



Digitalna vezja UL, FRI



Vaja 11, Avtomati

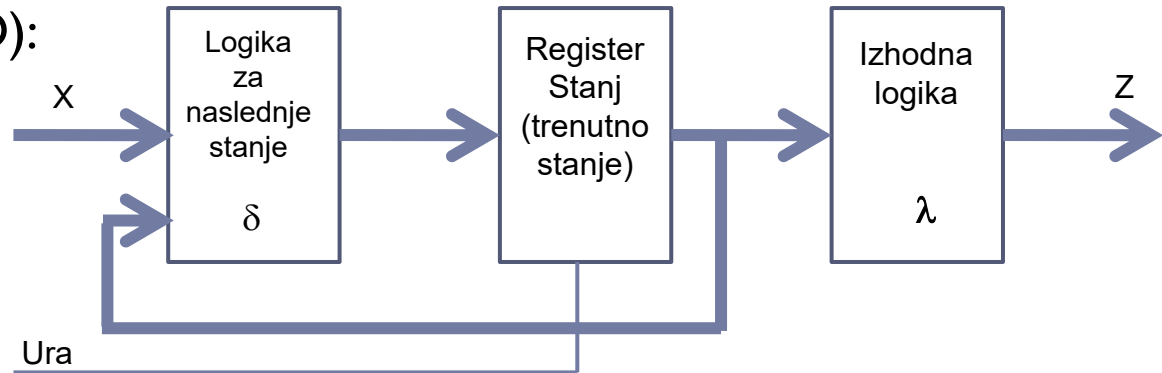
Avtomat – Končni stroj stanj

FSM (Finite state machine): $A = \{X, S, Z, \delta, \lambda\}$

Moorov avtomat (MO):

$$\delta: X \times S \rightarrow S$$

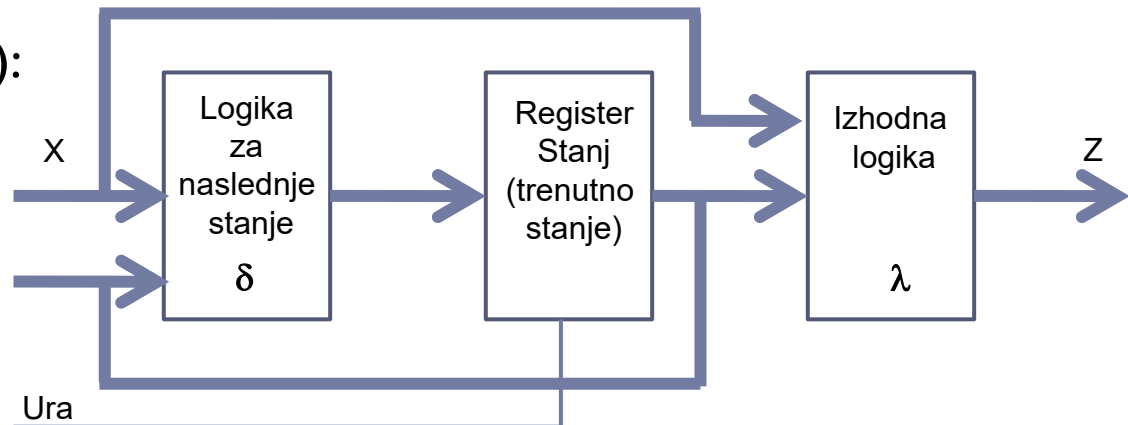
$$\lambda: S \rightarrow Z$$



Mealyjev avtomat (ME):

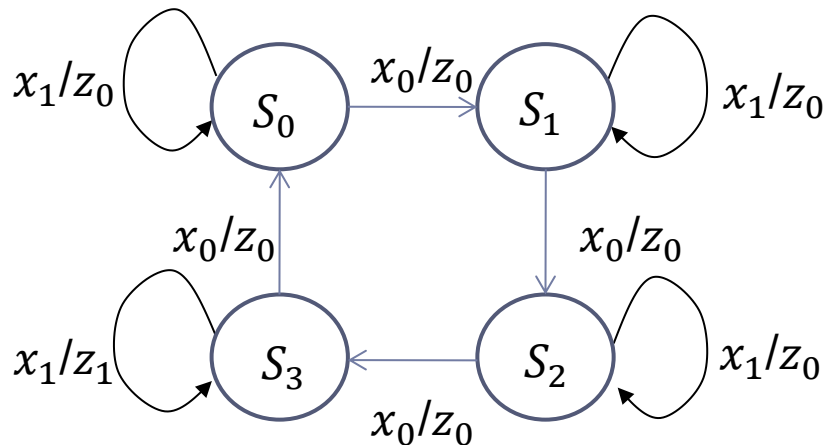
$$\delta: X \times S \rightarrow S$$

$$\lambda: X \times S \rightarrow Z$$



Primer: Pretvorba med avtomati: Mealy $\rightarrow$ Moore

1) Diagram prehajanja stanj - Mealy



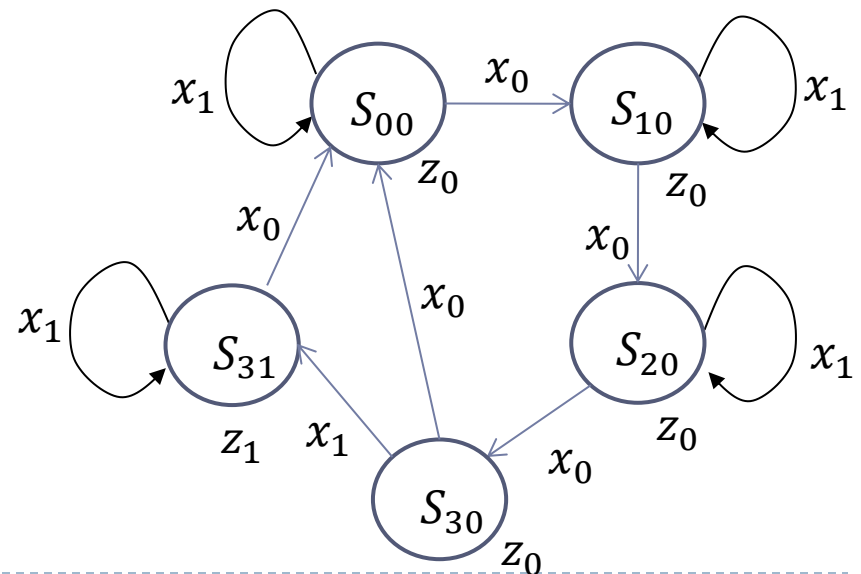
2) Tabela prehajanja stanj - Mealy

	S_0	S_1	S_2	S_3
x_0	S_1/z_0	S_2/z_0	S_3/z_0	S_0/z_0
x_1	S_0/z_0	S_1/z_0	S_2/z_0	S_3/z_1

3) Tabela prehajanja stanj - Moore

	z_0	z_0	z_0	z_0	z_1
	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{30}	S_{31}
x_0	S_{10}	S_{20}	S_{30}	S_{00}	S_{00}
x_1	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{31}	S_{31}

4) Diagram prehajanja stanj - Moore



Moore (prejšnja pretvorba) → Mealy

1) Tabela prehajanja stanj - Moore

	z_0	z_0	z_0	z_0	z_1
	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{30}	S_{31}
x_0	S_{10}	S_{20}	S_{30}	S_{00}	S_{00}
x_1	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{31}	S_{31}

3) Končna pretvorba - Mealy

	S_0	S_1	S_2	S_3
x_0	S_1/z_0	S_2/z_0	S_3/z_0	S_0/z_0
x_1	S_0/z_0	S_1/z_0	S_2/z_0	S_3/z_1

Rešitev je Mealyjev avtomat iz prejšnje pretvorbe.

2) Tabela prehajanja stanj - Mealy

	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{30}	S_{31}
x_0	S_{10}/z_0	S_{20}/z_0	S_{30}/z_0	S_{00}/z_0	S_{00}/z_0
x_1	S_{00}/z_0	S_{10}/z_0	S_{20}/z_0	S_{31}/z_1	S_{31}/z_1

Izhodno črko razberemo iz stanja v katerega bomo prešli

Enaki prehodi stanj, enaki izhodi pri posamezni vhodni črki
→ združimo stanja $S_{30} = S_{31}$ in vsa stanja preimenujemo v :

$S_{00} \rightarrow S_0, S_{10} \rightarrow S_1, S_{20} \rightarrow S_2, S_{30} = S_{31} \rightarrow S_3$

Primer: Razpoznavanje niza

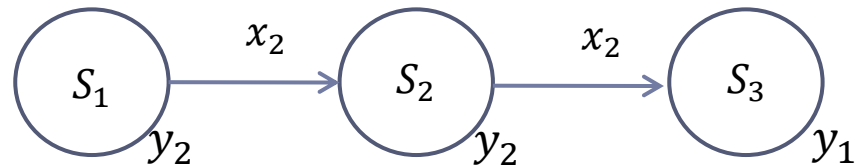
Moorov avtomat je podan z vhodno množico $X = (x_1, x_2)$ in izhodno množico $Y = (y_1, y_2)$. Izhod naj bo y_1 , če je na vhodu zaporedje x_2x_2 , sicer pa je izhod y_2 .

Naloge:

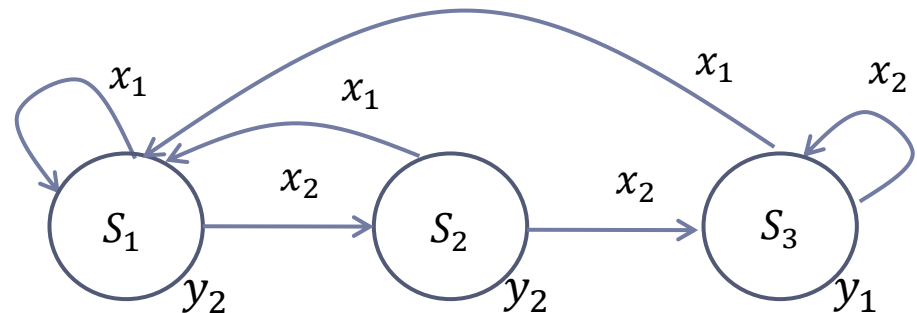
- ❑ Definirajte diagram prehajanja stanj (DPS):
 - ❑ Primer zaporedja vhodov in izhodov:
 - Vhod: $x_1x_2x_2x_1x_1x_2x_1x_2x_2x_2x_1 \dots$
 - Izhod: $y_2y_2y_1y_2y_2y_2y_2y_2y_1y_1y_2 \dots$
- ❑ Moorov avtomat pretvorite v Mealyev avtomat,
- ❑ Moorov in Mealyjev avtomat realizirajte s T pomnilnimi celicami in
- ❑ Mealyjev avtomat realizirajte v Logisimu

Primer: Razpoznavanje niza - Diagram prehajanja stanj

- I. Začetno stanje označimo z s_1 in določimo izhod y_2 . Temu sledi zaporedje stanj z izhodom y_2 in prehodov, ki vodijo v stanje z izhodom y_1 .



- I. Za vsa stanja v nadaljevanju določimo:
 - prehode iz stanj S_1, S_2, S_3 ob pojavu vhoda x_1 in
 - prehod iz S_3 ob pojavu vhoda x_2 .

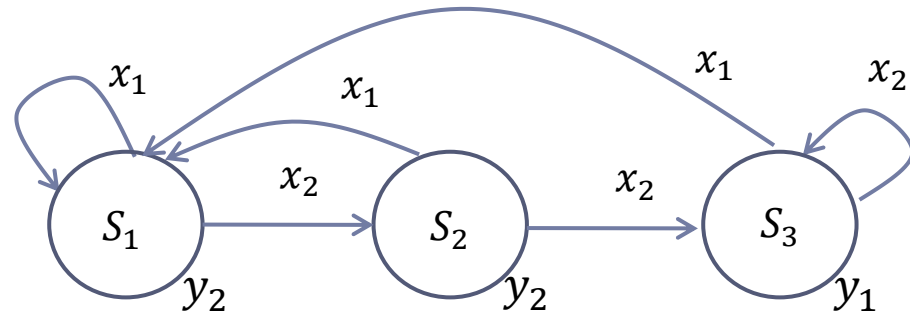


Vhodna črka		x_1	x_2	x_2	x_1	x_1	x_2	x_1	x_2	x_2	x_2	x_1	...
Stanje	S_1	S_1	S_2	S_3	S_1	S_1	S_2	S_1	S_2	S_3	S_3	S_1	...
Izhodna črka		y_2	y_2	y_1	y_2	y_2	y_2	y_2	y_2	y_1	y_1	y_2	...

Primer: Razpoznavanje niza – Pretvorba Moore -> Mealy

1. Zapišite tabelo prehajanja stanj Moorovega avtomata:

	y_2	y_2	y_1
	S_1	S_2	S_3
x_1	S_1	S_1	S_1
x_2	S_2	S_3	S_3



2. Izpišite abecede Mealyjevega avtomata:

- $X=\{x_1, x_2\}$
- $S=\{S_1, S_2, S_3\}$
- $Y=\{y_1, y_2\}$

3. Mealyjev avtomat podamo tabelarično in s pomočjo diagrama prehajanja stanj:

	S_1	S_2	S_3
x_1	S_1/y_2	S_1/y_2	S_1/y_2
x_2	S_2/y_2	S_3/y_1	S_3/y_1

Popolnoma enaki prehodi in izhodi

↓
združimo: $S_2 \rightarrow S_{23}$
 $S_3 \rightarrow S_{23}$

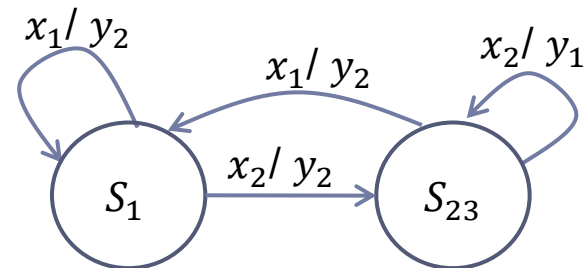
Primer: Razpoznavanje niza – Pretvorba Moore -> Mealy

	S_1	S_2	S_3
x_1	S_1/y_2	S_1/y_2	S_1/y_2
x_2	S_2/y_2	S_3/y_1	S_3/y_1

	S_1	S_{23}
x_1	S_1/y_2	S_1/y_2
x_2	S_{23}/y_2	S_{23}/y_1

Popolnoma enaki prehodi in izhodi

združimo: $S_2 \rightarrow S_{23}$
 $S_3 \rightarrow S_{23}$



Vhodna črka		x_1	x_2	x_2	x_1	x_1	x_2	x_1	x_2	x_2	x_2	x_1	...
Stanje	S_1	S_1	S_{23}	S_{23}	S_1	S_1	S_{23}	S_1	S_{23}	S_{23}	S_{23}	S_1	...
Izhodna črka		y_2	y_2	y_1	y_2	y_2	y_2	y_2	y_2	y_1	y_1	y_2	...

Primer: Razpoznavanje niza –Realizacija Moorovega a.

	y_2	y_2	y_1
	S_1	S_2	S_3
x_1	S_1	S_1	S_1
x_2	S_2	S_3	S_3

1. Zapis kodirnih tabel:

	x
x_1	0
x_2	1

	q_1	q_2
S_1	0	0
S_2	0	1
S_3	1	0

	y
y_1	0
y_2	1

2. Pravilnostna tabela Moorovega avtomata:

q_1	q_2	x	D^1q_1	D^1q_2	y
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	?	?	?
1	1	1	?	?	?

Primer: Razpoznavanje niza –Realizacija Moorovega a.

3. Določitev vhodov v pomnilne celice:

q_1	q_2	x	D^1q_1	D^1q_2	y	t_1	t_2
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	?	?	?	?	?
1	1	1	?	?	?	?	?

4. Izpis preklonih funkcij:

		x	
		0	1
q_1, q_2	00		
	01		1
	11	?	?
	10	1	

$$t_1 = \bar{x} q_1 \vee x q_2$$

		x	
		0	1
q_1, q_2	00		1
	01	1	1
	11	?	?
	10		

$$t_2 = x \bar{q}_1 \vee q_2$$

Izhod Moorovega
avtomata je odvisen le
od trenutnega stanja

V izhodni funkciji ne
smejo nastopati vhodne
spremenljivke!

		x	
		0	1
q_1, q_2	00	1	1
	01	1	1
	11	?	?
	10		

$$y = \bar{q}_1$$

Primer: Razpoznavanje niza –Realizacija Mealyjevega a.

	S_1	S_{23}
x_1	S_1/y_2	S_1/y_2
x_2	S_{23}/y_2	S_{23}/y_1

1. Zapis kodirnih tabel:

	x
x_1	0
x_2	1

	q
S_1	0
S_{23}	1

	y
y_1	0
y_2	1

2. Pravilnostna tabela Moorovega avtomata & določitev vhodov v pomnilne celice

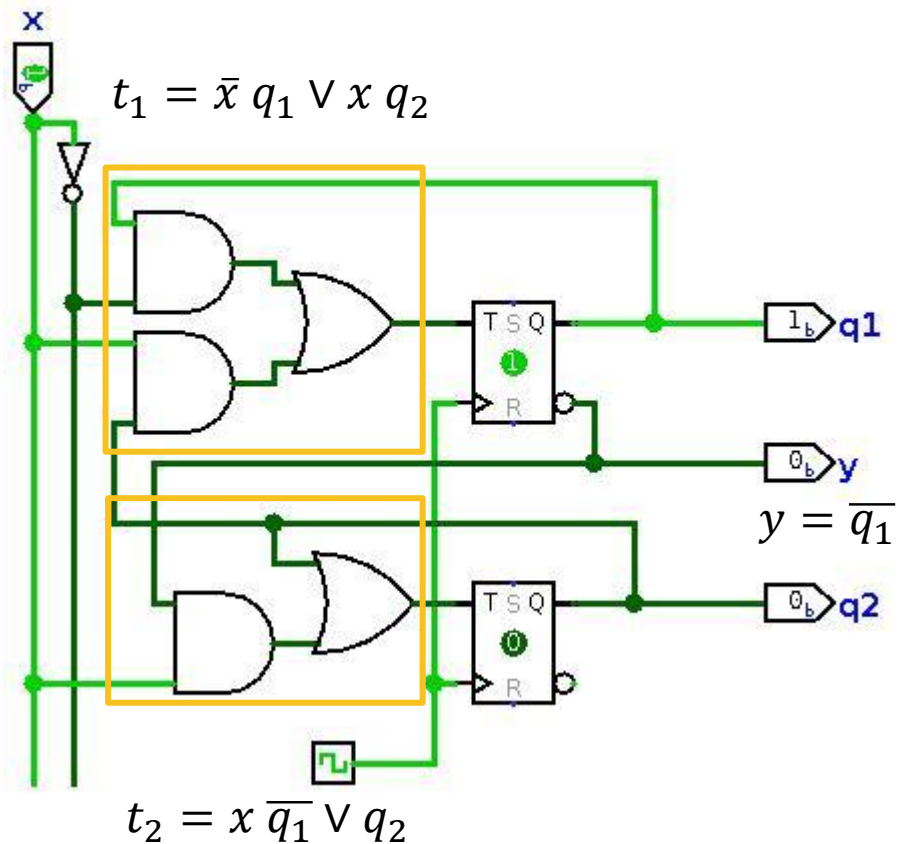
q	x	D^1q	y	t
0	0	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	0	0

3. Izpis preklonih funkcij:

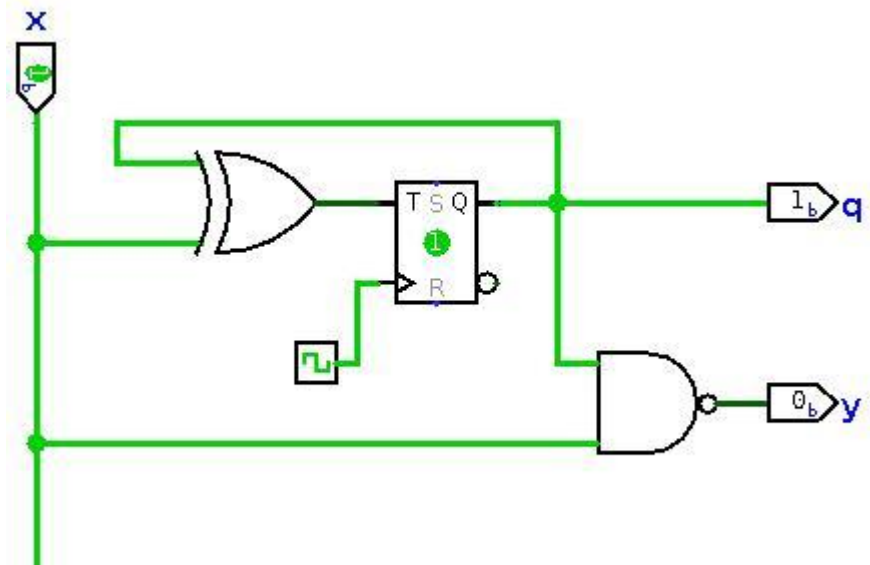
$$t = q_1 \nabla x$$

$$y = q_1 \uparrow x$$

Primer: Razpoznavanje niza – Realizacija v Logisim-u



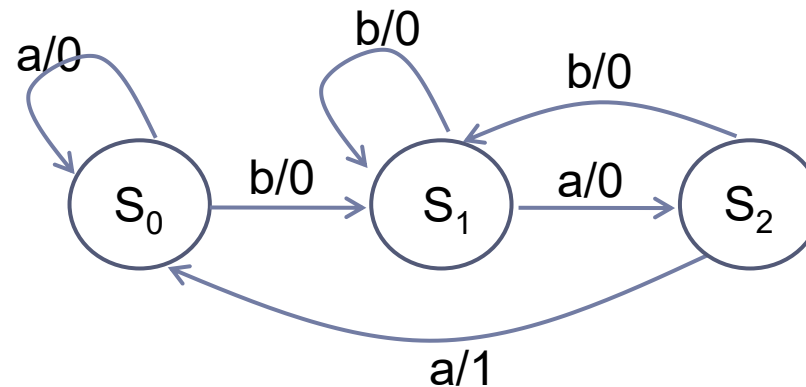
Moorov avtomat



Mealyjev avtomat

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

Podan je diagram prehajanja stanj Mealyjevega avtomata:

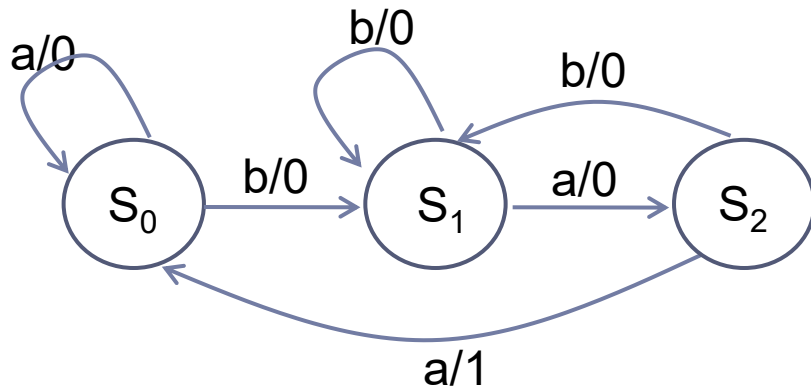


Naloge:

- ☐ Mealyjev avtomat pretvorite v Moorov avtomat
- ☐ Moorov avtomat realizirajte z JK pomnilnimi celicami, logičnimi vrati NOT, AND, in OR
- ☐ Delovanje avtomata preverite v Logisimu

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

□ Pretvorba Mealy -> Moore:



1) Tabela prehajanja stanj - Mealy

	S_0	S_1	S_2
a	$S_0/0$	$S_2/0$	$S_0/1$
b	$S_1/0$	$S_1/0$	$S_1/0$

2) Izpis abeced Moorovega avtomata:

- $X = \{a, b\}$
- $S = \{S_0/0, S_0/1, S_1/0, S_2/0\} = \{S_{00}, S_{01}, S_{10}, S_{20}\}$
- $Y = \{0, 1\}$

3) Tabela prehajanja stanj – Moore:

	0	0	0	1
	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{01}
a	S_{00}	S_{20}	S_{01}	S_{00}
b	S_{10}	S_{10}	S_{10}	S_{10}

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

- ❑ Realizacija Moorovga avtomata z JK pomnilnimi celicami in NOT, AND, in OR vrati:

	0	0	0	1
	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{01}
a	S_{00}	S_{20}	S_{01}	S_{00}
b	S_{10}	S_{10}	S_{10}	S_{10}

1) Kodirne tabele:

Črka	x
a	1
b	0

Črka	y
0	0
1	0

Stanje	q_1	q_0
S_{00}	0	0
S_{10}	0	1
S_{20}	1	0
S_{01}	1	1

2) Pravilnostna tabela avtomata:

q_1	q_2	x	$D^1 q_1$	$D^1 q_2$	y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

3) Določitev vhodov v JK pomnilni celic:

q_1	q_2	x	D^1q_1	D^1q_2	y	k_1	j_1	k_2	j_2
0	0	0	0	0	0	?	0	?	0
0	0	1	0	1	0	?	0	?	1
0	1	0	1	0	0	?	1	1	?
0	1	1	0	1	0	?	0	0	?
1	0	0	1	1	0	0	?	?	1
1	0	1	0	1	0	1	?	?	1
1	1	0	0	0	1	1	?	1	?
1	1	1	0	1	1	1	?	0	?

4) Izpis kontrolnih funkcij:

		x		x		x		x		x	
		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
q_1, q_2	00	?	?			?	?		1		
	01	?	?	1		1		?	?		
	11	1	1	?	?	1		?	?	1	1
	10		1	?	?	?	?	1	1		
$k_1 = x \vee q_2$		$j_1 = \bar{x}q_2$		$k_2 = \bar{x}$		$j_2 = x \vee q_1$		$y = q_1q_2$			

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

- Realizacija Moorovga avtomata z JK pomnilnimi celicami in NOT, AND, in OR vrati:

	0	0	0	1
	S_{00}	S_{10}	S_{20}	S_{01}
a	S_{00}	S_{20}	S_{01}	S_{00}
b	S_{10}	S_{10}	S_{10}	S_{10}

1) Kodirne tabele:

Črka	x
a	1
b	0

Črka	y
0	0
1	0

Stanje	q_1	q_0
S_{00}	0	0
S_{01}	0	1
S_{10}	1	0
S_{20}	1	1

2) Pravilnostna tabela avtomata:

q_1	q_2	x	D^1q_1	D^1q_2	y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0

Realizacija se od
prejšnje razlikuje le po
kodirni tabeli stanj

Naloga: Avtomat za razpoznavanje niza črk

3) Določitev vhodov v JK pomnilni celic:

q_1	q_2	x	D^1q_1	D^1q_2	y	k_1	j_1	k_2	j_2
0	0	0	0	0	0	?	0	?	0
0	0	1	1	0	0	?	1	?	0
0	1	0	0	0	1	?	0	1	?
0	1	1	1	0	1	?	1	1	?
1	0	0	1	1	0	0	?	?	1
1	0	1	1	0	0	0	?	?	0
1	1	0	0	1	0	1	?	0	?
1	1	1	1	0	0	0	?	1	?

4) Izpis kontrolnih funkcij:

q_1, q_2

	x	
	0	1
00	?	?
01	?	?
11	1	
10		

 $k_1 = \bar{x}q_2$

q_1, q_2

	x	
	0	1
00		1
01		1
11	?	?
10	?	?

 $j_1 = x$

q_1, q_2

	x	
	0	1
00	?	?
01	1	1
11		1
10	?	?

 $k_2 = x \vee \overline{q_1}$

q_1, q_2

	x	
	0	1
00		
01	?	?
11	?	?
10	1	

 $j_2 = \bar{x}q_1$

q_1, q_2

	x	
	0	1
00		
01	1	1
11		
10		

 $y = \overline{q_1}q_2$