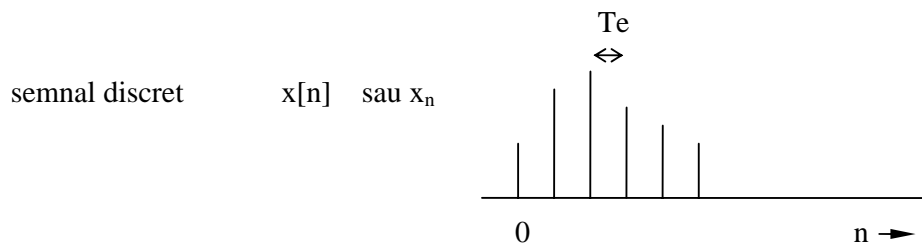
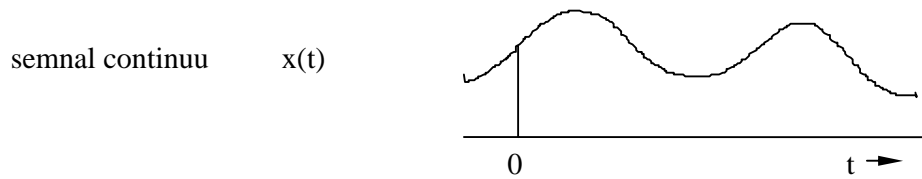


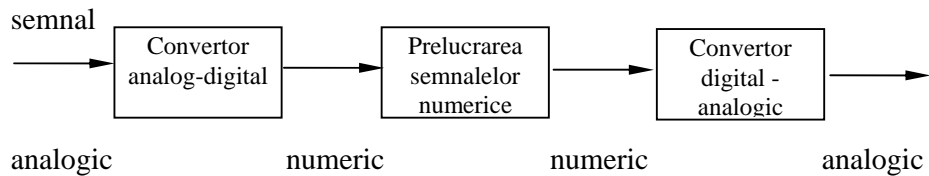
PRELUCRAREA SEMNALELOR NUMERICE CU PROGRAMUL *PC-DSP*

REPREZENTAREA SI CLASIFICAREA SEMNALELOR

		<i>amplitudinea</i>	
		continuu	discret
<i> timpul</i>	continuu	analogic	
	discret	date esantionate	numeric (digital)



ETAPELE PRELUCRARIII SEMNALELOR NUMERICE



UTILIZAREA *PC-DSP*

lansarea PC-DSP Se tasteaza *dsp* la aparitia prompt-ului MS-DOS

Meniurile PC-DSP

linia meniu Meniul principal se gaseste in partea de sus a ecranului si contine 7 optiuni. Cursorul se muta de la o optiune la alta utilizandu-se tastele sageti (stanga-dreapta). Pe masura ce cursorul este mutat, in partea de jos apare o mica explicatie privind fiecare optiune.

selectia optiunilor Selectarea unei optiuni se face prin tasta **Enter** sau prin apasarea tastei corespunzatoare literei mari a optiunii respective. Cu exceptia optiunii *Macro*, celelalte optiuni ofera submeniuri si chiar sub-sub-meniuri. Parcurgerea acestora se face utilizandu-se tastele sageti (sus-jos). Parasirea unui meniu se face cu tasta **ESC**.

Figura de mai jos afiseaza o parte din structura de meniuri a programului (optiunile pe care le vom utiliza).

System	Data	Filter	Graphics	Macro	Quit
Load	Arithmetic	FIR-filters	Variables		No
Var-list	Add	Analyze	Options		Yes
Delete	Seq+Seq	IIR-filters	Reset		
Print	Seq+Con	Process	Display		
Clear	Real				
	Generate				
	Impulse				
	Sine				
	Cosine				
	Non-linear				
	Magnitude				
	Process				
	Convolve				
	Decimate				
	Transform				
	FFT				
	Inv-FFT				
	DFT				
	iNv-DFT				
	Edit				
	Copy				

tasta *Help* In orice moment se poate obtine un "help" dependent de context prin apasarea tastei **F1**. Daca va aflati deja in "help" apasarea tastei **F1** a doua oara duce la obtinerea unui "help" general.

linia de stare Linia de stare apare in partea de jos a ecranului si se refera in special la mesaje de eroare si la tastele speciale care pot fi utilizate in contextul respectiv. In particular, tasta ESC are functii diferite in cadrul programului (depinzand de context).

Variabilele PC-DSP

secvente numerice Variabilele de baza ale PC-DSP sunt *secventele*. O secventa consta dintr-o lista de numere reale sau complexe, care constituie esantioane ale unui semnal. O astfel de secventa este identificata printr-un nume (pana la 8 caractere alfa-numerice lungime, incepand neaparat cu o litera). Numele variabilelor sunt insensitive la tipul literei (mare sau mica) - de exemplu, *TMP*, *tmp*, *tMp* se vor referi la o aceeași secventa numerica.

limitari Lungimea maxima a unei secvente este de 4096 de valori. Numarul total al tuturor valorilor pentru toate secventele (aflata la un moment dat in memorie) nu trebuie sa depaseasca 16000 de numere reale. La un moment dat se pot utiliza maximum 50 de denumiri de secvente.

Termenii de "secventa" si "variabila" vor fi interschimbabili de aici incolo.

Ferestre in PC-DSP

Cele mai multe din functiile PC-DSP opereaza cu secvente si genereaza secvente ca rezultat al aplicarii lor.

functii	De regula, cand o functie este selectata, PC-DSP deschide o fereastră pentru a cere informatii aditionale necesare executiei. Cand o functie manipuleaza mai mult de o variabila, "formatul" functiei respective este afisat in fereastră (cu precizarea semnificatiei parametrilor).
ATENTIE	Fiti intotdeauna atenti care sunt variabilele de intrare si care sunt cele de iesire!
tasta ESC	Semnificatia tastei ESC este afisata in linia de stare si ea se schimba pe parcursul introducerii datelor. De fiecare data cand programul asteapta introducerea unor date noi, pe linia de stare apare "Esc: Menu". Prin apasarea ESC in acest moment, veti ajunge la meniul <i>System</i> . Dupa ce incepeti introducerea efectiva a datelor, pe linia de stare apare "Esc: Re-enter". Prin apasarea ESC in acest moment, se obtine stergerea datelor si posibilitatea reintroducerii lor. Puteti utiliza si tasta Backspace pentru a sterge cate un caracter la o apasare. Cand doriti ca PC-DSP sa accepte datele, apasati tasta Enter .
valori implicite	O parte dintre functii au valori implicite pentru unii dintre parametri. Puteti accepta aceste valori prin apasarea tastei Enter . Daca doriti sa le schimbati, puteti tasta valorile dorite - ele vor inlocui valorile implicite (nu mai este nevoie sa stergeti in prealabil valorile implicite).

Exercitii

EXERCITIUL 1
 Explorati meniul *System*. Invatati sa incarcati o secventa de date dintr-un fisier de pe disc, sa o reprezentati grafic, sa o listati si sa eliberati memoria.

	<p>Datele pe care le veti utiliza constituie o secventa de aproximativ 1s dintr-un semnal ECG (V1) esantionat la o frecventa $f_e=500$ Hz. Aceste date au fost salvate pe disc intr-un fisier numit ECG.DSP</p>
Load	<p>Pentru a incarca o secventa utilizati meniul <i>System</i>. Functia de incarcare este <i>Load</i>, care cere un nume de fisier, precum si specificarea tipului de fisier: DSP sau ASCII. Veti utiliza deocamdata doar fisiere DSP (care este si optiunea implicita a programului). La precizarea numelui fisierului nu este nevoie sa specificati si extensia (ea va fi adaugata automat la numele precizat).</p>
quick-plot	<p>In acest punct puteti vizualiza grafic secventa prin apasarea tastei F2. Reprezentarea grafica se face utilizandu-se setarile implicite. Meniul <i>Graphics</i> furnizeaza facilitati mai sofisticate, iar setarile impuse prin optiunile acestuia raman valabile si pentru "quick-plot".</p> <p>Facilitatea de "quick-plot" este usor de utilizat, dar are anumite limitari. Una este ca nu poate afisa secvente mai lungi de 1024 de valori. O alta limitare este aceea ca poate genera doar un grafic si anume al ultimei variabile afisabile care a fost accesata sau generata.</p> <p>Apasati ESC pentru a "sterge" un grafic de pe ecran.</p>
Var-list	<p>Pentru a afisa o lista cu variabilele aflate la un moment dat in memorie, alegeti <i>Var-list</i> din meniul <i>System</i>.</p>
Print	<p>Pentru a afisa valorile numerice, alegeti <i>Print</i> din meniul <i>System</i>.</p> <p>Faceti afisarea pe ecran ("screen"). Puteti "naviga" cu tastele PgUp si PgDown.</p>

Delete, Clear Cand o secventa nu mai este utilizata, o puteti sterge utilizand functia *Delete* a meniului *System*. Functia *Clear* va sterge toate secventele din memorie.

EXERCITIUL 2

Generati o secventa numerica particulara, pe care o veti utiliza mai departe intr-un sistem. Veti genera o unda sinusoidala si o veti adauga semnalului ECG de la exercitiul precedent.

Sine PC-DSP are mai multe functii de generare de semnal, care se gasesc in submeniul *Generate* al meniului *Data*. Vom genera o functie sinusoidala cu frecventa de 50 Hz, esantionata la 500 Hz, cu o amplitudine de 100 (μV) si o faza de $\pi/4$ (radiani).

Fereastra deschisa la apelarea functiei *sine* arata astfel:

$$\mathbf{Var1 = A \sin (Bn + C)}$$

Veti alege urmatoarele valori:

Var1 va fi SINE

A=100

B= $2\pi f / f_e$ adica B= $0.2*\pi$

C= $\pi / 4$ No of samples: 512

PI Nu este nevoie sa faceti calcule de genul $2\pi=6.2831$; PC-DSP le va face pentru voi. Introducerea numarului π o faceti prin combinatia <ALT> + P si puteti utiliza operatorii aritmetici (+ - * /).

Adunati unda sinusoidala generata la secventa ECG si numiti noua variabila ECG2.

Add Functia *Add* o gasiti in submeniul *Arithmetic* din meniul *Data*. Utilizati optiunea *Seq+Seq* pentru a aduna cele doua secvente valoare cu valoare. (Secventele trebuie sa fie de aceeasi lungime!).

- Graphics Utilizati meniul *Graphics* pentru a reprezenta pe acelasi grafic variabilele ECG si ECG2. Specificati cele doua variabile utilizand functia *Variables* a meniului.
- Variables
Display
Options Alegeti functia *Display* pentru a afisa graficele obtinute.
- Puteti schimba optiunile de afisare cu functia *Options* a aceluiasi meniu.

EXERCITIUL 3

Veti utiliza un filtru pentru a inlatura frecventa sinusoidala de 50 Hz din semnalul ECG2.

- Load Incarcati un filtru de tip "opreste banda" pentru frecventa de 50 Hz din fisierul NOTCH.DSP ("notch" in limba engleza semnifica crestatura si a fost ales acest nume pentru fisier deoarece banda filtrului este extrem de ingusta).
- Filtrul NOTCH este stocat sub forma unei secvente de numere complexe si de aceea nu poate fi vizualizat grafic cu F2.
- Filter
IIR-filter
Process Pentru a face filtrarea alegeti *Process* din cadrul optiunii de filtrare *IIR* (Infinite Impulse Response) a functiei *Filter*.

Numiti noua variabila TMP.

Perioada tranzitorie de la inceputul secventei obtinute ca rezultat se datoreaza duratei finite a secventei prelucrate.

Afisati variabilele TMP si ECG. Pe acelasi grafic.

EXERCITIUL 4

Scoateti in evidenta efectul de *aliasing* prin reducerea ratei de esantionare.

Copy Deoarece afisarea grafica a variabilei SINE in forma actuala nu ofera prea multe detalii, veti utiliza functia *Copy* din submeniul *Edit* pentru a copia primele 100 de valori (intre 0 si 99) din SINE in SINE2.

Amintiti-va ca frecventa undei sinus era de 50 Hz, ceea ce conduce la o frecventa Nyquist de 100 Hz. Ati utilizat o frecventa de esantionare de 500 Hz, ceea ce este mult deasupra frecventei Nyquist

Decimate Pentru a reduce rata de esantionare veti utiliza functia *Decimate* a submeniului *Process* din meniul *Data*. Utilizati TMP ca output si SINE2 ca input si incercati mai multi factori de "decimare".

Incercati acum sa reduceti rata de esantionare la semnalul ECG. Standardale pentru acest semnal impun ca el sa fie esantionat cu 500 Hz, dar multe sisteme industriale recurg la o rata de 250 Hz sau chiar mai rau. Verificati voi insiva efectul acestei "decimari"

Utilizati functia *Copy* pentru a face mai vizibila portiunea de complex QRS si observati efectele "decimarii" asupra ecestei zone. Fisierle I.DSP AVF.DSP V6.DSP contin tot semnal ECG si pot fi incarcate in maniera obisnuita.

Analiza in domeniul timp

EXERCITIUL 5

In acest exercitiu veti studia raspunsul unor filtre la functia (semnalul) impuls unitar.

Raspunsul de tip impuls al unui filtru este definit ca fiind iesirea filtrului atunci cand un impuls unitar este aplicat la intrare.

- Impulse De aceea, pentru a putea determina raspunsul de tip impuls, trebuie generat intai semnalul de intrare. Functia *Impulse* din submeniul *Generate* al meniului *Data* genereaza un numar de esantioane specificat dintr-o functie (semnal) de tip impuls unitar.
- Numiti variabila de iesire DELTA si generati o secventa de 200 de valori ale functiei impuls. Afisati secventa generata.
- Raspunsul de tip impuls al unui filtru de tip mediere pe 10 puncte exista in fisierul HMA.DSP. Incarcati (*Load*) datele (reale) din acest fisier si afisati-le. Ce va asteptati sa obtineti prin convolutia acestui raspuns de tip impuls cu impulsul unitar pe care tocmai l-ati generat (DELTA)?
- Convolve Verificati-va presupunerea folosind functia *Convolve* a submeniului *Process* din meniul *Data*. Specificati TMP ca variabila de iesire si HMA si DELTA ca variabile de intrare.
- Observati ca lungimea secventei de iesire este suma lungimilor celor doua secvente de intrare, minus 1. De aceea, un *quick-plot* poate fi neconcludent, valorile diferite de zero fiind chiar la inceputul secventei si fiind dificil de discriminat.
- Copiat (*Copy*) primele 20 de valori ale variabilei TMP intr-o noua variabila TMP2 si afisati-le grafic pe acestea. Rezultatul corespunde asteptarilor?
- Pentru a determina raspunsul de tip impuls ale filtrului NOTCH, veti utiliza functia *Process* a submeniului *IIR-filters* din meniul *Filter*. Verificati ca ati incarcat secventa NOTCH care descrie acest filtru.

EXERCITIUL 6

In acest exercitiu veti utiliza produsul de convolutie pentru a determina raspunsul celor doua filtre atunci cand o unda sinusoidala este aplicata la intrare.

- Convolve** Utilizand functia *Convolve* a submeniului *Process*, efectuati produsul de convolutie dintre sinusoida din secventa SINE2 (realizata similar cu SINE, dar cu 200 de valori) si HMA (raspunsul de tip impuls al unui filtru de tip mediere pe 10 puncte). Puneti rezultatul in TMP. Afisati grafic rezultatul - il puteti explica?
- Sine** Este ilustrativ sa vedeti ce se intampla atunci cand este procesat un semnal sinusoidal de 25 Hz in locul celui de 50 de Hz. Generati secventa sinusoidala cu functia *Sine* a submeniului *Generate* (exercitiul 2). Numiti noua variabila SINE3 si stabiliti urmatoorii parametri: $A=100$, $B=0.1*\pi$, $C=\pi/4$ si lungimea de 200 de valori.
- Apoi filtrati SINE3 cu cu HMA si afisati grafic rezultatul.
- Puteti presupune rezultatul in cazul aplicarii unei unde sinusoidale de 100 Hz pentru acelasi filtru HMA?
- Efectuati produsul de convolutie a filtrului HNOTCH si unda sinusoidala SINE2. Afisati grafic raspunsul obtinut. Se observa clar zonele tranzitorii de la inceput si de la sfarsit, care sunt o consecinta a duratei finite a semnalului.
- Determinati raspunsul filtrului HNOTCH si pentru SINE3 la intrare. Afisati semnalul de intrare si raspunsul pe acelasi grafic.

EXERCITIUL 7

In acest exercitiu veti procesa semnale ECG utilizand filtrele descrise la exercitiile precedente.

Repetati pasii descrisi la exercitiul 6, utilizand semnale ECG (ECG.DSP I.DSP AVF.DSP V6.DSP) in locul undelor sinusoidale. Utilizati, de asemenea secventa ECG2.

Observati ca atat filtrul HMA, cat si HNOTCH inlatura frecventa de 50 Hz din ECG2. Diferente exista intre cele doua filtre - pe care il preferati?

Analiza in domeniul frecventa

EXERCITIUL 8

Acest exercitiu va exemplifica seriile Fourier, utilizand un semnal de tip dinte de fierastrau ("sawtooth").

Serii Fourier Un semnal periodic poate fi reprezentat ca o "serie Fourier" - o suma de semnale sinusoidale. Un semnal neperiodic poate fi considerat ca avand o perioada infinita.

Putem reprezenta un semnal de tip dinte de fierastrau cu suma:

"sawtooth" $x(t) = 2/\pi \sin \omega t - 1/\pi \sin 2\omega t + 2/3\pi \sin 3\omega t - 1/2\pi \sin 4\omega t + 2/5\pi \sin 5\omega t - \dots\dots\dots$

“Dintele de fierastrau” contine frecventa unghiulara ω (componenta fundamentala), 2ω (a doua armonica), 3ω (a treia armonica) si asa mai departe, amplitudinile micsorandu-se cu cresterea frecventei. Seriile contin un numar infinit de termeni. Cu cat se considera mai multi din termenii sumei, cu atata se va obtine o aproximare mai buna a semnalului real.

Veti utiliza primii 7 termeni ai sumei pentru acest exercitiu.

Termenii seriei Fourier sunt in fisierele ST1.DSP ST2.DSP ST7.DSP

Afisati, de exemplu secventa ST1 (veti obtine o unda sinusoidala cu amplitudine $2/\pi$).

Aproximati semnalul prin adunarea celor 7 termeni, utilizand functia *Seq+Seq* din meniurile *Arithmetic/Arithmetic/Add*. Denumiti noua variabila ST.

Afisati secventa ST pe masura ce "ia nastere". Observati cum frecventele mari sunt "raspuzatoare" de tranzitiile bruste ale semnalului.

EXERCITIUL 9

In acest exercitiu regasiti componentele semnalului ST utilizand transformarea Fourier.

DFT

Pentru a face transformarea Fourier a unui semnal puteti utiliza functia *DFT* (Discrete Fourier Transform) a submeniului *Transform* din meniul *Data*.

Analizati semnalul ST pe care tocmai l-ati creat.

Magnitude

Pentru a putea vizualiza grafic rezultatul obtinut (care este o secventa de numere complexe), va trebui sa calculati amplitudinea acestora, utilizand functia *Magnitude* din submeniul *Non-linear* al meniului *Data*. Numiti noua variabila obtinuta TMP.

Observati ca spectrul de frecvente obtinut prezinta "efectul de oglinda".

- Faceti prelucrarea pentru secventa SINE si apoi pentru SINE2. Prelucrarea va dura putin mai mult si trebuie sa notati faptul ca durata creste exponential cu lungimea secventei procesate. Numiti rezultatul TMP2, respectiv TMP3.
- FFT
- Optiunea de FFT (Fast Fourier Transform) este mult mai rapida, dar necesita secvente de lungime egala cu o putere a lui 2.
- Faceti analiza spectrala a secventei ECG utilizand FFT.
- Faceti analiza spectrala a secventelor EEG1 si EEG2 (aflata tot in fisiere *.DSP).
- iNv-DFT
- Apoi transformati semnalul din TMP din domeniul frecventa inapoi in domeniul timp utilizand transformata Fourier inversa. Selectati functia *iNv-DFT* a submeniului *Transform*. Specificati TMP2 (care trebuie sa contina iesirea transformatei Fourier directe a unei sinusoidale) ca variabila de intrare si TMP20 ca variabila de iesire. Desi ar trebui sa obtineti o secventa de numere reale care sa reprezinte o unda sinusoidala, observati ca TMP20 este tot o secventa de numere complexe - acest lucru se datoreaza erorilor de rotunjire ale algoritmilor de calcul numeric. Daca printati valorile secventei TMP20 (functia *Print* din meniul *System*) veti constata ca partea imaginara a numerelor este neglijabila.
- Real
- Veti putea inlatura partea imaginara cu functia *Real* a submeniului *Arithmetic* din meniul *Data*. Utilizati TMP20 ca intrare si TMP21 ca iesire. Afisati grafic secventa TMP21. Puteti afisa simultan TMP21 si unda originala SINE utilizand functiile meniului *Graphics*.
- Repetati aceeasi procedura pentru semnalul "sawtooth" pe care l-ati generat la exercitiul 8.

Aplicati transformarea Fourier directa si inversa si pentru semnalele ECG si ECG2. Observati maximul corespunzator frecventei de 50 Hz din spectrul semnalului ECG2.

EXERCITIUL 10

In acest exercitiu veti determina raspunsul frecvential al filtrului de tip mediere si al filtrului NOTCH.
--

Raspuns
frecvential

Pentru inceput determinati raspunsul frecvential al filtrului HMA (filtru de tip mediere pe 10 puncte).

Analyze

Selectati functia *Analyze* a submeniului *FIR-filters* din meniul *Filter*.

Specificati HMA ca nume pentru secventa ce contine raspunsul de tip impuls al filtrului. Vi se cere apoi sa specificati tipul de analiza pe care doriti sa-l efectuati. Apasati Enter pentru a alege tipul implicit - M (pentru *magnitude plot*). Ca nume pentru variabila de iesire, puteti accepta variabila propusa de program - TEMPR.

Afisati grafic rezultatul obtinut - observati ca pe abscisa aveti frecventa normalizata (f/f_c), deci 0.1 corespunde unei frecvente de 50 Hz (la o frecventa de esantionare de 500 Hz).

Intr-o maniera similara, determinati raspunsul frecvential al filtrului NOTCH. Comparati raspunsul celor doua filtre.

Incercati sa va explicati comportamentul filtrelor in domeniul timp (exercitiile 6 si 7) prin caracteristicile acestora in domeniul frecventa.

Funcții de corelație

Fiind date două secvențe-semnal, x_i și y_i , $i=0, 1, \dots, N-1$, *funcția de autocorelație* (ACF) a semnalului x este definită ca:

$$R_{xx}(k) = \sum x_i x_{i+k} / \sum x_i^2$$

Funcția de inter-corelație

Funcția de inter-corelație (Cross-correlation - CCF) dintre x și y va fi:

$$R_{xy}(k) = \sum x_i y_{i+k} / (\sum x_i^2 \sum y_i^2)^{1/2}$$

Data
Generate
Process

EXERCITIUL 11
 1. Generați o secvență SIN1 de 200 de valori corespunzătoare unei unde sinusoidale cu amplitudinea de 1, frecvența $0.1 \cdot \pi$ și fază 0.
 2. Calculați ACF.

Zgomot

Dacă secvența n_i , $i=0, 1, \dots, N-1$, este corespunzătoare unui zgomot în banda 0 la f Hz, atunci ACF va avea forma:

$$R_{xx}(k) = \sin(nf) / f$$

Data
Generate
Process

EXERCITIUL 12
 1. Generați secvența-zgomot NORA, având o distribuție normală, cu amplitudinea 1 și o lungime de 200 valori. Similar, generați și o a doua secvență, NORB.
 2. Calculați ACF pentru NORA și NORB.
 3. Calculați CCF pentru cele două secvențe.

Estimarea timpilor de întârziere

Dacă presupunem că avem un sistem care întârzie un semnal n_i cu k puncte, timpul de întârziere (în fapt, numărul k de puncte) poate fi estimat prin inter-corelația dintre semnalul original n_i și semnalul "întârziat" n_{i+k} .

Data
Arithmetic
Process

EXERCITIUL 13

1. Generati NORA100, calculat din NORA prin "intarziere" cu 100 de puncte.
2. Calculati CCF dintre NORA si NORA100.

ACF pentru
semnal+zgomot

Daca presupunem ca avem un semnal s_i afectat de un zgomot n_i , atunci ACF acestuia va fi:

$$x_i = s_i + n_i$$

$$R_{xx}(k) = \frac{\sum (s_i + n_i)(s_{i+k} + n_{i+k})}{\left(\sum s_i^2 + \sum n_i^2 + 2\sum s_i n_i\right)} =$$

$$= \frac{\left(\sum s_i s_{i+k} + \sum n_i n_{i+k} + \sum s_i n_{i+k} + \sum s_{i+k} n_i\right)}{\left(\sum s_i^2 + \sum n_i^2 + 2\sum s_i n_i\right)}$$

Cum s_i si n_i sunt necorelate, produsul lor de intercorelatie tinde spre zero pentru secvente suficient de mari (N mare).

Acelasi lucru se intampla pentru n_i si n_{i+k} , atunci cand k este suficient de mare. Pentru secvente "lungi" (N mare), expresia anterioara devine:

$$R_{xx}(k) = \frac{\left(\sum s_i s_{i+k} + \sum n_i n_{i+k}\right)}{\left(\sum s_i^2 + \sum n_i^2\right)} =$$

$$= \frac{\left(R_{ss}(k) \cdot R_{ss}(0) + R_{nn}(k) \cdot R_{nn}(0)\right)}{\left(\sum s_i^2 + \sum n_i^2\right)}$$

ceea ce inseamna ca R_{xx} este suma ponderata a ACF pentru s_i si, respectiv, pentru n_i . Pentru k suficient de mare, R_{nn} devine mic, astfel incat:

$$R_{xx}(k) = R_{ss}(k) \cdot R_{ss}(0) / \left(\sum s_i^2 + \sum n_i^2\right)$$

Data
Arithmetic
Process

EXERCITIUL 14

1. Generati suma SA1 dintre SIN1 si NORA.
2. Calculati ACF pentru secventa SA1.

EXERCITIUL 15

Estimati frecventa unei unde sinusoidale afectate de zgomot.

EXERCITIUL 16

Estimati timpul de intarziere dintre 2 unde EEG afectate de zgomot Gaussian.

1. Incarcati EEG1 si EEG2 (aflate in fisiere *.DSP si avand o lungime de 2048 de valori).
2. Determinati decalajul dintre cele doua secvente.

**IN ACEASTA SEDINTA ATI INVATAT DESPRE
PRELUCRAREA SEMNALELOR:**

- reprezentarea numerica a semnalelor
- generarea unui semnal si operatii cu semnale
- filtrarea semnalelor
- analiza in domeniul timp
- analiza in domeniul frecventa
- analiza corelatiei

NOTA

In cazul in care se face o singura lectie de prelucrare a semnalelor numerice, se vor efectua doar:

- Exerciitiul 1
- Exerciitiul 2
- Exerciitiul 3
- Exerciitiul 8
- Exerciitiul 9