

Содержание



Предисловие	9
Введение	12

▼ Работа 1

Исследование работы логических элементов	16
1. Цель работы.....	16
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	16
3. Описание лабораторного стенда.....	20
4. Рабочее задание	20
Задание 4.1. Логический элемент НЕ	20
Задание 4.2. Логические элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, Исключающее ИЛИ.....	22
5. Контрольные вопросы	23

▼ Работа 2

Исследование работы шифратора	24
1. Цель работы.....	24
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	24
3. Описание лабораторного стенда.....	27
4. Рабочее задание	27
5. Контрольные вопросы	30

▼ Работа 3

Исследование работы дешифратора	31
1. Цель работы.....	31

4 Содержание

2. Сведения, необходимые для выполнения работы	31
3. Описание лабораторного стенда	34
4. Рабочее задание	34
5. Контрольные вопросы	36

▼ Работа 4

Исследование работы мультиплексора	37
1. Цель работы	37
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	37
3. Описание лабораторного стенда	39
4. Рабочее задание	40
5. Контрольные вопросы	42

▼ Работа 5

Исследование работы сумматора	43
1. Цель работы	43
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	43
3. Описание лабораторного стенда	46
4. Рабочее задание	46
5. Контрольные вопросы	48

▼ Работа 6

Исследование работы цифрового компаратора	49
1. Цель работы	49
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	49
3. Описание лабораторного стенда	52
4. Рабочее задание	53
5. Контрольные вопросы	55

▼ Работа 7

Исследование работы RS-триггера	56
1. Цель работы	56
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	56

3. Описание лабораторного стенда.....	60
4. Рабочее задание.....	60
5. Контрольные вопросы	62

▼ Работа 8

Исследование работы JK-триггера.....	64
1. Цель работы.....	64
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	64
3. Описание лабораторного стенда.....	67
4. Рабочее задание.....	68
Задание 4.1. Исследование JK-триггера в статическом режиме.....	68
Задание 4.2. Исследование JK-триггера в динамическом режиме	71
5. Контрольные вопросы	72

▼ Работа 9

Исследование работы D-триггера	73
1. Цель работы.....	73
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	73
3. Описание лабораторного стенда.....	77
4. Рабочее задание.....	77
Задание 4.1. Исследование D-триггера в статическом режиме	77
Задание 4.2. Исследование D-триггера в динамическом режиме	79
5. Контрольные вопросы	80

▼ Работа 10

Исследование работы параллельного регистра	82
1. Цель работы.....	82
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	82
3. Описание лабораторного стенда.....	84
4. Рабочее задание.....	84
Задание 4.1. Исследование параллельного регистра в статическом режиме	86
Задание 4.2. Исследование параллельного регистра в динамическом режиме	88
5. Контрольные вопросы	89

▼ Работа 11

Исследование работы регистра сдвига	90
1. Цель работы.....	90
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	90
3. Описание лабораторного стенда.....	92
4. Рабочее задание.....	92
Задание 4.1. Исследование регистра сдвига в статическом режиме	94
Задание 4.2. Исследование регистра сдвига в динамическом режиме	97
5. Контрольные вопросы	98

▼ Работа 12

Исследование работы двоичного счетчика	99
1. Цель работы.....	99
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	99
3. Описание лабораторного стенда.....	102
4. Рабочее задание.....	102
Задание 4.1. Исследование двоичного счетчика в статическом режиме	102
Задание 4.2. Исследование двоичного счетчика в динамическом режиме	104
5. Контрольные вопросы	105

▼ Работа 13

Исследование работы двоично-десятичного счетчика	106
1. Цель работы.....	106
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	106
3. Описание лабораторного стенда.....	108
4. Рабочее задание.....	109
Задание 4.1. Исследование двоично-десятичного счетчика в статическом режиме	109
Задание 4.2. Исследование двоичного счетчика в динамическом режиме	111
5. Контрольные вопросы	112

▼ Работа 14

Исследование работы реверсивного счетчика	113
1. Цель работы.....	113
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	113
3. Описание лабораторного стенда.....	117
4. Рабочее задание.....	117
Задание 4.1. Исследование реверсивного счетчика в статическом режиме.....	117
Задание 4.2. Исследование реверсивного счетчика в динамическом режиме.....	121
5. Контрольные вопросы	122

▼ Работа 15

Исследование работы арифметико-логического устройства.....	123
1. Цель работы.....	123
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	123
3. Описание лабораторного стенда.....	125
4. Рабочее задание.....	125
Задание 4.1. Исследование работы АЛУ в режиме выполнения логических операций.....	127
Задание 4.2. Исследование работы АЛУ в режиме выполнения арифметических операций.....	128
5. Контрольные вопросы	130

▼ Работа 16

Исследование работы оперативного запоминающего устройства	131
1. Цель работы.....	131
2. Сведения, необходимые для выполнения работы	131
3. Описание лабораторного стенда.....	135
4. Рабочее задание.....	135
5. Контрольные вопросы	138

▼ Приложение 1

Подготовка лабораторного стенда на основе	
лабораторной станции NI ELVIS II	140
Персональный компьютер.....	140
Лабораторная станция NI ELVIS II	140
Подготовка макетной платы	142
Подготовка программного обеспечения практикума.....	144

▼ Приложение 2

Подготовка к работе лабораторной станции NI ELVIS.....	145
Библиографический список	147

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 ее 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 необ-

ходимо 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 Роспатента о регистрации № 2009612512 от 19 мая 2009 г.) и лабораторные макеты-модули (патенты на полезную модель № 71203 и № 71204 от 27 февраля 2008 г.), 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 IV, с объемом оперативной памяти не менее 256 Мб и с 200 Мб свободного дискового пространства. На компьютере должны быть установлены операционная система Windows XP или более старшая версия и текстовый редактор MS WORD.

Учебное пособие написано коллективом преподавателей кафедры информационных систем Московского технологического университета – 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 ки-

бернетики МИРЭА и в целом ряде образовательных учреждений нашей страны, где подобный практикум используется уже в течение нескольких лет.

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. Представленный ниже лабораторный практикум выполнен 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.

Для выполнения работ практикума необходимо собрать лабораторный стенд, включающий персональный компьютер (ПК) с операционной системой Windows XP или более старших версий и специальную лабораторную станцию. Это может быть станция NI ELVIS II компании National Instruments с интерфейсом USB для подключения к ПК или станция предыдущего поколения – NI ELVIS, поставлявшаяся с устройствами ввода-вывода NI PCI-6251 или NI USB-6251. Кроме того, потребуются оригинальные, разработанные авторами пособия, прикладное программное обеспечение и лабораторные модули, на которых расположены исследуемые цифровые элементы.

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

При выполнении работ лабораторные модули устанавливаются на макетный коннектор лабораторной станции NI ELVIS II. Внешний вид лабораторного стенда показан на рис. В.1.



Рис. В.1. Внешний вид лабораторного стенда

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

Все работы, приведенные в практикуме, имеют одинаковую структуру и включают:

- 1) описание цели работы;
- 2) сведения, необходимые для выполнения работы;
- 3) описание лабораторного стенда;
- 4) рабочее задание;
- 5) контрольные вопросы.

При подготовке к выполнению работ необходимо в первую очередь ознакомиться с разделом «**Цель работы**», а далее с основами теории,

изложенными в разделе «**Сведения, необходимые для выполнения работы**», сопровождающем каждую работу. При этом рекомендуется дополнительно воспользоваться литературой, список которой приведен в конце учебного пособия.

При выполнении предлагаемых в учебном пособии лабораторных работ учащийся работает с лицевой панелью ВП, которая определяет 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.

После включения лабораторного стенда и 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, фрагмент верхней части которого показан на рис. В.2. Запуск программы осуществляется нажатием на кнопку **RUN** с изображением стрелки .

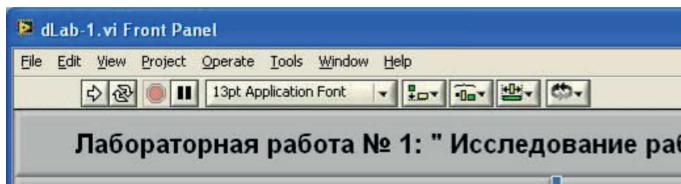


Рис. В.2. Внешний вид окна программы LabVIEW

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. Предполагается, что студенты владеют основными приемами формирования и обработки текстов, создания и форматирования таблиц. Осциллограммы и таблицы можно

скопировать в буфер обмена командой «**Copy Data**» из контекстного меню соответствующего элемента, а затем в текстовом редакторе MS Word вставить из буфера обмена на страницу отчета.

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

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.

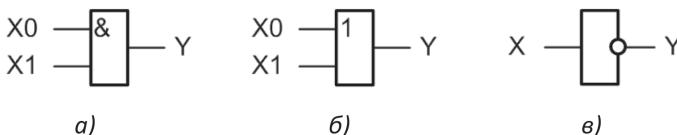


Рис. 1.1. Условное графическое обозначение элементов И (а), ИЛИ (б), НЕ (в)

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

1. Алгебраическое выражение, например:

$$Y(X_0, X_1, X_0) = X_2 \wedge X_1 \wedge X_0 \vee \overline{X_2 \wedge X_1}.$$

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.

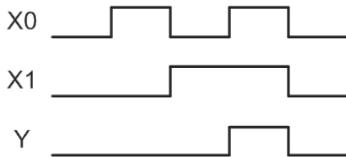


Рис. 1.2. Временная диаграмма состояний логического элемента **И** ($Y = X_1 \wedge X_0$)

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**:

если $X_1 \wedge X_0 = Y$, то $\overline{X_1} \vee \overline{X_0} = \overline{Y}$.

Справедливо и обратное преобразование:

если $X_1 \vee X_0 = Y$, то $\overline{X_1} \wedge \overline{X_0} = \overline{Y}$.

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

мы ЛЭ – это 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 также образует функционально полную систему. Их условные графические обозначения приведены на рис. 1.3.

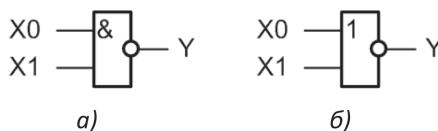


Рис. 1.3. Условное графическое обозначение элементов **И-НЕ** (а), **ИЛИ-НЕ** (б)

В качестве примера рассмотрим выполнение операции **И** на элементах **ИЛИ-НЕ**. Согласно принципу двойственности, если $X_1 \wedge X_0 = Y$, то $\overline{X_1} \vee \overline{X_0} = \overline{Y}$. Инвертируя правую и левую части первого выражения и подставляя во второе, получаем $\overline{X_1} \vee \overline{X_0} = \overline{Y} = \overline{\overline{X_1} \wedge \overline{X_0}}$, 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**.

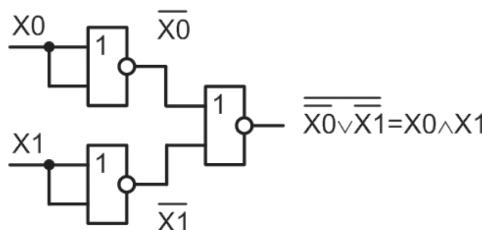


Рис. 1.4. Реализация логической операции **И** на базе элементов **2ИЛИ-НЕ**

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 логического «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 логической «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 логическая «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		$Y = \bar{X}$
И	ЛИ		$Y = X_1 \wedge X_0$
И-НЕ	ЛА		$Y = \overline{X_1 \wedge X_0}$
ИЛИ	ЛЛ		$Y = X_1 \vee X_0$
ИЛИ-НЕ	ЛЕ		$Y = \overline{X_1 \vee X_0}$
Исключающее ИЛИ	ЛП		$Y = (\overline{X_1} \wedge X_0) \vee (X_1 \wedge \overline{X_0})$

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.

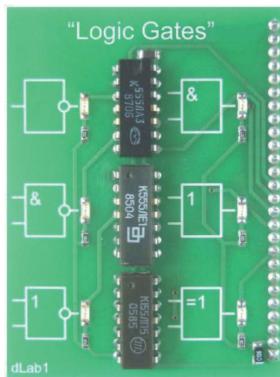


Рис. 1.5. Внешний вид модуля **dLab1**
для исследования работы логических элементов

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**

Задание 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.

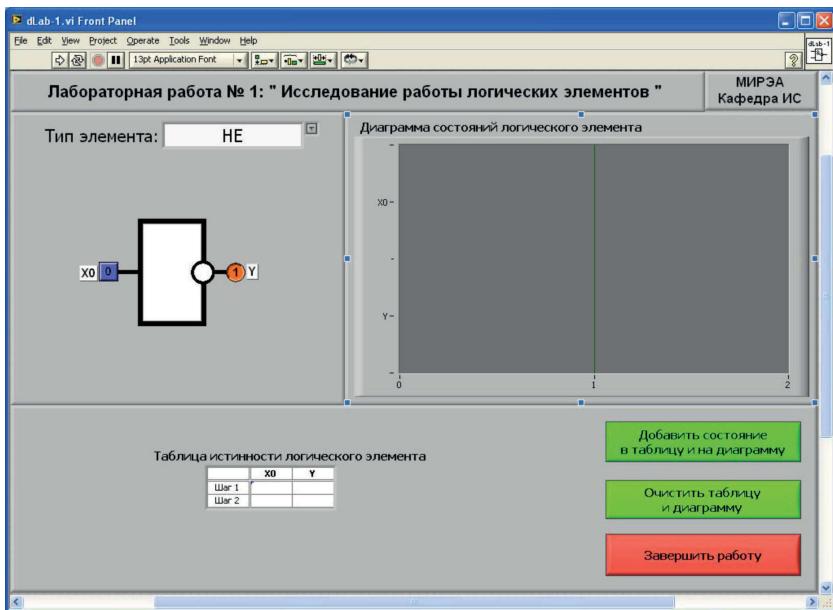


Рис. 1.6. Лицевая панель ВП

4.1.3. Установите на входе «X0» исследуемого логического элемента логический сигнал «0». Логический уровень изменяется при однократном нажатии с помощью манипулятора мыши 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, расположенному 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».

Задание 4.2. Логические элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, Исключающее 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

Вход X1	Вход X0
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.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине «Электронный универс»
[\(e-Univers.ru\)](http://e-Univers.ru)