

## SYNTEZA STRUKTURALNA AUTOMATU PARAMETRYCZNEGO (AP)

Synteza AP jest dwuetapowa:

- w pierwszym etapie syntezuje się automat parametryczny uzyskany w wyniku nałożenia grafów (graf wynikowy składa się z wejściowych sygnałów wewnętrznych  $s$  oraz stanów  $b_j$ ),
- w drugim etapie wykonuje się syntezę sygnałów wejściowych  $s$  (wg wzoru 3 Instrukcji  $s(t)=f(z(t),b(t),P)$ ). Utworzone sygnały podaje się na wejście utworzonego w punkcie wcześniejszym automatu.

### A. Etap I – synteza strukturalna

Syntezie podlega graf z rys.3 instrukcji składający się z czterech stanów i z czterech wewnętrznych sygnałów wejściowych ( $s_1..s_4$ ). Zakodujmy i sygnały wewnętrzne wg tabeli 1 i 2. Synteza zostanie wykonana na przerzutnikach JK.

**tab.1**

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
b <sub>1</sub>	0	0
b <sub>2</sub>	0	1
b <sub>3</sub>	1	0
b <sub>4</sub>	1	1

**tab.2**

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
s <sub>1</sub>	0	0
s <sub>2</sub>	0	1
s <sub>3</sub>	1	0
s <sub>4</sub>	1	1

Na podstawie grafu z rys.3 instrukcji tworzymy następującą tabelę przejść (tab.3)

**tab.3**

stan\sygnał	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
s <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>
s <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>4</sub>
s <sub>3</sub>	*	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	*
s <sub>4</sub>	*	*	b <sub>4</sub>	*

**tab.4**

	Q(t)	Q(t+1)	J	K
<i>tablica</i>	0	0	0	*
<i>przejść</i>	0	1	1	*
<i>przerz. JK</i>	1	0	*	1
	1	1	*	0

Zapiszmy tą tabelę trochę w innej formie (tab.5 - kolumny [1], [2], [3]) i wykorzystując tabele 1 i 2 zakodujmy ją (sygnał  $s$  kodowany jest w kolumnach [4] i [5], stan  $b(t)$  w kolumnach [6] i [7], stan  $b(t+1)$  w kolumnach [8] i [9]). Ostatnie cztery kolumny wypełnimy na podstawie tablicy przejść przerzutnika JK (tab.4) oraz kolumn [6], [7], [8], [9]. Np. dla pierwszego wiersza dla przerzutnika 1 (Q<sub>1</sub>) następuje przejście ze stanu 0 do 0. Na podstawie tabeli przejść przerzutnika JK odpowiada to sygnałowi 0 na wejściu J i dowolnemu (oznaczonemu jako \*) na wejściu K. Wobec tego te symbole wpisujemy odpowiednio pod J i K<sub>1</sub> (kolumny [10] i [11]). Następnie tą samą operację robimy dla przerzutnika 2 (Q<sub>2</sub>) tj. na podstawie kolumny [7] i [9] wynika przejście ze stanu 0 na 1, co odpowiada podaniu na odpowiednie wejście J i K przerzutnika sygnałów 1 i \* - wpisujemy do tabeli w kolumnach

[12] i [13]. Następnie w analogiczny sposób uzupełniamy pozostałe wiersze w wyniku czego uzyskamy tabelę jak przedstawiono poniżej.

**tab.5**

$s_i$	stan(t)	stan(t+1)	S1	S2	$Q_1(t)$	$Q_2(t)$	$Q_1(t+1)$	$Q_2(t+1)$	J1	K1	J2	K2
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
$s_1$	$b_1$	$b_2$	0	0	0	0	0	1	0	*	1	*
$s_2$	$b_1$	$b_3$	0	1	0	0	1	0	1	*	0	*
$s_1$	$b_2$	$b_3$	0	0	0	1	1	0	1	*	*	1
$s_2$	$b_2$	$b_2$	0	1	0	1	0	1	0	*	*	0
$s_3$	$b_2$	$b_4$	1	0	0	1	1	1	1	*	*	0
$s_1$	$b_3$	$b_1$	0	0	1	0	0	0	*	1	0	*
$s_2$	$b_3$	$b_2$	0	1	1	0	0	1	*	1	1	*
$s_3$	$b_3$	$b_3$	1	0	1	0	1	0	*	0	0	*
$s_4$	$b_3$	$b_4$	1	1	1	0	1	1	*	0	1	*
$s_1$	$b_4$	$b_1$	0	0	1	1	0	0	*	1	*	1
$s_2$	$b_4$	$b_4$	0	1	1	1	1	1	*	0	*	0

Następnie na podstawie tabeli 5 budujemy tabele Karnaugh dla poszczególnych wejść przerzutników. Sygnały  $Q_i$  w tabelach Karnaugh odnoszą się do chwili  $t$ . Np. wiersz pierwszy tabeli 5 określa stan 0000 (bo  $S_1=0$ ,  $S_2=0$ ,  $Q_1=0$ ,  $Q_2=0$ ). Dla tego stanu wg kolumn [10], [11], [12] i [13] wpisujemy do tablicy  $J_1$  symbol 0, dla tablicy  $K_1$  symbol \*, do tablicy  $J_2$  symbol 1 i do tablicy  $K_2$  symbol \*. Należy zauważyć, że nie wszystkie stany występują w tabeli 5. Dla tych stanów wpisujemy do tablic symbol \*(dowolny sygnał). W wyniku tych operacji otrzymamy tablice Karnaugh przedstawione poniżej i na tej podstawie dokonujemy minimalizacji otrzymując w ten sposób wzory na pobudzenie wejść przerzutników ( $J_1$ ,  $K_1$ ,  $J_2$ ,  $K_2$ )

J1

$S_1S_2 \backslash Q_1Q_2$	00	01	11	10
00	0	1	*	*
01	1	0	*	*
11	*	*	*	*
10	*	1	*	*

$$J_1 = \overline{S_2}Q_2 + S_2/Q_2$$

Zapis  $\overline{X}_i$  oznacza negację  $X_i$

K1

$S_1S_2 \backslash Q_1Q_2$	00	01	11	10
00	*	*	1	1
01	*	*	0	1
11	*	*	*	0
10	*	*	*	0

$$K_1 = \overline{S_1}/S_2 + S_1/Q_2$$

$$J_2$$

$S_1S_2 \backslash Q_1Q_2$	00	01	11	10
00	1	*	*	0
01	0	*	*	1
11	*	*	*	1
10	*	*	*	0

$$J_2 = S_2/Q_1 + S_2Q_1$$

$$K_2$$

$S_1S_2 \backslash Q_1Q_2$	00	01	11	10
00	*	1	1	*
01	*	0	0	*
11	*	*	*	*
10	*	0	*	*

$$K_2 = S_1/S_2$$

Otrzymaliśmy wzory opisujące wejścia przerzutników i na tej podstawie można narysować schemat automatu.

Dla przypomnienia:

$Q_i$  oznacza wyjście  $i$ -tego przerzutnika.

## B. Etap 2 – synteza sygnałów $s$

Z rysunku 3 instrukcji wynika, że nasz automat składa się z czterech stanów ( $b_1..b_4$ ) oraz czterech sygnałów ( $s_1..s_4$ ). Zadaniem tego etapu syntezy jest wyprowadzenie zależności pomiędzy sygnałami  $s$  a stanami  $b$ , sygnałami wejściowymi i numerem automatu. Do tego potrzebna nam będzie tabela, która mówi jakiemu stanowi  $b$  odpowiada stan  $q$  w zadanym automacie. Tabele tę otrzymano podczas operacji nakładania grafów.

**tab.6**

<b>B</b>	<b>p<sub>1</sub></b>	<b>p<sub>2</sub></b>
$b_1$	$q_2$	$q_4$
$b_2$	$q_3$	$q_5$
$b_3$	$q_1$	$q_6$
$b_4$	*	$q_7$

Jak napisano wyżej sygnały  $s$  zależą od stanu bieżącego, sygnału  $z$  oraz parametru  $p$ . Poniżej przedstawiono przyporządkowanie sygnałów  $s$ . Do przyporządkowania wykorzystuje się grafy automatów (rys.1 i rys.2 instrukcji) oraz graf automatu zastępczego (rys.3). Sposób utworzenia poniższej tabeli jest następujący:

np. dla grafu z rys.1 przejściu ze stanu  $q_2$  do  $q_1$  pod wpływem  $z_1$  odpowiada przejściu ze stanu  $b_1$  do  $b_3$ . Jeżeli teraz spojrzymy na graf na rys.3 to przejściu ze stanu  $b_1$  do  $b_3$  odpowiada sygnał  $s_2$  i dlatego wpisujemy go w odpowiednie miejsce naszej tabeli.

## Przyporządkowanie S

**tab.7**

nr automatu	sygnał	stan pocz.	stan końcowy	odpowiadający sygnał s
p <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	b <sub>1</sub> (q <sub>2</sub> )	b <sub>3</sub> (q <sub>1</sub> )	S <sub>2</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	b <sub>2</sub> (q <sub>3</sub> )	b <sub>2</sub> (q <sub>3</sub> )	S <sub>2</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	b <sub>3</sub> (q <sub>1</sub> )	b <sub>3</sub> (q <sub>1</sub> )	S <sub>3</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	b <sub>4</sub> (*)	*	*
p <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	b <sub>1</sub> (q <sub>2</sub> )	b <sub>2</sub> (q <sub>3</sub> )	S <sub>1</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	b <sub>2</sub> (q <sub>3</sub> )	b <sub>3</sub> (q <sub>1</sub> )	S <sub>1</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	b <sub>3</sub> (q <sub>1</sub> )	b <sub>1</sub> (q <sub>2</sub> )	S <sub>1</sub>
p <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	b <sub>4</sub> (--)	--	--
p <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	b <sub>1</sub> (q <sub>4</sub> )	b <sub>2</sub> (q <sub>5</sub> )	S <sub>1</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	b <sub>2</sub> (q <sub>5</sub> )	b <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )	S <sub>3</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	b <sub>3</sub> (q <sub>6</sub> )	b <sub>2</sub> (q <sub>5</sub> )	S <sub>2</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	b <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )	b <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )	S <sub>2</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>4</sub>	b <sub>1</sub> (q <sub>4</sub> )	b <sub>3</sub> (q <sub>6</sub> )	S <sub>2</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>4</sub>	b <sub>2</sub> (q <sub>5</sub> )	b <sub>3</sub> (q <sub>6</sub> )	S <sub>1</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>4</sub>	b <sub>3</sub> (q <sub>6</sub> )	b <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )	S <sub>4</sub>
p <sub>2</sub>	Z <sub>4</sub>	b <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )	b <sub>1</sub> (q <sub>4</sub> )	S <sub>1</sub>

Przystąpimy teraz do kodowania. Sygnały z<sub>3</sub> i z<sub>4</sub> możemy zamienić na z<sub>1</sub> i z<sub>2</sub> ponieważ nigdy nie będą jednocześnie pracowały automaty p<sub>1</sub> i p<sub>2</sub>

Stany B zakodowane są na dwóch przerzutnikach wg tab.1 z etapu pierwszego, sygnały s na dwóch liniach wg tab.2 z etapu pierwszego a sygnały z na dwóch liniach i sygnały p na dwóch liniach wg poniższych tabel

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
p <sub>1</sub>	1	0
p <sub>2</sub>	0	1

	Z <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>
z <sub>1</sub>	1	0
z <sub>2</sub>	0	1

Zamieniamy zatem sygnały na kody w tab.7 i otrzymamy na tej podstawie tab.8

**tab.8**

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
	1	0	1	0	0	0	0	1
	1	0	1	0	0	1	0	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
	1	0	1	0	1	1	*	*
	1	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	1	0	0
	1	0	0	1	1	0	0	0
	1	0	0	1	1	1	*	*
	0	1	1	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	1	1	0
	0	1	1	0	1	0	0	1
	0	1	1	0	1	1	0	1
	0	1	0	1	0	0	0	1
	0	1	0	1	0	1	0	0
	0	1	0	1	1	0	1	1
	0	1	0	1	1	1	0	0

Na tej podstawie można napisać równanie na  $S_1$  (w postaci sumy iloczynów – wybieramy te kombinacje dla których  $S_1=1$ )

$$S_1 = P_1/P_2 Z_1/Z_2 Q_1/Q_2 + P_1 P_2 Z_1/Z_2/Q_1 Q_2 + P_1 P_2/Z_1 Z_2 Q_1/Q_2$$

Ponieważ gdy  $P_1=1$  to  $P_2=0$  oraz gdy  $Z_1=1$  to  $Z_2=0$  (i vice versa) wobec tego możemy pousuwać ze wzoru na  $S_1$  wszystkie negacje  $P$  i  $Z$ . W wyniku tej operacji otrzymamy następujący wzór na  $S_1$ :

$$S_1 = P_1 Z_1 Q_1/Q_2 + P_2 Z_1/Q_1 Q_2 + P_2 Z_2 Q_1/Q_2$$

Ponieważ w tabeli występuje stan obojętny (\*) to możemy wpisać w kolumnie  $S_1$  i  $S_2$  dla tego stanu dowolne wartości. Jeśli wstawimy w tym miejscu  $S_1=1$  i  $S_2=0$  nasze równie na  $S_1$  ulegnie zmianie i się zredukuje

$$S_1 = P_1 Z_1 Q_1/Q_2 + P_2 Z_1/Q_1 Q_2 + P_2 Z_2 Q_1/Q_2 + P_2 Z_1/Q_1 Q_2 + P_2 Z_2 Q_1/Q_2$$

$$S_1 = P_1 Z_1 Q_1/(Q_2 + Q_2) + P_2 (Z_1/Q_1 Q_2 + Z_2 Q_1/Q_2)$$

$$S_1 = P_1 Z_1 Q_1 + P_2 (Z_1/Q_1 Q_2 + Z_2 Q_1/Q_2) + P_2 Z_1$$

Analogicznie wyprowadzimy  $S_2$

$$S_2 = P_1 Z_1/Q_1/Q_2 + P_1 Z_1/Q_1 Q_2 + P_2 Z_1 Q_1/Q_2 + P_2 Z_1 Q_1 Q_2 + P_2 Z_2/Q_1/Q_2 + P_2 Z_2 Q_1/Q_2$$

$$S_2 = P_1 Z_1/Q_1/(Q_2 + Q_2) + P_2 Z_1 Q_1/(Q_2 + Q_2) + P_2 Z_2/Q_2/(Q_1 + Q_2)$$

$$S_2 = P_1 Z_1/Q_1 + P_2 Z_1 Q_1 + P_2 Z_2/Q_2$$

$$S_2 = P_1 Z_1/Q_1 + P_2 (Z_1 Q_1 + Z_2/Q_2)$$

Na podstawie wzorów na  $S_1$  i  $S_2$  budujemy układ kombinacyjny i dołączmy go do wejść  $S_1$  i  $S_2$  układu automatu syntezowanego na etapie 1.

Do pełnego zakończenia syntezy pozostało określenie funkcji wyjść. Do tego potrzebna będzie na następująca tabela uzyskana na podstawie grafów automatów.

<b>B</b>	<b>p<sub>1</sub></b>	<b>p<sub>2</sub></b>
b <sub>1</sub>	y <sub>1</sub> (q <sub>2</sub> )	y <sub>5</sub> (q <sub>4</sub> )
b <sub>2</sub>	y <sub>3</sub> (q <sub>3</sub> )	y <sub>3</sub> (q <sub>5</sub> )
b <sub>3</sub>	y <sub>2</sub> (q <sub>1</sub> )	y <sub>4</sub> (q <sub>6</sub> )
b <sub>4</sub>	*	y <sub>4</sub> (q <sub>7</sub> )

Jeżeli zakodujemy sygnały  $y_i$  na 5-ciu liniach wg poniższej tabeli

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$
$y_1$	1	0	0	0	0
$y_2$	0	1	0	0	0
$y_3$	0	0	1	0	0
$y_4$	0	0	0	1	0
$y_5$	0	0	0	0	1

to

$$Y_1 = p_1 b_1 = P_1 / Q_1 / Q_2$$

$$Y_2 = p_1 b_3 = P_2 * Q_1 / Q_2$$

$$Y_3 = p_1 b_2 + p_2 b_2 = (p_1 + p_2) b_2 = (P_1 + P_2) / Q_1 Q_2 = / Q_1 Q_2$$

$$Y_4 = p_2 b_3 + p_2 b_4 = p_2 (b_3 + b_4) = P_2 (Q_1 / Q_2 + Q_1 Q_2) = P_2 Q_1 (/ Q_2 + Q_2) = P_2 Q_1$$

$$Y_5 = p_2 b_1 = P_2 / Q_1 / Q_2$$