

Biosensori – Settembre 2018/19

Cognome e Nome:

n° di matricola:

23- 09 – 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

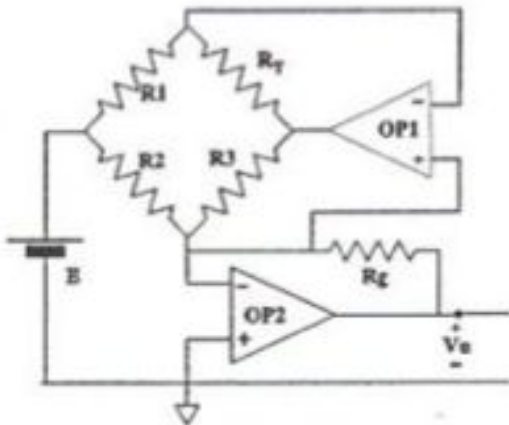
L'orale si terrà Mercoledì 25 Settembre alle 9.30 (ufficio del docente)

Esercizio 1

Con riferimento alla figura, R_1 e R_2 valgono $2k\ \Omega$, $R_3=100\ \Omega$, $R_g = 200\ k\Omega$. R_T è uno strain-gage con TCR nullo, fattore di Gage 2 e un valore di resistenza a deformazione nulla pari a $100\ \Omega$. $E=3V$ e gli amplificatori OP1 e OP2 sono ideali.

- Determinare la deformazione misurata quando l'uscita dello strumento vale $1V$. (Richiesta la risoluzione del circuito) **[punteggio: 3]**
- Considerando il sistema di figura come uno strumento lineare per la misura della deformazione: determinare l'espressione della curva di taratura; disegnare la curva di taratura nel range di misura $[-500 ; 500\ \mu\epsilon]$; determinare la costante di taratura e l'offset dello strumento. **[punteggio: 3]**
- Lo strain gage R_T viene sostituito con un secondo strain gage $RT1$ avente stesso fattore di gage del precedente. $RT1$ ha un TCR di $3 \cdot 10^{-5}\ \text{o C}^{-1}$ e resistenza di $100\ \Omega$ per $T=25\ ^\circ\text{C}$ a deformazione nulla. Determinare la deformazione misurata dallo strumento quando l'uscita vale $2V$ alla temperatura $T= 20\ ^\circ\text{C}$ e calcolare l'errore di misura. Per compensare l'errore di misura determinare un opportuno dummy gage e indicarne il montaggio sul circuito riportato in figura **[punteggio: 5]**.
- In una classica misura di biopotenziali (tipo ECG) determinare l'effetto sull'uscita di elettrodi polarizzabili ideali, non polarizzabili ideali e di elettrodo reale (caso intermedio). Determinare inoltre l'effetto dello squilibrio di impedenza degli elettrodi di misura.. **[punteggio: 4]**

Suggerimento: nel punto 3, si trascuri nel calcolo il termine $(GF \cdot \epsilon \cdot TCR \cdot T)$



Esercizio 2

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

- Descrivere lo schema di funzionamento del ph-metro e il ricavare il potenziale V_{ab} in funzione del pH. **[punteggio: 4]**
- Progettare e dimensionare il sistema di misura di pH (circuiti di lettura, risoluzione 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 0.295 V/pH **[punteggio 6]**
- Determinare l'espressione della curva di taratura e disegnarla nel range di misura pH [5;9] **[punteggio 2]**.
- Descrivere lo schema di principio e il principio di funzionamento dell'elettrodo Clark per la misura dell'ossigeno **[punteggio 3]**.

Es 1)

RISOLUZIONE CIRCUITO CONE A LEZIONE

$$V_U = \frac{R_G}{R_1} E \left(\frac{R_T}{R_3} - 1 \right) \quad R_T = R_0 (1 + GFE)$$

$$V_U = \frac{R_G}{R_1} E \left(\frac{\cancel{R_0} (1 + GFE)}{\cancel{R_3}} - 1 \right) = \frac{R_G}{R_1} E GFE$$

PUNTO 1

$$V_U = S E \quad S = \frac{R_G}{R_1} EGF = 100 \cdot 3V \cdot 2 = 600 [V]$$

$$E_1 = \frac{1[V]}{600[V]} = 0,001666 \quad (1666 \mu E)$$

PUNTO 2

CURVA TANGENTE

$$X = C(Y - 0)$$

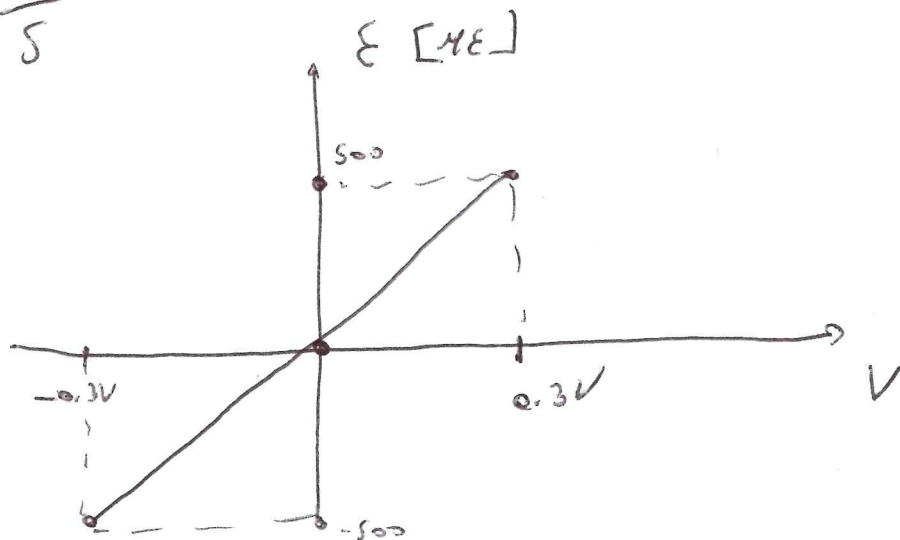
$$C = \frac{1}{S}$$

$$0 = \phi$$

$$X = \frac{V_U}{S}$$

$$C = \frac{1}{S} = 0,001666 [V^{-1}]$$

$$0 = \phi V$$



$$V_U = (\pm 500 \mu E) = \pm 5 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = \pm 0.3V$$

PUNTO 3)

$$V_{U2} = \frac{R_6 E}{R_1} \left(\frac{R_{T1}}{R_2} - 1 \right) \approx \frac{R_6 E}{R_1} \left(\frac{R_0 (1 + GFE) (1 + \alpha(\Delta T))}{R_2} - 1 \right)$$

$1 + GFE + \alpha\Delta T + GFE\alpha\Delta T$

$$\Delta T = T - T_0 \quad T_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$V_{U2} \approx \frac{R_6 E}{R_1} (GFE + \alpha\Delta T) = V_0 + \Delta V$$

$$\Delta V = \frac{R_6 E}{R_1} \alpha\Delta T = \left(\frac{R_6 E}{R_1} \frac{GF}{GF} \right) \alpha\Delta T = S \frac{\alpha}{GF} \Delta T$$

$$V_{U1} = S \left(E + \frac{\alpha}{GF} \Delta T \right)$$

$$E_n = \frac{V_{U1}}{S} = \frac{2V}{5} = 0.003333 \quad (3333 \mu\epsilon)$$

$$\text{ERROR} = \frac{\Delta V}{S} = \frac{S \frac{\alpha}{GF} \Delta T}{S} = \frac{\alpha}{GF} \Delta T = \frac{\alpha}{GF} (20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) =$$

$$= - \frac{\alpha}{GF} 5^\circ\text{C} = -7.5 \cdot 10^{-5} \quad (-75 \mu\epsilon)$$

QUANTO → STRAIN GAGE IDENTICO A R_{T1}

$$R_{06} = R_0 \underbrace{(1 + GFE)}_1 (1 + \alpha\Delta T) = R_0 (1 + \alpha\Delta T)$$

PER OG $E=1$

MONTATO AL POSTO DI (R_2)

$$V_{U1} = \frac{R_6 E}{R_1} \left(\frac{R_0 (1 + GFE) (1 + \alpha\Delta T)}{R_0 (1 + \alpha\Delta T)} - 1 \right) =$$

NESSUNO
DI PENALIZZAZIONE
O DI T

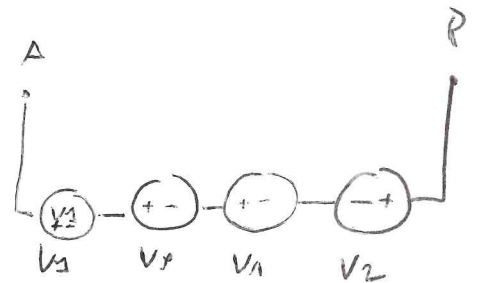
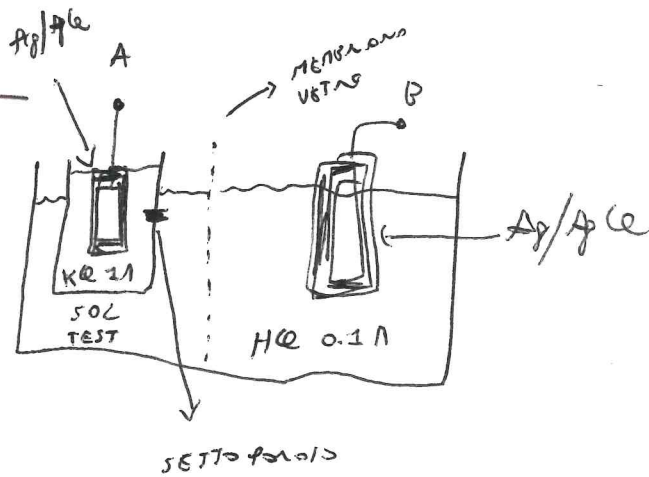
$\frac{R_6 E GFE}{R_1}$

PUNTO 4)

VEDI ~~LA~~ ESECUZIONE FOTTA ALLEGATO

ESENCIO 2

punto 1)



$$V_{AP} = V_1 + V_p + V_n - V_2$$

$$V_1 = 0.22 - 0.0256 \ln [Cl^-] = 0.22 V$$

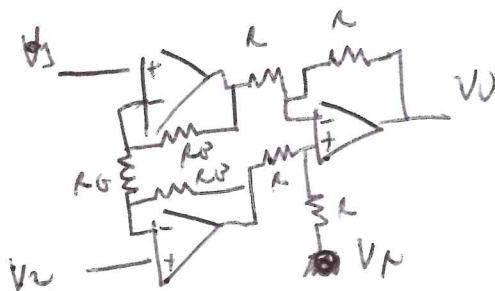
$$V_2 = 0.22 - 0.0256 \ln [Cl^-] = 0.22 V + 0.059 V$$

$$V_n = -\frac{RT}{F} \ln(0.1) + 0.0256 \ln [H^+] = 0.059 V - 0.059 pH$$

$$\Rightarrow V_{AP} = 0.22 V + 0.059 V - 0.059 pH - 0.22 V - 0.059 V$$

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

punto 2)



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

$$A = \left(1 + 2 \frac{R_p}{R_b} \right)$$

limitazione \rightarrow con A
limitazione

$$V_{out} = A V_{PA} + V_R = -A V_{AP} + V_R$$

$$\left. \begin{matrix} S > 0 \\ A > 0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{matrix} V_2 \rightarrow B \\ V_1 \rightarrow A \end{matrix}$$

$$V_{out} = A \cdot 0.059 pH + V_R$$

$$\Rightarrow A = 5$$

$$S = 1 + 2 \frac{R_p}{R_b}$$

$$2 \frac{R_p}{R_b} = 4 \quad \frac{R_p}{R_b} = 2$$

Fisso

$$R_b = 40 k\Omega \rightarrow R_p = 20 k\Omega$$

$$\phi = 5 \cdot 7 + V_R$$

$$V_{out} = 5 pH + V_R$$

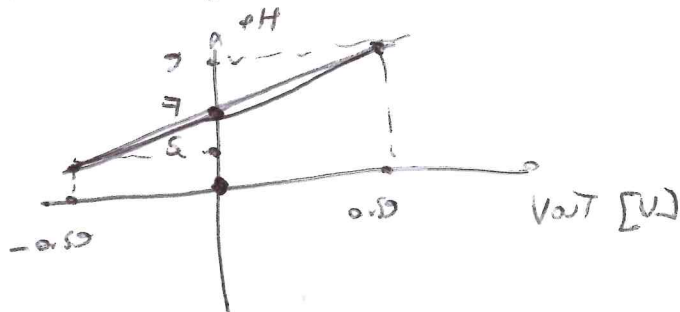
$$V_R = -5 \cdot 7 = -0.295 \cdot 7 = -2.065 V$$

PUNTO 3

$$pH = \frac{V_{OUT} - V_R}{S} \rightarrow \text{CURVA TRANSFORMADA} \quad (\text{NOTA: LINEAR})$$

$$pH = 5 \quad V_{OUT} = 0.295 \cdot 5 - 2.065 = -0.59V$$

$$pH = 9 \quad V_{OUT} = 0.295 \cdot 9 - 2.065 = 0.59V$$



PUNTO 4) \rightarrow $V_{EOI} \text{ TEORICA}$