

## Лабораторная работа №4 Функциональные узлы последовательного типа

*Цель работы:* Исследовать работу и схемы включения триггеров RS-, D-, T-типов.

*Оборудование, технические и инструментальные средства:* ПК, среда моделирования электронных схем Multisim.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Простейший цифровой автомат, т.е. устройство с памятью. При наличии электропитания способен на длительное время запоминать одно из двух устойчивых состояний (0 или 1) и может переключаться между ними под управлением внешних сигналов.

Таким образом, триггер хранит 1 бит информации. Применяется самостоятельно, а также служит основой для построения других устройств: регистров, счетчиков.

Триггер – это логическая схема с положительной обратной связью, имеющая 2 устойчивых состояния (бистабильная ячейка).

Триггеры классифицируются по логике работы и по способу приема информации (рисунок 4.1).

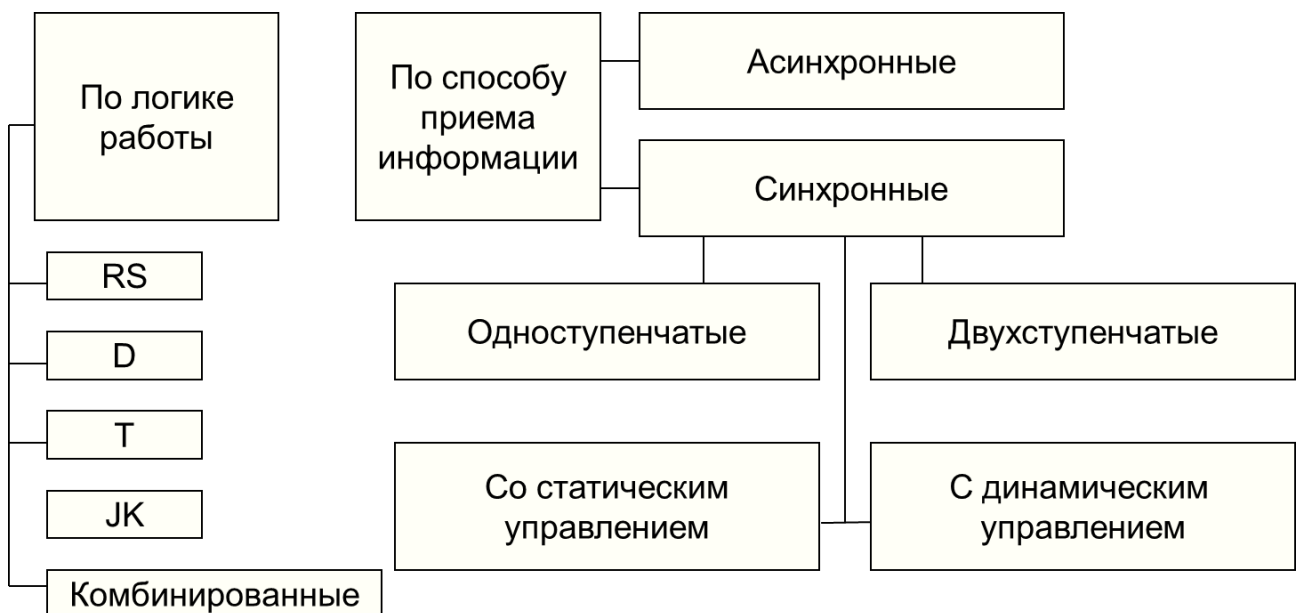


Рисунок 4.1 – Классификация триггеров

В асинхронных триггерах запись информации (переключение состояния) осуществляется в момент подачи сигнала на информационные входы.

В синхронных триггерах запись возможна только в присутствии разрешающего сигнала  $C$  (Clock), т.е. сигнала синхронизации.

Для цифровых автоматов синхронизация очень важна, поскольку позволяет согласовывать во времени процессы чтения и записи, происходящие в разных частях схемы, реализуя, таким образом, алгоритм работы устройства.

Синхронный триггер со статическим управлением воспринимает информационные сигналы во время действия активного уровня на входе  $C$ , т.е. пока  $C=1$ , происходит постоянная перезапись информации, а когда  $C=0$ , происходит фиксация состояния триггера.

Синхронный триггер с динамическим управлением (иначе говоря, фронтальный триггер) воспринимает информационные сигналы в моменты переключений синхроимпульса ( $0 \rightarrow 1$  и  $1 \rightarrow 0$ ), т.е. в моменты прихода переднего или заднего фронта сигнала.

Вход  $S$  называется прямым динамическим, если переключение триггера происходит в момент прихода переднего фронта, инверсным динамическим – если переключение происходит в момент прихода заднего фронта.

#### Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ.

Схема показана на рисунке 4.2, условное графическое обозначение на рисунке 4.3, таблица истинности на рисунке 4.4.

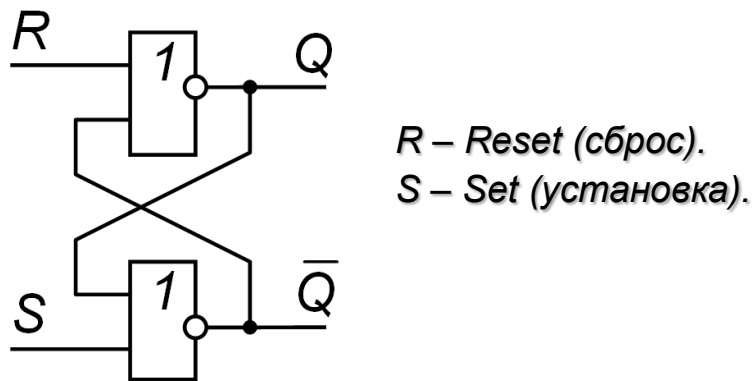


Рисунок 4.2

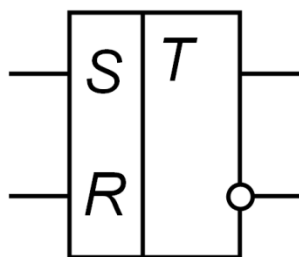


Рисунок 4.2

$R$	$S$	$Q_i$	Примечание
0	0	$Q_{i-1}$ 1/0	режим хранения
0	1	1	установка в "1"
1	0	0	сброс в "0"
1	1	*	<b>запрещенная комбинация</b>

Рисунок 4.4

#### Асинхронный RS-триггер на элементах И-НЕ

Схема показана на рисунке 4.5, условное графическое обозначение на рисунке 4.6, таблица истинности на рисунке 4.7.

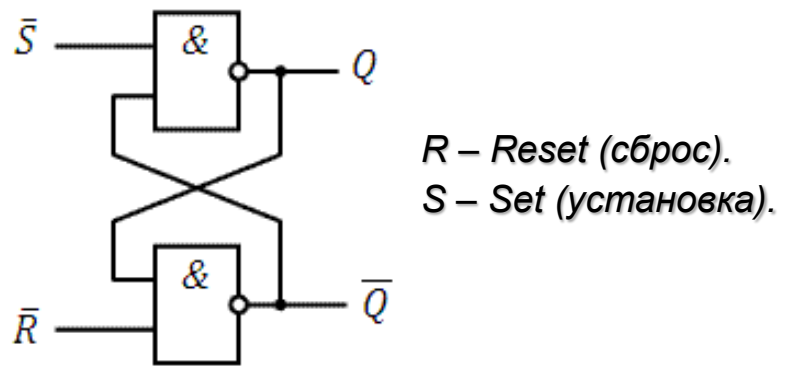


Рисунок 4.5

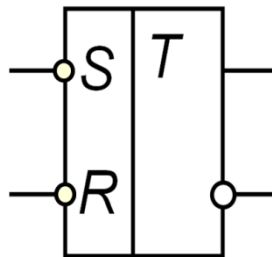


Рисунок 4.6

$R$	$S$	$Q_i$	Примечание
1	1	$Q_{i-1}$ 1/0	режим хранения
1	0	0	сброс в "0"
0	1	1	установка в "1"
0	0	*	<b>запрещенная комбинация</b>

Рисунок 4.7

### RS - триггер, синхронный с прямыми входами

Синхронный триггер отличается от асинхронного лишь тем, что переключение происходит в момент поступления тактового (синхронизирующего, стробирующего) импульса на динамический вход синхронизации С, т.е. импульс выполняет функцию разрешения на переключение. В отсутствие импульса, независимо от уровней на входах управления, переключение триггера не происходит, он остается в предыдущем состоянии  $Q_0$ , т.е. реализуется режим хранения.

Схема показана на рисунке 4.8, условное графическое обозначение на рисунке 4.9, таблица истинности на рисунке 4.10.

Наклонная черта на входе С обозначает переход от низкого уровня (лог.0) к высокому (лог.1), что соответствует переднему фронту синхроимпульса. Установка триггера

происходит в соответствии с управляющими уровнями на входах R и S. При отсутствии импульса на входе C состояние выходов не изменяется (4-я строка; x - любое состояние)

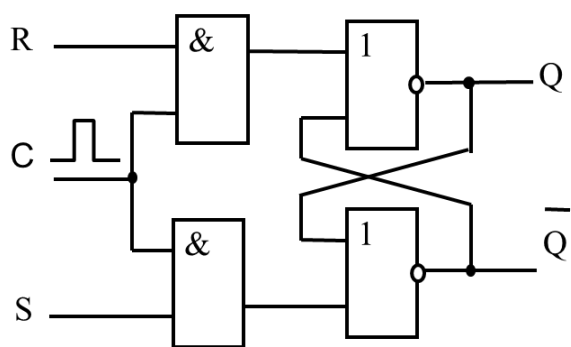


Рисунок 4.8

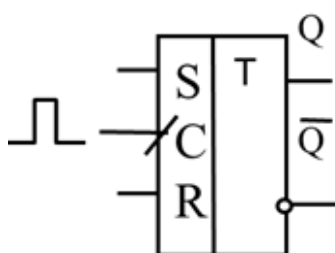


Рисунок 4.9

<i>R</i>	<i>S</i>	<i>C</i>	<i>Q</i>	<i>Режим</i>
0	1	1	1	<i>Установка 1</i>
1	0	1	0	<i>Установка 0</i>
0	0	0	$Q_0$	<i>Хранение</i>
1	1	0/1	-	<i>Запрещенный</i>
x	x	0	$Q_0$	<i>Хранение</i>

Рисунок 4.10

### Информационный D-триггер

Используется для построения схем регистров, которые запоминают и хранят одно многозначное двоичное число.

Принцип действия заключается в установке на его прямом выходе того же самого уровня, какой подается на его информационный вход D в момент переднего фронта синхронизирующего импульса на входе C. Этот триггер не имеет запрещенного состояния, хотя и использует в своей логической схеме RS - триггер.

Триггер-задержка – хранит предыдущее состояние до прихода очередного синхроимпульса. Таблица истинности представлена на рисунке 4.11.

Можно построить на RS-триггере, если подавать сигнал D на линию S напрямую, а на R – через инверсию.

Если на информационный вход D подать "1", то первым поступившим импульсом на вход C триггер установится в "1". Если на информационный вход D подать "0", то первым поступившим импульсом на вход C триггер установится в "0".

Схема показана на рисунке 4.12а, условное графическое обозначение на рисунке 4.12б.

C	D	$Q_i$	$\bar{Q}_i$
0	0	$Q_{i-1}$	$\bar{Q}_{i-1}$
0	1	$Q_{i-1}$	$\bar{Q}_{i-1}$
1	0	0	1
1	1	1	0

Рисунок 4.11

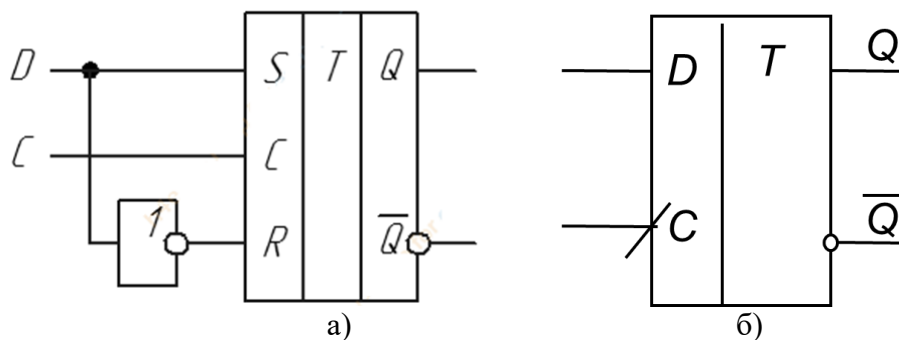


Рисунок 4.12

### T – триггеры (счетные триггеры)

На базе двухступенчатого RS-триггера путем введения обратной связи строится счетный триггер (T - триггер) (рисунок 4.13)

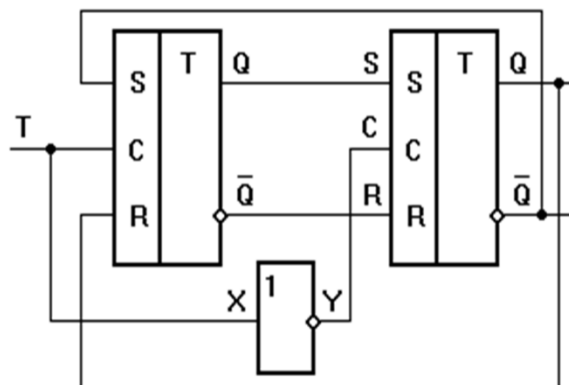


Рисунок 4.13

Временная диаграмма работы T – триггера показана на рисунке 4.14.

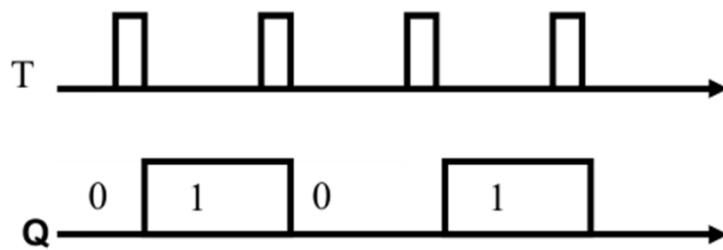


Рисунок 4.14

С приходом каждого импульса на вход Т счетный триггер будет перебрасываться из нуля в единицу и наоборот.

Счетный триггер делит частоту входных импульсов пополам:

$$F_{\text{вых}} = F_{\text{вх}} / 2$$

### Порядок выполнения работы

1. Изучение теоретических сведений по теме лабораторной работы.
2. Выполнение задания.
  - 2.1 Запустить программный пакет Multism, собрать на рабочем поле схему для испытания асинхронного RS-триггера с прямыми входами (рисунок 4.15).
  - а) Зарисовать в отчет схему RS - триггера;
  - б) Составить таблицу истинности RS - триггера, указать запрещенные состояния.

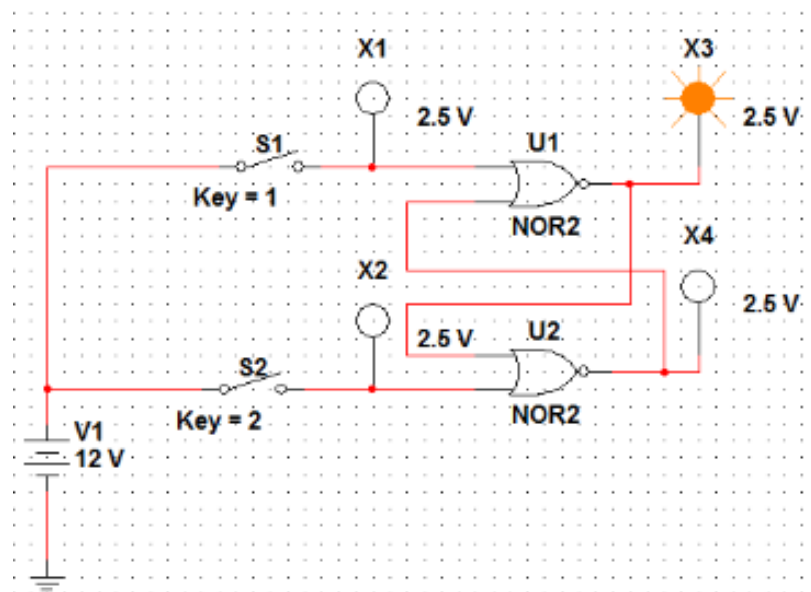


Рисунок 4.15 –Схема для испытания асинхронного RS-триггера

2.2 Собрать схему асинхронного RS триггера с инверсными входами. Отличие от триггера с прямыми входами состоит в том, что вместо элементов ИЛИ-НЕ, используются элементы И-НЕ. Активным уровнем на входах триггера является лог. 0, пассивным - лог. 1.

- а) Зарисовать в отчет схему RS - триггера;
- б) Составить таблицу истинности RS - триггера, указать запрещенные состояния.

2.3 Собрать схему синхронного триггера со статическим управлением. Синхронный RS триггер состоит из асинхронного триггера, ко входам которого подключаются логические элементы И (И-НЕ), рисунок 4.16

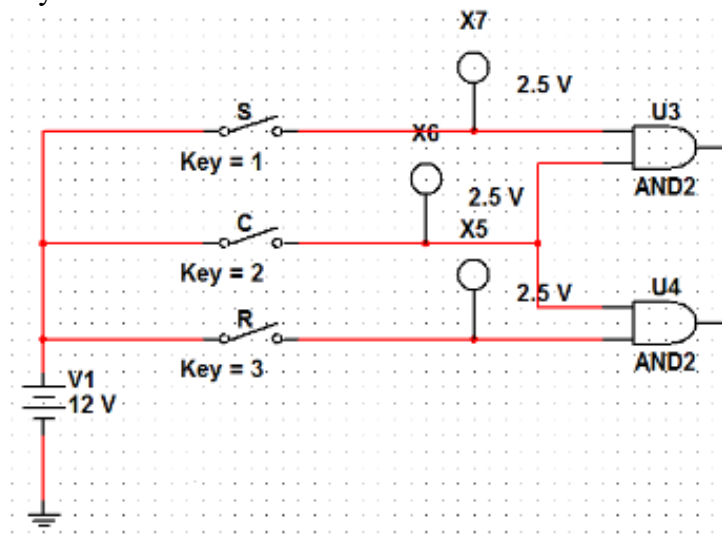


Рисунок 4.16 – Построение синхронизирующих входов триггера на элементах «И»либо «И-НЕ»

Составить таблицу истинности для RS-триггера с синхронизирующими входами.

2.4 Собрать схему D-триггера на логических элементах. D-триггер воспринимает информацию со входа D, когда сигнал на синхронизирующем входе C=1, затем информацию можно хранить неопределенно долгое время, пока C=0.

Схема D-триггера представлена на рисунке 4.17.

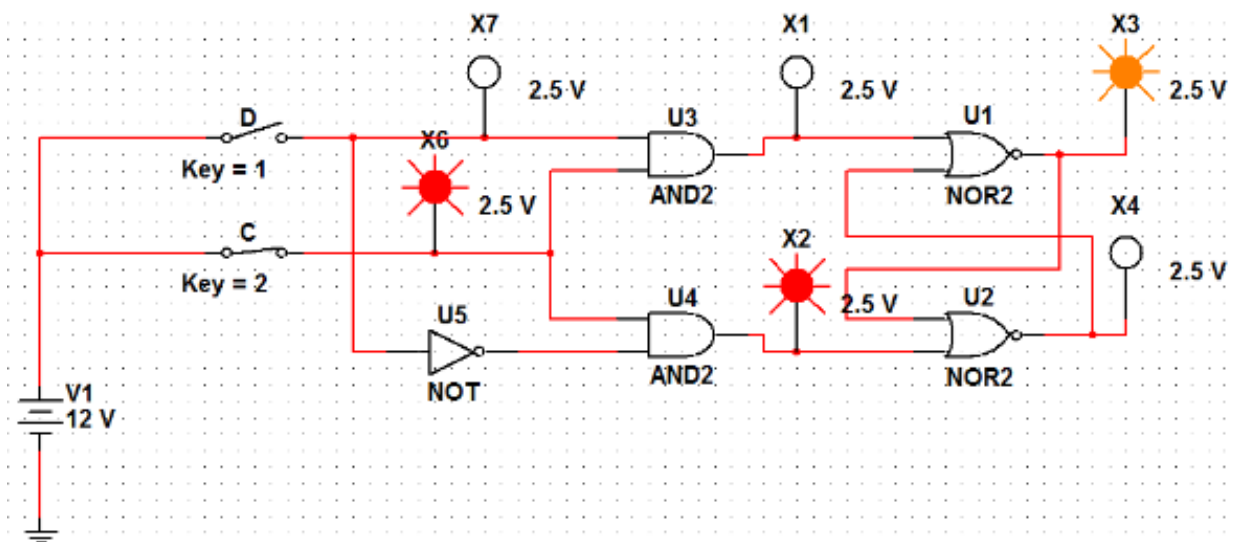


Рисунок 4.17 – D триггер на логических элементах

Составить таблицу истинности схемы. Показать, какие сигналы должны быть поданы на вход схемы, чтобы на прямом выходе D триггера последовательно появился номер вашего варианта в двоичном коде (номер варианта выбирается по номеру в журнале).

2.5 На рисунке 4.18 представлена логическая структура T Триггера на двух RS-триггерах. Соберите схему в Multisim . В качестве RS можно использовать не его логическую структуру, собранную ранее, а готовый элемент (рисунок 4.19).

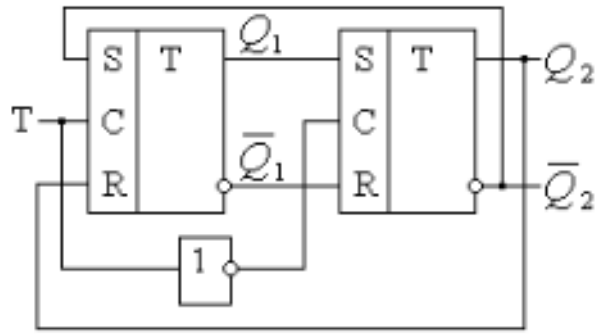


Рисунок 4.18 – Построение T – триггера

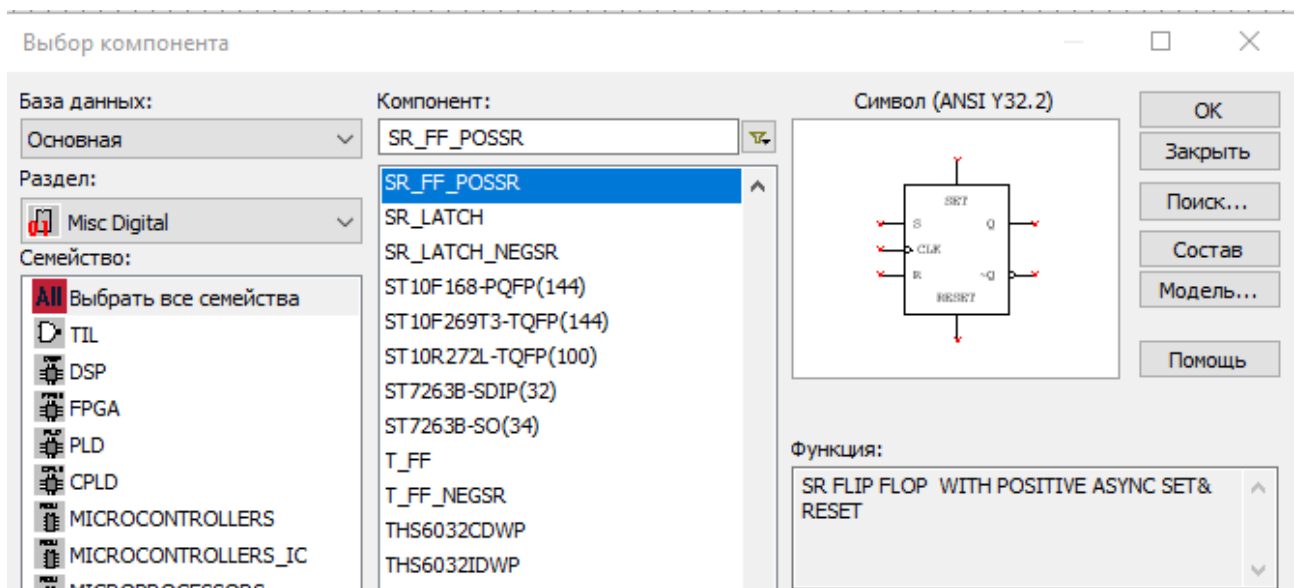


Рисунок 4.19 – Расположение элемента RS-триггера в Multisim

Составьте таблицу истинности для данной схемы (рисунок 4.20), опишите ее функционирование. Для каких задач может быть использован T-триггер?

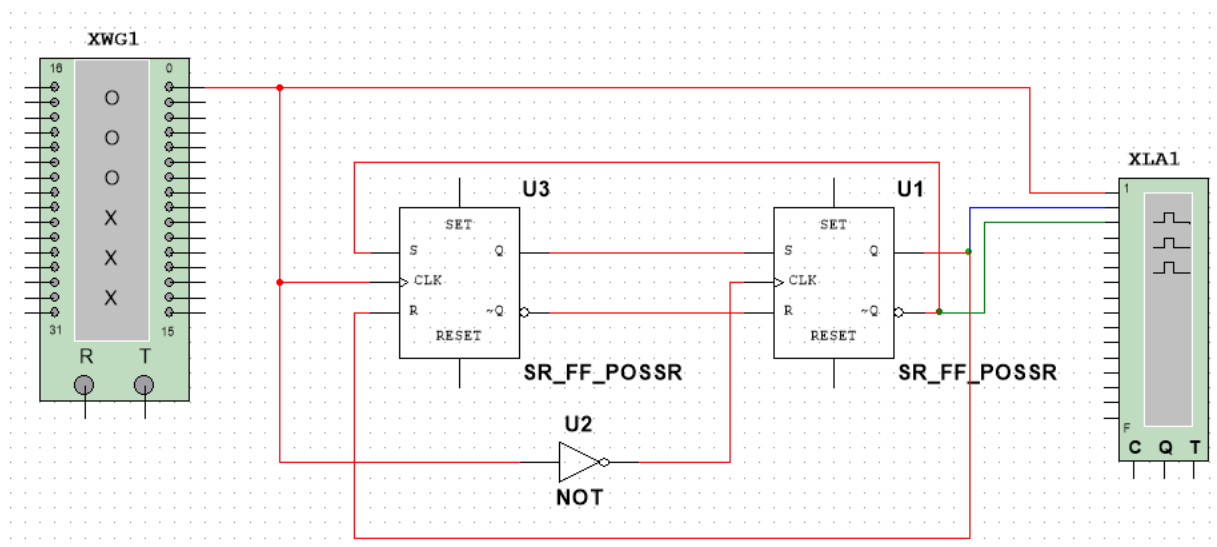


Рисунок 4.20 – Схема исследования T-триггера в Multisim

Последовательно подайте на вход схемы последовательность сигналов в двоичном коде (в качестве источника входного сигнала используйте «Генератор слов» (Word Generator)). Составьте временную диаграмму работы схемы.

2.6 Постройте сдвиговый регистр на D-триггера (рисунок 4.21)

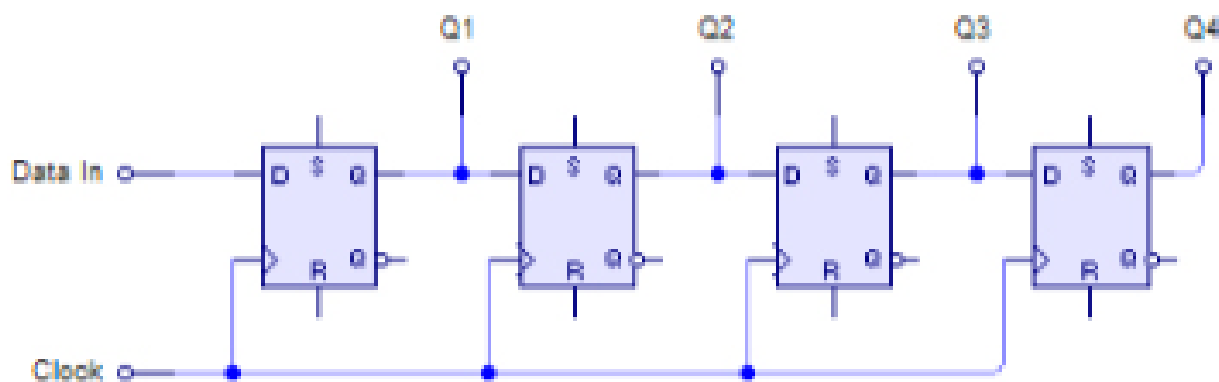


Рисунок 4.21 – Построение сдвигового регистра на D-триггерах

Последовательно подайте на вход схемы последовательность сигналов в двоичном коде (в качестве входного сигнала используйте четырехразрядное двоичное слово с номером своего варианта + лог.1). Составьте временную диаграмму работы схемы.

Укажите, какую функцию выполняет сдвиговый регистр? Опишите принцип работы регистра. Укажите области применения D-триггеров.

Для D триггера соседнего слева (более старшего) разряда. Соберите схему регистра, осуществляющего сдвиг двоичного числа влево.

#### Содержание отчета:

1. Титульный лист.
2. Наименование, цель и задание к лабораторной работе;
3. Результаты выполнения задания, в том числе электрические схемы, временные диаграммы и результаты исследования;
4. Ответы на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение триггера?
2. Что такое синхронный D-триггер с динамическим управлением, его временная диаграмма, таблица истинности?
3. В чем особенность JK-триггера? Приведите его схему и таблицу истинности
4. Проблема «дребезга контактов» в схемах ввода информации от механических ключей и использование триггеров в схемах ввода информации.
5. Определение регистра. Условное графическое обозначение и структурная схема регистра.

#### Список рекомендуемой литературы

1. Цифровая схемотехника: учебное пособие для студентов, магистрантов специальности "Вычислительная техника и программное обеспечение" / В.А. Эттель, О.А.Кан; М-во образования и науки РК, Карагандинский государственный технический

университет, Кафедра "Информационные технологии и безопасность". - Караганда: КарГТУ, 2019. - 99 с.: ил., табл.

2. Новожилов, О. П. Основы микропроцессорной техники: в 2-х т. / О. П. Новожилов. - М.: РадиоСофт, 2012 - Т. 2: учебное пособие. - 2-е изд. - М., 2012. - 333 с.

3. Искусство схемотехники: монография: пер. с англ. / П. Хоровиц, У. Хилл. - 7-е изд. - М.: БИНОМ, 2012. - 704 с.: ил.

4. Сажнев, А.М. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие для вузов / Л. М. Сажнев. — 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 139 с.