Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт зачета

по дисциплине «Цифровая обработка сигналов», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первые три вопроса выбираются из диапазонов вопросов 1-18, третий и четвертый из задач 1-24 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № __1___
к зачету по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

1. Понятие цифровой обработки сигналов.
2. Нормирование во временной и частотной области дискретных периодических сигналов.
3. Рекурсивные цифровые фильтры (РЦФ, БИХ-фильтры). Структура. Связь коэффициентов фильтра с коэффициентами дифференциального уравнения.
4. Дано: частота первой гармоники f_1 = 0.1 Гц, интервал во времени между отсчетами dt = 0.01 с. Определить число отсчетов для одного периода сигнала.
5. Изобразить структурную схему цифрового фильтра, передаточная функция аналогового эквивалента которого имеет вид:

$$W(s) = \frac{s^3 + 2s^2 + 4s + 15}{1}$$

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. **Критерии оценки**

- Ответ на билет (тест) для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки,
  оценка составляет *9 баллов.*
- Ответ на билет (тест) для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные,
  оценка составляет *13 баллов.*
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи,
  оценка составляет *17 баллов.*
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи,
  оценка составляет *20 баллов.*

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 10 баллов из 20 возможных.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Вопросы к зачету по дисциплине «**Цифровая обработка сигналов**»**

1. Понятие цифровой обработки сигналов.
2. Классификация сигналов на основании существенных признаков математических моделей сигналов. Классификация сигналов по форме представления.
3. Представление действительных сигнала в виде суммы тригонометрических функций. Амплитуда и фаза гармоник, синфазная и квадратурная составляющие. Преобразование Фурье непрерывного периодического сигнала. (Вещественная и комплексная формы)
4. Дискретные периодические сигналы. Частота дискретизации, частота Найквиста. Частота первой гармоники, шаг во времени между отсчетами, число отсчетов. Преобразование Фурье дискретных периодических сигналов в комплексной и вещественной форме. Свойство спектра дискретных периодических сигналов.
5. Нормирование во временной и частотной области дискретных периодических сигналов.
6. Свертка. Свойства свертки.
7. Свойства преобразования Фурье: линейность, равенство Парсеваля, изменение масштаба времени, смещение спектра сигнала, спектр свертки.
8. Свойства дискретного преобразования Фурье (ДПФ): дополнение нулями, задержка сигнала, ДПФ произведения двух последовательностей, ДПФ круговой свертки двух последовательностей.
9. Фильтрация. Способы выполнения фильтрации.
10. Линейные системы. Дифференциальное уравнение звена, форма представления в виде преобразования Лапласа. Передаточная функция. Импульсная и переходная

характеристики. Обобщенная частотная характеристика звена. Связь между характеристиками.

11. Конечно-разностное уравнение. Структура цифрового фильтра. Виды цифровых фильтров, сравнение видов.
12. Нерекурсивные цифровые фильтры (НЦФ, КИХ-фильтры). Расчет коэффициентов. Достоинства и недостатки.
13. Рекурсивные цифровые фильтры (РЦФ, БИХ-фильтры). Структура. Связь коэффициентов фильтра с коэффициентами дифференциального уравнения.
14. Отличие Z-преобразования от преобразования Лапласа. Билинейное преобразование. Назначение, суть, особенности.
15. Расчет коэффициентов БИХ-фильтров. Особенности частотных характеристик аналоговых фильтров-прототипов. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейных систем, аналоговых и импульсных. Необходимое (но недостаточное) условие устойчивости, основанное на анализе значений коэффициентов дифференциального уравнения.
16. Случайные события, случайные величины и случайные процессы и их статистические характеристики. Классическая, статистическая и геометрическая формулы вероятности. Закон распределения и формы его представления.
17. Числовые характеристики случайных величин: матожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Способ получения случайной величины, распределенной по произвольному закону.
18. Спектрально-корреляционные характеристики случайных сигналов: выборка, мгновенный спектр, корреляционная функция и спектральная плотность мощности. Генерация сигнала с заданной корреляционной функцией.

Задачи

1 Определить амплитуду и начальную фазу сигнала, описываемого выражением
$y(t) = 3 \cdot \cos\omega t - 4 \cdot \sin\omega t$

2 Дано: частота Найквиста f_N = 50 Гц, число отсчетов сигнала N = 1000.
Определить минимально возможную частоту первой гармоники. (f_1 = 0,1 Гц)

3 Дано: частота Найквиста f_N = 50 Гц. Число гармоник в спектре M = 1000. Определить интервал во времени между отсчетами dt и частоту первой гармоники. (dt = 0.01 с, f_1 = 0.1 Гц)

4 Дано: частота Найквиста f_N = 50 Гц, число отсчетов сигнала N = 1000.
Определить продолжительность максимально возможного периода сигнала. (T = 10с)

5 Дано: частота первой гармоники f_1 = 0.1 Гц, интервал во времени между отсчетами dt = 0.01 с.
Определить число отсчетов для одного периода сигнала. (N = 1000)

6 Дано: Интервал во времени между отсчетами dt = 0.01 с, период сигнала T = 10с.
Определить частоту Найквиста и число гармоник в спектре (f_N = 50 Гц, M = 1000)

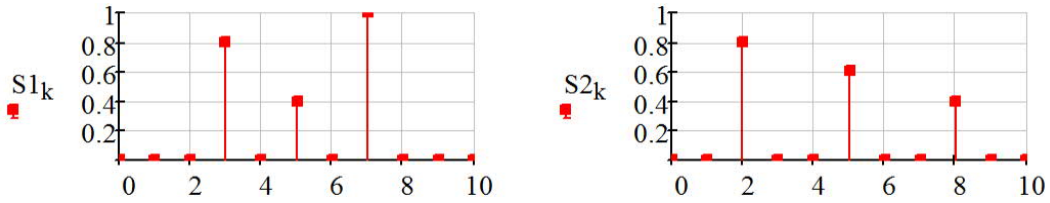
7 Дано: частота первой гармоники f_1 = 0.1 Гц, интервал во времени между отсчетами dt = 0.01 с. Определить число гармоник в спектре сигнала. (M = 1000)

8 Какого размера будет массив f на выходе функции f:=IFFT(p) если входной массив p имеет размерность 128 значений (с 0 по 127)? 129 значений (с 0 по 128)? Что будет

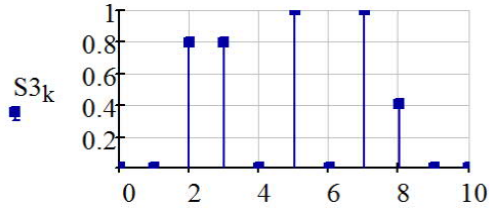
показывать размер массива *f*: число отсчетов сигнала или количество гармоник в спектре?
Ответ: (256 отсчетов сигнала *f* при 129 гармоник в половине спектра *p*)

9 Изобразить качественно спектр дискретного непериодического сигнала.
Ответ (Спектр периодичного сигнала — дискретный, дискретного — периодичный, непериодического— непрерывный)

10 Изобразить спектр сигнала $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$, если спектры сигналов $s_1(f)$ и $s_2(f)$ имеют вид:



Ответ: Спектр суммы сигналов равен сумме спектров этих сигналов (свойство линейности преобразования Фурье).



11 Дифференциальное уравнение линейного звена

$$2\frac{d^2}{dt^2}y(t) + \frac{d}{dt}y(t) + 3y(t) = 2.5\frac{d}{dt}x(t) + x(t)$$

Записать передаточную функцию.
Ответ:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{2.5s + 1}{2s^2 + s + 3}$$

12 Дифференциальное уравнение линейного звена

$$\frac{d}{dt}y(t) + 3y(t) = 2\frac{d}{dt}x(t) + x(t)$$

Записать линейно-разностное уравнение

Ответ: Первая производная $\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y[k+1]-y[k]}{T}$ $\frac{y[k+1]-y[k]}{T} + 3y[k] = 2\frac{x[k+1]-x[k]}{T} + x[k]$

$$\frac{1}{T}y[k+1] + \left(3 - \frac{1}{T}\right)y[k] = \frac{2}{T}x[k+1] + \left(1 - \frac{2}{T}\right)x[k]$$

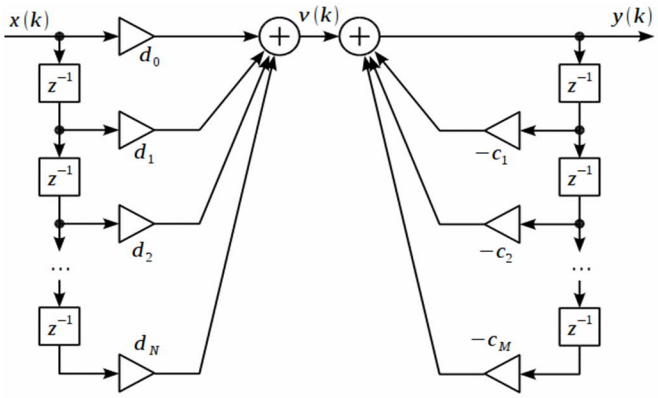
13 Изобразить структурную схему цифрового фильтра, разностное уравнение которого:

$$5y_{i+2} + 3y_{i+1} + 2y_i = x_{i+1} + 0.5x_i$$

Ответ:

$$2y[k] + 6y[k-1] + 4y[k-2] = x[k-1] + 2x[k-2]$$
$$y[k] = \left[0.5x[k-1] + 1x[k-2]\right] + \left[(-3)y[k-1] + (-2)y[k-2]\right]$$

d0=0, d1=0.5, d2=1, c1=3, c2=2



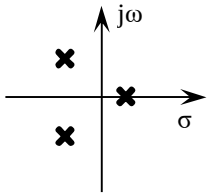
14 Изобразить структурную схему цифрового фильтра с передаточной функцией:

$$W(z) = \frac{2.5z + 1}{2z^2 + z + 3}$$

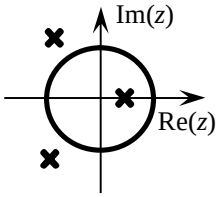
Ответ:

$$W(z) = \frac{2.5z + 1}{2z^2 + z + 3} \cdot \frac{z^{-2}}{z^{-2}} = \frac{2.5z^{-1} + z^{-2}}{2 + z^{-1} + 3z^{-2}}$$

15 Изобразить схематично положение корней характеристического уравнения на *z*-плоскости, если на *s*-плоскости они расположены в следующих местах:



16 Изобразить схематично положение корней характеристического уравнения на *s*-плоскости, если на *z*-плоскости они расположены в следующих местах:



17 Функция распределения вероятностей случайной величины описывается выражением

$$g(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 0.25x & 0 \le x \le 4 \\ 1 & 1 < x \end{cases}$$

Найти значение матожидания и дисперсии.

Ответ:

$$f(x) = g'(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 0.25 & 0 \le x \le 4 \\ 0 & 1 < x \end{cases}; \quad \mu = \int_0^4 x f(x) dx = 0.25 \frac{x^2}{2}\Big|_0^4 = 2$$

$$\sigma^2 = \int_0^4 (x - \mu)^2 f(x) dx = 0.25 \frac{(x - \mu)^3}{3}\Big|_0^4 = 1.333$$

18 Плотность распределения вероятностей случайной величины описывается выражением

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < -1 \\ 0.75(1 - x^2) & -1 \le x \le 1 \\ 1 & 1 < x \end{cases}$$

Чему равна вероятность того, что случайная величина примет значение от 0 до 1?

Ответ:

$$P(0 < x < 1) = \int_0^1 f(x)dx = (0{,}75x - 0.25x^3)\Big|_0^1 = 0.5$$

19 Найти среднеквадратическое отклонение случайной величины, возможные значения которой и вероятности появления этих значений приведены в таблице:

Значение случайной величины	1	2	3	4	5
Вероятность появления значения	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1

Ответ: m=2.3, D=1.81, σ≈1,3454

20 Рассчитать отсчеты автокорреляционной функции для комплексного периодического сигнала с периодом из двух отсчетов: x_0=1+j3 и x_1=3–j1
Ответ: μ=2+j1; D=5; R_0=2,5; R_1=2,5

21 Спектр какого сигнала является периодичным и дискретным? Какие величины можно определить, зная период повторения спектра и расстояние между гармониками?
Ответ (Спектр периодичного сигнала — дискретный, дискретного — периодичный)

22 Без расчета коэффициентов изобразить структурную схему цифрового фильтра, передаточная функция аналогового эквивалента которого имеет вид:

$$W(s) = \frac{s^3 + 2s^2 + 4s + 15}{1}$$

23 Может ли быть устойчивой система с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{3s^2 - 2s + 1}{s^3 + 2s^2 + 3s + 2} ?$$

А неустойчивой?

24 Является ли устойчивой линейная импульсная система, если корни характеристического уравнения имеют значения: z1 = –0.5+j0.5, z2 = –0.5–j0.5, z3 = 0.5+j0.