

Corelația și convoluția semnalelor discrete

În această lucrare se dorește analiza corelației (cross-correlation & autocorrelation) și convoluției a două semnale, utilizând aplicația de achiziție multicanal dezvoltată anterior.

În vechiul proiect se înlocuiește controlul tip StripChart cu două controale de tip Graph: unul pentru reprezentarea convoluției și al doilea pentru corelație (autocorelație). Un semnal va fi cel TTL (semnal dreptunghiular) iar al doilea va fi ales de la sursa de semnal (sinusoidal, triunghiular, dreptunghiular, zgomot) cu amplitudine și frecvență reglabile.

Achiziția și reprezentarea semnalelor se realizează cu secvența

```
//citire esantioane
DAQmxReadAnalogF64( taskHandle, nSamples, -1, DAQmx_Val_GroupByChannel,
buffer, noChannels * nSamples, &numRead, 0 );
//setrgerea graph-ului
DeleteGraphPlot( panelHandle, MAIN_PANEL_IDC_GRAPH, -1,
VAL_IMMEDIATE_DRAW );
//plotare forme de unda pe un graph
for( i = 0; i < noChannels; i++ )
{
    PlotY( panelHandle, MAIN_PANEL_IDC_GRAPH, buffer + i * nSamples,
nSamples, VAL_DOUBLE, VAL_THIN_LINE, VAL_EMPTY_SQUARE, VAL_SOLID,
VAL_CONNECTED_POINTS, VAL_RED );
}
```

În continuare (dar tot în funcția *EveryNSamples*), se creează doi vectori V1[nSamples] și V2[nSamples] cu valori achiziționate de la cele două canale (primele nSamples în V1, următoarele nSamples în V2). Datele din acești vectori vor fi utilizați mai departe. **Rezultatele corelației și convoluției vor fi vectori de dimensiune (2*nSamples-1)!!**

1. Corelația a două semnale discrete

Corelația indică gradul de asemănare sau similitudine a două semnale.

Poate fi utilizată pentru identificarea unor forme cunoscute în semnale zgomotoase sau pentru detecția ecourilor (radar de pildă). Pentru semnale discrete se definește:

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n+k)$$

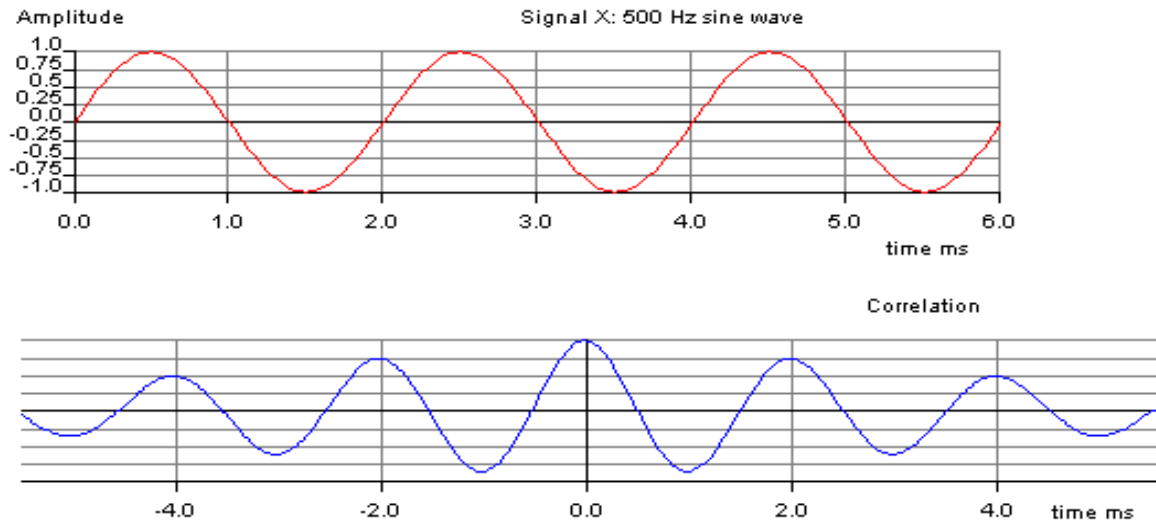
Dacă secvența dată $h(n)$ (denumită șablon) are dimensiunea M , atunci:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} x(k)h(n+k)$$

În cazul analizei on-line a unui semnal, pentru a evita implicarea în calcule a unor eșantioane viitoare, este necesar ca semnalul $h(n)$ să fie întârziat cu $M-1$ eșantioane:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} x(k)h(n-(M-1)+k)$$

Corelația nu este comutativă. Dacă $x \neq h$ rezultatul se numește cross-correlation sau intercorelație. Dacă $x \equiv h$ vorbim despre autocorelație. Funcția de autocorelație prezintă maxime la intervale de timp egale cu perioada semnalului. Determinarea acestor maxime și măsurarea distanței dintre ele conduce la determinarea frecvenței fundamentale. Funcția de autocorelație este simetrică față de origine și prezintă un maxim în origine.



LabWindows CVI dispune de mai multe variante pentru calculul corelației (se poate rula proiectul *correlat* din National Instruments/CVIxxxx/samples/analysis), dintre care vom folosi:

`Correlate (double arrayX[], ssize_t sizeOfX, double arrayY[], ssize_t sizeOfY, double outputArray[]);`

`CorrelateEx (double arrayX[], ssize_t sizeOfX, double arrayY[], ssize_t sizeOfY, int algorithm, double outputArray[]);`

Argumentul *algorithm* poate fi:

- DIRECT (0): se calculează corelația liniară conform formulei și se recomandă dacă **arrayX** și **arrayY** au dimensiuni mici;
- FREQ_DOMAIN (1): se calculează corelația utilizând tehnica bazată pe evaluarea FFT și se recomandă dacă **arrayX** și **arrayY** au dimensiuni mari.

2. Convoluția a două semnale discrete

Convoluția este o operație formal matematică complexă, care combină două semnale pentru a genera un alt semnal (*dspguide.com*, *Steven Smith*). În domeniul timp se definește:

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau) d\tau$$

Operația este comutativă:

$$y(t) = x(t) * h(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)x(t - \tau) d\tau$$

În discret

$$y(n) = x(n) * h(n) = h(n) * x(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n - k) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k)x(n - k)$$

Pentru vectori de dimensiune finită, dacă $\dim(x(n))=N$ și $\dim(h(n))=M$, atunci $\dim(y(n))=N+M-1$.

**A se vedea prezentarea de la curs pentru detalii de calcul și interpretarea rezultatelor.
A nu se confunda operațiile de corelație și convoluție: nu sunt identice și nici nu se poate considera că una dintre ele este un caz particular al celeilalte!**

LabWindows CVI dispune de mai multe variante pentru calculul corelației (se poate rula proiectul *convolve* din National Instruments/CVIxxxx/samples/analysis).

```
Convolve (double arrayX[], ssize_t sizeOfX, double arrayY[], ssize_t sizeOfY, double
outputArray[]);
```

```
ConvolveEx (double arrayX[], ssize_t sizeOfX, double arrayY[], ssize_t sizeOfY, int algorithm,
double outputArray[]);
```

Cerințe:

1. Reprezentați grafic semnalele returnate de funcțiile de corelație și autocorelație .
2. Se alege frecvența semnalului ajustabil identică cu cea a semnalului TTL și se reprezintă rezultatele obținute pentru diferite forme de undă ale semnalului reglabil. Care este diferența dintre corelație și convoluție? Cum explicați rezultatele obținute?
3. Reprezentați auto-corelația și convoluția pentru cazul în care cele două semnale sunt identice. Verificați valoarea obținută pentru frecvența fundamentală.
4. Reprezentați autocorelația pentru un semnal tip "zgomot alb" (eventual un canal AI neconectat la sursa de semnal).