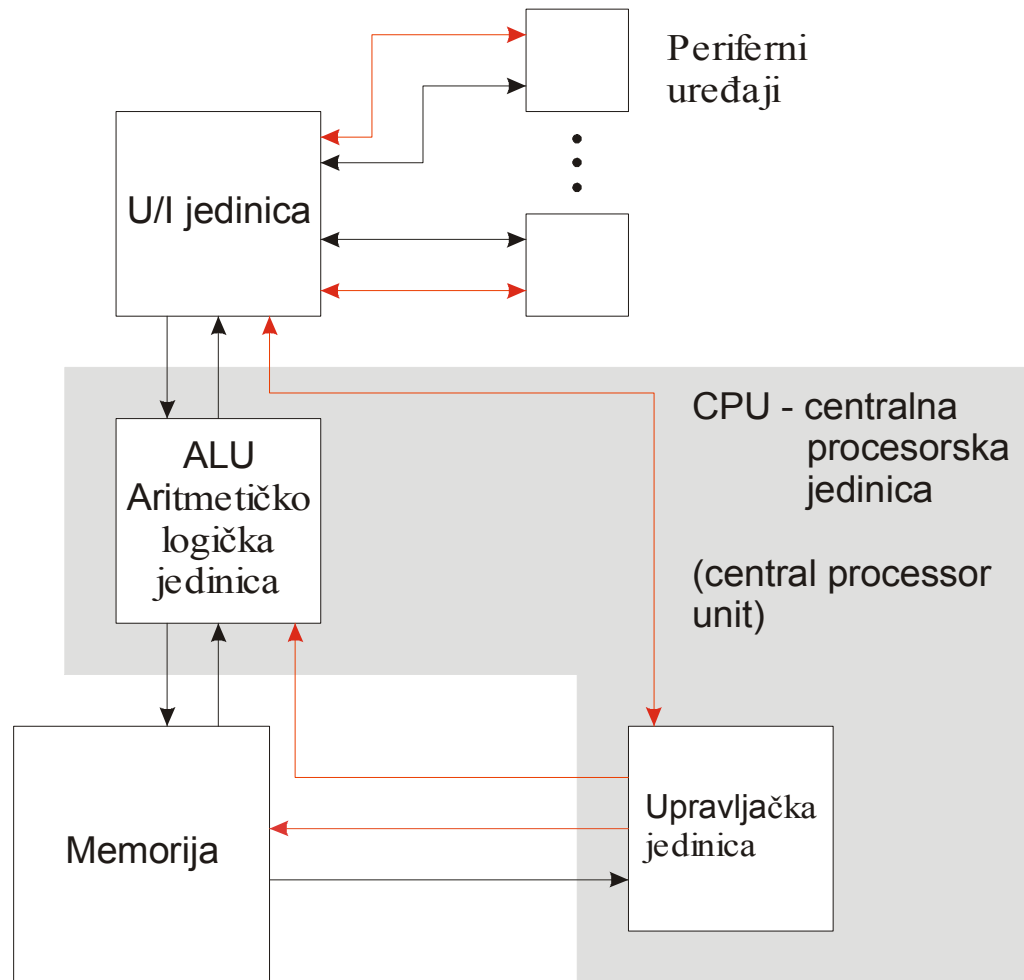
Značajke:

- Instrukcije svedene na *numerički kod* – podaci i instrukcije pohranjuju se na jednak način u istoj jedinici –
memoriji
- Računalo – stroj za računanje mora imati jedinicu za izvršavanje osnovnih aritmetičkih operacija –
aritmetičku jedinicu
- Jedinica koja “razumije” i tumači instrukcije te upravlja sljedom izvođenja operacija –
upravljačka jedinica

- Računalo mora imati mogućnost komunikacije s vanjskim svijetom (korisnikom, procesom, drugim računalom) jedinica koja mu to omogućava -
ulazno-izlazna jedinica

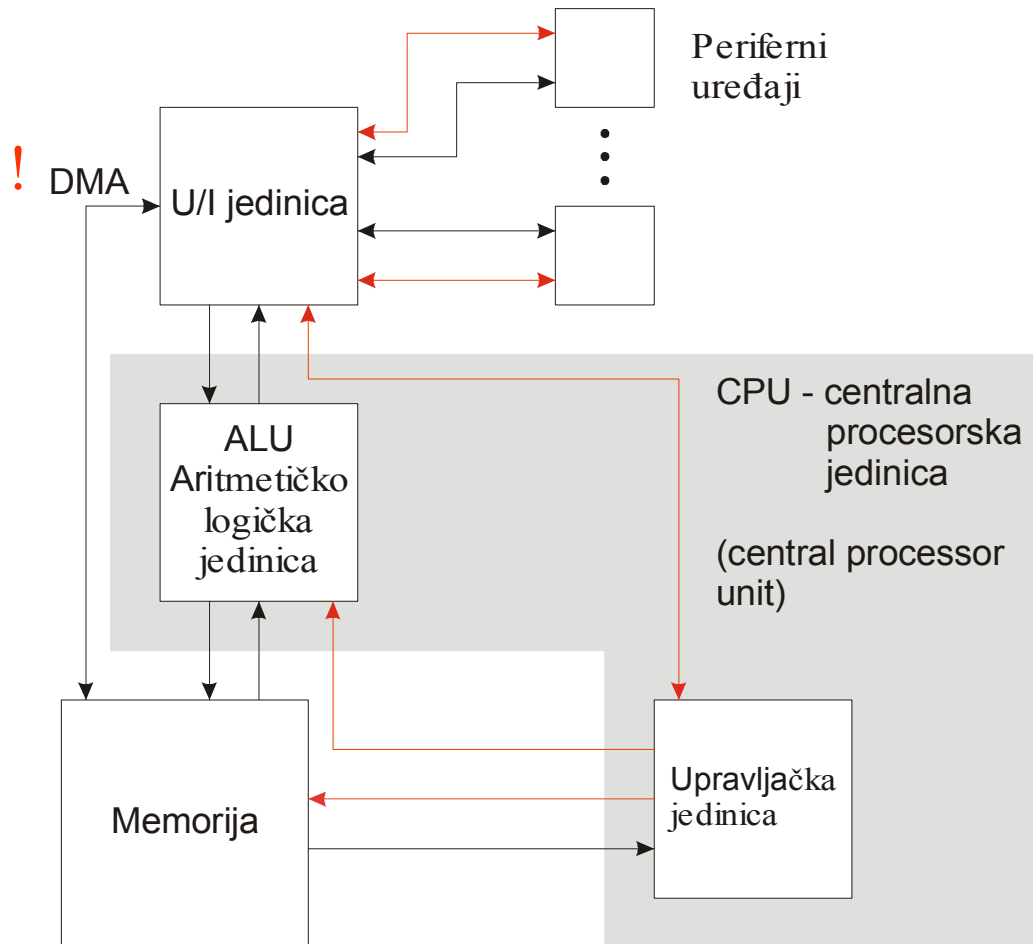
Pet funkcijskih jedinica koje čine računalo:

- 1. Aritmetička jedinica**
- 2. Upravljačka jedinica**
- 3. Memorija**
- 4. Ulazna jedinica**
- 5. Izlazna jedinica**



↔ Upravljanje

↔ Tok podataka

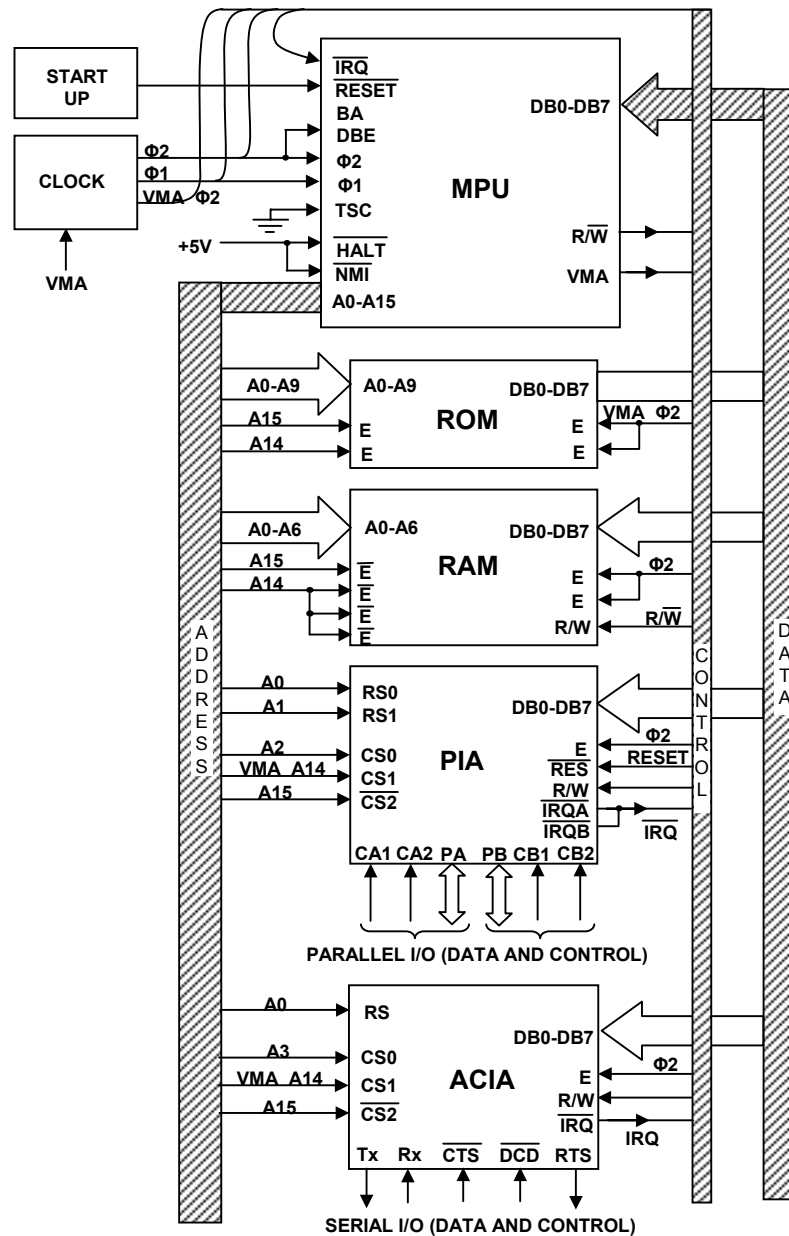


↔ Upravljanje

↔ Tok podataka

DMA - Direct Memory Access

Mikroračunarski sustav na bazi mikroprocesora MC6800



Prikaz veličine adresnog prostora za Intelovu porodicu procesora

- Intel 8080 Adresna sabirnica: A0 – A15
64 K memorijskih lokacija
256 I/O lokacija
- Intel 8085 Adresna sabirnica: A0 – A15
64 K memorijskih lokacija
256 I/O lokacija
- Intel 8086 Adresna sabirnica: A0 – A19
8088

1M memorijskih lokacija
64 K I/O lokacija
- Intel 286 i Intel 386 SX A0 – A23
16 M memorijskih lokacija
64 K I/O lokacija

Prikaz veličine adresnog prostora za Intelovu porodicu procesora (nastavak)

Intel 386 DX	A0 – A31 4G memorijskih lokacija 64 K I/O lokacija
Intel 486	A0 – A31 4G memorijskih lokacija 64 K I/O lokacija
Pentium	A0 – A31 4G memorijskih lokacija 64 K I/O lokacija

Aritmetička (aritmetičko-logička) jedinica

- Sklopovi za obavljanje osnovnih aritmetičkih operacija
- Registri (spremnici) za privremeno pohranjivanje operanada (**operand** – podatak koji sudjeluje u aritmetičkoj ili logičkoj operaciji)

Binarni brojevni sustav izabran kao osnova za prikaz podataka
(i instrukcija)

Razlog: lakša tehnološka izvedba, veća ekonomičnost predstavljanja brojeva, “... računalo nije samo aritmetički stroj već po svojoj prirodi je i logički stroj. Logički sustavi su sustavi da-ne, istinito-lažno, 0-1.

- Odnos između aritmetičkih operacija i logičkih operacija

Aritmetičko-logička jedinica von Neumannovog računala – sklopovi za operaciju zbrajanja (zbrajalo) i sklop za posmak

Oduzimanje?

Množenje?

Dijeljenje?

Oduzimanje – pribrajanje dvojnog ili potpunog komplementa

Množenje i dijeljenje-pod programskim upravljanjem
ponavljanjem uzastopnih operacija zbrajanja, odnosno
oduzimanja i posmaka

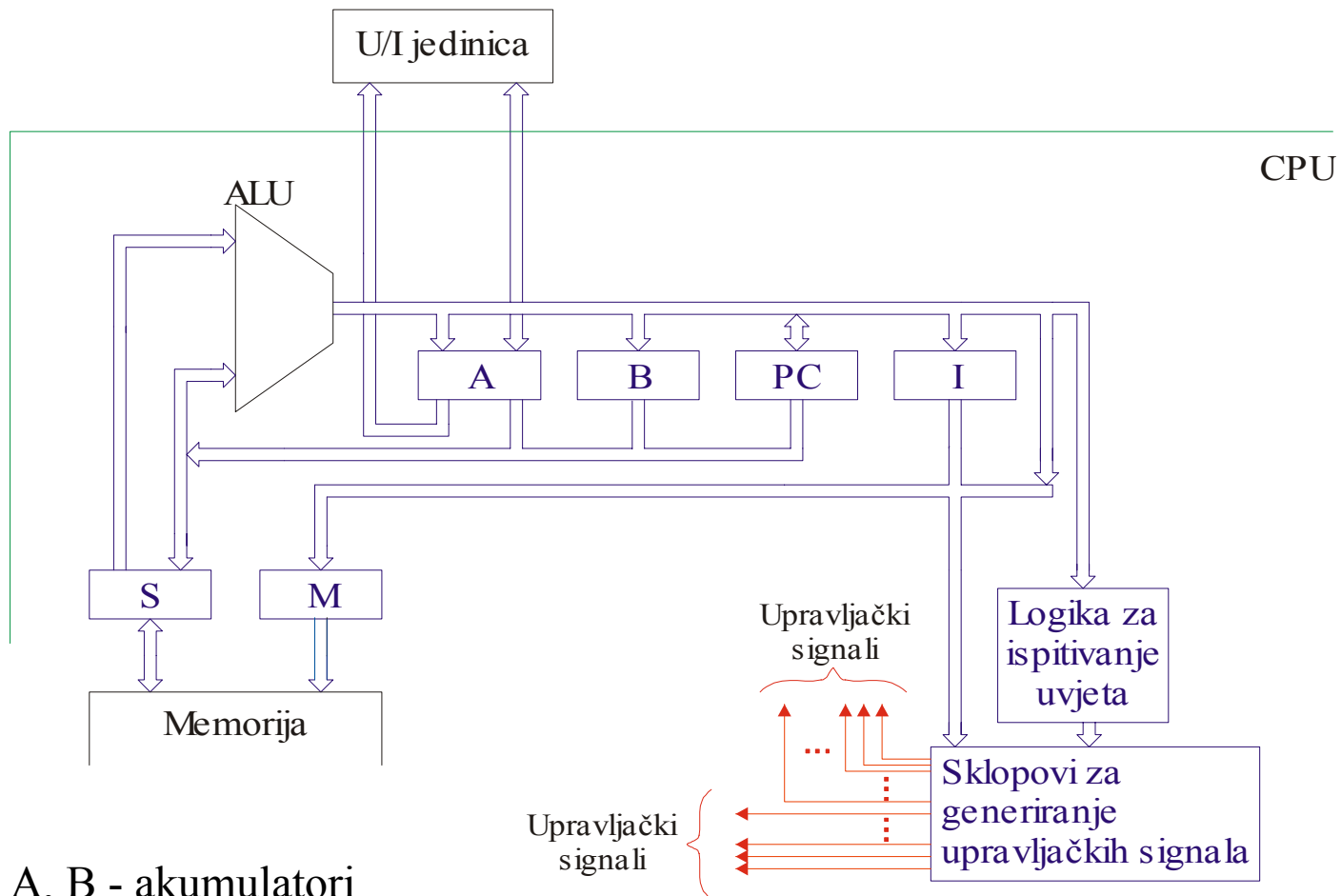
ALU (von Neumannovog računala) = zbrajalo i sklop za posmak

Operandi von Neumannovog računala **duljine 40 bita (!?)**

Zašto?

40 bita dopušta točnost računanja na dvanaest decimala:

$$2^{-40} = 0.9 * 10^{-12}$$



- A, B - akumulatori
- S - memorijski registar podataka
- M – memorijski adresni registar (MAR)
- PC – programsko brojilo
- I- instrukcijski registar

Upravljačka jedinica

Generira sve upravljačke signale za vremensko vođenje i upravljanje ostalim funkcijskim jedinicama.

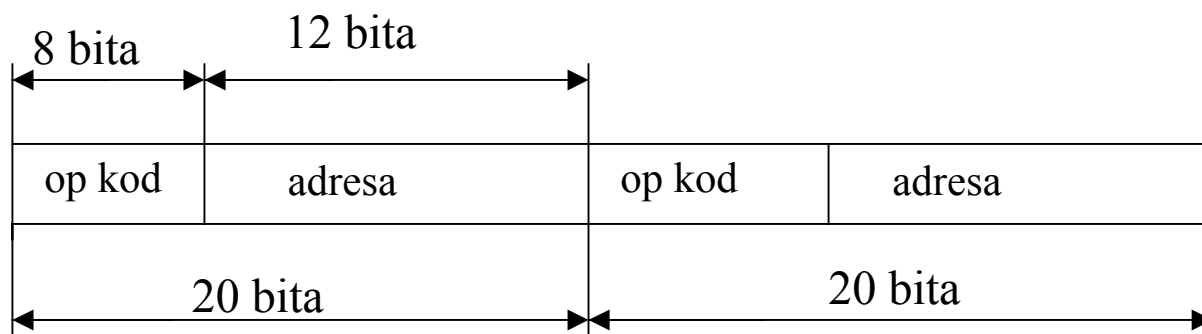
Svaki korak algoritma predstavljen je jednom (strojnom) instrukcijom ili slijedom (strojnih) instrukcija.

Strojne instrukcije određuju elementarne operacije koje sklopovlje procesora može izvesti

Duljina riječi 40 bita (podaci predočeni 40-bitnim kodom).

Strojne instrukcije duljine 20 bita.

Dvije instrukcije smještene u jednoj riječi u memoriji (lijeva i desna instrukcija):



Lijeva instrukcija

Desna instrukcija

Von Neumanov procesor – akumulatorsko orijentiran procesor

Binarna operacija, npr. $C=A+B$ $C= f(A, B)$

U von Neumannovom procesoru – $A= f(A, M)$

A – akumulator, M – memorijska lokacija

Instrukcije von Neumannovog procesora su **jednoadresne**

Op kod – operacijski kod instrukcije – binarno kodirana instrukcija

Npr. : 11001100 – kod instrukcije add - zbroji

Adresa – binarno kodirana adresa operanda (operand se nalazi na memorijskoj lokaciji kojoj je **jednoznačno** pridružena adresa

Npr.: 1001 0011 0111

(12-bitna adresa: 937 /heksadekadno/)

12-bitno adresno polje instrukcije omogućava izravno adresiranje $2^{12} = 4096$ memorijskih lokacija.

Programsko brojilo PC (*Program Counter*)- registar koji sadrži adresu **sljedeće** instrukcije.

Programsko brojilo von Neumannovog računala bilo je duljine 13 bita – 12 bitova za adresiranje bilo koje memorijske lokacije + 1 bit za izbor lijeve ili desne instrukcije.

Instrukcijski registar I – registar koji sadrži instrukciju čije je izvođenje u tijeku.

PC je u von Neumanovom računalu bilo označeno s CC (*Control Counter*)

I je nosilo oznaku FR (*Functional Table Register*)

Skup strojnih instrukcija:

1. Aritmetičke i logičke instrukcije
2. Instrukcije za prijenos podataka
3. Instrukcije uvjetnog i bezuvjetnog grananja
4. Ulazno-izlazne instrukcije
5. Instrukcije s djelomičnom zamjenom

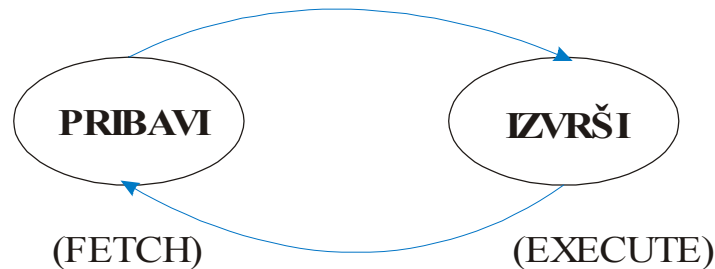
Von Neumanov procesor – akumulatorsko orijentiran procesor

Binarna operacija, npr. $C=A+B \rightarrow C= f(A, B)$

U von Neumannovom procesoru – $A= f(A, M)$

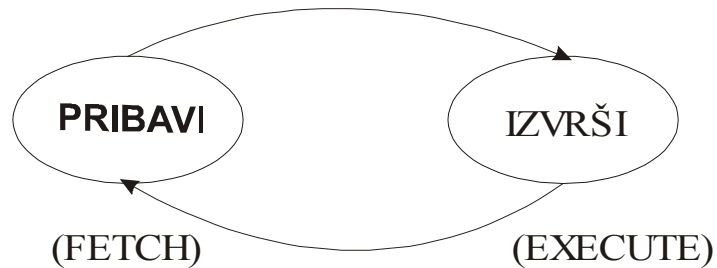
A – akumulator, M – memorijska lokacija

Računalo se tijekom izvođenja programa uvijek nalazi u jednoj od dvije moguće faze (ili stanja)



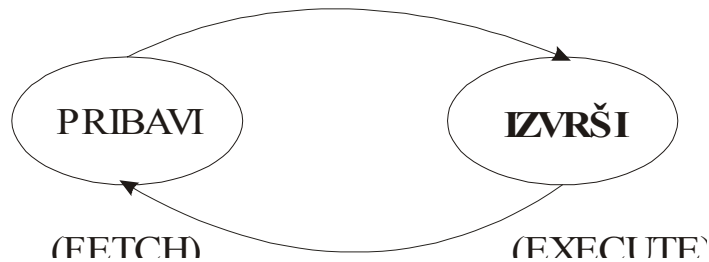
PRIBAVI – tijekom te faze upravljačka jedinica **dohvaća** (pribavlja) **instrukciju** iz memorije

IZVRŠI – tijekom te faze **izvršava** se instrukcija koja je bila dohvaćena u prethodnoj fazi PRIBAVI (podaci dohvaćeni iz memorije ili poslani memoriji tumače se kao **operandi**, odnosno **rezultati**)



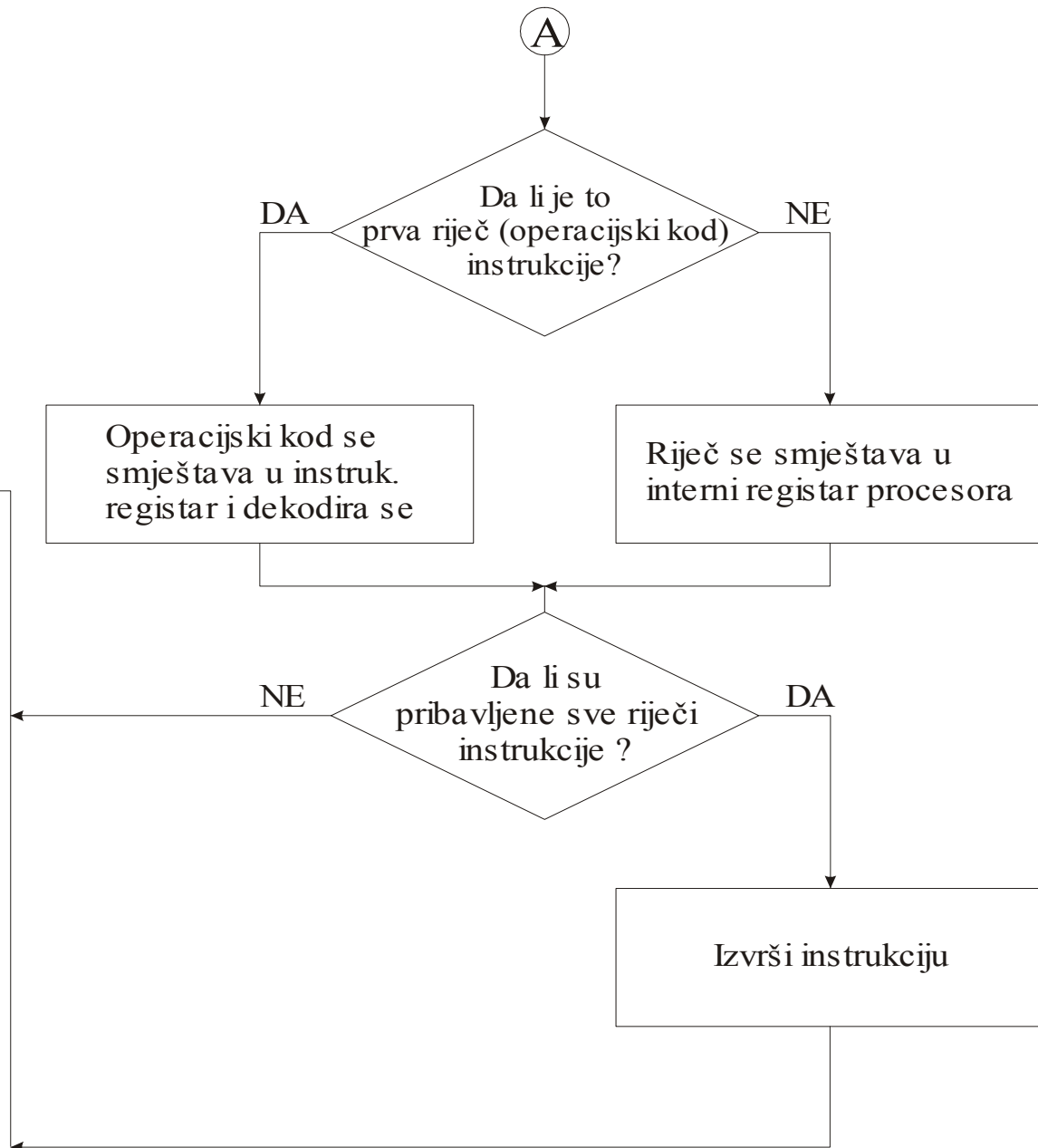
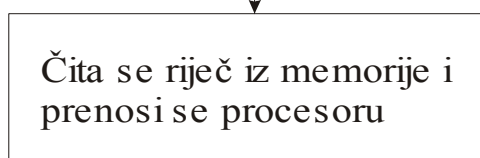
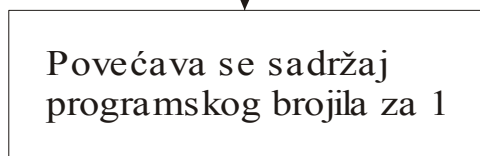
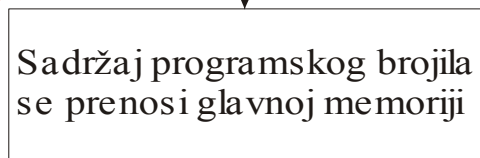
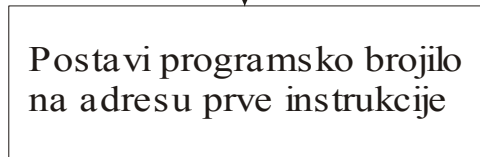
PRIBAVI:

1. korak $\text{MEM}(\text{PC}) \rightarrow \text{I}$
2. korak $\text{PC} + 1 \rightarrow \text{PC}$
3. korak Dekodiranje operacijskog koda instrukcije



- IZVRŠI:** 4. korak: (npr. pročitaj tj. dohvati operand iz memorije)
5. korak: (npr. izvedi aritmetičku operaciju nad jednim ili dvama operandima)
6. korak: ...
7. korak: ...
- -
 -

FAZA PRIBAVI

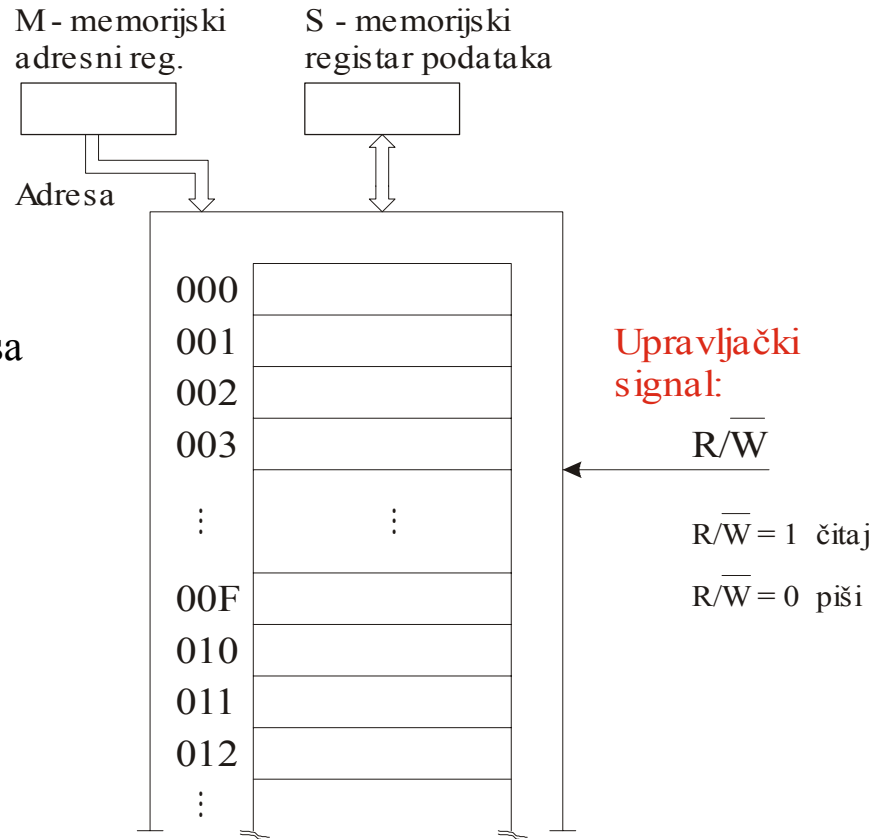


FAZA PRIBAVI

FAZA IZVRŠI

Memorija

Model memorije von Neumannovog računala



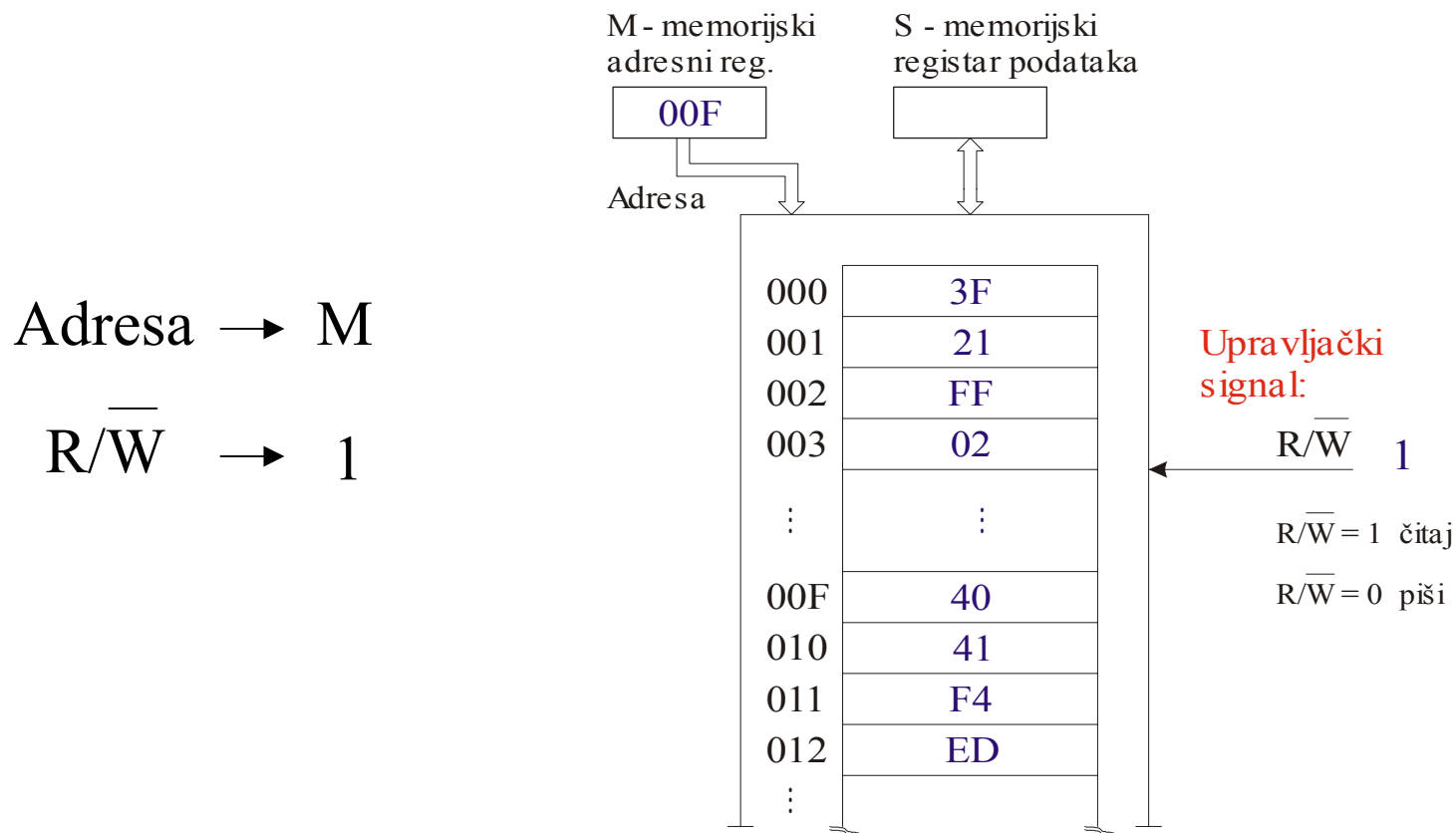
Svakoj memorijskoj lokaciji jednoznačno je pridružena adresa

Memorija nema procesnih sposobnosti !!!

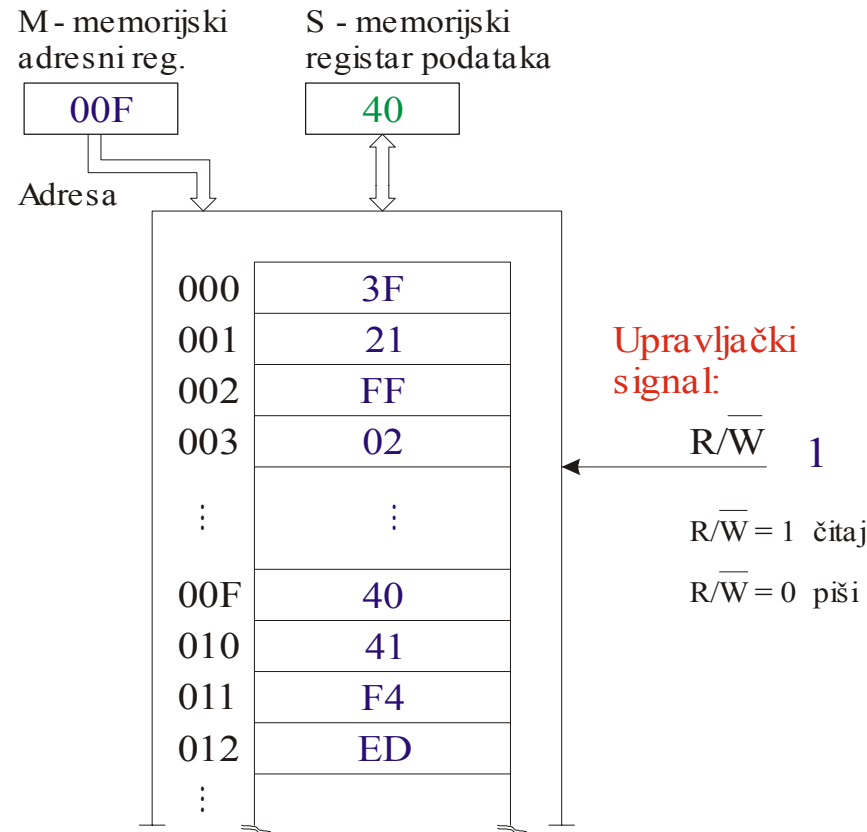
Memorijska jedinica – **prateći modul** (*Slave Module*)

Processor – vodeći modul (*Master Module*)

Operacija **Čitanja** ($R/\overline{W} = 1$)



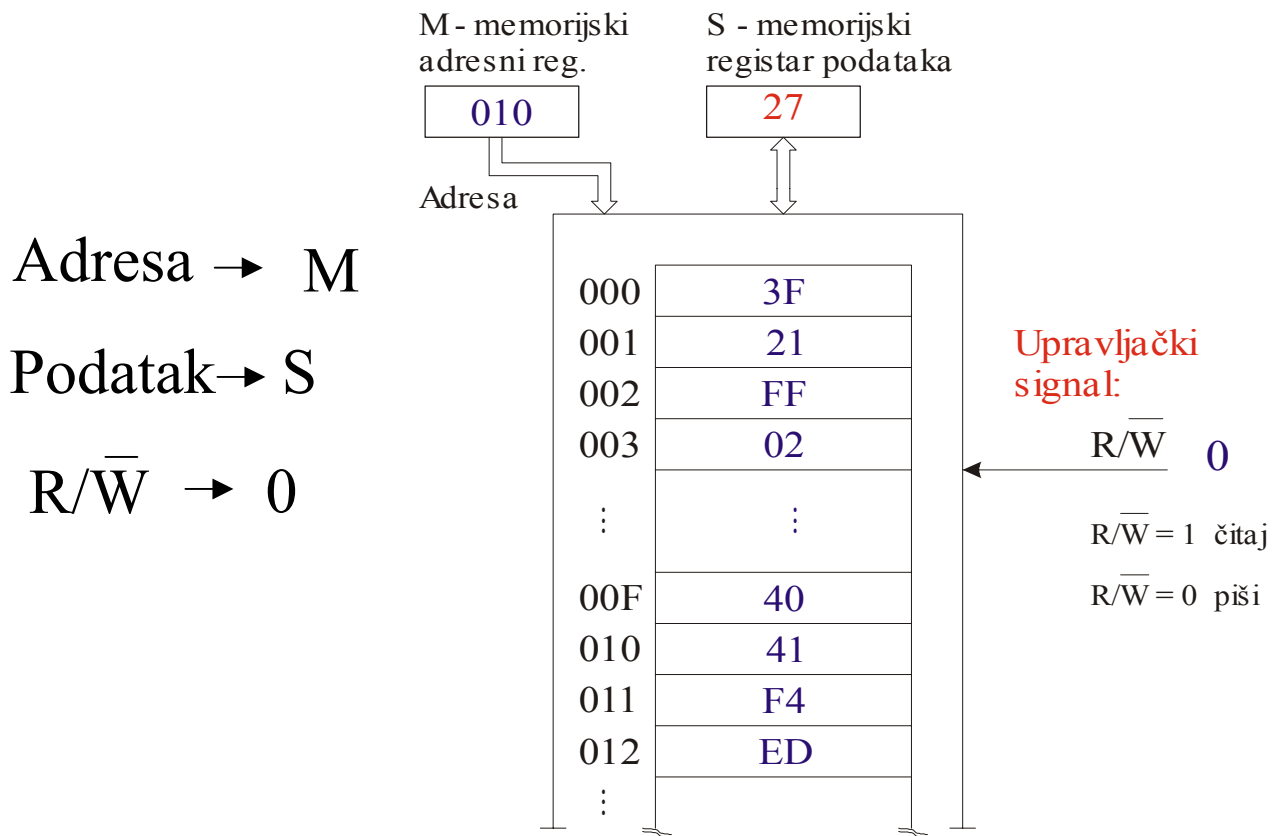
Stanje memorije nakon isteka vremena pristupa memoriji



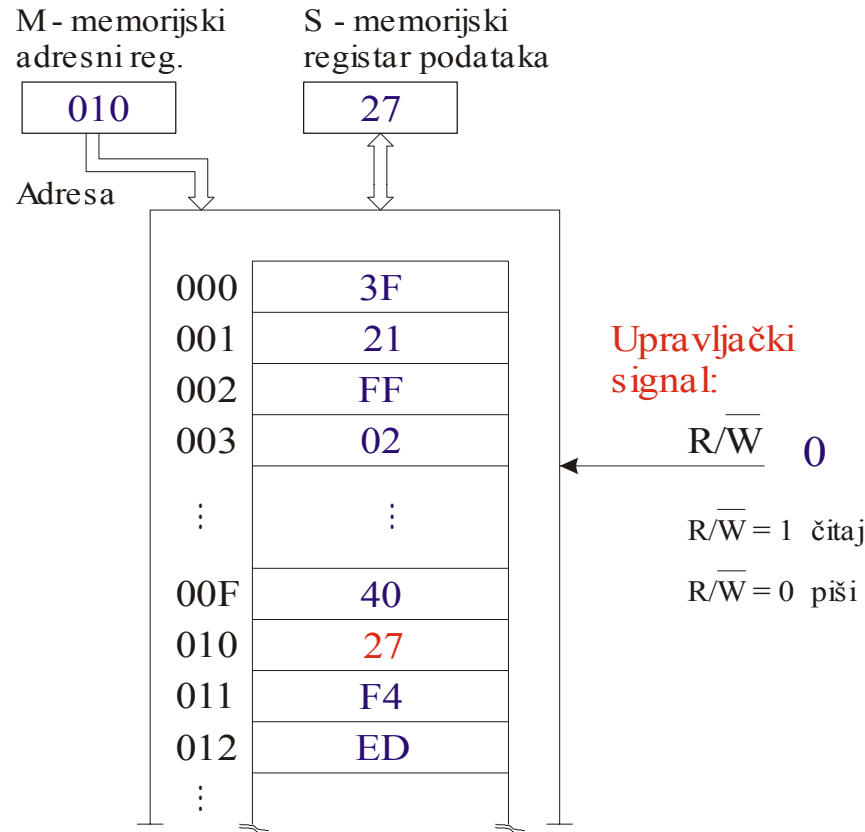
Podatak s memorijske lokacije 00F je “preslikan” u memorijski registar podataka

POZOR: Operacija čitanja je nedestruktivna operacija!

Operacija **Pisanja** ($R/\overline{W} = 0$)

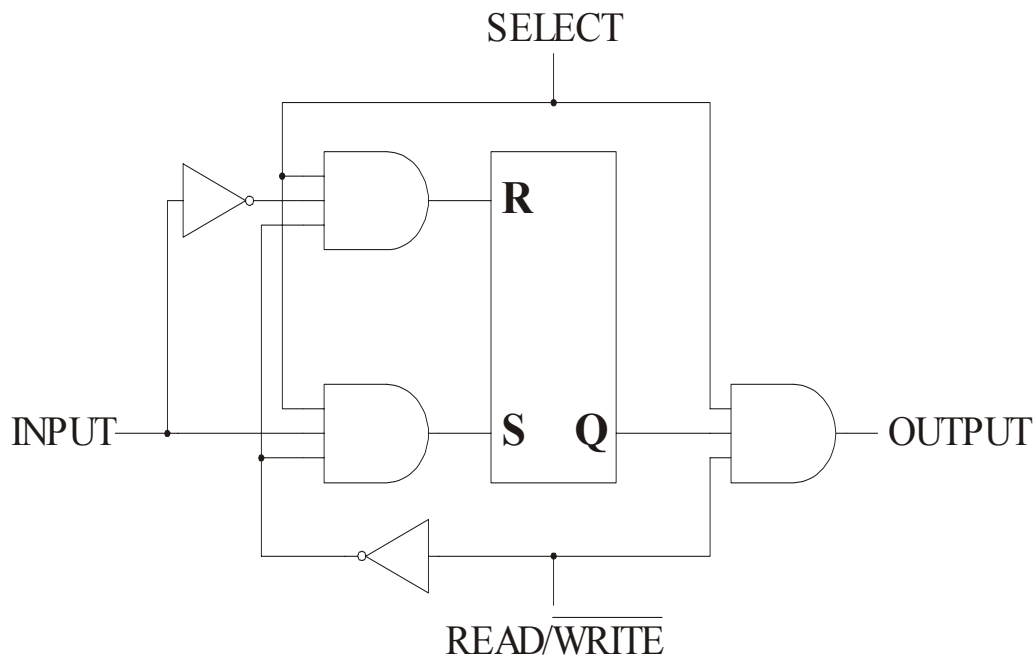


Stanje memorije nakon isteka vremena pristupa memoriji



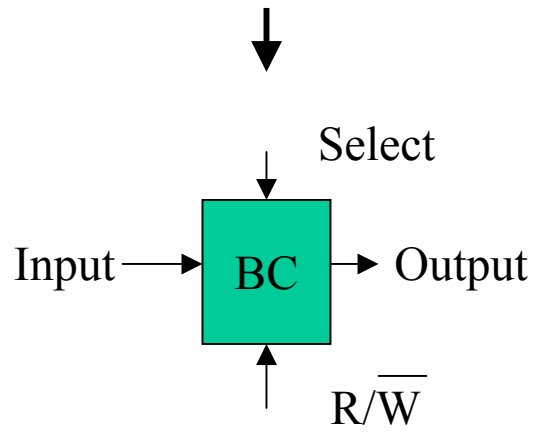
Podatak iz registra S “preslikan” u memorijsku lokaciju koja ima adresu 010

POZOR: Operacija pisanja je destruktivna operacija!

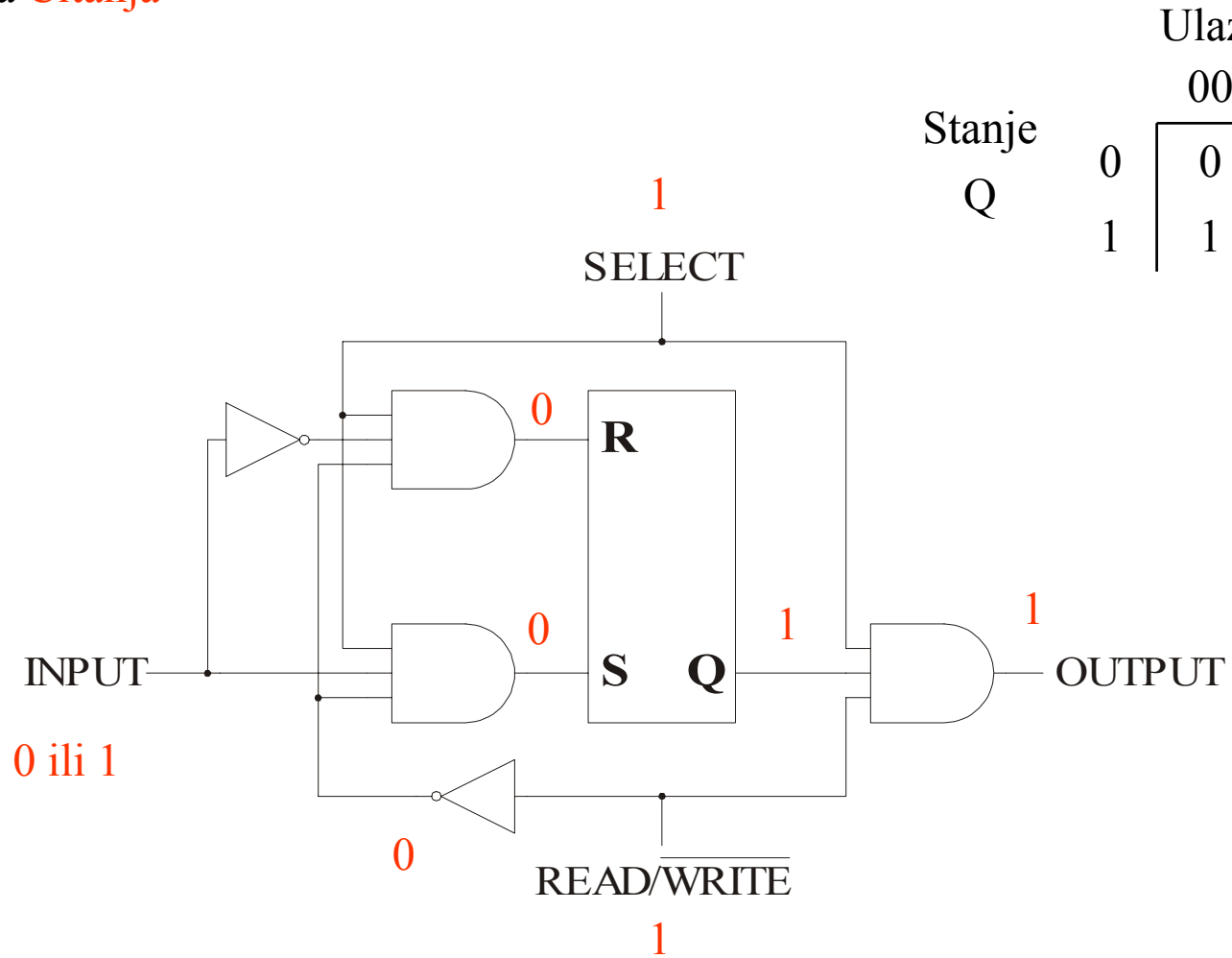


Stanje
Q

		Ulaz SR		
		00	01	10
Q	0	0	0	1
	1	1	0	1

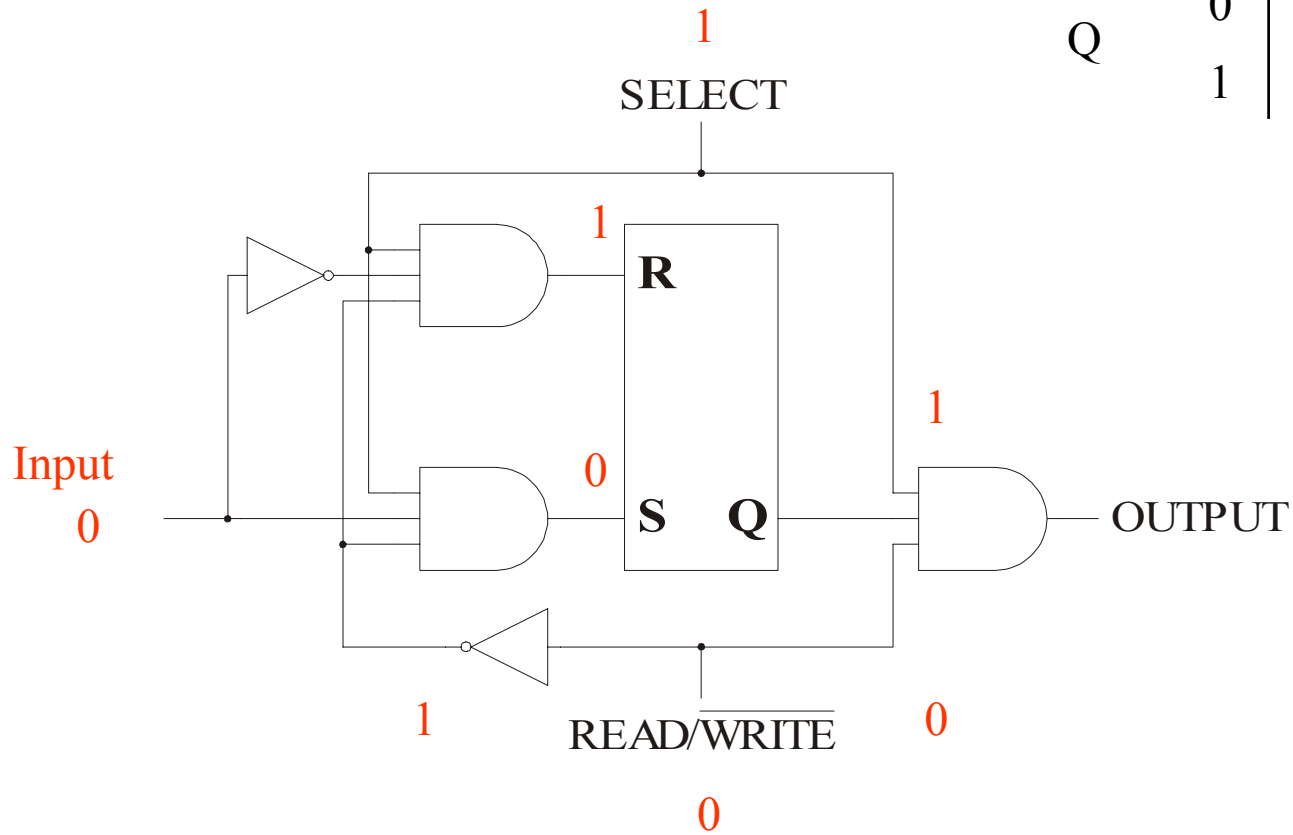


Operacija Čitanja

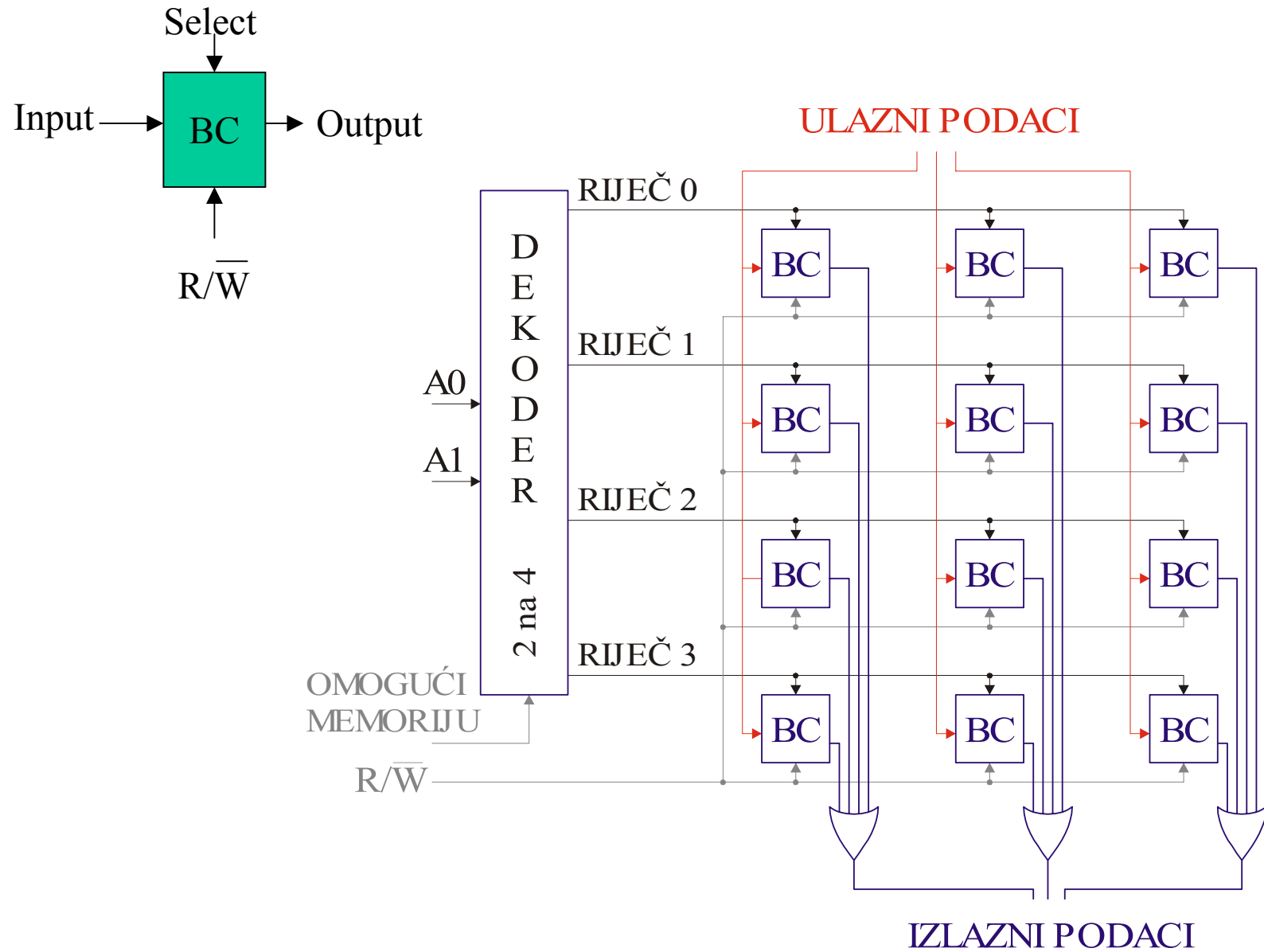


		Ulaz SR		
		00	01	10
Stanje Q	0	0	0	1
	1	1	0	1

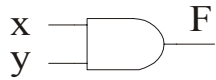
Operacija Pisanja



		Ulaz SR		
		00	01	10
Stanje Q	0	0	0	1
	1	1	0	1

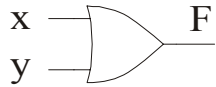


AND



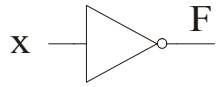
$$F = x \cdot y$$

OR



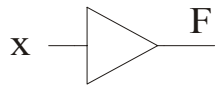
$$F = x + y$$

NOT



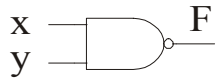
$$F = \overline{x}$$

Driver



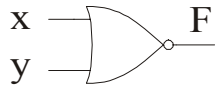
$$F = x$$

NAND



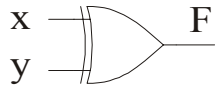
$$F = (x \cdot y)'$$

NOR



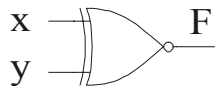
$$F = (x + y)'$$

XOR



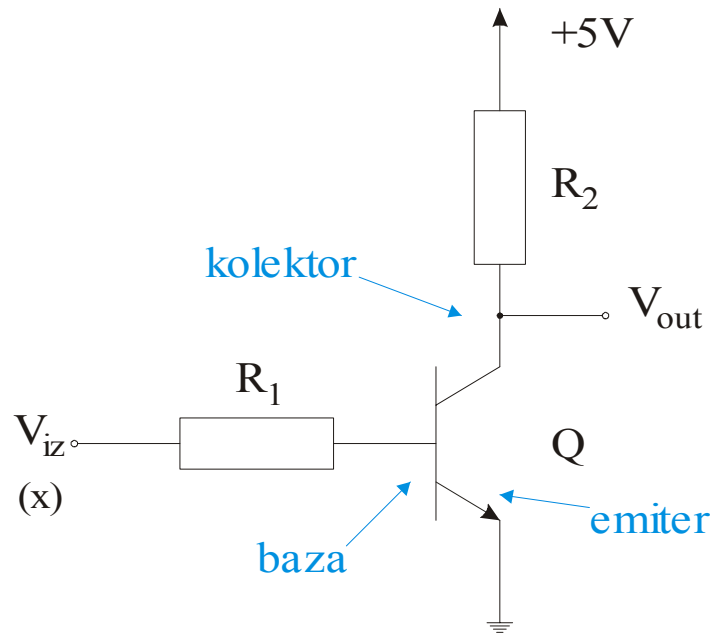
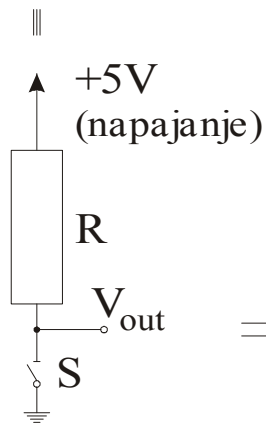
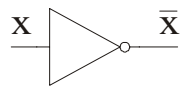
$$F = x \cdot y' + x' \cdot y$$

Exclusive
NOR

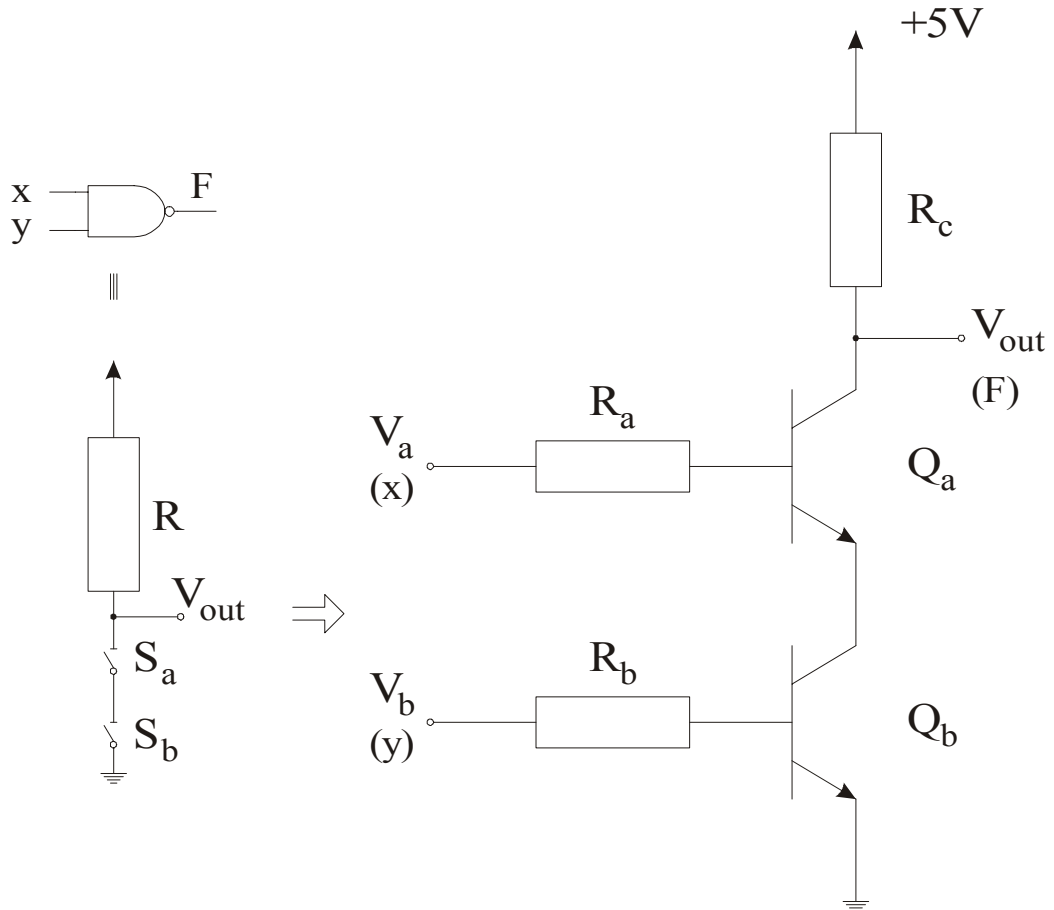


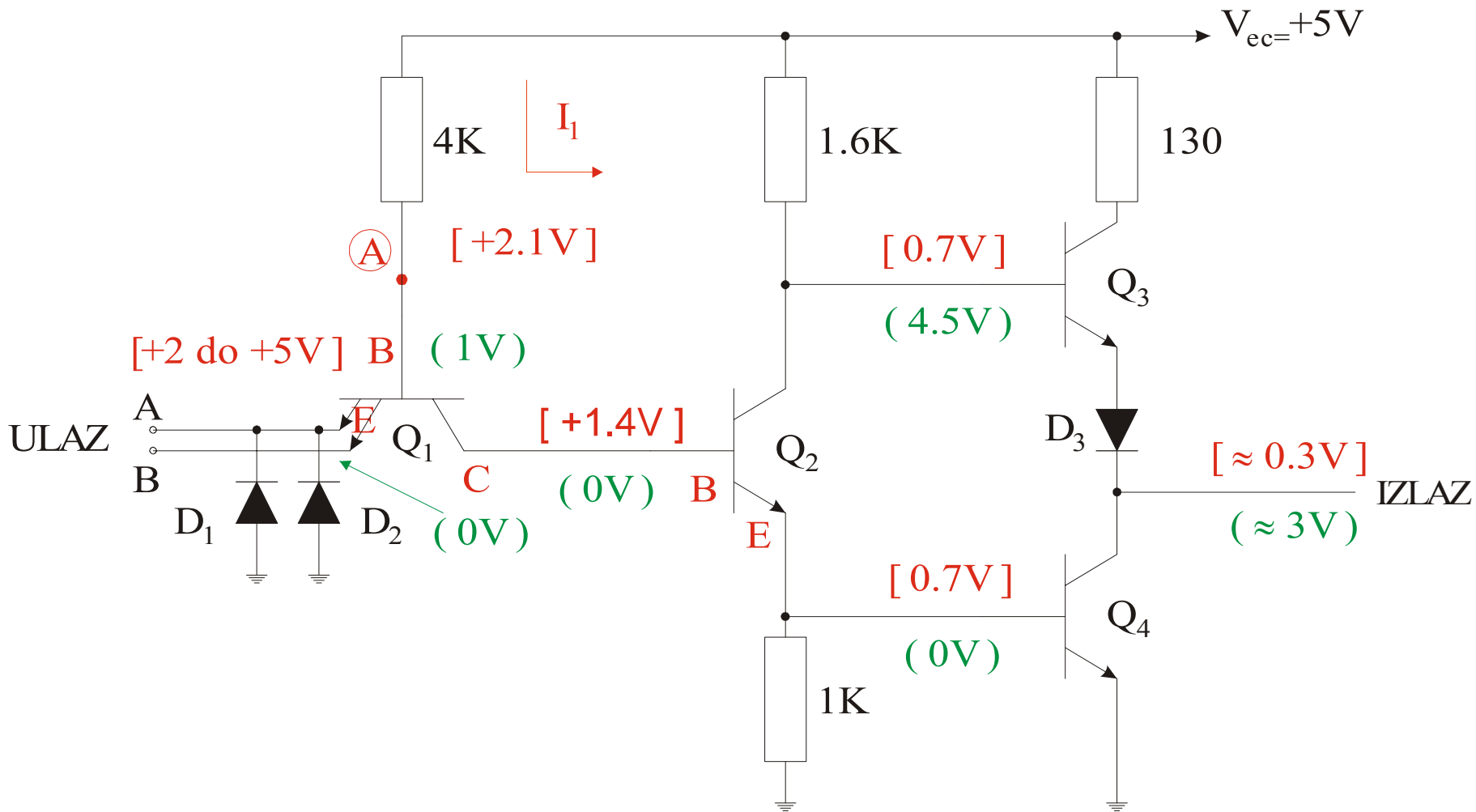
$$F = x \cdot y + x' \cdot y'$$

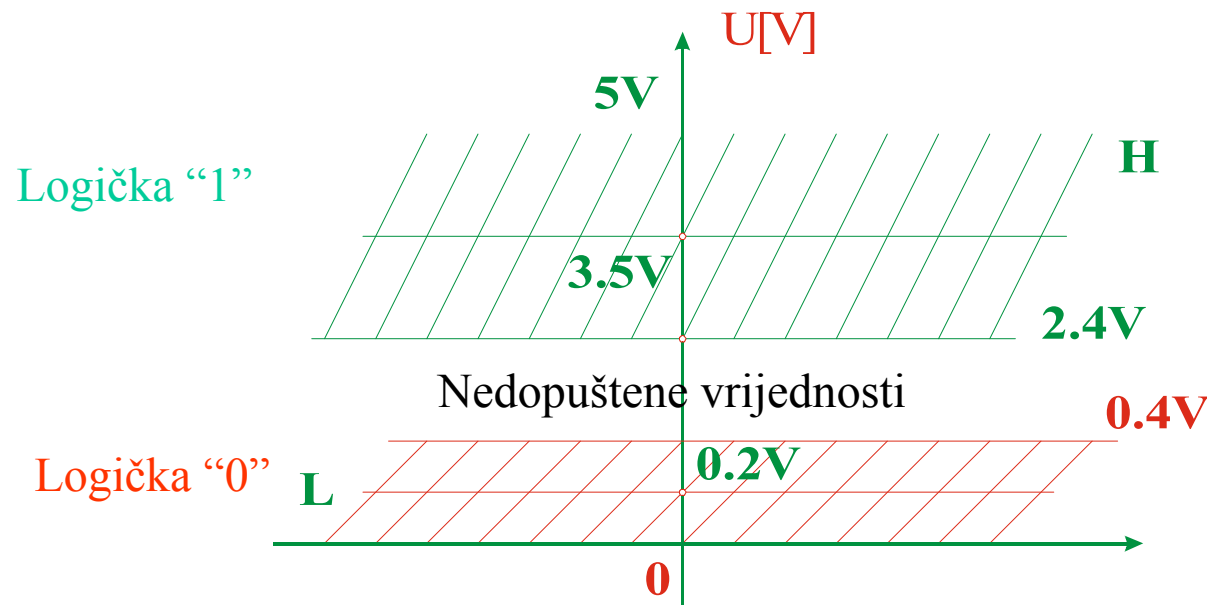
Invertor



NAND







Memorija Von Neumannovog računala:

Radna (ili glavna, ili primarna) memorija:

4096 x 40 = 163.840 bistabila koji su se trebali realizirati elektronskim cijevima ili elektromehaničkim relejima!!! (1946. godina)

Rješenje: Katodna cijev za memoriranje *SELECTRON*
(Princeton Lab, tvrtka RCA)

Memorija: 40 Selectrona – svaki kapaciteta 4096 bita
vrijeme pristupa 50 mikrosekundi

logička “1” – svjetlo polje

logička “0” – tamno polje

Von Neumann, Burks i Goldstein razmatraju
hijerarhijsku organizaciju memorije:

1. **razina:** primarna, glavna ili radna memorija
2. **razina:** sekundarna memorija (svjetlosno osjetljiv film, magnetsko osjetljiva traka ili žica) izravno pod upravljanjem računala
3. **razina:** neaktivna memorija (*Dead Memory*) – nije integralni dio računala

Ulazno-izlazna jedinica

Grafička prikazna jedinica - cijev *Selectron*

logička “1” – svjetlo polje

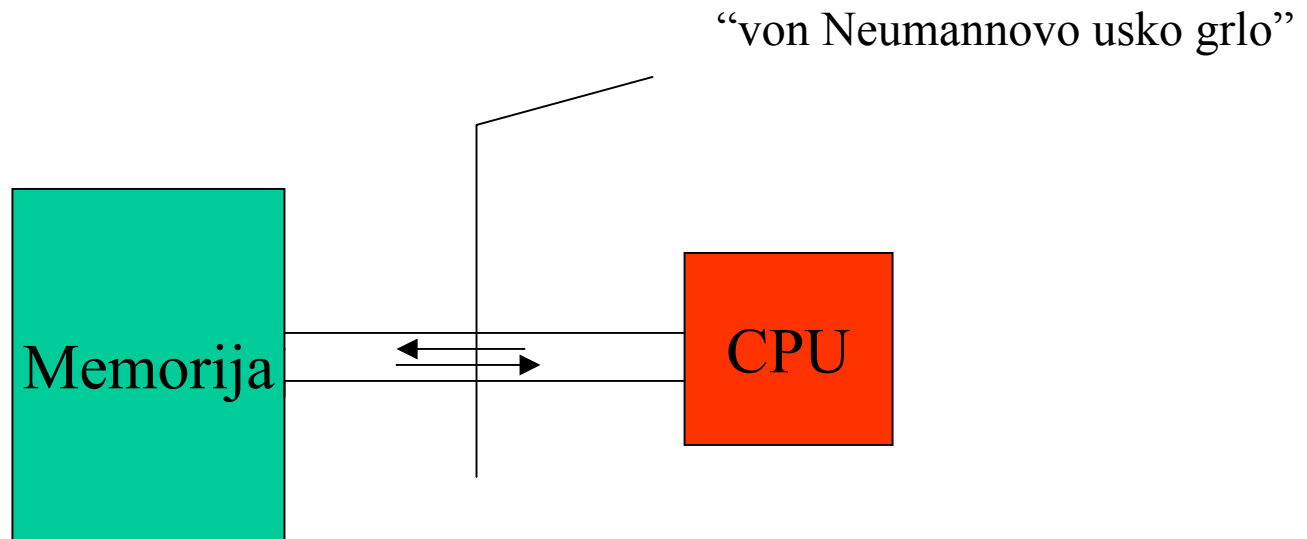
logička “0” – tamno polje

Poštanski teleprinter s pomoćnom žičanom memorijom **U/I**
jedinica

Razmatra se mogućnost simultanog rada U/I jedinice i CPU-a!

Zbog tehnoloških ograničenja računalo ostaje jednokorisničko računalo i akumulator (registar) A ima ulogu “odskočne daske” za svaki I/O podatak.

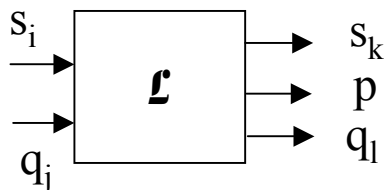
Zašto SISD kategorija arhitekture?



Turingov stroj

Algoritam obrade

- Određen izvedbom upravljačke jedinice



Memorijska jedinica

- Beskonačna vrpca



Von Neumannov model računala

Algoritam obrade

- Određen slijedom instrukcija u memoriji

Memorijska jedinica

- Konačna memorija

Adresa	Sadržaj
00001	08
00002	AB
00003	7C
00004	9A
00005	78
	⋮

Turingov stroj

Aritmetičko-logička jedinica

- Objedinjena u upravljačkoj napravi

Ulazno-izlazna jedinica

- Beskonačna vrpca

Von Neumannov model računala

Aritmetičko-logička jedinica

- Posebna jedinica ALU

Ulazno-izlazna jedinica

- Posebna jedinica

Oba su stroja “vremenski diskretni” strojevi – OBRADA SE ODVIJA U RITMU SIGNALA VREMENSKOG VOĐENJA (ODVIJA U TAKTOVIMA)!

