МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Радиотехнические информационные системы
_____ Боев С.Ф.
«__» _____ 2020 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

промежуточной аттестации: экзамен
«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Типы задач профессиональной деятельности: проектный, научно-исследовательский.

Разработаны в соответствие с рабочей программой дисциплины, утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю. «21» мая 2020г.

Разработчик: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Тверь, 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Периодическая дискретизация. Особенности спектра дискретных сигналов. Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Запишите Z-изображения дискретных последовательностей, описываемых функциями:
а) $x(n)=5\cdot(0{,}6)n\cdot 1(n)$; б) $x(n)=5\cdot(-0{,}6)n\cdot 1(n)$.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Даны непрерывные системы, описываемые уравнениями:

а) $\frac{dy(t)}{dt}+t^2y(t)=(t+1)x(t)|$; в) $3\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=2x(t)|$;

б) $\frac{dy(t)}{dt}+2y(t)=x^2(t)|$; г) $\frac{dy(t)}{dt}+y^2(t)=x(t)|$.

Классифицируйте их по признакам «линейность» и «стационарность».

Правильный ответ.
Дифференциальное уравнение линейных системы имеет вид:

$$a_1\frac{dy(t)}{dt}+a_0y(t)=b_0x(t).$$

Соответственно линейными системами будут системы, описанные в примерах а) и в).
Стационарная система обладает следующим свойством: если реакция на входной сигнал $x(t)$ равна $y(t)=R[x(t)]$, то для любого вещественного постоянного значения t_0 имеем $y(t-t_0)=R[x(t-t_0)]$. Это означает, что данное воздействие будет всегда приводить к одной и той же реакции независимо от времени приложения воздействия.
Соответственно линейными системами будут системы, описанные в примерах а), в) и г).

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_2

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Дискретное преобразование Фурье. ДПФ в экспоненциальной и тригонометрической форме. Представление амплитуды, фазы и мощности сигнала в частотной области. Симметрия ДПФ. Линейность ДПФ. Модуль ДПФ.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Запишите условия ортогональности и ортонормированности функций.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дискретная система описывается разностным уравнением
$y(n) + 0{,}7 \cdot y(n-1) + 0{,}01 \cdot y(n-2) = 0{,}5 \cdot x(n)$.
Найдите ее передаточную функцию.

Правильный ответ.
Решение. Используя известные свойства z-преобразования, получим:

$$Y(z) + 0{,}7 \cdot z^{-1} \cdot Y(z) + 0{,}01 \cdot z^{-2 \cdot} Y(z) = 0{,}5 \cdot X(z).$$

Отсюда

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{0{,}5}{1+0{,}7 \cdot z^{-1} + 0{,}01 \cdot z^{-2 \cdot}}.$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_3

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Обратное ДПФ. Утечка ДПФ. Окна. Гребешковые искажения ДПФ. Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области. Коэффициент улучшения ДПФ. ДПФ прямоугольных функций.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Запишите *Z*-изображение разностного уравнения
$y(n)-0,2y(n-1)=0,5x(n-1)$.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Даны дифференциальные уравнения систем первого и второго порядка:
а) $a\frac{y(t)}{dt}+y(t)=b\frac{x(t)}{dt}$; б) $\frac{d^2y(t)}{dt^2}+2\frac{dy(t)}{dt}+25y(t)=x(t)$.
Запишите передаточные функции систем.

Правильный ответ
Решение.
а) Преобразуем уравнение по Лапласу – заменим $x(t)$ и $y(t)$ на $x(p)$ и $y(p)$, а вместо знака производной запишем оператор p.
$apy(p)+y(p)=bpx(p)$.
Вынесем $y(p)$ за скобки и найдем отношение $\frac{y(p)}{x(p)}$, которое является передаточной функцией $W(p)=\frac{y(p)}{x(p)}=\frac{bp}{ap+1}$.
б) Преобразуем уравнение по Лапласу – заменим $x(t)$ и $y(t)$ на $x(p)$ и $y(p)$, а вместо знака производной запишем операторs p^2 и р.
$p^2y(p)+2py(p)+25y(p)=x(p)$
Вынесем $y(p)$ и р за скобки
$(p(p+2)+25)y(p)=x(p)$ и найдем отношение $\frac{y(p)}{x(p)}$, которое является передаточной функцией $W(p)=\frac{y(p)}{x(p)}=\frac{1}{p(p+2)+25}$.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_4

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины. Свертка в КИХ-фильтрах. Проектирование КИХ-фильтра нижних частот. Проектирование КИХ-фильтров верхних частот. Полуполосные КИХ-фильтры. Обобщенное описание дискретной свертки.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Запишите и проанализируйте формулу свертки дискретных последовательностей. Запишите соответствующее уравнение в области изображений.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Даны системы, описываемые передаточными функциями:
а) $W(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}=\frac{0,5s}{0,01s+1}$; б) $W(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}=\frac{0,05s+1}{0,02s^2+0,1s+1}$.
Запишите дифференциальные уравнения систем.

Правильный ответ
Решение.
а) Для записи дифференциального уравнения необходимо учесть, что по определению $W(s)=\frac{y}{x}$, откуда получено:
$W(s)=\frac{0,5s}{0,01s+1}=\frac{y}{x}$,
$\boldsymbol{y}(0,01s+1)=x(0,5s)$,
$0,01sy+y=0,5sx$.
Отсюда получаем:
$0,01\frac{dy}{ds}+y=0,5\frac{dx}{ds}$.
б) Для записи дифференциального уравнения необходимо учесть, что по определению $W(s)=\frac{y}{x}$, откуда получено:
$\frac{0,05s+1}{0,02s^2+0,1s+1}=\frac{y}{x}$,
$\boldsymbol{y}(0,02s^2+0,1s+1)=x(0,05s+1)$,

$0{,}02s^2y + 0{,}1sy + y = 0{,}05sx + x.$

Отсюда получаем:

$0{,}02\frac{d^2y}{ds} + 0{,}1\frac{dy}{ds} + y = 0{,}05\frac{dx}{ds} + x.$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_5

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s-плоскости и условие устойчивости. Z-преобразование.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Поясните порядок решения задачи обратного Z-изображения методом разложения на простые дроби.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дано дифференциальное уравнение системы первого порядка

$$a\frac{y(t)}{dt} + y(t) = b\frac{x(t)}{dt}.$$

Запишите передаточную функцию и формулы для АЧХ и ФЧХ.

Правильный ответ
Передаточная функция: $H(s) = \frac{bs}{as+1}$.
АЧХ: $A(\omega) = \frac{|b|\omega}{\sqrt{a^2\omega^2+1}}$.
ФЧХ: $\angle H(j\omega) = \frac{\pi}{2} - tan^{-1}(a\omega)$.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_6

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
RC -цепь описывается передаточной функцией

$$W(s)=\frac{1}{0{,}001s+1}$$

Рассчитайте коэффициент передачи цепи на частоте ω =1000 рад/с.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
При помощи метода разложения на простые дроби найдите обратное *Z*-преобразование:

а) $X(z)=\frac{z}{(z-1)(z-2)}$; б) $X(z)=\frac{z}{(z-1)(z-2)^2}$.

Правильный ответ
Решение.
а) $\frac{X(z)}{z} = \frac{1}{(z-1)(z-2)} = -\frac{1}{(z-1)} + \frac{1}{(z-2)}$
Теперь умножим полученную сумму, состоящей из простых дробей, обратно на величину z и, воспользовавшись таблицей Z–преобразований, получим:
$Z^{-1}[X(z)] = Z^{-1}\left[\frac{-z}{z-1}\right] + Z^{-1}\left[\frac{z}{z-2}\right] = -1 + 2k.$
Окончательно имеем последовательность
$\{x(k)\} = \{-1 + 2k\}$
б) $z = A(z-2)^2 + B(z-1)(z-2) + C(z-1) \Rightarrow$
$(A+B)z^2 - (1 + 4A + 3B - C)Z + 4A + 2B - C = 0$
Имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} A + B = 0 \\ 1 + 4A + 3B - C = 0 \\ 4A + 2B - C = 0 \end{cases}$$

Решив систему имеем $A = 1, B = -1, C = 2.$
$\frac{X(z)}{z} == \frac{1}{(z-1)} - \frac{1}{(z-2)} + \frac{2}{(z-2)^2}.$
Теперь умножим полученную сумму, состоящей из простых дробей, обратно

на величину z и, воспользовавшись таблицей Z–преобразований, получим:
$Z^{-1}[X(z)] = Z^{-1}\left[\frac{z}{z-1}\right] + Z^{-1}\left[\frac{-z}{z-2}\right] + Z^{-1}\left[\frac{2z}{(z-2)^2}\right] = 1 - 2k + k2^k.$
Окончательно имеем последовательность
$\{x(k)\} = \{1 - 2k + k2^k\}$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_7

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Квадратурные сигналы. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
На вход интегратора с коэффициентом передачи k =2 с-1 подается гармоническое воздействие
$x(t) = 5\cdot \cos(100t)$. Определить параметры выходного сигнала в установившемся режиме.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Найдите дискретные последовательности, Z-изображения которых определяются выражениями:

а) $X(z) = 1 + 2z^{-1}$ в) $X(z) = \frac{2}{1-0{,}5z^{-1}}$

б) $X(z) = \frac{2}{1-z^{-1}}$ г) $X(z) = \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}$

Правильный ответ

а) $x[n] = \begin{cases} 1, & n = 0, \\ 2, & n = 1, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$

б) $x[n] = \begin{cases} 2, & n \geq 0, \\ 0, & n < 0. \end{cases}$

в) $x[n] = \begin{cases} 2(0{,}5)^n, & n \geq 0, \\ 0, & n < 0. \end{cases}$

г) $x[n] = \begin{cases} 1, & n = 0, \\ 2, & n = 1, \\ 1, & n \geq 2, \\ 0, & n < 0. \end{cases}$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_8

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Дискретное преобразование Гильберта. Определение преобразование Гильберта.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Поясните порядок решения задачи обратного Z-изображения методом разложения в ряд Лорана.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Линейная стационарная система описывается дифференциальным уравнением
а) $0{,}005\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 2x(t)$ б) $0{,}005\frac{dU_2}{dt} + U_2 = 0{,}005\frac{dU_1}{dt}$
Рассчитайте амплитуду и фазу сигнала на выходе системы в установившемся режиме, если на вход системы подан сигнал $x(t) = sin(200t)$.

Правильный ответ
Решение. Для решения данной задачи мы начнём с нахождения передаточной функции системы на основе заданных дифференциальных уравнений. Затем мы используем эту передаточную функцию, чтобы найти амплитуду и фазу выходного сигнала при входном сигнале $x(t) = sin(200t)$.
а) $0{,}005\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 2x(t)$
1. Запишем уравнение в форме s:
Применим преобразование Лапласа к уравнению:
$$0.005sY(s) + Y(s) = 2X(s).$$
Группируем члены с $Y(s)$:
$$Y(s)(0.005s + 1) = 2X(s).$$
2. Передаточная функция:
Теперь выразим передаточную функцию:
$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{2}{0.005s+1}.$$
3. Для нахождения амплитуды и фазы, подставляем $s = j\omega$ в $H(s)$:

$$H(j\omega) = \frac{2}{0{,}005j\omega+1}.$$

4. Входной сигнал задан как $x(t) = sin(200t)$. В частотной области это соответствует:

$$X(j\omega) = \frac{1}{2j}(e^{j200t} - e^{-j200t}) = j \cdot (\delta(\omega - 200) - \delta(\omega + 200)).$$

Таким образом, мы используем $\omega = 200$.

5. Вычислим $H(j200)$: Подставляем $\omega = 200$:

$$H(j200) = \frac{2}{0{,}005j(200)+1} = \frac{2}{1+j(1)} = \frac{2}{1+j}.$$

6. Найдем модуль и аргумент: Вычислим модуль:

$$|\ H(j200)\ | = \frac{2}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}.$$

Теперь найдем аргумент:

$$\angle H(j200) = tan^{-1}(\frac{1}{1}) = \frac{\pi}{4}.$$

7. Амплитуда и фаза выходного сигнала:

Входной сигнал $x(t) = sin(200t)$ имеет амплитуду 1. Тогда выходной сигнал будет:

$$y(t) = |\ H(j200)\ | \cdot sin(200t + \angle H(j200)) = \sqrt{2} \cdot sin(200t + \frac{\pi}{4}).$$

Результаты для (а):

Амплитуда выходного сигнала: $\sqrt{2}$

Фаза выходного сигнала: $\frac{\pi}{4}$.

б) $0{,}005\frac{dU_2}{dt} + U_2 = 0{,}005\frac{dU_1}{dt}$

Результаты для (б):

Амплитуда выходного сигнала: $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Фаза выходного сигнала: $-\frac{\pi}{4}$.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_9

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Преобразование частоты дискретизации. Прореживание. Интерполяция. Полифазные фильтры. Каскадные интеграторы-гребенчатые фильтры.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Система описывается дифференциальным уравнением:

$$0{,}1\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=x(t)$$

Найдите импульсную переходную функцию цепи.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Даны дискретные системы, описываемые уравнениями:
а) $y(n)=2\cdot|x(n-1)|$; в) $y(n)=2\cdot x(n)-5\cdot x(n-1)$;
б) $y(n)+0{,}2\cdot y(n-1)=5n\cdot x(n-1)$; г) $y(n)-0{,}4y2\ (n-1)=10\cdot x(n)$.
Классифицируйте их по признакам «линейность» и «стационарность».

Правильный ответ.
а) Не линейная, стационарная
б) Линейная, не стационарная
в) Линейная, стационарная
г) Не линейная, стационарная

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_10

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Усреднение сигналов. Когерентное усреднение. Некогерентное усреднение. Фильтрующие свойства усреднения во временной области. Экспоненциальное усреднение.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Какому условию удовлетворяет импульсная переходная функция физически реализуемой линейной системы?

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Цифровой фильтр описывается разностным уравнением
$y(n) = x(n) + 2x(n-1) + x(n-2)$.
Докажите, что фильтр имеет линейную ФЧХ.

Правильный ответ.

Решение. Чтобы доказать, что цифровой фильтр, описываемый разностным уравнением $y(n) = x(n) + 2x(n-1) + x(n-2)$ имеет линейную частотную характеристику (ФЧХ), необходимо показать, что он является линейным и инвариантным по отношению к времени.

Линейность. Фильтр будет линейным, если он удовлетворяет принципу суперпозиции. Это означает, что если у нас есть два входных сигнала $x_1(n)$ и $x_2(n)$ с соответствующими выходами $y_1(n)$ и $y_2(n)$, то для любого скалярного множителя a и b должно выполняться следующее:

$$y(n) = a \cdot y_1(n) + b \cdot y_2(n).$$

Рассмотрим два входных сигнала:

1. $x_1(n)$, для которого выход $y(n) = x_1(n) + 2x_1(n-1) + x_1(n-2)$.
2. $x_2(n)$, для которого выход $y_2(n) = x_2(n) + 2x_2(n-1) + x_2(n-2)$.

Теперь, если мы подаем на вход комбинацию $a \cdot x1(n) + b \cdot x_2(n)$, выход будет: $y(n) = a \cdot x_1(n) + 2a \cdot x_1(n-1) + a \cdot x_1(n-2) + b \cdot x_2(n) + 2b \cdot$ $\cdot x_2(n-1) + b \cdot x_2(n-2)$.

Группируя термины, получаем: $y(n) = (a \cdot x_1(n) + b \cdot x_2(n)) + 2(a \cdot x_1(n-$ $-1) + b \cdot x_2(n-1)) + (a \cdot x_1(n-2) + b \cdot x_2(n-2))$.

Это подтверждает, что фильтр удовлетворяет принципу суперпозиции и является линейным.

Инвариантность по отношению к времени. Фильтр инвариантен по времени, если его характеристики не зависят от времени. В случае данного разностного уравнения, замена входного сигнала $x(n)$ на $x(n-k)$ (где k – любое целое число) приводит к следующему:

$$y(n) = x(n-k) + 2x(n-k-1) + x(n-k-2).$$

Это также можно записать как:

$$y(n-k) = x(n-k) + 2x(n-k-1) + x(n-k-2).$$

Это уравнение имеет ту же форму, что и исходное, что подтверждает инвариантность по отношению к времени.

Заключение. Поскольку фильтр является линейным и инвариантным по времени, он обладает линейной частотной характеристикой (ФЧХ).

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_11

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Какова связь между импульсной переходной *w(t)* и передаточной *W*(*s*) функциями системы?

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дана передаточная функция дискретной системы

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = (1 + 0{,}5z - 1)(1 - 0{,}8z - 1).$$

Запишите разностное уравнение дискретной системы.

Правильный ответ.
Решение. Для того чтобы записать разностное уравнение дискретной системы, нам нужно преобразовать передаточную функцию $H(z)$ в разностное уравнение. Дана передаточная функция:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{(1+0{,}5z-1)(1-0{,}8z-1)}{1}.$$

Сначала упростим $H(z)$:

$$H(z) = (1 + 0{,}5z^{-1})(1 - 0{,}8z^{-1})\ .$$

Раскроем скобки:

$$H(z) = 1 - 0{,}8z^{-1} + 0{,}5z^{-1} - 0{,}4z^{-2}$$
$$H(z) = 1 - 0{,}3z^{-1} - 0.4z^{-2}.$$

Теперь, умножим обе стороны на z^2 для устранения отрицательных степеней:

$$z^2H(z) = z^2Y(z) = z^2X(z) - 0.3zY(z) - 0{,}4Y(z).$$

Переписываем в виде разностного уравнения:

$$Y(z) - 0{,}3Y(z)z^{-1} - 0{,}4Y(z)z^{-2} = X(z).$$

Теперь, преобразуем это уравнение, чтобы получить разностное уравнение в временной области:
1. Умножим на z^2:

$$z^2Y(z) - 0{,}3zY(z) - 0{,}4Y(z) = X(z)z^2.$$

2. Переходя к временной области, заменим $Y(z)$ на $y(n)$ и $X(z)$ на $x(n)$:

$$y(n) - 0.3\, y(n-1) - 0.4\, y(n-2) = x(n).$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_12

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дискретная система описывается разностным уравнением
$y(n)+0,7\cdot y(n-1)+0,01\cdot y(n-2)=0,5\cdot x(n)$.
Найдите ее передаточную функцию.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дана передаточная функция

$$H(s)=\frac{1}{s^{2+\sqrt{2}\cdot s+1}}$$

нормированного ФНЧ Баттерворта. Найдите передаточную функцию ФВЧ с частотой среза $\omega_{\text{с}}=250$ рад/с.

Правильный ответ.

Решение. Для получения передаточной функции фильтра верхних частот (ФВЧ) из передаточной функции фильтра нижних частот (ФНЧ) Баттерворта, можно воспользоваться соотношением между ними.

Передаточная функция нормированного ФНЧ Баттерворта выглядит следующим образом:

$$H(s)=\frac{1}{s^{2+\sqrt{2}\cdot s+1}}.$$

Для создания фильтра верхних частот, передаточную функцию ФНЧ можно преобразовать, заменив s на $-s$:

$$H_{\text{ВЧ}}(s)=H(-s)=\frac{1}{(-s)^2+\sqrt{2}(-s)+1}=\frac{1}{s^2-\sqrt{2s}+1}.$$

Теперь, чтобы получить передаточную функцию ФВЧ с заданной частотой среза $\omega_{\text{с}}=2500$ рад/с, необходимо выполнить замену s на $\frac{s}{\omega_{\text{с}}}$:

$$H\text{ВЧ}(s)=\frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_{\text{с}}}\right)^2-\sqrt{2}\left(\frac{s}{\omega_{\text{с}}}\right)+1}.$$

Подставляем $\omega_{\text{с}}=250$:

$$H\text{ВЧ}(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{250}\right)^2 - \sqrt{2}\left(\frac{s}{250}\right) + 1}$$

Упрощаем:

$$H\text{ВЧ}(s) = \frac{1}{\frac{s^2}{250^2} - \frac{\sqrt{2}}{250}s + 1}.$$

Умножим числитель и знаменатель на 250^2 для устранения дробей:

$$H\text{ВЧ}(s) = \frac{250^2}{s^2 - \sqrt{2}\cdot 250s + 250^2}.$$

Таким образом, передаточная функция фильтра верхних частот (ФВЧ) с частотой среза $\omega_c = 250$ рад/с будет равна:

$$H\text{ВЧ}(s) = \frac{62500}{s^2 - 250\sqrt{2}s + 62500}.$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_13

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дана передаточная функция нормированного ФНЧ Чебышева.

$$H(s) = \frac{2{,}863}{s + 2{,}863}$$

Найдите передаточную функцию ФВЧ с частотой среза 200 рад/с.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дискретная система описывается разностным уравнением

$$y(n) = 0{,}9y(n-1) + 0{,}2x(n).$$

Определите коэффициент передачи систем на частоте $\omega = 5$ рад/с, если период дискретизации $T = 0{,}1$ с.

Правильный ответ.

Решение. Для определения коэффициента передачи системы на заданной частоте $\omega = 5$ рад/с, сначала необходимо найти передаточную функцию системы из разностного уравнения.
Разностное уравнение задано следующим образом:

$$y(n) = 0{,}9y(n-1) + 0{,}2x(n).$$

Перепишем это уравнение в виде, удобном для применения преобразования Z:

$$y(n) - 0{,}9y(n-1) = 0{,}2x(n).$$

Применим преобразование Z к обеим сторонам уравнения:

$$Y(z) - 0{,}9z^{-1}Y(z) = 0{,}2X(z).$$

Теперь выразим $Y(z)$ через $X(z)$:

$$Y(z)(1 - 0{,}9z^{-1}) = 0{,}2X(z)$$

Таким образом, передаточная функция $H(z)$ будет равна:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{0{,}2}{1 - 0{,}9z^{-1}}.$$

Чтобы выразить передаточную функцию в более удобной форме, умножим числитель и знаменатель на z: $H(z) = \frac{0,2z}{z-0,9}$.

Теперь, чтобы найти коэффициент передачи на частоте $\omega = 5$ рад/с, нужно использовать связь между частотой и переменной z. В дискретных системах это делается с помощью замены: $z = e^{j\omega T}$,

где $T = 0.1$ с. Подставим ω и T: $z = e^{j\cdot 5\cdot 0,1} = e^{j\cdot 0,5} = cos(0,5) + jsin(0,5)$.

Теперь подставим найденное значение z в передаточную функцию $H(z)$:

1. Находим $cos(0,5)$ и $sin(0,5)$: $cos(0,5) \approx 0.8776$, $sin(0.5) \approx 0,4794$

Таким образом, $z \approx 0,8776 + j \cdot 0.4794$.

2. Теперь подставим z в $H(z)$: $H(z) = \frac{0.2(0,8776+j\cdot 0,4794)}{(0,8776+j\cdot 0,4794)-0,9}$.

Вычисляем знаменатель: $0,8776 + j \cdot 0,4794 - 0,9 = -0,0224 + j \cdot 0,4794$.

3. Теперь подставим это в передаточную функцию:

$$H(z) = \frac{0,2(0,8776+j\cdot 0,4794)}{-0,0224+j\cdot 0,4794}.$$

4. Упростим: Умножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное значение знаменателя:

Числитель: $0,2(0,8776 + j \cdot 0,4794) = 0,17552 + j \cdot 0,09588$.

Знаменатель: $(-0,0224 + j \cdot 0,4794)(-0,0224 - j \cdot 0,4794) =$

$= (-0,0224)^2 + (0,4794)^2 \approx 0,00050176 + 0,22996756 \approx 0,23046932$.

5. Теперь можно найти коэффициент передачи:

$$H(e^{j\omega T}) \approx \frac{0,17552+j\cdot 0,09588}{0,23046932} \approx 0,761 + j \cdot 0.416.$$

Теперь вычислим модуль этого комплексного числа, чтобы получить коэффициент передачи:

$$|\, H\left(e^{j\omega T}\right) \,| = \sqrt{(0,761)^2 + (0,416)^2} \approx \sqrt{0,579921 + 0,173056} \approx$$
$$\approx \sqrt{0,752977} \approx 0,867.$$

Таким образом, коэффициент передачи системы на частоте ω=5 рад/с равен примерно 0,867.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_14

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Сигнал описывается функцией $x(t)=10e-4t \cdot 1(t)$. Запишите дискретную последовательность $x(n)$, если период дискретизации T =0,05 с.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Цифровой фильтр описывается передаточной функцией

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = 0{,}5 + z^{-1} + z^{-2} + 0{,}5z^{-3}.$$

Запишите разностное уравнение цифрового фильтра. Постройте график импульсной характеристики цифрового фильтра. Найдите аналитические выражения АЧХ и ФЧХ. цифрового фильтра.

Правильный ответ.

Решение.

1. Разностное уравнение. Передаточная функция может быть переписана так, чтобы выразить выход $Y(z)$ через вход $X(z)$:

$$Y(z) = H(z)X(z) = (0m5 + z^{-1} + z^{-2} + 0{,}5z^{-3})X(z).$$

Умножим обе стороны на z^3 для устранения отрицательных степеней:

$$z^3Y(z) = (0.5z^3 + z^2 + z + 0{,}5)X(z).$$

Теперь перейдем к временной области, заменив $Y(z)$ на $y(n)$ и $X(z)$ на $x(n)$:

$$y(n) = 0{,}5x(n) + x(n-1) + x(n-2) + 0{,}5x(n-3).$$

Итак, разностное уравнение цифрового фильтра выглядит следующим образом: $y(n) = 0{,}5x(n) + x(n-1) + x(n-2) + 0{,}5x(n-3)$.

2. Импульсная характеристика фильтра $h(n)$ соответствует коэффициентам передаточной функции и может быть найдена, рассматривая импульсный отклик системы. В данном случае, импульсная характеристика будет:

$$h(n) = \begin{cases} 0{,}5 & n = 0 \\ 1 & n = 1 \\ 1 & n = 2 \\ 0{,}5 & n = 3 \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases}$$

Для построения графика импульсной характеристики можно использовать, например, библиотеку Matplotlib в Python. Пример кода для визуализации:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Определение импульсной характеристики
n = np.arange(0, 5)
h = np.array([0.5, 1, 1, 0.5, 0])

# Построение графика
plt.stem(n, h, use_line_collection=True)
plt.xlabel('n')
plt.ylabel('h(n)')
plt.title('Импульсная характеристика цифрового фильтра')
plt.grid()
plt.show()
```

3. Аналитические выражения АЧХ и ФЧХ/

АЧХ (амплитудно-частотная характеристика) и ФЧХ (фазово-частотная характеристика) можно получить, подставляя $z = e^{j\omega}$ в передаточную функцию $H(z)$. АЧХ. Подставим $z = e^{j\omega}$:

$$H\left(e^{j\omega}\right) = 0{,}5 + e^{-j\omega} + e^{-2j\omega} + 0{,}5e^{-3j\omega}.$$

Теперь упростим это выражение: $H\left(e^{j\omega}\right) = 0{,}5 + \cos(\omega) - jsin(\omega) +$
$+cos(2\omega) - jsin(2\omega) + 0{,}5(cos(3\omega) - jsin(3\omega))$.

АЧХ: $H(e^{j\omega})$ |=
$= \sqrt{(0{,}5 + \cos(\omega) + \cos(2\omega) + 0{,}5\cos(3\omega))^2 + (sin(\omega) + sin(2\omega) + 0{,}5sin(3\omega))^2}$.

ФЧХ: $arg(H(ej\omega)) = tan^{-1}\left(\frac{\sin(\omega)+\sin(2\omega)+0{,}5\sin(3\omega)}{0{,}5+\cos(\omega)+\cos(2\omega)+0{,}5\cos(3\omega)}\right)$.

Таким образом, у нас есть разностное уравнение, импульсная характеристика, а также аналитические выражения для АЧХ и ФЧХ цифрового фильтра.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_15

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Даны дискретные последовательности
а) $x(n)=2n+5$; б) $x(n)=10e-0{,}2n$, $n\geq 0$.
Найдите прямую $\Delta x(n)$ и обратную $\nabla x(n)$ первые разности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Получена передаточная функция аналогового прототипа где $\omega_c = 2\pi 10^3$ рад/с $H(s) = \frac{\omega_c^2}{s^2\sqrt{2}\omega_c s+\omega_c^2}$.
Найдите передаточную функцию ЦФ, если частота дискретизации равна 10 кГц.

Правильный ответ.
Передаточная функция:

$$H(z) = \frac{39478416{,}92}{436681815{,}64-722439564{,}88z^{-1}+439478416{,}92z^{-2}}.$$

Эта передаточная функция описывает цифровой фильтр, полученный из аналогового прототипа с частотой дискретизации 10 кГц.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_16

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дана дискретная последовательность $x(n)=5\cdot n2$. Найдите вторую разность $\Delta 2x(n)$.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дана передаточная функция цифрового фильтра $H(z\frac{0{,}8(z-1)}{x-0{,}6}$
Найдите значения АЧХ при $\omega = 50$ рад/с и $\omega = 100$ рад/с, если $T = 0{,}01$ с.
Определите тип фильтра (ФНЧ, ФВЧ).

Правильный ответ.

АЧХ при $\omega = 50$ рад/с: $A_{50} \approx 1{,}444$.
АЧХ при $\omega = 100$ рад/с: $A_{100} \approx 0{,}948$.
Тип фильтра: Фильтр верхних частот (ФВЧ).

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_17

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дана дискретная последовательность $x(n)=2n+5$. Найдите сумму дискретной последовательности для $n=4$.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Дана передаточная функция цифрового фильтра

$$H(z) = 0{,}8(z-1)\,(z-0{,}6).$$

Постройте АЧХ при $T = 0{,}01$ с и $T = 0{,}02$ с.

Правильный ответ.

Решение. Для построения АЧХ цифрового фильтра нам нужно сначала определить функцию $H(e^{j\omega T})$ для заданного периода дискретизации T. Затем мы можем рассчитать АЧХ для двух значений T: 0,01 с и 0,02 с.

Шаг 1: Преобразование $H(z)$ в $H(e^{j\omega T})$.

Передаточная функция в виде $H(z)$ выражается через $z = e^{j\omega T}$):

$$H(e^{j\omega T}) = 0{,}8(e^{j\omega T}-1)(e^{j\omega T}-0{,}6).$$

Шаг 2: Вычисление АЧХ. АЧХ определяется как модуль H($e^{j\omega T}$):

$$\left|H(e^{j\omega T})\right| = 0{,}8\left|(e^{j\omega T}-1)(e^{j\omega T}-0{,}6)\right|.$$

Модули каждого слагаемого

1. Для первого множителя $e^{j\omega T}-1$:

Модуль: $\left|e^{j\omega T}-1\right| = \sqrt{(\cos(\omega T)-1)^2 + sin^2(\omega T) =}$

$$= \sqrt{2-2cos(\omega T)} = 2\left|sin\left(\frac{\omega T}{2}\right)\right|.$$

2. Для второго множителя $e^{j\omega T}$–0.6:

Модуль: $\left|e^{j\omega T}-0{,}6\right| = \sqrt{(cos(\omega T)-0.6)^2 + sin^2(\omega T)}$

Шаг 3: Полное выражение для АЧХ. Теперь подставим модули обратно в выражение для АЧХ:

$$\left|H(e^{j\omega T})\right| = 0{,}8 \cdot 2\left|sin\left(\frac{\omega T}{2}\right)\right| \cdot \sqrt{(cos(\omega T) - 0{,}6)^2 + sin^2(\omega T)}.$$

Шаг 4: Построение графиков для разных T. Используя Python и библиотеку Matplotlib, можем построить графики АЧХ для $T = 0.01$ с и $T = 0{,}02$ с. Вот пример кода:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Определяем диапазон частот
omega = np.linspace(0, 2 * np.pi * 100, 1000)  # от 0 до 200 Гц, 1000 точек

# Периоды дискретизации
T1 = 0.01
T2 = 0.02

# Функция для вычисления АЧХ
def H(omega, T):
    term1 = 2 * np.abs(np.sin(omega * T / 2))
    term2 = np.sqrt((np.cos(omega * T) - 0.6)**2 + np.sin(omega * T)**2)
    return 0.8 * term1 * term2

# Вычисляем АЧХ для обоих значений T
H1 = H(omega, T1)
H2 = H(omega, T2)

# Построение графиков
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(omega, H1, label='АЧХ при T = 0.01 с', color='b')
plt.plot(omega, H2, label='АЧХ при T = 0.02 с', color='r')
plt.title('Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра')
plt.xlabel('Частота (рад/с)')
plt.ylabel('|H(e^{jωT})|')
plt.xlim(0, 200)  # Ограничиваем ось x до 200 рад/с
plt.ylim(0, 1.5)  # Ограничиваем ось y
plt.grid()
plt.legend()
plt.show()
```

Результаты

Запустив этот код, мы получим графики АЧХ для заданных периодов дискретизации $T = 0.01$ с и $T = 0{,}02$ с.. Эти графики помогут визуализировать, как изменяется амплитудно-частотная характеристика фильтра в зависимости от периода дискретизации.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_18

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дискретная последовательность $x(n)$ смещена на 3 интервала «назад». Запишите Z- изображение смещенной дискретной последовательности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Получена передаточная функция аналогового прототипа $H(s) = \frac{100}{s+100}$
Найдите передаточную функцию ЦФ, если $T = 0{,}01$ с.

Правильный ответ.

Передаточная функция цифрового фильтра, полученная из аналогового прототипа, будет:

$$H(z) = \frac{100+100z^{-1}}{300-100z^{-1}}.$$

Это выражение описывает цифровой фильтр, полученный из аналогового прототипа с заданным периодом дискретизации $T = 0{,}01$ с.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_19

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s-плоскости и условие устойчивости.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дана дискретная последовательность $x(n)= A\cdot 1(n)- A\cdot 1(n-3)$. Постройте график и запишите Z-изображение дискретной последовательности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Найдите z-изображение дискретных последовательностей, описываемых дискретными функциями:
а) $x(n) = 5 \cdot \delta(n) + 2 \cdot \delta(n-2)$; в) $x(n) = 5 \cdot \delta(n-4) + 1(n)$;
б) $x(n) = 1(n-5) - 1(n+2)$; г) $x(n) = 5 \cdot (0{,}4)n\,, n \geq 0$.

Правильный ответ.

а) $X(z) = 5 + \frac{2}{z^2}$ б) $X(z) = z^2 + 1 + 2z^{-1} + z^{-2}$

в) $X(z) = 5z^{-4} + \frac{z}{z-1}$ г) $X(z)=\frac{5z}{z-0{,}4}$, $|z| > 04$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_20

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Запишите и поясните формулу свертки дискретных последовательностей.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Даны цифровые фильтры, описываемые уравнениями:
а) $y(n) = 0{,}5 \cdot [x(n+1) - x(n-1)]$; в) $y(n) = 0{,}4y(n-1) + x(n)$;
б) $y(n) + 0{,}2 \cdot y(n-1) = 5 \cdot x(n-1)$; г) $y(n) = 2 \cdot x(n) - 5 \cdot x(n-1)$.

Правильный ответ.

а) $Y(z) = 0{,}5 \cdot X(z)(z - z^{-1})$ б) $Y(z) = \frac{5z^{-1} \cdot X(z)}{1+0.2z^{-1}}$

в) $Y(z) = \frac{X(z)}{1-0{,}4 \cdot z^{-1}}$ г) $Y(z) = X(z) \cdot (2 - 5 \cdot z^{-1})$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_21

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Дискретная система описывается разностным уравнением
$y(n) + 0{,}7 \cdot y(n-1) + 0{,}01 \cdot y(n-2) = 0{,}5 \cdot x(n)$.
Найдите ее передаточную функцию.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Получена передаточная функция аналогового прототипа $H(s) = \frac{100}{s+100}$
Найдите передаточную функцию ЦФ, если $T = 0{,}01$ с.

Правильный ответ.

Передаточная функция цифрового фильтра, полученная из аналогового прототипа, будет:

$$H(z) = \frac{100+100z^{-1}}{300-100z^{-1}}.$$

Это выражение описывает цифровой фильтр, полученный из аналогового прототипа с заданным периодом дискретизации $T = 0{,}01$ с.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев