

MĂSURĂTORI ȘI EXPERIMENTE

VIBRAȚII - ACUSTICA

CURS 13+14

Prof. Iulian Lupea UTCluj

1. MEDIERE ÎN ANALIZA SPECTRALĂ (Curs13)

Averaged FFT Analysis Example (simulated)

1. Modul de mediere: RMS (rădăcina medie pătratică),

Mediere vectorială

Peak hold,

2. Modul de ponderare:

liniar și

exponențial (implicit) aplicabil pentru medierea RMS (root mean square) și medierea vectorială,

3. Numărul de medieri (5 sau 10 după care se oprește) aplicabil pentru medierea RMS și medierea vectorială, modul Liniar

Pentru modul exponențial procesul de mediere este continuu.

1.1. Mediere RMS a Puterii Spectrale

Atenuază fluctuațiile zgomotului, iar nivelul de zgomot nu este atenuat (rămâne constant la aproximativ -90dB pentru semnalul de referință de 1.0V).

Nivelul de zgomot nu este redus deoarece medierea RMS mediază energia sau puterea semnalului.

La medierea RMS pe un canal, se obține faza zero, pierzându-se astfel informația de fază

1.2. Medierea vectorială:

Se calculează spectrul FFT unilateral complex care apoi se mediază în complex (în cadrul unui ciclu While).

-nu se reduc fluctuațiile zgomotului în jurul nivelului de zgomot.

-în cazul semnalelor sincrone (cu trigerare) se reduce nivelul de zgomot asociat semnalului (sub -130dB).

Pentru ca medierea în aplicația curentă, să aibă efect, se va pune Sine wave/ Triggered pe starea On (se asigură astfel trigerarea la generarea semnalului sinusoidal cu zgomot alb pentru a avea semnale sincrone).

Pentru semnale nesincrone sau Sine wave/Triggered=Off, zgomotul se reduce, fluctuațiile nu se reduc iar linia spectrală reprezentând sinusul variază continuu în amplitudine la frecvența comandată.

Ponderarea liniară la medierea vectorială se desfășoară similar cu ponderarea liniară la medierea de tip RMS. Aceasta are loc în cadrul funcției Complex Spectrum Averaging.vi, unde se folosesc tablourile (1D) *complex spectrum* la intrare și *averaged complex spectrum* la ieșire.

În cazul ponderării liniare, la variația frecvenței sinusoidale în timpul rulării aplicației, vârfurile de amplitudine ale sinusoidalei rămân prezente la medierea RMS cât și la cea vectorială.

1.3. Mediere de tip Peak hold:

În cadrul medierii cu reținerea vârfurilor puterii spectrale, sunt memorate valorile rms de vârf de la un spectru FFT la următorul. Un registru Shift al ciclului While (Fig. 5) memorează spectrul cu valorile maxime din ciclurile precedente.

2. MĂSURARE NIVEL DE ZGOMOT -- SONOMETRUL (Curs 13)

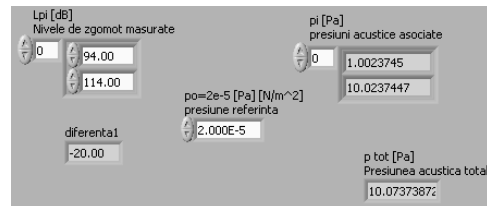
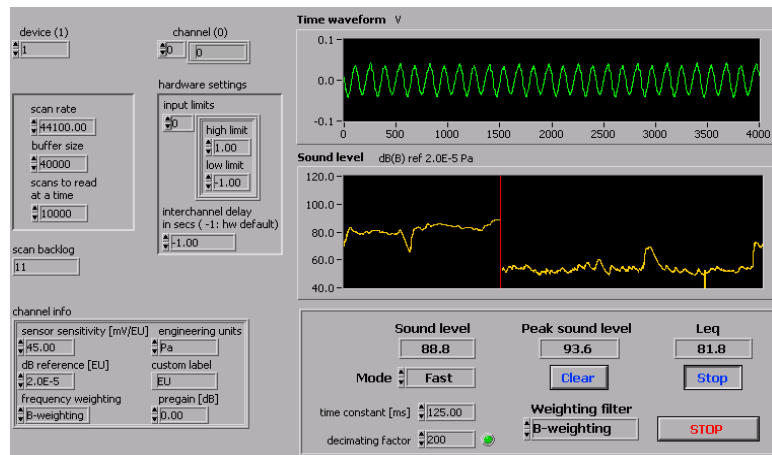
1.1. Prezentare interfața utilizator, vezi fișier: 1_Sonometru3.doc

Prof. dr.ing. Iulian Lupea UTCluj

1.2. Calibrare de la sursă (calibrator):

94 dB (1Pa) la ton
1000Hz,
114 dB (10Pa) la ton
1000Hz

Urmărire semnal sinusoidal,
Calcul frecvență din durată și număr perioade.



1.3. Sursa diapazon 440Hz – măsurare semnal armonic

Calcul frecvență din semnal în timp
 $V=340\text{m/s}$

Eventual 2 diapazoane însumate – observare în domeniul timp

1.4. Insumare niveluri de zgomot de la mai multe surse

Însumarea nivelurilor de zgomot (dB) produse de surse de zgomot fiecare măsurate independent se face prin însumarea presiunilor acustice (Pa) (rad. suma patratelor) asociate (nu prin însumarea nivelurilor de zgomot). Se reaminteste relatia de calcul a nivelului presiunii sonore (1):

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P_{ef}}{20e-6} \right)^2 \quad \text{sau} \quad L_p = 20 \log \left(\frac{P_{ef}}{20e-6} \right) \quad (1)$$

Considerăm două niveluri de zgomot (4):

$$L_{p1} = 20 \log_{10} \frac{p_1}{p_0} \quad , \quad L_{p2} = 20 \log_{10} \frac{p_2}{p_0} \quad (4)$$

Se explicitează, de exemplu, presiunea acustică p_1 :

$$p_1 = 10^{\frac{L_{p1}}{20}} p_0$$

Pentru calculul nivelului de zgomot într-un punct, produs de surse independente ce acționează simultan, se procedează conform relației (5):

$$L_{p_{total}} = 10 \log_{10} \frac{\sum_i p_i^2}{p_0^2} = 10 \log_{10} \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{p_0^2} \right) \quad (5)$$

unde p_i este presiunea medie pătratică a sursei indice i . Din relația (1) se extrage raportul pătratelor presiunilor sonore efective și de referință:

$$\frac{p_{ef}^2}{p_0^2} = 10^{0.1 L_p} \quad (6)$$

Înlocuind (6) în (5) rezultă (7):

$$L_{p_{total}} = 10 \log_{10}(10^{0.1 L_{p1}} + 10^{0.1 L_{p2}} + \dots + 10^{0.1 L_{pn}}) \quad (7)$$

Pentru două presiuni acustice independente, cunoscute prin măsurare într-un punct, se obține următorul nivel de zgomot în acel punct, la funcționarea simultană a surselor de zgomot (8):

$$L_{p_{total}} = 10 \log_{10}\left(\frac{p_1^2 + p_2^2}{p_0^2}\right) = 10 \log_{10}(10^{0.1 L_{p1}} + 10^{0.1 L_{p2}}) \quad (8)$$

Se dă un vector de niveluri de zgomot [Pa] L_{pi} ($i=1, \dots, n$).

1. Sa se calculeze vectorul presiunilor acustice folosind relația (4), unde $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ [Pa]
2. Sa se calculeze presiunea acustica totala folosind relația $\sqrt{p_1^2 + \dots + p_n^2}$
3. Calculați nivelul de zgomot total $L_{p_{total1}}$ folosind rel. (7)

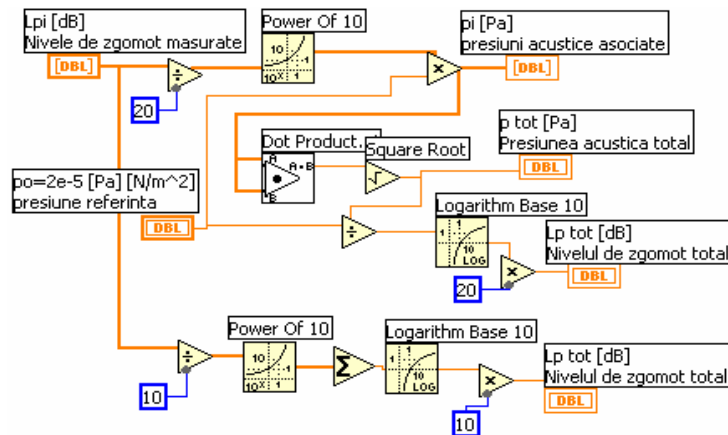
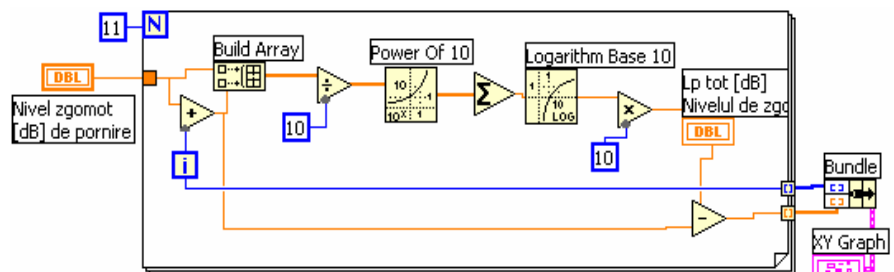


Fig. 7

4. Calculați nivelul de zgomot total $L_{p_{total2}}$ folosind rel. (8)

Însumarea nivelurilor de zgomot și obținerea presiunilor acustice asociate se pot realiza prin aplicația din figura 7, rezultând rezultate identice prin



două modalități de calcul bazate pe relațiile (4) - (7).

Pentru evaluări rapide a însumării nivelurilor de zgomot a două surse, se poate folosi diagrama din figura 8, unde pe axa absciselor se observă diferența [dB] dintre cele două surse de zgomot

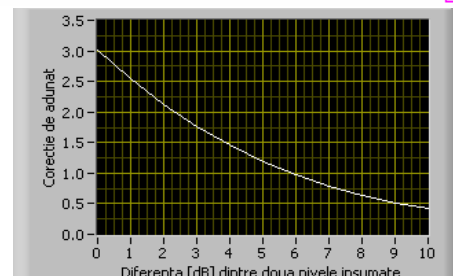


Fig. 8
Prof. dr.ing. Iulian Lupea UTCluj

Aparat electrocasnic		Nivel de zgomot măsurat(dBa)
Aspirator Amsterdam 103		75
Uscător de păr Elta	73,5	73,5
	67	67
Mixer Eurotec Turbo	Turație maximă	71,5
	Turație minimă	67

Microfon Sensibilitate =35,4 mV / Pa,
Nivelul zgomotului de fond = 43 dBa.

Însumarea nivelurilor de zgomot		Măsurare	Calculare
Combinații de aparate electrocasnice			
Aspirator + Uscător de păr	Uscător maxim	77,6	77,3
	Uscător minim	75,8	75,6
Aspirator + Mixer	Mixer maxim	75,2	76,6
	Mixer minim	? 74,5	75,6
Uscător de păr + Mixer	Turații maxime	74,7	75,6
	Turații minime	69,2	70,0
Aspirator + Uscător de păr + Mixer	Turații maxime	76,9	78,3
	Turații minime	? 74,9	76,2
	Uscător maxim-Mixer minim	76,9	77,7
	Uscător minim-Mixer maxim	75,5	77,0



1.

Nivelul de zgomot – utilizare sonometru

.....
2. Adunați aproximativ următoarele surse independente de zgomot prin metoda aproximativa (fig.8) si exacta L.preced: a) 94,94; b) 94, 104 c) 94, 109 d) 94, 94, 94, 94 e) 114, 124, 134 f) 100, 105, 110, 97, 81

94 + 94 => 97	94 + 104 => 104.4	94, 94, 94, 94 =>97+97=>100
114, 124, 134	114 + 124->124.4	124.4+134 => ...

Nivelul de zgomot echivalent (Leq) /

ponderare(mediere) liniară: prin Leq ponderat A se caută evaluarea unui sunet la o poziție în spațiu și pe durată T, printr-o singură valoare de energie acustică medie; substituiți $T=n \cdot \Delta t$ și considerați $\Delta t_i = \text{constant} \rightarrow$ motivați medierea liniară:

Observați:	
Lp dB	Pa
0	2.e-5
94	1.0023
114	10.023
134	100.23

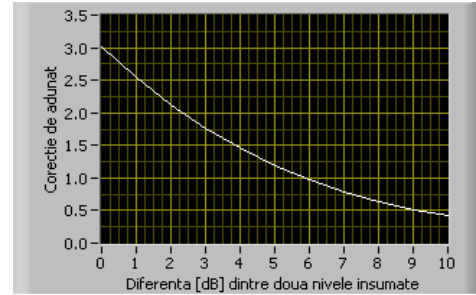


Fig. 8

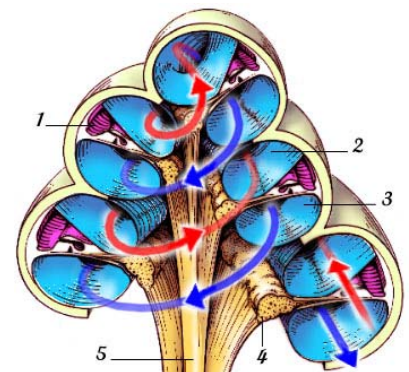
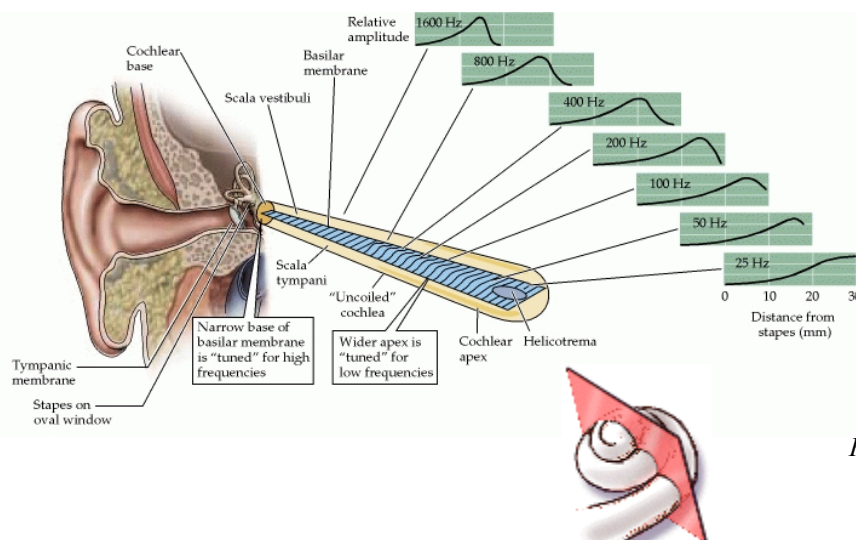
$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{Ai}} \Delta t_i \right), \text{ unde: } 10^{0.1 L_{Ai}} = \frac{p_{Ai}^2}{p_0^2} \quad (3)$$

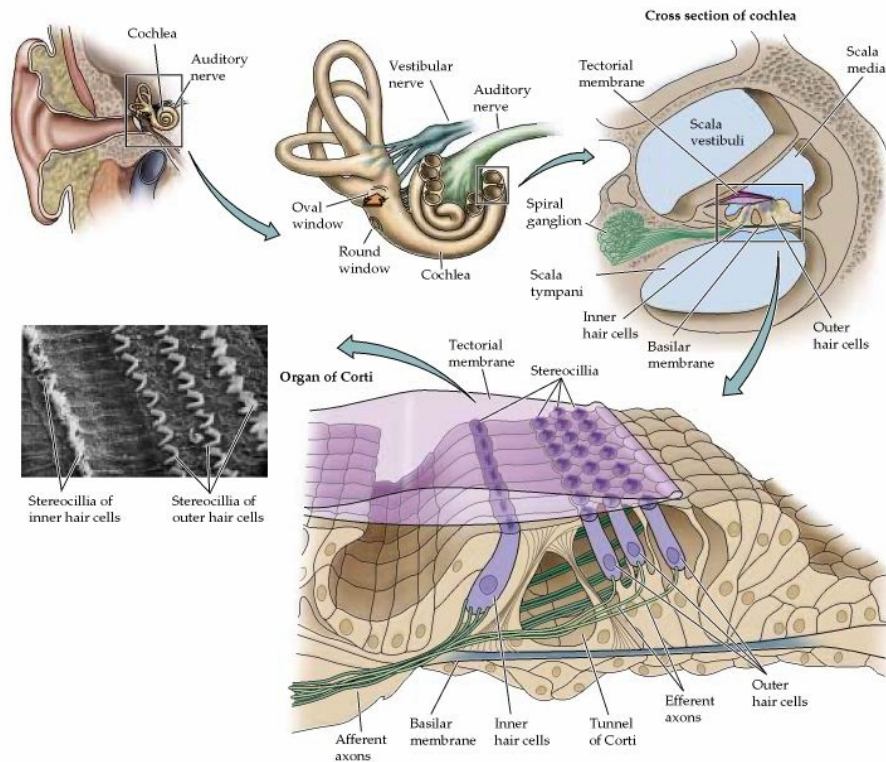
unde L_{Ai} este nivelul de zgomot (ponderat A) calculat pe sub-intervalul indice i al înregistrării.

Sonometrul – utilizare

1. Setare Channel Info: sensibilitate microfon, valoarea de referinta (P_0), $EU=P_a$,
2. Masurare (calibrare) nivel de zgomot produs de calibrator 94dB si 114dB cu ajustarea sensibilitatii microfonului,
3. Masurare: Sound level (mediere exponențială); observați modurile Slow/Fast/Impulse/Custom; setati deverse constante de timp (1000,125,...) in modul Custom,
4. Masurare: Peak sound level si Leq (mediere liniară); explicați relația de calcul Leq,
5. Observare nivel de zgomot pentru filtrare A versus Liniar pentru aceeași sursa de zgomot; care este mai mare in functie de frecventa ?
6. Folosind doi cursori măsurati în fereastra Time waveform perioada semnalului și deduceți frecvența semnalului generat de calibrator.
7. Sesizare “weighting conflict” la folosirea repetata a ponderarii in frecventa cu filtre A,B,C
8. Cum se implementeaza in LView oprirea functionarii instrumentului virtual ?
9. Analizați parametrii funcțiilor AI Config.vi, AI Start.vi și AI Read.vi,
10. De ce AI Read și cele 3 funcții centrale ale aplicației Eq Co. Sound Lev, etc., sunt în corpul ciclului,
11. Explicati diagrama functiei de scalare de la volti la Pascali (Scale to Engineering Units.vi).

2. ANALIZA ÎN FRECVENȚĂ PE OCTAVE ȘI FRAȚIUNI DE OCTAVE





2.1. Prezentare interfața analizor (Curs 13)

ANSI Third-octave Analyzer (DAQ)_modif2.vi

2.3. Analiza în paralel pe octave și FFT (Power Spectrum) (Curs 13)

Analiză comparativă pe octave, treimi de octave și FFT pentru același semnal.

Diagrama asociată aplicației (Fig. 6) conține trei instrumente virtuale dedicate pentru realizarea achiziției: AI Config.vi, AI Start.vi și AI Read.vi.

Intrarea *numbers of scans to acquire* a funcției AI Start.vi primește valoarea 0 însemnând achiziție pe timp nedefinit până la apelul funcției AI Clear.vi. Intrarea *number of scans to read* a funcției AI Read.vi este la îndemâna operatorului fiind un control la nivelul panoului frontal al aplicației.

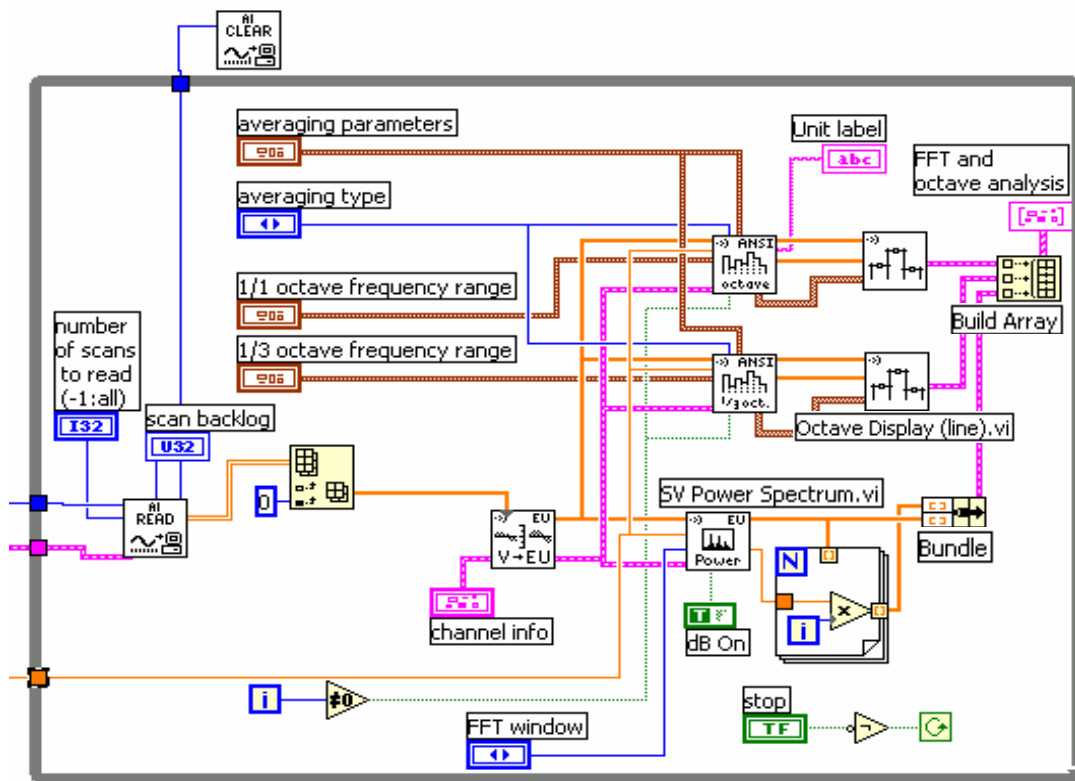
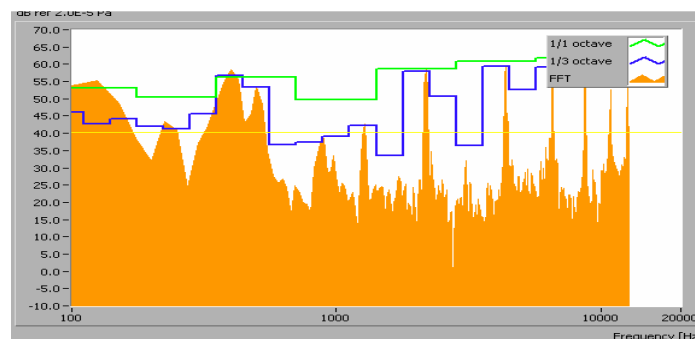


Fig. 6



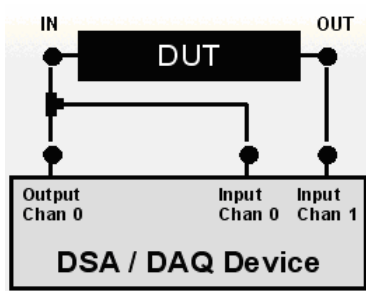
3. NIVELUL DE VIBRAȚII + INTEGRARE SEMNAL + CALIBRARE LA VIBRAȚII (Curs 14) 3_Vibration_level_dec22_v2.doc

Choice of high pass cut-off frequency: 3Hz dacă limita inferioară de măsurare este 6Hz

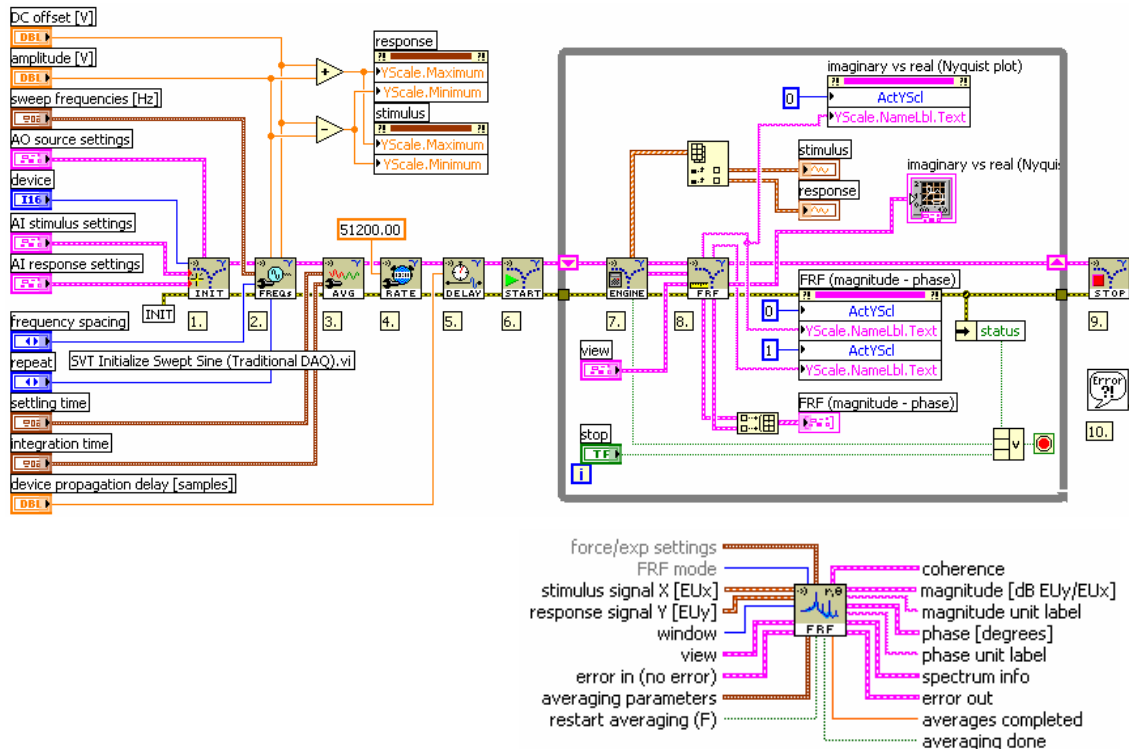
4. MĂSURARE FUNCȚII DE RĂSPUNS ÎN FRECVENȚĂ + SIMULARE (Curs 13 + 14)

Aplicație - sistem evacuare automobil

4.1. FRF prin excitație DUT prin baleere cu sinus (Lview)



DAQ Device Settings		Source	Analog Input	Measurement Settings
AO source settings		sweep frequencies [Hz]		
source channel	range [V]	amplitude [V]	start frequency	stop frequency
1/0 0	10.00	1.00	100.00	10000.00
DC offset [V]		number of steps	frequency spacing	repeat
0.00		100	logarithmic	off
AI stimulus settings		AI response settings		
stimulus channel	range [V]	coupling	input config	response channel
1/0 0	10.00	no change	no change	1
coupling		range [V]		
no change		10.00		
input config		coupling		
no change		no change		
settling time		integration time		dB On
settle time [s]	settle cycles	integration time [s]	integration cycles	unwrap phase
20.00m	5	20.00m	5	convert to degree



Curs 14:

4.2. Excitație prin semnal aleator (Lview); calcul FRF prin excitație DUT în bandă largă de frecvențe Frequency Analysis\Dual Channel Analysis\

4.2.1. Excitație **White noise** iar răspuns mijloc
 Generează semnal pseudorandom uniform distribuit cu valori în domeniul $[-a:a]$, unde a este amplitudinea în valoare absolută.
 PDS=probability density function, $f(x)$ este:

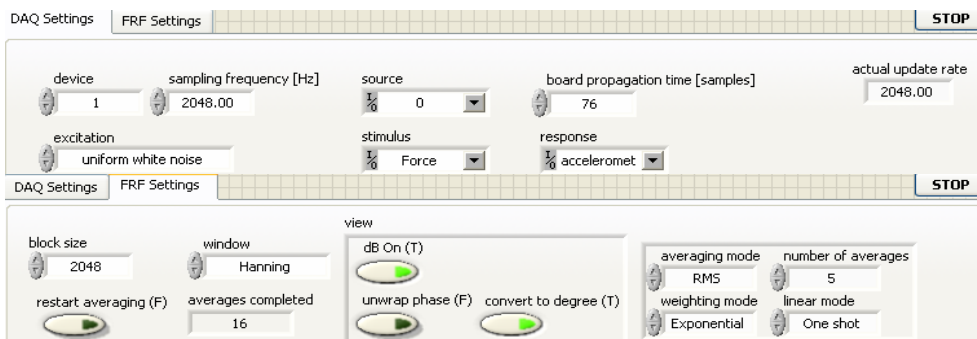
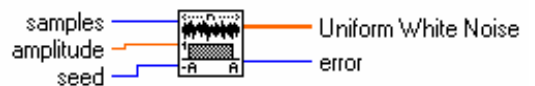
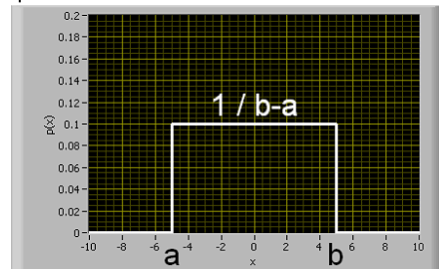
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2a} & \text{if } -a \leq x \leq a \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

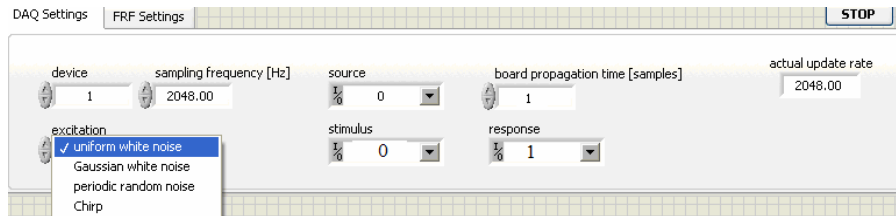
iar media și
 deviația standard
 sunt:

$$\mu = E\{x\} = 0,$$

$$\sigma = \left[E\{(x - \mu)^2\} \right]^{1/2} = \frac{a}{\sqrt{3}} \approx 0.57735a$$

pdf - Uniform Distribution





4.2.2. Excitație **Periodic random noise (PRN)**

PRN este o sumă de număr întreg de semnale sinusoidale deci nu trebuie trecut prin fereastră înainte de analiza spectrală deci nu dă spectral leakage. Sinusoidale sunt:

1. cu aceeași amplitudine
2. cu faze random,
3. cu frecvențe care pot fi număr întreg de cicluri ce se pot forma în numărul de eșantioane din semnal.

PRN are energie numai la frecvențe discrete la armonice ale unei frecvențe fundamentale și NU la toate frecvențele ca și white noise.

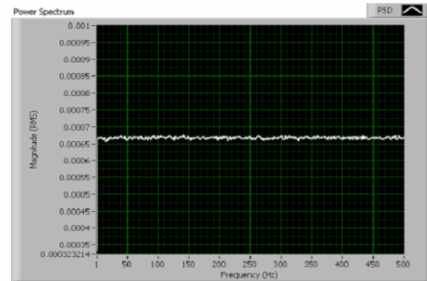


Figure 3. Plot of averaged frequency domain measurement of white noise

Uniform Gaussian Noise

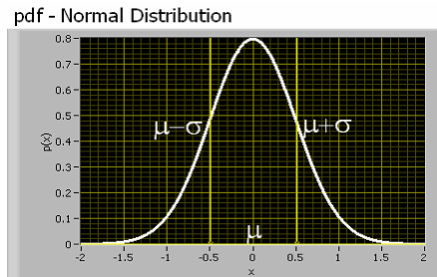


Figure 2. The probability density function of a normal distribution

Uniform White and Gaussian White Noise

Se poate folosi PRN să calculeze FRF a unui sistem liniar cu un singur semnal în timp.

4.2.3. Excitație **Chirp / ciripit** sau frecvență variabilă între două limite

4.3. Excitație prin impact (T.Xpress)

5. ANALIZĂ TRANZITORIE (TRANSIENT ANALYSIS)

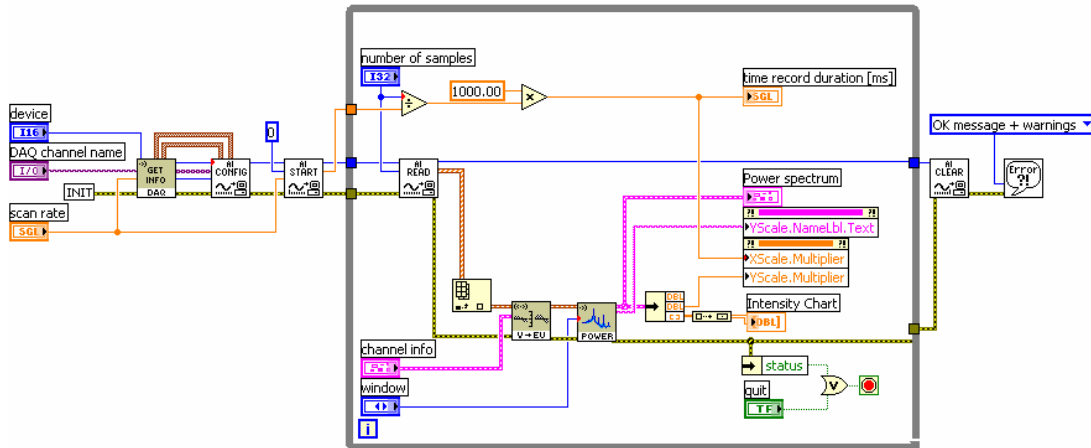
1. aplicația achiziționează continuu date de la un canal,
2. scalează eșantioanele de la volți la unități ingineresti și calculează **puterea spectrală**. Achiziția este continuă la rata de scanare specificată.

La fiecare ciclu While este citit un bloc de eșantioane care în final participă la calculul puterii spectrale.

Alegerea unei ferestre de ponderare este posibilă.

Puterea spectrală este plasată într-un chart de intensitate. Astfel observăm în intensity chart evoluția în timp a conținutului de putere în frecvență a semnalului analizat.

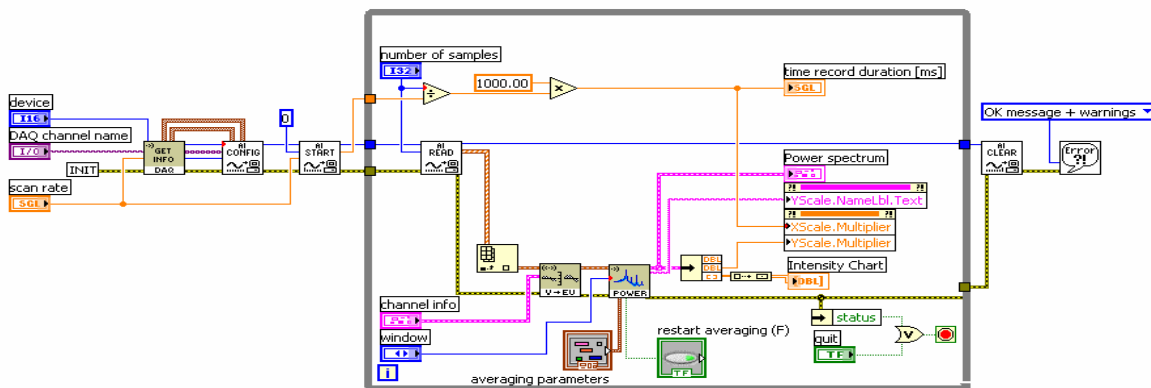
După Power Build Array trece tablouri 1D în tablouri 2D pentru vizualizare în Intensity Chart.



Experiment #1 accelerometru plasat pe ventilator/cooler

Se atașază un accelerometru 1.5grame pe direcție radială la carcasa unui ventilator de calculator (Titan 12v) alimentat la 12V.

Axa de rotație ventilator este verticală și perpendiculară pe masa pe care este așezat ventilatorul.



Alimentarea ventilatorului se face printr-un potențiomtru permițând **variația turației în jurul 2800 rotații pe minut RPM**.

La rularea aplicației și variația turației și obțin variații de putere spectrală conform figurii Intensity Chart.

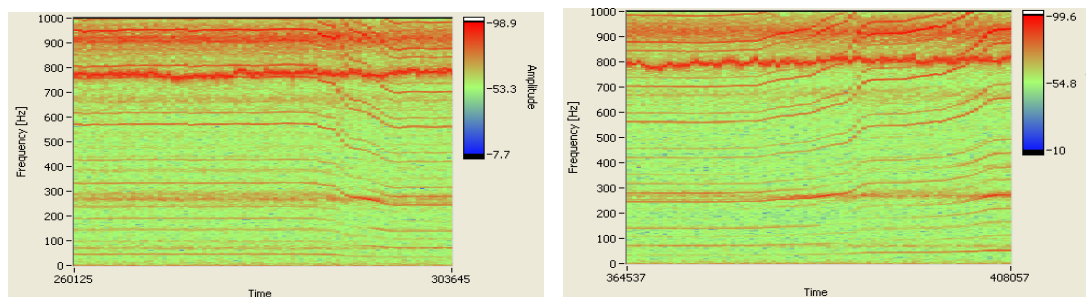
În fereastra putere spectrală în funcție de frecvență spectrul este neclar și impune mediere. Astfel se introduc controalele Averaging parameters și Restart averaging în Panoul frontal. Se permite selectarea medierii Liniar – Exponențial și RMS- vectorial. Pentru combinația:

RMS care reduce fluctuația zgomotului și

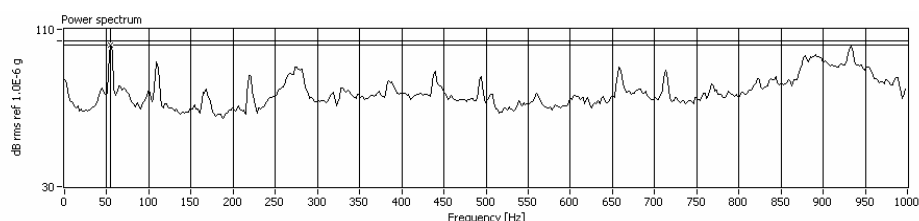
mediere Exponențială se obține claritate conform figurii.

Pentru o anumită poziție a potențiometrului turație se plasează un cursor pe primul vârf de putere și se măsoară 51Hz. Al doilea cursor măsoară al doile vârf la 102 șamd vârfurile sunt la multipli de 51Hz. Se variază turația prin potențiomtru și se observă deplasarea vârfurilor de putere spectrală. În Intensity Chart observăm variația turației ventilatorului. Turația nominală a ventilatorului este 46.(6)rps (2800/60).

Se selectează medierea de tip Liniar iar numărul de medieri=10. Observăm în afișajul panoului frontal benzi verticale de lățime constantă proporțional cu numărul de medieri. Sunt folosite 10 blocuri de eșantioane (de 512 eșantioane fiecare) pentru realizarea unei medieri liniare. Dacă numărul de medieri=5 lățimea benzilor se înjumătățește. Pentru un bloc de 2048 eșantioane pe ordonata frecvențe plaja este de la 0 la 1024Hz.



In figura xx se observă puterea spectrală obținută pentru un bloc de date de 2000eș. Variația puterii spectrale cu frecvența se transformă în variații de culoare în Intensity Chart.



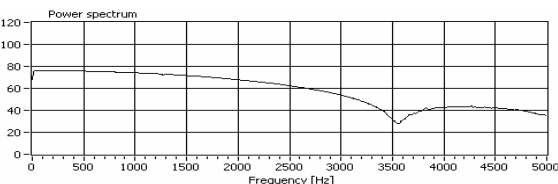
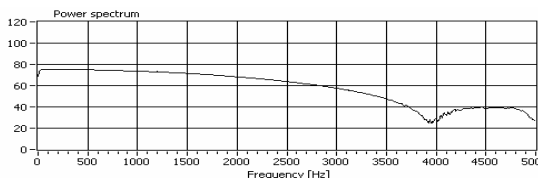
Achiziție de la microfon – iar sursa diapazon

Se repetă experimentul înlocuind accelerometrul cu un microfon. Poziționăm în fața microfonului un diapazon în vibrație. In afișaj observăm trasarea unei linii orizontale de culoare roșie la ordonata 440Hz.

Experiment #2 achiziție de la ciocan de impact – traductor de forță

Rulăm SVXMPL_Transients Analysis (Traditional DAQ).vi iar achiziția se face de la un ciocan de impact cu senzor de forță pentru măsurarea impactului.

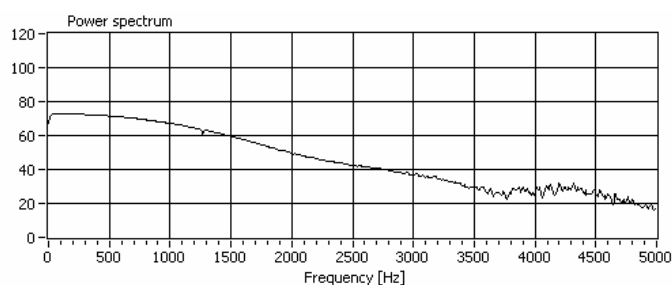
Se folosește vârf de plastic (alb) și se lovește scurt un bloc de oțel și masa de lemn. Medierea se face cu Peak hold pentru a rămâne pe grafic profilul maxim al puterii spectrale. Se restartează medierea pentru un nou set de lovituri cu ciocanul.

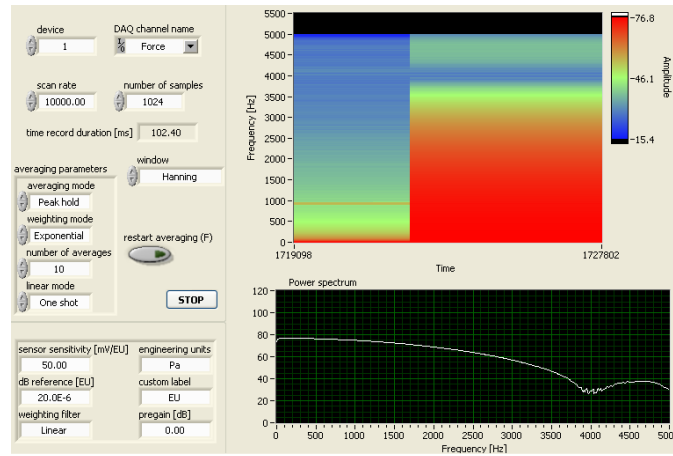


Observăm că la impact în oțel palierul de putere spectrală se întinde pe un domeniu de frecvențe mai mare decât la impact în masă de lemn.

Impact ciocan varf plastic alb in bloc cilindru otel.

Impact varf plastic in masa





6. ANALIZĂ MODALĂ EXPERIMENTALĂ:

1. parbriz,
2. sistem evacuare Logan Break