

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Цифровые фильтры

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:
радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А. Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования. Способен осуществлять проектирование конструкций радиоэлектронных систем и комплексов с применением современных САПР.

ПК-4 Способен выполнять исследования с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Использует современные САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации

ИПК 1.2 Использует нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации

ИПК 1.3 Владеет навыками разработки технических заданий на проектирование

ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров

ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов

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.

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

Шестой семестр, зачет

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 3 з.е., 108 часов, из которых:
-лекции: 30 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.

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 в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и две задачи. 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». Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме устного зачета по теоретическому материалу. Каждый билет для зачета состоит из двух теоретических вопросов по двум темам дисциплины.

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 хорошо 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) 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:

– 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 Юрайт – <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.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

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