

Laboratorio di Fisica 3 BASE

Proff. D. Nicolò, C. Roda

Esercitazione N. 3 Amplificatore a transistor.

Scopo dell'esperienza

Realizzare e caratterizzare un amplificatore a transistor usando un transistor NPN 2N2222. Per i dettagli vedere il data-sheet disponibile nella Documentazione tecnica nel folder "Transistor BJT".

Sono riportate in calce alla scheda le formule necessarie per calcolare le quantità rilevanti nel circuito. Lo schema del circuito è mostrato in figura e le sue caratteristiche principali sono:

- alimentazione $V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -5V$;
- corrente di quiescenza di collettore di circa 1 mA;
- guadagno in tensione per frequenze 1-10 kHz intorno a 10.

2N2222 Transistor Pinout



Identificazione dei terminali del transistor.

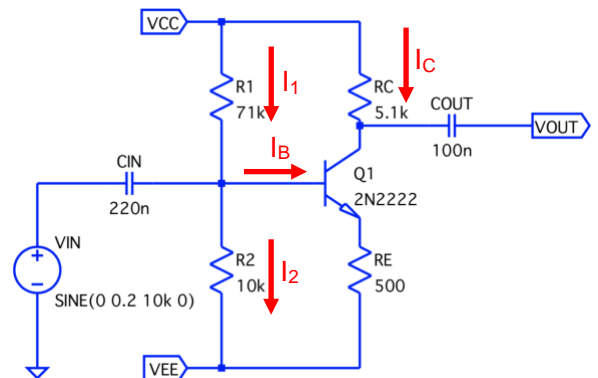
Osservando il componente dall'alto e con la faccia piana alla vostra destra, i terminali sono nell'ordine dall'alto verso il basso C, B, E (si veda l'immagine in alto).

ATTENZIONE; Il pinout riportato sul data-sheet **non** è CONFORME a quello del componente presente nei kit. Per questo aspetto fate ESCLUSIVO riferimento alla figura in alto.

Montaggio del circuito e verifica del punto di lavoro.

Seguire i seguenti punti per il montaggio del circuito in figura:

- prima di iniziare a montare il circuito fatevi un progetto di come fare i collegamenti sulla basetta tenendo conto di tutti i componenti (in particolar modo tenendo conto del fatto che le resistenze di alcuni rami del circuito dovranno essere ottenute combinando in serie o in parallelo alcuni resistori disponibili nei kit);
- trovate i seguenti componenti:
 - $R_C = 5.1 \text{ k}\Omega$
 - $R_E = 0.5 \text{ k}\Omega$ (da ottenere con due resistenze da $1 \text{ k}\Omega$ in parallelo)
 - $C_{IN} = 220 \text{ nF}$
 - $C_{OUT} = 100 \text{ nF}$
 - $R_1 = 71 \text{ k}\Omega$ (da ottenere collegando in serie due resistenze da $51 \text{ k}\Omega$ e $20 \text{ k}\Omega$)
 - $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
- tutti i componenti o loro combinazioni devono essere preliminarmente misurati con il multimetro.



1. Verifica del punto di lavoro

Per questo punto lasciare V_{IN} scollegato dall'ingresso del circuito.

- a. Utilizzare il multimetro digitale per misurare le componenti quiescenti (V_{BE}^Q , V_{CE}^Q , I_C^Q) al punto di lavoro, confrontandole con i valori attesi, e verificare che il punto di lavoro si trovi circa a metà della retta di carico.

Nota: Ogni misura di corrente (da qui e fino alla fine del corso, salvo avviso contrario) deve essere ottenuta come rapporto tra la misura della d.d.p. misurata ai terminali di una resistenza inserita in quel ramo e la misura della stessa resistenza.

- b. Stimare il valore di h_{FE} dal rapporto tra la corrente di collettore e quella di base, quest'ultima ottenuta dalla differenza tra le correnti attraverso R_1 (I_1) ed R_2 (I_2). Verificare che la corrente di base sia almeno un ordine di grandezza inferiore ad I_1 ed I_2 , come necessario per un partitore "stiff".

2. Misura del guadagno dell'amplificatore a centro banda

Inviare in ingresso un segnale di frequenza 10 kHz ed osservare all'oscilloscopio i segnali di ingresso ed uscita. In particolare:

- a. verificare l'inversione di fase del segnale in uscita;
- b. misurare il guadagno $A_V = (V_{OUT}/V_{IN})$ per piccoli segnali (atteso circa 10) variando opportunamente l'ampiezza di V_{IN} e riportando le ampiezze (V_{IN} , V_{OUT} e relativi errori) in una tabella e in un grafico;
- c. verificare la linearità del circuito e i suoi limiti;
- d. discutere l'effetto di *clipping* del segnale di uscita (taglio dei segnali elevati) discutendo la sua simmetria e la relazione con la posizione del punto di lavoro sulla retta di carico.

3. Risposta in frequenza

- a. Utilizzando il "Network Analyzer", misurare la risposta in frequenza del circuito tra circa 10 Hz e 10 MHz avendo fissato l'ampiezza di V_{IN} a 200 mV.
- b. Determinare le frequenze di taglio dell'amplificatore (spiegando il metodo utilizzato).
- c. Confrontare la frequenza di taglio inferiore con la frequenza attesa.
- d. Discutere qualitativamente la dipendenza della frequenza di taglio superiore dalle caratteristiche reali del transistor ad alta frequenza.

Formule utili per il funzionamento del circuito amplificatore a transistor escludendo i condensatori di ingresso ed uscita.

$$A_V = -\frac{R_C}{R_E + h_{ie}/h_{fe}} \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

$$I_C^Q = \frac{V_{BB} - V_{BE}^Q}{R_E + R_{BB}/h_{FE}}, \quad \text{con } V_{BB} \equiv \frac{V_{CC} - V_{EE}}{1 + R_1/R_2}, \quad R_{BB} \equiv R_1 \parallel R_2$$

$$\begin{aligned} V_{CE}^Q &= V_{CC} - V_{EE} - (R_C + R_E)I_C^Q \\ Z_{IN} &= (h_{ie} + h_{fe}R_E) \parallel R_{BB} \\ Z_{OUT} &= R_C \end{aligned}$$