

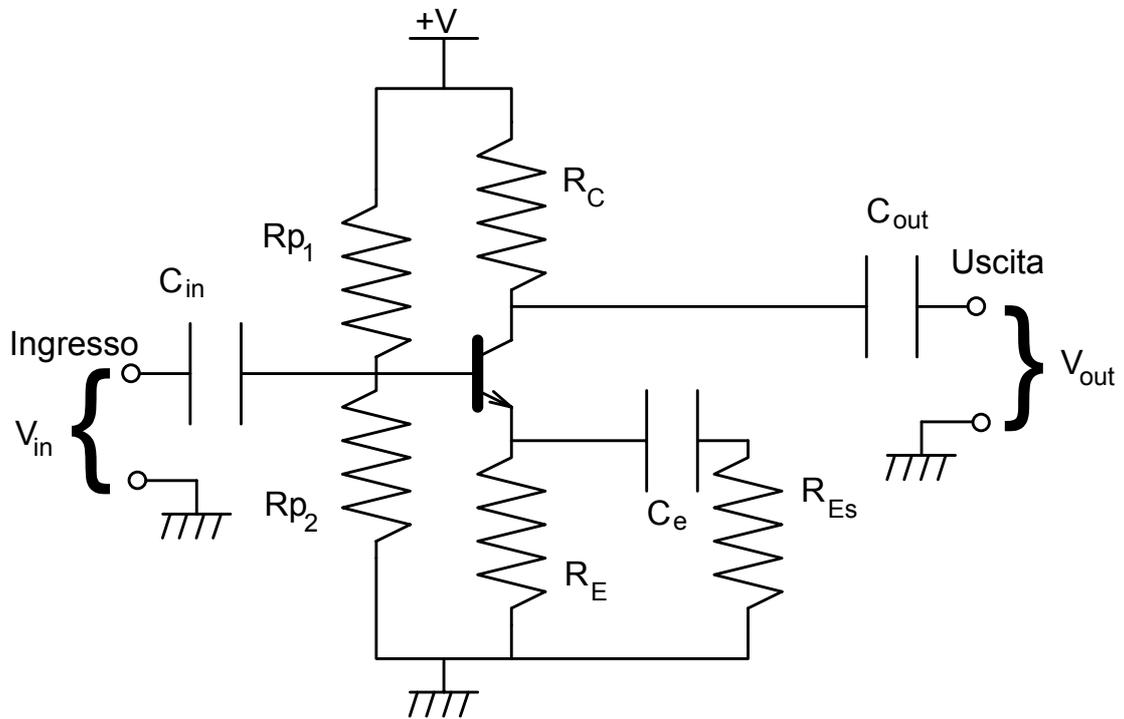
Amplificatore ad Emittitore Comune

GUIDA ALL'ESPERIENZA

AMPLIFICATORE COMMON EMITTER

RELAZIONE

Gruppo

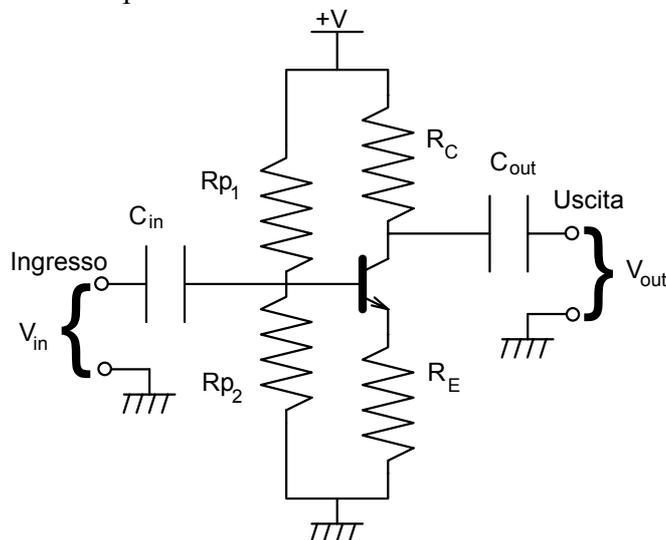


Amplificatore ad Emittitore Comune

Un po' di teoria.... :-)

L'esperienza di oggi vi viene proposta con l'intenzione di introdurre il funzionamento ed i criteri di scelta dei parametri fondamentali per uno dei più comuni tipi di amplificatore a transistor: l'amplificatore ad emittitore comune.

Fondamentalmente un amplificatore ad emittitore comune ha una forma del tipo:



Trascuriamo per il momento R_{p1} , R_{p2} , C_{in} e C_{out} : l'ampiezza (in tensione) del segnale in uscita può essere calcolata considerando la resistenza R_c , percorsa da una corrente I_c , corrente di collettore del transistor. La differenza di potenziale ai capi di R_c è $R_c I_c$, e quindi il potenziale del punto segnato come "uscita" è

$$V - R_c I_c.$$

La corrente I_c è approssimativamente data (se il transistor si trova nella regione attiva) dalla relazione

$$I_c \approx I_e = (V_{in} - V_{be}) / R_e,$$

per cui si ha:

$$V_{out} = V - R_c (V_{in} - V_{be}) / R_e.$$

È chiaro che scegliendo opportunamente il rapporto R_c/R_e , si può quindi realizzare un dispositivo che "amplifica" piccole (a causa della limitata variabilità di V_{out}) variazioni del segnale in ingresso.

È per questo comodo introdurre i due condensatori C_{in} e C_{out} , e il partitore resistivo costituito da R_{p1} e R_{p2} , in modo da sommare il segnale in ingresso alla tensione di polarizzazione del transistor (vedi l'esperienza precedente) e disaccoppiare il segnale in uscita dalla polarizzazione statica del collettore.

In questo modo la relazione tra V_{out} e V_{in} è data dalla versione differenziata di quella precedentemente trovata, e quindi:

$$\Delta V_{out} = - \Delta V_{in} R_c / R_e$$

Da cui si deduce che il nostro sistema funziona come amplificatore **invertente** per la componente AC del segnale in ingresso.

Supponiamo ora di voler essere "ingordi", e chiedere un'elevata amplificazione: il rapporto R_c/R_e deve essere elevato, la scelta ottimale sembrerebbe quindi $R_e = 0$. In

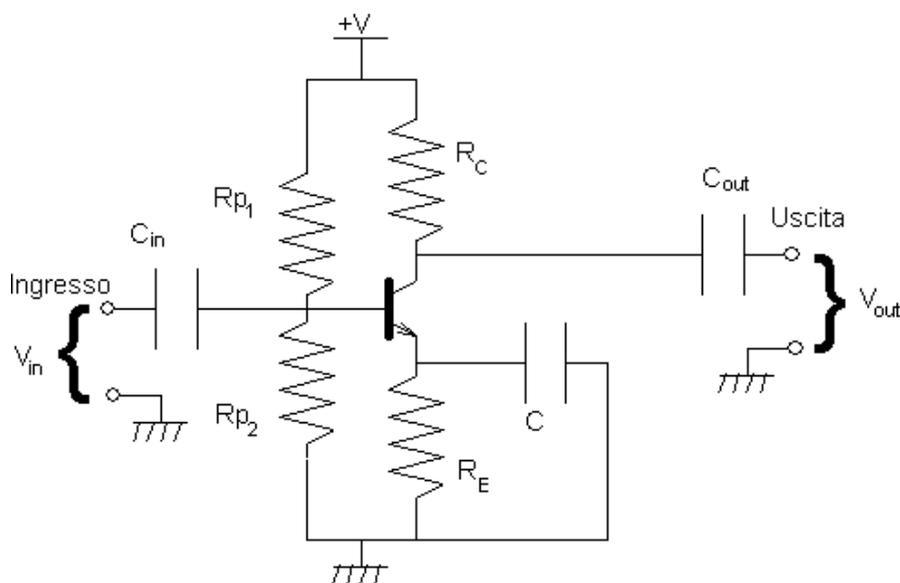
Amplificatore ad Emittitore Comune

questo modo però la polarizzazione del transistor sarebbe instabile infatti la corrente I_E in condizioni statiche sarebbe data da :

$$I_E = (V_B - V_{BE}) / r_e$$

e quindi sarebbe dipendente dalla temperatura attraverso r_e (la resistenza della giunzione base-emettitore polarizzata direttamente). E' quindi opportuno scegliere $R_E \gg r_e$ per avere un punto di lavoro stabile.

Per questi motivi si sceglie comunemente R_e in modo tale che V_e sia almeno dell'ordine di 1V (V_{be} è circa 0.6V), e ciò pone un limite al rapporto R_C/R_e , che può essere però superato con un piccolo trucco:

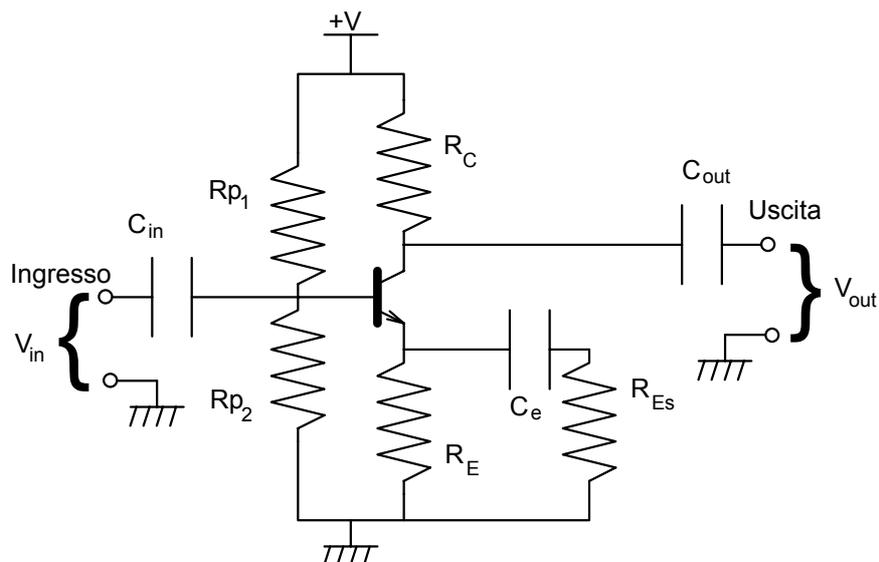


si pone cioè in parallelo ad R_e un condensatore C . In condizioni statiche il potenziale dell'emettitore è fissato unicamente da R_e , ma per quanto riguarda il segnale la resistenza R_e viene bypassata da C_e e quindi il guadagno dell'amplificatore è :

$$G = R_C / r_e$$

Questa configurazione però presenta un altro problema poiché il guadagno sarebbe dipendente da I_C , T e da V_{CE} attraverso la resistenza r_e . In pratica il guadagno del nostro amplificatore varierebbe in funzione dell'ampiezza del segnale di input ed in funzione delle condizioni meteorologiche. Questo problema viene risolto con un compromesso ponendo cioè in serie al condensatore di bypass una resistenza R_{es} , piccola rispetto ad R_e ma grande rispetto ad r_e .

Amplificatore ad Emittitore Comune

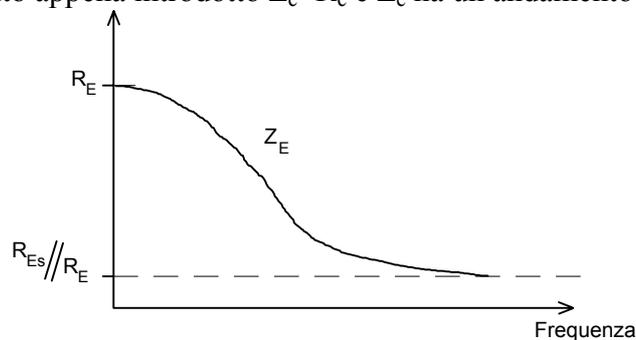


Accettando quindi il compromesso di un amplificatore con guadagno minore si puo' avere un amplificatore con guadagno stabile.

Volendo essere un po' piu' formali in questo discorso sull'*ingordigia*, si puo' semplicemente notare che nel caso generale di carichi non puramente resistivi, l'espressione per il guadagno AC puo' essere scritta come:

$$\Delta V_{out} = -\Delta V_{in} Z_c / Z_e$$

e che con il circuito appena introdotto $Z_c = R_c$ e Z_e ha un andamento:

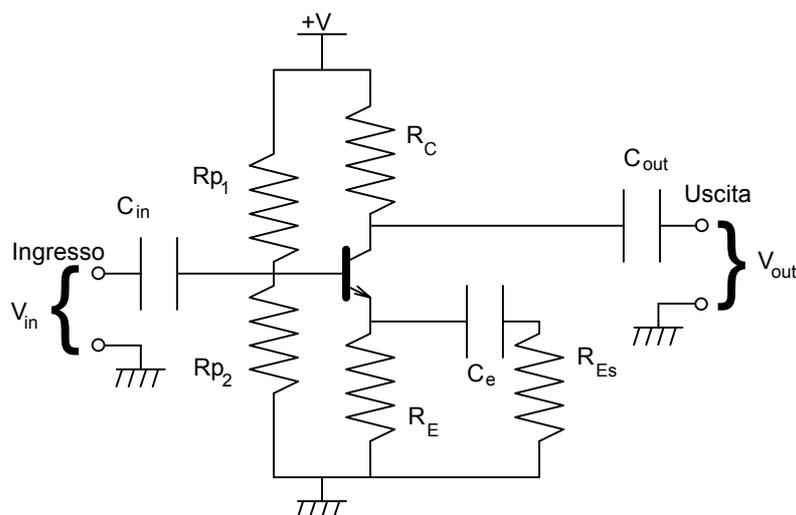


In questo modo abbiamo quindi risolto i nostri problemi: il guadagno AC del sistema è dato praticamente dall'espressione:

$$\Delta V_{out} = -\Delta V_{in} R_c / R_{es}$$

mentre la polarizzazione dell'emittore è pilotata dal valore di R_e .

Amplificatore ad Emittitore Comune



Progettazione del circuito [ovvero, un po' di calcoli... :-((]

Ci poniamo lo scopo di progettare e realizzare un amplificatore ad emittitore comune, con le seguenti caratteristiche:

Alimentazione $V_{\text{supply}} = 20 \text{ V}$

Guadagno ≈ 100 per segnali al di sopra di 100Hz

I_c in quiete = 0.5 mA

resistenza della giunzione di emittore $r_e = 50 \text{ ohm}$ per $I_c = 0.5 \text{ mA}$

Si procede prima di tutto scegliendo R_c in modo che V_c nel punto di lavoro ($I_c = 0.5 \text{ mA}$) sia centrale nell'intervallo $[0, +V_{\text{supply}}]$ (limitando quindi il più possibile effetti di "clipping"). Questo fissa infatti, data I_c , il valore di R_c :

$$R_c =$$

La richiesta sul guadagno dell'amplificatore ci obbliga immediatamente a fissare anche il valore di R_{es} , tenendo conto della resistenza di emittore del transistor (che può essere pensata come in serie all'emittitore stesso, e quindi anche in serie al parallelo tra R_e e (R_{es}, C_e)):

$$R_{es} =$$

Fissiamo anche C_e , in modo tale che a 100Hz l'impedenza del condensatore sia trascurabile ($\approx 1/10$) rispetto a quella di R_{es} :

$$C_e =$$

ATTENZIONE: sarete costretti ad usare per C_e un condensatore elettrolitico, quindi VERIFICATE ATTENTAMENTE LA POLARIZZAZIONE DA UTILIZZARE NEL CIRCUITO: i condensatori elettrolitici utilizzati con la polarizzazione sbagliata sovente **ESPLODONO**.

Amplificatore ad Emittitore Comune

A questo punto possiamo preoccuparci di completare la polarizzazione statica del transistor: fissiamo R_e in modo tale che, in condizioni statiche, sia V_e circa 1V:

$$R_e =$$

Il partitore (R_{p1}, R_{p2}) deve ora essere scelto in modo tale che $V_b^{statica} - V_e \approx 1V$ ponga il transistor nella regione attiva. Questo fissa il rapporto R_{p1}/R_{p2} .

Per fissare il valore delle due resistenze, richiediamo che il partitore sia un buon generatore di tensione per il transistor, cioè $R_{OUT}^{part} = R_{p1} // R_{p2} \ll R_{IN}^{TRANS} = \beta R_e$

$$R_{p1} =$$

$$R_{p2} =$$

Fissiamo adesso i condensatori di ingresso e di uscita.

Per la capacità di ingresso, il criterio guida è quello di minimizzare la caduta su di essa per il segnale che vogliamo amplificare: questo significa fissarne il valore in modo che la sua impedenza (al di sopra dei 100Hz) sia piccola rispetto all'impedenza di ingresso del circuito che la segue. Esprimere questa impedenza in funzione di R_{p1} , R_{p2} , R_{es} e β :

$$Z_{in} =$$

e fissare quindi C_{in} :

$$C_{in} =$$

Per quel che riguarda C_{out} , il suo valore va scelto con un criterio analogo, ma confrontando stavolta il suo valore con il valore dell'impedenza di ingresso dello strumento collegato al suo estremo libero (quindi l'oscilloscopio) alla frequenza che ci interessa (i soliti 100Hz).

$$C_{out} =$$

Amplificatore ad Emittitore Comune

Realizzazione pratica e misura delle caratteristiche dell'amplificatore ("How I did it" di V. Frankenstein)

A questo punto possiamo montare il circuito.

Misure di impedenza

Misurate l'impedenza di ingresso e di uscita del circuito alla frequenza nominale di 100Hz, per un segnale in ingresso di ampiezza 0.05V.

(Molto probabilmente il vostro generatore non produrrà segnali così piccoli, per cui dovrete far ricorso ad un partitore resistivo che attenui il segnale del generatore.

Curate, nella scelta dei valori delle resistenze del partitore, che la loro impedenza sia piccola rispetto a quella di ingresso del circuito. **Riportate qui di seguito anche i valori delle resistenze usate per il partitore)**

$$Z_{in} = \quad \pm \quad \quad \quad R_{part}^1 = \quad \pm$$

$$Z_{out} = \quad \pm \quad \quad \quad R_{part}^2 = \quad \pm$$

Confrontatele con quanto aspettato dalla progettazione del circuito

Linearità dell'amplificatore

Misurate (e graficate) ora la linearità del circuito, mandando in ingresso un segnale sinusoidale di frequenza 1000Hz, ed ampiezza (V_{in}) variabile, e misurando il guadagno (V_{out}/V_{in}) per vari valori di V_{in} .

Individuate l'ampiezza massima del segnale in ingresso per la quale la risposta del circuito è ancora approssimativamente lineare:

$$V_{max} = \quad \pm$$

Amplificatore ad Emettore Comune

Risposta in frequenza e misura della banda passante

Generate adesso all'ingresso del circuito un'onda quadra di ampiezza pari a $V_{\max}/2$, e confrontate il segnale in ingresso con quello in uscita. Cosa è successo al fronte di salita del segnale? Quanto vale il rise-time del segnale in uscita?

$$T_{\text{rise}} = \quad \pm$$

Mandate ora in ingresso un segnale sinusoidale di frequenza variabile, ed ampiezza ancora $V_{\max}/2$. Misurate e graficate il guadagno per vari valori di frequenza, in modo da evidenziare l'effetto dei tagli a bassa frequenza attesi a causa delle capacità in gioco, e la risposta del circuito ad alta frequenza. Sapete collegare quest'ultimo comportamento con l'effetto visto sull'onda quadra?

Usereste questo circuito come amplificatore d'ingresso per il vostro oscilloscopio, di banda passante 10MHz?

Lo usereste come amplificatore di un segnale audio di ampiezza 0.7V picco-picco?

Giustificate le vostre risposte, eventualmente descrivendo brevemente le modifiche da apportare.