

## Treść zadań

### Zadanie 1

Zaprojektować licznik 2-bitowy na wybranych przerzutnikach (JK lub D).

### Zadanie 2

Zaprojektować licznik 3-bitowy liczący do 5 na wybranych przerzutnikach (JK lub D), ale sekwencja liczb nie może być po kolei (fikuśna sekwencja). Uwzględnij obsługę stanów niepoprawnych.

### Zadanie 3

Zaprojektować 3-bitowy licznik Johnsona. Wykorzystaj ten sam typ przerzutnika (JK lub D) dla bitu najstarszego i najmłodszego, a dla środkowego bitu inny typ przerzutnika.

### Zadanie 4

W zadaniu 3 uwzględnij obsługę stanów niepoprawnych.

### Zadanie 1

Licznik będzie generował sekwencję:

00→01→10→11

	$Q_0^t$		
	0	1	
$Q_1^t$	0	01	10
	1	11	00

$Q_1^{t+1}Q_0^{t+1}$

Stan  $Q_0$  zmienia się na przeciwny z każdym taktem zegara, natomiast stan  $Q_1$  zmienia się na przeciwny co dwa takty zegara. Dlatego:

$$J_0 = 1$$

$$K_0 = 1$$

$$J_1 = 1$$

$$K_1 = 1$$

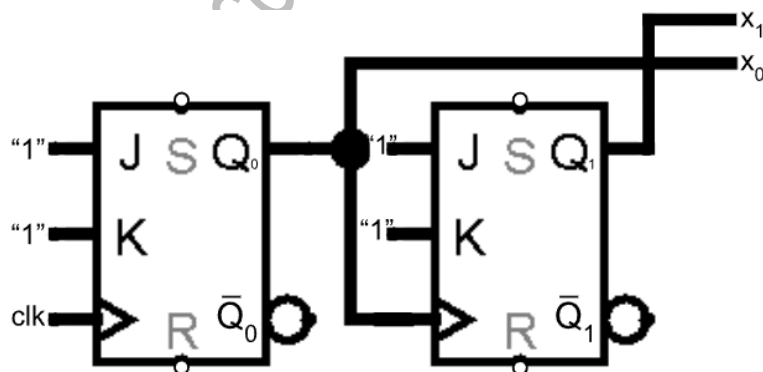
$$CLK_0 = clk$$

$$CLK_1 = q_0$$

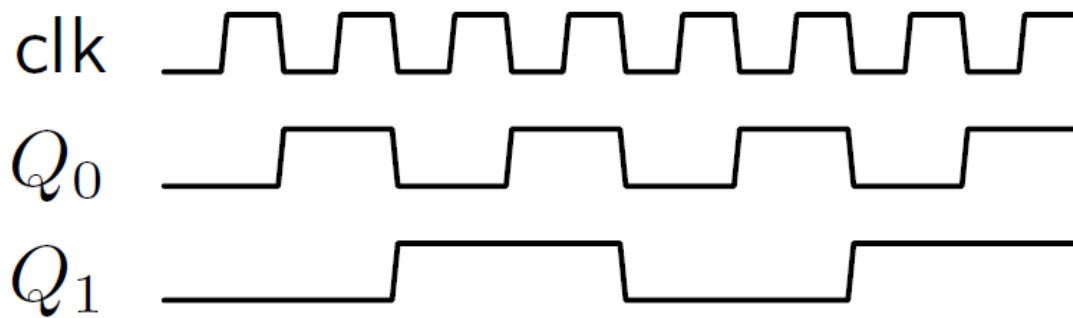
$$X_0 = q_0$$

$$X_1 = q_1$$

Schemat układu:

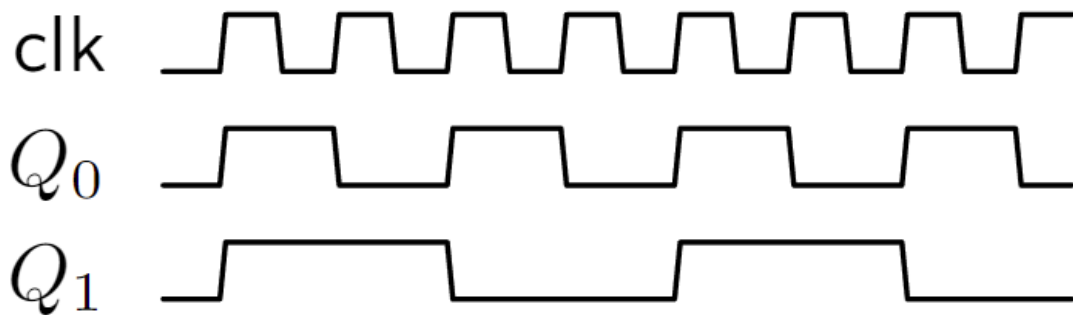


Dzięki temu, że dostępne na laboratorium przerzutniki JK były synchronizowane dwustopniowo (Master-Slave), uzyskaliśmy porządną sekwencję na wyjściu:



Rysunek 1 sekwencja wyjściowa: 00→01→10→11

Gdyby przerzutniki były synchronizowane poziomem, uzyskalibyśmy niepożądaną sekwencję:



Rysunek 2 sekwencja wyjściowa: 00→11→10→01

Można rozwiązać to zadanie również podłączając oba przerzutniki do tego samego sygnału zegarowego. Wtedy układ będzie działał poprawnie niezależnie od sposobu synchronizacji przerzutników, ale trzeba będzie użyć dwóch bramek.

Siatka przejść:

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_1^t$	0	01	10
	1	11	00

 $Q_1^{t+1}Q_0^{t+1}$ 

$$X_1 = q_1$$

$$X_0 = q_0$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_1^t$	0	0	1
	1	1	0

 $Q_1^{t+1}$ 

$$J_1 = \overline{q_1}q_0 = \overline{\overline{q_1}q_0} = \overline{q_1 + \overline{q_0}}$$

$$K_1 = q_1q_0 = \overline{\overline{q_1}q_0} = \overline{\overline{q_1} + \overline{q_0}}$$

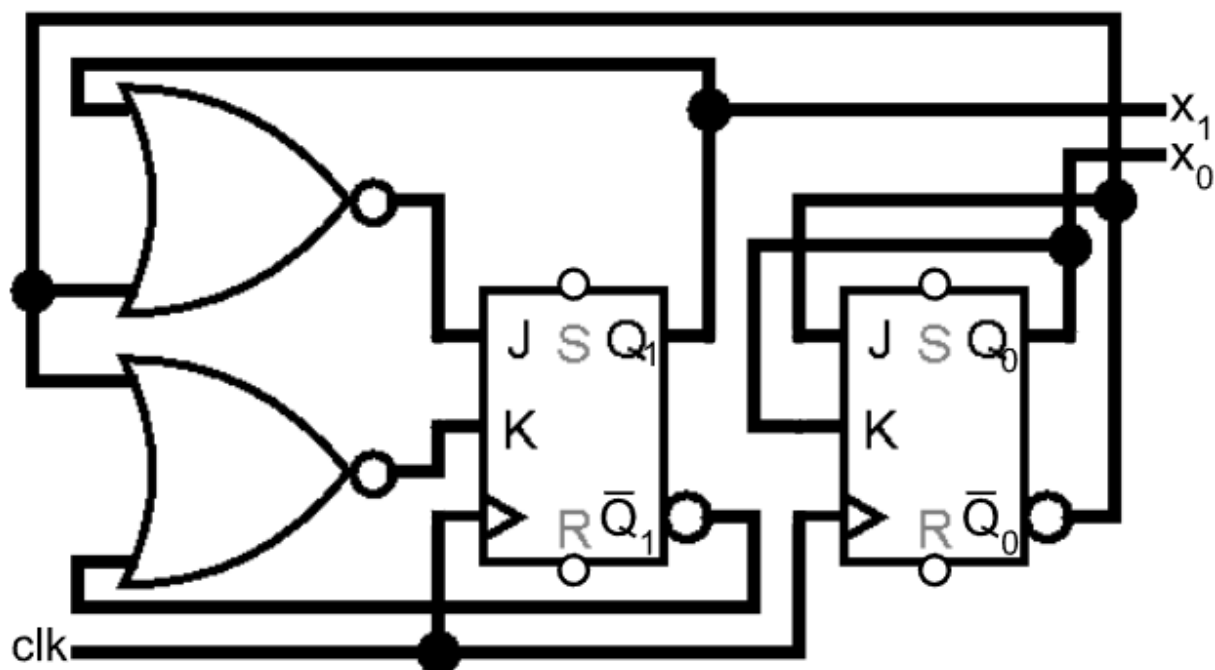
		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_1^t$	0	1	0
	1	1	0

 $Q_0^{t+1}$ 

$$J_0 = \overline{q_0}$$

$$K_0 = q_0$$

Schemat układu:



## Zadanie 2

Wybraliśmy sekwencję:

111→110→000→001→011

Siatka przejść:

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$	00	001	011
	01	111	111
	11	000	110
	10	111	111
	$Q_2^{t+1} Q_1^{t+1} Q_0^{t+1}$		

$$X_2 = q_2$$

$$X_1 = q_1$$

$$X_0 = q_0$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$	00	0	0
	01	1	1
	11	0	1
	10	1	1
	$Q_2^{t+1}$		

$$J_2 = \overline{q_2} q_1 = \overline{\overline{q_2} q_1} = \overline{q_2 + \overline{q_1}}$$

$$K_2 = q_2 q_1 \overline{q_0} = q_2 q_1 \overline{q_0} 1 = \overline{\overline{q_2 q_1 \cdot \overline{q_0} 1}} = \overline{\overline{q_2 q_1} + \overline{q_0} 1} = \overline{\overline{q_2 q_1} + q_0}$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$	00	0	1
	01	1	1
	11	0	1
	10	1	1
	$Q_1^{t+1}$		

$$J_1 = q_2 \overline{q_1} + q_0 = \overline{\overline{q_2 \overline{q_1} + q_0} 1} = \overline{\overline{q_2 \overline{q_1}} \cdot \overline{q_0} 1} = \overline{\overline{q_2 \overline{q_1}} \cdot \overline{q_0}}$$

$$K_1 = q_2 q_1 \overline{q_0} = K_2$$

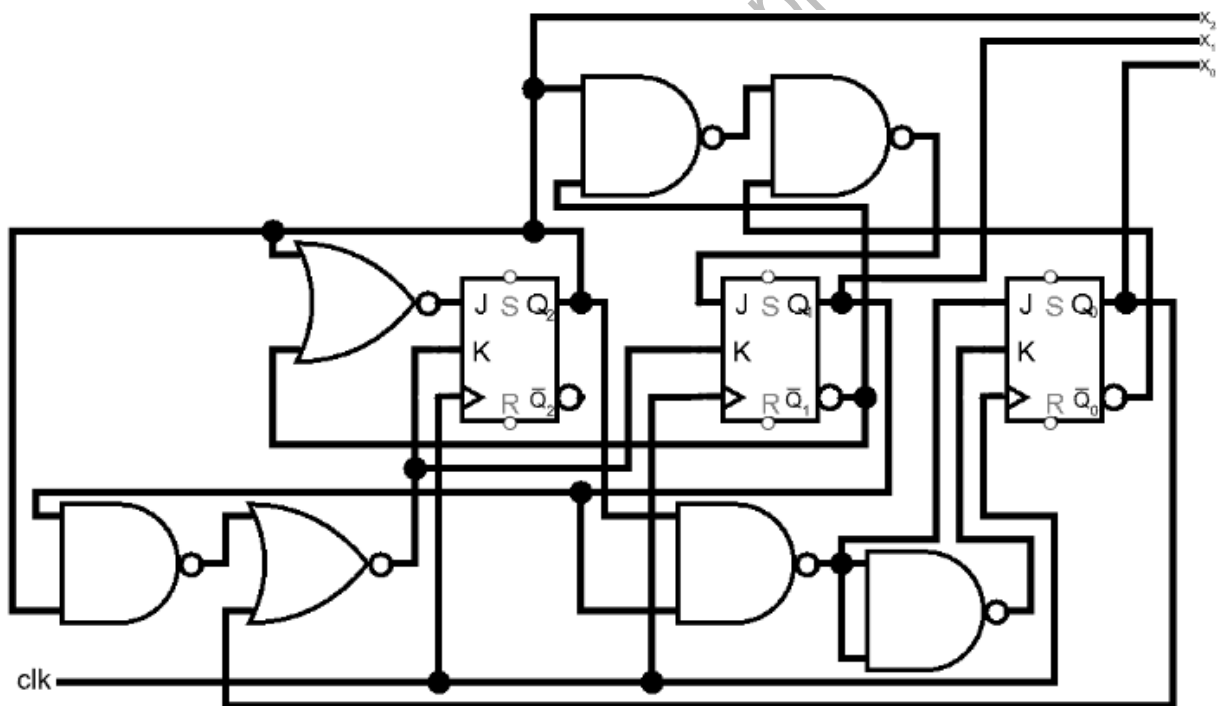
	$Q_0^t$	
$Q_2^t Q_1^t$	0	1
00	1	1
01	1	1
11	0	0
10	1	1

$Q_0^{t+1}$

$$J_0 = \overline{q_2} + \overline{q_1} = \overline{\overline{\overline{q_2}} + \overline{\overline{q_1}}} = \overline{q_2 q_1}$$

$$K_0 = q_2 q_1 = \overline{\overline{q_2 q_1}}$$

Schemat układu:



### Zadanie 3

3-bitowy licznik Johnsona generuje sekwencję:

000→100→110→111→011→001

Postanowiliśmy użyć dwóch przerzutników typu JK i jednego przerzutnika typu D. Przerzutnik typu D synchronizowany był zboczem narastającym, a przerzutniki typu JK – zboczem opadającym.

Siatka przejść:

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$	00	100	000
	01	---	001
	11	111	011
	10	110	---
		$Q_2^{t+1} Q_1^{t+1} Q_0^{t+1}$	

$$\begin{aligned} X_2 &= q_2 \\ X_1 &= q_1 \\ X_0 &= q_0 \end{aligned}$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$	00	1	0
	01	-	0
	11	1	0
	10	1	-
		$Q_2^{t+1}$	

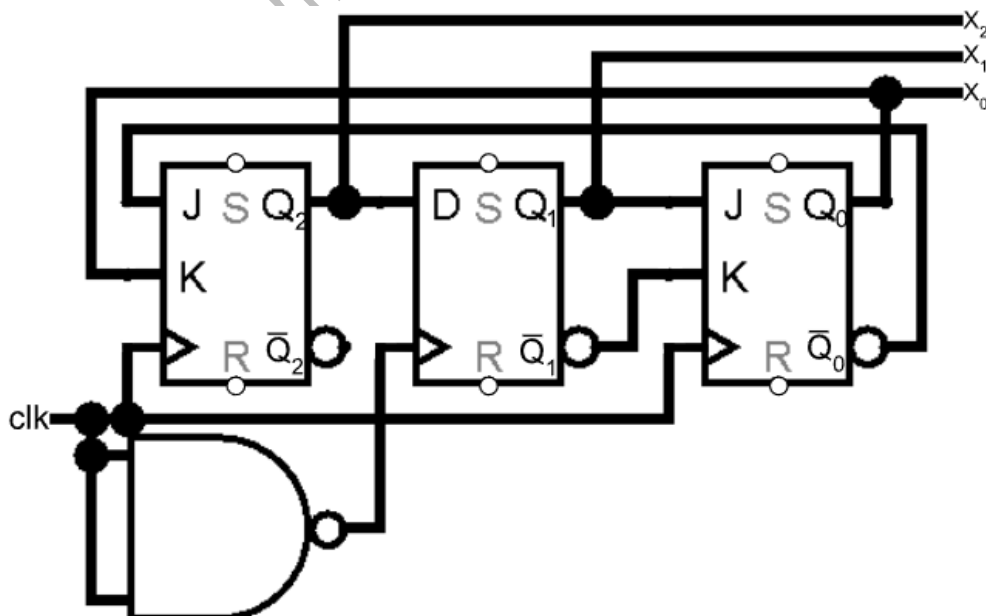
$$\begin{aligned} J_2 &= \overline{q_0} \\ K_2 &= q_0 \end{aligned}$$



$$D_1 = q_2$$
$$J_0 = q_1$$

$$K_0 = \overline{q_1}$$

Schemat układu:



#### Zadanie 4

Siatka przejść z podkreśloną korektą:

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$			
00		100	000
01		<u>001</u>	001
11		111	011
10		110	<u>110</u>

$Q_2^{t+1} Q_1^{t+1} Q_0^{t+1}$

$$\begin{aligned} X_2 &= q_2 \\ X_1 &= q_1 \\ X_0 &= q_0 \end{aligned}$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$			
00		1	0
01		<u>0</u>	0
11		1	0
10		1	<u>1</u>

$Q_2^{t+1}$

$$\begin{aligned} I_2 &= \overline{q_1} \overline{q_0} = \overline{q_1 + q_0} \\ K_2 &= q_1 q_0 = \overline{\overline{q_1} + \overline{q_0}} \end{aligned}$$

		$Q_0^t$	
		0	1
$Q_2^t Q_1^t$			
00		0	0
01		<u>0</u>	0
11		1	1
10		1	<u>1</u>

$Q_1^{t+1}$

$$D_1 = q_2$$

	$Q_0^t$	
$Q_2^t Q_1^t$	0	1
00	0	<b>0</b>
01	<u>1</u>	1
11	1	1
10	0	<u>0</u>
	$Q_0^{t+1}$	

$$J_0 = q_1$$

$$K_0 = \overline{q_1}$$

W tym rozwiązaniu trzeba zaingerować tylko w najstarszy przerzutnik. Jedyną zmianą w stosunku do zadania 3 są:

$$J_2 = \overline{q_1} \overline{q_0} = \overline{q_1 + q_0}$$

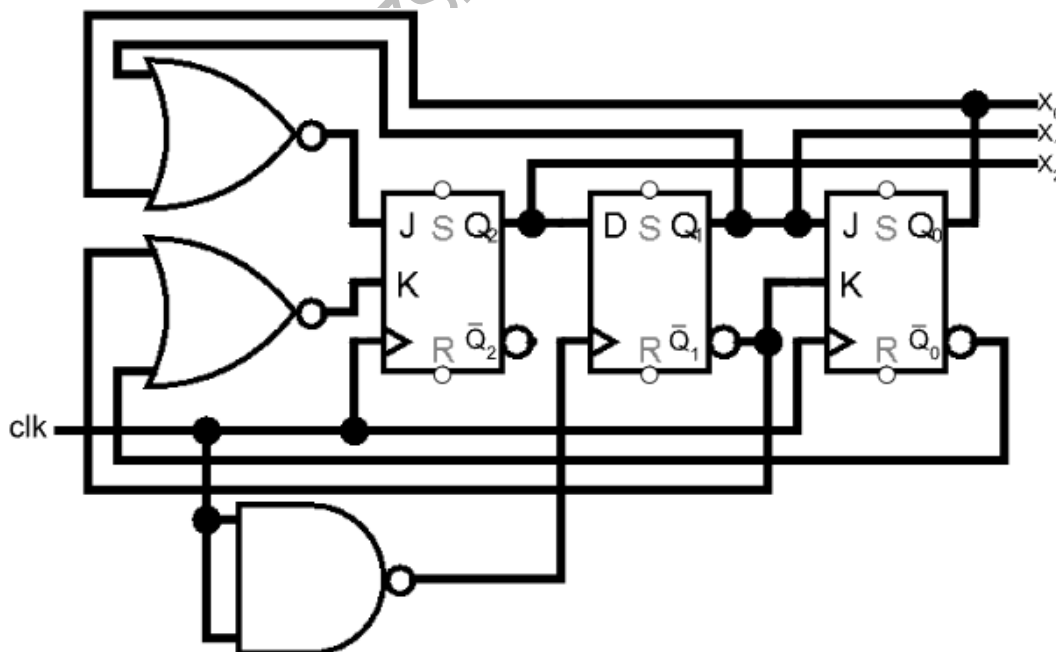
$$K_2 = q_1 q_0 = \overline{\overline{q_1} + \overline{q_0}}$$

zamiast:

$$J_2 = \overline{q_0}$$

$$K_2 = q_0$$

Schemat układu:



Korektę możemy wykonać również za pomocą tylko jednej dodatkowej bramki, jednak wtedy, w przypadku pojawienia się stanu  $Q_2Q_1Q_0 = 101$  przejście do poprawnego stanu nie nastąpi od razu, lecz poprzez stan  $Q_2Q_1Q_0 = 010$ . Wystarczy zaingerować tylko w działanie najstarszego przerzutnika.

Siatka przejść z podkreśloną korektą:

		$Q_0^t$		
		0	1	
$Q_2^tQ_1^t$	00	100	000	$Q_2^{t+1}Q_1^{t+1}Q_0^{t+1}$
	01	<u>001</u>	001	
11	111	011		
10	110	<u>010</u>		

$$\begin{aligned} X_2 &= q_2 \\ X_1 &= q_1 \\ X_0 &= q_0 \end{aligned}$$

		$Q_0^t$		
		0	1	
$Q_2^tQ_1^t$	00	1	0	$Q_2^{t+1}$
	01	0	0	
11	<u>1</u>	0		
10	1	<u>0</u>		

$$\begin{aligned} I_2 &= \overline{q_1} \overline{q_0} = \overline{q_1 + q_0} \\ K_2 &= q_0 \end{aligned}$$

		$Q_0^t$		
		0	1	
$Q_2^tQ_1^t$	00	0	0	$Q_1^{t+1}$
	01	<u>0</u>	0	
11	1	1		
10	1	<u>1</u>		

$$D_1 = q_2$$

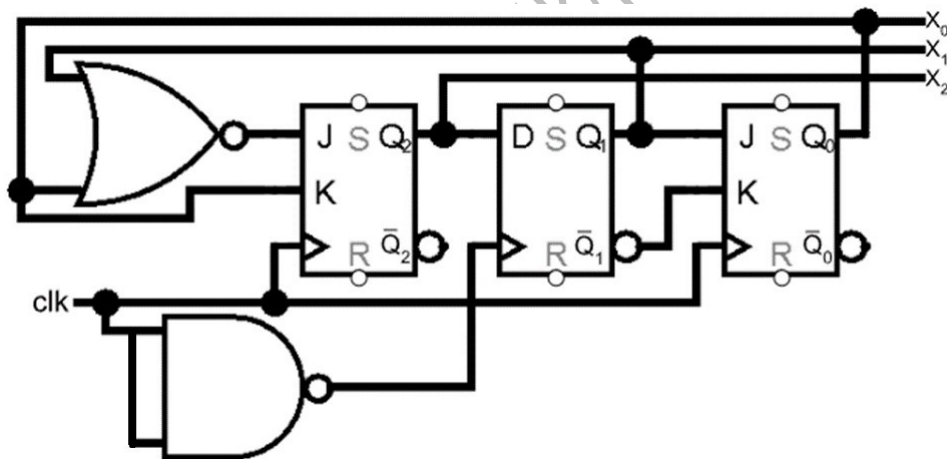
	$Q_0^t$	
$Q_2^t Q_1^t$	0	1
00	0	<u>0</u>
01	<u>1</u>	1
11	1	1
10	0	<u>0</u>
	$Q_0^{t+1}$	

$$J_0 = q_1$$

$$K_0 = \overline{q_1}$$

Jedyną zmianą w stosunku do zadania 3 jest  $J_2 = \overline{q_1} \overline{q_0} = \overline{q_1 + q_0}$  zamiast  $J_2 = \overline{q_0}$ . Wystarczy zaingerować tylko w najstarszy przerzutnik. Nie trzeba nic zmieniać na pozostałych przerzutnikach, do których w liczniku Johnsona zwykle nie mamy dostępu. Bramka NAND służy tylko do uzyskania  $\overline{clk}$ , ponieważ użyty przez nas przerzutnik typu D synchronizowany był zboczem narastającym, a przerzutniki typu JK aktywowane były zboczem opadającym.

Schemat układu:



## Wnioski

Podczas laboratorium zbudowaliśmy, uruchomiliśmy i przetestowaliśmy opisane układy z wyjątkiem drugiego układu w 1 zadaniu. Działały poprawnie. Liczniki można w prosty sposób zaprojektować używając przerzutników JK lub D. Mają one wiele zastosowań w automatyce, elektronice i informatyce. Należy pamiętać o obsłudze stanów niepoprawnych, jeśli istnieje ryzyko, że w wyniku zakłócenia taki stan może pojawić się w układzie. Liczniki można budować w taki sposób, żeby zliczały najróżniejsze sekwencje. Bardzo prosty w zaprojektowaniu jest licznik Johnsona, ponieważ do jego zbudowania w podstawowej wersji nie są potrzebne żadne bramki, a do kornety w przypadku wystąpienia stanu niepoprawnego wystarczy tylko jedna bramka.

[github.com/krzysztiwik/polsl-sprawozdania-tuc](https://github.com/krzysztiwik/polsl-sprawozdania-tuc)