

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ Небольсин В.А.
«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Основы проектирования электронной компонентной базы»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ / А.В. Арсентьев /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и нанoeлектроники _____ / С. И Рембеза./

Руководитель ОПОП _____ / С.И Рембеза./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: практически и теоретически подготовить будущих специалистов по проектированию электронной компонентной базы, применению современных средств и алгоритмов машинного проектирования.

1.2 Задачи освоения дисциплины

Формирование у студентов теоретических знаний о машинных алгоритмах анализа и проектирования компонентов интегральных схем; формирование и закрепление практических навыков с использованием программных средств проектирования электронной компонентной базы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-2 - способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать общую характеристику процесса проектирования электронной компонентной базы
	Уметь выбирать и описывать модели электронной компонентой базы на различных этапах проектирования интегральных схем
	Владеть навыками работы с технической документацией, понимать техническое задание
ПК-2	Знать профильные промышленные стандарты и соглашения
	Уметь работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования компонентов
	Владеть методами анализа, расчёта и проектирования современных полупроводниковых приборов и элементов интегральных микросхем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Часы на контроль	36	36
Курсовой проект (есть)	+	+
Контрольная работа (нет)	-	-
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
зач. ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, час
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Классификация интегральных микросхем по функциональным, структурным и конструктивно-технологическим признакам. Основные понятия процесса проектирования. Методы и типовые задачи проектирования ИС.	1	0	2	9	12
2	Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС	МОП транзисторы. Основы теории и модели. Расчет крутой и пологой частей статических вольтамперных характеристик МОП-транзистора с индуцированным каналом. Факторы, влияющие на пороговое напряжение и крутизну МОП-транзистора. P-Spice модели МОП транзистора	2	0	4	9	15
3	Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС	Анализ и расчет базовых вариантов инвертора на n-канальных МОП транзисторах и расчет КМОП инвертора. Расчет передаточной характеристики КМОП инвертора. Проектирование инвертора на n-канальных МОП транзисторах. Расчет мощности базовых вариантов инвертора.	2	0	4	9	15
4	Схемотехническое моделирование и проектирование	Методы анализа статического режима ИС. Метод простой итерации, Метод Зейделя, Ньютона-Рафсона, метод продолжения и дифференцирования по параметру.	2	0	4	9	15
5	Схемотехническое моделирование и проектирование	Методы анализа временных характеристик ИС. Постановка задачи анализа переходных процессов в ИС. Классификация численных методов решения задачи. Численные методы анализа. Понятие жесткости и устойчивости. Дискретные модели реактивных элементов ИС.	2	0	4	9	15
6	Схемотехническое моделирование и проектирование	Методы и задачи логического моделирования. Иерархия моделей сигналов и элементов логического проектирования ИС. Методы синхронного моделирования.	2	0	4	9	15
7	Схемотехническое моделирование и проектирование	Асинхронное и синхронное моделирование. Асинхронное моделирование. Понятие статического и динамического “риска сбоя”. Выявление “риска сбоя” методами логического моделирования. Событийный алгоритм асинхронного моделирования.	2	0	4	9	15
8	Проектирование топологии	Стандартные задачи и методы проектирования топологии ИС. Проектирование топологии ИС: постановка задачи, основные понятия, критерии оптимальности. Конструкторско-технологические ограничения. Основные правила проектирования топологии, правила Мида-Конвея.	2	0	4	9	15
9	Проектирование топологии	Проектирование логических вентилях по КМОП технологии. Параллельное и последовательное соединение транзисторов. Назначение топологических слоев.	2	0	4	9	15
10	Проектирование топологии	Экстракция параметров из топологии. Восстановление принципиальной электрической схемы из топологического рисунка.	1	0	2	9	12
Итого			18	0	36	90	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. По справочнику классифицировать интегральные схемы на классы по технологическому процессу, энергопотреблению, быстродействию.
2. В схемотехническом редакторе смоделировать ВАХ полевого транзистора с индуцированным каналом и моделью первого уровня.
3. В схемотехническом редакторе смоделировать ВАХ полевого транзистора с индуцированным каналом, задавая вручную параметры модели по вариантам.
4. В схемотехническом редакторе смоделировать ВАХ полевого транзистора с индуцированным каналом уровней 1, 2 и 3, сравнить графики, сделать выводы.
5. В схемотехническом редакторе смоделировать передаточную характеристику инвертора, выполненного по n-МОП технологии.
6. В схемотехническом редакторе смоделировать передаточную характеристику инвертора, выполненного по КМОП технологии.
7. В схемотехническом редакторе смоделировать временную характеристику логического вентиля по варианту.
8. В топологическом редакторе нарисовать топологию КМОП инвертора, устранить ошибки DRC.
9. В топологическом редакторе нарисовать топологию КМОП вентиля по варианту, устранить ошибки DRC.
10. Из топологии полученной в предыдущей работе провести экстракцию параметров, восстановить электрическую принципиальную схему.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 6 семестре.

Примерная тематика курсового проекта: «Проектирование комбинационного устройства в САПР по логическому выражению»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Освоение самостоятельной работы со схемотехническим редактором
- Освоение самостоятельной работы с топологическим редактором
- Освоение полного цикла проектирования цифровой ИС в САПР

Курсовой проект включает исполняемый код проекта и расчетно-пояснительную записку.

Учебным планом по дисциплине «Проектирование комбинационного устройства в САПР по логическому выражению» не предусмотрено выполнение контрольной работы в 8 семестре.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать общую характеристику процесса проектирования электронной компонентной базы	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выбирать и описывать модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования интегральных схем	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками работы с технической документацией, понимать техническое задание	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	Знать профильные промышленные стандарты и соглашения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования компонентов	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами анализа, расчёта и проектирования современных полупроводниковых приборов и элементов интегральных микросхем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	Знать общую характеристику процесса проектирования электронной компонентной базы	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%
	Уметь выбирать и описывать модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования интегральных схем	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%
	Владеть навыками работы с технической документацией, понимать техническое задание	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%
ПК-2	Знать профильные промышленные стандарты и соглашения	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%
	Уметь работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования компонентов	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%
	Владеть методами анализа, расчёта и проектирования современных полупроводниковых приборов и элементов интегральных микросхем	Письменный ответ на вопрос, устный опрос	Полнота ответа 90-100%	Полнота ответа 80-90%	Полнота ответа 70-80%	Полнота ответа менее 70%

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Различают следующие разновидности МОП транзисторов с изолированным затвором:

а) Индуцированный канал п-типа, индуцированный канал р-типа, встроенный канал п-типа, встроенный канал р-типа

б) Биполярный индуцированный канал р-п-типа, биполярный индуцированный канал п-р-п-типа, биполярный встроенный канал п-р-п-типа, биполярный встроенный канал р-п-типа

в) Индуцированный канал р-п-типа, индуцированный канал п-р-п-типа, встроенный канал п-р-п-типа, встроенный канал р-п-типа

г) Изолированный канал п-типа, изолированный канал р-типа, провоцируемый канал п-типа, провоцируемый канал р-типа

2. Быстродействие МДП транзистора с изолированным затвором зависит от:

- а) подвижности основных носителей в канале
- б) подвижности основных носителей в подложке
- в) подвижности неосновных носителей в канале
- г) подвижности неосновных носителей в подложке

3. К основным электрическим параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) Длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика
- б) Тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний
- в) Геометрические размеры истока/стока, глубина залегания р-п перехода
- г) Пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика

4. К основным электро-физическим параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) Длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика
- б) Тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний
- в) Геометрические размеры истока/стока, глубина залегания р-п перехода
- г) Пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика

5. К основным конструктивным параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) Длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика
- б) Тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний
- в) Геометрические размеры истока/стока, глубина залегания р-п перехода
- г) Пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика

6. К основным электрическим параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) Длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика
- б) Тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний
- в) Геометрические размеры истока/стока, глубина залегания р-п перехода
- г) Пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика

7. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом *n*-типа:

- а) увеличивается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке
- б) не изменяется с ростом концентрации примеси в подложке
- в) уменьшается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке
- г) Увеличивается с ростом концентрации примеси в подложке, а затем резко падает.

8. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом *p*-типа:

- а) увеличивается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке
- б) не изменяется с ростом концентрации примеси в подложке
- в) уменьшается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке
- г) Увеличивается с ростом концентрации примеси в подложке, а затем резко падает.

9. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом *n*-типа:

- а) увеличивается с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- б) не изменяется с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- в) уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- г) Уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика, а затем резко нарастает

10. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом *p*-типа:

- а) увеличивается с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- б) не изменяется с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- в) уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика
- г) Уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика, а затем резко нарастает

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 700 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 1e15 \text{ см}^{-3}$, затвор – Al, плотность медленных поверхностных состояний $= 1e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно пороговое напряжение МОП транзистора с индуцированным *n*-каналом

2. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 800 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 4e14 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *n*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 2e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно пороговое напряжение МОП транзистора с индуцированным *n*-каналом

3. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 600 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 6e15 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *n*-типа, плотность медленных поверхностных

состояний $= 1e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно пороговое напряжение МОП транзистора с индуцированным *p*-каналом

4. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 700 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 8e14 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *p*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 2e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно пороговое напряжение МОП транзистора с индуцированным *n*-каналом

5. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 700 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 1e15 \text{ см}^{-3}$, затвор – Al, плотность медленных поверхностных состояний $= 1e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно напряжение отсечки МОП транзистора со встроенным *n*-каналом

6. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 800 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 4e14 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *n*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 2e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно напряжение отсечки МОП транзистора со встроенным *n*-каналом

7. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 600 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 6e15 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *n*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 1e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно напряжение отсечки МОП транзистора со встроенным *n*-каналом

8. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 700 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 8e14 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *p*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 2e10 \text{ см}^{-2}$. Чему равно напряжение отсечки МОП транзистора со встроенным *n*-каналом

9. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 700 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 1e15 \text{ см}^{-3}$, затвор – Al, плотность медленных поверхностных состояний $= 1e10 \text{ см}^{-2}$. Уровень логического нуля $= 0.7\text{В}$, уровень логической единицы $= 9\text{В}$. Рассчитать длину и ширину каналов МОП транзисторов инвертора с нелинейной нагрузкой.

10. Толщина подзатворного диэлектрика $T_{ox} = 800 \text{ \AA}$, уровень легирования подложки $N_{sub} = 4e14 \text{ см}^{-3}$, затвор – поликремний *n*-типа, плотность медленных поверхностных состояний $= 2e10 \text{ см}^{-2}$. Уровень логического нуля $= 0.7\text{В}$, уровень логической единицы $= 9\text{В}$. Рассчитать длину и ширину каналов МОП транзисторов инвертора с нелинейной нагрузкой.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Пороговое напряжение $U_0 = 0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S^y = 5e-5 \text{ А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H = 1e-6 \text{ А/В}^2$, напряжение питания 10В . Рассчитать передаточную характеристику для *n*-канального МОП инвертора с нелинейной нагрузкой.

2. Пороговое напряжение $U_0 = 0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S^y = 5e-5 \text{ А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H = 1e-6 \text{ А/В}^2$, напряжение питания 10В . Рассчитать передаточную характеристику для *n*-канального МОП инвертора с квазилинейной нагрузкой.

3. Пороговое напряжение $U_0 = 0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S^y = 5e-5 \text{ А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H = 1e-6 \text{ А/В}^2$, напряжение питания 5В . Рассчитать передаточную характеристику для *n*-канального МОП инвертора с токостабилизирующей нагрузкой.

4. Пороговое напряжение $U_0 = 0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S^y = 5e-5 \text{ А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H = 1e-6 \text{ А/В}^2$, напряжение питания 5В . Рассчитать передаточную характеристику для КМОП инвертора.

5. Пороговое напряжение $U_0 = 0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S^y = 5e-5 \text{ А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H = 1e-6 \text{ А/В}^2$, напряжение питания 10В . Рассчитать зависимость потребляемой мощности от входного напряжения для *n*-канального МОП инвертора с нелинейной нагрузкой.

6. Пороговое напряжение $U_0=0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S_y=5e-5\text{А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H=1e-6\text{А/В}^2$, напряжение питания 10В . Рассчитать зависимость потребляемой мощности от входного напряжения для n -канального МОП инвертора с квазилинейной нагрузкой.

7. Пороговое напряжение $U_0=0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S_y=5e-5\text{А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H=1e-6\text{А/В}^2$, напряжение питания 5В . Рассчитать зависимость потребляемой мощности от входного напряжения для n -канального МОП инвертора с токостабилизирующей нагрузкой.

8. Пороговое напряжение $U_0=0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S_y=5e-5\text{А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H=1e-6\text{А/В}^2$, напряжение питания 5В . Рассчитать зависимость потребляемой мощности от входного напряжения для КМОП инвертора.

9. Пороговое напряжение $U_0=0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S_y=5e-5\text{А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H=1e-6\text{А/В}^2$, напряжение питания 5В . Рассчитать логические уровни нуля и единицы по входу и выходу для КМОП инвертора.

10. Пороговое напряжение $U_0=0.8\text{В}$, удельная крутизна управляющего транзистора $S_y=5e-5\text{А/В}^2$, удельная крутизна нагрузочного транзистора $S^H=1e-6\text{А/В}^2$, напряжение питания 10В . Рассчитать потребляемую мощность для n -канального МОП инвертора с нелинейной нагрузкой при значениях $U_{вх}=1.5, 5, 7\text{В}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Физика работы МОП транзистора. Образование индуцированного канала, обеднение и обогащение в подзатворной области, расширение областей пространственного заряда.

2. Режимы работы n МОП-транзистора с индуцированным каналом. Передаточная и выходная характеристика с семействами кривых. Какие параметры можно определить из графиков. (пороговое напряжение, крутизна, напряжение насыщения, линейные участки кривой и т.п.)

3. Сравнение моделей полевого транзистора с индуцированным каналом стандарта SPICE. Различие моделей уровня 1, 2 и 3.

4. SPICE модель n МОП транзистора уровня 1, ее параметры (лямбда, гамма, пороговое напряжение и т.п.), формулы для ручного анализа.

5. Схемотехника инверторов на МОП-транзисторах. Вид передаточной характеристики, идеальная и реальная передаточная характеристики.

6. Статический КМОП инвертор. Согласованные транзисторы. Зависимости между длиной и шириной канала транзисторов.

7. Статический КМОП инвертор. Определение логического “0” и “1” по входам и выходам.

8. Статический КМОП инвертор. Напряжение переключения инвертора V_I (пороговое напряжение инвертора или средняя точка).

9. Статический КМОП инвертор. Помехоустойчивость.

10. Статический КМОП инвертор. Энергопотребление.

11. Динамические характеристики КМОП инвертора. Время нарастания и спада сигнала, максимальная рабочая частота, задержка распространения.

12. Топология КМОП инвертора. Слои и правила проектирования. Что такое разрешающая способность, технологические нормы проектирования, коэффициент λ . Параллельное и последовательное соединение транзисторов.

13. Деграция логического сигнала в цепочке вентилях. Влияние пониженного/повышенного напряжения питания и входного сигнала на вид выходного сигнала. Смысл использования двух инверторов подряд.

14. Построение многовходовых элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ на основе КМОП инвертора.

15. Схемотехнический САПР. Что такое SPICE? Что такое Netlist? Иерархический подход к схемотехнике.

16. Влияние температуры на параметры и ВАХ транзисторов и инвертора.

17. Технологический маршрут изготовления КМОП транзисторов. Технология самосовмещения.

18. Паразитные емкости в топологии. Необходимость нескольких слоев металла. Конструкция межслойных контактов.

19. Режимы временного анализа и анализа по постоянному току.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание. Каждый полный правильный ответ на теоретический вопрос оценивается до 2,0 баллов, практическое задание оценивается до 1,0 балла. Согласно полноте ответа балл может быть дробным. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 2,75 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 2,76 до 3,75 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 3,76 до 4,75 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал больше 4,75 балла.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-1, ПК-2	Письменный ответ, устный опрос, проверка конспекта, защита лабораторных работ
2	Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС	ПК-1, ПК-2	Письменный ответ, устный опрос, проверка конспекта, защита лабораторных работ

3	Схемотехническое моделирование и проектирование	ПК-1, ПК-2	Письменный ответ, устный опрос, проверка конспекта, защита лабораторных работ
4	Проектирование топологии	ПК-1, ПК-2	Письменный ответ, устный опрос, проверка конспекта, защита лабораторных работ

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

Ответ на письменный вопрос осуществляется на бумажном носителе. Студенту необходимо наиболее полно и структурировано изложить свои знания в письменном виде в рамках материала, представленного в лекциях, на лабораторных работах, в разделах литературы для самостоятельного обучения. Затем осуществляется проверка ответа экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. Время письменного ответа 30-45 минут.

Устный опрос осуществляется при личной беседе со студентом. Студенту предлагается без подготовки устно ответить на вопросы по теме курса. Оценивается полнота ответа и скорость ориентирования студента в материале курса. Оценка выставляется согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. Время устного ответа 5 минут.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : [учебное пособие] : в 2 томах. Т. 2 : Технологические аспекты / [авт.: М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов и др. ; под общ. ред. Ю. Н. Коркишко]. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 252 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр.: с. 243-248 (110 назв.). - ISBN 978-5-9963-0336-6 (Т. 2). - ISBN 978-5-9963-0341-0 : 308-88.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/>

Системные программные средства: Microsoft Windows

Прикладные программные средства: Инструменты Microsoft DreamSpark, FireFox, LabVIEW, Elektronik Workbench.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1 Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

9.2 Оборудование компьютерного класса (аудитории 209/4) для проведения лабораторных работ.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Основы проектирования электронной компонентной базы» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия (при наличии) направлены на приобретение практических навыков расчета полупроводниковых структур. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсового проекта изложена в методических указаниях. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента (особенности деятельности студента инвалида и лица с ОВЗ, при наличии таких обучающихся)
<i>Лекция</i>	<i>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</i>
<i>Самостоятельная работа</i>	<i>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.</i>
<i>Практические занятия</i>	<i>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</i>
<i>Подготовка к промежуточной аттестации</i>	<i>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Три дня перед промежуточной аттестацией эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</i>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	