



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

Prof. Robert-Gabriel Lupu

Student,

Gîscă Valentin

1307B

Iași, 2023

Descrierea proiectului

Proiectul își propune aprofundarea cunoștințelor privind achiziția și prelucrarea datelor dintr-un fișier audio utilizând drept mediu de dezvoltare LabWindows/CVI 2020. Analiza datelor din fișierul audio se va efectua în domeniile timp și frecvență. Analiza în domeniul timp va consta 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 prin mediere, respectiv filtru cu element de ordin I. Analiza în domeniul frecvență va consta în reprezentarea spectrului întregului semnal și în aplicarea a două tipuri de ferestre (Welch și FlatTop) și a medierii pe 32 elemente a semnalului, iar mai apoi filtrarea cu ajutorul filtrului Chebyshev II asupra unor N elemente din semnal.

Descrierea cerințelor proiectului

În prima etapă a proiectului se va utiliza un script python cu ajutorul căruia se va realiza reprezentarea grafică a fișierului cu extensia .wav care conține sunetul pentru care se va realiza analiză în domeniul timp și frecvență. După ce a fost realizată reprezentarea grafică a sunetului, cât și a histogramei acestuia, urmează afișarea parametrilor în domeniul timp (valorile minim/maxim, indexul minim/indexul maxim, medie, dispersie, mediană, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul de treceri prin zero) precum și filtrarea acestuia (filtrare prin mediere și cu element de ordin I) . Se realizează afișarea semnalului filtrat pe fiecare secundă în parte, cât și anvelopa acestuia.

În a doua etapă a proiectului se dorește implementarea unui nou panou, pentru reprezentarea semnalului audio în frecvență. Se urmărește realizarea unei analize spectrale pe fiecare secundă în parte. De asemenea se dorește și utilizarea a două tipuri de ferestre (Welch și FlatTop) și a medierii semnalului pe 32 elemente și filtrarea cu ajutorul Chebyshev II asupra unor N elemente la alegere din semnalul inițial.

Totodată, toate graficile obținute se vor salva sub formă de imagini cu extensia .jpg.

Se reprezintă semnalul și spectrul pe N elemente după filtrare. În realizarea aplicației a fost folosit mediul de dezvoltare LabWindows/CVI 2020 (mediu de programare ANSI C pentru testare și măsurare dezvoltat de Național Instruments) dar și Python 3.9.

Analiza în domeniul timp

Analiza în domeniul timp constă în primă fază în execuția scriptului Python care realizează conversia fișierului Wav18.wav (fișierul audio asupra căruia se realizează analiza) în două fișiere cu extensia .txt (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 dorește calcularea și afișarea valorilor minim/maxim, indexul minim/indexul maxim, medie, dispersie, mediana, frecvența de eșantionare, numărul de eșantioane, numărul de treceri prin zero precum calcularea și afișarea histogramei.

Se implementează funcțiile pentru filtrare prin două metode: mediere (pe 16 sau 32 de elemente) și element de ordin I conform relației:

$$F[i] = (1 - \alpha) * F[i - 1] + \alpha * S[i],$$

unde $F[i]$ reprezintă elementul de pe poziția i a semnalului filtrat, iar $S[i]$ reprezintă elementul de pe poziția i a semnalului achiziționat.

Tipul filtrului dar și valorile pentru acestea pot fi alese de pe interfață. Pentru filtrul de ordin I, valoarea parametrului alpha se va fixa prin intermediul unui control numeric în intervalul (0÷1).

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

FIG 1. REPREZENTAREA SEMNALULUI ÎN ÎNȚĂL

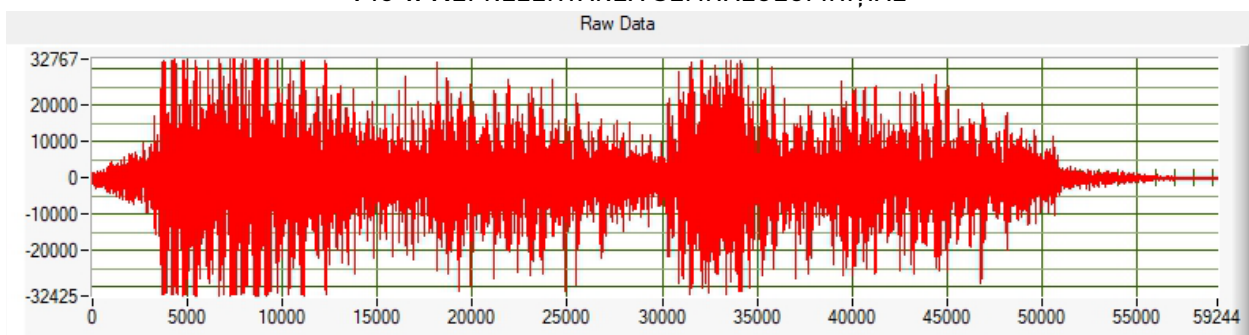


Fig 2 . Reprezentarea secundei 0-1 a semnalului , filtrată cu filtrul de mediere pe 16 elemente

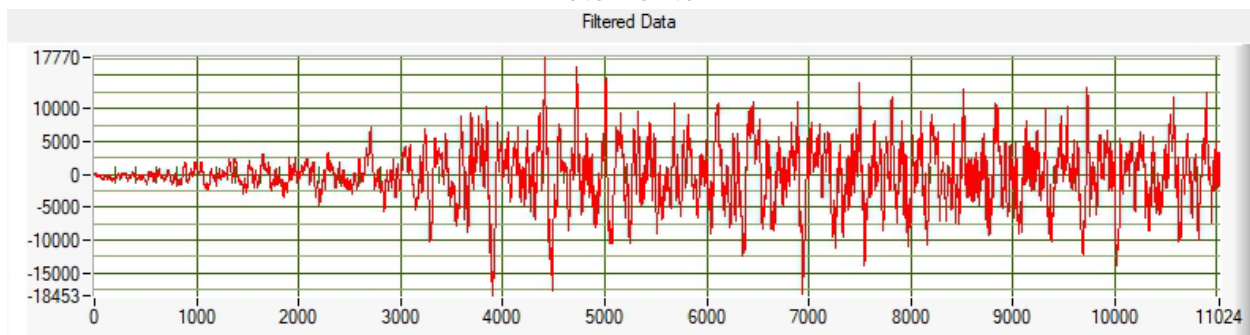


Fig 3 . Reprezentarea secundei 0-1 a semnalului , filtrată cu filtrul de mediere pe 32 de elemente

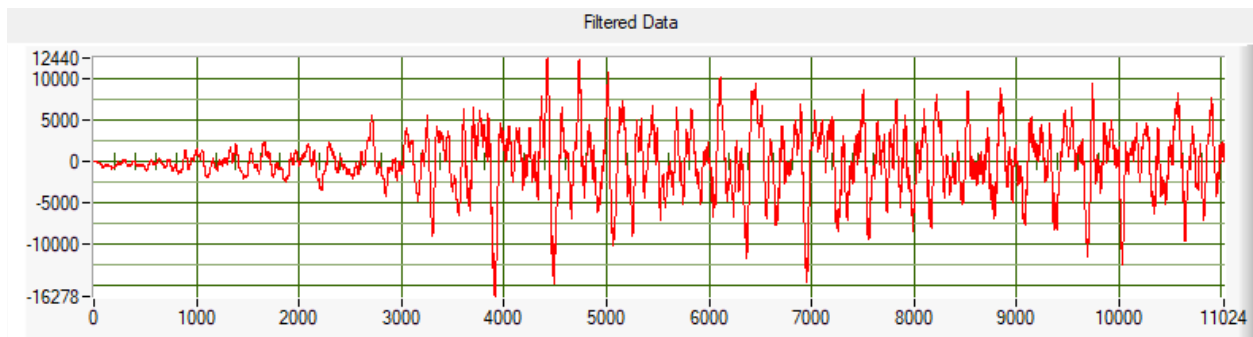
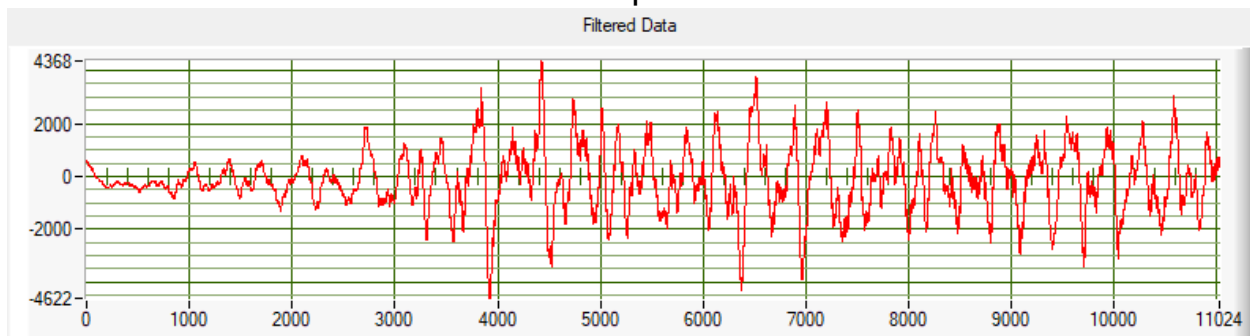
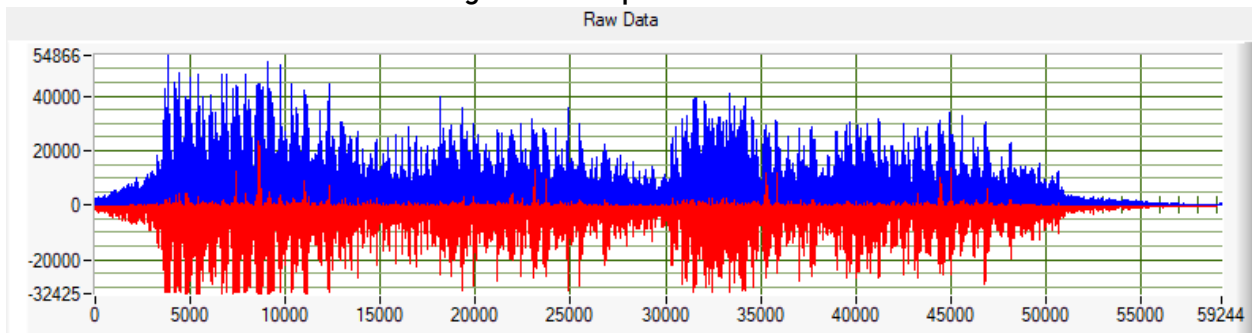


Fig 4 . Reprezentarea secundei 0-1 a semnalului , filtrată cu un element de ordin I, unde $\alpha=0.1$



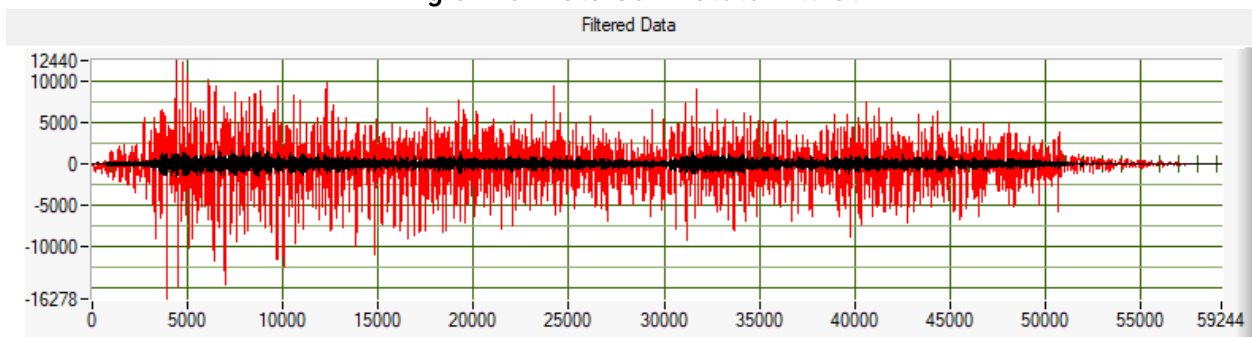
Se afișează anvelopa semnalului pe același control Graph unde s-a reprezentat semnalul inițial.

Fig 5. Anvelopa semnalului



Se afișează derivată 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

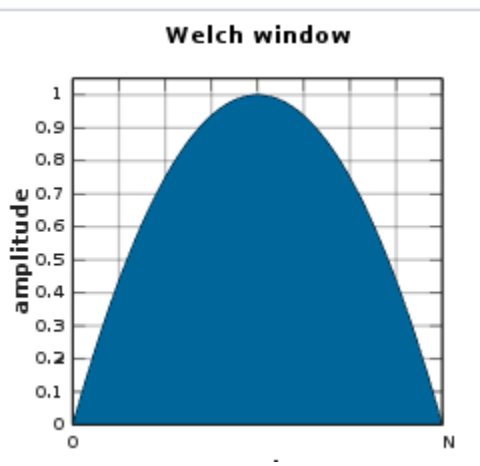


Analiza în frecvență

Analiza în frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza afișarea spectrului semnalului pentru fiecare N elemente în parte. 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 frecvența pentru spectrul de putere (*frequencyPeak*) dar și valoarea maxima din spectru de putere (*powerPeak*) și se convertește spectrul de intrare în format linear ce permite o reprezentare grafică mai convenabilă.

Se vor aplica două tipuri de ferestre: Welch și Flat Top, a unei medieri pe 32 elemente și a unui filtru Chebyshev II trece sus (cu $f_{stop} = 750$ și $f_{pass} = 900$) pe N elemente la alegere din semnalul inițial.

Fereastra Welch



$$w[n] = 1 - \left(\frac{n - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \right)^2, \quad 0 \leq n \leq N$$

Ferestruirea de tip Welch este o tehnică utilizată în analiza spectrală pentru a reduce pierderea de rezoluție în timp și frecvență. Aceasta implică împărțirea semnalului original în segmente mai mici, numite ferestre, care se suprapun între ele. Fiecare segment este apoi înmulțit cu o funcție fereastră specifică, de obicei, funcția Hanning sau Hamming. Scopul este de a reduce distorsiunile generate de limitele segmentelor și de a îmbunătăți precizia analizei frecvențiale. Prin media rezultatelor obținute pentru fiecare fereastră, se obține un spectru mai precis al semnalului original.

Fig 7. Primele 1024 eșantioane a semnalului cu fereastra de tip Welch

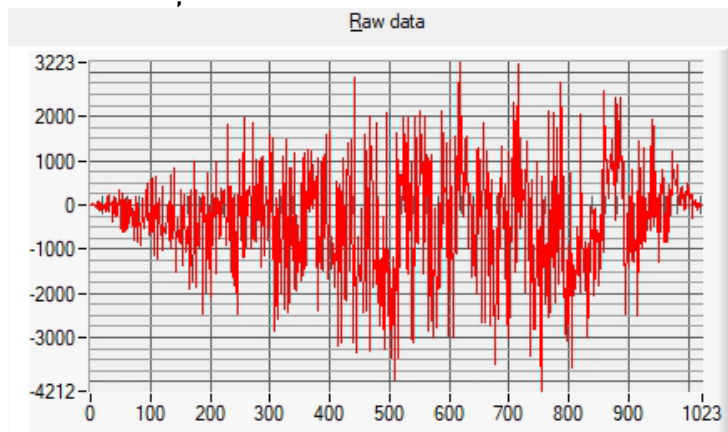
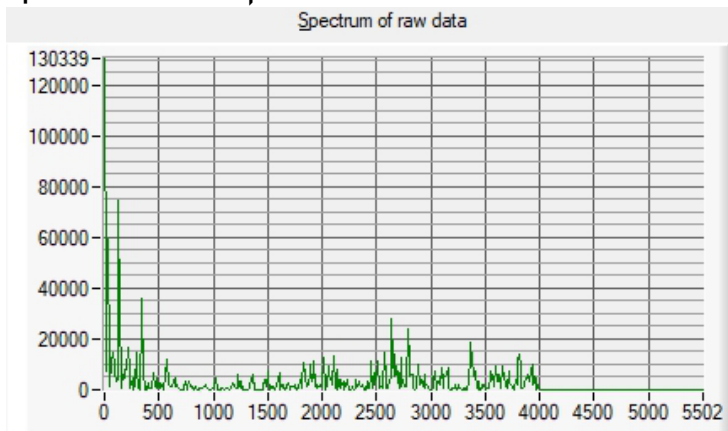
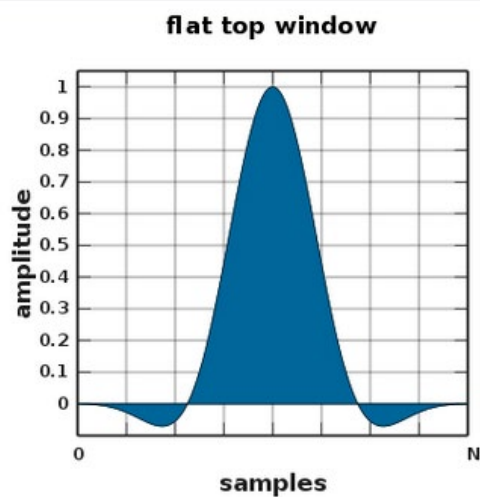


Fig 8. Spectrul primelor 1024 eșantioane a semnalului cu fereastra de tip Welch



Fereastra FlatTop



$$w[n] = \alpha_0 - \alpha_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) - \alpha_3 \cos\left(\frac{6\pi n}{N}\right) + \alpha_4 \cos\left(\frac{8\pi n}{N}\right);$$

Varianta Matlab de implementare folosește următorii coeficienți:

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 0.21557895; \\ \alpha_1 &= 0.41663158; \\ \alpha_2 &= 0.277263158; \\ \alpha_3 &= 0.083578947; \\ \alpha_4 &= 0.006947368; \end{aligned}$$

Ferestruirea de tip Flat Top este o altă metodă de ferestruire utilizată pentru analiza spectrală. Funcția fereastră asociată cu acest tip de ferestruire, denumită "Flat Top", are proprietatea de a minimiza efectul variațiilor în amplitudinea vârfurilor semnalului în timpul analizei spectrale. Aceasta face ca ferestruirea de tip Flat Top să fie preferată atunci când se dorește o precizie ridicată în măsurarea amplitudinii semnalelor, inclusiv a vârfurilor acestora. În comparație cu alte funcții ferestre, Flat Top minimizează erorile sistemului de măsurare, facilitând astfel analize precise în aplicații cum ar fi determinarea exactă a nivelurilor de semnal sau identificarea frecvențelor exacte ale componentelor semnalului.

Fig 9. Primele 1024 eșantioane a semnalului cu fereastră de tip Flat Top

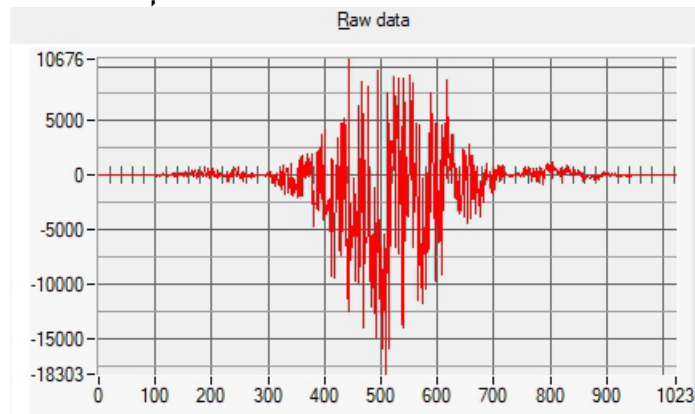
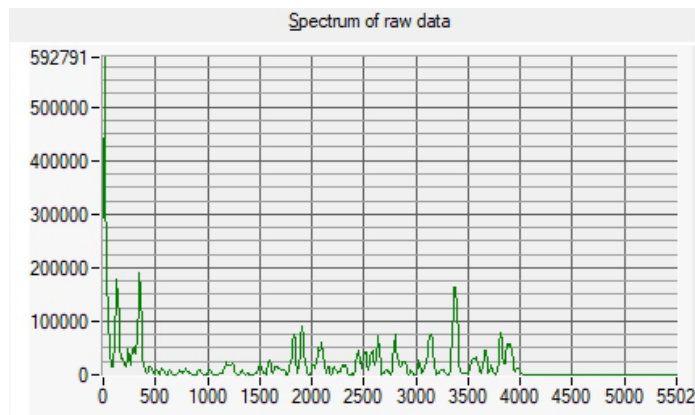


Fig 10. Spectrul primelor 1024 eșantioane a semnalului cu fereastră de tip Flat Top



Chebyshev II

Filtrele Chebyshev de tip II sunt monotone în banda de trecere și echiripple în banda de oprire, ceea ce le face o alegere bună pentru aplicațiile cu senzori de punte. Deși filtrele proiectate folosind metoda de tip II sunt mai lente la dezactivare decât cele proiectate cu metoda Chebyshev de tip I, rularea este mai rapidă decât cele proiectate cu metoda Butterworth.

$$G_n(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\varepsilon^2 T_n^2(\frac{\omega_0}{\omega})}}} = \sqrt{\frac{\varepsilon^2 T_n^2(\frac{\omega_0}{\omega})}{1 + \varepsilon^2 T_n^2(\frac{\omega_0}{\omega})}}$$

Fig 11. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Welch și filtru Chebyshev II, împreună cu spectrul pe secunda respectivă.

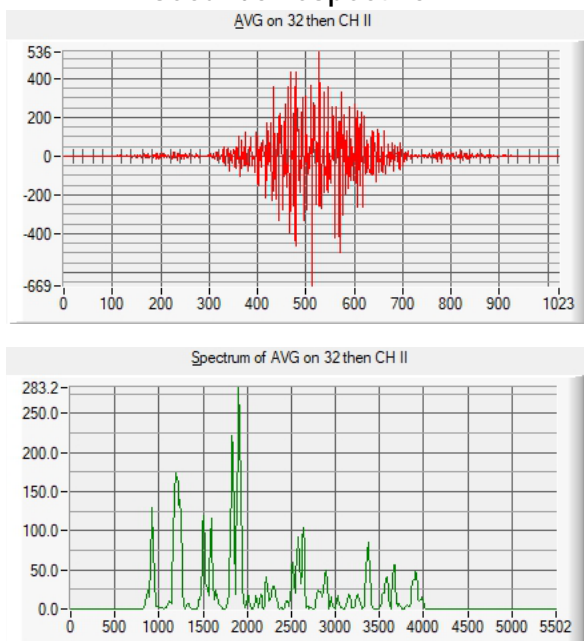


Fig 12. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Flat Top și filtru Chebyshev II, împreună cu spectrul pe secunda respectivă.

