

Тема: Проектування комбінаційних схем на мікросхемах різного ступеню інтеграції

Куценко Євгеній, ІПС-31

1

Варіант: 11 (0001011)

$a_7 = 0, a_6 = 0, a_5 = 0, a_4 = 1, a_3 = 0, a_2 = 1, a_1 = 1$

Табл. 1: таблиця істинності функцій y та \bar{y}

x_1	x_2	x_3	x_4	y	\bar{y}
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1

2

Для заданої функції та її заперечення знайдемо МДНФ та запишемо представлення у всіх нормальних формах.

Роглянемо функцію y :

$$\text{ДДНФ: } y = \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3 \overline{x_4}} \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 \overline{x_3} x_4} \vee \overline{x_1 \overline{x_2} x_3 x_4} \vee \overline{x_1 \overline{x_2} x_3 \overline{x_4}} \vee \overline{x_1 x_2 \overline{x_3} \overline{x_4}}$$

Мінімізуємо методом Карно-Вейча:

y		$x_3 x_4$			
		00	01	11	10
$x_1 x_2$	00	• 1	0	• 1	• • 1
	01	0	• 1	0	0
	11	0	• 1	0	0
	10	• 1	0	0	• 1

Табл. 2: *діаграма Вейча функції y*

$$\text{МДНФ: } y = \overline{x_2 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3} \vee x_2 \overline{x_3} x_4$$

Отримаємо наступні представлення y у нормальних формах:

$$\begin{aligned} y &= \overline{x_2 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3} \vee x_2 \overline{x_3} x_4 = & (\text{I/АБО}) \\ &= \overline{\overline{\overline{x_2 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3} \vee x_2 \overline{x_3} x_4}} = \\ &= \overline{(\overline{x_2 x_4}) \cdot (\overline{x_1 x_2 x_3}) \cdot (\overline{x_2 \overline{x_3} x_4})} = & (\text{I-НІ/I-НІ}) \\ &= \overline{(x_2 \vee x_4) \cdot (x_1 \vee x_2 \vee \overline{x_3}) \cdot (\overline{x_3} \vee x_3 \vee \overline{x_4})} = & (\text{АБО/I-НІ}) \\ &= \overline{(x_2 \vee x_4)} \vee \overline{(x_1 \vee x_2 \vee \overline{x_3})} \vee \overline{(\overline{x_3} \vee x_3 \vee \overline{x_4})} & (\text{АБО-НІ/АБО}) \end{aligned}$$

Роглянемо функцію \overline{y} :

ДДНФ:

$$\begin{aligned} \overline{y} &= \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 \overline{x_3} \overline{x_4}} \vee \overline{x_1 x_2 x_3 \overline{x_4}} \vee \overline{x_1 x_2 \overline{x_3} x_4} \vee \\ &\vee \overline{x_1 \overline{x_2} \overline{x_3} x_4} \vee \overline{x_1 \overline{x_2} x_3 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 \overline{x_3} x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3 \overline{x_4}} \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \end{aligned}$$

Мінімізуємо методом Карно-Вейча:

\overline{y}		$x_3 x_4$			
		00	01	11	10
$x_1 x_2$	00	0	• 1	0	0
	01	• 1	0	• 1	• • 1
	11	• 1	0	• 1	• • 1
	10	0	• • 1	• 1	0

Табл. 3: *діаграма Вейча функції \overline{y}*

$$\text{МДНФ: } \overline{y} = x_2 x_3 \vee x_1 \overline{x_2} x_4 \vee x_2 \overline{x_4} \vee \overline{x_2} \overline{x_3} x_4$$

Отримаємо наступні представлення y у нормальних формах:

$$\begin{aligned}
 y &= \overline{x_2 x_3} \vee \overline{x_1 x_2 x_4} \vee \overline{x_2 x_4} \vee \overline{x_2 x_3 x_4} = & (I/\text{АБО-НІ}) \\
 &= (\overline{x_2 x_3}) \cdot (\overline{x_1 x_2 x_4}) \cdot (\overline{x_2 x_4}) \cdot (\overline{x_2 x_3 x_4}) = & (I\text{-НІ}/I) \\
 &= (\overline{x_2} \vee \overline{x_3}) \cdot (\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \cdot (\overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \cdot (\overline{x_2} \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_4}) = & (\text{АБО}/I) \\
 &= \overline{(\overline{x_2} \vee \overline{x_3}) \cdot (\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \cdot (\overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \cdot (\overline{x_2} \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_4})} = \\
 &= \overline{(\overline{x_2} \vee \overline{x_3}) \vee (\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \vee (\overline{x_2} \vee \overline{x_4}) \vee (\overline{x_2} \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_4})} & (\text{АБО-НІ}/\text{АБО-НІ})
 \end{aligned}$$

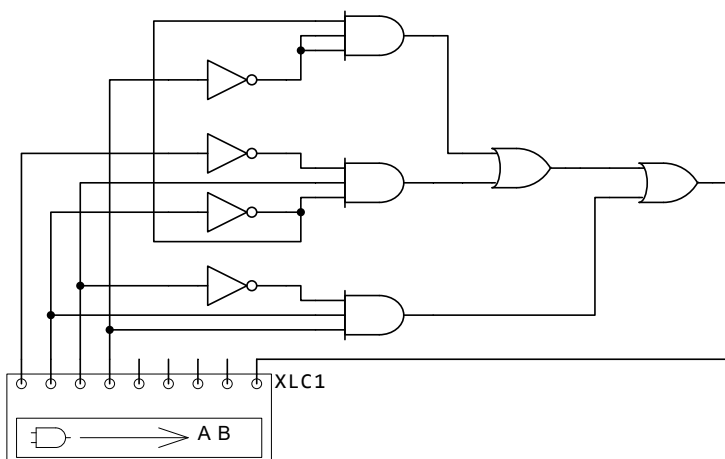
3

Необхідно побудувати схеми, що реалізують операторне представлення, використовуючи елементи:

1. 3I/2АБО (час затримки сигналів: 24ms/22ms), з використанням елемента НІ (час затримки 24ms)
2. 2I-НІ (час затримки сигналів: 20ms)

3.1 3I/2АБО + НІ

$$\begin{aligned}
 y &= \overline{x_2 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3} \vee \overline{x_2 x_3 x_4} = \\
 &= (\overline{x_2 x_4 x_4} \vee \overline{x_1 x_2 x_3}) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}
 \end{aligned}$$



(а) Схема

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0	0					1
001	0	0	0	1					0
002	0	0	1	0					1
003	0	0	1	1					1
004	0	1	0	0					0
005	0	1	0	1					1
006	0	1	1	0					0
007	0	1	1	1					0
008	1	0	0	0					1
009	1	0	0	1					0
010	1	0	1	0					1
011	1	0	1	1					0
012	1	1	0	0					0
013	1	1	0	1					1
014	1	1	1	0					0
015	1	1	1	1					0

(б) Результат роботи схеми у NI Multisim

Рис. 1: Реалізація функції на елементах 3I/2АБО + НІ

3.2 2І-НІ

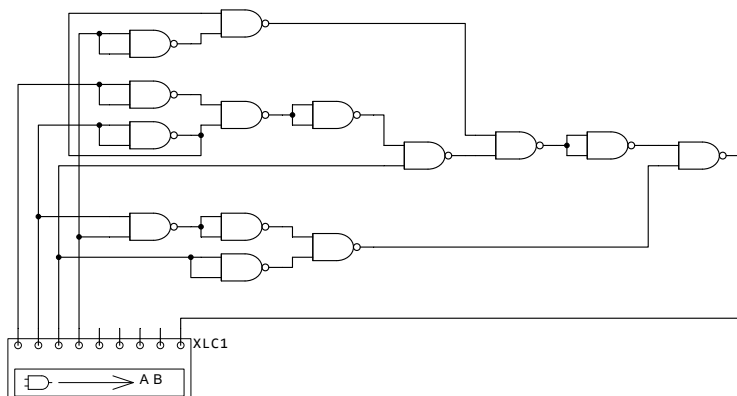
$$y = \overline{\overline{(x_2 x_4)} \cdot \overline{(x_1 x_2 x_3)} \cdot \overline{(x_2 x_3 x_4)}} = \overline{A \cdot B \cdot C};$$

$$A = \overline{(x_2 x_4)} = \overline{(x_2 \cdot x_4)};$$

$$B = \overline{(x_1 x_2 x_3)} = \overline{(x_1 x_2) x_3} = \overline{\overline{(x_1 \cdot x_2)} \cdot x_3} = \overline{\overline{(x_1 \cdot x_2)}} \cdot x_3;$$

$$C = \overline{(x_2 x_3 x_4)} = \overline{(x_2 x_4) x_3} = \overline{\overline{(x_2 \cdot x_4)} \cdot x_3} = \overline{\overline{(x_2 \cdot x_4)}} \cdot x_3;$$

$$y = \overline{A \cdot B \cdot C} = \overline{(A \cdot B) \cdot C} = \overline{\overline{(A \cdot B)} \cdot C} = \overline{\overline{((x_2 \cdot x_4) \cdot (x_1 \cdot x_2) \cdot x_3)} \cdot (x_2 \cdot x_4) \cdot x_3};$$



(а) Схема

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0	0					1
001	0	0	0	1					0
002	0	0	1	0					1
003	0	0	1	1					1
004	0	1	0	0					0
005	0	1	0	1					1
006	0	1	1	0					0
007	0	1	1	1					0
008	1	0	0	0					1
009	1	0	0	1					0
010	1	0	1	0					1
011	1	0	1	1					0
012	1	1	0	0					0
013	1	1	0	1					1
014	1	1	1	0					0
015	1	1	1	1					0

(б) Результат роботи схеми у NI Multisim

Рис. 2: Реалізація функції на елементах 2І-НІ

4

Визначимо складність та швидкодію отриманих у попередньому пункті схем. Для визначення складності використовуються наступні оцінки:

1. K - (складність за Квайном) сумарне число входів усіх логічних елементів схеми;
2. M - число логічних елементів схеми;
3. $N = \sum_{i=1}^r \frac{m_i n_i}{14}$ - число умовних корпусів мікросхем,
де r - число типів мікросхем, m_i - кількість мікросхем i -го типу, n_i - число виводів (входів і виходів) мікросхеми i -го типу;

4.1 3І/2АБО + НІ

$$K = 4 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2 = 17$$

$$M = 4 + 3 + 2 = 9$$

$$N = \frac{4 \cdot (1 + 1)}{14} + \frac{3 \cdot (3 + 1)}{14} + \frac{2 \cdot (2 + 1)}{14} = 26/14 = 13/7$$

$$\text{Середній час затримки сигналів: } T = 1 \cdot 24 + 1 \cdot 24 + 2 \cdot 22 = 92ms$$

4.2 2І-НІ

$$K = 14 \cdot 2 = 28$$

$$M = 14$$

$$N = \frac{14 \cdot (2 + 1)}{14} = 42/14 = 3$$

$$\text{Середній час затримки сигналів: } T = 7 \cdot 20 = 140$$

Отже схема на елементах 3І/2АБО + НІ є вигіднішою як за значеннями складності, так і за значенням затримки сигналів.

5

Табл. 4: таблиця вхідної та вихідної інформації перетворювача кодів

на вході				на виході			
x_1	x_2	x_3	x_4	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0

ДДНФ функцій f_1, f_2, f_3, f_4 :

$$\begin{aligned}
 f_1 &= \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 \vee \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2x_3x_4 \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 \vee x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}x_3x_4 \vee x_1x_2\overline{x_3}\overline{x_4} \\
 f_2 &= \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 \vee \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2x_3x_4 \vee \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 \vee \overline{x_1}\overline{x_2}x_3\overline{x_4} \vee \overline{x_1}\overline{x_2}x_3x_4 \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 \\
 f_3 &= \overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 \vee \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2x_3x_4 \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 \vee x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}x_3x_4 \\
 f_4 &= \overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4 \vee \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4} \vee \overline{x_1}x_2x_3x_4 \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}x_4 \vee x_1\overline{x_2}x_3\overline{x_4} \vee x_1\overline{x_2}x_3x_4 \vee x_1x_2\overline{x_3}\overline{x_4} \vee x_1x_2\overline{x_3}x_4
 \end{aligned}$$

Повна множина елементарних кон'юнкцій отриманої системи:

$$\{\overline{x_1}x_2\overline{x_3}\overline{x_4}(3, 4), \overline{x_1}x_2\overline{x_3}x_4(2, 4), \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4}(2, 4), \overline{x_1}x_2x_3x_4(2, 3), \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}\overline{x_4}(2, 3, 4),$$

$$\overline{x_1x_2x_3x_4}(1), \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 4), \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3), x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 3, 4), x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4), \\ x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4), x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 3), x_1x_2\overline{x_3x_4}(1, 2, 3, 4), x_1x_2\overline{x_3x_4}(4), x_1x_2x_3\overline{x_4}(3)\}$$

Будуємо нову функцію γ , ДДНФ якої складається з елементів вище вказаної множини:

$$\gamma = \overline{x_1x_2x_3x_4}^1(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^2(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^3(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^4(2, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^5(2, 3, 4) \vee \\ \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^6(1) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^7(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^8(1, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^9(1, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{10}(1, 2, 4) \vee \\ \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{11}(1, 2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{12}(1, 2, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{13}(1, 2, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{14}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{15}(3)$$

Мінімізуємо використовуючи модифікований алгоритм Квайна.

Виконуємо склеювання:

$$\begin{aligned} 1 \vee 2 &= \overline{x_1x_2x_3x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \\ 1 \vee 3 &= \overline{x_1x_2x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \\ 1 \vee 5 &= \overline{x_1x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \\ 1 \vee 9 &= \overline{x_2x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(3, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 3, 4) \\ 2 \vee 4 &= \overline{x_1x_2x_4}(2) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3) \\ 2 \vee 10 &= \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \\ 3 \vee 4 &= \overline{x_1x_2x_3}(2) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3) \\ 3 \vee 7 &= \overline{x_1x_3x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 4) \\ 3 \vee 11 &= \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \\ 4 \vee 8 &= \overline{x_1x_3x_4}(3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3) \\ 4 \vee 12 &= \overline{x_2x_3x_4}(2, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 3) \\ 5 \vee 7 &= \overline{x_1x_2x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 4) \\ 5 \vee 13 &= \overline{x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(1, 2, 3, 4) \\ 6 \vee 8 &= \overline{x_1x_2x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3) \\ 7 \vee 8 &= \overline{x_1x_2x_3}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3) \\ 7 \vee 14 &= \overline{x_2x_3x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 4) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(4) \\ 8 \vee 15 &= \overline{x_2x_3x_4}(3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(3) \\ 9 \vee 10 &= \overline{x_1x_2x_3}(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \\ 9 \vee 11 &= \overline{x_1x_2x_4}(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \\ 9 \vee 13 &= \overline{x_1x_3x_4}(1, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 3, 4) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(1, 2, 3, 4) \\ 10 \vee 12 &= \overline{x_1x_2x_4}(1, 2) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 3) \\ 11 \vee 12 &= \overline{x_1x_2x_3}(1, 2) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \vee x_1\overline{x_2x_3x_4}(1, 2, 3) \\ 11 \vee 14 &= \overline{x_1x_3x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 2, 4) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(4) \\ 12 \vee 15 &= \overline{x_1x_3x_4}(3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 2, 3) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(3) \\ 13 \vee 14 &= \overline{x_1x_2x_4}(4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}(1, 2, 3, 4) \vee x_1x_2\overline{x_3x_4}(4) \end{aligned}$$

Після проведення поглинань отримуємо:

$$\begin{aligned} \gamma &= \overline{x_1x_2x_3}^1(4) \vee \overline{x_1x_2x_4}^2(4) \vee \overline{x_1x_3x_4}^3(3, 4) \vee \overline{x_2x_3x_4}^4(3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_4}^5(2) \vee \\ &\vee \overline{x_2x_3x_4}^6(2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3}^7(2) \vee \overline{x_1x_3x_4}^8(4) \vee \overline{x_2x_3x_4}^9(2, 4) \vee \overline{x_1x_3x_4}^{10}(3) \vee \\ &\vee \overline{x_2x_3x_4}^{11}(2, 3) \vee \overline{x_1x_2x_4}^{12}(4) \vee \overline{x_2x_3x_4}^{13}(2, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_4}^{14}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3}^{15}(1) \vee \\ &\vee \overline{x_2x_3x_4}^{16}(4) \vee \overline{x_2x_3x_4}^{17}(3) \vee \overline{x_1x_2x_3}^{18}(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_4}^{19}(1, 4) \vee \overline{x_1x_3x_4}^{20}(1, 3, 4) \vee \\ &\vee \overline{x_1x_2x_4}^{21}(1, 2) \vee \overline{x_1x_2x_3}^{22}(1, 2) \vee \overline{x_1x_3x_4}^{23}(4) \vee \overline{x_1x_3x_4}^{24}(3) \vee \overline{x_1x_2x_4}^{25}(4) \vee \\ &\vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{26}(1, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{27}(1, 3) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{28}(1, 2, 4) \vee \overline{x_1x_2x_3x_4}^{29}(1, 2, 4) \vee \end{aligned}$$

$$\vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{30} (1, 2, 3) \vee x_1 x_2 \overline{x_3 x_4}^{31} (1, 2, 3, 4)$$

Виконуємо склеювання:

$$\begin{aligned} 1 \vee 18 &= \overline{x_2 x_3} (4) \vee \overline{x_1 x_2 x_3} (4) \vee x_1 \overline{x_2 x_3} (1, 4) \\ 2 \vee 12 &= \overline{x_1 x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_2 x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_2 x_4} (4) \\ 2 \vee 19 &= \overline{x_2 x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_2 x_4} (4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4} (1, 4) \\ 3 \vee 8 &= \overline{x_1 x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_3 x_4} (3, 4) \vee \overline{x_1 x_3 x_4} (4) \\ 3 \vee 20 &= \overline{x_3 x_4} (3, 4) \vee \overline{x_1 x_3 x_4} (3, 4) \vee x_1 \overline{x_3 x_4} (1, 3, 4) \\ 4 \vee 6 &= \overline{x_2 x_3} (4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (3, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 4) \\ 4 \vee 9 &= \overline{x_2 x_4} (4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (3, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 4) \\ 4 \vee 13 &= \overline{x_3 x_4} (3, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (3, 4) \vee x_2 \overline{x_3 x_4} (2, 3, 4) \\ 5 \vee 21 &= \overline{x_2 x_4} (2) \vee \overline{x_1 x_2 x_4} (2) \vee x_1 \overline{x_2 x_4} (1, 2) \\ 6 \vee 11 &= \overline{x_2 x_4} (2) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 3) \\ 7 \vee 22 &= \overline{x_2 x_3} (2) \vee \overline{x_1 x_2 x_3} (2) \vee x_1 \overline{x_2 x_3} (1, 2) \\ 8 \vee 23 &= x_3 \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_3 x_4} (4) \vee x_1 x_3 \overline{x_4} (4) \\ 9 \vee 11 &= \overline{x_2 x_3} (2) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 3) \\ 9 \vee 16 &= x_3 \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 4) \vee x_2 x_3 \overline{x_4} (4) \\ 10 \vee 24 &= x_3 x_4 (3) \vee \overline{x_1 x_3 x_4} (3) \vee x_1 x_3 x_4 (3) \\ 11 \vee 17 &= x_3 x_4 (3) \vee \overline{x_2 x_3 x_4} (2, 3) \vee x_2 x_3 x_4 (3) \\ 12 \vee 25 &= x_2 \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_2 x_4} (4) \vee x_1 x_2 \overline{x_4} (4) \\ 13 \vee 16 &= x_2 \overline{x_4} (4) \vee x_2 \overline{x_3 x_4} (2, 3, 4) \vee x_2 x_3 \overline{x_4} (4) \\ 18 \vee 22 &= x_1 \overline{x_2} (1) \vee x_1 \overline{x_2 x_3} (1, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_3} (1, 2) \\ 19 \vee 21 &= x_1 \overline{x_2} (1) \vee x_1 \overline{x_2 x_4} (1, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4} (1, 2) \\ 19 \vee 25 &= x_1 \overline{x_4} (4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4} (1, 4) \vee x_1 x_2 \overline{x_4} (4) \\ 20 \vee 23 &= x_1 \overline{x_4} (4) \vee x_1 \overline{x_3 x_4} (1, 3, 4) \vee x_1 x_3 \overline{x_4} (4) \end{aligned}$$

Після проведення поглинань отримуємо:

$$\begin{aligned} \gamma &= \overline{x_2 x_3}^{1} (4) \vee \overline{x_1 x_4}^{2} (4) \vee \overline{x_3 x_4}^{3} (3, 4) \vee \overline{x_2 x_4}^{4} (4) \vee \overline{x_2 x_4}^{5} (2) \vee \\ &\vee \overline{x_2 x_3}^{6} (2) \vee \overline{x_3 x_4}^{7} (4) \vee x_3 x_4^{8} (3) \vee \overline{x_2 x_4}^{9} (4) \vee x_1 \overline{x_2}^{10} (1) \vee \\ &\vee x_1 \overline{x_4}^{11} (4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{12} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{13} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{14} (2, 3) \vee x_2 \overline{x_3 x_4}^{15} (2, 3, 4) \vee \\ &\vee \overline{x_1 x_2 x_4}^{16} (1) \vee \overline{x_1 x_2 x_3}^{17} (1) \vee x_1 \overline{x_2 x_3}^{18} (1, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4}^{19} (1, 4) \vee x_1 \overline{x_3 x_4}^{20} (1, 3, 4) \vee \\ &\vee x_1 \overline{x_2 x_4}^{21} (1, 2) \vee x_1 \overline{x_2 x_3}^{22} (1, 2) \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}^{23} (1, 4) \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}^{24} (1, 3) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{25} (1, 2, 4) \vee \\ &\vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{26} (1, 2, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{27} (1, 2, 3) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{28} (1, 2, 3, 4) \end{aligned}$$

Виконуємо склеювання:

$$\begin{aligned} 2 \vee 11 &= \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_1 x_4} (4) \vee x_1 \overline{x_4} (4) \\ 3 \vee 7 &= \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_3 x_4} (3, 4) \vee x_3 \overline{x_4} (4) \\ 4 \vee 9 &= \overline{x_4} (4) \vee \overline{x_2 x_4} (4) \vee x_2 \overline{x_4} (4) \end{aligned}$$

Після проведення поглинань отримуємо:

$$\begin{aligned} \gamma &= \overline{x_4}^{1} (4) \vee \overline{x_2 x_3}^{2} (4) \vee \overline{x_3 x_4}^{3} (3, 4) \vee \overline{x_2 x_4}^{4} (2) \vee \overline{x_2 x_3}^{5} (2) \vee \\ &\vee x_3 x_4^{6} (3) \vee x_1 \overline{x_2}^{7} (1) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{8} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{9} (2, 4) \vee \overline{x_2 x_3 x_4}^{10} (2, 3) \vee \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \vee x_2 \overline{x_3 x_4}^{11} (2, 3, 4) \vee \overline{x_1 x_2 x_4}^{12} (1) \vee \overline{x_1 x_2 x_3}^{13} (1) \vee x_1 \overline{x_2 x_3}^{14} (1, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4}^{15} (1, 4) \vee \\
& \vee x_1 \overline{x_3 x_4}^{16} (1, 3, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_4}^{17} (1, 2) \vee x_1 \overline{x_2 x_3}^{18} (1, 2) \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}^{19} (1, 4) \vee \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}^{20} (1, 3) \vee \\
& \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{21} (1, 2, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{22} (1, 2, 4) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{23} (1, 2, 3) \vee x_1 \overline{x_2 x_3 x_4}^{24} (1, 2, 3, 4)
\end{aligned}$$

Подальші склеювання та поглинання неможливі, а отже ми отримали скорочену ДНФ функції γ .

[illegible]

Отже, МДНФ функції γ :

$$\gamma = \overline{x_4}(4) \vee \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_2x_3}(2) \vee x_3x_4(3) \vee x_1\overline{x_2}(1) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) \vee \overline{x_1x_2x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3}(1) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4);$$

Тоді мінімальна система даних функцій має вигляд:

$$\begin{aligned} f_1 &= x_1\overline{x_2}(1) \vee \overline{x_1x_2x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3}(1) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4); \\ f_2 &= \overline{x_2x_3}(2) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) \\ f_3 &= \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee x_3x_4(3) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4); \\ f_4 &= \overline{x_4}(4) \vee \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4); \end{aligned}$$

Знаходимо операторні представлення заданих функцій на елементах 3І-НІ:

$$\begin{aligned} f_1 &= x_1\overline{x_2}(1) \vee \overline{x_1x_2x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3}(1) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4) = \\ &= \overline{\overline{x_1\overline{x_2}(1) \vee \overline{x_1x_2x_4}(1) \vee \overline{x_1x_2x_3}(1) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4)}} = \\ &= \overline{(x_1\overline{x_2})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_4})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_3})(1) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{((x_1\overline{x_2})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_4})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_3})(1)) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{((x_1x_1\overline{x_2})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_4})(1) \cdot (\overline{x_1x_2x_3})(1)) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \overline{x_2x_3}(2) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) = \\ &= \overline{\overline{\overline{x_2x_3}(2) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4)}} = \\ &= \overline{(\overline{x_2x_3x_3})(2) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4))}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee x_3x_4(3) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4) = \\ &= \overline{\overline{\overline{x_3x_4}(3, 4) \vee x_3x_4(3) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4)}} = \\ &= \overline{(\overline{x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_3x_4})(3) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{((\overline{x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_3x_4})(3) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4)) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{((\overline{x_3x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_3x_3x_4})(3) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4)) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= \overline{x_4}(4) \vee \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4) = \\ &= \overline{\overline{\overline{\overline{x_4}(4) \vee \overline{x_3x_4}(3, 4) \vee \overline{x_2x_3x_4}(2, 4) \vee x_2\overline{x_3x_4}(2, 3, 4) \vee x_1\overline{x_3x_4}(1, 3, 4)}}} = \\ &= \overline{(\overline{x_4})(4) \cdot (\overline{x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{(\overline{x_4x_4x_4})(4) \cdot (\overline{x_3x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))} = \\ &= \overline{((\overline{x_4x_4x_4})(4) \cdot (\overline{x_3x_3x_4})(3, 4) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 4)) \cdot (\overline{x_2x_3x_4})(2, 3, 4) \cdot (x_1\overline{x_3x_4})(1, 3, 4))}; \end{aligned}$$

Введемо деякі позначення для заперечень кон'юнкцій МДНФ функції γ :

$$A = \overline{(x_4 x_4 x_4)} \quad (4)$$

$$B = \overline{(x_3 x_3 x_4)} \quad (3, 4)$$

$$C = \overline{(x_2 x_3 x_3)} \quad (2)$$

$$D = \overline{(x_3 x_3 x_4)} \quad (3)$$

$$E = \overline{(x_1 x_1 x_2)} \quad (1)$$

$$F = \overline{(x_2 x_3 x_4)} \quad (2, 4)$$

$$G = \overline{(x_2 x_3 x_4)} \quad (2, 3, 4)$$

$$H = \overline{(x_1 x_2 x_4)} \quad (1)$$

$$I = \overline{(x_1 x_2 x_3)} \quad (1)$$

$$J = \overline{(x_1 x_3 x_4)} \quad (1, 3, 4)$$

Тоді:

$$f_1 = \overline{\overline{(E \cdot H \cdot I)} \cdot J \cdot J};$$

$$f_2 = \overline{\overline{C \cdot F \cdot G}};$$

$$f_3 = \overline{\overline{(B \cdot D \cdot G)} \cdot J \cdot J};$$

$$f_4 = \overline{\overline{(A \cdot B \cdot F)} \cdot G \cdot J};$$

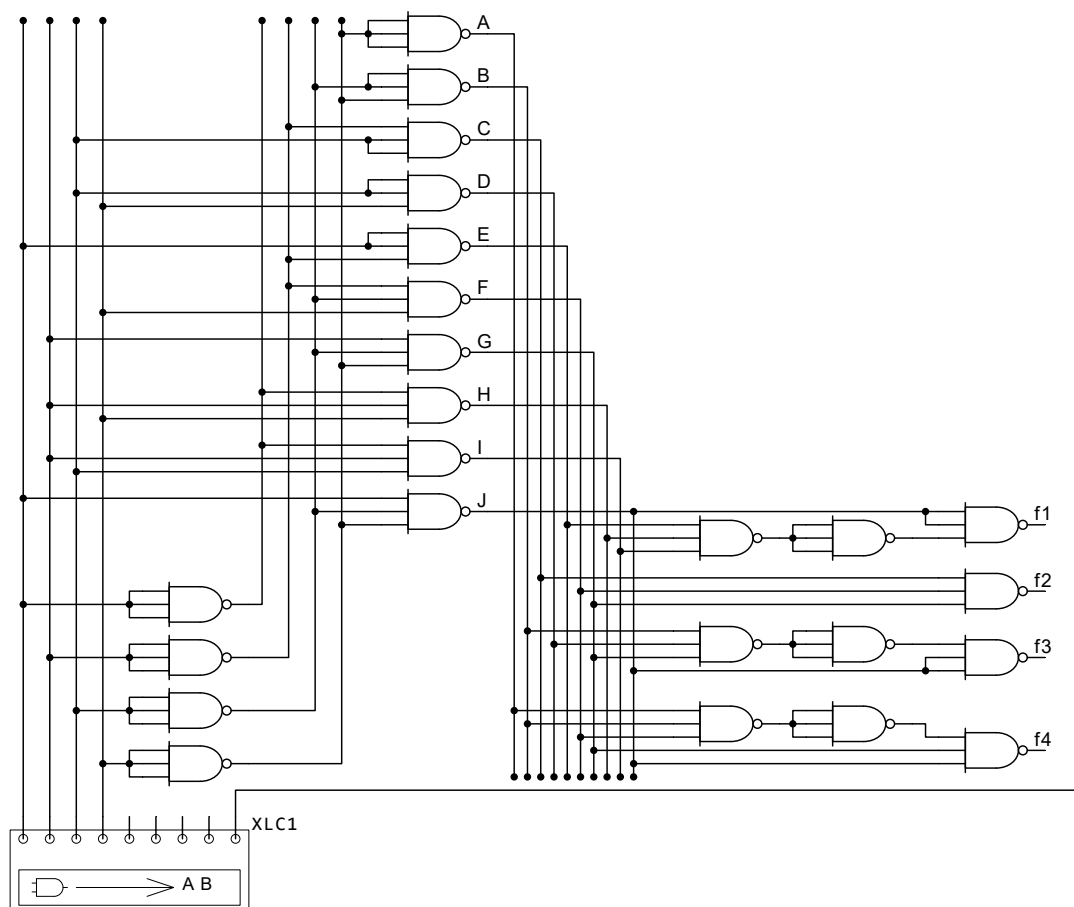


Рис. 3: Реалізація перетворювача кодів на елементах 3І-НІ

	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				0
001	0	0	0	1				0
002	0	0	1	0				0
003	0	0	1	1				0
004	0	1	0	0				0
005	0	1	0	1				1
006	0	1	1	0				1
007	0	1	1	1				1
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				0

(a) $f1$

	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				0
001	0	0	0	1				1
002	0	0	1	0				1
003	0	0	1	1				1
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				0
007	0	1	1	1				0
008	1	0	0	0				0
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				0

(б) $f2$

	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				1
001	0	0	0	1				0
002	0	0	1	0				0
003	0	0	1	1				1
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				0
007	0	1	1	1				1
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				0
010	1	0	1	0				0
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				1

(в) $f3$

	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				1
001	0	0	0	1				1
002	0	0	1	0				1
003	0	0	1	1				0
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				1
007	0	1	1	1				0
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				0
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				1
015	1	1	1	1				0

(г) $f4$

Рис. 4: Результат роботи схеми у NI Multisim

Визначимо складність та швидкодію отриманої схеми:

$$K = 24 \cdot 3 = 72$$

$$M = 24$$

$$N = \frac{24 \cdot (3 + 1)}{14} = 24 \cdot 4/14 = 48/7$$

Нехай час затримки сигналу одного елемента 20ms,

тоді час затримки сигналів схеми: $T = 5 \cdot 20 = 100ms$

6

Побудуємо схему для реалізації функції, заданої у таблиці 1 з використанням мультиплексора з двома керуючими входами. Шукаємо змінні, при виключенні яких можна отримати найпростішу схему:

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

y		x_3x_4			
		00	01	11	10
x_1x_2	00	$\overset{\bullet}{1}$	0	$\overset{\bullet}{1}$	$\overset{\bullet}{1}$
	01	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	11	0	$\overset{\bullet}{1}$	0	0
	10	$\overset{\bullet}{1}$	0	0	$\overset{\bullet}{1}$

x_1x_2 :

$$f_0 = x_3 \vee \overline{x_4}$$

$$f_1 = \overline{x_3}x_4$$

$$f_2 = \overline{x_4}$$

$$f_3 = \overline{x_3}x_4$$

x_1x_3 :

$$f_0 = \overline{x_2}\overline{x_4} \vee x_2x_4$$

$$f_1 = \overline{x_2}$$

$$f_2 = \overline{x_2}\overline{x_4} \vee x_2x_4$$

$$f_3 = \overline{x_2}\overline{x_4}$$

x_1x_4 :

$$f_0 = \overline{x_2}$$

$$f_1 = \overline{x_2}x_3 \vee x_2\overline{x_3}$$

$$f_2 = x_2\overline{x_3}$$

$$f_3 = \overline{x_2}$$

x_2x_3 :

$$f_0 = \overline{x_4}$$

$$f_1 = \overline{x_1} \vee \overline{x_4}$$

$$f_2 = x_4$$

$$f_3 = 0$$

x_2x_4 :

$$f_0 = 1$$

$$f_1 = \overline{x_1}x_3$$

$$f_2 = 0$$

$$f_3 = \overline{x_3}$$

x_3x_4 :

$$f_0 = \overline{x_2}$$

$$f_1 = x_2$$

$$f_2 = \overline{x_2}$$

$$f_3 = \overline{x_1x_2}$$

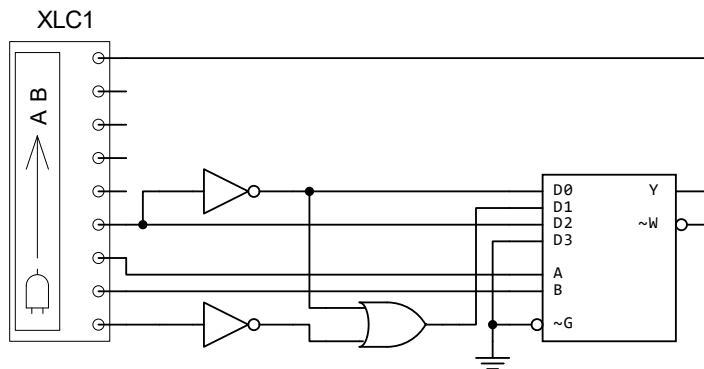
Виключаємо змінні x_2 та x_3 , побудуємо операторні представлення функцій f_0, f_2, f_3, f_4 для побудови схеми:

На елементах 2АБО + НІ:

$$\begin{aligned} f_0 &= \overline{x_4} \\ f_1 &= \overline{x_1} \vee \overline{x_4} \\ f_2 &= x_4 \\ f_3 &= 0 \end{aligned}$$

На елементах 2І-НІ:

$$\begin{aligned} f_0 &= \overline{(x_4 x_4)} \\ f_1 &= \overline{x_1} \vee \overline{x_4} = \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4}}}}}} = \overline{(x_1 x_4)} \\ f_2 &= x_4 \\ f_3 &= 0 \end{aligned}$$

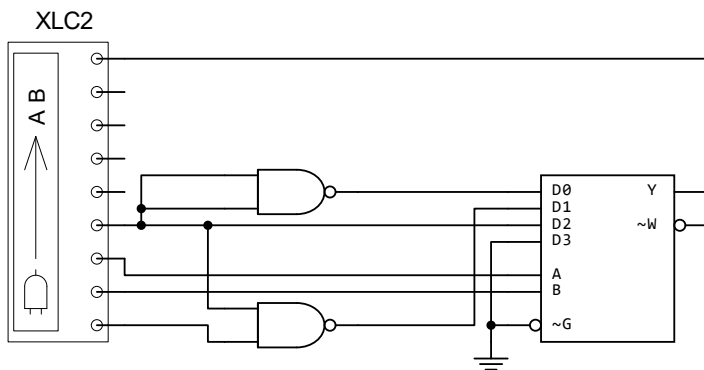


(а) Схема

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0	0					1
001	0	0	0	1					0
002	0	0	1	0					1
003	0	0	1	1					1
004	0	1	0	0					0
005	0	1	0	1					1
006	0	1	1	0					0
007	0	1	1	1					0
008	1	0	0	0					1
009	1	0	0	1					0
010	1	0	1	0					1
011	1	0	1	1					0
012	1	1	0	0					0
013	1	1	0	1					1
014	1	1	1	0					0
015	1	1	1	1					0

(б) Результат роботи схеми у NI Multisim

Рис. 5: Реалізація функції на елементах 2АБО + НІ з використанням мультиплексора



(а) Схема

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0	0					1
001	0	0	0	1					0
002	0	0	1	0					1
003	0	0	1	1					1
004	0	1	0	0					0
005	0	1	0	1					1
006	0	1	1	0					0
007	0	1	1	1					0
008	1	0	0	0					1
009	1	0	0	1					0
010	1	0	1	0					1
011	1	0	1	1					0
012	1	1	0	0					0
013	1	1	0	1					1
014	1	1	1	0					0
015	1	1	1	1					0

(б) Результат роботи схеми у NI Multisim

Рис. 6: Реалізація функції на елементах 2І-НІ з використанням мультиплексора

Оцінка складності:

2АБО + НІ:

$$K = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 7 = 11$$

$$M = 4$$

$$N = \frac{2 \cdot 2}{14} + \frac{1 \cdot 3}{14} + \frac{1 \cdot 9}{14} = 16/14 = 8/7$$

2І-НІ:

$$K = 2 \cdot 2 + 1 \cdot 7 = 11$$

$$M = 3$$

$$N = \frac{2 \cdot 3}{14} + \frac{1 \cdot 9}{14} = 15/14$$

7

Побудуємо перетворювач кодів по таблиці 4 з використанням елементів ЗІ-НІ і чотиривходового дешифратора з інверсними виходами.

Приклад перетворення:

$$\begin{aligned}
 f &= a \vee b \vee c \vee d \vee e \vee f \vee g \vee h = \\
 &= \overline{\overline{a \vee b \vee c \vee d \vee e \vee f \vee g \vee h}} = \\
 &= \overline{\overline{a} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c} \cdot \overline{d} \cdot \overline{e} \cdot \overline{f} \cdot \overline{g} \cdot \overline{h}} = \\
 &= \overline{(\overline{a} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c} \cdot (\overline{d \cdot e \cdot f}) \cdot (\overline{g \cdot h \cdot h}))} = \\
 &= \overline{(\overline{a \cdot b \cdot c}) \vee (\overline{d \cdot e \cdot f}) \vee (\overline{g \cdot h \cdot h})} = \\
 &= \overline{\overline{(\overline{a \cdot b \cdot c}) \vee (\overline{d \cdot e \cdot f}) \vee (\overline{g \cdot h \cdot h})}} = \\
 &= \overline{\overline{(\overline{a \cdot b \cdot c})} \cdot \overline{\overline{(\overline{d \cdot e \cdot f})}} \cdot \overline{\overline{(\overline{g \cdot h \cdot h})}}} = \\
 &= (\overline{a \cdot b \cdot c}) \cdot (\overline{d \cdot e \cdot f}) \cdot (\overline{g \cdot h \cdot h})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_1 &= 5 \vee 6 \vee 7 \vee 8 \vee 9 \vee 10 \vee 11 \vee 12 = \overline{\overline{\overline{5 \cdot 6 \cdot 7}} \cdot \overline{\overline{\overline{8 \cdot 9 \cdot 10}}} \cdot \overline{\overline{\overline{11 \cdot 12}}}} \\
 f_2 &= 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4 \vee 9 \vee 10 \vee 11 \vee 12 = \overline{\overline{\overline{1 \cdot 2 \cdot 3}} \cdot \overline{\overline{\overline{4 \cdot 9 \cdot 10}}} \cdot \overline{\overline{\overline{11 \cdot 12}}}} \\
 f_3 &= 0 \vee 3 \vee 4 \vee 7 \vee 8 \vee 11 \vee 12 \vee 15 = \overline{\overline{\overline{0 \cdot 3 \cdot 4}} \cdot \overline{\overline{\overline{7 \cdot 8 \cdot 11}}} \cdot \overline{\overline{\overline{12 \cdot 15}}}} \\
 f_4 &= 0 \vee 1 \vee 2 \vee 4 \vee 6 \vee 8 \vee 9 \vee 10 \vee 12 \vee 14 = \\
 &= \overline{\overline{\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}} \cdot \overline{\overline{\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}}} \cdot \overline{\overline{\overline{9 \cdot 10 \cdot 12}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}}} = \\
 &= \overline{\overline{\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}} \cdot \overline{\overline{\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}}} \cdot \overline{\overline{\overline{9 \cdot 10 \cdot 12}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}}} = \\
 &= \overline{\overline{\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}} \cdot \overline{\overline{\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}}} \cdot \overline{\overline{\overline{9 \cdot 10 \cdot 12}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}}} = \\
 &= \overline{\overline{(\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}) \cdot (\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}) \cdot (\overline{9 \cdot 10 \cdot 12})} \cdot (\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}) \cdot (\overline{14 \cdot 14 \cdot 14})} = \\
 &= \overline{\overline{\overline{(\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}) \cdot (\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}) \cdot (\overline{9 \cdot 10 \cdot 12})}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}} \cdot \overline{\overline{\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}}}} = \\
 &= ((\overline{1 \cdot 2 \cdot 4}) \cdot (\overline{0 \cdot 6 \cdot 8}) \cdot (\overline{9 \cdot 10 \cdot 12})) \cdot (\overline{14 \cdot 14 \cdot 14}) \cdot (\overline{14 \cdot 14 \cdot 14})
 \end{aligned}$$

$$\text{Оцінка складності схеми наведеної нижче: } N = \frac{24 \cdot (3 + 1)}{14} + \frac{1 \cdot (16 + 5)}{14} = \frac{96 + 21}{14} = \frac{117}{14}$$

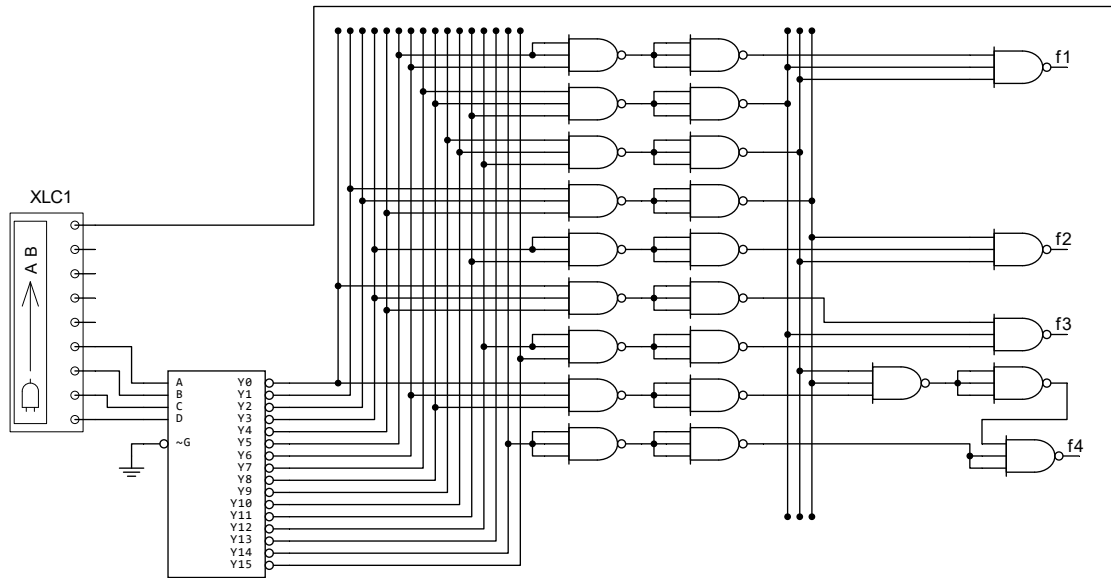


Рис. 7: Реалізація перетворювача кодів на елементах ЗІ-НІ з використанням дешифратора

	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				0
001	0	0	0	1				0
002	0	0	1	0				0
003	0	0	1	1				0
004	0	1	0	0				0
005	0	1	0	1				1
006	0	1	1	0				1
007	0	1	1	1				1
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				0

(а) f_1

	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				0
001	0	0	0	1				1
002	0	0	1	0				1
003	0	0	1	1				1
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				0
007	0	1	1	1				0
008	1	0	0	0				0
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				0

(б) f_2

	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				1
001	0	0	0	1				0
002	0	0	1	0				0
003	0	0	1	1				1
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				0
007	0	1	1	1				1
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				0
010	1	0	1	0				0
011	1	0	1	1				1
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				0
015	1	1	1	1				1

(в) f_3

	A	B	C	D	E	F	G	H
000	0	0	0	0				1
001	0	0	0	1				1
002	0	0	1	0				1
003	0	0	1	1				0
004	0	1	0	0				1
005	0	1	0	1				0
006	0	1	1	0				1
007	0	1	1	1				0
008	1	0	0	0				1
009	1	0	0	1				1
010	1	0	1	0				1
011	1	0	1	1				0
012	1	1	0	0				1
013	1	1	0	1				0
014	1	1	1	0				1
015	1	1	1	1				0

(г) f_4

Рис. 8: Результат роботи схеми у NI Multisim