
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
 PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
 SETTORE INFORMAZIONE
 Prova Pratica di Progettazione
 TEMA N.5: BIOMEDICA

PROGETTO DI UN ELETTROCARDIOGRAFO

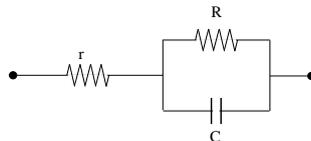
Un elettrocardiografo digitale è composto da cinque blocchi in cascata indicati nella seguente figura:



Gli elettrodi che vengono tipicamente utilizzati sono di tipo superficiale: la loro interfaccia può essere schematizzata mediante un generatore di tensione (*potenziale di elettrodo*) in serie con un'impedenza $Z(j\omega)$ (*impedenza di elettrodo*) che può essere approssimata con un'espressione del tipo:

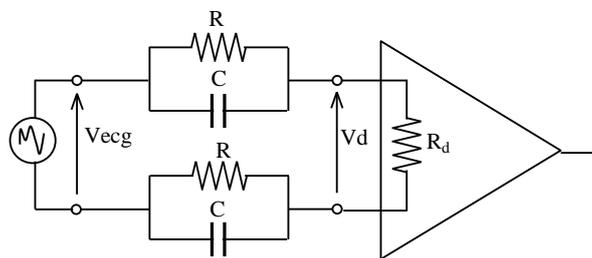
$$Z(j\omega) = A \cdot \frac{1 + j\omega\tau_z}{1 + j\omega\tau_p}$$

e può essere interpretata mediante il seguente circuito equivalente:



- 1) Scrivere l'impedenza del circuito ($Z(j\omega) = V(j\omega)/I(j\omega)$) esprimendo A , τ_z e τ_p in funzione di r , R e C e tracciarne il diagramma di Bode del modulo.

Se ci si limita a descrivere l'impedenza di contatto in un campo più limitato di frequenze si può trascurare la resistenza in serie r . Gli elettrodi vengono collegati all'ingresso del preamplificatore con impedenza di ingresso R_d :

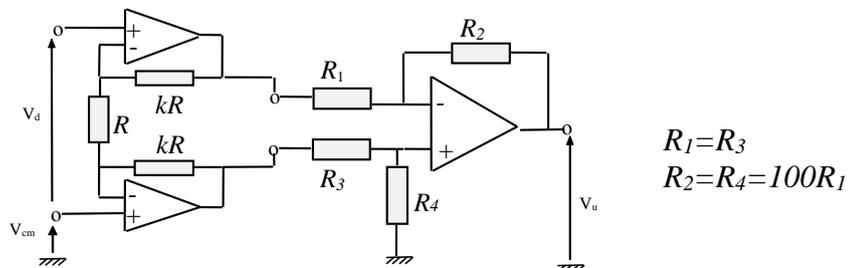


- 2) Determinare la funzione di risposta armonica $G(j\omega) = V_d(j\omega)/V_{ecg}(j\omega)$ dell'accoppiamento elettrodi-preamplificatore riconducendola nella forma:

$$G(j\omega) = G_0 \cdot \frac{1 + j\omega\tau_z}{1 + j\omega\tau_p},$$

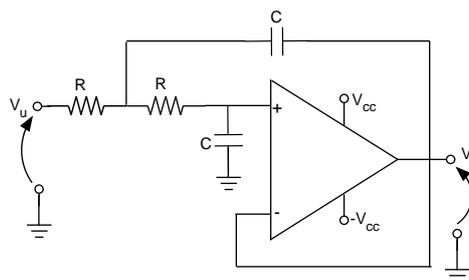
esprimendo G_0 , τ_z e τ_p in funzione dei parametri R_d , R e C e tracciarne il diagramma di Bode del modulo e il diagramma delle fasi. Indicare come i diagrammi si modificano al variare di τ_z e τ_p .

- 3) Supponendo $R = 10 \text{ k}\Omega$ e $C = 20 \text{ pF}$ determinare la resistenza di ingresso del preamplificatore in modo che nel caso peggiore, l'errore di interconnessione sia inferiore all' 1%
- 4) Si schematizzi l'accoppiamento tra linea di distribuzione dell'energia elettrica e paziente con una capacità $C_1 = 0.01 \text{ pF}$ e quella tra paziente e terra con una capacità $C_2 = 20 \text{ pF}$. Si determini la tensione efficace di rete (V_{cm}) presente sulla superficie del corpo del paziente (considerato come conduttore ideale).
- 5) Sapendo che l' ampiezza del segnale elettrocardiografico è di circa 1 mV , si determini il guadagno e il CMRR del preamplificatore in modo da fornire in uscita un segnale utile di 1 V con un rapporto segnale/disturbo pari a 100
- 6) Determinare il minimo valore della resistenza di ingresso di modo comune R_c del preamplificatore affinché, in presenza di una differenza di $4 \text{ k}\Omega$ tra le resistenze di elettrodo, il disturbo di modo comune dia luogo a valori di V_d minori di $1 \mu\text{V}$.
- 7) Con riferimento all' amplificatore per strumentazione mostrato in figura, calcolare il valore del parametro k affinché il guadagno differenziale complessivo del preamplificatore sia quello calcolato al punto 5.



- 8) Calcolare che valore assume il CMRR nel caso peggiore quando l'amplificatore dello stadio differenziale ha un CMRR in catena aperta di 120 dB e le quattro resistenze hanno una tolleranza dell' 1%.

Il filtraggio viene realizzato utilizzando il circuito in figura:



- 9) Scrivere la funzione di trasferimento del circuito e tracciare il diagramma di Bode del modulo e il diagramma delle fasi.
- 10) Supponendo $R = 10 \text{ k}\Omega$, calcolare il valore di C al fine di ottenere un guadagno unitario in banda passante e una frequenza di taglio pari a 100 Hz .
- 11) Si determinino il numero minimo di bit del convertitore analogico-digitale che introduca un errore di quantizzazione inferiore al 0.1% del fondo scala.
- 12) Supponendo di dover utilizzare l'elettrocardiografo per applicazioni portatili si può disporre solo di una alimentazione singola pari a 5 V . Indicare come devono essere modificati i vari blocchi per tener conto di questa nuova specifica.