

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов Б1.В.ДВ.14

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиоп физика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ишмуратов Р.А.

**Рецензент(ы):**

Шерстюков О.Н.

### **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 614017

Казань  
2017

## 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 телекоммуникационных, информационно-измерительных и 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.14 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 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 к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность работать самостоятельно и в коллективе, способность к культуре социальных отношений
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность следовать социально-значимым представлениям о здоровом образе жизни
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность к овладению методикой проведения учебных занятий в учреждениях системы среднего общего и среднего профессионального образования
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных 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.

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.

3. должен владеть:

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- обладать теоретическими знаниями о дискретном преобразовании Фурье и z-преобразовании, 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 блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных и информационно-измерительных системах;
- ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов и цифровом спектральном анализе.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 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	8	1-3	9	0	12	
2.	Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов	8	4-8	9	0	12	
3.	Тема 3. Цифровая фильтрация	8	9-13	9	0	12	
4.	Тема 4. Синтез цифровых фильтров	8	14-18	9	0	14	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	0	50	

#### 4.2 Содержание дисциплины

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

###### **лекционное занятие (9 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.

###### **лабораторная работа (12 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 (9 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. Определение z-преобразования дискретной последовательности. Примеры вычисления z-преобразования. Основные свойства z-преобразования.

###### **лабораторная работа (12 часа(ов)):**

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

**Тема 3. Цифровая фильтрация****лекционное занятие (9 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.

**лабораторная работа (12 часа(ов)):**

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

**Тема 4. Синтез цифровых фильтров****лекционное занятие (9 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.

**лабораторная работа (14 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	8	1-3	Основные соотношения теории аналоговых сигналов.	10	устный опрос, краткий письменный отчет
2.	Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов	8	4-8	Изучение современной среды визуального проектирования приложений Microsoft Visual Studio C#, Basic.	10	устный опрос, краткий письменный отчет
3.	Тема 3. Цифровая фильтрация	8	9-13	Изучение математического пакета MATLAB применительно к исследованию сигналов и их спектров.	10	устный опрос, краткий письменный отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Синтез цифровых фильтров	8	14-18	Изучение математического пакета MATLAB применительно к преобразованию цифровых сигналов.	10	устный опрос, краткий письменный отчет
	Итого				40	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции-визуализации;  
Компьютерная симуляция.

### 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:

Цифровые сигналы есть результат дискретизации аналоговых сигналов во времени и квантования по уровню. Объясните, что такое шум, или погрешность квантования, отчего он зависит, и приведите способ его уменьшения.

#### Тема 2. Спектральное представление цифровых сигналов

устный опрос, краткий письменный отчет , примерные вопросы:

В чем особенность спектра дискретного сигнала по сравнению со спектром аналогового сигнала?

#### Тема 3. Цифровая фильтрация

устный опрос, краткий письменный отчет, примерные вопросы:

Одним из типов преобразования сигналов является фильтрация. Какие еще типы преобразования сигналов вы знаете? Можно ли с помощью последовательного проведения процедур ДПФ и ОДПФ осуществить фильтрацию цифрового сигнала?

#### Тема 4. Синтез цифровых фильтров

устный опрос, краткий письменный отчет, примерные вопросы:

Откуда получил свое название рекурсивный фильтр (соответственно ? нерекурсивный)? В чем преимущество рекурсивных фильтров по сравнению с нерекурсивными фильтрами, и наоборот, в чем преимущество нерекурсивных фильтров по сравнению с рекурсивными фильтрами?

#### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

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. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с. - (Учебная литература для вузов).  
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=354905>
2. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 814 с.: ил. - (Учебное пособие).  
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350520>
3. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. - Изд. 2-е испр. и перераб. / А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 748 с.  
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=349842>

### 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. 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>



### 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://www.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.

Компьютерный класс ауд. 1107 (10 компьютеров).

Программное обеспечение

Micrsft Windws 7

Micrsft Office 2010

Micrsft Visual Studi 2010/

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .

Автор(ы):

Ишмуратов Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шерстюков О.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.