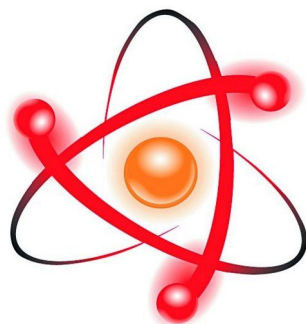


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ



РТЦУЛ-15

**ИЗУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ И ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОРОВ.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС (С
ВЫВОДОМ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЙ ПЭВМ)**

Тула, 2011 г

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

ИЗУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ И ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОРОВ. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС (С ВЫВОДОМ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЙ ПЭВМ)

Цель работы: изучить назначение, структуру и принципы построения мультиплексоров и демultipлексоров.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Мультиплексоры.

Мультиплексоры (английское Multiplexer) предназначены для поочередной передачи на один выход одного из нескольких входных сигналов, то есть для их мультиплексирования. Количество мультиплексируемых входов называется количеством каналов мультиплексора, а количество адресных входов называется числом разрядов мультиплексора. Например, 16-канальный 4-разрядный мультиплексор имеет 16 информационных входов, 4 адресных входа и один выход, на который может передаваться один из 16 входных сигналов. А 4-канальный 2-разрядный мультиплексор имеет 4 входа, на каждый из которых может подаваться один из четырех входных сигналов. Число каналов мультиплексоров, входящих в стандартные серии, составляет от 2 до 16, а число разрядов — от 1 до 4.

Управление работой мультиплексора (выбор номера канала) осуществляется с помощью входного кода адреса. Например, для 4-канального мультиплексора необходим 2-разрядный управляющий (адресный) код, а для 16-канального — 4-разрядный код. Разряды кода обозначаются 1, 2, 4, 8 или A_0, A_1, A_2, A_3 (z_0, z_1, z_2, z_3). Выходы мультиплексоров бывают прямыми и инверсными. Выходы мультиплексоров можно объединять с выходами других микросхем, а также получать двунаправленные и мультиплексированные линии. Некоторые микросхемы мультиплексоров имеют вход разрешения/запрета S (другое обозначение — S), который при запрете устанавливает на прямом выходе нулевой уровень.

Как было сказано выше, мультиплексор позволяет передать сигнал с одного из входов на выход; при этом выбор желаемого входа осуществляется подачей соответствующей комбинации управляющих сигналов.

Аналоговые и цифровые мультиплексоры значительно различаются по принципу работы. Первые электрически соединяют выбранный вход с выходом (при этом сопротивление между ними невелико — порядка

единиц/десятков ом). Вторые же не образуют прямого электрического соединения между выбранным входом и выходом, а лишь «копируют» на выход логический уровень ('0' или '1') с выбранного входа. Мультиплексоры сокращённо обозначаются как MUX (от англ. multiplexer), а также MS (от англ. multiplexer selector) и МХ.

Сигналы на адресных входах определяют, какой конкретно информационный канал подключен к выходу. Если между числом информационных входов n и числом адресных входов m действует соотношение $n = 2^m$, то такой мультиплексор называют полным. Если $n < 2^m$, то мультиплексор называют неполным.

Разрешающие входы используют для расширения функциональных возможностей мультиплексора. Они используются для наращивания разрядности мультиплексора, синхронизации его работы с работой других узлов. Сигналы на разрешающих входах могут разрешать, а могут и запрещать подключение определенного входа к выходу, то есть могут блокировать действие всего устройства.

Исследуемый элемент обычно изображается на схемах так, как это представлено на рисунке 1.1.

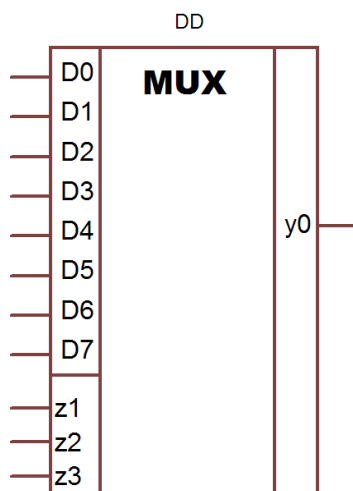


Рис. 1.1 Мультиплексор трехразрядный

На рис. 1.2 показаны для примера несколько микросхем мультиплексоров из состава стандартных серий. В отечественных сериях мультиплексоры имеют код типа микросхемы КП.

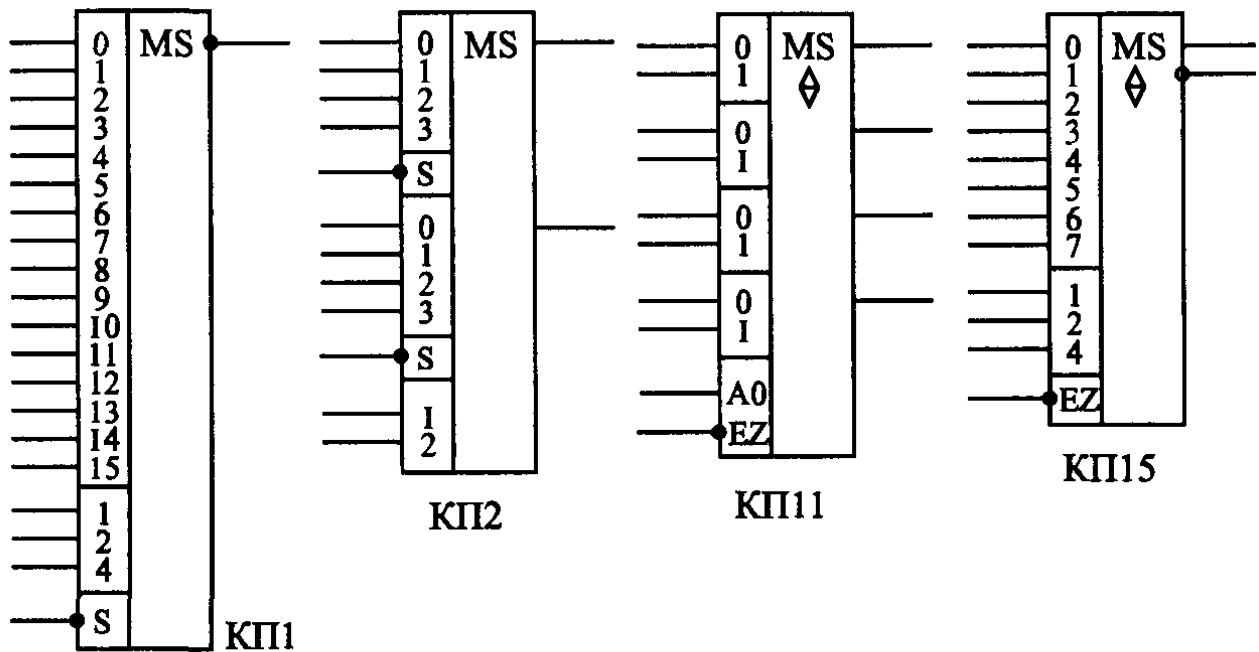


Рис. 1.2 Примеры микросхем мультиплексоров.

Ниже в качестве примера приведена таблица истинности одnorазрядного 8-канального мультиплексора (КП15) (табл. 1.1).

Табл. 1.1 Таблица истинности 8-канального мультиплексора

| Входы | | | | Выходы | |
|-------|---|---|-----|--------|-----|
| 4 | 2 | 1 | -EZ | Q | -Q |
| X | X | X | 1 | Z | Z |
| 0 | 0 | 0 | 0 | D0 | -D0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | D1 | -D1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | D2 | -D2 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | D3 | -D3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | D4 | -D4 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | D5 | -D5 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | D6 | -D6 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | D7 | -D7 |

В таблице сигналы на входах 0...7 обозначены D0...D7, Q — прямой выход, $-Q = \overline{Q}$ — инверсный выход, Z — третье состояние выхода (высокоомное состояние). При единице на входе $-EZ = \overline{EZ}$ оба выхода находятся в третьем состоянии. При нуле на входе -EZ выходной сигнал на прямом выходе повторяет состояние входного сигнала, номер которого задается входным кодом на входах 1, 2, 4. Сигнал на инверсном выходе

противоположен по полярности сигналу на прямом выходе.

На рис. 1.3 приведена временная диаграмма работы 4-канального мультиплексора. В зависимости от входного кода на выход передается один из четырех входных сигналов. При запрещении работы на выходе устанавливается нулевой сигнал вне зависимости от входных сигналов.

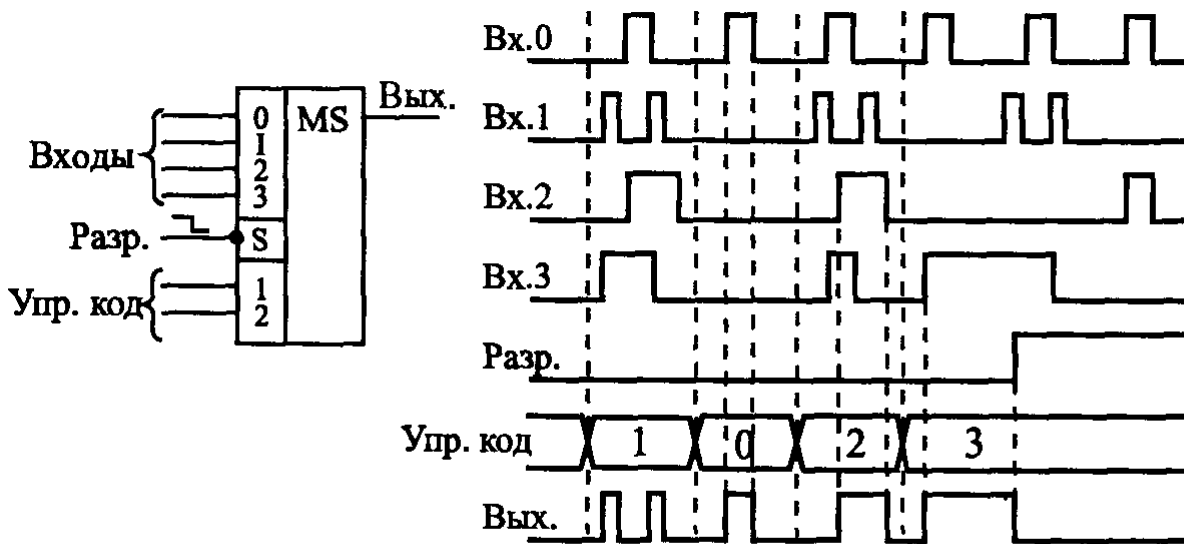


Рис. 3.13. Временная диаграмма работы 4-канального мультиплексора с раз-
Рис. 1.3

Микросхемы мультиплексоров можно объединять для увеличения количества каналов. Например, два 8-канальных мультиплексора легко объединяются в 16-канальный с помощью инвертора на входах разрешения и элемента 2И-НЕ для смешивания выходных сигналов (рис. 1.4). Старший разряд кода будет при этом выбирать один из двух мультиплексоров. Точно так же из двух 16-канальных мультиплексоров можно сделать 32-канальный. Если нужно большее число каналов, то необходимо вместо инвертора включать дешифратор, на который подаются старшие разряды кода. Выходные сигналы дешифратора будут выбирать один из мультиплексоров.

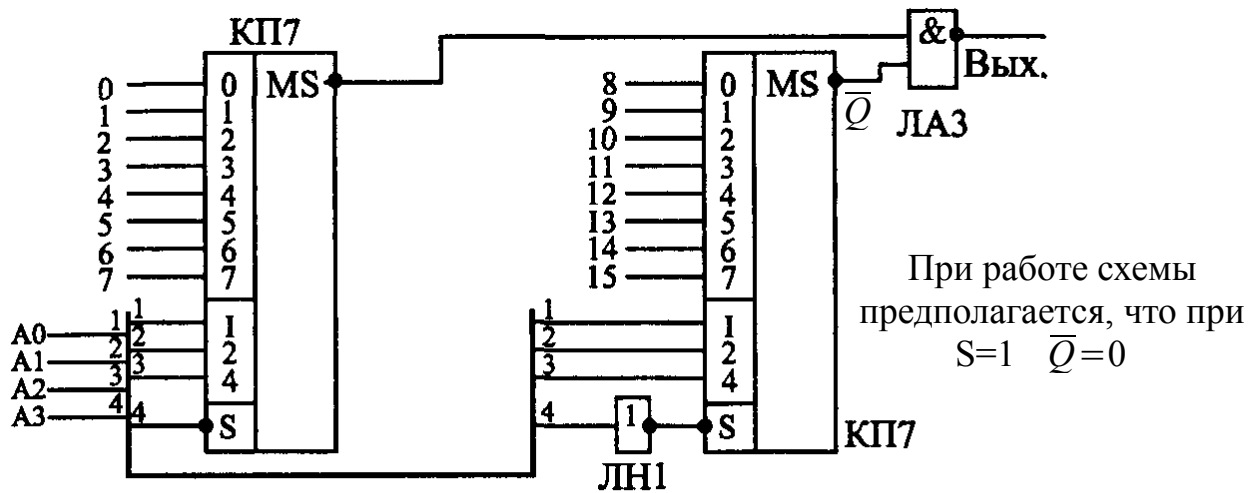


Рис. 1.4 Объединение мультиплексоров для увеличения количества каналов.

Состояния неопределенности, сопровождающиеся короткими паразитными импульсами, могут возникать на выходе мультиплексоров при почти одновременном изменении входных сигналов. Здесь возможны две ситуации. Во-первых, управляющий код может переключиться сразу после изменения передаваемого в данный момент на выход входного сигнала или сразу перед изменением входного сигнала, который будет передавать на выход следующий код. Во-вторых, сигналы (разряды) управляющего кода могут переключаться не одновременно, что приведет к кратковременной передаче на выход входного сигнала, не соответствующего ни одному из значений кода. В любом случае в момент переключения каналов сигнал на выходе мультиплексора не определен (рис. 1.5).

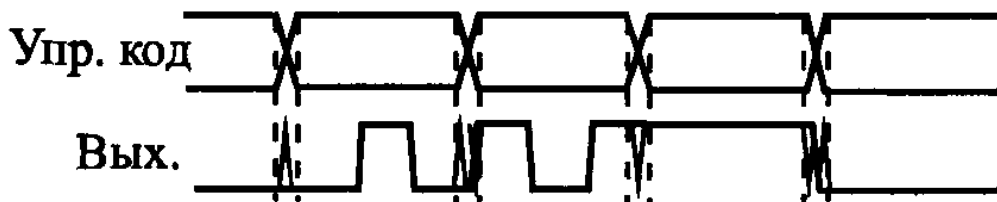


Рис. 1.5 Неопределенные состояния на выходе мультиплексора.

Чтобы избежать состояния неопределенности, лучше всего задавать состояние управляющего кода еще до начала работы схемы (до прихода входных сигналов) и в дальнейшем его не менять. Если же это невозможно, то необходима синхронизация, стробирование выходного сигнала, то есть его разрешение только тогда, когда все переходные процессы, связанные с изменением кода, уже закончились.

Исследуемый в данной работе мультиплексор представляет собой близкий аналог микросхемы К155КП5, но без инвертирования сигнала на выходе. Микросхема К155КП5 представляет собой селектор-мультиплексор на восемь каналов.

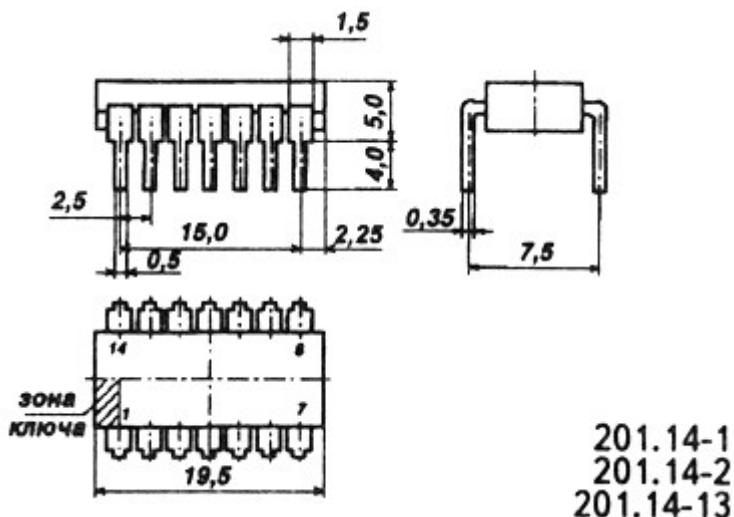
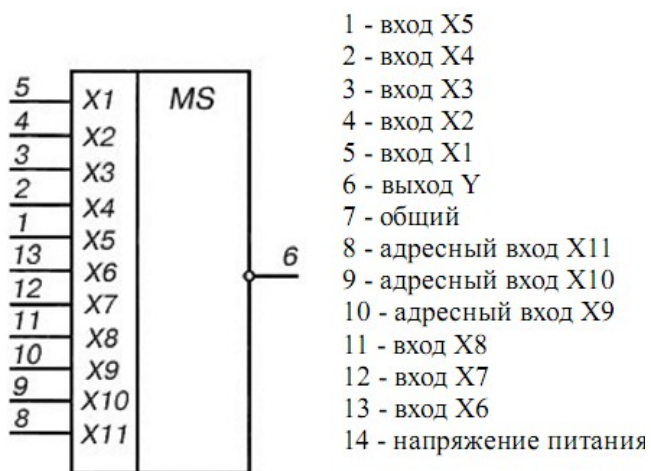


Рис. 1.6 Корпус ИМС К155КП5

Электрические параметры



| | | |
|---|-------------------------------------|------------------|
| 1 | Номинальное напряжение питания | 5 В ± 5 % |
| 2 | Выходное напряжение низкого уровня | не более 0,4 В |
| 3 | Выходное напряжение высокого уровня | не менее 2,4 В |
| 4 | Входной ток низкого уровня | не более -1,6 мА |
| 5 | Входной ток высокого уровня | не более 0,04 мА |
| 6 | Ток потребления | не более 43 мА |
| 7 | Потребляемая статическая мощность | не более 226 мВт |

Рис. 1.7. Условное графическое обозначение и электрические параметры ИМС К155КП5

Демультимплексор.

Демультимплексор — устройство, в котором сигналы с одного информационного входа поступают в желаемой последовательности по нескольким выходам в зависимости от кода на адресных шинах. Таким образом, демультимплексор в функциональном отношении противоположен мультиплексору. Демультимплексоры обозначают через DMX, DMS, DMUX. Если между числом выходов и числом адресных входов действует соотношение $n=2^m$ для двоичных демультимплексоров или $n=3^m$ для троичных демультимплексоров, то такой демультимплексор называют полным. Если $n < 2^m$ для двоичных демультимплексоров или $n < 3^m$ для троичных демультимплексоров, то демультимплексор называют неполным. Функции демультимплексоров сходны с функциями дешифраторов. Дешифратор можно рассматривать как демультимплексор, у которого информационный вход поддерживает напряжение выходов в активном состоянии, а адресные входы выполняют роль входов дешифратора. Поэтому в обозначении как дешифраторов, так и демультимплексоров используются одинаковые буквы - ИД.

Обобщая понятие демультимплексора, можно записать следующее определение: Демультимплексор (рис. 1.8) – это устройство, предназначенное для коммутации входа данных $D0$ на один из выходов y_1, y_2, \dots, y_n , адрес которого выбирается при помощи управляющих входов z_1, z_2, \dots, z_k (причем $n = 2^k - 1$), при подаче сигнала синхронизации на вход C (если последний имеется). Демультимплексор имеет принцип действия, обратный мультиплексору

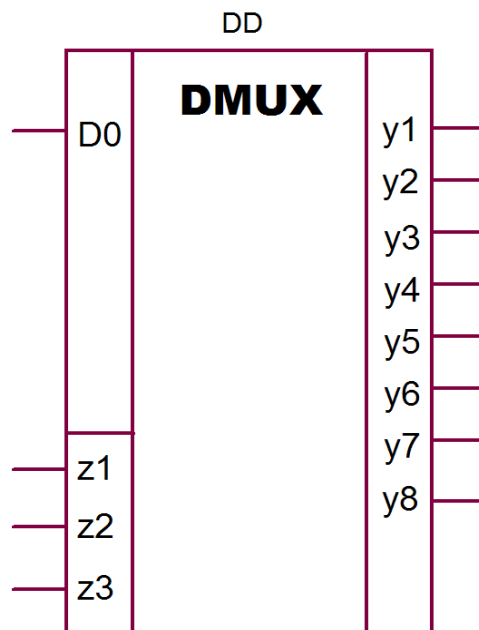


Рис. 1.8 Демультимплексор трехразрядный

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Приборы и оборудование.

Эксперимент выполняется на комбинированном лабораторном комплексе РТЦУЛ-15К, имеющим сопряжение с ПЭВМ. Все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения параметров выводятся в соответствующие окна программы-оболочки для работы с установкой – LabVisual 2.5 и дублируются на ЖКД LCD дисплее учебной установки.

Эксперимент состоит из двух частей. При помощи кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ», расположенных на передней панели лабораторного модуля имеется возможность выбрать необходимый опыт: 1) ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ МУЛЬТИПЛЕКСОРА 2) ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОРА

Остановка эксперимента и выход в главное меню осуществляется с помощью кнопки «ESC» на передней панели лабораторного модуля либо кнопки «ГЛАВНОЕ МЕНЮ» в окне программы-оболочки LabVisual 2.5. Для надежного срабатывания кнопки необходимо удерживать нажатой в течение ~1 – 2 секунд.

Сигнальные светодиоды служат для индикации логического состояния входов и выходов каждой исследуемой микросхемы.

Учебная установка конструктивно состоит из БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ, имеющего выход к USB порту компьютера. Все элементы лабораторного модуля выполнены в виде единого блока и в процессе эксплуатации не требуют вмешательства пользователя.

Принципиальные электрические схемы экспериментов представлены на рис. 2.2 — 2.3.

Программная часть. Подготовка к работе.

Для сопряжения работы учебной установки с персональным компьютером используется специально разработанный протокол передачи данных LabVisual, разделяющий байты управления и байты данных. Для визуализации принятых данных служит программа-оболочка LabVisual для РТЦУЛ-15. Установка подключается к USB порту компьютера при помощи специального соединительного кабеля.

Программа LabVisual может успешно работать как на компьютерах под управлением ОС Windows так и на компьютерах под управлением ОС Linux при помощи эмулятора среды окружения VirtualBox. На прилагаемых дисках в соответствующих папках содержатся сборки программ для установки и работы в этих операционных системах.

Подробная инструкция по установке среды LabVisual 2.5 содержится в прилагаемом руководстве к программе.

В комплекте с лабораторной установкой поставляется ПЭВМ с предустановленным дистрибутивом среды LabVisual 2.5 и установленным и настроенным программным обеспечением (всё предустановленное программное обеспечение поставляется согласно лицензии GNU GPL v2 и является свободным и бесплатным, если не оговорено обратное; подробно см. п. 1.1 и пп. 4 — 5 Руководства к среде LabVisual 2.5).

После загрузки программной среды (~ 1 мин.) автоматически запуститься программа оболочка LabVisual для работы с экспериментальной установкой. Если программа не запустилась автоматически, на виртуальном рабочем столе следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на ярлык LabVisual. При этом должно открыться главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой (рис. 2.1). Программа LabVisual имеет интуитивно понятный, дружелюбный пользовательский интерфейс.

После включения лабораторной установки в сеть и до выполнения конфигурации USB-передатчика учебного прибора, устройство должно быть отключено от USB – порта ПК до соответствующего приглашения пользователя, высвечиваемого на LCD ЖКД дисплее:

Connecting

После появления данного сообщения на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК и однократно нажать кнопку «СТАРТ» в программе-оболочке LabVisual (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). При этом начнется процесс инициализации прибора. В противном случае, возможна некорректная работа USB протокола и работа устройства.



Рис. 2.1. Главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой РТЦУЛ-15К.

После соединения прибора с USB – портом ПК и выбора опыта, при запущенной среде LabVisual, необходимая подпрограмма для измерения должна запускаться автоматически. В зависимости от выбранного опыта внешний вид подпрограммы должен соответствовать рис. 2.2 – 2.3.

Для ознакомления с программой в отсутствии учебной установки, можно воспользоваться демонстрационным режимом. Для этого в главном окне программы, **при отключенном от USB-порта ПК приборе**, установите галочку «Демонстрационный режим» и нажмите на кнопку «Переключить». Появится меню, содержащие наименования экспериментов и позволяющее переключаться между ними для ознакомления с интерфейсом программы — оболочки.

Для выхода из демонстрационного режима, в главном окне программы снимите соответствующий флажок и нажмите кнопку «ПЕРЕКЛЮЧИТЬ».

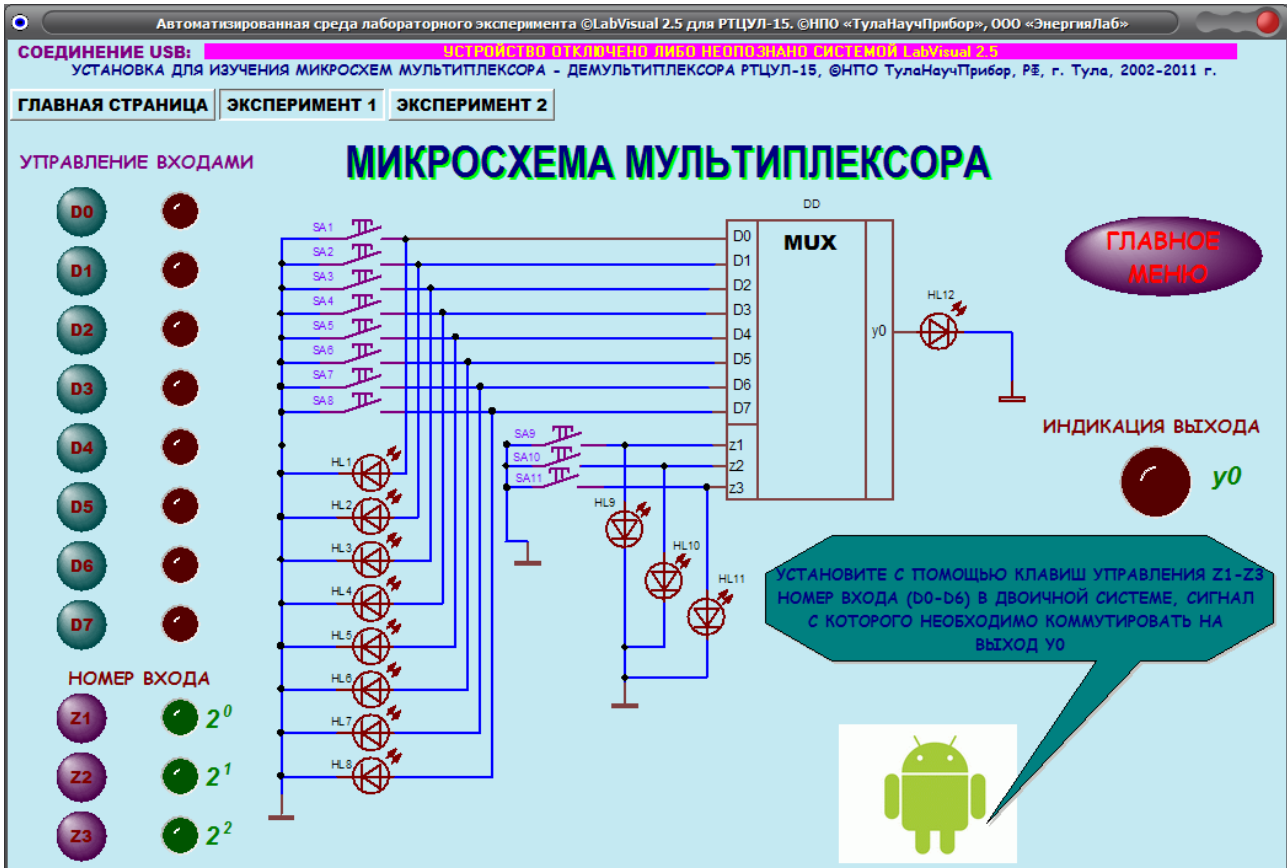


Рис. 2.2. Эксперимент по изучению микросхемы мультиплексора.

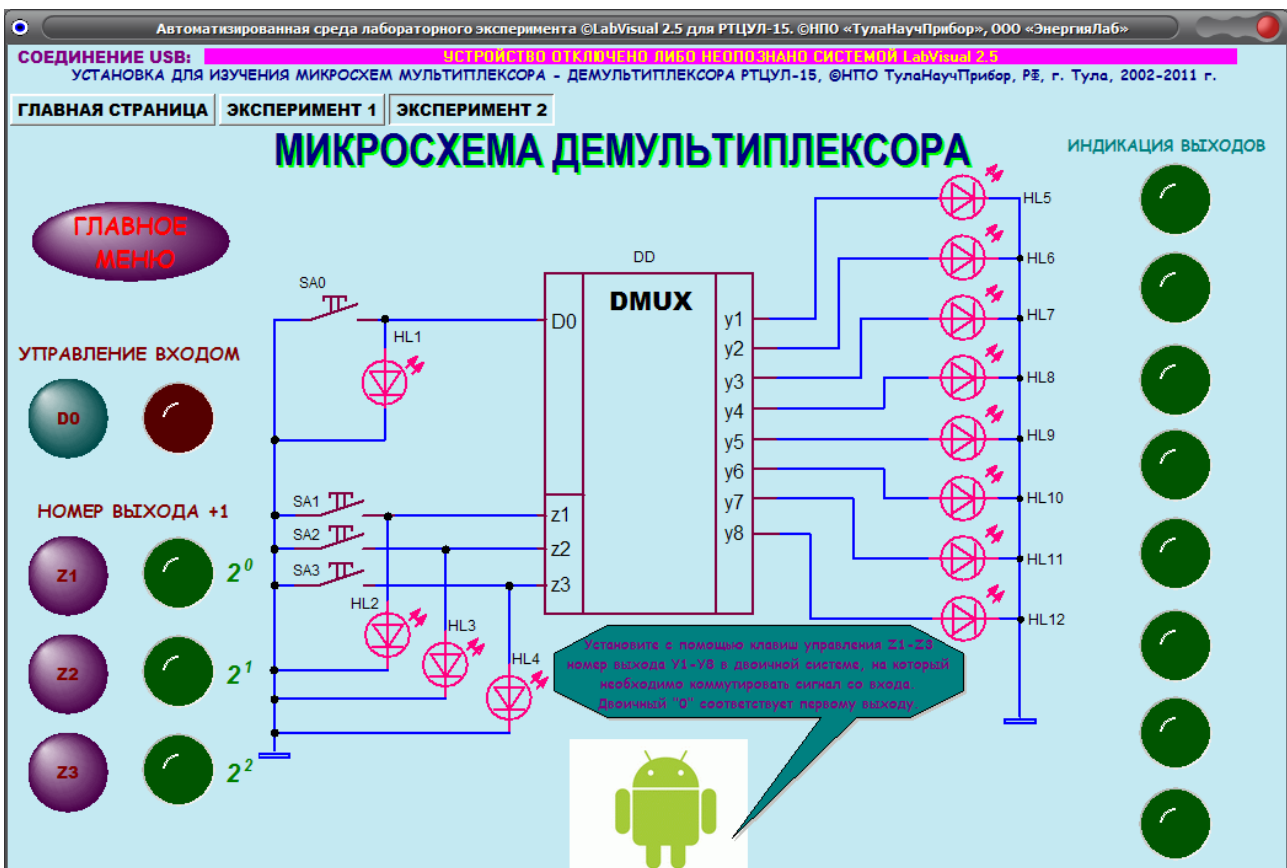


Рис. 2.3. Эксперимент по изучению микросхемы демultipлексора.

Демонстрационный режим доступен только в том случае, если прибор отключен от USB – порта ПК, в противном случае переключение режимов блокируется.

После запуска программы автоматически включается рабочий режим и ожидается подключение к USB-порту ПЭВМ.

В данной версии ПО, среда LabVisual позволяет управлять параметрами эксперимента и учебной установкой непосредственно из окна программы – оболочки рис. 2.2 — 2.3.

Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Все работы по подключению комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенных от сети приборах. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора. На данном шаге НЕ подключайте прибор к USB порту ПК.
2. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.
3. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.
4. При необходимости, настроить компьютер для работы с учебной установкой согласно прилагаемому руководству к среде LabVisual.
5. Запустить программу LabVisual для работы с учебной установкой для данного эксперимента пользуясь ярлыком на рабочем столе либо другим способом, указанным лаборантом.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.

6. Перед началом работы ознакомится с принципиальной схемой учебной установки, разобраться в назначении кнопок и измерительного прибора. Проверить целостность сетевого провода
7. Включить установку в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор «СЕТЬ».
8. Дождаться появления системного сообщения на ЖКД LCD дисплее прибора, о дальнейшем порядке действий:

Connecting.....

После появления данного сообщения на ЖКД LCD дисплее учебного прибора, можно подключить прибор к USB – порту ПК и однократно нажать кнопку «СТАРТ» в программе-оболочке LabVisual (кнопка используется для конфигурации устройства сразу после включения). При этом начнется процесс инициализации прибора. В противном случае, возможна некорректная работа USB протокола и работа устройства.

9. Дать установке прогреться в течение трех минут.
10. Приступить к эксперименту по изучению микросхемы мультиплексора. Для этого нажать на кнопку управления «РЕЖИМ РАБОТЫ. МУЛЬТИ-ПЛЕКСОР» либо на соответствующую кнопку в главном окне программы LabVisual, при этом на экране ПК должна автоматически запуститься соответствующая подпрограмма для данного эксперимента рис. 2.2.
11. Опыт рекомендуется проводить следующим образом. Выбрать адресными кнопками z1 – z3 номер логического входа (в двоичной системе),

коммутируемого на выход y_0 . Для получения номера информационного входа ($D_0 - D_7$) с которого будет коммутироваться сигнал на выход y_0 , необходимо перевести двоичное число, записанное в адресных ячейках $z_1 - z_3$ в десятичное. Подать на выбранный вход логическую «1» с помощью кнопок управления $D_0 - D_7$ и убедиться, что сигнал именно с данного входа коммутируется на выход, состояние остальных входов не влияет на состояние выхода. Пример: пусть с помощью кнопок $z_1 - z_3$ установлено состояние управляющих входов z_1-z_3 как $z_1=1$; $z_2=1$; $z_3=0$. Для того, чтобы узнать номер коммутируемого входа найдем десятичное число, соответствующее данному состоянию $n=1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 = 1 + 2 + 0 = 3$, т. о., получим, что сигнал только с 3-ого информационного входа D_3 будет коммутироваться на логический выход y_0 , состояния других входов игнорируются. Убеждаемся в этом, изменяя кнопкой управления D_3 состояние логического входа D_3 .

12. Проведя аналогичные эксперименты для других состояний информационных и адресных входов микросхемы, составить таблицу истинности данного мультиплексора.
13. Приступить к эксперименту по изучению микросхемы демультиплексора. Для этого нажать на кнопку управления «РЕЖИМ РАБОТЫ. ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОР» либо на соответствующую кнопку в главном окне программы LabVisual, при этом на экране ПК должна автоматически запуститься соответствующая подпрограмма для данного эксперимента рис. 2.3.
14. Опыт рекомендуется проводить следующим образом. Выбрать кнопками $z_1 - z_3$ номер логического выхода (в двоичной системе), на который будет коммутироваться сигнал с информационного входа D_0 . Для получения номера выхода на который будет коммутироваться сигнал со входа D_0 , необходимо перевести двоичное число, записанное в ячейках 19-21 в десятичное и прибавить к полученному десятичному числу 1 (единицу) (особенности конкретной микросхемы; в ней, согласно рис. 2.3, нумерация выходов идет с y_1). Подать на вход D_0 логическую «1» с помощью кнопки управления логическим входом D_0 и убедиться, что сигнал коммутируется именно на тот выход, двоичный код которого был выбран с помощью управляющих входов z_1-z_3 и записан в адресных ячейках z_1-z_3 . При изменении состояния входа D_0 изменяется только состояние логического выхода, выбранного управляющими входами, состояние других выходов не изменяется. Пример: пусть с помощью кнопок $z_1 - z_3$ установлено состояние управляющих (адресных) входов как $z_1=1$; $z_2=1$; $z_3=0$. Для того, чтобы узнать номер коммутируемого выхода найдем десятичное число, соответствующее данному состоянию $n=1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 = 3$, т. о., прибавляя единицу («1») к результату, окончательно получим, что сигнал со входа D_0 будет коммутироваться только на логический выход y_4 , состояния других выходов не меняются. Убе-

ждаемся в этом, изменяя кнопкой управления 1 состояние логического входа D0.

15. Проведя аналогичные эксперименты для других состояний информационного и адресных входов микросхемы, составить таблицу истинности данного демультиплексора.
16. По окончании работы следует закрыть программу-оболочку LabVisual и все открытые подпрограммы, закрыть виртуальную среду VirtualBox (при работе в среде Linux).
17. Выключить компьютер, нажав на кнопку, находящуюся в крайнем нижнем левом углу экрана. Из доступных действий выбрать «ВЫХОД»--> «ВЫКЛЮЧИТЬ КОМПЬЮТЕР».
18. Отключить установку от сети, поставив переключатели «СЕТЬ» на панели установки в положение «выкл» и вынуть сетевые вилки из розеток.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов И. Е., Козырь И. Я.** Основы микроэлектроники — М-Связь, 1975. — 272 с.
2. **Справочник** по интегральным микросхемам/ Под ред. Б В Та-рабрина. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 816 с
3. **Банк М. У.** Аналоговые интегральные схемы в радиоаппаратуре. — М.: Радио и связь, 1981. — 136 с.
4. **Полевые** транзисторы и интегральные микросхемы. Технический каталог. — М.: ЦНИИ «Электроника», 1975. — 112 с.
5. **Батушев В. А.** Электронные приборы. 2-е изд. перераб и доп — М.: Высшая школа, 1980. — 383 с.
6. **Бедрековский М. А., Волга В. В., Кручинкин Н. С.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 94 с.
7. **Бедрековский М. А., Кручинкин Н. С., Подолян В. А.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 72 с.
8. **Микропроцессорные БИС и микро-ЭВМ/** Под ред. А. А. Васен-кова. — М.: Сов. радио, 1980. — 280 с.
9. **Микро-ЭВМ «Электроника С-5» и их применение/** Под ред. В. М. Пролейко. — М.: Сов. радио, 1980. — 160 с.
10. **Микросхемы** и их применение. — М.: Энергия, 1978. — 248 с.
11. **Огнев И. В., Шамаев Ю. М.** Проектирование запоминающих устройств. — М.: Высшая школа, 1979. — 320 с.
12. **Прангишвили И. В.** Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Энергия, 1979. — 232 с.
13. **Степаненко И. П.** Основы микроэлектроники. — М.: Сов. радио, 1980. — 424 с.
14. **Проектирование** мнкроэлектронных цифровых устройств/ Под ред. С. А. Майорова. — М.: Сов. радио, 1977. — 272 с.
15. **Кузнецов В.** и др. Развитие микро-ЭВМ семейства «Электроника С-5» и систем на их основе. — Электронная промышленность, 1979, № И, 12, с. 9 — 12.

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»