

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

**Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

**Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы**

**Уровень образования: высшее образование - специалитет**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Основы электронных цепей**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Чеченя С.А.
	Идентификатор	Rd31a545a-ChecheniaSA-8714ed2

С.А. Чеченя

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea

А.Ю.  
Сизякова

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

А.Р. Сафин

## 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-3 способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

ИД-1 Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования

2. ОПК-4 способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

ИД-3 Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа)
2. ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа)
3. 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: 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

5 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	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:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

6 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 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-3	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей с различными моделями полупроводниковых активных приборов	ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная 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) 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> Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	Уметь: экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных	ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа) КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа)

		компонентов и активных приборов	
--	--	---------------------------------	--

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

### **КМ-1. 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: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата	1. Нарисовать схему стабилизатора напряжения на прямой ветви ВАХ диода 2. Нарисовать схему стабилизатора напряжения на стабилитроне 3. Метод расчета коэффициента пульсаций и коэффициента стабилизации диодных стабилизаторов напряжения 4. 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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-2. 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: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1. Как определить крутизну $S$ проходной характеристики полевого транзистора? 2. Как определить выходное дифференциальное сопротивление полевого транзистора? 3. Изобразить эквивалентную схему полевого транзистора с генератором тока на низкой частоте. 4. Перечислить возможные причины искажений формы выходного напряжения для резистивного усилителя. 5. Как обеспечить смещение в усилителях на активных приборах с левой и правой проходными характеристиками, не имея дополнительного источника питания?
Уметь: экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных компонентов и активных 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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-3. 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 пп	Фамилия , имя	E П [В ]	ДЕП/ ЕП	Упуль с [мВ]	I <sub>y1</sub> [мА ]	I <sub>y</sub> [мА ]	Тип транзистор а	U <sub>Г</sub> [мВ ]	R <sub>Г</sub> [кОм ]	f <sub>н</sub> [кГц ]	R <sub>вх</sub> [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: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего

1. Нарисовать схему мостового выпрямителя
2. Нарисовать схему стабилизатора напряжения с эмиттерным повторителем

**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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. 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	1. Нарисовать схему усилителя с истоковым автосмещением и одним источником питания
---	--

приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	2.Нарисовать схему стабилизации рабочей точки в цепи стока 3.Построить зависимость коэффициента усилителя с общим истоком от сопротивления в цепи стока, от $E_{пс}$ . от $E_{пз}$
Уметь: экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных компонентов и активных 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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### **КМ-5. 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: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1.Нарисовать низкочастотную эквивалентную схему биполярного тран-зистора 2.Нарисовать схему усилителя на биполярном транзисторе с общим эмиттером и цепью коллекторной стабилизации положения рабочей точки 3.Нарисовать схему усилителя на биполярном
---	--

	транзисторе с общим эмиттером и цепью коллекторной стабилизации коэффициента усиления тока
Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей с различными моделями полупроводниковых активных 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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-6. 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: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	1.Изобразить низкочастотную малосигнальную эквивалентную схему биполярного транзистора с учётом включённого в эмиттерную цепь резистора $R_{э}$ (незаблокированного конденсатором $C_{э}$ ) 2.Пояснить механизм стабилизации рабочей точки эмиттерным автосмещением. 3.Каков основной механизм воздействия температуры на положение рабочей точки в
---	---

	нестабилизированном усилителе
Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей с различными моделями полупроводниковых активных приборов	<p>1.Получить формулу для крутизны проходной характеристики <math>S</math> транзистора с включённым сопротивлением <math>R_э</math>, пользуясь малосигнальной эквивалентной схемой биполярного транзистора с учётом включённого в эмиттерную цепь резистора, незаблокированного конденсатором</p> <p>2.Получить формулу для коэффициента усиления по напряжению, используя малосигнальную эквивалентную схему биполярного транзистора с учётом включённого в эмиттерную цепь резистора, незаблокированного конденсатором</p>

**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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-7. 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 ]	DEП/ EП	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	$\pm 0,01$ 5	1,5	6	140	КТ316	2	4	4	1
3		10	$\pm 0,01$ 2	2	7	120	КТ312	1,5	4	4	1
4		9	$\pm 0,01$	1	8	100	КТ306	1	4	8	1
5		8	$\pm 0,02$	1,5	5	160	КТ325	2,5	3	8	2
6		12	$\pm 0,01$ 5	2	6	140	КТ316	2	3	8	2
7		11	$\pm 0,01$ 2	1	7	120	КТ312	1,5	3	6	2
8		10	$\pm 0,01$	1,5	8	100	КТ306	1	3	6	2
9		9	$\pm 0,02$	2	5	160	КТ325	2,5	2	6	3
10		12	$\pm 0,01$ 5	1	6	140	КТ316	2	2	10	3

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарисовать схему усилителя с ОЭ одним источником питания и цепью эмиттерного автосмещения</li> <li>2. Область работы биполярного транзистора в усилителя малом сигнала</li> <li>3. Цель использования цепи эмиттерного автосмещения в усилителях</li> </ol>
Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей с различными моделями полупроводниковых активных приборов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод расчета компонентов схемы усилителя на средних частотах</li> <li>2. Метод расчета верхней частоты полосы усиления каскада</li> </ol>

### 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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

## 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	$U_g$ [мВ]	$R_g$ [кОм]	$U_H$ [В]	$R_H$ [Ом]	$E_p$ [В]	Тип тр-ра	$F_{min}$ [Гц]	$F_{max}$ [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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

## **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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

## **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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

#### **КМ-4. Расчет АЧХ усилителя**

##### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

#### **КМ-5. Оформление КП**

##### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 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  $I_K = 5$  мА и  $U_{КЭ} = 3$  В. Известны параметры эквивалентной схемы транзистора:  $r_{б} = 200$  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-1<sub>ОПК-3</sub> Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования

### Вопросы, задания

1. 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  $R_H$ .

2. 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  $U_1$ .

3. 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:  $r_{б} = 200$  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.

4.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.

5.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.

### 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 усиления по напряжению Коэффициент усиления по току 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.В какой области должен работать биполярный транзистор в линейном резистивном усилителе

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

5.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

6.В каких областях должен работать биполярной транзистор в логических схемах

Ответы:

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

Верный ответ: область отсечки-область насыщения

7.В какой из логических схем на полевых МОП транзисторах наибольшее быстродействие?

Ответы:

схема на простых ключах с линейной нагрузкой схема на ключах с нелинейной нагрузкой схема на КМОП ключах

Верный ответ: схема на КМОП ключах

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ОПК-4 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

**Вопросы, задания**

1. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим истоком на ПТ с наведенным п-каналом. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Даны:  $E_{ПС} = 16\text{ В}$ ,  $E_{ПЗ} = 6\text{ В}$ ,  $U_{ОТС} = 4\text{ В}$ . В рабочей точке  $I_C = 4\text{ мА}$ ,  $U_{СИ} = 9\text{ В}$  и известны параметры упрощенной эквивалентной схемы полевого транзистора:  $C_{ЗИ} = 6\text{ пФ}$ ,  $C_{ЗС} = 3\text{ пФ}$ ,  $r_{си} = 60\text{ кОм}$ . Известны  $R_{Г} = 5\text{ кОм}$  и  $R_{З} = 500\text{ кОм}$ . Найти сквозной коэффициент усиления на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания каскада.
2. 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 сопротивлению нагрузки  $R_H \rightarrow \infty$ . Как изменится эта зависимость, если идеальный диод заменить реальным с сопротивлением базы  $r_D \neq 0$ .
3. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах
4. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения

**Материалы для проверки остаточных знаний**

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

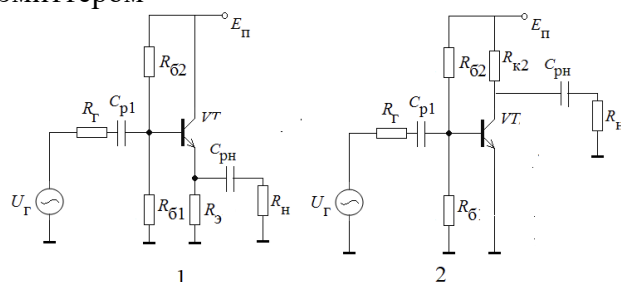


Figure 1 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 2

2. Выберите правильную схему эмиттерного повторителя

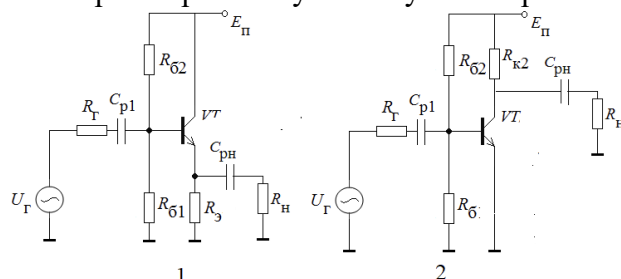


Figure 2 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1

3. 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

4. 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

5. 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 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.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

### ***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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***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.