

Introduzione

L'obiettivo di questa esperienza è applicare un filtraggio a un segnale audio, utilizzando un filtro digitale progettato in base a una risposta in frequenza prestabilita. L'analisi prevede le seguenti fasi:

1. **Lettura e decodifica della traccia audio** in formato digitale.
2. **Applicazione del filtraggio**, utilizzando un filtro passa banda programmabile.
3. **Salvataggio e analisi del segnale filtrato**, con visualizzazione del segnale nel dominio del tempo e dello spettro ottenuto tramite trasformata di Fourier.

Modello del Filtro Passa Banda

Il segnale audio originale viene registrato con una frequenza di campionamento f_c e memorizzato in forma discreta. La banda udibile dell'orecchio umano varia tra 20 Hz e 20 kHz, quindi il segnale viene campionato rispettando il teorema del campionamento: $T_c \leq \frac{1}{2B}$. Il filtro passa-banda ideale viene approssimato tramite la

seguente funzione: $H(f) = \text{rect}\left(\frac{f-f_0}{B}\right) + \text{rect}\left(\frac{f+f_0}{B}\right)$.

Applicando la trasformata inversa ottengo: $h(t) = 2B * \text{sinc}(Bt) * \cos(2\pi f_0 t)$.

Poiché la sinc si estende all'infinito, viene troncata su un intervallo finito Δ per evitare errori marcati. Inoltre, per garantire la causalità del filtro, la risposta viene traslata nel tempo. Una volta discretizzata, la risposta impulsiva

$h[n]$ viene convoluta con il segnale audio: $\sum_k x[k] * h[n - k] * T_c$

Problemi e Considerazioni

- **Aliasing:** L'operazione di campionamento introduce un aliasing che deve essere evitato scegliendo opportunamente T_c e i parametri del filtro.
- **Effetto del Troncamento:** Un intervallo Δ troppo piccolo riduce la precisione della sinc, aumentando l'errore di approssimazione.
- **Effetto dello Spettro Periodico:** Dopo il filtraggio, lo spettro ottenuto con FFT risulta periodico con periodo $1/T_c$.

Filtri utilizzati e Risultati

- **Filtro Passabanda (B=3 kHz, $f_0=3$ kHz):** Il segnale filtrato (nero) ha una minore ampiezza e presenta uno spettro privato delle basse frequenze (blu). Le frequenze residue corrispondono a note musicali.
- **Filtro per il Do4 (B=0.05 kHz, $f_0=0.26$ kHz):** Nel dominio del tempo il segnale diventa una sinusoide con periodo 4 ms, corrispondente a $f=250$ Hz.
- **Filtro Passa-Basso (B=0.5 kHz, $f_0=0$ Hz):** Le alte frequenze vengono eliminate, lasciando i toni bassi.
- **Filtro Passa-Alto (B=1 kHz, $f_0=20$ kHz):** Le basse frequenze vengono eliminate, lasciando solo le alte.

Conclusioni

1. **Effetti del Filtraggio:** Ogni filtro seleziona specifiche bande di frequenza, alterando il suono percepito.
2. **Scelta dei Parametri:** La corretta selezione dei parametri è essenziale per ottenere il risultato desiderato.
3. **Effetto del Troncamento:** Un filtro con durata limitata introduce errori, minimizzabili scegliendo Δ adeguato.