

Д. А. Мухаммадова

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Учебные пособие

*Учебно-методическое пособие предназначено для студентов
физических и технических специальностей высших учебных
заведений*

Издательство «КАМОЛОТ»

Бухара – 2023

УДК: 621.371

ББК: 32.84

М36

Д. А. Мухаммадова, Радиоэлектроника лабораторные работы [текст]: учебное пособие / - БУХАРА:. ООО “БУХОРО ДЕТЕРМИНАНТИ” издательство КАМОЛОТ, 2023 г. 108 ст

Данное учебное пособие создано с целью обучения студентов направления 60530900-физика теоретическим основам, основным понятиям, законам и принципам науки “радиоэлектроника”, а также формирования навыков выполнения лабораторных занятий.

Учебное пособие нацелено на развитие у студентов навыков выполнения лабораторных работ по дисциплине “Радиоэлектроника” в связи с теорией, умения понимать и применять на практике суть работы, учить теоретическому и экспериментальному происхождению работы, развивать навыки самостоятельной работы.

Данное учебное пособие подготовлено к изданию на основе утвержденной 30 августа 2021 года научной программы, а также рабочего плана.

Рецензенты:

М.З.Шарипов - Профессор кафедры “Физика” Бухарского инженерно-технологического института, доктор Ф-м.наук

С.О. Саидов - Доцент кафедры физики Бухарского государственного университета, кандидат химический наук

ISBN 978-9910-735-**-* (*Сигнальный вариант*)

Публикация разрешена на основании приказа Бухарского государственного университета от 29 ноября 2023 года № “673”

© Издательство «КАМОЛОТ»

© Д. А. Мухаммадова

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Введение

Лабораторная работа №1.

Изучение работы диодов

Лабораторная работа №2.

Изучаем принцип работы биполярного транзистора

Лабораторная работа №3.

Изучаем принцип работы полевого транзистора

Лабораторная работа №4.

Выпрямление переменного тока.

Лабораторная работа №5.

Усилитель из сопротивления

Лабораторная работа №6.

Исследование обратной связи в усилителях

Лабораторная работа №7.

Отражатель эмиттера

Лабораторная работа №8.

Исследование электронного стабилизатора

Лабораторная работа №9.

Резонансный усилитель

Лабораторная работа №10.

Операционный усилитель.

Лабораторная работа №11.

RC-генератор.

Лабораторная работа №12.

Сборка и проверка LC--генератора

Лабораторная работа №13.

Мультивибратор

Лабораторная работа №14.

Изучение логических схем

Глоссарий

Список использованной основной и дополнительной литературы

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие по основам радиоэлектроники составлено в соответствии с действующей программой курса радиоэлектроника для физических специальностей высших учебных заведений.

Учебно-методическое пособие содержит в основном описание лабораторных работ по основам радиоэлектроники Бухарского государственного университета и рассчитана на студентов физического, физико-математического и физико-технического профиля. В отличие от обычных руководств к лабораторным занятиям, данное пособие имеет вводный раздел, работы которого знакомят студентов с основами измерительной техники и с наиболее употребительными физическими, радиоэлектрическими приборами.

В состав учебно-методического пособия входят работы по радио, радиосвязи и основам радиоэлектроники.

Мы считаем своей главной целью не только дать возможность студентам изучить на опыте важнейшие радиосвязные явления, но и научить их обращаться с разнообразными, в том числе с самыми современными, физическими приборами. Большое внимание уделено правильному распределению времени эксперимента. В описаниях работ особое внимание обращается на подход студента к задаче. Перед началом работы с помощью нескольких простых контрольных вопросов, опытов студент должен убедиться в исправности оборудования и оценить ошибку измерений. Эти опыты часто определяют всю методику дальнейшей работы.

Студент должен научиться выбирать правильный метод обработки результатов, менее всего чувствительный к погрешностям отдельных опытов, лучше всего использующий всю полученную информацию и, по возможности, простой и наглядный.

В состав пособия входят 14 лабораторные работы по предмету радиоэлектроники, составленные в соответствии учебной программы по дисциплине «Основы радиоэлектроники» утвержденной Министерством Высшего и среднеспециального образования Республики Узбекистан. а также в конце описания

каждой лабораторной работы приведены тестовые задания по соответствующей теме, которые позволяют повторить теоретический материал.

Авторы выражают искреннюю благодарность коллегам и профессорско-преподавательскому составу кафедры физики БГУ, а также проректору Бухарского инженерно-технологического института, доктору физика-математических наук М.З.Шарипову, чьи доброжелательные замечания и пожелания способствовали улучшению учебно-методического пособия.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение лабораторной учебной работы. Цель данного учебно-методического пособия – помочь студентам научиться правильно, выполнять лабораторных работ, выявляйте ошибки и выполняйте необходимую работу, получая результаты лабораторных работ выполните необходимую цифровую обработку.

При выполнении лабораторных работ учитывают: ознакомление с приборами, теоретическую подготовку, оборудованием и собирает схем, проведение эксперимента, цифровая обработка полученных результатов.

Цель работ – дать студенту возможность самому воспроизвести некоторые физические, явления радиосвязи, научить его обращению с основными физическими приборами и ознакомить с важнейшими методами измерений. Студент должен овладеть навыками ведения лабораторной тетради, составления графика работы, оценки точности полученных результатов и написания отчета по лабораторной работе.

Теоретическая подготовка. Перед выполнением эксперимента студент должен освоить теоретические знания путем самостоятельного чтения. Особое внимание следует уделить теоретической природе процесса.

Для контроля знаний студента каждая работа содержит контрольные вопросы, тестовые задания, на которые студент должен четко и правильно ответить.

Лабораторная работа проводится в следующем порядке.

1. Название лабораторной работы
2. Цель работы.
3. Необходимые инструменты и оборудование..
4. Теоретическое понимание схем подключения, чертежей.
5. О порядке работы.
6. Таблицы записи измеренных значений.
7. Написание формул расчета измеряемых величин.
8. завершение работы

Знакомство с лабораторными приборами, сборка схемы по схеме.

Прежде чем приступить к лабораторной работе, вам необходимо:

1. Получить необходимое оборудование для выполнения работы у лаборанта.

2. Понять назначение устройств согласно их техническим инструкциям.

3. Используя принципиальную схему или чертежи, имеющиеся в учебнике, разместите инструменты, оборудование и соберите конструкцию для выполнения расчетов.

Проведение экспериментов и измерений. Строгое измерение физических величин должно проводиться в заранее установленной последовательности перед выполнением лабораторных работ.

Например, точность измерения времени секундомером зависит от включения и выключения часового механизма в нужный момент.

Цифровая обработка результатов лабораторных экспериментов.

1. Ошибки измерения.

2. Примерные расчеты.

Определить неизвестную физическую величину непосредственно, методом ее прямого измерения или косвенно, отыскав определенную функциональную функцию по результатам прямых измерений, можно определить путем вычисления других величин, связанных с . Например, ток, показанный амперметром и вольтметром.

Теория элементарных ошибок.

Обозначим через неизвестную величину x . Повторяем эксперимент N раз и их результат будет: X_1, X_2, \dots, X_N . Чтобы получить точное значение неизвестной величины, вычисляется ее среднее арифметическое:

$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

ΔX_1 - абсолютная ошибка первого измерения. Символ Δ - указывает на изменение величины.

Абсолютная ошибка X_{cp} — это разница между измерениями X_1 , полученными только с абсолютным значением, таким же, как второе, третье и т. д. измерения:

$|X_{cp} - X_2| = \Delta X_2$ — абсолютная ошибка второй измеряемой величины

$|X_{cp} - X_3| = \Delta X_3$ — абсолютная ошибка третьего измеряемой величины

$|X_{cp} - X_N| = \Delta X_N$ — абсолютная ошибка N-го измеряемой величины.

Средняя абсолютная ошибка:

$$\Delta X_{cp} = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_N}{N}.$$

Пример: Измерьте длину ребра куба с помощью штангенциркуль

1. Достигнуты после трехкратных результатов измерений:

$$l_1 = 16,50 \text{ мм}$$

$$l_2 = 16,6 \text{ мм}$$

$$l_3 = 16,4 \text{ мм}$$

2. Среднееарифметическое значение:

$$l_{cp} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3} = \frac{16,5 + 16,6 + 16,4}{3} = 16,5 \text{ мм}$$

3. Затем находимабсолютная ошибка:

$$\Delta l_1 = |l_{cp} - l_1| = |16,5 - 16,5| = 0 \text{ мм}$$

$$\Delta l_2 = |l_{cp} - l_2| = |16,5 - 16,6| = 0,1 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = |l_{cp} - l_3| = |16,5 - 16,4| = 0,1 \text{ мм}$$

4. Средняяабсолютная ошибка

$$\Delta l_{cp} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3}{3} = \frac{0 + 0,1 + 0,1}{3} = 0,06 \text{ мм.}$$

5. Результат длины ребра куба:

$$l = l_{cp} \pm \Delta l_{cp}$$

или для следующего случая

$$l = |16,5 \pm \Delta 0,06| \text{ мм}$$

Следовательно, при измерении любого количества:

1. Производят несколько раз измерений (нечетной число раз измерений, например, 3, 5, 7, 9...).

2. Чтобы получить точное значение полученных результатов, находят среднее арифметическое значение (X_{cp}) всех измерений.

3. затем находят абсолютные погрешности отдельных измерений ($\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_N$).

4. Среднюю абсолютную ошибку ΔX_{cp} и результат записывают в виде следующий :

$$X = X_{cp} \pm \Delta X_{cp}$$

Для рассматриваемого примера это будет выглядеть так:

$$l = |16,5 \pm 0,06| \text{ мм}$$

где видно, что фактическое значение измеренной длины l находится в пределах $|16,5 \pm 0,06| \text{ мм}$.

Обычно относительная ошибка выражается в процентах, т.е.

$$\varepsilon_{cp} = \frac{\Delta X_{cp}}{X_{cp}} \cdot 100\%.$$

В рассмотренном выше примере, то есть посчитаем средние относительные погрешности измерения длины ребра куба.

$$\Delta l_{cp} = 0,06 \text{ мм}$$

$$l_{cp} = 16,5 \text{ мм}$$

Находят среднюю относительную ошибку:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{cp}}{l_{cp}} \cdot 100\% = \frac{0,06}{16,5} \cdot 100\% = 0,004 \cdot 100\% = 0,4\%$$

При выполнении лабораторных работ следует обратить внимание на:

- С инструкциями по эксплуатации инструментов и оборудования перед их использованием необходимо подробно ознакомиться.
- Только подходящие инструменты и оборудование в процессе работы следует использовать.
- Электроизмерительные приборы нельзя подключит к источнику тока без разрешения инструктора.
- При сборке электрической схемы следует избегать ошибок, в противном случае инструмент может выйти из строя и поставить под угрозу жизнь ученика.

- Поместите инструменты на стол в положении, указанном в его инструкции необходимо установить (лежа, вертикально, под углом и т. д.).
- После сбора каждой лабораторной работы обязательно проводите ее под наблюдением преподавателя и обязательно с его разрешения подключайте к источнику тока.
- После завершения лабораторной работы не забудьте отключиться электроизмерительные приборы от источника тока.

1. Лабораторная работа.

Изучение работы диодов.

Цель работы:

- Изучить вольт-амперную характеристику полупроводникового диода.
- Изучение зависимости I тока от U напряжения для светодиодов различных цветов.

Приборы и принадлежности: Лабораторный прибор для получения ВАХ диодов, диоды разных марок, вольтметр, амперметр, микроамперметр, резистор 100 Ом, источник питания 0...12 В/ 3А, ключ и соединительные провода.

Теория метода

Диоды — это приборы с одним р—п -переходом и двумя выводами, в которых используются свойства этого перехода. Пусть к р-п переходу подключен источник постоянного малого напряжения, а положительный полюс этого источника подключен к р-области. В узком смысле-полупроводниковый прибор, во внутренней структуре которого образуется одно р-п соединение. В полупроводнике Р-типа, полученном путем введения акцепторной легирующей добавки, концентрация дырок намного выше концентрации электронов. В полупроводнике n-типа, полученном через донорную примесь, концентрация электронов намного выше, чем концентрация дырок. Если между двумя полупроводниками установить контакт, то возникает диффузионный ток — основные носители заряда (электроны и дырки) случайным образом перетекают из места, где их много, в место, где их меньше, и воссоединяются с ними.

Полупроводниковый диод - полупроводниковое устройство, в широком смысле-электронное устройство, изготовленное из полупроводникового материала с двумя электрическими проводами (электродами). В узком смысле-полупроводниковый прибор, во внутренней структуре которого образуется одно р-п соединение.

Если на трехвалентный элемент индий добавляется четырехвалентный элемент кремния для образования полной ковалентной связи один электрон отсутствует.

В результате образуется дырка. В этом случае число отверстий в кристалле смесь остается равной числу атомов. Такие смеси являются акцепторами. При наличии внешнего электрического поля дырки представляют собой поле перемещается и создает пористую проводимость. Значит полупроводниками р-типа называются полупроводники которые имеет пористую проницаемость объема.

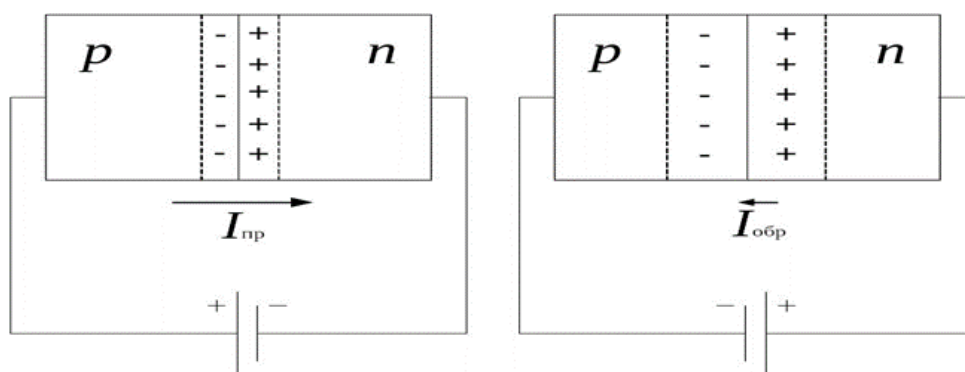


Рис. 1.1. а) правильное соединение б) обратное соединение

Полупроводниковый диод проводит электрический ток в одном направлении. Эта функция используется для преобразования переменного тока в постоянный.

В этой лабораторной работе будут изучены свойства полупроводникового диода. ВАХ диода можно получить, используя следующую принципиальную схему.

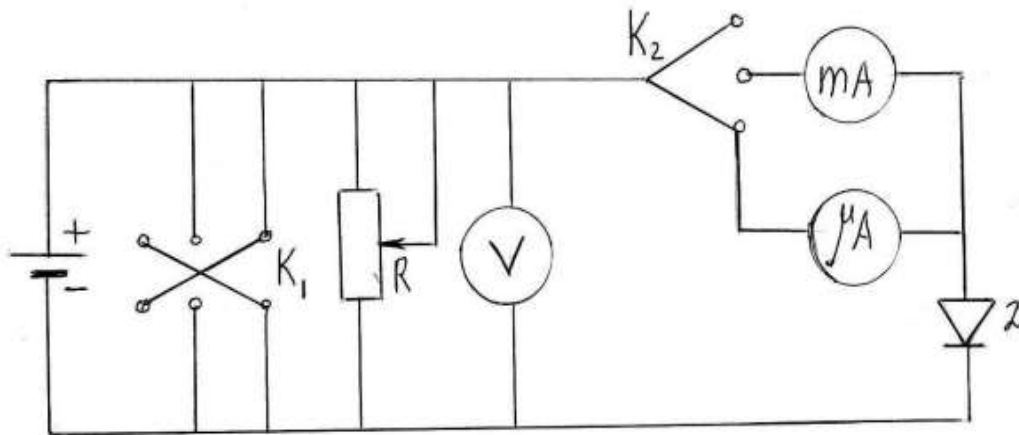


Рис. 1.2. Схема определения вольт-амперной характеристики диода

Порядок выполнения работы

1. Перед началом работы ознакомьтесь с устройством лабораторного прибора и инструкцией к нему и продолжайте работу в оставшемся порядке.

2. Подключить устройство к электрической сети.

3. Вручную поверните потенциометр R на левой стороне устройства против часовой стрелки в положение низкого напряжения.

4. Сначала установите K_1 в положение кремниевого диода с помощью разъема, затем установите переключатель K_2 в положение постоянного тока- $I_{np.}$. Увеличьте напряжение на диоде с помощью потенциометра R и запишите показания вольтметра и миллиамперметра..

5. Ключ K_2 установить в положение обратного тока – $I_{обр.}$ и повторить работать в пункте 4 .

6. Отключите K_1 и переключите в положение германиевого диода и сделайте то же самое, что и выше.

7. На основании полученных результатов начертите ВАХ диода в определенном масштабе. По окончании работы напишите отчет о работе.

Соберите устройство, как показано на рисунке. Расположите зеленый диод от плюса к минусу (по направлению тока) в

направлении треугольника, указанного на диоде. Обратите внимание на полярность мультиметра и диапазон измерения.

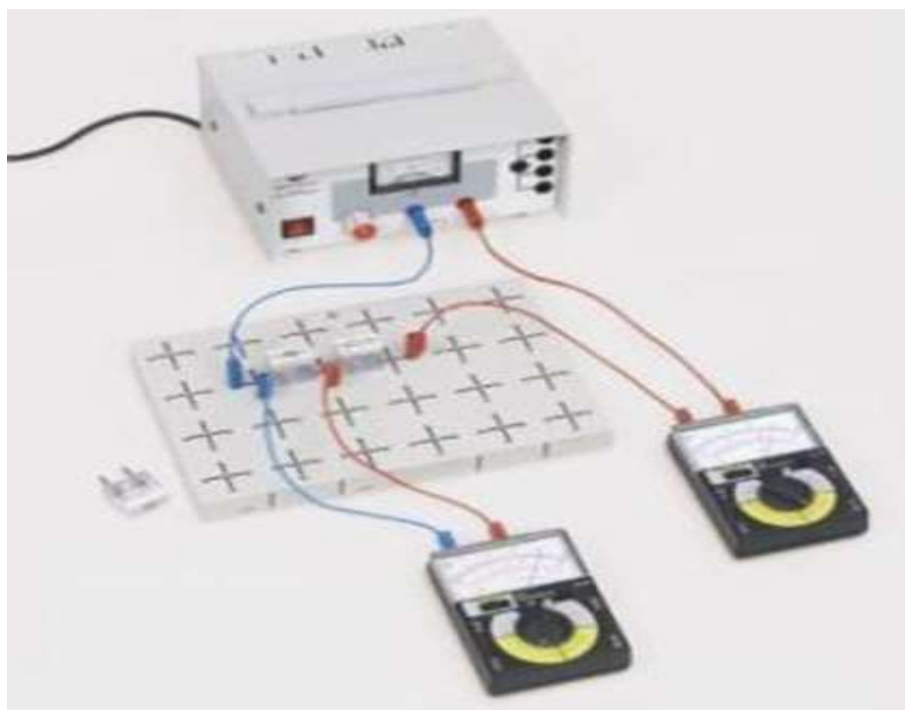


Рис. 1.3. Экспериментальная установка для исследования работы диодов.

Увеличьте напряжение U от 0 В и наблюдайте за током. Ток, проходящий через диод, не должен превышать 30 мА.

Для различных значений напряжения U и тока I заполняйте первые две колонки таблицы.

Повторите эксперимент с другими типами светодиодов и заполните оставшиеся столбцы таблицы.

Примеры измерения

Таблица 1.1.

Вольт-амперная характеристика светоизлучающих диодов.

Зеленый 578 57		Жёлтый 578 47		Красный 578 48		Инфракрасный 578 49	
	I	U	I	U	I	U	I
0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0.5	0	0.5	0	0	0

1.0	0	1.0	0	1.0	0	1	0
1.5	0	1.5	0	1.4	0.5	1	0.5
1.84	0.5	1.75	0.5	1.5	5	1	5
2.12	5	1.88	5	1.6	10	1	10
2.30	10	1.97	10	1.6	15	1	15
2.43	15	2.03	15	1.6	20	1	20
2.57	20	2.10	20	1.6	25	1	25
2.67	25	2.17	25	1.6	30	1	30
2.78	30	2.22	30				

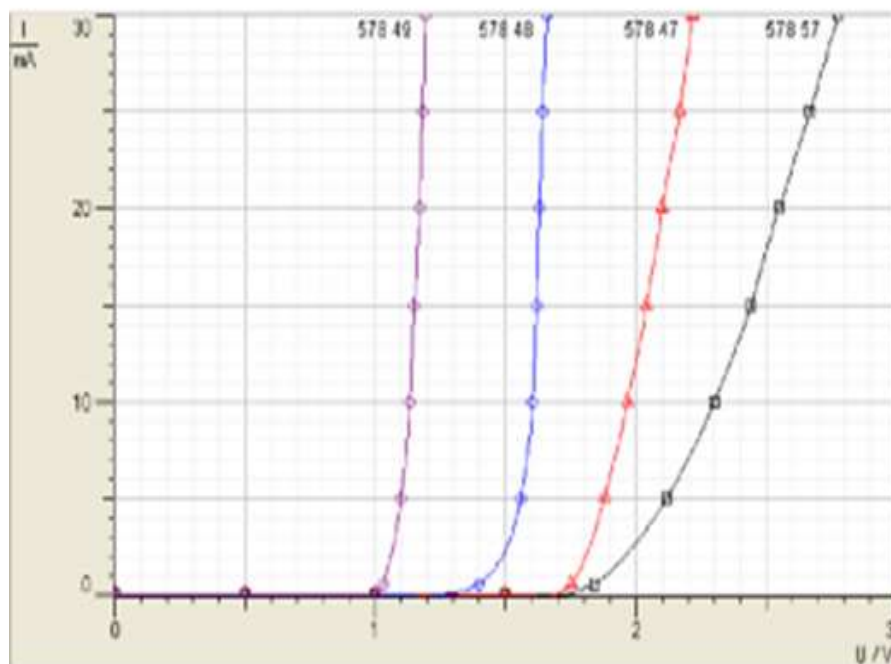


Рис. 1.4. Графики вольт-амперная характеристика светоизлучающих диодов.

Светодиоды тоже работают как обычные диоды.

Пороговое напряжение зависит от цвета излучаемого света. Выбор светодиода с меньшей длиной волны, т.е. более высокой частотой излучаемого света, приводит к более высокому пороговому напряжению.

Замечание

Длина волны света, излучаемого современными светодиодами, примерно зависит от порогового напряжения. Теоретически, пороговое напряжение U дает следующую формулу для определения λ длину волны излучающего света от светодиода:

$$e \cdot U_s = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

(1.1)

(здесь e -заряд электрона, c -скорость света, h -постоянная Планка). Это было возможно только со старыми светодиодами с низким эффективностью.

Современные светодиоды используют несколько уловок, чтобы повысить эффективность, и возможно, что фотоны излучается от более глубоких уровней. И по этому значение длины волны меньше чем вычисленного по значению порогового напряжения

Таблица 1.2

Серийный No.	Цвета	Порог напряжения
578 57	Зеленый (примерно 500...580 нм)	2.1
578 47	Желтый (примерно 590 нм)	1.9
578 48	Красный (примерно 600.800 nm)	<u>1.8</u>
578 49	Инфракрасный (> 800 нм)	1.1

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы полупроводникового диода?
2. Какие носители являются основными и неосновными в полупроводниках n- и p-типов? Почему?
3. Дайте информацию ВАХ о диодов.
4. Как получить ВАХ диодов?
5. Что такое p-n-переход? Как он формируется?
6. Где используются диоды и для чего ?
7. Для чего и где используются диоды?
8. Что такое полупроводниковый диод?

9. Перечислите технологии изготовления полупроводниковых диодов?
10. Какие виды диодов существуют?
11. Изобразите ВАХ диода и поясните.

Тестовые задания №1

1. Приборы с одним р—n -переходом и двумя выводами, в которых используются свойства этого перехода называется ?
а) Транзистор В) Биполярный транзистор С) Диод Д) Триод
2. Полупроводник – это называется...
А) Вещество, проводящее электрический ток.
В) Твердое вещество, занимающее промежуточное состояние по электропроводности, между металлами и диэлектриками.
С) Материал, не обладающий свойством электрической проводимости.
Д) Вещество, иногда проводящее электрический ток.
3. Как называются электроны, находящиеся на внешней оболочке атома?
А) Протонами.
В) Положительно заряженными.
С) Валентными .
Д) Электронами.
4. В примесном полупроводнике типа-n, являются какими носителями заряда.
А) Электроны. В) Дырки. С) Нейтроны. Д) Протоны
5. Примесный полупроводника типа-p это называется...
А) Полупроводник, содержащий в своей кристаллической решетке V валентную примесь.
В) Полупроводник, содержащий в своей кристаллической решетке III валентную примесь.
С) Полупроводник, содержащий в своей кристаллической решетке IV валентную примесь.
Д) Полупроводник, содержащий в своей кристаллической решетке VI валентную примесь.

2. Лабораторная работа.

Изучаем принцип работы биполярного транзистора.

Цель работы:

- Экспериментальное исследование диодных свойств транзисторов.
- Исследование переходных характеристик биполярных транзисторов *n-p-n* и *p-n-p* типа.

Приборы и принадлежности: Биполярный *pnp* транзистор БД 137, Биполярный *pnp* транзистор БД 138, Биполярный *pnp*, биполярный *pnp*, растровая панель DIN A4, резистор 1 кОм, 2 Вт, источник питания 0..12 В, мультиметр L Danalog 20 (3 шт), пара кабелей 50 см (4 шт).

Теория метода

В современной электронике важных полупроводниковых приборов это транзисторы. У биполярного транзистора имеет 3 электрода которые называется база, эмиттер и коллектор. В образовании тока участвуют как электроны, так и дырки. Транзисторы состоят из трёх полупроводниковых слоёв с различной проводимостью (транзисторы типа *n-p-n* и *p-n-p* различают по порядку обмена полями с различной проводимостью). Слой с небольшой толщиной посередине называется базой, к которому носители заряда, поступающие через одну из соседних областей, могут достичь другой.

Транзистор – это трехэлектродный полупроводниковый прибор. В полупроводнике образуются два *p-n*-перехода, через которые переносится заряд электронами и дырками, и они называются биполярными носителями. Именно поэтому устройство получило название «биполярный» в отличие от униполярного полевого транзистора.

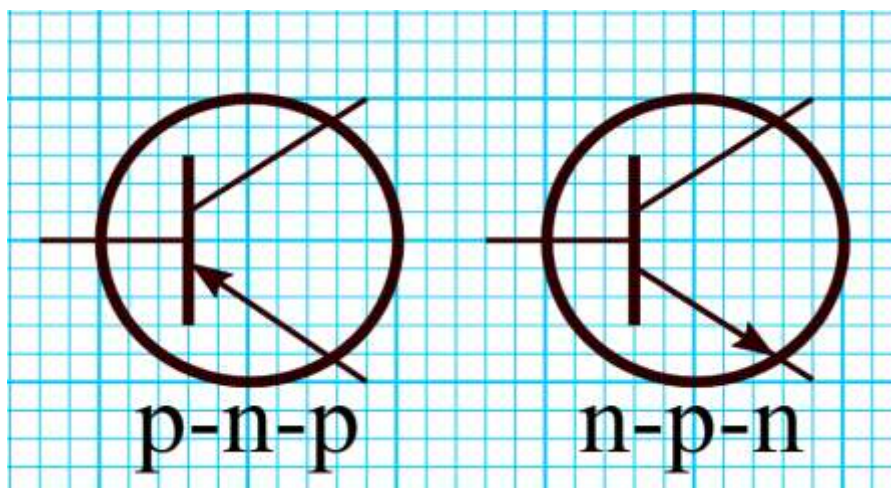


Рис. 2.1. Схематическое изображение биполярных транзисторов

Биполярный транзистор состоит из трёх полупроводниковых слоёв с чередующимся типом примесной проводимости. База, эмиттер-коллекторы обозначены буквами Б, Е и К соответственно. Транзисторы бывают в виде *n-p-n* и *p-n-p*.

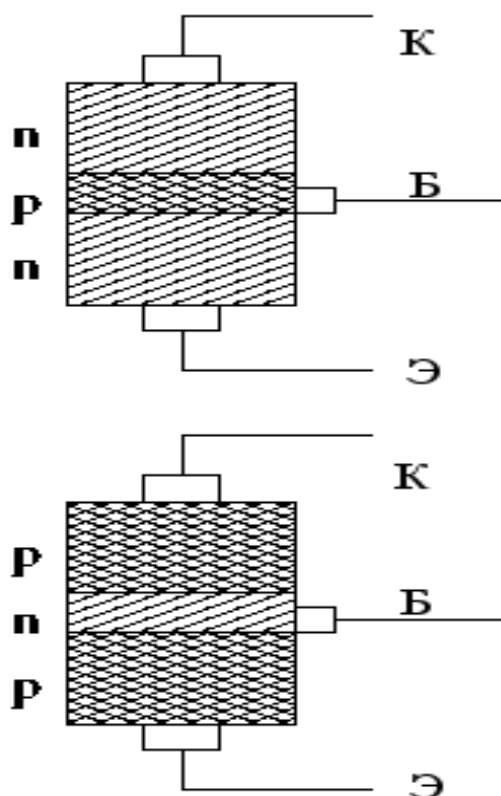


Рис. 2.2. Схема простейшего транзисторного устройства

В этой работе рассматриваются принцип работы транзисторов со сравнением диодами. а также можно узнать о различии между $n-p-n$ и $p-n-p$ транзисторами.

Порядок выполнения работы

Соберите схему, показанную на рис. 1.
Установите $n-p-n$ -транзистор BD 137.



Рис. 2.3. Экспериментальная установка для исследование диодных свойств транзисторов.

Характеристики база-эмиттер БЭ: Соедините положительный полюс источника питания к базе и отрицательный полюс к эмиттеру транзистора. Обратите внимание на полярность и на диапазон измерения мультиметра.

Осторожно и медленно повышайте напряжение питания от нуля до достижения силы тока до $I = 5$ мА и зафиксируйте соответствующее значение напряжения питания в этот момент. Но не превышайте напряжение 2 В.

Значения напряжения U и силы тока занесите в таблицу 1.

Местами полярность напряжения поменяйте и повторите эксперимент и занесите полученные данные в таблицу 1.

Характеристики база-коллектор БК: Соедините положительный полюс источника питания к базе и отрицательный

полюс к коллектору транзистора. Обратите внимание на полярность и на диапазон измерения мультиметра.

Повторите эксперимент и занесите данные в таблицу 2.

Характеристики коллектор-эмиттер КЭ. Теперь соедините плюсовой вывод питания к коллектору через сопротивление 100 Ом, и минусовой вывод к эмиттеру транзистора.

Повторите эксперимент и занесите полученные данные в таблицу-3.

Все проведенные эксперименты повторите с р-п-р транзистором ВД 138. Занесите данные в таблицы 4, 5 и 6.

Примеры измерения Транзистор NPN, ВД 137

Таблица 2.1.

Переход база-эмиттер.

База В	Эмиттер	Ток	$U_{БЭ}$	I_B
			В	мА
+	-	есть	0,7	5
-	+	нет	2	0

Таблица 2.2.

Переход база-коллектор.

База В	Коллектор С	Ток	$U_{БК}$	I_B
			В	мА
+	-	есть	0,7	5
-	+	Нет	2	0

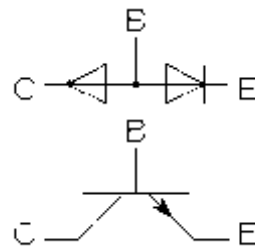
Таблица 2.3.

Переход коллектор эмиттер

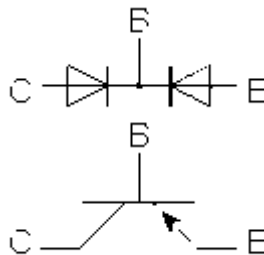
Коллект	Эмиттер	Ток	U_{CE}	IC
			В	мА
+	-	нет	2	0
-	+	нет	2	0

Результаты анализа

Переходы база-коллектор и база-эмиттер транзистора действует как диоды и их поведение похоже. Визуализация этого поведения n-p-n и p-n-p транзистора показано на рисунке 2.

**n-p-n-транзистор:**

Если к базе n-p-n транзистора соединен положительный полюс тогда обе стороны база-коллектор и база-эмиттер проводят ток.

**p-n-p-транзистор:**

Если к базе p-n-p транзистора соединен отрицательный полюс, тогда обе стороны база-коллектор и база-эмиттер проводят ток.

PNP-Транзистор ВД 138

Таблица 2.4.

Переход база-эмиттер

База В	Эмитте р	Ток	$U_{БЭ}$	I_B
			В	мА
+	-	нет	2	0
-	+	есть	0,7	5

Таблица 2.5.

Переход база-коллектор

База В	Коллектор	Ток	$U_{БК}$	I_B
			В	мА
+	-	нет	2	0
-	+	есть	0,7	5

Таблица 2.6.

Переход коллектор-эмиттер

Коллектор С	Эмиттер Е	Ток	U	I_k
			В	мА
+	-	нет	2	0
-	+	нет	2	0

Контрольные вопросы

1. Что такое биполярные транзисторы и как они устроены?
2. Объяснить принципы работы биполярных транзисторов п-р-п- и р-п-р-типа.
3. Для повышения эффективности илти КПД современных светодиодов используемые методы?

4. База-эмиттер (БЭ-), база-коллектор (БК-) и коллектор-эмиттер (КЭ-) объяснить описания с электронной точки зрения.
5. В чем заключается принцип работы биполярного транзистора и полевого транзистора?
6. Какие значения имеет коэффициент передачи тока эмиттера?
7. Какие значения коэффициент передачи тока базы?
8. Перечислите схемы включения биполярных и полевых транзисторов.

Тестовые задания №2

1. Электроды диодистора называются:
 - А) база, эмиттер, коллектор
 - В) анод, катод
 - С) сток, исток, затвор
 - Д) катод, сетка, анод
2. Для выпрямления переменного тока используют...
 - А) транзисторы
 - В) резисторы
 - С) табилитроны
 - Д) диоды
3. Электроды биполярного транзистора называются....
 - А) анод, катод, управляющий
 - В) база, эмиттер, коллектор
 - С) сток, исток, затвор
 - Д) анод, катод, сетка
4. Сколько рп-переходов в транзисторе ?

А) 4	В) 3
С) 2	Д) 1
5. Для усиления сигнала транзистор использует:

А) мощность источника питания	В) емкость конденсаторов
С) сопротивление резисторов	Д) мощность входного сигнала

3. Лабораторная работа.

Изучаем принцип работы полевого транзистора.

Цель работы:

- Определения сопротивления нормально открытого транзистора.
- Измерение сопротивления замкнутой цепи при использовании низкочастотных устройств
- Изучая принцип работы полевого транзистора и получить его статическую вольт-амперную (ВАХ) характеристику.

Приборы и принадлежности: Для получения статических характеристик полевого транзистора разработанный измерительные приборы и лабораторный стенд, источник постоянного тока (9-12В).

Теория метода

В современной электронике одни из самых важных полупроводниковых приборов это транзистор. Существуют биполярные транзисторы, в которых электропроводность создается как электронами, так и дырками, а также полевые транзисторы, в которых электропроводность создается либо электронами, либо дырками. Проводимость в проходном канале полевых транзисторов изменяется под действием электрического поля, поэтому ток через управляющий электрод практически не проходит. Электроды этого слоя называются воротами. Электрод, в канал которого попадают основные носители заряда, называется истоком. Электрод, на котором из канала выходят основные носители заряда, называется стоком. Транзисторы малой мощности симметричны, где сток и исток чередуются.

В отличие от **npn** или **pnp** биполярных транзисторов в полевых транзисторах управления каналом производится не током напряжением. З –затвор (Ggate) управляющий электрод работает как конденсатор с электрическим полем, который запрещает или разрешает проход носителей заряда по каналу между истоком-И (S) и стоком –С (D). По этому входной

сопротивление затвора (затвор-исток) является очень и очень большим. Таким образом полевой транзистор выполняет функцию полупроводникового резистора, удельную проводимость или сопротивление которого управляет затвор (G-gate).

Обычно корпус истока подключается к земле. В затворе дается положительное напряжение относительно истока. В стоке тоже напряжение относительно истока. Это канал напряжения может быть положительным или отрицательным в зависимости от типа. Например, в канальном транзисторе n-типа на сток подается отрицательное напряжение. И на затвор прикладывается напряжение, блокирующее проход канала. Выходной ток в полевом транзисторе истока зависит от напряжения на стока. Кроме того запас тока на напряжение затвора тоже будет зависеть. Под действием этого напряжения изменяется поверхность поперечного сечения канала. Если площадь поперечного сечения канала уменьшается, то его сопротивление увеличивается. Сток-истоковое напряжение изменяет конфигурацию слоя в канале. Таким образом, выходной ток транзистор при напряжении на затворе определяется в отличие от биполярных транзисторов. В этом случае ток замыкания близок к нулю. Поскольку этот ток является n-p переходом является обратным током. Характеристика сток-затвора транзистора - это зависимость стокового тока от напряжения на затворе, когда напряжение сток-затвор постоянен.

То есть $I_c = f(U_{зи})$ где $U_{ис} = \text{const}$.

Характеристика сток транзистора называется - что стоковой ток зависит от напряжения на затвор-истока когда не меняется напряжение затвора.

То есть $I_c = f(U_{зи})$ где $U_{зи} = \text{const}$.

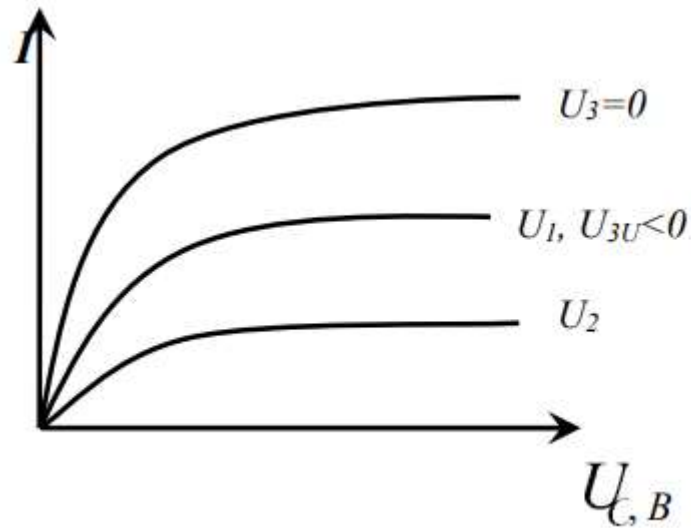


Рис. 3.1. Вольт-амперная характеристика транзистора

Электроны и дырки создают электрический ток в полевом транзисторе. В биполярных транзисторах ток тоже бывает двух видов: электронный и образуются из-за полостей. Управление током в полевых транзисторах осуществляется с помощью поля. Структура полевого транзистора и подключение к схеме показано на рис. 3.2.а). В схеме полевых транзисторов обозначение на рис. 3.2. б) показано.

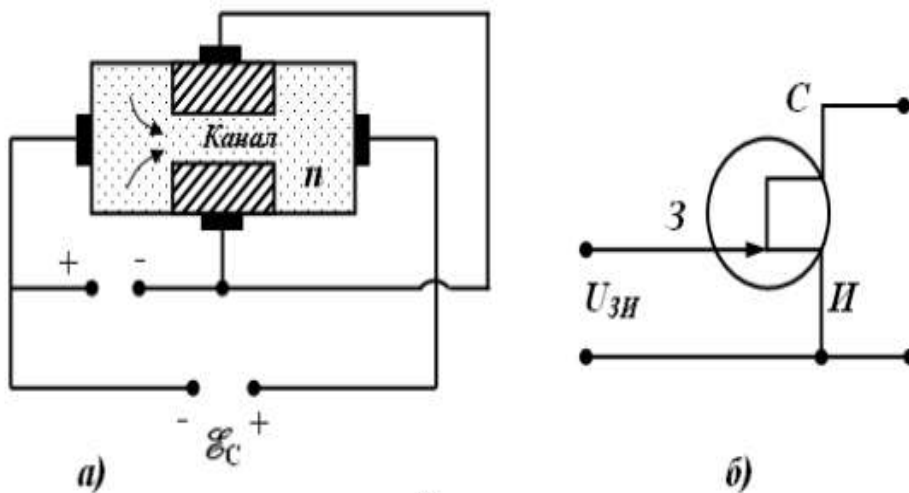


Рис.3.2. а) Структура полевого транзистора
б) Обозначение полевого транзистора на схеме

Одним из основных параметров полевого транзистора является кривизна сток-затворной характеристики. Он рассчитывается по следующей формуле:

$$S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}} \quad \text{здесь } U_{зи} = \text{const.} \quad (3.1)$$

Для изучения характеристик транзистора необходим лабораторный стенд. Перед лабораторным стендом в разрезе нарисована электрическая схема, предназначенная для получения характеристик транзистора (Рис.3.3). В данной работе испытан n-канальный транзистор КП-301Л.

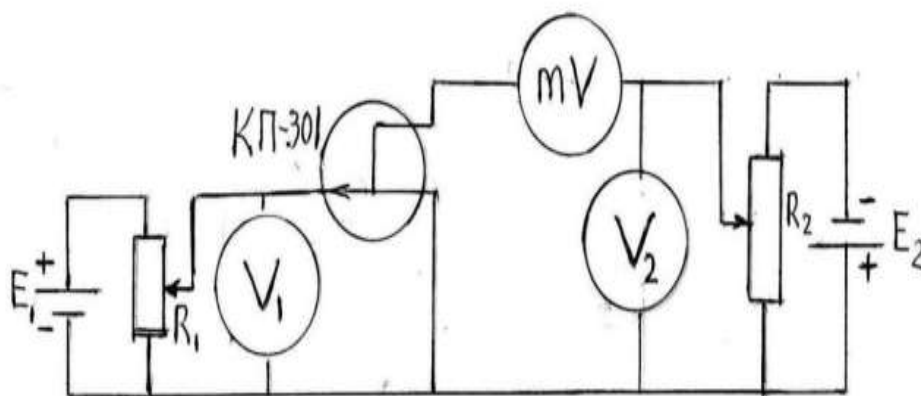


Рис. 3.3. Схема лабораторного устройства.

Порядок выполнения работы

1. Получите базовую характеристику транзистора с помощью лабораторного стола. (Рис.3.3). Для этого подайте затвору напряжение 0-3 В с помощью R_1 резистора установлена на подставку. Потом, при изменению напряжения стока $U_{си}$ с помощью R_2 , запишите что показывают миллиамперметр и вольтметр
2. Получите характеристику стокового затвора транзистора. Для этого на сток транзистора с помощью R_2 резистора подается определенное напряжение, а потом с помощью R_1 изменения напряжения затвора от 0 до 3,5 В, записываются показания вольтметра и миллиамперметра.
3. Нарисуйте график статической вольт-амперной характеристики транзистора, полученным экспериментальным результатам.
4. Написать отчет о работе.

Контрольные вопросы

1. Как устроен полевой транзистор?
2. В чем разница между полевым транзистором и биполярным транзистором?
3. Как получить ВАХ транзистора?
4. Скажите области применения полевого транзистора?
5. Чем объяснить высокое входное сопротивление полевого транзистора?
6. От чего зависит ток стока полевого транзистора?
7. Как влияет нагрузка на ток стока.

Тестовые задания №3

1. Полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены потоком основных носителей, протекающим через проводящий канал и управляемый электрическим полем.

А) Тринистор;	В) Импульсный диод;
С) Биполярный транзистор;	Д) Полевой транзистор;
2. Как происходит управление выходным током в полевых транзисторах?

А) Электрическим полем, влияющим на ширину проводящего канала;	В) Током между затвором и истоком;
С) Током между стоком и истоком;	Д) Электрическим полем, обеспечивающим ускорение движения основных носителей в проводящем канале.
3. Как называется проводящий слой, который находится между истоком истоком полевого транзистора?

А) Канал	В) Исток	С) Затвор	Д) Сток
----------	----------	-----------	---------
4. В генераторах применяют обратную связь

А) положительную	В) генераторную
С) усилительную	Д) дополнительную
5. Усилитель служит для усиления сигнала

А) по фазе и току	В) по мощности и фазе
С) по частоте и мощности	Д) по напряжению, току и мощности

4. Лабораторная работа.

Выпрямление переменного тока. Выпрямители.

Цель работы:

- Изучение функции полупериодных и полнопериодных выпрямителей при выпрямлении переменного напряжения.
- Ознакомление с диодами как электрическим компонентом.

Приборы и принадлежности: Съемная плата DINa4, STE, Диод 1N 4007, STE2/19, Патрон E10, верхний, STE 2/19, Лампочка 12 V/3 W, E10, компл. из 10, Глухие пробки STE 2/19. компл. из 10, Источник постоянного/переменного тока 0...12 V/ 3а, Двухканальный осциллограф 400, Экранированный кабель BNC/4 мм штепсель, Мультиметр LDanalog 20, Соединительный провод 19а, 50 см, красный/голубой, пара

Теория метода

Устройства, преобразующие переменный ток в постоянный называются выпрямителями. При полупроводниковых диодах будут собрана выпрямители. Выпрямители также включают сглаживающие фильтры и выходные включает стабилизаторы, поддерживающие постоянное напряжение.

В повседневной используется два типа электрического ток. Постоянный ток используется многих устройствах во внутренних электрических схемах Переменный ток используется для передачи электроэнергии в быту и крупных частях электросети по всему миру.

Диоды используются для трансформации переменного тока в постоянный ток. Этот электрический элемент обычно состоит из спая различно легированных полупроводников. Диод становится проводником в одном направлении напряжения и изолятором в другом направлении. Вольтамперная характеристика полупроводника показана на Рис.4.3.

Это свойство используется в выпрямителях. На рис.4.1 показана обычный полупериодных выпрямитель. Состоит он из одного диода, просто блокирующего нижний полупериод переменного напряжения. Таким образом, относительного напряжения среднее время тока будет больше не составляет нуль,

а конечную величину выше нуля и теперь обладает компонентом постоянного тока напряжения.

На рис. 4.2 показана более сложный полнопериодный выпрямитель. Он состоит из соединения 4 диодов и не гасит нижний полупериода трансформирует его в верхний полупериод. Таким образом, выходом этой схемы также является постоянный ток/напряжения в течение среднего времени вдвое больше, чем выход полупериодного выпрямителя. Согласно этому, встроенная точка в цепи горит ярче, как и в другой схеме.

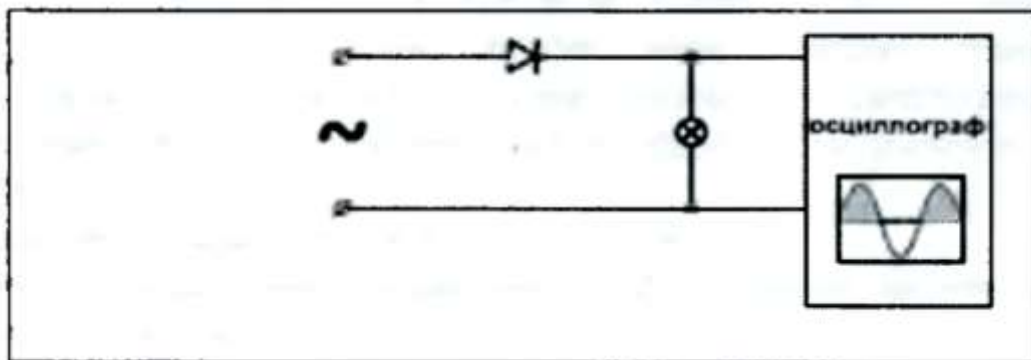


Рис. 4.1. Полуопериодный выпрямитель

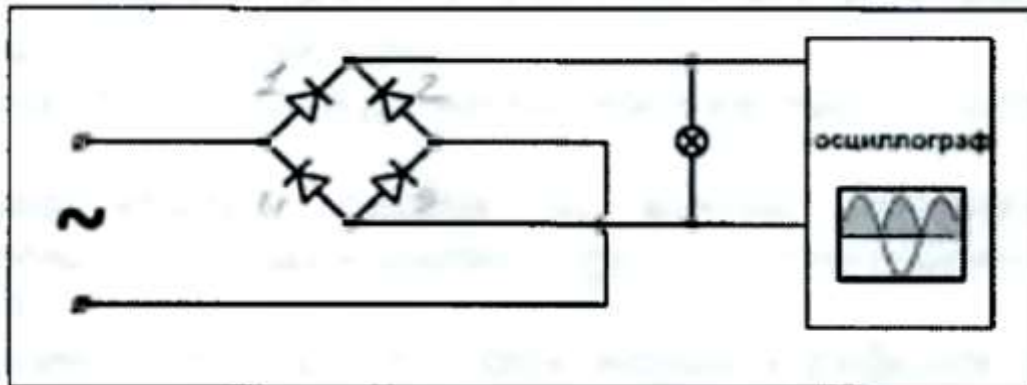


Рис. 4.2. Полнопериодный выпрямитель

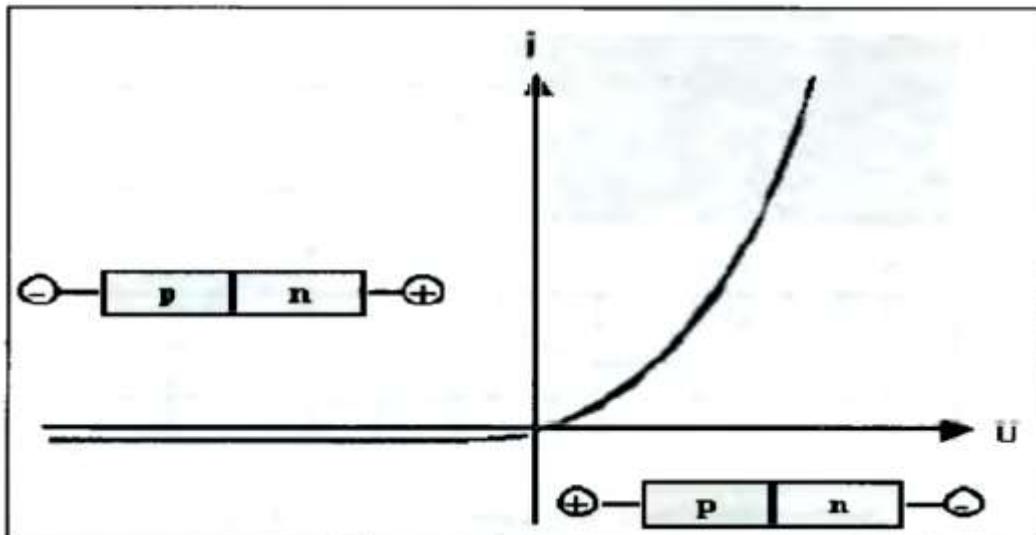


Рис. 4.3. Вольтамперная характеристика полупроводникового диода. Ток обозначен « i »

Известно, что диоды являются вентильными устройствами, имеет функцию переноса электрического тока односторонними. Выпрямители есть во всех радиоэлектронных устройствах используется для питания и зарядки аккумуляторов. У коррекционных схем бывает два вида - одно- и двух полупериодная. Это оно для анализа схем рассмотрим следующую схему, состоящую из диода и резистора, включенных последовательно со второй обмоткой трансформатора показана на рис.4.4.(а). При питании трансформатора переменным напряжением, если вторичная обмотка при совпадении положительного полупериода напряжения диод открывается и в цепи возникает ток. В отрицательный полупериод напряжения диод закрывается и ток через него не течет. Изображение этих графических процессов представлено на рис.4.4.(б).

На схеме видно, что ток генерируется только во время положительного полупериода входного напряжения. Выпрямители, основанные на этом, являются полупериодными выпрямителями.

Использование пульсирующего тока или напряжения в радиооборудовании этого не произойдет. Поэтому необходимо устранить пульсацию - сглаживание. Сглаживающий фильтры называется устройства, который выполняет этот процесс.

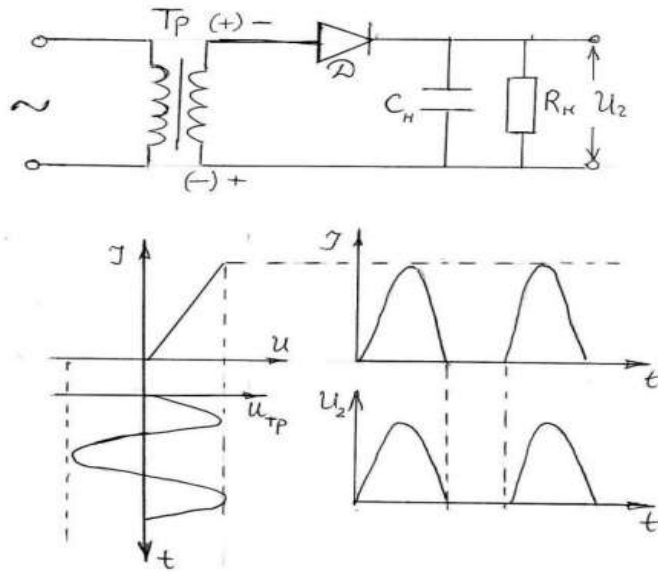


Рис.4.4. Схема выпрямителя (а) и процесс открытия и закрытия диода графическое изображение (б)

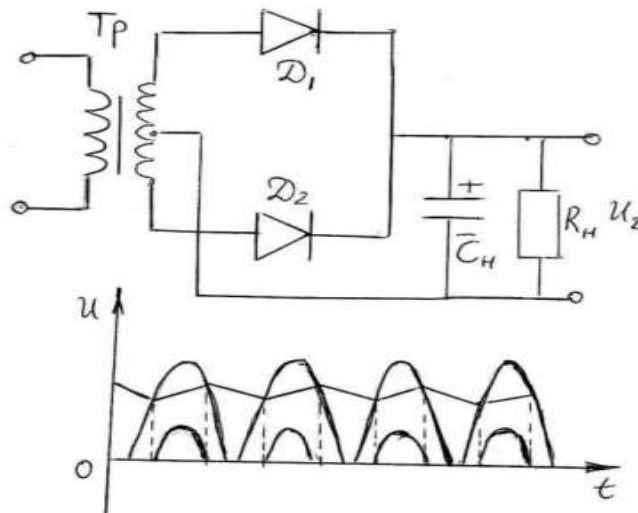


Рис.4.5. Схема выпрямителя (а) и пульсация напряжения (б)

Самое простое сглаживающий фильтр состоит из конденсатора который параллельно соединен в нагрузку. Коррекции был построен в два с половиной цикла. Схема выпрямителя и графическое изображение протекающих в нем показано на рисунках. Работа схемы такая же, как у одиночного полупериодного выпрямителя. В этой схеме частота пульсаций напряжения в два раза выше, а их амплитуда мала.

Существует много типов схем выпрямителей, но среди этих схем есть мостовая. На практике широко применяется так называемый схемный выпрямитель. Схема показано на рис. 5. Схема выпрямителя показывает, что трансформатор D1 и D2 работают в первом полупериоде напряжения, а во втором полупериоде D2 и D4 работают. Основное преимущество мостовой схемы в том, что она фиксируется пульсация тока амплитуда небольшая и нужен трансформатор средней точки не останется. Чаще всего выпрямители собираются по мостовой схеме.

К основным параметрам выпрямителей относятся: скорректированный максимальные значения тока и напряжения, полезный КПД выпрямителя (Ф.И.К.) и др.

В данной работе структура и работа выпрямителя собраны по мостовой схеме. Полезная работа выпрямителя по полученным результатам коэффициент рассчитывается по следующей формуле.

$$\eta = \frac{I_1 U_1}{I_2 U_2} \quad (4.1)$$

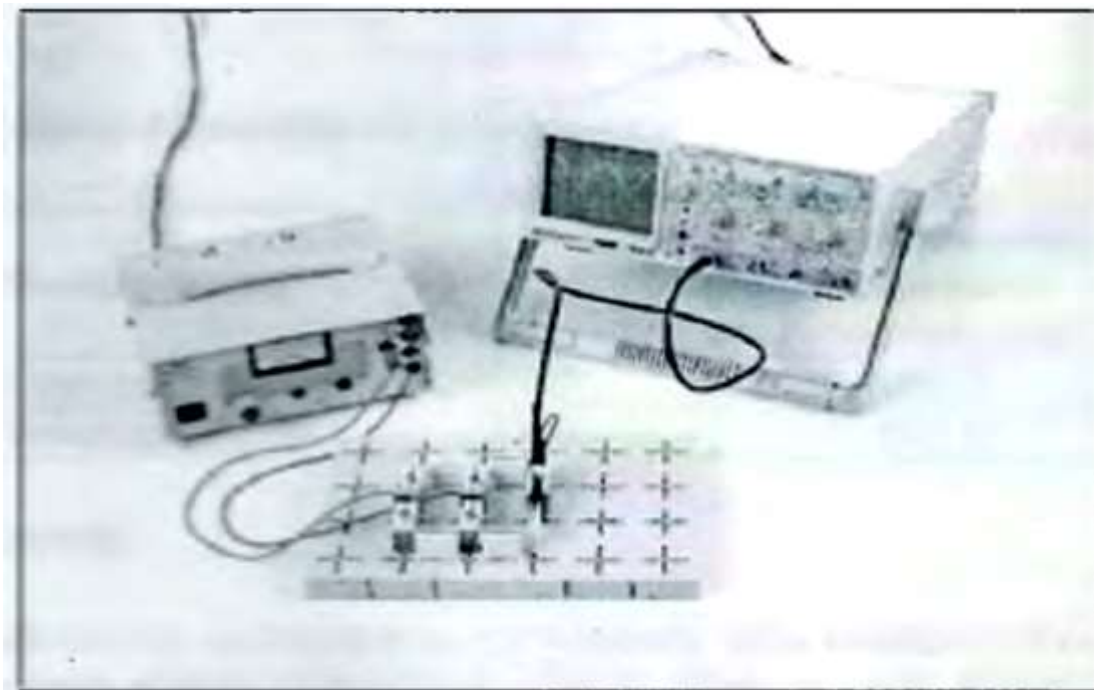


Рис.4.6. Подготовка эксперимента

Порядок выполнения работы

- Подключите красный/голубой соединительный провод к порту переменного тока 12В/0 В блока питания соответственно.
- Подключите экранированный провод к каналу один осциллографа.
- Проверните поворотный переключатель (SEC/DIV) на 10 мс.
- Выключите все кнопки в ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ секции осциллограф, кроме кнопки AUTO/АВТО в секции РЕЖИМ РАЗВЕРТКИ, и кнопки CH1 в секции ИСТОЧНИК СИГНАЛА ЗАПУСКА.
- В ВЕРТИКАЛЬНОЙ зоне, должны быть выключены все кнопки, кроме кнопки CH1 в секции РЕЖИМ.
- Проверните левый поворотный переключатель (VOLTS/DIV) на 5 вольт.
- Эти настройки также можно увидеть на Рис. 4.7.
- Подготовьте съемную плату, глухую пробку, патрон с лампочкой и диодами.
- Совет по безопасности: не замыкайте накоротко выходное напряжение. Это может привести к полному разрушению этих компонентов. Во избежание этого, просто включите цитате после сравнения вашей подготовки с Рис.4. 6.
- соответственно.
- Не пытайтесь использовать оба канала осциллографа, после того как их заземления будут подключены друг к другу, вызывая риск разрушения некоторых диодов.

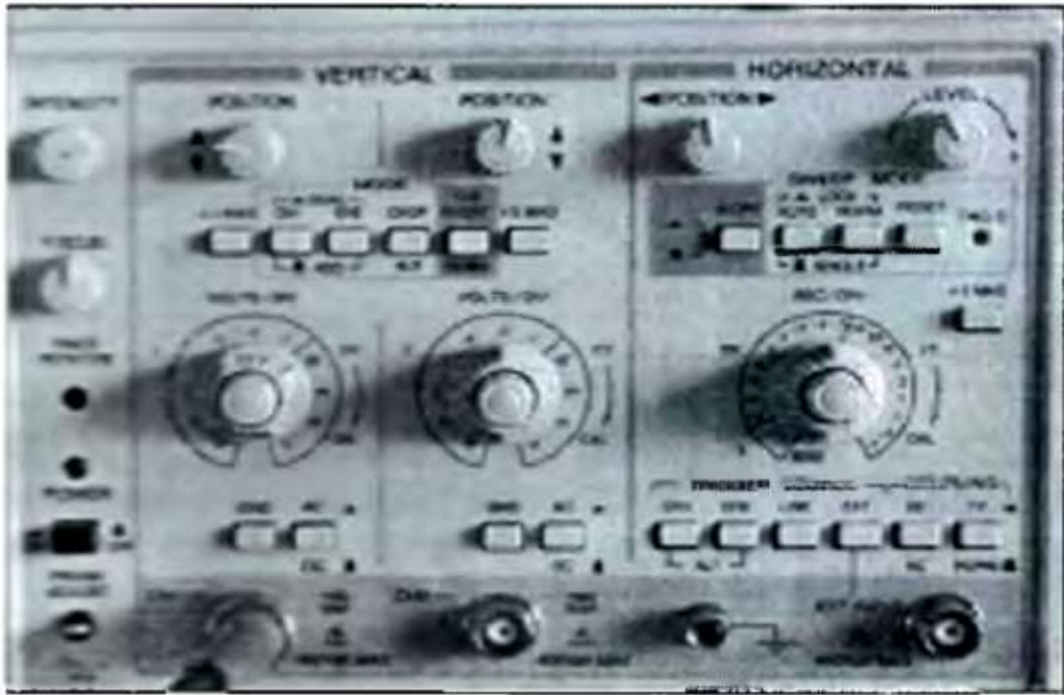


Рис. 4.7: Настройка осциллографа

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы выпрямителей.
2. Как устроена мостовая схема выпрямителей?
3. Как определяется ФИК выпрямителя?
4. Где используются выпрямители?
5. Что такое уровень пульсаций выпрямителя?
6. Какие типы фильтров используются в выпрямителях?
7. Что такое прерывистый ток и как он влияет на внешнюю характеристику выпрямителя?
8. Как индуктивный фильтр влияет на работу выпрямителя?
9. Какую форму имеет ток, потребляемый из сети, при работе выпрямителя с ёмкостным фильтром? Может ли работать выпрямитель с $r_{\phi} = 0$?
10. Что такое резонансный фильтр и в чём состоят его недостатки?
11. Какова амплитуда и частота пульсаций основной гармоники в мостовых схемах однофазного и трёхфазного выпрямителей?

12. Рассчитать действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора и параметры LC-фильтра для однофазного двухполупериодного выпрямителя при $I_H=0,1\text{A}$, $R_H=500\text{ Ом}$ и $q = 0,01$.

Тестовые задания №4

1. Выпрямители - это
 - А) Устройство, преобразующее переменный ток в постоянный
 - В) Устройство, преобразующее постоянный ток в переменный
 - С) Устройство, преобразующее постоянную энергию в переменную
 - Д) Устройство, преобразующее мощность в переменную
2. Виды выпрямителей
 - А) Однофазные
 - В) Однофазные, Трехфазные
 - С) Однофазные, Двухфазные
 - Д) Двухфазные Трехфазные
3. Однофазные выпрямители бывают:
 - А) Однополупериодные.
 - В) Однополупериодные, Трехполупериодные
 - С) Однополупериодные, Двухполупериодные
 - Д) Трехполупериодные
4. Больше значение выпрямленного тока в...
 - А) Однополупериодных выпрямителях.
 - В) Двухполупериодных выпрямителях.
 - С) Трехфазных выпрямителях.
 - Д) Трехполупериодных выпрямителях
5. Диодный мост подключается к
 - А) к трансформатору переменного напряжения
 - В) к генератору переменного напряжения
 - С) к выпрямителю переменного напряжения
 - Д) к транзистору переменного напряжения

5.Лабораторная работа.

Усилитель из сопротивления.

Цель работы:

- Познакомиться с принципом работа усилителя низкой частоты на транзисторах и получить его характеристики.

Приборы и принадлежности: модель усилителя, осциллограф (СИ-13А), вольтметр (ВЗ-50), источник тока (выпрямитель).

Теория метода

Усилитель называется умножающим устройством, может увеличивать амплитуду сигнала без изменения его формы. Усилители лежат в основе для всех видов радиосвязи и радиоэлектронных устройств. Который собраны на основе транзисторов и микросхем. Любой усилитель из следующих частей состоит из:

1. Элемент управления (активный);
2. Загрузка - потребитель;
3. Источник постоянного тока.

Усилители делятся на два, низкочастотные и высокочастотные усилители. Усилители можно собрать на лампах, транзисторах или микросхемах. В данной работе изучается устройство и работа транзисторного усилителя низкой частоты. Схема показана на рис.5.1.

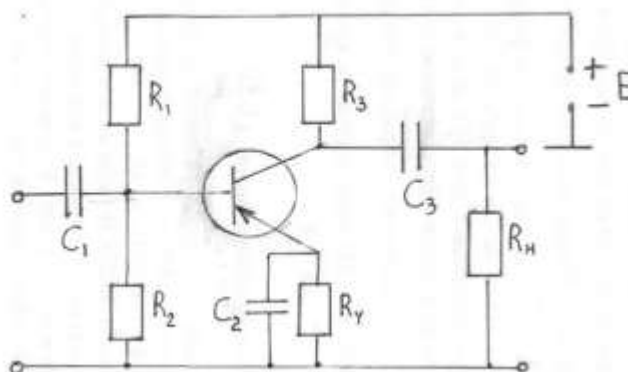


Рис. 5. 1. Схема усилителя

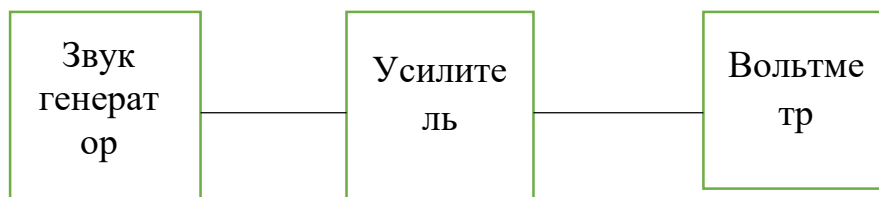


Рис. 5.2. Блок-схема усилителя.

Известно, что транзисторы могут быть включены в радиосхемы тремя различными способами:

- а) общее база(ОБ)
- б) общий эмиттер(ОЭ)
- в) общий коллектор(ОК)

Транзисторы к которым подключается на усилителях в основе по схеме с общим эмиттером. В данном усилителях транзистор соединен по схеме с общим эмиттером. Низкоамплитудная база сигнала, которую необходимо усилить подается на эмиттерную цепь. а усиленный сигнал получается с коллекторной цепи. К коллекторной цепи подключено R_n сопротивление нагрузки. Вот почему это усилитель также называют резистивным усилителем.

Зависимости коэффициент усилителя от частоты т. е. связь $K = f(\omega)$ называется, частотное характеристика усилителя. Усилитель усиливает по-разному у которых сигналы разных частот. Одной из основных характеристик усилителя является его усиление коэффициентом. Соотношение напряжение на выходе усилителя к напряжению подаваемому на его вход, называется коэффициентом усиления усилителя.

$$K = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \quad (5.1)$$

В усилителях коэффициент усиления K зависит от размера сопротивлению нагрузки R_n . Усилитель который схема рабочий точка RC-цепочки (фильтра) обеспечивает стабильность. Чтобы определить частотный диапазон усилителя, должно получить его частотная характеристика. Транзисторный усилитель низкой частоты используется для усиления напряжения сигналов звуковой частоты.

Порядок выполнения работы

1. Получить частотную характеристику усилителя соберите показанную блок-схему на рис.5.2.

Таблицу 5.1.

№	$U_{\text{ВХОД}}$ (мВ)	ν (Гц)	$U_{\text{ВЫХОД}}$ (мВ)	К
1				
2				
3				

- 0,05В от звукового генератора на вход усилителя подать сигнал напряжения.
- Изменяя частоту входного сигнала в диапазоне 200 Гц - 200 КГц, измерить величину выходного сигнала усилителя с помощью электронного вольтметра и запишите результаты измерений в таблицу 5.1.
- По полученным результатам построить частотную характеристику усилителя в определенном масштабе и соответствовать среднему частотному полю рассчитать коэффициент усиления усилителя.
- Написать отчет о работе.

Контрольные вопросы

- Какова функция усилителей?
- Объясните основные характеристики усилителей.
- Как получают частотную характеристику резисторного усилителя?
- Расскажите области применения усилителей.

Тестовые задания №5

- Какие характеристики дает усилителю отрицательная обратная связь?
 - увеличить нестабильность усилителя и одновременно увеличить коэффициент усиления.
 - не обеспечивает стабильность работы усилителя.
 - снижает мощность усилителя..
 - стабилизирует коэффициент усиления, уменьшая его.
- Какие характеристики дает усилителю положительная обратная связь?

- А) увеличить нестабильность усилителя и одновременно увеличить коэффициент усиления.
 В) при этом повышается нестабильность усилителя, увеличивает коэффициент усиления,
 С) снижает мощность усилителя..
 Д) не обеспечивает стабильность работы усилителя.
3. Каким из следующих устройств станет нестабильный усилитель?
 А) в генератор. В) в стабилизаторы.
 С) аналоговый компаратор. Д) активный фильтр.
4. Какие методы можно использовать для обеспечения стабильности усилителей?
 А) введение корректирующих цепей.
 В) увеличение омического сопротивления цепи нагрузки усилителя С) удаление из усилителя всех конденсаторов.
 Д) введение положительной обратной связи.
5. Какие устройства изготавливаются на основе интегральных операционных усилителей?
 А) генераторы, аналоговые компараторы, активные фильтры, стабилизаторы постоянного напряжения.
 В) дешифраторы, триггеры, счетчики, регистры.
 С) триггеры, мощные выходные каскады, регистры, выпрямители, преобразователи напряжения.
 Д) логические элементы, регистры, шифраторы, дешифраторы,

6. Лабораторная работа.

Исследование обратной связи в усилителях.

Цель работы:

- Внутренняя и внешняя инверсия, происходящая в усилителях
определение сущности связей и их характеристик усилителя и
изучение влияния на параметры.
- Исследование принципиальной схемы двухкаскадного усилителя звука с обратной связью .
- Внутренняя и внешняя инверсия, возникающая в усилителях определить характер соединения и

характеристики их усилителя и изучить влияние на параметры.

Приборы и принадлежности: модель усилителя, звуковой генератор (ГЗ-33), электронный вольтметр (ВЗ-38), источник постоянного тока (6-12В), соединительные провода.

Теория метода

В усилителях часть усиленного выходного сигнала передается на его процесс обратной связи называется обратной связью. Усиленная цепь, обеспечивающая передачу сигнала, называется цепью с обратной связью.

Схема усилителя с цепью обратной связи представлена на рисунке 6.1.

К-передаточное число усилителя (прямой передаточный коэффициент цепи) коэффициент усиления. β -перенос цепи обратной связи в то время как коэффициент. Обратную связь также иногда называют обратной связью.

Обратная связь специально для изменения характеристик усилителя вводится. в электронных усилителях обратная связь делится на две части: положительная обратная связь обратная связь; отрицательная обратная связь.

Положительная обратная связь в основном используется в генераторах электрических колебаний. Однако в усилителях часто используется отрицательная обратная связь. Отрицательная обратная связь, используемая в усилителях усиления изменяет характеристику.

В этой работе показано, что усилитель с положительной и отрицательной обратной связью получается частотная характеристика. Также переключатель усилителя в работе изучается влияние элементов цепи на частотную и фазовую характеристики.

Макет лабораторного прибора выполнен на открытой прямоугольной панели лабораторного стенда. Его детали крепятся неподвижно также может быть изготовлен как готовый макет. Передняя часть лабораторного устройства на детали наносится схема усилителя. Подставка имеет универсальную конструкцию, в

нем можно собрать различные схемы усилителя. На рисунке 6.1 представлена принципиальная схема связующего усилителя. Схема в этом номинальные значения элементов Т1 и Т2 транзисторов принимаются в следующем порядке (МР-41), R1, R6 =33 ком, R3 , R8 =10 кОм, R2 , R7 =33 кОм, R4 =300 кОм, R9 =330 кОм, R10 =7,5 кОм, R11 =1 кОм, C1,C2 =20 мкФ, C3, C4 =20 мкФ.

Если детали макета собраны, сборка той или иной схемы осуществляется с помощью ключи. В состав усилителя входит также выпрямитель на 6-9 В. Выполнение работы по блок-схеме, приведенной в лабораторной работе 6 идут и используются следующие инструменты. ТЗ-генератор звука (ТЗ -33), электронный вольтметр (ВЗ-38), К - проверяемый усилитель, а М - переменный ток источник.

Упражнение 1. Получение характеристики обратной связи без частота усилителя.

1.Соберите схему на подставке двухкаскадный усилитель без обратной связи

2. Соберите блок-схему, показанную на рисунке 6.1.

3. Подайте сигнал вход усилителя размером 5-10 мВ от звукового генератора.

4. Измеряем амплитуду выходного сигнала преобразуя частота звукового генератора от 20 Гц до 200 кГц и выводим результаты измерения пишите в таблицу 1.

Таблицу 6.1.

№	U вход, (мВ)	f Гц)	U выход, (мВ)	К
1				
2				
3				

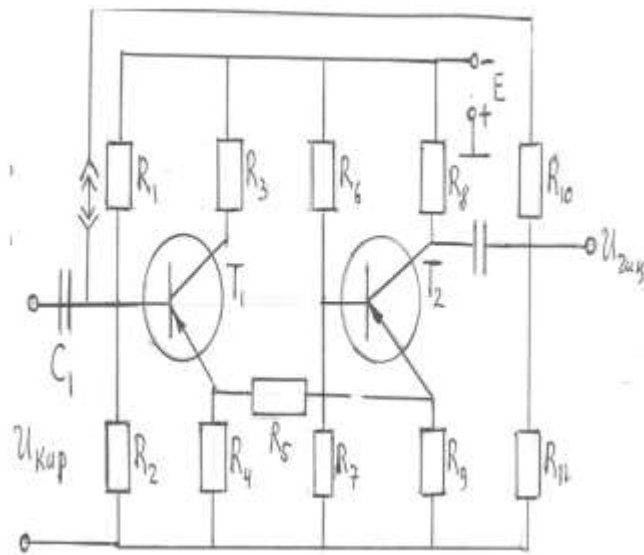


Рис. 6.1. Принципиальная схема усилителя с обратной связью

5. Нарисуйте частотная характеристика усилителя на основе полученных результатов.

Упражнение 2. Получение характеристики отрицательной обратной связью у частота усилителя.

1. Вставьте цепочку отрицательная обратная связь со схемой усилителя. Для этого необходимо подключить конденсатор в эмиттерной цепи транзистора.

Упражнение 3. Получение характеристики частота усилителя с положительной обратной связью.

1. Разрыв цепи отрицательной обратной связи усилителя в цепи,
сбросить исходное состояние. Для этого снова подключите транзисторы к эмиттерной цепи используют шунтирующие емкость.

2. Вставьте цепь с положительной обратной связью в цепь усилителя.

Для этого подключите к цепи резистор R10 и цепь C3 ,R5.

3. Написать отчет о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется обратной связью?
2. Предоставьте информацию о положительной обратной связи.
3. Предоставьте информацию об отрицательной обратной связи.
4. Где используется отрицательная обратная связь?

Тестовые задания №6

1. Чем операционный усилитель (ОУ) отличается от решающий усилителя (РУ)?
 - А) ОУ представляет собой РУ с цепью коррекции
 - В) РУ представляет собой ОУ с цепью общей отрицательной обратной связи.
 - С) РУ – это ОУ с цепью общей отрицательной обратной связи.
 - Д) Все ответы правильно.
2. С чем отличается неинвертирующий РУ от инвертирующего РУ?
 - А) малым числом дискретных компонентов.
 - В) большим входным сопротивлением.
 - С) малым полосой пропускания.
 - Д) малым входным сопротивлением
3. Какие свойства приносит в усилитель отрицательная обратная связь?
 - А) необеспечивает устойчивость усилителя.
 - В) уменьшает коэффициент усиления, при этом повышается неустойчивость усилителя.
 - С) увеличивает мощность, потребляемую усилителем от источника питания.
 - Д) уменьшая его стабилизирует коэффициент усиления
4. Введение разомкнутой усилитель общей отрицательной обратной связи создает проблему устойчивости или ее решает?
 - А) создает.
 - В) не решает.

- С) влияет на устойчивость
- Д) для одних усилителей – решает эту проблему, для других – ее создает.

5. В какое устройство превращается неустойчивый усилитель?
- А) в генератор.
 - В) в стабилизатор.
 - С) в аналоговый компаратор.
 - Д) в активный фильтр

7. Лабораторная работа. Исследование эмиттера-отражателя.

Цель работы:

- Познакомьтесь с принципом работы строения излучателя-отражателя. Познакомьтесь и получите его характеристики.
- Исследование характеристик эмиттерного повторителя на одиночном и составном транзисторах.

Приборы и принадлежности: модель усилителя, звуковой генератор (ГЗ-33), электронный вольтметр (ВЗ-38), источник постоянного тока (6-12В), соединительные провода.

Теория метода

Эмиттерно-возвратный усилитель созданный по схеме с общим коллектором, у которых 100-процентное отрицательное обратное подключение выполняется по току.

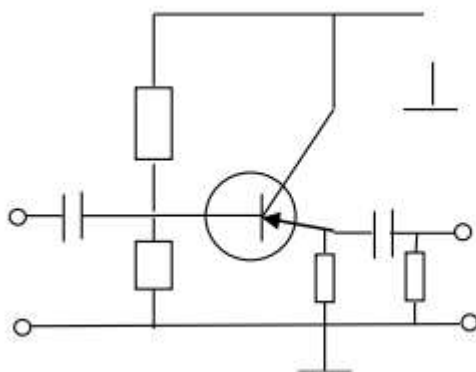


Рис. 7.1. Схема эмиттера.

На рисунке видно, что в цепи эмиттера $R_{\text{Э}}$ который можно получить из резистора выходное напряжение прикладывается к базе транзистора последовательно и в противофазе с входным сигналом. Коэффициент передачи петли отрицательной обратной связи $\beta=1$, то есть обратная связь равна 100 процентам. От этого излучателя-отражателя коэффициент усиления по напряжению определяется из следующего выражения:

$$K = \frac{K_{0\text{Э}}}{K_{0\text{Э}}+1} \quad (7.1)$$

Здесь $K_{0\text{Э}}$ коэффициент усиления. На формуле (7.1) видно, что излучатель инвертор не увеличивает к напряжению. $K < 1$ в излучателе-отражателе, находится в той же фазе, что и напряжение выходного сигнала, полученного от него уменьшится в количественном отношении. Вот почему этот эмиттер называется возвратным. Входное сопротивление эмиттерного резистора будет большим. База без учета сопротивления напряжению в цепи, можно рассчитать по следующей формуле.

$$R_{\text{ВХ}} = h_{21\text{Э}} R_{\text{Э}} \quad (7.2)$$

Излучатель выходное сопротивление инвертора намного меньше, а транзисторы малой мощности на несколько Ом, для мощных транзисторов это будет 0,1-1,0 Ом. Используя этого свойства излучателя-отражателя, они представляют с собой электронные устройства который действует как трансформатор, согласующий входное и выходное сопротивления.

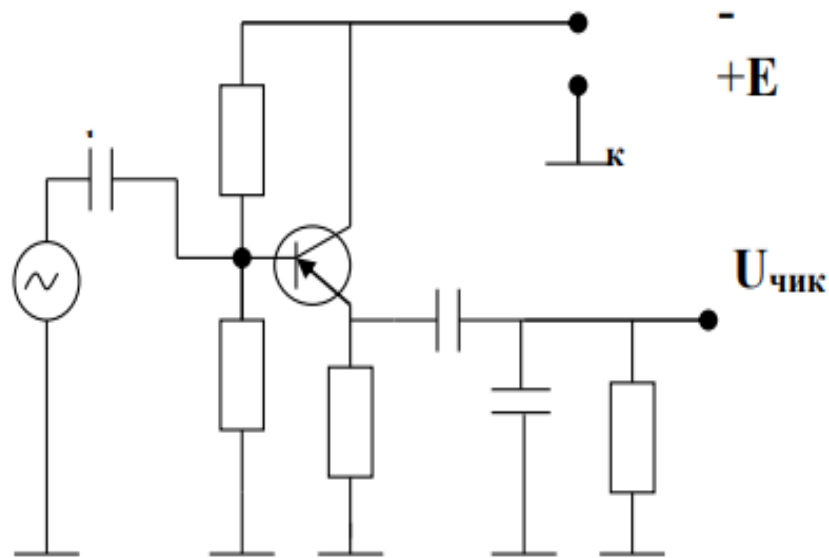


Рис.7. 2. Лабораторное оборудование

Для работы используется лабораторный стенд. Лабораторная установка включает в себя генератор звука типа ГЗ-33, выпрямитель (0-9В), универсальный вольтметр типа В7-21А и осциллограф типа С1-73. Номинальные значения элементов, используемых в цепи эмиттер-возврат следующим образом: $R1=20$ кОм, $R2=20$ кОм, $R3=20$ кОм, $R4=20$ кОм, $S1=S2=10$ мкФ, $S3=0,033$ мкф, транзистор типа КТ361А. Выполнении лабораторных работ устройства подключаются по блок-схеме, приведенной в лабораторной работе.

Порядок выполнения работы

1. Исследование эмиттерного повторителя на одиночном транзисторе. 1.1. Собрать схему эмиттерного повторителя (рис. 7.3.).

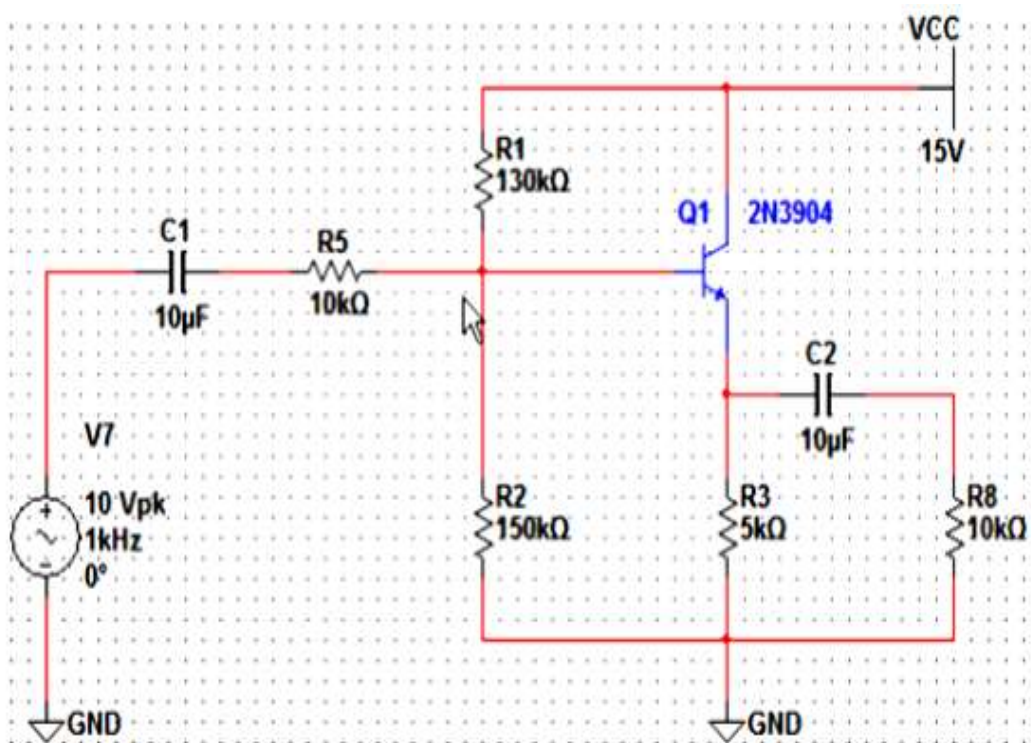


Рис. 7.3. Схему эмиттерного повторителя.

- 1.2. Установить значения элементов, полученные в ходе предварительного расчета.
 - 1.3. Установить напряжение питания и сопротивление нагрузки в соответствии с номером варианта (табл. 7.1.).
2. Импульсные напряжения на входе и выходе эмиттерно-обратимого получить осциллограммы. Запишите результаты измерений в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

№	$U_{\text{ВХОД}}$ (мВ)	F (Гц)	$U_{\text{ВЫХОД}}$ (мВ)	K
1				
2				
3				

Контрольные вопросы

1. Объясните строение эмиттера-отражателя?
2. Каково назначение отражателя эмиттера?
3. Объясните принцип работы эмиттера-отражателя.
4. С чем связана широкая частотная характеристика эмиттера-отражателя?
5. Скажите области применения полевого транзистора?
6. Чем объяснить высокое входное сопротивление полевого транзистора?
7. Объяснить, почему при изменении тока через стабилитрон напряжение на нем остается почти постоянным.
8. Почему стабилитрон в схеме стабилизации напряжения не может работать без балластного сопротивления?

Тестовые задания №7

1. Какие характеристики дает правильное подключение усилителя?
 - А) обеспечивает стабильность усилителя.
 - В) увеличивает коэффициент усиления, в то же время повышается нестабильность усилителя.
 - С) увеличивает мощность, потребляемую усилителем от источника питания.
 - Д) уменьшая его стабилизирует коэффициент усиления.
3. Каким устройством становится нестабильный усилитель?
 - А) в генератор.
 - В) в аналоговый компаратор.
 - С) в стабилизатор.
 - Д) в активный фильтр.
4. Введение разомкнутой усилитель общей отрицательной обратной связи создает проблему устойчивости или ее решает?
 - А) создает. В) не решает. С) влияет на устойчивость
 - Д) для одних усилителей – решает эту проблему, для других – ее создает.
5. В какое устройство превращается неустойчивый усилитель?
 - А) в генератор.
 - В) в стабилизатор.

- С) ванаалоговый компаратор.
- Д) вакивный фильтр

8. Лабораторная работа.

Исследование электронного стабилизатора

Цель работы:

- построение вольтамперной характеристики стабилизатора и определение напряжения стабилизации.
- в рассеиваемой стабилизатором вычислить мощности и тока

Приборы и принадлежности: изучаемый стабилизатор, мультиметр, осциллограф, резисторы, входной потенциометр, выходная нагрузка (магазин сопротивления), функциональный генератор, источник постоянного напряжения.

Теория метода

Процесс поддержание значения силы тока или напряжения в пределах нормы называется стабилизацией. Реализуется в нелинейной цепочке повышается. В зависимости от типа стабилизирующего нелинейного элемента стабилизаторы подразделяются на простые или сложные стабилизаторы. В простых стабилизаторах функцию стабилизирующего элемента выполняют некоторые газоразрядные приборы или терморегулирующие устройства, сложные электронные устройства на стабилизаторах (электронная лампа или транзисторы) делает. По этому, сложные стабилизаторы называется электронными стабилизаторами

Стабилитроны 1N4733A кремниевые, планарные, мощностью 1 Вт предназначены для стабилизации номинального напряжения 5,1В в диапазоне токов стабилизации 1...49мА. Выпускаются в стеклянном корпусе с гибкими выводами. Для обозначения полярности стабилитрона используется условная маркировка – кольцевая полоса со стороны катодного вывода. Тип корпуса: DO-41.

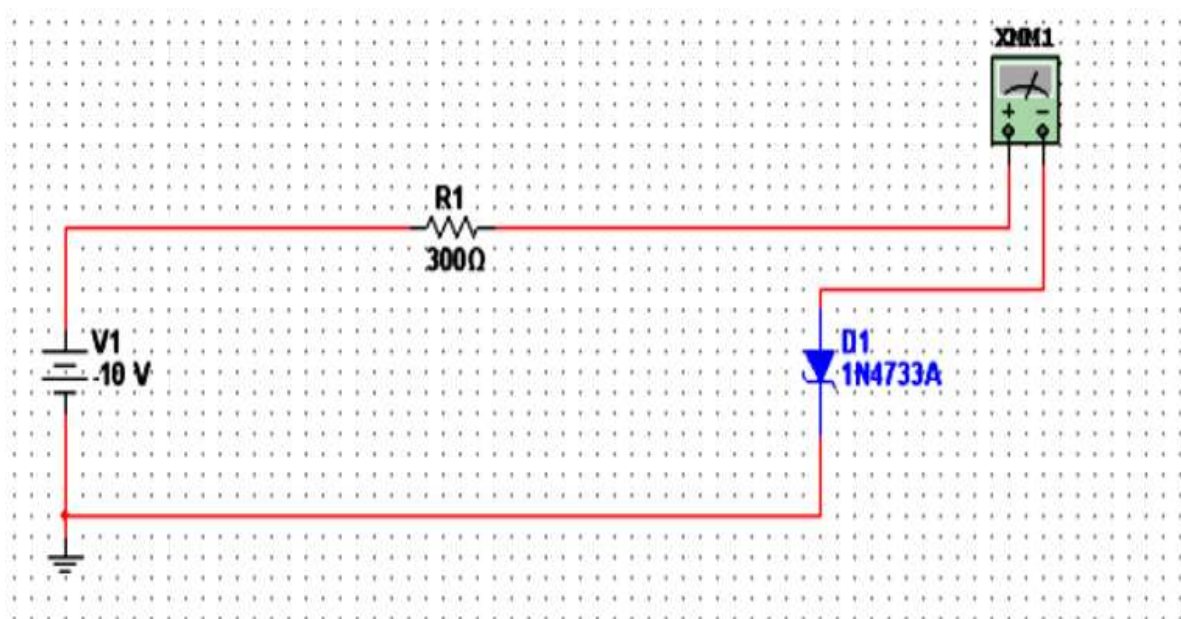


Рис.8.1. Стабилитрон 1N4733А

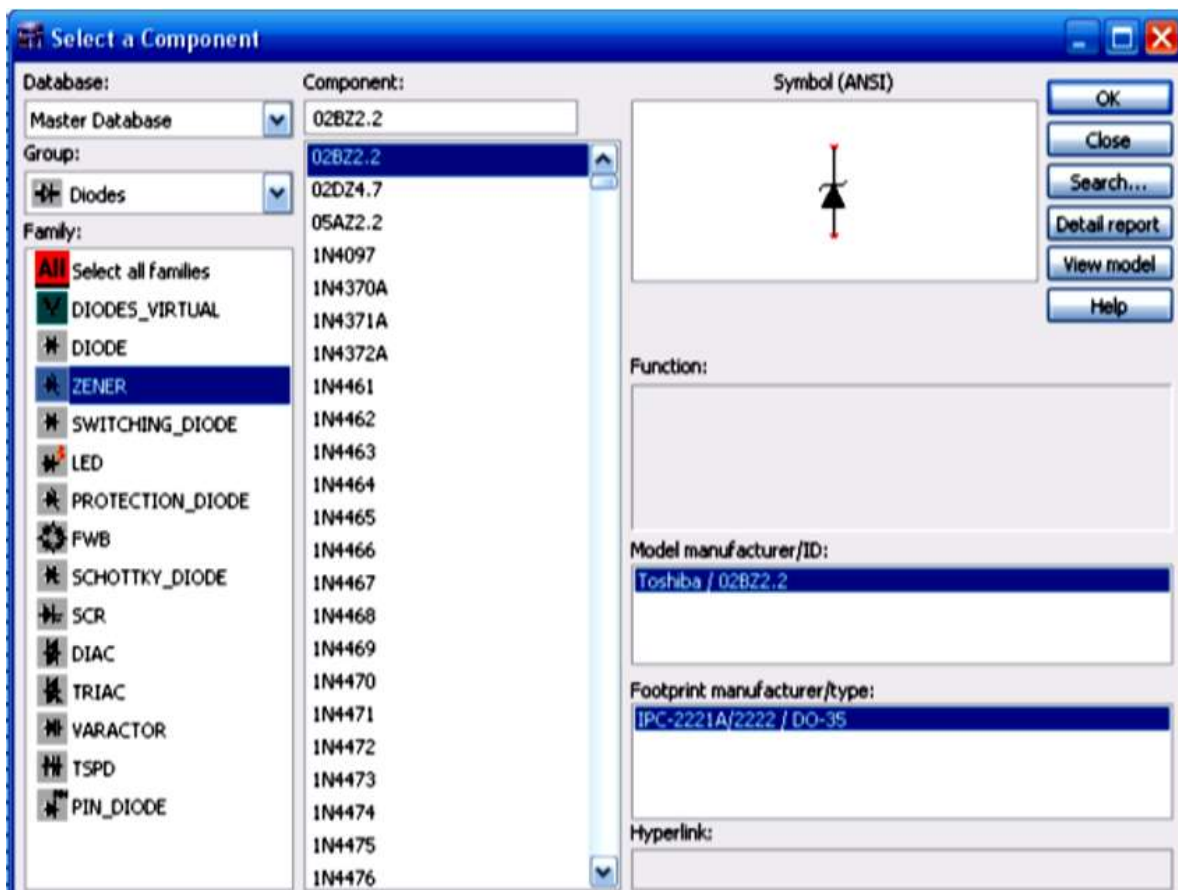
Порядок выполнения работы

Эксперимент 1. Измерьте напряжения и вычислите тока через стабилитрон.

1) Соберите схему.



1) Вводите стабилитрон 1N4733А. Откройте меню Place Diode Zener.



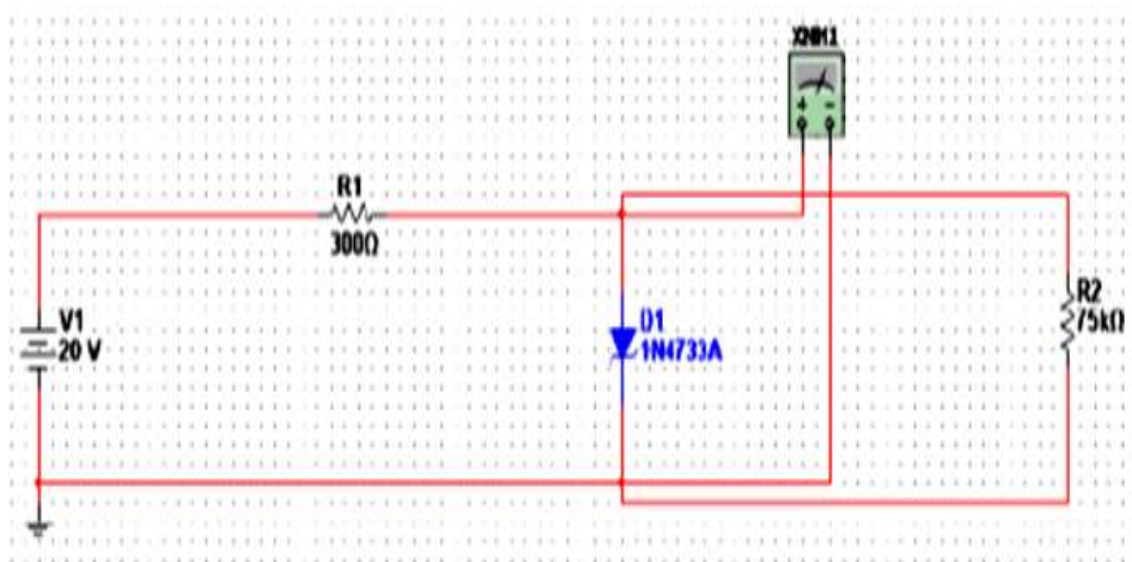
- 2) Вывод графики на рабочий стол через курсор
- 3) Из панели инструментов вводите мультиметр.
- 4) Все элементы соединит. Для этого кликаем левой кнопкой мыши и, почертим соединяем нужные полюса элементов удерживая ее.
- 5) Меняя ЭДС, измеряем ток и напряжение стабилизатора, заполняем таблицу и рисуем график. Мы можем определить напряжение, силу тока и мощность используя этот график.

Таблица 8.1

$\mathcal{E}, (B)$	$U, (B)$	$I, (A)$

Эксперимент 2. Получаем параметрическую характеристику нагрузки стабилизатора.

- 1) Соберите схему.



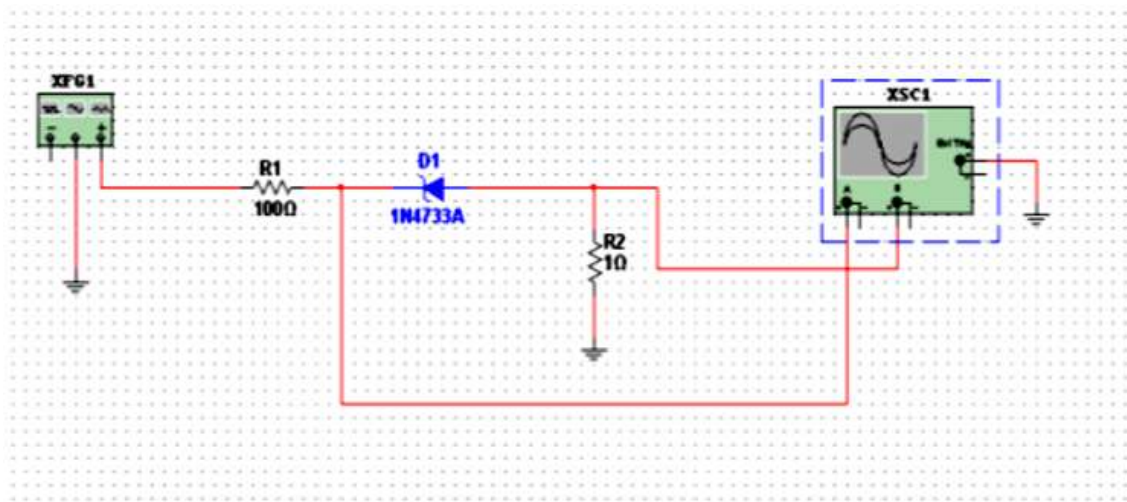
- 2) Вводите ЭДС источник питания $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$.
- 3) $R_1 = 300 \text{ Ом}$, $R_2 = 75 \text{ Ом}$, вводите резистор
- 4) Вводите стабилитрон 1N4733A.
- 5) Соедините все элементы. Для того на левую кнопку мыши нажмите и удерживайте ее, чертите полюсы элементов.
- 6) Вводземли.
- 7) Резистор которое $R_2 = 75 \text{ Ом}$ параллельно соединен стабилитрону. Схему включит и записат напряжения $U_{\text{ст}}$. Находите значение замыкания тока и напряжение при сопротивлениях резистора $R_1 = 100 \text{ Ом}$, 300 Ом , 600 Ом , 1 кОм , $U_{\text{ст}} = 5,1 \text{ В}$.
- 8) Заполните данную таблицу

Таблица 8.2

R , (Ом)	$U_{\text{ст}}$, (мВ)	$I_{\text{ст}}$, (мА)

Эксперимент 3. Получите ВАХ стабилитрона на экране осциллографа.

- 1) Соберите схему.



- 2) Введите функциональный генератор с частотой 50 Гц, амплитудой 10 В.
- 3) Введите резисторы $R_1=100$ Ом, $R_2=1$ Ом.
- 4) Введите 1N4733A стабилитрон.
- 5) Вводитедвухканальный осциллограф.
- 6) После соединение все элементы нажмите на левую кнопку мыши два раза и наблюдайте вольтамперную характеристику стабилитрона у осциллографа.



ВАХ (вольтамперная характеристика) стабилитрона на экране осциллографа

Контрольные вопросы

1. Объясните строение стабилитроны 1N4733A?
2. Расскажите об характеристике стабилитрона?
3. Объясните принцип работы стабилитроны 1N4733A.
4. С чем связана широкая частотная характеристика эмиттера-отражателя?
5. Объясните типы разрядов зажигания. Укажите, какие из них используются в стабилитронах и почему.
6. Почему в газе наблюдается свечение с электрическим разрядом?
7. Какой электрод стабилитрона имеет большую площадь поверхности и почему?

Тестовые задания №8

1. Какое действие оказывает внутреннее электрическое поле р-п перехода на основные носители заряда?
А) Ускоряющее. В) Замедляющее.
С) Не оказывает действия. Д) Замедляющее, Ускоряющее.
2. Какими носителями заряда создается прямой ток диода?
А) Основными.
В) Неосновными.
С) Электронами.
Д) Дырками.
3. Какой тип пробоя р-п перехода может стать следствием недопустимого повышения обратного напряжения на диоде?
А) Тоннельный, Лавинный.
В) Лавинный.
С) Тепловой.
Д) Тоннельный
4. Каким образом стабилитрон включается в схеме относительно нагрузки?
А) Параллельно нагрузке в любом направлении.
В) Последовательно с нагрузкой.
С) Параллельно нагрузке в прямом направлении.
Д) Параллельно нагрузке в обратном направлении.
5. В основе работы стабилитрона лежит механизм...:

- А) только лавинный пробой p-n перехода
- В) только туннельный пробой p-n перехода
- С) Эффект Зенера
- Д) Лавинный и туннельный пробой p-n перехода

9. Лабораторная работа. Резонансный усилитель.

Цель работы:

- Получение частотной характеристики резонансного усилителя с обратной связью.
- Определение характеристик усилителя и характеристик частоты изучение.

Приборы и принадлежности: Резонансный усилитель, двухтранзисторах: V_1 - полевой, включенный по схеме ОИ; V_2 - биполярный - по схеме ОБ, с последовательным питанием. Питание производится от источника с напряжением 12 В. Необходимые потенциалы V_1 и V_2 на электродах транзисторов вводятся выбором следующих сопротивлений. Потенциал V_2 задается выбором номинала резисторов $R_3 - R_4$, для потенциала V_1 - выбором номинала резистора R_1 . Цепочка R_2C_2 , стоящая в цепи истока V_1 осуществляет температурную стабилизацию начальной рабочей точки ПТ.

Теория метода

В большинстве случаев требуется многократное усиление высокочастотных маломощных колебаний. Для их усиления используются высокочастотные усилители. Приемная антенна принимает не только сигнал одной радиостанции, но и сигналы многих радиостанций. Поэтому усилитель должен иметь свойство приемного устройства от разных радиостанций, усиление его путем выбора необходимой частоты из поступающих колебаний. Соответственно, высокочастотные усилители называются селекторными усилителями.

Усилитель, нагрузка которого состоит из одного колебательного контура называется резонансным усилителем.

Усилитель, нагрузка которого состоит из одного колебательного контура резонансный усилитель, нагрузка которого состоит из колебательного контура с другой стороны,

усилитель с полосой пропускания называется полосным усилителем.

Степень соединения контура выражается через коэффициент трансформации:

$$P_1 = \frac{U_1}{U_2} \quad \text{и} \quad P_2 = \frac{U_2}{U_k} \quad (9.1)$$

Порядок выполнения работы

Макет работы выполнен на открытой панели и помещен на лабораторный стенд размещено. Образует универсальную схему (рис. 9.1), т. е. в макете различные принципы резонансного и инвариантного полосового усилителя схемы могут быть собраны. Для этого необходимо теоретически соединить элементы схемы подключение должно производиться соответствующим образом по схеме.

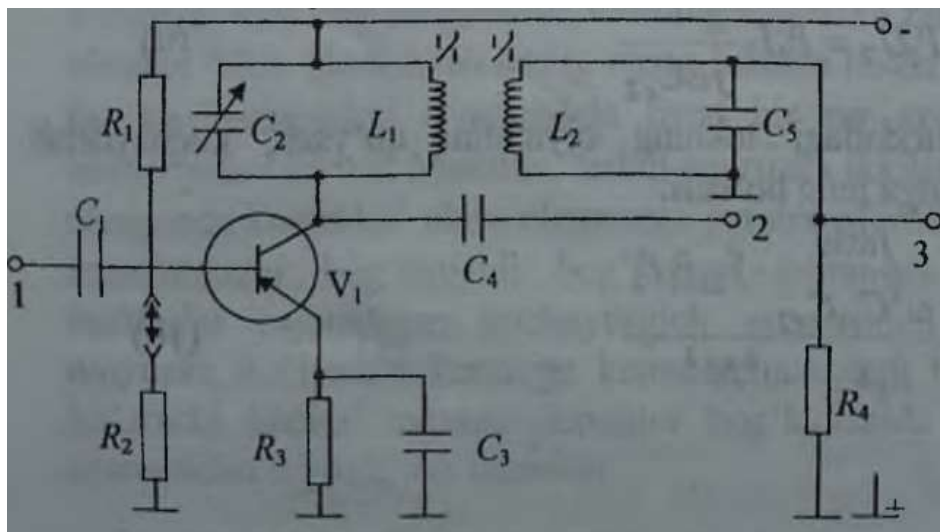


Рис. 9.1. Универсальная схема.

1. Соберите схему резонансного усилителя с прямым подключением.
2. Колебаний, получаемых от высокочастотного генератора установить амплитуду порядка $5 + 10 / \omega F$
3. Пусть ламповый вольтметр в блок-схеме подключится к выходу "2".
4. Меняя частоту генератора по разным диапазонам, пусть найдется основная резонансная частота.

5. Измените частоту генератора вокруг основной резонансной частоты, чтобы измерить величину переменного выходного напряжения в зависимости от частоты входного напряжения.
6. Результаты поместить в таблицу 1.

Таблица 9.1

	$U_{\text{вход}}$ (мВ)	ν (Гц)	$U_{\text{выход}}$ (мВ)	К
1				
2				
3				

7. Нарисуйте частотная характеристика усилителя по результатам работы таблицы и найдите полосу пропускания.

Контрольные вопросы

1. Что называется резонансными частотами?
2. В каких случаях резонанс нарушается?
3. В каких структурах используется резонанс?
4. Объясните способ получения частотной характеристики резонансного усилителя с трансформаторной связью.

Тестовые задания №9

1. Какой материал используется для магнитопроводов дросселей в маломощных усилителях:
 - А) Пермаллой
 - В) Электротехническая сталь
 - С) Сталь
 - Д) Феррит

2. Какой метод запрещается при раскатке кабеля при низкой температуре:
 - А) "Квадрата"
 - В) "Линии"
 - С) "Круга"

Д) ” Петли”

3. На чем собираются щитки?

А) на мраморных иасбо-цементных,железных и деревянных панелях

В) на мраморных,асбо-цементных,железных и деревянных панелях

С) на мраморных,асбоцементных, железных и деревянных панелях

Д) на мраморных,асбо-цементных и железных, деревянных панелях

4. Что такое заземление:

А) электрическое соединение с воздухом

В) механическое соединение с землей

С) надежное электрическое соединение с землей

Д) электрическое соединение со зданием

5. Что такое зануление:

А) металлическое соединение металлических частей установки

В) металлическое соединение деревянных частей установки

С) металлическое соединение бетонных частей установки

Д) металлическое и деревянное соединение металлических частейустановки

10. Лабораторная работа. Операционный усилитель.

Цель работы:

- Сборка операционного усилителя на транзисторах.
- Исследования функцию инверторного и не инверторного усиления сигналов усилителей.

Приборы и принадлежности: Растровая панель DIN -2шт, Резистор 100кОм, 0.5 Вт, Резистор100м, 2 Вт-2шт, резистор 100м, 2 Вт, резистор 330Ом, 2 Вт, резистор 220 Ом, 2 Вт, Резистор 470 Ом, 2 Вт, Резистор 4.7 кОм, 2 Вт -8шт, Резистор 1кОм, 2 Вт -2шт, переменный резистор 1 кОм, Резистор 10 кОм 0,5

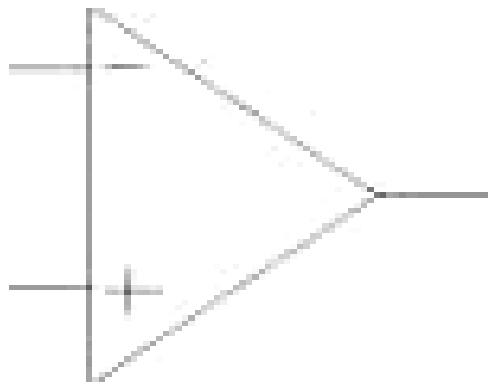
Вт-4шт, Конденсатор 0.1 мкФ, 100 В -2шт, Конденсатор 100 мкФ, полярный, 35 В, Кремниевый диод 1N 4007 -4шт, Диод ZPD 6.2, Транзистор BC 550, NPN -3шт, Транзистор BC 550, NPN, Транзистор BC 560, PNP, Набор из 10 переключателей -5шт, Функционал генератор S 12, DC источник питания 0 до ± 15 В, Двухканальный осциллограф 303, Экранированный кабель ВНС/4мм -2шт, Соединительные провода 25 см, черный -5шт, Соединительные провода 50см, черный -2шт, Соединительные провода 100см, черный -1шт, пара кабелей-50 см, красный/черный, Пара кабелей 100 см, красный/черный.

Дополнительно рекомендуется: аналоговый-цифровой мультиметр-TRM5C.A 5011, пара кабелей-50 см, красный/черный

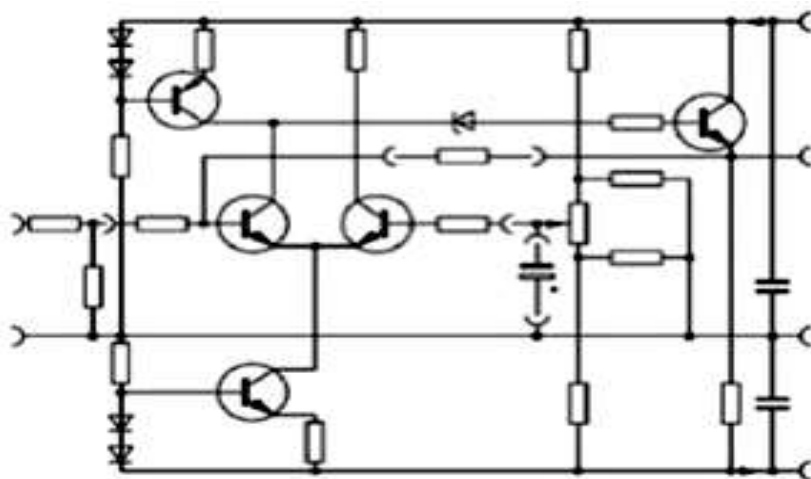
Теория метода

Основные принципы

Сегодня электронные приборы предъявляют высокие требования к усилителям. Операционные усилители – один из основных структурных блоков современной электроники. Обычно их отображают условным знаком черным ящиком.

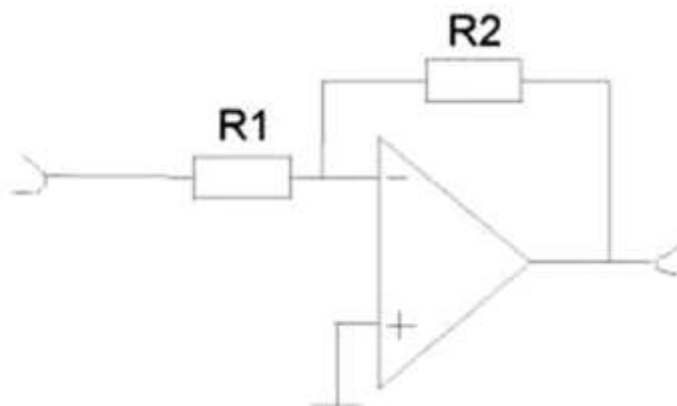


В зависимости от внешней цепи ОУ может примениться как инвертированный и не инвертированный усилитель, компаратор, интегратор и т.д. В этом эксперименте изучается внутренняя структура операционного усилителя из дискретных элементов.



Основные компоненты в этой схеме дифференциальный усилитель на входе и эмиттерный повторитель на выходе. В этом эксперименте приведено два конфигурации усилителя:

Первый, инвертирующий усилитель а второй не инвертирующий усилитель. Обе усилителя собираются в этой лаборатории.



При инвертированном и не инвертированном режимах коэффициент усиления и фазовые отношение выходного сигнала зависят от входного сигнала. Если будем считать что построенный ОУ идеальный и с бесконечным усилением. Тогда коэффициент усиления управляется резисторами R1 и R2. Коэффициент усиления инвертирующего усилителя.

$$(10.1) \quad g = \frac{R2}{R1}$$

Для не инвертирующего усилителя:

$$g = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (10.2)$$

Для этих уравнений ОУ идеальный (состоит из идеальных блоков) и при нулевом напряжении входах “+” и “-“ при любых значениях напряжения источника питания напряжения на выходе тоже ноль. Для улучшения усиления ОУ применяется сопротивление R_1 и R_2 . Сопротивление R_2 называется сопротивлением обратной связи возвращает выходной сигнал обратно на вход.

Идеальный выходной сигнал ОУ устанавливается следующим образом: Для максимального уменьшения входного тока, инвертирующий “-“ вход закрывается сопротивлением и “+“ вход соединяется на землю. При этом следующие уравнение действительны:

$$\frac{U_{in}}{R_1} = -\frac{U_{out}}{R_2} \quad \text{или} \quad U_{out} = -U_{in} \times \frac{R_2}{R_1} \quad (10.3)$$

Для не инвертирующей усилителя вход “-“ не соединено на землю и для входного и выходного сигнала получим следующих уравнений:

$$\frac{U_{in}}{R_1} = -\frac{U_{out}-U_{in}}{R_2} \quad \text{или} \quad U_{out} = -U_{in} \times \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \quad (10.4)$$

Внутренняя строения ОУ

На рисунке 10.1 показано внутреннее устройство ОУ, а значения усиления задаются резисторами R_1 и R_2 . В основной рабочей части ОУ коэффициент усиления стремится к бесконечности.

Основу цепи составляет транзистора T_1 и T_2 и такую транзисторную цеп называют дифференциальной цепью. Оба транзистора соединены между собой эмиттерами и при равных

входных напряжениях течет равные токи в обоих коллекторах.

T3 va T4 diodlari bilan birgalikda tranzistorlar doimiy oqim manbalari bo'lib xizmat qiladi. Транзистор T3 служит термостабилизатором для транзистора T4 и для обоих транзисторов T1 и T2. Транзистор T4 обеспечивает током транзистора T1 и транзистор T2. Любая малая изменения входного сигнала приведет изменению тока коллектора транзистора T1 и это изменения тока через сопротивление коллекторной цепи преобразуется изменению напряжения. Таким образом, большое напряжение обеспечивает транзистор тока T4, имеющий бесконечное сопротивление.

Транзистор T5 работает как выходной усилитель. Потенциометр устанавливает рабочую точку и равновесия в цепи. Таким образом компенсирует малые изменения напряжения база-эмиттер транзисторов T1 и T2.

Входы ОУ In+ и In- базы транзисторов T1 и T2 и любая разность напряжений усиливается. Усиления напряжения урегулируются резисторами R1 и R2 и коэффициент усиления определяется отношением R2/R1. Например, если R1=1 кОм и R2=100 кОм тогда коэффициент усиления равен 100.

Из за трудности регулировки малых колебаний напряжений сигнала на выходе функционального генератора вход ставятся резистор R1. Эти сопротивление 1 кОм/10 кОм делители напряжения уменьшают сигнал функционального генератора в 10 раз. Входным сигналом называются измеренный сигнал первым каналом осциллографа. Выходной сигнал измеряется вторым каналом осциллографа.

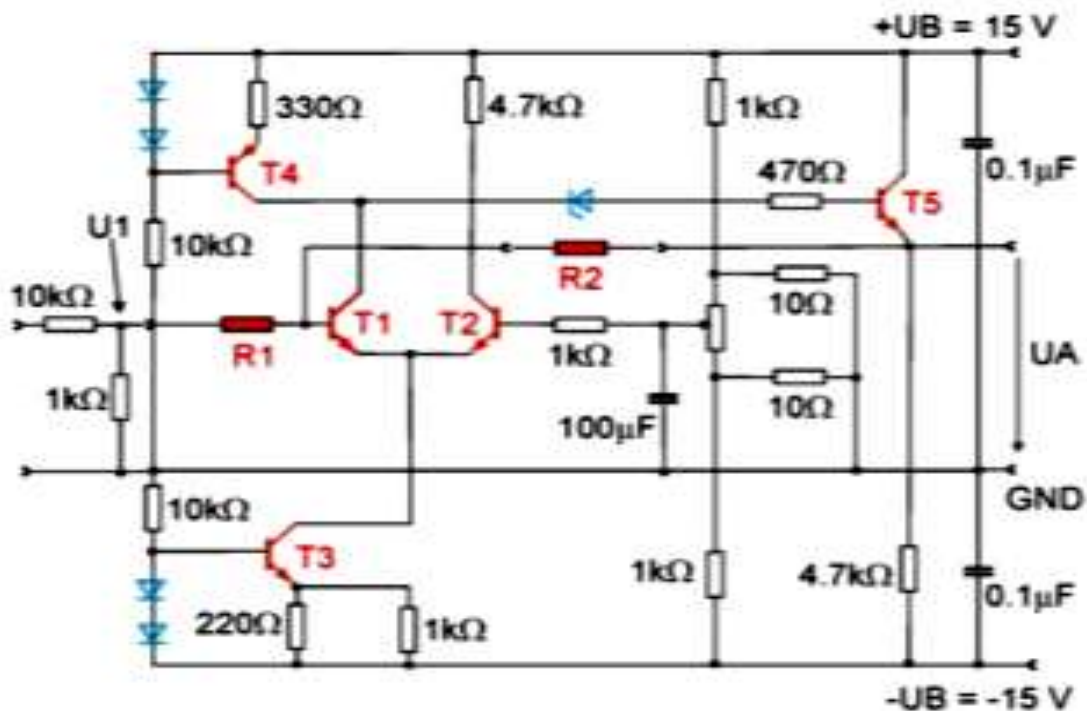
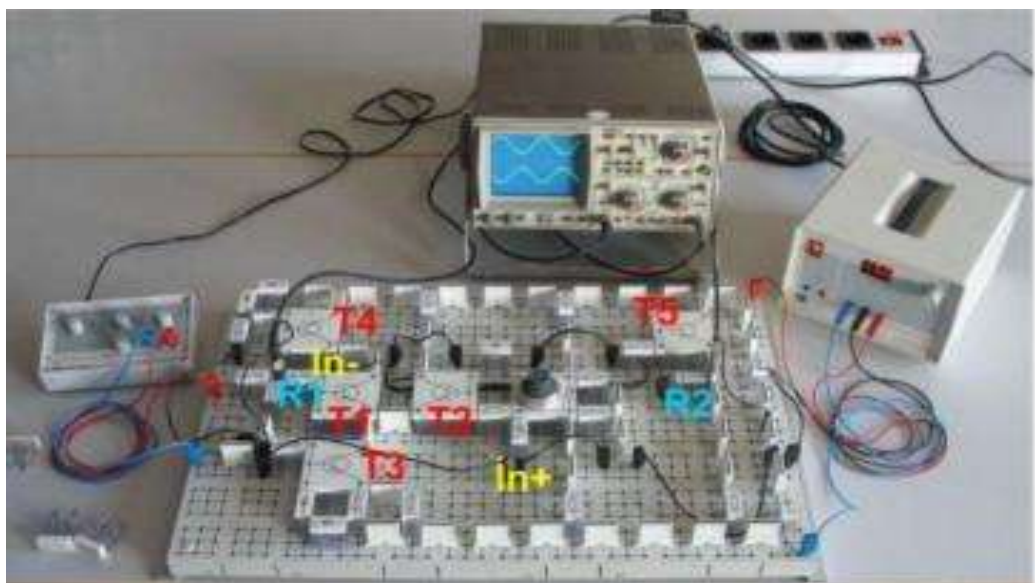


Рис.10.1. Внутренняя схема операционного усилителя.

Установка эксперимента

Принципиальная схема ОУ приведено в рис.10.1 и соответствующий экспериментальная установка приведено в рис.10.2. В рис.10.2 приведено оба типа ОУ требующие изменение в цепи для перехода на другой тип усилителя приведено в рис.10.3.



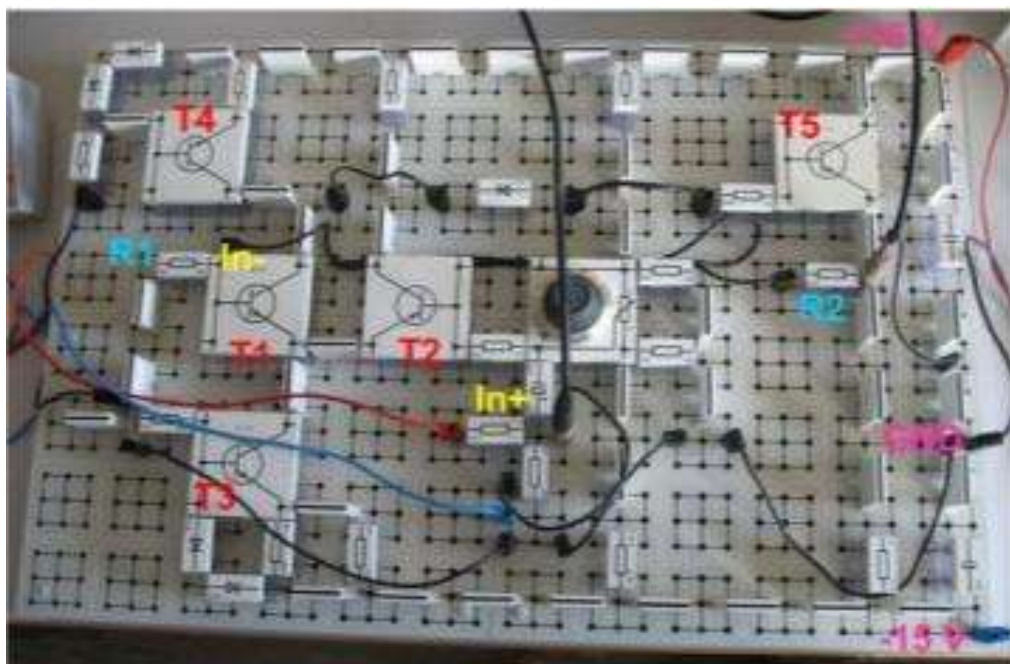


Рис.10.2. Внутренняя схема цеп инвертирующего ОУ (принципиальная схема приведено в рис.10.1).

Порядок выполнения работы

Подайте напряжение +15 от блока питания на цепь питания. Настройте функциональный генератор с следующими параметрами: частота приблизительно $f \sim 1$ кГц, форма сигнала – синусоидальный, амплитуда ~ 1 В.

а) Инвертирующий операционный усилитель

- Настройте выход функционального генератора на 20 мВ.
- Через резисторы $R_1=1$ кОм и $R_2=10$ кОм измерьте напряжение U_1 и U_A (рис.10.3).
- Определите отношение напряжений U_A/U_1 .
- Проводите измерений при комбинации $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 10$ кОм ещё $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 1$ кОм.

б) Неинвертирующий операционный усилитель

- Приведите схему ОУ с инвертирующего на не инвертирующий согласно.
- При комбинации резисторов $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 100$ кОм измерьте напряжение U_1 и U_A (рис.10.4).
- Определите отношение напряжений U_A/U_1 .
- Проводите измерений при комбинации $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 10$ кОм ещё $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 1$ кОм.

Примеры измерений

а) Инвертирующий операционный усилитель

Таблица 10.1. Входной и выходной напряжение U_1 и U_A , усиление U_A/U_1 при различных значениях сопротивлений R_1 и R_2 .

Таблица 10.1

R_1 кОм	R_2 кОм	U_1 мВ	U_A В	U_A/U_1
1	100	20	-2.00	-100
1	10	20	-0.20	-10
1	1	20	-0.02	-1

Инвертирующий операционный усилитель

а) Не инвертирующий операционный усилитель

Таблица 10.2. Входной и выходной напряжение U_1 и U_A , усиление U_A/U_1 при различных значениях сопротивлений R_1 и R_2 .

Таблица 10.2

R_1 кОм	R_2 кОм	U_1 мВ	U_A В	U_A/U_1
1	100	20	2.01	100.5
1	10	20	0.22	11
1	1	20	0.04	2

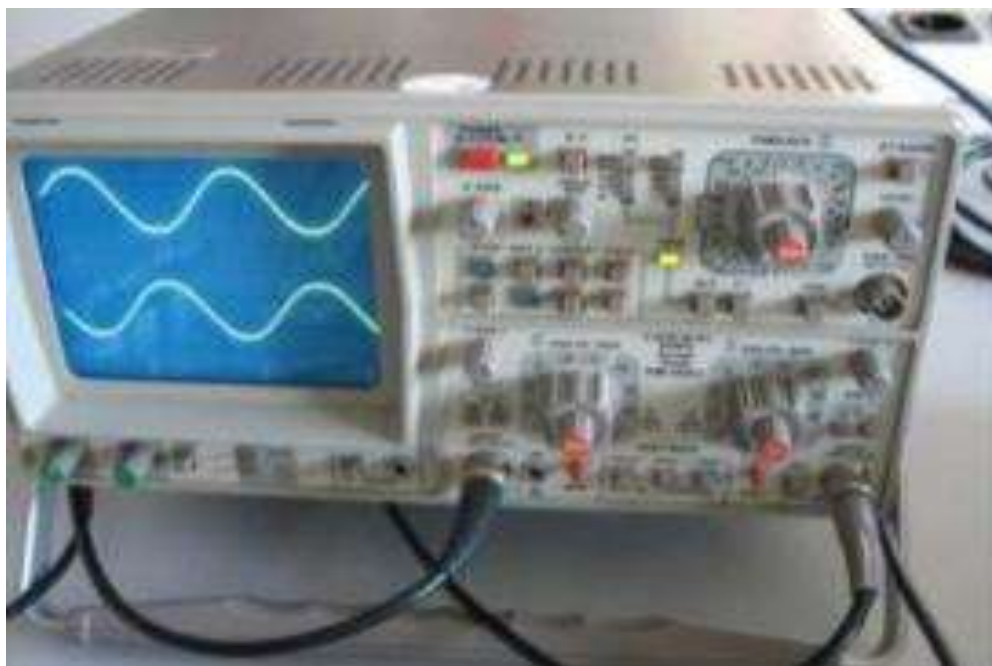


Рис.10.3.Входной (верхний) и выходной (нижний) сигналы операционного усилителя (инвертирующий операционный усилитель).

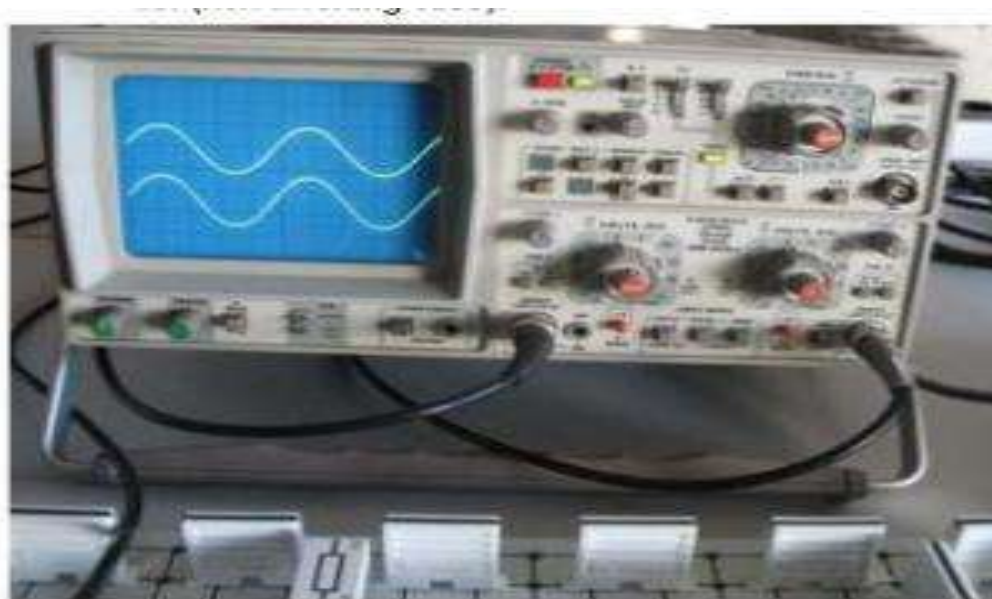


Рис.10.4. Входной(верхний) и выходной (нижний) сигналы операционного усилителя (не инвертирующий операционный усилитель).

Результаты измерений и их анализ.

В таблицах 10.3 и 10.4 сопоставлено значение коэффициента усиления вычисленного по уравнением а (10.1) и (10.2) и

измеренного в эксперименте. В зависимости от внутреннего строения ОУ усиления входного сигнала зависит от внешних сопротивлений. (см. рис. 10.2). Из рис.10.3 и 10.4 можно видеть что фазы входных и выходных сигналов в инвертирующей усилителе сдвинуто на 180° (противофазно) и в неинвертирующем усилителе фазы совпадают.

а) Инвертирующий операционный усилитель

Таблица 10.3. Таблица сопоставления значений усиления при вычислении по сопротивлением R_1 и R_2 , и измеренным при эксперименте (U_A/U_1).

Таблица 10.3

R_1 кОм	R_2 кОм	R_2/R_1	U_A/U_1
1	100	100	-100
1	10	10	-10
1	1	1	-1

б) Не инвертирующий операционный усилитель

Таблица 10.4. Таблица сопоставления значений усиления при вычислении по сопротивлением R_1 и R_2 , и измеренным при эксперименте (U_A/U_1).

Таблица 10.4.

R_1 кОм	R_2 кОм	R_2/R_1	U_A/U_1
1	100	101	100.5
1	10	11	11
1	1	2	2

Вспомогательные сведение.

Коэффициент усиления ОУ зависит ещё и от частоты входного сигнала. В рис.10.5. приведено частотная зависимость коэффициента усиления при различных значениях внешних сопротивлений. Из этого графика видно что при заданном диапазоне функционального генератора коэффициент усиления не

зависит от сопротивления R_2 . Для наблюдения снижения коэффициента усиления или для показа частотной зависимости усиления добавляется конденсатор 100 между коллектором транзистора Т1 и землей. Но остановится подробно об этом не входить планам этого описания.

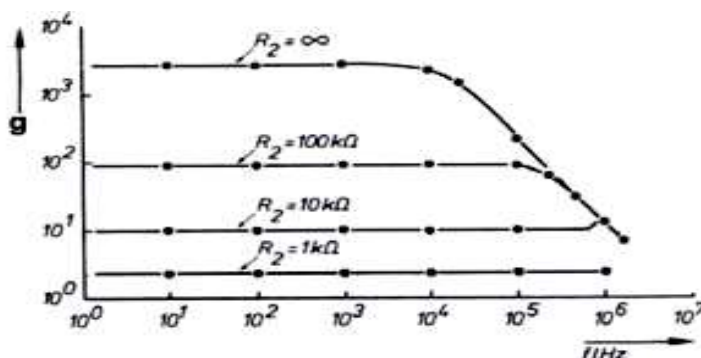


Рис.10.5. Частотная зависимость коэффициента усиления при различных значениях сопротивления R_2 .

Контрольные вопросы

1. Как определяется соотношение фазы и усиление в инвертирующем и не инвертирующем режимах?
2. Что такое дифференцирующая цепь?
3. От чего зависит коэффициент усиления операционных усилителей?
4. Объясните 1 рисунок ?
5. Где используются операционные усилители?
6. Что вызывает снижение частотной характеристики усилителя переменного тока в низкочастотной области ?
7. Зачем вставлять разделительные конденсаторы между каскадами в усилителях переменного тока ?
8. Какие свойства привносит в усилитель отрицательная обратная связь?
9. Какие устройства сделаны на базе интегральных операционных усилителей?
10. Для чего используется дифференциальный решающий усилитель?
11. Для чего используется дифференциальный решающий усилитель?

12. Как подразделяются решающие усилители?
13. Зависимость коэффициента усиления усилителя от частоты?
14. Что показывает коэффициент обратной связи β ?
15. Как называется явление передачи сигнала из выходной цепи на вход?

Тестовые задания №10

1. В какое устройство превращается неустойчивый усилитель?
 - А) в генератор.
 - В) в стабилизатор.
 - С) в аналоговый компаратор.
 - Д) в активный фильтр.
2. Вызовет ли доступ к усилителю с открытой общей отрицательной обратной связью проблему стабильности или ее решит ее?
 - А) решает.
 - В) создает и решает.
 - С) не влияет устойчивость
 - Д) для одних усилителей-это решает проблему, для других-создает ее.
3. Какие есть способы обеспечить стабильность усилителей?
 - А) введение корректирующих цепей.
 - В) снятие всех конденсаторов с усилителя.
 - С) включение положительной обратной связи.
 - Д) увеличение сопротивления цепи нагрузки усилителя
4. У идеального операционного усилителя имеет каковы параметры?
 - А) входное сопротивление стремится к нулю, коэффициент усиления стремится к единице, выходное сопротивление стремится к бесконечности.
 - В) коэффициент усиления стремится к один, входное сопротивление стремится к нулю, выходное сопротивление стремится к бесконечности.
 - С) коэффициент усиления стремится к единице, входное сопротивление стремится к нулю, выходное сопротивление стремится к единице.

- Д) входное сопротивление стремится к бесконечности, выходное сопротивление стремится к нулю, коэффициент усиления стремится к бесконечности,
5. Чем решающий (РУ) усилитель отличается от (ОУ)? операционного усилителя?
- А) РУ представляет собой ОУ с цепью общей отрицательной обратной связи.
- В) Нет никакой разницы
- С) РУ – это ОУ с цепью общей отрицательной обратной связи.
- Д) ОУ представляет собой РУ с цепью коррекции.

11. Лабораторная работа. РС-генератор.

Цель работы:

- Знакомства строению и принципу работы РС-генератора.

Приборы и принадлежности: : Макет РС-генератора, источник тока (выпрямитель 9 В), Осциллограф (S1-124).

Теория метода

РС-генератор обслуживает для генерации низкочастотных гармонических колебаний. Потому что при решении большинства радиотехнических задач будут необходима использовать низкочастотные гармонические колебания. Генерация таких частотных колебаний в LC-генераторе затруднительна. Из-за частоты генерации для уменьшения необходимо увеличить нагрузки L-и C-элементы в контуре. Это, с одной стороны, увеличивает стоимость за счет шероховатости схемы, а с другой уменьшает оригинальность контура и его частотный выбор ухудшает. Поэтому для генерации низкочастотных колебаний используется РС генератор.

РС-генератор состоит из РС-усилителя с положительной обратной связью. Его электрическая схема показана на рисунке 11.1. РС-генератор с обычным резистором состоит из усилителя, в котором входное и выходное напряжения определяются по фазе отличается от $\varphi_k = \pi$. То есть они будут в противоположной фазе.

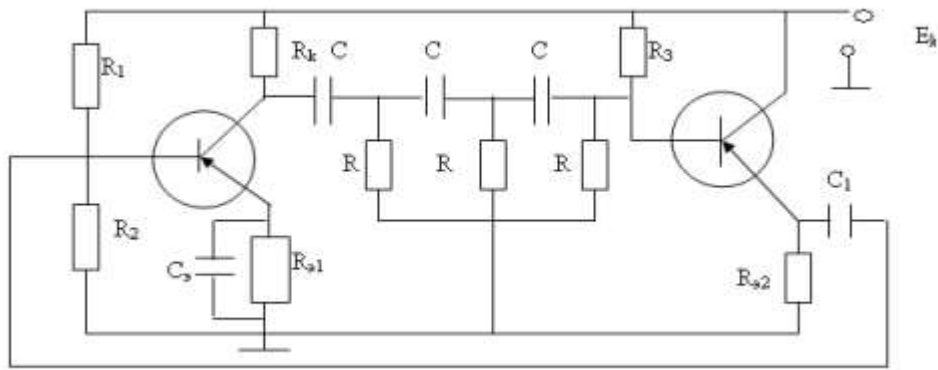


Рис. 11.1. RC-генератор

Чтобы в этой схеме выполнялось самовозбуждения ($\varphi_k + \varphi_\beta = 0$) фазовое условие, обратной связи цепь должно быть состоит из 3 последовательно соединенных RC-цепей. Потому что каждая цепь определяет фазу сигнала на некоторой частоте (от 60° не меньше) обеспечивает смещение $\varphi_\beta = \pi$.

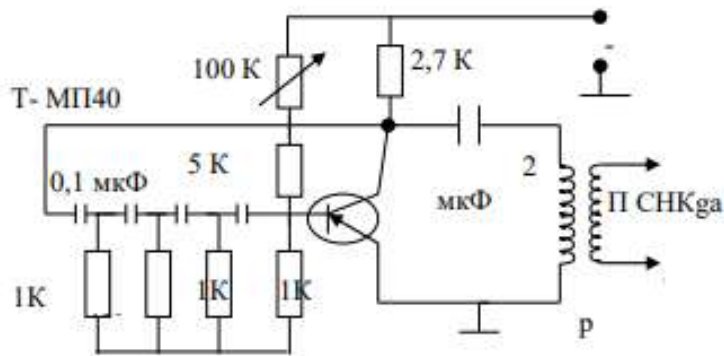


Рис. 11.2. Проверка полевого транзистора

Сборка RC-генератора также возможно на полевых транзисторах или микросхемах. Электрическая схема RC-генератора, собранного на двухполюсном транзисторе, показана на рисунке 11.2.

Порядок выполнения работы

Изучение генератора фазовой цепи RC

1. Соберите схему генератора, как показано на рисунке 11.2.
2. Подключите схему генератора к источнику переменного тока. Выход генератора подключите его ко входу осциллографа. Сформируйте форму генерируемые колебания на экране осциллографа.

3. Наблюдайте за генерированием гармонических колебаний в генераторе, изменяя параметры контура R и C, и определите его частоту.
4. Изменяя нагрузку коллектора, только при его определенных значениях убедитесь, что генерация сформирована.
5. Напишите отчет о проделанной работе.

Контрольные вопросы.

1. Объясните функцию RC-генераторов.
2. Объясните рисунок 11.1 с электронной точки зрения.
3. Как собираются RC-генераторы?
4. Что такое «оригинальность контура» и «частотная избирательность контура»?
5. Сколько электродвигателей входит в электропривод?
6. В каком режиме работают электроприводы кранов, лифтов, лебедок?

Тестовые задания №11

1. Как делятся решающие усилители?
 - А) суммирующие, инвертирующие, неинвертирующие, интегрирующие, дифференциальные, дифференцирующие.
 - В) низкочастотные, промежуточные и высокочастотные усилители.
 - С) активные фильтры, генераторы, аналоговые компараторы.
 - Д) средней и большой мощности, усилители малой
2. Чем отличается неинвертирующий РУ от инвертирующего РУ?
 - А) малое входное сопротивление.
 - В) большим входным сопротивлением.
 - С) большая пропускная способность.
 - Д) небольшое количество дискретных компонентов.
3. Для чего используется усилитель с дифференциальным разрешением?
 - А) для умножения двух входов
 - В) чтобы добавить два входных сигнала.
 - С) для усиления разности двух входных сигналов.
 - Д) чтобы разделить два входа.
4. Генераторная установка состоит из чего?
 - А) АКБ, регулятора напряжения.

- В) катушки зажигания, регулятора напряжения.
С) генератора, регулятора напряжения.
Д) регулятора напряжения, стартера;
5. Какие диоды применяют для выпрямления переменного тока?
А) Плоскостные
В) Точечные
С) Те и другие
Д) Никакие

12. Лабораторная работа.

Сборка и проверка LC--генератора

Цель работы:

- Знакомство и определение роли цепи обратной связи в генераторе по принципу работы генератора гармонических колебаний.
- Экспериментальная проверка основных положений теории самостимуляции, стационарных и переходных режимов.

Приборы и принадлежности: схема генератора, катушка индуктивности 0.5 мГн, конденсатор 100-400 мкФ, источник тока (выпрямитель 9В); осциллограф (S1-124), понижающий трансформатор.

Теория метода

Электронный генератор, прибор который преобразует энергию переменного тока в энергию непременный ток. Изготовление генератора, частоты делятся на разные типы в зависимости от области и способа возбуждения. Например, низкочастотные и высокочастотные генераторы, гармоническая и негармоническая вибрация генераторы и т.д.

Любой генератор колебательного контура состоит из активный элемент (лампа или транзистор), цепей обратной связи и источника тока. Спонтанно генераторы возбуждения называются автогенераторами. LC-генератор относятся такой гармонические колебания к типу генераторов.

Известно, что в идеальном колебательном контуре образуются неувядающие колебания. Но в реальном колебательном контуре образованного активного сопротивления, по этому вибрации исчезают. Если энергия, теряемая в контуре вибрации, каким-либо образом восполняется снаружи, чтобы соответствовать такту вибрации, контур можно создавать неугасимые электрические колебания. Эту работу выполняет транзистор.

Транзисторный усилитель с сильной обратной связью при определенных условиях становится автогенератором. Для самопроизвольного образования неугасимых электрических колебаний в автогенераторах должен выполняются условия амплитудного баланса и фазового баланса.

$$K_{\beta}=1; \quad \varphi_{\kappa} + \varphi_{\beta} = 2\pi n \quad (n=0;1;2;....)$$

(12.1)

Где k -коэффициент усиления усилителя. β -обратная связь коэффициент передачи цепи. φ_{κ} ; φ_{β} усилитель и обратный соответственно фазовые сдвиги, вносимые соединительными цепями.

LC-генератор можно собрать на базе резонансного усилителя. В этом в схему вводится цепь обратной связи.

В LC-генераторе колебательный контур соединяет транзистор с коллектором и базовой цепью.

Принципиальная схема такого генератора показана на рисунке 12.1. LC-генератор используется для генерации высокочастотных гармонических колебаний. Он применяется в радиосвязь, широко используется в вычислительных устройствах и других областях электроники.

Порядок выполнения работы

1. Соберите схему генератора, как показано на рисунке 12.1.
2. Изменяя напряжение коллектора генератора и величину обратной связи сформируйте форму генерируемых колебаний на экране осциллографа.

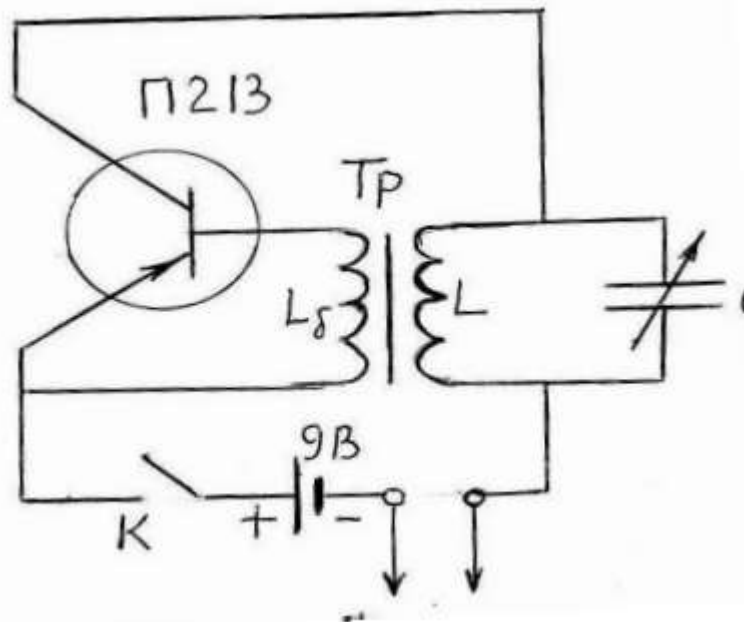


Рис. 12.1. Схема генератора

3. Наблюдайте гармоническую колебанию в генераторе изменения параметров контура L_k и C_k и определите его частоту.
4. Цепи с обратной связью для генерации электрических колебаний следите за ролью. Для этого концы катушек L_k соединяются поочередно. Колебания при этом не генерируются (рис.12.1).

Контрольные вопросы

1. Расскажите о генераторах гармонических колебаний.
2. Опишите условия генерации.
3. Объясните принцип работы LC - генераторов.
4. Где используются генераторы?

Тестовые задания №12

1. Основными частями большинства усилителей являются:

А. диоды	В. транзисторы
С. нагревательные приборы	Д. осветительные приборы
2. Независимая передача информации многими радиостанциями может быть обеспечена следующими способами:
 - А. различные управляющие сигналы
 - В. модулированные сигналы с разными несущими частотами

- С. колебания, модулированные различными управляющими сигналами
- Д. несущие колебания и управляющие сигналы одновременно
3. Усилители позволяют получить на выходе следующий сигнал:
- А. модулированный В. импульсивный
- С. ослабленный Д. аналогичен входному сигналу, но больше по амплитуде
4. Электромагнитные волны позволяют увеличить дальность воздействия:
- А. радиосистем В. источников тока
- С. электродвигателей Д. линий электропередач
5. Микрофон позволяет изменять:
- А. акустические сигналы в электрические
- В. преобразует электрические волны в электрические вибрации.
- С. периодические сигналы в электричестве
- Д. одночастотные электрические колебания в электрические колебания
- другая частота

13. Лабораторная работа. Мультивибратор.

Цель работы:

- Исследование мультивибратора на операционном усилителе.
- Сборка и исследование мультивибратора с двумя неустойчивыми состояниями.

Приборы и принадлежности: Растровая панель DIN A4, 10 комплектов коротких соединительных проводов, Транзистор BC 140, NPN, Транзистор BC 140, NPN, Резистор 1,5 кОм, 1,4 Вт, Резистор 1,5 кОм, 0,5 Вт, Конденсатор 0,22 мкФ, 250 В, Конденсатор 0,47 мкФ, 100 В, 20 %, Конденсатор 220 мкФ, 35 В, 20 %, Конденсатор 470 мкФ, 16 В, 20 %, Кремниевый диод 1N 4007, Патрон лампы накаливания E 10. 2 лампы накаливания E10; 15В/2Вт, Источник питания 0 ... + 15 В пост. тока, Двухканальный

осциллограф 303, 2 Экранированный кабель BNC/4 мм, Соединительные провода, 0,25 мм², 50 см

Теория метода

Функциональные генераторы инструмент в основном прямоугольные с разной частотой и продолжительностью электрические колебания импульсов, имеющих форму (как пилообразную, так и синусоидальную). В основе такого инструмента лежит цепь нестабильного мультивибратора. Это цепь состоит из два транзистора, которые соответственно открываются и закрываются, транзистора при таких открытиях и закрытиях на коллекторы подавалось напряжение или неподавают. В этом случае на выходе цепи будут два застойных состояния, которые будут длиться определенное время. Это застой обстоятельства чередуются между собой, продолжаясь определенное время. Продолжительность случаев устанавливается через цепь, состоящую из конденсатора и резистора, и таким образом симметрично и симметрично правильно, выбирая время повторного подключения транзисторов получаем угловой момент.

Для наглядной демонстрации устойчивых состояний в данном эксперименте используются световые индикаторы. Можно наблюдать изменение частоты колебаний или изменением продолжительности импульса при изменении емкости конденсатора или значения сопротивления. Для наблюдения за переходным состоянием между статическими состояниями используется осциллограф.

Время повторного подключения зависит от количества и, в свою очередь, зависит от RC элементов:

$$\tau = R \cdot C$$

(13.1)

Напряжение источника питания больше, чем напряжение базы-эмиттера в цепи подключения τ_{ED} ,

$$\tau_{ED} = \ln 2 RC \quad (13.2)$$

Время подключения или длительность импульса транзистора выражается как:

$$\frac{\tau_{ED}}{T_S} \quad (13.3)$$

где T_S - период колебаний, он будет равен сумме времени открытия двух транзисторов.

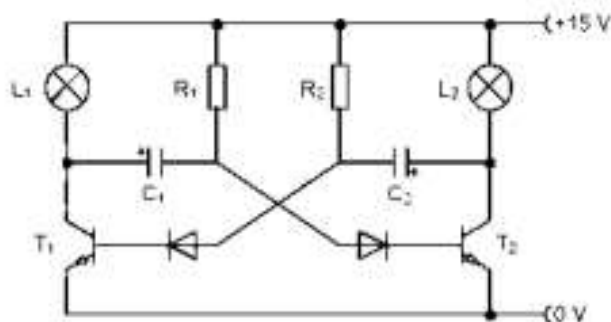


Рис. 13.1. Бистабильный мультивибратор.

Два диода, используемые в схеме, размещены для защиты транзисторов, поскольку напряжение база-эмиттер является обратным переходом р-п также может стать больше напряжения.

Порядок выполнения работы

а) Параметры бистабильного мультивибратора

-Параметры мультивибратора показаны на рисунке 13.1. (Эмиттеры транзисторов взаимно соединяется с проводником

	R_1 (кОм)	C_1 (мкФ)	R_2 (кОм)	C_2 (мкФ)
a_1	15	470	15	220

-Подключите источник питания и установите рабочее напряжение на 15 В. Наблюдайте за лампами L1 и L2.

б) Выбор значения сопротивления резистора.

-Измените значение сопротивления на основе таблицы ниже и L1 для каждого случая и наблюдайте за лампами L2.

	R_1 (кОм)	C_1 (мкФ)	R_2 (кОм)	C_2 (мкФ)
b_1	1.5	470	15	220
b_2	15	470	1.5	220
b_3	1.5	470	1.5	220

-Сравните период колебаний с периодом в состоянии (a_1) со значением сопротивления 15 кОм.

с) Выбор значения емкости конденсатора

д) змените значение емкости конденсатора на основе следующей таблицы, и каждый следите за лампами L1 и L2 на предмет состояния.

	R_1 (кОм)	C_1 (мкФ)	R_2 (кОм)	C_2 (мкФ)
c_1	15	0.47	15	220
c_2	15	470	1.5	220

-Следите за лампами L1 и L2.

-С помощью осциллографа можно измерить напряжение U_{CE} на выходах транзисторов T1 и T2, а также измерьте время подключения отключения.

- измерьте время повторения (2) время соединения на основе формулы и (3) колебания на основе формулы.

- Измерение напряжений U_{BE} и U_{CE} на выходе транзистора T1 с помощью осциллографа.

Полученные результаты и их анализ

а) Параметры бистабильного мультивибратора

а1. Лампы горят поочередно. Время горения лампы L1 больше чем время горения лампы L2.

б) Выбор значения сопротивления резистора.

б1. L1 лампа горит часто т. е. время подключения R_1 определяется сопротивлением и, соответственно, время повторного подключения транзистора T1 тоже.

б2. L1 лампа горит часто т. е. время подключения определяется сопротивлением R_2 и, соответственно, время повторного подключения транзистора T2 тоже.

б3. лампы V3 загораются соответственно. Опять же, значение сопротивления резисторов уменьшите период колебаний, уменьшив т. е. частоту повторения импульса также увеличьте.

с) Выбор значения емкости конденсатора.

с1. Лампа L1 мигает очень быстро (коротко) т. е. c_1 определяет время подключения конденсатора, а T1 соответственно, время повторного подключения транзистора.

С2. Лампа L2 мигает очень быстро (коротко) т. е. c_2 определяет время подключения конденсатора, а T2 соответственно, время повторного подключения транзистора.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение функциональным генераторам.
2. Что такое мультивибратор?

3. Объясните параметры бистабильного мультивибратора.
4. Прокомментируйте и объясните рисунок 1.
5. Объясните вольтамперную характеристику мультивибратора.
6. Что такое модуляция?
7. Электронные лампы - это приборы?
8. При частотной модуляции изменяется что?
9. При фазовой модуляции изменяется что?

Тестовые задания №13

1. Сколько устойчивых состояний имеет мультивибратор?
 А)3 В)1 С)2 Д)4
2. При амплитудной модуляции изменяется
 А) амплитуда модулирующего сигнала
 В) фаза модулирующего сигнала
 С) частота несущего сигнала
 Д) амплитуда несущего сигналов
3. При фазовой модуляции изменяется
 А) частота модулирующего сигнала
 В) напряжение модулирующего сигнала
 С) частота несущего сигнала
 Д) фаза несущего сигналов
4. Мультиплексор служит для
 А) передачи информации с одного из входов на соответствующий выход
 В) передачи информации с одного из входов на общий выход
 С) передачи информации с одного из входов на все выходы
 Д) для сжатия информации
5. Для генерирования импульсов различной формы применяют
 А) мультивибраторы
 В) одновибраторы
 С) блокинг-генераторы
 Д) варианты 1, 2, 3

14. Лабораторная работа.

Изучение логических схем

И(AND), ИЛИ(OR), исключающее ИЛИ (XOR), НЕ(NOT) и И-НЕ(NAND) операции с двумя переменными

Цель работы:

- Выполнение логических операций на двух переменных.
- Подтверждение законов булевой алгебры: закон коммутативности, закон повторения, закон поглощения, правило отрицания, правило двойного отрицания.

Приборы и принадлежности: плата логики (1шт), разъёмное электропитание, мини USB, набор проводов, 2-мм вилки, 4 см, синий, 5 комплектов, набор проводов, 2-мм вилки, 15 см, синий, 5 комплектов, набор проводов, 2-мм вилки, 30 см, синий, 5 комплектов.

Теория метода

Общие сведения

Следующие законы булевой алгебры (Булева логика) должны быть подтверждены посредством простых логических функций с помощью одной или двух переменных (основные логические операции).

Законы коммутативности, $a \wedge b = b \wedge a$, $a \vee b = b \vee a$

Законы повторения $a \wedge a = a$, $a \vee a = a$

Законы поглощения $a \wedge (a \vee b) = a$, $a \vee (a \wedge b) = a$

Правило отрицания $a \wedge \bar{a} = 0$, $a \vee \bar{a} = 1$

Правило двойного отрицания $\bar{\bar{a}} = a$

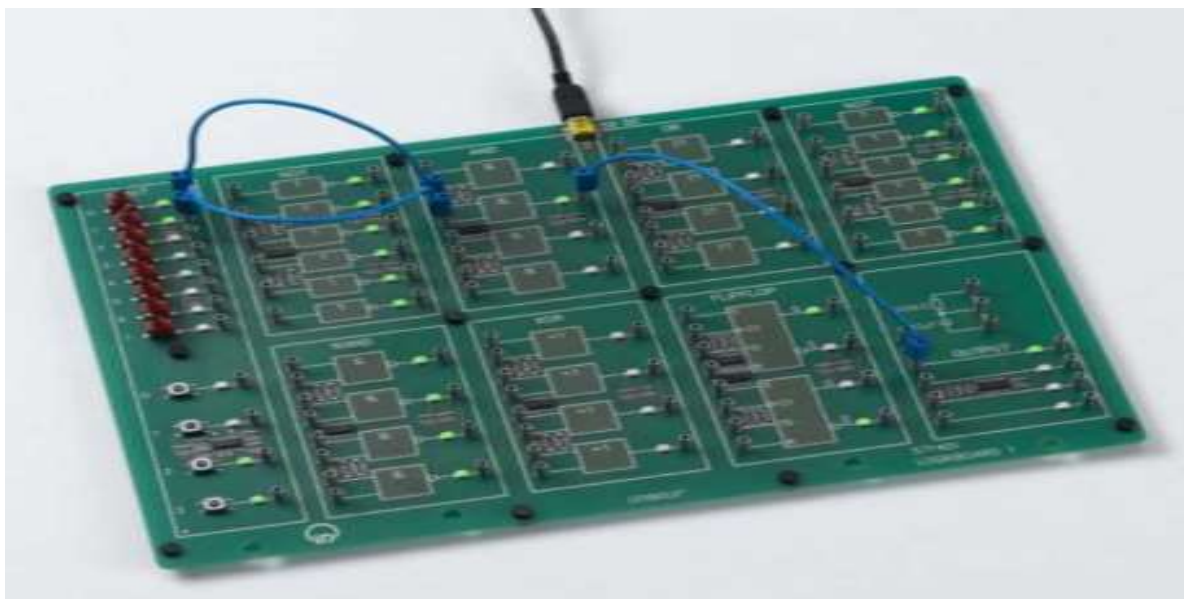


Рис.14.1. Установка для операции И (AND)

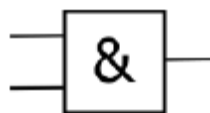
Установка

Соедините разъём электропитания с платой логики прежде, чем начать Ваши эксперименты. Установите INPUT 0 – 7 переключатели в положение ZERO (OFF) (левостороннее положение соответствует выключению LED)

Операция И (AND)

Условное –

обозначение:



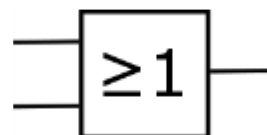
Экспериментальная установка приведена на Рис.14.1

- Соедините входы переключателя 0 и 1 с входами логического элемента И и выход логического элемента И с компонентой OUTPUT.

Операция ИЛИ(OR)

Условное –

обозначение:

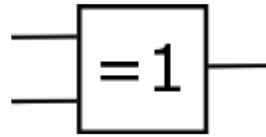


- Соедините входы переключателя 0 и 1 с входами логического элемента ИЛИ и выход логического элемента ИЛИ с компонентой OUTPUT.

Операция исключающее ИЛИ (XOR)

Условное –

обозначение:

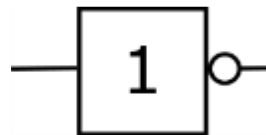


- Соедините входы переключателя 0 и 1 с входами логического элемента исключающее ИЛИ и выход логического элемента исключающее ИЛИ с компонентой OUTPUT .

Операция НЕ(NOT), отрицание или инверсия переменной

Условное –

обозначение:

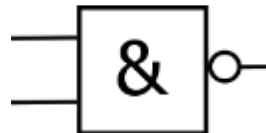


- Соедините вход переключателя 0 с входом логического элемента НЕ (инвертер) и выход логического элемента НЕ с компонентой OUTPUT .

И-НЕ(NAND):

Условное –

обозначение:



- Соедините входы переключателя 0 и 1 с входами логического элемента И-НЕ и выход логического элемента И-НЕ с компонентой OUTPUT .

Доказательство законов поглощения:

$$1) a \wedge a = a$$

- Соедините вход переключателя 0 с двумя входами логического элемента И и выход логического элемента И с компонентой OUTPUT

$$2) a \vee a = a$$

- Соедините вход переключателя 0 с двумя входами логического элемента ИЛИ и выход логического элемента ИЛИ с компонентой OUTPUT.

Доказательство законов поглощения:

$$1) a \wedge (a \vee b) = a$$

- Соедините вход переключателя 0 с первым входом логического элемента И и первым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините вход переключателя 1 со вторым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините выход логического элемента ИЛИ со вторым входом логического элемента И.
- Соедините выход логического элемента И с компонентой OUTPUT.

$$2) a \vee (a \wedge b) = a$$

- Соедините вход переключателя 0 с первым входом логического элемента И и первым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините вход переключателя 1 со вторым входом логического элемента И.
- Соедините выход логического элемента И со вторым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините выход логического элемента ИЛИ с компонентой OUTPUT.

Доказательство правило двойного отрицания

$$\overline{\overline{a}} = a$$

- Соедините вход переключателя 0 с входом логического элемента НЕ (инвертер).
- Соедините выход логического элемента НЕ с входом второго инвертера.
- Соедините выход второго логического элемента НЕ с компонентой OUTPUT.

Доказательство правило отрицания

$$1. a \wedge \overline{a} = 0$$

- Соедините вход переключателя 0 с входом логического элемента НЕ и с первым входом логического элемента И .

- Соедините выход логического элемента НЕ со вторым входом логического элемента И.
- Соедините выход логического элемента И с компонентой OUTPUT.

2. $a \vee \bar{a} = 1$

- Соедините вход переключателя 0 с входом логического элемента НЕ и с первым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините выход логического элемента НЕ со вторым входом логического элемента ИЛИ.
- Соедините выход логического элемента ИЛИ с компонентой OUTPUT.

Порядок выполнения работы

Операция И

Две операции должны выполняться в операции И,а результат должен соответствовать возможным значениям для входных переменных. (см. Рис.14.1)

- Экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателей. Когда загорается LED(светодиод) на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство закона коммутативности:

- Замените местами вход переменных (отсоедините и замените местами проводов от входа переключателя 0 и входа переключателя 1)
- Затем про экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателя. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Операция ИЛИ

Две операции должны выполняться в операции ИЛИ,а результат должен соответствовать возможным значениям для входных переменных.

- Экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателей. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство закона коммутативности:

- Замените местами вход переменных (отсоедините и замените местами проводов от входа переключателя 0 и входа переключателя 1)
- Затем проэкспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателя. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Операция исключающее ИЛИ

Две операции должны выполняться в операции исключающее ИЛИ, а результат должен соответствовать возможным значениям для входных переменных.

- Проэкспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателей. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Операция НЕ, отрицание или инверсия переменной

- Наблюдайте выходной сигнал для обоих значений входных переменных (вход переключателя вкл. и выкл.) Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

И-НЕ:

Теперь отрицание можно изучать в сочетании с операцией И.

- Экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух переключателей. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство законов повторения:

$$1) a \wedge a = a$$

Операция И, вызывающая умножение входных переменных является той же самой операцией, которая будет изучена

- Наблюдайте выходной сигнал для двух значений входного сигнала (переключатель входа вкл. и выкл.) Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

$$2) a \vee a = a$$

Операция ИЛИ, вызывающая сложение входных переменных является тот же самой операцией, которая будет изучена

- Наблюдайте выходной сигнал для двух значений входного сигнала(переключатель входа вкл. и выкл.) Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство законов поглощения:

$$1) a \wedge (a \vee b) = a$$

Теперь **надо оперировать** двумя переменными в соответствии с вышеуказанным законом, а результат должен соответствовать возможным парам значений входных переменных.

- Про экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателя. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

$$2) a \vee (a \wedge b) = a$$

Теперь **надо оперировать** двумя переменными в соответствии с вышеуказанным законом, а результат должен соответствовать возможным парам значений входных переменных.

- Про экспериментируйте все возможные комбинации установок для двух входов переключателя. Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство правила двойного отрицания:

$$\bar{\bar{a}} = a$$

- Наблюдайте выходной сигнал для обоих значений входных переменных (входной переключатель включено и выключено). Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Доказательство правил отрицания:

$$1) a \wedge \bar{a} = 0$$

Будет изучена операция И приводящая умножение входной переменной с самоотрицанием.

- Наблюдайте выходной сигнал для обоих значений входных переменных (входной переключатель включено и выключено). Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

$$2) a \vee \bar{a} = 1$$

Будет изучена операция ИЛИ приводящая сложение входной переменной с самоотрицанием.

- Наблюдайте выходной сигнал для обоих значений входных переменных (входной переключатель включено и выключено). Когда загорается LED на компоненте OUTPUT?
- Запишите результаты и составьте таблицу истинности.

Образец измерения

Операция И

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LED*b*_i) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами *a* и *b*. Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции И.

Таблица

14.1

<i>a</i>	<i>b</i>	$a \wedge b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Доказательство закона коммутативности: $a \wedge b = b \wedge a$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LED*b*_i) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами *b* и *a*. Входные переменные обменяны в противоположной ситуации на Рис.14.1: Теперь входной переключатель 0 связан со вторым входом логического элемента И, и входной переключатель 1 связан с его первым входом.

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции И с *a* и *b*, обменянным по сравнению с Таблицей 14.1.

Таблица 14.2

b	a	$b \wedge a$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Операция ИЛИ

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами a и b .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции ИЛИ. Доказательство закона коммутативности: $a \vee b = b \vee a$

Таблица 14.3

a	b	$a \vee b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами b и a .

Входные переменные обменяны в противоположной ситуации.

Теперь входной переключатель 0 связан со вторым входом логического элемента ИЛИ, и входной переключатель 1 связан с его первым входом.

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции ИЛИ с a и b , обменным по сравнению с Таблицей 14.3.

Таблица 14.4а

b	a	$b \vee a$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Операция исключающее ИЛИ

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами a и b .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции исключающее ИЛИ.

Таблица 14.4 б

a	b	$a \vee b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Операция НЕ, отрицание или инверсия переменной

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Входная переменная (INPUT 0) обозначена буквой a .

Переменная в двойной булевой алгебре может иметь только два возможных значения (например, 0 и 1), один из которых представляет отрицание другого. Отрицание переменной a есть поэтому устанавливается следующая таблица истинности:

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для отрицания.

Таблица

14.5

a	\bar{a}
0	1
1	0

И-НЕ:

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами a и b .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции И-НЕ. Доказательство законов повторения:

Таблица 14.6

a	b	$a \text{ л } Б$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$1) a \wedge a = a$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Переменная (INPUT 0) обозначена буквой a .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для 1 части закона повторения (операция И).

Таблица 14.7

a	$a \text{ л } a$
0	0
1	1

$$1) a \vee a = a$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Переменная (INPUT 0) обозначена буквой a .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для 2 части закона повторения (операция ИЛИ).

Таблица 14.8

a	$a \vee a$
0	0
1	1

Доказательство законов поглощения:

$$1) a \wedge (a \vee b) = a$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами a и b .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности, удовлетворяющая 1-части закона поглощения.

Таблица 14.9

a	b	$a \wedge (a \vee b)$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

$$2) a \vee (a \wedge b) = a$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LEDы) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светиться: значение 1).

Две переменные (INPUT 0 и INPUT 1) обозначены буквами a и b .

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для операции удовлетворяющей 2-части закона поглощения.

Таблица 14.10

a	b	$a \vee (a \wedge b)$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Доказательство правила двойного отрицания:

$$\overline{\overline{a}} = a$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LED*b*_i) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Входная переменная (INPUT 0) обозначена буквой *a*.

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для правило двойного отрицания.

Таблица 14.11

<i>a</i>	<i>A</i>
0	0
1	1

Доказательство правил отрицания:

$$1) a \wedge \overline{a} = 0$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LED*b*_i) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Входная переменная (INPUT 0) обозначена буквой *a*.

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для 1-части закона отрицания (операция И).

Таблица 14.12

<i>a</i>	<i>a</i> ∧ <i>a</i>
0	0
1	0

$$2) a \vee \overline{a} = 1$$

Положение переключателя и состояние сигнальных ламп (LED*b*_i) определяют значения 0 и 1 (переключатель выкл: значение 0, переключатель вкл: значение 1, LED не светиться: значение 0, LED светится: значение 1).

Входная переменная (INPUT 0) обозначена буквой а.

Заполните таблицу истинности:

Таблица истинности для 2 части закона отрицания (операция ИЛИ)

Таблица 14.13

а	$a \vee a$
0	1
1	1

Результаты и заключения

Операция И

Выходной компонент LED светится, когда оба входа имеют сигнальное значение 1. Операция И над двумя переменными а и b приведет к результату сигнального значения 1, если оба переменные а и b имеют 1.

Доказательство закона коммутативности: $a \vee b = b \vee a$

Выходной компонент LED светится, когда оба входа имеют сигнальное значение 1. Операция И над двумя переменными а и b приведет к результату сигнального значения 1, если оба переменные а и b имеют 1.

Результат операции И не зависит от порядка входов. Это подтверждает закон коммутативности для операции И.

Операция ИЛИ

Выходной компонент LED светится, когда по крайней мере один из входов имеет сигнальное значение 1. Операция ИЛИ над двумя переменными а и b приведет к результату сигнального значения 1, если переменные а или b (или оба) имеют 1.

Доказательство закона коммутативности:

Выходной компонент LED светится, когда по крайней мере один из входов имеет сигнальное значение 1. Операция ИЛИ над двумя переменными а и b приведет к результату сигнального значения 1, если переменные а или b (или оба) имеют 1.

Результат операции ИЛИ не зависит от порядка входов. Это подтверждает закон коммутативности для операции ИЛИ.

Операция исключающее ИЛИ

Выходной компонент LED светится, когда точно на один из входов поступает сигнальное значение 1. Операция исключающее ИЛИ

над двумя переменными a и b приведет к результату сигнального значения 1, если переменные a или b (но не оба сразу) имеют 1.

Операция НЕ, отрицание или инверсия переменной

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий вход поступает сигнальное значение 0. Отрицание переменной a приведет к результату сигнального значения 1, если переменная имеет 0.

И-НЕ :

Выходной компонент LED светится, когда на какой-либо один из входов поступает сигнальное значение 0. Операция И-НЕ над двумя переменными a и b приведет к результату сигнального значения 1, если по крайней мере одна из этих двух переменных имеет сигнальное значение 0.

Доказательство законов повторения:

$$1) a \wedge a = a$$

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий вход поступает сигнальное значение 1. Операция И, объединяющая одну переменную с собой, приведет к сигнальному значению 1 если переменная имеет 1.

Это подтверждает закона повторения для операции И

$$2) a \vee a = a$$

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий вход поступает сигнальное значение 1. Операция ИЛИ, объединяющая одну переменную с собой, приведет к сигнальному значению 1 если переменная имеет 1.

Это подтверждает закона повторения для операции ИЛИ

Доказательство законов поглощения:

$$1) a \wedge (a \vee b) = a$$

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий входа поступает сигнальное значение 1. Вышеупомянутая операция над двумя переменными a и b приведет к сигнальному значению 1 если переменная a имеет сигнальное значение 1.

Это подтверждает 1 часть закона поглощения.

$$2) a \vee (a \wedge b) = a$$

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий входа поступает сигнальное значение 1. Вышеупомянутая операция над двумя переменными a и b приведет к сигнальному значению 1 если переменная a имеет сигнальное значение 1.

Это подтверждает 2 часть закона поглощения.

Доказательство правило двойного отрицания:

$$\overline{\overline{a}} = a$$

Выходной компонент LED светится, когда на соответствующий вход поступает сигнальное значение 1. Двойное отрицание переменной приведет к результату сигнального значения 1, если переменная имеет 1.

Это подтверждает правило двойного отрицания.

Доказательство правил отрицания:

$$1) a \wedge \overline{a} = 0$$

Выходной компонент LED никогда не светится. Операция И над переменной a и её отрицанием всегда даёт результат сигнального значения 0.

Это подтверждает правило отрицания для операции И

$$2) a \vee \overline{a} = 1$$

Выходной компонент LED всегда светится. Операция ИЛИ над переменной a и её отрицанием всегда даёт результат сигнального значения 1.

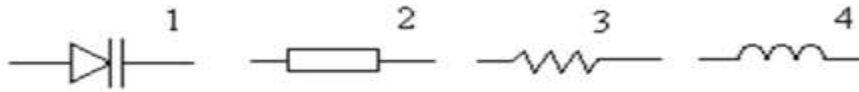
Это подтверждает правило отрицания для операции ИЛИ

Контрольные вопросы

8. Что такое логические элементы
9. Запишите логическое выражение, описывающее действие инвертора.
10. Какую логическую операцию необходимо совершить над 0, чтобы получить 1?
11. Для питания ИС ТТЛ используется источник постоянного или переменного напряжения?
12. На какой вывод простых комбинационных ИС серии 555 подключается положительный вывод источника питания?
13. Как найти 4 вывод микросхемы 555 серии?
14. Чему равно напряжение низкого логического уровня для схем ТТЛ?

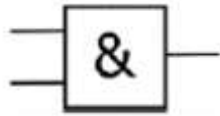
Тестовые задания №14

1. Какой из признаков соответствует индуктивности?



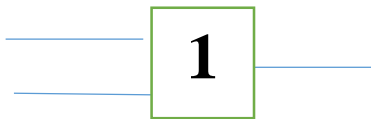
A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

2. Какой элемент имеет условный графический символ, показанный на рисунке?



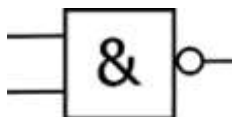
A) И B) ИЛИ C) И-НЕ D) ИЛИ-НЕ

3. Какой элемент имеет условный графический символ, показанный на рисунке?



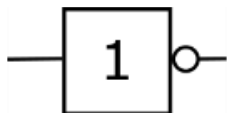
A) И B) ИЛИ C) И-НЕ D) ИЛИ-НЕ

4. Какой элемент имеет условный графический символ, показанный на рисунке?



A) И B) ИЛИ C) И-НЕ D) ИЛИ-НЕ

5. Какой элемент имеет условный графический символ, показанный на рисунке?



A) И B) ИЛИ C) И-НЕ D) ИЛИ-НЕ

ГЛОССАРИЙ ПО КУРСУ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

А

Активные слушатели- которые звонят на радиостанции с просьбами и комментариями или в ответ на конкурсы и рекламные акции.

Заявление под присягой- подтверждающее выход в эфир специального расписания.

Электронное усиление- увеличивающее мощность сигнала.

Б

Балансовый отчет - сводная информация об активах и пассивах станции.

Бартерный обмен- эфирного времени на программы или товары.

В

Вт - Ватт – единица измерения мощности сигнала в радиосвязи.

Г

Гц - Герц – единица измерения частоты периодических процессов Международной системе единиц. 1 Гц — это колебание одной радиоволны в секунду.

Д

ДАТ - Длинные Эта цифровая аудиокассета.

Дуб- Дублированная копия записи; дубликат (dupe).

И

Инпут— Входной терминал, принимающий входящий ток

Идентификация радиостанции- требуемая по закону для трансляции как можно ближе к началу часа; перерыв на станции.

К

КДКА - Первая радиостанция КДКА, получившая лицензию Министерства торговли.

Килогерц - тысяча циклов в секунду; измерение частоты АМ, килоциклы.

Кей- Включение или выключение источника звука с консоли.

Л

Ларингофон — это тип микрофона, который использует механические колебания кожи в области гортани, возникающие во время разговора, для изменения речевого сигнала.

М

Магнитная антенна- представляет собой рамочную антенну с сердечником из магнитного материала (обычно многовитковым).

Мачта-антенна - излучатель радиоволн представляет собой металлическую мачтовую антенну, установленную на электрически изолированном.

MBS- система взаимного вещания; радиосеть.

Н

Несущая частота — это частота гармонических колебаний, которые модулируются сигналами с целью передачи информации.

О

Однополосная модуляция – это управление электрическими колебаниями, при котором сообщение (сигнал) передается только по одной (отдельной) боковой полосе частот. В основном используется в односторонней связи, радиотелеметрии, радиотелеметрии и телевидении.

П

Переменный ток – это электрический ток, который со временем меняет направление.

Перемодуляция- превышающая стандартные или предписанные уровни звука; закрепление иглы VU.

Подсветка- дисплей и/или клавиатура обычно имеют подсветку. Эта функция полезна в условиях низкой влажности.

Подвижная радиосвязь - радиосвязь между фиксированными и подвижными радиостанциями или только между подвижными радиостанциями.

Полосовой фильтр — это фильтр, область прозрачности которого лежит в определенном диапазоне между определенными частотами среза.

Постоянный ток – это электрический ток, сила и направление которого не изменяются с течением времени.

Промежуточная частота — это частота, создаваемая путем смешивания входной частоты со вспомогательной частотой, генерируемой гетеродином.

Р

Радио – посредством передачи радиоволн информации на большие расстояния

Радиоволны – электромагнитные волны длиной > 500 мкм

Радиоканал –передачи информации с использованием для передачи радиоволн.

Радиостанция - посредством радиоволн передача информации

Радиочастотный кабель - передачи радиосигналов.

Радиочастота-Частота - количество циклов в единицу времени. Радиочастота обозначает количество колебаний радиоволн в секунду и измеряется в герцах.

РЭС – Радио Электронное Средство.

С

Сантиметровые волны – это радиоволны длиной от 10 до 1 см

Сверхдлинные волны — это всемирные радиоволны с длиной волны от 10 до 100 км (частоты от 3 до 30 кГц).

Сигнал — событие, физический процесс или событие, передающее состояние объекта или команды управления, уведомления и т. д.

Сканирование – последовательная проверка каналов, записанных в памяти приемника или приемника, которая прекращается при обнаружении сигнала.

СВЕ- Общество инженеров радиовещания.

Спектр радиосигнала – все гармонические составляющие любого радиосигнала вместе составляют спектр этого сигнала.

Спектроскоп — это устройство, которое графически отображает частотную активность в определенной части спектра.

У

УВЧ - Сверхвысокая частота - Сверхвысокая частота - диапазон частот от 300 до 3000 МГц.

УКВ — Ультракоротковолновое

Ф

Фазовая модуляция - передаваемый сигнал управляет фазой несущего высокочастотного колебания.

ФВЧ - Фильтр Верхних Частот

Электрический фильтр- представляет собой электрическое устройство, компоненты, находящиеся в определенной области спектра электрических колебаний, подаваемые на его вход, разделяются (передаются на выход) и все остальные компоненты не проходят.

Ч

Частотомер - прибор измерения частоты радиоволн.

Ш

Шумоподобный сигнал— сигнал, содержащий гармонических составляющих в выбранном диапазоне частот.

Шумы космоса - это электрические колебания приемной антенны, вызванные радиоизлучением Солнца, звезд, планет, межзвездной среды и т.

Э

Электрические колебания – это электромагнитные (производственные) радиопомехи, создаваемые самой радиоаппаратурой или, точнее, различными ее частями и цепями (отдельными неисправными цепями, источниками питания, внешними устройствами и т. д.).

ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

	1	2	3	4	5
Тестовые задания №1	С	В	С	А	В
Тестовые задания №2	В	Д	В	С	А
Тестовые задания №3	Д	А	А	А	Д
Тестовые задания №4	А	В	В	С	С
Тестовые задания №5	Д	В	А	А	А
Тестовые задания №6	С	В	Д	Д	А
Тестовые задания №7	В	А	А	Д	А
Тестовые задания №8	В	А	А	Д	Д
Тестовые задания №9	А	Д	В	С	А
Тестовые задания №10	А	Д	А	Д	С
Тестовые задания №11	А	В	С	С	С
Тестовые задания №12	В	В	Д	А	А
Тестовые задания №13	С	Д	Д	В	Д
Тестовые задания №14	Д	А	В	С	Д

Литература

1. Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. Сборник задач по полупроводниковой электронике- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004г.-167с.
2. Герасимов В.Г. Электрические измерения и основы электроники- М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1998г.-432с.
3. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника- М.: Высшая школа, 2008 г.-800с.
4. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник. - СПб.: Изд. «Лань», 2002. - 368 с.
5. Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники.
6. Методические указания к лабораторным работам №1-4 для студентов II курса ЭМФ, РЭФ/В.Н. Гаревский И.Л. Новиков, Р.П. Дикарева, Т.С. Романова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 74 с.
7. Colin D. Simpson. Principles of electronics. Prentice-Hall1.2002.
8. V K. Mehta. R.Mehta. Principles of Electronics. 11 th Edition Tata Mgraw Hill. 2006.
9. Нигматов Х. Радиоэлектроникаасослари. Тошкент, “Узбекистан*” 1994
10. Борздов В.М. Основы радиоэлектроники: -Курс лекций. Мн.: БГУ> 2003. 196 с.
11. Гершу некий Б.С- Основы электроники и микроэлектроники. М.; 1987.
12. G‘.V.Eshonqulov, D.O.Tolipov, T.Akhmadjanov “Radioelektronoka asoslari fanidan laboratoriya ishlari”. Uslubiy qo‘llanma. “Universitet”-Toshkent, 2013*-124 b.
13. T.Ahmadjanov. Yo‘nalishga kirish: Tebranishlar nazariyasi; Radioelektronika va Optoelektronika asoslari elementlari//O‘quv qo‘llanma. «Университет». Toshkent. 2005.-45 b.
14. Хотунцев Ю.Л., Лобарева.С. Основы радиоэлектроники. М.:агар. - 2000, с.-288.
15. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учебник для вузов, М.: Высшая школа. 2001 г. с,-510.

Интернет сайты

1. <http://www.bo.infn.it/herab/people/zoccoli/did.html>
2. www.nuu.uz
3. www.ziyonet.uz
4. www.infomag.ru
5. <http://journals.aip.org/>
6. <http://www.e-library.ru/defaultx.asp>
7. <http://www.iop.org/EJ/main/-list=current/>
8. www.jstor.org
9. <http://www.opticsinfobase.org/>
10. <http://spiedigitallibrary.org/>
11. <http://onlinelibrary.wiley.com/>
12. <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=optrus>

Д. А. Мухаммадова

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Редактор:

Э. Эшов

Технический редактор:

Д. Абдурахмонова

Корректор:

М. Шодиева

Художественный руководитель:

М. Сатторов

Издательская лицензия № 022853. 08.03.2022.

Разрешение на печать с оригинального макета: 22.12.2023.

Формат 60x84. Гарнитура Times New Roman 1/16.

Офсетная печать. Бумага для офсетной печати.

Печатная форма 6,75. Тираж 100 экз. Заказ № 145.



KAMOLOT

***ООО “БУХОРО ДЕТЕРМИНАНТИ” отпечатано в
типографии, город Бухара ул. Намозгох 24
+998 91 310 27 22***