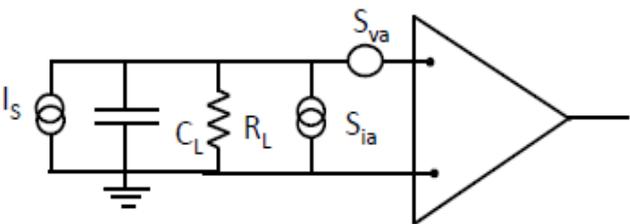


Problema 1

<p>FIBRA OTTICA $a_{dB} = 2,5$ dB/km attenuazione di potenza del segnale trasmesso (dB di potenza) $R=1\%$ frazione di luce riflessa dai giunti $v_p = 20$cm/ns velocità di propagazione</p>	<p>DIODO LASER $\lambda=850$nm lunghezza d'onda $T_L= 100$ns durata dell'impulso rettangolare $P_L= 1$mW potenza dell'impulso</p>
<p>FOTORIVELATORE: fotodiiodo PIN in Silicio $\eta = 0,75$ efficienza quantica di rivelazione $I_b = 1$pA corrente di buio</p>	<p>IMPEDENZA DI CARICO $R_L=500\Omega$ con in parallelo $C_L = 2$pF</p>
<p>PREAMPLIFICATORE $f_{pa}=250$ MHz banda passante di rumore limitata da polo semplice con costante di tempo $\tau_{pa}=1$ns $\sqrt{S_{va}} = 1nV/\sqrt{Hz}$ rumore di tensione $\sqrt{S_{ia}} = 1pA/\sqrt{Hz}$ rumore di corrente equivalenti all'ingresso</p>	

I giunti di una fibra ottica riflettono circa 1% della potenza ottica di un impulso laser lanciato in fibra. La tecnica di Optical Time Domain Reflectometry (OTDR) utilizza questo effetto per individuare i giunti: si lancia un impulso laser in fibra, si rilevano gli impulsi dovuti alle riflessioni e il ritardo con cui arriva ciascun impulso riflesso rispetto al lancio. Da questo ritardo si ricava la distanza del difetto dall'inizio della fibra, dato che l'impulso si propaga a velocità 20cm/ns e fa andata e ritorno. Si vuole analizzare con OTDR un collegamento in fibra con attenuazione di potenza ottica a_{dB} utilizzando un diodo laser che genera impulsi rettangolari con durata T_L , potenza P_L e lunghezza d'onda λ_L . Come fotorivelatore si utilizza un fotodiiodo PIN collegato a un carico R_L C_L e a un preamplificatore a larga banda con le caratteristiche indicate.

A) In una misura effettuata all'uscita del preamplificatore senza alcun altro filtraggio 1) indicare i contributi di rumore e valutarli, specificando quali eventualmente siano dominanti e quali trascurabili. Valutare la minima potenza ottica misurabile e la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra; 2) valutare la risoluzione spaziale nella misura, cioè la distanza minima che deve separare due giunti perchè i rispettivi impulsi riflessi siano osservabili separati.

B) Indicare un filtro a parametri costanti che realizzi un filtraggio ottimale dell'uscita del preamplificatore. Utilizzando questo filtro 1) valutare la minima potenza ottica misurabile e la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra; 2) valutare la risoluzione spaziale nella misura.

C) Spiegare come si possa utilizzare invece del filtro a parametri costanti visto in (B) un Gated Integrator (GI) e quindi con esso: 1) valutare la minima potenza ottica misurabile e la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra; 2) spiegare esplicitamente come si deve procedere per rilevare correttamente con il GI tutta la forma d'onda del segnale riflesso dalla fibra, indicando somiglianze e differenze rispetto al rilevamento effettuato in (B) con un filtro a parametri costanti.

D) Nella misura effettuata utilizzando un GI si può migliorare il risultato effettuando una media di vari rilevamenti. Considerare la media di un numero N di rilevamenti e indicare e spiegare il corrispondente miglioramento per la potenza ottica minima misurabile e per la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra. Valutare quindi il numero N di rilevamenti che occorre mediare per estendere la distanza massima fino a $L=10$ km.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

Problema 2

FOTODIODO A VALANGA	
APD in Silicio	
$\eta = 0,60$	efficienza quantica di rivelazione
$M=100$	guadagno (fattore di moltiplicazione)
$F=4$	fattore di eccesso di rumore
$I_b = 100\text{pA}$	corrente di buio misurata in uscita dello APD
FOTOMOLTIPLICATORE	
PMT con fotocatodo S1	
$\eta = 0,004$	efficienza quantica di rivelazione
$M=10^6$	guadagno (fattore di moltiplicazione)
$F=2$	fattore di eccesso di rumore
$I_b = 30\text{nA}$	corrente di buio misurata all'anodo del PMT

Nell'apparato per Optical Time Domain Reflectometry (OTDR) visto nel Problema 1 si consideri di cambiare fotorivelatore mantenendo invariato il resto (fibra, laser, impedenza di carico e preamplificatore). Per il filtraggio si utilizza ancora un GI come nel Problema 1, con la possibilità di effettuare sia acquisizione singola sia media su N acquisizioni

A) Utilizzando un APD con le caratteristiche specificate 1) indicare i contributi di rumore e valutarli, specificando quali eventualmente siano dominanti e quali trascurabili quando si effettua con il GI un rilevamento singolo. Valutare la minima potenza ottica così misurabile e la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra; 2) effettuando la misura con una media di un numero N di rilevamenti del GI, spiegare il miglioramento che si ottiene per la potenza ottica minima misurabile e per la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra e valutare quantitativamente la distanza massima raggiungibile con $N=10000$ (diecimila).

B) Utilizzando un PMT con le caratteristiche specificate 1) indicare i contributi di rumore e valutarli, specificando quali eventualmente siano dominanti e quali trascurabili quando si effettua con il GI un rilevamento singolo per ogni punto della forma d'onda. Valutare la minima potenza ottica così misurabile e la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra; 2) effettuando la misura con la media di un numero N di rilevamenti del GI, spiegare il miglioramento che si ottiene per la potenza ottica minima misurabile e per la distanza massima misurabile di un giunto da inizio fibra e valutare quantitativamente la distanza massima raggiungibile con $N=10000$ (diecimila). 3) Confrontare i risultati ottenuti con il PMT con quelli ottenuti utilizzando lo APD, discutendo per ciascun rivelatore quali vantaggi e svantaggi abbia e come questi influiscano sul risultato.