



МИРЭА – Российский технологический университет
Кафедра вычислительной техники

Теория автоматов

Практическая работа №1: Построение счетчиков на D- и JK-триггерах

Старший преподаватель:
Боронников Антон Сергеевич
antboronnikov@mail.ru

Москва 2023



Задание

Построить счётчики по модулю M с шагом S 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 (функционал JK-триггера должен быть использован полностью, т.е. нельзя его использовать в варианте D- или Т-триггера).

Схемы должны быть минимизированы.



Отчет

Содержание отчета:

1. Титульный лист;
2. Задание;
3. Прогнозируемая временная диаграмма работы счётчика;
4. Иллюстрация метода минимизации (карты Карно или другой формальный метод) для всех синтезируемых булевских функций;
5. Скриншоты схем.



Среда проектирования

Logisim-win-2.7.1

Загрузить с офф. сайта: <http://www.cburch.com/logisim/ru/download.html>





Построение счетчика на D-триггерах



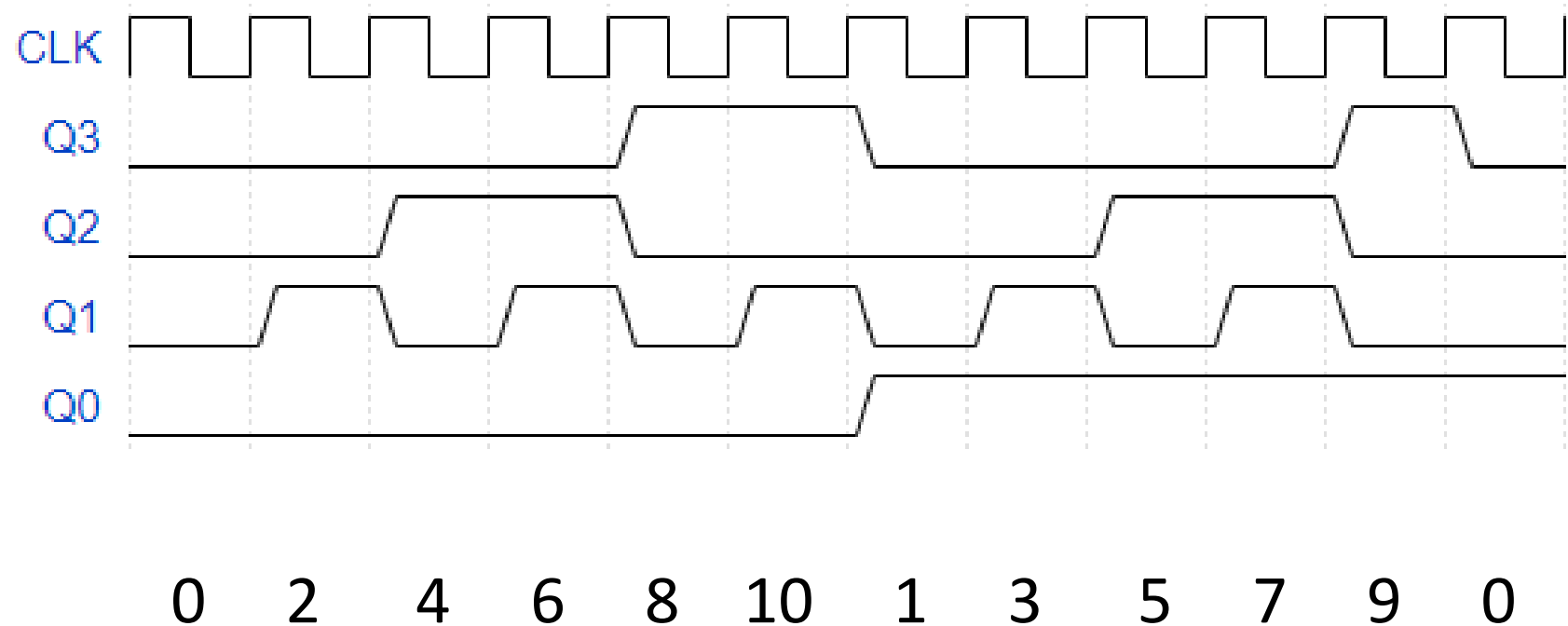
Постановка задания

Счетчик на D-триггерах по модулю **11** с шагом **2** (комб.часть в базисе «И-НЕ»)

Работа счетчика:

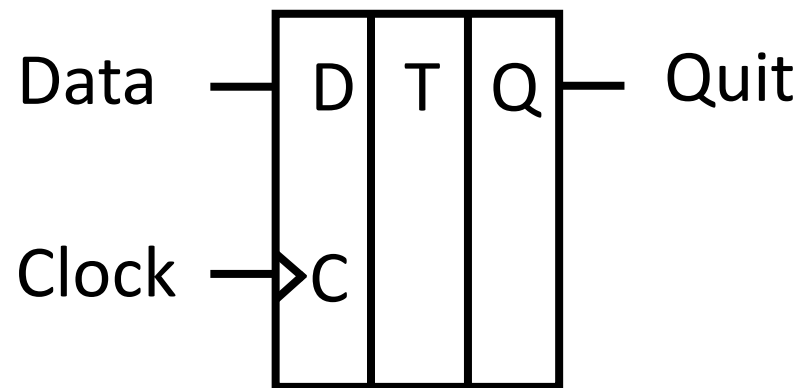
0	0000
2	0010
4	0100
6	0110
8	1000
10	1010
1	0001
3	0011
5	0101
7	0111
9	1001

Временная диаграмма:





D-триггер



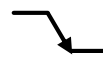

С	D	Q(t+1)	действие
0	X	Q(t)	хранение
1	X		
	X		
	A	Q<=A	запоминание



Таблица состояний счётчика

Q					Q'				
	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀		Q' ₃	Q' ₂	Q' ₁	Q' ₀
0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
1	0	0	0	1	3	0	0	1	1
2	0	0	1	0	4	0	1	0	0
3	0	0	1	1	5	0	1	0	1
4	0	1	0	0	6	0	1	1	0
5	0	1	0	1	7	0	1	1	1
6	0	1	1	0	8	1	0	0	0
7	0	1	1	1	9	1	0	0	1
8	1	0	0	0	10	1	0	1	0
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	1	0	1	0	1	0	0	0	1

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

Q → текущее состояние

Q' → следующее состояние

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»).

Минимизировать будем с помощью карт Карно.



Расчет функций возбуждения триггеров Q'_3 и Q'_2

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00				
01			1	1
11	X	X	X	X
10	1		X	

$$Q'_3 = (Q_2 \cdot Q_1) + (Q_3 \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0})$$

В базисе И-НЕ:

Берем от МДНФ двойное отрицание. Нижнюю инверсию раскрываем по правилу Де-Моргана.

$$Q'_3 = \overline{\overline{(x_2 \cdot x_1) + (x_3 \cdot \overline{x_1} \cdot \overline{x_0})}} = \overline{(x_2 \cdot x_1) \& (x_3 \cdot \overline{x_1} \cdot \overline{x_0})}$$

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00			1	1
01	1	1		
11	X	X	X	X
10			X	

$$Q'_2 = \overline{\overline{(Q_2 \cdot \overline{Q_1}) + (\overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2} \cdot x_1)}} = \overline{(Q_2 \cdot \overline{Q_1}) \& (\overline{Q_3} \cdot \overline{Q_2} \cdot Q_1)}$$



Расчет функций возбуждения триггеров Q'_1 и Q'_0

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	1	1		
01	1	1		
11	X	X	X	X
10	1		X	

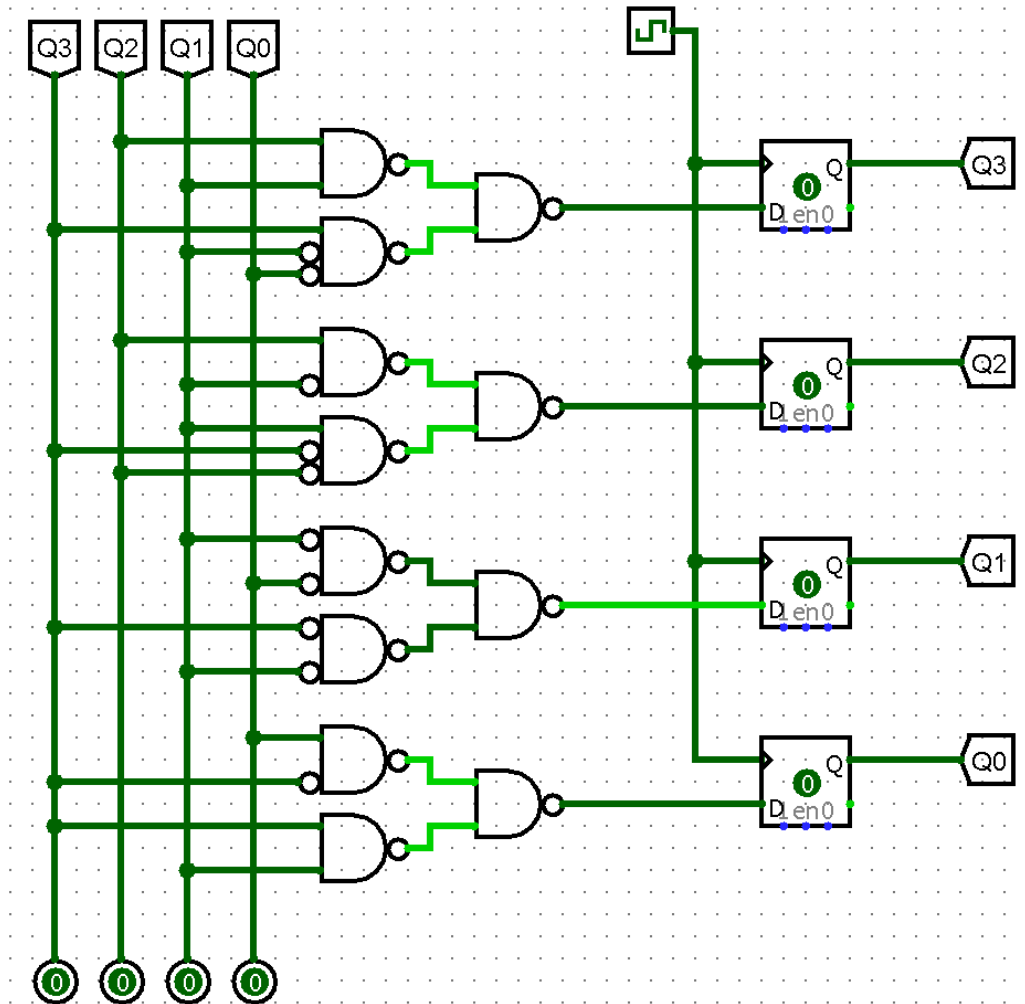
$$Q'_1 = \overline{\overline{Q_1 \cdot Q_0} + \overline{Q_3 \cdot Q_1}} = \overline{\overline{Q_1 \cdot Q_0}} \cdot \overline{\overline{Q_3 \cdot Q_1}}$$

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00		1	1	
01		1	1	
11	X	X	X	X
10			X	1

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



Построение схемы



Для проверки работы счетчика необходимо переключиться на инструмент в верхней панели



- «изменять значение схемы»

И нажимать на тактовый генератор, подключенный к входам «Clock» D-триггеров.



Построение счетчика на JK-триггерах



JK-триггер

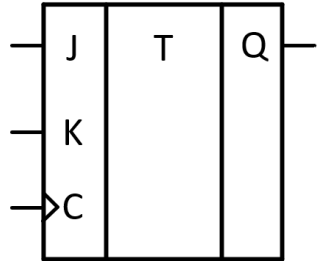


Таблица истинности

(переход в состояние $Q(t+1)$ по положительному фронту синхросигнала)

J	K	$Q(t)$	$Q(t+1)$	действие
0	0	0	0	хранение
0	0	1	1	
0	1	0	0	уст. «0»
0	1	1	0	
1	0	0	1	уст. «1»
1	0	1	1	
1	1	0	1	счетный режим
1	1	1	0	



Таблица возбуждения

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	x
0	0	1	x
0	1	x	1
0	1	x	0



Таблица состояний счетчика и функции S3-S0 сигналов возбуждения JK-триггеров

Q					Q'					S3		S2		S1		S0	
	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀		Q' ₃	Q' ₂	Q' ₁	Q' ₀	J	K	J	K	J	K	J	K
0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	X	0	X	1	X	0	X
1	0	0	0	1	3	0	0	1	1	0	X	0	X	1	X	X	0
2	0	0	1	0	4	0	1	0	0	0	X	1	X	X	1	0	X
3	0	0	1	1	5	0	1	0	1	0	X	1	X	X	1	X	0
4	0	1	0	0	6	0	1	1	0	0	X	X	0	1	X	0	X
5	0	1	0	1	7	0	1	1	1	0	X	X	0	1	X	X	0
6	0	1	1	0	8	1	0	0	0	1	X	X	1	X	1	0	X
7	0	1	1	1	9	1	0	0	1	1	X	X	1	X	1	X	0
8	1	0	0	0	10	1	0	1	0	X	0	0	X	1	X	0	X
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	X	1	0	X	0	X	X	1
10	1	0	1	0	1	0	0	0	1	X	1	0	X	X	1	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»).

Минимизировать будем с помощью карт Карно.



Расчет функции возбуждения триггера S3

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0		
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	0		X	

$$S3(j) = Q_2 \& Q_1$$

В базисе ИЛИ-НЕ:

Берем от МКНФ двойное отрицание. Нижнюю инверсию раскрываем по правилу Де-Моргана.

$$S3(j) = \overline{\overline{Q_2 \& Q_1}} = \overline{\overline{Q_2} + \overline{Q_1}}$$

$$S3(k) = \overline{\overline{Q_1} + \overline{Q_0}}$$



Расчет функции возбуждения триггера S2

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	0		
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	0	0	X	0

$$S2(j) = \overline{\overline{Q_1 \& \overline{Q_3}}} = \overline{\overline{Q_1}} + Q_3$$

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	0	0		
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$S2(k) = Q_1$$



Расчет функции возбуждения триггера S1

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00			X	X
01			X	X
11	X	X	X	X
10		0	X	X

$$S1(j) = \overline{\overline{Q_3}} + \overline{\overline{Q_0}}$$

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	X	X		
01	X	X		
11	X	X	X	X
10	X	X	X	

$$S1(k) = 1$$



Расчет функции возбуждения триггера S0

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0	X	X	0
01	0	X	X	0
11	X	X	X	X
10	0	X	X	

$$S0(j) = \overline{\overline{Q_3} \& \overline{Q_1}} = \overline{\overline{Q_3}} + \overline{\overline{Q_1}}$$

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	X	0	0	X
01	X	0	0	X
11	X	X	X	X
10	X		X	X

$$S0(k) = Q_3$$





Карта Карно для 5-ти разрядного входа

$\begin{matrix} Q_1 Q_0 \\ Q_4 Q_3 Q_2 \end{matrix}$	00	01	11	10
000				
001				
011				
010				
110				
111				
101				
100				