

Problema 1

Occorre realizzare un apparato elettronico per misurare la temperatura di un termostato intorno a 200 °C con errore inferiore a 0,5 °C ogni 0,1 s. Il termostato ha una termocoppia tipo J (cioè Fe-Cu/Ni) con sensibilità di circa 60 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, resistenza di 50 Ω/m per un filo, 25 Ω/m per l'altro. L'apparato elettronico opera nella sala di controllo, a circa 10 m dalla giunzione della termocoppia. Tra i potenziali di massa in sala e nel termostato c'è una differenza elevata, tipicamente 20 V. Sono disponibili preamplificatori di vari tipi (con diversa impedenza di ingresso; con ingresso differenziale o con ingresso semplice; ecc.), tutti con generatori di rumore equivalenti all'ingresso aventi componenti a larga banda $(S_V)^{1/2} = 8 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$ e $(S_i)^{1/2} = 2 \text{ pA}/(\text{Hz})^{1/2}$ e componenti $1/f$ tutte con "frequenza d'angolo" $f_c = 2 \text{ kHz}$.

- a) Disegnare lo schema circuitale dell'apparato e spiegarlo, indicando le ragioni delle scelte fatte.
- b1) Indicare quali parametri dell'amplificatore hanno influenza sull'errore di misura della temperatura, a parte i generatori di rumore.
- b2) Calcolare per questi parametri i valori richiesti per rientrare nel limite imposto all'errore.
- c) Considerare ora i generatori di rumore e valutarne l'effetto sulla misura, trascurando in prima approssimazione le componenti $1/f$.
- d) Valutare ora anche l'effetto delle componenti $1/f$, spiegando come si possa ridurlo a valori tollerabili.

Problema 2

Un sensore avente resistenza di uscita $R_s = 100 \Omega$ invia piccoli segnali impulsivi a un preamplificatore a larga banda (limitata da un polo a 10 MHz) avente generatori di rumore equivalenti all'ingresso con componenti a larga banda $(S_V)^{1/2} = 4 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$ e $(S_i)^{1/2} = 2 \text{ pA}/(\text{Hz})^{1/2}$. Per misurare l'ampiezza dei segnali viene impiegato un circuito "gated integrator", collegato all'uscita del preamplificatore. L'inizio del gate è dato da un segnale ausiliario sincrono all'impulso da misurare, la sua durata T_G è regolabile.

- a) Considerare dapprima il caso di impulsi rettangolari di ampiezza $V_p = 10 \mu\text{V}$ e durata $T_p = 1 \mu\text{s}$ e misurando UN SINGOLO IMPULSO
 - (a1) ricavare l'espressione del rapporto S/N in funzione di T_G .
 - (a2) individuare il valore di T_G che dà il massimo S/N .
- b) Considerare ora il caso di impulsi esponenziali di ampiezza iniziale $V_p = 10 \mu\text{V}$ e costante di tempo $T_E = 1 \mu\text{s}$ e misurando UN SINGOLO IMPULSO
 - (b1) ricavare l'espressione del rapporto S/N in funzione di T_G .
 - (b2) individuare il valore di T_G che dà il massimo S/N .
- c) Considerare ora che gli impulsi abbiano frequenza di ripetizione di 1 kHz e la loro ampiezza sia lentamente variabile, cioè abbia variazioni apprezzabili solo su tempi $\geq 0,1 \text{ s}$. Discutere come si possa sfruttare la ripetitività per migliorare il S/N nella misura di ampiezza e calcolare il miglioramento ottenibile.
- d) Considerando ora che nei generatori di rumore equivalenti del preamplificatore vi sia anche una intensa componente $1/f$ con "frequenza d'angolo" $f_c = 40 \text{ kHz}$,
 - (d1) discutere come si possa limitarne l'effetto.
 - (d2) valutare di conseguenza il contributo al rumore complessivo nella misura.

Problema 3

Un fotodiodo p-i-n al silicio viene impiegato per rivelare e misurare l'intensità della luce emessa da un diodo laser a lunghezza d'onda 800 nm. Il coefficiente di riflessione sulla superficie è 0,30 a 800 nm e il diodo ha struttura planare con strato superficiale n neutro spesso 1 μm e zona svuotata sottostante spessa 20 μm . La corrente di buio del diodo è $I_B = 1$ pA. Il fotodiodo opera collegato a un preamplificatore di corrente a larga banda (limitata da un polo semplice a frequenza $f_{PA} = 10$ MHz) avente rumore di corrente riferito all'ingresso con componente bianca di densità (unilatera) $(S_i)^{1/2} = 0,1$ pA/(Hz)^{1/2} e componente $1/f$ con "frequenza d'angolo" $f_c = 1$ kHz.

a) Valutare l'efficienza quantica di rivelazione e la sensibilità spettrale del fotodiodo alla lunghezza d'onda interessata.

Il fascio emesso dal laser ha potenza ottica media $P_L = 1$ nW e contiene una componente modulata sinusoidalmente a frequenza $f_M = 100$ kHz. Questa ha ampiezza massima P_M pari a circa il 5 % della potenza media e variabile su tempi dell'ordine di 0,1 s. Sul fotodiodo incide inoltre con potenza $P_S = 1$ nW luce di fondo non eliminabile. Si vuole misurare P_M con $S/N \geq 10$ e seguirne le variazioni nel tempo.

b1) Indicare quale tipo di filtraggio si intende impiegare per la misura, calcolandone i parametri necessari per rispettare le specifiche desiderate.

b2) Indicare e spiegare quale apparato si intende impiegare per realizzare in pratica il filtraggio detto.

NB: Tutte le densità spettrali di potenza indicate nei problemi si intendono unilatera.