

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Цифровые фильтры

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки :
Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
М.Л. Громов

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности..

ПК-2 Способен проводить математическое моделирование процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении профессиональных задач..

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1 Использует современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

ИОПК 3.2 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения.

ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого радиоэлектронного прибора или устройства.

ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач.

ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить математический аппарат, используемый для описания и анализа цифровых линейных систем и сигналов.

– Обучить студентов методам анализа и синтеза цифровых фильтров.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Радиоволновая томография».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Шестой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Радиотехнические сигналы», «Радиоэлектроника», «ПЛИС – технологии в радиофизике»

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 30 ч.

-лабораторные: 30 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Математический аппарат описания цифровых сигналов и линейных цифровых систем

Описание сигналов и систем во временной и частотной областях. Преобразования Фурье и Лапласа. Дискретные сигналы и системы. Дискретные преобразования Фурье и Лапласа. Прямое и обратное Z-преобразование. Формула свертки. Разностное уравнение. Свойства линейных дискретных систем: свойство памяти, устойчивость. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой. Описание цифровых фильтров в z-области. Описание цифровых фильтров в частотной области. Критерий устойчивости. Структурные схемы цифровых фильтров. Описание линейных дискретных систем в пространстве состояний. Линейные преобразования в пространстве состояний.

Тема 2. Синтез КИХ-фильтров с линейной ФЧХ

Основные определения и классификация цифровых фильтров. Требования к цифровым фильтрам. Условия безыскаженной передачи сигналов, КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон. Явление Гиббса. Окна и их основные параметры. Синтез оптимальных по Чебышеву КИХ-фильтров. Полиномиальный алгоритм Ремеза. 9. Текущий контроль по дисциплине

Тема 3. Синтез БИХ-фильтров

Методы синтеза аналоговых фильтров-прототипов. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантности импульсной характеристики. Свойства БИХ-фильтров, синтезируемых методом инвариантности импульсной характеристики. Синтез КИХ-фильтров методом билинейного z-преобразования.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и задачу. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Прямое и обратное Z-преобразование.
2. Основные методы и этапы синтеза БИХ-фильтров
3. Описание линейных цифровых систем во временной области. Разностное уравнение.
4. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантности импульсной характеристики
5. Описание линейных цифровых систем в z-области. Передаточная функция цифрового фильтра.
6. Частотная характеристика цифрового фильтра.
7. Квантование и дискретизация сигналов.
8. Описание линейных цифровых систем в пространстве состояний.
9. Линейные преобразования в пространстве состояний.
10. Дискретное преобразование Фурье.
11. Структурное описание линейных цифровых систем.
12. Критерий устойчивости цифровых фильтров.
13. Каноническая структура 1 рекурсивного фильтра
14. Каноническая структура 2 рекурсивного фильтра

15. Каноническая структура 3 рекурсивного фильтра
16. Типы избирательных фильтров и задание требований к ним
17. Синтез КИХ-фильтра методом окон с использованием окна Дирихле.
18. Алгоритм Ремеза.
19. Синтез КИХ-фильтра методом окон с использованием окна Бартлетта.
20. Теорема Чебышева о КИХ-фильтрах.
21. Синтез КИХ-фильтра методом окон с использованием обобщенного косинусного окна.
22. Дискретное преобразование Лапласа и его свойства.
23. Синтез КИХ-фильтра методом окон с использованием окна Кайзера.
24. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантности импульсной характеристики
25. Синтез оптимальных по Чебышеву КИХ-фильтров.
26. Прямые структуры фильтров.
27. Синтез БИХ-фильтров методом частотных преобразований БИХ-фильтров нижних частот.
28. Эффекты, возникающие при передискретизации сигналов.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не имеет представления об основных понятиях ЦОС, не имеет представления о структурных схемах цифровых фильтров и пространстве состояний.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся имеет общее представление об основных понятиях математического аппарата, используемого в цифровой обработке сигналов, имеет представление о различных видах структурных схем, пространстве состояний, слабо разбирается в особенностях и ограничениях различных методов синтеза.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся допускает отдельные неточности при описании цифровых фильтров во временной и z -областях, умеет задавать требования к фильтрам, в целом успешно, но с отдельными пробелами, выполняет создание структурных схем и описание фильтров в пространстве состояний, имеет представление о различных методах синтеза фильтров и их особенностях.

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся имеет полное представление об описании цифровых фильтров во временной и z -областях, умеет задавать требования к фильтрам, уверенно создает структурные схемы и описание фильтров в пространстве состояний. Имеет четкое представление о различных методах синтеза фильтров, их особенностях и ограничениях.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Сюзев В.В. Цифровая обработка сигналов: методы и алгоритмы. Уч. пособие. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 532 с.

- Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов . – М: «Бином-Пресс», 2011 г. – 654 с.
- Пономарев О.Г. Цифровая модуляция сигналов . Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2010. – 46 с.
- б) дополнительная литература:
 - Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: «Питер», 2002 г. – 608 с.
 - Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников . – М: «Додэка XXI», 2008. – 720 с.
 - Parks T. V. Digital filter design. – John Willey & Sons, Inc., 1987. – 360 p.
- в) ресурсы сети Интернет:
 - Цифровой фильтр . [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Цифровой_фильтр (дата обращения 10.10.2016).
 - The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing . [Электронный ресурс]. URL: <http://dspguide.com/pdfbook.htm> (дата обращения 10.10.2016).
 - WinFilter. The easiest way to design a Digital Filter . [Электронный ресурс]. URL: <http://www.winfilter.20m.com> (дата обращения 10.10.2016).
 - Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - среда для выполнения научных расчетов MathWorks MatLab R2011a (License No: 700021)
 - пакеты расширения MathWorks MatLab: MathWorks Simulink, MathWorks FixedPoint Toolbox, Simulink FixedPoint Blockset, Simulink HDL Coder (License No: 700021).
- б) информационные справочные системы:
 - Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
- в) профессиональные базы данных (*при наличии*):
 - Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
 - Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатория, в которой имеется маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 6 компьютерных рабочих мест, оборудованных необходимым программным обеспечением.

15. Информация о разработчиках

Пономарев Олег Геннадьевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики
НИ ТГУ