

# Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вологодский государственный университет»  
(ВоГУ)

Машиностроительный техникум

В.А. Кулигин

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Лабораторно-практические работы по электротехнике и электронике

*Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ*

Вологда  
2016

УДК 621.3+621.38(076)

ББК 31.2+32.85

К90

Рецензенты:

А.С. Степанов, кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ВоГУ;  
Н.Н. Гулина, преподаватель высшей категории машиностроительного  
техникума ВоГУ.

Кулигин В.А.

Лабораторно-практические работы по электротехнике и электронике:  
учебное пособие // В.А. Кулигин. – Вологда: ВоГУ, 2016. – 67с.

В учебном пособии представлены общие вопросы организации и выполнения комплекса лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника», а так же их содержание и состав, изложены требования к оформлению расчетной и графической части лабораторно-практических работ. Подробно описана последовательность выполнения лабораторных исследований и обработки полученных результатов. В учебное пособие включены примеры проведения расчетов и оформления лабораторно-практических работ, представлены краткие теоретические сведения об исследуемом объекте. Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительного техникума очной формы обучения по специальностям: 23.02.03 – Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 15.02.01 – Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям), 09.02.04 – Информационные системы (по отраслям), 15.02.08 – Технология машиностроения.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                            | 4  |
| ЛПР М1 Исследование работы выпрямительного диода .....                                                    | 5  |
| ЛПР М2 Исследование работы симметричного тиристора .....                                                  | 12 |
| ЛПР М3 Расчет цепи логических элементов .....                                                             | 18 |
| ЛПР М4 Исследование работы логического элемента .....                                                     | 25 |
| ЛПР М5 Исследование работы дешифратора.....                                                               | 29 |
| ЛПР М6 Исследование работы RS-триггера .....                                                              | 35 |
| ЛПР М7 Исследование работы двоичного счетчика .....                                                       | 42 |
| ЛПР М8 Исследование работы компаратора .....                                                              | 48 |
| ЛПР М9 Исследование работы генератора прямоугольных импульсов,<br>собранный на логических элементах ..... | 54 |
| ЛПР М10 Исследование работы Драйвера двигателей .....                                                     | 59 |
| Приложение 1 .....                                                                                        | 66 |
| Приложение 2 .....                                                                                        | 67 |

## ВВЕДЕНИЕ

«Электротехника и электроника» – это общепрофессиональная дисциплина, изучаемая студентами по специальностям технического профиля. Дисциплина направлена на формирование общих и профессиональных компетенций, в том числе организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту металлорежущего оборудования, автомобильного транспорта, организовывать безопасное ведение работ.

Учебное пособие имеет своей целью формирование навыков самостоятельного выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника». При этом решаются следующие задачи: обобщение теоретических знаний по дисциплине, формирование специальных умений и навыков при работе с электрическими приборами и электронными компонентами. Особое внимание уделяется формированию компетенции, которая позволит студентам в будущем организовать собственную деятельность и выбрать типовые методы выполнения профессиональных задач, связанных с вопросами эксплуатации электрических цепей.

Методика выполнения комплекса лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» предполагает, во-первых, обязательное изучение теоретического материала; во-вторых, овладение специальной терминологией; в-третьих, усвоение последовательности выполнения работы; в-четвертых, выполнение самой лабораторно-практической работы; в-пятых, подготовку ответов на контрольные вопросы.

К выполнению лабораторно-практических работ допускаются студенты, освоившие теоретический материал и правила техники безопасности при работе с электрическими приборами и электронными компонентами.

## ЛАБОРАТОРНО-ТРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № М1 (Т21)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ДИОДА

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру выпрямительного диода;
- 1.2 Изучить подключение выпрямительного диода;
- 1.3 Изучить процесс изменения внутреннего сопротивления выпрямительного диода;
- 1.4 Построить ВАХ выпрямительного диода;
- 1.5 Определить участок резкого изменения внутреннего сопротивления выпрямительного диода.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является выпрямительный диод. Для исследования его работы и последующего построения вольт-амперной характеристики применяется следующая электрическая схема (см. рис. 1.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – регулируемый источник постоянного тока; *SA1* – переключатель; *PV1* – вольтметр; *PA1* – амперметр; *FU1* – плавкий предохранитель; *VD1* – выпрямительный диод. Источник постоянного тока является лабораторным блоком питания, следовательно, обладает возможностью регулировать выходное напряжение в широком диапазоне. Амперметр и вольтметр являются цифровыми приборами, а не аналоговыми, для повышения точности определения параметров.

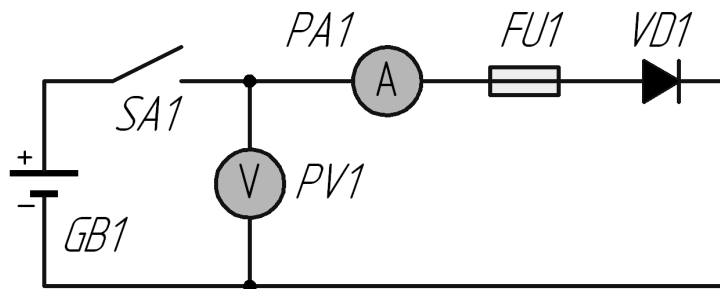


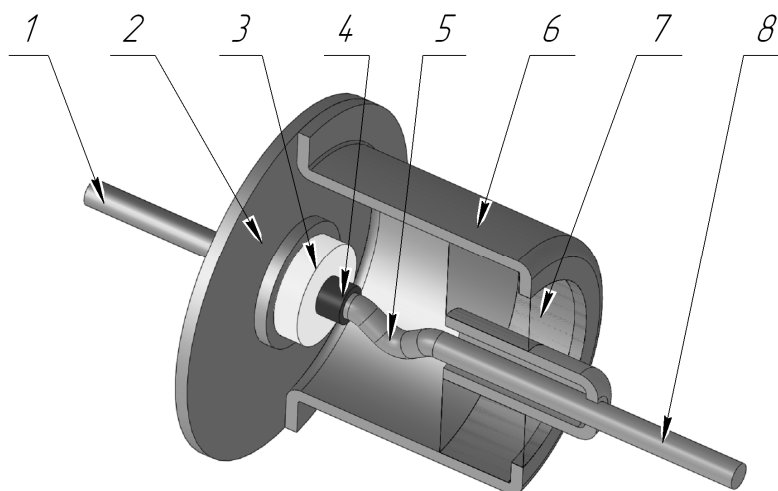
Рисунок 1.1 – Электрическая схема для исследования работы выпрямительного диода

Как известно, при прямом протекании тока через выпрямительный диод, его сопротивление незначительно, поэтому для предотвращения возникновения короткого замыкания в схему введен плавкий предохранитель, который является защитным элементом. Исследование работы выпрямительного диода будет проходить при малых напряжениях. В этом случае величина силы тока не превысит максимально допустимое значение.

### 3 Краткая теория

*Выпрямительный диод* – это полупроводниковый прибор с односторонней проводимостью электрического тока. Односторонняя проводимость возникает вследствие создания «электронно-дырочного» перехода в полупроводнике или в контакте «металл-полупроводник».

Изготовление выпрямительного диода начинается путем сплавления легирующего элемента 4 в кристалл кремния 3, образующие выпрямительный P-N переход диода (см. рис. 1.2). Образовавшийся P-N переход устанавливают в кристаллодержатель 2, соединяющийся с контактом катода 1. Для защиты от внешнего воздействия P-N переход закрывают крышкой 6, которая соединяется с кристаллодержателем 2. В крышку устанавливается стеклянная втулка 7, контактирующая с контактом анода 8. Стеклянная втулка обеспечивает диэлектрическую связь между анодом и катодом. Контакт анода соединяется с пружинным контактом 5, который соприкасается с легирующим элементом 4. Пружинный контакт необходим для компенсации температурного расширения во время протекания через P-N переход тока, значение которого приближено к максимально допустимому значению.



*Рисунок 1.2 – Конструкция выпрямительного диода: 1 – контакт катода, 2 – кристаллодержатель, 3 – кристалл с N-типом проводимости; 4 – кристалл с P-типом проводимости, 5 – пружинный контакт, 6 – металлическая крышка, 7 – стеклянная втулка, 8 контакт анода*

При подключении к аноду положительного потенциала, а к катоду отрицательного потенциала внутреннее сопротивление диода уменьшится до некоторой величины, и через диод будет протекать ток. При подключении к аноду отрицательного потенциала, а к катоду положительного потенциала то внутреннее сопротивление диода увеличится до нескольких сотен МОм, и через диод практически не будет протекать ток.

На рисунке 1.3 представлена вольт-амперная характеристика выпрямительного диода, где отражается работа диода при прямом и обратном включении. Из ВАХ выпрямительного диода можно выявить ряд характеристик.

Максимально допустимый прямой ток  $I_{\text{Д}} \text{ } \dot{\text{I}}\text{A}\ddot{\text{O}}$  – максимально допустимое значение тока протекающего через выпрямительный диод. Превышение данного значения приводит к тепловому пробое структуры Р-Н перехода.

Номинальный прямой ток  $I_{\text{Д}} \text{ } \text{III}$  – рабочее значение прямого тока, при котором Р-Н переход сохраняет свою работоспособность в течение длительного времени без перегрева структуры полупроводника.

Номинальное прямое напряжение  $U_{\text{Д}} \text{ } \text{III}$  – рабочее значение прямого напряжения, обеспечивающего протекание через Р-Н переход номинального прямой ток.

Номинальный обратный ток  $I_{\text{АД}} \text{ } \text{III}$  – рабочее значение обратного тока, при котором Р-Н переход сохраняет свою работоспособность в течение длительного времени без перегрева структуры полупроводника.

Номинальное обратное напряжение  $U_{\text{АД}} \text{ } \text{III}$  – рабочее значение обратного напряжения, обеспечивающего протекание через Р-Н переход номинального обратного ток.

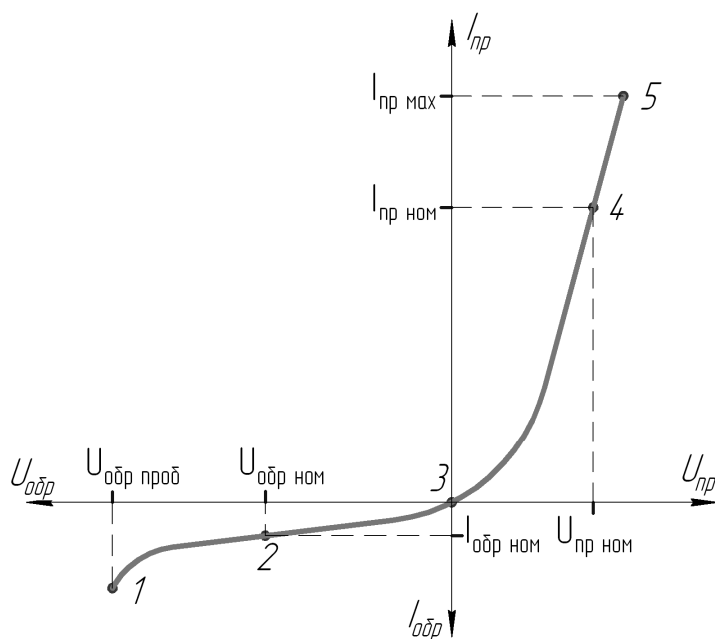


Рисунок 1.3 – Вольт-амперная характеристика выпрямительного диода

Максимально допустимое обратное напряжение  $U_{\text{АД}} \text{ } \dot{\text{I}}\text{A}\ddot{\text{O}}$  – максимально допустимое значение напряжения между анодом и катодом диод. Превышение данного значения приводит к пробое структуры Р-Н перехода.

Участки 2 – 3 и 3 – 4 обеспечивают работоспособность выпрямительного диода в течение долгого промежутка времени с сохранением всех параметров диода.

Участок 4 – 5 отражает уменьшение сопротивления P-N перехода диода по мере увеличения прямого напряжения, приводящего к перегреву структуры P-N перехода диода.

Участок 1 – 2 отражает стадию начала уменьшения сопротивления P-N перехода диода по мере увеличения обратного напряжения. В результате происходит пробой диода.

Выпрямительные диоды применяются для организации движения тока в нужном направлении и для изготовления выпрямителей, где они выступают в роли диодного моста.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики приборов

| Индекс<br>приб. | Наимен.<br>прибора | Род<br>тока | Класс<br>точн. | Изм.<br>система | Рабочее<br>полож. | Климат.<br>условия | Цена<br>дел. | Пределы<br>измер. |
|-----------------|--------------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| PV1             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PA1             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |

4.3 Проведение серии экспериментов из 10 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 1.2. Где  $I_{VD1}$  – показания амперметра PA1;  $U_{VD1}$  – показания вольтметра PV1;  $R_{VD1}$  – сопротивление выпрямительного диода VD1.

Таблица 1.2 – Результаты измерений

| Опыт           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| $U_{VD1}$ , В  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| $I_{VD1}$ , А  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| $R_{VD1}$ , Ом |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

4.4 Определение внутреннего сопротивления выпрямительного диода, базирясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

4.5 Построение вольт-амперной характеристики выпрямительного диода по данным табл. 1.2.

4.6 Определение участка резкого изменения внутреннего сопротивления выпрямительного диода.

4.7 Формулирование выводов по проделанной работе.

## 5 Пример построения ВАХ выпрямительного диода

5.1 Анализ результатов измерений полученных в ходе проведенных опытов. Определение максимальных и минимальных значений тока и напряжений. Предположим в ходе экспериментов были получены следующие значения представленные в таблице 1.3. Максимальное значение тока  $I_{VD1} = 0,473 \text{ A}$ , протекающего через диод наблюдается при значении напряжения  $U_{VD1} = 1,0 \text{ В}$ . Минимальное значение тока  $I_{VD1} = 0,000004 \text{ A}$ , протекающего через диод наблюдается при значении напряжения  $U_{VD1} = 0,1 \text{ В}$ .

Таблица 1.3 – Пример результатов измерений

| Опыт | $U_{VD1}, \text{ В}$ | $I_{VD1}, \text{ А}$ | $R_{VD1}, \text{ Ом}$ |
|------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1    | 0,1                  | 0,000004             | 25000                 |
| 2    | 0,2                  | 0,000026             | 7692                  |
| 3    | 0,3                  | 0,000555             | 540                   |
| 4    | 0,4                  | 0,00393              | 101                   |
| 5    | 0,5                  | 0,0111               | 45                    |
| 6    | 0,6                  | 0,0264               | 22                    |
| 7    | 0,7                  | 0,0593               | 12                    |
| 8    | 0,8                  | 0,109                | 7,5                   |
| 9    | 0,9                  | 0,285                | 3                     |
| 10   | 1,0                  | 0,473                | 2                     |

5.2 Построение координатных осей тока и напряжения (см. рис. 1.4а). В данном случае исследуется прямое включение диода, поэтому вольт-амперная характеристика будет охватывать только прямое включение выпрямительного диода. Ось тока располагают вертикально, а ось напряжения располагают горизонтально. Также на каждую ось необходимо нанести по десять делений, имеющих одинаковый шаг.

5.3 Выбор единичного значения каждой оси, в зависимости от значений тока и напряжения, полученных в ходе исследований. Ось напряжения при каждом опыте имело определенный шаг, следовательно, десять опытов хорошо укладываются в десять делений оси напряжений в диапазоне  $0,0 \dots 1,0 \text{ В}$  с шагом деления  $0,1 \text{ В}$  (см. рис. 1.4б).

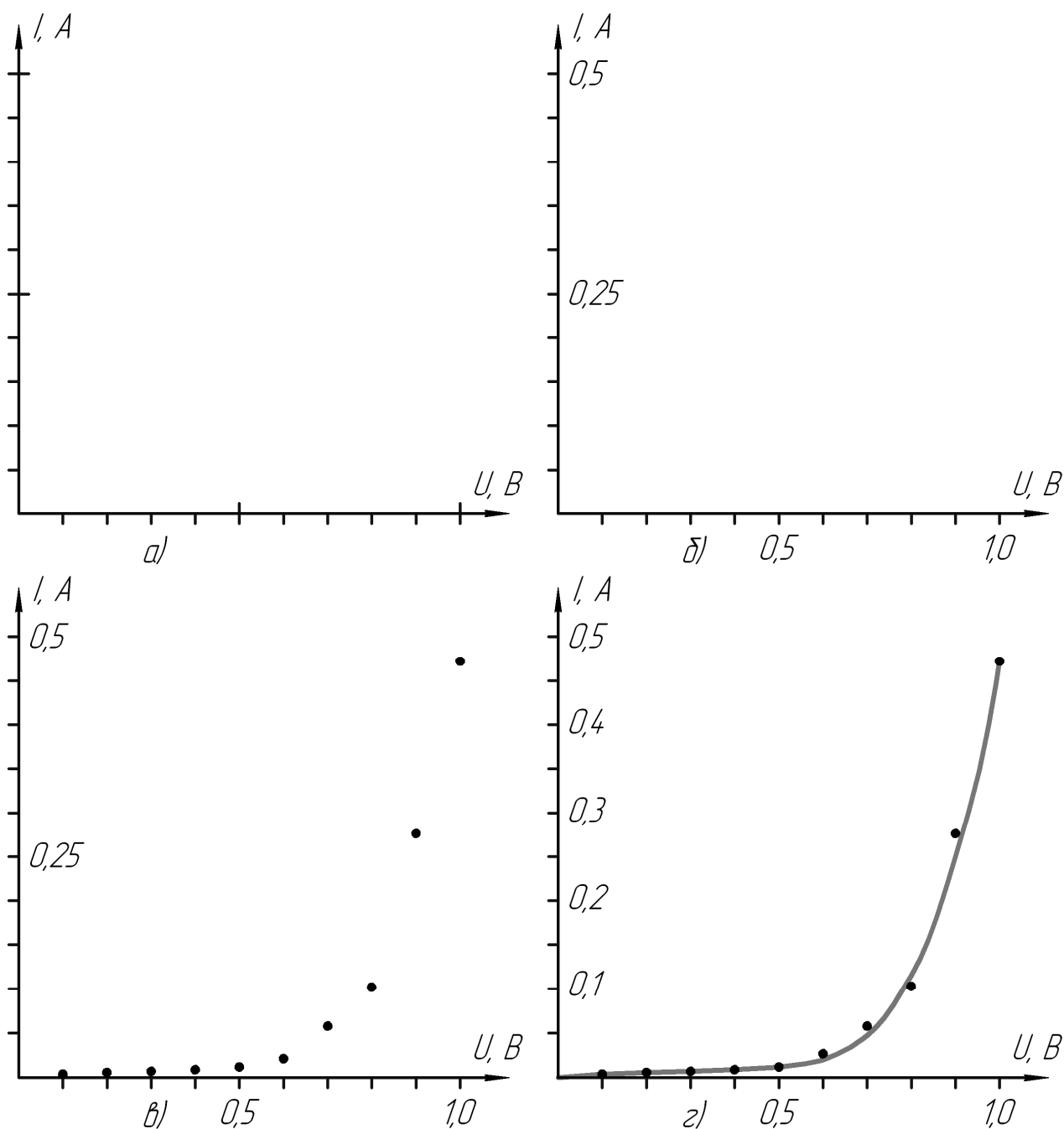


Рисунок 1.4 – Последовательность построения вольт-амперной характеристики активного элемента

Ось тока при каждом опыте имело определенный шаг, следовательно, для определения шага разбиения оси необходимо определить максимальное значение тока. Максимальное значение тока в данном случае составляет  $I_{VD1} = 0,473 A$ . Для того чтобы все значения, полученные в ходе опытов уложились в значения координатных осей, необходимо выбрать максимальное значение оси, которое превосходило бы максимальное значение, полученное в ходе опытов. Так же необходимо учесть возможность удобного шага разбиения

оси. В данном случае данным требованиям удовлетворяет максимальное значение оси  $I = 0,5 \text{ А}$  с шагом делений  $0,5 \text{ А}$  (см. рис. 1.4б).

5.4 Нанесение точек на диаграмму (см. рис. 1.4в). В диапазоне напряжений  $0,5 \dots 1,0 \text{ В}$  значения тока откладываются с максимальной точностью. В диапазоне напряжений  $0,0 \dots 0,4 \text{ В}$  значения тока отложить с максимальной точностью не удастся ввиду незначительного значения тока. В таком случае точки расставляются чуть выше оси напряжений (см. рис. 1.4в).

5.5 Построение вольт-амперной характеристики, базируясь по расположению точек. Так как вольт-амперная характеристика выпрямительного диода представляет собой плавную кривую, то построение кривой необходимо проводить методом аппроксимации. В результате не все точки попадут на график вольт-амперной характеристики (см. рис. 1.4г).

## 6 Требования к оформлению

6.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 ( $210 \times 297 \text{ мм}$ ), которые не содержат посторонних надписей.

6.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

6.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

6.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

## Контрольные вопросы

- 1) Что такое выпрямительный диод?
- 2) Как на электрических схемах обозначается выпрямительный диод?
- 3) От каких параметров зависит сопротивление выпрямительного диода?
- 4) На каких участках ВАХ выпрямительный диод может долго сохранять свои эксплуатационные характеристики?
- 5) На каких участках ВАХ выпрямительный диод работает в режиме близкому к пробую?

## ЛАБОРАТОРНО-ТРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № М2 (Т22)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО ТИРИСТОРА

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру симметричного тиристора;
- 1.2 Изучить подключение симметричного тиристора;
- 1.3 Изучить процесс изменения внутреннего сопротивления симметричного тиристора;
- 1.4 Построить ВАХ симметричного тиристора;
- 1.5 Определить участок резкого изменения внутреннего сопротивления симметричного тиристора.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является симметричный тиристор. Для исследования его работы и последующего построения вольт-амперной характеристики применяется следующая электрическая схема (см. рис. 2.1). В состав схемы входят следующие элементы:  $GB1$  – регулируемый источник постоянного тока;  $GB2$  – нерегулируемый источник постоянного тока;  $SA1...SA3$  – переключатели;  $PV1...PV3$  – вольтметры;  $PA1$  – амперметр;  $VS1$  – симметричный тиристор;  $R1...R3$  – резисторы;  $R4$  – токоограничительный резистор;  $HL1$  – индикаторный светодиод.

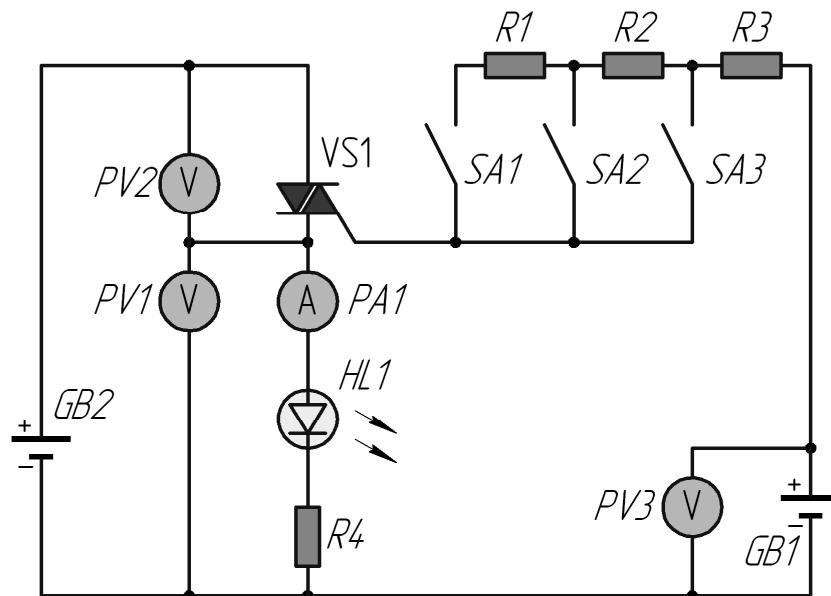


Рисунок 2.1 – Электрическая схема для исследования работы симметричного тиристора

Источник постоянного тока  $GB1$  является лабораторным блоком питания, следовательно, обладает возможностью регулировать выходное напряжение в широком диапазоне.

### 3 Краткая теория

*Тиристор* – полупроводниковый прибор с тремя или более P-N переходами, вольт-амперная характеристика которого имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением, который используется для переключения.

Тиристоры иногда называют управляемыми диодами и применяют, как твердотельные переключатели. Тиристор имеет три контакта (см. рис. 2.2): анод и катод подключаются к управляемой цепи, а управляющий контакт необходим для включения тиристора.

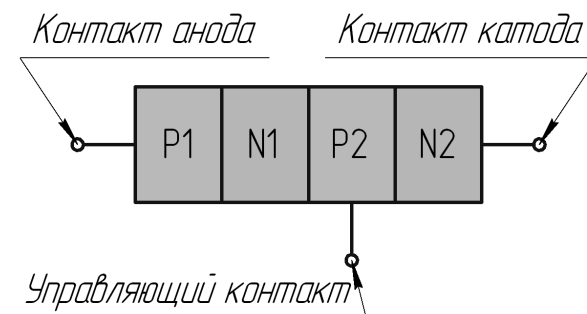


Рисунок 2.2 – Структура тиристора

Тиристор может находиться в двух устойчивых состояниях: открытое и закрытое состояние. Переход из одного состояния в другое осуществляется мгновенно. Поэтому тиристоры используются как твердотельные переключатели.

*Открытое состояние* – сопротивление между анодом и катодом незначительное, следовательно, между анодом и катодом протекает ток;

*Закрытое состояние* – сопротивление между анодом и катодом стремится к бесконечности, следовательно, между анодом и катодом не протекает ток.

На рисунке 2.3 представлена вольт-амперная характеристика тиристора.

Участок 1 – 2 соответствует включению тиристора в обратном направлении. Физические процессы, происходящие в нем полностью эквивалентны процессам выпрямительного диода при обратном включении.

Участок 2 – 3 отражает включение тиристора в прямом направлении, но на управляющий контакт не поступает ток. Сопротивление тиристора увеличивается по мере увеличения прямого напряжения.

Точка 3 соответствует моменту подачи на управляющий контакт некоторой величины тока.

Участок 3 – 4 соответствует процессу перехода тиристора в открытое состояние под воздействием управляющего тока.

Участок 4 – 5 отражает открытое состояние тиристора, когда его сопротивление уменьшается по мере увеличения прямого напряжения.

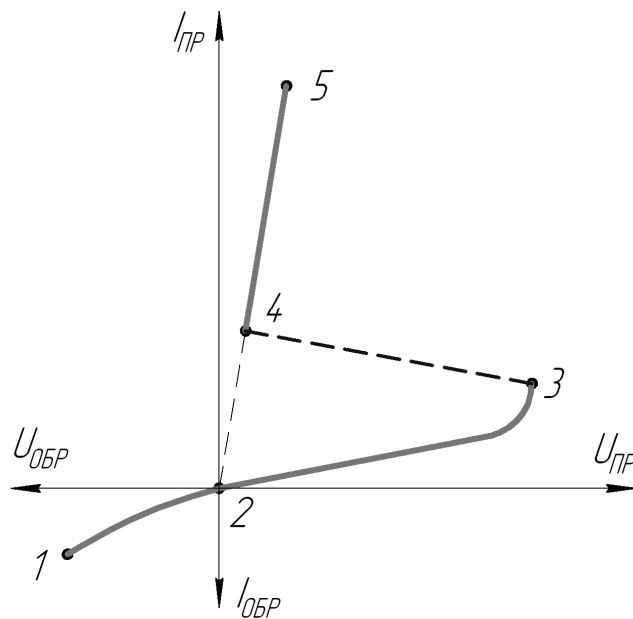


Рисунок 2.3 – Вольт-амперная характеристика тиристора

## 11.2 Симисторы

*Симистор* – это симметричный тиристор, который применяется для коммутации нагрузки в цепях переменного тока. Симисторы имеют пятислойную структуру с чередующимся типом проводимости.

Симистор управляется положительным и отрицательным потенциалом, подаваемым на управляющий контакт. При этом работа симистора не зависит от полярности напряжения между анодом и катодом. А тиристор требует наличие положительного или отрицательного потенциала на управляющем контакте, в зависимости от способа управления (по аноду или катоду).

Закрывание симистора происходит каждый раз, когда напряжение между анодом и катодом меняет свое направление или величина тока снижается до нуля. Поэтому симисторы не требуют наличия специальных устройств для закрывания.

Если симистор попадает в цепь постоянного тока, то его работа становится подобна работе тиристора. Это значит, что после отключения питающего тока, симистор остается открытым. При этом его закрывание будет подобно закрыванию симистора.

На рисунке 2.4 представлена вольт-амперная характеристика симистора. Как видно, прямая ветвь вольт-амперной характеристики является симметричной обратной ветви.

Тиристоры и симисторы находят широкое применение в охранных системах, для коммутации в цепях переменного и постоянного тока, обслуживающих электродвигатели и другую индуктивную нагрузку. Применение симисторов для коммутации индуктивной нагрузки особенно

актуально, так как отключение работающего оборудования обеспечивается полупроводниковой структурой симистора, а не механическим переключателем, следовательно, не происходит образование электрической дуги.

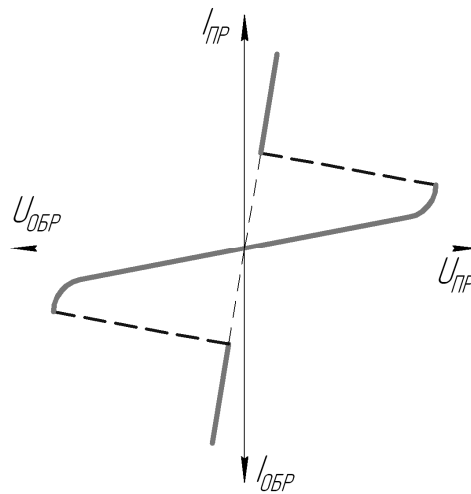


Рисунок 2.4 – Вольт-амперная характеристика симистора

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики приборов

| Индекс<br>приб. | Наимен.<br>прибора | Род<br>тока | Класс<br>точн. | Изм.<br>система | Рабочее<br>полож. | Климат.<br>условия | Цена<br>дел. | Пределы<br>измер. |
|-----------------|--------------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| PV1             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PV2             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PV3             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PA1             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |

4.3 Проведение серии экспериментов из 7 опытов и отображение показаний приборов в таблице 2.2. Где  $I_{VD1}$  – показания амперметра PA1;  $U_{VD1}$  – показания вольтметра PV1;  $R_{VD1}$  – сопротивление выпрямительного диода VD1.

4.4 Построение диаграммы отражающей переходное состояние от закрытого состояния в открытое состояние (см. рис. 2.5).

4.5 Формулирование выводов по проделанной работе.

Таблица 2.2 – Результаты экспериментов

| Опыт | $R$ , Ом | $U_{GB1}$ , В | $U_{VS1}$ , В | $I_{VS1}$ , А | $R_{VS1}$ , Ом | $U_{HL1}$ , В | $P_{HL1}$ , Вт |
|------|----------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 1    |          |               |               |               |                |               |                |
| 2    |          |               |               |               |                |               |                |
| 3    |          |               |               |               |                |               |                |
| 4    |          |               |               |               |                |               |                |
| 5    |          |               |               |               |                |               |                |
| 6    |          |               |               |               |                |               |                |
| 7    |          |               |               |               |                |               |                |

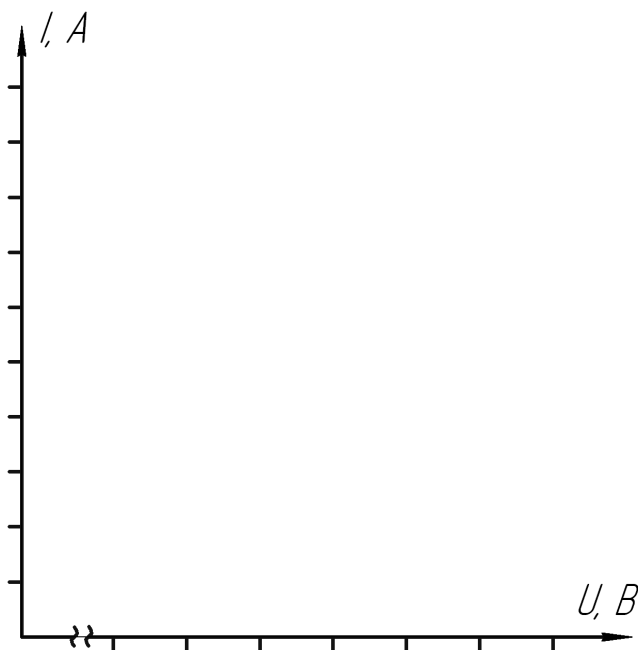


Рисунок 2.5 – Диаграмма переходного процесса симистора

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и*

*простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое симистор?
- 2) Чем отличается симистор от тиристора?
- 3) В каких устойчивых состояниях может находиться симистор?
- 4) От чего зависит сопротивление симистора?
- 5) Как можно закрыть симистор?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № МЗ

## РАСЧЕТ ЦЕПИ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

### 1 Цель работы

- 1.1 Познакомиться с логическими элементами с различными функциями;
- 1.2 Изучить функции логических элементов;
- 1.3 Научиться рассчитывать цепь логических элементов.

### 2 Объект исследования

Объектом исследования является цепь логических элементов различных функций с различным вариантом соединения входов и выходов. На рисунке 3.1 представлены варианты соединения логических элементов. Каждая схема состоит из десяти логических элементов с функциями: И, И-НЕ, НЕ, ИЛИ и ИЛИ-НЕ. Схема обладает четырьмя входными сигналами  $X_1...X_4$  и одним выходным сигналом  $Y_{10}$ . также присутствуют девять промежуточных выходных сигнала  $Y_1...Y_9$ , которые являются входными сигналами для других логических элементов.

### 3 Краткая теория

*Логический элемент* – это такой элемент, который может выполнять одну из функций алгебры логики с использованием двоичного кода.

В настоящее время в промышленности создаются логические элементы, выполняющие семь различных функций. Некоторые из функций используются широко, а некоторые имеют специфические особенности логики и применяются только в конкретной сфере, для решения конкретных задач. Среди функций логических элементов можно выделить

Каждый логический элемент имеет один и не несколько входов и один выход. Обычно у одного логического элемента в зависимости от назначения может быть от одного до восьми входов. На входы подается некоторый сигнал с логическим уровнем 1 или 0. На выходе, в зависимости от функции, по которой работает логический элемент, так же будет логический уровень 0 или 1. Сигнал, который поступает на вход, обозначается буквой  $\tilde{O}$ , если входов несколько, то добавляется индекс. Выходной сигнал обозначается буквой  $Y$ .

Условное графическое изображение логических элементов и таблицы истинности приведены в таблице 3.1.

Элемент НЕ имеет один вход и один выход. На электрических схемах элемент НЕ изображается в виде прямоугольника с двумя контактами  $\tilde{O}$  и  $Y$ . Внутри прямоугольника ставится символ «1». Инверсия элемента отображается кружком в основании контакта  $Y$ . В его задачу входи преобразовывать входной

сигнал одного логического уровня в противоположный сигнал, например, если на вход подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе будет сигнал низкого уровня (лог. 0) и на оборот.

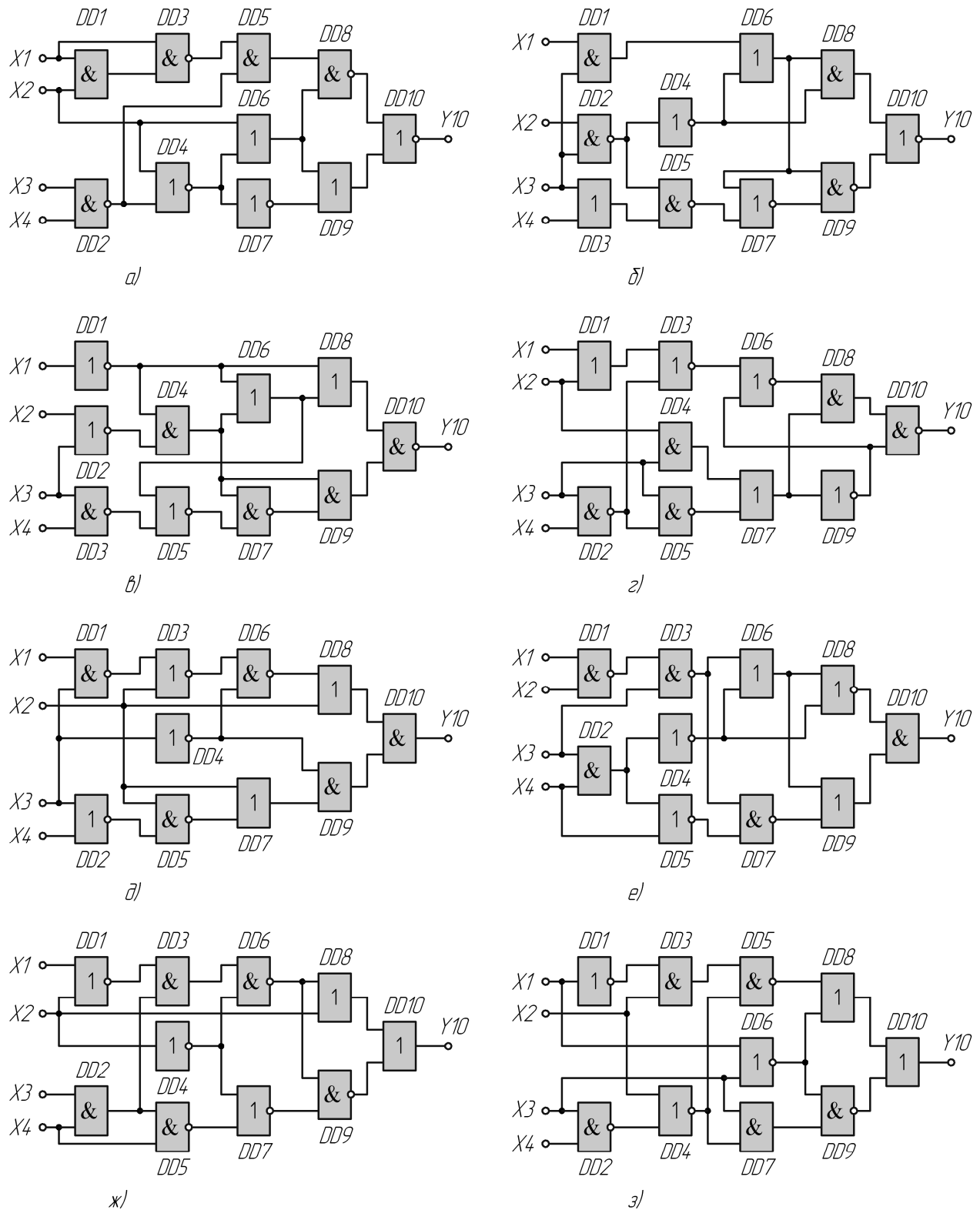


Рисунок 3.1 – Расчетные схемы логических элементов

Элемент И имеет два и более входа и один выход. Внутри прямоугольника ставится символ «&» (амперсанд). Работа данного элемента

закljučается в то, что на выходе  $Y$  появится сигнал высокого уровня (лог. 1) только тогда, когда на все входы будет подан сигнал высокого уровня (лог. 1). Если на один из входов будет поступать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

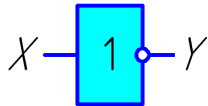
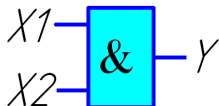
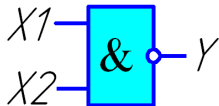
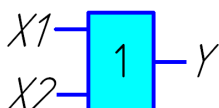
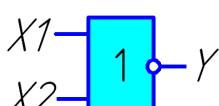
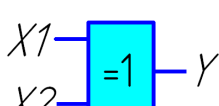
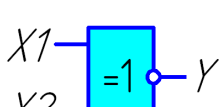
Образование логического элемента с функцией И-НЕ получается путем синтеза двух элементов И и НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход, отображающийся на схеме кружком, а внутри элемента будет стоять символ «&», так как элемент изначально выполняет функцию элемента И. В результате если на все входы  $\tilde{O}$  логического элемента подать высокий уровень сигнала (лог. 1), то на выходе  $Y$  будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Если хоть на один вход или на все подать сигнал низкого уровня, то на выходе будет сигнал высокого уровня.

Элемент с функцией ИЛИ так же как и элемент И может иметь два и более входов и один выход. На схемах элемент ИЛИ обозначается символом «1», это обозначение совпадает с обозначением элемента НЕ, только в данном случае входов несколько. Принцип работы элемента ИЛИ заключается в том, что если на все или хотя бы на один из входов  $\tilde{O}$  подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе  $Y$  будет высокий уровень сигнала (лог. 1). Если на все входы  $\tilde{O}$  подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе  $Y$  будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

Образование логического элемента с функцией ИЛИ-НЕ получается путем соединения двух элементов ИЛИ и НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход. Элемент с функцией ИЛИ-НЕ обозначается символом «1», так как элемент изначально выполняет функцию элемента НЕ. Работа элемента ИЛИ-НЕ прямо противоположна работе элемента ИЛИ. Поэтому если на все или хотя бы на один из входов  $\tilde{O}$  подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе  $Y$  будет высокий уровень сигнала (лог. 0). Если на все входы  $\tilde{O}$  подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе  $Y$  будет сигнал низкого уровня (лог. 1).

Элемент с функцией ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ может иметь несколько входов, но один выход. Такие элементы встречаются редко. На схемах такой элемент обозначается символом «=1». Принцип работы элемента ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ заключается в том, что если на все входы  $\tilde{O}$  подать сигнал высокого (лог. 1) или низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет низкий уровень сигнала (лог. 0). Если на один из входов  $\tilde{O}$  подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе  $Y$  будет сигнал высокого уровня (лог. 1).

Таблица 3.1 – Логические элементы

| Логический элемент     |                                                                                     | Таблица истинности |     |                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----------------|
| Функция                | Графическое изображение                                                             | Входной сигнал     |     | Выходной сигнал |
|                        |                                                                                     | X1                 | X2  | Y               |
| НЕ                     |    | 1                  | Нет | 0               |
|                        |                                                                                     | 0                  | Нет | 1               |
| И                      |    | 0                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 1               |
| И-НЕ                   |    | 0                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 0               |
| ИЛИ                    |  | 0                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 1               |
| ИЛИ-НЕ                 |  | 0                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 0               |
| Исключающ<br>ие ИЛИ    |  | 0                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 0               |
| Исключающ<br>ие ИЛИ-НЕ |  | 0                  | 0   | 1               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 0   | 0               |
|                        |                                                                                     | 0                  | 1   | 0               |
|                        |                                                                                     | 1                  | 1   | 1               |

Образование логического элемента с функцией ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ-НЕ получается путем соединения двух элементов ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ и НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход. На схемах такой элемент обозначается символом «=1». Принцип работы элемента ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ-НЕ заключается в том, что если на все входы  $\tilde{O}$  подать сигнал высокого (лог. 1) или низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет высокий уровень сигнала (лог. 1). Если на один из входов  $\tilde{O}$  подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе  $Y$  будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Анализ цепи логических элементов и подготовка в рабочей тетради таблицы 3.2.

*Таблица 3.2 – Входные и выходные сигналы*

| Вар.<br>вход.<br>сигнала | Входной сигнал |    |    |    | Выходной сигнал |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|--------------------------|----------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                          | X1             | X2 | X3 | X4 | Y1              | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 | Y8 | Y9 | Y10 |
| 1                        |                |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| 2                        |                |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| 3                        |                |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| 4                        |                |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |

4.3 Ознакомление с имеющимися данными и отображение их в таблице 3.2.

4.4 Выполнение расчета выходных параметров  $Y1...Y10$  цепи логических элементов. Необходимо произвести расчет четырех вариантов входного сигнала.

4.5 Заполнение таблицы 3.2.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе.

#### 5 Пример расчета цепи логических элементов

5.1 Анализ цепи логических элементов. На рисунке 3.3 приведена цепь, состоящая из 6 логических элементов с пятью различными функциями. Все элементы соединены между собой, так что часть выходов являются входами других элементов. Входными сигналами цепи являются сигналы  $\tilde{O}1... \tilde{O}2$ , а выходным сигналом  $Y6$ .

5.2 Подстановка полученных данных в таблицу 2.3.

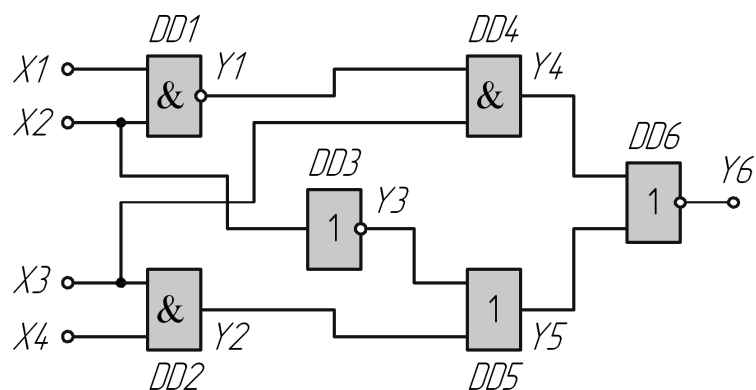


Рисунок 3.2 – Цепь логических элементов

Таблица 3.3 – Входные и выходные параметры цепи логических элементов

| Вар.<br>Вх.<br>сигнала | Входной сигнал |    |    |    | Выходной сигнал |    |    |    |    |    |
|------------------------|----------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|----|
|                        | X1             | X2 | X3 | X4 | Y1              | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 |
| 1                      | 0              | 0  | 0  | 0  |                 |    |    |    |    |    |
| 2                      | 0              | 0  | 0  | 1  |                 |    |    |    |    |    |
| 3                      | 0              | 0  | 1  | 0  |                 |    |    |    |    |    |
| 4                      | 0              | 0  | 1  | 1  |                 |    |    |    |    |    |

5.3 Определение выходного сигнала Y1 элемента DD1 для первого варианта входного сигнала. Логический элемент DD1 имеет функцию И-НЕ и обладает двумя входами, на которые поступают сигналы X1 и X2, следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_1 = \overline{X_1 \times X_2} = \overline{0 \times 0} = 1$$

5.4 Определение выходного сигнала Y2 элемента DD2. Логический элемент DD2 имеет функцию И и обладает двумя входами, на которые поступают сигналы X3 и X4, следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_2 = X_3 \times X_4 = 0 \times 0 = 0$$

5.5 Определение выходного сигнала Y3 элемента DD3. Логический элемент DD3 имеет функцию НЕ и обладает одним входом, на который поступает сигнал X2, следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_3 = \overline{X_2} = \overline{0} = 1$$

5.6 Определение выходного сигнала Y4 элемента DD4. Логический элемент DD4 имеет функцию И и обладает двумя входами, на которые поступают сигналы X3 и Y1, следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_4 = X_3 \times Y_1 = 1 \times 0 = 0$$

5.7 Определение выходного сигнала  $Y_5$  элемента DD5. Логический элемент DD5 имеет функцию ИЛИ и обладает двумя входами, на которые поступают сигналы  $Y_2$  и  $Y_3$ , следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_5 = Y_2 + Y_3 = 0 + 1 = 1$$

5.8 Определение выходного сигнала  $Y_6$  элемента DD6. Логический элемент DD6 имеет функцию ИЛИ-НЕ и обладает двумя входами, на которые поступают сигналы  $Y_4$  и  $Y_5$ , следовательно, выходной сигнал будет определяться следующим образом:

$$Y_6 = \overline{Y_4 + Y_5} = \overline{0 + 1} = 0$$

5.9 Определение выходных сигналов других вариантов входного сигнала осуществляется аналогичным образом.

## 6 Требования к оформлению

6.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

6.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

6.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

6.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

## Контрольные вопросы

- 1) Что такое логические элементы?
- 2) Какими функциями обладают логические элементы?
- 3) Какие элементы обладают инверсным выходом?
- 4) Сколько вариантов входного сигнала может быть у элементов с одним, двумя и тремя входами?
- 5) По каким формулам можно рассчитать выходной сигнал у элементов НЕ, И-НЕ, ИЛИ?
- 6) В какой форме подается сигнал на логические элементы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М4

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить подключение логического элемента
- 1.2 Определение входных и выходных параметров и уровней входных и выходных сигналов;
- 1.3 Определить функцию логического элемента базирываясь на входных и выходных параметрах.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является логический элемент. Для исследования его работы применяется следующая электрическая схема (см. рис. 4.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – регулируемый источник постоянного тока; *SA1* и *SA2* – переключатели; *PV1...PV3* – вольтметры; *HL1...HL3* – светодиоды; *R1...R5* – резисторы; *DD1.1* – логический элемент с неизвестной функцией.

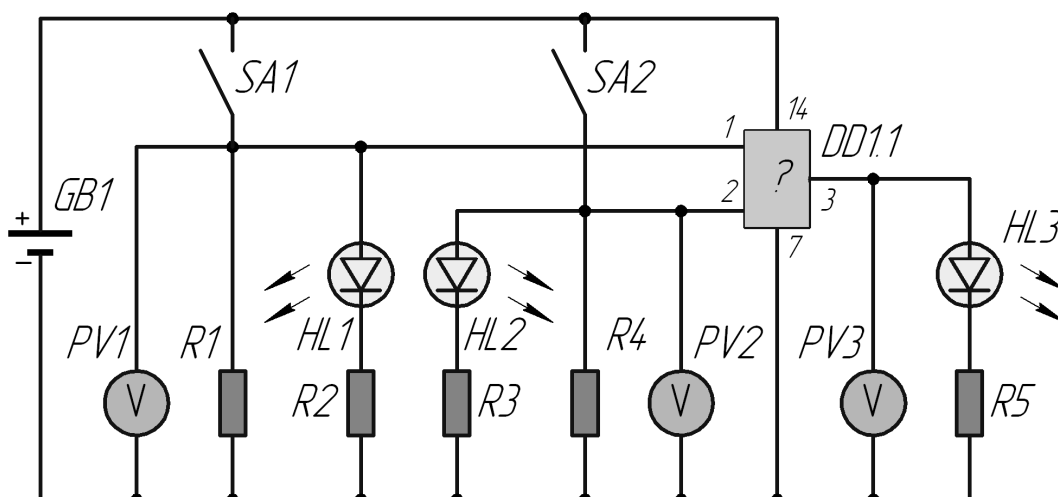


Рисунок 4.1 – Схема электрической цепи для исследования работы логического элемента

#### 3 Краткая теория

На рисунке 4.2 представлены три варианта включения микросхемы К561ЛЕ5 с логическим элементом ИЛИ-НЕ. Схемы состоят из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *DD1* – сегмент микросхемы К561ЛЕ5; *HL1* – светодиод; *R3* – резистор, ограничивающий ток светодиода; *R1*, *R2* – резисторы, ограничивающий входной ток логического элемента.

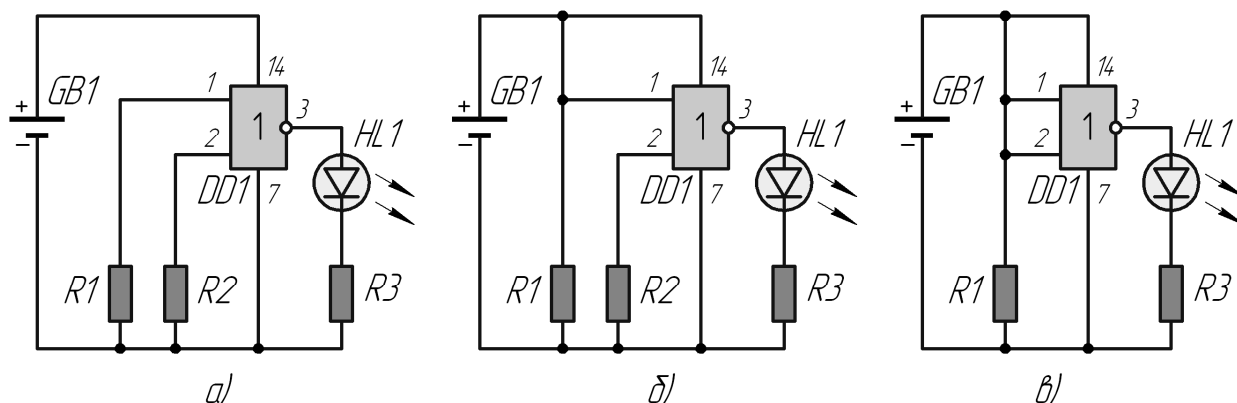


Рисунок 4.2 – Подключение логического элемента КМОП микросхемы

На рисунке 4.2а оба входа 1 и 2 логического элемента DD1 подключены к отрицательному полюсу источника тока GB1 через резисторы R1 и R2. При таком подключении на них будет формироваться сигнал низкого уровня (лог. 0). Низкий уровень сигнала на входе приведет к появлению сигнала высокого уровня на выходе 3 (лог. 1), следовательно, появится разность потенциалов между выходом 3 логического элемента DD1 и общим проводом. Разность потенциалов вызовет протекание тока через светодиод HL1, и он будет светиться.

На рисунке 4.2б контакт 1 напрямую подключен к положительному полюсу источника тока GB1 и через резистор R1 подключен к отрицательному полюсу источника тока. Такое соединение вызывает появление на контакте 1 входного сигнала высокого уровня (лог. 1). Контакт 2 как и в предыдущем случае, подключен через резистор R2 к отрицательному полюсу источника тока GB1. На контакте 2 формируется сигнал низкого уровня (лог. 0). При такой комбинации входных сигналов на выходе 3 будет сигнал низкого уровня (лог. 0) и светодиод HL1 не будет светиться.

На рисунке 4.2в контакт 1 и 2 соединяются вместе и напрямую подключаются к положительному полюсу источника тока GB1, а через резистор R1 подключаются к отрицательному полюсу источника тока. Такое соединение вызывает появление на обоих контакте 1 и 2 входного сигнала высокого уровня (лог. 1). Такое соединение не вызовет смещение выходного сигнала на выходе 3 в сторону высокого уровня, сигнал останется низкого уровня (лог. 0). Индикаторный светодиод HL1 будет испускать свет.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики приборов

| Индекс<br>приб. | Наимен.<br>прибора | Род<br>тока | Класс<br>точн. | Изм.<br>система | Рабочее<br>полож. | Климат.<br>условия | Цена<br>дел. | Пределы<br>измер. |
|-----------------|--------------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| PV1             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PV2             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |
| PV3             |                    |             |                |                 |                   |                    |              |                   |

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты экспериментов

| Опыт | Входной сигнал |          |              |          | Выходной сигнал |       | Функция<br>DD1.1 |
|------|----------------|----------|--------------|----------|-----------------|-------|------------------|
|      | $\tilde{O}1$   | $U_{x1}$ | $\tilde{O}2$ | $U_{x2}$ | $Y$             | $U_Y$ |                  |
| 1    |                |          |              |          |                 |       |                  |
| 2    |                |          |              |          |                 |       |                  |
| 3    |                |          |              |          |                 |       |                  |
| 4    |                |          |              |          |                 |       |                  |

4.4 Определение функции логического элемента DD1.1, базируясь на входных сигналах  $\tilde{O}1$  и  $\tilde{O}2$ .

4.5 Формулирование выводов по проделанной работе.

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое логические элементы?
- 2) Какими функциями обладают логические элементы?
- 3) Какие элементы обладают инверсным выходом?
- 4) Сколько вариантов входного сигнала может быть у элементов с одним, двумя и тремя входами?
- 5) По каким формулам можно рассчитать выходной сигнал у элементов НЕ, И-НЕ, ИЛИ?
- 6) В какой форме подается сигнал на логические элементы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М5

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДЕШИФРАТОРЫ

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру дешифратора;
- 1.2 Определить вид дешифратора;
- 1.3 Идентифицировать выходы дешифратора для подключения к нему семисегментного индикатора.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является дешифратор. Для исследования его работы применяется следующая электрическая схема (см. рис. 5.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – источник постоянного тока; *SA1...SA4* – двухпозиционные переключатели; *DD1* – микросхема К176ИД2; *HL1...HL4* – светодиоды; *HL5* – семисегментный индикатор с общим катодом; *R1...R4* – резисторы; *R5...R8* – токоограничительные резисторы.

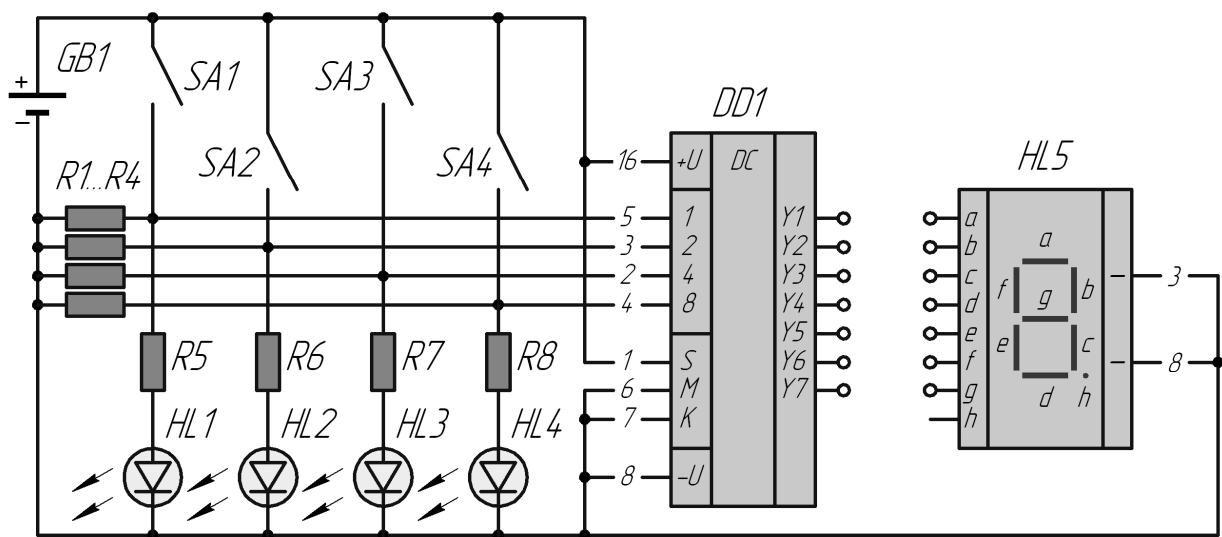


Рисунок 5.1 - Схема электрической цепи для исследования работы дешифратора

#### 3 Краткая теория

*Шифратор* – это устройство, которое преобразует входной информационный сигнал в двоичный код.

*Дешифратор* – это устройство, которое преобразует двоичный код в выходной информационный сигнал.

Шифраторы и дешифраторы находят широкое применение в устройствах автоматики, управления и передачи информации. Главным преимуществом

связки шифратор-дешифратор является передача сигнала по меньшему количеству информационных каналов, за счет кодирования сигнала.

По виду выходного сигнала дешифраторы можно разделить на две группы: логические и дисплейные. К логическим дешифраторам относятся дешифраторы, которые в зависимости от входного двоичного кода активируют один из выходов. Дисплейные дешифраторы преобразуют входной двоичный код в наглядный вид в виде букв, цифр и символов, отображаемых на дисплеях.

Микросхема К176ИД2 является классическим дешифратором, который преобразует в двоичный код в цифровую информацию, отображаемую на семисегментном индикаторе. Внешний вид микросхемы представлен на рисунке 5.2а. Микросхема имеет 16 контактов и относится к КМОП серии. Условное графическое изображение на схеме представлено на рисунке 5.2б.

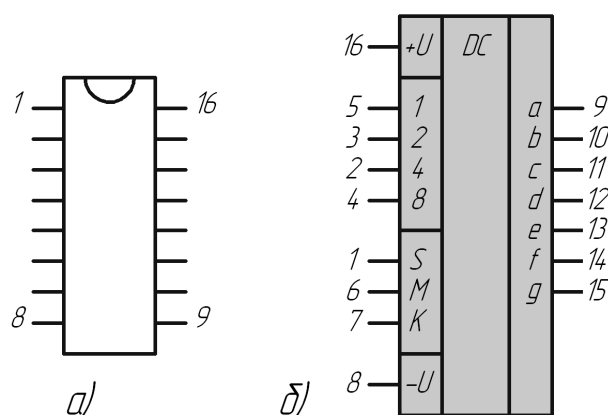


Рисунок 5.2 – Внешний вид и структура микросхемы К176ИД2

$+U$  – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к положительному контакту источника тока.

$-U$  – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к отрицательному контакту источника тока.

1, 2, 4, 8 – входы двоичного кода.

$a \dots g$  – выходы, подключаемые к входам семисегментного индикатора.

$S$  – вход управления.

Если на вход  $S$  подается сигнала высокого уровня (лог. 1), то семисегментный индикатор отображает информацию, подаваемую на входы 1, 2, 4, 8.

Если на вход  $S$  подается сигнала низкого уровня (лог. 0), то на индикаторе фиксируется последняя информация, которая была до подачи сигнала низкого уровня на вход  $S$ . Изменение сигнала подаваемого на входы 1, 2, 4, 8 не приведет к изменению индикации индикатора.

$M$  – вход инверсии. Если к выходам  $a \dots g$  подключен индикатор с общим катодом, то на вход  $M$  надо подать сигнал низкого уровня (лог. 0). Если индикатор с общим анодом, то на вход  $M$  надо подать сигнал высокого уровня.

$\hat{E}$  – вход блокировки.

При подаче на вход  $\hat{E}$  сигнала низкого уровня (лог. 0), выходы  $a \dots g$  будут открыты, следовательно, индикатор будет отображать информацию.

При подаче на вход  $\hat{E}$  сигнала высокого уровня (лог. 1), выходы  $a \dots g$  закроются, следовательно, индикатор перестанет отображать информацию.

На рисунке 5.3 представлена схема подключения микросхемы K176ИД2. В схему входят следующие электрические элементы:  $GB1$  – источник постоянного тока;  $SA1 \dots SA4$  – двухпозиционные переключатели;  $DD1$  – микросхема K176ИД2;  $HL1$  – семисегментный индикатор с общим катодом;  $R1 \dots R4$  – резисторы.

Работа микросхемы заключается в преобразовании четырехразрядного двоичного кода, поступающего на входы 1, 2, 4, 8 в десятичный код с отображением на семисегментном индикаторе. За переключение четырех разрядного двоичного кода отвечают четыре переключателя  $SA1 \dots SA4$ . Переключатель  $SA1$  отвечает за первую цифру (вход 1), а переключатель  $SA4$  отвечает за четвертую цифру (вход 8). Разомкнутое положение переключателя говорит о том, что подается сигнал низкого уровня (лог. 0), замкнутое положение, соответствует сигналу высокого уровня (лог. 1).

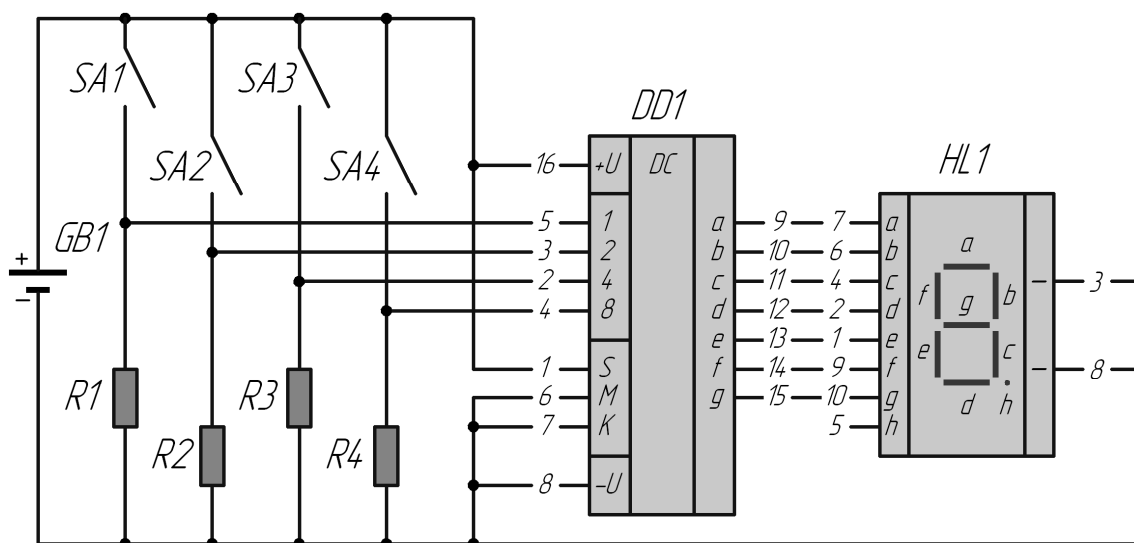


Рисунок 5.3 – Схема подключение микросхемы K176ИД2

В схеме принимает участие семисегментный индикатор с общим катодом, следовательно, необходимо на вход  $M$  подать сигнал низкого уровня (лог. 0). Для этого подключаем вход  $M$  к отрицательному полюсу источника тока  $GB1$ .

На вход  $\hat{E}$  подаем сигнала низкого уровня (лог. 0), а на вход  $S$  подается сигнала высокого уровня (лог. 1), следовательно, индикатор будет отображать информацию.

Рассмотрим несколько вариантов четырехразрядного двоичного кода поступающего на входы 1, 2, 4, 8 и понаблюдаем за работой микросхемы.

Предположим, все переключатели  $S_{A1}...S_{A4}$  находятся в разомкнутом состоянии, это значит что на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 0000. В этом случае на индикаторе будет отображаться цифра «0», так как в активном состоянии будут выходы  $a...f$ , а выход  $g$  будет неактивен.

При замыкании переключателя  $S_{A3}$  на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 0100. В этом случае на индикаторе будет отображаться цифра «4». Дальнейшее переключение между комбинациями 0000 и 1001 приведет к отображению цифр от «0» до «9».

Если все переключатели  $S_{A1}...S_{A4}$  находятся в замкнутом состоянии, это значит что на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 1111. В этом случае на индикаторе не будет отображаться информация, так как в двоичной системе подается цифра «16», индикатор не способен отобразить данную информацию.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Подготовка таблицы 5.1

Таблица 5.1 – Результаты исследований

| Опыт | Цифра | Входной код |   |   |   | Выходной код |    |    |    |    |    |    |
|------|-------|-------------|---|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|
|      |       | 1           | 2 | 4 | 8 | Y1           | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| 1    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 2    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 3    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 4    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 5    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 6    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 7    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 8    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |
| 9    |       |             |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |

4.3 Проведение серии опытов. Во время опытов на вход дешифратора необходимо подавать цифры в двоичной форме в интервале 0000...1001. Цифры необходимо подобрать так, чтобы можно было произвести идентификацию выходов дешифратора.

Таблица 5.2 – Соединение выходов дешифратора и входов индикатора

| Входы семисегментного индикатора | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Выходы дешифратора               | Y1       | Y2       | Y3       | Y4       | Y5       | Y6       | Y7       |

4.4 Проведение анализа полученных данных.

4.5 Произвести дешифрацию выходного сигнала, базируясь на таблице истинности семисегментного индикатора.

4.6 Заполнение таблицы 5.3 с результатами дешифрации и проверка правильность дешифрации выходов дешифратора. Если выходы подобраны неправильно, то произвести повторный подбор наименования выходов.

4.7 Формулирование выводов по проделанной работе.

Таблица 5.3 – Результаты дешифрации входов дешифратора

| Входы семисегментного индикатора | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Выходы дешифратора               |          |          |          |          |          |          |          |

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

## Контрольные вопросы

- 1) Что такое дешифраторы?
- 2) Какие элементы входят в структуру дешифратора?
- 3) какие бывают виды дешифраторов?
- 4) Где применяются дешифраторы?
- 5) С какой формой сигналов работают дешифраторы?

- 6) Каким должен быть входной двоичный вход дешифратора, чтобы на семисегментном индикаторе отражалась цифра «7»?
- 7) Какая цифра будет индицироваться на семисегментном индикаторе, если на вход дешифратора подать код 0101?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М6

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ RS-ТРИГГЕРА

### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру RS-триггера;
- 1.2 Изучить подключение RS-триггера;
- 1.3 Сравнить работу счетчика с RS-триггером из него;
- 1.4 Изучить влияние RS-триггера надребезг контактов;
- 1.5 Определить погрешности определения числа входных импульсов с использованием триггера и без триггера.

### 2 Объект исследования

Объектом исследования является RS-триггер. Для исследования его работы применяется следующая электрическая схема (см. рис. 6.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – регулируемый источник постоянного тока; *SA1* – переключатель; *SA2* и *SA3* – двухканальные переключатели; *R1* и *R2* – резисторы; *DD1.1* и *DD1.2* – логические элементы.

Также в схему включен счетчик, который регистрирует количество импульсов поступающих на вход счетчика.

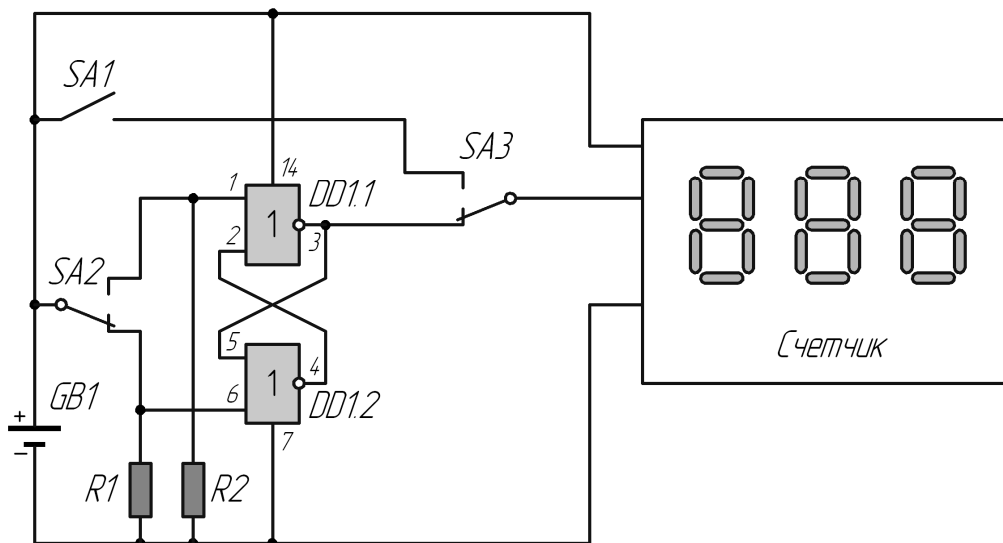


Рисунок 6.1 – Схема для исследования работы RS-триггера

### 3 Краткая теория

*Триггер* – это устройство, которое может долго находиться в одном из двух состояний устойчивого равновесия и скачкообразно переходить из одного состояния в другое по сигналу извне.

Триггер это простейшее цифровой устройстве с памятью и способностью хранить один бит информации (лог. 1 или лог. 0). В основе любого триггера находится регенеративная цепочка из двух инверторов. Триггер имеет два выхода: прямой  $Q$  и инверсный  $\bar{Q}$ . Число входов зависит от структуры и функций, выполняемых триггером.

*RS-триггер* – это триггер с отдельной установкой высокого и низкого уровня сигнала на выходе. На рисунке 6.2 представлена структура RS-триггера собранная на двух логических элементах  $DD1.1$  и  $DD1.2$ . В первом случае (см. рис. 6.2а) в качестве основы применяются логические элементы с функцией И-НЕ, а во втором случае (см. рис. 6.2б) логические элементы с функцией ИЛИ-НЕ. Условное графическое изображение RS-триггера представлено на рисунке 6.2в.

Каждый RS-триггер имеет два информационных входа  $S$  и  $R$ . Вход  $S$  (Set – установка) предназначен для установки на выходе  $Q$  сигнала высокого уровня (лог. 1), на выходе  $\bar{Q}$  в это время будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Вход  $R$  (Reset – сброс) предназначен для сброса сигнала высокого уровня с выхода  $Q$  и установки на нем сигнала низкого уровня (лог. 0). Такой RS-триггер является асинхронным.

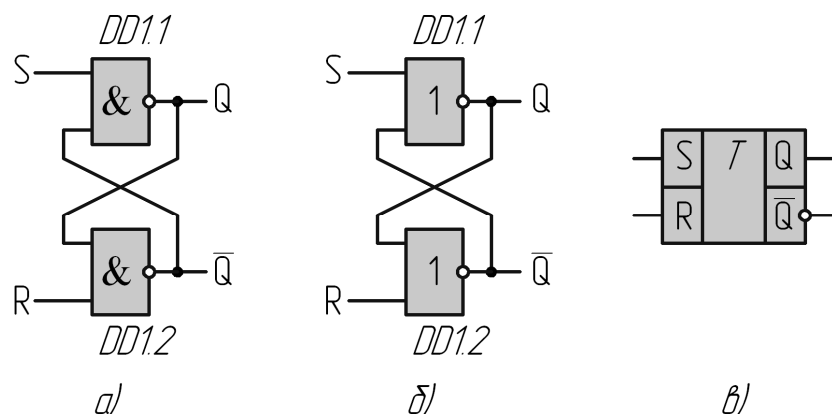


Рисунок 6.2 – Структура RS-триггера

RS-триггеры можно собирать не только на логических элементах с разной функцией, но и на логических элементах разных серий (ТТЛ и КМОП).

На рисунке 6.3 представленная схема подключения RS-триггера собранного на логических элементах ИЛИ-НЕ серии КМОП. Схема состоит из следующих элементов:  $GB1$  – источник постоянного тока;  $SA1$  и  $SA2$  – переключатели;  $DD1.1$  и  $DD1.2$  – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5;  $HL1$  и  $HL2$  – светодиоды;  $R1$  и  $R2$  – токоограничительные резисторы;  $R3$  и  $R4$  – резисторы. Резисторы  $R3$  и  $R4$  обеспечивают контакт входов микросхемы КМОП с отрицательным полюсом источника тока, так как входы микросхем КМОП серии не должны «висеть в воздухе». Контакты 1 и 6 образуют

информационные входы  $S$  и  $R$ , а контакты 3 и 4 – информационные выходы  $Q$  и  $\bar{Q}$ . Через контакты 7 и 14 на логические элементы поступает питание.

RS-триггер на элементах КМОП при подключении его к источнику тока, произвольным образом выставит высокие и низкие уровни на выходах  $Q$  и  $\bar{Q}$  при условии, что оба переключателя будут в разомкнутом состоянии. Следовательно, один из светодиодов будет в активном состоянии.

При замыкании переключателя  $SA1$  сигнал высокого уровня будет поступать на контакт 6 входа  $R$  и на выходе  $\bar{Q}$ , вне зависимости от состояния выхода  $\bar{Q}$ , будет сигнал высокого уровня. В результате светодиод  $HL2$  будет гореть, а светодиод  $HL1$  будет выключен. Размыкание контакта  $SA1$  не повлечет за собой изменение в состоянии выходов  $Q$  и  $\bar{Q}$ , на них сохранятся уровни сигнала, который был до размыкания контактов переключателя  $SA1$ .

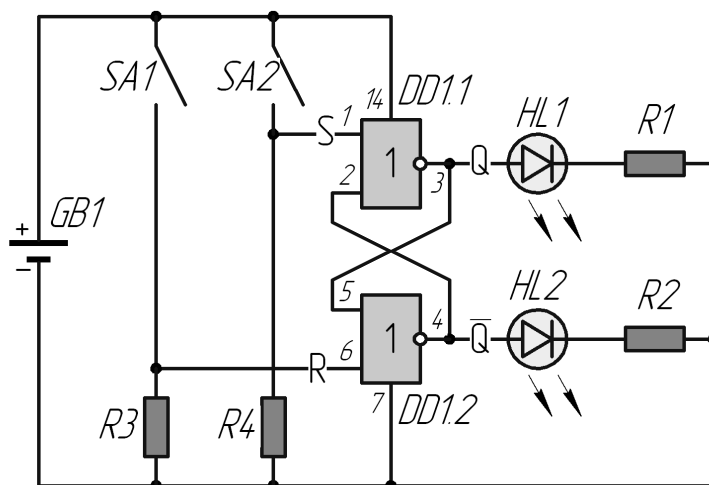


Рисунок 6.3 – Подключение RS-триггера на логических элементах КМОП

После замыкания контактов переключателя  $SA2$ , сигнал выходов  $Q$  и  $\bar{Q}$  изменятся на противоположные, так как на вход  $S$  будет поступать сигнал высокого уровня. В результате, на выходе  $Q$  появится сигнал высокого уровня, а на выходе  $\bar{Q}$  сигнал низкого уровня. В этом случае в активном состоянии будет светодиод  $HL1$ , а светодиод  $HL2$  перейдет в неактивное состояние.

Размыкание и последующее замыкание контактов переключателя  $SA2$  не приведет к смещению уровней выходов  $Q$  и  $\bar{Q}$  в противоположную сторону. Смена уровней сигнала произойдет после замыкания противоположного переключателя  $SA1$ .

Неопределенность в момент включения триггера в некоторых случаях является их недостатком. Поэтому, в тех случаях, когда требуется исключить неопределенность в установке выходов  $Q$  и  $\bar{Q}$ , на один из входов, обычно на  $R$ ,

подают информационный сигнал, такой чтобы на выходе  $\bar{Q}$  был сигнал высокого уровня (см. рис. 6.4).

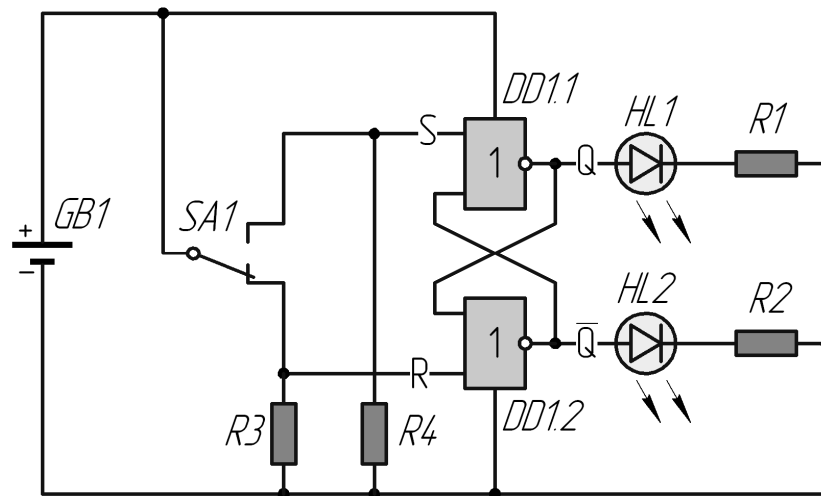


Рисунок 6.4 – Схема исключения неопределенности при включении триггера в цепь.

В данном случае применяется двухпозиционный трехконтактный переключатель (кнопка) SA1. В таком случае один вход будет замкнут, а другой разомкнут и наоборот. Такое включение исключит неопределенность при включении триггера.

*Дребезг контактов* – это явление, которое возникает при размыкании или замыкании контактов переключателей. При переключении контактные пластины не сразу переходят в противоположное состояние, а некоторое время под действием сил упругости и неровности поверхности, многократно соприкасаются между собой, образуя шумы (см. рис. 6.5).

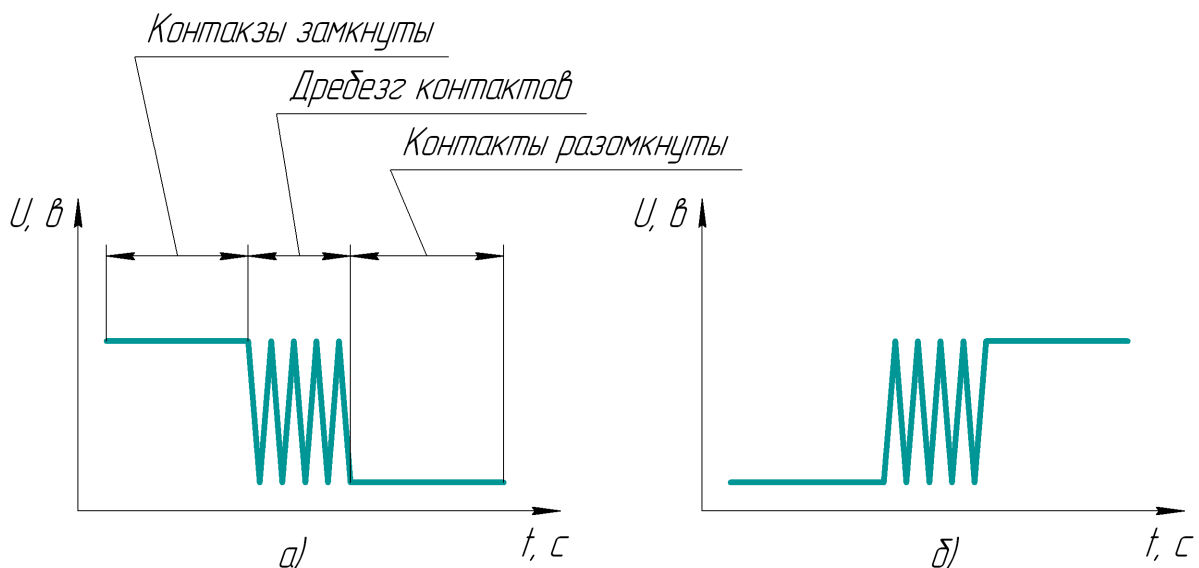


Рисунок 6.5 – Дребезг контактов: а – при размыкании контактов; б – при замыкании контактов

Дребезг протекает считанные доли секунды и практически незаметен. Если в процессе эксплуатации не требуется строго отслеживания состояния контактов, например, включение или выключение лампы освещения, то дребезг контактов не является приоритетным и его наличие ни как не отражается на работе устройств. В тех случаях, когда число нажатия является приоритетным, например, в счетчиках импульсов, то тут наличие дребезга выходит на первый план.

При замыкании или размыкании переключателя или датчика, реализующего данную функцию, человек или машина делают одно нажатие, то переключатель делает в это время, благодаря дребезгу, несколько (два и более) переключений. Вследствие чего формируется несколько ложных импульсов (сигналов). Счетные устройства, которые принимают сигналы с датчика или переключателя фиксируют все импульсы, которые произошли во время дребезга, в результате человек или машина подали один сигнал, а счетчик выдал результат, например, семь сигналов.

Для того чтобы исключить влияние дребезга на входе счетчиков или других устройств в разрыв между переключателем (датчиком) и входом регистратора импульсов ставится RS-триггер.

Как отмечалось ранее, если на информационный вход  $S$  подать сигнал высокого уровня, то повторение сигнала, без сброса на входе  $R$  не приведет к изменению состояния выходов  $Q$  и  $\bar{Q}$ . Следовательно, как только прошел первый сигнал дребезга контактов, RS-триггер его зафиксировал и передал его дальше по цепи, другие импульсы дребезга не фиксируются.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью, схема которой представлена на рисунке 6.1, и с компонентами входящими в ее состав.

4.2 Подготовка таблицы 6.1 в тетради для лабораторно-практических работ.

4.3 Проведение серии экспериментов из 6 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 6.1, при этом переключатель  $SA3$  должен находиться в положении «Триггер».

4.4 Проведение серии экспериментов из 6 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 6.1, при этом переключатель  $SA3$  должен находиться в положении «Без Триггера».

4.5 Определение абсолютной погрешности при использовании триггера и без триггера:

$$\Delta = |N_c - N|$$

4.6 Определение относительной погрешности при использовании триггера и без триггера:

$$\delta = \frac{\Delta}{N} \times 100\%$$

#### 4.7 Формулирование выводов по проделанной работе.

Таблица 6.1 – Результаты измерений

| Опыт | Число входных импульсов<br>$N$ | Число входных импульсов поступивших на счетчик |                          | Абсолютная погрешность    |                            | Относительная погрешность     |                                |
|------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |                                | С триггером<br>$N_{CT}$                        | Без триггера<br>$N_{C0}$ | С триггером<br>$\Delta_T$ | Без триггера<br>$\Delta_0$ | С триггером<br>$\delta_T, \%$ | Без триггера<br>$\delta_0, \%$ |
| 1    | 1                              |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |
| 2    | 2                              |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |
| 3    | 3                              |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |
| 4    | 5                              |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |
| 5    | 10                             |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |
| 6    | 20                             |                                                |                          |                           |                            |                               |                                |

### 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое триггер?
- 2) Какие бывают триггеры?

- 3) Для чего применяются триггеры?
- 4) Что такое дребезг контактов?
- 5) Как влияет дребезг контактов на работу счетчика?
- 6) В каких случаях можно не использовать триггеры для подавления дребезга контактов?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М7

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВОИЧНОГО СЧЕТЧИКА

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру двоичного счетчика;
- 1.2 Изучить подключение двоичного счетчика;
- 1.3 Изучить процесс преобразования входного сигнала в двоичный код

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является двоичный счетчик. Для исследования его работы применяется следующая электрическая схема (см. рис. 7.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – источник постоянного тока; *SA1* и *SA2* – переключатели; *DD1.1* и *DD1.2* – логические элементы; *DD2.1* и *DD2.2* – микросхема двоичного счетчика; *HL1...8* – светодиоды; *R1...3* – резисторы; *R4...11* – токоограничительные резисторы.

#### 3 Краткая теория

*Счетчик (электронный)* – это электронное устройство, которое предназначено для определения количества импульсов поданных на вход и преобразования его в двоичный код на выходе.

В основу счетчиков входят D-триггеры, которые осуществляют преобразование подаваемых импульсов на вход в двоичный код на выходе. Но кроме D-триггеры, в основу счетчика могут быть положены и другие триггерные системы.

Счетчики осуществляют связь между источником импульсов (датчик или кнопка) и устройством, которое отображает информацию или управляет каким либо исполнительным механизмом.

*Складывающий счетчик* – это счетчик, который прибавляет единичный импульс, поданный на вход, к предыдущему количеству импульсов, поданных ранее.

*Вычитающий счетчик (таймер)* – это счетчик, который вычитает единичный импульс, поданный на вход, из предыдущего числа импульсов, заданных или оставшихся импульсов.

Микросхема K561IE10 имеет 16 контактов и содержит два независимых четырехразрядных двоичных счетчика. Внешний вид микросхемы приведен на рисунке 7.2а, а функциональная структура представлена на рисунке 7.2б.

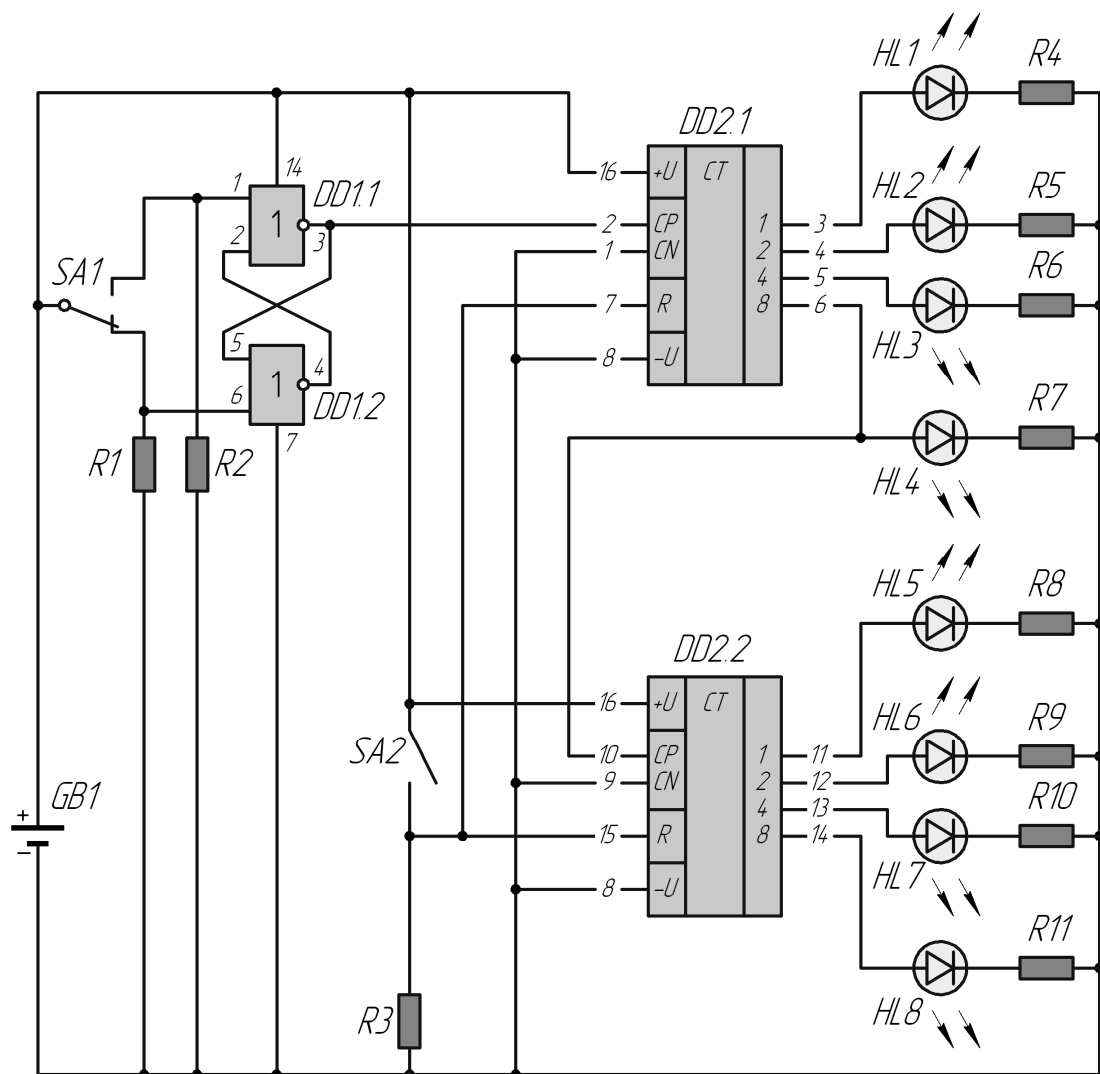


Рисунок 7.1 - Схема для исследования работы двоичного счетчика

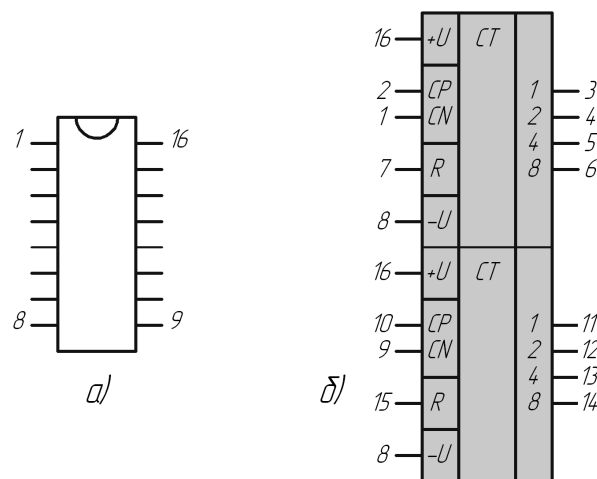


Рисунок 7.2 – Внешний вид и структура микросхемы K561IE10

Описание входов и выходов микросхемы K561IE10:

+U и -U – контакты питания микросхемы. Напряжение питания составляет 3...15 В.

1, 2, 4, 8 – информационные выходы двоичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в четырехразрядной двоичной форме.

$\bar{N}D$  и  $CN$  – информационные входы счетчика. На эти входы поступает сигнал число импульсов, на котором необходимо определить (сосчитать).

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа  $\bar{N}D$ , если на вход  $CN$  будет подан сигнал низкого уровня (лог. 0). В этом случае счет будет происходить на спаде между высоким и низким уровнем сигнала на входе  $\bar{N}D$ .

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа  $CN$ , если на вход  $\bar{N}D$  будет подан сигнал высокого уровня (лог. 1). В этом случае счет будет происходить на подъеме между низким и высоким уровнем сигнала на входе  $CN$ .

$R$  – вход сброса. При подаче на это вход сигнала высокого уровня (лог. 1) произойдет обнуление выходов 1, 2, 4, 8. На этих выходах будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

Схема подключения микросхемы представлена на рисунке 7.3. Схема состоит из следующих элементов:  $GB1$  – источник постоянного тока;  $SA1$  и  $SA2$  – переключатели;  $DD1.1$  и  $DD1.2$  – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5, образующие RS-триггер;  $DD2.1$  – сегмент четырехразрядного двоичного счетчика микросхемы К561ИЕ10;  $HL1...4$  – индикаторные светодиоды;  $R1...3$  – резисторы;  $R4...7$  – токоограничительные резисторы.

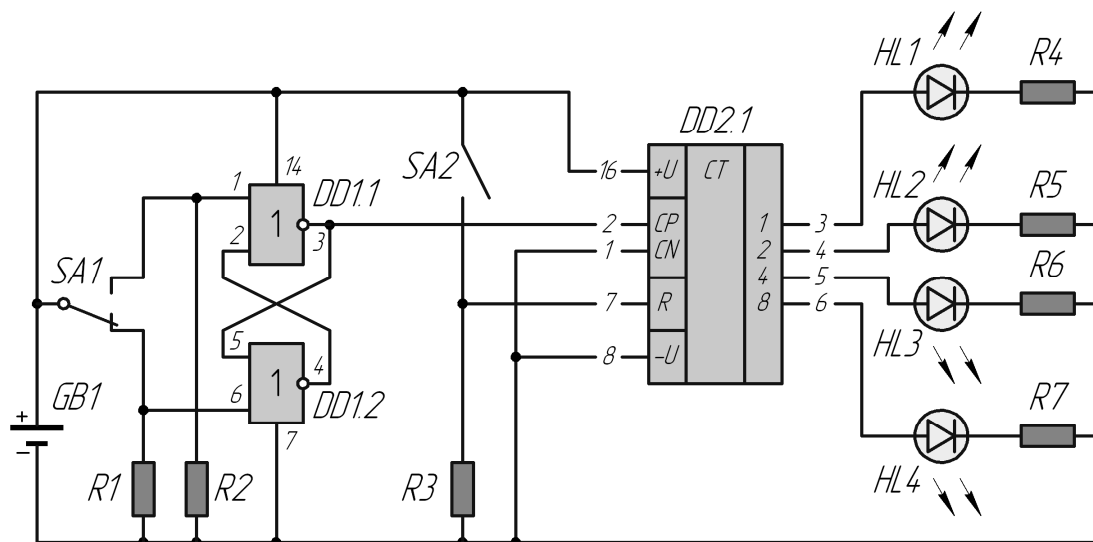


Рисунок 7.3 – Схема подключения микросхемы К561ИЕ10

Логические элементы  $DD1.1$  и  $DD1.2$  образуют RS-триггер и подавляют дребезг контактов, возникающий при замыкании и размыкании контактов переключателя  $SA1$ . Переключатель  $SA2$  применяется для сброса счетчика в нулевое состояние.

В данной схеме на информационный вход  $CN$  подается сигнал низкого уровня путем подключения его к отрицательному полюсу источника тока  $GB1$ . Это означает, что на вход  $\bar{N}D$  будут поступать импульсы, которые следует

сосчитать. Счет будет происходить на переходе с высокого уровня на низкий уровень сигнала.

На рисунке 7.4 представлена диаграмма работы микросхемы K561ИЕ10. На этой диаграмме представлена зависимость состояния выходных сигналов на выходах 1, 2, 4, 8 от состояния входного сигнала на входе  $\tilde{D}$ .

Как видно из диаграммы, после первого импульса поданного на вход  $\tilde{D}$ , сигнал высокого уровня (лог.1) появится на выходе 1 (контакт «3») микросхемы DD2.1, на других информационных выходах будет сигнал низкого уровня (лог.0). Так же о состоянии выходов будут сигнализировать светодиоды. Светодиод HL1 будет активен, а HL2...4, не будут гореть.

После второго импульса поданного на вход  $\tilde{D}$ , сигнал высокого уровня (лог.1) появится на выходе 2 (контакт «4») микросхемы DD2.1, на других информационных выходах будет сигнал низкого уровня (лог.0). В это раз будет активен светодиод HL2, остальные светодиоды будут выключены.

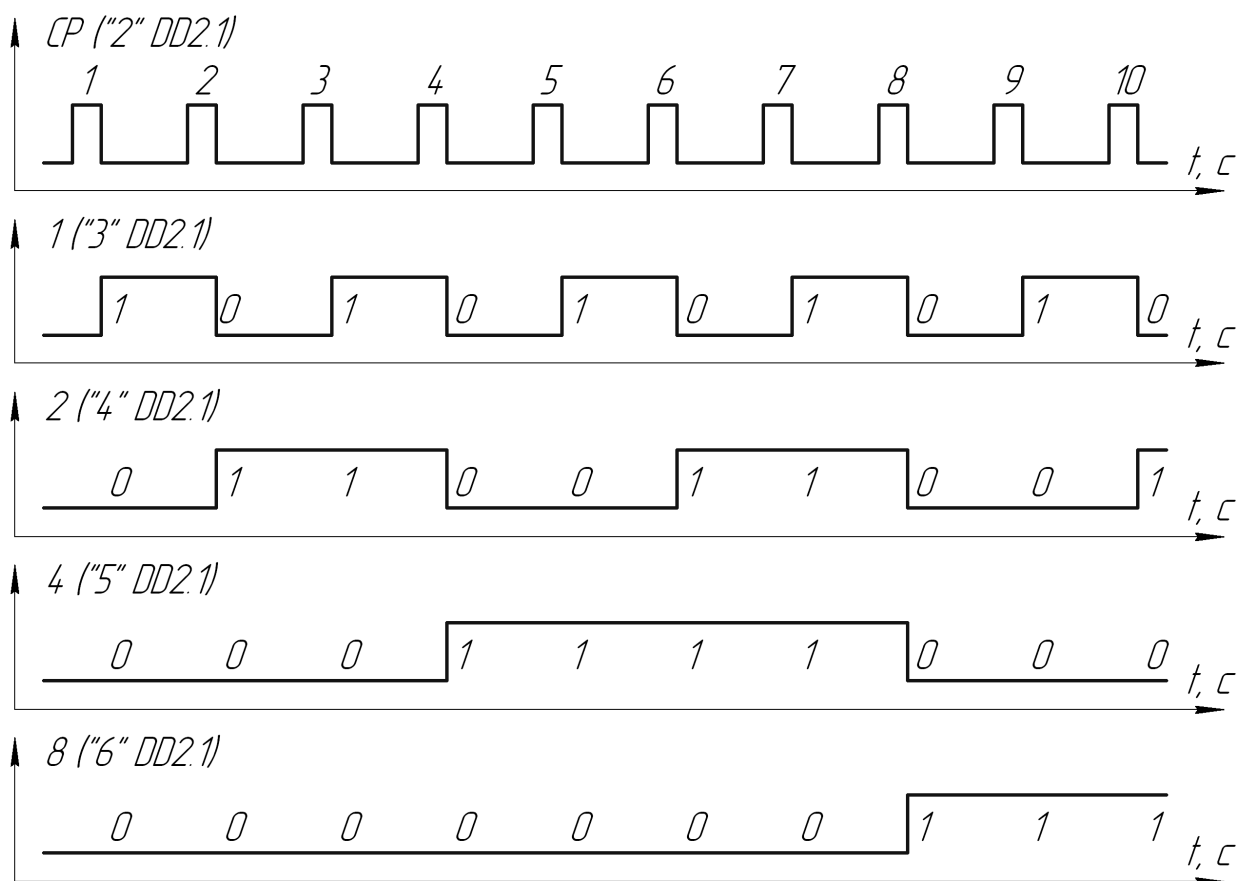


Рисунок 7.4 – Диаграмма работы микросхемы K561ИЕ10

При спаде четвертого импульса, поданного на вход  $\tilde{D}$ , сигнал высокого уровня перейдет на выход 4 (контакт «5»), а на других выходах будет наблюдаться низкий уровень сигнала. А на спаде восьмого сигнала, на входе  $\tilde{D}$ , в активное состояние перейдет светодиод HL4, так как на выходе 8 (контакт «6») появится высокий уровень (лог.1).

Высокий уровень сигнала на выходе 8 (контакт «6») будет до подачи шестнадцатого импульса на вход  $\tilde{N}$ . На этом импульсе счетчик дойдет до максимума счета и обнулится, в результате все светодиоды погаснут.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Подготовка таблицы 7.1

*Таблица 7.1 – Результаты измерений*

| Опыт | Число в двоичной форме |     |     |     |     |     |     |     | Число в 10-ой форме |
|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|
|      | HL8                    | HL7 | HL6 | HL5 | HL4 | HL3 | HL2 | HL1 |                     |
| 1    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |
| 2    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |
| 3    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |
| 4    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |
| 5    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |
| 6    |                        |     |     |     |     |     |     |     |                     |

4.3 Проведение серии экспериментов из 3 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 7.1. В таблице 7.1 необходимо отразить выходные параметры двоичного счетчика. При этом необходимо на вход счетчика надо подать некоторое число импульсов и определить его эквивалент в двоичной форме. Если светодиод светится, то на выходе индицируется сигнал высокого уровня (лог. 1), если нет, то сигнал низкого уровня (лог. 0).

4.4 Проведение серии экспериментов из 3 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 7.1. В таблице необходимо отразить выходные параметры двоичного счетчика при неизвестном количестве поданных импульсов.

4.5 Определение число импульсов поданных на вход двоичного счетчика.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе.

#### 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и

выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое счетчик?
- 2) Какие бывают счетчики?
- 3) В каких направлениях могут считать счетчики?
- 4) Для чего применяются счетчики?
- 5) Как происходит процесс преобразования входного сигнала в двоичный код?
- 6) Какие элементы входят в структуру двоичного счетчика?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М8

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПАРАТОРА

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру компаратора;
- 1.2 Изучить подключение компаратора;
- 1.3 Определить пороговое напряжение и численное значение сопротивления в делителе напряжения;
- 1.4 Построить диаграмму, отражающую зависимость выходного сигнала от входного сигнала.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является компаратор. Для исследования его работы применяется следующая электрическая схема (см. рис. 8.1). В состав схемы входят следующие элементы: *GB1* – регулируемый источник постоянного тока; *SA1* – переключатель; *R1* и *R2* – неизвестные резисторы делителя напряжения опорного значения; *R3* – резистор; *R4* – переменный резистор; *R5* – токоограничительный резистор; *HL1* – светодиод; *DD1.1* – операционный усилитель; *PA1* и *PA2* – амперметры; *PV1* и *PV2* – вольтметры.

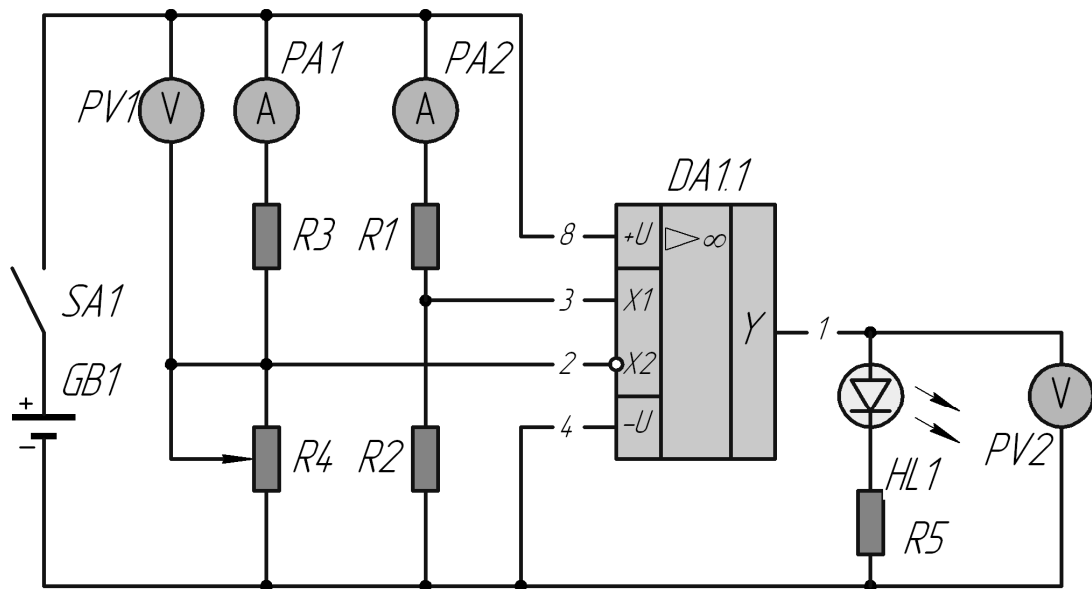


Рисунок 8.1 – Схема для исследования работы компаратора

#### 3 Краткая теория

*Компаратор* – это устройство, предназначенное для сравнения двух сигналов.

Основой компаратора является операционный усилитель, который выполняет основную функцию сравнения двух поступающих на вход сигналов.

*Операционный усилитель* – это усилитель постоянного тока с двумя входами и одним выходом и обладающий коэффициентом усиления, стремящимся к бесконечности.

На производстве компараторы являются связующим звеном между датчиками и цифровой электроникой, которая обрабатывает сигнал. Компараторы принимают непрерывно изменяющийся сигнал и преобразуют его в цифровой сигнал высокого или низкого уровня.

С помощью этих устройств можно следить за уровнем жидкости, шума или за другими параметрами, можно измерять диаметр деталей или делать другие измерения.

На рисунке 8.2 представлены варианты изображения операционного усилителя. Оба эти варианта и их модификации можно встретить на электрических схемах. Также операционный усилитель может иметь и другие входы, которые предназначены для коррекции поступающего сигнала.

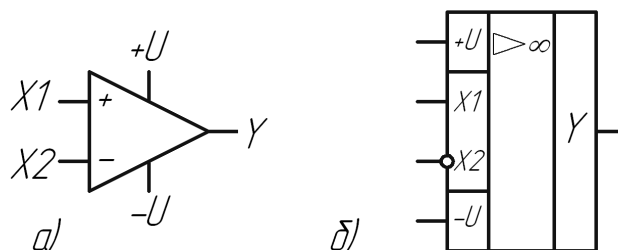


Рисунок 8.2 – Условные графические изображения операционного усилителя на электрических схемах

Описание входов и выходов операционного усилителя:

$+U$  и  $-U$  – контакты питания микросхемы.

$\tilde{O}1$  – неинвертирующий информационный вход аналогового сигнала.

$\tilde{O}2$  – инвертирующий информационный вход аналогового сигнала.

$Y$  – информационный выход цифрового сигнала. Сигнал высокого уровня на выходе операционного усилителя будет в том случае, если напряжение на инвертирующем входе будет меньше напряжения на неинвертирующем входе. Если напряжение на инвертирующем входе будет выше опорного напряжения, то на выходе будет сигнал низкого уровня.

На один из входов  $\tilde{O}1$  или  $\tilde{O}2$  подается опорное напряжение, а на другой вход подается непрерывно изменяющийся сигнал, следовательно, операционный усилитель будет сравнивать непрерывно изменяющийся сигнал с опорным сигналом.

Микросхема LM358 имеет 8 контактом и содержит два независимых операционных усилителя, внешний вид представлен на рисунке 8.3а, а функциональная структура представлена на рисунке 8.3б.

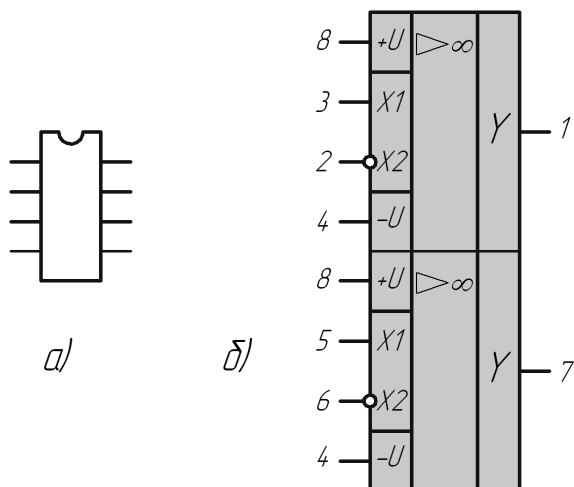


Рисунок 8.3 – Внешний вид и структура микросхемы LM358

Для пояснения работы операционного усилителя необходимо рассмотреть схему представленную на рисунке 8.4. Схема состоит из следующих элементов:  $GB1$  – источник постоянного тока;  $DA1.1$  – операционный усилитель микросхемы LM358;  $HL1$  – индикаторная лампа;  $VT1$  – биполярный транзистор;  $R1...3$  – резисторы;  $R4$  – фоторезистор;  $R5$  – токоограничительный резистор биполярного транзистора.

Эта схема представляет собой компаратор, где резисторы  $R1$  и  $R2$  образуют делитель напряжения и формируют опорное напряжение на входе  $\tilde{O}1$ , при этом их сопротивления равны  $R1 = R2$ . Цепочка из резистора  $R3$  и фоторезистора  $R4$  образуют непрерывно изменяющийся сигнал на входе  $\tilde{O}2$ , так как сопротивление фоторезистора зависит от освещенности фотослоя.

Рассмотрим два варианта: первый вариант отражает нахождение фоторезистора в темноте, когда на него не попадает свет и второй, когда фоторезистор освещен источником света.

В первом случае на фоторезистор не падает свет, следовательно, его сопротивление будет максимальным. Сопротивление резистора  $R3$  подобрано таким образом, что оно немного меньше темнового сопротивления фоторезистора  $R4$ . В результате того, что сопротивление фоторезистора будет больше чем на резисторе  $R3$ , то напряжение на фоторезисторе  $R4$  будет больше чем на резисторе  $R3$ .

Когда напряжение фоторезистора  $R4$  поступает на вход  $\tilde{O}2$ , оно сравнивается с напряжением на входе  $\tilde{O}1$ . В результате входное напряжение на входе  $\tilde{O}2$  будет больше чем на входе  $\tilde{O}1$  ( $U_{X2} > U_{X1}$ ), следовательно, на выходе  $Y$  будет сигнал низкого уровня (лог. 0). При низком уровне сигнала на базу

транзистора  $VT1$  не будет поступать ток, поэтому транзистор  $VT1$  будет закрыт, и лампа  $HL1$  не будет светиться.

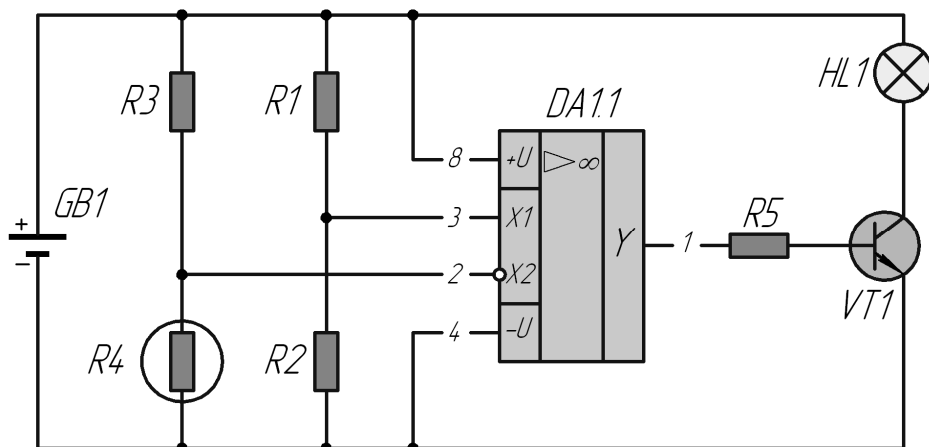


Рисунок 8.4 – Схема включения операционного усилителя

Во втором случае фоторезистор  $R4$  будет освещен, следовательно, его сопротивление уменьшится в несколько раз. Это вызовет падение напряжения на фоторезисторе  $R4$  на несколько вольт. В результате облучения светом, на вход  $\tilde{O}2$  будет поступать уменьшенное напряжение и в этот раз оно будет меньше опорного  $U_{x2} < U_{x1}$ . Это приведет к появлению на выходе  $Y$  сигнала высокого уровня (лог. 1). Высокий уровень сигнала передаст на базу транзистора  $VT1$  ток и транзистор откроется. Лампа  $HL1$  начнет светиться.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

- 4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.
- 4.2 Подготовка таблицы 8.1.
- 4.3 Проведение серии экспериментов из 6 опытов и отображение показаний приборов в таблицу 8.1, при этом величину напряжения  $U_4$  надо подобрать так, чтобы определить напряжение  $U_2$  опорного сигнала.
- 4.4 Определение сопротивления резисторов  $R_3$  и  $R_4$  делителя напряжения.
- 4.5 Определение сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  делителя напряжения.
- 4.6 Построение диаграммы, отражающей зависимость выходного сигнала от входного сигнала (см. рис. 8.5).
- 4.7 Формулирование выводов по выполненной работе.

Таблица 8.1 – Результаты измерений

| Опыт | Инвертирующий информационный вход (переменный сигнал) |       |       |       |       | Вых. сигнал | Неинвертирующий информационный вход (опорный сигнал) |       |       |       |
|------|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|      | $U_3$                                                 | $U_4$ | $I_3$ | $R_3$ | $R_4$ | $U_Y$       | $U_2$                                                | $I_2$ | $R_1$ | $R_2$ |
| 1    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |
| 2    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |
| 3    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |
| 4    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |
| 5    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |
| 6    |                                                       |       |       |       |       |             |                                                      |       |       |       |

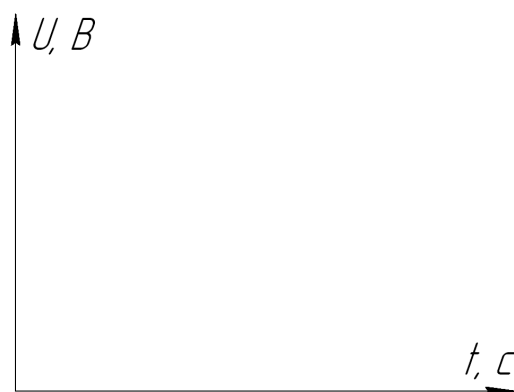


Рисунок 8.5 – Диаграмма

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и*

*простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое компаратор?
- 2) Как называются выходы компаратора?
- 3) От чего зависит величина выходного сигнала?
- 4) Как можно задать опорное напряжение?
- 5) Где применяются компараторы?
- 6) С каким сигналом работают компараторы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М9

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ, СОБРАННОГО НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру генератора прямоугольных импульсов;
- 1.2 Изучить подключение генератора прямоугольных импульсов;
- 1.3 Изучить принцип работы генератора прямоугольных импульсов;
- 1.4 Построить график зависимости частоты импульсов от емкости конденсатора RC-цепочки;
- 1.5 Построить график зависимости частоты импульсов от сопротивления резистора RC-цепочки;
- 1.6 Определить как влияет емкость и сопротивление на частоту импульсов.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является генератор прямоугольных импульсов, собранного по схеме, приведенной на рисунке 9.1. Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *D1.1* и *D1.2* – логическая микросхема; *R1...R3* – резисторы; *C1...C3* – конденсаторы; *R4* – токоограничительный резистор; *SA1...SA7* – переключатели; *HL1* – светодиод.

При изменении емкости конденсаторов *C1...C3* и сопротивления резисторов *R1...R3* будет изменяться

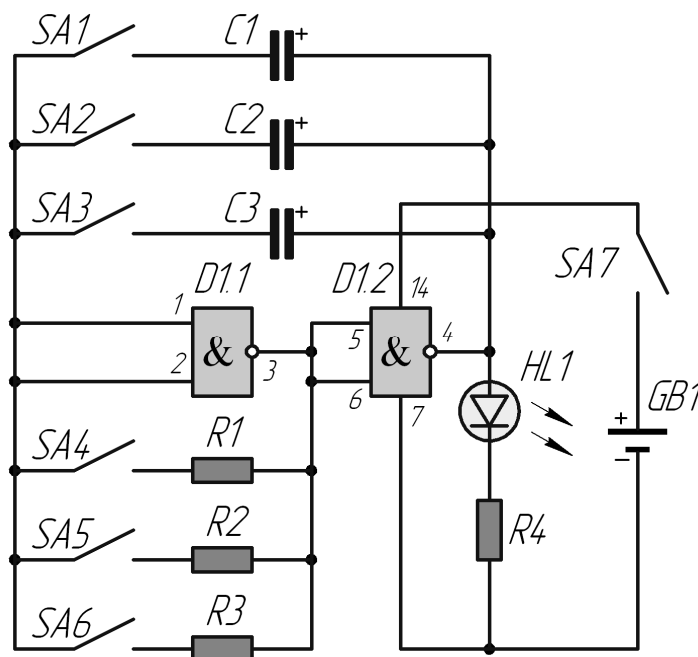


Рисунок 9.1 – Схема для исследования работы компаратора

### 3 Краткая теория

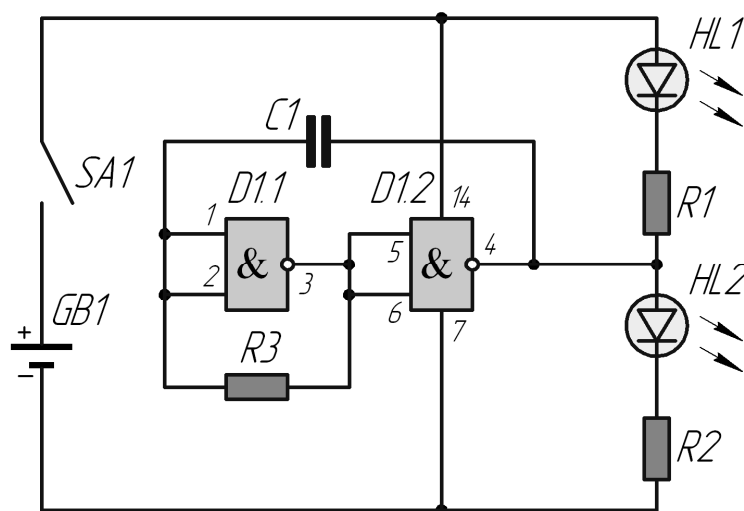
*Генераторы прямоугольных импульсов* – это такие генераторы, которые на выходе создают сигнал, способный принимать два устойчивых значения высокого и низкого уровня.

Существует несколько способов создания таких генераторов, среди которых можно выделить следующие:

- 1) мультивибраторы;
- 2) генераторы на логических элементах;
- 3) генераторы на специализированных микросхемах;
- 4) кварцевые генераторы.

Генераторы на логических элементах являются самыми простыми генераторами, собранными на микросхемах, так как содержат минимальное количество элементов в обвязке. Существует много вариантов реализации таких генераторов, но в качестве базовых элементов выступают инверторы с функциями НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.

На рисунке 9.2 представлена схема генератора прямоугольных сигналов, собранного на логических элементах. Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *SA1* – переключатель; *D1.1* и *D1.2* – логические элементы К561ЛА7 с функцией И-НЕ; *Ñ1* – конденсатор; *HL1* и *HL2* – светодиоды; *R1* и *R2* – токоограничительные резисторы; *R3* – резистор ограничивающий скорость заряда конденсатора.



*Рисунок 9.2 – Генератор прямоугольных импульсов на логических элементах*

Схема работает следующим образом. Предположим на выходах элемента *D1.1* сигнал высокого уровня (лог. 1), следовательно, на выходе элемента *D1.2* будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Это приведет к тому, что конденсатор *Ñ1* начнет заряжаться через резистор *R3*. Входы элемента *D1.1* будут следить за напряжением на конденсаторе *Ñ1*. Так как на выходе *D1.2* будет низкий уровень сигнала, то между контактом «4» и отрицательным полюсом источника

тока  $GB1$  будет минимальное напряжение, и светодиод  $HL2$  не будет светиться. Но в это же время между контактом «4» и положительным полюсом источника тока  $GB1$  будет наблюдаться напряжение равное напряжению источника тока  $GB1$ , следовательно, светодиод  $HL1$  будет гореть.

Когда напряжение на конденсаторе достигнет уровня логической единицы (сигнала высокого уровня), то на выходе элемента  $D1.1$  появится сигнал низкого уровня, а на выходе элемента  $D1.2$  появится сигнал высокого уровня. Это приведет к постепенному разряду конденсатора  $\tilde{N}1$ . На выходе  $D1.2$  низкий уровень сигнала сменился высоким уровнем, следовательно, между контактом «4» и отрицательным полюсом источника тока  $GB1$  появилось напряжение, и светодиод  $HL2$  активировался, а светодиод  $HL1$  погас.

После того как напряжение на конденсаторе упадет до значения логического нуля, генератор поменяет высокие и низкие уровни на выходах элементов  $D1.1$  и  $D1.2$ . Светодиод  $HL2$  погаснет, а  $HL1$  начнет светиться. Конденсатор  $\tilde{N}1$  опять начнет заряжаться и цикл повторится.

Изменяя номиналы резистора  $R3$  и конденсатора  $\tilde{N}1$  можно увеличивать или уменьшать частоту переключения генератора. Увеличение емкости конденсатора приведет к уменьшению времени его заряда, следовательно, частота импульсов генератора увеличится. Увеличение сопротивления резистора увеличит время заряда конденсатора, следовательно, частота импульсов генератора уменьшится.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

- 4.1 Ознакомление с электрической цепью, приведенной на рисунке 9.1, и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.
- 4.2 Подготовка таблицы 9.1.
- 4.3 Проведение серии экспериментов из 9 опытов и отображение показаний в таблице 9.1.
- 4.4 Построение графика зависимости частоты импульсов от емкости конденсатора (см. рис. 9.3а).
- 4.5 Построение графика зависимости частоты импульсов от сопротивления резистора (см. рис. 9.3б).
- 4.6 Формулирование вывода по работе с отражением влияния сопротивления и емкости на частоту импульсов.

*Таблица 9.1 – Результаты измерений*

| Опыт | $R, \text{ Ом}$ | $C, \text{ Ф}$ | $f, \text{ Гц}$ |
|------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1    |                 |                |                 |
| 2    |                 |                |                 |
| 3    |                 |                |                 |
| 4    |                 |                |                 |
| 5    |                 |                |                 |
| 6    |                 |                |                 |
| 7    |                 |                |                 |
| 8    |                 |                |                 |
| 9    |                 |                |                 |

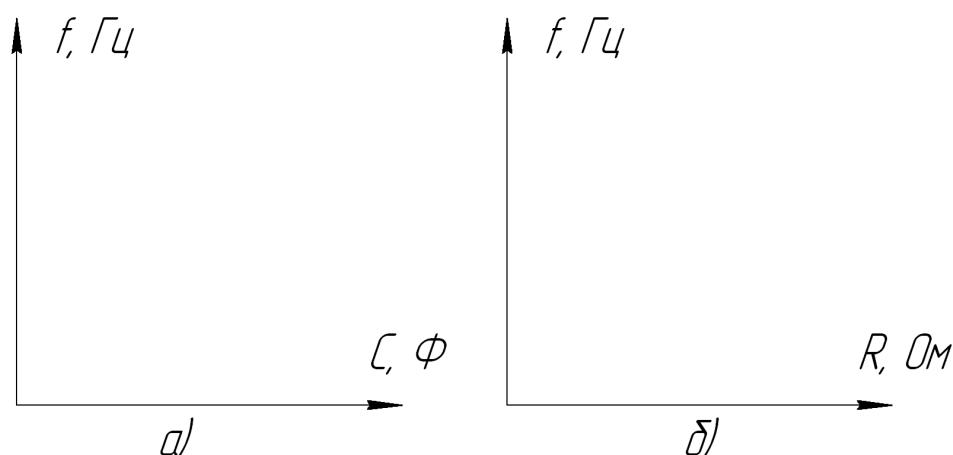


Рисунок 9.3 – Графики зависимости частоты импульсов от емкости и сопротивления

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и*

*простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

#### Контрольные вопросы

- 1) Что такое генераторы прямоугольных импульсов?
- 2) Какие способы создания генератора прямоугольных импульсов существуют?
- 3) От каких параметров зависит частота импульсов генератора?
- 4) Как влияет сопротивление резистора в RC цепочке на частоту импульсов генератора?
- 5) Как влияет емкость конденсатора в RC цепочке на частоту импульсов генератора?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № М10

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДРАЙВЕРА ДВИГАТЕЛЕЙ

#### 1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы драйвера двигателей;
- 1.2 Изучить подключение драйвера двигателей;
- 1.3 Исследовать возможные варианты маневров при управлении двумя двигателями;
- 1.4 Записать последовательность команд для задания траектории движения.

#### 2 Объект исследования

Объектом исследования является микросхема драйвер двигателя L293D, для управления которой собрана схема, приведенная на рисунке 10.1. Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *D1.1* и *D1.2* – микросхема L293D; *D2.1...D2.4* – логическая микросхема; *R1...R4* – резисторы; *R5...R8* – токоограничительные резисторы; *SA1* и *SA2* – переключатели с самовозвратом; *HL1...HL4* – светодиоды; *M1* и *M2* – двигатели постоянного тока с постоянным магнитом индуктора.

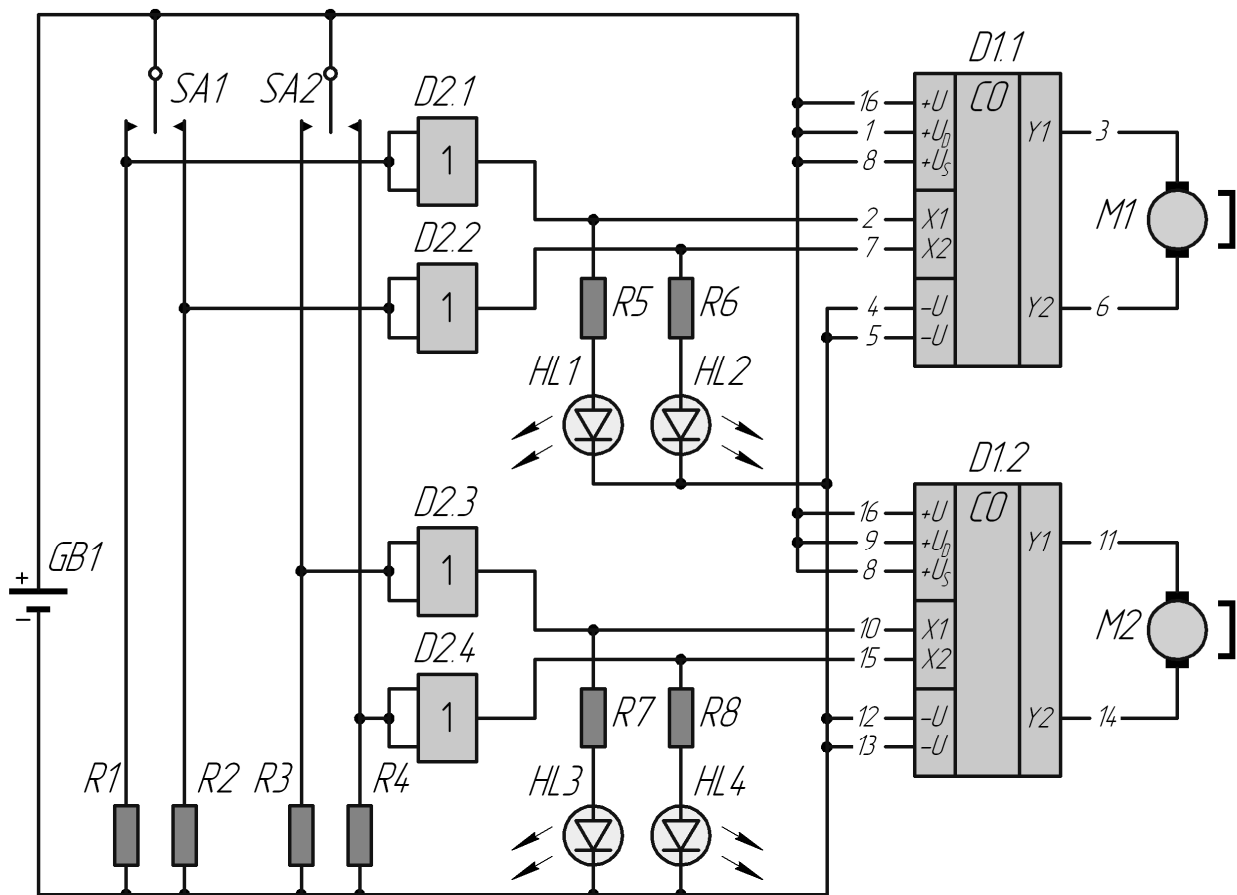


Рисунок 10.1 – Схема для исследования работы драйвера двигателей

### 3 Краткая теория

*Драйвер двигателя* – это устройство, которое преобразует сигнал малой мощности, поступающий на вход, в сигнал на выходе, который управляет двигателем.

Управление любым электродвигателем постоянного или переменного тока заключается в выполнении следующих основных операций:

- 1) включение и выключение двигателя;
- 2) изменение частоты вращения приводного вала двигателя;
- 3) реверсирование или изменение направления вращения двигателя.

Каждая из этих операций требует наличия определенных вспомогательных устройств. Наиболее интересной из этих операций является реверсирование двигателя, так как выполнение первых двух операций не является сложной и не требует наличия, в большинстве случаев, дорогостоящего оборудования.

В автоматизации производства всё чаще применяются двигатели постоянного тока, так как они обеспечивают большой крутящий момент, и управление ими не требует наличия специфического оборудования в отличие от двигателей переменного тока.

Микросхема L293D содержит два драйвера, каждый из которых управляет отдельным двигателем. Эта микросхема управляет маломощными двигателями с потреблением тока до 0,6А на каждый двигатель. На рисунке 10.2а представлен внешний вид микросхемы, а на рисунке 10.2б функциональная структура микросхемы L293D.

Описание входов и выходов микросхемы L293D:

$+U$  – контакт питания микросхемы, подключаемый к положительному полюсу источника тока. Напряжение питания составляет 5 В.

$+U_D$  – контакт питания драйверов двигателей, подключаемый к положительному полюсу источника тока.

$+U_S$  – контакт питания двигателей, подключаемый к положительному полюсу источника тока. Напряжение питания составляет 4,5...36 В.

$-U$  – информационные выходы двоичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в четырехразрядной двоичной форме.

$X1$  и  $X2$  – информационные входы драйверов. На эти входы подаются сигналы, обеспечивающие включение и реверс двигателей.

$Y1$  и  $Y2$  – информационные выходы драйверов. Через эти выходы на двигатели поступает управляющий сигнал.

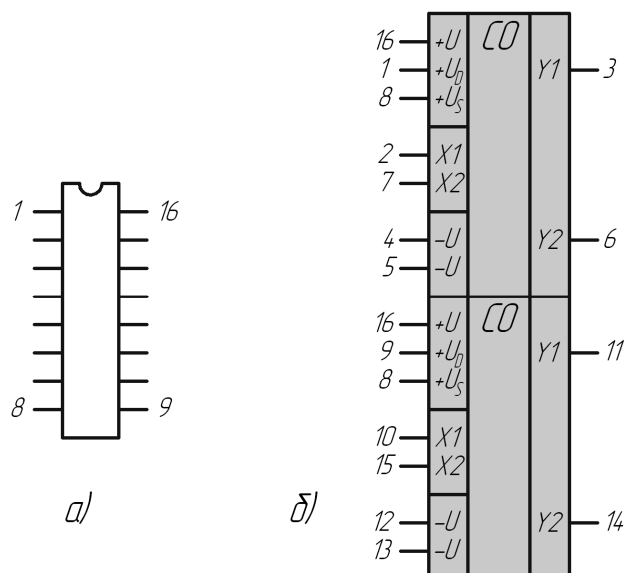


Рисунок 10.2 – Микросхема L293D

Схема подключения одного из сегментов микросхемы драйверов двигателя L293D представлена на рисунке 10.2. Схема состоит из следующих элементов:  $GB1$  – источник постоянного тока, питающий микросхему и драйвер;  $GB1$  – источник постоянного тока, питающий двигатель;  $I_1$  – двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора;  $D1.1$  – сегмент микросхемы L293D;  $HL1$  и  $HL2$  – светодиоды;  $BL1$  и  $BL2$  – фототранзисторы;  $R1...4$  – токоограничительные резисторы.

Пара, состоящая из светодиода  $HL1$  и фототранзистора  $BL1$ , образует оптический датчик. Такой же парой является связка светодиода  $HL2$  и фототранзистора  $BL2$ . Этот датчик реагирует на приближающийся объект, если светодиод и фототранзистор расположены под углом друг к другу, и при приближении объекта, отраженный свет падает на фотоэлемент. Так же датчик может реагировать на наличие непрозрачного объекта между светодиодом и фототранзистором, если они направлены друг на друга.

Если на базу фототранзисторов  $BL1$  и  $BL2$  не попадает свет, то на входы  $X1$  и  $X2$  подается сигнал низкого уровня (лог. 0). На выходах  $Y1$  и  $Y2$  в этом случае формируется сигнал низкого уровня, следовательно, вал двигателя не вращается.

Если на базу фототранзистора  $BL1$  попадет свет от светодиода  $HL1$ , то на вход  $X1$  поступит сигнал высокого уровня. При этом на базу фототранзистора  $BL2$  не должен попадать свет. На выходе  $Y1$  сигнал изменится на противоположный, а именно приобретет высокий уровень. Сигнал на выходе  $Y2$  останется низкого уровня, следовательно, возникнет разность потенциалов, и вал двигателя начнет вращаться.



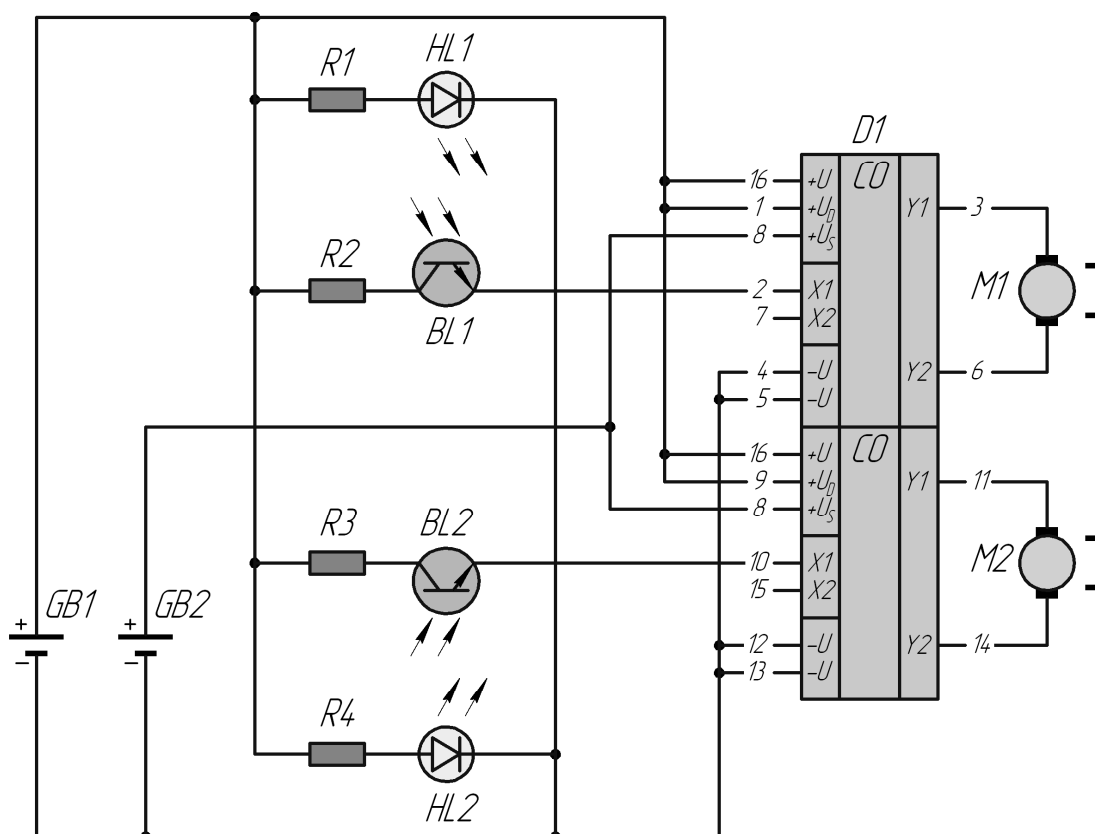


Рисунок 10.4 – схема управления двумя двигателями с помощью микросхемы L293D

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью, приведенной на рисунке 10.1, и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Подготовка таблицы 10.1

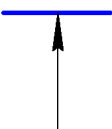
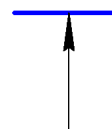
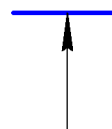
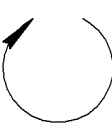
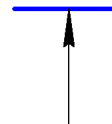
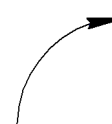
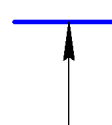
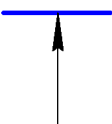
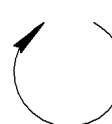
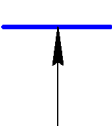
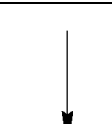
Таблица 10.1 – Результаты измерений

| Опыт | Входные управляющие сигналы |    |    |    | Состояние двигателя M1 | Состояние двигателя M2 | Маневр двух двигателей |
|------|-----------------------------|----|----|----|------------------------|------------------------|------------------------|
|      | X1                          | X2 | X3 | X4 |                        |                        |                        |
| 1    |                             |    |    |    |                        |                        |                        |
| ...  |                             |    |    |    |                        |                        |                        |
| 9    |                             |    |    |    |                        |                        |                        |

4.3 Проведение серии испытаний из девяти опытов. В каждом опыте на каждый управляющий вход (X1...X4) подавать сигналы высокого или низкого уровня и определить направление вращения каждого двигателя.

4.4 Определение вида маневра, который будет совершаться при управлении двумя двигателями одновременно, воспользовавшись таблицей 10.2.

Таблица 10.2 – Виды маневров при управлении двумя двигателями

| № | Состояние двигателя М1            |                                                                                     | Состояние двигателя М2            |                                                                                     | Маневр двух двигателей                       |                                                                                       |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Маневр                            | Символ                                                                              | Маневр                            | Символ                                                                              | Маневр                                       | Символ                                                                                |
| 1 | «Стоп»                            |    | «Стоп»                            |    | «Стоп»                                       |    |
| 2 | «Вращение по часовой стрелке»     |    | «Стоп»                            |    | «Поворот направо вперед»                     |    |
| 3 | «Вращение против часовой стрелки» |    | «Стоп»                            |    | «Поворот направо назад»                      |    |
| 4 | «Стоп»                            |   | «Вращение по часовой стрелке»     |   | «Поворот налево вперед»                      |   |
| 5 | «Стоп»                            |  | «Вращение против часовой стрелки» |  | «Поворот налево назад»                       |  |
| 6 | «Вращение по часовой стрелке»     |  | «Вращение по часовой стрелке»     |  | «Движение вперед»                            |  |
| 7 | «Вращение против часовой стрелки» |  | «Вращение против часовой стрелки» |  | «Движение назад»                             |  |
| 8 | «Вращение по часовой стрелке»     |  | «Вращение против часовой стрелки» |  | «Вращение вокруг оси по часовой стрелке»     |  |
| 9 | «Вращение против часовой стрелки» |  | «Вращение по часовой стрелке»     |  | «Вращение вокруг оси против часовой стрелки» |  |

4.5 Создание последовательности команд для задания траектории движения при управлении двумя двигателями и заполнение таблицы 10.3. Количество команд определяется в процессе составления последовательности команд и зависит от траектории движения.

Таблица 10.3 – Движение по траектории

| №   | Участок или точка | Маневр двух двигателей | Входные управляющие сигналы |    |    |    |
|-----|-------------------|------------------------|-----------------------------|----|----|----|
|     |                   |                        | X1                          | X2 | X3 | X4 |
| 1   |                   |                        |                             |    |    |    |
| 2   |                   |                        |                             |    |    |    |
| ... |                   |                        |                             |    |    |    |

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе.

## 5 Требования к оформлению

5.1 Отчет по лабораторным работам оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами или простым карандашом.*

5.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

## Контрольные вопросы

- 1) Что такое драйвер двигателя?
- 2) Где применяются драйверы двигателей?
- 3) Какие функции может выполнять драйвер двигателей?
- 4) Какие маневры может совершать один двигатель?
- 5) Какие маневры могут совершать два одновременно управляемых двигателя?

# Приложение 1

|                 |                    |                 |                |             |                                                               |                     |              |                |
|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|----------------|
|                 |                    |                 |                |             | <i>ЛПР.ЭцЭ.ХХХХХХХ.ХХ.ХХ.ХХ</i>                               |                     |              |                |
| <i>Изм.</i>     | <i>Лист</i>        | <i>№ Докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | <i>Исследование работы<br/>однофазного<br/>трансформатора</i> | <i>Лит.</i>         | <i>Масса</i> | <i>Масштаб</i> |
| <i>Разраб.</i>  | <i>Петров П.П.</i> |                 |                |             |                                                               | <i>МТ ВОГУ</i>      |              |                |
| <i>Пров.</i>    | <i>Иванов И.И.</i> |                 |                |             |                                                               | <i>Группа _____</i> |              |                |
| <i>Н. контр</i> |                    |                 |                |             |                                                               |                     |              |                |
| <i>Утв.</i>     |                    |                 |                |             |                                                               |                     |              |                |

Фамилия И.О. студента

Учебная группа

Фамилия И.О. преподавателя

Шифр

Название работы

*Шифр: ЛПР.ЭцЭ.ХХХХХХХ.ХХ.ХХ.ХХ*

*Номер работы*

*Номер по журналу*

*Код техникума (44)*

*Код специальности*

*Наименование дисциплины*

Лабораторно-практическая работа Т1 № \_\_\_\_

Расчет параметров конденсаторной батареи и резисторной сборки

Цель: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Таблица параметров элементов конденсаторной батареи

| Параметр элемента | Элемент конденсаторной батареи |    |    |    |    |    |
|-------------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|
|                   | AB                             | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| U, В              |                                |    |    |    |    |    |
| q, Кл             |                                |    |    |    |    |    |
| C, Ф              |                                |    |    |    |    |    |
| W, Дж             |                                |    |    |    |    |    |

Таблица параметров элементов резисторной сборки

| Параметр элемента | Элемент Резисторной сборки |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|
|                   | AB                         | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
| U, В              |                            |    |    |    |    |    |    |
| I, А              |                            |    |    |    |    |    |    |
| R, Ом             |                            |    |    |    |    |    |    |
| P, Вт             |                            |    |    |    |    |    |    |

ЛПР ЭИЗ \_\_\_\_\_

| Изм.                                                          | Лист | № Докл. | Подп. | Дата | Лит.         | Масса | Масштаб |
|---------------------------------------------------------------|------|---------|-------|------|--------------|-------|---------|
| Разраб.                                                       |      |         |       |      |              |       |         |
| Проб.                                                         |      |         |       |      |              |       |         |
| Н. контр.                                                     |      |         |       |      |              |       |         |
| Упл.                                                          |      |         |       |      |              |       |         |
| Расчет параметров конденсаторной батареи и резисторной сборки |      |         |       |      | МТ ВОРУ      |       |         |
|                                                               |      |         |       |      | Группа _____ |       |         |

Расчет параметров конденсаторной батареи

Схема конденсаторной батареи

Решение: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Расчет параметров резисторной сборки

Схема резисторной сборки

Решение \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Выбод: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

| Изм.          | Лист | № Докл. | Подп. | Дата | Лит.         | Масса | Масштаб |
|---------------|------|---------|-------|------|--------------|-------|---------|
| ЛПР ЭИЗ _____ |      |         |       |      | МТ ВОРУ      |       |         |
|               |      |         |       |      | Группа _____ |       |         |