



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ (ИУ7)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.04 Программная инженерия

## О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 1

Название: Синхронные одноступенчатые триггеры со статическим и динамическим управлением записью

Дисциплина: Архитектура ЭВМ

Студент	<u>ИУ7-44Б</u> (Группа)	<u>08.03.2021</u> (Подпись, дата)	<u>С. Д. Параскун</u> (И.О. Фамилия)
Преподаватель		<u></u> (Подпись, дата)	<u>А. Ю. Попов</u> (И.О. Фамилия)

Москва, 2021

**Цель работы** – изучить схемы асинхронного RS-триггера, который является запоминающей ячейкой всех типов триггеров, синхронных RS- и D-триггеров со статическим управлением записью и DV-триггера с динамическим управлением записью.

### Задание 1.

Исследовать работу асинхронного RS-триггера с инверсными входами в статическом режиме (рис. 1). Для этого необходимо:

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

Соберем эту схему в Multisim (рис. 2).

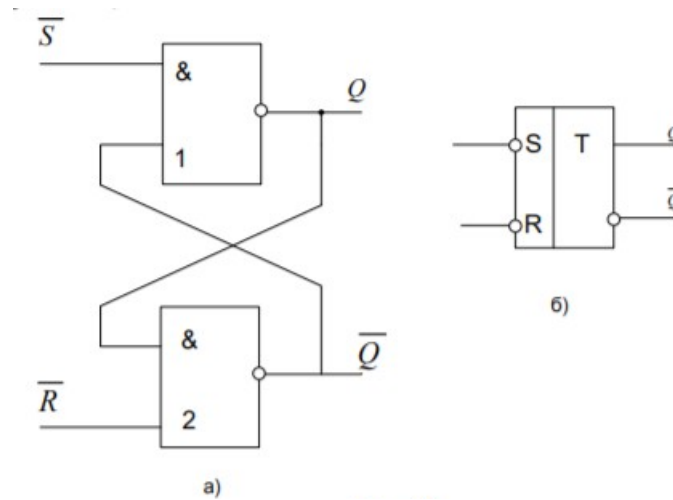


Рис. 1 — Устройство асинхронного RS-триггера

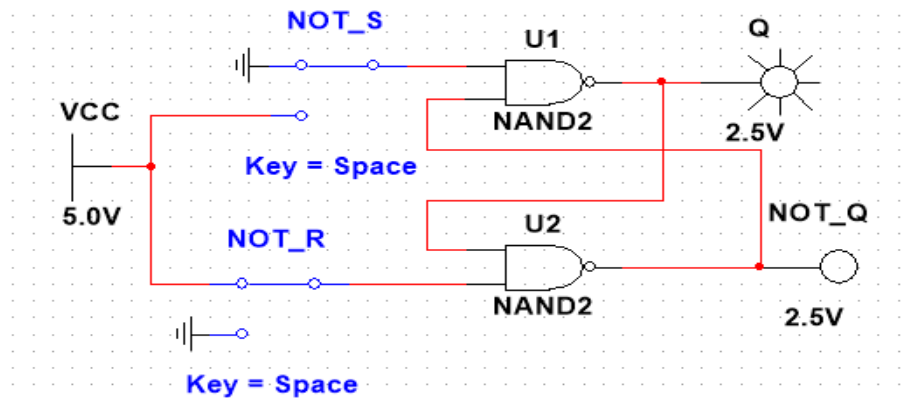


Рис. 2 — Схема асинхронного RS-триггера в Multisim

Здесь на входе  $\sim S$  сигнал 0, на  $\sim R$  сигнал 1, триггер находится в состоянии  $Q = 1$ , так как горит соответствующий светодиод. Составим таблицу для различных состояний  $\sim S$ ,  $\sim R$  и каждого из двух состояний триггера в момент  $t_n$  (табл. 1).

$\sim S$	$\sim R$	$Q_n$	$Q_{n+1}$	$\sim Q_{n+1}$
0	0	0	Не определено	Не определено
0	0	1	Не определено	Не определено
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	0

Табл. 1 — Таблица состояний асинхронного RS-триггера

Получаем, что при подаче двух нулевых сигналов на вход, на выходе мы получаем две единицы, а значит состояние триггера не определено. Если только на  $\sim S$  подан 0, состояние триггера изменится на 1; если только на  $\sim R$  подан 0, состояние триггера изменится на 0. Если на оба входа поданы 1, триггер останется в том же состоянии, что и в предыдущий момент времени.

**Вывод** — RS-триггер хранит информацию размером 1 бит (0 или 1), потому что сохраняет свое состояние при определенных входных сигналах. В состояние 1 триггер можно привести подачей 0 на  $\sim S$ , состояние 0 — подачей 0 на  $\sim R$ . Также существуют состояния, при которых состояние не определено —  $\sim S = \sim R = 0$ .

## Задание 2.

Исследовать работу синхронного RS-триггера в статическом режиме (рис. 3). Для этого необходимо:

- собрать схему RS-триггера на ЛЭ И-НЕ;
- к выходам  $Q$  и  $\sim Q$  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. Для начала построим триггер в Multisim (рис. 4).

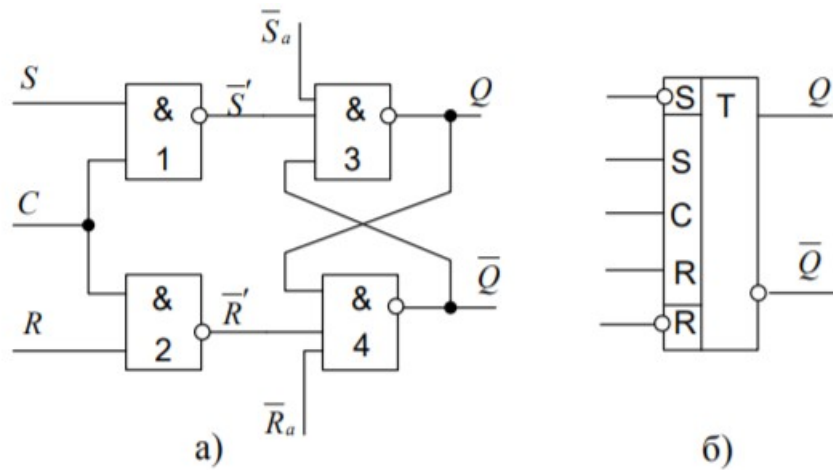


Рис. 3 — Устройство синхронного RS-триггера

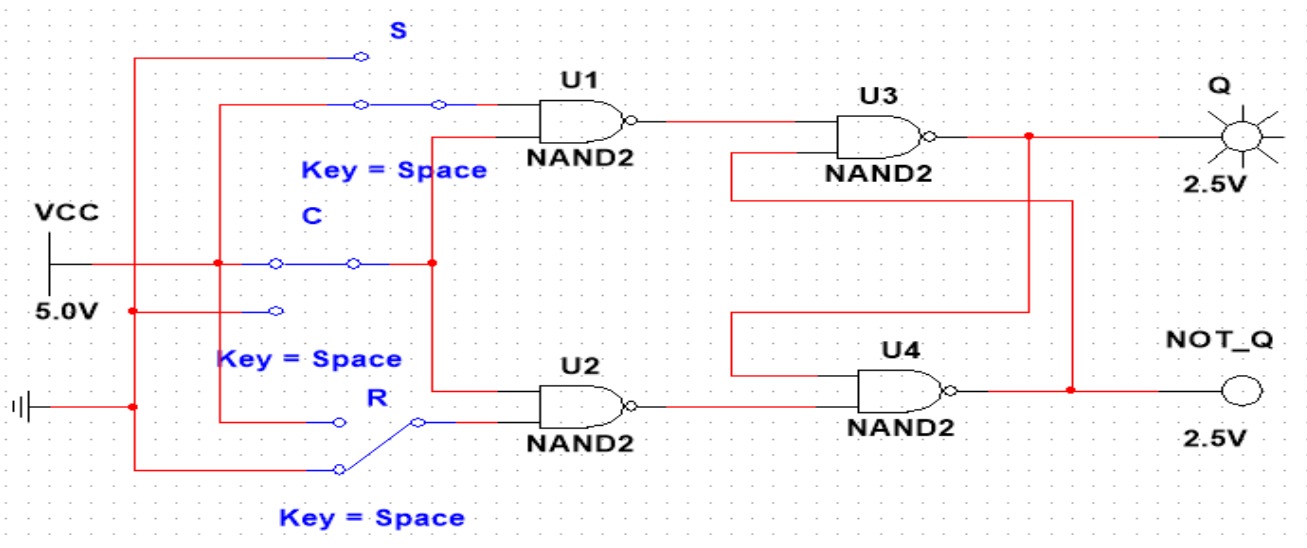


Рис. 4 — Схема синхронного RS-триггера в Multisim

На схеме RS-триггера на входы S и C поданы 1, а на R 0; триггер находится в состоянии 1. Составим таблицу состояний (табл. 2) со всеми комбинациями S, R, Q, рассматривая для каждой состояние хранения ( $C = 0$ ) и состояние синхронизации ( $C = 1$ ) с последующим возвратом к хранению.

S	R	$Q_n(C = 0)$	$Q_{n+1}(C = 1)$	$Q_{n+2}(C = 0)$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1

1	0	1	1	1
1	1	0	Не определено	Не определено
1	1	1	Не определено	Не определено

Табл. 2 — Таблица состояний синхронного RS-триггера

**Вывод** — при состоянии входа  $C$  равного 0 (режим хранения) состояние триггера нельзя изменить переключением ключей  $S$  и  $R$ ; при подаче 1 на  $S$  и  $R$  поведение снова не определено, так как при  $C = 1$  горят оба индикатора, а при переключении  $C = 0$  постоянно мигают. При подаче 0 на  $R$  или  $S$  состояние не меняется, при подаче на  $R$  1 триггер переходит в 0 при  $C = 1$ , при подаче на  $S$  1 – в 1 при  $C = 1$ .

### Задание 3.

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

- собрать схему D-триггера на ЛЭ И-НЕ; в приложении Multisim можно использовать макросхему D-триггера;
- к выходам  $Q$  и  $\sim Q$  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 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.

Соберем схему в Multisim (рис. 6).

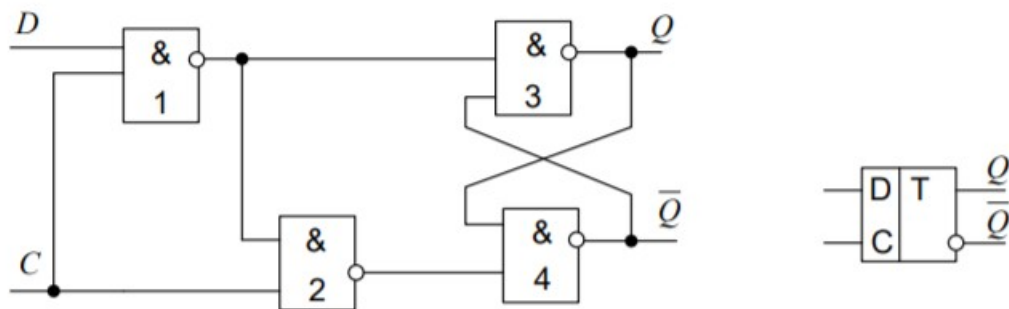


Рис. 5 — Устройство синхронного D-триггера

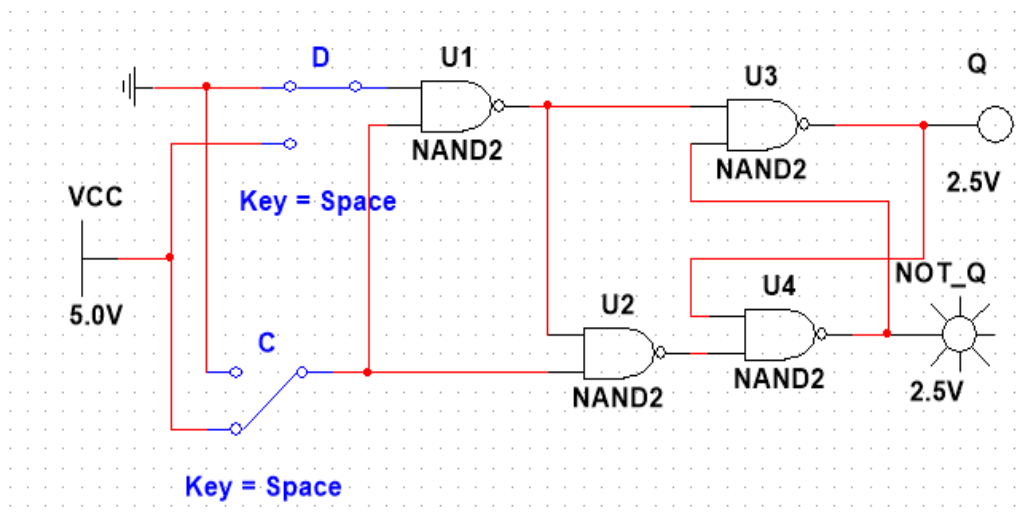


Рис. 6 — Схема синхронного D-триггера в Multisim

На схеме выше  $D = 0$ ,  $C = 1$ , триггер в состоянии 0. Также можно заменить ЛЭ на макросхему (рис. 7).

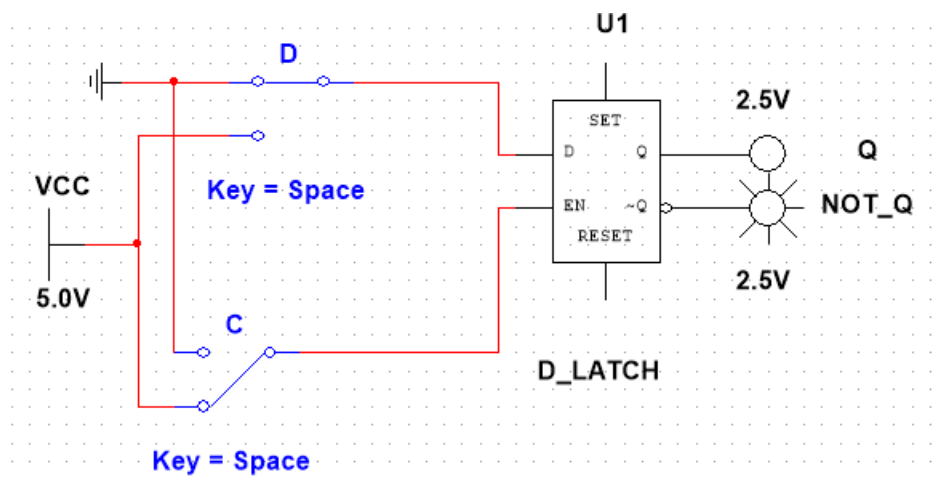


Рис. 7 — Схема синхронного D-триггера с использованием макросхемы

Составим таблицу переходов триггера из комбинаций D и Q, рассматривая начальное состояние  $C = 0$ , синхронизацию  $C = 1$  и возврат к хранению  $C = 0$ .

D	$Q_n(C = 0)$	$Q_{n+1}(C = 1)$	$Q_{n+2}(C = 0)$
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1

Табл. 3 — Таблица состояний синхронного D-триггера

**Вывод** — состояние триггера меняется только при  $C = 1$ , в режиме хранения ( $C = 0$ ) изменить состояние триггера невозможно. При  $C = 1$  и подаче на D 0 выход 0, при подаче на D 1 выход 1. Это значит, что выходной сигнал такой же как входной, а следовательно триггер будет называться прозрачным. Таблица переходов одинакова для обеих приложенных схем.

#### Задание 4.

Исследовать схему синхронного D-триггера с динамическим управлением записью (рис. 8) в статическом режиме. В приложениях Electronics Workbench и Multisim имеются макросхемы такого триггера. Для этого необходимо:

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

В таблице теста следует отметить реакцию триггера на изменения сигнала D при  $C=0$  и при  $C=1$ , а также способность триггера принимать сигнал D только по перепаду 0/1 сигнала C.

Схема в Multisim (рис. 9).

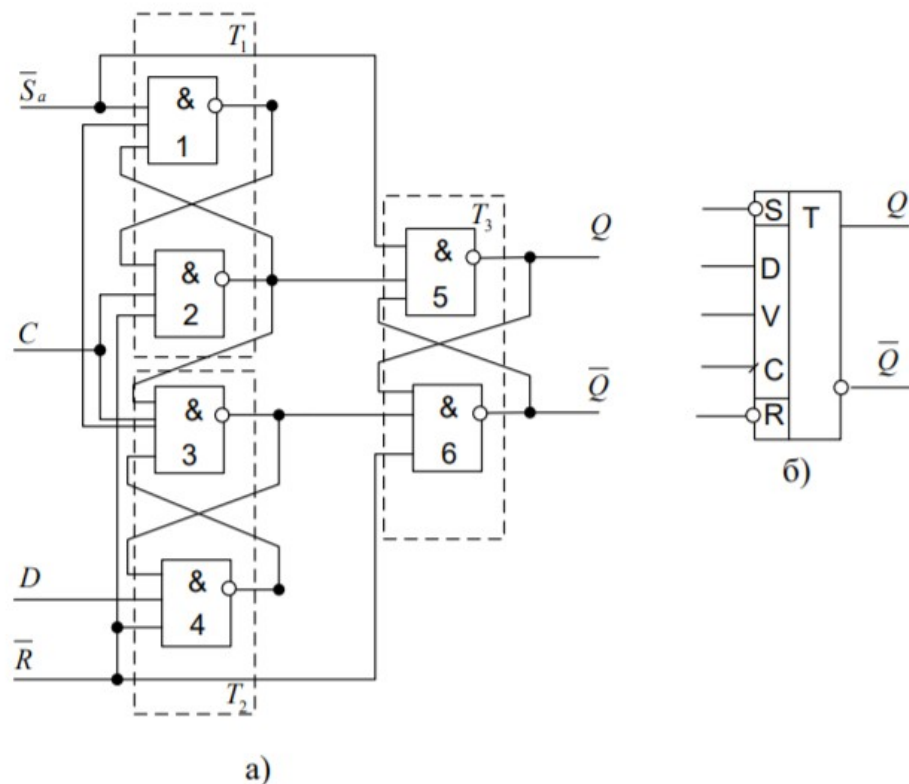


Рис. 8 — Устройство синхронного D-триггера с динамическим управлением записью

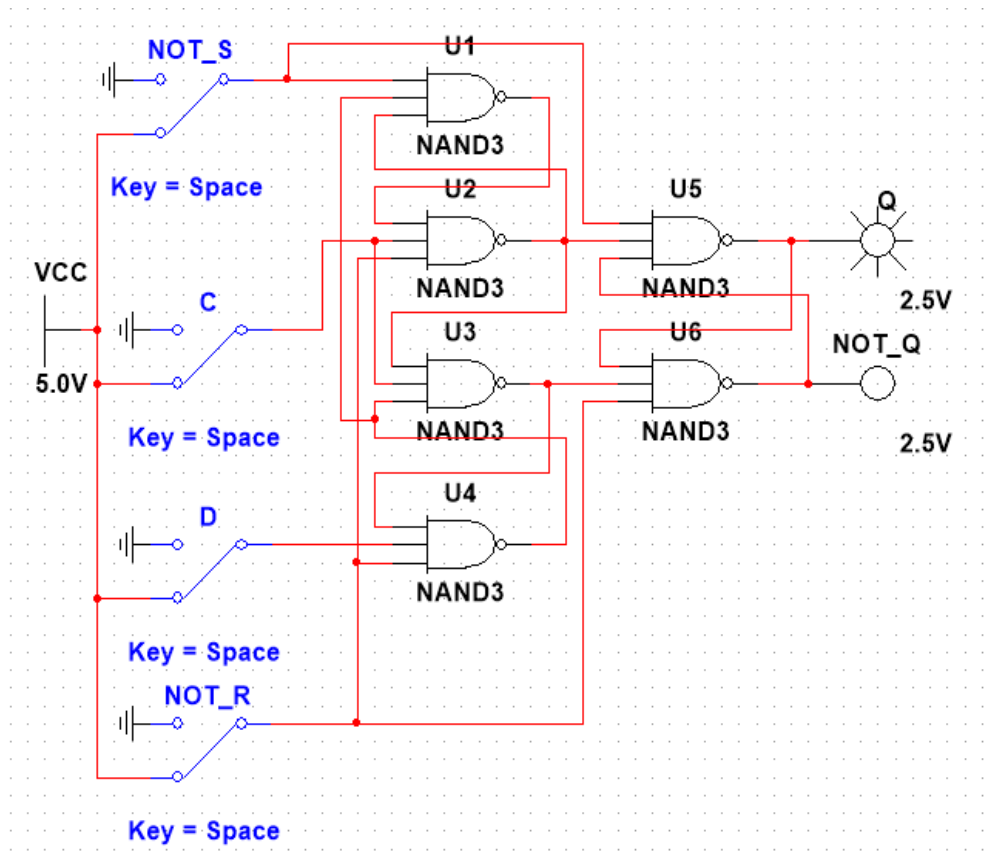


Рис. 9 — Схема синхронного D-триггера с динамическим управлением записью в Multisim  
Схема без асинхронных входов (рис. 10):

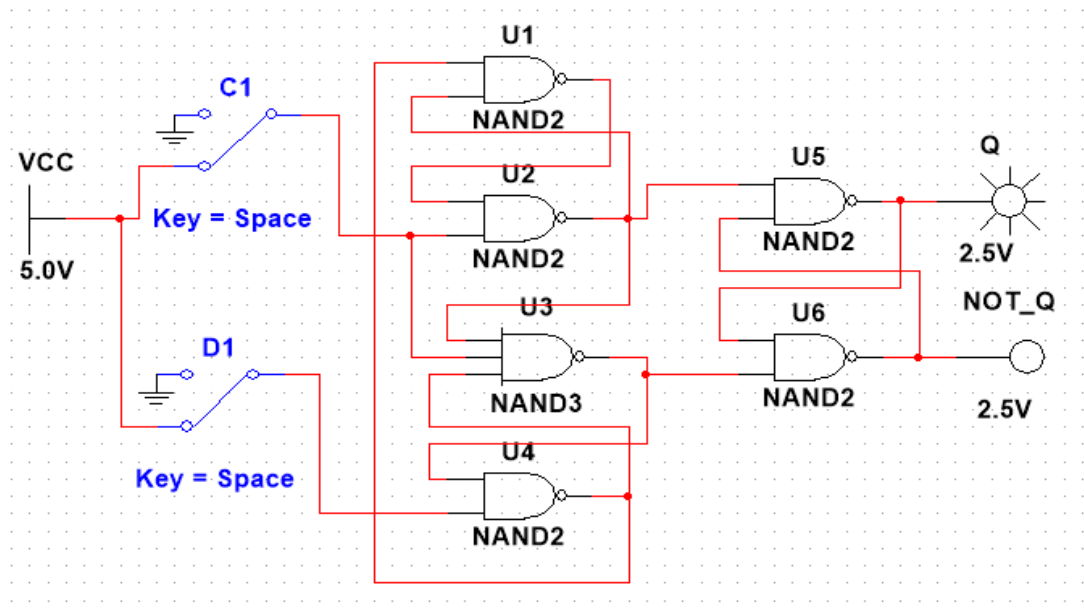


Рис. 10 — Схема синхронного D-триггера с динамическим управлением записью без асинхронных входов



Также можно использовать готовую макросхему триггера (рис. 11):

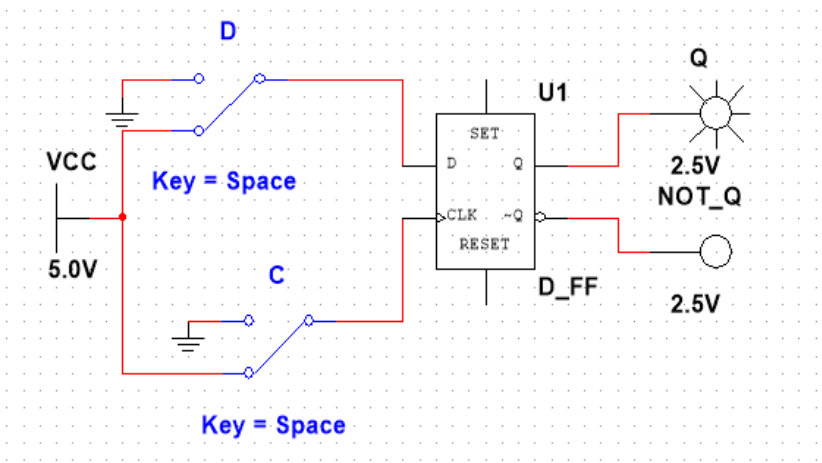


Рис. 11 — Схема синхронного D-триггера с динамическим управлением записью с использованием макросхемы

Во всех случаях  $D = 1$ , потом происходит переключение с 0 на 1 на входе C, в результате триггер приходит в состояние 1.

Составим таблицу переходов (табл. 4) в 4 начальных состояниях (по D и Q) и проверим переключение сигналов в разные моменты времени.

$D_n$	$Q_n$	$t_n$	$t_{n+1}$ (C = 0/1)	$t_{n+2}$ (D switch)	$t_{n+3}$ (C = 1/0)	$t_{n+4}$ (D switch)
0	0	D = 0 C = 0 Q = 0	D = 0 C = 1 Q = 0	D = 1 C = 1 Q = 0	D = 1 C = 0 Q = 0	D = 0 C = 0 Q = 0
0	1	D = 0 C = 0 Q = 1	D = 0 C = 1 <b>Q = 0</b>	D = 1 C = 1 Q = 0	D = 1 C = 0 Q = 0	D = 0 C = 0 Q = 0
1	0	D = 1 C = 0 Q = 0	D = 1 C = 1 <b>Q = 1</b>	D = 0 C = 1 Q = 1	D = 0 C = 0 Q = 1	D = 1 C = 0 Q = 1
1	1	D = 1 C = 0 Q = 1	D = 1 C = 1 Q = 1	D = 0 C = 1 Q = 1	D = 0 C = 0 Q = 1	D = 1 C = 0 Q = 1

Табл. 4 — Таблица состояний синхронного D-триггера с динамическим управлением записью



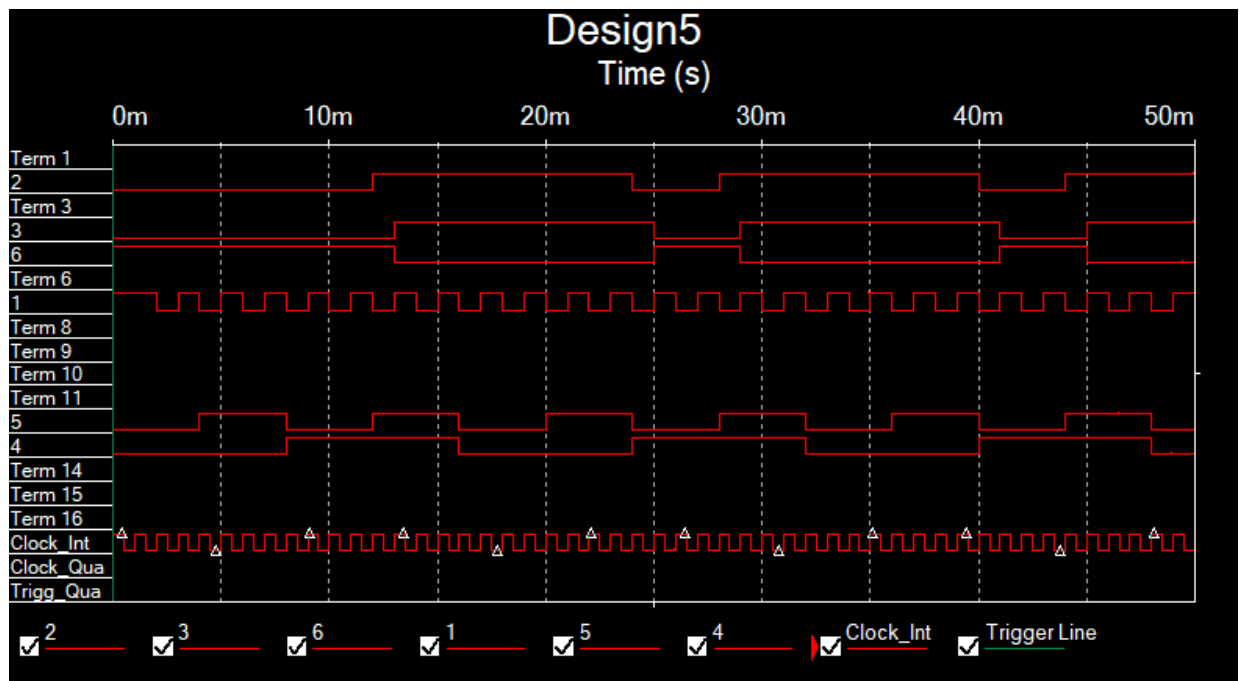


Рис. 13 — Временная диаграмма синхронного DV-триггера

Входы: 2 — сигнал на выходе Y мультиплексора = на входе D D-триггера,  
 3 и 6 — значения на прямом и инверсном выходах триггера,  
 1 — сигнал на входе C, генерируемый колебаниями,  
 5 и 4 — значения второго и третьего разрядов счетчика, они же сигналы на входах D и DV-триггера соответственно.

Мультиплексор на выход Y будет подавать сигнал со входа D0, т. е. Выхода Q, если  $V = 0$ , либо сигнал со входа D1, т. е. Входа D DV-триггера при  $V=1$ .

0мс: на выходе Q видим 0, как и на входе D D-триггера. На входе V триггера сигнал 0, значит сигнал на вход D не разрешается. Получается, триггер сам поддерживает свое состояние: с выхода Q сигнал подается мультиплексору, он же (так как  $V = 0$ ) передается с выхода Y мультиплексора на вход D D-триггера.

8мс: на вход V подается 1, значит мультиплексор на выходе Y будет подавать значение со входа D1, он же вход в D DV-триггера. В этот момент на входе D сигнал 0, он же придет в D-триггер, значит на выходе Q снова 0.

12мс: на входе V до сих пор 1, на вход D подается 1, передается на вход D D-триггера, в этот момент на входе C происходит перепад сигнала из 1 в 0, поэтому Q не меняется. Через 1мс происходит перепад с 0 на 1, при котором возможно изменение состояния триггера. На входе D все еще 1, а значит и триггер меняет состояние на 1.

16мс: выключается вход V, значит прием информации снова запрещен, триггер поддерживает свое состояние 1.

24мс: включается вход V, в этот момент на входе D сигнал 0, который передается мультимплексором на вход D D-триггера. В этот момент снова на входе C перепад из 1 в 0, поэтому состояние Q триггера не меняется. Через 1мс происходит перепад из 0 в 1, при котором триггер может поменять состояние. На входе D до сих пор 0, поэтому состояние триггера меняется на нулевое.

Последние 3 пункта повторяются с периодом в 16мс.

**Вывод** — работа DV-триггера похожа на работу синхронного D-триггера с динамическим управлением записью: его состояние меняется в соответствии с сигналом на входе D, когда на входе C происходит перепад синхросигналов 0/1, в остальное время триггер поддерживает свое текущее состояние. Важное отличие — появляется вход V, который регулирует прием информации. При  $V = 1$  прием разрешен и тогда DV-триггер работает полностью как D-триггер, при  $V = 0$  триггер сохраняет свое состояние вне зависимости от значений и перепадов на входах D и C, так как прием информации запрещен.

### Задание 6.

Исследовать работу DV-триггера, включенного по схеме TV-триггера (рис. 14). Для этого необходимо:

- на вход D подать сигнал  $\sim Q$ , на вход C подать сигналы генератора, а на вход V - с выхода 3-го разряда счетчика;
- снять временные диаграммы T-триггера;
- объяснить работу синхронного T-триггера по временным диаграммам (рис. 16). Схема в Multisimе (рис. 15):

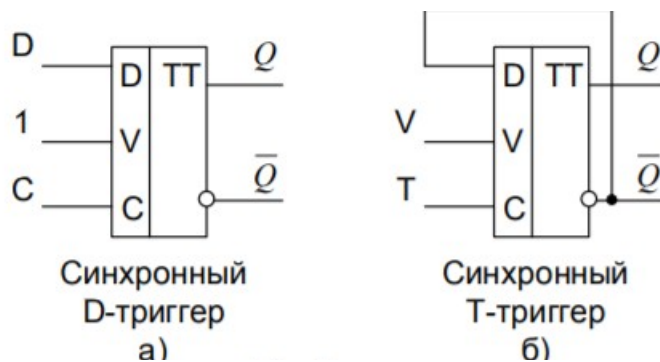
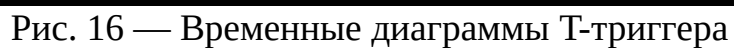
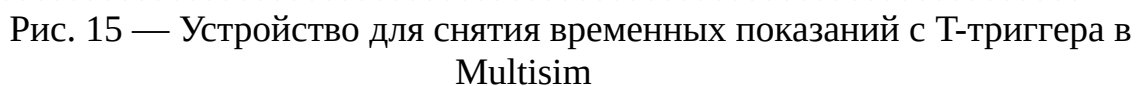


Рис. 14 — Схема синхронных D-триггера и T-триггера



Входы: 1 — сигнал на выходе мультиплексора Y = на входе D D-триггера,  
2 и 3 — значения на прямом и инверсном выходах триггера,  
4 - сигнал на входе C, генерируемый колебаниями,

5 — значение третьего разряда счетчика, он же сигнал на входе  $V$  TV-триггера.

Если  $V = 0$ , прием информации не разрешен, триггер сохраняет свое состояние - с выхода  $Q$  сигнал подается мультиплексору на вход  $D0$ , он же (так как  $V = 0$ ) передается с выхода  $Y$  мультиплексора на вход  $D$  D-триггера.

Когда включается вход  $V$ , мультиплексор будет передавать на выход  $Y$  (а значит, и на вход  $D$  D-триггера) сигнал со входа  $D1$ , на который в свою очередь поступает сигнал с инверсного выхода D-триггера, в момент включения входа  $V$ , он равен 1. То есть значение на входе  $D$  изменится на противоположное (было 0, стало 1). Затем триггер «дождется» перепада сигнала 0/1 на входе синхронизации, в результате которого переключится его состояние. Тогда на инверсном выходе теперь будет противоположное значение (0), оно передастся через мультиплексор на вход  $D$  и при следующем перепаде 0/1 на входе  $C$  триггер снова поменяет свое состояние. Так будет продолжаться до тех пор, пока  $V$  не станет равно 0 и прием информации снова будет запрещен.

**Вывод** - TV-триггер работает таким образом, что при  $V = 1$  состояние триггера меняется на противоположное с каждым тактом, генерируемым на входе  $C$ , который в свою очередь также выполняет роль счетного входа  $T$ , который меняет состояние триггера на противоположное каждый раз, когда на него подается 1. То есть при  $V = 1$  TV-триггер работает так же, как и асинхронный T-триггер. При  $V = 0$  триггер сохраняет последнее состояние, в котором он был до переключения входа  $V$ .

**Вывод по лабораторной работе** — в ходе выполнения заданий работы удалось получить понимание понятия триггер, его устройства и видов, их различия; были получены навыки моделирования схем триггеров на основе ЛЭ и макросхем Multisim; ознакомление со съемом таблиц переходов и анализа временных диаграмм.