

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

А.В. Корячко

**Цифровая обработка сигналов в электронных
устройствах**
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электронных приборов**
Учебный план 11.04.04_23_00.plx
 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Квалификация **магистр**
Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	10			
Неделя	10			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	10	10	10	10
Практические	10	10	10	10
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	20,25	20,25	20,25	20,25
Контактная работа	20,25	20,25	20,25	20,25
Сам. работа	43	43	43	43
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	72	72	72	72

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Серебряков Андрей Евгеньевич

Рабочая программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 27.01.2023 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от 26.05.2023 г. № 5

Срок действия программы: 2023-2025 уч.г.

Зав. кафедрой Чиркин Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры **Электронных приборов**

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **Электронных приборов**

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры **Электронных приборов**

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Электронных приборов

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Изучение методов цифровой обработки сигналов в электронных устройствах; получение навыков проектирования цифровых фильтров.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС: математические модели линейных дискретных систем и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье; основные этапы проектирования цифровых фильтров (ЦФ); синтез и анализ ЦФ и их математическое описание в виде структур; оценку шумов квантования в ЦФ с фиксированной точкой (ФТ);
1.4	ознакомление с основными современными средствами компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	ФТД.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Методы анализа наносистем
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	
ОПК-2.1. Применяет современные методы исследования	
Знать модель представления цифрового сигнала.	
Уметь осуществлять осознанный выбор типа цифрового фильтра для решения конкретной задачи	
Владеть навыками разработки цифровых фильтров.	
ОПК-2.2. Представляет и аргументировано защищает результаты выполненной работы	
Знать принципы построения цифровых фильтров.	
Уметь осуществлять осознанный выбор типа цифрового фильтра для решения конкретной задачи	
Владеть навыками математического моделирования цифровых фильтров.	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	модель представления цифрового сигнала; принципы построения цифровых фильтров;
3.2	Уметь:
3.2.1	осуществлять осознанный выбор типа цифрового фильтра для решения конкретной задачи
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками разработки цифровых фильтров; навыками математического моделирования цифровых фильтров

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Линейные дискретные системы					
1.1	Линейные дискретные системы /Тема/	3	0			

1.2	Системы с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ- и БИХ-системы). Z-преобразование: определение; свойства; соотношение между комплексными p- и z-плоскостями; основные способы вычисления обратного Z-преобразования. /Ср/	3	8	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
1.3	Математическое описание ЛДС во временной области: импульсная характеристика (ИХ); соотношения вход/выход: формула свертки, разностное уравнение; рекурсивные и нерекурсивные ЛДС; системы с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ - и БИХ-системы); устойчивость ЛДС – определение, критерий устойчивости для временной области. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
1.4	Математическое описание ЛДС в z-области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС /Тема/	3	0			
1.5	Математическое описание ЛДС в z-области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС; соотношения вход/выход в z-области; связь ПФ с разностным уравнением; карта нулей и полюсов; разновидности передаточной функции рекурсивных ЛДС; ПФ и ИХ рекурсивных звеньев 1-го и 2-го порядков; критерий устойчивости ЛДС для z-области. /Лек/	3	2	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
1.6	Структура (структурная схема) ЛДС: определение; связь с видом ПФ; структуры рекурсивных ЛДС (прямая и ее модификации, каскадная, параллельная) и нерекурсивных ЛДС (прямая). /Ср/	3	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
1.7	Математическое описание ЛДС в частотной области: частотная характеристика (ЧХ) /Тема/	3	0			
1.8	Изучение конспекта лекций /Ср/	3	8	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
1.9	Математическое описание ЛДС в частотной области: частотная характеристика (ЧХ); АЧХ, ФЧХ – определение, свойства; связь ЧХ с ПФ; соотношения вход/выход в частотной области; расчет АЧХ и ФЧХ по ПФ; анализ АЧХ по карте нулей и полюсов. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
	Раздел 2. Цифровые фильтры					
2.1	Цифровые фильтры /Тема/	3	0			
2.2	КИХ-фильтры с линейной ФЧХ (ЛФЧХ): условия линейности ФЧХ; четыре типа КИХ-фильтров с ЛФЧХ; прямая приведенная структура КИХ-фильтра. Синтез КИХ-фильтров с ЛФЧХ: метод окон (прямоугольное окно, окно Кайзера и др.); метод наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт

2.3	Синтез КИХ и БИХ-фильтров. Эллиптические фильтры. /Ср/	3	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.4	Разработка оконного КИХ-фильтра /Пр/	3	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.5	Описание дискретных сигналов в частотной области. /Тема/	3	0			
2.6	Спектральная плотность дискретного сигнала и ее свойства. Связь между спектральными плотностями дискретного и аналогового сигналов. Простейшие операции со спектральными плотностями: перенос, инверсия, формирование сигнала с ОБП. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.7	Спектральная плотность мощности. Операции со спектральными плотностями: перенос, инверсия, формирование сигнала с ОБП. /Ср/	3	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.8	Синтез БИХ-фильтров /Тема/	3	0			
2.9	Синтез БИХ-фильтров. Эллиптические фильтры /Ср/	3	8	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.10	Синтез БИХ-фильтров: методы на основе аналогового-фильтра-прототипа (АФП) Баттерворта, Чебышева I-го и II-го рода. /Лек/	3	2	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.11	Разработка БИХ-фильтра /Пр/	3	4	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.12	Дискретное преобразование Фурье. /Тема/	3	0			
2.13	ДПФ периодических последовательностей и последовательностей конечной длины. Свойства ДПФ. Вычисление круговых, линейных и секционированных сверток с помощью ДПФ. Понятие о спектральном анализе сигналов с помощью ДПФ. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.14	Вычисление круговых, линейных и секционированных сверток с помощью ДПФ. /Ср/	3	5	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
2.15	Исследование сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье. Свойства ДПФ /Пр/	3	2	ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт

2.16	Быстрое преобразование Фурье. /Тема/	3	0			
2.17	Вычисление ОДПФ с помощью БПФ. /Ср/	3	2	ОПК-2.1-З ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-З ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1	Зачёт
2.18	Оценка порядка вычислительной сложности ДПФ. Определение БПФ. БПФ Кули-Тьюки с прореживанием по времени: алгоритм; начальные условия алгоритма (прореживание отсчетов исходной последовательности); оценка порядка вычислительной сложности. Вычисление ОДПФ с помощью БПФ. /Лек/	3	1	ОПК-2.1-З ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-З ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1	Зачёт
Раздел 3. Иная контактная работа						
3.1	Консультации /Тема/	3	0			
3.2	Консультации /ИКР/	3	0,25	ОПК-2.1-З ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-З ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт
Раздел 4. Зачет						
4.1	Зачет /Тема/	3	0			
4.2	/Зачёт/	3	8,75	ОПК-2.1-З ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-З ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В	Л1.3 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	Зачёт

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Куприянов М.С., Матюшкин Б.Д.	Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования	СПб.: Политехника, 2002, 592с.	5-7325-0546-6, 1
Л1.2	Карташкин А.С.	Линейные цифровые фильтры. Вопросы и задачи : Учеб. пособие для вузов	М.: Радио и связь, 1995, 133с.	5-256-01207-X, 1
Л1.3	Гадзиковский В. И.	Методы проектирования цифровых фильтров.	Москва: Горячая линия-Телеком, 2012, 416 с.	978-5-9912-7003-8, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5142

6.1.2. Дополнительная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Яковлев А. Н., Соколова Д. О.	Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012, 64 с.	978-5-7782-1964-9, http://www.iprbookshop.ru/45192.html

6.1.3. Методические разработки				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Магазинникова А. Л.	Основы цифровой обработки сигналов	Санкт-Петербург: Лань, 2016, 132 с.	978-5-8114-2175-6, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=76274

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook»
Э2	Сайт журнала «Электроника»
Э3	Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань»

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
MATLAB R2010b	Бессрочно. Matlab License 666252
Mathcad University Classroom	Бессрочно. Лицензия на ПО PKG-7517-LN, SON – 2469998, SCN – 8A136510
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
---------	---

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	103 лабораторный корпус. помещение для самостоятельной работы обучающихся, компьютерный класс. Специализированная мебель (24 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
---	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Серебряков Андрей
Евгеньевич, Заместитель заведующего кафедрой

26.09.23 11:59 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Чиркин Михаил
Викторович, Ректор

26.09.23 12:00 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе

26.09.23 12:03 (MSK)

Простая подпись