МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Кафедра «Программное обеспечение»

Отчет

по лабораторной работе №3

по дисциплине «Теория цифровой обработки сигналов»

на тему «Расчет КИХ-фильтра методом окна»

Выполнил

студент гр. Б18-191-2 Р.А. Гумметов

Принял И.О.Архипов

Ижевск 2020

**Часть 1.**

Задание

Реализуйте фильтры нижних частот с частотами среза 𝑓с=1000Гци 𝑓с=100Гц. В качестве испытательного воздействия используйте функцию единичного скачка. Длительность испытательного воздействия 0.1с. Скачек соответствует моменту времени 0.05с. В качестве оконной функции для усечения импульсной характеристики используйте прямоугольное окно. Длина окна 𝑀=257M=257. Обратите внимание на сглаживание фронта сигнала при разных частотах среза ФНЧ. Постарайтесь сделать вывод об этом.

Код программы

fd=10000 #Частота опроса, Гц

dt = 1.0/fd #Период опроса, с

N=1024 #Размер БПФ для расчета АЧХ

df=fd/N #Точность представления частотной области

fs1=1000 #Частота среза фильтра

ns1=int(fs1/df) #Номер отсчета АЧХ, который соответствует частоте среза

fs2=2500 #Частота среза фильтра

ns2=int(fs2/df) #Номер отсчета АЧХ, который соответствует частоте среза

f=np.arange(0.0, fd, df) #Шкала (ось) частот

H1=np.zeros(len(f)) #Заготовка для АЧХ

H2=np.zeros(len(f)) #Заготовка для АЧХ

#Задаем форму АЧХ

H1[0:ns1]=1

H1[N-ns1:N]=1 #Зеркальное отражение АЧХ

H2[0:ns2]=1

H2[N-ns2:N]=1 #Зеркальное отражение АЧХ

h1=ifft(H1) #Обратное БПФ для вычисления ИХ

h1=np.real(h1) #Сохранить только действительную часть ИХ (мнимая равна нулю)

#Сдвиг импульсной характеристики

hShift1=np.zeros(len(f))

hShift1[0:int(N/2)]=h1[int(N/2):N]

hShift1[int(N/2):N]=h1[0:int(N/2)]

h2=ifft(H2) #Обратное БПФ для вычисления ИХ

h2=np.real(h2) #Сохранить только действительную часть ИХ (мнимая равна нулю)

#Сдвиг импульсной характеристики

hShift2=np.zeros(len(f))

hShift2[0:int(N/2)]=h2[int(N/2):N]

hShift2[int(N/2):N]=h2[0:int(N/2)]

#Задаем параметры воздействия

d=0.05 #Длительность сигнала, с

t = np.arange(0.0, d, dt) #Массив меток времени, с

x = np.zeros(len(t)) # Инициализация сигнала нулями

x[int(len(t)/2):] = 1.0 # Создание импульса

M = 257

h\_rect1=hShift1[int(len(hShift1)/2-M/2):int(len(hShift1)/2+M/2)]

y\_rect1 = signal.convolve(x,h\_rect1,mode='same')

signal\_plot(x, y\_rect1, t)

h\_rect2=hShift2[int(len(hShift2)/2-M/2):int(len(hShift2)/2+M/2)]

y\_rect2 = signal.convolve(x,h\_rect2,mode='same')

signal\_plot(x, y\_rect2, t)

Результат работы

Graphical user interface, chart, line chart

Description automatically generated

Рис. 1

**Ширина полосы пропускания фильтра влияет на скорость его реакции на входное воздействие.**

**Часть 2.**

Задание

Реализуйте полосовые фильтры с частотами среза 𝑓н=1000Гци 𝑓в=2500Гц. В качестве оконной функции для усечения импульсной характеристики используйте прямоугольное окно и окно Хэмминга. Длина окна 𝑀=31M=31. В качестве испытательного воздействия используйте единичный импульс. Сделайте вывод о том, как влияет форма окна на АЧХ фильтра при усечении импульсной характеристики. Что получим на выходе фильтра при использовании единичного импульса в качестве испытательного воздействия?

Код программы

fn=1000 #Частота среза фильтра

nn=int(fn/df) #Номер отсчета АЧХ, который соответствует частоте среза

fv=2500 #Частота среза фильтра

nv=int(fv/df) #Номер отсчета АЧХ, который соответствует частоте среза

f=np.arange(0.0, fd, df) #Шкала (ось) частот

H=np.zeros(len(f)) #Заготовка для АЧХ

#Задаем форму АЧХ

H[nn:nv]=1

H[N-nv:N-nn]=1

plt.plot(f, H)

h=ifft(H) #Обратное БПФ для вычисления ИХ

h=np.real(h) #Сохранить только действительную часть ИХ (мнимая равна нулю)

#Сдвиг импульсной характеристики

hShift=np.zeros(len(f))

hShift[0:int(N/2)]=h[int(N/2):N]

hShift[int(N/2):N]=h[0:int(N/2)]

plt.plot(np.arange(0.0, N/fd, dt),hShift)

#Задаем параметры воздействия

d=0.05 #Длительность сигнала, с

t = np.arange(0.0, d, dt) #Массив меток времени, с

x = np.zeros(len(t)) # Инициализация сигнала нулями

x[int(len(t)/2)] = 1.0 # Создание импульса

M = 31

h\_rect=hShift[int(len(hShift)/2-M/2):int(len(hShift)/2+M/2)]

y\_rect = signal.convolve(x,h\_rect,mode='same')

signal\_plot(x, y\_rect, t)

h\_hamming=hShift[int(len(hShift)/2-M/2):int(len(hShift)/2+M/2)]\*np.hamming(M)

y\_hamming = signal.convolve(x,h\_hamming,mode='same')

signal\_plot(x, y\_hamming, t)

Y\_rect=20\*np.log10(np.abs(fft(y\_rect))+0.00001)

Y\_hamming=20\*np.log10(np.abs(fft(y\_hamming))+0.00001)

#Меткичастот

f=np.arange(0.0,fd,fd/len(Y\_rect))

f2=np.arange(0.0,fd,fd/len(Y\_hamming))

fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(16, 4))

ax[0].step(f[0:int(len(f)/2)],Y\_rect[0:int(len(f)/2)])

ax[0].set\_xlabel('Частота f, Гц')

ax[0].set\_ylabel('Амплитуда')

ax[0].set\_title('Спектрвоздействия')

ax[0].set\_ylim([-70,0])

ax[1].step(f2[0:int(len(f2)/2)],Y\_hamming[0:int(len(f2)/2)],'r')

ax[1].set\_xlabel('Частота f, Гц')

ax[1].set\_ylabel('Амплитуда')

ax[1].set\_title('Спектрреакции')

ax[1].set\_ylim([-70,0])

Результат работы

A picture containing box and whisker chart

Description automatically generated

Рис. 2

Chart

Description automatically generated

Рис. 3

**Форма окна при усечении импульсной характеристики влияет на подавления частот в полосе заграждения.**

**Часть 3.**

Задание

Реализуйте фильтры верхних частот с частой среза 𝑓с=2500Гц. В качестве оконной функции для усечения импульсной характеристики используйте окно Блэкмана. Длину окна возьмите равной 𝑀=21 и 𝑀=41. В качестве испытательного воздействия используйте единичный импульс. Сделайте вывод о том, как влияет длина окна на АЧХ фильтра при усечении импульсной характеристики.

Код программы

fd=10000 #Частота опроса, Гц

dt = 1.0/fd #Период опроса, с

N=1024 #Размер БПФ для расчета АЧХ

df=fd/N #Точность представления частотной области

fs=2500 #Частота среза фильтра

ns=int(fs/df) #Номер отсчета АЧХ, который соответствует частоте среза

f=np.arange(0.0, fd, df) #Шкала (ось) частот

H=np.ones(len(f)) #Заготовка для АЧХ

#Задаем форму АЧХ

H[0:ns]=0

H[N-ns:N]=0 #Зеркальное отражение АЧХ

h=ifft(H) #Обратное БПФ для вычисления ИХ

h=np.real(h) #Сохранить только действительную часть ИХ (мнимая равна нулю)

#Сдвиг импульсной характеристики

hShift=np.zeros(len(f))

hShift[0:int(N/2)]=h[int(N/2):N]

hShift[int(N/2):N]=h[0:int(N/2)]

d=0.05 #Длительность сигнала, с

t = np.arange(0.0, d, dt) #Массив меток времени, с

x = np.zeros(len(t)) # Инициализация сигнала нулями

x[int(len(t)/2)] = 1.0 # Создание импульса

M1=21 #Длина усеченной импульсной характеристики

M2=41 #Длина усеченной импульсной характеристики

#Умножаем импульсную характеристику на окна прямоугольное, Хэмминга, Ханна, Блэкмана

#Для фильтрации выбрать одно из окон

h\_blackman1=hShift[int(len(hShift)/2-M1/2):int(len(hShift)/2+M1/2)]\*np.blackman(M1)

y\_blackman1 = signal.convolve(x,h\_blackman1,mode='same')

h\_blackman2=hShift[int(len(hShift)/2-M2/2):int(len(hShift)/2+M2/2)]\*np.blackman(M2)

y\_blackman2 = signal.convolve(x,h\_blackman2,mode='same')

signal\_plot(x,y\_blackman1,t)

signal\_plot(x,y\_blackman2,t)

Y\_blackman1=20\*np.log10(np.abs(fft(y\_blackman1, n=1024))+0.00001)

Y\_blackman2=20\*np.log10(np.abs(fft(y\_blackman2, n=1024))+0.00001)

fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(16,4))

ax[0].step(f[0:int(len(f)/2)],Y\_blackman1[0:int(len(f)/2)])

ax[0].set\_xlabel('Отсчеты')

ax[0].set\_ylabel('Амплитуда')

ax[0].set\_title('АЧХ M=21')

ax[1].step(f[0:int(len(f)/2)],Y\_blackman2[0:int(len(f)/2)])

ax[1].set\_xlabel('Отсчеты')

ax[1].set\_ylabel('Амплитуда')

ax[1].set\_title('АЧХ M=41')

Результат работы

Воздействие и реакция при разных M:

Chart, line chart, box and whisker chart

Description automatically generated

Рис. 4

АЧХ фильтры с разными значениями М:

Chart, histogram

Description automatically generated

Рис. 5

**Ширина окна при усечении импульсной характеристики влияет на ширину переходной полосы АЧХ фильтра.**