

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Промышленная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы расчета электронных схем**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А.  
Рашитов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186

М.Г.  
Асташев

## 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. ПК-1 Способен строить физические и математические модели принципиальных схем, блоков, устройств и установок электроники и наноэлектроники, осуществлять моделирование и анализ с использованием стандартных программных средств компьютерного моделирования

ИД-3 Умеет строить и верифицировать физические и математические модели модулей, узлов, блоков электронных устройств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Анализ сложной дискретной схемы (Лабораторная работа)
2. Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы (Лабораторная работа)
3. Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы (Лабораторная работа)
4. Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов					
Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов	+				
Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем					
Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем		+			
Анализ переходных процессов в нелинейных схемах					
Анализ переходных процессов в нелинейных схемах			+		
Основы анализа дискретных схем					

Основы анализа дискретных схем				+
Вес КМ:	30	30	25	15

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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
ПК-1	ИД-3ПК-1 Умеет строить и верифицировать физические и математические модели модулей, узлов, блоков электронных устройств	Знать: аналитические модели основных полупроводниковых компонентов методы определения и проверки параметров моделей полупроводниковых компонентов Уметь: проводить численный расчет режимов работы полупроводниковых компонентов в различных схемных решениях проводить расчеты усредненных моделей компонентов	Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов (Лабораторная работа) Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы (Лабораторная работа) Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы (Лабораторная работа) Анализ сложной дискретной схемы (Лабораторная работа)

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

### КМ-1. Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту индивидуально задается 2 вопроса. Ответ должен быть дан в письменном виде

#### Краткое содержание задания:

Проверить навыки определения параметров моделей полупроводниковых компонентов

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: аналитические модели основных полупроводниковых компонентов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какой электронный прибор называется полупроводниковым диодом?</li><li>2. Зависит ли значение дифференциального сопротивления диода от значения протекающего через него тока?</li><li>3. Какие модели и параметры используются для математического описания вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов?</li><li>4. Как зависит ток через диод от температуры, чем обусловлена эта зависимость?</li><li>5. Какое явление лежит в основе работы стабилитрона?</li><li>6. Какие модели и параметры используются для математического описания вольт-амперных характеристик полупроводникового стабилитрона?</li><li>7. Какими предельными и номинальными параметрами характеризуются стабилитроны?</li><li>8. Изобразите и объясните вольт-амперную характеристику диода</li><li>9. Изобразите и объясните вольт-амперную характеристику стабилитрона</li></ol>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*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: 85*

*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: 65*

*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. Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту индивидуально задается 2 вопроса. Ответ должен быть дан в письменном виде

### **Краткое содержание задания:**

Проверить понимание проведения имитационного моделирования работы схемы в статических режимах работы

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы определения и проверки параметров моделей полупроводниковых компонентов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Изобразите семейства входных и выходных характеристик транзистора при включении его по схеме с общим эмиттером</li><li>2.Что такое статический режима работы схемы</li><li>3.Какие эффекты не учитывает модель Эберса-Молла</li><li>4.Как измеряются параметры нелинейной модели транзистора</li><li>5.Как по ВАХ определяются параметры линейных схем замещения транзисторов</li><li>6.Объяснить различия теоретической и экспериментальной зависимости <math>I_k(U_{кэ})</math></li><li>7.Виды пробоя p-n-перехода</li></ol>
---	--

### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

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: 85

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: 65

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. Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту индивидуально задается 2 вопроса. Ответ должен быть дан в письменном виде

#### **Краткое содержание задания:**

Проверить понимание проведения имитационного моделирования работы схемы в динамических режимах работы

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить расчеты усредненных моделей компонентов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое динамический режима работы схемы</li><li>2.Какими параметрами характеризуются инерционные свойства транзистора</li><li>3.Как зависят времена спада и нарастания коллекторного напряжения от сопротивления в цепи коллектора</li><li>4.Нарисовать эквивалентные схемы транзистора для активной нормальной области и области насыщения</li><li>5.Как определяется постоянная накопления <math>t_n</math> и как она связана с параметрами зарядоуправляемой модели</li><li>6.Изобразите модель Эберса-Молла транзистора</li><li>7.Для чего применяют имитационное моделирование</li></ol>
--	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*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: 85*

*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: 65*

*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. Анализ сложной дискретной схемы**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту индивидуально задается 1 вопрос. Ответ должен быть дан в письменном виде

**Краткое содержание задания:**

Проверить понимание анализа сложной дискретной схемы

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить численный расчет режимов работы полупроводниковых компонентов в различных схемных решениях</p>	<p>1. Что такое частотная характеристика схемы?                  2. Постройте зависимости статического сопротивления по выражению (1) и дифференциального сопротивления по выражению (2) от напряжения на диоды при прямом и обратном смещении для температуры 20 С, для диапазонов напряжения от -100 до 0 В и от 0 до 0,8 В</p> $R_{д} = U_{д} / I_{д} = ctg\alpha$ <p>Figure 1 (1)</p> $r_{диф} = \frac{k \cdot T/q}{I(U) + I_0(T)} = \frac{\Phi_T}{I(U) + I_0(T)} \approx \frac{\Phi_T}{I(U)}$ <p>Figure 2 (2)</p> <p>3. Для чего в модели Эберса-Молла используются два управляемых источника тока?                  4. Получите выражение для эквивалентной величины емкости обратной связи <math>C_{зс}</math> при её пересчете на вход полевого транзистора. Для этого определите величину комплексного тока емкости <math>C_{зс}</math> по известным амплитудам напряжения на входе полевого транзистора <math>U_{вх}</math> и на выходе полевого транзистора - <math>U_{вых} = -K_u \cdot U_{вх}</math></p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*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: 85*

*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: 65*

*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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Виды аппроксимации вольт-амперных характеристик

### Процедура проведения

После получения вопроса, студент готовит ответ (не более 45 мин) и отвечает принимающему зачет преподавателю в устной форме.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-ЗПК-1 Умеет строить и верифицировать физические и математические модели модулей, узлов, блоков электронных устройств

### Вопросы, задания

1. Виды аппроксимации вольт-амперных характеристик
2. Графические методы анализа статических режимов, аналитический кусочно-линейный анализ
3. Малосигнальный анализ электронных схем
4. Составление дифференциальных уравнений сложных схем по законам Кирхгофа
5. Модели диода и стабилитрона
6. Модели биполярных транзисторов
7. Модель полевого транзистора МДП
8. Модели операционных усилителей
9. Составление дифференциальных уравнений сложных схем по методу узловых потенциалов
10. Модели компараторов
11. Модель биполярного транзистора с изолированным затвором
12. Модель полевого транзистора с рп-переходом

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Линейная аппроксимация проводящего состояния диода описывается аналитической моделью

Ответы:

1  $U_d + I \cdot R$  2  $R$  3  $dI/dt$  4  $dU/dt$

Верный ответ: 1

2. Линейная аппроксимация состояния стабилизации стабилитрона описывается аналитической моделью

Ответы:

1  $-U_{ст} - I \cdot R_{дифф}$  2  $R$  3  $dI/dt$  4  $dU/dt$

Верный ответ: 1

3. Динамическая модель диода содержит помимо статических параметров диода:

Ответы:

1 барьерную емкость диода 2 ширину n и p областей перехода 3 концентрацию электронов в n области диода 4 параметры энергетической диаграммы рп перехода

Верный ответ: 1

4. Среднеквадратичное отклонение аналитической модели компонента от экспериментальных данных показывает

Ответы:

1 точность аналитической модели 2 сложность расчета аналитической модели 3 угол наклона прямой ветви проводящего состояния 4 точность проведения эксперимента

Верный ответ: 1

5. Угол наклона статической характеристики проводящего состояния диода характеризуется

Ответы:

1 толщиной  $p$  слоя перехода 2 толщиной  $n$  слоя перехода 3 дифференциальным сопротивлением диода 4 барьерной емкостью перехода

Верный ответ: 3

6. Угол наклона статической характеристики диода определяется как

Ответы:

1  $U_d + I \cdot R$  2  $R$  3  $dI/dt$  4  $dU/dI$

Верный ответ: 4

7. При линейном усредненном анализе модели, в районе точки покоя характеристики прибора считается:

Ответы:

1 линейной 2 нелинейной 3 кусочно-линейной 4 переменной

Верный ответ: 1

8. При усредненном анализе емкостные компоненты модели считаются

Ответы:

1 разрывом 2 источником бесконечной энергии 3 источником тока 4 источником переменного напряжения

Верный ответ: 1

9. При усредненном анализе индуктивности компонентов модели считаются

Ответы:

1 коротким замыканием 2 источником бесконечной энергии 3 источником напряжения 4 источником переменного напряжения

Верный ответ: 1

10. Этап схемотехнического проектирования схемных решений содержит

Ответы:

1 создание математической модели 2 программирование микроконтроллера 3 отладку программного обеспечения 4 определение минимальной емкости ПЛИС

Верный ответ: 1

11. Усилитель, построенный по схеме с общим эмиттером является

Ответы:

1 всегда с коэффициентом усиления меньше 1 2 неинвертирующим 3 с коэффициентом усиления 100 4 инвертирующим

Верный ответ: 4

12. Сопротивление входной цепи усилителя, построенного по схеме с общим эмиттером при идеальном транзисторе равно

Ответы:

1 сопротивлению выходной цепи 2 бесконечности 3 приблизительно равно 100 Ом 4 приблизительно равно 1 Ом

Верный ответ: 2

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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:* 75

*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:* 65

*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:* Не выполнены условия для оценки "3"

### ***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.