

## Przykłady (tylko liczniki synchroniczne).

**Licznik Modulo 3 pracujący w kodzie binarnym, zliczający w górę, z użyciem procedury kodowania na przerzutnikach**

- a) D
- b) JK

Ad a)

Tablica stanów przerzutnika D.

D	$Q_{n+1}$
0	0
1	1

Tabela przejść licznika Modulo 3 liczącego w górę:

$S_n$	$S_{n+1}$
0	1
1	2
2	0

$S_n$		$S_{n+1}$	
$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0

Na podstawie tablicy stanów przerzutnika D i tabeli przejść licznika Modulo 3 wyznaczamy tablice Karnaugh.

Tabele Karnaugh uzupełniamy w następujący sposób: z tabeli przejść licznika widzimy, że po doprowadzeniu sygnału zegarowego licznik przechodzi ze stanu 0 do 1, co w zapisie binarnym przyjmuje postać ( $Q_1Q_0$ ) 00 na 01, czyli bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 1. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 1$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które to wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor czerwony). Analogicznie postępujemy dla pozostałych przypadków.

$D_1$

$Q_1 / Q_0$	0	1
0	0	1
1	0	-

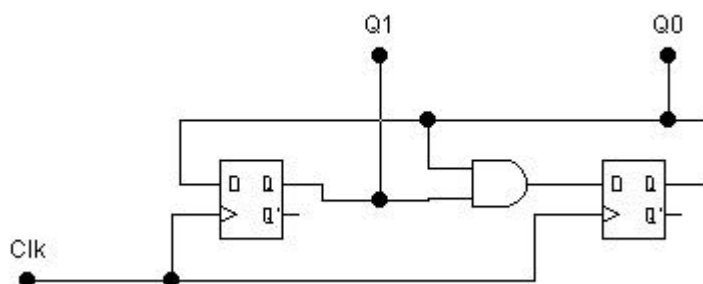
$D_1 \text{ ? } Q_0$

$D_0$

$Q_1 / Q_0$	0	1
0	1	0
1	0	-

$D_0 \text{ ? } \overline{Q_1}Q_0$

Na podstawie funkcji przełączających rysujemy schemat logiczny rozpatrywanego licznika.



**Ad b)**

Tablica stanów przerzutnika JK:

J	K	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_n'$

Tablica wzbudzeń sporządzona na podstawie tablicy stanów:

$Q_n$	$Q_{n+1}$	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Tabela przejść licznika Modulo 3 liczącego w górę:

$S_n$	$S_{n+1}$
0	1
1	2
2	0

$S_n$		$S_{n+1}$	
$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0

Na podstawie tablicy stanów przerzutnika JK i tablicy przejść licznika wyznaczamy tablice Karnaugh.

Tabele Karnaugh uzupełniamy w następujący sposób: z tabeli przejść licznika widzimy, że po doprowadzeniu sygnału zegarowego licznik przechodzi ze stanu 0 do 1, co w zapisie binarnym przyjmuje postać ( $Q_1Q_0$ ) 00 na 01, czyli bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0. Z tabeli wzbudzeń przerzutnika JK (kolor czerwony) widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $J_1 = 0$ ,  $K_1 = -$  (dowolne), które to wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh. Bit

$Q_0$  zmienia wartosc z 0 na 1, z tabeli wzbudzen widzimy (kolor niebieski), ze takiej zmianie wyjsc odpowiadaja wartosci wejsc  $J_0 = 1$ ,  $K_0 = -$  (dowolne). Analogicznie postepujemy dla pozostalych przypadków.

$J_1$

$Q_1/Q_0?$	0	1
0	0	1
1	-	-

$J_1 ? Q_0$

$K_1$

$Q_1/Q_0?$	0	1
0	-	-
1	1	-

$K_1 ? 1$

$J_0$

$Q_1/Q_0?$	0	1
0	1	-
1	0	-

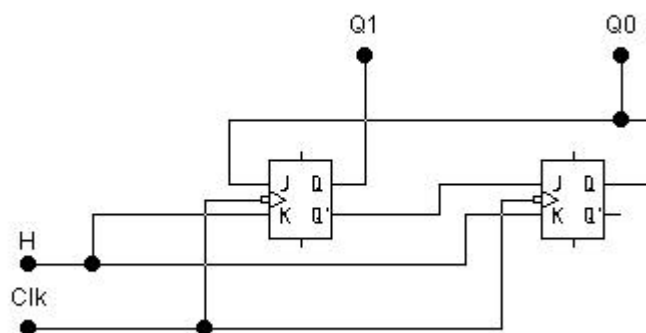
$J_0 ? \overline{Q_1}$

$K_0$

$Q_1/Q_0?$	0	1
0	-	1
1	-	-

$K_0 ? 1$

Na podstawie funkcji przełączających rysujemy schemat logiczny rozpatrywanego licznika.



**Licznik Modulo 6 pracujący w kodzie binarnym, zliczający w górę i w dół (rewersyjny z dodatkowym wejściem Up), z użyciem procedury kodowania na przerzutnikach typu D.**

Tablica stanów przerzutnika D.

D	$Q_{n+1}$
0	0
1	1

Tabela przejść licznika Modulo 6 liczącego w górę i w dół:

$S_n$	$S_{n+1} \text{ ?Up?}$	
	0	1
0	5	1
1	0	2
2	1	3
3	2	4
4	3	5
5	4	0

$S_n$			$S_{n+1} \text{ ?Up = 0?}$			$S_{n+1} \text{ ?Up = 1?}$		
$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0	0

Na podstawie tablicy stanów przerzutnika D i tabeli przejść licznika Modulo 6 z dodatkowym wejściem Up wyznaczamy tablice Karnaugh.

Tabele uzupełniamy analogicznie jak dla licznika Modulo 3, z tą różnicą, że stany są zakodowane binarnie przez 3 bity, więc będziemy mieli trzy tabele Karnaugh. Różnica polega też na tym, że mamy dodatkowe wejście Up, które odpowiada za to, czy licznik liczy w górę, czy w dół. Wartość Up=0 oznacza, że licznik zlicza w dół, czyli przechodzi z danego stanu w stan go poprzedzający. Gdy Up=1 licznik zlicza w górę, czyli przechodzi z danego stanu w następny. Dla przykładu: gdy Up=0, wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 5, co w zapisie binarnym przyjmuje postać ( $Q_2Q_1Q_0$ ) 000 na 101, czyli bit  $Q_2$  zmienia swoją wartość z 0 na 1, bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 1. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_2 = 1$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 1$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które to wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor czerwony). Gdy Up=1, wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 1, co w zapisie binarnym przyjmuje postać ( $Q_2Q_1Q_0$ ) 000 na 001, czyli bit  $Q_2$  zmienia swoją wartość z 0 na 0, bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 1. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_2 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 1$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które to wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor niebieski). Analogicznie postępujemy dla pozostałych przypadków.

$D_2$

$Q_1Q_0$	00	01	11	10
$UpQ_2$				
00	1	0	0	0
01	0	1	-	-
11	1	0	-	-
10	0	0	1	0

$$D_2 = \overline{UpQ_2}Q_1Q_0 + \overline{UpQ_2}Q_1 + UpQ_2\overline{Q_0} + UpQ_1Q_0$$

$D_1$

$Q_1Q_0$	00	01	11	10
$UpQ_2$				
00	0	0	1	0
01	1	0	-	-
11	0	0	-	-
10	0	1	0	1

$$D_1 = \overline{UpQ_1}Q_0 + \overline{UpQ_2}Q_0 + UpQ_1\overline{Q_0} + UpQ_2\overline{Q_0}$$

$D_0$

$Q_1Q_0$	00	01	11	10
$UpQ_2$				
00	1	0	0	1
01	1	0	-	-
11	1	0	-	-
10	1	0	0	1

$$D_0 = \overline{Q_0}$$

**Automat typu Moore'a sterujący sygnalizacją świetlną na przejściu dla pieszych, zrealizowany przy pomocy liczników.**

Automat ten steruje sygnalizacją świetlną dla przejścia dla pieszych. Gdy wartość wyjścia  $P=1$ , znaczy to, że pieszy ma zielone światło, gdy wartość wyjścia  $A=1$ , wtedy światło zielone pali się dla samochodów. Wejście  $R$  jest to dodatkowe wejście umożliwiające wymuszenie zapalenia się zielonego światła dla pieszych, po wciśnięciu przycisku.

**I sposób.**

Tablica przejść i wyjść dla automatu Moore'a opisująca działanie sygnalizacji świetlnej.

$S_n$	$S_{n+1} \text{ } R$		$P$	$A$
	0	1		
0	0	1	0	1
1	2	2	0	0
2	3	3	1	0
3	0	0	0	0

$S_n$		$S_{n+1} \text{ ? } R \text{ ?}$				P	A
		0		1			
$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_1$	$Q_0$		
0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0

Tablica stanów przerzutnika D.

D	$Q_{n+1}$
0	0
1	1

Na podstawie tablicy stanów przerzutnika D oraz tablicy przejść i wyjść automatu możemy znaleźć logikę opisującą wejścia przerzutników (tabele Karnaugh).

Tabele uzupełniamy w następujący sposób: gdy  $R=0$ , wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 0, co w zapisie binarnym przyjmuje postać  $(Q_1Q_0)$  00 na 00, czyli bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 0. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_2 = 1$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 0$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które te wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor czerwony). Gdy  $R=1$ , wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 1, co w zapisie binarnym przyjmuje postać  $(Q_1Q_0)$  00 na 01, czyli bit  $Q_1$  zmienia wartość z 0 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 1. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 1$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które te wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor niebieski). Analogicznie postępujemy dla pozostałych przypadków.

$D_1$

$Q_1Q_0$	00	01	11	10
$R$				
0	0	1	0	1
1	0	1	0	1

$$D_1 = \overline{Q_1}Q_0 + Q_1\overline{Q_0} + Q_1 + Q_0$$

$D_0$

$Q_1Q_0$	00	01	11	10
$R$				
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

$$D_0 = Q_1\overline{Q_0} + R\overline{Q_0}$$

Tabele Karnaugh opisujące zależność stanów wyjściowych P i A od stanów wyjścia przerzutników  $Q_1$  i  $Q_0$ .

Stanowi 0 (binarnie 00) odpowiada wartość wyjścia  $P=0$ , zaś  $A=1$  (kolor czerwony), co zapisujemy w tabeli. Podobnie postępujemy dla pozostałych stanów.

P

$Q_1 / Q_0$	0	1
0	0	0
1	1	0

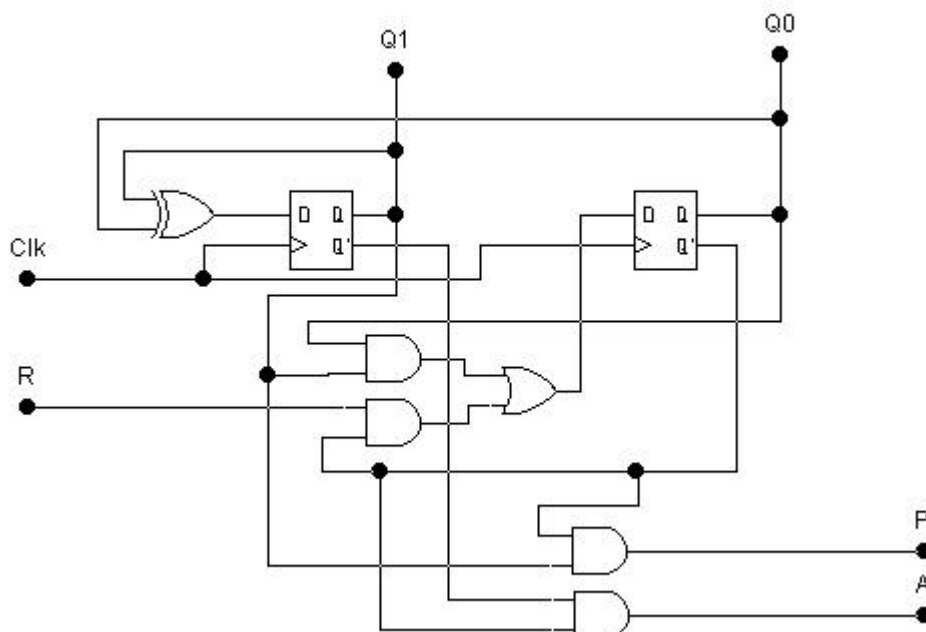
$$P = Q_1 \overline{Q_0}$$

A

$Q_1 / Q_0$	0	1
0	1	0
1	0	0

$$A = \overline{Q_1} \overline{Q_0}$$

Schemat układu utworzony na podstawie powyższych funkcji logicznych opisujących działanie automatu.



## II sposób.

W tym sposobie zastosowano inne kodowanie stanów przerzutników, kodowanie to jest tak przeprowadzone aby wyjścia przerzutników były bezpośrednio wyjściami układu. Ten sposób kodowania jest dość często stosowany ze względu na brak dodatkowej logiki wyjściowej a przez to:

- 1) niweluje to dodatkowe opóźnienie w układzie,
- 2) jest często zalecane w momencie kiedy wyjście steruje wejściem asynchronicznym czyli gdy nie chcemy aby wystąpiło zjawisko hazardu
- 3) może zmniejszyć liczbę użytych bramek (nie ma dodatkowej logiki wyjściowej). W naszym przypadku liczba potrzebnych przerzutników uległa zwiększeniu 2 do 3 dlatego punkt ten nie jest spełniony, jednakże często zdarza się, że liczba przerzutników pozostaje taka sama.

Mamy daną następującą tabelę stanów opisującą zależność wyjść przerzutników  $Q_P$ ,  $Q_A$ ,  $Q_0$  od kolejnych stanów licznika. Wyjście  $Q_P$  odpowiada za sterowanie światłem zielonym dla pieszych, wyjście  $Q_A$  odpowiada za sterowanie światłem zielonym dla samochodów, zaś dołączenie dodatkowego wyjścia  $Q_0$  było konieczne w celu poprawnego działania układu, ponieważ dla stanu 1 i 3 wyjścia były takie same.

Tabela opisująca zależność wyjść przerzutników od kolejnych stanów licznika.

$S_n$	$Q_P$	$Q_A$	$Q_O$
0	0	1	0
1	0	0	0
2	1	0	0
3	0	0	1

Tablica przejść dla automatu Moore'a opisująca działanie sygnalizacji świetlnej.

$S_n$	$S_{n+1} \text{ ? } R \text{ ?}$	
	0	1
0	0	1
1	2	2
2	3	3
3	0	0

$S_n$			$S_{n+1} \text{ ? } R \text{ ?}$					
			0			1		
$Q_P$	$Q_A$	$Q_O$	$Q_P$	$Q_A$	$Q_O$	$Q_P$	$Q_A$	$Q_O$
0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	0

Na podstawie powyższych tabel wyznaczamy tablice Karnaugh'a w następujący sposób: gdy  $R=0$ , wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 0, co w co na podstawie powyższej tabeli przyjmuje postać  $(Q_P Q_A Q_0)$  010 na 010, czyli bit  $Q_P$  zmienia wartość z 0 na 0, czyli bit  $Q_A$  zmienia wartość z 1 na 1, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 0. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_2 = 0$ ,  $D_1 = 1$ ,  $D_0 = 0$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które to



wartosci wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor czerwony). Gdy  $R=1$ , wtedy po doprowadzeniu sygnału zegarowego mamy zmianę stanu z 0 na 1, co w zapisie binarnym przyjmuje postać ( $Q_P Q_A Q_0$ ) 010 na 000, czyli bit  $Q_P$  zmienia wartość z 0 na 0, czyli bit  $Q_A$  zmienia wartość z 1 na 0, zaś bit  $Q_0$  zmienia wartość z 0 na 0. Z tabeli stanów przerzutnika D widzimy, że takiej zmianie wyjść odpowiadają wartości wejść  $D_2 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_0 = 0$  (nowa wartość wyjścia  $Q_{n+1}$  jest równa wartości wejścia D), które to wartości wpisujemy do tabeli Karnaugh (kolor niebieski). Analogicznie postępujemy dla pozostałych przypadków.

$D_P$

$Q_A Q_0$	00	01	11	10
$RQ_P$				
00	1	0	-	0
01	0	-	-	-
11	0	-	-	-
10	1	0	-	0

$D_P = Q_P Q_A Q_0$

$D_A$

$Q_A Q_0$	00	01	11	10
$RQ_P$				
00	0	1	-	1
01	0	-	-	-
11	0	-	-	-
10	0	1	-	0

$D_A = Q_0 \oplus \overline{RQ_A}$

$D_0$

$Q_A Q_0$	00	01	11	10
$RQ_P$				
00	0	0	-	0
01	1	-	-	-
11	1	-	-	-
10	0	0	-	0

$D_0 = Q_P$

Schemat układu utworzony na podstawie powyższych funkcji logicznych opisujących działanie automatu.

