

## Problema 1

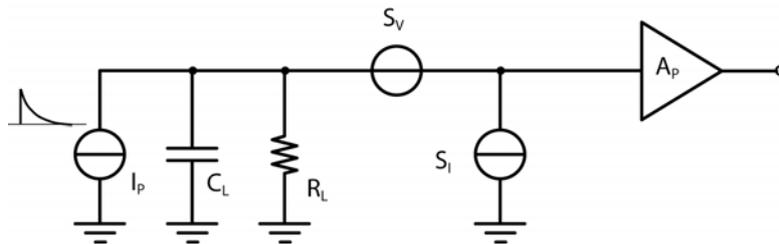


Fig. 1

$C_L = 4 \text{ pF}$  ;  $R_L = 100 \text{ M}\Omega$   
 $(S_v)^{1/2} = 10 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$  (unilatera)  
 $(S_i)^{1/2} = 0,02 \text{ pA}/(\text{Hz})^{1/2}$  (unilatera)

$$I_s = (Q_s/T_s) 1(t) \exp(-t/T_s)$$

Un sensore genera impulsi di corrente di forma esponenziale con costante di tempo  $T_s$ , tempo di arrivo noto e carica  $Q_s$  variabile. Esso è collegato a un preamplificatore con impedenza di ingresso e banda molto grandi (cioè tali da poter esser considerate infinite in questa trattazione) e guadagno abbastanza alto da rendere trascurabile il rumore dei circuiti a valle.  $C_L$  ed  $R_L$  rappresentano la capacità e la resistenza totali verso massa del sensore in questa configurazione. Il contributo di  $R_L$  è già contenuto in  $S_i$ . Negli spettri di rumore non si considerino componenti  $1/f$ . Si deve misurare e classificare individualmente gli impulsi in termini di carica  $Q_s$ .

a) Spiegare e determinare quantitativamente le caratteristiche che deve avere un filtro posto a valle del preamplificatore per rendere bianco il rumore alla sua uscita. Indicare e spiegare le caratteristiche del rumore e del segnale in uscita da questo filtro sbiancante

Considerare il caso in cui  $T_s = 20 \text{ ns}$

b) Individuare il filtro adattato da aggiungere per ottenere il filtraggio ottimo nella misura di  $Q_s$ , spiegandone le caratteristiche e determinandole quantitativamente. Nei calcoli è ammesso fare approssimazioni, purchè si possa stimare che lo scostamento dei risultati ottenuti dai valori corretti sia limitato a pochi %. Valutare il rapporto segnale/rumore (S/N) ottimo e il valore della minima carica misurabile  $Q_{smin}$  corrispondente, sia in unità di carica che in numero di elettroni.

c) Per una realizzazione pratica si impieghi un secondo stadio di filtraggio che è solo una approssimazione del filtro adattato: un semplice filtro integratore a parametri costanti con costante di tempo  $T_F$  (suggerimento: scegliere  $T_F$  eguale alla "noise corner time constant"). Valutare il rapporto segnale/rumore (S/N) così ottenuto, il valore della minima carica misurabile  $Q_{sminF}$  e il fattore di peggioramento rispetto al caso ottimo.

Considerare ora il caso in cui sia  $T_s = 1 \text{ }\mu\text{s}$

d) Individuare il filtro adattato da aggiungere per ottenere il filtraggio ottimo nella misura di  $Q_s$ , spiegandone le caratteristiche e determinandole quantitativamente. Valutare il rapporto segnale/rumore (S/N) ottimo, il valore della minima carica misurabile  $Q_{smin}$  corrispondente (in unità di carica e in numero di elettroni) e il fattore di peggioramento rispetto al caso (b).

(NB: il testo prosegue a retro del foglio)

**Problema 2**

Giunzione termometrica: Resistenza termica tra giunzione p-n ed esterno dell'involucro: $R_T = 5^\circ\text{C}/\text{W}$	Preamplificatore differenziale: per ogni ingresso si ha $(S_{Vd})^{1/2} = 20 \text{ nV}/(\text{Hz})^{1/2}$ (unilatera) $(S_{Id})^{1/2} = 0,02 \text{ pA}/(\text{Hz})^{1/2}$ (unilatera) Componenti $1/f$ con $f_c = 500\text{kHz}$ per entrambi
---	--

Si deve progettare un sensore di temperatura integrato in silicio basato sulle proprietà delle giunzioni p-n. La tecnologia impiegata permette di realizzare nel chip varie giunzioni p-n con identiche proprietà e caratteristica I-V praticamente ideale, ma realizza preamplificatori di tensione a rumore non minimizzato e con elevate componenti  $1/f$ . Si deve realizzare il sensore in modo che le giunzioni termometriche abbiano temperatura  $T_j$  che si discosti meno di  $1 \text{ m}^\circ\text{C}$  da quella  $T$  dell'oggetto da misurare:  $\Delta T = T_j - T < 1 \text{ m}^\circ\text{C}$ . Le variazioni di temperatura da rilevare avvengono su tempi di circa  $1\text{s}$  e si vuole rilevarle limitando anche l'errore dovuto al rumore a meno di  $1 \text{ m}^\circ\text{C}$ .

- Spiegare il principio di funzionamento del sensore e indicare possibili configurazioni circuitali con uno o più diodi termometrici adatte allo scopo. Dimensionare le correnti nei diodi in modo da rispettare la specifica per  $\Delta T$ . Determinare quantitativamente la costante di conversione  $dV/dT$  così ottenuta per il sensore e la resistenza  $R_D$  e lo spettro di rumore di tensione  $S_V$  di ciascuna giunzione impiegata.
- Considerare dapprima di far operare il sensore in continua, con possibilità di interrompere solo ogni  $15 \text{ min}$  circa ( $\approx 1000\text{s}$ ) per fare l'azzeramento della linea di base. Valutare in queste condizioni l'errore nella misura di temperatura dovuto al rumore, verificando se superi o no la specifica di  $1 \text{ m}^\circ\text{C}$ .
- Considerare ora anche la possibilità di modulare il segnale e misurare il segnale modulato immerso nel rumore utilizzando un lock-in amplifier. Si descriva almeno uno schema di modulazione e uno schema di lock-in amplifier adatti allo scopo, indicando le scelte quantitative fatte per i parametri in gioco. Valutare di conseguenza il rumore nella misura e l'errore corrispondente nella misura di temperatura.