

ОИЦЭ (ПС4, ИУ2)

Семинар 4. Последовательностные цифровые устройства (триггеры, счётчики, регистры)

На семинаре обсуждается работа простейших последовательностных устройств с помощью временных диаграмм: по заданным входным сигналам проводится построение выходного (выходных) сигналов. Рассматривается выполнение задач рубежного контроля модуля 1.

Триггеры

Перед решением задач семинара проработать материалы лекций, ознакомиться с файлом «Информация по контролю модуля 1».

В отличие от триггеров, рассмотренных в лекции, в примерах семинара изучается работа триггеров с асинхронными входами.

Основные правила, по которым строится временная диаграмма выходного сигнала триггера.

1. Управление триггером по синхронным входам происходит по фронту или спаду ТИ (треугольник возле С-входа, направленный внутрь триггера – по фронту, наружу – по спаду).
2. Асинхронные входы могут быть как прямыми, так и инверсными (символ инвертирования возле входа). Асинхронные входы имеют приоритет перед синхронными:
 - 1) если $\bar{R}=1$ и $\bar{S}=1$ или $R=S=0$, то триггер работает в синхронном режиме: по фронту или спаду тактового импульса в триггер записывается информация, определяемая переменными J, K или D;
 - 2) если $\bar{S}=0$ и $\bar{R}=1$ или $S=1$ и $R=0$, то триггер устанавливается в состояние 1 без привязки по времени к тактовому импульсу (асинхронная запись 1);
 - 3) если $\bar{S}=1$ и $\bar{R}=0$ или $S=0$ и $R=1$, то триггер устанавливается в состояние 0 без привязки по времени к тактовому импульсу (асинхронный сброс в 0).
3. Обязательно следует учитывать начальное состояние триггера.

Пример 4.1

K555TM2 – 2 D-триггера с асинхронными инверсными входами.

На рис. 4.1 (а) дано обозначение одного из триггеров указанной ИМС. Из обозначения следует, что это D-триггер, в котором запись происходит **по фронту тактового импульса** ТИ (треугольник у тактового входа направлен внутрь); имеются **инверсные** асинхронные входы установки и сброса. Последнее означает, что активным уровнем по этим входам является 0.

Примечание. Инверсные входы в тексте и на временных диаграммах обозначены с символом инверсии (\bar{R} , \bar{S}).

На рис. 4.1 (б) даны временные диаграммы входных и выходного сигналов.

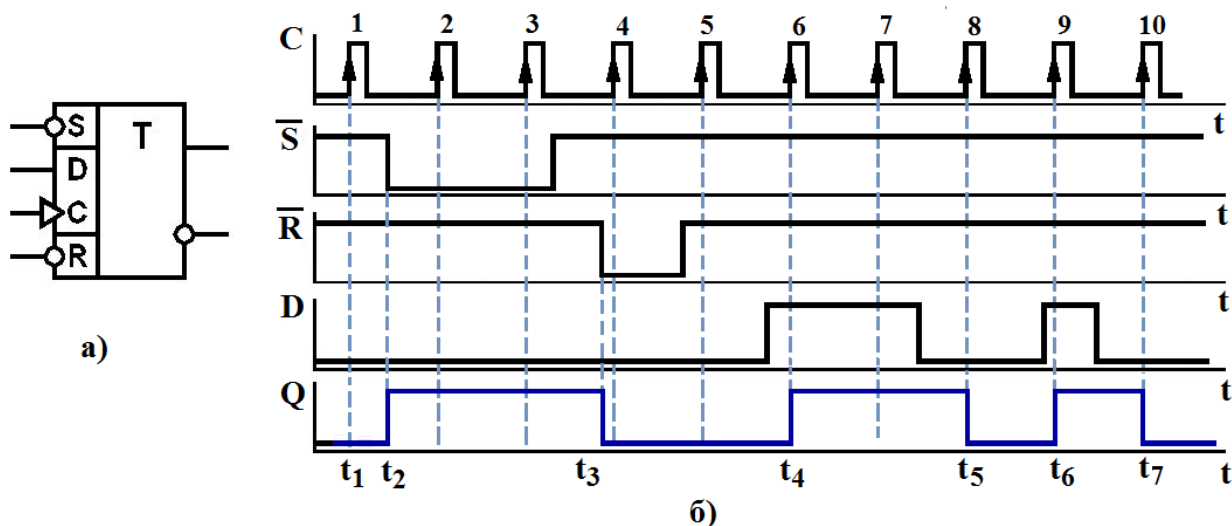


Рис.4. 1. D-триггер K555TM2: обозначение (а) и временные диаграммы работы (б).

Начальные условия (до прихода ТИ1): $Q=0$, $D=0$, $\bar{R}=1$, $\bar{S}=1$. На временной диаграмме выходного сигнала Q они показаны черным цветом; далее временная диаграмма выходного сигнала дана синим цветом.

Момент t_1 : по фронту ТИ1 должна происходить установка триггера в 0 (синхронный сброс в 0), но триггер уже установлен в 0, поэтому его состояние не меняется.

Момент t_2 : $\bar{R}=1$, $\bar{S}=0$, триггер асинхронно (без привязки к фронтам ТИ) устанавливается в 1. На ТИ2 и ТИ3 триггер не реагирует.

Момент t_3 : $\bar{R}=0$, $\bar{S}=1$, триггер асинхронно сбрасывается в 0.

Далее, начиная с ТИ5, вновь $\bar{R}=1$, $\bar{S}=1$, т.е. триггер работает в синхронном режиме, т. е. по фронту ТИ в триггер записывается информация, подаваемая на D-вход. Так, по фронту ТИ5 в триггер перезаписывается 0, по фронту ТИ6 происходит запись 1, по фронту ТИ7 перезапись 1, по фронту ТИ8 сброс в 0, по фронту ТИ9 запись 1, по фронту ТИ10 сброс в 0.

Пример 4.2

К555ТВ6 – 2 JK-триггера с асинхронным сбросом. Обозначение одного из триггеров указанной ИМС дано на рис. 4.2, а. Из обозначения следует, что **синхронная запись в триггер происходит по спаду ТИ**; кроме того, при подаче 0 на \bar{R} -вход происходит асинхронный сброс триггера в 0. Временные диаграммы работы даны на рис. 4.2, б.

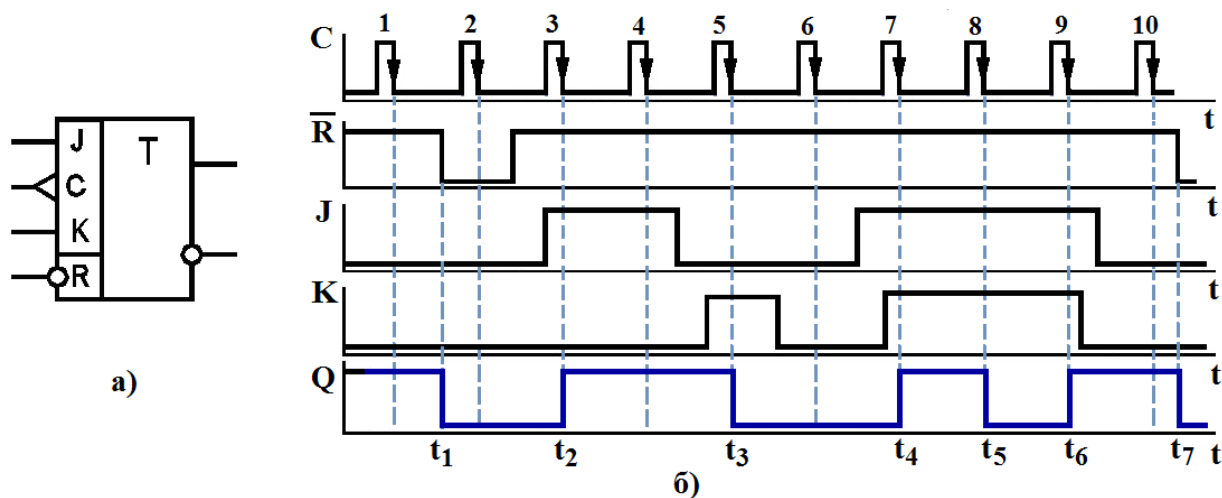


Рис. 4. 2. JK-триггер К555ТМ6: обозначение (а) и временные диаграммы работы (б).

Начальные условия (до прихода ТИ1): $Q=1$, $J=K=0$ (хранение), $\bar{R}=1$.

По спаду ТИ1 состояние триггера не изменяется, т. к. $J=K=0$.

Момент t_1 : $\bar{R}=0$, происходит асинхронный сброс триггера в 0. По спаду ТИ2 состояние триггера не изменяется, до подачи ТИ3 вновь $\bar{R}=1$ и триггер переходит в синхронный режим.

Момент t_2 : $\bar{R}=1$, $J=1$, $K=0$. По спаду ТИ3 происходит синхронная запись 1.

Момент t_3 : $\bar{R}=1$, $J=0$, $K=1$. По спаду ТИ5 происходит синхронный сброс в 0.

Далее до прихода ТИ7 $J=K=1$, триггер переходит в счетный режим. В момент t_4 по спаду ТИ7 происходит синхронная запись 1, в момент t_5 по спаду ТИ8 - синхронный сброс в 0, в момент t_6 по спаду ТИ9 вновь происходит синхронная запись 1. После ТИ9 $J=K=0$ (хранение), по спаду ТИ10 состояние триггера не изменяется.

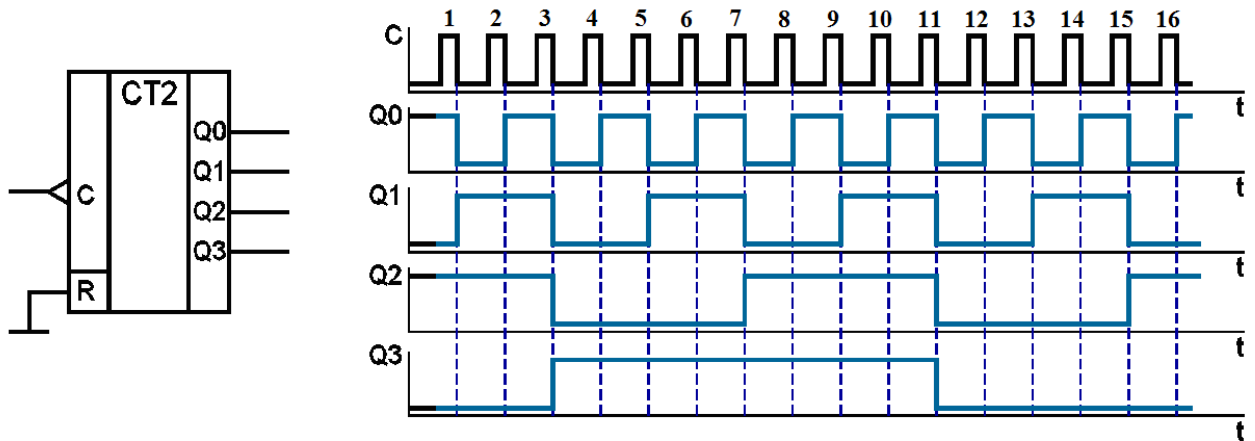
Момент t_7 : $\bar{R}=0$, происходит асинхронный сброс триггера в 0.

Примечание. Задания, рассмотренные в примерах 4. 1 и 4. 2, будут даны в вопросе 3 РК модуля 2. Для подготовки к РК рекомендуется самостоятельно рассмотреть подобные примеры, приведенные в файле «Информация по контролю модуля 1» (будет выслан позже).

Счетчики

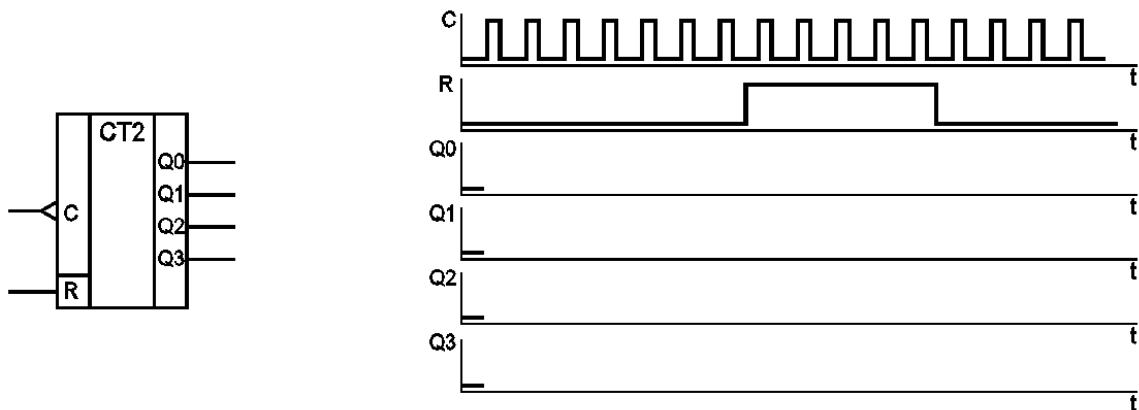
Перед решением задач семинара проработать материалы лекций, ознакомиться с файлом «Информация по контролю модуля 1».

Пример 4.3 Работа двоичного счётчика с ненулевыми начальными условиями



Из обозначений следует: имеем 4-разрядный двоичный счетчик, работающий по спаду ТИ; $R=0$, т.е. внешнего сброса нет. До подачи первого ТИ на выходах счётчика имеем число $1010_2 = 5_{10}$. Поэтому по спаду ТИ1 число на выходах счётчика должно увеличиться на 1 и стать равным $6_{10} = 0110_2$. По спаду ТИ2 имеем на выходах счётчика число $7_{10} = 1110_2$ и т.д. По спаду ТИ10 имеем на выходах счётчика число $15_{10} = 1111_2$, значит по спаду ТИ11 счётчик обнуляется, т. е. на выходах имеем $0_{10} = 0000_2$. По спаду ТИ12 имеем на выходах счётчика число $1_{10} = 0001_2$ и т.д.

Пример 4.4 Работа двоичного счётчика при подаче импульсов сброса – рассмотреть самостоятельно. Следует учитывать начальные условия (в данном примере они нулевые)



Регистры

Пример 4.5 Работа регистра сдвига

Проанализировать построенные выходные сигналы самостоятельно.

