

**Федеральное агентство по образованию  
Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Казанский государственный технологический университет»  
Нижекамский химико-технологический институт**

**Г.П. Сечина, Г.Р. Исхакова, А.В. Мушнин**

# **СХЕМОТЕХНИКА**

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**Нижекамск  
2011**

**Министерство образования и науки РФ  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Казанский государственный технологический университет»**

**Г.П. Сечина, Г.Р. Исхакова, А.В. Мушнин**

# **СХЕМОТЕХНИКА**

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Рекомендовано УМО РАЕ по классическому университетскому и  
техническому образованию в качестве учебного пособия для  
студентов высших учебных заведений по специальностям:

220200 «Автоматизированные системы обработки информации и  
управление» 220301 «Автоматизация технологических процессов и  
производств»

**Нижекамск  
2011**

Составители: Г.П. Сечина  
Г.Р. Исхакова  
А.В. Мушнин

Лабораторный практикум по курсу «Схемотехника» / Г.П. Сечина, Г.Р. Исхакова, А. В. Мушнин.- Казань: Изд-во Казан гос. технол. ун-та, 2010.- 40 с.

Приведены лабораторные работы по курсу «Схемотехника» с использованием программы Electronics Workbench. Изложен краткий теоретический материал разработки моделей в программе. Рассмотрены методические примеры и представлены задания на самостоятельную работу.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлениям «Автоматизированные системы обработки информации и управление» «Автоматизация технологических процессов и производств» очной, очно-заочной и заочной форм.

Подготовлены на кафедре «Автоматизация технологических процессов и производств» Нижнекамского химико-технологического института КГТУ.

Печатаются по решению методической комиссии Нижнекамского химико-технологического института.

Рецензенты: заведующий каф. ИСТ к. ф.-м. н. Н.Н. Саримов  
доцент каф. ИСТ к. ф.-м. н. О.В. Матухина.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4-5
1 ТЕОРИТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
1.1. Строение программы.....	6
1.2. Разработка модели в программе Electronics Workbench.....	7
1.3. Проверка работоспособности собранной схемы.....	15
1.3.1. Логические состояния.....	15
1.4. Логический конструктор цифровых схем.....	17
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	18
2.1. Лабораторная работа 1.....	18
2.2. Лабораторная работа 2.....	20
2.3. Лабораторная работа 3.....	22
2.4. Лабораторная работа 4.....	24
2.5. Лабораторная работа 5.....	26
2.6. Лабораторная работа 6.....	28
2.7. Лабораторная работа 7.....	30
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	40

## ВВЕДЕНИЕ

Создание компьютера следует считать наивысшим достижением человечества за прошедшее время, поскольку нет ни одной сферы деятельности от любого производства до разнообразного творчества, где бы с его помощью происходила настоящая революция. Безусловным фаворитом цифровой электроники является компьютер.

В настоящее время разработано много программных продуктов, в том числе и для схематического моделирования цифровых электронных устройств на компьютере.

Моделирование схем на лабораторных занятиях выполняется с использованием наиболее простой и достаточно эффективной программы – Electronics Workbench («Электронная лаборатория»).

Рассматриваемая в лабораторном практикуме компьютерная схемотехника в программном обеспечении является разновидностью САПР (Систем Автоматизированного Проектирования) электронных устройств. В настоящее время разработано много подобных программ. В данном лабораторном практикуме использована методика компьютерного моделирования, изложенная в книге Кардашева Г.А. «Цифровая электроника на персональном компьютере».

При проведении моделирования широко используются сервисные возможности самих компьютерных программ. Для осмысления применения программ по мере необходимости даются азы булевой алгебры и некоторые смежные вопросы из курса информатики.

Предполагается, что студенты обладают некоторыми навыками работы на ПК в Windows, и теоретические знания параллельно будут закреплять практическими с набором схем на компьютере, что позволяет использовать все возможности виртуального мира.

На созданных компьютерных моделях можно изменять в широких пределах как состав и параметры компонентов, так и собственно схемотехнику, отбирая для практического изготовления наилучшие варианты. Это, безусловно, будет продуктивно во всех отношениях: от минимизации временных затрат, до развития знаний, умений и навыков, составляющих основу профессионализма.

Лабораторный практикум по курсу «Схемотехника» является продолжением разработки электронных средств обучения по этому курсу. Ранее было подготовлено электронное учебное пособие.

Лабораторный практикум совместно с электронным учебным пособием содержат типовые программы, теоретический материал, практические задания, методические рекомендации по изучению дисциплины и организации самостоятельной работы студентов, материалы по тестированию.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1.1. Строение программы

В программе EWB реализован стандартный многооконный интерфейс с ниспадающими и разворачивающимися меню. При установке (инсталляции) программы (Setup) в окне выбора компонентов (Select Components) желательно выбрать европейский стандарт DIN, к которому ближе российские ГОСТы.

На рисунке 1 показан общий вид рабочего окна EWB с рядом открытых в левой половине экрана панелей для выбора библиотечных компонентов и некоторыми компонентами из них в правой половине экрана (батарея, ключ, лампа накаливания, соединитель (узел), заземление).

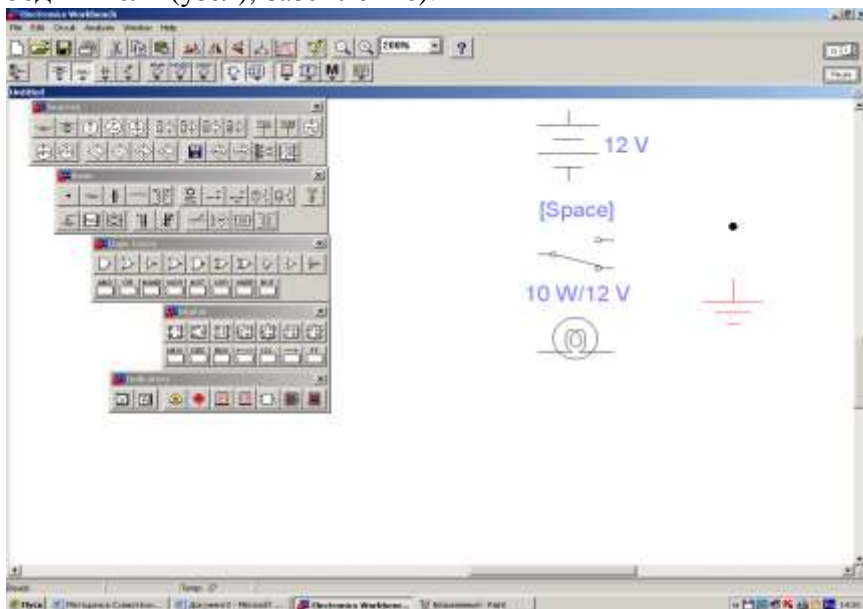


Рис.1. Основное окно программы EWB с дополнительными окнами выбора компонентов



На панели компонентов имеются следующие пиктограммы:


- Sources (источники питания);
- Basic (основные компоненты);
- Diodes (диоды);
- Transistors (транзисторы);
- Indicators (индикаторы);
- Logic Gates (логические элементы);
- Analog ICs (аналоговые микросхемы);
- Mixed ICs (смешанные микросхемы);
- Instruments (измерительные приборы);
- Digital ICs (цифровые микросхемы);
- Digital (цифровой набор);
- Controls (элементы управления);
- Miscellaneous (прочее).





### 1.2. Разработка модели в программе Electronics Workbench

Электрическая цепь состоит из источника питания, соединительных проводов, выключателя и самой лампы. Выберем в качестве компонентов модельной цепи: источник питания – идеальный источник постоянного напряжения с неизменной ЭДС и внутренним сопротивлением равным нулю, идеальные соединительные провода, также с сопротивлением равным нулю, лампу накаливания с неизменным сопротивлением, и идеальный ключ. Отобразим модельную электрическую цепь в виде схемы на компьютере, воспользовавшись программой EWB.



Откроем на панели компонентов пиктограмму группы Sources

(источники)  и выберем в нем Battery (батарея) . Удерживая ЛКМ (левую кнопку мыши) в нажатом состоянии, перетаскиваем пиктограмму с УГО (условно графическим изображением) батареи на свободную часть рабочей области экрана и отпускаем ЛКМ (рис.1). Затем из той же группы

выбираем Ground (заземление) . Эту процедуру, аналогичную перемещению при редактировании в Word выделенных фрагментов текста или изображений, принято называть буксировкой.

Аналогично, переносим на экран из раздела  Basic (основные компоненты) Switch (переключатель) , а затем из раздела Indicators (индикаторы)  компонент Bulb  (лампа накаливания). На этом первая часть сборки схемы закончена.

Теперь надо соотнести эти компоненты с необходимой схемой их соединения. Батарея и лампа являются электрическими двухполюсниками, а вот переключатель имеет три вывода и другие особенности. В целях удобства объяснения его работы и дальнейшего использования разместим его выводы.

Для этого вновь обратимся к панели  Basic и извлечем из нее на рабочее поле .

Connector (соединитель), представляющий на схемах УГО неразъемное соединение (узел). Эту процедуру повторим еще два раза, размещая узлы на некотором расстоянии от выводов переключателя (рис. 2.).

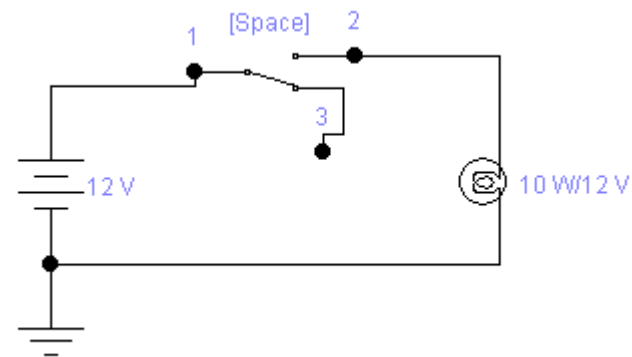


Рис.2. Схема модели лампы с выключателем

В каждом узле могут соединяться не более четырех ортогональных проводников. На местах этих возможных соединений при попадании на них острья стрелки курсора возникает дополнительное утолщение. Из места возникшего соединения, нажав ЛКМ и перемещая курсор по экрану в нужном направлении, можно вытянуть проводник и довести его до необходимого вывода другого компонента.

Здесь также возникает монтажный узел. После этого ЛКМ надо отпустить. На экране должно возникнуть изображение проводника. Если изображение проводника не осталось на экране, после того как курсор был свободно был перемещен в свободное место экрана, процедуру придется повторить. Соединение можно выполнить из любого вывода каждого схемного компонента, не забывая при этом, что всего в одном узле можно осуществление только четырех определенных соединений, причем одно из них уже может быть занято самим компонентом.

Графически редактор EWB позволяет внести в схему необходимые изменения, если это потребуется. Например, когда выбранное место соединения оказалось неудачным, проводник можно удалить после его однократного выделения ЛКМ. Можно

также, выделив область соединения курсором, нажать ЛКМ и, удерживая конец проводника, перенести его до соединения в новом месте. Если на выделенном проводнике нажать ЛКМ, то после возникновения двойной стрелки эту часть проводника можно отбуксировать в указанных направлениях для придания схеме необходимого вида.

*Для успешного позиционирования мест соединений (EWB) удобнее работать при больших масштабах изображения, например 100%. Начертив часть схемы, можно возвращаться в более удобный режим: скажем 80%. Не старайтесь располагать соединительные узлы близко к компонентам. После того как соединение выполнено, узел, компонент или проводник можно выделить и переместить стрелками на клавиатуре в нужное место.*

Двойной щелчок по узлу вызывает окно Connector Properties (свойства проводника) и позволяет снабдить его Label - текстовой меткой из 20 англоязычных символов.

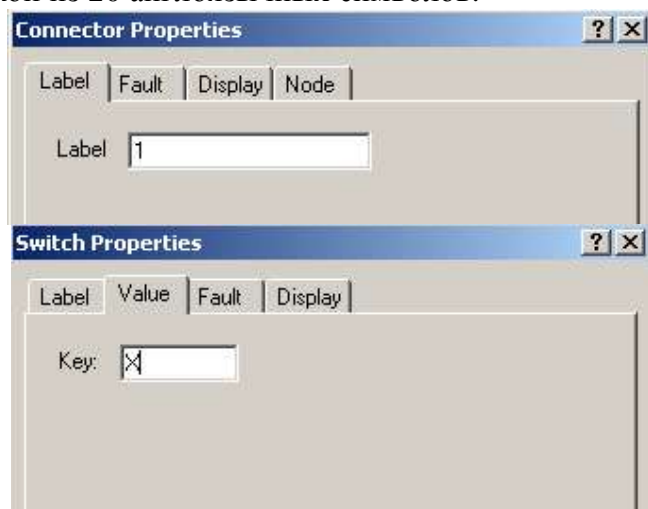


Рис.3. Окна установки метки узла и имени управляющей клавиши

На рис. 3. показана информативная часть окна при присвоении метки. Например, на рис. 2 выводам переключателя присвоены цифровые метки 1, 2, 3. Если какая-либо метка на экране накладывается на другие элементы схемы, то следует прибегнуть к описанным выше приемам графического редактирования.

Теперь подробнее рассмотрим работу переключателя (рис. 2.), представляющего собой механически управляемую кнопку без автоматического возврата в исходное положение (в отличие, например, от обычной звонковой кнопки), с двумя одновременно срабатывающими ключами (контактами), имеющими один общий вывод. В отсутствие внешнего воздействия один ключ замкнут, а другой - разомкнут. В виртуальной электрической цепи этот переключатель дает возможность путем нажатия на клавиатуре по клавише, имя которой заключено в УГО в квадратные скобки, перевести соединение от 1-2 к 1-3, или наоборот. При этом на экране возникает картина анимации работы переключателя. По умолчанию имя управляющей клавиши [Space], чтобы его заменить, надо выполнить двойной щелчок ЛКМ по УГО переключателя или однократный ПКМ и затем выбрать Component Properties. Далее в появившемся окне Switch Properties (свойства переключателя) в позиции Value (значение) впечатать (при английской раскладке клавиатуры) напротив Key (клавиша) выбранный символ, например X (см. рис. 3).

*Если в одной схеме используются несколько переключателей, то обязательно задавайте разные имена управляющим клавишам для обеспечения независимой их работы.*

Квадратные скобки при этом печатать не следует: они возникнут на экране автоматически (см. рис. 2). Переключатель будет управляться выбранной клавишей независимо от регистра буквы: заглавная или прописная, т.е. дополнительная клавиша Ctrl не действует.

Упорядочим расположение выбранных компонентов на экране, если оно не соответствует воображаемой схеме. Для этого ЛКМ выделяем необходимый компонент (при этом он примет активный красный вид, а курсор - вид руки) и перемещаем (буксируем) его в нужное положение. Возможно, на этом этапе, потребуется изменить пространственную ориентацию компонентов. В данном конкретном случае удобнее повернуть лампу на 90° против часовой стрелки: выделим лампу (однократным нажатием ЛКМ) и нажмем на кнопку

(пиктограмму) Rotate (вращение) 

в горизонтальном ряду инструментов. Эту же операцию можно провести с клавиатуры, выделив лампу и нажав Control+R. Можно также после выделения компонента, войдя в меню Circuit (схема), воспользоваться командой Rotate.

Далее выполняем соединения компонентов. Лучше всего, как и при сборке реальных цепей, начать с положительного полюса «+» батареи. Устанавливаем стрелку курсора в верхнюю часть вывода: там появляется жирная черная точка - символ неразъемного соединения. Нажимаем ЛКМ и кратчайшим путем ведем линию-резинку к крайнему выводу 1 переключателя. После того как там возникнет символ соединения, отпускаем ЛКМ (рис. 2).

На экране возникает изображение соединительного проводника в виде двух ортогональных отрезков. Поскольку в цепи управления лампой нам достаточно иметь режим замыкания или размыкания одной пары выводов (одного ключа), то выберем, например, выводы, обозначенные как 1 – 3. Аналогично соединяем вывод 2 переключателя с верхним выводом лампы и ее нижний вывод с отрицательным полюсом «-» батареи. Вывод 3 переключателя оставляем незадействованным (при переключении в эту позицию лампа выключается).

При монтаже схем часто возникают различные графические ошибки: настоящие и кажущиеся из-за несовершенства программного графического редактора, особенно при изменении

масштаба, выводимого на экран изображения. Наиболее сложно отыскать подобные ошибки при соединении двух компонентов, так как при трех и четырех обязательно должен возникнуть монтажный узел, а его отсутствие сразу заметно. Для обнаружения подобных ошибок необходимо провести пробные буксировки одного из соединяемых компонентов: он должен «тянуть» за собой соединительные провода. Можно также перейти к очень большим увеличениям, но для сложных схем это не очень удобно.

*Не пытайтесь соединять выводы компонентов непосредственно друг с другом без использования соединительных проводников и монтажных узлов: возникнет ложная видимость соединения, приводящая к ошибкам моделирования или неработоспособным схемам.*

После того как общий чертеж принципиальной схемы выполнен (см. рис. 2), надо отредактировать параметры (свойства) компонентов.

Начинаем с батареи. Дважды щелкаем на ней ЛКМ. На экране (рисунок 4) появляется подменю Battery properties (свойства батареи).

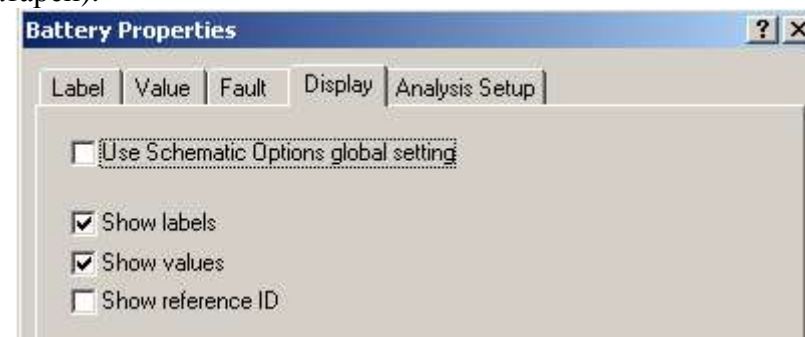


Рис.4. Окно установки свойств батареи

Выбираем в этом подменю Label (обозначения) и печатаем буквенный символ ЭДС E, затем Value (значение) и набираем в

соответствующем окошке цифру 5, оставляя единицу измерения V, т.е. Вольт. Далее в позиции Display (дисплей) отмечаем галочкой Show labels и Show values (показать на дисплее метку и величину), подтверждаем сделанный выбор свойств нажатием на кнопку **ОК**.

Переходим к лампе. Действуя аналогично предыдущему, выделяем лампу, вызывая диалоговое окно для редактирования ее параметров (рис. 5.).

Набираем в окошке Label «Lamp». Устанавливаем в позиции Value PMAX (максимальная мощность) 10 W (Ватт). Здесь же набираем в окошке VMAX (максимальное напряжение) 5.

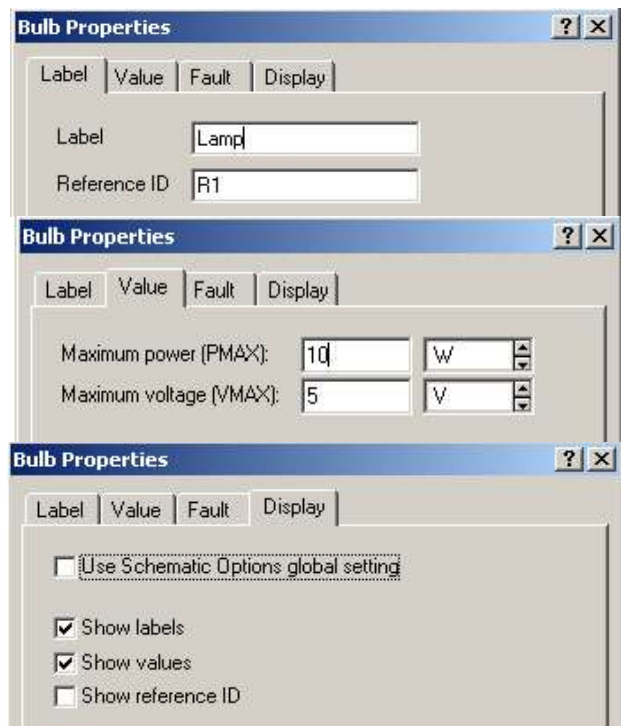


Рис.5. Окно установки свойств лампы

Выбор численного значения параметров можно сделать для другой конкретной или воображаемой батареи и лампочки. Отредактированная схема-модель лампы показана на рис. 6.

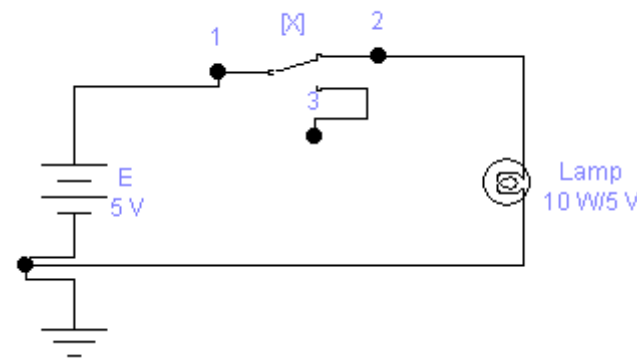
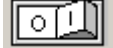
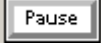


Рис.6. Отредактированная схема-модель лампы

### 1.3. Проверка работоспособности собранной схемы

Устанавливаем в виртуальном выключателе Activate simulation (включение моделирования) , размещенном в правой верхней части панели инструментов, указатель на I (In-включено), и делаем щелчок ЛКМ. Клавиша этого переключателя переходит в положение «включено». Прерывание моделирования производится нажатием на расположенную ниже кнопку  Pause (пауза), повторное нажатие отменяет эту команду. Выключение моделирования производится нажатием на O (Out - выключено). Эти же процедуры можно осуществить и из меню Analysis: Activate, Pause, Stop или с клавиатуры: Control+G, F9, Control+T.

После запуска моделирования переводим выключатель [X] на схеме (рис. 6) в положение «включено» (нажав на клавишу



буквы X при английской раскладке клавиатуры) и наблюдаем, как лампочка окрашивается в черный цвет (имитация ее горения). Нажимая несколько раз на [X], как бы включаем и выключаем лампу.

### 1.3.1. Логические состояния

Различают аналоговую и дискретную формы описания поведения систем и представления информации. Аналоговые сигналы имеют непрерывную зависимость напряжения (или тока) во времени, аналогичную соответствующим физическим макропроцессам, цифровые - являются дискретными по времени, а также квантованными по уровню.

Основной составляющей цифровых сигналов и «порцией» информации о состоянии систем, в которых они наблюдаются, является бит (по-английски bit - binary digit - двоичная цифра). В компьютерах вся информация передается, обрабатывается и хранится побитно.

Логическое состояние любого двухполюсника можно представить одной переменной, которая может принять только два возможных значения: «истинно» или «ложно».

Выберем в качестве параметра электрической цепи, с помощью которого можно определить эти состояния, уровень напряжения. Он также может принять только два значения: высокий уровень и низкий уровень.

Пусть в электрической цепи замкнутое состояние ключа «истинно», тогда разомкнутое состояние ключа – «ложно». При принятых соглашениях в схеме на рисунке 6 состоянию «истинно» соответствует замкнутый ключ 1-2 и высокий уровень напряжения на лампе (она горит), а разомкнутому ключу 1-3 состояние «ложно»: низкий уровень напряжения на лампе.

## 1.4. Логический конструктор цифровых схем

Для построения схем необходимы базовые логические элементы. В программе EWB базовые логические элементы (БЛЭ) выбираются из подменю, открывающегося при нажатии на пиктограмму Logic Gates (логические элементы) со значком



. Верхний ряд содержит БЛЭ, а нижний микросхемы для их реализации.

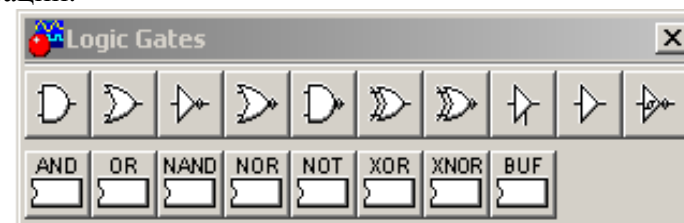


Рис.7. Наборы БЛЭ

Перечисли БЛЭ слева на право:

2 – Input AND Gate – двухвходовой ЛЭ И;

2 – Input OR Gate – двухвходовой ЛЭ ИЛИ;

NOT Gate – инвертор (ЛЭ НЕ);

2 – Input NOR Gate – двухвходовой ЛЭ ИЛИ-НЕ

2 – Input NAND Gate – двухвходовой ЛЭ И-НЕ;

2 – Input XOR Gate – двухвходовой ЛЭ ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ;

2 – Input XNOR Gate – двухвходовой ЛЭ ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ;

Tristate Buffer – буфер с тремя состояниями выхода;

Buffer – буфер;

Schmitt-Triggered Inverter – инвертирующий триггер Шмита.

## 2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### 2.1. Лабораторная работа 1

#### Изучение триггеров на логических элементах

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схем триггеров, изучить их режимы работы и снять выходные параметры.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Logic Gates, Indicators.
3. Собрать схему триггера в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Снять необходимые показатели.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла trigger.ewb, выбрать нужный диск и папку.

#### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: построить схему RS- триггера на элементах ИЛИ-НЕ.

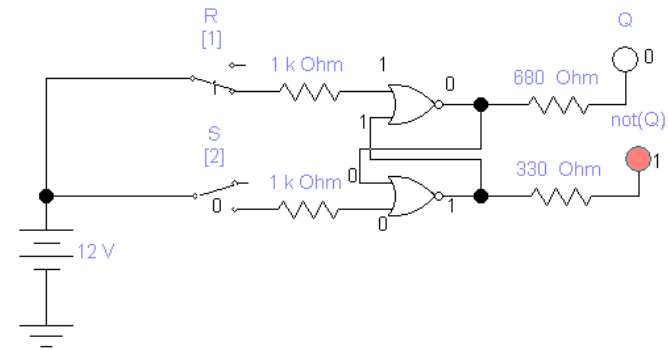


Рис.8. Схема RS- триггера на элементах ИЛИ-НЕ

Результат работы схемы:

S	R	Q	Not Q	Комментарий
0	1	0	1	Запись «0»
1	0	1	0	Запись «1»
0	0	?	?	Хранение предыдущего сигнала
1	1	0	0	Запрещенная комбинация

Вывод: пронаблюдали работу RS- триггера на элементах ИЛИ-НЕ, выяснили, что в зависимости от комбинаций входных сигналов S и R он может находиться в двух режимах: записи и хранения и имеет запрещенную комбинацию.

## 2.2. Лабораторная работа 2

### Изучение счетчика импульсов

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схем счетчиков с различным коэффициентом счета, изучить их работу.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Indicators, Digital.
3. Собрать схему счетчика в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла schetchik.ewb, выбрать нужный диск и папку.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: Построить счетчик с коэффициентом счета  $K_{сч}=7$ .

Записываем число 7 в двоичном коде – 111. Так как счет начинается с 0, то для построения необходимо  $K_{сч}$  уменьшить на 1. Тогда счетчик пропустит 7 импульсов: 0,1,2,3,4,5,6.

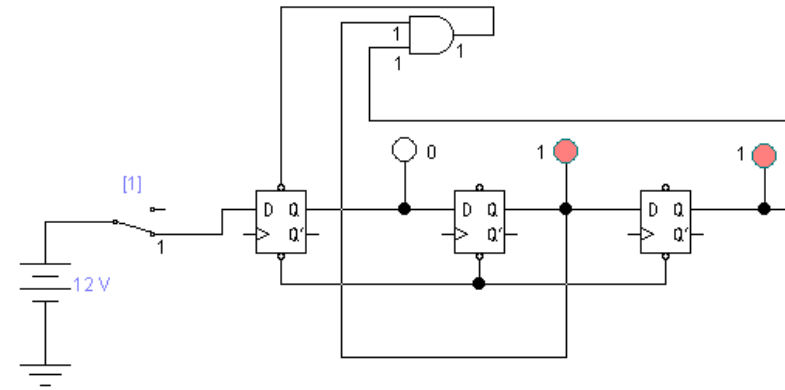


Рис.9. Схема счетчика с коэффициентом счета  $K_{сч}=4$ .

На схеме видно, что первый индикатор не горит, а второй и третий - горят. В цифровом коде получили 110, а  $110_2 = 6_{10}$ . Счетчик построен правильно.

Вывод: построили счетчик с коэффициентом счета 4, проверили его работоспособность.

### 2.3. Лабораторная работа 3

#### Изучение универсального сдвигающего регистра

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схемы регистра, изучить принцип его работы.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Indicators, Logic Gates.
3. Собрать схему универсального сдвигающего регистра в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла register.ewb, выбрать нужный диск и папку.

#### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: Построить схему универсального сдвигающего регистра. Записать параллельно, последовательно, сохранить, сдвинуть влево, вправо двоичный код 010.

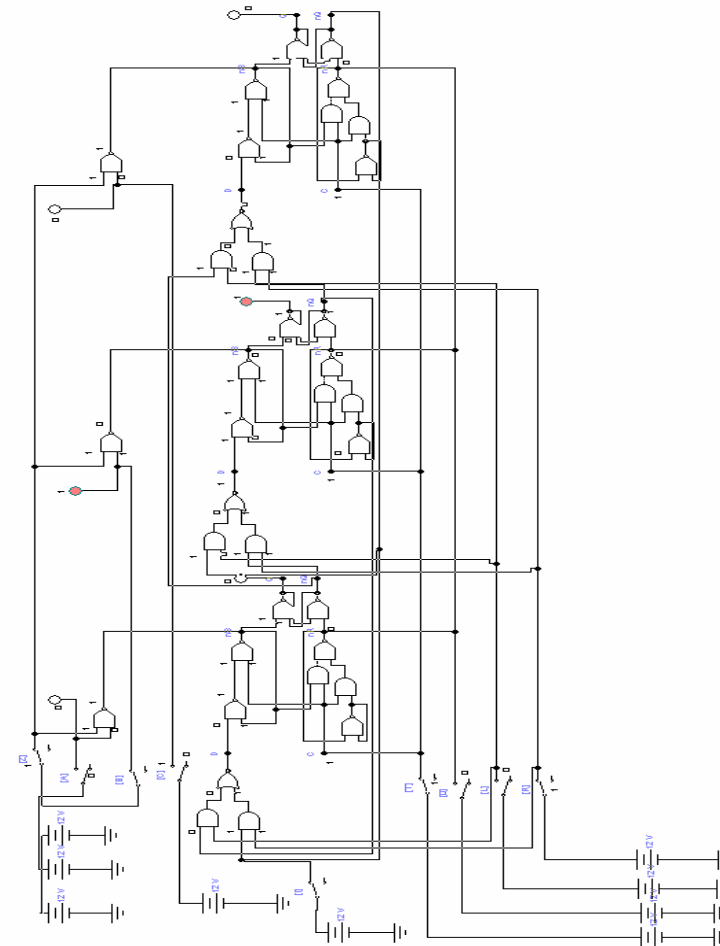


Рис.10. Схема универсального сдвигающего регистра

Схема показывает, что двоичный код 010 записан параллельно.

Вывод: построили универсальный сдвигающий регистр, заданный двоичный код записали параллельно, сдвинули вправо и влево.

## 2.4. Лабораторная работа 4

### Изучение многоразрядного сумматора.

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схемы сумматора, изучить принцип его работы.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Indicators, Logic Gates.
3. Собрать схему многоразрядного сумматора в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла summator.ewb, выбрать нужный диск и папку.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе

Методический пример:

Задание: построить схему многоразрядного сумматора для сложения чисел 5 и 2.

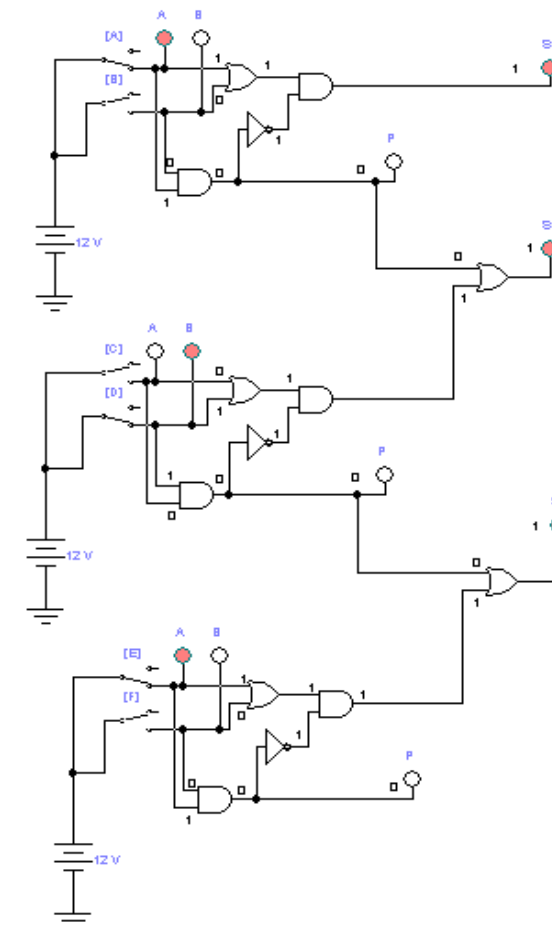


Рис. 11. Схема трехразрядного сумматора

$5_{10} = 101_2$ ;  $2_{10} = 010_2$ . После сложения на выходе сумматора получили код 111 (двоичный код считывается снизу вверх).

Проверка:  $5 + 2 = 7$ ;  $7_{10} = 111_2$ .

Вывод: построили сумматор для сложения чисел 5 и 2 в двоичном коде.

## 2.5. Лабораторная работа 5

### Изучение шифратора (кодера)

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схем шифраторов, изучить их работу.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Logic Gates, Indicators.
3. Собрать схему шифратора в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла shifrator.ewb, выбрать нужный диск и папку.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: построить схему шифратора и закодировать число 9.

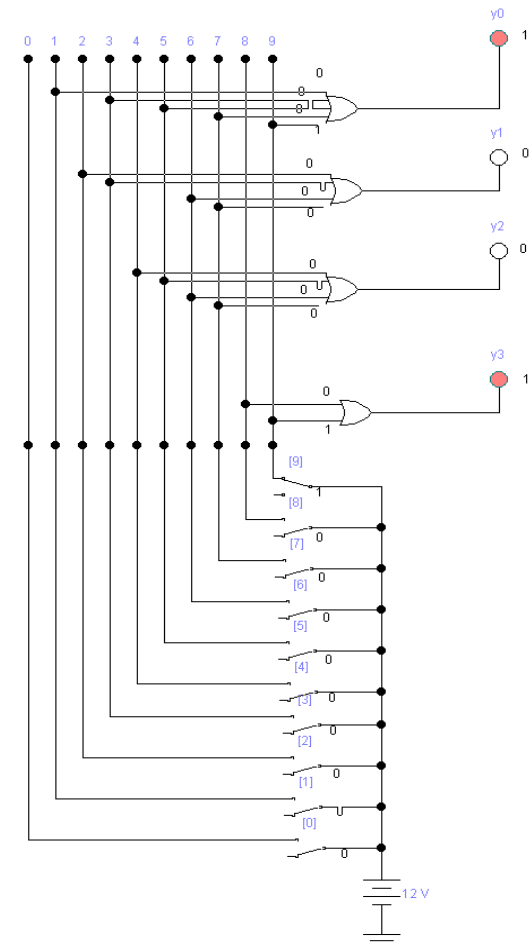


Рис. 12. Схема шифратора

При замкнутом ключе 9 на выходах шифратора  $y_0$  и  $y_3$  есть сигнал, соответствующий высокому уровню напряжения. Следовательно, получаем двоичный код 1001.

Проверка:  $9_{10} = 1001_2$

Вывод: построили шифратор и закодировали двоичное число 9

## 2.6. Лабораторная работа 6

### Изучение дешифратора (декодера)

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схемы дешифратора, изучить их работу.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Logic Gates, Indicators.
3. Собрать схему шифратора в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла deshifrator.ewb, выбрать нужный диск и папку.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: Построить схему дешифратора и декодировать число 6.

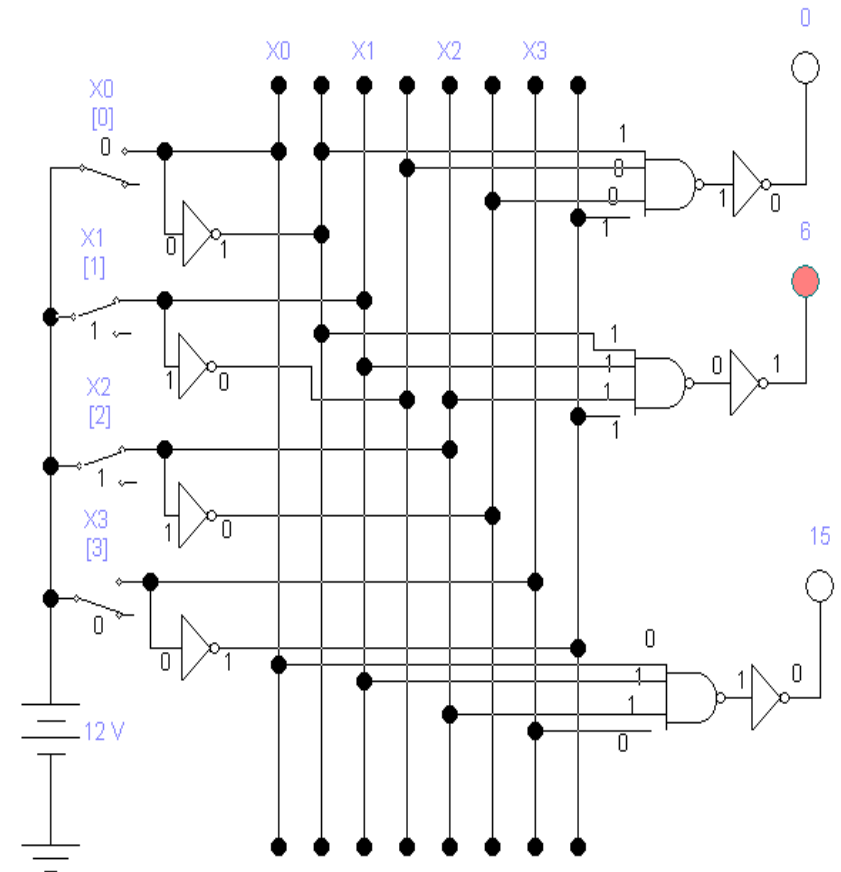


Рис. 13. Схема дешифратора

На входе дешифратора двоичный код 0110, а на выходе горит лампа, соответствующая десятичному числу 6.

Вывод: построили дешифратор, расшифровали двоичный код 0110.

## 2.7. Лабораторная работа 7

### Изучение многоразрядного цифрового компаратора

Цель работы: приобрести практические навыки по сборке схемы компаратора, изучить принцип его работы.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить программу Electronics Workbench.
2. На панели компонентов открыть пиктограммы Sources, Basic, Logic Gates, Indicators.
3. Собрать схему компаратора в соответствии с вариантом.
4. Включить схему и проверить ее работоспособность.
5. Зафиксировать показания на выходе.
6. Выключить схему и сохранить ее: File-Save As, ввести имя файла comparator.ewb, выбрать нужный диск и папку.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы, ее цель.
2. Задание на лабораторную работу (по варианту).
3. Схема.
4. Результаты работы схемы.
5. Вывод о проделанной работе.

Методический пример:

Задание: Построить схему многоразрядного цифрового компаратора для сравнения чисел 3 и 6.

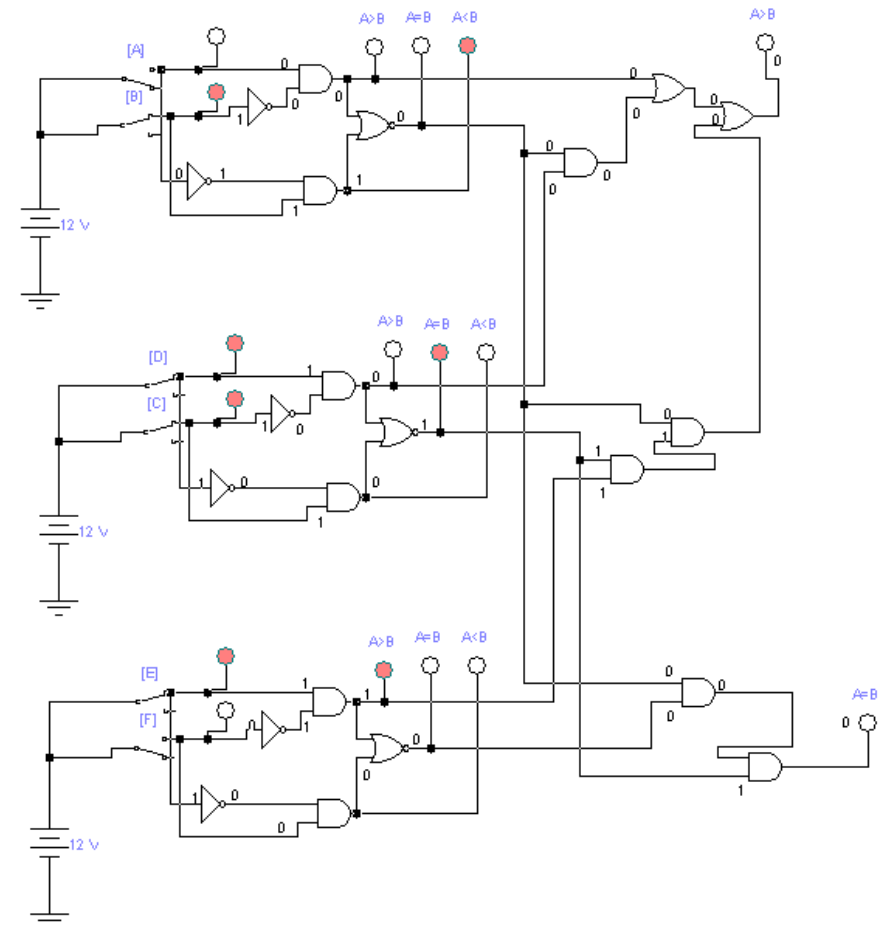


Рис. 14 Схема многоразрядного компаратора

На выходе компаратора не горит не одна лампа, следовательно,  $A < B$  по умолчанию.

Вывод: построили компаратор и сравнили 2 числа 3 и 6. Результат:  $A < B$ .



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Варианты заданий к лабораторной работе № 1

1. статический D-триггер
2. RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ
3. динамический D-триггер
4. RS-триггер на элементах И-НЕ
5. счетный МС-триггер
6. УК-триггер
7. статический Д-триггер
8. RS-триггер на элементах И-НЕ
9. динамический Д-триггер
10. универсальный УК-триггер
11. счетный триггер
12. RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ
13. динамический Д-триггер
14. RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ
15. статический триггер (Д)
16. универсальный УК-триггер
17. RS-триггер на элементах И-НЕ
18. счетный МС-триггер
19. статический Д-триггер
20. RS-триггер на элементах И-НЕ
21. динамический Д-триггер
22. универсальный УК-триггер
23. счетный МС-триггер
24. RS-триггер на элементах ИЛИ-НЕ
25. Динамический Д-триггер

### Приложение Б

#### Варианты заданий к лабораторной работе № 2

№ варианта	Ксч
1	20
2	18
3	11
4	19
5	6
6	17
7	13
8	22
9	5
10	24
11	31
12	23
13	28
14	3
15	21
16	30
17	25
18	34
19	26
20	29
21	35
22	27
23	36
24	41
25	37

**Приложение В**  
**Варианты заданий к лабораторной работе № 3**

<b>№ варианта</b>	<b>двоичный код</b>
1	101
2	011
3	1101
4	1010
5	1001
6	110
7	010
8	1011
9	0010
10	0100
11	001
12	1110
13	101
14	0110
15	10101
16	01010
17	10111
18	01110
19	01000
20	00100
21	10001
22	01011
23	01111
24	11000
25	

**Приложение Г**  
**Варианты заданий к лабораторной работе № 4**

<b>№ варианта</b>	<b>1 слагаемое</b>	<b>2 слагаемое</b>
1	2	12
2	8	5
3	4	7
4	10	6
5	11	4
6	7	9
7	9	13
8	12	6
9	5	17
10	6	13
11	13	5
12	3	10
13	7	11
14	12	7
15	14	6
16	15	4
17	17	2
18	19	3
19	8	13
20	9	10
21	6	17
22	10	5
23	11	8
24	9	6
25	12	4

**Приложение Д**  
**Варианты заданий к лабораторной работе № 5**

<b>№ варианта</b>	<b>Десятичное число</b>
1	5
2	4
3	2
4	7
5	6
6	8
7	7
8	9
9	1
10	3
11	4
12	2
13	6
14	9
15	5
16	8
17	0
18	1
19	3
20	0
21	5
22	6
23	7
24	9
25	8

**Приложение К**  
**Варианты заданий к лабораторной работе № 6**

<b>№ варианта</b>	<b>Десятичное число</b>
1	6
2	3
3	1
4	0
5	4
6	12
7	6
8	10
9	13
10	11
11	0
12	8
13	9
14	4
15	13
16	1
17	11
18	7
19	6
20	13
21	10
22	8
23	8
24	13
25	0

**Приложение Л**  
**Варианты заданий к лабораторной работе № 7**

<b>№ варианта</b>	<b>1 число (А)</b>	<b>2 число (В)</b>
1	1	3
2	2	4
3	3	5
4	7	6
5	4	4
6	5	7
7	6	6
8	5	3
9	4	6
10	2	6
11	3	3
12	1	6
13	6	2
14	6	7
15	5	5
16	4	1
17	3	6
18	2	2
19	7	2
20	1	5
21	5	6
22	3	7
23	4	5
24	7	3
25	2	5

**Приложение М**  
**Список сокращений**

- БЛЭ** – базовый логический элемент  
**ЛКМ** – левая клавиша мыши  
**ЛЭ** – логический элемент  
**УГО** – условное графическое изображение
- DIN** – немецкий инженерный стандарт  
**EWB** - Electronics Workbench (название программы)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. - М.: Радио и связь, 1982.- 416 с.
2. Джонс М.Х. Электроника – практический курс. – М.: Постмаркет, 1999.- 528 с.
3. Демкин В.П., Можаяев Г.В. Классификация образовательных электронных изданий: основные принципы и критерии. Методическое пособие для преподавателей. Томск, ТГУ, 2003.
4. Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.-260 с. – (МРБ, 1251).
5. Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. Electronics Workbench и Micro-Cap. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.- 311 с.: ил.-(МРБ, 1263).
6. Микросхемы ТТЛ. Справочник: В 2-х т. Пер с нем. – М.: LVR Пресс, 2001.
7. Фромберг Э.М. Конструкция на элементах цифровой техники. – М.: Горячая линия -Телеком, 2001.- 264 с. – (МРБ, 1249).