Ćwiczenie 3.

Emil Siatka, Marek Swakoń, Patryk Górski, Piotr Pich

4 czerwca 2025

Spis treści

1	Treść ćwiczenia	1
2	Zarys rozwiązania	1
3	Funkcje stanu oraz wyjścia	2
4	Minimalizacja funkcji stanu $4.1 \ ST$ $4.2 \ CPR$ $4.3 \ CN$ $4.4 \ R_0$ $4.5 \ R_1$	15 16 17
5	Schemat układu	22
6	Stanowisko testujące	23
7	Podsumowanie oraz wnioski	27

1 Treść ćwiczenia

Proszę zaprojektować automat mogący posłużyć do sterowania jakimś prostym odtwarzaczem plików muzycznych mp3.

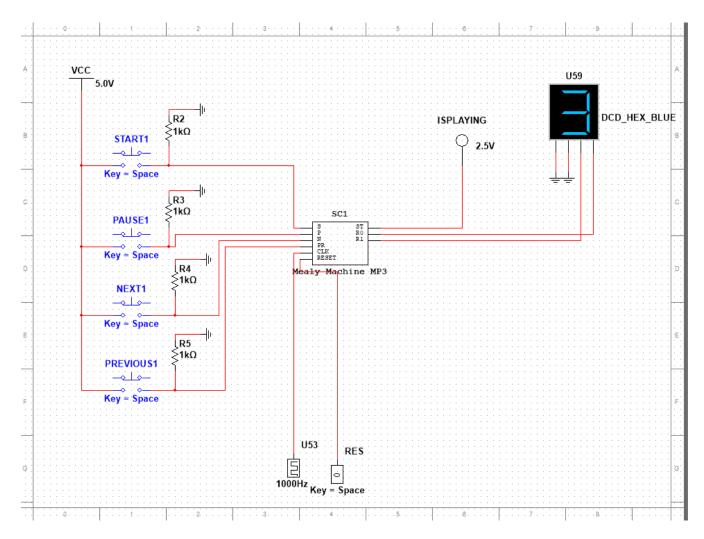
Układ powinien mieć następujące przyciski oraz odpowiadające im sygnały i wskaźniki:

- STOP
- PLAY
- NEXT
- PREVIOUS

oraz powinien posiadać dwubitowe wyjście binarne określające numer utworu.

2 Zarys rozwiązania

Projektowany układ zawierać będzie 4 wejścia dla każdego z 4 powyższych przycisków (odp. (P)ause, (S)tart, (N)ext, (PR)evious) oraz wejścia dla sygnału zegarowego oraz resetującego. Na wyjściu natomiast, oprócz dwubitowego numeru utworu $(R_0$ oraz $R_1)$ otrzymujemy również informację, czy obecnie utwór jest odtwarzany, czy zatrzymany (ST).



Rysunek 1: Interfejs projektowanego układu

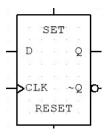
Zakładamy, że zmiana utworu następować ma po zwolnieniu odpowiedniego przycisku i skutkować ma rozpoczęciem odtwarzania następnej lub poprzedniej ścieżki.

3 Funkcje stanu oraz wyjścia

Powyższy układ zaprojektować można jako automat Mealy'ego $\langle Z,Q,Y,\Phi,\Psi,q_0\rangle$ oparty na przerzutnikach typu D:

Tabela 1: Tabela przejść przerzutnika typu D

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

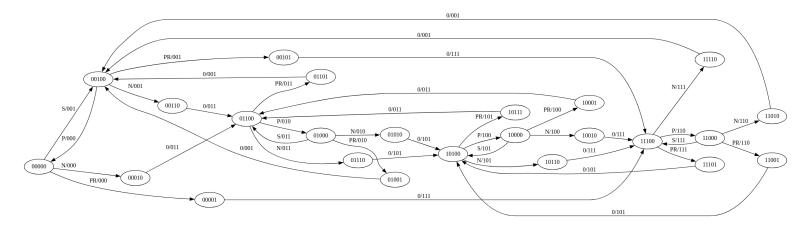


Rysunek 2: Przerzutnik typu D

Gdzie:

- $Z = \{P, S, N, PR, 0\}$, gdzie 0 oznacza stan niski na wszystkich wejściach
- $Y = 2^{\text{Out}}$, gdzie Out = $\{R_0, R_1, ST\}$
- $Q = 2^{\text{State}}$, gdzie State = Out $\cup \{CN, CPR\}$
- $q_0 = 00000$

CN oraz CPR oznaczają komórki stanu przechowujące informację o wysokim stanie wejść N oraz PR w poprzednim takcie zegara, aby projektowany automat mógł poprawnie zareagować na zwolnienie przycisków. Funkcje przejść i wyjść Φ oraz Ψ opisuje natomiast diagram:



Rysunek 3: Diagram projektowanego automatu

Lub też, dokładniej, biorąc pod uwagę przypadki brzegowe, tabela prawdy:

Tabela 2: Tabela prawdy dla funkcji Φ oraz Ψ

0 0	$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$			0			0	0							
$ \begin{vmatrix} 0 & & 0 & & 0 & & 0 & & 0 & & 0 & & 0 & & 1 & 1$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 &$	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 &$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 &$	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
$egin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0

O	Ciąg	dalszy		niej stron										
0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0	$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			0	0	1	0	1	0	1	0		0	0	1
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
O	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1		1		0	0	0	0	1				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!	1						0		1				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!					l				l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!					l								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1													
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1					l								
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						l								
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						l				l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!	1		1			!							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!	1		1		1				1				
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!					1								
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						l	l							
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1						l							
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		l .		1		l	!							
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1				l								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1					l								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1													
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		l .		l .		l	l			l				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		_								_				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1									l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$							l							
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$							l							
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$										l				
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$											1			
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0				1	ļ	1	0					0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	1		1		1	1	0	0	1		1
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0$	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 &$	0	0	1	0		0		0	1	0	0	1	0	
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 &$	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
$ \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 &$	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0

	dalszy		niej stron										
$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	1	1
0	0	1	0	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	1	1
0	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	0	0
0	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$
0	0	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1
0	0	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1
0	0	1	0		1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		1	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
			1	1					l .	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$		1	
0	0	1	0	1	1	1	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1	1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1	1	0	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	1	1	1	0
0	0	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	1	1
0	0	1	1	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1
0	0	1	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	0
U	U	1	1	1			1		1	1	Ciam dala		_ U

$R_1^{(n)} \mid R_0^{(n)} \mid ST^{(n)} \mid CN^{(n)} \mid CPR^{(n)} \mid S \mid P \mid N \mid PR \mid R_1^{(n+1)} \mid R_0^{(n+1)} \mid S$	$ST^{(n+1)}$ $CN^{(n+1)}$ $CPR^{(n+1)}$
$\{ x_0, x_0, x_0, x_0, x_0, x_0, x_0, x_0,$	
0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1	. 1 1
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$. 0 1
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0 1
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$. 1 0
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$. 1 1
	0 0
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$0 \qquad \qquad \ 0 \qquad \qquad \ 1$
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$\left[egin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1	0 0

$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $		dalszy		niej stron	y									
1	$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1			0	1	0	1	1	1	0	0		1	1	0
0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
O	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0	1	0	l .		0	0	1	1	0	1	0		1
O	0	1	0	1		0	1	0	0	1	0	1	l .	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!					0	1	0	1					
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1			1					
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$				1	1									
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$													1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$										l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		1				1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$										l				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		1		l .									l .	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$				l .										
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		1		l .										
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!	1				1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1	l .										
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		1	1											
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1											
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		I	1			l								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					_					_				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$										l				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$													1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1									0		0			
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		1	1						1	l	1	0	0	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	0		1	0	0	1	0	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	0		1	1		1	0		
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
$egin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
$egin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

				niej stron	y									
0	$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0	0	1	1	1		0	1	1	0	0	1	0	1	0
0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0	1				0	1	1	1					1
0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1						1	0	0	0					
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1	0	0	1					0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1				0							
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1	0		1	l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1			1							l .	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1							1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1				l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					1	1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$										l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1							l .	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$				1									l .	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1							l .				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$!													
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$				1		1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1			1							1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1			1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		_			_							_		
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		_				1						_		
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$							-					_		
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1					_			
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1			1						_		
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$													1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1					-		1	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			1			1					0			
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0	1			1			1	1	0	1		
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0				1		0	0	1	0	1		0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0				1			1	1	0	1		
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0	0	0		1		1	0	1	0	1		
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1

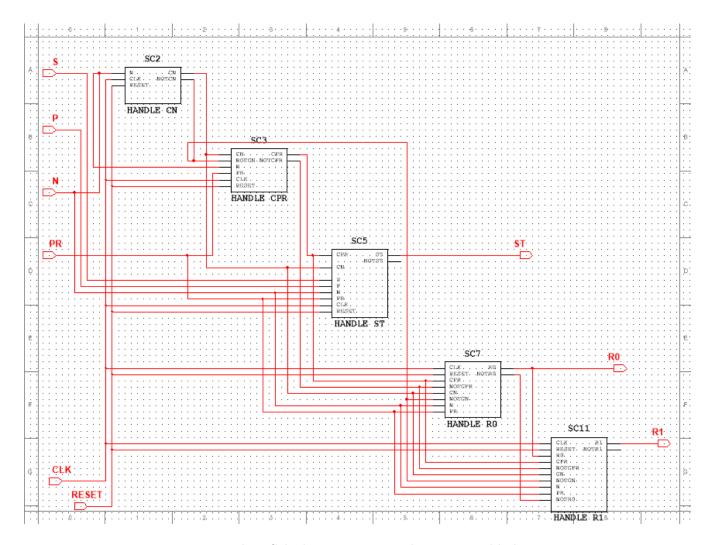
			niej stron										
$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	1	0	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	0	0	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1	0	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1		$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1		!			1	
	0				$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	0	1	1	1
1		0	1	1					1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0	1	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
	1	l .	I .	<u>I</u>					I	<u> </u>	C' 1.1		nnei stronie

Ciąg	dalszy j		niej stron										
$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	$\begin{array}{ c c c c }\hline 1 & & & \\ \end{array}$	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1
1	0	1	0	1	0	1	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1
1	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	0	0	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	0	0
1	0	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1
1	0	1	0	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1
1	0	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1
1							0		l .				
1	0	1	0	1	1	1		0	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1	$\begin{array}{ c c c c }\hline 1 \end{array}$	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	0	1
							U		1		Ciam dala		

1				niej stron										
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0$	$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0$		0	1	1	1	1	0	1	0			1	1	0
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 &$	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 &$	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 &$	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
$ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 &$		Į.		I .		1	1	1	0	1				
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Į.												
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$						1								
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					1									
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Į.			l .									
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1$														
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Į.			1									
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Į.												
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$														
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$									0					
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$											1		0	
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0		1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$									1		1			
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$														
$ \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 &$														
$ \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 &$														
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$														
													1	
							-						!	
$egin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$					$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$					0			0	0
$egin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $										1				
$egin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$													1	
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$														
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$														
$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$													1	
1 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	-	_	-

	dalszy		niej stron	y									
$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	0	1
1	1	0	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	0	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	1	1
1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	0	0	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	
1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1	1	$\begin{array}{ c c c c }\hline 1 & & & \\ & 1 & & \\ \end{array}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1
								$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$					$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$
1	1	0	1	1	1	1	1		1	0	1	1	
1	1	0	1	1	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	1	1	1	1	1	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	1	$\begin{vmatrix} 0 \end{vmatrix}$	1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	1
1	1	1	0	1	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	0	0	1	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0	0
1	1	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	0	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$
1	1	1	0	1	1	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	1	1	1	1	1
1	1	1	0		1	$\begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$	0	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1 1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
				1									
1	1	1	0	1	1	1	0	$\begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix}$	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	Ciam dala	1	1

$R_1^{(n)}$	$R_0^{(n)}$	$ST^{(n)}$	$CN^{(n)}$	$CPR^{(n)}$	S	Р	N	PR	$R_1^{(n+1)}$	$R_0^{(n+1)}$	$ST^{(n+1)}$	$CN^{(n+1)}$	$CPR^{(n+1)}$
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Rysunek 4: Szkielet wnętrza projektowanego układu

4 Minimalizacja funkcji stanu

Poniższe zminimalizowane wyprowadzenia otrzymaliśmy z wykorzystaniem biblioteki LogicMin w języku Python wykorzystującą wewnętrznie metodę Quine'a-McCluskeya, będącą, pod kątęm teoretycznym, równoważną metodzie tablic Karnaugh.

Wszystkie otrzymane wyniki przed implementacją w programie Multisim zaimplementowaliśmy i przetestowaliśmy programistycznie w języku Python.

4.1 *ST*

$$ST^{(n+1)} = (CPR)^{(n)} \overline{N} \overline{(PR)}$$

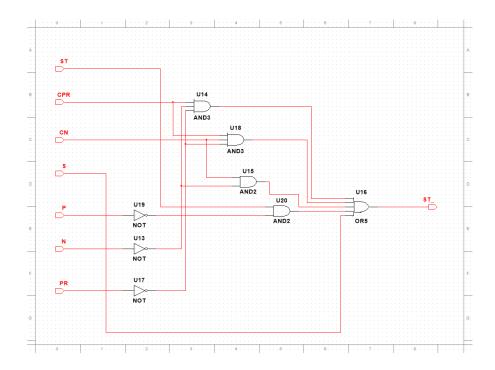
$$+ (CN)^{(n)} (CPR)^{(n)} \overline{(PR)}$$

$$+ (CN)^{(n)} \overline{N}$$

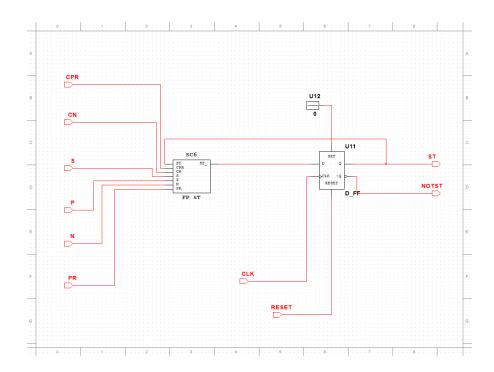
$$+ (ST)^{(n)} \overline{P}$$

$$+ S$$

$$(1)$$



Rysunek 5: Podukład FP ST



Rysunek 6: Podukład HANDLE ST

4.2 *CPR*

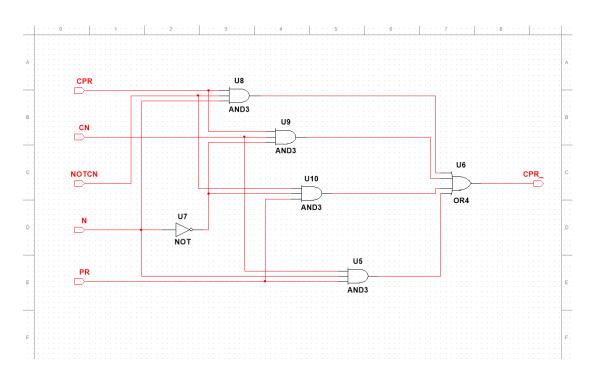
$$CPR^{(n+1)} = \overline{(CN)^{(n)}} \, \overline{N}(PR)$$

$$+ \overline{(CN)^{(n)}} N (CPR)^{(n)}$$

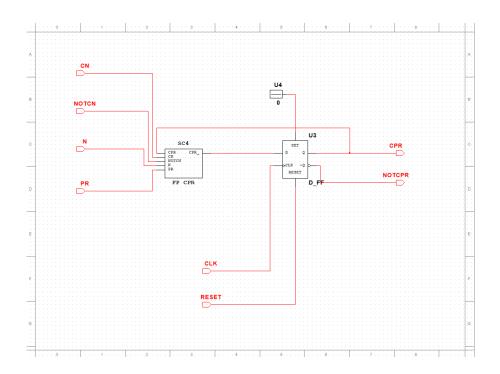
$$+ (CN)^{(n)} N (PR)$$

$$+ (CN)^{(n)} \overline{N} (CPR)^{(n)}$$

$$(2)$$



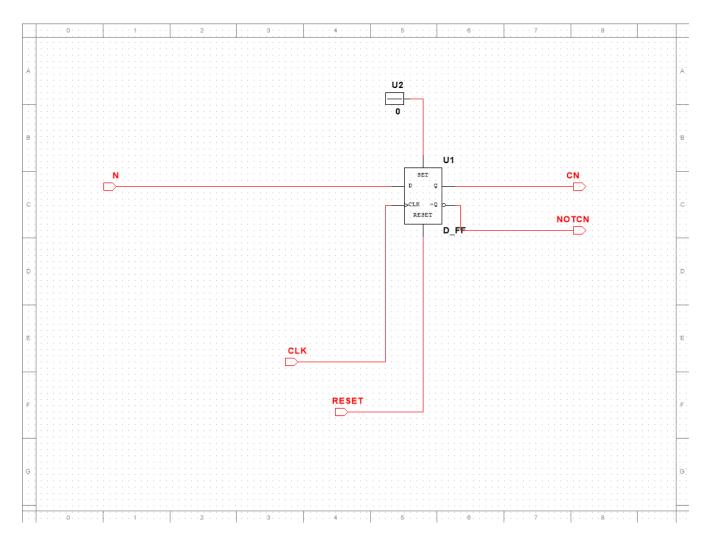
Rysunek 7: Podukład FP CPR



Rysunek 8: Podukład HANDLE CPR

4.3 *CN*

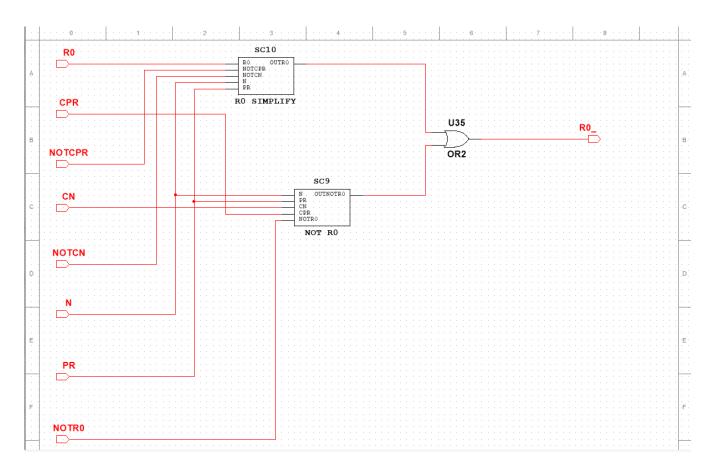
$$CN^{(n+1)} = N (3)$$



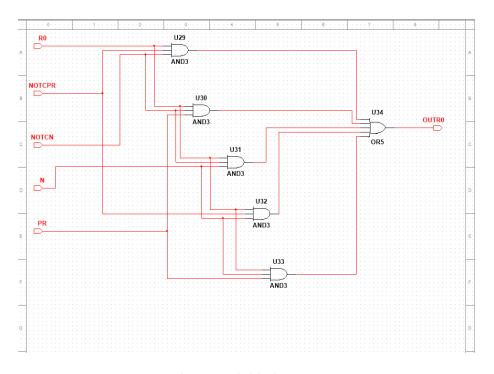
Rysunek 9: Podukład HANDLE CN

4.4 R_0

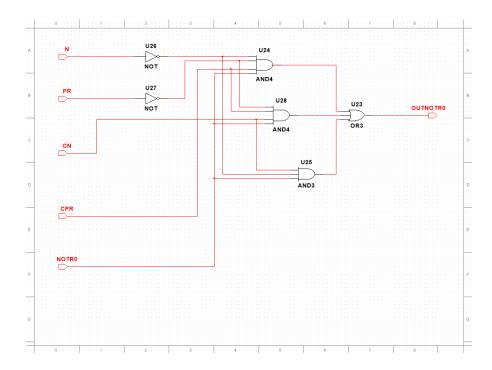
$$\begin{split} R_0^{(n+1)} &= \overline{R_0^{(n)}} \, \overline{N} \, \overline{(PR)} (CPR)^{(n)} \\ &+ \overline{R_0^{(n)}} \, \overline{(PR)} (CN)^{(n)} (CPR)^{(n)} \\ &+ \overline{R_0^{(n)}} \, \overline{N} (CN)^{(n)} \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CN)^{(n)}} \, \overline{(CPR)^{(n)}} \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CN)^{(n)}} (PR) \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CN)^{(n)}} N \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CPR)^{(n)}} N \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CPR)^{(n)}} N \\ &+ R_0^{(n)} \overline{(CPR)^{(n)}} N \\ &+ R_0^{(n)} N(PR) \end{split}$$



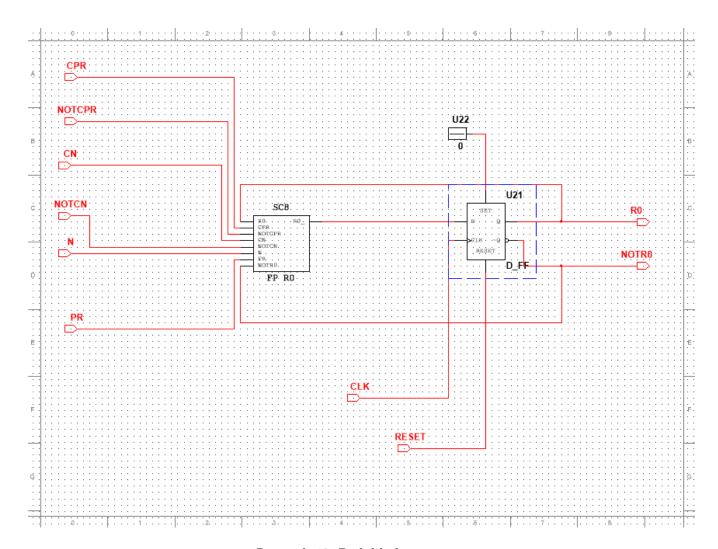
Rysunek 10: Podukład FP R0



Rysunek 11: Podukład RO SIMPLIFY



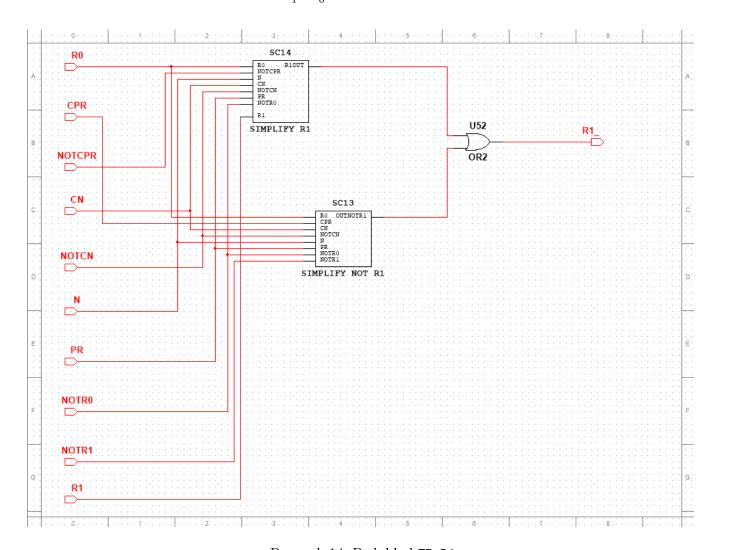
Rysunek 12: Podukład ${\tt NOT}$ ${\tt RO}$



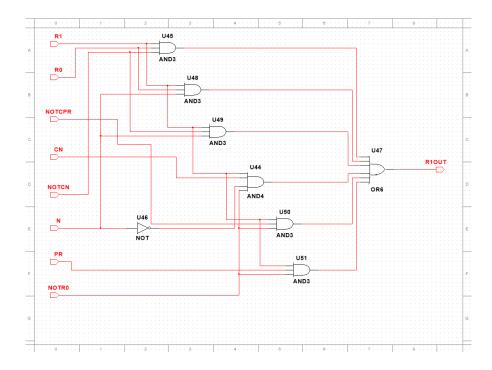
Rysunek 13: Podukład HANDLE RO

$$\begin{split} R_{1}^{(n+1)} &= \overline{R_{1}^{(n)}} \, \overline{R_{0}^{(n)}} \, \overline{(CN)^{(n)}} (CPR)^{(n)} \overline{N} \, \overline{(PR)} \\ &+ \overline{R_{1}^{(n)}} \, \overline{R_{0}^{(n)}} (CN)^{(n)} (CPR)^{(n)} N \overline{(PR)} \\ &+ \overline{R_{1}^{(n)}} \, R_{0}^{(n)} (CN)^{(n)} \overline{N} \\ &+ \overline{R_{0}^{(n)}} \, R_{1}^{(n)} (CN)^{(n)} \overline{N} \\ &+ \overline{R_{0}^{(n)}} \, R_{1}^{(n)} \overline{(CPR)^{(n)}} \\ &+ \overline{R_{0}^{(n)}} \, R_{1}^{(n)} \overline{(CPR)^{(n)}} \\ &+ \overline{R_{0}^{(n)}} \, R_{1}^{(n)} (PR) \\ &+ \overline{(CN)^{(n)}} \, R_{1}^{(n)} N \\ &+ R_{1}^{(n)} \, R_{0}^{(n)} \overline{(CN)^{(n)}} \\ &+ R_{1}^{(n)} \, R_{0}^{(n)} N \end{split}$$

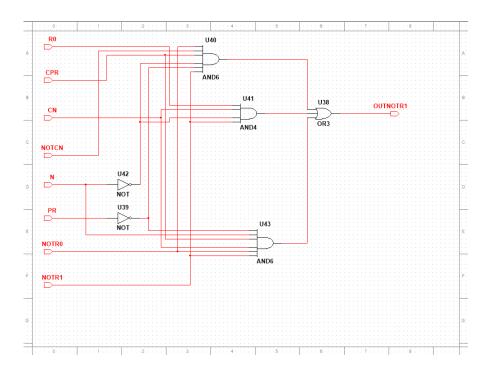
$$(5)$$



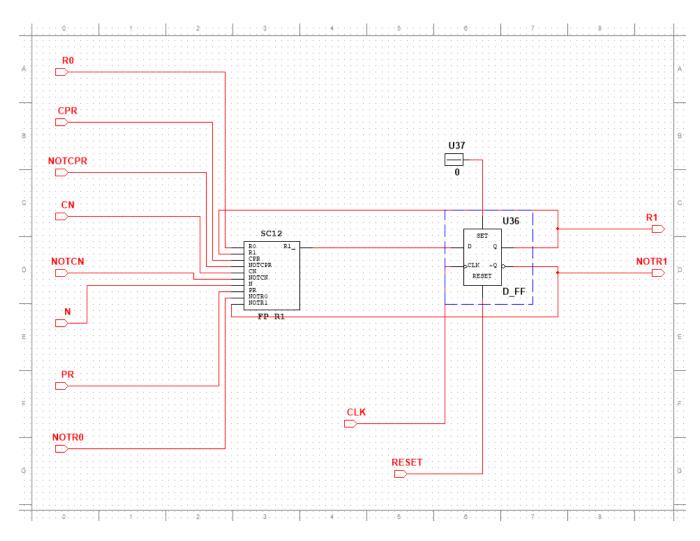
Rysunek 14: Podukład FP R1



Rysunek 15: Podukład SIMPLIFY R1



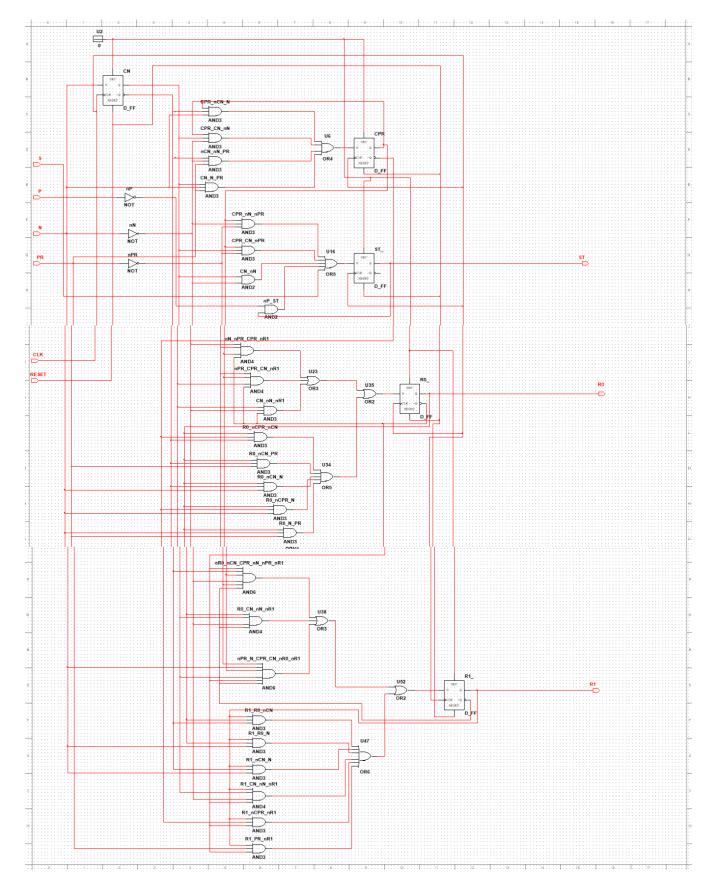
Rysunek 16: Podukład SIMPLIFY NOT R1



Rysunek 17: Podukład HANDLE R1

5 Schemat układu

Po umieszczeniu wszystkich bramek i przerzutników w jednym podukładzie i usunięciu powtarzających się bramek otrzymaliśmy nasz finalny układ:

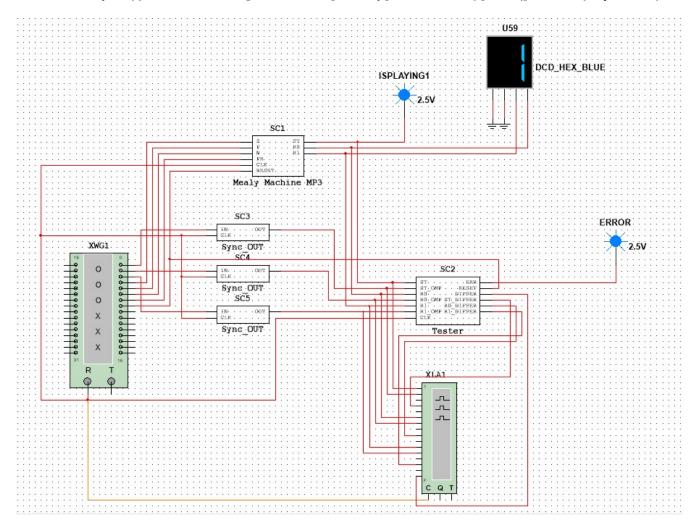


Rysunek 18: Zaprojektowany automat w programie Multisim

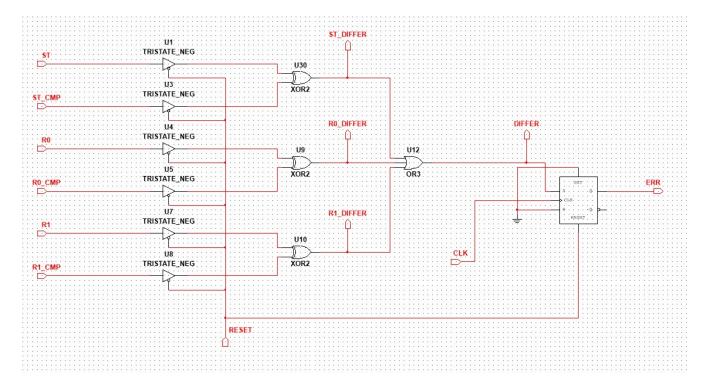
6 Stanowisko testujące

Układ testujący, podobnie jak w przypadku ćw. 2. oparty jest o podukład Tester obliczający różnice między wartościami oczekiwanymi wyjścia, a wyjściem testowanego układu, oraz analizator stanów logicznych (XLA1) umożliwiający

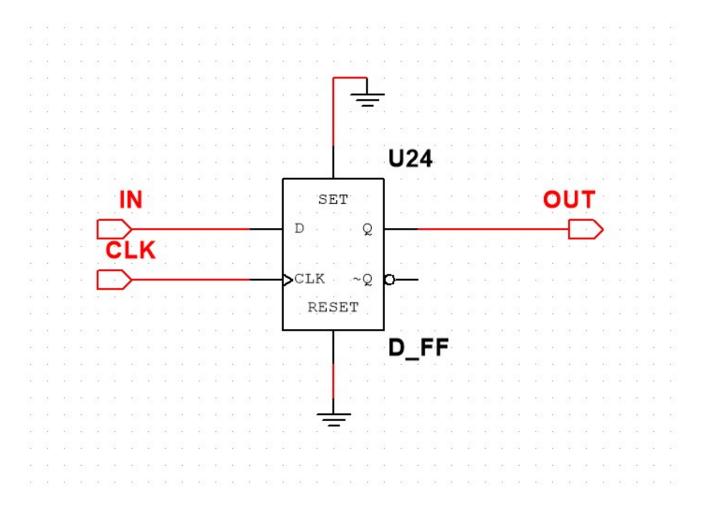
obserwowanie i zapisywanie błędów w czasie rzeczywistym. Generowane przez generator słów (XWG1) przypadki testowe, synchronizowane są z wyjściem testowanego układu za pomocą przerzutnika typu D (podukłady Sync_OUT).



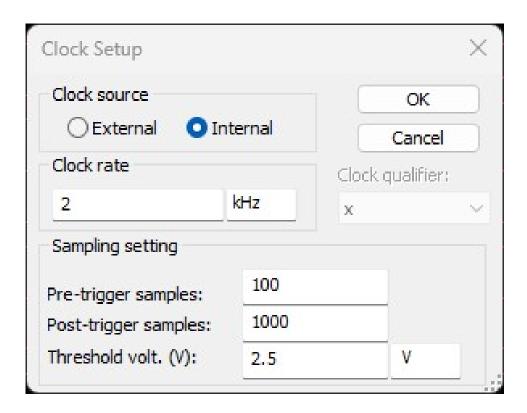
Rysunek 19: Stanowisko testujące



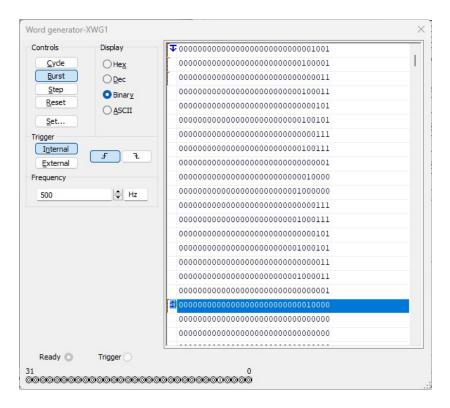
Rysunek 20: Podukład Tester



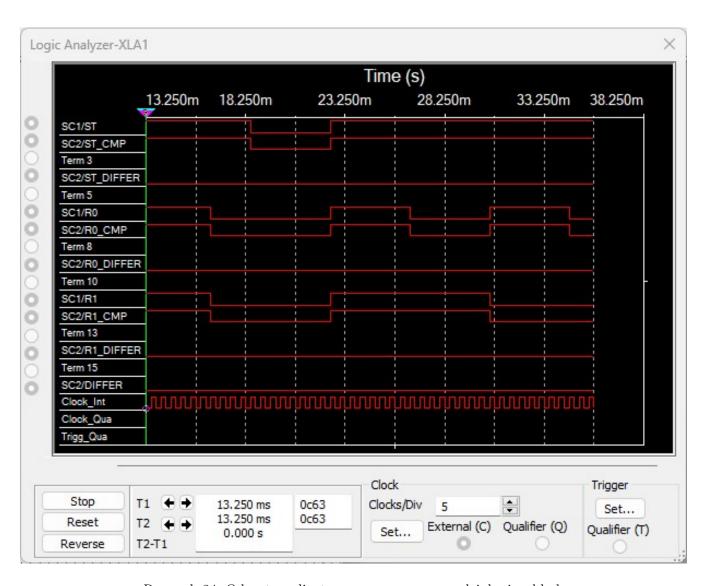
Rysunek 21: Podukład Sync_OUT



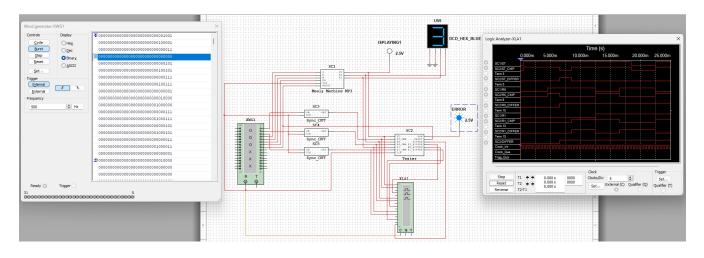
Rysunek 22: Ustawienia analizatora XLA1



Rysunek 23: Ustawienia generatora słów XWG1



Rysunek 24: Odczyt analizatora przy poprawnym działaniu układu



Rysunek 25: Odczyt analizatora przy niepoprawnym działaniu układu

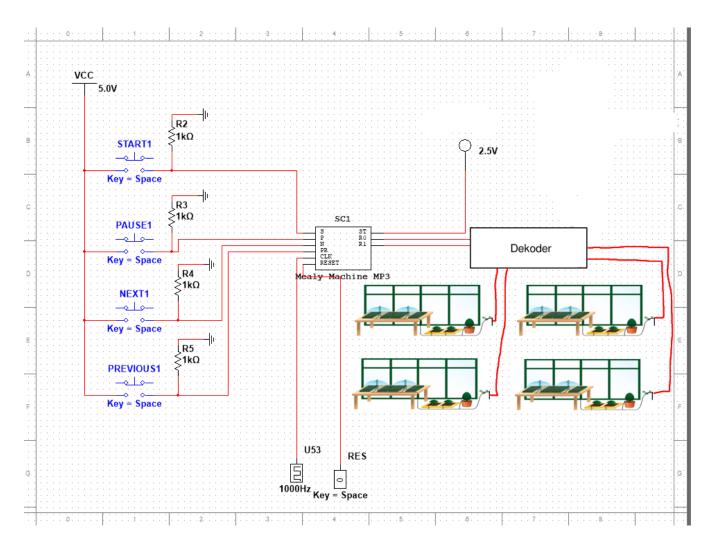
7 Podsumowanie oraz wnioski

Ćwiczenie to było najbardziej skomplikowane z dotychczasowych ze względu na dużą liczbę kroków i nieoczywistych decyzji jakie należało podjąć w każdym z nich. Sam automat zaprojektować można było na kilka różnych sposobów. Kluczowym wyborem był tutaj sam rodzaj automatu. Podjęliśmy decyzję, aby oprzeć naszą implementację o automat

Mealy'ego (zamiast automatu Moore'a) ze względu na, w naszym mniemaniu, prostsze rozumowanie na temat poprawności działania projektowanego układu, co mogło jednak skutkować bardziej skomplikowanym finalnym projektem. W końcu, automatyczna minimalizacja, z wykorzystaniem nieheurystycznej metody Quine'a-McCluskeya, znacznie przyspieszyła pracę nad finalną implementacją i upewniła nas o optymalności naszego rozwiązania ale, rówocześnie, pozbawiła nas intuicji i głębszego zrozumienia funkcji stanu oraz wyjścia, jakie dałaby ręczna minimalizacja metodą tablic Karnaugh.

Zaprojektowany automat może znaleźć wiele nieoczywistych zastosowań poza odtwarzaczem MP3, może być częścią niemalże dowolnego układu, którego istotnym elementem jest kontrola i aktywacja przez użytkownika różnych trybów działania m.in.:

- urządzenia treningowe i rehabilitacyjne
- systemy wywołań w biurach lub warsztatach
- kontrolery systemów w przemyśle



Rysunek 26: Przykładowe zastosowanie układu - system nawadniania ogrodu szklarniowego