

Biosensori – Appello Aprile 2018/19

Cognome e Nome:

n° di matricola:

6– 04 – 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 Lunedì 15 Aprile alle 14.30 in aula da destinarsi

Esercizio 1

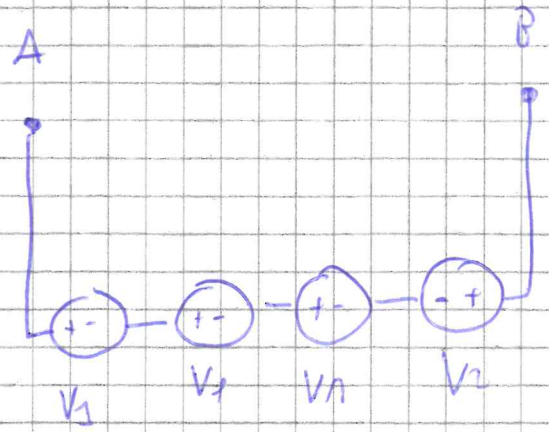
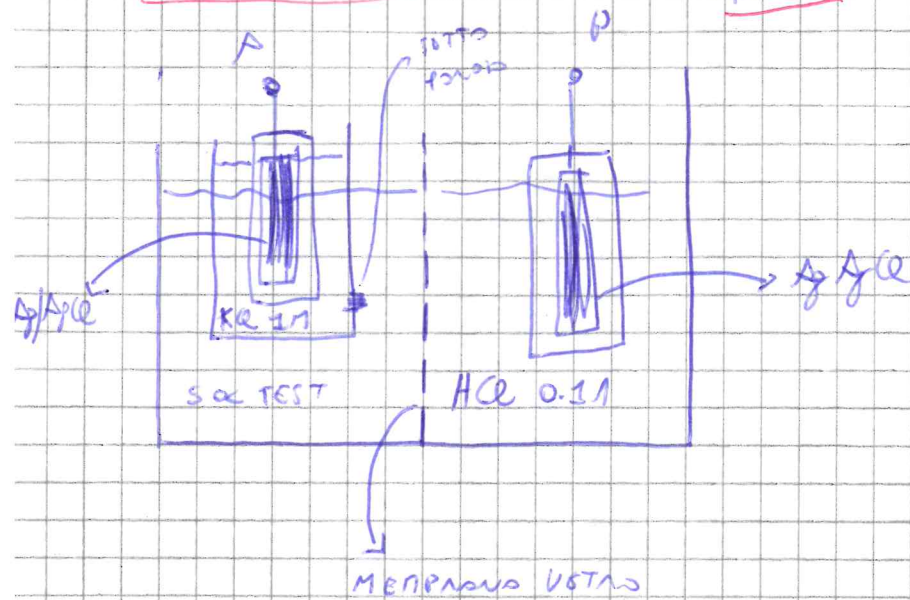
Si vuole realizzare un sistema di misura di pH basato su elettrodo a vetro

- Schematizzare lo strumento proposto, riportando graficamente la struttura del ph-metro, le tensioni di elettrodo e la relativa tensione di uscita (VAB) in funzione del pH **[punteggio: 3]**
- Progettare e dimensionare il sistema di misura di pH (*circuito di lettura, risoluzione del circuito, riportare i collegamenti tra cella elettrochimica e circuito di lettura, giustificare il collegamento e determinare i valori dei componenti*) che abbia come specifica:
 - 1) Uscita nulla per soluzione con pH neutro
 - 2) Sensibilità 1.18 V/pH **[punteggio 6]**
- Determinare la curva di taratura e disegnarla nel range di misura pH [4;10] e indicare infine le aree della curva in cui la soluzione misurata è acida e/o basica **[punteggio 2]**.
- Definire potenziale di elettrodo e sovrapotenziale. Ricavare la relazione di Butler-Volmer (relazione tra densità di corrente e sovrapotenziale dovuto trasferimento elettronico). Considerando la relazione di Butler-Volmer discutere per quale condizione si ha un elettrodo non polarizzabile. **[punteggio 4]**.

Nota= E^0 elettrodo a vetro = 0.059V

ESERCIZIO 1

PUNTO 1



$$V_{AB} = V_1 + \cancel{V_p} + V_n - V_2 \quad \text{TRASCURA } V_p$$

$$V_1 = 0.22V - \cancel{0.0258 \ln [Cl^-]} = 0.22V$$

$$V_2 = 0.22 - \underbrace{0.0258 \ln [0.1]}_{-0.059V} = 0.22V + 0.059V$$

$$V_n = E_0 + 0.0258 \ln [H^+] = \frac{-RT}{F} \ln (0.1) - 0.059 pH =$$

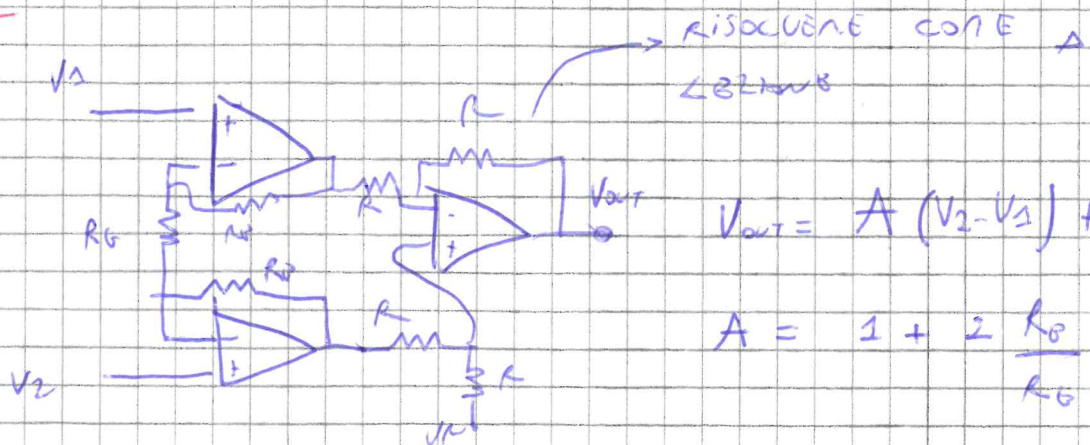
$$= 0.059V - 0.059 pH$$

$$V_{AB} = 0.22V + 0.059V - 0.059 pH - 0.22V - 0.059 pH$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{AB} = -0.059 pH}$$

PUNTO 2

CIRCUITO



$$V_{out} = A (V_2 - V_1) + V_n$$

$$A = 1 + 2 \frac{R_0}{R_G}$$

$$S = 1.18 \text{ V/pH} \rightarrow S > 0$$

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

$$\Rightarrow \begin{matrix} A \rightarrow V_1 \\ 0 \rightarrow V_2 \end{matrix}$$

$$V_{out} = A V_{BA} + V_N = -A V_{AP} + V_N = 0.059 A \text{ pH} + V_N$$

$$0.059 A = S = 1.18$$

$$A = \frac{1.18}{0.059} = 20$$

$$V_{out} = S \text{ pH} + V_N$$

$$0 = 5.7 + V_N \Rightarrow V_N = -8.26 \text{ V}$$

$$20 = 1 + 2 \frac{R_P}{R_G}$$

$$2 \frac{R_P}{R_G} = 19$$

$$R_G = 10 \text{ k}\Omega$$

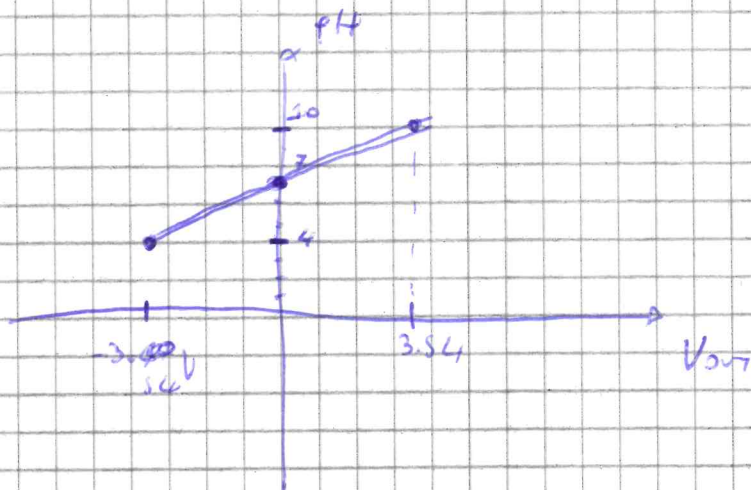
$$R_P = \frac{19 \cdot 10 \text{ k}\Omega}{2} = 95 \text{ k}\Omega$$

PUNTO 3

CURVA DI TENDENZA

$$V_{out} = S \text{ pH} + V_N$$

$$\text{pH} = \frac{V_{out} - V_N}{S} = \frac{V_{out} + 8.26}{1.18}$$



$$\text{pH} = 4 \rightarrow V_{out} = -3.54 \text{ V}$$

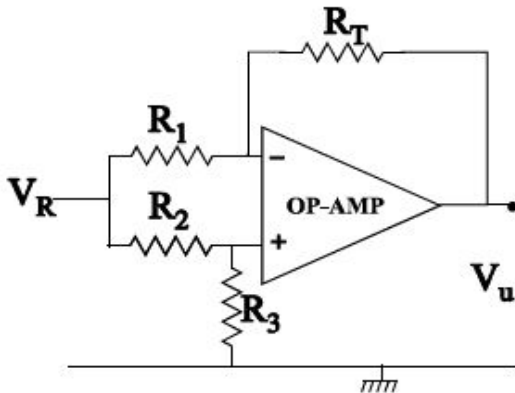
$$\text{pH} = 10 \rightarrow V_{out} = 3.54 \text{ V}$$

PUNTO 4 → VERIFICA

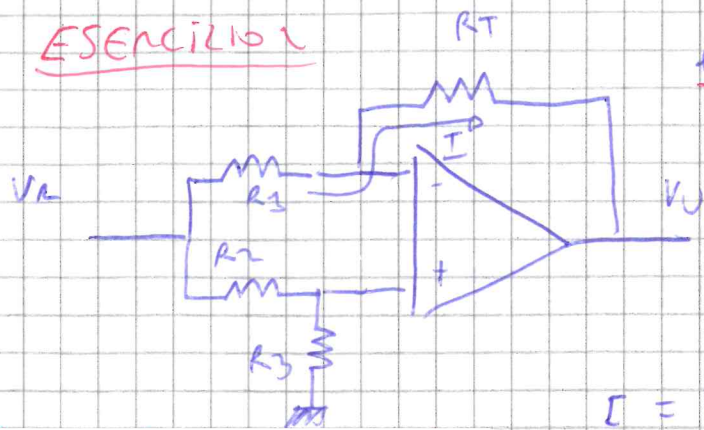
Esercizio 2

Il circuito riportato nella figura sottostante è utilizzato per realizzare un sistema lineare per misura della temperatura corporea avente errore di linearità nullo a 38°C. R_T è un termistore avente le seguenti caratteristiche: $R(T_0)=500\text{ Ohm}$, $T_0 = 20^\circ\text{C}$ e $B=4500\text{ K}$. Sapendo che $R_1=205.55\Omega$, $R_3= 2\text{k}\Omega$, $R_2= 2\text{k}\Omega$ e $V_r=1.64\text{V}$:

- Si determini la temperatura misurata quando l'uscita vale -0.114 V e il relativo errore di non linearità (**Richiesta la risoluzione del circuito**) [punteggio: 5]
- Si determini la costante di taratura dello strumento, la curva di taratura e si disegni la curva di taratura nell'intervallo $[32-42]^\circ\text{C}$ [punteggio: 3]
- Considerando la resistenza termica tra sensore e corpo pari a 50 K/W , si determini l'errore di auto-riscaldamento del termistore quando il corpo sotto esame ha temperatura pari a 39°C . Determinare inoltre la temperatura misurata dal sistema in queste condizioni e l'errore di misura (in valore assoluto) [punteggio: 4]
- Si descriva il metodo per la riduzione dell'errore di autoriscaldamento attraverso la alimentazione a corrente alternata (oltre alle considerazioni generali è richiesto l'andamento temporale di T_s in funzione del tempo, considerando il corpo a temperatura imposta T_x) [punteggio: 3]



ESENCIAL 1



PUNTO 1

RESOLUCION CIRCUITO
CON LA CONDICION

$$V_U = I \left(\frac{R_2 R_3}{R_1} - R_T \right) = I (R_2 - R_T)$$

$$I = \frac{V_R}{R_1} \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) = \frac{V_R}{2 R_1} = 4 \text{ mA}$$

LINEARIZO A TORNOS A 30°C

$$R_T(T_S) = R_{02} \exp \left(\frac{1}{T_S} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\rho \left(\frac{1}{273+30} - \frac{1}{273+T_0} \right)$$

$$R_{02} = R_{01} = 208.55 \Omega$$

$$R_L(T_S) = R_{L1} \left(1 + \alpha_1 (T_S - T_1) \right) \quad \alpha_1 = \frac{\rho}{(273+30)^2} = -0.0465 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$V_U = I \left(\cancel{R_2} - \cancel{R_{L1}} - R_{L1} \alpha_1 \Delta T \right) = -R_{L1} \alpha_1 I \Delta T = S \Delta T$$

$$\Delta T = T_S - T_1 \quad S = -R_{L1} \alpha_1 I = 0.0382 \text{ [V/} ^\circ\text{C]}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{V_U}{S} \approx -3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \Rightarrow T_S = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

PUNTO 2

$$C = 1/S = 26.178 \text{ } ^\circ\text{C/V}$$

$$\text{ERRORES} = \left| \frac{R_T(35) - R_L(35)}{R_{L1} - R_1} \right| = 0.25 \%$$

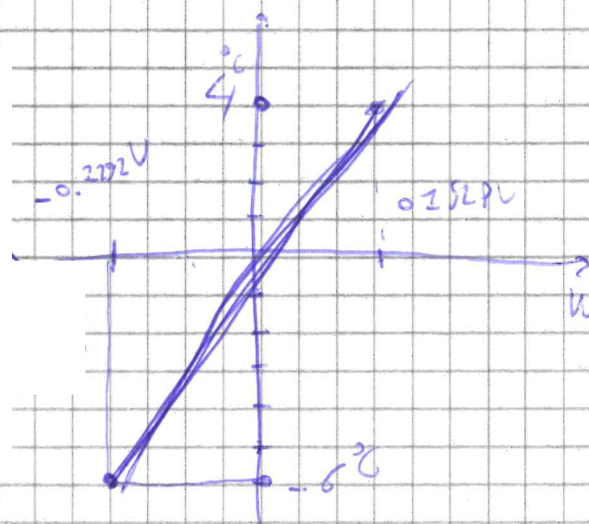
$$\Delta T = \frac{V_U}{S} \rightarrow \text{CURVA TORNOS}$$

$$T = 32 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = -6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

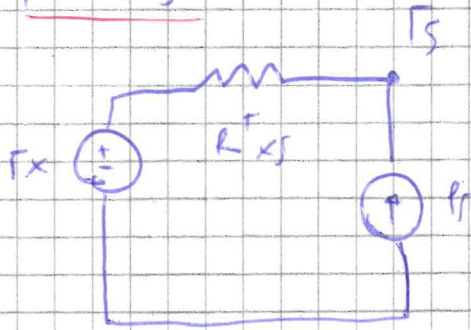
$$V_U = S \Delta T = -0.229 \text{ V}$$

$$T = 42 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \Delta T = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 0.2520 \text{ V}$$



PUNTO 3



$$P_5 = R_1(T_5) I^2$$

$$\Delta T = T_5 - T_x \rightarrow \text{AUTORISCALDAMENTO}$$

LINSERENDO ATTRAVERSO \$P_x \rightarrow 39^\circ\text{C}\$

$$R_{L2} = R_{L2} \left(1 + \alpha_2 (T_5 - T_x) \right)$$

$$P \left(\frac{1}{273+39} - \frac{1}{273+20} \right)$$

$$R_{L2} = R_{L2} = 196.23 \Omega$$

$$\alpha_2 = - \frac{P}{(273+39)^2} = -0.0482 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = \frac{R_{x1}^2 R_{L2} I^2}{1 - \alpha_2 R_{x1} R_{L2} I^2} = 0.150^\circ\text{C} \Rightarrow T_5 = 39.156$$

$$| \text{ERRORE} | = \left| \frac{\overset{194.83\Omega}{R_1(T_5)} - \overset{194.5}{R_L(T_5)}}{R_{L1} \alpha_1} \right| = +0.034^\circ\text{C}$$

$$\text{e } T_A = 39.156 - 0.034 = 39.122^\circ\text{C}$$

PUNTO 4

\$\rightarrow\$ USO TECNIP