

7. AUTOMATE SIMPLE

7.1 Sinteza abstractă

Structura unui automat este prezentată în figura 7.1.

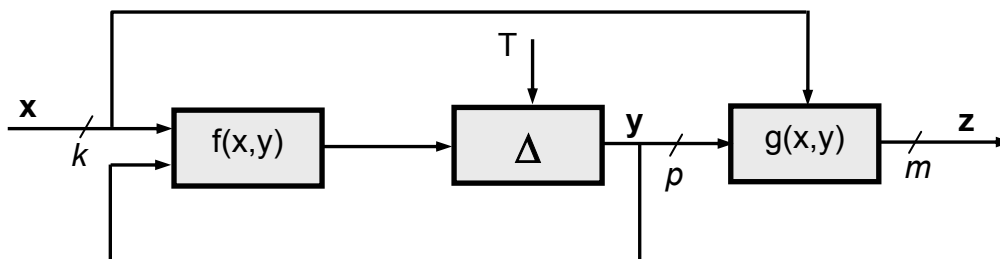


Figura 7.1 Structura unui automat

Ecuțiile ce descriu funcționarea unui astfel de automat sunt de forma (7.1).

$$\begin{cases} y_{i,n+1} = \bar{T}_n \cdot y_{i,n} + T_n \cdot f_i(x_{1,n}, \dots, x_{k,n}, y_{1,n}, \dots, y_{p,n}) & i = \overline{1, p} \\ z_{j,n} = g_j(x_{1,n}, \dots, x_{k,n}, y_{1,n}, \dots, y_{p,n}) & j = \overline{1, m} \end{cases} \quad (7.1)$$

În general, prezentarea automatului ce trebuie sintetizat nu se face prin ecuațiile de stare și de ieșire, ci sub alte forme, cum ar fi:

- descriere funcțională;
- diagrame de semnale;
- diagramă (graf) sau matrice de fluentă;
- matrici de excitație și de ieșire.

Pentru sinteza automatului trebuie realizată mai întâi sinteza abstractă folosind pentru aceasta metodologia expusă într-un capitol anterior.

Exemplu:

Să se sintetizeze un generator de monoimpuls a cărui funcționare este descrisă prin următoarele diagrame de semnal (figura 7.2):

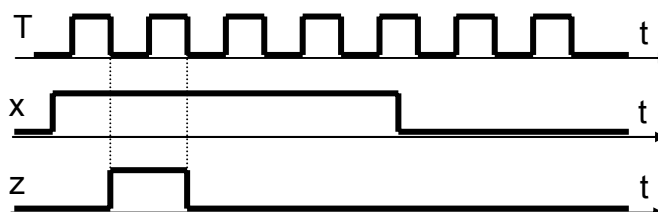


Figura 7.2 Diagrame de semnal pentru un generator de monoimpuls

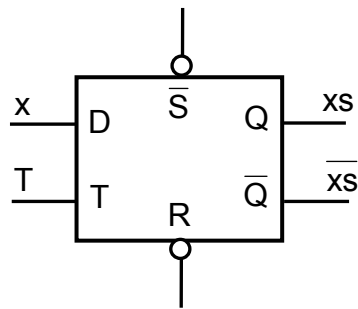


Figura 7.3 Sincronizarea semnalelor cu bistabile tip D

Semnalul x este asincron în raport cu semnalul de ceas T, ceea ce poate conduce la funcționării defectuoase. Se preferă sincronizarea lui x cu ceasul T. Acest lucru se realizează cel mai bine cu ajutorul unui bistabil D sincron pe front pozitiv (figura 7.3, figura 7.4).

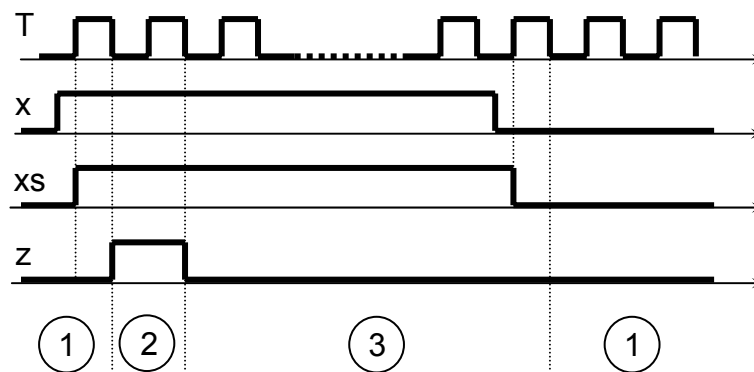


Figura 7.4 Forme de undă specifice sincronizării semnalelor folosind bistabile D

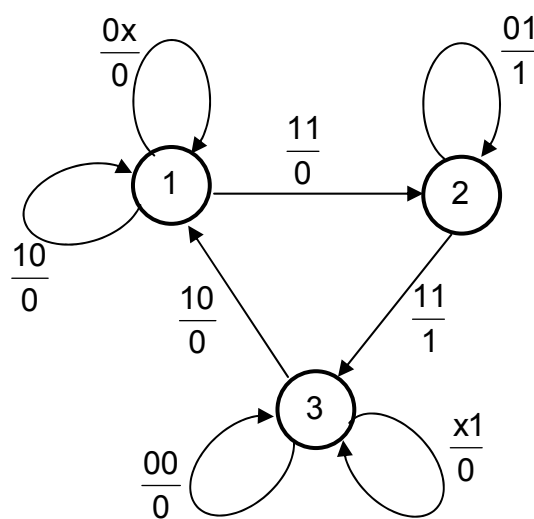


Figura 7.5 Graful de fluentă

Sinteza automatului exemplificat presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. definirea primară a stărilor:

- variabile de intrare: x_s
- variabile de ieșire: z
- stări:
 - 1 - așteptare
 - 2 - automatul generează $z = 1$
 - 3 - $x_s = 1, z = 0$

2. construirea grafului și a matricii de fluentă (figura 7.5)

Marcarea ramurilor în figura 7.5 s-a făcut astfel: $\frac{T; x_s}{z}$. (7.2)

Matricea de fluentă corespunzătoare grafului din figura 7.5 este prezentată în tabelul din figura 7.6.

Q \ T x_s	00	01	11	10
1	1/0	1/0	2/0	1/0
2	x/x	2/1	3/1	x/x
3	3/0	3/0	3/0	1/0

Figura 7.6 Matricea de fluentă

Observație:

$T=1 \rightarrow$ frontul negativ al lui T

3. reducerea stărilor: nu este cazul pentru exemplul considerat

4. alocarea variabilelor de stare (tabelele din figura 7.7)

Q	y_1	y_2	$y_1 y_0 \backslash T x_s$	00	01	11	10	$y_1 y_0 \backslash T x_s$	00	01	11	10
1	0	0	00	00	00	01	00	00	0	0	0	0
2	0	1	01	xx	01	11	xx	01	x	1	1	x
3	1	1	11	11	11	11	00	11	0	0	0	0
			10	xx	xx	xx	xx	10	x	x	x	x

Figura 7.7 Alocarea variabilelor de stare

În cazul automatelor simple, care au maxim 5-6 variabile de intrare și de stare, sinteza structurală se face cu circuite basculante bistabile. Acestea vor implementa circuitele de întârziere Δ din structura automatelor finite.

7.2 Sinteza automatelor cu CBB tip D

Ecuțiile de stare ale automatului sincron sunt de forma (7.3).

$$y_{i,n+1} = \bar{T}_n \cdot y_{i,n} + T_n \cdot f_i(x_{1,n}, \dots, x_{k,n}, y_{1,n}, \dots, y_{p,n}) \quad i = \overline{1, p} \quad (7.3)$$

Ecuția unui CBB tip D este:

$$Q_{n+1} = \bar{T}_n \cdot Q_n + T_n \cdot D_n \quad (7.4)$$

Comparând cele două relații se observă că variabilele de stare se pot obține folosind CBB tip D sincrone dacă:

$$D_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_k, y_1, \dots, y_p) \quad (7.5)$$

Pentru sinteza automatului sunt necesare p CBB tip D sincrone (p variabile de stare). Pentru $T_n = 0$ automatul nu evoluează. În cadrul sintezei se poate considera $T_n = 1$, caz în care ecuațiile de stare iau forma (7.6).

$$y_{i,n+1} = f_i(x_{1,n}, \dots, x_{k,n}, y_{1,n}, \dots, y_{p,n}) \quad i = \overline{1, p} \quad (7.6)$$

Rezultă:

$$D_{i,n} = f_i(x_{1,n}, \dots, x_{k,n}, y_{1,n}, \dots, y_{p,n}) \quad i = \overline{1, p} \quad (7.7)$$

Implementarea cu bistabile D a problemei prezentate la începutul capitolului (generator de monoimpuls, figura 7.2) este descrisă în exemplul următor.

Exemplu:

$y_1 y_0 \backslash x_s$	0	1
00	0	1
01	x	1
11	0	1
10	x	x

$y_1 y_0 \backslash x_s$	0	1
00	0	0
01	x	1
11	0	1
10	x	x

$y_1 y_0 \backslash x_s$	0	1
00	0	0
01	x	1
11	0	0
10	x	x

$D_{0n} = x s_n$ $D_{1n} = x s_n \cdot y_{0n}$ $z_n = \bar{y}_{1n} \cdot y_{0n}$

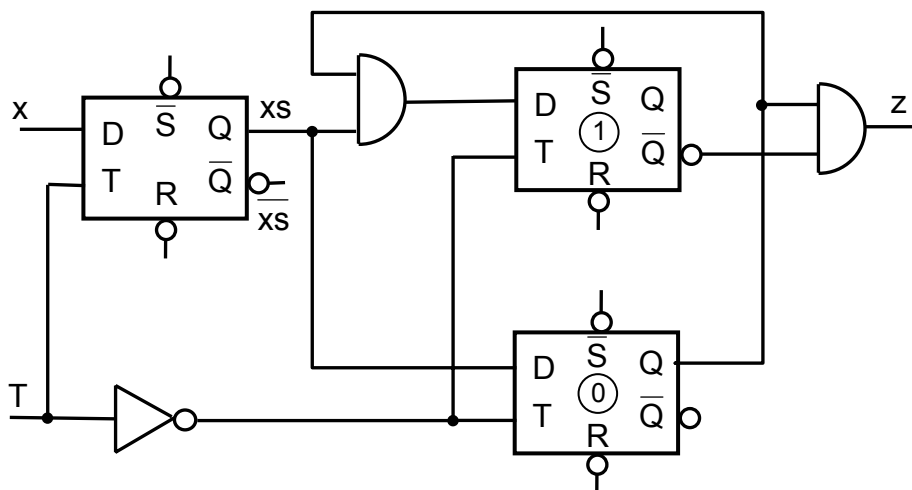


Figura 7.8 Implementarea generatorului de monoimpuls cu bistabile D

7.3 Sinteza automatelor cu CBB tip J-K

Pornind de la ecuația de funcționare a bistabilului de tip JK (7.8), pentru $T_n = 1$ se obțin (7.9) și (7.10).

$$y_{i,n+1} = J_{i,n} \cdot \bar{y}_{i,n} + \bar{K}_{i,n} \cdot y_{i,n} \quad (7.8)$$

$$y_{in} = 0 \Rightarrow J_{in} = y_{in+1}, \quad K_{in} = x \quad (7.9)$$

$$y_{in} = 1 \Rightarrow K_{in} = \bar{y}_{in+1}, \quad J_{in} = x \quad (7.10)$$

Pe baza relațiilor de mai sus rezultă modalitatea de sinteză a intrărilor J, K. Implementarea cu bistabile JK a problemei prezentate la începutul capitoului (generatorul de monoimpuls, figura 7.2) este descrisă în exemplul următor.

Exemplu:

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	0	1
01	x	x
11	x	x
10	x	x

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	x	x
01	x	0
11	1	0
10	x	x

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	0	0
01	x	1
11	x	x
10	x	x

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	x	x
01	x	x
11	1	0
10	x	x

$J_{0n} = xs_n$	$K_{0n} = \bar{xs}_n$	$J_{1n} = y_{0n}$	$K_{1n} = \bar{xs}_n$
-----------------	-----------------------	-------------------	-----------------------

$$z_n = \bar{y}_{in} \cdot y_{in}$$

Figura 7.9 Sinteza unui automat (generatorul de monoimpuls, figura 7.2) cu bistabile J-K

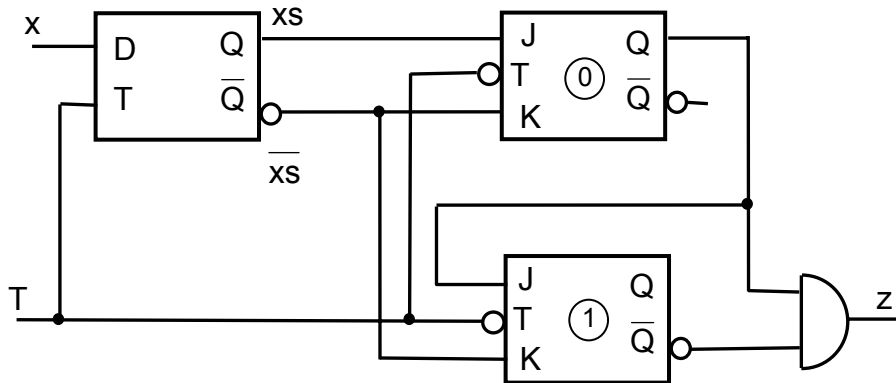


Figura 7.10 Implementarea unui automat (generatorul de monoimpuls, figura 7.2) cu bistabile J-K

7.4 Sinteza cu CBB tip R-S

Pornind de la ecuația de funcționare a bistabilului RS (7.11), pentru $T_n=1$ rezultă succesiv:

$$\begin{cases} y_{in+1} = S_{in} + \bar{R}_{in} \cdot y_{in} \\ S_{in} \cdot R_{in} = 0 \Rightarrow \bar{S}_{in} + \bar{R}_{in} = 1 \end{cases} \quad (7.11)$$

$$y_{in} = 0 \Rightarrow S_{in} = y_{in+1}, \quad R_{in} \cdot S_{in} = 0 \quad (7.12)$$

$$\begin{aligned}
 y_{in} = 1 &\Rightarrow S_{in} + \bar{R}_{in} = (S_{in} + \bar{R}_{in})(\bar{S}_{in} + R_{in}) = \\
 &= S_{in} \cdot \bar{R}_{in} + \bar{R}_{in}(\bar{S}_{in} + R_{in}) = \bar{R}_{in} = y_{in+1}, \quad R_{in} \cdot S_{in} = 0
 \end{aligned}
 \tag{7.13}$$

Exemplu:

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	0	1
01	0	1
11	0	1
10	x	x

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	x	0
01	x	0
11	1	0
10	0	0

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	0	0
01	x	1
11	0	x
10	0	0

$y_1y_0 \backslash xs$	0	1
00	x	x
01	0	0
11	1	0
10	x	x

$$S_{0n} = xs_n$$

$$R_{0n} = \bar{x}s_n \cdot y_{0n}$$

$$S_{1n} = x_{sn} \cdot y_{0n}$$

$$R_{1n} = \bar{x}s_n \cdot y_{1n}$$

$$z_n = \bar{y}_{1n} \cdot y_{0n}$$

Figura 7.11 Sinteza unui automat (generatorul de monoimpuls, figura 7.2) cu bistabile R-S

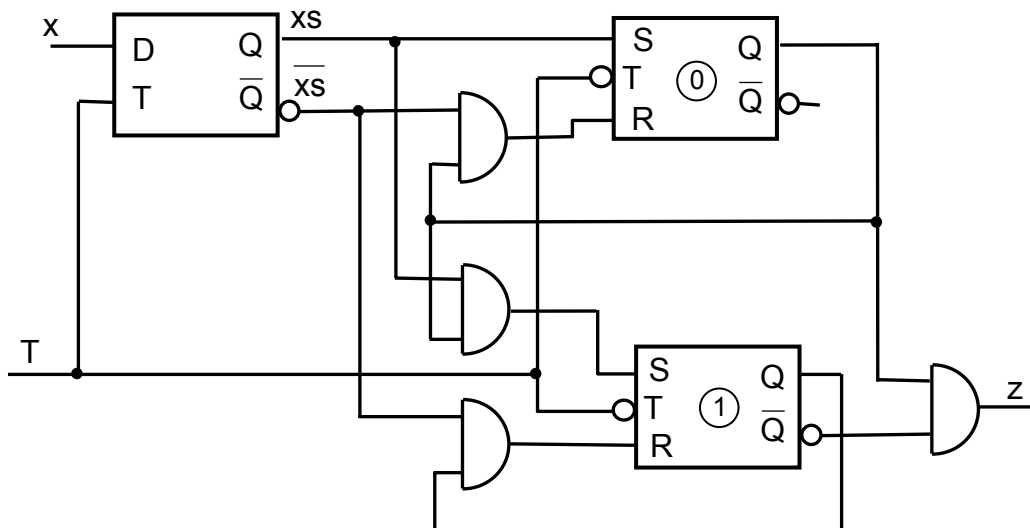


Figura 7.12 Implementarea unui automat (generatorul de monoimpuls, figura 7.2) cu bistabile R-S

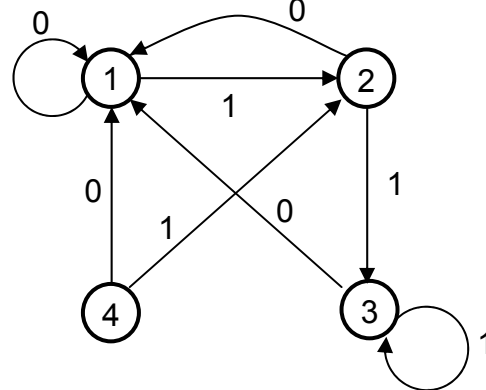
7.5 Analiza funcționării

Valorile indiferente din diagramele de reprezentarea a funcțiilor conduc la obținerea unor structuri mai simple și deci mai ieftine. În același timp însă este necesară verificarea corectitudinii modului de alocare a valorilor indiferente din matricea de excitație. Pentru aceasta, se pornește de la o stare inițială și se calculează valorile semnalelor de comandă care se obțin după care se trece la starea următoare (cea spre care evoluează sistemul). Dacă această stare este stabilă, aceasta din urmă se consideră ca nouă stare inițială, și așa mai departe, procedura repetându-se până se epuizează toate posibilitățile. Se completează apoi matricea de excitație și se construiește graful de fluentă corespunzător (figura 7.13).

Exemplu:

	y_1y_0	D_1	D_0
$x_s = 0$	00	0	0
	01	0	0
	00	0	0
	10	0	0
	00	0	0
	11	0	0
$x_s = 1$	00	0	1
	01	1	1
	11	1	1
	10	0	1
	01	1	1
	11	1	1

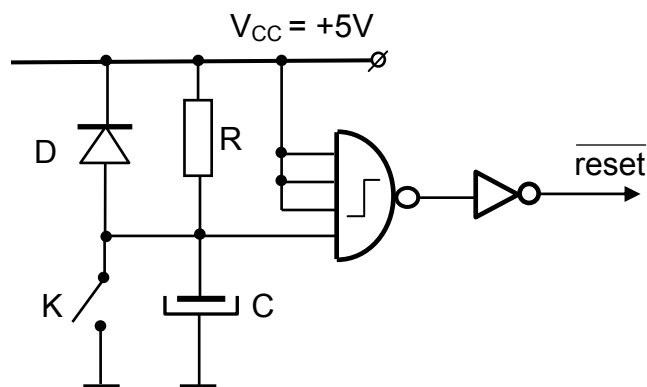
$Y_1Y_0 \setminus X_S$	0	1	Q
00	00	01	1
01	00	11	2
11	00	11	3
10	00	01	4



7.13 Analiza funcționării: determinarea matricii de excitație și a grafului de fluentă

Indiferent de starea în care va fi plasat sistemul la punerea sub tensiune, din graf se observă că el va evolua spre o stare admisă. Un astfel de sistem se numește sistem cu reintrare automată în ciclul de funcționare.

În unele situații nu este permisă ieșirea din ciclul de funcționare. În acest caz, sistemul este prevăzut cu un circuit de inițializare automată la cuplarea tensiunii de alimentare (figura 7.14). Timpul de încărcare al capacității C determină întârzierea apariției impulsului de reset (activ low) la ieșirea circuitului.



7.14. Circuit de inițializare

Durata regimului tranzitoriu la un astfel de sistem este determinată de valoarea pragului la care declanșează intrările trigerate ale porții logice, intrări care urmăresc tensiune pe capacitatea C. Dacă poarta utilizată este 7413 (NAND cu 4 intrări trigerate), atunci bascularea are loc la $V_{IH} = 1,6V$, întârzierea globală fiind de

aproximativ $0,4 \cdot R \cdot C$. Dioda D permite descărcarea rapidă a capacității la dispariția tensiunii de alimentare iar comutatorul K este utilizat pentru inițializare manuală.

În practică se utilizează și alte tipuri de circuite de inițializare (monostabile sau alte circuite specializate de inițializare).

7.6 Regimuri tranzitorii în sisteme logice secvențiale realizate cu circuite basculante bistabile

În cazul general durata regimului tranzitoriu în sistemele cu CBB este dată de relația (7.14).

$$t_{rt} = t_b + t_r, \quad (7.14)$$

unde:

t_{rt}	- durata regimului tranzitoriu
$t_b = \max [t_{PLH(Q)}, t_{PHL(Q)}]$	- timpul de basculare al unui CBB
t_r	- timpul de răspuns al unei structuri combinaționale (timp de propagare)

Ținând seama de t_{rt} , pentru funcționarea corectă a sistemului secvențial este necesară respectarea anumitor condiții, specifice tipului de CBB folosit.

a) CBB tip D activ pe front pozitiv (7474):

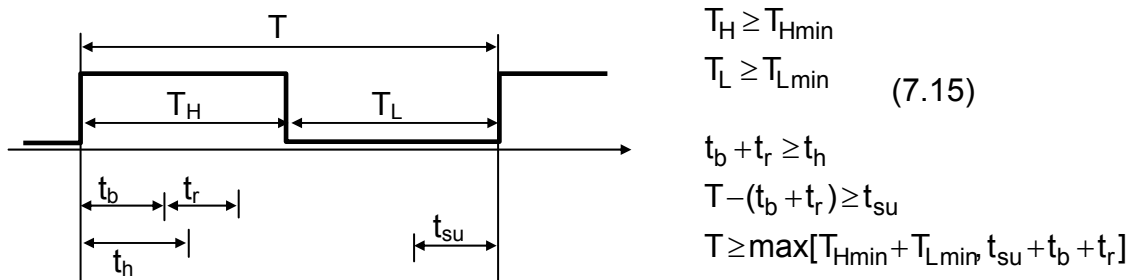


Figura 7.15 Definirea regimului tranzitoriu la bistabilele D

b) CBB tip J-K MASTER-SLAVE (7472, 7473, 7476):

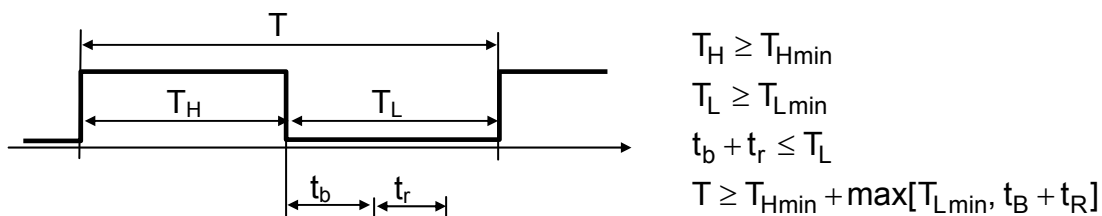


Figura 7.16 Definirea regimului tranzitoriu la bistabilele J-K MASTER-SLAVE