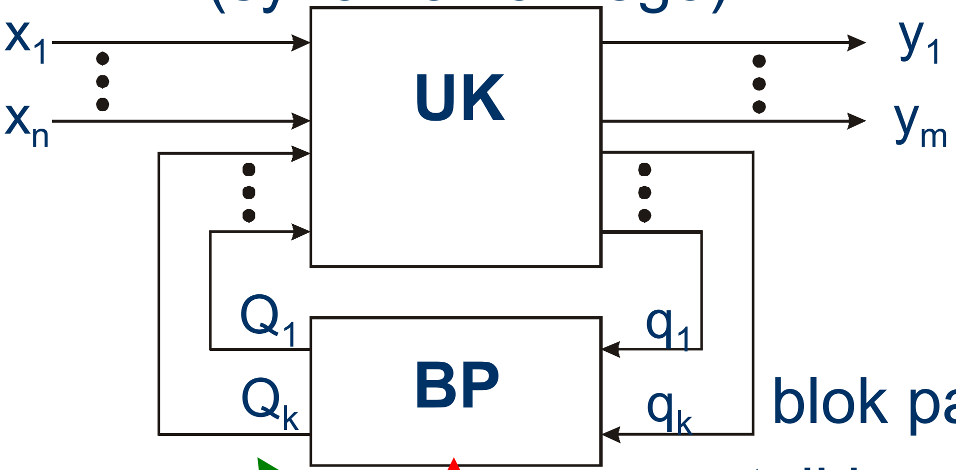
Układy asynchroniczne

Model układu sekwencyjnego (synchronicznego)

Model układu asynchronicznego

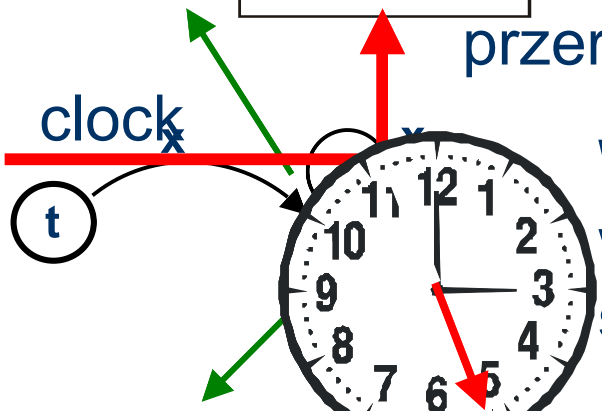


układ kombinacyjny

blok pamięci realizuje opóźnienia

przerzutniki

clock



W automacie asynchronicznym wszystkie stany są stanami stabilnymi

Stan stabilny s: $\delta(s,x) = s$

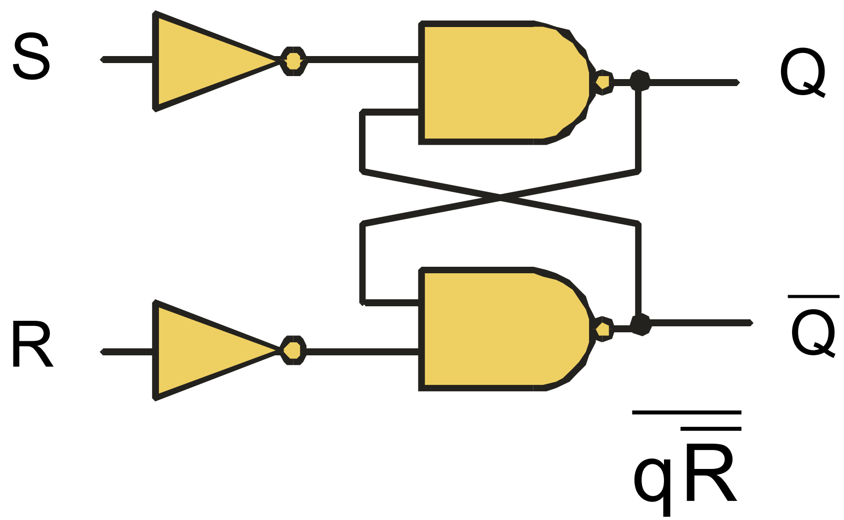
Najprostszy układ asynchroniczny

Przerzutnik SR

q \ SR	00	01	11	10
0	0	0	–	1
1	1	0	–	1

Q

$$Q = q\overline{R} + S = \overline{\overline{q\overline{R} + S}} = \overline{\overline{q\overline{R}} \cdot \overline{S}}$$

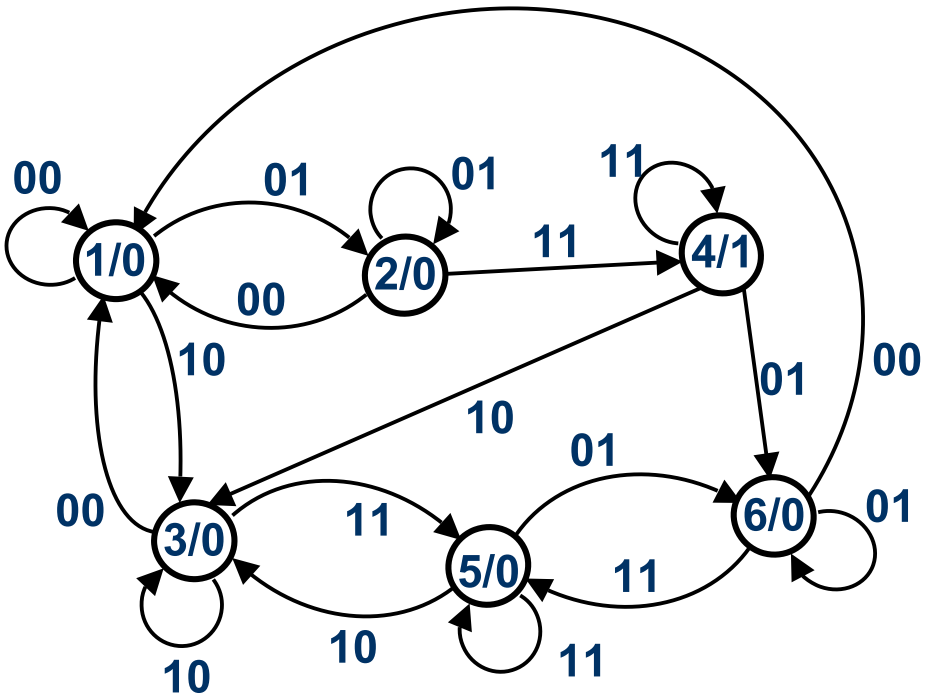


I T P W

ZPT

Przykład

Zaprojektować układ asynchroniczny o dwóch wejściach binarnych x_1, x_2 i jednym wyjściu y, który ma sygnalizować jedynką pojawienie się na wejściu sekwencji wektorów wejściowych **..., 00, 01, 11**.
Należy założyć, że jednoczesna zmiana dwóch sygnałów wejściowych jest niemożliwa.



$S \backslash x_1x_2$	00	01	11	10	y
1	1	2	–	3	0
2	1	2	4	–	0
3	1	–	5	3	0
4	–	6	4	3	1
5	–	6	5	3	0
6	1	6	5	–	0

Redukcja stanów

. . . jest prosta

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
1	1	2	–	3	0
2	1	2	4	–	0
3	1	–	5	3	0
4	–	6	4	3	1
5	–	6	5	3	0
6	1	6	5	–	0

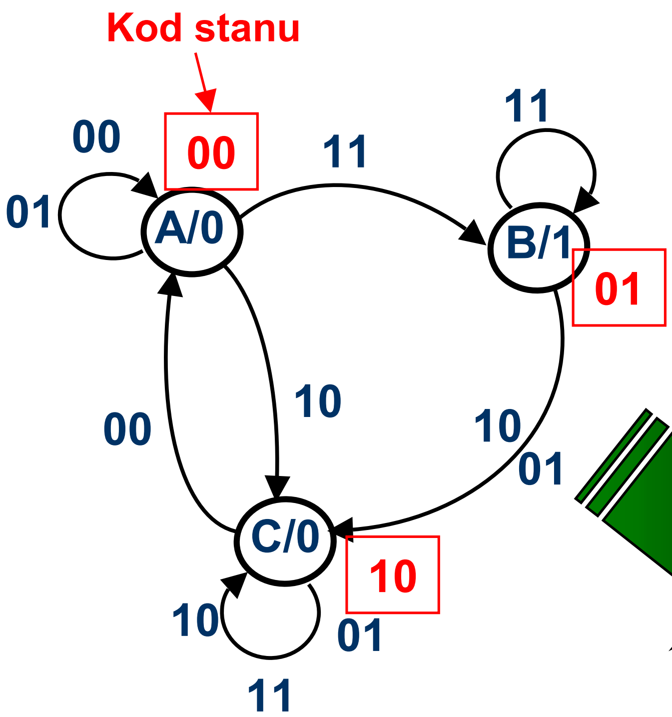
	S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	1,2	1	2	4	3	0
B	4	–	6	4	3	1
C	3,5,6	1	6	5	3	0

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	A	A	B	C	0
B	–	C	B	C	1
C	A	C	C	C	0

a kodowanie . . .

Kodowanie stanów

. . . jest trudne



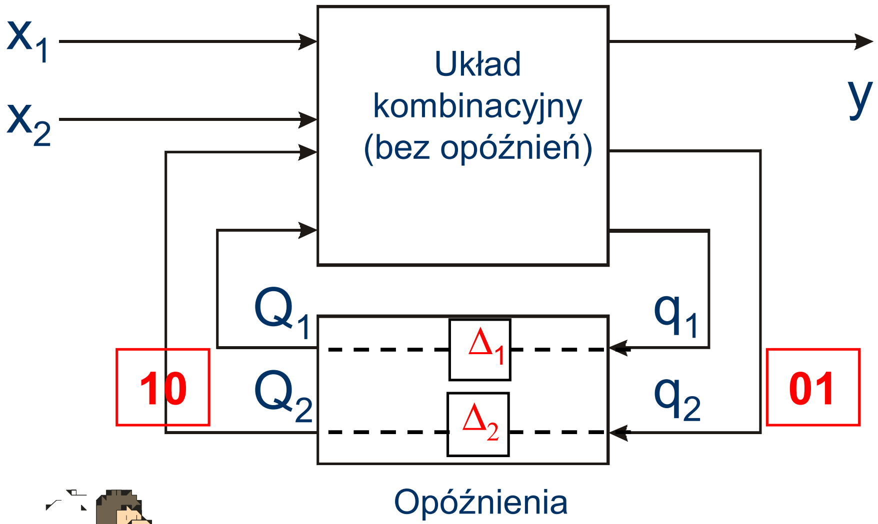
Graf stanów automatu minimalnego

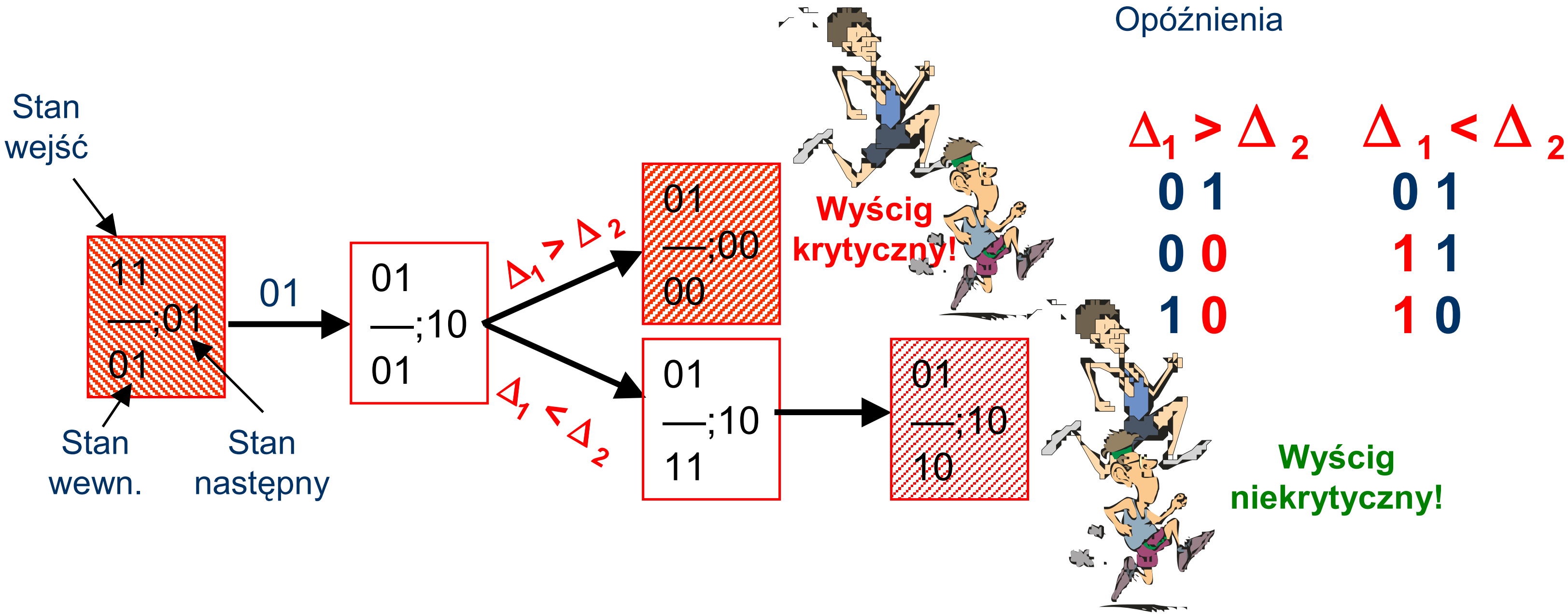
S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	A	A	B	C	0
B	–	C	B	C	1
C	A	C	C	C	0

S		00	01	11	10	y
A	00	00	00	01	10	0
B	01	–	10	01	10	1
(-)	11	–	–	–		–
C	10	00	10	10	10	0

Analiza działania układu asynchronicznego (1)

	S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	00	00	00	01	10	0
B	01	–	10	01	10	1
(-)	11	–	10	–	–	–
C	10	00	10	10	10	0

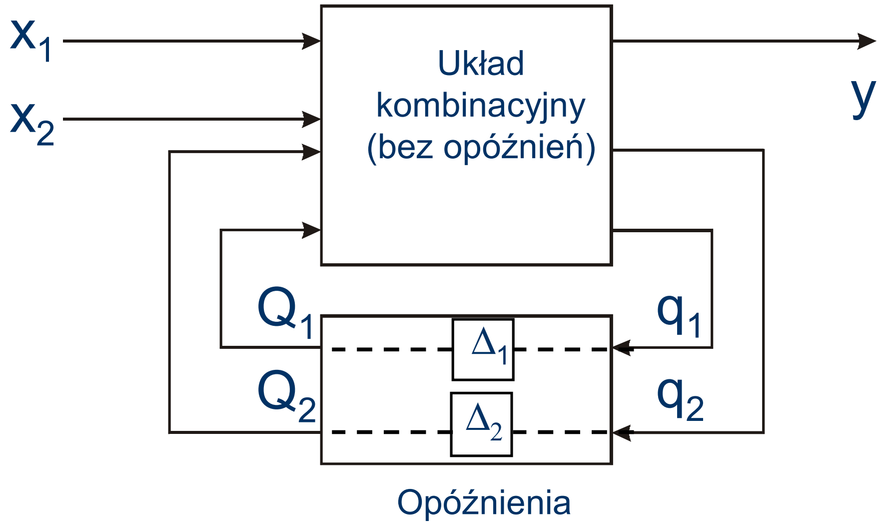


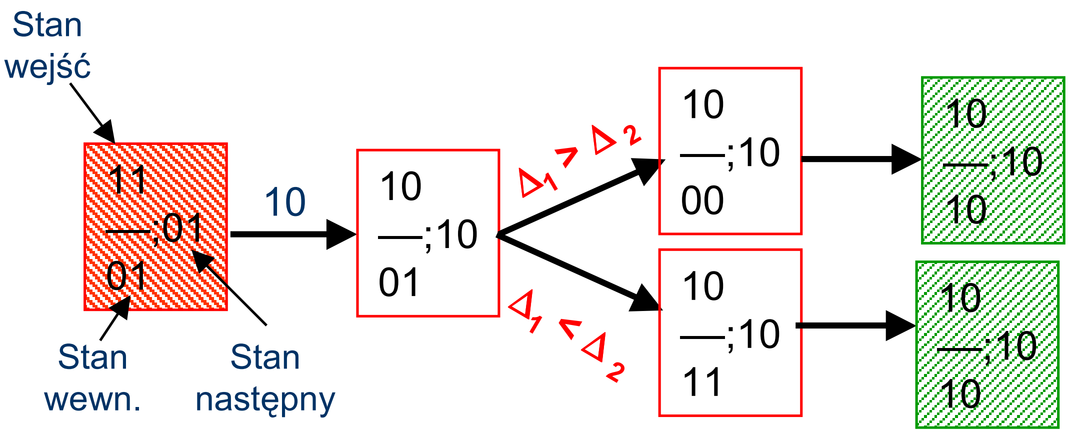


ITPW
ZPT

Analiza działania układu asynchronicznego (2)

	$S \backslash x_1x_2$	00	01	11	10	y
A	00	00	00	01	10	0
B	01	–	10	$\boxed{01}$	10	1
(-)	11	–	10	–	10	–
C	10	00	10	10	10	0





Wyścig niekrytyczny!

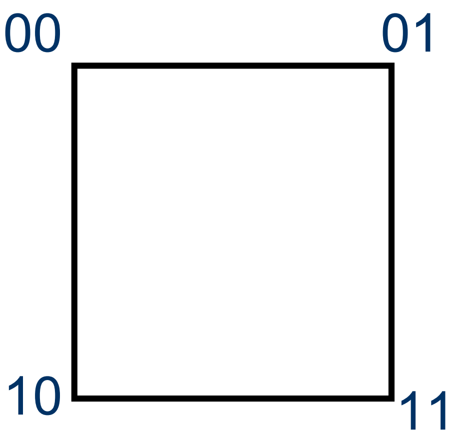
ITPW
ZPT

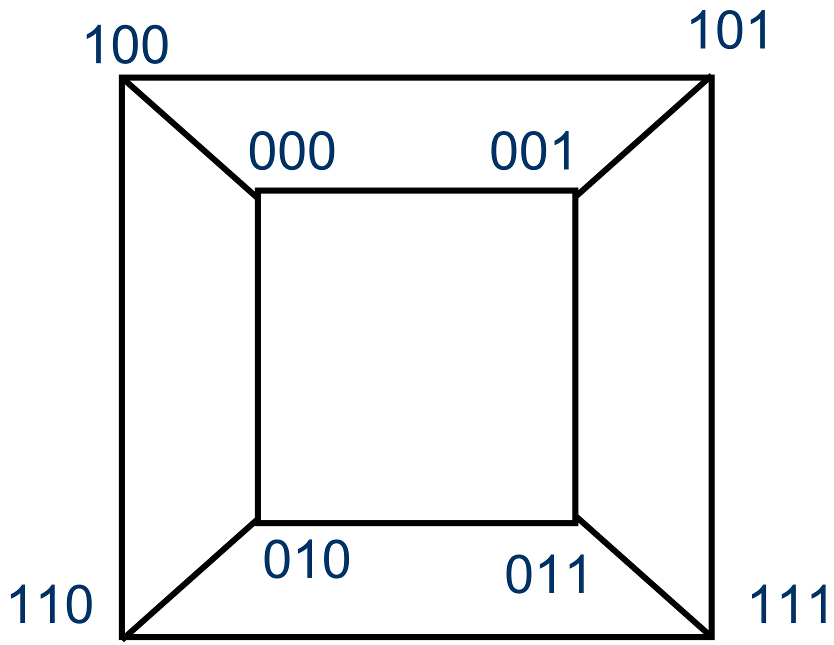
Kodowanie stanów

Aby uniknąć wyścigów krytycznych należy kodowanie przeprowadzić tak, aby kody stanów, pomiędzy którymi jest przejście, różniły się tylko na jednej pozycji.

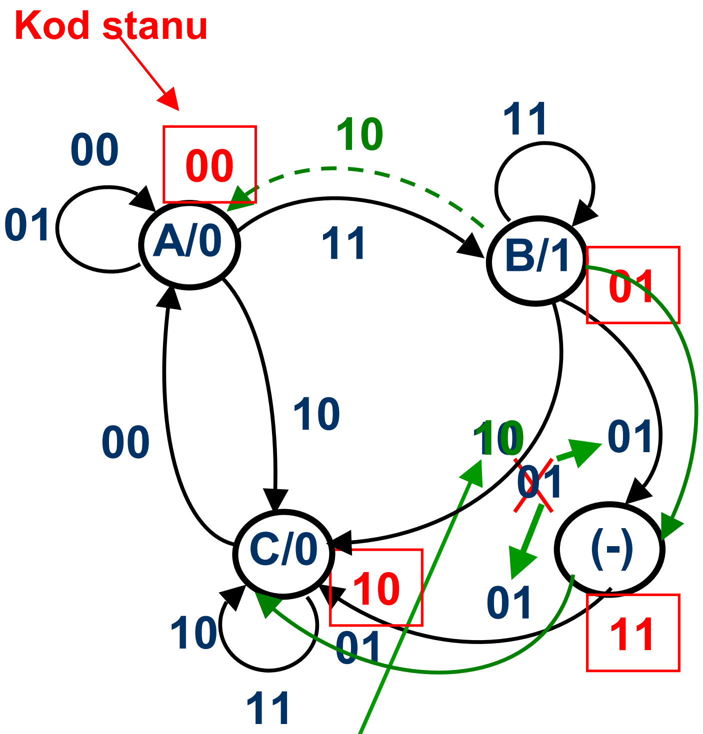
Np.: 000 ⇒001; 011 ⇒010; 111 ⇒ 101 itp..

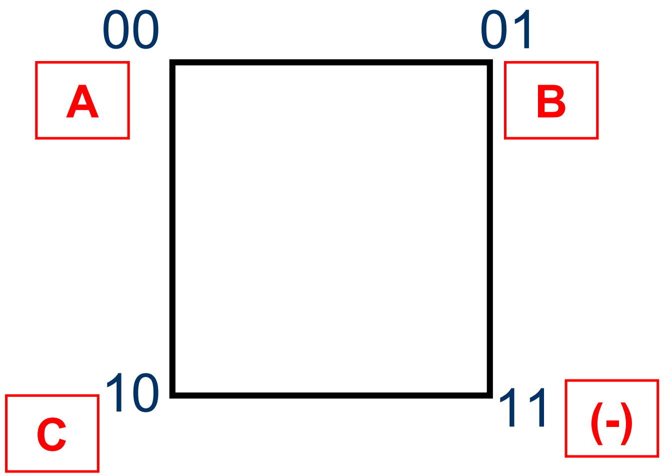
Takie kodowanie zapewnia „rozpięcie" grafu stanów automatu na kwadracie lub sześcianie kodowym.





Kodowanie stanów





	$S \backslash x_1x_2$	00	01	11	10	y
A	00	00	00	01	10	0
B	01	–	11	01	10	1
(-)	11	–	10	–	10	–
C	10	00	10	10	10	0

Wyścig niekrytyczny można wykorzystać do właściwego kodowania stanów w układach asynchronicznych.

ITPW

ZPT

Tablice przejść

S \ x_1x_2		00	01	11	10	y
A	00	00	00	01	10	0
B	01	–	**11**	01	10	1
(-)	11	–	**10**	–	**10**	–
C	10	00	10	10	10	0

Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10
00	00	00	01	10
01	--	11	01	10
11	--	10	--	10
10	00	10	10	10

Q1'Q2'

ITPW ZPT

Wyznaczanie funkcji wzbudzeń

Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10	00	01	11	10	00	01	11	10	Y
00	00	00	01	10	0	0	0	1	0	0	1	0	0
01	--	11	01	10	-	1	0	1	-	1	1	0	1
11	--	10	--	10	-	1	-	1	-	0	-	0	-
10	00	10	10	10	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	Q1'Q2'				Q1'				Q2'				

$$Q1' = Q_1x_2 + Q_2\bar{x}_1 + x_1\bar{x}_2 + \boxed{Q_1x_1}$$

$$Q2' = \bar{Q}_1x_1x_2 + \bar{Q}_1Q_2x_2$$

Dlaczego dodano dodatkową pętlę – składnik $\boxed{Q_1x_1}$?

Zjawisko hazardu

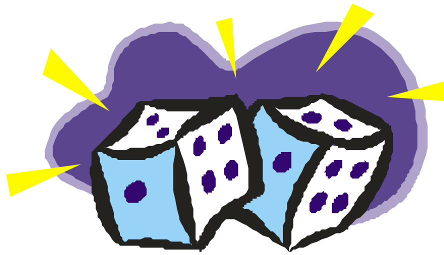
Y = Q2

Zjawisko hazardu

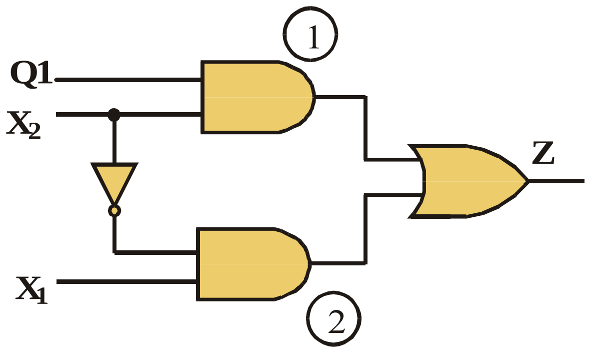
$$Q1' = Q_1x_2 + Q_2\bar{x}_1 + x_1\bar{x}_2$$

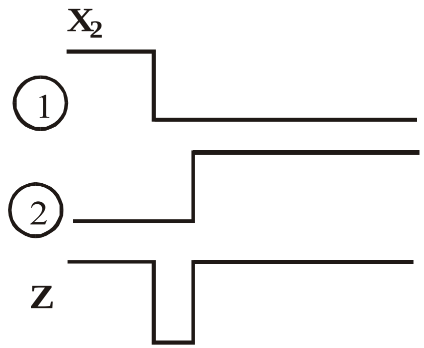
1 2

$$Z = Q_1x_2 + x_1\bar{x}_2$$



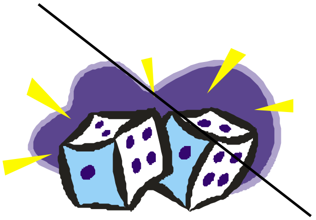
Przy $Q_1 = 1$, $x_1 = 1$, a przy zmianie x_2: $1 \rightarrow 0$
na wyjściu Z powinna być stała 1





Na skutek opóźnienia sygnału $\bar{x}_2$ w sygnale Z pojawia się krótki impuls o wartości 0.

Jest to hazard statyczny
- szkodliwy w układach asynchronicznych!



I
T
P
W

ZPT

Zjawisko hazardu

W układach asynchronicznych funkcje wzbudzeń muszą być realizowane w taki sposób, aby nie występował hazard statyczny.

Wyrażenia boolowskie należy uzupełnić o składnik (nadmiarowy), odpowiadający pętli na tablicy Karnaugha, w taki sposób, aby każde dwie sąsiednie jedynki były objęte wspólną pętlą.

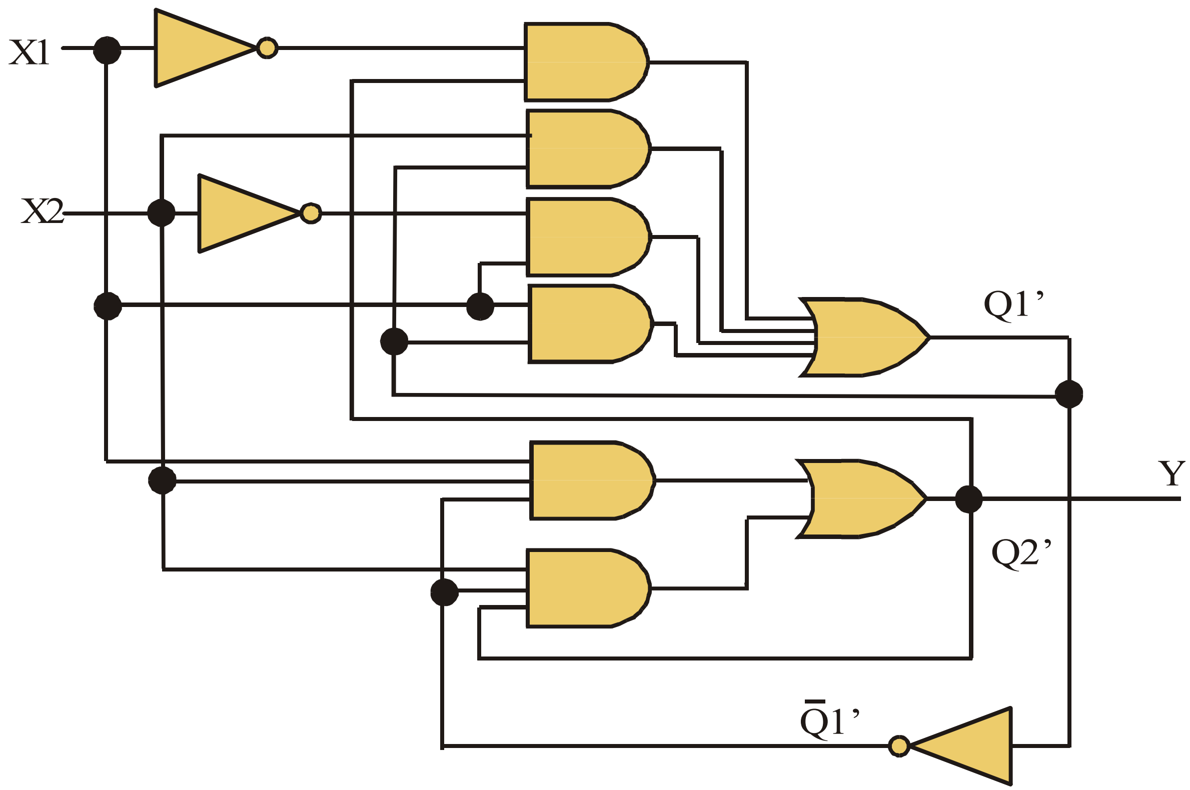
Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	-	1	0	1
11	-	1	-	1
10	0	1	1	1

Q_1x_1

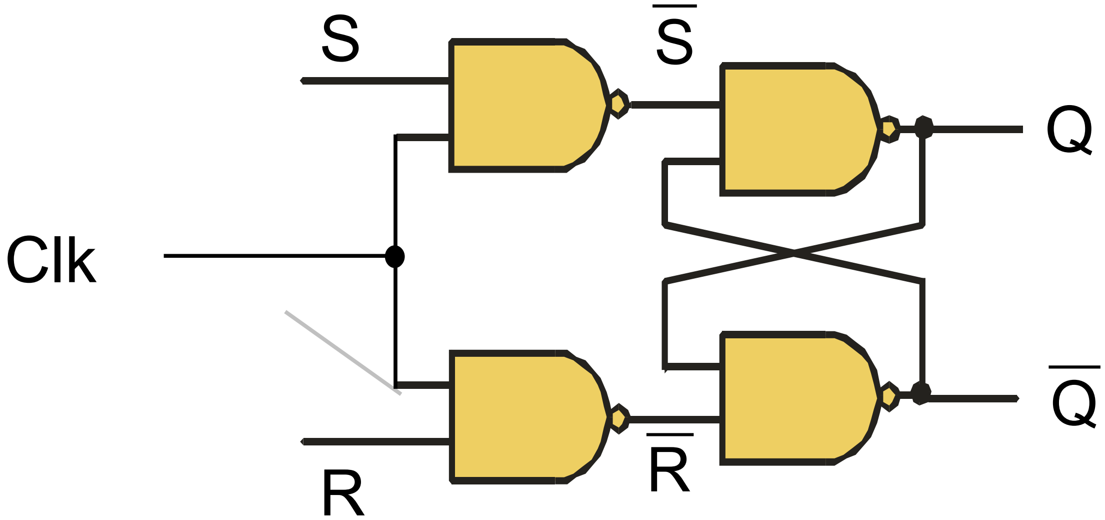
Realizacja układu

$$Y = Q2$$

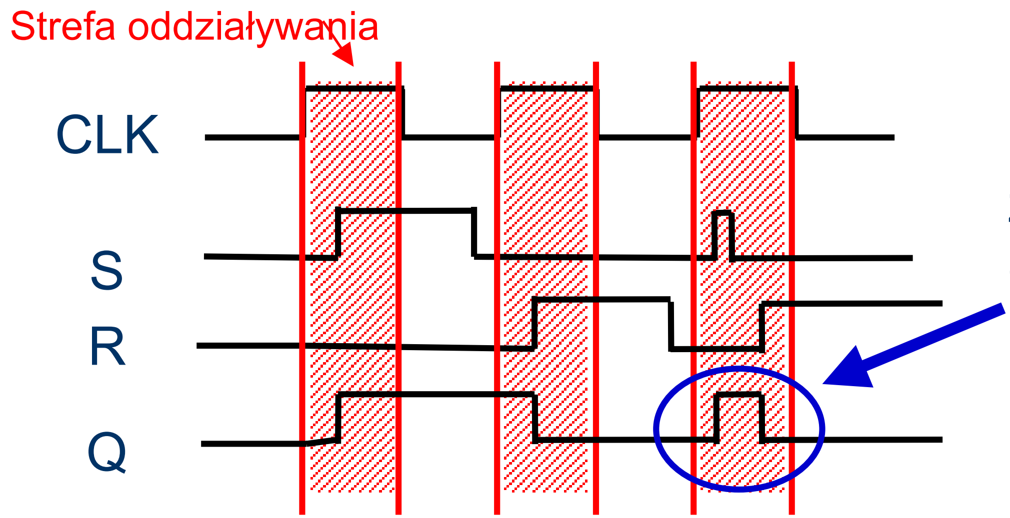
$$Q1' = Q_1x_2 + Q_2\overline{x}_1 + x_1\overline{x}_2 + Q_1x_1 \qquad Q2' = \overline{Q}_1x_1x_2 + \overline{Q}_1Q_2x_2$$



Jak jest zbudowany przerzutnik synchroniczny? (1)



Jest to synchronizacja „szerokością impulsu” – latch (zatrzask)



Stan Q przerzutnika zmienia się dwukrotnie w czasie trwania okresu przebiegu zegarowego!

Problem synchronizacji

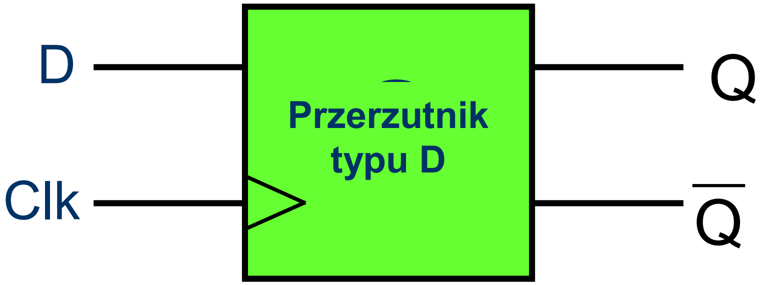
Przerzutniki tego typu mają prostą budowę, ale mogą służyć tylko do przechowywania (zatrzaskiwania) informacji. Nie mogą służyć do budowy układów sekwencyjnych.

Prawidłowa synchronizacja powinna działać tak, aby w czasie trwania okresu przebiegu zegarowego sygnał wejściowy przerzutnika był odczytywany jeden raz, a stan przerzutnika zmieniał się także jeden raz – niezależnie od zmiany sygnałów wejściowych.

I
T
P
W

ZPT

Jak jest zbudowany przerzutnik synchroniczny? (2)



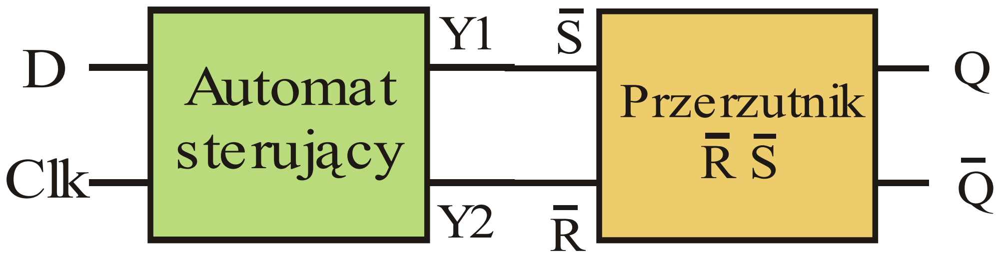
Q \ D	0	1
0	0	1
1	0	1

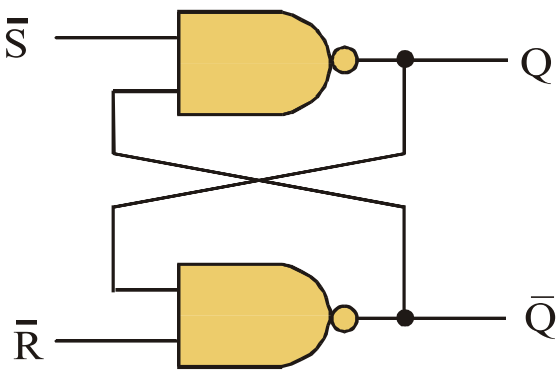
I T P W

ZPT

Przykład

Synchroniczny przerzutnik typu D synchronizowany zboczem dodatnim

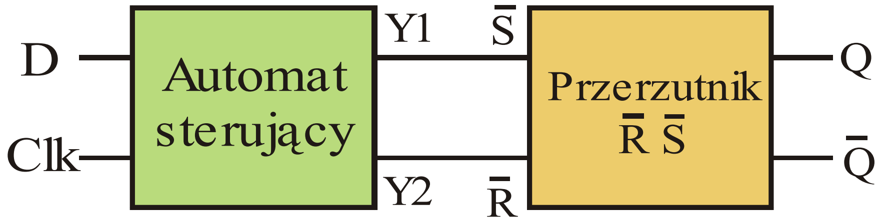




Q \ $\bar{S}\bar{R}$	00	01	11	10
0	–	1	0	0
1	–	1	1	0

I T P W ZPT

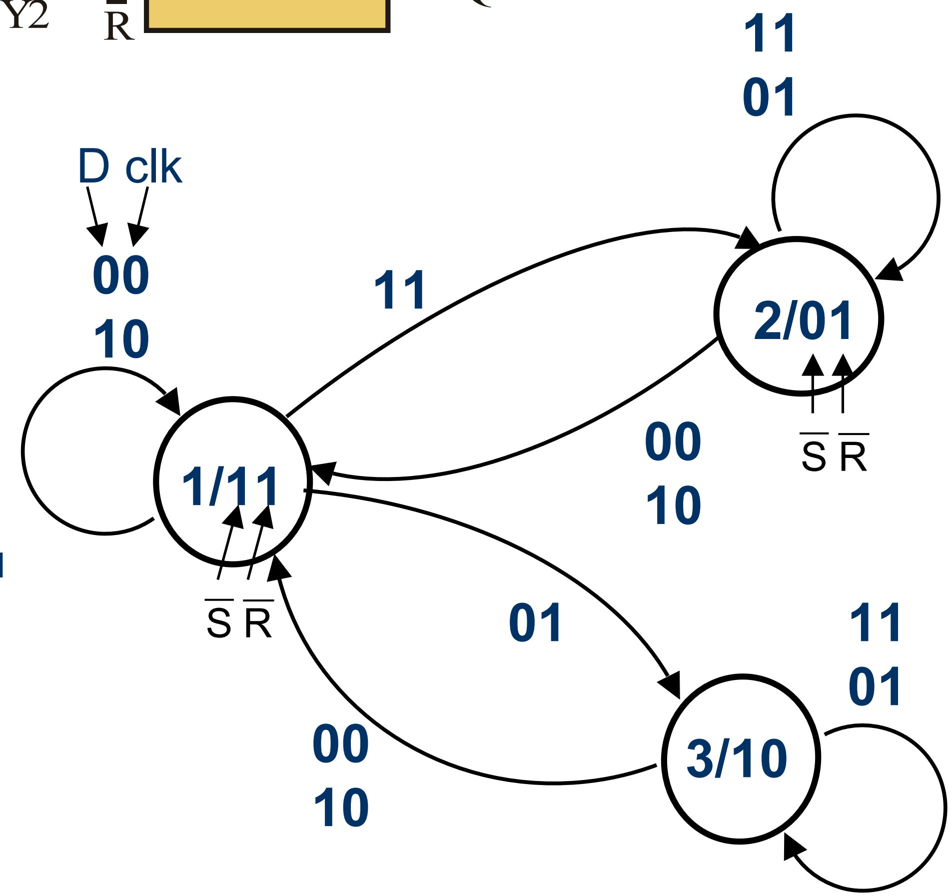
Przykład c.d.



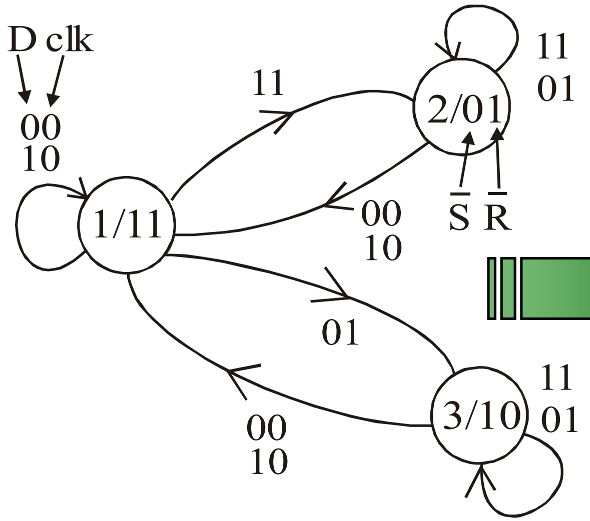
Automat sterujący wytwarza na wyjściach Y1 lub Y2 sygnał 0 (włączający lub wyłączający przerzutnik $\overline{S}\,\overline{R}$) tylko wówczas, gdy w sygnale Clk pojawi się zbocze synchronizujące, to jest zmiana Clk 0 → 1.

Jeśli w tym momencie na wejściu D jest 1, to 0 pojawi się na wyjściu Y1 ($\overline{S}$) – przerzutnik $\overline{S}\,\overline{R}$ zostanie włączony.

Jeśli na wejściu D jest 0, to 0 pojawi się na wyjściu Y2 ($\overline{R}$) – przerzutnik zostanie wyłączony



Przykład c.d.



Tablica przejść-wyjść

S \ D,clk	00	01	11	10	Y1Y2
1	1	3	2	1	11
2	1	2	2	1	01
3	1	3	3	1	10

(clk $\rightarrow$ c)

Q1Q2 \ D,c	00	01	11	10	Y1Y2
00	--	--	--	--	--
(2) 01	11	01	01	11	01
(1) 11	11	10	01	11	11
(3) 10	11	10	10	11	10

Zakodowana tablica p-w
(kody stanów takie same, jak wyjścia Y1, Y2)

I T P W ZPT

Przykład c.d.

(clk → c)

Q1Q2 \ D,c	00	01	11	10	Y1Y2
00	--	--	--	--	--
(2) 01	11	01	01	11	01
(1) 11	11	10	01	11	11
(3) 10	11	10	10	11	10

Q1' Q2'

Q1Q2 \ D,c	00	01	11	10
00	-	-	-	-
(2) 01	1	0	0	1
(1) 11	1	1	0	1
(3) 10	1	1	1	1

$$Q1' = \bar{c} + Q_1\bar{D} + \bar{Q}_2$$

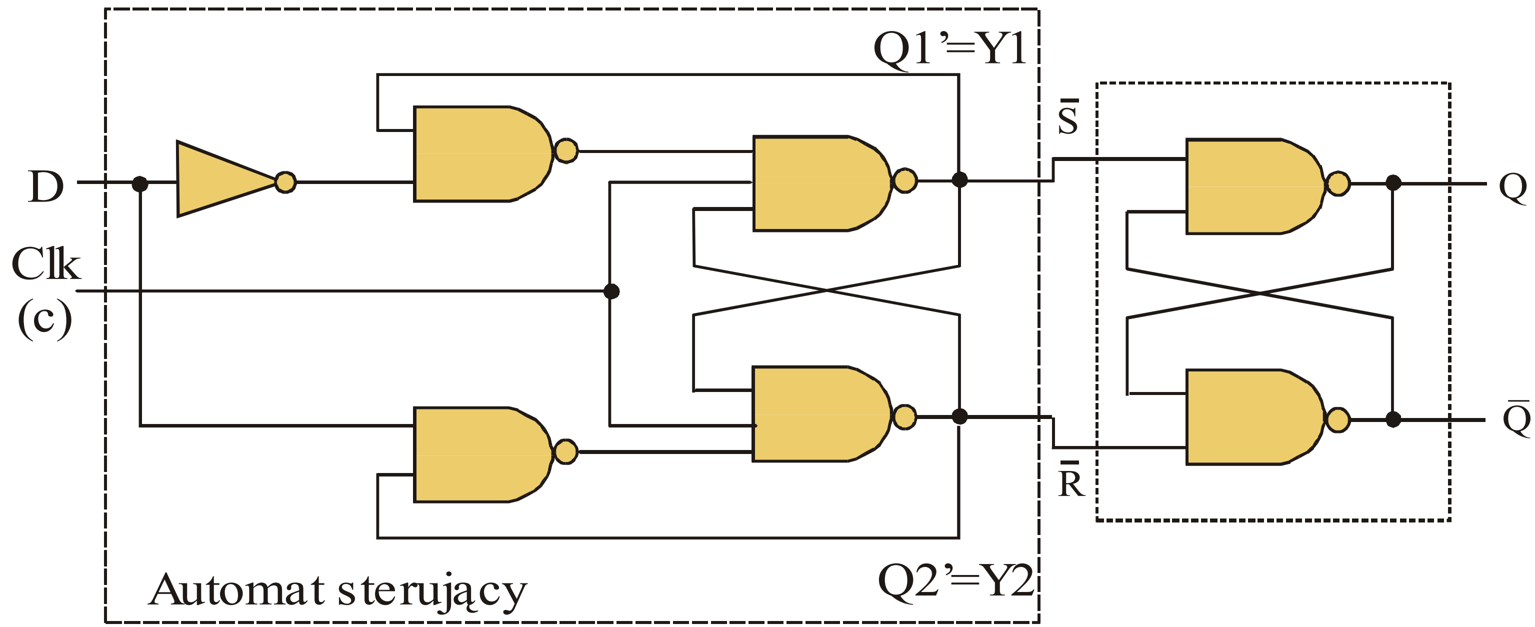
Q1Q2 \ D,c	00	01	11	10
00	-	-	-	-
(2) 01	1	1	1	1
(1) 11	1	0	1	1
(3) 10	1	0	0	1

$$Q1' = \bar{c} + Q_2 D + \bar{Q}_1$$

Przykład - realizacja

$$Q1' = \overline{c} + Q_1\overline{D} + \overline{Q}_2 = \overline{\overline{\overline{c} + Q_1\overline{D} + \overline{Q}_2}} = \overline{c \cdot \overline{Q_1\overline{D}} \cdot Q_2}$$

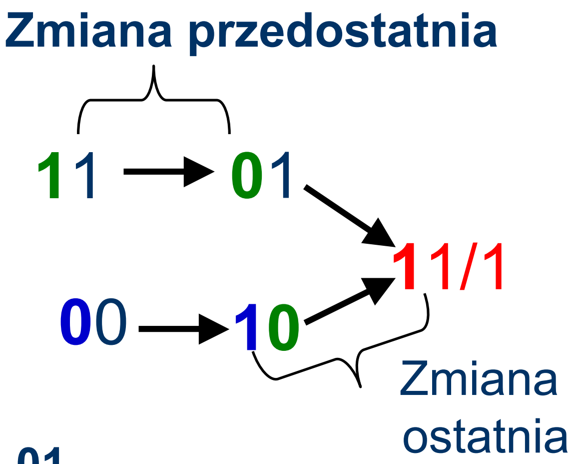
$$Q2' = \overline{c} + Q_2 D + \overline{Q}_1 = \overline{\overline{\overline{c} + Q_2 D + \overline{Q}_1}} = \overline{c \cdot \overline{Q_2 D} \cdot Q_1}$$

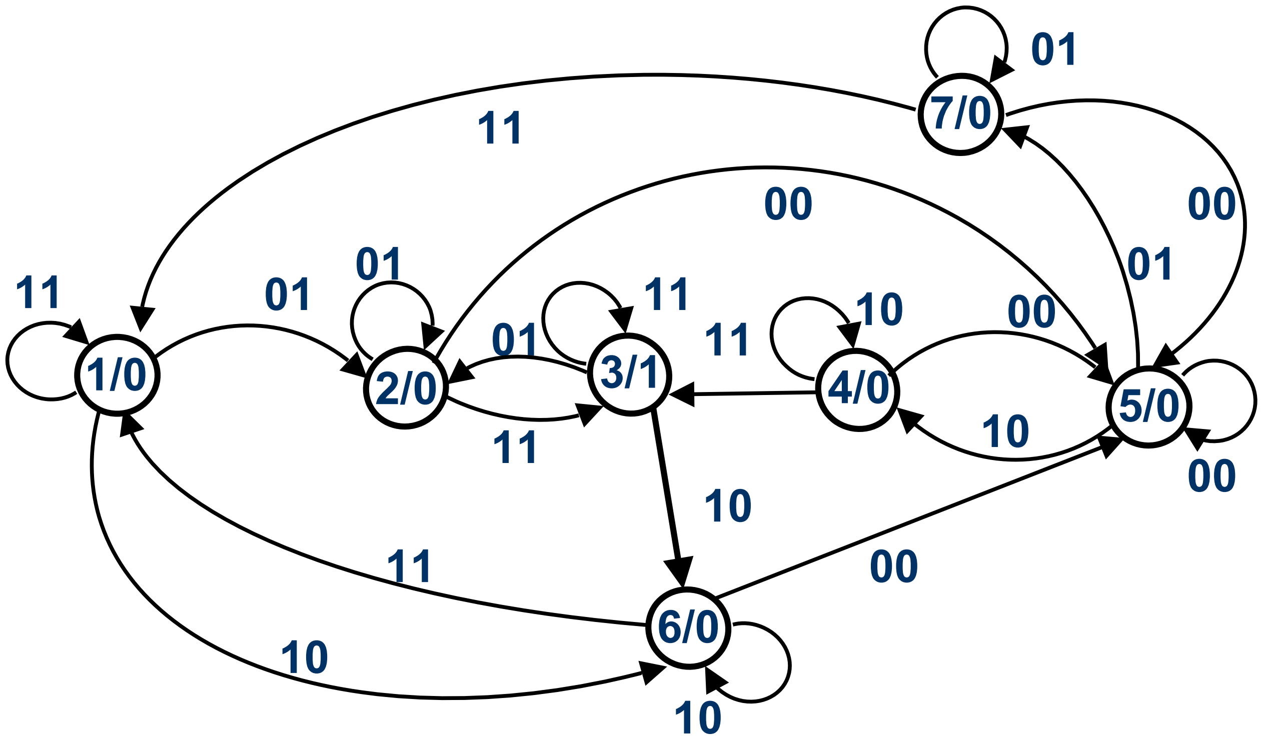


I T P W ZPT

Zadanie

Zaprojektować asynchroniczny układ o wejściach x_1 i x_2 wyjściu y pracujący w następujący sposób: y=1 gdy $x_1=x_2=1$ i przedostatnia zmiana sygnału wejściowego była zmianą na wejściu x_1. W pozostałych przypadkach y=0.

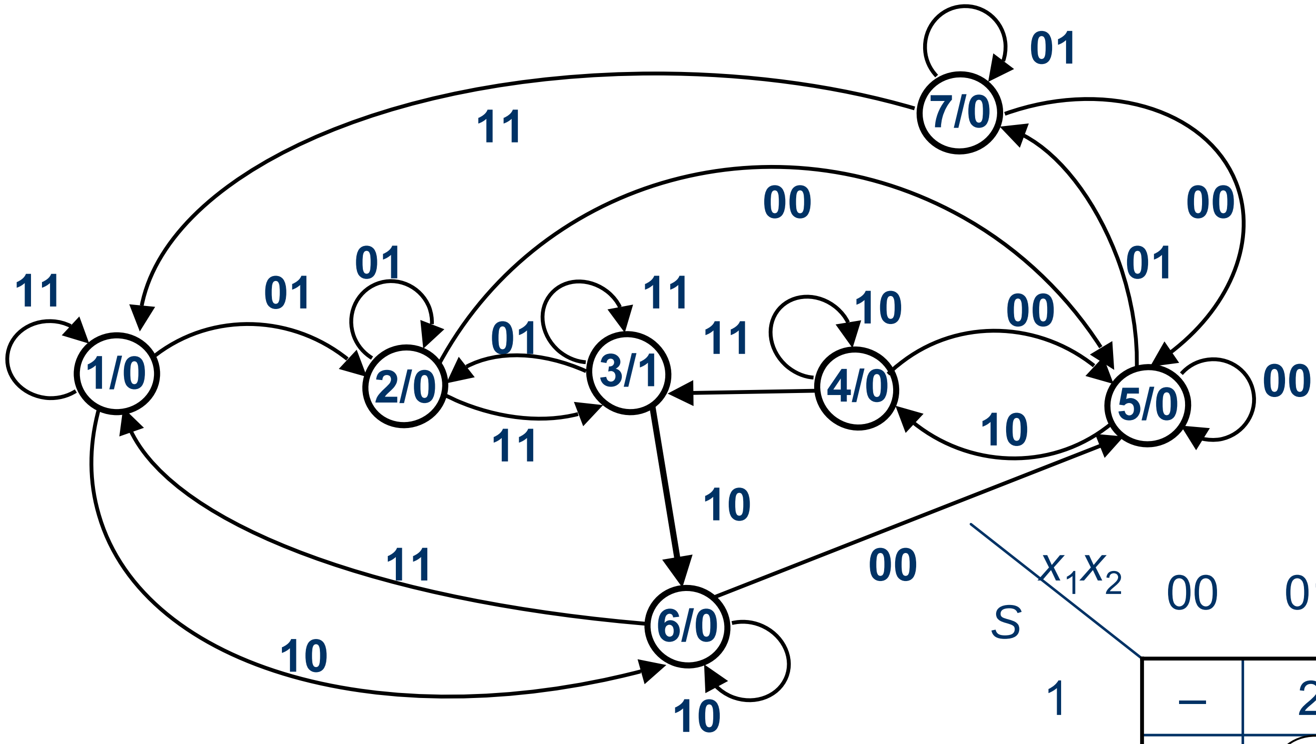




I T P W

ZPT

Zadanie c.d.



S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
1	–	2	1	6	0
2	5	2	3	–	0
3	–	2	3	6	1
4	5	–	3	4	0
5	5	7	–	4	0
6	5	–	1	6	0
7	5	7	1	–	0

Zadanie c.d.

Minimalizacja

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
1	–	2	1	6	0
2	5	2	3	–	0
3	–	2	3	6	1
4	5	–	3	4	0
5	5	7	–	4	0
6	5	–	1	6	0
7	5	7	1	–	0

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
1,6	5	2	1	6	0
2,4	5	2	3	4	0
3	–	2	3	6	1
5,7	5	7	1	4	0

Automat minimalny

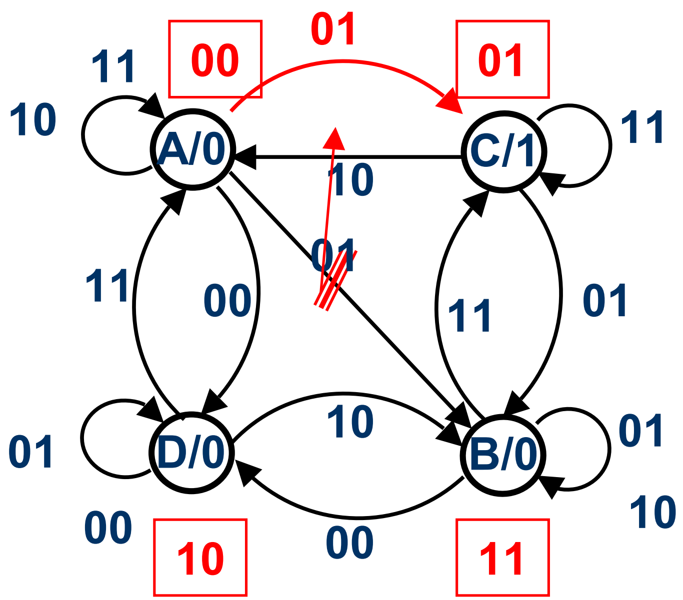
	S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	1,6	D	B	A	A	0
B	2,4	D	B	C	B	0
C	C	–	B	C	A	1
D	5,7	D	D	A	B	0

Zadanie c.d.

Kodowanie

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	D	B	A	A	0
B	D	B	C	B	0
C	–	B	C	A	1
D	D	D	A	B	0

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A 00	10	~~11~~01	00	00	0
C 01	–	11	01	00	1
B 11	10	11	01	11	0
D 10	10	10	00	11	0



I T P W ZPT

Zadanie c.d.

Synteza kombinacyjna

Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10	y
00	10	01	00	00	0
01	–	11	01	00	1
11	10	11	01	11	0
10	10	10	00	11	0

$$y = \overline{Q}_1 Q_2$$

Q1' Q2'

Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	–	1	0	0
11	1	1	0	1
10	1	1	0	1

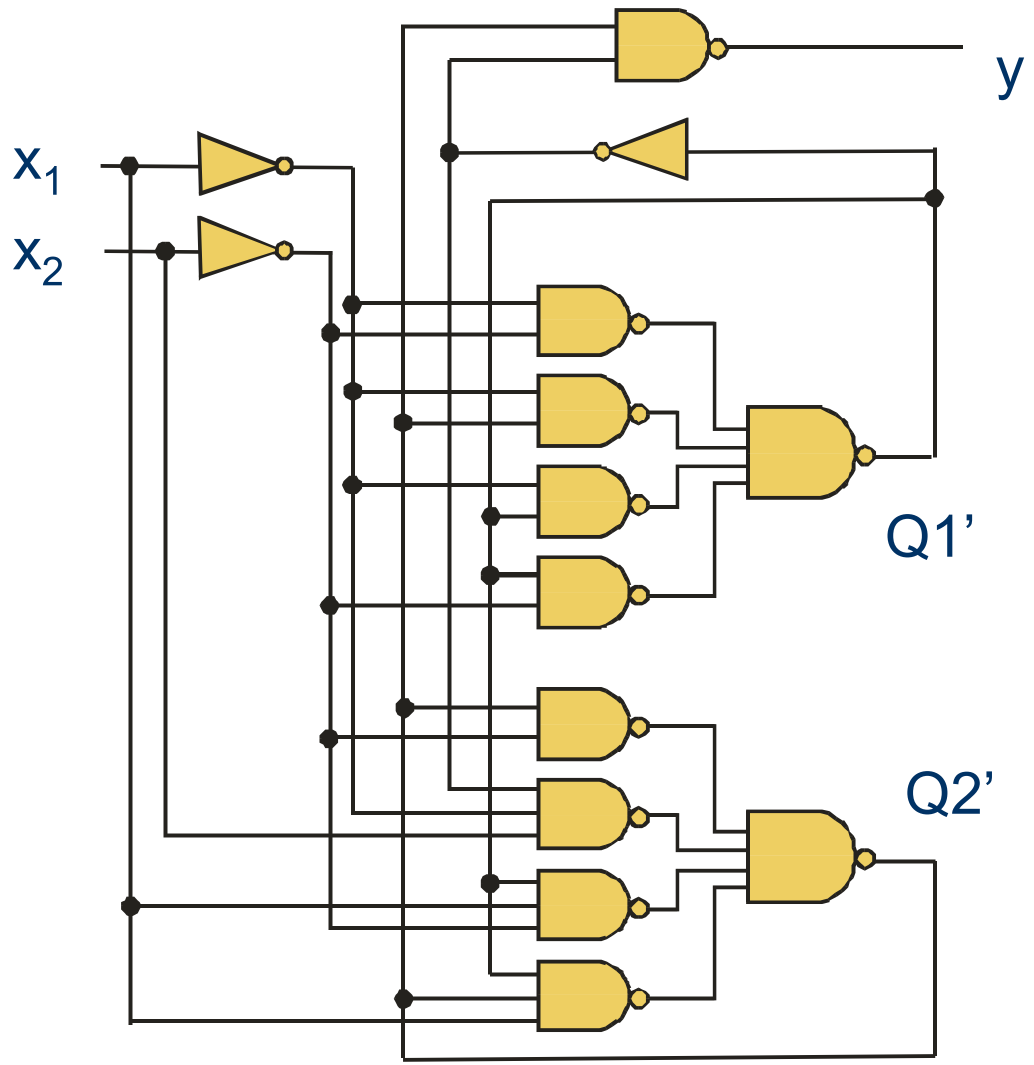
$$Q1' = \overline{x}_1\overline{x}_2 + Q_2\overline{x}_1 + Q_1\overline{x}_1 + Q_1\overline{x}_2$$

Q1Q2 \ x_1x_2	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	–	1	1	0
11	0	1	1	1
10	0	0	0	1

$$Q2' = Q_2\overline{x}_2 + \overline{Q}_1\overline{x}_1 x_2 + Q_1 x_1 \overline{x}_2 + Q_1 Q_2 x_1$$

I T P W ZPT

Zadanie c.d. - realizacja



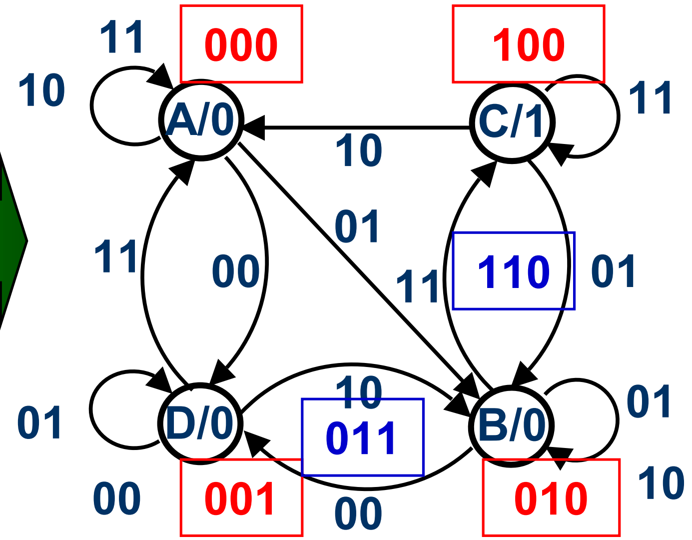
Kodowanie metodą „n–1”

Liczba stanów automatu wynosi n.
Długość wektora kodowego ustalamy na **n – 1.**
Jeden stan kodujemy wektorem złożonym z samych zer.
Pozostałe stany kodujemy wektorami z jedną jedynką.
Między każde dwa stany S, T kodowane wektorami
z jedną jedynką wstawiamy stan niestabilny R
o wektorze kodowym $R = S \oplus T$

A: 000
C: 100, B: 010,
D: 001

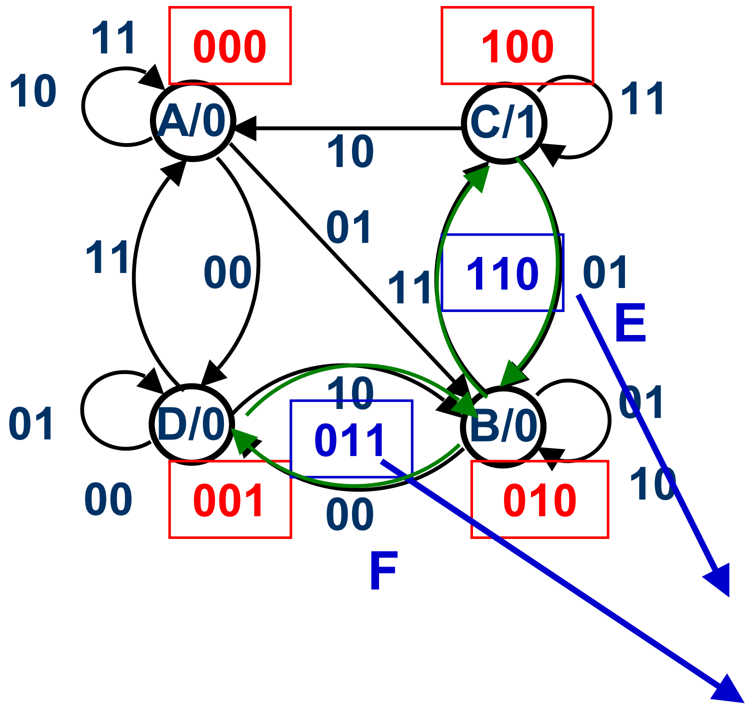
110

S \ x_1x_2	00	01	11	10	y
A	D	B	A	A	0
B	D	B	C	B	0
C	–	B	C	A	1
D	D	D	A	B	0



ITPW
ZPT

Kodowanie „n – 1”



Modyfikacja tablicy p-w

	Q1Q2Q3 \ x_1x_2	00	01	11	10	*y*
A	000	D	B	A	A	0
B	010	**F**	B	**E**	B	0
C	100	–	**E**	C	A	1
D	001	D	D	A	**F**	0
E	110	–	**B**	**C**	–	–
F	011	**D**	–	–	**B**	–

I T P W ZPT

Kodowanie „n – 1”

Zakodowana tablica p-w

	$Q_1Q_2Q_3$ \ x_1x_2	00	01	11	10	*y*
A	000	001	010	000	000	0
D	001	001	001	000	011	0
F	011	001	–	–	010	–
B	010	011	010	110	010	0
E	110	–	010	100	–	–
(-)	111	–	–	–	–	–
(-)	101	–	–	–	–	–
C	100	–	110	100	000	1

Q1’ Q2’Q3’

$Y = Q1$

I T P W ZPT

Kodowanie „n – 1”

Q1Q2Q3 \ x_1x_2	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0	0	0	0
011	0	–	–	0
010	0	0	1	0
110	–	0	1	–
111	–	–	–	–
101	–	–	–	–
100	–	1	1	0

$$Q1' = Q_1\overline{Q}_2x_2 + Q_2x_1x_2$$

ITPW ZPT

Kodowanie „n – 1”

$Q1Q2Q3$ \ x_1x_2	00	01	11	10
000	0	1	0	0
001	0	0	0	1
011	0	–	–	1
010	1	1	1	1
110	–	1	0	–
111	–	–	–	–
101	–	–	–	–
100	–	1	0	0

Pętla antyhazardowa

$$Q2' = \overline{Q}_1 Q_2 \overline{Q}_3 + \overline{Q}_3 \overline{x}_1 x_2 + Q_3 x_1 \overline{x}_2 + \overline{Q}_1 Q_2 x_1$$

I T P W ZPT

Kodowanie „n – 1”

Q1Q2Q3 \ x_1x_2	00	01	11	10
000	1	0	0	0
001	1	1	0	1
011	1	–	–	0
010	1	0	0	0
110	–	0	0	–
111	–	–	–	–
101	–	–	–	–
100	–	0	0	0

$$Q3' = \bar{x}_1\bar{x}_2 + \bar{Q}_1 Q_3 \bar{x}_1 + + \bar{Q}_2 Q_3 \bar{x}_2$$