

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра автоматизации физико-технических исследований**



Рабочая программа дисциплины

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Физическая информатика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
6	108	32		32	42				2		
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы, из них: - контактная работа 66 часов											
Компетенции ПК-2											

Ответственный за образовательную программу
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**Ошибка! Закладка не определена.**
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. **Ошибка! Закладка не определена.**
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**Ошибка! Закладка не определена.**
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. **Ошибка! Закладка не определена.**
5. Перечень учебной литературы.**Ошибка! Закладка не определена.**
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.
Ошибка! Закладка не определена.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**Ошибка! Закладка не определена.**
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**Ошибка! Закладка не определена.**
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**Ошибка! Закладка не определена.**
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**Ошибка! Закладка не определена.**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Цель дисциплины «Проектирование современных интегральных микросхем» – ознакомление с основами топологического проектирования и технологий производства полупроводниковых приборов и моделирования технологических процессов, получение практических навыков расчёта параметров элементов и блоков интегральных схем.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основы проектирования СБИС посредством САПР (PDK, DRC, LVS); основные электрические характеристики; особенности проектирования цифро-аналоговых схем, основы работы матричных СБИС для матричной сенсорики; особенности проектирования и функционирования малощумящих ИС, особенности проектирования криогенных ИС.</p> <p>Уметь разрабатывать современные цифро-аналоговые СБИС: разработка основных аналоговых узлов, синтез цифровых схем, ЦАП/АЦП, верификация топологии; решать прямые и обратные задачи для тестирования и отладки полученных моделей и схемно-топологических решений.</p> <p>Владеть ПО для проектирования СБИС; ПО для моделирования топологии СБИС и их отладки.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в весеннем семестре 3-го курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. В результате прохождения курса студенты продолжают знакомиться с методами планарной технологии полупроводникового производства, проектирования узлов цифро-аналоговых СБИС, знакомятся с особенностями проектирования СБИС специального назначения, получают практические навыки тестирования и отладки полученных моделей и схемно-топологических решений.

Дисциплина «Проектирование современных интегральных микросхем» наравне с дисциплинами «Основы проектирования интегральных микросхем», «Цифровая схемотехника и архитектура вычислительных систем», «Аналоговая электроника» продолжает цикл физико-технических дисциплин и связан с дисциплинами этого цикла: «Основы проектирования интегральных микросхем», «Физические основы микроэлектроники»; «Программируемые микроконтроллеры». Знания, получаемые студентами, прослушавшими курс, и навыки самостоятельной работы, полученной при выполнении лабораторных работ практикума курса, должны расширяться и развиваться в курсе «Физические основы информационных технологий». Курс «Проектирование современных интегральных микросхем» расширит понимание принципов построения электронных устройств, используемых в физико-технических исследованиях.

Для успешного изучения материалов, даваемых курсом, студенты должны обладать знаниями школьного курса физики (разделы: электричество и магнетизм; структура вещества). Владеть аппаратом математического анализа: комплексные числа; преобразования Фурье. Знать основы цифровой и аналоговой электроники. Предполагается умение правильно применять измерительные устройства и навыки работы, полученные в измерительном практикуме первого курса физического факультета.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	108	32		32	42				2	
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы, из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- Текущий контроль успеваемости: опрос студентов в начале каждого занятия.
- Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 108 академических часов/3 зачётные единицы:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- лабораторные занятия – 32 часа;

- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 42 часа;
- аттестация (дифференцированный зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, лабораторные занятия, дифференцированный зачёт) составляет 66 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Лаб. работы (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Основы проектирования СБИС посредством САПР (PDK, DRC, LVS); основные электрические характеристики	1	6	3	1	2	
2	Матричная сенсорика для ИК диапазона. Схемы считывания сигнала с фоточувствительных матриц	2-3	12	3	5	4	
3	Операционные усилители, ФЧХ, ФЧХ. Шумы. Разброс параметров транзисторов по пластине	4-5-6	16	16	6	6	
4	Особенности проектирования и функционирования малошумящих ИС	7	8	2	2	4	
5	Особенности проектирования и функционирования криогенных и низковольтных ИС	8	8	2	2	4	

6	Особенности проектирования АЦП. Основные виды АЦП, общие характеристики и различия	9-10	12	2	6	4	
7	Особенности проектирования ЦАП. Основные виды ЦАП, общие характеристики и различия	11	8	1	3	4	
8	Источники опорного напряжения	12	8	1	3	5	
9	Приёмники и передатчики цифровых сигналов	13-14	12	4	4	5	
10	Другие виды схем	15-16	10	8	0	6	
12	Дифференцированный зачёт		2				2
	Всего за 6 семестр:		108	32	32	42	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Основы проектирования СБИС посредством САПР (PDK, DRC, LVS); основные электрические характеристики

Компоненты программного пакета EDA Candence Design System. Описание состава Комплекта средств проектирования (КСП, PDK): цифровые блоки, блоки ввода/вывода, защита от статического электричества. Топологическое представление КМОП транзисторов. Верификация топологии. Проверка конструкторских правил проектирования (DRC). Проверка соответствия топологии электрической принципиальной схеме (LVS).

Матричная сенсорика для ИК диапазона. Схемы считывания сигнала с фоточувствительных матриц

Фотоэлектроника на болометрах и фотодиодах. Конструкция схем считывания сигнала с фоточувствительных матриц.

Операционные усилители, ФЧХ, ФЧХ. Шумы. Разброс параметров транзисторов по пластине

Основные механизмы шумов в полупроводниковых приборах. Разброс параметров транзисторов по пластине.

Особенности проектирования и функционирования маломощных ИС

Основные механизмы шумов в полупроводниковых ИС.

Особенности проектирования и функционирования криогенных и низковольтных ИС

Температурные зависимости процессов в полупроводниковых приборах. Проблемы КСП/PDK.

Особенности проектирования АЦП. Основные виды АЦП, общие характеристики и различия

Разновидности АЦП. Сигма-дельта схема АЦП.

Особенности проектирования ЦАП. Основные виды ЦАП, общие характеристики, различия

Разновидности ЦАП. Общие характеристики и различия

Источники опорного напряжения

Применение и виды схем источников опорного напряжения.

Приёмники и передатчики цифровых сигналов

Аналоговые схемы приёма и передачи цифровых сигналов.

Другие виды схем

Особенности сопряжения цифровых и аналоговых схем. Блоки автоподстройки частоты.

Программа лабораторных занятий (32 часа)

Основы проектирования СБИС посредством САПР (PDK, DRC, LVS); основные электрические характеристики

Компоненты программного пакета EDA Candece Design System. Подготовка среды окружения для работы с программными продуктами Cadence. Инструмент проектирования аналоговых микросхем Cadence IC Virtuoso. Подключение КСП/PDK. Редактор топологии. Топологическое представление КМОП транзисторов. Верификация топологии. Проверка конструкторских правил проектирования (DRC). Проверка соответствия топологии электрической принципиальной схеме (LVS).

Матричная сенсорика для ИК диапазона. Схемы считывания сигнала с фоточувствительных матриц

Проектирование и анализ работы дешифратора. Проектирование и анализ работы сдвигового регистра.

Операционные усилители, ФЧХ, ФЧХ. Шумы. Разброс параметров транзисторов по пластине

Проектирование и анализ работы однокаскадного операционного усилителя. Проектирование и анализ работы двухкаскадного операционного усилителя. Анализ шумов, отношение сигнал/шум. Проектирование и анализ работы схемы бета-мультиплексора.

Особенности проектирования и функционирования маломощных ИС

Анализ спектральной плотности шума одно- и двухкаскадного операционного усилителя в зависимости от геометрии. Проектирование и анализ работы схемы двойной коррелированной выборки.

Особенности проектирования и функционирования криогенных и низковольтных ИС

Анализ работы КМОП пары при низких (криогенных) температурах. «Мёртвая» точка. Проектирование низкотемпературного операционного усилителя.

Особенности проектирования АЦП

Проектирование и анализ работы и характеристик схемы АЦП последовательного приближения (digital ramp ADC).

Особенности проектирования ЦАП

Проектирование и анализ работы и характеристик ЦАП.

Источники опорного напряжения

Проектирование и анализ работы и характеристик band-gap схемы источника опорного напряжения

Приёмники и передатчики цифровых сигналов

Моделирование схем приёмников и передатчиков цифровых сигналов. Анализ характеристик.

Самостоятельная работа студентов (42 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лабораторным занятиям.	24
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	18

5. Перечень учебной литературы

- Шамирзаев Т.С. Твердотельная электроника: история, современное состояние и перспективы развития: Учебное пособие. / Новосибирск: НГУ, 2011. – 91 с.
- Цифровой синтез: практический курс / под общ. ред. А. Ю. Романова, Ю. В. Панчула.– М.: ДМК Пресс, 2020.– 556 с. ISBN 978-5-97060-850-0.
- Томас Д. Логическое проектирование и верификация систем на SystemVerilog. / Д. Томас; Пер. с англ. А. А. Слинкина, А. С. Камкина, М. М. Чупилко. – ДМК Пресс, 2019. – 384 с. – ISBN 978-5-97060-619-3.
- Харрис Д.М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. /Д.М. Харрис, С. Л. Харрис; Пер. с англ. – 2-е изд.– ДМК Пресс, 2018. – 972 с. – ISBN 978-5-97060-570-7, 978-0-12-394424-5.
- Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. СПб: Лань, 2008.
- Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. / С.М. Зи; Пер. с англ. В.А. Гергеля, В.В. Ракитина. Под ред. Р.А. Сурица. – 2-е изд. – М: Мир, 1984. – 456 с. (Кн. 1), 456 с. (Кн. 2).
- Zee S.M., Lee M. K. Semiconductor Devices. Physics and Technology. – 3rd ed. – IEEE, 2010. – 578 Pp. – ISBN 978-0470-53794-7.
- Казеннов Г.Г., Основы проектирования интегральных схем и систем, М.: БИНОМ, 2005. – 295 с.
- C.Y.Chang, S.M.Sze, ULSI Technology, New York, McGraw-Hill, 1996. – 751 с.
- S.M.Sze, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, New York, John Wiley & Sons, 2007. – 764 с.
- S.M.Sze, M.K.Lee, Semiconductor Devices. Physics and Technology, New York, John Wiley & Sons, 2012. – 590 с.

5.2. Дополнительная литература

- Chadha R., Bhasker J. Static Timing Analysis for nanometer design: A Practical Approach. Springer New York, NY 2009. – 572 Pp. – DOI 10.1007/978-0-387-93820-2. – ISBN 978-0-387-93819-6. – e-ISBN 978-0-387-93820-2 (эл.).
- Li S., Fu Y. 3D TCAD Simulation for Semiconductor Processes, Devices and Optoelectronics. Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2012. – 310 Pp. DOI 10.1007/978-1-4614-0481-1. ISBN 978-1-4614-0480-4. e-ISBN 978-1-4614-0481-1 (эл.).
- Старосельский В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие. М: Юрайт, 2011, 463с.
- Гриценко В. А., Перевалов Т. В. Физика диэлектрических пленок: атомная и электронная структура. Новосибирск: Автограф, 2015. – 234 с.
- Гриценко В. А., Исламов Д. Р. Физика диэлектрических пленок: механизмы транспорта заряда и физические основы приборов памяти. Новосибирск: Параллель, 2017. – 252 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

- C.Y.Chang, S.M.Sze, ULSI Technology, New York, McGraw-Hill, 1996. – 751 с.
- S.M.Sze, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, New York, John Wiley & Sons, 2007. – 764 с.

- S.M.Sze, M.K.Lee, Semiconductor Devices. Physics and Technology, New York, John Wiley & Sons, 2012. – 590 с.
- Зи С.М., Lee M. K. Semiconductor Devices. Physics and Technology. – 3rd ed., – IEEE, 2010. – 578 Pp. – ISBN 978-0470-53794-7.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Для освоения дисциплины используются следующие библиотеки для проектируемых и моделируемых приборов:

- PDK завода АО «Микрон».

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое ПО ОС CentOS Linux 7.x, ОС Debian GNU/Linux.

Также используется специализированное лицензионное ПО Sentarius TCAD, EDA Cadence Design Systems, ПО с открытым кодом для моделирования и проектирования полупроводниковых приборов и ИС LayoutEditor, KLayout – входит в состав учебных стендов.

Информационные справочные системы

Для лабораторных и самостоятельной работ используются следующие ресурсы:

- встроенная справочная система Sentarius TCAD,
- встроенный в пакет Sentarius TCAD тренинг,
- встроенная справочная система EDA Cadence,
- встроенная справочная система LayoutEditor,
- встроенная справочная система Klayout,
- встроенная справочная система Qucs-S/Ngspice.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий и промежуточной аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине «**Проектирование современных интегральных микросхем**» и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения опроса студентов в начале каждого занятия на темы, рассмотренные на предыдущем занятии. Примеры вопросов приведены в п. 10.3.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачёте. Он проводится в конце семестра в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основы проектирования СБИС посредством САПР (PDK, DRC, LVS); основные электрические характеристики; особенности проектирования цифро-аналоговых схем, основы работы матричных СБИС для матричной сенсорики; особенности проектирования и функционирования малозумящих ИС, особенности проектирования криогенных ИС.	Опрос студентов в начале каждого занятия, дифференцированный зачёт в устной форме.
ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления	Уметь разрабатывать современные цифро-аналоговые СБИС: разработка основных аналоговых узлов, синтез	

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	цифровых схем, ЦАП/АЦП, верификация топологии; решать прямые и обратные задачи для тестирования и отладки полученных моделей и схемно-топологических решений. Владеть ПО для проектирования СБИС; ПО для моделирования топологии СБИС и их отладки.	

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Проектирование современных интегральных микросхем».

Таблица 10.2

Критери и оценива ния результ атов обучени я	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК-2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстриру ет общие знания базовых понятий по темам/раздел ам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированн о отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК-2.1 ПК-2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстр ированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстриров аны все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстриро ваны все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владени е опытом)	ПК-2.1 ПК-2.2	Отсутствие владения материалом по темам/раздела м дисциплины. Нет навыков в решении стандартных	Имеется минимálny набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстриро ваны знания по

		задач. Наличие грубых ошибок.	недочетами.		решению нестандартных задач.
--	--	-------------------------------	-------------	--	------------------------------

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Пример вопросов на лекциях

- Автоматизированные средства разработки СБИС.
- Комплект средств проектирования: блоки, их назначение.
- Проверка конструкторских правил проектирования (DRC).
- Проверка соответствия топологии электрической принципиальной схеме (LVS).
- Виды матричной сенсорики.
- Механизмы шумов в полупроводниковых приборах.
- Температурные зависимости процессов в полупроводниковых приборах.
- АЦП.
- ЦАП.
- Применение источников опорного напряжения.
- Схемы приёма и передачи цифровых сигналов.

Примеры вопросов к дифференцированному зачёту

- Автоматизированные средства разработки СБИС.
- Комплект средств проектирования: блоки, их назначение.
- Проверка конструкторских правил проектирования (DRC).
- Проверка соответствия топологии электрической принципиальной схеме (LVS).
- Виды матричной сенсорики ди ИК диапазона.
- Особенности конструкций схем считывания с матриц ИК диапазона.
- Механизмы шумов в интегральных схемах.
- Спектральная плотность шума шума одно- и двухкаскадного операционного усилителя в зависимости от геометрии.
- Схема двойной коррелированной выборки.
- Особенности работы низкотемпературных СБИС.
- Разновидности АЦП. Сигма-дельта схема АЦП. Схема АЦП последовательного приближения.
- Разновидности ЦАП.
- Применение и виды схем источников опорного напряжения.
- Аналоговые схемы приёма и передачи цифровых сигналов.
- Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Проектирование современных интегральных микросхем»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Физическая информатика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного

