



UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GH ASACHI” IAȘI
FACULTATEA 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,
Pintilie Răzvan-Nicolae
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-crossings 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 (Hanning și Hamming) și a două tipuri de filtre (Butterworth pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele înalte și Chebyshev de ordin 5 pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele joase) asupra unui număr de puncte 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 va fi realizată analiza 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, 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 și derivata 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 un număr de puncte în parte. De asemenea se dorește și utilizarea a două tipuri de ferestre (Hanning și Hamming) și a două tipuri de filtre (Butterworth pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele înalte și Chebyshev de ordin 5 pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele joase) asupra aceluiași număr de puncte.

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 P9.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 Panel 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, numărul de treceri prin zero precum calcularea și afișarea histogrammei. De asemenea, vor putea fi vizualizate anvelopa semnalului inițial și derivata semnalului filtrat.

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 va 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 $(0 \div 1)$.

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

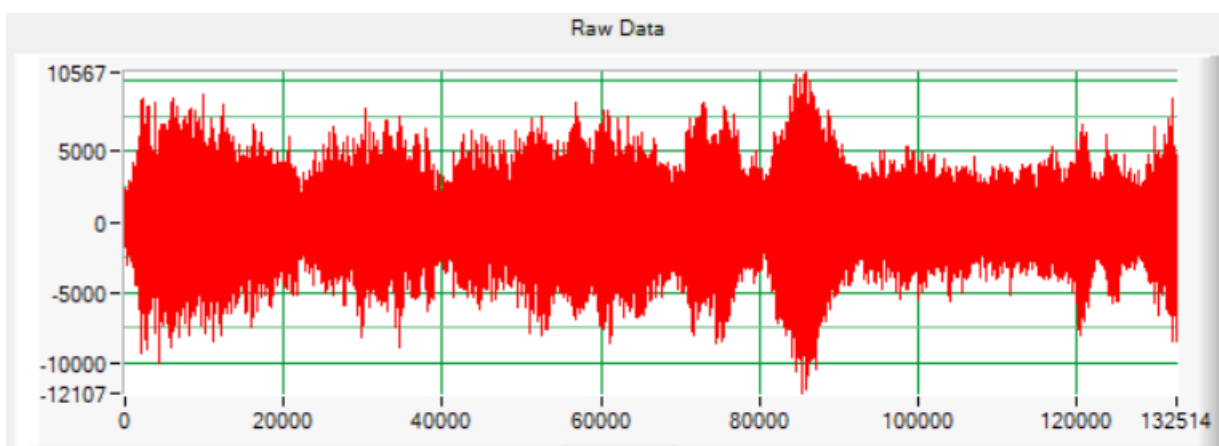


Fig 1. Reprezentarea semnalului inițial

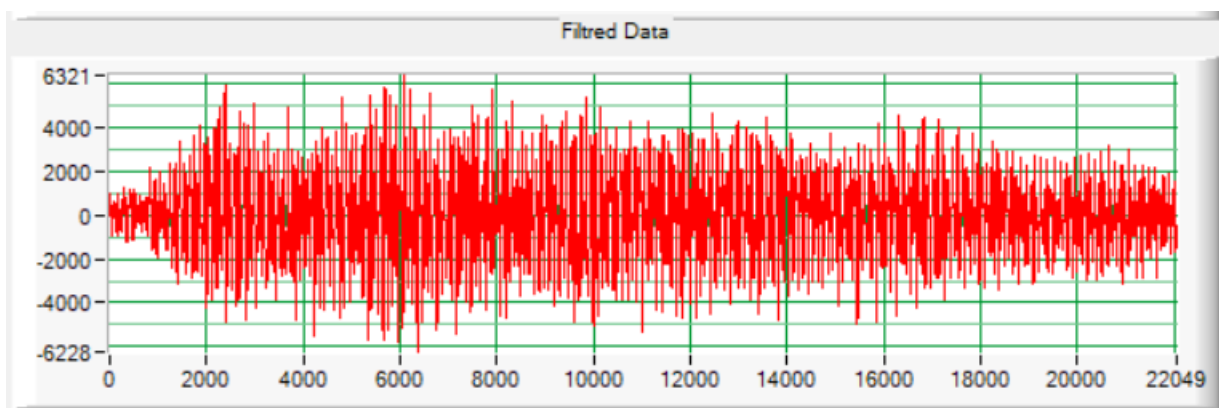


Fig 2. Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului, filtrată cu filtrul de mediere pe 16 elemente

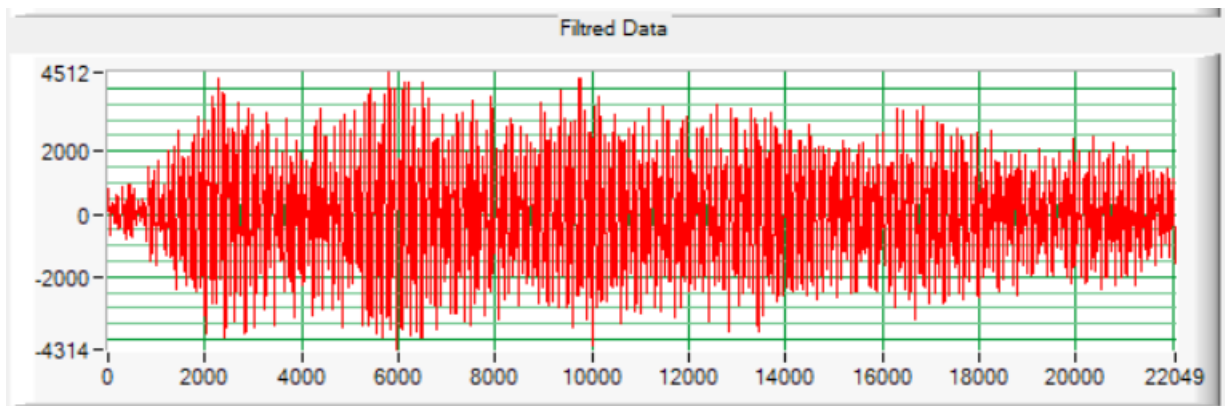


Fig 3. Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului, filtrată cu filtrul de mediere pe 32 elemente

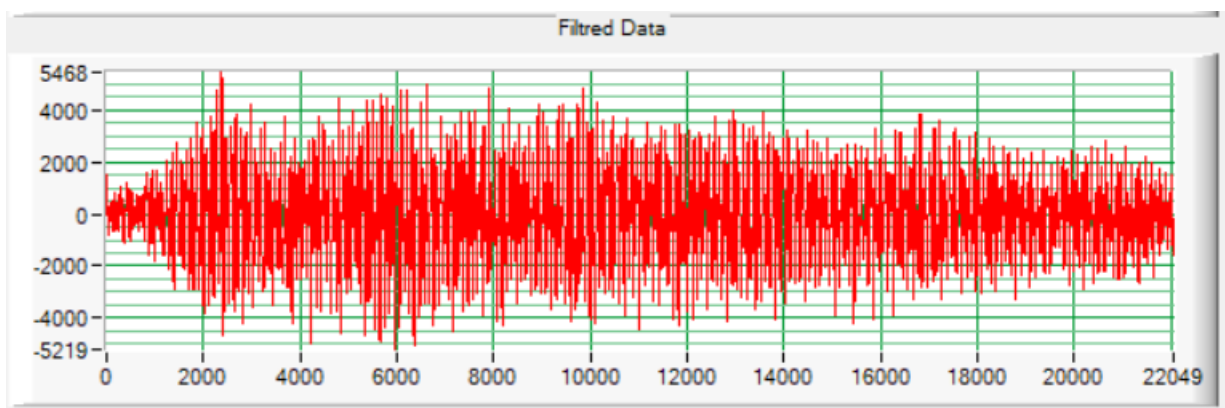


Fig 4. Reprezentarea secunde 0-1 a semnalului, filtrată cu un element de ordin I, unde $\alpha = 0.1$

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

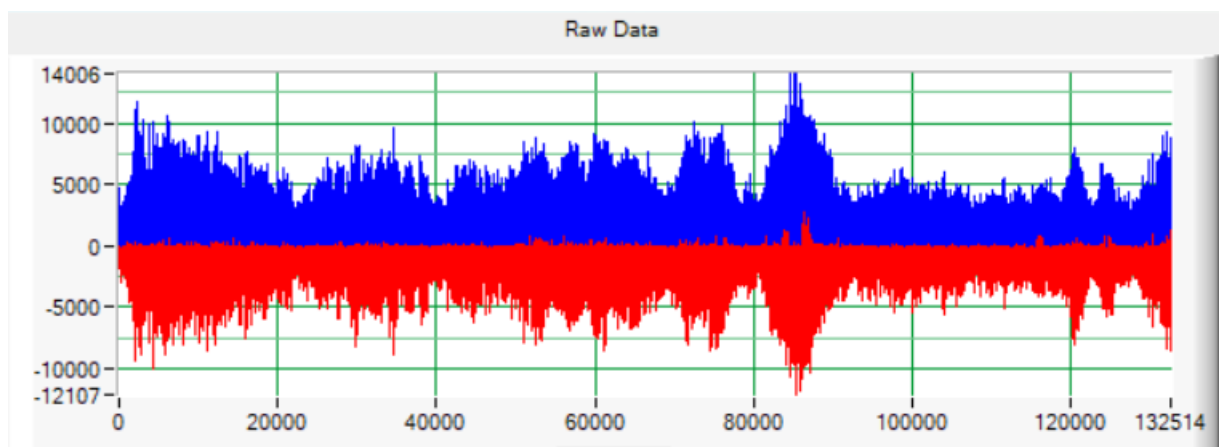


Fig 5. Anvelopa semnalului

Se afișează derivata semnalului pe același contro Graph unde s-a reprezentat semnalul filtrat.

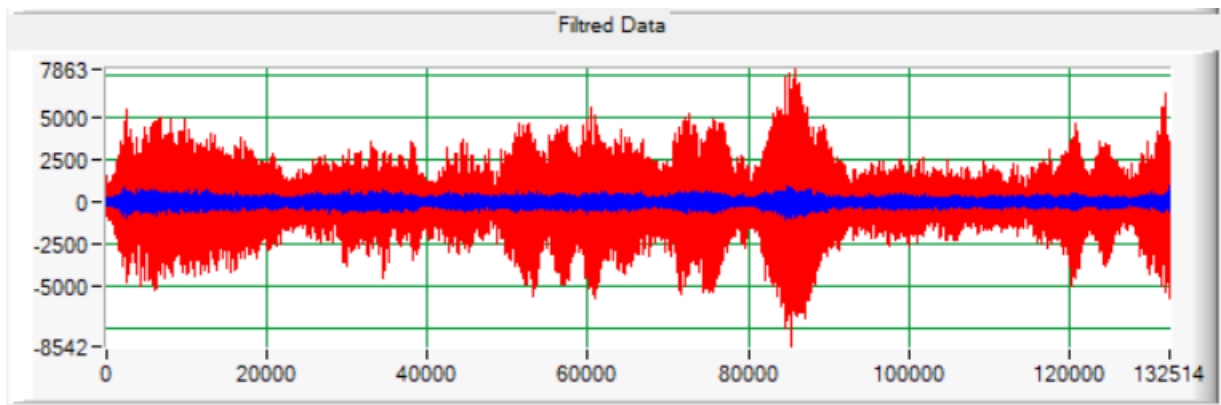


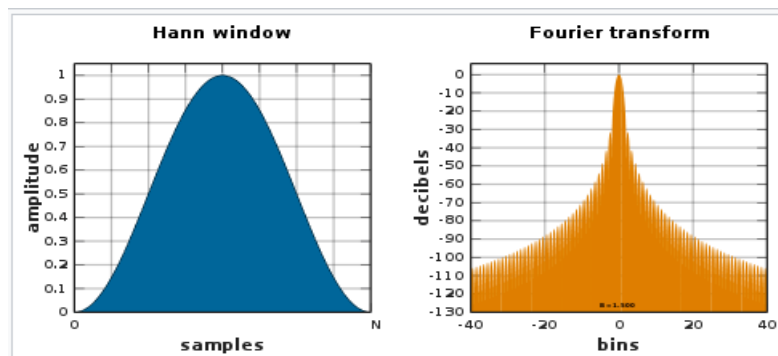
Fig 6. Derivata semnalului filtrat

Analiza în frecvență

Analiza în frecvență constă în crearea unui nou panou pe care se va realiza afișarea spectrului semnalului pentru câte un număr de puncte 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 calculează 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: Hanning și Hamming și două tipuri de filtre: Butterworth pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele înalte și Chebyshev de ordin 5 pentru $\frac{1}{4}$ din frecvențele joase.

Fereastra Hanning



Fereastra Hanning este un „con” format prin utilizarea unui cosinus ponderat.

$$w[n] = L \cdot w_0 \left(\frac{L}{N} (n - N/2) \right) = \frac{1}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi n}{N} \right) \right] = \sin^2 \left(\frac{\pi n}{N} \right)$$

$$0 \leq n \leq N$$

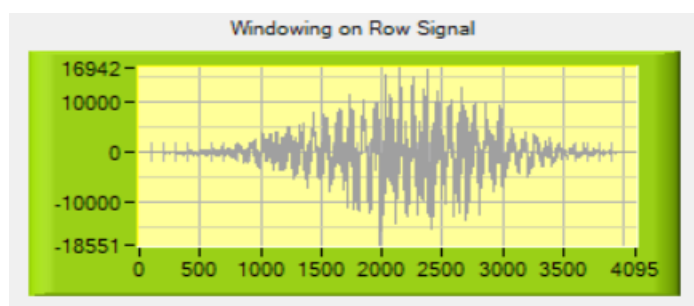
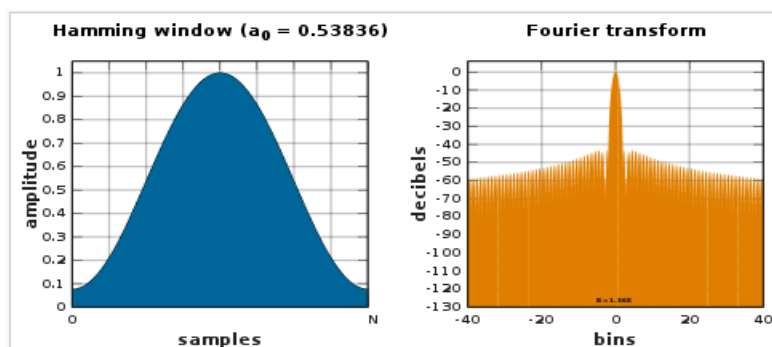


Fig 7. Primele 4096 de valori ale semnalului cu fereastră de tip Hanning

Fereastra Hamming



Fereastra Hamming este o extensie a ferestrei Hanning, în sensul că este o fereastră cosinus ridicată a formei.

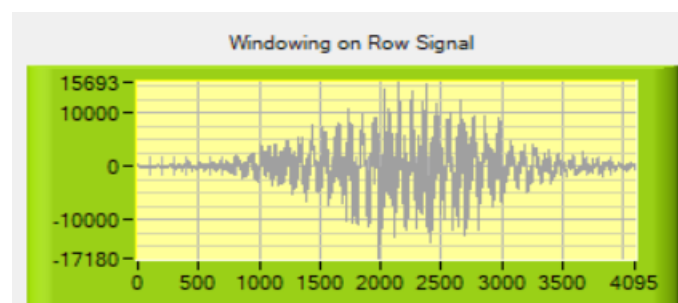


Fig 8. Primele 4096 de valori ale semnalului cu fereastră de tip Hamming

¹ Imagine preluată de pe [wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Hanning_window)

² Imagine preluată de pe [wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_window)

Filtrul Butterworth

Acesta este un tip de filtru de procesare de semnal conceput pentru a avea un răspuns în frecvență cât mai plat posibil în banda de trecere.

$$G(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^{2n}}}$$

Filtrul Chebyshev de tip 1

Filtrele de acest tip sunt filtre analogice sau digitale care au o deplasare mai abruptă decât filtrele Butterworth și au fie ondulare (ripple) în banda de trecere (tip 1), fie în banda de stop (tip 2). Filtrele Chebyshev au proprietatea de a minimiza eroarea dintre caracteristica idealizată și cea reală a filtrului pe intervalul acestuia. Filtrele Chebyshev de tip 2 sunt denumite de obicei „inverse”.

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

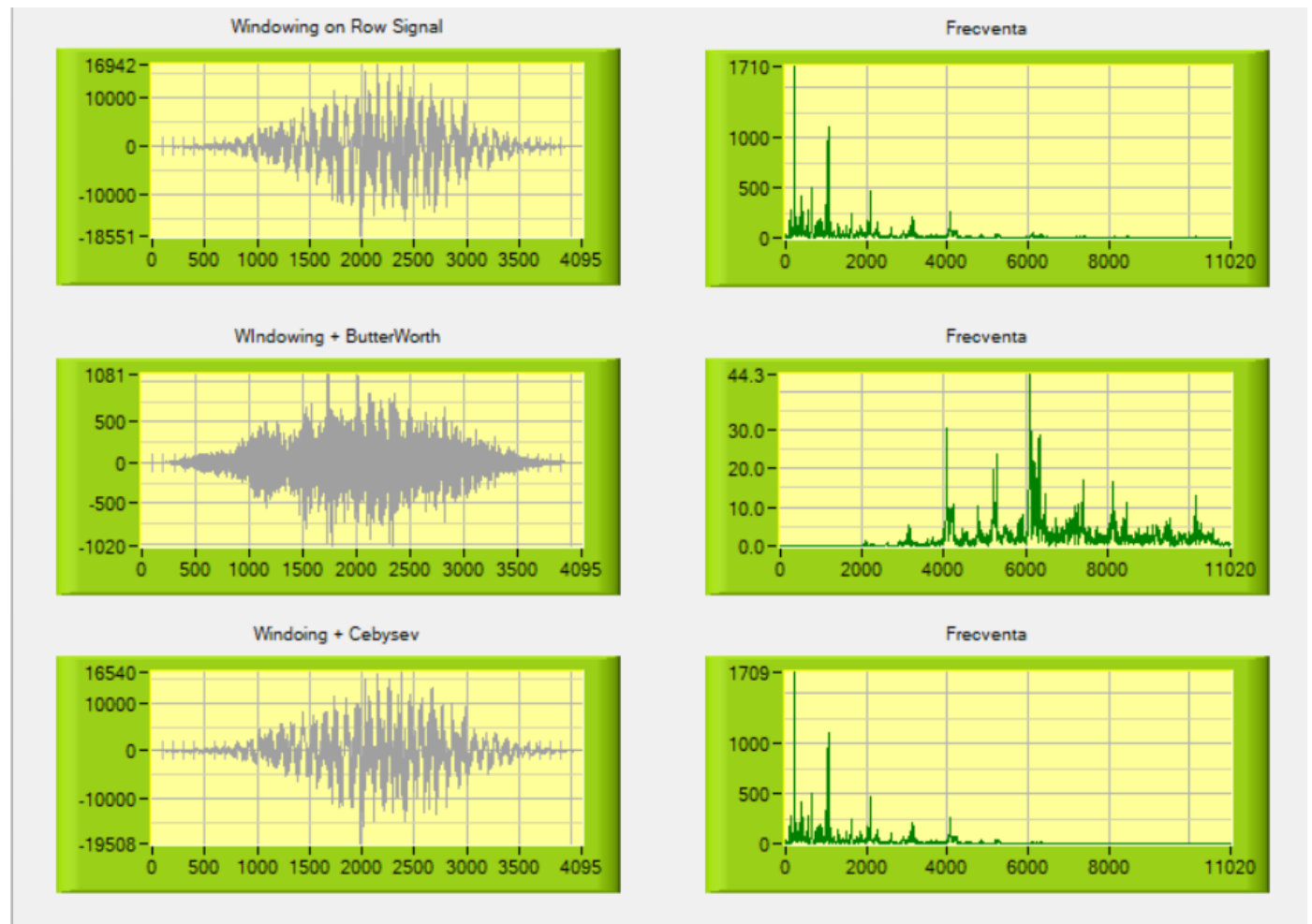


Fig 9. Primele 4096 de valori ale semnalului cu fereastră de tip Hanning, împreună cu filtre de tip Butterworth și Chebyshev 1, dar și spectrul pe acel interval