

**Problema 1**

<p>Segnale in <math>0 &lt; t &lt; T_p = 10\mu s</math></p> $s_i(t) = \frac{V_P}{2} \left\{ 1 + \cos \left[ \frac{2\pi}{T_p} \left( t - \frac{T_p}{2} \right) \right] \right\}$ <p><math>\sqrt{S_u} = 20nV/\sqrt{Hz}</math> densità di rumore (<b>unilatera</b>, include il rumore delle resistenze) limitata da polo semplice con costante di tempo  <math>T_n = 10ns</math> in A) B) C); <math>T_{nL} = 2\mu s</math> in D)</p>	<p><math>R_1 = 10k\Omega</math>  <math>C_1</math> da scegliere</p> <p><math>R_2 = 1M\Omega</math> ; <math>R_3 = 10k\Omega</math>  <math>C_2</math> da scegliere</p>

Misura della altezza  $V_P$  di impulsi a forma di coseno rialzato (un periodo di sinusoide tra due minimi, alzato in verticale della ampiezza della sinusoide) con rumore a banda larga di densità costante  $\sqrt{S_u}$ , limitato ad alta frequenza da un polo semplice come indicato. È disponibile un segnale sincronizzato con l'impulso e con eguale durata  $T_p$ .

A) Calcolare anzitutto l'ampiezza minima misurabile  $V_{Pmin,op}$  con il filtro ottimo. Dimensionare quindi le capacità dei circuiti indicati in modo che approssimino bene un Gated Integrator (cioè la funzione peso effettiva si scosti non più dello 1% da quella di un GI ideale). Calcolare l'ampiezza minima di impulso  $V_{Pmin,GI}$  misurabile con GI di durata  $T_p$  e confrontarla con l'ottimo. Spiegare perchè conviene che l'ampiezza del segnale in uscita non sia molto piccola; calcolare per ciascuno dei due circuiti visti questa ampiezza e confrontarli.

B) Considerare una situazione in cui l'impulso si ripete a frequenza costante  $f_R=100Hz$  con ampiezza  $V_P$  quasi costante, cioè che varia su intervalli di tempo oltre 10s. Spiegare perchè e come si possa sfruttare la ridondanza di informazione per migliorare il S/N. Dimensionare ciascuno dei due circuiti per effettuarlo correttamente e ricavare l'ampiezza minima misurabile  $V_{Pmin}$  dell'impulso di ingresso e la corrispondente ampiezza del segnale in uscita per ciascun filtro. Confrontare i risultati e spiegare in termini intuitivi le differenze riscontrate tra i due filtri.

C) Considerare ora una situazione come in (B), ma con 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 sia adatto a questo caso (eventualmente anche modificando il dimensionamento), e indicare cosa cambia per  $V_{Pmin}$  e per il segnale di uscita al variare di  $f_R$ .

D) Considerare ora una situazione con frequenza di ripetizione dell'impulso costante  $f_R=100Hz$ , ma con rumore  $\sqrt{S_u}$  limitato da polo con costante di tempo più lunga  $T_{nL} = 2\mu s$ . Spiegare cosa rimane valido di quanto visto in B) per il calcolo di rumore e cosa invece deve essere modificato. Impostare quindi la parte del calcolo del rumore che va cambiata e discutere anzitutto in termini intuitivi se in questo caso il rumore filtrato risulti maggiore o minore di quello in B). Completare il calcolo per verificare la conclusione e ricavare quantitativamente il fattore di cui varia il rumore.

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

**Problema 2**

<p><b>TERMOCOPPIA</b>          tipo R (cioè Pt-Pt/Rh) produce tensione <math>V_T</math> con <math>dV_T/dT = 11 \mu V/^\circ C</math>          I due fili hanno resistenza <math>25 \Omega/m</math> e <math>50 \Omega/m</math></p>
<p><b>CABINA DI CONTROLLO ELETTRONICA</b>  <math>L=20</math> m distanza dal termostato  <math>V_{CM} \approx 40</math> V differenza di potenziale di massa tra termostato e cabina di controllo</p>
<p><b>OPERAZIONI E CONDIZIONI DI MISURA</b>  <math>T_C = 30</math> min durata di un ciclo di misura  <math>T_I = 3</math> min di riposo tra i cicli          Nel ciclo la temperatura da misurare varia tra <math>200^\circ C</math> e <math>400^\circ C</math>.          Si deve rilevare le variazioni su tempi di 1s o più lunghi.          Il riferimento di temperatura è a <math>T=25^\circ C</math> e viene monitorato con accuratezza <math>\pm 0,2^\circ C</math>.          La temperatura della cabina di controllo elettronica può variare fino a <math>\pm 4^\circ C</math></p>

Un termostato funziona con cicli operativi intercalati da intervalli di riposo. Il sensore impiegato e i dati della situazione sono qui sopra indicati. Varie cause possono determinare deviazioni nella misura della tensione di termocoppia  $V_T$  e occorre progettare l'apparato elettronico di misura in modo da limitarle tutte, precisamente si chiede di limitare **per ciascuna di queste cause l'errore causato entro  $\pm 0,5^\circ C$**

A) Descrivere la configurazione circuitale di sensore e preamplificatore che intendete adottare spiegando le ragioni delle sue caratteristiche.

B) Senza considerare per ora il rumore, indicare le cause che generano errore nella misura di temperatura e per ciascuna determinare le specifiche da porre all'elettronica per limitare l'errore come richiesto. Riassumere infine in un elenco le specifiche così determinate per l'elettronica

C) Considerare ora di disporre di un preamplificatore che abbia caratteristiche soddisfacenti le specifiche determinate e come generatori di rumore riferiti all'ingresso

$$\sqrt{S_v} = 20 \text{ nV/Hz}^{1/2} \text{ bianca unilatera e}$$

$$\sqrt{S_i} = 0,02 \text{ pA/Hz}^{1/2} \text{ bianca unilatera}$$

Spiegare quale filtraggio adottate per limitare l'effetto del rumore e valutare il corrispondente errore nella misura di temperatura, verificando se sia entro il limite richiesto o no.

D) Considerare ora che per motivi di standardizzazione e compatibilità tecnologica con altri apparati elettronici occorra impiegare un preamplificatore con una sfavorevole caratteristica e cioè una forte componente  $1/f$  nel rumore di tensione

$$\sqrt{S_v} = 20 \text{ nV/Hz}^{1/2} \text{ bianca unilatera e componente } 1/f \text{ con frequenza d'angolo } f_{cv} = 1 \text{ MHz}$$

Valutare anzitutto l'errore in una misura di temperatura eseguita con il filtraggio adottato in C) limitando il contributo  $1/f$  con un CDS (Correlated Double Sampling) che utilizza l'intervallo di riposo tra due cicli operativi, verificando se sia entro il limite richiesto o no.

Spiegare quindi con quale diverso principio di trattamento del segnale e filtraggio del rumore si possa ridurre notevolmente l'errore dovuto al rumore  $1/f$ . Indicare e spiegare i cambiamenti da introdurre nella configurazione dell'elettronica per realizzare il trattamento del segnale detto e il filtraggio da impiegare per recuperare il segnale. Valutare infine l'errore di temperatura dato dal rumore in queste condizioni, verificando se sia entro il limite richiesto o no.