

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Косюк Сергей Михайлович  
Должность: ректор  
Дата подписания: 19.06.2025 07:25:23  
Уникальный программный ключ:  
e3a68f33e01c62c74154f499808917c6bfdfc836

## Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

### Цифровая обработка сигналов

Код, направление	11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
подготовки	системы связи
Направленность (профиль)	Корпоративные инфокоммуникационные системы и сети
Форма обучения	Заочная
Кафедра-разработчик	Радиоэлектроники и электроэнергетики
Выпускающая кафедра	Радиоэлектроники и электроэнергетики

Задание для контрольной работы.

1. Тема контрольной работы «Проектирование цифрового фильтра».
2. Цель – разработка схемы цифрового фильтра, его реализация и исследование характеристик.
3. Задание.

Заданы параметры полосы пропускания и предельные отклонения АЧХ цифрового фильтра. Требуется спроектировать цифровой фильтр, определить его частотные и импульсную характеристики, разработать схему фильтра, реализовать ее в виде компьютерной модели, снять частотные и временные характеристики фильтра.

4. Период выполнения: в период подготовки к зачету начиная с 11 недели 7 семестра до дня проведения зачета. Контрольная работа сдается преподавателю для проверки не позднее, чем за день до зачета. В период проведения зачета проводится процедура оценивания контрольной работы.

Вопросы к зачету:

1. Дискретизация аналогового сигнала  $x(t)$  производится с периодом  $T_d$ . Чему равно значение решетчатой функции  $x(n)$ , описывающей дискретный сигнал, на интервале  $nT_d < t < (n + 1)T_d$  ?
2. При каком условии последовательность, полученная путем дискретизации гармонического сигнала, не является периодической?
3. Какие операции осуществляются при переходе от дискретного сигнала к цифровому?
4. Запишите математическую модель идеальной дискретизации.
5. Максимальная частота в спектре звукового сигнала равна 20 кГц. Каков должен быть минимальный период дискретизации в АЦП, чтобы эффект наложения отсутствовал?
6. В чем заключается способ восстановления непрерывного сигнала по дискретным отсчетам, непосредственно вытекающий из теоремы УКШ?
7. Дискретная последовательность образована путем дискретизации одного периода гармонического колебания. Частота дискретизации равна  $\omega/8$ . Чему равен коэффициент ДПФ  $X(0)$ ?
8. Что понимают под термином «алгоритм БПФ»?

9. Каково общее количество комплексных умножений при реализации базовой операции «бабочка»?
10. Какая операция лежит в основе построения алгоритма БПФ с произвольным основанием (алгоритма Кули — Тьюки)?
11. Последовательность  $y(n)$  образуется как результат свертки двух последовательностей  $x(n) = (-0,9)^n$  и  $h(n)$ . Определите  $Y(z)$ , если  $H(z) = 1/(1 - bz^{-1})$ .
12. Найдите спектр дискретной последовательности.
13. Найдите спектр произведения двух дискретных последовательностей.
14. Аналоговый сигнал имеет спектральную плотность, равную нулю при частоте выше 50 кГц. Определит частоту дискретизации.
15. Определите частоту дискретизации сигнала сложной формы.
16. Найдите спектральную плотность амплитуд дискретизированного треугольного импульса.
17. Определите спектр дискретизированного прямоугольного импульса.
18. Восстановите аналоговый сигнал по дискретным отчетам.
19. Определите амплитудный и фазовый спектр дискретного сигнала.
20. Вычислите энергию дискретного сигнала в частотной области.
21. Найдите Z-преобразование дискретного сигнала.
22. Определите сигнал по Z-изображению.
23. Найдите дискретный сигнал по Z-изображению методом вычетов.
24. Найдите дискретный сигнал по Z-изображению методом разложения на простые дроби.
25. Найдите радиус сходимости для дискретного сигнала.
26. Найдите круговую свертку сигналов.
27. Опишите свойства дискретного преобразования Фурье.
28. Найдите дискретное преобразование Фурье периодической последовательности отсчетов.
29. Найдите дискретное преобразование Фурье последовательности отсчетов ограниченной длительности.
30. Найдите дискретное преобразование Фурье сигнала сложной формы.
31. Докажите, что коэффициенты ряда Котельникова  $s(t)$ , это значения сигнала в моменты времени  $t=nT_d$ .
32. Докажите, что функции отсчетов  $\text{sinc}(t-nT_d)$  и  $\text{sinc}(t-mT_d)$  ортогональны при  $n \neq m$ .
33. Определите спектральную плотность импульса, заданного аналитическим выражением  $s(t)=\text{sinc}(t-nT_d)$ .
34. Почему невозможно существование функции, описывающей сигнал, ограниченный во времени и имеющий ограниченный частотный спектр?
35. Опишите каноническую форму реализации дискретной цепи.
36. Опишите транспонированную форму реализации дискретной цепи.
37. Опишите параллельную форму реализации дискретной цепи.
38. Опишите последовательную форму реализации дискретной цепи.
39. Определите отсчеты выходного сигнала при известном разностном уравнении и входном сигнале.
40. Постройте схему дискретной цепи по разностному уравнению.
41. Найдите выходной сигнал системы с известным разностным уравнением при подаче на его вход дельта-импульса.

42. Найдите разностное уравнение цепи, передаточную функцию и выходной сигнал для дискретных цепей различного вида при известном входном сигнале.
43. Запишите разностное уравнение дискретного интегратора различного вида.
44. Определите устойчивость или неустойчивость цепи с известной передаточной функцией.
45. Постройте дискретную цепь в параллельной форме по известной передаточной функции.
46. Что называется передаточной функцией цифрового фильтра?
47. Что понимают под определением «физически реализуемый цифровой фильтр»?
48. Как связаны между собой комплексная частотная и импульсная характеристики дискретного фильтра?
49. Каков период комплексной частотной характеристики дискретного
50. фильтра?
51. Какая форма реализации цифрового фильтра называется канонической?
52. Нерекурсивный фильтр, представляющий собой равновесный сумматор 4-х отсчетов, предназначен для обработки дискретного сигнала, задаваемого 16 отсчетами. Какова должна быть размерность (число точек) дискретного преобразования Фурье при реализации обработки в таком фильтре в частотной области?
53. С какой дискретизацией по частоте анализирует спектр цифровой спектроанализатор, использующий алгоритм 256-точечного БПФ, если частота дискретизации АЦП равна 512 кГц?
54. Какова разрешающая способность по частоте (по уровню  $-3$  дБ) цифрового спектроанализатора, использующего алгоритм 256-точечного БПФ, если период дискретизации равен  $0,1$  мкс?
55. В чем заключается синтез нерекурсивных ЦФ методом «окна»?
56. Какой тип фильтра (при одинаковом порядке) обладает максимальной избирательностью?
57. Чем объясняется деформация шкалы частот при синтезе рекурсивных цифровых фильтров методом билинейного преобразования?
58. Линейные дискретные фильтры. Разностные уравнения.
59. Уравнение цифрового фильтра в терминах  $z$ -преобразования.
60. Импульсная и передаточная характеристики цифрового фильтра. Условие устойчивости.
61. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики для основных конфигураций нулей и полюсов передаточной функции.
62. Расположение нулей передаточной функции КИХ-фильтров с линейной фазой.
63. Примеры цифровых фильтров. Цифровой интегратор. Цифровой дифференциатор (простой).
64. Трансверсальный фильтр.
65. Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры).
66. Ких-фильтры с линейной фазовой характеристикой.

67. Рекурсивный метод реализации КИХ-фильтров. Метод частотной выборки.
68. Гребенчатый фильтр, комплексный резонатор, полосовой фильтр.
69. Набор полосовых КИХ-фильтров и ДПФ
70. Ких-фильтры с целыми коэффициентами. Фильтр текущего усреднения.
71. Цифровые фильтры бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры).
72. Найдите корреляционную функцию двух дискретных последовательностей.
73. Определите отсчеты сигнала, корреляционную функцию и мощность отсчетов сигнала для сигнала заданного вида с заданным спектром.
74. Определите интервал дискретизации случайного стационарного процесса при условии, чтобы отсчет были некоррелированы.
75. Найдите числовые, временные и спектральные характеристики выходной последовательности для дискретной цепи с заданной импульсной характеристикой при поступлении на ее вход эргодического сигнала с заданными параметрами.
76. Опишите математическую модель шума квантования. В каких случаях процесс квантования входного сигнала не удовлетворяет этой модели?
77. На сколько разрядов надо увеличить АЦП сигнала, чтобы отношение дисперсии сигнала к дисперсии шумов квантования увеличилось на 18 дБ?
78. Биполярный аналоговый сигнал на входе пятиразрядного АЦП имеет максимальную амплитуду 200 мВ. Вычислите дисперсию шумов квантования сигнала на выходе цифрового фильтра первого порядка, описываемого разностным уравнением с комплексным коэффициентом:  $y(n) = x(n) + a_1y(n - 1)$ ,  $a_1 = 0,8 \exp(j\Omega T_d)$ .
79. Биполярный аналоговый сигнал на входе восьмиразрядного АЦП имеет максимальную амплитуду 1 В. Вычислите дисперсию шумов квантования сигнала на выходе цифрового фильтра, описываемого уравнением  $y(n) = 0,8 x(n) - 0,5x(n - 1) + 0,4x(n - 2)$ .
80. Биполярный аналоговый сигнал, имеющий максимальную амплитуду 2 В после преобразования в четырехразрядном АЦП, поступает на вход рекурсивного цифрового фильтра первого порядка с коэффициентом  $a = 0,5$ . После умножения на коэффициент результат записывается в четырехразрядный регистр. Какова дисперсия ошибки сигнала на выходе, обусловленной округлением промежуточных результатов?
81. Определите дисперсию ошибки выходного сигнала на выходе нерекурсивного ЦФ четвертого порядка, обусловленную округлением результатов умножения до 4-х разрядов. Входной сигнал преобразован в четырехразрядном АЦП с шагом квантования 0,5 В. Коэффициенты фильтра задаются четырехразрядным двоичным кодом.
82. Чем объясняются искажения АЧХ и ФЧХ ЦФ при квантовании коэффициентов фильтра?
83. Какая форма реализации рекурсивных фильтров наименее чувствительна к квантованию коэффициентов?

84. Определите разрядность входного сигнала и разрядность регистров оперативной памяти при известной передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра.
85. Определите разрядность входного сигнала для КИХ-фильтра с известной импульсной характеристикой.
86. Определите разрядность регистров памяти умножителей для КИХ-фильтров с известной импульсной характеристикой и известными параметрами шума на выходе фильтра.
87. Определите разрядность входного сигнала для нерекурсивной цифровой цепи с известной передаточной функцией.
88. Определите разрядность регистров памяти умножителей для нерекурсивной цифровой цепи с известной передаточной функцией и известными параметрами шума на выходе фильтра.
89. Определите мощность собственных шумов, разрядность входного сигнала и разрядность регистров оперативной памяти рекурсивного цифрового фильтра с известной передаточной функцией и известными параметрами выходного сигнала.
90. Определите разрядность коэффициентов дискретной цепи методом проб, при известной передаточной функции и погрешности АЧХ цепи.
91. Определите разрядность коэффициентов дискретной цепи по вероятностной модели на основе функции чувствительности, при известной передаточной функции и погрешности АЧХ цепи.
92. Определите разрядность коэффициентов дискретной цепи по детерминированной модели при известной передаточной функции и погрешности АЧХ цепи.
93. Каково назначение предварительного фильтра в простейшей системе с понижением частоты дискретизации (дециматоре)?
94. Какой должна быть КЧХ идеального интерполяционного фильтра в простейшей системе с повышением частоты дискретизации (интерполяторе)?
95. Запишите алгоритм работы однородного трансверсального фильтра третьего порядка при понижении частоты дискретизации на его выходе в 2 раза.
96. Запишите алгоритм работы рекурсивного фильтра первого порядка с коэффициентом  $a$  при понижении частоты дискретизации на его выходе в 2 раза.
97. Как связан спектр выходного сигнала компрессора частоты дискретизации со спектром входного сигнала?
98. Какой сигнал называется узкополосным?
99. Определите сопряженный сигнал и огибающую для вещественного сигнала — гармонического колебания вида  $s(t) = \cos(2\pi ft + \theta)$ .
100. Какой тип дискретного фильтра приближенно реализует дискретное преобразование Гильберта?