

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИГГЕРНЫХ СХЕМ
НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Лабораторная работа

Куйбышев 1982

УДК 621.382.049.77

Составители: Д.В.Пшеничников, В.Г.Иоффе

**Рассмотрена и утверждена на редакционно-
издательском совете института**

Ц е л ь р а б о т ы - изучение принципов построения триггерных схем на интегральных элементах и экспериментальное их исследование на лабораторном макете.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Преобразование дискретной информации производится электронными устройствами двух классов: комбинационными схемами (КС) и цифровыми автоматами (последовательностными схемами).

Цифровым автоматом (ЦА) называется дискретный преобразователь информации, способный принимать различные состояния, хранить их, переходить под действием входных сигналов из одного состояния в другое и формировать выходные сигналы.

Значения выходных переменных ЦА в отличие от КС определяются не только входными переменными в данный момент времени t , но и их значениями в предшествующие моменты. Свойство запоминания информации обеспечивается существованием ряда устойчивых внутренних состояний ЦА.

Для задания конечного ЦА фиксируют множество возможных входных сигналов $X(t)$, множество возможных выходных сигналов - $Q(t)$, множество возможных внутренних состояний автомата - $Y(t)$.

На этих множествах задают две функции:

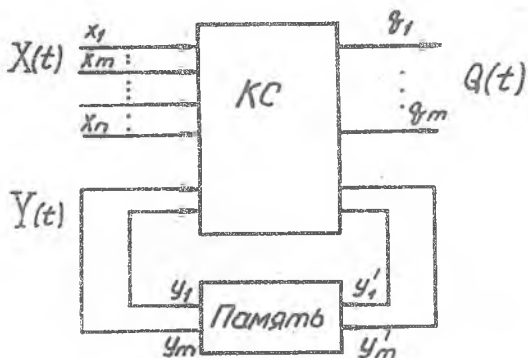
функцию переходов $y(t+1) = f[y(t), X(t)]$,

функцию выходов $g(t) = F[y(t), X(t)]$.

Кроме того, на множестве состояний ЦА фиксируют одно из внутренних состояний в качестве начального состояния y_0 .

Функции, описывающие работу ЦА обычно задаются либо аналитически, либо таблично.

ЦА может быть представлен в следующем виде (рис. 1):



Р и с. 1. Функциональная организация ЦА

Изменения состояния ЦА вызываются входными сигналами $X(t)$, возникающими вне автомата и передающимися в автомат по конечному числу входных каналов. Сигналы $Y(t)$ являются сигналами обратной связи и поступают с выхода памяти, которая фиксирует внутренние состояния ЦА.

Результатом работы ЦА является передача выходных сигналов $Q(t)$.

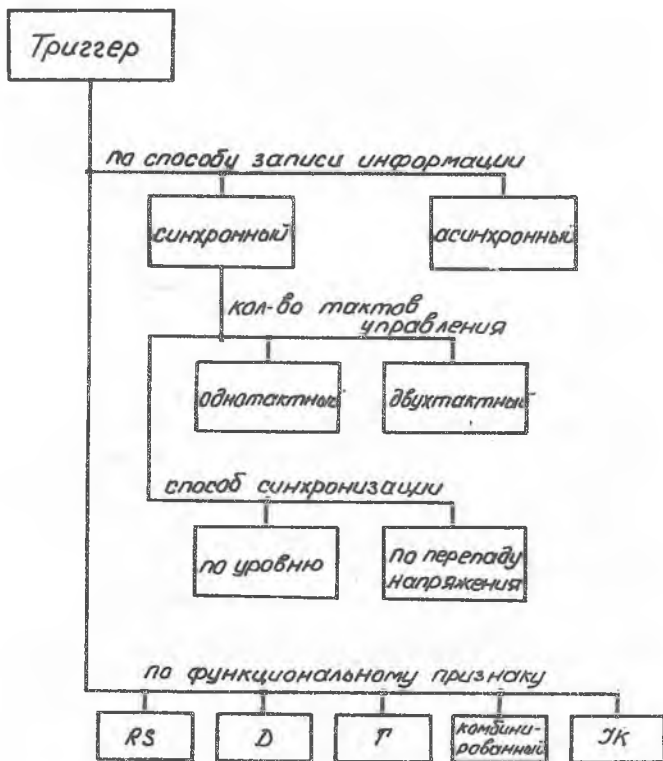
Примерами простейших конечных ЦА являются триггеры (Т). Триггеры — это ЦА с двумя устойчивыми состояниями. В общем случае Т имеет два выхода: прямой Q и инверсный \bar{Q} . Если $Q = 1$, то $\bar{Q} = 0$ и наоборот.

Классификация Т приведена на рис.2.

Структура Т соответствует общей структуре ЦА (см.рис.1).

По способу записи информации Т делятся на синхронные и асинхронные. Изменение состояния асинхронного Т определяется в каждый момент времени только состоянием его входов. В синхронном Т изменение состояния может произойти при одновременном воздействии входного сигнала и сигнала синхронизации. Синхронизация обеспечивает обмен информацией Т с другими устройствами и устраняет влияние временных задержек, возникающих при формировании сигналов $X(t)$, $Y(t)$.

Сигнал синхронизации может воздействовать на Т с помощью определенного уровня напряжения (изменение состояния происходит при достижении определенного значения напряжения) или с помощью пере-

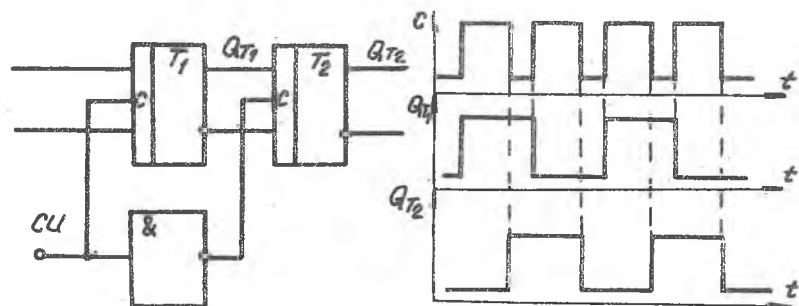


Р и с. 2. Классификация триггеров

пада напряжения (изменение состояния T происходит в момент перехода сигнала синхронизации из состояния 0 в 1 или из 1 в 0).

При построении некоторых схем с использованием T (например, регистров сдвига) необходимо разделить во времени процесс считывания старой и записи новой информации. Введение временной задержки между входной и выходной информацией устраняет также возможность генерации T из-за возникновения положительной обратной связи по цепи Y . Эта задержка реализуется с помощью двухтактного T ,

называемого *MS* - триггером (*master-slave*) (рис.3).



Р и с. 3. Структура двухтактного триггера

С приходом синхроимпульса (СИ) информацию принимает Т1. Триггер Т2 находится в этот момент в режиме хранения предыдущей информации, так как на его синхровходе *C* поддерживается нулевой потенциал. В момент окончания СИ Т1 переходит в режим хранения, а записанная в нем информация переписывается в Т2 (на входе *C* - положительный потенциал).

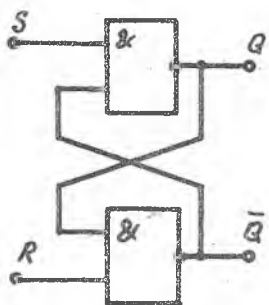
Работа триггера может быть описана либо таблицей перехода, либо характеристическим уравнением. По функциональному признаку, который косвенно характеризует область применения Т, триггеры делятся на следующие основные типы:

1. Триггер с раздельным запуском (*RS* - триггер).

Принципиальная электрическая схема на элементах И-НЕ приведена на рис.4. Там же приведена таблица переходов. Характеристическое уравнение *RS* - триггера

$$Q_{t+1} = S_t + R_t Q_t$$

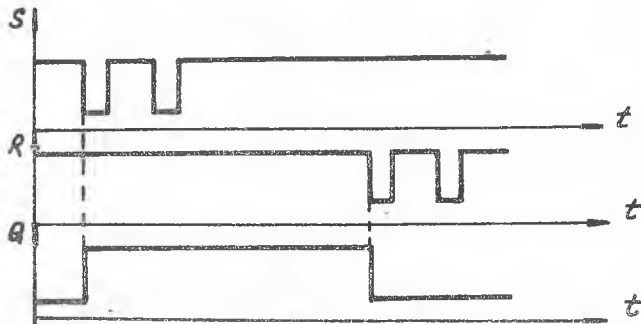
Одновременная подача нулевых потенциалов на входы *R* и *S* запрещена, так как Т вырождается в два автономных инвертора (при $R = S = 0, Q = \bar{Q} = 1$). Вход *R* (*reset* - сброс) является входом установки "0", *S* (*set* - установка) - установка "1". В зависимости от элементной базы управление по входам *R* и *S* может проводиться либо 0 (см.рис.4), либо 1 (см. схему рис.4, реализованную на элементах ИЛИ-НЕ).



R	S	Q_{t+1}
1	0	учт.1
0	1	учт.0
1	1	Хран. Q_t
0	0	Занр. сост.

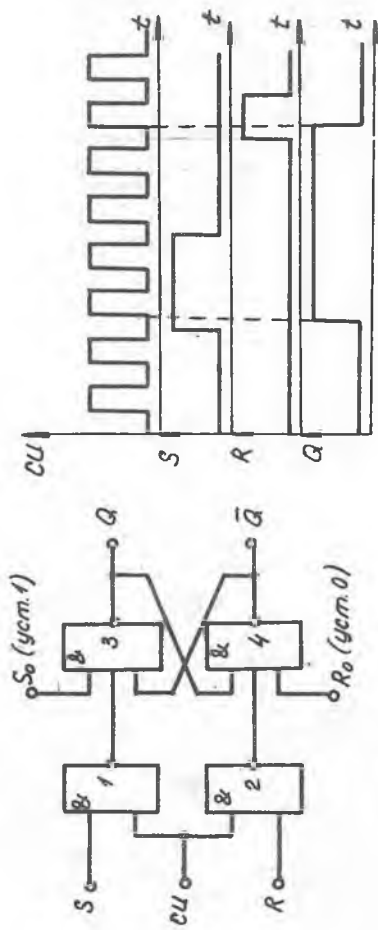
Р и с. 4. Принципиальная схема и таблица переходов RS - триггера

Временная диаграмма Т (рис.5) имеет вид



Р и с. 5. Временная диаграмма RS - триггера

Принципиальная электрическая схема, таблица перехода и временная диаграмма синхронного RS - триггера представлена на рис.6.

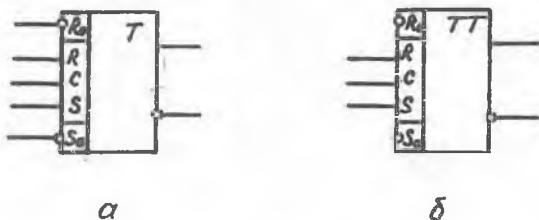


R	S	Q_{t+1}
1	0	0
0	1	1
0	0	Хр. Q_t
1	1	Запр. комб.

Р и с. 6. Синхронный RS - триггер

Элементы 1 и 2 образуют схему входной логики, а 3, 4 - асинхронный RS - триггер (элемент памяти. Сравните с рис.1). По асинхронным входам R_0 и S_0 производится предварительная установка T в требуемое состояние.

Условное обозначение одноктактного (а) и двухтактного (б) - триггера с установочными асинхронными входами изображено на рис.7.



Р и с. 7. Условное обозначение RS - триггера

Кружок на входах R и S обозначает, что управление происходит нулевыми потенциалами.

На основе RS -триггера и соответствующих комбинационных схем могут быть построены остальные типы триггеров.

2. Триггер задержки (*delay*) (\mathcal{D} -триггер)

Характеристическое уравнение \mathcal{D} -триггера

$$Q_{t+1} = D_t$$

Принципиальная схема, условное обозначение и временная диаграмма приведены на рис.8.

3. Счетный триггер (Т-триггер)

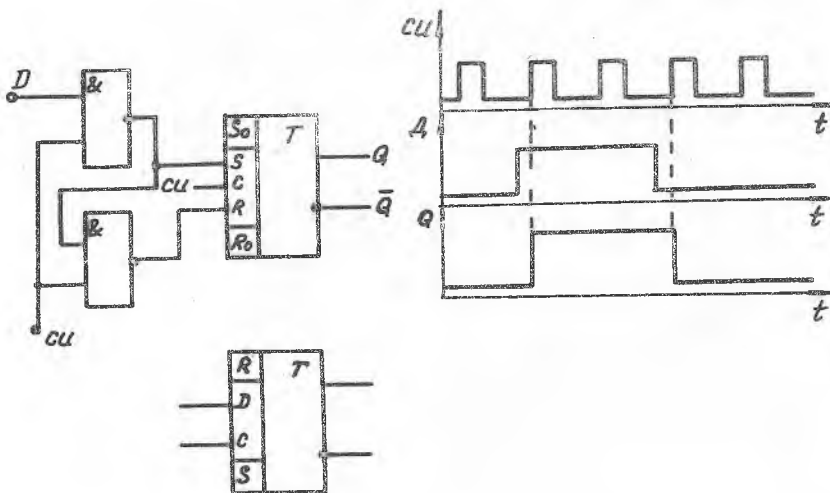
Характеристическое уравнение

$$Q_{t+1} = (Q\bar{T} + T\bar{Q})_t$$

Т-триггер можно построить на основе RS -триггера с соответствующей КС и обратными связями. Однако, как правило, Т-триггер реализуют на основе двухтактных \mathcal{D} и \mathcal{JK} -триггеров, которые изготавливаются в интегральном исполнении. Действительно, работа синхронного \mathcal{D} -триггера описывается уравнением

$$Q_{t+1} = \bar{C}_t Q_t + C_t D_t ,$$

где C_t - сигнал синхронизации.

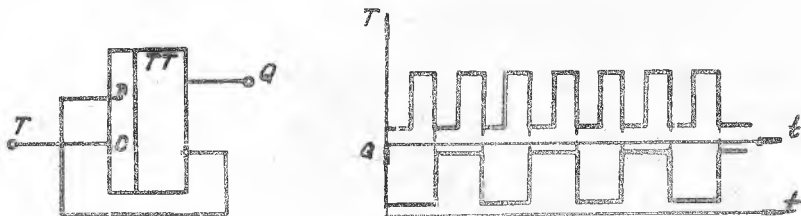


Р и с. 8. Синхронный \mathcal{D} - триггер

Если $C = T$, а инверсный выход \mathcal{D} -триггера соединить со входом \mathcal{D} , то

$$Q_{t+1} = T_t Q_t + \bar{Q}_t T_t$$

Принципиальная схема T-триггера и его временная диаграмма представлены на рис.9.



Р и с. 9. T-триггер на основе \mathcal{D} - триггера

Нетрудно заметить, что Т-триггер реализует логическую функцию "сумма по модулю 2". Характерной особенностью Т-триггера является то, что частота изменения выходного сигнала в два раза меньше частоты на входе. Это свойство используется при построении двоичных счетчиков. Триггер (см. рис.9) относится к асинхронным Т-триггерам. В синхронном Т-триггере имеется вход Т и вход синхронизации С. При $T = 1$ справедливо

$$Q_{t+1} = \bar{C}_t Q_t + C_t \bar{Q}_t$$

4. Универсальный JK - триггер

Характеристическое уравнение $Q_{t+1} = \bar{K}_t Q_t + J_t \bar{Q}_t$

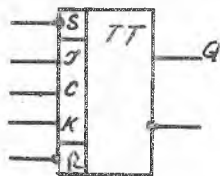
Таблица переходов и условное обозначение приведено на рис.10.

Асинхронная
таблица

Синхронная
таблица

R	S	Q
0	0	Запр. комб.
0	1	0
1	0	1
1	1	Синхр. табл.

J	K	Q(t+1)
0	0	Q _t
1	0	1
0	1	0
1	1	\bar{Q}



Р и с. 10. Таблица переходов и условное обозначение JK - триггера

Триггер содержит асинхронные (установочные) входы R и S, синхронные (управляющие) - J (уст.1) и K (уст.0).

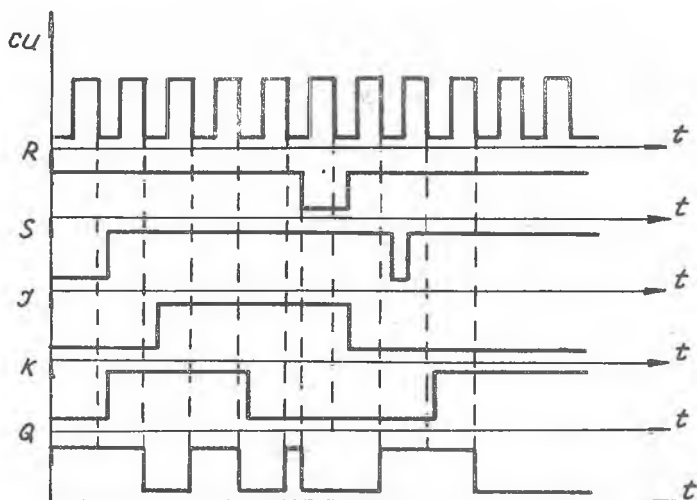
Временная диаграмма работы JK - триггера приведена на рис.11.

На основе JK - триггера можно построить все основные типы триггеров.

Сравнивая уравнение JK - триггера с характеристическими уравнениями триггеров, нетрудно определить значения сигналов на входах J и K для построения различных типов триггеров:

D - триггер $J = D, K = \bar{D}$;

T - триггер асинхр. $J = K = C = T$,
синхр. $J = K = T$;



Р и с. II. Временная диаграмма JK -триггера

RS- триггер $J=S$, $K=R$.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка состоит из блока исследуемых триггеров, блока формирования импульсной последовательности (БФИ) и блока связи с осциллографом (БСО).

Блок триггеров состоит из одноканального синхронного RS - триггера на элементах И-НЕ, D - триггера 133ТМ2 с асинхронными входами R и S и синхронизацией по перепаду напряжения из "0" в "1", одноканального D -триггера 133ТМ7 с синхронизацией по уровню напряжения и JK -триггера 133ТВ1 (двухканальный, с асинхронными входами).

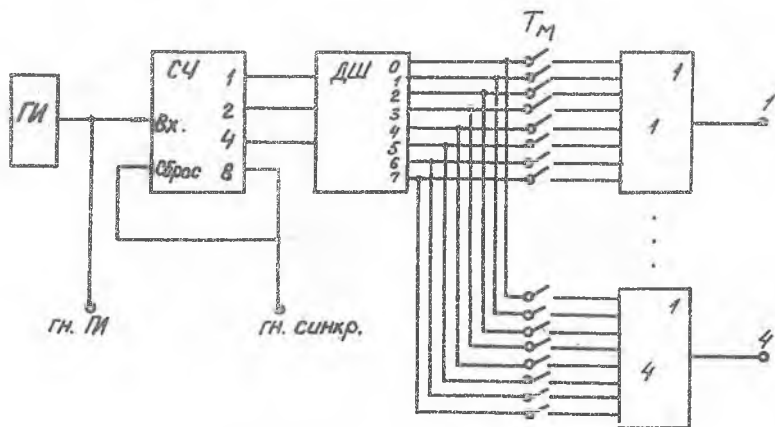
Установочные (асинхронные) входы триггеров управляются нулевыми потенциалами.

БФИ состоит из генератора одиночных импульсов (ГОИ), генератора непрерывной последовательности импульсов (ГПИ), схемы формирования импульсной последовательности (СФИП) и схемы синхронизации

зации (СС).

ГОИ используется при работе в шаговом режиме. На выходе генератора (гнездо ГОИ) вырабатывается один импульс положительной полярности, длительность которого равна времени нахождения кнопки в замкнутом положении. В исходном положении в гнезде ГОИ потенциал равен нулю, а при нажатии кнопки потенциал соответствует 1 (5В).

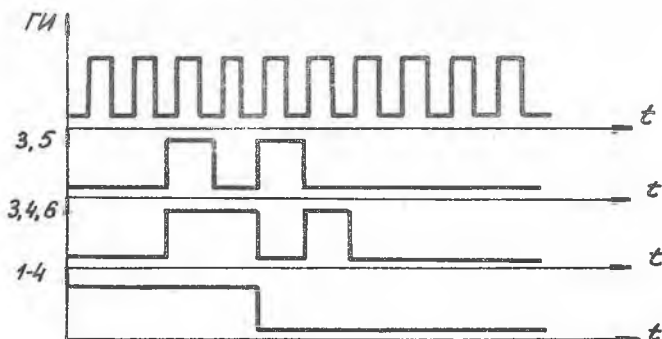
Для исследования триггеров необходимо формировать определенные импульсные сигналы. Эту задачу решает СФИП следующим образом (рис.12). Сигналы ГИ поступают на вход двоично-десятичного счетчика (СЧ). Сигналы с выходов СЧ 1, 2, 4 поступают на вход дешифратора ДШ. В зависимости от кода на выходе СЧ формируются сигналы на одном из восьми выходов ДШ. Эти сигналы коммутируются с помощью тумблеров (T_M) на входы четырех схем "ИЛИ". Вид сигнала на



Р и с. 12. Структура блока формирования импульсной последовательности (БФИ)

выходе схемы "ИЛИ" определяется состоянием тумблеров. Примеры включения отдельных тумблеров, вид сигнала при этом иллюстрируются рис.13.

Тумблеры нумеруются слева направо, нижнее положение тумблера соответствует нулевому потенциалу, а верхнее - единичному.



Р и с. 13. Временная диаграмма работы БЭИ.

Схема синхронизации необходима для формирования сигнала запуска внешней развертки осциллографа. С этой целью каждый 8-й импульс ГИ подводится к гнезду "СИНХР" передней панели стенда.

БСО представляет собой электронный коммутатор, который позволяет наблюдать на однолучевом осциллографе одновременно до 8 процессов. Режим БСО переключается тумблером. При положении тумблера "4" можно наблюдать до 4-х процессов, в положении "8" - до 8.

Требуемая схема для исследования набирается с помощью шнуровой коммутации.

Включение стенда производится тумблером, расположенным на передней вертикальной стенке.

3. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Проверить таблицу переходов синхронного RS -триггера. В качестве источника управляющих сигналов использовать выходы СФАП, синхросигналы подавать от ГОИ, выходные сигналы регистрировать осциллографом.

2. Для заданных преподавателем значений управляющих сигналов построить временную диаграмму работы D , T , JK - триггеров и проверить их с помощью осциллографа.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Принципиальные электрические схемы и таблицы переходов основных типов триггеров.
2. Осциллограммы исследуемых процессов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. К какому классу дискретных устройств относятся триггеры?
2. Определение и функции ЦА. В чем отличие в функционировании ЦА и КС?
3. Обобщенная структура ЦА.
4. С какой целью вводится синхронизация?
5. Какие преимущества обеспечивает двухтактная схема триггера?
6. Нарисовать на основе JK -триггера основные типы триггеров.
7. Почему асинхронные (установочные) входы имеют более высокий приоритет, чем синхронные?
8. Построить временные диаграммы RS , D , T , JK -триггеров по заданию преподавателя.
9. Объяснить структуру стенда.
10. С помощью принципиальных электрических схем объяснить принцип работы основных типов триггеров.

Составители: Юрий Владимирович П ш е н и ч н и к о в,
Владислав Германович И о ф ф е

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИГГЕРНЫХ СХЕМ
НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Методические указания
к лабораторной работе

Редактор Л.М.С о к о л о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Е.Г.Ф и л и п п о в а

Подписано в печать 15.12.82 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Усл.п.л. 0,93.Уч.-изд.л.0,9.
Тираж 200 экз. Заказ № 1096 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная тип.им. В.П.Мяги, ул.Венцека, 60.