



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2016

## **CIRCUITE LOGICE DE BAZĂ CU STRUCTURĂ VARIABILĂ REALIZATE CU PORȚI ȘI-NU, SAU-NU ȘI SAU-EXCLUSIV, EXPERIMENTATE PE AP PS3**

Iosif POPA, Gabriel Nicolae POPA,  
Corina Maria DINIȘ, Angela IAGĂR

### **BASIC LOGIC CIRCUITS WITH VARIABLE STRUCTURE MADE WITH NAND, NOR AND XOR GATES ON PS3 PLC**

The paper presents the basic logic circuits made with integrated variable structure NAND, NOR and XOR. The logical structure and function of these circuits is changed by means of changeover switches which changes the logic value of a signal at the input of XOR gates. In this way change the logic circuit function with variable structure. Were performed experiments on the PS 3 PLC (Klöckner-Moeller).

Keywords: logic circuits, AND - NOT gate, NOR gate, OR gate weeks are exclusively allocated

Cuvinte cheie: circuite logice, poartă ȘI-NU, poartă SAU-NU, poartă SAU -EXCLUSIV

### **1. Introducere**

În lucrare se prezintă circuitele logice de bază cu structura variabilă [4, 5, 6] realizate cu porți logice SAU-EXCLUSIV, ȘI-NU și SAU-NU. Structura, cât și funcția logică a acestor circuite, se modifică cu ajutorul unor comutatoare bipoziționale, care schimbă valoarea logică a unui semnal de la intrarea unei porți SAU-EXCLUSIV. În felul acesta se schimbă funcția circuitului logic cu structura variabilă. Au fost

realizate pe automatul programabil PS-3 Klöckner-Moeller [7] și experimentate, două circuite logice de bază cu structură variabilă: unul cu o poartă ȘI-NU cu două intrări, la care intrările și ieșirea sunt în legătură cu circuitele SAU-EXCLUSIV și al doilea, la care în locul porții ȘI-NU se utilizează una SAU-NU tot cu două intrări. Prin combinația de valori logice ale semnalelor de pe intrările circuitelor SAU-EXCLUSIV, circuitele logice de bază cu structura variabilă, din lucrare, realizează una din funcțiile: SAU, SAU-NU, ȘI sau ȘI-NU. Utilizând un singur circuit SAU-EXCLUSIV se obțin funcțiile IDENTITATE și NEGAȚIE.

Elementul principal al circuitelor logice de bază cu structură variabilă realizează funcția SAU-EXCLUSIV:

$$y = x_1 \cdot \bar{x}_2 + \bar{x}_1 \cdot x_2 . \quad (1)$$

Sistemele logice integrate T.T.L. [2] cât și cel realizat în tehnologie CMOS [1], conțin circuite SAU-EXCLUSIV (CDB 486E, MMC 4030). Dacă variabila de intrare este  $x_1$  ( $x = x_1$ ), iar cea de comandă,  $x_2$  ( $x_c = x_2$ ), funcția (1) devine:

$$y = x \cdot \bar{x}_c + \bar{x} \cdot x_c . \quad (2)$$

Se observă că atunci când  $x_c = 0$ :

$$y = x , \quad (3)$$

deci este realizată funcția IDENTITATE, iar pentru  $x_c = 1$ :

$$y = \bar{x} , \quad (4)$$

circuitul SAU-EXCLUSIV lucrează ca și INVERSOR. Ca urmare, între două puncte a unui circuit, considerate intrarea  $x$  și ieșirea  $y$  a elementului SAU-EXCLUSIV, există continuitate pentru  $x_c = 0$  și apare un INVERSOR, pentru  $x_c = 1$ .

## 2. Realizarea funcțiilor logice ȘI, ȘI-NU, SAU și SAU-NU cu circuit format din porți SAU-EXCLUSIV și ȘI-NU

Circuitul logic de bază cu structură variabilă din figura 1 este realizat cu trei porți SAU-EXCLUSIV (1, 2, 3) și o poartă ȘI-NU (4) [4, 6]. Acest circuit are două semnale de intrare ( $x_1, x_2$ ), două de comandă ( $x_{c1}, x_{c2}$ ) și unul de ieșire ( $y$ ).

Când comutatoarele bipoziționale  $S_1$  și  $S_2$  se pun pe poziția 0, cele două semnale de comandă au valoarea logică 0 ( $x_{c1} = 0, x_{c2} = 0$ ), circuitele SAU-EXCLUSIV 1, 2 și 3 realizează funcția logică IDENTITATE, deci:

$$y = C; \quad (5)$$

$$A = x_1; \quad (6)$$

$$B = x_2, \quad (7)$$

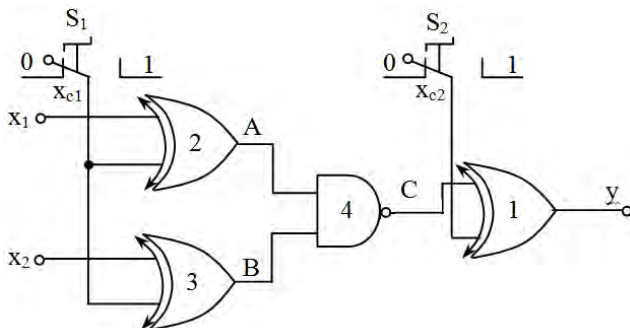


Fig. 1  
Circuit logic de bază cu structură variabilă realizat cu porți SAU-EXCLUSIV și ȘI-NU

dar,

$$C = \overline{A \cdot B}, \quad (8)$$

ca urmare:

$$y = \overline{x_1 \cdot x_2}, \quad y = \overline{x_1 + x_2} \quad (9)$$

Pentru aceste valori ale semnalelor de comandă, circuitul logic cu structură variabilă realizează funcția logică ȘI-NU.

Dacă comutatorul  $S_1$  rămâne pe poziția 0 ( $x_{c1} = 0$ ) și comutatorul  $S_2$  trece pe poziția 1 ( $x_{c2} = 1$ ), circuitele SAU-EXCLUSIV 2 și 3 realizează funcția IDENTITATE potrivit relațiilor (6), (7), iar 1 lucrează ca INVERSOR:

$$y = \overline{C}. \quad (10)$$

Cu formulele (6), (7), (8) și (10) se obține:

$$y = \overline{x_1 \cdot x_2}; \quad y = x_1 \cdot x_2. \quad (11)$$

Acum circuitul logic cu structură variabilă din figura 1 lucrează ca poartă ȘI potrivit relației (11).

Când comutatoarele  $S_1$  și  $S_2$  se pun pe pozițiile 1, respectiv 0, semnalele de comandă au valorile  $x_{c1} = 1$ , iar  $x_{c2} = 0$ . Deci semnalele  $y$  și  $C$  se determină cu formulele (5) și (8), iar  $A$  și  $B$  sunt date de:

$$A = \overline{x_1}; \quad (12)$$

$$B = \overline{x_2}. \quad (13)$$

Cu (5), (8) (12) și (13) rezultă:

$$y = \overline{x_1 \cdot x_2}; \quad y = x_1 + x_2 \quad (14)$$

deci pentru această combinație de valori ale semnalelor de comandă, circuitul din figura 1 lucrează ca poartă SAU.

Dacă comutatoarele bipoziționale se pun pe poziția 1, semnalele de comandă  $x_{c1}$  și  $x_{c2}$  au valorile logice 1, deci cele trei circuite SAU-

EXCLUSIV funcționează ca INVERSOARE. În acest caz semnalele din circuitul logic cu structură variabilă sunt date de relațiile (10), (8), (12) și (13). Cu aceste relații, după prelucrările matematice corespunzătoare, se obține:

$$y = \overline{x_1 + x_2}; y = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}, \quad (15)$$

deci circuitul logic din figura 1 realizează funcția SAU-NU.

### 3. Realizarea funcțiilor logice SAU, SAU-NU, ȘI și ȘI-NU cu circuit format din porți SAU-EXCLUSIV și SAU-NU

Circuitul logic de bază cu structură variabilă (figura 2) are configurația identică cu cea a celui prezentat în figura 1 deosebirea constând în aceea că, în acest caz, poarta 4 realizează funcția SAU-NU.

Cu comutatoarele  $S_1$  și  $S_2$  puse pe poziția 0,  $x_{c1} = 0$ , iar  $x_{c2} = 0$  circuitele SAU-EXCLUSIV din figura 2 realizează funcția IDENTITATE, iar semnalele y, A și B sunt date de relațiile (5), (6) și (7). În acest caz:

$$C = \overline{A + B}; C = \overline{A} \cdot \overline{B}. \quad (16)$$

Cu (5), (16), (6) și (7) rezultă:

$$y = \overline{x_1 + x_2}, y = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$$

deci circuitul logic de bază cu structură variabilă realizează funcția logică SAU-NU.

Când comutatoarele bipoziționale  $S_1$  și  $S_2$  se pun pe pozițiile 0, respectiv 1, semnalele de comandă au valorile  $x_{c1} = 0$ , iar  $x_{c2} = 1$  deci circuitele SAU-EXCLUSIV 2 și 3 au funcția IDENTITATE, iar 1 lucrează ca INVERSOR. Semnalele y, A și B acum sunt date de (10), (6) și (7). Cu aceste relații și cu funcția (16), se obține:

$$y = \overline{\overline{x_1 + x_2}}; y = x_1 + x_2.$$

Pentru această combinație de valori ale semnalelor de comandă, circuitul logic de bază cu structură variabilă din figura 2 lucrează ca poartă SAU.

Pentru combinația de valori ale semnalelor de comandă:  $x_{c1} = 1$ ,  $x_{c2} = 0$ , care rezultă atunci când comutatoarele  $S_1$  și  $S_2$  sunt puse pe pozițiile 1, respectiv 0, circuitele SAU-EXCLUSIV 2 și 3 sunt INVERSOARE, iar 1 realizează funcția IDENTITATE. Semnalele y, A și B, în acest caz au funcțiile date de relațiile (5), (12) și (13).

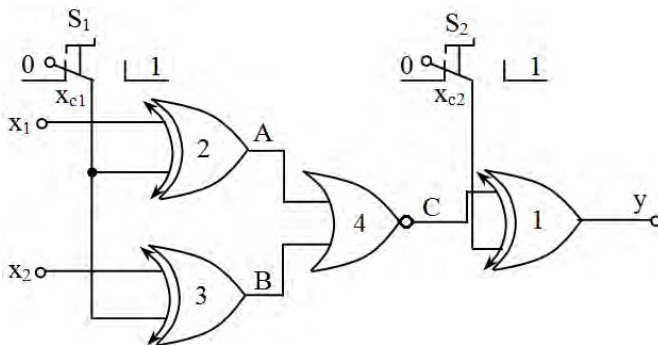


Fig. 2

Circuit logic de bază cu structură variabilă realizat cu porți SAU-EXCLUSIV și SAU

Cu aceste formule și cu (16), rezultă:

$$y = \overline{x_1 + x_2}; y = x_1 \cdot x_2,$$

deci circuitul logic de bază cu structura variabilă din figura 2 are funcția de poartă ȘI cu două intrări.

Când cele două comutatoare bipoziționale sunt puse pe poziția 1, semnalele de comandă au valoarea logică 1 ( $x_{c1} = 1, x_{c2} = 1$ ) cele trei circuite SAU-EXCLUSIV realizează funcția logică NU, deci semnalele de comandă y, A și C sunt date de relațiile (10), (12) și (13). Cu aceste relații și cu (16), după calcule se obține:

$$y = \overline{x_1 \cdot x_2}; y = \overline{x_1 + x_2}$$

ca urmare, circuitul din figura 2, acum lucrează ca poartă ȘI-NU cu două intrări.

#### 4. Experimentarea circuitelor logice de bază cu structura variabilă, cu ajutorul automatului programabil PS-3 Klöckner-Moeller

Pentru realizarea programelor pe automatul programabil PS-3 Klöckner-Moeller [7], corespunzătoare circuitelor logice de bază cu structura variabilă, se utilizează fie schemele de principiu, fie funcțiile logice. Pentru acesta, semnalele din cele două scheme de principiu se marchează corespunzător, pentru a putea să fie recunoscute de automatul programabil PS-3. Corespondența dintre semnale este dată în continuare:

$$\begin{aligned} I0.1 \equiv x_1; I0.2 \equiv x_2; I0.3 \equiv x_{c1}; I0.4 \equiv x_{c2}; Q0.1 \equiv y; \\ M0.1 \equiv A; M0.2 \equiv B; M0.3 \equiv C. \end{aligned} \quad (17)$$

Ținând seama de aceste corespondențe, funcțiile logice aferente circuitului logic de bază cu structura variabilă prezentat în figura 1 sunt:

$$M0.1 = I0.1 \oplus I0.3; \quad (18)$$

$$M0.2 = \overline{I0.2 \oplus I0.3}; \quad (19)$$

$$M0.3 = \overline{M0.1 \cdot M0.2}; \quad (20)$$

$$Q0.1 = \overline{M0.3} \oplus I0.4. \quad (21)$$

Cu aceste funcții binare s-a întocmit programul 1 pe AP PS-3.

*Programul 1 pe AP PS-3  
Materializarea în logică programată a circuitului din figura 1*

000 L I0.1	006 L M0.1
001 XO I0.3	007 A M0.2
002 = M0.1	008 = M0.3
003 L I0.2	009 L NM0.3
004 XO I0.3	010 XO I0.4
005 = M0.2	011 = Q0.1

Tabelul 1

	I0.3	0	0	1	1
	I0.4	0	1	0	1
I0.1	I0.2	Q0.1 <sub>0</sub>	Q0.1 <sub>1</sub>	Q0.1 <sub>2</sub>	Q0.1 <sub>3</sub>
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0
Operația logică realizată		ȘI-NU	ȘI	SAU	SAU-NU

În urma experimentării s-a stabilit diagrama de funcționare a circuitului din figura 1 (tabelul 1 - Diagrama de funcționare a circuitului din figura 1), din care se obțin după simplificare [3,8], funcțiile logice pentru toate combinațiile de valori ale semnalelor de comandă I0.3 și I0.4. Acestea sunt:

$$Q0.1_0 = (\overline{I0.1} + \overline{I0.2}) \cdot \overline{I0.3} \cdot \overline{I0.4}; \quad (22)$$

$$Q0.1_1 = I0.1 \cdot I0.2 \cdot \overline{I0.3} \cdot I0.4; \quad (23)$$

$$Q0.1_2 = (I0.1 + I0.2) \cdot I0.3 \cdot \overline{I0.4}; \quad (24)$$

$$Q0.1_3 = \overline{I0.1} \cdot \overline{I0.2} \cdot I0.3 \cdot I0.4. \quad (25)$$

Cum în aceste funcții semnalele I0.3 și I0.4 au valori impuse de pozițiile comutatoarelor S<sub>1</sub> și S<sub>2</sub>, date în tabelul 1, din relațiile de mai sus se obțin funcțiile:

$$Q0.1_0 = \overline{I0.1} \cdot I0.2; \quad Q0.1_0 = \overline{I0.1} + \overline{I0.2}; \quad (26)$$

$$Q0.1_1 = I0.1 \cdot I0.2; \quad (27)$$

$$Q0.1_2 = I0.1 + I0.2; \quad (28)$$

$$Q0.1_3 = \overline{I0.1} \cdot \overline{I0.2}. \quad (29)$$

Indicii 0 ... 3 ai funcției Q0.1 sunt numerele în baza zece corespunzătoare numerelor în baza doi, care reprezintă combinațiile de valori logice ale semnalelor de comandă I0.3 și I0.4 din tabelul 1.

Pentru circuitul logic de bază cu structură variabilă din figura 2 funcțiile logice corespunzătoare sunt (18), (19), (21) și (30):

$$M0.3 = \overline{M0.1} + M0.2. \quad (30)$$

Folosind aceste funcții se poate realiza programul 2 pe AP PS-3 cu care se materializează pe automatul programabil circuitul din figura 2.

#### *Programul 2 pe AP PS-3*

*Materializarea în logică programată a circuitului din figura 2*

000 L I0.1	006 L M0.1
001 XO I0.3	007 O M0.2
002 = M0.1	008 = M0.3
003 L I0.2	009 L NM0.3
004 XO I0.3	010 XO I0.4
005 = M0.2	011 = Q0.1

Se observă că cele două programe diferă între ele numai prin adresa 007.

Cu ajutorul datelor experimentale s-a completat diagrama de funcționare (tabelul 2 - Diagrama de funcționare a circuitului din figura 2) a circuitului din figura 2.

Tabelul 2

	I0.3	0	0	1	1
	I0.4	0	1	0	1
I0.1	I0.2	Q0.1 <sub>0</sub>	Q0.1 <sub>1</sub>	Q0.1 <sub>2</sub>	Q0.1 <sub>3</sub>
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0
Operația logică realizată		SAU-NU	SAU	ȘI	ȘI-NU

Din diagrama de funcționare, după simplificări, se obțin funcțiile logice:

$$Q0.1_0 = (\overline{I0.1 + I0.2}) \cdot \overline{I0.3} \cdot \overline{I0.4}; \quad (31)$$

$$Q0.1_1 = (I0.1 + I0.2) \cdot \overline{I0.3} \cdot I0.4; \quad (32)$$

$$Q0.1_2 = I0.1 \cdot I0.2 \cdot I0.3 \cdot \overline{I0.4}; \quad (33)$$

$$Q0.1_3 = (\overline{I0.1 \cdot I0.2}) \cdot I0.3 \cdot I0.4. \quad (34)$$

După înlocuirea valorilor logice ale semnalelor de comandă I0.3 și I0.4, din tabelul 2, în funcțiile logice (31) ... (34), rezultă:

$$Q0.1_0 = \overline{I0.1 + I0.2}; \quad (35)$$

$$Q0.1_1 = I0.1 + I0.2; \quad (36)$$

$$Q0.1_2 = I0.1 \cdot I0.2; \quad (37)$$

$$Q0.1_3 = \overline{I0.1 \cdot I0.2}. \quad (38)$$

## 5. Concluzii

■ Funcțiile logice IDENTITATE și NEGAȚIE se realizează cu un singur circuit SAU-EXCLUSIV la care o intrare este activă, iar a doua comandă schimbarea funcției.

■ Funcțiile logice ȘI, ȘI-NU, SAU și SAU-NU, de două variabile, se pot materializa cu două circuite logice de bază cu structura variabilă, unul realizat cu porți ȘI-NU și SAU-EXCLUSIV (figura 1), iar al doilea, cu circuite SAU-NU și SAU-EXCLUSIV (figura 2). Cele două circuite logice cu structura variabilă realizează, independent, cele patru funcții: ȘI, ȘI-NU, SAU și SAU-NU. Pentru schimbarea funcțiilor se



folosesc semnalele de comandă  $x_{c1}$  și  $x_{c2}$ . Numărul  $n_f$  de funcții realizate de circuitele logice de bază cu structura variabilă se determină cu:

$$n_f = 2^{n_c} \quad (39)$$

unde  $n_c$  este numărul semnalelor de comandă.

■ Pentru circuitele logice de bază, cu structura variabilă, prezentate în lucrare,  $n_c = 2$ , deci  $n_f = 4$  (ȘI, ȘI-NU, SAU și SAU-NU).

■ Funcțiile pe care le realizează cele două circuite logice de bază cu structura variabilă - din figurile 1 și 2 - dependente de combinația valorilor logice ale semnalelor de comandă, sunt date în tabelul 3.

Tabelul 3

Numărul funcției	Valorile logice ale semnalelor de comandă		Funcțiile realizate de circuitul logic de bază cu structura variabilă din figura 1	Funcțiile realizate de circuitul logic de bază cu structură variabilă, din figura 2
	$x_{c1}$	$x_{c2}$		
1	0	0	ȘI-NU	SAU-NU
2	0	1	ȘI	SAU
3	1	0	SAU	ȘI
4	1	1	SAU-NU	ȘI-NU

■ Circuitele logice de bază cu structură variabilă, din figurile 1 și 2, au fost materializate pe AP PS-3. În acest scop s-au întocmit programele 1 și 2, iar în urma experimentărilor s-au stabilit diagramele de funcționare (tabelele 1 și 2) ale celor două circuite analizate în lucrare. Din diagramele de funcționare, după simplificarea funcțiilor logice, s-au stabilit funcțiile pe care le realizează circuitele prezentate în figurile 1 și 2, corespunzătoare diferitelor combinații de valori logice ale semnalelor de comandă.

■ Pentru realizarea, cu astfel de circuite, a porților logice, cu diferite funcții, care au  $n$  intrări, se utilizează circuite logice ȘI-NU respectiv SAU-NU cu  $n$  intrări legate la ieșirile a  $n$  circuite SAU-EXCLUSIV. Și în acest caz pentru schimbarea funcțiilor logice se utilizează tot două comutatoare bipoziționale cu care stabilesc valorile logice ale semnalelor de comandă  $x_{c1}$  și  $x_{c2}$ .

## BIBLIOGRAFIE

[1] Ardelean, I., Giuroiu, H., Petrescu, L.L., *Circuite integrate CMOS. Manual de utilizare*, Editura Tehnică, București, 1986.

- [2] Drăgulănescu, N., *Agenda radioelectronistului*, ediția a II-a, Editura Tehnică, București, 1989.
- [3] Popa, I., Weber, F., *Tehnologia întreținerii și reparării utilajului electromecanic*, Lucrări de laborator, Institutul Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara, 1990.
- [4] Popa, I., Popa, G.N., *Circuite logice de bază cu structură variabilă*, în Buletin Științific, vol. 3, Academia Aviației și Apărării Antiaeriene „Henri Coandă”, Brașov, 1996, pag. 127-134.
- [5] Popa, I., Popa, G.N., *Relevu electronic de timp cu opt funcții, realizat cu circuite logice integrate*, Brevet de invenție RO 106044, în Academia Aviației și Apărării Antiaeriene „Henri Coandă”, Brașov, 1996, pag. 106-111.
- [6] Popa, I., Popa, G.N., *Dispozitive electronice cu structură cablată și programată, de protecție a motoarelor asincrone trifazate de joasă tensiune*, Editura Mirton, Timișoara, 2000.
- [7] Popa, G.N., Popa, I., Deaconu, S., *Automate programabile în aplicații*, Editura Mirton, Timișoara, 2006.
- [8] Saimac, A., Rusu, N., Andeescu, E., Popa, I., *Automatizări în metalurgie*, Editura Didactică și Pedagogică București, 1978.

Conf.Dr.Ing. Iosif POPA  
membru AGIR, e-mail: [iosif.popa@fih.upt.ro](mailto:iosif.popa@fih.upt.ro)

Conf.Dr.Ing. Gabriel Nicolae POPA  
Senior Member IEEE, membru AGIR, e-mail: [gabriel.popa@fih.upt.ro](mailto:gabriel.popa@fih.upt.ro)

Șef lucr.Dr.Ing. Corina Maria DINIȘ  
membru IEEE, membru AGIR, e-mail: [corina.dinis@fih.upt.ro](mailto:corina.dinis@fih.upt.ro)

Șef lucr.Dr.Ing. Angela IAGĂR  
membru IEEE, membru AGIR, e-mail: [angela.iagar@fih.upt.ro](mailto:angela.iagar@fih.upt.ro)

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara