

Рис. 12.4. Лицевая панель ВП

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

4.1.5. Нажмите и отпустите кнопку, расположенную около входа «C». На индикаторах круглой формы, расположенных около выходов «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» счетчика, 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 «ГЛ», означающий подачу импульса на вход «C».

4.1.6. Повторите п.4.1.5 пятнадцать раз подряд для получения полного цикла пересчета счетчика.

4.1.7. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет. Копирование таблицы следует выполнить за два приема. Сначала сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в верхнее положение и скопируйте первую половину таблицы истинности в буфер обмена, щелкнув правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выбрав из контекстного меню команду «Copy Data». Затем перейдите в редактор MS Word и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчета. Для

копирования второй половины таблицы сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в нижнее положение и повторите описанные действия. Копирование диаграммы состояний выполняется аналогично.

4.1.8. По таблице состояний определите тип исследуемого счетчика: суммирующий или вычитающий, а также его коэффициент пересчета  $K_{сч}$ .

#### 4.2. Исследование двоичного счетчика в динамическом режиме

Динамический режим исследования счетчика 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» 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 счетчика. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка «Очистить таблицу и диаграмму» заблокирована от нажатия и имеет затененное изображение.

4.2.3. Изменяя в процессе работы счетчика состояние входов асинхронного сброса «R1» и «R2», определите по временной диаграмме, при каких состояниях этих входов счетчик находится в режиме счета, а при каких – в режиме сброса. Для удобства наблюдения и анализа временных диаграмм можно остановить работу триггера, выключив тактовый генератор. По результатам исследований заполните табл.12.2.

Таблица 12.2

<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 счетчика в режиме счета. По временной диаграмме и выходным индикаторам «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» определите, по какому перепаду уровня импульсов на входе «С» («0» → «1» или «1» → «0») происходит переключение счетчика.

4.2.5. Скопируйте в отчет временные диаграммы, отражающие полный цикл работы счетчика в режимах счета и сброса.

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

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что такое счетчик, какие разновидности счётчиков вы знаете?
- Предложите схемы суммирующих и вычитающих счётчиков на D- триггерах и JK-триггерах.
- Как преобразовать суммирующий счетчик в вычитающий?
- Что такое коэффициент пересчета счетчика?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНОГО СЧЕТЧИКА

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы двоично-десятичного счетчика.

#### 2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Счетчик с коэффициентом пересчета  $K_{сч}$ , равным любому целому числу, можно реализовать на основе двоичного счетчика путем ввода обратных связей для исключения запрещенных состояний. Например, для счетчика на трех триггерах реализуется  $K_{сч}$  в пределах от 2 до 7, но при этом один или два триггера могут оказаться лишними. При использовании всех трех триггеров можно получить  $K_{сч} = 5...7$ , т.е.  $2^2 < K_{сч} < 2^3$ . Счетчик с  $K_{сч} = 5$  должен иметь 5 состояний, которые в простейшем случае образуют последовательность: {0, 1, 2, 3, 4}. Циклическое повторение этой последовательности означает, что коэффициент деления счетчика равен 5.

Для построения суммирующего счетчика с  $K_{сч} = 5$  надо, чтобы после формирования последнего числа из последовательности {0, 1, 2, 3, 4} счетчик переходил не к числу 5, а к числу 0. В двоичном коде это означает, что от числа 100 нужно перейти к числу 000, а не 101. Изменение естественного порядка счета возможно при введении дополнительных связей между триггерами счетчика. Можно воспользоваться следующим способом: как только счетчик попадает в нерабочее состояние (в данном случае 101), этот факт должен быть опознан и выработан сигнал, который перевел бы счетчик в состояние 000.

Нерабочее состояние счетчика описывается логическим уравнением:

$$F = (101) \vee (110) \vee (111) = \\ = Q_2 \wedge \overline{Q_1} \wedge Q_0 \vee Q_2 \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_0} \vee Q_2 \wedge Q_1 \wedge Q_0 = Q_2 \wedge Q_0 \vee Q_2 \wedge Q_1. \quad (13.1)$$

Состояния 110 и 111 также являются нерабочими и поэтому учтены при составлении уравнения. Если на выходе эквивалентной логической схемы  $F = 0$ , значит, счетчик находится в одном из рабочих состояний:



ведены в табл.13.1.

Таблица 13.1

<i>Режим работы</i>	<i>Вход</i>					<i>Выход</i>			
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>C0</i>	<i>Q0</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>Q3</i>
Сброс	1	1	0	×	×	0	0	0	0
	1	1	×	0	×	0	0	0	0
Предварительная установка	×	×	1	1	×	1	0	0	1
Счет	0	×	0	×	↓	Увеличение кода			
	×	0	×	0	↓				
	0	×	×	0	↓				
	×	0	0	×	↓				

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

Микросхема имеет два входа асинхронного сброса R1 и R2, объединенные логической функцией «И». В счетчике предусмотрена возможность предварительной асинхронной установки двоичного кода 1001. Для этого используются входы S1 и S2, также объединенные логической функцией «И». В режиме счета по срезу каждого тактового импульса, поступающего на вход C0, происходит увеличение выходного кода счетчика на единицу.

Двоично-десятичные счетчики широко используются для построения цифровых измерительных приборов с удобным для оператора десятичным отсчетным устройством.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА


В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль **dLab13** для исследования работы двоично-десятичного счетчика.

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

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

Установите лабораторный модуль **dLab13** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис.13.3.

Загрузите файл **dLab-13.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис.13.4). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

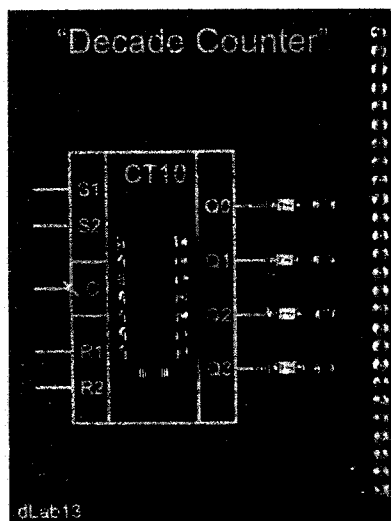


Рис. 13.3. Внешний вид модуля dLab13 для исследования работы двоично-десятичного счетчика

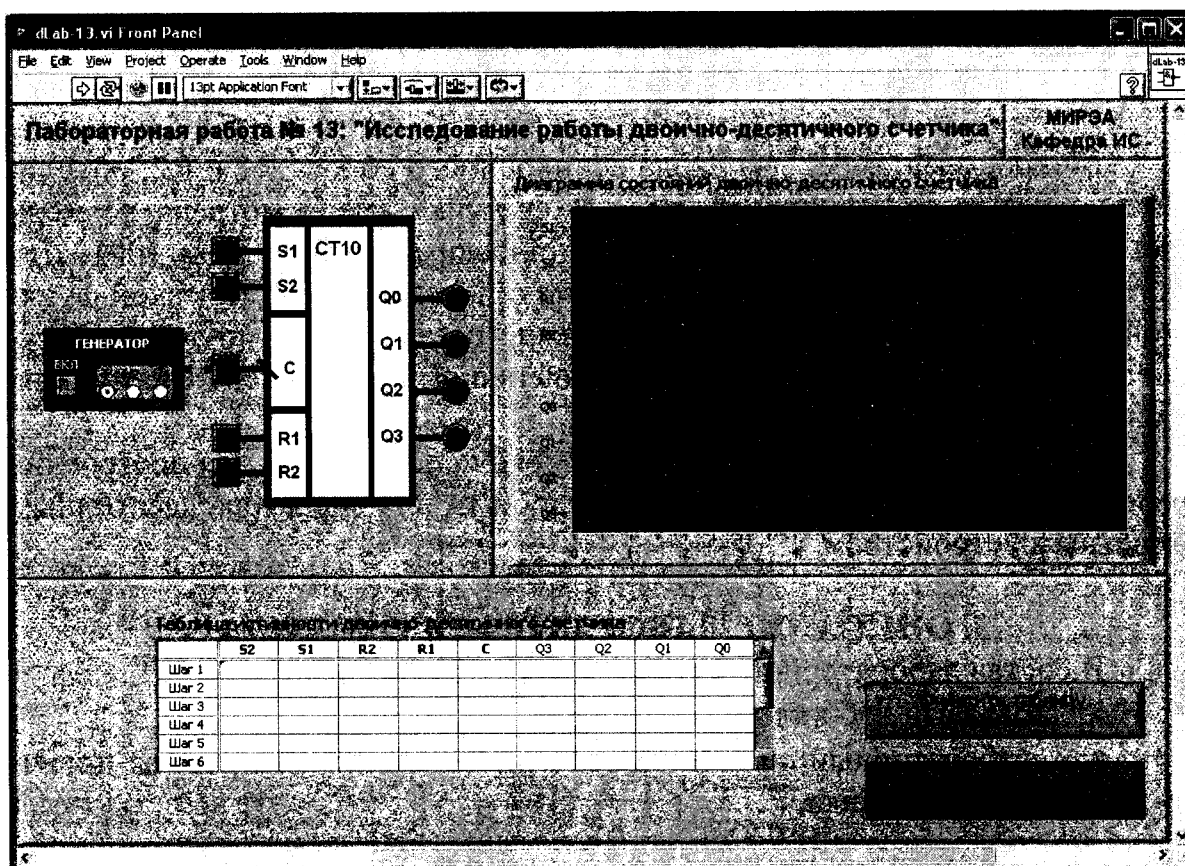


Рис. 13.4. Лицевая панель ВП

#### 4.1. Исследование двоично-десятичного 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 мышью 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 асинхронной установки и асинхронного сброса сигналы  $S1=0$ ,  $S2=0$ ,  $R1=0$  и  $R2=0$ . 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. Выполните сброс счетчика. Для этого установите оба входа асинхронного сброса «R1» и «R2» сначала в состояние «1», а затем в состояние «0». На индикаторах выходных сигналов счетчика «Q0», «Q1», «Q2» и «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» и «Q3» счетчика, 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 «ГЛ», означающий подачу импульса на вход «С».

4.1.6. Повторите п.4.1.5 девять раз подряд для получения полного цикла пересчета счетчика.

4.1.7. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет. Копирование таблицы следует выполнить за два приема. Сначала сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в верхнее положение и скопируйте первую половину таблицы истинности в буфер обмена, щелкнув правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выбрав из контекстного меню команду «Copy Data». Затем перейдите в редактор **MS Word** и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчета. Для копирования второй половины таблицы сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в нижнее положение и повторите описанные действия. Копирование диаграммы состояний выполняется аналогично.

4.1.8. По таблице состояний определите тип исследуемого счетчика: суммирующий или вычитающий, а также его коэффициент пересчета  $K_{сч}$ .

## 4.2. Исследование двоичного счетчика в динамическом режиме

Динамический режим исследования счетчика реализуется при подаче на его тактовый вход «С» последовательности импульсов. Для этого гене-

ратор 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» 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 счетчика. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка **«Очистить таблицу и диаграмму»** заблокирована от нажатия и имеет затененное изображение.

4.2.3. Изменяя в процессе работы счетчика состояние входов асинхронного сброса «R1» и «R2», определите по временным диаграммам, при каких состояниях этих входов счетчик находится в режиме счета, а при каких – в режиме сброса. Для удобства наблюдения и анализа временных диаграмм можно остановить работу триггера, выключив тактовый генератор. По результатам исследований заполните табл.13.2.

Таблица 13.2

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

4.2.4. Изменяя в процессе работы счетчика состояние входов асинхронной установки «S1» и «S2», определите по временным диаграммам, при каких состояниях этих входов счетчик находится в режиме счета, а при каких – в режиме предварительной установки кода «1001». Для удобства наблюдения и анализа временных диаграмм можно остановить работу триггера, выключив тактовый генератор. По результатам исследований заполните табл.13.3.

Таблица 13.3

<i>Вход S2</i>	<i>Вход S1</i>	<i>Режим работы</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.2.5. Изучите работу двоичного счетчика в режиме счета. По вре-



менной диаграмме и выходным индикаторам «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» определите, по какому перепаду уровня входных импульсов («0» → «1» или «1» → «0») происходит его переключение.

4.2.6. Скопируйте в отчет временные диаграммы, отражающие полный цикл работы счетчика в режимах счета, сброса и установки.

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

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что такое счётчик, какие разновидности счётчиков вы знаете?
- Что такое коэффициент пересчета счетчика?
- Какими способами можно изменить коэффициент пересчета счетчика?
- Предложите варианты построения счетчиков с коэффициентами пересчета 3 и 7.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕВЕРСИВНОГО СЧЕТЧИКА

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы реверсивного счетчика.

#### 2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Реверсивным называется счетчик, который может работать как в режиме суммирования, так и в режиме вычитания. Направление счета в реверсивном счетчике определяется способом передачи сигнала между триггерами соседних разрядов, таким образом, реверсивный счетчик должен обязательно содержать в своем составе устройства, выполняющие функцию управления последовательностью счета. Счетчики находят широкое применение в вычислительных и управляющих устройствах, цифровых измерительных приборах. Отметим, что счетчик является цифровым аналогом генератора линейно изменяющегося напряжения, т.к. на его выходе может быть сформирован линейно изменяющийся код.

В зависимости от выбранного способа управления внутренними триггерами реверсивные счетчики могут быть как асинхронными (последовательными) так и синхронными (параллельными). Для построения асинхронного реверсивного счетчика достаточно с помощью коммутационных узлов обеспечить подачу сигналов с прямого (при суммировании) или с инверсного (при вычитании) выхода предыдущего триггера на вход последующего триггера.

На рис. 14.1 показан один из вариантов построения асинхронного двоичного реверсивного счетчика.



Q0 имеют веса 8-4-2-1. Для каскадного наращивания нескольких счетчиков предусмотрены выходы окончания счета на увеличение (PU) и окончания счета на уменьшение (PD). Эти выходы подключаются, соответственно, к входам CU и CD, следующего (старшего) счетчика.

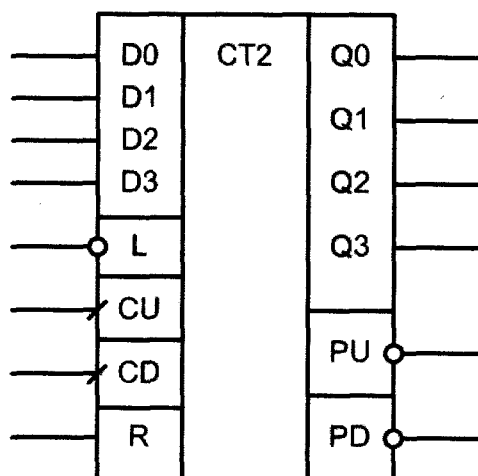


Рис. 14.2. Условное графическое обозначение счетчика K555IE7

Временная диаграмма переключений реверсивного счетчика показана на рис. 14.3.

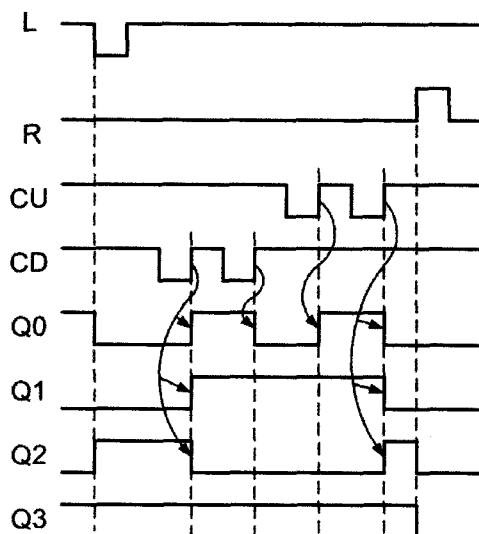


Рис. 14.3. Временная диаграмма переключений реверсивного счетчика

В зависимости от состояний входов возможны следующие режимы работы реверсивного счетчика (табл. 14.1):

– режим счета реализуется, когда  $L=1$ : при подаче счетных импульсов на счетный вход CU происходит увеличение двоичного выходного кода, при подаче счетных импульсов на счетный вход CD — уменьшение, информационные входы D0 – D3 могут находиться в любом

состоянии, что обозначено в таблице символом ×;

– режим параллельной записи обеспечивается, когда  $L=0$ , при этом кодовые наборы, установленные на информационных входах, повторяются на выходах соответствующих разрядов, независимо от состояния счетных входов;

– сброс счетчика осуществляется подачей высокого уровня напряжения на вход  $R$ , что приводит к отключению всех других входов и запрещению записи. В результате на информационных выходах устанавливаются сигналы  $Q_n=0$  ( $n = 0, 1, 2, 3$ ), на выходе окончания счета на увеличение — сигнал  $PU = 1$ , а сигнал на выходе окончания счета на уменьшение  $PD$  дублирует состояние счетного входа  $CD$ . Во всех других режимах  $R = 0$ .

Таблица 14.1

Режим	Вход								Выход					
	$R$	$L$	$CU$	$CD$	$D0$	$D1$	$D2$	$D3$	$Q0$	$Q1$	$Q2$	$Q3$	$PU$	$PD$
Сброс	1	×	×	0	×	×	×	×	0	0	0	0	1	0
	1	×	×	1	×	×	×	×	0	0	0	0	1	1
Параллельная запись	0	0	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	×	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	×	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	0	0	1	×	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Счет на увеличение	0	1	↑	1	×	×	×	×	Увеличение кода				1	1
Счет на уменьшение	0	1	1	↑	×	×	×	×	Уменьшение кода				1	1

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

Режимы сброса и параллельной записи используются для начальной установки счетчика. Режим счета является основным рабочим режимом устройства.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль **dLab14** для исследования работы реверсивного счетчика.

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

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

Установите лабораторный модуль **dLab14** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 14.4.

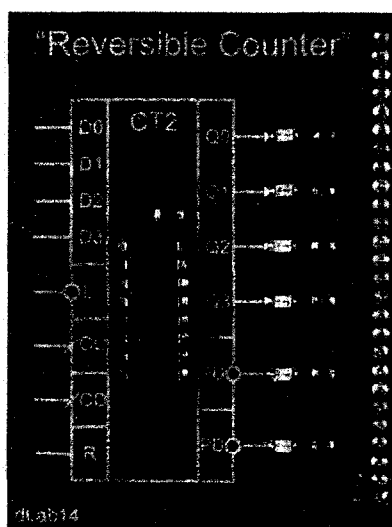



Рис. 14.4. Внешний вид модуля *dLab14* для исследования работы реверсивного счетчика

Загрузите файл **dLab-14.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис.14.5). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

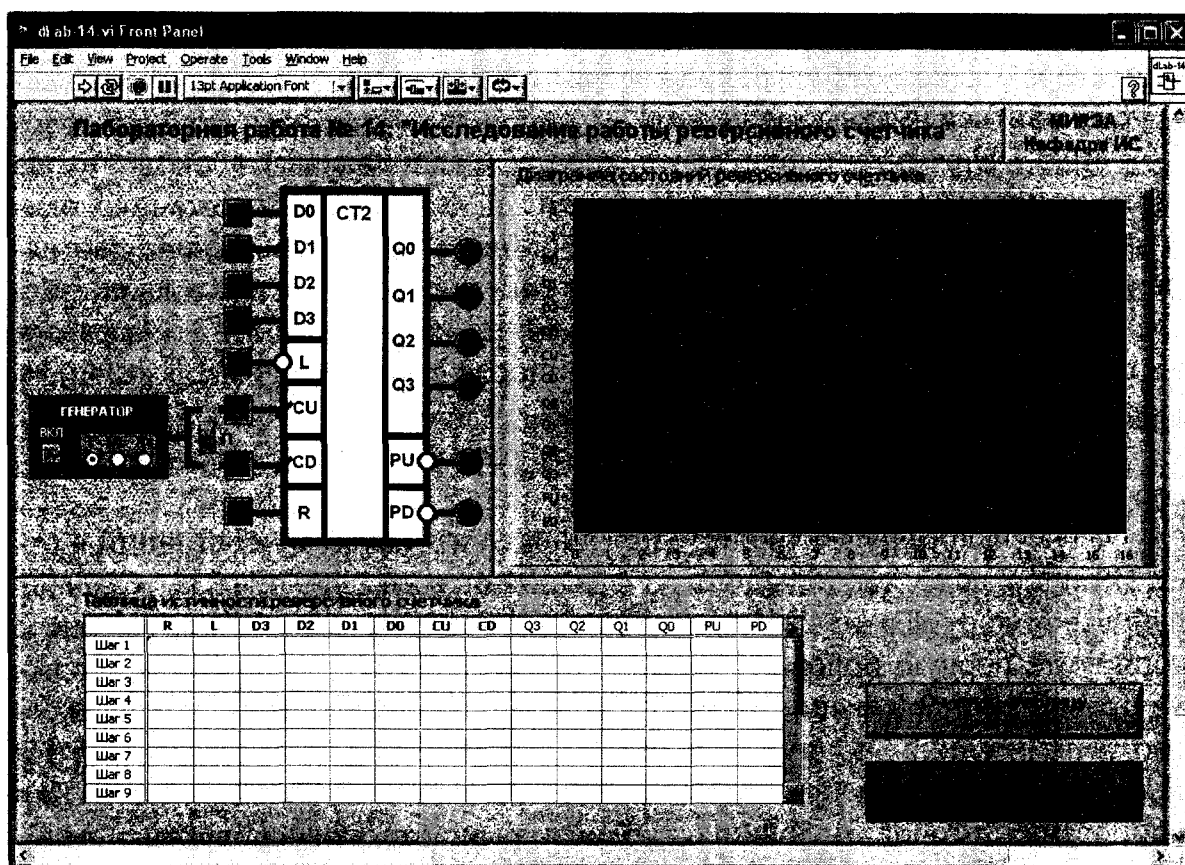


Рис. 14.5. Лицевая панель ВП

#### 4.1. Исследование реверсивного счетчика в статическом режиме

Статический режим исследования счетчика реализуется при подаче на один из его тактовых входов («CU» или «CD») 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 «CU» или «CD» счетчика производится однократным нажатием с помощью манипулятора мышь на кнопку квадратной формы, расположенную около соответствующего входа.

##### **РЕЖИМ СЧЕТА НА УВЕЛИЧЕНИЕ**

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 входе параллельной загрузки счетчика сигнал  $L=1$ , а на входе сброса сигнал  $R=0$ . 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).

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

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

4.1.6. Повторите п.4.1.5 пятнадцать раз подряд для получения полного цикла пересчета счетчика.

4.1.7. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет. Копирование таблицы следует выполнить за два приема. Сначала сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в верхнее положение и скопируйте первую половину таблицы истинности в буфер обмена, щелкнув правой кнопкой мыши на изображении таблицы и выбрав из контекстного меню команду «Copy Data». Затем перейдите в редактор MS Word и вставьте изображение таблицы из буфера обмена на страницу отчета. Для копирования второй половины таблицы сдвиньте полосу вертикальной прокрутки таблицы в нижнее положение и повторите описанные действия. Копирование диаграммы состояний выполняется аналогично.

4.1.8. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, удастся ли в статическом режиме исследования зарегистрировать изменение сигнала окончания счета (сигнала переноса) «PU» при появлении на выходе счетчика кода «1111».

4.1.9. Определите коэффициент пересчета  $K_{сч}$  счетчика в режиме счета на увеличение.

### **РЕЖИМ СЧЕТА НА УМЕНЬШЕНИЕ**

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

4.1.11. Установите на входе параллельной загрузки счетчика сигнал  $L=1$ , а на входе сброса сигнал  $R=0$ .

4.1.12. Выполните сброс счетчика. Для этого установите вход асинхронного сброса «R» сначала в состояние «1», а затем в состояние «0». На индикаторах выходных сигналов счетчика «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» должны установиться нулевые значения.

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

4.1.14. Повторите п.4.1.13 пятнадцать раз подряд для получения полного цикла пересчета счетчика.

4.1.15. Скопируйте таблицу истинности и диаграмму состояний в отчет.

4.1.16. По таблице истинности и диаграмме состояний определите, удастся ли в статическом режиме исследования зарегистрировать изменение сигнала переноса «PD» при появлении на выходе счетчика кода «0000».

4.1.17. Определите коэффициент пересчета  $K_{сч}$  счетчика в режиме счета на уменьшение.

### **РЕЖИМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ**

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

4.1.19. Установите на входе управления параллельной загрузкой счетчика сигнал  $L=1$ , а на входе сброса сигнал  $R=0$ .

4.1.20. Выполните сброс счетчика. Для этого установите вход асинхронного сброса «R» сначала в состояние «1», а затем в состояние «0». На индикаторах выходных сигналов счетчика «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» должны установиться нулевые значения.

4.1.21. Установите на входах параллельной загрузки «D0», «D1», «D2» и «D3» значения сигналов, приведенные в первой строке табл.14.2.

Таблица 14.2

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

4.1.22. Выполните параллельную загрузку счетчика. Для этого установите вход управления загрузкой «L» сначала в состояние «0», а затем в состояние «1».

4.1.23. По индикаторам выходных сигналов счетчика «Q0», «Q1», «Q2» и «Q3» определите и запишите в отчет состояние счетчика.

4.1.24. Повторите пп.4.1.21 – 4.1.23 для остальных строк табл.14.2.

4.1.25. Определите, при каком логическом уровне сигнала «L» происходит параллельная загрузка. Вывод запишите в отчет.

#### **4.2. Исследование реверсивного счетчика в динамическом режиме**

Динамический режим исследования счетчика реализуется при подаче на его тактовые входы «CU» и «CD» 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. С помощью переключателя «П» можно выбрать вход («CU» или «CD»), на который будет подаваться тактовая импульсная последовательность.

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

4.2.2. Включите генератор импульсов и установите переключатель «П» в положение «CU». На графический индикатор выводится временная диаграмма входных и выходных сигналов счетчика. В этом режиме таблица истинности не заполняется, а кнопка «Очистить таблицу и диаграмму» заблокирована от нажатия и имеет затененное изображение.

4.2.3. Управляя состоянием входных сигналов, получите временные диаграммы работы счетчика в режимах счета на увеличение и уменьшение. Скопируйте полученные диаграммы в отчет. Определите по какому перепаду на тактовых входах «CU» и «CD» происходит изменение состояния счетчика в указанных режимах. При каких состояниях счетчика формируются сигналы переноса «PU» и «PD». Результаты запишите в отчет.

4.2.4. Получите временные диаграммы работы счетчика в режимах сброса и параллельной загрузки. Скопируйте полученные диаграммы в отчет. Определите, при каких уровнях входных сигналов на входах «R» и «L» происходят, соответственно, сброс и загрузка счетчика. Результаты запишите в отчет.



4.2.5. Определите условия, при каких происходит формирование сигналов переноса «PU» и «PD» в режимах сброса и параллельной загрузки. Результаты запишите в отчет.

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

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Какие счетчики называются реверсивными?
- Какие отличия в структуре имеют суммирующие и вычитающие счетчики?
- Как в одной схеме реализовать переключение между режимами суммирования и вычитания.
- Перечислите режимы работы реверсивного счетчика К555ИЕ7.
- Опишите назначение выводов микросхемы К555ИЕ7.
- Какой способ управления используется в счетчиках ИЕ7?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы АЛУ.

#### 2. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Арифметико-логическим устройством (АЛУ) называется комбинационная схема, предназначенная для определения результатов выполнения математических или логических операций над одним или двумя двоичными кодами – операндами. АЛУ содержит отдельные узлы, выполняющие математические и логические операции. Для получения результата требуемой к текущему моменту времени операции на управляющие входы АЛУ подается соответствующий код, называемый кодом операции.

Вычислительные возможности АЛУ разных технологий (ТТЛ, КМОП, ЭСЛ) сходны, поэтому рассмотрим устройство и работу АЛУ на примере микросхемы К555ИПЗ, условное графическое обозначение которой приведено на рис. 15.1.

К555ИПЗ представляет собой четырёхразрядное АЛУ, предназначенное для выполнения 16 арифметических и 16 поразрядных логических операций с двумя четырёхразрядными операндами.

На схему АЛУ подаются следующие сигналы: входные операнды А0–А3 и В0–В3; выбор режима М; код операции S0–S3; перенос от предыдущего разряда C0.

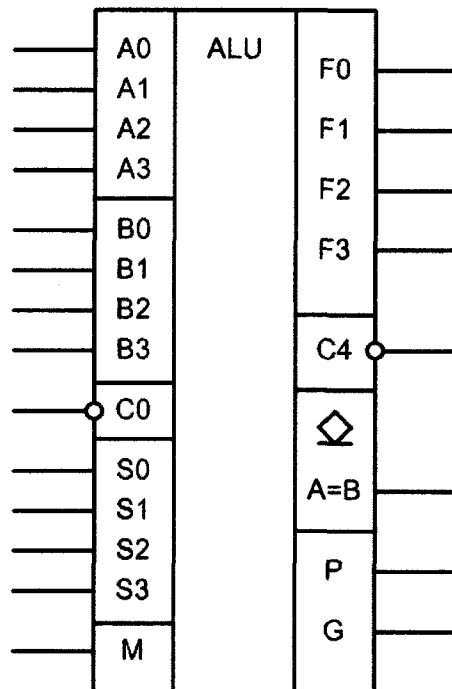


Рис. 15.1. Условное графическое обозначение АЛУ типа К555ИПЗ

На выходах АЛУ формируются следующие сигналы: результат операций F3–F0; результат сравнения на равенство операндов в режиме выполнения логических операций – A=B (выход с открытым коллектором); перенос в старший разряд АЛУ – C4; генерация переноса – G; распространение переноса – P. Выходы G и P используются для управления схемой ускоренного переноса.

АЛУ может работать как с высокими, так и с низкими активными уровнями сигналов. В зависимости от этого меняются знаки инверсии на входах и выходах микросхемы, а также таблицы соответствия функций кодам выбора операций. В данной работе обозначения выводов микросхемы и выполняемые АЛУ функции приведены для случая высоких активных уровней сигналов. Наличие переноса от предыдущего разряда при выполнении арифметических операций соответствует логический нуль на входе C. Наличие переноса в старший разряд АЛУ соответствует уровень логического нуля на выходе C4.

Вход M определяет режим работы АЛУ. Для выполнения арифметических операций на вход M должен быть подан уровень логического нуля. При подаче на вход M логической единицы запрещается выполнение переносов между разрядами и на выходах АЛУ появляются результаты логических операций. Четырехразрядный код операции подается на входы S0 – S3. В табл. 15.1 приведен перечень выполняемых АЛУ арифметических и логических операций в зависимости от входных управляющих сигналов.

Таблица 15.1

<i>Код операции</i>				<i>Арифметические операции (M=0)</i>	<i>Логические операции (M=1)</i>
<i>S3</i>	<i>S2</i>	<i>S1</i>	<i>S0</i>		
0	0	0	0	$F = A + C0$	$F = \bar{A}$
0	0	0	1	$F = (A \vee B) + C0$	$F = \overline{A \vee B}$
0	0	1	0	$F = (A \vee \bar{B}) + C0$	$F = \bar{A} \wedge B$
0	0	1	1	$F = -1 + C0$	$F = 0$
0	1	0	0	$F = A + (A \wedge \bar{B}) + C0$	$F = \overline{A \wedge B}$
0	1	0	1	$F = (A \vee B) + (A \wedge \bar{B}) + C0$	$F = \bar{B}$
0	1	1	0	$F = A + \bar{B} + C0$	$F = A \oplus B$
0	1	1	1	$F = -1 + (A \wedge \bar{B}) + C0$	$F = A \wedge \bar{B}$
1	0	0	0	$F = A + (A \wedge B) + C0$	$F = \bar{A} \vee B$
1	0	0	1	$F = A + B + C0$	$F = \bar{A} \oplus \bar{B}$
1	0	1	0	$F = (A \vee \bar{B}) + (A \wedge B) + C0$	$F = B$
1	0	1	1	$F = -1 + (A \wedge B) + C0$	$F = A \wedge B$
1	1	0	0	$F = A + A + C0$	$F = 1$
1	1	0	1	$F = (A \vee B) + A + C0$	$F = A \vee \bar{B}$
1	1	1	0	$F = (A \vee \bar{B}) + A + C0$	$F = A \vee B$
1	1	1	1	$F = -1 + A + C0$	$F = A$

**Примечание:** символ  $\oplus$  обозначает операцию «Исключающее ИЛИ».

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль **dLab15** для исследования работы АЛУ.

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

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

Установите лабораторный модуль **dLab15** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис. 15.2.

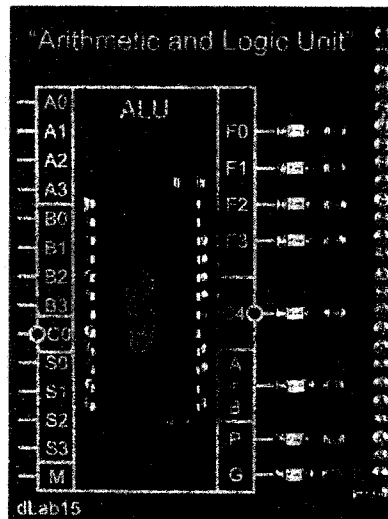



Рис. 15.2. Внешний вид модуля *dLab15* для исследования работы арифметико-логического устройства

Загрузите файл **dLab-15.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис. 15.3). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

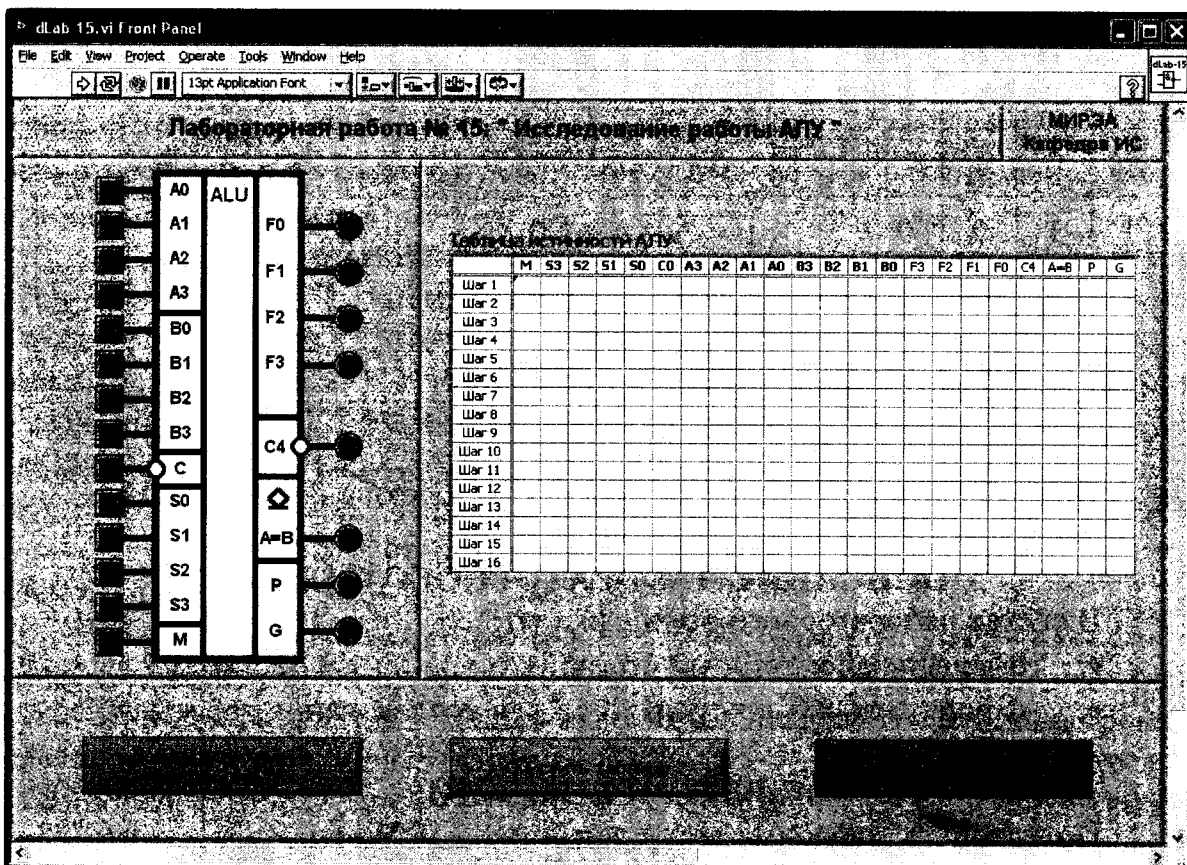


Рис. 15.3. Лицевая панель ВП