

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

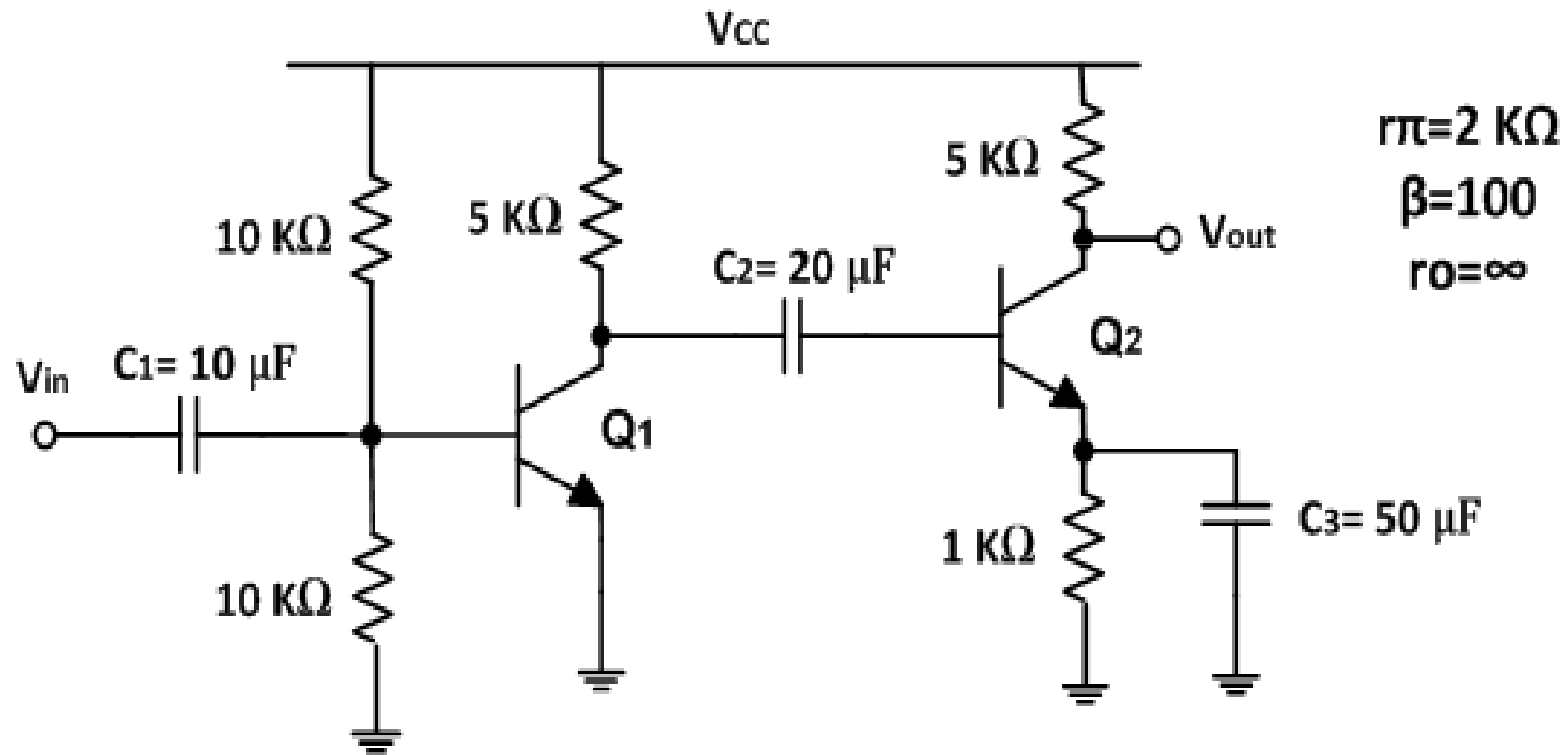


دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی

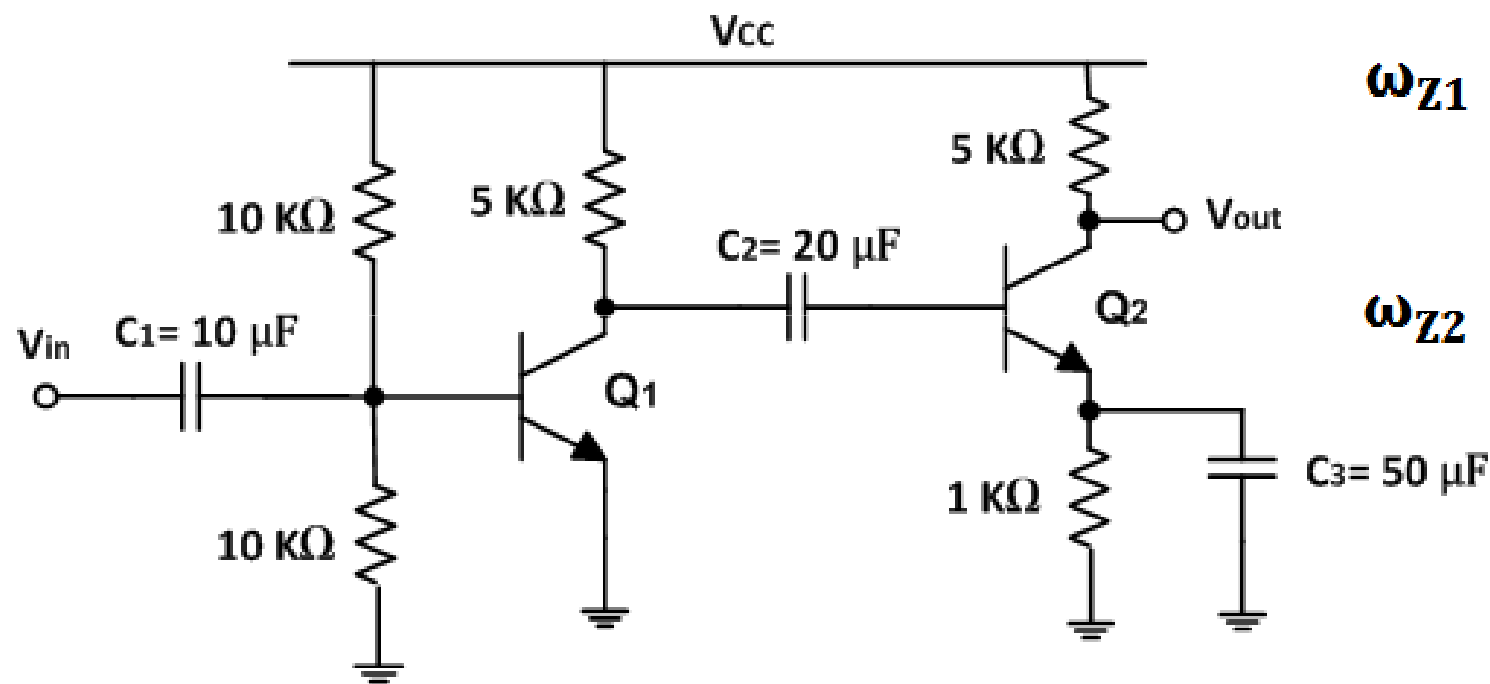
الکترونیک ۳

درس: سعید رضا افرنچه

مثال: فرکانس قطع پائین مدار شکل زیر را بدست آورید.



محاسبه ی صفرهای مدار

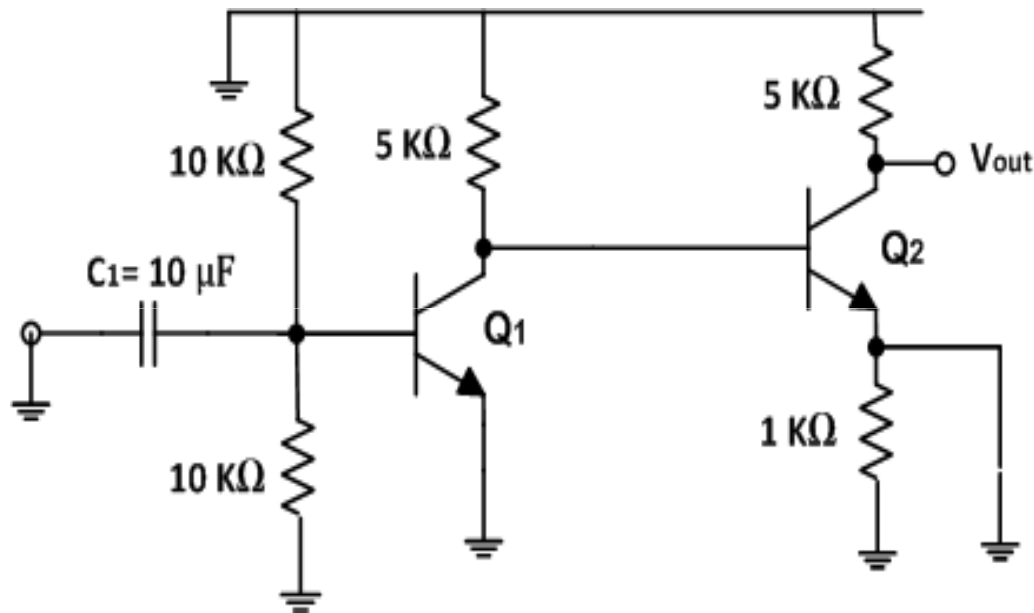


$$\omega_{Z1} = \frac{1}{\infty \times C_1} = 0$$

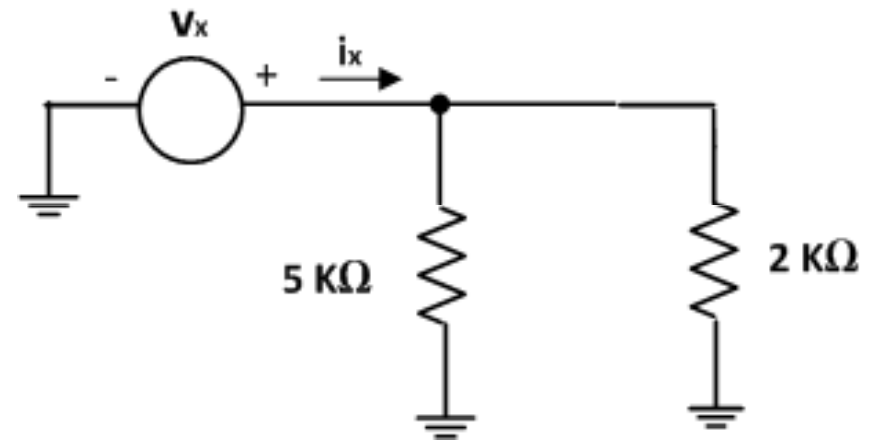
$$\omega_{Z2} = \frac{1}{\infty \times C_2} = 0$$

$$\omega_{Z3} = \frac{1}{R_{E2} \times C_3} = \frac{1}{1 \text{ k}\Omega \times 50 \mu\text{F}} = 20 \text{ rad/sec}$$

محاسبه ی قطب های مدار



□ قطب مربوط به خازن C_1

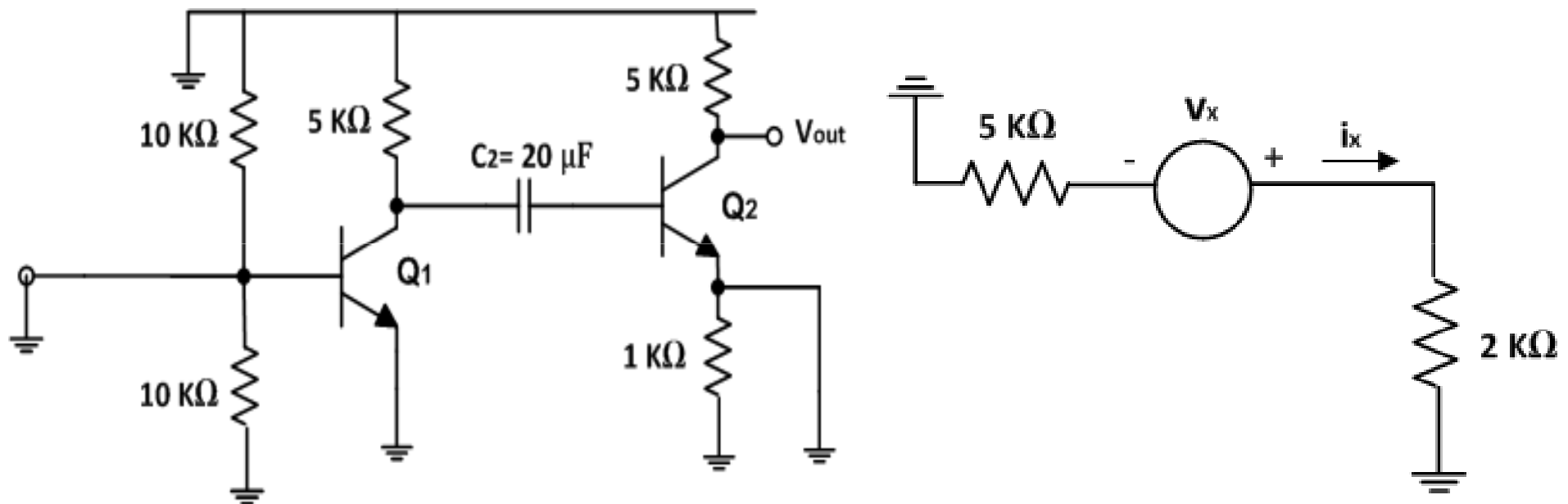


$$R_{P1} = 5\text{K}\Omega \parallel 2\text{K}\Omega \cong 1.43\text{K}\Omega$$

$$\omega_{P1} = \frac{1}{R_{P1} \times C_1} = \frac{1}{1.43\text{K}\Omega \times 10\mu\text{F}} \cong 70\text{ rad/sec}$$

محاسبه ی قطب های مدار (ادامه)

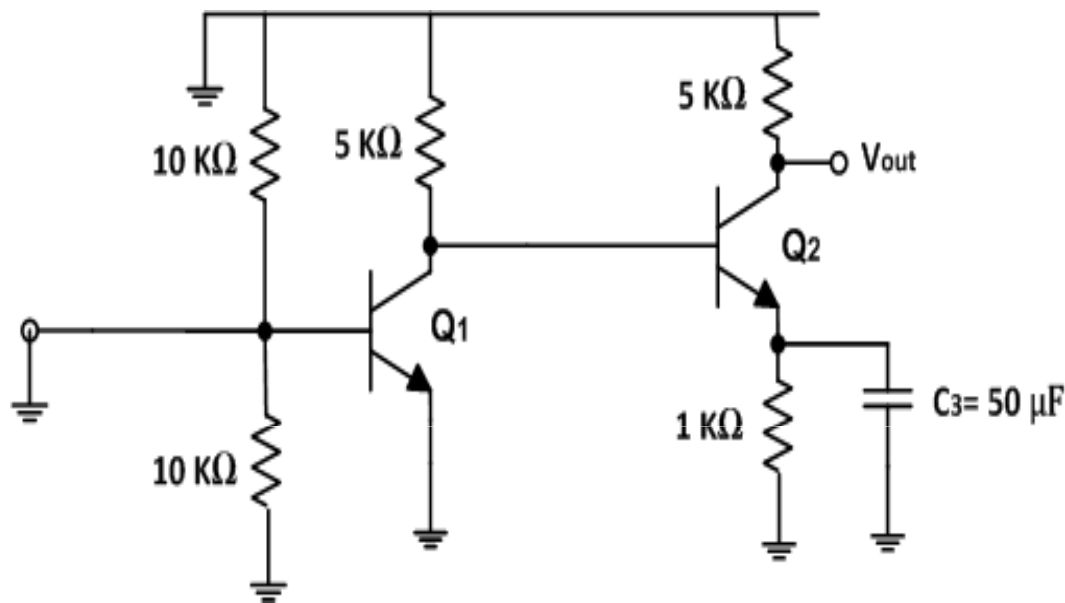
□ قطب مربوط به خازن C_2



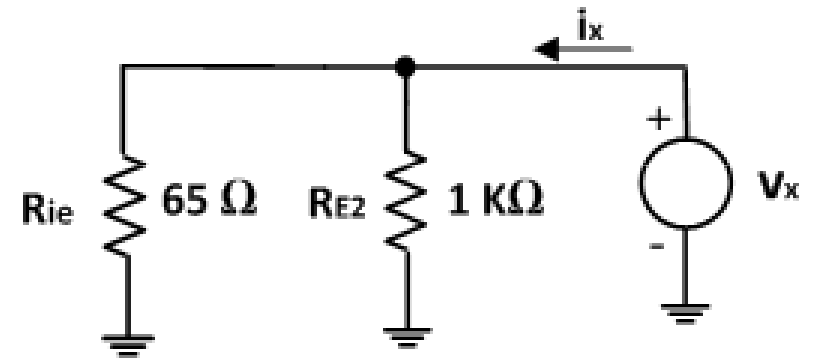
$$R_{P2} = 5\text{K}\Omega + 2\text{K}\Omega \cong 7\text{K}\Omega$$

$$\omega_{P2} = \frac{1}{R_{P2} \times C_2} = \frac{1}{7\text{K}\Omega \times 20\mu\text{F}} \cong 7.1 \text{ rad/sec}$$

محاسبه ی قطب های مدار (ادامه)



□ قطب مربوط به خازن C3



$$R_{P3} = R_{E2} || R_{ie}$$

$$R_{ie} = \frac{(R_{C1} || r_{o1}) + r_{\pi 2}}{1 + \beta} = \frac{(5\text{K}\Omega || \infty) + 2\text{K}\Omega}{1 + 100}$$

$$\omega_{P3} = \frac{1}{R_{P3} \times C_3} = \frac{1}{65\Omega \times 50\mu\text{F}} = 306 \text{ rad/sec}$$

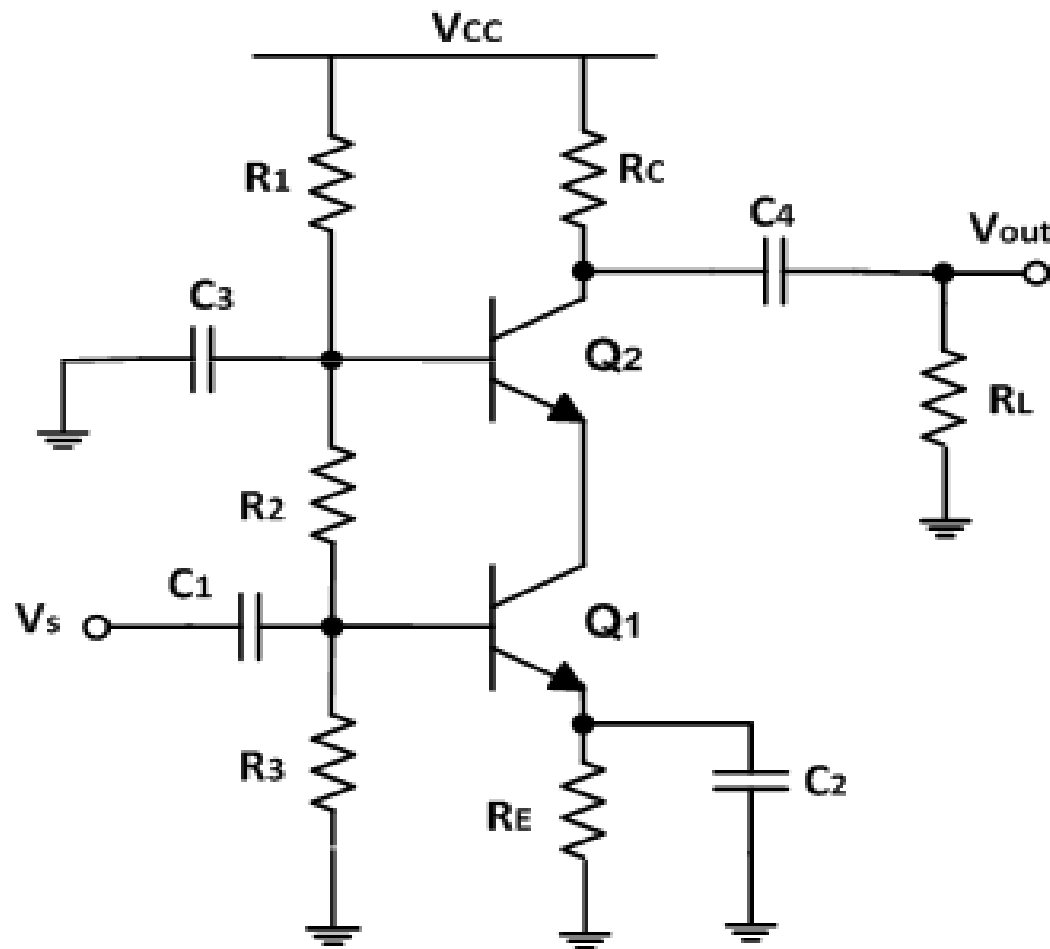
حل مثال (ادامه)

$$\omega_L \cong \sqrt{\omega_{P1}^2 + \omega_{P2}^2 + \omega_{P3}^2 - 2(\omega_{Z1}^2 + \omega_{Z2}^2 + \omega_{Z3}^2)}$$

$$\omega_L \cong \sqrt{(70)^2 + (7.1)^2 + (306)^2 - 2((0)^2 + (0)^2 + (20)^2)}$$

$$\omega_L \cong 313 \text{ rad/sec} \Rightarrow f_L \cong 50 \text{ Hz}$$

مثال: فرکانس قطع پائین مدار شکل زیر را بدست آورید.



□ محاسبه ی صفرها:

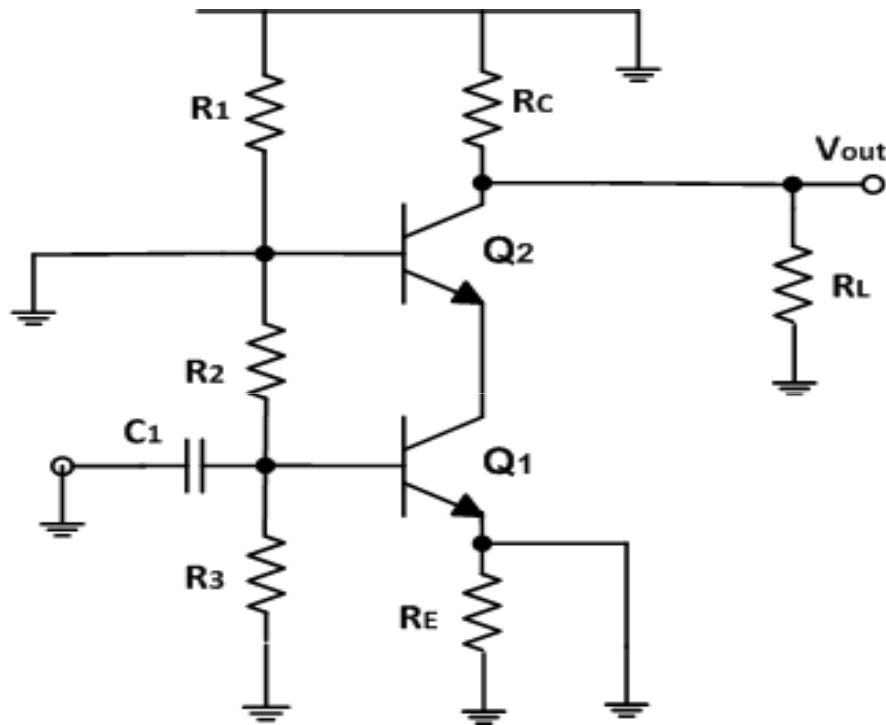
$$\omega_{Z1} = \frac{1}{\infty \times C_1} = 0$$

$$\omega_{Z2} = \frac{1}{R_E \times C_2}$$

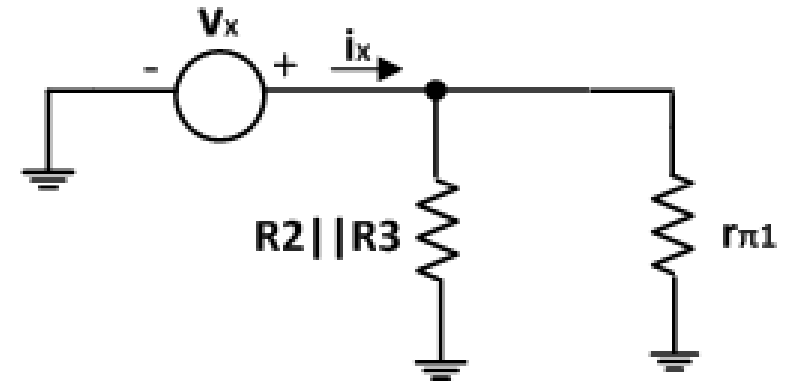
$$\omega_{Z3} = \frac{1}{(R_1 || R_2) \times C_3}$$

$$\omega_{Z4} = \frac{1}{\infty \times C_4} = 0$$

حل مثال (ادامه)



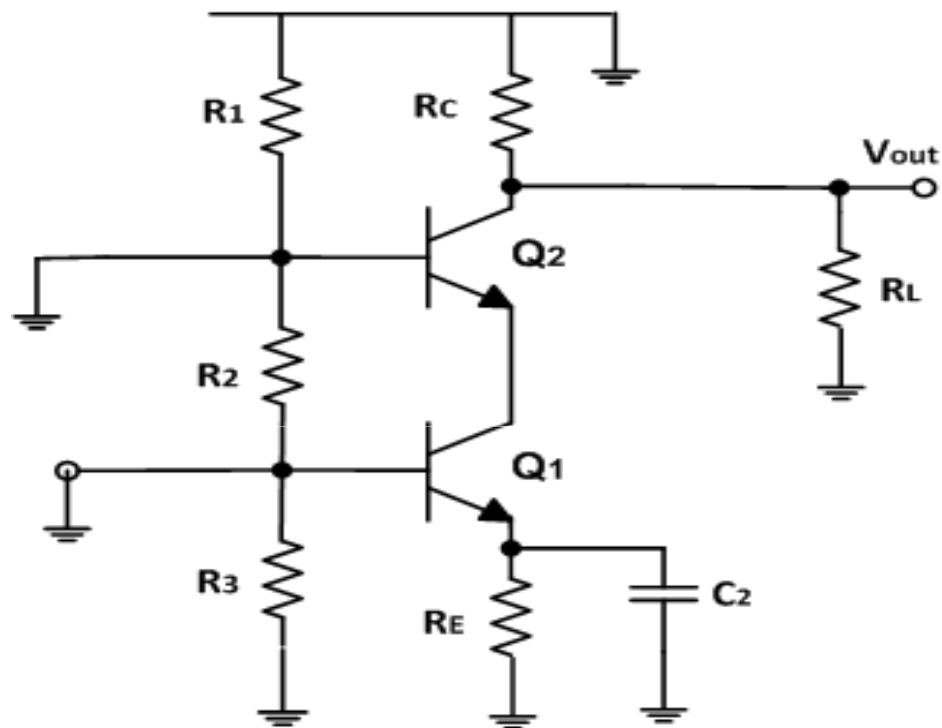
□ قطب مربوط به خازن **C1**



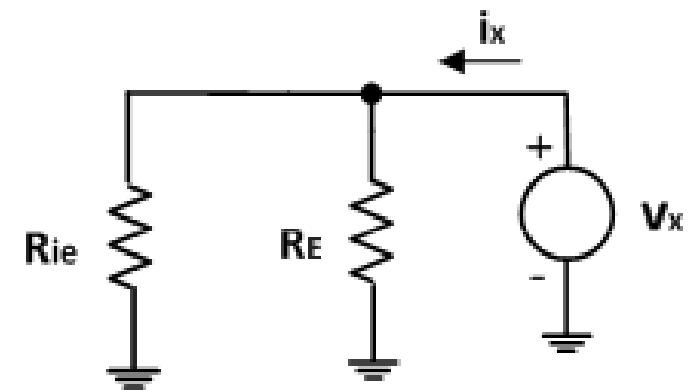
$$R_{P1} = R_i, \quad R_i = R_2 || R_3 || r_{\pi 1}$$

$$\omega_{P1} = \frac{1}{R_{P1} \times C_1}$$

حل مثال (ادامه)



□ قطب مربوط به خازن C2



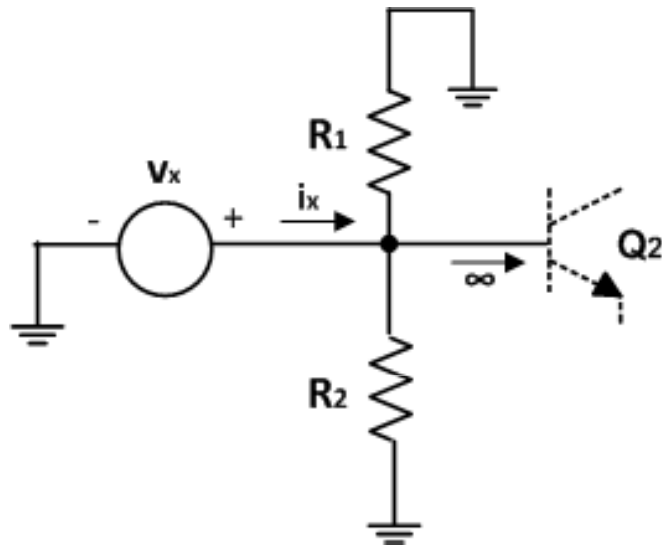
$$R_{P2} = R_E || R_{ie}$$

$$R_{ie} = \frac{r_{\pi 1}}{1 + \beta}$$

$$\omega_{P2} = \frac{1}{R_{P2} \times C_2}$$

حل مثال (ادامه)

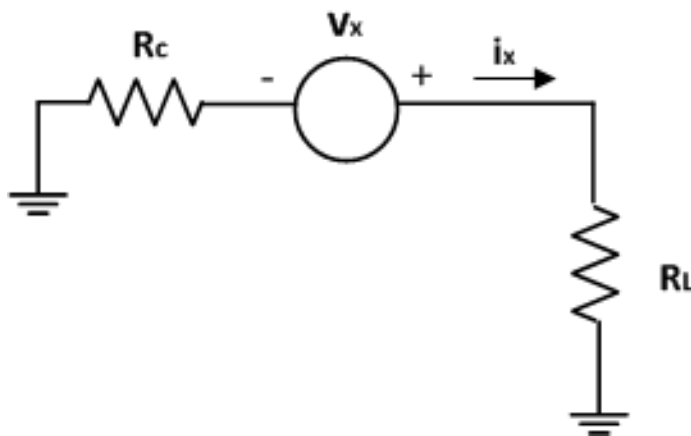
□ قطب مربوط به خازن C3



$$R_{P3} = R_1 || R_2 || \infty \cong R_1 || R_2$$

$$\omega_{P3} = \frac{1}{R_{P3} \times C_3}$$

□ قطب مربوط به خازن C4

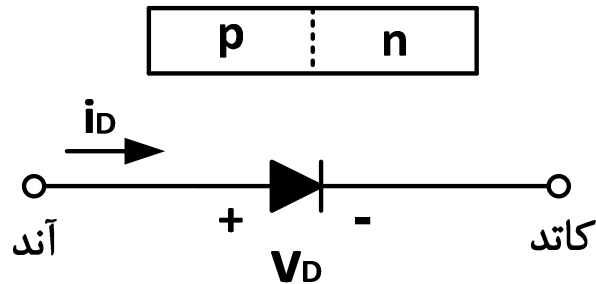


$$R_{P4} = R_C + R_L$$

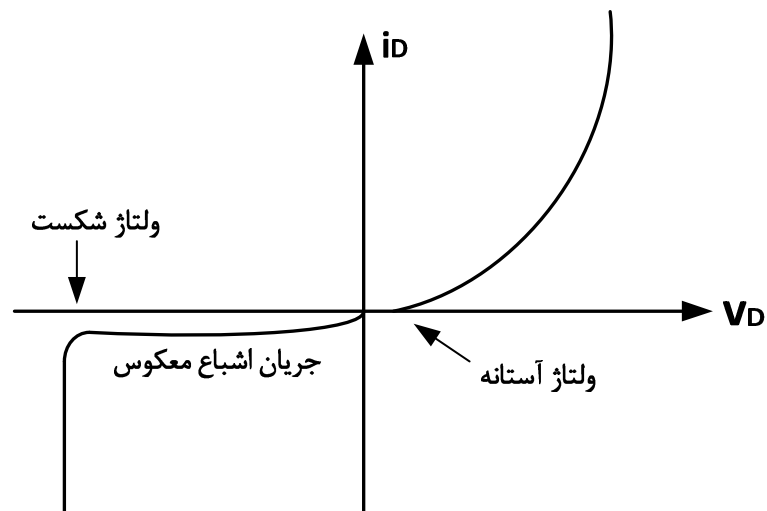
$$\omega_{P4} = \frac{1}{R_{P4} \times C_4}$$

دیود پیوندی

□ علامت مداری



← بایاس معکوس ← بایاس مستقیم →



□ مشخصه یک دیود پیوندی

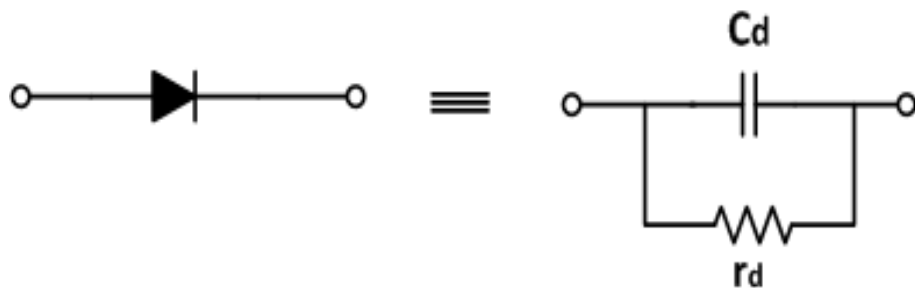
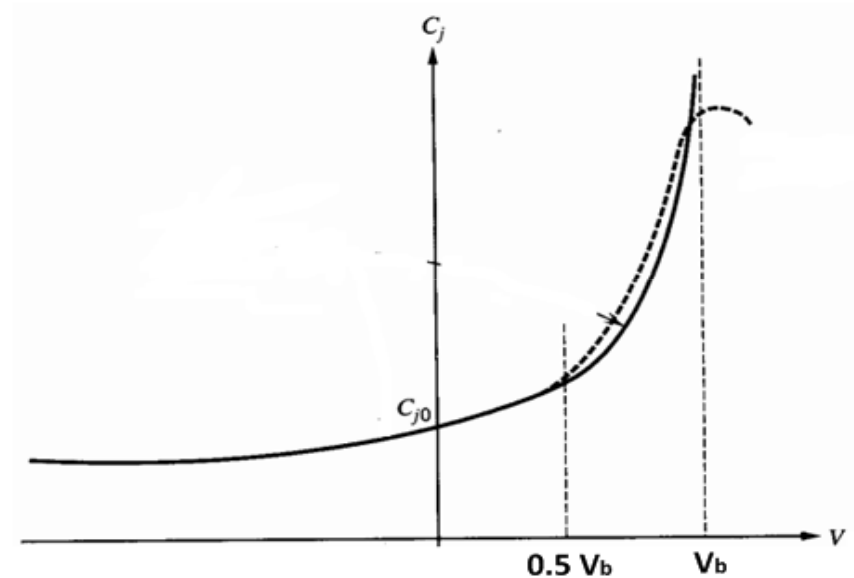
$$i_D = I_S \left(e^{V_D/V_T} - 1 \right)$$

مدل فرکانس بالای دیود

□ دیود در بایاس معکوس (دیود قطع)

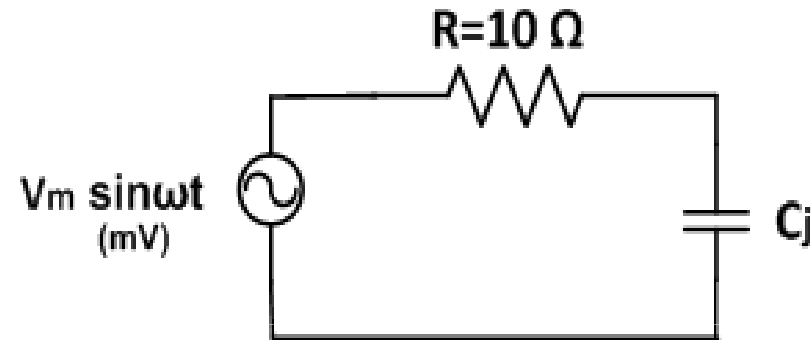
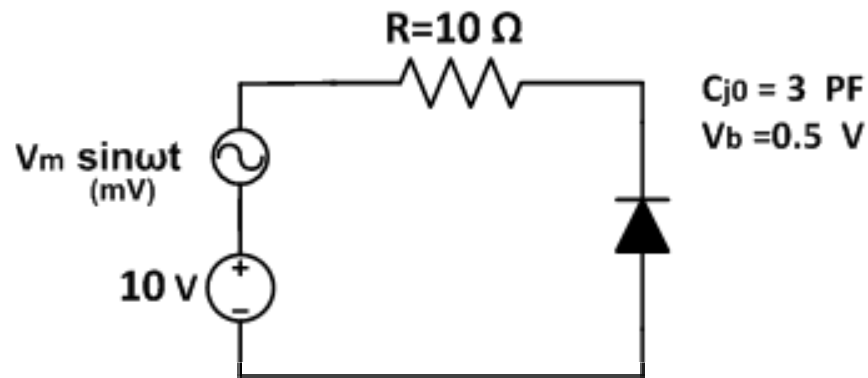


$$C_j = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_b}}}$$



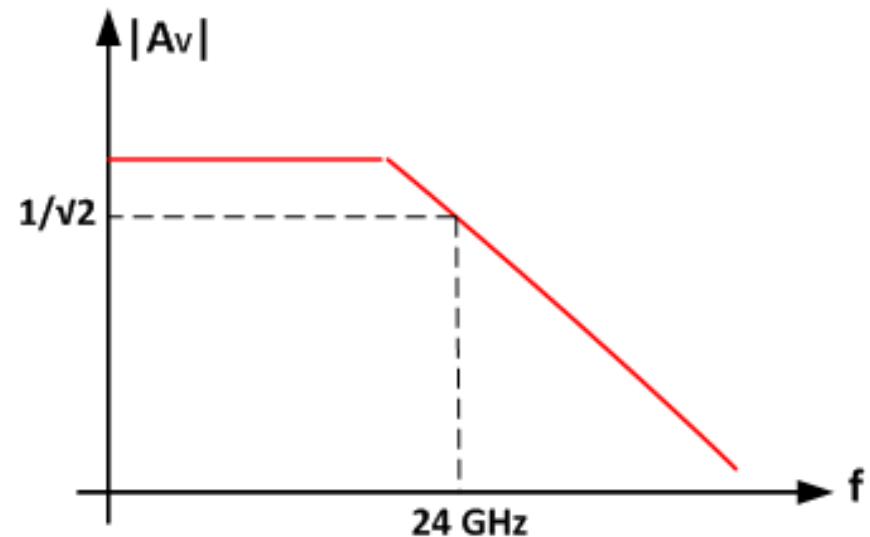
□ دیود در بایاس مستقیم (دیود وصل)

مثال: فرکانس قطع مدار شکل زیر را بدست آورید.

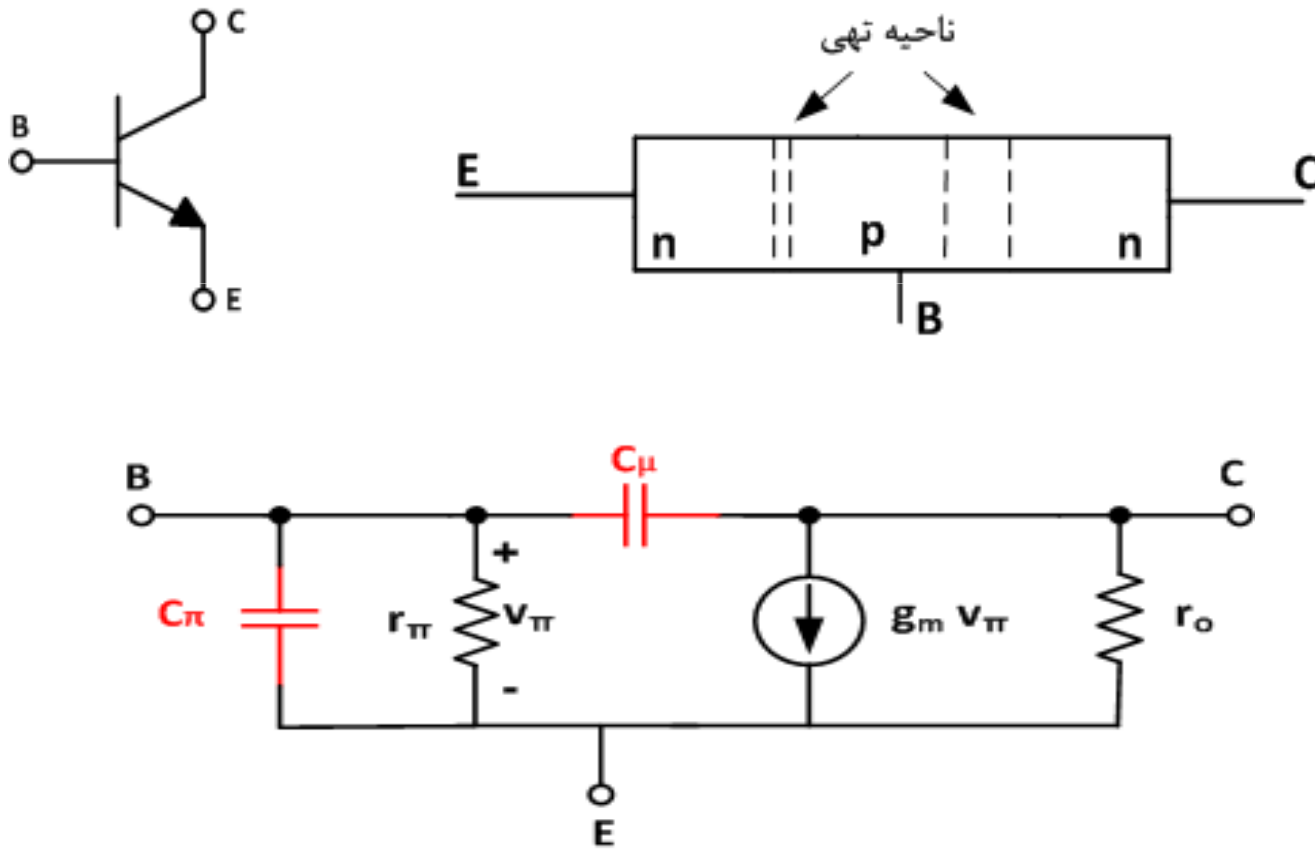


$$C_j = \frac{3 \text{ PF}}{\sqrt{1 + \frac{10}{0.5}}} = 0.65 \text{ PF}$$

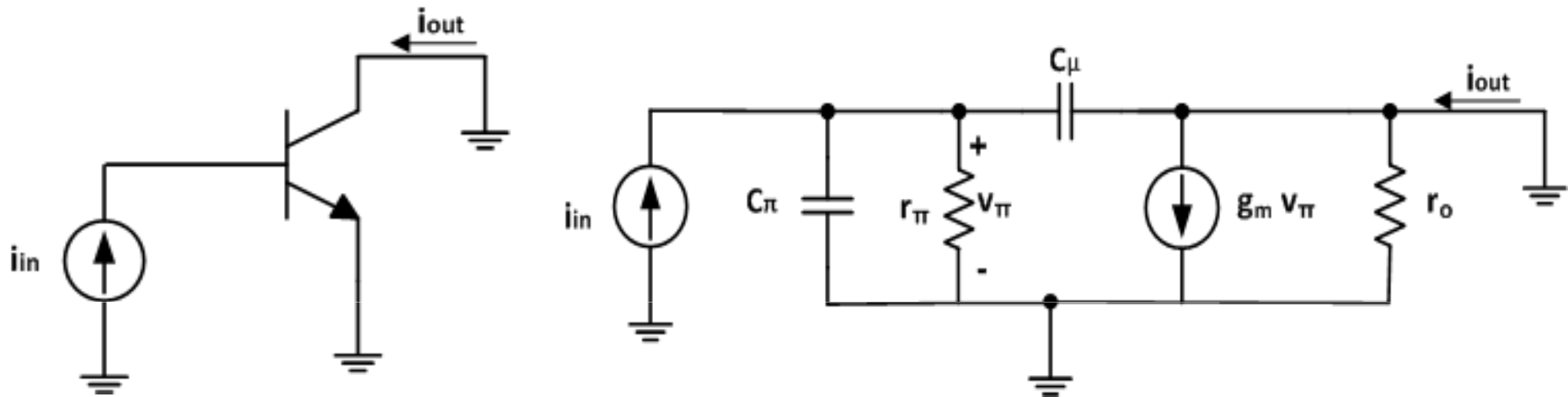
$$\Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{RC_j} = 24 \text{ GHz}$$



مدل فرکانس بالای ترانزیستور BJT



فرکانس گذر ترانزیستور BJT



$$i_{out} = g_m v_{\pi} + i_c \Rightarrow i_{out} \approx g_m v_{\pi}$$

$$v_{\pi} = \left(r_{\pi} \parallel \frac{1}{(c_{\pi} + c_{\mu})s} \right) i_{in} \Rightarrow v_{\pi} = \frac{r_{\pi}}{1 + r_{\pi}(c_{\pi} + c_{\mu})s} i_{in}$$

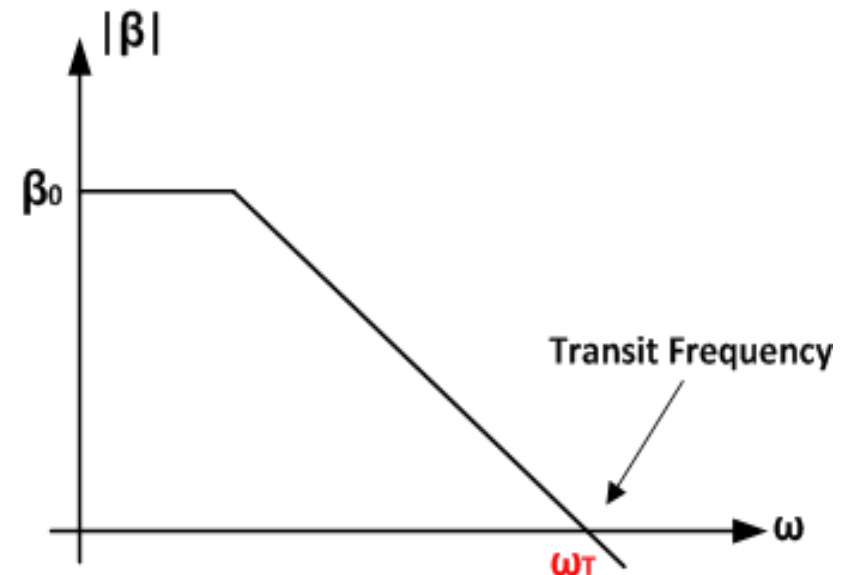
فرکانس گذر ترانزیستور BJT (ادامه)

$$\frac{\mathbf{i}_{out}}{\mathbf{i}_{in}}(s) = \frac{g_m r_\pi}{1 + r_\pi(c_\pi + c_\mu)s} = \frac{\beta_0}{1 + r_\pi(c_\pi + c_\mu)s}$$

$$\left| \frac{\mathbf{i}_{out}}{\mathbf{i}_{in}}(s = j\omega_T) \right| = 1 \quad \Rightarrow \quad \omega_T = \frac{g_m}{c_\pi + c_\mu}$$

$$\left| \frac{\mathbf{i}_{out}}{\mathbf{i}_{in}}(s = j\omega_\beta) \right| = \frac{\beta_0}{\sqrt{2}}$$

$$\omega_\beta = \frac{1}{\beta_0} \frac{g_m}{c_\pi + c_\mu} \quad \Rightarrow \quad \omega_\beta = \frac{\omega_T}{\beta_0}$$



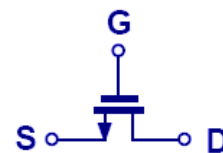
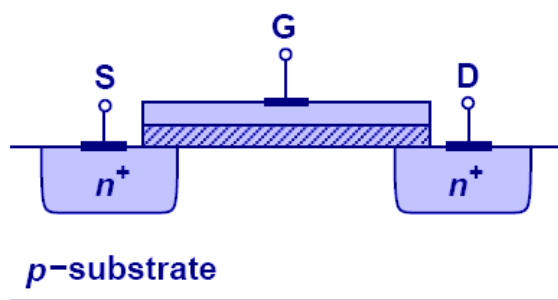
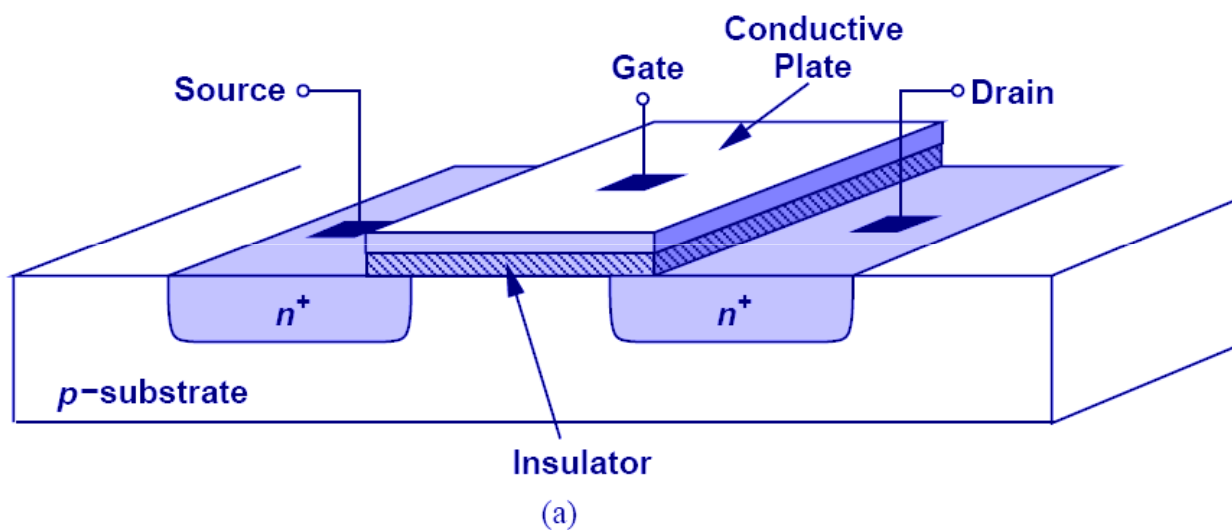
مثال: $I_C = 1 \text{ mA}$, $c_\pi = 0.4 \text{ PF}$, $c_\mu = 5 \text{ fF}$, $\beta_0 = 100$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} \cong 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m}{c_\pi + c_\mu} = \frac{1}{2\pi} \frac{40 \times 10^{-3}}{405 \times 10^{-15}} \cong 15 \text{ GHz}$$

$$f_\beta = \frac{f_T}{\beta_0} = \frac{15 \text{ GHz}}{100} = 150 \text{ MHz}$$

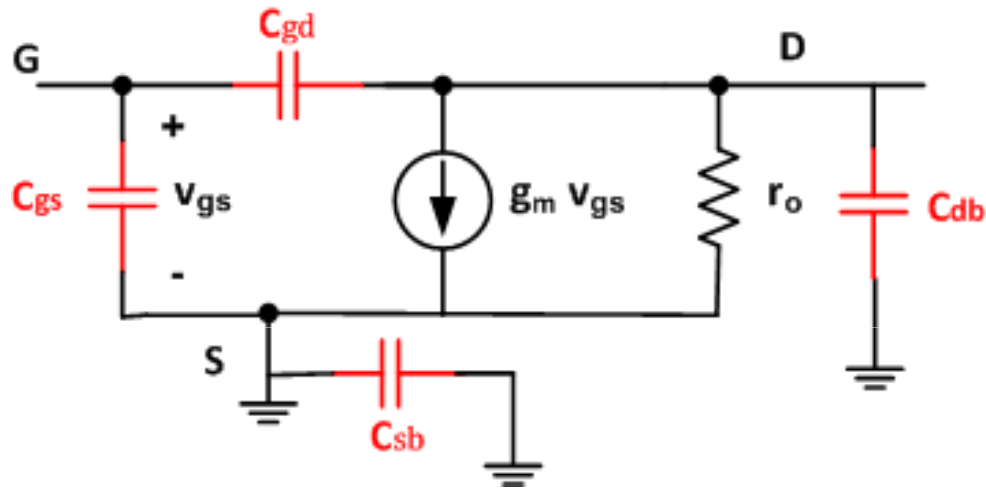
مدل فرکانس بالای ترانزیستور MOS



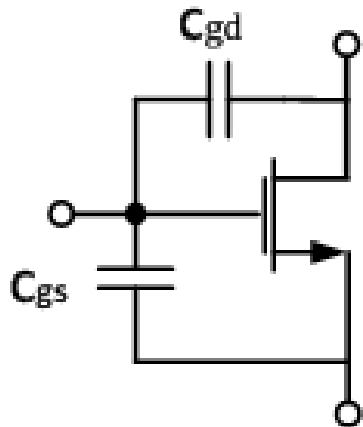
(b)

(c)

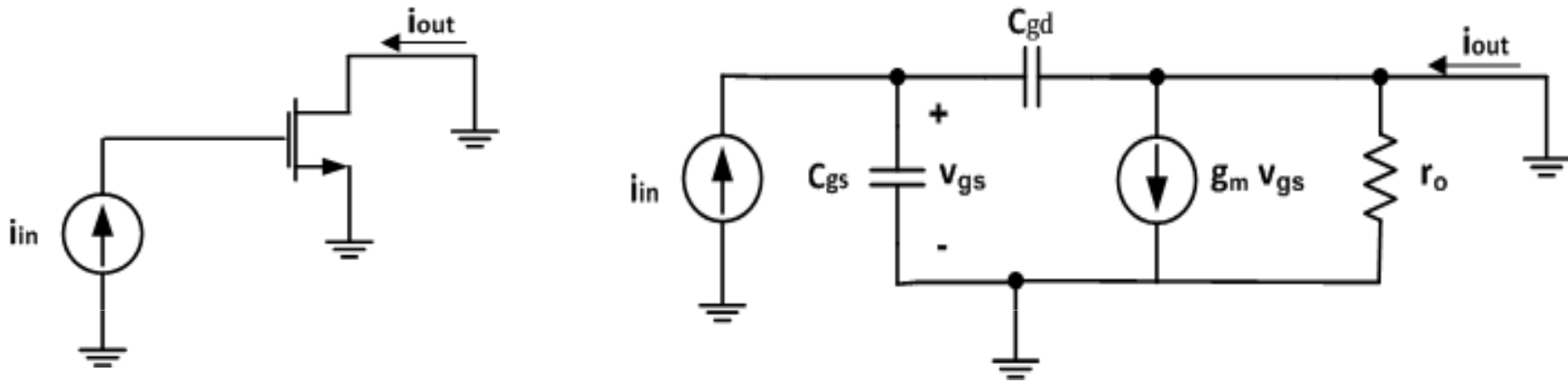
مدل فرکانس بالای ترانزیستور MOS (ادامه)



□ در تحلیل مدار، فقط خازن های C_{gd} و C_{gs} را در نظر می گیریم.



فرکانس گذر ترانزیستور MOS



$$i_{out} = g_m V_{gs} + i_c \Rightarrow i_{out} \approx g_m V_{gs}$$

$$V_{gs} = \frac{1}{(C_{gs} + C_{gd})s} i_{in} \Rightarrow \frac{i_{out}}{i_{in}}(s) = \frac{g_m}{(C_{gs} + C_{gd})s}$$

$$\left| \frac{i_{out}}{i_{in}}(s = j\omega_T) \right| = 1 \Rightarrow \omega_T = \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}}$$