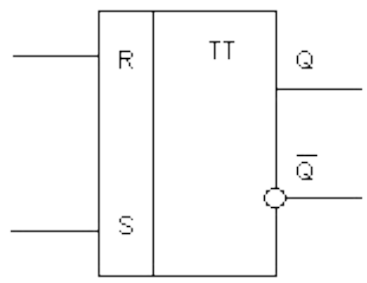
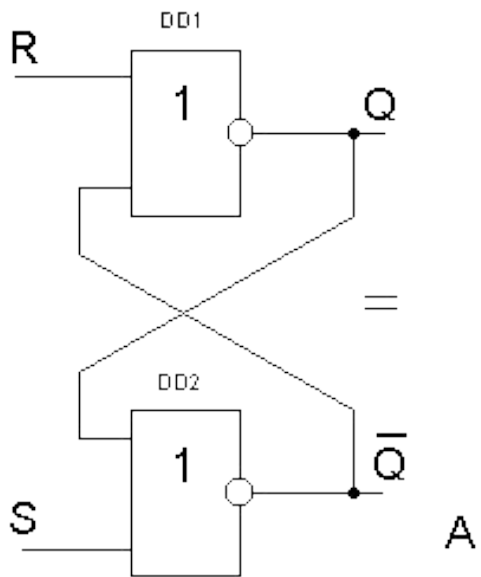


ТРИГГЕРЫ

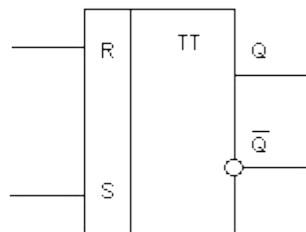
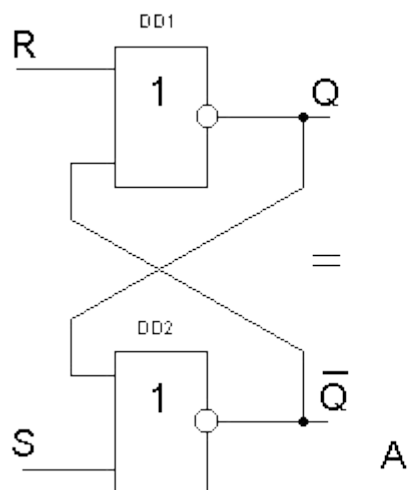
(вкратце)



Триггер - это устройство последовательного типа с двумя устойчивыми состояниями равновесия, предназначенное для записи и хранения информации. Под действием входных сигналов триггер может переключаться из одного устойчивого состояния в другое. При этом напряжение на его выходе скачкообразно изменяется.

Выходные сигналы триггеров определяются не только сигналами на входах, но и предысторией их работы, то есть состоянием элементов памяти.

Классификация



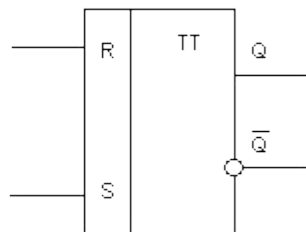
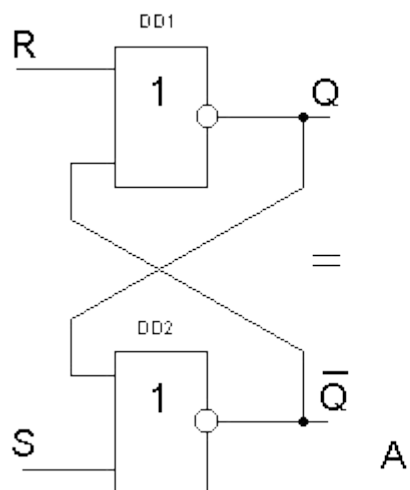
Как правило, триггер имеет два выхода: **прямой** и **инверсный**. Число входов зависит от структуры и функций, выполняемых триггером.

По способу записи информации триггеры делят на **асинхронные** и **синхронизируемые (тактируемые)**.

В асинхронных триггерах информация может записываться непрерывно и определяется информационными сигналами, действующими на входах в данный момент времени.

Если информация заносится в триггер только в момент действия так называемого синхронизирующего сигнала, то такой триггер называют синхронизируемым или тактируемым.

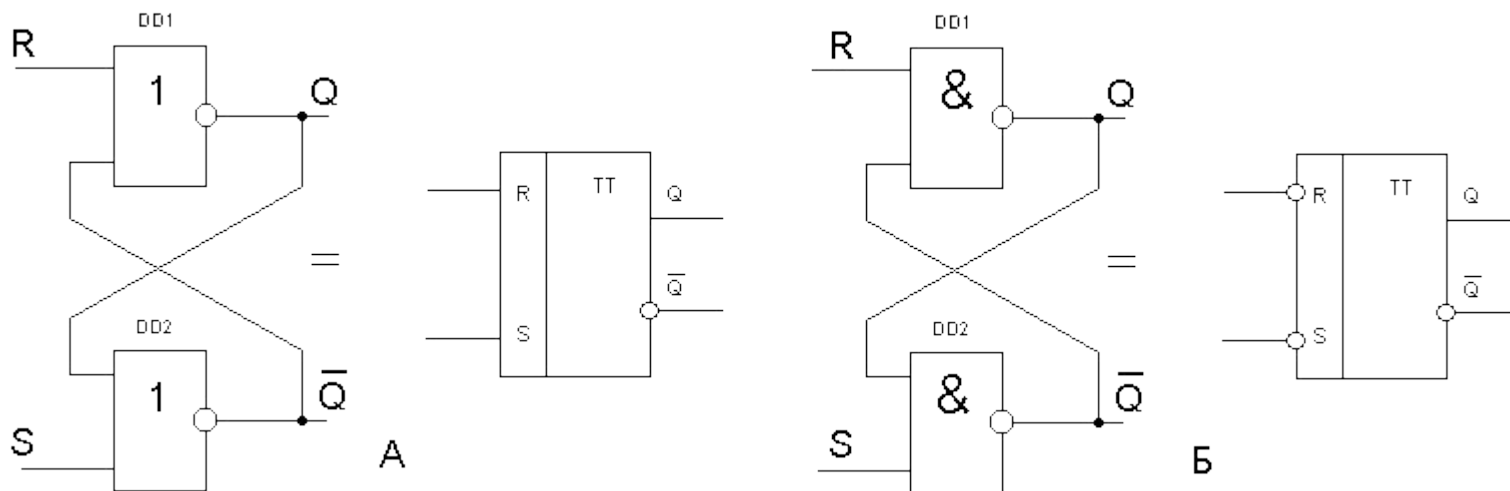
Входы



Помимо информационных входов тактируемые триггеры имеют тактовый вход синхронизации. В цифровой технике приняты следующие обозначения входов триггеров:

- S - отдельный вход установки в единичное состояние (напряжение высокого уровня на прямом выходе Q);
- R - отдельный вход установки в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на прямом выходе Q);
- D - информационный вход (на него подается информация, предназначенная для занесения в триггер);
- C - вход синхронизации;
- T - счетный вход.

Асинхронный RS-триггер



В зависимости от логической структуры различают RS-триггеры с прямыми и инверсными входами. Их схемы и условные обозначения приведены на рисунке. Триггеры такого типа построены на двух логических элементах 2ИЛИ-НЕ - триггер с прямыми входами (а), 2И-НЕ - триггер с инверсными входами (б). Выход каждого из элементов подключен к одному из выходов другого элемента.

Таблица ИСТИННОСТИ

В таблицах (Q^t и $\neg Q^t$ обозначают уровни, которые были на выходах триггера до подачи на его входы так называемых активных уровней. Активным называют логический уровень, действующий на входе логического элемента и однозначно определяющий логический уровень выходного сигнала (независима от логических уровней, действующих на остальных входах). Для элементов ИЛИ-НЕ за активный уровень принимают высокий уровень, а для элементов И-НЕ - низкий уровень. Уровни, подача которых на один из входов не приводит к изменению логического уровня на выходе элемента, называют пассивными. Уровни Q^{t+1} и $\neg Q^{t+1}$ обозначают логические уровни на выходах Триггера после подачи информации на его входы.

| S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ | S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ |
|---|---|-------|------------|-----------|----------------|---|---|-------|------------|-----------|----------------|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | * | * |
| 1 | 1 | 0 | 1 | * | * | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | * | * |
| 1 | 1 | 1 | 0 | * | * | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Таблица ИСТИННОСТИ

Для триггера с прямыми входами $Q^{t+1}=1$ при $S=1$ и $R=0$; $Q^{t+1}=0$ при $S=0$ и $R=1$; $Q^{t+1}=Q^t$ при $S=0$ и $R=0$. При $R=S=1$ состояние триггера будет неопределенным, так как во время действия информационных сигналов. Логические уровни на выходах триггера одинаковы ($Q^{t+1}=-Q^{t+1}=0$), а после окончания их действия триггер может равновероятно принять любое из устойчивых состояний. Поэтому такая комбинация является запрещенной (и может вывести триггер из строя).

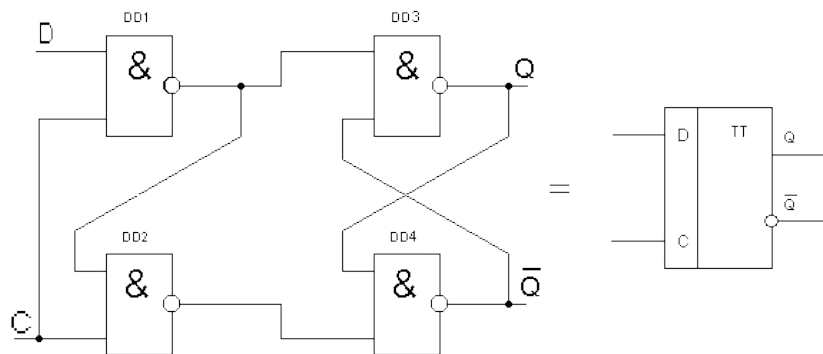
| S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ | S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ |
|---|---|-------|------------|-----------|----------------|---|---|-------|------------|-----------|----------------|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | * | * |
| 1 | 1 | 0 | 1 | * | * | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | * | * |
| 1 | 1 | 1 | 0 | * | * | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Таблица ИСТИННОСТИ

Режим $S=1, R=0$ называют режимом записи 1 (так как $Q^{t+1}=1$); режим $S=0$ и $R=1$ - режимом записи 0. Режим $S=0, R=0$ называется режимом хранения информации, так как информация на выходе остается неизменной. Для триггера с инверсными входами режим записи логической 1 реализуется при $-S=0, -R=1$, режим записи логического 0 - при $-S=1, -R=0$. При $-S=-R=1$ обеспечивается хранение информации. Комбинация $S=R=0$ является запрещенной.

| S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ | S | R | Q^t | $\neg Q^t$ | Q^{t+1} | $\neg Q^{t+1}$ |
|---|---|-------|------------|-----------|----------------|---|---|-------|------------|-----------|----------------|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | * | * |
| 1 | 1 | 0 | 1 | * | * | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | * | * |
| 1 | 1 | 1 | 0 | * | * | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Тактируемый D-триггер

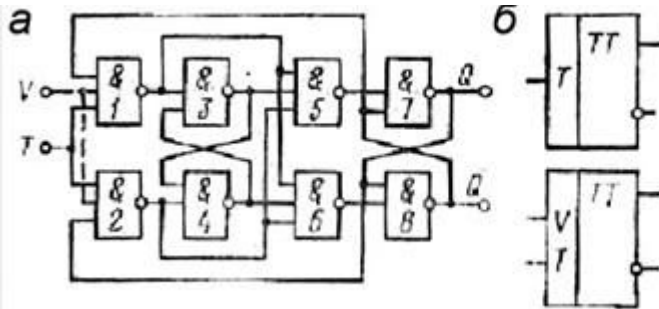


| D | C | Q^{t+1} |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

D-триггер имеет информационный выход и вход синхронизации.

Если уровень сигнала на входе $C=0$, состояние триггера устойчиво и не зависит от уровня сигнала на информационном входе. При этом на входы RS-триггера с инверсными входами (элементы 3 и 4) поступают пассивные уровни ($-S=-R=1$). При подаче на вход синхронизации уровня $C=1$ информация на прямом выходе будет повторять информацию, подаваемую на вход D. Таким образом, при $C=0$ $Q^{t+1}=Q^t$, $C=1$ $Q^{t+1}=D$).

T-триггер



в

| T^n | Q^n | Q^{n+1} |
|-------|-------|-----------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

T-триггер (триггер со счетным входом T) – это триггер с одним входом, изменяющий свое состояние с приходом каждого входного импульса.

При реализации T-триггера на потенциальных логических элементах в основу может быть положен двухступенчатый RS-триггер, поскольку он обеспечивает требуемую для работы T-триггера задержку в передаче информации от входов к выходам; С-вход выполняет роль T-входа, а S- и R-входы необходимо соединить перекрестными обратными связями с выходами триггера

JK-триггер

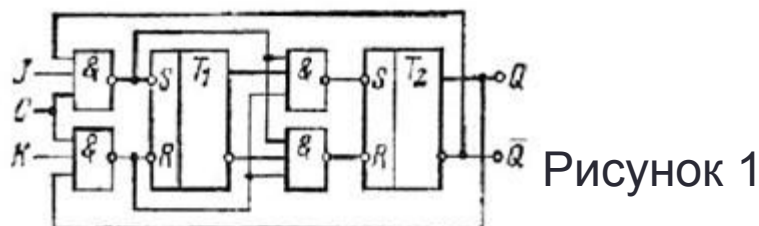


Рисунок 1

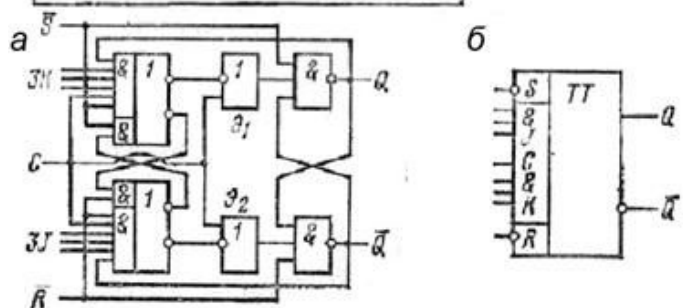


Рисунок 2

Таблица состояния JK-триггера

| C^n | J^n | K^n | Q^{n+1} | Режим |
|-------|-------|-------|-----------|---|
| 0 | 0 | 0 | Q^n | Хранение |
| 0 | 1 | 0 | Q^n | Хранение |
| 0 | 0 | 1 | Q^n | Хранение |
| 0 | 1 | 1 | Q^n | Хранение |
| 1 | 0 | 0 | Q^n | Хранение |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Установка 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Установка 0 |
| 1 | 1 | 1 | Q^n | $0 \rightarrow J$ или $J \rightarrow 0$ |

JK-триггер отличается от синхронного RS-триггера тем, что, во-первых, не имеет запрещенных входных комбинаций и, во-вторых, при комбинации $J = K = 1$ изменяет свое состояние на противоположное. Поскольку JK-триггер обладает свойствами RS- и T-триггеров, он может быть реализован на основе синхронного двухступенчатого RS-триггера.

Одна пара S- и R-входов используется для обратных связей, как в T-триггере. S- и R-входы другой пары служат для приема информации и получают обозначение J и K.

Распространенный вариант реализации JK-триггера представлен на рис. 2. При сигнале $C = 1$, когда информационные сигналы устанавливают состояние первой ступени, вторая ступень заблокирована. При сигнале $C = 0$, когда первая ступень закрыта для входной информации, вторая ступень, напротив, открывается и воспринимает состояние первой ступени.