

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию**

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»**

## **ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

*Методические рекомендации к выполнению  
лабораторных работ*



УДК 621.3в  
ББК 32.844.1  
О 75

**О 75 Основы микроэлектроники** : методические рекомендации к выполнению лабораторных работ / сост. Б. Ф. Костромин. – Орск : Издательство ОГТИ, 2009. – 31 с.

**Составитель**

*Костромин Б. Ф., кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры теоретической физики ОГТИ*

© Костромин Б. Ф., 2009  
© Издательство ОГТИ, 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка .....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 Базовые элементы ЭВМ .....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 Стабилизатор напряжения .....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 Изучение работы интегральных логических элементов.....	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 Изучение логической структуры и функционирование комбинационного шифра .....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 Изучение работы комбинационного дешифратора .....	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 Изучение логической структуры и функционирование мультиплексора .....	26

## Пояснительная записка

Курс «Основы микроэлектроники» предназначен для студентов специальности 030100(050202) – Информатика с дополнительной специальностью 032100(050201) – Математика (40 часов, из них 22 часа лекционных, в 7 семестре – зачет).

Целью этого курса является ознакомление студентов с устройством и принципами работы электронно-вычислительной техники.

В результате изучения этого курса, включающего в себя и лабораторный практикум, будущий учитель должен уяснить устройство и принцип работы полупроводниковых приборов, базовых логических элементов, генераторов импульсных сигналов на основе анализа протекающих в них физических процессов; строение и принцип действия элементов, операционных узлов и устройств на основе анализа выполняемых в них булевых операций. Кроме того, он должен знать основные устройства ЭВМ, читать функциональные схемы этих устройств.

При изучении этого курса важную роль играют межпредметные связи с математикой и физикой, информатикой.

Студенты-информатики с дополнительной специальностью «Математика», математики с дополнительной специальностью «Информатика» курс «Электрорадиотехника» не проходили, поэтому им необходимо предварительно дать понятие об электрических цепях, их элементах и протекающих в них процессах.

Однако наиболее тесную связь учебная дисциплина «Основы микроэлектроники» имеет с информатикой.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

### Базовые элементы ЭВМ

Основой цифровых вычислительных устройств (ЭВМ, калькуляторов, робототехнических устройств и т. д.) служат логические элементы «И», «ИЛИ», «НЕ» и их комбинации.

Логические элементы представляют собой электронные устройства, в которых обрабатываемая информация закодирована в виде двоичных чисел, отображаемых напряжением высокого и низкого уровня.

Переменные, которые могут принимать только два значения: 1 и 0 – называются логическими переменными, а функции – логическими функциями.

Устройства, реализующие логические функции, называются логическими цифровыми устройствами .

Если логическому 0 соответствует напряжение низкого уровня, а логической 1 – высокого, то такую логику называют положительной, в противном случае – отрицательной. Обычно применяются устройства с положительной логикой.

Логические элементы «И» и «ИЛИ» имеют два или больше входов и один выход, а логический элемент «НЕ» – один вход и один выход.

Логические элементы выполняют логическую операцию «И» (конъюнкцию), если сигнал 1 на выходе имеет место, тогда и только тогда, когда поданы сигналы 1 на все входы элемента одновременно. Если хотя бы на один из входов подан сигнал 0, на выходе также будет 0. На рисунке 1 приведена электрическая принципиальная схема логического элемента «И».

Светодиод НЛ1 светится только в том случае, когда на аноды диодов VD1, VD2 подан с резисторов R1, R2 высокий потенциал. Если хотя бы один потенциал с одного резистора падает, светодиод НЛ1 не светится.

Логический элемент выполняет логическую операцию «ИЛИ» (дизъюнкцию), если сигнал 1 на выходе имеет место, когда хотя бы на один из входов подан сигнал 0.

На рисунке 2 приведена электрическая принципиальная схема логического элемента «ИЛИ». Светодиод HL1 светится, если хотя бы на один из диодов VD2, VD1 подан высокий уровень напряжения.

Логический элемент выполняет операцию «НЕ» (инверсию), если сигналы на выходе обратны сигналам на входе. На рисунке 3 приведена электрическая принципиальная схема элемента «НЕ». Он выполняется на транзисторе VT1. Светодиод HL1 светится, если на резистор R2 подан низкий уровень напряжения.

Триггер представляет собой устройство, имеющее два устойчивых состояния. Электрическая принципиальная схема триггера приведена на рисунке 4. Триггер выполняется на транзисторах VT1 и VT2. Когда один из транзисторов открыт, то другой закрыт. Изменить состояние триггера можно подачей напряжения на базу одного из транзисторов.

### Задание 1

Изучить электрическую принципиальную схему элемента «ИЛИ» и проанализировать ее работу.

Собрать схему соединений, подключив источник питания (0.5-12 В) и вольтметр к модулю, содержащему элемент «ИЛИ». Выходные клеммы источника питания «+» и «-» подключить к соответствующим входным клеммам модуля. Вольтметр подключить к клемме «7» и к клемме переменного резистора (например, R1). Ручку переменного резистора вывести в крайнее положение. Соединить проводом клемму переменного резистора R1 со входом «3» (диода VD1).

Включить источник питания в сеть и подавать входное напряжение на вход модуля.

В первоначальном состоянии светодиод не горит. Плавно поворачивая ручку переменного резистора R1, следить за показанием вольтметра. При достижении определенного напряжения  $U_n$  соответствующей логической 1 светодиод начинает светиться. Отметить это напряжение.

Проделать аналогичные изменения для резистора R2 и диода VD2. Клемма VD2 – вход «4». Подать высокое напряжение на входы «3» и «4». Светодиод горит. Таким образом проверяется работа элемента «ИЛИ», то есть зависимость появления сигнала на входе элемента от наличия и комбинации входных сигналов.

## **Задание 2**

Изучить электрическую принципиальную схему элемента «И» и проанализировать ее работу.

Соединить источник питания и подать напряжение 5-6 В на вход модуля. Светодиод горит, хотя на входы «3» и «4» напряжение не подано.

Соединить проводом выход резистора R1 с выходом «3». Плавно поворачивать ручку резистора R1. При определенном напряжении свечение диода прекращается. Вольтметр подключается к клемме «5» и клемме резистора.

Соединить клемму переменного резистора R2 и вход «4» (ручка R1 в том же положении). Вольтметр переключить на изменение падения напряжения на резистор R2. Вращая ручку R2, убедитесь, что светодиод не горит при любом напряжении. Вращая ручку обоих резисторов R1 и R2, убедитесь, что светодиод горит при подаче высокого напряжения одновременно на два входа. Таким образом проверяют работу элемента «И».

## **Задание 3**

Изучить электрическую принципиальную схему элемента «НЕ» и проанализировать ее работу.

Собрать электрическую цепь питания с модулем и подать на его входы напряжения 5-6 В. Светодиод горит. Подать напряжение на вход транзистора. Для этого соединить клемму «1» резистора и входную клемму «2» транзистора. Ручку резистора вращать вправо. При подаче определенного напряжения светодиод гаснет. Таким образом проверяется работа «НЕ».

#### Задание 4

Изучить электрическую принципиальную схему триггера и проанализировать ее работу.

Собрать электрическую цепь питания триггера. Вольтметр подсоединить к клемме «8» и клемме переменного резистора. Ручку резистора R2 вывести в крайнее положение.

Включить источник питания, подав на триггер не более 12 В. В первоначальном состоянии горит одно из плеч триггера (один из светодиодов).

Соединить клемму переменного резистора с клеммой того плеча, где светодиод не светится.

Плавным вращением ручки резистора увеличить напряжение до значения, при котором происходит переключение плеч триггера (светодиодов).

Провести измерения для другого плеча.

Подключить миллиамперметр между клеммой резистора и входом того плеча, где отсутствует свечение светодиода.

Плавным вращением ручки резистора увеличить напряжение на входе триггера и определить ток, при котором происходит переключение светодиодов.

Измерение повторить для другого плеча триггера.

По полученным результатам определить мощность входного сигнала, при котором происходит устойчивое срабатывание триггера.



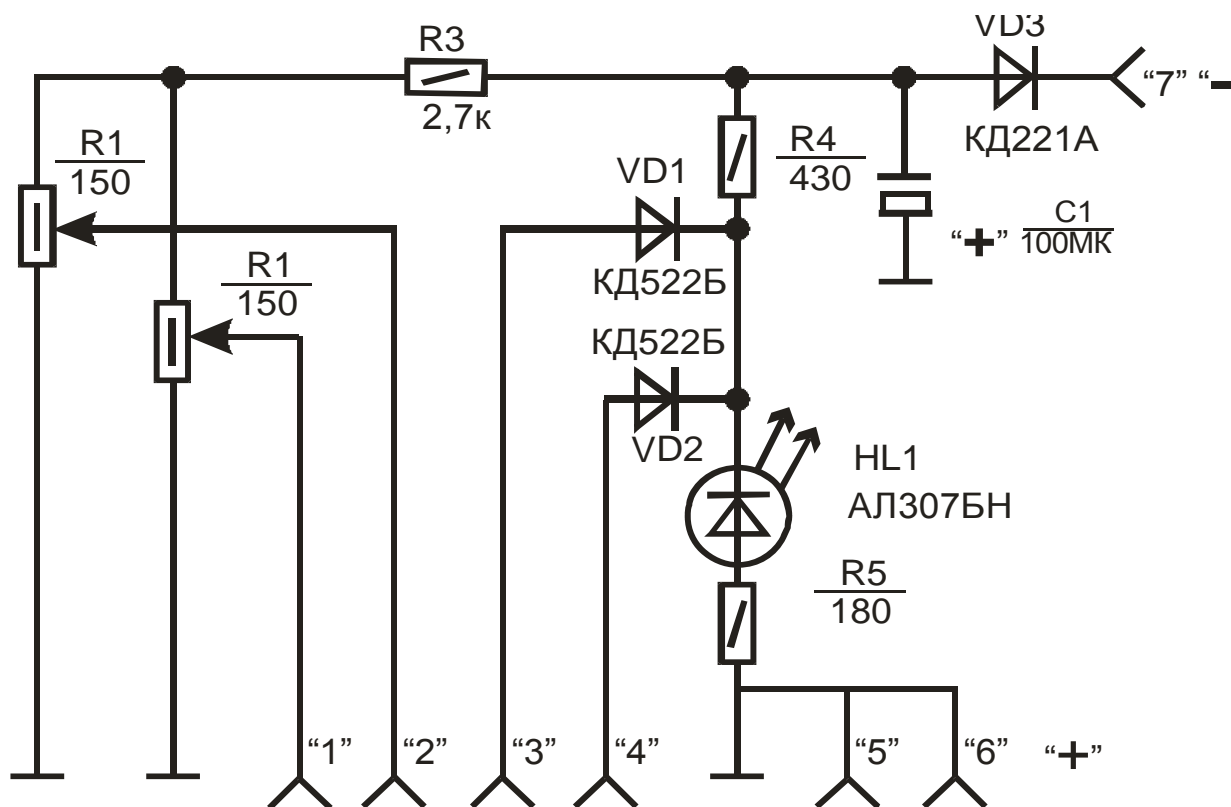


Рис. 1

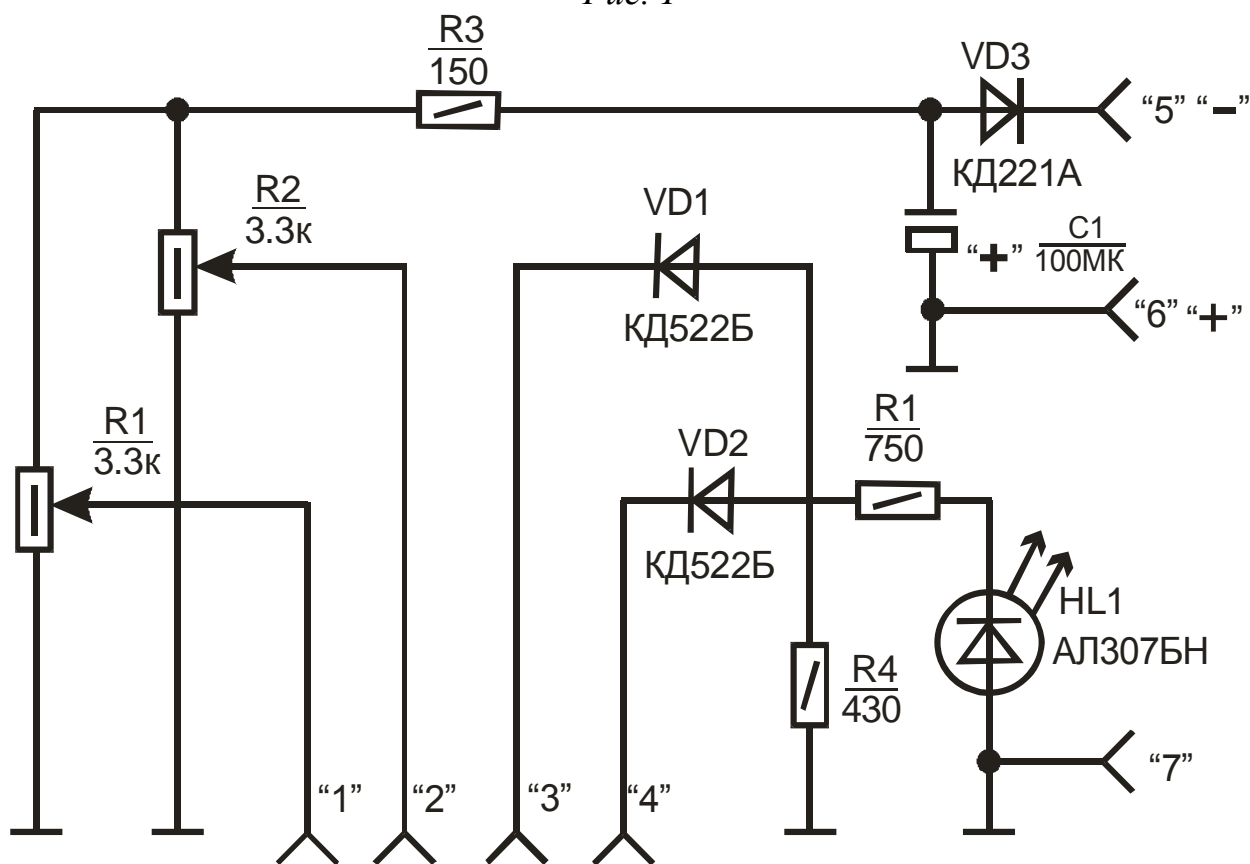


Рис. 2

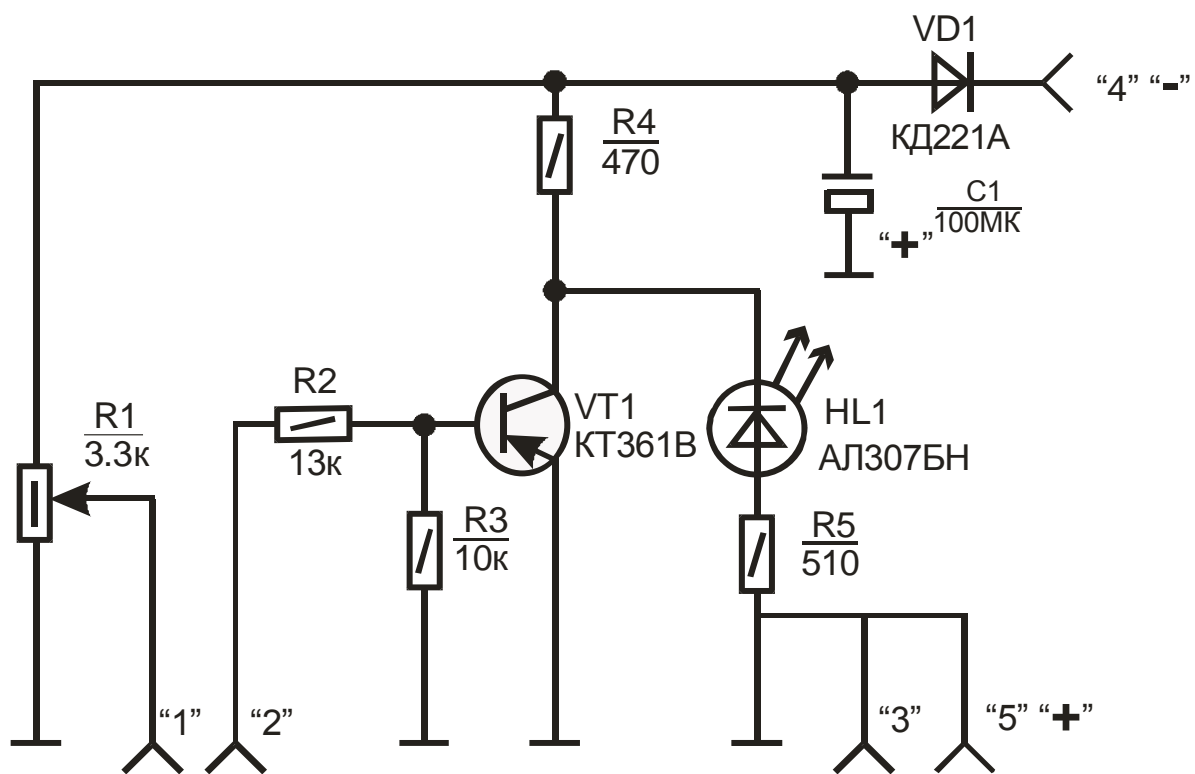


Рис. 3

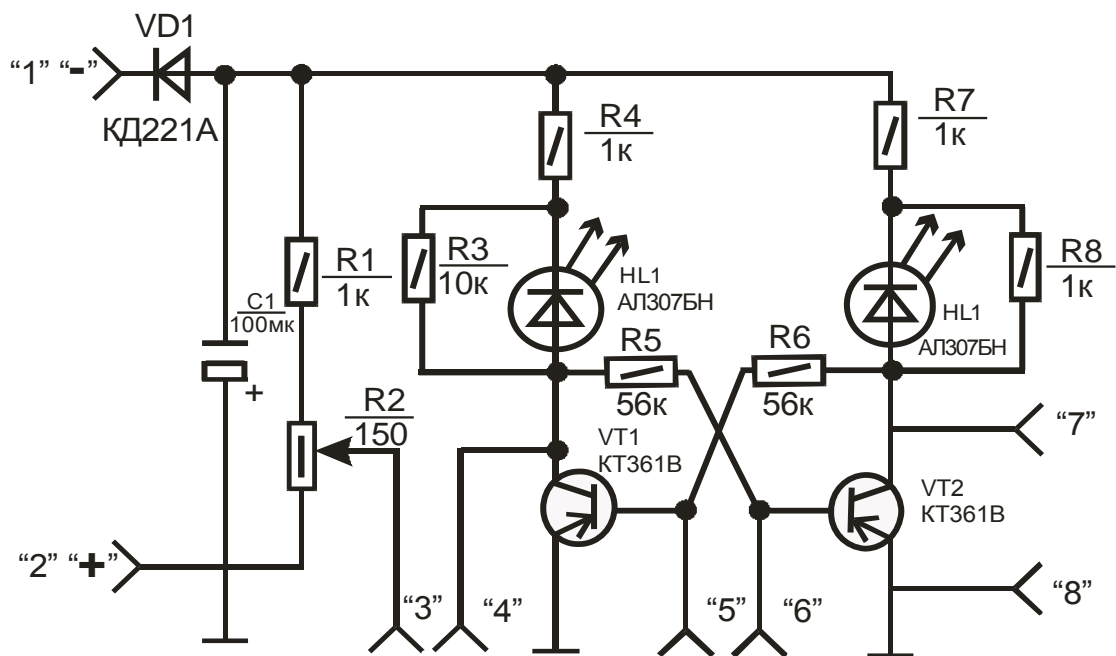


Рис. 4

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Стабилизатор напряжения

Под стабилизатором напряжения понимают устройство, напряжение на выходе которого  $U_{\text{вых}}$  поддерживается постоянным или почти постоянным при изменении сопротивления нагрузки  $R_{\text{н}}$  или величины напряжения  $U_{\text{вх}}$  на входе устройства.

В стабилизаторах постоянного напряжения с небольшим потреблением тока  $I=5-10$  мА обычно используют полупроводниковые стабилизаторы, вольт-амперная характеристика которых показана на рисунке 1.

При работе стабилизатора используется участок обратной ветви полупроводникового диода, который характеризуется большим изменением тока при небольшом изменении напряжения.

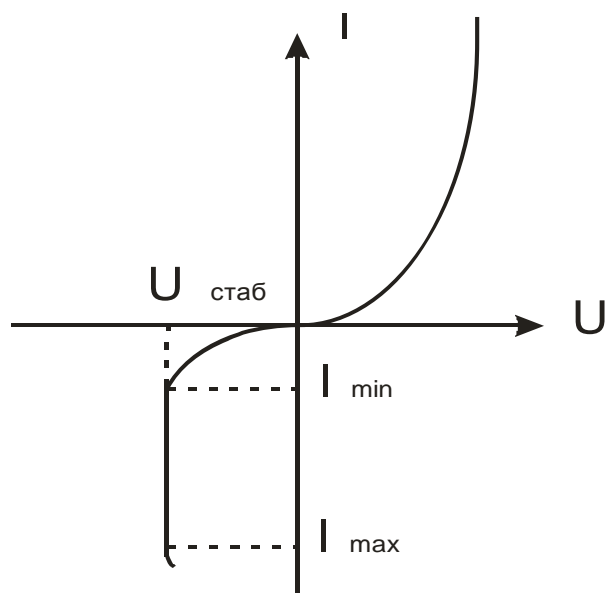


Рис. 1

Схема включения стабилизатора показана на рисунке 2. (Д815Г)

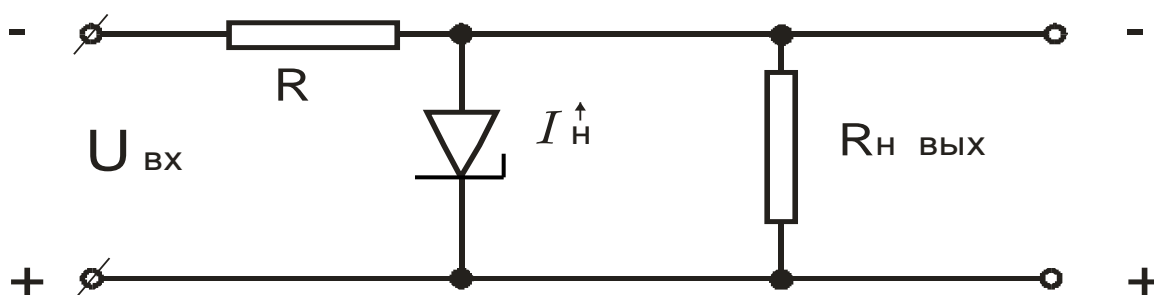


Рис. 2

Стабилизация напряжения осуществляется за счет падения напряжения на сопротивление  $R$ . Если входное напряжение увеличивается, то ток через стабилитроны также будет увеличиваться, так как его сопротивление при этом уменьшается (рис. 1).

В результате за счет увеличения падения напряжения на резисторе  $R$  выходное напряжение остается почти постоянным  $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} - U_r$ .

Если же происходит изменение тока нагрузки, то изменяется одновременно ток в стабилитроне, а напряжение выхода остается неизменным. Величину сопротивления  $R$  можно определить из уравнения:

$$R = \frac{U_{\text{вх}} - U_{\text{стаб}}}{J_d + J_n},$$

где  $U_{\text{вн}}$  – входное напряжение цепи,

$U_{\text{стаб}}$  – напряжение стабилизации,

$J_d$  – ток диода,

$J_n$  – ток нагрузки.

Ток  $J_d$  следует брать равным  $J_d = 0,5 i_{\text{мах}}$ , где  $i_{\text{мах}}$  – максимально допустимый ток для стабилизатора.

Основной характеристикой стабилизатора является коэффициент стабилизации:

$$K = \frac{dU_{\text{вх}}}{dU_{\text{вых}}}.$$

Коэффициент стабилизации схемы, изображенной на рисунке 2, составляет 20-30.

Для стабилизатора с большим потреблением тока следует использовать транзисторные стабилизаторы.

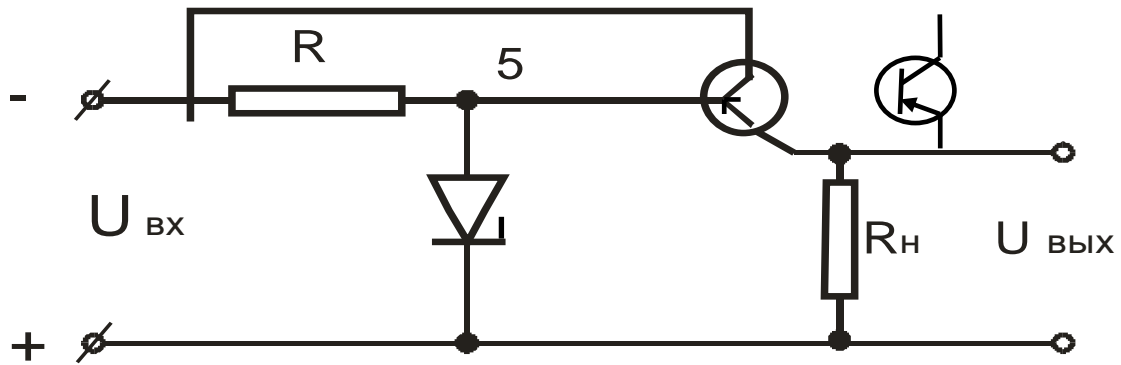


Рис. 3

В нем в качестве опорного напряжения используется кремниевый стабилизатор. Этим напряжением определяется смещение на базе транзистора. Если напряжение  $U_{\text{ВЫХ}}$  по нагрузке  $R_{\text{Н}}$  уменьшается, то напряжение между базой и эмиттером увеличивается, проводимость транзистора увеличивается и выходное напряжение возвращается к первоначальной величине.

Коэффициент стабилизации такой системы зависит от коэффициента усиления транзистора.

### Задание 1

Рассчитать, изготовить и испытать стабилизатор напряжения, изображенный на рисунке 2. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения, определить коэффициент стабилизации.

### Задание 2

Проделать аналогичные исследования для стабилизатора, изображенного на рисунке 3.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

### Изучение работы интегральных логических элементов

**Цель работы:** ознакомиться с логическими элементами серии К155 и простейшими схемами на их основе, осуществляющими основные операции булевой алгебры.

#### Содержание работы:

1. Проверка таблиц истинности элементов «НЕ», «И», «ИЛИ», «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «И-ИЛИ-НЕ».

2. Изучение временных диаграмм работы элементов «НЕ», «И», «ИЛИ».

Оборудование: выпрямитель лабораторный ИЭПП-2, осциллограф, стенд ЛЭ.1.

В состав стенда входят отдельные микросхемы (МС) 155ЛН1, 155ЛИ1, 155ЛЛ1 и три генератора на МС 155АГ3. Один из генераторов является задающим, а два остальных служат для формирования последовательностей импульсов с различной частотой и скважностью, которые используются при наблюдении временных диаграмм работы логических элементов (ЛЭ).

Стенд ЛЭ.1 позволяет изучить таблицы истинности и временные диаграммы основных ЛЭ: «НЕ», «И», «ИЛИ» – и их простейшие комбинации: «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «И-ИЛИ», «И-ИЛИ-НЕ».

## 1. Основные понятия

Элементарные схемы или устройства, выполняющие простейшие логические операции, называются логическими элементами (ЛЭ).

Логическая переменная  $X$  представляется на входе ЛЭ напряжением сигнала низкого (L) или высокого уровня (H). При положительной логике высокий уровень сигнала H соответствует логической 1, низкий L – логическому 0. В составе ЭВМ ЛЭ обеспечивают арифметическую (сложение, вычитание, умножение, деление) и логическую обработку (сравнение, сдвиг и т. д.) входной цифровой (двоичной) информации. ЛЭ совместно с элементами хранения информации (триггерами) составляют 70-80% от общего количества элементов ЭВМ и в основном определяют понятие «элементарная база ЭВМ». Логические элементы могут быть выполнены на отдельных дискретных элементах (диодах, транзисторах, резисторах) или в интегральном исполнении в виде интегральных микросхем (ИС).

В последнем случае все компоненты схемы изготавливаются в едином технологическом цикле на одном полупроводниковом кристалле.

В данной работе будут рассмотрены элементы серии К155.

## 2. Условные обозначения серии цифровых микросхем

Обозначение ИС состоит из четырех элементов (ГОСТ 18 682-73). Микросхемы интегральные.

Классификация и система условных обозначений:

Первый элемент – цифра, обозначающая конструктивно-технологическую группу. Полупроводниковые ИС обозначают цифрами 1, 5, 7, гибридные ИС – цифрами 2, 4, 6, 8, прочие ИС – цифрой 3.

Второй данный элемент – две или три цифры, обозначающие порядковый номер (00 до 99 или от 000 до 999) разработки серии ИС. Первые два знака, составляющие 3-4 цифры, определяют номер серии ИС. Третий элемент – две буквы, соответствующие первой подгруппе (первая буква) и виду (вторая буква) по функциональному назначению. В частности, подгруппа логических элементов обозначается буквой Л. В таблице 1 приводятся виды ИС внутри данной подгруппы.

Таблица 1

Вид ИС	Обозначения
Элемент «НЕ»	ЛН
Элемент «И»	ЛИ
Элемент «ИЛИ»	ЛЛ
Элемент «И-НЕ»	ЛА
Элемент «ИЛИ-НЕ»	ЛЕ
Элемент «И-ИЛИ»	ЛС
Элемент «И-ИЛИ-НЕ»	ЛР
Элемент «И-НЕ»/«ИЛИ-НЕ»	ЛБ
Элемент «И-ИЛИ»/«И-ИЛИ»	ЛК
Расширители	ЛД
Прочие	ЛП
Элемент «ИЛИ-НЕ», «ИЛИ»	ЛМ

Четвертый элемент – одна или несколько цифр, соответствующие порядковому номеру разработки ИС в данной серии, в которой может быть несколько одинаковых по функциональному признаку ИС. Например, двух- или трехкодовые логические элементы.

Для микросхем широкого применения в начале условного обозначения указывается буква К. Например, К155 ЛАЗ. Если после К перед номером серии

указывается буква М, это означает, что данная серия выпускается в керамическом корпусе.

### **3. Основные характеристики из серии К 155**

При ИС серии К 155 имеют напряжение питания 5 В 5%. Интегральные микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах четырех типов, отличающихся количеством выводов (8, 14, 16, 24) и размерами. ИС серии К 155 имеют выходной уровень логического 0 не более 0,4 В (типовое значение 0,1-0,2), выходной уровень логической 1 не менее 2,4 В (типовое значение 3,2-3,5).

Нумерация выводов ИС серии К 155 ведется от ключа – метки на корпусе ИС. Номер вывода отсчитывается против движения часовой стрелки, если ИС рассматривать со стороны корпуса (рис. 1).

### **4. ЛЭ интегральных схем серии К 155**

#### ***4.1. Элемент «НЕ» (инвертор)***

Элемент «НЕ» или инвертор – ЛЭ, выполняющий операцию логического отрицания  $Y = \bar{X}$ . Условное изображение ЛЭ «НЕ» приведено на рисунке 2, а. Сигнал ЛОГ.1 присутствует на входе ЛЭ «НЕ» в случае, если на выходе будет сигнал ЛОГ.0. В серии ИС К 155 элемент «НЕ» входит в состав микросхем К 155 ЛН1. Одна схема К 155 ЛН1 содержит 6 одинаковых инверторов (рис. 3, а).

#### ***4.2. Элемент «И» (конъюнктор)***

ЛЭ «И» выполняет операцию логического умножения  $Y = X_1 * X_2$ . На рисунке 2, б показано изображение двухвходового элемента «И». Сигнал на выходе такого элемента будет иметь значение ЛОГ.1., если имеет сигнал высокого уровня на всех его входах. Микросхема К 155 ЛИ1 содержит 4 двухвходовых элемента «И». Назначение выводов ИС К 155 ЛИ1 приведено на рисунке 3, б.

#### ***4.3. Элемент «ИЛИ» (дизъюнктор)***

Элемент «ИЛИ» реализует операцию логического сложения  $Y = X_1 \vee X_2$ , (рис. 2, в). Сигнал высокого уровня на выходе элемента формируется при наличии ЛОГ.1 на одном из его входов. Четыре двухвходовых элементов «ИЛИ» входят в состав микросхемы К 155 ЛЛ1 (рис. 3, в).



#### **4.4. Элементы «И-ИЛИ» и «ИЛИ-НЕ»**

Элементы «И-НЕ» (элемент Шеффера) и «ИЛИ-НЕ» (элемент Пирса) относятся к универсальным логическим элементам.

Первый из них реализует операцию логического умножения с отрицанием,  $Y = \overline{X_1 * X_2}$  (рис. 2, г). Единичный сигнал на входе ЛЭ «И-НЕ» имеет место всегда, кроме случая, когда сигнал высокого уровня присутствует на всех входах ЛЭ.

Логическую схему элемента «И-НЕ» можно представить в виде последовательно соединенных элементов «И», «НЕ». Четыре двухвходовых элемента «И-НЕ» входят в состав ИС К 155 Лаз (рис. 3, г). Элемент «ИЛИ-НЕ» выполняет операцию логического сложения с отрицанием  $Y = \overline{X_1 \vee X_2}$  (рис. 2, д). Сигнал ЛОГ.1 на выходе такого элемента имеет место только тогда, когда на всех его входах будет сигнал ЛОГ.0. Логическая схема элемента «ИЛИ-НЕ» может быть представлена последовательно соединенными элементами. «ИЛИ-НЕ» входят в состав микросхемы К 155 ЛЭ1 (рис. 3, д).

#### **4.5. Элемент «И-ИЛИ-НЕ»**

Данный ЛЭ выполняет операцию  $Y = \overline{X_1 * X_2 + X_3 * X_4}$ . Его обозначение и логическая структура приведены на рисунке 2, е. Согласно рисунку 2, е элемент «И-ИЛИ-НЕ» может быть выполнен на основе простых ЛЭ «И», «ИЛИ», «НЕ». В качестве самостоятельного изделия элемент «И-ИЛИ-2НЕ» входит в состав микросхемы К 155 (рис. 3, д).

### **5. Порядок выполнения работы**

#### **5.1. Проверьте таблицу истинности элементов «НЕ», «И», «ИЛИ» и изучите временные диаграммы их работы**

При проверке таблиц выберите один из элементов микросхем D.D.1 – D.D.3 и соедините его выход со входом Х1 оптического индикатора на светодиоде HL1. При этом свечение индикатора соответствует сигналу ЛОГ1 на входе ЛЭ. Получите различные наборы входных переменных, замыкая с помощью переключков входа элемента на шину с нулевым потенциалом (штыри X<sub>2</sub>). Помните, что на свободных входах ЛЭ серии К 155 имеется напряжение высокого уровня!

При проверке таблиц истинности ЛЭ пользуйтесь следующими обозначениями состояния индикатора: + (свечение), - (отсутствие свечения). Для получения временных диаграмм работы ЛЭ подайте на входы элементов сигналы с выходов генераторов X<sub>5</sub> - X<sub>8</sub>. Для наблюдения формы сигналов на экране осциллографа пользуйтесь внешней синхронизацией его работы с выхода X<sub>9</sub> первого генератора. При неизменной скорости развертки зарисуйте форму сигналов на входе и выходе логических элементов.

Для элементов «И», «ИЛИ» соберите схему получения трехвходовых элементов на основе двухвходовых. Проверьте таблицу истинности.

Соберите схему, выполняющую операцию  $Y = X$ . Составьте и проверьте ее таблицу истинности.

Для любого из элементов измерьте величину напряжения, соответствующую ЛОГ.1 на выходе элемента.

### ***5.2. Пользуясь логическими выражениями для элементов «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «2-2И-2ИЛИ-НЕ», составьте их таблицу истинности***

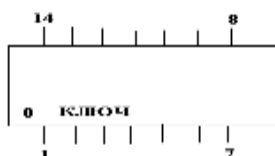
На основе логической структуры элементов (рис. 2) соберите схему для проверки истинности. Проверьте соответствующие изменения.

## **6. Требования к отчету**

Отчет должен отражать полный объем выполненной работы и содержать:

- краткие пояснения,
- графическое обозначение изучаемых логических элементов,
- схемы для проверки таблиц истинности,
- временные диаграммы работы ЛЭ.

На рисунках схем светодиодные индикаторы изображайте прямоугольником и символом ИС. На изображение ЛЭ карандашом проставьте номера выводов соответствующих микросхем. Масштаб 1, деление шкалы – 10 мм.



*Рис. 1. Нумерация выводов ИС серии К155*

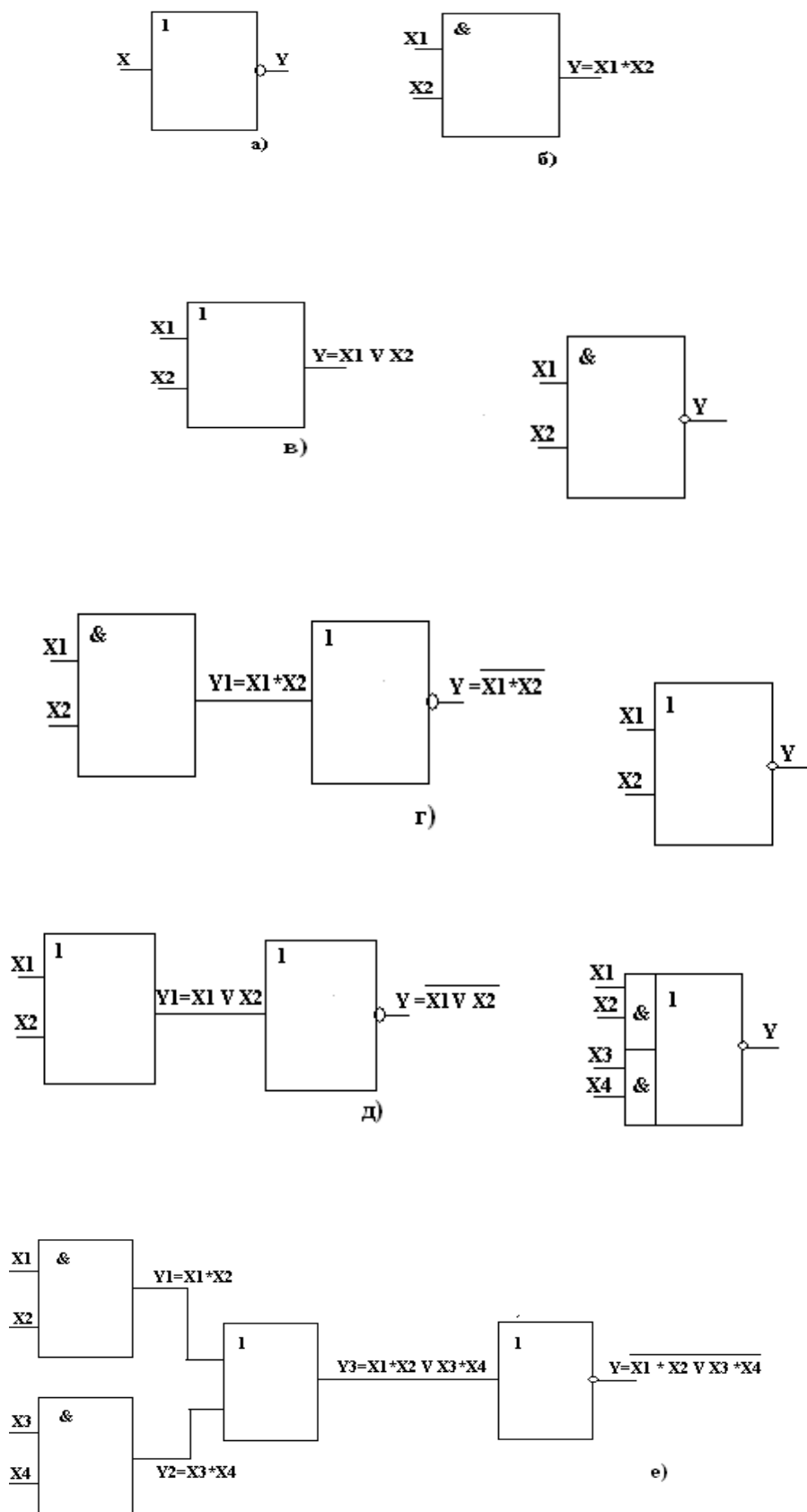


Рис. 2. Условные обозначения и логическая структура ЛЭ  
 а) НЕ, в) ИЛИ, д) ИЛИ-НЕ,  
 б) И, г) И-НЕ, е) И-ИЛИ-НЕ

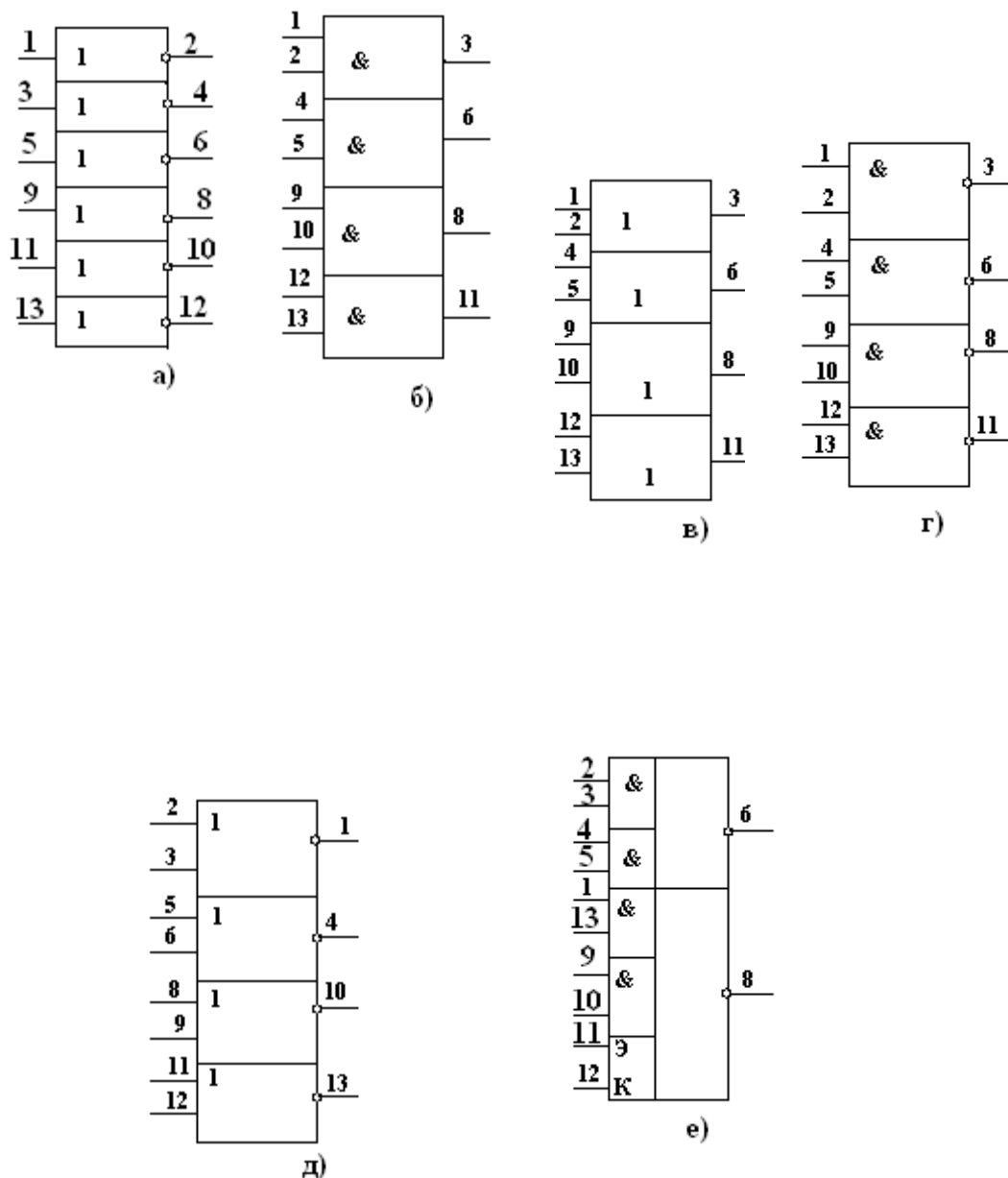


Рис. 3. Графические обозначения ЛЭ серии К155

а) К155ЛН1,

в) К155ЛЛ1,

д) К155ЛЕ1,

б) К155ЛИ1,

г) К155ЛА3,

е) К155ЛР1

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

### Изучение логической структуры и функционирование комбинационного шифра

**Цель работы:** ознакомиться с принципами построения комбинационных шифраторов на логических элементах (ЛЭ).

**Оборудование:** выпрямитель лабораторный ТЭС-20; стенд X / Y. 1.

Стенд предназначен для изучения работы комбинационных преобразователей кодов. В его состав входят шифратор, дешифратор и преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора.

Шифратор собран на трех МС 155 ЛЛ1 и позволяет осуществлять преобразование унитарного кода «1 из 8» в данный код 421.

Дешифратор содержит три МС 155 ЛН1 и преобразует двоичный код 421 в унитарный.

В качестве преобразователя кода 8421 в код семи сегментного индикатора используется преобразователь МС КР 514 ИД1. Он управляет работой светодиодного индикатора АЛС324А.

### **1. Шифратор на основе логических элементов**

Шифратор является наиболее распространенным видом преобразователей кодов. Он предназначен для преобразования единичного сигнала на одном из  $M$  входов в разрядный двоичный код. При этом десятичный эквивалент двоичного кода соответствует номеру входа, на который подается активный уровень.

Построение шифратора на ЛЭ – на основе таблицы соответствия десятичных номеров входов и их двоичных входов. С каждым входом связывают двоичную переменную  $X$ , а с выходом –  $Y$ . Для каждого из выходов затем выявляются номера входов, дающих единичный (активный) сигнал на данном выходе. Выбранные переменные  $X$  объединяются операцией «ИЛИ».

В настоящей работе рассматривается шифратор, образующий первые восемь десятичных цифр 0 – 7 в позиционный двоичный код 421. Шифратор является полным, поскольку число входов  $M = 8$  и число выходов  $n = 3$  связаны соотношением  $\log_2 M = 3$ .

### **2. Порядок выполнения работы**

1. Составьте таблицу соответствия десятичных чисел 0 – 7 и их двоичных представлений в коде 421. Форма таблицы приводится ниже (см. табл. 1).

Таблица 1

Десятичное число	Двоичный код 421		
	Y4	Y2	Y1
0	0	0	0
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

2. Составьте логические выражения для входных переменных Y1, Y2, Y4.

Какие логические элементы потребуются для построения шифратора?

3. Нарисуйте схему шифратора и сравните ее со схемой на рисунке 1, а.

4. На стенде шифратор собран на микросхемах D.D.1 – D.D.3. Каждая из микросхем К 155 ЛН1 содержит четыре логических «ИЛИ» (см. рис. 1, б). Рисунок 1, б поясняет получение элемента «ИЛИ» на 4 входа. Пользуясь цоколевкой микросхемы (рис. 1, б) и рисунком печатной платы, поставьте номера выходов микросхемы на рисунке 1, в.

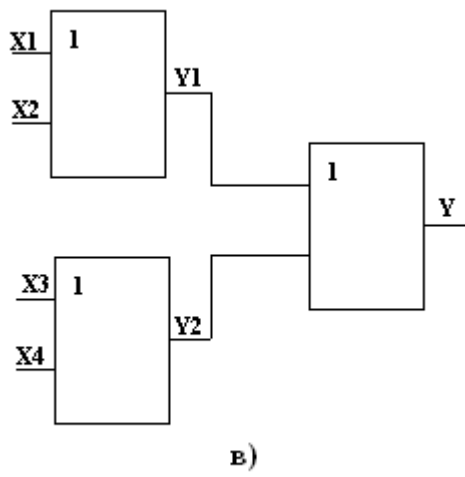
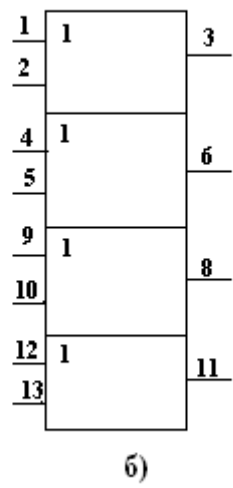
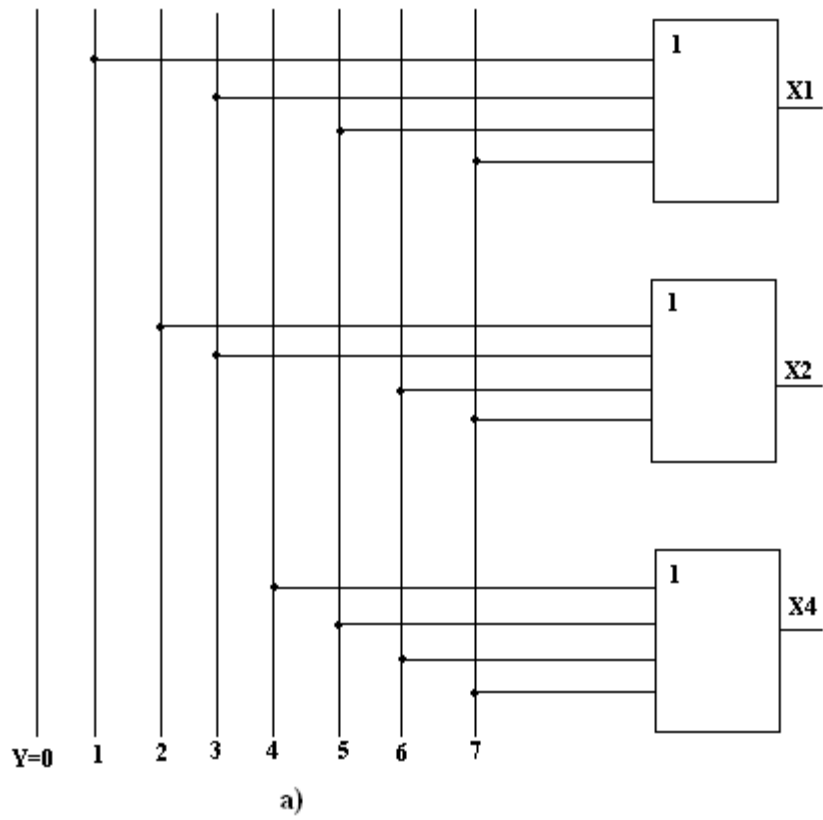
5. Проверьте составленную таблицу соответствия десятичных чисел и их двоичных кодов. Для этого на входы шифратора 1 – 7 подайте единичный сигнал, а состояния выходов контролируйте с помощью светодиодных индикаторов HL1 – HL3. При этом единичный сигнал подается только на один из входов, на остальные выходы должен подать сигнал логического нуля.

6. Ниже в таблице 2 приведены наиболее распространенные коды для представления десятичных чисел в двоично-кодированной десятичной системе. Составьте схему шифратора для одного из приведенных ниже кодов.

Таблица 2

## КОДЫ

Десятичные цифры	8421	2421	2 из 5	с избытком 3	3A+2	7421
0	0000	0000	11000	0011	00010	0000
1	0001	0001	01100	0100	00101	0001
2	0010	0010	00110	0101	01000	0010
3	0011	0011	00011	0110	01011	0011
4	0100	0100	10001	0111	01110	0100
5	0101	1011	10100	1000	10001	0101
6	0110	1100	01010	1001	10100	0101
7	0111	1101	00101	1010	10111	1000
8	1000	1110	10010	1011	11010	1001
9	1001	1111	01001	1100	11101	1010



*Рис. 1*

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5**

### **Изучение работы комбинационного дешифратора**

**Цель работы:** ознакомиться с логической структурой и функционирование комбинационного дешифратора на логических элементах (ЛЭ).

**Оборудование:** 1) Выпрямитель лабораторный ТЭС-20; 2) Стенд X/Y.1.

Стенд предназначен для изучения работы комбинационных преобразователей кодов. В его состав входит шифратор, дешифратор и преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора.

Шифратор собран на трех МС 155 ЛЛ1 и позволяет осуществлять преобразования унитарного кода «1 из 8» в двоичный код 421.

Дешифратор содержит три МС 155 ЛА4 и МС 155 ЛН1 и преобразует двоичный код 421 в унитарный.

В качестве преобразователя кода 8421 в код семисегментного индикатора используется преобразователь МС КР514ИД1. Он управляет работой светодиодного индикатора АЛС324А.

#### **1. Дешифратор на логических элементах**

Дешифратором называется операционный узел ЭВМ, выполняющий преобразование двоичного позиционного кода в унитарный цифровой код (код, содержащий одну единицу среди нулей или, наоборот, один ноль среди единиц). При поступлении определенной комбинации 1 и 0 на выходы дешифратора возбуждается только одна линия дешифратора. Если  $M$  – число входов дешифратора, то число выходов –  $\log_2 M$ .

Выходы дешифратора имеют нумерацию, совпадающую с десятичным представлением двоичного числа. Если, например, на вход подается код (адрес) 101, то активный уровень сигнала (единичный или нулевой) будет на пятом уровне дешифратора.

При построении схемы дешифратора на ЛЭ составляется таблица соответствия входных (X) и выходных (Y) переменных. Затем для каждой выходной переменной записывается логическое выражение, являющееся конъюнкцией



входных переменных. Причем переменные, равные 0 в данном наборе, входят в конъюнкцию с инверсией. Такая логическая функция, принимающая единичное значение только на одном из наборов, называется конституентной единицей и обозначается буквой К. Конституента единицы легко записывается для любого количества входных переменных. Например пусть требуется найти К для пятого набора при числе входных переменных, равном 3. Тогда  $K(5) = K(101) = X_4 * \overline{X_2} * X_1$ .

Таким образом, логическая функция каждого выхода дешифратора есть конституента единицы  $Y(1) = K(1)$ . Поэтому для получения одной из выходных переменных достаточно иметь один ЛЭ с числом входов, равным числу входов дешифратора. А весь дешифратор будет составлять из N таких элементов и M инверторов для получения инверсий входных переменных.

В настоящей работе рассматривается дешифратор с числом входов  $M = 3$  и числом выходов  $N = 8$ .

## 2. Порядок выполнения работы

1. Выпишите таблицу соответствующих кодов 421 и номеров выходов в следующей форме (см. табл. 1):

Таблица 1

Двоичный код 421			Номер выхода
X4	X2	X1	
0	0	0	0
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

2. Запишите логические выражения для выходных переменных. Перечислите ЛЭ, которые потребуются для построения дешифратора.

3. Изучите макет дешифратора на стенде X/Y.1 (микросхемы D.D.4-D.D.7). Найдите в (1) и зарисуйте условное изображение микросхем К155 ЛН1 и К155 ЛА4. Пользуясь цоколевкой данных микросхем, нарисуйте схему дешифратора и поставьте на ней номера ЛЭ микросхем К155 ЛА4.

4. Проверьте работу дешифратора, подавая на его входы различные комбинации входных сигналов и контролируя с помощью светодиодного индикатора состояние его входов. Сведите результаты в таблицу 2:

Таблица 2

Двоичный код 421			Номер выхода							
X4	X2	X1	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
0	0	0								
.	.	.								
.	.	.								
.	.	.								

Для контроля состояния выходов дешифратора поочередно подключайте их ко входу индикаторов HL1-HL3.

5. Сделайте выводы по работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

### Изучение логической структуры и функционирование мультиплексора

**Цель работы:** ознакомление с принципом построения и работой мультиплексора на логических элементах и в интегральном исполнении.

**Оборудование:** выпрямитель лабораторный ИЭПП-2, стенд М5, DC. 1.

Стенд позволяет изучать работу селекторов-мультиплексоров и демультиплексоров-дешифраторов на отдельных ЛЭ и в интегральном исполнении.

Мультиплексор вида (2.1.) реализован на МС 155ЛП1 и 155ЛИ1, интегральный мультиплексор представлен МС 155КП2.

Демультиплексор вида (1:2) собран на элементах МС 155ЛИ1 и 155ЛИ1. Демультиплексор-дешифратор в интегральном исполнении представлен МС 155ИД4.

#### 1. Мультиплексор

Мультиплексоры – цифровые многопозиционные переключатели, по-другому – коммутаторы. У мультиплексора может быть, например, 16 входов и один выход. Это означает, что если к этим 16 входам присоединены 16 источ-

ников цифровых сигналов-генераторов последовательных цифровых слов, то сигналы от любого из генераторов можно передавать в единственный выходной провод. Для этого нужный нам вход требуется выбрать, подав на два входа селекции (то есть выбора номера канала) двоичный код адреса. Мультиплексоры способны выбирать, селектировать определенный канал. Поэтому их иногда называют селекторами.

Мультиплексоры различают по числу входов, по способам адресации, наличием входов разрешения и инверсных входов.

Мультиплексоры – устройство, осуществляющее последовательный опрос заданных чисел информационных сигналов Д1, Д2, Д3, Д4 и передачи их на один выход Q, согласно коду управления (табл. 1). Условное обозначение мультиплексора с четырьмя информационными входами показано на рисунке 1.

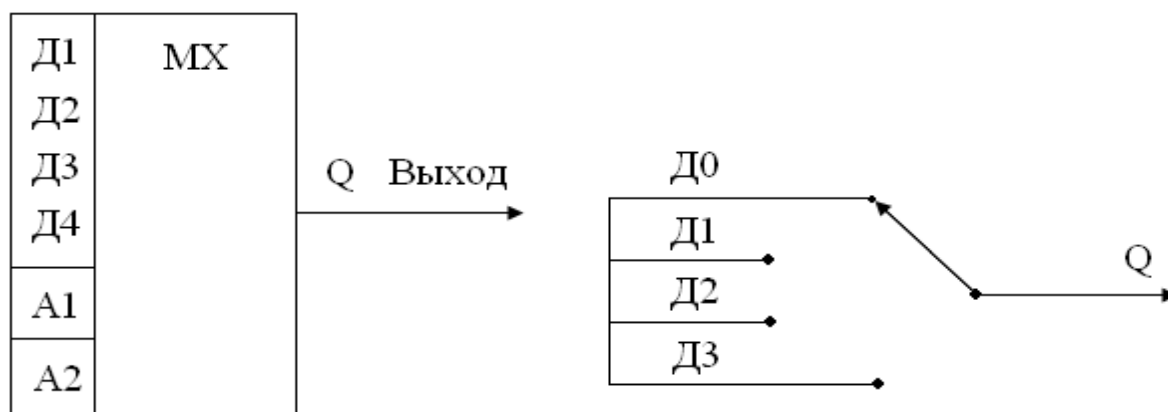


Рис. 1. Мультиплексор как переключатель

Таблица 1

Код адреса управления		Выход Q соединен с информационным выходом
А1	А2	
0	0	Д0
0	1	Д1
1	0	Д2
1	1	Д3

Принципиальная схема мультиплексора с четырьмя информационными входами показана на рисунке 2. Она состоит из четырехвходного элемента «ИЛИ» с инверсными входами, четырех элементов «И-НЕ» и двух элементов «НЕ» (инверторов). На выход Q такого устройства передается логический уровень того информационного входа  $D_i$ , номер которого  $i$  в двоичном коде задан на адресных входах  $A_1, A_2$ . Из принципиальной схемы следует, что

$$Q = D_0 * A_1 * A_2 \vee D_1 * A_1 * A_2 \vee D_2 * A_1 * A_2 \vee D_3 * A_1 * A_2.$$

Число информационных входов может быть увеличено, но при этом придется увеличить и разрядность адреса.

## 2. Порядок выполнения работы

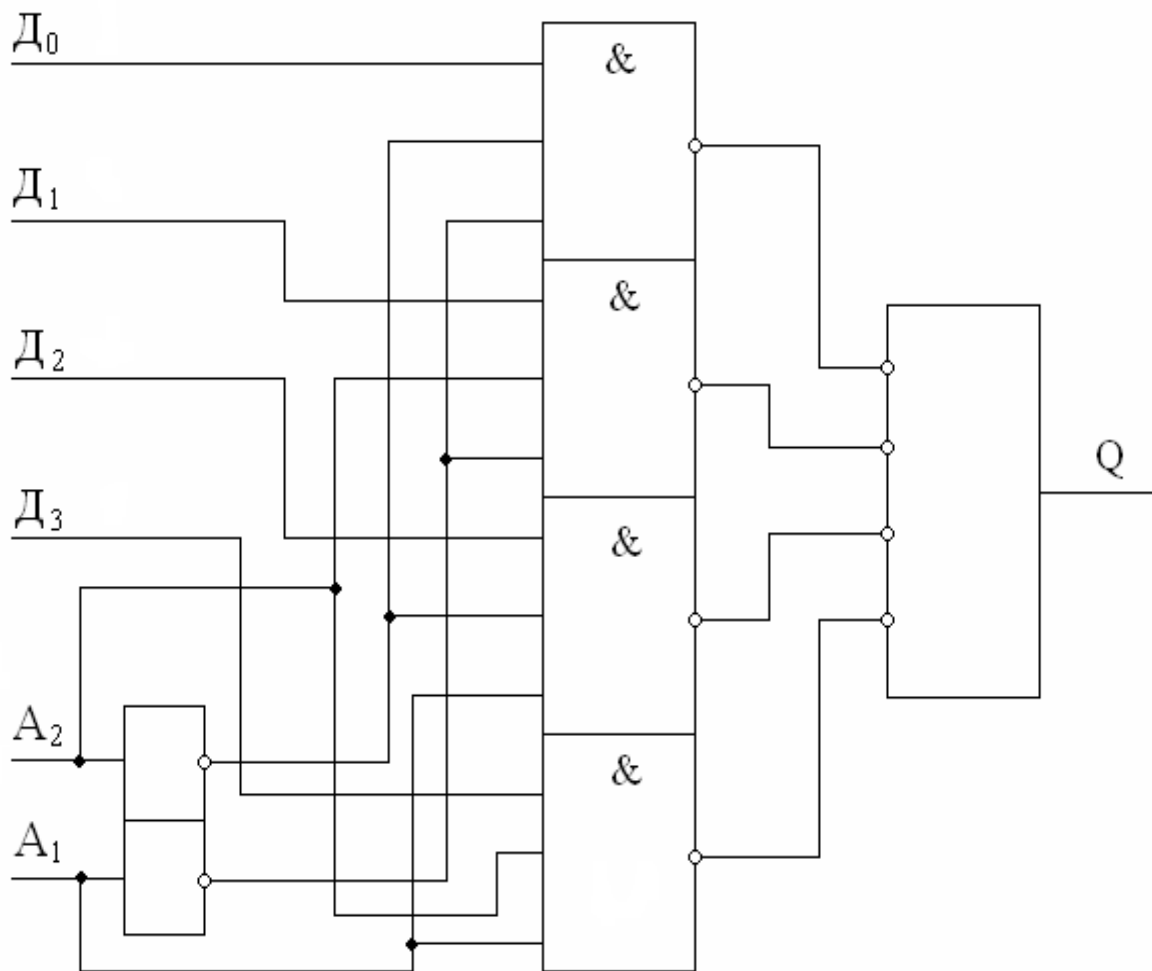
1. Исследовать работу мультиплексора 2:1, выполненного на логических элементах и микросхемах D.D.1 и D.D.2. Здесь информационные входы обозначены  $D_0, D_1$ , информационный выход – Q, вход адреса управления – A.

Проверьте таблицу работы мультиплексора, подавая на код адреса управления 0 или 1. Выход необходимо соединить со светодиодом H2-1. Поочередно соединяя общую точку (минус источника питания) с информационными входами  $D_0$  и  $D_1$ , определите, какой из выходов  $D_0$  или  $D_1$  соединен с выходом Q. Вход  $D_0$  будет соединен с выходом G в том случае, если при замыкании  $D_0$  на общую точку свечение светодиода отсутствует. По результатам испытаний составьте таблицу, подобную таблице 1.

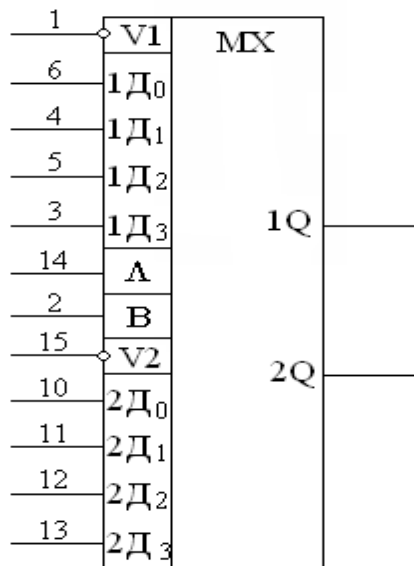
2. Исследовать работу мультиплексора на микросхеме D.04-K155КП2. Микросхема K155КП2 содержит два мультиплексора на четыре информационных входа  $D_0-D_3$  с отдельным входом стробирования V, объединенными входами A и B и прямым выходом Q. Стробированием называется выделение сигнала в определенный момент времени. Каждый из двух мультиплексоров производит опрос четырех информационных входов и передает информацию о них на выход в соответствии с кодом адреса управления. При этом на входе стробирования V присутствует логический 0 (напряжение низкого уровня). Если на V подано напряжение логической 1, то работа мультиплексора запрещена.

Используя микросхему D.04, проверить работу мультиплексоров для случая подачи на вход стробирования  $V$  логических 1 и 0. Выход  $Q$  соедините со светодиодом HL1. Изменяя код адреса управления, заполните таблицу результатов исследования, подобную таблице 1.

Проверку соединения входа  $D_0-D_3$  с выходом  $Q$  проведите подобно случаю 1.



*Рис. 2. Принципиальная схема мультиплексора с четырьмя информационными входами*



*Рис. 3. Условное графическое обозначение мультиплексора*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература

1. Гилмар, Ч. Введение в микропроцессорную технику / Ч. Гилмар. – М. : Мир, 1984.
2. Коган, Б. М. Электронные вычислительные машины и системы : учебное пособие для технических вузов / Б. М. Коган. – М. : Энергоиздат, 1985.
3. Корюкова, А. А. Основы научно-технической информации / А. А. Корюкова, В. Г. Дера. – М. : Высшая школа, 1985.
4. Степаненко, Н. Л. Основы микроэлектроники / Н. Л. Степаненко. – М., 2003.
5. Токхейм, Я. Основы цифровой электроники / Я. Токхейм. – М. : Мир, 1988.
6. Хотунцев, Ю. Л. Основы радиоэлектроники / Ю. Л. Хотунцев. – М., 1998.

### Дополнительная литература

1. Багашов, Е. П. и др. Микро- и мини-ЭВМ : учебное пособие для вузов / Е. П. Багашов и др. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.
2. Грицевский, П. М. и др. Основы автоматики, импульсной и вычислительной техники : учебник для техникумов ж.-д. транспорта / П. М. Грицевский и др. – М. : Сов. Радио, 1979. – 391 с.
3. Захаров, В. К. Электронные устройства автоматики и телемеханики : учебник для вузов / В. К. Захаров, Ю. И. Лыпарь. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 432 с.
4. Звенигородский, Г. А. Вычислительная техника и ее применение : пособие для учителя / Г. А. Звенигородский. – М. : Просвещение, 1987. – 47 с.

**Ведущий редактор  
Е. В. Кондаева**

**Старший корректор  
Сухарева М. А.**

**Ведущий инженер  
Г. А. Чумак**

Подписано в печать 02.07.2009 г.  
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,9  
Тираж            экз. Заказ 106/345.

**Издательство Орского гуманитарно-технологического института  
(филиала) Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**462403, г. Орск Оренбургской обл., пр. Мира, 15 А**