

n° di matricola:

18 - 2 - 2016

Cognome e Nome:

Biosensori – 3° appello invernale 2015/2016

Modalità d'esame:

Non è possibile consultare né libri di testo né appunti.

La durata della prova è di 120 minuti.

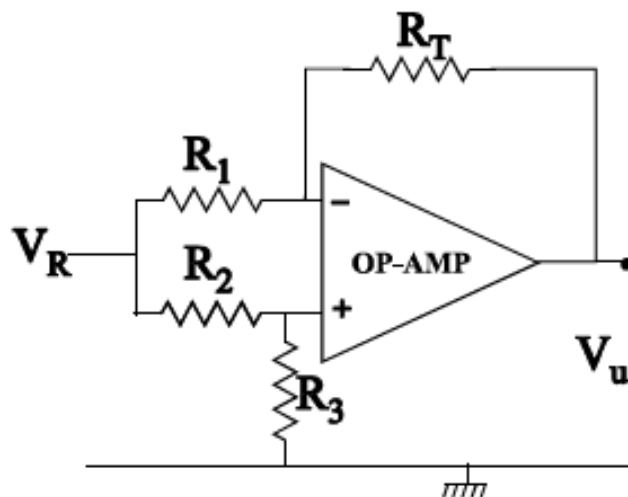
L'ammissione all'orale prevede un punteggio minimo di 18.

ESERCIZI

Esercizio 1

Il circuito riportato nella figura sottostante è utilizzato per realizzare un sistema lineare per misura della temperatura corporea avente errore di linearità nullo a 37°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 $R_3= 1\text{k}\Omega$ e $R_2= 1\text{k}\Omega$,

- Si dimensioni il circuito per rispettare le seguenti specifiche: $V_u(37^\circ\text{C})=0.25\text{V}$, costante di taratura pari a $20\text{ }^\circ\text{C/V}$ (*Richiesta la risoluzione del circuito*)
[punteggio: 6]
- Si determini il massimo errore (in valore assoluto) di linearità nell'intervallo $[32-42]^\circ\text{C}$ **[punteggio: 5]**
- 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 38°C . Determinare inoltre la temperatura misurata dal sistema **[punteggio: 4]**



n° di matricola:

18 - 2 - 2016

Cognome e Nome:

Biosensori – 3° appello invernale 2015/2016

Esercizio 2

Un biosensore catalitico potenziometrico per la misura di glucosio è realizzato tramite un elettrodo a vetro modificato (il cui potenziale di offset E_0 è pari a 0.5V).

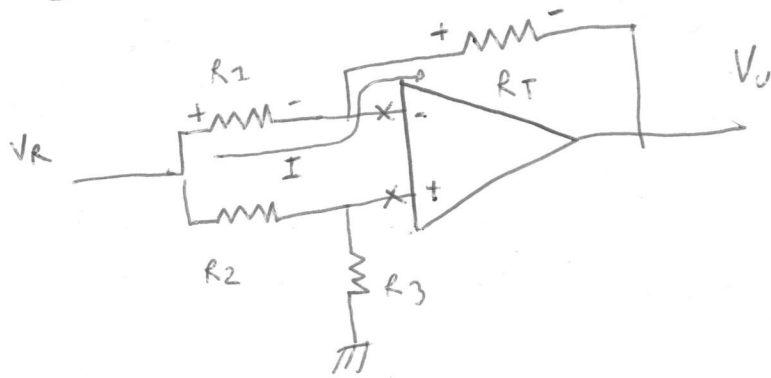
L'enzima GOD ha una K_m di 0.1 M. La concentrazione di glucosio nel sangue, può variare da 1 o 2 mM in condizioni di ipoglicemia, fino a 20 mM in caso di elevata iperglicemia.

Si consideri un tipico sensore potenziometrico in cui $K_2=1s^{-1}$, $D_s=D_p$, con $D_s=10^{-10} m^2s^{-1}$, $[E]$ vale 0.02 mM, lo spessore dello strato enzimatico è pari a 1mm.

- Schematizzare lo strumento proposto, riportando graficamente la struttura del pHmetro a vetro modificato, le tensioni di elettrodo e la relativa tensione di uscita (V_{AB}) in funzione della concentrazione del substrato **[punteggio: 7]**.
- Considerando le seguenti specifiche:
 - $V_o = 1V @ [Glucosio] = 7mM$
 - $V_o = 1,3V @ [Glucosio] = 20mM$

progettare un circuito di lettura, determinare la curva di taratura e rappresentarla graficamente. **[punteggio: 8]**.

18-2-16 ESERCIZIO 1



$$V_{ACE} \text{ c.c.v.} \Rightarrow V^- \cong V^+$$

$$R_2 = R_3 = 1 \text{ K}\Omega$$

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

PUNTO 1

RISOLUZIONE CIRCUITO

$$V_U = V^- - R_T I = V^+ - R_T I = \frac{V_R R_3}{R_2 + R_3} - R_T I$$

$$I = \frac{V_R - V^-}{R_1} = \frac{V_R - V^+}{R_1} = \frac{V_R}{R_1} \left(1 - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) = \frac{V_R}{R_1} \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

$$V_U = \left(\frac{1}{R_1} \frac{V_R R_2}{R_2 + R_3} \right) \frac{R_3 R_1}{R_2} - R_T I = I \left(\frac{R_3 R_1}{R_2} - R_T \right)$$

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

$$\hookrightarrow R_2 = R_3$$

LINEARIZZO R_T ATTORNO A 37°C (STRUMENTO LINEARE CON ERRORE NULLO $T_A = 37^\circ\text{C}$)
($T_0 = 37^\circ\text{C}$)

$$V_{UL}(T_S) = I (R_1 - R_L(T_S)) = I \left(R_1 - R_A (1 + \alpha_A (T_S - T_0)) \right)$$

$$R_A = R_T(37 + 273) = R(T_0) \exp \left(\theta \left(\frac{1}{37 + 273} - \frac{1}{20 + 273} \right) \right) = 215.37 \Omega$$

$$\alpha_A = - \frac{\theta}{(37 + 273)^2} = -0.0468^\circ\text{C}^{-1}$$

Posso scrivere $V_{UL} = I (R_1 - R_A - R_A \alpha_A \Delta T) = I (R_1 - R_A) - I R_A \alpha_A \Delta T$
 $V_{UL} = S \Delta T + 0$ $S = -I R_A \alpha_A$ $\Delta T = T_S - T_A$ (NOTA: $0 = V(0) \rightarrow V(T_S = T_0)$)
 $0 = I (R_1 - R_A)$

$$S = \frac{1}{C} = -I R_A \alpha_A \Rightarrow I = - \frac{1}{C R_A \alpha_A} \quad (C = 20^\circ\text{C/V})$$

$$\Rightarrow \boxed{I = 5 \text{ mA}}$$

$$0 = V_{OL}(37^\circ\text{C}) = 0.25 \text{ V} = I (R_1 - R_A)$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{0.25 \text{ V}}{5 \text{ mA}} + R_A = 265.37 \, \Omega$$

$$I = \frac{1}{R_A} \frac{V_A R_2}{R_2 + R_3} = \frac{V_R}{2R_1} \Rightarrow V_R = 2R_1 I = 2.65 \text{ V}$$

PUNTO 2

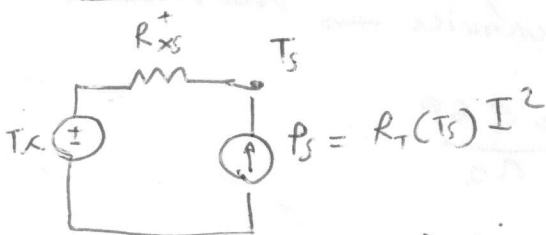
$$|E| = \frac{|\Delta V|}{|S|}$$

$$\frac{|\Delta V|}{|S|} = \frac{|\frac{I}{R_A} (R_1 - R_T) - \frac{I}{R_A} (R_1 - R_2)|}{|1 - I R_A \alpha_A|} = \frac{|R_2 - R_T|}{|R_A \alpha_A|}$$

$|\Delta R| \rightarrow$ MASSIMO AGGIUSTAMENTO
 $32^\circ\text{C} \rightarrow 7.03 \, \Omega$
 $42^\circ\text{C} \rightarrow 5.88 \, \Omega$

$$|E| = \frac{7.03}{|R_A \alpha_A|} = 0.69^\circ\text{C}$$

PUNTO 3



$$T_s = T_x + R_{xs}^T P_s = T_x + R_{xs}^T R_T(T_s) I^2$$

$$T_s - T_x = \Delta T_R = R_{xs}^T R_T(T_s) I^2 \quad \left(\begin{array}{l} \text{di PENDEDO} \\ T_s! \end{array} \right)$$

\Rightarrow LINEARIZZO ATTORNO A $T_x = 38^\circ\text{C}$

$$R_{L2} = R_0 (1 + \underbrace{\alpha_R (T_s - T_x)}_{\Delta T_R})$$

$$R_0 = R(T_0) \text{ e}$$

$$\alpha_R = - \frac{P}{(273 + 38)^2} = -0.0465 \text{ C}^{-1}$$

$$= 205.55 \, \Omega$$

$$\Delta T_R = R_{XS}^T [R_0 + R_0 \alpha_0 \Delta T_R] I^2$$

$$\Delta T_R = \frac{R_{XS}^T R_0 I^2}{1 - \alpha_0 R_{XS}^T R_0 I^2} = \boxed{0.25^\circ\text{C}}$$

ERRORE
di AUTORISCALDAMENTO

$$\Delta T_R = T_S - T_X \Rightarrow T_S = T_X + \Delta T_R = 38.25^\circ\text{C}$$

DETERMINARE QUANTO RISALTA LO STABILIMENTO
CINERALE A QUESTA TEMPERATURA

$$V_{OL} = Y = S \Delta T + 0$$

$$\Delta T = \frac{Y - 0}{S} = C(Y - 0)$$

20 °C/V
0.25

~~Y = 0.31V~~

Y →

USCITA QUANDO LA
TEMPERATURA DEL
SENSORE = 38.25°C

$$Y = I(R_1 - R_T(38.25)) = 0.31V$$

$$\rightarrow \text{TERMINISTORE} = 203.18 \Omega$$

$$\Delta T = C(0.31V - 0.25V) = 1.2^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_{\text{misurata}} - T_A \Rightarrow \boxed{T_{\text{misurata}} = 38.2^\circ\text{C}}$$

↓
37°C

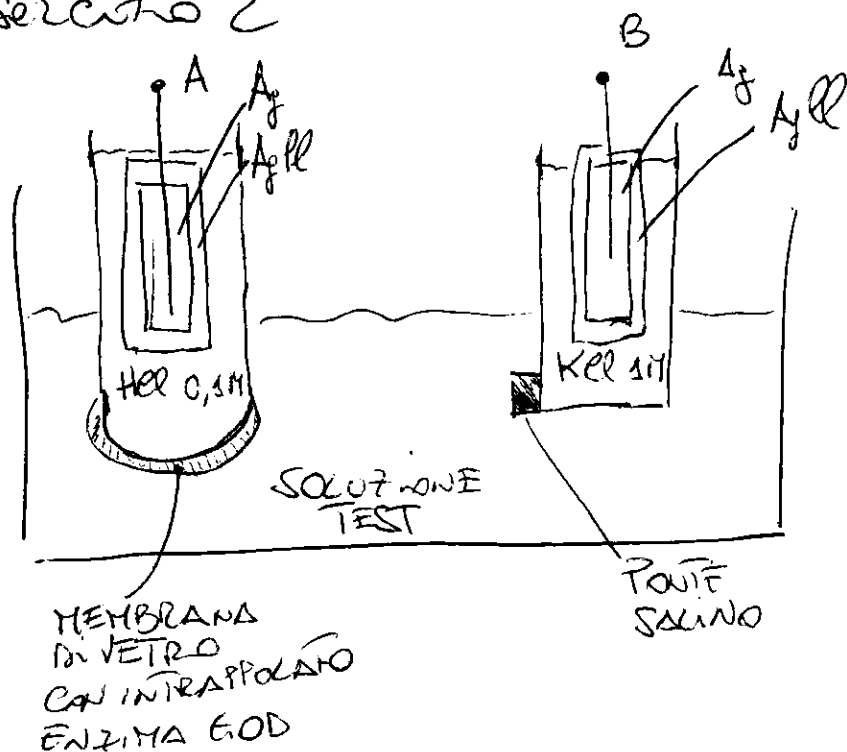
ESERCIZIO 1 - 1. dicembre 2012/2013

CONOSCENZE E ABILITÀ:

di AUTOCALIBRAGGIO:

12-0-2012

Esercizio 2



$$V_{AB} = E_A + E_{\text{MEM}} + E_{\text{PT}} - E_B$$

$$E_A = E_{\text{Ag/AgCl}}^{\circ} - 0,0256 \ln(0,1M) = 0,28V$$

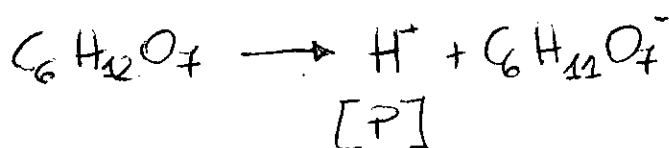
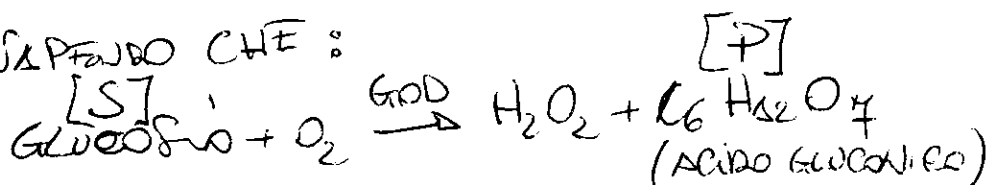
$$E_H = E_0 + 0,0256 \ln([H^+]) = 0,5 + 0,0256 \ln([H^+])$$

$$E_{\text{PT}} = \text{TRASCURRIBILE}$$

$$E_B = E_{\text{Ag/AgCl}}^{\circ} - 0,0256 \ln(1M) = 0,22V$$

$$V_{AB} = 0,28 + 0,5 + 0,0256 \ln([H^+]) - 0,22 = \underline{\underline{0,56 + 0,0256 \ln([H^+])}}$$

SAPENDO CHE :



$$V_{AB} = 0,56 + 0,0256 \ln([P])$$

$$[S]_L = [\text{GLUCOSIO}]$$

$$[P]_{x=0} = [\text{ACIDO GLUCONICO}] = [H^+]_{x=0}$$

SIAMO NELLE CONDIZIONI $[S] \ll K_M$
 QUINDI È VALIDA LA RELAZIONE:

$$[P]_{x=0} = \frac{DS}{Dp} [S]_L \left(1 - \frac{1}{\cosh(L\sqrt{2})} \right) = K [S]_L$$

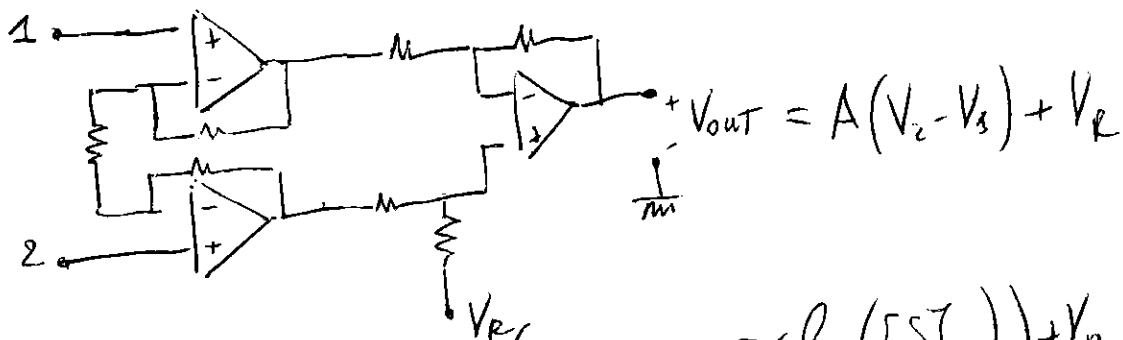
CON I PARAMETRI DATI NEL TESTO $K = 0,54$

$$V_{AB} = 0,56 + 0,0256 \ln(K \cdot [S]_L) = 0,56 + 0,0256 \ln(K) + 0,0256 \ln([S]_L)$$

$$\underline{V_{AB} = 0,544 + 0,0256 \ln([S]_L)}$$

Vogliamo un SISTEMA CHE FORNISCA: $\begin{cases} V_{out} = 1V @ [S]_L = 7mM \\ V_{out} = 1,3V @ [S]_L = 20mM \end{cases}$

USO IL CIRCUITO DIFFERENZIALE:



$$V_{out} = A \cdot (V_{AB}) + V_R = A \cdot (0,56 + 0,0256 \ln([S]_L)) + V_R$$

$$\begin{cases} A \cdot (0,544 + 0,0256 \ln(7mM)) + V_R = 1V \\ A \cdot (0,544 + 0,0256 \ln(20mM)) + V_R = 1,3V \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 11,11 \\ V_R = -3,63V \end{cases}$$

$$A = 1 + 2 \frac{R_B}{R_G} = 11,11 \Rightarrow 2 \frac{R_B}{R_G} = 10,11 \Rightarrow R_G = 1k\Omega \quad R_B = 5,05k\Omega$$

