Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul de Automatică și Tehnologia Informației

FIȘA PROIECTULUI DE DISCIPLINĂ

**Disciplina:**
*Analiza și sinteza circuitelor numerice I*, an II/sem. 4.

Tema de proiect nr. 61
Să se proiecteze un decodificator BCD exces 3-7 segmente (logică combinatională).
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 şi diagrame Veitch-Karnaugh.
- Să se obtină formele minime disjunctive și conjunctive pentru funcțiile logice asociate decodificatorului BCD exces 3/ 7 segmente(utilizând combinațiile indife-rente) prin metodă diagramelor Karnaugh; se vor obține, de asemenea, formele minime disjunctive pentru ultimele două funcții logice de ieșire 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 două 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 specifică tipul și gradul de utilizare al fiecărui circuit integrat.

Bibliografia recomandată:

[1] Maican, S. – Sisteme numerice cu circuite integrate. Culegere de probleme, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1980.

[2] Ştefan, Gh. M., Bistriceanu, V. – Circuite integrate digitale. Probleme. Proiectare, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 2000.

[3] Wakerly, J.F. – Circuite digitale, Ed. Teora, Bucureşti, 2002.

[4] Wilkinson, B. – Electronică digitală. Bazele proiectării, Ed. Teora, Bucureşti, 2002.

[5] Moldoveanu, F., Floroian, D. – Circuite logice şi comenzi secvențiale. Circuite logice combinaționale, Ed. Universității Transilvania din Braşov, 2003.

[6] Toacşe, Gh., Nicula, D. – Electronică digitală, Ed. Tehnică, Bucureşti, 2005.

Condiții de redactare:

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

Evaluări pe parcurs:

S-au stability 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:

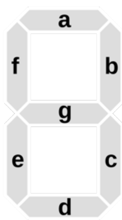
Forma finală a proiectului trebuie să conțină rezolvări pentru toate punctele cerute prin temă iar, din punct de vedere al redactării, să aibă forma solicitată. În cursul susținerii, studentul trebuie să dovedească cunoaștera metodelor specifice de rezolvare pentru problemele date, utilizarea corectă 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

| Echiv. Zecimal | Indici BCD excess 3 | | | | Echiv. zecimal binar natural | Ieșiri 7 segmente | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | | 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 conjunctiva(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:

$$a^{FCD} = \overline{x_1}\,\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\,\overline{x_3x_4} + x_1\overline{x_2\,x_3}x_4 + x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3}\,\overline{x_4} = P_3 + P_5 + P_6 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} = \sum(3,5,6,8,9,10,11,12)$$

$$a^{FCC} = (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4}) = S_4 \cdot S_7 = \prod(4,7)$$

Diagrama Karnaugh pentru funcția a :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | *<br>0 | 0<br>4 | 1<br>12 | 1<br>8 |
| 01 | 0<br>1 | 1<br>5 | *<br>13 | 1<br>9 |
| 11 | 1<br>3 | 0<br>7 | *<br>15 | 1<br>11 |
| 10 | 0<br>2 | 1<br>6 | *<br>14 | 1<br>10 |

Formele canonice pentru funcția b:

$$b^{FCD} = \overline{x_1}\,\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3x_4} + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3x_4} = P_3 = P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_{10} + P_{11} + P_{12} = \sum(3,4,5,6,7,10,11,12)$$

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

Diagrama Karnaugh pentru funcția b :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | *<br>0 | 1<br>4 | 1<br>12 | 0<br>8 |
| 01 | *<br>1 | 1<br>5 | *<br>13 | 0<br>9 |
| 11 | 1<br>3 | 1<br>7 | *<br>15 | 1<br>11 |
| 10 | *<br>2 | 1<br>6 | *<br>14 | 1<br>10 |

Formele canonice pentru funcția c:

$$c^{FCD} = \overline{x_1}\,\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3x_4} + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + x_1\overline{x_2\ x_3}\ \overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\ \overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3}\ \overline{x_4} = P_3 + P_4 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} = \sum(3,4,6,7,8,9,10,11,12)$$

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

Diagrama Karnaugh pentru funcția c :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | *<br>0 | 1<br>4 | 1<br>12 | 1<br>8 |
| 01 | *<br>1 | 0<br>5 | *<br>13 | 1<br>9 |
| 11 | 1<br>3 | 1<br>7 | *<br>15 | 1<br>11 |
| 10 | *<br>2 | 1<br>6 | *<br>14 | 1<br>10 |

Formele canonice pentru funcția d:

$$d^{FCD} = \overline{x_1}\ \overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\overline{x_3}\ \overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3}\overline{x_4} = P_3 + P_5 + P_6 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} = \sum(3,5,6,8,9,11,12)$$

$$d^{FCC} = (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4})(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4) = S_4 \cdot S_7 \cdot S_{10} = \sum(3,5,6,8,9,11,12)$$

Diagrama Karnaugh pentru funcția d :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * (0) | 0 (4) | 1 (12) | 1 (8) |
| 01 | * (1) | 1 (5) | * (13) | 1 (9) |
| 11 | 1 (3) | 0 (7) | * (15) | 1 (11) |
| 10 | * (2) | 1 (6) | * (14) | 0 (10) |

Formele canonice pentru funcția e:

$$e^{FCD} = \overline{x_1\,x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2\,x_3}x_4 + x_1\overline{x_2x_3}x_4 = P_3 + P_5 + P_9 + P_{11} = \sum(3,5,9,11)$$

$$e^{FCC} = (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4})(\overline{x_1} + x_2 + x_3 + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4)(\overline{x_1} + \overline{x_2} + x_3 + x_4) = S_4 \cdot S_6 \cdot S_7 \cdot S_8 \cdot S_{10} \cdot S_{12} = \prod(4,6,7,8,9,10,12)$$

Diagrama Karnaugh pentru funcția e :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * (0) | 0 (4) | 0 (12) | 0 (8) |
| 01 | * (1) | 1 (5) | * (13) | 1 (9) |
| 11 | 1 (3) | 0 (7) | * (15) | 1 (11) |
| 10 | * (2) | 0 (6) | * (14) | 0 (10) |

Formele canonice pentru funcția f:

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

$f^{FCC} = (x_1 + \overline{x_2} + x_3 + x_4)(x_1 + \overline{x_2} + x_3 + \overline{x_4})(x_1 + \overline{x_2} + \overline{x_3} + x_4)(\overline{x_1} + x_2 + \overline{x_3} + x_4) = S_4 \cdot S_5 \cdot S_6 \cdot S_7 = \prod(3,7,8,9,11,12)$

Diagrama Karnaugh pentru funcția f :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * $_{0}$ | 0 $_{4}$ | 1 $_{12}$ | 1 $_{8}$ |
| 01 | * $_{1}$ | 0 $_{5}$ | * $_{13}$ | 1 $_{9}$ |
| 11 | 1 $_{3}$ | 1 $_{7}$ | * $_{15}$ | 1 $_{11}$ |
| 10 | * $_{2}$ | 0 $_{6}$ | * $_{14}$ | 0 $_{10}$ |

Formele canonice pentru funcția g:

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

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

Diagrama Karnaugh pentru funcția g :

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * $_{0}$ | 0 $_{4}$ | 1 $_{12}$ | 1 $_{8}$ |
| 01 | * $_{1}$ | 1 $_{5}$ | * $_{13}$ | 1 $_{9}$ |
| 11 | 0 $_{3}$ | 1 $_{7}$ | * $_{15}$ | 1 $_{11}$ |
| 10 | * $_{2}$ | 1 $_{6}$ | * $_{14}$ | 0 $_{10}$ |

## Formele minime disjunctive şi conjunctive

*Metoda diagramelor Karnaugh porneşte 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 uşurință, a unor identități de forma (legile absorbtiei):*

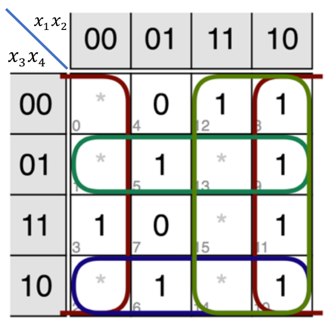
$$a + ab = a,\;\; ab + a\bar{b} = a,\;\; a + \bar{a}b = a + b$$

*Metoda porneşte 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.*

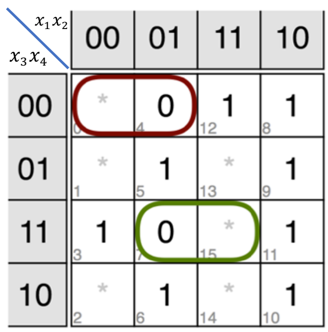
*Diagrama este astfel organizată, încât două compartimente vecine pe linie sau pe coloană, să difere printr-o aceeaşi variabilă, variabilă care într-o combinație să apară negată şi în alta adevărată(proprietatea de adiacență).*

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

Funcția a:



FMD



FMC

$$a^{FMD} = \overline{x_2} + \overline{x_3}x_4 + x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}$$
$$a^{FMC} = \overline{a_0^{FMD}} = \overline{x_1x_3x_4 + x_2x_3x_4} = (x_1 + x_3 + x_4) * (x_2 + x_3 + x_4)$$

Funcția b:

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 1 | 1 | 0 |
| 01 | * | 1 | * | 0 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 1 |

FMD

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 1 | 1 | 0 |
| 01 | * | 1 | * | 0 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 1 |

FMC

$$b^{FMD} = x_3 + x_2$$
$$b^{FMC} = \overline{b_0^{FMD}} = \overline{x_2 x_3} = (x_2 + x_3)$$

Funcția c:

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 1 | 1 | 1 |
| 01 | * | 0 | * | 1 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 1 |

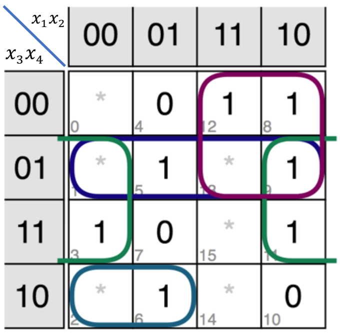
FMD

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 1 | 1 | 1 |
| 01 | * | 0 | * | 1 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 1 |

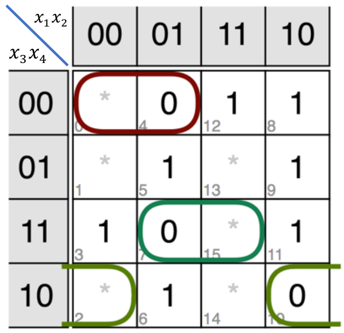
FMC

$$c^{FMD} = \overline{x_2} + x_3 + \overline{x_4}$$
$$c^{FMC} = \overline{c_0^{FMD}} = \overline{\overline{x_1}\,\overline{x_3}\,x_4} = (x_1 + x_3 + \overline{x_4})$$

Funcția d:




FMD

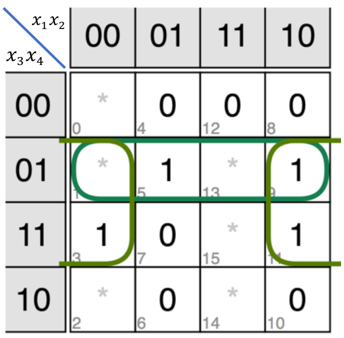



FMC

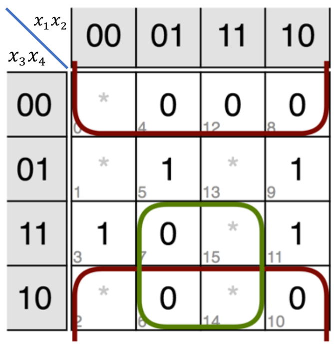
$$d^{FMD} = \overline{x_3}x_4 + \overline{x_2}x_4 + \overline{x_1}x_3\overline{x_4} + x_1\overline{x_3}$$

$$d^{FMC} = \overline{d_0^{FMD}} = \overline{\overline{x_1}\,\overline{x_3}\,\overline{x_4} + x_2x_3x_4 + \overline{x_2}x_3\overline{x_4}} = (x_1 + x_3 + x_4)(\overline{x_2} + \overline{x_3} + \overline{x_4})(x_2 + \overline{x_3} + x_4)$$

Funcția e:




FMD




FMC

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

$$e^{FMC} = \overline{e_0^{FMD}} = \overline{\overline{x_4} + x_2x_3} = x_4(\overline{x_2} + \overline{x_3})$$

Funcția f:

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 0 | 1 | 1 |
| 01 | * | 0 | * | 1 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 0 | * | 0 |

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 0 | 1 | 1 |
| 01 | * | 0 | * | 1 |
| 11 | 1 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 0 | * | 0 |

FMC

$$f^{FMD} = x_3x_4 + x_1\overline{x_3}$$

$$f^{FMC} = \overline{f_0^{FMD}} = \overline{\overline{x_1}\,\overline{x_3} + x_3\overline{x_4}} = (x_1 + x_3)(\overline{x_3} + x_4)$$

Funcția g:

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 0 | 1 | 1 |
| 01 | * | 1 | * | 1 |
| 11 | 0 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 0 |

FMD

| $x_3x_4$ \ $x_1x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | * | 0 | 1 | 1 |
| 01 | * | 1 | * | 1 |
| 11 | 0 | 1 | * | 1 |
| 10 | * | 1 | * | 0 |

FMC

$$g^{FMD} = x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\overline{x_3}$$

$$g^{FMC} = \overline{g_0^{GMD}} = \overline{\overline{x_1}\,\overline{x_3}\,\overline{x_4} + x_1x_2 + \overline{x_2}x_3\overline{x_4}} = (x_1 + x_3 + x_4)(x_1 + x_2)(x_2 + \overline{x_3} + x_4)$$

## Minimizarea funcțiilor f şi g prin metoda Quine-McCluskey

$$f^{FCD} = \overline{x_1}\,\overline{x_2}x_3x_4 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + x_1\overline{x_2}\,\overline{x_3}\,\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\,\overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3}\,\overline{x_4} = P_3 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} = \sum(3,7,8,9,11,12)$$

Combinațiile indiferente (0, 1, 2, 13, 14 şi 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 |
| | | | | | | | | | | 1 | 1 | 0 | _ | 12,13 | 1 | 1 | _ | _ | 12,23,14,15 |
| | | | | | | | | | | 1 | 1 | _ | 0 | 12,14 | 1 | 1 | _ | _ | 12,14,13,15 |
| | | | | | | | | | | _ | 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 | | 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: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

$$f^{FMD} = x_1 x_3 + x_3 x_4$$

$g^{FCD} = \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + x_1\overline{x_2}\,\overline{x_3}\,\overline{x_4} + x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 + x_1\overline{x_2}x_3x_4 + x_1x_2\overline{x_3}\overline{x_4} =$
$P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{11} + P_{12} = \sum(5,6,7,8,9,11,12)$

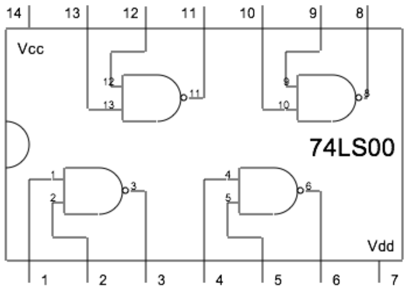
Combinațiile indiferente (0, 1, 2, 13, 14 şi 15) se vor compara cu celelalte, dar nu se vor compara între ele.

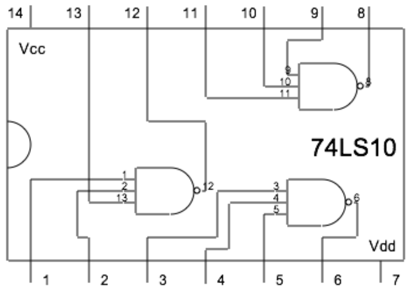
| | | | | | Subcuburi 0-dimensionale | | | | | Subcuburi 1-dimensionale | | | | | Subcuburi 2-dimensionale | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Etapa 1 | | | | | Etapa 2 | | | | | Etapa 3 | | | | |
| Natural | x1 | x2 | x3 | x4 | x1 | 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 | _ | 0,8,1,9 |
| 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 | | | | | |

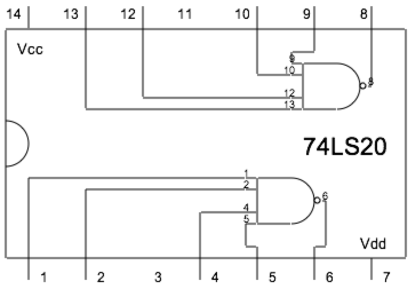
| Implicanti primi | | | | Indicii | Termeni canonici | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x1 | x2 | x3 | x4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| _ | 0 | 0 | _ | 0,8,1,9 | | | | * | * | | |
| 1 | _ | 0 | _ | 8,9,12,13 | | | | * | * | | * |
| _ | _ | 0 | 1 | 1,5,9,13 | * | | | | | | |
| _ | 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: | | | | | | IPE | |
| | | | | Acoperit: | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

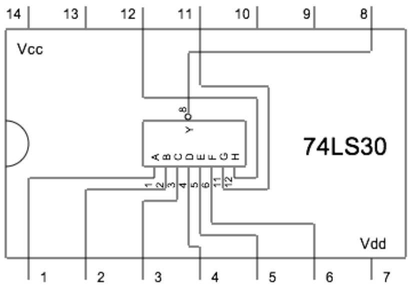
$f^{FMC} = x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\overline{x_3}\ {}_3$

Încapsularea porților in circuitele integrate folosite:



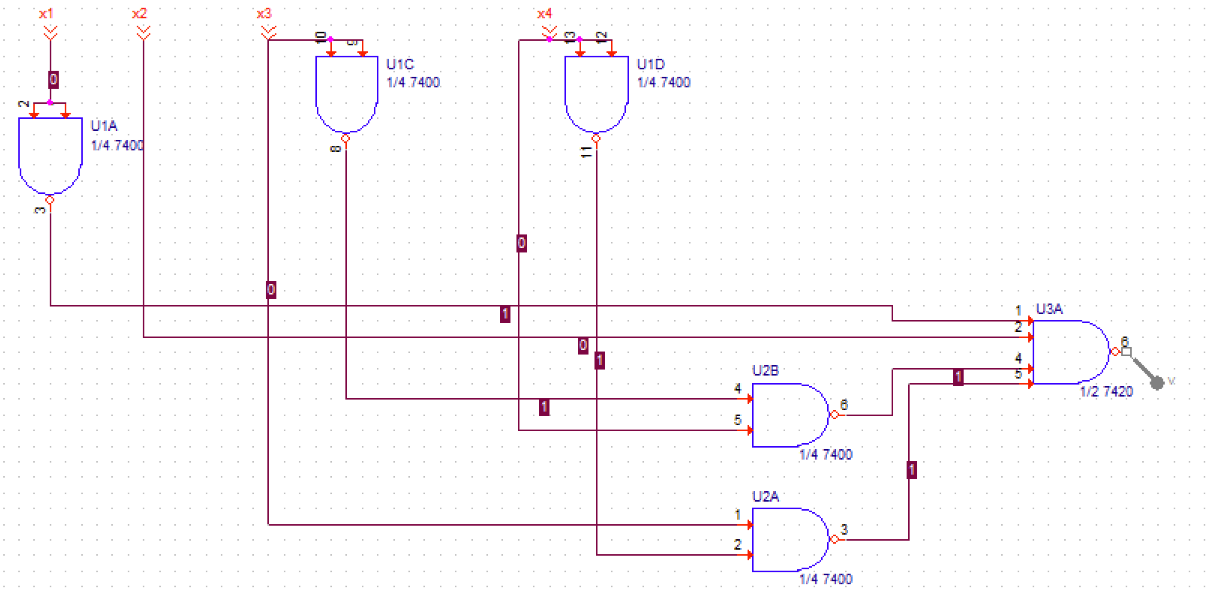
## Implementarea funcțiilor logice cu porți ŞI-NU în tehnologie TTL

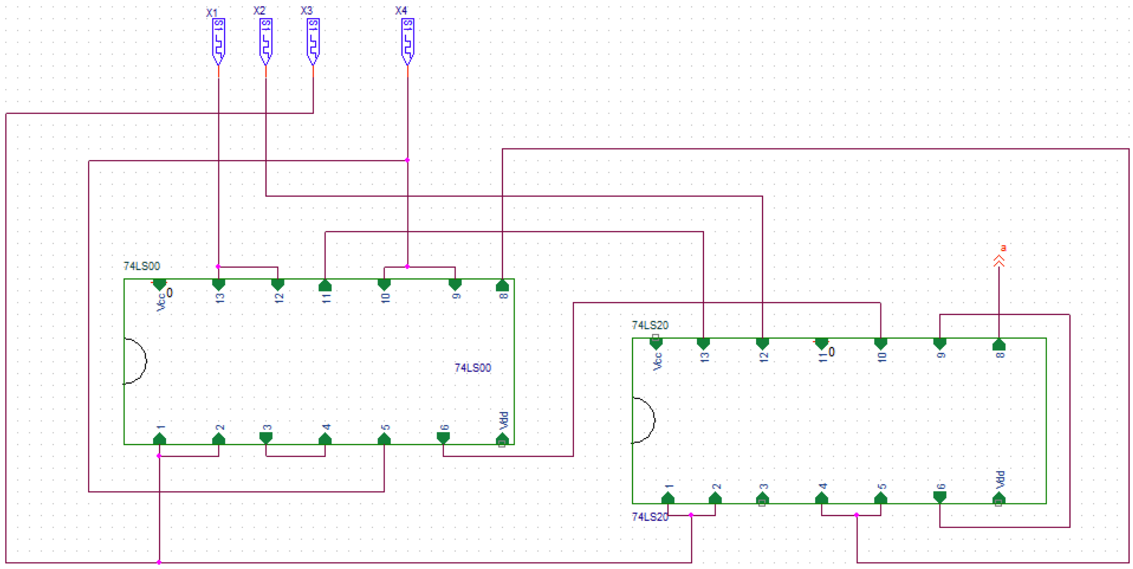
Pentru a implementa funcțiile logice cu porți logice ŞI-NU acestea trebuiesc aduse la o formă adecvată. Procedeul care se va folosi este negarea de două ori a funcției şi folosirea formulelor lui De Morgan. Se vor folosi circuite integrate din producția Texas Instruments din seria 74LS.

### Funcția a:

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

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



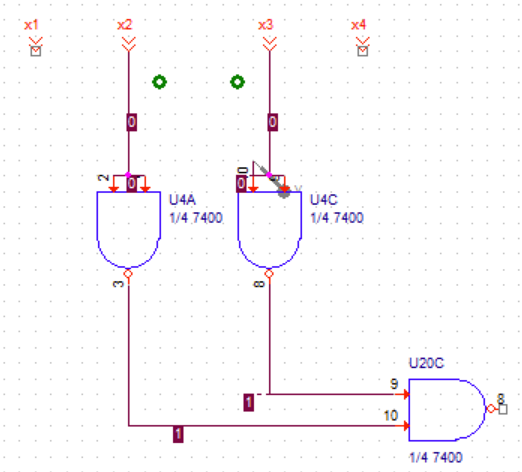




S-a folosit:

- 1x74LS00(-)
- 1x74LS20(-)

**Funcția b:**

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

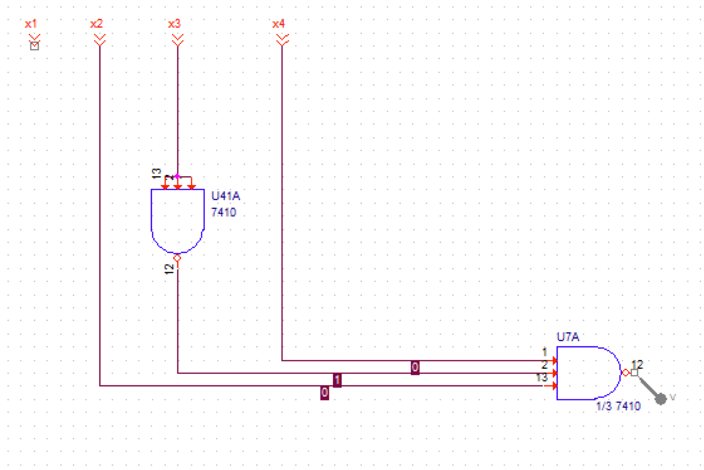



S-a folosit:

1x 74LS00(-1)

**Funcția c:**

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



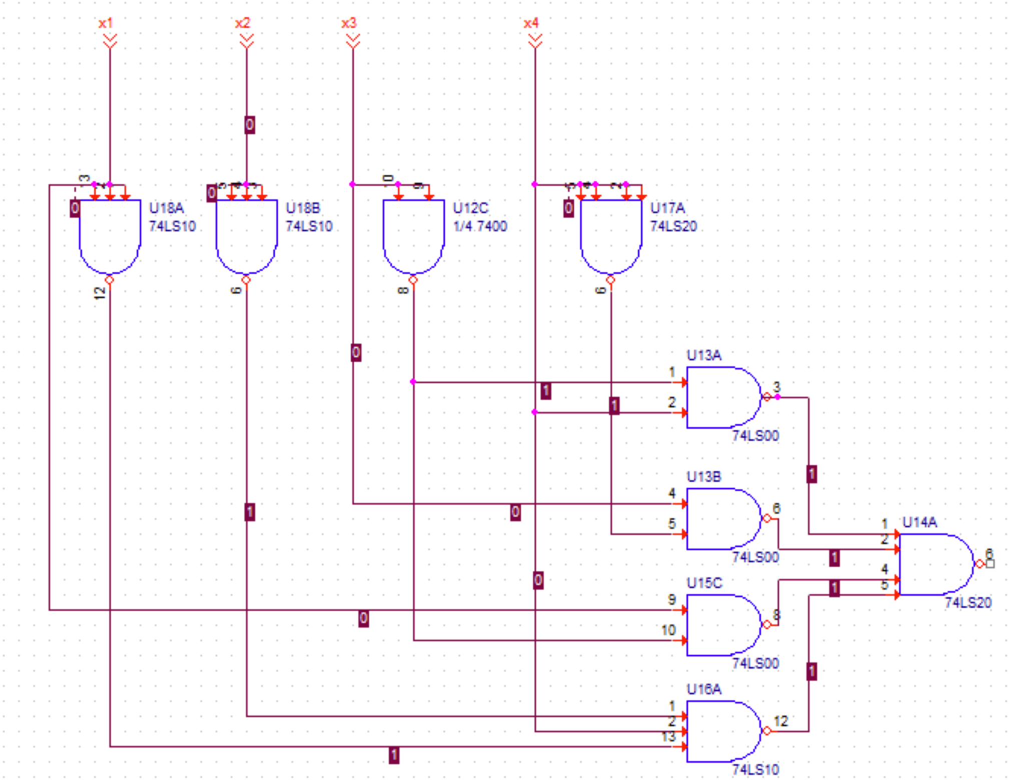

S-a folosit:

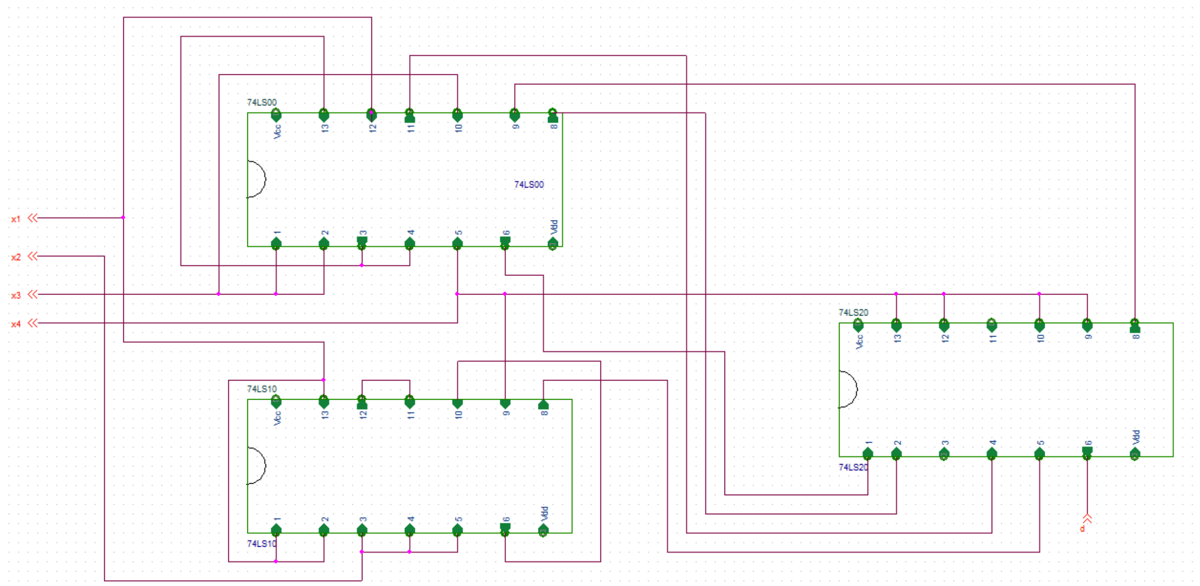
- 1 x 74LS10(-1)

## Funcția d:

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

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



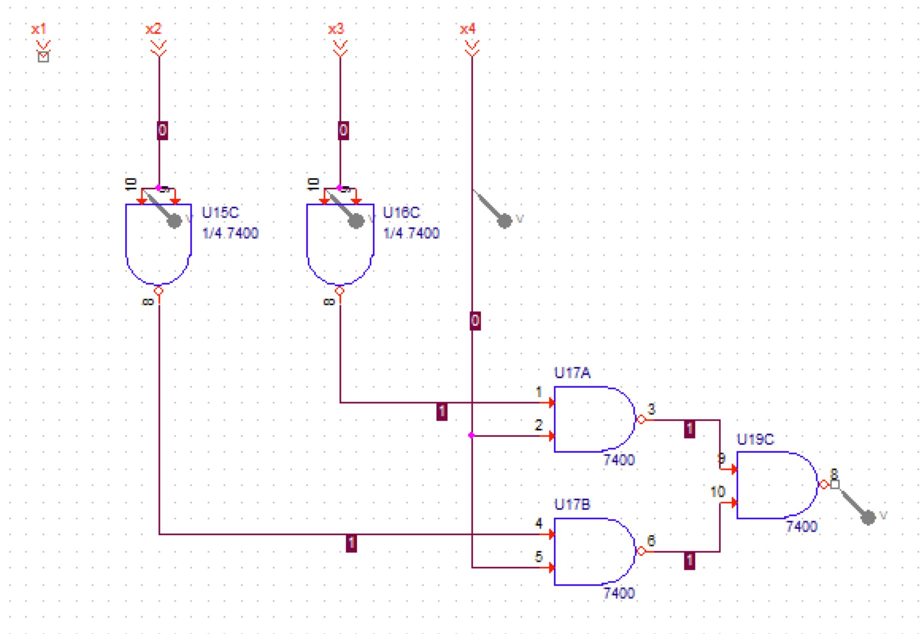

S-a folosit:

- 1x74LS20(-)
- 1x74LS10(-)
- 1x74LS00(-)

**Funcția e:**

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

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

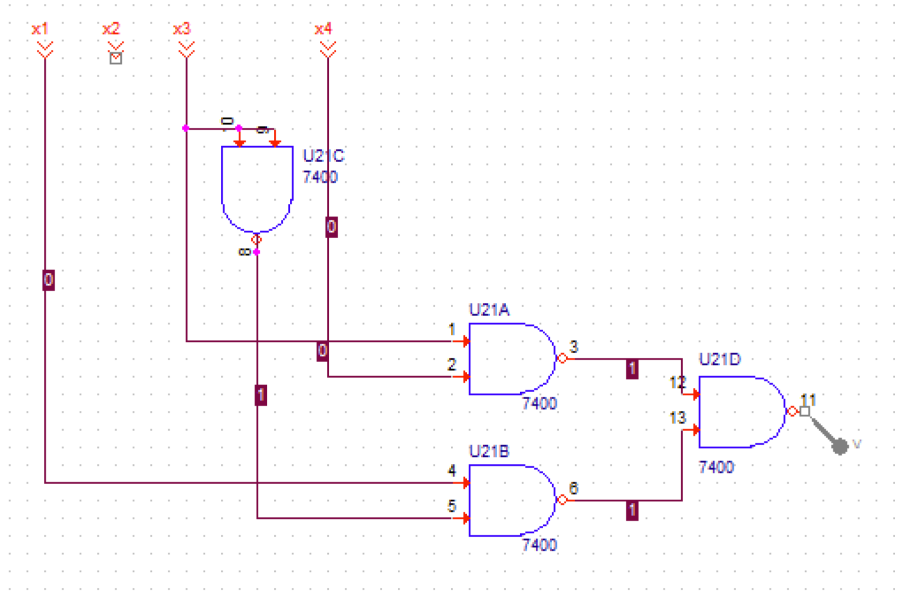



S-a folosit:

- 2x74LS00(-3)

**Funcția f:**

$$f^{FMD} = x_3x_4 + x_1\overline{x_3}$$
$$f^{FMD} = \overline{\overline{x_3x_4 + x_1\overline{x_3}}} = \overline{\overline{x_3x_4}\,\overline{x_1\overline{x_3}}}$$



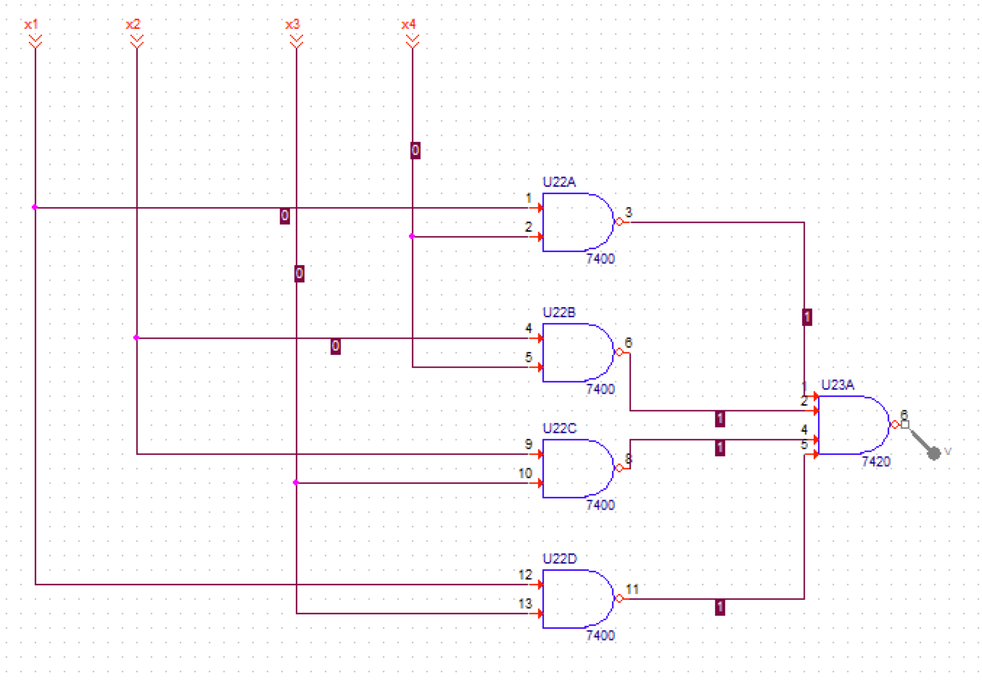

S-a folosit:

- 1x74LS00(-)

**Funcția g:**

$$g^{FMD} = x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\overline{x_3}$$

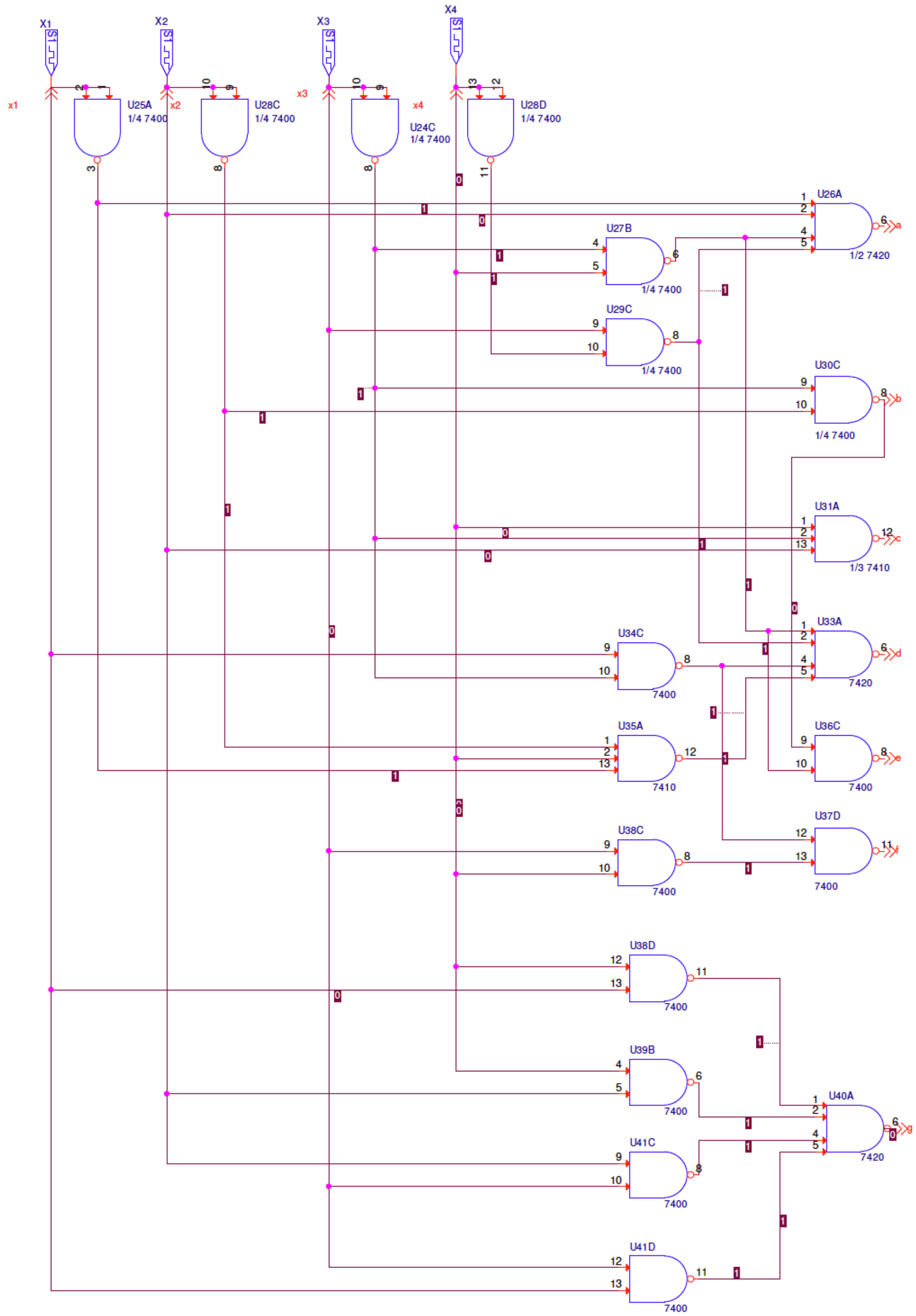
$$g^{FMD} = \overline{\overline{x_1x_4 + x_2x_4 + x_2x_3 + x_1\overline{x_3}}} = \overline{\overline{x_1x_4}\ \overline{x_2x_4}\ \overline{x_2x_3}\ \overline{x_1\overline{x_3}}}$$




S-a folosit:

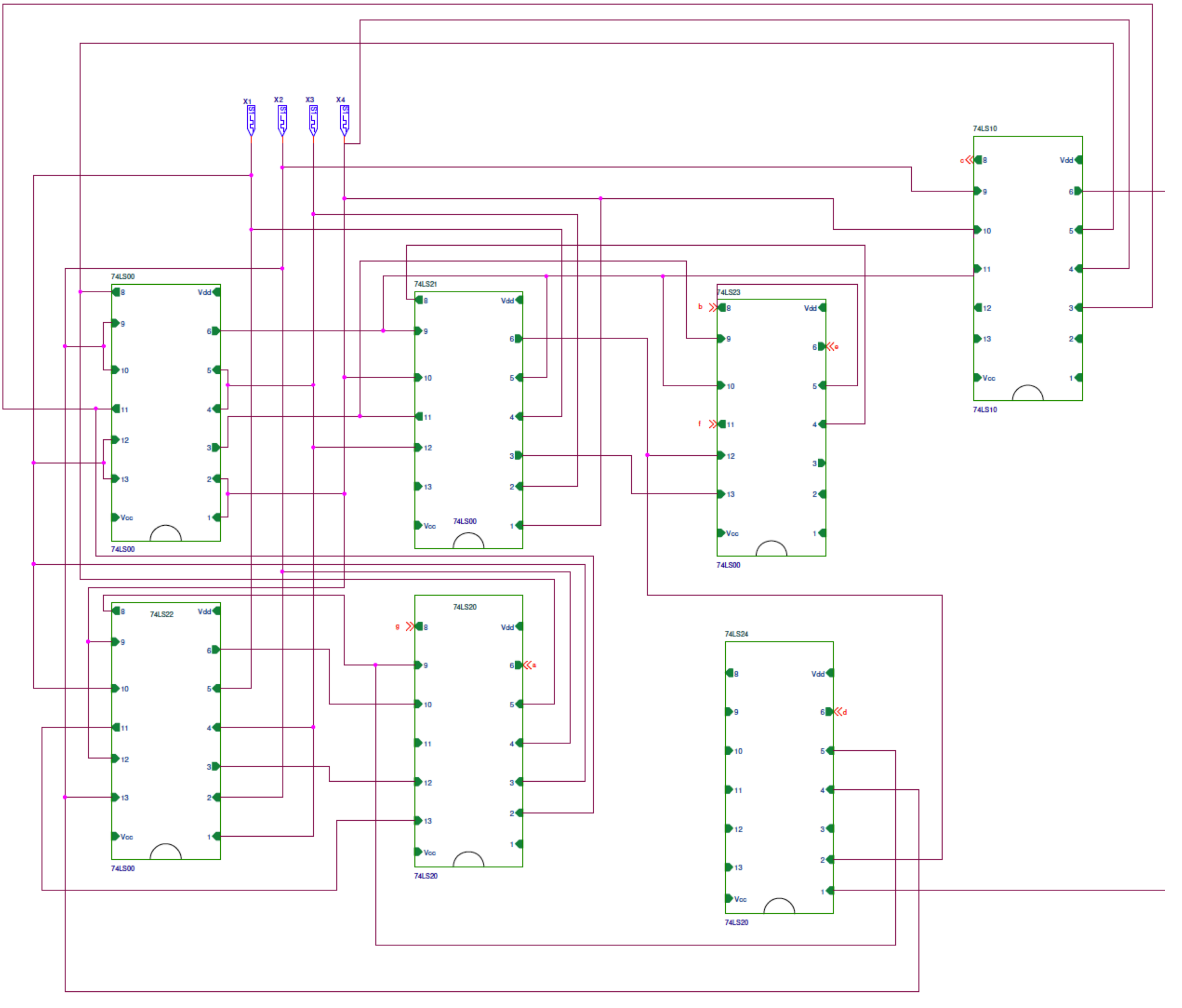
- 1x74LS20(-1)
- 1x74LS00(-)

Implementarea ansamblului funcțiilor logice numai cu porți logice ȘI-NU.




Am folosit:

- 2x74LS20(-1)
- 1x74LS10(-1)
- 4x74LS00(-1)


X1
X2
X3
X4
74LS10
74LS00
74LS21
74LS23
74LS22
74LS20
74LS24
a
b
c
d
e
f
g

**Implementarea schemei cu primele două porți ŞI-NU în tehnologie TTL iar următoarele 5 SAU-NU în tehnologie CMOS.**

- porți logice ȘI-NU(circuite integrate TTL)

  $a^{FMD} = \overline{x_2} + \overline{x_3}x_4 + x_3\overline{x_4} + \overline{x_1}$
  $b^{FMD} = x_3 + x_2$
  $c^{FMD} = \overline{x_2} + x_3 + \overline{x_4}$
- porți logice SAU-NU(circuite integrate CMOS)

  $d^{FMD} = \overline{\overline{x_3 x_4}} + \overline{\overline{x_2 x_4}} + \overline{\overline{x_1 x_3 \overline{x_4}}} + \overline{\overline{x_1 \overline{x_3}}} = \overline{(x_3 + x_4)} + \overline{(x_2 + \overline{x_4})} + \overline{(x1 + \overline{x_3} + x_4)} + \overline{(x_1 + x_3)}$
  $e^{FMD} = \overline{\overline{\overline{x_3}x_4}} + \overline{\overline{\overline{x_2}x_4}} = \overline{(x_3 + \overline{x_4})} + \overline{(x_2 + \overline{x_4})}$

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