

**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: Микроэлектроника и твердотельная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Автоматизация анализа электронных схем**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

(подпись)


А.Д. Баринов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f


(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70cafb8

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

- ПК-2 Способен участвовать в проектировании интегральных схем  
ИД-1 Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Макромодель операционного усилителя (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Модифицированный метод узловых потенциалов (Контрольная работа)
2. Расчёт SPICE-параметров диода (Расчетно-графическая работа)
3. SPICE-параметры биполярного транзистора (Контрольная работа)
4. SPICE-параметры диода (Контрольная работа)
5. SPICE-параметры МДП-транзистора (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	7	8	10	13	15
Методы анализа электронных схем							
Методы анализа электронных схем	+						
Моделирование электронных схем							
Общее понятие "модели"	+	+	+	+	+	+	+
SPICE-модели элементов интегральных схем			+	+	+	+	+
Макромодели							
Макромодели			+		+	+	+
Вес КМ:		10	15	15	20	20	20

§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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования	Знать: физико-математические модели элементов электронных схем методы анализа электронных схем Уметь: применять методы автоматизированного анализа электронных схем описывать электронную схему на языке программы SPICE	Модифицированный метод узловых потенциалов (Контрольная работа) SPICE-параметры диода (Контрольная работа) Расчёт SPICE-параметров диода (Расчетно-графическая работа) SPICE-параметры биполярного транзистора (Контрольная работа) SPICE-параметры МДП-транзистора (Контрольная работа) Макромодель операционного усилителя (Расчетно-графическая работа)

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

### КМ-1. Модифицированный метод узловых потенциалов

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся электрическая схема, на которой он отмечает узлы, составляет узловые и компонентные уравнения. Далее при помощи программы компьютерного моделирования (MathCad, Matlab или иной) производит решение уравнений. Верификация решения проводится при помощи программы схемотехнического моделирования типа Micro-Cap.

#### Краткое содержание задания:

Анализ электрической схемы на постоянном токе при помощи модифицированного метода узловых потенциалов.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы анализа электронных схем	1.Каким образом производится анализ электрических схем? 2.Что такое узловое уравнение? 3.Что такое компонентное уравнение?
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

### КМ-2. SPICE-параметры диода

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту задаётся электрическая схема с нелинейным элементом - диодом. Задаются SPICE-параметры диода. Студент должен задать эти параметры в программе схемотехнического моделирования, написать текст программы, который включает в себя все необходимые директивы и описание схемы. Провести моделирование по постоянному току.

#### Краткое содержание задания:

Проведение моделирования электрической схемы с диодом.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физико-математические модели элементов электронных схем	1.Какие SPICE-параметры описывают прямую ветвь вольт-амперной характеристики диода? 2.Какие SPICE-параметры описывают обратную ветвь вольт-амперной характеристики диода? 3.Какие SPICE-параметры описывают динамические характеристики диода?
Уметь: описывать электронную схему на языке программы SPICE	1.Для заданной электрической схемы составьте её SPICE-описание 2.На основе заданных статических и динамических характеристик полупроводникового диода проведите экстракцию его SPICE-параметров

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-3. Расчёт SPICE-параметров диода**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчёта. Беседа по работе.

**Краткое содержание задания:**

1. На основе проведённого расчёта характеристик диода по дисциплине “Твердотельная электроника” определить SPICE-параметры диода.
2. Провести моделирование в программе схемотехнического моделирования вольт-амперной характеристики диода.
3. Сравнить результаты аналитического расчёта и моделирования.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физико-математические модели элементов электронных схем	1.Каким образом определяются параметры SPICE-модели диода на основе его аналитических характеристик?
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка:* 4

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

*Оценка:* 3

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

#### **КМ-4. SPICE-параметры биполярного транзистора**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту задаётся электрическая схема с нелинейным элементом - биполярным транзистором. Задаются SPICE-параметры транзистора. Студент должен задать эти параметры в программе схемотехнического моделирования, написать текст программы, который включает в себя все необходимые директивы и описание схемы. Провести моделирование выходной вольт-амперной характеристики транзистора.

#### **Краткое содержание задания:**

Проведение моделирования электрической схемы с биполярным транзистором.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физико-математические модели элементов электронных схем	1. Чем отличаются модели Эберса-Молла и Гуммеля-Пуна 2. Какие параметры модели Гуммеля-Пуна отвечают за характеристику эмиттер-базового перехода 3. Какие параметры модели Гуммеля-Пуна отвечают за характеристику коллектор-базового перехода
Уметь: применять методы автоматизированного анализа электронных схем	1. Продемонстрируйте умение моделировать выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

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

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

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

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

## КМ-5. SPICE-параметры МДП-транзистора

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту задаётся электрическая схема с нелинейным элементом - МДП-транзистором. Задаются SPICE-параметры транзистора. Студент должен задать эти параметры в программе схемотехнического моделирования, написать текст программы, который включает в себя все необходимые директивы и описание схемы. Провести моделирование выходной вольт-амперной характеристики транзистора.

**Краткое содержание задания:**

Проведение моделирования электрической схемы с МДП-транзистором.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физико-математические модели элементов электронных схем	1. В чём заключается различие уровней модели МДП-транзистора: Level 1, Level 2 и Level 3 2. В каком из уровней модели МДП-транзистора учитывается эффект насыщения скорости носителя заряда в канале 3. Подходит ли уровень Level 1 модели МДП-транзистора к описанию субмикронных приборов? Почему
Уметь: применять методы автоматизированного анализа электронных схем	1. Продемонстрируйте умение моделировать выходные вольт-амперные характеристики МДП-транзистора

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

## КМ-6. Макромодель операционного усилителя

**Формы реализации:** Защита задания

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчёта. Беседа по работе.

**Краткое содержание задания:**



1. Моделирование операционного усилителя на транзисторном уровне в программе схемотехнического моделирования. 2. Определение параметров макромодели операционного усилителя. 3. Моделирование макромодели операционного усилителя. 4. Сравнение результатов моделирования на транзисторном уровне и в виде макромодели.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физико-математические модели элементов электронных схем	1. Для чего необходимо формирование макромодели 2. Каким образом определяются параметры макромодели операционного усилителя?
Уметь: описывать электронную схему на языке программы SPICE	1. Продемонстрируйте умение определять параметры макромодели операционного усилителя

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

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

*Оценка: 4*

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

*Оценка: 3*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Из заданного SPICE-описания схемы восстановите её графическое изображение.

```
Exam_circuit
R1 1 2 2k
R2 3 0 500
L1 2 3 6m
C1 2 0 8u
V1 1 0 DC 0 AC 1 0 SIN(0 5 1k 0 0 0)
.TRAN 1u 30m
.PLOT TRAN V(RL) V(2)
.AC DEC 20 1MEG 100MEG
.PLOT AC vDB(RL) vP(RL)
.END
```

### Процедура проведения

Студенту выдаётся билет, в котором приводится SPICE-описание некоторой электрической схемы. Задача студента: восстановить из этого описание графическое изображение схемы. Студент должен объяснить, что означает та или иная строчка описания, а также, по возможности, определить, что это за схема. Время на выполнение - 20 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-2 Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования

### Вопросы, задания

1. Поясните, что будет выполнено при выполнении директивы  
.AC DEC 20 1MEG 100MEG  
.PLOT AC vDB(RL) vP(RL)
2. Поясните, что будет выполнено при выполнении директивы  
.TRAN 1u 30m  
.PLOT TRAN V(RL) V(2)
3. Каким образом осуществляется SPICE-запись биполярного транзистора?
4. Каким образом осуществляется SPICE-запись МДП-транзистора?
5. Каким образом осуществляется SPICE-запись ПТУП?
6. Каким образом осуществляется SPICE-запись диода?
7. Поясните, имеет ли значение порядок следования элементов электрической цепи в её SPICE-описании?
8. На каком методе анализа осуществляется расчёт электрической цепи в программах схемотехнического моделирования?
9. Какие проблемы могут возникать при анализе электрической цепи в программах схемотехнического моделирования?

10. Что такое макромодель и для чего она используется?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Наиболее простой считается модель МДП-транзистора

Ответы:

Level 1

Level 2

Level 3

Верный ответ: Level 1

2. Использование макромодели позволяет...

Ответы:

уменьшить время моделирования с потерей точности анализа

уменьшить время моделирования с повышением точности анализа

увеличить время моделирования с потерей точности анализа

увеличить время моделирования с повышением точности анализа

Верный ответ: уменьшить время моделирования с потерей точности анализа

3. Наиболее точно биполярный транзистор в интегральном исполнении описывает модель...

Ответы:

Эберса-Молла

транспортная

Гуммеля-Пуна

Верный ответ: Гуммеля-Пуна

4. Для анализа электрической схемы достаточно применить стандартный метод узловых потенциалов

Ответы:

да, все схемы можно анализировать им

нет, для анализа схем применяется модифицированный метод узловых потенциалов

Верный ответ: нет, для анализа схем применяется модифицированный метод узловых потенциалов

5. При перечислении параметров SPICE-модели элемента электрической цепи порядок следования параметров...

Ответы:

важен

не важен

Верный ответ: не важен

6. Без какого узла в цепи не будет происходить моделирование?

Ответы:

Без нулевого (узел с именем 0)

При любых названиях узлов моделирование будет осуществляться

Верный ответ: Без нулевого (узел с именем 0)

7. Какая директива отвечает за настройку анализа по постоянному току?

Ответы:

.AC

.DC

.TRAN

.OP

Верный ответ: .DC

8. Какая директива отвечает за настройку анализа по переменному току?

Ответы:

.AC

.DC

.TRAN

.OP

Верный ответ: .AC

9.Какая директива отвечает за настройку анализа по времени?

Ответы:

.AC

.DC

.TRAN

.OP

Верный ответ: .TRAN

10.Чем проще математическая модель элемента электрической цепи, тем...

Ответы:

меньше время анализа, но также меньше точностью результатов

меньше время анализа и выше точность результатов

больше время анализа, но также выше точность результатов

больше время анализа и меньше точность результатов

Верный ответ: меньше время анализа, но также меньше точностью результатов

## ***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

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

Согласно Положения о БАРС по совокупности семестровой и зачётной составляющих.