



AGENȚIA DE CERCETARE PENTRU  
TEHNICĂ ȘI TEHNOLOGII MILITARE

## **Activitatea 2. SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC INCAMPURI DE TRAGERE (GUNDETECT)**

**Activitatea 2 - Realizarea, testarea instalatiei “Infrasound Array”. Elaborarea metodelor, soluțiilor și procedurilor pentru evenimentele infrasonice generate de arme în zonele beligerante.**

**Activitate 2.3 Proiectarea si realizarea modelului experimental destinat monitorizarii infrasunetelor din atmosfera.**

### **1. Sistem folosind sensor de presiune (microcip) combinat cu sensor seismic (geofon)**

Array-ul este format din 4 echipamente tip “Raspberry Shake and Boom”. Dispozitivele raspberry sunt formate dintr-un traductor de presiune de inalta precizie capabil sa detecteze semnalele infrasonice imperceptibile din atmosfera provenite dintr-o multitudine de surse. Echipamentele ofera o solutie protabila all-in-one si contin: senzor de infrasunete, digitizor si un mini-pc. Senzorul are o iesire de 100 de esantioane pe secunda. Sistemul este capabil sa detecteze vremea severa, avioane, focuri de arma si teste nucleare, etc.

Date Tehnice:

- Rata de transmisie a pachetelor de date - Pachetele de date livrate prin portul serial la o rată de 4 pachete / secundă (250 ms / pachet)
- Sensitivitate – 56000 counts/Pascal +/- 10% precizie
- Digitizor – 24 bit ADC Sigma-Delta, 144 dB (24 bits)
- Eroare Banda –  $\approx 1\%$
- Liniaritatea măsurării presiunii (inclusă în banda de eroare totală măsurare) -  $<0.5\%$
- Filtru mecanic Opțiuni de filtrare High Pass – 1s, 20s
- Temperatura de funcționare a senzorului – Domeniul maxim de functionare:  $-25^{\circ}\text{C}$  pana la  $85^{\circ}\text{C}$

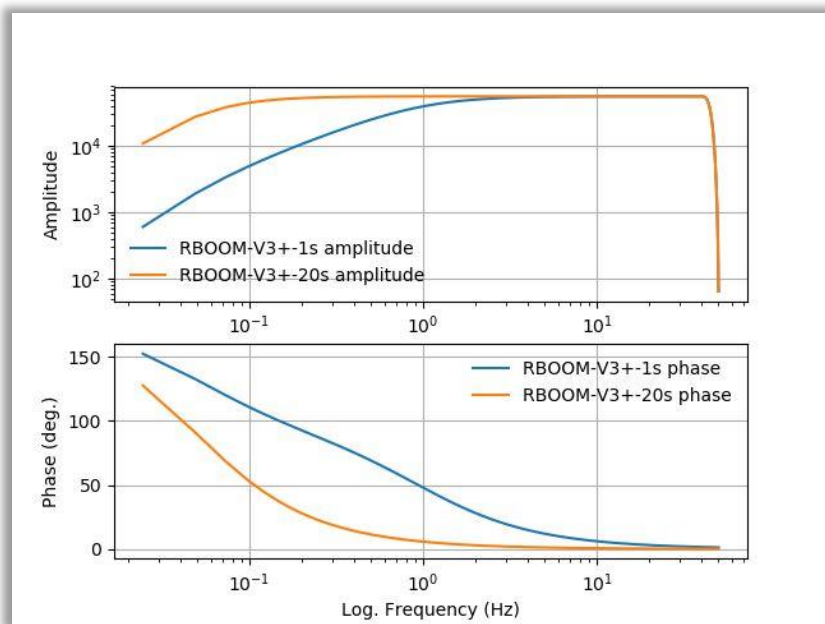


Fig. – Sensor Infrasonete Raspunsul Instrumentului

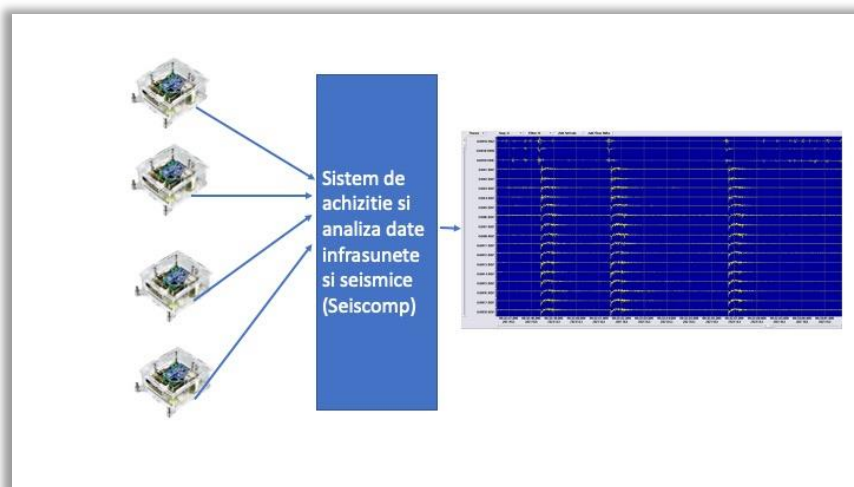


Fig. – Diagrama de flux de procesare a informațiilor a sistemului de detectare a sursei de infrasonete folosind “Raspberry Shake and Boom”

**Senzor Infrasonete “Raspberry Shake and Boom”– Nivelul de Zgomot**

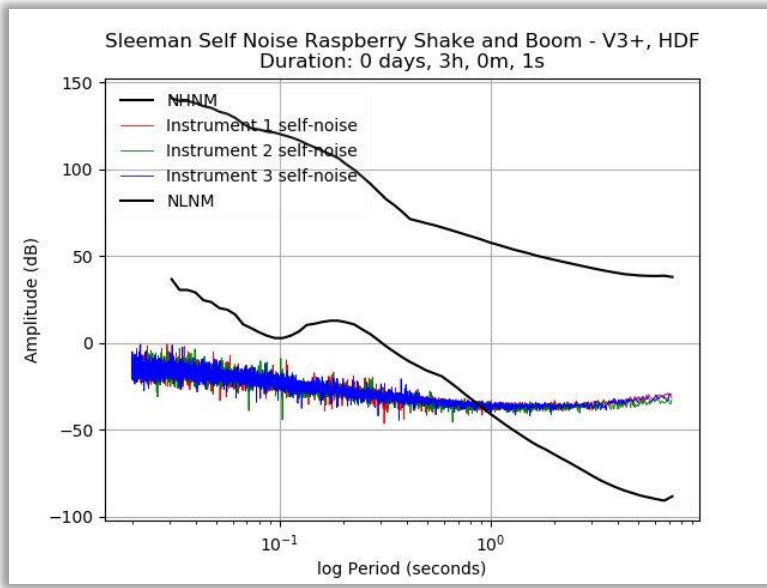


Fig. – PDF (Power Spectral Density) – Senzor Infrasonete

## Software

Software-ul instalat pe Raspberry Shake este compatibil cu programul de achiziție și prelucrare Seiscomp3. Raspberry Shake are preinstalat un server de seedlink pentru a putea oferi date în timp real. Acesta este un plugin folosit la nivel European. Datele sunt arhivate în mod continuu în format miniSEED. Configurarea instrumentului se face prin intermediul unei interfețe web. Un alt avantaj îl reprezintă consumul redus de energie de numai 1.9 Wati.

## 2. Sistem folosind array de microfoane de joasa frecventa

Arhitectura propusă se bazează pe o matrice plană de microfoane geometrie formată din 8 microfoane MEMS sunt plasate pe un diametru de 50 cm geometrie plană. Microfoane MEMS (Figura 2). Distribuția circulară a microfoanelor intenționează să mențină răspunsul matricei independent de orientare. Aceste microfoane selectate pentru a compune matricea de microfoane sunt de tip MEMS cu ieșire analogică oferă un răspuns polar omnidirecțional bun, un răspuns de frecvență de bandă largă variind de la 100 Hz până la 15 kHz. Grupul de opt microfoane MEMS se alimentează la o sursă de 12Vdc iar ieșirile sunt interconectate cu canalele de la un digitizor 24biti, 8 canale de tip Obsidian folosit în mod curect în domeniul seismologiei. Timpul este sincronizat cu GPS.

CARACTERISTICI GENERALE PENTRU

Tip produs

Microfon cu preamplificare pentru sisteme supraveghere

Tip accesoriu	Microfon
Functii speciale	Preamplificare
Tip detector	Microfon ambiantal
Distanța maximă de detecție	40mp
Temperatura de operare	-20 ... +50 grade C
Tensiune alimentare (V)	12V/1A
Dimensiuni	100 x 5 mm
Consum	0.1W
Frecvență	300~300,000Hz
Greutate	10 g

---

#### Caracteristici generale inregistrator

Accelerograful Obsidian este NOUL produs al Kinematics, conceput pentru a oferi flexibilitatea cerută de soluțiile de monitorizare a cutremurelor. Pentru sincronizarea datelor în timp, utilizează tehnologia GPS acolo unde are sens și/sau PTP atunci când mai multe unități sunt conectate prin Ethernet împreună cu alimentarea de 12Vcc. **CARACTERISTICI** • 8 canale de senzori triaxială • Convertor Delta Sigma pe 24 de biți, unul pe canal • GPS/GNSS încorporat, PTP încorporat.

Convertor individual Delta Sigma pe 24 de biți pe canal, optimizat pentru lățimea de bandă,: Filtru FIR de precizie dublă Cauzal/Acausal; Zgomot RMS - Tipic) 100 sps ~ 130 dB (clip RMS la zgomot RMS - Tipic) Răspuns în frecvență: DC până la 80 Hz @ 200 sps Rate de eșantionare: 1, 10, 20, 50, 100, 200, 250, 250, 100, 250, 100, 5000 sps. Tip software: Sistemul de operare este multitasking; permite de la distanță configurare automată: suport SSH și control SSLSystem: rata de eșantionare configurare, tipul de formate diferite: Kinematics EVT, MiniSEED, SAC, COSMOS, MATLAB, SUDS, Seisan, ASCII, altele optional.

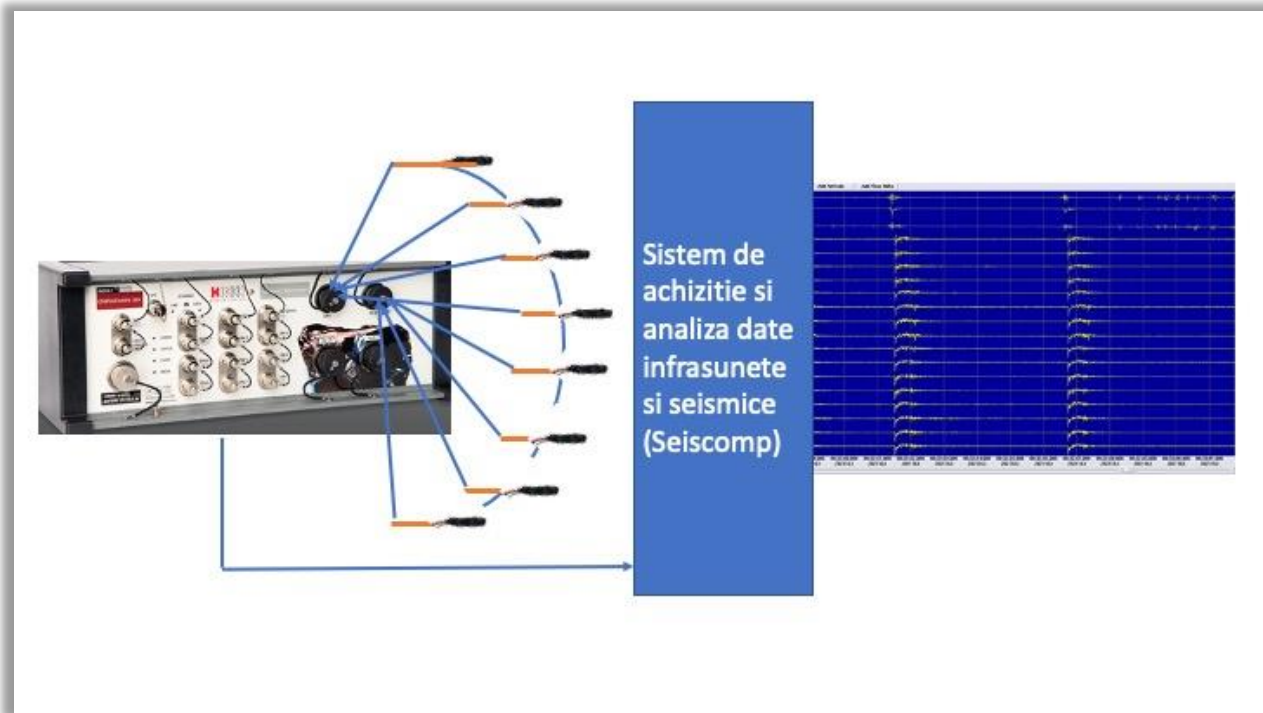


Fig. – Diagrama de flux de procesare a informațiilor a sistemului de detectare a sursei de infrasunete folosind “microfoane MEMS+Inregistrator BASALT 24 bits”

Software folosit (SeisComP) este conceput pentru achiziția datelor seismice de la diverse tipuri de înregistratoare analog/digitale. SeisComP este un software gratuit, format din mai multe sub-pachete. Un sistem *SeisComP* implică module automate și interactive care lucrează separat pentru a procesa datele și pentru a le analiza.

Fiecare modul are o anumită sarcină, cum ar fi:

- Achiziționarea datelor de formă de undă de la instrumentele seismice sau de la furnizorii de date
- Arhivarea formei de undă
- Procesarea formei de undă
- Procesarea selecțiilor de fază pentru a detecta evenimente și a calcula locațiile
- Furnizarea unei interfețe de utilizator pentru revizuirea manuală a evenimentelor

In cazul nostru l-am utilizat pentru achiziția, arhivarea și stocarea datelor înregistrate de înregistratorul analog/digital de tip Obsidian.

### **3. Sistem folosind array de microfoane și sistem de înregistrare cu esanționare ridicată (50000SPS)**

Sistemul utilizeaza un modul de achizitie date de mare viteza (100 KHz rata maxima de esantionare) tip FD11634 produs de NI. Acesta are 8 canale si este specializat pentru achizitia semnalelor de sunet si vibratii de frecventa ridicata.



Fig. 3.1. Dispozitiv de achizitie date pentru sunet și vibrații cu 8 canale, FD11634.

Date tehnice:

Specificațiile sunt tipice și valabile la  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  până la  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dacă nu se specifică altfel.

Caracteristici de intrare:

Numar de canale	8 analogice
Izolatie	Izolație galvanică între canale și față de șasiu
Domeniu de intrare (AI+ la AI-)	$\pm 10\text{ V}$ , $\pm 1\text{ V}$
ADC rezolutie	24 bits
Tip ADC	Delta-Sigma (cu prefiltrare analogică)
Mod de esantionare	Simultan
Cuplaj de intrare	Software-selectabil AC/DC
TEDS suport	IEEE 1451.4 TEDS Class I
TEDS capacitive drive	5,000 pF

Acuratete	$\pm 30$ ppm maximum
Domeniu de esantionare (fs)	
Minimum	500 Sample/s
Maximum	102.4 kSample/s

Un exemplu de configurare este prezentat in figura urmatoare:

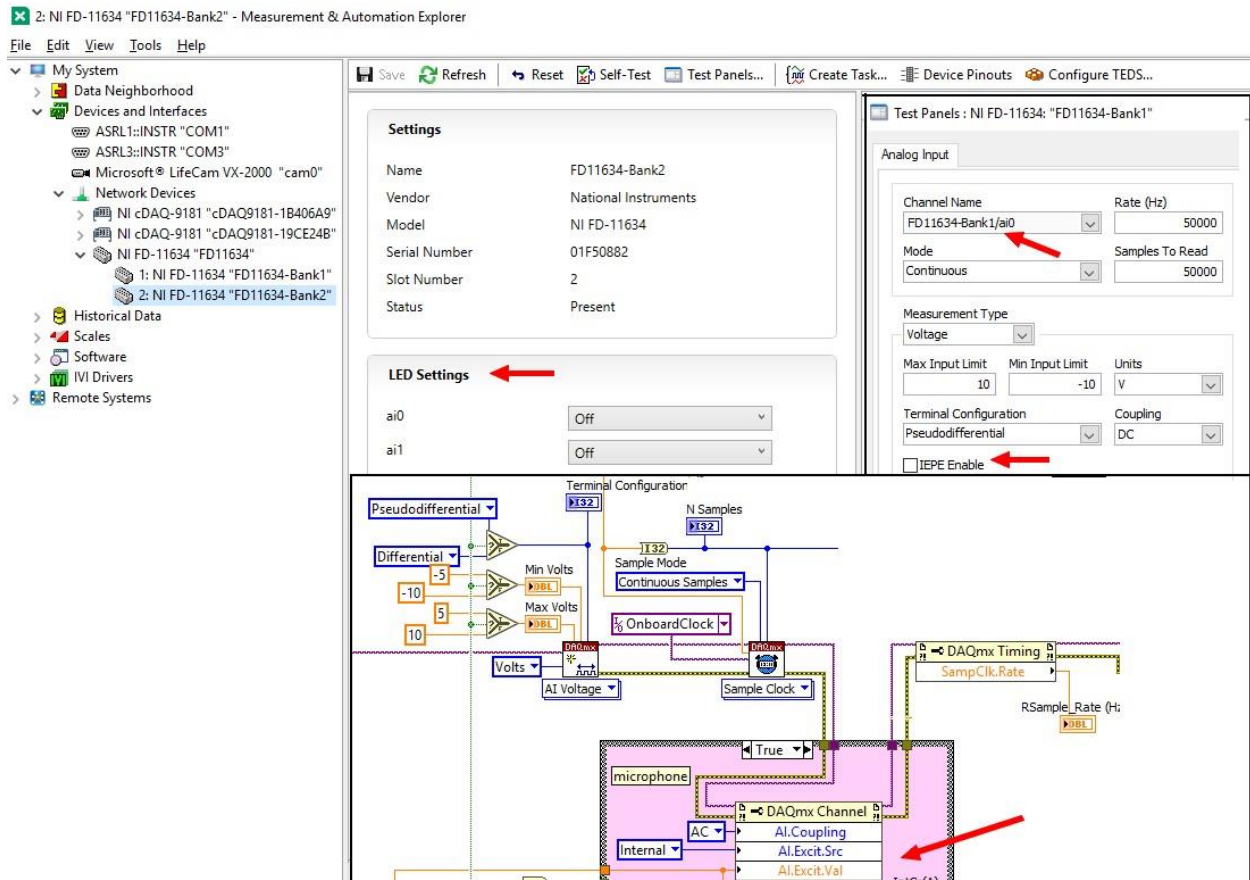


Fig. 3.2. Configurare FD11634 cu ajutorul programelor LavVIEW si NI max.

Testele s-au realizat cu microfoane in doua configuratii:

- Fixate pe acelasi suport vertical si orientate decalat la unghiuri cunoscute si montate in tuburi izolate fonic cu scopul determinarii directiei principale a undei sonore;
- Fixate intr-o configuratie de tringhi dreptunghic isoscel cu distanta intre varfuri de 1 m pentru determinarea directiei undei sonore din defazajul inregistrarilor.

Pentru cazul (a) rezultatele nu au fost concludente deoarece se bazeaza pe realizarea unei directivitati a microfoanelor si suprapunerea acestora. Solutia poate fi simpla dar nu este usor de implementat cu microfoane conventionale nedirective. Ea ar permite determinarea directiei unei acustice principale si prin combinarea a cel putin 2 dispozitive se poate realiza localizarea sursei. Un alt avataj este ca nu este necesara o rata mare de esantionare.

In cazul (b) perioada de esantionare este importanta deoarece metoda se bazeaza pe diferentele de timp dintre sosirile undelor acustice. O perioada mica de esantionare (frecventa mare) asigura o rezolutie ridicata in conditiile in care erorile de unghi cresc cu distanta la care se afla sursa acustica. In Fig. 3.3 este un exemplu de determinare a directiei unei seimice. Utilizand minim doua configuratii de acest tip se localizeaza sursa la intersectia directiilor determinate.

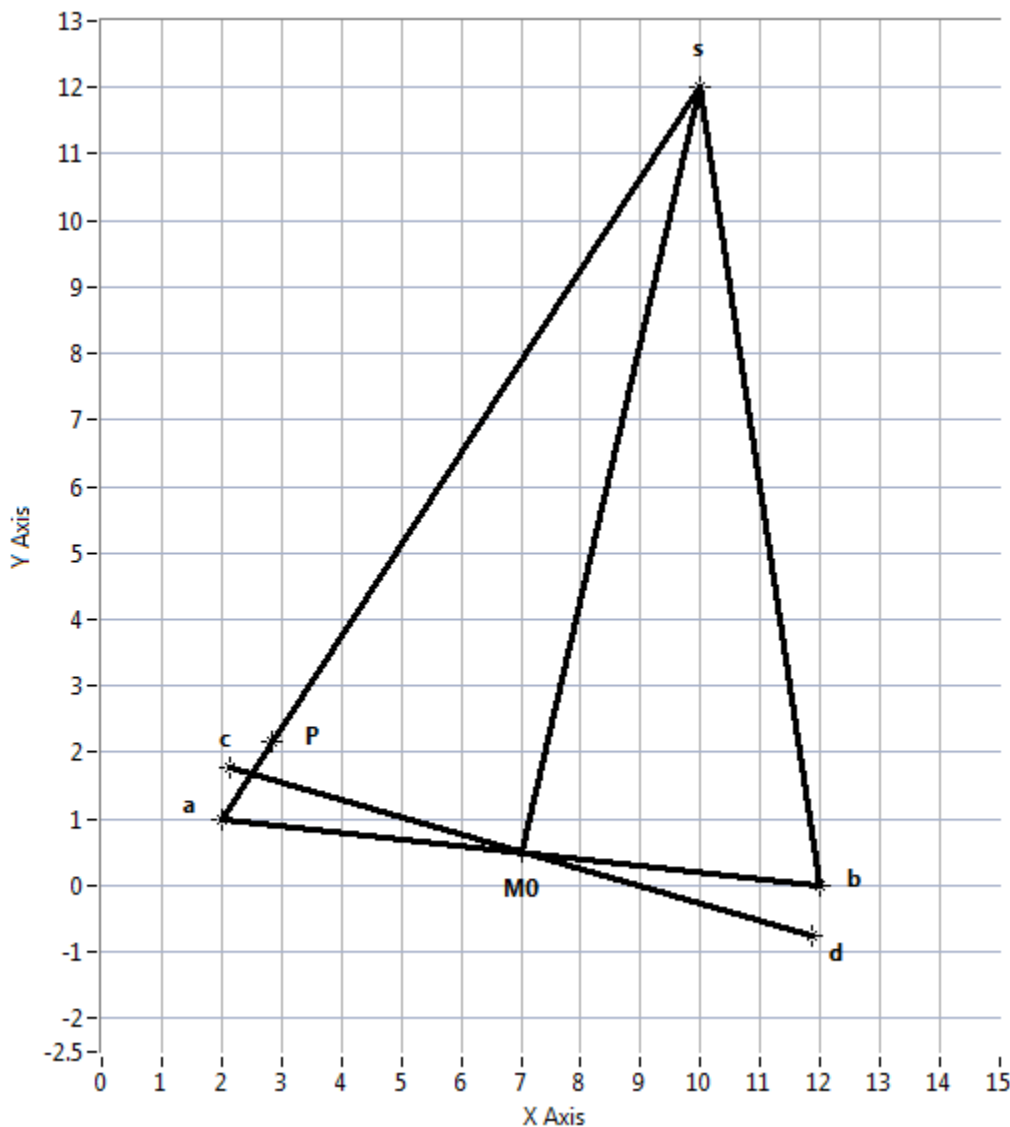




Fig. 3.3. Un exemplu de algoritm de localizare a sursei acustice; S sursa acustica, a – b microfoane, c – d corespondenta microfoanelor a si b rotite in jurul punctului median M.

La receptia unei unde acustice apare un decalaj de timp intre microfoanele a si b. Acesta se poate transforma in distanta cunoscând viteza sunetului (distanța a-P) care este aceeași în ambele cazuri. Dacă cele 2 microfoane ar fi instalate pe o bară care se poate roti în jurul punctului median M se realizează triunghiul isoscel cu laturile egale s – c și s – d. Înălțimea triunghiului reprezintă direcția unei sonore. Cel puțin 2 direcții determină locația unei sonore. Din cauza aproximărilor unghiurilor acesta nu este exactă. Din datele simulate locația este centrul de greutate al unui poligon al cărui varfuri reprezintă intersecțiile mai multor perechi de direcții determinate ca în Fig. 3.3.

Un exemplu de test și analiză a semnalului recepționat este în Fig. 3.4.

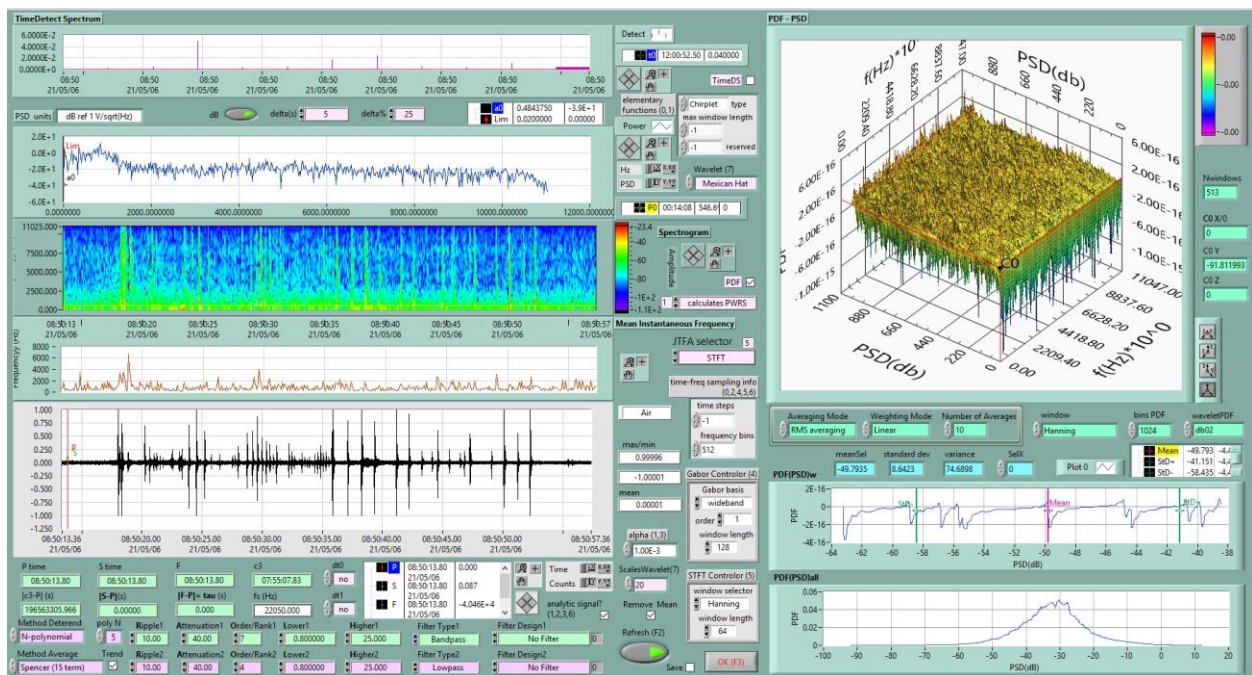


Fig. 3.4. Analiza spectrală a undelor sonore înregistrate de un microfon; PSD reprezintă Power Spectral Density, spectrograma este o transformată rapidă Fourier, PWRs este Power Spectrum iar PDF power Density Function.

Frecvența de achiziție a datelor este de 22050 Hz ceea ce permite salvarea datelor într-un format standard pentru fișierele audio („wav”).

În Fig. 3.4 este prezentată panela programului de achiziție a datelor acustice. Pentru compatibilitatea cu formatul „wav” s-a utilizat o frecvență de esantionare de 48000 Hz. Datele cuprind toate canalele și sunt salvate în format binar și transformate apoi în fișiere tip PC-SUDS („dmx”). Acest format permite analiza simultană și localizarea sursei de semnal acustic. În paralel cu achiziția și salvarea datelor se face o analiză a semnalului prin determinarea componentelor AC și DC.



Fig. 3.5. Program de achizitie date pentru FD1134.

#### Bibliografie:

1. <https://raspberrysake.org/products/raspberry-shake-boom/>
2. [https://kinometrics.com/post\\_products/obsidian/](https://kinometrics.com/post_products/obsidian/)
3. <https://www.ni.com/ro-ro/support/model.fd-11634.html>
4. [https://www.ni.com/ro-ro/support/downloads/software\\_products/download.labview.html#411240](https://www.ni.com/ro-ro/support/downloads/software_products/download.labview.html#411240)
5. A. Le Pichon, E. Blanc, and A. Hauchecorne, Eds., *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, New York: Springer, 2010.
6. S. Arrowsmith, R. Whitaker, S. Taylor, R. Burlaeu, B. Stump, M. Hedlin, G. Randall, C. Hayward and D. ReVelle, "Regional Monitoring of Infrasound Events Using Multiple Arrays: Application to Utah and Washington State," *Geophysical Journal International*, vol. 175, pp. 291-300, 2008.