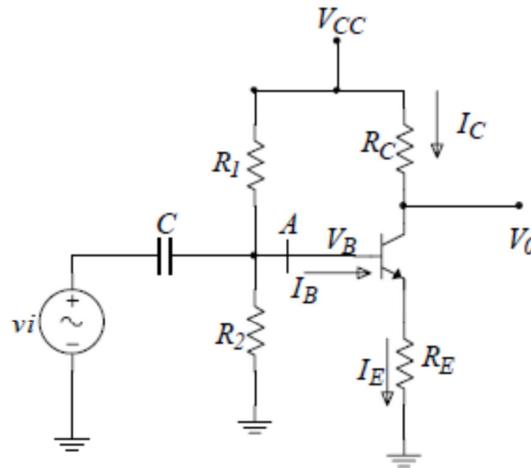


Schema migliorato:

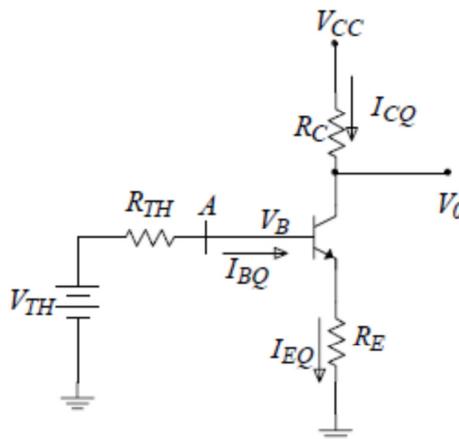


Assunzione di progetto (non sempre valida):

$$V_o \text{ quiescente a meta' range} \rightarrow V_o = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$\rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{2R_C} \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{CC}}{2\beta R_C}$$

Equivalente di Thevenin del partitore di base alimentato da  $V_{CC}$ :



$$R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, V_{TH} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Punto di lavoro (= quiescente):

$$V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + I_E R_E$$

$$I_C = \beta I_B \rightarrow I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$\rightarrow V_{TH} = I_B [R_{TH} + (\beta + 1) R_E] + V_{BE}$$

$$\rightarrow I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E}$$

$$R_{TH} \ll (\beta + 1) R_E \rightarrow I_B \approx \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E}$$

$$\text{Es: } R_{TH} = \frac{(\beta + 1) R_E}{10}$$

$$\rightarrow I_C \approx \frac{\beta (V_{TH} - V_{BE})}{(\beta + 1) R_E} \approx \frac{(V_{TH} - V_{BE})}{R_E}$$

$$\rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = V_{CC} - I_C \left( R_C + \frac{1 + \beta}{\beta} R_E \right)$$

$$\rightarrow V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

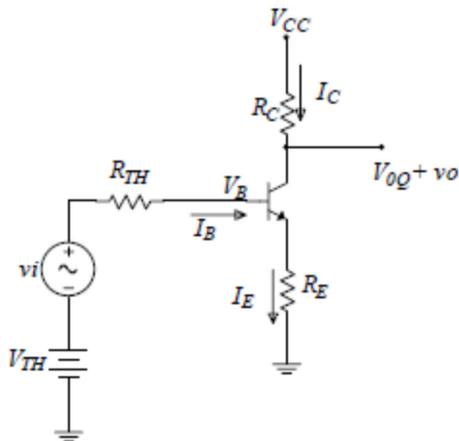
Punto di lavoro (=  $(I_C, V_{CE})$ ):

Indipendente da  $\beta$ , purché  $\beta \gg 1$

→ Indipendente da  $\beta$

→ Indipendente da T

Guadagno (piccoli segnali):



Transistor in zona lineare:

Correnti/Tensioni corrispondenti al punto di lavoro prescelto

Segnali di ingresso/uscita: incrementi/decrementi rispetto al punto di lavoro

Legge di Kirchoff per le maglie di ingresso e di uscita, applicata agli incrementi di tensione:

$$v_i = i_b R_{TH} + v_{be} + i_E R_E \approx i_b R_{TH} + i_E R_E \quad V_{BE} \sim \text{cost}$$

$$\beta i_B R_C + v_{CE} + i_E R_E = 0 \quad V_{CC} = \text{cost}$$

$$i_B = \frac{v_i - i_E R_E}{R_{TH}}, i_E = (\beta + 1) i_B$$

$$\rightarrow \beta i_B R_C + v_{CE} + (\beta + 1) i_B R_E = 0$$

$$\rightarrow \frac{v_o}{v_i} = - \frac{\beta i_B R_C}{v_i} = - \frac{\beta i_B R_C}{i_B R_{TH} + i_E R_E} = - \frac{\beta i_B R_C}{i_B R_{TH} + i_B (\beta + 1) R_E}$$

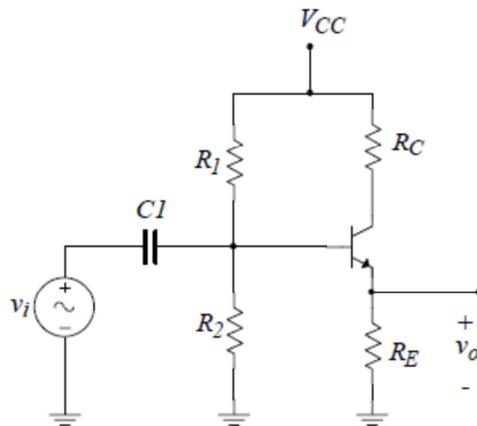
$$\rightarrow \frac{v_o}{v_i} = - \frac{\beta i_B R_C}{i_B R_{TH} + i_B (\beta + 1) R_E} = - \frac{\beta R_C}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E}$$

Guadagno di tensione a bassa frequenza per piccoli segnali

$$\frac{v_o}{v_i} \approx - \frac{R_C}{\frac{R_{TH}}{\beta} + R_E} \approx - \frac{R_C}{R_E}, \text{ indipendente da } \beta \text{ etc}$$

Altre configurazioni per BJT in zona attiva:

Collettore comune



Ingresso: Base

Uscita: Emettitore

Punto di lavoro: Stessa analisi usata per emettitore comune

Guadagno a bassa frequenza:

$$v_o = i_E R_E = i_B (\beta + 1) R_E$$

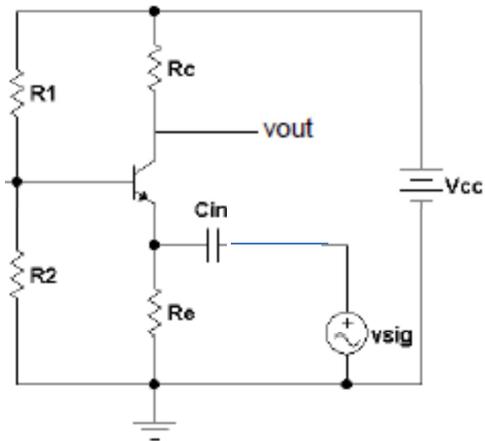
$$v_i \simeq i_B [R_{TH} + (\beta + 1) R_E]$$

$$\rightarrow \frac{v_o}{v_i} \simeq \frac{(\beta + 1) R_E}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E}$$

$$\text{Se } R_{TH} \ll (\beta + 1) R_E \rightarrow \frac{v_o}{v_i} \simeq 1$$

Guadagno quasi unitario: 'Inseguitore di emettitore'

Base comune



Ingresso: Emittitore

Uscita: Collettore

$$v_o = i_C R_C = \alpha i_E R_C$$

$$v_i \simeq i_E R_E$$

Guadagno in tensione a bassa frequenza:

$$\rightarrow \frac{v_o}{v_i} \simeq \frac{\alpha i_E R_C}{i_E R_E} = \alpha \frac{R_C}{R_E} \approx \frac{R_C}{R_E}$$

Come CE, non invertente

Differenze fra le configurazioni:

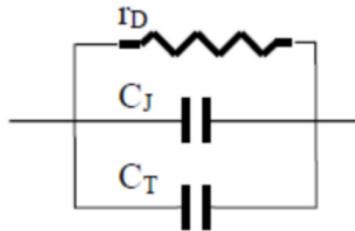
Utile rifarsi a un modello di funzionamento del *BJT*

Molti modelli, utili a fini diversi/in regimi diversi

Idea generale:

Effetto su segnale, in ogni configurazione → Quadripolo

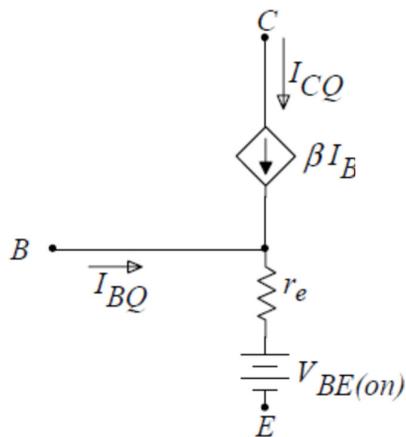
Richiamo: Modello del diodo in conduzione



Inizialmente, solo  $r_D = \frac{V_T}{I_D}$

Zona lineare: Giunzione *BE* in conduzione

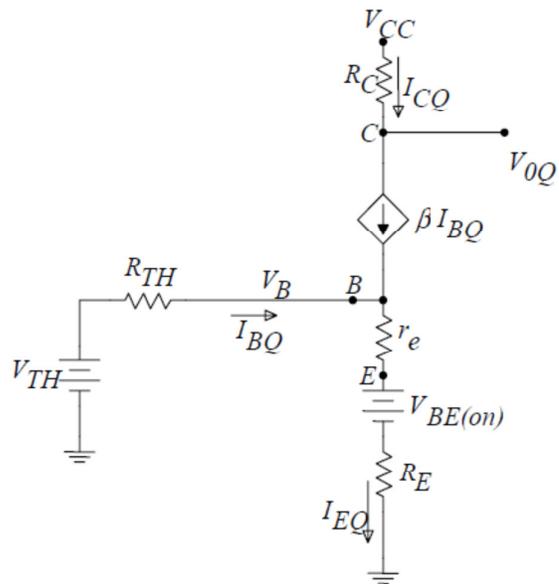
→ Modello a T



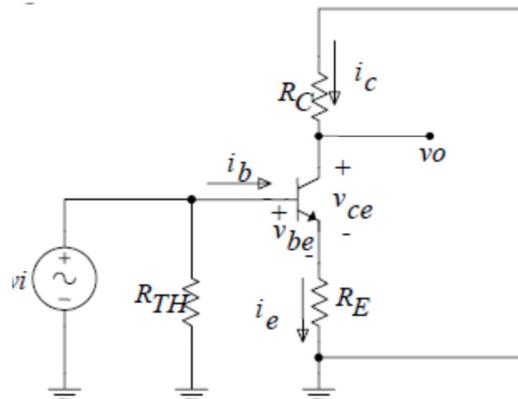
Generatore di corrente controllato:

$$I_C = \beta I_B$$

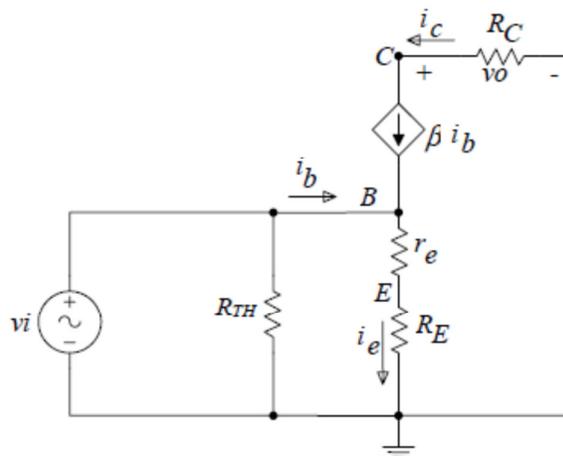
Modello inserito nella configurazione CE :



CE per i piccoli segnali in AC intorno al punto di lavoro:



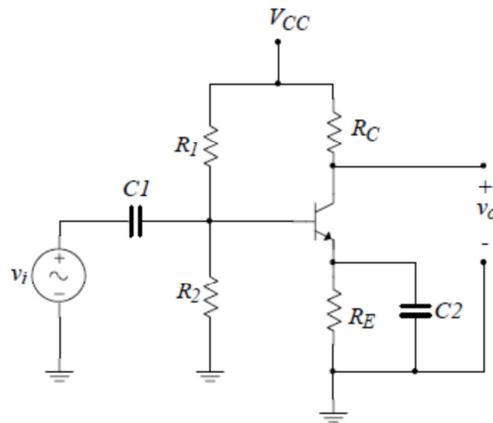
Modello a T di CE per i piccoli segnali in AC:



Guadagno di tensione a bassa frequenza:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-i_c R_C}{i_e (r_e + R_E)} = \frac{-\beta i_b R_C}{(1 + \beta) i_b (r_e + R_E)} = -\frac{\beta}{\beta + 1} \frac{R_C}{r_e + R_E}$$

Aggiunta di una C di bypass sull'emettitore:

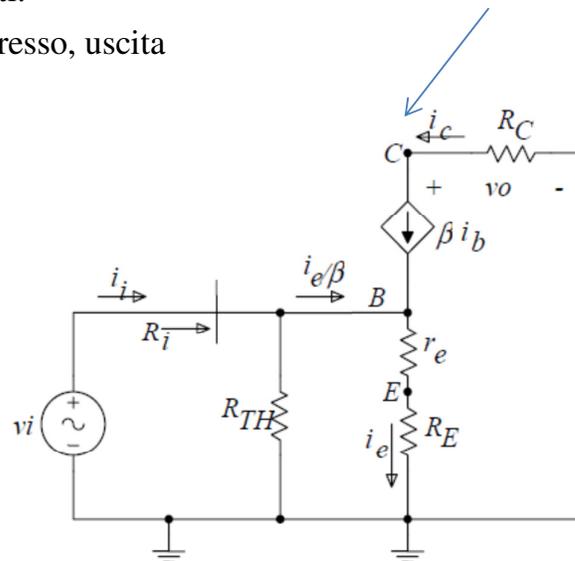


Effetto di  $C_2$  grande quando

$$\frac{1}{\omega C_2} \ll r_E \rightarrow \omega \gg \frac{1}{r_E C_2}$$

Parametri rilevanti:

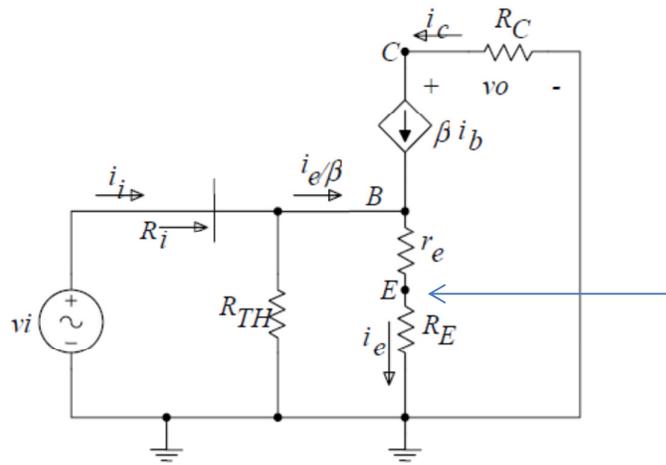
Resistenza di ingresso, uscita



$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_{TH} \parallel (1 + \beta)(r_e + R_E)$$

$$R_o = R_C$$

Emitter follower: Stesso circuito equivalente a T di prima  
 Uscita su emettitore



$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_{TH} \parallel (1 + \beta)(r_e + R_E) \rightarrow \text{Alta: stessa di CE}$$

$$R_o = r_e \parallel R_E \approx r_e \rightarrow \text{Molto bassa}$$

→ CC: *Buffer*

Guadagno di tensione unitario

Guadagno di corrente elevato

→ Adattatore di impedenza