

Biosensori – Primo Estivo 2018/19

Cognome e Nome:

n° di matricola:

11-06-2019

La durata della prova è di 120 minuti. Non è possibile consultare né libri di testo né appunti.

E' consentito soltanto l'uso della calcolatrice

L'ammissione all'orale prevede un punteggio minimo di 18.

NON SARANNO CORRETTE PARTI DI COMPITO SCRITTE A MATITA

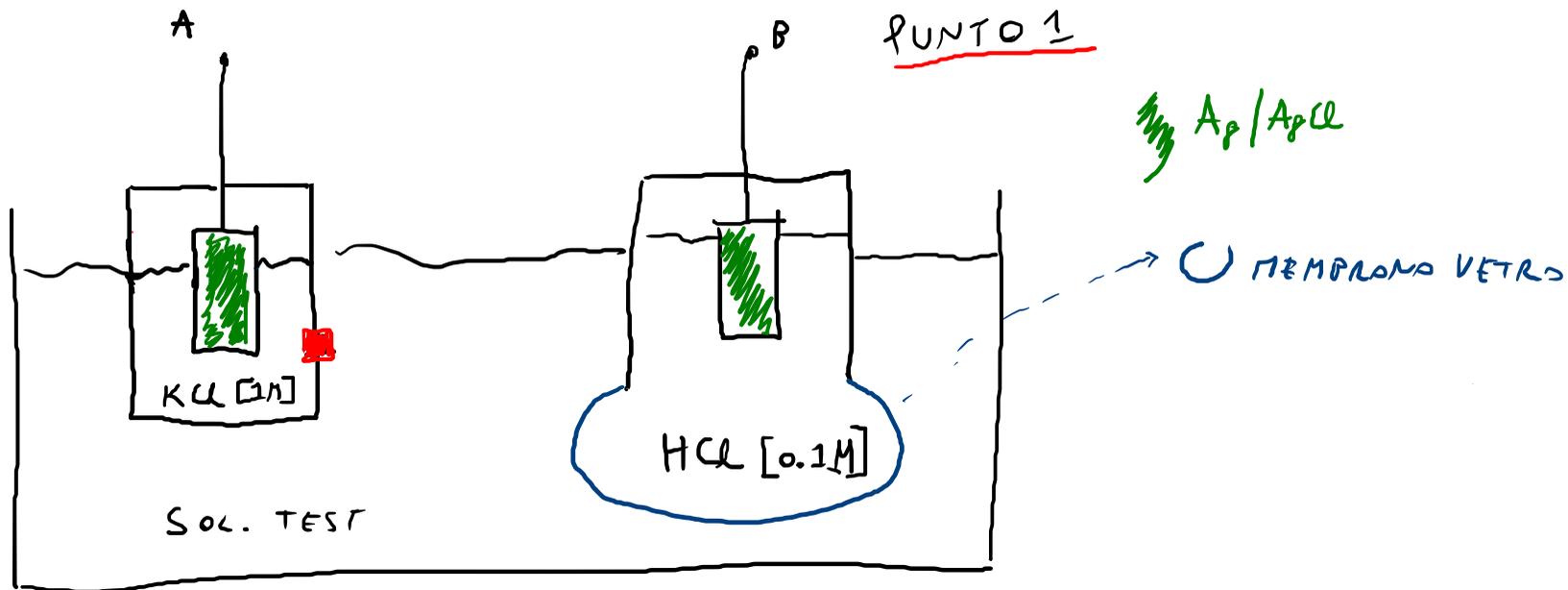
L'orale si terrà Venerdì 14 Giugno alle 14.00 in A26

Esercizio 1

Si vuole realizzare un sistema di misura di pH basato su elettrodo a vetro

- A. Descrivere lo schema di funzionamento del ph-metro, riportare le tensioni di elettrodo e la relativa tensione di uscita (VAB) in funzione del pH [**punteggio: 3**]
- B. Progettare e dimensionare un circuito di lettura in grado di soddisfare le seguenti specifiche (**richiesta la risoluzione del circuito, riportare i collegamenti tra cella elettrochimica e circuito di lettura, giustificare il collegamento e determinare i valori dei componenti**) :
 - 1) Uscita -12.065V per soluzione con pH neutro
 - 2) Sensibilità -0.295 V/pH**[punteggio: 5]**
- C. Determinare la curva di taratura e disegnarla nel range di misura pH [5;9]. Supponendo un errore di taratura pari a 1% (in termini ridotti su un fondo scala di 10 pH) determinare il misurando quando l'uscita dello strumento vale -11.77V [**punteggio 4**].
- D. Descrivere lo schema di principio e il principio di funzionamento di un biosensore catalitico amperometrico [**punteggio 3**].

Nota=E0 elettrodo a vetro = 0.059V



MISURA POTENZIOMETRICA $V_{AP} = V_1 + V_{\cancel{PONTE}} + V_M - V_2$

$V_{PONTE} \rightarrow$ TRASURABILE

$$V_1 = E_{\cancel{0} Ag/AgCl} - \frac{RT}{F} \ln([Cl^-]) \quad V_2 = E_{\cancel{0} Ag/AgCl} - \frac{RT}{F} \ln(0.1)$$

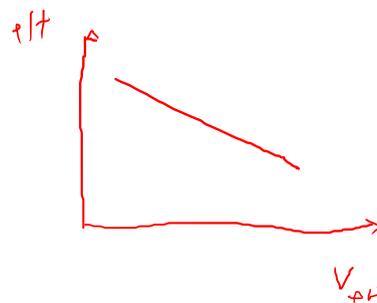
$$V_M = \frac{RT}{F} \ln\left(\frac{[H^+]}{[H^+]_{ref}}\right) = \frac{RT}{F} \ln([H^+]) - \frac{RT}{F} \ln([H^+]_{ref})$$

$\hookrightarrow 0.1M$

$$V_{AP} = E_{\cancel{0} Ag/AgCl} + \frac{RT}{F} \ln([H^+]) - \frac{RT}{F} \ln(0.1) - E_{\cancel{0} Ag/AgCl} + \frac{RT}{F} \ln(0.1)$$

$$V_{AP} = \frac{RT}{F} \ln([H^+])$$

$$\underline{V_{AP} = -0.059 \text{ pH}}$$



PUNTO 2

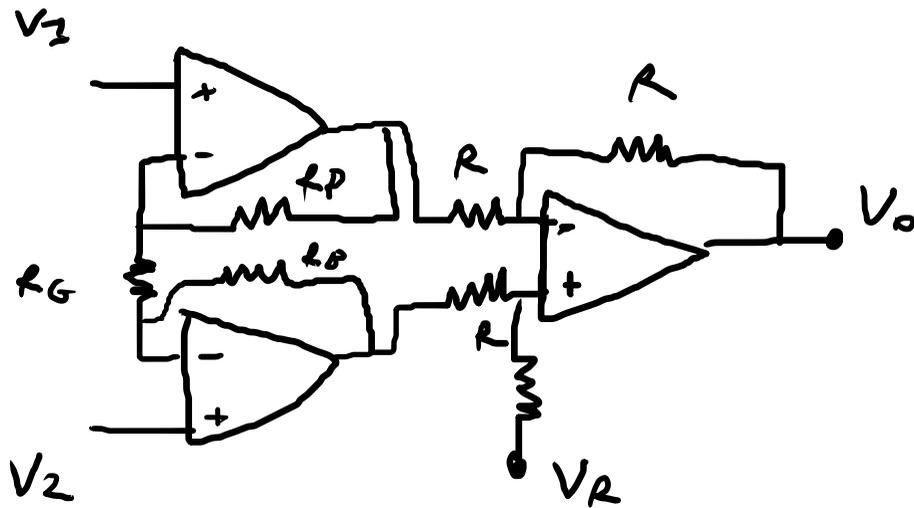
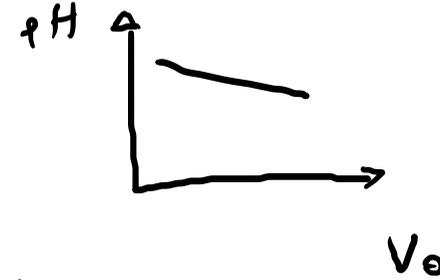
$$V_o (\text{pH} = 7) = -12.065 \text{ [V]}$$

$$S = -0.295 \text{ V/pH}$$

$$x = \frac{V_o - 0}{S} \Rightarrow 7 = \frac{-12.065 - 0}{S}$$

$$\Rightarrow S \cdot 7 = -12.065 - 0$$

$$0 = -12.065 - S \cdot 7 = -10 \text{ [V]}$$



$$\rightarrow 1 + 2R/R_G$$

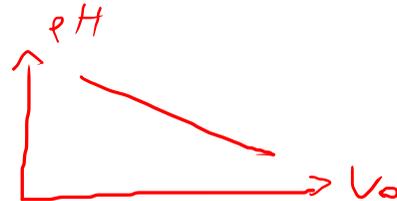
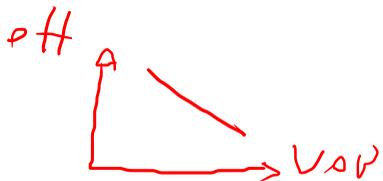
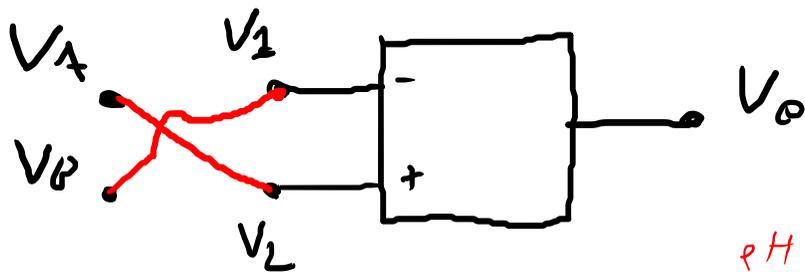
$$V_o = A(V_2 - V_1) + V_R$$

RISOLUZIONE
 ↓
 VEDI PAGINE
 FINALI

$$V_o = A(V_A - V_P) + V_R = A V_{AB} + V_R$$

$$V_o = -A \cdot 0.059 \text{ pH} + V_R$$

$$-A \cdot 0.059 = S \quad A = -\frac{S}{0.059} = 5$$



$$1 + 2R_P/R_G = 5$$

$$2 \frac{R_P}{R_G} = 4 \quad \frac{R_P}{R_G} = 2$$

$$R_P = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_G = 50 \text{ k}\Omega$$

$$V_o = 5 \text{ pH} + V_R$$

$$\Rightarrow V_R = 0 = -10 \text{ [V]}$$

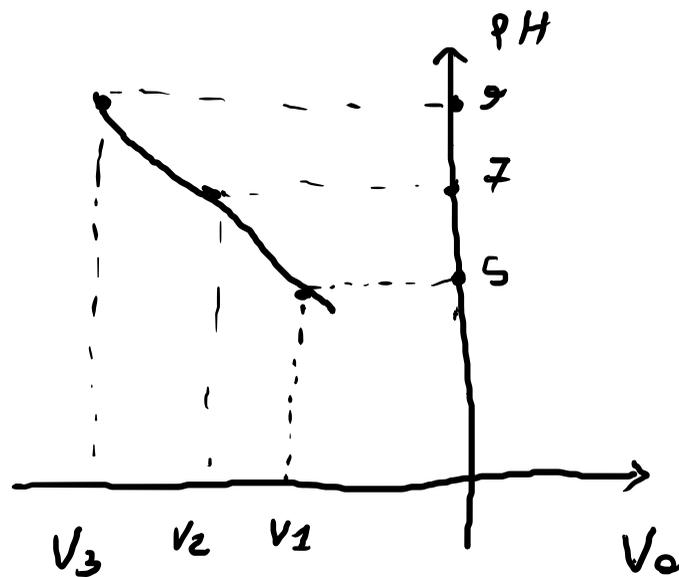
run to 3

$$x = \frac{y - 0}{5} \rightarrow \text{pH} = \frac{V_o - 0}{-11.475} \quad \left. \begin{array}{l} 0 = -10 \text{ [V]} \\ 5 = -0.295 \text{ [V/pH]} \end{array} \right\}$$

$$V_o(\text{pH}=5) = 5 \cdot 5 + 0 = -12.475 \text{ [V]} = V_1$$

$$V_o(\text{pH}=7) = 5 \cdot 7 + 0 = -12.655 \text{ [V]} = V_3$$

$$V_o(\text{pH}=7) = -12.065 \text{ [V]} = V_2$$

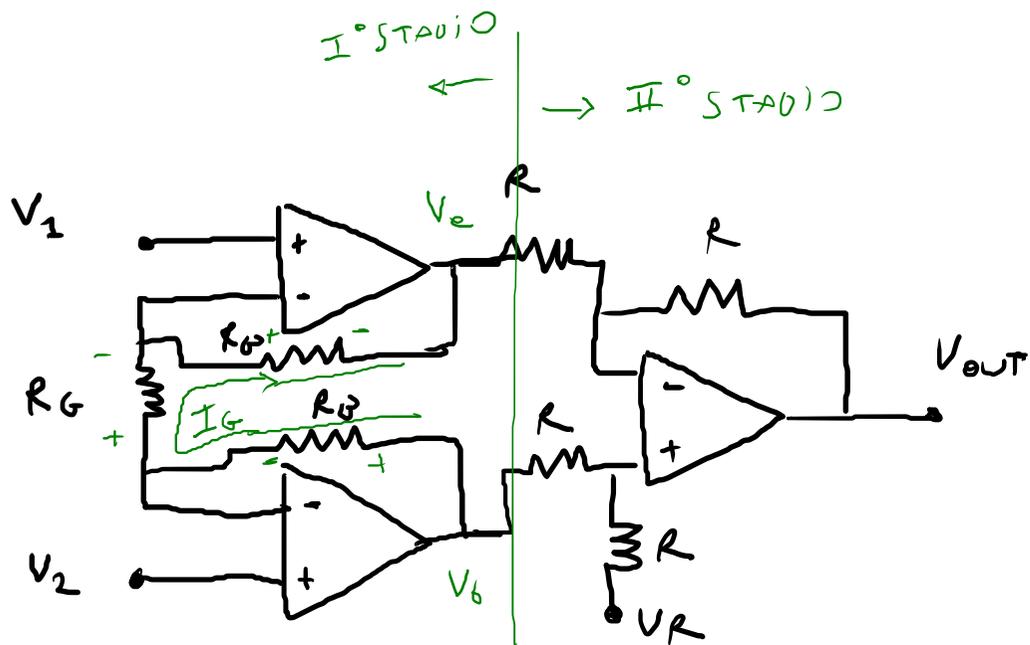


$$\varepsilon = 1\% \cdot 10 \text{ pH} = 0.1 \text{ pH}$$

$$\bar{x} = \frac{-11.77 - 0}{5} = 6$$

$$\text{pH} = 6 \pm 0.05$$

Risoluzione circuito



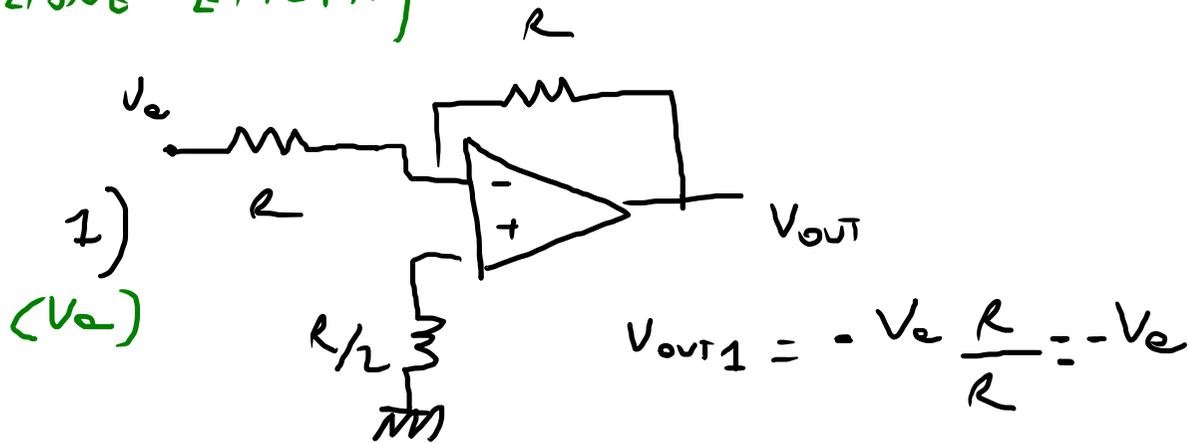
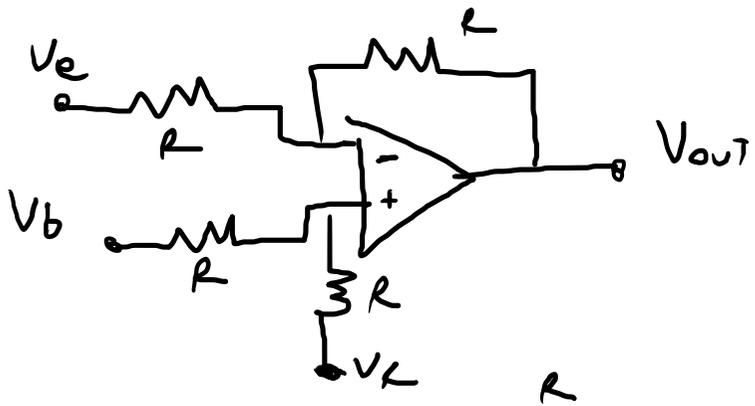
RISOLUZIONE CIRCUITO

$$\left. \begin{aligned} V_e &= V_1 - R_G I_G \\ V_b &= V_2 + R_G I_G \end{aligned} \right\} I^\circ \text{ STADIO}$$

$$I_G = \frac{V_2 - V_1}{R_G}$$

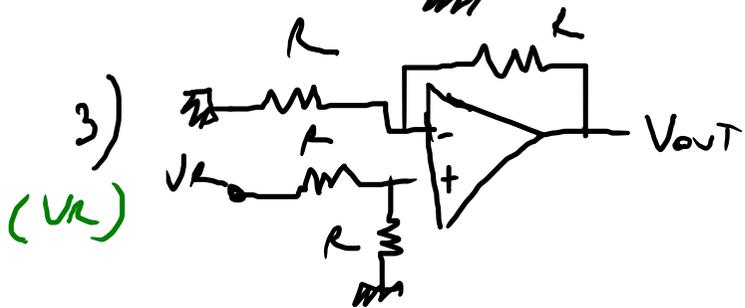
II° STADIO

(SOVRAPPOSIZIONE EFFETTI)



$$V^+ = V_b / 2$$

$$V_{OUT2} = V_b / 2 \left(1 + R / R \right) = V_b$$



$$V_{OUT3} = V_r \Rightarrow V_{OUT} = V_{OUT1} + V_{OUT2} + V_{OUT3}$$

$$\Downarrow$$

$$V_{OUT} = V_b - V_e + V_r$$

$$V_{OUT} = V_b - V_e + V_R \quad V_e = V_1 - R_P I_G$$

$$I_G = \frac{V_2 - V_1}{R_G}$$

$$V_b = V_2 + R_P I_G$$

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= V_2 + R_P I_G - V_1 + R_P I_G + V_R = V_2 - V_1 + 2 R_P I_G + V_R \\ &= V_2 - V_1 + 2 R_P \frac{(V_2 - V_1)}{R_G} + V_R = (V_2 - V_1) \underbrace{\left(1 + 2 \frac{R_P}{R_G} \right)}_A + V_R \end{aligned}$$

\Rightarrow

$$V_{OUT} = A (V_2 - V_1) + V_R$$

$$A = 1 + \frac{2 R_P}{R_G}$$

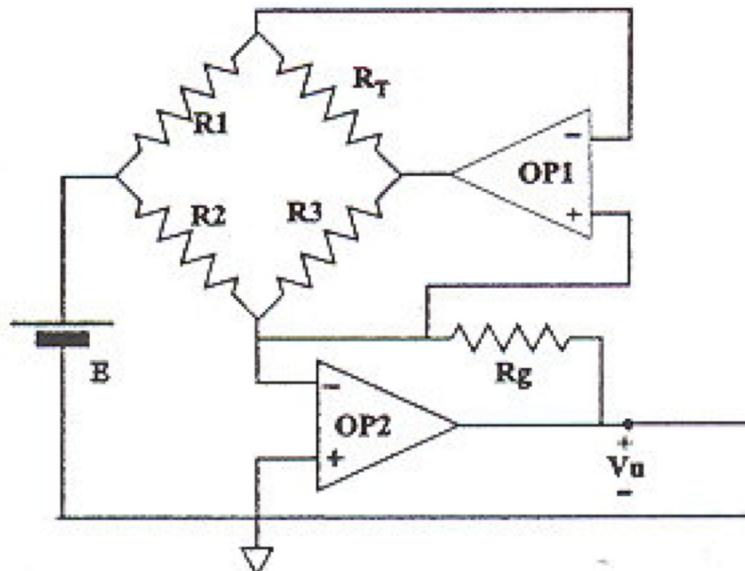
(NOTE: $\rightarrow A > 0$)

Esercizio 2

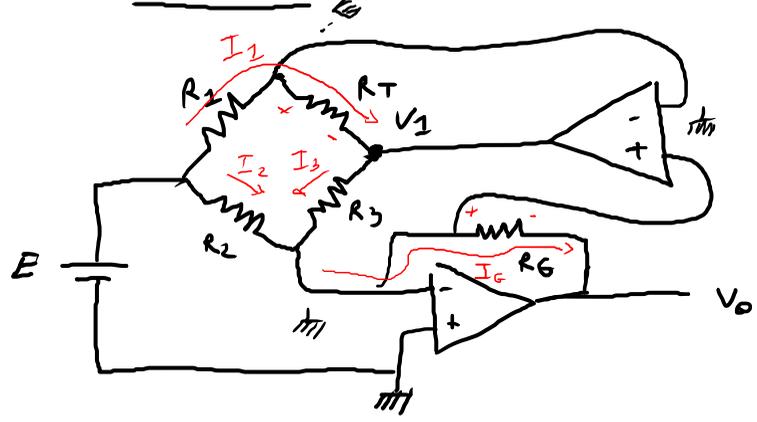
Con riferimento alla figura, R1 e R2 valgono 1k Ohm, R3=100 Ohm, Rg = 100 KOhm. RT è uno strain-gage non ideale (fattore di Gage 2, valore di resistenza a deformazione nulla pari a 100 Ohm per T=20 °C, TCR pari a $3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), E=2.5V e gli amplificatori OP1 e OP2 sono ideali.

- Se l'uscita dello strumento è pari a 0.5V e la temperatura è pari a 25 °C: determinare la deformazione misurata (in unità di $\mu \varepsilon$) e l'errore di misura. (Richiesta la risoluzione del circuito) **[punteggio: 5]**
- Considerando il sistema di figura come uno strumento lineare per la misura della deformazione: determinare la costante di taratura e disegnare la curva di taratura nel range di misura [0; 1500 $\mu \varepsilon$]. **[punteggio: 2]**
- Determinare il range di temperatura per il quale l'errore di misura (in valore assoluto) è superiore a 20 $\mu \varepsilon$. Per compensare l'errore di misura determinare un opportuno dummy gage e indicarne il montaggio sul circuito riportato in figura **[punteggio: 4]**.
- Ricavare la relazione che lega la corrente di elettrodo al sovrapotenziale dovuto al trasferimento elettronico. In funzione della relazione trovata, discutere e graficare un caso di comportamento da elettrodo non polarizzabile ideale e un caso di polarizzabile ideale. **[punteggio: 4]**

Suggerimento: si trascuri nel calcolo il termine $(GF \cdot \varepsilon \cdot TCR \cdot T)$



PUNTO 1



$$V_o = -R_G I_G$$

$$I_G = I_2 + I_3$$

$$I_2 = E/R_2 \quad I_3 = V_1/R_3$$

$$I_1 = E/R_1 \quad V_1 = -R_T I_1 = -\frac{R_T}{R_1} E$$

$$V_o = -R_G \left(\frac{E}{R_2} - \frac{R_T E}{R_1 R_3} \right) \quad R_2 = R_2$$

$$V_o = -\frac{R_G E}{R_1} \left(1 - \frac{R_T}{R_3} \right) \quad V_o = \frac{R_G E}{R_1} \left(\frac{R_T}{R_3} - 1 \right)$$

$$R_T = R_o (1 + GF \varepsilon) (1 + \alpha \Delta T) \quad \Delta T = T - T_o \text{ con } T_o = 20^\circ C$$

$$\frac{R_T}{R_3} - 1 = \frac{R_o}{R_3} (\quad) = 1 + \alpha \Delta T + GF \varepsilon + \cancel{GF \varepsilon \alpha \Delta T} - 1$$

→ SUGGERIMENTO

$$V_o = \frac{R_G E}{R_1} GF \varepsilon + \frac{R_G E}{R_1} \alpha \Delta T = S \varepsilon + \left(\frac{R_G E}{R_1} \frac{GF}{GF} \right) \alpha \Delta T$$

$$S = \frac{R_G E GF}{R_1} = 100 \cdot 2.5 \cdot 2 = 500 [V]$$

$$\Rightarrow V_o = S \varepsilon + S \frac{\alpha}{GF} \Delta T$$

ΔV → TERMINE DI ERRORE

$$\epsilon_M = \frac{0.5 \text{ V}}{5} = \frac{0.5}{500} = 1 \cdot 10^{-3} \quad (\underline{1000 \mu\epsilon})$$

$$\text{ERROR B} = \frac{\Delta V}{S} = \cancel{\alpha} \frac{\alpha}{GF} \frac{\Delta T}{S} = \frac{\alpha}{GF} \Delta T$$

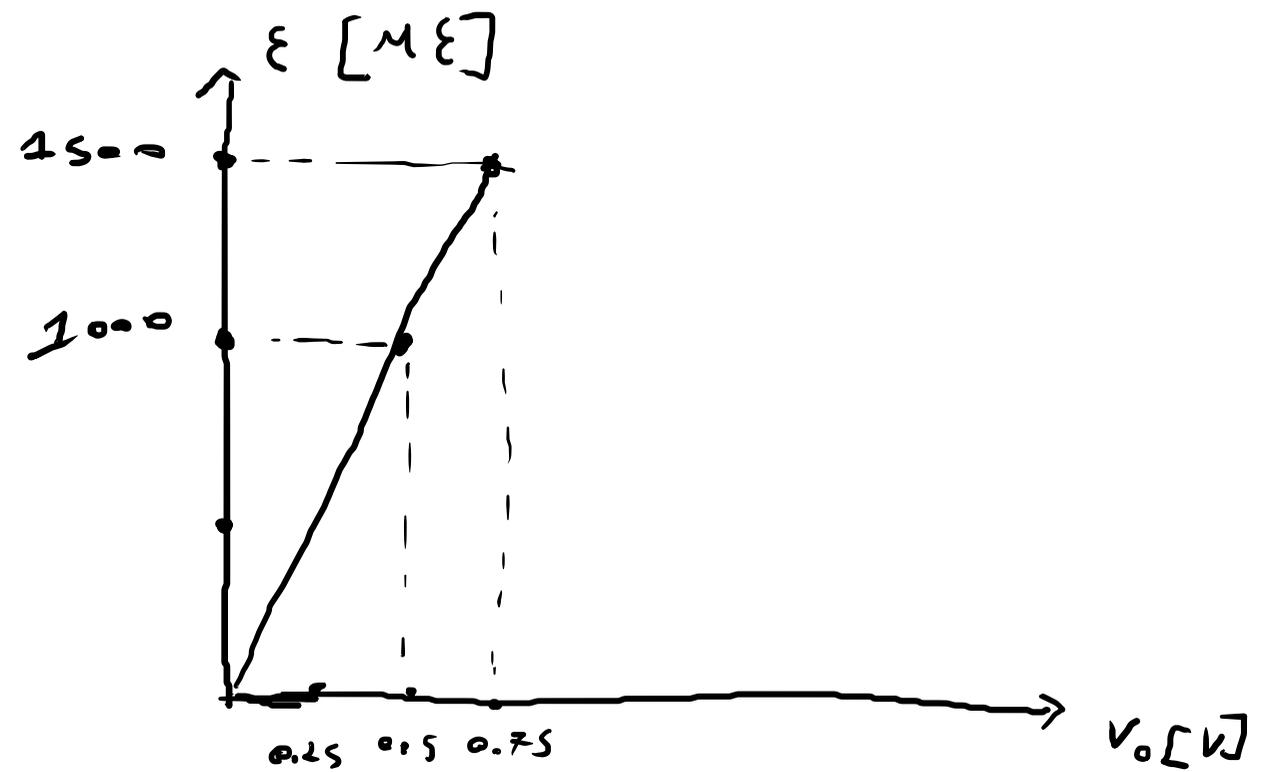
$$\Delta T = T - T_0 = 5^\circ\text{C}$$

$$\text{ERROR E} = 7.5 \cdot 10^{-5} \quad (\underline{75 \mu\epsilon})$$

PUNTO 2

$$C = 1/S = 0.002 \text{ [V}^{-1}\text{]}$$

$$5 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0.75 \text{ V}$$



PUNTO 3

$$|E| = \frac{\Delta V}{S} = \cancel{S} \frac{\alpha}{G_F} \frac{|\Delta T|}{\cancel{S}} \quad |E| > 20 \mu\epsilon = 20 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{\alpha}{G_F} |\Delta T| > 20 \cdot 10^{-6} \quad |\Delta T| > \frac{G_F}{\alpha} \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 1.33^\circ\text{C}$$

$$T < 20^\circ\text{C} - 1.33^\circ\text{C} = 18.67^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow T > 20^\circ\text{C} + 1.33^\circ\text{C} = 21.33^\circ\text{C}$$

$$\underline{T < 18.67^\circ\text{C} \cup T > 21.33^\circ\text{C}}$$

DUMMY GAGE \rightarrow CONVERT $R_{DG} = R_0 (1 + G_F \epsilon) (1 + \alpha \Delta T)$

D.G. MONTATO AL POSTO DI R_3

$$\Rightarrow V_o = \frac{R_c}{R_1} E \left(\frac{\cancel{R_0} (1 + G_F \epsilon) (\cancel{1 + \alpha \Delta T}) - 1}{\cancel{R_0} (1 + \alpha \Delta T)} \right) = \frac{R_c E}{R_1} G_F \epsilon \quad \text{NON DIPENDE DA } T!$$