



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



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

Proiectarea Logică

06. Analiza circuitelor secventiale

ANALIZA CIRCUITELOR SECVENȚIALE

Circuitele combinaționale se caracterizează prin faptul că starea ieșirilor acestora depinde în exclusivitate de starea intrărilor.

În circuitele secvențiale, spre deosebire de cele combinaționale, apare un element important: *timpul*.

Circuitele secvențiale au memorie (finită) iar starea ieșirilor acestora depinde nu numai de starea intrărilor, la un moment dat, dar și de stările anterioare ale acestor intrări.

Aceste circuite sunt modelate matematic prin automate cu stări finite și din acest motiv sunt, adesea, numite și automate.

Modelarea circuitelor secvențiale

Modelul Huffman este modelul teoretic cel mai general al circuitelor secvențiale. Acest model este structural și grupează în jurul unui circuit combinațional patru categorii de linii.

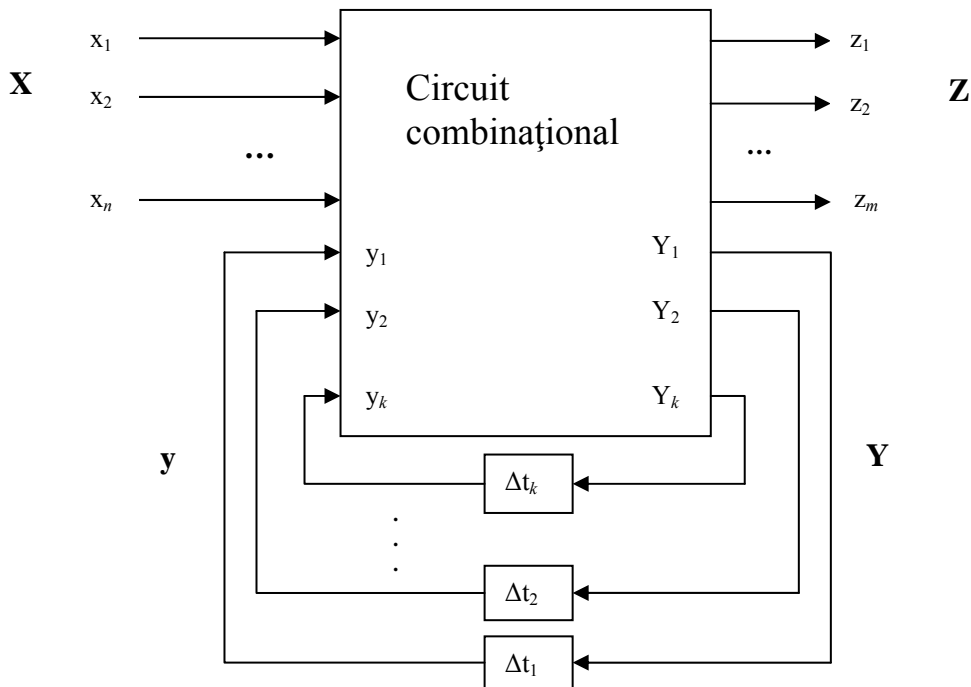


Figura 1. Modelul structural al unui circuit secvențial

Liniile de intrare într-un circuit secvențial, numite și intrări primare sau principale, sunt notate prin

$$x_1, x_2, \dots, x_n,$$

și sunt referite global prin vectorul \mathbf{X} .

Liniile de ieșire dintr-un circuit secvențial, numite și ieșiri primare sau principale, sunt notate, tradițional, prin

$$z_1, z_2, \dots, z_m,$$

iar atunci când sunt referite global se folosește notația \mathbf{Z} (vectorul ieșirilor).

Memoria circuitului secvențial este realizată prin buclele de reacție a liniilor

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_k$$

grupate în vectorul \mathbf{Y} (care formează pseudo-ieșirile circuitului) și a liniilor

$$y_1, y_2, \dots, y_k,$$

grupate în vectorul \mathbf{y} (pseudo-intrările circuitului) după parcurgerea întârzierilor corespunzătoare ($\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_k$).

Vectorul \mathbf{y} constituie starea internă, actuală, a circuitului iar vectorul \mathbf{Y} este starea internă viitoare a circuitului.

Starea internă viitoare a circuitului coincide cu starea actuală a circuitului după un timp determinat de întârzierile provocate de elementele intenționat introduse în buclele de reacție și/sau întârzierile de propagare a semnalelor (inerente circuitelor fizice).

Liniile de ieșire ale unui circuit secvențial sunt funcții discrete definite peste starea intrării și starea internă a circuitului:

$$z_i = z_i(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_k), \quad 1 \leq i \leq m. \quad (1)$$

Ecuțiile (1) sunt numite, tradițional, *ecuațiile liniilor de ieșire*.

Descrierea completă a funcționării circuitelor secvențiale include și specificarea comportamentului intern al respectivului circuit.

Acest comportament indică corespondența dintre starea internă și starea viitoare condiționată de o anumită stare a liniilor de intrare.

În continuare se va presupune un comportament deterministic al circuitului secvențial.

Aceasta înseamnă că pentru o anumită stare a intrărilor (un set de n valori binare aplicate liniilor \mathbf{X} de intrare) și o anumită stare internă (un set de k valori binare ale liniilor \mathbf{y}) există o singură tranziție posibilă, într-o stare viitoare \mathbf{Y} (un set de k valori binare ale liniilor \mathbf{Y}).

În acest sens, o variabilă de stare \mathbf{Y}_j este o funcție discretă în variabilele x_1, x_2, \dots, x_n , și y_1, y_2, \dots, y_k :

$$\mathbf{Y}_j = \mathbf{Y}_j(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_k), \quad 1 \leq j \leq k. \quad (2)$$

Ecuatiile (2) se numesc *ecuațiile stării următoare*.

Se spune că un circuitul secvențial este într-o stare stabilă atunci când pentru o anumită stare stabilă a intrărilor, starea sa internă, prezentă, este identică cu starea sa următoare, viitoare, adică $\mathbf{y} = \mathbf{Y}$.

Dacă pentru o anumită stare a intrărilor, starea prezentă a circuitului diferă de starea sa următoare, adică cel puțin o linie din \mathbf{Y} diferă de o linie din \mathbf{y} , atunci circuitul se află într-o stare instabilă.

Un circuit secvențial este determinist dacă pentru fiecare stare posibilă atât a intrărilor cât și a liniilor \mathbf{Y} , există cel puțin o stare viitoare stabilă.

Circuitele secvențiale pentru care ecuațiile liniilor de ieșire sunt de forma (1) iar ecuațiile stării următoare sunt de forma (2), se numesc circuite secvențiale Mealy, iar modelul lor matematic, automat Mealy.

Există circuite secvențiale la care funcțiile liniilor de ieșire nu depind de stare liniilor primare de intrare, depinzând, exclusiv, de starea internă a circuitului:

$$z_i = z_i(y_1, y_2, \dots, y_k), \quad 1 \leq i \leq m. \quad (3)$$

Circuitele secvențiale la care ecuațiile liniilor de ieșire sunt de forma (3) iar ecuațiile stării următoare sunt de forma (2) se numesc circuite secvențiale Moore, iar modelul lor matematic, automat Moore.

Atunci când numărul de stări interne ale unui circuit secvențial este finit, circuitul se numește circuit secvențial finit. Modelul matematic al acestor circuite este automatul cu stări finite (mașina cu stări finite).

Tabelul tranzițiilor și al ieșirilor unui circuit secvențial

Funcționarea unui circuit secvențial poate fi descrisă prin tabelul tranzițiilor și tabelul ieșirilor. Aceasta este, în fapt, o manieră (tabelară) de reprezentare a funcțiilor (1) sau (3), și (2).

În tabelul tranzițiilor există atâtea coloane câte stări distincte (ale celor n linii de intrare) există, adică 2^n , și atâtea rânduri câte stări interne distincte există (maximum 2^k).

Un element al tabloului tranzițiilor, aflat la intersecția unei coloane cu o anumită linie, reprezintă starea următoare a circuitului, corespunzătoare stării interne de pe linia respectivă și valorii (stării) intrării de pe coloana respectivă.

Pentru automatele Mealy, tabelul ieșirilor are aceleași linii și coloane ca și tabelul tranzițiilor.

Un element al tabelului ieșirilor, aflat la intersecția unei anumite coloane cu o anumită linie, reprezintă starea liniilor de ieșire corespunzătoare stării intrărilor de pe coloana respectivă și stării interne de pe rândul respectiv.

Pentru automatele Moore tabelul ieșirilor are o singură coloană.

În tabelul tranzițiilor și al ieșirilor, stările, respectiv ieșirile, sunt notate simbolic – de regulă prin numere zecimale sau prin numere binare.

În cel de-al doilea caz, codul binar al stării următoare, respectiv al ieșirii reprezintă valorile sistemului de funcții (1), respectiv (2) sau (3) pentru starea prezentă de pe rândul respectiv și pentru starea intrărilor de pe coloana respectivă.

Aceste tabele pot fi completate dacă se cunoaște structura circuitului, determinând (așa cum se procedează și la funcțiile combinaționale) valoarea fiecăreia dintre funcțiile z_i , Y_j , pentru toate valorile posibile ale variabilelor primare de intrare și pentru pseudo-intrări.