

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов Б1.В.ДВ.4

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность автоматизированных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Ишмуратов Р.А.

Рецензент(ы):

Карпов А.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 656219

Казань

2019

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Ишмуратов Р.А. , Rashid.Ishmuratov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Цифровая обработка сигналов" является выяснение роли и значения цифровой обработки сигналов в приеме и передаче информации, особенностей и преимуществ цифрового представления сигналов, изучение алгоритмов цифровых преобразований, реализация цифровой обработки в информационных радиофизических системах и ее применение в различных областях науки, техники и производства.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 10.03.01 Информационная безопасность и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина "Цифровая обработка сигналов" базируется на дисциплине "Основы радиоэлектроники", включая лабораторный практикум, а также дисциплинах "Цифровая электроника", "Полупроводниковая электроника". Обучающиеся должны знать основы математики и теории электричества в объеме вузовской программы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных информационных систем;
- математический аппарат для описания цифровых сигналов и систем;
- различные способы и алгоритмы цифровой фильтрации;
- области применения цифровой обработки сигналов;
- современную элементную базу для реализации систем цифровой обработки сигналов;
- современные информационные технологии.

2. должен уметь:

- математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки;
- проектировать (проводить синтез и рассчитывать параметры) цифровых фильтров различного типа;
- разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки сигналов.
- применять подобные методы обработки по отношению к смежным дисциплинам,
- самостоятельно приобретать новые знания в области цифровой обработки сигналов.

3. должен владеть:

- математическими и алгоритмическими методами проектирования и оценки систем цифровой обработки сигналов;
- информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования и оценки блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных информационных комплексах.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- обладать теоретическими знаниями о дискретном преобразовании Фурье, об основных методах синтеза цифровых фильтров;
- понимать основные методы преобразования дискретных (цифровых) сигналов, проводить их сравнительный анализ;
- понимать соотношения и взаимосвязь импульсной и частотной характеристик аналоговых и цифровых систем;
- программно реализовывать цифровые фильтры различных типов - ЦФ методом ДПФ, нерекурсивные ЦФ, рекурсивные ЦФ;
- владеть информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования и оценки характеристик блоков и систем цифровой обработки сигналов в информационных системах;
- ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Цифровые сигналы. Назначение и применение цифровых сигналов и систем ЦОС	5	1-3	4	6	0	
2.	Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов	5	4-8	4	10	0	
3.	Тема 3. Цифровая фильтрация	5	9-13	4	10	0	
4.	Тема 4. Синтез цифровых фильтров	5	14-18	6	10	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			18	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Цифровые сигналы. Назначение и применение цифровых сигналов и систем ЦОС

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы. Назначение и области применения цифровых сигналов и систем цифровой обработки сигналов (ЦОС). Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратное восстановление аналоговых сигналов. Теорема Котельникова. Верхняя граничная частота дискретизации и частота Найквиста. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы АЧХ фильтра на результат восстановления непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Эффект наложения спектра и появление ложных частот на примере одиночного гармонического сигнала.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Изучение инструментальных средств и интегрированной среды разработки приложений Microsoft Visual Studio для моделирования цифровых сигналов и их обработки.

Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ). Основные свойства ДПФ. Практическая реализация вычислений ДПФ. Идентичность алгоритмов вычисления ДПФ и ОДПФ. Соответствие числовых значений физических величин (времени и частоты) и номеров дискретных последовательностей. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Выводы по алгоритму БПФ. Теория z-преобразования.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Ввод в программное приложение на компьютере цифровых сигналов, представленных двоичными файлами данных, и их графическая визуализация.

Тема 3. Цифровая фильтрация

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов. Общий вид частотного коэффициента передачи аналоговых систем. Цифровые фильтры. Цифровая фильтрация методом ДПФ. Алгоритм цифровой фильтрации и его физический смысл. Элементы цифровой фильтрации с использованием простых манипуляций данными (сглаживание данных, взятие разностей). Определение импульсной характеристики ЦФ. Функция передачи. Способы математического описания ЦФ. Разностное уравнение. Формула алгоритма цифровой фильтрации. Нерекурсивные и рекурсивные цифровые фильтры ? фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристикой.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Проектирование, программная реализация и моделирование на компьютере цифровых фильтров методом ДПФ.

Тема 4. Синтез цифровых фильтров

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Синтез цифровых фильтров. Прямой синтез ЦФ по заданной АЧХ. Формулы расчета коэффициентов нерекурсивного ЦФ. Расчет коэффициентов нерекурсивного ЦФ для случая фильтра нижних частот и полосового фильтра. Последовательность действий для реализации цифровой фильтрации методом дискретной свертки. Блочная фильтрация методом БПФ. Влияние порядка фильтра на степень детализации АЧХ ЦФ. Частотная характеристика цифрового фильтра. Спектральный анализ и эффект растекания спектра. Новые методы спектрального анализа.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Проектирование, программная реализация и моделирование на компьютере нерекурсивных цифровых фильтров.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Цифровые сигналы. Назначение и применение цифровых сигналов и систем ЦОС	5	1-3	Основные соотношения теории аналоговых сигналов.	12	устный опрос, краткий письменный отчет

№	Раздел Дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов	5	4-8	Изучение современной среды визуального проектирования приложений Microsoft Visual Studio C#, Basic.	14	устный опрос, краткий письменный отчет
3.	Тема 3. Цифровая фильтрация	5	9-13	Изучение математического пакета MATLAB применительно к исследованию сигналов и их спектров.	14	устный опрос, краткий письменный отчет
4.	Тема 4. Синтез цифровых фильтров	5	14-18	Изучение математического пакета MATLAB применительно к преобразованию цифровых сигналов.	14	устный опрос, краткий письменный отчет
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия сопровождаются тестированием и контрольной работой, что позволяет студентам лучше усвоить материал лекции. Имеются материалы курса лекций и описаний лабораторных работ в электронном виде.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Цифровые сигналы. Назначение и применение цифровых сигналов и систем ЦОС

устный опрос, краткий письменный отчет , примерные вопросы:

1. Приведите основные формулы теории аналоговых сигналов. 2. Дайте определение аналоговых сигналов. 3. Поясните отличие аналоговых и дискретных сигналов. 4. Есть ли отличие дискретных и цифровых сигналов? 5. Объясните, что такое шум, или погрешность квантования. 6. От чего зависит погрешность квантования? 7. Приведите способ уменьшения погрешности квантования. 8. Приведите последовательность обработки сигналов в цифровых системах. 9. Сформулируйте теорему Котельникова с точки зрения процесса дискретизации аналогового сигнала. 10. Дайте определение частоты Найквиста.

Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов

устный опрос, краткий письменный отчет , примерные вопросы:

1. Дайте математическое описание дискретного сигнала. 2. Приведите формулу спектра дискретного сигнала. 3. Приведите особенности спектра дискретного сигнала по сравнению со спектром аналогового сигнала. 4. Что такое дискретизирующая последовательность? 5. Какова спектральная плотность дискретизирующей последовательности. 6. Поясните в чем состоит процесс восстановления непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Сигнал на выходе ЦАП. 7. В чем состоит эффект наложения спектра. 8. Выведите формулу дискретного преобразования Фурье. 9. Перечислите основные свойства ДПФ. 10. Чему равен начальный (нулевой) коэффициент ДПФ S_0 ? 11. Чему будут равны коэффициенты ДПФ для дискретной последовательности, состоящей всего из двух отсчетов - x_0 и x_1 ? 12. Поясните алгоритм быстрого преобразования Фурье.

Тема 3. Цифровая фильтрация

устный опрос, краткий письменный отчет, примерные вопросы:

1. Приведите основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов. 2. Приведите общий вид частотного коэффициента передачи. 3. Дайте определение передаточной функции. 4. Поясните что такое нули и полюса передаточной функции. 5. Одним из типов преобразования сигналов является фильтрация. Какие еще типы преобразования сигналов вы знаете? 6. Можно ли с помощью последовательного проведения процедур ДПФ и ОДПФ осуществить фильтрацию цифрового сигнала? 7. Поясните что такое цифровая фильтрация методом дискретной свертки и дайте его физический смысл. 8. Поясните процесс цифровой фильтрации с помощью простых манипуляций с данными - скользящее среднее 9. Поясните процесс цифровой фильтрации с помощью простых манипуляций с данными - взятие разностей). 10. Дайте определение импульсной характеристики цифрового фильтра. 11. Дайте определение функции передачи системы ЦОС. 12. Приведите формулу разностного уравнения. 13. Приведите формулу алгоритма цифровой фильтрации. 14. Поясните что такое нерекурсивные цифровые фильтры (КИХ-фильтры). Приведите схему их аппаратной реализации. 15. Поясните что такое рекурсивные цифровые фильтры (БИХ-фильтры). Приведите схему их аппаратной реализации. 16. Объясните что такое обратная связь в рекурсивных ЦФ. 17. Приведите способы оптимизации аппаратной реализации ЦФ. Приведите каноническую форму ЦФ.

Тема 4. Синтез цифровых фильтров

устный опрос, краткий письменный отчет, примерные вопросы:

1. В чем состоит синтез цифровых фильтров? 2. Поясните в чем состоит синтез ЦФ на основе аналоговых фильтров-прототипов. 3. Поясните в чем состоит суть прямого синтеза ЦФ. 4. Каково влияние порядка ЦФ на форму АЧХ фильтра? 5. Проведите расчет коэффициентов нерекурсивного ЦФ по заданной АЧХ для ФНЧ. 6. Проведите расчет коэффициентов нерекурсивного ЦФ по заданной АЧХ для полосового фильтра. 7. Приведите последовательность действий и программную реализацию нерекурсивных ЦФ. 8. В чем особенность цифровой фильтрации методом ДПФ (БПФ). Блочная обработка. 9. Дайте сравнительный анализ ЦФ различного типа. 10. Вычислите и сравните количество вычислений для ЦФ различного типа. 11. Объясните в чем состоит спектральный анализ сигналов. 12. Поясните эффект растекания спектра и объясните его причину. 13. Откуда получил свое название рекурсивный фильтр (соответственно нерекурсивный фильтр)? 14. В чем состоит преимущество рекурсивных фильтров по сравнению с нерекурсивными фильтрами 15. В чем состоит преимущество нерекурсивных фильтров по сравнению с рекурсивными фильтрами?

Итоговая форма контроля

зачет (в 5 семестре)

Примерные вопросы к зачету:

1. Основные формулы теории аналоговых сигналов.
2. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Основные сведения.
3. Теорема Котельникова. Частота Найквиста
4. Структурная схема цифровых систем обработки сигналов.
5. Спектр дискретного сигнала. Математическое описание дискретного сигнала. Дискретизирующая последовательность и ее спектральная плотность.

6. Восстановление непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Сигнал на выходе ЦАП.
7. Эффект наложения спектра.
8. Дискретное преобразование Фурье.
9. Основные свойства ДПФ.
10. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
11. Теория z-преобразования. Определение z-преобразования.
12. Основные свойства z-преобразования.
13. Основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов.
14. Общий вид частотного коэффициента передачи. Передаточная функция. Нули и полюса передаточной функции.
15. Цифровая фильтрация методом дискретной свертки и его физический смысл. Цифровая фильтрация с помощью простых манипуляций с данными (скользящее среднее, взятие разностей).
16. Определение импульсной характеристики цифрового фильтра. Функция передачи.
17. Способы описания цифровых фильтров. Разностное уравнение. Формула алгоритма цифровой фильтрации.
18. Нерекурсивные цифровые фильтры (КИХ-фильтры) и их аппаратная реализация.
19. Рекурсивные цифровые фильтры (БИХ-фильтры) и их аппаратная реализация. Обратная связь в рекурсивных ЦФ.
20. Способы оптимизации аппаратной реализации ЦФ. Каноническая форма ЦФ.
21. Синтез цифровых фильтров. Синтез ЦФ на основе аналоговых фильтров-прототипов.
22. Прямой синтез ЦФ. Влияние порядка ЦФ на форму АЧХ фильтра.
23. Расчет коэффициентов нерекурсивного ЦФ по заданной АЧХ.
24. Последовательность действий и программная реализация нерекурсивных ЦФ.
25. Цифровая фильтрация методом ДПФ (БПФ). Блочная обработка.
26. Сравнительный анализ ЦФ различного типа. Сравнение количества вычислений для ЦФ различного типа.
27. Спектральный анализ и эффект растекания спектра.

7.1. Основная литература:

1. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 814 с.: ил. ? (Учебное пособие)
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350520>
2. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с.
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=441113>
3. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 832 с.: ил. - (Учебная литература для вузов).
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350706>

7.2. Дополнительная литература:

1. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 608 с.: ил. - (Учебная литература для вузов).
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=355314>

2. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: Учебное пособие / В.Т. Першин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 614 с.: ил.; - (Высшее образование: Бакалавриат). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=405030>

7.3. Интернет-ресурсы:

Единое окно доступа к образовательным ресурсам электронной библиотеки - <http://window.edu.ru>

Материалы по продуктам MATLAB & Toolboxes - <http://matlab.exponenta.ru>

Научная электронная библиотека книг и журналов - <http://elibrary.ru>

Русскоязычный электронный ресурс Microsoft Developer Network - <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/>

Техническая библиотека - <http://www.techlibrary.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Цифровая обработка сигналов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Создана лаборатория по курсу "Цифровая обработка сигналов"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 10.03.01 "Информационная безопасность" и профилю подготовки Безопасность автоматизированных систем .

Автор(ы):

Ишмуратов Р.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Карпов А.В. _____

"__" _____ 201__ г.