IELEx2110 Signalbehandling 23V – NTNU-IES

Skriftleg øving 6; oppgåvetekst

Oppgåve 1

Lærestoff i kap. 4.1

Opning av audiofiler og avspeling av digitale audiosignal i Octave/Matlab

I *Octave/Matlab* finst funksjonen `audioread` som kan brukast til å opna ei fil og lesa fildata inn i arbeidsminnet som ein vektorvariabel. Denne vektoren vil innehalda ein sekvens av punktprøveverdiar, typisk eit digitalt audiosignal.

Det finst òg ein funksjon `soundsc` som kan spela av ein slik vektorvariabel i audiosystemet (høgtalaren e.l) på datamaskina (dvs. rekonstruksjon / D/A-omforming).

Det skal brukast eit opptak av eit sinusforma signal i denne oppgåva. Det digitale signalet er definert med punktprøvefrekvens $f_s = 16\ 000\ \mathrm{s}^{-1}$ og kan lastast ned frå BB i audiofila `sinus_pcm16000.wav` (som av tekniske grunnar ligg i ei ZIP-fil).

a)

I *Octave/Matlab*: Lagra audiofila i ståande katalog, og les inn fildata som ein vektor `x` :

```
[x,fs]=audioread('sinus_pcm16000.wav');
```

Variabelen `fs` vil no innehalda verdien til punktprøvefrekvensen (som ligg som metadata [tilleggsinfo.] i audiofila): 16 000 .

* Finn og les av dimensjonen til vektoren `x` , og rekn ut kor lang tid dette opptaket varar.

* Spel av dette opptaket som ein test av audiosystemet. Funksjonen for avspeling er

```
soundsc(x,fs,16)
```

Merknad 1: Parameterverdien 16 gjeld kvantiseringsoppløysinga ved D/A-omforminga (der standardverdien er 8 i visse versjonar av *Octave/Matlab*). Denne tilleggsinnstillinga kan ev. gje litt mindre kvantiseringsstøy ved avspelinga. Dette er ikkje pensum.

b)

* Lag eit utklypp av dei 41 fyrste punkta i det digitale signalet $x[n]$, dvs. av vektoren `x` , og lagra det i vektoren `x41` .

* Framstill eit søylediagram av vektoren `x41` vha. funksjonen `stem` . Merk at diagrammet skal byrja ved $n = 0$ (ikkje ved $n = 1$; unngå ±1 -indekseringsfeil i koden).

c)

* Sjå på søylediagrammet og les av periodelengda N til signalet $x[n]$.

d)

Det digitale signalet $x[n]$ vart generert ved å punktprøva eit analogt sinusforma signal $x(t)$.

* Gå ut frå punktprøvefrekvensen i deloppg. **a** , og finn frekvensen f til det analoge signalet.

Vink: Resultatet av punktprøvinga med punktprøvefrekvens f_s , dvs. punktprøveintervall T_s , er:

$$x[n] = x(n \cdot T_s) = A \cdot \cos(2\pi f \cdot n \cdot T_s) = A \cdot \cos(2\pi \frac{f}{f_s} \cdot n)$$

e)

* Rekn ut den digitale vinkelfrekvensen $\hat{\omega}$ til signalet $x[n]$.

f)

* Finn fasevinkelen til signalet $x[n]$. Bruk cosinus i uttrykket (ikkje sinus).

* Skriv funksjonsuttrykket for $x[n]$.

g)

Det same signalet $x[n]$ skal rekonstruerast til eit analogt signal, men denne gongen med punktprøvefrekvensen redusert til $f_s = 8000\ \text{s}^{-1}$.

* Kva er frekvensen til det analoge sinussignalet i dette tilfellet?

* Kor lang tid varer signalet?

h)

Bruk `soundsc` -funksjonen og spel av $x[n]$ både med $f_s = 8000\ \text{s}^{-1}$ og med $f_s = 16\,000\ \text{s}^{-1}$.

* Kva er det musikalske toneintervallet mellom desse to analoge sinussignala?

Merknad: Eit digitalt audiosignal i vektoren `x` som har punktprøvefrekvensen `fs` kan skrivast til audiofil på WAV-format med syntaksen `audiowrite('filnamn.wav',x,fs)` . Her er det viktig å taka omsyn til dynamikkområdet til funksjonen. Fullt utsving tilsvarar amplitudeintervallet frå −1 til +1 . Verdiar utanføre intervallet vert klypte. For å unngå klypping kan signalet ev. skalerast før skriveoperasjonen. Dette er ikkje pensum, men det er fint «lesestoff» å prøva ut på eiga hand.

Oppgåve 2

Lærestoff i kap. 5.3 og 5.4

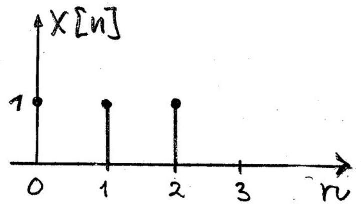
a)

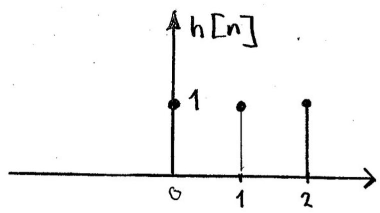
Eit tidsdiskret LTI-system har einingspulsresponsen

$$h[n] = \delta[n] + \delta[n-1] + \delta[n-2]$$

og er påtrykt inngangssekvensen

$$x[n] = \delta[n] + \delta[n-1] + \delta[n-2]$$



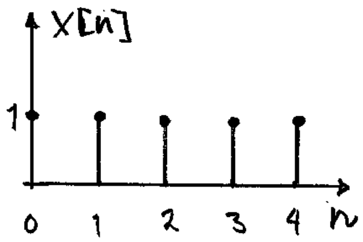


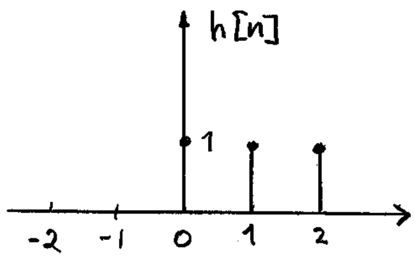
* Finn og skisser utgangssignalet $y[n]$.

b)

Det same LTI-systemet som i deloppg. **a** skal no påtrykkjast ein inngangssekvens som er to punkt lengre:

$$x[n] = \delta[n] + \delta[n-1] + \delta[n-2] + \delta[n-3] + \delta[n-4]$$





* Finn og skisser utgangssignalet $y[n]$.

Oppgåve 3

Lærestoff i kap. 5.3 og 5.8

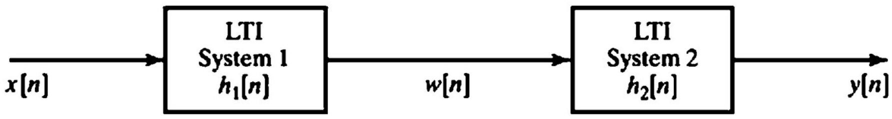
Eit LTI-system er bygt opp som ei kaskadekopling av to andre LTI-system.

Dei to systema har einingspulsresponsane

$$h_1[n] \;=\; 2\delta[n] + 3\delta[n-1] - \delta[n-2]$$

$$h_2[n] \;=\; \delta[n] + 2\delta[n-1] + \delta[n-2] + 2\delta[n-3]$$

* Finn einingspulsresponsen $h[n]$ til det kaskadekopla systemet:



Oppgåve 4

Octave/Matlab skal brukast

Eit FIR-filter har koeffisientane

$b_0 = b_{10} \quad = 0{,}02$

$b_1 = b_9 \quad = 0{,}04$

$b_2 = b_8 \quad = 0{,}08$

$b_3 = b_7 \quad = 0{,}12$

$b_4 = b_6 \quad = 0{,}15$

$b_5 \quad = 0{,}16$

(I dette tilfellet er filteret symmetrisk og kausalt.)

a)

* I *Octave/Matlab*: Lag ein horisontal vektor `b` som inneheld desse elleve filterkoeffisientane.

b)

* Kva orden er dette filteret?

I resten av oppgåva skal dette filteret brukast i *Octave/Matlab* til å filtrera signalsekvensar som er 64 punkt lange. Som tidsreferanse skal ein horisontal heiltalsvektor {0,1,2,…,63} brukast:

```
n=[0:63];
```

c)

Den fyrste diskrete sinussekvensen som skal påtrykkjast filterinngangen har amplitude A = 1 og frekvens $\hat{\omega} = 0{,}0625\cdot\pi$.

* Rekn ut for hand kor mange punktprøver N det er i ein heil periode av dette signalet.

d)

Lag ein diskret sinussekvens med frekvens $\hat{\omega} = 0{,}0625 \cdot \pi$:

```
x0625=sin(0.0625*pi*n);
```

Lag eit stolpediagram av signalet `x0625` .

```
stem(n,x0625,'b');
```

Sinussignalet `x0625` skal filtrerast med FIR-filteret, og utgangssignalet heiter `y0625` .

Bruk funksjonen `filter` slik:

```
y0625=filter(b,1,x0625);
```

(*Merknad nr. 1:* Parameter nr. 2 skal alltid vera lik 1 for eit FIR-filter.)

(*Merknad nr. 2:* `conv`-funksjonen kan brukast, men det kan vera meir tungvint, for utgangssekvensen vert *M* punkt [dvs. filterordenen] lengre enn inngangssekvensen.)

Skisser det filtrerte signalet inn i det eksisterande stolpediagrammet:

```
hold on
stem(n,y0625,'r');
hold off
```

For å få ei finare inndeling langsetter vertikalaksen:

```
yticks([(-1:0.05:1)]
```

* Lag grafikkfil/skjermkopi av stolpediagrammet og lim inn i svaret.

* Kor stor er amplituden til `y0625` samanlikna med amplituden til `x0625` ?

e)

* Med kor mange punkt er `y0625` tidsforseinka (med `x0625` som referanse)?

Ei tilsvarande filtrering med det same FIR-filteret skal gjerast på ny med nytt inngangssignal `x125` der $\hat{\omega} = 0{,}125 \cdot \pi$.

Lag nytt stolpediagram med `x125` og det filtrerte signalet `y125` .

Lag grafikkfil/skjermkopi av stolpediagrammet.

f)

* Kor stor er amplituden til `y125` samanlikna med amplituden til `x125` ?

* Med kor mange punkt er `y125` tidsforseinka?

g)

Bruk til sist ein endå høgre frekvens; eit signal `x25` med $\hat{\omega} = 0{,}25 \cdot \pi$.

* Lag stolpediagram.

* Kva er amplituden til `y25` ?

h)

* Ser filteret ut til å ha frekvenskarakteristikk LP, eller ser det ut til å vera HP ?

Oppgåve 5

Lærestoff i kap. 6.1, 6.2 og 6.5

Eit FIR-filter er definert av differenslikninga

$$y[n] = x[n] + 2x[n-1] + x[n-2]$$

a)

* Finn eit uttrykk ledd–for–ledd for frekvensresponsen $H(e^{j\hat{\omega}})$ til FIR-filteret. (Jf. formel 6.4)

b)

* Skriv om uttrykket for $H(e^{j\hat{\omega}})$ slik at ein kan sjå at magnituderesponsen er symmetrisk om vertikalaksen.

Vink: Bruk den inverse Eulers lov for cosinus.

c)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er

$$x[n] = 10 + 4\cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{4}\right)$$

d)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er einingspulsfunksjonen $\delta[n]$.

e)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er einingssprangfunksjonen $u[n]$.

Vink: Kan finnast punkt for punkt vha. konvolusjonssummen.

Oppgåve 6

Lærestoff i kap. 6.1, 6.2 og 6.5

Eit FIR-filter er definert av differenslikninga

$$y[n] = x[n] + x[n-1] + x[n-2]$$

a)

* Finn eit uttrykk ledd–for–ledd for frekvensresponsen $H(e^{j\hat{\omega}})$ til FIR-filteret.

b)

* Skriv om uttrykket for $H(e^{j\hat{\omega}})$ slik at ein kan sjå at magnituderesponsen er symmetrisk om vertikalaksen.

Vink: Bruk den inverse Eulers lov for cosinus.

c)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er

$$x[n] = 10 + 4\cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{4}\right)$$

d)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er einingspulsfunksjonen $\delta[n]$.

e)

* Finn utgangssignalet $y[n]$ når inngangssignalet er einingssprangfunksjonen $u[n]$.

Vink: Kan finnast punkt for punkt vha. konvolusjonssummen.