

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Камзолова С.Г.**

**ЦИФРОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ**

**ПОСОБИЕ**  
по выполнению лабораторных работ

*для студентов III курса  
специальности 10.05.02  
очной формы обучения*

**Москва-2016**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

---

**Кафедра основ радиотехники и защиты информации**

**С.Г. Камзолова**

# **ЦИФРОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**ПОСОБИЕ**

**по выполнению лабораторных работ**

*для студентов III курса  
специальности 10.05.02  
очной формы обучения*

**Москва - 2016**

ББК 6Ф3  
К 18

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Сбитнев

Камзолова С.Г.

К 18 Цифровая элементная база телекоммуникационных систем: пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2015. - 32 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Цифровая элементная база телекоммуникационных систем» по Учебному плану для студентов III курса специальности 10.05.02 очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 24.11.15 г. и методического совета 24.11.15 г.

## Работа №1

### Исследование работы логических элементов

#### 1. Цель работы

Целью работы является исследование принципа действия цифровых логических элементов (ЛЭ).

#### 2. Методические указания

##### 2.1. ЛЭ и операция логического умножения ( конъюнкции).

Схема, удовлетворяющая таблице истинности логического умножения, является логическим элементом И.

$$y = x_1 * x_2$$

Вар.	X1	X2	Y
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

Таблица истинности  
обозначение

Рис.1.1. Условное  
обозначение

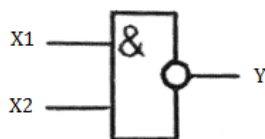
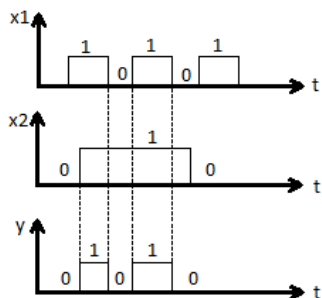


Рис. 1.2. Эпюры (пример)



2.2. ЛЭ ИЛИ и операция логического сложения (дизъюнкция).

Схема, удовлетворяющая таблице истинности ЛЭ сложения, является ЛЭ ИЛИ.

$$y = x_1 + x_2$$

Таблица истинности

Вар.	X 1	X 2	Y
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	1

Рис. 1.3. Условное обозначение

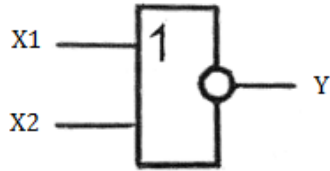
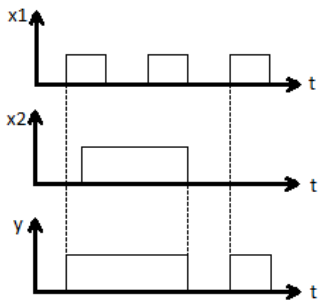


Рис. 1.4. Эпюры (пример)



### 2.3. ЛЭ НЕ и операция инверсии (отрицания).

Электронную схему, состояние на выходе у которой всегда противоположно состоянию на входе  $x$ , называют логическим элементом НЕ, или инвертором.

Схема, удовлетворяющая таблице истинности логического инвертирования, является логическим элементом НЕ.

$$y = \bar{x}$$

Таблица истинности

Рис. 1.5. Условное обозначение

Вар.	X	Y
1	0	1
2	1	0

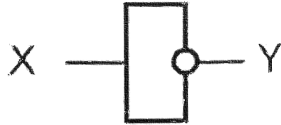
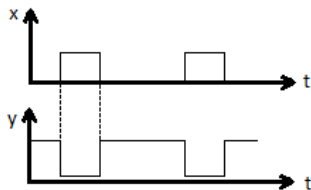


Рис. 1.6. Эпюры (пример)



### 2.4. Основные логические элементы

Логические элементы И, ИЛИ и НЕ предназначены для выполнения трех основных операций цифровой логики над дискретными сигналами. С помощью этих элементов можно реализовать операции любой сложности. Поэтому эти элементы называются основными.

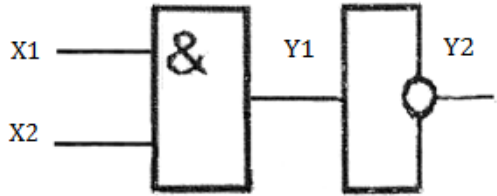
## 2.5. Комбинированные элементы.

а) И – НЕ

Таблица истинности

Вар.	X1	X2	Y1	Y2
1	0	0	0	1
2	0	1	0	1
3	1	0	0	1
4	1	1	1	0

Рис. 1.7. Условное обозначение



И – НЕ используется очень часто, поэтому придумали условное обозначение:

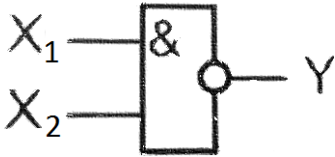


Рис. 1.8. Собственное условное обозначение

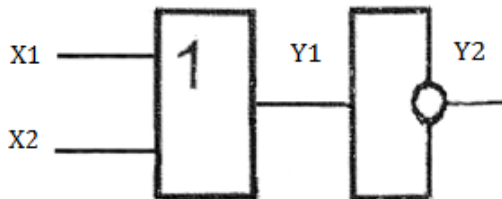
Логическая функция И – НЕ отвечает выражению:  $y = \overline{x_1 * x_2}$

б) ИЛИ - НЕ :  $y = \overline{x_1 + x_2}$

Таблица истинности

Вар.	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$
1	0	0	0	1
2	0	1	1	0
3	1	0	1	0
4	1	1	1	0

Рис. 1.9. Условное обозначение



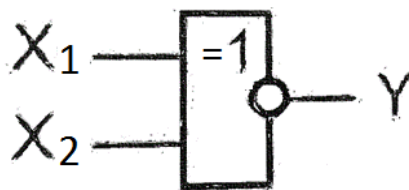
в) Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

На выходе элемента состояние 1 будет только тогда, когда оба выхода имеют различное состояние.

Таблица истинности

Вар.	$x_1$	$x_2$	$y$
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

Рис. 1.10. Условное обозначение





### 3. Описание лабораторного стенда

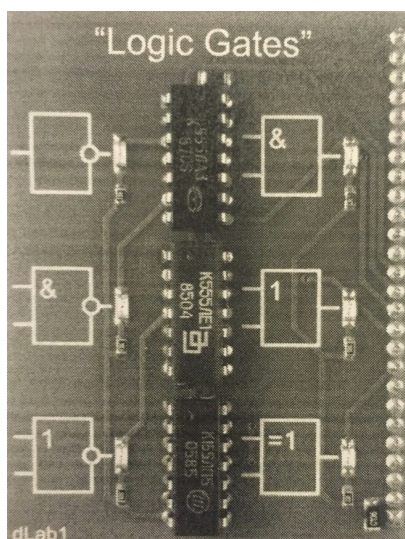
В состав лабораторного стенда входят :

- Базовый лабораторный стенд;
- Лабораторный модуль **dLab1** для исследования работы логических элементов.

### 4. Рабочее задание

Подготовьте шаблон отчёта в редакторе **MS WORD**.

Установите лабораторный модуль **dLab1** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 1.11.



*Рис. 1.11. Внешний вид модуля **dLab1** для исследования работы логических элементов*

Загрузите файл **dLab-1.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 1.12.). Запустите программу, щёлкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN

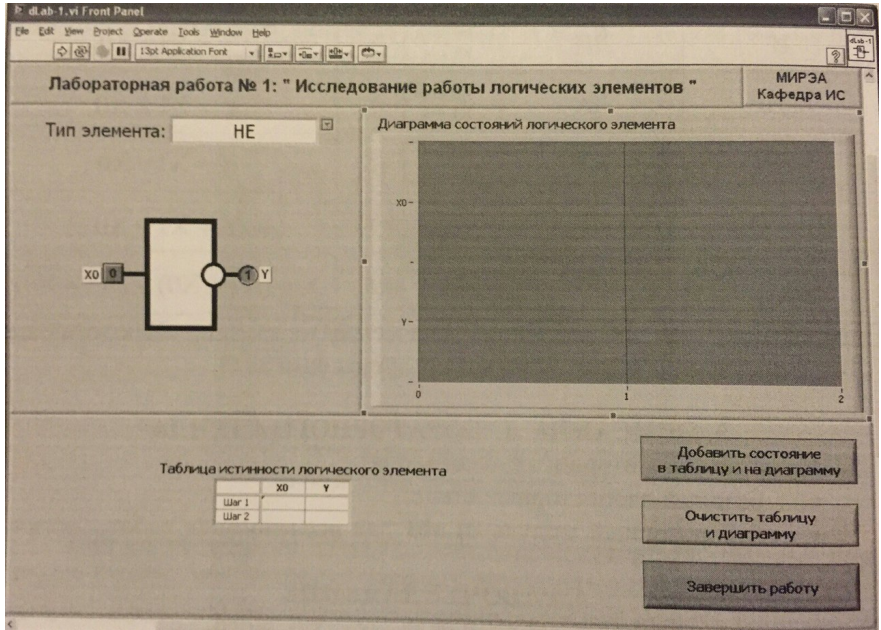


Рис. 1.12. Лицевая панель ВП

#### 4.1. Логический элемент НЕ

4.1.1. Нажмите на кнопку «Очистить таблицу и диаграмму»

4.1.2. Выберите логический элемент «НЕ». Для этого щёлкните мышью на кнопке раскрытия списка элемента управления «Тип элемента». В раскрывшемся списке выберите строку с надписью «НЕ». В левой части рабочего окна появится условное графическое изображение логического элемента НЕ.

4.1.3. Установите на входе «X0» исследуемого логического элемента сигнал «0». Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мышью на кнопку квадратной формы, расположенную около входа логического элемента. При этом на кнопке отображается состояние входа («0» - синий цвет или «1» - оранжевый цвет). На индикаторе круглой формы,

расположенном около выхода логического элемента, будет отображено состояние выходного сигнала в соответствии с логической функцией исследуемого элемента.

4.1.4. Занесите логические состояния входа и выхода логического элемента «НЕ» в таблицу истинности и на диаграмму состояний. Для этого нажмите на кнопку **«Добавить состояние в таблицу и на диаграмму»**.

4.1.5. Установите на входе «X0» исследуемого логического элемента логический сигнал «1», и с помощью кнопки **«Добавить состояние в таблицу и на диаграмму»** занесите логические состояния входа и выхода логического элемента «НЕ» в таблицу истинности и на диаграмму состояний.

4.1.6. Скопируйте полученные таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щёлкните правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выберите из контекстного меню команду **«Copy Data»**. Затем перейдите в редактор **MS WORD** и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчёта. Повторите те же действия с диаграммой состояний.

4.1.7. В отчёте приведите схему реализации логической функции «НЕ» на основе базового логического элемента «2и-не», и на основе базового логического элемента «2ИЛИ-НЕ».

## **4.2. Логические элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-не, Искл.ИЛИ**

4.2.1. Нажмите на кнопку **«Очистить таблицу и диаграмму»**.

4.2.2. выберите логический элемент управления **«Тип элемента»**. В раскрывшемся списке выберите строку с надписью «И». В левой части рабочего окна появится условное графическое изображение логического элемента «И».

4.2.3. Установите на входах «X0» и «X1» логического элемента значения сигналов, приведённые в первой строке табл. 1.1.

Таблица 1.1

<i>Вход X1</i>	<i>Вход X0</i>
0	0
0	1
1	0
1	1

4.2.4. Занесите логические состояния входов и выходов дешифратора в таблицу истинности и на диаграмму состояний. Для этого нажмите на кнопку **«Добавить состояние в таблицу и на диаграмму»**.

4.2.5. Повторите пп. 4.2.3. – 4.2.4. для остальных строк табл. 1.1.

4.2.6. Скопируйте полученные таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт.

4.2.7. По таблицу истинности и диаграмме состояний исследуемого логического элемента определите, какой логический сигнал является для него активным.

4.2.8. В отчёте приведите схему реализации функции исследуемого логического элементов «И-НЕ», и на основе базовых логических элементов «2ИЛИ-НЕ».

4.2.9. Повторите пп.4.2.1. – 4.2.8. для логических элементов «И-НЕ», «ИЛИ», «ИЛИ-НЕ», «Искл.ИЛИ».

4.2.10. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку **«Завершить работу»**.

## 5. Контрольные вопросы

- 1) Таблица истинности, условное обозначение и эшюры схемы И
- 2) Таблица истинности, условное обозначение и эшюры схемы ИЛИ
- 3) Таблица истинности, условное обозначение и эшюры схемы НЕ
- 4) Понятие об основных ЛЭ
- 5) Комбинированные элементы: И-НЕ, ИЛИ-НЕ, ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ

## Работа №2

### Исследование работы R-S-триггера

#### 1. Цель работы

Целью работы является исследование принципа действия R-S-триггера.

#### 2. Методические указания

Триггер-устройство, имеющее два устойчивых состояния:  $Q=1$  и  $Q=0$ . В каком из состояний окажется триггер, зависит от сигналов на его входах и от его предыдущего состояния. Триггер является элементарной ячейкой памяти.

Тип триггера определяется алгоритмом его работы. Базовым при создании более сложных триггеров является асинхронный R-S-триггер.

В основе любого триггера лежит схема из двух логических элементов, которые охвачены положительными обратными связями (сигналы с выходов подаются на входы). В результате подобного включения схема может находиться в одном из двух устойчивых состояний, причем находиться сколько угодно долго, пока на нее подано напряжение питания.

Главным выходом триггера является  $Q$ ,  $\bar{Q}$  – инверсный по отношению к  $Q$ .

Действуют следующие правила:

- 1) Выводы для подключения напряжения питания не обозначаются.
- 2) На обоих выходах триггера действуют противоположные состояния.
- 3) Для описания принципа действия триггера используются логические состояния 0 и 1. Если нет особых указаний, то по умолчанию все логические операции производятся при положительной логике (высокий уровень соответствует 1, низкий 0).
- 4) При подаче на вход S логической 1 выход Q равен 1. Этот процесс называют режимом установки триггера. Если триггер уже имеет  $Q=1$ , то подача на вход S ничего не меняет. Переключение триггера не происходит.
- 5) Состояние 1 на R переводит выход  $\bar{Q}=1$ . Этот процесс называют режимом сброса триггера. Если триггер уже имеет состояние  $\bar{Q}=1$ , то 1 на входе R ничего не меняет.
- 6) Состояние 0 на входах не вызывают никакого воздействия на выход.
- 7) Состояние Q характеризует состояние памяти триггера. Если  $S=1$ , то триггер записал значение 1.

Далее представлена таблица истинности R-S-триггера.

S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	предыдущее состояние	
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	запретная комбинация	

На рис. 2.1. представлен R-S-триггер, выполненный на элементах ИЛИ-НЕ, на рис. 2.2. – на элементах И-НЕ.

Рис. 2.1. R-S-триггер на элементах ИЛИ-НЕ

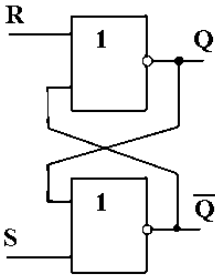
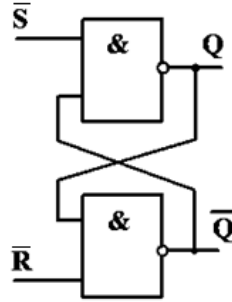


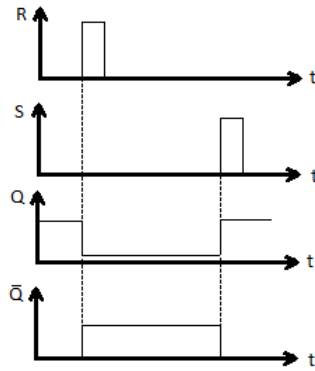
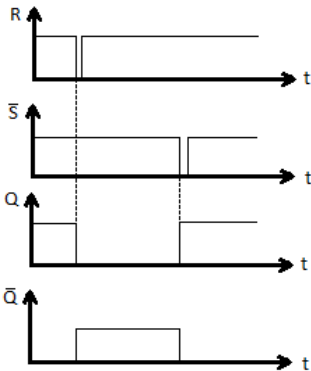
Рис. 2.2. R-S-триггер на элементах И-НЕ



Эпоуры (рис.2.3 и 2.4) поясняют принцип работы этих схем.

Рис. 2.3. Эпоуры, иллюстрирующие принцип работы триггера на элементах И-НЕ.

Рис. 2.4. Эпоуры, иллюстрирующие принцип работы триггера на элементах ИЛИ-НЕ.



### 3. Описание лабораторного стенда

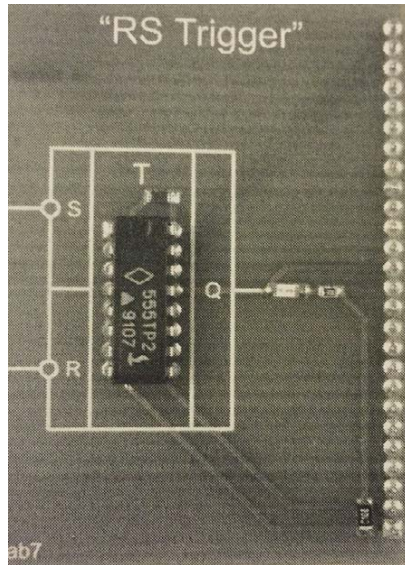
В состав лабораторного стенда входят :

- Базовый лабораторный стенд;
- Лабораторный модуль **dLab7** для исследования RS-триггера.

### 4. Рабочее задание

Подготовьте шаблон отчёта в редакторе **MS WORD**.

Установите лабораторный модуль **dLab7** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 2.5.



*Рис. 2.5. Внешний вид модуля **dLab7** для исследования работы RS-триггера*

Загрузите файл **dLab-7.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 2.6.). Запустите программу, щёлкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN

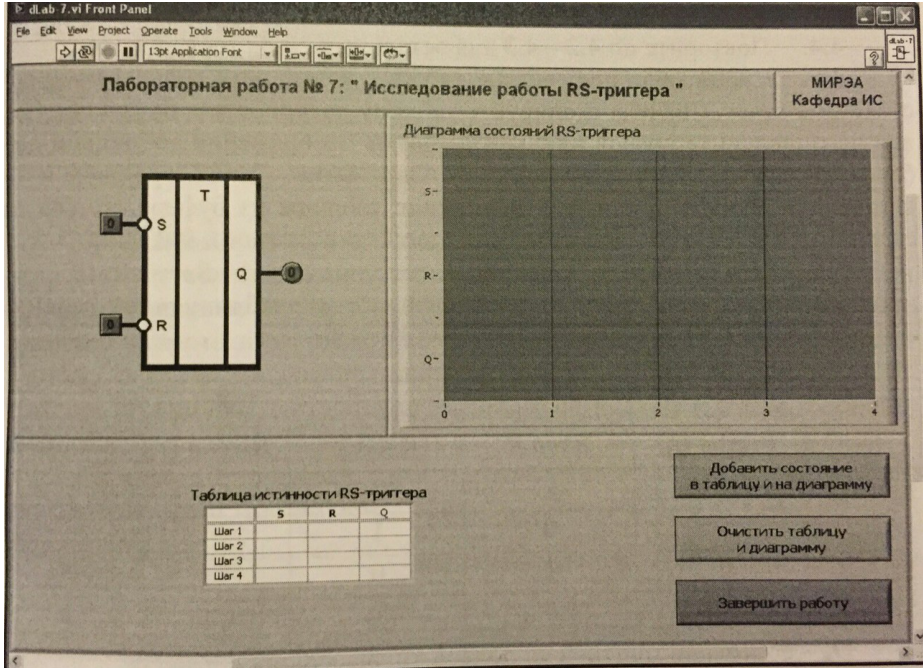


Рис.2.6. Лицевая панель ВП

4.1. Нажмите на кнопку «Очистить таблицу и диаграмму».

4.2. Установите на входах «S» и «R» триггера значения сигналов, приведённые в первой строке табл. 2.1. Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около соответствующего входа. При этом на кнопке отображается состояние входа («0» - синий цвет или «1» - оранжевый цвет). На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q» и « $\bar{Q}$ » триггера, будет отображено состояние выходных сигналов.

Таблица 2.1.

<i>Вход R</i>	<i>Вход S</i>
0	0
0	1
1	0
1	1



4.3. Занесите логические состояния входов и выходов триггера в таблицу истинности и на диаграмму состояний. Для этого на лицевой панели ВП нажмите на кнопку «**Добавить состояние в таблицу и на диаграмму**».

4.4. Повторите пп. 4.2. - 4.3. для остальных строк табл. 2.1.

4.5. Скопируйте полученные таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щёлкните правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выберите из контекстного меню команду «**Copy Data**». Затем перейдите в редактор **MS WORD** и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчёта. Повторите те же действия с диаграммой состояний.

4.6. Изменяя с помощью элементов управления «S» и «R» состояние входных сигналов триггера, заполните в отчёте таблицу переходов RS-триггера (табл. 2.2.).

Таблица 2.2.

Выход $Q_n$	Вход R	Вход S	Выход $Q_{n+1}$
0	x	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	x	

$Q$  – состояние триггера до подачи управляющих сигналов;

$Q$  – состояние триггера после подачи управляющих сигналов;

x – любое состояние входа

Поясните в отчёте, при каких переключениях входных сигналов состояние триггера изменяется, а при каких – нет.

4.7. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «**Завершить работу**».

5. Контрольные вопросы

- 1) Что такое триггер?
- 2) Принцип работы R-Стриггера
- 3) R-S-триггер на элементах ИЛИ-НЕ
- 4) R-S-триггер на элементах И-НЕ

## 5) Запрещенные комбинации для R-Стриггеров

**Работа №3****Исследование работы двоичного счётчика**

## 1. Цель работы

Целью работы является исследование работы двоичного счётчика.

## 2. Методические указания

Двоичные счётчики обрабатывают только сигналы 0 и 1. Почти все применяемые в настоящее время электронные счётчики являются двоичными. В зависимости от поставленной задачи нужен либо суммирующий счётчик, либо вычитающий, либо реверсивный. Счётчики строятся на триггерах. Если все триггеры переключаются одновременно, то это синхронный режим работы. В асинхронном режиме триггеры переключаются в разные моменты времени. Счётчики, которые работают в синхронном режиме, называют синхронными счётчиками. Счётчики, которые работают в асинхронном режиме, называются асинхронными счётчиками.

Асинхронные счётчики могут строиться на различных разновидностях триггеров. Самая простая структура получается на Т-триггерах, JK и RS-триггеры соединены таким образом, что они работают как Т-триггеры (рис. 3.1.)



Рис. 3.1. JK-триггер и RS-триггер, включённые как Т-триггер

На схеме (рис. 3.2.) показан двоичный суммирующий асинхронный счётчик, построенный на трех Т-триггерах. Такой счётчик называется 3-разрядным.

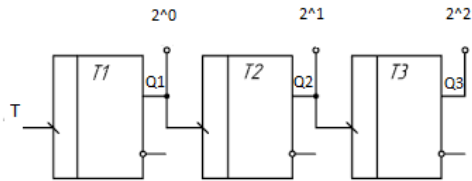


Рис. 3.2. Двоичный суммирующий асинхронный счётчик

Каждый триггер имеет объём памяти в один бит и отвечает за один бинарный разряд. Получаемый на выходе результат – двоичное число – имеет столько разрядов, сколько триггеров имеется в счетчике. Т-триггеры схемы на рис. 3.1. переключаются при переходе сигнала с 1 на 0, т.е. обратным фронтом сигнала.

Временные диаграммы представлены на рис. 3.3.

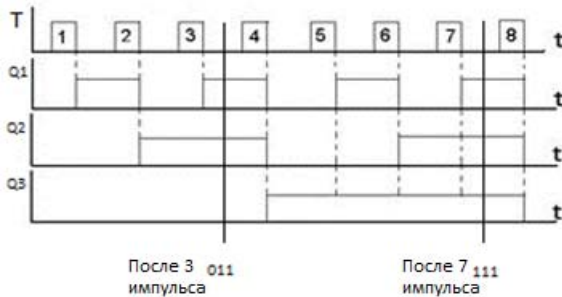


Рис. 3.3. Временные диаграммы Двоичного счётчика

При построении счётчика, переключающегося прямым фронтом сигналы должны передаваться с  $\bar{Q}$ -выходов

Временные диаграммы идеализированы. Если сигнал от Q1 переходит с 1 на 0, то пройдёт некоторое время, пока сигнал на Q2 перейдёт с 0 на 1. Это

время называют быстродействием. Оно составляет для триггеров ТТЛ-семейства от 30 до 50 нс. Для низкочастотных входных сигналов временем распространения сигнала можно пренебречь. Однако при высокочастотных входных сигналах это приведёт к ошибкам. В этом случае необходимо использовать синхронные счётчики.

В синхронных счётчиках все триггеры, которые должны переключаться сделают это одновременно по сигналу синхронизации. Синхронные счётчики строятся на базе J-К-Триггеров. Они бывают суммирующими, вычитающими и реверсивными.

На рис. 3.4. представлен 4-разрядный синхронный суммирующий счётчик.

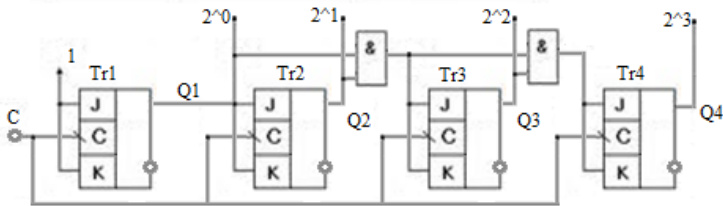


Рис. 3.4. 4-разрядный синхронный суммирующий счётчик

Tr1 переключается каждым обратным фронтом синхроимпульса. На входы J и K поданы 1. Tr2 переключается синхроимпульсом тогда, когда  $Q1=1$ . Tr3 переключается тогда, когда устанавливаются в 1 Tr1 и Tr2 (элемент &). Для Tr4 необходимо, чтобы  $Q1=Q2=Q3=1$  (элемент &)

### 3. Описание лабораторного стенда

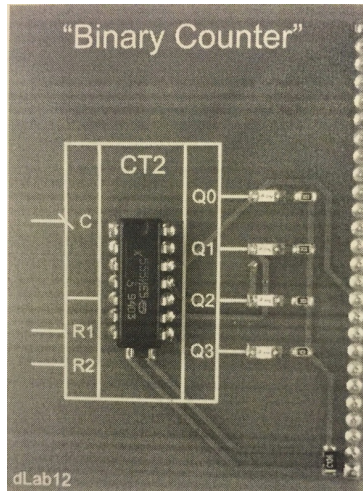
В состав лабораторного стенда входят :

- Базовый лабораторный стенд;
- Лабораторный модуль **dLab12** для исследования работы двоичного счётчика.

### 4. Рабочее задание

Подготовьте шаблон отчёта в редакторе **MS WORD**.

Установите лабораторный модуль **dLab12** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 3.5.



*Рис. 3.5. Внешний вид модуля **dLab12** для исследования работы двоичного счётчика.*

Загрузите файл **dLab-12.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 3.6.). Запустите программу, щёлкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке **RUN**

#### **4.1 Исследование двоичного счётчика в статическом режиме**

Статический режим исследования счётчика реализуется в подаче на его тактовый вход «С» одиночных импульсов в ручном режиме. Для этого генератор импульсов («ГЕНЕРАТОР»), расположенный на лицевой панели ВП, должен

быть выключен (кнопка «ВКЛ» отжата). Подача одиночного импульса прямоугольной формы на тактовый вход «С» счётчика производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около этого входа.

4.1.1 Выключите генератор импульсов, если он был включён.

4.1.2. Нажмите на кнопку «**Очистить таблицу и диаграмму**».

4.1.3. Установите на входах асинхронного сброса счётчика сигналы  $R1 = 0$  и  $R2 = 0$ . Логический уровень изменяется при однократном нажатии манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около соответствующего входа. При этом на кнопку отображается состояние входа («0» - синий цвет или «1» – оранжевый цвет).

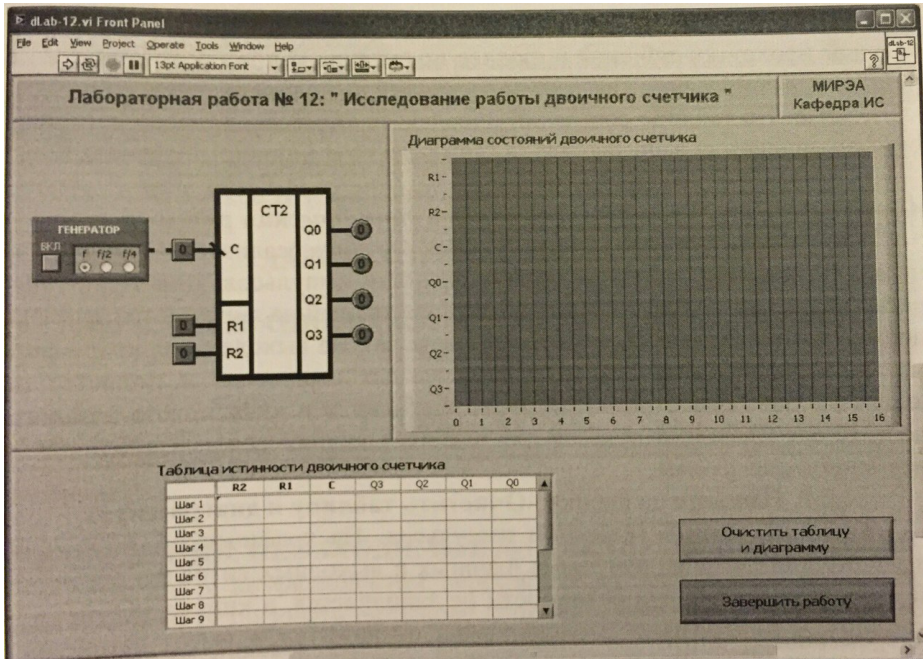


Рис 3.6. Лицевая панель ВП

4.1.4. Выполните сброс счётчика. Для этого установите оба входа асинхронного сброса «R1» и «R2» сначала в состояние «1», а затем в состояние «0». На индикаторах выходных сигналов счётчика «Q0», «Q1», «Q2», «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.5. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «С». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2», «Q3» счётчика, будет отображено состояние его выходных сигналов. Логические состояния входов и выходов триггера будут автоматически занесены в таблицу истинности и диаграмму состояний. В графу «С» таблицы истинности заносится символ «ГЛ», означающий подачу импульса на вход «С».

4.1.6. Повторите п.4.1.5. пятнадцать раз подряд для получения полного цикла пересчёта счётчика.

4.1.7. Скопируйте полученные таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щёлкните правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выберите из контекстного меню команду «**Copy Data**». Затем перейдите в редактор **MS WORD** и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчёта. Для копирования второй половины таблицы сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в нижнее положение и повторно описанные действия. Копирование диаграммы состояний выполняется аналогично.

4.1.8. по таблице состояний определите тип исследуемого счётчика : суммирующий или вычитающий, а также его коэффициент пересчёта Ксч

#### **4.2. Исследование двоичного счётчика в динамическом режиме**

Динамический режим исследования счётчика реализуется при подаче на его тактовый вход «С» последовательности импульсов. Для этого генератор импульсов («ГЕНЕРАТОР»), расположенный на лицевой панели ВП, должен быть включен (кнопка «ВКЛ» нажата). На выходе генератора формируется последовательность прямоугольных импульсов и подаётся на вход «С» триггера. С помощью кнопок «*f*», «*f/2*» и «*f/4*» можно изменять частоту следования импульсов для выбора удобного режима наблюдения временной диаграммы.

4.2.1. Нажмите на кнопку «**Очистить таблицу и диаграмму**».

4.2.2. Включите генератор импульсов. На графический индикатор выводится временная диаграмма входных и выходных сигналов счётчика. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка «**Очистить таблицу и диаграмму**» заблокирована от нажатия и имеет затенённое изображение.

4.2.3. Изменяя в процессе работы счётчика состояние входов асинхронного сброса «R1» и «R2», определите по временной диаграмме, при каких состояниях этих входов счётчик находится в режиме счёта, а при каких – в режиме сброса. Для удобства наблюдения и анализа временных диаграмм можно остановить работу триггера, включив тактовый генератор. По результатам исследований заполните табл. 3.1.

Таблица 3.1.

<i>Вход R2</i>	<i>Вход R1</i>	<i>Режим работы</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.2.4. Изучите работу двоичного счётчика в режиме счёта. По временной диаграмме и выходным индикаторам «Q0», «Q1», «Q2», «Q3» определите по какому перепаду уровня импульсов на входе «С» («0» → «1» или «1» → «0») происходит переключение счётчика.

4.2.5. Скопируйте в отчёт временные диаграммы, отражающие полный цикл работы счётчика в режимах счёта и сброса.

4.2.6. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «**Завершить работу**».

## 5. Контрольные вопросы

1. Что такое счётчик?
2. Какие разновидности счётчиков вам известны?
3. Какие триггеры используются в асинхронных счётчиках, в синхронных счётчиках?
4. Как преобразовать суммирующий счётчик в вычитающий?



## Работа №4

### Исследование работы регистра сдвига

#### 1. Цель работы

Целью работы является исследование принципа действия регистра сдвига

#### 2. Методические указания

Сдвигающие регистры являются схемами, которые принимают последовательно во времени бит за битом, сохраняют в течение определённого времени и передают дальше. Для их построения используют триггеры : D, RS, и JK.

Простой 4-разрядный сдвигающий регистр состоит из четырёх D-триггеров (Tr), которые переключаются прямым фронтом (Рис. 4.1.)

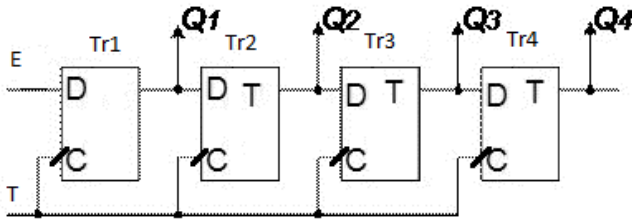


Рис. 4.1. Сдвигающий регистр на D-триггерах

Если на входе E действует единичный сигнал и сигнал синхронизации (T) изменяется с 0 на 1, то Tr1 устанавливается в 1 (рис 4.2.). Если на вход поступает нулевой сигнал, то вторым передним фронтом синхроимпульса Tr1 сбросится в 0 и в единицу установится Tr2. С третьим передним фронтом синхроимпульса Tr2 сбросится в 0 и в единицу установится Tr3. С четвёртым передним фронтом синхроимпульса Tr3 сбросится в 0, а Tr4 установится в единицу. Таким образом , первый сигнал, который был приложен к входу E, последовательно переходит от триггера к триггеру. Сейчас он действует на выходе сдвигающего регистра. С передним фронтом Tr4 сбросится в 0 : регистр сдвига «пустой»

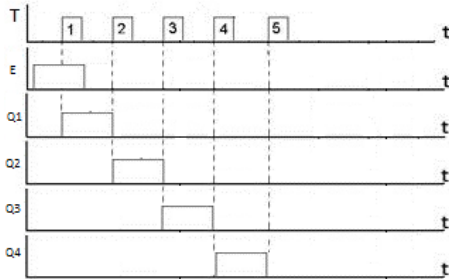


Рис 4.2. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу сдвигающего регистра

После приёма информации сигналы синхронизации больше могут не подаваться. Информация сохраняется до тех пор, пока снова не будут подаваться сигналы синхронизации. После подачи сигналов информация бит за битом будет подаваться на выход (Q4), т.е. происходит последовательный вывод данных

### 3. Описание лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входят :

- Базовый лабораторный стенд;
- Лабораторный модуль **dLab11** для исследования работы регистра сдвига.

### 4. Рабочее задание

Подготовьте шаблон отчёта в редакторе **MS WORD**.

Установите лабораторный модуль **dLab11** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 4.4.

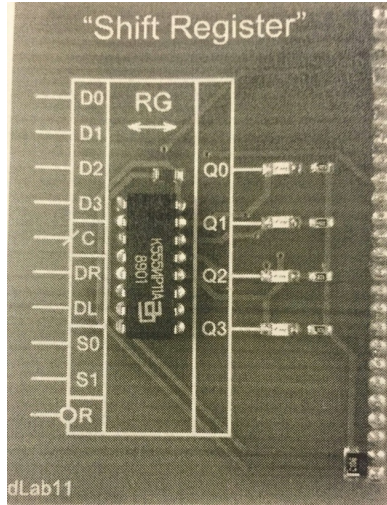


Рис. 4.4. Внешний вид модуля **dLab11** для исследования работы регистра сдвига.

Загрузите файл **dLab-11.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 4.5). Запустите программу, щёлкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN

#### 4.1. Исследование регистра сдвига в статическом режиме

Статический режим исследования регистра сдвига реализуется при подаче на его тактовый вход «С» одиночных импульсов в ручном режиме. Для этого генератор импульсов («ГЕНЕРАТОР»), расположенный на лицевой панели ВП, должен быть выключен (кнопка «ВКЛ» отжата). Подача одиночного импульса прямоугольной формы на тактовый вход «С» регистра сдвига производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около этого входа.

##### **РЕЖИМ СДВИГА ВПРАВО**

4.1.1. Выключите генератор импульсов, если он был включён.

4.1.2. Нажмите на кнопку «**Очистить таблицу и диаграмму**».

4.1.3. Установите на входах выбора режима сигналы :  $S0 = 1, S1 = 0, R = 1$ .

Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около соответствующего входа. При этом на кнопке отображается состояние входа («0» - синий цвет или «1» - оранжевый цвет).

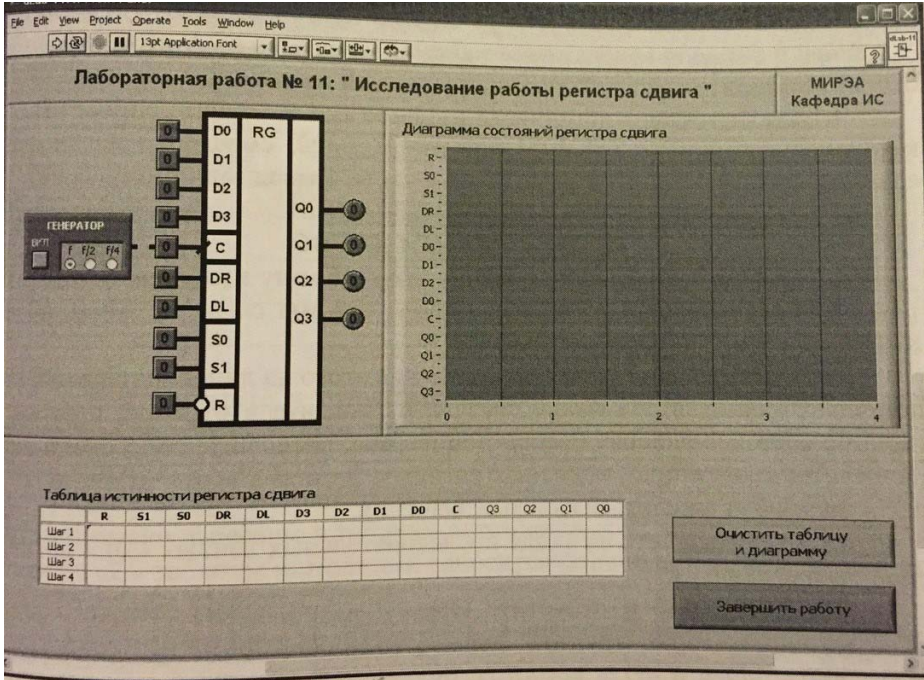


Рис. 4.5. Лицевая панель ВП

4.1.4 Выполните сброс регистра. Для этого на лицевой панели ВП с помощью манипулятора мышь сначала переведите в отжатое, а затем в нажатое состояние кнопку квадратной формы, расположенную около входа «R». На индикаторах выходных сигналов регистра «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.5. Установите на входе последовательных данных «DR» логический сигнал «1».

4.1.6. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «C». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» регистра, будет отображено состояние его выходных сигналов. Логические состояния входов и выходов триггера будут автоматически занесены в таблицу истинности и на диаграмму состояний. В графу «C» таблицы истинности заносится символ «LГ», означающий подачу импульса на вход «C».

4.1.7. Установите на входе последовательных данных «DR» логический сигнал «0».

4.1.8. Повторите п.4.1.6. три раза подряд.

4.1.9. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щёлкните

правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выберите из контекстного меню команду **«Copy Data»**. Затем перейдите в редактор **MS WORD** и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчёта. Повторите те же действия с диаграммой состояний.

4.1.10. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, в каком направлении от (Q0 к Q3 или Q3 к Q0) смещается логическая единица, записанная в регистр на первом такте. Вывод запишите в отчёт.

### ***РЕЖИМ СДВИГА ВЛЕВО***

4.1.11. Нажмите на кнопку **«Очистить таблицу и диаграмму»**.

4.1.12. Установите на входах выбора режима сигналы  $S_0 = 0$ ,  $S_1 = 1$ ,  $R = 1$ .

4.1.13. Выполните сброс регистра. Для этого на лицевой панели ВП с помощью манипулятора мышь сначала переведите в отжатое, а затем в нажатое состояние кнопку квадратной формы, расположенную около входа «R». На индикаторах выходных сигналов счётчика «Q0», «Q1», «Q2», «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.14. Установите на входе последовательных данных «DL» Логический сигнал «1»

4.1.15. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «C». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» регистра, будет отображено состояние его выходных сигналов. Логические состояния входов и выходов триггера будут автоматически занесены в таблицу истинности и на диаграмму состояний. В графу «C» таблицы истинности заносится символ «LГ», означающий подачу импульса на вход «C».

4.1.16. Установите на входе последовательных данных «DL» логический сигнал «0».

4.1.17. Повторите п.4.1.15. три раза подряд.

4.1.18. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт

4.1.19. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, в каком направлении от (Q0 к Q3 или Q3 к Q0) смещается логическая единица, записанная в регистр на первом такте. Вывод запишите в отчёт.

### ***РЕЖИМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ***

4.1.20. Нажмите на кнопку **«Очистить таблицу и диаграмму»**.

4.1.21. Установите на входах выбора режима сигналы  $S_0 = 0$ ,  $S_1 = 1$ ,  $R = 1$ .

4.1.22. . Выполните сброс регистра. Для этого на лицевой панели ВП с помощью манипулятора мышь сначала переведите в отжатое, а затем в нажатое состояние кнопку квадратной формы, расположенную около входа «R». На индикаторах выходных сигналов счётчика «Q0», «Q1», «Q2», «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.23. Установите на входах параллельной загрузки «D0», «D1», «D2» и «D3» значения сигналов, приведённые в первой строке табл. 4.1.

Таблица 4.1.

<i>Вход D3</i>	<i>Вход D2</i>	<i>Вход D1</i>	<i>Вход D0</i>
0	1	0	1
1	1	1	1
0	0	1	0
0	0	1	0

4.1.24. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «С». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» регистра, будет отображено состояние его выходных сигналов. Логические состояния входов и выходов триггера будут автоматически занесены в таблицу истинности и на диаграмму состояний. В графу «С» таблицы истинности заносится символ «ЛГ», означающий подачу импульса на вход «С».

4.1.25. Повторите пп.4.1.23. – 4.1.24. для остальных строк табл. 4.1.

4.1.26. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт

4.1.27. По таблице истинности и диаграмме состояний проверьте соответствие выходных сигналов регистра Q0, Q1, Q2 и Q3 сигналам на входах параллельной загрузки D0, D1, D2 и D3. Вывод запишите в отчёт.

### **РЕЖИМ ХРАНЕНИЯ**

4.1.28. Нажмите на кнопку «Очистить таблицу и диаграмму».

4.1.29. Установите режим параллельной загрузки и загрузите в регистр сдвига цифровой код 1010. Правильность выполнения операции проконтролируйте по выходным индикаторам на лицевой панели ВП.

4.1.30. Установите на входах выбора режима сигналы  $S0 = 0$ ,  $S1 = 1$ ,  $R = 1$ .

4.1.31. Установите на входах последовательных данных сигналы  $DR = 1$ ,  $DSL = 1$ .

4.1.32. Установите на входах параллельной загрузки «D0», «D1», «D2» и «D3» значения сигналов, приведённые в первой строке табл. 4.2.

Таблица 4.2.

<i>Вход D3</i>	<i>Вход D2</i>	<i>Вход D1</i>	<i>Вход D0</i>
0	1	0	1
1	1	1	1
0	0	1	0
0	0	1	0

4.1.33. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «С». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2» и

«Q3» регистра, будет отображено состояние его выходных сигналов. Логические состояния входов и выходов триггера будут автоматически занесены в таблицу истинности и на диаграмму состояний. В графу «С» таблицы истинности заносится символ «LГ», означающий подачу импульса на вход «С».

4.1.34. Повторите пп.4.1.32. – 4.1.33. для остальных строк табл. 4.2.

4.1.35. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчёт

4.1.36. По таблице истинности и диаграмме состояний убедитесь, что при значениях сигналов  $S_0 = 0$ ,  $S_1 = 0$  подаче импульсов на тактовый вход «С» регистр сдвига сохраняет на выходе первоначально занесённый в него цифровой код. Вывод запишите в отчёт.

4.1.37. По результатам исследования в статическом режиме составьте сводную таблицу истинности регистра сдвига.

#### **4.2. Исследование регистра сдвига в динамическом режиме**

Динамический режим исследования счётчика реализуется при подаче на его тактовый вход «С» последовательности импульсов. Для этого генератор импульсов («ГЕНЕРАТОР»), расположенный на лицевой панели ВП, должен быть включен (кнопка «ВКЛ» нажата). На выходе генератора формируется последовательность прямоугольных импульсов и подаётся на вход «С» триггера. С помощью кнопок « $f$ », « $f/2$ » и « $f/4$ » можно изменять частоту следования импульсов для выбора удобного режима наблюдения временной диаграммы.

4.2.1. Нажмите на кнопку **«Очистить таблицу и диаграмму»**.

4.2.2. Включите генератор импульсов. На графический индикатор выводится временная диаграмма входных и выходных сигналов регистра. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка **«Очистить таблицу и диаграмму»** заблокирована от нажатия и имеет затенённое изображение.

4.2.3. Изменяя входные сигналы регистра, получите временные диаграммы, отражающие его работу в режимах сдвига вправо, сдвига влево, параллельной загрузки, сброса. Каждый раз, получив требуемое изображение, следует остановить работу регистра, выключив генератор, и скопировать диаграмму в отчёт.

4.2.4. По полученным диаграммам определите, по какому перепаду на тактовом входе «С» регистра сдвига происходят изменения состояния счётчика в режимах сдвига вправо, сдвига влево, параллельной загрузки и сброса. Результаты исследований запишите в отчёт.

4.2.5. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку **«Завершить работу»**.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Поясните что такое регистр сдвига.
2. В чём состоит отличие сдвигающего регистра от параллельного регистра.
3. Предложите схему сдвигающего регистра на D-триггерах.
4. Какой регистр называется реверсивным.
5. Область применения регистра сдвига.

*Для заметок*



---

Подписано в печать 03.12.2015 г.

Печать офсетная  
1,86 усл.печ.л.

Формат 60x84/16  
Заказ № 28

1,57 уч.-изд. л.  
Тираж 60 экз.

---

Московский государственный технический университет ГА  
*125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20*  
Редакционно-издательские услуги ООО «Имидж-студия Арина»  
*127051 Москва, М. Сухаревская пл., д. 2/4 стр.1*