

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электроника**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Болдырева Т.И.
	Идентификатор	R474c6e1a-BoldyrevaTI-ea3724c4

(подпись)

Т.И.

Болдырева

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af183

(подпись)

П.С.

Остапенков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности  
ИД-2 Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
2. ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных  
ИД-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования  
ИД-3 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов
3. ОПК-4 способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности  
ИД-3 Разрабатывает проектную и конструкторско-технологическую документацию в соответствии с нормативными требованиями

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Подготовка конструкторской документации (Коллоквиум)

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа)
2. ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)
3. ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)
5. ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа)
6. ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа)
7. ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)
2. КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)
3. КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная работа)
2. РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

4 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	4	8	8	12	14	15	16
Физические основы полупроводниковой электроники								
Физические основы полупроводниковой электроники		+						
Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы								
Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы			+					
Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.								
Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.		+		+	+	+	+	+
Биполярные транзисторы								
Биполярные транзисторы		+		+	+	+	+	+
Полевые транзисторы								
Полевые транзисторы		+		+	+	+	+	+
Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры								
Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры					+		+	+
Вес КМ:		4	12	20	20	20	12	12

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14
	Срок КМ:	4	7	8	11	14	15	15
Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.								

Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.		+	+	+	+	+	
Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала							
Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала	+	+	+	+	+	+	+
Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.							
Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.		+			+	+	
Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах							
Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах	+	+	+	+	+	+	+
Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах							
Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	+	+	+	+	+	+	+
Ключевые каскады и простейшие логические элементы							
Ключевые каскады и простейшие логические элементы	+		+	+			+
Вес КМ:	5	10	15	15	20	20	15

6 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %	
	Индекс КМ:	КМ-15
	Срок КМ:	2
Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах		
Выбор структурной схемы многокаскадного усилителя		+
Расчет амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя		
Расчет верхних частот полос пропускания каждого каскада		+
Подготовка конструкторской документации		
Обозначение по ГОСТу электронных компонентов в принципиальных электрических схемах		+
Вес КМ:		100

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

### БРС курсовой работы/проекта

6 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %				
	Индекс	КМ-	КМ-	КМ-	КМ-

	КМ:	1	2	3	4	5
	Срок КМ:	4	10	12	15	15
Расчет сквозного коэффициента усиления, разработка структурной схемы многокаскадного усилителя		+				
Расчет многокаскадного усилителя по постоянным и малым переменным сигналам			+			
Расчет цепи обратной связи				+		
Расчет АЧХ усилителя					+	
Оформление КП						+
	Вес КМ:	5	25	20	25	25

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-1	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата физическое основы электропроводности Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа) КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п. (Контрольная работа) ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа) ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа) КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа) КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа) ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа) РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа) КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа) ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа) ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа)
ОПК-2	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит	Знать: методы математического моделирования основных	ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа) ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов

	экспериментальные исследования	характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата	(Лабораторная работа) ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа) ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа) КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа) КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)
ОПК-2	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	Знать: показатели качества Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электронных цепей	ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа) РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа) ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа) ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа) РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа)
ОПК-4	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Разрабатывает проектную и конструкторско-технологическую документацию в соответствии с нормативными требованиями	Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах Уметь: составлять	ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная работа) РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа) КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа) РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа)



		принципиальные схемы по ГОСТУ	Подготовка конструкторской документации (Коллоквиум)
--	--	----------------------------------	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

4 семестр

### КМ-1. ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 4

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

#### Краткое содержание задания:

Измерение статических характеристик полупроводниковых диодов

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Пояснить, каким образом получается изображение статической характеристики диода на экране осциллографа. Какую роль играет форма импульсов напряжения?</li><li>2. Как влияет увеличение измерительного сопротивления на форму наблюдаемой характеристики?</li><li>3. Как изменится <i>прямая ветвь</i> статической характеристики, если температуру кремниевого диода увеличить на 50 К?</li><li>4. В чем сходство и различие <i>прямых ветвей</i> статических характеристик германиевого и кремниевого диодов?</li></ol>
<p>Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Учет и исключение при обработке измерений влияния измерительного сопротивления на форму прямой ветви статической характеристики диода</li><li>2. Составить схему для измерения статических характеристик диодов</li></ol>

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## КМ-2. КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает индивидуальное задание из 3-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

**Краткое содержание задания:**

**Задано:**

Тип материала, тип проводимости п/п, концентрация примеси, концентрация собственных носителей заряда. Температура  $T_0$ , изменение температуры  $\Delta T$

**Задача 1.**

Определить тип примеси. Рассчитать концентрации основных и неосновных подвижных носителей заряда. Как они изменятся при повышении температуры на  $\Delta T$ ? Если изменятся, то рассчитайте во сколько раз.

**Задача 2.**

Изобразите и поясните зависимость концентрации основных носителей заряда в зоне проводимости (или в валентной зоне) п/п заданного типа с заданной концентрацией примеси от температуры в интервале  $0 < T < 600$  К. Как она изменится, если концентрация примеси станет в 4 раза выше и почему?

**Задача 3**

Рассчитайте удельные проводимости чистого п/п и п/п с заданной примесью при  $T=T_0$  и заданной концентрация собственных носителей заряда, если подвижность электронов  $\mu_n = 3900$  см<sup>2</sup>/В с, подвижность дырок  $\mu_p = 1900$  см<sup>2</sup>/В с. Как изменятся эти проводимости с повышением температуры на  $\Delta T$  К? Если изменятся, то рассчитайте во сколько раз.

Группа/номер в журнале	Тип материала	Концентрация собственных носителей заряда, см <sup>-3</sup>	Тип проводимости п/п	Концентрация примеси, см <sup>-3</sup>	$T_0$	$\Delta T$
11/1	Si	$1,5 \cdot 10^{10}$	n-	$10^{15}$	290	30
11 /2	Ge	$2,5 \cdot 10^{13}$	p-	$2 \cdot 10^{15}$	300	30
11 /3	Si	$1,5 \cdot 10^{10}$	n-	$3 \cdot 10^{15}$	310	30
11/4	Ge	$2,5 \cdot 10^{13}$	p-	$4 \cdot 10^{15}$	290	30
11 /5	Si	$1,5 \cdot 10^{10}$	n-	$5 \cdot 10^{15}$	300	30
11 /6	Ge	$2,5 \cdot 10^{13}$	p-	$6 \cdot 10^{15}$	310	30
11 /7	Si	$1,5 \cdot 10^{10}$	n-	$7 \cdot 10^{15}$	290	30
11 /8	Ge	$2,5 \cdot 10^{13}$	p-	$8 \cdot 10^{15}$	300	30
11 /9	Si	$1,5 \cdot 10^{10}$	n-	$9 \cdot 10^{15}$	310	30

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физическое основы электропроводности	1. В 4-х валентный элемент введена 5-ти валентная примесь. Определите тип полупроводника 2. Какие области возникают при контакте
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Из 3-х заданий выполнено 2.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания: Из 3-х заданий с незначительными ошибками выполнены все*

**КМ-3. ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов**

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

**Краткое содержание задания:**

Измерение статических характеристик биполярных параметров

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата</p>	<p>1.Изобразить семейства статических характеристик транзистора. 2.Пояснить, как влияют на ВАХ биполярного транзистора напряжения питания, температура.</p>
<p>Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата</p>	<p>1.Определение количествен-ных параметров статических характеристик биполярных транзисторов 2.Количественное определение ошибки, которую вносит измерительное сопро-тивление <math>R_{и} = 100\text{м}</math> в расчет крутизны проход-ной характеристики.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильные ответы на все контрольные вопросы, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть опечатки в оформлении отчета*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Не все ответы на все контрольные вопросы верные, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть ошибки в расчетах*

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неточные ответы на все контрольные вопросы, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть грубые ошибки в измерениях и оформлении отчета

#### КМ-4. ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

#### Краткое содержание задания:

Измерение и расчет параметров малосигнальной эквивалентной схемы биполярного транзистора импульсным методом

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата	1.Поясните физический смысл элементов малосигнальной эквивалентной схемы транзистора. 2.Что такое граничная частота по крутизне.
Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ	1.Дайте определение понятия граничная частота биполярного транзистора
Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата	1.Определение элементов эквивалентной схемы БТ, пользуясь осциллограммами переходных процессов.

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-5. ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора**

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

**Краткое содержание задания:**

Измерение статических характеристик полевых транзисторов

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата	1. Уметь рассчитывать по модели вольт-амперные характеристики разных типов полевых транзисторов
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-6. КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает индивидуальное задание из 4-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

**Краткое содержание задания:**

Определение областей работы биполярного транзистора и соответствие эквивалентной нелинейной и линейной схемы этой области

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы	1. Напишите уравнения для расчета входных, проходных и выходных характеристик БТ,
---	---

количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата	включенного по схеме ОЭ. Изобразите входные и проходные характеристики для активной области и области насыщения характеристики. 2. Изобразите схему передаточной зарядовой модели для активной области работы биполярного транзистора.
Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ	1.Изобразите малосигнальную ВЧ эквивалентную схему БТ для активной области (схему Джиаклетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора $I_{K0} = 10 \text{ мА}$ , $CЭ = 8 \text{ пФ}$ , $СКП = СКА = 1 \text{ пФ}$ , $rб = 100 \text{ Ом}$ , $\beta = 100$ , $fT = 300 \text{ МГц}$ , рассчитайте диффузионную емкость, крутизну по входу $S$ на низкой частоте и граничную частоту по коэффициенту передачи по току $\beta\beta$ . Поясните смысл этой частоты.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### КМ-7. КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает индивидуальное задание из 4-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

### Краткое содержание задания:

Изобразить условное графическое обозначение МОП с индуцированным n-каналом. Изобразить проходную и выходную характеристики заданного ПТ. Изобразить структуры заданного ПТ при работе в крутой и пологой области. Рассчитать крутизну проходной характеристики ПТ, если известны параметры параболической аппроксимации проходной характеристики и рабочая точка. Изобразить эквивалентную схему ПТ, работающего в пологой области на умеренно высоких частотах.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с	1.Условные графические обозначения полевых транзисторов разного типа.
--	---

привлечением соответствующего физико-математического аппарата	
Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ	1. Эквивалентные малосигнальные схемы полевых транзисторов на средних и умеренно-высоких частотах.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**5 семестр**

**КМ-8. ЛР №2.1. Расчет диодных схем**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 5**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Демонстрационная лабораторная работа: простейшие диодные выпрямители, практические занятия, домашнее задание на решение задач

**Краткое содержание задания:**

Рассчитать источник питания, состоящий из стабилизатора напряжения и мостового выпрямителя

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1. Метод расчета характеристик простейших выпрямителей на диодах
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*



*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-9. ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе**

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка задания к лабораторной работе, ответы на контрольные вопросы

#### **Краткое содержание задания:**

Определить основные низкочастотные малосигнальные параметры транзистора – крутизну проходной ВАХ и выходное дифференциальное сопротивление транзистора. Изучить режимы работы полевого транзистора в резистивных усилителях низкой частоты.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: показатели качества	1.Изобразить эквивалентную схему полевого транзистора с генератором тока на низкой частоте.
Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	1.Получить выражение для коэффициента усиления резистивного усилителя, пользуясь эквивалентной схемой активного прибора на низкой частоте с генератором тока

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-10. РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания.**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдача индивидуального задания и проверка выполненного расчета.

**Краткое содержание задания:**

Выбрать и изобразить схему части радиотехнического устройства, состоящей из выпрямителя, стабилизатора напряжения питания широкополосного усилителя. Выбрать диоды и транзисторы, не указанные в задании. Рассчитать номинальные величины всех компонентов схемы и перечисленные в задании параметры режимов и характеристики узлов.

**Таблица индивидуальных заданий на типовой расчет**

N N шп	Фамилия , имя	E П [В ]	ДЕП/ ЕП	Uпульс с [мВ]	Iy1 [мА ]	Iy [мА ]	Тип транзистор а	UG [мВ ]	RG [кОм ]	fн [кГц ]	Rвх [кОм ]
1		12	±0,02	1	5	160	КТ325	2,5	5	4	1
2		11	±0,01 5	1,5	6	140	КТ316	2	5	4	1
3		10	±0,01 2	2	7	120	КТ312	1,5	5	4	1
4		9	±0,01	1	8	100	КТ306	1	5	8	1
5		8	±0,02	1,5	5	160	КТ325	2,5	4	8	2
6		7	±0,01 5	2	6	140	КТ316	2	4	8	2
7		6	±0,01 2	1	9	160	КТ312	1,5	4	6	2
8		12	±0,01	1,5	8	100	КТ306	1	4	6	2
9		11	±0,02	2	5	160	КТ325	2,5	2	6	3
10		10	±0,01 5	1	6	140	КТ316	2	2	5	3
11		9	±0,01 2	1,5	7	120	КТ312	1,5	2	10	3
12		8	±0,01	2	8	100	КТ306	1	2	10	3
13		7	±0,02	1	5	160	КТ325	2,5	1	4	4
14		6	±0,01 5	1,5	6	140	КТ316	2	1	4	4
15		12	±0,01 2	2	7	120	КТ312	1,5	1	4	4
16		11	±0,01	1	8	100	КТ306	1	1	8	4
17		10	±0,02	1,5	5	160	КТ325	2,5	3	8	1
18		9	±0,01 5	2	6	140	КТ316	2	3	8	1
19		8	±0,01 2	1	7	120	КТ312	1,5	3	6	1
20		7	±0,01	1,5	8	100	КТ306	1	3	6	1
21		8	±0,02	2,5	10	120	КТ312	1,5	3	10	1

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в	1. Нарисовать схему мостового выпрямителя 2. Нарисовать схему стабилизатора напряжения с эмиттерным повторителем
--	---

радиоэлектронных устройствах	
Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	1.Провести расчет коэффициента стабилизации стабилизатора напряжения на стабилитроне с эмиттерным повторителем
Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электронных цепей	1.Провести расчет мостового выпрямителя

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

#### **КМ-11. КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдача домашнего задания. Контрольная работа

#### **Краткое содержание задания:**

1. Нарисовать схему усилительного каскада с общим истоком на МОП транзисторе со встроенным каналом n-типа. В схеме использовать один источник питания, предусмотреть стабилизацию положения рабочей точки цепью истокового автосмещения.
2. Нарисовать схему усилителя с общим истоком и истоковым автосмещением с двумя источниками питания. В этой схеме задано:  $E_{пс} = 18 \text{ В}$ ,  $E_{пз} = 2 \text{ В}$ . В рабочей точке по постоянному сигналу  $I_C = 4 \text{ мА}$ ,  $U_{СИ} = 6 \text{ В}$ ,  $U_{ЗИ} = 0 \text{ В}$ . Известны параметры эквивалентной схемы МОП транзистора:  $C_{зи} = 10 \text{ пФ}$ ,  $C_{зс} = 2 \text{ пФ}$ , крутизна проходной характеристики равна  $2 \text{ мА/В}$ , выходное сопротивление транзистора в пологой области равно  $20 \text{ кОм}$ . Рассчитать сопротивление в цепи автосмещения  $R_{И}$ , коэффициент усиления каскада на средних частотах, нижнюю и верхнюю частоты полосы пропускания усилителя, если  $C_{р1} = 5 \text{ нФ}$ ,  $R_{г} = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_{з} = 500 \text{ кОм}$ .
3. Для усилителя по схеме с общим истоком построить зависимость коэффициента усиления каскада на средних частотах от сопротивления в цепи стока. Как изменится эта зависимость, если  $E_{пс}$  увеличить в 2 раза (все остальные элементы схемы оставить без изменения)? Пояснить зависимость с помощью выходных характеристик транзистора и линии нагрузки.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1. Нарисовать схему усилителя с истоковым автосмещением и одним источником питания 2. Нарисовать схему стабилизации рабочей точки в цепи стока
Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	1. Метод расчета коэффициента усиления по напряжению резистивного усилителя малого сигнала с общим истоком на низких и умеренно-высоких частотах

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-12. ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты**

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка задания к лабораторной работе, ответы на контрольные вопросы

**Краткое содержание задания:**

Экспериментально исследовать влияние технологического разброса параметров транзисторов и изменения температуры на режим транзистора по постоянному току и коэффициент передачи тока усилителя низкой частоты. Изучить способы коллекторной стабилизации рабочей точки транзистора и коэффициента усиления по току.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: показатели качества	1. Нарисовать низкочастотную эквивалентную схему биполярного транзистора 2. Нарисовать схему усилителя на биполярном транзисторе с общим эмиттером и цепью коллекторной стабилизации положения рабочей точки
Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	1. Получить формулу для расчета коэффициента усиления тока в схеме ОЭ на низкой частоте через параметры эквивалентной схемы транзистора

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-13. ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты

**Формы реализации:** Допуск к лабораторной работе

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка задания к лабораторной работе, ответы на контрольные вопросы

#### Краткое содержание задания:

Экспериментально исследовать влияние технологического разброса параметров транзисторов и изменения температуры на режим усилителя *напряжения* низкой частоты. Изучить способы эмиттерной стабилизации рабочей точки усилителя и коэффициента усиления по напряжению.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: показатели качества	1.Пояснить механизм стабилизации рабочей точки эмиттерным автосмещением.
Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	1.Получить формулу для крутизны проходной характеристики $S$ транзистора с включённым сопротивлением $R_э$ , пользуясь малосигнальной эквивалентной схемой биполярного транзистора с учётом включённого в эмиттерную цепь резистора, незаблокированного конденсатором 2.Получить формулу для коэффициента усиления по напряжению, используя малосигнальную эквивалентную схему биполярного транзистора с учётом включённого в эмиттерную цепь резистора, незаблокированного конденсатором

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-14. РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается индивидуальное задание, которое он выполняет дома в часы самостоятельной работы

#### Краткое содержание задания:

Выбор рабочей точки транзистора в 1-м каскаде усилителя, расчет компонентов схемы этого каскада и коэффициента усиления на средних частотах. Расчет частотной характеристики 1-го каскада усилителя. Определение верхней граничной частоты полосы усиления.

#### Таблица индивидуальных заданий на типовой расчет

N N пп	Фамилия , имя	E П [В ]	ДЕП/ ЕП	Упуль с [мВ]	I <sub>y1</sub> [мА ]	I <sub>y</sub> [мА ]	Тип транзистор а	UГ [мВ ]	RГ [кОм ]	f <sub>н</sub> [кГц ]	R <sub>вх</sub> [кОм ]
1		12	±0,02	1	5	160	КТ325	2,5	4	4	1
2		11	±0,01 5	1,5	6	140	КТ316	2	4	4	1
3		10	±0,01 2	2	7	120	КТ312	1,5	4	4	1
4		9	±0,01	1	8	100	КТ306	1	4	8	1
5		8	±0,02	1,5	5	160	КТ325	2,5	3	8	2
6		12	±0,01 5	2	6	140	КТ316	2	3	8	2
7		11	±0,01 2	1	7	120	КТ312	1,5	3	6	2
8		10	±0,01	1,5	8	100	КТ306	1	3	6	2
9		9	±0,02	2	5	160	КТ325	2,5	2	6	3
10		12	±0,01 5	1	6	140	КТ316	2	2	10	3

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1.Нарисовать схему усилителя с ОЭ одним источником питания и цепью эмиттерного автосмещения
Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электронных цепей	1.Метод расчета компонентов схемы усилителя на средних частотах 2.Метод расчета верхней частоты полосы усиления каскада

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**6 семестр**

**КМ-15. Подготовка конструкторской документации**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 100

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** При выполнении задания на курсовой проект студент отчитывается о правилах составления принципиальных схем по ГОСТУ, известных ему и используемых при выполнении задания на КП. Студент иллюстрирует сообщение фрагментами отчета по КП

**Краткое содержание задания:**

Назовите стандарт (ГОСТ), в соответствии с которым Вы составляете схему в отчете

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: составлять принципиальные схемы по ГОСТУ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах</li><li>2.Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения</li><li>3.Объясните, каково правило присвоения порядковых номеров элементов или устройств на схеме. Приведите примеры для 5 элементов или микросхем, расположенных в разных частях одной схемы</li><li>4.Вопрос по теме Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах</li><li>5.Вопрос по расчету амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя</li></ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами*

*Оценка: не зачтено*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

## Для курсового проекта/работы

6 семестр

### I. Описание КП/КР

Проектирование многокаскадного резистивного широкополосного усилителя на биполярных транзисторах. Исходные данные по выполнению курсового проекта приводятся в Таблице индивидуальных заданий.

### II. Примеры задания и темы работы

Пример задания

Задание на курсовой проект по курсу «Электроника»

В ходе выполнения курсового проекта необходимо спроектировать широкополосный резистивный усилитель на биполярных транзисторах. Для каждого варианта заданы следующие параметры:

1. Амплитуда напряжения генератора сигнала
2. Внутреннее сопротивление источника сигнала
3. Амплитуда напряжения на нагрузке (выходное напряжение усилителя)
4. Внешнее сопротивление нагрузки
5. Напряжение питания
6. Нижняя граничная частота полосы усиления
7. Верхняя граничная частота полосы усиления

Необходимо рассчитать все элементы схемы, рассчитать частотную характеристику усилителя. Изобразить полученную схему усилителя с типами всех выбранных полупроводниковых приборов и номиналами пассивных компонентов.

NN пп	Фамилия, имя	U <sub>г</sub> [мВ]	R <sub>г</sub> [кОм]	U <sub>Н</sub> [В]	R <sub>Н</sub> [Ом]	E <sub>р</sub> [В]	Тип тр-ра	F <sub>min</sub> [Гц]	F <sub>max</sub> [кГц]
1		3	10	1,5	150	6	КТ368Б	200	150
2		4	3	2,0	160	7	КТ368А	6000	1200
3		4	4	2,0	160	7	2Т368А	8000	800
4		3	3	1,4	140	6	2Т368Б	1000	1000
5		3	4	2,1	70	10	КТ325А	500	500
6		2	10	2	150	12	КТ371А	400	180
7		2	8	1,8	200	8	КТ325А	400	360
8		2	5	1,4	70	10	КТ312В	4000	500
9		1,6	2	1,6	150	10	КТ371А	180	200
10		1	2	1,4	140	6	КТ368Б	1200	800

### Тематика КП/КР:

Проектирование многокаскадного резистивного широкополосного усилителя на биполярных транзисторах.

**КМ-1. Расчет сквозного коэффициента усиления, разработка структурной схемы многокаскадного усилителя**

**Описание шкалы оценивания**

Оценка: 5



*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-2. Расчет многокаскадного усилителя по постоянным и малым переменным сигналам**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-3. Расчет цепи обратной связи**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-4. Расчет АЧХ усилителя**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-5. Оформление КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

1. Концентрация собственных носителей тока в Ge  $n_i = 2.25 \cdot 10^{10}$  м<sup>-3</sup> подвижность электронов  $\mu_n = 0,4$  м<sup>2</sup>/Вс, подвижность дырок  $\mu_p = 0,2$  м<sup>2</sup>/Вс. Определите проводимости а) чистого германия, б) германия, легированного элементом 3 группы, если концентрация легирующих примесей равна  $4,5 \cdot 10^{11}$  м<sup>-3</sup> и все примеси ионизированы, в) германия, легированного элементом 5 группы, если концентрация легирующих примесей равна  $4,5 \cdot 10^{12}$  м<sup>-3</sup> и все примеси ионизированы.
2. Изобразите малосигнальную высокочастотную эквивалентную схему биполярного транзистора для активной области (схему Джиаколетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора  $I_{к0} = 5$  мА,  $C_{э} = 8$  пФ,  $C_{ка} = C_{кп} = 1$  пФ,  $r_{б} = 100$  Ом,  $\beta = 100$ ,  $f_T = 800$  МГц найдите диффузионную емкость  $S_D$ , крутизну проходной характеристики транзистора на низкой частоте и граничную частоту по крутизне.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

### Вопросы, задания

1. Что такое эффективная плотность состояний электронов в зоне проводимости? Как она зависит от температуры и почему?
2. Изобразите и сравните между собой вольт-фарадные характеристики варикапов с плавным, резким и сверхрезким p - n переходами. Для варикапа с резким ступенчатым переходом изобразить распределения плотности пространственного заряда, напряженности электрического поля и потенциала вдоль оси, перпендикулярной плоскости перехода, при двух значениях закрывающего напряжения.
3. Сравните между собой крутизны проходных характеристик биполярного и полевого транзисторов, при параболической аппроксимации, работающих при одинаковых постоянных токах  $I_0 = 10$  мА, если в полевом транзисторе этот ток соответствует нулевому напряжению затвор-исток при напряжении отсечки - 4 В, а биполярный транзистор имеет сопротивление базы 100 Ом и  $\beta = 100$ .

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Определите в какой области работает кремниевый биполярный транзистор, если выполняется следующее условие  $U_{бэ} = 0,7$  В  $U_{бк} = -3$  В

Ответы:

Активная область Область отсечки Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

2.Какой зависимостью описывается проходная характеристика биполярного транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: экспоненциальная

3.Какой зависимостью описывается проходная характеристика полевого транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: параболическая

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

### Вопросы, задания

1.Изобразите и сравните эквивалентные схемы полупроводниковых р - n диодов, используемые для расчетов статических режимов диодов и динамических процессов в них. Постройте статическую характеристику диода, имеющего при  $T = 300$  К ток насыщения 10-13 А и сопротивление материала базы 12 Ом при изменении прямого тока до 30 мА.

2.Изобразите проходные характеристики МОП полевого транзистора с индуцированным n-каналом. Как изменятся эти характеристики при увеличении температуры и почему? Изобразите выходные характеристики такого транзистора. Как изменятся выходные характеристики, если напряжение затвор-исток меньше напряжения в термостабильной точке?

3. Изобразите и сравните между собой проходные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом и n каналом и с наведенным n каналом. Сравните также малосигнальные высокочастотные эквивалентные схемы этих транзисторов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Каково напряжение открывание кремниевого полупроводникового диода

Ответы:

0 В 0,2 В 0,6 В

Верный ответ: 0,6 В

2.Выберите правильное обозначение n-р-п биполярного транзистора, введя номер рисунка 1 или 2

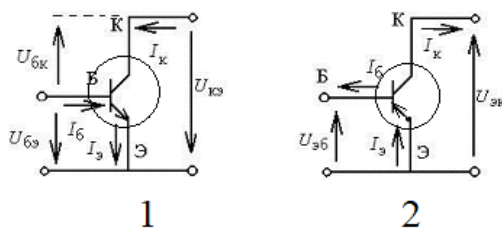


Figure 1 Обозначения биполярного транзистора

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1

3.Для какой области работы справедлива линейная малосигнальная эквивалентная схема Джаколетто, показанная на рис.

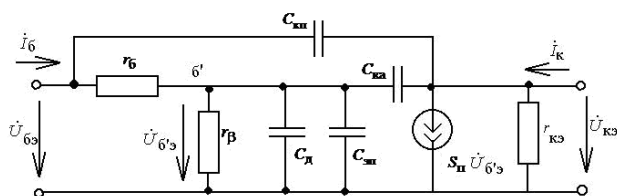


Figure 2 Малосигнальная эквивалентная схема биполярного транзистора

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ОПК-2 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для какой схемы включения биполярного транзистора применяется инжекционная модель транзистора, показанная на рисунке

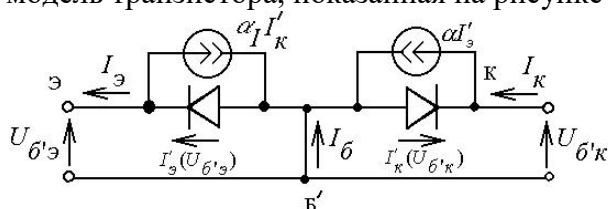


Figure 3 Инжекционная модель биполярного транзистора

Ответы:

Схема с общей базой Схема с общим эмиттером Схема с общим коллектором

Верный ответ: Схема с общей базой

2. Для какой схемы включения биполярного транзистора применяется передаточная модель транзистора, показанная на рисунке

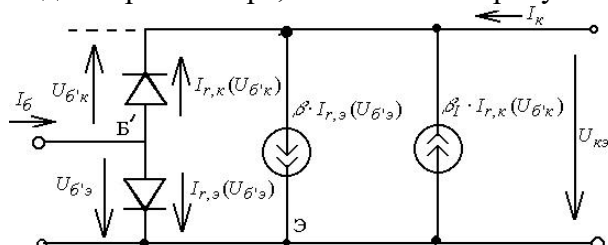


Figure 4 Передаточная модель биполярного транзистора

Ответы:

Схема с общей базой Схема с общим эмиттером Схема с общим коллектором

Верный ответ: Схема с общим эмиттером

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### **5 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

#### **Пример билета**

1. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим истоком на ПТ с наведенным  $n$ -каналом. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Даны:  $E_{ПС} = 16$  В,  $E_{ПЗ} = 6$  В,  $U_{ОТС} = 4$  В. В рабочей точке  $I_C = 4$  мА,  $U_{СИ} = 9$  В и известны параметры упрощенной эквивалентной схемы полевого транзистора:  $C_{ЗИ} = 6$  пФ,  $C_{ЗС} = 3$  пФ,  $r_{си} = 60$  кОм. Известны  $R_{Г} = 5$  кОм и  $R_{З} = 500$  кОм. Найти сквозной коэффициент усиления на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания каскада. Теоретический вопрос

2. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим эмиттером на БТ  $n$ - $p$ - $n$ -типа. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Задано  $E_{ПК} = 9$  В. В рабочей точке  $I_C = 5$  мА и  $U_{КЭ} = 3$  В. Известны параметры эквивалентной схемы транзистора:  $r_b = 200$  Ом,  $C_{Э} = 5$  пФ,  $C_{К} = C_{КА} + C_{КП} = 2$  пФ,  $f_{П} = 800$  МГц,  $\beta = 50$ . Полагая, что  $R_{ГС} = 2$  кОм, а эквивалентное сопротивление базового делителя  $R_{Б} = 200$  кОм, найти коэффициент усиления каскада на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания.

#### **Процедура проведения**

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

## ***1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3опк-2 Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### **Вопросы, задания**

1. Изобразить схему стабилизатора напряжения на двух последовательно соединённых прямосмещенных диодах. Сопротивление нагрузки  $R_H$  подключить параллельно двум диодам. Построить зависимости выходного напряжения  $U_2$  и тока диодов  $I_D$  от входного напряжения  $U_1$ . Диоды считать идеальными. Пояснить, как изменятся эти зависимости при уменьшении сопротивления нагрузки стабилизатора  $R_H$ .
2. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим истоком на ПТ с наведенным  $n$ -каналом. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Даны:  $E_{ПС} = 16$  В,  $E_{ПЗ} = 6$  В,  $U_{ОТС} = 4$  В. В рабочей точке  $I_C = 4$  мА,  $U_{СИ} = 9$  В и известны параметры упрощенной эквивалентной схемы полевого транзистора:  $C_{ЗИ} = 6$  пФ,  $C_{ЗС} = 3$  пФ,  $r_{си} = 60$  кОм. Известны  $R_G = 5$  кОм и  $R_3 = 500$  кОм. Найти сквозной коэффициент усиления на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания каскада.
3. Изобразить схему стабилизатора напряжения на стабилитроне. Сопротивление нагрузки  $R_H$  подключить параллельно стабилитрону. Построить зависимости выходного напряжения  $U_2$  и тока стабилитрона  $I_{СТ}$  от входного напряжения  $U_1$ . Пояснить, как изменятся эти зависимости при уменьшении сопротивления нагрузки стабилизатора  $R_H$ .
4. Получите и поясните выражение для коэффициента передачи малых пульсаций входного напряжения на выход диодного стабилизатора напряжения КП. Постройте качественно зависимости  $U_2$  и коэффициента КП от сопротивления стабилизации  $R_C$  при двух значениях входного напряжения  $U_1$ .
5. Получите и поясните выражение для коэффициента стабилизации КСТ диодного стабилизатора напряжения на одном прямосмещённом идеальном кремниевом диоде. Постройте качественно зависимости выходного напряжения  $U_2$  и коэффициента КСТ от сопротивления стабилизации  $R_C$  при  $U_1 = \text{const}$  и сопротивлении нагрузки  $R_H \rightarrow \infty$ . Как изменится эта зависимость, если идеальный диод заменить реальным с сопротивлением базы  $r_D$  не равным 0.
6. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим эмиттером на БТ  $n$ - $p$ - $n$ -типа. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Задано  $E_{ПК} = 9$  В. В рабочей точке  $I_K = 5$  мА и  $U_{КЭ} = 3$  В. Известны параметры эквивалентной схемы транзистора:  $r_b = 200$  Ом,  $C_{Э} = 5$  пФ,  $C_K = C_{КА} + C_{КП} = 2$  пФ,  $f_{ПР} = 800$  МГц,  $\beta = 50$ . Полагая, что  $R_{ГС} = 2$  кОм, а эквивалентное сопротивление базового делителя  $R_B = 200$  кОм, найти коэффициент усиления каскада на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания.
7. Изобразите схему резистивного каскада на МОП-транзисторе с наведённым  $n$ -каналом, включённом по схеме с общим истоком. Получите выражение для сквозного коэффициента усиления малого сигнала на средних частотах. Постройте и поясните зависимости этого коэффициента от сопротивления нагрузки в цепи стока. Как изменится эта зависимость, если напряжение питания стока увеличить в 2 раза.
8. Изобразите схему резистивного каскада на МОП-транзисторе с наведённым  $n$ -каналом, включённом по схеме с общим истоком. Получите выражение для сквозного коэффициента усиления малого сигнала на средних частотах. Постройте и поясните зависимости этого коэффициента усиления от сопротивления нагрузки

в цепи стока. Как изменится эта зависимость, если напряжения смещения в цепи затвора увеличить в 2 раза.

9. В однополупериодном выпрямителе переменного напряжения с амплитудой  $U_C$  и частотой  $f = 50$  Гц известны параметры кусочно-линейной аппроксимации характеристики диода  $E_D = 0,6$  В,  $S_D = 1,5$  А/В, требуемое значение  $U_H = 3$  В, сопротивление нагрузки  $R_H = 100$  Ом и допустимый размах пульсаций  $\Delta U_{пульс} = 0,1$  В. Найдите амплитуду  $U_C$ , к.п.д.  $\eta$  выпрямителя и необходимую емкость  $C_H$ .

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая основная характеристика диодного стабилизатора напряжения

Ответы:

Коэффициент усиления по напряжению Коэффициент усиления по току Коэффициент стабилизации

Верный ответ: Коэффициент стабилизации

2. Какую аппроксимацию вольт-амперной характеристики выпрямляющего диода используют при расчете выпрямителя напряжения?

Ответы:

Линейная Экспоненциальная Кусочно-линейная

Верный ответ: Кусочно-линейная

3. Выберите схему выпрямителя, в которой КПД больше

Ответы:

однополупериодный выпрямитель мостовой выпрямитель

Верный ответ: мостовой выпрямитель

4. Выберите правильную схему резистивного усилителя, построенного по схеме с общим эмиттером

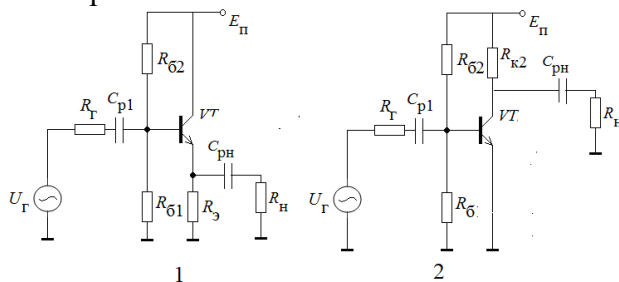


Figure 5 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 2

5. Выберите правильную схему эмиттерного повторителя

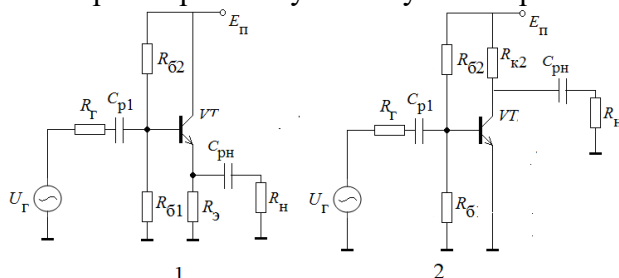


Figure 6 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1



6. Для чего используется схема эмиттерного автосмещения в усилителе на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером

Ответы:

Для стабилизации постоянных составляющих токов и напряжений в рабочей точке Для стабилизации коэффициента усиления по напряжению Для стабилизации полосы усиления каскада

Верный ответ: Для стабилизации постоянных составляющих токов и напряжений в рабочей точке

7. Для чего используется схема истокового автосмещения в усилителе на полевом транзисторе, включенном по схеме с общим истоком

Ответы:

Для стабилизации постоянных составляющих токов и напряжений в рабочей точке Для стабилизации коэффициента усиления по напряжению Для стабилизации полосы усиления каскада

Верный ответ: Для стабилизации постоянных составляющих токов и напряжений в рабочей точке

8. В какой области должен работать биполярный транзистор в линейном резистивном усилителе

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

9. В какой области должен работать полевой транзистор в линейном резистивном усилителе по схеме с общим истоком

Ответы:

Пологая область Крутая область Область отсечки

Верный ответ: Пологая область

10. В каких областях должен работать биполярный транзистор в логических схемах

Ответы:

область отсечки-область насыщения область отсечки-активная область область отсечки-инверсная область

Верный ответ: область отсечки-область насыщения

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-4</sub> Разрабатывает проектную и конструкторско-технологическую документацию в соответствии с нормативными требованиями

### Вопросы, задания

1. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах

2. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дайте развернутый ответ на вопрос: какие каскада обеспечивают большой коэффициент усиления по напряжению

Ответы:

каскад с общим эмиттером каскад с общей базой каскад с общим коллектором

Верный ответ: каскад с общим эмиттером

2. В ходе выполнения курсового проекта необходимо спроектировать широкополосный резистивный усилитель на биполярных транзисторах. Приведите обоснование того, какие элементы в схеме влияют на верхнюю частоту полосы усиления

Ответы:

разделительные конденсаторы внутренние емкости БТ емкости с цепи обратной связи

Верный ответ: внутренние емкости БТ

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Для курсового проекта/работы:**

**6 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита курсового проекта проходит в устной форме комиссии из 2-х преподавателей. Студент делает доклад о выполненном курсовом проекте, отвечает на дополнительные вопросы.

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно, на дополнительные вопросы ответы неточные

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.