



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH ASACHI" IAȘI

FACULTATEA DE 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 Hrițcu Marina-Dumitrița,

Grupa 1306B

Iași, 2022

Descrierea cerințelor proiectului

Proiectul consta achiziția și prelucrarea datelor dintr-un fișier audio utilizând drept mediu de dezvoltare LabWindows/CVI 2020 (mediu de programare ANSI C pentru testare și măsurare dezvoltat de Național Instruments) dar și Python 3.9. Analiza datelor din fișierul audio se va efectua în domeniile timp și frecvență.

Prima etapă a proiectului este reprezentată de analiza în domeniul timp a semnalului achiziționat. Această etapă constă în calcularea valorilor de minim, medie, maxim, indexul minim, indexul maxim, dispersie, mediană, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, totalul de zero-crossing și totodată filtrarea semnalului utilizând filtrul de mediere (pe 16 și 32 de elemente) respectiv filtru cu element de ordin I. Se realizează afișarea semnalului filtrat pe fiecare secundă în parte, cât și anvelopa semnalului inițial. Se oferă și posibilitatea de a afișa derivata pe fiecare secundă a semnalului filtrat.

A doua etapă a proiectului este reprezentată de analiza în domeniul frecvență. Pentru aceasta se implementează unui nou panou, în continuare se realizează o analiză spectrală pe fiecare secundă pentru fiecare secundă. De asemenea utilizează două tipuri de ferestre (Triunghiulară și Flat Top) și două tipuri de filtre (Bessel și Butterworth de grad 4 și 6 trece jos pentru $1/3$ din spectru) asupra unei secunde la alegere din semnalul inițial.

Analiza în domeniul timp

Analiza în domeniul timp constă în execuția scriptului Python care realizează conversia fișierului 8.wav (fișierul audio asupra căruia se realizează analiza) în două fișiere (waveData.txt și waveInfo.txt) care conțin informații referitoare la rata de eșantionare și numărul de valori ale semnalului. Se realizează afișarea pe panoul *wave* pe un control de tip graph a semnalului audio inițial. Se calculează și afișează valorile minim, maxim, indexul minim, indexul maxim, media, dispersia, mediana, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul de treceri prin zero precum calcularea și afișarea histogramei.

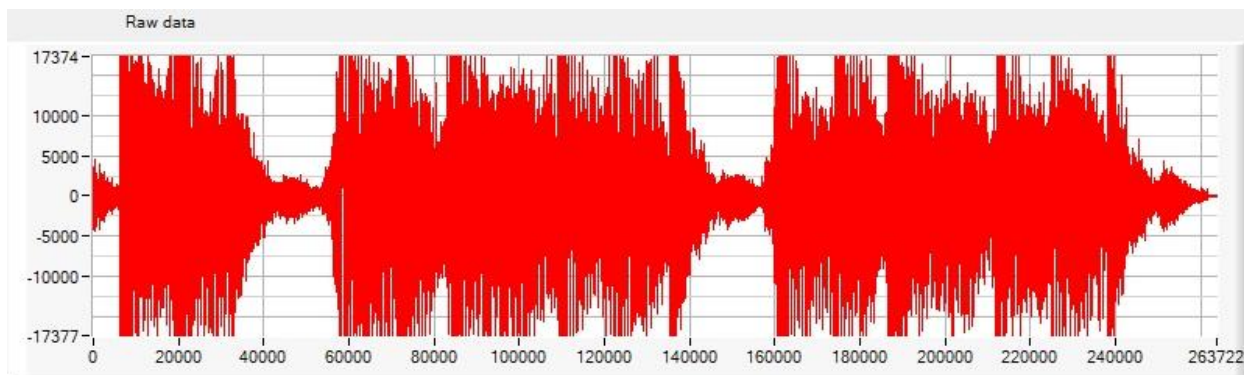


Fig 1. Reprezentarea semnalului inițial

Se implementează funcțiile pentru filtrare prin două metode: mediere (pe 16 sau 32 de elemente) și element de ordin I conform relației: $\text{filt}[i] = (1 - \alpha) * \text{filt}[i-1] + \alpha * \text{signal}[i]$, unde signal este vectorul care conține valorile semnalului audio iar filt este un vector care conține valorile filtrate. Tipul filtrului poate fi ales de pe interfață. Pentru filtrul de ordin I, valoarea parametrului α se va fixa prin intermediul unui control numeric în intervalul $(0 \div 1)$.

Se poate vizualiza semnalul filtrat și pe secunde. Controalele Prev și Next realizează trecerea la secunda anterioară sau la cea următoare.

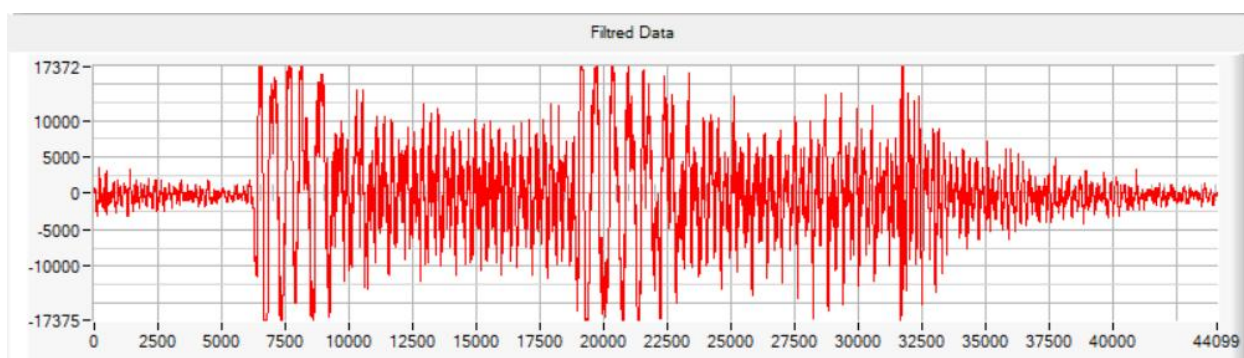


Fig 2 . Filtrul de mediere pe 16 elemente pentru secunda 0-1 a semnalului

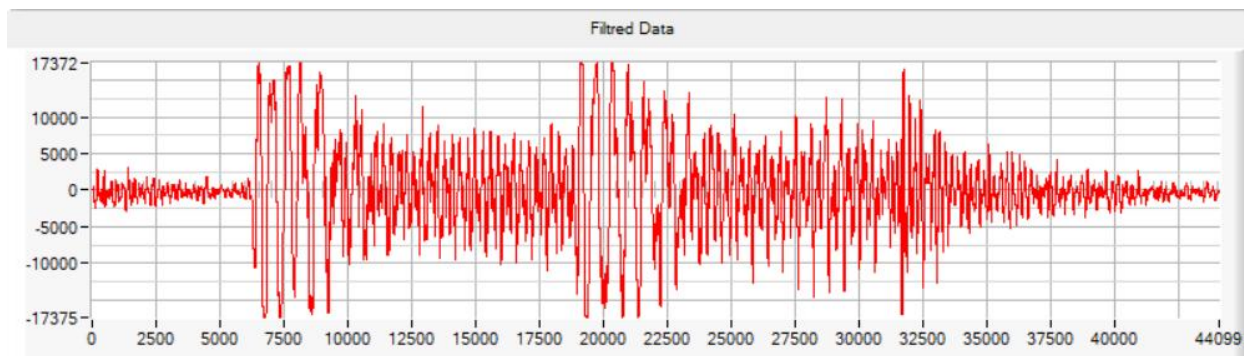


Fig 3 . Filtrul de mediere pe 32 elemente pentru secunda 0-1 a semnalului

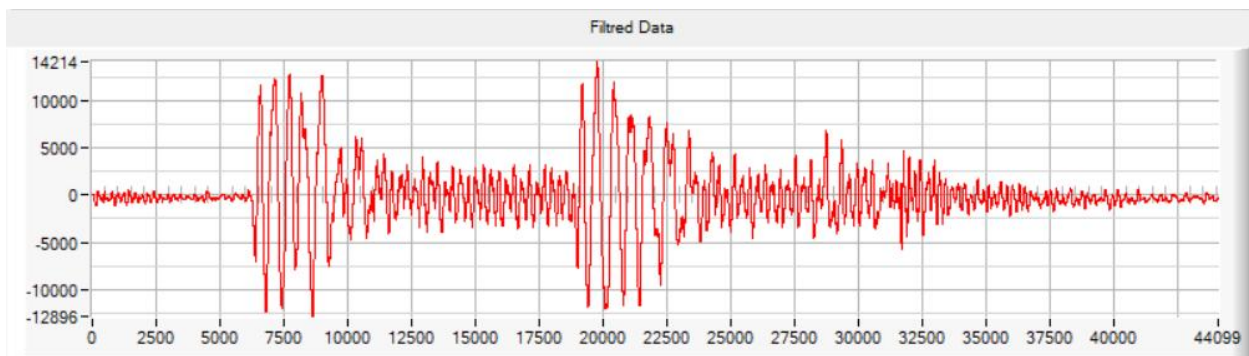


Fig 4 . Filtrul de ordin I, cu $\alpha = 0.1$, pentru secunda 0-1 a semnalului

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

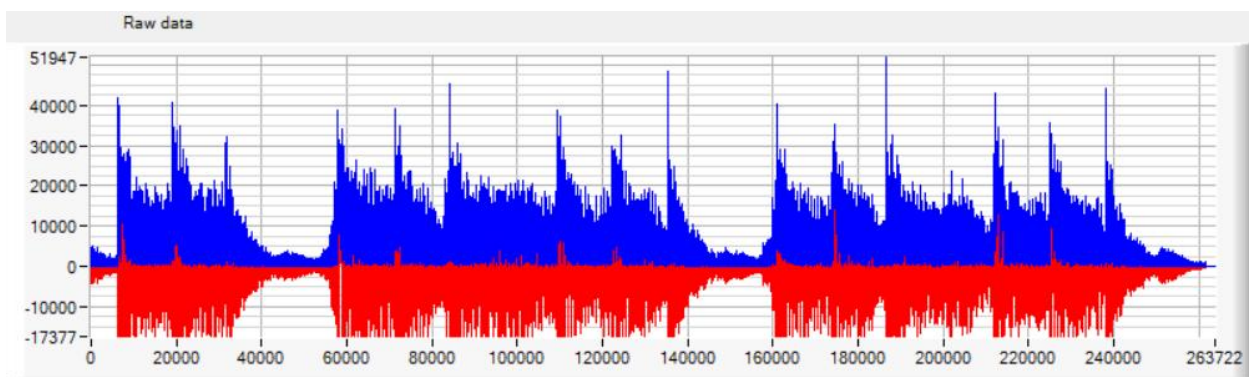


Fig 5. Anvelopa semnalului

Se afișează derivata semnalului pe același control Graph unde s-a reprezentat semnalul filtrat (acest lucru fiind valabil pentru ambele tipuri de filtre)

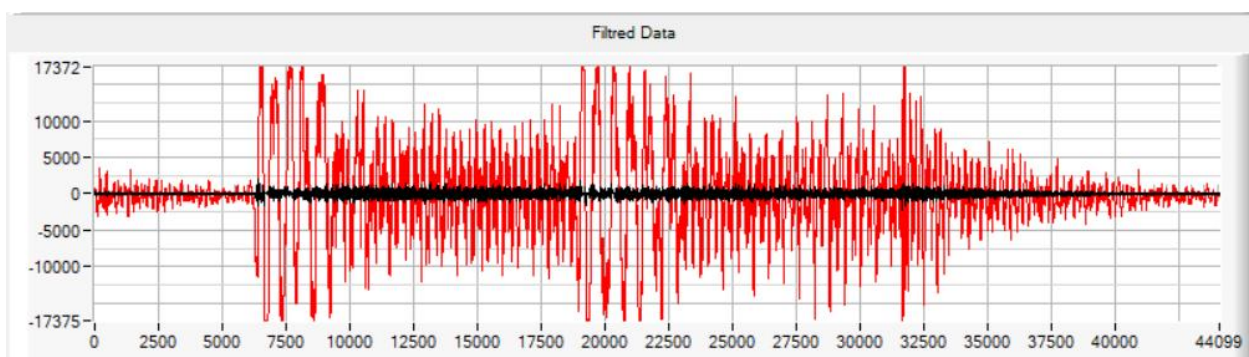


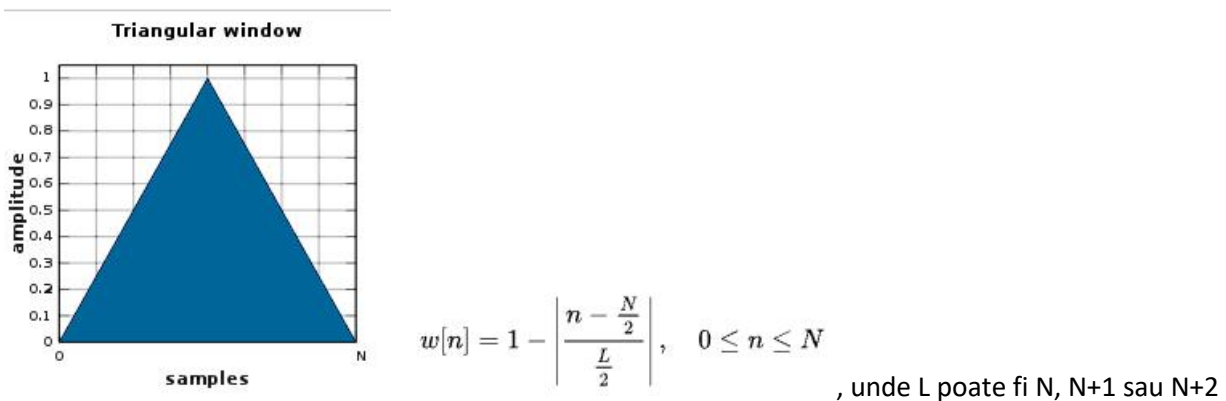
Fig 6. Derivata semnalului filtrat cu filtrul de mediere pe 16 elemente

Analiza în frecvență

Analiza în frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza afișarea spectrului semnalului pentru fiecare secundă în parte. Pentru realizarea spectrului se aplică inițial o fereastră cu scopul de a "aplatiza" forma semnalului la capetele intervalului de eșantioane analizat. Apoi se calculează partea pozitivă a spectrului scalat de putere pentru un semnal eșantionat, se generează frecvența pentru spectrul de putere (*frequencyPeak*) dar și valoarea maxima din spectru de putere (*powerPeak*) și se convertește spectrul de intrare în format linear. Din cauza numărului mare de puncte pe care le are semnalul inițial reprezentarea spectrului s-a realizat prin împărțirea semnalului pe mai multe ferestre care conțin N puncte (N= 2048 sau 4096 sau 8192 sau 16384).

Se vor aplica două tipuri de ferestre: Triunghiulară și FlatTop și a două tipuri de filtre: Bessel și Butterworth de grad 4 și 6 trece jos pentru 1/3 din spectrul semnalului pe o secundă la alegere din semnalul inițial.

Fereastra Triunghiulară



Fereastra triunghiulară este fereastră B-spline de ordinul 2. Formă $L = N$ poate fi văzută că convoluția a două ferestre dreptunghiulare de $N/2$ lățime. Transformată Fourier a rezultatului reprezintă valorile pătrate ale transformării ferestrei dreptunghiulare cu jumătate de lățime.

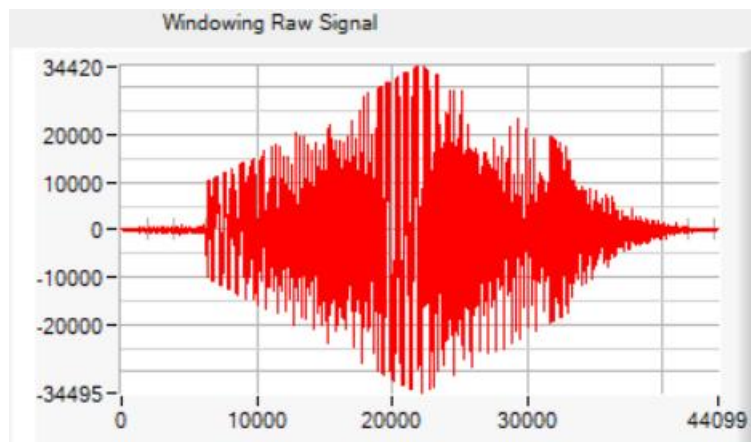
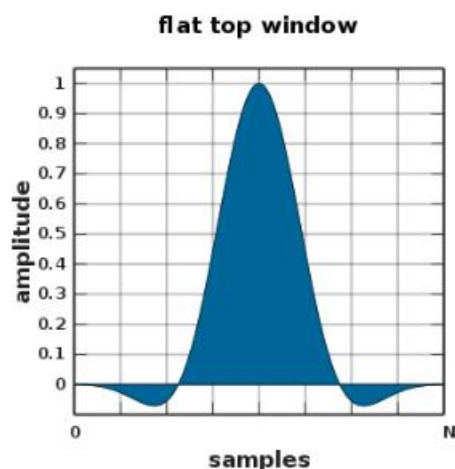


Fig 7. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră Triunghiulară

Fereastră FlatTop



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

O fereastră FlatTop este o fereastră cu valoare parțial negativă, care are o pierdere minimă în domeniul frecvenței. Ferestrele FlatTop pot fi proiectate folosind metode de proiectare a filtrului trece-jos sau pot fi de tipul obișnuit al sumei cosinusului.

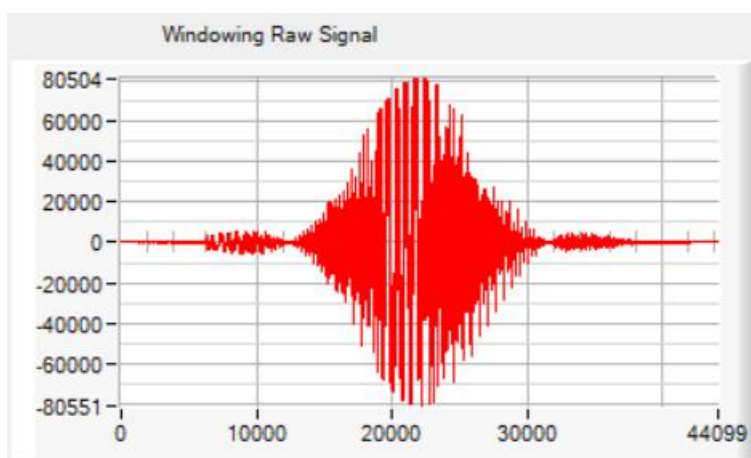


Fig 8. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Blackman

Filtrele Bessel și Butterworth de grad 4 și 6 trece jos pentru 1/3 din spectrul semnalului

Bessel

Filtru Bessel este un tip de filtru liniar analogic cu o întârziere de fază/grup maxim plat (răspuns de fază maxim liniar), care păstrează forma de undă a semnalelor filtrate în banda de trecere.

Un filtru trece-jos Bessel se caracterizează prin funcția sa de transfer:

$$H(s) = \frac{\theta_n(0)}{\theta_n(s/\omega_0)}$$

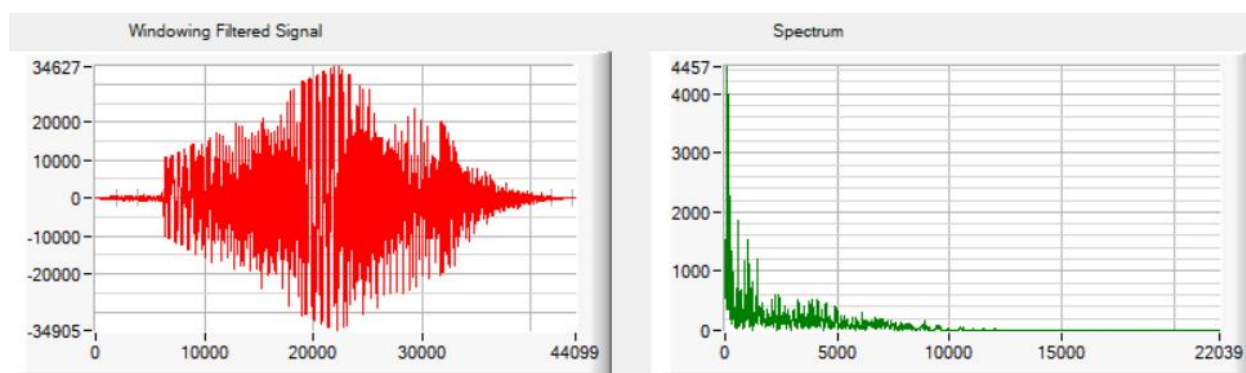


Fig 9 . Secunda 0-1 a semnalului filtrat cu filtrul Bessel de grad 4 cu fereastră triunghiulară, împreună cu spectrul pe secundă respectivă, cu N=4096

Butterworth

Filtrul Butterworth este un tip de filtru de procesare a semnalului conceput pentru a avea un răspuns în frecvență cât mai plat posibil în banda de trecere. De asemenea, este denumit un filtru de magnitudine maxim plat.

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

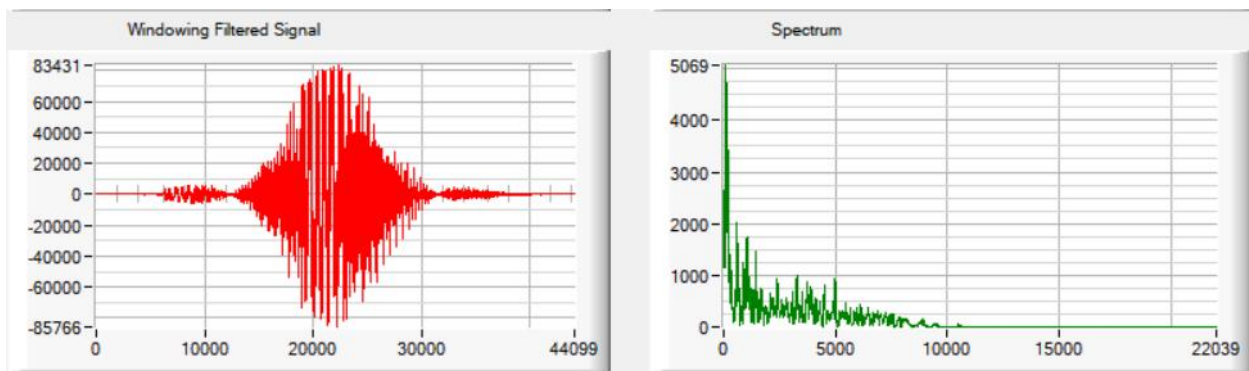


Fig 10 . Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip FlatTop și filtru Butterworth de gred 6, împreună cu spectrul pe secundă respectivă, cu $N=4096$