



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" IAȘI
FACULTATEA AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE
SPECIALIZAREA CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

DISCIPLINA: ACHIZIȚIA ȘI PRELUCRAREA DATELOR-PROIECT

ANALIZA UNUI SUNET ÎN DOMENIUL TIMP ȘI FRECVENȚĂ

Coordonator
Prof.Ungureanu Florina

Student,
Bulai Iustina-Bianca
1307A

Iași, 2022

Descrierea proiectului

Proiectul își propune analiza în domeniul timp și domeniul frecvență al unui semnal sonor ce reprezintă un fragment dintr-o operă clasică.

Pentru analiza în domeniul timp, au fost calculate valori precum minimumul, maximumul, media, indexul minim, indexul maxim, dispersia, mediana, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul trecerilor prin 0 (zero-crossing), precum și calculul histogramei, filtrarea prin mediere (pe 16 sau 32 de puncte), filtrarea cu element de ordin I, derivata semnalului și anvelopa.

Pentru analiza în domeniul frecvenței, a fost reprezentat spectrul semnalului inițial, s-au aplicat ferestrele Blackman și Dreptunghiulară și filtre de tipul Cebyshev II trece jos și Notch cu frecvența de tăiere 1000Hz.

Cerințele proiectului

Etapă I

Va fi utilizat un script python pentru încărcarea fișierului „12.wav” și acesta va fi analizat în domeniul timp și în frecvență. Se va realiza reprezentarea grafică a acestuia și se va afișa histograma. Vor fi calculate și afișate valorile de minim, maxim, indexul acestora, dispersia, media, mediana, numărul de treceri prin zero.

Se vor aplica două tipuri de filtrare: prin mediere (pe 16 sau 32 de elemente) și cea cu element de Ordinul I.

Vor fi afișate și derivata semnalului și anvelopa acestuia.

Graficele obținute vor fi salvate ca imagini jpg.

Etapă II

Se dorește includerea unui nou panou în aplicație pentru a putea reprezenta semnalul audio în domeniul frecvență. Se cere spectrul semnalului inițial, aplicarea a două tipuri de ferestre (Blackman și Dreptunghiulară) și a două tipuri de filtre (Cebyshev II trece jos pentru 2/3 din spectrul semnalului și Notch cu frecvența de tăiere 1000Hz).

Graficele obținute se vor salva ca imagini jpg.

Mediul de dezvoltare

Mediul de dezvoltare pentru realizarea proiectului a fost LabWindows/CVI 2020 (dezvoltat de National Instruments). Limbajul de programare utilizat este ANSI C.

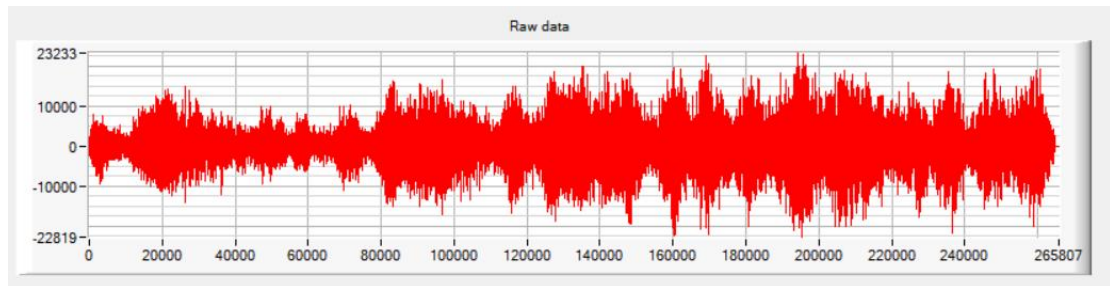
Totodată, pentru a putea procesa semnalul audio și anvelopa acestuia, a fost utilizat și mediul de dezvoltare Python 3.8, incluzând bibliotecile NumPy și SciPy.

Etapă I: Analiza în domeniul timp

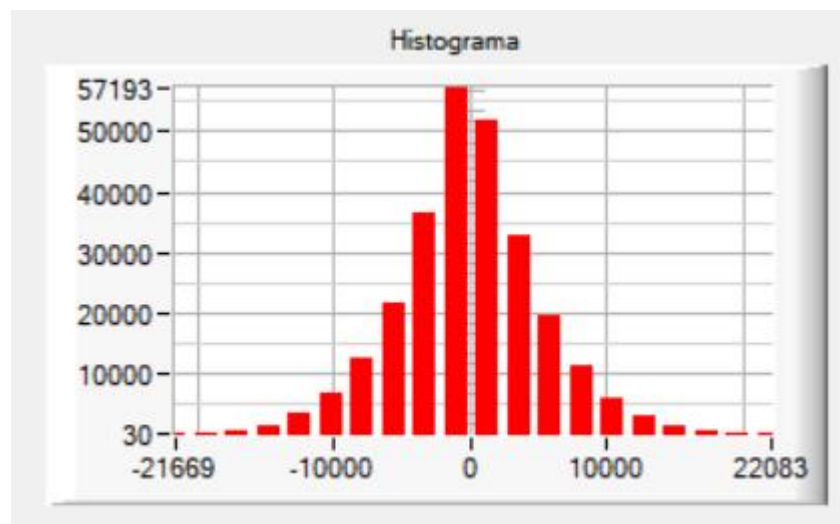
Aceasta constă în execuția scriptului Python care realizează conversia fișierului „12.wav” în două fișiere cu extensia .txt în care se găsesc informații cu privire la rata

de eșantionare și numărul de eșantioane ale semnalului. Este afișat pe un control de tip Graph semnalul audio inițial.

Pentru acesta s-au calculat și afișat pe interfață următoarele valori: minim (-22819.00), maxim (23233.00), indexul minim (195260), indexul maxim (194338), media (-0.40), dispersia (5172.61), mediana (-2.00), numărul de treceri prin zero (8285). S-a calculat și afișat histograma. Semnalul poate fi vizualizat și pe secunde, accesând butoanele Next și Prev de pe interfață.



Semnalul inițial

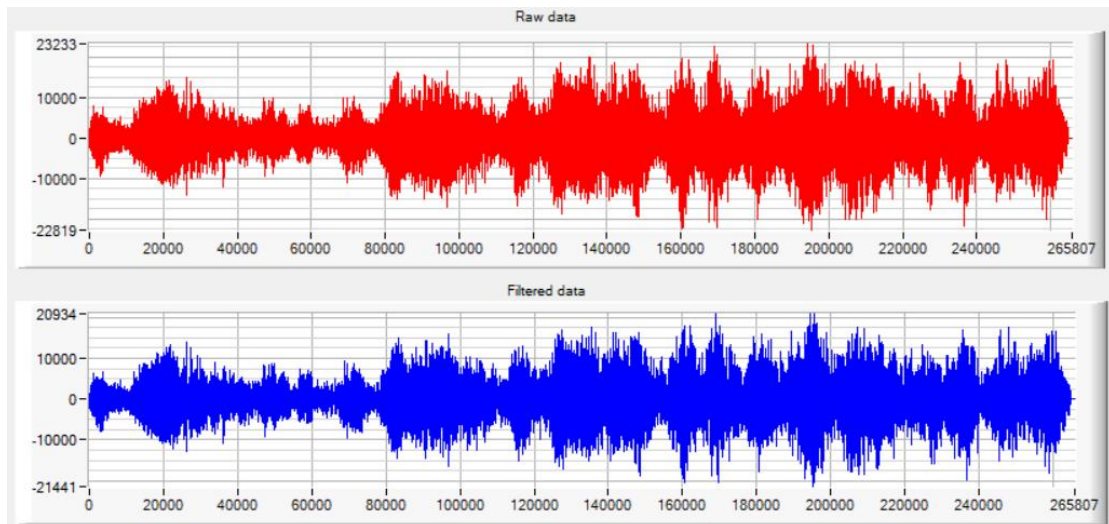


Histograma semnalului

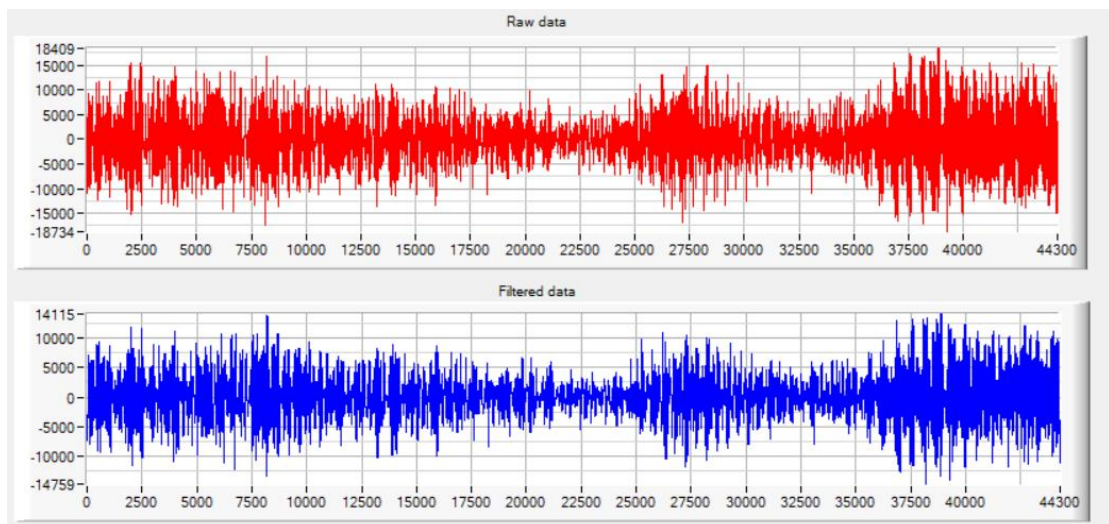
Mai apoi s-au aplicat următoarele filtre în domeniul timp:

Mediere(pe 16 sau 32 de elemente)

În cazul acestui filtru, a fost realizată media pe grupuri de dimensiunea ferestrei și s-a procedat astfel: elementele până la dimensiunea ferestrei-1, au fost copiate în vectorul destinat rezultatului filtrării, iar pentru restul elementelor s-a realizat media pentru cele „dimensiune fereastră-1” elemente anterioare.



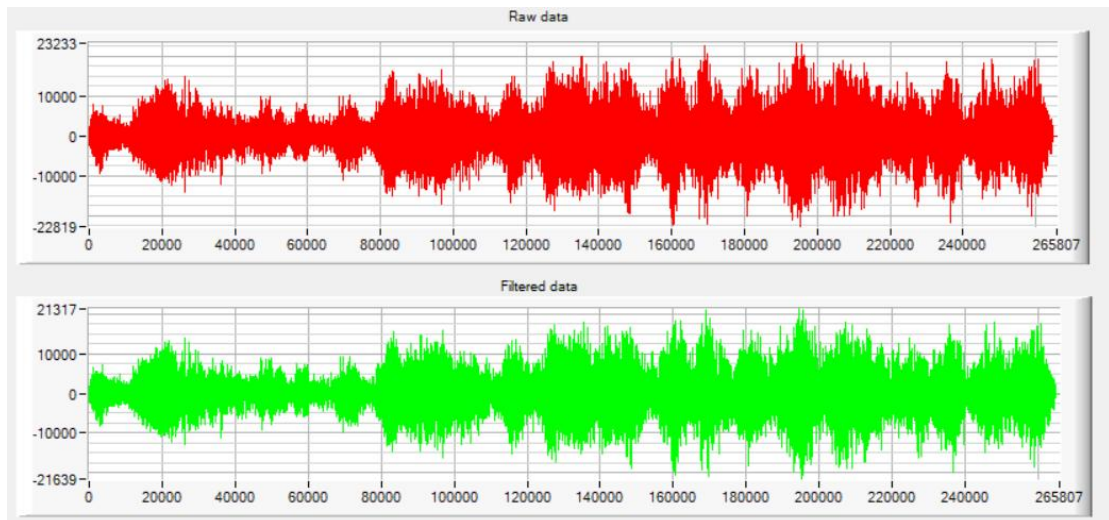
Filtrarea prin mediere cu dimensiunea ferestrei=16, pentru întreg semnalul



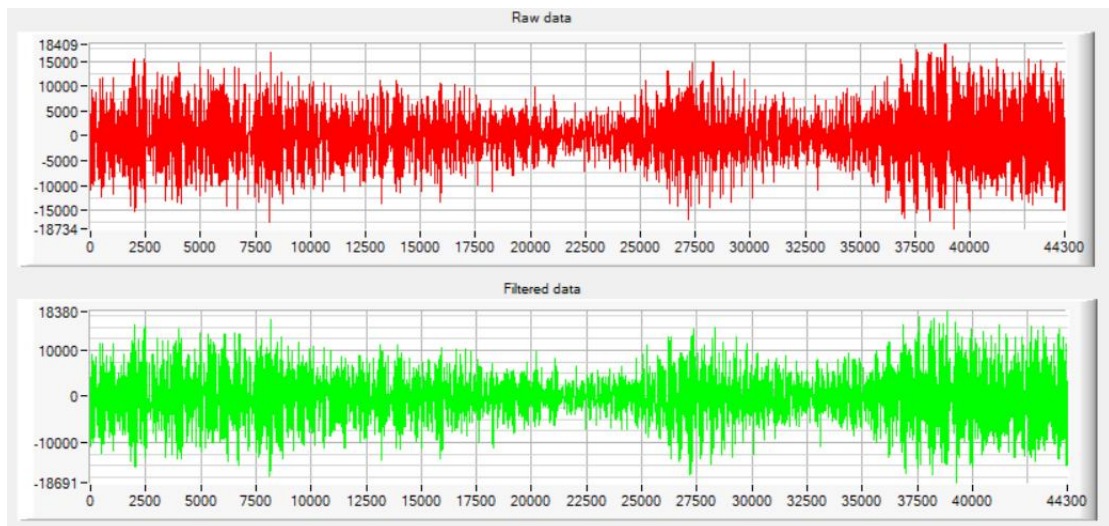
Filtrare prin mediere pentru secunda 2-3 cu dimensiunea ferestrei=32

Cu element de ordin I

S-a utilizat relația: $\text{filt}[i] = (1 - \alpha) * \text{filt}[i-1] + \alpha * \text{signal}[i]$, unde signal este vectorul valorilor semnalului audio și filt reprezintă vectorul valorilor filtrate. Coeficientul α poate lua valori între 0 și 1 și se poate alege acest lucru din interfață. Se observă că pentru valori ale lui α mai apropiate de 0, este mai vizibil rezultatul filtrării, iar dacă α are o valoare mai apropiată de 1, semnalul filtrat are o amplitudine apropiată de cea a semnalului inițial.

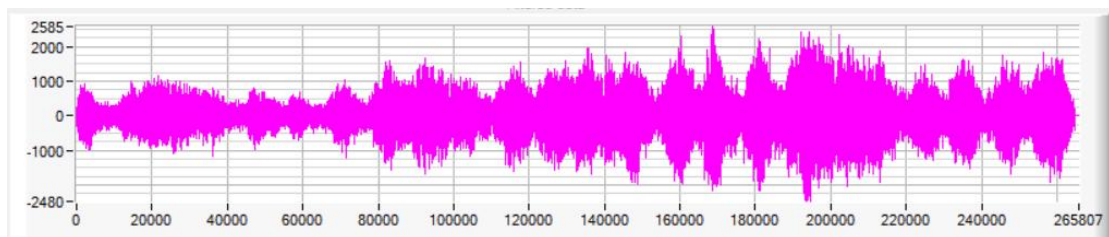


Filtrarea cu element de ordin I, unde $\alpha=0.2$, pentru întreg semnalul

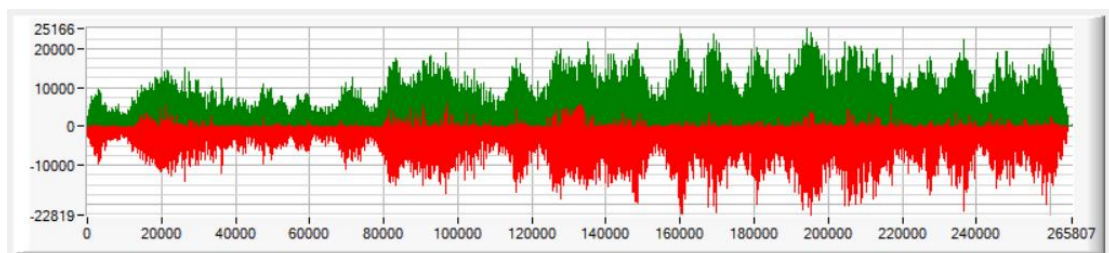


Filtrare cu element de ordin I, unde $\alpha=0.7$ pentru secunda 2-3

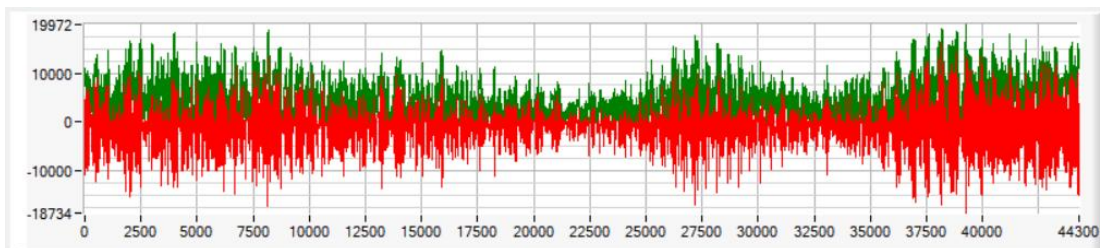
S-au calculat, mai apoi, derivata semnalului și anvelopa acestuia.



Derivata semnalului



Anvelopa semnalului

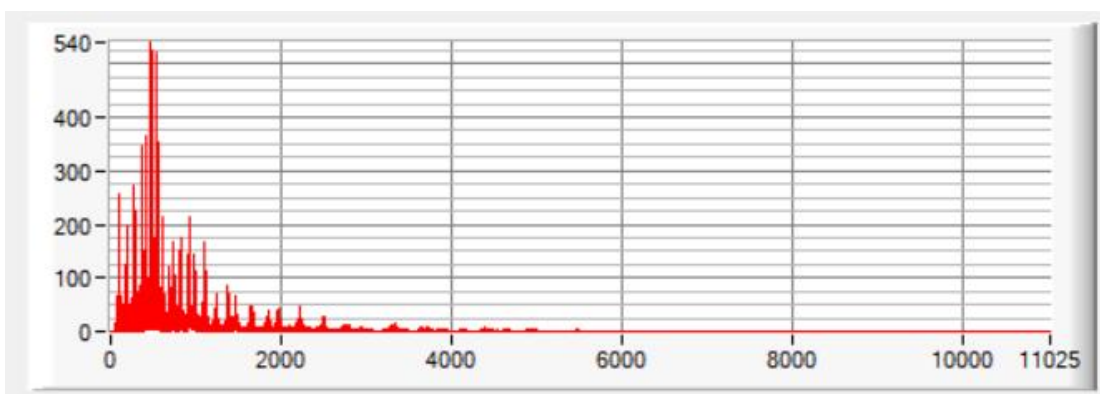


Anvelopa semnalului pentru secunda 2-3

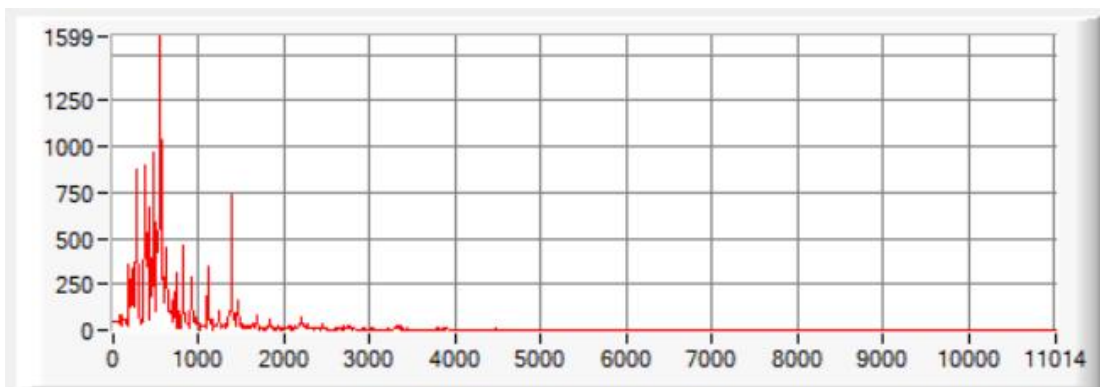
Etapa II: Analiza în domeniul frecvență

Pentru analiza în domeniul frecvență s-a creat un nou panou în care se vor afișa rezultatele următoarelor cerințe: afișarea semnalului inițial și a spectrului său, a semnalului filtrat, ferestruit și spectrul semnalului rezultat. Aceste cerințe pot fi afișate pentru o dimensiune aleasă de pe interfață (2048, 4096, 8192, 16384), pentru întregul rezultat sau pentru o secundă aleasă de pe interfață.

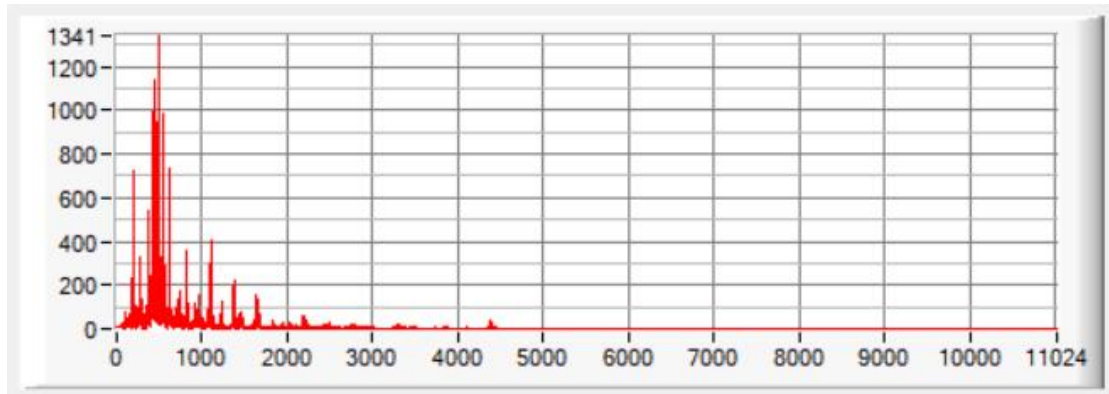
Pentru a calcula spectrul semnalului inițial, s-au utilizat următoarele funcții CVI: ScaledWindowEx, AutoPowerSpectrum, PowerFrequencyEstimate și ConvertedSpectrum.



Spectrul semnalului inițial



Spectru semnal pentru dimensiune=4096



Spectru semnal pentru secunda 2-3

Poate fi observat faptul că reprezentarea spectrului are o dimensiunea egală cu jumătatea frecvenței de eșantionare.

S-au aplicat mai apoi filtre de tipul: Chebyshev II trece jos pentru 2/3 din spectrul semnalului și Notch pentru frecvența de 1000Hz.

Pentru filtrul Notch, deoarece în CVI nu există o funcție care să implementeze acest filtru, a fost proiectat în Matlab cu filterDesigner, iar coeficienții obținuți utilizați în filtrarea în CVI sunt următorii:

Pentru $F=1000\text{Hz}$ și $fNq=22050$

Numerator:

Numerator[0]= 0.958216646376661040918065737059805542231

Numerator[1]=-1.897014980249072779727725901466328650713

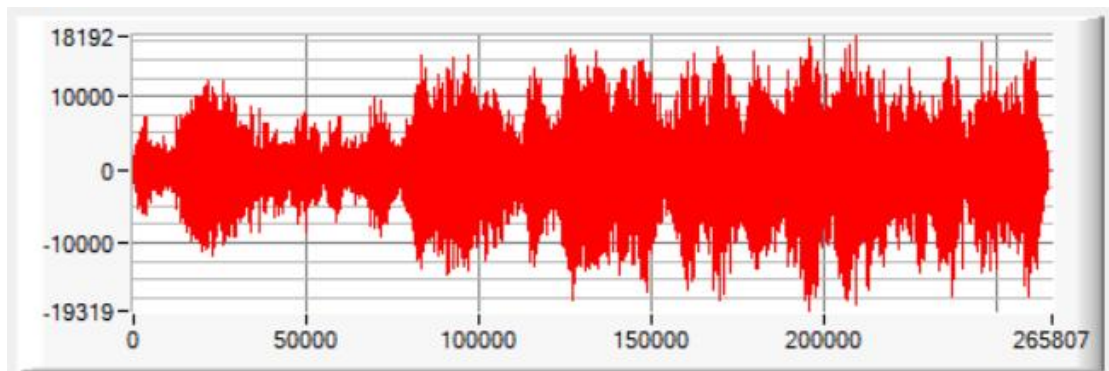
Numerator[2]= 0.958216646376661040918065737059805542231

Denominator:

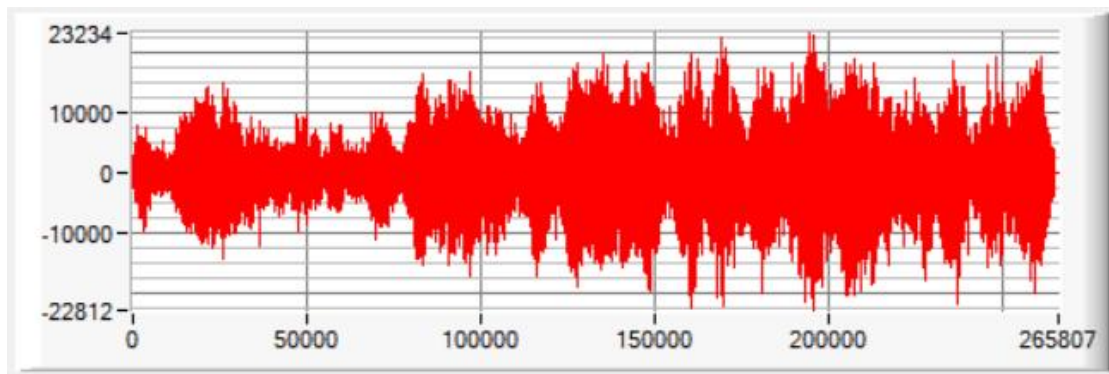
Denominator[0]=1

Denominator[1]=-1.897014980249072779727725901466328650713

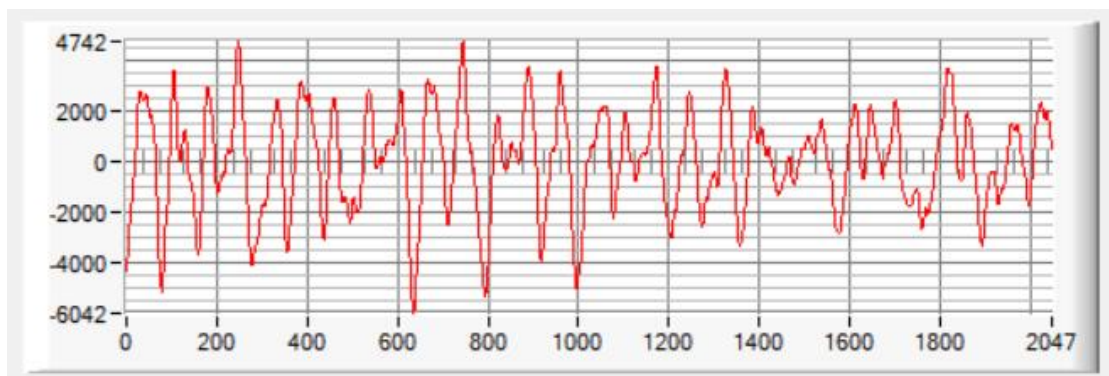
Denominator[2]= 0.916433292753322081836131474119611084461



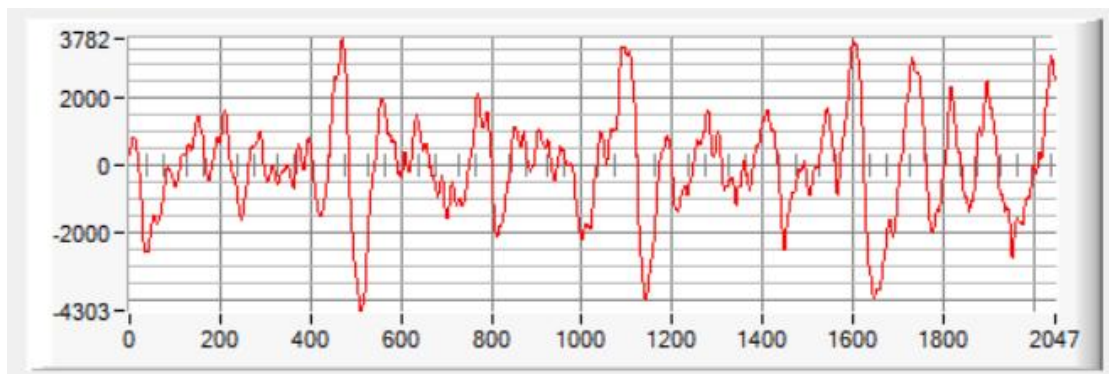
Filtru Notch pentru întregul semnal



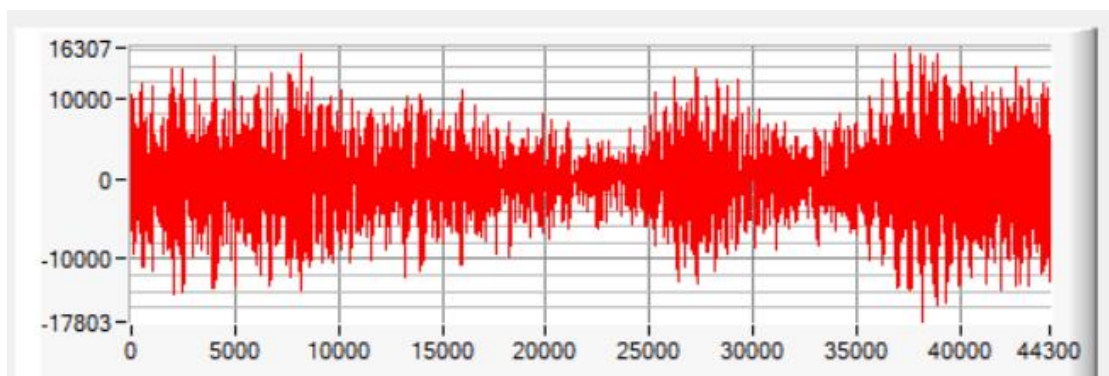
Filtru Chebyshev II trece jos pentru 2/3 din spectru



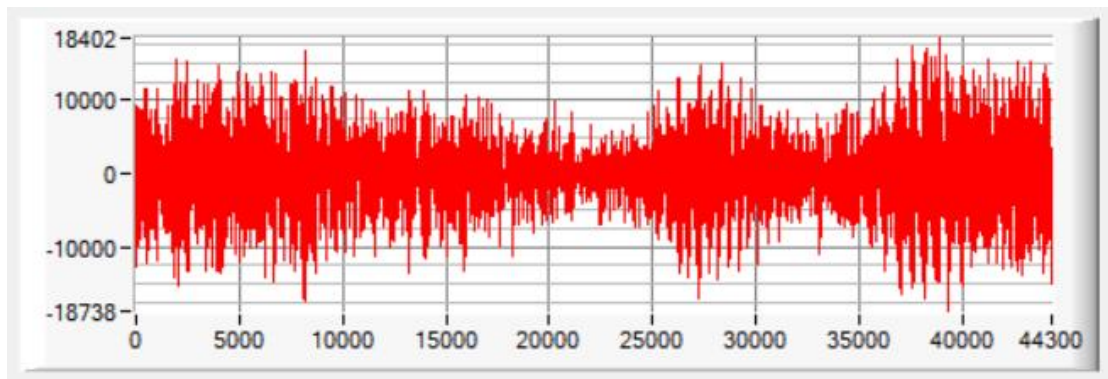
Filtru Chebyshev II trece jos pentru dimensiune=2048 pentru o fereastră



Filtru Notch pentru dimensiune=2048 pentru o fereastră



Filtru Notch pentru secunda 2-3



Filtru Chebyshev II trece jos pentru secunda 2-3

Asupra filtrării, s-a aplicat o fereastră de tip Blackmann sau Dreptunghiulară. Acestea sunt aplicate înaintea calculului spectrului pentru a evita scurgerea spectrală și pentru a evidenția liniile spectrale de frecvențe apropiate.

Fereastra Blackman este descrisă de următoarea ecuație:

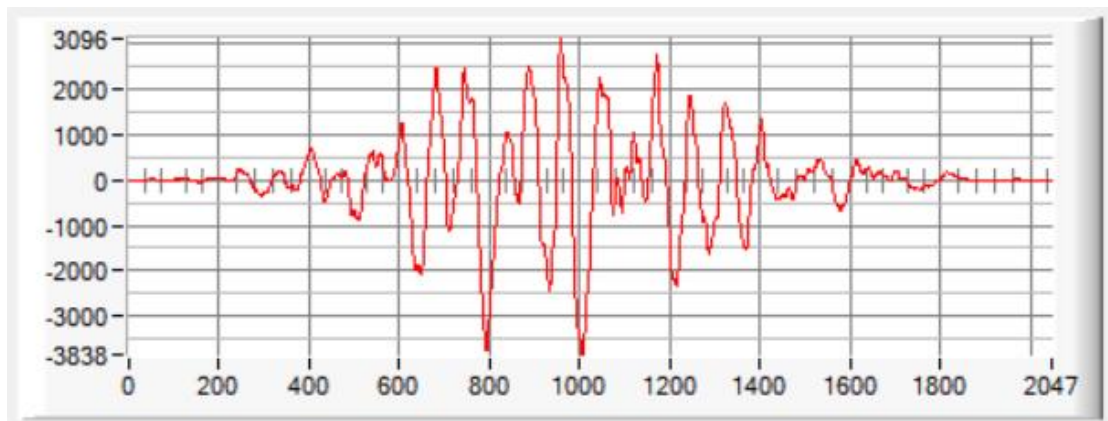
$$w(n) = 0.42 - 0.50\cos(\omega) + 0.08\cos(2\omega)$$

Pentru $n=0,1,2,\dots,N-1$

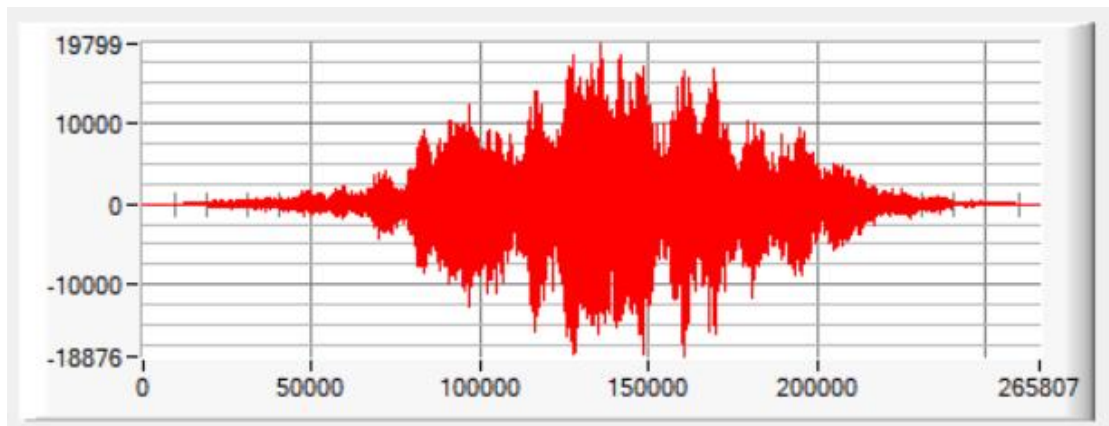
Aceasta este utilă pentru măsurarea unui singur ton, datorită nivelului maxim scăzut al lobului lateral și al ratei mari a acestuia.

Fereastra dreptunghiulară este descrisă de următoarea ecuație:

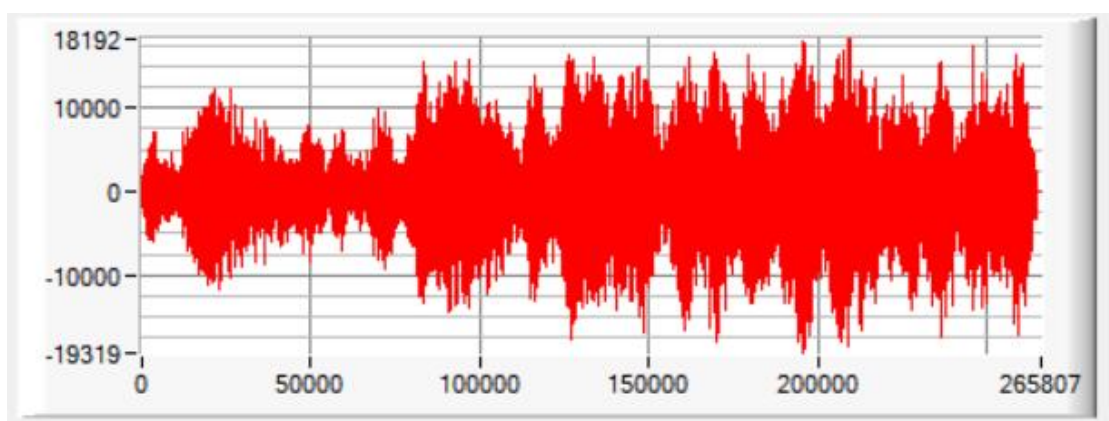
$$W(n)=1, \text{ pentru } n=0,1,2,\dots,N-1$$



Semnal cu filtru Notch și fereastră Blackman

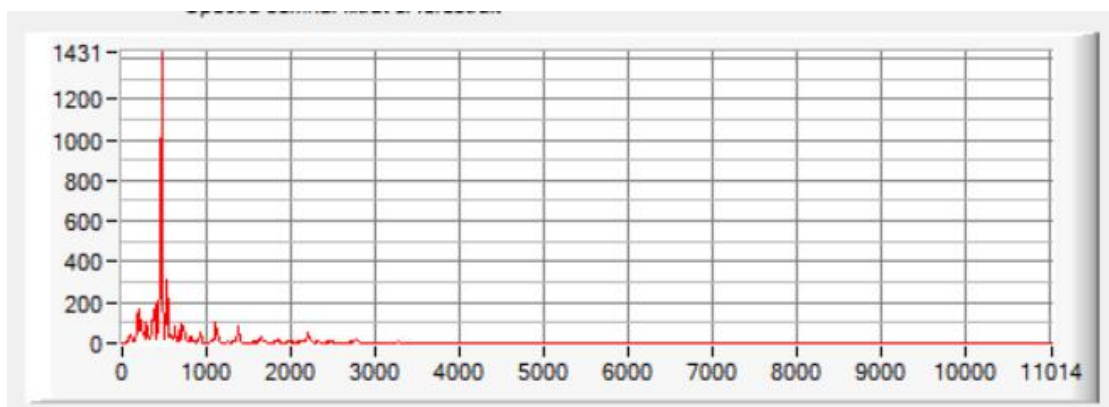


Semnal cu filtru Chebyshev II trece jos și fereastră Blackman

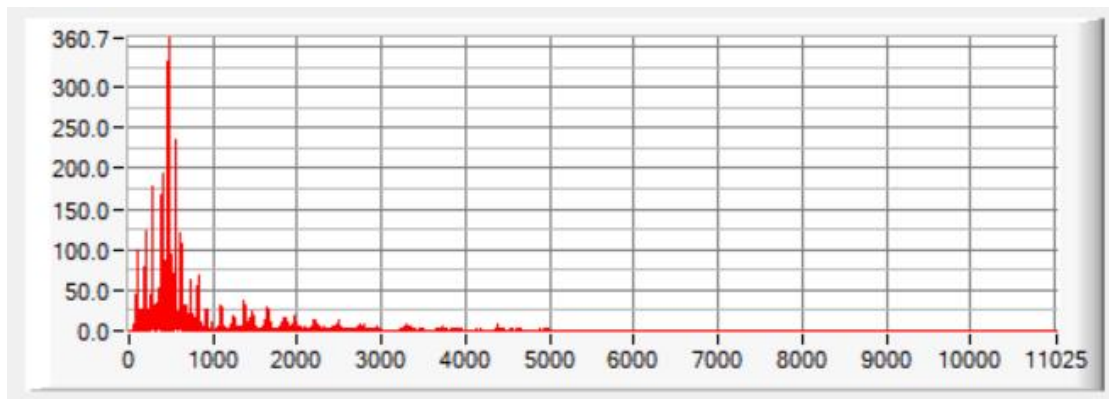


Semnal cu filtru Notch și fereastră Dreptunghiulară

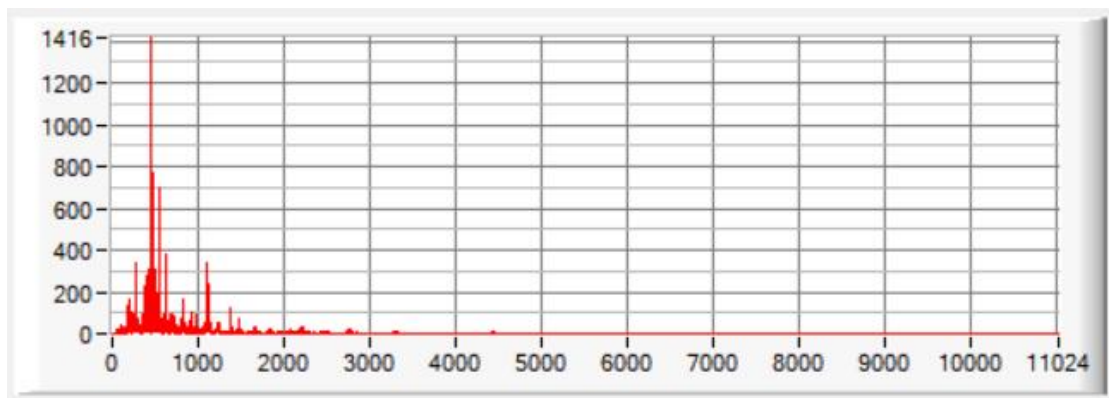
În final, s-a afișat spectrul pentru semnalul rezultat în urma filtrării și ferestruirii.



Spectru pentru filtru Notch și fereastră Blackman pentru dimensiune=4096



Spectru pentru filtru Notch și fereastră Blackman pentru întreg semnalul



Spectru filtru Chebyshev II trece jos și fereastră Dreptunghiulară pentru secunda 0-1