



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculă e-content pentru învățământul superior tehnic

Proiectarea Logică

09. Proiectarea automatelor de comanda secventiale

PROIECTAREA AUTOMATELOR DE COMANDA SECVENTIALE

Exemplul 1. Să se proiecteze un circuit care detectează secvența 1011, pe linia de intrare I , iar secvențele se pot suprapune. Un astfel de circuit produce o valoare nenulă la ieșirea sa, Z , ori de câte ori detectează secvența respectivă. Deoarece suprapunerea este admisă atunci ultima unitate dintr-o secvență detectată poate fi prima unitate a secvenței următoare. Astfel, după detecția unei secvențe 1011 este suficient să se producă la intrarea circuitului încă o secvență 011 pentru ca la ieșire să se producă încă o unitate. Cu alte cuvinte secvența de intrare 1011011 constituie două secvențe suprapuse producând la ieșirea circuitului respectiv valorile 0001001.

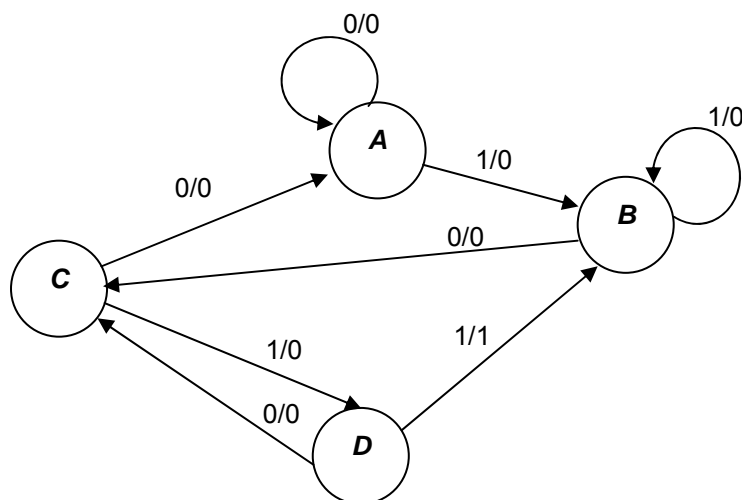


Figura 1.1. Diagrama de stări a automatului din Exemplul 1.

Secvența ce trebuie detectată începe cu o unitate. Presupunând că automatul pornște din starea A , atunci automatul va continua să stea în această stare cât timp la intrare vor ajunge doar valori zero. În consecință, automatul va produce valori zero pe linia de ieșire atâta timp cât va staționa în starea A .

Prima unitate sosită pe linia de intrare va trimite, cu ieșirea în continuare zero, în starea B . Dacă în starea B vor continua să sosească valori unu ale liniei de intrare, atunci automatul va rămâne în această stare producând valori nule ale ieșirii. Starea B este asociată recunoașterii valorii 1 în secvența de intrare.

Prima valoare zero pe linia de intrare, în timp ce automatul se află în starea B va produce trecerea în starea C , a automatului, cu valoare nulă a ieșirii. Automatul aflat în starea C a detectat până atunci o secvență 10 a liniei de intrare și a menținut linia de ieșire în zero, în tot acest timp.

Sosirea pe linia de intrare a unei valori nenule, automatul aflându-se în starea C , va cauza tranziția în starea D cu valoare nulă a ieșirii. Atunci când automatul a ajuns în starea D , a fost recunoscută secvența 101.

Receptarea, în starea D , a unei valori 0 pe linia de intrare va reîntoarce automatul în starea C , cu valoare nulă a ieșirii. Se poate remarca faptul că starea C este, întotdeauna, asociată recunoașterii secvenței 10, în timp ce starea D este asociată recunoașterii secvenței 101.

Dar, dacă în starea D automatul receptează o valoare nenulă, pe linia de intrare, are loc tranziția în starea B dar cu valoare nenulă a liniei de ieșire – a fost recunoscută secvența specificată și automatul reia recunoașterea secvenței utilizând suprapunerea secvențelor recunoscute.

Corespunzător diagramei de stări din figura 1.1 se alcătuiește, direct, tabelul de tranziții al stărilor automatului (figura 1.2 (a)). Fiind doar patru stări rezultă automatul se va implementa cu doar două bistabile.

Adoptând, spre exemplu, codificarea naturală a stărilor se poate deduce tabelul de tranziții al automatului din figura 1.2 (b). Acest tabel exprimă, succint, modul de tranzitare al automatului atunci când se utilizează codificarea stărilor menționată anterior.

Diagrama Karnaugh din figura 1.2 (c) arată dependența liniei de ieșire în raport cu starea curentă și linia de intrare.

	I	
	0	1
A	$A/0$	$B/0$
B	$C/0$	$B/0$
C	$A/0$	$D/0$
D	$C/0$	$B/1$

(a)

	I		
		0	1
	00	00/0	01/0
Q_1Q_2	01	10/0	01/0
	10	00/0	11/0
	11	10/0	01/1

(b)

	I		
		0	1
	00	0	0
Q_1Q_2	01	0	0
	11	0	1
	10	0	0

(c)

Figura 1.2.

Utilizând diagrama Karnaugh din figura 1.2 (c) se poate deduce că linia de ieșire a automatului satisface relația:

$$Z = Q_1Q_2I$$

Automatul se va implementa utilizând un bistabil de tip T și un bistabil de tip D . Implementarea automatelor se face, de regulă, utilizând același tip de bistabili. În cazul de față s-a ales să se implementeze utilizând bistabile diferite, un bistabil de un tip iar celălalt bistabil de alt tip, doar din rațiuni demonstrative.

Exemplul 2. Se consideră un automat care are două linii de intrare U și V , și o linie de ieșire Z . Automatul detectează secvența de perechi de valori: $\{(U, V)\} = \{(0, 0), (0, 1), (1, 0)\}$, așa cum se arată în figura 1.3.

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
U	0	0	1	1	0	0	1
V	0	1	0	1	0	1	0
Z	0	0	1	0	0	0	1

Figura 1.3. Secvențele de intrare recunoscute de automatul din exemplul 2.

Diagrama de stări este prezentată în figura 1.4. Starea inițială a automatului este starea A . Pentru fiecare stare a automatului pot fi patru vectori posibili de intrare. Automatul așteaptă în starea A

până când pe liniile de intrare se aplică $(UV) = (00)$ vector de intrare care determină tranziția în starea B marcând apariția primului vector de intrare din secvența care trebuie detectată. Circuitul trece, apoi, în starea C după recepționarea vectorului de intrare $(UV) = (01)$ și va trece din nou în starea A atunci când $(UV) = (10)$ producând, în fine, o valoare nenulă a liniei de ieșire.

Se cercetează, în continuare, diagrama de stări a acestui automat, în vederea unei posibile micșorări a numărului de stări.

Se compară, pentru început, stările A și B . Dacă se aplică, automatului, același vector al intrărilor se poate remarca producerea unei valori identice a liniei de ieșire, fie că acesta se află în starea A , fie că acesta se află în starea B , oricare ar fi acel vector al intrărilor.

Automatul ajunge în aceleași stări, plecând din stările A sau B , dacă pe liniile de intrare apar vectorii (00) , (10) și (11) .

Excepție face aplicarea vectorului (01) pentru care automatul nu părăsește starea A , în timp ce din starea B trece în starea C . Această remarcă conduce la concluzia că starea A este echivalentă stării B dacă și numai dacă starea A este echivalentă stării C , situație în care aceste stări sunt înlocuite cu o singură stare.

Compararea stării A cu starea C relevă faptul că valorile ieșirii, pentru cele două stări, sunt identice pentru trei dintre cele patru combinații de intrare și diferă în cazul celei de-a patra combinații de intrare, 10 . În consecință, cele trei stări considerate (A , B și C) nu sunt identice.

Se stabilește, asemănător, că stările B și C nu sunt identice deoarece valorile liniei de ieșire diferă. În concluzie numărul de stări al automatului nu poate fi redus.

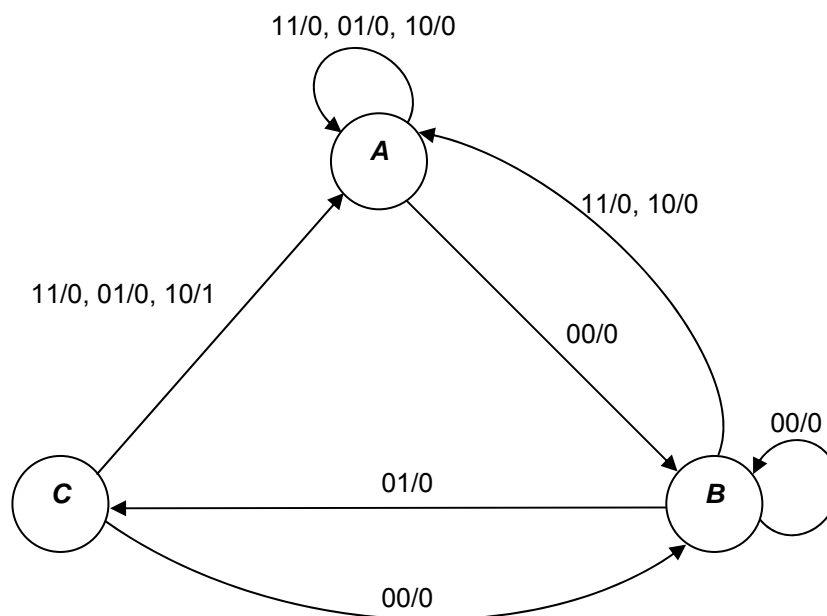


Figura 1.4. Diagrama de stări a automatului din Exemplul 2.

Sunt necesare patru bistabile pentru implementarea acestui automat. În acest caz se preferă bistabilele tip D . Pentru cele patru stări se alege o codare de forma:

$$A = 00, B = 01 \text{ și } C = 11.$$

Se notează, în continuare, prin Q_1 și Q_2 și respectiv prin D_1 și D_2 , stările și liniile de intrare ale celor două bistabile D utilizate pentru implementarea acestui automat.

În figura 1.5 (a) este prezentat tabelul de tranziție al stărilor automatului așa cum rezultă acesta din diagrama din figura 1.4. Codul de stare 10 , așa cum se poate remarca, nu este utilizat în această codare a stărilor automatului. Pentru acest motiv atât în tabelul de tranziție cât și în diagramele Karnaugh ale liniilor Z , D_1 și D_2 apar linii de valori neprecizate.

Diagrama Karnaugh a liniei de ieșire Z , figura 1.5(b), conduce la expresia:

$$Z = Q_1 U V'$$

De remarcat faptul că, din cauza utilizării bistabilelor D pentru acest automat, diagramele Karnaugh ale liniilor D_1 și D_2 se alcătuiesc foarte simplu pentru că D_1 și D_2 sunt chiar $Q_1(t + 1)$, respectiv $Q_2(t + 1)$.

Expresiile celor două linii de intrare D_1 și D_2 ale bistabilelor automatului se deduc din cele două diagrame Karnaugh din figurile 1.5(c) și 1.5 (d):

$$D_1 = Q_1 Q_2 U' V$$

$$D_2 = U' V' + Q_1' Q_2 U'$$

		UV			
		00	01	11	10
$Q_1 Q_2$	00	01	00	00	00
	01	01	11	00	00
	11	01	00	00	00
	10	XX	XX	XX	XX

(a)

		UV			
		00	01	11	10
$Q_1 Q_2$	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	0	0	0	1
	10	X	X	X	X

(b)

		UV			
		00	01	11	10
$Q_1 Q_2$	00	0	0	0	0
	01	0	1	0	0
	11	0	0	0	0
	10	X	X	X	X

(c)

		UV			
		00	01	10	11
$Q_1 Q_2$	00	1	0	0	0
	01	1	1	0	0
	11	1	0	0	0
	10	X	X	X	X

(d)

Figura 1.5. Utilizând codarea stărilor $A = 00$, $B = 01$ și $C = 11$.

- (a) Tabelul de tranziție al stărilor; (b) Diagrama Karnaugh pentru linia Z ;
 (c) Diagrama Karnaugh pentru linia D_1 ; (d) Diagrama Karnaugh pentru linia D_2 .

Numărul total de literali este 12 (ca funcție cost) pentru această implementare a automatului, utilizând codarea stărilor anterior menționată.

În figura 1.6 este rezumată implementarea acestui automat dar cu o altă codare:

$$A = 00, B = 01 \text{ și } C = 10.$$

Se utilizează pentru această implementare tot bistabile D . Un calcul al costului implementării (figura 1.6) arată doar opt literali. În concluzie, alegerea judicioasă a codării stărilor poate conduce la modificări de substanță ale costului implementării unui automat cu stări.

Stabilirea codării optime care să conducă la circuite cu complexitate mică se poate aborda prin încercarea tuturor combinațiilor posibile ale atribuirii codurilor stărilor dar, numai pentru automate cu un număr redus de stări. Există aplicații dedicate stabilirii codării optime.

		UV			
		00	01	11	10
Q_1Q_2	00	01	00	00	00
	01	01	10	00	00
	11	XX	XX	XX	XX
	10	01	00	00	00

(a)

		UV			
		00	01	11	10
Q_1Q_2	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	X	X	X	X
	10	0	0	0	1

(b)

		UV			
		00	01	11	10
Q_1Q_2	00	0	0	0	0
	01	0	1	0	0
	11	X	X	X	X
	10	0	0	0	0

(c)

		UV			
		00	01	10	11
Q_1Q_2	00	1	0	0	0
	01	1	0	0	0
	11	X	X	X	X
	10	1	0	0	0

(d)

Figura 1.6. $A = 00$, $B = 01$ și $C = 10$.

- (a) Tabelul de tranziție al stărilor; (b) Diagrama Karnaugh pentru linia Z ;
 (c) Diagrama Karnaugh pentru linia D_1 ; (d) Diagrama Karnaugh pentru linia D_2 .