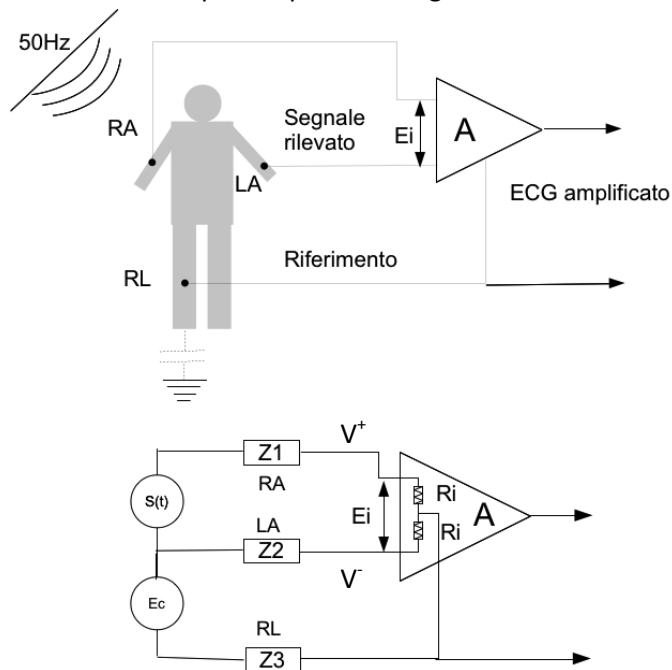


10. Bioelettrodi per misura ECG: determinare l'ampiezza del disturbo causato dall'accoppiamento con la tensione di rete e dovuto a una differenza di impedenza di 1 kOhm tra gli elettrodi (alla frequenza di rete). Considerare un amplificatore operazionale con amplificazione 200. Si consideri il seguente andamento per il disturbo a modo comune dovuto all'accoppiamento con la tensione di rete:

$$E_c = V_p \sin(2\pi ft) \quad (f=50\text{Hz e } V_p = 1\text{V}).$$

L'impedenza a modo comune dell'amplificatore (R_i) vale 10MOhm (impedenza tra terminali + e - e riferimento). Si consideri inoltre che l'impedenza dell'elettrodo Z_1 valga 10 kOhm.

La situazione è quella riportata in figura:



Bisogna calcolare l'effetto della E_c sulla tensione E_i . In uscita avremo poi $V_o = A \cdot E_i$.

Considerando il solo generatore E_c , trascurando l'impedenza del terzo elettrodo Z_3 e considerando le impedenze come pure resistenze ($Z_1 \rightarrow R_1$, $Z_2 \rightarrow R_2$), avremo:

$$V^+ = E_c \cdot R_i / (R_i + R_1)$$

$$V^- = E_c \cdot R_i / (R_i + R_2)$$

Da questo otteniamo

$$E_i = V^+ - V^- = E_c \cdot R_i \cdot (1/(R_i + R_1) - 1/(R_i + R_2))$$

$R_1 = 10\text{kOhm}$, da cui poniamo $R_2 = 11\text{kOhm}$.

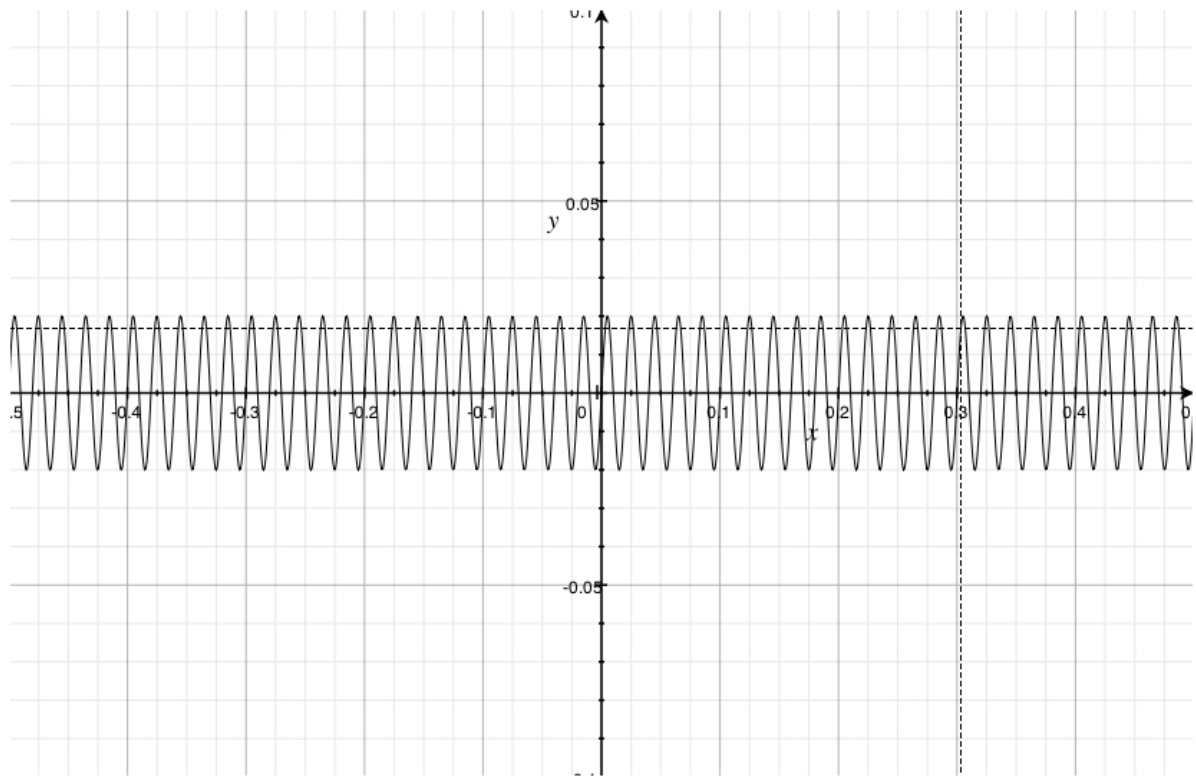
La tensione di uscita sarà:

$$V_o = A \cdot E_i = E_c \cdot 0.02 = 0.02 \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) \text{ [V]}$$

Avremo dunque un disturbo con 20 mV di picco alla frequenza di 50 Hz come riportato in figura.

Questo disturbo non è trascurabile rispetto al biopotenziale amplificato..

Il disturbo in uscita è riportato nel grafico sottostante (sull'asse x abbiamo il tempo e su y la tensione in Volt).



11. Descrivere un esperimento per la determinazione della R di bulk di un bioelettrodo.

Fare riferimento all'esperimento riportato in figura 10 della dispensa sui bioelettrodi. Applicando un impulso di corrente o uno di tensione e analizzando la risposta in tensione o corrente è possibile determinare R_{bulk} . Va considerato il modello dell'impedenza di elettrodo di figura 9 della stessa dispensa.