

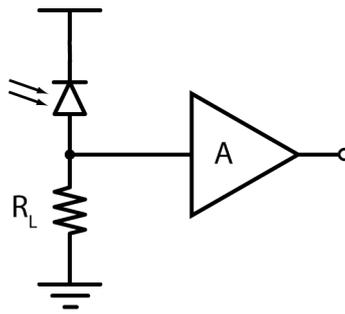
Problema 1

Fig. 1

FOTODIODO: p-i-n con area $A = 5 \text{ mm}^2$; coefficiente di riflessione $K_R = 0,1$; spessore strato superficiale neutro $w_s = 1 \text{ }\mu\text{m}$; spessore strato svuotato $w_D = 10 \text{ }\mu\text{m}$.

Lunghezza di assorbimento ottico a 800 nm $L_o = 10 \text{ }\mu\text{m}$.

Resistenza di carico $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.

PREAMPLIFICATORE: alta impedenza ingresso; $f_{pa} = 100 \text{ MHz}$

$S_V^{1/2} = 4 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ (unilatera) con componente $1/f$ avente $f_{cv} = 10 \text{ kHz}$

$S_I^{1/2} = 0,4 \text{ pA/Hz}^{1/2}$ (unilatera) con componente $1/f$ avente $f_{ci} = 10 \text{ kHz}$

LED: potenza ottica massima $P_{max} = 100 \text{ nW}$

Dinamica di misura richiesta $P_{max} / P_{min} = 100$ o migliore

In un condotto scorre rapidamente una soluzione liquida con una concentrazione di soluto che ha ampie oscillazioni in tempi brevi (qualche decimo di secondo, banda circa 1 Hz). Si vuole rilevarne accuratamente l'andamento nel tempo facendo attraversare il condotto da un fascio ottico generato da un LED a 800 nm e misurando l'intensità trasmessa, dato che l'attenuazione ottica è proporzionale alla concentrazione. Si richiede di rilevare l'andamento con continuità per periodi di 15 minuti, separati da intervalli di riposo di un minuto. Per la misura si utilizza il fotodiode p-i-n in silicio sopra indicato. Il segnale di tensione prodotto dal fotodiode sulla resistenza di carico R_L viene prelevato da un preamplificatore ad altissima impedenza. La potenza ottica emessa dal LED non può superare il valore P_{max} indicato. Si può far operare il LED in emissione continua oppure variabile nel tempo.

a) Valutare la capacità elettrica C_D del fotodiode e disegnare il circuito equivalente dell'insieme rivelatore-preamplificatore, indicando quantitativamente tutti i parametri significativi per questo problema.

b) Operando con potenza ottica costante e con misura effettuata direttamente sul segnale del preamplificatore senza utilizzare filtri, calcolare il valore efficace del rumore tenendo conto solo delle sorgenti di rumore bianco. Valutare la minima potenza ottica misurabile P_{min} e verificare la conseguente dinamica nella misura.

c) Ancora tenendo conto solo delle sorgenti di rumore bianco e con potenza ottica costante, si utilizzi ora dopo il preamplificatore un filtraggio adatto a migliorare il S/N nella misura. Spiegare con che criterio si è scelto e dimensionato il filtraggio, valutare la minima potenza ottica P_{min} così misurabile e la conseguente dinamica nella misura.

d) Operando ancora con potenza ottica costante, si tenga conto ora anche dell'esistenza delle componenti di rumore $1/f$. Spiegare come procedere per limitare il loro contributo, valutare la minima potenza ottica P_{min} così misurabile e verificare la conseguente dinamica nella misura.

e) Modificare l'approccio alla misura per riuscire a ottenere la dinamica richiesta anche in presenza del rumore $1/f$, sempre utilizzando il LED, il fotodiode e il preamplificatore detti. Spiegare i criteri adottati nella modifica, indicare le scelte quantitative fatte e spiegarne le ragioni. Valutare la minima potenza ottica P_{min} così misurabile e verificare la conseguente dinamica nella misura.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

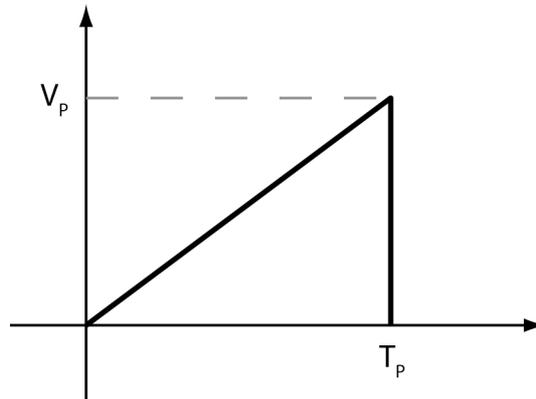
Problema 2

Fig. 2

$T_p = 10 \mu\text{s}$

$(S_V)^{1/2} = 50 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$ (unilatera) con banda limitata da polo a $f_v = 100 \text{ MHz}$

Occorre misurare individualmente l'ampiezza V_p di singoli impulsi di forma triangolare con durata T_p come in Fig. 2, provenienti dall'uscita a bassa impedenza di un apparato. Dall'uscita insieme agli impulsi si ha rumore a larga banda con densità efficace (unilatera) costante $(S_V)^{1/2}$ limitata da un polo ad alta frequenza f_v .

- Indicare con quale tipo di filtraggio si ottiene il miglior rapporto segnale/rumore (S/N) nella misura, spiegando perché. Valutare la minima ampiezza così misurabile.
- Individuare un filtro a parametri variabili e uno a parametri costanti di cui conoscete una realizzazione con circuito analogico con i quali potete approssimare il filtraggio sopra indicato, illustrando le ragioni della scelta. Dimensionare i filtri scelti, valutare la minima ampiezza con essi misurabile e quanto essa risulta percentualmente peggiore rispetto al miglior risultato.
- Considerare ora il caso in cui oltre al rumore bianco $(S_V)^{1/2}$ sopra detto sia presente anche una componente spettrale variabile con la frequenza f , precisamente con andamento B/f^2 in cui $B = 64 \cdot 10^{-10} \text{ V}^2 \text{ Hz}$. Dire se per ottenere il miglior (S/N) in questo caso occorra o no cambiare rispetto al caso (a) il filtraggio, motivando e spiegando la risposta. In caso affermativo, illustrare e spiegare come è il filtraggio che fornisce il miglior (S/N) con il vincolo di non estendere il pesaggio del filtro oltre il termine dell'impulso triangolare, indicando esplicitamente le differenze rispetto al caso precedente. Valutare (anche approssimativamente) quanto cambia la minima ampiezza misurabile in questo caso rispetto al caso in (a).