# НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Кафедра обчислювальної техніки

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліні "Комп'ютерна логіка"

Виконав
Мазан Ян Владиславович
Факультет ІОТ,

Група ІВ-71

Залікова книжка № ІВ-7109

Допущений до захисту _____

_____
(підпис керівника)

Київ - 2017 р.

# Опис альбому

| № рядка | Формат | Позначення | Найменування | Кількість | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | Документація загальна | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | розроблена заново | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | А4 | ІАЛЦ.007109.001 ОА | Курсова робота | 1 | |
| 6 | | | Опис альбому | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | А4 | ІАЛЦ.007109.002 ТЗ | Курсова робота | 5 | |
| 9 | | | Технічне завдання | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | А2 | ІАЛЦ.007109.003 Е2 | Керуючий автомат | 1 | |
| 12 | | | Схема електрична | | |
| 13 | | | функціональна | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | А4 | ІАЛЦ.007109.004 ПЗ | Курсова робота | 20 | |
| 16 | | | Пояснювальна записка | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |

| Зм. | Арк | № докум. | Підпис | Дата | ІАЛЦ.007109.001 ОА | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Калюжний О.О | | | Курсова робота<br>Опис альбому | Лит. | Арк: 1 / Аркушів: 1 |
| Перевір. | | Поспішний О.С | | | | | |
| Рецензн. | | | | | | НТУУ «КПІ» ФІОТ | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затв. | | Жабін В.І | | | | | |

# Технічне завдання

*Зміст*

1. Вступ.....2
2. Призначення розроблюваного об'єкта.....2
3. Вхідні дані для розробки.....2
4. Склад пристроїв.....4
5. Етапи і терміни проектування.....4
6. Перелік текстової і графічної документації.....5

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ІАЛЦ. 007109.002 ТЗ | | | |
| Зм. | Арк | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Мазан Я. В. | | | Курсова робота<br>Технічне завдання | Лит. | Арк | Аркушів |
| Перевір. | | | | | | | 1 | 20 |
| Рецензі. | | | | | | НТУУ «КПІ» ФІОТ<br>Група ІВ-71 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затв. | | Жабін В.І | | | | | | |

1. Вступ

У даній курсовій роботі необхідно виконати синтез автомата і комбінаційних схем. Розробка виконується на підставі Технічного завдання ІАЛЦ.001709.004 ТЗ.

2. Призначення розроблювального об'єкта

У курсовій роботі необхідно виконати синтез автомата Мілі. Керуючий автомат – електрична схема, що виконує відображення вхідного сигналу у вихідний по заданому алгоритму. Практичне застосування даного автомата можливе в області обчислювальної техніки, для керування сигналами в пристроях.

3. Вихідні дані для розробки

Номер залікової книжки – 7109 = 11011110001012. $h_9$ = 1; $h_8$ = 1; $h_7$ = 1; $h_6$ = 0; $h_5$ = 0; $h_4$ = 0; $h_3$ = 1; $h_2$ = 0; $h_1$ = 1;

Табляця істинності:

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

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | - | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Синтез цифрового автомата з пам'яттю:

| $h_8$ | $h_4$ | $h_2$ | Порядок з'єднання фрагментів |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 3, 1, 4 |
| $h_8$ | $h_7$ | $h_3$ | Послідовність логічних умов |
| 1 | 1 | 1 | $\overline{x_1}, \overline{x_2}, \overline{x_1}$ |
| $h_9$ | $h_4$ | $h_1$ | Послідовність вихідних сигналів |
| 1 | 0 | 1 | $y_1, y_3, y_2, y_4, y_2, y_1$ |
| $h_6$ | $h_2$ | | Сигнал, тривалістю 2t |
| 0 | 0 | | $y_1$ |
| $h_9$ | $h_4$ | | Тип тригерів |
| 1 | 0 | | JK |
| $h_1$ | | | Тип автомата |
| 1 | | | Мура |
| $h_3$ | $h_2$ | $h_1$ | Логічні елементи |
| 1 | 0 | 1 | 2І-НЕ, 4АБО |

Необхідно виконати сумісну мінімізацію функцій $f_1$, $f_2$, $f_3$. Отримати операторні представлення для реалізації системи функцій на програмувальних логічних матрицях.

Функцію $f_4$ необхідно представити в канонічних формах алгебри Буля, Жегалкіна, Пірса та Шефера. Визначити належність даної функції до п'яти передповних класів. Виконати мінімізацію функції методами:

- невизначених коефіцієнтів;
- Квайна (Квайна-Мак-Класкі);

- діаграм Вейча.

склад пристроїв, в якому приводиться перелік основних складових частин проектованого пристрою;

4. Склад пристроїв

Керуючий автомат

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

Програмувальна логічна матриця

ПЛМ складається із двох (кон'юктивної і диз'юнктивної ) матриць, де виходи першої приєднуються на входи другої і дозволяють реалізувати комбінаційні схеми в базисі {І/АБО, І/АБО-НЕ}.

5. Етапи і терміни проектування

1. Синтез автомата

1) Побудова графічної схеми алгоритму;

2) Розмітка станів автомата;

3) Побудова графу автомата;

4) Побудова таблиці переходів;

5) Побудова структурної таблиці автомата;

6) Синтез комбінаційних схем для функцій збудження тригерів та вихідних сигналів;

7) Побудова схеми автомата в заданому базисі;

2. Синтез комбінаційних схем

1) Представлення функції f4 в канонічних формах алгебр Буля, Шефера, Пірса та Жегалкіна;

2) Визначення належності функції f4 до п'яти передповних класів;

3) Мінімізація функції f4;

4) Спільна мінімізація функцій f1, f2, f3;

5) Одержання операторних форм для реалізації на ПЛМ.

6. Перелік текстової і графічної документації

1. Титульний лист
2. Аркуш з написом «Опис альбому»
3. Опис альбому
4. Аркуш з написом «Технічне завдання»
5. Технічне завдання
6. Аркуш з написом «Схема електрична функціональна»
7. Керуючий автомат. Схема електрична функціональна
8. Аркуш з написом «Пояснювальна записка»
9. Пояснювальна записка

# Керуючий автомат. Схема електрична функціональна

# Пояснювальна записка

Зміст

1. Вступ……2

2. Синтез автомата……2

2.2 Побудова графа автомата……2

2.3 Складання структурної таблиці автомата……3

2.4 Мінімізація функцій збудження тригерів та вихідних сигналів……4

3. Синтез комбінаційних схем……8

3.1 Вступ……8

3.2 Представлення $f_4$ в канонічних формах різних алгебр……8

3.2.1 Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Буля……8

3.2.2 Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Шефера……8

3.2.3 Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Пірса……8

3.2.4 Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Жегалкіна……9

3.2.5 Визначення належності функції $f_4$ до п'яти чудових класів……10

3.3. Мінімізація функції $f_4$ ……10

3.3.1. Метод діаграм Вейча……10

3.3.2. Метод невизначених коефіцієнтів……10

3.3.3. Метод Квайна - Мак-Класкі……11

3.4 Спільна мінімізація функцій $f_1$, $f_2$, $f_3$……12

3.4.1. Мінімізація ситеми функцій методом Квайна-Мак-Класкі……12

3.4.2 Запис мінімізованих функцій у операторних представленнях для реалізації на ПЛМ……16

3.5 Реалізація $f_1$, $f_2$, $f_3$ на ПЛМ……16

4.Висновок……20

5. Список використаної літератури……20

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ІАЛЦ. 007109.002 ТЗ | | |
| Зм. | Арк | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Мазан Я. В. | | | Курсова робота<br>Пояснювальна записка | Лит. | Арк 1 / Аркушів 20 |
| Перевір. | | | | | | | |
| Рецензі. | | | | | | НТУУ «КПІ» ФІОТ<br>Група ІВ-71 | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затв. | | Жабін В.І | | | | | |

## 1. Вступ

Курсова робота виконана за номером технічного завдання 7109 ($101111000101_2$) і складається з двох частин: синтез автомата та синтез комбінаційних схем.

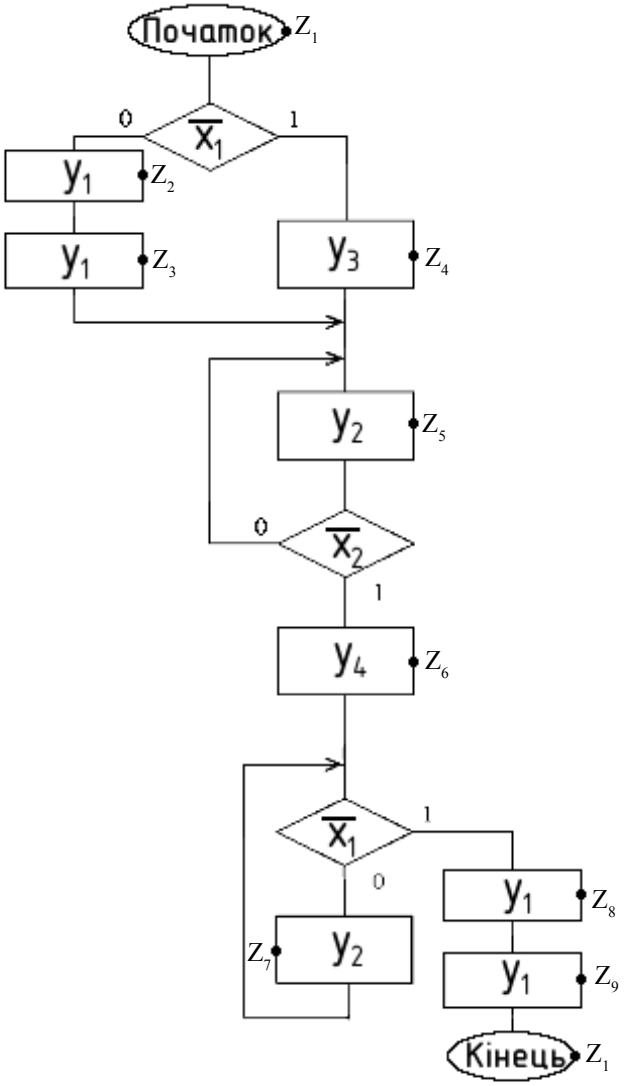
Вихідними даними при синтезі автомата є заданий алгоритм, тип тригера та елементна база. Вихідними даними при синтезі комбінаційних схем є таблиця істиності та елементна база.

## 2. Синтез автомата

### 2.1. Побудова графа автомата

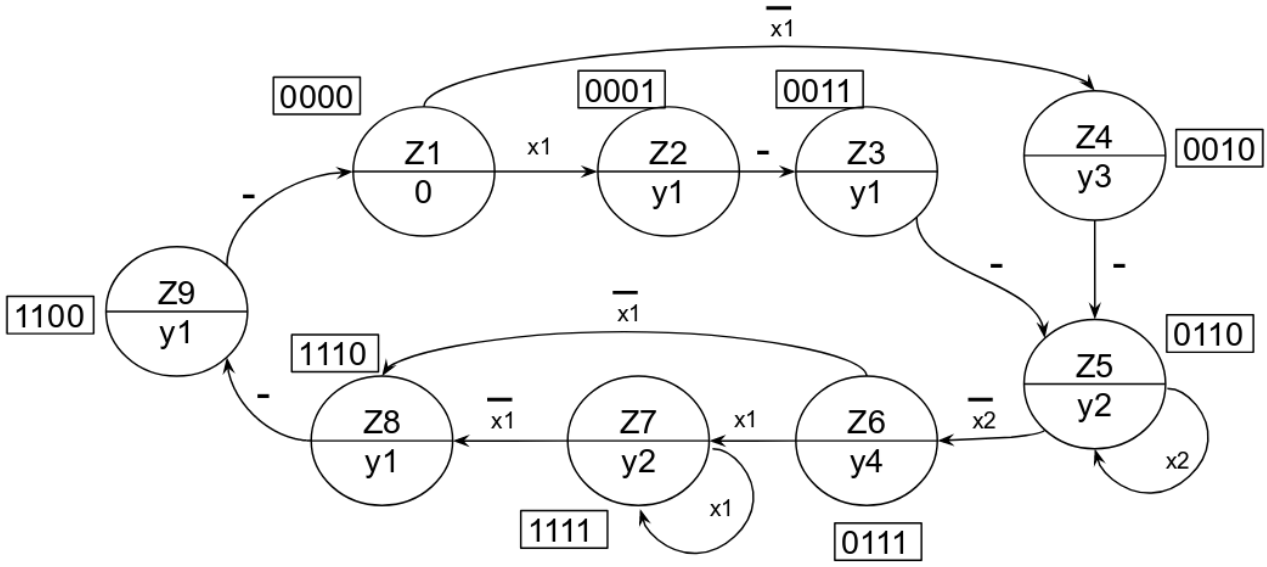
За графічною схемою алгоритму виконаємо розмітку станів циклічного автомата, врахувавши сигнал, тривалістю 2t.

Рисунок 2.1. ГСА циклічного автомата із розміткою станів



Згідно з графічною схемою автомата побудуємо його граф та виконаємо розмітку станів

Рисунок 2.2. Граф автомата




2.2. Складання структурної таблиці автомата

Для синтезу логічної схеми автомата необхідно виконати синтез функцій збудження тригерів та вихідних функцій автомата. Кількість станів автомата дорівнює 9, тоді кількість тригерів знайдемо за формулою K>= ]$\log_2$N[= ]$\log_2$9[ >= 4, звідки K = 4. Так як для побудови даного автомата необхідно використовувати JK-тригери, запишемо таблицю переходів цього типу тригерів

Рисунок 2.3. Таблиця переходів JK тригера

| | J | K | |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | - | 0 |
| 0 | 1 | - | 1 |
| 1 | - | 1 | 0 |
| 1 | - | 0 | 1 |

Побудуємо структурну таблицю на основі графі автомата

Таблиця 2.1. Структурна таблиця автомата Мура

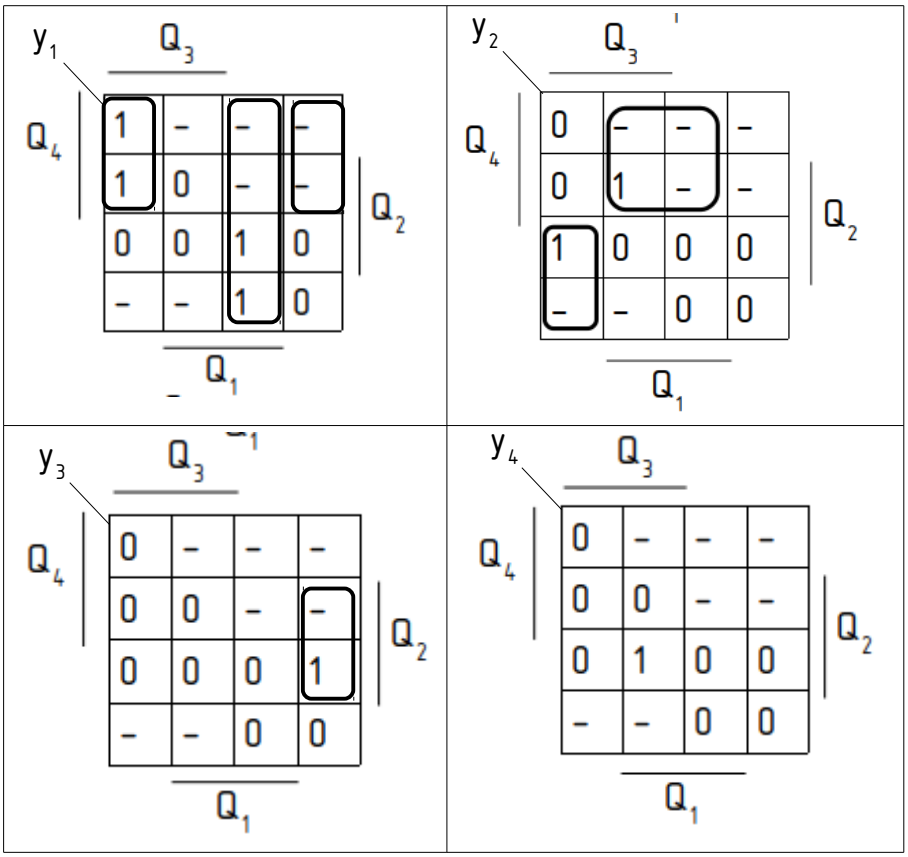
| Перехід | Код ПС $Z^t$ | | | | Код СП $Z^{t+1}$ | | | | Логічні умови | | Керуючі сигнали | | | | Функції збудження тригерів | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_4^t$ | $Q_3^t$ | $Q_2^t$ | $Q_1^t$ | $Q_4^{t+1}$ | $Q_4^{t+1}$ | $Q_4^{t+1}$ | $Q_4^{t+1}$ | $x_1$ | $x_2$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ | $y_4$ | $J_4K_4$ | $J_3K_3$ | $J_2K_2$ | $J_1K_1$ |
| $Z_1$ – $Z_2$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | – | 0 | 0 | 0 | 0 | 0– | 0– | 0– | 1– |
| $Z_2$ – $Z_3$ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | – | – | 1 | 0 | 0 | 0 | 0– | 0– | 1– | –0 |
| $Z_3$ – $Z_5$ | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | – | – | 1 | 0 | 0 | 0 | 0– | 1– | –0 | –1 |
| $Z_1$ – $Z_4$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | – | 0 | 0 | 0 | 0 | 0– | 0– | 1– | 0– |
| $Z_4$ – $Z_5$ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | – | – | 0 | 0 | 1 | 0 | 0– | 1– | –0 | 0– |
| $Z_5$ – $Z_5$ | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | – | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0– | –0 | –0 | 0– |
| $Z_5$ – $Z_6$ | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | – | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0– | –0 | –0 | 1– |
| $Z_6$ – $Z_7$ | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | – | 0 | 0 | 0 | 1 | 1– | –0 | –0 | –0 |
| $Z_7$ – $Z_7$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | – | 0 | 1 | 0 | 0 | –0 | –0 | –0 | –0 |
| $Z_7$ – $Z_8$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | – | 0 | 1 | 0 | 0 | –0 | –0 | –0 | –1 |
| $Z_6$ – $Z_8$ | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | – | 0 | 0 | 0 | 1 | 1– | –0 | –0 | –0 |
| $Z_8$ – $Z_9$ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | – | – | 1 | 0 | 0 | 0 | –0 | –0 | –1 | 0– |
| $Z_9$ – $Z_1$ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | 1 | 0 | 0 | 0 | –1 | –1 | 0– | 0– |

## 2.3. Мінімізація функцій збудження тригерів та вихідних сигналів

На основі структурної таблиці автомата виконаємо синтез комбінаційних схем для вихідних сигналів і функцій збудження тригерів. Так як ми маємо синтезувати автомат Мура, то аргументами функцій збудження тригерів будуть коди станів автомата та вхідні сигнали, а аргементами функцій вихідних сигналів будуть лише коди станів автомата. Виконаємо мінімізацію вищевказаних функцій методом діаграм Вейча.

Виконаємо мінімізацію функцій виходу.

Таблиця 2.2. Мінімізація функцій виходу




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

$$y_2 = Q_4Q_1 \vee \overline{Q_4}Q_3\overline{Q_1} = \overline{\overline{Q_4Q_1}} \vee \overline{\overline{\overline{Q_4}Q_3}\,\overline{Q_1}};$$

$$y_3 = \overline{Q_3}Q_2\overline{Q_1} = \overline{\overline{\overline{Q_3}Q_2}\,\overline{Q_1}};$$

$$y_4 = \overline{Q_4}Q_3Q_1 = \overline{\overline{\overline{Q_4}Q_3}\,Q_1}.$$

Виконаємо мінімізацію функцій збудження тригерів

Таблиця 2.3. Мінімізація функцій збудження тригерів

$J_4$

| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | – | – | – | – | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

$Q_2$: $x_1$, $x_1$

$K_4$

| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | 1 | – | – | 1 | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | 1 | – | – | 1 | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

$Q_2$: $x_1$, $x_1$

$J_3$

| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | – | – | – | – | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | – | – | – | – | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | – | – | – | – | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

$Q_2$: $x_1$, $x_1$

$K_3$

| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | 1 | – | – | 1 | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | 1 | – | – | 1 | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

$Q_2$: $x_1$, $x_1$

$J_2$

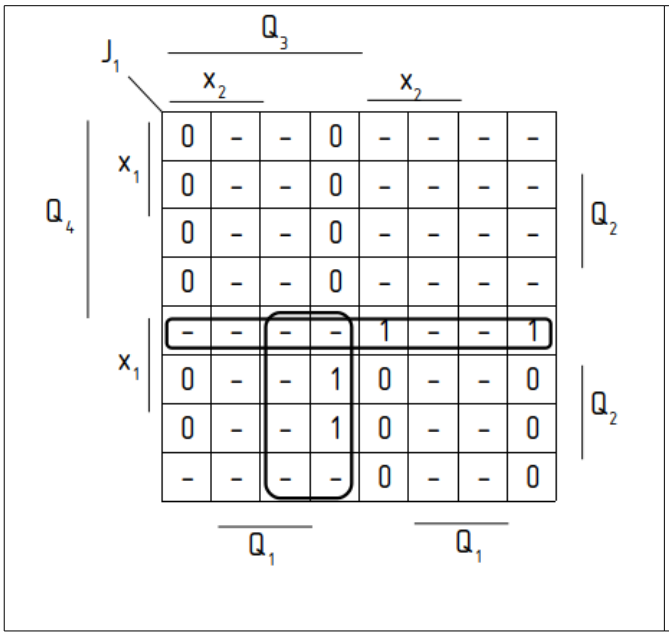
| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | 0 | – | – | 0 | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | 0 | – | – | 0 | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

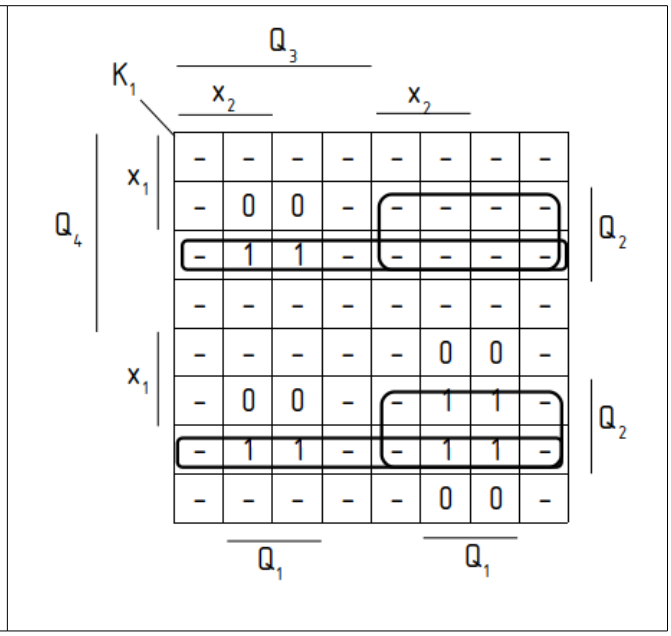
$Q_2$: $x_1$, $x_1$

$K_2$

| $Q_4$ \ $Q_3$ | $x_2$ | | $x_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | – | – | – | – |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | – | – | – | – |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| $x_1$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | $Q_1$ | | | | $Q_1$ | | | |

$Q_2$: $x_1$, $x_1$




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

$$K_4 = \overline{Q_2};$$

$$J_3 = Q_2;$$

$$K_3 = \overline{Q_2};$$

$$J_2 = \overline{Q_4}\,\overline{x_1} \vee Q_1 = \overline{\overline{\overline{Q_4}\,\overline{x_1}}} \vee Q_1;$$

$$K_2 = Q_4 Q_1 = Q_4 Q_1;$$

$$J_1 = \overline{Q_4}\,\overline{Q_2} x_1 \vee \overline{Q_4} Q_3 \overline{x_2} = \overline{\overline{\overline{Q_4}\,\overline{Q_2} x_1}} \vee \overline{\overline{\overline{Q_4} Q_3 \overline{x_2}}};$$

$$K_1 = Q_2 \overline{x_1} \vee \overline{Q_3} Q_2 = \overline{\overline{Q_2 \overline{x_1}}} \vee \overline{\overline{\overline{Q_3} Q_2}}.$$

Після мінімізації функція була подана в заданому базисі.

Даних достатньо для побудови комбінаційних схем функцій збудження тригерів та функцій вихідних сигналів, таким чином, і загальної схеми керуючого автомата. Автомат будуємо на JK-тригерах. Він є синхронним, так як його роботу синхронізує генератор, а JK-тригер є керований перепадом сигналу.

Схема даного автомату виконана згідно з єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД) і наведена у документі «Керуючий автомат. Схема електрична функціональна ІАЛЦ.007109.003 Е2».

## 3.Синтез комбінаційних схем

### 3.1 Вступ

На основі Технічного завдання «ІАЛЦ.007109.004 ТЗ» виконуємо синтез комбінаційних схем.

Умова курсової роботи вимагає представлення функції $f_4$ в канонічних формах алгебри Буля, Жегалкіна, Пірса і Шефера.

### 3.2. Представлення $f_4$ в канонічних формах різних алгебр

#### 3.2.1. Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Буля

| Алгебра Буля |
|---|
| $f_4 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1 \vee \overline{x_4}\,\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}x_1 \vee$ $\vee\, x_4x_3x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3x_2x_1$ - ДДНФ<br>$f_4 = (x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1)(x_4 \vee x_3 \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_1})(x_4 \vee \overline{x_3} \vee x_2 \vee x_1)(x_4 \vee \overline{x_3} \vee x_2 \vee \overline{x_1})(x_4 \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_2} \vee x_1) \cdot$ $\cdot\,(x_4 \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_1})(\overline{x_4} \vee x_3 \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_1})$ - ДКНФ |

#### 3.2.2. Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Шефера

| Алгебра Шефера |
|---|
| $f_4 = (\overline{x_4}/\overline{x_3}/\overline{x_2}/x_1)/(\overline{x_4}/\overline{x_3}/x_2/\overline{x_1})/(x_4/\overline{x_3}/\overline{x_2}/\overline{x_1})/(x_4/\overline{x_3}/\overline{x_2}/x_1)/(x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1})/(x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1})/$ $/\,(x_4x_3\overline{x_2}x_1)(x_4/x_3/x_2/\overline{x_1})/(x_4/x_3/x_2/x_1)$ |

Перетворення в канонічну форму алгебри Шефера:

$$f_4 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1 \vee \overline{x_4}\,\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}x_1 \vee$$
$$\vee\, x_4x_3x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3x_2x_1 = \overline{\left(\overline{\overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1}\right)\left(\overline{\overline{x_4}\,\overline{x_3}x_2\overline{x_1}}\right)\left(\overline{x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,\overline{x_1}}\right)\left(\overline{x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1}\right)\left(\overline{x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1}}\right)} \cdot$$
$$\cdot\,\overline{\left(\overline{x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1}}\right)\left(\overline{x_4x_3\overline{x_2}x_1}\right)\left(\overline{x_4x_3x_2\overline{x_1}}\right)\left(\overline{x_4x_3x_2x_1}\right)} = (\overline{x_4}/\overline{x_3}/\overline{x_2}/x_1)/(\overline{x_4}/\overline{x_3}/x_2/\overline{x_1})/(x_4/\overline{x_3}/\overline{x_2}/\overline{x_1})/$$
$$/\,(x_4/\overline{x_3}/\overline{x_2}/x_1)/(x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1})/(x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1})/(x_4x_3\overline{x_2}x_1)/(x_4/x_3/x_2/\overline{x_1})/(x_4/x_3/x_2/x_1)$$

#### 3.2.3. Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Пірса:

| Алгебра Пірса |
|---|

$$f_4 = (x_4 \downarrow x_3 \downarrow x_2 \downarrow x_1) \downarrow (x_4 \downarrow x_3 \downarrow \overline{x_2} \downarrow \overline{x_1}) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow x_2 \downarrow x_1) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow x_2 \downarrow \overline{x}_1) \downarrow$$
$$\downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow x_1) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow \overline{x}_1) \downarrow (\overline{x_4} \downarrow x_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow \overline{x}_1)$$

Перетворення в канонічну форму алгебри Пірса:

$$f_4 = (x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1)(x_4 \vee x_3 \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_1})(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee x_2 \vee x_1)(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee x_2 \vee \overline{x}_1)(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee x_1) \cdot$$
$$\cdot (x_4 \vee \overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1)(\overline{x_4} \vee x_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1) = \overline{\overline{(x_4 \vee x_3 \vee x_2 \vee x_1)} \vee \overline{(x_4 \vee x_3 \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_1})}} \vee \overline{\overline{(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee x_2 \vee x_1)} \vee}$$
$$\vee \overline{\overline{(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee x_2 \vee \overline{x}_1)} \vee \overline{(x_4 \vee \overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee x_1)} \vee (x_4 \vee \overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1) \vee \overline{(\overline{x_4} \vee x_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1)}} = (x_4 \downarrow x_3 \downarrow x_2 \downarrow x_1) \downarrow$$
$$\downarrow (x_4 \downarrow x_3 \downarrow \overline{x_2} \downarrow \overline{x_1}) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow x_2 \downarrow x_1) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow x_2 \downarrow \overline{x}_1) \downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow x_1) \downarrow$$
$$\downarrow (x_4 \downarrow \overline{x}_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow \overline{x}_1) \downarrow (\overline{x_4} \downarrow x_3 \downarrow \overline{x}_2 \downarrow \overline{x}_1)$$

3.2.4. Представлення функції $f_4$ в канонічній формі алгебри Жегалкіна:

| Алгебра Жегалкіна |
|---|
| $f_4 = x_2x_1 \oplus x_3x_1 \oplus x_3x_2 \oplus x_2 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_1 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2$ |

Перетворення в канонічну форму алгебри Жегалкіна:

$$f_4 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1 \vee \overline{x_4}\,\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4x_3\overline{x_2}x_1 \vee$$
$$\vee x_4x_3x_2\overline{x_1} \vee x_4x_3x_2x_1 = (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 \vee (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \vee$$
$$\vee x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \vee x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 \vee x_4(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \vee$$
$$\vee x_4x_3(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \vee x_4x_3(x_2 \oplus 1)x_1 \vee x_4x_3x_2(x_1 \oplus 1) \vee x_4x_3x_2x_1 = (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1) \cdot$$
$$\cdot x_1 \oplus (x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \oplus x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \oplus x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 \oplus$$
$$\oplus x_4(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) \oplus x_4x_3(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) \oplus x_4x_3(x_2 \oplus 1)x_1 \oplus x_4x_3x_2(x_1 \oplus 1) \oplus x_4x_3x_2x_1$$

Перетворення конституент у формі до конституент першого рангу:

$$(x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 = (x_4x_3 \oplus x_4 \cdot 1 \oplus x_3 \cdot 1 \oplus 1)(x_2x_1 \oplus x_1 \cdot 1) = (x_4x_3 \oplus x_4 \oplus x_3 \oplus 1) \cdot$$
$$\cdot (x_2x_1 \oplus x_1) = x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_3x_2x_1 \oplus x_2x_1 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_1 \oplus x_3x_1 \oplus x_1$$

$$(x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) = ((x_4 \oplus 1)(x_3 \oplus 1))(x_2(x_1 \oplus 1)) = (x_4x_3 \oplus x_4 \oplus x_3 \oplus 1)(x_2x_1 \oplus x_2) =$$
$$= x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_3x_2 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2 \oplus x_3x_2x_1 \oplus x_3x_2 \oplus x_2$$

$$x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) = (x_4x_3 \oplus x_4)(x_2x_1 \oplus x_2 \oplus x_1 \oplus 1) = x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_3x_2 \oplus x_4x_3x_1 \oplus$$
$$\oplus x_4x_3 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2 \oplus x_4x_1 \oplus x_1$$

$$x_4(x_3 \oplus 1)(x_2 \oplus 1)x_1 = (x_4x_3 \oplus x_4)(x_2x_1 \oplus x_1) = x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_1$$

$$x_4(x_3 \oplus 1)x_2(x_1 \oplus 1) = (x_4x_3 \oplus x_4)(x_2x_1 \oplus x_2) = x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_3x_2 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2$$

$$x_4x_3(x_2 \oplus 1)(x_1 \oplus 1) = (x_4(x_2 \oplus 1))(x_3(x_1 \oplus 1)) = (x_4x_2 \oplus x_4)(x_3x_1 \oplus x_3) = x_4x_3x_2x_1 \oplus$$
$$\oplus x_4x_3x_2 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_3$$

$$x_4x_3(x_2 \oplus 1)x_1 = x_4x_3(x_2x_1 \oplus x_1) = x_4x_3x_2x_1 \oplus x_4x_3x_1$$

Підстановка отриманих конституент у форму:

$$f_4 = \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_2x_1} \oplus \cancel{x_3x_2x_1} \oplus x_2x_1 \oplus \cancel{x_4x_3x_1} \oplus \cancel{x_4x_1} \oplus x_3x_1 \oplus \cancel{x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2} \oplus$$
$$\oplus \cancel{x_4x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_2} \oplus \cancel{x_3x_2x_1} \oplus x_3x_2 \oplus x_2 \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2} \oplus \cancel{x_4x_3x_1} \oplus \cancel{x_4x_3} \oplus \cancel{x_4x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_2} \oplus$$
$$\oplus \cancel{x_4x_1} \oplus \cancel{x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus x_4x_3x_1 \oplus \cancel{x_4x_2x_1} \oplus x_4x_1 \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2} \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2 \oplus$$
$$\oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2} \oplus \cancel{x_4x_3x_1} \oplus \cancel{x_4x_3} \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_1} \oplus \cancel{x_4x_3x_2x_1} = x_2x_1 \oplus x_3x_1 \oplus x_3x_2 \oplus$$
$$\oplus x_2 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_1 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2$$

Після скорочення:

$$f_4 = x_2x_1 \oplus x_3x_1 \oplus x_3x_2 \oplus x_2 \oplus x_4x_3x_1 \oplus x_4x_1 \oplus x_4x_2x_1 \oplus x_4x_2$$

3.2.5 Належність $f_4$ до п'яти чудових класів:

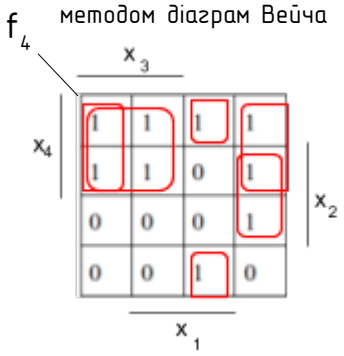
1. $f_4(0000)=0$ – $f_4$ зберігає нуль;
2. $f_4(1111)=1$ – $f_4$ зберігає одиницю;
3. $f_4(0001)=f4(1110)$ – $f_4$ не є самодвоїстою;
4. $f_4(0010)=1$, $f4(0011)=0$ – $f_4$ не є монотонною;
5. $f_4$ не є лінійною, оскільки в її поліномі Жегалкіна є дво- та трирангові терми.

3.3. Мінімізація функції $f_4$

Виконаємо мінімізацію функції методом Вейча. Графічні методи призначені для ручної мінімізації. Наочність даного методу зберігається за невеликої кількості аргументів. Кожна клітинка відповідає конституенті. Прямокутник, що містить  клітинок, відповідає імпліканті. Прямокутник максимального розміру відповідає простій імпліканті.

3.3.1. Метод діаграм Вейча:

Рисунок 3.1. Мінімізація $f_4$ методом діаграм Вейча




$$f_{4\text{МДНФ}} = x_4x_3 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1}$$

3.3.2. Метод невизначених коефіцієнтів

Таблиця 3.2. Таблиця невизначених коефіцієнтів

| $x_4$ | $x_3$ | $x_2$ | $x_1$ | $x_4x_3$ | $x_4x_2$ | $x_4x_1$ | $x_3x_2$ | $x_3x_1$ | $x_2x_1$ | $x_4x_3x_2$ | $x_4x_3x_1$ | $x_4x_2x_1$ | $x_3x_2x_1$ | $x_4x_3x_2x_1$ | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 000 | 000 | 000 | 000 | 0000 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 00 | 01 | 00 | 01 | 01 | 000 | 001 | 001 | 001 | 0001 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 00 | 01 | 00 | 01 | 00 | 10 | 001 | 000 | 010 | 010 | 0010 | 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 | 0101 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 01 | 01 | 00 | 11 | 10 | 10 | 011 | 010 | 010 | 110 | 0110 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 01 | 01 | 01 | 11 | 11 | 11 | 011 | 011 | 011 | 111 | 0111 | 0 |
| 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 | 1001 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 11 | 10 | 01 | 00 | 10 | 101 | 100 | 110 | 010 | 1010 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 10 | 11 | 11 | 01 | 01 | 11 | 101 | 101 | 111 | 011 | 1011 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 00 | 110 | 110 | 100 | 100 | 1100 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 11 | 01 | 110 | 111 | 101 | 101 | 1101 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | 10 | 111 | 110 | 110 | 110 | 1110 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 111 | 111 | 111 | 111 | 1111 | 1 |

Ядро: $\{x_4x_3; \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1; \overline{x_3}x_2\overline{x_1}\}$

Вибираємо імпліканту $x_4\overline{x_1}$ у якості способу покриття набору 1000

$$f_{4\text{МДНФ}} = x_4x_3 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1}$$

### 3.3.3. Метод Квайна – Мак-Класкі

Виконаємо мінімізацію $f_4$ методом Квайна-МакКласкі:

Таблиця 3.3. Склеювання і поглинання термів

| $K_0$ | $K_1$ | $K_2$ | Z |
|---|---|---|---|
| 0001 | X001 | 1X0X | X001 |
| 0010 | X010 | 1XX0 | X010 |
| 1000 | 1X00 | 11XX | 1X0X |
| 1001 | 1X01 | 11XX | 1XX0 |
| 1010 | 1X10 | | 11XX |
| 1100 | 11X0 | | |
| 1101 | 11X1 | | |
| 1110 | 111X | | |
| 1111 | 110X | | |

Будуємо таблицю покриття функції $f_4$

Таблиця 3.4. Таблиця покриття

| Конституенти→ Імпліканти↓ | 0001 | 0010 | 1000 | 1001 | 1010 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1X0X | | | + | + | | + | + | | |
| 1XX0 | | | + | | + | + | | + | |
| 11XX | | | | ⊕ | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| X001 | ⊕ | | | | ⊕ | | | | |
| X010 | | ⊕ | | | | | | | |

Ядро: $\{x_4x_3; \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1; \overline{x_3}x_2\overline{x_1}\}$

У якості покриття конституенти 1000 вибираємо імпліканту 1XX0

МДНФ: $f_{4\text{МДНФ}} = x_4x_3 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1 \vee x_4\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1}$

В результаті використання усіх трьох методів мінімізації функції $f_4$ ми отримали ідентичні МДНФ, що підтверджує правильність мінімізацій

3.3. Спільна мінімізація функцій $f_1$, $f_2$, $f_3$

Щоб одержати схеми з мінімальними параметрами необхідно виконати сумісну мінімізацію системи функцій та їх заперечень. Виконаємо мінімізацію системи функцій $f_1$, $f_2$, $f_3$, заданих таблицею істинності (технічного завдання ІА/ЛЦ.007109.002 ТЗ) методом Квайна-Макласкі.

3.3.1. Мінімізація ситеми функцій методом Квайна-Мак-Класкі.

Спочатку виконаємо неповне склеювання і поглинання всіх конституент системи функцій, перед кожною з них позначивши, якій із функцій вона відповідає. Далі будуємо таблцю покриття, знаходимо в ній ядро та можливі способи покриття залишкових конституент.

Таблиця 3.5. Склеювання і поглинання термів

| $K_0$ | $K_1$ | $K_2$ | $Z$ |
|---|---|---|---|
| ~~0000 {1,2,3}~~ | 000X {1,2} | 0XX0 {1,3} | 0XX0 {1,3} |
| ~~0001 {1,2}~~ | 011X {1,2,3} | X0X0 {3} | X0X0 {3} |
| ~~0010 {1,2,3}~~ | 100X {3} | ~~0XX0 {1,3}~~ | XX00 {1,3} |
| ~~0100 {1,3}~~ | ~~111X {1}~~ | ~~XX00 {1}~~ | X1X0 {1} |
| ~~1000 {1,3}~~ | ~~01X0 {1,3}~~ | ~~X0X0 {3}~~ | X11X {1} |
| ~~1001 {3}~~ | ~~00X0 {1,2,3}~~ | XX00 {1,3} | 000X {1,2} |
| ~~0110 {1,2,3}~~ | ~~10X0 {3}~~ | X1X0 {1} | 00X0 {1,2,3} |
| ~~1010 {3}~~ | ~~11X0 {1}~~ | X11X {1} | 0X10 {1,2,3} |
| 1100 {1,2,3} | ~~1X00 {1,3}~~ | ~~X11X {1}~~ | 011X {1,2,3} |
| ~~0111 {1,2,3}~~ | 1X11 {1} | | X111 {1,2,3} |
| ~~1011 {1}~~ | 0X10 {1,2,3} | | 100X {3} |
| ~~1110 {1}~~ | ~~0X00 {1,3}~~ | | 1X11 {1} |
| ~~1111 {1,2,3}~~ | ~~X000 {1,3}~~ | | 1100 {1,2,3} |
| | ~~X010 {3}~~ | | |
| | ~~X100 {1}~~ | | |
| | ~~X110 {1}~~ | | |
| | X111 {1,2,3} | | |

Таблиця покриття

Таблиця 3.6. Таблиця покриття

| | $f_1$ | | | | | | | | | $f_2$ | | | | $f_3$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Конституенти→ / Імпліканти↓ | 0000 | 0001 | 0010 | 0110 | 1000 | 1011 | 1100 | 1110 | 1111 | 0000 | 0001 | 0010 | 1111 | 0000 | 0010 | 0100 | 0111 | 1000 | 1001 | 1010 | 1100 | 1111 |
| X0X0 {3} | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | + | | + | | |
| 0XX0 {1,3} | + | | + | + | | | | | | | | | | + | + | + | | | | | | |
| XX00 {1,3} | + | | | | + | | + | | | | | | | + | | + | | + | | | + | |
| X1X0 {1} | | | | + | | | + | + | | | | | | | | | | | | | | |
| 000X {1,2} | + | + | | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | |
| 00X0 {1,2,3} | + | | + | | | | | | | + | | + | | + | + | | | | | | | |
| 0X10 {1,2,3} | | | + | + | | | | | | | | + | | | + | | | | | | | |
| X111 {1,2,3} | | | | | | | | | + | | | | + | | | | + | | | | | + |
| 1X11 {1} | | | | | | + | | | + | | | | | | | | | | | | | |
| 1100 {1,2,3} | | | | | | | | + | | | | | | | | | | | | | + | |
| 011X {1,2,3} | | | | + | | | | | | | | | | | | | + | | | | | |
| X11X {1} | | | | + | | | | + | + | | | | | | | | | | | | | |
| 100X {3} | | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | |

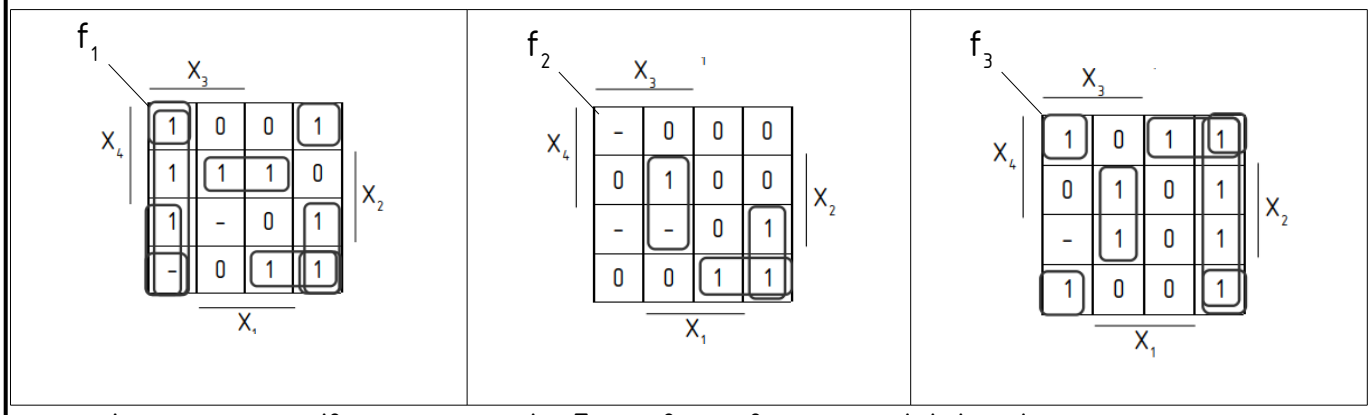
– ядро

– можливе покриття залишкових конституент

$$f_1 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2} \vee x_4 x_2 x_1 \vee \overline{x_4}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_3\overline{x_1}\,;$$
$$f_2 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2} \vee \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_1} \vee x_3 x_2 x_1\,;$$
$$f_3 = x_3 x_2 x_1 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_4}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}\,.$$

Перевірка мінімізації методом діаграм Вейча:

Таблиця 3.7. Діаграми Вейча для результатів мінімізації ситеми




Із результатів покриття іробимо висновок, що мінімізація системи перемикальних функцій виконана правильно, так як імпліканти покривають усі конституенти одиниці та не покривають жодної конституенти нуля.

Мінімізація заперечення системи функцій методом Квайна-Мак-Класкі:

Таблиця 3.8. Склеювання і поглинання термів заперечення ситеми

| $K_0$ | $K_1$ | $K_2$ | $Z$ |
|---|---|---|---|
| ~~0001 {3}~~ | 00X1 {3} | 01XX {2} | 01XX {2} |
| 0011 {1,2,3} | 0X01 {3} | X10X {2} | X1X0 {2} |
| ~~0100 {1,2}~~ | 0X11 {1,2} | ~~01XX {2}~~ | 1X0X {2} |
| ~~0101 {1,2,3}~~ | X011 {2,3} | X1X0 {2} | 10XX {2} |
| ~~0110 {2,3}~~ | 010X {1,2} | 1X0X {2} | 1XX0 {2} |
| ~~0111 {1,2}~~ | ~~01X0 {2}~~ | 10XX {2} | 00X1 {3} |
| ~~1000 {2}~~ | 01X1 {1,2} | 1XX0 {2} | 0X01 {3} |
| ~~1001 {1,2}~~ | X101 {1,2,3} | ~~1X0X {2}~~ | 0X11 {1,2} |
| 1010 {1,2} | ~~011X {2}~~ | ~~1XX0 {2}~~ | X011 {2,3} |
| ~~1011 {2,3}~~ | X110 {2,3} | | 010X {1,2} |
| ~~1100 {2}~~ | ~~100X {2}~~ | | 01X1 {1,2} |
| ~~1101 {1,2,3}~~ | ~~10X0 {2}~~ | | X101 {1,2,3} |
| ~~1110 {2,3}~~ | ~~1X00 {2}~~ | | X110 {2,3} |
| | ~~10X1 {2}~~ | | 1X01 {1,2} |
| | 1X01 {1,2} | | 101X {2} |
| | ~~101X {2}~~ | | 0011 {1,2,3} |
| | 1X10 {2} | | 1010 {1,2} |
| | ~~110X {2}~~ | | |
| | ~~11X0 {2}~~ | | |

Будуємо таблицю покриття:

Таблиця 3.9. Таблиця покриття заперечення системи

| | $f_1$ | | | | | $f_2$ | | | | | | | | | $f_3$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Конституенти→ / Імпліканти↓ | 0011 | 0101 | 1001 | 1010 | 1101 | 0011 | 0100 | 0101 | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1101 | 1110 | 0001 | 0011 | 0101 | 1011 | 1101 | 1110 |
| 01XX {2} | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | |
| X1X0 {2} | | | | | | | + | | | | | | | + | | | | | | |
| 1X0X {2} | | | | | | | | | + | + | | | + | | | | | | | |
| 10XX {2} | | | | | | | | | + | + | + | + | | | | | | | | |
| 1XX0 {2} | | | | | | | | | + | | + | | | + | | | | | | |
| 00X1 {3} | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | | |
| 0X01 {3} | | | | | | | | | | | | | | | + | | + | | | |
| 0X11 {1,2} | + | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | |
| X011 {2,3} | | | | | | + | | | | | | + | | | | + | | + | | |
| 010X {1,2} | | + | | | | | + | + | | | | | | | | | | | | |
| 01X1 {1,2} | | + | | | | | | + | | | | | | | | | | | | |
| X101 {1,2,3} | | + | | | + | | | + | | | | | + | | | | + | | + | |
| X110 {2,3} | | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | + |
| 1X01 {1,2} | | | + | | + | | | | | + | | | + | | | | | | | |
| 101X {2} | | | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | |
| 0011 {1,2,3} | + | | | | | + | | | | | | | | | | + | | | | |
| 1010 {1,2} | | | | + | | | | | | | + | | | | | | | | | |

– можливе покриття залишкових конституент

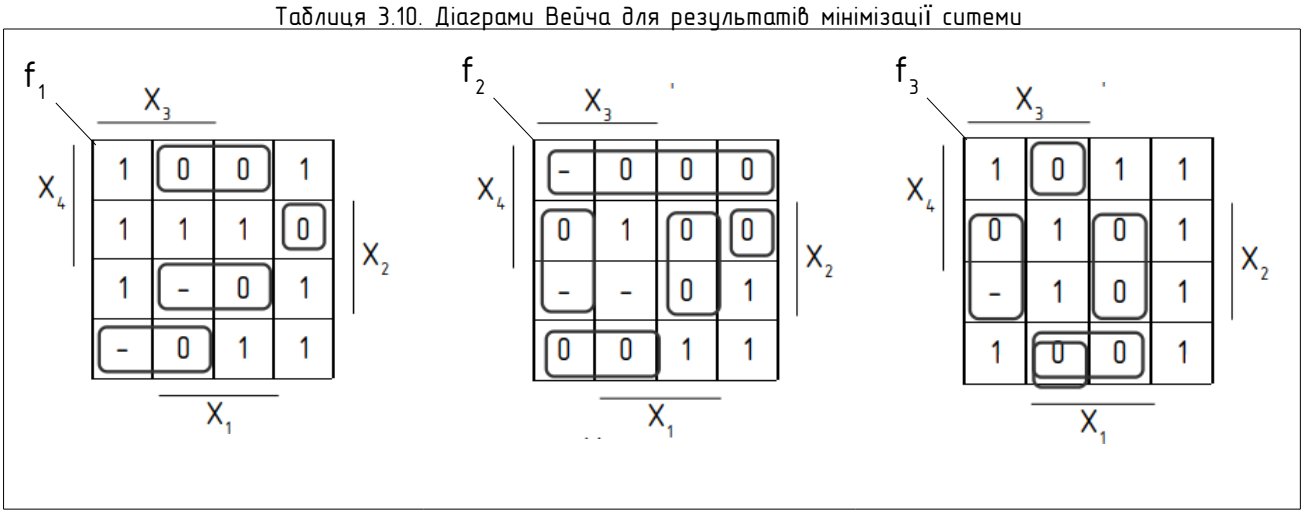
– ядро

Запис результату спільної мінімізації заперечення системи функцій:

$$f_1 = (\overline{x_4} \vee x_2 \vee x_1)(x_4 \vee \overline{x_2} \vee x_1)(\overline{x_4} \vee x_3 \vee \overline{x_2})(x_4 \vee \overline{x_3} \vee x_2 \vee \overline{x_1})$$
$$f_2 = (x_4 \vee \overline{x_2})(\overline{x_3} \vee x_2 \vee x_1)(\overline{x_4} \vee x_3 \vee \overline{x_2})(x_3 \vee x_2 \vee \overline{x_1})(x_4 \vee \overline{x_3} \vee x_2 \vee \overline{x_1})$$
$$f_3 = (\overline{x_4} \vee \overline{x_2} \vee x_1)(\overline{x_3} \vee x_2 \vee x_1)(x_3 \vee \overline{x_2} \vee x_1)(x_3 \vee x_2 \vee \overline{x_1})$$

Перевірка отриманого результату мінімізації методом діаграм Вейча:

Таблиця 3.10. Діаграми Вейча для результатів мінімізації ситеми



Із результатів покриття імплікантами діаграм Вейча робимо висновок, що мінімізація системи перемикальних функцій виконана правильно, так як імпліканти покривають усі конституенти нуля та не покривають жодної конституенти одиниці.

3.3.2 Запис мінімізованих функцій у операторних представленнях для реалізації на ПЛМ.

$$f_1 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2} \vee x_4x_2x_1 \vee \overline{x_4}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_3\overline{x_1};$$
$$f_2 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2} \vee \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_1} \vee x_3x_2x_1;$$
$$f_3 = x_3x_2x_1 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_4}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}.$$

Застосовуючи правила де Моргана на мінімізовоних запереченнях функцій, отримуємо їхнє представленні у формах І/АБО-НЕ:

$$f_1 = \overline{x_4\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_4}\,x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1};$$
$$f_2 = \overline{\overline{x_4}x_2 \vee x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1};$$
$$f_3 = \overline{x_4x_2\overline{x_1} \vee x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1}.$$

3.4. Реалізація $f_1$, $f_2$, $f_3$ на ПЛМ

Виконаємо синтез ПЛМ у елементному базисі І/АБО. Визначимо проміжні внутрішні шини ПЛМ та позначимо їх:

$$P_1 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_2};$$
$$P_2 = x_4x_2x_1;$$
$$P_3 = \overline{x_4}\,\overline{x_1};$$
$$P_4 = \overline{x_2}\,\overline{x_1};$$
$$P_5 = x_3\overline{x_1};$$
$$P_6 = \overline{x_4}\,\overline{x_3}\,\overline{x_1};$$
$$P_7 = x_3x_2x_1;$$
$$P_8 = \overline{x_3}\,\overline{x_1};$$
$$P_9 = \overline{x_2}\,\overline{x_1};$$
$$P_{10} = x_4\overline{x_3}\,\overline{x_2}.$$

Визначимо мінімальні параметри ПЛМ:

**n = 4** – число інформаційних входів, що дорівнює кількості аргументів системи перемикальних функцій.

**p = 10** – число проміжних внутрішніх шин, яке дорівнює кількості різних термів системи.

**m = 3** – число інформаційних виходів, котре дорівнює кількості функцій виходів.

Тоді функції виходу описуються такою системою:

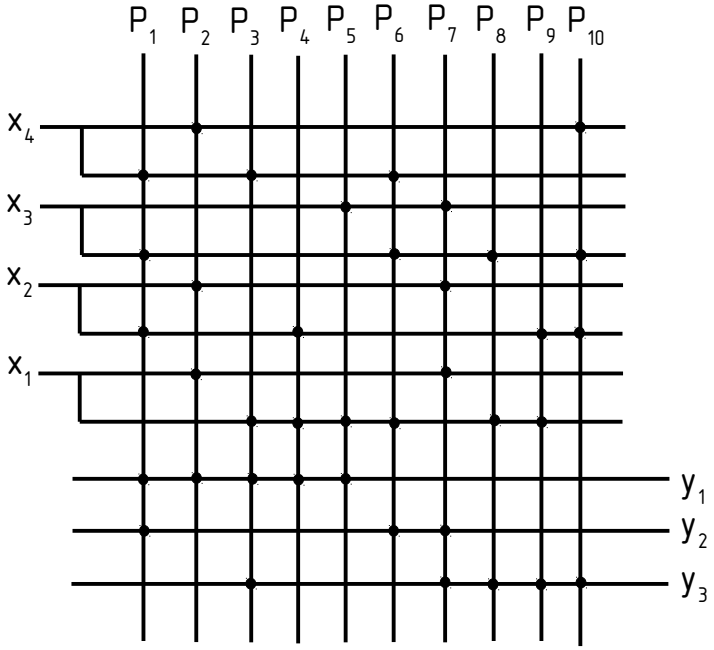
$f_1 = P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4 \vee P_5;$

$f_2 = P_1 \vee P_6 \vee P_7;$

$f_3 = P_7 \vee P_8 \vee P_3 \vee P_9 \vee P_{10}.$

Побудуємо спрощену мнемонічну схему ПЛМ (4,10,3):

Рисунок 4.1. Спрощена мнемонічна схема ПЛМ в базисі І/АБО




Карта програмування ПЛМ:

Таблиця 4.1. Карта програмування ПЛМ в базисі І/АБО

| Шина | Входи | | | | Виходи | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ |
| $P_1$ | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| $P_2$ | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 0 | 0 |
| $P_3$ | 0 | - | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| $P_4$ | 0 | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 |
| $P_5$ | 0 | - | 1 | - | 1 | 0 | 0 |
| $P_6$ | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| $P_7$ | 1 | 1 | 1 | - | 0 | 1 | 1 |
| $P_8$ | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 1 |
| $P_9$ | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 1 |
| $P_{10}$ | - | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

УГП даної ПЛМ

Рисунок 4.2. УГП ПЛМ

Виконаємо синтез ПЛМ у елементному базисі І/АБО-НЕ.

Запишемо функції для реалізації в операторному представленні І/АБО-НЕ:

$$f_1 = \overline{x_4\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_4}\,x_2\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1}\,;$$
$$f_2 = \overline{\overline{x_4}x_2 \vee x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee x_4\overline{x_3}x_2 \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1 \vee \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1}\,;$$
$$f_3 = \overline{x_4x_2\overline{x_1} \vee x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1} \vee \overline{x_3}x_2\overline{x_1} \vee \overline{x_3}\,\overline{x_2}x_1}\,.$$

Визначимо внутрішні шини ПЛМ та позначимо їх:

$$P_1 = x_4\overline{x_2}\,\overline{x_1}\,;$$
$$P_2 = \overline{x_4}\,x_2\overline{x_1}\,;$$
$$P_3 = x_4\overline{x_3}x_2\,;$$
$$P_4 = \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1\,;$$
$$P_5 = \overline{x_4}x_2\,;$$
$$P_6 = x_3\overline{x_2}\,\overline{x_1}\,;$$
$$P_7 = \overline{x_3}\,\overline{x_2}\,x_1\,;$$
$$P_8 = x_4x_2\overline{x_1}\,;$$
$$P_9 = \overline{x_3}x_2\overline{x_1}\,.$$

Визначимо мінімальні параметри ПЛМ:

**n = 4** – число інформаційних входів, що дорівнює кількості аргументів системи перемикальних функцій.

**p = 9** – число проміжних внутрішніх шин, яке дорівнює кількості різних термів системи.

**m = 3** – число інформаційних виходів, котре дорівнює кількості функцій виходів.

Тоді функції виходу описуються такою системою:

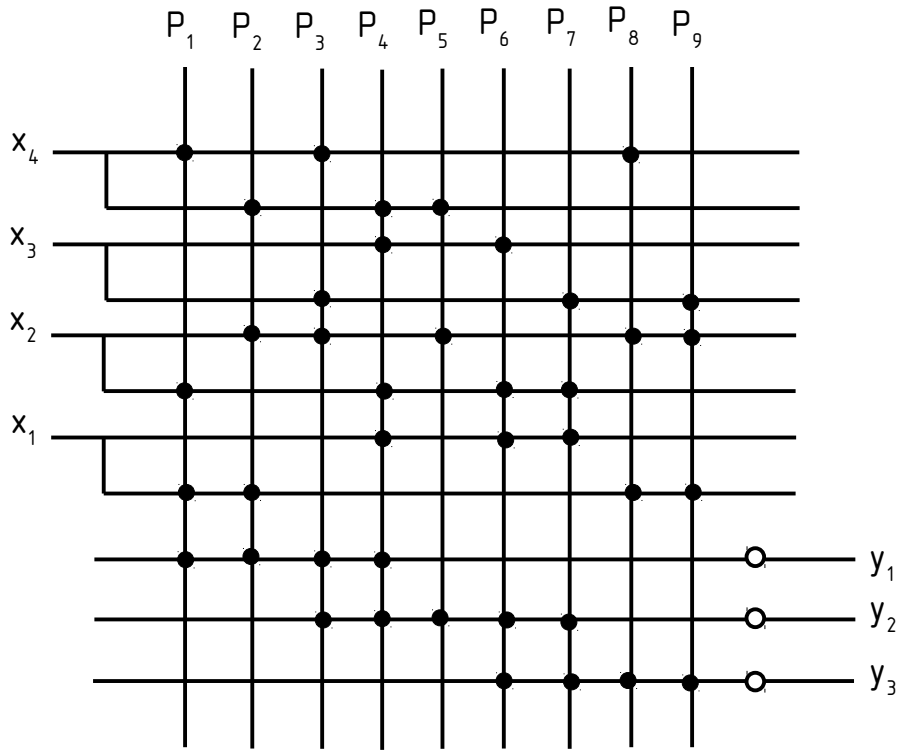
$f_1 = \overline{P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4}$;

$$f_2 = \overline{P_5 \vee P_6 \vee P_3 \vee P_7 \vee P_4};$$

$$f_3 = \overline{P_8 \vee P_6 \vee P_9 \vee P_7}.$$

Побудуємо спрощену мнемонічну схему ПЛМ (4,9,3):

Рисунок 4.3. Спрощена мнемонічна схема ПЛМ в базисі І/АБО-НЕ




Карта програмування ПЛМ:

Таблиця 4.2. Карта програмування ПЛМ в базисі І/АБО-НЕ

| Шина | Входи | | | | Виходи | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ |
| $P_1$ | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 0 | 0 |
| $P_2$ | - | 1 | - | 0 | 1 | 0 | 0 |
| $P_3$ | - | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| $P_4$ | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| $P_5$ | - | 1 | - | 0 | 0 | 1 | 0 |
| $P_6$ | 1 | 0 | 1 | - | 0 | 1 | 1 |
| $P_7$ | 1 | 0 | 1 | - | 0 | 1 | 1 |
| $P_8$ | 0 | 1 | - | 1 | 0 | 0 | 1 |
| $P_9$ | 0 | 1 | 0 | - | 0 | 0 | 1 |

УГП даної ПЛМ

Рисунок 4.4. УГП ПЛМ

Як бачимо, ПЛМ у елементному базисі І/АБО-НЕ містить менше шин, тому її доцільніше використовувати при реалізації ситеми функцій $\{f_1; f_2; f_3\}$.

4. Висновок

У даній курсовій роботі був виконаний синтез комбінаційної схеми, а також автомата типу «автомат Мура».

У розділі «Синтез автомата» була виконана розробка автомата Мура, а сам він представлений у розділі «Керуючий автомат. Схема електрична функціональна». Етапи його побудови, а саме розмітку станів, побудова графа, структурної таблиці, мінімізацію функцій виходів та збудження тригерів розписано в пояснювальній записці. Автомат було синтезовано на JK тригерах у елементному базисі 2І-НЕ/4АБО.

У розділі «Синтез комбінаційних схем» виконана мінімізація функції різними методами (методом діаграм Вейча, невизначених коефіцієнтів і Квайна - Мак-Класкі). Також виконана спільна мінімізація трьох функцій. Було отримано їхні операторні представлення, які дають можливість реалізувати систему перемикальних функцій на програмувальних логічних матрицях (ПЛМ). ПЛМ представлено у розділі «Синтез комбінаційних схем».

Мною були закріплені знання теоретичного курсу, отримані навички їх практичного застосування, а також засвоєні навички оформлення проектно-конструкторської документації згідно з ЄСКД.

5. Список використаної літератури

1. Прикладна теорія цифрових автоматів : навч. посіб. / В.І. Жабін, В.В. Ткаченко - К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2009. - 360 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна логіка».-2017.