

Тема:
Триггеры

Триггер

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.

Классификация триггеров

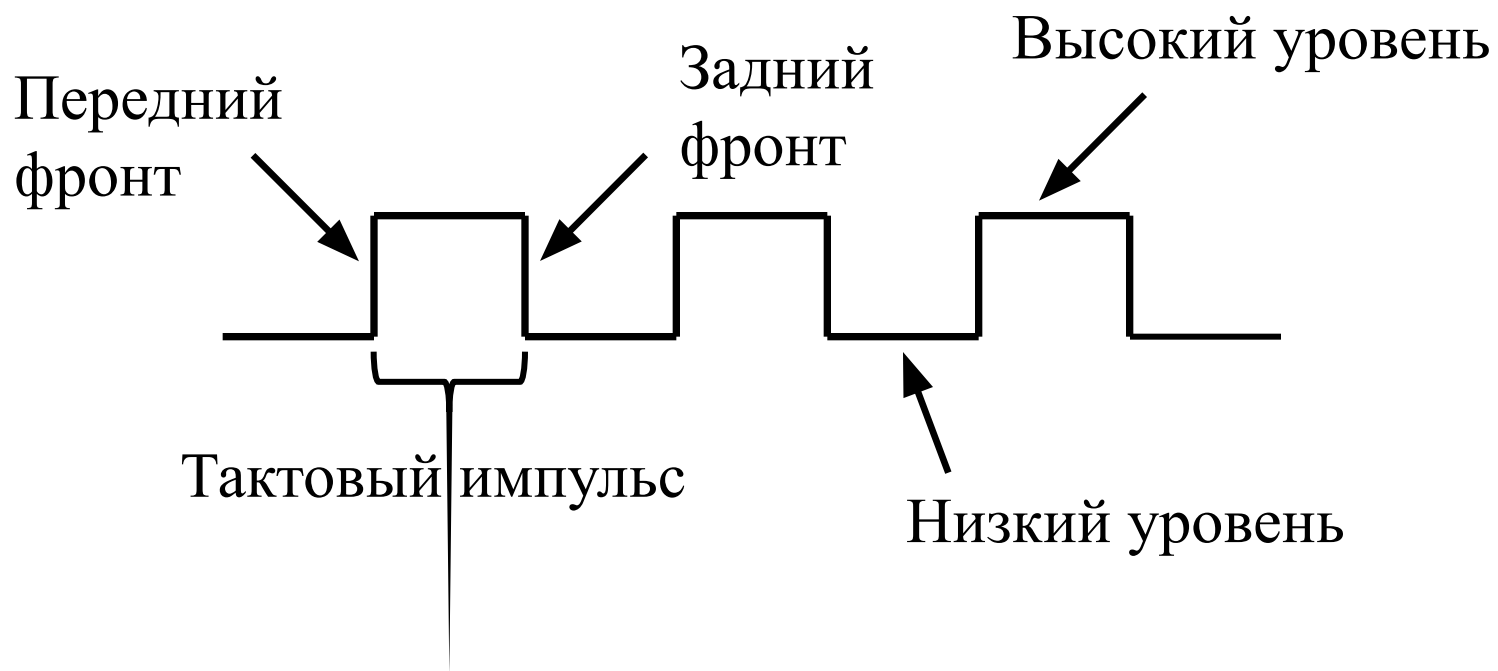
1. По логическому функционированию:
RS, D, T, JK (основные типы).
2. По способу записи информации:
 - асинхронные;
 - синхронные:
 - со статическим управлением (стробируемые);
 - с динамическим управлением (тактируемые).
3. По количеству ступеней:
 - одноступенчатые;
 - двухступенчатые.

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.

Сигнал синхронизации — последовательность дискретных импульсов стабильной частоты.



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, фронтной 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 C называется **прямым динамическим**, если переключение триггера происходит в момент прихода переднего фронта, **инверсным динамическим** – если переключение происходит в момент прихода заднего фронта.

В одноступенчатых триггерах для запоминания информации используется только одна ступень.

Возникают проблемы при записи и считывании информации в пределах одного такта.

Что считано? Старая информация или новая?

Двухступенчатые триггеры состоят из двух одноступенчатых, работающих в противофазе. Работают в 2 раза медленнее, но решают проблему одноступенчатых триггеров: когда вторая ступень еще хранит старую информацию, первая уже может принимать новую.

Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ

S	R	Q_i	\overline{Q}_i
0	0	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	*	*

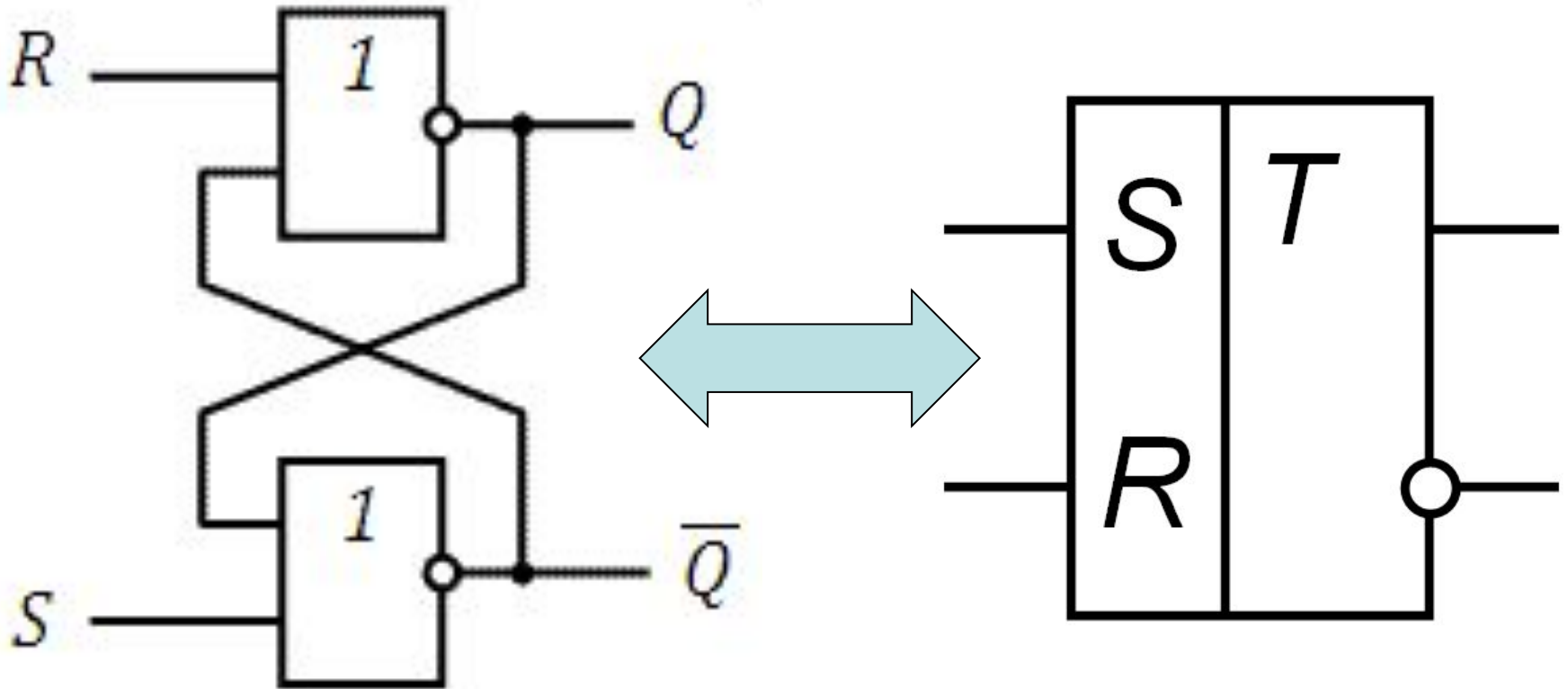
* – неопределенное состояние.

R – Reset (сброс).

S – Set (установка).

Это простейший триггер, служащий основой для построения более сложных триггеров.

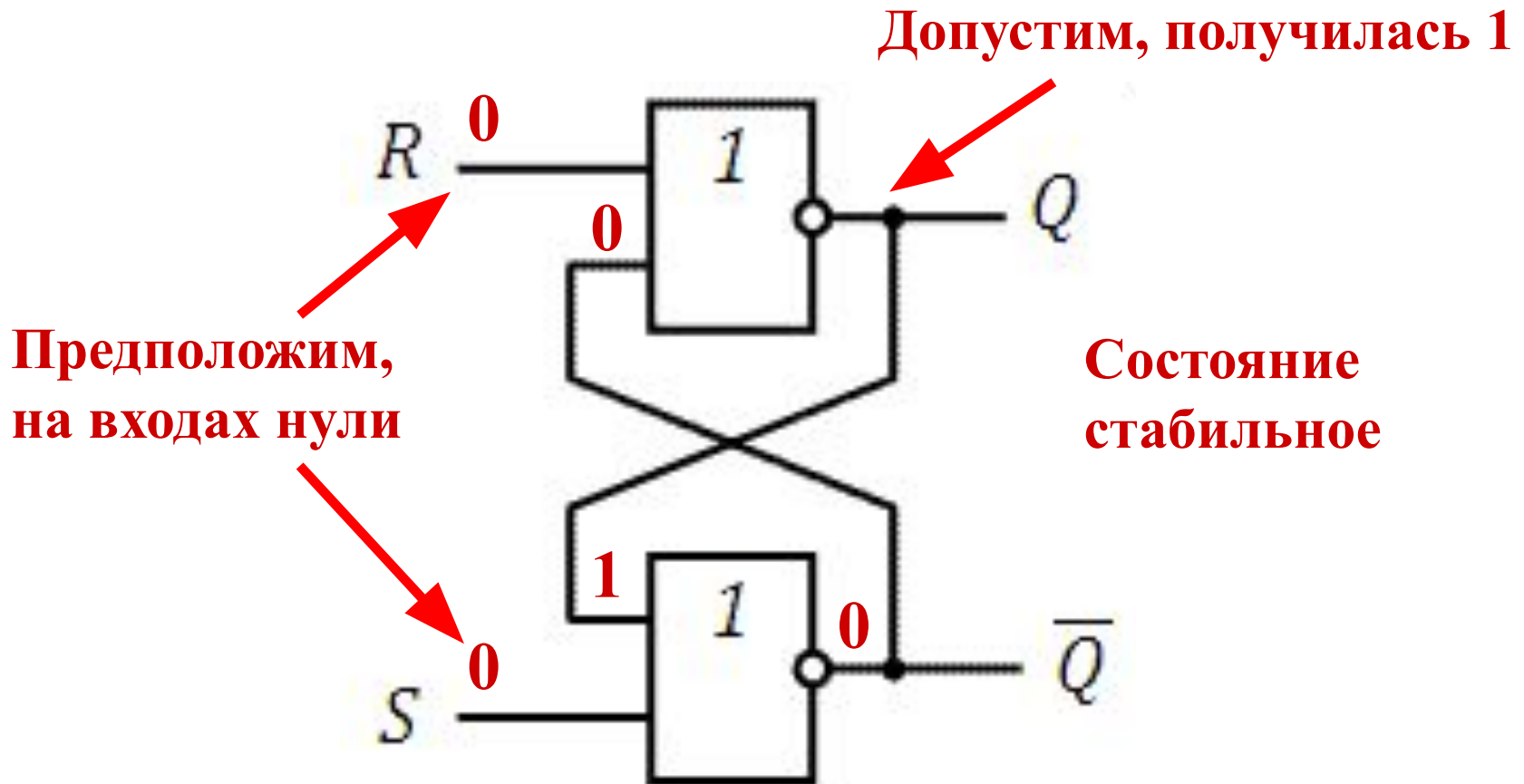
Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ



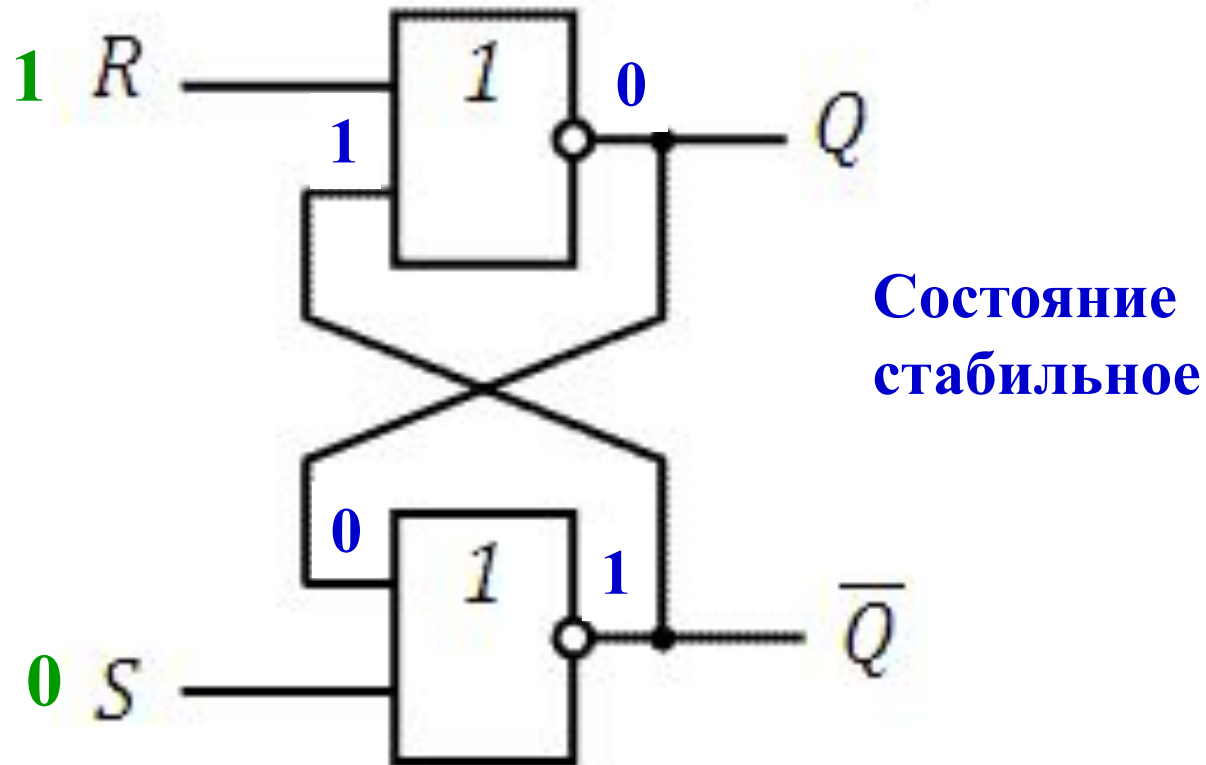
Поскольку реальные времена срабатывания логических элементов зависят от незначительных отклонений в процессе их изготовления, то при включении питания триггер непредсказуемо принимает одно из двух состояний.

Это приводит к необходимости выполнять первоначальную установку триггера в требуемое исходное состояние.

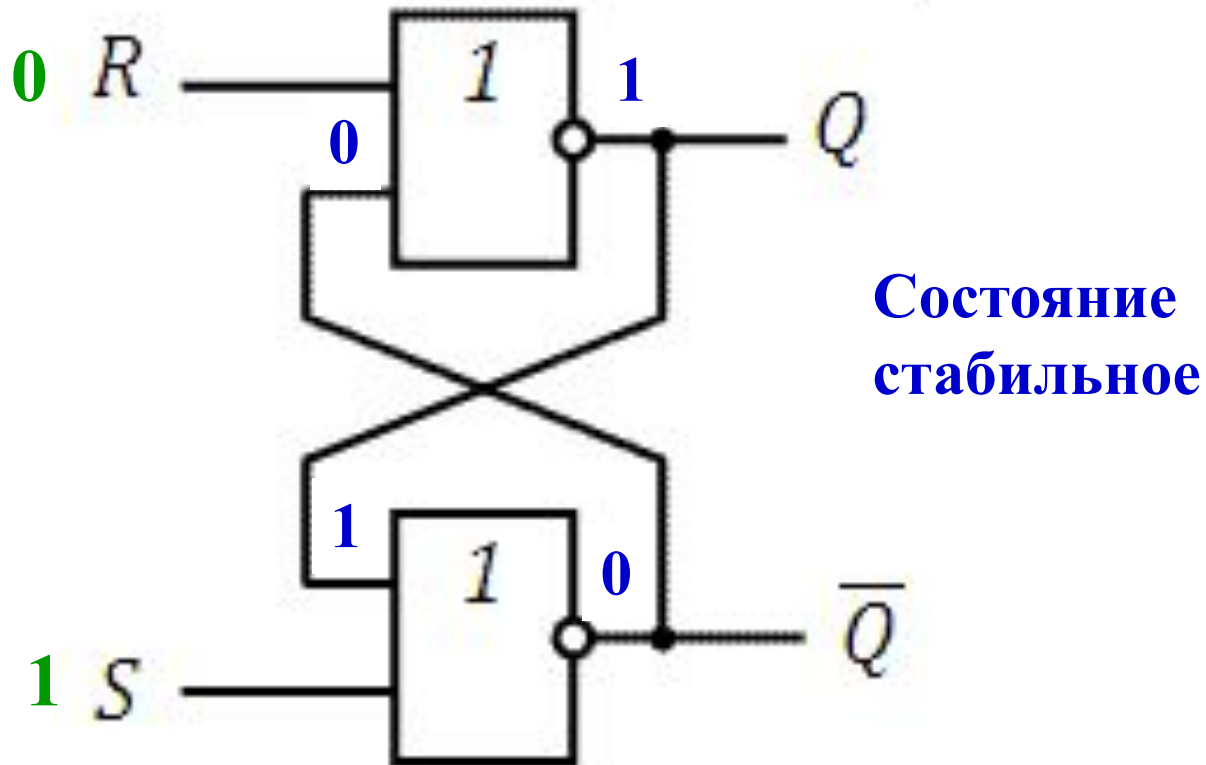
Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ (хранение)



Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ (сброс)

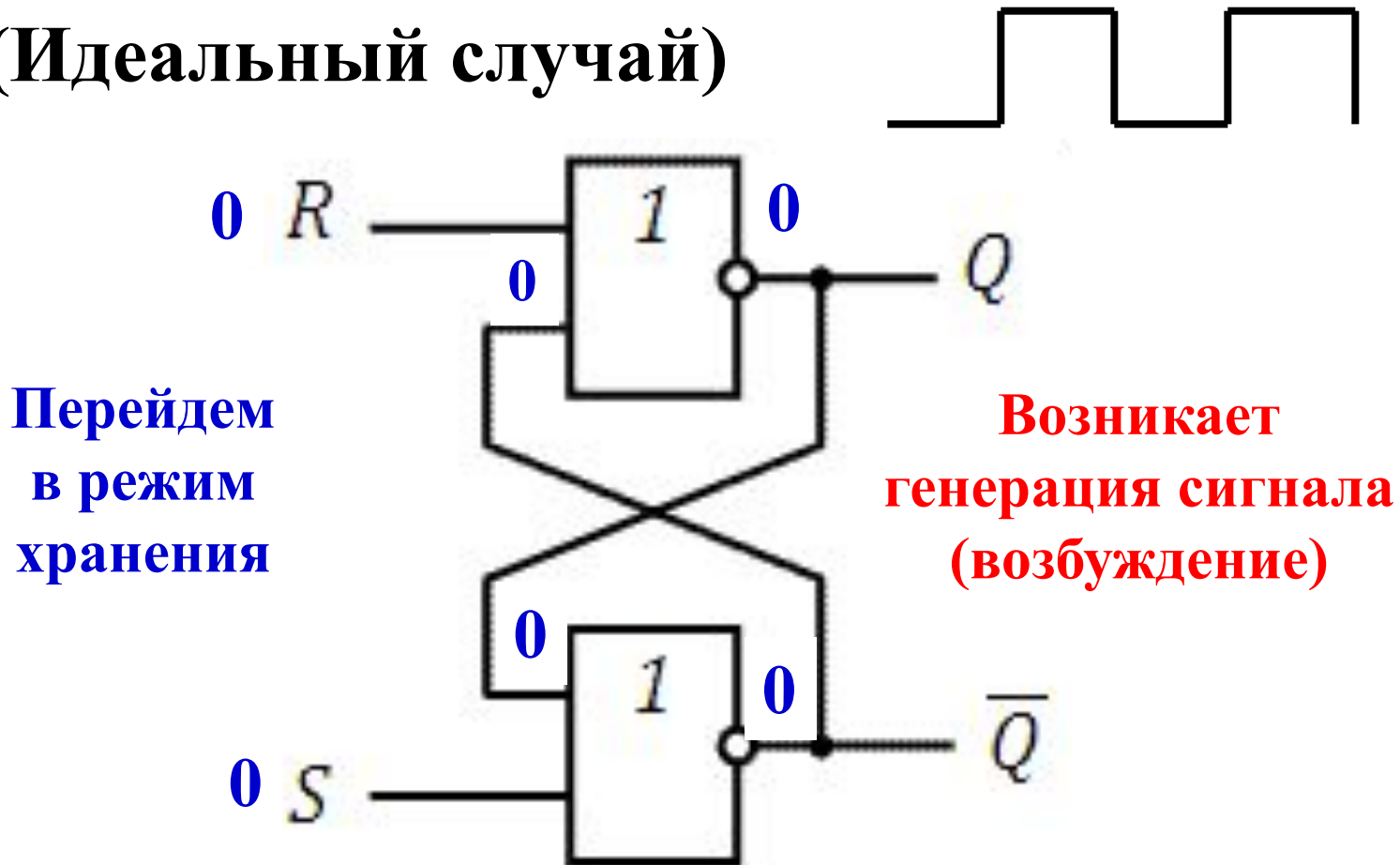


Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ (установка)

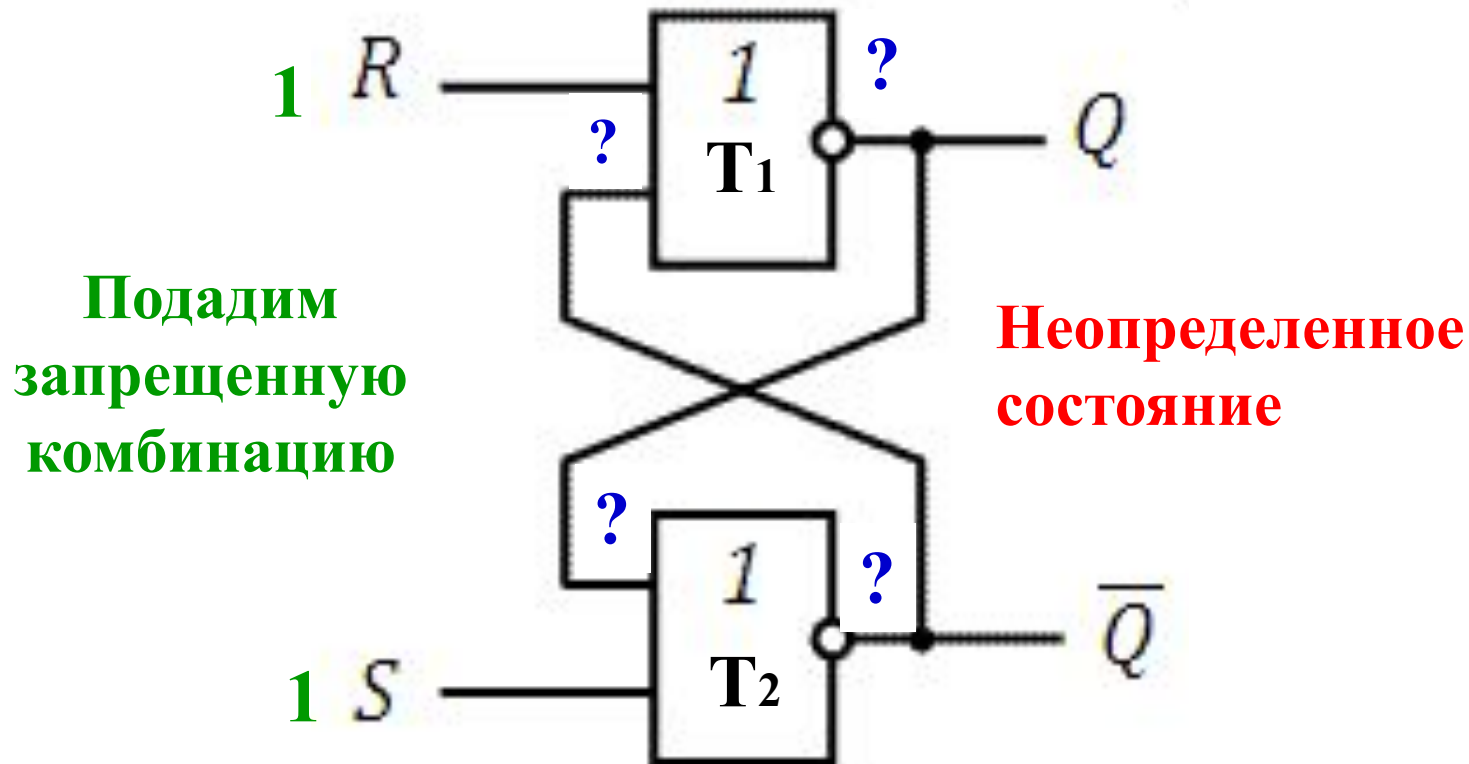


Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ (запрещенная комбинация)

(Идеальный случай)



Асинхронный RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ (запрещенная комбинация) (В реальности)



Асинхронный RS-триггер на элементах И-НЕ

S	R	Q_i	\overline{Q}_i
1	1	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	*	*

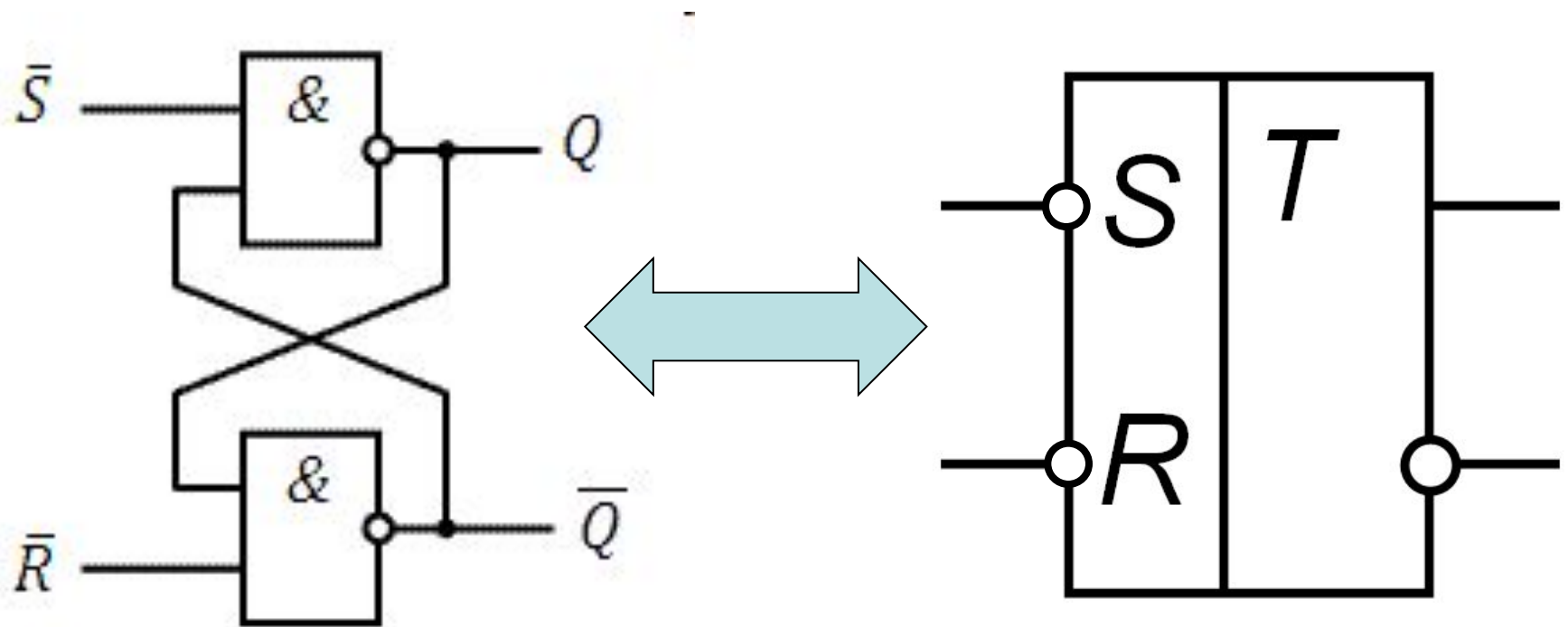
* – неопределенное состояние.

R – Reset (сброс).

S – Set (установка).

Это простейший триггер, служащий основой для построения более сложных триггеров.

Асинхронный RS-триггер на элементах И-НЕ



Возьмем его за основу...

Синхронный RS-триггер со статическим управлением

C	S	R	Q_i	\overline{Q}_i
0	X	X	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	0	0	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	*	*

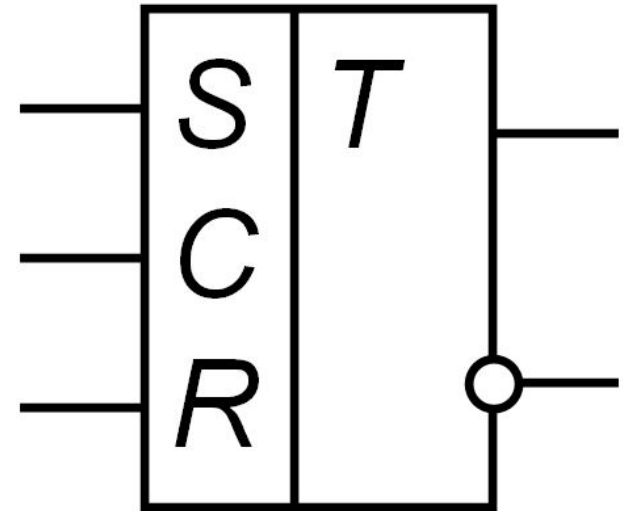
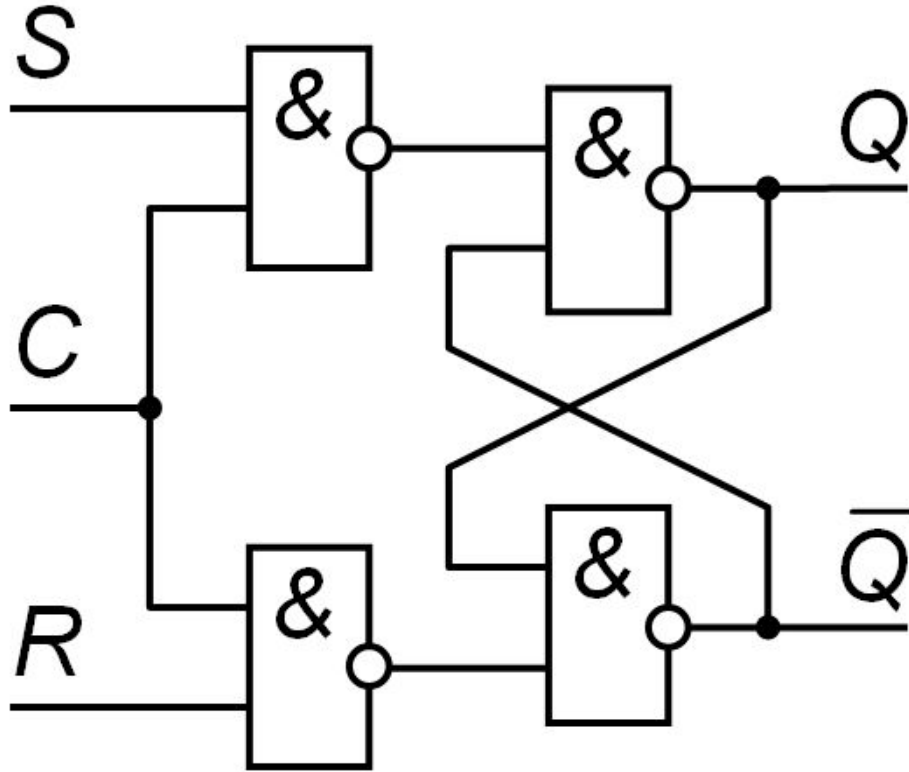
* – неопределенное состояние.

X – любое значение.

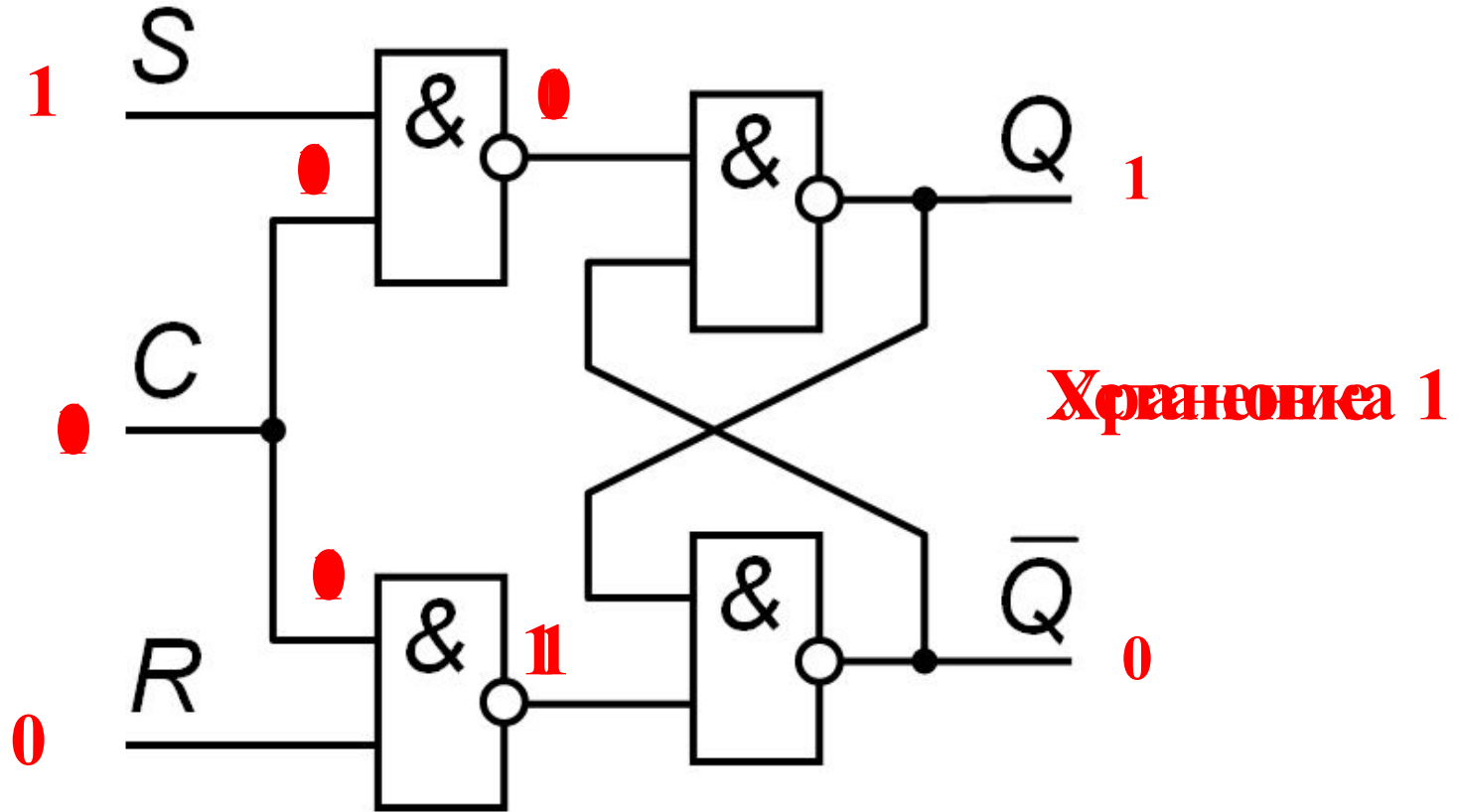
R – Reset (сброс).

S – Set (установка).

Синхронный RS-триггер со статическим управлением



Синхронный RS-триггер со статическим управлением



Синхронный двухступенчатый RS-триггер с асинхронными входами и статическим управлением

Записано новое значение

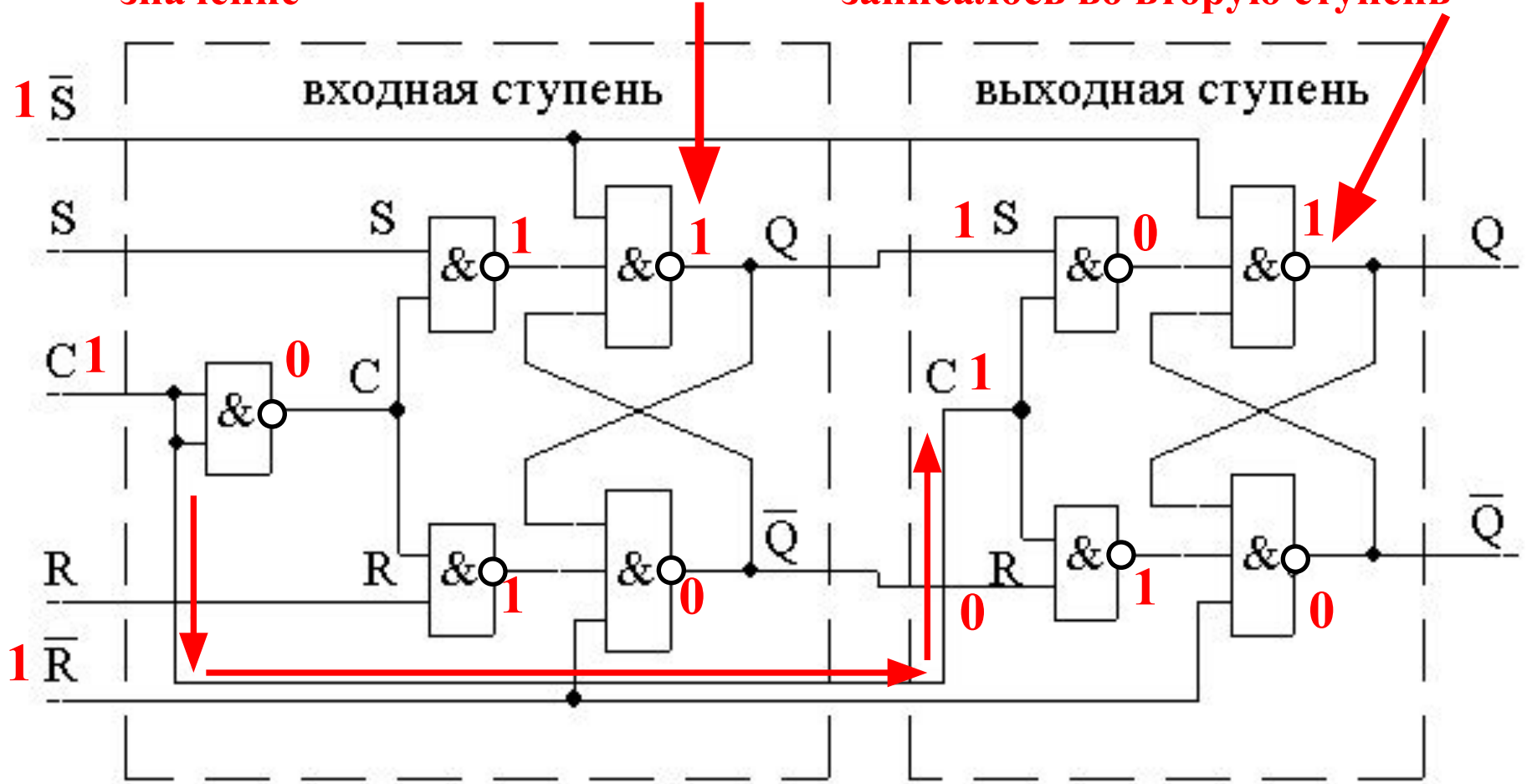
Хранится старое значение



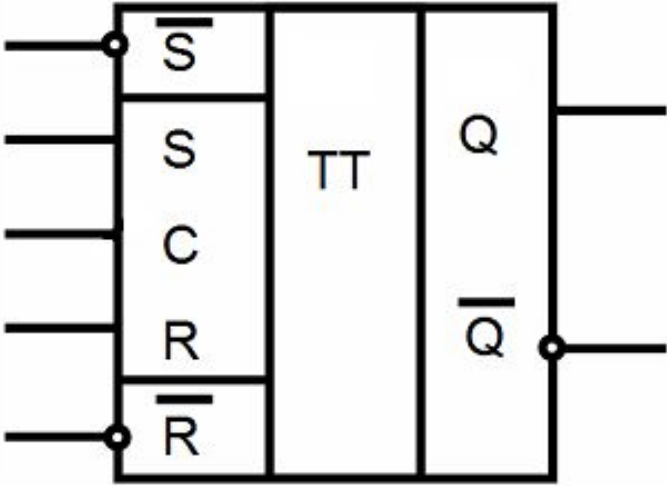
Синхронный двухступенчатый RS-триггер с асинхронными входами и статическим управлением

Хранится поступившее ранее значение

Поступившее значение записалось во вторую ступень



Синхронный двухступенчатый RS-триггер с асинхронными входами и статическим управлением



Синхронный RS-триггер с динамическим управлением

C	S	R	Q_i	\overline{Q}_i
0	x	x	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	x	x	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1->0	x	x	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
0->1	0	0	*	*
0->1	1	0	0	1
0->1	0	1	1	0
0->1	1	1	Q_{i-1}	Q_{i-1}

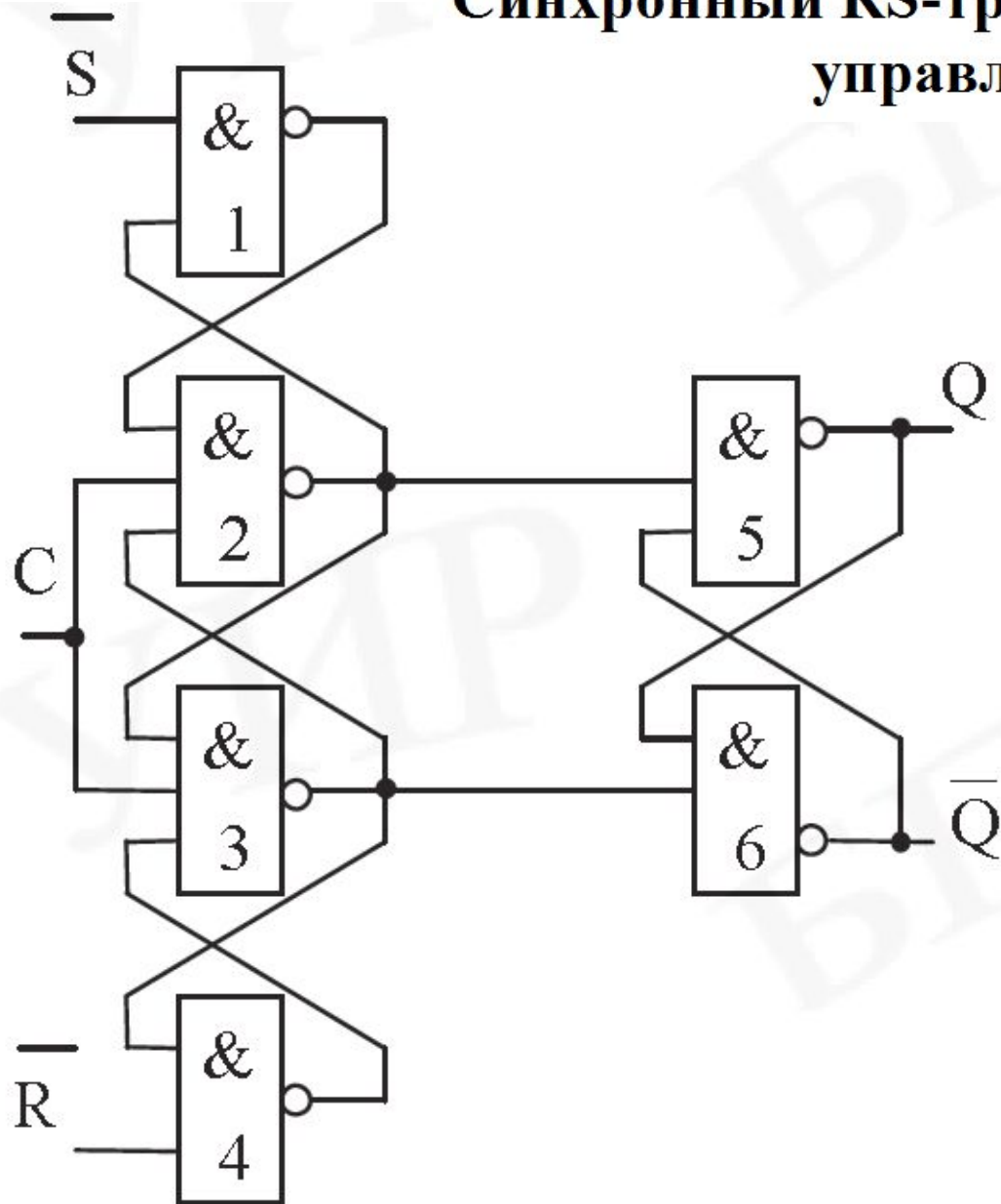
* – неопределенное состояние.

X – любое значение.

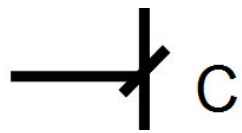
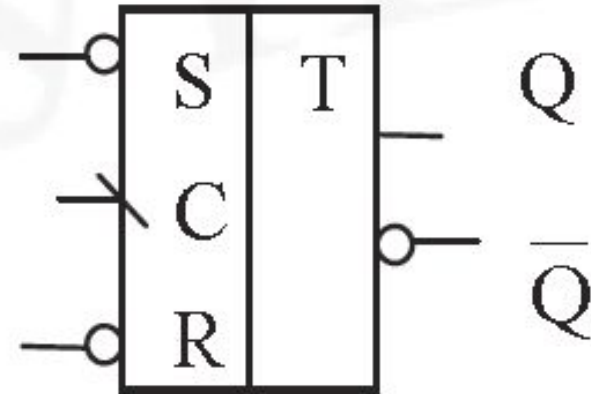
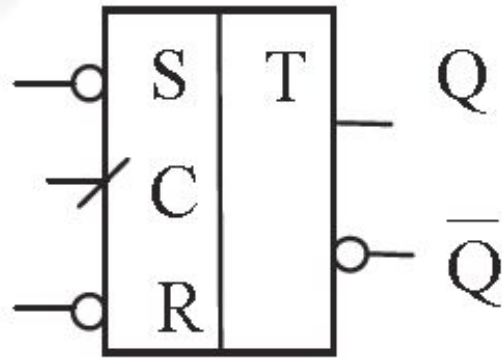
R – Reset (сброс).

S – Set (установка).

Синхронный RS-триггер с динамическим управлением



Синхронный RS-триггер с динамическим управлением

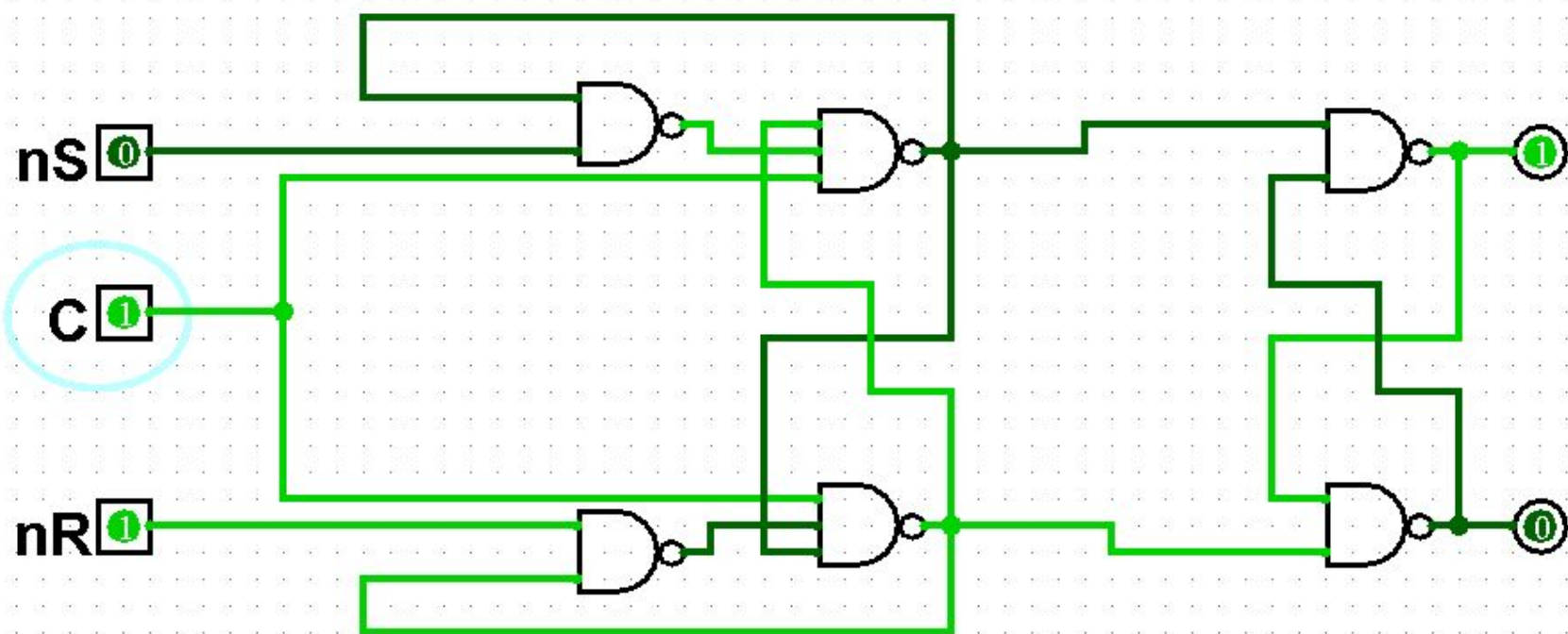


– работает по переднему фронту

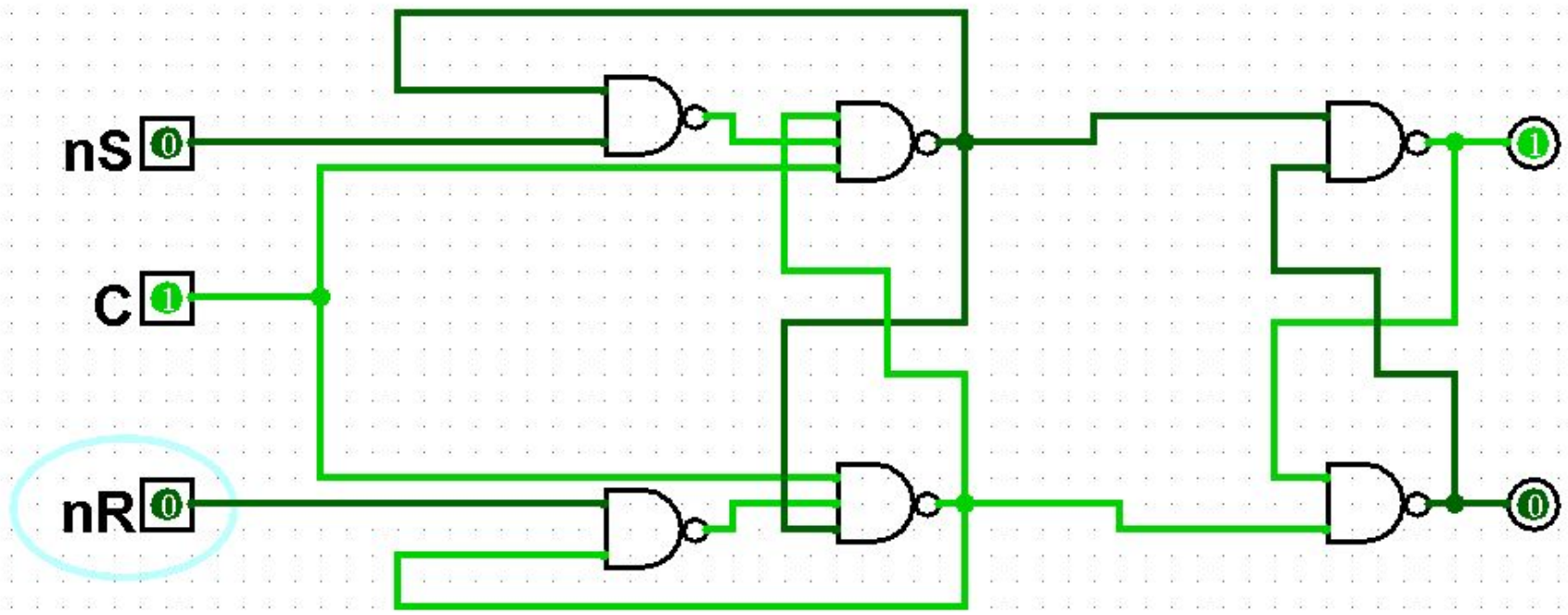


– работает по заднему фронту

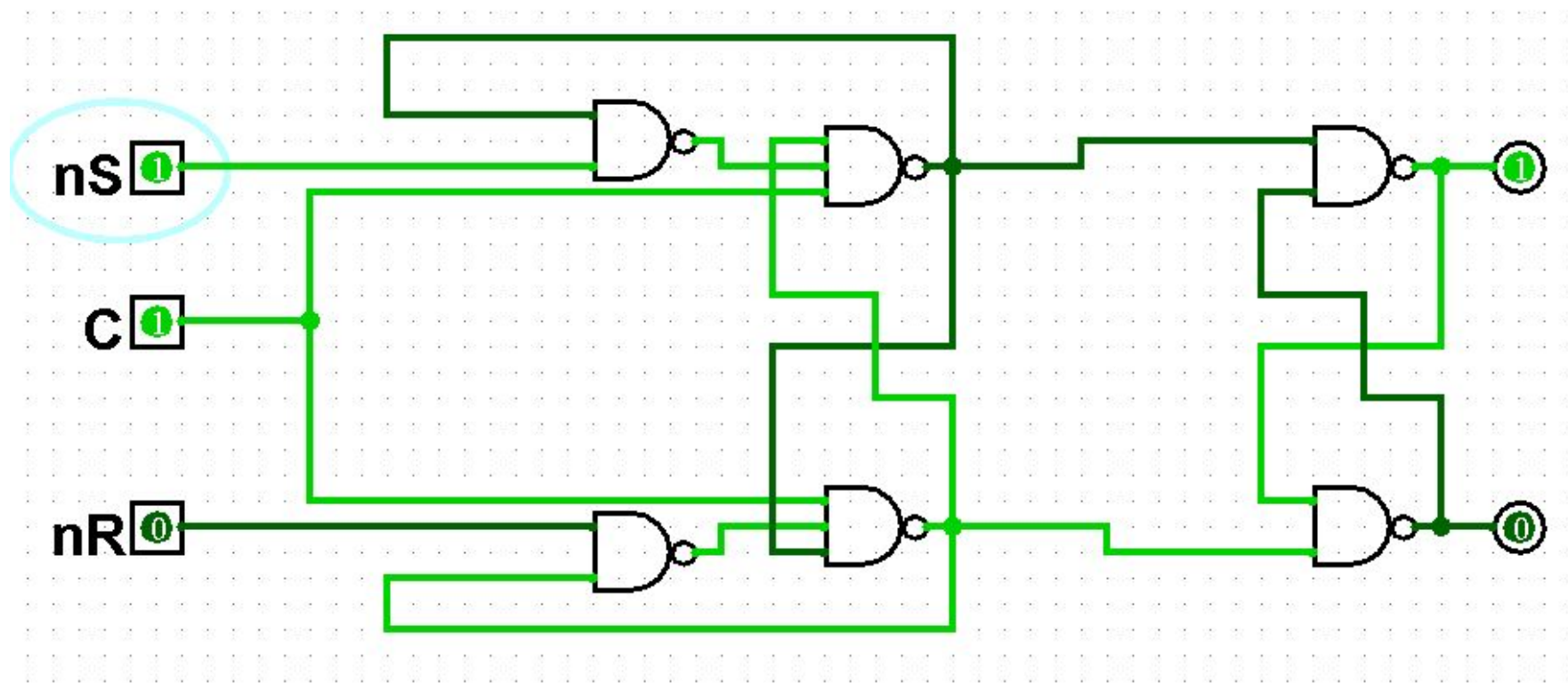
Синхронный RS-триггер с динамическим управлением

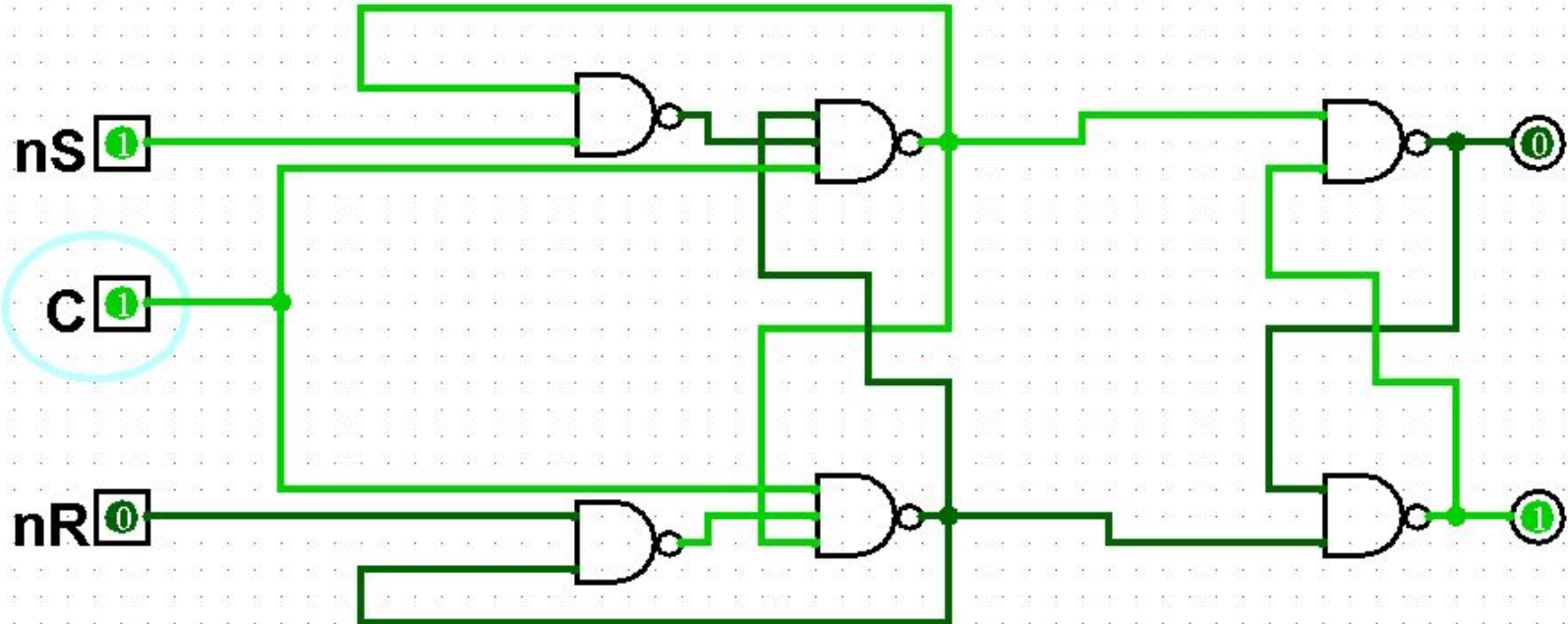
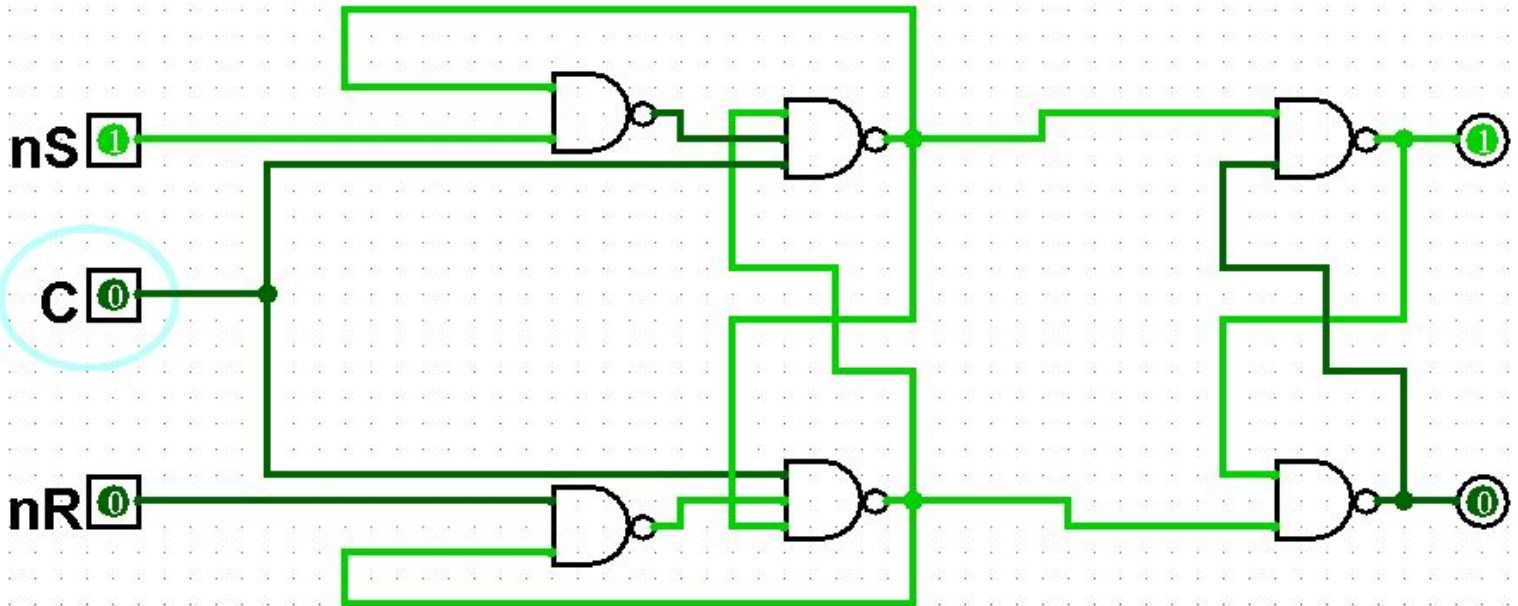


Синхронный RS-триггер с динамическим управлением



Синхронный RS-триггер с динамическим управлением





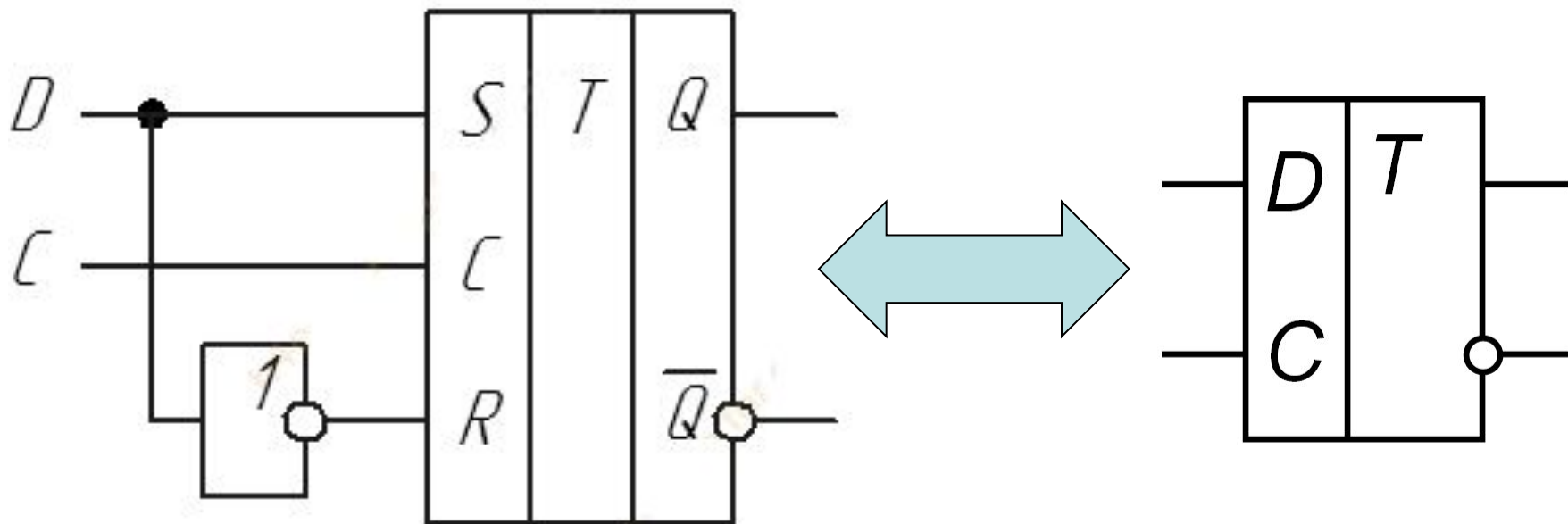
D-триггер

Триггер-задержка – хранит предыдущее состояние до прихода очередного синхроимпульса.

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

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

D-триггер



T-триггер

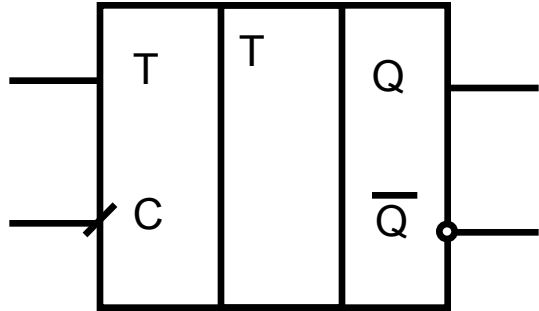
Триггер-счетчик – с приходом очередного счетного импульса меняет свое состояние на противоположенное.

Таблица истинности для синхронного T-триггера

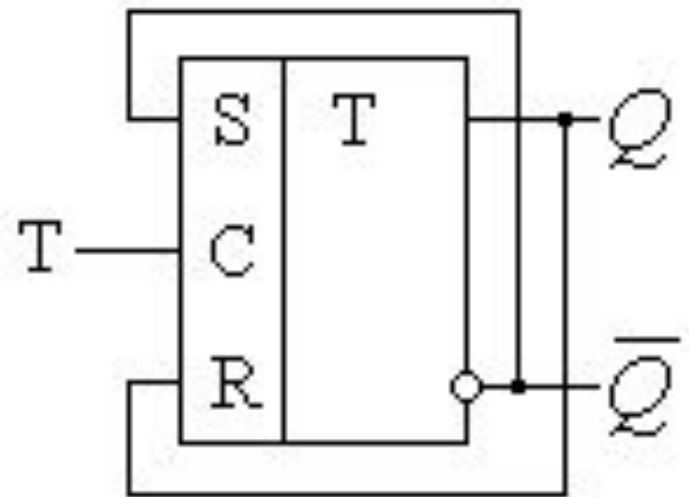
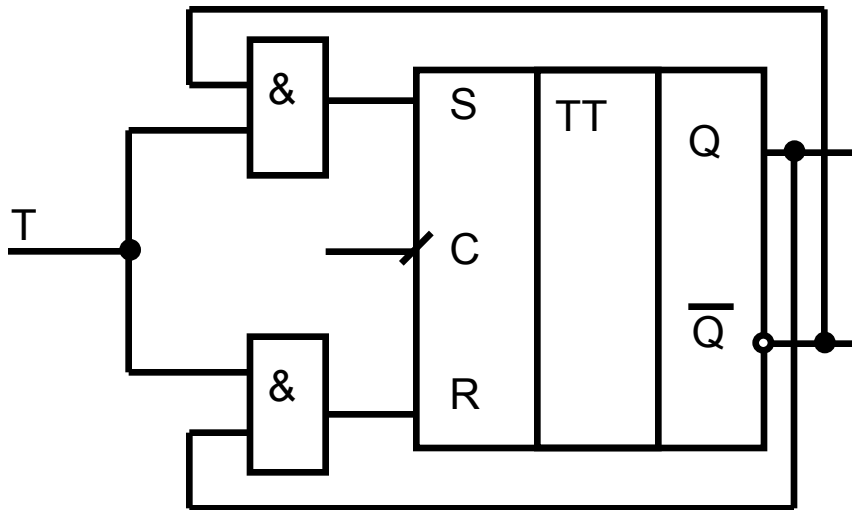
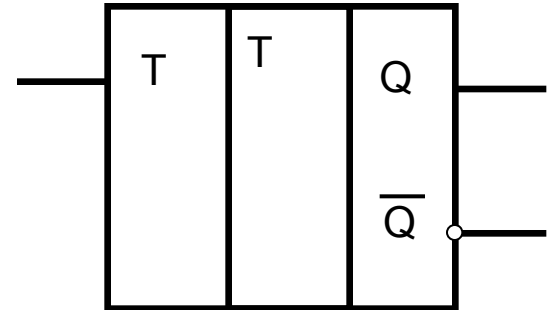
C	T	Q_i	\overline{Q}_i
0	0	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
0	1	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	0	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
1	1	\overline{Q}_{i-1}	Q_{i-1}

T-триггер

Синхронный



Асинхронный



JK-триггер

Универсальный триггер – отличается от RS-триггера тем, что не имеет запрещенных состояний.

J – аналогичен сигналу S (переводит триггер в единицу).

K – аналогичен сигналу R (переводит триггер в ноль).

При J и K одновременно равных единице JK-триггер работает как T-триггер, меняя свое состояние на противоположное.

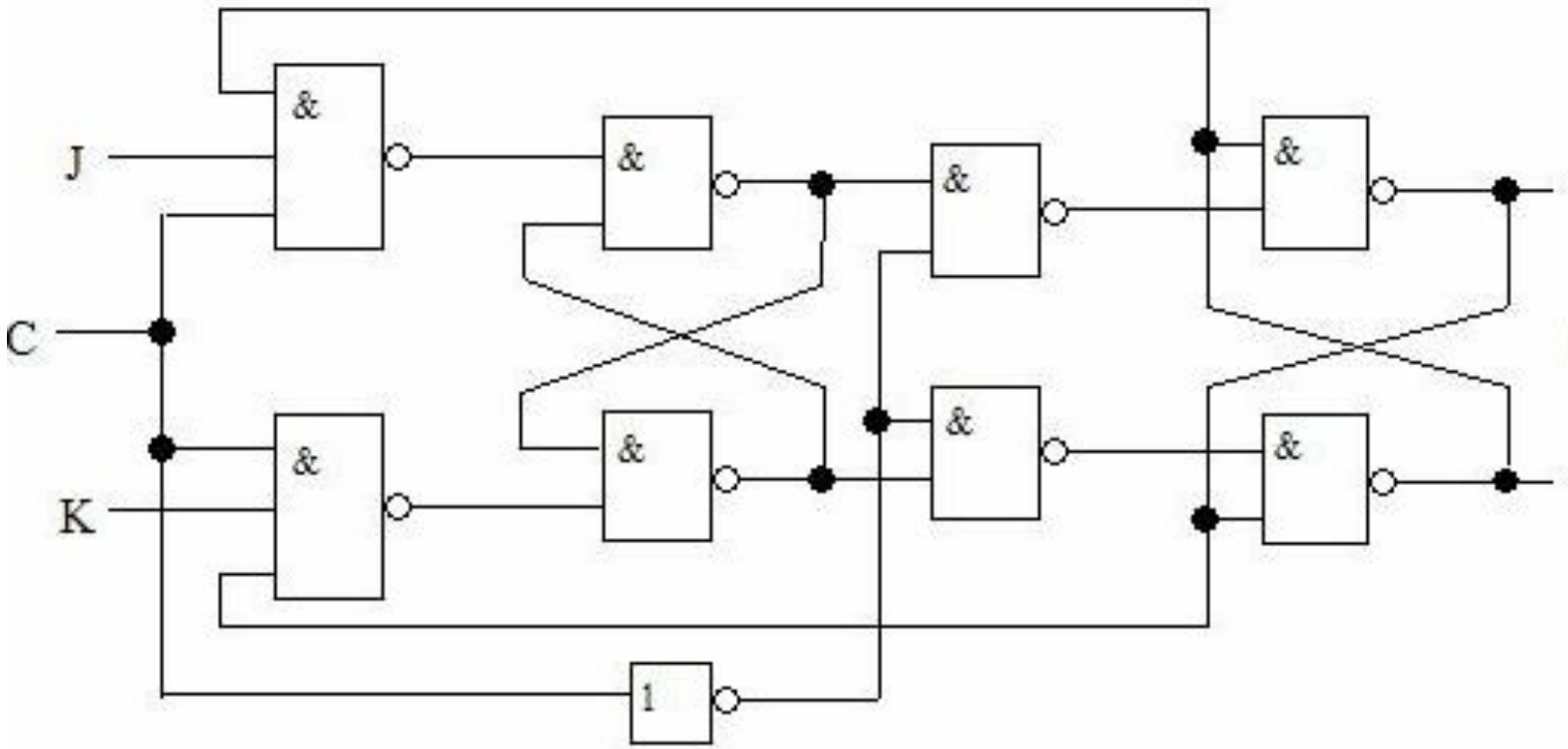
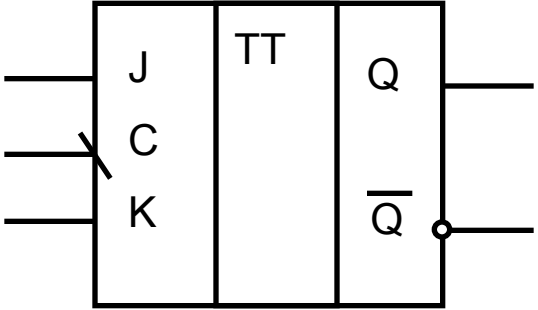
Синхронный двухступенчатый JK-триггер

C	J	K	\overline{Q}_i	Q_i
1	0	0	\overline{Q}_{i-1}	Q_{i-1}
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
0	x	x	\overline{Q}_{i-1}	Q_{i-1}

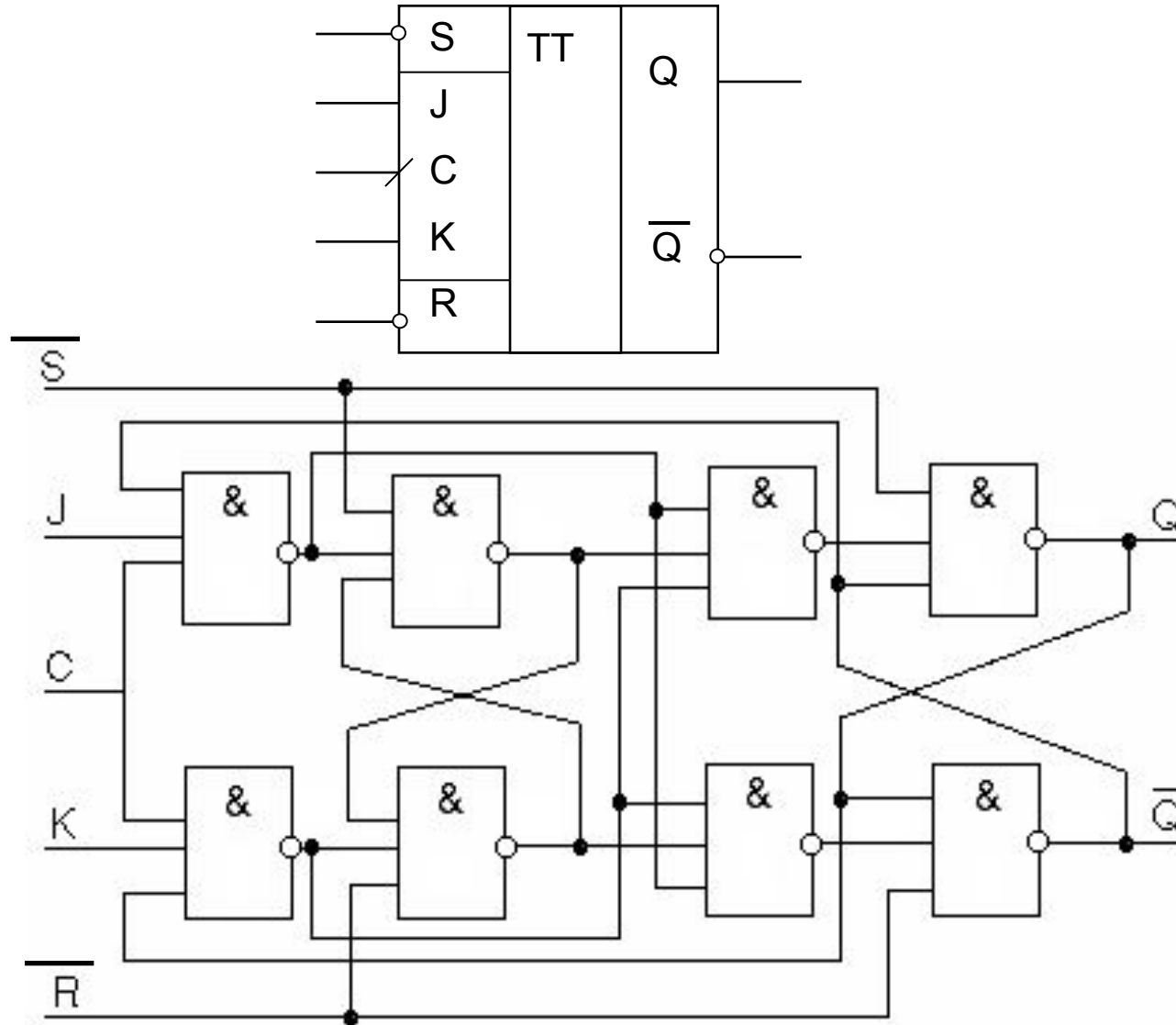
K – сброс.

J – установка.

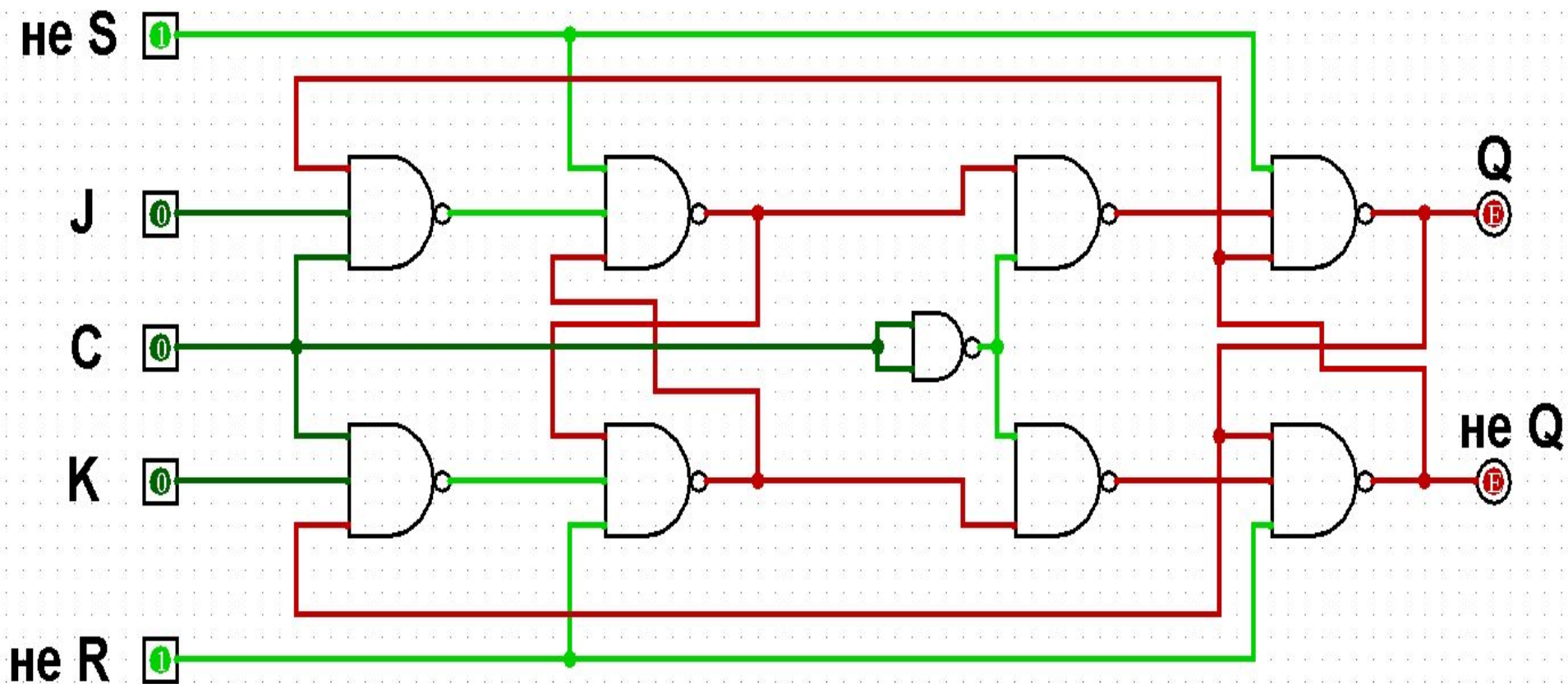
Синхронный двухступенчатый JK-триггер



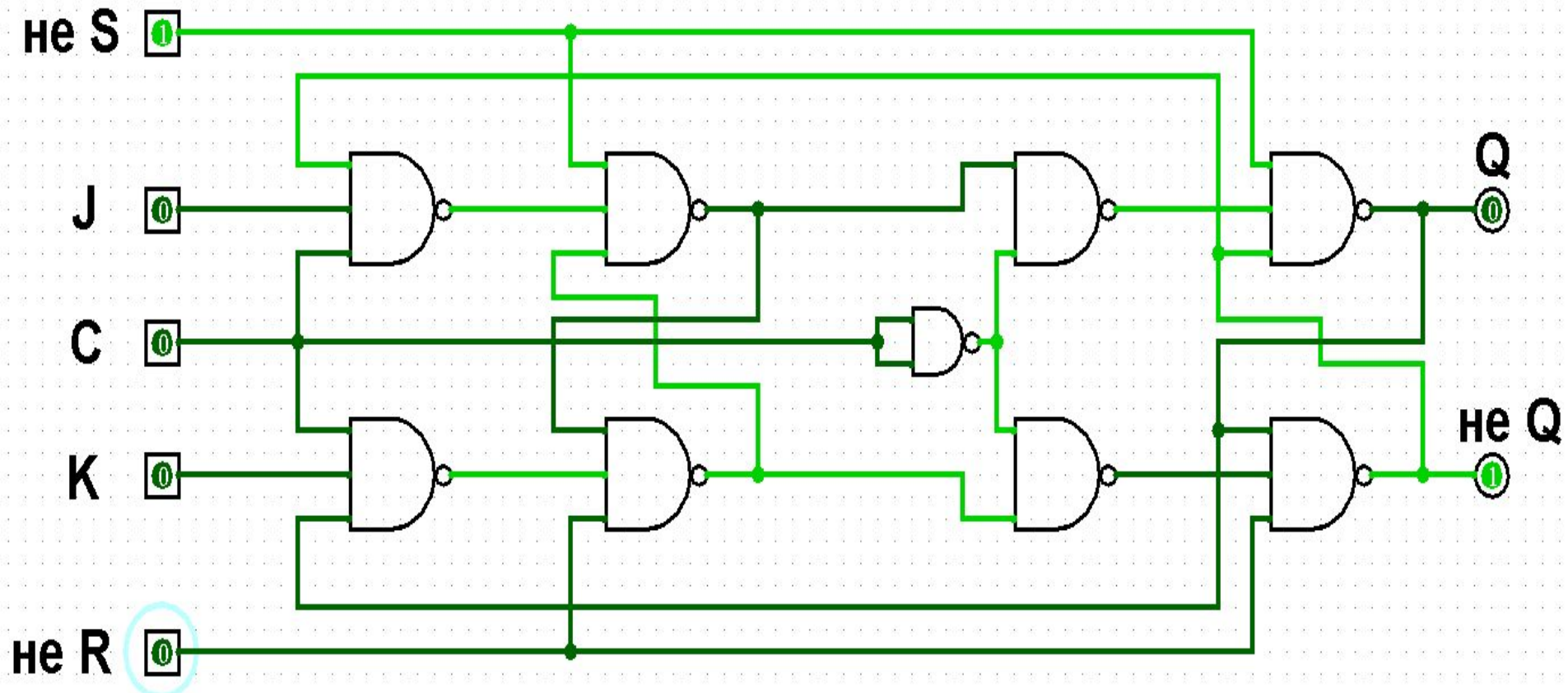
Синхронный двухступенчатый JK-триггер с асинхронными входами



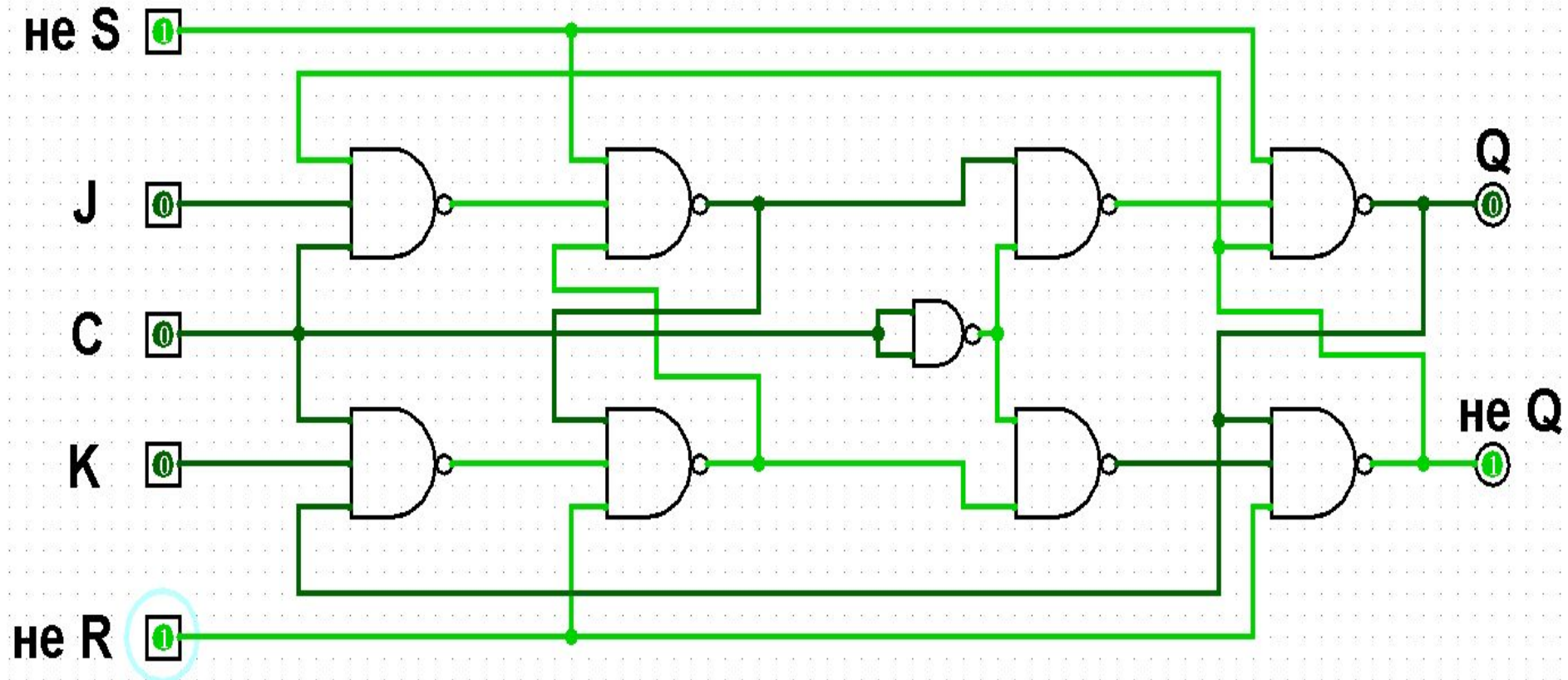
В начальный момент состояние триггера не определено



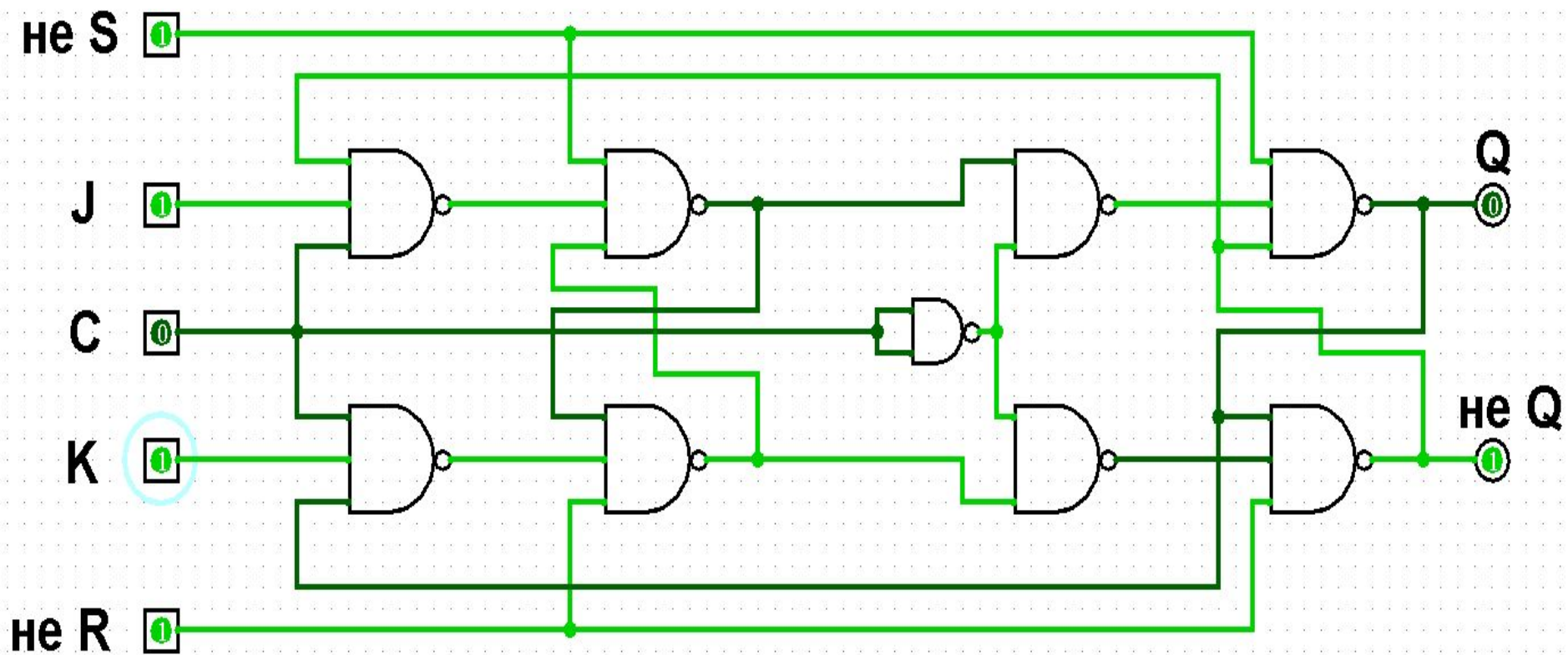
Сбросим триггер в 0



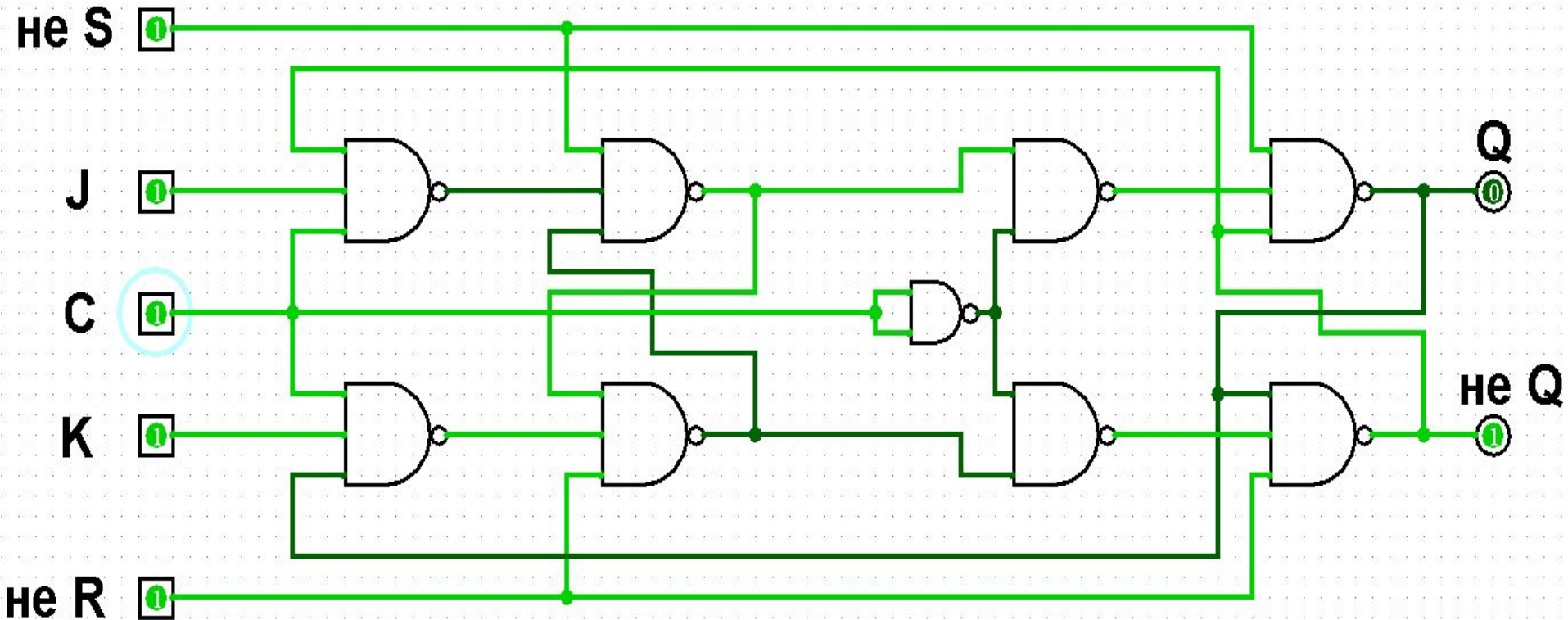
Восстановим НЕ R = 1



Подадим $J = 1$ и $K = 1$

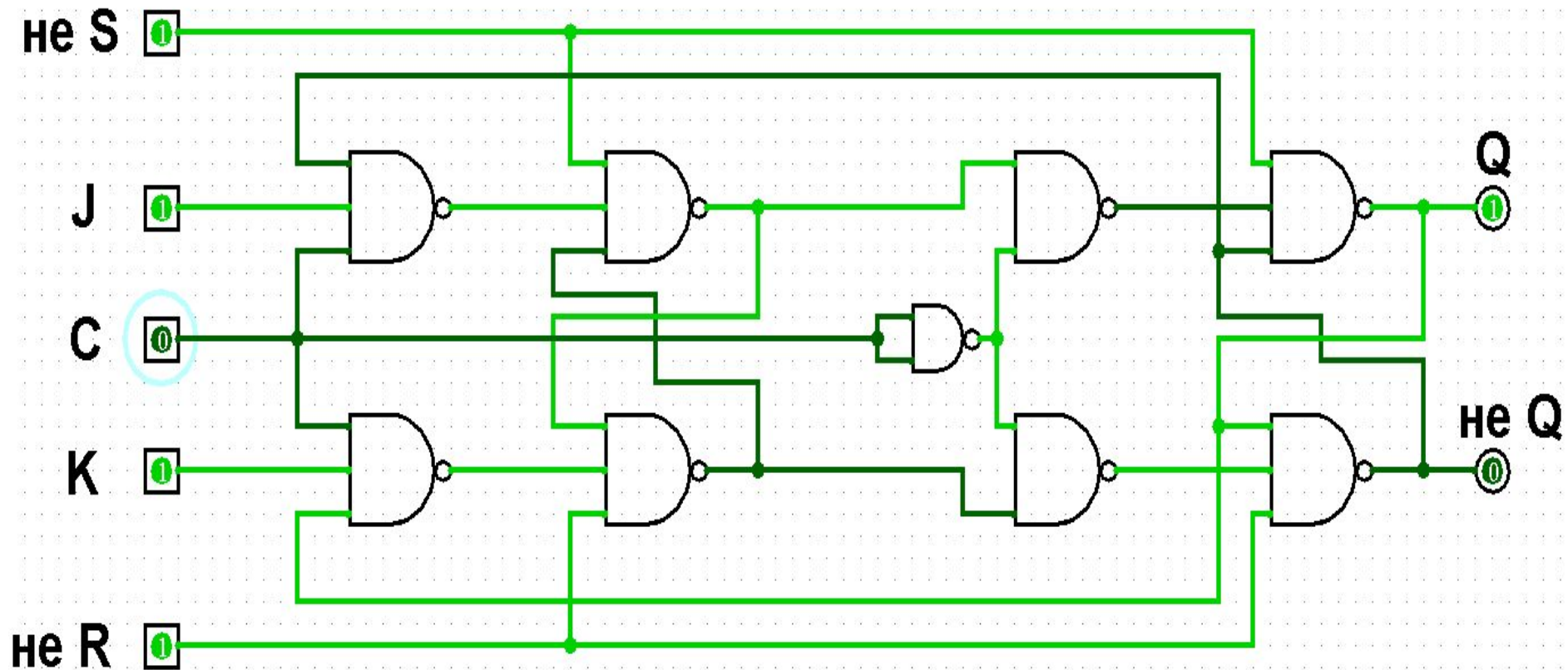


Подадим синхросигнал $C = 1$



**Переключилась
первая ступень**

Снимем синхросигнал ($C = 0$)



**Переключилась
вторая ступень**

Тема: **Счетчики**

Счетчиком называется цифровой автомат, предназначенный для счета входных импульсов хранения их количества в виде двоичного числа.

Параметры счетчика:

- **Модуль счета (M)** - максимальное количество единичных импульсов, которое может быть сосчитано счетчиком. Счетчик обнуляется, когда приходит M -ый импульс.

- **Шаг счета** – приращение значения счетчика при приходе очередного импульса.

- **Направление счета** – в сторону увеличения значений, или в сторону уменьшения значений.

По модулю счета:

- двоичные;
- двоично-десятичные;
- с произвольным постоянным модулем счёта;
- с переменным модулем счёта.

Шаг счета:

- 1;
- 2;
- ...
- $K < M$

По направлению счета:

- суммирующие;
- вычитающие;
- реверсивные.

По способу организации межразрядных связей счетчики делятся на:

- *счетчики с последовательным переносом (асинхронные счетчики)*, в которых переключение триггеров разрядных схем осуществляется

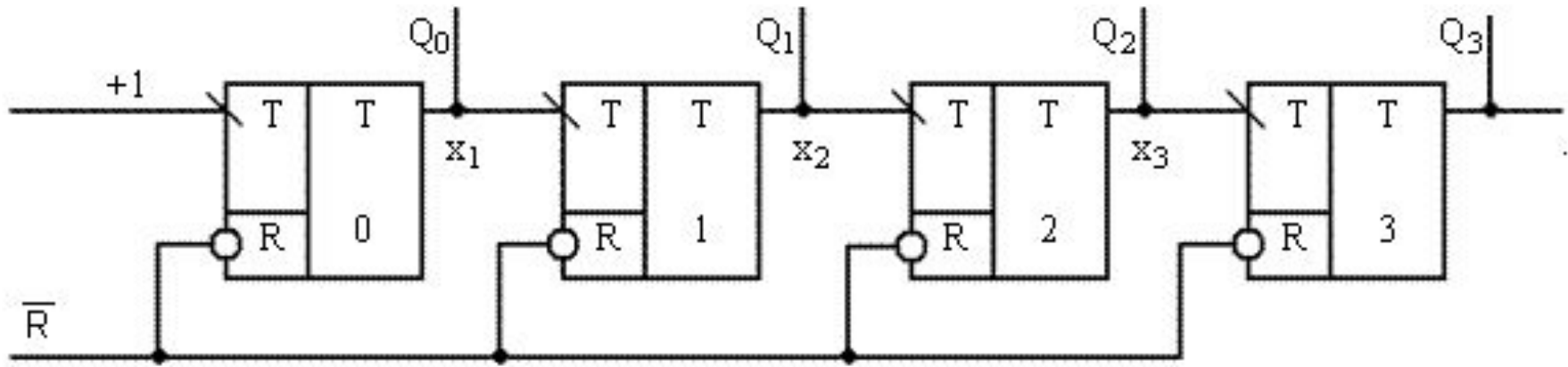
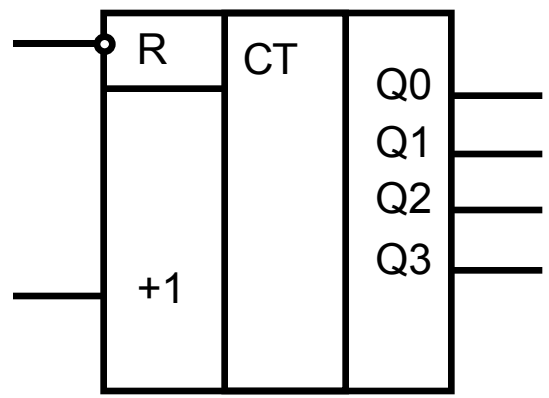
последовательно один за другим;

- *счетчики с параллельным переносом (синхронные счетчики)*, в которых переключение всех триггеров разрядных схем осуществляется

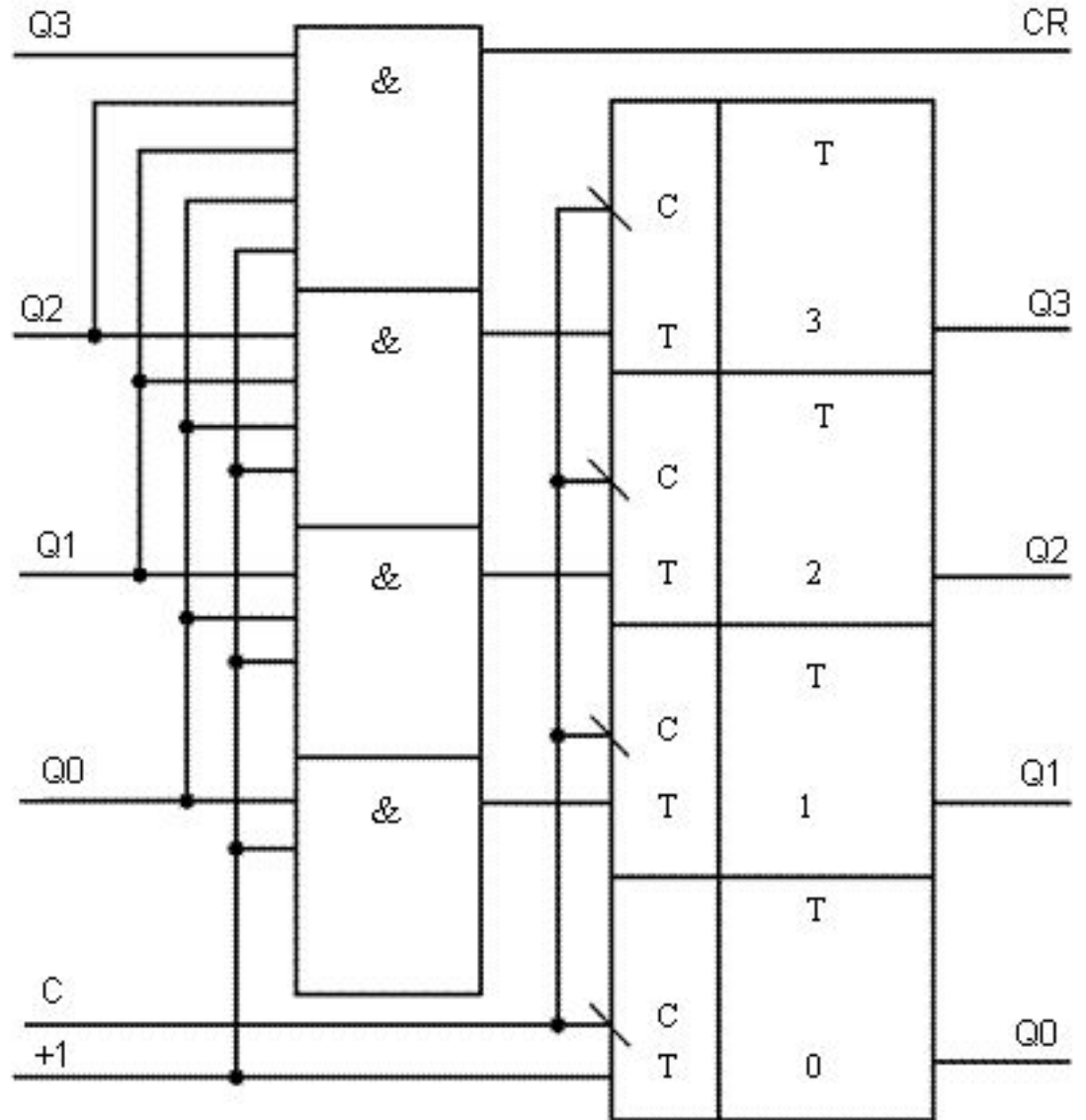
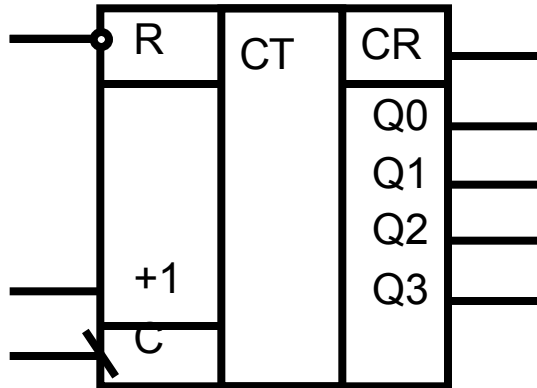
одновременно по сигналу синхронизации;

- *счетчики с комбинированным последовательно-параллельным переносом*, при котором используются различные комбинации способов переноса.

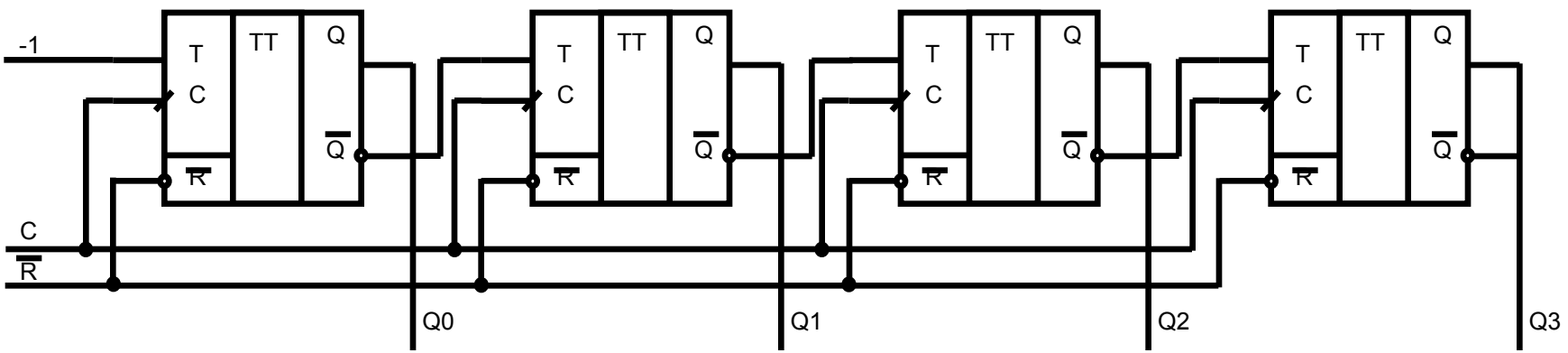
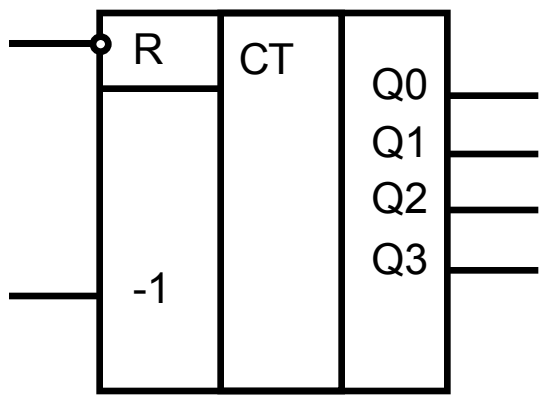
Четырехразрядный суммирующий двоичный счетчик на Т-триггерах с последовательным переносом



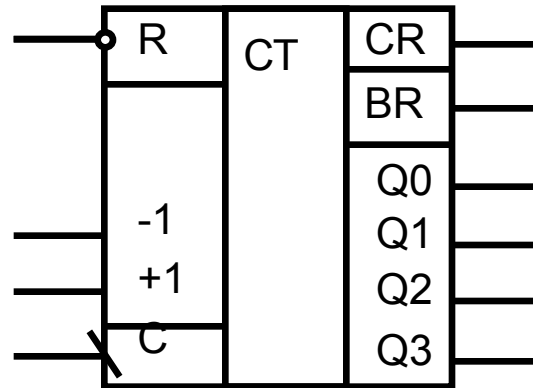
Счетчик с ускоренным переносом

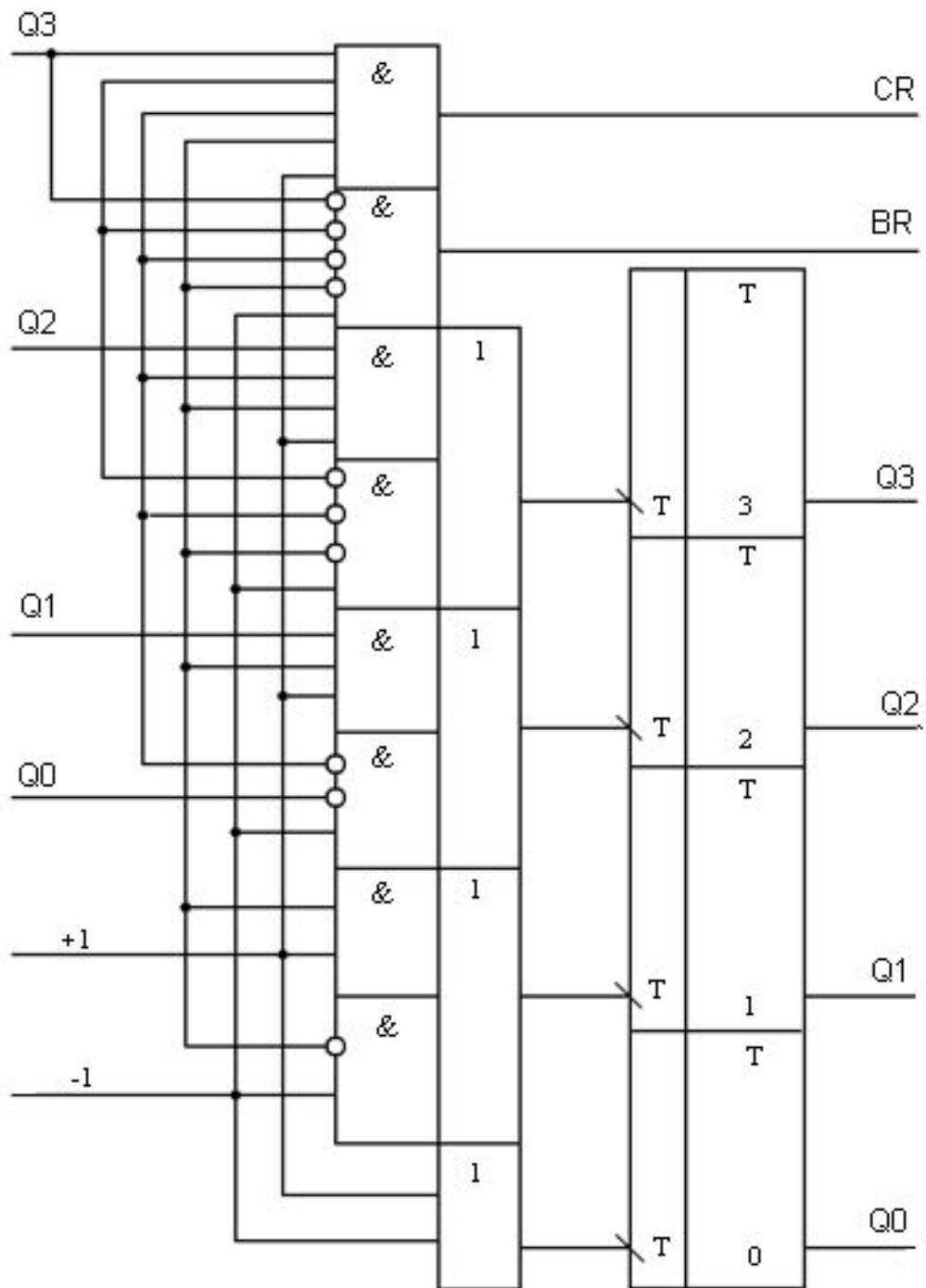


Четырехразрядный вычитающий двоичный счетчик на Т-триггерах с последовательным переносом



Четырехразрядный реверсивный двоичный счетчик на Т-триггерах с ускоренным переносом

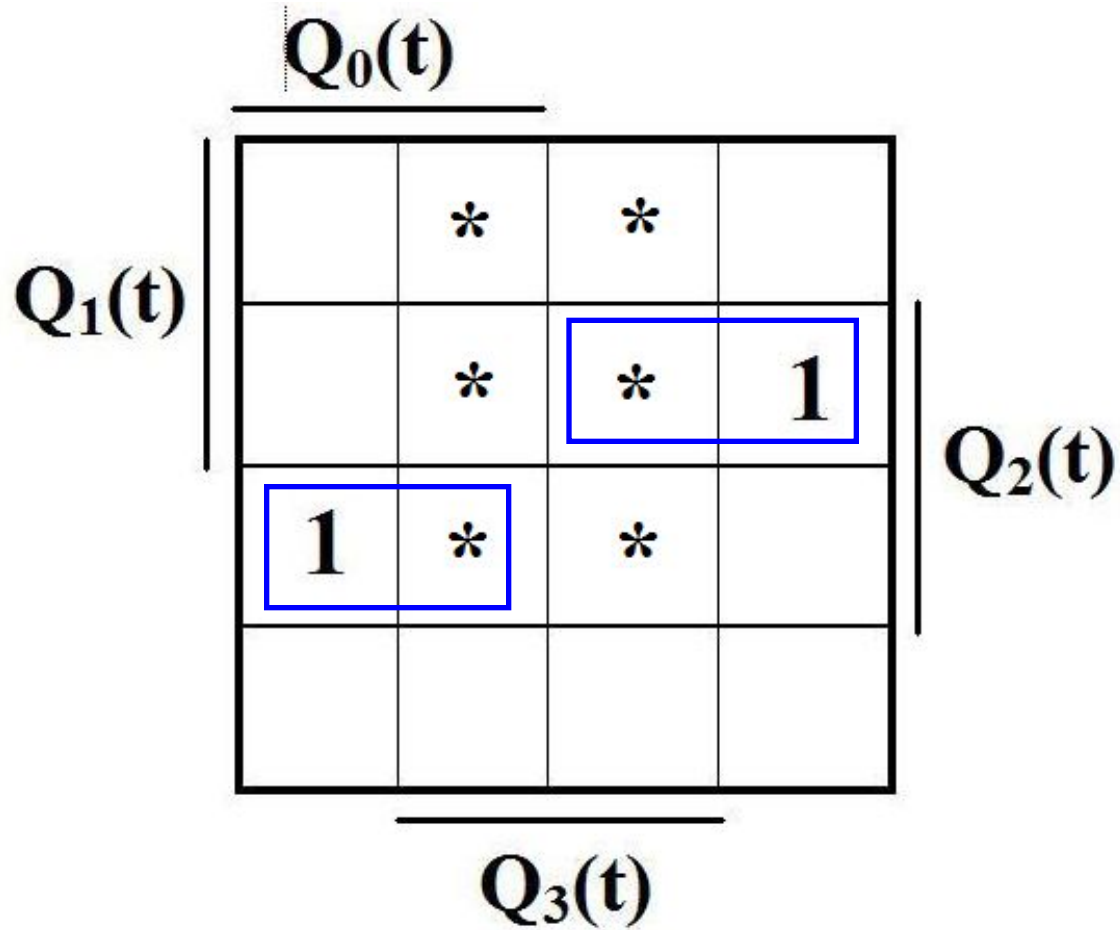




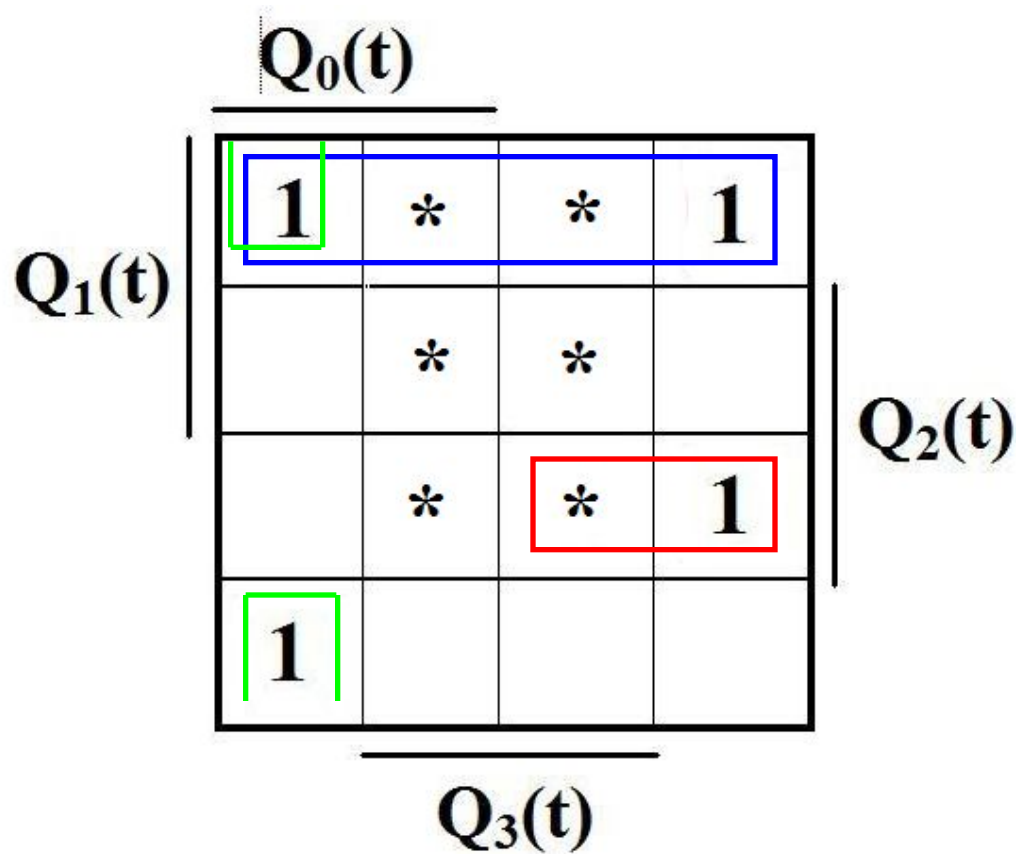
Синтез счетчиков

Построим суммирующий счетчик по модулю 10 с шагом 3

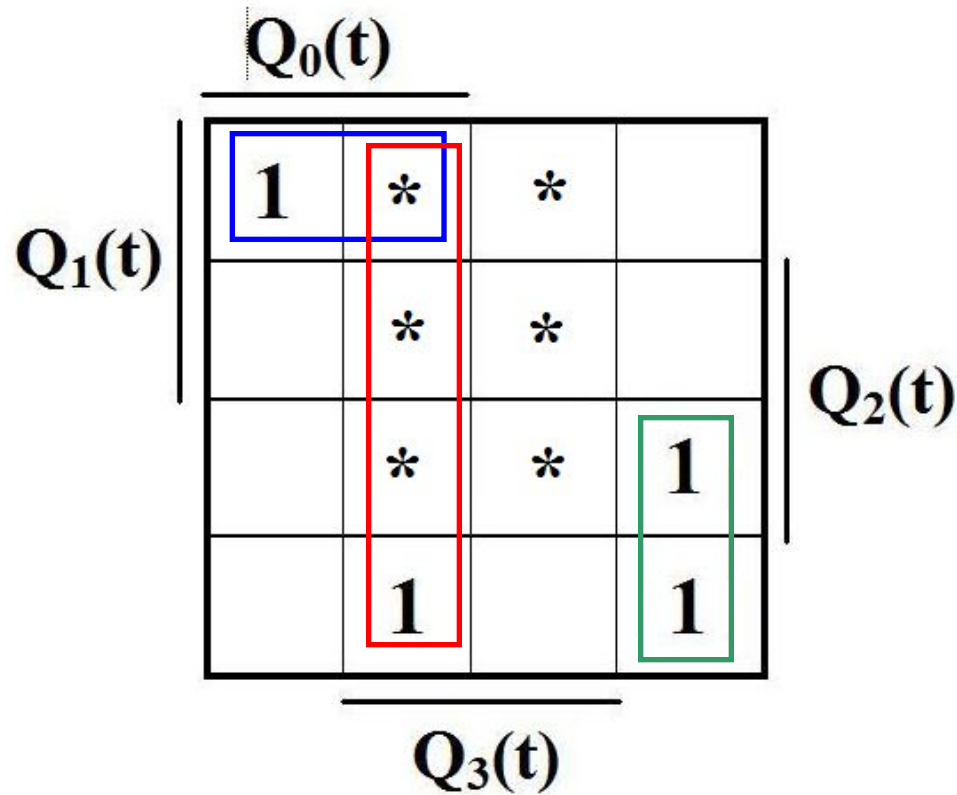
$Q_3(t)$	$Q_2(t)$	$Q_1(t)$	$Q_0(t)$	$Q_3(t+1)$	$Q_2(t+1)$	$Q_1(t+1)$	$Q_0(t+1)$
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	*	*	*	*
1	0	1	1	*	*	*	*
1	1	0	0	*	*	*	*
1	1	0	1	*	*	*	*
1	1	1	0	*	*	*	*
1	1	1	1	*	*	*	*



$$Q_3(t+1) = Q_2(t) \& \overline{Q_1(t)} \& Q_0(t) + \\ + Q_2(t) \& Q_1(t) \& \overline{Q_0(t)}$$



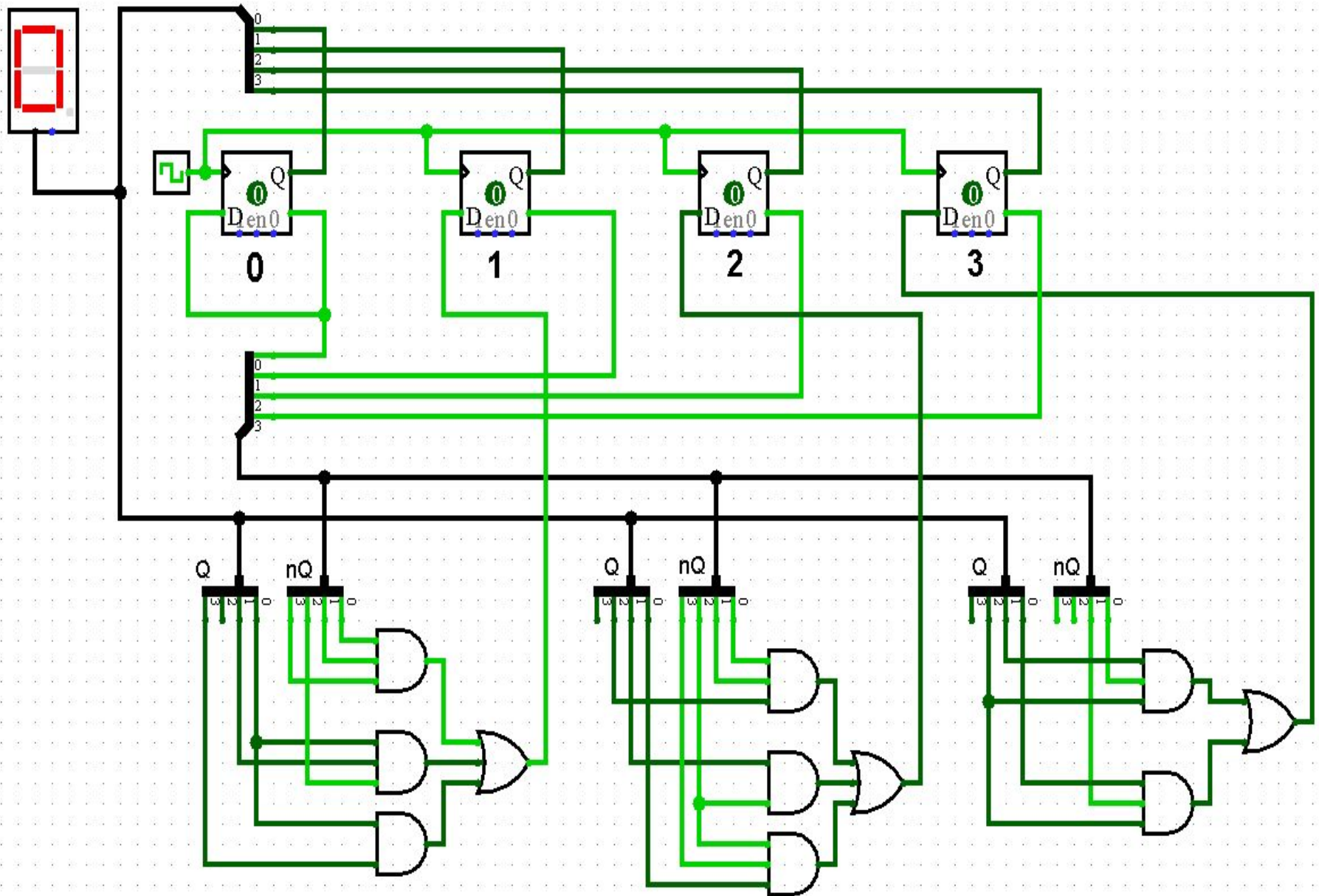
$$Q_2(t+1) = \overline{Q_2(t)} \& Q_1(t) + \overline{Q_3(t)} \& \overline{Q_2(t)} \& Q_0(t) + \\ + Q_2(t) \& \overline{Q_1(t)} \& \overline{Q_0(t)}$$

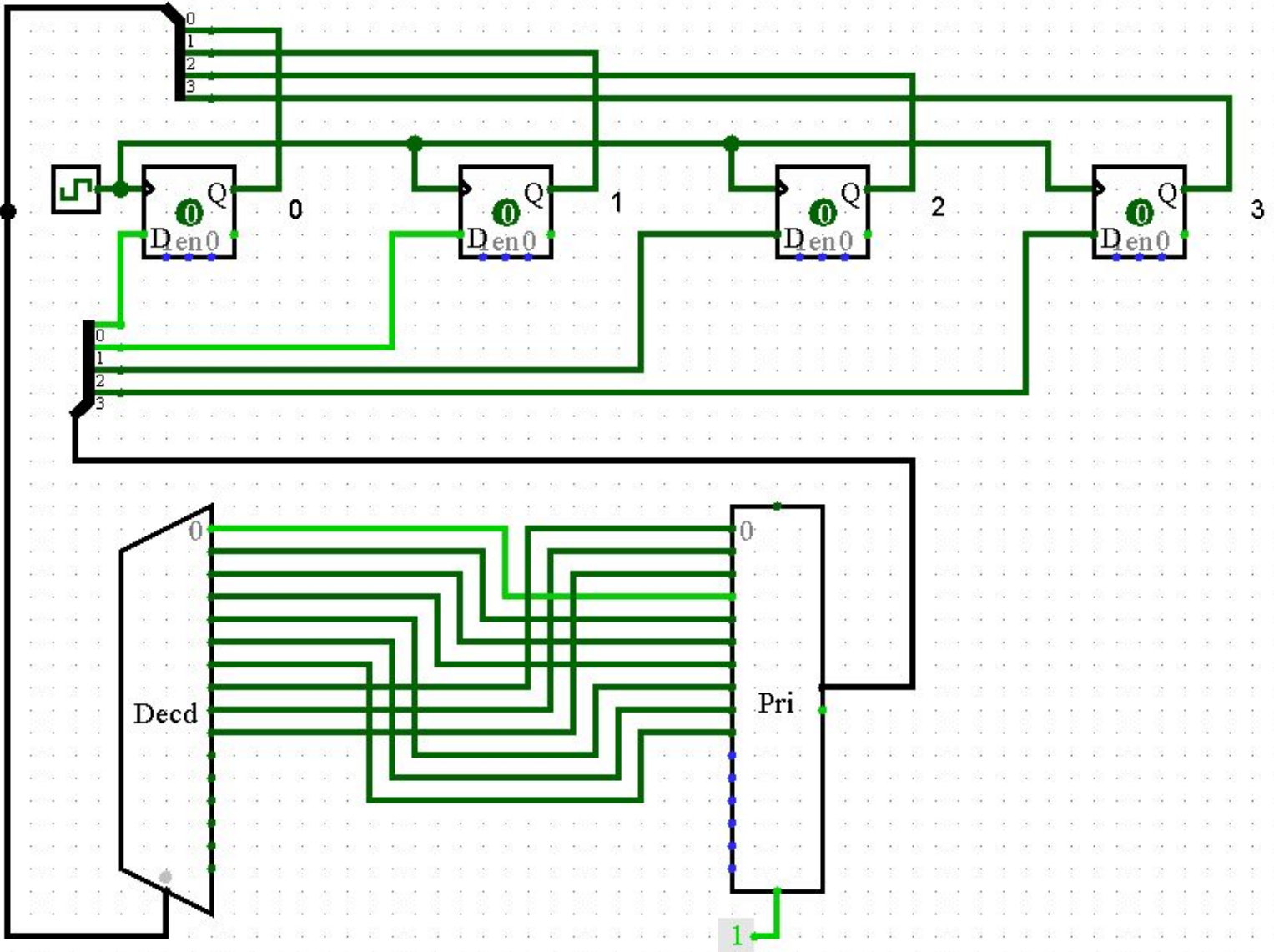
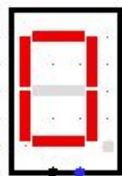


$$Q_1(t+1) = \overline{Q_3(t)} \& \overline{Q_1(t)} \& \overline{Q_0(t)} + \overline{Q_2(t)} \& Q_1(t) \& Q_0(t) + Q_3(t) \& Q_0(t)$$

$Q_0(t)$	$Q_0(t+1)$
0	1
1	0
0	1
1	0
0	1
1	0
0	1
1	0
0	1
1	0

$$Q_0(t+1) = \overline{Q_0(t)}$$





Спасибо за внимание !