

Київський Національний Університет імені Т. Шевченка

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики

Структурна теорія цифрових автоматів

Проектування комбінаційних схем на мікросхемах різного
ступеню інтеграції

Варіант 2

Виконала

Студентка групи ІПС-31

Величко Т.С.

Київ-2019

1 Представлення булевої функції.

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

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

2 Побудова МДНФ для y та \bar{y} . Представити функцію y всіх восьми нормальних формах.

ДДНФ y : $f(x_4, x_3, x_2, x_1) = x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee x_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4 \vee x_1\bar{x}_2x_3x_4 \vee \bar{x}_1x_2x_3x_4$

ДДНФ \bar{y} : $\bar{f}(x_4, x_3, x_2, x_1) = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1x_2x_3\bar{x}_4 \vee x_1x_2x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3x_4 \vee x_1\bar{x}_2x_3x_4 \vee x_1x_2\bar{x}_3x_4 \vee \bar{x}_1x_2x_3x_4$

Діаграма Вейча для $f(x_4, x_3, x_2, x_1)$:

З Діаграми 1.1 $x_1\bar{x}_2x_3$.

З Діаграми 1.2 $x_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4$.

З Діаграми 1.3 $\bar{x}_1 x_2 x_4$.

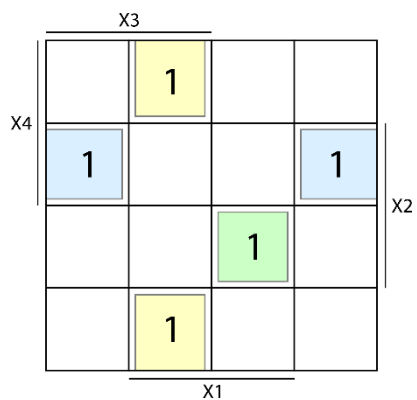


Diagram 1

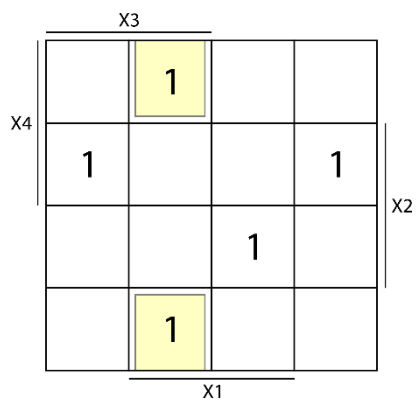


Diagram 1.1

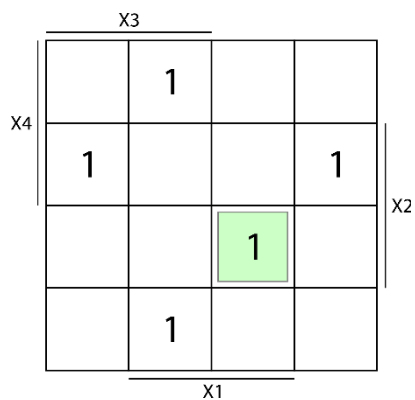


Diagram 1.2

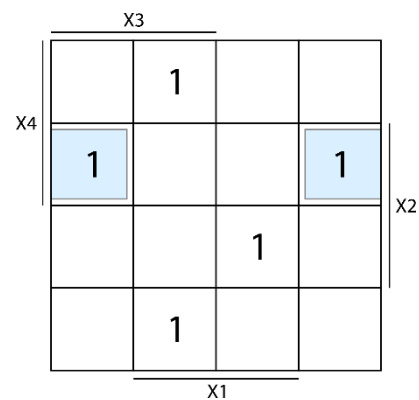


Diagram 1.3

Отже МДНФ для $f(x_4, x_3, x_2, x_1) = x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_4$.

Діаграма Вейча для $\bar{f}(x_4, x_3, x_2, x_1)$:

З Діаграми 2.1 $x_1 \bar{x}_3 x_4$.

З Діаграми 2.2 $\bar{x}_1 \bar{x}_2$.

З Діаграми 2.3 $\bar{x}_2 x_3$.

З Діаграми 2.4 $\bar{x}_1 x_4$.

З Діаграми 2.5 $x_1 x_2 x_3$.

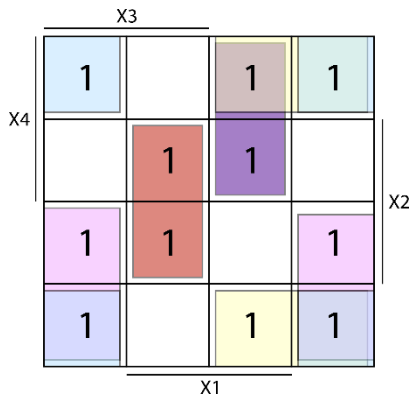


Diagram 2

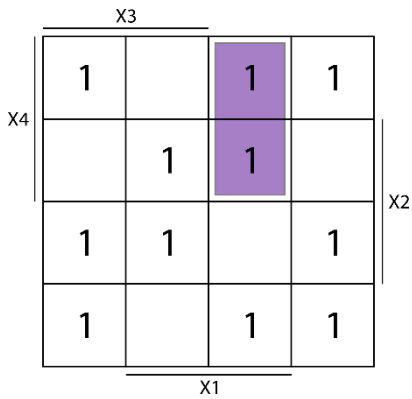


Diagram 2.1

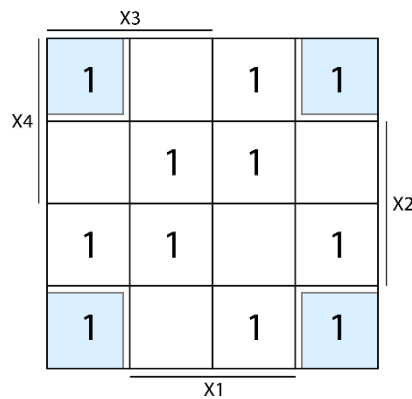


Diagram 2.2

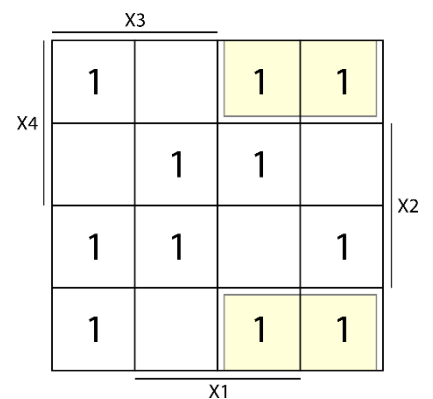


Diagram 2.3

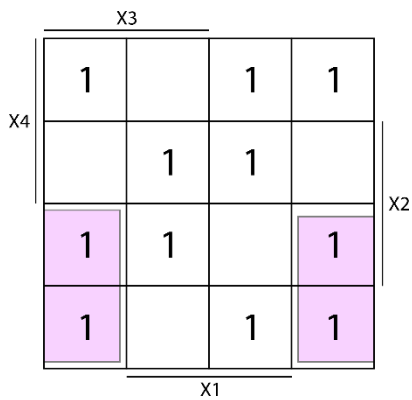


Diagram 2.4

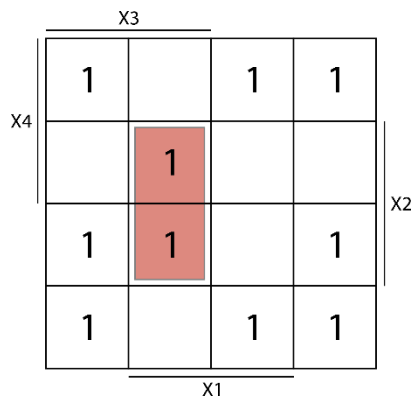


Diagram 2.5

Отже МДНФ для $\bar{f}(x_4, x_3, x_2, x_1) = x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_3 x_4 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4$.

$$x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_4 \text{ (AND/OR) (1)}$$

$$\overline{x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4} \vee \overline{x_1 \bar{x}_2 x_3} \vee \overline{\bar{x}_1 x_2 x_4} \text{ (AND - NOT/AND - NOT) (2)}$$

$$\overline{(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4) \wedge (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3) \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)} \text{ (OR/AND - NOT) (3)}$$

$$\overline{(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4) \vee (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3) \vee (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)} \text{ (OR - NOT/OR) (4)}$$

$$x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \overline{x_3} x_4 \vee \overline{x_1} \overline{x_2} \vee \overline{x_2} \overline{x_3} \vee \overline{x_1} \overline{x_4} \text{ (AND/OR – NOT) } (5)$$

$$\overline{x_1 x_2 x_3} \wedge \overline{x_1 \overline{x_3} x_4} \wedge \overline{\overline{x_1} \overline{x_2}} \wedge \overline{\overline{x_2} \overline{x_3}} \wedge \overline{\overline{x_1} \overline{x_4}} \text{ (AND – NOT/AND) } (6)$$

$$\overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3}) \wedge (\overline{x_1} \vee x_3 \vee \overline{x_4}) \wedge (x_1 \vee x_2) \wedge (x_2 \vee x_3) \wedge (x_1 \vee x_4)} \text{ (OR/AND) } (7)$$

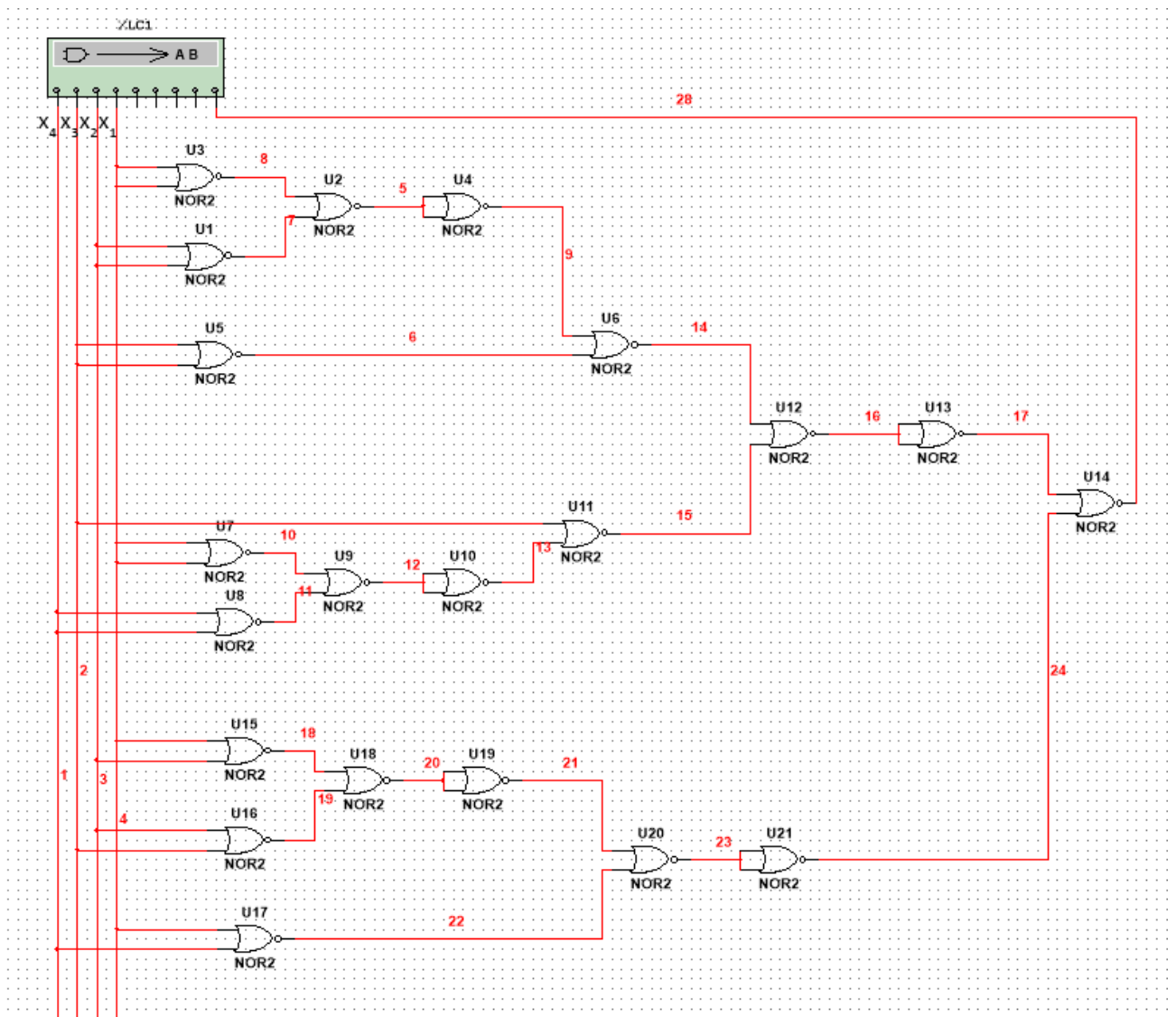
$$\overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3}) \vee (\overline{x_1} \vee x_3 \vee \overline{x_4}) \vee (x_1 \vee x_2) \vee (x_2 \vee x_3) \vee (x_1 \vee x_4)} \text{ (OR – NOT/OR – NOT) } (8)$$

3 Отримати операторні представлення функції, що можуть бути реалізовані на елементах 4AND/2OR, 2OR-NOT

З 1-ої форми, операторне представлення для 4AND/2OR:

$$x_1 x_2 \overline{x_3} \overline{x_4} \vee x_1 \overline{x_2} x_3 \vee \overline{x_1} x_2 x_4$$

$$\overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3})} \vee \overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_4} \vee \overline{x_3})} \vee \overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_2})} \vee \overline{(\overline{x_2} \vee \overline{x_3})} \vee \overline{(\overline{x_1} \vee \overline{x_4})}$$



4 Визначити операторну форму, що забезпечує отримання комбінаційної схеми з максимальною швидкістю і мінімальними затратами обладнання

Складність по Квайну визначається як сума входів усіх логічних елементів.

$$N = \sum_{i=1}^r \frac{m_i n_i}{14},$$

де r – число типів мікросхем, m_i – кількість мікросхем i -того типу, n_i – сумарне число виходів і входів.

$$\text{Для першої схеми отримуємо } N = \frac{3 \cdot 5}{14} + \frac{2 \cdot 3}{14} = \frac{21}{14} = \frac{3}{2}$$

Для другої схеми отримуємо $N = \frac{21 \cdot 3}{14} = \frac{63}{14} = \frac{9}{2}$

Час затримки сигналу визначається як шлях, що вимагає в схемі максимального часу для поширення сигналу.

$$T = Lt,$$

де L – рівень схеми.

Для першої схеми отримуємо $T = 1 \cdot 24 + 2 \cdot 22 = 68 \text{ ms}$

Для другої схеми отримуємо $T = 7 \cdot 22 = 154 \text{ ms}$

Отже перша схема оптимальна по обом параметрам.

5 На елементах 3AND-NOT побудувати перетворювач кодів. У процесі проектування використовувати методи сумісної мінімізації системи булевих функцій. Для отриманої схеми визначити L, T та N

Інформація							
На вході				На виході			
0	0	0	0	0	0	1	0
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	0
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

$$\text{ДДНФ } f_4(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1 \vee \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_4}x_3x_2x_1 \vee x_4\overline{x_3}\overline{x_2}\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2x_1 \vee x_4x_3\overline{x_2}\overline{x_1}$$

$$\text{ДДНФ } f_3(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1 \vee \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_4}x_3x_2x_1 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}\overline{x_1} \vee x_4x_3x_2x_1$$

$$\text{ДДНФ } f_2(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4}x_3\overline{x_2}\overline{x_1} \vee \overline{x_4}x_3x_2x_1 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1 \vee \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\overline{x_2}\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2x_1 \vee x_4x_3\overline{x_2}\overline{x_1} \vee x_4x_3x_2x_1$$

$$\text{ДДНФ } f_1(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \vee \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 \overline{x_1} \vee \overline{x_4} x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \vee \overline{x_4} x_3 x_2 \overline{x_1} \vee x_4 \overline{x_3} \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_4 \overline{x_3} x_2 \overline{x_1} \vee x_4 x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_4 x_3 x_2 \overline{x_1}$$

	0	1		2		3		4			5	6		7		8			9		10			11			12				13	14	
	2	3	1	3	1	3	2	3	2	1	4	4	1	4	2	4	2	1	4	3	4	3	1	4	3	2	4	3	2	1	1	2	
$\overline{x_2x_1}(2)$	*									*							*																
$x_4\overline{x_3}x_2(4,3)$																					*	*		*	*								
$x_4\overline{x_2x_1}(4,2,1)$																													*	*	*		
$\overline{x_4x_3x_1}(3)$		*				*																											
$x_4\overline{x_3x_1}(4,1)$																*	*				*		*										
$\overline{x_4}x_3x_1(4)$											*			*																			
$x_3\overline{x_2x_1}(3,2,1)$								*	*	*																		*	*	*			
$\overline{x_4}x_2\overline{x_1}(1)$					*							*																					
$\overline{x_4x_3x_2x_1}(3,1)$			*	*																													

$$\text{МДНФ } f_1(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \wedge x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \wedge x_4 \overline{x_2} \overline{x_1} \wedge x_2 \overline{x_1} \wedge x_4 \overline{x_1}$$

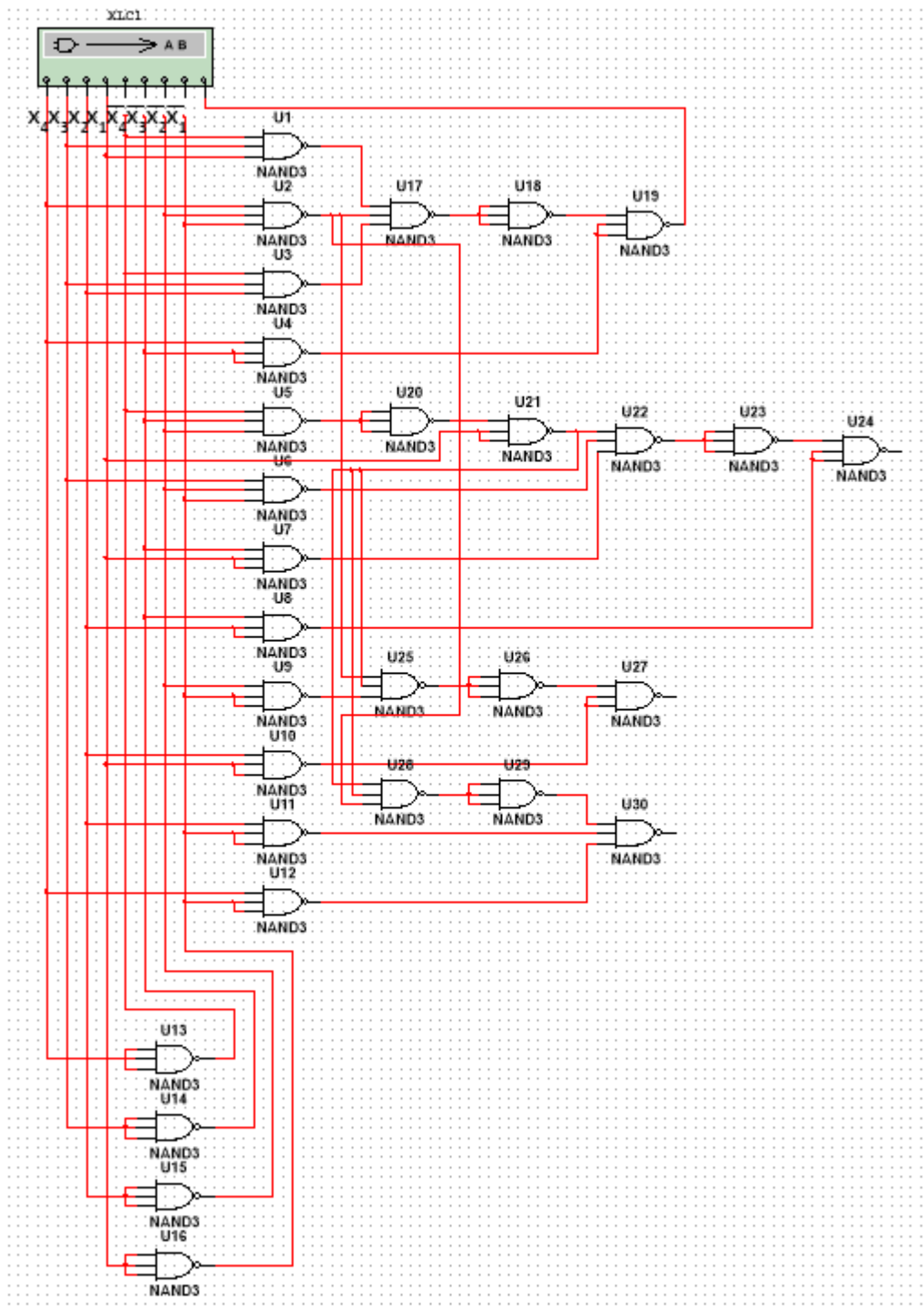
Перетворимо МДНФ функцій в форму AND-NOT/AND-NOT

$$f_4(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_4} x_2 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2} \wedge \overline{\overline{\overline{x_4} x_3}}}}$$

$$f_3(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_3} x_2 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_3} x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_3} x_2}}}}}}$$

$$f_2(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{\overline{\overline{\overline{x_3} x_2 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_4} x_2 x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_2} x_1} \wedge \overline{\overline{\overline{x_2} x_1}}}}}}$$

$$f_1(x_4, x_3, x_2, x_1) = \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \wedge x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \wedge x_4 \overline{x_2} \overline{x_1} \wedge x_2 \overline{x_1} \wedge x_4 \overline{x_1}$$



1. f_4

☐ A
☐ B
☐ C
☐ D
☒ E
☒ F
☒ G
☒ H

Out ☐

	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

Conversions

$\Rightarrow \rightarrow \overline{101}$

$\overline{101} \rightarrow A|B$

$\overline{101} \xrightarrow{\text{IMP}} A|B$

$A|B \rightarrow \overline{101}$

$A|B \rightarrow \Rightarrow$

$A|B \rightarrow \text{NAND}$

2. f_3

☐ A
☐ B
☐ C
☐ D
☒ E
☒ F
☒ G
☒ H

Out ☐

	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

Conversions

$\Rightarrow \rightarrow \overline{101}$

$\overline{101} \rightarrow A|B$

$\overline{101} \xrightarrow{\text{IMP}} A|B$

$A|B \rightarrow \overline{101}$

$A|B \rightarrow \Rightarrow$

$A|B \rightarrow \text{NAND}$

3. f_2

	<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"/>	Out <input 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					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

4. f_1

	<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"/>	Out <input 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					0
004	0	1	0	0					0
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					0
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

$$N = \frac{30 \cdot 4}{14} = 8.5714$$

$$T = 7 \cdot 22 = 154ms$$

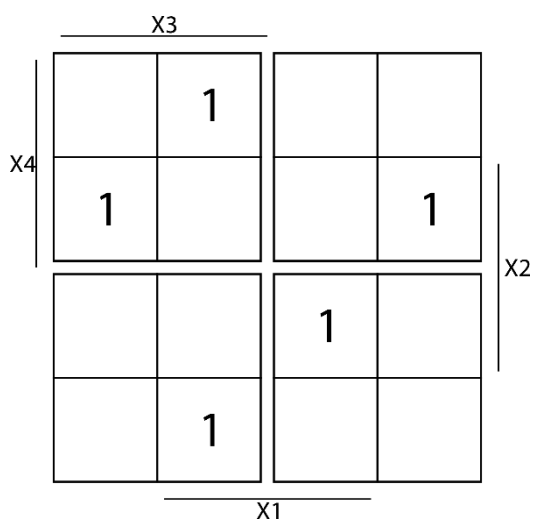
6 Побудувати схему для реалізації функції, якщо можна використовувати мультиплексори з двома керуючими входами

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

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	0	1
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	1	0
1	1	1	1	0	1

Побудуємо шість діаграм Вейча для визначення залишкових функцій :

Для x_4x_3 :



$$y_0 = x_2x_1$$

$$y_1 = \overline{x_2}x_1$$

$$y_2 = x_2\overline{x_1}$$

$$y_3 = \overline{x_2}x_1 \vee x_2\overline{x_1}$$

Для x_4x_2 :

A 4x4 grid with dimensions indicated by arrows: X1 (width of one column), X2 (height of one row), X3 (width of two columns), and X4 (height of two rows). The grid contains black and red numbers. The numbers are arranged as follows:

	1		
1			1
		1	
	1		

$$y_0 = x_3 x_1$$

$$y_1 = \overline{x_3}x_1$$

$$y_2 = \bar{x}_1$$

$$y_3 = x_3 x_1$$

Для x_4x_1 :

A 4x4 grid diagram illustrating dimensions and values. The grid is labeled with dimensions: X1 (width of the bottom row), X2 (height of the rightmost column), X3 (width of the top row), and X4 (height of the leftmost column). The grid contains the number 1 in several cells, with two cells highlighted in red. The red cells are located at the bottom-left of the top-left 2x2 block and the top-right of the bottom-right 2x2 block. The number 1 is also present in the top-middle and bottom-middle cells of the grid.

$$y_0 = 0$$

$$y_1 = x_3 \overline{x_2} \vee \overline{x_3} x_2$$

$$y_2 = x_2$$

$$y_3 = x_3 \overline{x_2}$$

Для $x_2 x_1$:

A 4x4 grid representing a sparse matrix. The grid has dimensions X1 (width) and X2 (height). The non-zero elements are located at (row, column) positions (1, 2), (2, 1), (3, 3), and (4, 2), all with a value of 1. The axes are labeled X1 and X2, and the grid is labeled X3 at the top.

$$y_0 = 0$$

$$y_1 = x_3$$

$$y_2 = x_4$$

$$y_3 = \overline{x_4 x_3}$$

Для x_3x_2 :

A 4x4 grid diagram illustrating dimensions. The grid is divided into four rows and four columns. The first column is labeled 'X1' at the bottom, the second column is labeled 'X2' on the right, and the fourth column is labeled 'X4' on the left. The grid contains the number '1' in the following cells: (1,2), (2,1), (2,4), (3,3), and (4,2). The cell at (1,2) is highlighted in red.

$$y_0 = 0$$

$$y_1 = \overline{x_4}x_1 \vee x_4\overline{x_1}$$

$$y_2 = x_1$$

$$y_3 = x_4 \bar{x}_1$$

Для x_3x_1 :

x_3			
x_4		1	
	1		1
			1
		1	
x_1			
x_2			

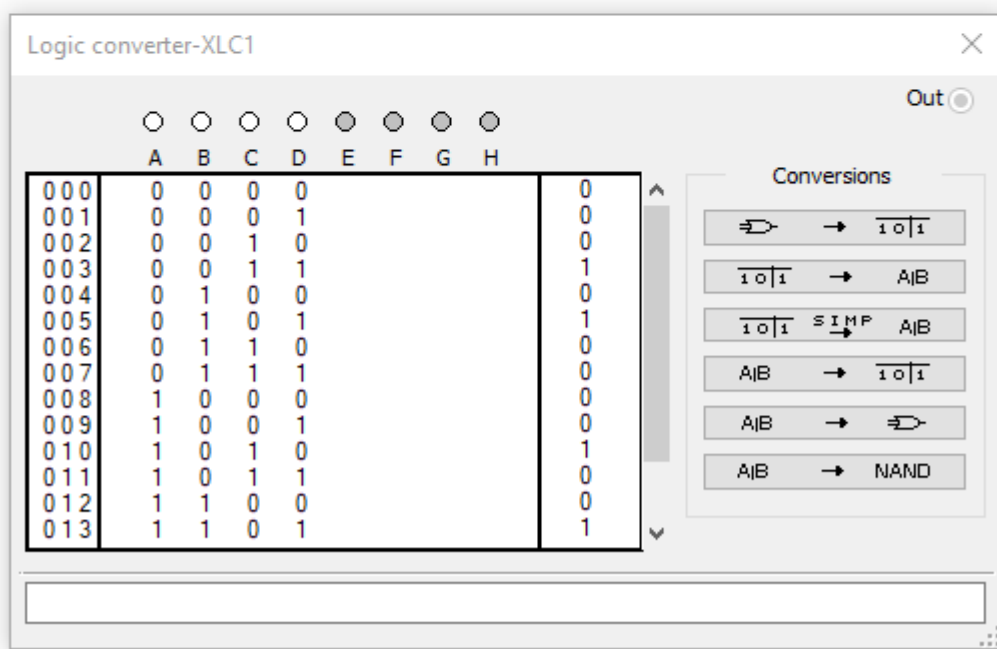
$$y_0 = x_4 x_2$$

$$y_1 = \overline{x_4} x_2$$

$$y_2 = \overline{x_2}$$

$$y_3 = x_4 x_2$$

Отже розклад по $x_2 x_1$ мінімальний.



7 Побудувати перетворювач кодів з використанням елементів 3AND-NOT і дешифратора на чотири входи

Інформація							
На вході				На виході			
0	0	0	0	0	0	1	0
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	0
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

Представлення булевих функцій:

$$f_4(x_4, x_3, x_2, x_1) : 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$$

$$f_3(x_4, x_3, x_2, x_1) : 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12$$

$$f_2(x_4, x_3, x_2, x_1) : 0, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15$$

$$f_1(x_4, x_3, x_2, x_1) : 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14$$

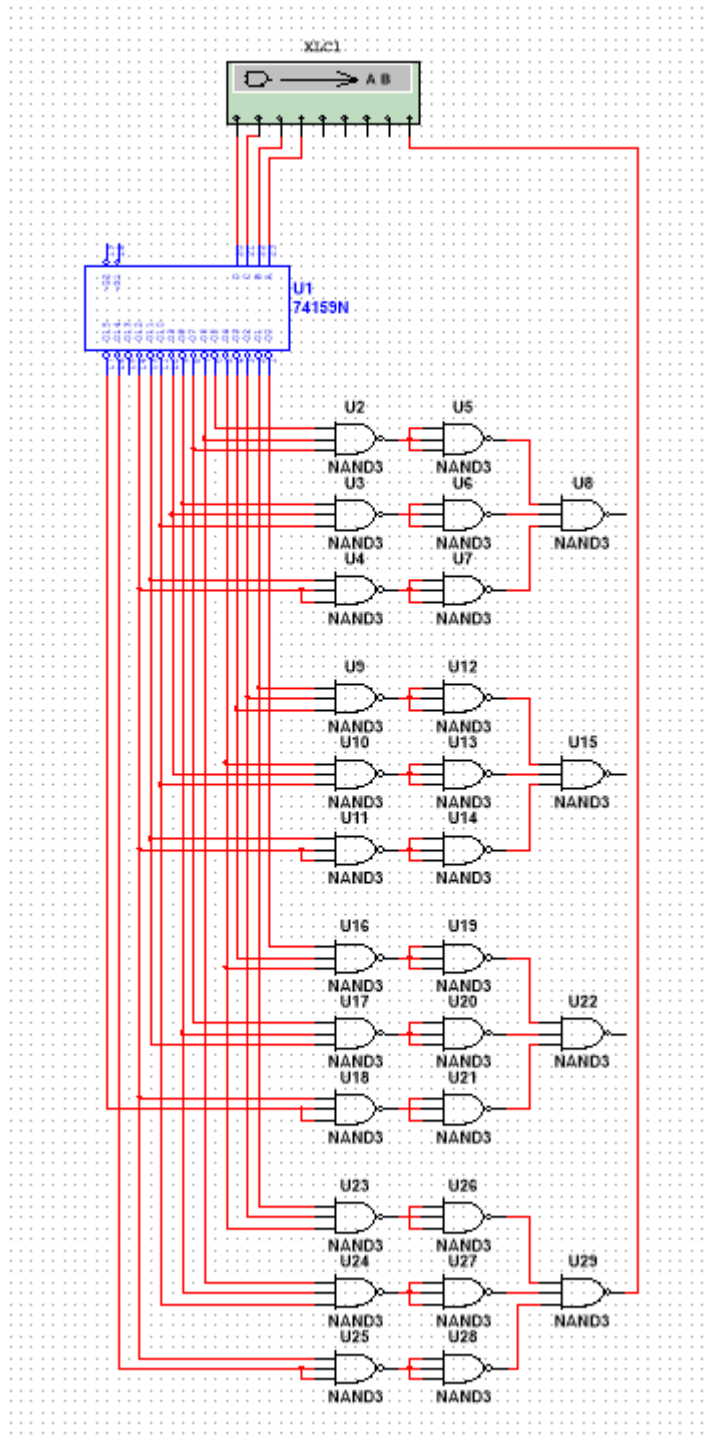
Представимо в термах оператора 3AND – NOT :

$$f_4(x_4, x_3, x_2, x_1) : \overline{5} \wedge \overline{6} \wedge \overline{7} \wedge \overline{8} \wedge \overline{9} \wedge \overline{10} \wedge \overline{11} \wedge \overline{12}$$

$$f_3(x_4, x_3, x_2, x_1) : \overline{1} \wedge \overline{2} \wedge \overline{3} \wedge \overline{4} \wedge \overline{9} \wedge \overline{10} \wedge \overline{11} \wedge \overline{12}$$

$$f_2(x_4, x_3, x_2, x_1) : \overline{0} \wedge \overline{3} \wedge \overline{4} \wedge \overline{7} \wedge \overline{8} \wedge \overline{11} \wedge \overline{12} \wedge \overline{15}$$

$$f_1(x_4, x_3, x_2, x_1) : \overline{1} \wedge \overline{2} \wedge \overline{4} \wedge \overline{6} \wedge \overline{8} \wedge \overline{10} \wedge \overline{12} \wedge \overline{14}$$



1. f_4

Out ☐

Conversions

☒ \Rightarrow $\rightarrow \overline{1 \ 0 \ 1}$

$\overline{1 \ 0 \ 1} \rightarrow A/B$

$\overline{1 \ 0 \ 1} \xrightarrow{\text{SIMP}} A/B$

$A/B \rightarrow \overline{1 \ 0 \ 1}$

$A/B \rightarrow \Rightarrow$

$A/B \rightarrow \text{NAND}$

	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input checked="" type="radio"/> E	<input checked="" type="radio"/> F	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> 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

2. f_3

Out ☐

Conversions

☒ \Rightarrow $\rightarrow \overline{1 \ 0 \ 1}$

$\overline{1 \ 0 \ 1} \rightarrow A/B$

$\overline{1 \ 0 \ 1} \xrightarrow{\text{SIMP}} A/B$

$A/B \rightarrow \overline{1 \ 0 \ 1}$

$A/B \rightarrow \Rightarrow$

$A/B \rightarrow \text{NAND}$

	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input checked="" type="radio"/> E	<input checked="" type="radio"/> F	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> 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

3. f_2

Out ☐

	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input checked="" type="radio"/> E	<input checked="" type="radio"/> F	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> 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

Conversions

- ☒ $\rightarrow \overline{101}$
- $\overline{101} \rightarrow A|B$
- $\overline{101} \xrightarrow{\text{SIMP}} A|B$
- $A|B \rightarrow \overline{101}$
- $A|B \rightarrow \rightarrow$
- $A|B \rightarrow \text{NAND}$

4. f_1

Out ☐

	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input checked="" type="radio"/> E	<input checked="" type="radio"/> F	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> H	
000	0	0	0	0					0
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					0
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

Conversions

- ☒ $\rightarrow \overline{101}$
- $\overline{101} \rightarrow A|B$
- $\overline{101} \xrightarrow{\text{SIMP}} A|B$
- $A|B \rightarrow \overline{101}$
- $A|B \rightarrow \rightarrow$
- $A|B \rightarrow \text{NAND}$

$$N = \frac{28 \cdot 4}{14} = 8$$

$$T = 3 \cdot 22 = 66ms$$