



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH ASACHI" IAȘI**

**FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE**

**SPECIALIZAREA: CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI**

**DISCIPLINA ACHIZIȚIA ȘI PRELUCRAREA DATELOR - PROIECT**

## **Achizitia si prelucrarea unui semnal audio**

**Coordonator,**

**Prof. Ungureanu Florina**

**Student, Matei Rares**

**Grupa 1306A**

**Iași, 2022**

## Descrierea proiectului

Acest proiect are scopul de a achiziționa un semnal audio, conversia lui în date reprezentative și prelucrarea acestora în domeniul timp și domeniul frecvență.

Analiza în domeniul timp constă în aflarea anumitor valori specifice ca de exemplu: minimul, maximul, media, etc. Totodată în această etapă se dorește observarea semnalului după aplicarea unui filtru de mediere sau de ordin I cu un  $\alpha$  din intervalul (0,1).

Prelucrarea în domeniul frecvență constă în fereștruirea cu 2 tipuri diferite (Dreptunghiulară sau Hamming), filtrarea semnalului cu 2 tipuri diferite (Chebyshev sau Butterworth), reprezentarea spectrală, aflarea puterii și frecvenței maxime din spectru.

## Cerințele proiectului

### **Etapă I**

Se va utiliza un script python cu ajutorul căruia se convertește fișierul .wav într-un fișier text care conține valorile ce reconstituie semnalul pentru a fi posibile operații de prelucrare în domeniul timp și frecvență. În continuare se dorește reprezentarea grafică a datelor achiziționate pe un grafic și separat, pe un alt grafic, histograma acestuia. Se vor calcula și afișa valorile minim, maxim, indexul minim, indexul maxim, medie, dispersie, mediana, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul de treceri prin zero. Se va afișa semnalul filtrat în domeniul timp (filtrare prin mediere și cu element de ordin I) și se va reprezenta anvelopa semnalului dar și derivata acestuia. Graficele trebuie să afișeze semnalele pe secunde și să fie salvate ca imagini tip .jpg.

### **Etapă II**

Se va include un nou panou în aplicație pentru reprezentarea semnalului audio în frecvență. Se urmărește realizarea unei analize spectrale asupra semnalului înainte și după aplicarea filtrelor. De asemenea se dorește utilizarea a două tipuri de fereastră (Dreptunghiulară sau Hamming) pe N puncte de eșantionare și a două tipuri de filtre (Butterworth 1/3 din frecvențele înalte sau Chebyshev de ordin 5 pentru 1/3 din frecvențele joase) pe N puncte de eșantionare. Se reprezintă semnalul și spectrul înainte și după filtrare. Graficele trebuie să afișeze semnalele pe secunde și să fie salvate ca imagini tip .jpg.

## Mediul de dezvoltare

În realizarea proiectului a fost folosit mediul de dezvoltare LabWindows/CVI 2020 (mediu de programare ANSI C pentru testare și măsurare dezvoltat de National Instruments) dar și Python 3.8 cu bibliotecile NumPy și SciPy.

## Analiza în domeniul timp

Analiza în domeniul timp constă în execuția scriptului Python care realizează conversia fișierului „4.wav” în două fișiere cu extensia .txt care conțin informații referitoare la rata de eșantionare și numărul de valori ale semnalului. Se realizează afișarea pe un control de tip Graph a semnalului audio inițial. Se calculează și afișează valorile: minim, maxim, indexul minim, indexul maxim, medie, dispersie, mediana, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul de treceri prin zero precum calcularea și afișarea histogrammei.

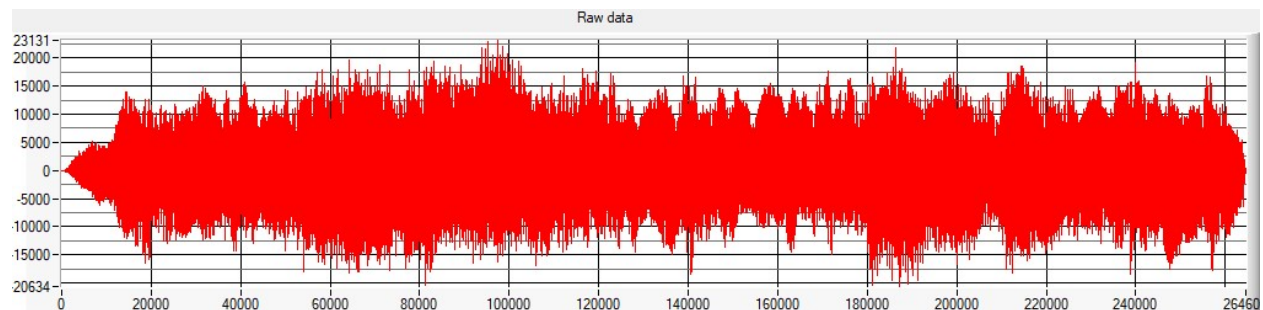


Fig 1. Reprezentarea semnalului inițial

Se implementează funcțiile pentru filtrarea semnalului prin două metode:

- **Mediere** (pe 16 sau pe 32 de elemente)

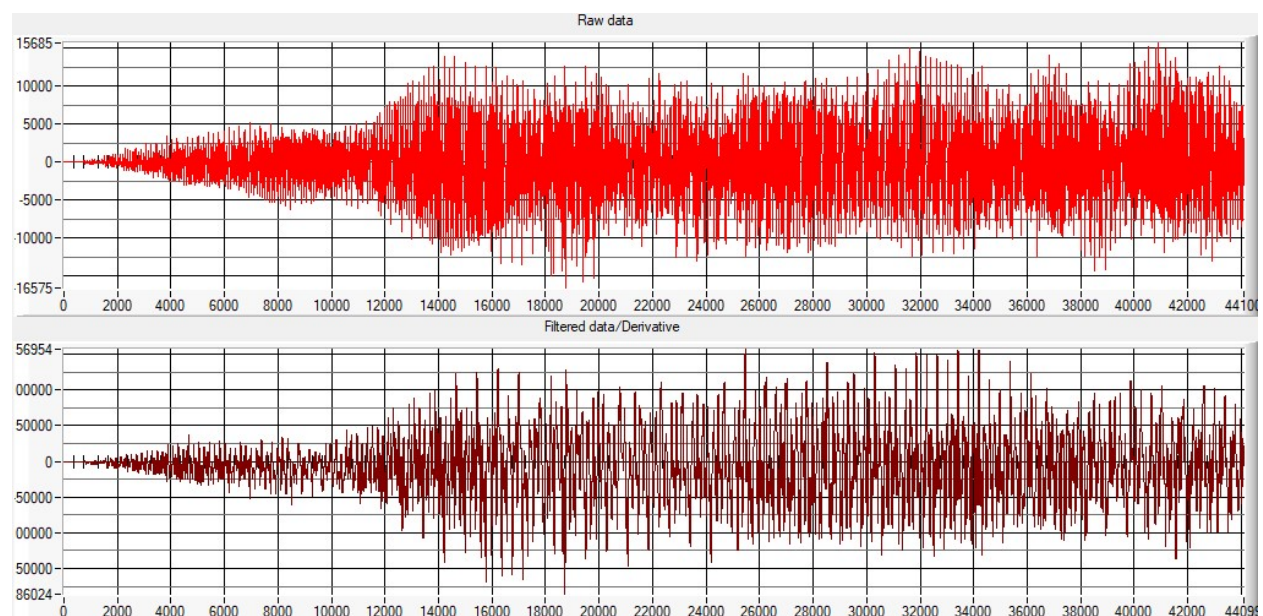


Fig 2. Mediere pe 32 elemente, secunda 0-1

- **Cu un element de ordin I**

conform relației:  $\text{filt}[i] = (1 - \alpha) * \text{filt}[i-1] + \alpha * \text{signal}[i]$

*signal* -este vectorul care contine valorile semnalului audio

*filt*- sunt valorile filtrate.

Pentru filtrul de ordin I, valoarea parametrului alpha se vor afla în intervalul (0,1). Amplitudinea semnalului este mult mai mică față de cea a semnalului inițial. Cu cât valoarea lui alpha este mai aproape de 0 se observă mai bine rezultatul filtrării iar dacă parametrul alpha are valori apropiate de 1 semnalul filtrat are o amplitudine apropiată de cea a semnalului inițial.

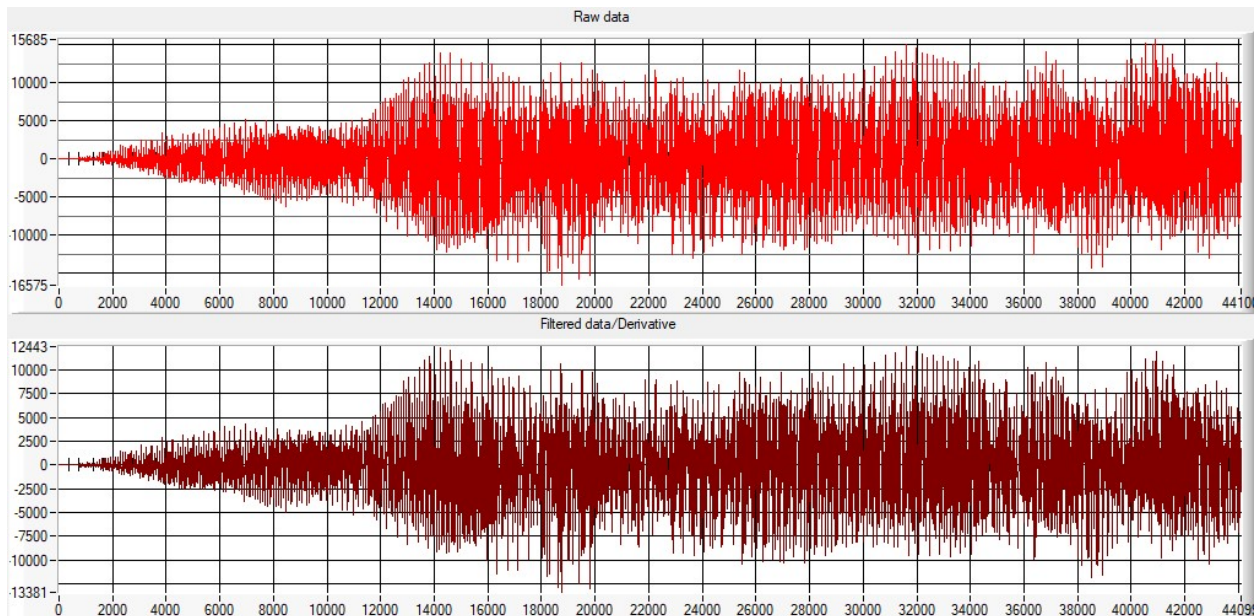


Fig 3. Semnalul filtrat cu un element de ordin I unde  $\alpha=0.2$

Se afișează anvelopa semnalului pe același control Graph unde s-a reprezentat semnalul inițial.

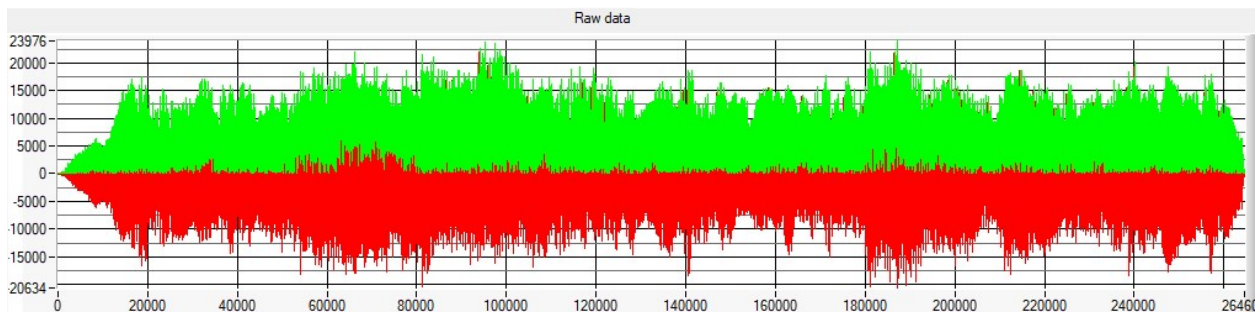


Fig 4. Anvelopa semnalului

Se afișează derivata semnalului pe același control Graph cu filtrarea.

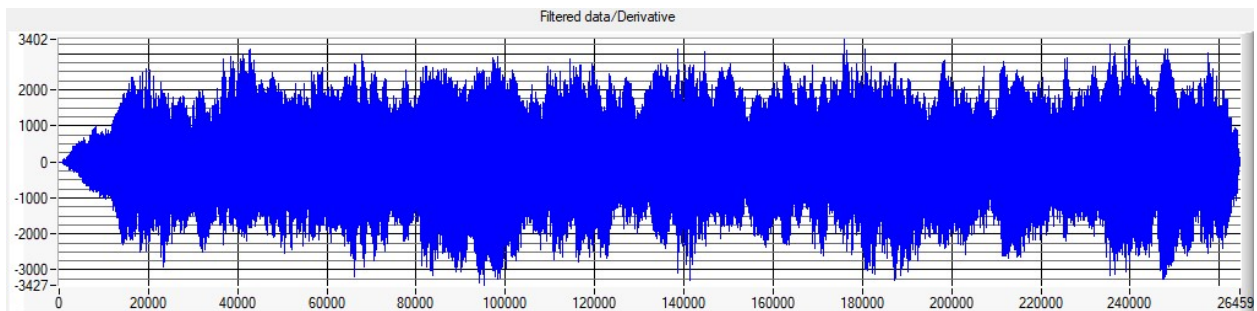


Fig 5. Derivata semnalului

Se afișează histograma semnalului pe același control Graph unde s-a reprezentat semnalul inițial.

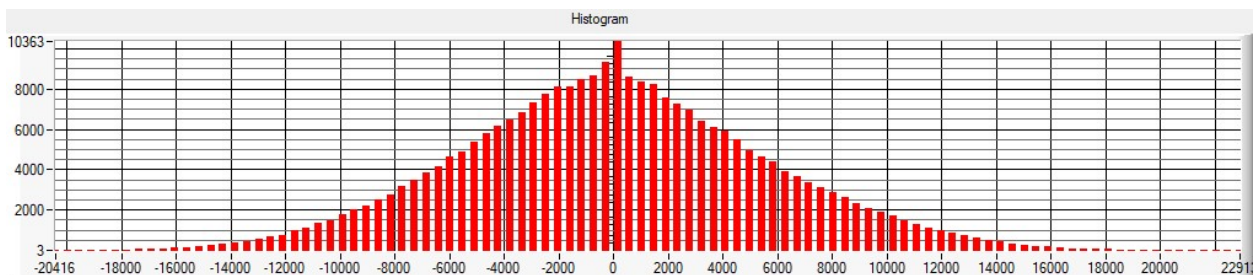


Fig 6. Histograma semnalului

### Analiza în domeniul frecvență

Analiza în domeniul frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza afișarea spectrului semnalului pe un control de tip Graph. Pentru realizarea spectrului se aplică inițial o fereastră cu scopul de a "aplatiza" forma semnalului la capetele intervalului de eșantioane analizat. În acest fel, fiecare buffer de eșantioane va fi asimilat cu o perioadă a semnalului. Apoi se calculează partea pozitivă a spectrului scalat de putere pentru un semnal eșantionat, se generează FrequencyPeak-frecvența pentru spectrul de putere și PowerPeak-valoarea maxima din spectru de putere. Din cauza numărului mare de puncte pe care îl are semnalul inițial reprezentarea spectrului s-a realizat prin împărțirea semnalului pe mai multe ferestre care conțin  $N$  puncte ( $N = 1024$  sau  $2048$  sau  $4096$  sau  $8192$  sau  $16384$ ) pentru Transformata Fourier. Se vor aplica două tipuri de ferestre: Hamming sau dreptunghiulara și a două tipuri de filtre: Butterworth trece sus și Chebyshev trece jos pentru reprezentarea pe o secundă la alegere din semnalul inițial.



Vom analiza mai întâi efectul ferestrării semnalului cu fiecare tip de fereastră pus la dispoziție în interfața grafică.

### Fereastra Hamming

Această fereastră este o versiune modificată a ferestrei Hanning. Forma sa este, de asemenea, similară cu cea a unei unde cosinus.

Aceasta poate fi definită ca

$$w[n] = 0,54 - 0,46\cos(2\pi n/N) \text{ pentru } n = 0, 1, 2, \dots, N$$

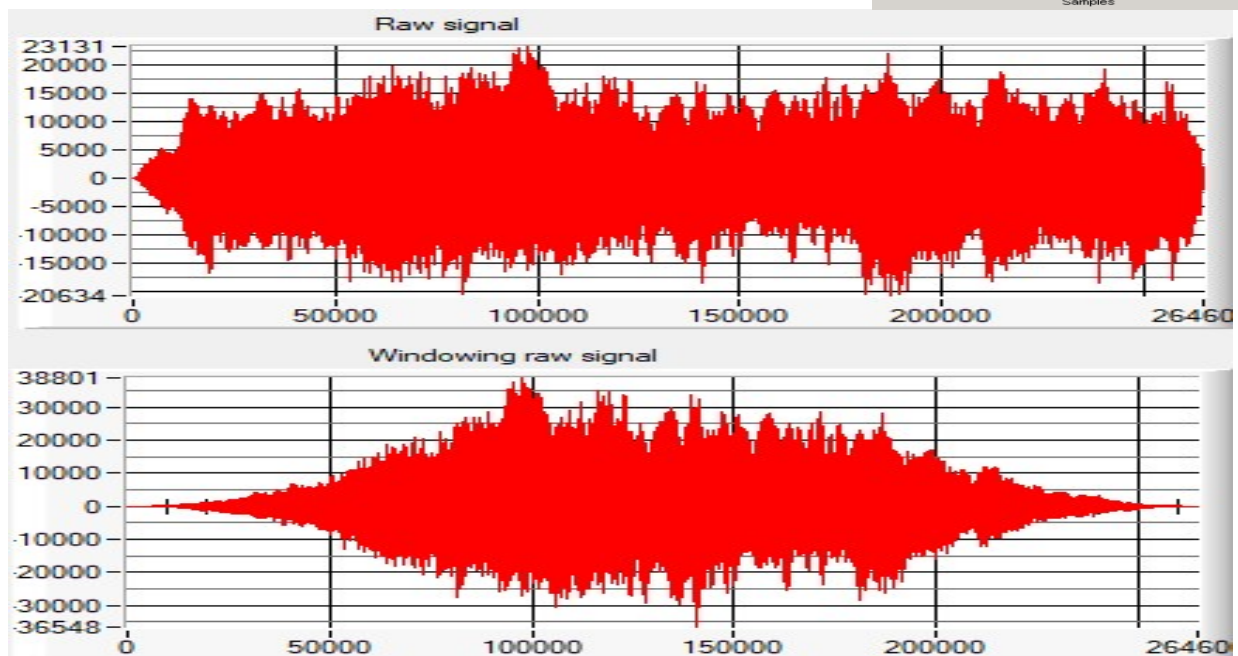
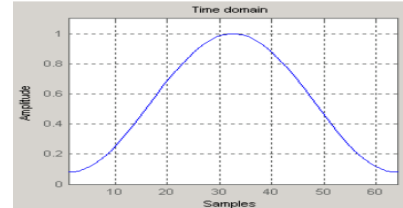


Fig 7. Row signal- semnalul total, Window raw signal- reprezintă semnalul total după aplicarea ferestrei de tip Hamming.

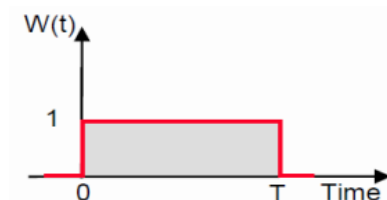
Cum putem observa în imagine, semnalul (Raw data) în urma ferestrării cu Hamming (Raw Window) este mai aplatizat la capete.

### Fereastra dreptunghiulara

Cel mai simplu tip de fereastră, echivalent cu înlocuirea tuturor valorilor mai puțin cele ce se afla în intervalul  $[0, T]$  cu 0 .

Poate fi definită ca:

$$w[t] = 1, \text{ } t \text{ apartind intervalului } [0, T]$$



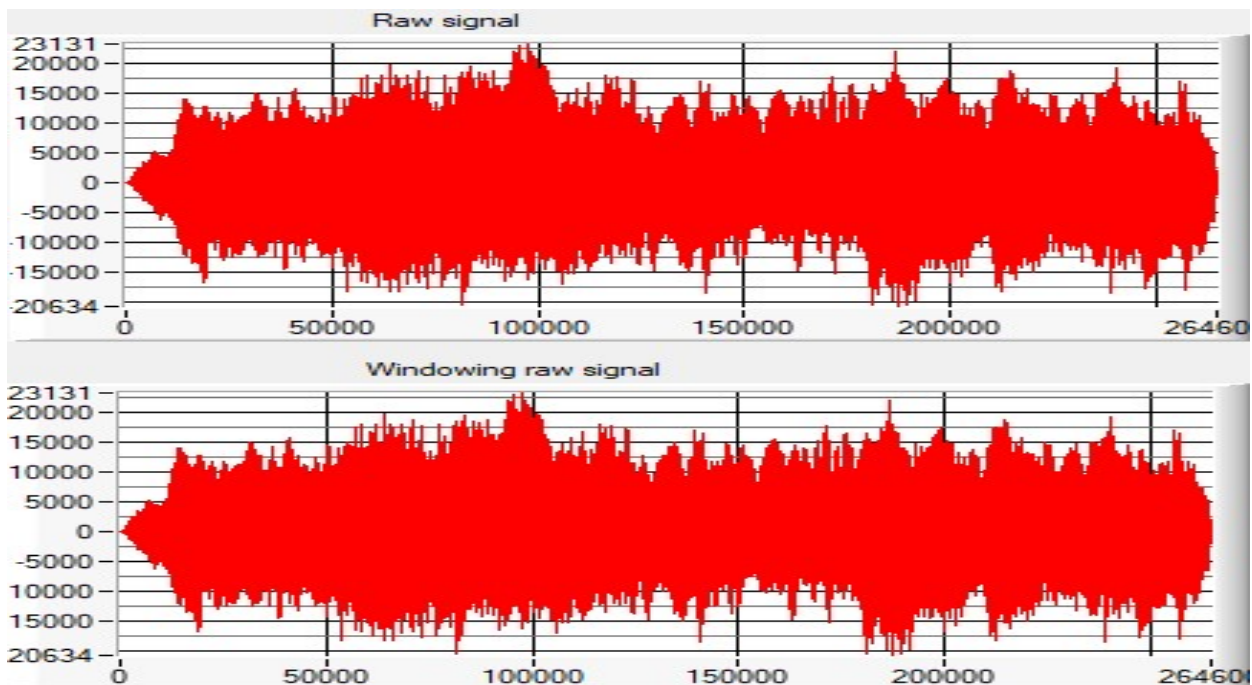


Fig 8. Row signal- semnalul total, Window raw signal- reprezintă semnalul total după aplicarea ferestrei dreptunghiulare.

- Vom analiza în continuare spectrul semnalului initial și spectrul semnalului în urma filtrării și fereștruirii.

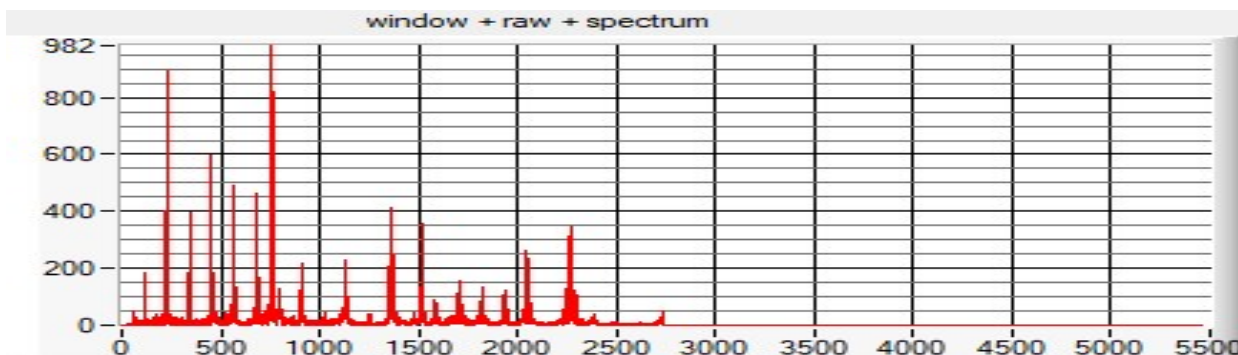


Fig 9. Reprezentarea spectrului semnalului pe o fereastră ce conține 16384 puncte

Se observă faptul că reprezentarea spectrului are o dimensiune egală cu jumătate din frecvența de eșantionare a semnalului.

#### Filtru Chebyshev trece sus de ordin 5 pentru 2/3 din frecvențele înalte

Acest filtru este cunoscut pentru deplasarea sa bruscă, ceea ce înseamnă că atenuarea frecvențelor filtrului sub frecvența de tăiere este foarte abruptă. Câștigul este:

$$H(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 T_n^2 \left( \frac{\omega}{\omega_t} \right)}}$$

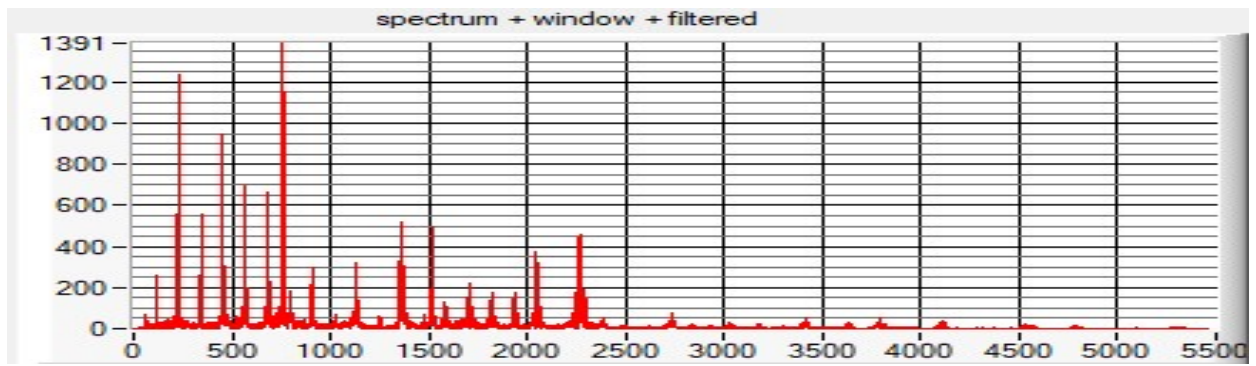


Fig 10. Reprezentarea spectrului semnalului total pe o fereastră Hamming și filtru Chebyshev trece jos pentru 1/3 din frecvențele joase.

### Butterworth trece jos pentru 2/3 din frecvențe de ordin la alegere

Acest filtru este cunoscut pentru răspunsul neted în frecvență pe care îl oferă, cu un declin monoton. Asta înseamnă că atenuarea frecvențelor filtrului sub limită nu este la fel de abruptă ca la alte tipuri de filtre, cum ar fi Chebyshev. Un filtru Butterworth de ordin înalt va avea o rulare mai abruptă decât unul de ordin scăzut. Castigul este:

$$H(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 \left(\frac{\omega}{\omega_t}\right)^{2n}}}$$

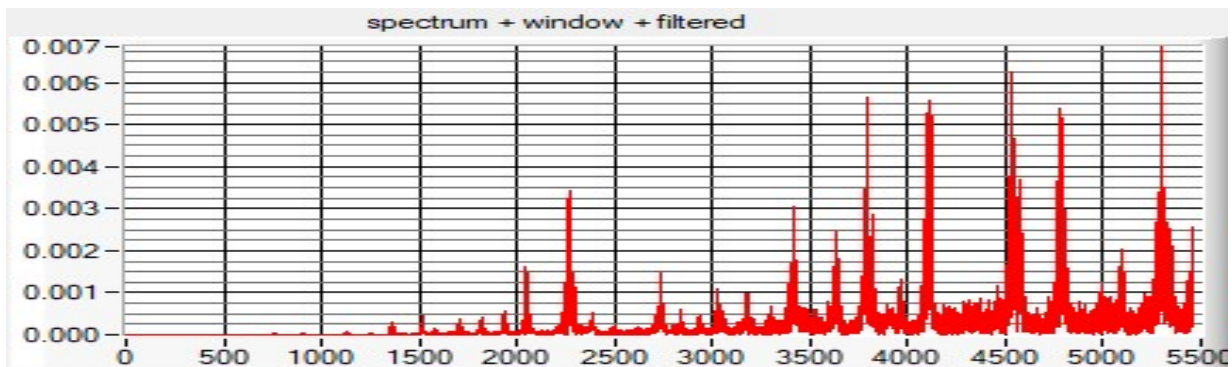


Fig 11. Reprezentarea spectrului semnalului total pe o fereastră Hamming și filtru Butterworth trece sus pentru 1/3 din frecvențele înalte.