



# OSNOVE DIGITALNE ELEKTRONIKE

## Digitalni logički sklopovi

Zdravko Kunić  
zdravko.kunic@algebra.hr



# Digitalni logički sklopovi

Ishod 3 Primijeniti aksiome i teoreme Booleove algebre. Minimirati (pojednostaviti) složenu logičku funkciju primjenom pravila Booleove algebre.

# Sadržaj predavanja

- Obrada digitalnih podataka
- Logika sudova
- Logičke funkcije
- Simboli i elektroničke izvedbe elementarnih digitalnih sklopova

# Obrada digitalnih podataka

- Podaci:
  - brojevi
  - Znakovi (simboli)
- Obrada brojeva → aritmetičke operacije
- Obrada znakova → zapis, sortiranje, pretraživanje
  
- Npr. zbrajanje binarnih znamenaka:
  - Ako je  $(A = 1 \text{ i } B = 0)$  onda je  $(A+B) = 1$

# Obrada digitalnih podataka

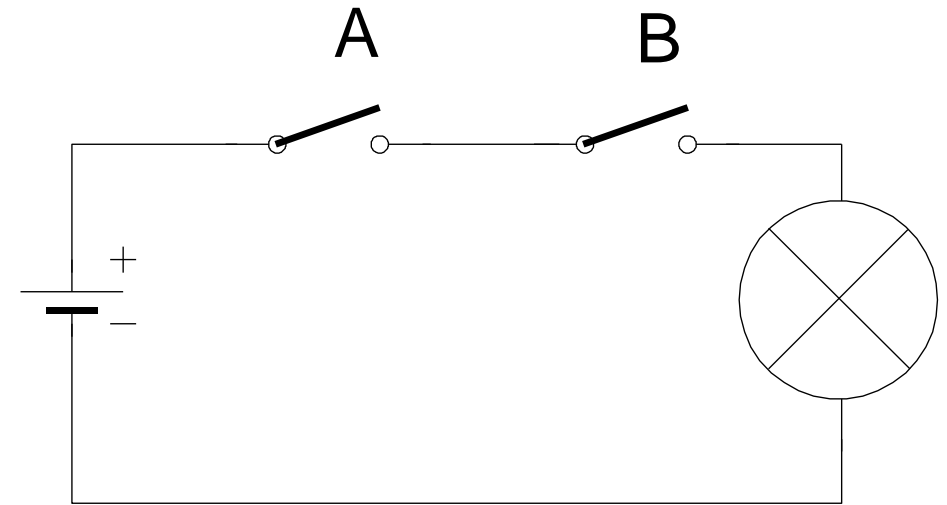
- Logičko zaključivanje na temelju unaprijed poznatih činjenica
- Logički procesi izraženi su govornim jezikom
  - **ako, i, ili, ne, onda, inače**
- Za obradu podataka koristimo **logičke sklopove**
  
- Teorijska podloga → logika sudova
- Matematička analiza → George **Boole**, 1847.
- Analiza el./meh. sklopova → Claude Elwood **Shannon**, 1938.

# Logika sudova

- **Elementarni sud**  $\rightarrow$  tvrdnja, afirmativna rečenica
  - npr. “sklopka je uključena”
- Vrijednost suda:
  - **Točan** (istinit)  $\rightarrow$  T
  - **Netočan** (neistinit)  $\rightarrow$  **L**
- **Elementarni sudovi**
  - oznake: A, B , ...  $\rightarrow$  logičke varijable
- **Složeni sud**
  - elementarni sudovi povezani logičkim vezama  $\rightarrow$  logička funkcija  $f$

# Logička **|** funkcija

- Sklopke A i B imaju samo dva moguća stanja:
  - uključeno/isključeno
- Za svaki od prekidača A i B mogu se formulirati sljedeći sudovi koje je iz praktičnih razloga prikladno označiti jednim slovom:
  - “sklopka A je uključena” =  $A$
  - “sklopka B je uključena” =  $B$
  - “žarulja svijetli” =  $f$



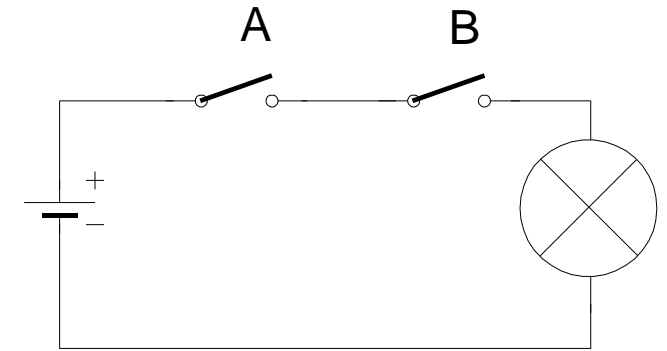
$$A \mid B = f$$

# Tablica kombinacija

- Tablica kombinacija logičke funkcije **|**
  - tablica istinitosti, tablica točnosti, engl. *truth table*
- $T \sim 1$ ,  $\perp \sim 0$ 
  - simbol  $\sim$  znači “odgovara”, “pridružuje se”

**Ako je (A = točno) i (B = točno)  
onda (f = točno)  
inače (f = netočno)**

$$A \mid B = f$$



A	B	f
$\perp$	$\perp$	$\perp$
$\perp$	T	$\perp$
T	$\perp$	$\perp$
T	T	T



# Tablica kombinacija u binarnoj notaciji

- Matematičke notacije I-funkcije (logički produkt, konjunkcija)

$$f = A \wedge B$$

$$= A \& B$$

$$= A \cap B$$

$$= A \cdot B$$

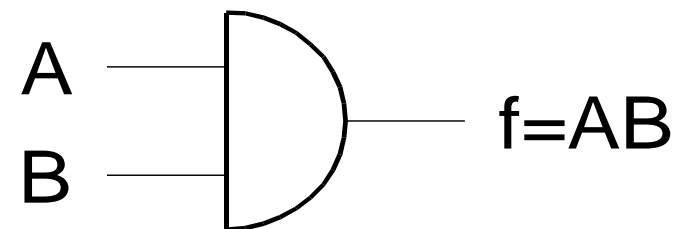
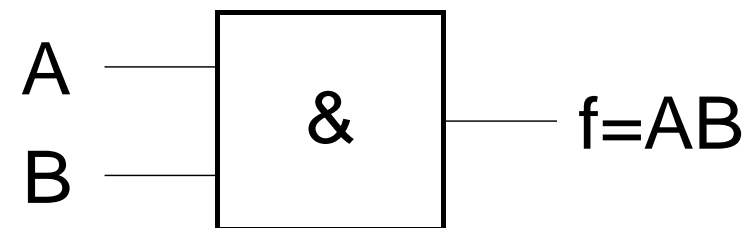
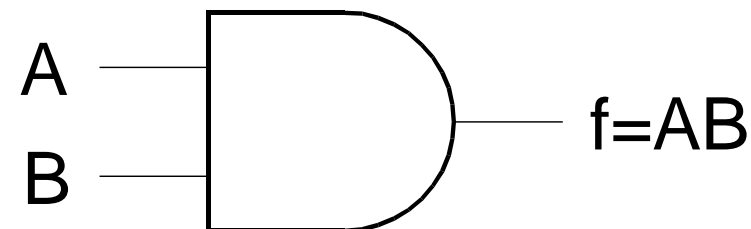
$$= AB$$

A	B	f
⊥	⊥	⊥
⊥	T	⊥
T	⊥	⊥
T	T	T

A	B	f
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# Simboli I-sklopa

- karakteristični simbol, ameriški vojni standard Mil-STD-806B
- mednarodni standard IEC/ISO, DIN 40900 ANSI/IEEE 91-1984
- stari standard DIN

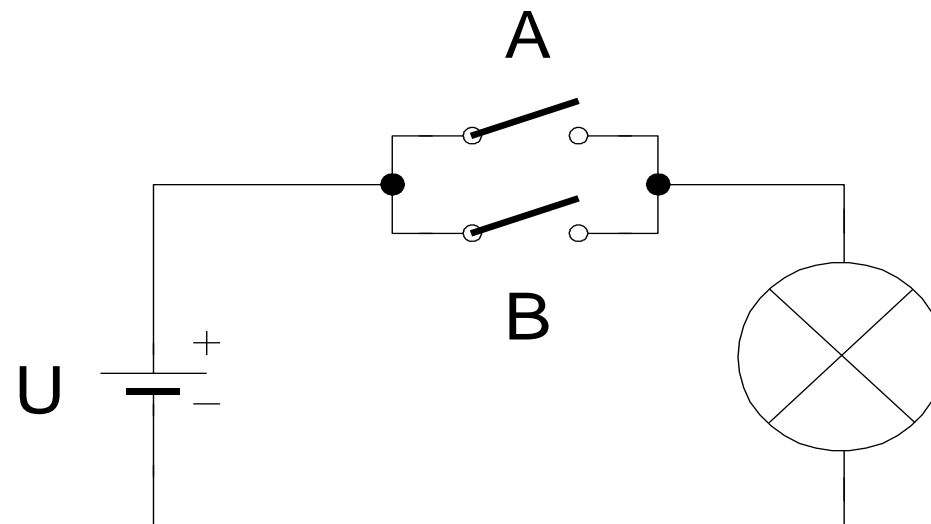


# Logička **ILI** funkcija

- Logički sudovi:
  - “sklopka  $A$  je uključena” =  $A$
  - “sklopka  $B$  je uključena” =  $B$
  - “žarulja svijetli” =  $f$

**Ako** je ( $A =$  točno) **ili** ( $B =$  točno)  
**onda** ( $f =$  točno)  
**inače** ( $f =$  netočno)

$$A \text{ ILI } B = f$$



A	B	f
⊥	⊥	⊥
⊥	T	T
T	⊥	T
T	T	T

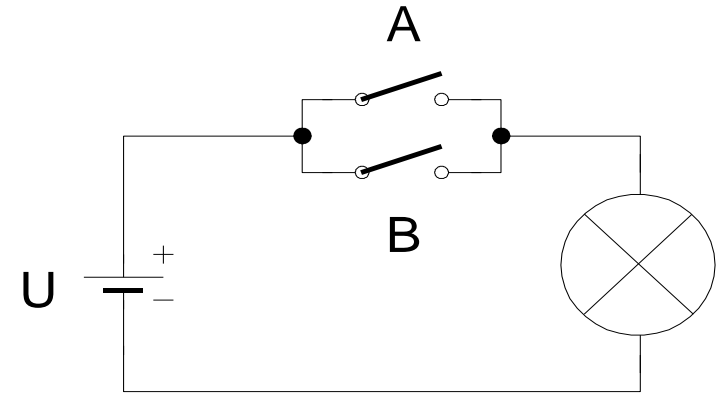
# Logička **ILI** funkcija

- Matematičke notacije  
**ILI**-funkcije (disjunkcija)

$$\begin{aligned}f &= A \vee B \\ &= A \cup B \\ &= A + B\end{aligned}$$

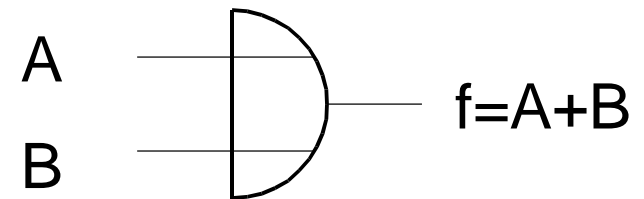
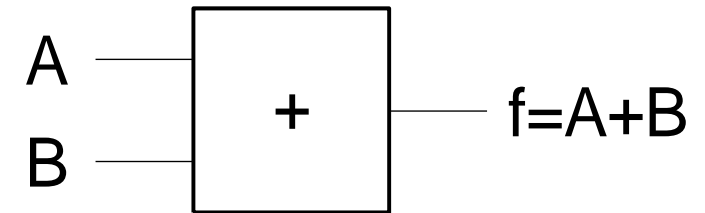
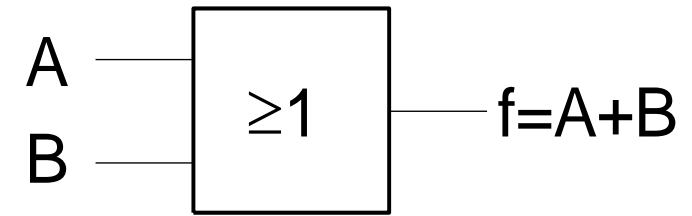
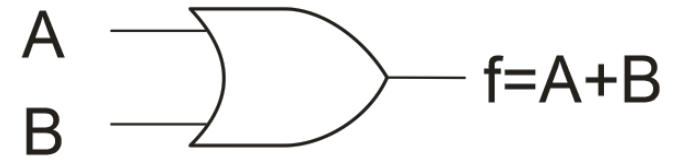
A	B	f
⊥	⊥	⊥
⊥	T	T
T	⊥	T
T	T	T

A	B	f
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



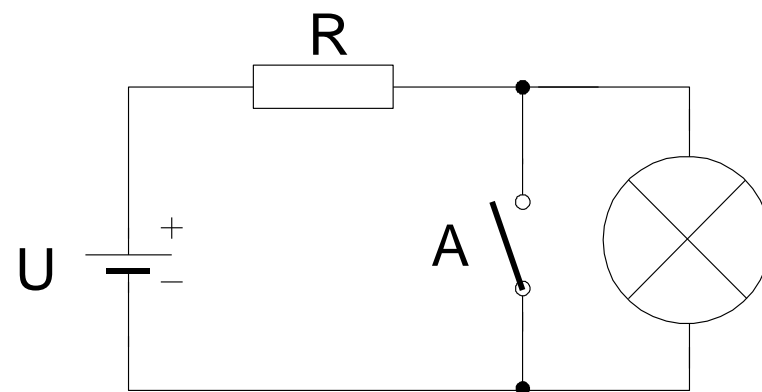
# Simboli ILI-sklopa

- karakteristični simbol, američki vojni standard
- međunarodni standard IEC/ISO
  - DIN 40900
  - ANSI/IEEE 91-1984
- stari standard DIN



# Logička funkcija **NE**

- komplement, inverzija, logička negacija
- Algoritamski:
  - ako** ( $A = \text{točno}$ )
  - onda** ( $f = \text{netočno}$ )
  - inače** ( $f = \text{točno}$ )



**NE** “sklopka  $A$  je uključena” = “žarulja svijetli”

# Logička funkcija **NE**

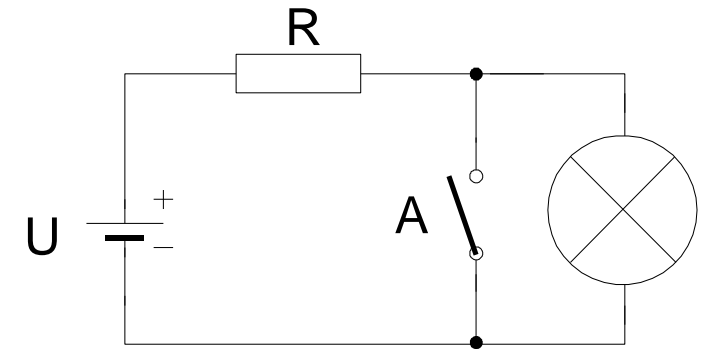
- Matematičke notacije **NE**-funkcije

$$f = NE A$$

$$= \neg A$$

$$= A'$$

$$= \bar{A}$$

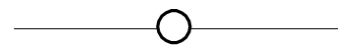


A	f
⊥	T
T	⊥

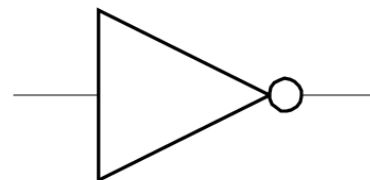
A	f
0	1
1	0

# Simboli NE-sklopa

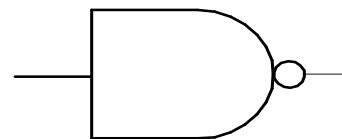
- Opći simbol za negaciju



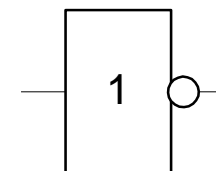
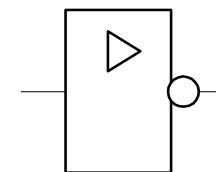
- Karakteristični simbol



- Još jedan karakteristični simbol



- Međunarodni standard IEC/ISO







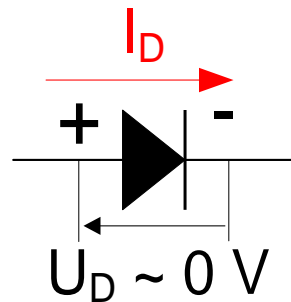
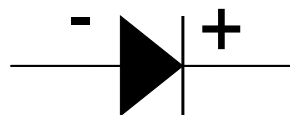
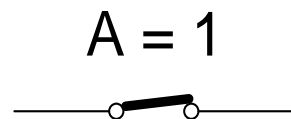
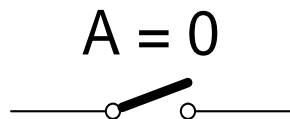
# Elektroničke izvedbe elementarnih sklopova

# Naponska logika

- Način realiziranja logičkih funkcija u kojem su logičke varijable predstavljene s dvije naponske razine.
- **Električni napon** je fizikalna veličina koja predstavlja razliku električnog potencijala između dvije točke
  - uobičajeno se označava slovom **U**
- Mjerna jedinica za napon je **volt**
  - označava se slovom **V**

# Dioda

- Elektronička komponenta koja vodi struju samo u jednom smjeru
  - Radi jednostavnosti ćemo pretpostaviti da su diode idealne, tj. da im je otpor jednak nuli kad vode, a beskonačan kad ne vode
  - Kad dioda vodi struju, pad napona (razlika potencijala između pinova) je jednak nuli, što znači da je naponska razina jednaka s obje strane diode

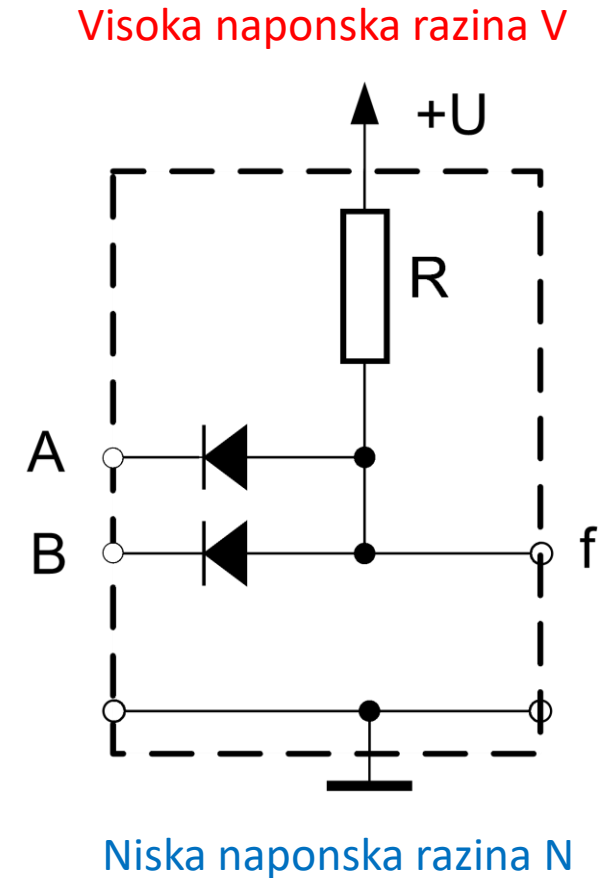


$I_D$  = jakost struje kroz diodu  
 $U_D$  – pad napona na diodi

# I-sklop – diodna izvedba

Napon na izlazu ( $f$ ) je posljedica naponskih razina na ulazima ( $A, B$ ):

- Na ulazu su oba signala na niskoj razini  $N$  (0):
  - kroz diode teče struja (diode vode)
  - na izlazu je napon  $N$  (0)
- Jedan ulaz  $N$  (0), drugi  $V$  (1):
  - vodi jedna od dioda
  - na izlazu je napon  $N$  (0)
- Oba ulaza na visokoj razini  $V$  (1):
  - diode ne vode, na izlazu je napon  $V$  (1)

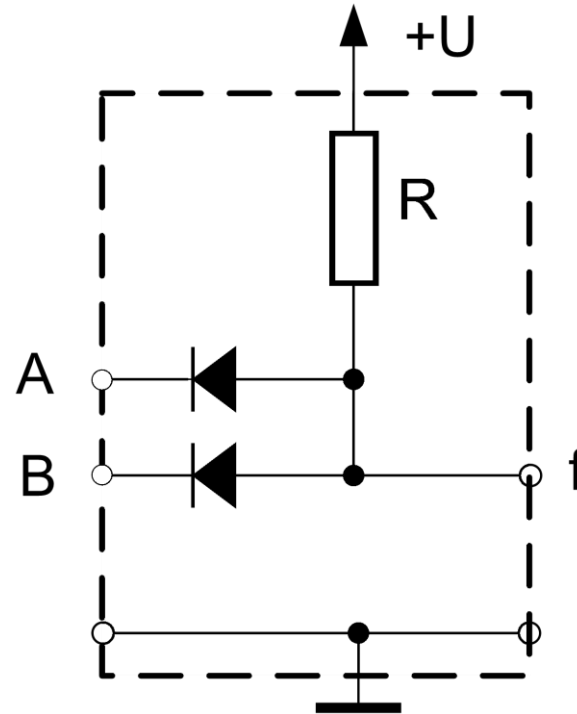


# I-sklop – diodna izvedba

## Diodna izvedba u naponskoj logici

- $V \sim +U$ ,  $N \sim 0 V$
- Binarna značenja
  - N: **0**, V: **1**

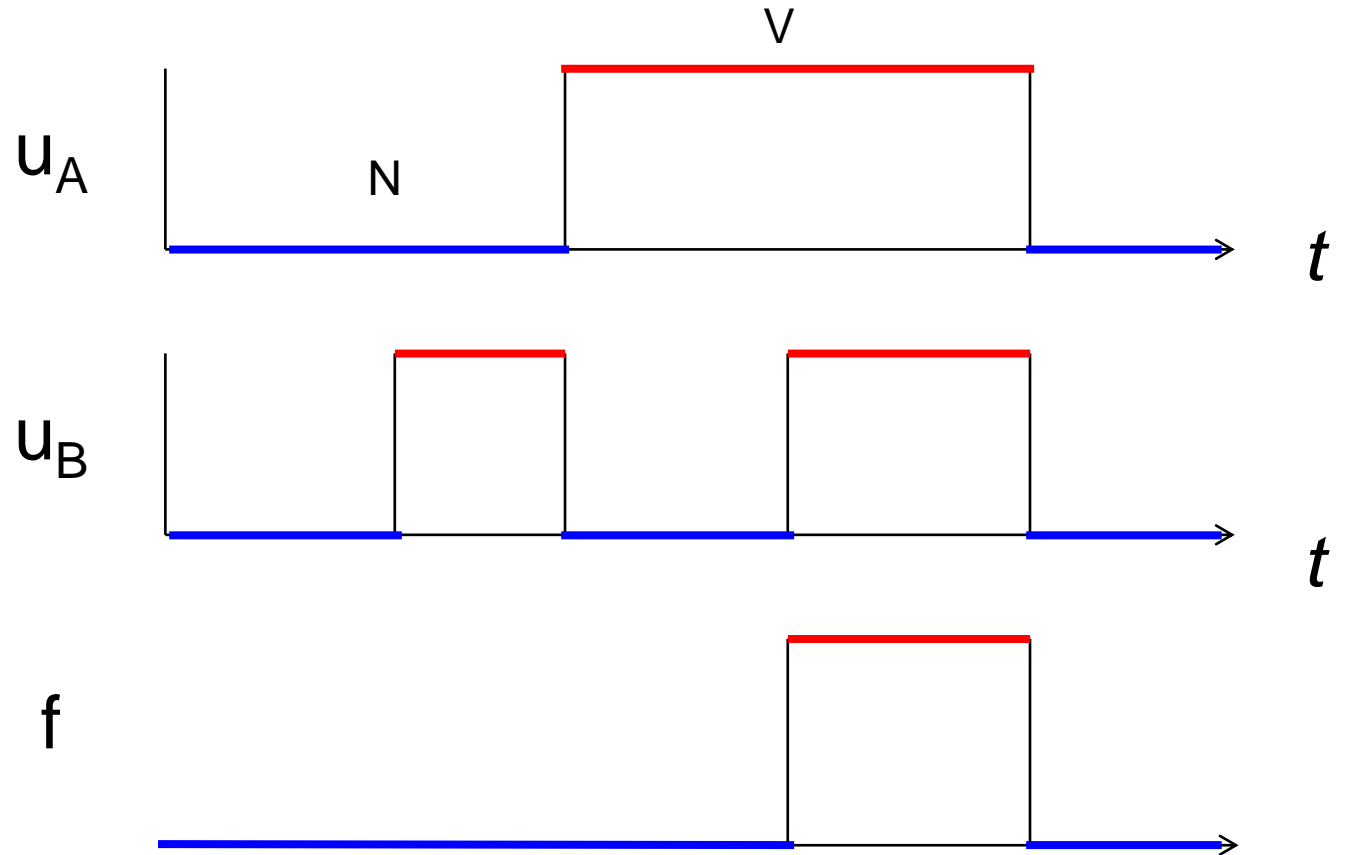
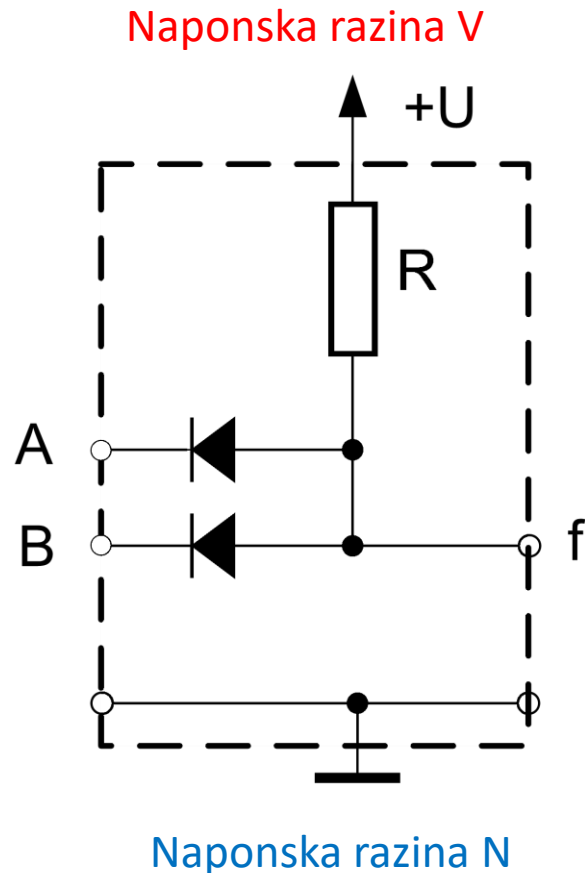
V = Visoka naponska razina  
N = Niska naponska razina  
+U = napon napajanja sklopa



A	B	f
N	N	N
N	V	N
V	N	N
V	V	V

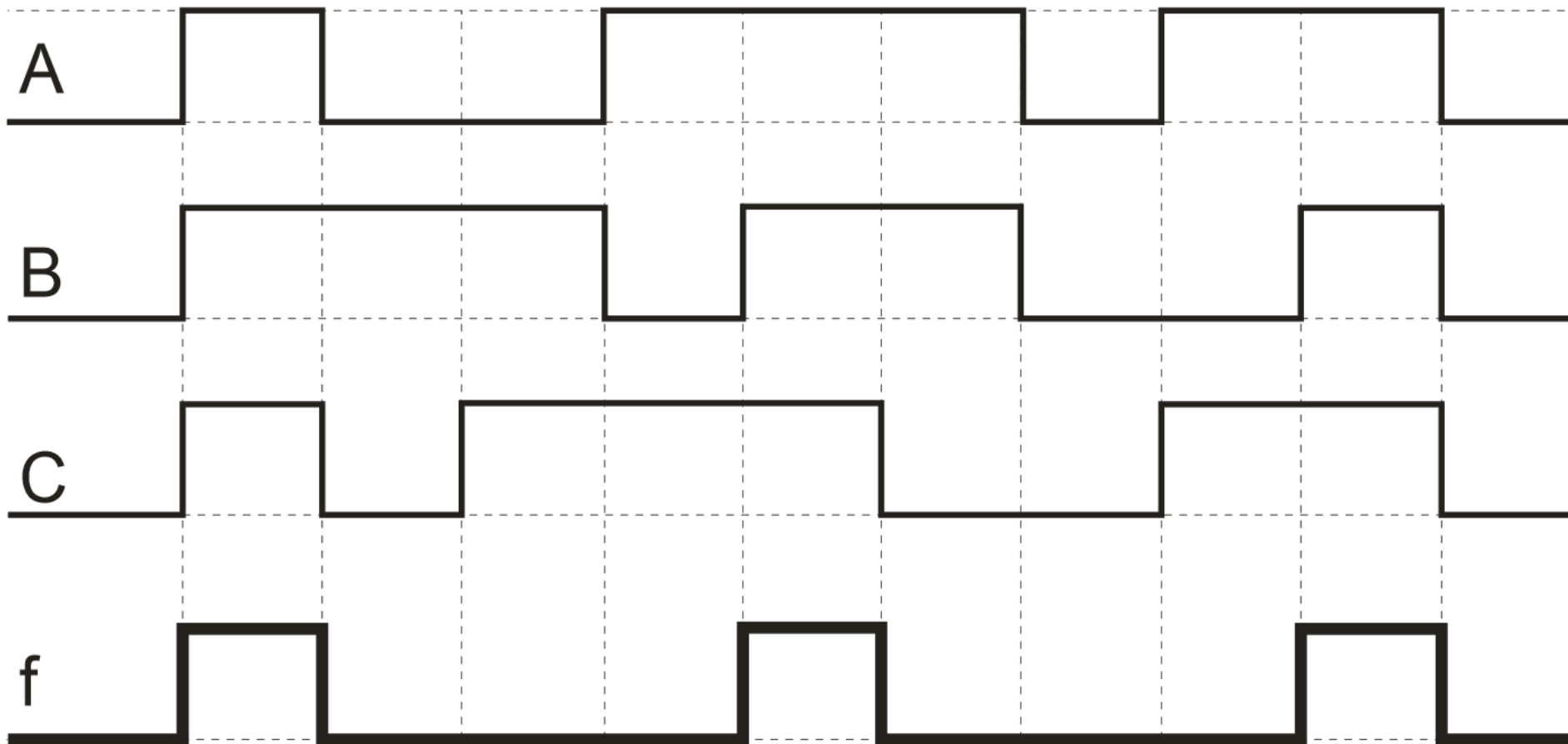
A	B	f
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# I-sklop – primjer vremenskog dijagrama



$u_A$  = naponska razina na ulazu A,  $u_B$  = naponska razina na ulazu B

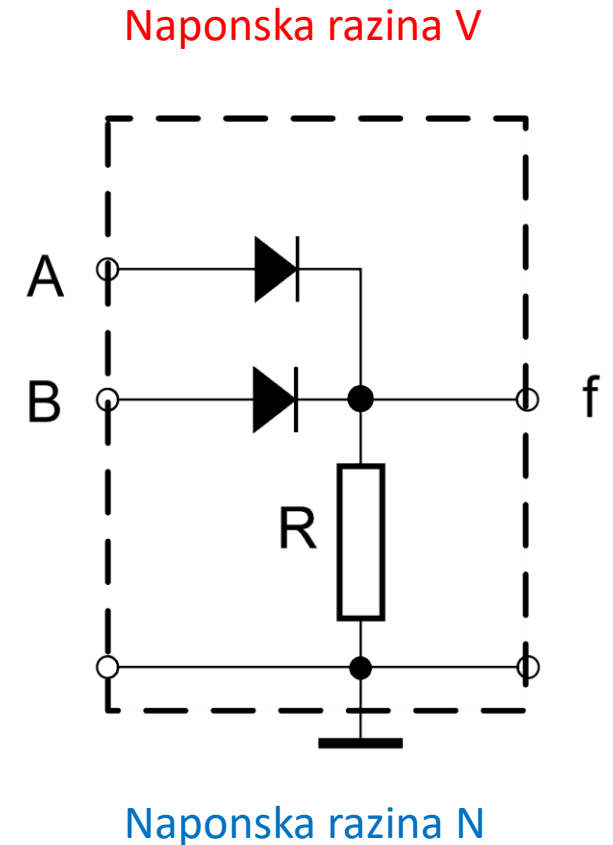
# Vremenski dijagram I-sklopa s 3 ulaza



# ILI-sklop – diodna izvedba

Napon na izlazu ( $f$ ) je posljedica naponskih razina na ulazima ( $A, B$ ):

- Na ulazu su oba signala na niskoj razini  $N$  (0):
  - kroz diode ne teče struja (diode ne vode)
  - na izlazu je napon  $N$  (0)
- Jedan ulaz  $N$  (0), drugi  $V$  (1):
  - vodi jedna od dioda
  - na izlazu je napon  $V$  (1)
- Oba ulaza na visokoj razini  $V$  (1):
  - Obje diode vode, na izlazu je napon  $V$  (1)





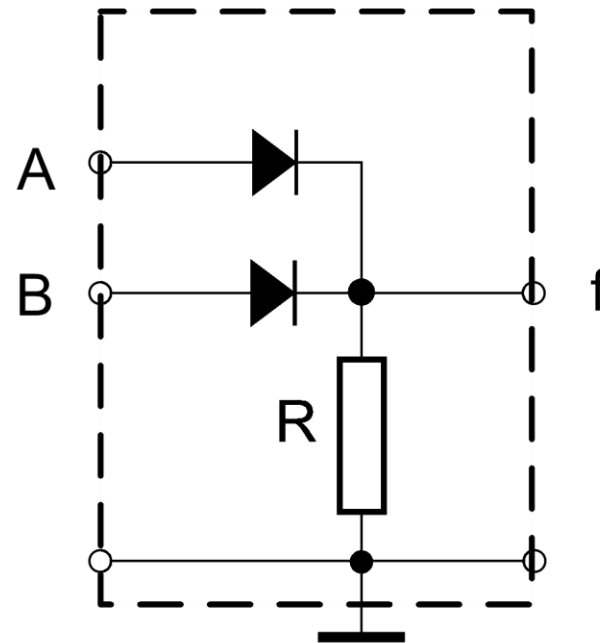
# ILI-sklop – diodna izvedba

## Diodna izvedba u naponskoj logici

- $V \sim +U$ ,  $N \sim 0 V$
- Binarna značenja
  - N: **0**, V: **1**

V = Visoka naponska razina

N = Niska naponska razina

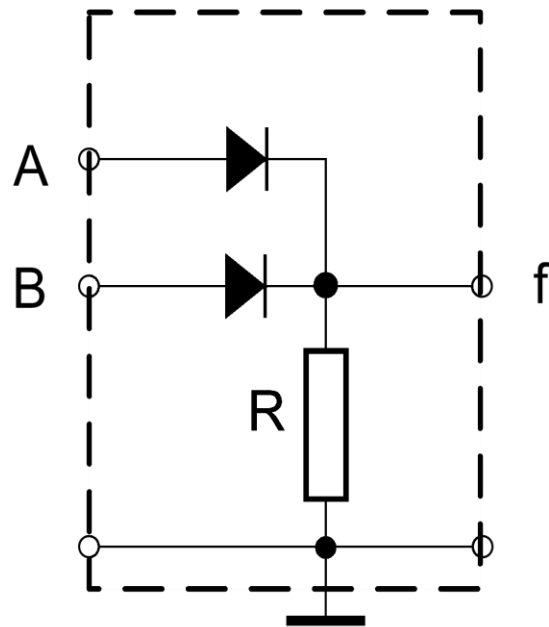


A	B	f
N	N	N
N	V	V
V	N	V
V	V	V

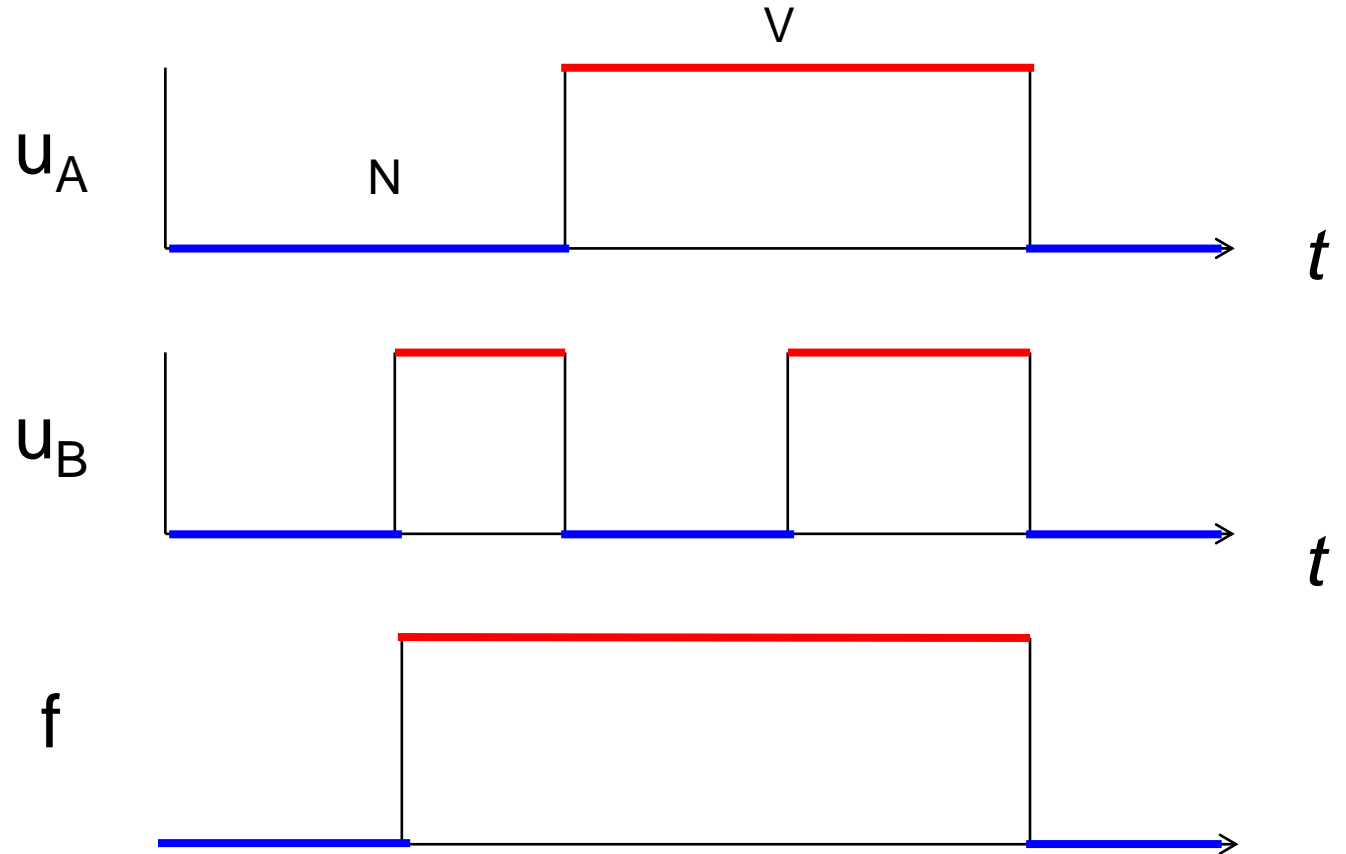
A	B	f
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

# ILI-sklop – vremenski dijagram

Naponska razina V

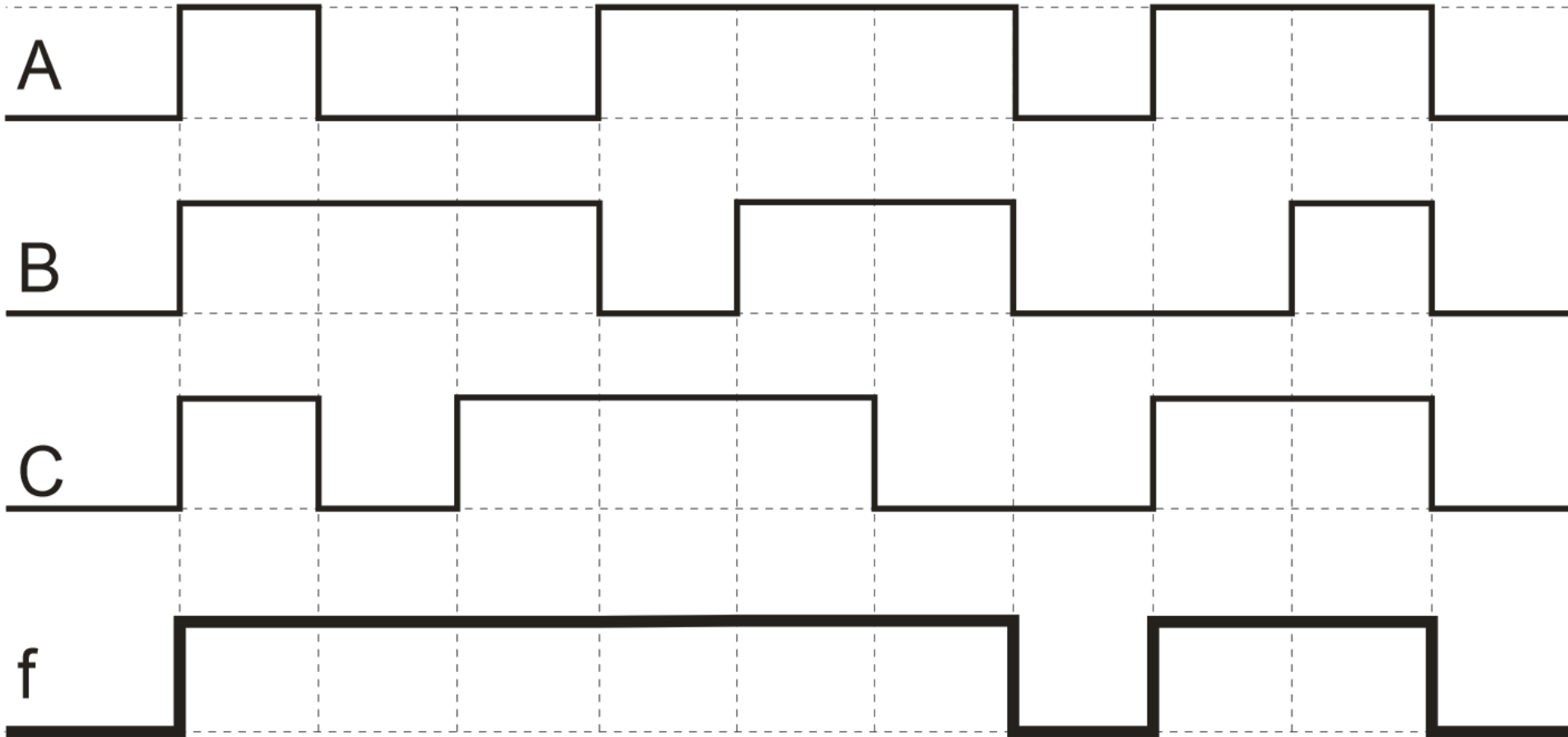


Naponska razina N



$u_A$  = naponska razina na ulazu A,  $u_B$  = naponska razina na ulazu B

# Vremenski dijagram ILI-sklopa s 3 ulaza



# Invertor (NE sklop) – tranzistorska izvedba

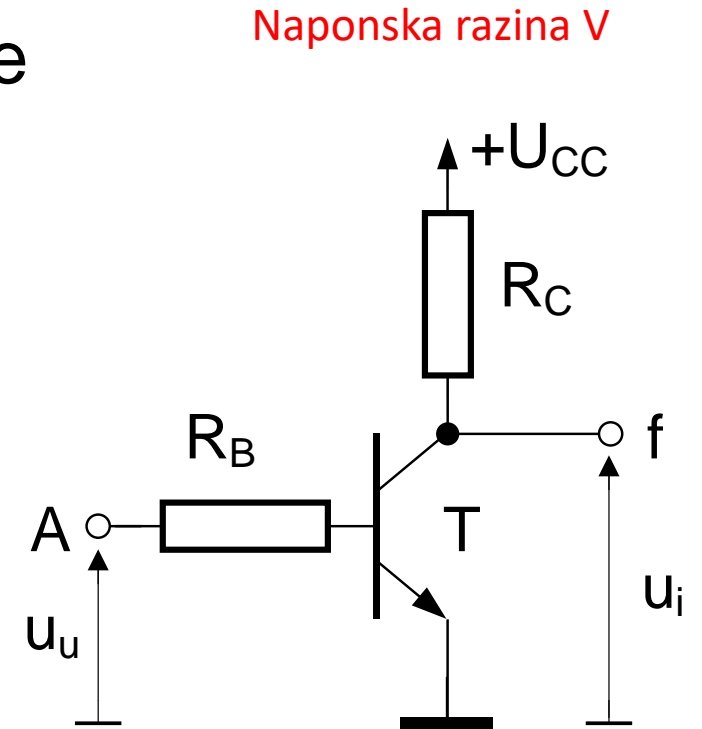
Napon na izlazu (f) je posljedica naponske razine na ulazu (A):

a) Na ulazu je signal na niskoj razini N (0):

- Tranzistor je isključen (ne vodi)
- na izlazu je napon V (1)

b) Na ulazu je signal na visokoj razini V (1):

- Tranzistor je u zasićenju (vodi)
- na izlazu je napon N (0)

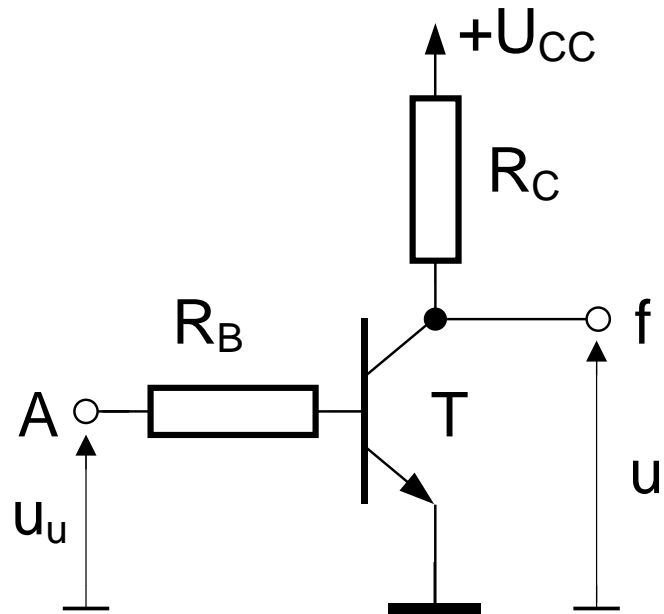


Naponska razina N

# Invertor (NE sklop) – tranzistorska izvedba

## Tranzistorska izvedba u naponskoj logici

- $V \sim +U_{CC}$ ,  $N \sim 0 V$
- Binarna značenja
  - N: **0**, V: **1**



A	f
N	V
V	N

A	f
0	1
1	0

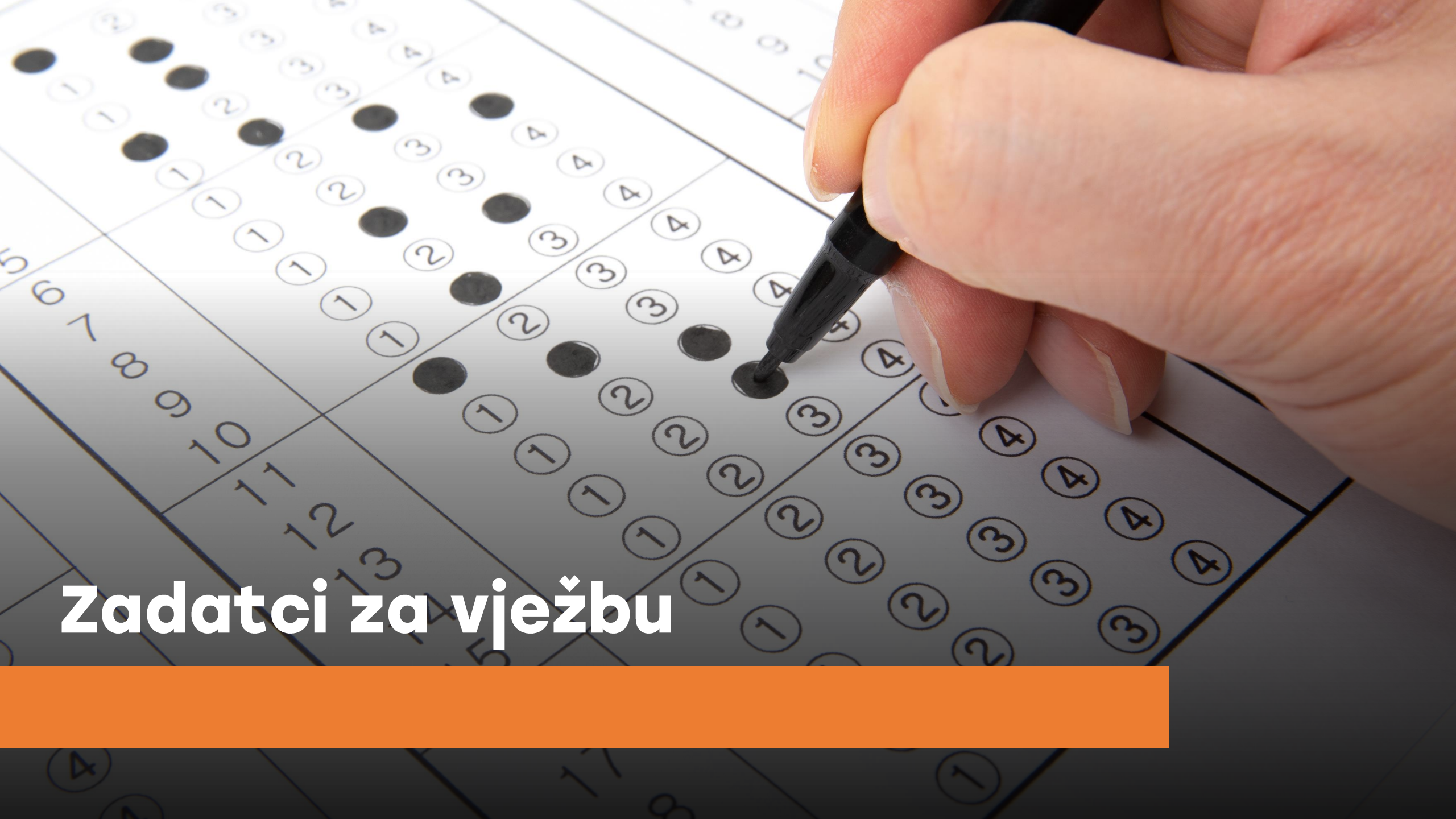
V = Visoka naponska razina

N = Niska naponska razina

$+U_{CC}$  = napon napajanja sklopa



# Digitalni logički sklopovi



# Zadatci za vježbu

# Zadatak

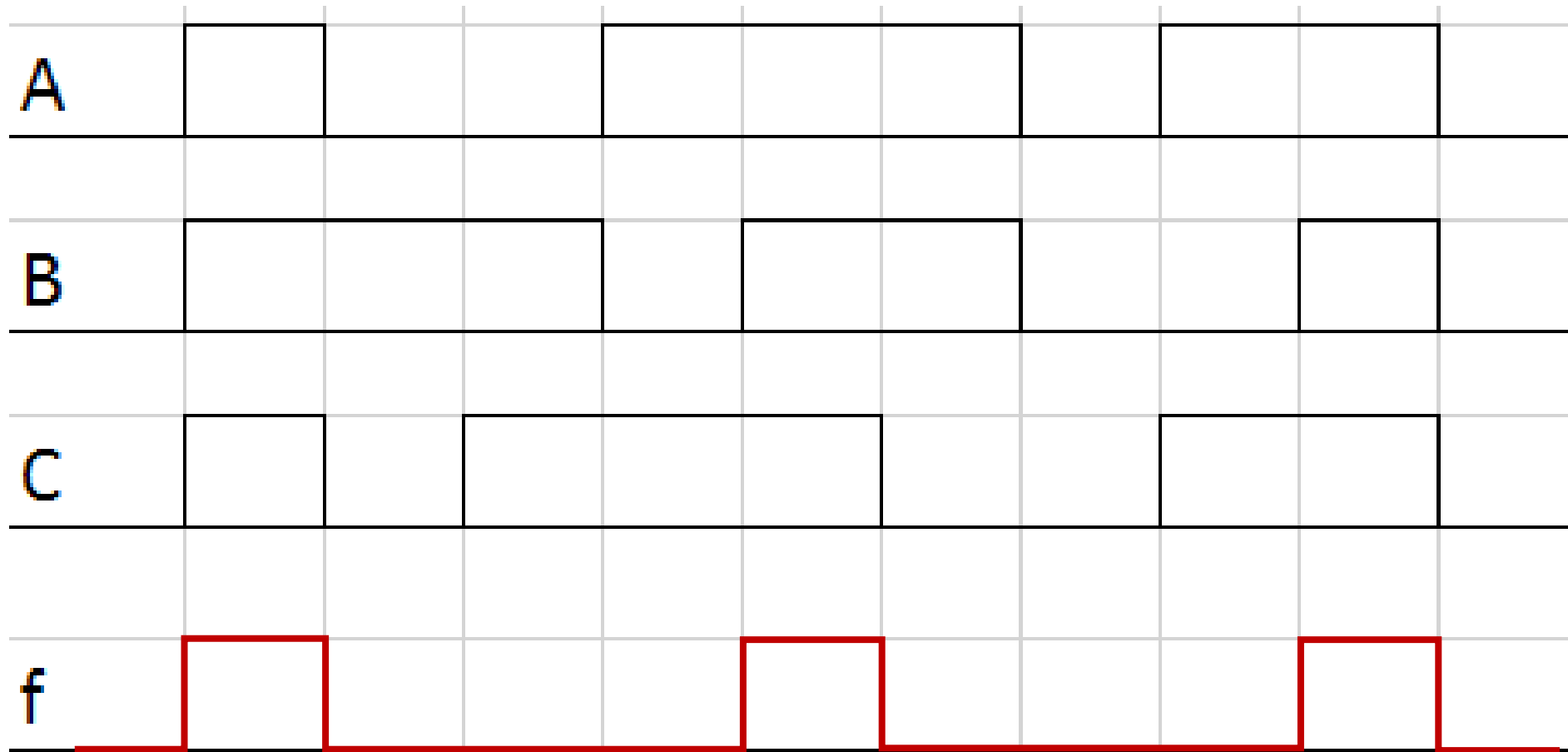
# I-sklop $f=?$

A									
B									
C									
f									



# Rješenje

I-sklop  $f=?$



# Zadatak

# ILI-sklop $f=?$

A									
B									
C									
f									

# Rješenje

# ILI-sklop $f=?$

A									
B									
C									
f									

# Zadatak

# I-sklop $f=?$

A										
B										
C										
D										
f										

# Rješenje

# I-sklop, $f=?$

A										
B										
C										
D										
f										

# Zadatak

# ILI-sklop $f=?$

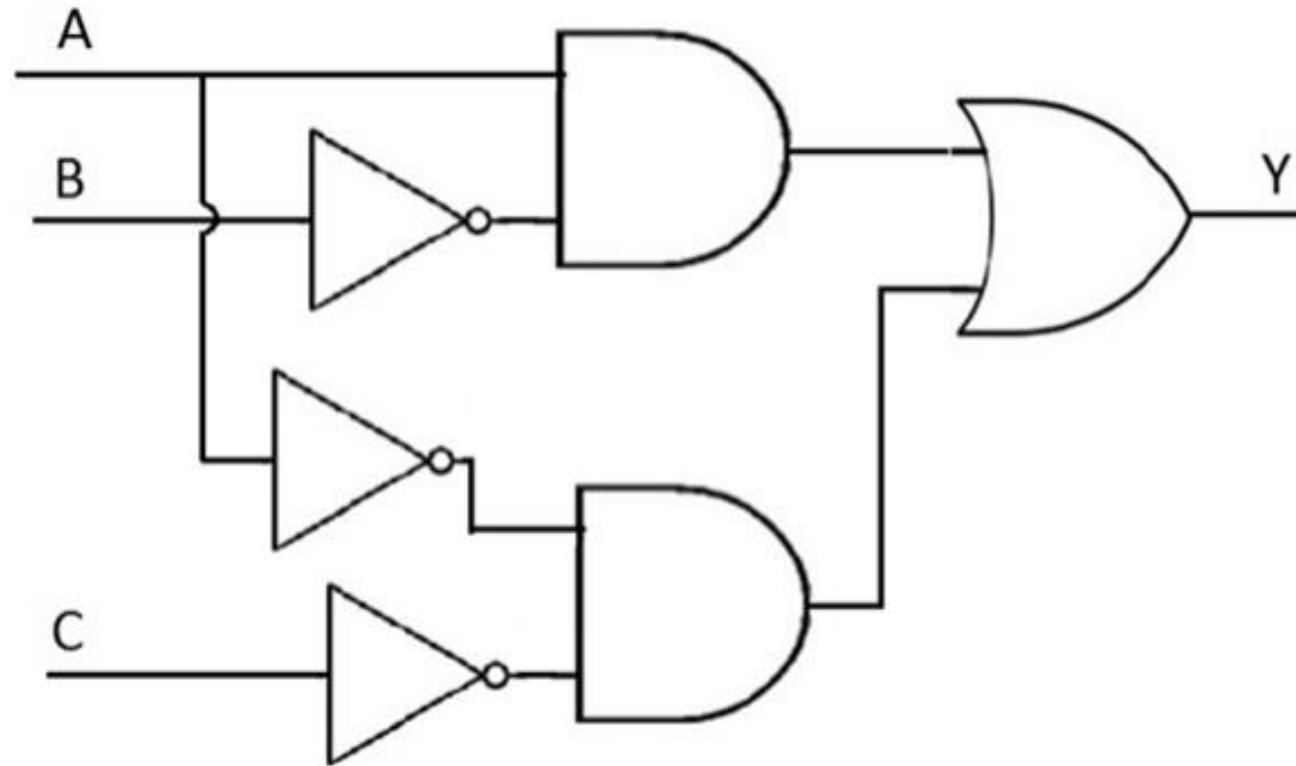
A										
B										
C										
D										
f										

# Rješenje

# ILI-sklop $f=?$

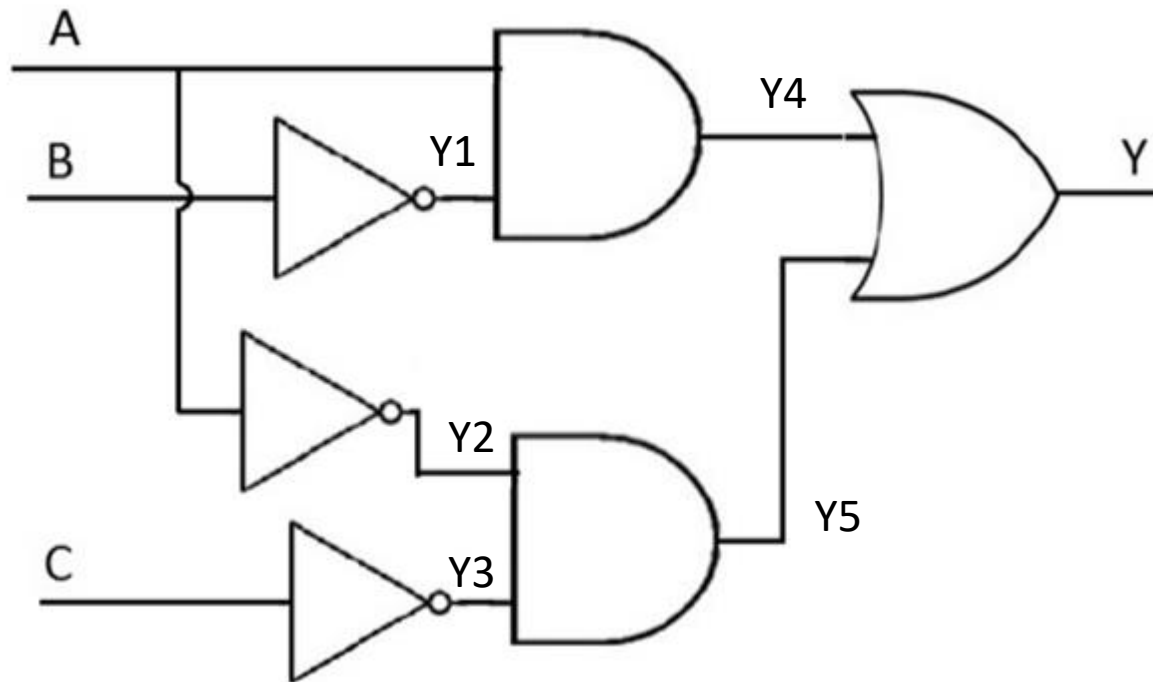
A									
B									
C									
D									
f									

# Kreirajte tablicu stanja za prikazani sklop





# Rješenje



A	B	C	Y1 B'	Y2 A'	Y3 C'	Y4 A·Y1	Y5 Y2·Y3	Y
0	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0

# LITERATURA:

- Uroš Peruško: Digitalni sustavi
  - Str. 79 - 89