

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.И. Глина

« 31 » августа 2016 г.



Рабочая программа дисциплины

Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата
«Приборы микро- и нанoeлектроники,
методы измерения микро- и наносистем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений в области аналого-цифровой обработки сигналов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование знаний проблематики аналого-цифровой обработки сигналов;
- формирование умений применять методы математического анализа и моделирования к задачам цифровой обработки сигналов;
- приобретение навыков реализации методов аналого-цифровой обработки сигналов;

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина по выбору «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Приборы микро- и наноэлектроники, методы измерения микро- и наносистем», в течение 4 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике и математике и подготавливает к выполнению курсовых и выпускной квалификационной работ, а также к изучению ряда дисциплин при продолжении обучения в магистратуре.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» формируются следующие компетенции: ОПК-2, ОПК-7.

ОПК-2. Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ОПК-7. Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать проблематику аналого-цифровой обработки сигналов, естественно-научную сущность проблем аналого-цифровой обработки сигналов, современные тенденции развития электроники, измерительно-вычислительной техники, информационных технологий, ориентированных на обработку сигналов;
- уметь применять методы математического анализа и моделирования к задачам аналого-цифровой обработки сигналов;
- владеть методами аналого-цифровой обработки сигналов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение в цифровую обработку сигналов.	4	1	2			2	
2.	Математический аппарат описания сигналов и линейных систем.		2	2		4	4	отчет
3.	Дискретизация непрерывного сигнала.		3-4	4		4	10	отчет
4.	Квантование непрерывного сигнала.		5-6	4		4	10	отчет
5.	Математическое описание линейных дискретных систем.	4	7-8	4		4	10	отчет
6.	Прохождение случайных сигналов через линейные дискретные системы.	4	9-10	4		4	10	отчет
7.	Цифровые фильтры.	4	11-12	4		4	10	отчет
8.	Адаптивная обработка сигналов.	4	13-14	4		4	8	отчет
9.	Применение вейвлет-анализа в ЦОС.		15	2		2	4	отчет
10.	Математическое описание нелинейных дискретных систем.	4	16-17	4		4	8	отчет, контрольная работа
	Итого:			34		34	76	экзамен 36 часов

Содержание дисциплины

- 1. Введение в цифровую обработку сигналов (ЦОС).**
Обобщенная схема ЦОС. Типы сигналов и их описание. Нормирование времени и частоты.
- 2. Математический аппарат описания сигналов и линейных систем.**
Линейные стационарные системы и их свойства. Представление аналоговых сигналов и линейных систем в p -области и в частотной области. Преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Представление дискретных сигналов и линейных систем в z -области и в частотной области. Случайные дискретные сигналы. Z -преобразование и его свойства. Математическое описание дискретных сигналов в спектральной области. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье.
- 3. Дискретизация непрерывного сигнала.**
Частотное представление дискретизации. Восстановление узкополосного сигнала по его отсчетам. Дискретная обработка непрерывных сигналов. Непрерывная обработка дискретных сигналов. Связь между спектрами непрерывного и дискретного сигналов. Изменение частоты дискретизации с помощью дискретной обработки. Обработка многоскоростных сигналов.
- 4. Квантование непрерывного сигнала.**
Представление и кодирование чисел. Модели процесса квантования. Анализ ошибок квантования. Передискретизация и формирование шумов в АЦП и ЦАП.
- 5. Математическое описание линейных дискретных систем.**
Описание линейных дискретных систем во временной области, в z -области, в частотной области. Импульсная характеристика. Соотношение вход/выход. Передаточная функция и разностное уравнение. Частотная характеристика: АЧХ и ФЧХ – расчёт и анализ. Структурные схемы линейных дискретных систем. Описание и анализ линейных дискретных систем в пространстве состояний.
- 6. Прохождение случайных сигналов через линейные дискретные системы.**
Анализ во временной и частотной области. Линейная дискретная система как генератор случайных сигналов.
- 7. Цифровые фильтры.**
Основные определения и классификация цифровых фильтров. Синтез цифровых фильтров. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон. Оптимальные КИХ-фильтры. Цифровые преобразователи Гильберта и дифференциаторы. Синтез БИХ-фильтров.
- 8. Адаптивная обработка сигналов.**
Линейное предсказание. Классификация адаптивных систем обработки сигналов. Постановка задачи адаптивной обработки. Оптимальное нерекурсивное оценивание. Рекуррентные алгоритмы адаптации.
- 9. Применение вейвлет-анализа в ЦОС.**
Дискретные вейвлет-преобразования.

10. Математическое описание нелинейных дискретных систем.

Операторное уравнение системы. Идентификация, моделирование и синтез нелинейных систем. Описание нелинейной системы в p - и z -областях, в частотной области. Определение параметров нелинейного оператора дискретной системы по среднеквадратическому критерию.

Примерная тематика практических занятий

1. Математическое описание дискретных сигналов в спектральной области. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье.
2. Восстановление узкополосного сигнала по его отсчётам. Дискретная обработка непрерывных сигналов. Непрерывная обработка дискретных сигналов. Изменение частоты дискретизации с помощью дискретной обработки.
3. Анализ ошибок квантования. Расчёт собственного шума цифровой системы.
4. Расчёт и анализ АЧХ и ФЧХ линейных дискретных систем.
5. Преобразование Фурье случайных сигналов.
6. Цифровая фильтрация сигналов.
7. Адаптивная обработка сигналов.
8. Вейвлет-обработка сигналов.
9. Синтез и моделирование нелинейных систем.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» используются следующие образовательные технологии:

- Информационно-коммуникационные технологии
- Проблемное обучение

Лекционные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием ПК и мультимедийного проектора.

На практических занятиях в компьютерном классе студентам предлагаются к решению ряд практических заданий по цифровой обработке сигналов.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

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

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в изучении специальной литературы. Студентам рекомендуется ознакомиться с аппаратными системами и математическими пакетами, предоставляющими средства цифровой обработки сигналов, представленными на рынке ведущими мировыми производителями. Для поиска информации необходимо использовать сеть Internet и тематические печатные и электронные каталоги.

Для лучшего понимания материала курса студентам следует вспомнить материал курса математического анализа.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к практическим занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета и экзамена.

Наиболее подробно предлагается изучить следующие вопросы:

1. Типы сигналов и их описание.
2. Представление аналоговых сигналов и линейных систем в p -области и в частотной области. Представление дискретных сигналов и линейных систем в z -области и в частотной области. Z -преобразование и его свойства. Алгоритмы вычисления преобразования Фурье.
3. Обработка многоскоростных сигналов.
4. Представление и кодирование чисел в системах аналого-цифрового преобразования.
5. Описание и анализ линейных дискретных систем в пространстве состояний.
6. Линейная дискретная система как генератор случайных сигналов.
7. Оптимальные КИХ-фильтры.
8. Оптимальное нерекурсивное оценивание. Рекуррентные алгоритмы адаптации.
9. Дискретные вейвлет-преобразования.
10. Определение параметров нелинейного оператора дискретной системы по среднеквадратическому критерию.

В ходе освоения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольную работу.

Контрольная работа

Вариант А

Алгоритмы вычисления преобразования Фурье.

Вариант Б

Представление и кодирование чисел в системах аналого-цифрового преобразования.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Обобщенная схема ЦОС.
2. Типы сигналов и их описание.
3. Нормирование времени и частоты.
4. Линейные стационарные системы и их свойства.
5. Представление аналоговых сигналов и линейных систем в p -области.
6. Представление аналоговых сигналов и линейных систем в частотной области.
7. Преобразование Фурье.
8. Преобразование Лапласа.
9. Представление дискретных сигналов и линейных систем в z -области.
10. Представление дискретных сигналов и линейных систем в частотной области.
11. Случайные дискретные сигналы.
12. Z -преобразование и его свойства.
13. Математическое описание дискретных сигналов в спектральной области. Дискретное преобразование Фурье.
14. Быстрое преобразование Фурье.
15. Дискретизация непрерывного сигнала. Частотное представление дискретизации.
16. Восстановление узкополосного сигнала по его отсчетам.
17. Дискретная обработка непрерывных сигналов.
18. Непрерывная обработка дискретных сигналов. Связь между спектрами непрерывного и дискретного сигналов.
19. Изменение частоты дискретизации с помощью дискретной обработки.
20. Обработка многоскоростных сигналов.
21. Квантование непрерывного сигнала. Модели процесса квантования.
22. Представление и кодирование чисел.
23. Анализ ошибок квантования.
24. Передискретизация и формирование шумов в АЦП и ЦАП.
25. Описание линейных дискретных систем во временной области.
26. Описание линейных дискретных систем в z -области.
27. Описание линейных дискретных систем в частотной области.
28. Импульсная характеристика.
29. Соотношение вход/выход. Передаточная функция
30. Разностное уравнение.
31. Частотная характеристика: АЧХ и ФЧХ – расчёт и анализ.
32. Структурные схемы линейных дискретных систем.
33. Описание и анализ линейных дискретных систем в пространстве состояний.

34. Прохождение случайных сигналов через линейные дискретные системы. Анализ во временной и частотной области.
35. Линейная дискретная система как генератор случайных сигналов.
36. Основные определения и классификация цифровых фильтров. Синтез цифровых фильтров.
37. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ.
38. Синтез КИХ-фильтров методом окон.
39. Оптимальные КИХ-фильтры.
40. Цифровые преобразователи Гильберта.
41. Дифференциаторы.
42. Синтез БИХ-фильтров.
43. Адаптивная обработка сигналов. Линейное предсказание.
44. Классификация адаптивных систем обработки сигналов. Постановка задачи адаптивной обработки.
45. Оптимальное нерекурсивное оценивание.
46. Рекуррентные алгоритмы адаптации.
47. Применение вейвлет-анализа в ЦОС. Дискретные вейвлет-преобразования.
48. Математическое описание нелинейных дискретных систем.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
4	20	0	20	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

4 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа

Проверка выполнения заданий на самостоятельную работу, контрольная работа - от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат, научно-исследовательская и методическая деятельность по дисциплине, блиц-опрос, контрольный опрос, итоговое тестирование и пр. - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (экзамен)

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:
ответ на «отлично» – **21-30 баллов**

ответ на «хорошо» – **11-20 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-10 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» в оценку, выставляемую в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими экзамена на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 8 и 17 недель обучения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. 2-е изд. — М.; СПб.: Питер, 2007. — 750 с. (в НБ СГУ 13 экз.)
2. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов [**Электронный ресурс**] : учебное пособие. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов: учебник/ Пер. с англ. С. А. Кулешова; под ред. А. Б. Сергиенко. 2-е изд., испр. — М. : Техносфера, 2009. — 855 с. (в НБ СГУ 16 экз.), 2007 (3 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях: монография/ Под ред. В. Ф. Кравченко. — М.: Физматлит, 2007. — 544 с. (в НБ СГУ 15 экз.)
2. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов [**Электронный ресурс**] / А. Солонина, Д. Улахович, Л. Яковлев. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. - 464 с. — ЭБС "АЙБУКС"
3. Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под ред. В. И. Нефедова. - Москва : Высш. шк., 2009. - 735 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 10 экз.)
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Том 2 [**Электронный ресурс**]: учебное пособие/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18445>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Попов О.Б. Компьютерный практикум по цифровой обработке аудиосигналов [**Электронный ресурс**]: учебное пособие.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2010.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11991>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Солонина А. И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: учебное пособие. 2-е изд., испр. и перераб. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 753 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 5 экз.)
7. Штарк Г. Г. Применение вейвлетов для ЦОС. Пер. с англ. Н. И. Смирновой; под ред. А. Г. Кюркчана. — М. : Техносфера, 2007. — 183 с. (в НБ СГУ 3 экз.)
8. Власенко В. А., Лаппа Ю. М., Ярославский Л. П. Методы синтеза быстрых алгоритмов свертки и спектрального анализа сигналов. — М.: Наука, 1990. — 180 с. (в НБ СГУ 2 экз.)
9. Приближение функций. Теоретические и прикладные аспекты: Посвящ. памяти проф. А. В. Ефимова: сб. ст. - Москва : МИЭТ, 2003. - 268 с. (в НБ СГУ 2 экз.)
10. Чобану М. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов [**Электронный ресурс**]: монография.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2009.— 480 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12729>.— ЭБС «IPRbooks»

в) рекомендуемая литература:

1. Денисенко А. Н. Цифровые сигналы и фильтры. Теория и практика применения. — М. : Медпрактика-М, 2008. — 187 с. (в НБ СГУ 1 экз.)
2. Цифровая обработка сигналов на основе теоремы Уиттекера – Котельникова – Шеннона/ М. А. Басараб и др. — М.: Радиотехника, 2004. — 69 с. (в НБ СГУ 1 экз.)
3. Секунов Н. Ю. Обработка звука на РС: Для широкого круга программиста: научное издание. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 1232 с. (в НБ СГУ 1 экз.)

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. LabVIEW
6. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>
7. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Математические методы обработки аналого-цифровых сигналов» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и профилем подготовки «Приборы микро- и нанoeлектроники, методы измерения микро- и наносистем».

Автор, доцент  Постельга А.Э..

Программа разработана в 2014 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 15 октября 2014 г., протокол № 4).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Зав. кафедрой физики твердого тела,
профессор

 Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор

 С.Б. Вениг