

# Digitalna vezja

## UL, FRI

P8 Sekvenčna vezja -Registri, Števci (2)

# Registri

---

## ➤ Tipi

- PIPO – paralelni vhod/paralelni izhod
- PISO – paralelni vhod/serijski izhod
- SISO – serijski vhod/serijski izhod
- SIPO – serijski vhod/paralelni izhod

## ➤ Funkcija registra

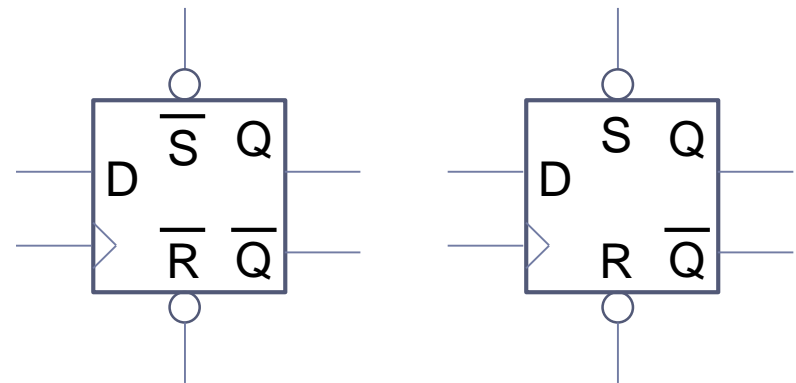
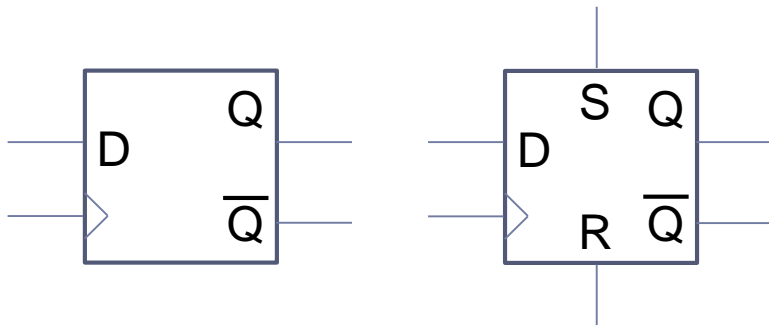
- Shranjevalni
- Pomikalni
- Univerzalni

## ➤ Števci

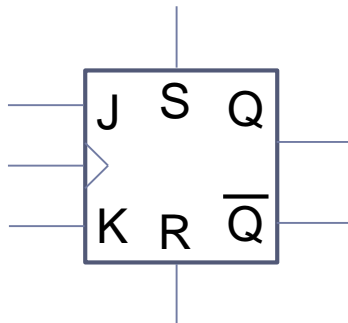
- Modul
- Korak
- Način

# Pomnilne celice

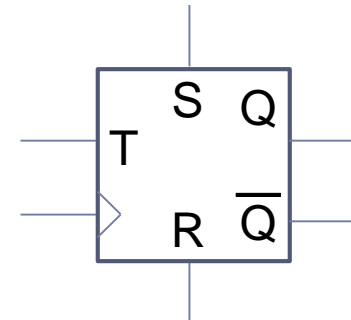
- S=1 (asinhronski Set), tudi PR
- R=1 (asinhronski Reset), tudi CLR
- D pomnilna celica



- JK pomnilna celica

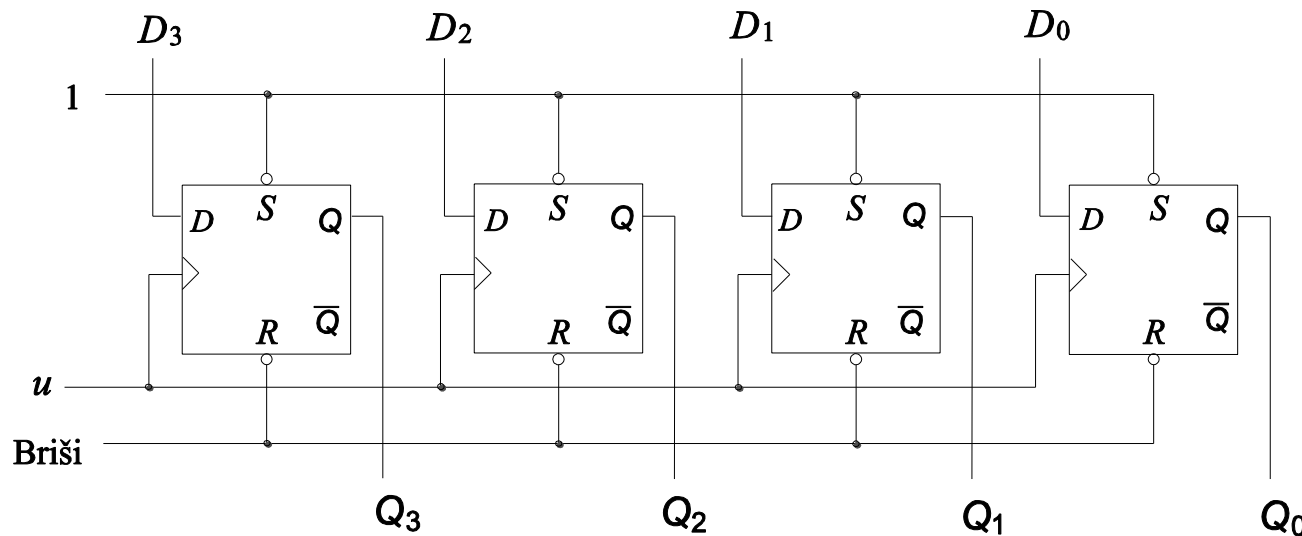


- T pomnilna celica



# Shranjevalni register

- 4-mestni shranjevalni register (PIPO)
- Podatek se nahaja na vseh  $D_3, D_2, D_1, D_0$
- Vpisana vsebina se pojavi na izhodih  $Q_3, Q_2, Q_1, Q_0$
- Asinhronski vhoda  $R, S$  – izhodi se spremenijo neodvisno od signala  $u$ 
  - Reset ( $R=0$ ) - brisanje registra:  $Q_3 = Q_2 = Q_1 = Q_0 = 0$ , če je signal Briši=0.
  - Set ( $S=1$ ) – ni uporabljen v registru



# Pomikalni registri



Pomik desno:

$y_3$  – vpiše se konstanta 0

$y_2$  – vpiše se  $y_3$

$y_1$  – vpiše se  $y_2$

$y_0$  – vpiše se  $y_1$

t	$y_3$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
0	1	0	1	0
1	0	1	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	0	1
4	0	0	0	0



Pomik levo:

$y_3$  – vpiše se  $y_2$

$y_2$  – vpiše se  $y_1$

$y_1$  – vpiše se  $y_0$

$y_0$  – vpiše se konstanta 1

t	$y_3$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
0	1	0	1	0
1	0	1	0	1
2	1	0	1	1
3	0	1	1	1
4	1	1	1	1



Ciklični pomik desno:

$y_3$  – vpiše se  $y_0$

$y_2$  – vpiše se  $y_3$

$y_1$  – vpiše se  $y_2$

$y_0$  – vpiše se  $y_1$

t	$y_3$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
0	1	0	1	1
1	1	1	0	1
2	1	1	1	0
3	0	1	1	1
4	1	0	1	1



Ciklični pomik levo:

$y_3$  – vpiše se  $y_2$

$y_2$  – vpiše se  $y_1$

$y_1$  – vpiše se  $y_0$

$y_0$  – vpiše se  $y_3$

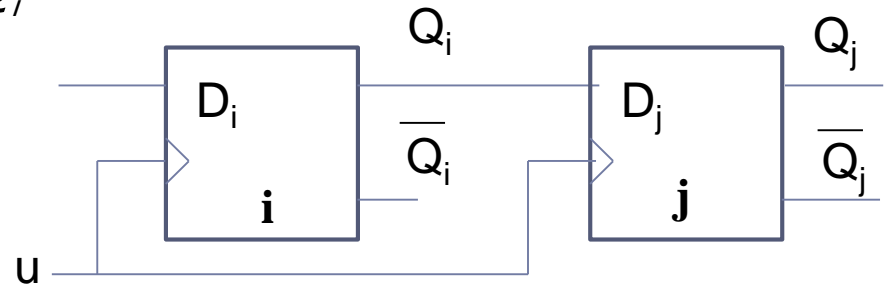
t	$y_3$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
0	1	0	1	1
1	0	1	1	1
2	1	1	1	0
3	1	1	0	1
4	1	0	1	1

# Pomik desno

## ► Pomnilna celica D

$Q_i(t)$	$Q_j(t)$	$Q_j(t+1) = D$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

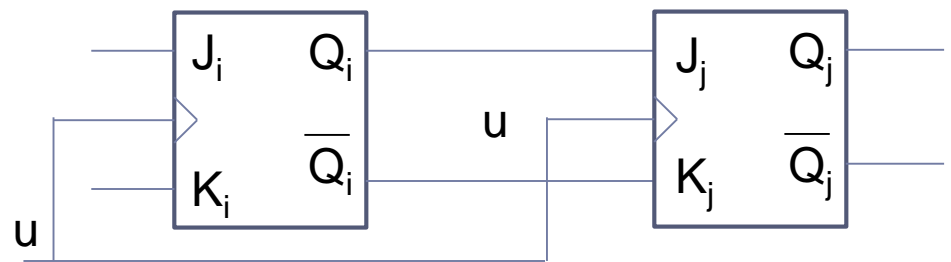
$$D_j = Q_i$$



## ► Pomnilna celica JK ( $Q_j(t+1) = Q_i$ )

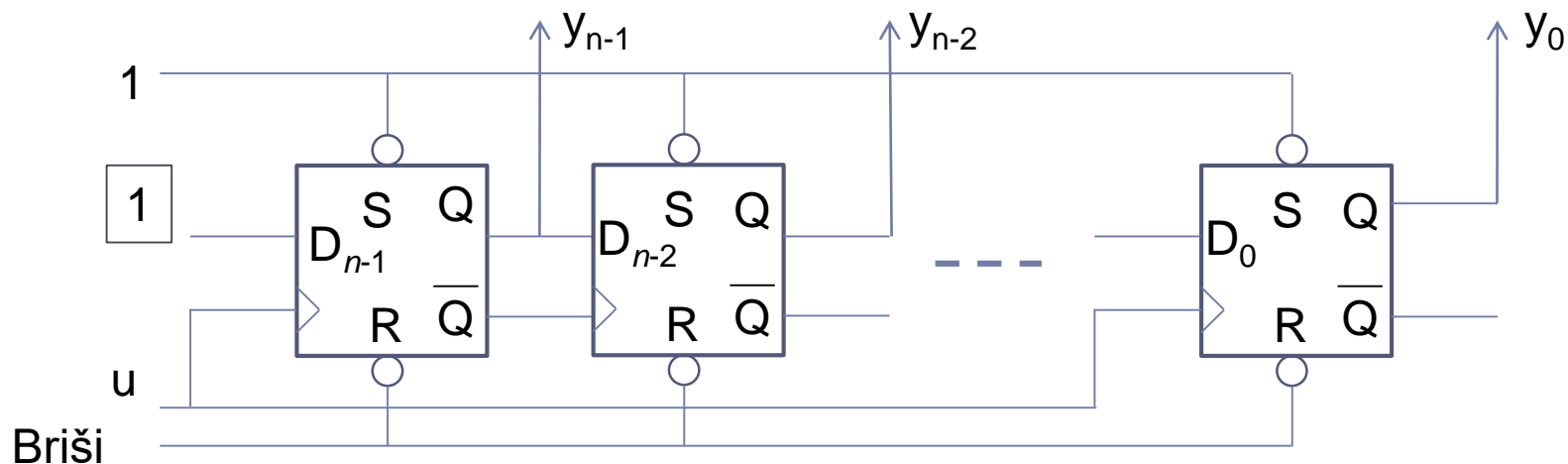
$Q_i(t)$	$Q_j(t)$	$Q_j(t+1)$	J	K
0	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	1	0

$$J_j = Q_i \quad K_j = \overline{Q_i}$$



## Pomikalni register (n bitov)

- Pomik desno:
  - na mesto  $n-1$  se vpiše 1
  - po  $n$ -korakih so na vseh izhodih registra same enice.
- D pomnilne celice:
  - $D_{n-1} = 1, D_{n-2} = D_{n-1}, \dots, D_0 = D_1$
  - Vhod Briši ( $R=0$ )



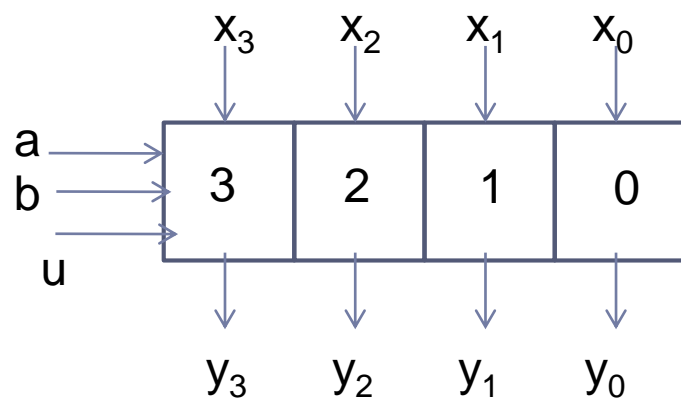


# Univerzalni register

## 4- bitni univerzalni register: $y_3, y_2, y_1, y_0$

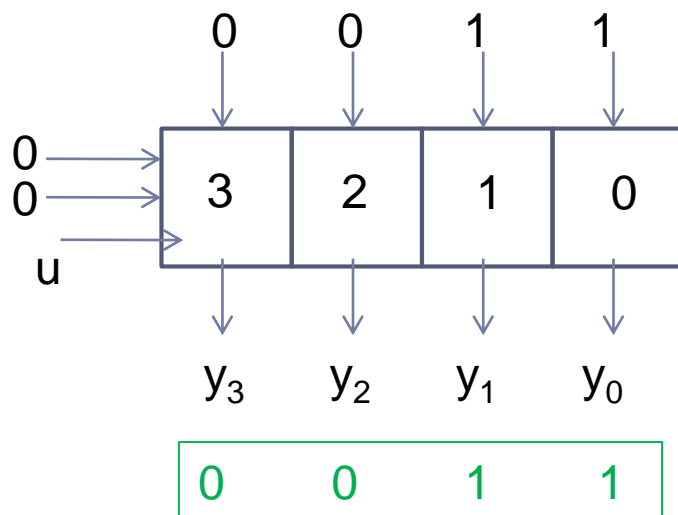
4 funkcije, ki so določene z vhodom a in b:

- a)  $a=0, b=0$ : Vpis
- b)  $a=0, b=1$ : Set
- c)  $a=1, b=0$ : Reset
- d)  $a=1, b=1$ : Ciklični pomik desno (CPD)

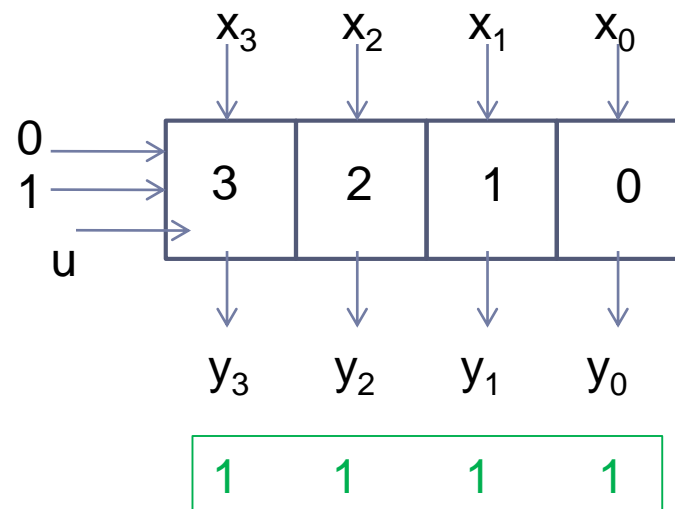


## ➤ Primeri izhodov za izbiro funkcije na vhodu

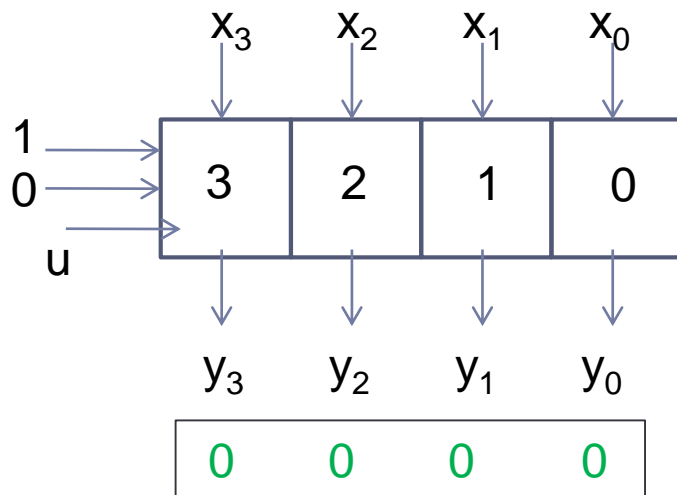
**a) Vpis**



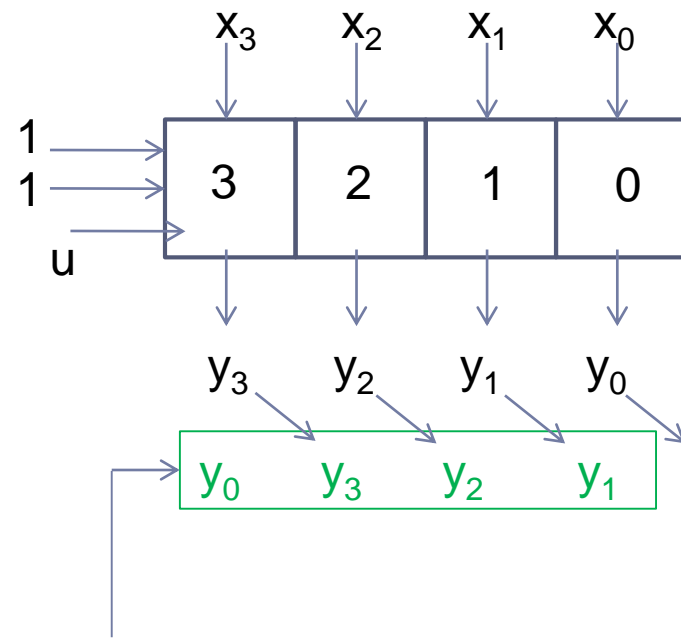
**b) Set**



### c) Reset



### d) CPD



➤ Aplikacijska tabela pomnilne celice i

$a$	$b$	$y_i(t)$	$y_i(t+1)$	$D_i$	$J_i$	$K_i$
0	0	0	$x_i$	$x_i$	$x_i$	$\bar{x}_i$
0	0	1	$x_i$	$x_i$	$x_i$	$\bar{x}_i$
0	1	0	1	1	1	$\times$
0	1	1	1	1	$\times$	0
1	0	0	0	0	0	$\times$
1	0	1	0	0	$\times$	1
1	1	0	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	$\bar{y}_{i+1}$
1	1	1	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	$\bar{y}_{i+1}$

$D_i$

$a$			
$b$	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	
	1	1	
			$x_i$

$y_i$

$J_i$

$a$			
$b$	$y_{i+1}$	$y_{i+1}$	
	$\times$	1	
			$x_i$

$y_i$

$K_i$

$a$			
$b$	$\bar{y}_{i+1}$	$\bar{y}_{i+1}$	
			$\times$
	$\times$	1	$\bar{x}_i$

$y_i$

# Vezje za realizacijo univerzalnega registra

Realizacija: 4/1 MUX

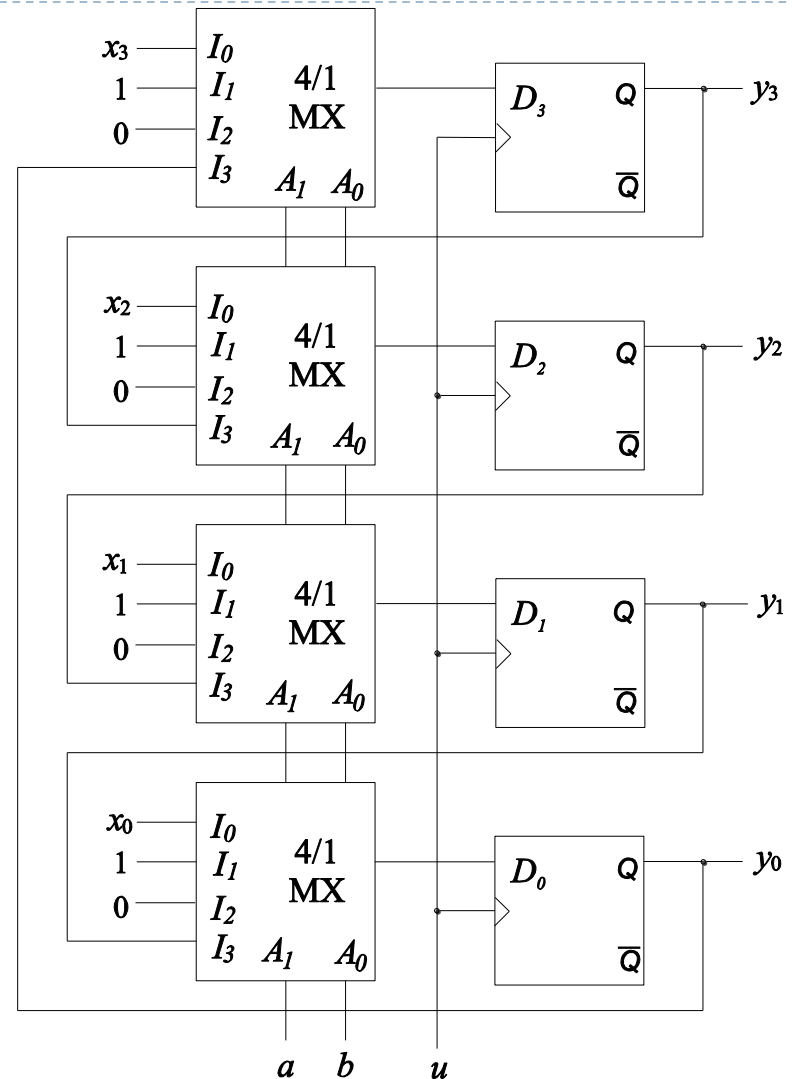
$$D_i = \bar{a}.\bar{b}.x_i \vee \bar{a}.b.1 \vee a.\bar{b}.0 \vee a.b.y_{i+1}$$

$$D_3 = \bar{a}\bar{b}x_3 \vee \bar{a}b \vee aby_0$$

$$D_2 = \bar{a}\bar{b}x_2 \vee \bar{a}b \vee aby_3$$

$$D_1 = \bar{a}\bar{b}x_1 \vee \bar{a}b \vee aby_2$$

$$D_0 = \bar{a}\bar{b}x_0 \vee \bar{a}b \vee aby_1$$



# Števci

- Sekvenčno vezje:  $Q$  – izhod števca
- Modul štetja ( $M$ ) - število različnih izhodnih stanj števca: ( $M=8$ , števec ima 8 stanj (0,1,2,3,4,5,6,7))
- Korak štetja ( $k=1, 2, \dots$ )
- Način štetja:
  - Povečevanje vrednosti – Inkrement:  $Q = Q+k$
  - Zmanjševanje vrednosti – Dekrement:  $Q = Q-k$
- Primer: Digitalna ura: (Ure: Minute: Sekunde),  
 $M, k=1$ , Inkrement



Števec  
 $M=24$

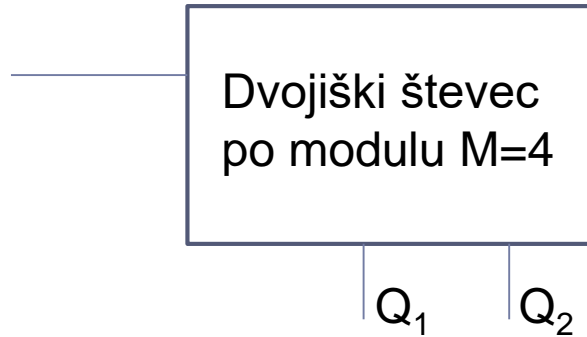
Števec  
 $M=60$

Števec  
 $M=60$

# Števec (M=4, Inkrement, k=1)

## Ura

vsak urin impulz  
spremeni dvojiški  
izhod števca



## Diagram prehajanja stanj:

Vozlišča: stanja števca (0,1,2,3)

Delovanje:

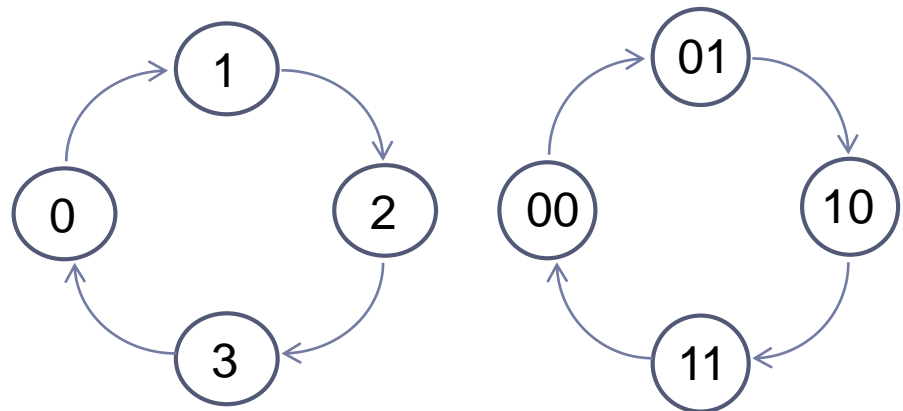
$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 0 \rightarrow \dots$

ali

$00 \rightarrow 01 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 00 \rightarrow \dots$

Usmerjene povezave:

Prehod iz stanja 2 stanje 3 ( $t \rightarrow t+1$ )

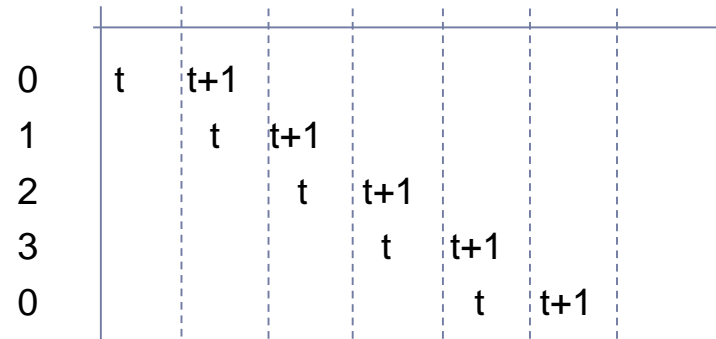


# Izračun krmilnih vhodov

## Delovanje števca:

- Časovno zaporedje
- Urin signal

u - urin signal



## Tabela prehajanja stanj:

$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$	$J_1=K_1$	$J_0=K_0$
(t)	(t)	(t+1)			
0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1

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

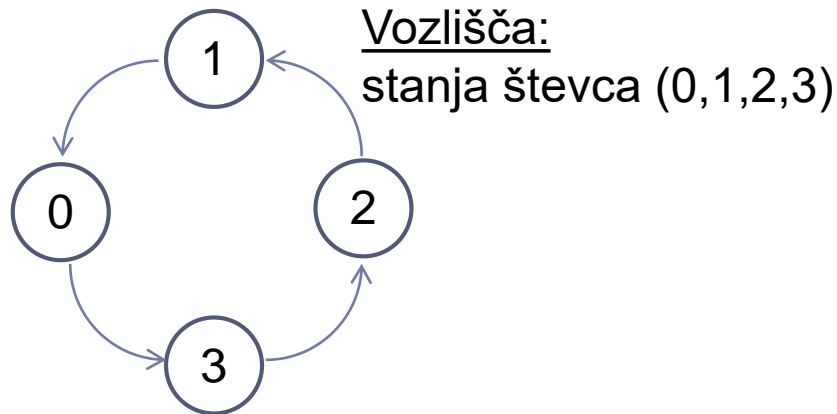
$$J_1 = K_1 = Q_0(t)$$

$$J_0 = K_0 = 1$$



# Števec (M=4, Dekrement, k=1)

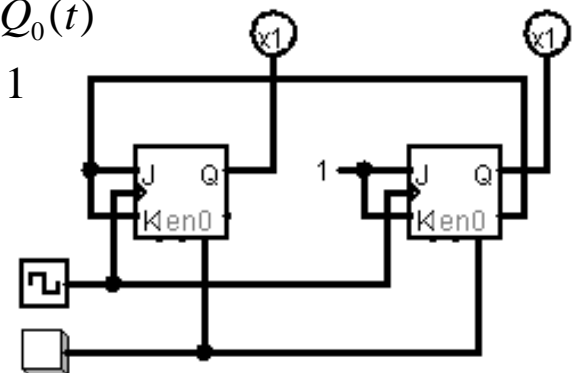
Diagram prehajanja stanj:



t	t	t+1	t+1		
$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$	$J_1=K_1$	$J_0=K_0$
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1

$$J_1 = K_1 = \overline{Q_0}(t)$$

$$J_0 = K_0 = 1$$

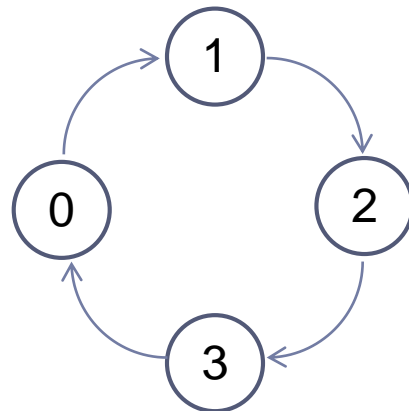


# Števec s krmilnim vhodom (a)

- Združimo delovanje dveh funkcij štetja v istem števcu, to sta Inkrement in Dekrement

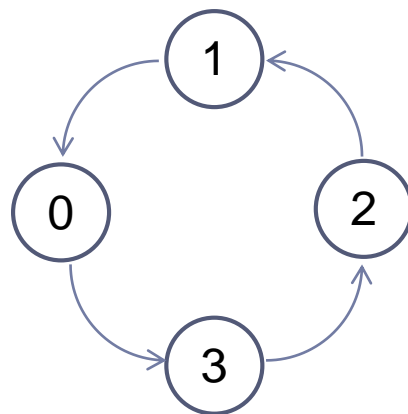
## INKREMENT

t: 0  
t+1: 1  
t+2: 2  
t+3: 3  
t+4: 0  
t+5: 1

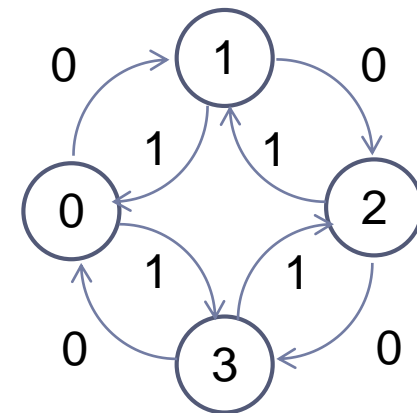


## DEKREMENT

t: 0  
t+1: 3  
t+2: 2  
t+3: 1  
t+4: 0  
t+5: 3



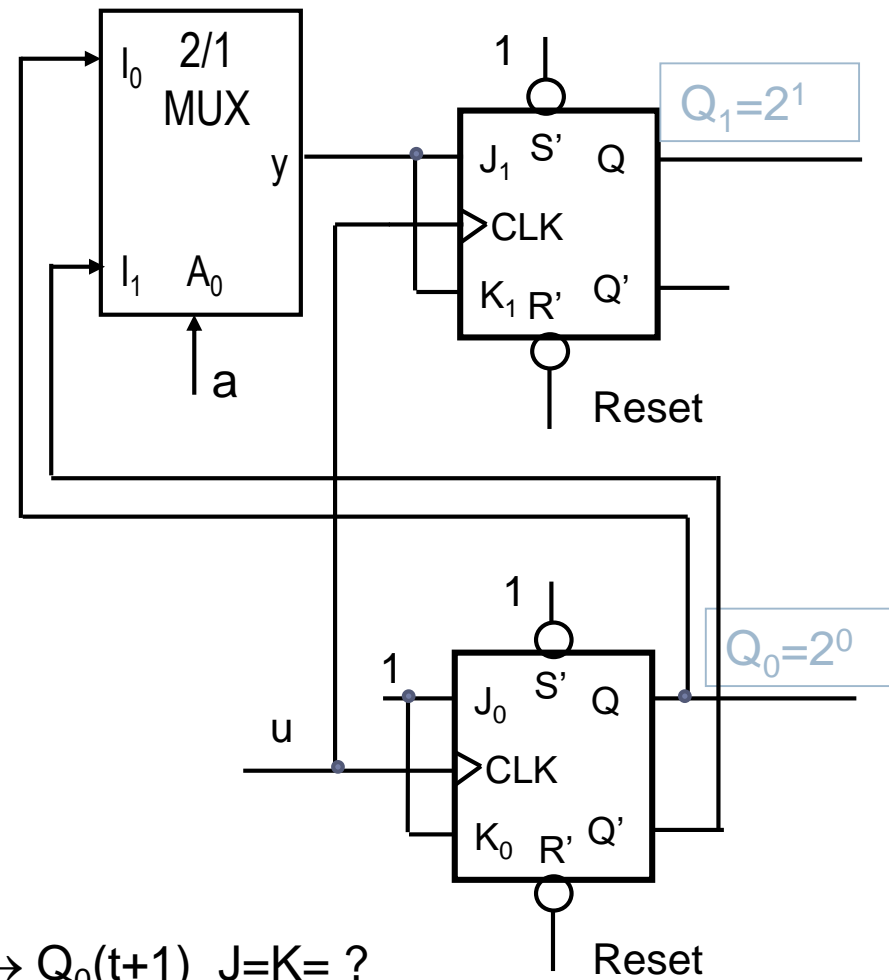
## INKREMENT/DEKREMENT



a	
0	INKREMENT ( $Q=Q+1$ )
1	DECREMENT ( $Q=Q-1$ )

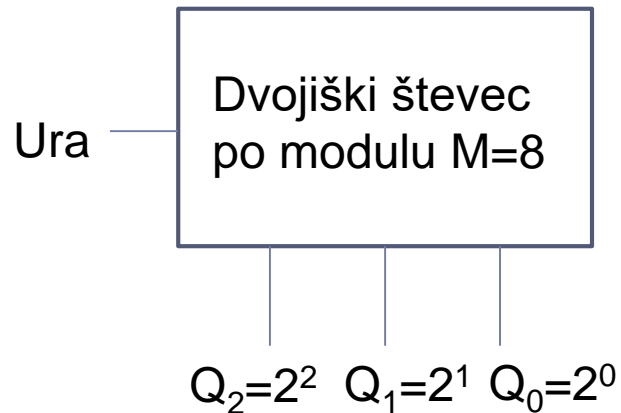
- Krmiljenje je izvedeno z multiplekserjem, ki izbira operacijo:
- inkrement ( $a=0$ )
- dekrement ( $a=1$ )

	t	t	t+1	t+1		
a	$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$	$J_1=K_1$	$J_0=K_0$
0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1

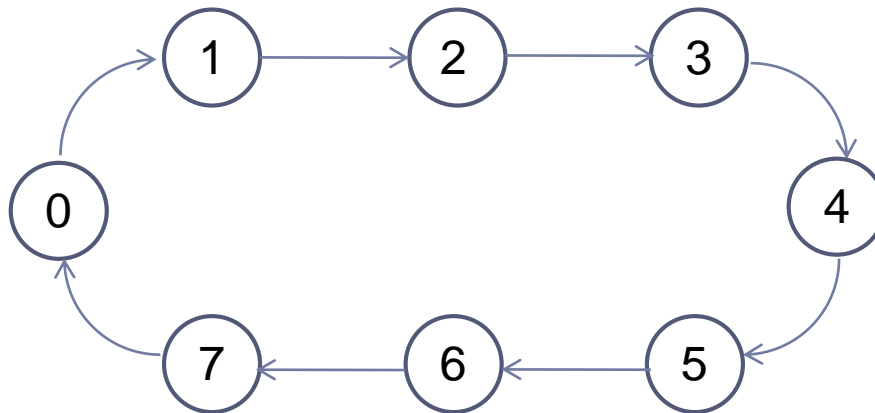


Določiti  $Q_1(t) \rightarrow Q_1(t+1)$   $J=K= ?$   
 $Q_0(t) \rightarrow Q_0(t+1)$   $J=K= ?$

# Števec (M=8, Inkrement, k=1)



**Diagram prehajanja stanj:**



**Tabela prehajanja stanj:**

$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	Štetje
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	0
0	0	1	1
-	-	-	-

- $t$  – trenutno stanje števca
- $t+1$  – naslednje stanje števca

$t$	$t$	$t$	$t+1$	$t+1$	$t+1$	$J_2=K_2$	$J_1=K_1$	$J_0=K_0$
$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$			
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

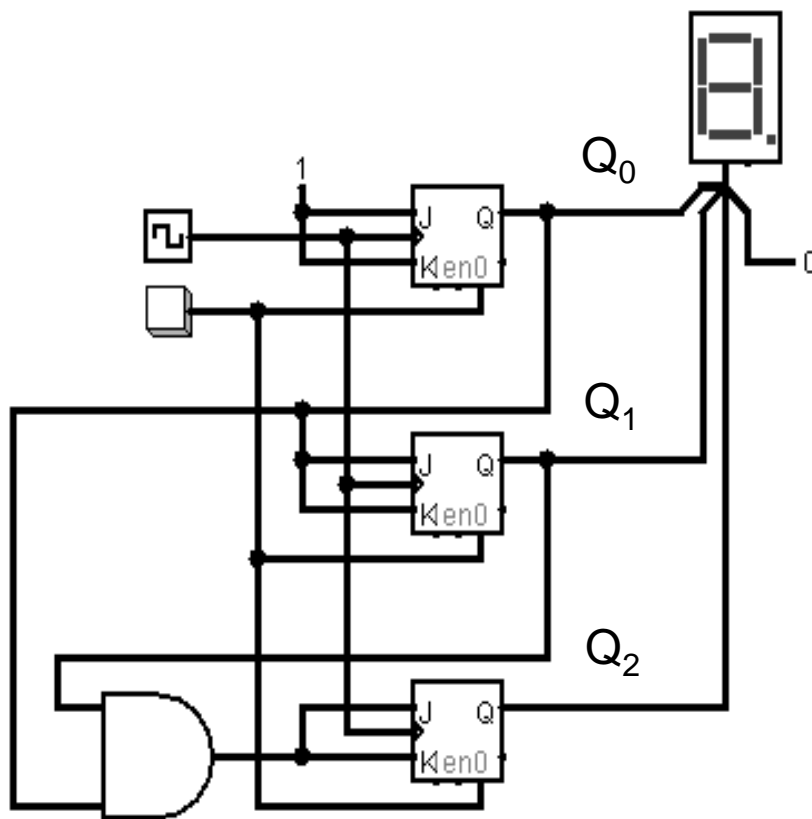
$$J_2 = K_2 = Q_1(t) \cdot Q_0(t)$$

$$J_1 = K_1 = Q_0(t)$$

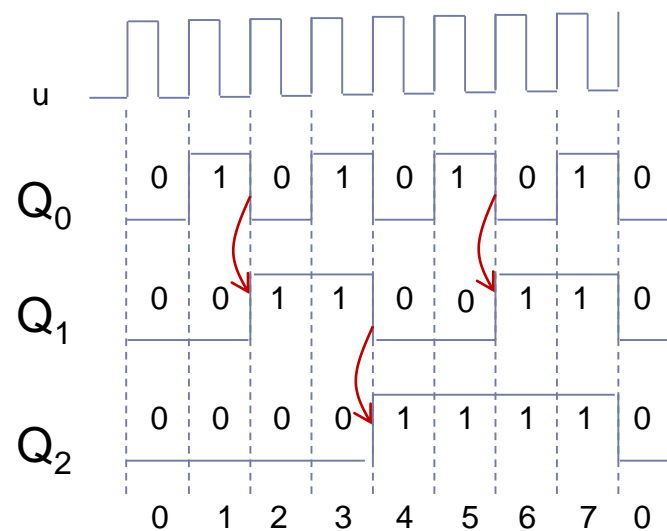
$$J_0 = K_0 = 1$$

# Delovanje števca

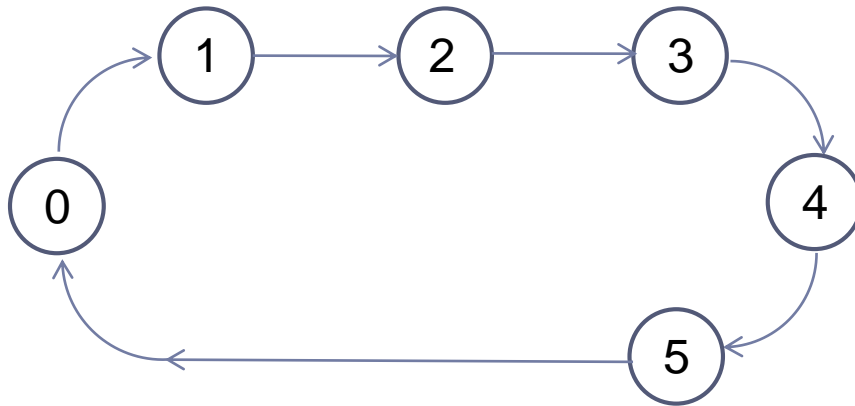
- Vezje vključuje 3 pomnilne celice JK, vrata AND



Časovni diagram



# Načrtovanje sinhronskega števca (M=6)



- $t$  – trenutno stanje števca,
- $t+1$  – naslednje stanje števca

$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_2=K_2$	$J_1=K_1$	$J_0=K_0$
(t)	(t)	(t)	(t+1)	(t+1)	(t+1)			
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	0,x	0,x	0,x	1,x	1,x	0,x
1	1	1	0,x	0,x	0,x	1,x	1,x	1,x

# Rešitev a) fiksne vrednosti za J,K

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$		
$\bar{Q}_2Q_1$		1
$Q_2Q_1$	1	1
$Q_2\bar{Q}_1$		1

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$		1
$\bar{Q}_2Q_1$		1
$Q_2Q_1$	1	1
$Q_2\bar{Q}_1$		

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$	1	1
$\bar{Q}_2Q_1$	1	1
$Q_2Q_1$		1
$Q_2\bar{Q}_1$	1	1

$$J_2 = K_2 = Q_2Q_1 \vee Q_1Q_0 \vee Q_2Q_0$$

$$J_1 = K_1 = \bar{Q}_2Q_0 \vee Q_2Q_1$$

$$J_0 = K_0 = \bar{Q}_2 \vee \bar{Q}_1 \vee Q_0$$

- Vezje vključuje 3 pomnilne celice JK in in 5x AND, 3x OR logična vrata za realizacijo vhodnih funkcij:

$$J_2=K_2, J_1=K_1, J_0=K_0$$



## Rešitev b) redundance za J=K

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$		
$\bar{Q}_2Q_1$		1
$Q_2Q_1$	x	x
$Q_2\bar{Q}_1$		1

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$		1
$\bar{Q}_2Q_1$		1
$Q_2Q_1$	x	x
$Q_2\bar{Q}_1$		

	$\bar{Q}_0$	$Q_0$
$\bar{Q}_2\bar{Q}_1$	1	1
$\bar{Q}_2Q_1$	1	1
$Q_2Q_1$	x	x
$Q_2\bar{Q}_1$	1	1

$$J_2 = K_2 = Q_1 \cdot Q_0 \vee Q_2 \cdot Q_0$$

$$J_1 = K_1 = \bar{Q}_2 Q_0$$

$$J_0 = K_0 = 1$$

- Enostavnejše vezje vključuje 3 pomnilne celice JK in 3x AND, 1x OR logična vrata za realizacijo vhodnih funkcij:

$$J_2 = K_2, J_1 = K_1, J_0 = K_0$$