

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Киберфизические системы и интернет вещей**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очно-заочная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы и устройства цифровой обработки сигналов для интернета вещей**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Графов М.В.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R63a75aad-GrafovMV-4d9ee6b9 |

(подпись)

М.В. Графов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Стрелков Н.О.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R784cde94-StrelkovNO-f448f943 |

(подпись)

Н.О.

Стрелков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Шалимова Е.В.                  |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6 |

(подпись)

Е.В.

Шалимова

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. УК-1 способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ИД-3 Вырабатывает стратегию решения поставленной задачи

2. ПК-2 Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы и их узлы, системы и комплексы сбора и обработки данных и управления устройствами с учетом заданных требований в том числе и бортового базирования

ИД-2 Умеет разрабатывать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с применением современных пакетов программ для сквозного проектирования

ИД-4 Имеет навыки разработки и использования программного обеспечения для радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов различного назначения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа «Цифровые фильтры» (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                  | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
|                                                    | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|                                                    | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   |
| Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы |                                 |      |      |      |
| Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы |                                 | +    |      |      |
| Дискретные преобразования                          |                                 |      |      |      |
| Дискретные преобразования                          |                                 |      | +    |      |
| Цифровая фильтрация                                |                                 |      |      |      |
| Цифровая фильтрация                                |                                 |      |      | +    |
| Вес КМ:                                            |                                 | 40   | 40   | 20   |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                                                                    | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                                      | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                                                                                      | Срок КМ:                        | 8    | 13   | 14   | 16   |
| Структурная схема измерительного комплекса для интернета вещей и определение параметров связей между блоками                                         |                                 | +    |      |      |      |
| Обзор рынка готовых устройств и компонент комплекса                                                                                                  |                                 | +    |      |      |      |
| Выбор компонент системы (датчиков, контроллеров, серверов, канального и коммутационного оборудования, языков программирования и операционных систем) |                                 |      | +    |      |      |
| Оценка точности измерения величин выбранными датчиками, объема передаваемых данных, выбор и реализация алгоритма цифровой обработки.                 |                                 |      | +    |      |      |
| Оценка стоимости оборудования проекта                                                                                                                |                                 |      |      | +    |      |
| Оформление работы по ГОСТ 7.32-2017                                                                                                                  |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                                                                                              |                                 | 25   | 25   | 25   | 25   |

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                                                                  | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                           | Контрольная точка                                                                                                                         |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1               | ИД-3 <sub>УК-1</sub> Вырабатывает стратегию решения поставленной задачи                                                                                                    | Знать:<br>теорию дискретных и цифровых сигналов и систем<br>Уметь:<br>разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ | Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа «Цифровые фильтры» (Лабораторная работа) |
| ПК-2               | ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Умеет разрабатывать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с применением современных пакетов программ для сквозного проектирования | Знать:<br>принципы построения систем цифровой вторичной обработки информации<br>Уметь:<br>выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям                                                                                                       | Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов» (Лабораторная работа)                                                            |

|      |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 | ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Имеет навыки разработки и использования программного обеспечения для радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов различного назначения | Знать:<br>принципы построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения<br>Уметь:<br>моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ | Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа «Цифровые фильтры» (Лабораторная работа) |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет лабораторную работу, подготавливает отчет и отвечает на вопросы коллоквиума.

#### Краткое содержание задания:

Проверяется знание принципов построения систем цифровой обработки сигналов в системах интернета вещей различного назначения

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: теорию дискретных и цифровых сигналов и систем                                | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Изобразите типичную последовательность операций при цифровой обработке сигналов (ЦОС) в системе общего назначения. Приведите пример последовательности операций при ЦОС во временном масштабе.</li><li>2.На рисунке ниже изображен спектр аналогового сигнала. Найдите минимальную частоту дискретизации, позволяющую избежать наложения. Предположите, что сигнал дискретизируется с частотой 16 кГц, и изобразите спектр дискретного сигнала в диапазоне <math>\pm 16</math> кГц</li><li>3.В системе ЦОС используется 14-битовый АЦП в биполярном режиме с входным диапазоном <math>\pm 1</math> В. Какова максимальная ошибка квантования? Рассчитайте теоретическое максимальное отношение сигнал/шум квантования (в децибелах) для этой системы.</li><li>4.Найдите минимальную теоретическую частоту дискретизации <math>F_s</math>, позволяющую избежать наложения, для полосового сигнала с частотными компонентами в диапазоне <math>20 \text{ МГц} &lt; f &lt; 30 \text{ МГц}</math>. Обоснуйте свой ответ и объясните, почему минимальной теоретической частотой дискретизации нельзя воспользоваться на практике.</li><li>5.Полоса частот аналогового входного сигнала системы ЦОС перед оцифровкой была ограничена до 30 Гц с помощью аналогового фильтра Баттерворта третьего порядка. При условии, что обусловленное дискретизацией искажение от наложения составляет меньше 1% от уровня сигнала в полосе пропускания, найдите минимальную частоту дискретизации <math>F_s</math>, необходимую для этой системы.</li></ol> |
| Уметь: моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Изобразите структурные схемы типичных сенсоров системы ИВ и кратко поясните функциональное назначение каждого из компонентов, входящих в их</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p> | <p>состав. В чем заключаются основные функции сенсора системы ИВ?</p> <p>2. Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с помощью 14-битового АЦП в биполярном режиме. Удвоенная амплитуда входного сигнала лежит в диапазоне <math>\pm 10</math> В, полоса частот сигнала – от 0 до 10 кГц. Оцените: а) минимальное затухание <math>A_{\min}</math> в полосе подавления фильтра защиты от наложения спектров; б) минимальную частоту дискретизации <math>F_s</math>, поддерживающую искажение от наложения в полосе пропускания ниже уровня шума квантования (предположите, что для защиты от наложения спектров используется фильтр Баттерворта шестого порядка).</p> <p>3. Синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой 5 В оцифровывается с помощью 16-битового АЦП. Предположив, что квантование линейно, найдите: а) величину шага квантования; б) среднеквадратическое отношение сигнал-шум квантования. Укажите все сделанные предположения.</p> <p>4. На рисунке ниже изображен спектр узкополосного сигнала. Получите и изобразите спектр дискретного сигнала в диапазоне <math>\pm F_s/2</math> для каждого из следующих трех случаев: 1) <math>f_L/(f_H - f_L) = 3</math>; 2) <math>f_L/(f_H - f_L) = 4</math>; 3) <math>f_L/(f_H - f_L) = 4,5</math>. Пусть ширина полосы сигнала <math>(f_H - f_L) = 5</math> кГц, и в каждом случае сигнал дискретизируется с минимальной по Найквисту частотой.</p> <p>5. К аналоговой части системы ЦОС выдвигаются такие требования: полоса частот, представляющая практический интерес, 0–4 кГц, максимально допустимая неравномерность в полосе пропускания <math>\leq 0,5</math> дБ; затухание в полосе подавления <math>\geq 50</math> дБ. Найдите минимальный порядок фильтра защиты от наложения спектров с характеристикой типа Баттерворта и подходящую частоту дискретизации для удовлетворения этим требованиям.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## КМ-2. Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет лабораторную работу, подготавливает отчет и отвечает на вопросы коллоквиума.

**Краткое содержание задания:**

Теория дискретных и цифровых сигналов и систем

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: принципы построения систем цифровой вторичной обработки информации</p>          | <p>1. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{7, 0, 8, 9\}</math><br/>последовательность на входе фильтра <math>x = \{6, 1, 2, 16, 14\}</math>.<br/>Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью <b>круговой</b> свёртки.</p> <p>2. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{17, 6, 12, 16\}</math><br/>последовательность на входе фильтра <math>x = \{19, 4, 11, 6, 9\}</math>.<br/>Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> <p>3. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{3, 6, 19, 6\}</math><br/>последовательность на входе фильтра <math>x = \{23, 23, 16, 42, 17\}</math>.<br/>Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> <p>4. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{20, 22, 13, 3\}</math><br/>последовательность на входе фильтра <math>x = \{11, 20, 2, 42, 44\}</math>.<br/>Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> |
| <p>Уметь: выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям</p> | <p>1. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 5y(n-1) + 6y(n-2) = 2x(n-1)</math><br/>Вычислите:<br/>1) функцию передачи дискретного фильтра;<br/>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;<br/>3) определите, устойчив ли фильтр;<br/>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</p> <p>2. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 0.88y(n-1) + 0.12y(n-2) = 0.34x(n-1)</math><br/>Вычислите:<br/>1) функцию передачи дискретного фильтра;<br/>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;<br/>3) определите, устойчив ли фильтр;<br/>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>3. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 0.5y(n-1) = x(n) + 2x(n-1) + x(n-2)</math><br/>Вычислите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) функцию передачи дискретного фильтра;</li> <li>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;</li> <li>3) определите, устойчив ли фильтр;</li> <li>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</li> </ol> <p>4. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 0.75y(n-1) + 0.125y(n-2) = 2x(n-1)</math><br/>Вычислите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) функцию передачи дискретного фильтра;</li> <li>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;</li> <li>3) определите, устойчив ли фильтр;</li> <li>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</li> </ol> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### КМ-3. Лабораторная работа «Цифровые фильтры»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет лабораторную работу, подготавливает отчет и отвечает на вопросы коллоквиума.

#### Краткое содержание задания:

Проверить умение моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: принципы построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения | <p>1. Дайте определение цифровому фильтру. Перечислите основные преимущества и недостатки цифровых фильтров. Перечислите и дайте определение типам цифровых фильтров. Приведите структурные схемы, разностные уравнения и передаточные функции каждого из типов цифровых</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------|---------------|---------|-----------------|---------|-----------------------|-------|--------------------|----------|-----------------------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                     | <p>фильтров.</p> <p>2.Перечислите и поясните основные этапы при разработке цифрового фильтра. Из чего состоит спецификация требований к цифровому фильтру? Какие существуют методы вычисления коэффициентов цифровых фильтров?</p> <p>3.Сформулируйте относительные преимущества использования фильтров с конечной и бесконечной импульсными характеристиками и рекомендации по выбору между ними при обработке сигналов в КФС.</p> <p>4.Перечислите и изобразите структуры цифровых фильтров с конечной и бесконечной импульсными характеристиками. Какие из структур наиболее часто используются при разработке цифровых фильтров и почему?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| <p>Уметь: разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p> | <p>1.</p> <div data-bbox="735 741 1481 987"> <p>Используя метод взвешивания, получите коэффициенты цифрового КИХ-фильтра нижних частот согласно такой спецификации:</p> <table border="1"> <tr> <td>затухание в полосе подавления</td><td>50 дБ</td></tr> <tr> <td>частота среза</td><td>3,4 кГц</td></tr> <tr> <td>ширина перехода</td><td>0,6 кГц</td></tr> <tr> <td>частота дискретизации</td><td>8 кГц</td></tr> </table> </div> <p>В ответе укажите использованную весовую функцию и аргументы в пользу такого выбора.</p> <p>2.Цифровой 4-точечный КИХ-фильтр с линейной фазовой характеристикой описывается следующими частотными выборками:</p> <p>1 при <math>k=0</math>,<br/> 0,5 при <math>k = 1,3</math><br/> 0 при <math>k = 2</math>.</p> <p>а) изобразите диаграмму нулей и полюсов данного фильтра;<br/> б) изобразите частотную характеристику фильтра;<br/> в) определите четыре коэффициента фильтра. Коэффициенты должны быть действительными.</p> <p>3.Требуется 4-точечный КИХ-фильтр с линейной фазовой характеристикой, реализованный по принципу частотной выборки, который характеризуется следующими выборками:</p> <p>1 при <math>k=0</math>,<br/> 0 при <math>k = 1,2,3</math>.</p> <p>а) определите число полюсов и нулей передаточной функции фильтра;<br/> б) изобразите диаграмму нулей и полюсов фильтра;<br/> в) определите четыре коэффициента фильтра. Коэффициенты должны быть действительными.</p> <p>4.Требуется цифровой полосовой БИХ-фильтр со следующими параметрами</p> <table border="1"> <tr> <td>полоса пропускания</td><td>8–10 кГц</td></tr> <tr> <td>частота дискретизации</td><td>32 кГц</td></tr> </table> | затухание в полосе подавления | 50 дБ | частота среза | 3,4 кГц | ширина перехода | 0,6 кГц | частота дискретизации | 8 кГц | полоса пропускания | 8–10 кГц | частота дискретизации | 32 кГц |
| затухание в полосе подавления                                                                                                                                                                                       | 50 дБ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| частота среза                                                                                                                                                                                                       | 3,4 кГц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| ширина перехода                                                                                                                                                                                                     | 0,6 кГц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| частота дискретизации                                                                                                                                                                                               | 8 кГц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| полоса пропускания                                                                                                                                                                                                  | 8–10 кГц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |
| частота дискретизации                                                                                                                                                                                               | 32 кГц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |       |               |         |                 |         |                       |       |                    |          |                       |        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | порядок фильтра            | 4,         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | тип характеристики фильтра | Баттерворт |
| <p>Выбрав аналоговый фильтр-прототип нижних частот, определите:</p> <p>1) функцию передачи цифрового фильтра <math>H(z)</math>, используя подходящее преобразование частоты и билинейное <math>z</math>-преобразование;</p> <p>2) изобразите диаграммы нулей и полюсов полученного цифрового полосового фильтра запишите разностное уравнение полученного цифрового фильтра</p> |                            |            |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Изобразите структурные схемы КФС и кратко поясните функциональное назначение каждого из компонентов, входящих в их состав. В чем заключаются основные функции исполнительного устройства КФС?
2. В системе ЦОС КФС используется 14-битовый АЦП в биполярном режиме с входным диапазоном  $\pm 1$  В. Какова максимальная ошибка квантования? Рассчитайте теоретическое максимальное отношение сигнал/шум квантования (в децибелах) для этой системы.

### Процедура проведения

Каждому студенту выдаётся билет. Билет содержит теоретический вопрос и задачу

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-Зук-1 Вырабатывает стратегию решения поставленной задачи

### Вопросы, задания

1. К аналоговой части системы ЦОС выдвигаются такие требования: полоса частот, представляющая практический интерес, 0–4 кГц, максимально допустимая неравномерность в полосе пропускания  $\leq 0,5$  дБ; затухание в полосе подавления  $\geq 50$  дБ. Найдите минимальный порядок фильтра защиты от наложения спектров с характеристикой типа Баттерворта и подходящую частоту дискретизации для удовлетворения этим требованиям.
2. Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с помощью 14-битового АЦП в биполярном режиме. Удвоенная амплитуда входного сигнала лежит в диапазоне  $\pm 10$  В, полоса частот сигнала – от 0 до 10 кГц. Оцените: а) минимальное затухание  $A_{\min}$  в полосе подавления фильтра защиты от наложения спектров; б) минимальную частоту дискретизации  $F_s$ , поддерживающую искажение от наложения в полосе пропускания ниже уровня шума квантования (предположите, что для защиты от наложения спектров используется фильтр Баттерворта шестого порядка).
3. Найдите минимальную теоретическую частоту дискретизации  $F_s$ , позволяющую избежать наложения, для полосового сигнала с частотными компонентами в диапазоне  $20 \text{ МГц} < f < 30 \text{ МГц}$ . Обоснуйте свой ответ и объясните, почему минимальной теоретической частотой дискретизации нельзя воспользоваться на практике.
4. Синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой 5 В оцифровывается с помощью 16-битового АЦП. Предположив, что квантование линейно, найдите: а) величину шага квантования; б) среднеквадратическое отношение сигнал-шум квантования. Укажите все сделанные предположения.
5. Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с частотой 100 кГц при однородном квантовании. Предполагая, что на вход подается синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой  $\pm 5$  В, найдите минимальное число битов АЦП, позволяющее достигать отношения сигнал-шум квантования не менее 90 дБ. Перечислите все сделанные предположения.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Параллельный регистр - это

Ответы:

1) Устройство, подсчитывающее число входных тактовых импульсов; 2) Устройство записи и хранения многоразрядных двоичных чисел; 3) Устройство записи и суммирования многоразрядных двоичных чисел

Верный ответ: 2) Устройство записи и хранения многоразрядных двоичных чисел

2. Дискретизация сигналов определяется теоремой

Ответы:

1) Котельникова; 2) Маркова; 3) Ляпунова

Верный ответ: 1) Котельникова

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Умеет разрабатывать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с применением современных пакетов программ для сквозного проектирования

## Вопросы, задания

1. Перечислите факторы, главным образом ограничивающими максимальное значение отношения сигнал/шум (ОСШ) в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Приведите пример влияния джиттера тактового сигнала на ОСШ в АЦП с формулами и поясняющими рисунками.

2. Перечислите и дайте определение основным характеристикам современных АЦП. Выведите формулу, определяющую теоретический предел отношения сигнала к шуму квантования в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Покажите, что теоретический динамический диапазон на выходе АЦП увеличивается на 6 дБ при каждом увеличении разрядности АЦП на 1 бит.

3. В системе ЦОС для оцифровки аналогового входного сигнала с частотными компонентами в диапазоне 0 – 4 кГц используется метод выборки с запасом по частоте и 8-битовый биполярный преобразователь, работающий на частоте Найквиста. Оцените эффективную разрешающую способность (в битах) преобразователя, если частота дискретизации равна 400 кГц. Покажите, как вы получили этот ответ.

Прокомментируйте практические проблемы, возникающие в связи с этим методом.

4. Изобразите структурные схемы нескольких вариантов КФС, назовите практические приложения в которых используется тот или иной тип сенсорного устройства, перечислите достоинства и недостатки каждого из типов сенсорных устройств.

5. Перечислите и дайте определение основным характеристикам современных АЦП.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. База сигнала - это

Ответы:

1) произведение длительности сигнала на амплитуду сигнала; 2) произведение длительности сигнала на ширину спектра сигнала; 3) произведение длительности сигнала на центральную частоту сигнала

Верный ответ: 2) произведение длительности сигнала на ширину спектра сигнала

2. Одноразрядный полный сумматор - это

Ответы:

1) Комбинационное устройство; 2) Последовательностное устройство; 3) Процессор

Верный ответ: 1) Комбинационное устройство

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Имеет навыки разработки и использования программного обеспечения для радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов различного назначения

#### **Вопросы, задания**

- 1.Изобразите структурные схемы КФС и кратко поясните функциональное назначение каждого из компонентов, входящих в их состав. В чем заключаются основные функции исполнительного устройства КФС?
- 2.Изобразите структурные схемы нескольких вариантов КФС, назовите практические приложения в которых используется тот или иной тип исполнительного устройства, перечислите достоинства и недостатки каждого из типов исполнительных устройств.
- 3.Полоса частот аналогового входного сигнала системы ЦОС перед оцифровкой была ограничена до 30 Гц с помощью аналогового фильтра Баттерворта третьего порядка. При условии, что обусловленное дискретизацией искажение от наложения составляет меньше 1% от уровня сигнала в полосе пропускания, найдите минимальную частоту дискретизации  $F_s$ , необходимую для этой системы.
- 4.Изобразите типичную конфигурацию аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и кратко поясните функциональное назначение элементов, входящих в ее состав.
- 5.Исходя из каких соображений выбирается размер шага квантования в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Поясните для чего в аналоговой схеме используется устройство шумовой автоматической регулировки усиления (ШАРУ).

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Сколько возможных значений может принимать логическая переменная

Ответы:

- 1) Два; 2) Три; 3) Бесконечное

Верный ответ: 1)Два

- 2.Сколько возможных значений может принимать логическая функция трёх логических переменных

Ответы:

- 1)Три; 2) Шесть; 3) Восемь

Верный ответ: 3) Восемь

#### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

#### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**



**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Оценивается по баллам и трем вопросам как среднее арифметическое.

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр и за курсовую работу.