Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра радиосистем

Утверждаю
Директор ИЭИС
_____ С.И.Эминов
13 04 2017 г.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.04.01- Радиотехника

ПРОФ – Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

Рабочая программа

Согласовано
Начальник учебного отдела
_____ О.Б.Широколобова
13 04 2017 г.

Разработал
доцент кафедры РС
_____ В.М.Реганов
20 03 2017 г.

Принято на заседании кафедры РС
Протокол № 110 от 03.04 2017г
Заведующий кафедрой РС
_____ И.Н.Жукова
20 03 2017 г

1 Цели и задачи учебного модуля

Цифровой фильтр – это не только некоторое устройство-фильтр, выполняющее обработку цифрового сигнала с целью выделения и/или подавления определённых частот этого сигнала. В системах цифровой обработки сигналов (ЦОС) находят широкое применение и целый ряд других фильтров, таких как, например, корреляторы или фильтры, изменяющие частоту дискретизации. В таком случае под цифровыми фильтрами в самом широком смысле следует понимать некоторую систему обработки сигналов в цифровом виде.

В таком ключе данная дисциплина является логичным продолжением и расширением знаний и компетенций, приобретённых в ходе изучения курса цифровой обработки сигналов в программе обучения бакалавров.

Таким образом целью учебного модуля (УМ) является формирование компетентности студентов в области проектирования систем ЦОС, способствующей их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Для достижения поставленной цели при освоении УМ осуществляется подготовка магистра к решению следующих профессиональных задач:

- разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей;
- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи;
- разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере;
- проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований;
- подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль «Анализ и синтез цифровых фильтров» входит в вариативную часть профессионального цикла магистерской программы «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов» (БП.В2).

Для изучения модуля используются знания, полученные при изучении следующих модулей: «Информатика», «Информационные технологии», Радиотехнические цепи и сигналы», «Цифровая обработка сигналов», «Программирование для сигнальных процессоров», «Теория и техника цифровой обработки сигналов», «Проектирование цифровых устройств на программируемых логических интегральных микросхемах и микроконтроллерах»

Знания и умения, полученные при изучении данного модуля, используются при выполнении научно-исследовательской работы, а также при подготовке выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения учебного модуля направлен на формирование следующих компетенций:

- способность проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований (ПК-8).

В результате освоения УМ магистрант должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-8	повышенный	- теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствуют требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	- применять нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	- навыками проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов с использованием информационных соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа	**Всего**	**Распределение по семестрам**	**Коды формируемых компетенций**
		3 сем.	
Трудоемкость УМ в зачетных единицах (ЗЕ)	**6**	**6**	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ), из них:	**216**	**216**	
- лекции	9	9	ПК-8
- практические занятия	36	36	
- в том числе аудиторная СРС	9	9	
- лабораторные работы	-	-	
- внеаудиторная СРС	171	171	
Аттестация: - экзамен	36	36	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

1) Введение.

Предмет дисциплины и ее задачи. Тематический обзор. Литература.

2) Методы цифрового спектрального анализа.

Определения. Основные приложения. Разновидности. Алгоритмы вычисления быстрого преобразования Фурье (БПФ). Единый подход к алгоритмам БПФ. Использование

весовых функций при спектральном анализе. Непараметрические методы спектрального оценивания.

3) Формирование случайных сигналов (шумов).

Методы формирование случайного сигнала с равномерным распределением. Формирование многоразрядного псевдослучайного сигнала. Метод обратной функции. Формирование сигнала с распределением Рэлея. Метод суммирования. Метод полярных координат.

4) Алгоритмы CORDIC.

Определение, область применения, основная идея алгоритмов. Принцип работы. Примеры. Реализации.

5) Построение цифровых приемных устройств.

Основные понятия. Общая схема построения.

Цифровое гетеродинирование. Методы синтеза частоты. Прямой цифровой синтез: принципы, реализация, примеры.

Каскадные интегрально-гребенчатые фильтры (CIC). Анализ и синтез фильтров. Построение. CIC-фильтры в задачах децимации. Коррекция амплитудно-частотной характеристики CIC-фильтров. Пример реализации цифрового приемника на основе CIC-фильтра.

Полуполосные фильтры. Анализ и синтез фильтров. Построение. Применение полуполосных фильтров в задачах децимации.

Многоскоростная обработка сигналов. Основные принципы. Двухэтапное прореживание отсчетов сигнала. Интерполяция отсчетов. Изменение частоты следования отсчетов в некратное число.

Полифазные фильтры. Порядок образования структуры. Анализ и синтез фильтров. Построение. Применение.

Полифазные банки фильтров. Тождества Нобеля. Анализ и синтез. Построение. Применение.

6) Полифазное БПФ.

Основные принципы. Анализ и синтез. Построение. Применение. Пример реализации.

7) Алгоритм Герцеля.

Определение. Анализ и синтез. Построение. Применение.

8) Преобразователь Гильберта.

Преобразование Гильберта. Определение, основные свойства. Аналитический сигнал. Построение преобразователя Гильберта для цифровых сигналов. Применение.

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой

системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый (экзамен) – по окончании изучения УМ.

Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене – 50. Максимальное количество баллов по учебному модулю – 300.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

Оценка качества освоения УМ осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.06.2013 № 9 «О фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации». В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: практические занятия, реферат, экзамен.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по УМ используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные)

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
Б – Технологическая карта
В – Паспорта компетенций
Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)
Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Анализ и синтез цифровых фильтров»

Учебный модуль «Анализ и синтез цифровых фильтров» разделен на восемь учебных элементов. В рамках модуля предусмотрены практические занятия.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студентов и ссылки на необходимую литературу.

Содержание разделов представлено в п. 4.2 рабочей программы модуля.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о современных алгоритмах и методах цифровой обработки сигналов. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1. Рекомендуется для каждой изучаемой темы УМ

Экзамен по УМ делится на теоретическую и практическую части. Теоретическая часть проводится в форме устных ответов на вопрос билета. На практической части студенту предлагается выполнить творческое задание по анализу и синтезу цифрового устройства.

Пример вопроса и задачи экзаменационного билета:

1 Полифазное БПФ.

2 Разработать функциональную схему генератора белого шума для реализации на микроконтроллере.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям учебного модуля

Практические занятия УМ направлены на закрепление и углубление знаний теоретической части дисциплины. На занятиях рассматриваются задачи анализа, проектирования и практической реализации изучаемых цифровых систем на современной элементной базе цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Практические занятия в большинстве своем строятся следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовой задачи у доски;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок.

Примерные задания для практических занятий:

1. Написать функцию (и пример вызова) (или модель) формирования белого шума с нормальным распределением двумя методами (простой – с точки зрения затрат, но менее точный; и сложный). Разрядность отсчетов 16 бит, мат. ожидание – 0. СКО, длина последовательности, метод, начальное значение (seed) – параметры функции. В примере вызова построить графики плотности вероятности сформированной последовательности шума, плотности вероятности нормального распределения и их разности.

2. Написать функцию (и пример вызова) (или модель) цифрового приемного устройства со следующими характеристиками:

Вариант	**1**	**2**
Диапазон перестройки	88-108МГц	
Ширина спектра полезного сигнала	400кГц	
Подавление по соседнему каналу	60дБ (при отстройке от центра на 400 кГц)	
Динамический диапазон, свободный от паразитных спектральных составляющих	60дБ	
Неравномерность в полосе пропускания	не более 1 дБ	
Частота дискретизации АЦП	120МГц	1000 МГц
Характеристика сигнала на выходе приемного устройства	Отсчеты комплексного сигнала со спектром на нулевой частоте требуемой разрядности	

В примере вызова должно формироваться не менее трех гармоник с задаваемыми значениями частоты и амплитуды, а также шум (белый) – с регулируемым СКО. Построить АЧХ фильтра приемного устройства.

3. Написать функцию (и пример вызова) (или модель) устройства вычисления мгновенного спектра на основе полифазного БПФ. Размерность ПБПФ 256…4096 с числом секций – 4. Разрядность данных – 16 бит (для каждой составляющей комплексного отсчета). В примере вызова должно формироваться не менее трех гармоник с задаваемыми значениями частоты и амплитуды, а также шум (белый) – с регулируемым СКО.

4. Написать функцию (и пример вызова) (или модель) устройства детектирования сигналов DTMFалгоритмом Герцеля. Разрядность входных данных 8 бит. Мощность (СКО) шума (белый)

1	2	3	A	**697 Гц**
4	5	6	B	**770 Гц**
7	8	9	C	**852 Гц**
*	0	#	D	**941 Гц**
1209 Гц	**1336 Гц**	**1477 Гц**	**1633 Гц**	

5. Написать функцию (и пример вызова) (или модель) устройства имитации отраженного сигнала на промежуточной частоте в полосе от 10 до 40 МГц. Входные отсчеты – 16 бит, частота следования 100МГц, динамический диапазон свободный от паразитных спектральных составляющих – не менее 60 дБ. Мощность шума (белый) – регулируемая.

Устройство должно обеспечивать формирование суммы двух копий входного сигнала с регулируемыми параметрами: амплитуда (0…60дБ), задержка в диапазоне от 1 до 1000 мкс, смещение по частоте в диапазоне [-20…+20] кГц.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя изучение литературы, решение задач по анализу и синтезу цифровых устройств, рассматриваемых на практических занятиях, а также подготовку к экзамену.

Пример задания для СРС:

- разработать функцию вычисления модуля комплексного числа методом COORDIC с заданной точностью в арифметике с фиксированной точкой.

А.4 Вопросы к экзамену

Примерный список вопросов к экзамену:

1. Полифазное БПФ
2. Алгоритм Герцеля
3. Преобразователь Гильберта для дискретных сигналов
4. Метод CORDIC
5. Полифазные банки фильтров
6. Полифазные фильтры
7. Полуполосные фильтры в задачах многоскоростной обработки
8. Каскадные интегрально-гребенчатые (CIC) фильтры
9. CIC-фильтры в задачах децимации сигналов
10. Многоскоростная обработка цифровых сигналов. Основные понятия. Применение.
11. Прямой цифровой синтез сигналов
12. Построение систем цифрового гетеродинирования сигналов
13. Формирование случайных цифровых сигналов.
14. Особенности реализации случайных сигналов на современной элементной базе ЦОС
15. Цифровой спектральный анализ. Основные понятия. Применение
16. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ)
17. Сравнение БПФ и гребенки фильтров. Использование «оконных» функций при спектральном анализе
18. Классические (непараметрические) методы спектрального оценивания

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Кафедра радиосистем

Экзаменационный билет № 1

Дисциплина **Анализ и синтез цифровых фильтров**

Для специальности (направления подготовки) 11.04.01- Радиотехника

ПРОФ – Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

1. Полифазное БПФ
2. Многоскоростная обработка цифровых сигналов. Основные понятия. Применение.

УТВЕРЖДАЮ Заведующий кафедрой _____

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Анализ и синтез цифровых фильтров»

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания для СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
1) Введение	- вводная лекция	- изучение дополнительной литературы; - подготовка к практическим занятиям	
2) Методы цифрового спектрального анализа	- информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; подготовка к практическим занятиям	1. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов, М., Мир, 1989 2. С.Л. Марпл-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с. 3. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1970
3) Формирование случайных сигналов (шумов)	информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; - подготовка к практическим занятиям	1. Быков В. В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. Изд-во «Советское радио», 1971, 328 с. 2. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования. М.: Статистика, 1970 г. – 113 с. 3. В.И. Литюк, Л.В. Литюк. Руководство к лабораторной работе «Исследование цифровых генераторов шумов» по курсу «Методы и устройства цифровой обработки сигналов». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 16 с. (http://rtf.tti.sfedu.ru/!rpru/files/3850noise.pdf)
4) Алгоритмы CORDIC	- информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; подготовка к практическим занятиям	1. А. В. Захаров, В. М. Хачумов Алгоритмы CORDIC. Современное состояние и перспективы ы. М.: Физ- 2. матлит. 2004. 3. Andraka, Ray A survey of CORDIC algorithms for FPGA based computers [Электронный ресурс] // URL: http://www.andraka.com/files/crdcsrvy.pdf
5) Построение цифровых приемных устройств	информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; подготовка к практическим занятиям	1. E. B. Hogenauer. An economical class of digital filters for decimation and interpolation. IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, ASSP-29(2):155–162, 1981 2. Использование CIC фильтров в задачах децимации и

			интерполяции сигналов [Электронный ресурс] // DSPlib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. URL: http://www.dsplib.ru/content/cicid/cicid.html 3. Tapio Saramäki. Multiplier-free half-band filters [Электронный ресурс] URL: http://www.cs.tut.fi/~ts/sldsp_part2_identical_subfilters_halfband.pdf 4. Vaidyanathan P. Multirate Systems and Filter Banks. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1992 5. Витязев В.В., Зайцев А.А. Основы многоскоростной обработки сигналов: Учебное пособие. Часть 1 и 2; Рязан. гос. радиотехн. акад. - Рязань, 2006. 6. R. E. Crochiere and L. R. Rabiner. Multirate Digital Signal Processing. Prentice-Hall, 1983 7. Tapio Saramäki. SGN-2106 Multirate Signal Processing. URL: http://www.cs.tut.fi/~ts/ 8. Crochiere R.E., Rabiner L. Multirate Digital Signal Processing. Prentice Hall. Englewood Cliffs.- NJ, 1983.
6) Полифазное БПФ	- информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; - подготовка к практическим занятиям	1. Полифазное БПФ [Электронный ресурс] // DSPlib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. URL: http://www.dsplib.ru/content/polyphasefft/polyphase.html 2. Crochiere R.E., Rabiner L. Multirate Digital Signal Processing. Prentice Hall. Englewood Cliffs.- NJ, 1983.
7) Алгоритм Герцеля	информационная лекция; - практические занятия.	- изучение дополнительной литературы; подготовка к практическим занятиям	Алгоритм Герцеля [Электронный ресурс] // DSPlib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. URL: http://www.dsplib.ru/content/goertzel/goertzel.html

Приложение Б

(обязательное)

Технологическая карта учебного модуля «Анализ и синтез цифровых фильтров»

семестр – 3, ЗЕ – 6, вид аттестации – экзамен, акад. часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ нед. сем.	Трудоемкость, ак.час.					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
1) Введение 2) Методы цифрового спектрального анализа	1-2	1	4		1	135	решение заданий	25
3) Формирование случайных сигналов (шумов)	3-4	1	4		1		решение заданий	25
4) Алгоритмы CORDIC	5-6	1	4		1		решение заданий	25
5) Построение цифровых приемных устройств	7-14	4	16		4		решение заданий	125
6) Полифазное БПФ	15-16	1	4		1		решение заданий	25
7) Алгоритм Герцеля	17-18	1	4		1		решение заданий	25
Семестровый контроль	сессия					36	экзамен	50
Итого:		**9**	**36**		**9**	**171**		**300**

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9):

- оценка «удовлетворительно» – от 180 до 209 баллов
- оценка «хорошо» – от 210 до 269 баллов
- оценка «отлично» – от 270 до 300 баллов

Приложение В
(обязательное)

Паспорт компетенции ПК-8

Способность проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		3	**4**	**5**
Повышенный уровень	**Знания** теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствуют требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Испытывает трудности при объяснении теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	Недостаточно четко объясняет теоретические основы проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	Четко объясняет теоретические основы проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов
	Умение применять нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Слабо ориентируется в вопросах применения нормативных документов (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки	Допускает ошибки применения нормативных документов (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки	Адекватно применяет нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки
	Владение навыками проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов с использованием информационных соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Испытывает затруднения при разработке технического задания на проектирование и разработку использованием информационных технологий	Допускает неточности при реализации этапов проектирования и разработки использованием информационных технологий	Способен самостоятельно выполнить этапы проектирования и разработки с использованием информационных технологий

Приложение Г
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Модуля: Анализ и синтез цифровых фильтров
Направление: 11.04.01- Радиотехника
Форма обучения: очная
Часов: всего 216, лекций 9, практ. зан. 36, лаб. раб. 0, СРС 171
Обеспечивающая кафедра: РС Курс: 2, семестр: 3

Таблица Г.1 – Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд. - СПб.: Питер:[2003-603с., 2007. - 750с.]	20	
2. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ. С.А. Кулешова под ред. А.Б. Сергиенко. - 2-е изд., испр. - М.: Техносфера, 2009. - 855с.	5	
Учебно-методические издания		
Анализ и синтез цифровых фильтров [электронный ресурс]: рабочая программа учебного модуля / Авт.-сост. В.М. Реганов; НовГУ, имени Ярослава Мудрого – В. Новгород 2015 – 14 с. Режим доступа: http://novsu. ru		
Выпускная квалификационная работа магистра по направлению «Радиотехника» [электронный ресурс]: метод. указания /сост.: С. А. Гурьянов, В. А. Исаев, В.М.Реганов; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. – 49 с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2002		https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2002

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, Интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Библиотека по естественным наукам (БЕН) РАН	http://www.benran.ru/	
Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ)	http://www.gpntb.ru/	
Российская государственная библиотека (РГБ)	http://www.rsl.ru/	

Портал «Теория и практика цифровой обработки сигналов»	http://www.dsplib.ru	Информационный ресурс по теории ЦОС
Информационный ресурс профессора Технологического института г. Тампере Tapio Saramäki	http://www.cs.tut.fi/~ts/	Информационный ресурс по теории ЦОС

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Айфичер Эммануил. Цифровая обработка сигналов = Digital signal processing : практ. подход / Пер.с англ.:И.Ю.Дорошенко и др. - 2-е изд. - М. : Вильямс, 2004. - 989с.	2	
2 Лэй Эдмунд. Цифровая обработка сигналов для инженеров и технических специалистов = Understanding digital signal processing for engineers and technicians : практ. рук. / Пер.с англ.Соголюб Н.С. - М. : Группа ИДТ, 2007	2	
3 Воробьев С. Н. Цифровая обработка сигналов : учеб. для вузов / С. Н. Воробьёв. - М. : Академия, 2013. – 317с.	2	
4 Гадзиковский В. И. Теоретические основы цифровой обработки сигналов. - М. : Радио и связь, 2004. - 343с.	20	
5 Васильев В. П. Основы теории и расчета цифровых фильтров : учеб. пособие для вузов / В. П. Васильев, Э. Л. Муро, С. М. Смольский ; под ред. С. М. Смольского. - М. : Академия, 2007. – 271с.	12	

Действительно для учебного года 2017 / 2018

Заведующий кафедрой РС Жукова М.Н

СОГЛАСОВАНО

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
Научная библиотека

НБ НовГУ: гл. библиотекарь Калинина Н.А