

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

» 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Основы теории дискретных сигналов и систем Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 09.03.04 - Программная инженерия

Профиль подготовки: Технология проектирования аппаратно-программных информационных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Колчев А.А.

**Рецензент(ы):**

Хуторова О.Г., Стенин Юрий Михайлович

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Акчурин А. Д.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6159518

Казань  
2018

## **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) доцент, к.н. (доцент) Колчев А.А. Кафедра радиоастрономии Отделение радиофизики и информационных систем , AAKolchev@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы теории дискретных сигналов и систем" являются освоение методов обработки информационных данных в современных системах регистрации и накопления данных, изучение методов реализации эффективных алгоритмов преобразования и анализа информационных данных аппаратными средствами. Получение студентами знаний в области преобразования сигналов, их обработки, построение цифровых фильтров с заданными характеристиками, обладание навыками проведения анализа характеристик сигналов. Усвоение информации об аппаратных способах реализации цифровых фильтров.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 09.03.04 Программная инженерия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б.3.ДВ4. Цикл профессиональных дисциплин и относится к специальной части". Осваивается на пятом курсе

(1 семестр). Курс является продолжением курсов "Основы радиоэлектроники", "Спецпрактикум по радиофизике" и "Полупроводниковая электроника".

### 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)	способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях, использованию баз данных и ресурсов Интернет
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Принципы использования теоремы Котельникова, прямое и обратное Фурье-преобразование сигналов, методы обработки сигналов с ограниченным спектром, принципы дискретизации сигналов и восстановление сигналов, методы анализа и характеристики радиотехнических цепей, принципы расчета цифровых фильтров и их практическая реализация в виде алгоритмов и с использованием аппаратных средств. Принципов построения аппаратных средств обработки сигналов.

2. должен уметь:

Совершать прямое и обратное Фурье-преобразование сигналов, получать сигналы с ограниченным спектром, восстанавливать сигналы по их отсчетам, рассчитывать параметры цифровых фильтров и выполнять их практическую реализацию в виде алгоритмов и с применением аппаратных средств. Рассчитывать параметры базовых схем при аппаратной реализации ЦФ.

3. должен владеть:

Навыками обработки аналоговых и цифровых сигналов, пользоваться прямым и обратным Фурье-преобразованием сигналов, навыками обработки сигналов с ограниченным спектром и восстановления сигналов по их отсчетам, принципами расчета параметров цифровых фильтров и выполнять их практическую реализацию в виде алгоритмов и с применением аппаратных средств.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Применять полученные знания на практике

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре; 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. Основы анализа сигналов. Аналоговые и цифровые системы.	7	1-2	4	0	10	Устный опрос
2.	Тема 2. Разложение сигналов в ряд Фурье. Характеристики линейных систем.	7	3-4	4	0	10	Письменная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Описание линейных систем	7	5	6	0	8	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Дискретные сигналы. Аналого-цифровое преобразование.	7	6-7	4	0	8	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Спектральный анализ в дискретном исполнении. Перенос спектра.	8	8	8	0	8	Устный опрос
6.	Тема 6. Цифровые фильтры. Принцип действия цифровых фильтров.	8	9-12	8	0	8	Контрольная работа
7.	Тема 7. Сигнальные процессоры. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel.	8	13-16	8	0	8	Лабораторные работы
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			42	0	60	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основы анализа сигналов. Аналоговые и цифровые системы.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основы анализа сигналов. Аналоговые системы. Виды сигналов. Формы представления сигналов. Комплексная форма представления сигналов.

#### **лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Основы анализа сигналов. Аналоговые системы. Виды сигналов. Формы представления сигналов. Комплексная форма представления сигналов.

### Тема 2. Разложение сигналов в ряд Фурье. Характеристики линейных систем.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Ортонормированный базис. Разложение сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье и его свойства. Характеристики линейных систем: импульсная и переходная характеристики; комплексный коэффициент передачи.

#### **лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Ортонормированный базис. Разложение сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье и его свойства. Характеристики линейных систем: импульсная и переходная характеристики; комплексный коэффициент передачи.

### Тема 3. Описание линейных систем

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Способы описания систем. Описание линейных систем с помощью дифференциальных уравнений. Спектральный и временной подходы к прохождению сигнала через линейную аналоговую систему.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Способы описания систем. Описание линейных систем с помощью дифференциальных уравнений. Спектральный и временной подходы к прохождению сигнала через линейную аналоговую систему.

**Тема 4. Дискретные сигналы. Аналого-цифровое преобразование.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Дискретные сигналы. Дискретизация по амплитуде, по времени и по частоте. Аналого-цифровое преобразование. Теорема о выборках Котельникова-Шеннона и ее использование на практике. Перенос выводов теоремы о выборках на область частот. Дискретное преобразование Фурье. Взаимные соответствия перехода из временной области в частотную и обратно.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Дискретные сигналы. Дискретизация по амплитуде, по времени и по частоте. Аналого-цифровое преобразование. Теорема о выборках Котельникова-Шеннона и ее использование на практике. Перенос выводов теоремы о выборках на область частот. Дискретное преобразование Фурье. Взаимные соответствия перехода из временной области в частотную и обратно.

**Тема 5. Спектральный анализ в дискретном исполнении. Перенос спектра.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Спектральный анализ в дискретном исполнении. Фильтрация сигнала в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Перенос спектра.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Спектральный анализ в дискретном исполнении. Фильтрация сигнала в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Перенос спектра.

**Тема 6. Цифровые фильтры. Принцип действия цифровых фильтров.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Цифровые фильтры. Понятие z-преобразования. Связь z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования. Принцип действия цифровых фильтров. Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) и с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра, системная функция. Примеры перехода от аналогового прототипа к цифровому фильтру.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Цифровые фильтры. Понятие z-преобразования. Связь z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования. Принцип действия цифровых фильтров. Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) и с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра, системная функция. Примеры перехода от аналогового прототипа к цифровому фильтру.

**Тема 7. Сигнальные процессоры. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Сигнальные процессоры. Структура сигнального процессора, реализующего алгоритм цифровой фильтрации с КИХ и БИХ. Реализация БПФ и цифровой фильтрации на микроконтроллерах общего назначения. Идеология микроконтроллерных систем. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel. Назначение функциональных блоков. Система прерываний. Таймеры. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры программирования AVR микроконтроллера, реализующего алгоритм БПФ и логику работы цифрового фильтра с БИХ.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**



Сигнальные процессоры. Структура сигнального процессора, реализующего алгоритм цифровой фильтрации с КИХ и БИХ. Реализация БПФ и цифровой фильтрации на микроконтроллерах общего назначения. Идеология микроконтроллерных систем. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel. Назначение функциональных блоков. Система прерываний. Таймеры. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры программирования AVR микроконтроллера, реализующего алгоритм БПФ и логику работы цифрового фильтра с БИХ.

#### 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. Основы анализа сигналов. Аналоговые и цифровые системы.	7	1-2	домашнее задание	4	отчет
				подготовка к дискуссии	4	дискуссия
				подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
2.	Тема 2. Разложение сигналов в ряд Фурье. Характеристики линейных систем.	7	3-4	домашнее задание	4	отчет
				подготовка к письменной работе	4	Письменная работа
				подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Описание линейных систем	7	5	домашнее задание	4	отчет
				подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Дискретные сигналы. Аналого-цифровое преобразование.	7	6-7	домашнее задание	4	отчет
				подготовка домашнего задания	6	Письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
5.	Тема 5. Спектральный анализ в дискретном исполнении. Перенос спектра.	8	8	домашнее задание	4	отчет
				подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
				подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Цифровые фильтры. Принцип действия цифровых фильтров.	8	9-12	домашнее задание	8	отчет
				подготовка к контрольной работе	8	Контрольная работа
				подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
7.	Тема 7. Сигнальные процессоры. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel.	8	13-16		8	Лабораторные работы
				домашнее задание	8	отчет
				подготовка к дискуссии	8	дискуссия
	Итого				114	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Современное компьютерное оборудование позволяющее реализовать программы высокого уровня сложности и проводить анализ сигналов в реальном времени. Освоение дисциплины "Аппаратные средства цифровой фильтрации" предполагает использование как традиционных (лекции, практические занятия с использованием методических материалов), так и современных образовательных технологий с использованием в учебном процессе современной компьютерной техники и программных продуктов.

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

### Тема 1. Основы анализа сигналов. Аналоговые и цифровые системы.

дискуссия , примерные вопросы:

Темы: Сигналы и их преобразования при цифровой обработке. Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов. Основы анализа сигналов. Аналоговые системы. Комплексная форма представления сигналов.

отчет , примерные вопросы:

Темы: Сигналы и их преобразования при цифровой обработке. Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов. Основы анализа сигналов. Аналоговые системы. Комплексная форма представления сигналов.

Устный опрос , примерные вопросы:

Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов. Основы анализа сигналов. Аналоговые системы. Комплексная форма представления сигналов.

### Тема 2. Разложение сигналов в ряд Фурье. Характеристики линейных систем.

отчет , примерные вопросы:

Темы: Спектр дискретного сигнала. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигналов. Явление наложения спектров. Разложение сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье и его свойства. Характеристики линейных систем: импульсная и переходная характеристики; комплексный коэффициент передачи.

Письменная работа , примерные вопросы:



Разложение сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье и его свойства. Характеристики линейных систем: импульсная и переходная характеристики; комплексный коэффициент передачи.

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Спектр дискретного сигнала. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигналов. Явление наложения спектров. Разложение сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье и его свойства. Характеристики линейных систем: импульсная и переходная характеристики; комплексный коэффициент передачи.

### **Тема 3. Описание линейных систем**

отчет , примерные вопросы:

Темы: Описание линейных систем с помощью дифференциальных уравнений. Спектральный и временной подходы к прохождению сигнала через линейную аналоговую систему. Цифровые фильтры на основе разностных. Уравнений и дискретной временной свертки. Определение и классификация дискретных систем. Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области).

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области).

устный опрос , примерные вопросы:

Темы: Описание линейных систем с помощью дифференциальных уравнений. Спектральный и временной подходы к прохождению сигнала через линейную аналоговую систему. Цифровые фильтры на основе разностных. Уравнений и дискретной временной свертки. Определение и классификация дискретных систем. Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области).

### **Тема 4. Дискретные сигналы. Аналого-цифровое преобразование.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Темы: Определение и оценка методической погрешности, вызываемой дискретизацией сигнала по времени практические особенности дискретизации сигнала. Условия выбора частоты дискретизации. Квантование сигналов по уровню. Дискретные сигналы. Дискретизация по амплитуде, по времени и по частоте. Аналого-цифровое преобразование. Теорема о выборках Котельникова?Шеннона и ее использование на практике.

отчет , примерные вопросы:

Темы: Определение и оценка методической погрешности, вызываемой дискретизацией сигнала по времени практические особенности дискретизации сигнала. Условия выбора частоты дискретизации. Квантование сигналов по уровню. Дискретные сигналы. Дискретизация по амплитуде, по времени и по частоте. Аналого-цифровое преобразование. Теорема о выборках Котельникова?Шеннона и ее использование на практике.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Дискретизация по амплитуде, по времени и по частоте. Аналого-цифровое преобразование. Теорема о выборках Котельникова?Шеннона и ее использование на практике.

### **Тема 5. Спектральный анализ в дискретном исполнении. Перенос спектра.**

отчет , примерные вопросы:

Спектральный анализ в дискретном исполнении. Фильтрация сигнала в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Перенос спектра. Перенос выводов теоремы о выборках на область частот. Дискретное преобразование Фурье. Взаимные соответствия перехода из временной области в частотную и обратно. Условия выбора разрядности АЦП инструментальные погрешности преобразования аналог код. Условие математической адекватности дискретного и цифрового сигналов. Преобразование сигнала из цифровой формы в аналоговую.

Устный опрос , примерные вопросы:

Спектральный анализ в дискретном исполнении. Фильтрация сигнала в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Перенос спектра. Перенос выводов теоремы о выборках на область частот. Дискретное преобразование Фурье. Взаимные соответствия перехода из временной области в частотную и обратно.

устный опрос , примерные вопросы:

Спектральный анализ в дискретном исполнении. Фильтрация сигнала в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Перенос спектра. Перенос выводов теоремы о выборках на область частот. Дискретное преобразование Фурье. Взаимные соответствия перехода из временной области в частотную и обратно. Условия выбора разрядности АЦП инструментальные погрешности преобразования аналог код. Условие математической адекватности дискретного и цифрового сигналов. Преобразование сигнала из цифровой формы в аналоговую.

## **Тема 6. Цифровые фильтры. Принцип действия цифровых фильтров.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Прямая форма реализации нерекурсивных фильтров. Передаточная функция и частотная характеристика нерекурсивного фильтра. Нерекурсивные фильтры с линейной фазочастотной характеристикой.

контрольная работа , примерные вопросы:

Прямая форма реализации нерекурсивных фильтров. Передаточная функция и частотная характеристика нерекурсивного фильтра. Нерекурсивные фильтры с линейной фазочастотной характеристикой. Синтез цифровых фильтров по заданной частотной. Задачи и методы синтеза цифровых фильтров. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Синтез нерекурсивных фильтров методом весовых функций. Синтез нерекурсивных фильтров методом частотной выборки. Численные методы синтеза цифровых фильтров.

отчет , примерные вопросы:

Цифровые фильтры. Понятие z-преобразования. Связь z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования. Принцип действия цифровых фильтров. Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) и с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра, системная функция. Примеры перехода от аналогового прототипа к цифровому фильтру. Передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы. Передаточные функции рекурсивных цифровых фильтров. Частотные характеристики рекурсивных фильтров. Формы реализации рекурсивных фильтров.

## **Тема 7. Сигнальные процессоры. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel.**

дискуссия , примерные вопросы:

Сигнальные процессоры. Структура сигнального процессора, реализующего алгоритм цифровой фильтрации с КИХ и БИХ. Реализация БПФ и цифровой фильтрации на микроконтроллерах общего назначения. Идеология микроконтроллерных систем. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel. Назначение функциональных блоков. Система прерываний. Таймеры. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры программирования AVR микроконтроллера, реализующего алгоритм БПФ и логику работы цифрового фильтра с БИХ.

Лабораторные работы , примерные вопросы:

Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры программирования AVR микроконтроллера, реализующего алгоритм БПФ и логику работы цифрового фильтра с БИХ.

отчет , примерные вопросы:

Сигнальные процессоры. Структура сигнального процессора, реализующего алгоритм цифровой фильтрации с КИХ и БИХ. Реализация БПФ и цифровой фильтрации на микроконтроллерах общего назначения. Идеология микроконтроллерных систем. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel. Назначение функциональных блоков. Система прерываний. Таймеры. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры программирования AVR микроконтроллера, реализующего алгоритм БПФ и логику работы цифрового фильтра с БИХ.

### **Итоговая форма контроля**

зачет и экзамен

### **Итоговая форма контроля**

зачет и экзамен

Примерные вопросы к :

Вопросы к зачету

1. Импульсная характеристика АФ, ее использование для нахождения реакции АФ на произвольный входной сигнал. Пример. Условие физической реализуемости.
2. Передаточная функция ЦФ общего вида.
3. Классификация сигналов и фильтров.
4. Переходная характеристика АФ, ее связь с импульсной характеристикой, реакция АФ на произвольный сигнал.
5. Связь структуры разностного уравнения и передаточной функции ЦФ.
6. Динамическая форма представления сигнала (на основе функции включения).
7. Частотный коэффициент передачи АФ, его связь с импульсной характеристикой АЧХ и ФЧХ. Пример.
8. Прямой метод синтеза ЦФ.
9. Динамическая форма представления сигнала (на основе  $\Delta$ -функции).
10. Спектральный метод анализа АФ. Нахождение выхода АФ. "ГВЗ". Типы частотно-избирательных фильтров.
11. Пространство сигналов, норма сигнала.
12. Операторный метод - передаточная функция АФ, ее свойства, нахождение выходного сигнала.
13. Метрическое пространство сигналов.
14. Синтез ФНЧ по заданной АЧХ (на примере фильтра Баттерворта).
15. Свойство линейности стационарности АФ.
16. Скалярное произведение и энергия сигнала.
17. Теория ортогональных сигналов. Обобщенный ряд Фурье.
18. Цифровые фильтры, алгоритм, разновидности.
19. Периодические сигналы, ряд Фурье.
20. Анализ ЦФ на основе импульсной характеристики. Пример.
21. Нуль - полюсная диаграмма фильтра Баттерворта  $n$ -го порядка.
22. Формы рядов Фурье.
23. Анализ ЦФ на основе передаточной функции. Пример.
24. Условие физической реализуемости фильтра.
25. Преобразование Фурье. Спектральная плотность.
26. Анализ ЦФ на основе дифференциального уравнения. Сравнение РЦФ и НЦФ.
27. Сигнал с ограниченным спектром. Формула Рэлея (обобщенная).
28. Формы реализации ЦФ.
29. Ряд Котельникова.
30. Частотная характеристика ЦФ. Пример. Нуль - полюсная диаграмма.

31. Типы частотно-избирательных фильтров.
32. Теорема Котельникова. Ошибки аппроксимации по Котельникову.
33. Синтез ЦФ методом инвариантности импульсной характеристики. Пример. ЦФ 2-го порядка.
34. Синтез ЦФ методом билинейного  $Z$  - преобразования. Пример.
35. Восстановление сигнала по Котельникову.
36. Прямой метод синтеза ЦФ (для нерекурсивных фильтров, через  $h(nT)$ ).
37. Дискретное преобразование Фурье. ДПФ и его свойства.
38. Прямой метод, Метод частотной выборки. Временные окна.
39. Обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ).
40. Согласованный ЦФ во временной или частотной области.
41. Быстрое ДПФ.
42. Каноническая форма реализации ЦФ.
43.  $Z$  - преобразование и его свойства. Обратное  $Z$  - преобразование.
44. Сигнальные процессоры.
45. Структура сигнального процессора, реализующего алгоритм цифровой фильтрации с КИХ и БИХ.
46. Реализация БПФ и цифровой фильтрации на микроконтроллерах общего назначения.
47. Структурная схема 8-разрядного AVR микроконтроллера фирмы Atmel.
48. Назначение функциональных блоков.
49. Система прерываний. Таймеры.
50. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой преобразователь.

### 7.1. Основная литература:

1. 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. - ISBN 978-5-7638-2263-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=441113> ЭБС 'Знаниум'
2. Яковлев А. Н. Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров / Яковлев А.Н., Соколова Д.О. - Новоси�.:НГТУ, 2012. - 64 с.: ISBN 978-5-7782-1964-9 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=558714>
3. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 814 с.: ил. ? (Учебное пособие) - ISBN 978-5-9775-0259-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350520> ЭБС 'Знаниум'
4. Гадзиковский В. И. Цифровая обработка сигналов: Практическое пособие Учебное пособие / Гадзиковский В.И. - М.:СОЛОН-Пр., 2014. - 766 с. ISBN 978-5-91359-117-3 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=883840>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Периферийные устройства вычислительной техники: Учебное пособие / Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (п) ISBN 978-5-91134-594-5, 700 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=424031> ЭБС "Знаниум"
2. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: Учебное пособие / В.Т. Першин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 614 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006703-2, 600 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=405030> ЭБС "Знаниум"

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Введение в цифровую фильтрацию - <http://www.geokniga.org/books/2882>

Методология построения ЦФ - [http://kit-e.ru/articles/circuit/2009\\_10\\_108.php](http://kit-e.ru/articles/circuit/2009_10_108.php)

Полезное ПО - <http://www.sm.bmstu.ru/sm5/n4/oba/proz3.html>

Сигнальные процессоры в ЦФ - [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02\\_07/stat\\_120.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02_07/stat_120.htm)

Цифровая фильтрация - [http://www.ccas.ru/DCM/Chichag/2\\_FILTER/H2VC.htm](http://www.ccas.ru/DCM/Chichag/2_FILTER/H2VC.htm)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы теории дискретных сигналов и систем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Лекционный зал с доской и мультимедийным проектором. Компьютерный зал на 9 рабочих мест для проведения практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 09.03.04 "Программная инженерия" и профилю подготовки Технология проектирования аппаратно-программных информационных систем.



Автор(ы):

Колчев А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Хуторова О.Г. \_\_\_\_\_

Стенин Юрий Михайлович \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.