



Digitalna vezja UL, FRI

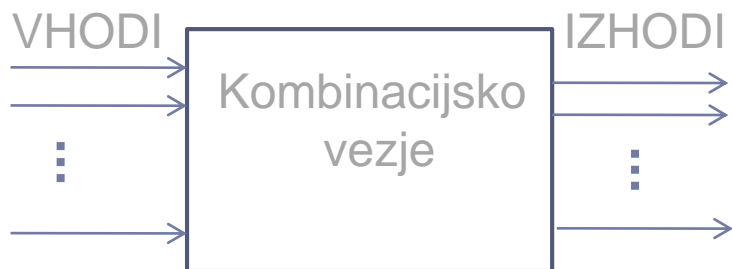


P7 Sekvenčna vezja (1)

Sekvenčna vezja

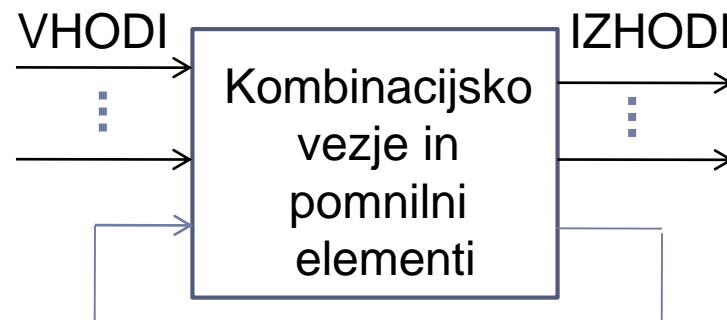
KOMBINACIJSKO VEZJE

- izhod je funkcija vhodov



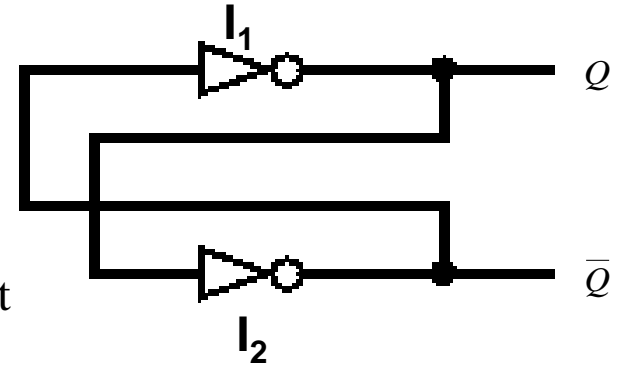
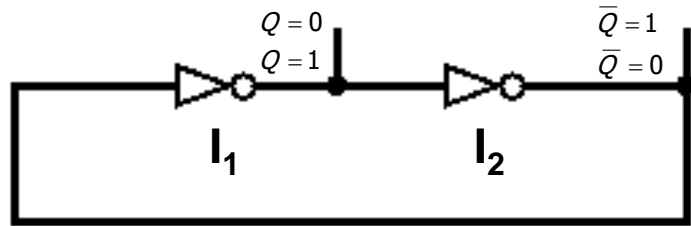
SEKVENČNO VEZJE

- trenutni vhodi
- zgodovina prejšnjih vhodov



- Kombinacijsko ali odločitveno vezje – določa naslednja stanja in izhode
- Pomnilno vezje – shranjena so stanja, ki hranijo zgodovino prejšnjih vhodov
- Delovanje:
 - Sinhronska vezja – urin signal
 - Asinhronska vezja
- Primeri: števc, registri, krmilniki, semaforji, ...

Povratna vezava (vrata NOT)

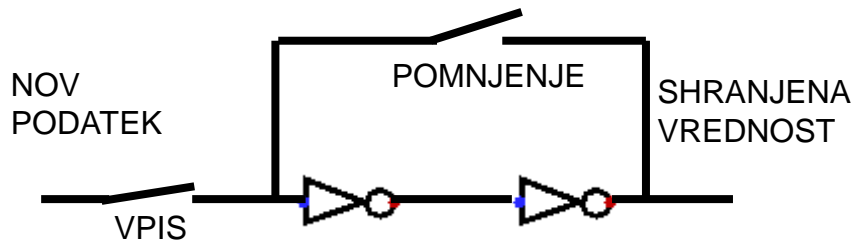


- Hrani se 1 bit INFORMACIJE – bistabilni element
- Izhod $I_1 = 0 \rightarrow I_2$ ima na vhodu 0, izhod $I_2 = 1$
- Izhod $I_1 = 1 \rightarrow I_2$ ima na vhodu 1, izhod $I_2 = 0$

Problem: Kako spraviti podatek v takšen pomnilni element?

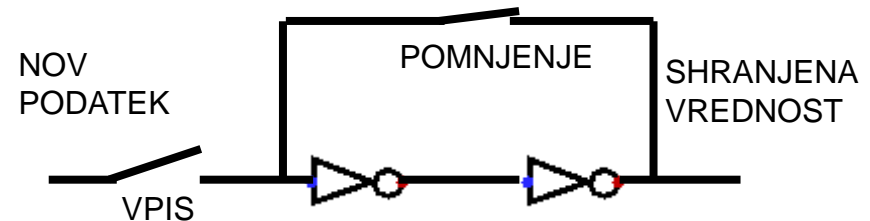
Nov podatek:

- VPIS – zaprto stikalo
- POMNENJE – odprto stikalo

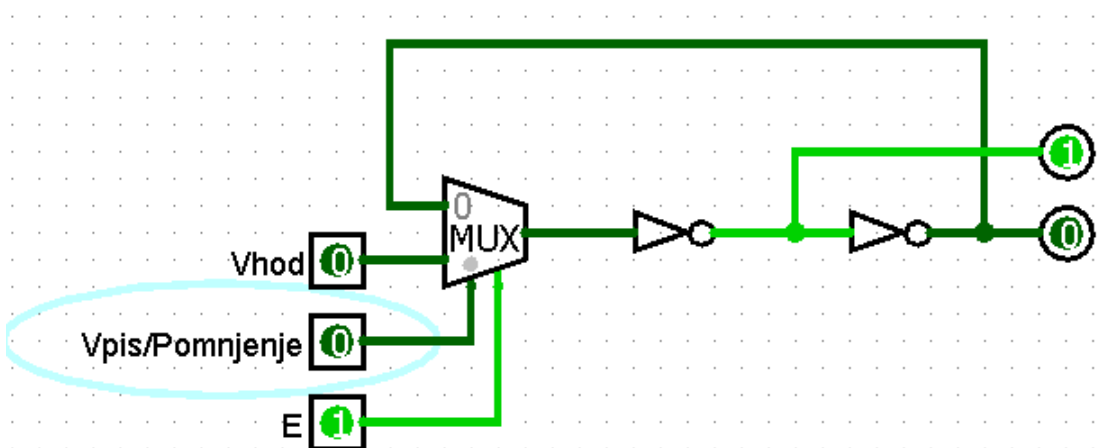
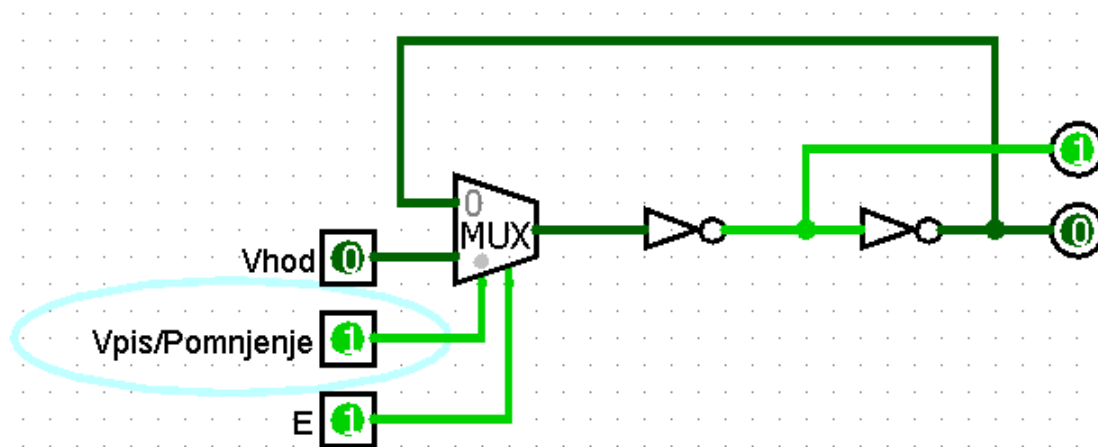


Shranjena vrednost:

- VPIS – odprto stikalo
- POMNENJE – zaprto stikalo

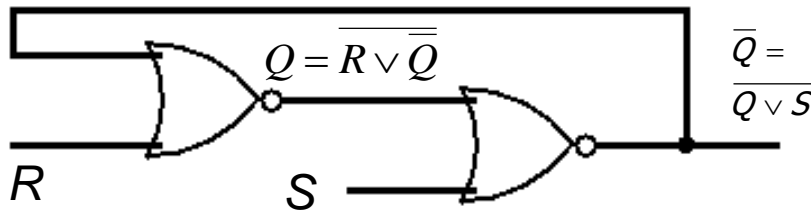


► neg_bistabilen element.circ



Zatič RS (vrata NOR)

- Zatič RS ali je podatkovno shranjevalno vezje za 1 bit informacije.
- Povratna vezava dveh NOR vrat
- Izhoda Q in negirani Q (oznaka $\sim Q$) se odzivata na trenutne spremembe na vseh vhodih.
- Kontrolna vhoda:
 - RESET (R) - izhod Q se postavi na 0 ($Q = 0, \sim Q = 1$)
 - SET (S) – izhod Q se postavi na 1 ($Q = 1, \sim Q = 0$)

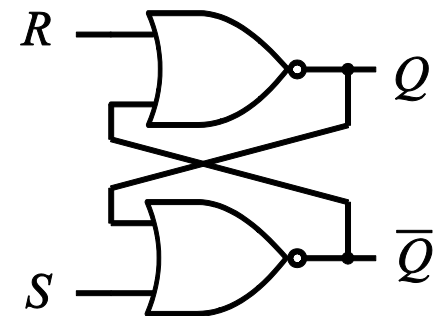


R=1 in S=1 - ??

Q(t) ali Q – trenutno stanje

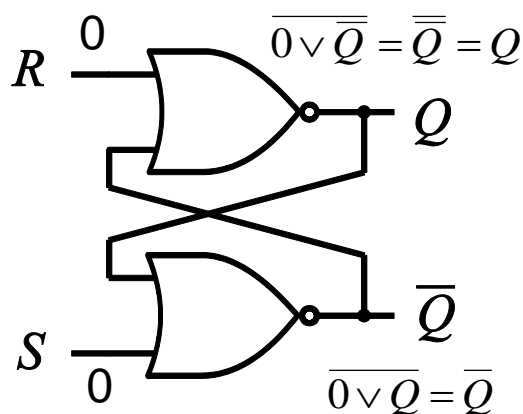
Q(t+1) - naslednje stanje

$$\begin{aligned} Q &= \overline{R \vee \overline{Q}} \\ &= \overline{R \vee (\overline{Q \vee S})} \\ &= \overline{R} \cdot \overline{(\overline{Q \vee S})} \\ &= \overline{R} \cdot (Q \vee S) \\ &= \overline{R} \cdot Q \vee \overline{R} \cdot S \end{aligned}$$

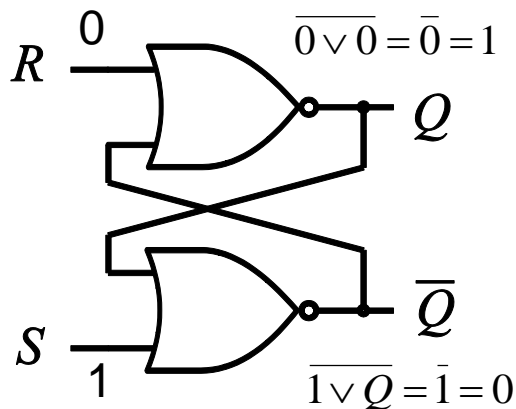


➤ Funkcija vezja:

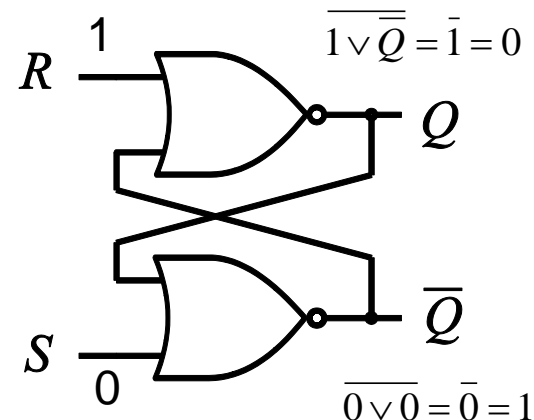
R=0, S=0 → Q se ohrani



R=0, S=1 → Q=1



R=1, S=0 → Q=0



R	S	Q(t)	Q (t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0,1-?
1	1	1	0,1-?

	R			
S	x	x	1	1
			1	
Q(t)				

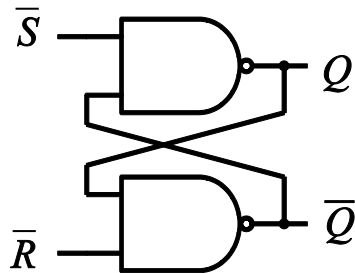
$$Q(t+1) = \bar{R}.Q(t) \vee \bar{R}.S$$

	R			
S	x	x	1	1
			1	
Q(t)				

$$Q(t+1) = S \vee \bar{R}.Q(t)$$

Zatič RS (vrata NAND)

- Zatič RS ali je podatkovno shranjevalno vezje za 1 bit informacije.
- Povratna vezava dveh NAND vrat
- Izhoda Q in negirani Q (oznaka $\sim Q$) se odzivata na trenutne spremembe na vseh vhodih.
- Kontrolna vhoda:
 - RESET ($\sim R$) - izhod Q se postavi na 0 ($Q = 0, \sim Q = 1$)
 - SET ($\sim S$) – izhod Q se postavi na 1 ($Q = 1, \sim Q = 0$)



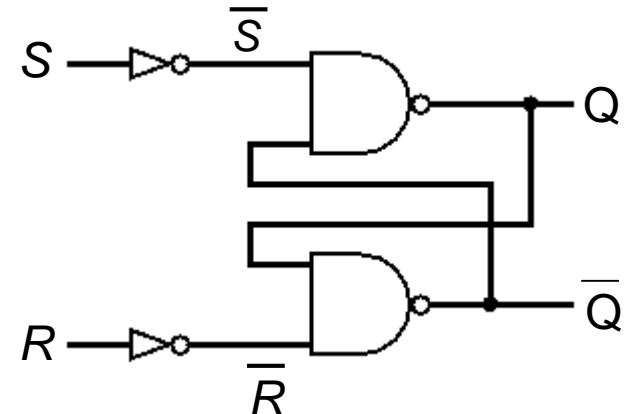
$$\begin{aligned} Q &= \overline{\overline{S} \cdot \overline{Q}} \\ &= \overline{\overline{S} \cdot (\overline{Q \cdot R})} \\ &= \overline{\overline{S}} \vee \overline{Q \cdot R} \\ &= S \vee \overline{R} \cdot Q \end{aligned}$$

R=0 in S=0 - ??

Q(t) ali Q – trenutno stanje

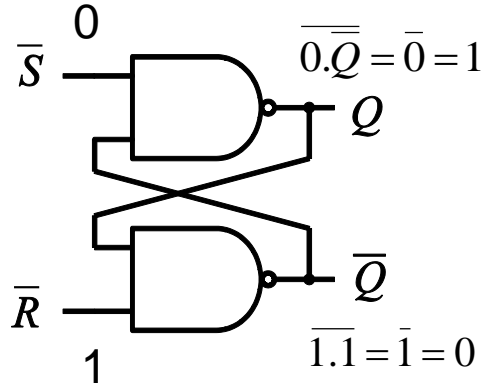
Q(t+1) - naslednje stanje

Na vseh vseh je dodan negator in
dobimo rešitev za vhoda R in S

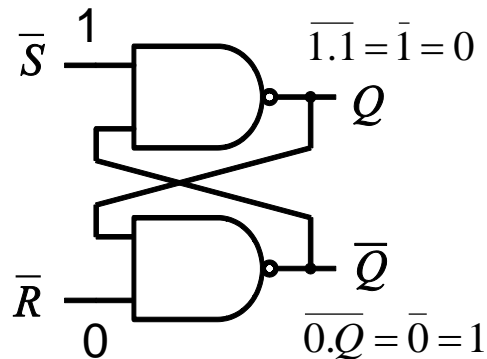


Zatič RS (vrata NAND)

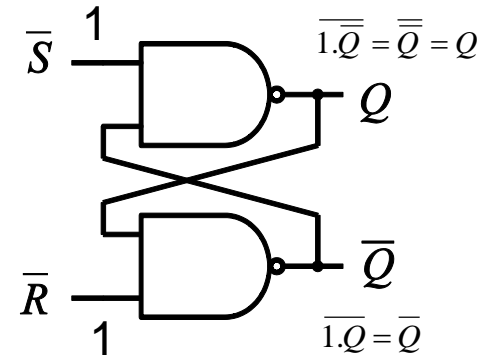
$$\bar{S} = 0, \bar{R} = 1 \rightarrow Q = 1$$



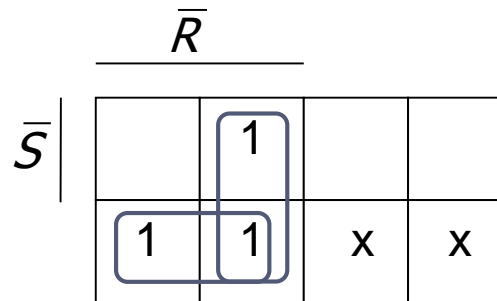
$$\bar{S} = 1, \bar{R} = 0 \rightarrow Q = 0$$



$$\bar{S} = 1, \bar{R} = 1 \rightarrow Q = Q$$

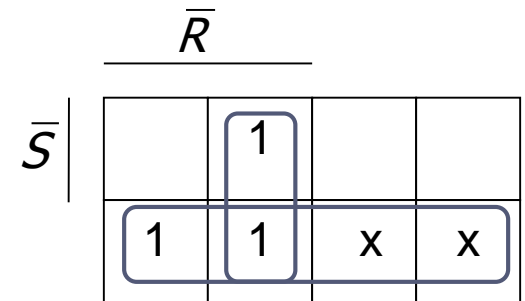


\bar{R}	\bar{S}	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0	0,1-?
0	0	1	0,1-?
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1



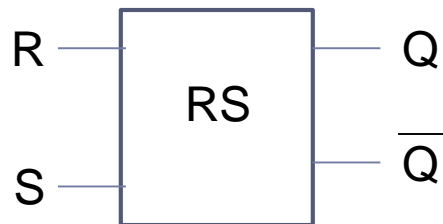
$Q(t)$

$$Q(t+1) = \bar{R} \cdot Q(t) \vee \bar{R} \cdot S$$



$Q(t)$

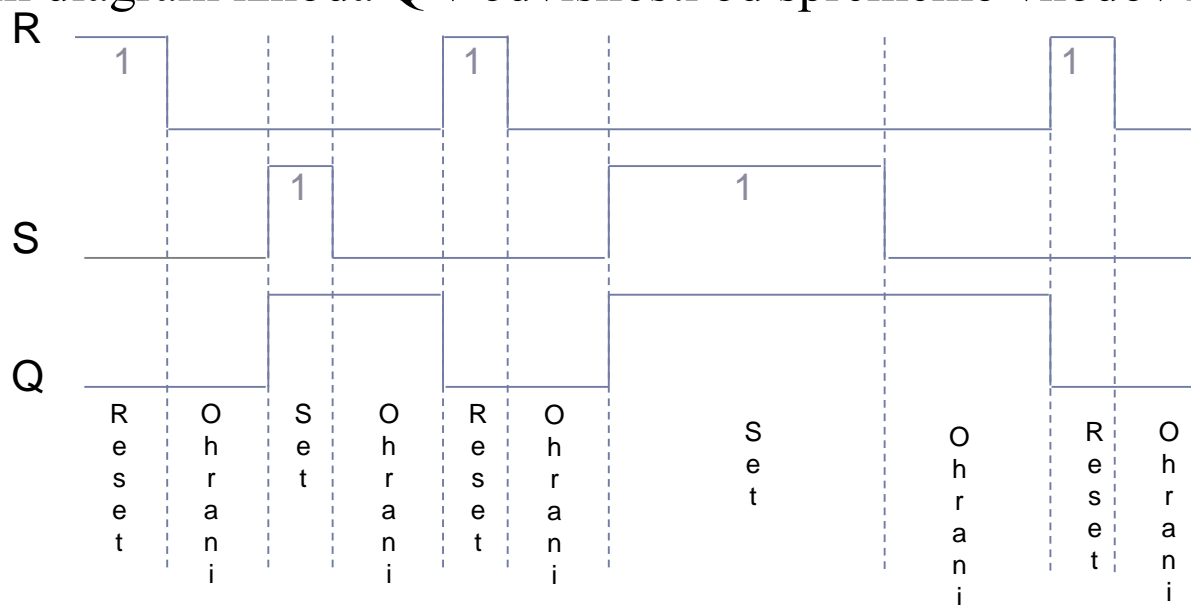
$$Q(t+1) = S \vee \bar{R} \cdot Q(t)$$



R	S	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	1
1	0	0
1	1	x (R.S=0)

\bar{R}	\bar{S}	Q(t+1)
0	0	x ($\bar{R} \vee \bar{S} = 0$)
0	1	0
1	0	1
1	1	Q(t)

Časovni diagram izhoda Q v odvisnosti od sprememb vhodov R in S



Pomnilne celice in pomnilne enačbe

RS

R	S	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	1
1	0	0
1	1	x

$$Q(t+1) = \bar{R}.Q(t) \vee \bar{R}.S$$

JK

J	K	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\bar{Q}(t)$

$$Q(t+1) = \bar{K}.Q(t) \vee J.\bar{Q}(t)$$

D

D	Q(t+1)
0	0
1	1

$$Q(t+1) = D$$

T

T (J=K)	Q(t+1)
0	Q(t)
1	$\bar{Q}(t)$

$$Q(t+1) = \bar{T}.Q(t) \vee T.\bar{Q}(t)$$

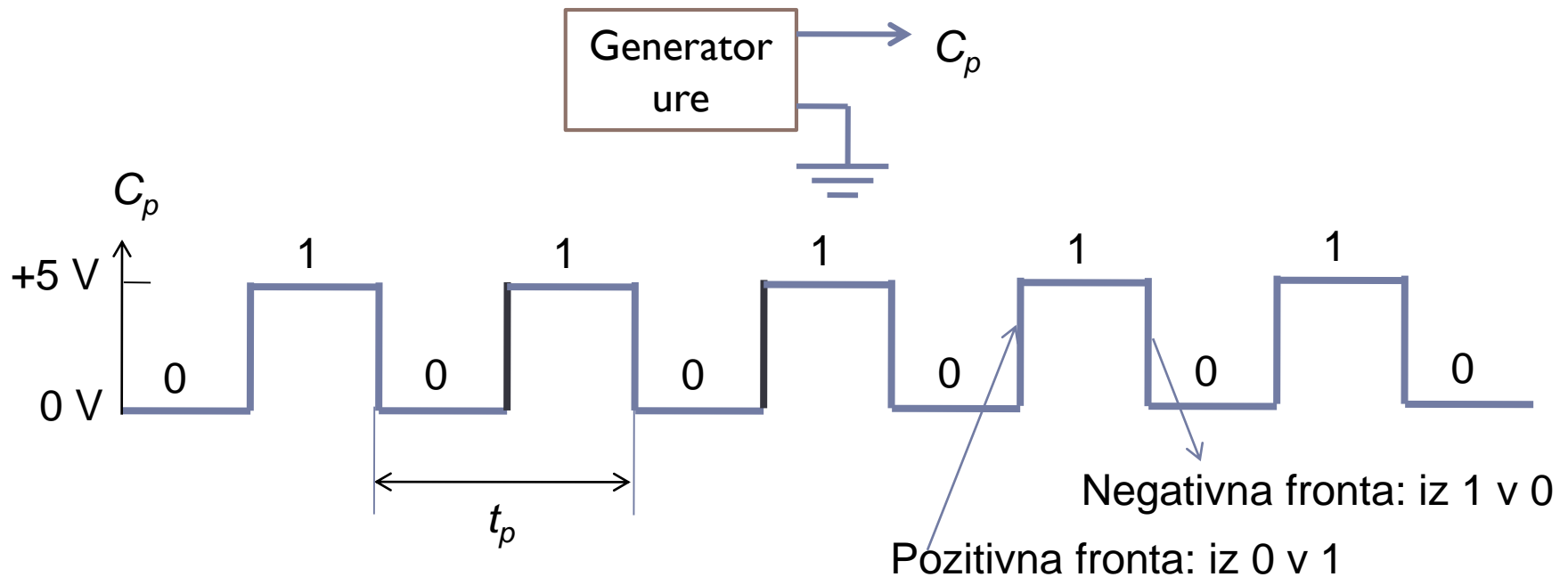
Vzbujevalna tabela

- Poznamo trenutno stanje – $Q(t)$ in naslednje stanje – $Q(t+1)$
- Določimo vhodne funkcije, ki zagotavljajo podane prehode 0 v 1 ali 1 v 0
- Za izračun uporabimo pomnilne tabele RS, JK, D in T pomnilnih celic na prejšnji prosojnici

$Q(t)$	$Q(t+1)$	R	S	J	K	D	T
0	0	X (0,1)	0	0	X (0,1)	0	0
0	1	0	1	1	X (0,1)	1	1
1	0	1	0	X (0,1)	1	0	1
1	1	0	X (0,1)	X (0,1)	0	1	0

Urin signal

- Periodični signal – ponavljajoče zaporedje ničel in enic v podanem časovnem intervalu, z vsakim naslednjim impulzom enakim prejšnjemu.



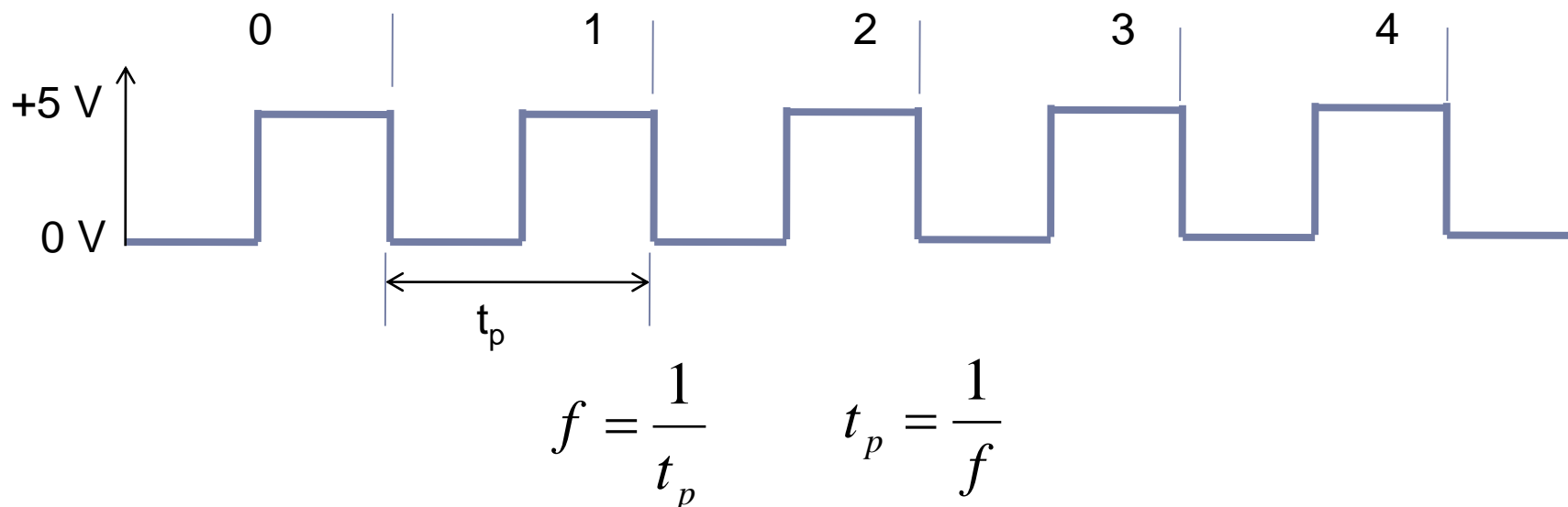
t_p – perioda - časovna dolžina med dvema prehodoma iz 0 v 1 ali 1 v 0

- prehod iz 0 v 1 (Pozitivna fronta)
- prehod iz 1 v 0 (Negativna fronta)

Frekvenca

f - frekvenca urinega signala:

- število ponavljajočih dogodkov v sekundi (enota je *hertz* - Hz).
- število ciklov v sekundi ali število impulzov v sekundi.

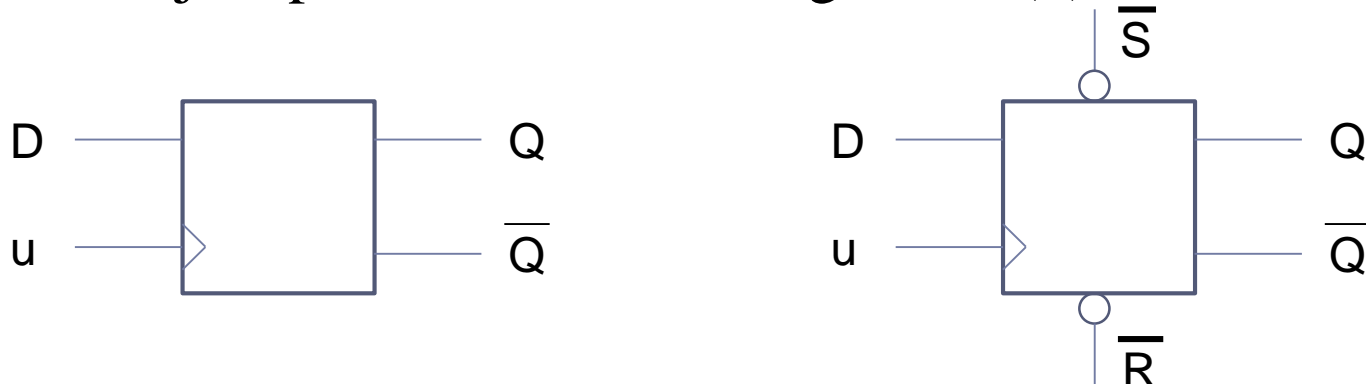


Primer: Izračun frekvence, če je perioda $t_p = 2\mu\text{s}$.

$$f = \frac{1}{t_p} = \frac{1}{2\mu\text{s}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} = 0.5 \cdot 10^6 = 0.5 \text{ MHz}$$

Pomnilna celica D, ura (D flip-flop)

Celica deluje v povezavi z urinim signalom (u) - fronta



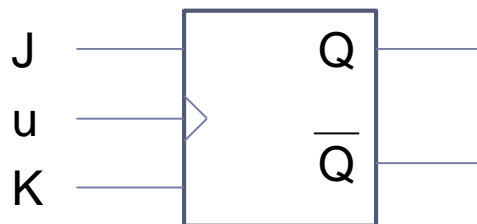
Asinhronski vhoda – izhod je določen neodvisno od urinega signala .

\overline{S}	\overline{R}	u	D	$Q(t+1)$	$\overline{Q}(t+1)$	Opis
0	1	x	x	1	0	Set – asinhronsko ($S=1$)
1	0	x	x	0	1	Reset – asinhronsko ($R=1$)
0	0	x	x	-	-	Ni uporabljeno
1	1	\uparrow	0	0	1	Izhod je enak vhodu ($Q(t+1)=D=0$)
1	1	\uparrow	1	1	0	Izhod je enak vhodu ($Q(t+1)=D=1$)

Pomnilna celica JK, ura (JK flip-flop)

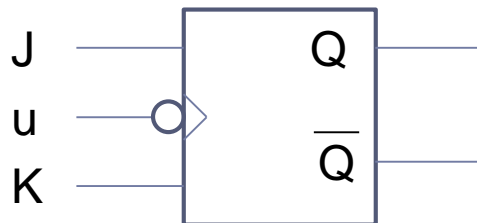
- Pomnilna celica JK s fronto
- Povezava s celico RS je naslednja: vhod J=Set in vhod K=Reset

Pozitivna fronta

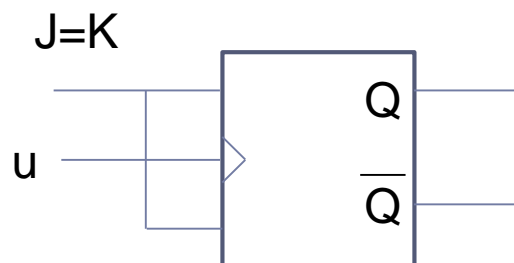


J	K	$Q(t+1)$	$\overline{Q}(t+1)$
0	0	$Q(t)$	$\overline{Q}(t)$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	$\overline{Q}(t)$	$Q(t)$

Negativna fronta

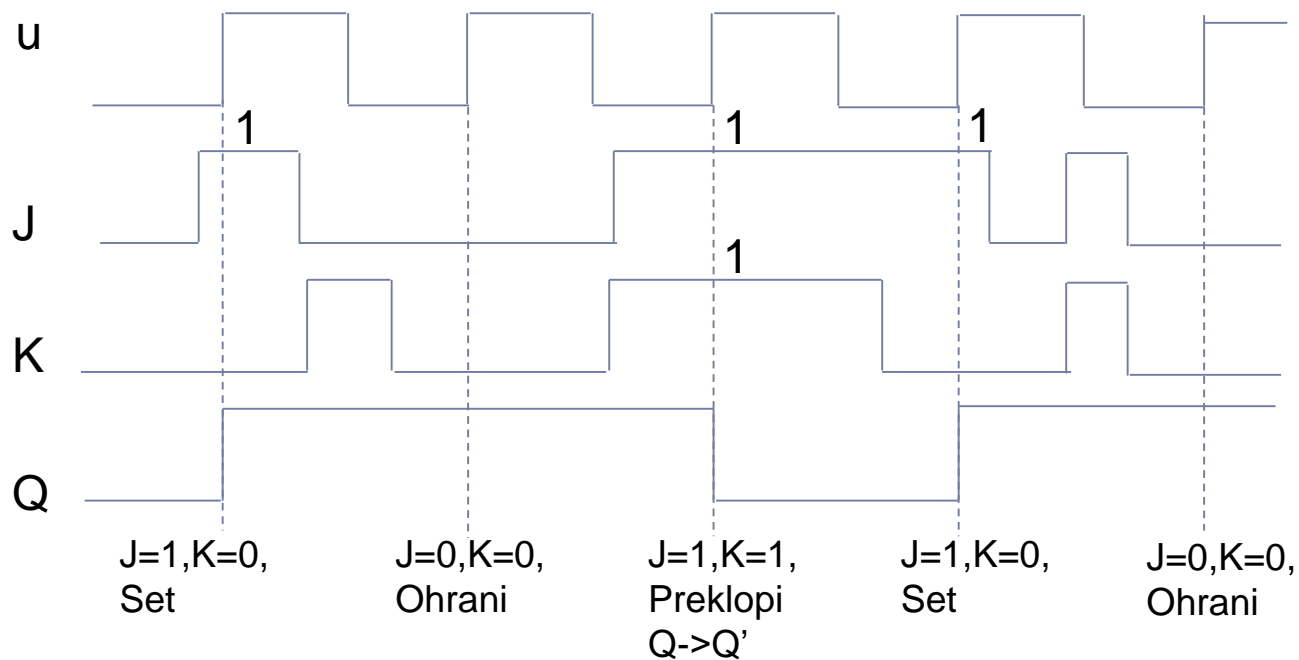


J=K	$Q(t+1)$	$\overline{Q}(t+1)$
0	$Q(t)$	$\overline{Q}(t)$
1	$\overline{Q}(t)$	$Q(t)$



Časovni diagram

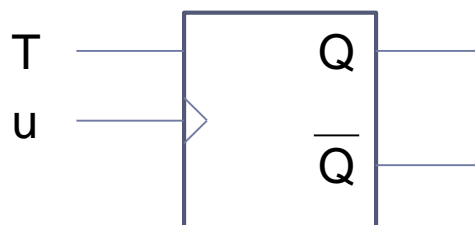
Časovni diagram izhoda Q v odvisnosti od sprememb vhodov J in K in pozitivne fronte urinega signala -u (\uparrow).



Pomnilna celica T, ura (T flip-flop)

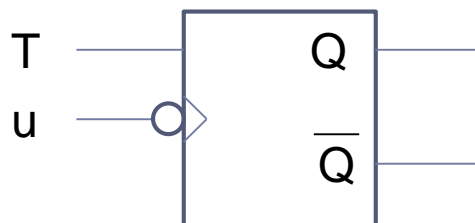
- Pomnilna celica T s fronto

Pozitivna fronta

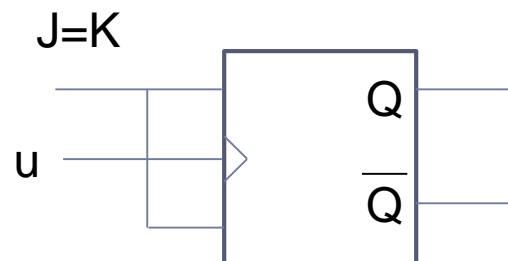


T	$Q(t+1)$	$\overline{Q}(t+1)$
0	$Q(t)$	$\overline{Q}(t)$
1	$\overline{Q}(t)$	$Q(t)$

Negativna fronta

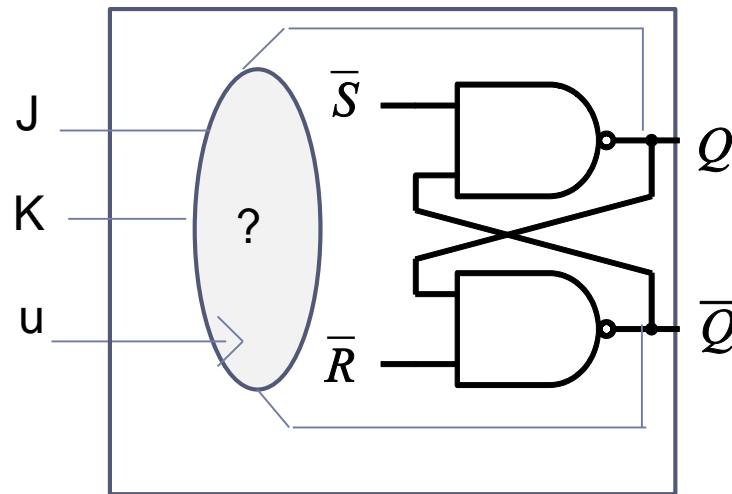


- Realizacija T pomnilne celice z uporabo JK

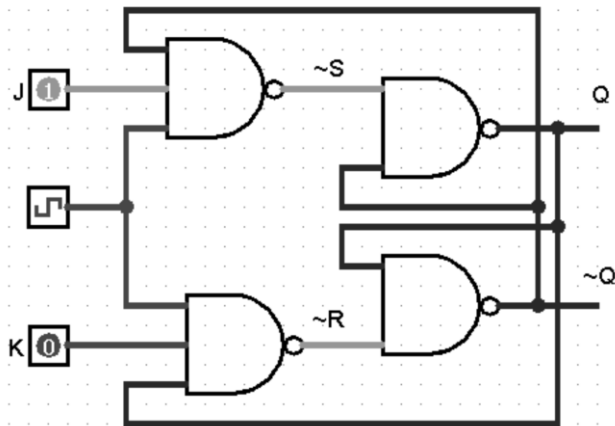


Primer: JK pomnilna celica

- Realizirajte sinhronsko JK pomnilno celico, če za rešitev uporabite povratno vezavo NAND in dodatna logična vrata NAND.
- Zapišite pravilnostno tabelo
- Definirajte MDNO krmilnih vhodov
- Zapišite krmilni funkciji J in K z NAND operatorji
- Narišite shemo vezja



J	K	$Q(t)$	$Q(t+1)$	\bar{R}	\bar{S}
0	0	0	0	X	1
0	0	1	1	1	x
0	1	0	0	X	1
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	x
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1



	J			
K	1			x
	1	1	1	x
	$Q(t)$			

$$\bar{R} = \bar{K} \vee \bar{Q}(t) = K \uparrow Q(t)$$

	J			
K	0	1	1	1
		x	x	1
	$Q(t)$			

$$\bar{S} = \bar{J} \vee Q(t) = J \uparrow \bar{Q}(t)$$

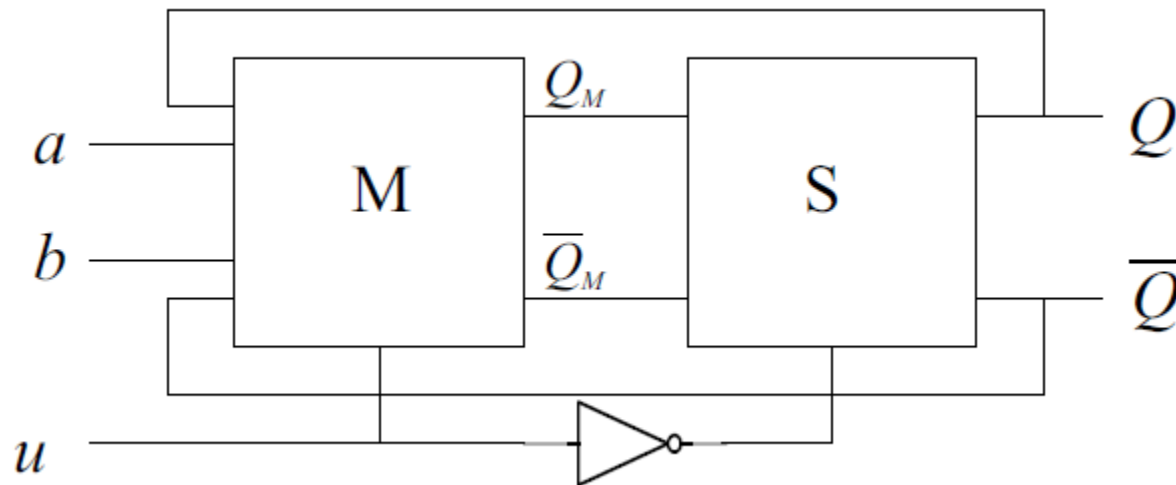
Pomnilna celica s predpomnjenjem

- Pomnjenje poteka v dveh fazah:

- Glavna celica (Master)
- Delovna celica (Slave)

- Urin signal:

- Glavna celica (u)
- Delovna celica (\bar{u})



Primer: JK Master-Slave

- Realizacija JK z NAND vrati
- Povežemo dve celici – izhoda glavne celice sta vhoda delovne celice

