

Контрольные задачи по темам дисциплины « Цифровая обработка сигналов» и список литературы по дисциплине.

Темы контрольных задач соответствует программе дисциплины «ЦОС». Самостоятельная подготовка по дисциплине предусматривает проработку контрольных заданий всех тем, лекций и др. источников.

Консультации: календарные сб, 1 и 3 н., с 12 до 14, а. 806 – 7.

#### Тема 1.

1. Изобразить произвольную дискретную последовательность  $x(n)$ , записанную в виде суммы взвешенных и задержанных цифровых единичных отсчетов,

$$x(n) = \sum_{k=-3}^7 x(k) u_0(n-k) = x(-3)u_0(n+3) + x(1)u_0(n-1) + x(2)u_0(n-2) + x(7)u_0(n-7).$$

2. Дана дискретная последовательность  $x(n) = \{x(0), x(1), x(2), x(3), x(4)\} = \{1; 1,5; -1,2; 4; -4,8\}$ . Записать выражение в виде суммы взвешенных и задержанных цифровых единичных отсчетов, определяющее значение отсчета с номером  $n = 3$ .

#### Тема 2.

1. Покажите, что дискретная система, описываемая уравнением  $y(n) = \sum_{k=-3}^{n=4} x(k)$  является линейной.

2. Покажите, что дискретная система с входным воздействием  $x(n)$  и откликом  $w(n)$ , описываемая уравнением  $w(n) = \log_{10}|x(n)|$ , является нелинейной.

#### Тема 3

1. Заданы входная последовательность  $x(n) = \{1; 1; 1\}$  и импульсная характеристика дискретной системы  $h(n) = \{5; 4; 3; 2\}$ . Вычислить дискретную линейную свертку. Построить график свертки.

2. Заданы входная последовательность  $x(n) = \{-1; -1; -1\}$  и импульсная характеристика дискретной системы  $h(n) = \{5; 4; 3; 2; 1\}$ . Вычислить дискретную линейную свертку. Построить график свертки.

#### Тема 4

1. Решить разностное уравнение  $y(n) = x(n) - 3y(n - 1), n = \{0, \dots, 7\}$  с начальным условием  $y(-1) = 0$  и  $x(n) = n^2 + n$ , где  $x(n)$  входная последовательность,  $y(n)$  отклик линейной стационарной дискретной системы.
2. Решить разностное уравнение  $y(n) = x(n) - 0,5y(n - 1), n = \{0, \dots, 6\}$  с начальным условием  $y(-1) = 0$  и  $x(n) = 0,1^n$ , где  $x(n)$  входная последовательность,  $y(n)$  отклик линейной стационарной дискретной системы.
3. Показать, что разностное уравнение  $y(n) = x(n) + y(n - 1)$ , с начальным условием  $y(-1) = 0$  и  $x(n) = \{1; 2\}$ , где  $x(n)$  входная последовательность, описывает отклик сумматора  $y(n) = \sum_{k=-\infty}^n x(k)$ .
4. Решить разностное уравнение  $y(n) = 2x(n) - 3y(n - 1), n = \{0, \dots, 6\}$  с начальным условием  $y(-1) = 0$ ;  $x(n) = u_0(n)$  цифровой единичный импульс,  $y(n)$  отклик рекурсивной линейной дискретной системы.

#### Тема 5

1. Вычислить импульсную характеристику  $h(n)$  дискретной рекурсивной системы для входа  $x(n)$ . Соотношение вход-выход системы описывается разностным уравнением  $y(n)$  с постоянными коэффициентами  $b_0, b_1, a_1$ .

$$y(n) = b_0x(n) + b_1x(n - 1) - a_1y(n - 1), \quad 0 \leq n \leq 4.$$

2. Вычислить импульсную характеристику дискретной рекурсивной системы для входа  $x(n)$ . Соотношение вход-выход системы описывается разностным уравнением  $y(n)$  с коэффициентом  $a$ .

$$y(n) = x(n) - ay(n - 1), n \geq 0.$$

#### Тема 6

1. Вычислить комплексную частотную характеристику (дискретизированное по времени преобразование Фурье) рекурсивной линейной дискретной системы, удовлетворяющей разностному уравнению  $y(n) = x(n) + 0,75y(n - 1)$  с начальным условием  $y(-1) = 0; n \geq 0$ . Вычислить модуль комплексной частотной характеристики. Вычислить фазовую характеристику системы. Построить графики модуля и фазы как функции нормированной частоты  $\hat{w}$  в диапазоне  $0 \leq \hat{w} \leq 2\pi$ , где  $\hat{w} = \frac{w}{f_d} = \frac{2\pi f}{f_d}$ , а  $w$  и  $f$  – циклическая и линейная частоты,  $f_d$  – частота дискретизации.

2. Вычислить Фурье-образ (дискретизированное по времени преобразование Фурье) прямоугольного окна  $l(n) = \begin{cases} 1 & \text{для } 0 \leq n \leq 5, \\ 0, & \text{для других } n. \end{cases}$ . Вычислить ширину главного лепестка и всех боковых лепестков Фурье-образа прямоугольного окна  $l(n)$ . Изобразить график модуля комплексной частотной характеристики окна.

3. Вычислить Фурье-образ (дискретизированное по времени преобразование Фурье) последовательности  $\{x(n)\} = a^n U(n)$ ,

где  $U(n) = \begin{cases} 1, & n \geq 0, \\ 0, & n < 0. \end{cases}$ ,  $|a| < 1$ . Построить графики модуля и фазы как функции нормированной частоты  $\hat{w}$  в диапазоне  $0 \leq \hat{w} \leq 2\pi$ , где  $\hat{w} = \frac{w}{f_d} = \frac{2\pi f}{f_d}$ ,  $w$  и  $f$  – циклическая и линейная частоты,  $f_d$  – частота дискретизации.

## Тема 7

1. Вычислить импульсную характеристику идеального фильтра нижних частот (ФНЧ) с частотой среза  $\hat{w}_c = \frac{\pi}{2}$ , если его частотная характеристика, равная на промежутке  $[-\pi, \pi]$

$$H(e^{j\hat{w}}) = \begin{cases} 1, & |\hat{w}| \leq \hat{w}_c, (-\hat{w}_c \leq \hat{w} \leq \hat{w}_c); \\ 0, & \hat{w}_c < |\hat{w}| \leq \pi, (0 - \text{в остальных случаях}) \end{cases},$$

вне этого интервала вычисляется по периодичности. Здесь  $\hat{w} = \frac{w}{f_d} = \frac{2\pi f}{f_d}$  – это нормированная частота, а  $w$  и  $f$  – это циклическая и линейная частоты,  $f_d$  – частота дискретизации, нормированная частота среза ФНЧ  $\hat{w}_c = \frac{w_c}{f_d}$ .

2. Вычислить импульсную характеристику идеального фильтра нижних частот (ФНЧ) с частотой среза  $\hat{w}_c = \frac{\pi}{4}$ , если его частотная характеристика, равная на промежутке  $[-\pi, \pi]$

$$H(e^{j\hat{w}}) = \begin{cases} 1, & |\hat{w}| \leq \hat{w}_c, (-\hat{w}_c \leq \hat{w} \leq \hat{w}_c); \\ 0, & \hat{w}_c < |\hat{w}| \leq \pi, (0 - \text{в остальных случаях}) \end{cases},$$

вне этого интервала вычисляется по периодичности. Здесь  $\hat{w} = \frac{w}{f_d} = \frac{2\pi f}{f_d}$  – это нормированная частота, а  $w$  и  $f$  – это циклическая и линейная частоты,  $f_d$  – частота дискретизации, нормированная частота среза ФНЧ  $\hat{w}_c = \frac{w_c}{f_d}$ . Построить график импульсной характеристики такого фильтра.

## Тема 8

1. Вычислить элементы системы дискретных экспоненциальных функций (ДЭФ) и записать ее в виде матрицы  $V$  размером  $N \times N, N = 4$ . Матрицу представить в алгебраической и экспоненциальной форме.
2. Вычислить элементы системы дискретных экспоненциальных функций (ДЭФ) и записать систему в виде матрицы  $V$  размером  $N \times N, N = 5$ . Матрицу представить в алгебраической и экспоненциальной форме.

#### Тема 9

1. Выполнить прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ) последовательности  $x(n) = \{5; 4; 3; 2\}$ . Восстановить исходную последовательность через вычисление обратного ДПФ последовательности коэффициентов дискретного преобразования Фурье  $X(k)$ .
2. Выполнить прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ) последовательности  $x(n) = \{1; 1,5; -1,2; 4; -4,8\}$ . Восстановить исходную последовательность через вычисление обратного ДПФ последовательности коэффициентов дискретного преобразования Фурье  $X(k)$ .

#### Тема 10

1. Дана последовательность  $x(n) = \{5; 4; 3; 2\}$ . Применить быстрое преобразование Фурье (БПФ) для вычисления коэффициентов ДПФ. Показать, что алгоритм БПФ можно применять для восстановления  $x(n)$  по коэффициентам ДПФ используемым в качестве исходного массива данных. Оценить вычислительную сложность алгоритма БПФ.
2. Дана последовательность  $x(n) = \{1; 1,5; -1,2; 4; 2; 2; 1; 1\}$ . Применить быстрое преобразование Фурье (БПФ) для вычисления коэффициентов ДПФ. Показать, что алгоритм БПФ можно применять для восстановления  $x(n)$  по коэффициентам ДПФ используемым в качестве исходного массива данных. Оценить вычислительную сложность алгоритма БПФ.

#### Тема 11

1. Заданы последовательности  $x(n) = \{1; 1; 1\}$  и  $h(n) = \{5; 4; 3; 2\}$ . Вычислить линейную дискретную свертку последовательностей с помощью ДПФ. Построить график свертки.
2. Заданы последовательности  $x(n) = \{-1; -1; -1; -1\}$  и  $h(n) = \{-1; 4; 3; 2; -1\}$ . Вычислить линейную дискретную свертку последовательностей с помощью ДПФ. Построить график свертки.

## Список литературы

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов.– М.: Техносфера, 2006.
2. Теория прикладного кодирования: Учеб. пособие. В 2 т. В.К. Конопелько, А.И. Митюхин и др.; Под ред. проф. В.К. Конопелько. – Мн.: БГУИР, 2004.
3. Овсянников В.А. Методы формирования и цифровой обработки сигналов. Учебное пособие для студентов специальности «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» в 2-ух частях. –Мн.: БГУИР 2010.
4. Лосев В.В. Микропроцессорные устройства обработки информации. Алгоритмы цифровой обработки: Учебное пособие для вузов. – Мн: Высшая школа, 1990.
5. Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников: Пер. с англ. – М.: Додека-XXI, 2008.
6. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008.
7. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
8. Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
9. Кормен Т.Х. и др. Алгоритмы: построение и анализ.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2009.
10. Макклеллан Дж.К., Рейдер Ч.М. Применение теории чисел в цифровой обработке сигналов. - М.: Радио и связь, 1983.
11. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. Солонина А.И., Улахович Д.А. и др. – СПб: БХВ – Петербург, 2003.
12. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978.
13. Митюхин А.И. Применение действительных ортогональных преобразований в цифровой обработке сигналов: Учебно-методическое пособие. – Мн.: БГУИР, 2000.
14. Саломатин С.Б. Цифровая обработка сигналов в радиоэлектронных системах. Уч. пособие по дисциплине «Цифровая обработка сигналов». – Мн.: БГУИР, 2002.
15. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2003.
16. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.

17. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. – М.: Связь, 1980.
18. Куприянов М.С., Матюшкин Б.Д. Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования. – СПб: Политехника, 2002.
19. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. Под ред. Ю.Б. Зубарева и В.П. Дворковича. – М.: 1997.
20. Птачек М. Цифровое телевидение. Теория и техника. – М.: Радио и связь, 1990.
21. Салонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. СПб: БХВ – Петербург, 2001.