

# Laboratorio di Segnali e Sistemi

## - Esercitazione -2 -

### Amplificatore ad Emettitore Comune senza capacità sull'emettitore



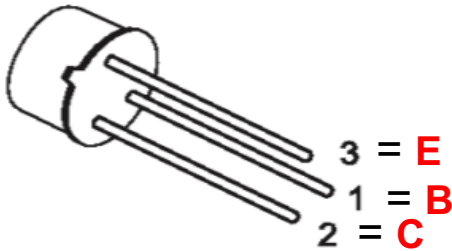
Claudio Luci  
SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

*last update : 070117*

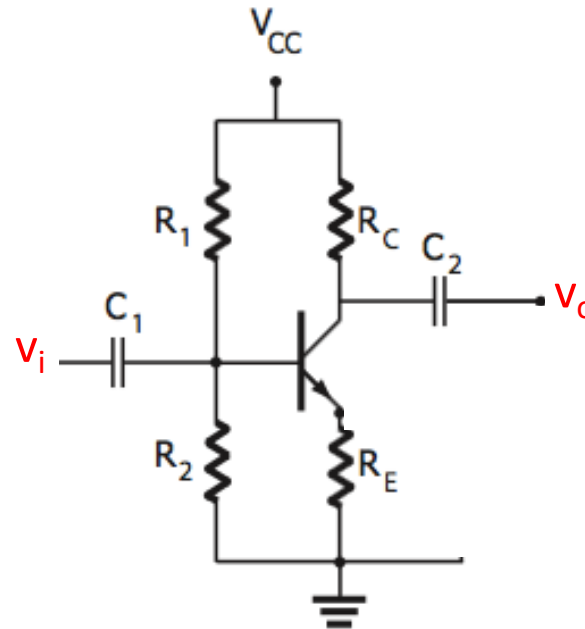
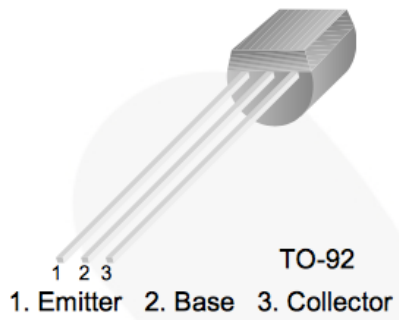
# Amplificatore CE

Utilizzeremo il transistor 2N2222A (npn) per realizzare un amplificatore ad emettitore comune senza capacità sull'emettitore

Involucro metallico



Involucro plastico



Scegliamo:

- $V_{CC} = 12\text{ V}$
- $V_{CE} = 5\text{-}6\text{ V}$
- $I_C \sim 1\text{ mA}$
- $A_V = \text{-(5-6)}$
- $f_t \sim 1\text{-}3\text{ kHz}$

Ad esempio:

- $R_C = 5.6\text{ k}\Omega$
- $R_E = 1\text{ k}\Omega$
- $R_1 = 33\text{ k}\Omega$
- $R_2 = 5.6\text{ k}\Omega$
- $C_1 = 22\text{-}33\text{ nF}$
- $C_2 = 470\text{ nF}$

**Importante: non smontate il circuito che verrà usato anche nell'esercitazione 3**

# Scelta dei componenti

- Scegliamo  $V_E \sim 10\%$  di  $V_{CC}$ . Con  $I_C \sim 1\text{ mA}$ , abbiamo:  $R_E = 1.0\text{ k}\Omega$  oppure  $1.2\text{ k}\Omega$
- Se vogliamo  $A_V \sim 5-6$ , allora possiamo scegliere:  $R_C = 4.7\text{ k}\Omega$  oppure  $5.6\text{ k}\Omega$
- Con:  $R_E = 1.0\text{ k}\Omega$  e  $R_C = 5.6\text{ k}\Omega$  abbiamo  $V_{CE} \approx 5.4\text{ V}$  (ma anche altre scelte andavano bene)
- Con:  $R_E = 1.0\text{ k}\Omega$  e  $I_C = 1.0\text{ mA}$  abbiamo  $V_E = 1.0\text{ V}$  e  $V_B = 1.7\text{ V}$
- Trascurando la  $I_B$  rispetto alla corrente che scorre nel partitore della base, abbiamo:  
 $V_B = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ; se  $R_1 + R_2 = 12\text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 1.7\text{ k}\Omega$  e  $R_1 = 10.3\text{ k}\Omega$

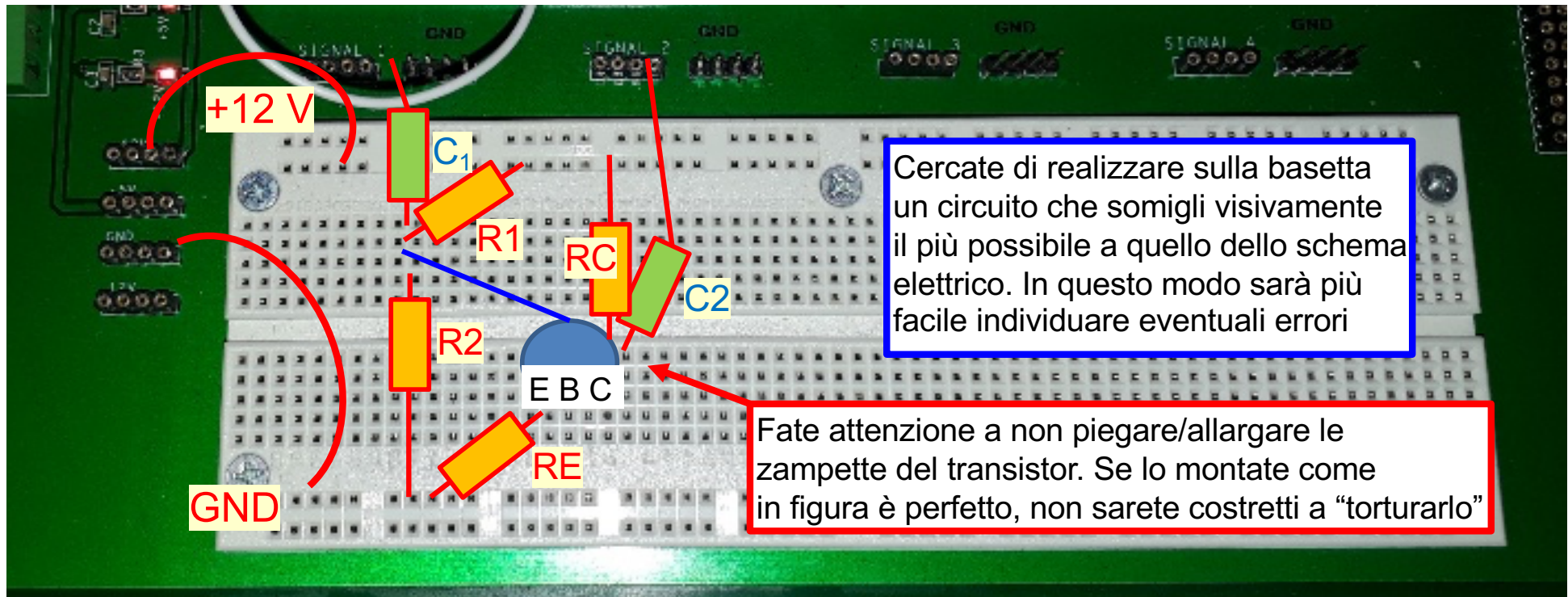
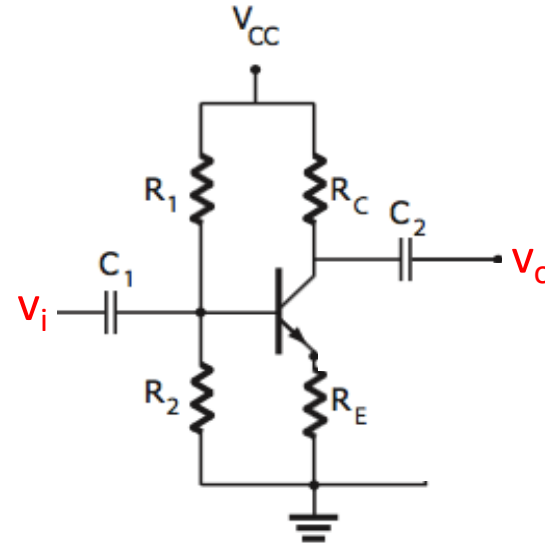
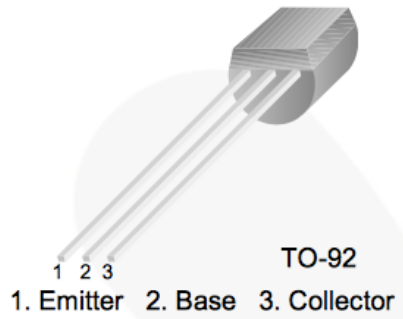
però  $R_2$  è troppo piccola (si avrebbe  $R_i$  piccola) allora scaliamo tutto per un fattore  $\sim 3$   
 $R_2 = 5.6\text{ k}\Omega$  e  $R_1 = 33\text{ k}\Omega$

- Con:  $R_B = 4.8\text{ k}\Omega$  e  $R_{i\_trans} \approx h_{fe} \cdot R_E \geq 50\text{ k}\Omega \Rightarrow R_i \geq 4.4\text{ k}\Omega$
- Vogliamo la frequenza di taglio inferiore determinata univocamente da  $C_1$  e pari a circa **1-3 kHz**, quindi:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot R_i \cdot f_t} = \frac{1}{2\pi \cdot 4.4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3} = 18\text{ nF}$$

- Scegliamo :  $C_1 = 22\text{ nF}$  e  $C_2$  molto più grande, ad esempio  $C_2 = 470\text{ nF}$

# Esempio di montaggio



# Verifica del circuito

Una volta montato il circuito, occorre fare alcune verifiche preliminari prima di iniziare le misure richieste

1. Controllate il punto di lavoro del transistor:
  - $V_{CE}$ ,  $V_{BE}$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $I_E$  (a rigore la  $I_E$  non sarebbe necessaria, però ...)
2. Misurate anche il potenziale della base e dell'emettitore e confrontatelo con i valori aspettati dal progetto
3. Una volta verificato che il punto di lavoro corrisponde, grosso modo, a quanto progettato, potete fornire in ingresso un segnale sinusoidale di ampiezza tale da far lavorare il transistor sempre nella zona attiva.  
$$(V_{i\_max} = \min(V_{CE}-0.2; V_{CC}-V_{CE})/A_V = 5.2/5.6 = 0.93 \text{ V})$$
4. Fate un rapido scan in frequenze per individuare il valore dell'amplificazione massima
  - Controllate che il segnale di uscita non sia distorto. Se lo fosse riducete l'ampiezza del segnale d'ingresso. Nel caso il segnale d'ingresso fosse troppo piccolo, aumentatelo controllando sempre che il segnale d'uscita non venga distorto.
  - Controllate che l'amplificazione massima corrisponda al valore aspettato
5. Controllate che la posizione della frequenza di taglio, corrispondente al 70% dell'amplificazione massima, sia nell'intorno di quella aspettata

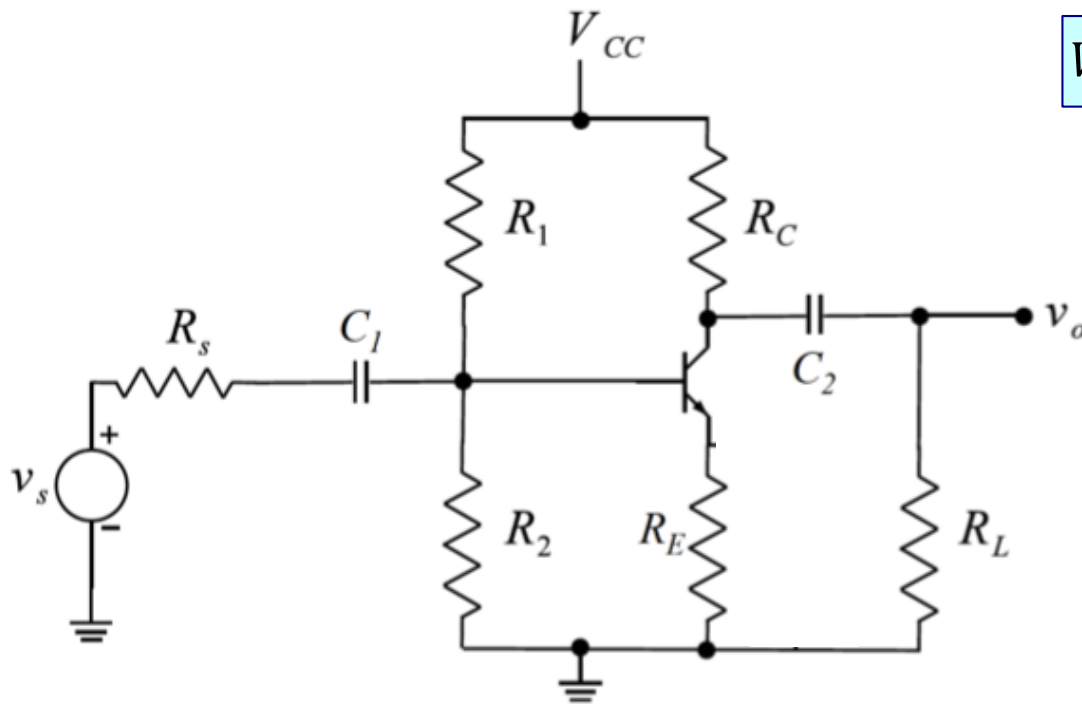
Una volta fatte tutte queste verifiche, che riporterete nella vostra relazione, potete procedere con le misure richieste

# Risposta in frequenza

- Costruite il diagramma di Bode dell'ampiezza della funzione di trasferimento e valutate la banda passante dell'amplificatore.
- Per far questo occorre misurare l'amplificazione di tensione dell'amplificatore in tutto l'intervallo di frequenza esplorabile.
- Possibilmente le misure devono essere equamente distribuite in scala logaritmica
- **Tuttavia dovete prendere un numero maggiore di misure intorno alle frequenze di taglio, sia di quella inferiore che di quella superiore.**
- Quando vi trovate in un regime di frequenze tali che l'amplificazione diminuisce sensibilmente, potrebbe essere opportuno aumentare l'ampiezza del segnale d'ingresso, facendo sempre attenzione che il segnale d'uscita non venga deformato.
- Una volta effettuato lo scan in frequenza, ricavate il valore delle due frequenze di taglio facendo uso di grafici lineari; non utilizzate il diagramma di Bode per fare ciò.
- **Valutate anche lo sfasamento del segnale d'uscita, rispetto a quello d'ingresso, nell'intorno delle due frequenze di taglio e a frequenze intermedie.**
- **Inserite nella relazione una tabella con tutte le misure effettuate.**

# Resistenza d'uscita

- Misurate ore la resistenza d'uscita  $R_o$  dell'amplificatore a **frequenze intermedie**.
- Per farlo occorre confrontare la tensione d'uscita con e senza un carico  $R_L$  esterno.
- Il carico  $R_L$  deve essere tale da ottimizzare la sensibilità della misura, quindi esso deve avere un valore vicino alla  $R_o$  che si vuole misurare, che sappiamo essere uguale a  $R_C$ .
- Non dimenticate di inserire il condensatore  $C_2$ .



$V_o$  e' la tensione che misurate senza  $R_L$

$$V_o^* = V_o \frac{R_L}{R_{out} + R_L}$$

$$R_{out} = \frac{V_o - V_o^*}{V_o^*} R_L$$

Le tensioni vanno misurate con l'oscilloscopio

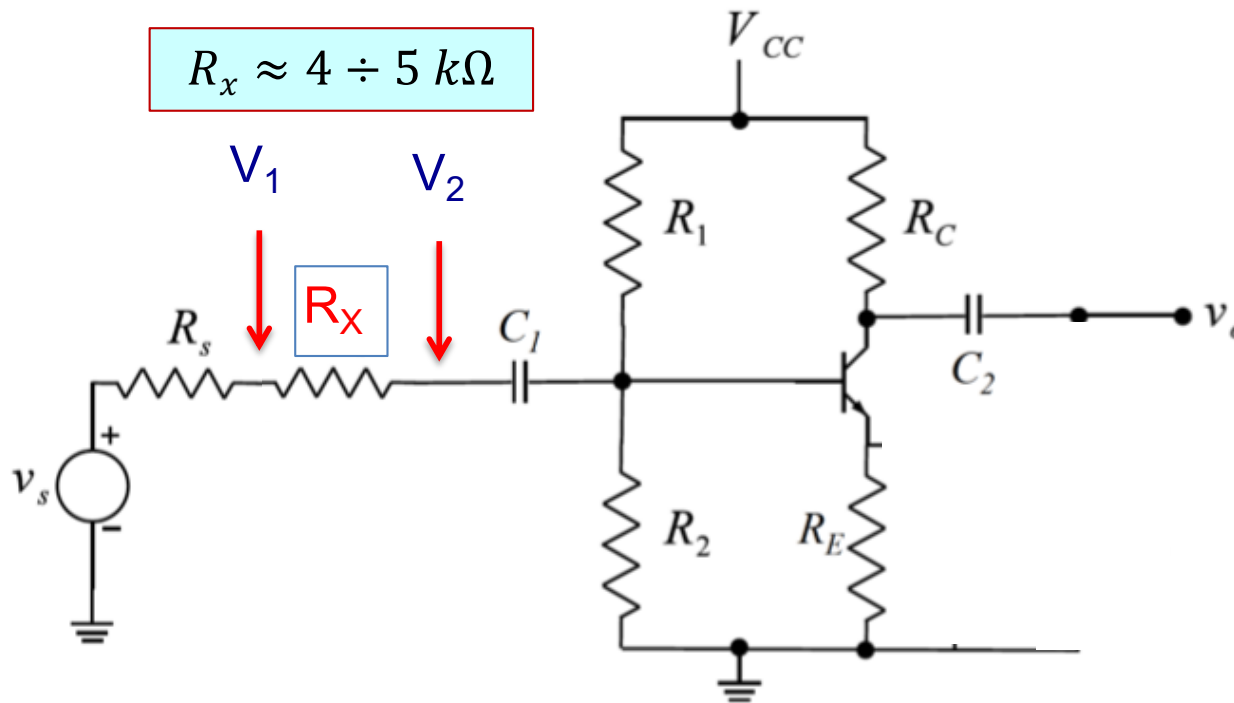
Andrebbero fatte diverse misure al variare di  $R_L$

# Resistenza d'ingresso (facoltativo)

- ❑ proviamo a valutare la resistenza d'ingresso dell'amplificatore.
- ❑ puo' essere valutata dalla misura della frequenza di taglio
- ❑ oppure modificando il circuito nel modo seguente:



$$R_{in} = \frac{1}{2\pi f' C_1}$$



$$R_x \approx 4 \div 5 \text{ k}\Omega$$

$$V_2 = V_1 \frac{R_{in}}{R_x + R_{in}}$$



$$R_{in} = \frac{V_2}{V_1 - V_2} R_x$$

Le tensioni vanno misurate con l'oscilloscopio

Andrebbero fatte diverse misure al variare di  $R_x$

- ❑ Utilizzate la resistenza d'ingresso misurata, unitamente alla capacità  $C_1$ , per valutare la frequenza di taglio inferiore e confrontatela con quella ricavata dal grafico dell'amplificazione.



# Che succede se cambiamo $R_C$ ? (facoltativo)

- La corrente di collettore  $I_C$  dipende solo dal potenziale dell'emettitore e dalla  $R_E$ .
- A sua volta il potenziale dell'emettitore dipende dal potenziale della base, assumendo che il transistor lavori sempre nella regione attiva.
- Quindi la  $I_C$  dipende solo da  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_E$ .
  
- Domanda: cosa succede se cambiamo la  $R_C$ ?**
- Provate ad esempio ad usare:

$$R_C = 8.2 \text{ k}\Omega$$

- Misurate di nuovo il punto di lavoro del transistor:  $V_{CE}$ ,  $V_{BE}$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $I_E$
- Poi mettetevi a frequenze intermedie e misurate:
  - L'amplificazione di tensione
  - La massima dinamica del segnale d'ingresso

Una volta fatta la misura rimettere la  $R_C$  originaria.



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Fine esercitazione 2