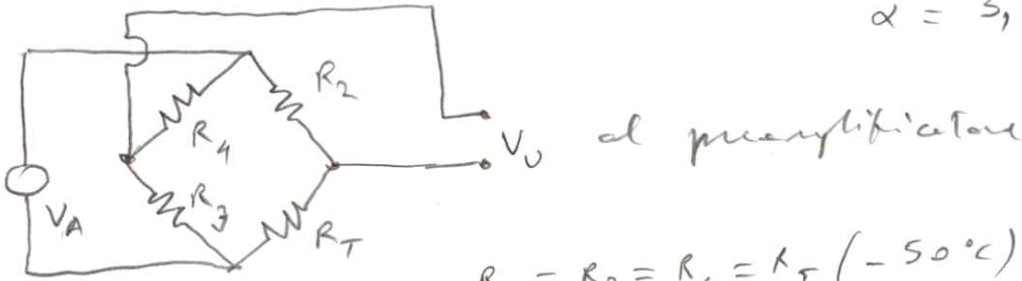


P2 Domanda (c)

R_T Termoisistore PT100

$P_{dmax} = 10 \mu W$
 $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} / ^\circ C$



$R_2 = R_3 = R_4 = R_T(-50^\circ C) \approx 80 \Omega$

con V_A continua $V_A \leq 2 \sqrt{R_T P_{dmax}} = 56 mV$

$\frac{dV_O}{dT} = \frac{V_A}{4} \alpha \leq 55 \mu V / ^\circ C$

con V_A alternata $V_A \leq 2 \sqrt{2 R_T P_{dmax}} = 80 mV$

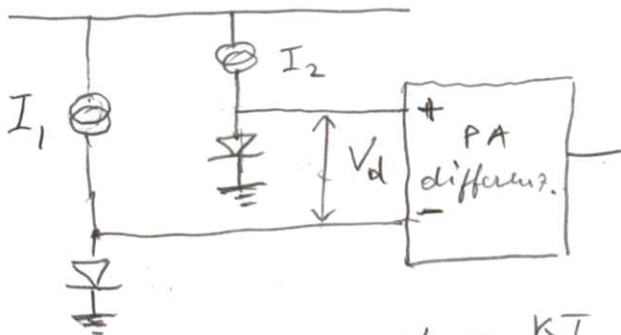
$\frac{dV_O}{dT} = \frac{V_A}{4} \alpha \leq 78 \mu V / ^\circ C$

Sensori e giunzioni

$I = I_s \exp \frac{qV}{kT}$ (con $I \gg I_s$, fattore $m=1$)

$P_d = IV$ con $V \approx 0,6 V$

$P_{dmax} = 100 \mu W \rightarrow$ continua $I_{dmax} \approx 160 \mu A$



Utilizzando

$I_1 = 150 \mu A$

$I_2 = 10 \mu A$

$V_d = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$

$\frac{dV_d}{dT} = \frac{V_d}{T} = 225 \mu V / K$

P2 domande (b)

Le resistenze dei sensori sono tutte basse, anche
anche quelle del diodo con la minima corrente
minima corrente

$$R_s = \frac{kT}{qI} = 1,8 \text{ k}\Omega \quad \left(\frac{kT}{q} = 18 \text{ mV} \right. \\ \left. \approx T = 220 \text{ K} \right)$$

L'effetto del rumore di corrente S_i risulta
trascurabile rispetto a quello del rumore di
tensione S_v .

L'effetto di S_v si riduce usando un filtro
passa-basso dopo il preamp. con frequenze di
taglio f_s maggiori di quelle del segnale.

Il segnale ha componenti sino a qualche 10 Hz.

Si può usare $f_s = 100 \text{ Hz}$

$$\sqrt{u_B^2} = \sqrt{S_v f_s} = 0,8 \text{ }\mu\text{V}$$

La minima variazione ΔT_{\min} misurabile
con sensori alimentati in continuo è quindi

$$\Delta T_{\min} = \frac{\sqrt{u_B^2}}{\left(\frac{dV}{dT}\right)_{\text{sensori}}}$$

$$\text{Termos. PT100: } \frac{dV}{dT} = 55 \text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_{\min} = 0,015 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Diodi: } \frac{dV}{dT} = 225 \text{ }\mu\text{V}/\text{K} \rightarrow \Delta T_{\min} = 0,0035 \text{ }^\circ\text{C}$$

P2 domande (c)

- Con il filtraggio visto in (b) il contributo del rumore flicker può essere valutato approssimativamente

$$\overline{n_{1/f}^2} = \int_{f_i}^{f_s} \frac{S_V f_c}{f} df = \overline{n_B^2} \frac{f_c}{f_s} \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right)$$

La frequenza di taglio inferiore f_i è dovuta a un asscurimento delle linee di base, effettuato a lunghi intervalli - con un asscurimento ogni 20 minuti si ha $f_i \approx 10^{-3}$ Hz -

Quindi si valuta

$$\sqrt{\overline{n_T^2}} = \sqrt{\overline{n_B^2} + \overline{n_{1/f}^2}} = \sqrt{\overline{n_B^2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{f_c}{f_s} \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right)}$$

con $f_c = 50$ KHz, $f_s = 100$ Hz, $f_i = 10^{-3}$ Hz

il fattore di peggioramento è

$$\sqrt{1 + \frac{f_c}{f_s} \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right)} \approx 76$$

e in queste condizioni

con termores. PT 100: $(\Delta T_{min})_{1/f} = \Delta T_{min} \cdot 76 = 1,15$ °C

con sens. diode: $(\Delta T_{min})_{1/f} = \Delta T_{min} \cdot 76 = 0,266$ °C

- Se si riesce a spostare il segnale in frequenza (dall'intervallo di $f=0$ all'intervallo di $f_m \gg 0$) prima che si raggiunga il rumore $1/f$ (cioè prima del preamplificatore) il contributo del rumore $1/f$ diminuisce all'aumentare di f_m -
 Se $f_m \gg f_c$ il contributo $1/f$ diventa trascurabile rispetto a quello del rumore a larga banda -
- Lo spostamento detto si può ottenere passando da alimentazione dei sensori continua ad alimentazione in alternata (per le termoresistenze) o commutata (per i sensori a pila zinco)

Termoresistenze PT100

Alimentazione in alternata a $f_m = 500 \text{ kHz}$ con $V_A = 80 \text{ mV}$

Filtraggio de lock-in con filtro passabasso $f_s = 100 \text{ Hz}$ e riferimento dato dalla alimentazione

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{V_d}{\sqrt{2 S_v f_s}} \rightarrow \dots \{2 \text{ Sv}\}$$

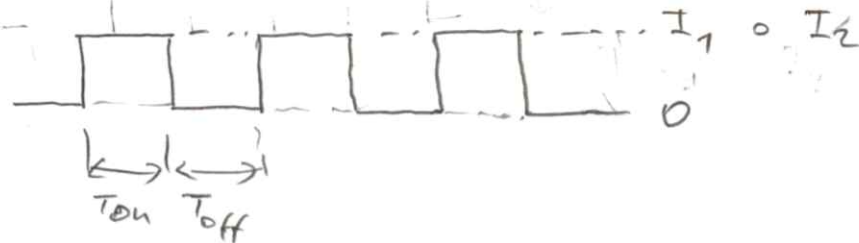
$$V_{d\text{min}} = \sqrt{2 S_v f_s} = \sqrt{2} \sqrt{\mu_8^2} = 1,13 \mu\text{V}$$

e quindi

$$\Delta T_{\text{min}} = \frac{V_{d\text{min}}}{\frac{dV_d}{dT}} = 0,015 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sensori a giunzione

- Correnti di alimentazione dei diodi I_1 e I_2 commutate a $f_m = 500 \text{ KHz}$ tra zero e pieno valore (cioè $T_{on} = 1 \mu\text{s}$ e $T_{off} = 1 \mu\text{s}$)



- Tensione V_D risultante a onde quadre tra 0 e $V_d = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$
- Possiamo ancora usare il lock-in con filtro passa-basso $f_s = 100 \text{ Hz}$ e campionamento dato da una sinusoidale a $f_m = 500 \text{ KHz}$ in fase con la commutazione.
In questo caso il rumore è lo stesso del caso precedente, ma il segnale utilizzato è solo la prima armonica dell'onda quadra.
L'onda quadra ha ampiezza picco-picco V_D , quindi ampiezza di oscillazione $V_D/2$ e ampiezza della 1^a armonica $\frac{V_D}{2} \frac{2}{\pi} = \frac{V_D}{\pi}$
Pertanto con il lock-in si ha

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{V_D}{\pi \sqrt{2} S_v f_s}$$

puci:

$$V_{dmin} = \pi \sqrt{2 S_V f_S} = \pi \sqrt{2} \cdot \sqrt{4_B^2} =$$
$$= 3,55 \mu V$$

e quindi

$$\Delta T_{min} = \frac{V_{dmin}}{\frac{dV}{dT}} = 0,016 \text{ } ^\circ K$$