



**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**
**ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ
ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛ-ХОРАЗМИЙ**

**Факультет «Телекоммуникационные технологии и профессиональное
образование»**

Кафедра «Телекоммуникационный инжиниринг»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К лабораторным работам

по предмету

“ЭЛЕКТРОНИКА”

Фергана - 2018 г

Методическая указания написана на основе типовой учебной программы по предмету «Электроника», утвержденного приказом Министерство высшего и средне-специального образования Республики Узбекистан № ____ от «____» _____ 201__ г.

Данная рабочая учебная программа утверждена на Совете Ферганского филиала ТУИТ (протокол № ____ от “__” _____ 201__ год).

Составителя:
Мамасодикова Н.Ю.

ассистент кафедры
«Телекоммуникационный
инжиниринг» ФФ ТУИТ

Рецензенты:
Мамасодиков Ю.

доцент кафедры «Электроника и
приборостроения» ФерПИ

Кулдашев О.Х.

доцент кафедры
«Телекоммуникационный
инжиниринг» ФФ ТУИТ

Методические указания обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Телекоммуникационный инжиниринг» (протокол № __ от «__» _____ 201__ г.) и рекомендована к рассмотрению на Учебно-Методическом Совете факультета «Телекоммуникационные технологии и профессиональное образования».

Зав. кафедрой:

(подпись)

Жураев Н.М.

Методические указания обсуждена и утверждена на заседании Учебно-Методического Совета факультета «Телекоммуникационные технологии и профессиональное образования» (протокол № __ от «__» _____ 201__ г.)

Председатель Учебно-Методического
Совета факультета:

(подпись)

Кулдашев О.Х

СОГЛАСОВАНО:
Начальник

учебно-методического отдела:

(подпись)

Умаров Ш.А.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1,2

«Ознакомления с методика измерений универсального лабораторного стенда
(УЛС)»

Цель работы: ознакомление с устройством лабораторной установки и снятие её основных параметров.

К выполнению работ в лаборатории допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в соответствующем журнале. При выполнении работ студентам необходимо выполнять следующие правила:

- работать только на указанном преподавателем рабочем месте;
 - выполнять только ту работу и её объём, которые определены заданием и преподавателем;
 - быть внимательным и не отвлекать от работы других студентов и сотрудников;
 - при возникновении неисправностей лабораторного оборудования немедленно выключить питание лабораторного стенда и доложить о случившемся лаборанту или преподавателю;
 - **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТРАНЯТЬ НЕИСПРАВНОСТИ САМОМТОЯТЕЛЬНО!**
 - не загромождать рабочее место портфелями и другими вещами, не относящимися к выполнению работы;
 - после выполнения работы выключить питание лабораторного оборудования и сдать рабочее место лаборанту;
- ЗАПРЕЩАЕТСЯ:**

- включать лабораторное оборудование без разрешения преподавателя или лаборанта;
- оставлять без наблюдения включенное оборудование;
- самостоятельно снимать ограждающие кожухи и устранять неисправности;

При несчастном случае необходимо:

- снять напряжение с пострадавшего и сообщить о случившемся преподавателю;
- оказать первую помощь пострадавшему;
- вызвать по телефону 03 скорую помощь;

За нарушения правил техники безопасности виновные лица несут дисциплинарную ответственность.

Общие указания к выполнению лабораторных работ.

Для выполнения работ студенты должны: ознакомиться с порядком выполнения работ, изучить правила техники безопасности, пройти инструктаж с записью в журнале по ТБ.

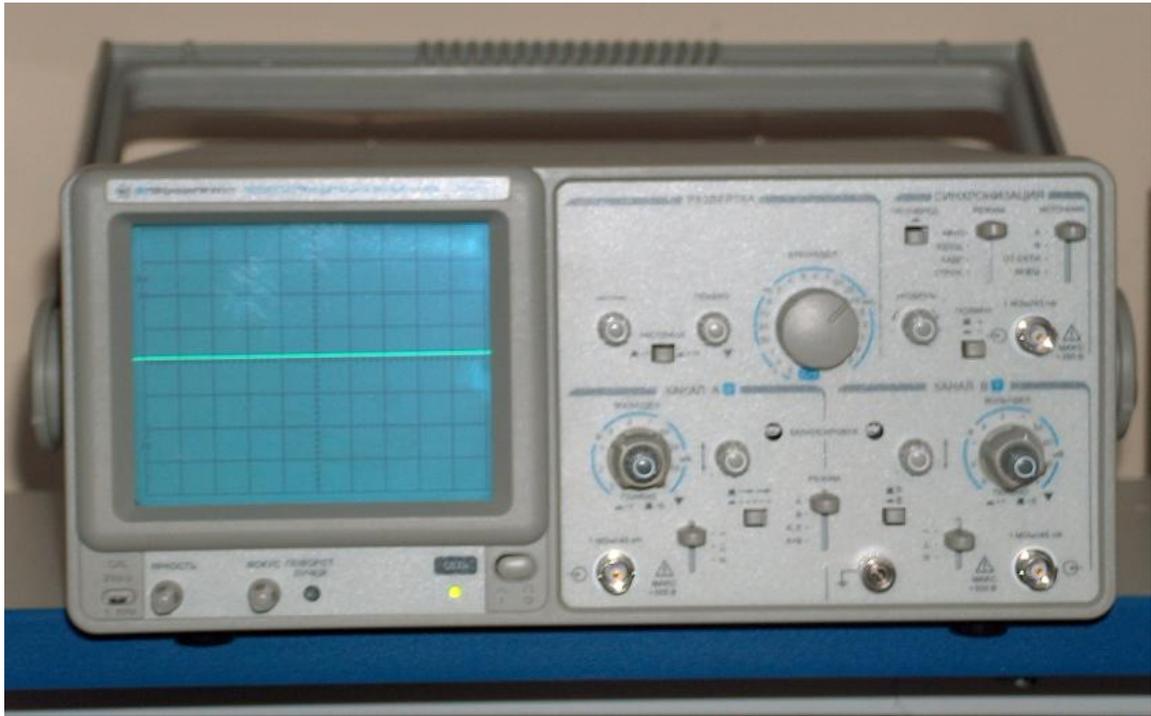
При посещении и выполнении работ следует бережно относиться к оборудованию и используемым в лаборатории различным электронным устройствам и приборам.

Порядок выполнения лабораторных работ.

1. Ознакомится с содержанием работы, изучить рекомендованную литературу, выполнить предварительное задание, изучить схему лабораторной установки, продумать методику выполнения и ответить на контрольные вопросы.
2. Перед началом занятий студент должен предъявить преподавателю все необходимые расчеты, графики, схемы относящиеся к работе и ответить на контрольные вопросы. Не подготовленные студенты к выполнению работы не допускаются.
3. Ознакомится с рабочим местом, проверить наличие необходимых приборов, произвести сборку схемы.
4. Включать стенд в сеть можно только после разрешения преподавателя.
5. Перед началом каждого опыта необходимо произвести качественную оценку зависимости, а затем производить требуемые измерения. Для снятия характеристик необходимо снять крайние точки. Наибольшее число измерений следует производить на участках резкого наклона характеристик. Полученные данные представляются на проверку преподавателю.
6. По окончании работы рабочее место должно быть приведено в порядок.







1.1 Измерение пределов регулировки выходного напряжения источников E1 и E2

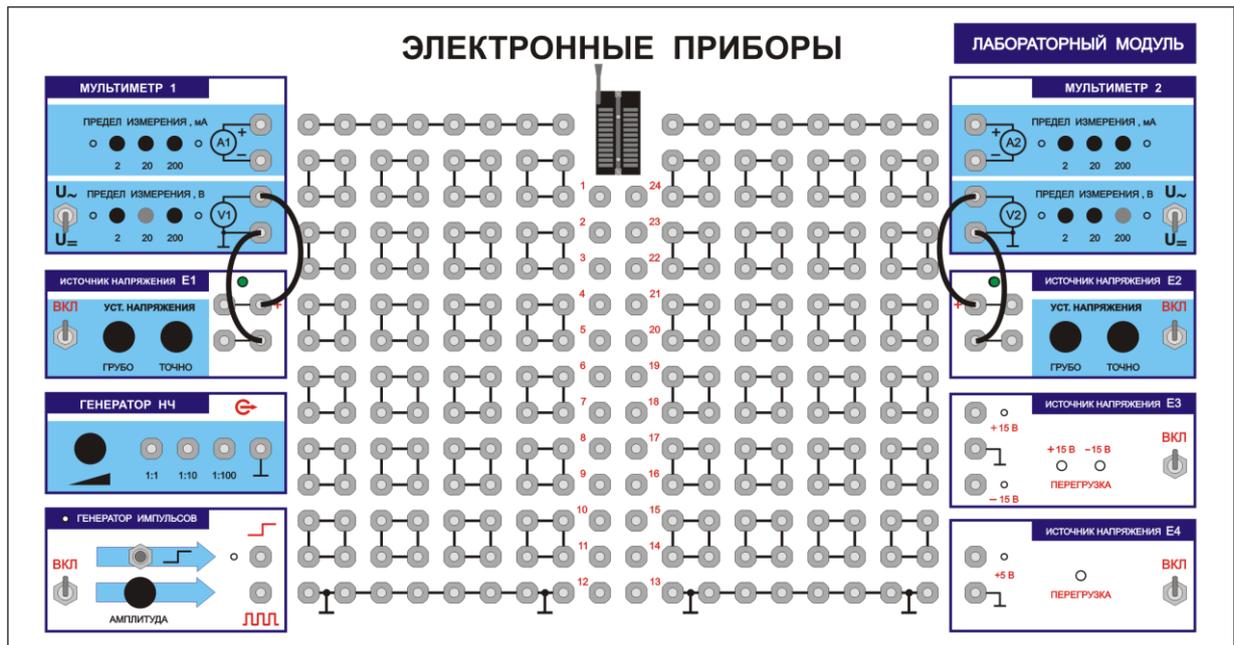


Рис.1. Схема соединений при измерении выходного напряжения источников E1 и E2

$$U_{E1\max} = \text{_____} \text{ (В)}$$

$$U_{E2\max} = \text{_____} \text{ (В)}$$

1.2 Измерение тока срабатывания защиты источников E1 и E2

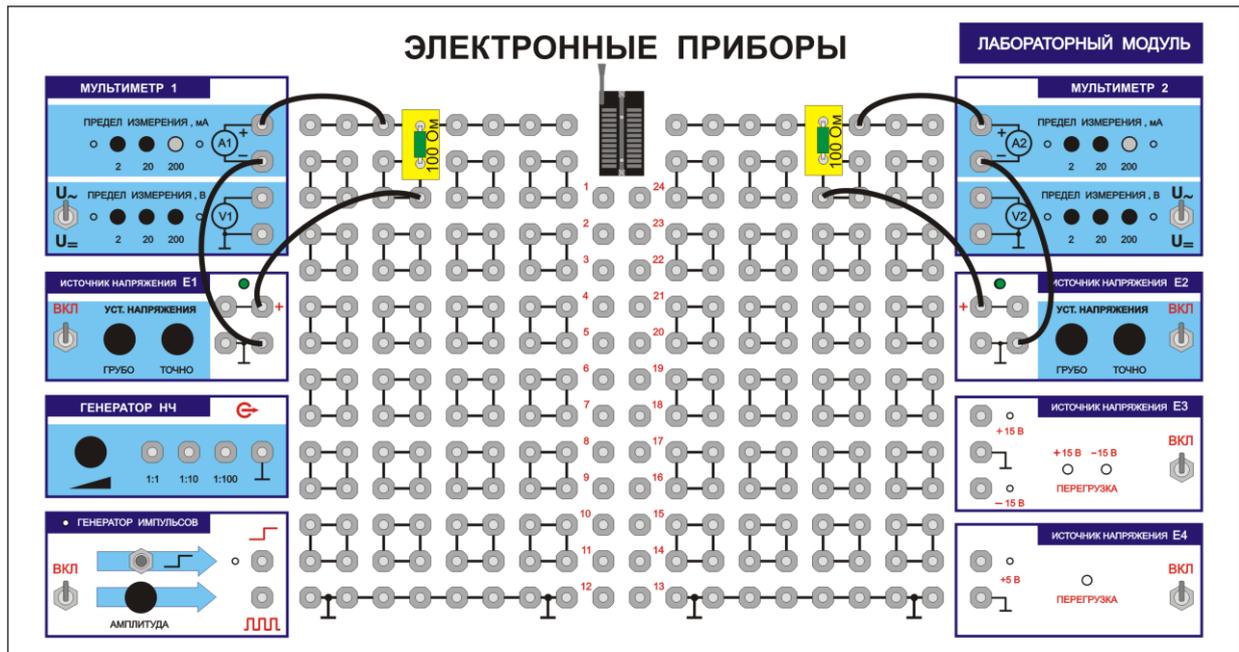


Рис.2. Схема соединений при измерении тока срабатывания защиты источников E1, E2

$I_{E1\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}}$ (мА)

$I_{E2\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}}$ (мА)

1.3 Измерение напряжения источников E3, E4

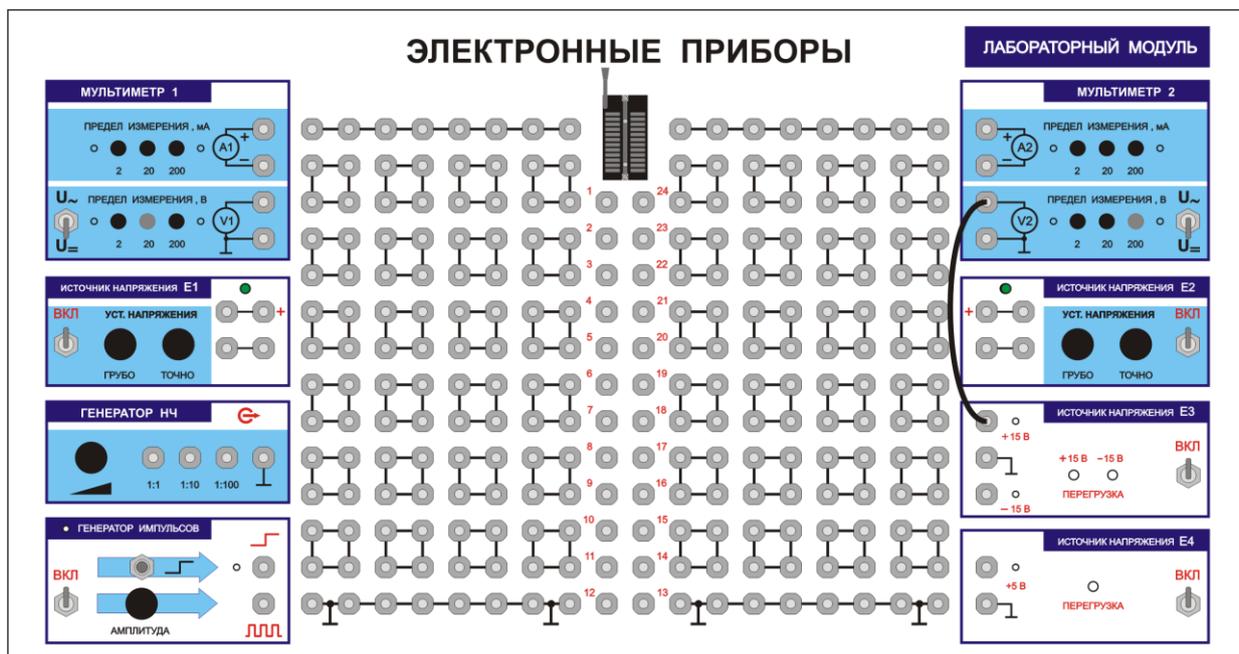


Рис.3. Схема соединений при измерении выходного напряжения источников E3, E4

$U_{E3+} = \underline{\hspace{2cm}}$ (В) $U_{E3-} = \underline{\hspace{2cm}}$ (В) $U_{E4} = \underline{\hspace{2cm}}$ (В)

1.4 Измерение пределов регулировки выходного напряжения генератора НЧ

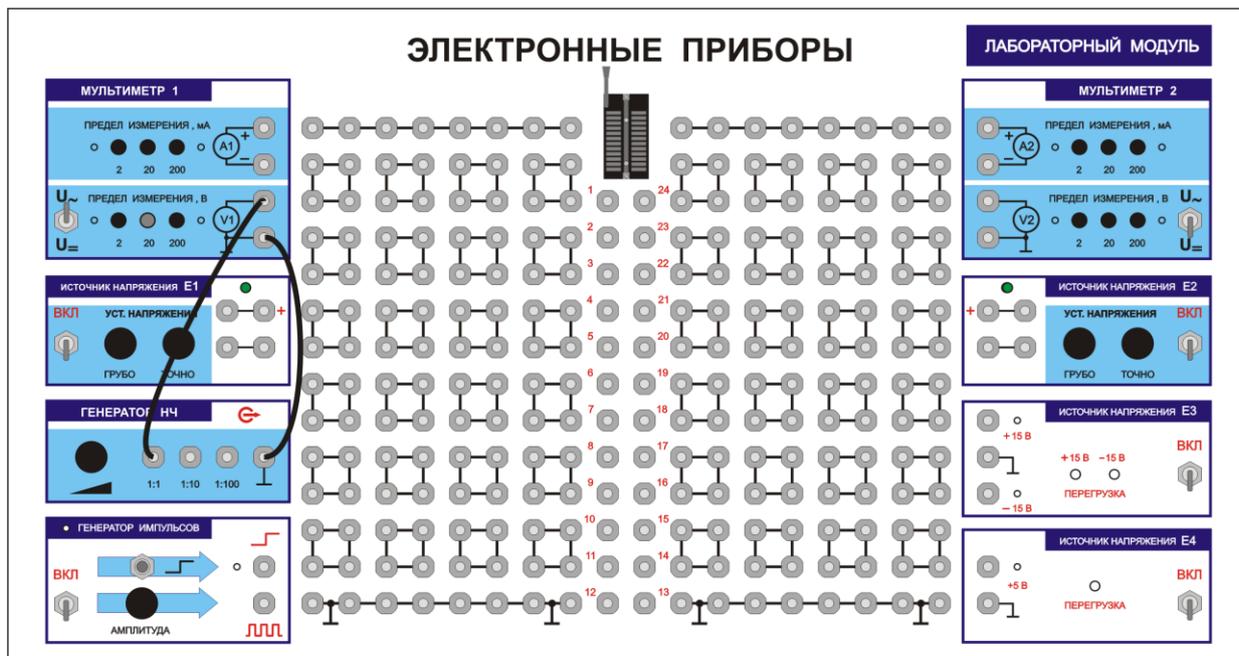


Рис.4. Схема соединений при измерении выходного напряжения генератора НЧ
 $U_{\text{вых макс}} = \underline{\hspace{2cm}}$ (В)

1.5 Измерение параметров выходного сигнала импульсного генератора

Подключить вход осциллографа к выходу генератора. Повернуть ручку «АМПЛИТУДА» против часовой стрелки до упора. Включить генератор импульсов.

Повернуть ручку «АМПЛИТУДА» по часовой стрелке до упора. Замерить амплитуду $U_{\text{макс}}$.

По осциллограмме определить параметры импульсного сигнала (амплитуда, период, длительность импульсов). Рассчитать частоту и скважность импульсов.

Содержание отчёта

- Схемы измерений;
- Таблицы и графики снятых зависимостей;
- Результаты расчетов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3,4

«Исследование статических и ВАХ характеристик полупроводниковых диодов»

1. Цель работы:

Изучение полупроводниковых диодов (германиевого и кремниевого) путём снятия прямой и обратной ветви статических вольтамперных характеристик (ВАХ).

2. Экспериментальная часть

2.1. Снятие вольтамперных характеристик диодов при прямом включении схема измерений

При прямом включении диода на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.1, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E1. Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром PA1. Напряжение на диоде измеряется вольтметром PV1. Ограничительное сопротивление $R_{огр}$ предохраняет исследуемый диод от пробоя.

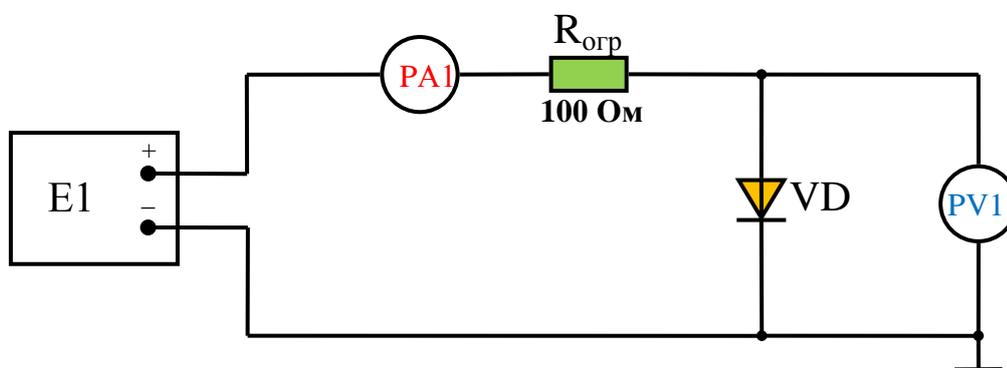


Рис.1. Схема измерения при снятии прямой ветви ВАХ

При снятии характеристики, регулируя напряжение источника E1, устанавливается напряжение на диоде в соответствии с табл.1. и записывается значение тока через диод, измеренное амперметром PA1.

Порядок измерений

В соответствии с монтажной схемой, представленной на рис.2, соберите схему измерений.



Рис.2. Схема соединений для снятия прямой ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV1) и амперметра (PA1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения для кремниевого и германиевого диода. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

U, В	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
I_d , мА кремниевый										
I_d , мА германиевый										

2.2 Снятие ВАХ характеристик диодов при обратном включении

Схема измерений

При обратном включении диода на его катод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.3, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E2. Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром PA2. Напряжение на диоде измеряется вольтметром PV2. Ограничительное сопротивление $R_{огр}$ предохраняет исследуемый диод от пробоя при неправильном включении.

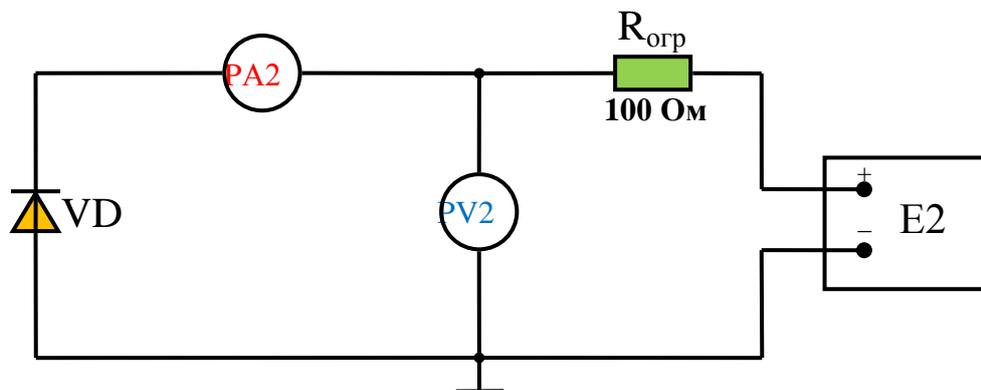


Рис.3. Схема измерения при снятии обратной ветви ВАХ

Порядок измерений

В соответствии с монтажной схемой, представленной на рис.4, соберите схему измерений.



Рис.4. Схема соединений для снятия обратной ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 2 мА, вольтметра – 200 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV2) и амперметра (PA2) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения для кремниевого и германиевого диода. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

U, В	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I _д , мкА кремниевый											
I _д , мкА германиевый											

Содержание отчёта

1. По данным таблиц постройте ВАХ диодов при прямом и обратном включении.

2. На линейном участке прямой ветви ВАХ построить характеристические треугольники (см. рис.5.) и определить крутизну S мА/В германиевого и кремниевых диодов:

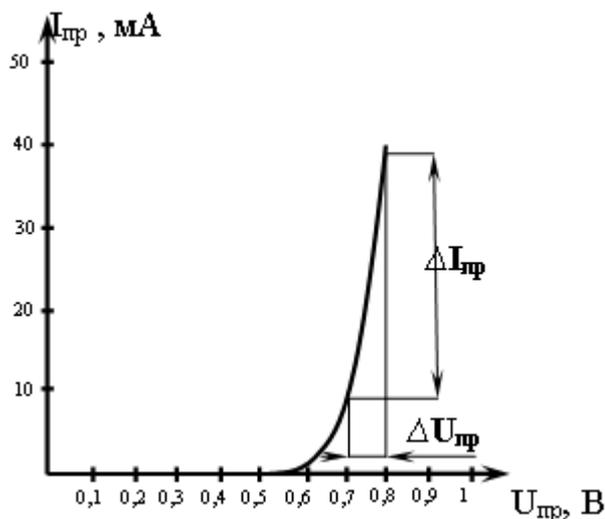


Рис.5. ВАХ диода при прямом включении

$$S = \frac{\Delta I_{\text{пр}}}{\Delta U_{\text{пр}}} \quad \frac{\text{мА}}{\text{В}}$$

3. Вычислить дифференциальное сопротивление диодов:

$$r = \frac{1}{S} \quad \text{кОм}$$

4. Определить прямое и обратное статическое сопротивление для каждого типа диодов (прямое сопротивление определить в двух точках: — на середине линейного участка и на пологом участке характеристики).

$$R_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}}}$$

5. Обратное статическое сопротивление определить при напряжении -20 Вольт.

$$R_{\text{обр}} = \frac{U_{\text{обр}}}{I_{\text{обр}}}$$

Контрольные вопросы

1. Как определяется дифференциальное сопротивление диодов
2. Как определить прямое и обратное статическое сопротивление для каждого типа диодов
3. Обратное статическое сопротивление как определяется.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5,6

«Измерение характеристики стабилитрона»

1. Цель работы

Изучение полупроводникового стабилитрона путём снятия прямой и обратной ветви статических вольтамперных характеристик (ВАХ).
Исследование простейшего стабилизатора напряжения.

2. Экспериментальная часть

2.1. Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона при прямом включении

Схема измерений

При прямом включении стабилитрона на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.1, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E1. Ток протекающий через исследуемый стабилитрон измеряется амперметром PA1. Напряжение на стабилитроне измеряется вольтметром PV1. Ограничительное сопротивление $R_{\text{огр}}$ предохраняет исследуемый стабилитрон от пробоя.

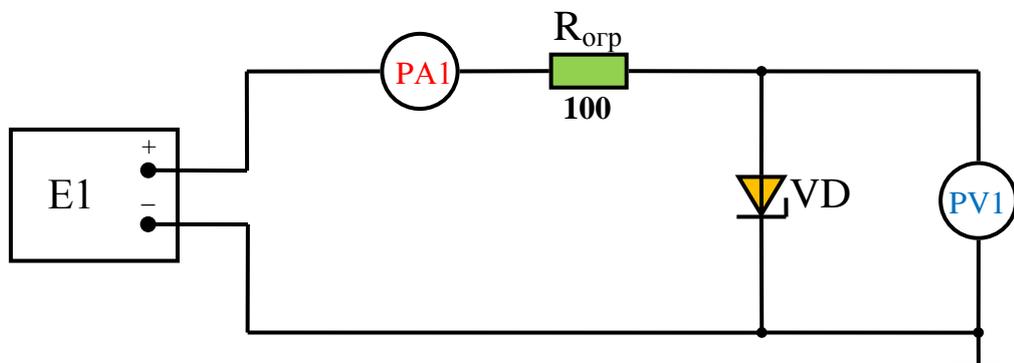


Рис.1. Схема измерения при снятии прямой ветви ВАХ

При снятии характеристики, регулируя напряжение источника E1, устанавливается напряжение на стабилитроне в соответствии с табл.1. и записывается значение тока через стабилитрон, измеренное амперметром PA1.

Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.2, соберите схему измерений.

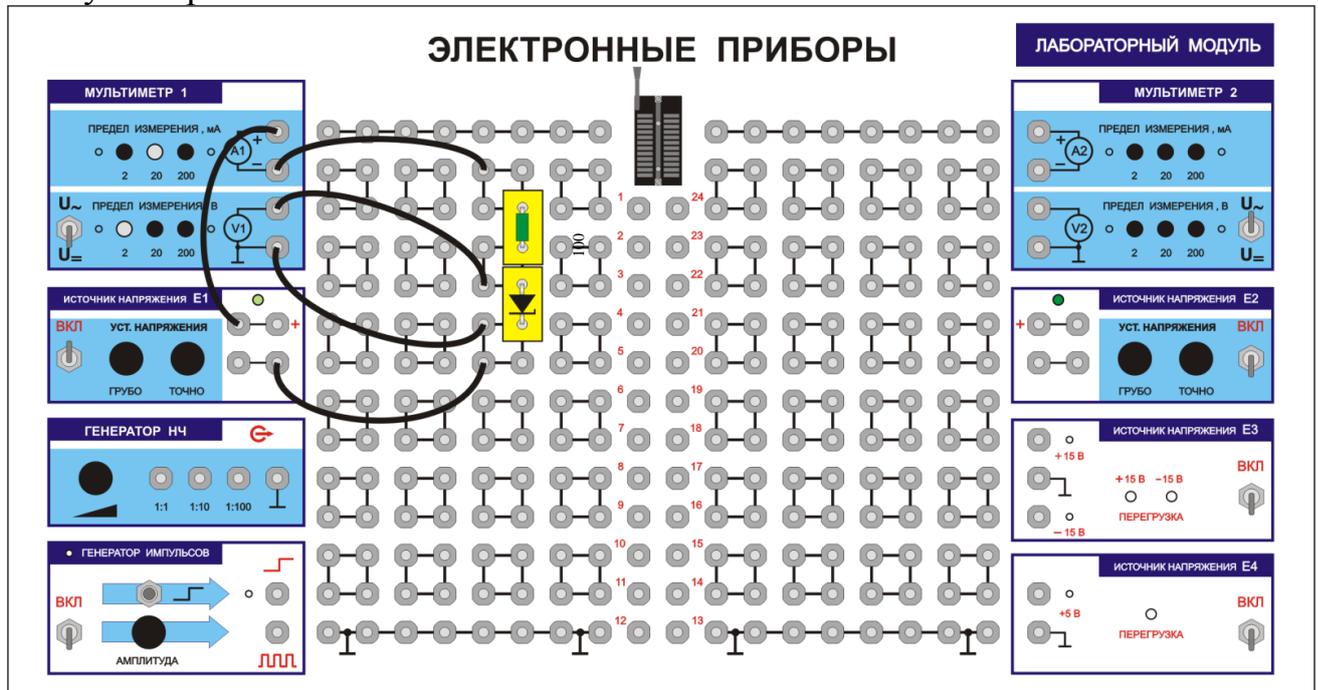


Рис.2. Схема соединений для снятия прямой ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV1) и амперметра (PA1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

U, В	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
I _c , мА										

2.2 Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона при обратном включении

Схема измерений

При обратном включении стабилитрона на его катод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.3, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E2. Ток протекающий через исследуемый стабилитрон измеряется амперметром PA2. Напряжение на стабилитроне измеряется вольтметром PV2. Ограничительное

сопротивление $R_{огр}$ предохраняет исследуемый стабилитрон от пробоя при неправильном включении.

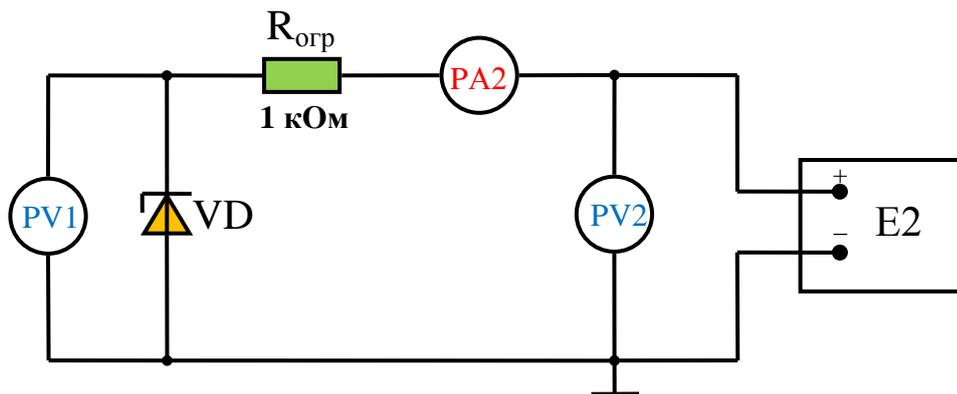


Рис.3. Схема измерения при снятии обратной ветви ВАХ

Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.4, соберите схему измерений.



Рис.4. Схема соединений для снятия обратной ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра PA2 – 20 мА, вольтметров PV1 и PV2 – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметра установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

E2, В (PV2)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
U _{ст} , В (PV1)											
I _{ст} , мА (PA2)											

Исследование простейшего стабилизатора напряжения

Схема для исследования простейшего стабилизатора напряжения, изображена на рис.5. Схема питается от источника E2 и отличается от предыдущей схемы наличием сопротивления нагрузки R_н, подключённого параллельно стабилитрону, и амперметром PA1, включённого последовательно с сопротивлением нагрузки.

Исследование производится при 4 различных сопротивлениях нагрузки: R_н=∞, R_н=10 кОм, R_н=3,3 кОм и R_н=1 кОм, и при 2-х значениях напряжения источника E2: U_{E2}=12 В и U_{E2}=20 В.

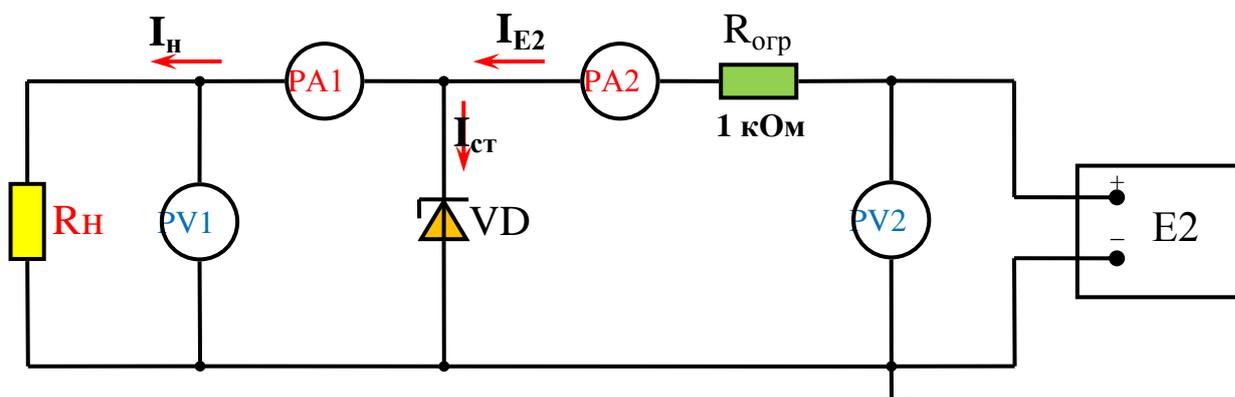


Рис.5. Схема измерений при исследовании простейшего стабилизатора напряжения

Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.6, соберите схему измерений.

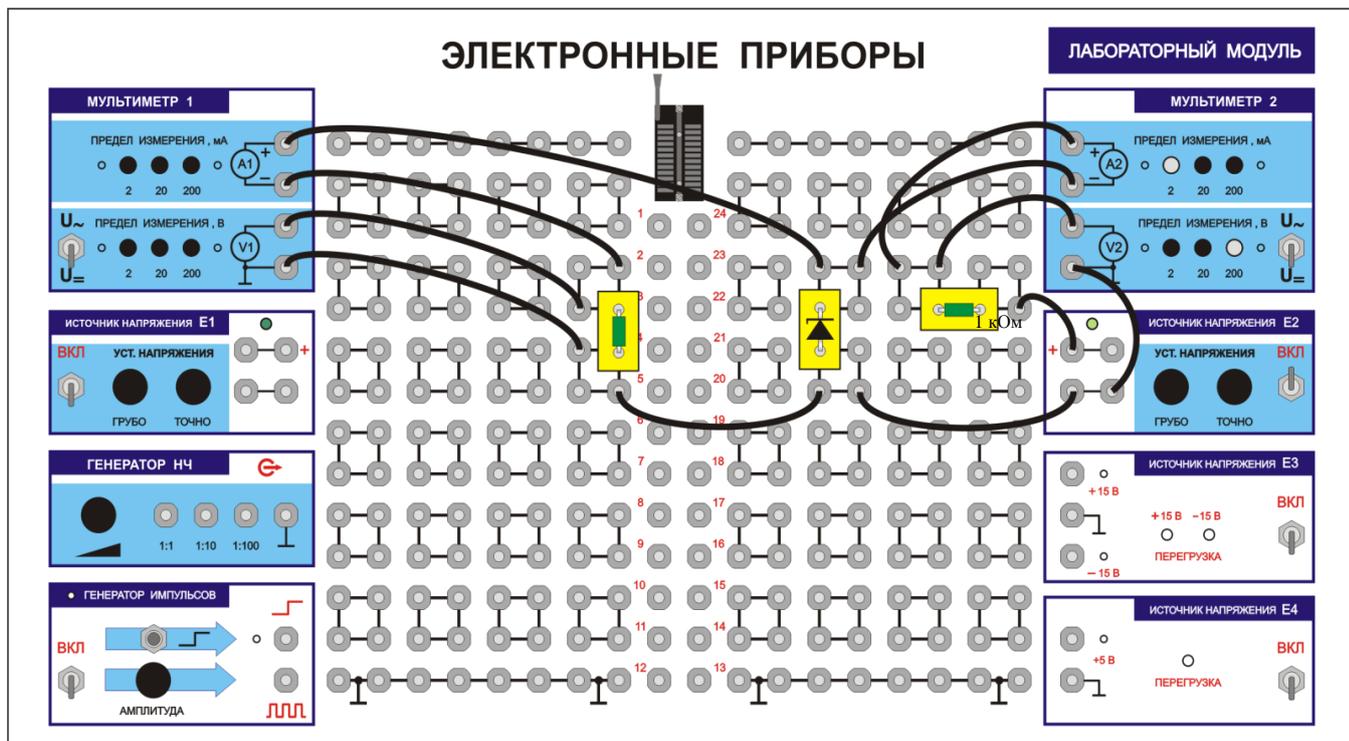


Рис.6. Схема соединений для исследования простейшего стабилизатора напряжения

Установите пределы измерений амперметров PA1 и PA2 – 20 мА, вольтметров PV1 и PV2 – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметров установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Установите напряжение источника E2 =12 В. Изменяя сопротивление нагрузки, путём замены колодочек с резисторами 10 кОм, 3,3 кОм и 1 кОм, произвести измерения. Результаты запишите в таблицу 3.

E2 =12 В

Таблица 3

	$R_H = \infty$	$R_H = 10 \text{ кОм}$	$R_H = 3,3 \text{ кОм}$	$R_H = 1 \text{ кОм}$
PA1, мА				
PA2, мА				
PV1, В				

Установите напряжение источника E2 =20 В и повторите измерения, результаты запишите в таблицу 4.

E2 =20 В

Таблица 4

	$R_H = \infty$	$R_H = 10 \text{ кОм}$	$R_H = 3,3 \text{ кОм}$	$R_H = 1 \text{ кОм}$
PA1, мА				
PA2, мА				
PV1, В				

Подключите сопротивление нагрузки $R_H=1$ кОм, снять зависимости $U_H=f(U_{BX})$, $I_H=f(U_{BX})$ и $I_{CT}=f(U_{BX})$.

$R_H=1$ кОм

Таблица 5

$E2, В$ (PV2)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$U_H, В$ (PV1)											
I_H, mA (PA1)											
I_{CT}, mA (PA2)											

Рассчитать коэффициент стабилизации – K_{CT}

$$K_{CT} = \frac{\frac{\Delta E}{E}}{\frac{\Delta U_{CT}}{U_{CT}}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{U_{CT}}{\Delta U_{CT}}$$

Содержание отчёта

1. По данным таблиц постройте ВАХ стабилизатора при прямом и обратном включении.

2. На линейном участке прямой ветви ВАХ построить характеристические треугольники (см. рис.5.) и определить крутизну S мА/В стабилизатора:

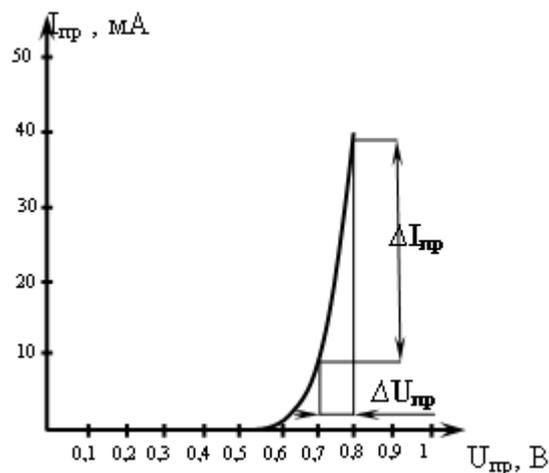


Рис.5. ВАХ стабилизатора при прямом включении

$$S = \frac{\Delta I_{пр}}{\Delta U_{пр}} \frac{mA}{V}$$

3. Вычислить дифференциальное сопротивление стабилизатора:

$$r = \frac{1}{S} \text{ кОм}$$

4. Определить прямое и обратное статическое сопротивление для стабилитрона (прямое сопротивление определить в двух точках: — на середине линейного участка и на пологом участке характеристики).

$$R_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}}}$$

5. Обратное статическое сопротивление определить при напряжении -20 Вольт.

$$R_{\text{обр}} = \frac{U_{\text{обр}}}{I_{\text{обр}}}$$

6. По данным таблиц 1 и 2 построить В-А характеристику стабилитрона.

7. Рассчитать динамическое сопротивление стабилитрона R_d (по обратной ветви В-А характеристики) $R_d = \Delta U_{\text{ст}} / \Delta I_{\text{ст}}$

Лабораторная работа № 7,8

Измерение статических ВАХ БТ включенного с ОБ. Транзисторный каскад с общим коллектором.

1. Цель работы

Измерение параметров усилительного каскада на биполярном транзисторе при включении с общим коллектором.

2. Содержание работы

В работе исследуется усилительный каскад на биполярном транзисторе в схеме с общим коллектором (рис.1).

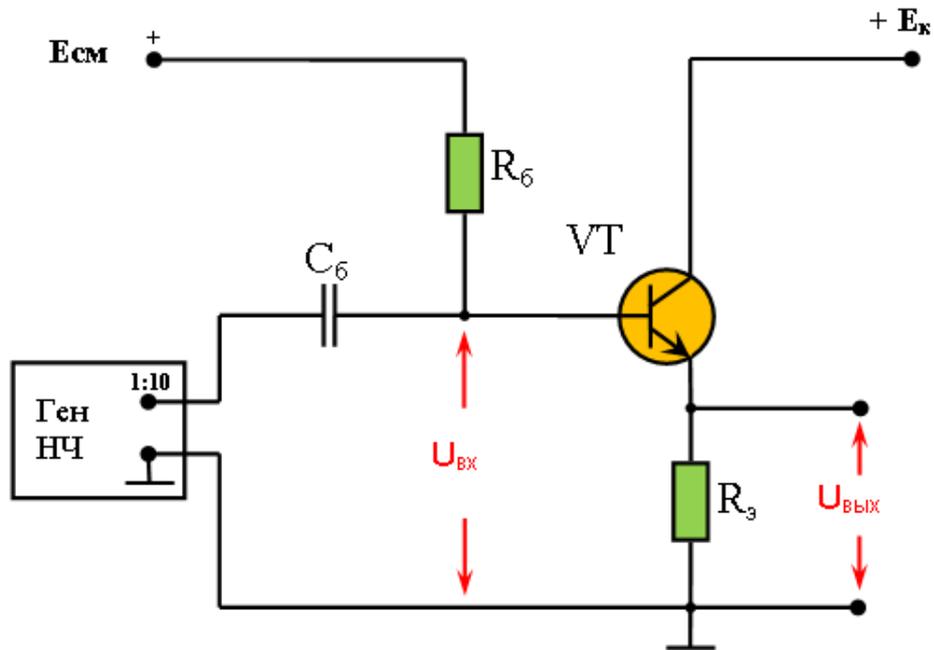


Рис.1. Схема усилительного каскада с ОК

Транзистор работает в активном режиме. Режим работы по постоянному току задаётся от источника $E_{см}$ через резистор $R_{б}$.

В процессе выполнения лабораторной работы следует убедиться, что каскад с ОК обладает большим входным сопротивлением, малым выходным сопротивлением и обеспечивает усиление по мощности, при этом усиление по напряжению близко к единице. С помощью осциллографа убедиться, что схема с ОК не инвертирует входной сигнал.

В данной работе используется биполярный транзистор МП37 (n-p-n).

Цоколёвка транзистора и вид сверху на 4-х контактную колодку с транзистором представлены на рисунке 2.

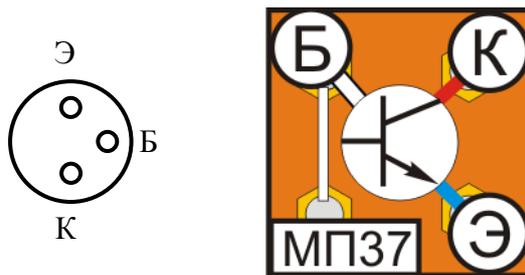


Рис.2.

3. Порядок измерений

Исследование схемы с ОК в статическом режиме

3.1. Снятие управляющей характеристики

3.1.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 3.

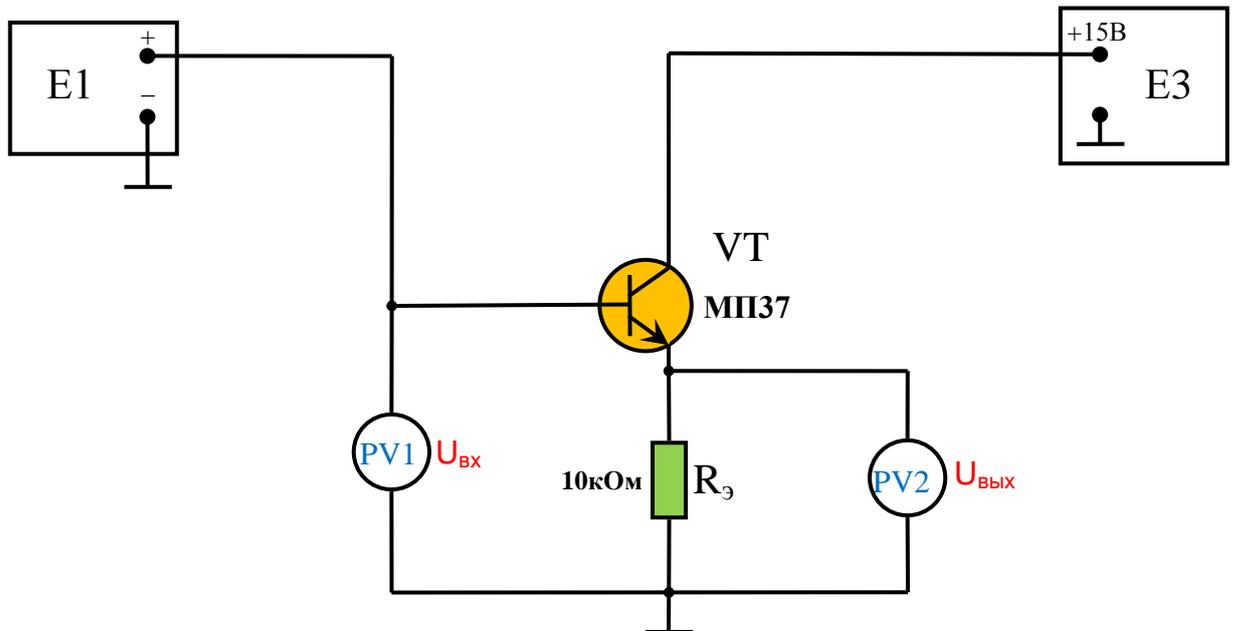


Рис.3.

- 3.1.2. Установите пределы измерений вольтметров PV1 – 20В и PV2 – 20В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров установите в положение измерения постоянных напряжений (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.
- 3.1.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника E1, установить входное напряжение, заданное в таблице 1. Измерьте выходное напряжение и запишите результат в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{вх}, В$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{вых}, В$										
K										

3.1.4. Рассчитать коэффициент передачи по формуле $K=U_{вых}/U_{вх}$ и записать в таблицу 2.

3.1.5. По данным таблицы постройте управляющую характеристику $U_{вых}=f(U_{вх})$.

3.2. Определение входного сопротивления.

3.2.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 4.

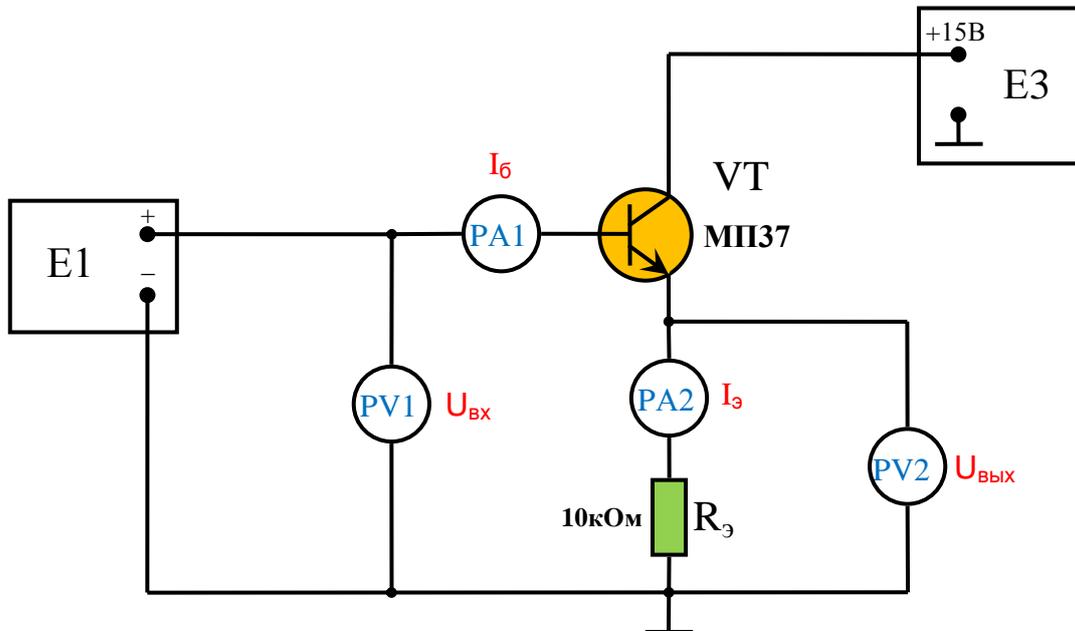


Рис.4.

3.2.2. Установите пределы измерений вольтметров PV1 – 20В и PV2 – 20В. Установите пределы измерений амперметров PA1 – 2мА и PA2 – 2мА. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметров установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

3.2.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника E1, установить входное напряжение $U_{вх}=5В$. Измерьте ток базы (по амперметру PA1), выходное напряжение (по вольтметру PV2) и ток эмиттера (по амперметру PA2) и запишите результат в таблицу 2. Повторить измерения для $R_э=3,3 кОм$.

Таблица 2

Варанты включений	$U_{вх}, В$	$I_б, мА$	$R_{вх}, кОм$	$P_{вх}, Вт$	$U_{вых}, В$	$I_э, мА$	$P_{вых}, Вт$
$R_э = 10 кОм$	5						
$R_э = 3,3 кОм$	5						

Рассчитайте входное сопротивление $R_{вх}$ по формуле:

$$R_{вх} = \frac{U_{вх}}{I_б}$$

Рассчитайте мощность $P_{вх}$, потребляемую входной цепью от источника напряжения E1, по формуле:

$$P_{\text{вх}} = I_{\text{б}} \cdot U_{\text{вх}}$$

Рассчитайте мощность $P_{\text{вых}}$ на резисторе R_3 по формуле:

$$P_{\text{вых}} = I_3 \cdot U_{\text{вых}}$$

Рассчитанные значения запишите в таблицу 2.

Рассчитайте коэффициент усиления K_p по мощности по формуле:

$$K_p = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}$$

Рассчитайте коэффициент передачи тока транзистора по формуле:

$$\beta = \frac{I_3 - I_{\text{б}}}{I_{\text{б}}}$$

Рассчитайте теоретическое значение входного сопротивления по формуле:

$$R_{\text{вх}} = (\beta + 1)R_3$$

Сравните с экспериментальным значением.

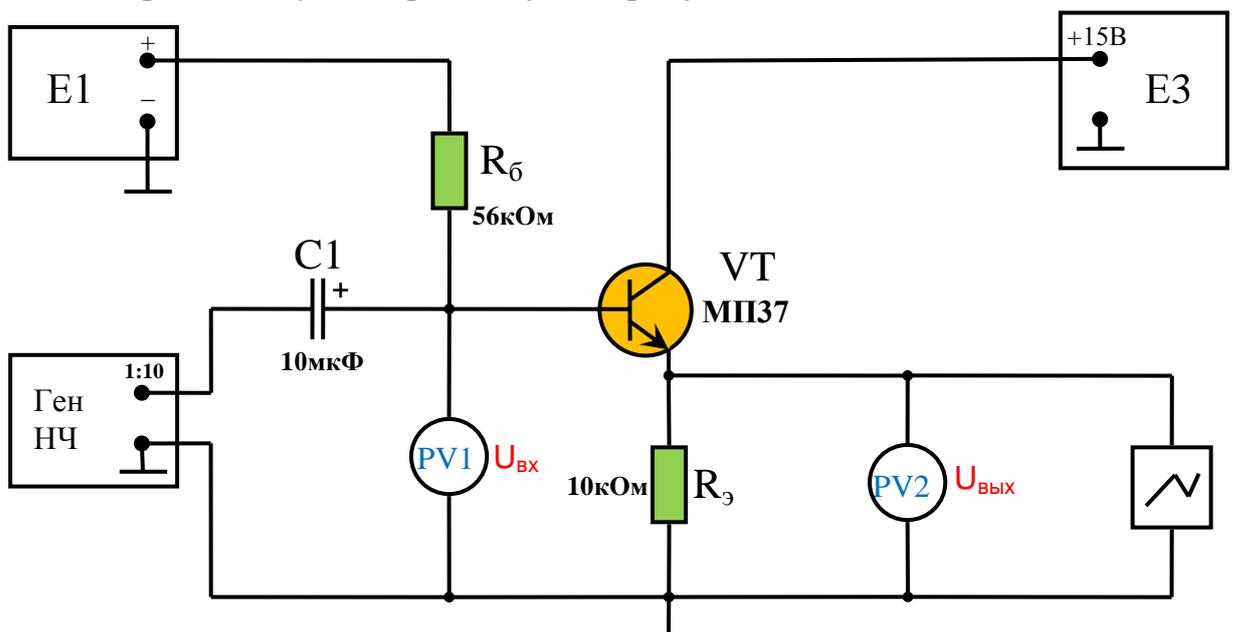
Исследование схемы с ОК в динамическом режиме

3.3. Исследование частотных характеристик усилительного каскада

Исследование выполняется для 2 схем:

- 1) без нагрузки (рис.3.);
- 2) с нагрузкой (рис.4.).

3.3.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 5.



3.3.8. Заменить сопротивление нагрузки на $R_n = 1$ кОм. Повторить измерения. Результаты измерений занести в таблицу 3.

3.3.9. По экспериментальным данным построить АЧХ.

3. Содержание отчета

- 1) схемы измерений;
- 2) таблицы и графики полученных результатов;
- 3) результаты расчетов;
- 4) Осциллограммы входного и выходного напряжений;
- 5) Выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9,10

«Исследование биполярного транзистора с общим эмиттером в статическом режиме»

1. Цель работы

Исследовать основные статические характеристики и параметры биполярных транзисторов, познакомиться с методикой измерения характеристик и обработкой экспериментальных данных.

2. Постановка задачи

Входной характеристикой биполярного транзистора является зависимость входного тока базы от напряжения база-эмиттер при постоянном напряжении коллектор-эмиттер.

Выходной характеристикой биполярного транзистора является зависимость тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

Схема для снятия статических характеристик приведена на рис.1.

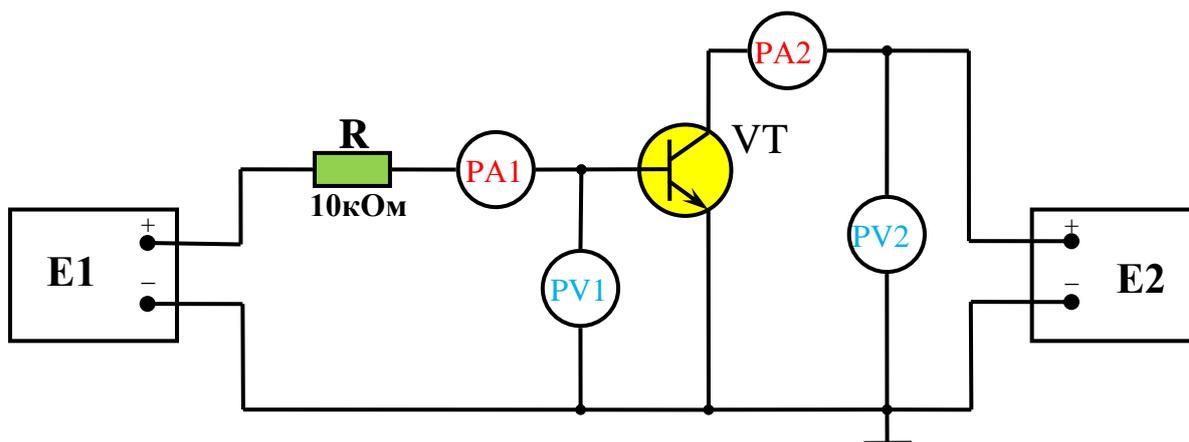


Рис. 1 Принципиальная схема снятия статических характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.

В схеме используются два регулируемых источника напряжения E1 и E2. С помощью источника E1 регулируется напряжение смещения на базе транзистора. Источник напряжения E2 питает цепь коллектора. Контроль тока базы осуществляется амперметром PA1. Вольтметром PV1 измеряется напряжение база-эмиттер.

Контроль тока коллектора осуществляется амперметром PA2. С помощью вольтметра PV2 измеряется напряжение коллектор-эмиттер.

При снятии входных статических характеристик с помощью источника напряжения E2 устанавливается напряжение коллектор-эмиттер, значение которого в процессе измерения остается неизменным. С помощью источника напряжения E1 устанавливается напряжение база-эмиттер, значение которого изменяется в процессе измерения.

При снятии выходных статических характеристик с помощью источника напряжения E1 устанавливается ток базы, значение которого в процессе измерения остается неизменным. С помощью источника напряжения E2 устанавливается напряжение коллектор-эмиттер, значение которого изменяется в процессе измерения.

3. Порядок измерений

В соответствии с принципиальной схемой, указанной на рисунке 1 собрать схему измерений. Схема соединений, указана на рисунке 2.



Рис 2 Схема соединений для снятия статических характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.

3.1 Снятие входных статических характеристик транзистора.

Установите пределы измерений амперметра PA1 – 2 мА, вольтметра PV1 – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров PV1 и PV2 установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источников E1 и E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Вращая ручку регулировки выходного напряжения источника E2, установите напряжение коллектор-эмиттер равное 5В. Вращая ручку регулировки выходного напряжения источника E1, изменять значение напряжение база-эмиттер согласно таблице 1. При каждом значении напряжения база-эмиттер записать показания амперметра PA1 в соответствующий столбец таблицы.

Повторить данную операцию при двух значениях напряжения коллектор-эмиттер равных 10В и 15В, полученные экспериментальные данные занести в таблицы 2 и 3.

$U_{кэ}=5В$

Таблица 1

$U_{бэ}$ (В)	0,05	0,1	0,15	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24
I_b (мкА)								

$U_{кэ}=10В$

Таблица 2

$U_{бэ} (В)$	0,05	0,1	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
$I_{б}(мкА)$								

 $U_{кэ}=15В$

Таблица 3

$U_{бэ} (В)$	0,05	0,08	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
$I_{б}(мкА)$								

3.2 Снятие выходных статических характеристик транзистора.

Измерительные приборы и источники напряжения подключаются согласно рисунку 1.1 (см. выше)

Выходной характеристикой биполярного транзистора является зависимость тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

Контроль тока коллектора осуществляется амперметром РА2. С помощью вольтметра PV2 измеряется напряжение коллектор-эмиттер.

Порядок измерений

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров PV1 и PV2 установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника Е2 поверните против часовой стрелки до упора.

При этом ток коллектора не должен превышать 15-20мА при изменении напряжения на коллекторе. Провести измерения при трех значениях тока базы $I_{б}$, полученные экспериментальные данные занести в таблицы 4, 5 и 6.

 $I_{б}=50мкА$

Таблица 4

$U_{к} (В)$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	1	5	10
$I_{к}(мА)$								

 $I_{б}=100мкА$

Таблица 5

$U_{к} (В)$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	1	5	10
$I_{к}(мА)$								

$I_b=150\text{мкА}$

Таблица 6

U_к (В)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	1	5	10
I_к(мА)								

Содержание отчёта

- Схемы измерений;
- Таблицы и графики снятых зависимостей;
- Результаты расчетов.

Лабораторная работа № 11,12

«Исследование полевого транзистора в статическом режиме»

В работе используется полевой транзистор КП303Е, основные параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Значения
Начальный ток стока, мА	$I_{C\text{нач.}}$	5 – 20
Крутизна характеристики, мА/В	S	≥ 4
Напряжение отсечки, В	$U_{\text{ЗИотс.}}$	≤ 8
Максимально допустимое напряжение сток-исток, В	$U_{\text{СИmax}}$	25
Максимальный ток стока, мА	$I_{C\text{max}}$	20

Статическими характеристиками полевого транзистора называются зависимости $I_C=f(U_{\text{ЗИ}})$ при постоянном напряжении сток-исток и $I_C=f(U_{\text{СИ}})$ при постоянном напряжении затвор-исток.

Схема для снятия статических характеристик полевого транзистора изображена на рисунке 1.

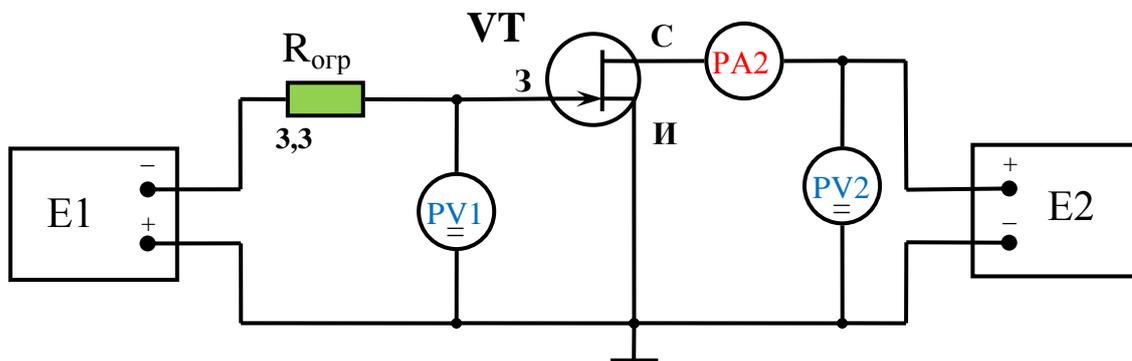


Рис.1. Схема для снятия статических характеристик полевого транзистора с управляющим рп-переходом и n-каналом.

Схема соединений для снятия характеристик полевого транзистора изображена на рисунке 2.

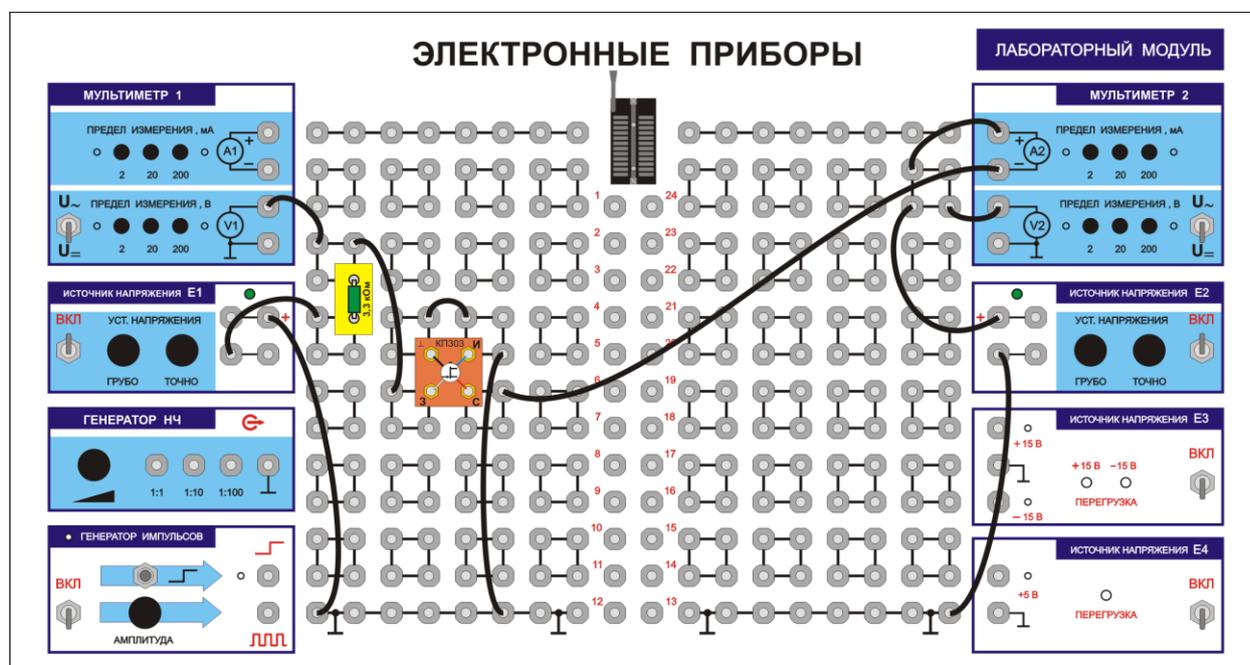


Рис.2. Схема соединений

1. После проверки схемы и включения стенда преподавателем снимите семейство стоко-затворных характеристик транзистора $I_C=f(U_{ЗИ})$ для значений напряжения стока $U_{СИ}=5\text{ В}$, $U_{СИ}=15\text{ В}$. Определите напряжение отсечки тока стока (напряжение $U_{ЗИ}$, при котором ток стока становится равным нулю) Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

$U_{ЗИ}, \text{ В}$		$U_{ЗИотс} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ В}$	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0
$U_{СИ}=5\text{ В}$	$I_C, \text{ мА}$	0						
$U_{СИ}=15\text{ В}$	$I_C, \text{ мА}$	0						

По данным таблицы 2 постройте график зависимости $I_C=f(U_{зи})$ при $U_{си}=const$.

2. Снимите семейство стоковых характеристик транзистора $I_C=f(U_{си})$ для трёх значений напряжения на затворе $U_{зи}=0В$, $U_{зи}=1В$ и $U_{зи}=2,5В$. Результаты измерений занесите в таблицу 3.

Таблица 3

$U_{зи}, В$	$U_{си}, В$	0	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
0	$I_C, мА$									
1	$I_C, мА$									
2,5	$I_C, мА$									

По данным таблицы 3 постройте график зависимостей $I_C=f(U_{си})$ при $U_{зи}=0В$, $U_{зи}=1В$ и $U_{зи}=2,5В$.

3. Рассчитайте параметры исследуемого полевого транзистора (S, R_i, μ) в точке с координатами $U_{си} = 6 В$, $U_{зи} = 0,5 В$.

Формулы для расчёта параметров

1) Крутизна характеристики:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{зи}}$$

$$U_{си}=const$$

2) Выходное (внутреннее) сопротивление

$$R_i = \frac{\Delta U_{си}}{\Delta I_C}$$

$$U_{зи}=const$$

3) Коэффициент усиления

$$\mu=SR_i$$

Содержание отчёта

- схема исследования и таблицы 2 и 3;
- статические характеристики полевого транзистора;
- результаты расчётов.

Лабораторная работа 13,14

«Исследование характеристики МДП транзисторов с индуцированным каналом. Исследование транзисторной оптопары»

1. Цель работы

Изучение транзисторной оптопары. Снятие входной вольтамперной характеристики. Снятие зависимости коэффициента передачи тока от входного тока.

2. Содержание работы

В работе исследуется микросхема АОТ101, представляющая собой две независимые друг от друга, расположенные в одном корпусе, транзисторные оптопары. Внутренняя схема АОТ101 изображена на рисунке 1.

В работе используется оптопара, образованная светодиодом VD1 и транзистором VT1 (в случае выхода из строя оптопары VD1, VT1, можно использовать оптопару VD2, VT2).

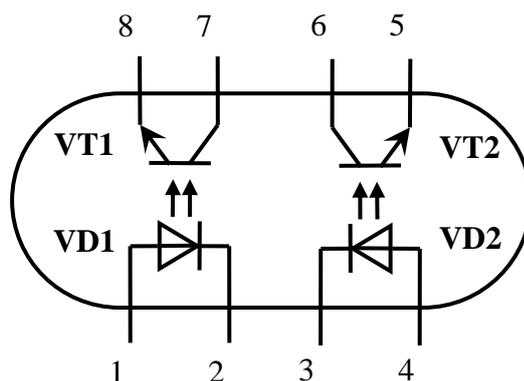


Рис.1.

Микросхема АОТ101 выполнена в корпусе DIP-8. Внешний вид микросхемы изображён на рисунке 2.

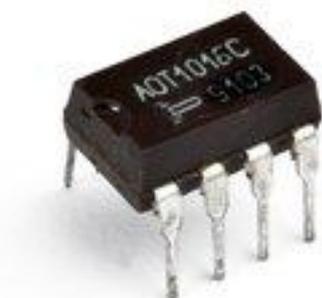


Рис.2. Внешний вид микросхемы АОТ101

Нумерация выводов производится от ключевой метки на корпусе микросхемы. Принцип нумерации выводов изображён на рисунке 3.

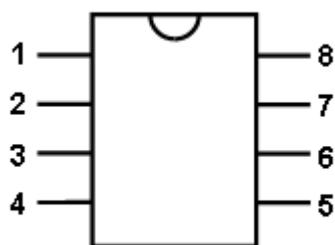


Рис.3.

3. Экспериментальная часть

3.1. Снятие вольтамперной характеристики светодиода при прямом включении
Схема измерений

При прямом включении диода на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.4. Положительное смещение подаётся с регулируемого источника $E1$ через резистор $R_{огр}$. Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром $PA1$. Напряжение на диоде измеряется вольтметром $PV1$. Ограничительное сопротивление $R_{огр}$ предохраняет исследуемый диод от пробоя.

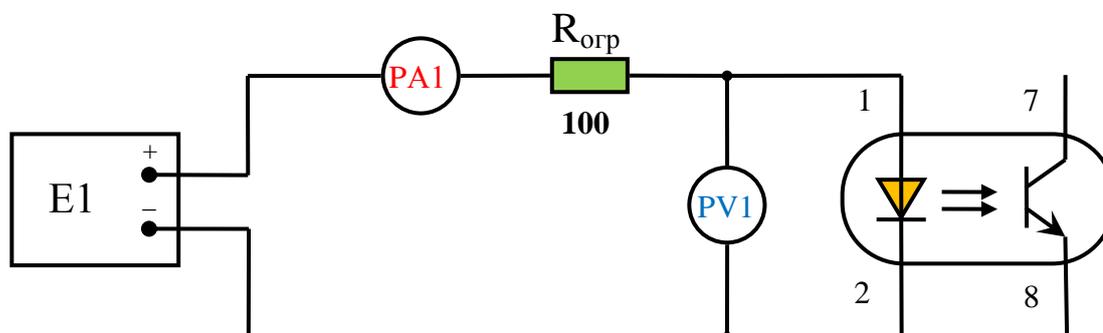


Рис.4. Схема измерения при снятии ВАХ светодиода

При снятии характеристики, изменяя напряжение источника $E1$, установите напряжение на диоде в соответствии с таблицей 1 и запишите значение тока через диод, измеренное амперметром $PA1$.

Порядок измерений

Соберите схему измерений в соответствии с рисунком 5.



Рис.5.

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблер переключения режима работы вольтметра (PV1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{вх}, В$	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
$I_{вх}, мА$								

3.2. Снятие передаточной характеристики по току и напряжению

Схема измерения изображена на рисунке 6.

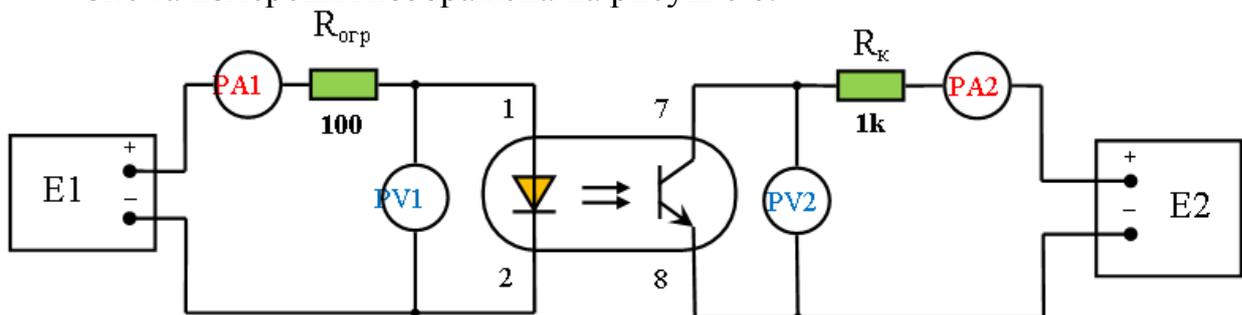


Рис.6. Схема измерений

Соберите схему измерений в соответствии с рисунком 7.

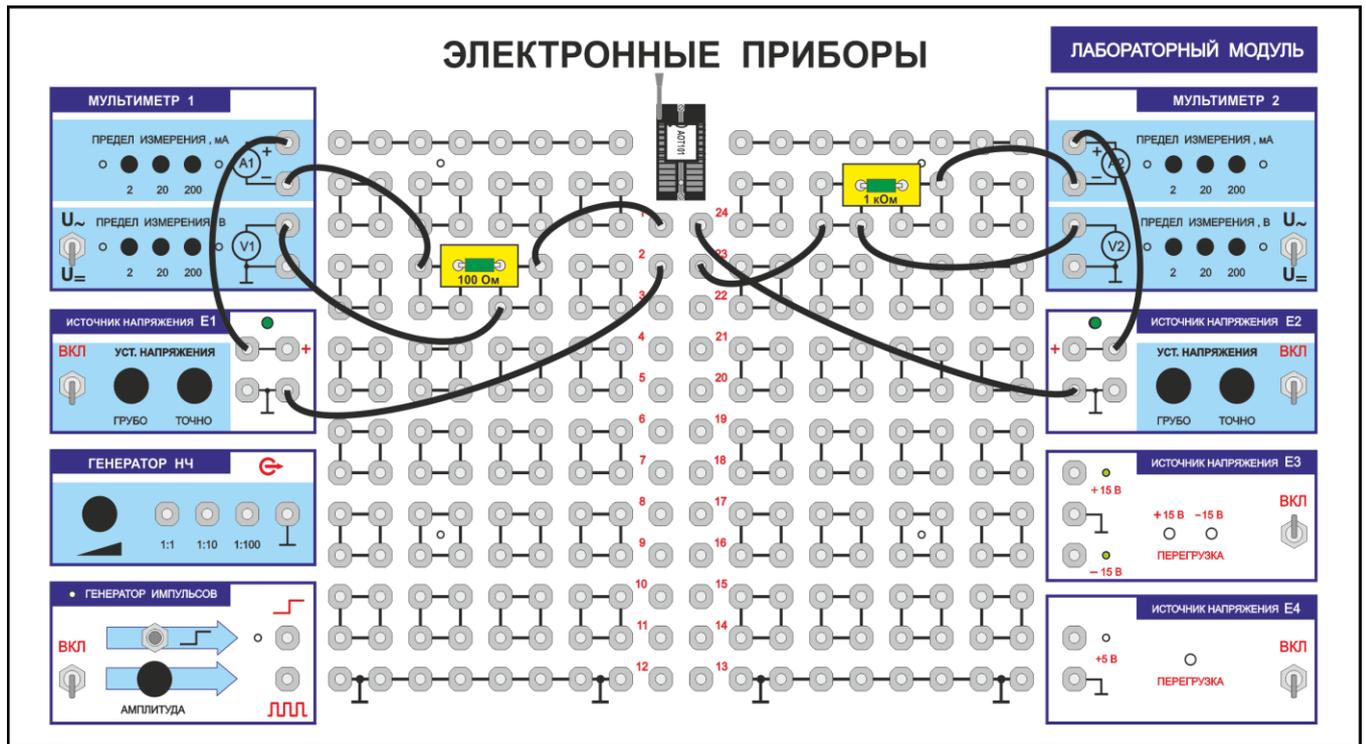


Рис.7.

Установите напряжение источника E2 равным 5В. Изменяя напряжение источника E1 заполните таблицу 2.

$R_k=1 \text{ кОм}$, $E2 = 5\text{В}$

Таблица 2

$I_{\text{ВХ}}$, мА	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}$, В					
$I_{\text{ВЫХ}}$, мА					
$U_{\text{ВЫХ}}$, В					

Повторите измерения для напряжения источника E2 10В и 15В. Результаты измерений запишите в таблицы 3 и 4.

$R_k=1 \text{ кОм}$, $E2 = 10\text{В}$

Таблица 3

$I_{\text{ВХ}}$, мА	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}$, В					
$I_{\text{ВЫХ}}$, мА					
$U_{\text{ВЫХ}}$, В					

$R_k=1 \text{ кОм}$, $E2 = 15\text{В}$

Таблица 4

$I_{\text{ВХ}}, \text{ мА}$	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}, \text{ В}$					
$I_{\text{ВЫХ}}, \text{ мА}$					
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$					

Содержание отчёта

1. По данным таблицы 1 постройте ВАХ светодиода.
2. По данным таблиц 2,3 и 4 постройте семейство характеристик $I_{\text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВХ}})$ и $U_{\text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВХ}})$.

Лабораторная работа 15

Исследование логического элемента «И» на основе ТТЛ

Цель работы: Изучить и научиться работать логическим элементом И.

Следующим простейшим логическим элементом является схема, реализующая операцию логического умножения "И":

$$F(x_1, x_2) = x_1 \wedge x_2$$

где символ \wedge и обозначает функцию логического умножения. Иногда эта же функция записывается в другом виде:

$$F(x_1, x_2) = x_1 \wedge x_2 = x_1 \cdot x_2 = x_1 \& x_2.$$

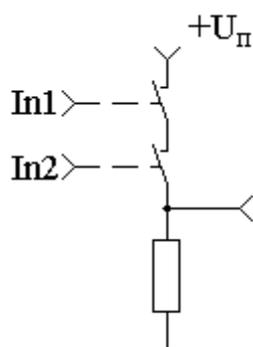
То же самое действие можно записать при помощи таблицы истинности, приведённой в таблице 2. В формуле, приведенной выше использовано два аргумента. Поэтому элемент, выполняющий эту функцию имеет два входа. Такой элемент обозначается "И". Для элемента "И" таблица истинности будет состоять из четырех строк ($2^2 = 4$).

Таблица истинности схемы, выполняющей логическую функцию "И"

In1	In2	Out
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

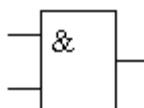
Как видно из приведённой таблицы истинности активный сигнал на выходе этого логического элемента появляется только тогда, когда и на входе X и на входе Y будут присутствовать логические единицы. То есть этот логический элемент действительно реализует операцию "И"

Проще всего понять, как работает логический элемент "И", при помощи схемы, построенной на идеализированных ключах с электронным управлением, как это показано на рисунке 2. В этой схеме ток будет протекать только тогда, когда оба ключа будут замкнуты, а значит, единичный уровень на выходе схемы появится только при двух логических единицах на входе.



Принципиальная схема логического элемента "2И".

Условно-графическое изображение схемы, выполняющей логическую функцию "2И", на принципиальных схемах приведено на рисунке 3, и с этого момента схемы, выполняющие функцию "И" будут приводиться именно в таком виде. Это изображение не зависит от конкретной принципиальной схемы устройства, реализующей функцию логического умножения.



Условно-графическое изображение логического элемента "И".

Точно так же описывается и функция логического умножения трёх переменных:

$$F(x_1, x_2, x_3) = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3$$

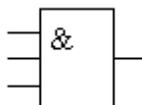
Её таблица истинности будет содержать уже восемь строк ($2^3 = 8$). Таблица истинности трёхвходовой схемы логического умножения "И" приведена в таблице 3, а условно-графическое изображение на рисунке 4. В схеме же логического элемента

"И", построенной по принципу схемы, приведённой на рисунке 2, придётся добавить третий ключ.

Таблица 3. Таблица истинности схемы, выполняющей логическую функцию "И"

In1	In2	In3	Out
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Получить подобную таблицу истинности можно при помощи схемы исследования логического элемента "И", подобной схеме исследования логического инвертора.



Условно-графическое обозначение схемы, выполняющей логическую функцию "И".

Содержание отчёта:

1. Условно-графическая обозначения "И".
2. Получить принципиальную схему.
3. Получить таблицу истинности.

Лабораторная работа 16

Исследование логического элемента «ИЛИ» на основе ТТЛ.

Цель работы: Изучить и научиться работать логическим элементом ИЛИ.

Следующим простейшим логическим элементом является схема, реализующая операцию логического сложения "ИЛИ":

$$F(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2$$

где символ \vee обозначает функцию логического сложения. Иногда эта же функция записывается в другом виде:

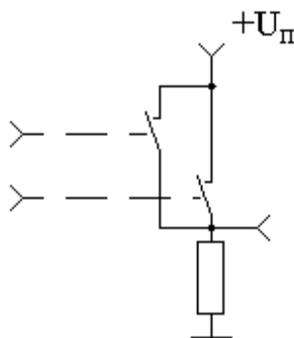
$$F(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2 = x_1 | x_2.$$

То же самое действие можно записать при помощи таблицы истинности, приведённой в таблице 4. В формуле, приведенной выше использовано два аргумента. Поэтому логический элемент, выполняющий эту функцию имеет два входа. Такой элемент обозначается "ИЛИ". Для элемента "ИЛИ" таблица истинности будет состоять из четырех строк ($2^2 = 4$).

Таблица истинности логического элемента "ИЛИ".

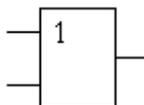
In1	In2	Out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Как и в случае, рассмотренном для схемы логического умножения, воспользуемся для реализации схемы "ИЛИ" ключами. На этот раз соединим ключи параллельно. Схема, реализующая таблицу истинности 4, приведена на рисунке 5. Как видно из приведённой схемы, уровень логической единицы появится на её выходе, как только будет замкнут любой из ключей, то есть схема реализует таблицу истинности.



Принципиальная схема логического элемента "ИЛИ".

Так как функция логического суммирования может быть реализована различными принципиальными схемами, то для обозначения этой функции на принципиальных схемах используется специальный символ "1".



Условно-графическое изображение логического элемента, выполняющего функцию "ИЛИ"

Содержание отчёта:

1. Условно графическая обозначения "ИЛИ".
2. Получить принципиальную схему.
3. Получить таблицу истинности.

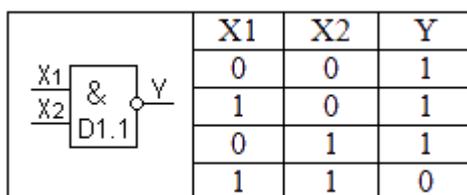
Лабораторная работа 17

Исследование логического элемента «И-НЕ» на основе КМДП.

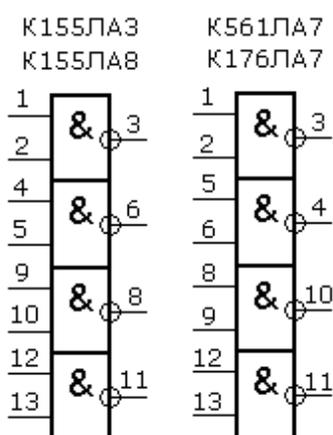
Цель работы: Изучить и научиться работать логическим элементом И-НЕ.

«И-НЕ» (NAND) – функция сложения с отрицанием (если на всех входах единица, то на выходе будет ноль, в противном случае на выходе всегда будет единица). Графическое обозначение элемента «И-НЕ» и его таблица истинности приведены слева.

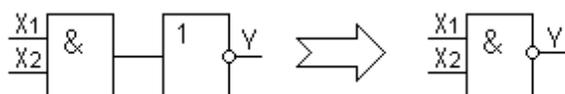
По таблице истинности следует, что на выходе элемента «И-НЕ» будет логический ноль только в том случае, если на обоих входах будет логическая единица. Если хотя бы на одном входе ноль, то на выходе будет единица.



Самой распространённой микросхемой ТТЛ, выполняющей функцию «2И-НЕ», является ИМС К155ЛА3, а микросхемами КМОП (комплементарный металлооксидный полупроводник) – ИМС К561ЛА7 и К176ЛА7, внутри которых имеется четыре элемента «2И-НЕ». Нумерация выводов этих микросхем показана снизу.

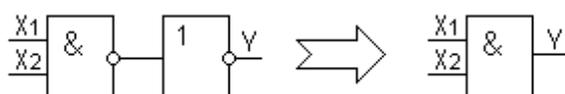


Сравнив таблицы истинности элемента «И-НЕ» и элемента «И» можно догадаться об эквивалентности схем:



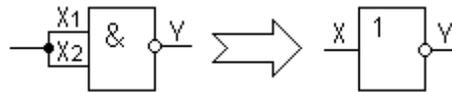
Добавив к элементу «И» элемент «НЕ» мы получили элемент «И-НЕ». Так можно собрать схему, если нам необходим элемент «И-НЕ», а у нас в распоряжении имеются только элементы «И» и «НЕ».

И наоборот:



Добавив к элементу «И-НЕ» элемент «НЕ» мы получили элемент «И». Так можно собрать схему, если нам необходим элемент «И», а у нас в распоряжении имеются только элементы «И-НЕ» и «НЕ».

Аналогичным образом, путём соединения входов элемента «И-НЕ» мы можем получить элемент «НЕ»:



Обратите внимание, что было введено новое в обозначении элементов – дефис, разделяющий правую и левую часть в названии «И-НЕ». Этот дефис неперенный атрибут при инверсии на выходе (функции «НЕ»).

Содержание отчёта:

1. Условно графическая обозначения «НЕ».
2. Получить принципиальную схему.
3. Получить таблицу истинности.

Лабораторная работа 18

Исследование логического элемента «ИЛИ-НЕ» на основе КМДП.

Цель работы: Изучить и научиться работать логическим элементом ИЛИ-НЕ.

«ИЛИ-НЕ» (NOR) – функция выбора (если хотя бы на одном из входов – единица, то на выходе – ноль, в противном случае на выходе всегда будет единица). Как вы поняли, элемент «ИЛИ-НЕ» выполняет функцию «ИЛИ», а потом инвертирует его функцией «НЕ».

Графическое обозначение элемента «ИЛИ-НЕ» и его таблица истинности приведена снизу.

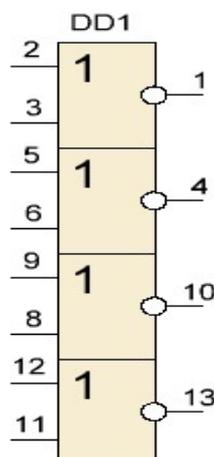
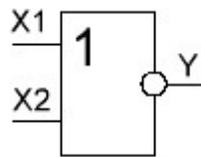


Таблица истинности для логического элемента ИЛИ-НЕ.

Вход X1	Вход X2	Выход Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Изображение на схеме.



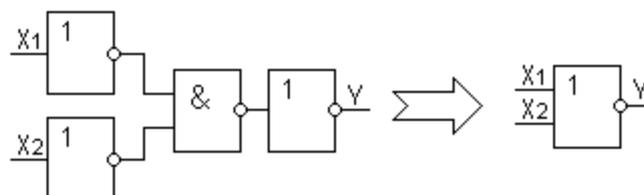
На зарубежный лад изображается так. Называют как NOR.



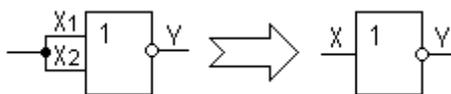
Мы имеем только один высокий потенциал на выходе, обусловленный подачей на оба входа одновременно низкого потенциала. Здесь, как и на любых других принципиальных схемах, кружочек на выходе подразумевает инвертирование сигнала. Так как схемы И – НЕ и ИЛИ – НЕ встречаются очень часто, то для каждой функции имеется своё условное обозначение. Функция И – НЕ обозначается значком "&", а функция ИЛИ – НЕ значком "1".

Для отдельного инвертора таблица истинности уже приведена выше. Можно добавить, что количество инверторов в одном корпусе может достигать шести.

Предположим, что нам в схеме необходим элемент, выполняющий функцию «ИЛИ-НЕ», но у нас есть в распоряжении только элементы «НЕ» и «И-НЕ», тогда можно собрать следующую схему, которая будет выполнять функцию «ИЛИ-НЕ»:



По аналогии с элементом «И-НЕ», путём соединения входов элемента «ИЛИ-НЕ» мы можем получить элемент «НЕ»:



Содержание отчёта:

1. Условно графическая обозначения «ИЛИ-НЕ».
2. Получить принципиальную схему.
3. Получить таблицу истинности.

ИНФОРМАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

1. Основные источники

1. Гусев.В.Г.,Гусев Ю.М. Электроника . М. Высшая школа. 1992.
1. Манаев.Е.И. Основы радиоэлектроники. М. Радто и связь. 1995.
2. Забродин Ю.С. Промышленная электроника М. Высшая школа 1982.
3. Малахов В.П. Электронные цепи непрерывного и импульсного действия Киев Лыбидь 1991
4. Горбачёв Т.Н.,Чаплыгин Е.Е Промышленная электроника М. Энергоатомиздат 1988.
5. Ерофеев Ю.Н. Импульсные и цифровые устройства М. Высшая школа. 1989
6. Фролкин Л.Г. Импульсные и цифровые устройства М. Высшая школа. 1991
7. Краснопрошина А.А.Скаржепа В.А. Электроника и микросхемотехника. Киев Высшая школа. 1989.

2. Дополнительные источники

1. Гусев.В.Г.,Гусев Ю.М. Электроника . М. Высшая школа. 1992.
8. Манаев.Е.И. Основы радиоэлектроники. М. Радто и связь. 1995.
9. Забродин Ю.С. Промышленная электроника М. Высшая школа 1982.
10. Малахов В.П. Электронные цепи непрерывного и импульсного действия Киев Лыбидь 1991
11. Горбачёв Т.Н.,Чаплыгин Е.Е Промышленная электроника М. Энергоатомиздат 1988.
12. Ерофеев Ю.Н. Импульсные и цифровые устройства М. Высшая школа. 1989
13. Фролкин Л.Г. Импульсные и цифровые устройства М. Высшая школа. 1991
14. Краснопрошина А.А.Скаржепа В.А. Электроника и микросхемотехника. Киев Высшая школа. 1989.

3. Информационно-ресурсные источники

1. <http://www.sxem.net>
2. <http://www.ziyo.net>
3. <http://www.techno.Edu.ru/db/sect/111>

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.Лабораторная работа №1,2 «Ознакомления с методика измерений универсиального лабораторного стенда (УЛС)» Измерение пределов регулировки выходного напряжения источников E1 и E2	2
2. Лабораторная работа №3,4 «Измерение полупроводниковых диодов» Исследование характеристики полупроводниковых диодов	8
3.Лабораторная работа №5,6 «Измерение характеристики стабилитрона» Исследование характеристики стабилитрона	12
4.Лабораторная работа №7,8 «Измерение статических ВАХ БТ включенного с ОБ» Исследование статических ВАХ БТ включенного с ОБ	18
5.Лабораторная работа №9,10 «Измерение статических ВАХ БТ включенного с ОЭ» Исследование статических ВАХ БТ включенного с ОЭ	24
6.Лабораторная работа №11,12 «Измерение статический характеристики ПТ» Исследование статический характеристики ПТ	28
7.Лабораторная работа №13,14 «Измерение характеристики МДП транзисторов с индуцированным каналом» Исследование характеристики МДП транзисторов с индуцированным каналом	31
8.Лабораторная работа №15 «Исследование логического элемента «И» на основе ТТЛ»	35
9.Лабораторная работа №16 « Исследование логического элемента «ИЛИ» на основе ТТЛ ».....	37
10.Лабораторная работа №17 « Исследование логического элемента «И-НЕ» на основе КМДП ».....	39
11.Лабораторная работа №18 « Исследование логического элемента «ИЛИ-НЕ» на основе КМДП ».....	41
12.Информационно-методическое обеспечеие.....	44
13.Оглавление.....	45

