

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В.К. Батоврин А.С. Бессонов В.В. Мошкин

**LabVIEW:**

**ПРАКТИКУМ ПО ЦИФРОВЫМ  
ЭЛЕМЕНТАМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
И ИНФОРМАЦИОННО-  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

МОСКВА 2011

УДК 621.38

П 69

ББК 32.973.26-108.2

Рецензенты: В.М. Глумов, В.Е. Анциперов

П 69 Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В.: LabVIEW: Практикум по цифровым элементам вычислительной и информационно-измерительной техники: Лабораторный практикум / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» – М., 2011. – 118 с.

Учебное пособие содержит лабораторный практикум по цифровым элементам вычислительной и информационно-измерительной техники. Практикум включает лабораторные работы, разработанные с использованием технологии виртуальных приборов. Практическая реализация осуществлена в программной среде LabVIEW с помощью инструментальных средств компании National Instruments.

Учебное пособие предназначено для студентов высших и средних специальных учебных заведений, обучающихся по направлению «Приборостроение» и изучающих дисциплину «Электроника и микропроцессорная техника» или смежные с ней дисциплины. Оно также может быть использовано студентами других направлений подготовки и специальностей.

Табл. 47. Ил. 79. Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета университета.

ISBN 978-5-7339-0871-7

© В.К. Батоврин,  
А.С. Бессонов,  
В.В. Мошкин, 2011

© МГТУ МИРЭА, 2011

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Достижения цифровой электроники широко используются в различных областях техники и технологий, во многом определяя общий технический прогресс. Цифровые устройства служат основой для построения измерительных приборов, измерительно-вычислительных комплексов, микропроцессорных систем, компьютеров, автоматизированных систем управления объектами и процессами и множества других полезных устройств. Проблемы развития и использования цифровой техники актуальны не только для специалистов в области электроники, но и для широкого круга работников других профессий.

Изучение основ цифровой электроники и вопросов её практического применения предусмотрено целым рядом общепрофессиональных и специальных дисциплин по направлениям подготовки в области техники и технологий. Овладение цифровой техникой, достижение базового уровня компетентности в вопросах создания, использования и применения цифровых устройств, систем и узлов на их основе, требует не только изучения теоретических вопросов, но и выполнения практических и лабораторных работ. Сегодня среди множества книг и учебных пособий по цифровой электронике ощущается недостаток в учебной литературе, посвященной методическому обеспечению практических и лабораторных занятий.

Цель настоящего пособия – помочь студентам, имеющим минимальную специальную подготовку, в ознакомлении с практическими вопросами цифровой техники, в первую очередь с принципами построения и функционирования наиболее распространенных цифровых устройств.

Возможности учреждений образования по созданию и поддержанию лабораторных практикумов, оснащенных современными техническими средствами, ограничены, это, в частности, относится и к практикумам по цифровой электронике. В этой ситуации необходимо активно использовать компьютерные средства измерений и современные информационные технологии, такие как технология виртуальных приборов.

Представленный в учебном пособии практикум функционирует на платформе персонального компьютера или ноутбука. Он может эксплуатироваться на индивидуальном рабочем месте учащегося, в типовых дисплейных классах при работе в локальной сети или в режиме удаленного доступа, например, с домашних компьютеров, подключенных к сети Internet.

При создании практикума реализованы оригинальные, запатентованные комплексные решения, основанные на использовании технологии виртуальных приборов в сочетании с технологией открытых систем. Основой практикума являются оригинальное программное обеспечение (свидетельство о регистрации № 2009612512 от 19.05.2009 г.) и лабораторные макеты-модули (патенты на полезную модель №71203 и №71204 от 27.02.2008),

подключаемые к лабораторной платформе.

В типовом случае в качестве лабораторной платформы применяется лабораторная станция NI ELVIS II, которая является развитием хорошо зарекомендовавшего себя базового решения компании National Instruments для разработки и создания лабораторных практикумов и учебных лабораторий в ВУЗах и колледжах.

Программное обеспечение практикума разработано в среде графического программирования LabVIEW, что позволило ускорить процесс разработки, создать удобный для работы пользовательский интерфейс и предоставлять пользователям программное обеспечение в виде исполнимых модулей, не требующих установки LabVIEW на компьютер.

Для развертывания практикума достаточно ПК с процессором типа Pentium 4, с объемом оперативной памяти не менее 256 Мб и с 200 Мб свободного дискового пространства. На компьютере должна быть установлена операционная система Windows XP или более старшая версия и текстовый редактор MS WORD.

Методическое обеспечение практикума разработано с учетом рекомендаций ГОС ВПО по направлению подготовки 200100 – Приборостроение по дисциплинам «Цифровые измерительные устройства» (специальность 200106 – Информационно-измерительная техника и технологии), «Схемотехника измерительных устройств» (специальность 200101 – Приборостроение), «Цифровые вычислительные устройства и микропроцессоры приборных комплексов» (специальность 200103 – Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы). Кроме того, принимались во внимание рекомендации по изучению основ цифровой электроники при прохождении курса «Электроника и микропроцессорная техника», входящего в федеральную компоненту общепрофессиональных дисциплин ГОС ВПО направлений подготовки 200000 – Приборостроение и оплотехника.

Учебное пособие написано коллективом преподавателей кафедры информационных систем Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) – МИРЭА на основе опыта преподавания дисциплин «Цифровые измерительные устройства», «Виртуальные средства измерений», «Электротехника и электроника» и «Электроника и микропроцессорная техника», а также практики применения LabVIEW программного обеспечения в учебном процессе на факультете кибернетики МИРЭА.

При работе над учебным пособием был также учтен опыт, полученный авторами при разработке и внедрении предыдущих LabVIEW лабораторных практикумов по аналоговой и цифровой электронике и основам измерительных технологий.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные технологии предоставляют хорошие возможности для создания компьютерных средств обучения, среди которых одно из важнейших мест занимают компьютерные лабораторные практикумы.

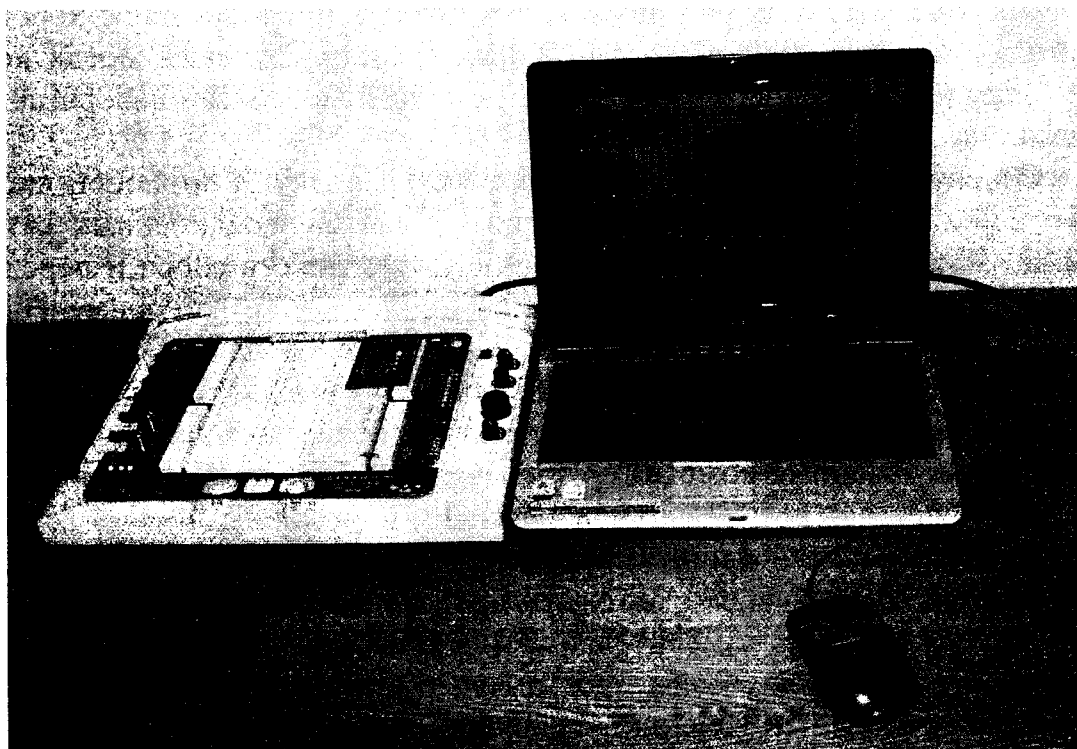
Основу компьютерного лабораторного практикума по любой дисциплине составляет комплекс лабораторных макетов, соединенных с программно-аппаратной платформой с помощью устройств сбора и передачи измерительной информации. Современной тенденцией стало применение в учебных целях компьютерных средств измерений, созданных с использованием технологии виртуальных приборов. Виртуальный прибор (ВП) в учебной лаборатории это средство измерений, представляющее собой, как правило, персональный компьютер, снабженный дополнительно специальным прикладным программным обеспечением и различными устройствами для сбора и обработки данных, например, многофункциональной платой ввода-вывода. ВП позволяет автоматизировать операции по сбору, обработке и представлению измерительной информации, имеет удобный пользовательский интерфейс, а его программные и аппаратные средства поддерживают реализацию функций, присущих традиционному средству измерений и обеспечивают представление результатов на экране монитора в удобной для пользователя форме.

Программное обеспечение ВП может разрабатываться как с помощью стандартных средств, таких как Visual C++, Visual Basic и т.п., так и с помощью программных средств, специально предназначенных для создания виртуальных приборов. Сегодня среди таких специализированных программных средств наиболее подходящим можно считать прикладной программный пакет LabVIEW компании National Instruments. Представленные на рынке аппаратные средства автоматизации измерительных процессов и процедур почти всегда комплектуются драйверами под LabVIEW. Разработка приложений в данной среде ведется визуальными средствами, что не требует от разработчика глубоких знаний программирования.

Для развертывания практикума потребуется базовый лабораторный стенд, оснащенный современным персональным компьютером (ПК), снабженным операционной системой Windows XP или более старших версий и специализированным набором аппаратных средств, а также оригинальное прикладное программное обеспечение.

В качестве шасси может быть использована лабораторная станция NI ELVIS II с интерфейсом USB для подключения к ПК или станция предыдущего поколения - NI ELVIS, поставлявшаяся раньше с устройствами ввода вывода NI PCI-6251 или NI USB-6251. Стенд комплектуется набором лабораторных модулей, на которых собраны исследуемые схемы. При выполнении лабораторных работ соответствующие модули устанавливаются

на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид лабораторного стенда показан на рис.В.1.



*Рис. В.1. Внешний вид базового лабораторного стенда*

Прикладное программное обеспечение представленного в учебном пособии лабораторного практикума является оригинальной разработкой авторов и спроектировано в среде LabVIEW. Режим дистанционного доступа к ресурсам лабораторного практикума реализуется по технологии National Instruments.

Порядок выполнения процедуры инсталляции практикума с использованием лабораторной станции NI ELVIS II и инструкции по работе программным обеспечением содержатся в Приложении 1. Подготовка к работе лабораторной станции NI ELVIS описана в Приложении 2.

При выполнении предлагаемых в учебном пособии лабораторных работ студент всегда работает только с лицевой панелью ВП, диаграмма, необходимая для разработки ВП, ему не доступна.

Лицевая панель определяет внешний вид ВП и интерфейс взаимодействия пользователя с ним. На лицевой панели находятся различные элементы управления ВП (выключатели, переключатели, поля ввода и т.д.) и элементы отображения измерительной информации (цифровые индикаторы, графические экраны и т.д.). Предоставляемый интерфейс пользователя прост, поэтому при выполнении заданий требуются только обычные навыки владения персональным компьютером и, конечно, понимание целей и задач, которые ставятся в лабораторной работе.

Каждая лабораторная работа содержит раздел «Сведения, необходимые для выполнения работы», ознакомление с которым полезно для успешного выполнения заданий практикума.

Для выполнения лабораторной работы после запуска компьютера необходимо открыть папку с программным обеспечением практикума и загрузить программу лабораторной работы (двойной щелчок на имени файла dLab-n.vi, где n – номер работы). На экране монитора откроется окно, вид которого показан на рис.В.2.

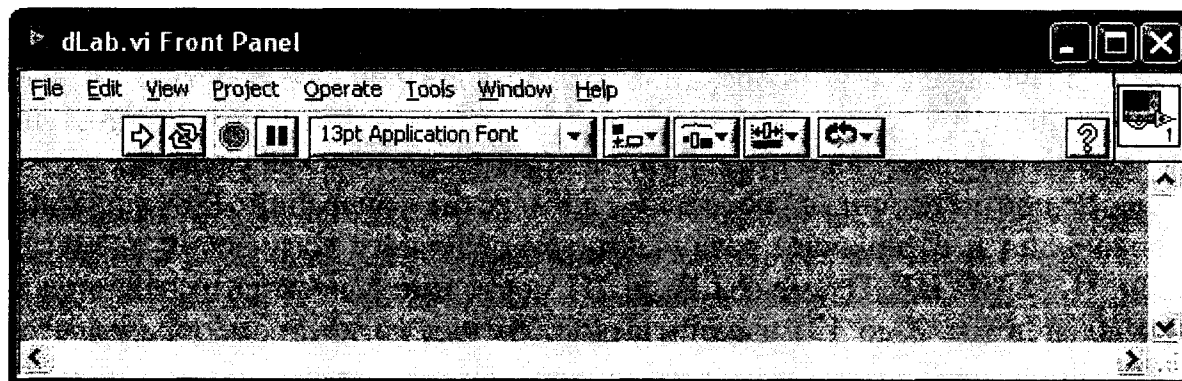



Рис. В.2. Внешний вид окна программы LabVIEW

Запуск программы осуществляется нажатием на кнопку RUN с изображением стрелки .

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с разделом «Описание лабораторного стенда», после чего последовательно выполнить все указания, приведенные в разделе «Рабочее задание». По мере выполнения задания на экране монитора могут, в виде подсказок, возникать дополнительные рекомендации. Результаты измерений и наблюдений следует заносить в отчет сразу же по мере их получения. Для этого удобно использовать текстовый редактор MS Word. Предполагается, что студенты владеют основными приемами формирования и обработки текстов, создания и форматирования таблиц.

Отметим, что на собранных макетах, используя специализированное программное обеспечение практикума можно проводить и дополнительные исследования. Цели и порядок таких работ должны отдельно определяться преподавателем с учетом возможностей лабораторной станции NI ELVIS II.

Для удобства составления отчетов по выполненным работам в описаниях приводится рекомендуемый вид таблиц и указания по сохранению экспериментальных данных в электронной форме.

По желанию преподавателя, под руководством которого выполняется работа, требования к отчетным материалам могут быть дополнены или изменены.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы цифровых логических элементов.

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

Цифровым логическим элементом называется физическое устройство, реализующее одну из операций алгебры логики или простую логическую функцию. Схема, составленная из конечного числа логических элементов по определенным правилам, называется логической схемой.

В соответствии с перечнем логических операций (конъюнкция, дизъюнкция и отрицание) различают три основных логических элемента (ЛЭ): **И**, **ИЛИ**, **НЕ**. Элементы **И**, **ИЛИ** могут иметь несколько равноправных входов (от 2 до 12) и один выход, сигнал на котором определяется комбинацией входных сигналов. Элемент **НЕ** имеет всегда только один вход. Условное графическое обозначение элементов **И**, **ИЛИ**, **НЕ** приведено на рис. 1.1.

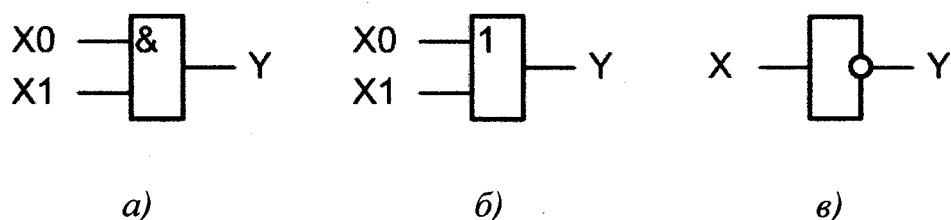


Рис. 1.1. Условное графическое обозначение элементов **И** (а), **ИЛИ** (б), **НЕ** (в)

Описание работы ЛЭ и логических схем может быть представлено различными способами. Наиболее часто используются следующие:

1. Алгебраическое выражение, например,

$$Y(X0, X1, X0) = X2 \wedge X1 \wedge X0 \vee \overline{X2 \wedge X1}.$$

2. Таблица истинности, например, табл.1.1 для функции **И**.

Таблица 1.1

$X1$	$X0$	$Y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



3. Временная диаграмма состояний входных и выходных сигналов, например, рис.1.2 для функции И.

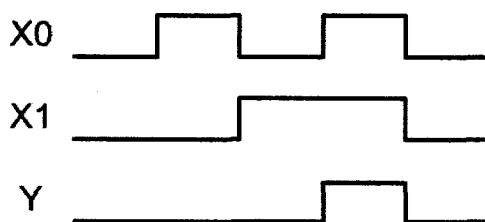


Рис. 1.2. Временная диаграмма состояний логического элемента **И** ( $Y = X1 \wedge X0$ )

Из булевой алгебры известен принцип двойственности логических операций, заключающийся в их взаимном преобразовании: если в условии, определяющем операцию **И**, значения всех переменных и самой функции заменить их инверсией, а знак конъюнкции – знаком дизъюнкции, получится условие определяющее операцию **ИЛИ**:

$$\text{если } X1 \wedge X0 = Y, \text{ то } \overline{X1} \vee \overline{X0} = \overline{Y}.$$

Справедливо и обратное преобразование:

$$\text{если } X1 \vee X0 = Y, \text{ то } \overline{X1} \wedge \overline{X0} = \overline{Y}.$$

Важным практическим следствием принципа двойственности является тот факт, что при записи логических выражений и, следовательно, построении логических схем, можно обойтись только двумя типами операций, например, операциями **И** и **НЕ** или **ИЛИ** и **НЕ**. В связи с этим можно ввести понятие функционально полной системы ЛЭ – совокупность ЛЭ, позволяющих реализовать логическую схему произвольной сложности.

Таким образом, системы двух элементов **И** и **НЕ**, а также **ИЛИ** и **НЕ** наравне с системой из трех элементов (**И**, **ИЛИ**, **НЕ**) являются функционально полными. На практике широкое применение нашли ЛЭ, совмещающие функции элементов указанных выше функционально полных систем. Это элементы **И-НЕ** и **ИЛИ-НЕ**, которые носят названия соответственно штрих Шеффера и стрелка Пирса. По определению каждый из этих элементов так же образует функционально полную систему. Их условные графические обозначения приведены на рис. 1.3.

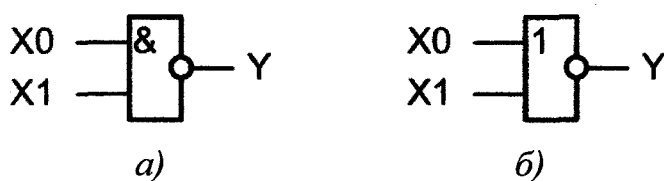


Рис. 1.3. Условное графическое обозначение элементов **И-НЕ** (а), **ИЛИ-НЕ** (б)

В качестве примера рассмотрим выполнение операции **И** на элементах **ИЛИ-НЕ**. Согласно принципу двойственности, если  $X1 \wedge X0 = Y$ , то  $\overline{X1} \vee \overline{X0} = \overline{Y}$ . Инвертируя правую и левую части первого выражения и подставляя во второе, получаем  $\overline{\overline{X1}} \vee \overline{\overline{X0}} = \overline{\overline{Y}} = \overline{X1 \wedge X0}$ , т. е. логическая операция **И** может быть заменена операциями **ИЛИ** и **НЕ**. На рис. 1.4 приведен пример реализации логической операции **И** с использованием только элементов **И-НЕ**.

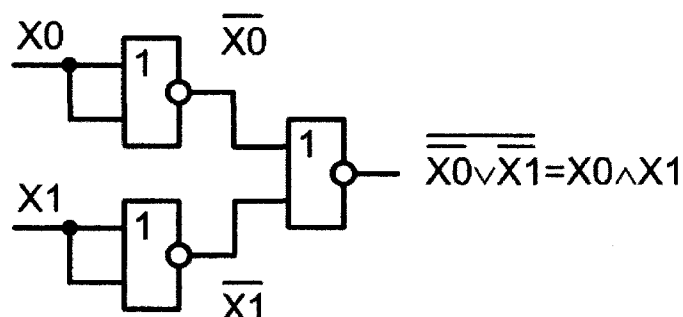


Рис. 1.4. Реализация логической операции **И** на базе элементов **ИЛИ-НЕ**

При разработке логических схем может оказаться, что ЛЭ имеет больше входов, чем число переменных, входящих в реализуемую с их помощью логическую функцию. При этом необходимо решить вопрос о том, как следует подключать свободные входы. Для рассмотрения этого случая вводится понятие активного и пассивного логических уровней.

Активным логическим уровнем называется такое значение входной переменной, которое однозначно определяет выходной сигнал ЛЭ. Например, для логического элемента **И** активным логическим уровнем является сигнал лог.0, так как его наличие хотя бы на одном из  $n$ -входов этого элемента однозначно определяет получение на выходе логического сигнала «0».

Пассивным логическим уровнем для элемента **И** будет, соответственно, сигнал «1». Отсюда следует, что для уменьшения фактического числа входов ЛЭ следует на неиспользуемые входы подавать сигналы пассивных логических констант: в рассмотренном случае для элемента **И** таким сигналом является «1».

Другой прием уменьшения фактического числа входов логического элемента основан на теоремах алгебры логики ( $X \wedge X = X$ ,  $X \vee X = X$ ): на несколько входов ЛЭ можно подавать одну и ту же логическую переменную, то есть объединять свободные входы с уже задействованными.

В табл.1.2 представлены основные логические элементы, их обозначение, схемы и выполняемые функции.

Таблица 1.2

Элемент	Обозначение	Схема	Функция
НЕ	ЛН	$x \rightarrow \boxed{\neg} \rightarrow Y$	$Y = \bar{X}$
И	ЛИ	$\begin{matrix} X0 \\ X1 \end{matrix} \rightarrow \boxed{\&} \rightarrow Y$	$Y = X1 \wedge X0$
И-НЕ	ЛА	$\begin{matrix} X0 \\ X1 \end{matrix} \rightarrow \boxed{\&} \rightarrow \boxed{\neg} \rightarrow Y$	$Y = \overline{X1 \wedge X0}$
ИЛИ	ЛЛ	$\begin{matrix} X0 \\ X1 \end{matrix} \rightarrow \boxed{\vee} \rightarrow Y$	$Y = X1 \vee X0$
ИЛИ-НЕ	ЛЕ	$\begin{matrix} X0 \\ X1 \end{matrix} \rightarrow \boxed{\vee} \rightarrow \boxed{\neg} \rightarrow Y$	$Y = \overline{X1 \vee X0}$
Исключающее ИЛИ	ЛП	$\begin{matrix} X0 \\ X1 \end{matrix} \rightarrow \boxed{=1} \rightarrow Y$	$Y = (\bar{X1} \wedge X0) \vee (X1 \wedge \bar{X0})$

**Примечание:** для обозначения логической операции «Исключающее ИЛИ» в логических выражениях используется символ  $\oplus$ .

### 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 отчета в редакторе **MS Word**.

Установите лабораторный модуль **dLab1** на макетную плату лабораторной станции NI ELVIS. Внешний вид модуля показан на рис.1.5.

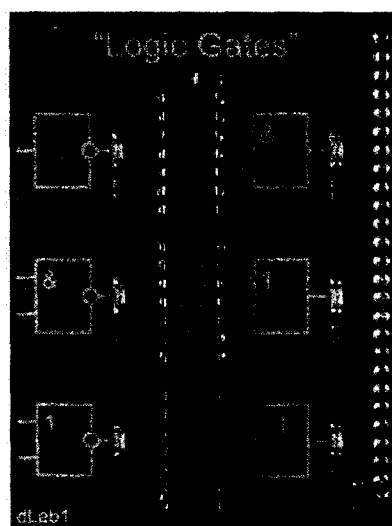



Рис. 1.5. Внешний вид модуля **dLab1** для исследования работы логических элементов

Загрузите файл **dLab-1.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис.1.6). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

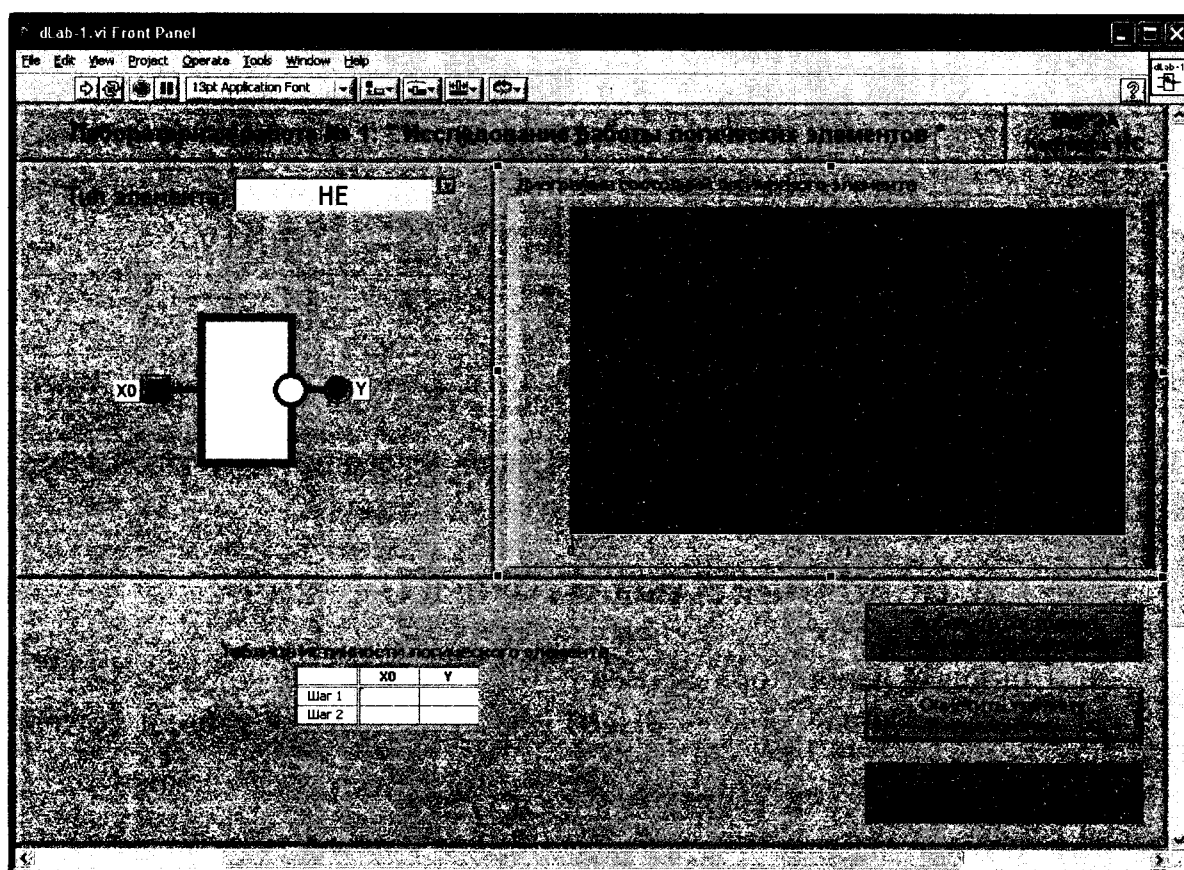


Рис. 1.6. Лицевая панель ВП

#### 4.1. Логический элемент НЕ

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

4.1.2. Выберите логический элемент «НЕ». Для этого щелкните 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 логический сигнал «0». Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мышь 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 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.

4.1.7. В отчете 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 И. Для этого щелкните мышью на кнопке раскрытия списка элемента 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, приведенные в первой строке табл.1.3.

Таблица 1.3

<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 на лицевой панели ВП 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.1.3.

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

4.2.7. По таблице истинности и диаграмме состояний исследуемого

логического элемента определите, какой логический сигнал является для него активным.

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

- Что такое логическая переменная и логический сигнал? Какие значения они могут принимать?
- Что такое логическая функция?
- Назовите основные операции булевой алгебры.
- Что такое таблица истинности? Приведите пример.
- Что такое функционально полная система логических элементов?
- Какие логические элементы составляют базовый набор?
- Приведите условное обозначение операций И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ШИФРАТОРА

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы шифраторов.

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

Шифратором (Coder - CD)  $M \times N$  называют комбинационное устройство с  $M$  входами и  $N$  выходами, преобразующее  $M$ -разрядный унитарный код в  $N$ -разрядный двоичный код.

Шифраторы классифицируют по ряду признаков.

По числу входов различают:

- полные шифраторы, число входов которых  $M = 2^N$ ;
- неполные шифраторы, имеющих число входов  $M < 2^N$ .

По уровням входных и выходных сигналов выделяют:

- шифраторы высокого уровня, активные сигналы на входах и выходах которых имеют уровень логической единицы;
- шифраторы низкого уровня, активные входные и выходные сигналы которых соответствуют уровню логического нуля.

По функциональной значимости входов шифраторы разделяют на две

группы:

- шифраторы с равнозначными функциями входов, в которых все входы равноценны и при подаче на любой из них активного уровня сигнала на выходе формируется двоичный код. В таких шифраторах нельзя подавать несколько входных сигналов одновременно от разных источников, т. е. должна соблюдаться очередность подачи сигналов от разных источников. Если на один из входов шифратора подан сигнал, остальные входы шифратора должны быть заблокированы;

- приоритетные шифраторы, в которых возможна одновременная подача на входы сигналов от разных источников, однако только один из них, имеющий больший приоритет, выполнит функцию формирования выходного кода. Как правило, наивысший приоритет назначается входу с самым высоким порядковым номером.

На рис. 2.1 приведено условное графическое обозначение приоритетного шифратора низкого уровня К555ИБ1.

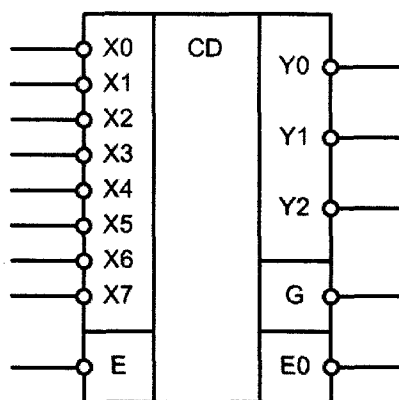


Рис. 2.1. Условное графическое обозначение шифратора К555ИБ1

Данная интегральная микросхема имеет следующий набор входных и выходных сигналов:

- восемь информационных входов  $X_0, X_1, \dots, X_7$ ;
- три информационных выхода  $Y_0, Y_1, Y_2$ ;
- вход E разрешения работы данного шифратора;
- выход EО разрешения работы других шифраторов при каскадировании;
- выходной сигнал группового переноса G.

Работа дешифратора разрешена при подаче нуля на вход разрешения E (enable). При этом на выходах кода  $Y_0, Y_1, Y_2$  формируется инверсный двоичный код номера активной входной линии. При одновременном по-

ступлении нескольких входных сигналов формируется выходной код, соответствующий входу с наибольшим номером. То есть старшие входы имеют приоритет перед младшими. Поэтому такой шифратор называется приоритетным. При отсутствии входных сигналов формируется выходной код 111. Единичный сигнал на входе Е запрещает работу шифратора (все выходные сигналы устанавливаются в единицу).

На выходе G вырабатывается нуль при приходе любого активного входного сигнала. Это позволяет отличить ситуацию поступления сигнала на вход X0 от ситуации отсутствия сигналов на всех входах.

Выход ЕО становится нулевым при отсутствии входных сигналов, если при этом разрешена работа шифратора нулевым сигналом на входе Е.

Работа устройства иллюстрируется таблицей состояний табл.2.1.

Таблица 2.1

Входы									Выходы				
E	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0	Y2	Y1	Y0	G	EO
1	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	0	x	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1	0	x	x	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	x	x	x	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	x	x	x	x	0	1	1	0	1
0	1	1	0	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1
0	1	0	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	1
0	0	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1

**Примечание:** символ x указывает на то, что состояние соответствующего сигнала не имеет значение, т.е. не влияет на состояние выходного кода.

Состояние выходных сигналов G и ЕО шифратора описывается следующими уравнениями:

$$G = E \vee \bar{E} \cdot X_0 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5 \cdot X_6 \cdot X_7,$$

$$EO = \overline{\bar{E} \cdot X_0 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5 \cdot X_6 \cdot X_7}.$$

Сигналы EI и ЕО используются для наращивания разрядности шифратора. На рис 2.2 приведена схема построения шифратора 16×4 на основе двух шифраторов 8×3.

Стандартное применение шифраторов состоит в сокращении количества сигналов. Например, в случае шифратора K555IB1 информация о восьми входных сигналах сворачивается в три выходных сигнала. Это очень удобно, например, при передаче данных по информационным каналам.



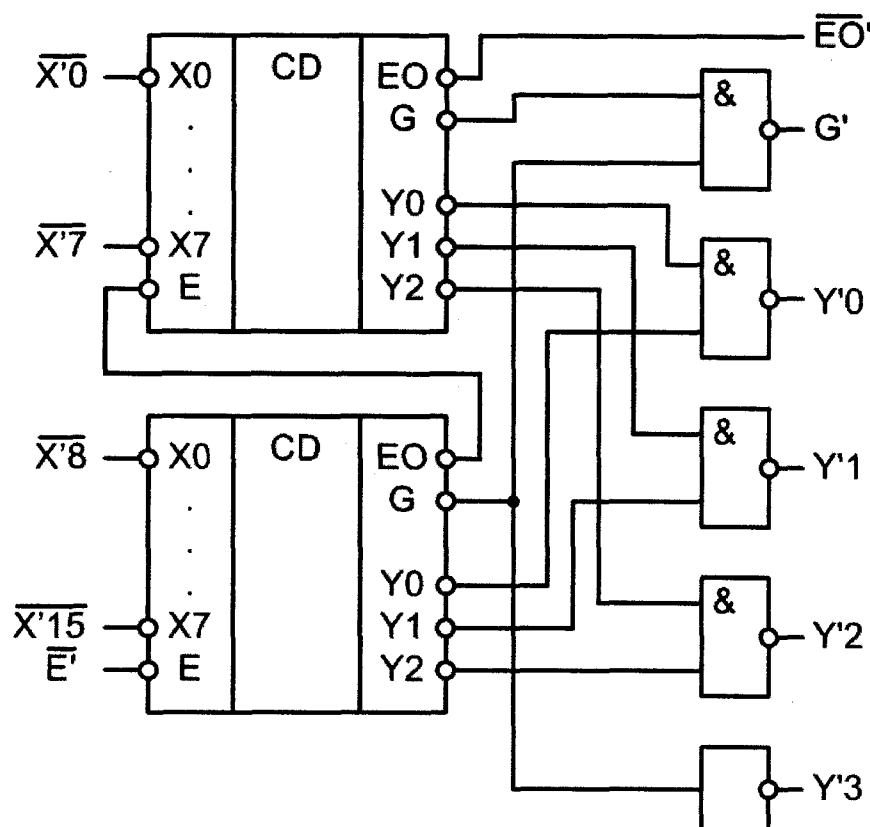


Рис. 2.2. Схема построения шифратора 16×4

Шифраторы также могут быть использованы при организации клавиатуры для формирования кода нажатой клавиши. При этом каждому входу шифратора соответствует отдельная клавиша. Если ни одна из них не нажата, об этом свидетельствует единичное значение сигнала  $G$ . При нажатии на какую-либо клавишу выход  $G$  переходит в единичное состояние, а на информационных выходах формируется код нажатой клавиши. При использовании приоритетного шифратора в случае одновременном нажатии нескольких клавиш формируется код клавиши с наибольшим приоритетом.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В состав лабораторного стенда входят:

- базовый лабораторный стенд;
- лабораторный модуль **dLab2** для исследования работы шифратора.

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

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

Установите лабораторный модуль **dLab2** на макетную плату лабораторной станции **NI ELVIS**. Внешний вид модуля показан на рис.2.3.

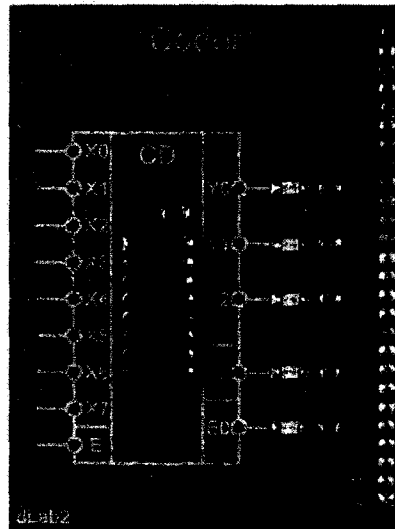



Рис .2.3. Внешний вид модуля *dLab2* для исследования работы шифраторов

Загрузите файл **dLab-2.vi**. На экране появится изображение ВП, необходимого для выполнения работы (рис.2.4). Запустите программу, щелкнув левой кнопкой мыши на экранной кнопке RUN .

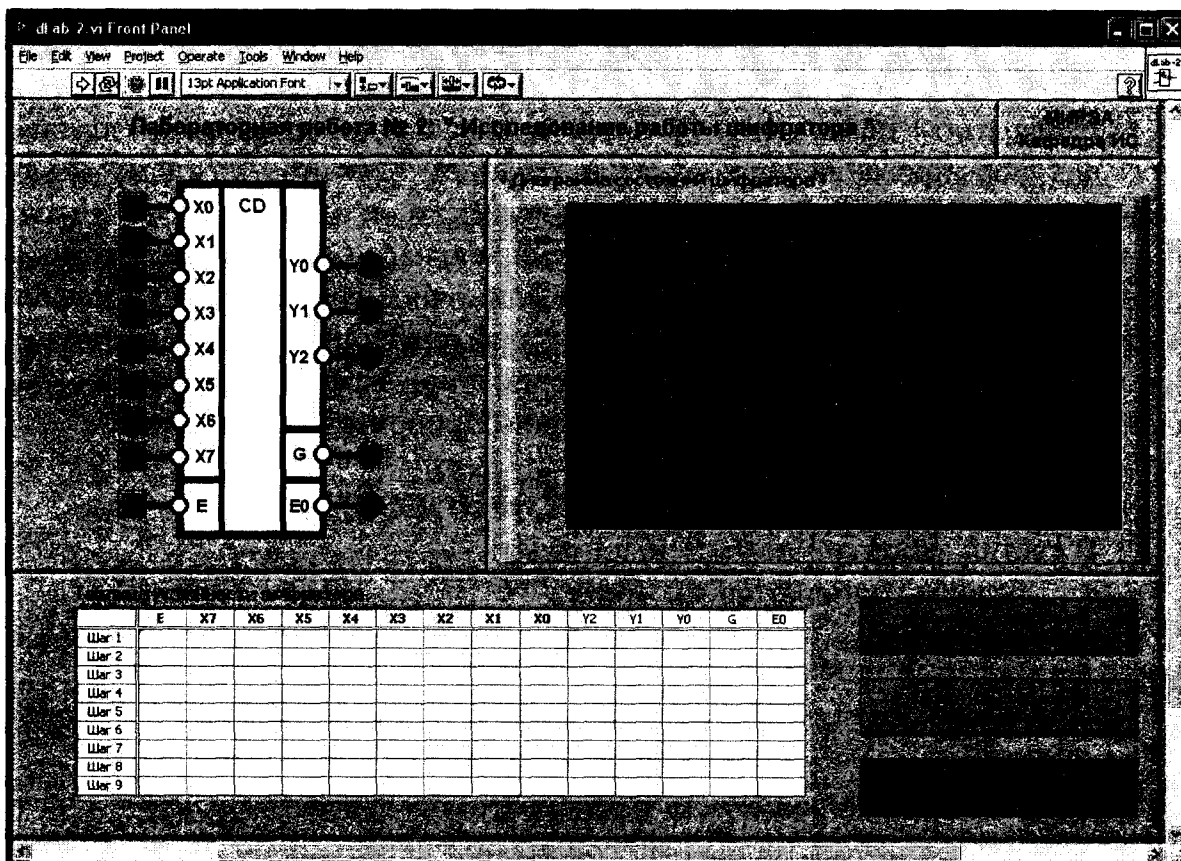


Рис .2.4. Лицевая панель ВП

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

4.2. Установите на входе «Е» шифратора логический сигнал «0», а на входах «X0», «X1», «X2», «X3», «X4», «X5», «X6», и «X7» – значения сигналов, приведенные в первой строке табл.2.2. 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 «Y0», «Y1», «Y2», «G» и «E0» шифратора, будет отображено состояние выходных сигналов.

Таблица 2.2

<i>Вход</i> <b>X7</b>	<i>Вход</i> <b>X6</b>	<i>Вход</i> <b>X5</b>	<i>Вход</i> <b>X4</b>	<i>Вход</i> <b>X3</b>	<i>Вход</i> <b>X2</b>	<i>Вход</i> <b>X1</b>	<i>Вход</i> <b>X0</b>
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1

4.3. Занесите логические состояния входов и выходов шифратора 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.2.2.

4.5. 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.

4.6. Установите на входе «Е» шифратора логический сигнал «1» и повторите исследование работы шифратора в соответствии с указаниями, приведенными в пп. 4.1 – 4.5.

4.7. По таблице истинности и временной диаграмме определите, какой логический сигнал на входе управления «Е» дешифратора является активным.

4.8. По таблице истинности и временной диаграмме определите, при каких условиях активный низкий уровень появляется на выходах GS (групповой сигнал) и E0 (разрешение от выхода).

4.9. Проверьте, что исследуемый шифратор является приоритетным. Для этого сначала установите вход управления «Е» в состояние «0», а все информационные входы в состояние «1». Затем переключите любые два информационных входа, например, «Х6» и «Х3» в состояние «0». Определите, сопоставив выходной сигнал шифратора с полученной ранее таблицей истинности, какой вход из двух задействованных имеет больший приоритет.

4.10. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Закончить работу».

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Какие логические функции выполняет шифратор?
- Каково назначение шифратора? Приведите условное графическое обозначение шифратора
- Зачем нужен выход «групповой перенос» в шифраторе?
- Каково назначение входов управления в шифраторе? Как влияет сигнал управления на выходные функции шифратора?
- Какой шифратор называется приоритетным? Что это означает?
- Как увеличить разрядность шифратора?
- Для каких целей используются шифраторы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДЕШИФРАТОРА

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование работы дешифратора.

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

Дешифратором (Decoder — DC)  $M \times N$  называют комбинационное устройство с  $M$  входами и  $N$  выходами, преобразующее  $M$ -разрядный двоичный код в  $N$ -разрядный унитарный код. В дешифраторах высокого уровня унитарный код содержит единственную 1, в дешифраторах низкого уровня — единственный 0.

Максимальное число выходов  $N = 2^M$  соответствует всем возможным наборам сигналов на входе дешифратора или  $M$ -разрядным двоичным кодам. Дешифратор с максимальным числом  $N = 2^M$  выходов называется полным ( $M \times 2^M$ ), а с числом выходов  $N < 2^M$  — неполным. Так, например, дешифратор, имеющий 4 входа и 10 выходов, будет неполным, а дешифратор, имеющий 2 входа и 4 выхода, будет полным.

На рис. 3.1 приведено условное обозначение дешифратора  $2 \times 4$  типа К531ИД14.