

**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  
Электроника**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:


Разработчик

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

Т.И.  
Болдырева


## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|   | Владелец   | Сизякова А.Ю.                  |
|   | Идентификатор                                      | R4eb30863-SizyakovaAY-83831ea7 |

А.Ю.  
Сизякова

Заведующий  
выпускающей кафедры

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|   | Владелец   | Куликов Р.С.                 |
|   | Идентификатор                                      | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

Р.С. Куликов

## 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-2 способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения

ИД-2 Осуществляет сбор и анализ научно-технической информации, составляет аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы

2. 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

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

ИД-1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований

ИД-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

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 №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. Физическое 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)
4. КР№2.2. Усилители малого сигнала на биполярных транзисторах. Контрольная работа (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   | 15   | 15   | 15   |
| 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- | КМ- | КМ- | КМ- | КМ- | КМ- |

|   | КМ:      | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|----------|---|----|----|----|----|----|----|----|
|   | Срок КМ: | 4 | 7  | 8  | 11 | 13 | 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        | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 |

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   | 15   | 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-2              | ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Осуществляет сбор и анализ научно-технической информации, составляет аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы     | Знать:<br>методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)<br>КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)<br>КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)   |
| 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 | Уметь:<br>решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей  | ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная работа)<br>РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа)<br>РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа) |
| ОПК-4              | ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований  | Знать:<br>физическое основы электропроводности основные типы активных приборов, их модели и способы количественного  | ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа)<br>КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)<br>ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)   |

|       |  |   |   |
|-------|--|---|---|
|       |  | описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата  | ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)<br>ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)   |
| ОПК-4 | ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования                    | Знать:<br>типичные режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах<br>Уметь:<br>пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов | ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)<br>ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)<br>ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)<br>КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)<br>КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)   |
| ОПК-4 | ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов | Уметь:<br>экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных компонентов и активных приборов   | ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа)<br>КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа)<br>ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа)<br>ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа)<br>КР №2.2. Усилители малого сигнала на биполярных транзисторах. Контрольная работа (Контрольная работа) |



## 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:

|  |   |
|--|---|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | <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> |
|--|---|

#### 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

*Оценка: 2*

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

## КМ-2. КР №1.1. Физическое 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: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых | 1. В 4-х валентный элемент введена 3-х валентная примесь. Определите тип полупроводника<br>2. Какие области возникают при контакте полупроводников p-типа и n-типа |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| моделей и стандартных прикладных программ   |  |
| Знать: физическое основы электропроводности | 1. В 4-х валентный элемент введена 5-ти валентная примесь. Определите тип полупроводника |

**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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнено ни одно задание или все задания выполнены с грубыми ошибками*

**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:**

|  |  |
|--|--|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1. Изобразить семейства статических характеристик транзистора.   |
| Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах  | 1. Пояснить, как влияют на ВАХ биполярного транзистора напряжения питания, температура.  |
| Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов  | 1. Определение количественных параметров статических характеристик биполярных транзисторов<br>2. Пояснить работу характеристики графа. |

**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

*Оценка:* 2

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

#### **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.<br>2.Дайте определение понятия граничная частота биполярного транзистора |
| Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах  | 1.Что такое граничная частота по крутизне.   |
| Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов  | 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

Оценка: 2

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

|  |  |
|--|--|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1. Проходные и выходные характеристик полевых транзисторов различных типов:<br>а) с изолированным затвором и встроенным каналом $n$ -типа;<br>б) с изолированным затвором и индуцированным каналом $p$ -типа;<br>в) с управляющим $p$ - $n$ переходом и каналом $p$ -типа.<br>2. Методика расчета крутизны проходной характеристики и выходного дифференциального сопротивления полевого транзистора<br>3. Принцип работы характеристики графа<br>4. Области работы полевых транзисторов |
| Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов  | 1. Уметь рассчитывать параметры модели полевого транзистора в заданной рабочей точке<br>2. 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | 1. Определите в какой области работает Si n-p-n БТ, если $U_{Б'Э} = 0,65$ В, $U_{Б'К} = -20$ В. Нарисуйте передаточную модель БТ, описывающую работу БТ по постоянному току в этой области.<br>4. Изобразите схему передаточной зарядовой модели для активной области работы биполярного транзистора.<br>2. Напишите уравнения для расчета входных, проходных и выходных характеристик БТ, включенного по схеме ОЭ. Изобразите входные и проходные характеристики для активной области и области насыщения характеристики.<br>3. Изобразите малосигнальную ВЧ эквивалентную схему БТ для активной области (схему Джиаклетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора $I_{К0} = 10$ мА, $C_{Э} = 8$ пФ, $СКП = СКА = 1$ пФ, $r_{б} = 100$ Ом, $\beta = 100$ , $f_T = 300$ МГц, рассчитайте диффузионную емкость, крутизну по входу $S$ на низкой частоте и граничную частоту по коэффициенту передачи по току $f_{\beta}$ . Поясните смысл этой частоты.<br>4. Изобразите схему передаточной зарядовой модели для активной области работы биполярного транзистора. |
| Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов   | 1. Определение областей работы биполярных транзисторов и соответствующих эквивалентных схем  |

#### 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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. 4. 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: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | 1.Области работы полевых транзисторов.<br>2.Эквивалентные малосигнальные схемы полевых транзисторов на средних и умеренно-высоких частотах. |
| Знать: типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах   | 1.Условные графические обозначения полевых транзисторов разного типа.   |
| Уметь: пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов   | 1.Расчет малосигнальных параметров полевых транзисторов по статическим характеристикам в рабочей точке.                                     |

**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*

*Оценка: 2*

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

|  |   |
|--|---|
| Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей | 1.Изобразить передаточную характеристику по напряжению стабилизатора напряжения на одном п/п диоде и 2-х последовательно-соединенных. |
|--|---|

**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-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:** 5

**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:

|  |  |
|--|--|
| 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-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:** 10

**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<br>N<br>пп | Фамилия<br>, имя | E<br>П<br>[В<br>] | DEП/<br>EP | Упуль<br>с<br>[мВ] | Iy1<br>[мА<br>] | Iy<br>[мА<br>] | Тип<br>транзистор<br>а | UG<br>[мВ<br>] | RG<br>[кОм<br>] | fн<br>[кГц<br>] | Rвх<br>[кОм<br>] |
|--------------|------------------|-------------------|------------|--------------------|-----------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1            |                  | 12                | ±0,02      | 1                  | 5               | 160            | КТ325                  | 2,5            | 5               | 4               | 1                |
| 2            |                  | 11                | ±0,01<br>5 | 1,5                | 6               | 140            | КТ316                  | 2              | 5               | 4               | 1                |
| 3            |                  | 10                | ±0,01<br>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<br>5 | 2                  | 6               | 140            | КТ316                  | 2              | 4               | 8               | 2                |
| 7            |                  | 6                 | ±0,01<br>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<br>5 | 1                  | 6               | 140            | КТ316                  | 2              | 2               | 5               | 3                |
| 11           |                  | 9                 | ±0,01<br>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<br>5 | 1,5                | 6               | 140            | КТ316                  | 2              | 1               | 4               | 4                |
| 15           |                  | 12                | ±0,01<br>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<br>5 | 2                  | 6               | 140            | КТ316                  | 2              | 3               | 8               | 1                |
| 19           |                  | 8                 | ±0,01<br>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:**

|  |   |
|--|---|
| Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей | 1. Провести расчет мостового выпрямителя<br>2. Провести расчет коэффициента стабилизации стабилизатора напряжения на стабилитроне 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-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:  $E_{пс} = 18 В$ ,  $E_{пз} = 2В$ . В рабочей точке по постоянному сигналу  $I_C = 4 мА$ ,  $U_{СИ} = 6 В$ ,  $U_{ЗИ} = 0 В$ . Известны параметры эквивалентной схемы МОП транзистора:  $C_{зи} = 10 пФ$ ,  $C_{зс} = 2 пФ$ , крутизна проходной характеристики равна  $2 мА/В$ , выходное сопротивление транзистора в пологой области равно  $20 кОм$ . Рассчитать сопротивление в цепи автосмещения  $R_{И}$ , коэффициент усиления каскада на средних частотах, нижнюю и верхнюю частоты полосы пропускания усилителя, если  $C_{р1} = 5 нФ$ ,  $R_{г} = 5 кОм$ ,  $R_{з} = 500 кОм$ .
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:**

|  |   |
|--|---|
| 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-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:** 15

**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:

|  |  |
|--|--|
| Уметь: экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных компонентов и 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-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:** 15

**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:**

|   |  |
|---|--|
| <p>Уметь: экспериментально определять основные характеристики и параметры широко применяемых нелинейных компонентов и активных приборов</p> | <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-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<br>N<br>пп | Фамилия<br>, имя | E<br>П<br>[В<br>] | ДЕП/<br>ЕП | Упуль<br>с<br>[мВ] | I <sub>y1</sub><br>[мА<br>] | I <sub>y</sub><br>[мА<br>] | Тип<br>транзистор<br>а | UГ<br>[мВ<br>] | RГ<br>[кОм<br>] | f <sub>н</sub><br>[кГц<br>] | R <sub>вх</sub><br>[кОм<br>] |
|--------------|------------------|-------------------|------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1            |                  | 12                | ±0,02      | 1                  | 5                           | 160                        | КТ325                  | 2,5            | 4               | 4                           | 1                            |
| 2            |                  | 11                | ±0,01<br>5 | 1,5                | 6                           | 140                        | КТ316                  | 2              | 4               | 4                           | 1                            |
| 3            |                  | 10                | ±0,01<br>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<br>5 | 2                  | 6                           | 140                        | КТ316                  | 2              | 3               | 8                           | 2                            |
| 7            |                  | 11                | ±0,01<br>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<br>5 | 1                  | 6                           | 140                        | КТ316                  | 2              | 2               | 10                          | 3                            |

**Контрольные вопросы/задания:**

|  |  |
|--|--|
| Уметь: решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей | 1.Метод расчета компонентов схемы усилителя на средних частотах<br>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

Оценка: 2

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

### КМ-15. КР№2.2. Усилители малого сигнала на биполярных транзисторах.

#### Контрольная работа

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

#### Краткое содержание задания:

1. Нарисовать схему усилителя на Si биполярном n-p-n транзисторе (БТ), питание предусмотреть от одного источника. Для стабилизации рабочей точки использовать коллекторную стабилизацию. В преобразованной схеме с двумя источниками питания без цепи стабилизации известно:  $E_{пк} = 20$  В,  $R_k = 1$  кОм, в рабочей точке  $U_{кэ} = 10$  В и известны параметры эквивалентной схемы БТ:  $C_k = 5$  пФ,  $C_э = 2$  пФ,  $r_b = 100$  Ом.  $\beta = 100$ ,  $f_t = 800$  МГц, выходное дифференциальное сопротивление транзистора в активной области  $100$  кОм, заданы также  $R_g = 5$  кОм и  $R_B = 50$  кОм. Найти сквозной коэффициент усиления каскада на средних частотах и верхнюю граничную частоту полосы пропускания усилителя.
2. Построить зависимость коэффициента усиления каскада на средних частотах от сопротивления  $R_k$ . Как изменится эта зависимость, если  $E_{пк}$  увеличить в два раза?
3. Нарисовать схему эмиттерного повторителя. Построить передаточную характеристику по напряжению.

#### Контрольные вопросы/задания:

|  |  |
|--|--|
| 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 эмиттером 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

## 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<br>пп | Фамилия, имя | U <sub>г</sub><br>[мВ] | R <sub>г</sub><br>[кОм] | U <sub>Н</sub><br>[В] | R <sub>Н</sub><br>[Ом] | E <sub>р</sub><br>[В] | Тип тр-ра | F <sub>min</sub><br>[Гц] | F <sub>max</sub><br>[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 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-5. Оформление КП**

##### **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*

# 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 СД, 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-2</sub> Осуществляет сбор и анализ научно-технической информации, составляет аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы

### Вопросы, задания

1. Пользуясь моделью Эберса-Молла, постройте и поясните проходные характеристики биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, и его малосигнальную эквивалентную схему для низких частот. Какие явления в реальной структуре транзистора, заметно влияющие на вид этой эквивалентной схемы и форму проходных характеристик, не учитываются в этой модели?
2. 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.
3. Изобразите и сравните между собой вольт-фарадные характеристики варикапов с плавным, резким и сверхрезким р - 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.

4. Изобразите и поясните проходные и выходные статические характеристики МОП транзистора со встроенным n каналом. Как изменятся эти характеристики при изменении температуры.

5. Поясните физический механизм влияния коллекторного напряжения в биполярном транзисторе на ток коллектора. Сравните по степени этого влияния схемы с заданным напряжением база-эмиттер и с заданным током базы. Какие элементы в малосигнальной низкочастотной эквивалентной схеме транзистора отражают это влияние?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой зависимостью описывается проходная характеристика биполярного транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: экспоненциальная

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-4</sub> Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований

### Вопросы, задания

1. Что такое эффективная плотность состояний электронов в зоне проводимости? Как она зависит от температуры и почему?

2. Определите в какой области работает n-p-n БТ, если  $U_{Б'Э} = 0,65$  В,  $U_{КЭ} = 10$  В. Нарисуйте инжекционную модель БТ, описывающую работу БТ по постоянному току в этой области. Напишите уравнения для расчета входных, проходных и выходных характеристик БТ, включенного по схеме ОБ.

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  $\beta = 100$ .

4. 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?

5. Определите в какой области находится n-p-n БТ, если  $U_{Б'Э} = 0,7$  В,  $U_{Б'К} = 1$  В. Нарисуйте передаточную модель Эберса-Молла БТ, описывающую работу БТ по постоянному току в этой области. Напишите уравнения для расчета входных, проходных и выходных характеристик БТ, включенного по схеме ОЭ. Изобразите все эти характеристики.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В 4-х валентный элемент введена 5-ти валентная примесь. Определите тип полупроводника

Ответы:

Собственный полупроводник Полупроводник p-типа Полупроводник n-типа

Верный ответ: Полупроводник n-типа

2. В 4-х валентный элемент введена 3-х валентная примесь. Определите тип полупроводника

Ответы:

Собственный полупроводник Полупроводник p-типа Полупроводник n-типа

Верный ответ: Полупроводник p-типа

3. Каково напряжение открывания кремниевого полупроводникового диода

Ответы:

0 В 0,2 В 0,6 В

Верный ответ: 0,6 В

4. Выберите правильное определение входной характеристики биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером

Ответы:

Зависимость  $I_B(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{КЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{BЭ}$

Верный ответ: Зависимость  $I_B(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$

5. Выберите правильное определение проходной характеристики биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером

Ответы:

Зависимость  $I_B(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{КЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{BЭ}$

Верный ответ: Зависимость  $I_C(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$

6. Выберите правильное определение выходной характеристики биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером

Ответы:

Зависимость  $I_B(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{BЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{КЭ}$  Зависимость  $I_C(U_{КЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{BЭ}$

Верный ответ: Зависимость  $I_C(U_{КЭ})$  при постоянном напряжении  $U_{BЭ}$

7. Выберите правильное обозначение n-p-n биполярного транзистора, введя номер рисунка 1 или 2

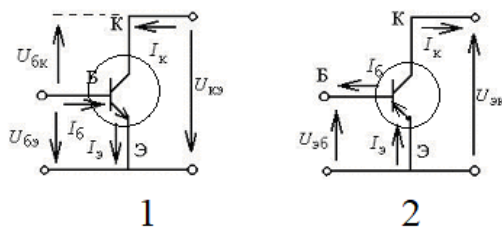


Figure 1 Обозначения биполярного транзистора

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1

8. Какой зависимостью описывается проходная характеристика полевого транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: параболическая

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

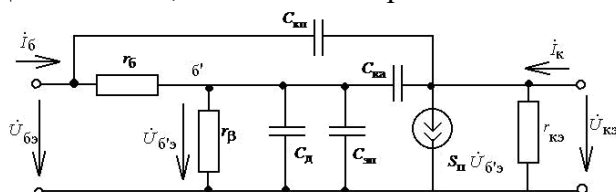


Figure 2 Малосигнальная эквивалентная схема биполярного транзистора

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

**Вопросы, задания**

1. Как зависит от напряжения между затвором и истоком полевого транзистора с управляющим р-п переходом проводимость канала при малых напряжениях между стоком и истоком. При каких условиях полевой транзистор можно использовать как линейное электрически регулируемое сопротивление?
2. Изобразите и сравните между собой проходные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом и n каналом и с наведенным p каналом. Сравните также малосигнальные высокочастотные эквивалентные схемы этих транзисторов.
3. Изобразите малосигнальную высокочастотную эквивалентную схему биполярного транзистора для активной области (схему Джиаколетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора  $I_{к0} = 5 \text{ мА}$ ,  $C_{э} = 8 \text{ пФ}$ ,  $C_{ка} = C_{кп} = 1 \text{ пФ}$ ,  $r_{б} = 100 \text{ Ом}$ ,  $\beta = 100$ ,  $f_T = 800 \text{ МГц}$  найдите диффузионную емкость  $S_D$ , крутизну проходной характеристики транзистора на низкой частоте и граничную частоту по крутизне.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

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

Ответы:

Активная область Область отсечки Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

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

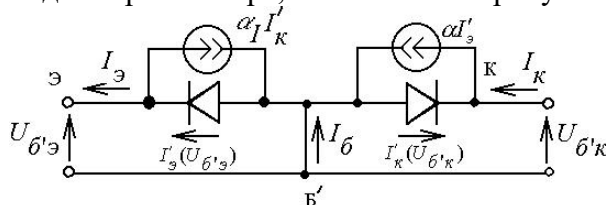


Figure 3 Инжекционная модель биполярного транзистора

Ответы:

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

Верный ответ: Схема с общей базой

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

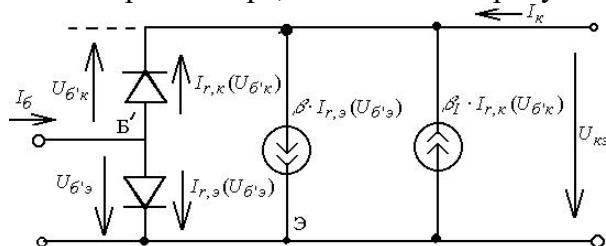


Figure 4 Передаточная модель биполярного транзистора

Ответы:

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

Верный ответ: Схема с общим эмиттером

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-3опк-4 Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### **Вопросы, задания**

1. Граничные и предельные частоты биполярного транзистора. Соотношения между ними. Зависимости этих частот от параметров малосигнальной эквивалентной схемы транзистора и от рабочего тока.

### **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.

### **5 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

1. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим истоком на ПТ с наведенным п-каналом. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Даны:

ЕПС = 16 В, ЕПЗ= 6 В, UОТС = 4 В. В рабочей точке IC = 4 мА, UСИ = 9 В и известны параметры упрощенной эквивалентной схемы полевого транзистора: СЗИ = 6 пФ, СЗС = 3 пФ, rси = 60 кОм. Известны RГ = 5 кОм и RЗ = 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 ЕПК = 9 В. В рабочей точке IC = 5 мА и UKЭ = 3 В. Известны параметры эквивалентной схемы транзистора: rб=200 Ом, СЭ=5 пФ, СК = СКА + СКП = 2 пФ, fПР = 800 МГц, b = 50. Полагая, что RГС = 2 кОм, а эквивалентное сопротивление базового делителя RB = 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-2<sub>ОПК-2</sub> Осуществляет сбор и анализ научно-технической информации, составляет аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Дайте развернутый ответ на вопрос: какие каскады обеспечивают больший 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

**2. 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 двух последовательно соединенных прямосмещенных диодах. Сопротивление нагрузки RН подключить параллельно двум диодам. Построить зависимости выходного напряжения U2 и тока диодов ID от входного напряжения U1. Диоды считать идеальными. Пояснить, как изменятся эти зависимости при уменьшении сопротивления нагрузки стабилизатора RН.

2. Изобразите усилительный каскад по схеме с общим истоком на ПТ с наведенным n-каналом. Источник сигнала подключить к входу через разделительную емкость. Даны: ЕПС = 16 В, ЕПЗ= 6 В, UОТС = 4 В. В рабочей точке IC = 4 мА, UСИ = 9 В и известны параметры упрощенной эквивалентной схемы полевого транзистора:



$C_{3И} = 6 \text{ пФ}$ ,  $C_{3С} = 3 \text{ пФ}$ ,  $r_{си} = 60 \text{ кОм}$ . 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.

3.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  $U_1$ .

4.Изобразите усилительный каскад по схеме с общим эмиттером на БТ n-p-n-типа.

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

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 от сопротивления нагрузки в цепи стока. Как изменится эта зависимость, если напряжение питания стока увеличить в 2 раза.

### Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

Линейная Экспоненциальная Кусочно-линейная

Верный ответ: Кусочно-линейная

2.Выберите схему выпрямителя, в которой КПД больше

Ответы:

однополупериодный выпрямитель мостовой выпрямитель

Верный ответ: мостовой выпрямитель

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

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

4.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

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ОПК-4 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

### Вопросы, задания

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

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.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

2. 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

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

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

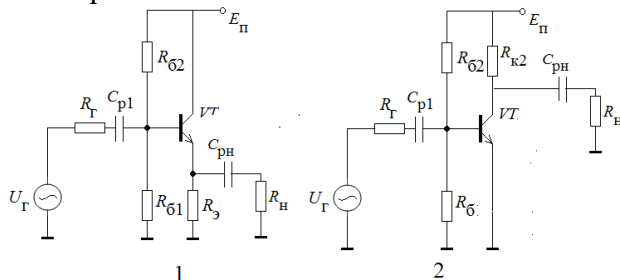


Figure 5 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 2

3. Выберите правильную схему эмиттерного повторителя

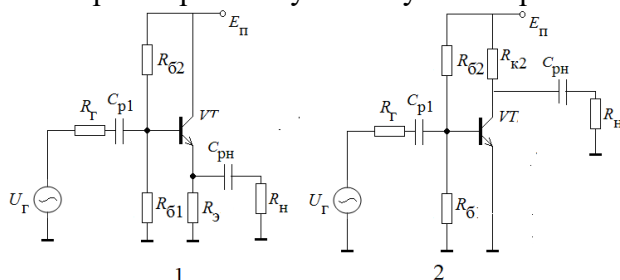


Figure 6 выбор схемы по заданию

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1

4. 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

5. 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

## **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: 50*

*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 вопросы углубленного уровня

*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.