



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

DISCIPLINA: ACHIZIȚIA ȘI PRELUCRAREA DATELOR-PROIECT

Coordonator,

Prof. Robert-Gabriel Lupu

Student,

Donici Leonardo-Mario

Grupa 1306A

Iași, 2023

Descrierea proiectului

Procesarea semnalelor audio, subdomeniu al procesării semnalelor, are, în era noastră o răspândire semnificativă în domenii precum: filmografie, muzica, aparate cu comanda vocală, extragere de sunete din mediu prin filtrare(de exemplu ce spune o anumită persoană într-un mediu zgomotos) etc. Proiectul își propune analiza unui semnal sonor în domeniul timp și în frecvență. Accentul cade pe procesarea digitală(matematică) a semnalului, nu pe cea analogică. Analiza în domeniul timp evidențiază valoarea minimă, valoarea maximă, valoarea medie, mediana, dispersia, numărul de treceri prin 0, histograma(distribuția eșantioanelor), derivata semnalului, anvelopa, semnalul rezultat la filtrarea prin mediere(pe 16 sau 32 de puncte) și filtrarea cu element de ordin I. În domeniul frecvenței s-a reprezentat spectrul, s-au aplicat ferestrele: Triunghiulară, FlatTop și filtrele: Bessel și Butterworth de grad 4 și 6 trece jos pt 1/3 din spectru.

Cerințele proiectului

Se cere analiza fișierului „3.wav” în timp și în frecvență. Pentru determinarea eșantioanelor se va folosi un script python ce va crea două fișiere: unul cu frecvența de eșantionare și numărul de eșantioane, celălalt conține eșantioanele semnalului.

Etapă I

Eșantioanele semnalului vor fi afișate pe un grafic și se vor determina minimul, maximul, dispersia, valoarea medie, mediana, numărul de treceri prin 0 și histograma. Opțional pe același grafic poate fi suprapusă și anvelopa semnalului. În domeniul timp se vor aplica două filtre: filtrul prin mediere(16 sau 32 de elemente), filtrare cu element de ordin I. Se vor putea salva ca imagini graficele obținute atât pe tot semnalul cât și pe intervale.

Etapă II

A doua parte urmărește analiza în frecvență care presupune afișarea spectrului pe o fereastră de timp de 1024, 2048, 4096, 8192, 16384 sau 32768 puncte. Se vor aplica ferestrele: Triunghiulară, FlatTop și filtrele Bessel și Butterworth de grad 4 și 6 trece jos pt 1/3 din spectru. Graficele obținute vor fi salvate în imagini.

Medii de dezvoltare și fișiere utilizate

În realizarea proiectului s-au folosit ca medii de dezvoltare LabWindows/CVI 2020(de la National Instruments) pentru crearea interfeței vizuale și majoritatea procesărilor numerice, limbajul de programare folosit a fost ANSI C. Înafara fișierelor .c, .uir(interfața grafică), și .h sau folosit și librării dezvoltate tot de această companie special pentru procesarea de semnale. Având în vedere suportul solid oferit de python atât matematic cât și în procesarea diferitelor tipuri de fișiere, eșantioanele au fost extrase din fișierul .wav utilizând un script cu apeluri ale funcțiilor din biblioteca numpy, cât și pentru conversia eșantioanelor filtrate înapoi în wav. Determinarea anvelopei a fost făcută de asemenea tot în acest limbaj folosind numpy și biblioteca signal din scipy. Mediile de dezvoltare pentru python au fost python 3.8(interpretor cod) .

Etapa 1: analiza în domeniul timp

Prima parte a analizei în domeniul timp este extragerea frecvenței de eșantionare, a numărului de eșantioane și a eșantioanelor. Ulterior eșantioanele se afișează pe un grafic și se determină: minimul, maximul, media, mediană, dispersia, numărul de treceri prin 0, histograma și anvelopa semnalului. Determinarea valorilor s-a făcut apelând la funcții CVI precum: MaxMin1D (pentru maxim și minim), Mean (pentru medie), StdDev (pentru dispersie), Median (pentru mediană). Pentru calculul Histogramei s-a folosit funcția Histogram din mediul de dezvoltare. Numărul de treceri prin 0 a fost calculat prin parcurgerea vectorului de eșantioane și numărarea schimbărilor de semn. Anvelopa a fost determinată cu ajutorul transformatei Hilbert folosind limbajul Python.

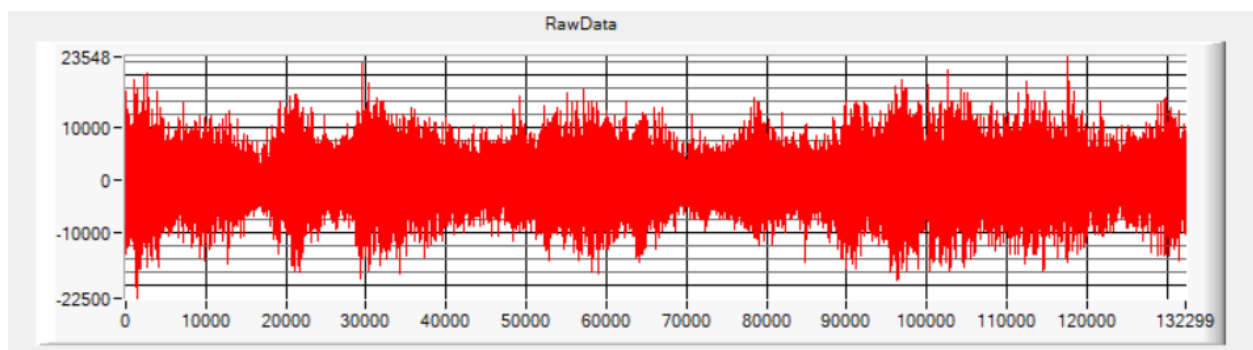


Fig1. Reprezentarea grafică a semnalului initial

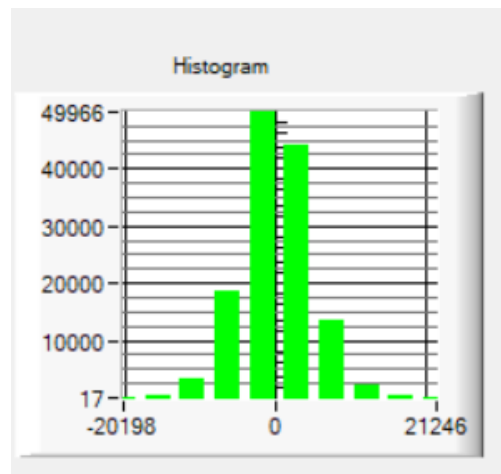


Fig2. Histograma semnalului

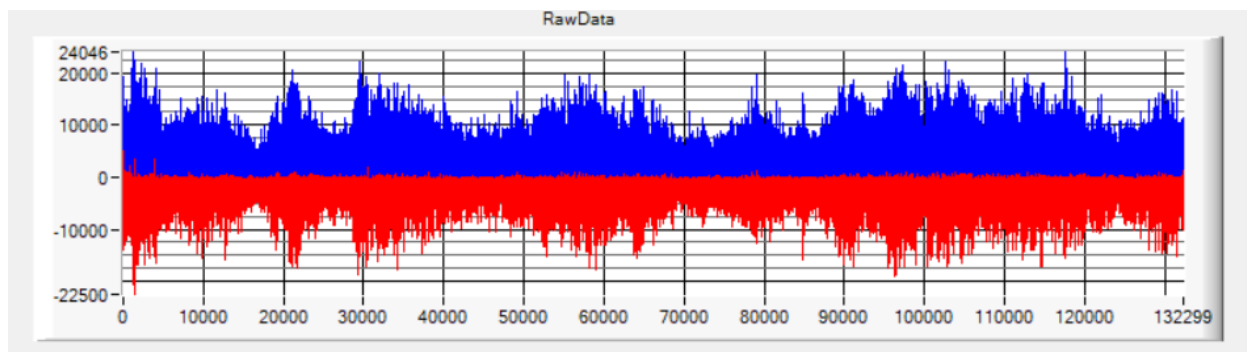


Fig3. Anvelopa semnalului peste semnalul initial

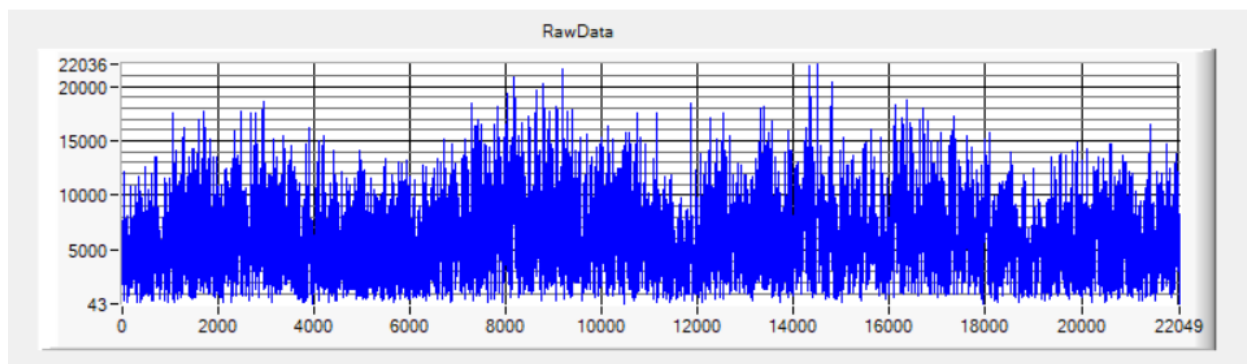


Fig 3.1. Anvelopa semnalului între secunde 4-5

În domeniul timp se implementează două tipuri de filtre: prin mediere (pe 16 sau 32 de elemente) și cu element de ordin I (unde α va avea valori între 0-1, fiind alese de pe interfață). Pentru analiza semnalului pe secunde s-au utilizat controalele Prev și Next ce realizează trecerea la secunda anterioară sau la cea următoare.

Filtrarea prin mediere

Pentru mediere s-a parcurs vectorul de la 0 până la numărul de eșantioane – dimensiunea ferestrei, calculând media pe grupuri de dimensiunea ferestrei, pentru fiecare element s-a făcut media cu următoarele „dimensiune fereastră” -1 elemente. Ultimele elemente nu au fost filtrate, în cazul lor s-a realizat simpla copiere a valorilor.

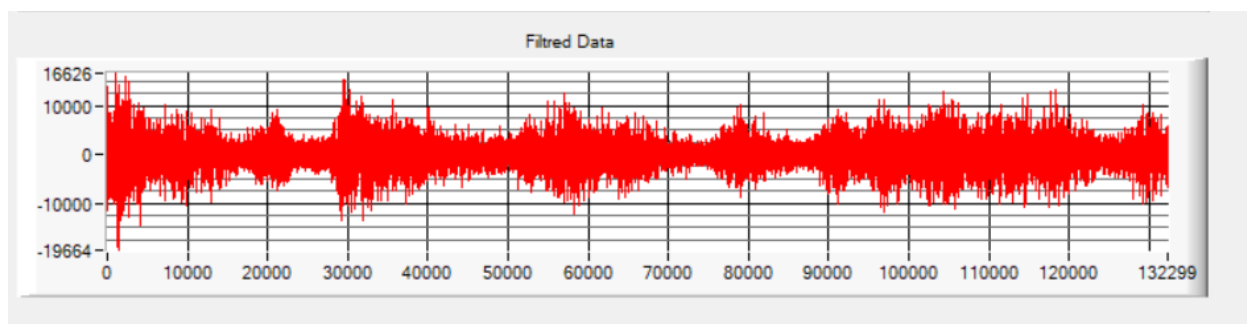


Fig 4. Filtru mediere pe 16 elemente

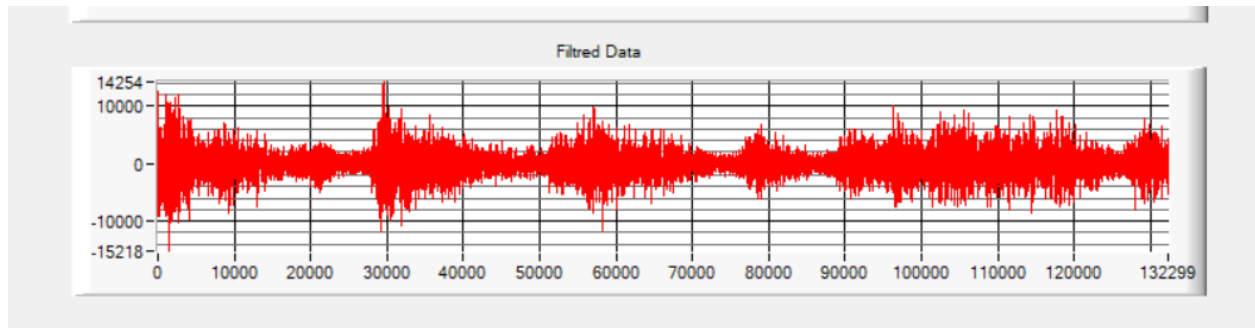


Fig 4.1. Filtru mediere pe 32 elemente

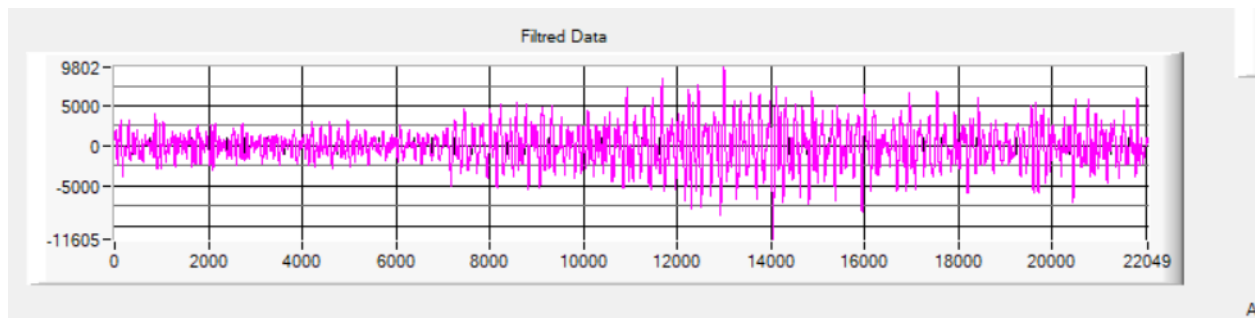


Fig 4.2. Filtru mediere pe 32 elemente între secundele 2-3

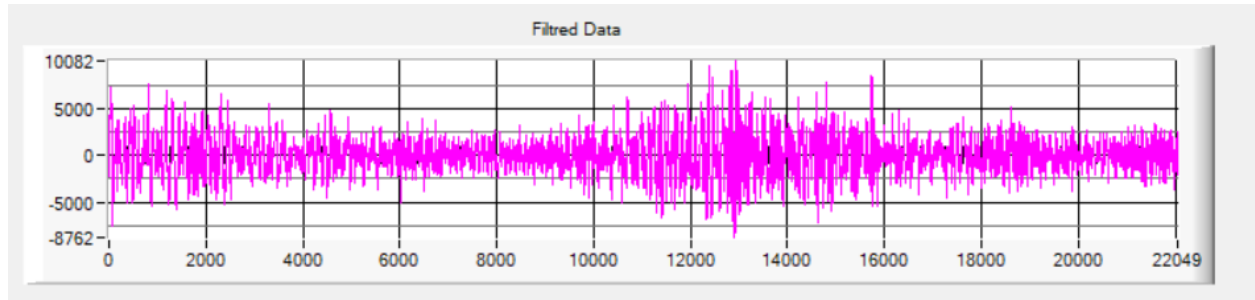


Fig 4.3. Filtru mediere pe 16 elemente între secundele 3-4

Filtrarea cu element de ordin I

Filtrarea se va realize utilizând formula: $\text{filt}[i] = (1 - \alpha) * \text{filt}[i-1] + \alpha * \text{signal}[i]$, unde signal este vectorul de eşantioane, filt semnalul filtrat rezultat și alpha un parametru a cărui valoare se va putea alege de pe interfață fiind cuprins între 0 și 1. Când alpha este mai aproape de 0 filtrarea semnalului va fi mai evidentă, dacă valoarea lui alpha este aproape de 1 semnalul filtrat va varia mai puțin față de cel inițial.

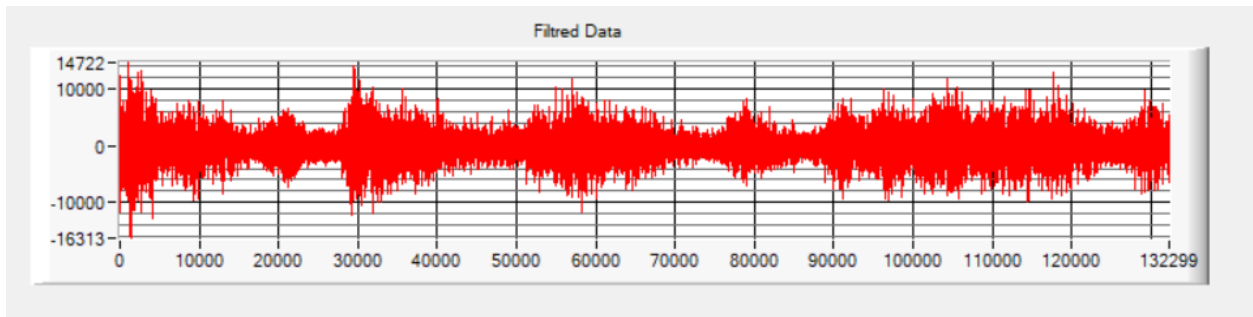


Fig 5. Filtru de ordin I cu $\alpha=0.1$

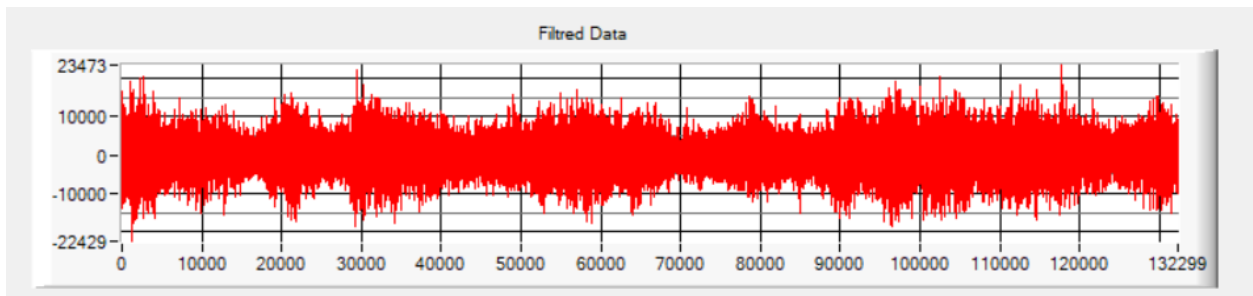


Fig 5.1. Filtru de ordin I cu $\alpha=0.9$

Etapă 2: Analiza în domeniul frecvențelor

Analiza în domeniul frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza spectrul, două tipuri de ferestre și două tipuri de filtre. Calcularea spectrului a fost realizată pe o anumită dimensiune (2048, 4096, 8192, 16384) aleasă printr-un control numeric de pe interfață. În noul panou se vor reprezenta semnalul inițial, spectrul semnalului inițial, tipul de fereastră, semnalul inițial cu fereastră aplicată, semnalul filtrat și spectrul semnalului filtrat.

Prima parte are în vedere determinarea spectrului semnalului achiziționat cu ajutorul funcțiilor CVI ScaledWindowEx, AutoPowerSpectrum, PowerFrequency Estimate și SpectrumUnitConversion.

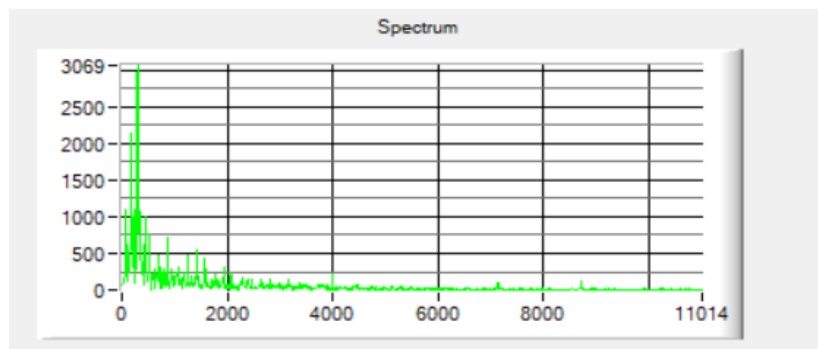


Fig 6. Spectrul semnalului initial pe 2048 puncte

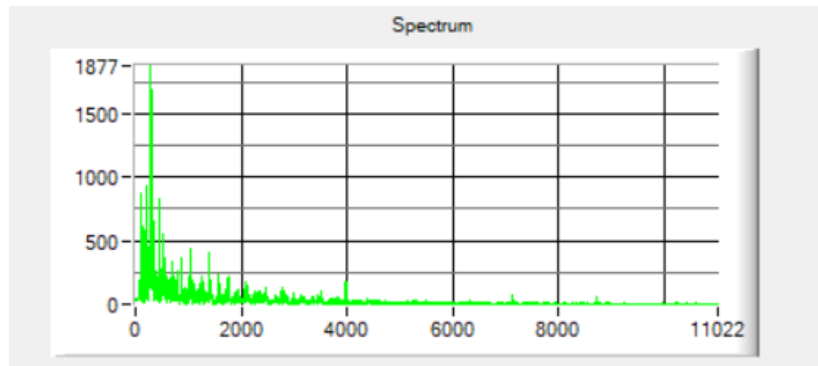


Fig 6.1. Spectrul semnalului pe 8192 puncte

A doua parte este filtrarea semnalului cu filtrele: Bessel de ordin 4 trece jos și filtrul butterworth de ordin 6 trece jos. Pentru filtrul Bessel s-a ales ordinul 4 și ca samplingFrequency am ales samplaRate generat în python, iar pentru butterworth ordinul 6 și samplingFrequency la fel ca la Bessel.

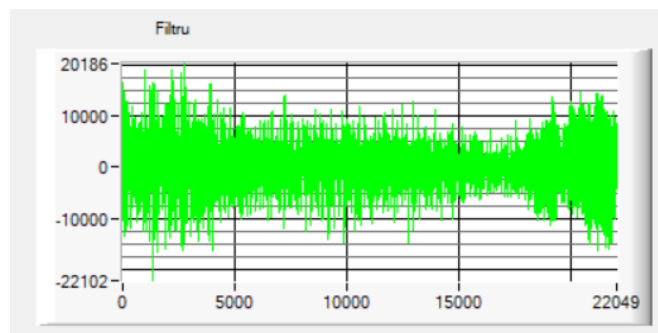


Fig 7.1. Filtru Bessel ordin 4, N=2048 puncte, între secunde 0-1

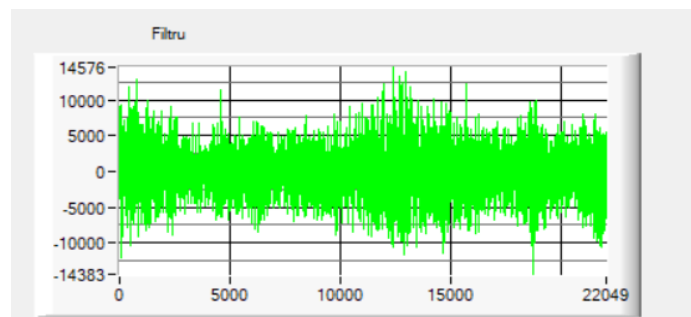


Fig 7.2. Filtru Bessel ordin 4, N=2048 puncte, între secunde 3-4

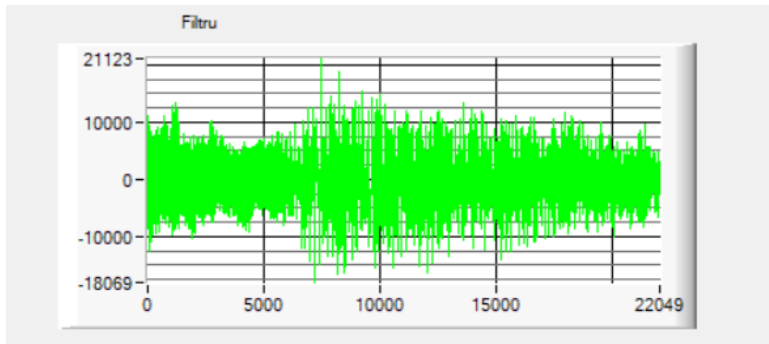


Fig 7.3. Filtru butterworth ordin 6 pe N=2048 puncte, între secundele 1-2

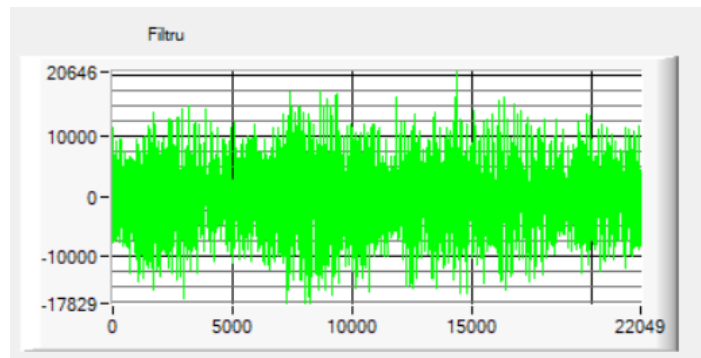


Fig 7.4. Filtru butterworth ordin 6 N=16384 puncte, între secundele 4-5

Pentru a putea vizualiza mai bine spectrul înainte de calculul său a fost realizată ferestruirea cu ferestrele FlatTop și Triunghiulară. Ferestrele sunt aplicate înainte de calculul spectrului pentru a limita scurgerea spectrală și pentru a evidenția liniile spectrale de frecvențe apropiate.

Fereastra Triunghiulară este descrisă de ecuația :

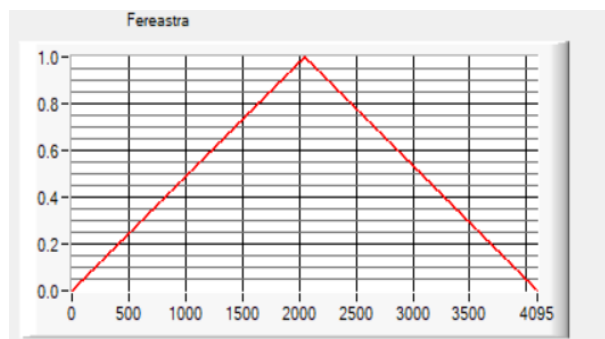
$$y_i = x_i \text{tri}(w)$$

for $i = 0, 1, 2, \dots, n - 1$

$$w = \frac{2i - n}{n}$$

where $\text{tri}(w) = 1 - |w|$, and n is the number of elements in \mathbf{x} .

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



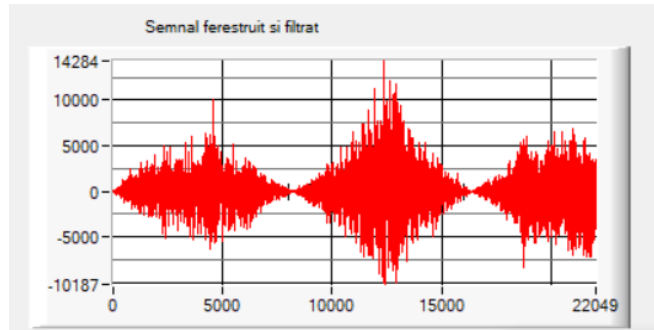


Fig 8. Semnalul filtrat cu filtru Bessel ordin 4, ferestruit cu fereastră Triunghiulară ,N=8192 puncte, între secunde 3-4

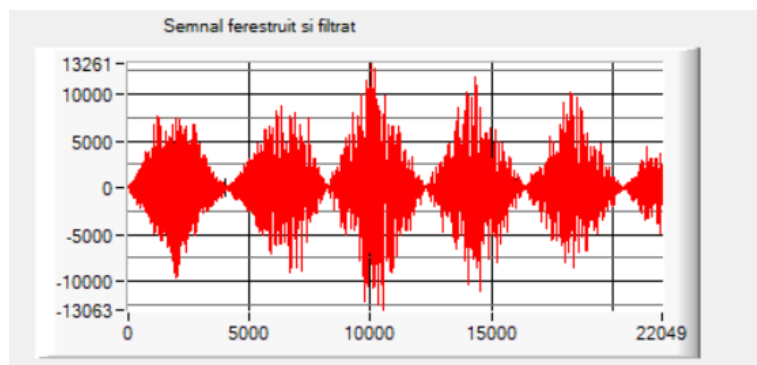
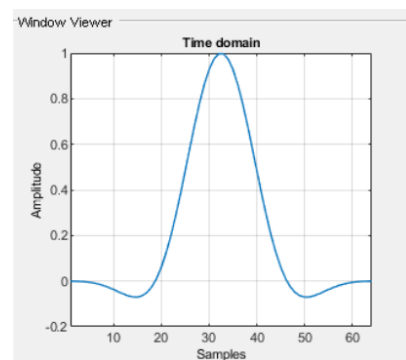


Fig 8.1. Semnalul filtrat cu filtru Butterworth ordin 6, ferestruit cu fereastră Triunghiulară N=4096 puncte, între secunde 1-2

Fereastră **FlatTop** este descrisă de ecuația :

$$w(n) = a_0 - a_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) - a_3 \cos\left(\frac{6\pi n}{N}\right) + a_4 \cos\left(\frac{8\pi n}{N}\right)$$



O fereastră Flat Top este o fereastră cu valoare parțială negativă, care are pierderi minime de ondulații în domeniul frecvenței. Aceasta este potrivită pentru sinusoide, are o rezoluție în frecvență slabă, însă scurgerea spectrală este bună, iar acuratețea amplitudinii este cea mai bună.

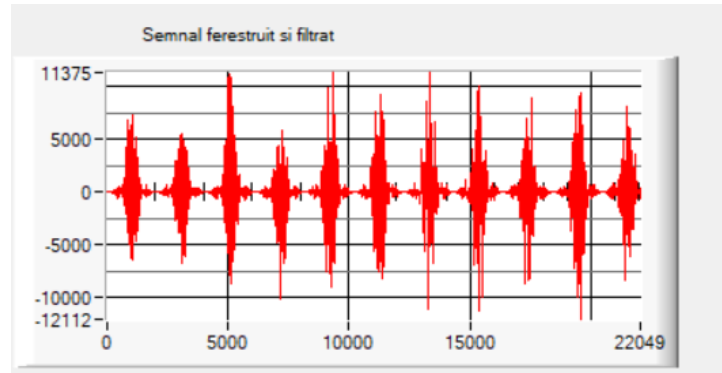


Fig 8.2. Semnalul filtrat cu filtru Bessel ordin 4, ferestruit cu fereastră FlatTop, $N=2048$ puncte, între secunde 2-3

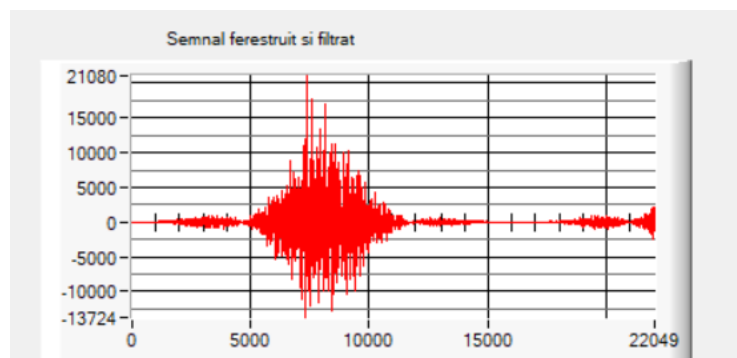


Fig 8.3. Semnalul filtrat cu filtru butterworth ordin 6, ferestruit cu fereastră FlatTop, $N=16384$ puncte, între secunde 5-6

În final a fost afișat spectrul semnalului filtrat și ferestruit.

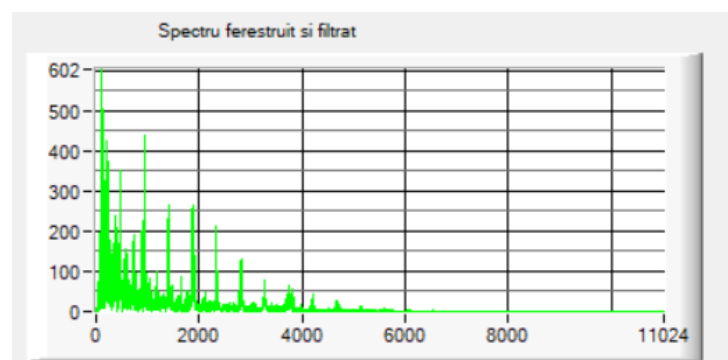


Fig 9. Grafic spectru ferestruit cu fereastră Triunghiulara, filtrat cu filtru Bessel, N=2048 puncte, între secundele 1-2

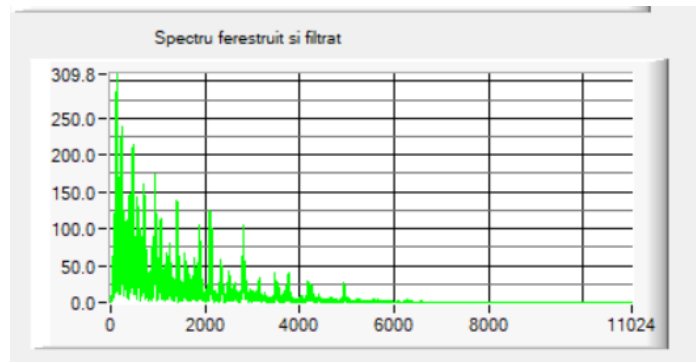


Fig 9.1. Grafic spectru ferestruit cu fereastră FlatTop, filtrat cu filtru Bessel, N=2048 puncte, între secundele 5-6

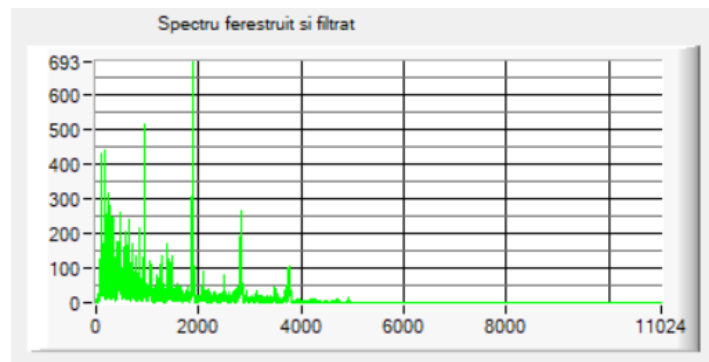


Fig 9.2. Grafic spectru ferestruit cu fereastră Triunghiulara, filtrat cu filtru Butterworth, N=16384 puncte, între secundele 4-5

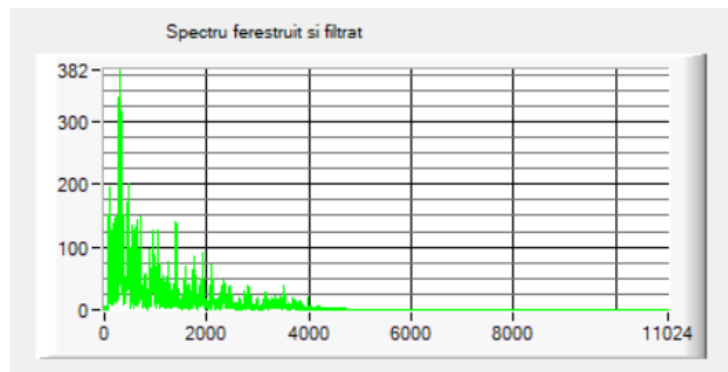


Fig 9.3. Grafic spectru ferestruit cu fereastră FlatTop, filtrat cu filtru Butterworth, N=4096 puncte, între secundele 0-1

