**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ **«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В. Г. ШУХОВА»**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**Дисциплина: «Теория цифровых автоматов»**

**Тема: «Синтез цифровых автоматов по граф-схемам алгоритмов»**

Выполнил: ст. группы ВТ-31

Подкопаев Антон Валерьевич

Проверил: доцент ПО и ВТАС

Рязанов Юрий Дмитриевич

**Белгород 2020**

# Содержание

[Содержание 2](#_Toc43580128)

[Задание к работе 3](#_Toc43580129)

[Ход работы 4](#_Toc43580130)

[**Получение диаграммы и графа ГСА, отметка по схемам Мили и Мура, кодирование состояний и выходов автоматов** 4](#_Toc43580131)

[**Автомат Мура** 4](#_Toc43580132)

[**Автомат Мили** 5](#_Toc43580133)

[**Синтез комбинационной схемы автомата Мили на D-триггерах** 6](#_Toc43580134)

[**Синтез комбинационной схемы автомата Мили на T-триггерах** 8](#_Toc43580135)

[**Синтез комбинационной схемы автомата Мура на D-триггерах** 10](#_Toc43580136)

[**Синтез комбинационной схемы автомата Мура на T-триггерах** 14](#_Toc43580137)

[**Построение схемы минимального автомата** 18](#_Toc43580138)

[**Реализация программы, моделирующей минимальную схему автомата** 19](#_Toc43580139)

[**Нахождение тестового набора входных сигналов** 19](#_Toc43580140)

[**Обработка полученной последовательности программой** 19](#_Toc43580141)

[Вывод 20](#_Toc43580142)

[Список литературы 20](#_Toc43580143)

[*Приложение* 21](#_Toc43580144)

# Задание к работе

**Дано:** граф-схема алгоритма (ГСА) в табличной форме (см. варианты заданий).

1. Представить ГСА в виде диаграммы.

2. Выполнить отметку ГСА по схемам Мили и Мура и построить соответствующие автоматы. Автоматы представить в табличном и графовом виде.

3. Выполнить кодирование состояний автоматов.

4. Получить функции выходов и возбуждения триггеров для построения логической схемы автомата Мили на D-триггерах и элементах И, ИЛИ, НЕ. Выполнить минимизацию функций и применить факторизационный метод синтеза комбинационной схемы.

5. Получить функции выходов и возбуждения триггеров для построения логической схемы автомата Мили на Т-триггерах и элементах И, ИЛИ, НЕ. Выполнить минимизацию функций и применить факторизационный метод синтеза комбинационной схемы.

6. Получить функции выходов и возбуждения триггеров для построения логической схемы автомата Мура на D-триггерах и элементах И, ИЛИ, НЕ. Выполнить минимизацию функций и применить факторизационный метод синтеза комбинационной схемы.

7. Получить функции выходов и возбуждения триггеров для построения логической схемы автомата Мура на Т-триггерах и элементах И, ИЛИ, НЕ. Выполнить минимизацию функций и применить факторизационный метод синтеза комбинационной схемы.

8. Выбрать схему автомата минимальной сложности (по Квайну).

9. Написать программу моделирования выбранной схемы автомата. На входе - последовательность наборов входных сигналов, на выходе - последовательность состояний триггеров и значений сигналов на выходе.

10. Найти последовательность наборов входных сигналов, при обработке которой каждый триггер изменит своё состояние с нуля в единицу и с единицы в ноль хотя бы один раз и, аналогично, произойдут изменения сигналов на каждом выходе.

11. Обработать полученную последовательность программой п.9.

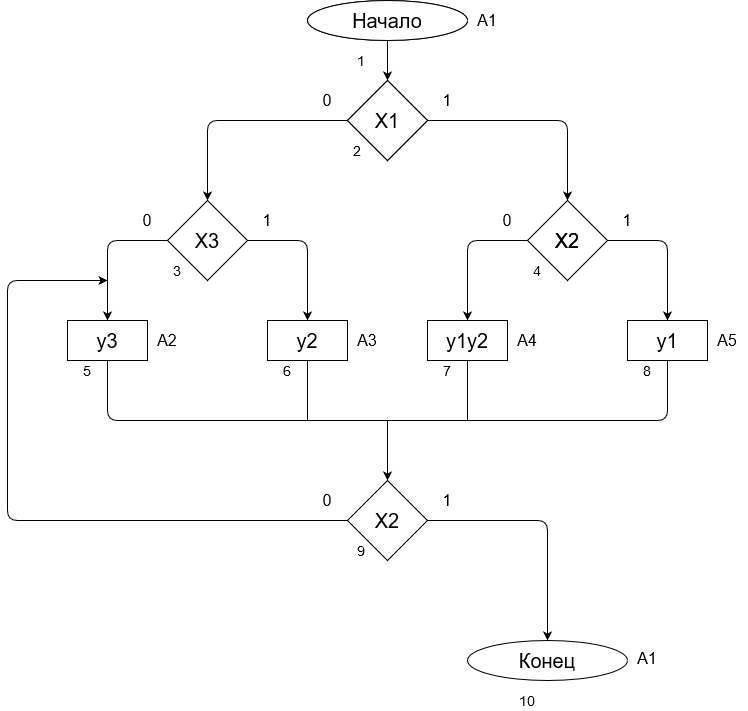
Вариант 9

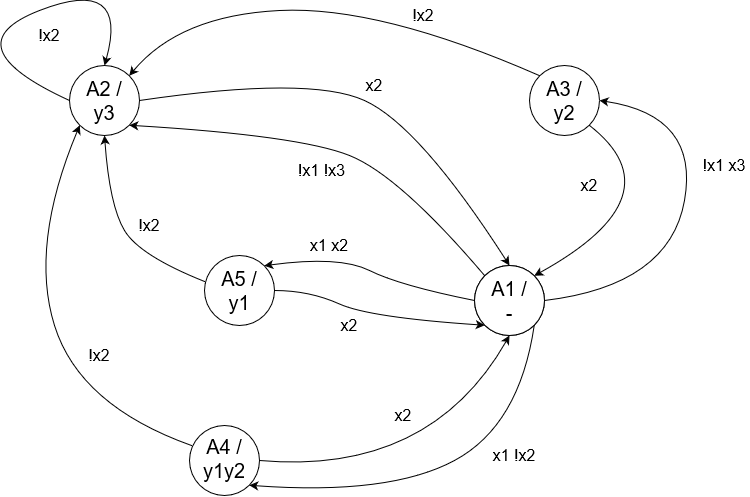
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер вершины | Тип вершины | Переход по “0” | Переход по “1” | Содержимое вершины |
| 1 | Начало | 2 | 2 |  |
| 2 | Условие | 3 | 4 | x1 |
| 3 | Условие | 5 | 6 | x3 |
| 4 | Условие | 7 | 8 | x2 |
| 5 | Действие | 9 | 9 | y3 |
| 6 | Действие | 9 | 9 | y2 |
| 7 | Действие | 9 | 9 | y1y2 |
| 8 | Действие | 9 | 9 | y1 |
| 9 | Условие | 5 | 10 | x2 |
| 10 | Конец |  |  |  |

# Ход работы

## **Получение диаграммы и графа ГСА, отметка по схемам Мили и Мура, кодирование состояний и выходов автоматов**

### **Автомат Мура**





|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Текущее состояние | Состояние перехода | Входной сигнал | Выход Мура |
| 000 | 001 | !x1 !x3 | 000 |
| 010 | !x1 x3 |
| 011 | x1 !x2 |
| 100 | x1 x2 |
| 001 | 000 | x2 | 001 |
| 001 | !x2 |
| 010 | 000 | x2 | 010 |
| 001 | !x2 |
| 011 | 000 | x2 | 110 |
| 001 | !x2 |
| 100 | 000 | x2 | 100 |
| 001 | !x2 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Выходы Мура | | | |
| - | 0 | 0 | 0 |
| y3 | 0 | 0 | 1 |
| y2 | 0 | 1 | 0 |
| y1y2 | 1 | 1 | 0 |
| y1 | 1 | 0 | 0 |
|  | y1 | y2 | y3 |

|  |  |
| --- | --- |
| Состояния | |
| A1 | 000 |
| A2 | 001 |
| A3 | 010 |
| A4 | 011 |
| A5 | 100 |

### **Автомат Мили**

**Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание**

**Изображение выглядит как рисунок

Автоматически созданное описание**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Текущее состояние | Состояние перехода | Входной сигнал | Выход Мили |
| 0 | 1 | !x1 !x3 | y3 |
| 1 | !x1 x3 | y2 |
| 1 | x1 !x2 | y1y2 |
| 1 | x1 x2 | y1 |
| 1 | 0 | x2 | - |
| 1 | !x2 | y3 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Выходы Мили | | | |
| - | 0 | 0 | 0 |
| y3 | 0 | 0 | 1 |
| y2 | 0 | 1 | 0 |
| y1y2 | 1 | 1 | 0 |
| y1 | 1 | 0 | 0 |
|  | y1 | y2 | y3 |

|  |  |
| --- | --- |
| Состояния | |
| A1 | 0 |
| A2 | 1 |

## **Синтез комбинационной схемы автомата Мили на D-триггерах**

Синтез автомата на D-триггерах:

Функции выхода:

Функции возбуждения:

СДНФ функций:

Минимизация функций:

для y1:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **01--** | + | + | + | + |
|  | 0101 | 0100 | 0111 | 0110 |

для y2:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **00-1** | + | + |  |  |
| 0-01 |  | + | + |  |
| **010-** |  |  | + | + |
|  | 0011 | 0001 | 0101 | 0100 |

для y3:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **00-0** | + | + |  |  |  |  |
| **-000** |  | + |  |  |  | + |
| **1-0-** |  |  | + | + | + |  |
|  | 0010 | 0000 | 1101 | 1001 | 1100 | 1000 |

для f1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0---** | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |
| **--0-** |  | + |  | + | + | + |  |  | + | + | + | + |
|  | 0010 | 0000 | 0011 | 0001 | 0101 | 0100 | 0111 | 0110 | 1101 | 1001 | 1100 | 1000 |

Факторизация системы:

Факторизуем на элементах И:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | t1 | !t1 | x1 | !x1 | x2 | !x2 | x3 | !x3 | z1 | z2 | z3 |
| u1 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u2 |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |
| u3 |  | 1 | 1-2 |  |  | 1-2 |  |  |  | 1 |  |
| u4 |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  | 1 | 1 |  |  |
| u5 |  |  |  | 1-3 |  | 1 |  | 1-3 |  |  | 1 |
| u6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| u7 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u8 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| z1 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| z2 |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| z3 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |

Факторизуем на элементах ИЛИ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | u1 | u2 | u3 | u4 | u5 | u6 | u7 | u8 | v1 |
| y1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y2 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| y3 |  |  |  | 1 | 1-1 | 1-1 |  |  | 1 |
| f1 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |
| v1 |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |

Сложность по Квайну: 20 + 8 + 4 = 32

## **Синтез комбинационной схемы автомата Мили на T-триггерах**

Синтез автомата на T-триггерах:

Функции выхода:

Функции возбуждения:

СДНФ функций:

Минимизация функций:

для y1:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **01--** | + | + | + | + |
|  | 0101 | 0100 | 0111 | 0110 |

для y2:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **00-1** | + | + |  |  |
| 0-01 |  | + | + |  |
| **010-** |  |  | + | + |
|  | 0011 | 0001 | 0101 | 0100 |

для y3:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **00-0** | + | + |  |  |  |  |
| **-000** |  | + |  |  |  | + |
| **1-0-** |  |  | + | + | + |  |
|  | 0010 | 0000 | 1101 | 1001 | 1100 | 1000 |

для f1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0---** | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |
| **--1-** | + |  | + |  |  |  | + | + | + | + | + | + |
|  | 0010 | 0000 | 0011 | 0001 | 0101 | 0100 | 0111 | 0110 | 1111 | 1011 | 1110 | 1010 |

Факторизация системы:

Факторизуем на элементах И:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | t1 | !t1 | x1 | !x1 | x2 | !x2 | x3 | !x3 | z1 | z2 | z3 |
| u1 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u2 |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  | 1 |  | 1 |  |  |
| u3 |  | 1 | 1-2 |  |  | 1-2 |  |  |  | 1 |  |
| u4 |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  | 1 | 1 |  |  |
| u5 |  |  |  | 1-3 |  | 1 |  | 1-3 |  |  | 1 |
| u6 | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| u7 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u8 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| z1 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| z2 |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| z3 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |

Факторизуем на элементах ИЛИ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | u1 | u2 | u3 | u4 | u5 | u6 | u7 | u8 | v1 |
| y1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y2 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| y3 |  |  |  | 1 | 1-1 | 1-1 |  |  | 1 |
| f1 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |
| v1 |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |

Сложность по Квайну: 20 + 8 + 4 = 32

## **Синтез комбинационной схемы автомата Мура на D-триггерах**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Текущее состояние | Состояние перехода | Входной сигнал | Выход Мура |
| 000 | 001 | !x1 !x3 | 000 |
| 010 | !x1 x3 |
| 011 | x1 !x2 |
| 100 | x1 x2 |
| 001 | 000 | x2 | 001 |
| 001 | !x2 |
| 010 | 000 | x2 | 010 |
| 001 | !x2 |
| 011 | 000 | x2 | 110 |
| 001 | !x2 |
| 100 | 000 | x2 | 100 |
| 001 | !x2 |

Синтез автомата на D-триггерах:

Функции выхода:

Функции возбуждения:

СДНФ функций:

Минимизация функций:

для y1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **100---** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **011---** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + | + | + | + | + | + | + | + | **100---** |
|  |  |  |  |  |  |  |  | **011---** |
| 100111 | 100011 | 100110 | 100010 | 100101 | 100001 | 100100 | 100000 |  |

для y2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **01----** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 010111 | 010011 | 010110 | 010010 | 010101 | 010001 | 010100 | 010000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + | + | + | + | + | + | + | + | **01----** |
| 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 |  |

для y3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **001---** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 001111 | 001011 | 001110 | 001010 | 001101 | 001001 | 001100 | 001000 |

для f1:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **00011-** | + | + |
|  | 000111 | 000110 |

для f2:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **0000-1** | + | + |  |  |
| 000-01 |  | + | + |  |
| **00010-** |  |  | + | + |
|  | 000011 | 000001 | 000101 | 000100 |

для f3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0000-0** | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **100-0-** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -00-00 |  | + |  | + |  |  |  |  |  |  |
| **-0010-** |  |  | + | + |  |  |  |  |  |  |
| 0---00 |  | + |  | + |  |  | + | + |  |  |
| 0--10- |  |  | + | + | + |  | + |  | + |  |
| **0-1-0-** |  |  |  |  | + | + | + | + |  |  |
| 01--0- |  |  |  |  |  |  |  |  | + | + |
|  | 000010 | 000000 | 000101 | 000100 | 001101 | 001001 | 001100 | 001000 | 010101 | 010001 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **0000-0** |
|  |  |  |  |  |  | + | + | + | + | **100-0-** |
|  |  |  |  |  |  |  |  | + | + | -00-00 |
|  |  |  |  |  |  | + |  | + |  | **-0010-** |
| + | + |  |  | + | + |  |  |  |  | 0---00 |
| + |  | + |  |  |  |  |  |  |  | 0--10- |
|  |  | + | + | + | + |  |  |  |  | **0-1-0-** |
| + | + | + | + | + | + |  |  |  |  | **01--0-** |
| 010100 | 010000 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 | 100101 | 100001 | 100100 | 100000 |  |

Факторизация системы:

Факторизуем на элементах И:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | t1 | !t1 | t2 | !t2 | t3 | !t3 | x1 | !x1 | x2 | !x2 | x3 | !x3 | z1 | z2 | z3 | z4 | z5 | z6 | z7 | z8 | z9 | v1 |
| u1 | 1-2 |  |  | 1-2 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u2 |  | 1-3 | 1 |  | 1-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| u3 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u4 |  | 1-3 |  | 1 | 1-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| u5 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-1 | 1-5 |  | 1-5 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| u6 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-6 |  |  | 1-6 |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |
| u7 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-1 | 1-7 |  |  | 1-7 |  |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |
| u8 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-1 |  | 1-8 |  |  |  | 1-8 | 1 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |
| u9 | 1-2 |  |  | 1-2 |  | 1-4 |  |  |  | 1-4 |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |
| u10 |  |  |  | 1-9 |  | 1-4 | 1-9 |  |  | 1-4 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |
| u11 |  | 1-3 |  |  | 1-3 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| z1 |  | 1-A |  | 1-A |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |
| z2 | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z3 |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z4 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z5 |  |  |  |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z6 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z7 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z8 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z9 |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| v1 |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Факторизуем на элементах ИЛИ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | u1 | u2 | u3 | u4 | u5 | u6 | u7 | u8 | u9 | u10 | u11 | v1 | v2 |
| y1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y2 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y3 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| f1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| f2 |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| f3 |  |  |  |  |  |  |  | 1-1 | 1-1 | 1-2 | 1-2 | 1 | 1 |
| v1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |
| v2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |

Сложность по Квайну: 42 + 14 + 6 = 62

## **Синтез комбинационной схемы автомата Мура на T-триггерах**

Синтез автомата на T-триггерах:

Функции выхода:

Функции возбуждения:

СДНФ функций:

Минимизация функций:

для y1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **100---** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **011---** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + | + | + | + | + | + | + | + | **100---** |
|  |  |  |  |  |  |  |  | **011---** |
| 100111 | 100011 | 100110 | 100010 | 100101 | 100001 | 100100 | 100000 |  |

для y2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **01----** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 010111 | 010011 | 010110 | 010010 | 010101 | 010001 | 010100 | 010000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + | + | + | + | + | + | + | + | **01----** |
| 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 |  |

для y3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **001---** | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 001111 | 001011 | 001110 | 001010 | 001101 | 001001 | 001100 | 001000 |

для f1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **-0011-** | + | + | + |  | + |  |  |  |  |  |
| **100---** |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + |
|  | 000111 | 000110 | 100111 | 100011 | 100110 | 100010 | 100101 | 100001 | 100100 | 100000 |

для f2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-010-** |  |  | + | + |  |  |  |  | + |  |
| 0-0-01 |  | + | + |  |  |  |  |  | + | + |
| **0-00-1** | + | + |  |  |  | + |  |  |  | + |
| **01----** |  |  |  |  | + |  | + | + | + | + |
|  | 000011 | 000001 | 000101 | 000100 | 010111 | 010011 | 010110 | 010010 | 010101 | 010001 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| + |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **0-010-** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0-0-01 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **0-00-1** |
| + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | **01----** |
| 010100 | 010000 | 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 011101 | 011001 | 011100 | 011000 |  |

для f3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0000-0** | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00-010 | + |  |  |  |  |  |  | + |  |  |
| 0-0-00 |  | + |  | + |  |  |  |  |  |  |
| **0-010-** |  |  | + | + |  |  |  |  | + |  |
| **010-0-** |  |  |  |  |  |  |  |  | + | + |
| -00-00 |  | + |  | + |  |  |  |  |  |  |
| **100-0-** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -0010- |  |  | + | + |  |  |  |  |  |  |
| **0-1-1-** |  |  |  |  | + | + | + | + |  |  |
|  | 000010 | 000000 | 000101 | 000100 | 001111 | 001011 | 001110 | 001010 | 010101 | 010001 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **0000-0** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 00-010 |
| + | + |  |  |  |  |  |  |  |  | 0-0-00 |
| + |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **0-010-** |
| + | + |  |  |  |  |  |  |  |  | **010-0-** |
|  |  |  |  |  |  |  |  | + | + | -00-00 |
|  |  |  |  |  |  | + | + | + | + | **100-0-** |
|  |  |  |  |  |  | + |  | + |  | -0010- |
|  |  | + | + | + | + |  |  |  |  | **0-1-1-** |
| 010100 | 010000 | 011111 | 011011 | 011110 | 011010 | 100101 | 100001 | 100100 | 100000 |  |

Факторизация системы:

Факторизуем на элементах И:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | t1 | !t1 | t2 | !t2 | t3 | !t3 | x1 | !x1 | x2 | !x2 | x3 | !x3 | z1 | z2 | z3 | z4 | z5 | z6 | z7 | z8 | z9 | z0 | v1 |
| u1 | 1-2 |  |  | 1-2 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u2 |  | 1-3 | 1 |  | 1-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u3 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u4 |  | 1-3 |  | 1 | 1-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u5 |  |  |  | 1-4 |  | 1-4 | 1-5 |  | 1-5 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| u6 | 1-2 |  |  | 1-2 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u7 |  | 1-1 |  |  |  | 1-1 | 1-6 |  |  | 1-6 |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| u8 |  | 1-1 |  |  |  | 1-1 |  | 1-7 |  |  | 1-7 |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |
| u9 |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| u10 |  | 1-1 |  | 1-8 |  | 1-1 |  | 1-8 |  |  |  | 1-8 | 1 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |
| u11 |  | 1-1 |  |  |  | 1-1 | 1-6 |  |  | 1-6 |  |  | 1 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
| u12 |  | 1-1 | 1-9 |  |  | 1-1 |  |  | 1-9 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |
| u13 | 1-2 |  |  | 1-2 |  | 1-0 |  |  |  | 1-0 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |
| u14 |  | 1-3 |  |  | 1-3 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z1 |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z2 | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z3 |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z4 |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z5 |  |  |  |  |  |  | 1 |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z6 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z7 |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z8 |  |  |  | 1-1 |  |  |  | 1-1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |
| z9 |  |  | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| z0 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| v1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

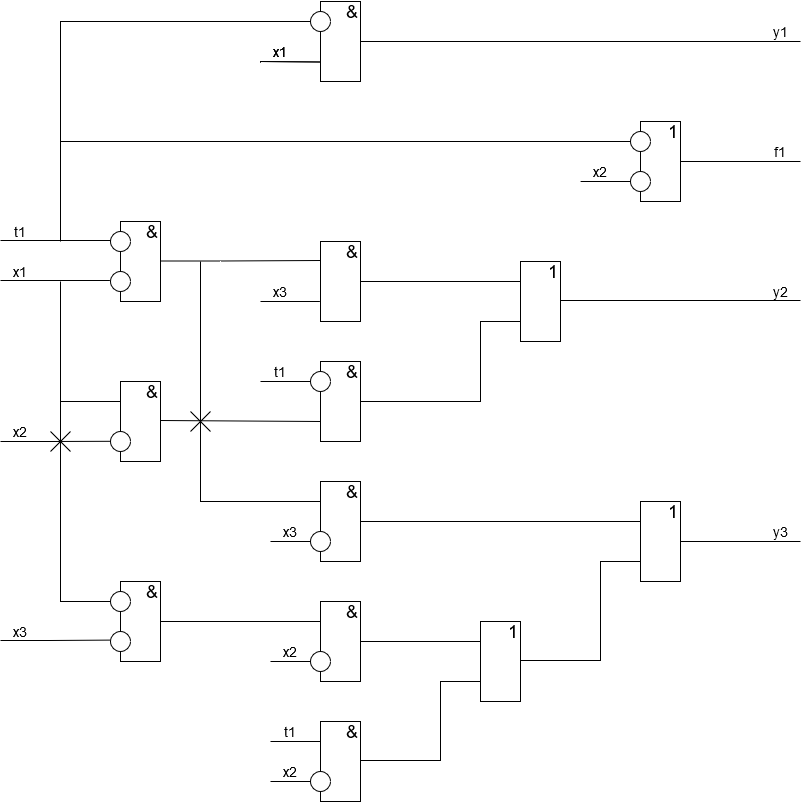
Факторизуем на элементах ИЛИ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | u1 | u2 | u3 | u4 | u5 | u6 | u7 | u8 | u9 | u10 | u11 | u12 | u13 | u14 | v1 | v2 | v3 | w1 |
| y1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y2 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| y3 |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| f1 |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| f2 |  |  |  |  |  |  | 1-1 | 1-1 | 1 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |
| f3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1-2 | 1-2 | 1-3 | 1-3 | 1-3 |  | 1 | 1 |  |
| v1 |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| v2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| v3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1-1 | 1-1 | 1 |  |  |  | 1 |
| w1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |

Сложность по Квайну: 50 + 18 + 6 = 74

## **Построение схемы минимального автомата**

За минимальный возьмем автомат Мили на D-триггерах со сложностью 32



## **Реализация программы, моделирующей минимальную схему автомата**

Написать программу моделирования выбранной схемы автомата. На входе - последовательность наборов входных сигналов, на выходе - последовательность состояний триггеров и значений сигналов на выходе.

def f1(t1, x1, x2, x3):

z1 = not t1 and x1

z2 = x1 and not x2

z3 = not x1 and not x3

u1 = not t1 and x1

u2 = x3 and z1

u3 = not t1 and z2

u4 = not x3 and z1

u5 = not x2 and z3

u6 = t1 and not x2

u7 = not t1

u8 = not x2

v1 = u5 or u6

y1 = u1

y2 = u2 or u3

y3 = u4 or v1

f1 = u7 or u8

print("Триггер: {}, Выходы: {} {} {}".format(int(f1), int(y1), int(y2), int(y3)))

return f1, y1, y2, y3

## **Нахождение тестового набора входных сигналов**

Найти последовательность наборов входных сигналов, при обработке которой каждый триггер изменит своё состояние с нуля в единицу и с единицы в ноль хотя бы один раз и, аналогично, произойдут изменения сигналов на каждом выходе.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Входные сигналы | Начальное состояние | Конечное состояние | Выходные сигналы |
| 011 | А1 | А2 | 000 |
| 100 | А2 | А1 | 001 |

## **Обработка полученной последовательности программой**

Результат работы программы:

Изображение выглядит как снимок экрана, монитор, компьютер, ноутбук

Автоматически созданное описание

# Вывод

В ходе выполнения курсовой работы били изучены принципы синтеза цифровых автоматов на основе граф-схем алгоритмов с использованием элементов памяти. Были построены автоматы двух типов, соответствующие диаграммам Мили и Мура соответственно, проведена их минимизация и последующая факторизация. Во время построения автоматов были использованы T-триггеры и D-триггеры для каждого типа соответственно. После практической части была написана программа, эмулирующую цифровой автомат наименьшей длинны (автомат Мили на D-триггерах), была проверена ее работоспособность, и сверены вывод программы с исходной граф-схемой алгоритма в табличной форме, благодаря чему мы убедились в отсутствии ошибок в процессе вычислений.

# Список литературы

1. Глушков, В.М. Синтез цифровых автоматов / В.М. Глушков. – М.: Государственное издательство математической литературы, 1962. – 476 с.
2. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов (граф-схемы и автоматы). Л.: Энергия, 1979. 232 с.
3. Лазарев В. Г., Пийль Е. И. Синтез управляющих автоматов.

М.:Энергоатомиздат, 1989. 328 с.

1. Майоров, С.А. Структура электронных вычислительных машин / С.А. Майоров, Г.И. Новиков. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 384 с.
2. Власов, В.В. Логические основы построение ЭВМ / В.В. Власов, В.С. Дудкин,А.В. Крайников. – Санкт-Петербург: СПГЭТУ, 1993. – 32 с.
3. Интернет-ресурс *Интуит. Синтез структурного автомата.* URL: https://www.intuit.ru/

# *Приложение*

ТСА-1 // составление функций возбуждения D и T – триггера, функций выхода

import numpy as np

import math

from itertools import product

def specialPrint(a, varname):

res = ""

for i in range(0,len(a)):

res += "{}{}".format(varname,i+1) if a[i]==1 or a[i]=='1' else "!{}{}".format(varname,i+1)

return res

def Dfunc(a, b):

res = []

for i in range(len(a)):

if(b[i]=='0'):

res.append(0)

elif(b[i]=='1'):

res.append(1)

return res

def Tfunc(a, b):

res = []

for i in range(len(a)):

if(a[i]!=b[i]):

res.append(1)

else:

res.append(0)

return res

f = open("C:/Users/D4rkn/source/repos/TCA-1/TCA-1/source/demofile.txt", "r", encoding='utf-8')

S\_нач = []

S\_кон = []

Z = []#Входной сигнал

W = []#Выходной сигнал

helparrD=[] #Функции возбуждения для D

print("Введите СКОЛЬКО ВСЕГО состояний = ",end="") #111111111!!!!!

n=int(f.readline())

print(n)

k = int(math.ceil(np.log2(int(n))))

print("k=",k)

S\_нач = list(product('01',repeat=k))[:n]

print("Закодированные состояния: ",S\_нач)

print("Введите количество начальных состояний = ",end="")

n = int(f.readline())

print(n,"\n")

helparrD=[]

helparrT=[]

R = []

for i in range(n):

subarr1 = []

subarr2 = []

subarr3 = []

subarrD = []

subarrT = []

print("Введите кол-во конечных состояний из S{} = ".format(i+1),end="")

t = int(f.readline())

print(t)

print("Введите конечные состояния : ")

for j in range(t):

l = int(f.readline())

print("\tS{} [{}]".format(l,"".join(S\_нач[l-1])))

subarr1.append(S\_нач[l-1])

subarrD.append(Dfunc(S\_нач[i],S\_нач[l-1]))

subarrT.append(Tfunc(S\_нач[i],S\_нач[l-1]))

#print(S\_нач[i],S\_нач[l-1],Dfunc(S\_нач[i],S\_нач[l-1]))

print("\t\tВходной сигнал: ",end="")

l = str(f.readline()).replace("\n","")

print(l)

subarr2.append(l)

print("\t\tВыход (мили/мура): ",end="")

l = list(str(f.readline()).replace("\n",""))

print("".join(l))

subarr3.append(l)

if(l==["-"]):

R.append(specialPrint(subarr1[-1], "t"))

S\_кон.append(subarr1)

Z.append(subarr2)

W.append(subarr3)

helparrD.append(subarrD)

helparrT.append(subarrT)

print("\nR={} (для автомата Мура)".format(R))

print(helparrD) #Матрица возбуждения для D триггера

print(helparrT) #Матрица возбуждения для T триггера

"""\*\*Функции возбуждения D-триггеров:\*\*"""

l=0

for kk in range(len(S\_нач[0])):

plus=False

print("f{}=".format(l+1),end="")

for ii in range(len(helparrD)):

for jj in range(len(helparrD[ii])):

#print(ii,jj,l)

if(helparrD[ii][jj][l]==1):

print("+" if plus==True else "",end="") #Это просто вывод плюса

plus=True #не обращать внимание

print(specialPrint(S\_нач[ii], "t"),end="")

print(Z[ii][jj] if Z[ii][jj]!='-' else "",end="")

print("")

l+=1

"""\*\*Функции возбуждения T-триггеров:\*\*"""

l=0

for kk in range(len(S\_нач[0])):

plus=False

print("f{}=".format(l+1),end="")

for ii in range(len(helparrT)):

for jj in range(len(helparrT[ii])):

#print(ii,jj,l)

if(helparrT[ii][jj][l]==1):

print("+" if plus==True else "",end="") #Это просто вывод плюса

plus=True #не обращать внимание

print(specialPrint(S\_нач[ii], "t"),end="")

print(Z[ii][jj] if Z[ii][jj]!='-' else "",end="")

print("")

l+=1

"""\*\*Получение функций выходов:\*\*"""

l=0

for kk in range(len(subarr3[0])):

plus=False

print("y{}=".format(l+1),end="")

for ii in range(len(W)):

for jj in range(len(W[ii])):

#print(W[ii][jj])

if(W[ii][jj]!=['-'] and W[ii][jj][l]=='1'):

print("+" if plus==True else "",end="") #Это просто вывод плюса

plus=True #не обращать внимание

print(specialPrint(S\_нач[ii], "t"),end="")

print(Z[ii][jj] if Z[ii][jj]!='-' else "",end="")

print("")

l+=1

ТСА-2 // склейка термов, вывод оставшихся

import numpy as np

import pandas as pd

import numpy as np

import pandas as pd

class Term:

def \_\_init\_\_(self):

self.skleen = false

pass

def print(self):

pass

class Level:

def \_\_init\_\_(self, id, n):

self.id = id

self.n = n

self.terms = [[]]\*(n+1)

def putTerm(self, term):

self.terms[list(term).count("1")] = self.terms[list(term).count("1")]+[tuple(term)]

def clearfree(self):

i=0

while i < len(self.terms):

#print(i)

if(self.terms[i]==[]):

del(self.terms[i])

#print(self.terms)

i-=1

i+=1

#levels[0].terms[1]==[]

f = open("C:/Users/D4rkn/source/repos/TCA-2/TCA-2/source/demofile.txt", "r", encoding='utf-8')

levels=[]

m = int(f.readline())

n = int(f.readline())

print("m={}, n={}".format(m,n))

levels.append(Level(0,n))

print("Введите термы:")

for i in range(m):

t = str(f.readline()).replace("\n","")

print(t)

levels[0].putTerm(t)

pass

levels[0].clearfree()

print(levels[0].terms)

print("\nНе склеилось:")

for i in range(0,n):

levelset1=set()

levelset2=set()

levels[i].clearfree()

newlevel = Level(0,n)

for j in range(0,len(levels[i].terms)-1):

for k in range(0,len(levels[i].terms[j])):

if(len(levels[i].terms[j][k])!=0):

for g in range(0,len(levels[i].terms[j+1])):

levelset1.update({''.join(levels[i].terms[j][k])},{''.join(levels[i].terms[j+1][g])})

#levelset1.update({(levels[i].terms[j][k])},{levels[i].terms[j+1][g]})

#print("{} - {} = {}".format(levels[i].terms[j][k],levels[i].terms[j+1][g],np.array(levels[i].terms[j][k])!=np.array(levels[i].terms[j+1][g])))

if(sum(np.array(levels[i].terms[j][k])!=np.array(levels[i].terms[j+1][g]))==1):

newterm = np.array(levels[i].terms[j][k])

newterm[np.where(np.array(levels[i].terms[j][k])!=np.array(levels[i].terms[j+1][g]))[0][0]] = "-"

#print(newterm)

newlevel.putTerm(newterm)

#print(newlevel.terms)

levelset2.update({''.join(levels[i].terms[j][k])},{''.join(levels[i].terms[j+1][g])})#({(levels[i].terms[j][k])},{levels[i].terms[j+1][g]})

#print(newlevel.terms)

levels.append(newlevel)

#print(levelset1,"\n",levelset2)

sets\_difference = levelset1-levelset2

if (len(levelset2) != 0):

print("\t Уровень №{} : {}".format(i+1,levelset1-levelset2))

else:

print("\t Уровень №{} : {}".format(i+1,levels[i].terms))