

## Misure Elettroniche - Esempi di domande d'esame

a.a. 1999-2000 (II semestre)

Docente: Prof. Giacomo Mario Bisio

Ultimo aggiornamento in data **01/06/2000**.

### Laurea 1<sup>a</sup> parte

1. Struttura e principi di funzionamento dello strumento a bobina mobile e magneti permanente.
2. Dato uno strumento PMMC, sia  $B_{traferro} = 0.12T$ , e siano  $D = 1.5cm$  e  $l = 2.25cm$  le dimensioni delle spire. Si determini il numero di spire necessarie ad avere una coppia di  $4.5\mu Nm$  quando la corrente nelle spire è di  $100\mu A$ .
3. Uno strumento a bobina mobile (PMMC), con corrente di fondo scala  $I_{FS} = 50\mu A$  e resistenza interna  $R_M = 1700\Omega$ , deve essere impiegato come voltmetro nei campi di valore di tensione seguenti: 10 V, 50 V e 100 V.
  - a) Calcolare il valore della resistenza addizionale che si deve impiegare nei 3 casi.
  - b) Determinare, nei 3 casi, l'errore (sistematico) di misura dovuto al valore finito della resistenza del voltmetro, quando la resistenza interna del circuito di misura è pari a  $100\Omega$ .
4.
  - a) Dato il circuito di figura 1 determinare le caratteristiche (valore di resistenza e potenza dissipata) del resistore di "shunt"  $R$ , per incrementare la portata dello strumento a  $10mA$ ,  $50mA$ ,  $200mA$ .
  - b) Descrivere se e come l'inserzione dell'amperometro influenzi la corrente misurata.

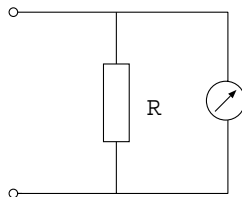


Figura 1:  $R_m = 990\Omega$  e  $I_{FS} = 50\mu A$

5. Principi di funzionamento degli strumenti elettrodinamici. Loro impiego nelle misure di corrente, tensione, e potenza dc e ac.
6. Calcolo della forza vincolare nell'elettrometro a bilancia.
7. Misure di tensione continua con metodi potenziometrici.
8. Trasformatori TV e TA e loro condizioni di impiego.
9. Schema circuitale per la misura di resistenze (ohm-metro analogico).
10. Circuiti a ponte per la misura di (a) resistenze, (b) capacità, (c) induttanze.
11. Classificazione dei circuiti a ponte per misure di impedenza.
12. Un ponte di Maxwell (v. figura 2) alimentato a  $10kHz$  ha  $C_3 = 0.1\mu F$  e  $R_1 = 100\Omega$ . Se entrambi i resistori  $R_3$  e  $R_4$  possono essere variati da  $100\Omega$  a  $1k\Omega$ , calcolare il campo di induttanza e fattori  $Q$  che possono essere misurati.

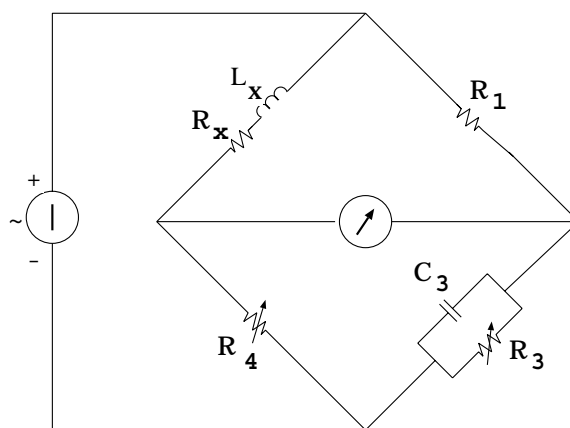


Figura 2: Ponte di Maxwell

13. Volendo misurare induttanza ( $L$ ) e fattore di qualità ( $Q$ ) di un induttore, tracciare un circuito a ponte con 2 elementi regolabili di cui uno corrisponda ad  $L$  e l'altro a  $Q$ .
14. Volendo misurare capacità ( $C$ ) e fattore di qualità ( $Q$ ) di un condensatore, tracciare un circuito a ponte con 2 elementi regolabili di cui uno corrisponda ad  $C$  e l'altro a  $Q$ .
15. Si consideri il circuito di misura in figura 3
  - a) Se la resistenza  $R_X$  viene determinata mediante il rapporto  $V/A$ , quale errore si commette se la resistenza del voltmetro è finita e di valore  $R_V$ ?
  - b) Si può pensare di ridurre l'effetto di  $R_V$  aumentando  $R_1$ ?
  - c) L'errore dipende dalla resistenza dell'amperometro  $R_A$ ?
16. Nel circuito di un  $Q$ -metro alimentato da un generatore di tensione di  $100\text{ mV}$  alla frequenza di  $1.6\text{ MHz}$ , si misura una tensione di  $2\text{ V}$  ai capi del condensatore di valore pari a  $80\text{ pF}$  in condizione di risonanza.
  - a) Quale è il valore dell'induttanza e della resistenza serie del bipolo sotto misura?

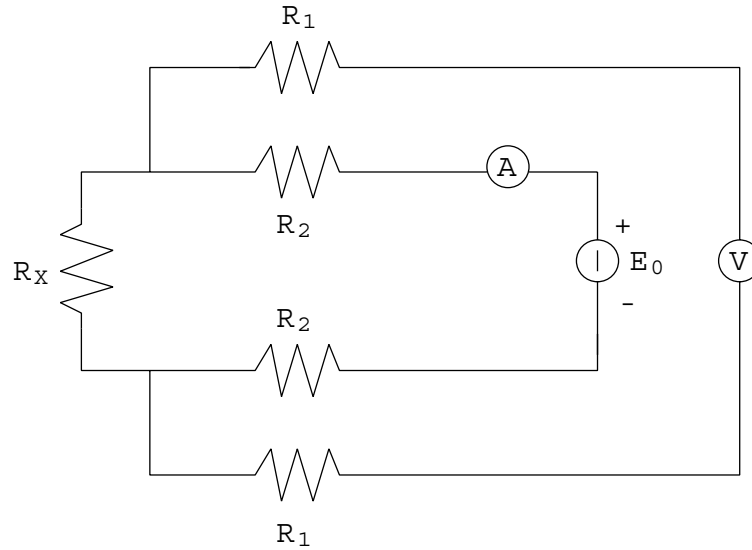


Figura 3:

- b) Come si modificherebbe la tensione ai capi del generatore se la sua resistenza interna fosse pari a 5 ohm?
17. Descrivere la funzionalità di un oscilloscopio mediante diagramma a blocchi.
  18. Illustrare i principi della deflessione elettrostatica e definire il fattore di deflessione.
  19. Effetti di tempo di transito nella regione di deflessione.
  20. Con riferimento alla figura 4 (placchette di deflessione) determinare per quale valore della tensione  $V_d$  il fascio elettronico passa per il punto B, quando la tensione di accelerazione del fascio è  $V_b = 3 \cdot 10^3 \text{ V}$ . ( $m_{elettrone} = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ ,  $q_{elettrone} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$ )

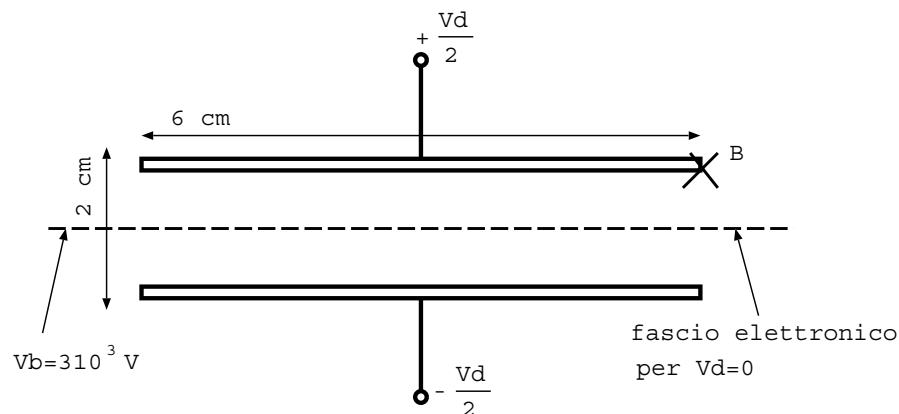


Figura 4: Placchette di deflessione

21. Descrivere la struttura e la funzionalità delle varie parti di un tubo a raggi catodici (CRT).
22. Illustrare comparativamente gli schemi diretto e reciproco per la misura di frequenza.

23. Sensori per la misura di temperatura basati su resistenze: tecniche di linearizzazione della relazione ingresso-uscita.
24. La resistenza di una termistore alla temperatura di  $\theta$  K (gradi Kelvin) è data da

$$R(\theta) = 1.68 e^{3050(1/\theta - 1/298)} \text{ k}\Omega$$

Il termistore è utilizzato nel circuito a ponte di figura 5:

- calcolare il campo di variazione di  $V_{out}$  (tensione a vuoto) quando la temperatura varia da 0 a 50 °C;
- determinare la non-linearità della relazione ingresso-uscita alla temperatura di 12 °C come percentuale dell'escursione del segnale in uscita.

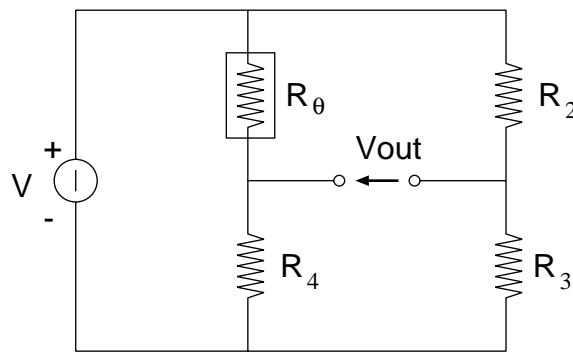


Figura 5:  $V = 2.56V$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $R_3 = 0.29k\Omega$  e  $R_4 = 1.22k\Omega$

25. Un termometro a resistenza di platino è tarato interpolando tra le temperature di 0°C, 100°C e 419.6°C (punto di fusione dello zinco). I corrispondenti valori di resistenze sono 100Ω, 138.5Ω e 253.7Ω. Tenendo conto che la variazione della resistenza con la temperatura è esprimibile come

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2)$$

con T in °C, si determini la forma numerica di tale relazione.

26. Principi di impiego dei sensori a termocoppia.
27. Una termocoppia ferro-costantana è usata per misurare temperature tra 0 e 300 °C. I valori di f.e.m. sono

$$E_{100,0} = 5268 \mu V$$

$$E_{200,0} = 10777 \mu V$$

$$E_{300,0} = 16325 \mu V$$

- determinare la non-linearità della risposta tensione-temperatura a 100 °C e a 200 °C in percentuale del campo di misura;
- considerando la risposta a 100 °C e a 300 °C esprimere la f.e.m. in funzione della temperatura come  $E_{T,0} = a_1 T + a_2 T^2$ , determinando  $a_1$  e  $a_2$ ;
- se si misura una f.e.m. di 12500 μV quando la temperatura della giunzione di riferimento è a 20 °C, a quale temperatura si trova la giunzione di misura?

28. Una termocoppia ferro-costantana è usata per misurare temperature tra 0 e 300 °C, dove il valore di f.e.m. è

$$E_{300,0} = 16325 \mu V$$

- (a) se la non-linearità della risposta tensione-temperatura a 100 °C e a 200 °C in percentuale dell'escursione del segnale di uscita è rispettivamente di 2.5% e 2%, determinare i valori di f.e.m. che si osservano a queste temperature;
  - (b) considerando la risposta a a 100 °C e a 300 °C esprimere la f.e.m. in funzione della temperatura come  $E_{T,0} = a_1T + a_2T^2$ , determinando  $a_1$  e  $a_2$ ;
  - (c) se si misura una f.e.m. di 12500  $\mu V$  quando la temperatura della giunzione di riferimento è a 20 °C, a quale temperatura si trova la giunzione di misura?
29. Principi di funzionamento degli estensimetri a resistenza (strain gauge): relazione funzionale tra variazione di resistenza e deformazione; campi di utilizzo.
- (a) Se il fattore di calibro G di un estensimetro vale 2, se l'estensimetro nella condizione di riposo ha una lunghezza di 2.5 cm, se osservo una variazione di resistenza pari all'8%, di quanto si è allungato il filo dell'estensimetro?
30. Trasduttori di forza piezoelettrici: tipica risposta in frequenza e soluzioni circuitali.
31. Principi di funzionamento di un accelerometro.
32. Sensori di spostamento di tipo (a) capacitivo e (b) induttivo.
33. Dispositivi magnetici sensibili agli spostamenti: circuito magnetico e sua dipendenza dai fattori geometrici.
34. Caratteristiche ed utilizzo del trasduttore ad effetto Hall.

## Laurea 2<sup>a</sup> parte

1. Illustrare, esemplificando su un caso specifico, la struttura generale di un sistema di misura.
2. Caratteristiche statiche degli elementi di un sistema di misura.
3. Schemi di trasmissione di segnali da sensori.
4. Schemi di calibrazione di sensori (soluzioni analogiche e digitali).
5. Calibrazione di strumenti di misura, schema diretto e indiretto.
6. Data l'equazione di Schrödinger

$$\frac{1}{2m} \left( \frac{\hbar}{i} \nabla - q\vec{A} \right) \left( \frac{\hbar}{i} \nabla - q\vec{A} \right) \psi(\vec{r}, t) + qV(\vec{r}, t)\psi(\vec{r}, t) = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \psi(\vec{r}, t)}{\partial t}$$

dedurre che

$$\frac{\partial P(\vec{r}, t)}{\partial t} = \frac{\partial(\psi(\vec{r}, t)\psi^*(\vec{r}, t))}{\partial t} = -\nabla \cdot \left[ \frac{1}{2m} \left[ \psi^*(\vec{r}, t) \left( \frac{\hbar}{i} \nabla - q\vec{A} \right) \psi(\vec{r}, t) + \psi(\vec{r}, t) \left( -\frac{\hbar}{i} \nabla - q\vec{A} \right) \psi^*(\vec{r}, t) \right] \right]$$

e ricavare l'equazione costitutiva di un materiale superconduttore.

7. Illustrare il modello di conduzione tramite "coppie di Cooper".
8. Posto  $\psi(\vec{r}, t) = \sqrt{\rho(\vec{r}, t)}e^{j\theta(\vec{r}, t)}$  si determini l'espressione di  $J$  in funzione di  $\theta(\vec{r}, t)$  e  $\rho(\vec{r}, t)$  in un superconduttore.
9. Descrivere l'effetto Meissner: fenomenologia ed equazioni della distribuzione spaziale dei campi  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$  e  $\vec{J}$ .
10. Quantizzazione del flusso di induzione magnetica concatenato con un corpo superconduttore.
11. Effetto Josephson: definito il modello a stati accoppiati ricavare, attraverso espliciti passaggi, l'evoluzione temporale della funzione d'onda, ovvero  $\partial(\rho_{1,2})/\partial t$  e  $\partial(\theta_{1,2})/\partial t$
12. A partire dalle relazioni costitutive della giunzione Josephson discutere l'effetto Josephson in corrente continua e quelli in corrente alternata.
13. Struttura della giunzione Josephson e suo modello circuitale (distinguere il contributo per effetto tunnel delle coppie di Cooper e degli elettroni singoli, e discutere i fenomeni di soglia che si manifestano nella conduzione di corrente tunnel).
14. Discutere il comportamento di una giunzione Josephson polarizzata: (a) con un generatore di corrente continua ideale di ampiezza variabile; (b) con un generatore di tensione continua reale di ampiezza variabile.
15. Dispositivi Josephson quali campioni di tensione: principio di funzionamento (incluso gli sviluppi analitici) e soluzioni realizzative (cenni).
16. Dispositivi SQUID: struttura e principio di funzionamento; effetto del campo magnetico esterno sulla corrente Josephson di una singola giunzione estesa.
17. Tipi di rumore.

18. Definizione di cifra di rumore.
19. Cifra di rumore di una coppia di amplificatori e di una catena di amplificatori.
20. Cifra di rumore di un attenuatore.
21. Definizione di "misura di rumore" e configurazione di una catena di amplificatori a minima cifra di rumore.
22. Metodi di misura in presenza di rumore, caratteristiche di sensibilità rispetto ai diversi tipi di rumore.
23. Determinare l'espressione della cifra di rumore di una rete 2-porte rappresentata dalla matrice di trasmissione  $[T]$  e dai parametri di rumore  $R_F$  e  $G_n$  (essendo  $Y_{corr} \cong 0$ ).
24. Dato il circuito con generatori di rumore interni (v. figura 6 (a)) lo si riconduca allo schema di figura 6 (b).

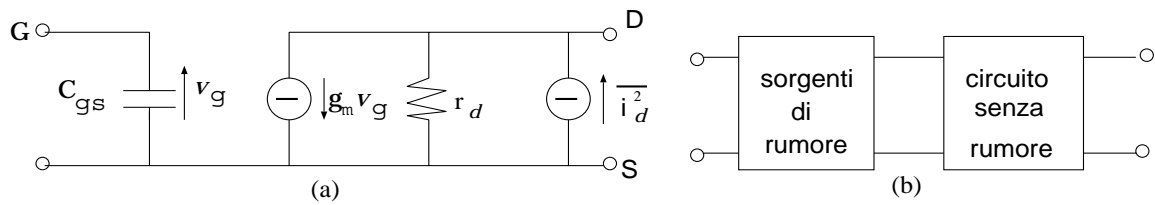


Figura 6: