

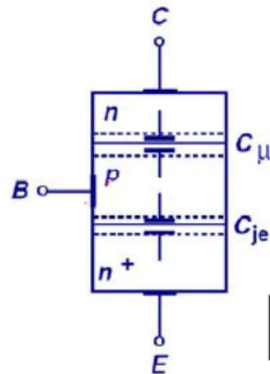
## 18 - BJT: Comportamento ad alta frequenza

Legato a caratteristiche reattive delle giunzioni

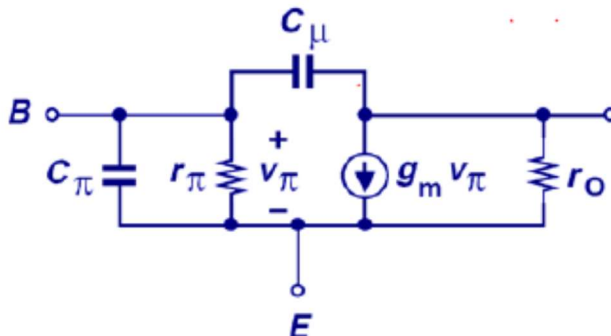
Zona attiva:

Giunzione di emettitore pol. diretta → Cap. di transizione + Cap. di diffusione

Giunzione di collettore pol. inversa → Capacita' di transizione



Modello a  $\pi$  ibrido esteso ad elementi reattivi:



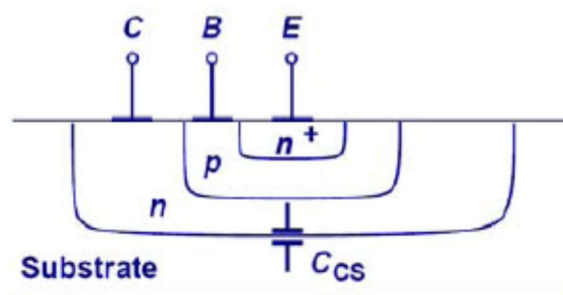
Capacita' effettive delle giunzioni:

$$C_{\pi} = C_{be} + C_{diff} \text{ transizione + diffusione}$$

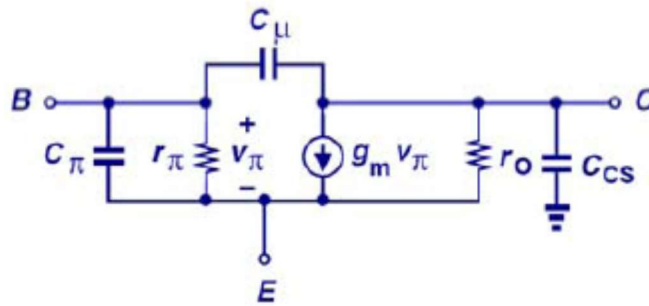
$$C_{\mu} = C_{bc} \text{ transizione}$$

Inoltre, nei circuiti integrati:

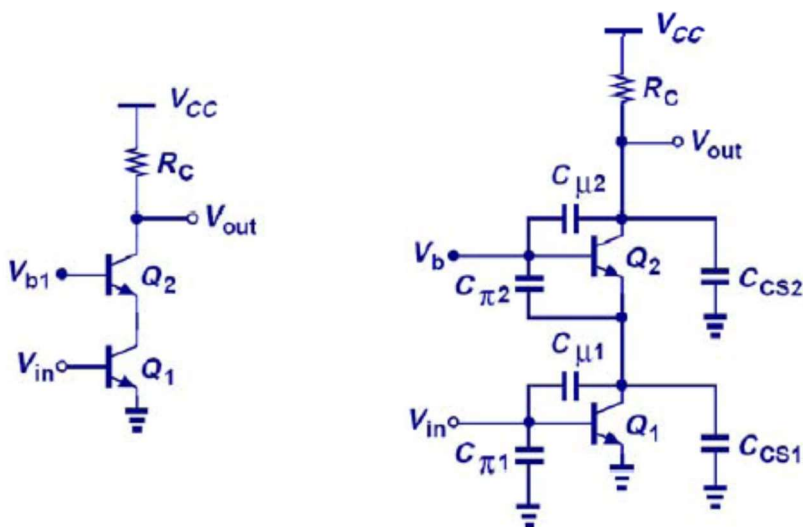
$C_{cs}$  capacita' collettore-substrato



Modello completo per BJT nei circuiti integrati:



Es: Capacita' in un circuito specifico ('Cascode', v. dopo)

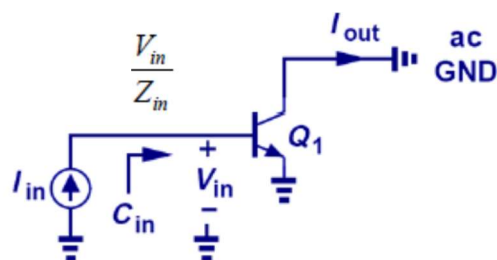


Effetto principale della capacita'  $C_\pi$ :

Riduzione del guadagno di corrente ad alta frequenza

Def:  $\omega_T$  frequenza di guadagno unitario

Misura 'concettuale':



$$I_{out} = g_m V_{in}$$

$$V_{in} = Z_{in} I_{in}$$

$$\rightarrow I_{out} = g_m Z_{in} I_{in}$$

$$\rightarrow \frac{I_{out}}{I_{in}} = g_m Z_{in} = g_m \frac{1}{j\omega C_\pi}$$

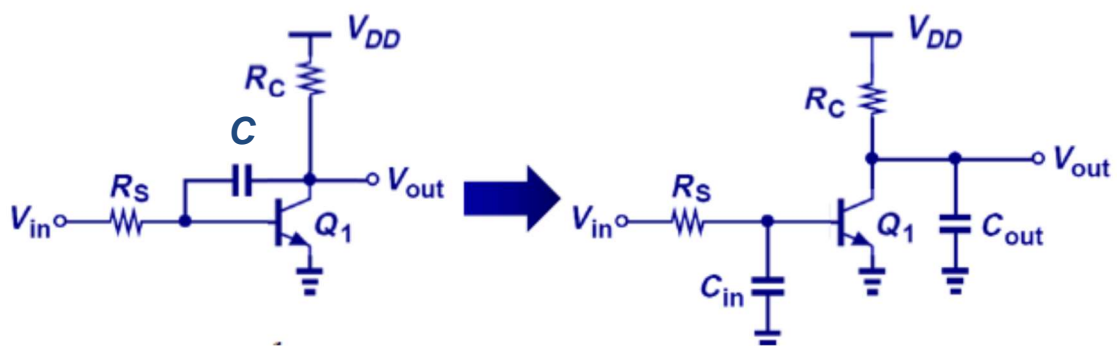
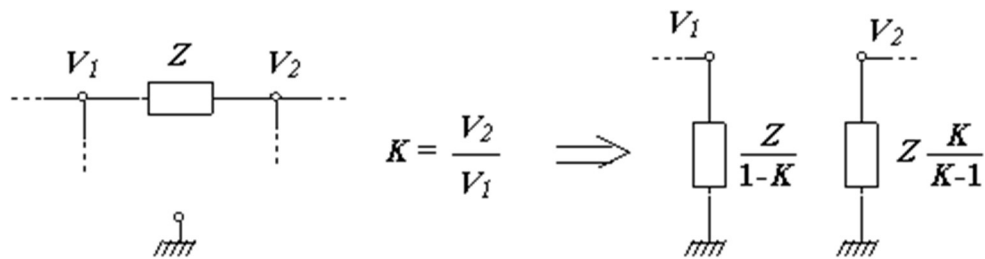
$$\left| \frac{I_{out}}{I_{in}} \right| = 1 \rightarrow \frac{g_m}{\omega_T C_\pi} = 1 \rightarrow \omega_T = \frac{g_m}{C_\pi}$$

$$\rightarrow \omega_T = \frac{g_m}{C_\pi} \approx \frac{I}{V_T} \frac{V_T}{I \tau} \approx \frac{1}{\tau}, \tau \text{ tempo di transito dei minoritari nella base}$$

Effetto di  $C_\mu$ : ???

Difficile da visualizzare: Capacita' 'floating', senza terminali a ground

→ Teorema di Miller (non dimostrato):



$$Z_1 = \frac{1}{j\omega C_\mu} = \frac{1}{j\omega C_\mu (1 - A_v)}$$

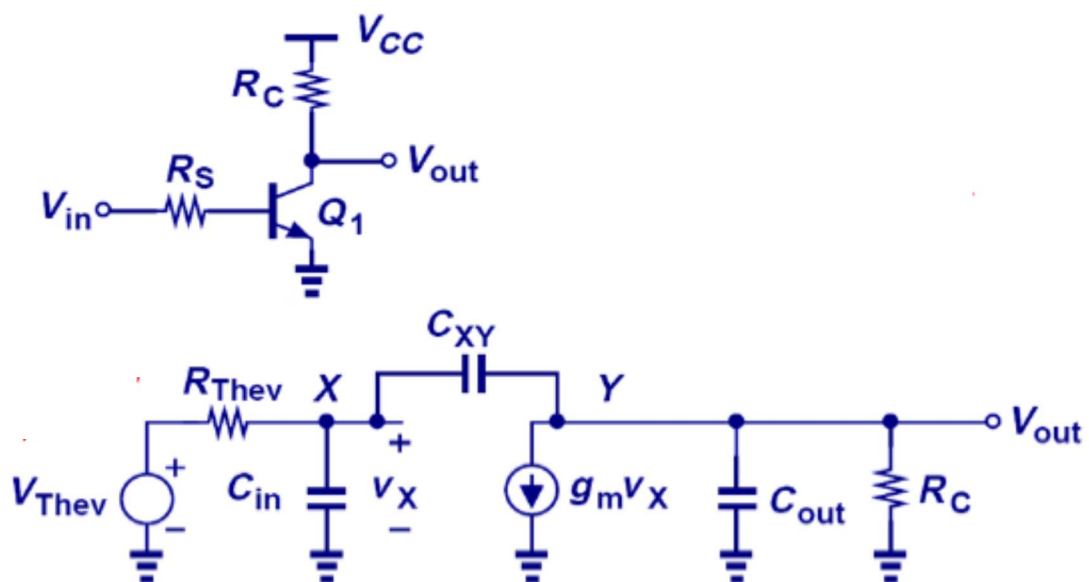
$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C_\mu} = \frac{1}{j\omega C_\mu \left(1 - \frac{1}{A_v}\right)}$$

$A_v < 0 \rightarrow C_\mu \nearrow$ :

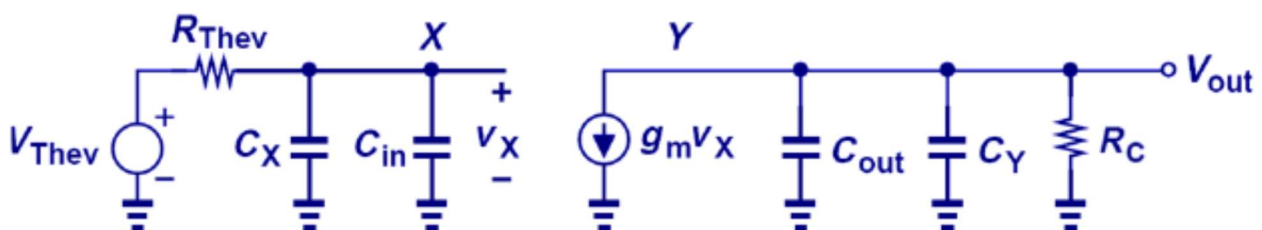
Effetto Miller = Aumento della capacita' floating

$|A_v| \gg 1 \rightarrow$  Effetto dominante quello di  $C_{in}$

Applicazione a stadio CE:



Teorema di Miller:



$$V_{Thev} = V_{in} \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + R_S}$$

$$R_{Thev} = R_S \parallel r_{\pi}$$

$$C_X = C_{\mu} (1 + g_m R_C)$$

$$C_Y = C_{\mu} \left( 1 + \frac{1}{g_m R_C} \right)$$

Frequenze di taglio, ingresso e uscita, per guadagno:

$$\omega_{in} = \frac{1}{R_{Thev} \left[ C_{in} + (1 + g_m R_C) C_{\mu} \right]}$$

$$\omega_{out} = \frac{1}{R_C \left[ C_{out} + \left( 1 + \frac{1}{g_m R_C} \right) C_{\mu} \right]}$$

Impedenze di ingresso e uscita:

$$Z_{in} \simeq \frac{1}{j\omega \left[ C_{\pi} + (1 + g_m (R_C \parallel r_0)) C_{\mu} \right]} \parallel r_{\pi}$$

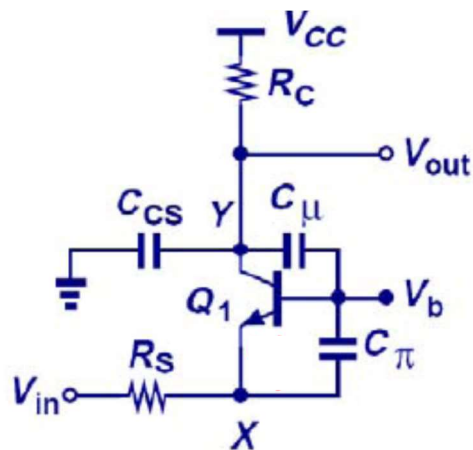
$$Z_{out} = \frac{1}{j\omega \left[ C_{\mu} + C_{CS} \right]} \parallel R_C \parallel r_0$$

Applicazione a stadio a *CB*:

Vantaggi notevoli nella risposta in frequenza

Nessuna capacita' floating

→ No effetto Miller (←  $V_b$  sta a valore fisso!)



$$\omega_Y = \frac{1}{R_C C_Y}, \quad C_Y = C_\mu + C_{CS}$$

$$\omega_X = \frac{1}{\left( R_S \parallel \frac{1}{g_m} \right) C_X}, \quad C_X = C_\pi$$

→ Frequenze di taglio  $\sim$  Essenzialmente indipendenti dal guadagno

Stadio CC (Emitter follower):

Trattazione simile (v. testi)