**Лабораторная работа № 6. Элементарные устройства памяти.**

Для временного хранения информации в цифровых схемах применяют различные устройства памяти. Из простейших устройств памяти мы рассмотрим триггеры. Все эти устройства есть во встроенной библиотеке Logisim «Память». Они могут быть и асинхронными, но в рамках данного курса мы будем рассматривать только синхронные. У каждого синхронного устройства есть синхронизирующий (тактовый) вход.

Любое изменение внутреннего состояния устройства происходит только в тот момент, когда уровень сигнала на тактовом входе меняется (в таком случае говорят, что тактовый вход срабатывает).

Триггер простейшее устройство памяти (последовательностное устройство), хранящее один бит информации.

Иными словами, триггер может иметь только два разных внутренних состояния — «0» или «1». В англоязычной литературе триггер называют «flip-flop». Существует четыре вида триггеров: D (data), T (toggle), JK (jump-kill) и RS (reset-set). Эти названия даны по названиям входов триггеров. Кроме этих входов каждый триггер имеет два выхода — Q (прямой) и Q (инверсный); значение на прямом выходе всегда совпадает со внутренним состоянием триггера, а значение на инверсном — противоположное. Каждый из четырёх типов триггеров имеет разное поведение. Q' означает значение, противоположное значению, хранимому в триггере в данный момент.

**Можно дать словесное описание поведения триггеров:**

* D-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, мгновенно становится значением входа D (данные).
* T-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, меняется или остаётся прежним в зависимости от того, какое значение на входе T (переключение):

«1» или «0».

* JK-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, меняется, если на входах J и K единица;

остаётся прежним, если на них 0; если значения на них различны, то значение становится единицей, если на входе J (прыжок) — «1»; или нулём, если на входе K (забой) — «1».

* RS-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, остаётся неизменным, если на входах R и S — «0»; становится «0», если на входе R (сброс) — «1», и становится «1», если на входе S (установка) — «1». Поведение не определено, если на обоих входах «1». (В Logisim значение триггера остается неизменным.)

1

Физически триггеры реализуются на логических элементах (то есть в конечном итоге на транзисторах в составе интегральных схем), включенных, как правило, не совсем обычным для них способом — их выходы так или иначе соединяются с их входами. Как говорилось выше, триггеры могут быть синхронными и асинхронными. Тактовый вход триггеров и других устройств памяти

* Logisim обозначается треугольником; в случае, когда вход нужно пометить буквой или строкой, используют «C» или «Clock». Синхронные триггеры, как правило, содержат большее количество логических элементов. Иногда синхронными ошибочно называют также особую разновидность триггеров, имеющих разрешающий вход. Изменение внутреннего состояния такого триггера происходит, когда на разрешающем входе «1».

Этот вход иногда называют синхронизирующим, но на самом деле он таковым не является. На схемах ниже разрешающий вход отмечен буквой «E» (от англ. enable).

Асинхронные триггеры (с разрешающим входом или без него) иногда называют «прозрачными» (чаще в англоязычной литературе — “transparent”), а синхронные — «непрозрачными» (англ. “non-transparent” или “opaque”)

.Это связано с тем, что если на разрешающий вход (если таковой имеется) «прозрачного» триггера подать единицу, то помимо записи в память триггера, входной сигнал будет непосредственно подаваться на выход триггера (то есть можно сказать, что триггер будет работать в качестве повторителя). Если при этом сигнал на входе зависит от сигнала на выходе (то есть выход и вход триггера связаны через внешнюю схему, не содержащую синхронных устройств), то схема начнёт возбуждаться. Иными словами, если в схеме есть своего рода «замкнутый круг», то чтобы предотвратить возбуждение. Асинхронный схемы, нужно «разорвать» этот круг хотя бы в RS-триггер одном месте синхронным устройством (например, синхронным триггером).

При поступлении на его тактовый вход переднего фронта, обновится только состояние на выходе первой ступени, а обновление состояния всего триггера произойдёт при заднем фронте.

Чтобы сделать в Logisim триггер асинхронным, нужно установить для его атрибута «Срабатывание» значение «Высокий уровень». В таком случае тактовый вход будет работать как разрешающий, и устройство станет «прозрачным».

**Задание 1. Реализовать в Logisim RS-триггер на логических элементах.**

Убедиться в том, что его поведение соответствует описанному в таблице и совпадает с поведением RS-триггера из встроенной библиотеки Logisim. Значения на входных контактах можно изменять инструментом «Нажатие».

**Задание 2. Повторить задание 1 для D-триггера.**

**Задание 3. Повторить задание 1 для T-триггера.**

2

**Задание 4. Повторить задание 1 для JK-триггера.**

3