



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Система менеджмента качества обучения

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя
приёмной комиссии,
Проректор

И.Е. Рогов

«20» января 2025 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ**

Программа

СМКО МИРЭА 8.5.1/03.Пр.464-25



Москва 2025

1. Цель вступительного испытания

Целью вступительного испытания по Цифровой обработке сигналов является оценка уровня освоения лицами, поступающими на первый курс для обучения по программам бакалавриата и (или) специалитета, общеобразовательной дисциплины Цифровая обработка сигналов в объеме образовательных программ среднего профессионального образования по УГСН 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи».

2. Форма и продолжительность проведения вступительного испытания

Форма проведения вступительного испытания – письменный экзамен по билетам. Формат реализации процедуры вступительных испытаний допускает применение дистанционных образовательных технологий.

Продолжительность проведения вступительного испытания – 3,5 (три с половиной) астрономических часа (210 минут).

3. Критерии оценивания

Количество заданий в экзаменационном билете – пять задач равнозначного уровня сложности, составляющих численно-аналитический блок содержательных разделов вступительных испытаний п.5.

Максимальное количество баллов по каждому заданию – 20.

Критерии оценивания:

- 0 баллов – решение задачи в общем аналитическом виде не верно, либо не представлено, численный ответ не указан;
- 5 баллов – представлено более 50% верного хода решения задачи в общем аналитическом виде, численный ответ не указан;
- 10 баллов – представлено верное полное решение задачи в общем аналитическом виде, однако численный ответ не верный, либо не указан;

- 20 баллов – представлено верное полное решение задачи в общем аналитическом виде и указан верный численный ответ.

-

4. Перечень принадлежностей

Во время проведения вступительного испытания (вне зависимости от того очно оно проводится или дистанционно) экзаменуемому допускается иметь при себе следующие предметы и материалы: паспорт, шариковая ручка, экзаменационный лист, инженерный калькулятор, карандаш, линейка, черновые листы, питьевая вода, для лиц с ограниченными возможностями по здоровью – лекарственные препараты, а также специальные технические средства.

5. Содержание разделов вступительного испытания

Содержание вступительного испытания по Цифровой обработке сигналов определяется Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и системы связи», утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 05.08.2022 № 675.

5.1. Цифровые сигналы и характеристики систем ЦОС

Непрерывные, дискретные и цифровые сигналы. Детерминированные и случайные дискретные сигналы. Децимация и ресемплинг цифровых сигналов. Свойства и численные преобразования дискретных сигналов. Радиотехнические параметры систем ЦОС. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратное восстановление аналоговых сигналов. Виды и типовые схемы АЦП. Стробоскопические АЦП. Виды и типовые схемы ЦАП. Частота дискретизации. Теорема В.А. Котельникова. Теорема Шеннона-Хартли. Отношение сигнал-шум. Шумы и ошибки квантования цифровых систем. Понятия фазового джиттера цифровой системы. Очистка сигнала от шумов. Верхняя граничная

частота дискретизации и частота Найквиста. Спектры дискретных сигналов. Спектральная плотность мощности белого шума. Импульсная, переходная и передаточная характеристики цифровых систем. Оценка импульсной характеристики неизвестной системы. Влияние амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) цифровой системы на восстановления непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Выравнивание частотной характеристики неизвестной системы. Эффекты квантования и наложения спектра в цифровых системах. Цифровые системы реального времени. Система однократной интерполяции. Система однократной децимации. Система однократной передискретизации. Многоскоростные цифровые систем.

5.2. Спектральная обработка цифровых сигналов

Оценка спектра по дискретным отсчетам. Конечное число выборок. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ). Дискретное во времени преобразование Фурье (ДВПФ). Основные свойства ДВПФ. Примеры вычисления ДВПФ. Дискретный во времени ряд Фурье. Основные теоремы и свойства ДПФ. Соответствие между ДПФ, рядом Фурье и непрерывным преобразованием Фурье. Связь ДПФ и ДВПФ. Интерполяционная формула восстановления ДВПФ по коэффициентам ДПФ. Интерполяция за счет дополнения нулями. Интерполяция функций с ограниченной полосой с помощью ДПФ. Пути перехода от непрерывных к дискретным преобразованиям Фурье. Теорема Парсеваля. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Специальные виды ДПФ. Фinitное преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование цифровых сигналов. Вычисление ДПФ периодических и конечных последовательностей и применением ДПФ для выделения полезного сигнала в аддитивной смеси с шумом, восстановления аналогового сигнала и спектральной плотности конечной последовательности. Вычисление линейных

и круговых сверток с помощью ДПФ. Вычисление секционированных сверток с помощью ДПФ. Выделение дискретных гармоник полезного сигнала. Восстановление спектральной плотности. Восстановление аналогового сигнала.

5.3. Цифровая фильтрация сигналов

Цифровые фильтры и их структурные схемы. Цифровая фильтрация методом ДПФ. Алгоритм цифровой фильтрации и его физический смысл. Элементы цифровой фильтрации с использованием простых манипуляций данными. Линейные дискретные фильтры. Импульсная и передаточная характеристики цифрового фильтра. Условие устойчивости при рекурсивной реализации. Примеры цифровых фильтров. Цифровой интегратор. Цифровой дифференциатор. Трансверсальный фильтр. Нерекурсивные и рекурсивные цифровые фильтры. Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). Способы реализации. Свойства КИХ-фильтров. Задание требований к АЧХ. Структуры КИХ-фильтров. Процедура синтеза КИХ-фильтров методом окон. Синтез КИХ-фильтров методом окон с применением окна Кайзера. Цифровые фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры). Задание требований к характеристике затухания. Структуры БИХ-фильтров. Процедура синтеза БИХ-фильтров методом билинейного Z -преобразования. Оценка выбора порядка цифрового фильтра. АРСС-, АР- и СС-модели. Масштабирование цифровых фильтров. Адаптивная и согласованная цифровая фильтрация. Переход от преобразования Лапласа к Z -преобразованию. Теория Z -преобразования. Определение Z -преобразования дискретной последовательности. Свойства Z -преобразования. Примеры Z -преобразования. Z -преобразование единичного импульса, единичного скачка, действительной и комплексной экспоненты, дискретной синусоиды и косинусоиды. Вычисление обратного Z -преобразования. Уравнение цифрового фильтра в терминах Z -преобразования.

5.4. Синтез цифровых фильтров

Синтез цифровых фильтров. Прямой синтез цифровых фильтров по заданной АЧХ. Формулы расчета коэффициентов нерекурсивного цифрового фильтра. Расчет коэффициентов нерекурсивного цифрового фильтра для случая фильтра нижних частот и полосового фильтра. Последовательность действий для реализации цифровой фильтрации методом дискретной свертки. Блочная фильтрация методом БПФ. Влияние порядка фильтра на степень детализации АЧХ цифрового фильтра, его переходную и импульсную характеристику. Спектральный анализ и эффект растекания спектра. Синтез и программно-численное моделирование цифровых фильтров в среде Matlab/C++. Методы VHDL-программирования цифровых фильтров на ПЛИС. Моделирование систем цифровой фильтрации методами параметрического и непараметрического спектрального анализа сигналов. Моделирование передаточных и импульсных характеристик систем адаптивной фильтрации.

6. Рекомендуемая литература

1. А.А. Афанасьев, А. А. Рыболовлев, А. П. Рыжков. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие для вузов / А.А. Афанасьев, А.А. Рыболовлев, А.П. Рыжков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 356 с. URL: <https://library.mirea.ru/books/53347>
2. А.И. Стариковский, Н.А. Стариковская, А.Ю. Унгер. Цифровая обработка сигналов. Ч.1 [Эл. ресурс]: учебное пособие / А.И. Стариковский, Н.А. Стариковская, А.Ю. Унгер. – М.: РТУ МИРЭА, 2021. – Электрон. опт. диск (ISO). URL: <https://library.mirea.ru/share/4089>
3. О.В. Тихонова, А.А. Бондарь. Методы цифровой обработки сигналов с применением языка C++ [Эл. ресурс]: сборник задач и упражнений / О.В.

Тихонова, А.А. Бондарь. – М.: РТУ МИРЭА, 2019. – Электрон. опт. диск (ISO).
URL: <https://library.mirea.ru/share/3349>

4. М.С. Костин, А.Д. Ярлыков. Архитектурно-конфигурируемые SDR-технологии радиомониторинга и телеметрии: учебное пособие / М.С. Костин, А.Д. Ярлыков. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 144 с. URL: <https://library.mirea.ru/books/54900>

5. М.С. Костин. Субнаносекундные сигналы и технологии: учебное пособие / М.С. Костин. – М.: МИРЭА, 2018. – 110 с. URL: <https://library.mirea.ru/books/53337>

6. А.А. Пастушков. Основы теории сигналов и систем [Эл. ресурс]: учебное пособие / А.А. Пастушков. – М.: РТУ МИРЭА, 2018. – Электрон. опт. диск (ISO). URL: <https://library.mirea.ru/share/2963>

7. Б.А. Лаговский, Е.Н. Пронина, А.Ф. Гадзаов. Математические методы обработки сигналов [Эл. ресурс]: учебное пособие / Б.А. Лаговский, Е.Н. Пронина, А.Ф. Гадзаов. – М.: РТУ МИРЭА, 2018. – Электрон. опт. диск (ISO). URL: <https://library.mirea.ru/share/3109>

8. А.В. Смирнов. Кодирование телекоммуникационных сигналов [Электронный ресурс]: задания и метод. указания к практич. занятиям / А.В. Смирнов. – М.: РТУ МИРЭА, 2019. – Электрон. опт. диск (ISO). URL: <https://library.mirea.ru/share/3280>

9. А.И. Стариковский, Е.В. Солдатов, А.Ю. Унгер. Цифровая обработка сигналов [Эл. ресурс]: метод. указания / А.И. Стариковский, Е.В. Солдатов, А.Ю. Унгер. – М.: РТУ МИРЭА, 2019. – Электрон. опт. диск (ISO). URL: <https://library.mirea.ru/share/3305>

10. Д.М. Харрис, С.Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера: пер. с англ. / Д. М. Харрис, С. Л. Харрис. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 792 с. <https://library.mirea.ru/books/54848>

Председатель экзаменационной
комиссии по цифровой обработке сигналов



В.О. Скрипачев

РТУ МИРЭА Программа вступительного испытания по цифровой обработке сигналов	Система менеджмента качества обучения Программа СМКО МИРЭА 8.5.1/03.Пр.464-25	стр.7 из 7
--	---	------------