

**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


**Рабочая программа дисциплины**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 95,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов моделирования и автоматизированного анализа аналоговых, цифровых и смешанных цифро-аналоговых электронных схем

### Задачи дисциплины

- изучение физико-математических моделей элементов электронных схем;
- изучение методов численного анализа электронных схем;
- приобретение навыков компьютерного моделирования электронных схем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании интегральных схем	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Использует средства автоматизации схемотехнического проектирования	знать: - физико-математические модели элементов электронных схем.  уметь: - описывать электронную схему на языке программы SPICE.
РПК-1 Способен участвовать в постановке и решении задач цифровизации в своей профессиональной области	ИД-2 <sub>РПК-1</sub> Владеет навыками постановки и решения задач цифровизации в области своей профессиональной деятельности	знать: - методы анализа электронных схем.  уметь: - применять методы автоматизированного анализа электронных схем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Микроэлектроника и твердотельная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать методы решения систем линейных алгебраических уравнений
- знать физические принципы работы основных элементов электронных схем: резисторов, емкостей, индуктивностей, полупроводниковых диодов, биполярных транзисторов, полевых транзисторов
- знать простой метод узловых потенциалов для решения электрических схем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Методы анализа электронных схем	23	5	1	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теории по теме лабораторной работы "Модифицированный метод узловых потенциалов" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы анализа электронных схем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 85-113 [4], стр. 272–323, 363–370 [6], стр. 9-18, 85-143</p>	
1.1	Методы анализа электронных схем	23		1	4	-	-	-	-	-	-	18	-		
2	Моделирование электронных схем	91		13	24	-	-	-	-	-	-	-	54		-
2.1	Общее понятие "модели"	5		1	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
2.2	SPICE-модели элементов интегральных схем	86	12	24	-	-	-	-	-	-	-	50	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Изучение теории к лабораторным работам по моделированию полупроводникового диода, биполярного транзистора, униполярного транзистора <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование электронных схем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 99–126, 159–186, 216–237 [3], стр. 17–27, 31–40, 52–74, 78–104, 199–220, 227–255 [4], стр. 187–201, 209–224</p>	

													[5], стр. 5-35
3	Макромодели	12	2	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Формирование макромодели операционного усилителя <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Макромодели" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 245-253 [5], стр. 35-43
3.1	Макромодели	12	2	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>78</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>95.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Методы анализа электронных схем

##### 1.1. Методы анализа электронных схем

Матричный метод узловых потенциалов. Модифицированный матричный метод узловых потенциалов. Численный анализ электронных схем в статическом режиме. Численный анализ схем на переменном токе. Численный анализ переходных процессов. Разновидности численного дифференцирования и интегрирования. Проблемы сходимости методов. Метод Ньютона-Рафсона..

#### 2. Моделирование электронных схем

##### 2.1. Общее понятие "модели"

Общее понятие моделей. Аналитическое и имитационное моделирование. Иерархии и свойства моделей..

##### 2.2. SPICE-модели элементов интегральных схем

Программа схемотехнического моделирования SPICE. SPICE-модели пассивных элементов (резистор, ёмкость, индуктивность и пр.). SPICE-модели источников сигнала (тока и напряжения). Модель диода и её SPICE-параметры. Модели биполярного транзистора (Эберса-Молла, Гуммеля-Пуна), SPICE-параметры модели. Модель полевого транзистора и её SPICE-параметры. Формирование SPICE-моделей..

#### 3. Макромодели

##### 3.1. Макромодели

Методы анализа больших схем. Общая характеристика методов макро-моделирования. Методы построения макромоделей..

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Анализ электронных схем с диодом. Параметрический анализ;
2. Матричный метод узловых потенциалов;
3. Анализ электронных схем с пассивными элементами;
4. Анализ электронных схем с биполярными транзисторами;
5. Анализ электронных схем с полевыми транзисторами;
6. Формирование макромоделей.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы анализа электронных схем"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Моделирование электронных схем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Макромодели"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
физико-математические модели элементов электронных схем	ИД-1ПК-1		+		Контрольная работа/SPICE-параметры биполярного транзистора Контрольная работа/SPICE-параметры диода Контрольная работа/SPICE-параметры МДП-транзистора Расчетно-графическая работа/Макромодель операционного усилителя Расчетно-графическая работа/Расчёт SPICE-параметров диода
методы анализа электронных схем	ИД-2РПК-1	+	+		Контрольная работа/Модифицированный метод узловых потенциалов
<b>Уметь:</b>					
описывать электронную схему на языке программы SPICE	ИД-1ПК-1		+	+	Контрольная работа/SPICE-параметры диода Расчетно-графическая работа/Макромодель операционного усилителя
применять методы автоматизированного анализа электронных схем	ИД-2РПК-1		+	+	Контрольная работа/SPICE-параметры биполярного транзистора Контрольная работа/SPICE-параметры МДП-транзистора

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **5 семестр**

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Согласно Положения о БАРС по совокупности семестровой и зачётной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : Учебник для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника" / И. П. Норенков . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 . – 336 с. – (Информатика в техническом университете) . - ISBN 5-7038-2090-1 .;
2. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника. Т. 1 : пер. с нем. / У. Титце, К. Шенк . – 12-е изд. – М. : ДМК Пресс, 2015 . – 828 с. - ISBN 978-5-97060-136-5 .;
3. Петров М. Н., Гудков Г. В.- "Моделирование компонентов и элементов интегральных схем", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2011 - (464 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=661](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=661);
4. Амелина М. А., Амелин С. А.- "Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2014 - (632 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=53665](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665);
5. Разевиг, В. Д. Применение программ P-CAD и PSpice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Вып.2. Модели компонентов аналоговых устройств / В. Д. Разевиг ; Ред. Г. М. Веденеев . – М. : Радио и связь, 1992 . – 72 с. : 31.68 .;
6. Влах, И. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем : пер. с англ. / И. Влах, И. Сингхал . – М. : Радио и связь, 1988 . – 560 с. - ISBN 5-256-00054-3 ..



## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Micro-Cap;
4. SmathStudio;
5. ОС Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	К-105/2, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	К-105/2, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	К-105/2, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	К-105/2,	стол преподавателя, стол

	Компьютерный класс	компьютерный, стул, доска меловая, кондиционер
Помещения для консультирования	К-109/2, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	К-115, Склад каф. "ЭиН"	стеллаж, инвентарь учебный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Автоматизация анализа электронных схем

(название 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.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	7	8	10	13	15
1	Методы анализа электронных схем							
1.1	Методы анализа электронных схем		+					
2	Моделирование электронных схем							
2.1	Общее понятие "модели"		+	+	+	+	+	+
2.2	SPICE-модели элементов интегральных схем			+	+	+	+	+
3	Макромодели							
3.1	Макромодели			+		+	+	+
Вес КМ, %:			10	15	15	20	20	20