

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галуни́н Серге́й Алекса́ндрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.11.2024 14:26:37  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Организация и программирова-  
ние интеллектуальных систем»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

по профилю

**«Организация и программирование интеллектуальных систем»**

Санкт-Петербург

2024

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Курдилов Б.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ  
19.01.2024, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 24.01.2024, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
--------------------------	------

Обеспечивающая кафедра	ВТ
------------------------	----

Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
--------------------------	---

Курс	4
------	---

Семестр	7
---------	---

### **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	34
------------------------	----

Практические занятия (академ. часов)	34
--------------------------------------	----

Иная контактная работа (академ. часов)	1
--	---

Все контактные часы (академ. часов)	69
-------------------------------------	----

Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
---	----

Всего (академ. часов)	108
-----------------------	-----

### **Вид промежуточной аттестации**

Дифф. зачет (курс)	4
--------------------	---

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»**

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» рассматривает базовые алгоритмы обработки сигналов и изображений; архитектуру современных процессоров цифровой обработки сигналов; интерактивную среду разработки и отладки программ для платформы процессора ЦОС с использованием языков программирования C, ассемблера и библиотек аппаратно-ориентированных функций; организацию процесса цифровой обработки сигналов и изображений в режиме реального времени на платформе процессора ЦОС фирмы Texas Instruments.

## **SUBJECT SUMMARY**

### **«DIGITAL SIGNAL PROCESSING»**

The discipline "Digital signal processing" considers the basic algorithms for processing signals and images; architecture of modern digital signal processing processors; An interactive development environment and debugging programs for the DSP processor platform using C programming languages, assembler and libraries of hardware-oriented functions; organization of the process of digital signal and image processing in real time on the platform of the DSP processor from Texas Instruments.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целями изучения дисциплины являются:

- изучение базовых алгоритмов цифровой обработки сигналов;
- приобретение знаний современных архитектур процессоров ЦОС;
- формирование умений и навыков обработки сигналов на платформах процессоров ЦОС в реальном масштабе времени.

2. Задачами дисциплины являются:

- приобретение знаний современных архитектур процессоров ЦОС;
- формирование практических навыков разработки алгоритмического и программного обеспечения систем цифровой обработки сигналов.

3. Приобретение знаний по использованию типовых алгоритмов обработки сигналов.

4. Приобретение умений:

- разрабатывать программные компоненты компьютерных вычислительных систем и сетей, автоматизированных систем обработки информации;
- по применению специализированных встроенных в систему MATLAB пакетов программ для решения прикладных задач цифровой обработки сигналов;

5. Формирование навыков применения базовых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов, навыков обработки сигналов на платформах процессоров ЦОС в реальном масштабе времени.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»

2. «Программирование»
3. «Конструкторско-технологическое обеспечение цифровых систем»
4. «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика)»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Микропроцессорные системы»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы
<i>ПК-1.1</i>	<i>Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</i>
СПК-6	Способен разрабатывать электрические схемы цифровых модулей
<i>СПК-6.2</i>	<i>Проверяет и исследует функционирование электрических схем цифровых модулей при различных условиях</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение.	2			
2	Сигналы и их свойства	4	2		4
3	Представление сигналов в частотной области	4	4		5
4	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами	4	5		6
5	Цифровые фильтры	4	6	1	6
6	Архитектура процессоров ЦОС	6	6		6
7	Инструментальные системы для разработки и отладки программного обеспечения микропроцессоров ЦОС	4	6		6
8	Программирование типовых алгоритмов для процессоров ЦОС	4	4		6
9	Заключение	2	1		
	Итого, ач	34	34	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение.	Предмет дисциплины, ее объем и связь с другими дисциплинами учебного плана. Обзор литературы.
2	Сигналы и их свойства	Обобщенная структура системы цифровой обработки сигналов. Характеристики сигналов). Формы представления сигналов. Децимация и интерполяция сигналов.
3	Представление сигналов в частотной области	Представление детерминированных и случайных сигналов в частотной области). Системы базисных функций. Системы комплексных экспоненциальных функций. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Двумерное дискретное преобразование Фурье. Преобразование Фурье на конечных интервалах. Основы вейвлет преобразования.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами	ЛПП система, ее свойства. Линейные разностные уравнения. Импульсная характеристика системы. Частотная характеристика системы. Z преобразование и его свойства. Передаточная характеристика системы. Линейная свертка детерминированных последовательностей. Примеры ЛПП систем.
5	Цифровые фильтры	Классификация фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Структурные схемы цифровых фильтров. СИС фильтры. Сравнительная оценка фильтров по точности и сложности реализации. Проектирование цифровых фильтров.
6	Архитектура процессоров ЦОС	Особенности архитектуры процессоров ЦОС, связь архитектуры с алгоритмами цифровой обработки сигналов. Обзор микропроцессоров ЦОС различных фирм.
7	Инструментальные системы для разработки и отладки программного обеспечения микропроцессоров ЦОС	Особенности Code Composer Studio фирмы Texas Instruments. Создание проекта и контроль функционирования программы.
8	Программирование типовых алгоритмов для процессоров ЦОС	Организация процесса обработки сигналов в реальном масштабе времени.
9	Заключение	Перспективы развития процессоров цифровой обработки сигналов на основе современной технологической базы.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Создание простого проекта на платформе процессора ЦОС.	4
2. Организация ввода/вывода аналоговых сигналов на платформе ЦОС	5
3. Программирование низкочастотных цифровых фильтров на платформе ЦОС.	5
4. Предварительная обработка нестационарного случайного сигнала.	5
5. Дискретное преобразование Фурье. Свойства спектров.	5
6. Исследование характеристик линейных систем во временной и частотной областях.	5
7. Исследование характеристик низкочастотных цифровых фильтров.	5
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисципли-

ны обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	15
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	14
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>39</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Ибатуллин, Салих Мансурович. Цифровая обработка сигналов изображений [Текст] : учеб. пособие / С.М. Ибатуллин, 2006. -127 с.	38
Дополнительная литература		
1	Солонина, Алла И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлению 654400 "Телекоммуникации" / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев, 2001. -454 с.	18

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Теория и практика цифровой обработки сигналов <a href="http://www.dsplib.ru">www.dsplib.ru</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=19218>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Цифровая обработка сигналов» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

В соответствии с текущим контролем успеваемости и посещения лекций и занятий студенты допускаются к дифф. зачету. Дифф. зачет проводится в очном формате в отведенное время. В соответствии с изученными темами и выполненными практическими работами. Время на подготовку 20 минут. Оценка выставляется по результату устного ответа студента. Оценивается раскрытие темы вопроса, умение подать материал. При необходимости студенту предлагается дополнительный вопрос.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Обобщенная структура системы цифровой обработки сигналов. Особенности архитектуры процессоров ЦОС, связь архитектуры с алгоритмами цифровой обработки сигналов.
2	Формы представления сигналов, аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Центральное АЛУ процессора ЦОС, система шин, связь структуры с алгоритмами ЦОС
3	Децимация и интерполяция сигналов. Блок адресации, способы адресации.
4	Представление сигналов в частотной области. Организация памяти процессоров ЦОС.
5	Системы комплексных экспоненциальных функций. Организация устройства программного управления процессоров ЦОС, командный конвейер
6	Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Аппаратная поддержка циклов в процессорах ЦОС.
7	Свойства спектров сигналов. Способы адресации, непосредственная и прямая адресация.
8	Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по времени. Способы адресации, косвенная адресация, режимы косвенной адресации.
9	Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по частоте. Способы адресации, циклическая адресация, организация циклических буферов.
10	Преобразование Фурье на конечных интервалах. Организация ввода аналоговых сигналов.
11	Основы вейвлет преобразования. Организация вывода аналоговых сигналов.
12	ЛПП система, ее свойства. Организация обмена данными между ПЦОС и ПК
13	Описание ЛПП системы во временной области. Организация измерений временных интервалов.

14	Описание ЛПП системы частотной области. Блок адресации, способы адресации.
15	Описание ЛПП системы в Z области, Z – преобразование. Организация памяти процессоров ЦОС.
16	Линейная свертка детерминированных последовательностей. Аппаратная поддержка циклов в процессорах ЦОС.
17	Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, их свойства. Центральное АЛУ процессора ЦОС, система шин, связь структуры с алгоритмами ЦОС.
18	Структурные схемы цифровых фильтров. Организация устройства программного управления процессоров ЦОС, командный конвейер.
19	СИС фильтры. Особенности архитектуры процессоров ЦОС, связь архитектуры с алгоритмами цифровой обработки сигналов.
20	Проектирование КИХ фильтров. Способы адресации, циклическая адресация, организация циклических буферов.
21	Проектирование БИХ фильтров. Способы адресации, косвенная адресация, режимы косвенной адресации.

## **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### **Вопросы для коллоквиума:**

1. Какой спектр будет иметь гармонический сигнал с частотой 100 Гц на периоде 10 мсек, если частота дискретизации 1000 Гц?
2. Будет ли фильтр с импульсной характеристикой  $h(n) = 5, 4, 3, 2, 1$ , иметь линейную фазово-частотную характеристику?
3. Чем отличается структурная прямая форма 1 от прямой формы 2?
4. Какие аппаратные средства процессора ЦОС ускоряют обработку сигнала?
5. Какие аппаратные средства процессора ЦОС необходимы для построения циклического буфера?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Сигналы и их свойства	
3		
4		
5		Коллоквиум
6	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами	
7		
8		
9		Коллоквиум
10	Цифровые фильтры	
11		
12		
13		Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в коллоквиумах, дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

На коллоквиуме по теме задается 5 вопросов. При получении правильных ответов на 3 и более вопросов ставится ”зачтено”; 2 и менее правильных



ответов, ответ не получен - "не зачтено".

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader; системы разработки программ на платформах ЦОС
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, компьютер, генератор сигналов, осциллограф, аппаратная платформа на базе процессора ЦОС	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader; системы разработки программ на платформах ЦОС
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>