

Федеральное агентство по образованию
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра радиофизики и
нелинейной динамики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ
СИГНАЛОВ**

для специальности 013800 - Радиофизика и электроника

реализуемой на физическом факультете

Саратов 2006 год

Рабочая программа составлена в соответствии
с Государственным стандартом
высшего профессионального образования
по специальности 013800 – РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА
(номер государственной регистрации 170 ен/сп от 17.03.2000 г.)

ОДОБРЕНО: Председатель учебно-методической комиссии физического факультета, профессор _____ В.Л. Дербов _____ 2006 г.	УТВЕРЖДАЮ: Проректор по учебной работе, профессор _____ Е.М. Первушов _____ 2006 г.
--	---

СОГЛАСОВАНО:

Декан физического факультета,
профессор

Д.А. Зимняков

Заведующий кафедрой радиофизики и
нелинейной динамики
физического факультета

В.С. Анищенко

Вид учебной работы	Бюджет времени по формам обучения, час.				
	очная		очно- заочная	заочная	
	полная программа	ускрен- ные сроки		полная программа	ускрен- ные сроки
Аудиторные занятия, всего	54	-	-	-	-
в том числе: лекции -	36	-	-	-	-
лабораторные (практические) -	18	-	-	-	-
семинарские -	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа студентов	24	-	-	-	-
Зачеты, +/-	+	-	-	-	-
Экзамены, +/-	-	-	-	-	-
Контрольные работы, количество	-	-	-	-	-
Курсовая работа, +/-	-	-	-	-	-

Автор: доцент кафедры радиофизики и
нелинейной динамики, доцент, к.ф.-м.н.

А.В. Шабунин

Раздел 1. Организационно-методическое сопровождение

Данная учебная дисциплина включает в себя чтение курса лекций, практические занятия в компьютерном классе под руководством преподавателя и самостоятельную работу студентов. Она продолжает курс "Теоретические основы радиотехники", рассматривая методы анализа сигналов и систем применительно к дискретным цифровым устройствам. Целью курса является обучение методам цифровой обработки сигналов, включая преобразование аналоговых сигналов в дискретные, анализ дискретных и цифровых сигналов и систем, а также цифровую фильтрацию.

Раздел 2. Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Наименование разделов, подразделов, тем, лекций	Бюджет учебного времени				Форма текущего и итогового контроля	
		всего	в том числе				
			лекции	лабораторные и практические занятия	семинарские занятия	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Очная полная программа							
1	Введение	1	1				
2.1	Переход от аналоговых сигналов к дискретным Свойства спектра дискретных сигналов	4	2			2	
2	Восстановление аналогового сигнала по дискретным отсчетам.	5	1	2		2	
3	Математическое описание дискретных сигналов.						
3.1	Z-преобразование и его свойства.	6	4			2	
3.2	Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье	4	2			2	
3.3	Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов.	8	2	4		2	
3.4	Быстрое преобразование Фурье	6	2	2		2	
4	Математическое описание дискретных систем						
4.1	Разностные уравнения.	6	2	2		2	
4.2	Импульсная, передаточная и частотные характеристики.	4	2			2	
4.3	Структурные схемы ДС	3	1			2	
5.	Цифровые фильтры						
5.1	Каузальность фильтров.	1	1				
5.2	Идеальные фильтры НЧ, ВЧ,	1	1				

	полосовые и режекторные						
.3	5 Фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ)	2	2				
.4	5 Синтез КИХ фильтров методом частотных окон.	1	1				
.5	5 КИХ фильтры Чебышева	12	6	4		2	
.6	5 Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ).	1	1				
.7	5 Синтез по аналоговому прототипу	7	3	2		2	
.	6 Преобразование частоты дискретизации	6	2	2		2	
ИТОГО:		78	36	18		24	зачет

Раздел 3. Содержание учебной дисциплины

1. Введение: Аналоговые и дискретные сигналы. Переход от аналоговых сигналов к дискретным. Дискретизация по времени и квантование по уровню. Обзор методов анализа аналоговых сигналов. Частотные методы анализа. Временные методы анализа. Частотно-временные методы анализа.
2. Переход от аналоговых сигналов к дискретным: Дискретизация по времени и квантование по уровню. Шум квантования.
 - 2.1. Свойства спектра дискретных сигналов: периодичность спектра, влияние частоты дискретизации и граничной частоты спектра. Выбор частоты дискретизации. Явление "просачивания". Приведенная частота.
 - 2.2. Восстановление аналогового сигнала по дискретным отсчетам: Теорема Котельникова и ряд Котельникова.
3. Математическое описание дискретных сигналов: описание во временной и частотной областях.
 - 3.1. Z-преобразование и его свойства: Z-преобразование и преобразование Лапласа. Свойства Z-преобразования. Z- преобразование некоторых базовых сигналов. Переход от Z-изображения к дискретному сигналу.
 - 3.2. Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье: ДВРФ и ДВПФ и их свойства. Разрешающая способность спектра. Энергетические характеристики ДВРФ и ДВПФ. Масштабирование для определения спектра мощности. Связь ДВПФ с Z-преобразованием.
 - 3.3. Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов: Дискретные случайные процессы и их основные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная и автокорреляционная функции. Стационарные и эргодические процессы. Спектр мощности случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Периодограмма случайного процесса. Дисперсия периодограммы. Дисперсия спектра мощности. Периодограммные методы расчета спектров. Порнятие о временном окне. Стратегия выбора временного окна. Обзор характеристик спектров для базовых временных окон: прямоугольном, треугольном, гауссовом и т.д. Обзор периодограммных методов. Коррелограммные методы расчета спектров. Фундаментальное соотношение для длительности, разрешения и статистической устойчивости

спектра. Многоканальное спектральное оценивание. Матрица спектральной плотности мощности. Функция когерентности и ее свойства. Взаимный амплитудный и фазовый спектр.

3.4. Быстрое преобразование Фурье: Алгоритмы БПФ с разрежением по времени и разрежением по частоте.

4. Математическое описание дискретных систем (ДС): эволюционное и функциональное описание ДС.

4.1. Разностные уравнения: Переход от дифференциальных уравнений к разностным. Неоднозначность такого перехода. Разностные уравнения и их порядок. Системы разностных уравнений. Линейные и нелинейные уравнения. Решения разностных уравнений. Установившиеся и переходные процессы в дискретных системах. Виды установившихся решений: неподвижная точка (периодическая орбита), инвариантная кривая, хаотическое множество и их соответствия с решениями систем дифференциальных уравнений. Устойчивость периодических решений. Понятие мультипликатора. Характеристический показатель Ляпунова для дискретных систем. Конкретный анализ периодических решений и их устойчивости на примере логистического отображения. Пример расчета показателя Ляпунова для системы связанных логистических отображений и его применимость к задаче о синхронизации колебаний. Линейные разностные уравнения. Примеры, приводящие к линейным уравнениям. Общий вид решения линейных уравнений. Пример решения для многозвенного фильтра (лестничная схема). Уравнения рекурсивных и нерекурсивных линейных ДС.

4.2. Импульсная, передаточная и частотные характеристики: определение импульсной характеристики, ее свойства. Системы с конечно импульсной характеристикой (КИХ) и бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Передаточная характеристика и ее свойства. Частотная характеристика и ее свойства. Связь между импульсной, передаточной и частотной характеристиками. Устойчивость ДС.

4.3. Структурные схемы ДС: Элементы и способы построения структурных схем. Структурные схемы рекурсивных и нерекурсивных ДС. Канонические структурные схемы.

5. Цифровые фильтры: Общие свойства фильтров, как четырехполюсников. Особенности цифровых фильтров по сравнению с аналоговыми.

5.1. Каузальность фильтров: Определение и связь с импульсной характеристикой.

5.2. Идеальные фильтры НЧ, ВЧ, полосовые и режекторные: вид АЧХ и ФЧХ, некаузальность идеальных фильтров. Реальные фильтры. Рабочая и переходная полосы фильтра.

5.3. Фильтры с конечной импульсной характеристикой: Возможность КИХ фильтров с линейной ФЧХ. Вид АЧХ КИХ фильтра. Классификация КИХ фильтров. Простые КИХ фильтры.

5.4. Синтез КИХ фильтров методом частотных окон: пример расчета фильтра методом окон. Явление Гиббса. Выбор частотного окна.

5.5. КИХ фильтры Чебышева: Оптимальные фильтры. Представление АЧХ полиномами Чебышева. Частоты альтернанса. Алгоритм Ремеза. Примеры расчета фильтров. Фильтр - преобразователь Гильберта. Фильтр, согласованный с формой сигнала.

5.6. Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой: Область применения, реактансное преобразование частоты.

5.7. Синтез по аналоговому прототипу: Переход от аналогового фильтра к дискретному с помощью билинейного Z-преобразования. Отличие АЧХ аналогового и цифрового фильтров. Фильтр Баттерворта.

6. Преобразование частоты дискретизации: интерполяция и децимация. Алгоритмы преобразования частоты.

Раздел 4. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Солонина, Улохович, Арбузов, Соловьева, Гук, "Основы цифровой обработки сигналов". 2003.
2. Сергиенко, "Цифровая обработка сигналов". 2001.
3. Гольдберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н., "Цифровая обработка сигналов". 1985.

Дополнительная литература:

1. Сибег У.Л., Цепи, сигналы, системы, 1988.
2. Марпл С.Л., Цифровой спектральный анализ и его приложения. 1990.
3. Солодовников А.И., Спиваковский А.М., Основы теории и методы спектральной обработки информации. 1986.
4. Дмитриев В.И., Прикладная теория информации.

Раздел 5. Перечень средств обучения

В ходе проведения лекционных занятий для иллюстраций разделов курса используется мультимедиапроектор. Практические занятия проводятся в компьютерном классе из 10 компьютеров, объединенных в локальную компьютерную сеть под управлением ОС Linux. В качестве программного обеспечения используются компилятор языка C (gcc) и пакеты для работы с графикой (GNUPLOT и GRACE).

Раздел 6. Вопросы к курсу

Теоретические вопросы:

1. Свойства спектра дискретизованных сигналов
2. Представление функций рядом Котельникова
3. Дискретные разностные уравнения
4. Периодические решения разностных уравнений и их устойчивость
5. Решения линейных однородных разностных уравнений
6. Z-преобразование и его свойства
7. Дискретно-временное преобразование Фурье и дискретное преобразование Фурье
8. Быстрое преобразование Фурье
9. Периодограммные методы расчета спектров
10. Коррелограммные методы расчета спектров
11. Дискретные фильтры. Фильтры с линейной ФЧХ
12. Чебышевские КИХ-фильтры
13. Синтез БИХ-фильтров
14. Фильтр Гильберта
15. Явление растекания спектра
16. Свойства линейных рекурсивных и нерекурсивных четырехполюсников
17. Дискретные случайные сигналы

Задания к практическим занятиям:

1. Дискретизация непрерывных временных рядов и восстановление

непрерывной функции по дискретному ряду с подбором параметров дискретизации.

2. Получение разностной схемы из системы дифференциальных уравнений, численное решение, сравнение результатов для разных схем и разных шагов дискретизации.
3. Численное исследование установившихся режимов в дискретной системе (периодическое, квазипериодическое, хаотическое).
4. Получение спектра мощности случайного сигнала периодограмными методами. Выбор параметров для расчета спектров. Выбор функции окна.
5. Получение спектра мощности случайного сигнала кореллограмными методами.
6. Расчет функции когерентности для двух случайных сигналов.
7. Получение цифрового сигнала из непрерывного случайного сигнала. Оценка шума квантования.
8. Построение цифрового фильтра НЧ и ВЧ с линейной ФЧХ (фильтр Чебышева)
9. Построение цифрового фильтра Гильберта.
10. Построение цифрового фильтра Баттерворта.