

FIȘA PROIECTULUI DE DISCIPLINĂ

Tema de proiect nr. 61

Să se proiecteze un decodicator BCD exces 3-7 segmente (logică combinațională).

Se va studia cazul în care elementele tubului de afișare cu 7 segmente sunt aprinse inițial. Proiectarea se va referi la o singură decadă.

Cerințe de proiectare:

În rezolvarea temei proiectului se vor trata următoarele puncte:

- Să se reprezinte funcțiile logice asociate circuitului combinațional prin forma canonică disjunctivă (FCD), forma canonică conjunctivă (FCC), tabel de adevăr și diagrame Veitch-Karnaugh.
- Să se obțină formele minime disjunctive și conjunctive pentru funcțiile logice asociate decodicatorului BCD exces 3/7 segmente (utilizând combinațiile indiferente) prin metodă diagramelor Karnaugh; se vor obține, de asemenea, formele minime disjunctive pentru două dintre funcțiile logice de ieșire f_6 și f_7 și prin metodă Quine-Mccluskey.
- Să se implementeze fiecare funcție logică, independent, numai cu porți logice ȘI-NU (se vor utiliza circuite integrate realizate în tehnologia TTL).
- Să se implementeze ansamblul funcțiilor logice numai cu porți logice ȘI-NU (se vor utiliza circuite integrate realizate în tehnologia TTL).
- Să se implementeze ansamblul funcțiilor logice în următoarea variantă: primele 3 funcții logice de ieșire cu porți logice ȘI-NU (circuite integrate TTL), iar următoarele 4 cu porți logice SAU-NU (circuite integrate CMOS).
- Să se implementeze ansamblul funcțiilor logice cu MUX-uri de 8 respectiv 16 căi (se vor utiliza circuite integrate realizate în tehnologia TTL).
- Să se implementeze ansamblul funcțiilor logice cu DMUX-uri de 8 respectiv 16 căi și porți logice ȘI-NU în prima variantă, respectiv ȘI în a doua variantă (se vor utiliza circuite integrate realizate în tehnologia CMOS).
- Să se calculeze timpii de propagare „intrare-iesire”, pentru toate schemele logice obținute.
- Să se calculeze puterile disipate pentru toate schemele logice obținute.
- Să se compare soluțiile de implementare obținute.
- Se va face analiză, prin simulare, a tuturor schemelor logice obținute utilizându-se pachetul de programe OrCAD.

Pe schemele logice obținute se vor specifica tipul și gradul de utilizare al fiecărui circuit integrat.

Bibliografia recomandată:

- [1] Maican, S. – Sisteme numerice cu circuite integrate. Culegere de probleme, Ed. Tehnică, București, 1980.
- [2] Ștefan, Gh. M., Bistriceanu, V. – Circuite integrate digitale. Probleme. Proiectare, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 2000.
- [3] Wakerly, J.F. – Circuite digitale, Ed. Teora, București, 2002.
- [4] Wilkinson, B. – Electronică digitală. Bazele proiectării, Ed. Teora, București, 2002.
- [5] Moldoveanu, F., Floroian, D. – Circuite logice și comenzi secvențiale. Circuite logice combinaționale, Ed. Universității Transilvania din Brașov, 2003.
- [6] Toacșe, Gh., Nicula, D. – Electronică digitală, Ed. Tehnică, București, 2005.

Condiții de redactare:

Pentru redactare se va folosi template-ul recomandat de cadrul didactic îndrumător.

Evaluări pe parcurs:

S-au stabilit doua vize pentru evaluarea pe parcurs a proiectului la urmatoarele date:

- viza I-a: **18.04.2018;**
- viza a II-a: **16.05.2018.**

Termenul de predare și susținere:

Proiectul se va preda și susține în ultima săptămână a semestrului.











Notarea proiectului:

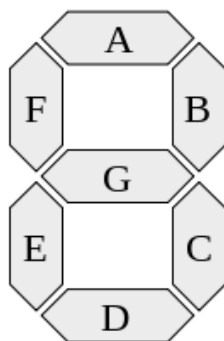
Forma finală a proiectului trebuie să conțină rezolvări pentru toate punctele cerute prin temă iar, din punct de vedere al redactării, să aibă forma solicitată. În cursul susținerii, studentul trebuie să dovedească cunoașterea metodelor specifice de rezolvare pentru problemele date, utilizarea corectă și fluentă a termenilor specifici și interpretarea corectă a rezultatelor. Notarea va porni de la nota 10, dacă studentul a primit ambele vize de evaluare, de la nota 8 dacă studentul a primit o singură viză și de la nota 6 în cazul în care studentul nu are nicio viză.

Februarie 2018

Titular activități de proiect,
Prof.dr.ing. Florin Dumitru MOLDOVEANU

Tabel de adevăr

ZECIMAL	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	EXCESS	A	B	C	D	E	F	G	7 SEGMENTE
0	0	0	1	1	3	1	1	1	1	1	1	0	
1	0	1	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	
2	0	1	0	1	5	1	1	0	1	1	0	1	
3	0	1	1	0	6	1	1	1	1	0	0	1	
4	0	1	1	1	7	0	1	1	0	0	1	1	
5	1	0	0	0	8	1	0	1	1	0	1	1	
6	1	0	0	1	9	1	0	1	1	1	1	1	
7	1	0	1	0	10	1	1	1	0	0	0	0	
8	1	0	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	0	0	12	1	1	1	1	0	1	1	



Funcțiile logice FCC si FCD

Pentru a obține din tabelul de adevăr forma canonică conjunctivă(FCD) se iau în considerare combinațiile pentru care funcția are valoarea 0, iar pentru forma canonică disjunctivă se iau în considerare combinațiile pentru care funcția are valoarea 1.

Formele canonice pentru funcția a:

$$\begin{aligned} a^{FCD} &= \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 x_4 + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} x_2 x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 x_3 x_4 \\ &= P_3 + P_5 + P_6 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} \\ &= \sum (3,5,6,8,9,10,11,12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a^{FCC} &= (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4}) \\ &= S_4 * S_7 \\ &= \prod (4,7) \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru funcția a :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 0	<small>12</small> 1	<small>8</small> 1
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 1	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 0	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 1	<small>14</small> *	<small>10</small> 1

Formele canonice pentru functia b:

$$\begin{aligned}
 b^{FCD} &= \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4} + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \\
 &= P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_{10} + P_{11} + P_{12} \\
 &= \sum (3,4,5,6,7,10,11,12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b^{FCC} &= (\overline{x_1} + x_2 + x_3 + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + x_3 + \overline{x_4}) \\
 &= S_8 \cdot S_9 \\
 &= \prod (8,9)
 \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia b :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 1	<small>12</small> 1	<small>8</small> 0
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 1	<small>13</small> *	<small>9</small> 0
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 1	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 1	<small>14</small> *	<small>10</small> 1

Formele canonice pentru functia c:

$$\begin{aligned}
 c^{FCD} &= \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4} + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \\
 &\quad + x_1x_2x_3x_4 \\
 &= P_3 + P_4 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} \\
 &= \sum (3,4,6,7,8,9,10,11,12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c^{FCC} &= (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + \overline{x_4}) \\
 &= S_5 \\
 &= \prod (5)
 \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia c :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 1	<small>12</small> 1	<small>8</small> 1
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 0	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 1	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 1	<small>14</small> *	<small>10</small> 1

Formele canonice pentru functia d:

$$\begin{aligned} d^{FCD} &= \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 x_3 x_4 + x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} + x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + x_1 \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} \\ &= P_3 + P_5 + P_6 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} \\ &= \sum (3,5,6,8,9,11,12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d^{FCC} &= (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4})(x_1 + x_2 + \overline{x_3} + x_4) \\ &= S_4 \cdot S_7 \cdot S_{10} \\ &= \prod (4,7,10) \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia d :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 0	<small>12</small> 1	<small>8</small> 1
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 1	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 0	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 1	<small>14</small> *	<small>10</small> 0

Formele canonice pentru functia e:

$$\begin{aligned} e^{FCD} &= \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 x_3 \overline{x_4} \\ &= P_3 + P_5 + P_9 + P_{11} \\ &= \sum (3,5,9,11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e^{FCC} &= (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + x_4) \\ &= (x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4})(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4)(\overline{x_1} + \overline{x_2} + x_3 + x_4) \\ &= S_4 \cdot S_6 \cdot S_7 \cdot S_8 \cdot S_{10} \cdot S_{12} \\ &= \prod (4,6,7,8,10,12) \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia e :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 0	<small>12</small> 0	<small>8</small> 0
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 1	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 0	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 0	<small>14</small> *	<small>10</small> 0

Formele canonice pentru functia f:

$$\begin{aligned}
 f^{FCD} &= \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 x_4 + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} x_4 \\
 &= P_3 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} \\
 &= \sum (3, 7, 8, 9, 11, 12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f^{FCC} &= (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + x_3 + \overline{x_4})(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4) \\
 &= S_4 \cdot S_5 \cdot S_6 \cdot S_7 \\
 &= \prod (4, 5, 6, 10)
 \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia f :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 0	<small>12</small> 1	<small>8</small> 1
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 0	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 1	<small>7</small> 1	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 0	<small>14</small> *	<small>10</small> 0

Formele canonice pentru functia g:

$$\begin{aligned}
 g^{FCD} &= \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 x_4 + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} x_2 x_3 \overline{x_4} + \overline{x_1} x_2 x_3 x_4 \\
 &= P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} \\
 &= \sum (5, 6, 7, 8, 9, 11, 12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g^{FCC} &= (x_1 + x_2 + \overline{x_3} + \overline{x_4})(x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4) \\
 &= S_3 \cdot S_4 \cdot S_{10} \\
 &= \prod (3, 4, 10)
 \end{aligned}$$

Diagrama Karnaugh pentru functia g :

	00	01	11	10
00	<small>0</small> *	<small>4</small> 0	<small>12</small> 1	<small>8</small> 1
01	<small>1</small> *	<small>5</small> 1	<small>13</small> *	<small>9</small> 1
11	<small>3</small> 0	<small>7</small> 1	<small>15</small> *	<small>11</small> 1
10	<small>2</small> *	<small>6</small> 1	<small>14</small> *	<small>10</small> 0

Formele minime disjunctive și conjunctive

Metoda diagramelor Karnaugh pornește de la una dintre formele canonice (FCD sau FCC) ale funcției booleene. Diagramele Karnaugh sunt folosite în mod curent pentru reprezentarea funcțiilor booleene cu un număr relativ mic de variabile. Aceste diagrame sunt utile pentru minimizarea funcțiilor booleene deoarece permit evidențierea, cu ușurință, a unor identități de forma (legile absorbției):

$$a + ab = a, ab + a\bar{b} = a, a + \bar{a}b = a + b.$$

Metoda pornește de la una din formele canonice ale funcției. Diagrama Karnaugh se prezintă sub forma unui pătrat sau dreptunghi cu 2^n locații, în cazul nostru 16 locații. În fiecare locație va apărea un termen canonic al funcției.

Diagrama este astfel organizată, încât două compartimente vecine pe linie sau pe coloană, să difere printr-o aceeași variabilă, variabilă care într-o combinație să apară negată și în alta adevărată (proprietatea de adiacență).

Pentru obținerea formei minime conjunctive, se obține mai întâi forma minimă conjunctivă a funcției negate. Apoi se negă această formă minimă, și folosind formulele lui DeMorgan, se obține forma minimă conjunctivă a funcției date.

Funcția a:

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	1	*	1

FMD

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	1	*	1

FMC

$$a^{\text{FMD}} = \bar{x}_2 + \bar{x}_3 x_4 + x_3 \bar{x}_4 + x_1$$

$$a^{\text{FMC}} = (x_1 + x_3 + x_4) * (\bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \bar{x}_4)$$

Funcția b:

	00	01	11	10
00	*	1	1	0
01	*	1	*	0
11	1	1	*	1
10	*	1	*	1

FMD

	00	01	11	10
00	*	1	1	0
01	*	1	*	0
11	1	1	*	1
10	*	1	*	1

FMC

$$b^{FMD} = x_2 + x_3$$

$$b^{FMC} = (x_2 + x_3)$$

Funcția c:

	00	01	11	10
00	*	1	1	1
01	*	0	*	1
11	1	1	*	1
10	*	1	*	1

FMD

	00	01	11	10
00	*	1	1	1
01	*	0	*	1
11	1	1	*	1
10	*	1	*	1

FMC

$$c^{FMD} = \bar{x}_2 + x_3 + \bar{x}_4$$

$$c^{FMC} = (x_1 + x_3 + \bar{x}_4)$$

Funcția d:

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	1	*	0

FMD

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	1	*	0

FMC

$$d^{\text{FMD}} = \bar{x}_3x_4 + \bar{x}_2x_4 + \bar{x}_1x_3\bar{x}_4 + x_1\bar{x}_3$$

$$d^{\text{FMC}} = (x_1 + x_3 + x_4) * (\bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \bar{x}_4) * (x_2 + \bar{x}_3 + x_4)$$

Funcția e:

	00	01	11	10
00	*	0	0	0
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	0	*	0

FMD

	00	01	11	10
00	*	0	0	0
01	*	1	*	1
11	1	0	*	1
10	*	0	*	0

FMC

$$e^{\text{FMD}} = \bar{x}_3x_4 + \bar{x}_2x_4$$

$$e^{\text{FMC}} = x_4 * (\bar{x}_2 + \bar{x}_3)$$

Functia f:

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	0	*	1
11	1	1	*	1
10	*	0	*	0

FMD

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	0	*	1
11	1	1	*	1
10	*	0	*	0

FMC

$$f^{FMD} = x_3x_4 + x_1\bar{x}_3$$

$$f^{FMC} = (\bar{x}_3 + x_4) * (x_1 + x_3)$$

Functia g:

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	0	1	*	1
10	*	1	*	0

FMD

	00	01	11	10
00	*	0	1	1
01	*	1	*	1
11	0	1	*	1
10	*	1	*	0

FMC

$$f^{FMC} = x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\bar{x}_3$$

$$f^{FMD} = (x_1 + x_2) * (x_1 + x_3 + x_4) * (x_2 + \bar{x}_3 + x_4)$$

Minimizarea funcțiilor b și g prin metoda Quine-McCluskey

$$f^{FCD} = \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4$$

$$= P_3 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12}$$

$$= \sum (3,7,8,9,11,12)$$

Combinatiile indifferente (0, 1, 2, 13, 14 și 15) se vor compara cu celelalte, dar nu se vor compara între ele.

					Subcuburi 0-dimensionale				Subcuburi 1-dimensionale				Subcuburi 2-dimensionale								
					Etapa 1				Etapa 2				Etapa 3								
Natural	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4		x1	x2	x3	x4		x1	x2	x3	x4			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0,1	0	0	–	–	0,1,2,3		
1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	–	0	0,2	–	0	0	–	0,1,8,9		
2	0	0	1	0	0	0	1	0	2	–	0	0	0	0,8	0	0	–	–	0,2,1,3		
3	0	0	1	1	1	0	0	0	8	0	0	–	1	1,3	–	0	0	–	0,8,1,9		
7	0	1	1	1	0	0	1	1	3	–	0	0	1	1,9	–	0	–	1	1,3,9,11		
8	1	0	0	0	1	0	0	1	9	0	0	1	–	2,3	–	0	–	1	1,9,3,11		
9	1	0	0	1	1	1	0	0	12	1	0	0	–	8,9	1	–	0	–	8,9,12,13		
11	1	0	1	1	0	1	1	1	7	1	–	0	0	8,12	1	–	0	–	8,12,9,13		
12	1	1	0	0	1	0	1	1	11	0	–	1	1	3,7	–	–	1	1	3,7,11,15		
13	1	1	0	1	1	1	0	1	13	–	0	1	1	3,11	–	–	1	1	3,11,7,15		
14	1	1	1	0	1	1	1	0	14	1	0	–	1	9,11	1	–	–	1	9,11,13,15		
15	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1	–	0	1	9,13	1	–	–	1	9,13,11,15		
															</						

Implicanți primi				Indicii	Termeni canonici					
x1	x2	x3	x4		3	7	8	9	11	12
0	0	–	–	0,1,2,3	*					
–	0	0	–	0,1,8,9			*	*		
–	0	–	1	1,3,9,11	*			*	*	
1	–	0	–	8,9,12,13			*	*		*
–	–	1	1	3,7,11,15	*	*			*	
IPE:						IPE				IPE
Acoperit:					DA	DA	DA	DA	DA	DA

$$f^{FMD} = + X_1\overline{X}_3 + X_3X_4$$

$$\begin{aligned}
 g^{FCD} &= \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} \\
 &= P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} \\
 &= \sum (5,6,7,8,9,11,12)
 \end{aligned}$$

					Subcuburi 0-dimensionale				Subcuburi 1-dimensionale					Subcuburi 2-dimensionale						
					Etapă 1				Etapă 2					Etapă 3						
Natural	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4		x1	x2	x3	x4		x1	x2	x3	x4		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0,1	–	0	0	–	0,8,1,9	
1	0	0	0	1	1	0	0	0	8	0	0	–	0	0,2	1	–	0	–	8,9,12,13	
2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	–	0	0	0	0,8	–	–	0	1	1,5,9,13	
3	0	0	1	1	0	0	1	0	2	0	–	0	1	1,5	–	1	–	1	5,7,13,15	
5	0	1	0	1	0	1	0	1	5	–	0	0	1	1,9	–	1	1	–	6,7,14,15	
6	0	1	1	0	0	1	1	0	6	0	–	1	0	2,6	1	–	–	1	9,11,13,15	
7	0	1	1	1	1	0	0	1	9	1	0	0	–	8,9	1	1	–	–	12,13,14,15	
8	1	0	0	0	1	1	0	0	12	1	–	0	0	8,12						
9	1	0	0	1	0	1	1	1	7	0	1	–	1	5,7						
11	1	0	1	1	1	0	1	1	11	–	1	0	1	5,13						
12	1	1	0	0	1	1	0	1	13	0	1	1	–	6,7						
13	1	1	0	1	1	1	1	0	14	–	1	1	0	7,14						
14	1	1	1	0	1	1	1	1	15	1	0	–	1	9,11						
15	1	1	1	1						1	–	0	1	9,13						
											1	1	0	–						12,13
											1	1	–	0						12,14
											–	1	1	1						7,15
											1	–	1	1	11,15					
											1	1	–	1	13,15					
											1	1	1		14,15					

Implicanti primi				Indicii	Termeni canonici							
x1	x2	x3	x4		5	6	7	8	9	11	12	
—	0	0	—	0,8,1,9				*	*			
1	—	0	—	8,9,12,13				*	*		*	
—	—	0	1	1,5,9,13	*							
—	1	—	1	5,7,13,15	*		*					
—	1	1	—	6,7,14,15		*	*					
1	—	—	1	9,11,13,15					*	*		
1	1	—	—	12,13,14,15							*	
0		1	0	2,6**		*						

Neacoperit**

IPE

DA

Acoperit

DA

DA

DA

DA

DA

DA

Da

$$f^{FMC} = x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\bar{x}_3$$

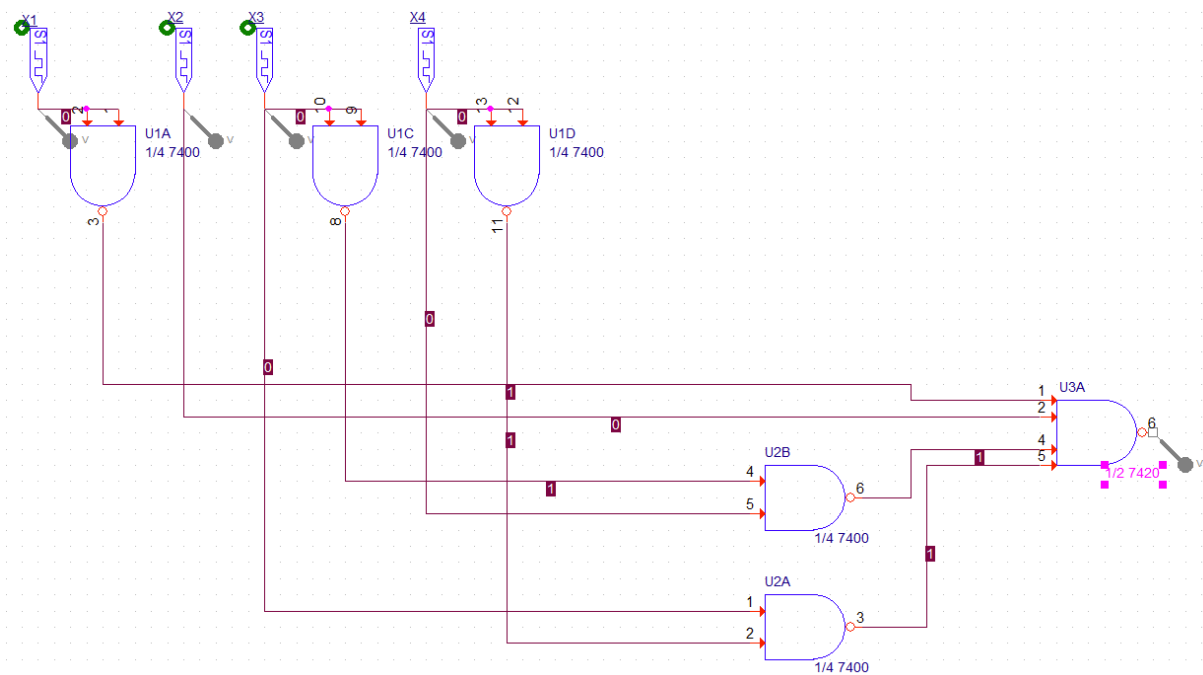
Implementarea funcțiilor logice cu porți ȘI-NU în tehnologie TTL

Pentru a implementa funcțiile logice cu porți logice ȘI-NU acestea trebuie aduse la o formă adecvată. Procedeu care se va folosi este negarea de două ori a funcției și folosirea formulei lui De Morgan. Se vor folosi circuite integrate din producția Texas Instruments din seria 74LS.

Funcția a:

$$a^{FMD} = x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3}x_4 + \overline{x_3}\overline{x_4}$$

$$a^{FMD} = \overline{\overline{a^{FMD}}} = \overline{\overline{x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3}x_4 + \overline{x_3}\overline{x_4}}} = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{\overline{x_2}} \cdot \overline{\overline{x_3}x_4} \cdot \overline{\overline{x_3}\overline{x_4}}} = \overline{\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot \overline{x_3}x_4 \cdot x_3\overline{x_4}}$$



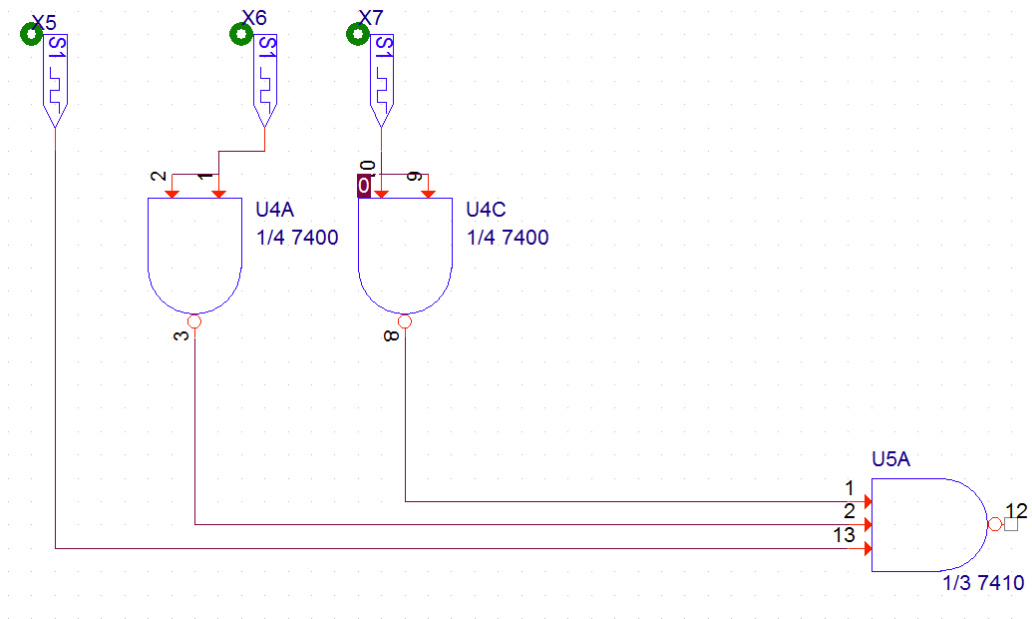
S-au folosit:

- 2 x 74LS00(-3)
- 1 x 74LS20(-1)

Funcția b:

$$b^{FMD} = x_2 + x_3$$

$$b^{FMD} = x_2 + x_3 = \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}$$



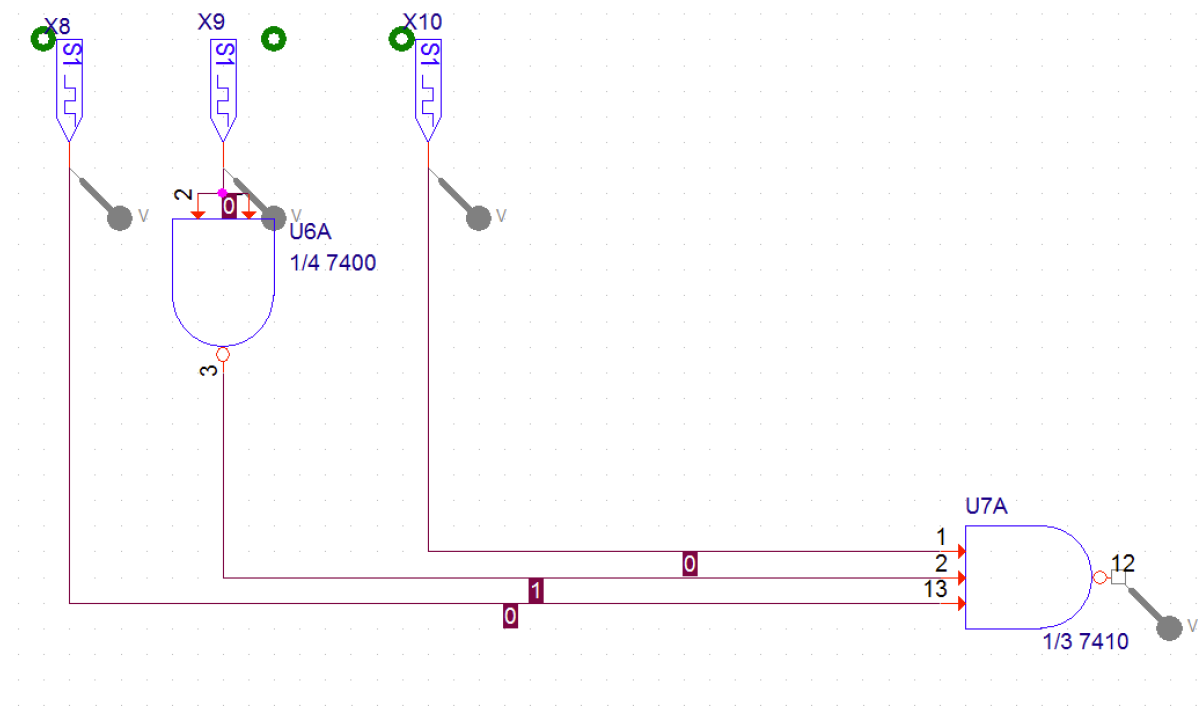
S-a folosit :

- 1 x 74LS00(-2)
- 1 x 74LS10(-2)

Funcția c:

$$C^{FMD} = \bar{x}_2 + x_3 + \bar{x}_4$$

$$C^{FMD} = \overline{\bar{x}_2 + x_3 + \bar{x}_4} = \overline{\bar{x}_2} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{\bar{x}_4} = x_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4$$



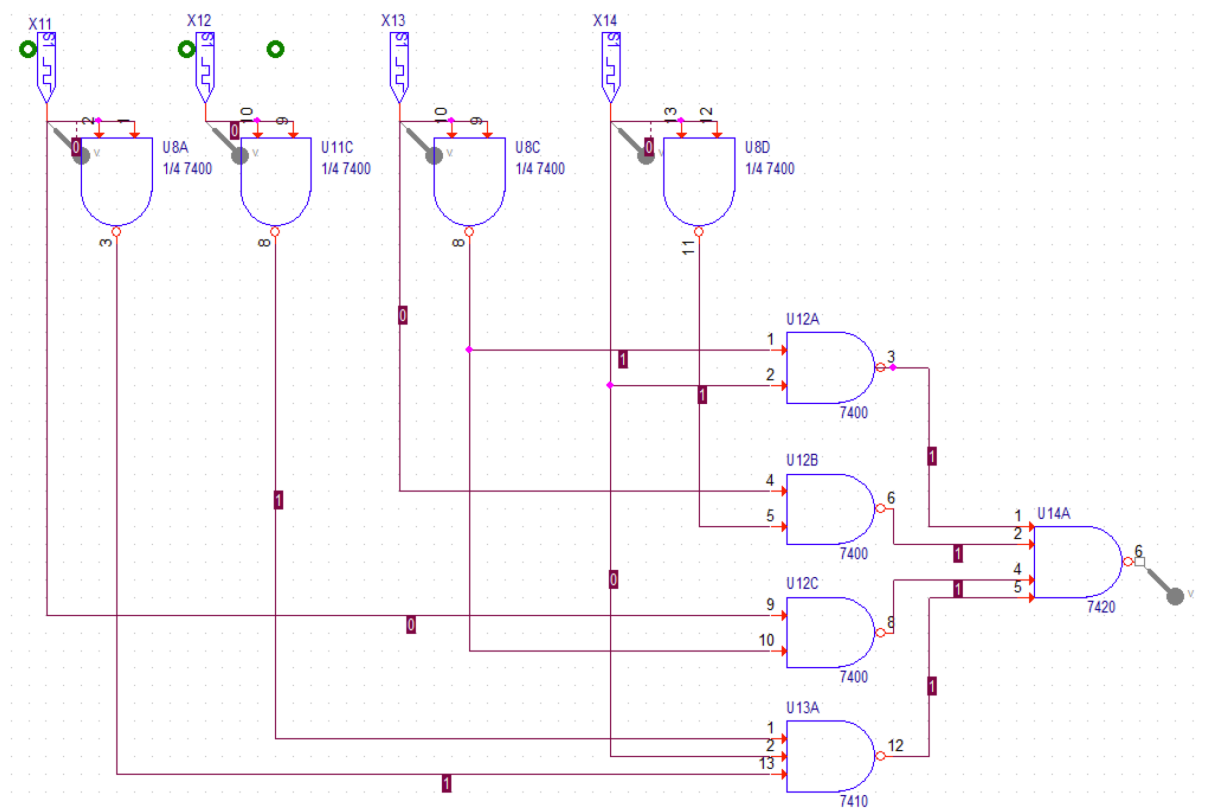
S-a folosit :

- 1 x 74LS00(-3)
- 1 x 74LS10(-2)

Funcția d:

$$d^{FMD} = \overline{x_3} x_4 + \overline{x_2} x_4 + \overline{x_1} x_3 \overline{x_4} + x_1 \overline{x_3}$$

$$d^{FMD} = \overline{x_3} x_4 + \overline{x_2} x_4 + \overline{x_1} x_3 \overline{x_4} + x_1 \overline{x_3} = \overline{x_3} x_4 \overline{x_2} x_4 \overline{x_1} x_3 \overline{x_4} x_1 \overline{x_3}$$



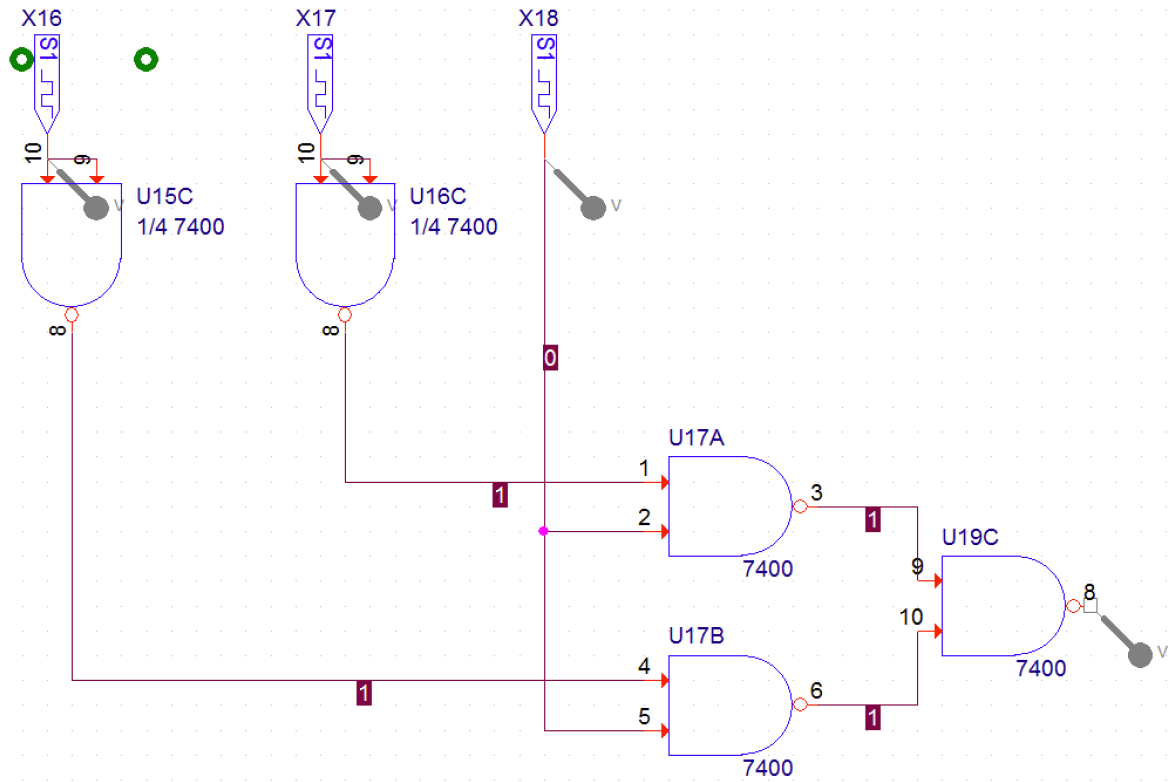
S-a folosit :

- 2 x 74LS00(-1)
- 1 x 74LS10(-2)
- 1 x 74LS20(-1)

Funcția e:

$$e^{FMD} = \overline{x_3}x_4 + \overline{x_2}x_4$$

$$e^{FMD} = \overline{\overline{\overline{x_3}x_4 + \overline{x_2}x_4}} = \overline{\overline{x_3}x_4} \overline{\overline{x_2}x_4}$$



S-a folosit :

- 2 x 74LS00(-3)