

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)**



**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор департамента образования**

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цифровая обработка сигналов**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы и сети связи**

Форма обучения: **заочная**

Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**

Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

Курс: **3**

Семестр: **5, 6**

Учебный план набора 2014 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	8	0	8	часов
2	Практические занятия	0	6	6	часов
3	Лабораторные работы	0	4	4	часов
4	Всего аудиторных занятий	8	10	18	часов
5	Самостоятельная работа	53	64	117	часов
6	Всего (без экзамена)	61	74	135	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	0	9	9	часов
8	Общая трудоемкость	61	83	144	часов
				4.0	З.Е.

Контрольные работы: 6 семестр - 1

Экзамен: 6 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

ст. преподаватель каф. ТОР \_\_\_\_\_ Р. Р. Абенов

доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_ А. А. Гельцер

Заведующий обеспечивающей каф.  
ТОР \_\_\_\_\_ А. А. Гельцер

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ЗиВФ \_\_\_\_\_ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф.  
СВЧиКР \_\_\_\_\_ С. Н. Шарангович

Эксперты:

доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_ С. И. Богомолов

Доцент кафедры  
сверхвысокочастотной и квантовой  
радиотехники (СВЧиКР) \_\_\_\_\_ А. Ю. Попков

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изложение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала, и включающих в себя: математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ).

### 1.2. Задачи дисциплины

– Задачами изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять анализ функционирования, разработку и техническое обслуживание устройств цифровой обработки сигналов, а также изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (Б1.В.ОД.6) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Цифровая обработка сигналов, Информатика.

Последующими дисциплинами являются: Цифровая обработка сигналов, Вычислительная техника и информационные технологии, Оптические цифровые телекоммуникационные системы, Преддипломная практика.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-8 умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов;

– ПК-9 умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** методы математического описания линейных дискретных систем; основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров; методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; метод атематического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ); алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; принципы построения систем однократной интерполяции и децимации;

– **уметь** объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

– **владеть** навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		5 семестр	6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	8	10
Лекции	8	8	0
Практические занятия	6	0	6
Лабораторные работы	4	0	4
Самостоятельная работа (всего)	117	53	64
Оформление отчетов по лабораторным работам	30	12	18
Проработка лекционного материала	29	29	0
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	42	12	30
Выполнение контрольных работ	16	0	16
Всего (без экзамена)	135	61	74
Подготовка и сдача экзамена	9	0	9
Общая трудоемкость, ч	144	61	83
Зачетные Единицы	4.0		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего (без экзамена)	Формы контроля
<b>5 семестр</b>						
1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	2	0	0	22	24	ПК-8, ПК-9
2 Цифровые фильтры.	2	0	0	19	21	ПК-8, ПК-9
3 Многоскоростные системы ЦОС	2	0	0	6	8	ПК-8, ПК-9
4 Оконные функции	2	0	0	6	8	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	8	0	0	53	61	
<b>6 семестр</b>						
5 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	0	2	0	8	10	ПК-8, ПК-9
6 Цифровые фильтры.	0	0	0	0	0	
7 Многоскоростные системы ЦОС	0	2	2	30	34	ПК-8, ПК-9
8 Оконные функции	0	2	2	26	30	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	0	6	4	64	74	
Итого	8	6	4	117	135	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	ОЕ	МК	ОС	М	БС	КО
5 семестр							
1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования.	2					ПК-8, ПК-9
	Итого						
2 Цифровые фильтры.	Введение в цифровые фильтры. Типы цифровых фильтров: КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.	2					ПК-8, ПК-9
	Итого						
3 Многоскоростные системы ЦОС	Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	2					ПК-8, ПК-9
	Итого						
4 Оконные функции	Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики.	2					ПК-8, ПК-9
	Итого						
Итого за семестр		8					
Итого		8					

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Цифровая обработка сигналов	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Информатика	+							

Последующие дисциплины								
1 Цифровая обработка сигналов	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Вычислительная техника и информационные технологии	+	+					+	+
3 Оптические цифровые телекоммуникационные системы	+	+					+	+
4 Преддипломная практика	+	+					+	+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Практик. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПК-9	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

#### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	С	ОЕ	МК	ОС	М	Б	С	КО
6 семестр									
7 Многоскоростные системы ЦОС	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом.			2					ПК-8, ПК-9
	Итого			2					
8 Оконные функции	Использование оконного сглаживания.			2					ПК-8, ПК-9
	Итого			2					
Итого за семестр				4					
Итого				4					

#### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	С	ОЕ	МК	ОС	М	Б	С	КО
6 семестр									
5 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем	Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное			2					ПК-8, ПК-9

ЦОС.	квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования.		
	Итого	2	
7 Многоскоростные системы ЦОС	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
8 Оконные функции	Использование оконного сглаживания. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики.	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		6	
Итого		6	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	трудоемкость, часы	формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	10		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	22		
2 Цифровые фильтры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	19		
3 Многоскоростные системы ЦОС	Проработка лекционного материала	6	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Итого	6		
4 Оконные функции	Проработка лекционного материала	6	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Итого	6		

Итого за семестр		53		
6 семестр				
5 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Итого	8		
7 Многоскоростные системы ЦОС	Выполнение контрольных работ	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	10		
	Итого	30		
8 Оконные функции	Выполнение контрольных работ	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	26		
Итого за семестр		64		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		126		

### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

### 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 12.1. Основная литература

1. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. - 750[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

#### 12.2. Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / М. И. Курячий ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2006. - 175[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

#### 12.3. Учебно-методические пособия



### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / Гельцер А. А., Абенов Р. Р., Рогожников Е. В. - 2013. 25 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3464> (дата обращения: 11.07.2018).

2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1 [Электронный ресурс]: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 53 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3748> (дата обращения: 11.07.2018).

### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

#### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

##### **Учебная аудитория**

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 314 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютеры;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager
- LibreOffice
- PDFCreator

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 314 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютеры;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome
- LibreOffice
- Mathworks Matlab
- Scilab

### **13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой,

аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

##### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

###### 14.1.1. Тестовые задания

Сигнал с частотой больше частоты Найквиста должен подавляться до уровня, не различимого АЦП:

$$A_{\min} = 20 \lg(2^B)$$

$$A_{\min} = 20 \lg(\sqrt{1.5} \cdot 2^B) + 6.02$$

$$A_{\min} = 20 \lg(2^B) + 6.02$$

$$A_{\min} = 20 \lg(\sqrt{1.5} \cdot 2^B)$$

Частота дискретизации по теореме Котельникова должна быть...

больше чем максимальная частота сигнала

более чем в 10 раз больше максимальной частоты сигнала

равна максимальной частоте сигнала

больше чем удвоенная максимальная частоты сигнала

Для двух данных конечных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$  с длиной  $N_1$  и  $N_2$  соответственно их свертка определяется как

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n) \cdot x(n)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n) \cdot x(-n)$$

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k) \cdot e^{x(n-k)}$$

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k) \cdot x(n-k)$$

Децимация в цифровой обработке сигналов – это...

процесс аналого-цифрового преобразования сигнала

процесс цифро-аналогового преобразования сигнала

процесс повышения частоты дискретизации

процесс понижения частоты дискретизации

Оконные функции используются для...

сглаживания резких скачков в сигнале

снижения требований к фильтру нижних частот при децимации

повышения разрешающей способности АЦП

подавления боковых лепестков в спектре ограниченного во времени сигнала

Дискретное преобразование Фурье позволяет...  
избавиться от наложения спектра  
понизить шум квантования  
повысить отношение сигнал/шум  
оценить форму спектра сигнала

От разрядности АЦП зависит...  
время обработки одного отсчета  
интервал дискретизации  
максимальная амплитуда сигнала на выходе АЦП  
количество уровней квантования сигнала в двоичной форме

Если для данного полосового сигнала граничные частоты полосы ( $f_L$  и  $f_H$ ) – целые числа, кратные ширине полосы сигнала, сигнал можно оцифровать без наложения с теоретической минимальной частотой

$$F_s(\min) > f_H$$

$$F_s(\min) \geq 2f_H$$

$$F_s(\min) = 2f_H$$

$$F_s(\min) = 2 \cdot (f_H - f_L)$$

Интерполяция в цифровой обработке сигналов – это...  
процесс аналого-цифрового преобразования сигнала  
процесс цифро-аналогового преобразования сигнала  
процесс понижения частоты дискретизации  
процесс повышения частоты дискретизации

Уровень шума квантования можно снизить двумя способами:  
многокаскадная интерполяция и использование фильтра нижних частот  
выборка с запасом по частоте и последующая интерполяция  
уменьшение разрядности АЦП и использование фильтра нижних частот  
увеличение разрядности АЦП и выборка с запасом по частоте

При использовании ЦАП нулевого порядка возникает эффект  $\sin(x)/x$ , при котором постепенно уменьшаются высокочастотные компоненты сигнала. Этот эффект можно компенсировать, применив

выборку с запасом по частоте  
ФВЧ на выходе ЦАП  
ФНЧ на выходе ЦАП  
цифровой фильтр с характеристикой  $x/\sin(x)$ .

При преобразовании частоты дискретизации с нецелым шагом дециматор, интерполятор и ФНЧ следует располагать следующим образом:

интерполятор, дециматор, ФНЧ  
дециматор, интерполятор, ФНЧ  
дециматор, ФНЧ, интерполятор  
интерполятор, ФНЧ, дециматор

В трёхкаскадном дециматоре шаги децимации должны удовлетворять следующему соотношению:

$$M_1 > M_2 + M_3$$

$M1 < M2 > M3$   
 $M1 = M2 = M3$   
 $M1 > M2 > M3$

Какое утверждение является верным?

БИХ-фильтр – это несколько последовательных КИХ-фильтров

БИХ-фильтры реализованы нерекурсивно, т.е. они всегда устойчивы

При одинаковом количестве коэффициентов КИХ-фильтр имеет более резкий срез характеристики.

В отличие от БИХ-фильтров, КИХ-фильтры могут иметь строго линейную фазовую характеристику.

Взаимно-корреляционная функция...

Это то же самое, что и свертка

Это разложение сигнала на гармонические составляющие

Определяет структуру сигнала или его поведение во временных координатах

Это показатель сходства или общих свойств двух сигналов

Теоретически максимальное отношение мощности сигнала к мощности шума квантования (SNR(q)) для линейного АЦП в случае синусоидального сигнала равно...

$$\text{SNR}(q) = 1/2^B + 1,7 \text{ дБ}$$

$$\text{SNR}(q) = 2^B + 1,7 \text{ дБ}$$

$$\text{SNR}(q) = 12,02B + 1,7 \text{ дБ}$$

$$\text{SNR}(q) = 6,02B + 1,7 \text{ дБ}$$

Цифровая фильтрация – это...

разложение сигнала на гармонические составляющие

защита от наложения спектра

подавление помех после дискретного преобразования Фурье

свертка сигнала с импульсной характеристикой фильтра

Импульсная характеристика КИХ-фильтра...

Не может быть симметричной

Это отношение амплитуды сигнала на входе и выходного

Определяет структуру сигнала или его поведение во временных координатах

Совпадает с коэффициентами фильтра

Если полоса частот сигнала лежит в диапазоне 0-16 кГц и сигнал дискретизирован без наложения, минимальная частота Найквиста будет равна

128 кГц

64 кГц

32 кГц

16 кГц

Какое утверждение является верным?

КИХ-фильтры на практике нереализуемы.

КИХ-фильтр порядка N содержит N линий задержки, а количество коэффициентов равно 2N.

Импульсная характеристика КИХ-фильтра всегда имеет симметрию.

Импульсная характеристика КИХ-фильтра всегда конечна и полностью совпадает с коэффициентами фильтра.

#### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

Обобщенная схема ЦОС.

Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой.  
 Дискретизация низкочастотных сигналов.  
 Дискретизация полосовых сигналов.  
 Однородное квантование и кодирование.  
 Неоднородное квантование и кодирование.  
 Выборка с запасом по частоте при аналогово-цифровом преобразовании.  
 Процесс цифро-аналогового преобразования.  
 Фильтры защиты от зеркальных частот.  
 Выборка с запасом по частоте при цифро-аналоговом преобразовании.  
 Свертка.  
 Корреляция.  
 ДПФ и обратное ДПФ.  
 КИХ-фильтры и БИХ-фильтры.  
 Цифровой фильтр. Основные характеристики. Критерий синтеза.  
 Разностное уравнение как основа программной реализации цифрового фильтра.  
 Этапы разработки цифровых фильтров.  
 Линейная фазовая характеристика.  
 Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтра.  
 Децимация с целым шагом.  
 Интерполяция с целым шагом.  
 Преобразование частоты дискретизации с нецелым шагом.  
 Многокаскадное преобразование частоты дискретизации.  
 Импульсная характеристика и передаточная функция.

#### 14.1.3. Темы контрольных работ

Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой.  
 Шумы квантования АЦП (аналогово-цифровой преобразователь).  
 Многокаскадная децимация и интерполяция.

#### 14.1.4. Темы лабораторных работ

Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом.  
 Использование оконного сглаживания.

### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.  
 Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными

### **возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.