

**Problema 1****Segnali a impulso rettangolare con:**

ampiezza  $V_P$  da misurare, variabile su tempi di 1 s

durata  $T_P = 0,5 \mu s$

Disponibile segnale ausiliario indicante istante di arrivo di ciascun impulso.

Intervallo tra impulsi  $T_R$  : indicato caso per caso

**Rumore bianco con:**

densità (unilatera) efficace  $\sqrt{S_B} = 40 nV/\sqrt{Hz}$

al punto A e B: limitata da taglio a polo semplice a frequenza  $f_n = 100 MHz$

al punto C: limitata da taglio a polo semplice a frequenza  $f_{n1} = 16 kHz$

al punto D: limitata da taglio a polo semplice a frequenza  $f_{n2} = 320 kHz$

Un segnale con le caratteristiche indicate proviene da una sorgente a bassa impedenza e la sua ampiezza indica il valore di una variabile di un processo industriale che ha variazioni piuttosto lente, tali che è sufficiente rilevarla a intervalli di 1 s. Il tempo di arrivo di ciascun segnale è indicato da un segnale ausiliario di sincronismo. Il segnale è accompagnato da rumore come sopra indicato.

A) Considerare per ora che ogni  $T_R = 1$  s arrivi un impulso, che deve essere individualmente misurato. Valutare anzitutto l'ampiezza minima misurabile  $V_{Pmin}$  osservando direttamente la forma d'onda ricevuta, cioè senza utilizzare alcun filtraggio. Usare quindi un Gated Integrator (GI), spiegando come occorre regolarlo per migliorare per quanto possibile il rapporto segnale/rumore (S/N) e valutare l'ampiezza minima così misurabile. Valutare il fattore di miglioramento portato dal GI (rispetto alla misura senza filtraggio) indicando i parametri delle misure da cui dipende ed esplicitando la legge di dipendenza.

B) Per migliorare la sensibilità nel monitoraggio si utilizzi ora una ripetizione più frequente degli impulsi, con intervallo  $T_R = 500 \mu s$  tra due impulsi successivi. Impiegare un Boxcar Integrator (BI) per ricavare l'informazione utilizzando più di un impulso. Spiegare come vada dimensionato il BI per ottenere il miglior innalzamento del rapporto segnale/rumore possibile compatibilmente con i requisiti posti per il monitoraggio della variabile. Spiegare e valutare il fattore di ulteriore miglioramento portato dal BI (rispetto alla misura con GI) e l'ampiezza minima  $V_{Pmin}$  misurabile in queste condizioni

C) Si consideri ora di essere in una situazione in cui gli impulsi siano come al punto (B) e il rumore bianco abbia eguale densità spettrale efficace, ma banda limitata stretta come specificato. Fare anche per questo caso le valutazioni fatte al punto (B), determinando l'ampiezza minima misurabile senza alcun filtraggio e con il filtraggio dato dal BI.

D) Si consideri infine di essere in una situazione in cui gli impulsi siano come al punto (B) e il rumore bianco abbia eguale densità efficace, ma banda limitata come specificato. Fare anche per questo caso le valutazioni fatte ai punti (B) e (C), determinando l'ampiezza minima misurabile senza alcun filtraggio e con il filtraggio dato dal BI.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

**Problema 2**

<b>Termoresistenza PT100</b> Valore di riferimento a 273 K (0°C) $R_{T0} = 100 \Omega$ Coefficiente di temperatura $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ Potenza max dissipabile $P_d < 100 \mu\text{W}$	<b>Sensori a giunzione p-n in silicio</b> Caratteristica corrente-tensione $I = I_s \left[ \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right] \quad \text{con } I_s < 0,1 \text{ pA}$ Potenza max dissipabile $P_d < 100 \mu\text{W}$
<b>Preamplificatore differenziale</b> Limite di banda da polo semplice a $f_{pa} = 1 \text{ MHz}$ densità efficace di rumore $S_v^{1/2} = 60 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ bianca (unilatera) e componente 1/f con $f_c = 10 \text{ kHz}$ $S_i^{1/2} = 1 \text{ pA/Hz}^{1/2}$ bianca (unilatera) e componente 1/f con $f_c = 10 \text{ kHz}$	

In una camera di reazione chimica operante intorno a 0 °C occorre misurare l'andamento della temperatura rilevando variazioni piccole fino a 10 mK che avvengono su tempi anche abbastanza rapidi fino a 0,1 s. Vanno eseguiti cicli di misura di circa 15÷20 minuti con un intervallo disponibile per controlli e regolazioni dell'apparato tra un ciclo e l'altro. Per realizzare un apparato elettronico di misura si dispone dei tipi sopra indicati di sensori e di preamplificatori differenziali per il prelievo dei segnali dai sensori

A) Utilizzando una alimentazione continua per i sensori, per ciascuno dei due tipi di sensore indicare una configurazione circuitale con cui realizzare l'apparato, specificando le scelte quantitative fatte (tensione di alimentazione, ecc.) e spiegandole. Per ciascun caso valutare quindi il fattore di conversione  $dV/dT$  da temperatura a tensione di uscita dell'apparato.

B) Per entrambi gli apparati con termoresistenza e con sensore a giunzione indicati al punto (A) valutare il valore efficace del rumore e la minima variazione di temperatura misurabile  $\Delta T_{\min}$  confrontandola con quanto richiesto. Fare questa valutazione per due diverse condizioni di operazione: (B1) utilizzando solo un azzeramento della linea di base del preamp e nessun altro filtraggio; (B2) scegliendo e inserendo anche un filtro sull'uscita del preamplificatore per ridurre il rumore.

C) Al fine di migliorare i limiti posti dal rumore, considerare ora di potere utilizzare per i sensori anche polarizzazioni variabili nel tempo. Per ciascuno dei due tipi di sensore indicare la polarizzazione variabile nel tempo che intendete adottare, la configurazione circuitale con cui realizzare l'apparato e il filtraggio da applicare all'uscita del preamplificatore, specificando e spiegando le scelte quantitative fatte. Valutare il valore efficace del rumore ottenuto e la corrispondente minima variazione di temperatura misurabile  $\Delta T_{\min}$ .

D) Confrontare i risultati ottenuti al punto (C) con quanto richiesto e con i risultati ottenuti al punto (B), riassumendo e spiegando in termini intuitivi il problema affrontato e le soluzioni viste.