МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **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 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	4	4	8	часов
2	Практические занятия	2	4	6	часов
3	Лабораторные работы		4	4	часов
4	Всего аудиторных занятий	6	12	18	часов
5	Самостоятельная работа	53	100	153	часов
6	Всего (без экзамена)	59	112	171	часов
7	Подготовка и сдача экзамена		9	9	часов
8	Общая трудоемкость	59	121	180	часов
		5.0		5.0	З.Е

Контрольные работы: 6 семестр - 2
Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18200

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от « 6 » 4 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа 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 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 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 согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ЗиВФ	_____	И. В. Осипов
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	_____	С. Н. Шарангович

Эксперты:

доцент каф. ТОР	_____	С. И. Богомолов

Согласована на портале № 18200

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).

Последующими дисциплинами являются: 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 студент 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 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры

Согласована на портале № 18200

		5 семестр	6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	6	12
Лекции	8	4	4
Практические занятия	6	2	4
Лабораторные работы	4		4
Самостоятельная работа (всего)	153	53	100
Оформление отчетов по лабораторным работам	40	12	28
Проработка лекционного материала	29	21	8
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	52	20	32
Выполнение контрольных работ	32		32
Всего (без экзамена)	171	59	112
Подготовка и сдача экзамена	9		9
Общая трудоемкость ч	180	59	121
Зачетные Единицы	5.0	5.0	

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 часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	2	2	0	14	18	ПК-8, ПК-9
2 Цифровые фильтры.	2	0	0	10	12	ПК-8, ПК-9
3 Описание дискретных сигналов в частотной области.	0	0	0	7	7	ПК-8, ПК-9
4 Многоскоростные системы ЦОС.	0	0	0	12	12	ПК-8, ПК-9
5 Оконные функции.	0	0	0	10	10	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	4	2	0	53	59	
6 семестр						
6 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	0	0	1	26	27	ПК-8, ПК-9
7 Цифровые фильтры	0	2	1	28	31	ПК-8, ПК-9
8 Многоскоростные системы ЦОС	2	2	1	24	29	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 18200

9 Оконные функции	1	0	1	14	16	ПК-8, ПК-9
10 Описание дискретных сигналов в частотной области.	1	0	0	8	9	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	4	4	4	100	112	
Итого	8	6	4	153	171	

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	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
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	
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	2	
Итого за семестр		4	
6 семестр			
8 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	2	
9 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	1	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 18200

	функции и их характеристики.		
	Итого	1	
10 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
Итого за семестр		4	
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	9	10
Последующие дисциплины										
1 Вычислительная техника и информационные технологии	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2 Оптические цифровые телекоммуникационные системы	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

Согласована на портале № 18200

ПК-9	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

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	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
6 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Однородное квантование и кодирование.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
7 Цифровые фильтры	Методы реализации КИХ-фильтров.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
8 Многоскоростные системы ЦОС	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
9 Оконные функции	Использование оконного сглаживания.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
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)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
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	
Итого за семестр		2	

Согласована на портале № 18200

6 семестр			
7 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	2	
8 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	
Итого за семестр		4	
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, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-9, ПК-8	Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	14		
2 Цифровые фильтры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-9, ПК-8	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	10		
3 Описание дискретных сигналов в частотной	Подготовка к практическим занятиям, семина-	4	ПК-9, ПК-8	Домашнее задание, Контрольная работа,

Согласована на портале № 18200

области.	рам			Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	7		
4 Многоскоростные системы ЦОС.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-9, ПК-8	Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	12		
5 Оконные функции.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-9, ПК-8	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
Итого за семестр		53		
6 семестр				
6 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС.	Выполнение контрольных работ	8	ПК-9, ПК-8	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	26		
7 Цифровые фильтры	Выполнение контрольных работ	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	28		
8 Многоскоростные системы ЦОС	Выполнение контрольных работ	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		

Согласована на портале № 18200

	Итого	24		
9 Оконные функции	Выполнение контрольных работ	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	14		
10 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Проработка лекционного материала	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Экзамен
	Итого	8		
Итого за семестр		100		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		162		

9.1. Темы контрольных работ

1. Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования.
2. Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.
3. 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.
4. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции.

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Не предусмотрено

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 - 70 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: Методические указания к лабораторным работам по

Согласована на портале № 18200

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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3464, дата обращения: 10.04.2017.

2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: 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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3748, дата обращения: 10.04.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. http://www.dsplib.ru/

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются учебные аудитории 418, 419 и 420, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованные доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634045, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 309, 314 и 318. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Аудитория 309: 10 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 23"-24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 314: 16 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 318: 8 рабочих станций на базе процессоров AMD Athlon II X2; диагональ мониторов 20" 2 рабочих станций на базе процессоров Core 2 Duo; Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro).

Согласована на портале № 18200

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634045, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 309, 314 и 318. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Аудитория 309: 10 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 23"-24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 314: 16 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 318: 8 рабочих станций на базе процессоров AMD Athlon II X2; диагональ мониторов 20" 2 рабочих станций на базе процессоров Core 2 Duo; Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro).

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634045, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 309, 314 и 318. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Аудитория 309: 10 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 23"-24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 314: 16 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5; диагональ мониторов 24" Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Velleman PcLab2000LT; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro) Аудитория 318: 8 рабочих станций на базе процессоров AMD Athlon II X2; диагональ мониторов 20" 2 рабочих станций на базе процессоров Core 2 Duo; Операционная система: Microsoft Windows 7 Программное обеспечение: LibreOffice; Mozilla Firefox, Google Chrome; ClamAV; WinDjView; Adobe Reader; 7-Zip; Qucs; Scilab; Qt Framework; Altera Quartus Prime Lite Edition; PTC Mathcad 14; Keysight SystemVue; Keysight Advanced Design System (ADS); Keysight Electromagnetic Professional (EMPro).

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного

Согласована на портале № 18200

аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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;

Согласована на портале № 18200

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 18200

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **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 2016 года

Разработчики:
- ст. преподаватель каф. ТОР Р. Р. Абенов
- доцент каф. ТОР А. А. Гельцер

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18200

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
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	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; ; Должен 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. ; Должен владеть навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; на-
ПК-8	умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	

Согласована на портале № 18200

		выками компьютерного проектирования цифровых фильтров; навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ. ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-9

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.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; Метод математического 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 интерполя-	Выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; Синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; Обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; Выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; Вычислять ДПФ дис-	Навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; Навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ

Согласована на портале № 18200

	ции и децимации	кретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; Объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации	
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает основные этапы проектирования цифровых систем;; • Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.; • Знает методы расчета цифровых фильтров.;	• Умеет проводить расчеты цифровых фильтров, а также реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде;; • Умело моделирует алгоритмы цифровой обработки сигналов в программной среде.;	• Свободно владеет математическим аппаратом описания сигналов и линейных дискретных систем;; • Свободно владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает основные этапы проектирования цифровых систем;; • Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.;	• Самостоятельно реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде. ; • Самостоятельно подбирает методы решения задач.;	• Владеет математическим аппаратом описания сигналов;; • Владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.;	• Способен в программном виде писать простые алгоритмы цифровой обработки сигналов. ;	• Владеет математическим аппаратом описания сигналов. ; • Владеет терминологией предметной области знания.;

Согласована на портале № 18200

2.2 Компетенция ПК-8

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные этапы проектирования цифровых фильтров; Основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров	Объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; Обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой)	Навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает методы поиска и анализа технической информации; ; • Знает основные этапы проектирования цифровых фильтров.;	• Осуществляет поиск и проводит анализ технической информации, представленной в различных источниках;; • Умеет проводить расчеты в соответствии с техническим заданием.;	• Свободно ориентируется в технической информации;; • Уверенно формирует исходные данные для проектирования цифровых фильтров и си-стем цифровой обработки информации.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает методы поиска и анализа технической информации;; • Представляет приемы и результаты анализа технической информа-	• Осуществляет поиск и проводит анализ технической информации, представленной в различных источниках;; • Самостоятельно под-	• Владеет навыками поиска и анализа технической информации;; • Владеет навыками работы с различными источниками информа-

Согласована на портале № 18200

	ции.;	бирает методы решения проблем.;	ции. ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Дает определения основных понятий в цифровой обработке сигналов;; • Воспроизводит основные положения анализа технической информации.;	• Умеет работать с технической документации;; • Умеет представлять результаты своей работы.;	• Владеет терминологией предметной области знания;; • Владеет навыками поиска и анализа технической информации.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы домашних заданий

– Методика работы с учебной и научной литературой. Оформление учебных работ. Работа в системе Scilab. Исследование моделей цепей и сигналов. Расчет цифровых фильтров. Расчет параметров дециматора и интерполятора.

3.2 Темы опросов на занятиях

– Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования. 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. Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов. Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье. 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.

3.3 Темы контрольных работ

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

3.4 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.

Согласована на портале № 18200

3.5 Темы лабораторных работ

– Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Однородное квантование и кодирование.
– Методы реализации КИХ-фильтров.
– Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом.
– Использование оконного сглаживания.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. 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 - 70 экз.)

4.2. 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.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов: 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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3464, свободный.
2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: 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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3748, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://www.dsplib.ru/

Согласована на портале № 18200