

Problema 1

Il segnale di un fotorivelatore viene prelevato da un preamplificatore avente altissima impedenza di ingresso (dell'ordine di $1 \text{ G}\Omega$), banda passante limitata da un polo semplice a frequenza $f_a = 100 \text{ kHz}$ e generatori di rumore riferiti all'ingresso a larga banda con densità spettrali efficaci $(S_v)^{1/2} = 2 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$ e $(S_i)^{1/2} = 0,1 \text{ pA}/(\text{Hz})^{1/2}$ (valori riferiti a densità unilatera; non si considerino componenti spettrali $1/f$). $C_L = 5 \text{ pF}$ ed $R_L = 1 \text{ M}\Omega$ rappresentano rispettivamente la capacità e la resistenza totali tra l'elettrodo di uscita del rivelatore e massa in condizioni operative. Davanti al rivelatore è posto un filtro ottico che seleziona una banda stretta attorno a lunghezza d'onda $\lambda = 620 \text{ nm}$. Il rivelatore è un fotodiodo a vuoto (fototubo) con catodo S20 con efficienza quantica $\eta = 5 \%$ a $\lambda = 620 \text{ nm}$ e corrente di buio $I_b = 10^{-15} \text{ A}$. Al rivelatore arriva un segnale ottico impulsivo triangolare simmetrico con potenza di picco P_p e base $2T_p = 1 \text{ ms}$ sovrapposto a una potenza ottica continua di fondo P_f .

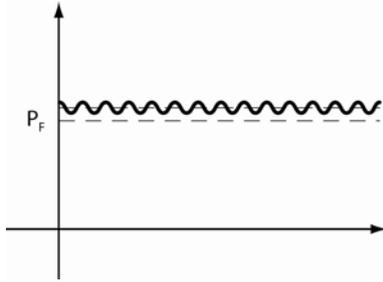
- calcolare la potenza ottica di picco $P_{p_{min}}$ del minimo segnale misurabile in assenza di luce di fondo ($P_f = 0$) operando all'uscita del preamplificatore senza alcun ulteriore filtraggio.
- calcolare quale potenza di luce di fondo P_f farebbe aumentare il minimo segnale misurabile di un fattore 1,4.
- spiegare quale genere di filtraggio vada impiegato per migliorare la sensibilità nelle condizioni sopra indicate in (b), quindi scegliere un filtro e calcolare il valore di $P_{p_{min}}$ con esso ottenibile.
- indicare e spiegare le caratteristiche del filtraggio che darebbe il migliore risultato possibile, calcolare il corrispondente valore di $P_{p_{min}}$ e confrontare con quanto ottenuto al punto (c) precedente, discutendo il risultato.

Problema 2

Nello stesso apparato descritto nel problema 1 il fototubo viene ora sostituito con un tubo fotomoltiplicatore avente fotocatodo identico (S20 con efficienza quantica $\eta = 5 \%$ a $\lambda = 620 \text{ nm}$ e corrente di buio $I_b = 10^{-15} \text{ A}$), guadagno medio di moltiplicazione $G = 10^6$ e fattore di eccesso di rumore $F = 1,5$.

Rispondere alle stesse domande del problema 1. Nella risposta alla domanda (d) spiegare anche cosa cambierebbe se si operasse in assenza di luce di fondo ($P_f = 0$) e si riducesse la corrente di buio I_b a meno di 10^{-17} A raffreddando il catodo?

(NB: segue a retro il Problema 3)



Problema 3

Il segnale ottico da misurare è ora una potenza ottica che varia lentamente, cioè con variazioni sensibili su tempi dell'ordine di 0,1 s. Questo segnale viene modulato sinusoidalmente a frequenza $f_m = 20$ kHz da un modulatore elettroottico, pilotato da un segnale elettrico che è disponibile per l'apparato di misura. Viene impiegato l'apparato di rivelazione sopra descritto nelle due versioni con fototubo e con fotomoltiplicatore. Si vuole misurare l'ampiezza P_m della componente modulata e occorre operare in presenza di luce di fondo P_f intensa, con il valore calcolato al punto (b) dei problemi precedenti. Considerando entrambi i casi (fototubo e fotomoltiplicatore):

- (a) spiegare quale genere di filtro analogico a parametri costanti vada impiegato per migliorare la sensibilità nelle condizioni dette, quindi scegliere uno specifico filtro e calcolare il valore di $P_{m_{min}}$ con esso misurabile.
- (b) spiegare come si possa utilizzare allo stesso scopo un amplificatore lock-in indicando le condizioni e i parametri con cui si intende impiegarlo e calcolare il valore di $P_{m_{min}}$ così misurabile.
- (c) confrontare i valori $P_{m_{min}}$ calcolati nel punto (b) di questo problema con i valori $P_{p_{min}}$ calcolati nel punto (d) dei problemi 1 e 2 e indicare e discutere le cause principali che spiegano le differenze quantitative riscontrate.