

Fig. 1 - A

Fig. 1 - B

$T_p = 500 \text{ ns}$	durata del segnale	per la domanda (b)
$S_n^{1/2} = 50 \text{ nV Hz}^{-1/2}$	densità efficace unilatera del rumore	$f_c = 100 \text{ kHz}$ corner-frequency della componente 1/f del rumore
$1 \text{ pF} \leq C \leq 1 \text{ nF}$	valori utilizzabili per $C_1$ e $C_2$	per la domanda (c)
$10 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$	valori utilizzabili per $R_1$ , $R_2$ e $R_3$	$1 \text{ kHz} < f_R < 2 \text{ kHz}$ frequenza di ripetizione degli impulsi variabile
$\sqrt{v_{nm}^2} = 2 \mu\text{V}$	rumore del voltmetro elettronico di misura, riferito al suo ingresso	

**Problema 1**

Occorre misurare l'ampiezza  $V_p$  di un segnale impulsivo rettangolare con durata  $T_p$  proveniente da una sorgente di tensione. Il segnale è accompagnato da rumore con densità spettrale  $S_n$  (unilatera) approssimativamente bianca (banda larga limitata da un polo a frequenza  $> 100 \text{ MHz}$ ). Sono noti l'istante di arrivo e la durata  $T_p$  del segnale, indicati da un impulso ausiliario di sincronismo. La misura viene effettuata con un voltmetro elettronico avente rumore riferito al suo ingresso  $\sqrt{v_{nm}^2}$ ; si tratta di scegliere e valutare il filtraggio da interporre tra sorgente e voltmetro.

(a) Operando su un singolo impulso, individuare anzitutto il tipo di filtraggio che permette di effettuare meglio la misura e valutare l'ampiezza minima  $V_{pm}$  misurabile. Considerare poi i circuiti A e B in Fig.1. Per ciascun circuito: spiegare come utilizzarlo per realizzare il filtraggio detto (o una sua approssimazione); dimensionarne i parametri; valutare le prestazioni ottenibili effettuando la misura con il voltmetro detto; analizzare quanto ciascun filtro sia adatto allo scopo e di conseguenza scegliere se utilizzare A o B.

(b) Sempre operando su un singolo impulso, considerare ora di avere anche una componente di rumore 1/f con frequenza d'angolo  $f_c$  indicata. Descrivere almeno due tipi di filtraggio semplice che utilizzato insieme a quello visto in (a) limiti il contributo della componente 1/f senza deteriorare troppo il filtraggio di segnale e componente bianca. Dimensionare i filtri detti e valutare il contributo di rumore 1/f risultante, cercando di ottenere che sia inferiore o almeno paragonabile a quello della componente bianca.

(c) Considerare ora di avere impulsi ripetitivi con frequenza  $f_R$ . Spiegare come si possa migliorare il rapporto S/N e l'ampiezza minima misurabile sfruttando la ripetitività del segnale utilizzando i circuiti A e B visti. Per ciascun circuito rivedere il dimensionamento, modificandolo se risulta opportuno; valutare l'ampiezza minima  $V_{pa}$  così misurabile; valutare le prestazioni ottenibili nella misura con il voltmetro detto, analizzare quanto ciascun filtro sia adatto allo scopo e di conseguenza scegliere se utilizzare A oppure B.

(NB: segue nella pagina 2)

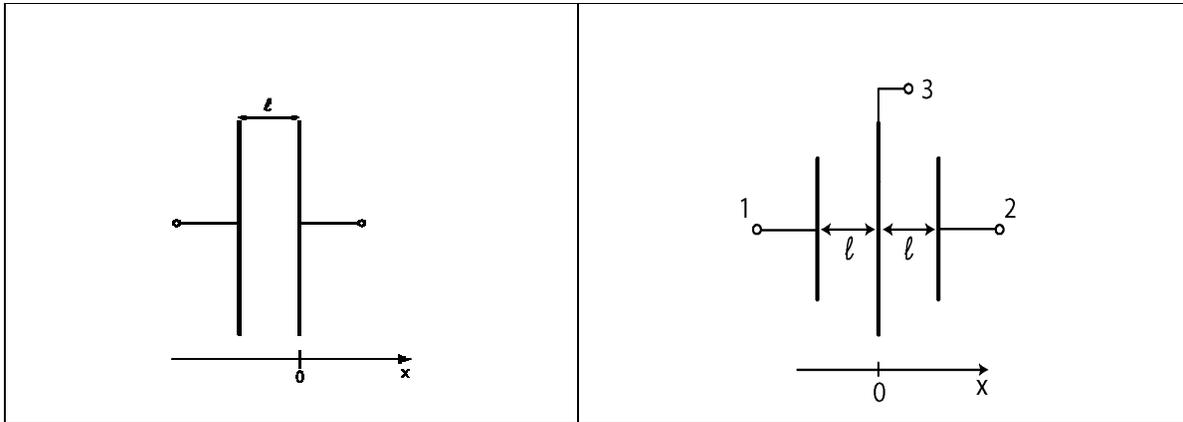


Fig. 2 - A

Fig. 2 - B

Sensori capacitivi piani:

$\epsilon_0 = 8,85 \text{ pF/m}$	costante dielettrica (aria)
$A = 5 \text{ cm}^2$	area degli elettrodi
$l = 0,5 \text{ mm}$	distanza tra gli elettrodi a riposo
10 mV	max tensione applicabile al condensatore

Preamplificatore

$S_v^{1/2} = 40 \text{ nV Hz}^{-1/2}$	densita' efficace di rumore di tensione (unilatera)
$S_i^{1/2} = 1 \text{ pA Hz}^{-1/2}$	densita' efficace di rumore di corrente (unilatera)
$f_c = 1 \text{ kHz}$	corner-frequency della componente 1/f del rumore

### Problema 2

Occorre misurare traslazioni micrometriche  $x$  rilevandone l'andamento nel tempo con una serie di misure effettuate a intervalli di 0,1 s. Si usano sensori a condensatore piano (Fig.2 A) con le caratteristiche sopra indicate; un elettrodo è mobile ed è soggetto alla traslazione in direzione  $x$  ortogonale al suo piano. Sono disponibili vari esemplari identici del sensore e un preamplificatore differenziale a elevata impedenza di ingresso.

a) Scegliere la configurazione circuitale, il segnale elettrico da applicare al sensore e il filtraggio da usare per la misura. Ricavare la relazione quantitativa di trasduzione da spostamento a segnale elettrico.

b) Nelle condizioni scelte in (a) valutare il minimo spostamento misurabile, limitato dal rumore. Discutere quindi come vanno scelte le condizioni di misura per ottenere il miglior risultato. Se queste condizioni risultano diverse da quelle assunte in (a) rifare il calcolo dello spostamento minimo misurabile.

Si utilizzano ora sensori capacitivi con la struttura a tre elettrodi piani schematizzata in Fig.2 B, con elettrodo centrale 3 mobile e dimensioni eguali al condensatore semplice. Il principio è quello del condensatore differenziale, costituito dalle capacità  $C_1$  (tra gli elettrodi 1 e 3) e  $C_2$  (tra gli elettrodi 2 e 3); a riposo l'elettrodo mobile 3 è centrato tra gli elettrodi fissi 1 e 2 a distanza  $l$ .

c) Indicare come si utilizza il sensore a condensatore differenziale nell'apparato di misura scelto. Ricavare la relazione di trasduzione e il minimo spostamento misurabile. Confrontare i due tipi di sensori (semplice e differenziale), spiegando quali vantaggi offra la misura con il sensore differenziale.