

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ
Кафедра обчислювальної техніки

КУРСОВА РОБОТА
з дисципліни “Комп’ютерна логіка”

Виконав Заколенко Роман Костянтинович

Факультет ІОТ,

Група ІО-33

Залікова книжка № 3308

Допущений до захисту _____

(підпис керівника)

Опис альбому

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>		
2					
3			<u>розроблена заново</u>		
4					
5	A4	ІАЛЦ.463626.001 ОА	Опис альбому	1	
6					
7	A4	ІАЛЦ.463626.002 ТЗ	Технічне завдання	4	
8					
9	A2	ІАЛЦ.463626.003 Е2	Керуючий автомат	1	
10			Схема електрична		
11			функціональна		
12					
13	A4	ІАЛЦ.463626.004 ПЗ	Пояснювальна записка	19	
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

					ІАЛЦ.109112.001 ОА				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Пат	Пристрій управляючий. Опис альбому				
Розроб.	Заколенко								
Перевір.	Поспішний								
Н. контр.									
Затв.	Жадін В.І.				Літ. Аркуш Аркушів 1 1 НТУУ "КПІ" ФІОТ Група ІО-33				

Технічне завдання

Зміст

1. Призначення розроблюваного пристрою.....	2
2. Вхідні дані для розробки.....	2
3. Склад пристроїв.....	3
4. Етапи проектування.....	4
5. Перелік текстової та графічної документації.....	4

					ІАЛЦ.463626.002 ТЗ								
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій управляючий. Технічне завдання					Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Заколенко											1	4
Перевір.	Поспішний												
Н. контр.													
Затв.	Жабін В.І.									НТУУ “КПІ” ФІОТ Група ІО-33			

1. Призначення розроблюваного пристрою

Керуючий автомат – це електрична схема, що виконує відображення множини вхідних логічних сигналів у вихідні по заданому алгоритму. Комбінаційні схеми зберігають і перетворюють двійкові змінні за заданим алгоритмом. Такі автомати знаходять застосування в області обчислювальної техніки.

2. Вхідні дані

Варіант завдання визначається дев'ятьма молодшими розрядами залікової книжки, представленої в двійковій системі числення.

Запишемо свої дані в таблиці.

Умови для синтезу автомату

Табл. 2.1 Варіант в двійковій системі

h_9	h_8	h_7	h_6	h_5	h_4	h_3	h_2	h_1
0	1	1	1	0	1	1	0	0

Табл. 2.2 Порядок з'єднання фрагментів

h_8	h_4	h_2	4, 1, 2
-------	-------	-------	---------

Табл. 2.3 Логічні умови

h_8	h_7	h_3	not X2, X2, not X1
-------	-------	-------	--------------------

Табл. 2.4 Послідовність сигналів

h_9	h_4	h_1	(Y1 Y2), (Y4 Y5), Y2, Y3, (Y1 Y3), Y3
-------	-------	-------	---------------------------------------

Табл. 2.5 Логічні елементи

h_3	h_2	h_1	2АБО-НЕ, 4І
-------	-------	-------	-------------

Табл. 2.6 Сигнали тривалістю 2t

h_6	h_2	Y3
-------	-------	----

Табл. 2.7 Тип тригера

h_6	h_5	JK
-------	-------	----

Табл. 2.8 Тип автомату

h_4	Мура
-------	------

Табл. 2.9 Таблиця істинності функцій

x_4	x_3	x_2	x_1	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	-	0	1	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	-	-	0
0	1	1	1	-	-	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	-	1	1
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1

Функцію f_4 необхідно представити в канонічних формах алгебр Буля, Жегалкіна, Пірса і Шеффера. Визначити приналежність даної функції до п'яти чудових класів. Виконати мінімізацію функції f_4 методами:

- невизначених коефіцієнтів;
- Квайна (Квайна – Мак-Класкі);
- діаграм Вейча.

Виконати спільну мінімізацію функцій f_1 , f_2 , і f_3 . Одержати операторні представлення для реалізації системи функцій на програмувальних логічних матрицях і програмувальних матрицях вентилів. В результаті синтезу повинні бути отримані мнемонічні схеми, карти програмування відповідних логічних схем, визначені мінімальні параметри логічних схем.

3. Склад пристроїв

Керуючий автомат

Керуючий автомат складається з комбінаційної схеми і пам'яті на тригерах. Тип тригерів та елементний базис подані в технічному завданні.

Програмувальна логічна матриця

ПЛМ складається з двох кон'юнктивних матриць, де виходи першої з'єднуються з входами другої і дозволяють реалізувати комбінаційну схему в базисі $1/АБО$, $1/АБО-НЕ$.

4. Етапи проектування

Синтез автомата

- 1) Побудова графічної схеми алгоритму структурного автомата.
- 2) Розмітка графічної схеми алгоритму структурного автомата.
- 3) Побудова графа структурного автомата.
- 4) Кодування станів структурного автомата.
- 5) Складання структурної таблиці автомата.
- 6) Синтез комбінаційних схем для функції збудження тригерів та вхідних сигналів.
- 7) побудова схеми автомата в заданому базисі.

Синтез комбінаційних схем

- 1) Представлення функції f_4 в канонічних формах алгебр Буля, Шеффера, Пірса та Жегалкіна.
- 2) Визначення належності функції f_4 до п'яти передповних класів.
- 3) Мінімізація функції f_4 .
- 4) Спільна мінімізація функцій f_1 , f_2 , f_3 .
- 5) Одержання операторних форм для реалізації на ПЛМ.

5. Перелік текстової та графічної документації

- 1) Титульний аркуш.
- 2) Опис альбому.
- 3) Технічне завдання.
- 4) Керуючий автомат — схема електрична функціональна.
- 5) Пояснювальна записка.

*Керуючий автомат.
Схема електрична
функціональна*

Пояснювальна записка

Зміст

1. Вступ.....	2
2. Синтез автомата.....	2
2.1. Побудова графічної алгоритму, графу автомата.....	2
2.2. Побудова структурної таблиці автомата.....	4
2.3. Синтез комбінаційних схем для функції збудження тригерів та вихідних сигналів.....	4
3. Синтез комбінаційних схем.....	7
3.1. Представлення функції f_4 в канонічних формах алгебр Буля, Шеффера Пірса та Жегалкіна.....	7
3.2. Визначення належності функції f_4 до п'яти передповних класів.....	9
3.3. Мінімізація функції f_4	9
3.4. Спільна мінімізація функцій f_1, f_2, f_3	12
3.5. Одержання операторних форм для реалізації на ПЛМ.....	14
4. Висновок.....	17
5. Список літератури.....	18

					ІАЛЦ.463626.004 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.					
Розроб.	Заколенко				Пристрій управляючий. Пояснювальна записка		
Перевір.	Поспішний	Підпис	Дат				
Н. контр.					Літ.		
Затв.	Жадін В.І.						
						Аркуш	Аркушів
						1	18
					НТУУ "КПІ" ФІОТ		
					Група ІО-33		

1. Вступ

Дана курсова робота виконана за номером технічного завдання 3308₍₁₀₎ (100001000000₍₂₎). Вона складається з двох частин:

- 1) Синтез автомата.
- 2) Синтез комбінаційних схем.

2. Синтез автомата

2.1. Побудова графічного алгоритму та графу автомата

Складаємо графічну схему алгоритму відповідно до технічного завдання з урахуванням тривалості сигналів (рис. 2.1.1) і виконуємо розмітку станів автомата.

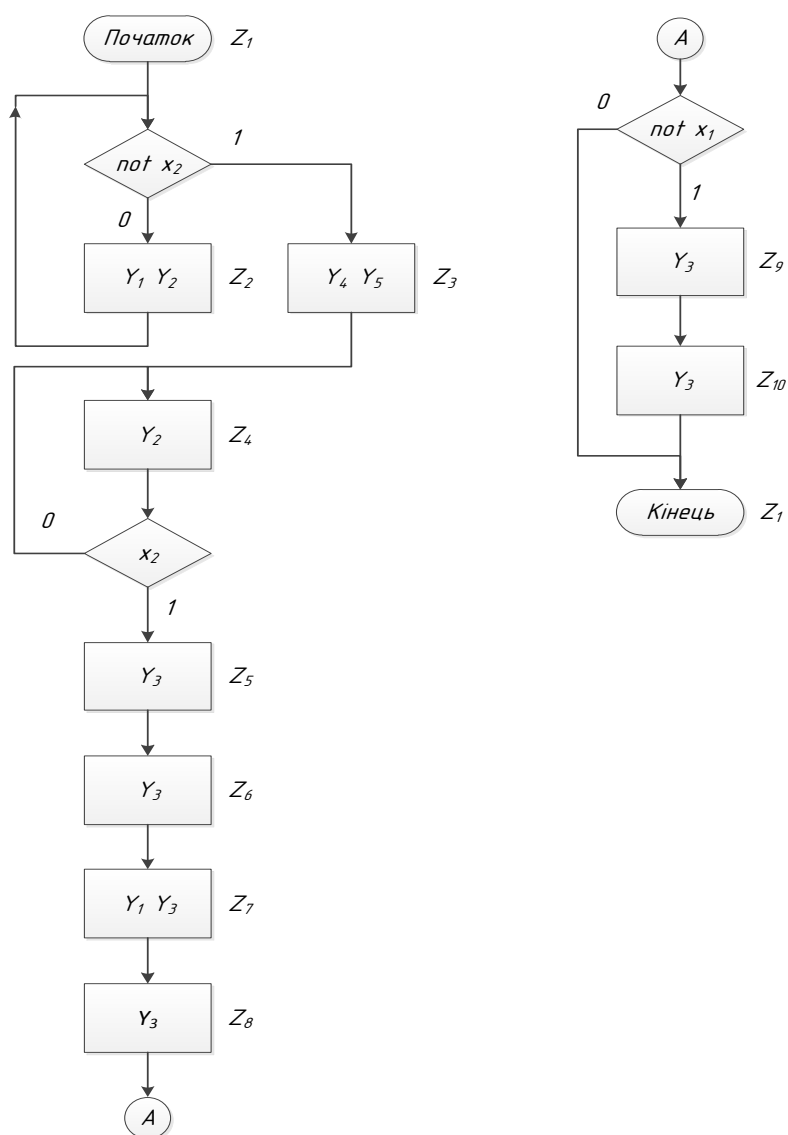


Рисунок 2.1.1. Графічна схема алгоритму з розміченими станами

Згідно з блок-схемою алгоритму побудуємо граф автомата та виконуємо сусіднє кодування станів автомата, додаючи дві додаткові вершини (рис. 2.1.2). Для кодування потрібно $\lceil \log_2 12 \rceil = 4$ розряди. Кожній з 12-ти вершин присвоюється чотирьохзначний код.

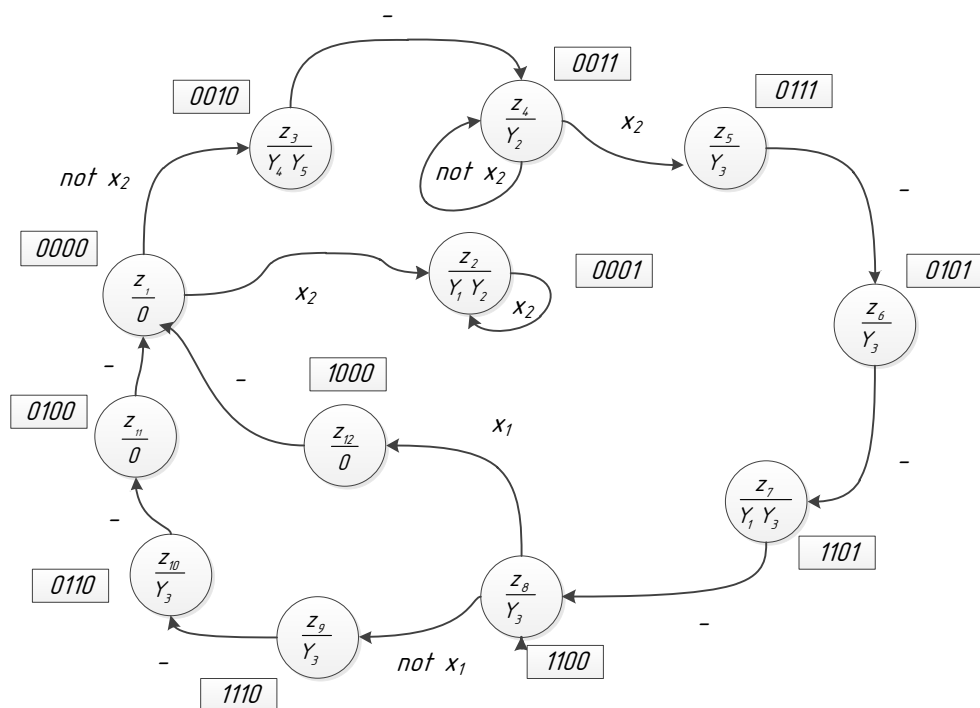


Рисунок 2.1.2. Граф автомата з закодованими вершинами

Для синтезу логічної схеми тригера необхідно провести синтез функцій збудження тригерів та вихідних функцій автомата. Автомат має 12 станів. Кількість тригерів знайдемо за формулою $K \geq \lceil \log_2 N \rceil = \lceil \log_2 12 \rceil = 4$. За умовою для синтезу автомата потрібно використовувати JK-тригери. Таблиця переходів для JK-тригера зображена на рисунку 2.1.3.

JK	
0	0-
0	1-
1	-1
1	-0

Рисцнок 2.1.3. Таблиця переходів JK-тригера

2.2. Побудова структурної таблиці автомата

Використовуючи дані з рисунку 2.1.2 заповнимо структурну таблицю автомата

Таблиця 2.2.1. Структурна таблиця автомата

Переходи	Код СП				Код ПС				Вхідні сигнали		Вихідні сигнали					Функції збудження тригерів							
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	J_4	K_4	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1
$Z_1 \rightarrow Z_2$	0	0	0	0	0	0	0	1	-	1	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	1	-
$Z_2 \rightarrow Z_2$	0	0	0	1	0	0	0	1	-	1	1	1	0	0	0	0	-	0	-	0	-	-	0
$Z_1 \rightarrow Z_3$	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	1	-	0	-
$Z_3 \rightarrow Z_4$	0	0	1	0	0	0	1	1	-	-	0	0	0	1	1	0	-	0	-	-	0	1	-
$Z_4 \rightarrow Z_4$	0	0	1	1	0	0	1	1	-	0	0	1	0	0	0	0	-	0	-	-	0	-	0
$Z_4 \rightarrow Z_5$	0	0	1	1	0	1	1	1	-	1	0	1	0	0	0	0	-	1	-	-	0	-	0
$Z_5 \rightarrow Z_6$	0	1	1	1	0	1	0	1	-	-	0	0	1	0	0	0	-	-	0	-	1	-	0
$Z_6 \rightarrow Z_7$	0	1	0	1	1	1	0	1	-	-	0	0	1	0	0	1	-	-	0	0	-	-	0
$Z_7 \rightarrow Z_8$	1	1	0	1	1	1	0	0	-	-	1	0	1	0	0	-	0	-	0	0	-	-	1
$Z_8 \rightarrow Z_{12}$	1	1	0	0	1	0	0	0	1	-	0	0	1	0	0	-	0	-	1	0	-	0	-
$Z_{12} \rightarrow Z_1$	1	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	-	1	0	-	0	-	0	-
$Z_8 \rightarrow Z_9$	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-	0	0	1	0	0	-	0	-	0	1	-	0	-
$Z_9 \rightarrow Z_{10}$	1	1	1	0	0	1	1	0	-	-	0	0	1	0	0	-	1	-	0	-	0	0	-
$Z_{10} \rightarrow Z_{11}$	0	1	1	0	0	1	0	0	-	-	0	0	1	0	0	0	-	-	0	-	1	0	-
$Z_{11} \rightarrow Z_{12}$	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	1	0	-	0	-

2.3. Синтез комбінаційних схем для функцій збудження тригерів та вихідних сигналів.

Аргументами функцій є коди станів, а тригерів – коди станів та вхідні сигнали. Мінімізація буде проводитись методом діаграм Вейча. З врахуванням елементарного базису (2АБО-НЕ, 4І), мінімізацію функцій будемо проводити від ДДНФ.

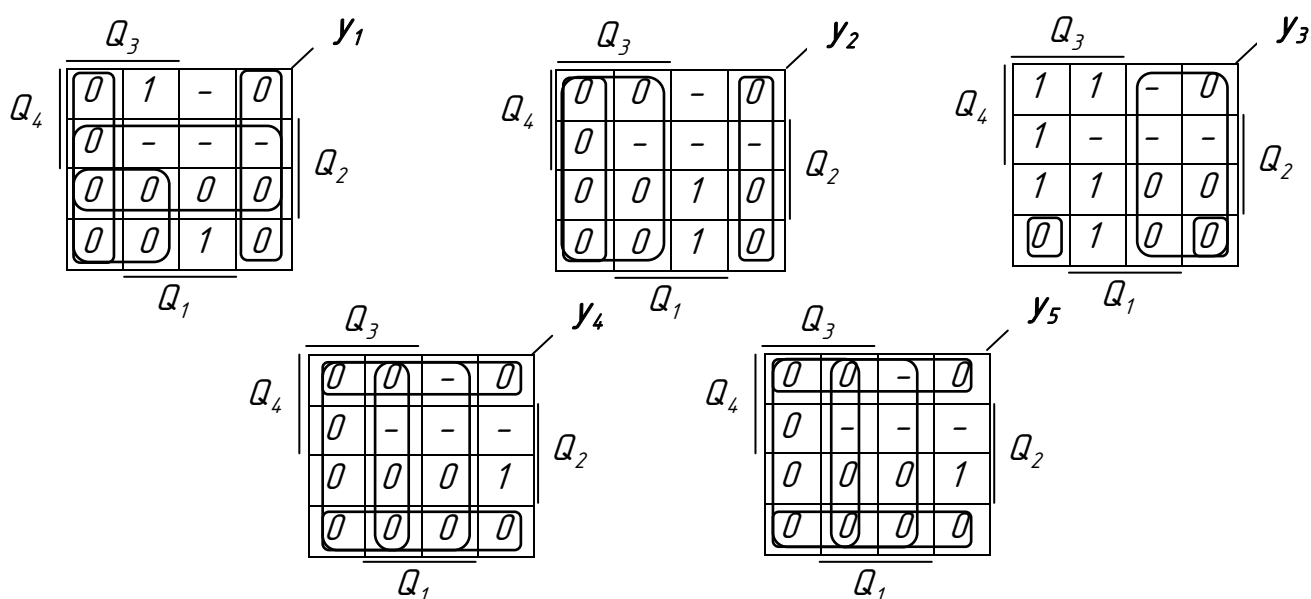


Рисунок 2.3.1. Мінімізація функцій

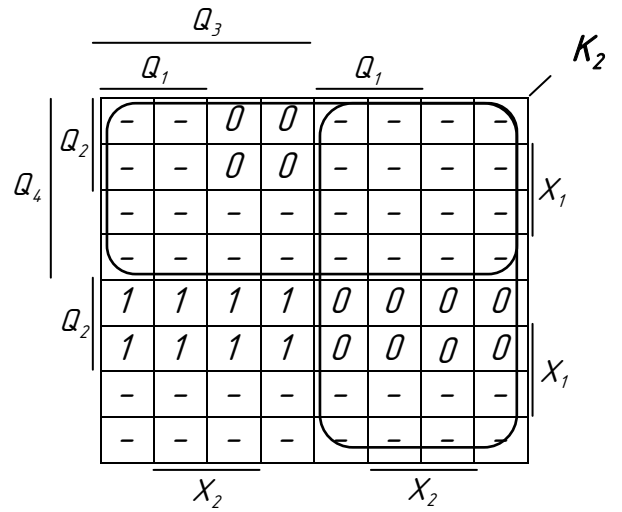
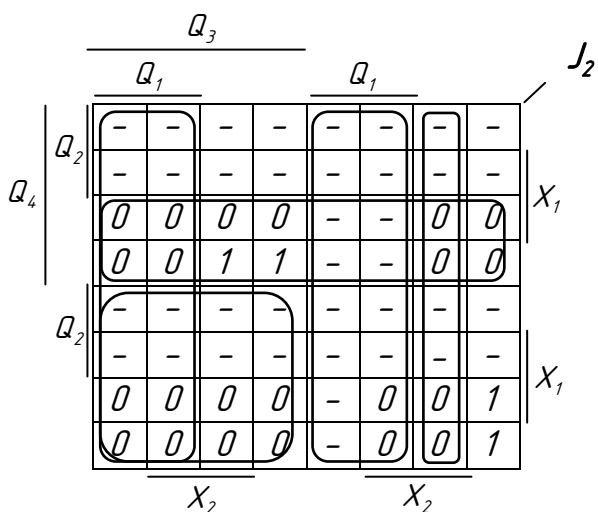
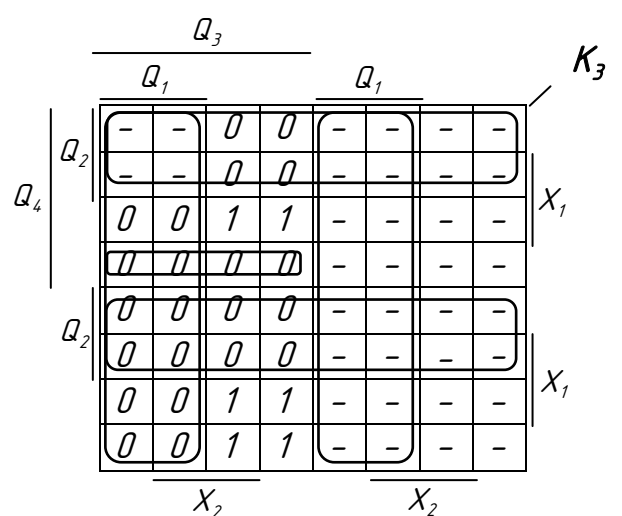
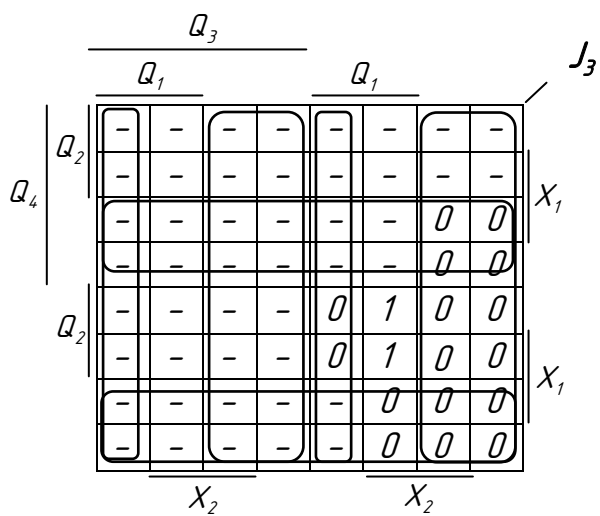
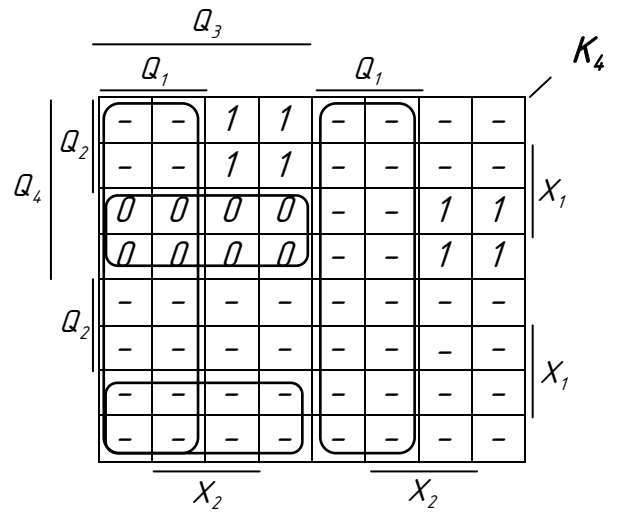
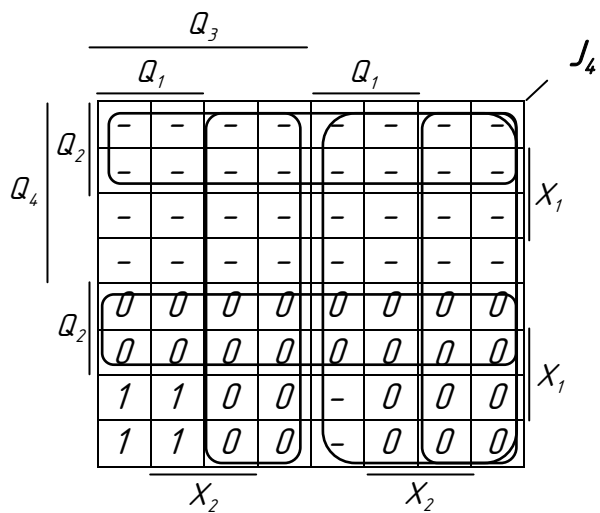


Рисунок 2.3.2. Мінімізація тригерів

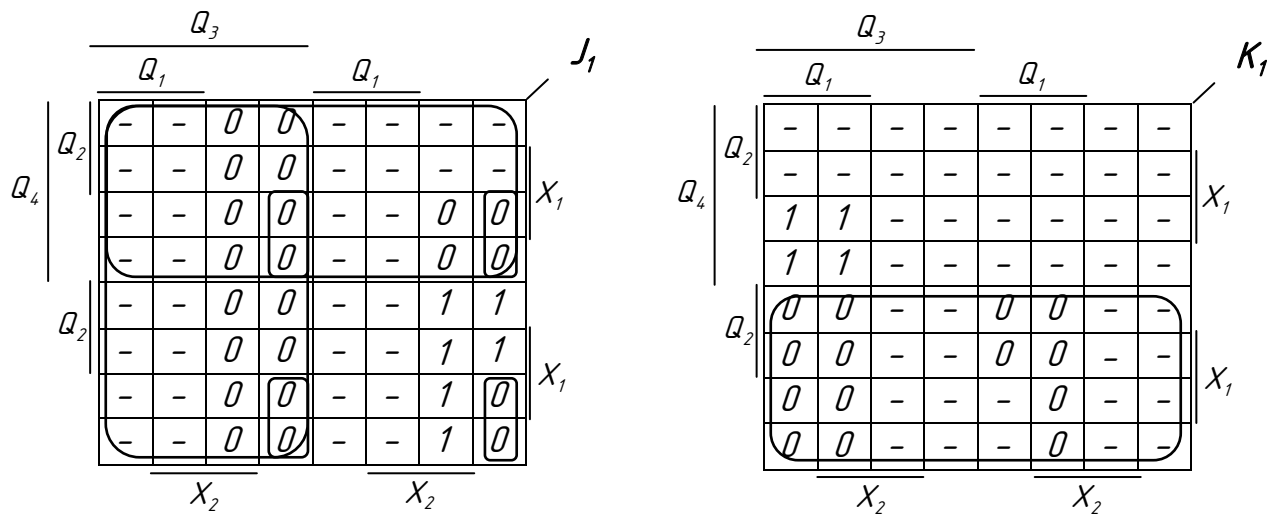


Рисунок 2.3.2. Мінімізація тригерів

$$y_1 = \overline{Q_2} \vee \overline{Q_1} \vee \overline{Q_4} Q_3;$$

$$y_2 = \overline{Q_3} \vee \overline{Q_1};$$

$$y_3 = \overline{Q_3} \vee \overline{Q_4} \overline{Q_2} \overline{Q_1};$$

$$y_4 = \overline{Q_3} \vee \overline{Q_2} \vee \overline{Q_1};$$

$$y_5 = \overline{Q_3} \vee \overline{Q_2} \vee \overline{Q_1};$$

$$J_4 = \overline{Q_3} \vee \overline{Q_2} \vee \overline{Q_1};$$

$$K_4 = \overline{Q_1} \vee \overline{Q_3} \overline{Q_2};$$

$$J_3 = \overline{Q_1} \vee \overline{Q_2} \vee \overline{Q_1} X_2;$$

$$K_3 = \overline{Q_1} \vee \overline{Q_2} \vee \overline{Q_4} \overline{Q_2} X_1;$$

$$J_2 = \overline{Q_1} \vee \overline{Q_4} \overline{Q_2} X_1 \vee \overline{Q_3} \overline{Q_1} X_2 \vee \overline{Q_4} \overline{Q_3};$$

$$K_2 = \overline{Q_4} \vee \overline{Q_3};$$

$$J_1 = \overline{Q_4} \vee \overline{Q_3} \vee \overline{Q_2} \overline{Q_1} X_2;$$

$$K_1 = \overline{Q_4};$$

Після мінімізації ми отримали достатньо даних для побудови функцій сигналів виходів і комбінаційних схем функцій збудження тригерів. Тобто ми маємо достатньо даних для побудови всієї комбінаційної схеми. Будуємо автомат на основі JK-тригерів. Автомат є синхронним, оскільки його роботу синхронізує генератор. JK-тригер керований перепадом сигналу.

3. Синтез комбінаційних схем

3.1. Представлення функції f_4 в канонічних формах алгебр Буля, Шеффера Пірса та Жегалкіна

Дана система перемикальних функцій (табл. 3.1.1)

Таблиця 3.1.1. Система перемикальних функцій

x_4	x_3	x_2	x_1	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	–	0	1	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	–	–	0
0	1	1	1	–	–	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	–	1	1
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1

Представимо функцію f_4 в канонічних формах алгебр Буля, Шеффера, Пірса та Жегалкіна.

Алгебра Буля $\{I, ABO, HE\}$:

$$f_{4_{\text{ДДНФ}}} = \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} \overline{x_1} \vee \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \vee \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 \overline{x_1} \vee \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 x_1 \vee \overline{x_4} x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \vee \overline{x_4} x_3 \overline{x_2} x_1 \vee \overline{x_4} x_3 x_2 \overline{x_1} \vee \overline{x_4} x_3 x_2 x_1;$$

$$f_{4_{\text{МДНФ}}} = x_4 \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_3 \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_3 \overline{x_2} x_1 \vee x_3 x_2 \overline{x_1} \vee x_4 x_2 x_1;$$

Алгебра Шеффера $\{I-HE\}$:

$$\begin{aligned} f_{4_{\text{ДДНФ}}} &= \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \\ &= \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x_4} x_3 x_2 x_1}}}} \\ &= ((x_4 / x_4) / (x_3 / x_3) / (x_2 / x_2) / x_1) / ((x_4 / x_4) / (x_3 / x_3) / x_2 / (x_1 / x_1)) / \\ &((x_4 / x_4) / (x_3 / x_3) / x_2 / x_1) / ((x_4 / x_4) / x_3 / x_2 / x_1) / \\ &(x_4 / (x_3 / x_3) / (x_2 / x_2) / (x_1 / x_1)) / (x_4 / (x_3 / x_3) / (x_2 / x_2) / x_1) / \\ &(x_4 / x_3 / x_3) / x_2 / (x_1 / x_1) / (x_4 / x_3 / (x_2 / x_2) / x_1 / x_1) / (x_4 / x_3 / x_2 / x_1) \end{aligned}$$

Алгебра Пірса {АБО-НЕ}. Отримуємо з ДКНФ із застосуванням аксіоми $\overline{0} = x \uparrow x$ і правила де Моргана.

$$\begin{aligned}
 f4_{\text{ДКНФ}} &= \overline{(\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \cdot (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \cdot (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \cdot (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1})} \cdot \\
 &\quad \overline{(\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \cdot (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \cdot (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1})} = \\
 &\quad \overline{(\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \vee (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \vee (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \vee (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1})} \vee \\
 &\quad (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \vee (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) \vee (\overline{x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1}) = \\
 &\quad (\overline{x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1}) \uparrow (\overline{x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1}) \uparrow (\overline{x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1}) \uparrow (\overline{x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1}) \uparrow \\
 &\quad (x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1) \uparrow (x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1) \uparrow (x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow x_1) = \\
 &\quad ((x_4 \uparrow x_4) \uparrow (x_3 \uparrow x_3) \uparrow (x_2 \uparrow x_2) \uparrow (x_1 \uparrow x_1)) \uparrow ((x_4 \uparrow x_4) \uparrow x_3 \uparrow (x_2 \uparrow x_2) \uparrow (x_1 \uparrow x_1)) \uparrow \\
 &\quad ((x_4 \uparrow x_4) \uparrow x_3 \uparrow (x_2 \uparrow x_2) \uparrow x_1) \uparrow ((x_4 \uparrow x_4) \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow (x_1 \uparrow x_1)) \uparrow (x_4 \uparrow (x_3 \uparrow x_3) \uparrow x_2 \uparrow x_1) \uparrow \\
 &\quad (x_4 \uparrow x_3 \uparrow (x_2 \uparrow x_2) \uparrow x_1) \uparrow (x_4 \uparrow x_3 \uparrow x_2 \uparrow (x_1 \uparrow x_1));
 \end{aligned}$$

Алгебра Жегалкіна {виключне АБО, 1, const 1}. Алгоритм отримання:

- Записуємо ДДНФ

$$\begin{aligned}
 f4_{\text{ДДНФ}} &= \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \vee \\
 &\quad x_4 x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_3 x_2 x_1;
 \end{aligned}$$

- Виконуємо заміну знака операції АБО між термами на ВИКЛЮЧНЕ АБО

$$\begin{aligned}
 f4_{\text{ДДНФ}} &= \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \overline{x_4 x_3 x_2 x_1} \oplus \\
 &\quad x_4 x_3 x_2 x_1 \oplus x_4 x_3 x_2 x_1 \oplus x_4 x_3 x_2 x_1;
 \end{aligned}$$

- Кожен аргумент із запереченням замінюємо на суму по модулю два цього аргумента з одиницею згідно з аксіомою $\overline{x} = x \oplus 1$

$$\begin{aligned}
 f4_{\text{ДДНФ}} &= (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 \oplus (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \oplus (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)x_2x_1 \oplus \\
 &\quad (x_4 \oplus 1)x_3x_2x_1 \oplus x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \oplus x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 \oplus \\
 &\quad x_4(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \oplus x_4x_3(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \oplus x_4x_3x_2x_1;
 \end{aligned}$$

- Розкриваємо дужки і спрощуємо вираз шляхом виключення парних термів згідно з аксіомами $x \oplus x = 0$ і $x \oplus 0 = x$

$$\begin{aligned}
 f4_{\text{ДДНФ}} &= \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} x_1 \oplus \overline{x_3} x_2 x_1 \oplus x_3 x_1 \oplus \overline{x_2} x_1 \oplus x_1 \oplus \\
 &\quad \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 \oplus \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 \oplus \overline{x_3} x_2 x_1 \oplus \overline{x_3} x_2 \oplus \overline{x_2} x_1 \oplus x_2 \oplus \\
 &\quad \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_3} x_2 x_1 \oplus x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \\
 &\quad \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 \oplus \overline{x_4} x_3 \oplus \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 \oplus x_4 \oplus \\
 &\quad \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_2 \oplus \\
 &\quad \overline{x_4} x_2 x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \oplus \overline{x_4} x_2 \oplus \overline{x_4} \overline{x_3} x_1 \oplus \overline{x_4} x_3 \oplus x_4 x_3 x_2 x_1 = \\
 &\quad x_4 x_3 x_2 x_1 \oplus x_3 x_1 \oplus x_2 x_1 \oplus x_4 \oplus x_2 \oplus x_1 \oplus;
 \end{aligned}$$

3.2. Визначення належності функції f_4 до п'яти передповних класів

- $f(0000)=0$ - функція зберігає нуль.
- $f(1111)=1$ - функція зберігає одиницю.
- $f(0011)=f(1100)=1$ - функція не самодвоїста..
- $f(1101)<f(0001)$ - функція не монотонна.
- функція не лінійна, оскільки поліном Жегалкіна не лінійний.

3.3. Мінімізація функції f_4

Мінімізація функції методом Квайна-Мак-Класкі.

Випишемо ДДНФ з таблиці 4.2 розподіливши терми за кількістю одиниць. Проведемо попарне склеювання між сусідніми групами. Після проведення попарного склеювання виконаємо поглинання термів (рис. 3.3.1)

A_0	A_1
0001	<u>00x1</u>
0010	<u>x001</u>
1000	<u>001x</u>
0011	<u>x010</u>
1001	<u>100x</u>
1010	<u>10x0</u>
1100	<u>1x00</u>
0111	<u>0x11</u>
1111	<u>x111</u>

Рис. 3.3.1 Склеювання та поглинання термів

Для отриманих простих імплікант побудуємо таблицю покриття (табл. 3.3.1)

Таблиця 3.3.1 Таблиця покриття

	0001	0010	1000	0011	1001	1010	1100	0111	1111
00x1	+			+					
x001	+				+				
001x		+		+					
x010		+				+			
100x			+		+				
10x0			+			+			
1x00			⊕				⊕		
0x11				+				+	
X111								⊕	⊕

До ядра функції входять ті терми, без яких не можливо, покрити хоча б одну імпліканту.

$$\text{Ядро} = \overline{x_4} \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_3 x_2 x_1$$

МДНФ включає в себе всі терми ядра і ті терми, які забезпечують покриття всієї функції з мінімальною ціною.

$$f_{\text{МДНФ}} = \overline{x_4} \overline{x_2} \overline{x_1} \vee x_3 x_2 x_1 \vee \overline{x_3} \overline{x_2} \overline{x_1} \vee \overline{x_3} \overline{x_2} x_1 \vee \overline{x_4} x_2 x_1;$$

Мінімізація функції методом невизначених коефіцієнтів.

Метод ґрунтується на пошуці ненульових коефіцієнтів при кожній імпліканті. Складається з декількох етапів:

1. На основі рівняння для знаходження коефіцієнтів складається таблиця(табл. 3.3.2)
2. Виконується викреслення нульових рядків.
3. Викреслюються нульові коефіцієнти на рядках, які залишились.
4. Поглинання імплікантами, імплікант, які знаходяться праворуч від них.

Таблиця 3.3.2 Метод невизначених коефіцієнтів

f	x_4	x_3	x_2	x_1	x_4x_3	x_4x_2	x_4x_1	x_3x_2	x_3x_1	x_2x_1	$x_4x_3x_2$	$x_4x_3x_1$	$x_4x_2x_1$	$x_3x_2x_1$	$x_4x_3x_2x_1$
0	0	0	0	0	00	00	00	00	00	00	000	000	000	000	0000
1	0	0	0	1	00	00	01	00	01	01	000	001	001	001	0011
1	0	0	1	0	00	01	00	01	00	10	001	000	010	010	0000
1	0	0	1	1	00	01	01	01	01	11	001	001	011	011	0011
0	0	1	0	0	01	00	00	10	10	00	010	010	000	100	0100
0	0	1	0	1	01	00	01	10	11	01	010	011	001	101	0111
0	0	1	1	0	01	01	00	11	10	10	011	010	010	110	0100
1	0	1	1	1	01	01	01	11	11	11	011	011	011	111	0111
1	1	0	0	0	10	10	10	00	00	00	100	100	100	000	1000
1	1	0	0	1	10	10	11	00	01	01	100	101	101	001	1011
1	1	0	1	0	10	11	10	01	00	10	101	100	110	010	1000
0	1	0	1	1	10	11	11	01	01	11	101	101	111	011	1011
1	1	1	0	0	11	10	10	10	10	00	110	110	100	100	1100
0	1	1	0	1	11	10	11	10	11	01	110	111	101	101	1111
0	1	1	1	0	11	11	10	11	10	10	111	110	110	110	1100
1	1	1	1	1	11	11	11	11	11	11	111	111	111	111	1111

МДНФ включає в себе всі терми ядра і ті терми, які забезпечують покриття всієї функції з мінімальною ціною.

$$f_{4\text{МДНФ}} = \overline{x_4}x_2x_1 \vee x_3\overline{x_2}x_1 \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2x_1 \vee x_4x_2x_1;$$

Мінімізація функції f_4 методом діаграм Веїча

Метод діаграм Веїча — це один з графічних методів мінімізації. Він призначений для ручної мінімізації. Його наочність зберігається лише при невеликій кількості аргументів.

Кожна клітинка відповідає конституенті, а кожний прямокутник, який містить 2^N елементів, відповідає імпліканті. Прямокутник максимального розміру відповідає простій імпліканті

		x_3					
x_4	x_2	1	0	1	1		
		0	1	0	1		
		0	1	1	1		
		0	0	1	0		
				x_1			

$$f_{4\text{МДНФ}} = \overline{x_4}x_2x_1 \vee x_3\overline{x_2}x_1 \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2x_1 \vee x_4x_2x_1;$$

Рисунок 3.3.2 Мінімізація методом діаграм Веїча

3.4. Спільна мінімізація f_1, f_2, f_3

Для того, щоб отримати схему з мінімальними параметрами, потрібно провести спільну мінімізацію системи функцій і її заперечень. Мінімізацію будемо виконувати методом Квайна-Мак-Класкі за ДДНФ. Випишемо ДДНФ функцій у вигляді списку термів. Проведемо склеювання з поглинанням(рис. 3.4.1).

K_0	K_1	K_2
0000 {1,2,3}	<u>000x</u> {1,2}	<u>0xx0</u> {1,3}
0001 {1,2}	<u>00x0</u> {1,2,3}	<u>xx00</u> {1,3}
0010 {1,2,3}	0x00 {1,3}	<u>x1x0</u> {1}
0100 {1,3}	<u>x000</u> {1,2,3}	<u>x11x</u> {1,2}
1000 {1,2,3}	<u>0x10</u> {1,2,3}	
0110 {1,2,3}	01x0 {1,3}	
1001 {3}	x100 {1,3}	
1100 {1,2,3}	<u>100x</u> {3}	
0111 {1,2,3}	<u>1x00</u> {1,2,3}	
1110 {1,2}	<u>011x</u> {1,2,3}	
1111 {1,2,3}	x110 {1,2}	
	<u>11x0</u> {1,2}	
	<u>x111</u> {1,2,3}	
	111x {1,2}	

Рис. 3.4.1. Склеювання та поглинання термів системи

Побудуємо таблицю покриття(табл. 3.4.1)

Таблиця 3.4.1. Таблиця покриття системи

	f_1								f_2						f_3							
	0000	0001	0010	0110	1000	1100	1110	1111	0000	0001	0010	1000	1110	1111	0000	0010	0100	0111	1000	1001	1100	1111
000x {1,2}	⊕	⊕							⊕	⊕												
00x0 {1,2,3}	+		+						+		+				+	+						
x000 {1,2,3}	+				+				+			+			+				+			
0x10 {1,2,3}			+	+							+					+						
100x {3}																			+	+		
1x00 {1,2,3}						+	+					+							+		+	
011x {1,2,3}					+													+				
11x0 {1,2}							+	+					+									
x111 {1,2,3}									⊕					⊕				⊕				⊕
0xx0 {1,3}	+		+	+											+	+	+					
xx00 {1,3}	+				+	+									+		+		+		+	
x1x0 {1}				+		+	+															
x11x {1,2}				+			+	+					+	+								

Мінімізуємо систему, і визначаємо кожну з функцій в формі І/АБО:

$$y_1 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee x_3 x_2 x_1 \vee \overline{x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee x_3 x_2 \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$y_2 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee x_3 x_2 x_1 \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee x_3 x_2 \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$y_3 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee x_3 x_2 x_1 \vee \overline{x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

Проведемо мінімізацію системи функцій методом Квайна-Мак-Класкі за ДДНФ. Випишемо ДДНФ функцій у вигляді списку термів. Проведемо попарне склеювання і поглинання.

K_0	K_1	K_2
0001 {3}	<u>00x1</u> {3}	<u>01xx</u> {2}
0100 {1,2}	<u>0x01</u> {3}	<u>x10x</u> {2}
0011 {1,2,3}	<u>010x</u> {1,2}	
0101 {1,2,3}	01x0 {2}	
<u>0110</u> {2,3}	x100 {2}	
1001 {1,2}	<u>x011</u> {1,2,3}	
1010 {1,2,3}	<u>0x11</u> {1,2}	
1100 {2}	<u>01x1</u> {1,2}	
1011 {1,2,3}	<u>x101</u> {1,2,3}	
0111 {1,2}	011x {2}	
1101 {1,2,3}	<u>x110</u> {3}	
1110 {3}	<u>10x1</u> {1,2}	
	<u>1x01</u> {1,2}	
	<u>101x</u> {1,2,3}	
	<u>1x10</u> {3}	
	110x {2}	

Рисунок 3.4.2. Склеювання і поглинання термів системи

Побудуємо таблицю покриття (табл. 3.4.2).

Таблиця 3.4.2. Таблиця покриття систем

	f_1						f_2						f_3							
	0011	0101	1001	1010	1011	1101	0011	0100	0101	1001	1010	1011	1101	0001	0011	0101	1010	1011	1101	1110
0110 {2,3}																				
00x1 {3}														+	+					
0x01 {3}														+		+				
010x {1,2}		+						+	+											
X011 {1,2,3}	+				+		+					+			+			+		
0x11 {1,2}	+						+													
01x1 {1,2}		+							+											
x101 {1,2,3}		⊕				⊕			⊕				⊕			⊕			⊕	
x110 {3}																				+
10x1 {1,2}			+		+					+		+								
1x01 {1,2}			+			+				+			+							
101x {1,2,3}				⊕	⊕						⊕	⊕					⊕	⊕		
1x10 {3}																	+			+
01xx {2}								+	+											
x10x {2}								+	+				+							

Після мінімізації визначимо кожну функцію в формі І/АБО-НЕ

$$y_1 = \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$y_2 = \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_3 x_2};$$

$$y_3 = \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

3.5. Одержання операторних форм для реалізації на ПЛМ

Для програмування ПЛМ використовують нормальні форми І/АБО, І/АБО-НЕ.

Виконаємо програмування ПЛМ для системи перемикальних функцій, що представлена в базисі І/АБО.

$$y_1 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_3 x_2} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$y_2 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_3 x_2} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$y_3 = \overline{x_4 x_3 x_2} \vee \overline{x_3 x_2 x_1} \vee \overline{x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1} \vee \overline{x_4 x_2 x_1};$$

Проведемо розмітку термів системи:

$$P_1 = \overline{x_4 x_3 x_2};$$

$$P_2 = x_3 x_2 x_1;$$

$$P_3 = \overline{x_2 x_1};$$

$$P_4 = \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$P_5 = x_3 x_2;$$

$$P_6 = x_4 \overline{x_2 x_1};$$

$$P_7 = x_4 x_3 \overline{x_2};$$

Після заміни функції виходів описуються системою:

$$y_1 = P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4 \vee P_5 \vee P_6;$$

$$y_2 = P_1 \vee P_2 \vee P_4 \vee P_5 \vee P_6;$$

$$y_3 = P_7 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4 \vee P_6;$$

Мінімальні параметри ПЛМ:

$n = 4$ - число інформаційних входів, що рівне кількості аргументів системи перемикальних функцій.

$r = 7$ - число проміжних внутрішніх шин, яке рівне кількості різних термів системи.

$m = 3$ - число інформаційних виходів, що рівне кількості функцій виходів.

Виконаємо побудову спрощеної мнемонічної схеми ПЛМ(4,7,3) - рис. 3.5.1.

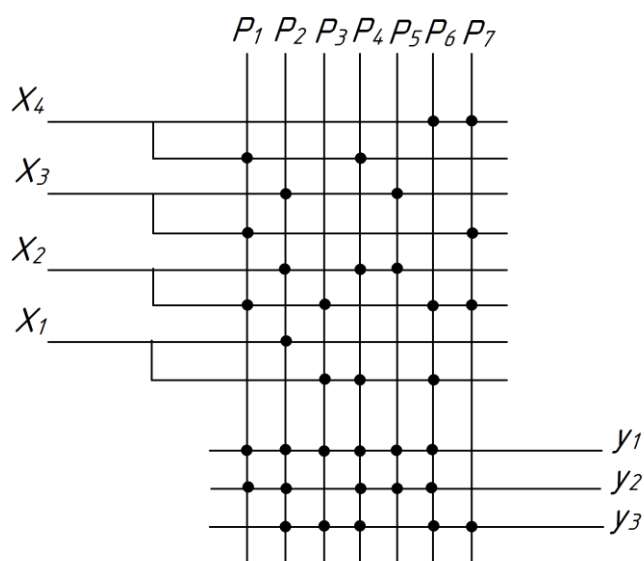


Рисунок 3.5.1. Мнемонічна схема (І/АБО)

Виконаємо програмування ПЛМ для системи перемикальних функцій, що представлена в базисі І/АБО-НЕ.

$$y_1 = \overline{x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_3 x_2 \vee x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_2 x_1};$$

$$y_2 = \overline{x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_3 x_2 \vee x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_2 x_1 \vee x_3 x_2};$$

$$y_3 = \overline{x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_3 x_2 \vee x_3 x_2 x_1 \vee x_4 x_2 x_1 \vee x_4 x_2 x_1};$$

Проведемо розмітку термів системи:

$$P_1 = \overline{x_3 x_2 x_1};$$

$$P_2 = \overline{x_4 x_3 x_2};$$

$$P_3 = \overline{x_3 x_2 x_1};$$

$$P_4 = \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$P_5 = \overline{x_3 x_2};$$

$$P_6 = \overline{x_4 x_2 x_1};$$

$$P_7 = \overline{x_4 x_2 x_1};$$

Після заміни функції виходів описуються системою:

$$y_1 = \overline{P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4};$$

$$y_2 = \overline{P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4 \vee P_5};$$

$$y_3 = \overline{P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_6 \vee P_7};$$

Мінімальні параметри ПЛМ:

$n = 4$ – число інформаційних входів, що рівне кількості аргументів системи перемикальних функцій.

$r = 7$ – число проміжних внутрішніх шин, яке рівне кількості різних термів системи.

$m = 3$ – число інформаційних виходів, що рівне кількості функцій виходів.

Виконаємо побудову спрощеної мнемонічної схеми ПЛМ(4,7,3) – рис. 3.5.2.

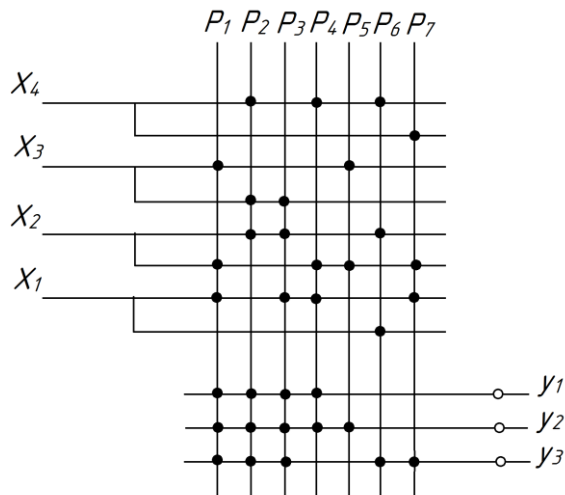


Рисунок 3.5.2. Мнемонічна схема (I/ABO-HE)

4. Висновок

Завдання курсової роботи полягало у виконанні абстрактного і структурного синтезу автомата. Функціональна схема автомата приведена у документі «Керуючий автомат. Схема електрична функціональна» і виконана згідно з вимогами єдиної системи конструкторської документації. Автомат працює по заданому алгоритму і може бути використаний у сфері обчислювальної техніки.

Для виконання завдання потрібно було за двійковим номером залікової книжки отримати унікальний варіант роботи. За отриманим варіантом роботи потрібно було побудувати графічну схему алгоритму, граф з урахуванням сигналів подвійної тривалості і виконати сусіднє кодування, побудувати структурну схему автомата, провести мінімізацію системи із функцій виходів і функцій збудження тригерів. На основі цього побудувати і відлагодити автомат.

При виконанні другої частини курсової роботи, функція f_4 була мінімізована методами Квайна-Макласкі, невизначених коефіцієнтів і діаграмами Вейча. Також функція f_4 була представлена в канонічних формах алгебр Буля, Пірса, Жегалкіна і Шефера. Крім цього була проведена також сумісна мінімізація системи перемикальних функцій з наступною реалізацією на програмованих логічних матрицях.

Під час виконання роботи були закріплені знання теоретичного курсу, отримані навички їх практичного застосування, також були покращені навички роботи з конструкторською документацією.

5. Список літератури

- 1. Жадін В.І., Жуков І.А. Прикладна теорія цифрових автоматів. Навчальний посібник – Київ: книжкове видавництво НАУ, 2009р.*
- 2. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна логіка», 2012р.*