

Tesina del corso di Segnali e Sistemi

Laurea in Ingegneria dell'Informazione

Proff. A. Chiuso & M. Bruschetta,
Tutor J. Giordano

a.a. 2021-2022

Testo

Lo scopo dell'esercitazione è quello di studiare il campionamento dei segnali, la modulazione in frequenza ed il filtraggio. A tal fine, si consideri il segnale audio modulato contenuto nel file `audio.mat`. Importato quest'ultimo nel ambiente Matlab, utilizzando il comando `load audio`, compariranno nel workspace:

- un vettore x_t contenente i campioni di una traccia audio modulata alla frequenza F_m . In particolare, dato il segnale audio $x(t)$, il segnale modulato $x_t(t)$ è ottenuto tramite la seguente operazione:

$$x_t(t) = x(t) \cos(2\pi F_m t) \quad (1)$$

- la frequenza $F = 176400 \text{ Hz}$ alla quale il segnale $x_t(t)$ è stato campionato per ottenere il vettore x_t (allo scopo di questo esercizio si può considerare il segnale campionato a questa frequenza come, a tutti gli effetti, il segnale a tempo continuo stesso).

Si eseguano, nell'ordine, le seguenti operazioni:

1. Si mostri il plot del segnale $x_t(t)$ nel dominio del tempo e in quello della frequenza (per semplicità per quest'ultimo si consideri solamente il modulo). Come visto nel Lab3, è possibile ricavare un' approssimazione della trasformata di Fourier utilizzando la funzione `fft`. Si commenti brevemente la forma del segnale nel dominio della frequenza e si individui la frequenza di modulazione F_m (Suggerimento: è multipla di 5 kHz).
2. Si demoduli il segnale e lo si ascolti utilizzando i comandi `player = audioplayer(x,F); play(player);`. Nota: si può bloccare la riproduzione con il comando `stop(player);`. Un'alternativa ai comandi appena descritti è quella di utilizzare `soundsc(x,F)`; che però non può essere bloccato.
3. Si noti la presenza di artefatti sonori: utilizzando il plot ottenuto al punto 1 se ne individui la causa.
4. Allo scopo di rimuovere questi disturbi è possibile utilizzare dei notch filter, cioè dei filtri in grado di attenuare il segnale in un intervallo molto ristretto di frequenze (a seconda del loro fattore di merito Q). Per il loro design, si usi la seguente funzione:

```
function HNF = NF_design(T,F_filter)

N=6;
5 Q = 30;

% tollerances
% in pass band (deltap)
% and stop band (deltas)

10 deltap=0.01;
deltas=0.001;
```

```

% Tolerances expressed in dB
15 Ap = 20*log10(1+deltap)-20*log10(1-deltap); % (approximate)
Ast = -20*log10(deltas);

fdesign.notch('N,F0,Q,Ap,Ast',N,F_filter,10,1);
20 SPEC = 'N,F0,Q,Ap,Ast';
NF = fdesign.notch(SPEC,N,F_filter,Q,Ap,Ast,1/T);

HNF = design(NF)
25 % plot frequency response, the red line is the ideal low pass filter with
% tolerances and transition band depicted.
% the blue line is the realized frequency response
30 fvtool(HNF)

```

Gli ingressi della funzione: sono il passo di campionamento T al quale il filtro (tempo discreto) deve operare, e la frequenza F_{filter} (la frequenza di maggiore attenuazione). Si scelga opportunamente il valore di F_{filter} , anche utilizzando il grafico della risposta in frequenza del filtro che questa funzione produce.

Per operare il filtraggio di un segnale x_t campionato a passo di campionamento T con il filtro

```
HNF = NF_design(T,Ffilter)
```

si esegua il comando

```
xfilt = filter(HNF,xt)
```

5. Una volta filtrato il segnale modulato x_t si ripeta il punto precedente riguardante la demodulazione-ascolto.
6. Si costruisca il segnale x_c campionando il segnale $x(t)$ alla frequenza audio $F_c = 29400$ Hz (a questo scopo si noti che $F = 6F_c$) e lo si riproduca. Ancora una volta il segnale ottenuto è affetto da un artefatto. Si spieghi un possibile motivo (Suggerimento: si analizzi la trasformata approssimata di Fourier del segnale).
7. Per ovviare al disturbo riscontrato a passo precedente, si proponga uno schema alternativo per ottenere un segnale campionato \hat{x}_c . Allo scopo sarà utile utilizzare un filtro passa-basso. Per il design del filtro, si usi la seguente funzione:

```

% design a low pass filter
% Fst = Stop-Band frequency
% T sampling time
5 function HLP = LPF_design(T,Fst)

%Fst = Stop-Band frequency
%Fp = Pass band frequency
10 Fp = Fst - 1000;

% tolerances
% in pass band (deltap)
15 % and stop band (deltas)

```

```

deltap=0.01;
deltas=0.001;

20 % Tolerances expressed in dB

Ap = 20*log10(1+deltap)-20*log10(1-deltap); % (approximate)
Ast = -20*log10(deltas);

25

SPEC = 'Fp,Fst,Ap,Ast';
LP = fdesign.lowpass(SPEC,Fp,Fst,Ap,Ast,1/T);

30 HLP = design(LP,'equiripple')

% plot frequency response, the red line is the ideal low pass filter with
% tolerances and transition band depicted.
% the blue line is the realized frequency response

35
fvtool(HLP)

% design a low pass filter
% Fst = Stop-Band frequency
40 % T sampling time

```

Gli ingressi della funzione: sono il passo di campionamento T al quale il filtro (tempo discreto) deve operare, e la frequenza F_{st} (la frequenza minima della "stopband", cioè la frequenza oltre la quale il filtro non fa passare il segnale). Si scelga opportunamente, discutendo la scelta, il valore di F_{st} , anche utilizzando il grafico della risposta in frequenza del filtro che questa funzione produce. Per ottenere la versione filtrata del segnale si proceda in modo simile a quanto descritto per i filtri notch.

8. Si ascolti il segnale campionato \hat{x}_c costruito utilizzando lo schema proposto al punto precedente e si discuta la differenza con x_c . Infine si generino i grafici della trasformata approssimata di Fourier e si confrontino i risultati.

Istruzioni

Si scriva una breve relazione (al massimo 2 pagine, i.e. 4 facciate, font 12) riportando, ove necessario, i grafici commentati per rispondere alle domande riportate sopra. Si aggiunga in appendice il codice Matlab (commentato ed il più breve possibile).

Modalità di consegna e scadenze

La tesina va consegnata **singolarmente** in formato elettronico su Moodle, attraverso un file `.zip` contenente un `.pdf` ed un `.m`, tutti nominati *cognome_nome_matricola*. Le tempistiche sono le seguenti:

- Entro il giorno **15 Giugno 2022** per chi svolge compitino e/o I appello. Si noti che NON sarà possibile registrare esami prima della consegna. Chi avesse urgenza di registrare dovr' a consegnare la tesine almeno **una settimana prima** dell'eventuale data di registrazione desiderata.
- Entro il giorno **30 Giugno 2022** per chi svolgerà il secondo appello (o per chi intende fare l'esame a settembre o successivamente).
- Per **nessun motivo** saranno prese in considerazioni tesine consegnate dopo il **30 Giugno 2022**.

Si ricorda che tesine palesemente copiate saranno valutate con punteggio nullo. La valutazione delle tesine sarà considerata valida per l'intero anno accademico.