

**Cognome e Nome:** \_\_\_\_\_ **Matricola:** \_\_\_\_\_

Come si evita l'overflow nei filtri in virgola fissa?
---

Cognome e Nome: \_\_\_\_\_ Matricola: \_\_\_\_\_

Quanto vale alla freq. norm.  $1/4$  il **modulo** della risposta in frequenza del filtro

$$y(n) = 0.5y(n-1) + 0.2y(n-2) - x(n-1) + x(n)$$

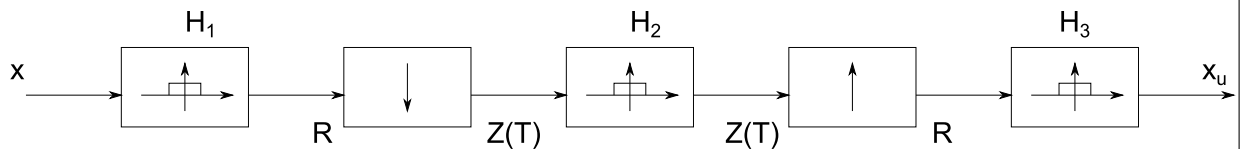
Cognome e Nome: \_\_\_\_\_ Matricola: \_\_\_\_\_

Si supponga di avere un segnale *a tempo continuo*  $x: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  campionato a formato da due componenti

- Una parte “utile”  $x_u$  del segnale è contenuta nell’intervallo di frequenze  $[-3\text{kHz}, 3\text{kHz}]$ .
- L’intervallo di frequenze  $[3\text{kHz}, 5\text{kHz}] \cup [-5\text{kHz}, -3\text{kHz}]$  ha contenuto trascurabile
- Al di fuori dell’intervallo  $[-5\text{kHz}, 5\text{kHz}]$  c’è rumore.

Si vuole estrarre  $x_u$  da  $x$  filtrando via il rumore, con la condizione che  $x_u$  non debba essere attenuato più di 1 dB e che il rumore venga attenuato almeno di 30 dB. Sono possibili due soluzioni

1. Si filtra  $x$  con un filtro analogico
2. Si usa lo schema seguente



in cui il segnale  $x$ , dopo opportuno filtro anti-aliasing  $H_1$ , viene campionato a  $H_c = 1/T$ , filtrato con un passa basso  $H_2$  a tempo discreto e riportato a tempo continuo attraverso l’interpolatore  $H_3$ .

Si chiede

- Determinare le specifiche e l’ordine del filtro *a tempo continuo* usato nella soluzione 1, supponendo di usare un filtro di Butterworth.
- Si determini la frequenza di campionamento  $F_c = 1/T$  in modo che i filtri  $H_1$  e  $H_3$  (anti-aliasing ed interpolazione) possano essere implementati con filtri ad un solo polo. Si usi 30 dB come attenuazione minima in banda attenuata e 1 dB come attenuazione massima in banda passante.
- Si diano le specifiche per il filtro  $H_2$  per la soluzione 2
- Si determini il costo computazionale (in **operazioni reali/secondo**) dello schema 2 supponendo di usare un filtro IIR di Butterworth progettato con la trasformazione bilineare.
- Per un’implementazione alternativa dello schema 2 si progetti il filtro  $H_2$  usando il metodo delle finestre. Più precisamente, detta  $h_d$  la risposta impulsiva del passa-basso ideale, la risposta impulsiva  $h_2$  del filtro  $H_2$  si scrive

$$h_2(n) = w_N(n)h_d(n)$$

dove  $w_N$  è una finestra con supporto  $\{-N, \dots, N\} \subset \mathbb{Z}$ . Lo studente scelga  $N$  e  $w_N$ .

- Si determini il costo computazionale dello schema 2 (in **operazioni reali/secondo**) supponendo di usare il filtro FIR progettato al passo precedente e l’implementazione in forma diretta per filtri simmetrici.
- <sup>+</sup> Si determini il costo computazionale (in **operazioni reali/secondo**) della soluzione 1 supponendo di implementare il filtraggio col filtro FIR tramite FFT (dettagli dell’implementazione a scelta dello studente).

**Cognome e Nome:** \_\_\_\_\_ **Matricola:** \_\_\_\_\_