

**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  
Проектирование топологии компонентов интегральных схем**

**Москва  
2023**

## 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: Компьютерное задание

1. Полный поток проектирования простого функционального блока интегральной схемы (Индивидуальный проект)
2. Проектирование стандартной ячейки (электрическая схема и палочная диаграмма), реализующей заданную логическую функцию в КМОП базисе (Индивидуальный проект)
3. Проектирование топологии компонента микросхемы (Индивидуальный проект)
4. Проектирование топологии МОП-транзистора (Индивидуальный проект)
5. Проектирование топологии стандартной ячейки и её верификация (Индивидуальный проект)
6. Экстракция паразитных параметров и определение быстродействия стандартной ячейки с их учётом (Индивидуальный проект)

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные этапы проектирования интегральных схем (Проверочная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	2	4	6	8	10	13	13
Этапы проектирования интегральных схем								
Этапы проектирования интегральных схем	+							
Топология КМОП-схем								
Топология КМОП-схем			+					+
Верификация топологии								
Конструктивно-технологические ограничения				+				

Контроль электрических проектных норм			+				
Восстановление электрической схемы				+			
Топология кристалла							
Топология кристалла			+		+	+	
Вес КМ:	5	15	15	10	15	30	10

\$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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные этапы проектирования интегральных схем</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>производить верификацию топологии (DRC и LVS анализы)</li> <li>производить автоматизированную разводку кристалла</li> <li>производить экстракцию SPICE-параметров из топологии</li> <li>проектировать топологию цифрового вентиля</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Основные этапы проектирования интегральных схем (Проверочная работа)</li> <li>Проектирование стандартной ячейки (электрическая схема и палочная диаграмма), реализующей заданную логическую функцию в КМОП базисе (Индивидуальный проект)</li> <li>Проектирование топологии стандартной ячейки и её верификация (Индивидуальный проект)</li> <li>Экстракция паразитных параметров и определение быстродействия стандартной ячейки с их учётом (Индивидуальный проект)</li> <li>Проектирование топологии компонента микросхемы (Индивидуальный проект)</li> <li>Полный поток проектирования простого функционального блока интегральной схемы (Индивидуальный проект)</li> <li>Проектирование топологии МОП-транзистора (Индивидуальный проект)</li> </ul>

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

### КМ-1. Основные этапы проектирования интегральных схем

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В течение 45 минут студенты отвечают на вопросы теста

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы теста, а также приведите блок-схему с основными этапами проектирования интегральных схем

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные этапы проектирования интегральных схем	1.Приведите блок-схему с основными этапами проектирования интегральных схем 2.Ответьте на вопросы теста
--	--

#### 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

### КМ-2. Проектирование стандартной ячейки (электрическая схема и палочная диаграмма), реализующей заданную логическую функцию в КМОП базе

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчёт, либо студент демонстрирует выполнение.

#### Краткое содержание задания:

Для заданной логической функции спроектировать электрическую схему и топологическое представление (палочную диаграмму) стандартной ячейки

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проектировать	1.Спроектируйте электрическую схему,
----------------------	--------------------------------------

топологию цифрового вентиля	<p>реализующую заданную логическую функцию</p> <p>2. Составьте таблицу истинности и промоделируйте схему</p> <p>3. Нарисуйте граф схемы для pull-up и pull-down</p> <p>4. Определите общие эйлеровы пути для pull-up и pull-down</p> <p>5. Спроектируйте палочную диаграмму для одного общего эйлерова пути</p> <p>6. Спроектируйте топологию ячейки на основе палочной диаграммы</p>
-----------------------------	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

**КМ-3. Проектирование топологии стандартной ячейки и её верификация**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчёт, либо студент демонстрирует выполнение.

**Краткое содержание задания:**

Проведите DRC-, LVS- и ERC-анализы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: производить автоматизированную разводку кристалла	<p>1. Определите компоновку элементов стандартной ячейки и их расположение</p> <p>2. Определите необходимую ширину металлических межсоединений</p> <p>3. Определите необходимую ширину шин питания</p>
Уметь: производить верификацию топологии (DRC и LVS анализы)	<p>1. Спроектируйте топологию стандартной ячейки</p> <p>2. Произведите DRC-анализ топологии</p> <p>3. Произведите LVS-анализ топологии</p>

**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

#### **КМ-4. Экстракция паразитных параметров и определение быстродействия стандартной ячейки с их учётом**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчёт, либо студент демонстрирует выполнение.

#### **Краткое содержание задания:**

Произведите экстракцию паразитных параметров (емкостей межсоединений) из топологии стандартной ячейки и промоделируйте на заданную нагрузку

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: производить экстракцию SPICE-параметров из топологии	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Произведите экстракцию паразитных параметров (емкостей межсоединений) из топологии стандартной ячейки</li><li>2.Промоделируйте экстрагированную схему и схему без экстракции параметров, определите быстродействие обеих схем</li><li>3.Промоделируйте экстрагированную схему на заданную нагрузку, определите быстродействие</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



## КМ-5. Проектирование топологии компонента микросхемы

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчет, либо студент демонстрирует выполнение.

### Краткое содержание задания:

На основе созданной стандартной ячейки произведите проектирование компонента интегральной схемы

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить автоматизированную разводку кристалла	1.Спроектируйте топологию компонента интегральной схемы: дешифратора “из 3 в 8” 2.Спроектируйте топологию компонента интегральной схемы: D-триггера
--	--

### 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

## КМ-6. Полный поток проектирования простого функционального блока интегральной схемы

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчет, либо студент демонстрирует выполнение.

### Краткое содержание задания:

Произведите полный поток проектирования простого функционального блока интегральной схемы

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить автоматизированную разводку кристалла	1.Сформируйте RTL-описание блока и промоделируйте его 2.Произведите логический синтез в целевой
--	--

	библиотеке логических элементов и промоделируйте схему 3.Произведите автоматизированное проектирование топологии блока в заданной библиотеке 4.Произведите верификацию топологии
--	--

**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-7. Проектирование топологии МОП-транзистора**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание на компьютере (в аудитории или дома). Формируется либо отчёт, либо студент демонстрирует выполнение.

**Краткое содержание задания:**

Спроектируйте топологию МОП-транзистора

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проектировать топологию цифрового вентиля	1.Спроектируйте топологию МОП-транзистора 2.Задайте необходимое для проектирования топологии МОП-транзистора слою
--	--

**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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Процедура проведения

Зачёт выставляет на основе результатов мероприятий текущего контроля

### *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. Зачёт выставляет на основе результатов мероприятий текущего контроля

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. DRC-анализ проводит ...

Ответы:

проверку правил проектирования

проверку соответствия топологии электрической схеме

определение паразитных элементов (емкостей межсоединений)

Верный ответ: проверку правил проектирования

2. LVS-анализ проводит ...

Ответы:

проверку правил проектирования

проверку соответствия топологии электрической схеме

определение паразитных элементов (емкостей межсоединений)

Верный ответ: проверку соответствия топологии электрической схеме

3. Шины питания и земли должны располагаться ...

Ответы:

как можно дальше друг от друга

как можно ближе друг к другу

Верный ответ: как можно дальше друг от друга

4. Процедура place and route обеспечивает

Ответы:

размещение и соединение транзисторов в стандартной ячейке

размещение и соединение стандартных ячеек на кристалле

Верный ответ: размещение и соединение стандартных ячеек на кристалле

5. Проектирование топологии относится к этапу

Ответы:

front-end

back-end

Верный ответ: back-end

6. Система сквозного автоматизированного проектирования ...

Ответы:

позволяет реализовать полный маршрут проектирования от этапа front-end до back-end

позволяет реализовать лишь один из этапов проектирования: front-end или back-end

Верный ответ: позволяет реализовать полный маршрут проектирования от этапа front-end до back-end

7.Ширина затвора у р-МОП по отношению к n-МОП в КМОП-схеме обычно ...

Ответы:

больше

меньше

Верный ответ: больше

8.Контактные площадки на топологическом рисунке располагаются ...

Ответы:

вокруг ядра микросхемы

внутри ядра микросхемы

Верный ответ: вокруг ядра микросхемы

9.Размер контактных площадок должен обеспечить

Ответы:

удобство припаивания внешних контактных проводников

минимальный размер кристалла

минимальные потребляемые токи

Верный ответ: удобство припаивания внешних контактных проводников

10.При проектировании топологии может применяться метод иерархичности?

Ответы:

да

нет

Верный ответ: да

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Если оценка за текущий контроль от 4,5 включительно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Если оценка за текущий контроль от 3,5 до 4,4*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Если оценка за текущий контроль от 2,5 до 3,4*

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

Итоговая оценка выставляется согласно Положения о БАРС