

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Схемотехника аналоговых электронных
устройств

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.28«Схемотехника аналоговых электронных устройств» относится к обязательной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	ОПК-7.1: Знать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Уметь использовать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	Собеседование, задача (практическое задание)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	7
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2.Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Вводная часть. Способы аналитического описания основные характеристики линейных четырёхполюсников. Вопросы межкаскадного согласования.	2	1			1	1
Тема 2. Базовые схемы включения усилительных приборов – биполярных и полевых транзисторов. Выбор начальной рабочей точки. Эквивалентные схемы по постоянному и переменному току.	11	4		6	10	1
Тема 3. Усилители переменного тока. Аперiodически и резонансный усилители. Амплитудно- и фазо-частотные характеристики усилителей.	11	4		6	10	1
Тема 4. Усилители постоянного тока (УПТ). Дрейфовые явления и способы повышения стабильности работы УПТ. Однотактный и дифференциальный каскады УПТ.	11	4		6	10	1
Тема 5. Интегральные дифференциальные усилители. Обобщённая принципиальная схема интегрального дифференциального усилителя. Стандартный операционный усилитель (ОУ) и его характеристики.	4	3			3	1

Тема 6. Операционные усилители и их применение. Инвертирующее и не-инвертирующее включение ОУ. Безынерционные и инерционные (фильтры) цепи на основе ОУ	15	6		8	14	1
Тема 7. Инструментальные микросхемы. Компараторы, цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи. Аналоговые пере-множители в линейном и нелинейном режимах. Смесители и устройства на их основе – синхронный и фазовый детекторы, преобразователи частоты, модуляторы.	7	6			6	1
Тема 8. Система фазовой автоподстройки (ФАП). Функциональный состав и структурная схема. Система ФАП в режиме слежения - основные характеристики и параметры кольца обратной связи. Применение системы ФАП.	10	4		6	10	
Аттестация						
КСР	1				1	
Итого	72	32		32	64	7

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: выполнение практических заданий по отдельным разделам дисциплины, приобретение навыков экспериментальных исследований в рамках лабораторного практикума.

Выполняются одна из трех лабораторных работ:

	Наименование лабораторной работы	Темы дисциплины
1.	Преобразование сигналов на биполярном транзисторе	2, 3
2.	Дифференциальный каскад и функциональные узлы на его основе	4, 6
3.	Синтезатор частоты	8

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- исследование на лабораторных установках принципов работы аналоговых и цифро-аналоговых радиотехнических устройств,
- изучение схемотехнических характеристик исследуемых устройств,
- выполнение расчетов и оценок технических характеристик исследуемых устройств,
 - анализ получаемых результатов под руководством преподавателя.
- компетенций: ОПК-7.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Схемотехника аналоговых электронных устройств, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9526>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью дополнительной и основной учебной литературы (п.6), включающей учебные пособия и методические разработки для выполнения лабораторных работ, и контролируется на допуске к лабораторным работам и приемке отчета по лабораторным работам.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ответа						
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»

	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам п.2)

5.2.1. Контрольные вопросы

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1) Согласование четырехполюсников по току, напряжению и по мощности.	ОПК-7
2) В чём состоит механизм использования активных приборов (транзисторов) для усиления аналоговых сигналов.	ОПК-7
3) Разновидности, основные свойства и отличия схем включения усилительных приборов – транзисторов: схемы с общим эмиттером (общим истоком), общей базой (общим затвором), общим коллектором (общим стоком).	ОПК-7
4) Каскадные схемы включения транзисторов. В каких случаях используются каскадные схем включения и исходя из чего делается выбор той или иной каскадной схемы.	ОПК-7
5) Усилители переменного тока. Эквивалентные схемы по постоянному и переменному токам.	ОПК-7
6) Основные характеристики усилителей переменного тока. От чего зависят коэффициент усиления по напряжению и частотные свойства усилителя.	ОПК-7
7) Принципиальная схема апериодического усилителя. Коэффициент усиления по напряжению и амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) усилителя.	ОПК-7
8) Принципиальная схема резонансного усилителя. Коэффициент усиления по напряжению и амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) усилителя.	ОПК-7
9) Однотактный усилитель постоянного тока (УПТ). Дрейф УПТ. Механизм применения отрицательной обратной связи для устранения дрейфовых явлений в УПТ	ОПК-7
10) Дифференциальный каскад (ДК). Принцип подавления дрейфовых явлений в ДК. Коэффициент усиления по напряжению и способ подавления синфазной составляющей в ДК.	ОПК-7
11) Обобщённая схема интегрального дифференциального усилителя.	ОПК-7
12) Стандартный операционный усилитель (ОУ) и его частотные свойства.	ОПК-7
13) Инвертирующее и неинвертирующее включение ОУ.	ОПК-7
14) Принцип использования ОУ для выполнения операций над аналоговыми сигналами (в частности, операций суммирования и фильтрации).	ОПК-7
15) Механизм использования ОУ в цифро-аналоговых преобразователях (ЦАП).	ОПК-7

Вопросы	Код формируемой компетенции
16) Операционный усилитель в роли аналогового компаратора напряжений. От чего зависит точность работы компаратора.	ОПК-7
17) Механизм использования аналогового компаратора для выполнения аналого-цифрового преобразования.	ОПК-7
18) Разновидности аналого-цифровых преобразователей (АЦП): АЦП последовательных приближений, параллельный АЦП.	ОПК-7
19) Принцип работы АЦП на коммутируемых ёмкостях.	ОПК-7
20) Принцип работы Δ - Σ АЦП.	ОПК-7
21) Механизм использования дифференциального каскада для выполнения операции умножения.	ОПК-7
22) Дифференциальный каскад в роли активного смесителя. Чем отличается работа ДК в роли смесителя и в роли аналогового перемножителя.	ОПК-7
23) Перечислите функциональные узлы, построенные на основе смесителей.	ОПК-7
24) Синхронный и фазовый детекторы. Структурные схемы и отличия в работе.	ОПК-7
25) Преобразователь частоты. структурная схема преобразователя. Роль смесителя в процессе преобразовании частоты.	ОПК-7
26) Структурная схема системы фазовой автоподстройки (ФАП). Механизм использования ФАП для синтеза частот и в системах фазовой синхронизации.	ОПК-7
27) Система ФАП в режиме слежения и её основные характеристики.	ОПК-7
28) От чего зависят характер переходных процессов и установившаяся ошибка слежения в системе ФАП.	ОПК-7
29) В чём состоит особенность импульсно-фазовой системы ФАП.	ОПК-7

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-7

Типовые контрольные задания формулируются в виде перечня нескольких разных по сложности вопросов, перечисленных в п.п. 5.2.1. Необходимым условием сдачи зачета является выполнение одной из перечисленных в п. 3.2 лабораторных работ.

Пример типового задания:

- В чём состоит механизм использования активных приборов (транзисторов) для усиления аналоговых сигналов.
- Дифференциальный каскад (ДК). Коэффициент усиления по напряжению и способ подавления синфазной составляющей в ДК
- Система ФАП в режиме слежения и её основные характеристики.

Первый вопрос в данном примере касается способа выполнения логических операций и относится к **Теме 1** содержания дисциплины (п. 3) «Базовые схемы включения усилительных приборов – биполярных и полевых транзисторов. Выбор начальной рабочей точки. Эквивалентные схемы по постоянному и переменному току». Второй – к **Теме 4** «Усилители постоянного тока (УПТ). Дрейфовые явления и способы повышения стабильности работы УПТ. Однотактный и дифференциальный каскады УПТ». Третий – к **Теме 8** «Система фазовой автоподстройки (ФАП). Функциональный состав и структурная схема. Система ФАП в режиме

слежения - основные характеристики и параметры кольца обратной связи. Применение системы ФАП.».

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используется проверка способности обучаемого пользоваться измерительными приборами и программным обеспечением, используемым в процессе проведения лабораторного эксперимента.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Орлов И.Я. Курс лекций по основам радиоэлектроники: Учебное пособие / Н.Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2005. – 168 с. (143 экз.).
2. Аваев Н.А. и др. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов / Н.А. Аваев, Ю.В. Наумов, В.Т. Фролкин. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с. (42 экз.).
3. Преобразования сигналов на биполярном транзисторе. Методическое пособие / Составители Канаков В.А., Савельев Д.В., Шкелев Е.И./ Н.Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2000. 43 с.

б) дополнительная литература:

1. Баскаков С.Н. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк., 1988 – 448 с.: ил. (228 экз).
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с. (162 экз.).
3. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1985. – 504 с. (118 экз.).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- Электронный курс в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>

«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9526>),

- При выполнении лабораторной работы «Преобразование сигналов на биполярном транзисторе» используется специально разработанное программное обеспечение.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Фитасов Е.С., Ивлев Д.Н.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.