

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и нанoeлектроника»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан ФЭ

/ Н.М. Верещагин

«10» 06 20 20 г

Заведующий кафедрой МНЭл

/ В.Г. Литвинов

«10» 06 20 20 г



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

/ А.В. Корячко

«10» 06 20 20 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ФАКУЛЬТАТИВНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ**

ФТД.01 «Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) подготовки

«Микро- и нанoeлектроника»

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Рязань, 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»,

утвержденного 19.09.2017 №927

Разработчики
к.т.н., доцент кафедры «Электронные приборы»

Серебряков А.Е

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

« 09 » 06 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор

М.В. Чиркин

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

Рабочая программа по дисциплине «Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах» является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академического бакалавриата, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Цель освоения дисциплины – изучение методов цифровой обработки сигналов в электронных устройствах; получение навыков проектирования цифровых фильтров.

Задачи дисциплины:

- 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);
- ознакомление с основными современными средствами компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<u>Знать</u> : модель представления цифрового сигнала; принципы построения цифровых фильтров; <u>Уметь</u> : осуществлять осознанный выбор типа цифрового фильтра для решения конкретной задачи <u>Владеть</u> : навыками разработки цифровых фильтров; навыками математического моделирования цифровых фильтров

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина " Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах " (ФТД.В.01) является факультативной дисциплиной блока №1 ОПОП «Электронные приборы и устройства» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 2 курсе в 3 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана: "Математика", "Пакеты прикладных программ".

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: общие разделы высшей математики, основы цифрового представления данных.
уметь: применять на практике основные приемы решения задач высшей математике;
владеть: навыками аналитического мышления и приемами решения задач высшей математики.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетные единицы (ЗЕ), 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	72	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	32	-	-
Лекции	32	-	-
Лабораторные работы	0	-	-
Практические занятия	0	-	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	40	-	-
Курсовой проект/ курсовая работа	-	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	-	-	-
Консультации в семестре	4	-	-
Иные виды самостоятельной работы	36	-	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	зачет	-	-

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Введение.

Предмет ЦОС. Основные типы сигналов. Нормирование времени. Обобщенная схема ЦОС. Типовые дискретные сигналы. Нормирование частоты. Основная полоса частот.

Тема 2. Линейные дискретные системы

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.

Z-преобразование: определение; свойства; соотношение между комплексными p - и z -плоскостями; основные способы вычисления обратного Z-преобразования.

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.

Структура (структурная схема) ЛДС: определение; связь с видом ПФ; структуры рекурсивных ЛДС (прямая и ее модификации, каскадная, параллельная) и нерекурсивных ЛДС (прямая).

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.

Тема 3. Цифровые фильтры.

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.

Синтез БИХ-фильтров: методы на основе аналогового-фильтра-прототипа (АФП) Баттерворта, Чебышева I-го и II-го рода

Тема 4. Описание дискретных сигналов в частотной области.

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.

Тема 5. Дискретное преобразование Фурье.

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.

Тема 6. Быстрое преобразование Фурье.

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.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	Практ	лабор	
1	Введение.	4	2	2	-	-	2
2	Линейные дискретные системы	12	5	5	-	-	7
3	Цифровые фильтры.	18	10	10	-	-	8
4	Описание дискретных сигналов в частотной области.	10	5	5	-	-	5
5	Дискретное преобразование Фурье.	12	5	5	-	-	7
6	Быстрое преобразование Фурье.	12	5	5	-	-	7
7	Консультации в семестре	4	-	-	-	-	4
	Всего:	72	37	32	-	-	40

4.3 Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Введение.	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
2	Линейные дискретные системы	Самостоятельная работа обучающегося	Системы с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ- и БИХ-системы)	7
3	Цифровые фильтры	Самостоятельная работа обучающегося	Синтез КИХ и БИХ-фильтров. Эллиптические фильтры.	8
4	Описание дискретных сигналов в частотной области.	Самостоятельная работа обучающегося	Спектральная плотность мощности. Операции со спектральными плотностями: перенос, инверсия, формирование сигнала с ОБП.	5
5	Дискретное преобразование Фурье.	Самостоятельная работа обучающегося	Вычисление круговых, линейных и секционированных сверток с помощью ДПФ.	7
6	Быстрое преобразование Фурье.	Самостоятельная работа обучающегося	Вычисление ОДПФ с помощью БПФ.	7
7	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к теоретическому зачету	4

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Л. Магазинникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76274>.
2. Столов, Е.Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Л. Столов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106736>.
3. Гадзиковский, В.И. Методы проектирования цифровых фильтров [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Гадзиковский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5142>. — Загл. с экрана.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература:

1. Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Л. Магазинникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76274>.
2. Столов, Е.Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Л. Столов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106736>.
3. Гадзиковский, В.И. Методы проектирования цифровых фильтров [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Гадзиковский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5142>.

Дополнительная учебная литература:

1. Галкин, В.А. Цифровая мобильная радиосвязь [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Галкин. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 592 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5143>.
2. Колосовский, Е.А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Колосовский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 456 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5164>. — Загл. с экрана. Алфёров Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии. (Нобелевская лекция, Стокгольм, 8 декабря 2000 г.). Успехи физических наук. Т. 172. № 9. С.1068 – 1085.
3. Бакалов, В.П. Основы теории цепей [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Бакалов, В.Ф. Дмитриков, Б.И. Крук ; под ред. В.П.Бакалова. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 596 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11824>. — Загл. с экрана. Аваев Н.А, Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т.– Основы микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1991.– 288 с.

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

- 1) Сайт журнала «Электроника» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.electronics>.
- 2) Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook» [Электронный ресурс]. – URL: <http://iprbookshop.ru/>
- 3) Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

- 1) Хранилище программного обеспечения для научных вычислений [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.netlib.org/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте

каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели).

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях и практических занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к теоретическому зачету.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

- самостоятельное изучение отдельных вопросов по темам самостоятельных работ (п.4.3);

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

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», при изучении студентами дисциплины реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных технологий проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;
- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

При организации самостоятельной работы студентов используется комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме и вопросы для самоконтроля).

Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций, лабораторных и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучаемых, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- 1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
- 2) Свободно распространяемый офисный пакет LibreOffice (лицензия LGPL-3.0+)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

- 1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

Программу составили
к.т.н., доц. кафедры ЭП



Серебряков А.Е.