**КУРСОВА РОБОТА**

**Розробка керуючого автомата і синтез комбінаційних схем**

**Вступ**

Керуючий автомат - це електрична схема, призначена для зберігання й перетворення двійкових змінних по заданому алгоритму.

Комбінаційні схеми здійснюють відображення визначеної множини вхідних логічних змінних у вихідні.

Практичнее застосування данного автомата можливе в області обчислювальної техніки.

У даній роботі розробка керуючого автомата і синтез комбінаційних схем виконується на підставі «Технічного завдання ІАЛЦ.463626.002 ТЗ».

**1. Синтез автомата**

**1.1 Побудова графічної схеми алгоритму та розмітка станів автомата**

алгоритм автомат алгебра комбінаційний

Відповідно до технічного завдання складаємо графічну схему алгоритму (рис 1.1) з урахуванням тривалості сигналів і виконуємо розмітку станів автомата.



**1.2 Побудова графа та кодування станів автомата**

Згідно з блок-схемою алгоритму будуємо граф автомата Мура та виконуємо кодування станів (рис 1.2).



Рисунок 1.2 Граф автомата зі закодованими вершинами

**1.3 Побудова таблиці переходів тригера**

Для синтезу логічної схеми автомата необхідно виконати синтез функцій збудження тригерів та вихідних функції автомата. Автомата має 9 станів, тому кількість тригерів за формулою дорівнює K >= ]log2N[ = ]log29[ = 4.



Рисунок 1.3 Таблиця переходів тригера

Запишемо таблицю переходів RS-тригерів, на яких необхідно використати у побудові автомата (рис.1.3).

**1.4 Побудова структурної таблиці автомата**

Використовуючи дані графа автомата з рис.1.2 заповнюємо структурну таблицю (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Структурна таблиця автомата.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Перехід | Старий стан | Новий стан | Вхідні сигнали | Вихідні сигнали | Функції збудження тригерів |
|  | Q4 | Q3 | Q2 | Q1 | Q4 | Q3 | Q2 | Q1 | X2 | X1 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | R4 | S4 | R3 | S3 | R2 | S2 | R1 | S1 |
| Z1->Z2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | - | 0 | - | 0 |
| Z2->Z3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | - | - | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 1 |
| Z3->Z2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 1 | 0 |
| Z3->Z4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | - | 0 | 0 | - |
| Z1->Z4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 1 |
| Z4->Z5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | - | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | - | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 0 | - |
| Z5->Z5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| Z5->Z6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | - |
| Z6->Z7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| Z7->Z8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | - | - | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 1 | 0 |
| Z8->Z9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | - | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | 0 | - | - | 0 |
| Z8->Z1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | - | 0 |
| Z9->Z1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | - | 0 |

На основі структурної таблиці автомата (табл.1.1) виконаємо синтез комбінаційних схем для вихідних сигналів та функцій збудження тригерів. Аргументами функцій збудження тригерів у автоматі Мура є коди станів та вхідні сигнали, для вихідних сигналів - лише коди станів. Виконаємо мінімізацію вищевказаних функцій за допомогою діаграм Вейча (рис. 1.4, 1.5). Зауважимо, що операторні представлення функцій сформовані враховуючи елементний базис: 3І-НЕ, 2І.

    

Рисунок 1.4 Мінімізація функцій збудження тригерів



Рисунок 1.5 Мінімізація функцій збудження тригерів та вихідних сигналів

R4 =  S4 = 3 =  S3 = 2 =  S2 = 1 =  S1 = 

Y1 = 2 = 3 = 4 = Y5 = 

Даних достатньо для побудови функцій збудження тригерів та вихідних сигналів, з яких складається автомат. Автомат будуємо на RS-тригерах, роботу яких синхронізує генератор.

Схема даного пристрою виконана згідно з єдиною системою конструкторської документації (ЕСКД) і наведена у документі «Автомат керуючий. Схема електрична функціональна ІАЛЦ.463626.003 Э2».

**2. Синтез комбінаційних схем**

Функцію задано таблицею істинності:

Таблиця 2.1 Таблиця істинності функції

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| X4 | X3 | X2 | X1 | F4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**2.1 Представимо функцію f4 в канонічних формах алгебри Буля, Желагкіна, Пірса та Шеффера**

Алгебра Буля (І, АБО, НЕ)

Запишемо функцію в диз’юнктивній та кон’юнктивній нормальних формах:

FДДНФ = 

.

FДКНФ = 

Алгебра Жегалкіна (викл. АБО, І, const 1)

Одержуємо з ДДНФ шляхом наступних замін:

- АБО замінити на викл. АБО

-  = X 1

FДДНФ = 
















Алгебра Пірса(АБО-НЕ)

Одержуємо з ДКНФ шляхом застосування правила де-Моргана:

FДКНФ = 














Алгебра Шеффера (І-НЕ)

Отримуємо з ДДНФ шляхом застосування правила де-Моргана

FДДНФ = 













**2.2 Визначимо належність функції f4 до 5 передповних класів**

К0 - включає всі функції, які зберігають 0;

К1 - включає всі функції, які зберігають 1;

КС - включає всі самодвоїсті функції;

КЛ - включає всі лінійні функції;

КМ - включає всі функції, які монотонні.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класи | К0 | К1 | КС | КЛ | КМ |  |
| f4 | + | + | - | - | - |  |

0 - зберігає нуль f(0000)=0;

K1 - зберігає одиницю f(1111)=1;

КС - не самодвоїста f(0001)=1 f(1110)=1;

КЛ - поліном Жегалкіна не є лінійним;

КМ - не монотонна f(0011)=1 f(0111)=0.

**2.3 Мінімізація функції f4**

Мінімізація функції методом невизначених коефіцієнтів

Суть методу полягає в знаходженні ненульових коефіцієнтів при кожній імпліканті. Запишемо рівняння для знаходження коефіцієнтів у вигляді таблиці (таб.2.1). Викреслимо рядки, де функція приймає нульові значення. Викреслимо вже знайдені нульові коефіцієнти в тих рядках таблиці, що залишилися. Не викреслені імпліканти поглинають імпліканти розташовані справа від них.

Таб.2.2 Мінімізація методом невизначених коефіцієнтів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f4 | X4 | X3 | X2 | X1 | X4X3 | X4X2 | X4X1 | X3X2 | X3X1 | X2X1 | X4X3X2 | X4X3X1 | X4X2X1 | X3X2X1 | X4X3X2X1 |
| 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- | 0001\* |
| 0 | 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~~ |
| 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- | 1001\* |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | ~~10~~ | ~~11~~ | ~~10~~ | ~~01~~ | ~~00~~ | ~~10~~ | ~~101~~ | 100+ | ~~110~~ | ~~010~~ | 1010\* |
| 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~~ | ~~1101~~ |
| 0 | 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+ |

Ядро 

FТДНФ1 = 

FТДНФ2 = 

FМДНФ = .

Мінімізація методом Квайна-Мак-Класкі

Виходячи з таблиці істинності запишемо стовпчик ДДНФ, розподіливши терми за кількістю одиниць. Проведемо попарне склеювання між сусідніми групами.

К0:

К1:

1111

X1

X001

X

10X0

X00

Подальше склеювання не можливе. Виконаємо поглинання термів:

К0: К1:~~0001~~

~~1000~~

~~0011~~

~~1100~~

1111

X1+

X001+

X+

X0+

X00+Побудуємо таблицю покриття (таб.2.3):

Таблиця 2.3 Таблиця покриття

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0001 | 1000 | 0011 | 1001 | 1010 | 1100 | 1111 |
| 00X1 | V |  | V |  |  |  |  |
| X001 | V |  |  | V |  |  |  |
| 100X |  | V |  | V |  |  |  |
| 10X0 |  | V |  |  | V |  |  |
| 1X00 |  | V |  |  |  | V |  |
| 1111 |  |  |  |  |  |  | V |

Ядро 

FТДНФ1 = 

FТДНФ2 = 

FМДНФ = .

Мінімізація методом діаграм Вейча

Виконаємо мінімізацію методом діаграм Вейча. Цей метод зручний, коли кількість аргументів функції не перевищує п’яти. Кожна клітинка відповідає одній костітуенті, а об’єднання з декількох клітинок - імпліканті (рис. 2.1):



Рисунок 2.1 Діаграма Вейча

FМДНФ = 

**2.4 Спільна мінімізація системи функцій f1, f2, f3**

Система перемикальних функцій задана таблицею істинності (таб.2.4):

Таблиця 2.4 Таблиця істинності системи функцій

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X4 | X3 | X2 | X1 | F1 | F2 | F3 | F4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 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 | 0 |
| 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 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Щоб одержати схему з мінімальними параметрами, необхідно виконати сумісну мінімізацію системи функцій.

Виконаємо мінімізацію системи функцій f1, f2, f3 методом Квайна-Мак-Класкі. Цей метод базується на співвідношеннях неповного склеювання та поглинання. Особливістю методу є використання цифрової форми запису термів перемикальних функцій. У цьому випадку зменшується кількість символів для подання термів і кількість операцій у процесі мінімізації, що робить метод зручним для програмної реалізації.

Визначимо кожну з функцій (базис І/АБО-НЕ):







Представимо функції у базисі І-НЕ/І:







Представимо функції у базисі АБО/І:







Представимо функції у базисі АБО-НЕ/АБО-НЕ:







**2.5 Одержання операторного представлення функцій на ПЛМ**

Для програмування ПЛМ використовують нормальні форми І/АБО та І/АБО-НЕ. Розглянемо програмування ПЛМ для реалізації системи перемикальних функцій, що подані в нормальній формі І/АБО:

1 = 2 = 3 =

Зробимо заміну позначень термів системи:

Р1  Р2 Р3  Р4  Р5 

Р6  Р7 

Тоді функції виходів описуються системою:

1 = Р1  Р2  Р3  Р42 =  Р3  Р4  Р5  Р63 = Р1 Р2  Р3  Р7

Визначимо мінімальні параметри ПЛМ:

N = 4 - кількість інформаційних входів, що дорівнює кількості аргументів системи перемикальних функцій.

Р = 7 - число проміжних внутрішніх шин, яке дорівнює кількості різних термів системи.

М = 3 - число інформаційних виходів, що дорівнює кількості функцій виходів.

Побудуємо спрощену мнемонічну схему ПЛМ (4,7,3) (рис. 2.2):



Рисунок 2.2 Мнемонічна схема ПЛМ

Складемо карту програмування ПЛМ (4,7,3) (табл.2.7):

Таблиця 2.5. Карта програмування ПЛМ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № шини | Входи | Виходи |
|  | Х1 | Х2 | Х3 | Х4 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 1 | 0 | - | - | 0 | 1 | - | 1 |
| 2 | 0 | 0 | - | - | 1 | - | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 1 |
| 4 | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | - |
| 5 | 0 | 0 | 0 | - | - | 1 | - |
| 6 | 0 | - | 0 | 0 | - | 1 | - |
| 7 | - | 0 | 0 | 1 | - | - | 1 |

**Висновок**

Згідно з завданням даної курсової роботи необхідно було за номером залікової книжки, переведеним в двійкову систему числення, побудувати
 блок-схему автомата, визначити тип автомата, типи використовуваних тригерів, набір логічних елементів, сигнал з подвійною тривалістю, визначити систему з чотирьох перемикальних функцій. Використовуючи ці дані, треба було провести абстрактний та структурний синтез автомата і побудувати його. Систему з перших трьох перемикальних функцій із заданої таблиці необхідно було мінімізувати і отримати операторні представлення для реалізації системи на програмованих логічних матрицях.

Для виконання завдання були розкодовані вихідні таблиці завдання варіанта. При побудові автомата була проведена побудова графа з урахуванням сигналів подвійної тривалості, зашифровані стани автомата, побудована структурна схема автомата, мінімізована система з функцій виходів і функцій збудження тригерів, був побудований і відлагоджений автомат. При виконанні другої частини роботи: мінімізована функція f4 різними методами, f4 представлена в канонічних формах алгебр Буля, Жегалкіна, Пірса і Шеффера, а також проведена сумісна мінімізація системи функцій з наступною реалізацією на програмованих логічних матрицях.

**Список літератури**

1. Жабин В.И., Жуков И.А., Клименко И.А., Ткаченко В.В.. Прикладная теория цифровых автоматов. - К.: Книжное издательство НАУ, 2011. - 364 с.