

# Tesina del corso di Segnali e Sistemi

Laurea in Ingegneria dell'Informazione

Proff. A. Chiuso & M. Bruschetta  
Tutor E. Picotti

a.a. 2020-2021

## 1 Testo

Lo scopo dell'esercitazione è di studiare il filtraggio ed il campionamento dei segnali. A tal fine, si considera un banco di filtri passa banda  $H_i(f)$  combinati in parallelo pesati con coefficienti  $\alpha_i \in \mathbb{R}$ ,  $\alpha_i \geq 0$ , con risposta in frequenza risultante

$$H_{tot}(f) = \sum_{i=1}^6 \alpha_i H_i(f)$$

che verrà utilizzato per equalizzare un segnale audio. I coefficienti  $\alpha_i$  verranno scelti da voi nell'esercitazione.

Si considerino i segnali audio nel file `audio.mat` allegato, importato in Matlab utilizzando il comando `load audio`. Il file contiene

- il vettore  $x$  che contiene i campioni del segnale  $x(t)$ , alla frequenza  $F_c = 48000 \text{ Hz}$  di un segnale audio (nel seguito nominato segnale originale);
- il vettore  $x_{dis}$  che contiene i campioni del segnale  $x$  distorto tramite disequalizzazione, alla frequenza  $F_c = 48000 \text{ Hz}$ ;
- La frequenza di campionamento  $F_c$ ;
- Il vettore dei tempi  $t$ .

Si eseguano, nell'ordine, le seguenti operazioni:

1. Si ascoltino i segnali utilizzando i comandi `player = audioplayer(x, Fc); play(player);`  
Nota: si può bloccare la riproduzione con il comando `stop(player);`
2. Utilizzando la funzione `fft` (come visto nel Lab3), si calcoli una approssimazione della trasformata di Fourier (per semplicità si consideri il solo modulo) dei due segnali, e si utilizzi il banco dei filtri (equalizzatore) per riportare il segnale  $x_{dis}$  all'equalizzazione originaria, modificando opportunamente i guadagni dell'equalizzatore  $\alpha_i$ . Si usino le frequenze `f_vals = [1, 2e3, 3.25e3, 6e3, 8e3, 10e3, 23.999e3];`. Si riportino in una figura opportunamente commentata le `fft` ottenute precedentemente e del segnale filtrato attraverso il banco di filtri.

Per il design del banco di filtri, si usi la seguente funzione:

```
function [H_tot] = filter_bank(eq_vals, f_vals, F_s, plot_flag)

eq0 = eq_vals(1);
eq1 = eq_vals(2);
eq2 = eq_vals(3);
eq3 = eq_vals(4);
eq4 = eq_vals(5);
eq5 = eq_vals(6);
```

```

10 N    = 240;
    Fp  = f_vals;
    Ap  = 0.01;
    Ast = 80;
    Rst = 10^(-Ast/20);
15 Nbands = length(Fp);
    W = 2*pi*[1:1:Fs];
    z = tf('z',1/Fs);

    if plot_flag
20     figure
        clf
    end
    for k = 1:Nbands-1
        Rp = (10^(Ap/20) - 1)/(10^(Ap/20) + 1);
25     NUM(k,:) = firceqrip(N,Fp(k+1)/(Fs/2),[Rp Rst],'passedge')-firceqrip(N
        ,Fp(k)/(Fs/2),[Rp Rst],'passedge');
        H(k) = z^-N*tf(NUM(k,:),[1],1/Fs);
        if plot_flag
            plot(W/2/pi,1*squeeze(bode(H(k),W)))
            hold on
30     end
    end

    H_tot = eq0*H(1)+eq1*H(2)+eq2*H(3)+eq3*H(4)+eq4*H(5)+eq5*H(6);
35 if plot_flag
    [Mtot] = bode(Htot,W);
    plot(W/2/pi,1*squeeze(Mtot(1,:,:),),'--k')
    xlabel('f [Hz]')
    ylabel('|H(f)|')
40 end

end

```

Input della funzione sono i guadagni di ogni filtro del banco ( $eq\_vals = [\alpha_1, \dots, \alpha_5]$ ), gli estremi delle frequenze per ognuno dei filtri passabanda ( $f\_vals = [f_0, \dots, f_6]$ ), la frequenza del segnale su cui il filtro opera  $F_s$ , oltre ad un flag per avere il plot dei filtri risultanti.

Per operare il filtraggio di un segnale  $y$  campionato a frequenza  $F$  con il filtro

```
H = filter_bank(eq_vals, f_vals, F, plot_flag)
```

si esegua il comando

```
y_f = filter(H.Numerator{:},H.Denominator{:},x);
```

3. Si costruiscano i segnali  $x_{n_{us}}$  (*undersampled signals*) campionando il segnale originale  $x$  alla frequenza audio  $F_{us} = \frac{F_c}{n_{us}} Hz$  al variare di  $n_{us} \in \{3, 4, 6\}$ . Si ascoltino i segnali campionati e si noti la presenza di una distorsione (aliasing). Si confrontino, nel dominio delle frequenze, i segnali con il segnale originale  $x$ , e si riporti una rappresentazione grafica opportunamente commentata.
4. Utilizzando il banco di filtri complementari, si modifichi il vettore di guadagni  $\alpha_1, \dots, \alpha_6$  (il vettore  $eq\_vals$ ) e si ottenga il segnale  $x_f$  attraverso il filtraggio (antialiasing) del segnale originale  $x$ , al fine di eliminare l'aliasing nel sottocampionamento per  $n_{us} = 6$ . Si ottenga quindi un segnale  $\hat{x}$  sottocampionando  $x_f$  alla frequenza

$F_{us} = \frac{F_c}{6}$ . Si ascoltino il segnale filtrato  $x_f$  e campionato  $\hat{x}$  e si discuta la differenza con  $x$  attraverso un'analisi nel dominio delle frequenze, riportando una rappresentazione grafica opportunamente commentata.

## 2 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).

## 3 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`, nominati «cognome\_nome\_matricola.xxx». Le tempistiche sono le seguenti:

- Entro il giorno **15 Giugno 2021** per chi svolge compitino e/o I appello. Si noti che **NON** sarà possibile registrare esami prima della consegna. Chi avesse urgenza di registrare dovrà consegnare la tesina **almeno una settimana prima** dell'eventuale data di registrazione desiderata.
- Entro il giorno **30 Giugno 2021** per chi svolgerà il secondo appello (o per chi intende fare l'esame a settembre o successivamente).
- Per **nessun motivo** saranno prese in considerazione tesine consegnate dopo il **30 Giugno 2021**.

Si ricorda che tesine palesemente copiate saranno valutate con punteggio nullo.