

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и технологий  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Руководитель

\_\_\_\_\_ Богач Н. В.

Выполнил

\_\_\_\_\_ Солдатова Е. И.  
группа 33501/3

Санкт-Петербург  
2018

## 1. Цель работы

Изучить воздействие ФНЧ на тестовый сигнал с шумом

## 2. Постановка задачи

Сгенерировать гармонический сигнал с шумом и синтезировать ФНЧ. Получить сигнал во временной и частотной областях до и после фильтрации. Сделать выводы о воздействии ФНЧ на спектр сигнала.

## 3. Теоретическая часть

Под фильтрацией электрического сигнала обычно понимают выделение в сигнале желательных спектров, или подавление нежелательных. Тема фильтрации весьма обширна, и рассматривает множество различных подходов к обработке электрического сигнала. Существует масса различных классификаций фильтров, включая:

- аппаратные и программные;
  - цифровые и аналоговые;
  - линейные и нелинейные;
  - фильтры средних, низких и высоких частот;
- и т.п.

В данной работе мы рассмотрим один из самых распространенных электронных фильтров — фильтр низких частот (ФНЧ, low pass filter), а точнее — его программную реализацию. Данный тип фильтров используется для сглаживания показаний различных датчиков и сигналов управления.

Резкое усечение импульсной характеристики приводит к сильной изрезанности частотной характеристики в полосе пропускания и недопустимо большому уровню боковых лепестков в полосе непропускания. Чтобы улучшить вид частотной характеристики, импульсную характеристику умножают на весовую функцию (так называемое «временное окно»), которая близка к единице в середине и плавно убывает к краям. В результате форма импульсной характеристики становится более плавной и, как следствие этого, улучшается вид частотной характеристики.

Наилучшие результаты получаются при использовании окна Кайзера, которое описывается выражением:

$$w_k(n) = \frac{I_0\left(\beta\sqrt{1 - \left[2n/(N-1)\right]^2}\right)}{I_0(\beta)}, \quad -\left(\frac{N-1}{2}\right) \leq n \leq \frac{N-1}{2}$$

где  $\beta$  — константа, определяющая компромисс между максимальным уровнем боковых лепестков и шириной главного лепестка (или долей общей энергии в главном лепестке) частотной характеристики окна.

Окно Кайзера является оптимальным окном в том смысле, что оно представляет последовательность конечной длины, которая имеет минимум энергии спектра за пределами некоторой заданной частоты.

Однако, ни одно из этих окон не позволяет получить оптимальную в минимаксном смысле аппроксимацию произвольной идеальной частотной характеристики, поскольку в действительности характеристика фильтра является результатом свертки частотных

характеристик окна и идеального фильтра. Таким образом, несмотря на наличие оптимальных окон, оптимальных фильтров, которые рассчитывались бы с их помощью, не существует.

#### 4. Ход работы

Зададим косинусоидальный сигнал, зашумим его, построим его спектр. Затем используя fdatool создадим фильтр.

Текст программы:

```
function Hd = filter_hd %FILTER Returns a discrete-time filter object.
% MATLAB Code
% Generated by MATLAB(R) 9.1 and the DSP System Toolbox 9.3.
% Generated on: 06-Apr-2018 13:10:45
% FIR Window Lowpass filter designed using the FIR1 function.
% All frequency values are in Hz.
Fs = 100; % Sampling Frequency

N = 500; % Order
Fc = 10; % Cutoff Frequency
flag = 'scale'; % Sampling Flag
Beta = 0.5; % Window Parameter

% Create the window vector for the design algorithm.
win = kaiser(N+1, Beta);

% Calculate the coefficients using the FIR1 function.
b = fir1(N, Fc/(Fs/2), 'low', win, flag);
Hd = dfilt.dfir(b);

% [EOF]

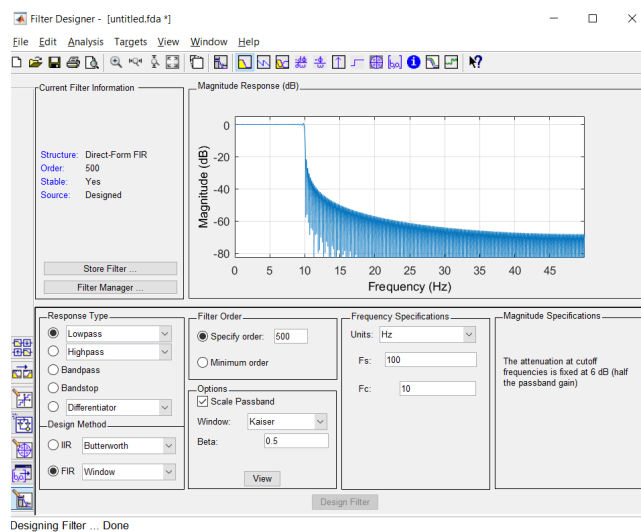
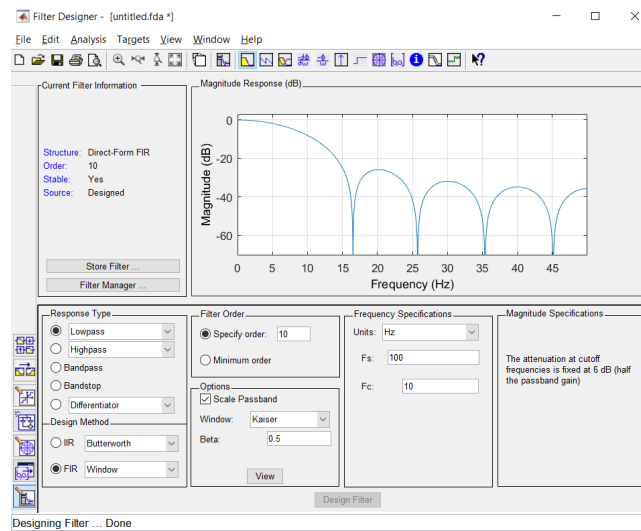
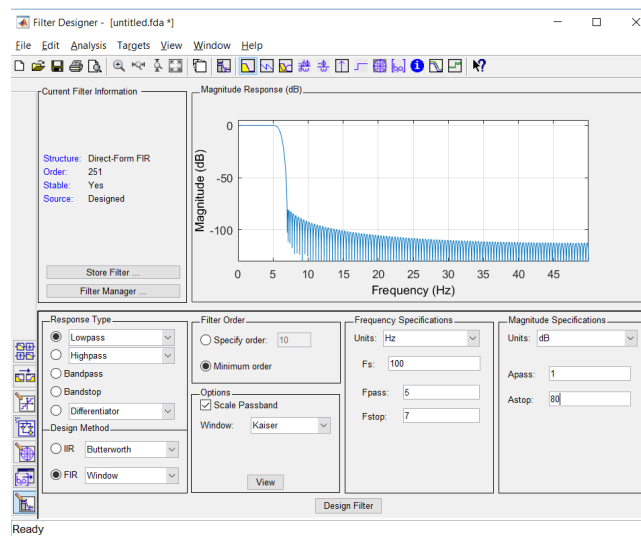
t = 0:0.01:4*pi;
f0 = 1;
x = cos (2*pi*f0*t);
figure;
plot(t, x); %исходный сигнал

x_noise = awgn (x, 12);
figure;
plot (t, x_noise); %зашумленный сигнал

figure;
plot (t, abs(fft(x_noise))); %спектр сигнала

%fdatool -> создание фильтра
y = filter(Hd, x_noise);
figure;
plot (t, y);
end
```

Результаты работы в окне fdatool для различных параметров:



## 5. Выводы

Итак, используя фильтр, мы устраняем большую часть помех и тем самым улучшаем качество сигнала. Однако часть шума может совпадать с сигналом, и фильтр не сможет его убрать. Для получения лучших результатов используются окна, и одно из самых известных - это окно Кайзера.

При увеличении  $\beta$  в окне Кайзера уменьшается уровень боковых лепестков частотной характеристики и пульсации в полосе пропускания и в то же время уменьшается крутизна скатов частотной характеристики. С помощью окна Кайзера можно синтезировать фильтры, имеющие практически прямоугольную форму частотной характеристики.