**Лабораторная работа № 3**

## ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ и использования ТРИГГЕРОВ

Цель работы: изучить особенности функционирования RS-триггеров, D-триггеров, JK-триггеров и их возможных применений.

### Описание используемых триггеров

Лабораторная работа выполняется с использованием RS-триггеров, собранных на элементах И-НЕ (ИЛИ-НЕ) и микросхем К155ТМ2 (D-триггеры) и К155ТВ1 (JK-триггер) или их аналогов при выполнении работы на компьютере: 74LS74 (7474) и 74LS72 (7472) соответственно. Возможно применение и других моделей D-триггеров и JK-триггеров без привязки к конкретным сериям элементов, которые имеются в библиотеке цифровых элементов «Digital». Условные обозначения используемых микросхем и моделей приводятся ниже.

На рисунке 21 предложена схема асинхронного RS-триггера, поведение которого необходимо изучить, его условное обозначение и временные диаграммы работы. Можно заметить, что запрещённой комбинацией входных сигналов является S=R=0, что приводит к появлению на обоих выходах уровней логической единицы. Эта ситуация не показана на временных диаграммах. Состояние сигнала на прямом выходе определяет состояние триггера.

Условимся обозначать входные сигналы обозначать так же, что и метки этих входов, расположенные в дополнительном поле условного обозначения, но помнить при этом, что при наличии на входе символа инвертирования (кружочек) активным сигналом по этому входу является логический ноль.

  

Рис. 21. Схема, условное графическое обозначение и временные диаграммы работы асинхронного RS-триггера

Наличие логического нуля на входе S (Set – установка) приводит к записи единицы и запись продолжается в течение всего временного интервала, пока присутствует ноль. Логический ноль на входе R (Reset-сброс) записывает ноль в триггер. При S=R=1 триггер переходит в режим хранения записанной информации.

На рисунке 22 предложена схема и условное обозначение синхронного RS-триггера на элементах И-НЕ. Триггер принимает информацию с входов R и S при единичном уровне на синхронизирующем входе C. Активным уровнем по всем входам будет уровень логической единицы. Запрещённая комбинация наблюдается при равенстве: S=R=C=1. Если во время такой комбинации произойдёт переход сигнала синхронизации в режим хранения, когда C=0, то поведение триггера будет непредсказуемо, возможно возникновение кратковременной генерации и установившееся состояние триггера в этом случае непредсказуемо.



Рис. 22. Схема и условное графическое обозначение синхронного

RS-триггера

На рисунке 23 предложены условные обозначения синхронного D-триггера микросхемы К155ТМ2 (а), модели микросхемы иностранного аналога 74LS74 (б) и модели D-триггера (в), не привязанной к конкретной серии элементов. Но эта модель соответствует по выполняемым функциям изучаемому D-триггеру, имеющему асинхронные S (вход сверху условного обозначения) и R (вход снизу условного обозначения) входы с активными нулями и принимающему сигнал с входа D при наличии на входе синхронизации нарастающего фронта.



Рис. 23. Условные обозначения D-триггера микросхемы К155ТМ2 (а),

иностранного эквивалента 7474 (б), модель исследуемого триггера (в) и временные диаграммы работы

На рисунке 24 предложены условные обозначения JK-триггера микросхемы К155ТВ1 (а), модели микросхемы иностранного аналога 74LS72 (б) и модели JK-триггера (в), не привязанной к конкретной серии элементов и имеющей в отличии от упомянутых микросхем по одному входу J и K. Если в микросхемах К155ТВ1 и 7472 используются для подачи сигналов не все три входа J или три входа K, то на свободные входы необходимо подать уровень логической единицы. Асинхронные входы обладают максимальным приоритетом. То есть подача активного сигнала на один из асинхронных входов должна приводить к блокировке синхронных входов.



Рис. 24. Условные обозначения JK-триггера микросхемы К155ТВ1 (а),

иностранного эквивалента 7472 (б) и модели исследуемого триггера (в)

Упомянутые JK-триггеры построены как двухступенчатые, то есть при C=1 происходит запись информации с входов J и K в первый триггер (первая ступень), а с переходом синхросигнала в нулевое состояние происходит перепись информации с первого триггера во второй, который является выходным. То есть на выходах триггера наблюдается изменение состояния после прихода спадающего фронта синхросигнала при C=0.

### Задание для подготовки к выполнению лабораторной работы

Изучить теоретический материал по лекциям и рекомендованной литературе (страницы с 55 по 89 конспекта лекций [Л.А.Брякин. Основы схемотехники цифровых устройств: конспект лекций. – Пенза: Изд. Пенз.гос. ун-та, 2006. – 104 стр.]). Составить временные диаграммы изучаемых триггеров с учётом номера варианта, таблицы 11 и рисунка входных сигналов (рис. 25) при изучении работы триггеров в статике (входные информационные сигналы формируются с помощью клавиатуры, а синхронизирующие сигналы с помощью переключателя С3 при работе на стенде).



Рис. 25. Временные диаграммы вспомогательных сигналов

Таблица 11

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Входные сигналы | № вар. | Входные сигналы |
| 1 | S=D=J=a | 7 | S=D=J=e |
| R=K=b | R=K=b |
| 2 | S =J=a | 8 | S =J=d |
| R=K=D=d | R=K=D=e |
| 3 | S=J=e | 9 | S=D=J=e |
| R=K=D=a | R=K=f |
| 4 | S=D=J=f | 10 | S=D=J=f |
| R=K=a | R=K=g |
| 5 | S=D=J=g | 11 | S=D=J=g |
| R=K=a | R=K=e |
| 6 | S=D=J=b | 12 | S=D=J=f |
| R=K=d | R=K=b |

Сигнал «c» используется в качестве синхросигнала в синхронных триггерах, а остальные сигналы используются в качестве информационных при построении поведения изучаемых триггеров.

Для каждого пункта в отчёте записать задание с учётом номера бригады, предложить схемы изучаемых триггеров, таблицы переходов, определить запрещённые комбинации входных сигналов, если они есть, построить временные диаграммы в статике, описать особенности работы триггеров.

### Порядок выполнения работы

### Работа со стендом

**1. Изучение работы асинхронного RS-триггера в статике.**

1.1. Соберите асинхронный RS- триггер на элементах И-НЕ (см. рис. 21,а), формируя информационные сигналы R и S с использованием клавиатуры, а для индикации состояний выходных сигналов триггера используя светодиодные индикаторы. Проверьте функционирование триггера и составьте таблицу переходов. *Обратить внимание на запрещенную комбинацию входных сигналов. К каким уровням она приводит на выходах триггера? Объясните в отчёте наблюдаемые на выходах сигналы. Проверьте функционирование триггера с помощью временных диаграмм, построенных для данного триггера в процессе подготовки к лабораторной работе, убедиться в правильности построенных диаграмм.*

1.2. Соберите асинхронный RS- триггер элементах ИЛИ-НЕ и исследуйте его работу аналогично заданию п. 1.1.

**2. Изучение работы синхронного RS-триггера в статике.**

2.1. Соберите синхронный RS-триггер на элементах И-НЕ (см. рис. 22), формируя информационные сигналы R и S с использованием клавиатуры, а синхросигнал С - с помощью переключателя С3. Для индикации состояний входных и выходных сигналов триггера используйте светодиодные индикаторы. *Проверьте функционирование триггера по временным диаграммам, построенным при подготовке к занятию с учётом варианта из таблицы 11, составьте таблицу переходов. Обратите внимание на запрещённую комбинацию входных сигналов и на поведение триггера при этом.*

2.2. Соберите синхронный RS- триггер элементах ИЛИ-НЕ и исследуйте его работу аналогично заданию п. 2.1.

**Работа с компьютером**

**3. Изучение работы двухступенчатого синхронного RS-триггера в статике.**

3.1. Соберите двухступенчатыйсинхронный RS-триггер на элементах И-НЕ (см. рис. 3.23 методички «Основы схемотехники цифровых устройств», конспект лекций), формируя информационные сигналы R и S и синхросигнал С с использованием файла gen-slov.ewb. С помощью светодиодных индикаторов контролируйте состояния выходных сигналов триггеров первой и второй ступени. *Проверьте функционирование триггера по временным диаграммам, построенным при подготовке к занятию с учётом варианта и таблицы 11, составьте таблицу переходов. Обратите внимание на запрещённую комбинацию входных сигналов и непредсказуемое поведение триггера при этом.*

**4. Изучение особенностей функционирования и применения D-триггеров.**

**4.1. Изучение работы D-триггера в статике (микросхема К155ТМ2).**

Используя аналогичный подход, изучите работу модели триггера К155ТМ2, убедившись в правильности составленных временных диаграмм с учётом номера бригады.

Исследование триггера производить отдельно по синхронным входам D, C и асинхронным R и S, построив две соответствующие временные диаграммы.

Постройте таблицы переходов для входа D и асинхронных входов R и S.

*При подаче активного сигнала на любой асинхронный вход попробуйте записать информацию в триггер по синхронному входу D и по результатам эксперимента сделайте выводы, записав их в отчёте по лабораторной работе.*

**5. Изучение особенностей функционирования и применения JK-триггеров.**

**5.1. Изучение работы JK-триггера в статике (микросхема К155ТВ1).**

Используя аналогичный подход, изучите работу модели триггера К155ТВ1, убедившись в правильности составленных временных диаграмм с учётом номера бригады.

Исследование триггера производить отдельно по синхронным входам J, K, C и асинхронным R и S, построив две соответствующие временные диаграммы.

Изучите работу триггера, убедившись в правильности составленных временных диаграмм с учётом номера бригады.

Постройте таблицы переходов для входов J, K и асинхронных входов R и S.

**5.2.\* Синтез JK-триггера на базе D-триггера.**

Синтезируйте JK-триггер на базе D-триггера и мультиплексора и проверьте его работоспособность на модели. *Представить схему в отчёте и объяснить её поведение.*

### Контрольные вопросы

1. Чем отличается динамическое управление триггеров от статического?

2. Можно ли определить запрещенные комбинации входных сигналов для D- и JK- триггеров?

3. При каких условиях возможна генерация в асинхронном RS- триггере?

4. Чем отличается синхронный и асинхронный T- триггеры?

5. Как следует изменить схему синхронного RS-триггера на элементах И-НЕ, чтобы организовать дополнительно асинхронные входы S и R?

6. Какова продолжительность интервала приёма информации в динамическом триггере и в двухступенчатом триггере?

7. Почему в синхронном RS - триггере на элементах И-НЕ активными сигналами на входах являются единичные уровни, а в асинхронном – нулевые уровни?