

Biosensori – Secondo Estivo 2018/19

Cognome e Nome:

n° di matricola:

3– 07 – 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 5 Luglio alle 9.00 nell'ufficio del Docente

Esercizio 1

Considerando la seguente tabella riportante i valori di taratura di un sensore di temperatura, si determini:

Uscita [V]	Valori del misurando [C]			
5	39,05	39,19	39,16	39,14
4	38,38	38,33	38,21	38,52
3	37,67	37,67	37,46	37,57
2	36,81	36,78	36,67	36,84
1	36,01	36,01	35,99	35,98

- l'incertezza di taratura assoluta e relativa. Si disegni in modo schematico la funzione di taratura e la rispettiva curva di taratura **[punteggio 4]**
- l'approssimazione lineare della curva di taratura (riferita agli estremi), la sensibilità, l'offset e il massimo errore di non linearità in termini assoluti **[punteggio 4]**
- considerando valida l'approssimazione lineare trovata, si indichi la stima della temperatura misurata per un'uscita di 3.5V. **[punteggio 4]**
- Si descriva il metodo di misura indiretto che permette di ricavare la portata cardiaca attraverso la termodiluizione, ricavando la relazione matematica che lega la quantità misurata dal sensore alla grandezza fisica di interesse **[punteggio 3]**

Esercizio 2

Un biosensore catalitico potenziometrico per la misura di glucosio è realizzato tramite un elettrodo ad antimonio modificato (aggiunta di strato enzimatico GOD).

L'enzima GOD ha una K_m di 0.1 M. 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.

L'acido gluconico si dissocia in H^+ e $C_6H_{11}O_7^-$ in proporzione 1:1 (ovvero per ogni mole di acido gluconico ne otteniamo una di H^+)

- Schematizzare lo strumento proposto, riportando graficamente la struttura biosensore catalitico potenziometrico, le tensioni di elettrodo e la relativa tensione di uscita (V_{AB}) in funzione della concentrazione del substrato **[punteggio: 4]**
- Progettare e dimensionare un circuito di lettura (**richiesta la risoluzione del circuito**) in grado di soddisfare le seguenti specifiche: **[punteggio: 4]**
 - Uscita pari a -0.4V per concentrazione di Glucosio pari a 6mM.
 - Uscita pari a 0.2V per concentrazione Glucosio pari a 3mM
- Determinare la curva di taratura dello strumento; approssimarla linearmente (suggerimento, usare i valori dati al punto precedente); considerando valida l'approssimazione lineare indicare il valore misurato per l'uscita 0V **[punteggio: 3]**.
- Biosensori: descrivere le tecniche di lettura TIRF e SPR **[punteggio: 4]**.

```
clearvars
close all
clc
```

tabella taratura

```
readtable('dataEs.xlsx')
```

ans = 5×5 table

	V	R1	R2	R3	R4
1	5	39.0500	39.1900	39.1600	39.1400
2	4	38.3800	38.3300	38.2100	38.5200
3	3	37.6700	37.6700	37.4600	37.5700
4	2	36.8100	36.7800	36.6700	36.8400
5	1	36.0100	36.0100	35.9900	35.9800

```
tar = table2array(readtable('dataEs.xlsx'));
Y=tar(:,1);
measure=tar(:,2:end);
```

curva tarature, incertezza assoluta, incertezza relativa

Calcolo il valore medio il valore massimo e il valore minimo per ogni valore dell'uscita (riga della matrice).

```
nrow=size(tar,1);
for i=1:nrow

    m=min(measure(i,:)) ; %valore massimo
    M=max(measure(i,:)) ; %valore minimo
    av=(min(measure(i,:))+max(measure(i,:)))/2;
    epsilon=M-m;
    epsilonr=(M-m)/av;

    tarAnalysis(i,:)=[ m M av epsilon epsilonr];
end
```

```
array2table(tarAnalysis,'VariableNames',{'min' 'max' 'average' 'epsilon' 'epsilonr'},'I')
```

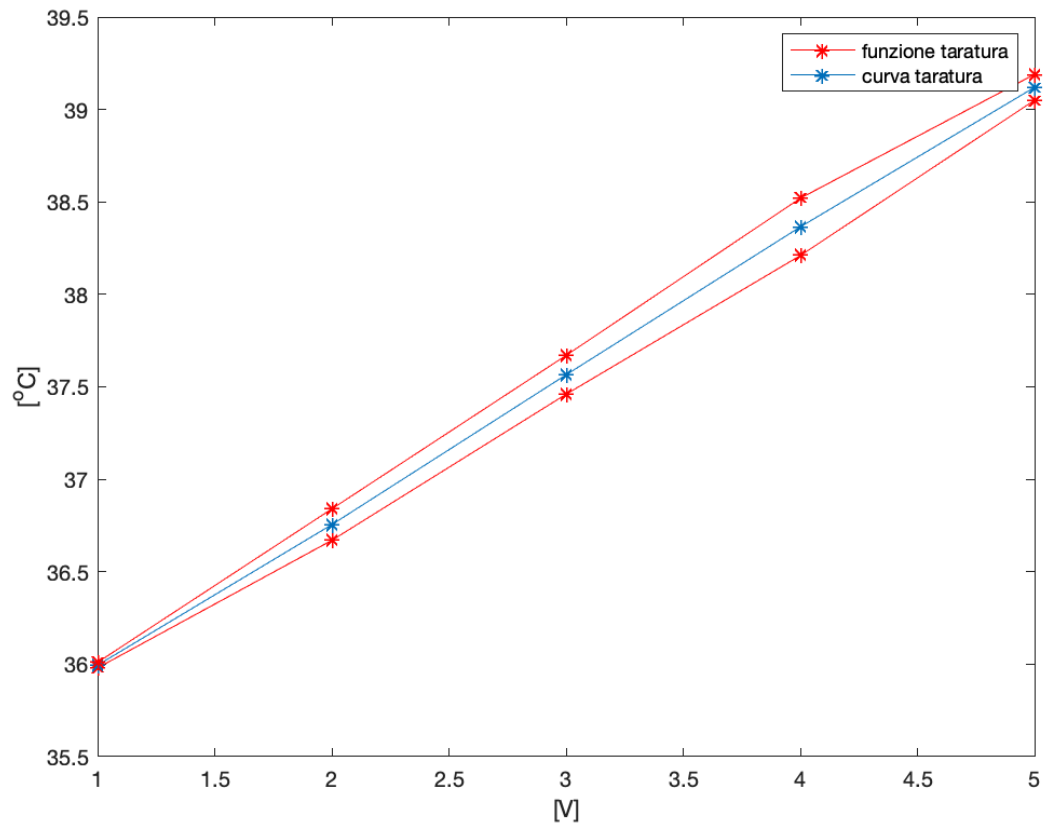
ans = 5×5 table

	min	max	average	epsilon	epsilonr
1 5V	39.0500	39.1900	39.1200	0.1400	0.0036
2 4V	38.2100	38.5200	38.3650	0.3100	0.0081

	min	max	average	epsilon	epsilon _r
3 3V	37.4600	37.6700	37.5650	0.2100	0.0056
4 2V	36.6700	36.8400	36.7550	0.1700	0.0046
5 1V	35.9800	36.0100	35.9950	0.0300	0.0008

```
figure
plot(Y,tarAnalysis(:,1),'r-*) %minimo
hold on
plot(Y,tarAnalysis(:,3),'-*) %curva taratura
plot(Y,tarAnalysis(:,2),'r-*) %massimo

xlabel(' [V] ');
ylabel(' [^oC] ');
legend('funzione taratura', 'curva taratura');
```



calcolo incertezza assoluta

```
EPS = max(tarAnalysis(:,4))
```

```
EPS = 0.3100
```

```
EPSR = max(tarAnalysis(:,5))
```

```
EPSR = 0.0081
```

sensibilità e offset

$x=c(y-o)$

$o=y-x/c$

$q=-o*c$ termine noto

approssimazione riferita agli estremi

```
c=(tarAnalysis(1,3)-tarAnalysis(end,3))/(Y(1)-Y(end))
```

```
c = 0.7813
```

```
s=1/c
```

```
s = 1.2800
```

```
o=Y(1)-tarAnalysis(1,3)/c
```

```
o = -45.0736
```

```
q=-o*c
```

```
q = 35.2138
```

punti dell'approssimazione lineare

```
x=c*(Y-o)
```

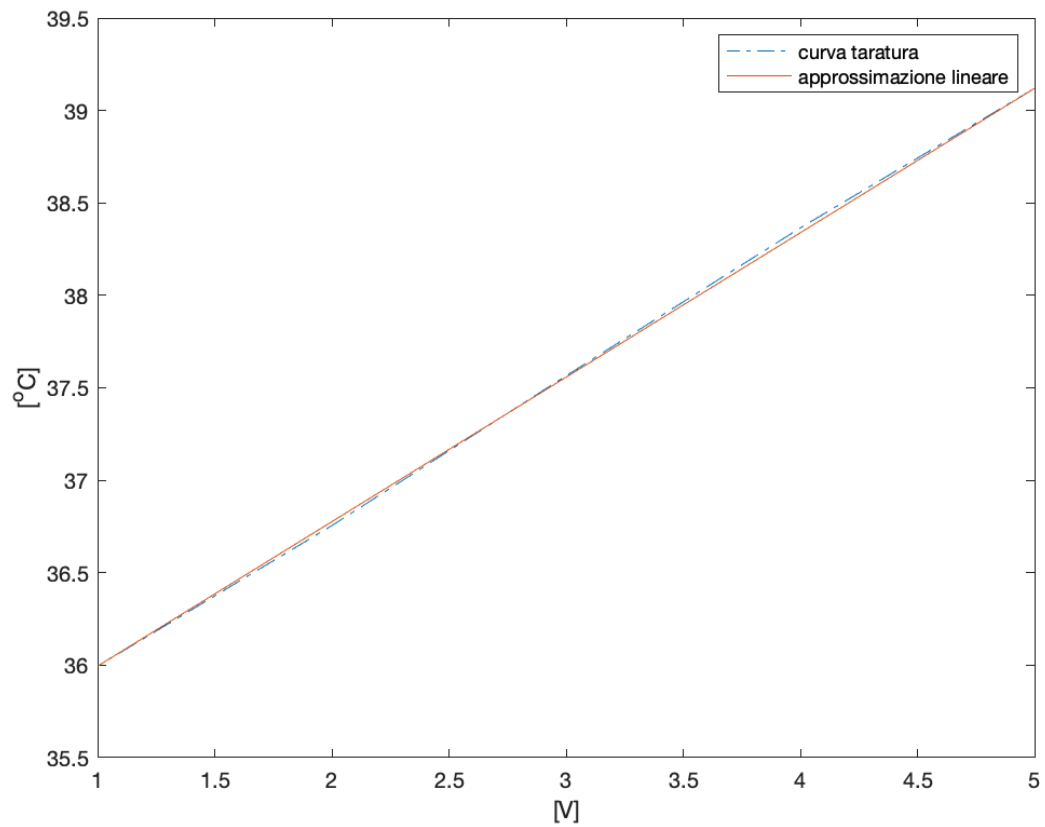
```
x = 5x1
    39.1200
    38.3387
    37.5575
    36.7762
    35.9950
```

```
figure
```

```
plot(Y,tarAnalysis(:,3),'-.')%curva taratura
hold on
plot(Y,x)%approssimazione lineare
```

```
xlabel(' [V] ');
ylabel(' [^oC] ');
```

```
legend('curva taratura','approssimazione lineare');
```



errore linearità

```
E1=max(abs(x-tarAnalysis(:,3)))
```

```
E1 = 0.0263
```

errore di linearità massimo è per V=

```
Y(find((abs(x-tarAnalysis(:,3)))==E1))
```

```
ans = 4
```

```
disp('Volt')
```

```
Volt
```

misurando per $V = 3.5V$

```
Yout=3.5;  
X=c*(Yout-o)
```

```
X = 37.9481
```

```
disp('+-')
```

```
+-
```

```
Etot=(EPS/2+E1)
```

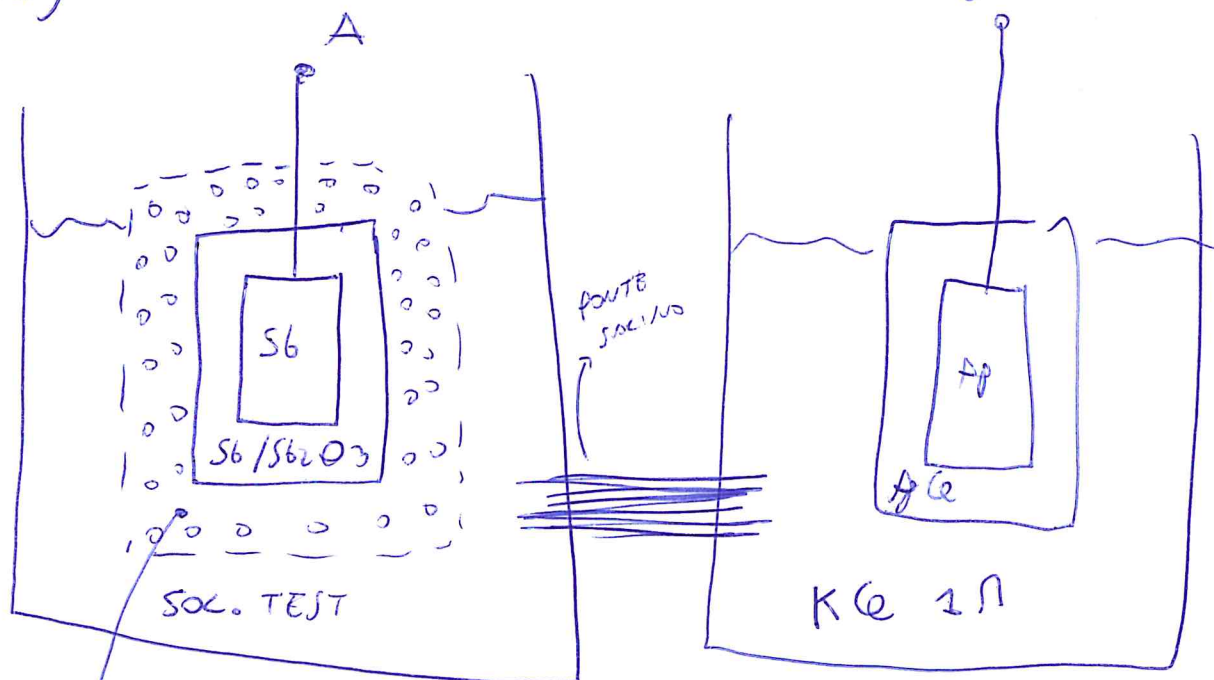
```
Etot = 0.1813
```

portata cardiaca

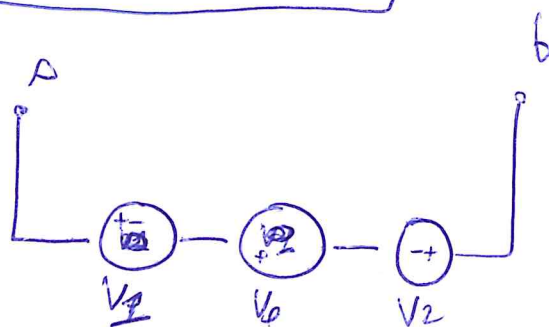
vedi dispense

ESL)

1)



→ STRATO ENLIMINATIO
(CONTENUTO IN MEMORIA)
O₂ PENETRABILE



$$V_{\text{misurato}} = V_{AB} = V_1 + \cancel{V_p} - V_2$$

$$V_1 = E^{\circ}_{\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3} + \frac{RT}{F} \ln([H^+]) = \left(\begin{array}{c} \text{Sb}_2\text{O}_3 + 6H^+ + 6e^- \\ \uparrow \downarrow \\ 2\text{Sb} + 3\text{H}_2\text{O} \end{array} \right)$$

$$= \underbrace{0.152V}_{E^{\circ}_{\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3}} + 0.0256 \ln([H^+])$$

$$V_p \approx 0$$

$$V_2 = \underbrace{E^{\circ}_{\text{Ag/AgCl}}}_{0.22V} - 0.0256 \ln([Cl^-]) = 0.22V$$

$$V_{AB} = 0.152V + 0.0256 \ln([H^+]) - 0.22V =$$

$$= -0.068V + 0.0256 \ln([H^+])$$

ELETTRODO A ENLINA (METODO POTENZIMETRICO) General

$$V_{AB} [S] \ll K_1$$

$$\Rightarrow [P]_{x=0} = \frac{0.5}{0.05} [S]_{x=L} \left(1 - \frac{1}{\cosh(2.4V)} \right)$$

$$\alpha = \frac{K_2 [E]}{K_1 O_2} = 2 \cdot 10^6 \cdot [m^{-2}]$$

$$\Rightarrow [H^+] = K^* [GLUCO10]$$

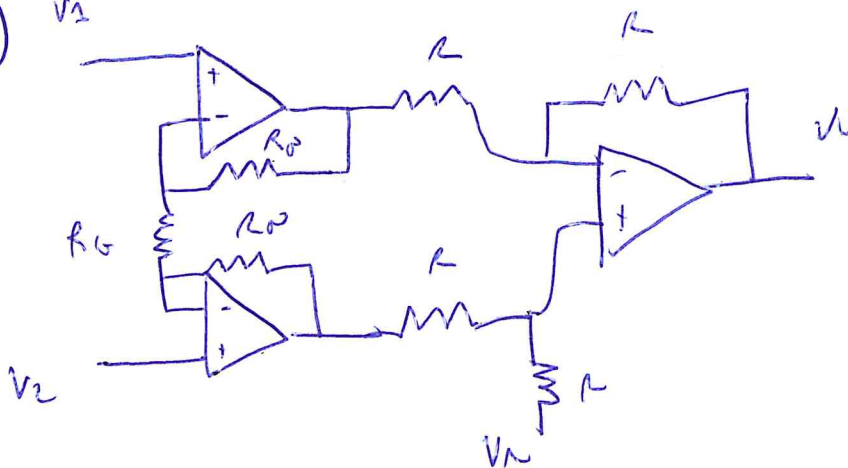
$$K^* = O_{s/op} \left(1 - \frac{1}{\cosh(L\sqrt{\alpha})} \right) = 0.5409$$

$$V_{AP} = -0.068 + 0.0256 \ln(K^* [GLUCO10]) =$$

$$= -0.068 + 0.0256 \ln(K^*) + 0.0256 \ln([GLUCO10])$$

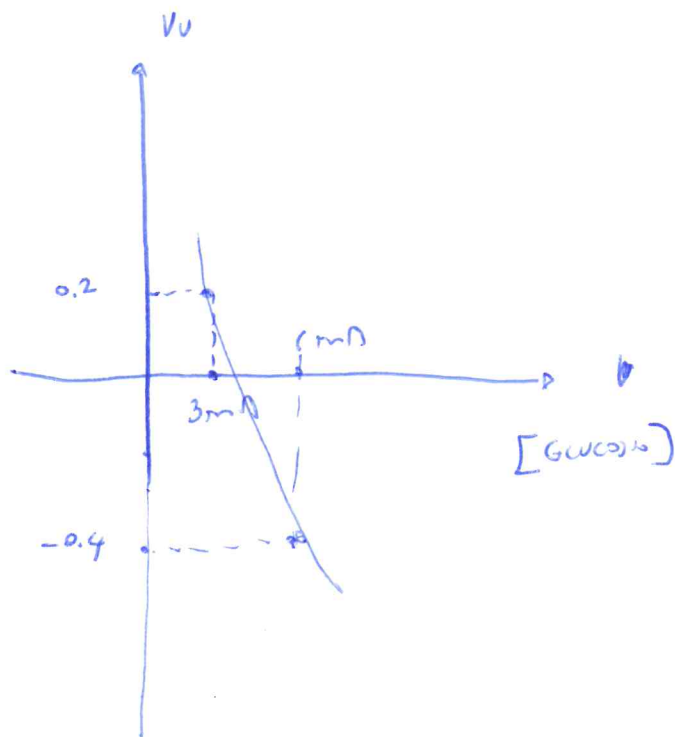
$$\Rightarrow \underline{V_{AP} = -0.0837 + 0.0256 \ln([GLUCO10])}$$

2) V_1



$$V_0 = A(V_2 - V_1) + V_n$$

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



CHARACTERISTIC OF AN ION CHANNEL
 $A \rightarrow V_1$
 $B \rightarrow V_2$

$$V_u = AV_{P0} + V_L = -AV_{P0} + V_L$$

$$\begin{cases} A \cdot 0.0137 - A \cdot 0.0256 \ln(3 \cdot 10^{-3}) + V_L = 0.2 \\ A \cdot 0.0137 - A \cdot 0.0256 \ln(6 \cdot 10^{-3}) + V_L = -0.4 \end{cases}$$

$$A \cdot 0.0256 (\ln(6 \cdot 10^{-3}) - \ln(3 \cdot 10^{-3})) = 0.6$$

$$A = \frac{0.6}{0.0256 \cdot (0.6931)} = 33.12 \rightarrow \text{RICHARDSON'S EQUATION}$$

$$V_L = -0.4 - A \cdot 0.0137 + A \cdot 0.0256 \ln(6 \cdot 10^{-3}) = -7.66V$$

3) $V_u = AV_{P0} + V_L = A \cdot 0.0137 + V_L - A \cdot 0.0256 \ln[\text{Glucose}]$

$$\ln[\text{Glucose}] = \frac{-V_u + 0.493}{0.111} \quad [\text{Glucose}] = e^{\frac{-(V_u + 4.93)}{0.111}}$$

APPROXIMATIONS $x = 5x + 0 \quad x = \frac{x-0}{5} = C(x-0)$

$$C = \frac{6mM - 3mM}{-0.4 - 0.2} = \frac{3mM}{-0.6V} = -5 \frac{mM}{V}$$

$$0 = \frac{Cx - x}{C} = \frac{C \cdot 0.2 - 3mM}{C} = 0.1V \quad x(0.1) = -C \cdot 0 = 4mM$$