

ГУАП

КАФЕДРА № 44

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

доц., канд. техн. наук, доц.
должность, уч. степень, звание

подпись, дата

О.О. Жаринов
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4

РАЗРАБОТКА СЧЁТЧИКА С ЗАДАННЫМ ОСНОВАНИЕМ СЧЁТА НА ЖК-
ТРИГГЕРАХ В СРЕДЕ QUARTUS

по курсу: СХЕМОТЕХНИКА

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. №

4143

подпись, дата

Е.Д.Тегай
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2023

Цель работы

Разработать проект счетчика с заданным основанием счета на JK-триггерах в среде программирования Quartus, попутно изучив элементы методологии работы с не полностью определенными таблицами истинности.

Вариант задания

Соответствующий вариант задания выделен для удобства жёлтым цветом на рисунке 1.

Таблица вариантов заданий															
Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
М	15	17	18	19	20	21	22	23	24	14	3	5	6	7	9
Вар.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
М	10	11	12	13	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36

Рисунок 1 – Индивидуальный вариант

Описание концепции разработки схемы

Схема разрабатывается с помощью таблицы истинности и получившимся по ней логическим выражениям (минимизированным).

Рассмотрим подробнее процесс составления схемы. Опираясь на индивидуальное задание, выясняется, что $M = 34$. Это значит, что счётчик, досчитав до числа 33, следующим импульсом, то бишь 34-ым, должен быть сброшен обратно в 0.

Представим в двоичной системе счисления:

$$33_{10} = 100001_2, 34_{10} = 100010_2$$

Нужно сделать так, чтобы из 100001_2 получилось 000000_2 . Для начала, основываясь на количестве разрядов, выясняется, что количество Т-триггеров должно быть равно 6.

Рассмотрим рисунок 2. Первой строкой является двоичная запись числа 33. Соответственно, вторая – числа 34. Зеленым написано желаемый результат. Сверху прописаны выходы соответствующих Т-триггеров.

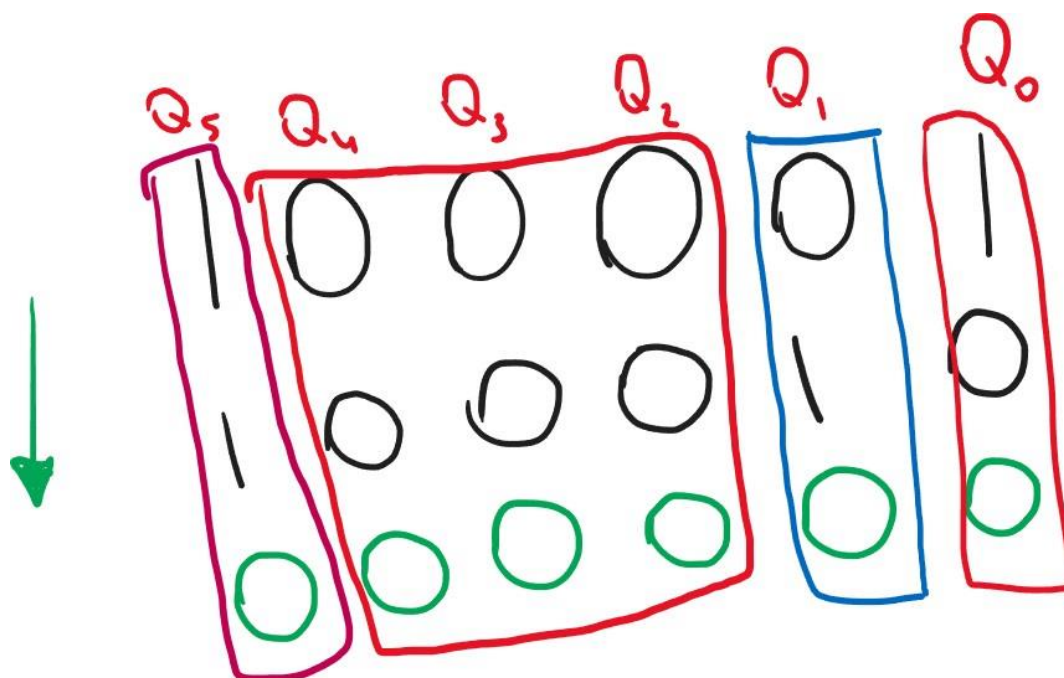


Рисунок 2 – Вспомогательный рисунок

Красным квадратом выделена та область (те разряды), которые так и так приведут к желаемому виду.

Больше всего интересуют области, выделенные синим и сиреневым цветами. Рассмотрим разряд Q_5 . Триггер этого разряда нужно «заставить» переключиться, так как он и «хочет» остаться в состоянии 1. Рассмотрим и разряд Q_1 . Триггеру этого разряда нужно, наоборот, «запретить» переключаться на 1.

Таблица истинности

Искомая таблица истинности, необходимая для реализации счётчика, изображена на рисунке 3. При заполнении таблицы из рисунка 3 использовалась вспомогательная таблица, изображённая на рисунке 4.

Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0	
0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	
0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	
0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	
0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	
0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	
0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	
0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	
0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	
0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	
0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	
0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	
0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	
0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	
0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1	
0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	
0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	
0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	x	1	x	
0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1	
0	1	0	0	1	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x	0	1	x	
0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	x	1	
0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x	
0	1	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x	1	
0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	x	0	1	x	
0	1	0	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x	1	
0	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x	
0	1	1	0	0	1	0	x	x	0	x	0	0	x	x	0	1	x	
0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	1	x	x	0	x	0	
0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x	1	x	
0	1	1	1	0	1	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1	
0	1	1	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x	
0	1	1	1	1	1	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x	
0	1	1	1	1	1	1	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	x	
1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	1	x	1	0	x	0	x	0	x	0	x	x	1	
0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Рисунок 3 – Неполная таблица истинности

переход	J	K
из 0 в 0	0	x
из 0 в 1	1	x
из 1 в 0	x	1
из 1 в 1	x	0

Рисунок 4 – Вспомогательная таблица

Логические выражения

При составлении логических выражений использовался интуитивный подход в силу неполноценности таблицы истинности. Рассмотрим, например, J_0 . Везде известные значения равны 1. Для наглядности эти значения выделены оранжевым на рисунке 5. Поэтому за место x можно предположить, что там также находятся единицы, и итоговое логическое выражение будет выглядеть как:

$$J_0 = 1$$

Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1
0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1
0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x
0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1
0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x
0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1
0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x
0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x
0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x
0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1
0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	x	1	x
0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1
0	1	0	0	1	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x	0	1	x
0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x
0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x
0	1	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x	1
0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	x	0	1	x
0	1	0	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x	1
0	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
0	1	1	0	0	1	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	x	1
0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
0	1	1	0	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x	x	0	x	0
0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
0	1	1	1	0	1	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1
0	1	1	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x
0	1	1	1	1	1	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	x	1
1	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	x	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 5 – J_0

По тому же принципу выясняется, что логическое выражение для K_0 :

$$K_0 = 1$$

Далее рассмотрим K_5 . Значения совпадают со значениями в Q_0 . Поэтому можно приравнять другие значения у Q_0 с неизвестными значениями у K_5 . Это наглядно продемонстрировано на рисунке 6. Итоговое логическое выражение будет выглядеть как:

$$K_5 = Q_0$$

Аналогично получаем:

$$K_1 = Q_0$$

Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x	1
0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1
0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	0	1	x
0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1
0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	0	1	x
0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	1	x	1	x	1	x
0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	0	0	x	0	x	0	1	x
0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	0	1
0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x	1
0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	0	x	1
0	0	1	1	1	1	0	x	0	x	0	x	0	x	0	0	x	1
0	0	1	1	1	1	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	x	1
1	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	1	x	1	0	x	0	x	0	x	0	x	x	1
0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 6 – K₅

Далее рассмотрим J₅. Для удобства восприятия для начала воспользуемся рисунком 7. Следует отметить, что зелёным (как и на последующих рисунках) будут отмечаться те триггеры, которые уже были рассмотрены, а оранжевым – необходимые значения.

Рисунок 8 – J₁

Некоторые значения в процессе стандартной минимизации по аналогии с прошлой лабораторной работой так и так убираются, поэтому они для удобства вообще не выделяются никаким цветом. Итого получилось выражение:

$$J_1 = \overline{Q_5} Q_1 Q_0$$

Далее рассмотрим K₂. Рассмотрим рисунок 9 подробнее.

№	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	I5	K5	I4	K4	I3	K3	I2	K2	I1	K1	I0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
2	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	0	1
3	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	1	x
4	0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x
5	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1
6	0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x
7	0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1
8	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
9	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
10	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x
11	0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
12	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x
13	0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
14	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x
15	0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1
16	0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	x	1	x
17	0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1
18	0	1	0	0	1	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x	0	1	x
19	0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	x	1
20	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x
21	0	1	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x	1
22	0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	x	0	1	x
23	0	1	0	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x	1
24	0	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
25	0	1	1	0	0	1	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	x	1
26	0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	0	x	x	0	1	x
27	0	1	1	0	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1	x	1
28	0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x	1	x
29	0	1	1	1	0	1	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1
30	0	1	1	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x
31	0	1	1	1	1	1	0	1	x	1	x	1	x	1	1	x	1	x
32	1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	0	x	0	x	1	x
33	1	0	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	x	1
34	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 9 – K₂

По аналогии с построением предыдущего логического выражения получаем:

$$K_2 = \overline{Q_5} Q_2 Q_1 Q_0$$

Но это выражение можно ещё сократить на Q₂. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₂ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 19 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается целых три значения и итоговое выражение принимает вид:

$$K_2 = \overline{Q_5} Q_1 Q_0$$

Далее рассмотрим J₂ подробнее на рисунке 10.

Nr	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1
2	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
3	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1
5	0	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x
6	0	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1
7	0	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	1
8	0	0	1	0	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1
9	0	0	1	0	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x
10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	x	0	x	0	0	x	x	0	1
11	0	0	1	0	1	1	0	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x
12	0	0	1	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1
13	0	0	1	1	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	0	1	x	1
14	0	0	1	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1
15	0	0	1	1	1	1	0	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	1
16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	1
17	0	1	0	0	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	0	1	x	x
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	1
19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	x	0	0	0	1	x	x	1	x
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	0	x	1
21	0	1	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	0	1	x	x
22	0	1	0	1	1	0	0	0	0	x	0	0	0	x	0	x	0	1
23	0	1	0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	1	x	1	x	1	x
24	0	1	1	0	0	0	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	1
25	0	1	1	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	0	x	1	x	1
26	0	1	1	0	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	x	x	0	1
27	0	1	1	0	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
28	0	1	1	1	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	0	x	1
29	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	x	0	x	0	0	1	x	x
30	0	1	1	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	1
31	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	x	1	x	1	x	1	x	1
32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	1
33	1	0	0	0	0	1	0	0	0	x	1	0	x	0	x	0	x	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Рисунок 10 –J₂

По аналогии с построением предыдущего логического выражения получаем:

$$J_2 = \overline{Q_5} \overline{Q_2} Q_1 Q_0$$

Но и это выражение можно ещё сократить на не Q₂. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₂ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 10 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается целых три значения и итоговое выражение принимает вид:

$$J_2 = \overline{Q_5} Q_1 Q_0$$

Далее рассмотрим K₃ на рисунке 11.

Nr	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	K5	K4	K3	K2	K1	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x
2	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x
3	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x
4	0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x
5	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x
6	0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x
7	0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	0	x
8	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	0	x
9	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	0	x
10	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	0	x
11	0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	0	x
12	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	0	x
13	0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	0	x
14	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	0	x
15	0	0	1	1	1	1	0	x	0	x	0	x
16	0	1	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x
17	0	1	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x
18	0	1	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x
19	0	1	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x
20	0	1	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x
21	0	1	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x
22	0	1	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x
23	0	1	0	1	1	1	0	x	0	x	0	x
24	0	1	1	0	0	0	0	x	0	x	0	x
25	0	1	1	0	0	1	0	x	0	x	0	x
26	0	1	1	0	1	0	0	x	0	x	0	x
27	0	1	1	0	1	1	0	x	0	x	0	x
28	0	1	1	1	0	0	0	x	0	x	0	x
29	0	1	1	1	0	1	0	x	0	x	0	x
30	0	1	1	1	1	0	0	x	0	x	0	x
31	0	1	1	1	1	1	0	x	0	x	0	x
32	1	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x
33	1	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x
34	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x

Рисунок 11 – K₃

По аналогии с построением предыдущего логического выражения получаем:

$$K_3 = \overline{Q_5}Q_3Q_2Q_1Q_0$$

Это выражение можно ещё сократить на Q₃. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₃ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 11 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается целых два значения и итоговое выражение принимает вид:

$$K_3 = \overline{Q_5}Q_2Q_1Q_0$$

Далее рассмотрим J₃ на рисунке 12.

Nz	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	I4	K4	J3	K3	I2	K2	I1	K1	I0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1
2	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
3	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1
4	0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x
5	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1
6	0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x
7	0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1
8	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
9	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
10	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x
11	0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
12	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x
13	0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
14	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x
15	0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1
16	0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	x	1	x
17	0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1
18	0	1	0	0	1	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x	0	1	x
19	0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	x	1
20	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x
21	0	1	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x	1
22	0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	x	0	1	x
23	0	1	0	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x	1
24	0	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
25	0	1	1	0	0	1	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	x	1
26	0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	0	x	x	0	1	x
27	0	1	1	0	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1	x	1
28	0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x	1	x
29	0	1	1	1	0	1	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1
30	0	1	1	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x
31	0	1	1	1	1	1	0	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	1
32	1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x	0	x	0	1	x
33	1	0	0	0	0	1	0	x	1	0	x	0	x	0	x	x	1	x
34	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 12 – J₃

По аналогии с построением предыдущего логического выражения получаем:

$$J_3 = \overline{Q_5} \overline{Q_3} Q_2 Q_1 Q_0$$

Это выражение можно ещё сократить на не Q₃. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₃ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 12 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается целых два значения и итоговое выражение принимает вид:

$$J_3 = \overline{Q_5} Q_2 Q_1 Q_0$$

Далее рассмотрим K₄ на рисунке 13.

Nr	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1
2	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
3	0	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x
4	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x
5	0	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1
6	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x
7	0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1
8	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
9	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
10	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x
11	0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
12	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x
13	0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
14	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x
15	0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1
16	0	1	0	0	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	x	1	x
17	0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1
18	0	1	0	0	1	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x	0	1	x
19	0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	x	1
20	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1	x
21	0	1	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x	1
22	0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	x	0	1	x
23	0	1	0	1	1	1	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x	1
24	0	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1	x
25	0	1	1	0	0	1	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	x	1
26	0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	0	x	x	0	1	x
27	0	1	1	0	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1	x	1
28	0	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x	1	x
29	0	1	1	1	0	1	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x	1
30	0	1	1	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1	x
31	0	1	1	1	1	1	0	1	x	1	x	1	x	1	x	1	x	1
32	1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x	0	x	0	x	1
33	1	0	0	0	0	1	0	x	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1
34	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 13 – K₄

Итого получаем выражение:

$$K_4 = \overline{Q_5} Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

Это выражение можно ещё сократить на Q₄. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₄ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 13 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается одно значение и итоговое выражение принимает вид:

$$K_4 = \overline{Q_5} Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

Наконец, рассмотрим J₄ на рисунке 14.

Nr	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	J5	K5	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x
1	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1
2	0	0	0	0	1	0	0	x	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x
3	0	0	0	0	1	1	0	x	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1
4	0	0	0	1	0	0	0	x	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x
5	0	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1
6	0	0	0	1	1	0	0	x	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x
7	0	0	0	1	1	1	0	x	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1
8	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x
9	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1
10	0	0	1	0	1	0	0	x	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x
11	0	0	1	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1
12	0	0	1	1	0	0	0	x	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x
13	0	0	1	1	0	1	0	x	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1
14	0	0	1	1	1	0	0	x	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x
15	0	0	1	1	1	1	0	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1
16	0	1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	x	0	x	1	x
17	0	1	0	0	0	1	0	x	x	0	0	x	0	x	1	x	x	1
18	0	1	0	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	1	x
19	0	1	0	0	1	1	0	0	x	x	0	0	x	1	x	x	1	x
20	0	1	0	1	0	0	0	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	1
21	0	1	0	1	0	1	0	0	x	x	0	0	x	x	0	1	x	x
22	0	1	0	1	1	0	0	0	x	x	0	0	x	0	x	0	1	x
23	0	1	0	1	1	1	0	0	x	x	0	1	x	x	1	x	1	x
24	0	1	1	0	0	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	0	x	1
25	0	1	1	0	0	1	0	0	x	x	0	x	0	0	x	1	x	x
26	0	1	1	0	1	0	0	0	x	x	0	x	0	0	x	x	0	1
27	0	1	1	0	1	1	0	0	x	x	0	x	0	1	x	x	1	x
28	0	1	1	1	0	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x	1
29	0	1	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	0	x	0	1	x	x
30	0	1	1	1	1	0	0	0	x	x	0	x	0	x	0	x	0	1
31	0	1	1	1	1	1	0	1	x	x	1	x	1	x	1	x	1	x
32	1	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x	0	x	0	x	1
33	1	0	0	0	0	1	0	x	1	0	x	0	x	0	x	0	x	1
34	0	0	0	0	0	0	0											

Рисунок 14 – J₄

Итого получаем выражение:

$$J_4 = \overline{Q_5} \overline{Q_4} Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

Это выражение можно ещё сократить на не Q₄. Для этого изначально выделим все значения относительно исходных выделенных так, чтобы основная часть осталась той же, а Q₄ было инвертированным по отношению к искомым. Нужные значения выделены на рисунке 14 фиолетовым. Итого, при сложении этих выражений, убирается одно значение и итоговое выражение принимает вид:

$$J_4 = \overline{Q_5} Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

В результате получились такие логические выражения:

$$J_0 = 1$$

$$K_0 = 1$$

$$J_1 = \overline{Q_5} \overline{Q_1} Q_0$$

$$K_1 = Q_0$$

$$J_2 = \overline{Q_5} Q_1 Q_0$$

$$K_2 = \overline{Q_5} Q_1 Q_0$$

$$J_3 = \overline{Q_5} Q_2 Q_1 Q_0$$

$$K_3 = \overline{Q_5} Q_2 Q_1 Q_0$$

$$J_4 = \overline{Q_5} Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

$$K_4 = \overline{Q_5} Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

$$J_5 = \overline{Q_5} Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$

$$K_5 = Q_0$$

Схема устройства

Искомая схема изображена на рисунке 15.

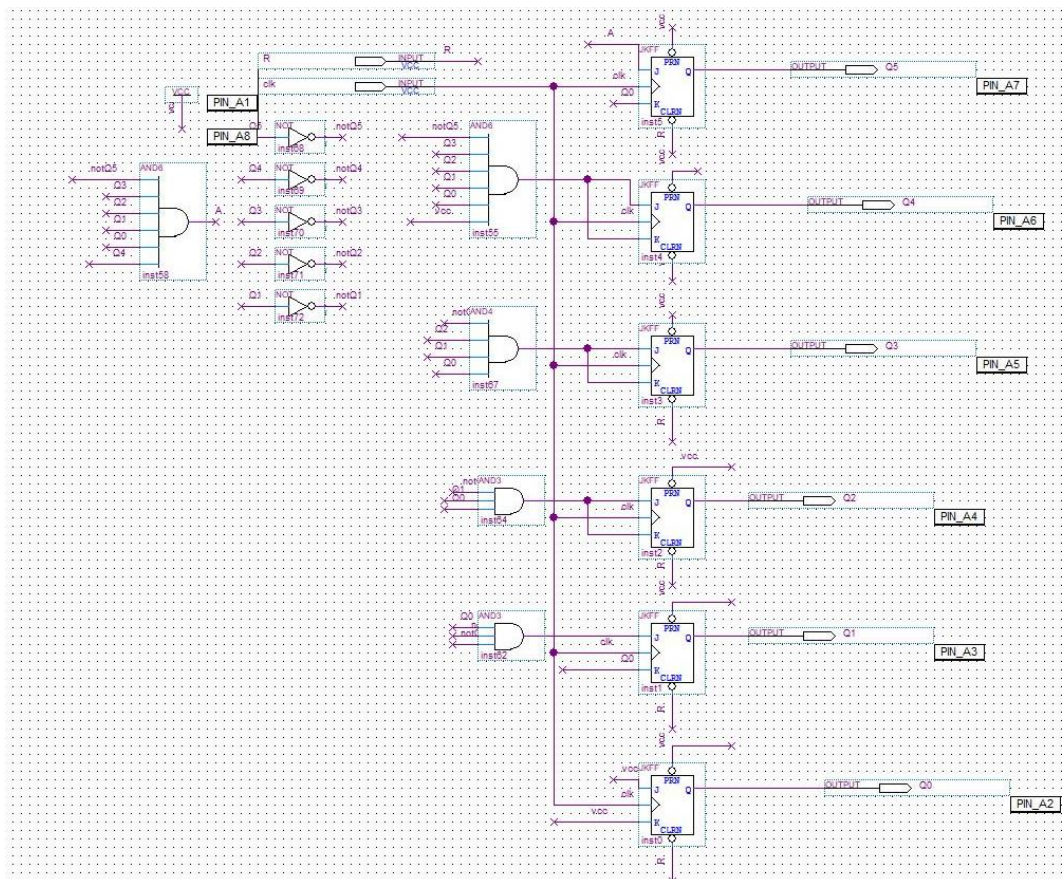


Рисунок 15 – Созданная схема

Временная диаграмма

Искомая диаграмма изображена на рисунке 16.

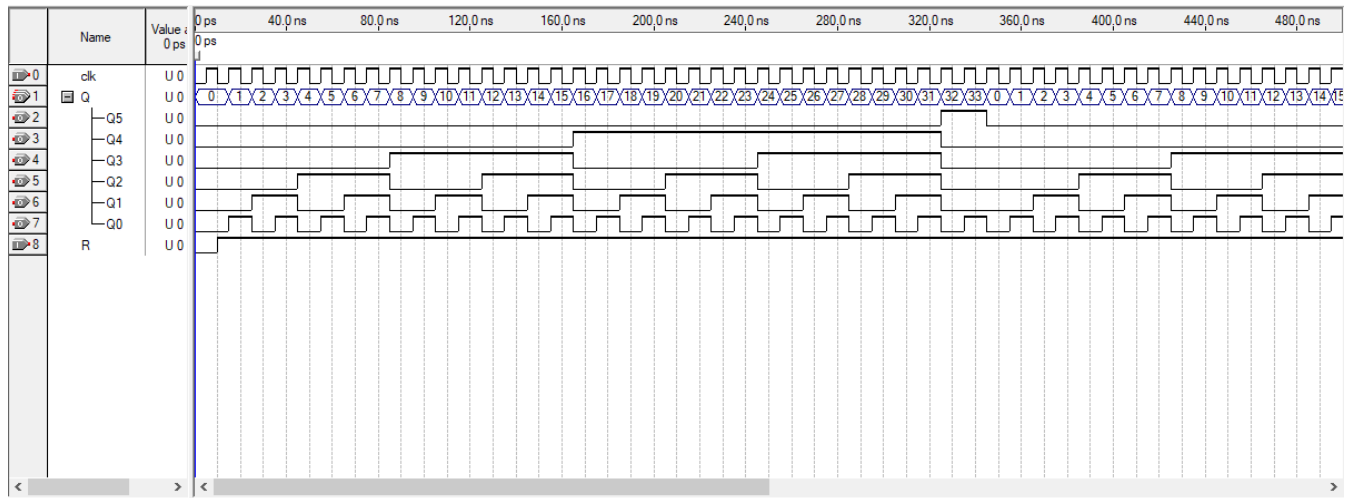


Рисунок 16 – Временная диаграмма

ПЛИС

Соответствующая ПЛИС изображена на рисунке 17.

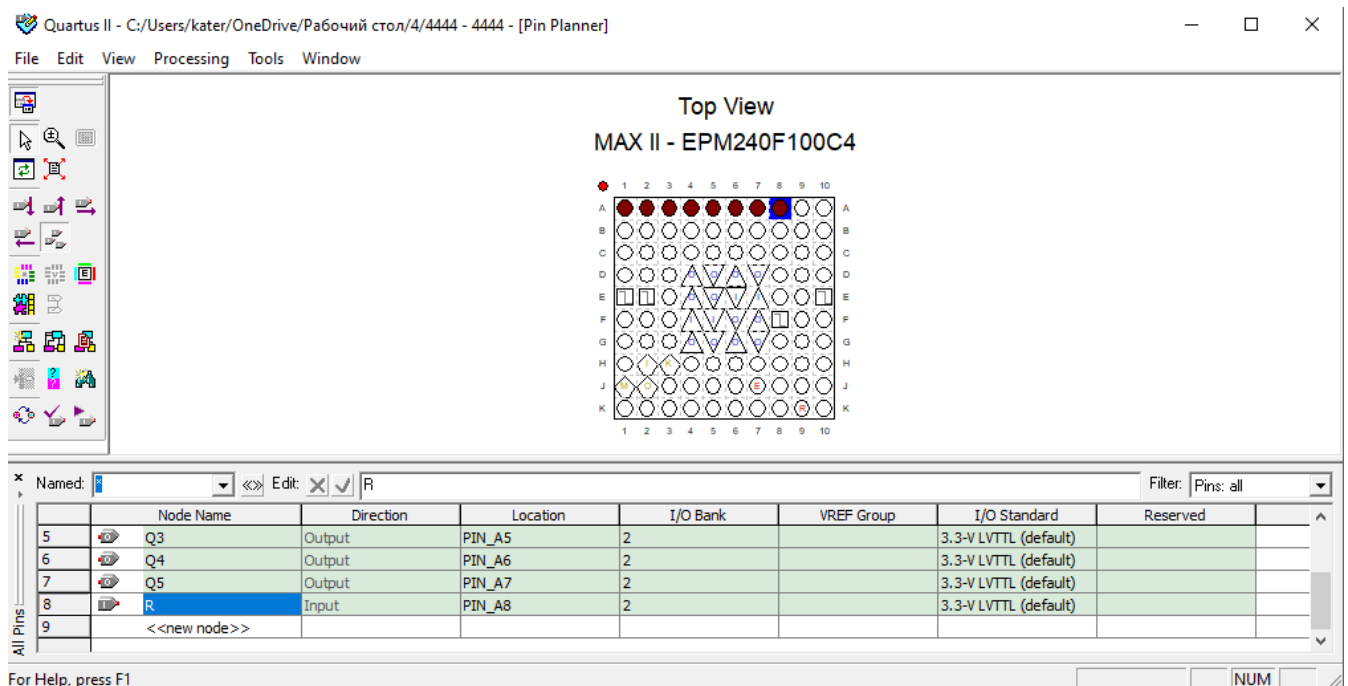


Рисунок 17 – ПЛИС

Выводы

В данной лабораторной работе был разработан проект счетчика с заданным основанием счета на JK-триггерах в среде программирования Quartus, попутно изучены элементы методологии работы с не полностью определенными таблицами истинности.

Сравнивая схемы из этой и прошлой лабораторных работ можно сделать

вывод о том, что схема на JK-триггерах более компактная, да и в принципе счетчики получаются самыми экономичными по затратам оборудования. Это приводит к большей предельно допустимой частоте работы счётчика за счёт меньших длин цепочек логических элементов.

Список используемых источников

1. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС. / З.Наваби; перев. с англ. В.В. Соловьева. – М.: ДМК Пресс, 2016. - 464 с.
2. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС: учеб. пособие / И.В. Ушенина. - СПб: Лань, 2022. - 408 с.
3. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Д.М. Харрис, С.Л. Харрис; пер. с англ. ImaginationTechnologies. – М.: ДМК Пресс, 2018. - 792 с.
4. Логическое проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем / В. В. Соловьев, А. Климович. - М. : Горячая линия - Телеком, 2008. - 376 с. [Библиотечный шифр 681.3 С 60].
5. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы: Курс молодого бойца = The design warrior's guide to FPGA's: пер. с англ. / К. Максфилд. - М.: ДОДЭКА-XXI, 2007. - 408 с. [Библиотечный шифр 004.4 М 17].
6. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС / Д. С. Потехин, И. Е. Тарасов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 248 с. [Библиотечный шифр 004 П 64]