

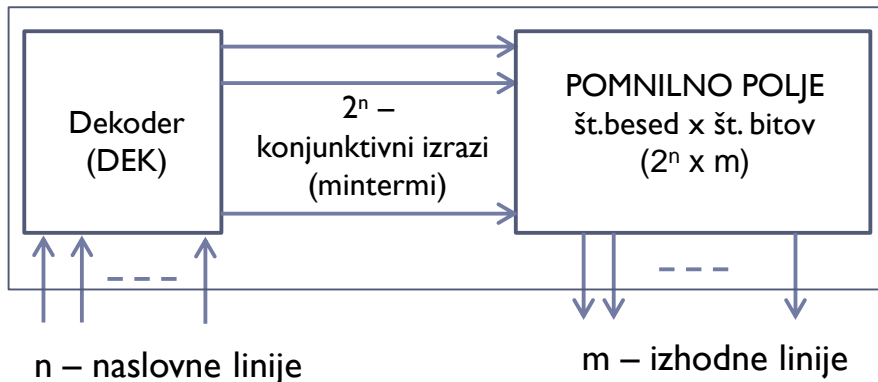
Digitalna vezja

UL, FRI

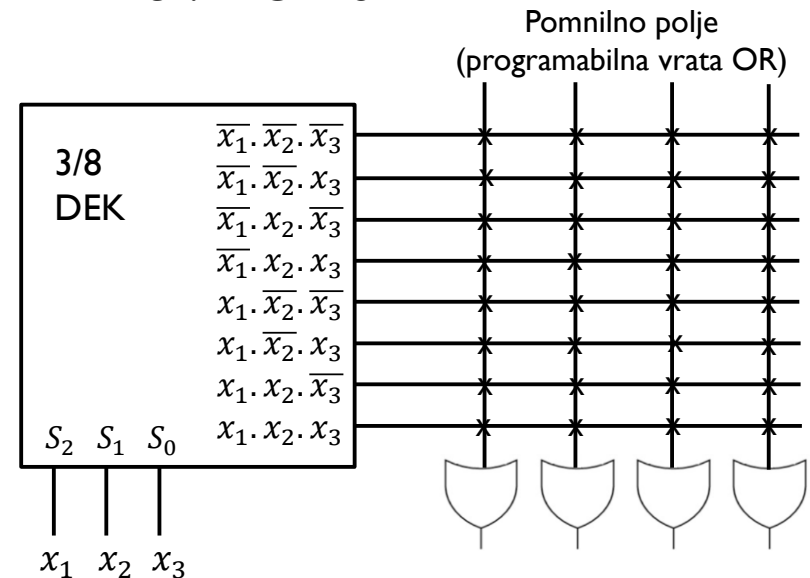
V12 Avtomat – stroj za bonbone (ROM, logična vrata, MUX)

Programabilno vezje – PROM

- ❑ Fiksno polje AND vrat je dekodeer (DEK), ki ima n naslovnih linij (vhodne spremenljivke) in 2^n izhodov (vhodne kombinacije, konjunktivni izrazi, mintermi).
- ❑ Programabilno polje OR vrat, ki določajo izbiro pomnilne besede - število besed (2^n) x število bitov (m).



Primer: PROM 8x4



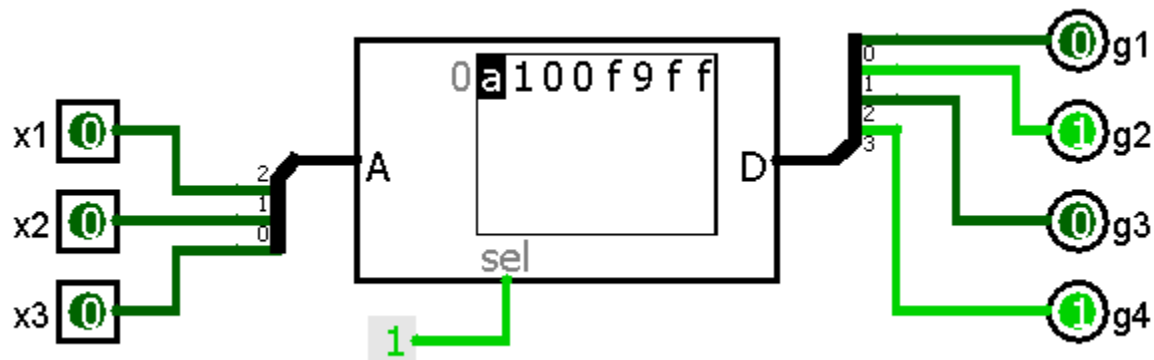
- Za realizacijo funkcije z uporabo PROMa je funkcija zapisana v pravilnostni tabeli, vhodne spremenljivke x_1, x_2, x_3 so naslovni vhodi, ki na izhodu dekodirnika določajo izbiro pomnilne besede, ki vsebuje funkcijske vrednosti za g_1, g_2, g_3, g_4 , ki se pojavijo na izhodu.
- Za vpis v PROM definiramo tabelo: Naslov (hex) – Izhodi (hex)

Naslov v PROMu				Pomnilno polje			
x_1	x_2	x_3		g_1	g_2	g_3	g_4
0	0	0	m_0	1	0	1	0
0	0	1	m_1	0	0	0	1
0	1	0	m_2	0	0	0	0
0	1	1	m_3	0	0	0	0
1	0	0	m_4	1	1	1	1
1	0	1	m_5	1	0	0	1
1	1	0	m_6	1	1	1	1
1	1	1	m_7	1	1	1	1



Naslov (hex)	Izhodi (hex)
0	A
1	1
2	0
3	0
4	F
5	9
6	F
7	F

- Realizacija funkcij g_1 , g_2 , g_3 , g_4 v logisimu. Vsebina PROMa je bila zapisana v tabeli Naslov-Izhodi. Vhod sel = 1, kar pomeni, da so izhodi aktivni Low ali High.



Naloga – stroj za bonbone

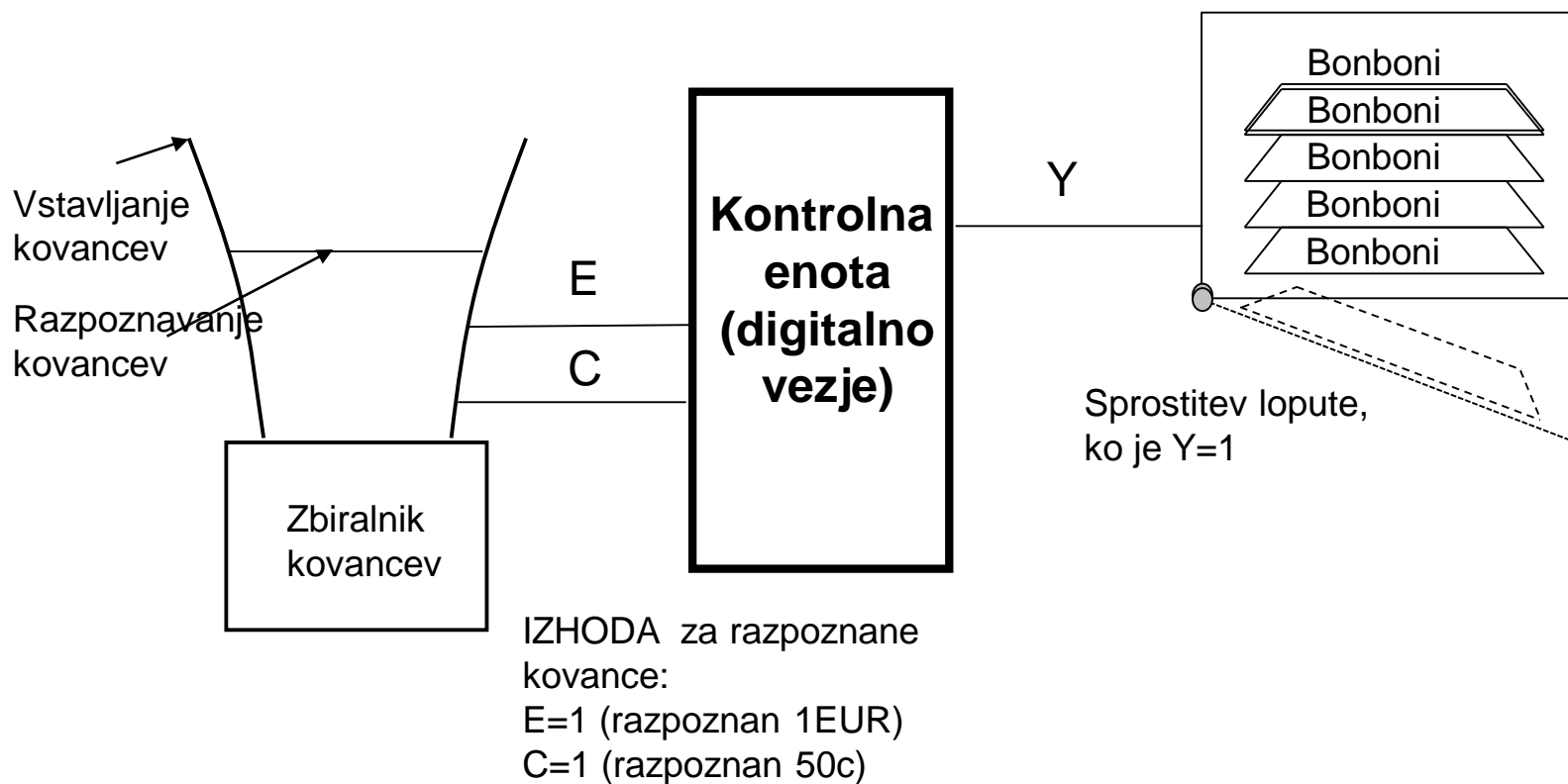
Problem:

- ❑ Izdelajmo Mooreov avtomat za krmiljenje mehanskega stroja za bonbone:
 - Vrata se odprejo, ko vstavimo znesek 1,50 EUR.
 - Vstaviti je možno kovanec za 1 EUR ali 50 c.
 - Stroj ne vrača drobiža oz kovanca, ki ne ustreza zahtevanemu znesku.

Sistem:

- ❑ Mehanski modul za razpoznavanje kovancev ima dva izhoda: E, C. Oba izhoda ne moreta biti istočasno aktivna.
- ❑ Kontrolna enota (digitalno vezje) sprejme vhoda E, C.
- ❑ Izhod kontrolne enote $Y=1$ odpre mehansko loputo za bonbone.
- ❑ Signal RESET omogoča vzpostavitev začetnega stanja, tako da briše register stanj.

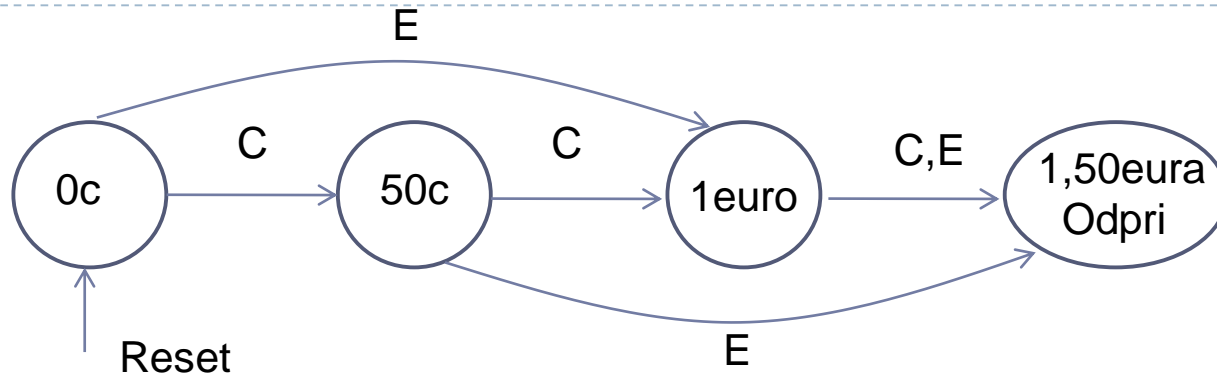
- Avtomat za bonbone sprejema dva različna kovanca (1EUR, 50c) in sprosti loputo z bonboni, ko je sprejel 1,50EUR.



Naloge:

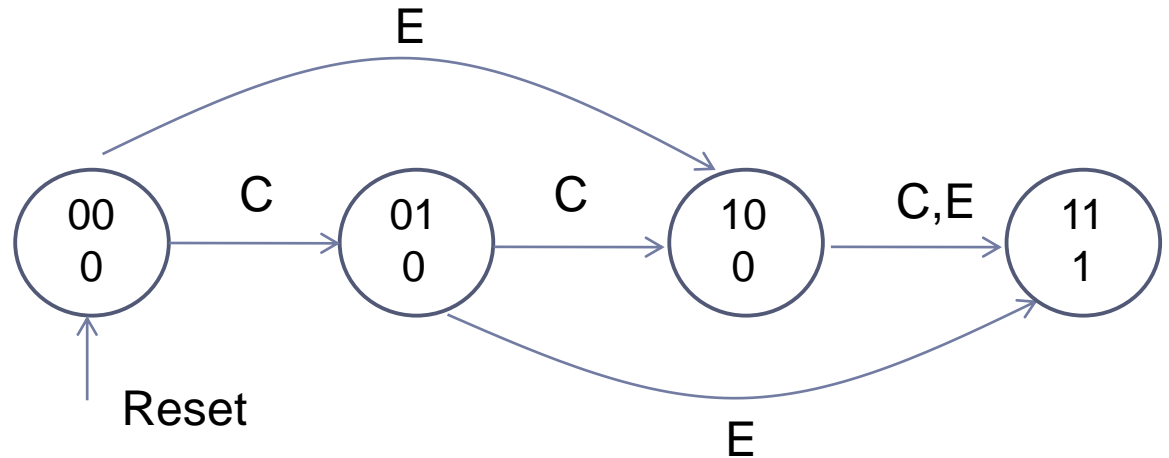
1. Narišite diagram prehajanja stanj (DPS) za vhodno množico $X=\{C,E\}$ in izhodno množico $Y=\{0,1\}$, loputa se odpre pri $Y=1$. Zapišite množico stanj $S=?$
2. Realizacija Moreovega avtomata s pomnilnimi celicami D in programabilnim gradnikom PROM.
3. Druge rešitve:
 - **R1)** Realizacija D_1, D_0, y - logična vrata NOT, AND, OR
 - **R2-1)** Realizacija D_1, D_0 - 4/1 MUX: $A_1 = E, A_0 = C$, izhod y - 2/1 MUX
 - **R2-2)** Realizacija D_1, D_0 - 4/1 MUX: $A_1 = Q_1, A_0 = Q_0$, izhod y - 2/1 MUX
 - **R3)** Realizacija avtomata z $J_1=K_1, J_0=K_0$ in zapis minimalnih oblik funkcij
4. Realizacija avtomata za bonbone s kodiranjem vhodov E in C (vhod x):
 - 4.1) Realizacija za D_1, D_0 , izhod y - logična vrata NOT, AND, OR
 - 4.2) Realizacija za $J_1 = K_1, J_0 = K_0$, izhod y - logična vrata NOT, AND, OR

I.) Diagram prehajanja stanj (DPS) za Mooreov avtomat za bonbone



Kodiranje stanj - Q_1, Q_0 določata množico stanj $S = \{00, 01, 10, 11\}$

stanje	Q_1 Q_0
0c	0 0
50c	0 1
1euro	1 0
1,50eura	1 1



Izhodna množica $Y = \{0, 1\}$

izhod	y
Ne odpri	0
Odpri	1

2.) Realizacija D_1, D_0 in izhoda y z ROMom

Naslov ROMa določajo:

- ❑ Vhoda E,C
- ❑ Trenutno stanje registra stanj: $Q_1(t), Q_0(t)$

Pomnilno polje so podatki za:

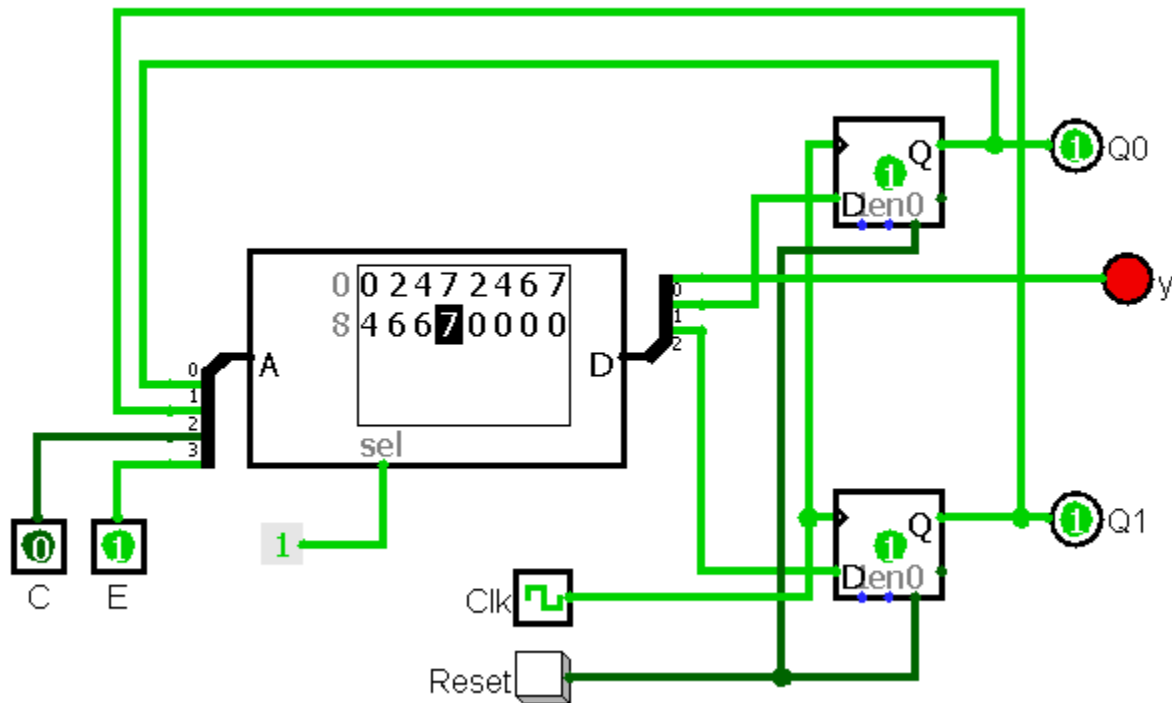
- ❑ Vhodno logiko za D_1, D_0
- ❑ Izhod y

E	C	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	D_1 $Q_1(t+1)$	D_0 $Q_0(t+1)$	y
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x

Naslov ROMa (hex)	Podatki (hex)
0	0
1	2
2	4
3	7
4	2
5	4
6	6
7	7
8	4
9	6
A	6
B	7
C	0
D	0
E	0
F	0

❑ Realizacija vhodne in izhodne logike avtomata s programabilnim gradnikom ROM (velikosti 16 x 3) v logisimu

- Nasov (A): E, C, Q1, Q0
- Podatki (D): D1, D0, y



R1) Realizacija avtomata za D_1, D_0 - logična vrata NOT, AND, OR

E	C	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	D_1 $Q_1(t+1)$	D_0 $Q_0(t+1)$	y
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x

$\bar{Q}_1\bar{Q}_0 \quad \bar{Q}_1Q_0 \quad Q_1Q_0 \quad Q_1\bar{Q}_0$

$\bar{E}\bar{C}$		1	1
$\bar{E}C$		1	1
EC	x	x	x
$E\bar{C}$	1	1	1

$$D_1 = E \vee Q_1 \vee C \cdot Q_0$$

$\bar{Q}_1\bar{Q}_0 \quad \bar{Q}_1Q_0 \quad Q_1Q_0 \quad Q_1\bar{Q}_0$

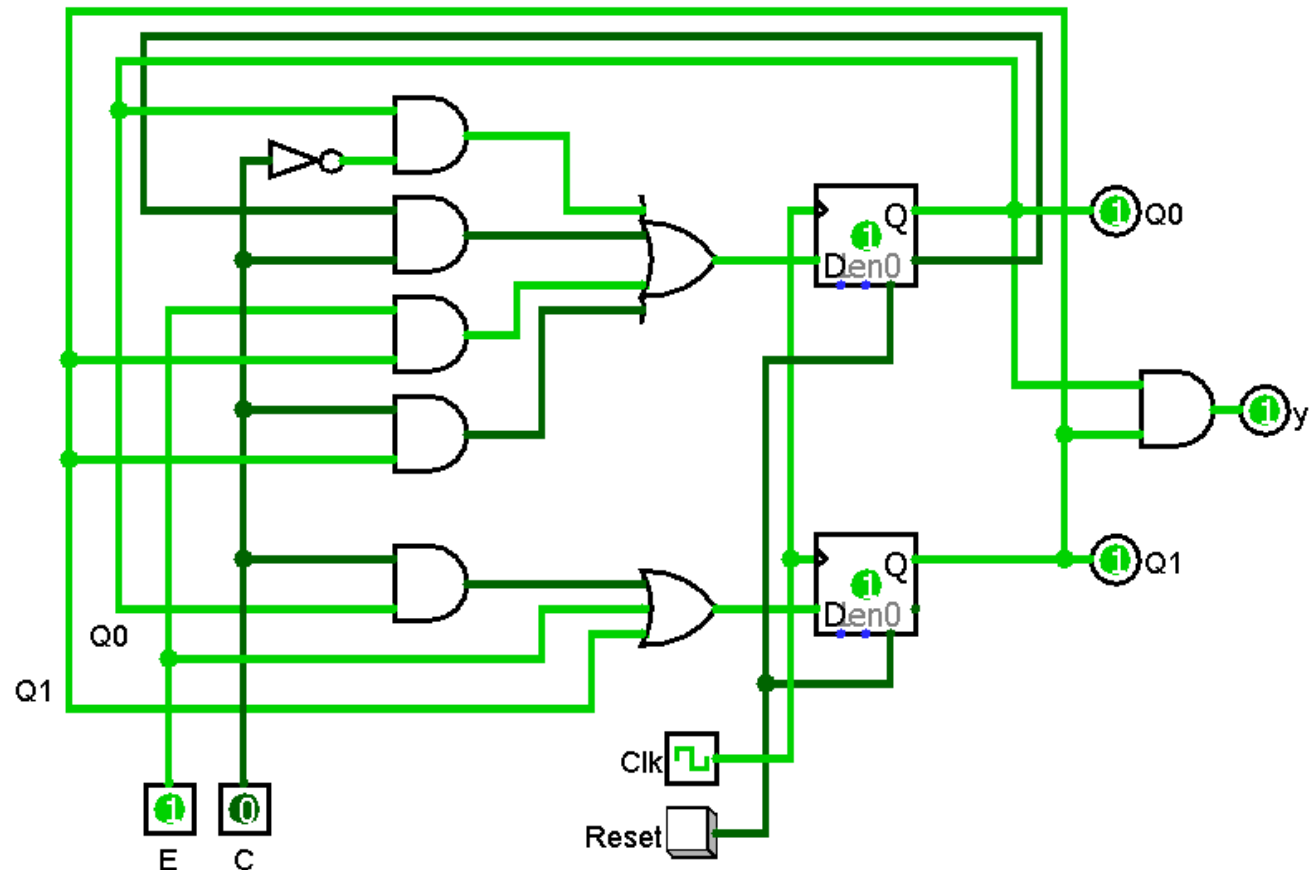
$\bar{E}\bar{C}$		1	1	
$\bar{E}C$	1		1	1
EC	x	x	x	x
$E\bar{C}$		1	1	1

$$D_0 = \bar{C} \cdot Q_0 \vee C \cdot \bar{Q}_0 \vee E \cdot Q_1 \vee C \cdot Q_1$$

- Izhod y je odvisen od trenutnega stanja, zato lahko izhodno logiko avtomata določimo s spodnjo tabelo in avtomat realiziramo v logisimu.

$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$y = Q_1 \cdot Q_0$$



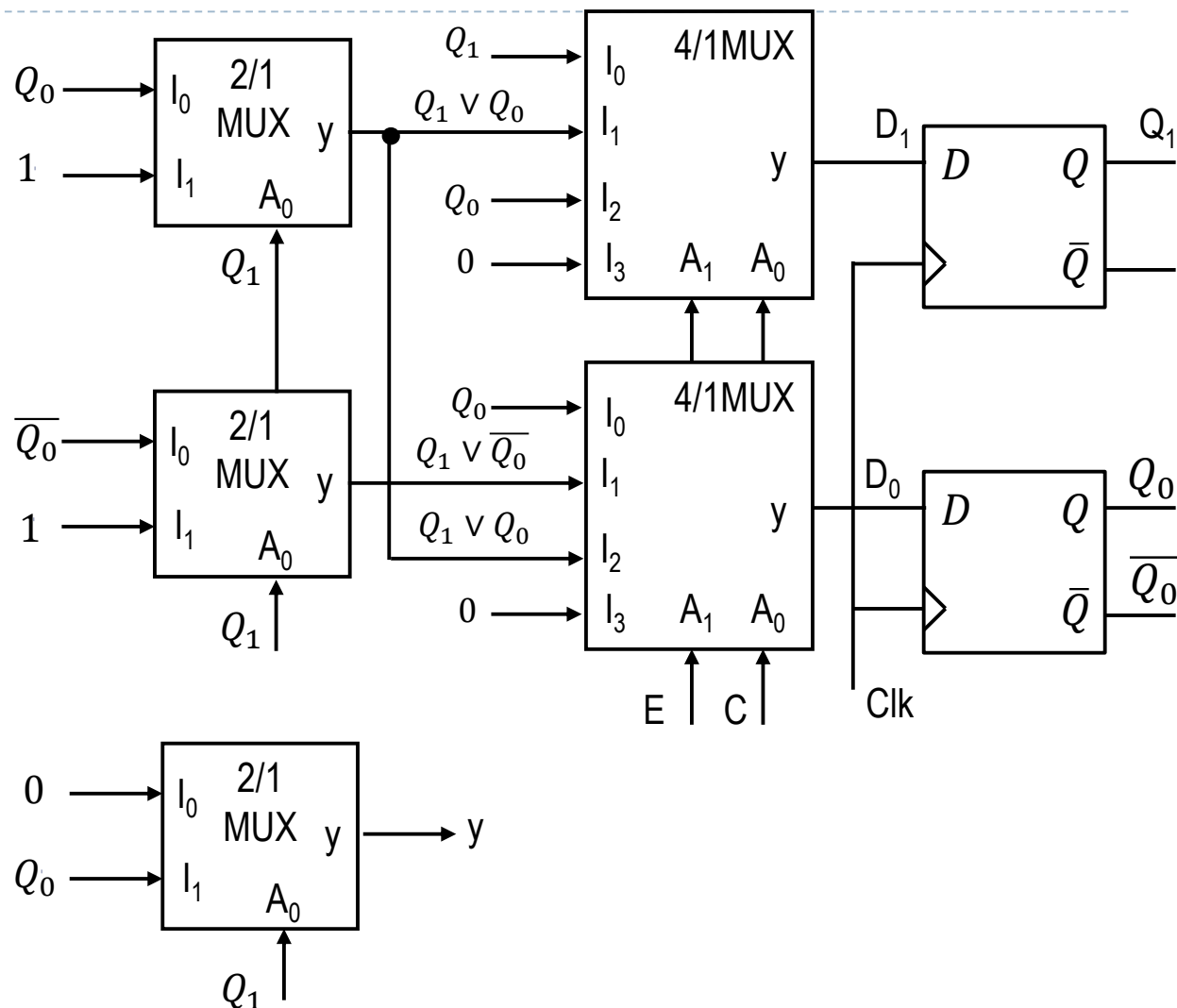
R2-1) Realizacija avtomata za D_1, D_0 - 4/1 MUX, izhod y - 2/1 MUX

Naslovni spremenljivki: $\mathbf{A}_1=\mathbf{E}$, $\mathbf{A}_0=\mathbf{C}$, I_0, I_1, I_2, I_3 so podani v tabeli

E	C	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	D_1 $Q_1(t+1)$	D_0 $Q_0(t+1)$	y	4/1 MUX	D_1	D_0	y
0	0	0	0	0	0	0	I_0	Q_1	Q_0	$Q_1 \cdot Q_0$
0	0	0	1	0	1	0				
0	0	1	0	1	0	0				
0	0	1	1	1	1	1				
0	1	0	0	0	1	0	I_1	$Q_1 \vee Q_0$	$Q_1 \vee \overline{Q_0}$	
0	1	0	1	1	0	0				
0	1	1	0	1	1	0				
0	1	1	1	1	1	1				
1	0	0	0	1	0	0	I_2	1	$Q_1 \vee Q_0$	
1	0	0	1	1	1	0				
1	0	1	0	1	1	0				
1	0	1	1	1	1	1				
1	1	0	0	x	x	x	I_3	0	0	
1	1	0	1	x	x	x				
1	1	1	0	x	x	x				
1	1	1	1	x	x	x				

Realizacija avtomata z MUXi ($\mathbf{A_1=E, A_0=C}$)

- 4/1 MUX - funkciji D_1 in D_2 (tabela)
- 2/1 MUXi - funkcije, ki jih je potrebno realizirati na podatkovnih vseh 4/1 MUXov
- 2/1 MUX - izhod $y = Q_1 \cdot Q_0$

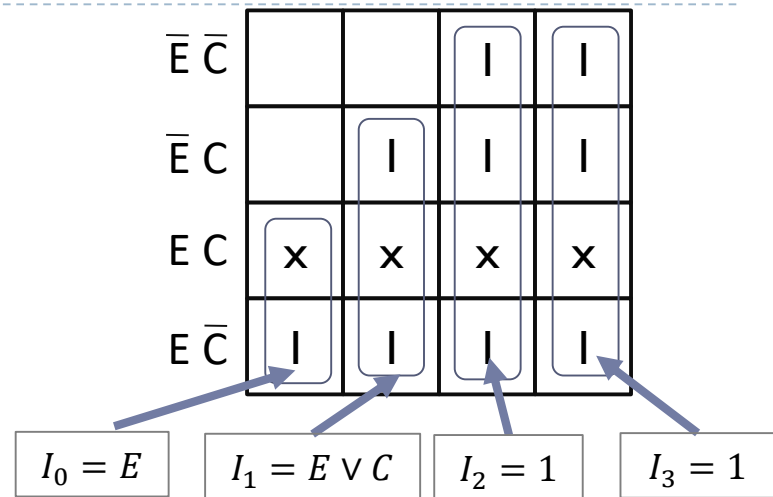


R2-2) Realizacija $D_1, D_0,$ y (4/1 MUX, 2/1 MUX)

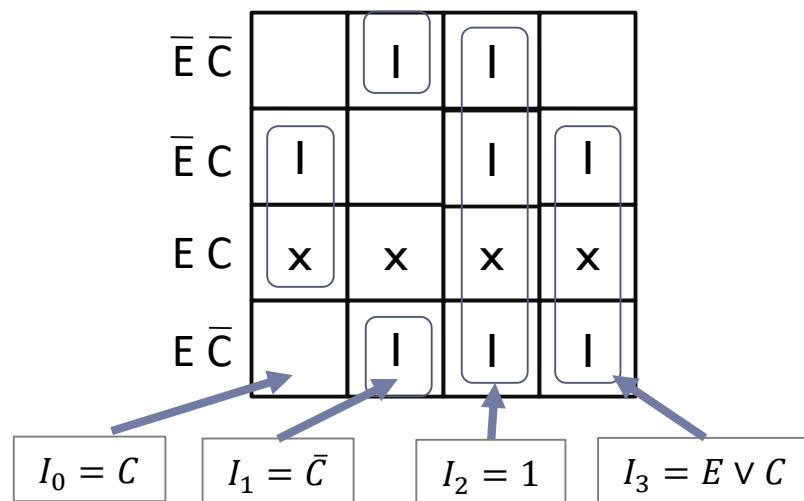
Naslovni spremenljivki: $A_1 = Q_1, A_0 = Q_0, I_0, I_1, I_2, I_3$ so v diagramu

E	C	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	D_1 $Q_1(t+1)$	D_0 $Q_0(t+1)$	y
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x

$\bar{Q}_1\bar{Q}_0 \quad \bar{Q}_1Q_0 \quad Q_1Q_0 \quad Q_1\bar{Q}_0$



$\bar{Q}_1\bar{Q}_0 \quad \bar{Q}_1Q_0 \quad Q_1Q_0 \quad Q_1\bar{Q}_0$

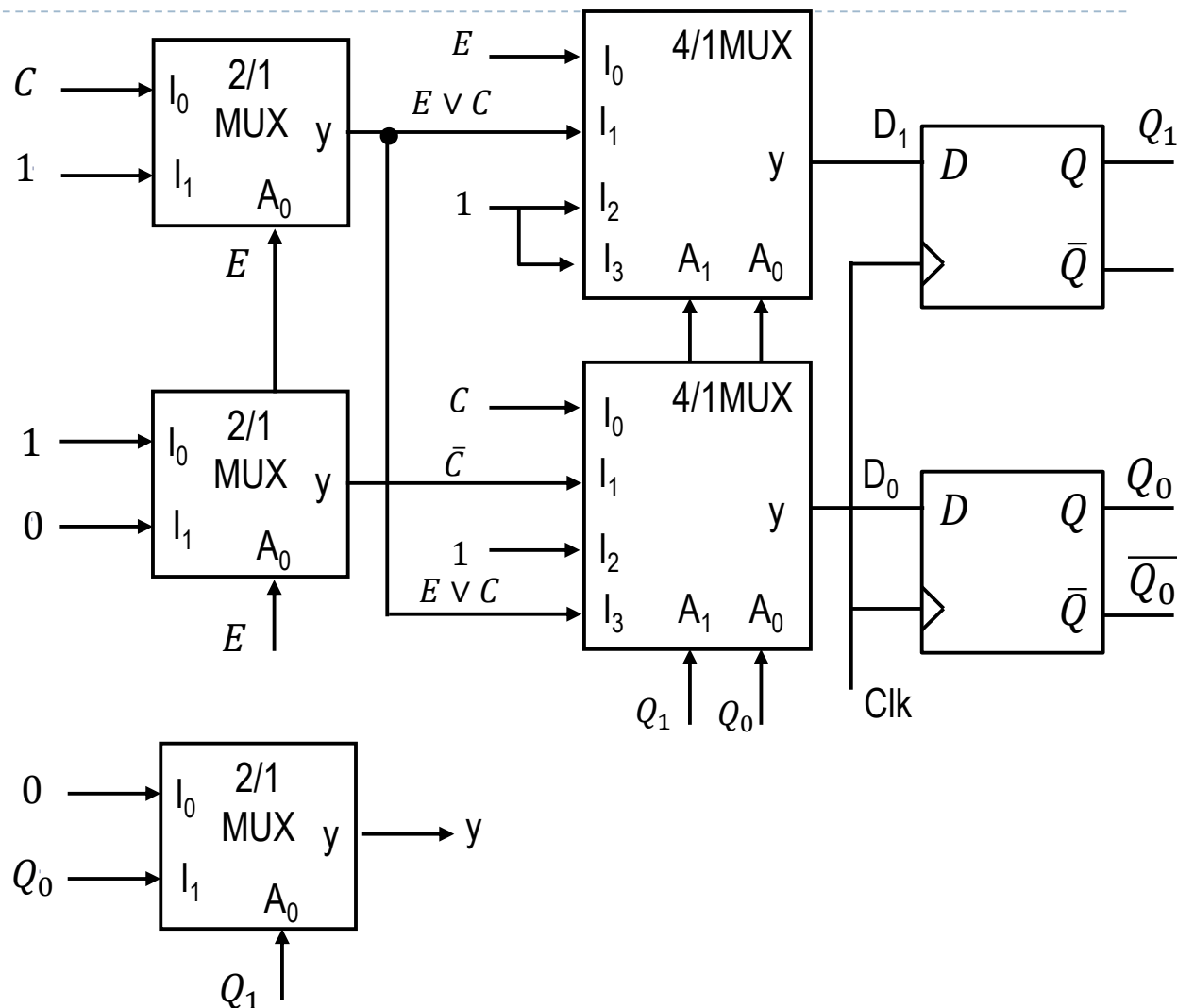


Realizacija avtomata z MUXi ($\mathbf{A_1 = Q_1, A_0 = Q_0}$)

- 4/1 MUX - funkciji D_1 in D_2 (Karnaughjev diagram)

- 2/1 MUXi - funkcije, ki jih je potrebno realizirati na podatkovnih vseh 4/1 MUXov

- 2/1 MUX - izhod $y = Q_1 \cdot Q_0$



R3 Realizacija avtomata s pomnilno celico JK ($J_1=K_1, J_0=K_0$)

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

	$\overline{Q_1} \overline{Q_0}$	$\overline{Q_1} Q_0$	$Q_1 \overline{Q_0}$	$Q_1 Q_0$
$\overline{E} \overline{C}$				
$\overline{E} C$		1		
$E C$	x	x	x	x
$E \overline{C}$	1	1		

$$J_1 = K_1 = E \cdot \overline{Q_1} \vee C \cdot \overline{Q_1} \cdot Q_0$$

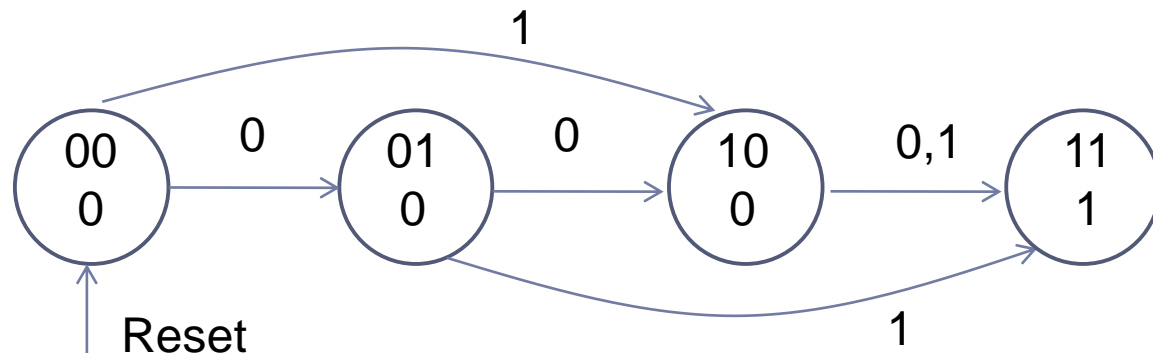
	$\overline{Q_1} \overline{Q_0}$	$\overline{Q_1} Q_0$	$Q_1 \overline{Q_0}$	$Q_1 Q_0$
$\overline{E} \overline{C}$				
$\overline{E} C$	1	1		1
$E C$	x	x	x	x
$E \overline{C}$				1

$$J_0 = K_0 = C \cdot \overline{Q_1} \vee C \cdot \overline{Q_0} \vee E \cdot Q_1 \cdot \overline{Q_0}$$

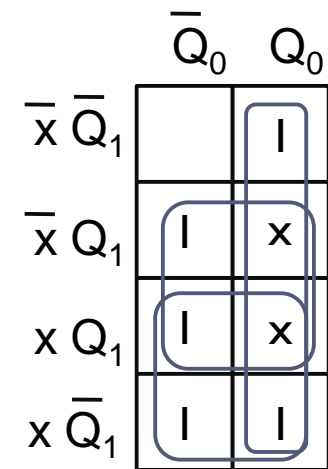
4) Kodiranje vhodov E in C z vhodom x (logična vrata)

4.1.) Realizacija D_1 , D_0 , y - logična vrata NOT, AND, OR

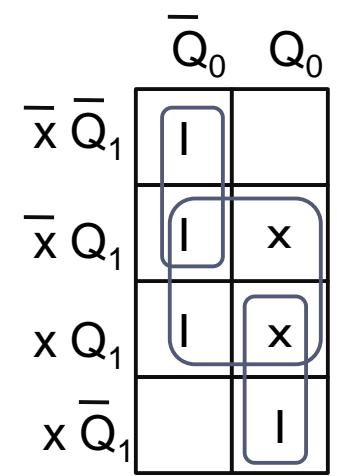
Vhod	x
C (50 cent)	0
E (1 euro)	1



x	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	D_1 $Q_1(t+1)$	D_0 $Q_0(t+1)$	y
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	x	x	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	x	x	1



$$D_1 = x \vee Q_1 \vee Q_0$$



$$D_0 = Q_1 \vee \bar{x} \cdot \bar{Q}_0 \vee x \cdot Q_0$$

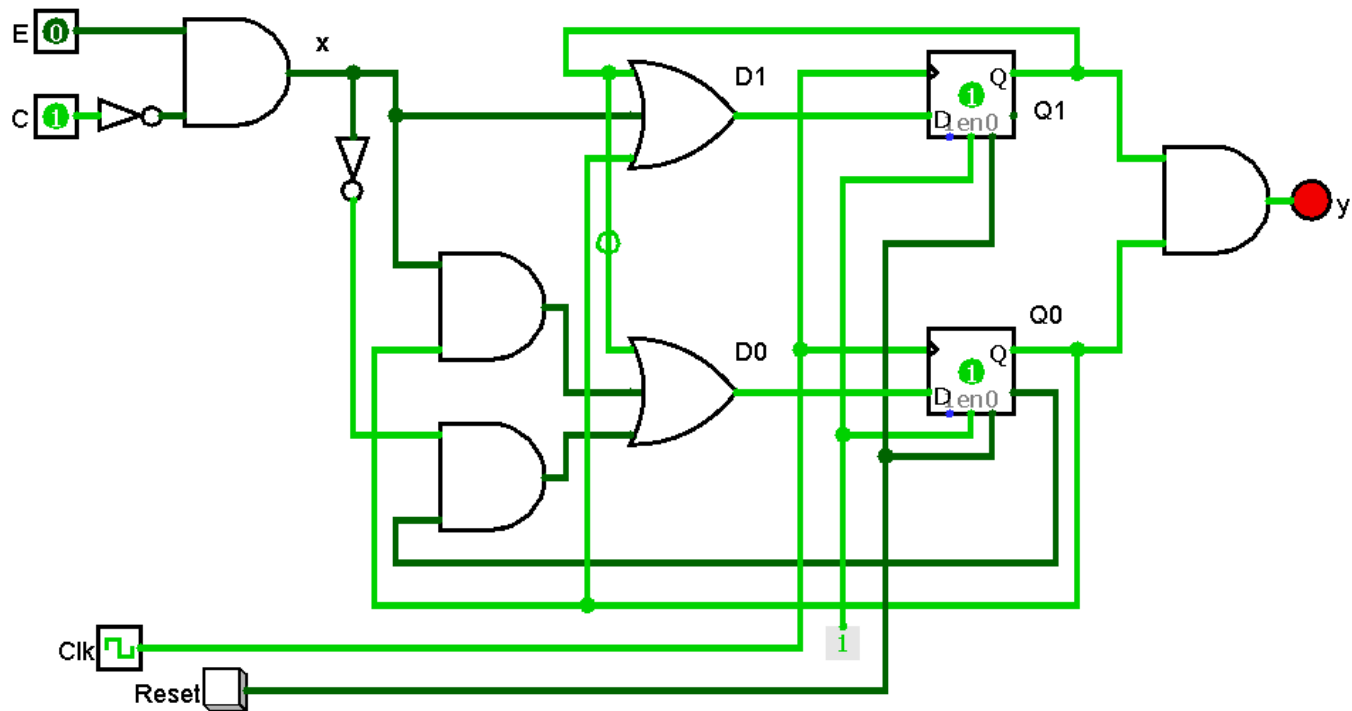
Izhod y, vezje za določanje vhoda x in realizacija v logisimu

	\bar{Q}_0	Q_0
$\bar{x} \bar{Q}_1$		
$\bar{x} Q_1$		1
$x Q_1$		1
$x \bar{Q}_1$		

$$y = Q_1 \cdot Q_0$$

E	C	x
0	1	0
1	0	1

$$x = E \cdot \bar{C}$$



4) Kodiranje vhodov E in C z vhodom x (logična vrata)

4.1) Realizacija $J_1 = K_1$, $J_0 = K_0$, y - logična vrata NOT, AND, OR

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

	\bar{Q}_0	Q_0
$\bar{x} \bar{Q}_1$		
$\bar{x} Q_1$		1
$x Q_1$		1
$x \bar{Q}_1$		

$$y = Q_1 \cdot Q_0$$

	\bar{Q}_0	Q_0
$\bar{x} \bar{Q}_1$		1
$\bar{x} Q_1$		1
$x Q_1$		1
$x \bar{Q}_1$	1	1

$$J_1 = K_1 = Q_0 \vee x \cdot \bar{Q}_1$$

	\bar{Q}_0	Q_0
$\bar{x} \bar{Q}_1$	1	1
$\bar{x} Q_1$	1	1
$x Q_1$	1	1
$x \bar{Q}_1$		

$$J_0 = K_0 = \bar{x} \vee Q_1$$

- Realizacija avtomata v logisimu: JK pomnilni celici, logična vrata NOT, AND, OR

