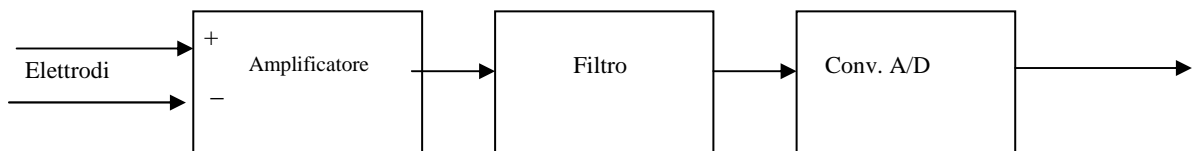


Maturità Elettronica e Telecomunicazioni

TEMA DI ELETTRONICA

Testo

Un sistema elettronico di registrazione e visualizzazione dell'attività elettrica del cuore è realizzato secondo lo schema a blocchi riportato in figura.



Il segnale elettrico, proveniente dai due elettrodi applicati al paziente, si presenta all'amplificatore in modo differenziale ed ha valore compreso fra -0.8 mV e $+0.8\text{ mV}$ con componenti armoniche significative in banda $0.1 \div 40\text{ Hz}$. Detto segnale è disturbato dalla tensione di rete a 50 Hz presente nell'ambiente.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie:

1. spieghi il funzionamento di ciascun blocco dello schema;
2. dimensiona l'amplificatore e determini i parametri di funzionamento del filtro, in modo che sia eliminato il disturbo di rete e all'ingresso del convertitore A/D vi sia un segnale fra -5V e $+5\text{V}$;
3. determini la frequenza di campionamento necessaria per la corretta acquisizione del segnale;
4. indichi il tipo e le caratteristiche di un convertitore A/D adeguato all'impiego nel sistema;
5. identifichi la strumentazione e la modalità con cui collaudare il funzionamento dei primi due blocchi costituenti il sistema;
6. esprima le proprie considerazioni sul tipo di alimentazione necessaria per il funzionamento del sistema.

Soluzione

Considerazioni generali

L'ipotesi interpretativa assunta è che dai due elettrodi provenga un segnale per un amplificatore differenziale. Pertanto la tensione v_d è compresa tra -0.8 mV e $+0.8\text{ mV}$.

La banda del segnale (stiamo trattando basse frequenze) non pone problemi legati al comportamento in frequenza dell'amplificatore visto che utilizzeremo un amplificatore operazionale nella configurazione differenziale (fig. 1) e quindi la retroazione applicata assicura una frequenza di taglio ben al di sopra del KHz.

L'amplificatore deve fare in modo che il segnale utile sia compreso tra i $+5\text{V}$ e i -5V . Pertanto abbiamo a che fare con un amplificatore lineare la cui caratteristica deve avere un andamento come quello della figura 2.

1. Funzionamento dei blocchi.

Scopo dell'amplificatore differenziale è quello di eliminare le componenti di modo comune presenti in ciascun segnale.

Per quanto riguarda il disturbo proveniente dalla tensione di rete si può ipotizzare che questo sia introdotto a valle dell'amplificatore o che non sia del tutto eliminato dal CMRR dell'amplificatore differenziale.

Il filtro ha lo scopo di attenuare quanto più possibile le componenti superiori ai 40 Hz ed in particolare quelle dovute al disturbo della tensione di rete (50 Hz).

Quindi utilizzeremo un passa basso realizzabile mediante un circuito con operazionali che disaccoppia il carico tra gli amplificatori.

Il convertitore analogico-digitale ha lo scopo di fornire un segnale numerico che possa essere trattato da un qualsiasi sistema di elaborazione e quindi facilmente memorizzabile oltre che elaborabile con opportuno software.

Esso deve presentare una uscita three state e interagirà col sistema a microprocessore per quanto riguarda il segnale di start of conversion e di end of conversion. Sarà opportuno verificare in sede di progetto il tempo di conversione.

2. Dimensionamento:

Amplificatore:

Dalla fig. 2 si ricava il guadagno necessario per il blocco amplificatore:

$$G = 10 \text{ V} / 1.6 \text{ mV} = 10 / 1.6 \times 10^{-3} = 6250$$

Un tale guadagno è eccessivo e comporta perdite di precisione; pertanto si può decidere di suddividerlo tra lo stadio amplificatore e il filtro nella misura di 62.5 per l'amplificatore (G_A) e di 100 per il filtro (G_F).

Considerando $R_1 = 1\text{K}$ ricaviamo la R_2 dalla

$$G_A = 62.5 = R_2 / R_1$$

$$R_2 = 62.5 \times 1\text{K} = 62.5\text{K}$$

Commercialmente si può utilizzare una resistenza da 56K con un trimmer in serie.

Inoltre occorre che rapporto $R_4 / R_3 = R_2 / R_1$

Pertanto si pone $R_4 = R_2$ e $R_3 = R_1$

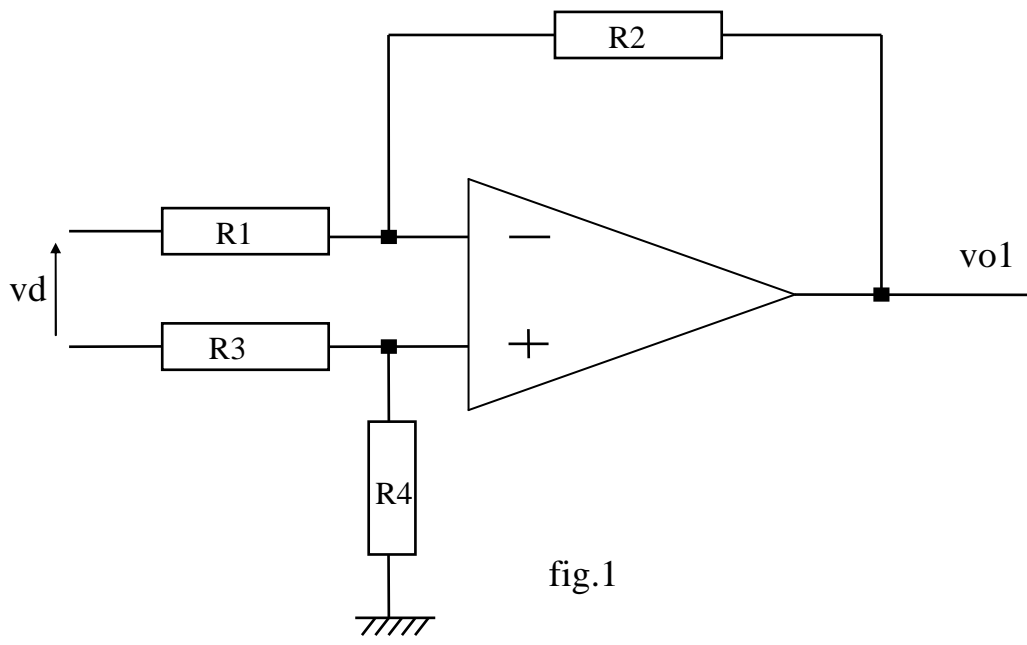


fig.1

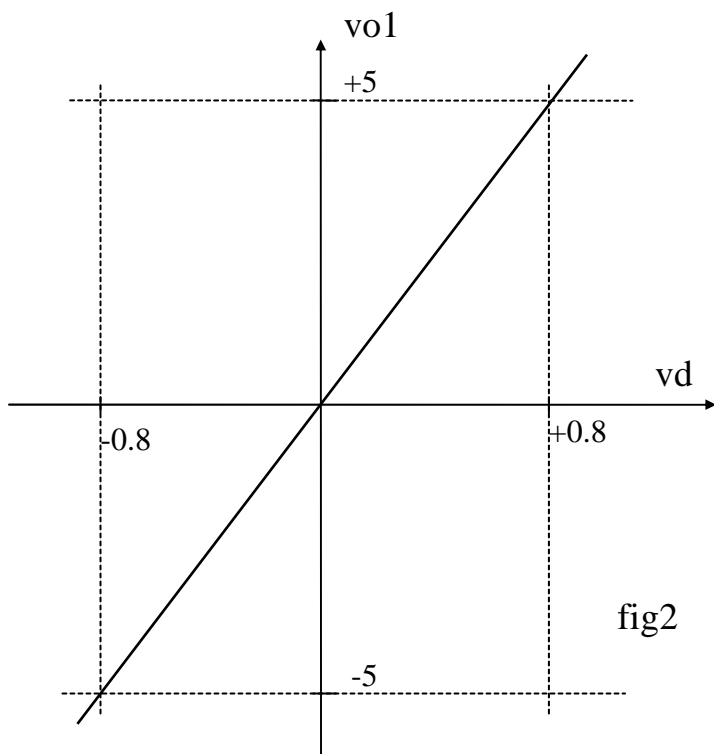


fig2

Filtro:

Un filtraggio accettabile richiede almeno un filtro del secondo ordine con due poli coincidenti. Inoltre per la scelta fatta precedentemente deve amplificare complessivamente 100. Pertanto il diagramma di Bode si presenta come in figura 3.

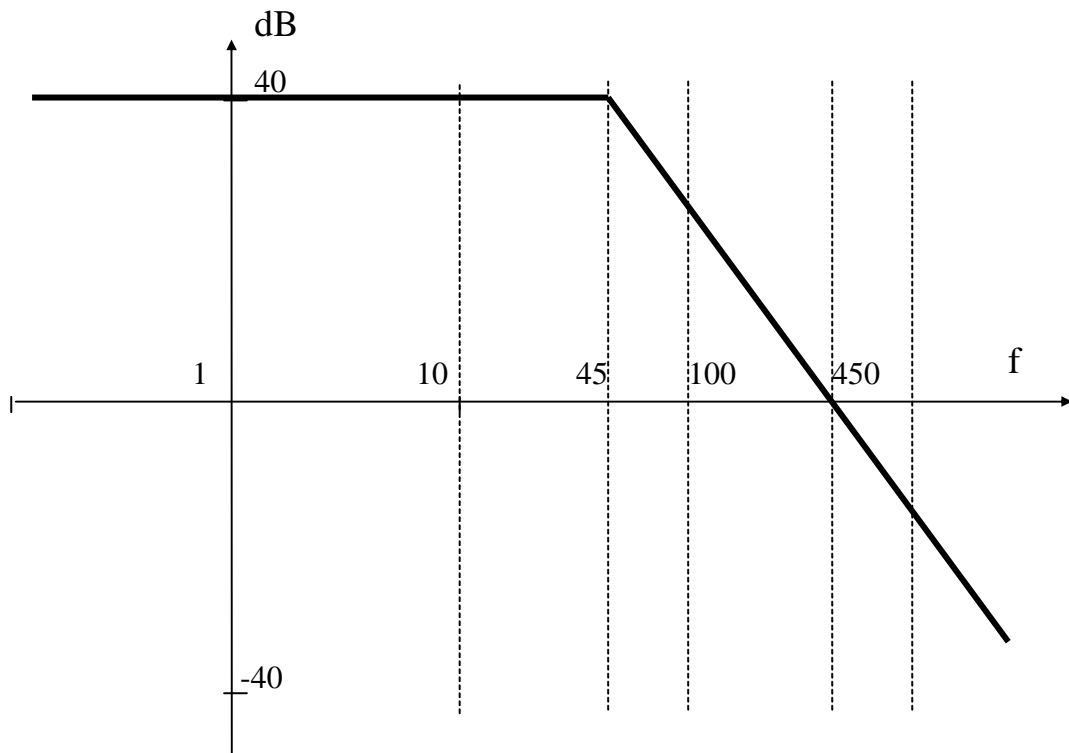
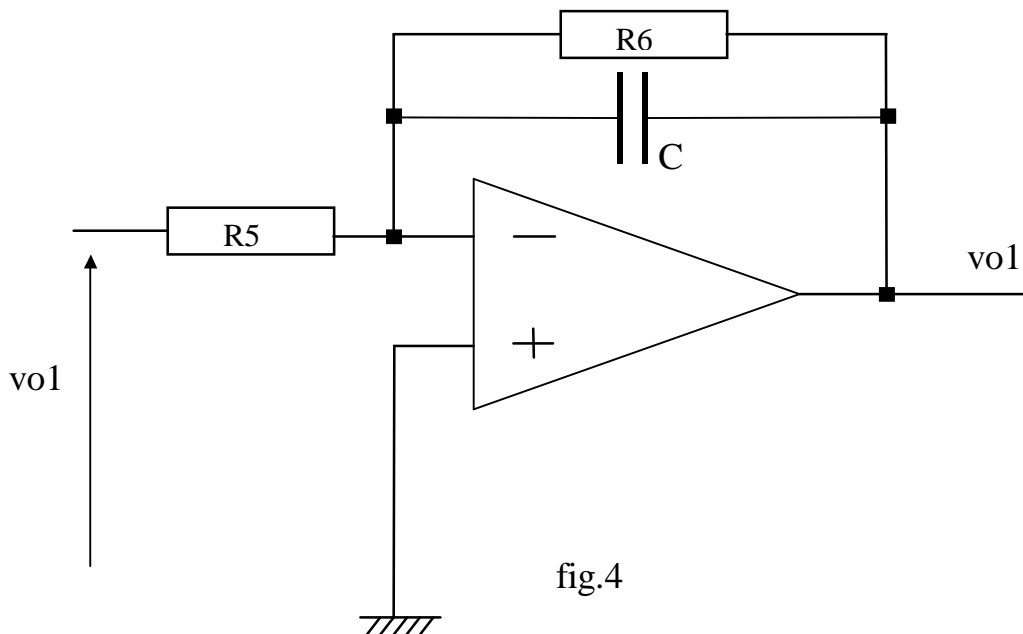


Fig.3

Per semplicità di progetto realizzeremo il filtro mediante due stadi identici in cascata, ciascuno dei quali ha lo schema di figura 4.



con funzione di trasferimento data da:

$$G = -K / (1 + sT) = (R_6 / R_5) * 1 / (1 + j\omega R_6 C)$$

Dove deve essere $K = (R_6 / R_5) = 10$;

$$2 * \pi * f = 282.6 \text{ (pulsazione di taglio)} = 1 / \tau \text{ con } \tau = R_6 C$$

Da cui si ricava $R_6 C = 3.5 \text{ ms}$ e scelta $C = 33 \text{ nF}$ otteniamo $R_6 = 100 \text{ K}\Omega$

Successivamente si ottiene $R_5 = 10 \text{ K}\Omega$.

3. Frequenza di campionamento: secondo il teorema del campionamento di Shannon la frequenza di campionamento deve essere superiore al doppio della frequenza massima del segnale da campionare. Poiché la frequenza della componente armonica più veloce è di 40 Hz si può ritenere sufficiente una frequenza di campionamento di 100 Hz.

4. Il convertitore A/D: ipotizzando che sia sufficiente una conversione della grandezza analogica in un segnale digitale di 8bit abbiamo una risoluzione di $10/256=39 \text{ mV}$; l'errore di quantizzazione sarà pari a $39/2=18 \text{ mV}$.

Indicando con S la massima velocità di variazione del segnale analogico da convertire questa è calcolabile come $S = d/dt (A * \sin(\omega t)) = A * \omega * \cos(\omega t)$ da calcolarsi quando il $\cos(\omega t)$ è uguale a 1 e con $A=5$ ed $\omega=2 * 3.14 * 40$ quindi: $S=5 * 2 * 3.14 * 40=1256.6 \text{ V/sec}$.

Se utilizziamo un convertitore A/D con tempo di conversione di $\Delta T=10 \mu\text{s}$ abbiamo che durante questo intervallo la massima variazione del segnale all'ingresso analogico è $\Delta V_i = S * \Delta T = 12.5 \text{ mV}$. Questa quantità è inferiore all'errore di quantizzazione e pertanto non è necessario un modulo di sample-hold.

Un convertitore A/D ad approssimazioni successive può avere caratteristiche adatte al nostro caso: (+/- 5V in ingresso $10 \mu\text{s}$ di tempo di conversione).

5. Strumentazione e collaudo dei primi due blocchi.

Per l'amplificatore sono sufficienti un oscilloscopio e un generatore di segnali.

Per il filtro, non essendo di facile visualizzazione il suo comportamento mediante segnali di bassa frequenza, si può utilizzare un segnale periodico ad onda quadra di frequenza abbastanza bassa, ma tale da consentirne la visualizzazione sul monitor dell'oscilloscopio e quindi misurare il tempo di salita della risposta.

6. Considerazione sull'alimentazione del sistema.

Occorre che il sistema sia alimentato mediante un doppio alimentatore stabilizzato con tensione ± 12 V e potenza data dalla somma delle potenze richieste dai tre blocchi, sicuramente non superiore ai 5 Watt.

Emanuele Impallomeni, Itis Giorni, Milano
Massimo Mastroserio, Itis Feltrinelli, Milano
Umberto Torelli, Itis Feltrinelli, Milano