

Цель работы – исследование триггеров, получение их статических и динамических характеристик.

1. Асинхронный RS-триггер с инверсными входами

Задание: Исследовать работу асинхронного RS-триггера с инверсными входами (см. рис. 3) в статическом режиме. Для этого необходимо:

- собрать схему RS-триггера на ЛЭ И-НЕ;
- к выходам Q и $\neg Q$ триггера подключить световые индикаторы;
- задавая через переключатели необходимые сигналы на входах $\neg S$ и $\neg R$ триггера, составить таблицу переходов.

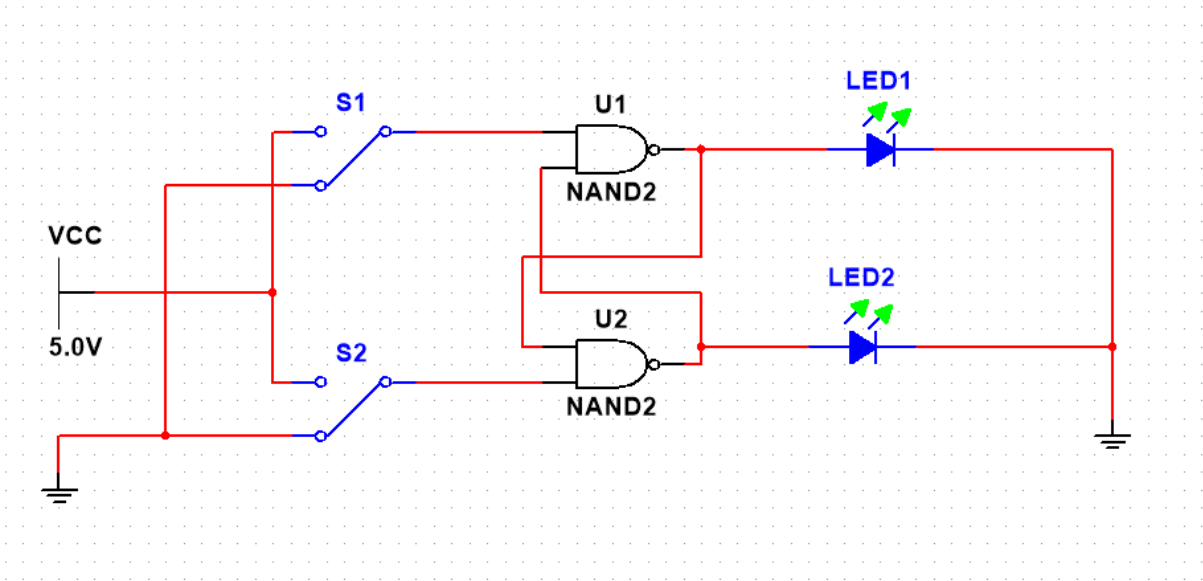


Табл. 1. Таблица переходов асинхронного RS-триггера

$\neg S$	$\neg R$	Q_{t-1}	Q_t	Пояснение
0	0	0	X	Запрещенная операция
0	0	1	X	
0	1	0	1	Установка 1
0	1	1	1	
1	0	0	0	Установка 0
1	0	1	0	
1	1	0	0	

1	1	1	1	Хранение
---	---	---	---	----------

Вывод: Асинхронный RS-триггер – это простейший триггер, который используется как запоминающая ячейка (т.к. позволяет хранить состояние, а также менять его)

2. Синхронный RS-триггер в статическом режиме

Задание: Исследовать работу синхронного RS-триггера (см. рис. 4) в статическом режиме. Для этого необходимо:

- собрать схему RS-триггера на ЛЭ И-НЕ (рис. 4);
- к выходам Q и $\neg Q$ триггера подключить световые индикаторы;
- задавая через переключатели необходимые сигналы на входах S, R и C, протестировать и составить таблицу переходов триггера. В таблице теста каждому набору S, R и Q будет соответствовать 3 строки: сначала задать C=0 (момент времени t_n), затем при C=1 (момент времени t_{n+1}) определяется Q_{n+1} и снова при C=0 переход в режим хранения.

Синхронный RS-триггер имеет два входа управления (R и S) и один вход синхронизации C. При C = 0 синхронный RS-триггер сохраняет предыдущее значение. При C = 1 – работает как асинхронный RS-триггер.

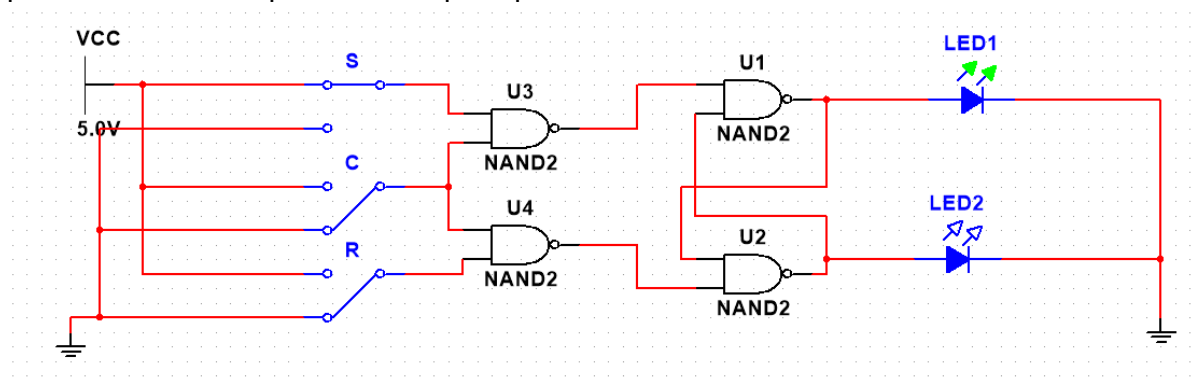


Табл. 2. Таблица переходов синхронного RS-триггера

C	S	R	Q_{t-1}	Q_t	Пояснение
0	\forall	\forall	Q_{t-1}	Q_{t-1}	Хранение
1	0	0	0	0	Хранение
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	0	Установка 0
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	

1	1	0	1	1	Установка 1
1	1	1	0	X	Запрещенная операция
1	1	1	1	X	

Вывод: Синхронный RS-триггер имеет два информационных входа (R и S) и вход синхронизации C. Как и все синхронные триггеры, синхронный RS - триггер при C = 0 сохраняет предыдущее внутреннее состояние. Сигналы по входам S и R переключают синхронный RS-триггер только с поступлением импульса на вход синхронизации.

3. Синхронный D-триггер в статическом режиме

Задание: Исследовать работу синхронного D-триггера (см. рис. 5) в статическом режиме. Для этого необходимо:

- собрать схему D-триггера на ЛЭ И-НЕ (рис. 5); в приложении Multisim можно использовать макросхему D-триггера;
- к выходам Q и $\neg Q$ триггера подключить световые индикаторы;
- задавая через переключатели необходимые сигналы на входах D и C, протестировать и составить таблицу переходов триггера. В таблице теста каждому набору D и Q будет 10 соответствовать 3 строки: сначала задать C=0 (момент времени t_n), затем при C=1 (момент времени t_{n+1}) определяется Q_{n+1} и снова при C=0 происходит переход в режим хранения.

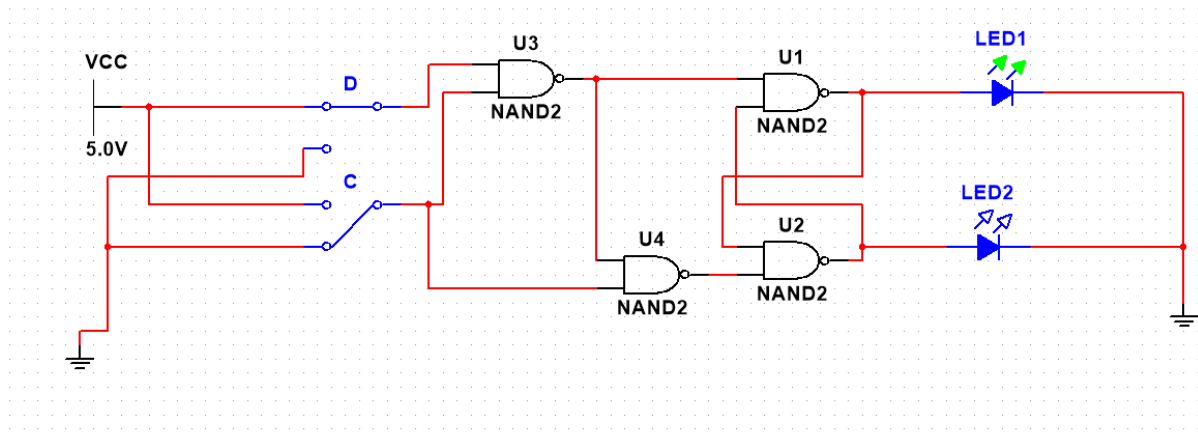


Табл. 3. Таблица переходов синхронного D-триггера

C	D	Q_{t-1}	Q_t	Пояснение
0	0	0	0	Хранение
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	Установка 0
1	0	1	0	
1	1	0	1	Установка 1
1	1	1	1	

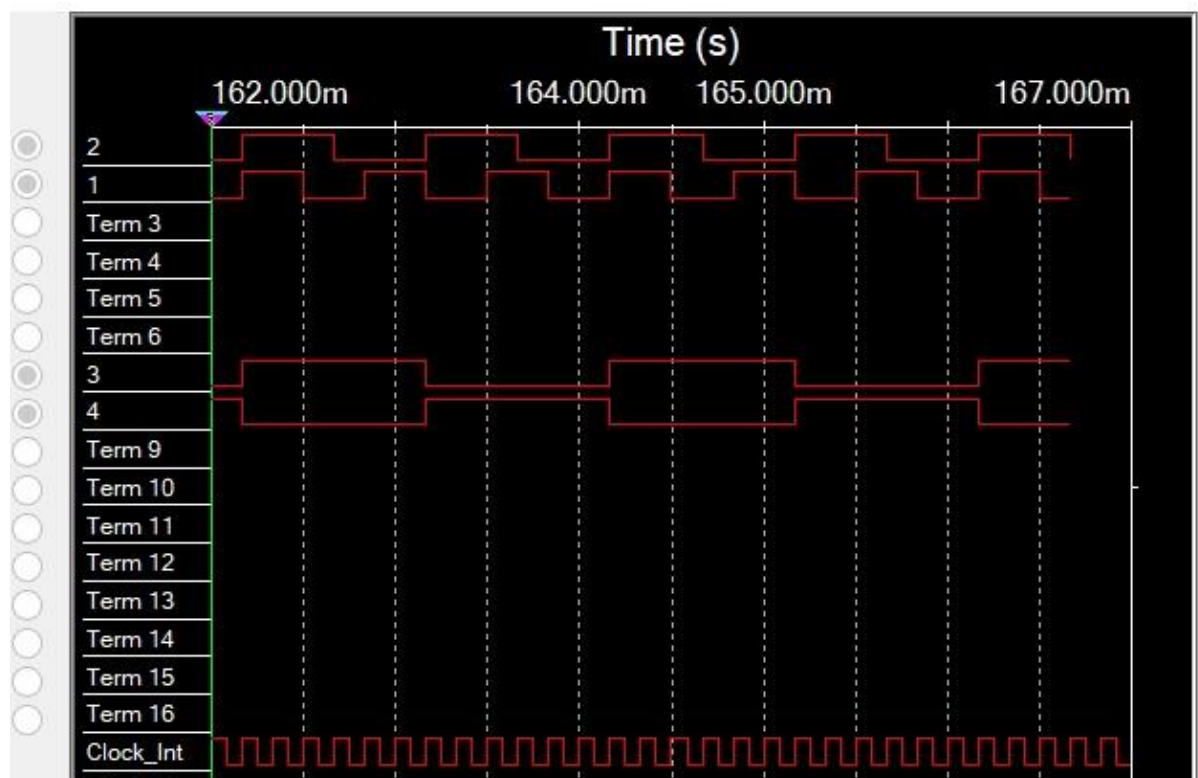
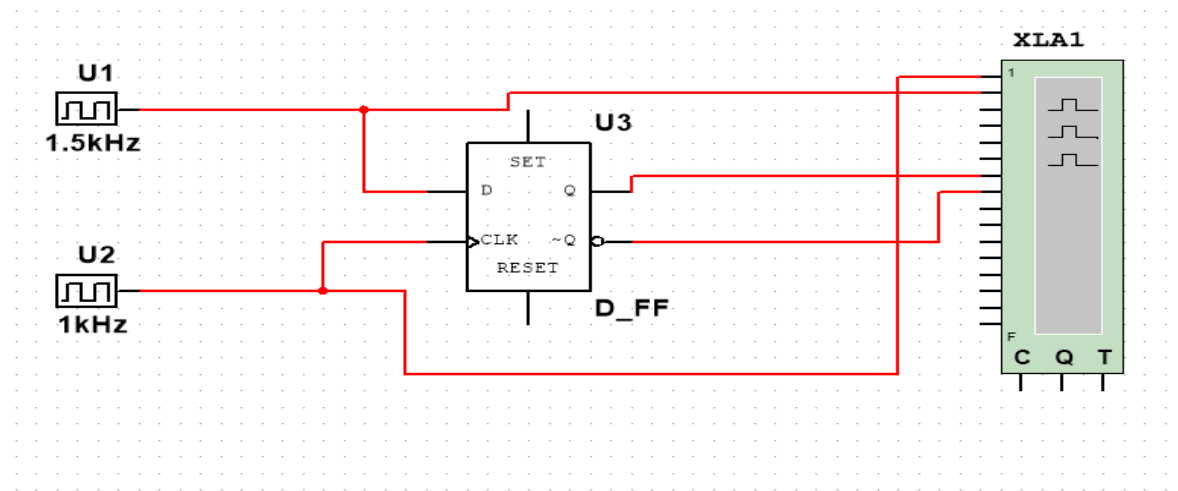
Вывод: Синхронный D-триггер имеет один информационный вход D, состояние которого с каждым синхронизирующим импульсом передается на выход, т.е. выходные

сигналы представляют собой задержанные входные сигналы. Поэтому D - триггер – элемент задержки (хранения) входных сигналов на один такт.

4. Синхронный D-триггер с динамическим управлением записью

Задание: Исследовать схему синхронного D-триггера с динамическим управлением записью (рис. 6) в статическом режиме. В приложениях Electronics Workbench и Multisim имеются макросхемы такого триггера. Для этого необходимо:

- к выходам Q и $\neg Q$ триггера подключить световые индикаторы;
- задавая через переключатели необходимые сигналы на входах D и C, протестировать и составить таблицу переходов триггера.



D(U1)	Q _n	C(U2)	Q _{n+1}	C(U2)	Q _{n+2}	C(U2)	Q _{n+3}
0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	0	1

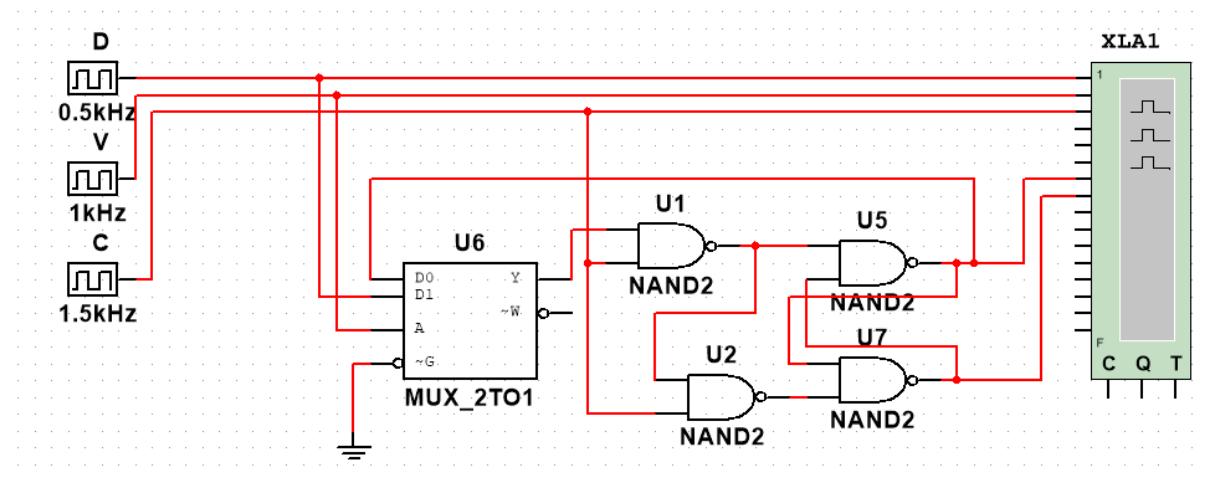
Вывод: Синхронный триггер с динамическим управлением записью принимает только те информационные сигналы, которые были на его информационных входах до прихода синхросигнала и после него в течение времени, необходимого для переключения триггера и определяемого переходными процессами в нем.

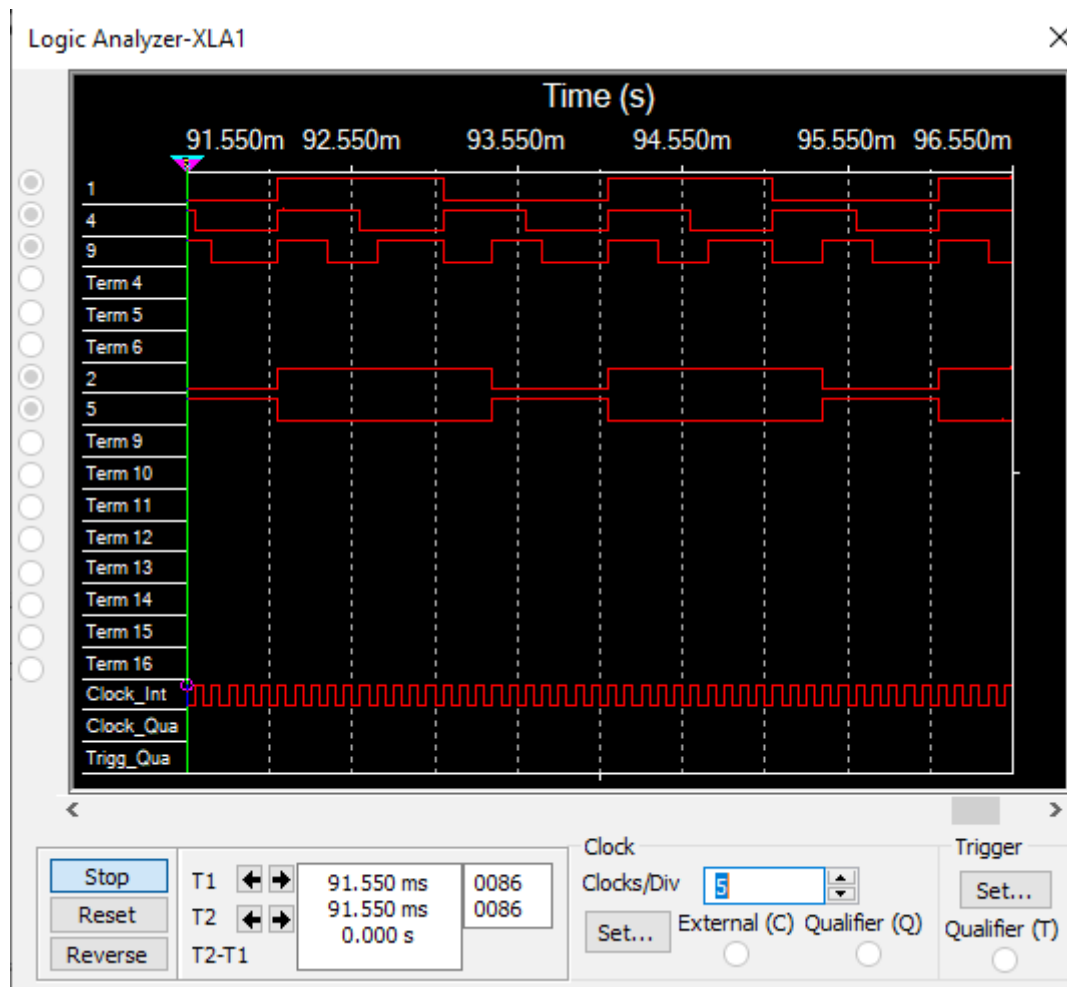
5. Синхронный DV-триггер с динамическим управлением записью

Задание: Исследовать схему синхронного DV-триггера с динамическим управлением записью в динамическом режиме. Для этого необходимо: - построить схему синхронного DV-триггера на основе синхронного D-триггера и мультиплексора MS 2-1 (выход MS 2-1 соединить с D-входом триггера, вход 0 MS 2-1 соединить с выходом Q триггера. Тогда вход 1 MS 2-1 будет D-входом, адресный вход A MS 2-1 – входом V синхронного DV-триггера), вход C D-триггера – входом C DVтриггера; - подать сигнал генератора на вход счетчика и на C-вход DV-триггера; - подать на входы D и V триггера сигналы с выходов 2-го и 3-го разрядов счетчика; - снять временные диаграммы синхронного DV-триггера; - объяснить работу синхронного DV-триггера по временным диаграммам.

Синхронный DV-триггер имеет один информационный вход D и один подготовительный разрешающий вход V для разрешения приема информации.

$$Q_t = DV + \underline{V}Q_{t-1} = DVC + (\underline{V} + \underline{C})Q_{t-1}$$



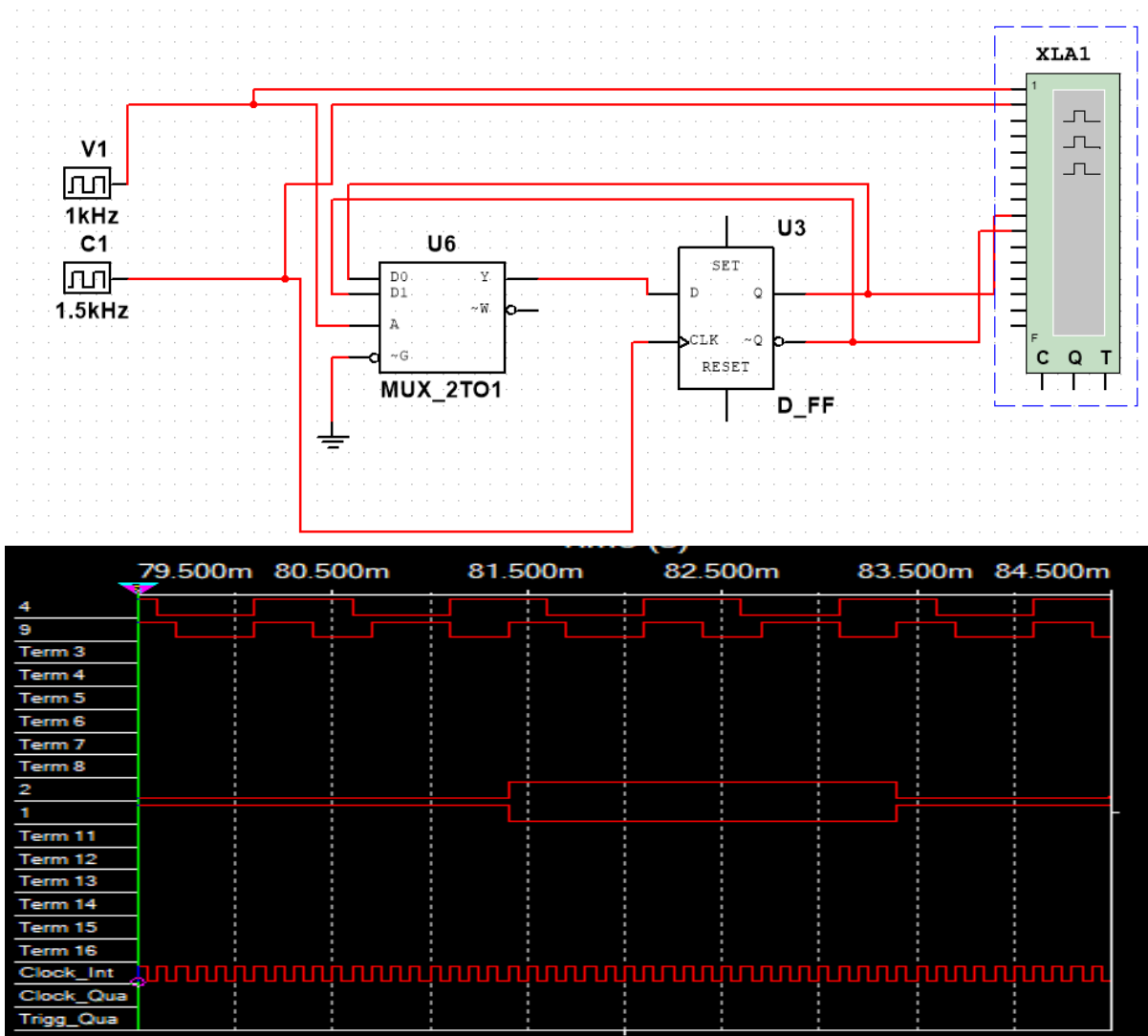


Вывод: Синхронный DV-триггер имеет один информационный вход D и один подготовительный разрешающий вход V для разрешения приема информации. Также он принимает только те информационные сигналы, которые были на его информационных входах до прихода синхросигнала. При C=0 DV-триггер, как и синхронные триггеры всех типов, сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_n = Q_{n-1}$. При C=1 и при наличии сигнала V=1 разрешения приема информации DV-триггер принимает информационный сигнал, действующий на входе D, т.е. работает как асинхронный DV-триггер. При C=1 и V=0 DV-триггер сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_n = Q_{n-1}$.

6. DV-триггер, включённый по схеме TV-триггера

Задание: Исследовать работу DV-триггера, включенного по схеме TV-триггера (рис. 8). Для этого необходимо:

- на вход D подать сигнал $\neg Q$, на вход C подать сигналы генератора, а на вход V - с выхода 3-го разряда счетчика;
- снять временные диаграммы Т-триггера; - объяснить работу синхронного Т-триггера по временным диаграммам.



Вывод: Т-триггер имеет один информационный вход Т, называемый счетным входом. Асинхронный Т-триггер переходит в противоположное состояние каждый раз при подаче на Т-вход единичного сигнала. Таким образом Т-триггер реализует счет по модулю 2: $Q_t = T_{t-1} \oplus Q_{t-1}$. Синхронный Т-триггер имеет вход С и вход Т. Синхронный Т-триггер переключается в противоположное состояние сигналом С, если на счетном входе Т действует сигнал логической 1.

Контрольные вопросы

1. Что называется триггером?

Триггером является запоминающий элемент с двумя устойчивыми состояниями, которые кодируются цифрами 0 и 1

2. Какова структурная схема триггера?

Структурную схему триггера (рис. 1) можно представить в виде запоминающей ячейки (ЗЯ) и схемы управления (СУ). На рис. 1 x_1, x_2, \dots, x_n - информационные входы; C - вход синхронизации или тактовый вход; Q и \bar{Q} - прямой и инверсный выходы триггера.

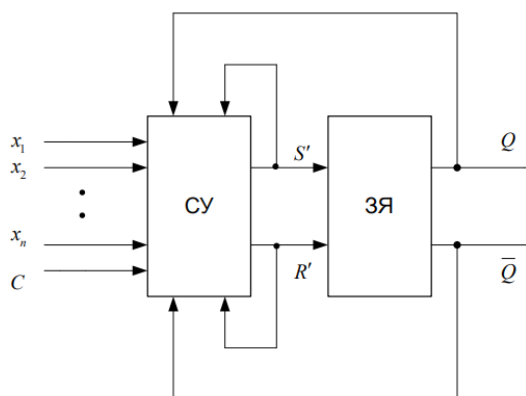


Рис.1

3. По каким основным признакам классифицируют триггеры?

Триггеры классифицируют по:

- по способу организации логических связей (RS, T, JK, D, DV...)
- по способу запаса информации (синхронные, асинхронные)
- по способу синхронизации (синхронные со статическим управлением записью, синхронные с динамическим управлением записью)
- по способу передачи информации с входов на выход (с одноступенчатым и двухступенчатым запоминанием информации)

4. Каково функциональное назначение входов триггеров?

Функциональное назначение входов триггера указывают на его условном графическом обозначении (УГО) при помощи специальных меток согласно табл. 1.

Таблица 1

Номер п/п	Наименование входов	Обозначение
1	S-вход – вход для раздельной установки триггера в состояние "1" (Set – установка)	S
2	R-вход – вход для раздельной установки триггера в состояние "0" (Reset – сброс, очистка)	R
3	J-вход – вход для установки состояния "1" в универсальном JK-триггере (Jerk – внезапное включение)	J
4	K-вход – вход для установки состояния "0" в универсальном JK-триггере (Kill – внезапное отключение)	K
5	T -вход – счетный вход (Toggle – релаксатор)	T
6	D-вход – информационный вход для установки триггера в состояния "1" или "0" (Data – данные, Delay – задержка)	D
7	V-вход – подготовительный управляющий вход для разрешения приема информации (Valve – клапан, вентиль)	V
8	C-вход - исполнительный управляющий (командный) вход для осуществления приема информации, вход синхронизации (Clock – источник синхросигналов)	C

5. Что такое асинхронный и синхронный триггеры?

Для асинхронного триггера момент времени t_{n+1} наступает, когда под действием входных сигналов и в зависимости от внутреннего состояния в момент времени t_n выходной сигнал принимает значение, соответствующее последующему состоянию. Для синхронного триггера время t_n и t_{n+1} означают время до и после прихода синхронизирующего (тактового) сигнала соответственно.

6. Что такое таблица переходов?

Таблица переходов — таблица, позволяющая понять результаты работы триггера при заданных начальных данных (наподобие таблицы истинности для логических функций)

7. Как работает асинхронный RS-триггер?

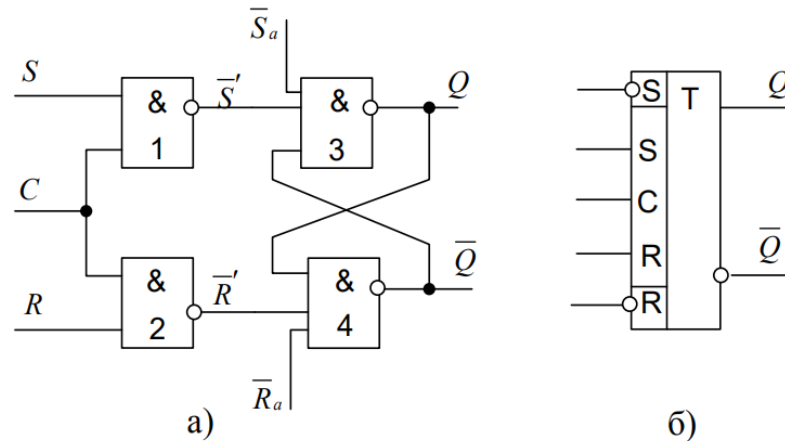
Асинхронный RS -триггер - это простейший триггер, который используется как запоминающая ячейка. Его таблица переходов:

Время t_n			Время t_{n+1}	
S_n	R_n	Q_n	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	x	x
1	1	1	x	x

Асинхронный RS - триггер сохраняет одно из устойчивых состояний независимо от многократного изменения информационного сигнала на одном входе при нулевом значении информационного сигнала на другом входе.

8. Как работает синхронный RS -триггер? Какова его таблица переходов?

Синхронный RS-триггер (рис.4) имеет два информационных входа R и S и вход синхронизации C. ЛЭ 1 и 2 образуют схему управления, ЛЭ3 и 4 – асинхронный RS - триггер (запоминающую ячейку). Как и все синхронные триггеры, синхронный RS - триггер при $C = 0$ сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_n = Q_{n+1}$. Сигналы по входам S и R переключают синхронный RS-триггер только с поступлением импульса на вход синхронизации C. При $C=1$ синхронный триггер переключается как асинхронный (табл.2). Одновременная подача сигналов $C=S=R= 1$ запрещена. При $S=R=0$ триггер не изменяет своего состояния.



Его таблица переходов:

C	S	R	Q_{t-1}	Q_t	Пояснение
0	\forall	\forall	Q_{t-1}	Q_{t-1}	Хранение
1	0	0	0	0	Хранение
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	0	Установка 0
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	Установка 1
1	1	0	1	1	
1	1	1	0	X	Запрещенная операция
1	1	1	1	X	

9. Что такое D-триггер?

D-триггер — триггер с приёмом информации по одному входу

10. Объясните работу синхронного D-триггера.

Синхронный D -триггер имеет один информационный вход D , состояние которого с каждым синхронизирующим импульсом передается на выход, т.е. выходные сигналы представляют собой задержанные входные сигналы. Поэтому D - триггер – элемент задержки (хранения) входных сигналов на один такт. Схему синхронного D -триггера можно получить из схемы синхронного RS – триггера, подавая сигнал D на вход S, а сигнал \bar{D} , т.е. с выхода инвертора сигнала D, на вход R. В результате на входах RS-триггера возможны только наборы сигналов $SR = 01$ при $D=0$ или $SR = 10$ при $D=1$, что соответствует записи в триггер логического 0 или 1.

11. Что такое DV –триггер?

DV-триггер — универсальный триггер с управляемым приёмом информации по одному входу

12. Объясните работу DV-триггера.

Синхронный DV-триггер имеет один информационный вход D и один подготовительный разрешающий вход V для разрешения приема информации. При $C=0$ DV-триггер, как и синхронные триггеры всех типов, сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_{n+1} = Q_n$. При $C=1$ и при наличии сигнала $V=1$ разрешения приема информации DV-триггер принимает информационный сигнал, действующий на входе D, т.е. работает как асинхронный DV-триггер. При $C=1$ и $V=0$ DV-триггер сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_{n+1} = Q_n$

13. Что такое Т-триггер? Какова его таблица переходов?

Т-триггер — триггер со счётным входом. Т-триггер имеет один информационный вход Т, называемый счетным входом. Асинхронный Т-триггер переходит в противоположное состояние каждый раз при подаче на Т-вход единичного сигнала.

Синхронный Т-триггер имеет вход С и вход Т. Синхронный Т-триггер переключается в противоположное состояние сигналом С, если на счетном входе Т действует сигнал логической 1. Таблица переходов:

Время t_n			Время t_{n+1}	
C_n	D_n, T_n	Q_n	Q_{n+1}	
			D-триггер	T-триггер
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	0

14. Объясните работу схемы синхронного RS-триггера со статическим управлением.

Синхронный RS-триггер (рис.4) имеет два информационных входа R и S и вход синхронизации С. ЛЭ 1 и 2 образуют схему управления, ЛЭ3 и 4 – асинхронный RS - триггер (запоминающую ячейку). Как и все синхронные триггеры, синхронный RS - триггер при $C = 0$ сохраняет предыдущее внутреннее состояние, т.е. $Q_n = Q_{n+1}$

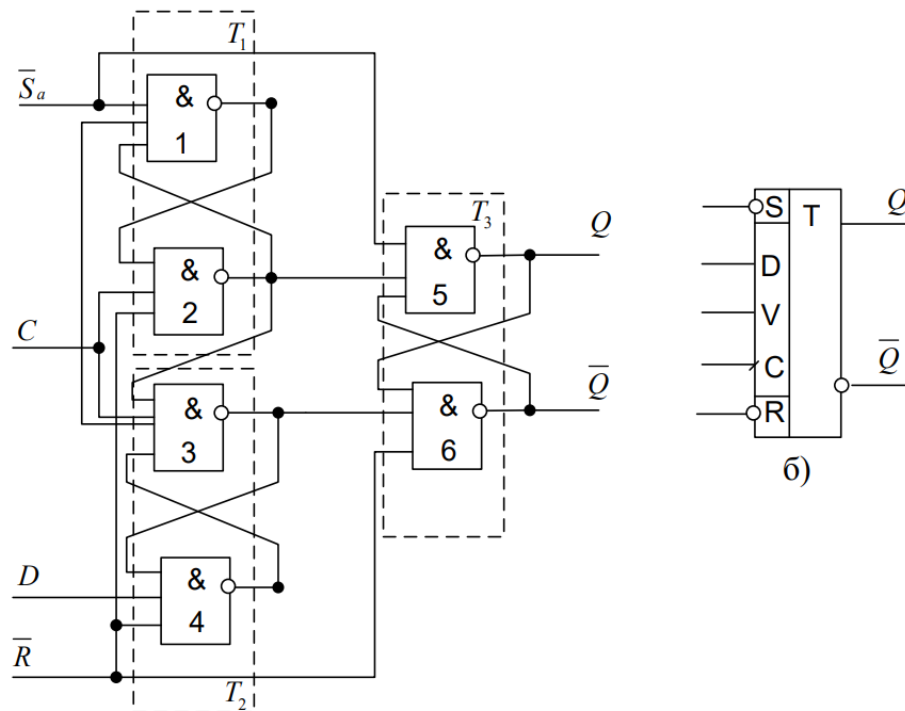
Синхронный RS-триггер имеет два входа управления (R и S) и один вход синхронизации С. При $C = 0$ синхронный RS-триггер сохраняет предыдущее значение. При $C = 1$ – работает как асинхронный RS-триггер.

15. Какова характерная особенность переключения синхронных триггеров с динамическим управлением записью?

Характерной особенностью синхронных триггеров с динамическим управлением записью является то, что прием информационных сигналов и передача на выход принятой информации выполняются в момент изменения синхросигнала на С-входе из "0" в "1" или из "1" в "0", т.е. перепадом синхросигнала. Такой С-выход называется динамическим, причем в первом случае динамический С-вход - прямой, во втором - инверсный. Синхронный триггер с динамическим управлением записью принимает только те информационные сигналы, которые были на его информационных входах до прихода синхросигнала и после него в течение времени, необходимого для переключения триггера и определяемого переходными процессами в нем.

16. Как работает схема синхронного D-триггера с динамическим управлением записью на основе трех RS-триггеров?

Практическая схема синхронного D-триггера с прямым динамическим входом на ЛЭ И-НЕ приведена на рис. 6. Она состоит из трех триггеров: основного асинхронного RS-триггера 3 Т на ЛЭ 5 и 6, вспомогательного синхронного RS-триггера 1 Т на ЛЭ 1 и 2, используемого для записи "1" в основной триггер, а также вспомогательного синхронного RS-триггера 2 Т на ЛЭ 3 и 4 для записи "0" в основной триггер. Схема:



17. Составьте временные диаграммы работы синхронного D-триггера с динамическим управлением записью.

Временные диаграммы иллюстрируют работу D-триггера. В исходном состоянии R_a и S_a равны 1. Тогда при $C = 0$ ЛЭ 2 и 3 выключены и сигналы "1" с их входов поступают соответственно на входы ЛЭ 5 и 6. Поэтому основной триггер Т3 будет находиться в режиме хранения.

20. Объясните режимы работы D-триггера

Синхронный D -триггер имеет один информационный вход D , состояние которого с каждым синхронизирующим импульсом передается на выход, т.е. выходные сигналы представляют собой задержанные входные сигналы. Поэтому D - триггер – элемент задержки (хранения) входных сигналов на один такт.