



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 № 1**

«Проектирование счетчиков на базе D- и JK-триггеров»

по дисциплине

«Теория автоматов»

Выполнил студент группы  
ИВБО-11-23

Туктаров Т.А

Принял старший преподаватель

Боронников А.С

Лабораторная работа выполнена

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

«Зачтено»

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Москва 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	4
2 ПОСТРОЕНИЕ СЧЕТЧИКА НА D-ТРИГГЕРАХ .....	5
3 ПОСТРОЕНИЕ СЧЕТЧИКА НА JK-ТРИГГЕРАХ.....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	16
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	17

## **ВВЕДЕНИЕ**

Практическая работа посвящена проектированию схем счетчиков с заданным модулем и шагом на D- и JK-триггерах.

# 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Построить счетчика по модулю 18 с шагом 2 в двух вариантах:

1. На D-триггерах, комбинационная часть схемы в базисе И-НЕ
2. На JK-триггерах, комбинационная часть схемы в базисе ИЛИ-НЕ

Схемы должны быть минимизированы

## 2 ПОСТРОЕНИЕ СЧЕТЧИКА НА D-ТРИГГЕРАХ

Необходимо построить счетчик по модулю 19 с шагом 4 на D-триггерах. Работа счетчика представлена в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Таблица состояний счетчика

	Q						Q'				
	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0		Q'4	Q'3	Q'2	Q'1	Q'0
0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	5	0	0	1	0	1
2	0	0	0	1	0	6	0	0	1	1	0
3	0	0	0	1	1	7	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	8	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	1	9	0	1	0	0	1
6	0	0	1	1	0	10	0	1	0	1	0
7	0	0	1	1	1	11	0	1	0	1	1
8	0	1	0	0	0	12	0	1	1	0	0
9	0	1	0	0	1	13	0	1	1	0	1
10	0	1	0	1	0	14	0	1	1	1	0
11	0	1	0	1	1	15	0	1	1	1	1
12	0	1	1	0	0	16	1	0	0	0	0
13	0	1	1	0	1	17	1	0	0	0	1
14	0	1	1	1	0	18	1	0	0	1	0
15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0
18	1	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1

Так как D-триггер работает по принципу «что на входе, то и на выходе при положительном фронте синхросигнала», то таблица возбудимости триггера соответствует таблице переходов состояний счетчика.

Функции возбуждения D-триггеров будем рассчитывать с помощью МДНФ (так как по заданию необходимо, чтобы комбинационная часть схемы счетчика была построена в базисе «И-НЕ »).

Минимизации функций будут произведены с помощью карт Карно.

Расчет функции возбуждения триггера  $Q'_4$  представлен на рисунке 2.1

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	0	0	1	0	1	1
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.1 - Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера Q'4

Получим формулы:

$$Q'_4 = Q_3 Q_2 \overline{Q_1} + Q_3 Q_2 \overline{Q_0}$$

$$Q'_4 = \overline{\overline{Q_3 Q_2 \overline{Q_1}} \& \overline{Q_3 Q_2 \overline{Q_0}}}$$

Расчет функции возбуждения триггера Q'3 представлен на рисунке 2.2

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	1	1	1	1
01	1	1	1	1	0	0	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.2 - Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера Q'3

Получим формулы:

$$Q'_3 = Q_3 \overline{Q_2} + \overline{Q_3} Q_2$$

$$Q'_3 = \overline{\overline{Q_3 \overline{Q_2}} \& \overline{\overline{Q_3} Q_2}}$$

Расчет функции возбуждения триггера Q'2 представлен на рисунке 2.3

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	1	1	1	1	0	0	0	0
01	1	1	1	1	0	0	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.3 - Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера Q'2

Получим формулы:

$$Q'_2 = \overline{Q_4} \overline{Q_2}$$

$$Q'_2 = \overline{\overline{\overline{\overline{Q_4} Q_2}}}$$

Расчет функции возбуждения триггера Q'1 представлен на рисунке 2.4

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	1	1	1	1	0	0
01	0	0	1	1	1	0	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	1	X	1	X	X	X	X

Рисунок 2.4 - Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера Q'1

Получим формулы:

$$Q'_1 = Q_4 Q_0 + Q_1 \overline{Q_0} + \overline{Q_2} Q_1 + \overline{Q_3} Q_1$$

$$Q'_1 = \overline{\overline{\overline{\overline{Q_4} Q_0} \& \overline{Q_1} \overline{Q_0}} \& \overline{Q_2} Q_1 \& \overline{Q_3} Q_1}$$

Расчет функции возбуждения триггера Q'0 представлен на рисунке 2.5

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	1	1	0	0	1	1	0
01	0	1	1	0	0	0	1	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	1	0	X	1	X	X	X	X

Рисунок 2.5 - Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $Q'_0$

Получим формулы:

$$Q'_0 = Q_4 \overline{Q_0} + \overline{Q_3} Q_2 Q_0 + \overline{Q_2} Q_1 Q_0 + \overline{Q_4} Q_1 Q_0$$

$$Q'_0 = \overline{Q_4 \overline{Q_0} \& \overline{Q_3} Q_2 Q_0 \& \overline{Q_2} Q_1 Q_0 \& \overline{Q_4} Q_1 Q_0}$$

Реализация схемы в среде Logisim представлена на Рисунке 2.6

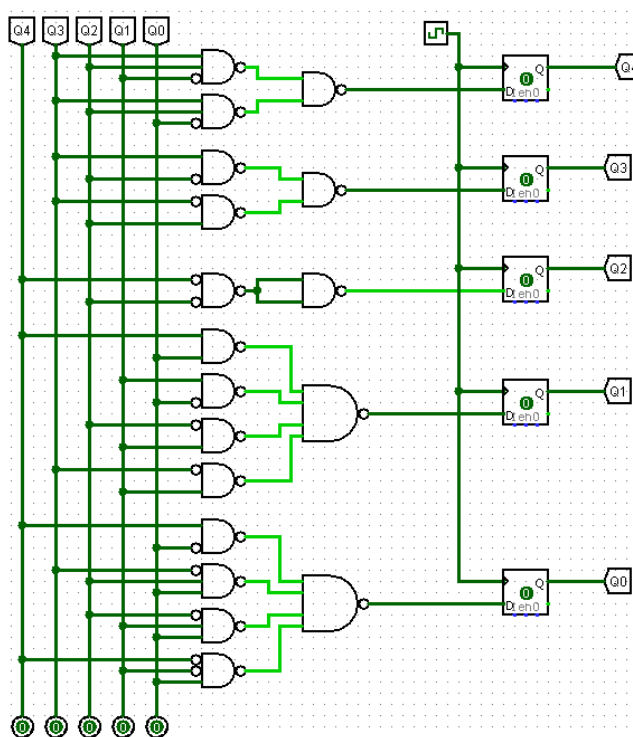


Рисунок 2.6 – Схема счетчика на D-триггерах в базе И-НЕ в Logisim



### 3 ПОСТРОЕНИЕ СЧЕТЧИКА НА JK-ТРИГГЕРАХ

Необходимо построить счетчик по модулю 19 с шагом 4 на D-триггерах. Таблица состояний счетчика и функций  $S_4-S_0$  сигналов возбуждения JK-триггеров имеет вид (Таблица 2.2):

Таблица 2.2 таблица состояний счетчика

	Q						Q'					S4		S3		S2		S1		S0	
	Q 4	Q 3	Q 2	Q 1	Q 0		Q' 4	Q' 3	Q' 2	Q' 1	Q' 0	J	K	J	K	J	K	J	K	J	K
0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	x	0	x	1	x	0	x	0	x
1	0	0	0	0	1	5	0	0	1	0	1	0	x	0	x	1	x	0	x	x	0
2	0	0	0	1	0	6	0	0	1	1	0	0	x	0	x	1	x	x	0	0	x
3	0	0	0	1	1	7	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	0	x	0
4	0	0	1	0	0	8	0	1	0	0	0	0	x	1	x	x	1	0	x	0	x
5	0	0	1	0	1	9	0	1	0	0	1	0	x	1	x	x	1	0	x	x	0
6	0	0	1	1	0	10	0	1	0	1	0	0	x	1	x	x	1	x	0	0	x
7	0	0	1	1	1	11	0	1	0	1	1	0	x	1	x	x	1	x	0	x	0
8	0	1	0	0	0	12	0	1	1	0	0	0	x	x	0	1	x	0	x	0	x
9	0	1	0	0	1	13	0	1	1	0	1	0	x	x	0	1	x	0	x	x	0
10	0	1	0	1	0	14	0	1	1	1	0	0	x	x	0	1	x	x	0	0	x
11	0	1	0	1	1	15	0	1	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	0	x	0
12	0	1	1	0	0	16	1	0	0	0	0	1	x	x	1	x	1	0	x	0	x
13	0	1	1	0	1	17	1	0	0	0	1	1	x	x	1	x	1	0	x	x	0
14	0	1	1	1	0	18	1	0	0	1	0	1	x	x	1	x	1	x	0	0	x
15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	x	x	1	x	1	x	1	x	1
16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	x	1	0	x	0	x	0	x	1	x
17	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	x	1	0	x	0	x	1	x	x	1
18	1	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1	x	1	0	x	0	x	x	0	1	x

Расчет функций возбуждения входов JK-триггеров будем рассчитывать с помощью МКНФ (так как по заданию необходимо, чтобы комбинационная часть схемы счетчика была построена в базисе «ИЛИ-НЕ»).

Минимизации функций будут произведены с помощью карт Карно.

Расчет функций возбуждения триггера  $S_4$  представлены на рисунках 2.7-2.8.

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	0	0	1	0	1	1
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X

Рисунок 2.7 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_4(j)$

Получим формулы:

$$S_4(j) = (Q_2)(Q_3)(\overline{Q_1} + \overline{Q_0}) = \overline{\overline{(Q_2)(Q_3)(\overline{Q_1} + \overline{Q_0})}} = \overline{\overline{Q_2} + \overline{Q_3} + (\overline{Q_1} + \overline{Q_0})}$$

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	X	X	X	X	X	X	X	X
01	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	1	X	1	X	X	X	X

Рисунок 2.8 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_4(k)$

Получим формулу:

$$S_4(k) = 1$$

Расчет функций возбуждения триггера  $S_3$  представлены на рисунках 2.9-2.10.

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	1	1	1	1
01	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.9 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_3(j)$

Получим формулу:

$$S_3(j) = Q_2$$

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	X	X	X	X	X	X	X	X
01	0	0	0	0	1	1	1	1
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.9 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_3(k)$

Получим формулу:

$$S_3(k) = Q_2$$

Расчет функций возбуждения триггера  $S_2$  представлены на рисунках 2.11-2.12.

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	1	1	1	1	X	X	X	X
01	1	1	1	1	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	0	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.11 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_2(j)$

Получим формулу:

$$S_2(j) = \overline{Q_4}$$

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	X	X	X	X	1	1	1	1
01	X	X	X	X	1	1	1	1
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X

Рисунок 2.12 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_2(k)$

Получим формулу:

$$S_2(k) = 1$$

Расчет функций возбуждения триггера  $S_1$  представлены на рисунках 2.13-2.14.

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	X	X	X	X	0	0
01	0	0	X	X	X	X	0	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	0	1	X	X	X	X	X	X

Рисунок 2.13 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_1(j)$

Получим формулу:

$$S_1(j) = (Q_0)(Q_4) = \overline{Q_0} + \overline{Q_4}$$

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	X	X	0	0	0	0	X	X
01	X	X	0	0	0	1	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	0	X	X	X	X

Рисунок 2.14 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_1(k)$

Получим формулы:

$$S_1(k) = (Q_0)(Q_2)(Q_3) = \overline{Q_0} + \overline{Q_2} + \overline{Q_3}$$

Расчет функций возбуждения триггера  $S_0$  представлены на рисунках 2.15-2.16.

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	X	X	0	0	X	X	0
01	0	X	X	0	0	X	X	0
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	1	X	X	1	X	X	X	X

Рисунок 2.15 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_0(j)$

Получим формулу:

$$S_0(j) = (Q_4)$$

Q2Q1Q0 Q4Q3	000	001	011	010	110	111	101	100
00	X	0	0	X	X	0	0	X
01	X	0	0	X	X	1	0	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	1	X	X	X	X	X	X

Рисунок 2.16 – Карта Карно для минимизации функции возбуждения триггера  $S_0(k)$

Получим формулы:

$$S_0(k) = (Q_3 + \overline{Q_2})(Q_2 + \overline{Q_1})(Q_4 + Q_1) = \overline{\overline{(Q_3 + \overline{Q_2})} + \overline{(Q_2 + \overline{Q_1})} + \overline{(Q_4 + Q_1)}}$$

Реализация схемы в среде Logisim представлена на Рисунке 2.3.

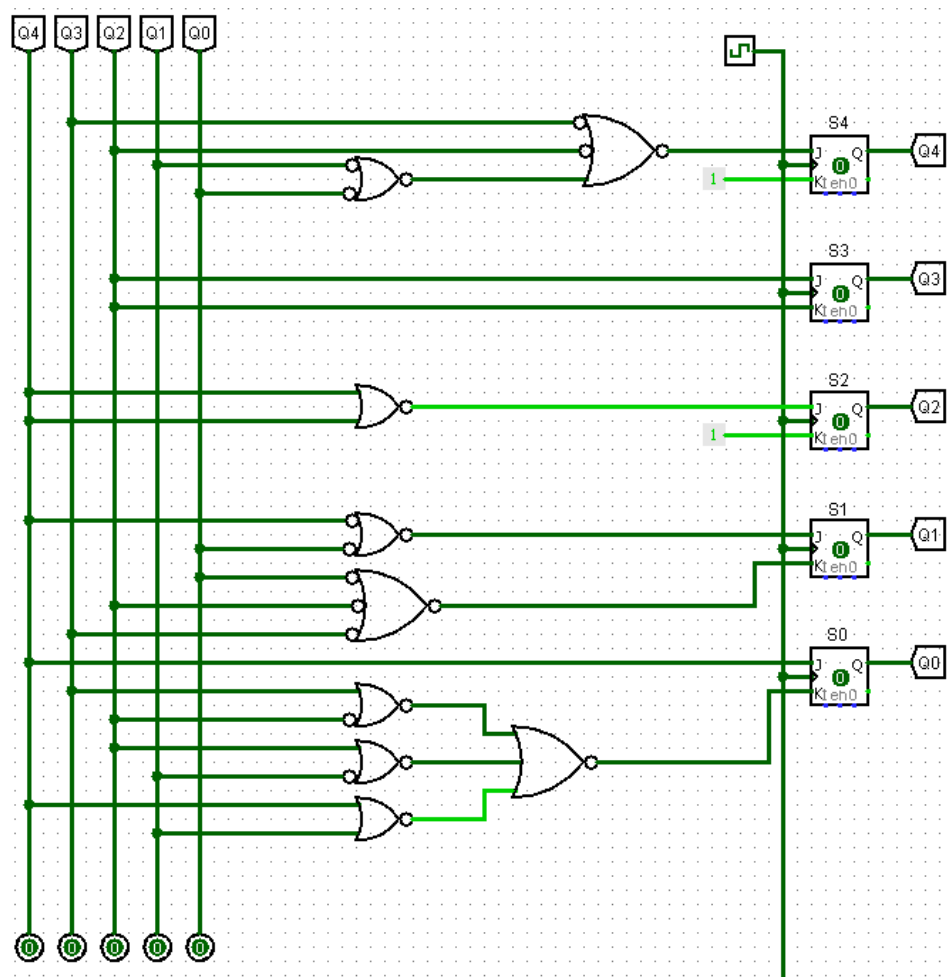


Рисунок 2.17 – Схема счетчика на JK-триггерах в базисе ИЛИ-НЕ в Logisim

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения практической работы были восстановлены таблицы состояний счетчиков, построенных на D- и JK-триггерах. Была отрисована временная диаграмма работы счетчика. Также были минимизированы функции возбуждений триггеров методом карт Карно. Затем были построены схемы полученных формул в базисах И-НЕ и ИЛИ-НЕ в лабораторном комплексе Logisim и протестирована их работа. Тестирование подтвердило правильность работы схем.



## 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.