Filtrarea și spectrul unui semnal

În această lucrare de urmăreşte extinderea aplicaţiei de achiziţie monocanal prin aplicarea filtrelor şi analiza spectrală.

1. Filtrarea în domeniul timp

La semnalul achiziţionat, se adună zgomot alb utilizând funcţiile CVI (semnificaţia argumentelor este evidentă):

- generare zgomot alb:

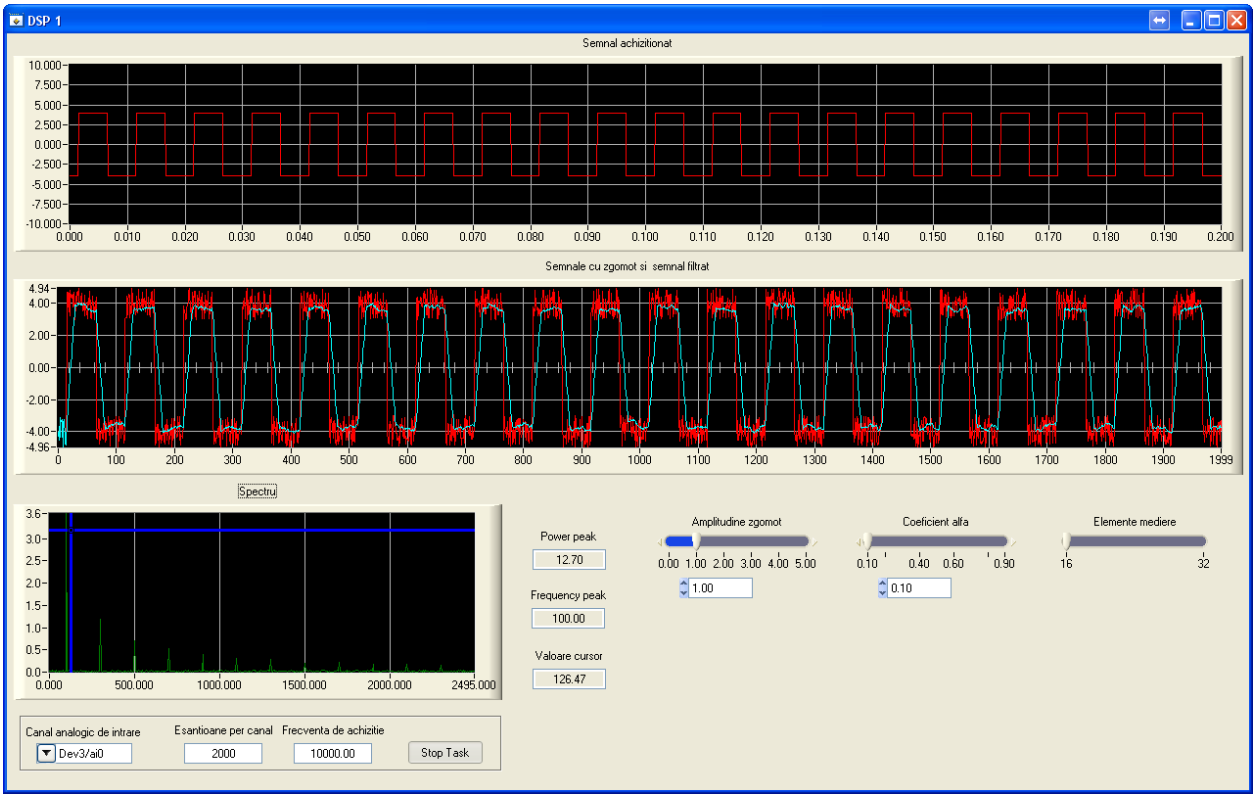
```
WhiteNoise(ssize_t nElements, double amplitude, int seed,
double noise[]);
```

- adunare a doi vectori:

```
Add1D(double arrayX[], double arrayY[], ssize_t
numberOfElements, double outputArray[]);
```

Se implementează funcţiile pentru filtrare prin mediere (pe 16 sau 32 de elemente) şi filtrare cu un element de ordin I (`filt[i]=(1-alpha)*filt[i-1]+alpha*signal[i]`). Pe interfaţa aplicaţiei se creează un control pentru selecţia tipului de filtru. Pentru filtrul de ordin I, valoarea parametrului alpha se va fixa prin intermediul unui control numeric în intervalul (0÷1).

În aplicaţia dezvoltată pentru achiziţia monocanal, introduceţi un control tip Graph (dacă acesta nu există) pentru reprezentarea semnalului cu zgomot şi a celui filtrat. Semnalul achiziţionat se reprezintă pe un control tip graph. Aplicația ar trebui să arate similar cu cea prezentată mai jos:



Interfața aplicației

Există diferențe între cele două tipuri de filtre?
Ce diferențe există între semnalul achiziționat (fără zgomot) și semnalul filtrat?
Alte tipuri de filtre vor fi studiate în laboratoarele viitoare.

2. Spectrul de putere

Pentru a obţine spectrul de putere a semnalului achiziţionat se vor utiliza mai multe funcţii CVI, care vor fi apelate în funcţia *EveryNCallback* aferentă task-ului de achiziţie. Ordinea apelurilor va fi următoarea:

```
ScaledWindowEx (double xArray[], ssize_t numberOfElements, int
windowType, double windowParameter, WindowConst *windowConstants);
```

unde:
- *xArray[]* – bufferul cu eşantioane;
- *numberOfElements* – dimensiunea bufferului;
- *windowType* – tipul de fereastră, care pentru moment va fi *RECTANGLE_*;
- *windowParameter* – nu intereseaza pentru moment;
- *windowConstants* – parametru returnat. Atenţie: Acesta va trebui declarant (WindowConst winConst).

Această funcţie este necesară deoarece, unui semnal eşantionat a cărui perioadă nu se cunoaşte (dacă semnalul este periodic) i se aplică în general o fereastră cu scopul de a "aplatiza" forma semnalului la capetele intervalului de eşantioane analizat. În acest fel, fiecare buffer de eşantioane va fi asimilat cu o perioadă a semnalului (detalii la curs şi în laboratoarele viitoare).

```
AutoPowerSpectrum(double inputArray[], ssize_t numberOfElements, double
dt, double autoSpectrum[], double *df);
```

Această funcţie calculează partea pozitivă a spectrului scalat de putere pentru un semnal eşantionat, după formula:

$$(FFT(X) \cdot FFT^*(X))/n^2, \qquad (1)$$

unde *n* reprezintă numărul de puncte din bufferul cu eşantioane iar *FFT** reprezintă transformata Fourier complex conjugată. Semnificaţia parametrilor rezultă din help-ul contextual. Atenţie: pasul în domeniul timp *dt* trebuie sa fie 1.0/dimensiune buffer.
Funcţia returnează:
- *autoSpectrum[]* – spectrul de putere cu un număr de valori egal cu jumătate din dimensiunea bufferuluide intrare *(inputArray);*
- *df* – pasul în domeniul frecvenţei.

```
PowerFrequencyEstimate (double autoSpectrum[], ssize_t numberOfElements,
double searchFrequency, WindowConst windowConstants, double df, ssize_t
frequencySpan, double *frequencyPeak,);
```

Parametrii sunt furnizaţi de funcţiile precedente sau se utilizează valorile implicite. Funcţia returnează:

- *frequencyPeak* – frecvenţa estimată pentru spectrul de putere (maxim) din vectorul autoSpectrum.
- *powerPeak* – valoarea maxima din spectru de putere (din autoSpectrum).

Căutaţi în Help, formulele implementate de această funcţie. **Valorile *frequencyPeak* şi *powerPeak* se vor afişa pe interfaţa grafică.**

```
SpectrumUnitConversion ((double spectrum[], ssize_t numberOfElements, int
type, int scalingMode, int displayUnits, double df, WindowConst
windowConstants, double convertedSpectrum[], char *unitString);
```

Funcţia converteşte spectrul de intrare (care poate fi puterea, amplitudinea sau amplificarea) în formate alternative (linear, logarithmic, dB) ce permit o reprezentare grafică mai convenabilă.
Precizări:

- *scalingMode - SCALING_MODE_LINEAR*
- *displayUnits - DISPLAY_UNIT_VRMS*
- *convertedSpectrum[]* – vectorul utilizat pentru reprezentarea spectrului
- *unitString* – unit, declarat in funcţia *EveryNCallback* (*char unit[32]="V"*, dacă mărimea de intrare este în volţi);

Cerințe:

1. Reprezentaţi grafic spectrul de putere (*convertedSpectrum*) cu funcţia PlotWaveform (control tip Graph) pe un număr de puncte egal cu jumătatea dimensiunii *convertedSpectrum* şi analizaţi rezultatul obţinut.
2. Fixați frecvența de eșantionare la 2kHz și modificați frecvenţa semnalului de intrare (achiziţionat) în intervalul 500 Hz ÷ 3 kHz. Care vor fi spectrele pentru semnale de intrare de: 0.5, 1, 1.2, 1.5, 2.5 kHz? Cum explicați rezultatele obținute?
3. Reprezentați spectrul semnalului de intrare utilizând funcția FFT a cărei implementare ilustrează modul teoretic în care am prezentat la curs Transformata Fourier Discretă (pentru detalii – fisierul "Transformata Fourier-Rezumat si propietati.pdf" de pe Moodle):

```
AnalysisLibErrType FFT (double arrayXReal[], double arrayXImaginary[],
ssize_t numberOfElements);
```

Această funcție calculează TFD "*in place*", adică rezultatul va fi rescris peste vectorii de intrare.

- *numberOfElements* - numărul de elemente a vectorilor de intrare ;
- *arrayXReal* – la apel reprezintă vectorul cu partea reală a semnalului de intrare, după execuție conține partea reală a transformatei Fourier ;
- *arrayXImaginary* - la apel reprezintă vectorul cu partea imaginară a semnalului de intrare, după execuție conține partea imaginară a transformatei Fourier ; dacă semnalul este real (ca în cazul nostru) la alep acest vector trebuie să fie zero.

Reprezentați cei doi vectori obținuti. Ce observați?
Utilizând cei doi vectori returnați de FFT, calculați și reprezentați spectrul de putere după formula (1). Rezultatul este similar celui obținut anterior?

Sugestie de implementare pentru cerințele de la punctul 3:

```
//Toti vectorii de mai jos au dimensiunea lui rowSignal
for(int i=0; i<nSamples; i++)
  {   WfR[i]=rowSignal[i]; //partea reală
```

```
            WfI[i]=0;        //partea imaginară – o in cazul dat
        }
        FFT(WfR,WfI,nSamples);

         for (i=0;i<nSamples-1;i++)
          { //spectrul după formulă
                  p[i]=(WfR[i]*WfR[i]+WfI[i]*WfI[i]);
                  ps[i]=p[i]/pow((double)nSamples,2.0);

          }
//Spectrum (wfm3, 1024);//Funcţie CVI- se poate incerca ca alternativă

            delta_t=1/rate;   //pas in timp
            delta_f=1/(nSamples*delta_t); //pas in frecventă
            //construiesc axa pentru frecvenţă
            frequency_array[0]=0.0;
            frequency_array[nSamples-1]=1/(2*delta_t);
            for (i=0;i<nSamples/2;i++)
            {
              frequency_array[i]=i*delta_f;
              frequency_array[nSamples-1-i]=-1*delta_f;
            }

//Reprezentare componentei reale şi a celei imaginare
//int ploth2, ploth4

if (ploth2>0)
{
      DeleteGraphPlot (mainPanel, MAIN_PANEL_IDC_OUTGRAPH_2, ploth2, 1);
      ploth2=0;
      DeleteGraphPlot (mainPanel, MAIN_PANEL_IDC_OUTGRAPH_2, ploth4, 1);
      ploth4=0;
}

ploth2=PlotXY (mainPanel, MAIN_PANEL_IDC_OUTGRAPH_2, frequency_array, WfI,
nSamples/2, VAL_DOUBLE, VAL_DOUBLE, VAL_THIN_LINE, VAL_EMPTY_SQUARE,
VAL_SOLID,1, VAL_RED);

ploth4=PlotXY (mainPanel, MAIN_PANEL_IDC_OUTGRAPH_2, frequency_array, WfR,
nSamples/2,VAL_DOUBLE, VAL_DOUBLE, VAL_THIN_LINE, VAL_EMPTY_SQUARE, VAL_SOLID,1,
VAL_GREEN);

//sau doar pentru power spectrum (ps)

ploth2=PlotXY (mainPanel, MAIN_PANEL_IDC_OUTGRAPH_2, frequency_array, ps,
nSamples/2, VAL_DOUBLE, VAL_DOUBLE, VAL_THIN_LINE, VAL_EMPTY_SQUARE,
VAL_SOLID,1, VAL_GREEN);
```