



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

---

Институт Информационных Технологий  
Кафедра Вычислительной Техники (ВТ)

**ОТЧЁТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 2**

«Проектирование синхронных цифровых автоматов»

по дисциплине

«Теория автоматов»

Выполнил студент группы  
ИВБО-11-23

Туктаров Т.А.

Принял старший преподаватель

Боронников А.С.

Лабораторная работа выполнена

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

«Зачтено»

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

Москва 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ЗАДАЧА .....	4
1.1 Постановка задачи.....	4
1.2 Решение .....	4
2 Задача.....	6
2.1 Постановка задачи: .....	6
2.2 Решение .....	6
3 ЗАДАЧА .....	8
3.1 Постановка задачи.....	8
3.2 Решение .....	8
4 ЗАДАЧА .....	11
4.1 Постановка задачи.....	11
4.2 Решение .....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	14

# ВВЕДЕНИЕ

Практическая работа посвящена проектированию синхронных цифровых автоматов.

1 задача: Автоматы распознавания языков. Дефинитный язык.

2 задача: Автоматы распознавания языков. Асинхронный язык.

3 задача: Задача на вычисление минимального из чисел.

4 задача: Задача на вычисление свертки числа по заданному модулю.

# 1 ЗАДАЧА

## 1.1 Постановка задачи

Спроектировать синхронный автомат, который повторяет на выходе входные значения, но только установившиеся, т.е. измеренные на фронте синхросигнала и совпадающие не менее двух раз подряд. Первое выходное значение совпадает с первым входным.

## 1.2 Решение

Спроектируем автомат Мили. Его граф переходов будет выглядеть так(Рисунок 1.1):

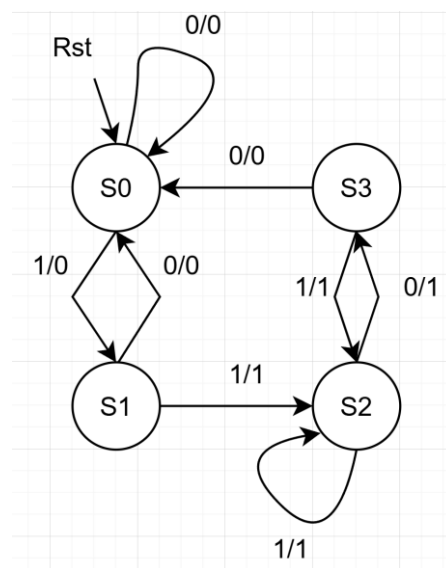


Рисунок 1.1 – Граф переходов автомата Мили

Автоматная таблица:

код	S	A	
		0	1
00	S <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
01	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>2</sub> /1
10	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> /1	S <sub>2</sub> /1
11	S <sub>3</sub>	S <sub>0</sub> /0	S <sub>2</sub> /1

Обозначения: S – текущее состояние, A -вход.

Спроектированный автомат в Logisim(Рисунок 1.2):

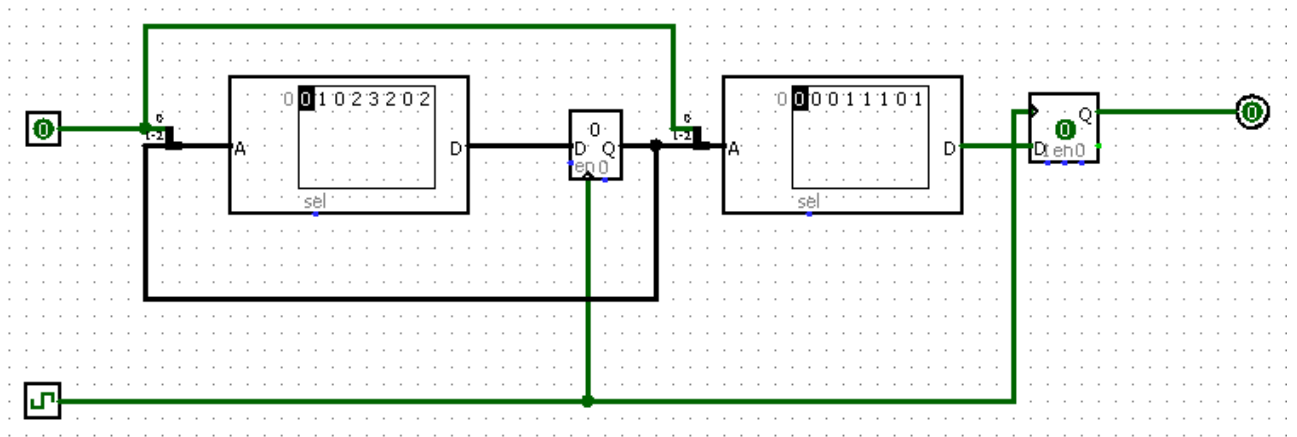


Рисунок 1.2 – Реализованный в среде Logisim автомат Мили

## 2 ЗАДАЧА

### 2.1 Постановка задачи:

Спроектировать автомат с двухразрядным входом и одноразрядным выходом, который подсчитывает четность числа стробов, поглощенных стробами на другой линии.

### 2.2 Решение

Обозначим возможные символы (сочетания значения сигналов) на входах автомата следующим образом (Рисунок 2.1):

$$\begin{matrix} in1 \\ in2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix} = a \quad \begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} = b \quad \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix} = c \quad \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix} = d$$

Рисунок 2.1 – Дефинитный язык

Получим дефинитный язык со следующими минимальными последовательностями, приводящими к событию, которое должен распознавать автомат:

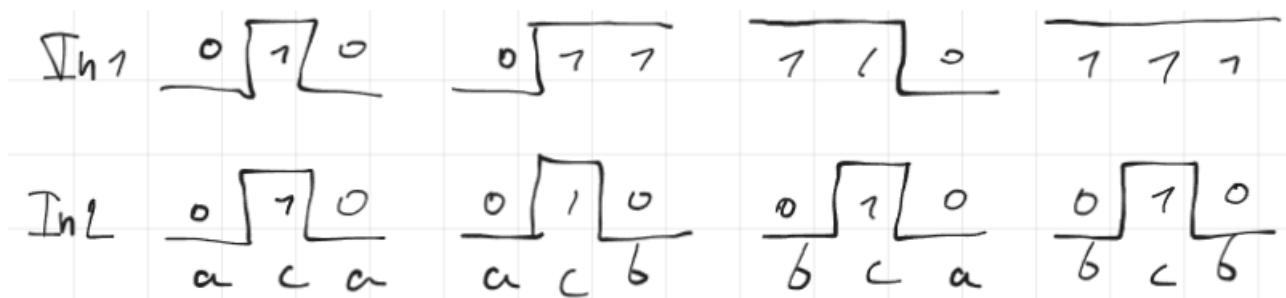


Рисунок 2.2 – Последовательности, активирующие выход автомата

Автомат Мили задается следующей таблицей (Рисунок 2.2):

№	Q/A	a	q	b	c	эквивалентности
0	$\lambda$	a	$\lambda$	b	$\lambda$	
1	a	\$	$\lambda$	b	ac	
2	b	a	$\lambda$	\$	bc	
3	ac	a/1	$\lambda$	b/1	\$	3=4
4	bc	a/1	$\lambda$	b/1	\$	3=4

**Рисунок 2.2 – Таблица состояний автомата Мили**

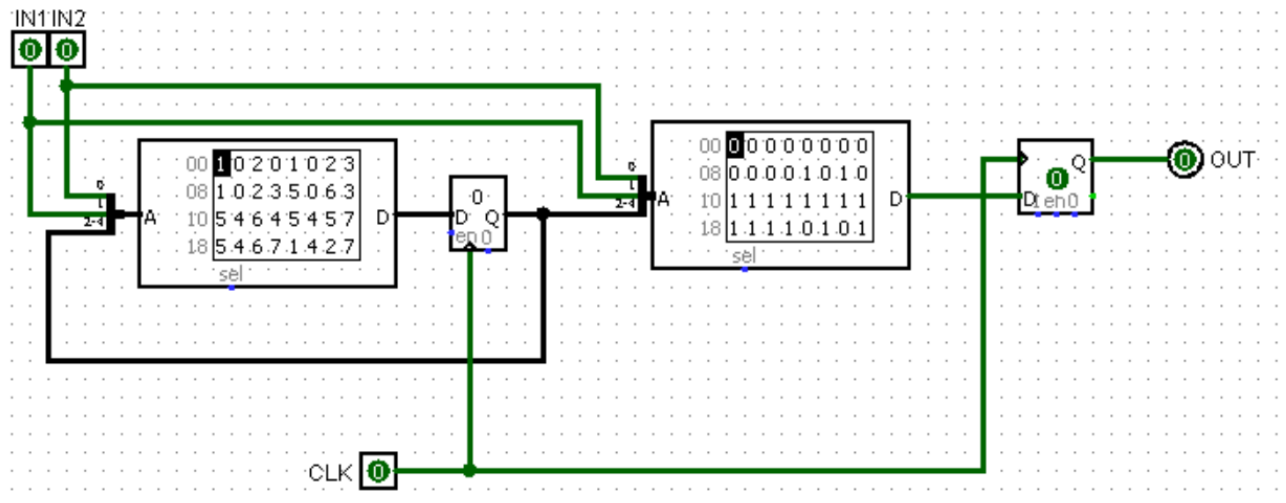
Автоматную таблицу можно преобразовать к виду(Рисунок 2.3):

№	a	q	b	c	код
	00	01	10	11	
$S_0$	$S_1$	$S_0$	$S_2$	$S_0$	000
$S_1$	$S_1$	$S_0$	$S_2$	$S_3$	001
$S_2$	$S_1$	$S_0$	$S_2$	$S_3$	010
$S_3$	$S_5/1$	$S_0$	$S_6/1$	$S_3$	011
$S_4$	$S_5$	$S_4$	$S_6$	$S_4$	100
$S_5$	$S_5$	$S_4$	$S_5$	$S_7$	101
$S_6$	$S_5$	$S_4$	$S_6$	$S_7$	110
$S_7$	$S_1/0$	$S_4$	$S_2/0$	$S_7$	111

**Рисунок 2.3 – автоматная таблица для четности**

Для того, чтобы автомат считал четность, при нахождении поглощения он будет переходить в инвертированное состояние (все выходы инвертированы).

Проектирование автомата в Logisim (Рисунок 2.4)



**Рисунок 2.4 – Спроектированный автомат в среде Logisim**

## 3 ЗАДАЧА

### 3.1 Постановка задачи

Спроектировать синхронный автомат, который вычисляет минимальное число из четырех положительных чисел. Числа поступают одновременно по 4-разрядной шине (каждое число по своей 1 разрядной шине), начиная со старших разрядов, в сопровождении синхросигналов. На одноразрядном выходе синхронно появляется результат: значение разрядов минимального из чисел.

### 3.2 Решение

Для каждого отдельного числа спроектируем локальный автомат со следующими состояниями: М – число минимальное – значение на выходе равно входному; N – число не минимальное – на выходе автомата 1, т.е. наибольшее значение. Тогда можно сравнить значения на выходе всех автоматов и выдать минимальное, т.е. выполнить конъюнкцию.

Локальный автомат переходит из состояния М в состояние N тогда, когда число перестает быть минимальным, т.е. когда значение входного разряда числа больше значения на выходе конъюнкции. Выходное значение в состоянии М равно входному, в состояние N – максимально возможному, т.е. 1.

Кодирование состояний:  $M = 0$ ,  $N = 1$ .

Автоматная таблица локального автомата(Рисунок 3.1):

S \ d, m	00	01	11	10
M	M / 0	x	M / 1	N / 1
N	N / 1	N / 1	N / 1	N / 1

Рисунок 3.1 – Автоматная таблица локального автомата



S \ d, m	00	01	11	10
0	0	x	0	1
1	1	1	1	1

Рисунок 3.2 – Таблица переходов

$$g = s + \bar{d}m$$

S \ d	0	1
0	0	1
1	1	1

Рисунок 3.3 – Таблица выходов

$$f = d + s$$

Схема локального автомата в Logisim (Рисунок 3.4):

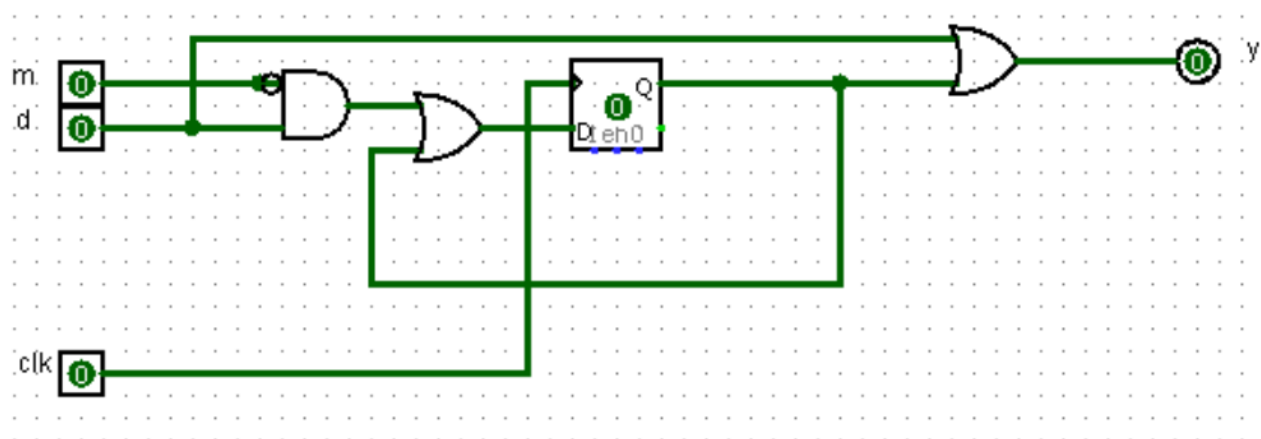


Рисунок 3.4 – Схема локального автомата

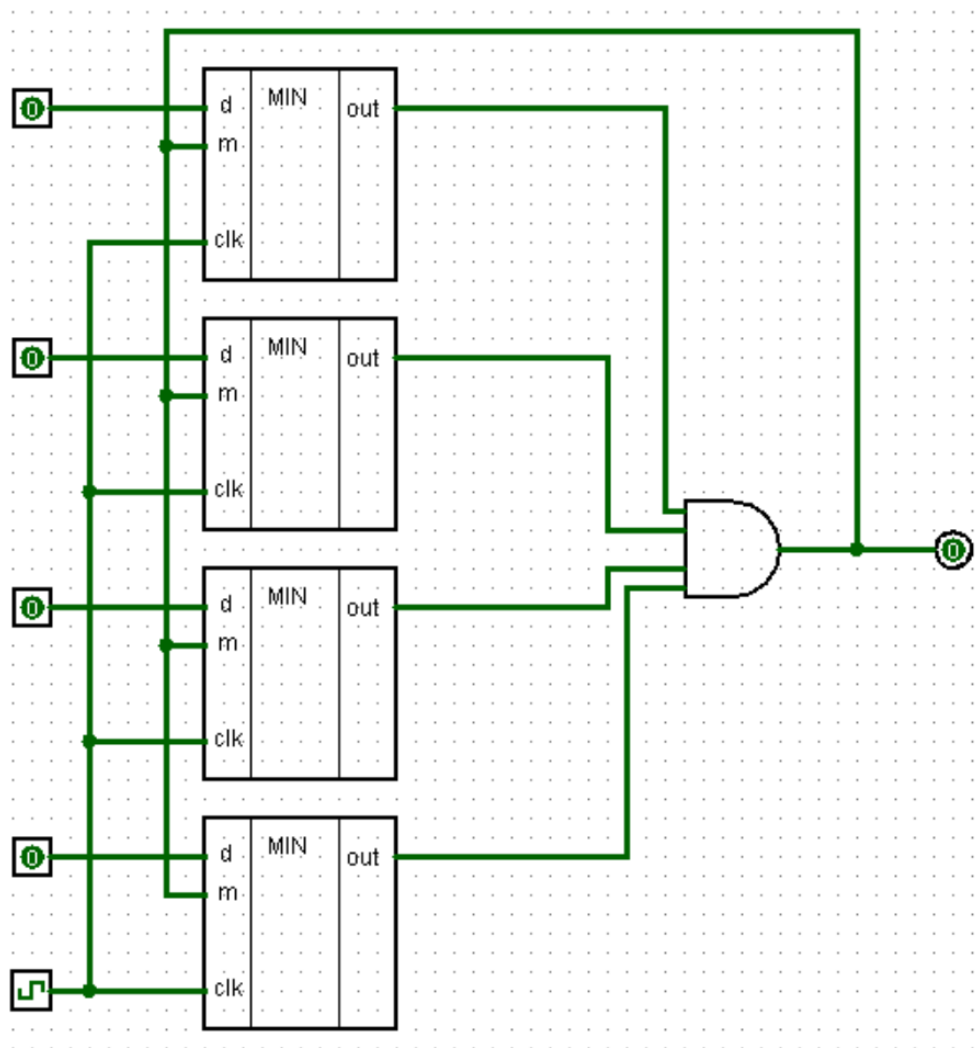


Рисунок 3.5 – Схема полного автомата

## 4 ЗАДАЧА

### 4.1 Постановка задачи

Спроектировать автомат, который вычисляет свертку по mod 5 для положительного числа, поступающего последовательно по одному разряду, начиная с младшего. Текущее значение свертки присутствует на трехразрядном выходе.

### 4.2 Решение

Для вычисления остатка от деления на число  $X$  в двоичной системе счисления необходимо разложить число на группы, длина которых соответствует  $s$  в выражении.

$$(2^s)^k \bmod X = 1$$

Для mod5  $s = 4$

$$(2^4)^k \bmod 5 = 1$$

Для определения разряда в группе в проектируемом автомате дополнительно следует поставить на вход счетчик  $st$  по модулю  $s$ .

Кол-во состояний – кол-во вариантов выражения  $X \bmod 5$  (5: 0, 1, 2, 3, 4).

Если на вход  $in$  поступает «0», то свертка не изменяется – +0.

Если на вход  $in$  поступает «1», то:

- Если очередной разряд на нулевом разряде группы ( $st=0$ ), то свертка увеличивается на вес разряда –  $+1 \cdot 2^0(+1)$ ;
- Если очередной разряд на первом разряде группы ( $st=1$ ), то свертка увеличивается на вес разряда –  $+1 \cdot 2^1(+2)$ ;
- Если очередной разряд на втором разряде группы ( $st=2$ ), то свертка увеличивается на вес разряда –  $+1 \cdot 2^2(+4)$ ;
- Если очередной разряд на третьем разряде группы ( $st=3$ ), то свертка увеличивается на вес разряда –  $+1 \cdot 2^3(+8, \text{ т.е. } +3)$ ;

Q	in				
	0 <sub>+0</sub>	1 <sub>+1</sub>	1 <sub>+2</sub>	1 <sub>+3</sub>	1 <sub>+4</sub>
0	0	1	2	3	4
1	1	2	3	4	0
2	2	3	4	0	1
3	3	4	0	1	2
4	4	0	1	2	3

Рисунок 4.1 – Таблица выходов

Q	in, st							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0	0	0	0	0	1	2	4	3
1	1	1	1	1	2	3	0	4
2	2	2	2	2	3	4	1	0
3	3	3	3	3	4	0	2	1
4	4	4	4	4	0	1	3	2

Рисунок 4.2 – Таблица переходов

Обозначения: Q – текущее состояние Q' – следующее состояние in – вход (0 или 1) st – вход (номер разряда группы) Y – выход.

Кодирование состояний: 0 – 000, 1 – 001, 2 – 010, 3 – 011, 4 – 100.

Схема автомата в Logisim (Рисунок 4.3):

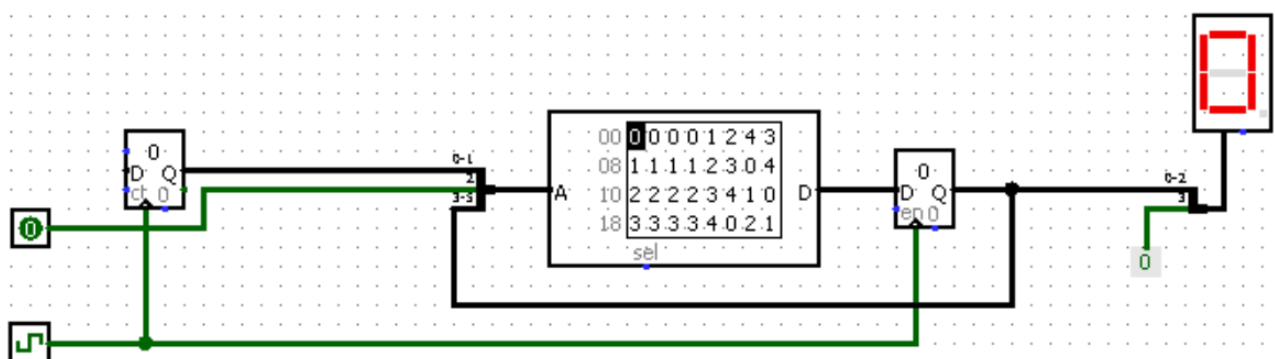


Рисунок 4.3 – Схема автомата в Logisim

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения практической работы различными способами были спроектированы синхронные цифровые автоматы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.В. Лозовский Теория автоматов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.В. Лозовский, Е.Н. Штрекер, А.С. Боронников, Л.В. Казанцева. — М., МИРЭА — Российский технологический университет, 2024. — 454 с.