

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

  
подпись

(Меньшикова Т.Г.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.04 Схемотехника интегральных схем**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.04.03**  
**Радиофизика**

**2. Профиль подготовки: Микроэлектроника и полупроводниковые приборы**

**3. Квалификация (степень) выпускника: магистр**

**4. Форма образования: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физики полупроводников и микроэлектроники**

**6. Составители программы: Богатиков Евгений Васильевич,  
кандидат физико-математических наук, доцент**

**7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025**

**8. Учебный год: 2025-2026      Семестры: 1, 2**

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** формирование знаний и умений, необходимых для проектирования сложно-функциональных блоков интегральных схем.

В задачи дисциплины входят:

- изучение метода малосигнального анализа электронных схем;
- освоение компьютерных средств анализа и моделирования интегральных схем;
- изучение характеристик активных и пассивных элементов интегральных схем;
- изучение и моделирование базовых аналоговых и цифровых узлов интегральных схем;
- изучение особенностей и схемотехники микросхем СВЧ.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1. Для ее освоения требуются знания, формируемые при освоении ОПОП в рамках курсов математики, физики, компьютерного моделирования, радиоэлектроники, теоретических основ радиотехники, радиотехнических цепей и сигналов.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций В/01.7 «Конструирование наногетероструктурных СВЧ-монолитных интегральных схем в соответствии с техническим заданием для выбираемой технологии» профессионального стандарта 40.003 и ТД.1 «Разработка структурных схем и схем принципиальных МИС СВЧ, оптимизация их параметров с учетом существующих технологических маршрутов производства и технологических ограничений» профессионального стандарта 40.003.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.3	Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы;</li> <li>- методы анализа, моделирования и проектирования интегральных схем на схемотехническом уровне.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать средства моделирования в современных пакетах проектирования.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств микроэлектроники различного функционального назначения.</li> </ul>
		ПК-1.5	Разрабатывает новые технические решения блоков систем связи и телекоммуникаций под руководством более квалифицированного работника	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соотношения между цифровой логикой и схемотехникой ее реализации;</li> <li>- методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации компонентной базы.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделировать средствами компьютерных технологий микроэлектронные цифровые устройства.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средствами САПР при проектировании устройств и приборов цифровой электронной техники.</li> </ul>

ПК-2		ПК-2.3	Разрабатывает принципиальные схемы и проводит схемотехническое моделирование полупроводниковых СВЧ-устройств	<b>Знать:</b> - особенности поведения электронных компонентов в диапазоне СВЧ; - принципы моделирования активных элементов на высоких частотах. <b>Уметь:</b> - моделировать средствами компьютерных технологий микроэлектронные СВЧ-устройства. <b>Владеть:</b> - средствами САПР при проектировании устройств и приборов СВЧ-электронной техники.
------	--	--------	--	---

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации – зачет, экзамен

## 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	По семестрам		1 сем.
	Всего	2 сем.	
Аудиторные занятия,	74	38	36
в том числе:	лекции	26	24
	практические	12	12
Самостоятельная работа	142	70	72
Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен	36		36
<b>Итого:</b>	<b>252</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

### 13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>Лекции, I семестр</b>			
1.1	Введение	Модели и малосигнальные параметры полупроводниковых приборов. Малосигнальные схемы замещения. Графический анализ схем: построение нагрузочной линии и нахождение рабочей точки.	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=87112">https://edu.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=87112</a>
1.2	Однокаскадные усилители	Построение малосигнальных схем замещения однокаскадных усилителей и расчет их малосигнальных параметров. Усилители с общим истоком: с резистивной нагрузкой, с диодной нагрузкой, с источником тока в нагрузке, с обратной связью. Усилитель с общим стоком. Усилитель с общим затвором. Эффект Миллера. Каскодный усилитель.	

1.3	Источники тока	Параметры отражателей тока. Простое токовое зеркало. Повышение выходного сопротивления токового зеркала: использование резисторов обратной связи, токовое зеркало с каскодной схемой, каскодное токовое зеркало, использование регулируемого каскода. Снижение минимального рабочего напряжения токового зеркала: токовое зеркало с расширенным диапазоном выходного напряжения, автоматическое задание рабочей точки.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4248#coursecontentcollapse5">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4248#coursecontentcollapse5</a>
1.4	Дифференциальные усилители	Принцип работы дифференциального усилителя. Дифференциальный усилитель с симметричной нагрузкой: малосигнальная схема замещения и расчет малосигнальных параметров. Дифференциальный усилитель с активной нагрузкой и несимметричным выходом. Выходной каскад операционного усилителя. Операционный усилитель с «перегнутым» каскодом.	
1.5	Источники опорного напряжения и стабилизаторы напряжения	Параметры источников опорного напряжения. Источник опорного напряжения на диодах. Снижение выходного сопротивления ИОН: с помощью эмиттерного/истокового повторителя; с помощью операционного усилителя. Источник опорного напряжения с температурной компенсацией. ИОН, определяемый шириной запрещенной зоны (бандгап). LDO-регуляторы напряжения.	
<b>Лекции, II семестр</b>			
1.6	Частотная компенсация интегральных схем	Преобразование Лапласа и передаточные функции. Нули и полюса передаточной функции. Устойчивость системы. Геометрический метод определения частотного отклика. График Боде. Запас по фазе. Частотная компенсация: параллельная компенсация, компенсация Миллера.	
1.7	Цифро-анalogовые преобразователи	Основные параметры преобразователей данных. Параллельные ЦАП: декодирующий ЦАП, ЦАП на резистивной лестничной цепи R-2R, ЦАП с двоично-взвешенным суммированием, ЦАП с суммированием зарядов, ЦАП с суммированием токов. Последовательные ЦАП: поразрядные последовательные ЦАП, интегрирующие последовательные ЦАП. Фильтрация выходного сигнала ЦАП.	
1.8	Аналогово-цифровые преобразователи	Параллельные АЦП: полностью параллельные (флэш) АЦП, свернутый АЦП, двухтактный АЦП, конвейерный АЦП. АЦП последовательного приближения. Интегрирующие АЦП.	
1.9	Интегральные схемы СВЧ диапазона	Элементная база твердотельной СВЧ-электроники: полевые транзисторы с барьером Шоттки, транзисторы на гетеропереходах. Узлы приемо-передающих систем на гетероструктурах. Малошумящие усилители и усилители мощности.	

<b>Практические занятия, I семестр</b>			
2.1	Введение	Занятие 1. Изучение открытой технологии SKY130	
2.2	Однокаскадные усилители	Занятие 2. Проектирование однокаскадного усилителя в технологии SKY130	
2.3	Источники тока	Занятие 3. Проектирование простого токового зеркала в технологии SKY130	
2.4	Дифференциальные усилители	Занятие 4. Проектирование операционного усилителя в технологии SKY130	
2.5	Источники опорного напряжения и стабилизаторы напряжения	Занятие 5. Проектирование LDO-регулятора в технологии SKY130	
<b>Практические занятия, II семестр</b>			
2.6	Частотная компенсация интегральных схем	Занятие 6. Проектирование двухкаскадного усилителя с частотной компенсацией в технологии SKY130	
2.7	Цифро-аналоговые преобразователи	Занятие 7. Проектирование ЦАП типа R-2R.	
2.8	Аналого-цифровые преобразователи	Занятие 8. Проектирование параллельного АЦП	
2.9	Интегральные схемы СВЧ диапазона	Занятие 9. Моделирование гетеробиполярного транзистора.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	2	2	14	18
2	Однокаскадные усилители	6	2	16	24
3	Источники тока	6	2	16	24
4	Дифференциальные усилители	6	4	16	26
5	Источники опорного напряжения и стабилизаторы напряжения	6	4	16	26
6	Частотная компенсация интегральных схем	6	4	16	26
7	Цифро-аналоговые преобразователи	6	2	16	24
8	Аналого-цифровые преобразователи	6	2	16	24
9	Интегральные схемы СВЧ диапазона	6	2	16	24
		Итого:	50	24	142
		Экзамен			36
		Итого по курсу			252

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Схемотехника интегральных схем» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Схемотехника интегральных схем» может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
  - понимать значение и важность ее в данном курсе;
  - четко представлять план;
  - уметь выделить основное, главное;
  - усвоить значение примеров и иллюстраций;
  - связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
  - представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.
- Существует несколько общих правил работы на лекции:
- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
  - к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
  - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
  - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
  - записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в семинарских и лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развиваются творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимися знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Схемотехника интегральных схем» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Схемотехника интегральных схем» включает в себя:

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| изучение теоретической части курса<br>подготовку к практическим занятиям | - 96 часов;<br>- 46 часов. |
|--|----------------------------|

Итого - 142 часа .

Подготовка к экзамену – 36 часов

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

a) основная литература:

№ п/п	Источник
	Легостаев, Н. С. Микросхемотехника. Аналоговая микросхемотехника : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. — Москва : ТУСУР, 2014. — 238 с. — ISBN 978-5-86889-677-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/110345">https://e.lanbook.com/book/110345</a>
1	Никитин, В. А. Схемотехника интегральных схем ТТЛ, ТТЛШ и КМОП : учебное пособие / В. А. Никитин. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 64 с. — ISBN 978-5-7262-1236-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/75743">https://e.lanbook.com/book/75743</a>
2	Схемотехника аналоговых электронных устройств. Теория : учебно-методическое пособие / составители Г. М. Дейкова, А. А. Жуков. — Томск : ТГУ, 2013. — 232 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/80897">https://e.lanbook.com/book/80897</a>
3	Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 528 с. — ISBN 978-5-8114-1161-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167901">https://e.lanbook.com/book/167901</a>
4	

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Электроника интегральных схем. Лабораторные работы и упражнения : учебное пособие / К. О. Петросянц, П. А. Козынко, Н. И. Рябов [и др.] ; под редакцией К. О. Петросянца. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2017. — 556 с. — ISBN 978-5-91359-213-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/119679">https://e.lanbook.com/book/119679</a>
5	Жаркой, М. Ф. Технологические основы производства полупроводниковых интегральных схем : учебное пособие / М. Ф. Жаркой. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2016. — 123 с. — ISBN 978-5-85546-944-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/98208">https://e.lanbook.com/book/98208</a>
6	Романовский, М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники : учебное пособие / М. Н. Романовский. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 1 : Основные структуры полупроводниковых интегральных схем — 2012. — 123 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4936">https://e.lanbook.com/book/4936</a>
7	Романовский, М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники : учебное пособие / М. Н. Романовский. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 2 : Элементы интегральных схем и функциональные устройства — 2012. — 127 с. — Текст : электронный // Лань

	: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4935">https://e.lanbook.com/book/4935</a>
--	---

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
9	ЭБС Лань
10	ЭБС «Университетская библиотека online»
11	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» (ЭБС «Консультант студента»)*
12	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

#### **16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Шебанов, А. Н. Основы схемотехнического моделирования в NGSPICE : учебно-методическое пособие / А. Н. Шебанов, Е. В. Богатиков. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.
2	Базовые основы проектирования аналоговых усилителей : учебно-методическое пособие / Д. В. Колесников, Е. В. Сухотерин, Е. В. Богатиков, А. Н. Шебанов. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. 195 с.

#### **17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
3	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

#### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Для проведения лабораторных работ необходим компьютерный класс с лицензионным программным обеспечением - лаборатория вычислительных систем и математического моделирования, оснащенная сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и с лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программный комплекс для ЭВМ – MathWorks Total Academic Headcount, Университетская лицензия, договор 3010-07/01-19 от 09.01.19; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Аудитория для самостоятельной работы студентов оснащена сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор

3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение	ПК-1	ПК-1.5	Результаты занятия 1
2	Однокаскадные усилители	ПК-1	ПК-1.5	Результаты занятия 2
3	Источники тока	ПК-1	ПК-1.5	Результаты занятия 3
4	Дифференциальные усилители	ПК-1	ПК-1.5	Результаты занятия 4
5	Источники опорного напряжения и стабилизаторы напряжения	ПК-1	ПК-1.3	Результаты занятия 5
6	Частотная компенсация интегральных схем	ПК-1	ПК-1.3	Результаты занятия 6
7	Цифро-аналоговые преобразователи	ПК-1	ПК-1.5	Результаты занятия 7
8	Аналогово-цифровые преобразователи	ПК-1	ПК-1.3	Результаты занятия 8
9	Интегральные схемы СВЧ диапазона	ПК-2	ПК-2.3	Результаты занятия 9
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет, экзамен				Комплект КИМ

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется по результатам практических занятий

#### **Перечень тем практических занятий**

Занятие 1. Изучение открытой технологии SKY130

Занятие 2. Проектирование однокаскадного усилителя в технологии SKY130

Занятие 3. Проектирование простого токового зеркала в технологии SKY130

Занятие 4. Проектирование операционного усилителя в технологии SKY130

Занятие 5. Проектирование LDO-регулятора в технологии SKY130

Занятие 6. Проектирование двухкаскадного усилителя с частотной компенсацией в технологии SKY130

Занятие 7.Проектирование ЦАП типа R-2R.

## Занятие 8. Проектирование параллельного АЦП

## Занятие 9. Моделирование гетеробиполярного транзистора.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических заданий, на основе которых выставляется предварительная оценка *зачет/ незачет, отлично/ хорошо/ удовлетворительно/ неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических заданий	Базовый уровень	<i>Зачтено</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических заданий	–	<i>Не зачтено</i>

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических заданий	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять практические задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

1. Малосигнальные параметры полупроводниковых приборов.
2. Малосигнальные схемы замещения.

3. Графический анализ схем: построение нагрузочной линии и нахождение рабочей точки.
4. Элементы в открытой технологии SKY130.
5. Усилитель с общим истоком и резистивной нагрузкой.
6. Усилитель с общим истоком и диодной нагрузкой.
7. Источник тока в нагрузке усилителя с общим истоком.
8. Обратная связь в усилителе с общим истоком.
9. Усилитель с общим стоком.
10. Усилитель с общим затвором.
11. Эффект Миллера.
12. Каскодный усилитель.
13. Простое токовое зеркало.
14. Повышение выходного сопротивления токового зеркала: использование резисторов обратной связи.
15. Токовое зеркало с каскодной схемой.
16. Каскодное токовое зеркало.
17. Использование регулируемого каскода для повышения выходного сопротивления токового зеркала.
18. Снижение минимального рабочего напряжения токового зеркала: токовое зеркало с расширенным диапазоном выходного напряжения.
19. Снижение минимального рабочего напряжения токового зеркала: автоматическое задание рабочей точки.
20. Дифференциальный усилитель с симметричной нагрузкой: малосигнальная схема замещения и расчет малосигнальных параметров.
21. Дифференциальный усилитель с активной нагрузкой и несимметричным выходом.
22. Операционный усилитель с «перегнутым» каскодом.
23. Источник опорного напряжения на диодах.
24. Снижение выходного сопротивления ИОН с помощью эмиттерного/истокового повторителя;
25. Снижение выходного сопротивления ИОН с помощью операционного усилителя.
26. Источник опорного напряжения с температурной компенсацией.
27. Источник опорного напряжения, определяемый шириной запрещенной зоны (бандгап).
28. LDO-регуляторы напряжения.

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Преобразование Лапласа и передаточные функции.
2. Нули и полюса передаточной функции. Устойчивость системы.
3. Геометрический метод определения частотного отклика.
4. График Боде. Запас по фазе.
5. Частотная компенсация: параллельная компенсация.
6. Частотная компенсация: компенсация Миллера.
7. Основные параметры преобразователей данных.
8. Параллельные ЦАП: декодирующий ЦАП.
9. Параллельные ЦАП: ЦАП на резистивной лестничной цепи R-2R.
10. Параллельные ЦАП: ЦАП с двоично-взвешенным суммированием.
11. Параллельные ЦАП: ЦАП с суммированием зарядов.
12. Параллельные ЦАП: ЦАП с суммированием токов.
13. Последовательные ЦАП: поразрядные последовательные ЦАП.

14. Последовательные ЦАП: интегрирующие последовательные ЦАП.
15. Фильтрация выходного сигнала ЦАП.
16. Параллельные АЦП: полностью параллельные (флэш) АЦП.
17. Параллельные АЦП: свернутый АЦП.
18. Параллельные АЦП: двухтактный АЦП.
19. Параллельные АЦП: конвейерный АЦП.
20. АЦП последовательного приближения.
21. Интегрирующие АЦП.
22. Элементная база твердотельной СВЧ-электроники: полевые транзисторы с барьером Шоттки.
23. Элементная база твердотельной СВЧ-электроники: транзисторы на гетеропереходах.
24. Узлы приемо-передающих систем на гетероструктурах.
25. Малошумящие усилители и усилители мощности.

### **Описание технологии проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/ хорошо/ удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Схемотехника интегральных схем» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения заданий практических занятий;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Схемотехника интегральных схем»:

Оценка уровня освоения дисциплины «Схемотехника интегральных схем» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения заданий на практических занятиях;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Схемотехника интегральных схем»:

– оценка отлично выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка хорошо выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления результатов практических занятий позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка удовлетворительно выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка неудовлетворительно выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении практических заданий, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Схемотехника интегральных схем» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой неудовлетворительно.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.