

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ**

по дисциплине: **ОП.12 Электронная техника**

по специальности **13.02.03 Электрические станции, сети и системы**

г. Троицк, 2023 г.

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Электронная техника» по специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы.

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла высшей квалификационной категории.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 6 от «30» мая 2023 г.

**Содержание:**

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета;  
критерии оценивания работ
3. Требования к технике безопасности при выполнении работ
4. Тематика и содержание лабораторных работ
5. Список используемой литературы.

## **1. Пояснительная записка**

Целью проведения лабораторных работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебного плана и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение лабораторных работ составляет 16 часов.

## **2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.**

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
4. Перечень оборудования и приборов.
3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с экспериментальными и расчетными данными.
5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую лабораторную работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

### **3. Требования к технике безопасности при выполнении работ**

1. Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, ход ее выполнения.
2. Приступать к выполнению работы учащиеся могут только с разрешения преподавателя.
3. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.
4. Учащимся категорически запрещается доступ к распределительным щитам и установкам, не относящимся к выполняемой ими работы.
5. Не оставляйте рабочее место без разрешения преподавателя.

6. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
7. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
8. Производите сборку электрических цепей, переключения в них только при отключенном источнике питания.
9. Не включайте источники электропитания без разрешения преподавателя.
10. Проверяйте наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки с помощью указателя напряжения.
11. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники, при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами. Выполняйте наблюдения и измерения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).
12. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания: их сначала нужно разрядить.
13. По окончании работы отключите источники электропитания, после чего разберите электрическую цепь.
14. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом преподавателю.
15. В случае аварии, во время работы НЕМЕДЛЕННО отключить питающий автомат.

#### **4. Тематика и содержание лабораторных работ**

##### **Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Наименование работы	Кол- во часов	Тема
1	Снятие характеристик полупроводниковых диода и стабилитрона.	2	1.2
2	Снятие характеристик и определение параметров биполярного и полевого транзистора.	2	1.4

3	Исследование однофазных выпрямителей	2	2.1
4	Исследование маломощных выпрямителей и сглаживающих фильтров.	2	2.2
5	Исследование усилительных каскадов на транзисторах с ОЭ и ОК.	2	3.1
6	Исследование импульсных схем- мультивибратора, одновибратора и блокинг-генератора.	2	4.2
7	Исследование логических элементов И, ИЛИ, НЕ.	2	4.3
8	Исследование триггеров	2	4.3

## Лабораторная работа №1

### Тема работы: Снятие характеристик полупроводниковых диода и стабилитрона.

**Цель работы:** ознакомиться с основными свойствами, ВАХ и параметрами выпрямительного диода и стабилитрона.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №1, мультиметры - 2шт, соединительные провода, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Полупроводниковый диод-это прибор с двумя выводами и одним электронно-дырочным переходом (p-n переходом).

Основной характеристикой диода служит его вольтамперная характеристика, которая имеет прямую ветвь ( $I_{пр.} = f(U_{пр.})$ ) и обратную ветвь ( $I_{обр.} = f(U_{обр.})$ ).

Полупроводниковые диоды, предназначенные для выпрямления переменного тока, называются выпрямительными.

Основными параметрами диодов являются:

- допустимый прямой ток  $I_{пр.доп.}$  (А)
- допустимое обратное напряжение  $U_{обр.доп.}$  (В)
- обратное сопротивление  $R_{обр.}$

Полупроводниковый стабилитрон - диод, используемый для стабилизации напряжения. Наличие у диодов критического обратного напряжения, при котором наступает электрический пробой, позволяет использовать полупроводниковый диод в схемах стабилизации напряжения.

Рабочим участком стабилитрона является участок электрического пробоя на обратной ветви ВАХ.

Стабилитрон характеризуется следующими основными параметрами:

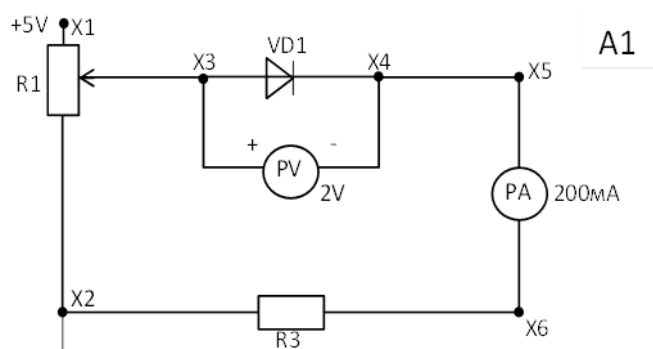
- $U_{ст.}$  - напряжение стабилизации - соответствует точке на середине рабочего участка;
- $I_{ст.мах.}$  и  $I_{ст.мин.}$  - максимальный и минимальный допустимые токи стабилизации;



- динамическое сопротивление в рабочей точке  $R_i = \Delta U_{ст} / \Delta I_{ст}$ .
- статическое сопротивление или сопротивление стабилитрона по постоянному току в рабочей точке  $R_{стат.} = U_{ст} / I_{ст.ср}$ .

### Задание и порядок выполнения работы:

Собрать схему лабораторной установки.



#### **1. Снять прямую ветвь ВАХ выпрямительного диода. Схема А1.**

- 1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ
- 1.2. На одном из источников питания VI или V2 выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром, на пределе измерения 20В.
- 1.3. Выключить сетевой тумблер.
- 1.4. Ручку потенциометра R1 повернуть против часовой стрелки до упора.
- 1.5. Подать питание на исследуемую схему: “+” - X1, “-” - X2.
- 1.6. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения, согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.
- 1.7. После проверки схемы преподавателем, включить сетевой тумблер.
- 1.8. Поворачивая ручку потенциометра R1 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение диода в пределах указанных в таблице 1. Значение тока фиксировать через каждые 0,1В. Результаты измерений занести в таблицу 1.

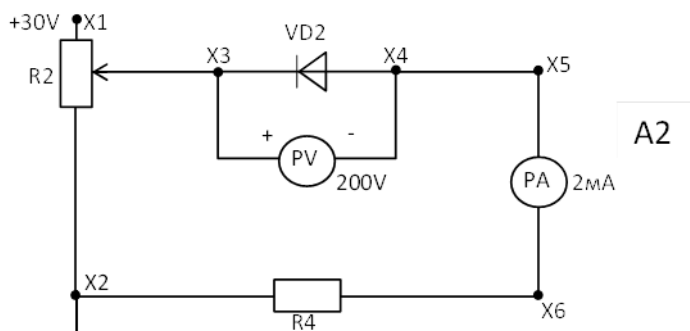
Таблица 1

Uпр, В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5
Iпр, мА	0						

1.9. Выключить сетевой тумблер.

## 2. Снять обратную ветвь ВАХ диода. Схема А2

2.1. На обоих источниках питания VI и V2 выставить максимальное напряжение 15В. Соединить источники последовательно, установив, таким образом, напряжение блока питания 30В.



2.2. Подать напряжение питания на исследуемую схему: “+” источника V2- на клемму X1, “-” источника V2- на клемму X2.

2.3. Ручку потенциометра R2 повернуть против часовой стрелки до упора.

Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений, согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.

2.5. После проверки схемы преподавателем включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.

2.6. Поворачивая ручку потенциометра R2 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице 2. значение тока фиксировать через каждые 5В. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Uобр, В	0	5	10	15	20	25	30
Юбр, мА							

2.7. Выключить сетевой тумблер.

2.8. По данным таблиц 1 и 2 построить ВАХ диода.

2.9. По ВАХ и таблицам определить сопротивление диода в прямом включении  $R_{пр.}$  и в обратном включении  $R_{обр.}$ :

$$R_{пр.} = U_{пр.} / I_{пр.}, \quad \text{при } U_{пр.} = 0.2 \text{ В}; 0,4 \text{ В}$$

$$R_{обр.} = U_{обр.} / I_{обр.}, \quad \text{при } U_{обр.} = 20 \text{ В}$$

### 3. Снять прямую ветвь ВАХ стабилитрона $I_{пр.} = f(U_{пр.})$ , используя схему АЗ.

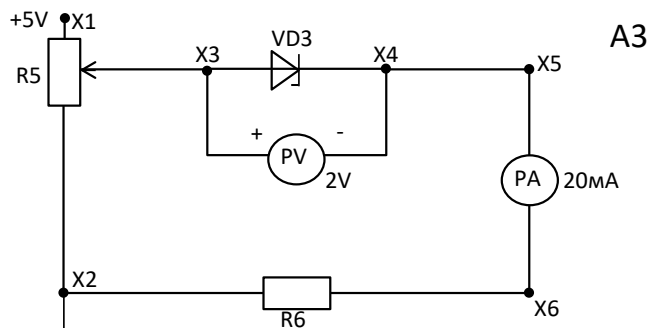
3.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.

3.2. На одном из источников питания выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20В.

3.3. Включить сетевой тумблер.

3.4. Ручку потенциометра R5 повернуть против часовой стрелки до упора.

3.5. Подать питание на исследуемую схему : «+» -X1. «-» - X2.



3.6. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений, согласно мнемосхемы, соблюдая полярность.

3.7. После проверки схемы преподавателем сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.

3.8. Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение на стабилитроне в пределах указанных в таблице 1. Значение тока фиксировать через каждые 0,1В. Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Упр, В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Ипр, мА								

3.6. Выключить сетевой тумблер.

#### 4. Снять обратную ветвь ВАХ стабилитрона, используя схему А4.

4.1. Выставить на одном из источников питания напряжение 15В.

4.2. Подать питание на исследуемую схему: «+» -ХІ, «-»- предварительно повернув ручку потенциометра R7 против часовой стрелки до упора.

4.3. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений, согласно мнемосхемы, соблюдая полярность.

4.4. После проверки схемы преподавателем, включить сетевой тумблер.

4.5. Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на стабилитроне в пределах, указанных в таблице 4.

Увеличить число фиксируемых точек характеристики, начиная с 4В. Для каждого значения напряжения измерить ток. Результаты измерений занести в таблицу4.

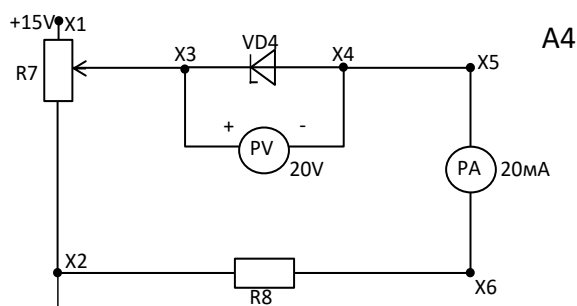


Таблица 4

Uобр, В	0	1	2	3	4	4,3	4,6	5	5,3	5,6
Юбр, мА										

4.6. После окончания измерений отключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ.

4.7. По данным таблиц 3 и 4 построить ВАХ стабилитрона. По ВАХ или таблице определить напряжение стабилизации  $U_{ст}$ .

**Контрольные вопросы:**

1. Объясните выпрямляющее действие диода.
2. Приведите основные параметры выпрямительного диода.
3. Как влияет температура на диод?
4. Как включается в схему стабилизации полупроводниковый стабилитрон?
5. Какой участок ВАХ стабилитрона является рабочим участком.
6. Что такое электрический пробой? Как его можно устранить?
7. Как определяется динамическое сопротивление в рабочей точке?

**Содержание отчёта.**

1. Тема, цель лабораторной работы.
2. Схемы, результаты исследований (таблицы, графики ВАХ, расчет  $R_{пр}$ ,  $R_{обр}$ ,  $U_{ст}$ ).
3. Контрольные вопросы и ответы.
4. Вывод по работе.

## Лабораторная работа № 2

### Тема работы: Снятие характеристик и определение параметров биполярного и полевого транзисторов.

**Цель работы:** ознакомление со схемами включения биполярного транзистора с ОЭ, полевого транзистора с ОИ и выходными ВАХ.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №2, мультиметры 2шт, соединительные провода, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Биполярный транзистор- это полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими р-п переходами и тремя выводами.

Средний слой транзистора называют базой, крайний сильно легированный меньшей площадью - эмиттером, а слой большей площадью- коллектором.

Р-п переход между областями эмиттера и базы называют эмиттерным.

Р-п переход между областями базы и коллектора – коллекторным.

В зависимости от электропроводимости этих трех областей различают транзисторы **n-p-n** и **p-n-p** типа.

Существуют три схемы включения транзистора: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ), с общим коллектором (ОК).

Входные статические характеристики в схеме ОЭ отражают зависимость

$$I_K = f(U_{КЭ}) \text{ при } I_B = \text{const.}$$

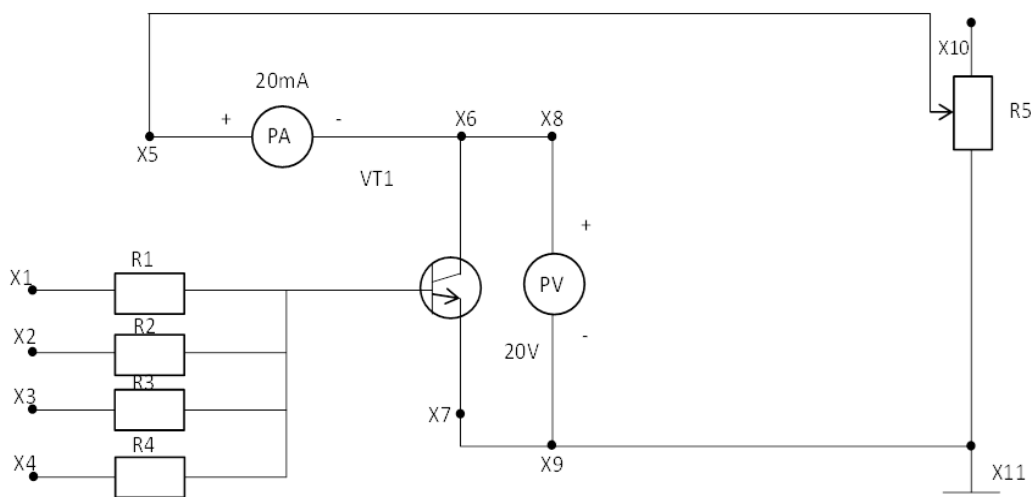
Полевой транзистор- это полупроводниковый прибор, в котором ток между двумя электродами возбуждается одним электрическим полем, а управление этим током осуществляется со стороны третьего электрода. Различают три типа полевых транзисторов: с управляющим р-п переходом и с изолированным затвором (МДП- транзисторы). По электропроводности канала они подразделяются на **p** и **n** типа. Электрод, образован двумя слоями р- типа (если транзистор n- типа) называют затвором (З).

Один из электродов, подключённый к полупроводнику n- типа от которого движутся электроны, называют истоком (И), а электрод, к которому движутся электроны стоком (С). Работа полевого транзистора описывается семейством выходных и входных (стоко- затворной) характеристиками:  $I_C = f(U_{СИ})$  и  $I_C = f(U_{ЗИ})$ .

#### Задание и порядок выполнения работы:

1. Собрать схему установки А1. Снять выходные характеристики биполярного транзистора.
  - 1.1 Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.
  - 1.2 На источнике питания V1 выставить напряжение 5В, измерить его мультиметром.
  - 1.3 На источнике питания V2 выставить напряжение 15В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО почасовой стрелке до упора.

1.5 Соединить источник питания V1 с входом транзистора согласно мнемосхемы (« - « источника подать на общую точку).



1.6 Соединить источник питания V2 с выходными клеммами транзистора, согласно мнемосхеме.

1.8 Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения, согласно мнемосхеме, соблюдая указанную полярность.

1.10 Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, устанавливать напряжение коллектора  $U_{КЭ}$  в пределах, указанных в таблице №1

1.11 Для каждого фиксированного значения  $U_{кэ}$  измерить ток коллектора  $I_k$ . Результаты измерений занести в таблицу №1.

1.12 Аналогичные измерения произвести при подключении входного напряжения +5В к клеммам X2, X3, X4. Результаты измерений занести в таблицу №1. Ручку потенциометра R5 повернуть в исходное положение при изменении уровня входного сигнала  $I_B$ .

1.13 Сетевой тумблер выключить.

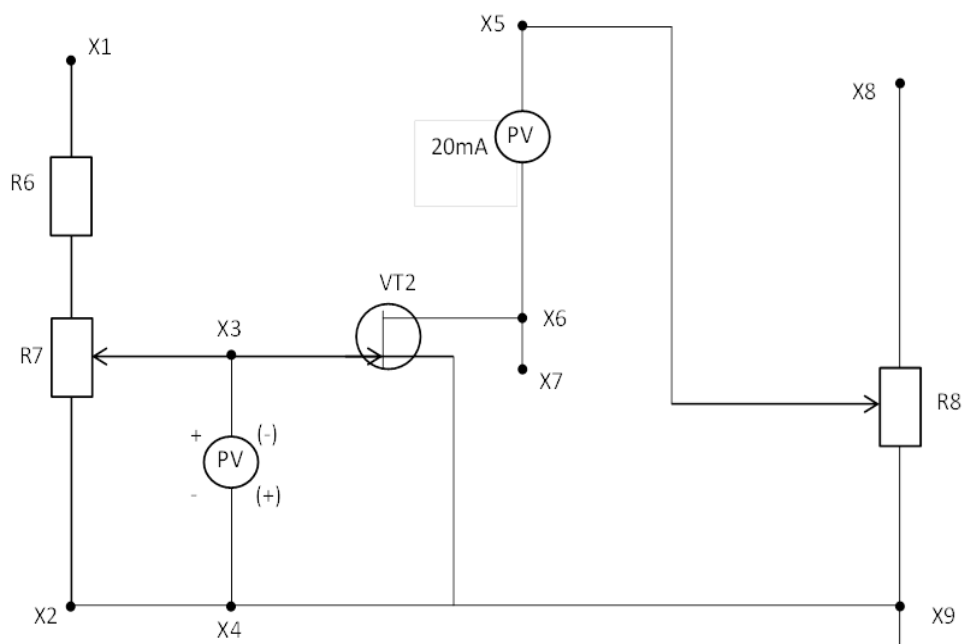
[illegible]

$R3(I_{B3})$											
$I_K, \text{mA}$ при $R4(I_{B4})$											

1.14 По данным таблицы 1 построить выходные характеристики:  $I_K = f(U_{KЭ})$ , при разных уровнях входного сигнала  $I_B$ .

1.15 Определить коэффициент передачи по току при  $U_{KЭ} = 4\text{В}$

2. Собрать схему установки А2. Снять выходные (стоковые) характеристики полевого транзистора при трех значениях  $U_{зи}$ .



А2

2.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер ВКЛ.

2.2. На источнике питания V1 выставить напряжения 5В, измерив его мультиметром.

2.3. На источнике питания V2 выставить напряжения 15В, повернув ручку по часовой стрелке до упора.

2.4. Выключить тумблер.

2.5. Ручки потенциометров R7 и R8 повернуть по часовой стрелке до упора.

2.6. Подключить измерительные приборы с указанными на мнемосхеме пределами и полярностью.

2.7. Вольтметр подсоединять к необходимым клеммам с помощью двух лучевого провода для возможности измерений  $U_{зи}$  и  $U_{си}$ .

2.8. Ручки потенциометров R7 и R8 повернуть против часовой стрелки до упора.

2.9. После проверки преподавателем включить сетевой тумблер и убедиться что  $U_{зи} = 0$

2.10. Выключить сетевой тумблер.

2.11. Вольтметр переключить с входа транзистора на выход, предварительно установив на нем предел измерений 20В.



- 2.12. Включить сетевой тумблер.
- 2.13. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменять напряжение  $U_{СИ}$  в пределах, указанных в таблице 2. Для каждого фиксированного напряжения  $U_{СИ}$  измерить ток стока  $I_C$ . Результат измерений занести в таблицу 2.
- 2.14. Сетевой тумблер выключить, ручку потенциометра R8 установить в исходное положение.
- 2.15. Вольтметр подключить на вход транзистора и выставить предел измерений 2В.
- 2.16. Включить сетевой тумблер.
- 2.17. Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке, установить напряжение между затвором и истоком  $U_{ЗИ} = 1В$
- 2.18. Выключить сетевой тумблер.
- 2.19. Вольтметр переключить с входа транзистора на выход, предварительно установив на нем предел измерений 20В.
- 2.20. Включить сетевой тумблер.
- 2.21. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменить напряжение  $U_{СИ}$  в пределах указанных в таблице 2. Для каждого фиксированного напряжения  $U_{СИ}$  измерить ток стока  $I_C$ . Результат измерений занести в таблицу 2.
- 2.22. Сетевой тумблер выключить. Ручку потенциометра R8 повернуть в исходное положение, а ручка R7 оставить в прежнем положении.
- 2.23. Аналогичные измерения (п.п.2.15.) произвести при  $U_{ЗИ} = -1В$ . Для этого поменять полярность напряжения питания, подаваемого на клеммы схемы (5В). Результат измерений занести в таблицу 2. Отключить стенд.

Таблица 2

$U_{ЗИ}, В$	$U_{СИ}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6
0	$I_C, МА$									
1	$I_C, МА$									
- 1	$I_C, МА$									

- 2.24. По данным таблице 2 построить семейство выходных характеристик  $I_C = f(U_{СИ})$  при  $U_{ЗИ} = 0; 1; -1В$

### Контрольные вопросы:

1. Почему схема с ОЭ нашла наибольшее применение?
2. Какие соотношения существуют между токами в биполярном транзисторе?
3. Чем отличается транзистор р-п-р типа от п-р-п?
4. Перечислить режимы работы транзистора, чем они характеризуются?

5. Почему полевой транзистор называется полевым?
6. Чем отличаются транзисторы с управляющим р-п переходом и МДП-транзисторы?
7. Какое напряжение называется напряжением отсечки ( $U_{зи\text{ отс}}$ )?

**Содержание отчета:**

1. Тема, цель работы.
2. Схемы, таблицы, расчеты, графики ВАХ
3. Контрольные вопросы и ответы.
4. Выводы по работе.

## Лабораторная работа №3

### Тема работы: Исследование однофазных выпрямителей.

**Цель работы:** ознакомиться со схемами выпрямителей, провести сравнительную оценку исследуемых схем.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №8, соединительные провода, мультиметр 2шт, осциллограф.

### Краткие теоретические сведения

При помощи выпрямителей переменный ток возможно преобразовать в постоянный ток, эта процедура называется выпрямление. Известно несколько различных схем выпрямителей переменного тока. Существуют схемы однополупериодного, двухполупериодного со средней точкой и мостового выпрямителей однофазного напряжения.

Однополупериодная схема выпрямления применяется довольно редко, так как через выпрямитель пропускается только одна полуволна тока, а другая запирается. В результате к.п.д. такого выпрямителя очень низкий.

Двухполупериодная мостовая схема выпрямления. Для выпрямления тока по двухполупериодной схеме выпрямления однофазного переменного тока (рис. 31, в) нужно четыре выпрямительных диода (вентилля). В этом случае выпрямляется каждая полуволна переменного тока и выпрямленный ток больше приближается к постоянному току. По двухполупериодной схеме выпрямления выпрямленный ток (каждая полуволна) последовательно проходит через два диода. Эта схема выпрямления нашла очень широкое применение в электронной технике.

*Критериями качества работы (эффективность) выпрямителя являются:*

*-коэффициент пульсации:*

$K_{\Pi} = \sqrt{2} U_{\sim} / U_0$  - отношение амплитуды гармоник к средневывпрямленному значению напряжения.

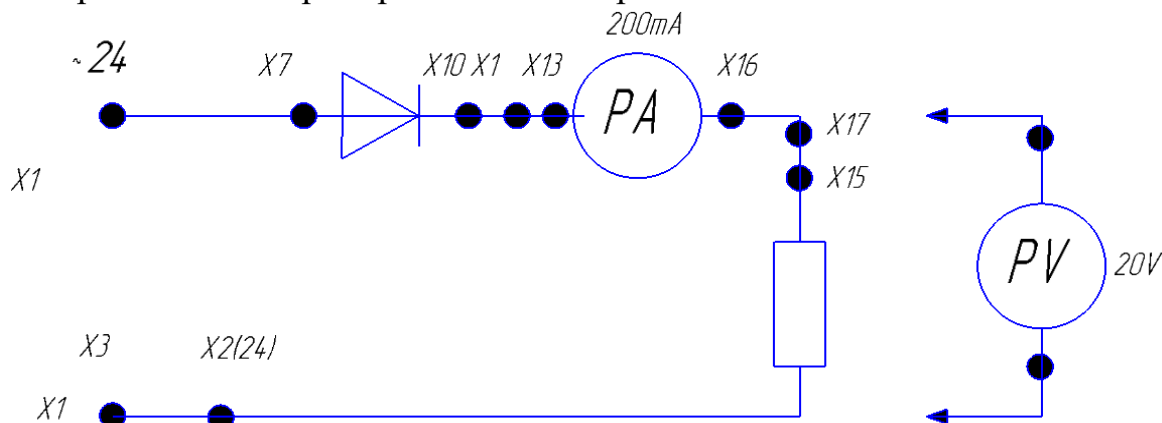
*-коэффициент выпрямления по напряжению:*

$K_{\text{вы}} = \frac{U_0}{U_2}$  - отношение средневывпрямленного значения напряжения к действующему значению напряжения во вторичной цепи трансформатора.

### Задание и порядок выполнения работы

1. Исследовать однополупериодный выпрямитель

**1.1.** Собрать однополупериодный выпрямитель с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.1.



**1.2.** После проверки схемы преподавателем, соединить ее к клеммам вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛЛОГРАФ.

**1.3.** Измерить постоянную составляющую выпрямленного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение постоянного тока.

**1.4.** Измерить сначала постоянную составляющую выпрямленного напряжения  $U_0$ , а затем- действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала – постоянного, затем – переменного напряжений и подключенного к клеммам X21 и X22.

**1.5.** Аналогичные измерения провести при подсоединении нагрузочных сопротивлений R3 и R4. При этом сначала поставить перемычку для подсоединения последующего сопротивления, а затем убрать перемычку для подсоединения предыдущего сопротивления нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1.


$R_n$	$I_0, \text{mA}$	$U_0, \text{V}$	$U_{\sim}, \text{V}$	$K_{\Pi}$
R2				
R3				
R4				

**1.6.** По результатам измерений построить нагрузочную характеристику  $U_0=f(I_0)$  и рассчитать коэффициент пульсации  $K_{\Pi}$  однополупериодного выпрямителя при разных значениях нагрузки. Сделать вывод о влиянии

нагрузки на величину пульсации. Оставить перемычку на нагрузочном сопротивлении R3.

Примечание: Нагрузочные характеристики всех схем выпрямителей строить в одних координатах.

**1.7.** Подключить осциллограф к выходу выпрямителя:- «У» - X21» «L» - X22.

Кнопку осциллографа « - ~» не нажимать, оставив её в положении «~» (при нажатии кнопки изображение на экране сместится вверх на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения). Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись с помощью ручек РАЗВЕТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ устойчивого и удобного для наблюдения изображения на экране осциллографа.

**1.8.** Подключая нагрузочные сопротивления R2 и R4 способом, указанным в п.п. 2.5. наблюдать по осциллографу влияние нагрузки на величину пульсации. Сделать вывод о соотношении нагрузочных сопротивлений.

**1.9.** Подключить осциллограф к клеммам вторичной обмотки трансформатора и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения при том же уровне усиления осциллографа.

**2.** Исследовать двухполупериодный выпрямителя, собранный по мостовой схеме.

**2.1.** Собрать схему мостового выпрямителя с нагрузкой R2( без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис. 2

**2.2.** После проверки схемы преподавателем, соединить её с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ.

**2.3.** Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения аналогично п.п. 1.3. и 1.8.

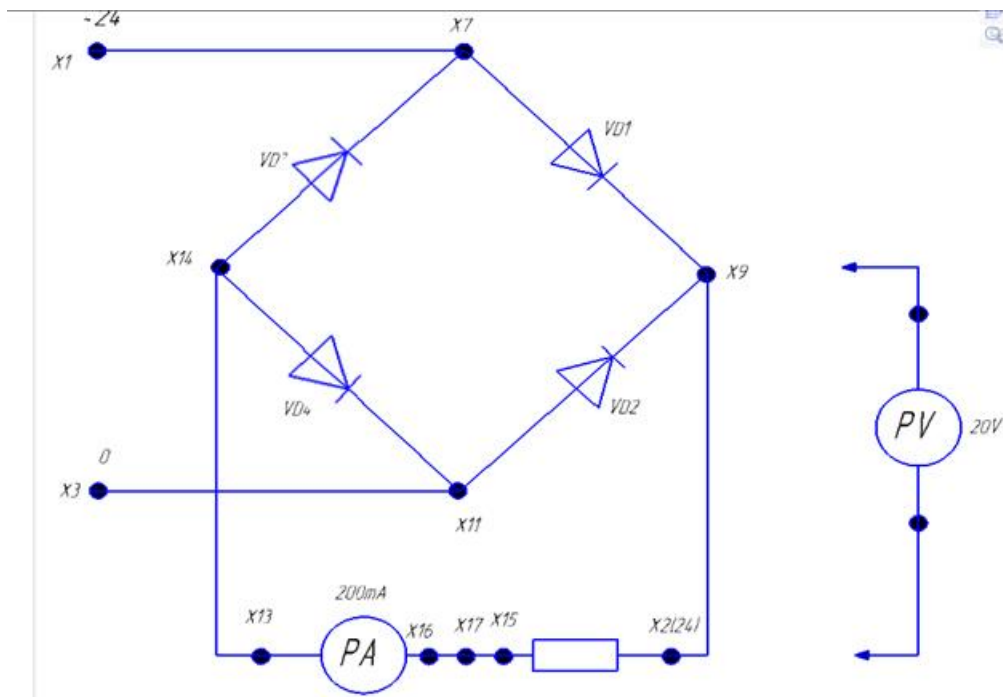


Таблица 2

$R_H$	$I_0, \text{mA}$	$U_0, \text{В}$	$U \sim \text{В}$	$K_{\Pi}$
R2				
R3				
R4				

### Контрольные вопросы

1. Назначение выпрямителя.
2. Каким параметром оценивается эффективность работы выпрямителя?
3. Какая схема выпрямления широко используется и почему?

### Содержание отчета

1. Тема, цель лабораторной работы;
2. перечень оборудования;
3. задание;
4. исследуемые схемы выпрямителей;
5. таблицы с измерениями и расчетами;
6. графики характеристик  $U_0=f(I_0)$
7. вывод и ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 4

### Тема работы: Исследование маломощных выпрямителей и сглаживающих фильтров.

**Цель работы:** ознакомиться со схемами фильтров. Исследовать влияние нагрузки на сглаживающие свойства фильтров.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №8, мультиметры, осциллограф, соединительные провода, методические указания.

#### Теоретические сведения:

Для снижения коэффициента пульсации напряжения используются устройства, называемые сглаживающими фильтрами. Принцип действия сглаживающих фильтров, основан на том, что реактивные элементы фильтра способны запасать энергию во время пульсации. В промежутках между импульсами отдавать ее нагрузке, заполняя тем самым паузы. По виду реактивных элементов различают емкостные, индуктивные и смешанные фильтры. Смешанные фильтры в зависимости от способа соединения входящих в них элементов подразделяются на Г- и П-образные. Работа фильтра характеризуется коэффициентом сглаживания, который показывает, во сколько раз фильтр уменьшает пульсации выпрямленного напряжения или тока

$$q = K_{ПВХ}/K_{ПВЫХ}.$$

Основными элементами сглаживающего фильтра являются низкочастотные дроссели, обладающие индуктивностью  $L$  и включенный последовательно в цепь нагрузки, и конденсаторы фильтра  $C_{\Phi}$  включенные параллельно цепи нагрузки. Каждый дроссель обладает поперечной составляющей выпрямленного напряжения большим индуктивным сопротивлением  $X_L = 2\pi fL$ , поэтому он почти не пропускает в цепь нагрузки переменную составляющую выпрямленного тока. В тоже время по постоянной составляющей выпрямленного тока дроссели обладают небольшим сопротивлением, следовательно, постоянная составляющая выпрямленного тока вызывает сравнительно небольшое падение напряжения на индуктивном элементе фильтра. Так как емкостное сопротивление конденсатора  $X_C = 1/2\pi fC_{\Phi}$  невелико поперечной составляющей выпрямленного тока, то она замыкается через конденсатор и почти не вызывает падение напряжения на резисторе нагрузки. Чтобы получить лучшее сглаживание пульсации, т.е. малый коэффициент пульсации на входе индуктивного фильтра, индуктивное сопротивление дросселя должно быть значительно больше сопротивления нагрузки, т.е.  $X_L \gg R_H$ . Для лучшего сглаживания пульсации емкостным фильтром емкостное сопротивление должно быть значительно меньше сопротивления нагрузки  $X_C \ll R_H$ .

**Г-образный фильтр** обеспечивает сглаживание пульсации, если  $X_L$  в 5-10 раз больше, а емкостное во столько же меньше, чем сопротивление нагрузки. Общий коэффициент сглаживания  $q = \omega^2 LC$ .

**П-образный фильтр** применяют в случаях, когда коэффициент сглаживания однозвенного фильтра оказывает недостаточный коэффициент сглаживания  $\Pi$ -образного фильтра равен произведению коэффициентов емкостного и  $\Gamma$ -образного фильтра.

$$q \approx q_e q_r$$

#### **Задание и порядок выполнения работы:**

1. Исследовать различные сглаживающих фильтры (рис.1)

1.1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя с нагрузкой  $R_2$ , дополнительно подсоединив к нагрузке один из возможных фильтров изображенных на рисунке.

1.2. После проверки схемы преподавателем соединить ее с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24В. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛЛОГРАФ.

1.3. Измерить постоянную составляющую выпрямительного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение, постоянного тока.

1.4. Измерить с начала постоянную составляющую выпрямительного напряжения  $U_0$ , а затем действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала постоянного, затем переменного напряжения и подключенного к клеммам X21 и X22

1.5. Аналогичные измерения провести при подсоединении фильтра к нагрузочным сопротивлениям  $R_3$  и  $R_4$ . При этом сначала поставить перемычку для подсоединения последующего сопротивления, а затем убрать перемычку для подсоединения предыдущего сопротивления нагрузки. Результат измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$R_n$	$I_0, \text{mA}$	$U_0, \text{В}$	$U_{\sim}, \text{В}$	$K_{ПВХ}$	$K_{ПВЫХ}$	$q$
$R_2$						
$R_3$						
$R_4$						

1.6. По результатам измерений построить нагрузочную характеристику  $U_0 = f(I_0)$  и рассчитать коэффициент пульсации  $K_{П}$  и сглаживания  $q$  при разных значениях нагрузки. Сделать вывод о влиянии нагрузки на работу фильтра. Оставить перемычку на нагрузочном сопротивлении  $R_3$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ:** нагрузочные характеристики выпрямителя со всеми типами фильтров строить в одних координатах.



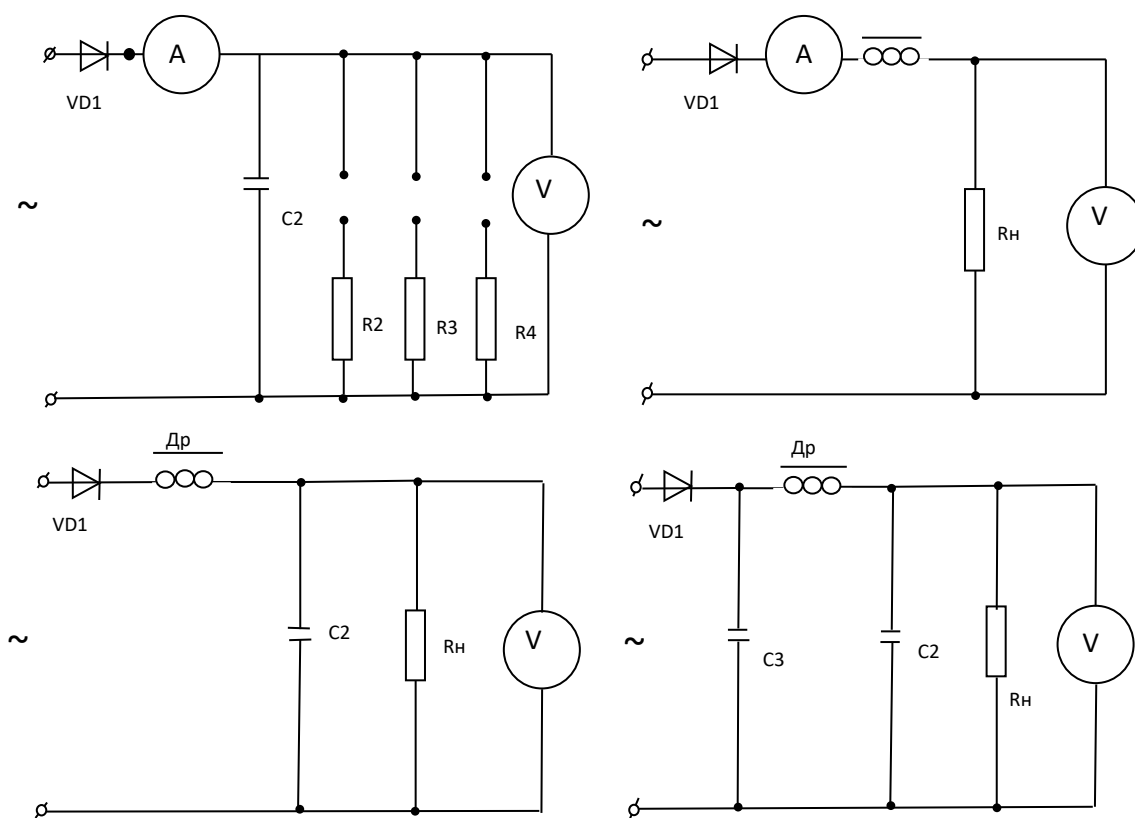


Рис. 1

1.7. Вместо мультиметра к выходу выпрямителя подключить осциллограф: «у» - X21, «± » - X22. Кнопка осциллографа «~ - ~ » в положение «~ » (при нажатии кнопки изображение на экране сместится вверх на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения). Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись с помощью ручек РАЗВЕРТКА, СТАБ, ВОЛТ/ДЕЛ устойчивого и удобного для наблюдения изображения на экране осциллографа.

1.8. Подключая нагрузочные сопротивления R2 и R4 способом, указанным в п.п.1.5. наблюдать по осциллографу влияние нагрузки на работу фильтра

1.9. Выключить сетевой тумблер.

2. Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограммы выпрямленного напряжения аналогично п.п.1.3-1.8 при подключении остальных типов фильтров к нагрузке собранного выпрямителя. Результаты измерений для каждого типа фильтра занести, соответственно, в таблицы. Выключить стенд.

### Контрольные вопросы:

1. Указать назначение сглаживающих фильтров.
2. Как изменится коэффициент сглаживания при увеличении числа звеньев фильтров.
3. Сделать вывод о влиянии нагрузки на величину пульсации и сглаживающие свойства фильтров.

## Содержание отчета

1. Тема, цель работы, оборудование.
2. Схемы фильтров, таблицы с результатами измерений, графики зависимости  $U_0=f(I_0)$

3. Расчеты:  $K_{ПВЫХ} = \sqrt{2}U_{\sim}/U_0$ ;  $q = K_{ПВХ}/K_{ПВЫХ}$

$K_{ПВХ}$  – коэффициент пульсации на входе фильтра

$K_{ПВЫХ}$  – коэффициент пульсации на выходе фильтра

4. Ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 5

### Тема работы: Исследование усилительных каскадов на транзисторах с ОЭ и ОК.

**Цель работы:** научиться снимать характеристики усилительного каскада с общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК).

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №3, мультиметры 2 шт., осциллограф, соединительные провода, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Электронные усилители-устройства, которые служат для усиления напряжения, тока или мощности слабых электрических сигналов. Усилители классифицируются по типу усилительных элементов, диапазону усиливаемых частот, количеству каскадов, назначению и т.п. в лабораторной работе исследуется каскад усилителя напряжения низкой частоты (УНЧ).

Основные параметры и характеристики усилителей:

- коэффициент усиления ( $k_i$ -току,  $k_u$ -напряжению,  $k_p$ -мощности);
- коэффициент полезного действия  $\eta$ ;
- амплитудная характеристика  $k/k_{\max} = f(f)$ , ( $k=f(f)$ );
- фазо-частотная характеристика  $\varphi = f(f)$ .

Рабочий участок усилителя выбирается на линии нагрузки, так чтобы искажения сигнала при усилении были минимальными. Рабочая точка при синусоидальном входном сигнале находится в середине рабочего участка и определяет ток покоя коллектора, напряжение на коллекторе, соответствующее режиму покоя, кроме того, рабочая точка определяет ток покоя базы. Для получения неискаженной формы и заданной мощности полезного сигнала на выходе усилителя необходимо применять несколько каскадов усилителя. Усилитель с общим коллектором практически не меняет значения напряжения сигнала, т.к. коэффициент усиления по напряжению практически равен единице. Другая особенность состоит в том, что выходной сигнал совпадает по фазе с входным сигналом. Такой каскад используется как согласующий между устройствами с высокоомным выходом и низкоомным входом, т.к. схема с ОК имеет высокое входное сопротивление, а так же одинаковую фазу выходного сигнала по сравнению с входным

#### Задание и порядок выполнения работы:

##### 1. Снять амплитудную характеристику каскада ОЭ.

###### 1.1. Собрать схему А1 (рис. 1).

Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.

- 1.2. На одном из источников питания V1 или V2 выставить напряжение 15 В, повернув ручку по часовой стрелке до упора.
- 1.3. Подать питание на исследуемую схему: "+" -X6, "-" -X9.
- 1.4. Выключить сетевой тумблер.

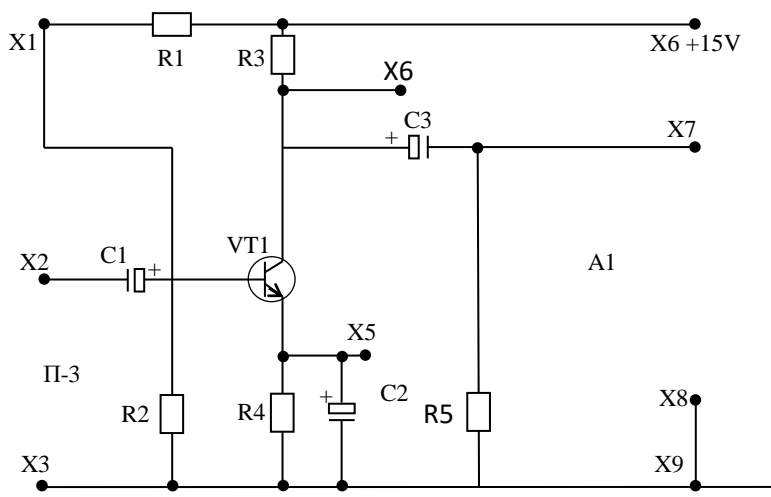


Рис. 1

- 1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на выход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами каскада: "~"-X2, " "-X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2В.
- 1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.
- 1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 20В, и с входом осциллографа.
- 1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ поставить в положение 1.
- 1.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажав кнопку сеть на осциллографе.
- 1.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 1. Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$U_{BX}, B$	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
$U_{ВЫХ}, B$									
$K_U$									

1.11. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. Проследить по ходу измерений за изменением выходного напряжения. Зарисовать осциллограммы при двух значениях входного сигнала (при среднем и максимальном).

1.12. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению  $K_U$ , занести его значение в таблицу и построить амплитудную характеристику.

1.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

## 2. Снять частотную характеристику

2.1. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке установить входное напряжение средней величины (задается преподавателем). Не изменять его во время снятия характеристики.

2.2. Мультиметр, подключенный к входным клеммам каскада, переключить в режим измерения частоты, нажав кнопку КН и установив предел измерения 2кГц.

2.3. Переключателем ЧАСТОТА ГРУБО ступенчато изменять частоту входного напряжения, устанавливая его последовательно в положение 1,2,3,4,5,6,7. Следить за своевременным изменением пределов измерения мультиметра, работающего в режиме частотомера.

2.4. Измерить частоту входного сигнала и величину входного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменения частоты выходного сигнала на экране осциллографа, после чего отключит его нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ.

Результаты измерений занести в таблицу 2.  $U_{BX} = \text{const}$   
Таблица 2

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
f. КГц							
$U_{ВЫХ}, B$							
$K_U$							

2.5. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению  $K$ , занести его значения в таблицу 2 и построить частотную характеристику каскада ОЭ.

2.6. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

### 3. Измерить параметры режима покоя.

3.1. Мультиметр, подключенный к входным клеммам каскада X1 и X3, перевести в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 2В.

Мультиметр, подключенный к выходным клеммам каскада переключить на клеммы X4 и X5 и перевести его в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 20 В. Измерить параметры режима покоя:  $U_{БЭО}$ ,  $U_{КЭО}$ .

3.2. Нажать кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

### 4. Снять амплитудную характеристику $U_{ВЫХ.} = f(U_{ВХ.})$ эмиттерного повторителя.

4.1. Собрать схему А2 (рис.2). Включить схему, поставить тумблер в положение ВКЛ на блоке питания.

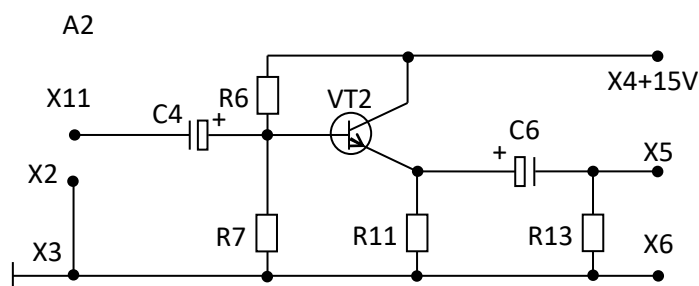


Рис. 2

4.2. На одном из источников питания V1и V2 выставить напряжение 15В, повернув ручку по часовой стрелке до упора.

4.3. Выключить сетевой тумблер.

4.4. Подать питание на исследуемую схему: "+"-X4, "-"-X6

4.5. Напряжение, предназначенное для усиления , подать с выход звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора соединить двухлучевыми проводами с входными клеммами каскада: " ~ " -X11, " " -X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 2В

4.6. Ручку АМПЛИТУДА генератора повернуть против часовой стрелки до упора. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.

4.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 20В, и с входом осциллографа: X5,X6.

4.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение 1.

4.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажав кнопку СЕТЬ на осциллографе.

4.10. Поворачивая, ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 2.

Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результат измерения занести в таблицу 2.

4.11. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. Проследить по ходу измерений за изменением выходного напряжения.

4.12. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению  $K_U$ , занести его значения в таблицу и построить амплитудную характеристику каскада ОК.

4.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1. Отключить стенд.

Таблица 2

$U_{ВХ}, В$	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
$U_{ВЫХ}, В$									
$K_U$									

### Контрольные вопросы:

1. Для чего служит делитель напряжения в цепи базы усилительного каскада?
2. Когда происходит искажение выходного сигнала и почему?
3. Почему схема с ОЭ нашла наибольшее применение?
4. Что такое режим покоя усилителя?
5. В чем особенность эмиттерного повторителя?
6. Для чего используется эмиттерный повторитель?
7. Как определяется коэффициент усиления по току в схеме ОК?

### Содержание отчета

1. Тема, цель, оборудование.
2. Задание, схемы лабораторной установки.
3. Результаты исследований: таблицы, графики характеристик, расчеты, значения параметров режима покоя и выводы по работе
4. Контрольные вопросы и ответы.

## Лабораторная работа № 6

### Тема работы: Исследование импульсных схем - мультивибратора, одновибратора и блокинг-генератора.

**Цель работы:** ознакомление и сравнение схем мультивибратора, одновибратора и блокинг-генератора на транзисторах и микросхемах.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд, блок № 6, осциллограф, соединительные провода, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Мультивибраторы применяются для генерирования импульсов напряжения(тока) прямоугольной формы. Усилительными элементами для мультивибраторов служат транзисторы (биполярные и полевые), интегральные микросхемы, динисторы и другие приборы.

Типичная схема транзисторного мультивибратора выполняется в виде двухкаскадного усилителя с перекрёстной положительной обратной связью, элементами которой являются конденсаторы, каждый из которых соединяет коллектор одного транзистора с базой другого транзистора.

Мультивибраторы могут быть настроены для работы в одном из трёх режимов: *автоколебательном*, *ждущем* и режиме синхронизации.

В *автоколебательном* режиме мультивибраторов возбуждается и генерирует прямоугольные импульсы сразу же после включения источника энергии.

*Ждущий мультивибратор*, называемый ещё одновибратором, предназначен для формирования прямоугольных импульсов под воздействием внешнего (запускающего) напряжения. Кроме того, с помощью одновибратора можно задерживать импульс на заданное время.

*Одновибратор* самостоятельно не возбуждается и при отсутствии входного сигнала находится в состоянии устойчивого равновесия, когда один транзистор открыт, а другой закрыт.

В *режиме* синхронизации на автоколебательный мультивибратор подается внешнее синхронизирующее напряжение. При этом мультивибратор будет переходить из одного состояния в другое не под влиянием собственных параметров, а под воздействием внешнего синхронизирующего напряжения.

Блокинг-генератор - это генератор импульсов, близких по форме к прямоугольным, сравнительно небольшой длительности и большого периода. Длительность генерируемых импульсов лежит в пределах от десятков наносекунд до сотен микросекунд. Он работает благодаря *трансформаторной обратной связи*. Из-за простоты блокинг-генератор широко применяют в компактных преобразователях напряжения.



В качестве активного элемента применяется транзистор, работающий в ключевом режиме.

### Задание и порядок выполнения

#### Задание № 1 Исследование мультивибраторов.

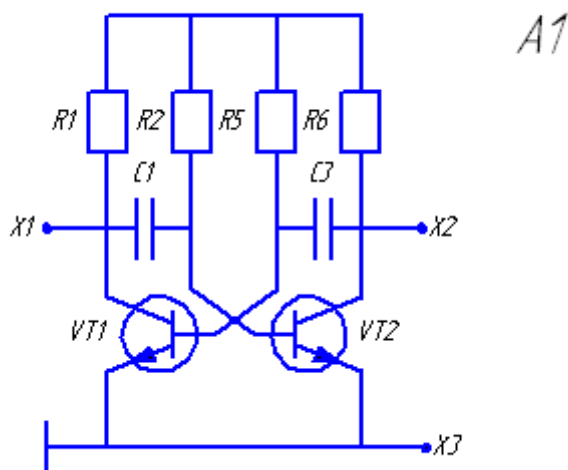
Сравнить осциллограммы выходных сигналов мультивибратора на транзисторах с осциллограммами выходных сигналов мультивибратора на микросхемах.

##### 1. Исследования мультивибратора на транзисторах. Схема А1.

1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.

1.2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5 В, измерив его мультиметром, выставленным на измерения постоянного напряжения на пределе измерения 20 В.

1.3. Подать напряжение 5 В с источника питания на клеммы Х1 и Х2, Расположенные в нижней правой части мнемосхемы, согласно указанной полярности. Таким образом обеспечивает питание всех схем блока (А1+А5).



1.4. Поставить переключатель осциллографа: ВОЛЬТ/ДЕЛ - в положение 1В, ВРЕМЯ/ ДЕЛ – в положение 1 мс.

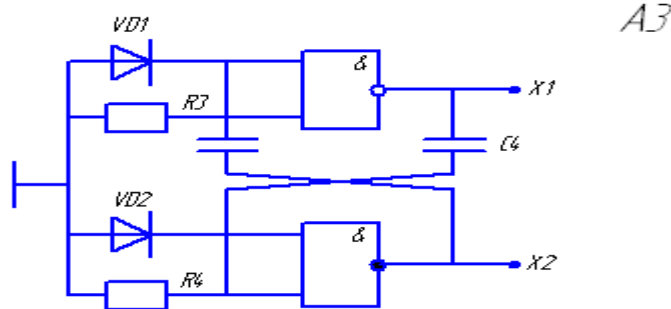
1.5. Вход осциллографа подключить к одному из выходов мультивибратора: «У» - Х1. «⊥» - Х3

1.6. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов.

Зарисовать осциллографу.

1.7. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора переключив вход «У» осциллографа к клемме X2.

1.8. Убедиться, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.



2. Исследования мультивибратора на микросхеме. Схема А3.

2.1. Вход «У» осциллографа подключить к клемме X1, а вход «L» оставить в прежнем положении, т.е. на клемме X3 (A1).

2.2. Поставить переключатели на осциллографе: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положении 0,5 В. ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение 50 мкс.

2.3. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов.

Зарисовать осциллограмму.

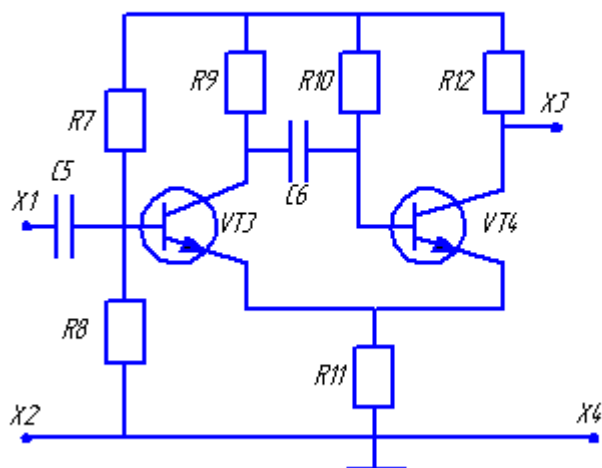
2.4. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора, переключив вход «У» к клемме X2.

2.5. Убедиться, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.

## Задание № 2. Исследования одновибратора

Сравнить периоды следования входного и выходного сигналов одновибратора на транзисторах и периоды следования входного и выходного сигналов одновибратора на микросхеме.

1 Исследование одновибратора на транзисторах. Схема А2.



1.1. Подать на вход осциллографа сигнал со звукового генератора. Для этого соединить выходные клеммы генератора с входными клеммами осциллографа: «~» - «У», «⊥» - «⊥».

1.2. Поставить ручки генератора: ЧАСТОТА ГРУБО - в положении 5, АМПЛИТУДА – по часовой стрелке до упора.

1.3. По осциллографу определить период синусоидального сигнала генератора.

1.4. Подать, сигнал с генератора на вход одновибратора:

«~» - X1, «⊥» - X2.

1.5. К выходу одновибратора подключить осциллограф:

«У» - X3, «⊥» - X4.

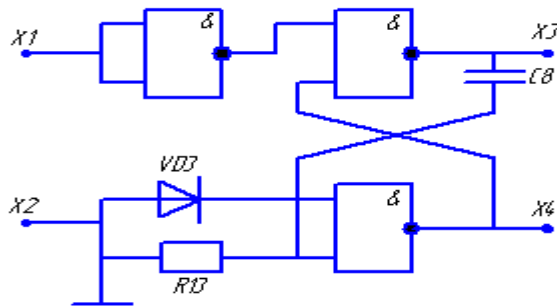
1.6. По осциллографу определить период выходного сигнала. Убедиться, что период следования выходного сигнала соответствует периоду входного сигнала.

1.7. Убедиться, что при изменении положения ручек регулировки частоты звукового генератора происходит изменение периода входного и, соответственно, выходного сигналов.

Зарисовать осциллограмму выходного сигнала для одной из частот.

2. Исследование одновибратора на микросхеме. Схема А4.

A4

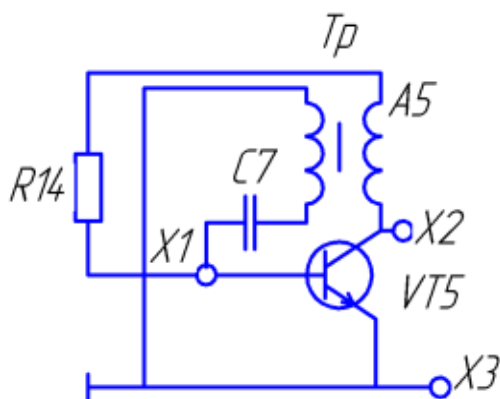


Порядок выполнения задания полностью соответствует порядку исследования одновибратора на транзисторах.

Примечание: при подключении осциллографа к выходу одновибратора на микросхеме клемму « $\perp$ » осциллографа соединить с клеммой X4 (A2) или с любой другой клеммой, соединённой с общей точкой схемы.

**Задание №3** Исследование блокинг-генератора.

1. Подключить осциллограф к клеммам блокинг-генератора X1 и X3:  
«Y» - X1, « $\perp$ » - X3. Зарисовать осциллограмму сигнала.
2. Переключить клемму осциллографа «Y» с клеммы X1 на клемму X2  
Зарисовать осциллограмму сигнала.
3. Сравнить осциллограммы и сделать вывод.



### Контрольные вопросы

1. Каковы особенности режима насыщения и отсечки транзистора?
2. Чем определяется длительность импульсов мультивибратора?
3. Чем определяется длительность импульсов на выходе одновибратора?
4. Объясните преобразование пилообразного напряжения в импульсное в блокинг – генераторе.

### **Содержание отчёта.**

1. Тема, цель, перечень оборудования.
2. Исследуемые схемы, осциллограммы с соответствующими параметрами и выводами.
3. Контрольные вопросы и ответы.

## Лабораторная работа № 7

**Тема работы:** Исследование логических элементов И, ИЛИ, НЕ.

**Цель работы:** Изучить принцип работы логических элементов, реализующих элементарные функции алгебры логики, построенных на микросхемах серии K155, K561.

**Оборудование и оснащение:** Стенд универсальный УАВТ, плата №1, технологические карты, методические указания.

**Задание и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Исследовать логические элементы.
3. Оформить отчет согласно требованиям.

### 1. Краткие теоретические сведения

Электрические схемы, реализующие элементарные логические операции, называются логическими элементами (ЛЭ).

Наиболее часто в цифровых схемах применяются логические элементы, реализующие следующие логические функции:

Логические операции

1. **Инверсия** или **логическое отрицание** (НЕ):  $Y = \bar{X}$

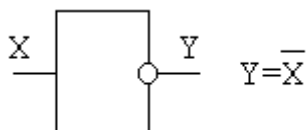
X	Y
0	1
1	0

Таблица истинности.

Таблица истинности ставит в соответствие определенной комбинации входных переменных – заданное значение логической функции.

**Инвертор** - реализует функцию логического отрицания или инверсии, которая часто обозначается как **НЕ**. На выходе будет:

- «1» тогда и только тогда, когда на входе «0»,
- «0» тогда и только тогда, когда на входе «1».



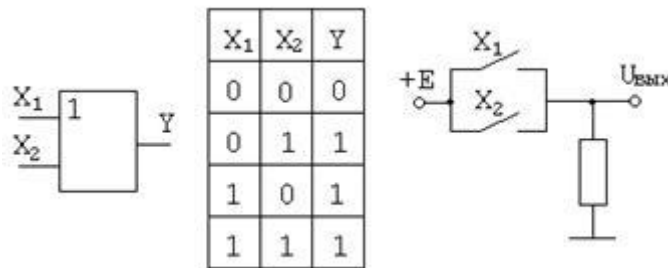
Условное обозначение инвертора

## 2. Операция логического сложения или дизъюнкция: $Y = X1 \vee X2$

На выходе будет:

- «1» тогда и только тогда, когда *хотя бы на одном* входе действует «1»,
- «0» тогда и только тогда, когда *на всех* входах действуют «0».

**Логический элемент ИЛИ** - реализует функцию логического сложения (дизъюнкция).

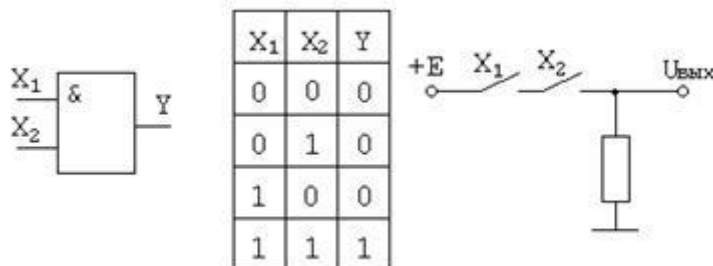


## 3. Операция логического умножения или конъюнкция: $Y = X1 \wedge X2 = X1 \cdot X2$

На выходе будет:

- «1» тогда и только тогда, когда *на всех* входах действуют «1»,
- «0» тогда и только тогда, когда *хотя бы на одном* входе действует «0».

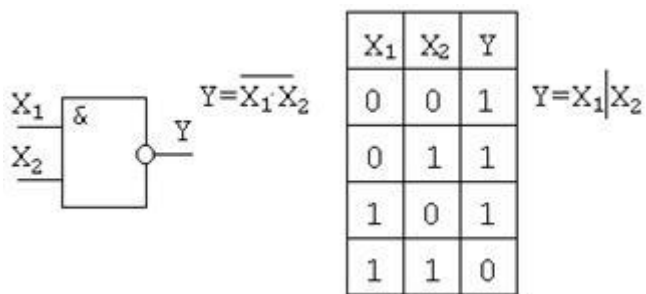
**Логический элемент И** - реализует функцию логического умножения (конъюнкция).



## 4 Логический элемент И-НЕ (Штрих Шеффера).

На выходе будет:

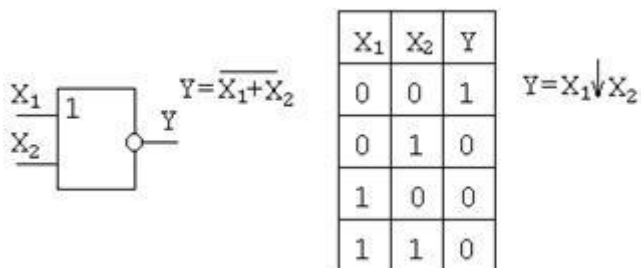
- «1» тогда и только тогда, когда *хотя бы на одном* входе действует «0»,
- «0» тогда и только тогда, когда *на всех* входах действуют «1».



## 5. Логический элемент ИЛИ-НЕ (Стрелка Пирса).

На выходе будет:

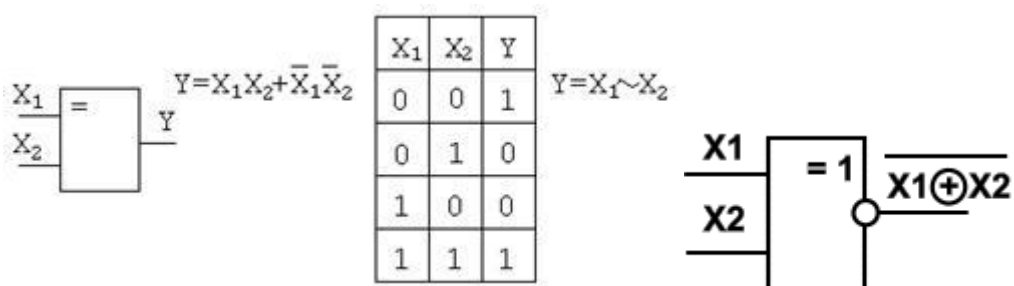
- «1» тогда и только тогда, когда **на всех** входах действуют «0»,
- «0» тогда и только тогда, когда **хотя бы на одном** входе действует «1».



## 6. Логический элемент – равнозначность (исключающее ИЛИ-НЕ).

На выходе будет:

- «1» тогда и только тогда, когда на входе действует **чётное количество** «1» или «0».
- «0» тогда и только тогда, когда на входе действует **нечётное количество** «1».

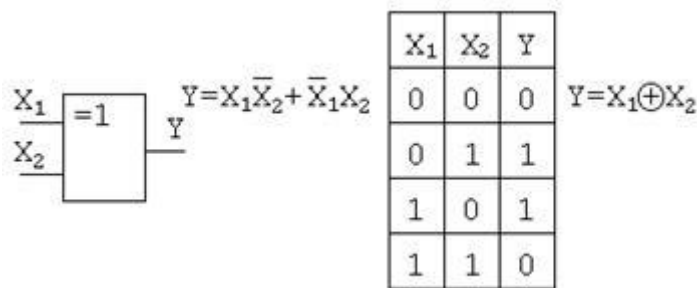


## 7. Логический элемент - Исключающее ИЛИ (неравнозначность).

На выходе будет:

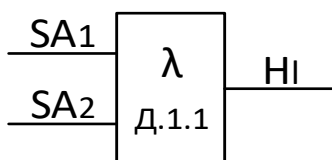
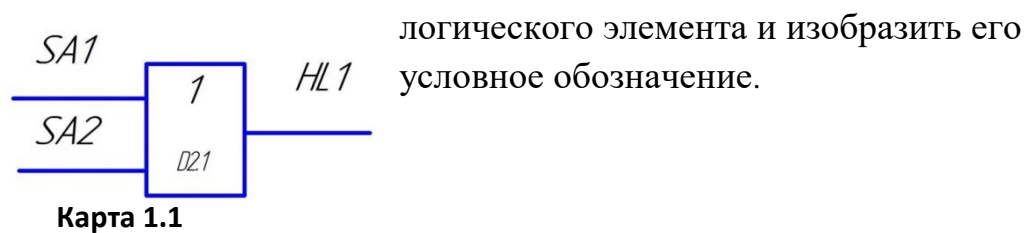


- «1» тогда и только тогда, когда на входе действует **нечётное** количество «1»,
- «0» тогда и только тогда, когда на входе действует **чётное** количество «1».



### Задание и порядок выполнения работы

1. Установить плату №1 на стенд, подать питание. Используя карты 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, составить таблицы истинности.
2. По таблице истинности записать логическую функцию, название



Карта 1.3



Карта 1.5

### Контрольные вопросы

1. Какую логическую функцию реализует инвертор?
2. Какую логическую функцию реализует дизъюнктор?
3. Какую логическую функцию реализует конъюнктор?
4. Запишите математическое выражение функции ИЛИ-НЕ.
5. Запишите математическое выражение функции И-НЕ.

### Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.

2. Схемы карт, таблицы истинности, выражение функций, условное обозначение логических элементов.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа №8

### Тема работы: Исследование триггеров

**Цель работы:** изучить принцип работы RS -, D-, T- триггеров

**Оборудование и оснащение:** Стенд универсальный УАВТ, плата №2, технологические карты, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Триггерами называются устройства, обладающие двумя устойчивыми состояниями ( $Q = 1$  и  $Q = 0$ ) и способные находиться в одном из них сколько угодно долго и переходить из одного состояния в другое под воздействием внешних сигналов. В каком из этих состояний окажется триггер, зависит от сигналов на входах триггера и от его предыдущего состояния, т.е. он имеет память. Таким образом, триггер – элементарная ячейка памяти. Тип триггера определяется алгоритмом его работы, в зависимости от которого триггер может иметь установочные, информационные и управляющие входы. Установочные входы обуславливают состояние триггера независимо от состояния других входов. Входы управления разрешают запись данных, подающихся на информационные входы. Наиболее распространенными являются триггеры *RS*-, *JK*-, *D*- и *T*-типов.

*RS-триггер* – простейший автомат с памятью, который может находиться в двух состояниях. Триггер имеет два установочных входа: установки *S* (*set* – установка) и сброса *R* (*reset* – сброс), на которые подаются входные сигналы от внешних источников. При подаче на установки активного логического уровня триггер устанавливается в единицу ( $Q = 1$ ,  $Q' = 0$ , здесь штрих означает инвертирование), при подаче активного уровня на вход сброса триггер устанавливается в ноль ( $Q = 0$ ,  $Q' = 1$ ). Если на оба установочных входа подать пассивный логический уровень, то триггер сохраняет предыдущее состояние выходов:  $Q = 1$  или  $Q = 0$ . Каждое состояние устойчиво и поддерживается за счет действия обратных связей. Подача активного уровня одновременно на оба установочных входа запрещена, так как триггер не может быть установлен в ноль и единицу.

*D-триггер* имеет один информационный вход *D* (*data* – данные) и один счетный вход *C*. Информация с входа *D* записывается в триггер по положительному перепаду импульса на счетном входе и сохраняется до следующего положительного перепада. Кроме счетного *C* и информационного *D* входов, у триггера есть два асинхронных установочных входа *R* и *S*. Установочные входы приоритетные. Активный уровень сигнала на входе *S* устанавливает триггер в состояние единица ( $Q=1$ ), а на входе *R* в состояние ноль ( $Q=0$ ), независимо от сигналов на остальных входах.

*T-триггер*, или *счетный триггер*, – устройство, осуществляющее счетный режим. Такие схемы можно построить на основе *JK*- или *D*-триггеров.

Таким образом, на каждые два входных тактовых импульса  $T$ -триггер формирует один период выходного сигнала  $Q$ , т.е. период выходного сигнала в два раза больше периода входного сигнала. Следовательно, триггер осуществляет деление частоты  $f_T$  на его входе на две:  $f_Q = f_T/2$ , где  $f_Q$  – частота следования импульсов на выходе триггера.

### Задание и порядок выполнения работы:

Включить стенд в сеть.

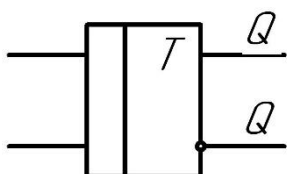
Установить плату 2.

Установить карту П-3 (П-4, П-7)

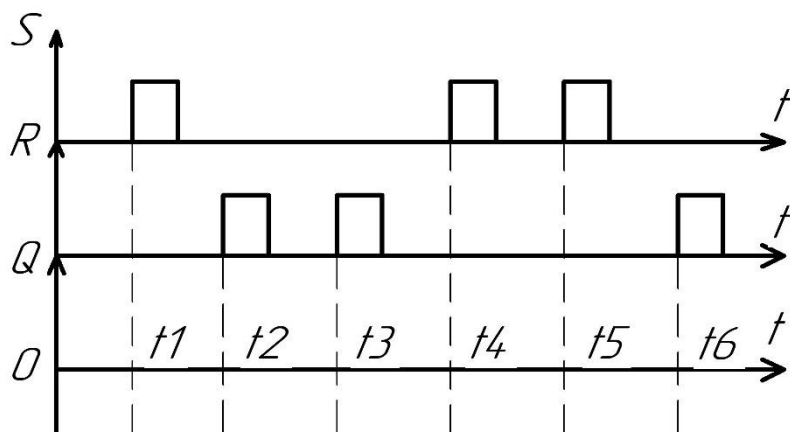
Включить тумблер «сеть». Исследовать триггер.

Выключить тумблер.

### Карта 11-3 RS триггер асинхронный



Изобразить временные диаграммы, нарисовать импульсы на  $Q$  выходе

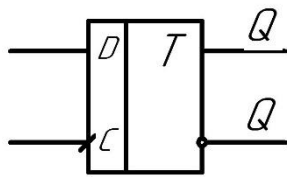


Подать импульсы на входы триггера, согласно временным диаграммам.

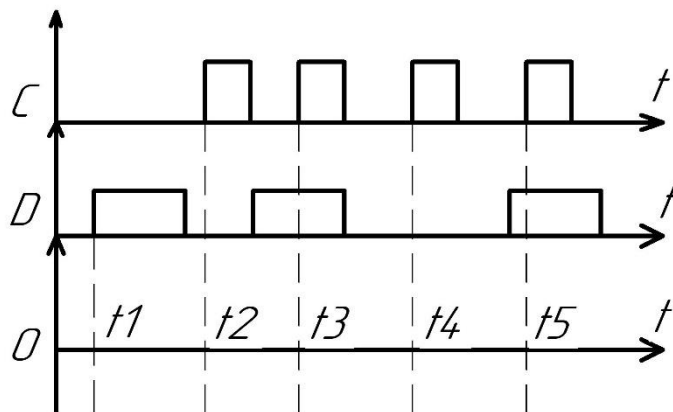
Заполнить таблицу истинности.

t	S(SB3)	R(SB3)	Q(HL4)	$\bar{Q}$ (HL3)
t1				
t2				
t3				
t4				
t5				
t6				

### Карта 11-4 D – триггер динамический



Изобразить временные диаграммы, нарисовать импульсы на выходе

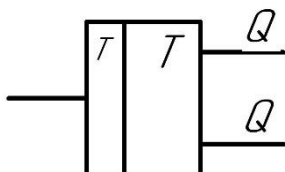


Подать импульсы на входы триггера, согласно временным диаграммам

Заполнить таблицу истинности.

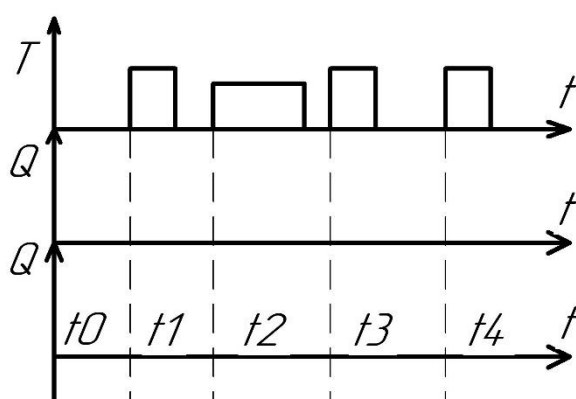
t	D(SA1)	C(SB1)	Q(HL2)	$\bar{Q}$ (HL1)
t1				
t2				
t3				
t4				
t5				

### Карта 11-7Т – триггер (счётный)



Установить перемычку У1 – Х2 на плате.

Изобразить временные диаграммы, нарисовать импульсы на выходе



Подать импульсы на вход триггера, согласно временным диаграммам

Заполнить таблицу истинности.

t	T(SB1)	Q(HL1)	$\bar{Q}$
t0			
t1			
t2			
t3			
t4			

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется триггером?
2. Где используют триггеры?
3. Чем отличаются асинхронный триггер от синхронного триггера?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель.
2. Номер карты, схемы, временные диаграммы, таблицы истинности.
3. Контрольные вопросы и ответы.

## 5. Список литературы

1. Берикашвили, В.Ш. Основы электроники. Учебник для СПО/ В.Ш. Берикашвили. – М. Академия, 2021.
2. Немцов М.В. Электротехника и электроника: Учебник для студентов СПО/ М.В. Немцов, М.Л. Немцова.- М.: Академия, 20120.- 480с.
3. Ярочкина Г.В. Основы электротехники и электроники: учебник для СПО/ Г.В. Ярочкина. – М. Академия, 2020.
4. Конспекты лекций.