

4.1. Исследование D-триггера в статическом режиме

Статический режим исследования D-триггера 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» триггера производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около этого входа.

4.1.1. Выключите генератор импульсов, если он был включен.

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

4.1.3. Входы асинхронной установки «S» и асинхронного сброса «R» установите в состояние «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).

4.1.4. Установите на входе «D» триггера значение сигнала, приведенное в первой строке табл. 9.3.

Таблица 9.3

Вход D
0
1
0

4.1.5. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «С». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q» и «/Q» триггера, 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».

4.1.6. Повторите пп. 4.1.4 – 4.1.5 для остальных строк табл. 9.3.

4.1.7. Скопируйте полученные таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щелкните 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 отчета. Повторите те же действия с диаграммой состояний.

4.1.8. По результатам исследований заполните таблицу переходов D-триггера (табл. 9.4).

Таблица 9.4

<i>Выход Q_n</i>	<i>Вход D</i>	<i>Выход Q_{n+1}</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Q_n – состояние триггера до подачи управляющих сигналов;

Q_{n+1} – состояние триггера после подачи управляющих сигналов;

× – любое состояние входа.

4.1.9. По таблице истинности и таблице переходов определите, при каких значениях входного сигнала «D» происходит установка триггера в состояния «1» и «0». Заполните табл. 9.5.

Таблица 9.5

<i>Режим</i>	<i>D</i>
Установка «1»	
Установка «0»	

4.2. Исследование D-триггера в динамическом режиме

Динамический режим исследования D-триггера реализуется при подаче на его тактовый вход «C» 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 подается на вход «C» 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 сигналов на входах и выходах D-триггера. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка «Очистить таблицу и диаграмму» заблокирована от нажатия и имеет затененное изображение.

4.2.3. Изменяя логические состояние входов «S» и «R», изучите работу D-триггера при подаче сигналов асинхронной установки «S» и асинхронного сброса «R». Определите активный уровень сигналов асинхронного управления триггером.

4.2.4. Определите, какие из входов «D» и «C» влияют на работу триггера, если на вход «S» или «R» подан активный уровень сигнала асинхронного управления. Полученные временные диаграммы скопируйте в отчет. Приведите в отчете описание работы триггера в режиме асинхронного управления.

4.2.5. Установите входы «S» и «R» в состояние «1». Изменяя логическое состояние входа «D», изучите работу D-триггера. Сопоставьте наблюдаемые временные диаграммы с таблицей истинности (табл. 9.3) и таблицей переходов (табл. 9.4) D-триггера. Для удобства анализа временной диаграммы можно остановить работу триггера, выключив тактовый генератор.

4.2.6. По временной диаграмме определите, по какому перепаду тактового импульса на входе «C» происходят переключения D-триггера.

4.2.7. Получите временные диаграммы для указанных в табл. 9.5 режимов работы D-триггера, устанавливая соответствующие значения сигнала на входе D. Скопируйте временные диаграммы в отчет.

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Чем отличаются триггеры с потенциальным и динамическим управлением?
- Объясните, по какой причине состояние D-триггера меняется в момент действия активного синхросигнала?
- Почему D-триггер не имеет запрещённого состояния входных сигналов?
- Как D-триггер с динамическим управлением превратить в T-триггер?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО РЕГИСТРА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы параллельного регистра.

2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Параллельные регистры - это устройства, предназначенные для записи, хранения и выдачи информации, представленной в виде двоичных кодов. Для хранения каждого двоичного разряда в регистре используется одна триггерная ячейка. Для запоминания многоразрядных слов необходимое число триггеров объединяют вместе и рассматривают как единый функциональный узел – регистр. Если регистр построен на триггерах-защелках, то его называют регистр-защелка. Типовыми внешними связями регистра являются информационные входы $D_0 - D_n$, вход сигнала записи (или загрузки) C , вход сброса R и выходы триггеров: прямые $Q_0 - Q_n$ и инверсные $\overline{Q_0} - \overline{Q_n}$. В упрощенном варианте регистр может не иметь входа сброса и инверсных выходов.

На рис.10.1 показана схема четырехразрядного регистра, выполненного на D-триггерах и логических элементах 2И. При подаче управляющего сигнала $Y1=1$ цифровой код, установленный на информационных входах $D0 - D3$, записывается в соответствующие разряды четырех D-триггеров. При $Y1=Y2=0$ цифровой код хранится в регистре, а при $Y2=1$ происходит параллельное считывание кода, т.е. передача его на выходы $Q0 - Q3$.

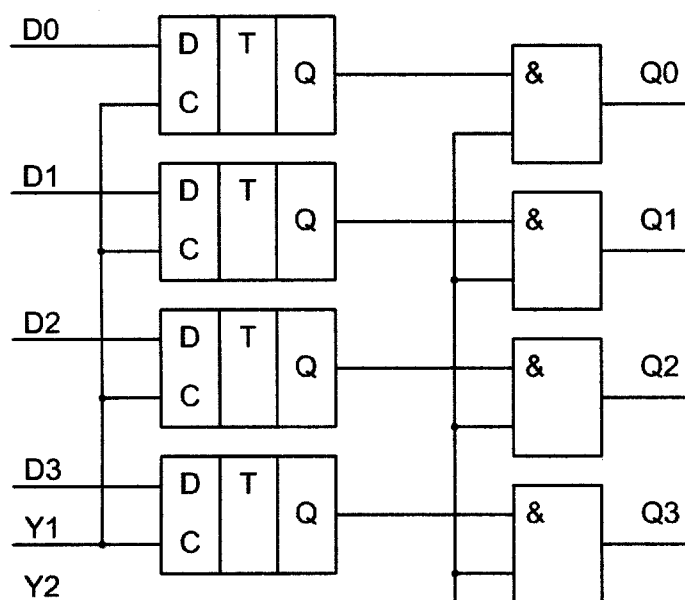


Рис. 10.1. Четырехразрядный параллельный регистр

Выпускаемые промышленностью регистры иногда объединяются на кристалле микросхемы с другими узлами, совместно с которыми регистры обычно используются в схемах цифровой аппаратуры. Такой интегральной микросхемой является 4-разрядный параллельный регистр К155ИР15, условное графическое обозначение которого приведено на рис. 10.2.

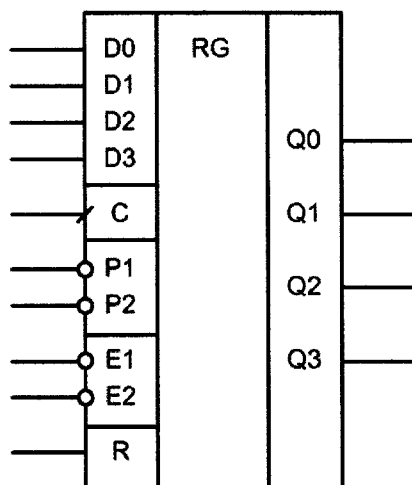


Рис. 10.2. Условное графическое обозначение регистра К155ИР15

Микросхема имеет следующие входы: тактовый *C*, информационные *D0 – D3*, управления загрузкой *P1* и *P2*, сброса *R* и считывания выходных данных *E1* и *E2*. Операция загрузки происходит синхронно с фронтом тактового импульса на входе *C*, если на входах *P1* и *P2* одновременно присутствует сигнал логического 0.

Хранящийся в регистре цифровой код может быть считан с выходов *Q0 – Q3*, если на входы управления считыванием *E1* и *E2* одновременно подан сигнал логического 0. Выходными каскадами данной микросхемы являются буферные логические элементы с тремя логическими состояниями. Если хотябы на одном из входов присутствует сигнал логической 1, выходы находятся в высокоимпедансном состоянии (*Z*-состояние) и считывание информации запрещено. Это позволяет подключать выходы регистра непосредственно к шине данных микропроцессорных устройств.

Режимы работы регистра *K155ИР15* при различных значениях входных сигналов приведено в табл. 10.1.

Таблица 10.1

<i>Режим работы</i>	<i>Вход</i>							<i>Выход</i>
	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>R</i>	<i>C</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>Dn</i>	<i>Qn</i>
Сброс	0	0	1	×	×	×	×	0
Параллельная загрузка	0	0	0	↑	0	0	0	0
	0	0	0	↑	0	0	1	0
Хранение	0	0	0	×	1	0	×	<i>q_n</i>
	0	0	0	×	0	1	×	<i>q_n</i>
Запрет считывания	1	0	×	×	×	×	×	<i>Z</i>
	0	1	×	×	×	×	×	<i>Z</i>

Примечания: - символ *×* обозначает безразличное состояние входа;
 - символ *↑* обозначает фронт тактового сигнала.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль **dLab10** для исследования работы параллельного регистра.

4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Подготовьте шаблон отчета в редакторе **MS Word**.

Установите лабораторный модуль **dLab10** на макетную плату лабораторной станции **NI ELVIS**. Внешний вид модуля показан на рис. 10.3.

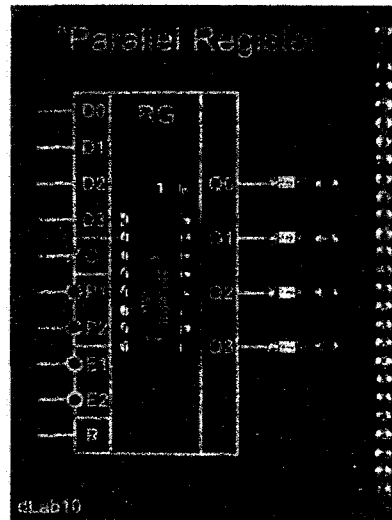



Рис.10.3. Внешний вид модуля *dLab10* для исследования работы параллельного регистра

Загрузите файл **dLab-10.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 10.4). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

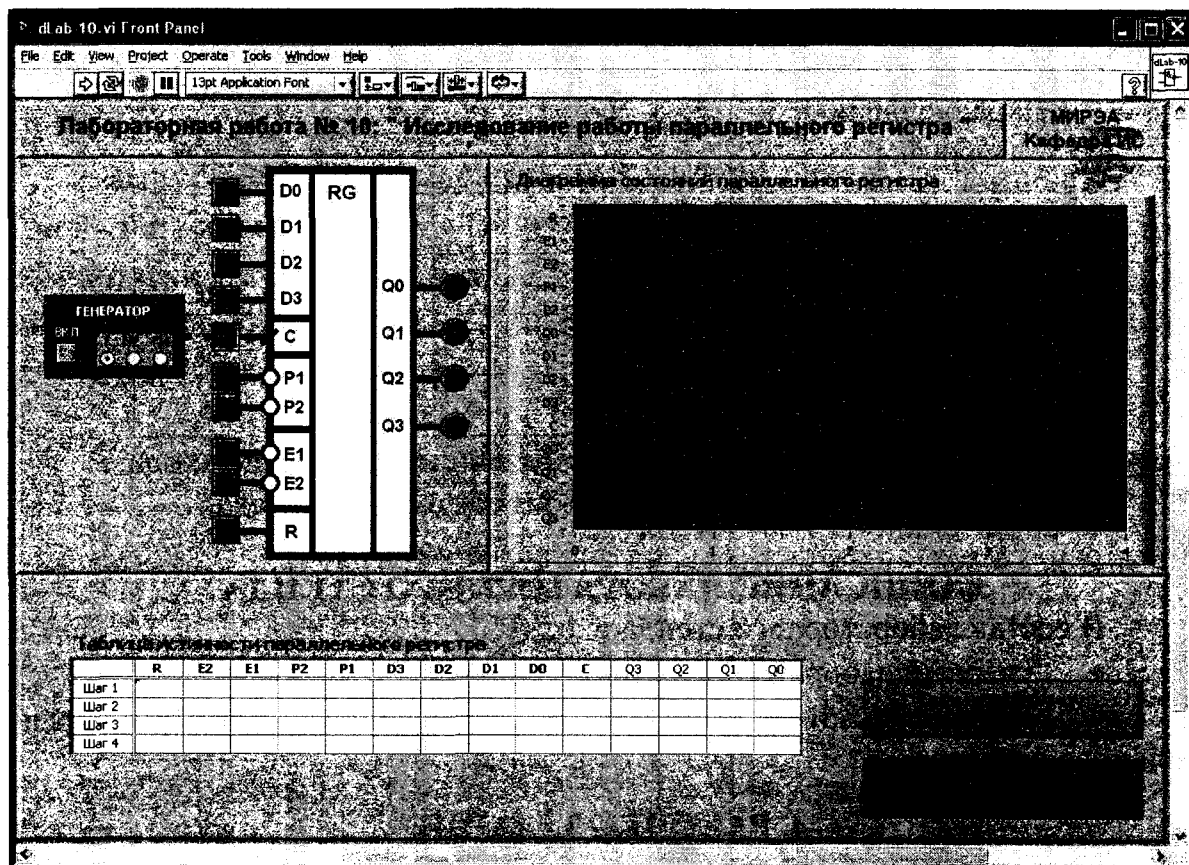


Рис. 10.4. Лицевая панель ВП

4.1. Исследование параллельного регистра в статическом режиме

Статический режим исследования параллельного регистра 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 производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышью на кнопку квадратной формы, расположенную около этого входа.

РЕЖИМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ И ХРАНЕНИЯ

4.1.1. Выключите генератор импульсов, если он был включен.

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

4.1.3. Установите на входах параллельной загрузки и разрешения считывания выходного кода следующие значения сигналов: D0=0, D1=1, D2=1, D3=0, E1=0 и E2=0. Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мышью на кнопку квадратной формы, расположенную около соответствующего входа. При этом на кнопке отображается состояние входа («0» - синий цвет или «1» - оранжевый цвет).

4.1.4. Установите на входах управления загрузкой «P1» и «P2» значения сигналов, указанные в первой строке табл.10.2.

Таблица 10.2

<i>Вход P1</i>	<i>Вход P2</i>
0	0
0	1
1	0
1	1

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

4.1.6. 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».

4.1.7. Повторите пп.4.1.4 – 4.1.6 для остальных строк табл. 10.2.

4.1.8. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего

щелкните 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 отчета. Повторите те же действия с диаграммой состояний.

4.1.9. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, при каких значениях сигналов «P1» и «P2» происходит параллельная загрузка регистра, а при каких значениях этих сигналов состояние выхода регистра не изменяется, т.е. регистр находится в режиме хранения информации. Выводы запишите в отчет.

РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДОМ РЕГИСТРА

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

4.1.11. Установите на входах параллельной загрузки и управления загрузкой следующие значения сигналов: D0=0, D1=1, D2=1, D3=0, P1=0 и P2=0.

4.1.12. Установите на входах разрешения считывания выходного кода «E1» и «E2» значения сигналов, указанные в первой строке табл.10.3.

Таблица 10.3

<i>Вход E1</i>	<i>Вход E2</i>
0	0
0	1
1	0
1	1

4.1.13. 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».

4.1.14. Повторите пп.4.1.12 – 4.1.13 для остальных строк табл.10.3.

4.1.15. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет.

4.1.16. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, при каких значениях сигналов «E1» и «E2» разрешено считывание состояния регистра с его выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3». Выводы запишите в отчет.

4.2. Исследование параллельного регистра в динамическом режиме

Динамический режим исследования параллельного регистра реализуется при подаче на его тактовый вход «C» последовательности импульсов. Для этого генератор импульсов (**«ГЕНЕРАТОР»**), расположенный на лицевой панели ВП, должен быть включен (кнопка **«ВКЛ»** нажата). На вы-

ходе генератора формируется последовательность прямоугольных импульсов и подается на вход «С» регистра. 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 затененное изображение.

4.2.3. Изменяя входные сигналы регистра, получите временные диаграммы, отражающие его работу в режимах параллельной загрузки, хранения, сброса и управления выходом (разрешение или запрет считывания состояния). Каждый раз, получив требуемое изображение, следует остановить работу регистра, выключив генератор, и скопировать диаграмму в отчет.

4.2.4. По полученным диаграммам определите, по какому перепаду на тактовом входе «С», а также при каких значениях управляющих сигналов на входах «R», «P1», «P2», «E1» и «E2» происходят изменения состояния регистра в режимах параллельной загрузки и сброса. Полученные результаты запишите в отчет.

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что называется регистром?
- По каким признакам можно классифицировать регистры?
- На основе каких цифровых устройств можно построить параллельный регистр?
- Какие входы имеет параллельный регистр?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕГИСТРА СДВИГА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы регистра сдвига.

2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Регистр сдвига (shift register) это регистр, содержимое которого при подаче управляющего сигнала на тактовый вход С может сдвигаться в сторону старших или младших разрядов. Схема сдвигающего регистра из цепочки JK-триггеров показана на рис. 11.1.

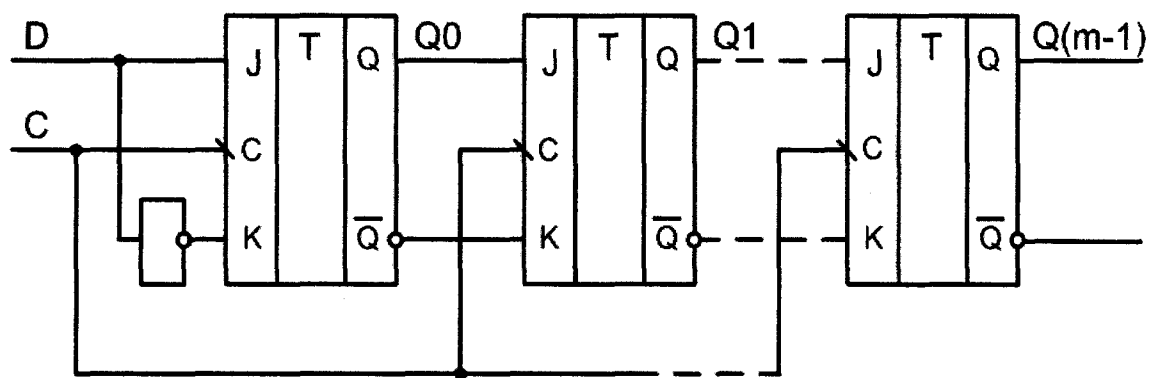


Рис. 11.1. Схема регистра сдвига

Пусть левый по схеме триггер соответствует младшему разряду регистра, а правый триггер – старшему разряду. Тогда вход каждого триггера (кроме левого) подключен к выходу соседнего младшего триггера. Когда на все входы C триггеров поступает срез входного тактового импульса, выход каждого триггера Q_i принимает состояние предыдущего каскада и, таким образом, информация, содержащаяся в регистре, сдвигается на один разряд в сторону старших разрядов. Триггер младшего разряда принимает при этом состояние последовательного входа D . Информация, поступившая на вход D схемы, появится на ее выходе $Q(m-1)$ через m тактов.

Существенным является то, что схема построена на двухступенчатых триггерах. Если использовать триггеры с потенциальным управлением, то при активном уровне сигнала C все триггеры будут открыты для записи, и сигнал D успеет пройти столько триггеров, сколько позволит длительность сигнала C .

Часто требуются более сложные регистры: с параллельной синхронной записью информации, реверсивные, с параллельно-последовательной записью. Такие регистры называются универсальными. Примером универсального регистра служит интегральная микросхема К555ИР11, условное графическое обозначение которой показано на рис. 11.2.

Регистр К555ИР11 может работать в следующих режимах (табл.11.1): сброс, хранение данных, сдвиг влево, сдвиг вправо, и параллельная загрузка. Микросхема имеет входы: тактовый (C), параллельной загрузки ($D0 - D3$), выбора режима работы ($S0$ и $S1$), асинхронного сброса (R). Данные также могут поступать в регистр в последовательном коде на входы DL (при сдвиге влево) и DR (при сдвиге вправо). Все операции кроме сброса выполняются в регистре синхронно по фронту тактовых импульсов. Внутренний код регистра может быть прочитан на выходах $Q0 - Q3$.

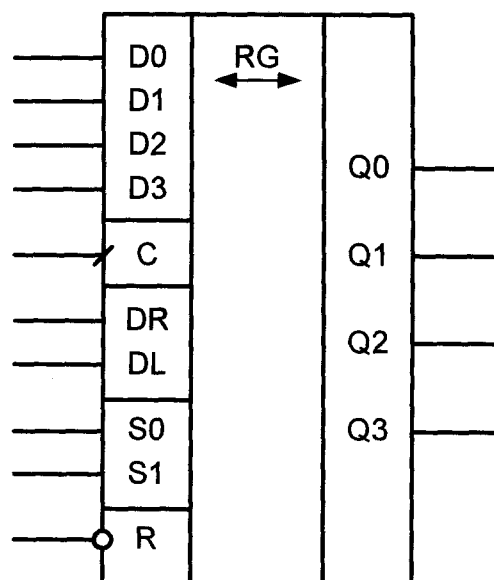


Рис. 11.2. Условное графическое обозначение регистра сдвига

Таблица 11.1

Режим работы	Вход							Выход			
	R	C	S1	S0	DR	DL	D _n	Q0	Q1	Q2	Q3
Сброс	0	×	×	×	×	×	×	0	0	0	0
Хранение	1	×	0	0	×	×	×	q ₀	q ₁	q ₂	q ₃
Сдвиг влево	1	↑	1	0	×	0	×	q ₁	q ₂	q ₃	0
	1	↑	1	0	×	1	×	q ₁	q ₂	q ₃	1
Сдвиг вправо	1	↑	0	1	0	×	×	0	q ₀	q ₁	q ₂
	1	↑	0	1	1	×	×	1	q ₀	q ₁	q ₂
Параллельная загрузка	1	↑	1	1	×	×	d _n	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃

Примечания: - символ × обозначает безразличное состояние входа;
 - символ ↑ обозначает фронт тактового сигнала.

Области применения сдвиговых регистров весьма разнообразны. В двоичной арифметике сдвиг числа на один разряд влево соответствует умножению его на 2, а сдвиг на один разряд вправо – делению пополам. В аппаратуре передачи данных универсальные регистры преобразуют параллельный код в последовательный и обратно. Передача данных последовательным кодом по сравнению с параллельной передачей существенно экономит число линий связи, однако при этом увеличивается время обмена.

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 отчета в редакторе **MS Word**.

Установите лабораторный модуль **dLab11** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 11.3.



Рис. 11.3. Внешний вид модуля **dLab11** для исследования работы регистра сдвига

Загрузите файл **dLab-11.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 11.4). Запустите программу, щелкнув 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 включен.
- 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).

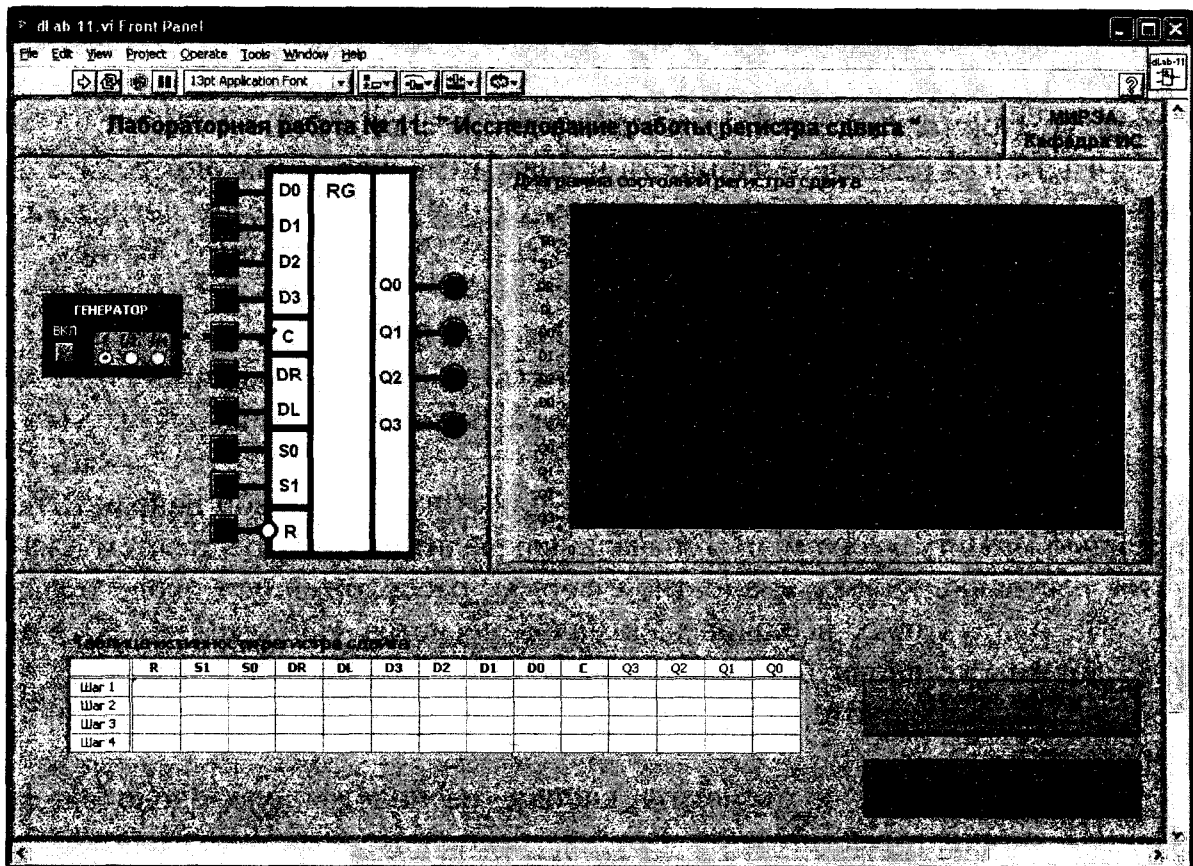


Рис. 11.4. Лицевая панель ВП

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 «ЛГ», 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 отчет. Сначала скопируйте таблицу истинности в буфер обмена, для чего щелкните 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 отчета. 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 от Q3 к Q0) смещается логическая единица, записанная в регистр на первом такте. Вывод запишите в отчет.

РЕЖИМ СДВИГА ВЛЕВО

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

4.1.12. Установите на входах выбора режима сигналы: S0=0, S1=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 регистра «Q0», «Q1», «Q2» и «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 «ЛГ», 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 отчет.

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

РЕЖИМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ

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

4.1.21. Установите на входах выбора режима сигналы: S0= 1, S1=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 регистра «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.23. Установите на входах параллельной загрузки «D0», «D1», «D2» и «D3» значения сигналов, приведенные в первой строке табл. 11.2.

Таблица 11.2

<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

4.1.24. 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 «ЛГ», означающий подачу импульса на вход «C».

4.1.25. Повторите пп.4.1.23 – 4.1.24 для остальных строк табл. 11.2.

4.1.26. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет.

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 отчет.

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 контролируйте по выходным индикаторам на лицевой панели ВП.

4.1.30. Установите на входах выбора режима сигналы: S0= 0, S1=0, 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, приведенные в первой строке табл. 11.3.

Таблица 11.3

<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. 11.3.

4.1.35. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет.

4.1.36. По таблице истинности и диаграмме состояний убедитесь, что при значениях сигналов $S0=0$, $S1=0$ и подаче импульсов на тактовый вход «С» регистр сдвига сохраняет на выходе первоначально занесенный в него цифровой код. Вывод запишите в отчет.

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 регистра сдвига 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 подается на вход «С» регистра. 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 затененное 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 скопиро-

вать диаграмму в отчет.

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

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что называется регистром сдвига?
- В чем состоит отличие сдвигового регистра от параллельного регистра?
- Предложите схему сдвигающего регистра на D-триггерах и на JK-триггерах.
- Какой регистр называется реверсивным?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВОИЧНОГО СЧЕТЧИКА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы двоичного счетчика.

2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Счетчиком называется устройство для подсчета числа входных импульсов. При поступлении каждого импульса на тактовый вход С состояние счетчика изменяется на единицу. Счетчик можно реализовать на нескольких триггерах, при этом состояние счетчика будет определяться состоянием его триггеров. В суммирующих счетчиках каждый входной импульс увеличивает число на его выходе на единицу, в вычитающих счетчиках каждый входной импульс уменьшает это число на единицу. Наиболее простые счетчики - двоичные. На рис.12.1 представлен суммирующий двоичный счетчик.

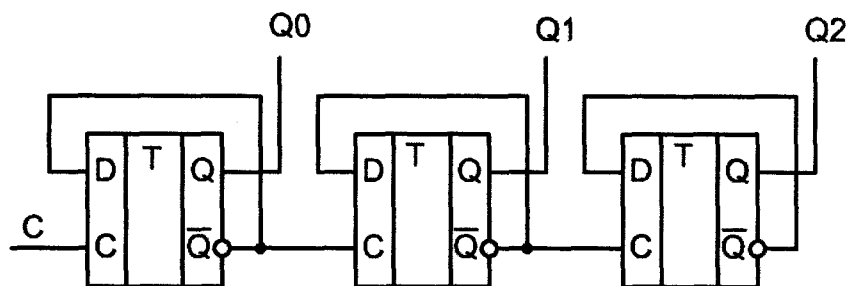


Рис. 12.1. Двоичный суммирующий счетчик

При построении счетчика триггеры соединяют последовательно. Выход каждого триггера непосредственно действует на тактовый вход следующего. Для того чтобы реализовать суммирующий счетчик, необходимо счетный вход очередного триггера подключать к инверсному выходу предыдущего. Для того чтобы изменить направление счета (реализовать вычитающий счетчик), можно предложить следующие способы:

- считывание выходных сигналов счетчика не с прямых, а с инверсных выходов триггеров.
- изменение структуры связей в счетчике путем подачи на счетный вход триггера сигнала не с инверсного, а с прямого выхода предыдущего каскада.

Счетчики характеризуются числом состояний в течение одного периода (цикла) счета. Число состояний определяется количеством триггеров m в структуре счетчика. Так для двоичного счетчика при $m = 3$ число состояний равно $2^m = 2^3 = 8$ (выходной код изменяется от 000 до 111).

Число состояний счетчика принято называть коэффициентом пересчета $K_{сч}$. Этот коэффициент равен отношению числа импульсов $N_{вх}$ на входе к числу импульсов $N_{вых}$ на выходе старшего разряда счетчика за период счета:

$$K_{сч} = \frac{N_{вх}}{N_{вых}}. \quad (12.1)$$

Если на вход счетчика подавать периодическую последовательность импульсов с частотой $f_{вх}$, то частота $f_{вых}$ на выходе старшего разряда счетчика будет меньше в $K_{сч}$ раз:

$$K_{сч} = \frac{f_{вх}}{f_{вых}}. \quad (12.2)$$

Поэтому счетчики можно использовать в качестве делителей частоты, величина $K_{сч}$ в этом случае будет называться коэффициентом деления. Для увеличения $K_{сч}$ приходится увеличивать число триггеров в схеме счетчика. Каждый дополнительный триггер удваивает число состояний счетчика, а, следовательно, и число $K_{сч}$. Для уменьшения коэффициента $K_{сч}$ можно в качестве выхода счетчика рассматривать выходы триггеров промежуточных каскадов. Например, для счетчика на трех триггерах $K_{сч} = 8$, если взять выход 2-го триггера, то $K_{сч} = 4$. При этом $K_{сч}$ всегда будет являться целой степенью числа 2, а именно: 2, 4, 8, 16 и т. д.

Интегральная микросхема К555ИЕ5 содержит 4 триггера. Первый триггер работает как делитель на 2. Он имеет тактовый вход С0 и выход Q0. Три остальных триггера образуют делитель на 8. Этот делитель имеет вход С1 и три выхода: Q1, Q2 и Q3. Оба делителя могут работать независимо друг от друга. Для организации счетчика-делителя на 16 нужно выход Q0 делителя на 2 соединить с тактовым входом С1 делителя на 8. На рис. 12.2 показано условное графическое обозначение двоичного счетчика К555ИЕ5, включенного с коэффициентом пересчета $K_{сч} = 16$.

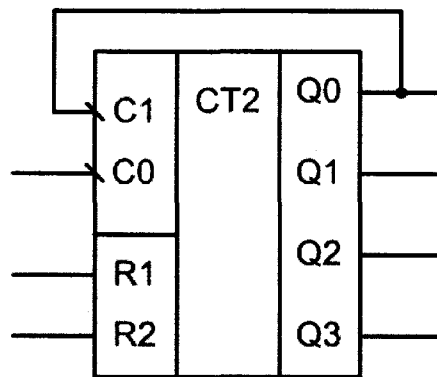


Рис. 12.2. Условное графическое обозначение двоичного счетчика K555IE5

Режимы работы микросхемы K555IE5, включенной с коэффициентом пересчета $K_{\text{сч}} = 16$, при различных значениях входных сигналов приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Режим работы	Вход			Выход			
	R1	R2	C0	Q0	Q1	Q2	Q3
Сброс	1	1	×	0	0	0	0
Счет	0	1	↓	Увеличение кода			
	1	0	↓				
	0	0	↓				

Примечания: - символ × обозначает безразличное состояние входа;
 - символ ↓ обозначает срез тактового сигнала.

Микросхема имеет два входа асинхронного сброса R1 и R2, которые объединены логической функцией «И». При одновременной подаче сигналов логической 1 на входы сброса все триггеры устанавливаются в состояние логического 0. В режиме счета по срезу каждого тактового импульса, поступающего на вход C0, происходит увеличение выходного кода счетчика на единицу.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

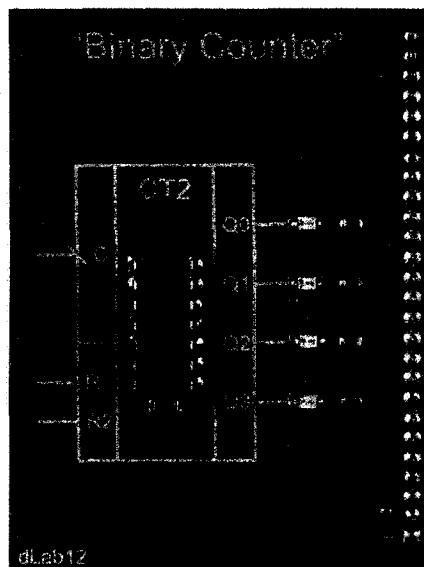
В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль dLab12 для исследования работы двоичного счетчика.


4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Подготовьте шаблон отчета в редакторе **MS Word**.

Установите лабораторный модуль **dLab12** на макетную плату лабораторной станции **NI ELVIS**. Внешний вид модуля показан на рис. 12.3.



*Рис. 12.3. Внешний вид модуля **dLab12** для исследования работы двоичного счетчика*

Загрузите файл **dLab-12.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис.12.4). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке **RUN** .

4.1. Исследование двоичного счетчика в статическом режиме

Статический режим исследования счетчика 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» счетчика производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около этого входа.

4.1.1. Выключите генератор импульсов, если он был включен.

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

4.1.3. Установите на входах асинхронного сброса счетчика сигналы $R1=0$ и $R2=0$. 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).