

# **PRELUCRAREA SEMNALELOR**

## **APLICAȚII PRACTICE**

**Adrian Voicu**

Universitatea de Medicină și Farmacie ”Victor Babeș”  
Timișoara

Disciplina de Informatică și Biostatistică Medicală

## Prelucrarea semnalelor numerice cu ajutorul programului LabChart Reader

### 1. Introducere.

#### Obiectivele ședințelor de exerciții practice de prelucrări de semnale

Cunoașterea tipurilor de semnale, a mărimilor caracteristice, defazajului semnalelor periodice, descompunerea armonică a semnalelor periodice.

#### Definiii:

Semnalele sunt mărimi fizice cu ajutorul cărora se transmit mesaje.

**Semnal** = o variabilă pe suport energetic care conține informație caracteristică referitoare la un fenomen sau o mărime.

**Exemple:** semnale audio, video, biomedicale, sunete, muzică, radar, semnale de măsură.

**Semnalul de măsură** – are drept suport o tensiune (curent) și conține informații despre mărimea de măsurat.

- este furnizat de traductorul de măsură
- este dependent de timp
- informația este conținută în: nivelul, forma, frecvența și faza semnalului

**Forma de prezentare a semnalelor** depinde de natura mărimii măsurate și de scopul în care folosim semnalul.

Din punctul de vedere al continuității în timp și în valori, există :

- *Semnal analogic* (continuu în timp și în valori)
- *Semnal numeric* (discontinuu în timp și în valori, se mai numește semnal în timp discret și cu valori discrete sau *semnal eșantionat*)

### 2. Clasificarea semnalelor :

Din punctul de vedere al conținutului informațional, semnalele se împart în două categorii: semnale deterministe și semnale întâmplătoare (altă denumire: aleatoare).

**Semnalele deterministe** sunt semnale a căror evoluție în timp este anterior cunoscută, complet determinată și care pot fi de regulă descrise prin funcții de timp.

Ele nu aduc nici o informație și se folosesc doar pentru testarea circuitelor și echipamentelor, în laborator sau în exploatare. Pentru generarea acestora există instrumente specializate.

Forme uzuale de semnale deterministe: sinus, dreptunghi, triunghi, dinte de fierăstrău, impulsuri etc.

Astfel de forme sunt reprezentate în figura numărul 1 :

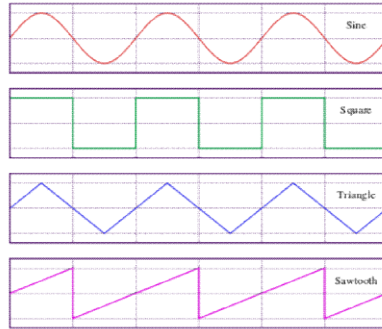


Figura 1 Diferite tipuri de semnale deterministe

La rândul lor semnalele deterministe pot fi **periodice** (de ex. sinusoidale) și **neperiodice**, de tip impuls.

**Semnalele aleatoare** (întâmplătoare) - pot fi caracterizate doar prin legi statistice. În această categorie pot fi încadrate și majoritatea biosemnalelor.

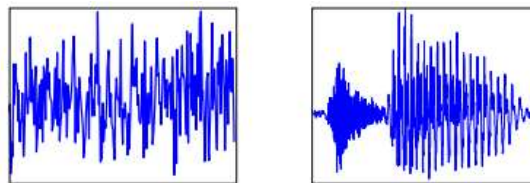


Figura 2 Semnale aleatoare

## 2.1. Semnale periodice sinusoidale

### Definiție

Semnalele periodice sunt semnalele care se repetă după un interval de timp  $T$  numit perioada semnalului :

$$x(t) = x(t + kT), \forall t \in \mathbb{R}$$

Un semnal periodic sinusoidal este reprezentat în figura 3.

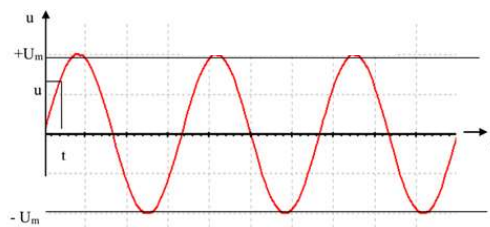


Figura 3 Semnal periodic sinusoidal

Expresia analitică a semnalului este:

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Unde:

A - amplitudinea semnalului, măsurată în V sau A

$\omega_0$  - pulsația ( echivalentul unei viteze unghiulare) - se măsoară în [rad/s]

mărimea  $\omega t$  constituie argumentul funcției sinusoidale și este un unghi

Cum  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ , putem pune în evidență alți doi parametri:

T - perioada semnalului, reprezintă intervalul minim de timp după care funcția sinusoidală se repetă identic cu ea însăși. Se măsoară în [s]

f - frecvența semnalului reprezintă numărul de perioade / secundă și se măsoară în  $1/s = s^{-1} = \text{Hz}$ .

Denumirea este dată în memoria savantului Heinrich Hertz.

Rezultă că funcția sinusoidală se poate reprezenta în funcție de  $\alpha$ , unde  $\alpha = \omega t$ .

## 2.2. Semnale periodice dreptunghiulare.

Semnalul dreptunghiular, fiind caracterizat prin două nivele, poate constitui suportul fizic pentru reprezentarea în formă binară a semnalelor numerice. Cele două nivele vor corespunde celor două valori logice: “0” și “1”.

Expresia analitică a semnalului este:

$$x(t) = \begin{cases} A & t_1 < t < t_2 \\ 0 & 0 < t < t_1; t_2 < t < T \end{cases}$$

În figura numărul 4 este reprezentat un semnal dreptunghiular periodic, având perioada de 1 ms, amplitudinea de 1 V și durata unui impuls de 0.5 ms.



Figura 4 Semnal periodic dreptunghiular

## 3. Prelucrarea (procesarea, tratarea) numerică a biosemnalelor (PNS, TNS)

### Engleza: Digital Signal Processing (DSP)

În îndeplinirea funcțiilor sale, organismul generează o multitudine de semnale chimice, electrice și magnetice. Aceste semnale sunt rezultatul activității la nivel celular. Prin măsurarea selectivă a semnalelor dorite (fără a afecta organismul), se pot obține informații clinice utile despre funcțiile particulare ale organismului

Activitatea neelectrică este transformată în activitate electrică (cu ajutorul traductoarelor), convertită analog/numeric și achiziționată de un calculator (pH, activitatea respiratorie, temperatura, etc.)

Activitatea electrică este culeasă cu electrozi, amplificată, convertită analog/numeric și achiziționată de un calculator (figura 5)



Figura 5 Diferite tipuri de electrozi utilizați în medicină

Semnalele electrice utilizate în medicină provin de la aparatura medicală. Prelucrarea lor digitală are drept scop în prima etapă reducerea zgomotului și a perturbărilor, urmată de diagnostic asistat de calculator.

Printre cele mai importante semnale electrice utilizate în medicina se numără: electromiograma (EMG), rezultată în urma activității musculare, electroencefalograma (EEG), care este înregistrarea activității electrice cerebrale și electrocardiograma (ECG), rezultată în urma activității cardiace.

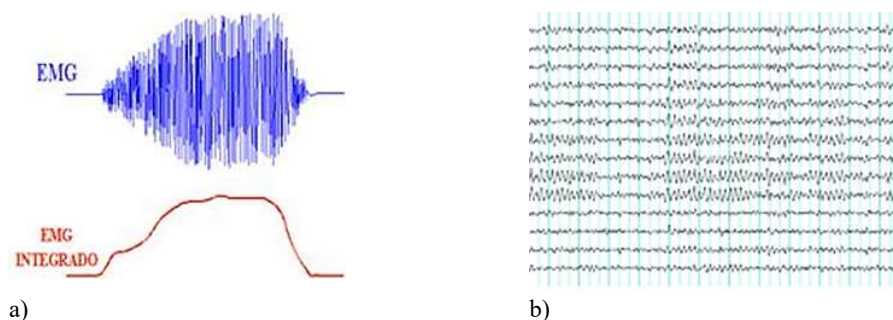


Figura 6 EMG (a) și EEG(b)

#### a. Electrocardiograma ECG

ECG este cel mai des utilizată în practica clinică, prin urmare ne vom concentra asupra ei.

Electrocardiografia (ECG) este tehnica măsurării și reprezentării grafice a potențialelor electrice generate de inimă și transmise la suprafața corpului.

Bazele teoretice și practice ale ECG au fost puse de Einthoven, care a luat premiul Nobel pentru acest lucru, în anul 1924.(figura 7)

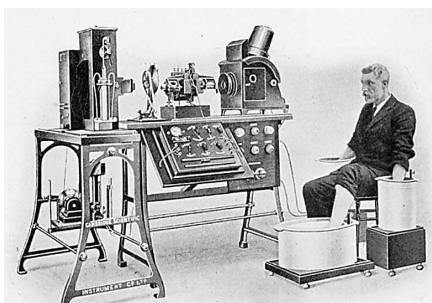


Figura 7 Primul electrocardiograf

Potențialele electrice sunt produse în inimă ca suma potențialelor generate de celulele musculare cardiace în timpul depolarizării și repolarizării. Depolarizarea și repolarizarea se propagă sub forma unor unde prin mușchiul cardiac.

Generatorul cardiac poate fi privit ca un dipol - două sarcini electrice egale și de semn contrar (+ și -), separate de o distanță mică. Acesta generează două câmpuri electrice sferice (unul pozitiv și altul negativ).

În orice moment, suma acestor curenți electrice se exprima prin vectorul cardiac  $\vec{Q}$  rezultat (figura 8):

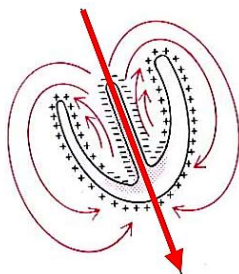


Figura 8 Vectorul cardoac

Acesta se caracterizează prin următoarele aspecte:

- are o anumită direcție, sens și magnitudine
- poate produce o deflexiune în traseul ECG
- direcția și magnitudinea vectorului cardiac se modifică în timpul unui ciclu cardiac

Deoarece corpul este un bun conducător de electricitate, câmpurile electrice se propagă până la suprafața pielii, unde pot fi captate cu ajutorul unor electrozi. Numărul lor variază între 3 și 12.

Vectorul electric rezultat este proiectat pe un sistem triaxial sau hexaxial, rezultând astfel ECG clasic (fig. nr. 9).

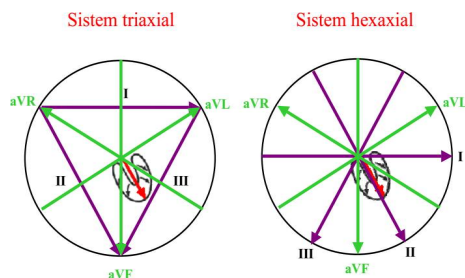


Figura 9 Proiectarea vectorului electric

O **electrocardiogramă** constă dintr-o serie de unde și segmente (figura nr. 10)

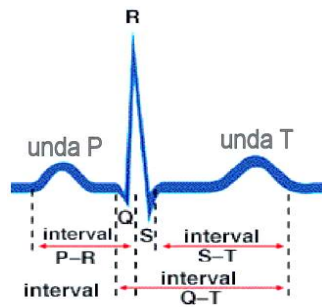


Figura 10 Undele și segmentele unei electrocardiogramme

Undele de pe o ECG sunt:

- unda P – semnifică depolarizarea atrială;
- undele complexului QRS – semnifică depolarizarea ventriculară
- unda T – semnifică repolarizarea ventriculară;

Segmentul este o linie izoelectrică și reprezintă porțiunea de la sfârșitul unei unde până la începutul unei următoare.

Pe un traseu ECG se înscriu 3 segmente:

- segmentul PQ – de la sfârșitul unei P până la începutul unei Q sau R, dacă Q lipsește. Se mai numește și segment PR. Semnifică conducerea atrio-ventriculară
- segmentul ST - de la sfârșitul unei S până la începutul unei T. Semnifică începutul repolarizării ventriculare, faza pasivă, lentă.
- segmentul TP – diastola generală. Este considerat linia izoelectrică, de referință!

#### 4. Utilizarea aplicației LabChart reader

Aplicația **LabChart Reader** poate fi descărcată în mod gratuit de la următoarea adresă:

<https://www.adinstruments.com/support/software>

Ea permite vizualizarea și prelucrarea digitală a semnalelor periodice și a biosemnalelor.

Lansarea aplicației LabChart Reader se poate face fie din meniurile **Start -> Program Files -> ADInstruments-> LabChart Reader**, fie utilizând pictograma instalată pe desktop.

##### 4.1. Ferestre în LabChart Reader

După lansarea aplicației se deschide o fereastră ca cea din figura 11. Aceasta ne permite accesul la meniurile de bază.

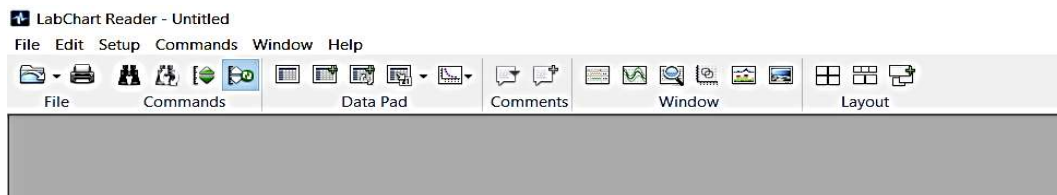


Figura 11 Meniurile de bază ale aplicației LabChart Reader

Pentru a deschide un fișier de date, selectați **File > Open** din meniul LabChart. Selectați un fișier și faceți clic pe OK, pentru deschiderea lui. Selectați fișierul *test\_generator\_2.edf*.

În lucrarea de față vom utiliza fișiere de tip .edf și .adicht (*test\_generator2.edf* și *12-Lead-ECG.adicht*, care pot fi găsite.....). Fișierul conține mai multe tipuri de semnale, după cum se poate vedea în figura 12.

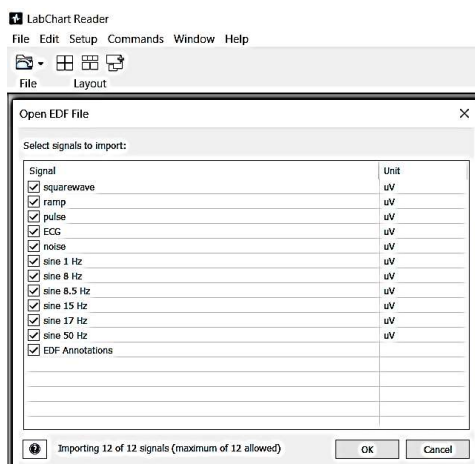


Figura 12 Fișierul *test\_generator2.edf*

Vizualizarea simultană a celor 12 canale importate:

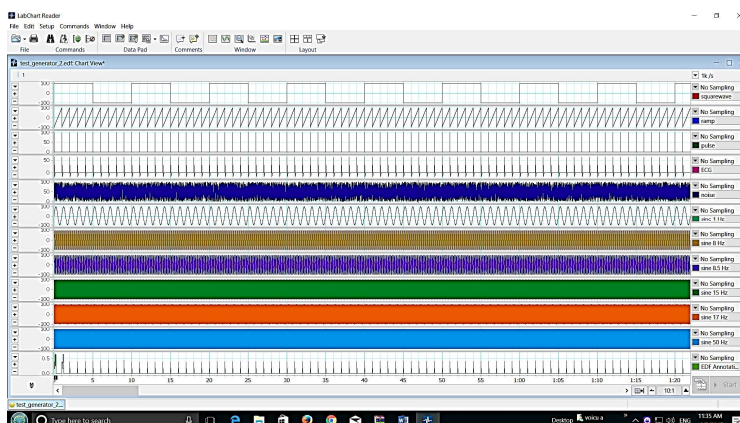


Figura 13 Vizualizarea simultană a semnalelor importate

## 4.2. Măsurarea duratei și amplitudinii unei unde

Pentru a calcula diferența valorilor amplitudinii, respectiv a timpului, dintre două puncte ale unde, se folosește markerul situat în colțul din stânga jos:

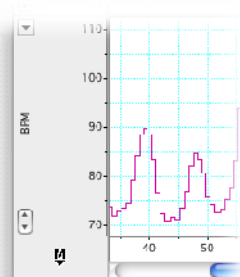


Figura 14 Selectarea markerului



Cu ajutorul butonului stâng al mouse-ului, markerul se poziționează în interiorul graficului, pe primul punct de măsură, cel de referință. Prin deplasarea ulterioară a cursorului se pot măsura distanțele față de acest punct atât pe orizontală (timp), cât și pe verticală (amplitudine). Valorile măsurate se afișează automat în colțul din stânga sus (figura 15).

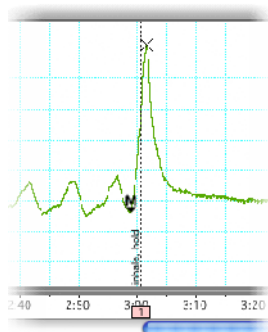


Figura 15 Măsurarea distanțelor cu ajutorul markerului

### 4.3. Operații matematice cu semnale periodice

Imaginea de mai jos prezintă lista completă a funcțiilor predefinite disponibile în LabChart.

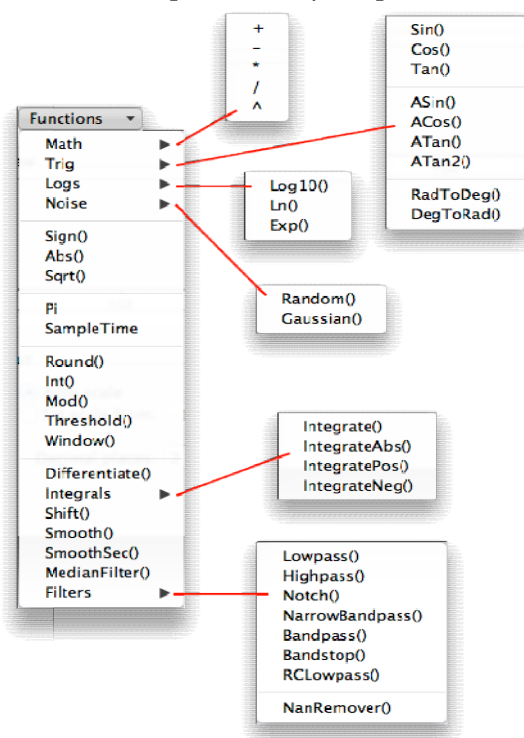


Figura 16 Lista completă a funcțiilor predefinite in LabChart Reader

## Exemple de calcule:

Se selectează ch1 din meniul Channels și \*2 din meniul Math. După click pe OK, se observă dublarea înălțimii undei (fig 16).

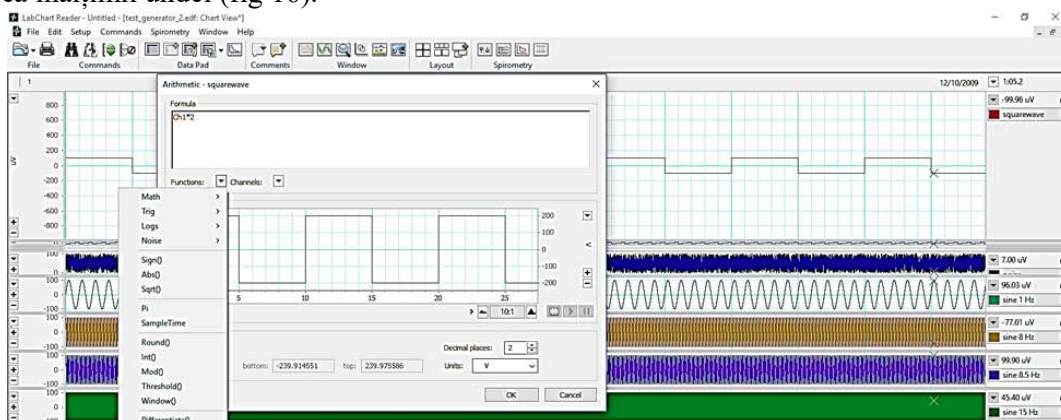


Figura 17 Operații matematice

În mod similar se pot aplica și alte funcții matematice, pentru toate canalele. Aplicați funcția arc sinus (Asin()) pe canalul 6! Explicați rezultatul obținut! Înmulțiți valorile canalului Ch6 cu  $\pi/2$ , respectiv  $\pi/4$ . Observați rezultatul în fereastra preview. Găsiți cel puțin o modalitate de a transforma funcția sin de pe canalul 6 într-o funcție cosin!

## 4.4. Compunerea mai multor unde sinusoidale

Însumați pe rând semnalele de pe canalele ch6 – ch11. Observați rezultatele în fereastra display (figura 18).

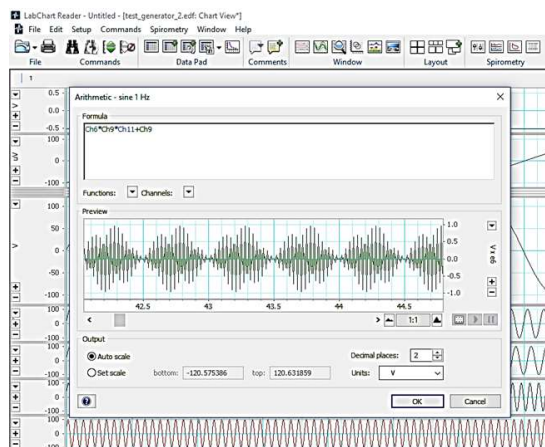


Figura 18 Compunerea undelor sinusoidale

Încercați mai multe combinații de operații aritmetice între canalele sinusoidale. Observați rezultatele compunerii undelor.

Credeți ca procedeul ar putea fi folosit și în sens invers, anume să permită descompunerea unui semnal complex în mai multe semnale simple?

#### 4.4. Adăugarea de zgomote unui semnal util

Zgomotul este definit ca "semnal nedorit" și constituie o problemă mai ales atunci când se măsoară semnale de mică intensitate. Zgomotele aleatorii, cum ar fi zgomotul termic, sunt inerente tuturor circuitelor electronice și trebuie filtrate.

Alte cauze importante ale zgomotului sunt câmpurile electromagnetice și electrostatice. Aici se includ și interferențele (de multe ori la frecvența de rețea de 50 Hz sau 60 Hz) de la liniile de alimentare neecranate, echipamentele de comutare, lămpile fluorescente, transformatoarele, calculatoarele, cablurile de rețea și așa mai departe. Interferențele pot interacționa semnificativ cu semnalul înregistrat.

Pentru a simula efectele zgomotelor asupra semnalelor noastre, pot fi adăugate zgomote de tip Random() sau Gaussian().

Adăugați pe rând un zgomot de tip Random și Gaussian() semnalului de pe canalul 8 (figura nr. 19).

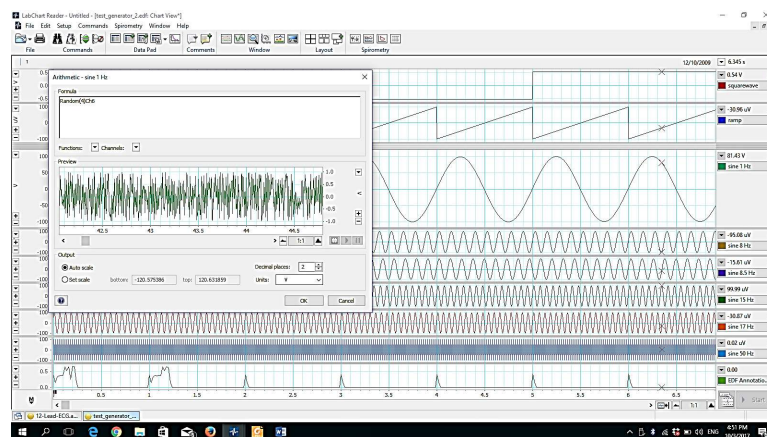


Figura 19 Zgomot adăugat unei unde sinusoidale de 1 Hz

#### 4.5. Filtrarea unui semnal

Un filtru elimină frecvențele selectate dintr-un semnal. Banda de oprire este intervalul de frecvențe care sunt filtrate, iar banda de trecere este intervalul de frecvențe care sunt lăsate să treacă. De exemplu, un filtru trece-jos permite trecerea frecvențelor joase și oprirea frecvențelor înalte.

În LabChart Reader putem utiliza șase tipuri de filtre: *low-pass*, *high-pass*, *band-pass*, *band-stop*, *notch* și *narrow band-pass* (figura nr 20).

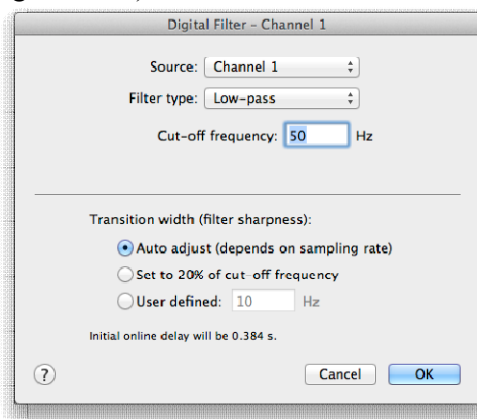


Figura 20 Filtrarea zgomotelor în LabChart Reader

Aplicați un zgomot pe semnalul ECG, prin însumarea canalelor ECG și noise. Aplicați succesiv mai multe filtre și urmăriți efectele lor.

#### 4.6. Măsurători ciclice

Cu ajutorul funcției Measurements din meniul Cyclic Measurements al Labchart Reader se pot măsura frecvențe, intervale, perioade, integrale, derivate și se pot calcula diverse funcții statistice (figura nr. 21).

Funcția mai permite și marcarea ciclurilor (de tipul Spikes at Events)

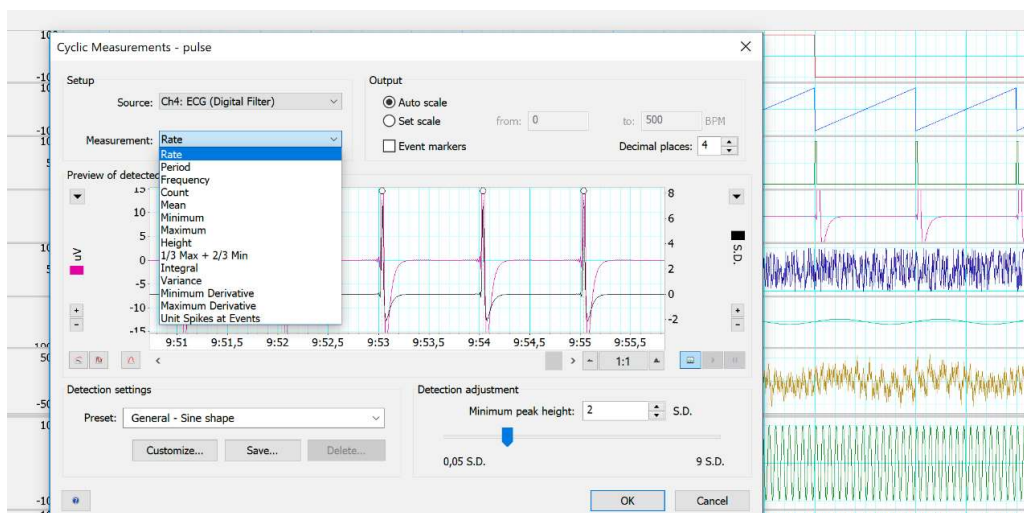


Figura 21 Măsurători ciclice

#### 4.7. Analiza spectrală a semnalelor. Spectrele de putere și amplitudine

Analiza spectrală este folosită ca metodă de caracterizare a semnalelor *în domeniul frecvență* și constă în descompunerea acestora în funcții elementare (semnale sinusoidale, de amplitudini, frecvențe și faze inițiale diferite).

Semnalele sunt analizate în domeniul frecvență cu ajutorul *transformatei Fourier*.

Semnificația fizică a unei transformate Fourier este aceea că un semnal periodic poate fi văzut ca o sumă (finită sau infinită) de sinusuri și cosinusuri. Dacă descompunem semnalul de intrare periodic într-o serie de componente mai simple, putem să calculăm răspunsul la fiecare componentă și să facem apoi sinteza răspunsurilor parțiale.

Analiza spectrelor de putere este o metodă folosită în mod curent pentru studiul EEG (electroencefalogramelor).

Spectrele de putere permit o separare mai ușoară a undelor cerebrale de diferite tipuri, evidențierea potențialelor evocate (răspunsul la anumiți stimuli sonori, luminoși, etc.), a tulburărilor de somn, efectului unor medicamente, etc.

##### În LabChart Reader:

Importați fișierul eeg.edf. Selectați primele 3 canale. Utilizați raportul 10:1. Din meniul **Window** selectați **Spectrum**. Din meniul **Display channels** vizualizați cele 3 canale importate. Din opțiunea **Settings** selectați: FFT size = 128; Data window=none; Mode=Amplitude și Power. Cu ajutorul hărții de culoare din colțul dreapta jos identificați modificările bruște ale amplitudinii semnalelor ( $\mu V$ ), momentele în care acestea se produc și frecvențele corespunzătoare (figura nr. 22).

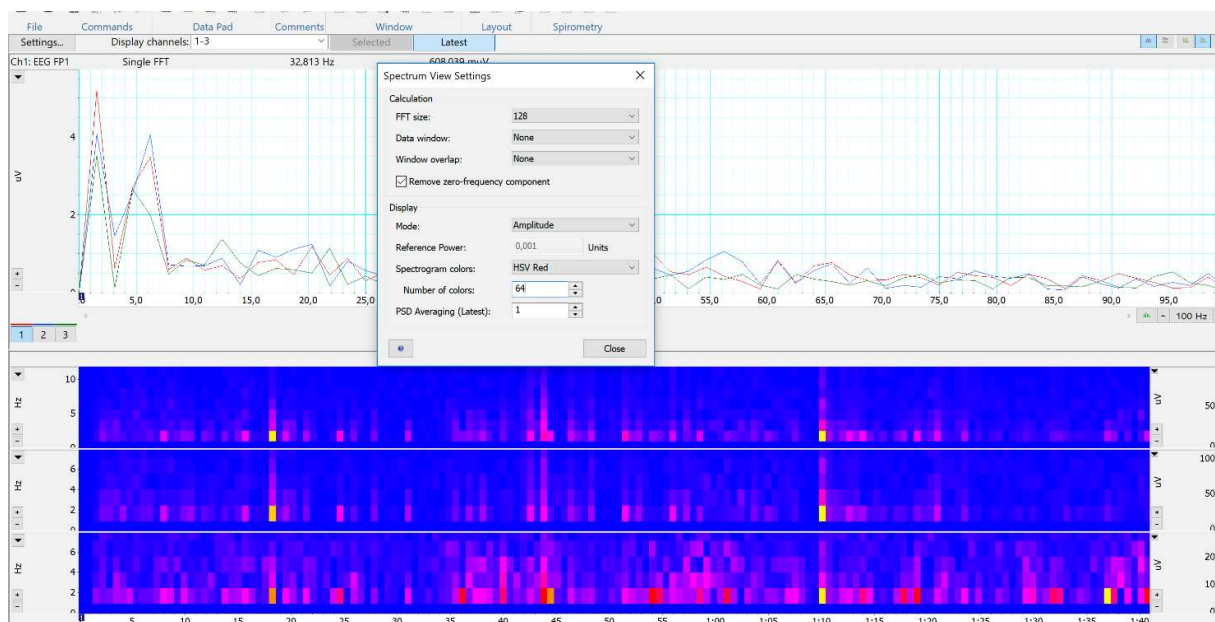


Figura 22 Spectre de putere in LabChart Reader

#### 4.8. Vizualizarea datelor sub formă numerică

La baza reprezentărilor grafice, indiferent de natura lor, stau seturi de date culese sub formă numerică, de obicei sub forma unor fișiere de tip .csv (comma separated values).

LabChart oferă metode pentru generarea, afișarea, analizarea și tipărirea datelor achiziționate, precum și exportul acestora ca fișiere text.

Extragerea datelor numerice dintr-o reprezentare grafică se poate face astfel (figura nr 23):

- Alegeți intervalul dorit (de exemplu un ciclu cardiac complet din derivația V1)
- Selectați-l cu ajutorul cursorului
- Din meniul **Edit** selectați **Copy Labchart Reader Data**
- Datele astfel copiate pot fi utilizate în alte aplicații, de exemplu Excel
- Deschideți o foaie de calcul nouă în Excel și inserați valorile copiate din LabChart
- Reprezentați grafic valorile copiate



Figura 23 Copierea datelor



## 5. Prelucrarea semnalelor biologice: ECG

Calculul frecvenței cardiace (figura nr. 24):

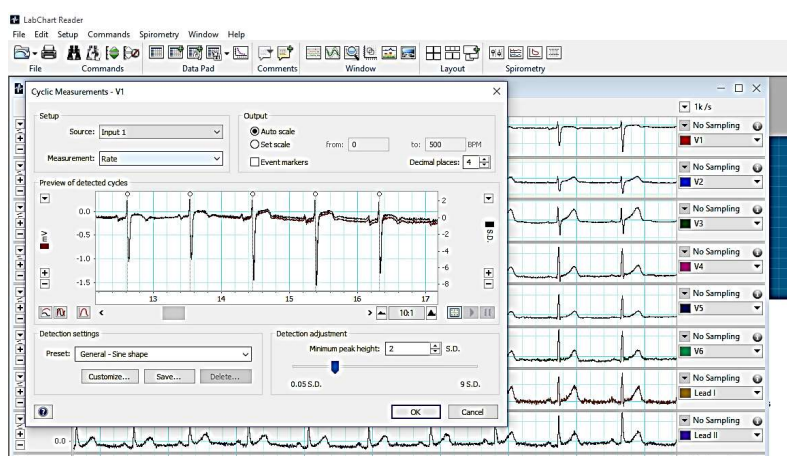


Figura 24 Calculul frecvenței cardiace

În mod similar se pot calcula: durata unui ciclu cardiac complet, numărul de bătăi/interval de timp, etc. (vezi 4.6. Măsuratori ciclice).