

Problema 1

Segnale sinusoidale $v_s = V_s \cos \omega_s t$ V_s ampiezza lentamente variabile, su tempi $\geq 1s$ $f_s = 1kHz$ frequenza ($\omega_s = 2\pi f_s$)	Segnale di riferimento sincrono $v_R = B \cos \omega_s t$
Rumore $\sqrt{S_v} = 100nV / \sqrt{Hz}$ rumore bianco (unilatera) $f_c = 500Hz$ frequenza d'angolo del rumore $1/f$	Filtro accordato $f_o = f_s = 1kHz$ frequenza di risonanza $Q=5$ fattore di qualità Il filtro risonante RLC è inserito in un amplificatore in modo da avere guadagno unitario alla frequenza centrale f_o

Occorre misurare l'ampiezza V_s di un segnale sinusoidale accompagnato da rumore come indicato, rilevando l'andamento nel tempo dell'ampiezza $V_s(t)$. È disponibile un segnale di riferimento con frequenza e fase eguali al segnale da misurare. Per migliorare il rapporto S/N nelle misure si può valersi di a) un filtraggio basato su un filtro accordato (circuito risonante RLC parallelo con le caratteristiche riportate), oppure b) un Lock-in amplifier (LIA) con moltiplicatore analogico e filtro passabasso RC a polo semplice con costante di tempo T_F regolabile.

A) Considerando di impiegare il filtro accordato:

1. indicare i parametri caratteristici del filtro che occorre conoscere per descrivere e valutare la sua azione;
2. descrivere come è la funzione peso nel tempo e come varia al variare dell'istante t_m di misura dell'uscita
3. descrivere la funzione di trasferimento in frequenza, indicandone i parametri utili per i calcoli di rumore
4. valutare il minimo segnale misurabile in una misura eseguita correttamente
5. spiegare come devono essere scelti gli istanti di campionamento dell'uscita per avere una misura di ampiezza corretta. Verificare se le caratteristiche del filtro permettono di rilevare le variazioni nel tempo della ampiezza del segnale $V_s(t)$ come richiesto.

B) Considerando di impiegare il LIA:

1. descrivere la funzione peso nel tempo e come varia al variare dell'istante di misura t_m
2. dimensionare il LIA in modo da eseguire correttamente le misure
3. valutare il minimo segnale misurabile con una misura eseguita correttamente
4. indicare e spiegare come vanno scelti gli istanti di campionamento dell'uscita del LIA per rilevare l'andamento nel tempo della ampiezza del segnale $V_s(t)$.
5. confrontare i risultati ottenuti con il filtro accordato e con il LIA e spiegare in termini intuitivi le ragioni delle differenze riscontrate

C) Considerare ora casi in cui è nota la frequenza del segnale, accuratamente indicata dal riferimento, ma la fase non è nota e non interessa, interessa solo misurare l'ampiezza del segnale.

1. Utilizzando il filtro accordato, come si può procedere per ottenere la misura di ampiezza senza conoscere la fase?
2. Utilizzando il LIA, come si può procedere per ottenere la misura di ampiezza senza conoscere la fase?

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

Problema 2

Termosensori a giunzione p-n: Potenza dissipabile nel sensore limitata $P_d < 100\mu\text{W}$	Preamplificatore di tensione differenziale: resistenze di ingresso da considerare $\rightarrow \infty$ a ciascun ingresso generatori di rumore $\sqrt{S_{v_a}} = 30\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (unilatera) e componente $1/f$ con frequenza d'angolo $f_c = 100\text{ kHz}$ $\sqrt{S_{i_a}} = 0,1\text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (unilatera)
--	--

Sensori di temperatura in chip di silicio si possono realizzare utilizzando una o più giunzioni p-n con uguali proprietà e caratteristica corrente-tensione praticamente ideale. La corrente di polarizzazione di ciascuna giunzione è regolabile dall'esterno del chip e nei chip sono integrati preamplificatori con le caratteristiche indicate.

Si vuole progettare sensori di questo genere per rilevare temperature che variano su tempi di circa 1 s e si vuole limitare l'errore dovuto al rumore a qualche milliKelvin ($0,001\text{ K}$). Le giunzioni vanno utilizzate limitandone l'autoriscaldamento (in modo che lo scostamento ΔT della temperatura di giunzione da quella dell'oggetto della misura sia anche esso limitato a a qualche milliKelvin)

A) Volendo progettare un sensore che funzioni polarizzato in continua:

1. Spiegare il principio di funzionamento e le possibili alternative per il progetto del sensore
2. Indicare e spiegare la configurazione circuitale usata
3. Scegliere la corrente di polarizzazione in modo da rispettare la specifica per l'autoriscaldamento
4. Valutare la costante di conversione dV/dT ottenuta.

B) Senza considerare per ora la componente di rumore $1/f$, scegliere un filtraggio adatto alla misura in queste condizioni e valutare l'errore dovuto al rumore bianco nella misura di temperatura (cioè la minima variazione di temperatura misurabile).

C) Considerare ora anche la componente di rumore $1/f$ con frequenza d'angolo $f_c = 100\text{ kHz}$. Per limitare il suo effetto è possibile utilizzare un azzeramento della linea di base ogni 1000 s circa. Valutare in queste condizioni l'errore nella misura di temperatura.

D) Utilizzando lo stesso sensore e preamplificatore, si può modificare l'apparato di misura e la polarizzazione del sensore per ridurre efficacemente l'effetto del rumore $1/f$. Si dispone a tale fine di un generatore di segnale sinusoidale a $f_R = 1\text{ MHz}$, di un LIA (Lock-in Amplifier) e di circuiti elettronici ausiliari (quali comparatori, amplificatori ecc.). Analizzare e spiegare:

1. se e come sia possibile utilizzare il generatore per portare il segnale del sensore fuori dalla zona spettrale dominata dal rumore $1/f$. Spiegare chiaramente come usate il segnale del generatore e perchè (direttamente con la sua forma d'onda sinusoidale oppure con altra forma d'onda generata a partire da esso, ecc.).
2. Come utilizzate il LIA e quindi come il segnale di uscita dal LIA dipenda dall'ampiezza del segnale al suo ingresso (cioè del segnale termometrico del sensore).
3. Valutare l'errore dovuto al rumore nella misura di temperatura in queste condizioni.