

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«СХЕМОТЕХНИКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Ишин Артем Борисович
Дата подписания: 27.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр Геннадьевич
Дата подписания: 27.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-3 Способность разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования	ПКР-3.2
ПКР-4 Готовность к эксплуатации и развитию транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы	ПКР-4.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-3.2	Знает основные сведения по методам моделирования аналоговых элементов РЭС. Умеет определять и обосновывать целесообразность использования сетевых технологий для схемотехнического моделирования аналоговых элементов РЭС	Знать основные программные средства и методы моделирования аналоговых радиоэлектронных систем Уметь определять и обосновывать целесообразность использования сетевых технологий для схемотехнического моделирования аналоговых элементов радиоэлектронных схем Владеть программными средствами и методами моделирования радиоэлектронных схем
ПКР-4.2	Знает основы схемотехники и элементную базу электронных устройств, которые являются основой сетей передачи данных	Знать основы схемотехники и элементную базу для электронных устройств, используемых в сетях передачи данных Уметь выбирать и обосновывать выбор устройств для сетей передачи данных с учетом их свойств и элементной базы, а также с учетом условий и требований, предъявляемых к параметрам Владеть навыками создания моделей аналоговых электронных устройств с помощью современного программного обеспечения

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика»,

«Физика», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Электроника», «Радиоавтоматика», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Основы теории цепей», «Основы теории колебаний и волн»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Цифровые устройства и микропроцессоры», «Основы телевидения и видеотехники», «Методы измерения в радиотехнических устройствах и системах», «Цифровая обработка сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Радиотехнические системы»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовой проект	Экзамен, Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение	1	2							Просмотр
2	Основные технические показатели и характеристики аналоговых электронных устройств	2	4	1	2	1	4	2, 4	5	Просмотр
3	Принципы усиления сигналов и построения усилителей	3	6	2	4	2, 3, 4	7	2, 3	5	Просмотр
4	Особенности	4	8	3	2	5	2	1, 2,	22	Просмотр

	построения усилительных каскадов различного назначения							3, 4		
5	Операционные усилители (ОУ)	5	8	4, 5	6			2, 3, 4	6	Просмотр
6	Активные фильтры	6	4	6	2	6	3	2, 3, 4	6	Просмотр
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовой проект
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение	Место "Схемотехники аналоговых электронных устройств" в образовательном процессе. Цели, задачи и проблемы схемотехники. Обзор предмета.
2	Основные технические показатели и характеристики аналоговых электронных устройств	Классификация и основные параметры усилителей. Амплитудно-частотная, фазочастотная и переходная характеристики устройств и их взаимосвязь.
3	Принципы усиления сигналов и построения усилителей	Виды и классификация обратных связей (ОС) в усилителях. Влияние ОС на параметры усилителя. Устойчивость усилителей. Критерии устойчивости. Общие принципы усиления сигналов. Структурная схема усилителя электрических сигналов. Усилители на биполярных транзисторах (БПТ). Анализ работы полупроводниковых приборов по вольт-амперным характеристикам (ВАХ) Схемы включения БПТ. Основные параметры четырехполюсников. h-параметры БПТ. Составные транзисторы: схемная реализация и параметры. Питание цепей коллекторов. Подача смещения во входные цепи. Стабилизация точки покоя в транзисторных каскадах. Многокаскадные усилители. Схемы межкаскадной связи. Однотактные и двухтактные каскады. Симметричные и несимметричные входы и выходы усилительных каскадов. Классы режимов работы усилительных элементов (А, В, АВ, С, D, Е, ВЕ, АВЕ). Особенности усилителей на полевых транзисторах (ПТ).
4	Особенности построения усилительных каскадов различного назначения	Предварительные усилители. Анализ работы предварительного усилителя на БПТ, включенном по схеме с общим эмиттером (АЧХ, ФЧХ, входное и выходное сопротивления). Предварительные усилители с ОС. Транзисторные повторители напряжения (эмиттерный и истоковый). Сложные

		эмиттерные повторители с повышенным входным сопротивлением. Особенности работы повторителей с импульсными сигналами при емкостной нагрузке. Выходные усилители мощности: особенности работы и схемная реализация. Трансформаторные и бестрансформаторные каскады. Однотактные и двухтактные каскады. Фазовращатели и фазорасщепители: схемная реализация. Усилители постоянного тока: особенности работы и схемная реализация. Транзисторные источники тока. Токовые зеркала. Дифференциальные транзисторные усилители: особенности работы и схемная реализация.
5	Операционные усилители (ОУ)	Назначение, структурная схема, основные параметры ОУ. Основные схемы включения (линейные устройства на ОУ): инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, повторитель напряжения, дифференциальный усилитель. Частотные свойства ОУ и устойчивость ОУ. Схемы частотной коррекции. Интегратор и дифференциатор на ОУ. Нелинейные устройства на ОУ: компараторы и триггеры Шмитта, выпрямители на (однополупериодный и двухполупериодный), ограничители сигналов. Аналоговые вычислители на ОУ: логарифмические и антилогарифмические усилители, сумматоры, перемножители. Конвертор полного отрицательного сопротивления и гиратор на ОУ.
6	Активные фильтры	Общие сведения о частотных фильтрах. Задача аппроксимации частотных характеристик фильтров. Различные виды аппроксимации. Реализация активных фильтров на операционных усилителях.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Наблюдение формы электрических сигналов, фигур Лиссажу с помощью осциллографа. Измерение основных параметров сигналов.	2
2	Изучение транзисторного каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером	4
3	Изучение двухтактного бестрансформаторного усилительного каскада на биполярном транзисторе	2
4	Моделирование и изучение схемы и свойств	2

	операционного усилителя	
5	Изучение основных линейных схем включения ОУ: инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, повторитель, интегратор, сумматор.	4
6	Изучение фильтра Баттерворта на ОУ	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение параметров полупроводниковых диодов и транзисторов по ВАХ	4
2	Схемы на полупроводниковых диодах	3
3	Расчет работы усилительного каскада в режиме малого сигнала по h-параметрам	2
4	Расчет работы транзисторного каскада в режиме большого сигнала по ВАХ транзистора	2
5	Расчет транзисторного источника тока	2
6	Расчет активного RC-фильтра	3

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	16
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	20
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4
4	Проработка разделов теоретического материала	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: семинар в диалоговом режиме, работа в команде

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

При выполнении курсовой работы следует опираться на знания, полученные в ходе лекционных, практических и лабораторных работ. Курсовая работа выполняется в системе multisim в соответствии с предложенным заданием. Оценка работоспособности разработанной и реализованной схемы осуществляется с помощью снятия показаний виртуальными приборами.

Отчет оформляется по требованиям, изложенным в СТО 005-2020.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические работы следует выполнять, используя теоретический материал и образцы решения задач в лекциях и в основной рекомендованной литературе, а также в дополнительной литературе, изучить доказательства и выводы основных свойств и уравнений, рассматриваемых в рамках курса.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

При выполнении лабораторных работ следует опираться на методические указания, использовать теоретический материал и образцы решения задач из лекций, основной и дополнительной литературы, практических занятий, решение выданных для самостоятельной работы задач.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студентом проводится с целью:

- подготовки к конкретным видам занятий;
- для углубления знаний по учебной дисциплине;
- для расширения кругозора.

Самостоятельная подготовка к конкретным видам занятий включает:

- подготовку к очередной лекции;
- подготовку к практическим работам.

Подготовка к очередной лекции имеет целью освежить в памяти материал предыдущей лекции. При этом также выполняются задания, которые были предложены преподавателем для СРС по теме лекции. Для выяснения всех возникших вопросов используется рекомендованная литература или любая другая литература по теме дисциплины.

Углубление знаний и расширение кругозора по учебным и смежным с ними вопросам проводится при выполнении заданий преподавателя по написанию программ в рамках лабораторных работ и выполнению курсовой работы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Просмотр

Описание процедуры.

В начале каждого аудиторного занятия обсуждаются темы, рассматриваемые ранее.

Критерии оценивания.

Контролируется понимание и усвоение материала, необходимого для восприятия текущей лекции. Необходимо, чтобы студенты помнили и понимали взаимосвязи между объектами, рассматриваемыми ранее, для успешного усвоения последующего материала.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы)
---	----------------------------	--------------------------

		оценивания промежуточной аттестации
ПКР-3.2	Знает современные программы виртуального моделирования, основные методы разработки методов разработки электрон-ных устройств, способы моделирования аналоговых электронных устройств	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий
ПКР-4.2	Владеет навыками создания моделей аналоговых электронных устройств с помощью современного программного обеспечения	Собеседование по теоретическим вопросам, демонстрация навыков моделирования аналоговых электронных устройств с помощью соответствующего программного обеспечения

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамены являются заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеют целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Экзамен проводится в объеме рабочей программы учебной дисциплины. В экзаменационный билет включены два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Пример задания:

Вопросы к экзамену:

- 1) Классификация, основные параметры и характеристики усилителей.
- 2) Амплитудно-частотная, фазочастотная и переходная характеристика усилителя и их взаимосвязь.
- 3) Виды и классификация ОС в усилителях. Влияние ОС на параметры усилителя (коэффициент усиления, входное сопротивление, выходное сопротивление).
- 4) Устойчивость усилителей. Критерии устойчивости.
- 5) Общие принципы усиления сигналов. Структурная схема усилителя электрических сигналов.
- 6) Основные параметры четырехполюсников (применяемые системы параметров, физический смысл и связь между параметрами).

- 7) Питание цепей коллекторов транзисторов.
- 8) Подача смещения во входные цепи транзисторов.
- 9) Стабилизация точки покоя в транзисторных каскадах (коллекторная, эмиттерная и комбинированная стабилизация).
- 10) Схемы межкаскадной связи (гальваническая, резисторно-конденсаторная, трансформаторная, дроссельно-конденсаторная).
- 11) Типы усилительных каскадов (однотактные и двухтактные). Симметричные и несимметричные входы и выходы усилительных каскадов.
- 12) Классы режимов работы усилительных элементов (А, В, АВ, С, D, Е, ВЕ, АВЕ)
- 13) Предварительные усилители: особенности работы и схемная реализация.
- 14) Работа предварительного усилителя на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером (АЧХ, ФЧХ, входное и выходное сопротивления).
- 15) Транзисторные повторители напряжения (эмиттерный и истоковый).
- 16) Сложные эмиттерные повторители с повышенным входным сопротивлением.
- 17) Транзисторные источники тока.
- 18) Токовые зеркала.
- 19) Дифференциальные усилители: особенности работы и схемная реализация.
- 20) Операционные усилители: назначение, структурная схема, основные параметры.
- 21) Инвертирующий усилитель на ОУ: схемная реализация и основные параметры.
- 22) Неинвертирующий усилитель на ОУ: схемная реализация и основные параметры.
- 23) Повторитель напряжения на ОУ: схемная реализация и основные параметры.
- 24) Дифференциальный усилитель на ОУ: схемная реализация.
- 25) Интегратор и дифференциатор на ОУ: схемная реализация.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении	Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ	Не дал ответа по вопросам билета; дал неверные, содержащие фактические ошибки ответы на все вопросы; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы. Неудовлетворительная оценка выставляется студенту, отказавшемуся отвечать на вопросы билета

заданий, использует в ответе материал научной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.			
---	--	--	--

6.2.2.2 Семестр 4, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Оценка качества выполнения курсового проекта осуществляется по содержанию работы, владению студентом материала работы и умению объяснить найденные схемотехнические решения, повторить расчет, произведённый в процессе выполнения проекта. Оценивается аккуратность, простота решений задачи, работоспособность схемы, умение студентом внятно, доходчиво, полно объяснить и прокомментировать необходимость использования найденных решений и компонентов. Кроме того, оценивается отчет о выполнении работы (соответствия нормам и требованиям к оформлению).

Пример задания:

Разработать регулируемый источник тока. Диапазон регулировки от 1 мА, до 100 мА. Нагрузка до 100 Ом. Питание от сети 220 В. Блок питания разработать. Элементную базу выбрать самостоятельно.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Полученное в результате выполнения проекта устройство корректно функционирует, что подтверждается моделированием; адекватность	Полученное в результате выполнения проекта устройство является корректным; студент владеет материалом в рамках, необходимых для	Полученные в работе результаты корректны. Текст в целом отражает результаты проекта верно. Отсутствует, или не корректно функционирует модель. Студент в целом может объяснить	Студент не владеет материалом предмета в рамках, необходимых для выполнения проекта и затрудняется объяснить найденные схемотехнические решения. Отсутствует функционирующая модель.

<p>функционирование полно отражена в тексте отчета; студент свободно владеет материалом в рамках, необходимых для выполнения курсового проекта; может обосновать каждое схемотехническое решение в проекте. Оформление проекта соответствует принятым нормам.</p>	<p>выполнения курсового проекта; может объяснить каждое схемотехническое решение в проекте. Оформление проекта соответствует принятым нормам, с несущественными замечаниями.</p>	<p>функционирование предложенного схемотехнического решения.</p>	
---	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Павлов В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Радиотехника" / В. Н. Павлов, 2008. - 287.
2. Ишин А. Б. Лабораторный практикум по дисциплине "Схемотехника аналоговых электронных устройств" : электронный курс / А. Б. Ишин, 2023
3. Хоровиц П. Искусство схемотехники : перевод с английского / П. Хоровиц, У. Хилл, 1998. - 704.
4. Марюхненко В. С. Транзисторные схемы аналоговой обработки сигналов и активные фильтры : учеб. пособие / В. С. Марюхненко, 1998. - 381.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Павлов Владимир Николаевич. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учеб. для вузов по направлениям "Радиотехника", "Электроника и микроэлектроника" / Владимир Николаевич Павлов, Василий Николаевич Ногин, 1997. - 320.
2. Павлов В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : [Учеб. для вузов по направлениям "Радиотехника", "Электроника и микроэлектроника"] / В. Н. Павлов, В. Н. Ногин, 2001. - 320.
3. Хоровиц Пауль. Искусство схемотехники : в 3 т. [Т.] 1 / Пауль Хоровиц; Пер. с англ. Б. Н. Бронина, 1993. - 411.
4. Хоровиц Пауль. Искусство схемотехники : в 3 т. [Т.] 2 / Пауль Хоровиц; Пер. с англ. Б. Н. Бронина, 1993. - 370.
5. Хоровиц Пауль. Искусство схемотехники : в 3 т. [Т.] 3 / Пауль Хоровиц; Пер. с англ. Б. Н. Бронина, 1993. - 367.

6. Зиатдинов С. И. Схемотехника телекоммуникационных устройств : учебник по направлению 21070 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" / С. И. Зиатдинов, Т. А. Суетина, Н. В. Поваренкин, 2013. - 365.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер
4. MultiSim 10.1_EDUCATION_25 USER LICENSE _поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.