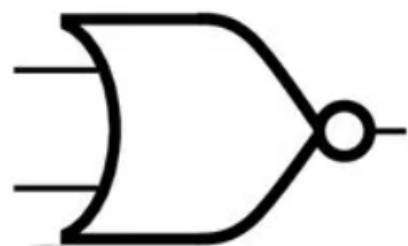
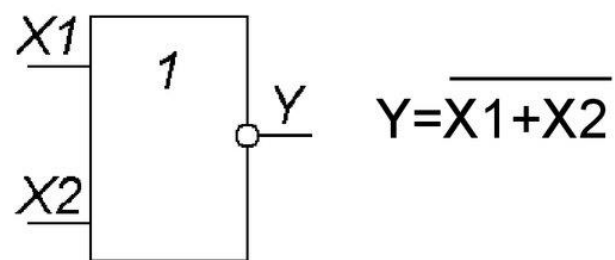


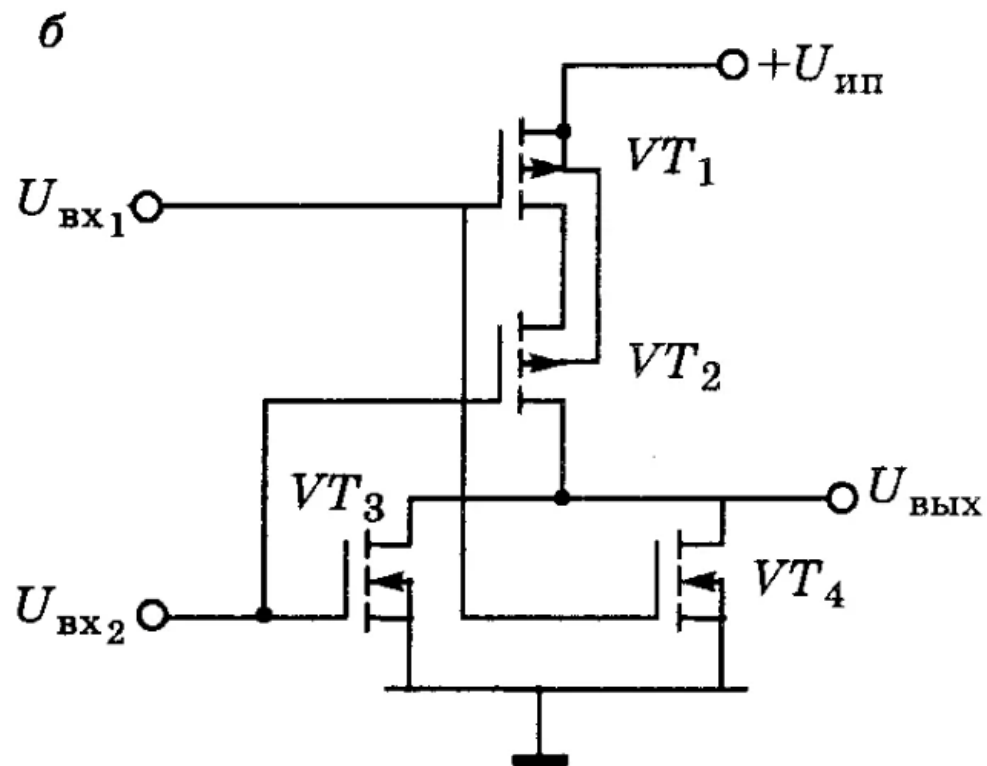
ЛР1

ИЛИ-НЕ

Логический элемент ИЛИ-НЕ

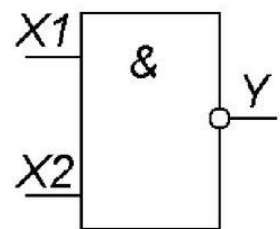


X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



И-НЕ

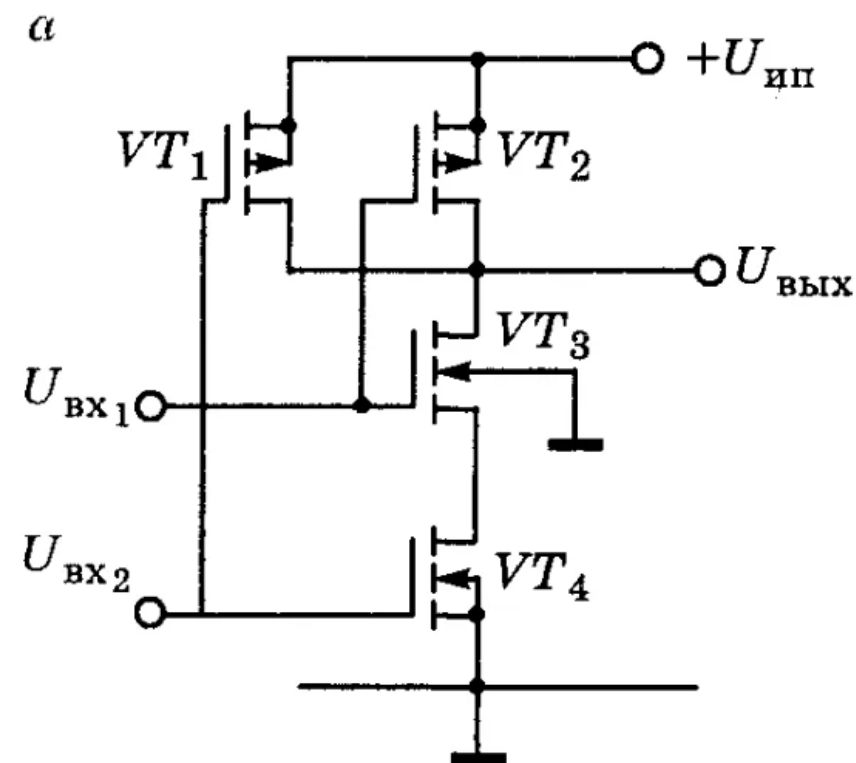
Логический элемент И-НЕ



$$Y = \overline{X_1 \cdot X_2}$$



X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Триггеры

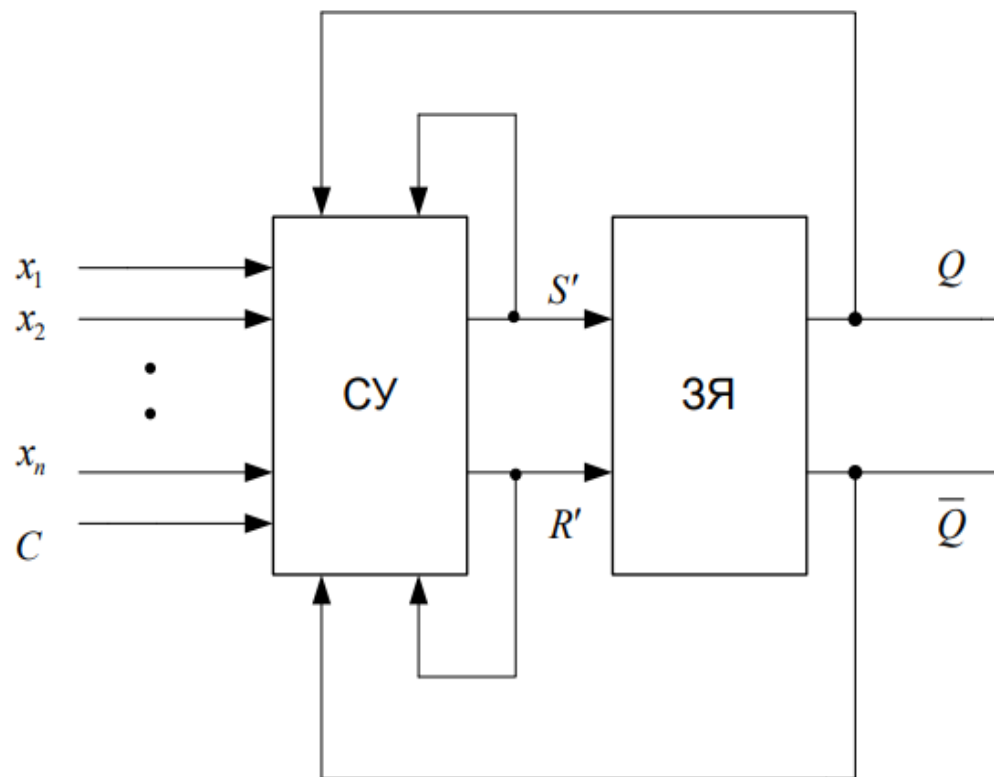
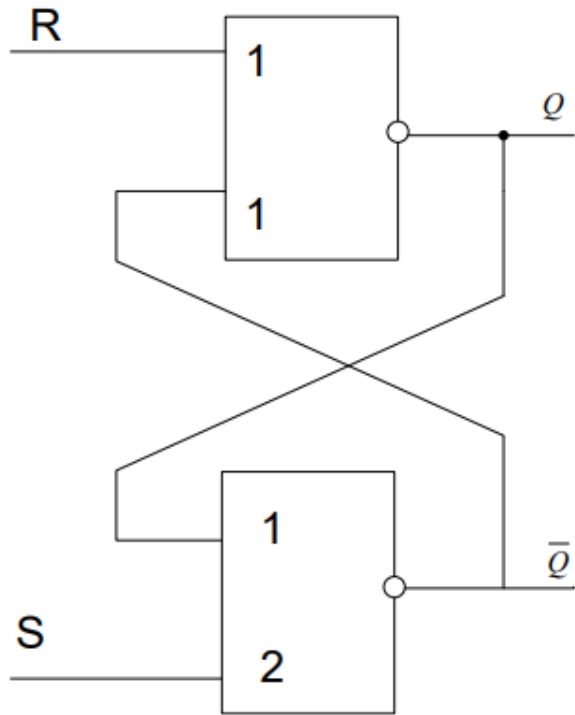


Схема управления – преобразовать входной сигнал в выходной по некоему правилу;

Запоминающая ячейка – сохранить значение выходного сигнала на некий промежуток времени.

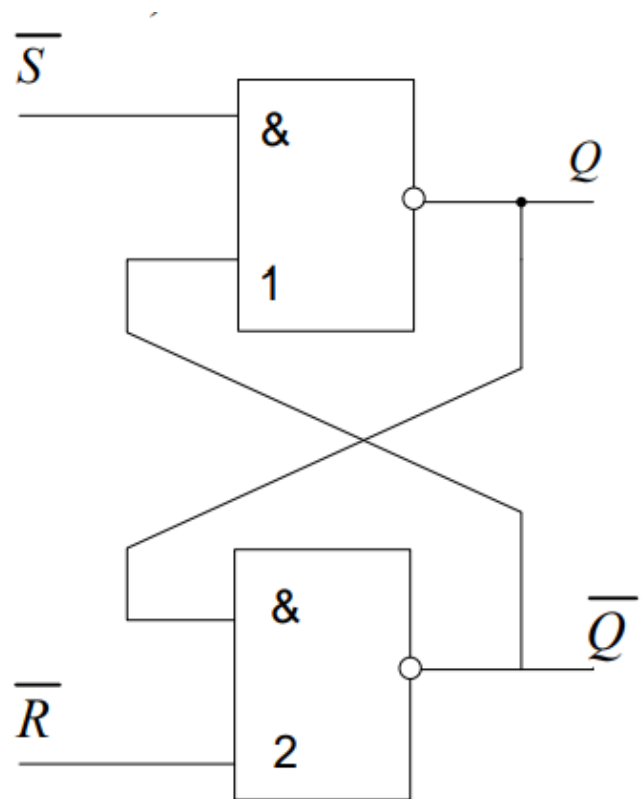
RS – триггер (асинхронный, ИЛИ-НЕ)



R	S	Q	!Q
0	0	Q	!Q
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	X

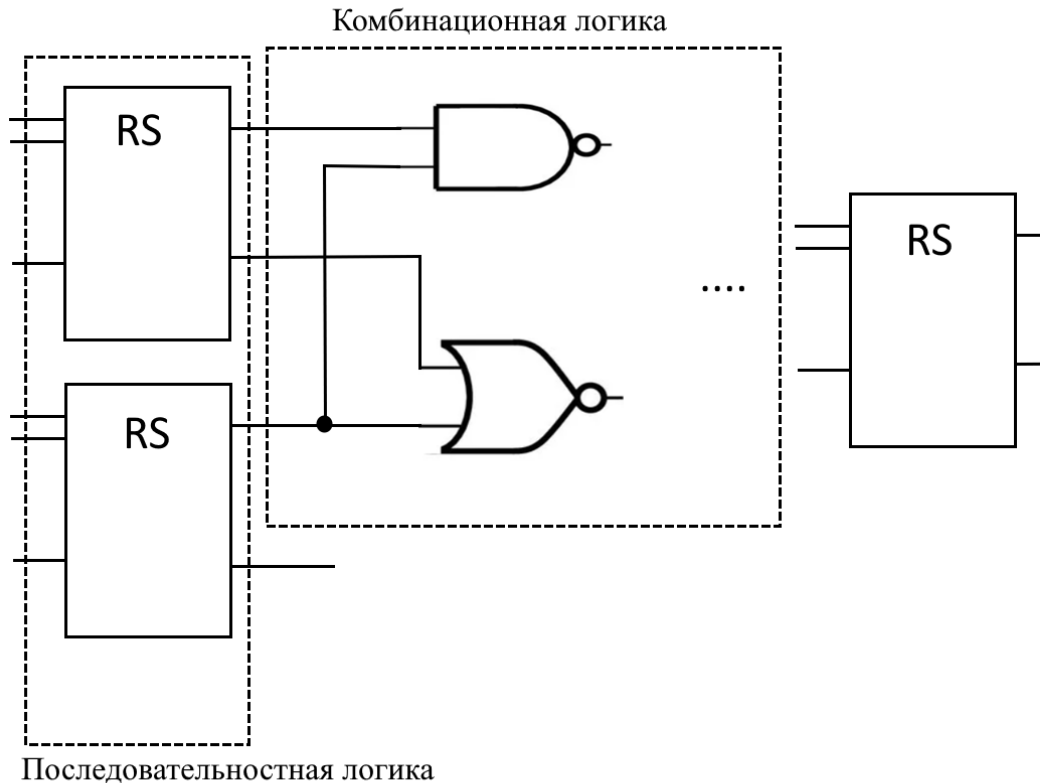
Состояние $R = S = 1$ запрещено, т.к. значения выходов становятся неопределенными, и после выхода из этого состояния Q и !Q могут с одинаковой вероятностью стать как 0, так и 1.

RS – триггер (асинхронный, И-НЕ)



\overline{R}	\overline{S}	Q	\overline{Q}
0	0	X	X
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Q	\overline{Q}

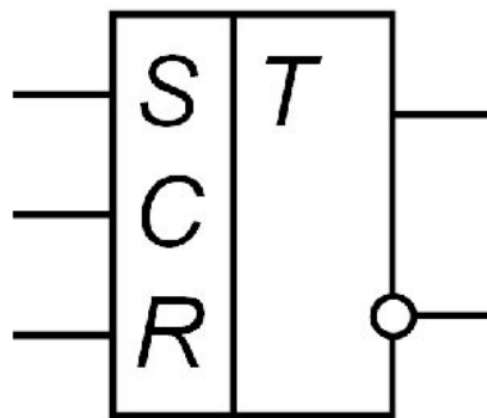
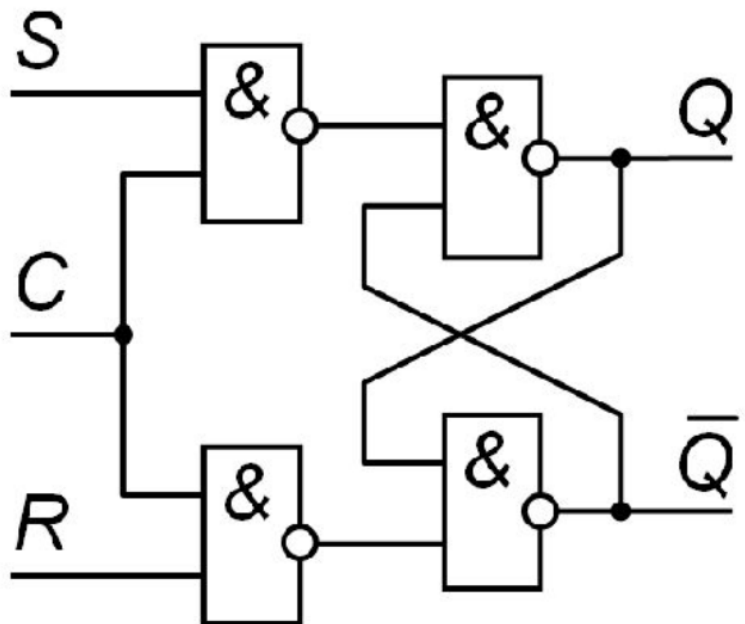
Тактовый сигнал (сигнал синхронизации)



Нужен, чтобы синхронизировать несколько частей схемы между собой, чтобы триггеры в ней переключались одновременно и последовательно передавали друг другу сигналы, создавая таким образом «конвейер».

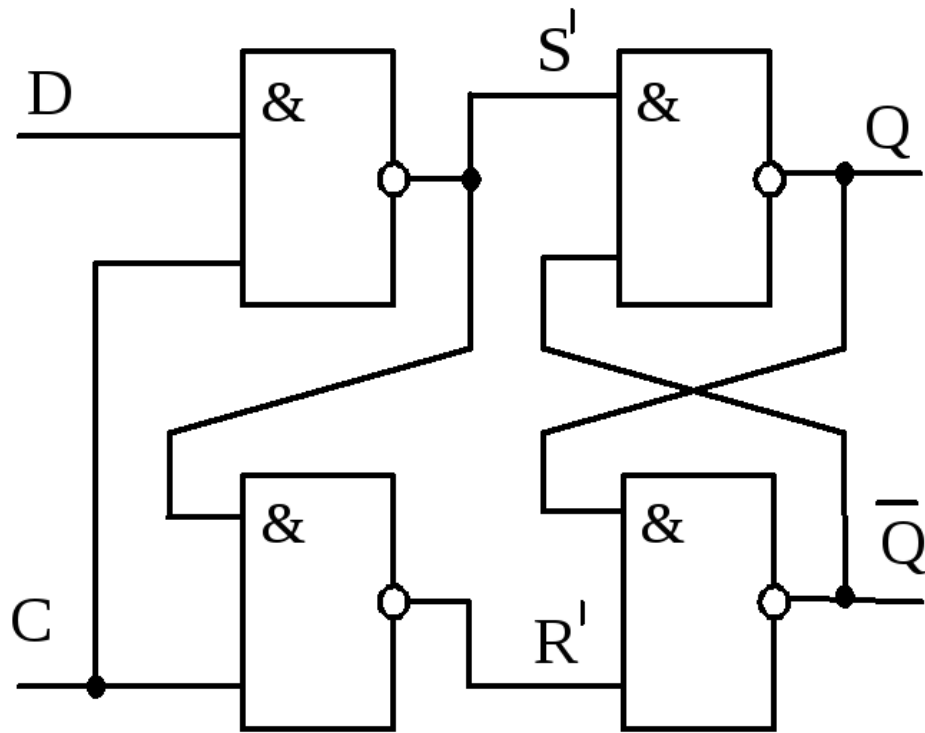
Сигнал на выходе комбинационных схем может устанавливаться не сразу, и быть неопределенным некоторое время. Хорошей идеей будет давать ему время на установление, и только потом передавать его на вход триггера.

RS – триггер (синхронный)



R	S	C	Q	!Q
0	0	0	Q	!Q
0	0	1	Q	!Q
0	1	0	Q	!Q
0	1	1	1	0
1	0	0	Q	!Q
1	0	1	0	1
1	1	0	Q	!Q
1	1	1	X	X

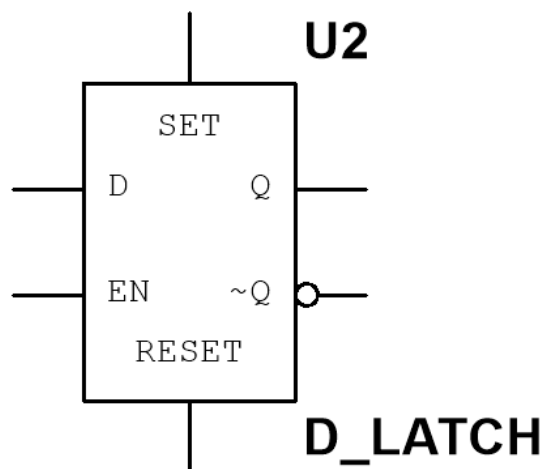
D-триггер (со статическим управлением)



D	C	Q	!Q
0	0	Q	!Q
0	1	0	1
1	0	Q	!Q
1	1	1	0

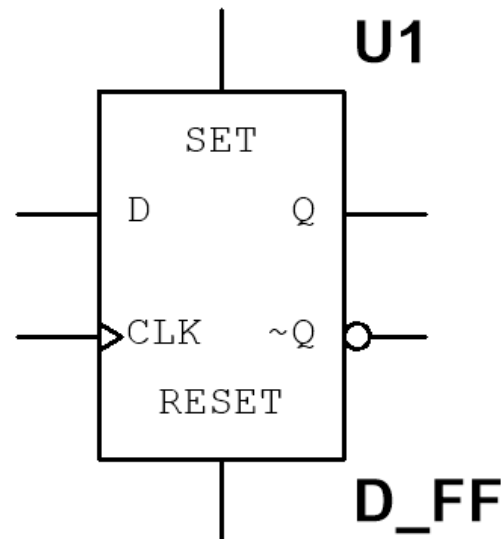
Передаёт значение со входа на выход, пока тактовый сигнал активен ($C = 1$).

Статическое и динамическое управление



Статическое – триггер принимает входной сигнал все время, пока $C = 1$.

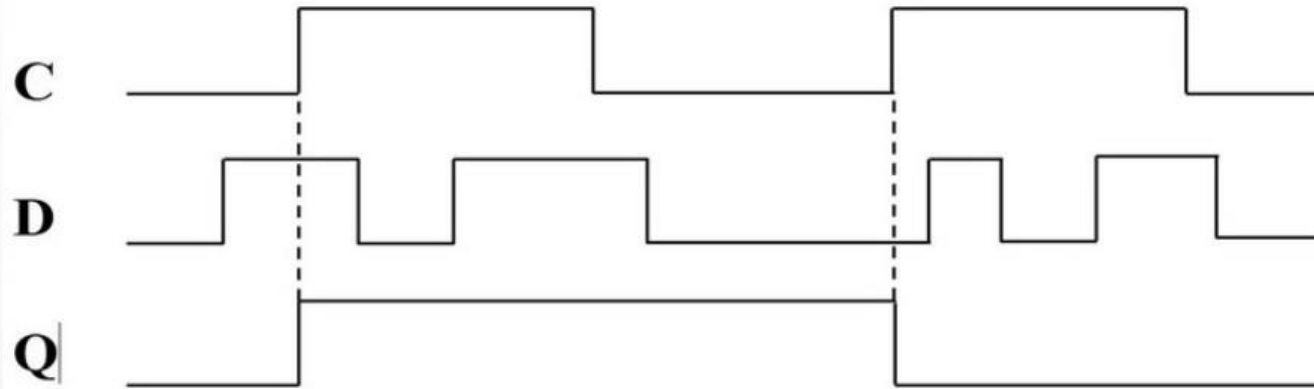
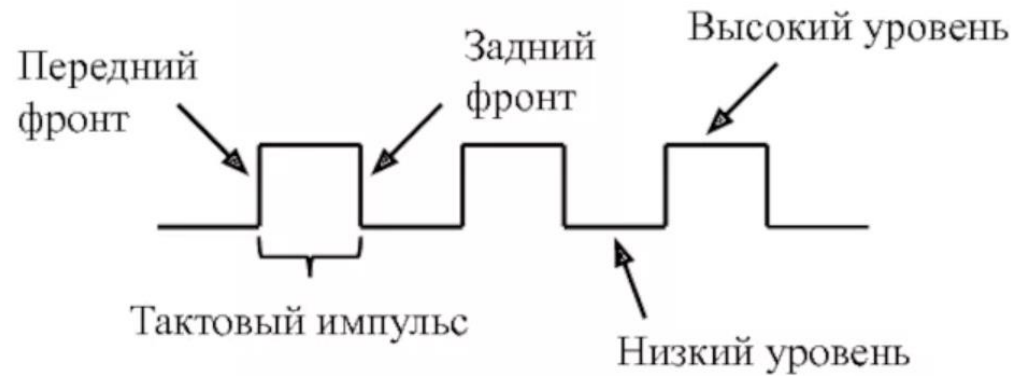
Это **синхронизация по уровню**, такие триггеры называются **защелками (LATCH)**.



Динамическое – триггер принимает входной сигнал **ТОЛЬКО** в момент переключения C из одного уровня в другой.

Это **синхронизация по фронту**, такие триггеры называются **flip-flop (FF)**.

Синхронизация по фронту

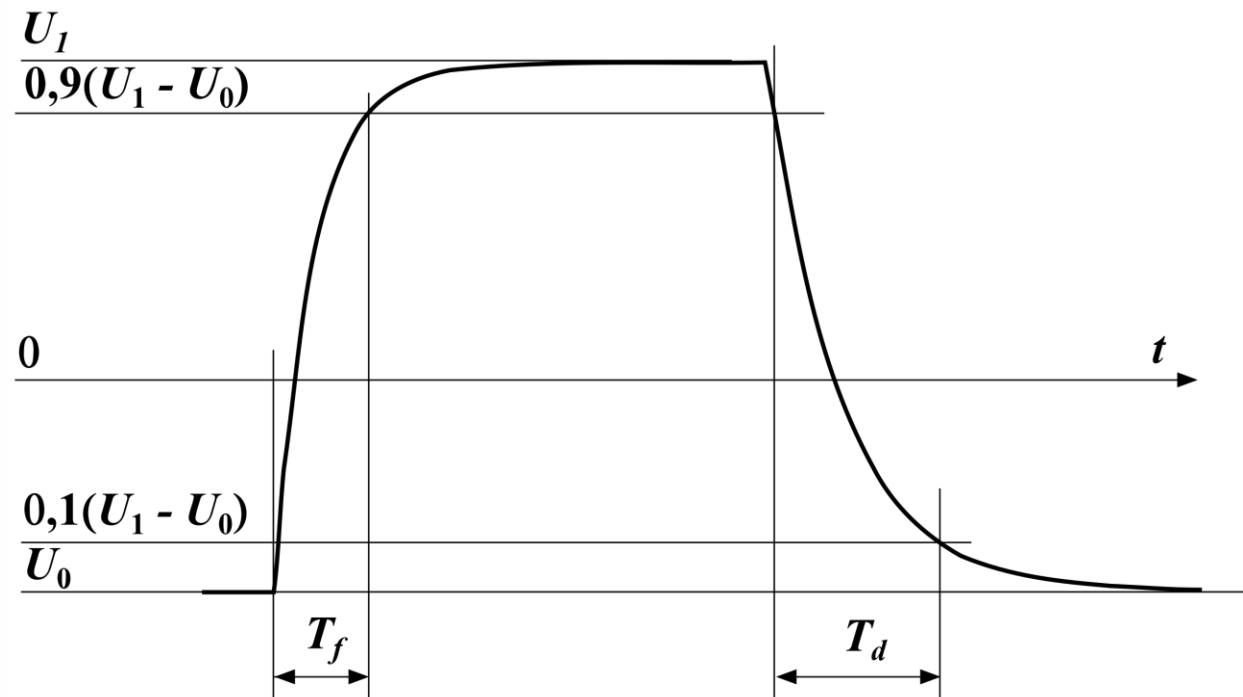


Сигнал на входе воспринимается только в момент переключения C из 0 в 1, все остальное время он не воспринимается, независимо от уровня C (0 или 1). Это синхронизация по переднему фронту.

Аналогично возможна синхронизация по заднему фронту (переключение из 1 в 0).

Для тактового сигнала, как правило, используется синхронизация по переднему фронту (из 0 в 1).

Фронт сигнала

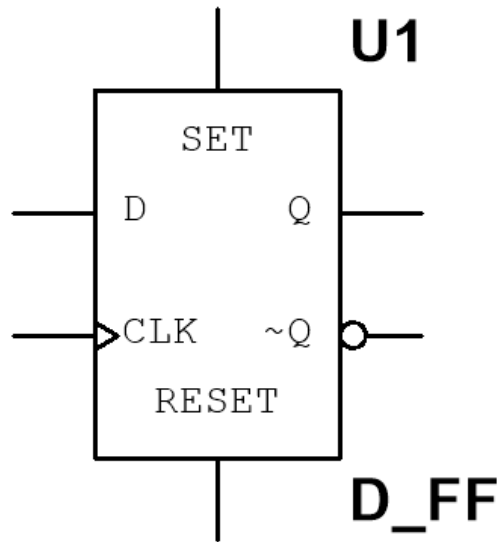


В реальности, фронт не прямоугольный, и переключение происходит не мгновенно, и тоже требует некоторого времени.

Комбинационная и последовательная логика

- Комбинационная логика переключается сразу же, как только получает входной сигнал, и не имеет синхронизации. Все, что не триггеры, а также асинхронные триггеры – это комбинационная логика;
- Последовательная логика переключается не сразу после получения входного сигнала, а с приходом следующего тактового импульса С. Синхронизируется этим же импульсом и переключается вся одновременно. Триггеры **с динамическим управлением** (т.е., синхронизируемые по фронту) – это последовательная логика.

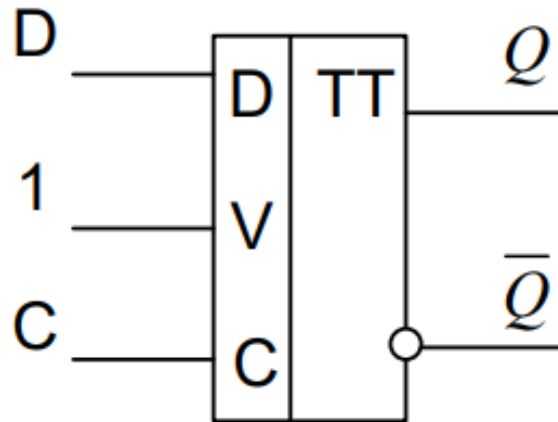
D – триггер (с динамическим управлением)



D	C	$Q(n+1)$	$!Q(n+1)$
0	0	$Q(n)$	$!Q(n)$
0	1	$Q(n)$	$!Q(n)$
0	\uparrow	0	1
0	0	$Q(n)$	$!Q(n)$
1	1	$Q(n)$	$!Q(n)$
1	\uparrow	1	0

Идея состоит в переносе сигнала со входа на выход с промежутком в один такт

DV – триггер



Добавляется сигнал валидности V, входной сигнал воспринимается только при $V = 1$ (ограничения тактового сигнала C также остаются в силе).

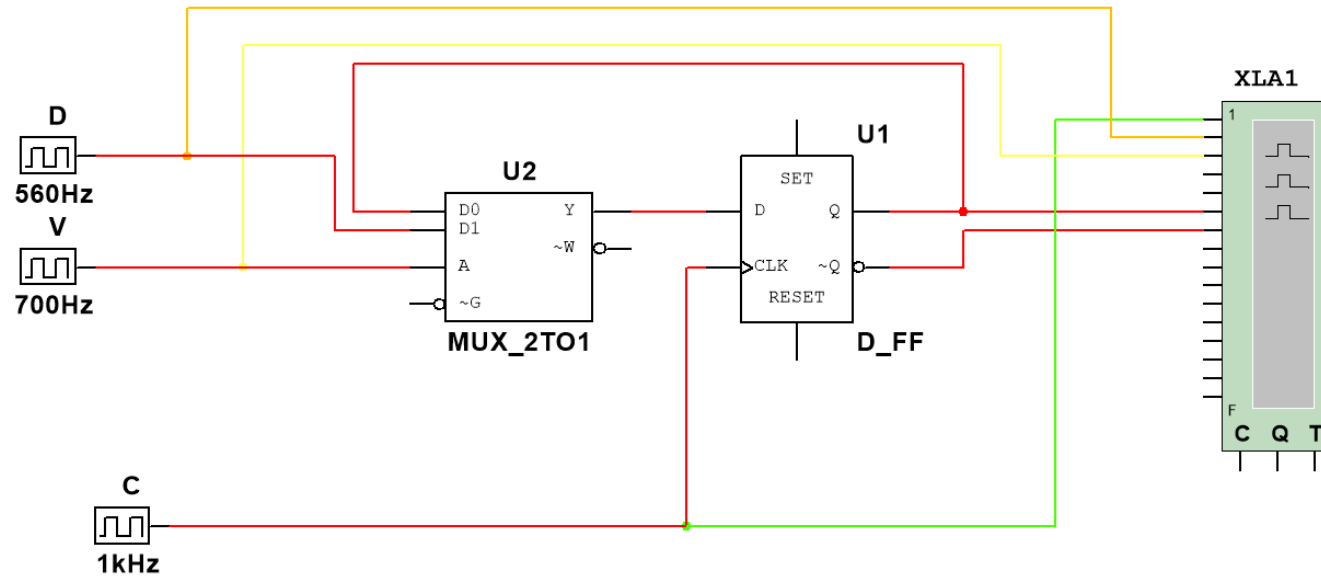
С динамическим управлением (значения $C=0,1$ опущены)

D	V	C	Q(n+1)	!Q(n+1)
0	0	\uparrow	Q(n)	!Q(n)
0	1	\uparrow	0	1
1	0	\uparrow	Q(n)	!Q(n)
1	1	\uparrow	1	0

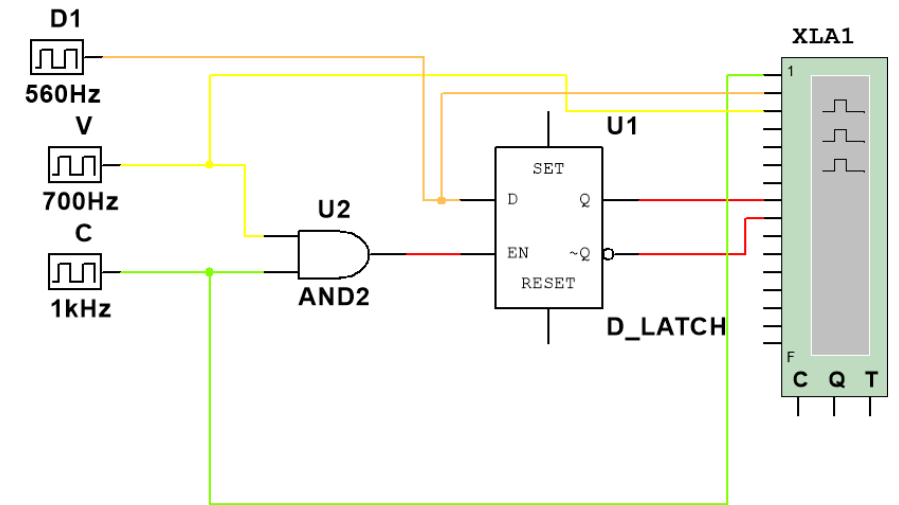
Со статическим управлением

D	V	C	Q	!Q
0	0	0	Q	!Q
0	0	1	Q	!Q
0	1	0	Q	!Q
0	1	1	0	1
1	0	0	Q	!Q
1	0	1	Q	!Q
1	1	0	Q	!Q
1	1	1	1	0

DV – триггер в Multisim

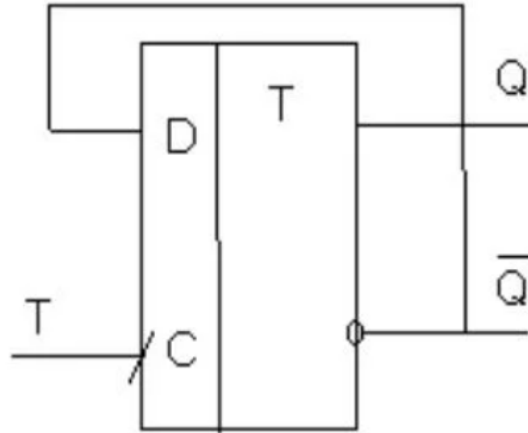
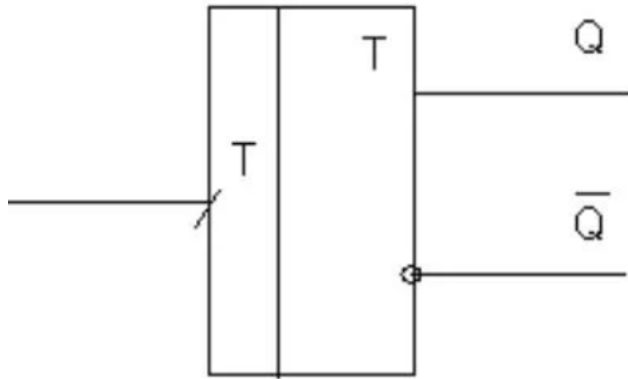


С динамическим управлением



Со статическим управлением

T – триггер



Счётный триггер, осуществляющий операцию двоичного сложения текущих входного и выходного значений.

С динамическим управлением

T	C	Q(n)	Q(n+1)
0	↑	0	0
0	↑	1	1
1	↑	0	1
1	↑	1	0

Со статическим управлением

T	C	Q(n)	Q(n+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

T – триггер в Multisim

