

SEKVENČNA VEZJA

N. Zimic

8-1

Čas v preklopnih vezjih

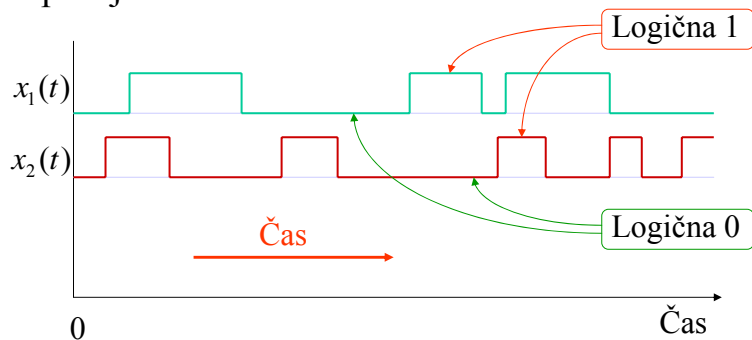
- Do sedaj smo vsa preklopna vezja opazovali v določenem trenutku brez upoštevanja časa
- Čas vnaša v preklopna vezja dodatno dimenzijo
- Z vpeljavo časa v preklopna vezja preidemo z odločanja v pomnjenje

N. Zimic

8-2

Čas v preklopnih vezjih (nad.)

- Spreminjanje vhodnih spremenljivk lahko opazujemo v času:



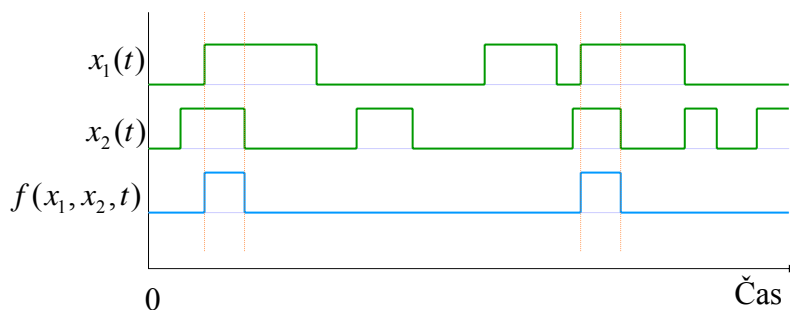
N. Zimic

8-3

Čas v preklopnih vezjih (nad.)

- Konjunkcija opazovana v času:

$$f(x_1, x_2, t) = x_1(t) x_2(t)$$



N. Zimic

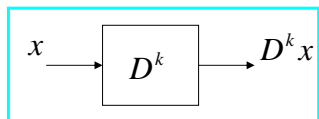
8-4

Časovni operator

- Časovni operator je definiran:

$$D^k x = \begin{cases} x, & \text{pri } t = k \\ 0, & \text{pri } t \neq k \end{cases}$$

- Časovni operator D^k pomeni premik vhodne spremenljivke v času za k časovnih enot.

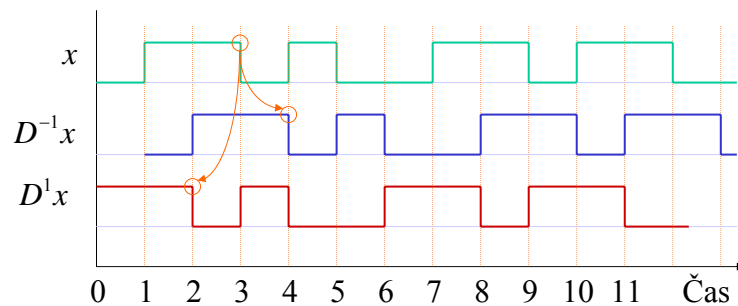


N. Zimic

8-5

Časovni operator (nad.)

- Primer:



N. Zimic

8-6

Časovni operator (nad.)

- Če je pri časovnem operatorju parameter $k=0$, nam pomeni sedanost:

$$D^0 x(t) = x(t)$$

- Negativni parameter pomeni preteklost:

$$D^{-1} x \quad D^{-1} x(t) = x(t-1)$$

- Pozitivni parameter prihodnost:

$$D^1 x \quad D^1 x(t) = x(t+1)$$

Časovni operator (nad.)

- Če pri zapisu uporabljamo časovni operator D^k , potem pri zapisu ne potrebujemo časovne spremenljivke t .
- Vse spremenljivke opazujemo v sedanosti, časovni odmiki pa so podani s časovnim operatorjem.
- Časovni operator je še posebej primeren pri minimizaciji časovnih preklonih vezij.

Časovni operator (nad.)

- Lastnosti časovnega operatorja:

$$D^0 x = x$$

$$D^k (D^j x) = D^{k+j} x$$

$$D^k (x_1 x_2) = D^k x_1 D^k x_2$$

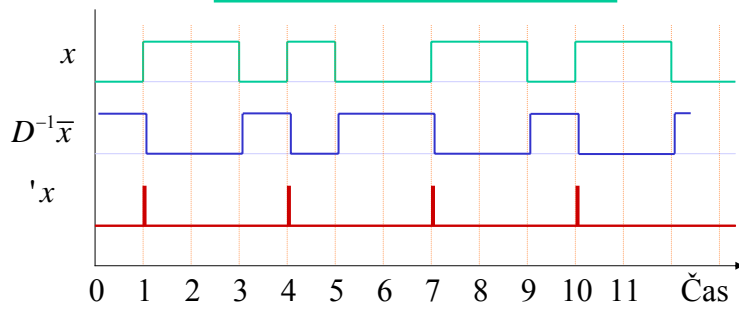
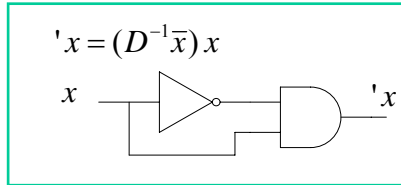
$$\overline{D^k x} = \overline{D^k x} = D^k \bar{x}$$

Fronta

- Fronta je sprememba nivoja spremenljivke v času.
- Prva fronta je sprememba iz 0 v 1, zadnja fronta je sprememba iz 1 v 0.
- Prvo fronto spremenljivke x označujemo z \hat{x} , zadnjo pa z \bar{x} .
- Fronto lahko dobimo:

$$\hat{x} = (D^{-1} \bar{x}) x \quad x' = (D^{-1} x) \bar{x}$$

Fronta



N. Zimic

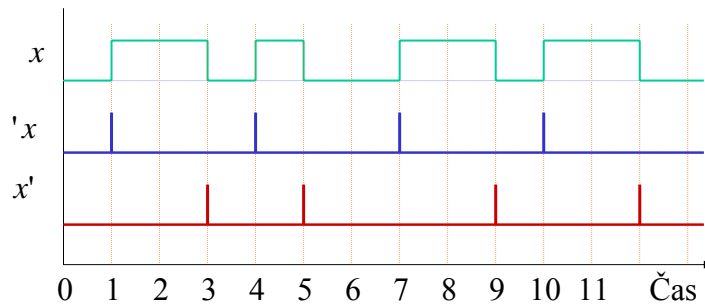
8-11

Fronta (nad.)

- Relacija med frontami:

$$x' = (\bar{x})' \quad x' = (\bar{x})'$$

- Primer front:



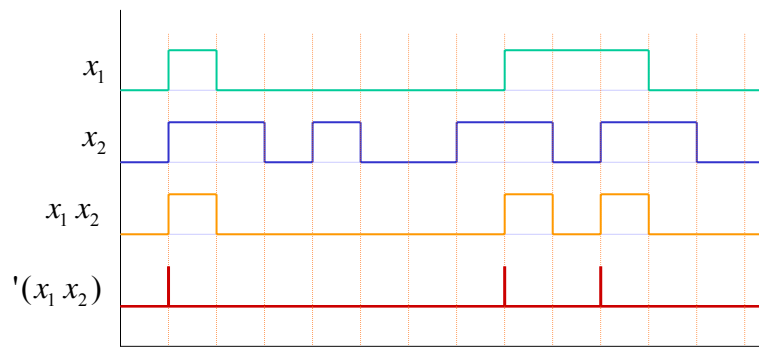
N. Zimic

8-12

Fronta (nad.)

- Fronta konjunkcije:

$$(x_1 x_2)' = x_1' x_2 \vee x_1 x_2' \vee x_1' x_2'$$



N. Zimic

8-13

Fronta (nad.)

- Relacije med funkcijami in fronto:

$$(x_1 x_2)' = x_1' x_2 \vee x_1 x_2' \vee x_1' x_2'$$

$$(x_1 x_2)' = x_1 x_2' \vee x_1' x_2 \vee x_1' x_2'$$

$$(x_1 \vee x_2)' = \bar{x}_1' x_2' \vee x_1' \bar{x}_2' \vee x_1' x_2'$$

$$(x_1 \vee x_2)' = \bar{x}_1 x_2' \vee x_1' \bar{x}_2 \vee x_1' x_2'$$

N. Zimic

8-14

Diagram prehajanja stanj

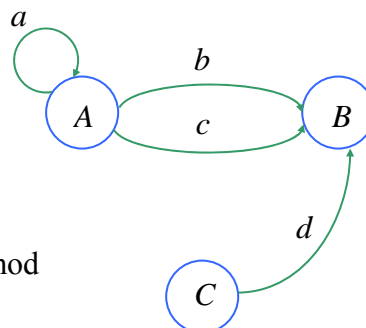
- Diagram prehajanja stanj služi za ponazarjanje delovanja sekvenčnih vezij v grafični obliki.
- Diagram je sestavljen iz krogov, ki predstavljajo stanja in usmerjenih povezav (puščic), ki predstavljajo spremembo stanja.
- Nad puščicami je zapisan pogoj, pri katerem pride do sprememba stanja

N. Zimic

8-15

Diagram prehajanja stanj (nad.)

- Primer diagrama prehajanja stanj:



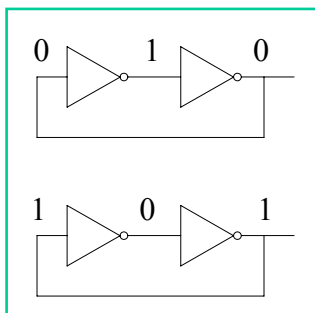
- A, B, C : stanja
- a, b, c, d : pogoji za prehod

N. Zimic

8-16

Enostavne pomnilne celice

- Pomnjenje pomeni ohranjanje stanja. Takšno stanje lahko dosežemo z vezavo negatorjev



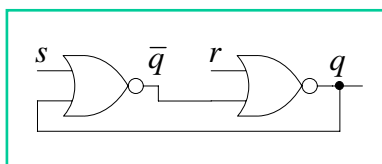
Vezje lahko zavzame dve stabilni stanji - stanje izhoda 0 ali stanje izhoda 1.

N. Zimic

8-17

Enostavne pomnilne celice (nad.)

- Če prejšnje vezje razširimo, dobimo pomnilno celico RS (reset, set)



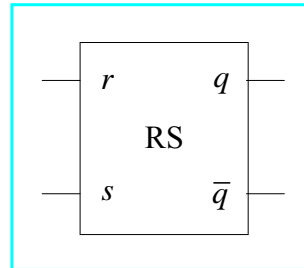
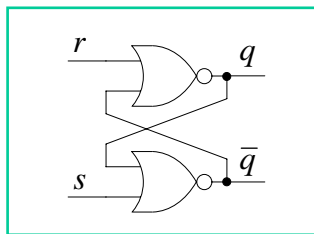
r	s	D^1q	$D^1\bar{q}$
0	0	q	\bar{q}
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	X

N. Zimic

8-18

Enostavne pomnilne celice (nad.)

- RS celica

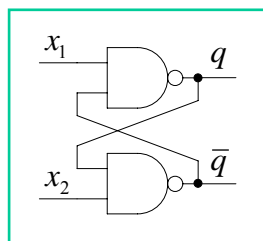


N. Zimic

8-19

Enostavne pomnilne celice (nad.)

- Pomnilna celica realizirana z Shefferjevimi operatorji



x_1	x_2	$D^1 q$	$D^1 \bar{q}$
0	0	X	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	q	\bar{q}

N. Zimic

8-20

RS pomnilna celica

- Poseben primer nastopi, če sta oba vhoda (set in reset) na logični enici. V takšnem primeru preide vezje v nestabilno stanje, zato se takšne kombinacije na vhodu izogibamo, oziroma je to prepovedan vhod.
- Enačba RS pomnilne celice je:

$$D^1 q = \bar{r} q \vee s$$

$$q(t+1) = \bar{r} q(t) \vee s \quad r s = 0$$

$$r s = 0$$

Pogoj, ki mora biti izpolnjen pri rs pomnilni celici

N. Zimic

8-21

RS pomnilna celica (nad.)

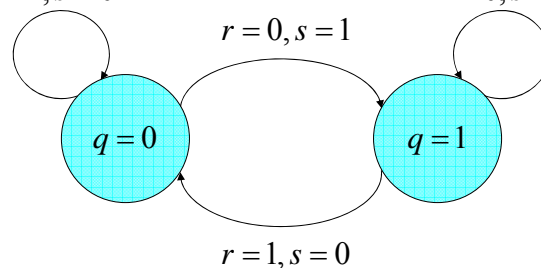
- Diagram prehajanja stanj za RS pomnilno celico:

$$r = 0, s = 0 \vee$$

$$r = 1, s = 0$$

$$r = 0, s = 0 \vee$$

$$r = 0, s = 1$$



$$r = 1, s = 1$$

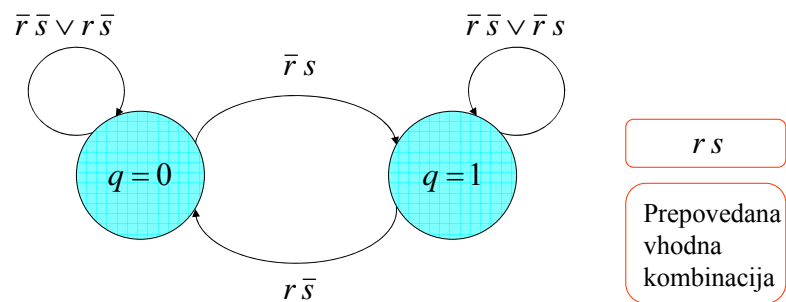
Prepovedana vhodna kombinacija

N. Zimic

8-22

RS pomnilna celica (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za RS pomnilno celico:

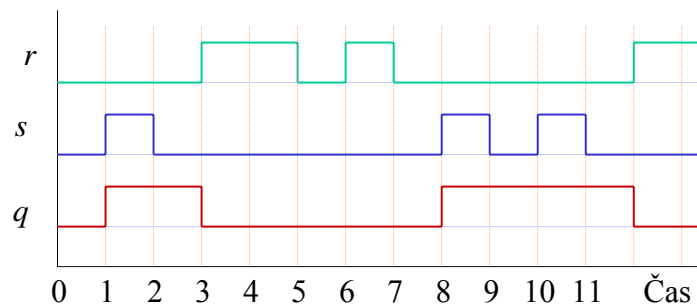


N. Zimic

8-23

RS pomnilna celica (nad.)

- Časovni diagram za RS pomnilno celico:



N. Zimic

8-24

T pomnilna celica

- T (trigger) pomnilna celica ima samo en vhod (t). Vrednost pomnilne celice se spreminja, če je vhod visok. Pri nizkem vhodu se vrednost ohranja.

$$D^1q = \bar{t}q \vee t\bar{q}$$

$$q(t+1) = \bar{t}(t)q(t) \vee t(t)\bar{q}(t)$$

t	D^1q
0	q
1	\bar{q}

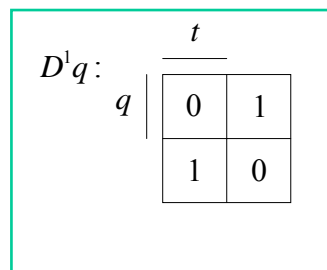
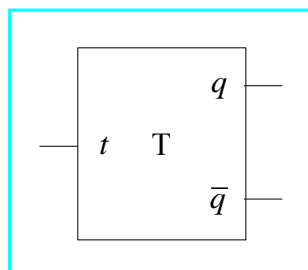
t	q	D^1q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

N. Zimic

8-25

T pomnilna celica

- Simbol ter diagram

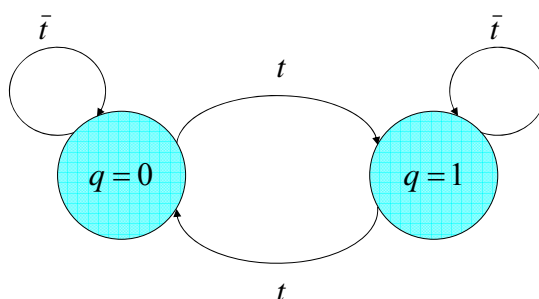


N. Zimic

8-26

T pomnilna celica (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za T pomnilno celico:



N. Zimic

8-27

D pomnilna celica

- D (delay) pomnilna celica ima samo en vhod (d). Vrednost pomnilne celice je zakasnjena vrednost vhodne spremenljivke d .

$$D^1 q = d$$
$$q(t+1) = d$$

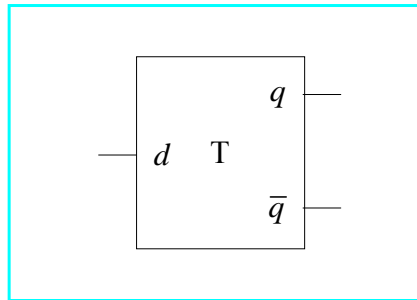
d	$D^1 q$
0	0
1	1

N. Zimic

8-28

D pomnilna celica (nad.)

- Simbol

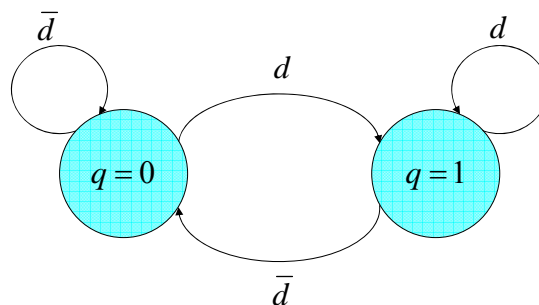


N. Zimic

8-29

D pomnilna celica (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za D pomnilno celico:



N. Zimic

8-30

JK pomnilna celica

- JK pomnilna celica ima dva vhoda, j - brezpogojno postavljanje celice in k - brezpogojno brisanje celice. Če sta oba vhoda hkrati po vrednosti 1, se vrednost pomnilne celice negira.

$$D^1q = q\bar{k} \vee \bar{q}j$$

$$q(t+1) = q(t)\bar{k} \vee \bar{q}(t)j$$

j	k	D^1q
0	0	q
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{q}

N. Zimic

8-31

JK pomnilna celica (nad.)

- Razširjena pravilnostna tabela in Veitchev diagram.

$$D^1q$$

		j			
		1	0	0	0
k	1	1	0	0	0
	0	1	1	1	0
		q			

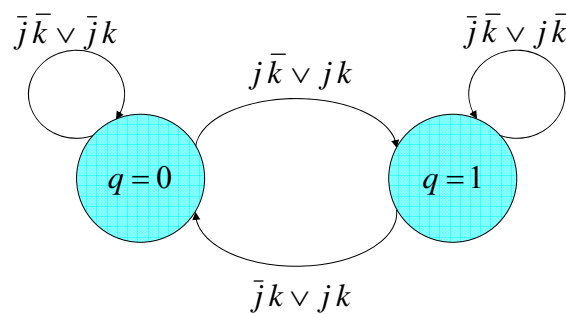
j	k	q	D^1q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

N. Zimic

8-32

JK pomnilna celica (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za JK pomnilno celico:

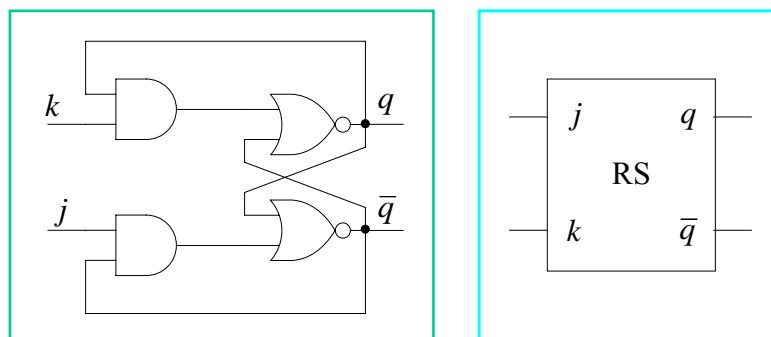


N. Zimic

8-33

JK pomnilna celica (nad.)

- Logična shema in simbol za JK pomnilno celico:



N. Zimic

8-34

Sinhronne pomnilne celice

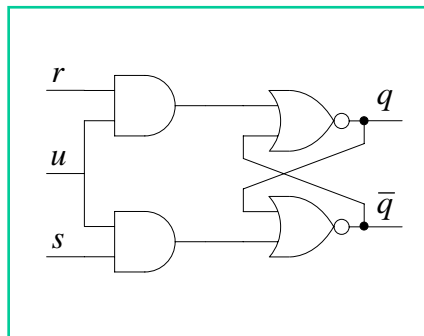
- Pri pomnilnih celicah se pojavi vprašanje, kdaj naj celica spremeni svoje stanje. Problem je predvsem pri T in JK pomnilni celici, ko le ti negirata svojo vrednost. Zato v pomnilne celice uvedemo sinhronizacijo na urin impulz. V naslednjih primerih urin impulz predstavlja fronta (impulz, ki ima izredno kratko trajanje).

N. Zimic

8-35

Sinhronne pomnilne celice (nad.)

- Primer RS pomnilne celice, sinhronizirane na urin impulz.

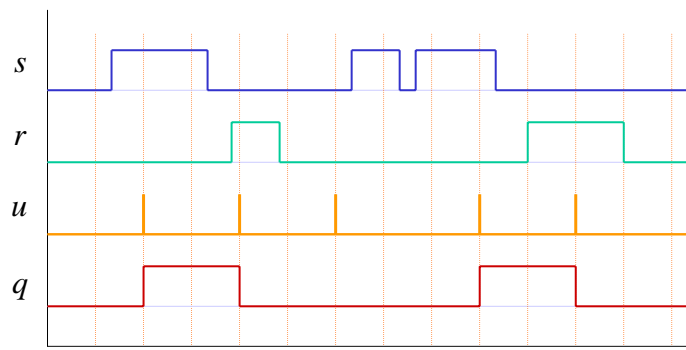


N. Zimic

8-36

Sinhronne pomnilne celice (nad.)

- Primer delovanja sinhronne RS celice:

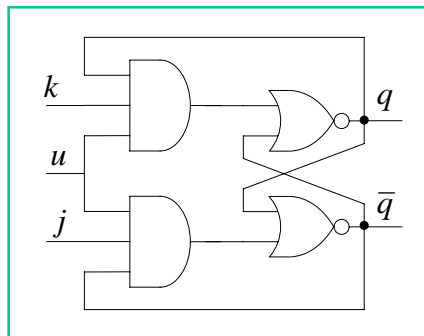


N. Zimic

8-37

Sinhronne pomnilne celice (nad.)

- Primer JK pomnilne celice, sinhronizirane na urin impulz.

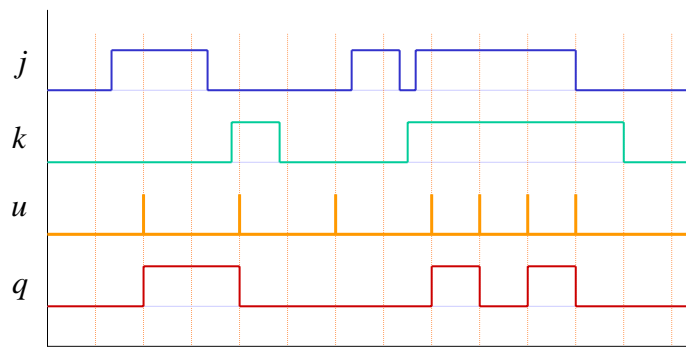


N. Zimic

8-38

Sinhronne pomnilne celice (nad.)

- Primer delovanja sinhronne JK celice:

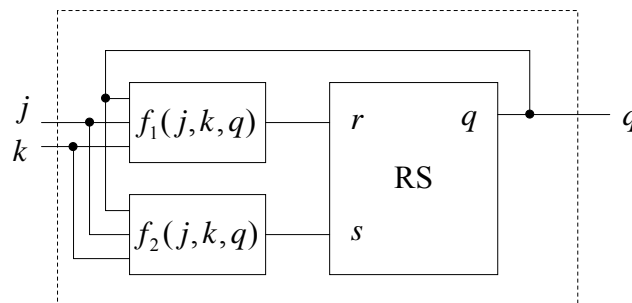


N. Zimic

8-39

Realizacija JK celice z RS pomnilno celico

- Realizacija JK z RS pomnilno celico:



N. Zimic

8-40

Realizacija JK celice z RS pomnilno celico (nad.)

- Realizacija JK z RS pomnilno celico:

r	s	D^1q	q	D^1q	r	s
0	0	q	0	0	x	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	0
1	1	X	1	1	0	x

Vhodne vrednosti v RS pomnilno celico, ki jih pogojuje stanje pomnilne celice v času t in $t+1$ v levi strani pravilnostne tabele

x predstavlja logično 0 ali 1 (karkoli)

N. Zimic

8-41

Realizacija JK celice z RS pomnilno celico (nad.)

Sprememba stanja JK pomnilne celice pogojuje vhod v RS pomnilno celico

j	k	q	D^1q	f_1	f_2
0	0	0	0	x	0
0	0	1	1	0	x
0	1	0	0	x	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	x
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0

N. Zimic

8-42

Realizacija JK celice z RS pomnilno celico (nad.)

- Realizacija funkcij, ki vstopata v RS celico:

$$f_1(j,k,q): \quad j \quad \quad \quad f_2(j,k,q): \quad j$$

k	j			
	0	1	1	x
	0	0	0	x
	q			

k	j			
	1	0	0	0
	1	x	x	0
	q			

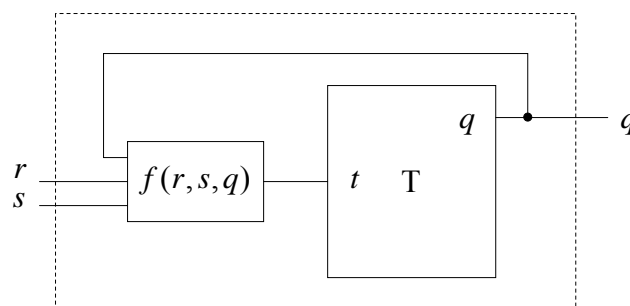
$$f_1(j,k,q) = kq \quad \quad \quad f_2(j,k,q) = j\bar{q}$$

N. Zimic

8-43

Realizacija RS celice s T pomnilno celico

- Realizacija RS s T pomnilno celico:



N. Zimic

8-44

Realizacija RS celice s T pomnilno celico(nad.)

- Lastnost T pomnilne celice:

t	q	D^1q	q	D^1q	t
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0

Vhodne vrednosti v T pomnilno celico, ki jih pogojuje stanje pomnilne celice v času t in $t+1$ na levi strani pravilnostne tabele

N. Zimic

8-45

Realizacija RS celice s T pomnilno celico(nad.)

r	s	q	D^1q	t
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	X	x
1	1	1	X	x

Sprememba stanja RS pomnilne celice pogojuje vhod v T pomnilno celico

Nedovoljeni vhodi

Poljuben vhod v T pomnilno celico

N. Zimic

8-46

Realizacija RS celice s T pomnilno celico(nad.)

- Realizacija funkcije, ki vstopa v T pomnilno celico:

$$f(r, s, q):$$

	r			
s	x	x	0	1
	0	1	0	0
	q			

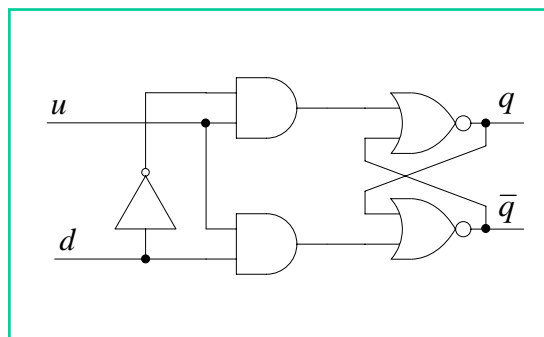
$$f(r, s, q) = r q \vee s \bar{q}$$

N. Zimic

8-47

Pomnilne celice s predpomnjenjem

- D pomnilna celica sinhronizirana na urin impulz:



N. Zimic

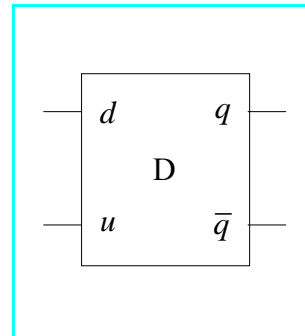
8-48

Pomnilne celice s predpomnjenjem (nad)

- D pomnilna celica sinhronizirana na urin impulz:
- Logična enačba:

$$D^1 q = u d \vee \bar{u} q$$

Vrednost D pomnilne celice se spreminja skladno z vhomom d , ko je urin vhod visok in ohranja, ko je urin vhod nizek.

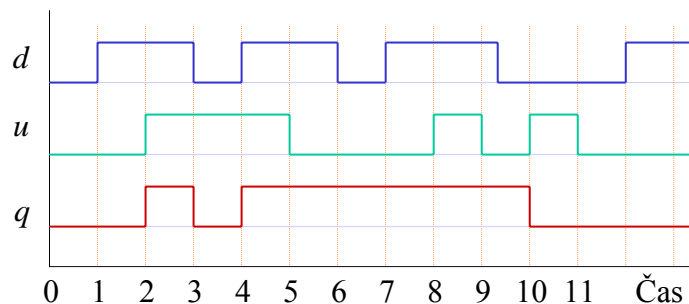


N. Zimic

8-49

Pomnilne celice s predpomnjenjem (nad.)

- Časovni diagram za D pomnilno celico sinhronizirano na urin impulz:

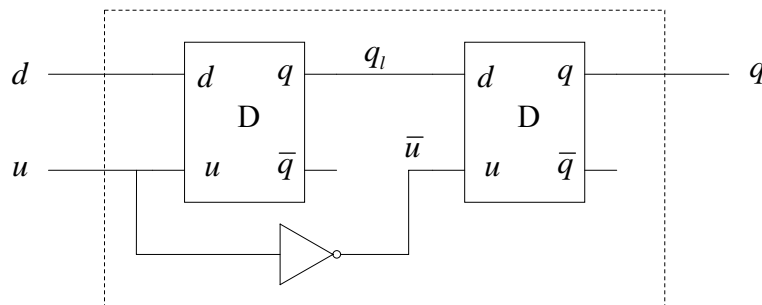


N. Zimic

8-50

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- S povezavo dveh pomnilnih celic dobimo pomnilno celico s predpomnjenjem:



N. Zimic

8-51

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Glavna značilnost pomnilne celice s predpomnjenjem je v sinhronizaciji na fronto urinega impulza:
 - prva pomnilna celica spreminja svoje stanje, kadar je urin impulz visok. Ko je urin impulz nizek, se izhod prve celice q_l ne spreminja
 - druga pomnilna celica spreminja svoje stanje, kadar je urin impulz nizek. Ker se v tem primeru prva celica ne spreminja, se tudi izhod ne spreminja
 - do spremembe pride samo pri prehodu ure iz visokega v nizko stanje, to je pri zadnji fronti

N. Zimic

8-52

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Enačba D pomnilne celice s predpomnjenjem:
 - notranja pomnilna celica

$$D^1 q_l = u d \vee \bar{u} q_l$$

- izhodna pomnilna celica

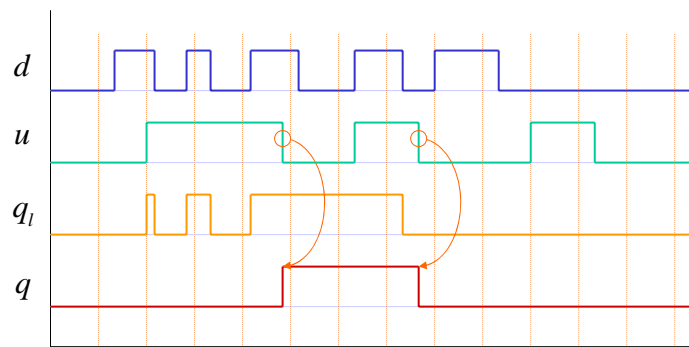
$$D^1 q = u q_l \vee \bar{u} q$$

N. Zimic

8-53

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Časovni diagram za pomnilno celic s predpomnjenjem:



N. Zimic

8-54

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za D pomnilno celico s predpomnjenjem:

- notranja stanja so določena s stanji notranje q_1 in izhodne pomnilne celice q :

$$y = (q_1, q)$$

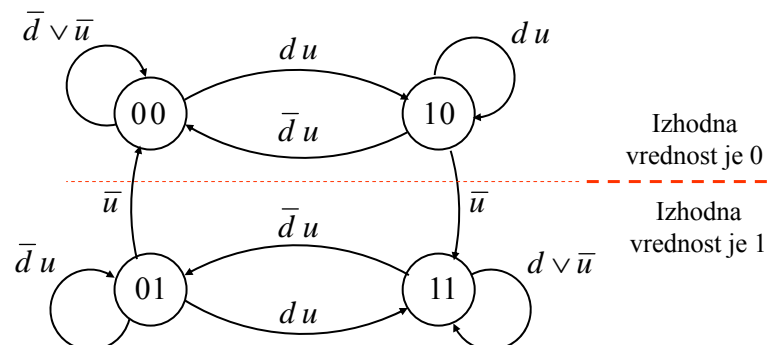
- pogoje za prehod pa predstavljajo vhodi d in u .

N. Zimic

8-55

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Diagram prehajanja stanj:

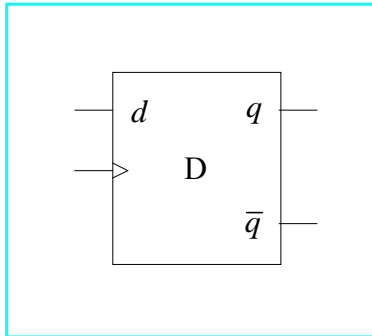


N. Zimic

8-56

D pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Logični simbol za D pomnilno celico s predpomnjenjem:

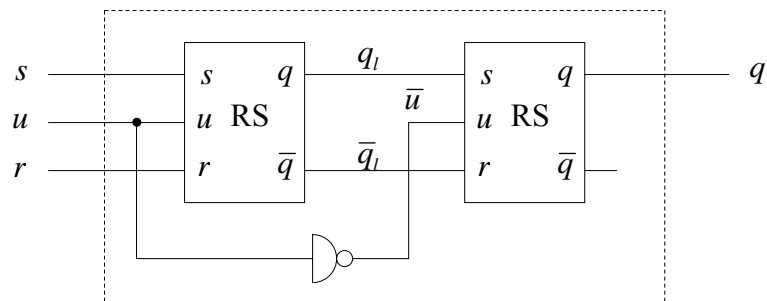


N. Zimic

8-57

RS pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- S povezavo dveh pomnilnih celic dobimo pomnilno celico s predpomnjenjem:



N. Zimic

8-58

RS pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Enačba RS pomnilne celice s predpomnjenjem:
 - notranja pomnilna celica

$$D^1 q_l = \bar{r} q_l \vee s$$

- izhodna pomnilna celica

$$D^1 q = q_l$$

RS pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Diagram prehajanja stanj za RS pomnilno celico s predpomnjenjem:

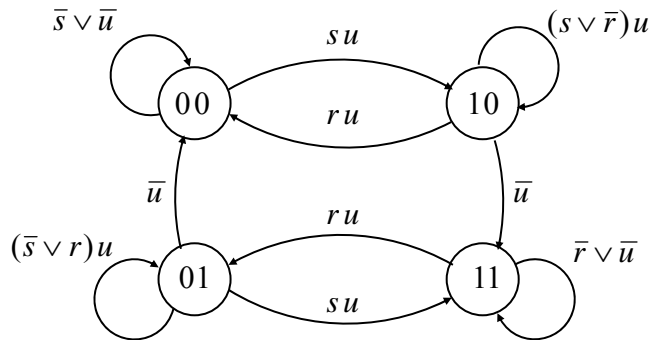
- notranja stanja so določena s stanji notranje q_1 in izhodne pomnilne celice q :

$$y = (q_l q)$$

- pogoje za prehod pa predstavljata vhoda r , s in u .

RS pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Diagram prehajanja stanj:

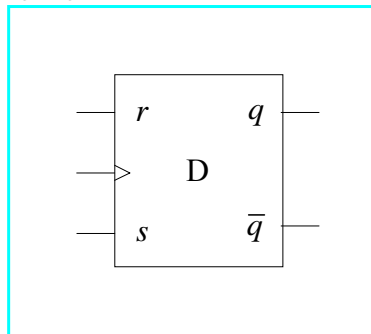


N. Zimic

8-61

RS pomnilna celica s predpomnjenjem (nad.)

- Logični simbol za RS pomnilno celico s predpomnjenjem:

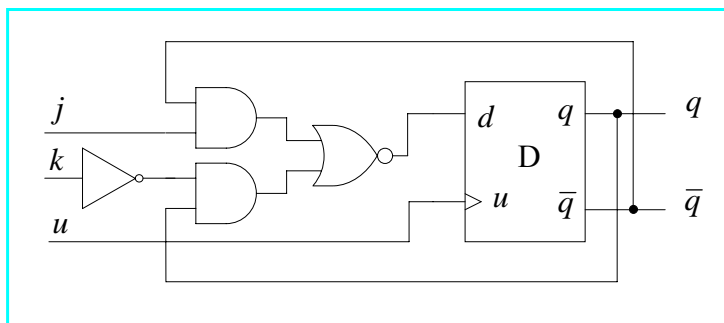


N. Zimic

8-62

JK pomnilna celica na osnovi D celice

- JK pomnilna celica lahko temelji na D pomnilni celice s predpomnjenjem: $D^1 q = q \bar{k} \vee \bar{q} j$



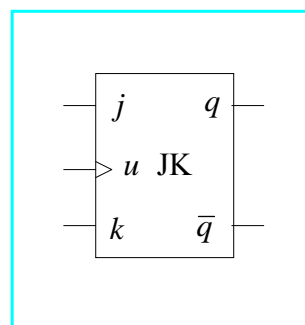
N. Zimic

8-63

JK pomnilna celica na osnovi D celice (nad.)

- JK pomnilna celica lahko temelji na D pomnilni celice s predpomnjenjem:

j	k	u	$D^1 q$	$D^1 \bar{q}$
x	x	0	q	\bar{q}
x	x	1	q	\bar{q}
x	x	↓	q	\bar{q}
0	0	↑	q	\bar{q}
0	1	↑	0	1
1	0	↑	1	0
1	1	↑	\bar{q}	q

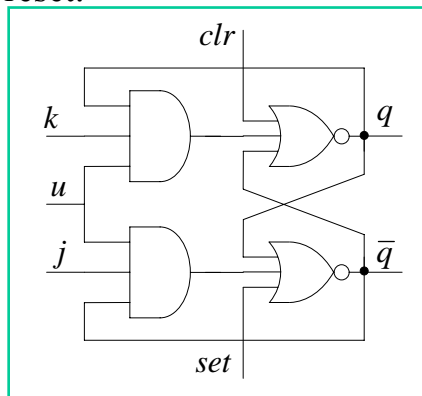


N. Zimic

8-64

Sinhronne pomnilne celice z asinhronim set in reset

- Primer JK pomnilne celice, z asinhronim vhodom za set in reset.

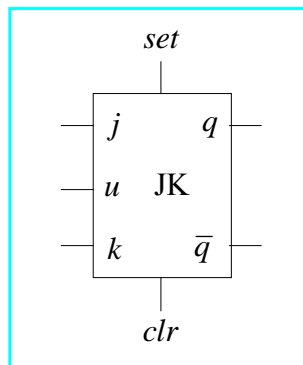


N. Zimic

8-65

Sinhronne pomnilne celice z asinhronim set in reset

- Primer JK pomnilne celice, z asinhronim vhodom za set in reset.

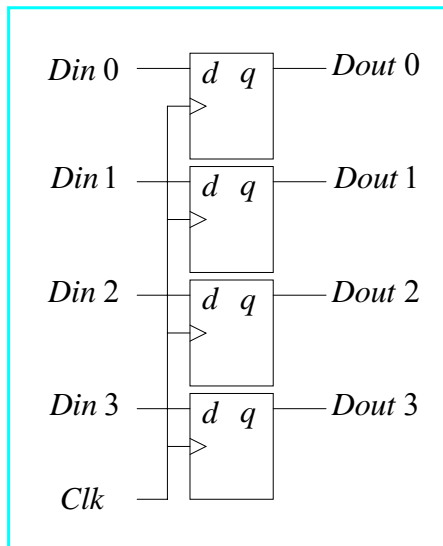


N. Zimic

8-66

Paralelno zajemanje podatkov

- V računalništvu pogosto hranimo več bitov hkrati.
- Kot primer je so prikazane štiri pomnilne celice, ki delujejo sinhrono z isto uro.

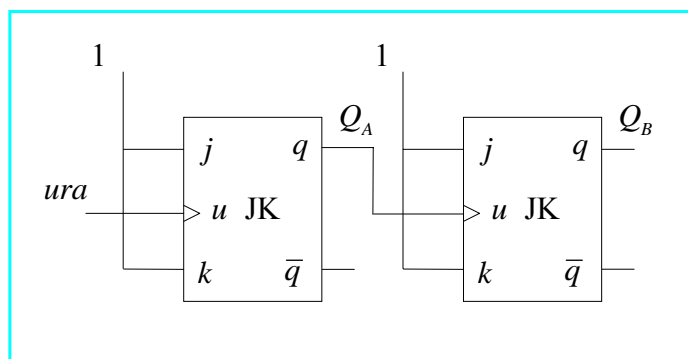


N. Zimic

8-67

Delilnik frekvence

- JK pomnilno celico lahko uporabimo kot delilnik frekvence:

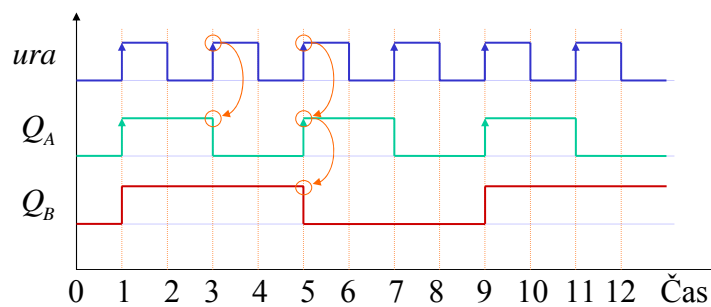


N. Zimic

8-68

Delilnik frekvence (nad.)

- Časovni diagram za delilnik frekvence:

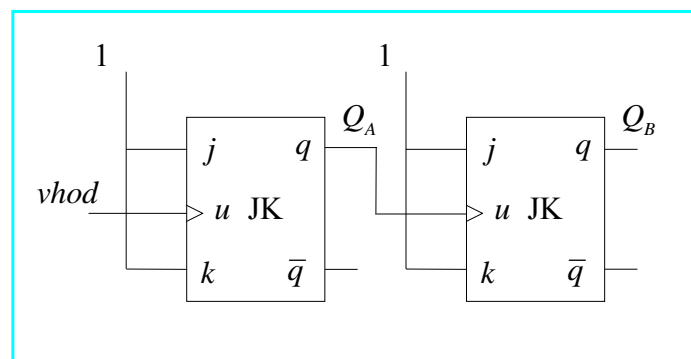


N. Zimic

8-69

Števec

- JK pomnilno celico lahko uporabimo kot števec:

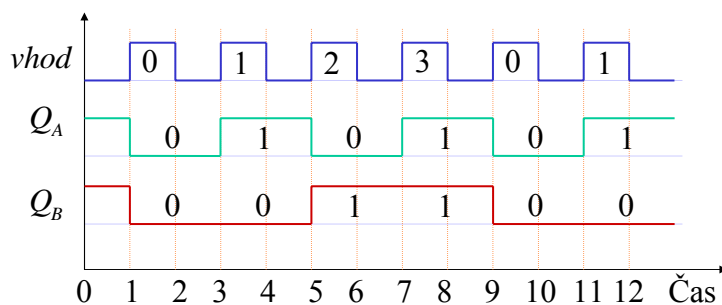


N. Zimic

8-70

Števec (nad.)

- Časovni diagram za števec:

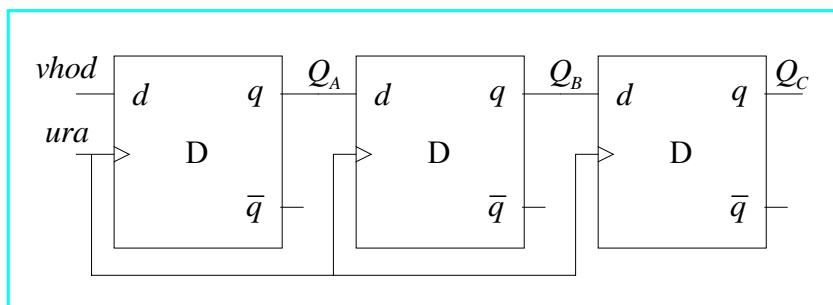


N. Zimic

8-71

Pomikalni register

- JK pomnilno celico lahko uporabimo kot števec:

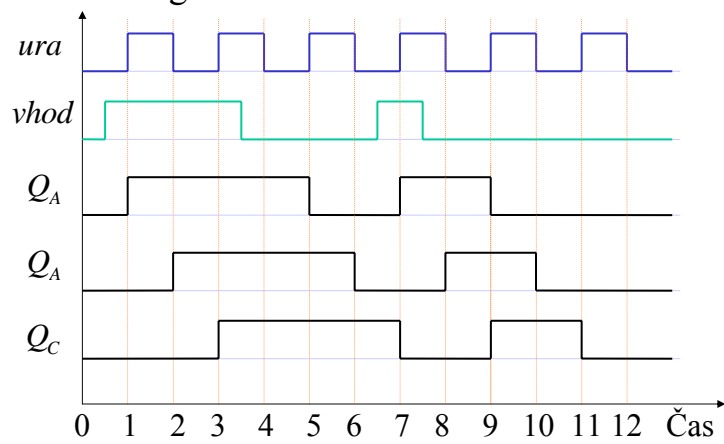


N. Zimic

8-72

Delilnik frekvence (nad.)

- Časovni diagram za delilnik frekvence:

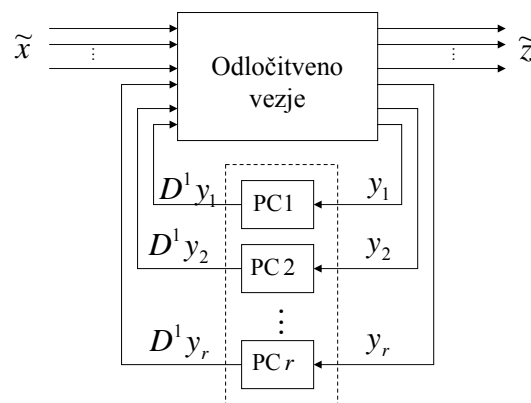


N. Zimic

8-73

Model sekvenčnega vezja

- Splošni model:



N. Zimic

8-74

Model sekvenčnega vezja (nad.)

- Opredelitev spremenljivk sekvenčnega vezja
 - vektor vhodnih spremenljivk
 $\tilde{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]$
 - vektor izhodnih spremenljivk
 $\tilde{z} = [z_1, z_2, \dots, z_m]$
 - vektor krmilnih spremenljivk
 $\tilde{y} = [y_1, y_2, \dots, y_r]$
 - vektor izhodov iz pomnilnih celic
 $D^1 \tilde{y} = [D^1 y_1, D^1 y_2, \dots, D^1 y_r]$

N. Zimic

8-75

Model sekvenčnega vezja (nad.)

- V odločitvenem vezju so opredeljene funkcije:
 - izhodne funkcije
 $\tilde{z} = f(\tilde{x}, D^{-1} \tilde{y})$
 - krmilne funkcije
 $\tilde{y} = h(\tilde{x}, D^{-1} \tilde{y})$
- Sinhronizacija je izvedena z uro, ki vstopa v pomnilne celice

N. Zimic

8-76