

La prova consiste, scegliendo uno dei due temi proposti, nello svolgimento dell'argomento ivi descritto.

## TEMA 1

I neuroni corticali sono organizzati in modo da formare ammassi colonnari ad orientamento perpendicolare alla superficie della corteccia cerebrale, di cui costituiscono le unità funzionali elementari. L'elettroencefalografia (EEG) è l'espressione dei processi sinaptici, di potenziali dendritici. Alla base di questa tecnica c'è la misura della differenza di potenziale elettrico tra due piccoli dischi di metallo (elettrodi) posti a contatto sulla cute del cuoio capelluto.

Si consideri lo schema di connessione degli elettrodi al preamplificatore in figura 1.

1. Si calcoli l'errore di interconnessione, nel caso peggiore, sapendo che la resistenza di ingresso differenziale ( $R_d$ ) è di  $50\text{M}\Omega$  e che  $R_1$  e  $R_2$  sono uguali e pari a  $25\text{K}\Omega$ .
2. A causa di una differenza  $\Delta R$  pari a  $3\text{K}\Omega$  tra le resistenze  $R_1$  e  $R_2$ , una parte della tensione di modo comune è presente tra i due ingressi differenziali dell'amplificatore. Determinare il minimo valore della resistenza di ingresso di modo comune  $R_c$  affinché il massimo disturbo di modo comune dia luogo a valori di  $V_d$  minori di 1 millesimo del segnale utile.

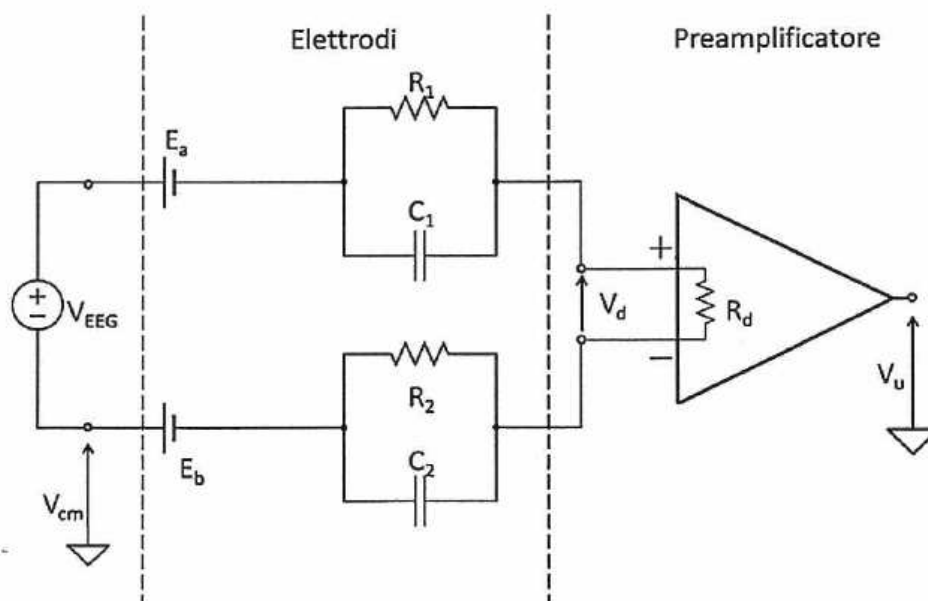


Figura 1

Si consideri ora l'amplificatore per strumentazione in figura 2.

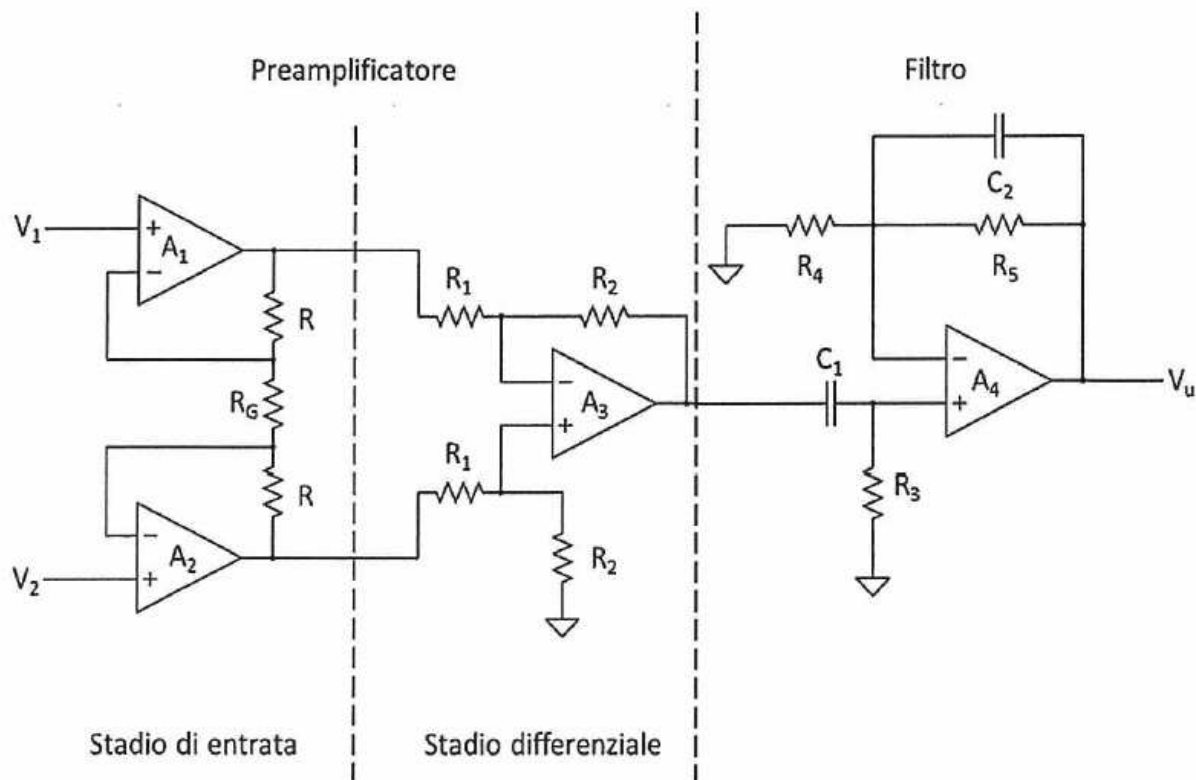


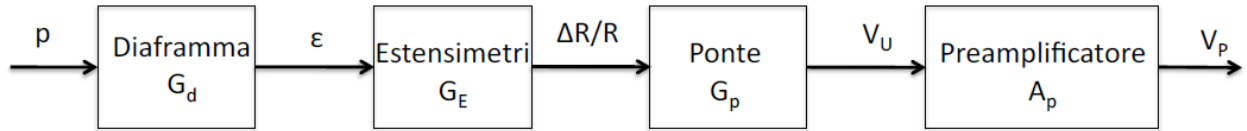
Figura 2

3. Si calcoli il guadagno differenziale dello stadio di entrata considerando  $R = 10\text{K}\Omega$  e  $R_G = 20\text{K}\Omega$ .
4. Si progettino i valori di  $R_1$  e  $R_2$  affinché il preamplificatore abbia guadagno differenziale complessivo pari 100.
5. Calcolare il valore del CMRR nel caso peggiore quando le quattro resistenze hanno una tolleranza di 0.1%.
6. Considerando lo stadio di filtraggio si determini la funzione di trasferimento del filtro passa banda.

7. Si progetti il filtro attribuendo possibili valori ai resistori ( $R_3$ ,  $R_4$  e  $R_5$ ) per ottenere un filtraggio passa banda del segnale EEG, sapendo che  $C_1=C_2=5\mu\text{F}$ . Pulsazioni di taglio  $f_1 = 5\text{Hz}$  e  $f_2 = 100\text{Hz}$ .
8. Si schematizzi il diagramma asintotico di Bode del filtro progettato.
9. Considerando il segnale EEG in uscita dal filtro si determini il numero di bit del convertitore analogico-digitale affinché l'errore di quantizzazione sia inferiore allo 0,05% del fondo scala.
10. Qual è l'intervallo di campionamento da utilizzare per mantenere il contenuto significativo del segnale filtrato? *(La frequenza di campionamento deve essere una potenza del 2).*

## TEMA 2

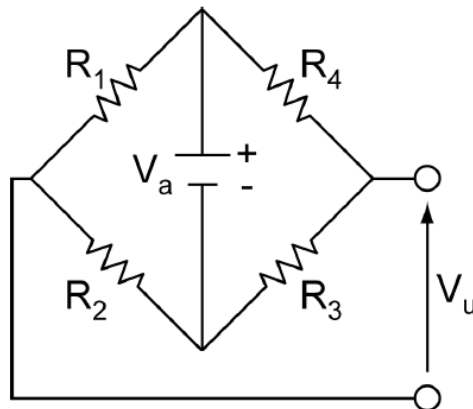
Si consideri un trasduttore di pressione ad estensimetri composto dai quattro blocchi indicati in Figura 1.



**Figura 1**

### **1 ANALISI DEL CIRCUITO A PONTE**

- a) Il ponte utilizza quattro estensimetri disposti in modo da subire variazioni relative di resistenza,  $\Delta R/R$  di uguale ampiezza (e di segno opposto sui lati adiacenti del ponte), quando varia la pressione applicata al diaframma. Si ricavi la tensione  $V_u$  in funzione delle resistenze, nonché la condizione di equilibrio del ponte.

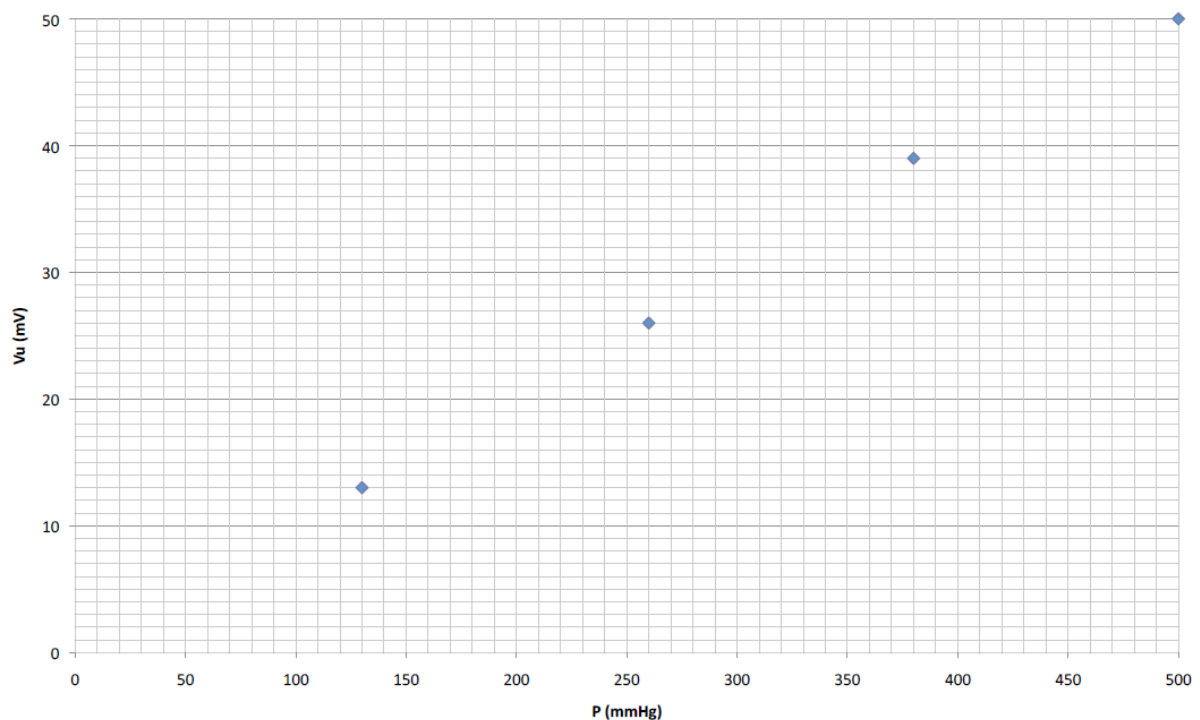


**Figura 2**

- b) Si ponga  $A=R_1/R_2$  e si scriva la relazione  $V_u(\Delta R/R)$  nell'intorno della condizione di equilibrio del ponte.
- c) Si ricavi il guadagno  $G_p$  del ponte.
- d) Si ricavi una condizione sulle resistenze che renda massimo tale guadagno.
- e) In questa condizione, imponendo  $R_1=R_4$  e  $R_2=R_3$  si valuti la resistenza che deve avere ogni estensimetro affinché la resistenza d'uscita del ponte sia pari a  $6K\Omega$ .

## **2 CARATTERISTICA STATICA DEL TRASDUTTORE**

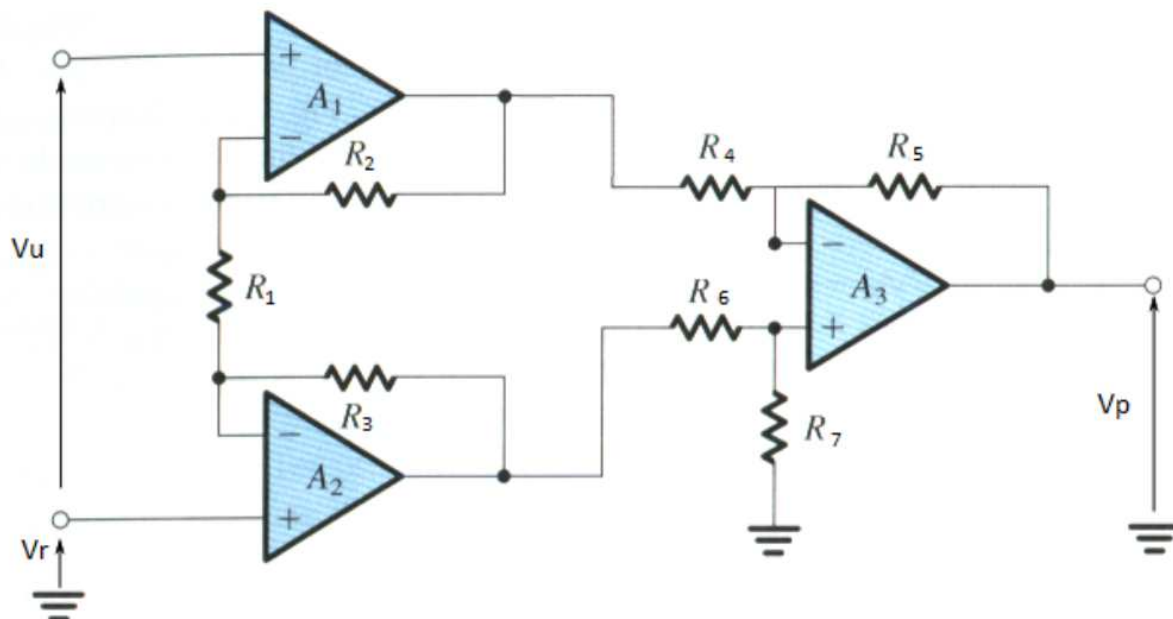
Si supponga di avere misurato, con tensione di alimentazione di 5V ed alla temperatura nominale di 25° C i dati pressione-tensione di uscita riportati nel grafico successivo.



- f) Dati i punti del grafico si determini la sensibilità del trasduttore,  $S=dV_u/dP$  (mV/mmHg), la tensione di offset (mV) ed il massimo errore di non linearità espresso come percentuale del massimo valore della tensione d'uscita ( $S \cdot P_{max}$ ).
- g) Sapendo che gli estensimetri hanno un fattore di guadagno,  $G_{E0}$ , pari a 100 si valuti la sensibilità del diaframma  $G_d$ .

### 3) PROGETTO DEL PREAMPLIFICATORE

Si consideri il preamplificatore nella classica configurazione mostrata in Figura3.



**Figura 3**

- h) Si determini il valore che deve avere il guadagno del preamplificatore,  $A_p$ , affinché la sensibilità complessiva del trasduttore,  $G_T = V_p/P$ , soddisfi la specifica  $G_T = 10 \text{ mV/mmHg}$ .
- i) Si determini quale deve essere la resistenza di ingresso affinché collegando il preamplificatore al ponte si determini una variazione nella tensione di uscita del ponte minore del 0.1% rispetto alla situazione a vuoto.
- j) Assumendo un guadagno pari a 5 per lo stadio ad alta impedenza,  $R_1 = R_4 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega$  e  $R_2 = R_3$ , si assegnino alle resistenze valori nominali tali da soddisfare le precedenti specifiche sul guadagno del preamplificatore.
- k) Considerando ideali i tre amplificatori operazionali (CMRR infinito), si determini la massima tolleranza dei quattro resistori del secondo stadio in modo che, nel caso peggiore, il preamplificatore abbia un rapporto di reiezione in modo comune maggiore di 60 dB.

### 4) ELABORAZIONE DEL SEGNALE

Il trasduttore deve essere impiegato per misure nelle cavità ventricolari ove è di particolare interesse il calcolo della derivata  $dp/dt$  quale indice di contrattilità cardiaca. Con riferimento alla Figura 4, dimensionare il derivatore analogico, che verrà posto in cascata al trasduttore di Figura1.

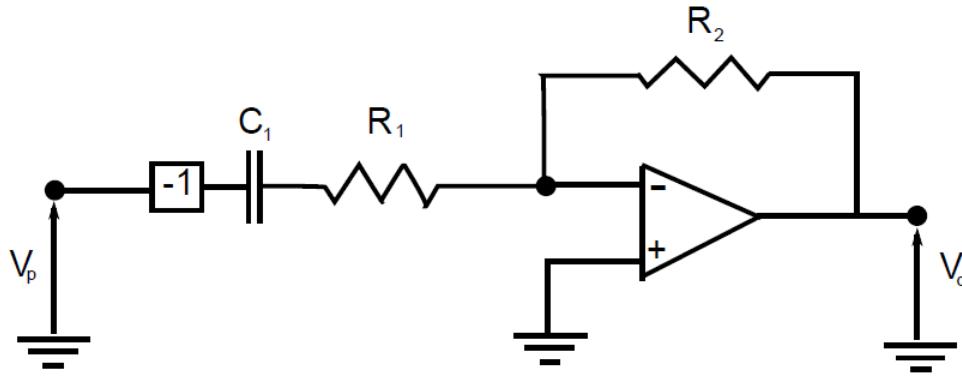


Figura 4

Si tenga presente che: il blocco con guadagno (-1) è stato introdotto al solo scopo di realizzare un derivatore non invertente, l'amplificatore operazionale può essere considerato ideale, la resistenza  $R_2$  vale  $200\text{K}\Omega$ .

- l) Calcolare la funzione di trasferimento  $V_d/V_p$  del derivatore.
- m) Fissare  $C_1$  affinché l'uscita del derivatore,  $V_d$ , valga  $3\text{V}$  quando  $dp/dt = 1500 \text{ mmHg/s}$ .  
Assumere a questo scopo  $R_1=0$ .
- n) Calcolare il valore di  $R_1$  affinché l'errore sul modulo sia pari al 5% alla massima frequenza del segnale ( $20\text{Hz}$ ).
- o) Tracciare il diagramma di Bode del modulo.

**GLI ELABORATI PRODOTTI DOVRANNO ESSERE REDATTI IN FORMA CHIARA ED ORDINATA. LA CAPACITÀ DI SINTESI, L'ORDINE E LA CHIAREZZA, COSTITUIRANNO ELEMENTI DI VALUTAZIONE.**