

**Problema 1**

<b>Sensore resistivo</b> Potenza max dissipabile $P_d < 20\mu\text{W}$ Valore di riferimento $R_{S0} = 200\ \Omega$ variazioni $\Delta R_S$ piccole $10^{-6} < \frac{\Delta R_S}{R_{S0}} < 10^{-2}$ e lente su tempi 10s	<b>Preamplificatore differenziale</b> Limite di banda $f_{pa} = 10\ \text{MHz}$ $S_v^{1/2} = 80\ \text{nV/Hz}^{1/2}$ bianca (unilatera) più componente 1/f con $f_c = 1\ \text{kHz}$ $S_i^{1/2} = 1\ \text{pA/Hz}^{1/2}$ bianca (unilatera) più componente 1/f con $f_c = 1\ \text{kHz}$
<b>Filtro passabanda</b> Frequenza centrale $f_r = 1\ \text{kHz}$ Fattore di qualità $Q=10$	<b>Filtro passabanda</b> Frequenza centrale $f_r = 100\ \text{kHz}$ Fattore di qualità $Q=100$

Un sensore resistivo con le caratteristiche indicate è soggetto a piccole e lente variazioni della resistenza, che occorre monitorare. Si utilizza allo scopo una configurazione a ponte di Wheatstone con resistenze eguali. Alla uscita del ponte è collegato il preamplificatore indicato e il rumore nella misura viene ridotto filtrando opportunamente l'uscita del preamp. Per il filtraggio si ha a disposizione di un filtro passabasso con frequenza di taglio regolabile, due filtri passabanda con le caratteristiche indicate e un Lock-in Amplifier (LIA).

A) Operando con tensione continua di alimentazione del ponte, scegliere il valore della tensione. Indicare che forma d'onda ha il segnale di uscita dal preamplificatore e che ampiezza ha in funzione della variazione  $\Delta R_S/R_{S0}$ . Indicare quantitativamente il rumore che accompagna il segnale. Valutare la minima variazione  $\Delta R_S/R_{S0}$  misurabile, dapprima utilizzando solo un filtraggio che limita il rumore 1/f, poi aggiungendo un filtraggio opportunamente dimensionato per ridurre anche il rumore bianco.

B) Operando con tensione alternata di alimentazione del ponte, scegliere il valore della tensione. Indicare che forma d'onda ha il segnale di uscita dal preamplificatore e che ampiezza ha in funzione della variazione  $\Delta R_S/R_{S0}$ . Scegliere la tensione alternata adatta per poter filtrare l'uscita del preamp con il primo dei filtri passabanda indicati e valutare la minima variazione  $\Delta R_S/R_{S0}$  così misurabile. Ripetere con il secondo filtro passabanda, confrontare i due risultati e spiegare intuitivamente il confronto.

C) Operando con tensione alternata di alimentazione del ponte, spiegare come si possa utilizzare un LIA per effettuare la misura, indicando le necessarie scelte quantitative dei parametri in gioco. Indicare che forma d'onda ha il segnale di uscita dal LIA e valutare la minima variazione  $\Delta R_S/R_{S0}$  misurabile.

D) Riassumere le varie soluzioni esaminate per effettuare la misura delle variazioni  $\Delta R_S/R_{S0}$  del sensore, confrontare i risultati quantitativi ottenuti e fare una graduatoria delle varie soluzioni. Spiegare in termini intuitivi e commentare le ragioni che determinano le differenze riscontrate tra i vari approcci visti.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

**Problema 2**

<p><b>Segnale ottico</b> rettangolare con durata <math>T_P</math> specificata ampiezza (potenza ottica) <math>P_S</math> lunghezza d'onda <math>\lambda_a = 600</math> nm</p> <p><b>Fondo ottico</b> Luce continua con potenza <math>P_F</math></p>	<p><b>Fotorivelatore PIN in Silicio</b> efficienza quantica <math>\eta_{Dd} = 0,30</math> a <math>\lambda_a = 600</math> nm corrente di buio <math>I_{bd} = 0,05</math> pA capacità <math>C_D \approx 1</math> pF</p>
<p><b>Preamplificatore di corrente a transimpedenza</b> Banda limitata da polo a <math>f_{pa} = 100</math> MHz Rumore di corrente riferito all'ingresso <math>S_{ip}^{1/2} = 0,05</math> pA/Hz<sup>1/2</sup> (unilatera) il generatore di rumore di tensione <math>S_{pv}^{1/2}</math> non viene specificato perchè in questa configurazione circuitale ha effetto trascurabile</p>	<p><b>Fotorivelatore PMT con fotocatodo S11</b> efficienza quantica a <math>\lambda_a = 600</math> nm: <math>\eta_{Dm} = 0,025</math> corrente di buio al catodo <math>I_{bk} = 0,16</math> fA guadagno <math>G = 10^5</math> fattore di eccesso di rumore <math>F = 2</math></p>

Occorre misurare l'ampiezza (potenza) di segnali ottici con le caratteristiche indicate, generati da un laser distante e attenuati nella trasmissione attraverso l'atmosfera, utilizzando i fotorivelatori indicati collegati a preamplificatori del tipo specificato. Come di seguito specificato, in alcuni casi arriva al fotorivelatore anche una luce continua di fondo con potenza  $P_F$  alla stessa lunghezza d'onda  $\lambda_a$  del segnale. Occorre valutare caso per caso la minima potenza ottica di segnale rivelabile  $P_{Smin}$ . (Suggerimento: nel valutare il valore quadratico medio di una fluttuazione totale prodotta da vari contributi trascurare i contributi che risultano essere una piccola percentuale del totale)

A) Considerare di lavorare in assenza di fondo ottico  $P_F = 0$  e con impulsi di durata  $T_P = 1 \mu s$ . Scegliere un filtraggio adatto a migliorare il S/N in queste condizioni e valutare la minima potenza ottica di segnale misurabile  $P_{Smin}$  con il PMT e con il PIN. Confrontare i due risultati e spiegarli in termini intuitivi.

B) Sempre in assenza di fondo ottico  $P_F = 0$ , considerare di utilizzare ora impulsi di durata maggiore per aumentare la sensibilità e lo stesso tipo di filtraggio adattato a queste condizioni. Valutare i risultati ottenuti con il PMT e con il PIN lavorando con durata prima 10 volte maggiore  $T_P = 10 \mu s$  e poi 10000 volte maggiore  $T_P = 10$  ms. Evidenziare nei vari casi il fattore di miglioramento ottenuto per  $P_{Smin}$ , confrontare i vari risultati ottenuti e spiegarli in termini intuitivi.

C) Considerare ora di lavorare con un fondo ottico  $P_F$  non trascurabile e con impulsi di durata  $T_P = 10$  ms. Spiegare come il fondo ottico modifica il limite della misura  $P_{Smin}$  sia con il PMT che con il PIN. Valutare per entrambi la potenza  $P_{Fm}$  che rende il valore quadratico medio della fluttuazione totale 2 volte maggiore, valutare in queste condizioni la potenza minima misurabile  $P_{Smin}$  e spiegare i risultati in termini intuitivi.