

**Problema 1**

<p>Impulso</p> $s_i(t) = V_p \sin\left(\frac{\pi t}{T_p}\right) \quad \text{in } 0 < t < T_p = 10\mu s$ <p>Rumore bianco <math>\sqrt{S_u} = 20nV/\sqrt{Hz}</math> (unilatera, include anche il rumore delle resistenze)</p>	<p><math>R_1 = 10k\Omega</math>  <math>C_1</math> da scegliere  <math>R_2 = 100k\Omega</math>  <math>R_3 = 1k\Omega</math>  <math>C_2</math> da scegliere</p>

Misura di ampiezza  $V_P$  di un segnale impulsivo a semionda sinusoidale in presenza di rumore bianco di densità  $\sqrt{S_u}$ . Per comandare lo switch è disponibile un segnale sincronizzato all'inizio dell'impulso e con eguale durata.

A) 1) Dimensionare il circuito passivo ( $R_1, C_1$ ) in modo da realizzare un filtraggio che migliori quanto possibile il S/N nella misura di un singolo impulso, spiegando di che tipo di filtraggio si tratta. Ricavare il segnale e il rumore in uscita, il S/N e la minima ampiezza  $V_{Pmin}$  misurabile. Fare lo stesso per il circuito attivo ( $R_2, R_3, C_2$ ). 2) Confrontare tra i due filtri S/N,  $V_{Pmin}$  e ampiezza e forma del segnale di uscita. 3) Spiegare come è il filtro ottimo per la misura di questo impulso, ricavare il corrispondente S/N e l'ampiezza minima misurabile  $V_{Pmin, op}$  e confrontarla con quella dei filtri detti.

B) Considerare ora una situazione in cui l'impulso si ripete a frequenza costante  $f_R = 100Hz$  con ampiezza  $V_P$  che si può considerare costante durante intervalli di tempo fino a 10s. Per ciascuno dei due circuiti visti in (A), spiegare come si possa impiegarlo per sfruttare la ridondanza di informazione e migliorare così il S/N e l'ampiezza minima misurabile  $V_{P, min}$ , specificando se e come vada eventualmente modificato il dimensionamento. Specificare per ciascuno di quale tipo di filtraggio si tratta. Ricavare e confrontare per i due filtri  $V_{Pmin}$  e il segnale di uscita.

C) Considerare ora una situazione come quella descritta in (B), ma con la frequenza di ripetizione  $f_R$  che varia in modo non noto e non controllato tra  $100Hz$  e  $200Hz$ . Per ciascuno dei due circuiti visti in (B), spiegare se e come si possa ancora impiegarlo (anche modificando il dimensionamento, se si ritiene necessario) e se e cosa cambia per  $V_{Pmin}$  e segnale di uscita.

D) Torniamo ora alla misura di un singolo impulso, ma in presenza di una componente di rumore  $1/f$  con frequenza d'angolo  $f_c = 50 kHz$  oltre al rumore bianco. Spiegare qualitativamente perchè e come occorra completare il filtraggio per ridurre il contributo  $1/f$ . Fare una valutazione quantitativa almeno approssimata del contributo  $1/f$  confrontandolo con quello del rumore bianco utilizzando:

(D1) azzeramento dello offset di linea di base prima di un ciclo di misure di durata circa 15 minuti.

(D2) un filtro a parametri costanti opportunamente dimensionato

(D3) un filtro a parametri commutati opportunamente dimensionato.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

## Problema 2

<b>PMT</b> fotocatodo S20, diametro 2cm Guadagno $G = 10^6$ Emissione di catodo al buio: $10^3$ elettroni/sec Fattore di eccesso di rumore $F=1,5$	<b>Fotodiodo PIN in silicio</b> Diametro area attiva $100 \mu\text{m}$ Coefficiente di riflessione $R=0,3$ Strato $n^+$ superficiale di spessore $w_n=1$ micron Strato svuotato di spessore $w_i=20$ micron Corrente di buio $I_B=10^{-14}$ A
<b>Diodo laser</b> $\lambda_1=600\text{nm}$ si può impiegare con potenza $P_L$ costante oppure modulata modulando corrispondentemente la corrente, con frequenza scegliibile fino a 100kHz	<b>Preamplificatore di corrente</b> rumore di corrente riferito all'ingresso $\sqrt{S_i} = 0,01 \text{ pA} / \sqrt{\text{Hz}}$ bianco a larga banda ( $S_v$ di tensione è trascurabile data la sorgente ad alta impedenza)

Il fascio ottico di un diodo laser scansiona oggetti distanti e la potenza ottica riflessa durante la scansione varia lentamente (cioè su tempi più lunghi di 0,1s) e viene monitorata con un fotorivelatore. Occorre misurarla con elevata sensibilità, cioè ottenendo potenza minima misurabile la più piccola possibile. Sono disponibili i due fotorivelatori ed il preamplificatore indicati; in allegato sono riportati dati quantitativi riguardo il fotocatodo e l'assorbimento ottico in silicio.

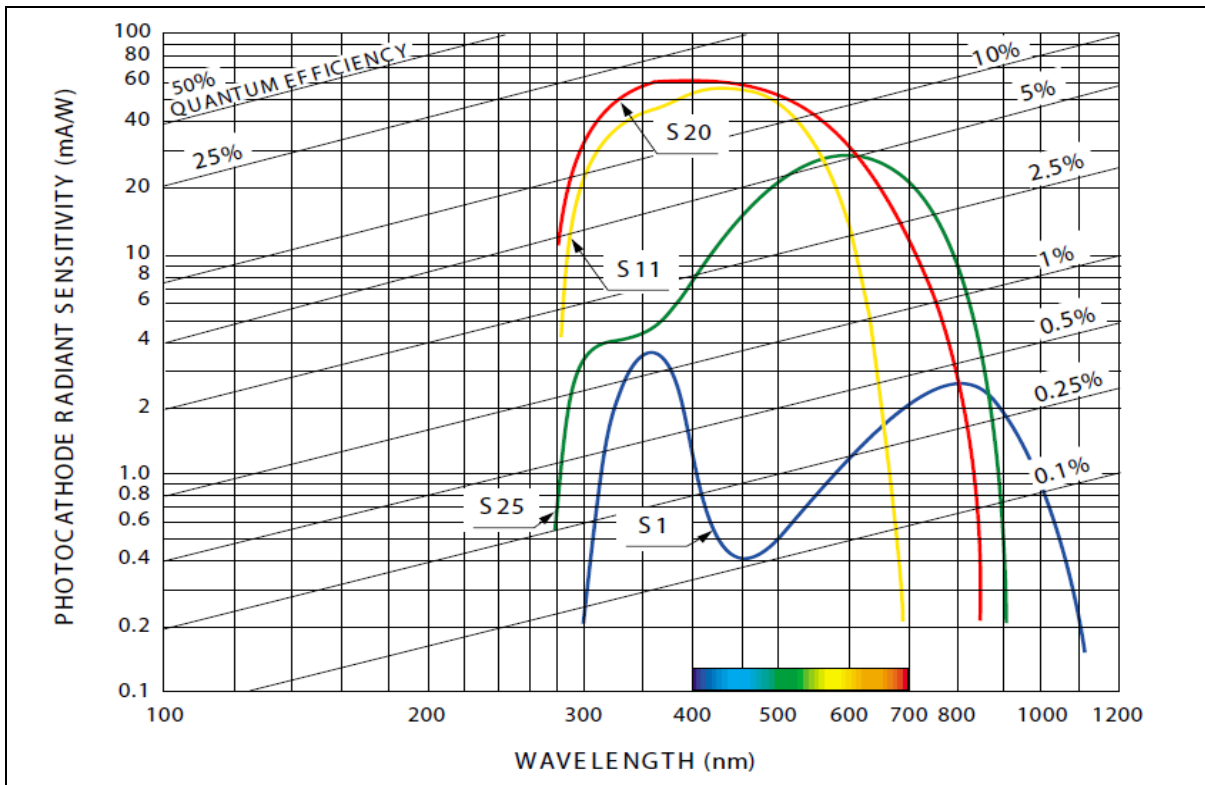
A) Calcolare per il PMT alla lunghezza d'onda  $\lambda_1$  la Noise Equivalent Power (NEP)<sub>M</sub> con banda di filtraggio  $\Delta f=1\text{Hz}$ . Calcolare poi lo stesso parametro (NEP)<sub>D</sub> per il PIN. Confrontare tra loro i due rivelatori e spiegare in termini intuitivi il risultato del confronto.

B) Scegliere un filtraggio adatto per effettuare la misura richiesta, spiegando i motivi della scelta. Con tale filtraggio ricavare la minima potenza ottica riflessa  $P_{\text{min,D}}$  misurabile utilizzando il diodo PIN e quella  $P_{\text{min,M}}$  misurabile utilizzando il PMT. Confrontare i due rivelatori in base alla minima potenza misurabile  $P_{\text{min}}$  e spiegare in termini intuitivi come e perchè questo confronto dia una indicazione diversa dal confronto fatto in base alla NEP. Spiegare quale rivelatore è preferibile impiegare per la misura richiesta.

C) Considerate ora il caso in cui si proponga di effettuare lo stesso tipo di misura sostituendo il diodo laser con un altro a diversa  $\lambda_2=840\text{nm}$ . Indicare cosa cambierebbe e cosa rimarrebbe costante rispetto al caso visto in (B) e valutare e spiegare in termini intuitivi come cambierebbe il confronto tra i due rivelatori in base alla minima potenza misurabile  $P_{\text{min}}$ .

D) Considerare ora il caso in cui si impieghi il laser a  $\lambda_1=600\text{nm}$  e il PIN, ma con un preamplificatore che ha oltre alla componente di rumore bianca detta anche una componente  $1/f$  con frequenza d'angolo caratteristica  $f_c=1\text{kHz}$ . Considerando che le misure vengono eseguite in cicli di circa 15 minuti (separati da intervalli di qualche minuto) utilizzando lo stesso filtraggio visto in (B) ed effettuando un azzeramento iniziale dello offset di linea di base, valutare di quanto peggiora la misura rispetto a quanto visto in (B). Spiegare perchè e come si può migliorare utilizzando la modulazione della potenza ottica e un filtraggio adatto a queste condizioni e calcolare la minima potenza ottica così misurabile.

ALLEGATO A PROBLEMA 2  
CARATTERISTICHE DI FOTOCATODI PER PMT



ASSORBIMENTO OTTICO IN SILICIO

