



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 Arhip Constantin Alexandru,

Grupa 1306B

Iași, 2022

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 (Triunghiulară și Blackman) și a două tipuri de filtre (Trece bandă Chebyshev I și II pentru $1/3 - 2/3$ din spectrul semnalului) asupra unei secunde 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 (Triunghiulară și Blackman) și a două tipuri de filtre (Trece bandă Chebyshev I și II pentru $1/3 - 2/3$ din spectrul semnalului) asupra unei secunde la alegere din semnalul inițial.

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

Se reprezintă semnalul și spectrul pe o secundă 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 6.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 doua 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 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.

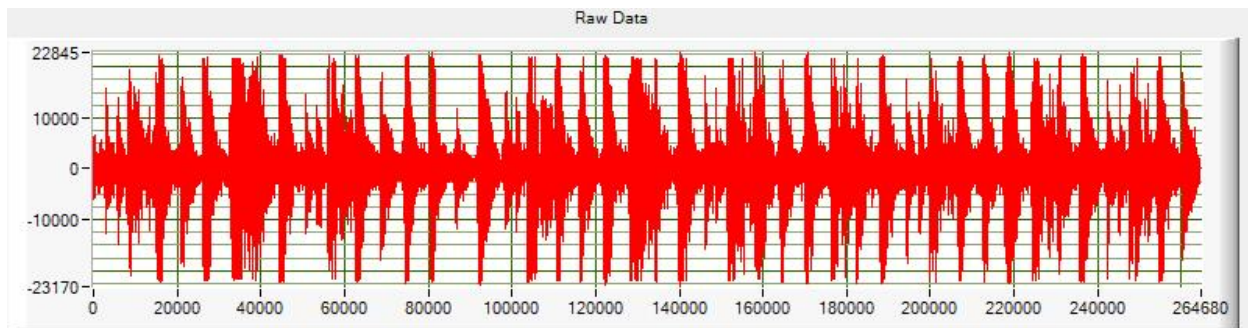


Fig 1. Reprezentarea semnalului inițial

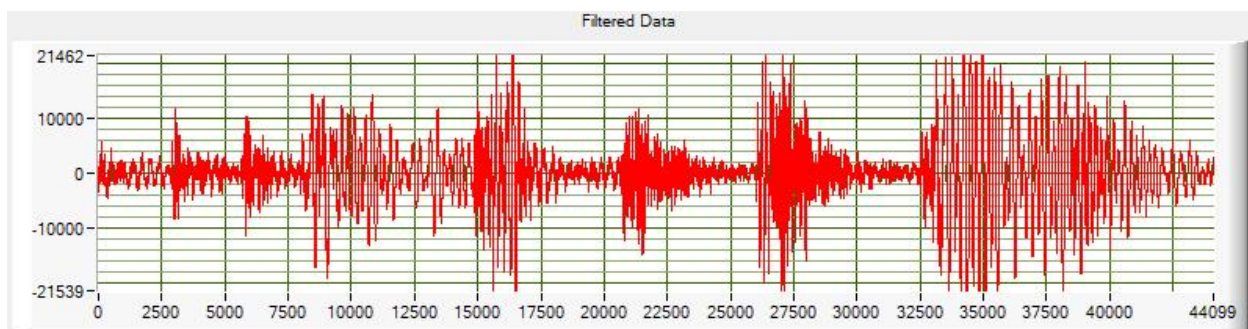


Fig 2 . Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului , filtrată cu filtrul de mediere pe 16 elemente

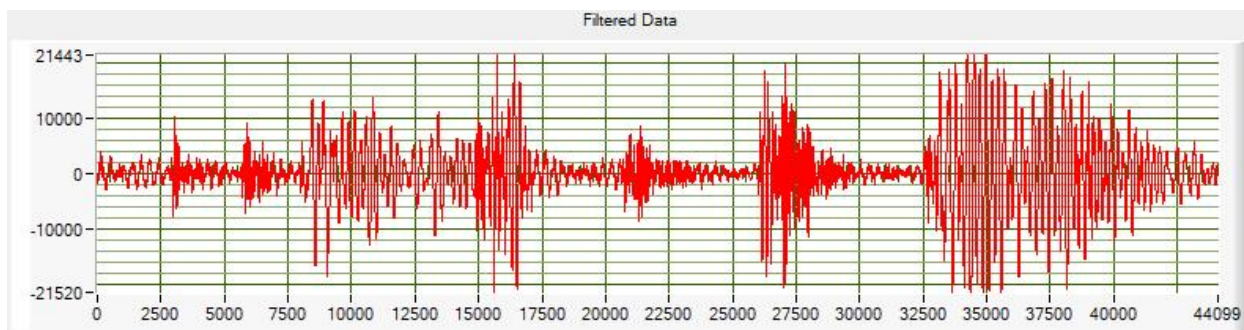


Fig 3 . Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului , filtrată cu filtrul de mediere pe 32 de elemente

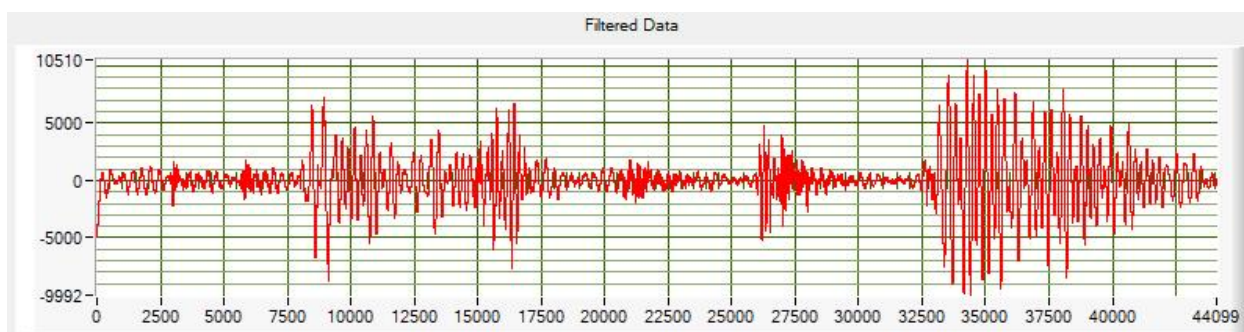


Fig 4 . Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului , filtrată cu un element de ordin I, unde $\alpha=0.1$

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

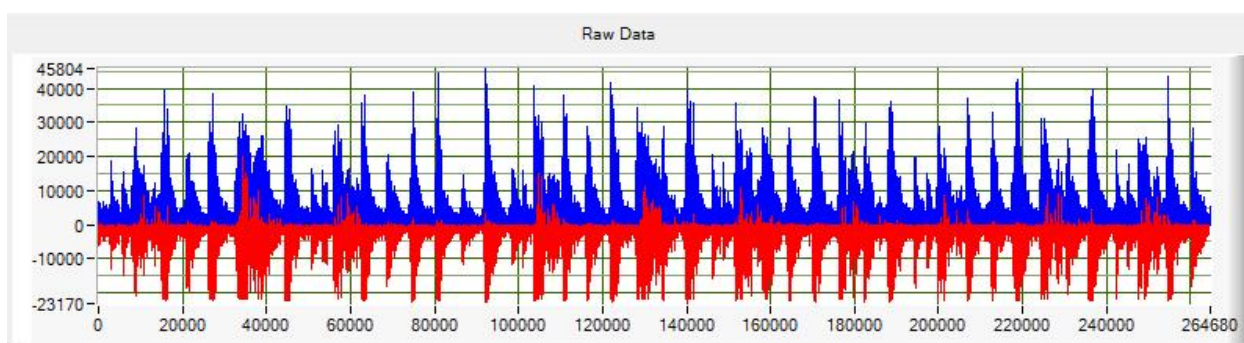


Fig 5. Anvelopa semnalului

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

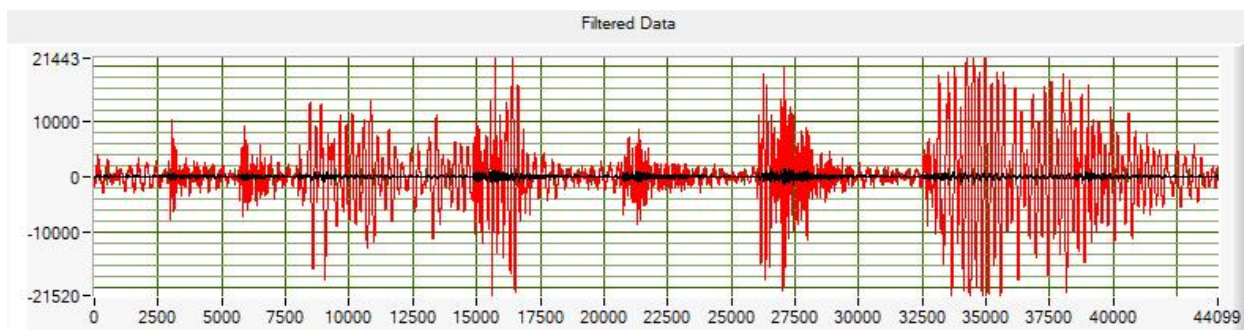


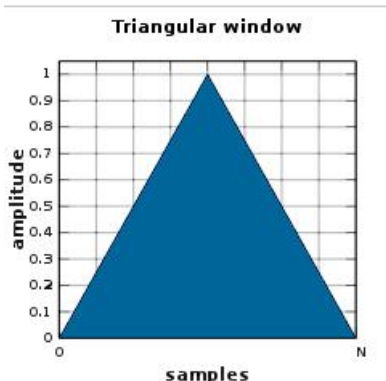
Fig 6. Derivata semnalului filtrat

Analiza în frecvență

Analiza în frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza afișarea spectrului semnalului atât pentru tot sunetul cât și 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. 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. 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 (putere a lui 2).

Se vor aplica două tipuri de ferestre: Triunghiulară și Blackman și a două tipuri de filtre: trece bandă Chebyshev I și II pentru 1/3 - 2/3 din spectrul semnalului pe o secundă la alegere din semnalul inițial.

Fereastra Triunghiulară



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

, unde L poate fi N , $N+1$ sau $N+2$

Fereastră 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.

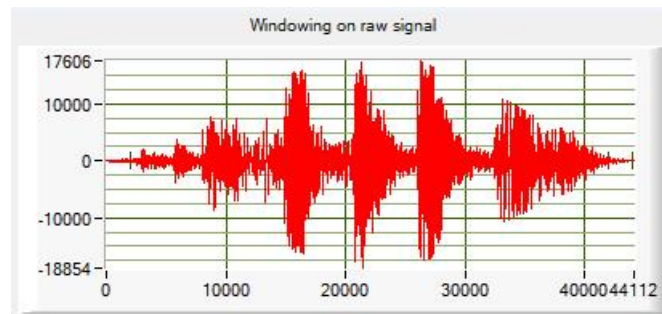
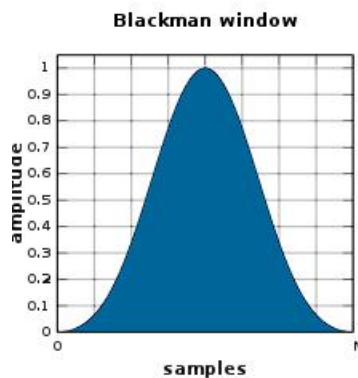


Fig 7. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Triunghiulară

Fereastră Blackman



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

$$a_0 = \frac{1 - \alpha}{2}; \quad a_1 = \frac{1}{2}; \quad a_2 = \frac{\alpha}{2}.$$

Fereastră Blackman este utilă pentru măsurarea componentelor de nivel foarte scăzut în prezența unui semnal mare de intrare, cum ar fi o măsurare a distorsiunii.

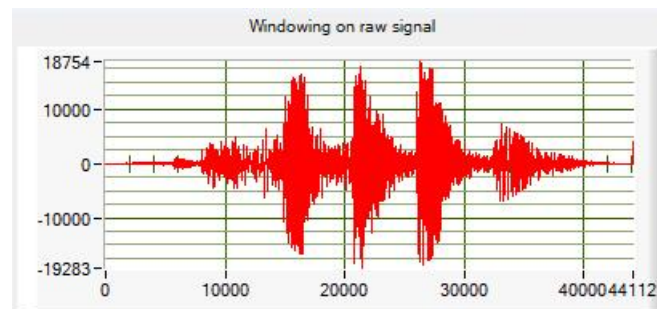


Fig 8. Secunda 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Blackman

Filtrele trece bandă Chebyshev I și II pentru 1/3 - 2/3 din spectrul semnalului

Chebyshev I

Filtrele Chebyshev de tip I sunt egale în banda de trecere și monotone în banda de oprire. Ca atare, filtrele de tip I rulează mai repede decât filtrele Chebyshev de tip II și Butterworth, dar în detrimentul unei ondulații mai mari a benzii de trecere.

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

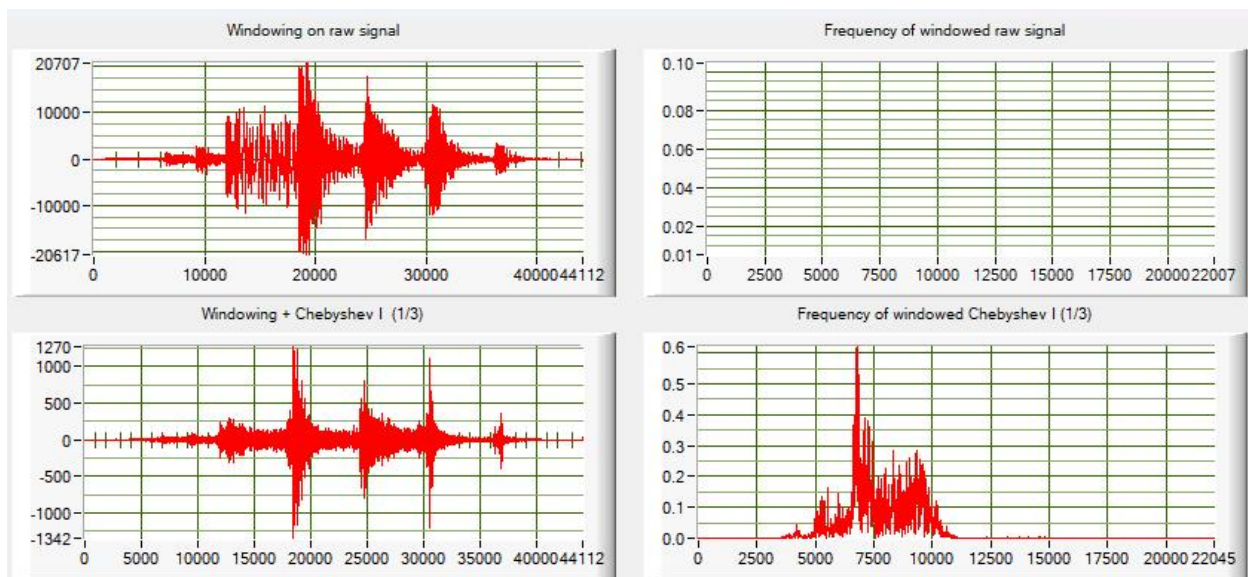


Fig 9 . Secundă 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Blackman și filtru Chebyshev I, împreună cu spectrul pe secundă respectivă

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.

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

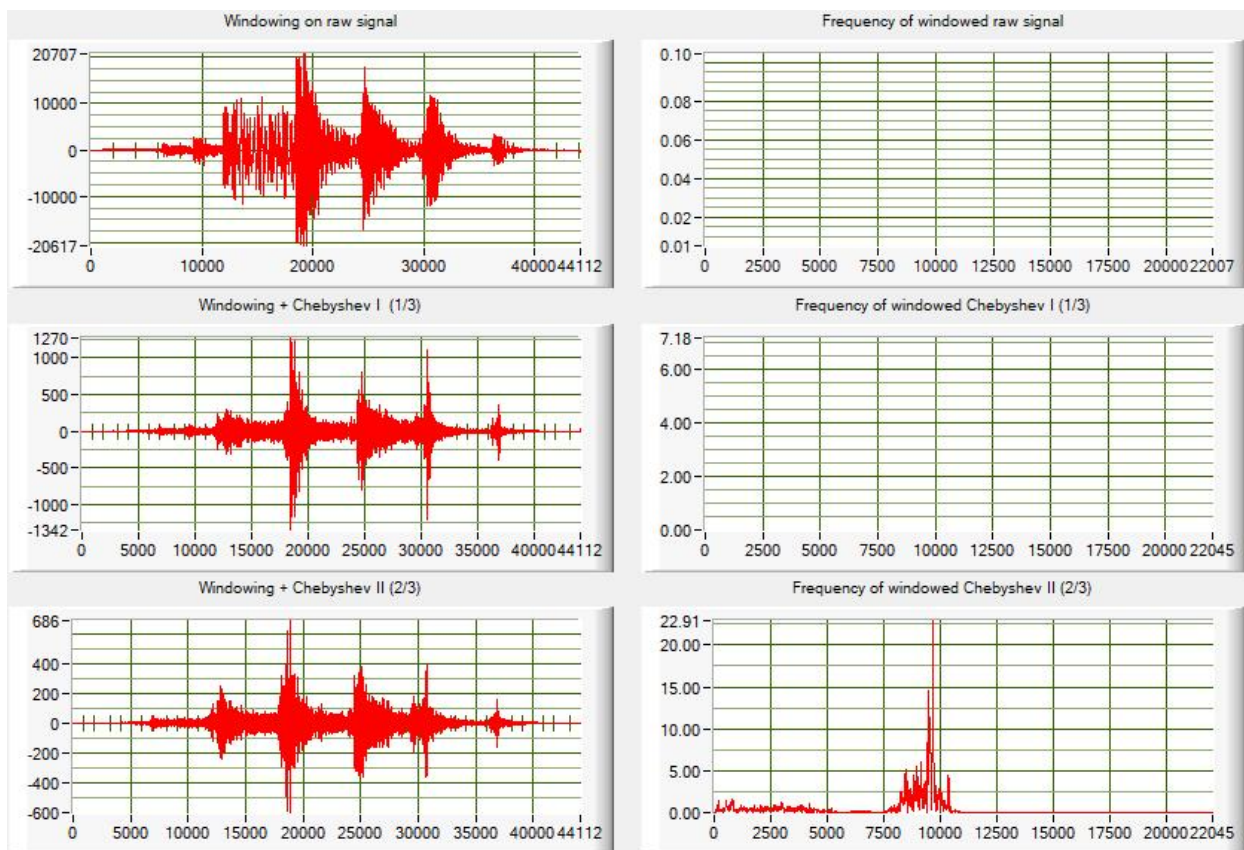


Fig 10 . Secundă 0-1 a semnalului cu fereastră de tip Blackman și filtru Chebyshev II, împreună cu spectrul pe secundă respectivă