

## EB1 - ESERCITAZIONE 2 27/03/2020

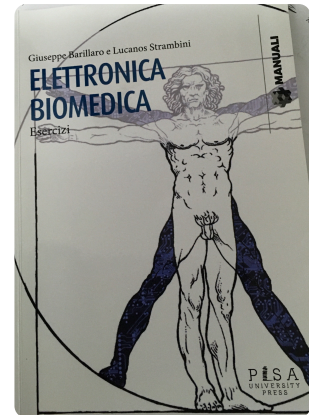
### files utili per il corso

→ datasheets : [iet.unipi.it/g.barillaro/Teaching.html](http://iet.unipi.it/g.barillaro/Teaching.html)  
+ testi esame

→ datasheets+ : [alessandropaghi.it/elebio1-20192020.html](http://alessandropaghi.it/elebio1-20192020.html)  
esercitazioni

mail: [alessandro.paghi@phd.unipi.it](mailto:alessandro.paghi@phd.unipi.it)

libro esercizi : ELETTRONICA BIOMEDICA - Esercizi  
Edizione 1 Barillaro, Strambini  
Pisa University Press



PDF IN. AMP AD620

## ESERCIZIO 1

Un'azienda che produce dispositivi biomedicali indossabili vuole implementare uno smart-glove come ausilio alle terapie riabilitative rivolte al recupero funzionale delle dita, stimolandone, ad esempio, l'escursione articolare (Range Of Movement, ROM).

Nello specifico, il guanto aiuta il paziente a compiere l'esercizio di estensione delle dita, che prevede il raggiungimento della massima estensione possibile ed il mantenimento della suddetta posizione per un tempo non inferiore a 30 s. A tal fine il guanto è munito di estensimetri polimerici (EP) posti a cavallo di ciascuno dei nodi articolari che collegano due segmenti consecutivi del dito. Una rotazione tra due segmenti consecutivi provoca un allungamento del relativo EP con conseguente variazione della sua resistenza elettrica  $R_{EP}$ . Tramite gli EP è quindi possibile valutare, attraverso la misura degli angoli di rotazione tra i segmenti delle dita, l'estensione raggiungibile da ciascun dito della mano. Il guanto è collegato ad una fascia elastica, da posizionare sull'avambraccio, che contiene le batterie flessibili e l'elettronica necessaria alla gestione dello smart-glove.

Si progetti e dimensioni, secondo la divisione in moduli suggerita, un sistema elettronico che gestisca uno degli EP presenti nello smart-glove. In particolare, il sistema elettronico deve fornire in uscita la tensione  $V_{Ang}$

$$R_{EP} = R_{EP}(L)$$



proporzionale all'angolo di rotazione tra i corrispettivi segmenti del dito, deve gestire l'inizio dell'esercizio riabilitativo ed infine deve segnalare il raggiungimento dell'obiettivo accendendo una striscia di LED presenti su ciascun dito del guanto.

- **Modulo X:** circuito che fornisca in uscita una tensione  $V_{EP}$  proporzionale alla variazione di resistenza dell'EP, rispetto a quella di riposo  $R_{EP0}$ , sapendo che  $R_{EP} = R_{EP0} \cdot [1 + K \cdot (L - L_0)]$ , essendo  $R_{EP0} = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $K = 0.2 \text{ cm}^{-1}$ ,  $L$  lunghezza dell'EP ed  $L_0 = 1.5 \text{ cm}$  lunghezza di riposo dell'EP. La lunghezza dell'EP può assumere valori compresi nell'intervallo  $[1.5; 2.0] \text{ cm}$ .
- **Modulo Y:** circuito che ricevendo in ingresso la tensione  $V_{EP}$ , la trasferisca ai moduli a valle solo quando l'esercizio riabilitativo ha inizio. A tal fine è integrato sulla punta del pollice un tasto normalmente aperto che si chiude quando si preme il pollice su una superficie. L'inizio dell'esercizio riabilitativo è segnalato dalla pressione del pollice sulla superficie per un tempo superiore a 3 s.
- **Modulo Z:** circuito che a partire dalla tensione  $V_{EP}$  in uscita dal Modulo Y fornisca in uscita la tensione  $V_{Ang}$  sapendo che l'angolo di rotazione  $Ang$  tra due segmenti consecutivi si può esprimere in funzione della variazione di resistenza del relativo EP secondo la relazione:

$$Ang = A \cdot (R_{EP} - R_{EP0})^2 + B \cdot (R_{EP} - R_{EP0})$$

essendo  $A = -3.6 \cdot 10^{-6} \text{ deg}/\Omega^2$  e  $B = 3.6 \cdot 10^{-2} \text{ deg}/\Omega$ . L'angolo di rotazione  $Ang$  può assumere valori compresi nell'intervallo  $[0; 90] \text{ deg}$ .

- **Modulo W:** circuito che a partire dalla tensione  $V_{Ang}$  accenda una striscia di 5 LED ( $V_{LED} = 1.8 \text{ V}$  ed  $I_{LED} = 5 \text{ mA}$ ) collegati in parallelo, quando l'angolo risulta stabile per un tempo superiore a 30 s.

Si hanno a disposizione: AD620, OP07, AD835 ed una linea di alimentazione a batterie DC a  $\pm 15 \text{ V}$ , oltre a componenti attivi e passivi elementari.

MODULO  $\chi$  :

$$R_{EP} = R_{EP0} (1 + \alpha (L - L_0))$$

$$R_{EP0} = 50 \text{ k}\Omega$$

$$\alpha = 0.2 \text{ cm}^{-1}$$

$$L_0 = 1.5 \text{ cm}$$

$$L \in [1.5 \div 2] \text{ cm}$$

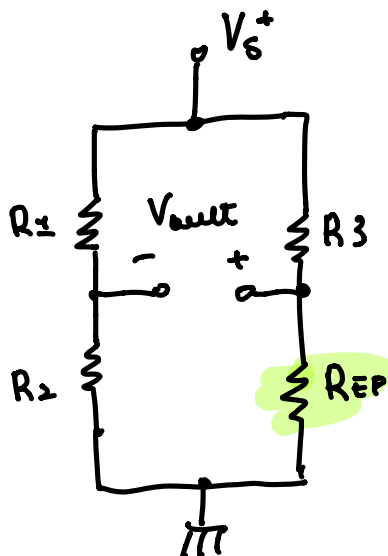
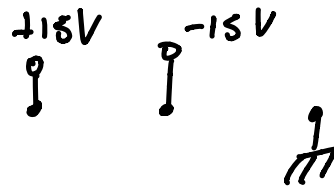
$$L = L_0 \Rightarrow R_{EP} = R_{EP0} (1 + \alpha (L_0 - L_0)) = R_{EP0}$$

$$R_{EP} = R_{EP0} + \underbrace{R_{EP0} \cdot \alpha (L - L_0)}_{\Delta R_{EP}}$$

$$V_S = \pm 15 \text{ V}$$

$$V_S^+ = 15 \text{ V}$$

$$V_S^- = -15 \text{ V}$$



CONDIZIONI DI LAVORO  
DEL PONTE DI WHEATSTONE :

1) Piccole Variazioni  
 $\chi \ll 1$

$$R = R_0 + \Delta R$$

$$= R_0 \left( 1 + \frac{\Delta R}{R_0} \right)$$

$\uparrow$   
 $\chi$

2) Ponte Bilanciato

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_0} = \chi$$

$$3) \delta_{MAX}$$

$$K = 1$$

$$2) + 3) = R_1 = R_2 = R_3 = R_0.$$

$$V_{out\ diff} = \frac{V_s}{k} \cdot \frac{1}{R_0} \cdot \Delta R_0$$

$$V_{out\ c} = \frac{V_s}{2}$$

VALIDAZIONE IPOTESI DI CAVO POINTE DI WEA7570ME:

$$1) x \ll 1$$

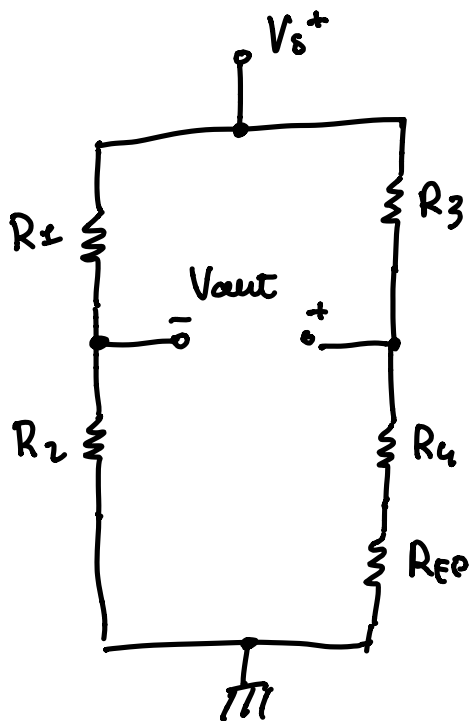
$$x = \frac{\Delta R_{EP}}{R_{EP0}} \ll 1$$

$$x = \frac{\Delta R_{EP}}{R_{EP0}} = 0.01 = 10^{-2}$$

$$x = \frac{\cancel{R_{EP0}} K (L - L_0)}{\cancel{R_{EP0}}} = K (L - L_0)$$

$$L = L_{MAX} \Rightarrow x = x_{MAX}$$

$$x = 0.2 \cdot (2 - 1.5) = 0.2 \cdot 0.5 = 0.1 = 10^{-1} > 10^{-2}$$



1)  $x \ll 1$

$$\frac{\Delta R_{EP}}{R_{EP} + R_4} \ll 1$$

2) BILANCIAMENTO DEL PONTE

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_{EP} + R_4} = K$$

3)  $\sigma_{max}$   
 $K = 1$

$$2) + 3) = R_1 = R_2 = R_3 = R_{EP} + R_4$$

$$x = \frac{\Delta R_{EP}}{R_{EP} + R_4} = 10^{-2}$$

$$\Delta R_{EP} = R_{EP} \cdot K (L - L_0)$$

$$x = \frac{R_{EP} \cdot K (L - L_0)}{R_{EP} + R_4} = 10^{-2}$$

$$R_{EP} \cdot K (L - L_0) = 10^{-2} (R_{EP} + R_4)$$

$$R_{EP} \cdot K (L - L_0) \cdot 10^2 = R_{EP} + R_4$$

$$\rightarrow R_4 = R_{EP} \cdot K (L - L_0) \cdot 10^2 - R_{EP}$$

$$\begin{aligned}
 &= R_{EP} / (K(L-L_0) \cdot 10^2 - 1) = \\
 &= 50 \cdot 10^3 (0.2 (2-1.5) \cdot 10^2 - 1) \\
 &= 450 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

$$R_4 = 450 \text{ k}\Omega \xRightarrow{\text{VERIFICA}} \begin{matrix} x < 1 \\ x = 10^{-2} \end{matrix} \quad 1) \checkmark$$

$$2) + 3) \Rightarrow R_4 = R_2 = R_3 = R_4 + R_{EP} / = 300 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} V_{\text{out diff}} &= \frac{V_s}{4} \cdot \frac{1}{R_{EP} / + R_4} \cdot \Delta R_{EP} / \\ V_{\text{out c}} &= \frac{V_s}{2} \end{aligned}$$

$$V_{\text{out c}} = \frac{V_s}{2} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ V}$$

$$V_{\text{out diff}} = \frac{V_s}{4} \cdot \frac{1}{R_{EP} / + R_4} \cdot R_{EP} / K(L-L_0)$$

$$L \in [1.5 ; 2] \text{ cm}$$

$$L_0 = 1.9 \text{ cm}$$

$$L = L_0 \Rightarrow V_{\text{out diff}} = V_{\text{out diff min}} = 0 \text{ V}$$

$$L = L_{\text{max}} = 2 \text{ cm} \rightarrow V_{\text{out diff}} = V_{\text{out diff max}} = 39.5 \text{ mV}$$

$$V_{\text{out diff}} \in [0 ; 39.5] \text{ mV}$$

