

**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
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

А.Д. Баринов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

А.Д.
Баринов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зезин Д.А.
	Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73

Д.А. Зезин

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 участвовать в проектировании интегральных схем
ИД-1 Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования
2. РПК-1 Способен участвовать в постановке и решении задач цифровизации в своей профессиональной области
ИД-2 Владеет навыками постановки и решения задач цифровизации в области своей профессиональной деятельности

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

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Модифицированный метод узловых потенциалов (Контрольная работа)
КМ-2 SPICE-параметры диода (Контрольная работа)
КМ-3 Расчёт SPICE-параметров диода (Расчетно-графическая работа)
КМ-4 SPICE-параметры биполярного транзистора (Контрольная работа)
КМ-5 SPICE-параметры МДП-транзистора (Контрольная работа)
КМ-6 Макромодель операционного усилителя (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

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

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-1ПК-1 Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования	Знать: физико-математические модели элементов электронных схем Уметь: описывать электронную схему на языке программы SPICE	КМ-2 SPICE-параметры диода (Контрольная работа) КМ-3 Расчёт SPICE-параметров диода (Расчетно-графическая работа) КМ-4 SPICE-параметры биполярного транзистора (Контрольная работа) КМ-5 SPICE-параметры МДП-транзистора (Контрольная работа) КМ-6 Макромодель операционного усилителя (Расчетно-графическая работа)
РПК-1	ИД-2РПК-1 Владеет навыками постановки и решения задач цифровизации в области своей профессиональной деятельности	Знать: методы анализа электронных схем Уметь: применять методы автоматизированного анализа электронных схем	КМ-1 Модифицированный метод узловых потенциалов (Контрольная работа) КМ-4 SPICE-параметры биполярного транзистора (Контрольная работа) КМ-5 SPICE-параметры МДП-транзистора (Контрольная 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: применять методы автоматизированного анализа электронных схем	1.Продемонстрируйте умение моделировать выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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	1.Продемонстрируйте умение моделировать выходные вольт-амперные характеристики МДП-

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
электронных схем	транзистора

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

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 V(RL)
.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-1 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.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 макромоделли 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.При перечислении параметров SPICE-модели элемента электрической цепи порядок следования параметров...

Ответы:

- важен
- не важен

Верный ответ: не важен

5.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)

6.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

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2РПК-1 Владеет навыками постановки и решения задач цифровизации в области своей профессиональной деятельности

Вопросы, задания

- 1.На каком методе анализа осуществляется расчёт электрической цепи в программах схемотехнического моделирования?
- 2.Какие проблемы могут возникать при анализе электрической цепи в программах схемотехнического моделирования?

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.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

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

Ответы:

- .AC
- .DC
- .TRAN
- .OP

Верный ответ: .DC

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

Ответы:

- .AC
- .DC
- .TRAN
- .OP

Верный ответ: .AC

4.Какая директива отвечает за настройку анализа по времени?

Ответы:

- .AC
- .DC
- .TRAN
- .OP

Верный ответ: .TRAN

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Согласно Положения о БАРС по совокупности семестровой и зачётной составляющих.