

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

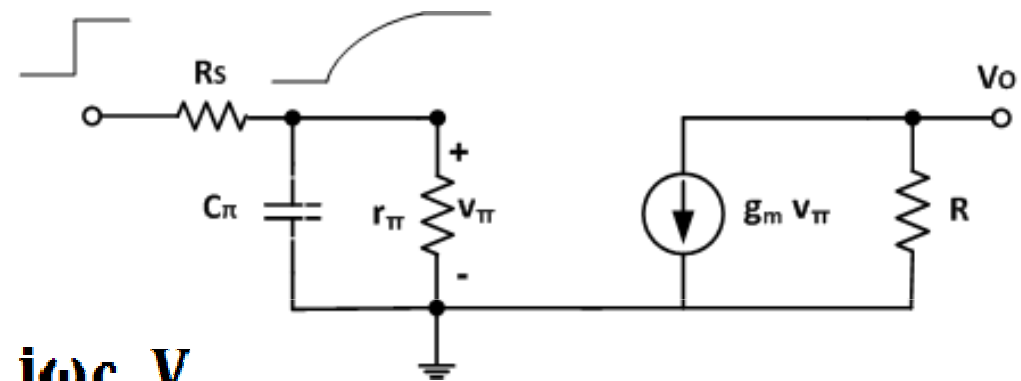
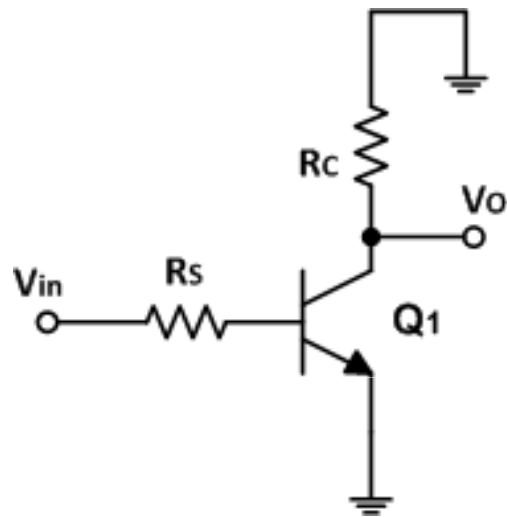


دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی

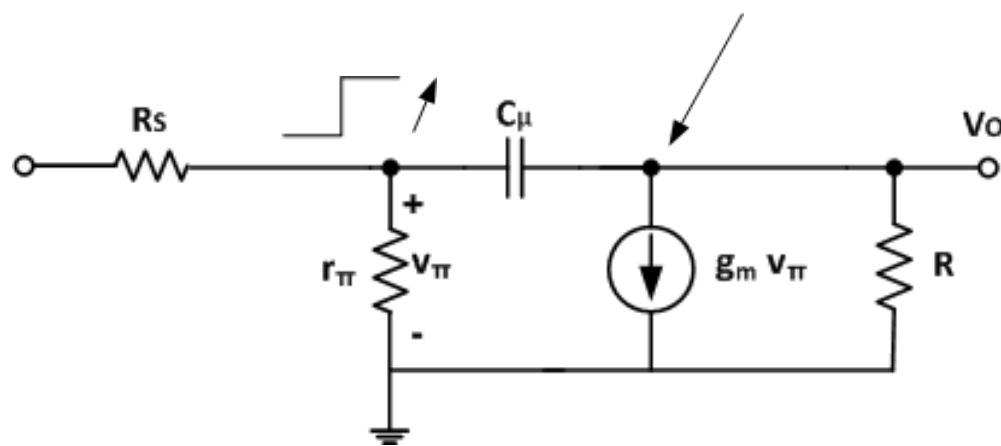
## الکترونیک ۳

درس: سعید رضا افرنچه

## بررسی رفتار فرکانس بالای تقویت کننده ی امیتر مشترک



$$I_C = j\omega c_{\pi} V$$



$$I_C = j\omega c_{\mu} (1 + g_m R) \Delta V$$

$$\Rightarrow c_{\mu} (1 + g_m R)$$

## فرکانس قطع بالای تقویت کننده ها

□ برای محاسبه ی  $f_H$  به شرح زیر عمل می کنیم:

۱- ثابت زمانی متناظر با هر خازن پارازیتی را بدست می آوریم. برای این منظور

ابتدا می بایست مقاومت دیده شده از دو سر آن خازن را بدست آوریم.

توجه: در هنگام محاسبه ی مقاومت دیده شده از دو سر هر خازن، مابقی خازن

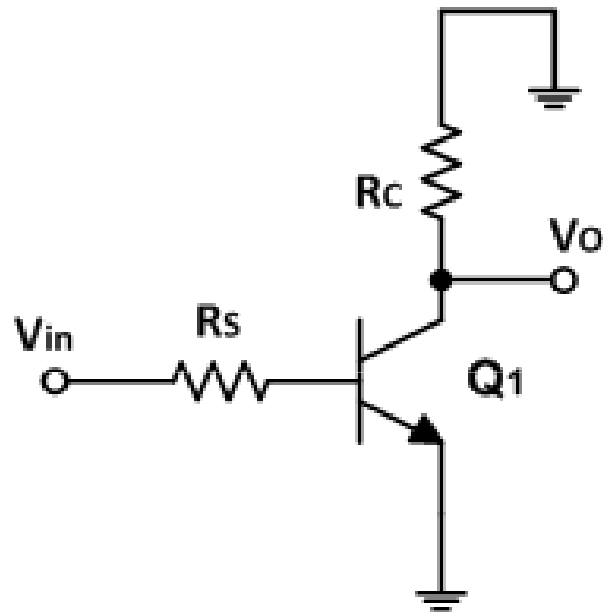
های موجود در مدار را می بایست مدار باز نمود.

۲- با محاسبه ی ثابت زمانی تمامی خازن ها و قرار دادن در رابطه ی زیر فرکانس

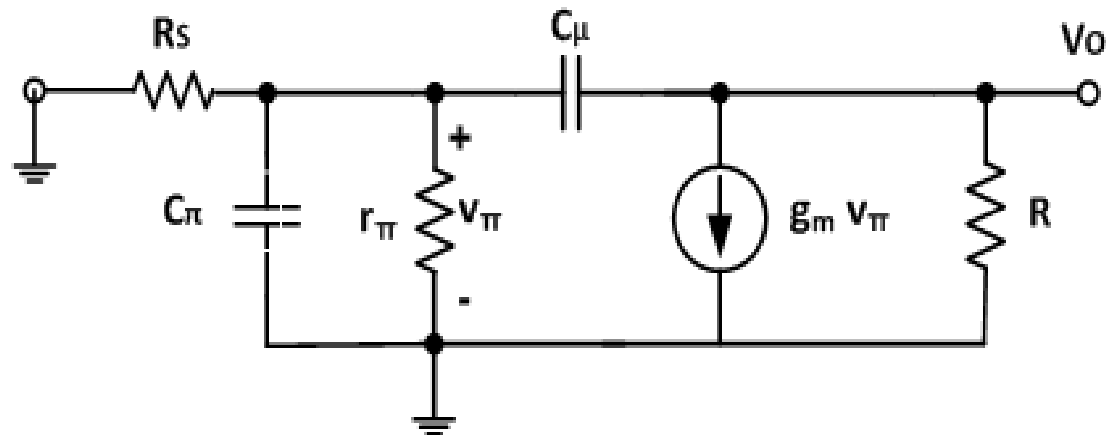
قطع بالای مدار بدست می آید.

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i}$$

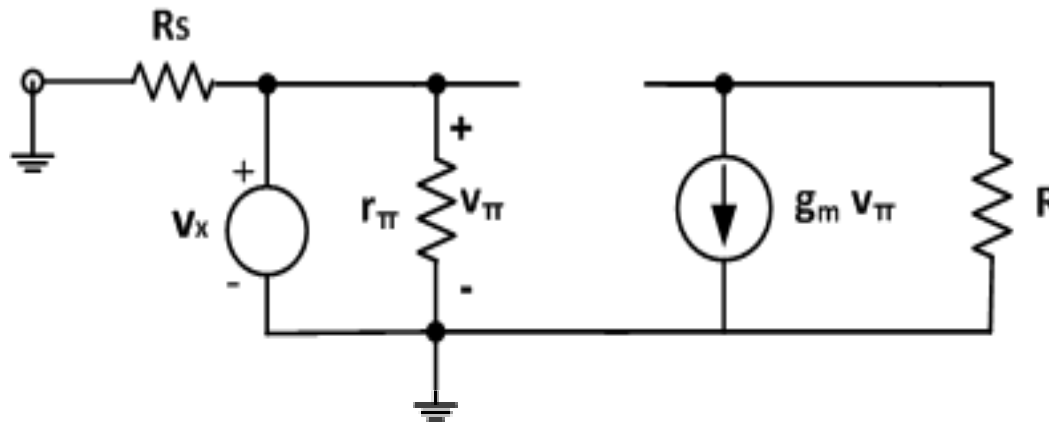
# فرکانس قطع بالای تقویت کننده ی امیتر مشترک



$f_H = ?$



## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\pi}$

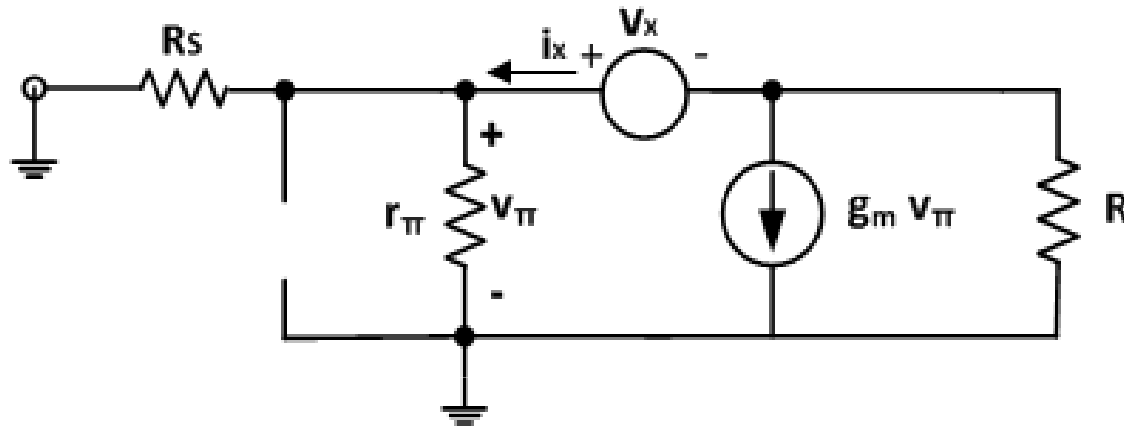


□ برای این منظور پس از رسم مدار معادل و اتصال کوتاه منبع ورودی، سایر خازن های موجود در مدار را مدار باز نموده ایم تا بتوانیم مقاومت معادل از دو سر خازن مورد نظر را بدست آوریم.

$$R_{\pi} = R_s || r_{\pi}$$

$$\tau_1 = R_{\pi} \times C_{\pi}$$

## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\mu}$



$$\text{KCL : } \frac{v_{\pi}}{R_s || r_{\pi}} + g_m v_{\pi} + \frac{v_{\pi} - v_x}{R} = 0$$

$$\frac{v_x}{R} = \left( \frac{1}{R_s || r_{\pi}} + g_m + \frac{1}{R} \right) v_{\pi}$$

$$\text{قانون اهم : } v_{\pi} = (R_s || r_{\pi}) i_x$$

محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با  $C_{\mu}$  ( ادامه )

$$R_{\mu} = \frac{V_x}{i_x} = R [1 + g_m (R_s || r_{\pi})] + (R_s || r_{\pi})$$

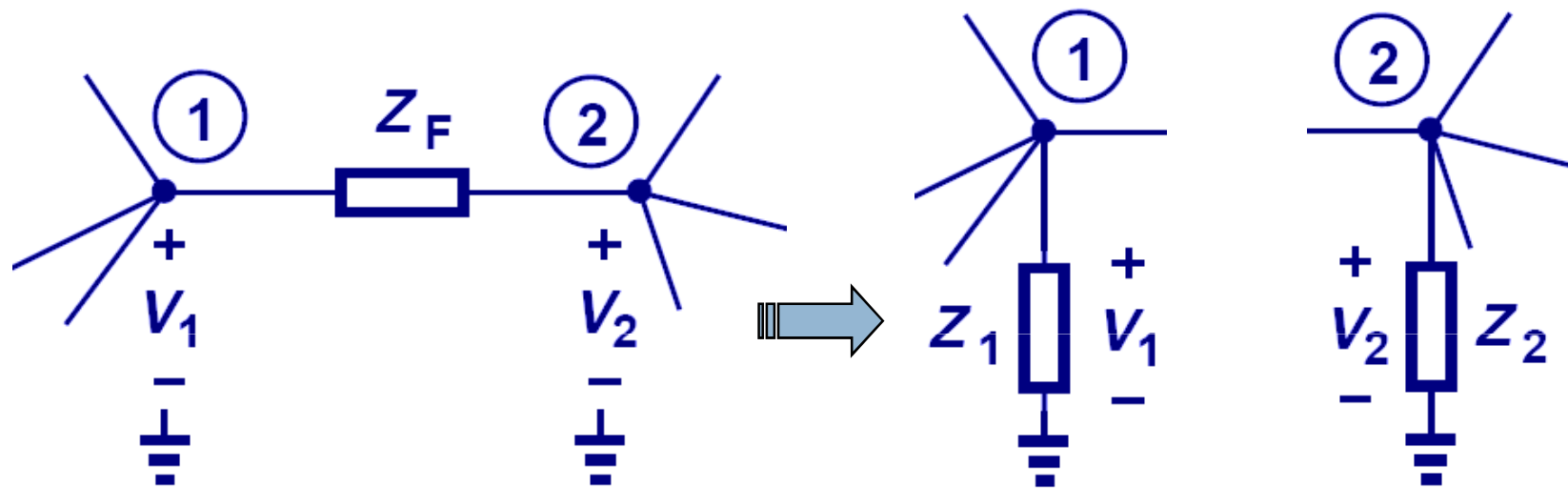
$$\tau_2 = R_{\mu} \times C_{\mu}$$

بنابراین فرکانس قطع بالا برابر است با:  $\square$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2}$$



## یادآوری: تقریب میلر

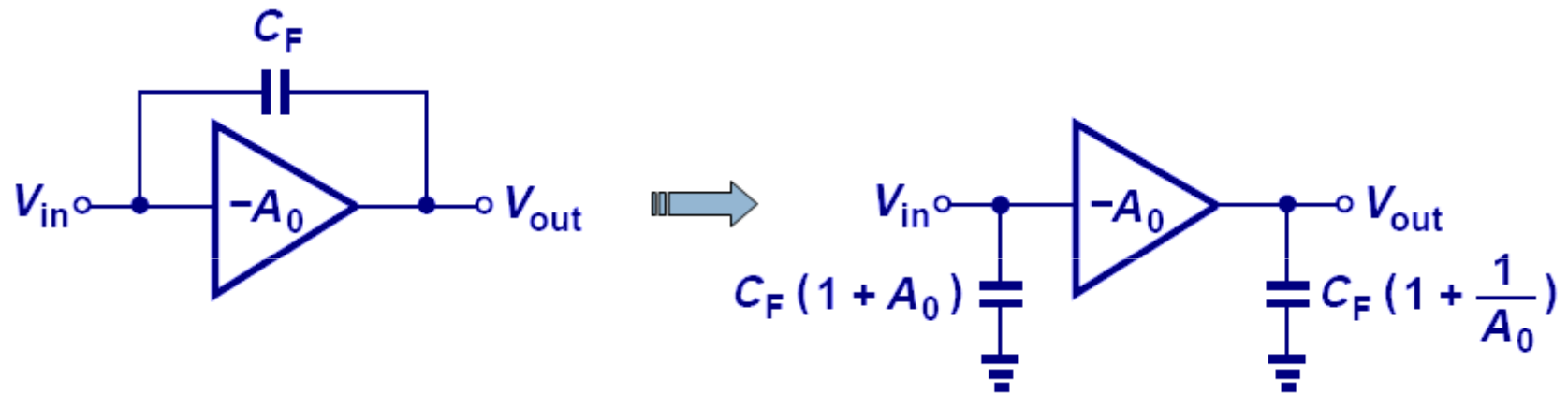


□ اگر  $A_V$  مقدار بهره از گره ۱ به ۲ باشد، آنگاه امپدانس شناور  $Z_F$  را می توان

به دو امپدانس مطابق شکل زیر تبدیل نمود که:

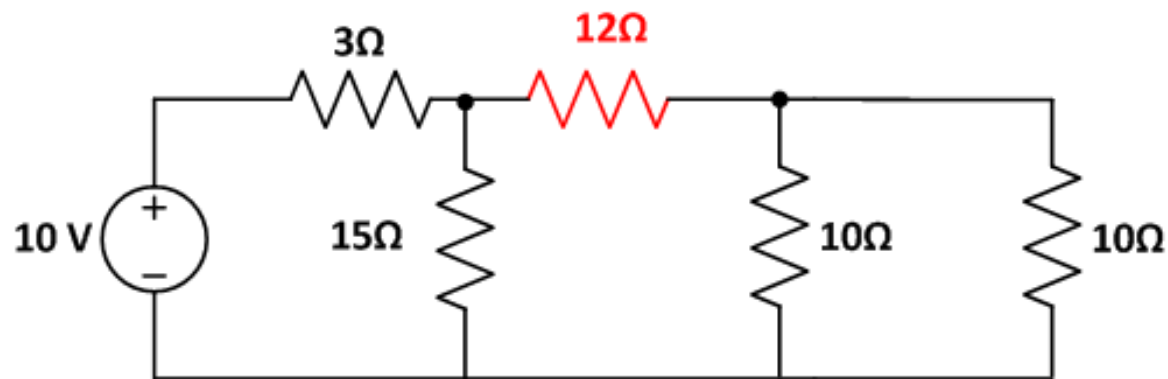
$$Z_1 = \frac{Z_F}{1 - A_V} \quad Z_2 = \frac{Z_F}{1 - A_V^{-1}}$$

## مثال: کاربرد تقریب میلر

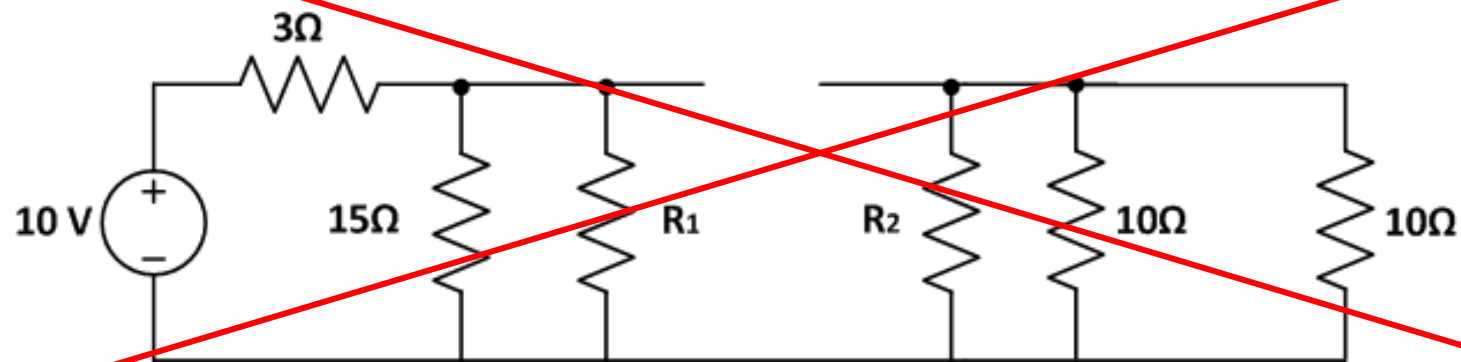


با استفاده از قضیه میلر، خازن شناور را به خازن های متصل به زمین تبدیل نمودیم. □

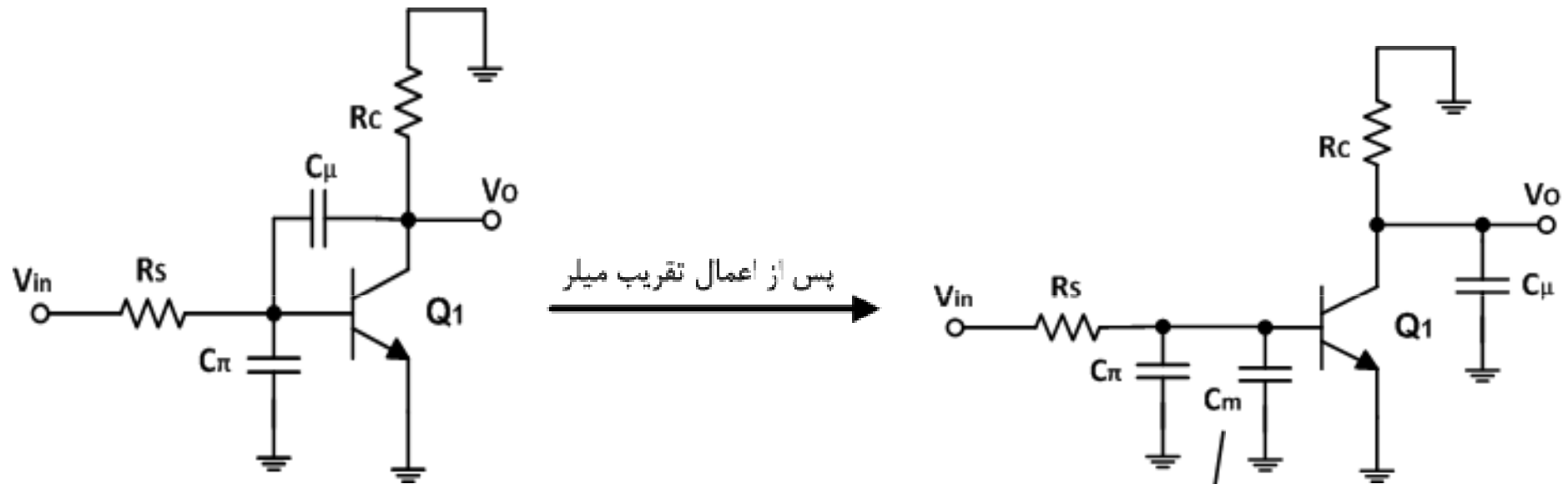
## کاربرد نادرست تقریب میلر



اعمال تقریب میلر



فرکانس قطع بالای تقویت کننده ی امیتر مشترک با استفاده از تقریب میلر

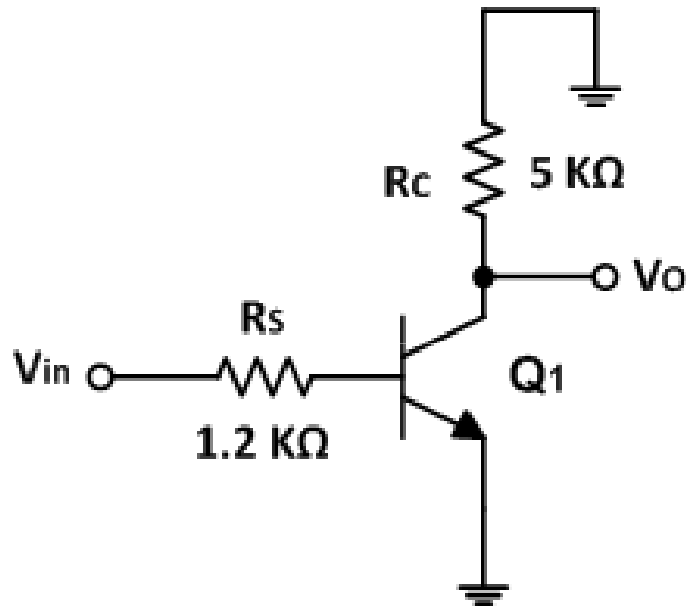


$$\tau_1 = (R_s || r_{\pi}) \times (c_{\pi} + c_m)$$

$$\tau_2 = (R_c || r_o) \times c_{\mu}$$

$$c_m = [1 + g_m (R_c || r_o)] c_{\mu}$$

مثال: در مدار شکل زیر، مطلوب است:  
 الف) بهره ی فرکانس پائین ب) فرکانس قطع بالای مدار



$$I_C = 1 \text{ mA} , \quad c_{\mu} = 0.5 \text{ PF}$$

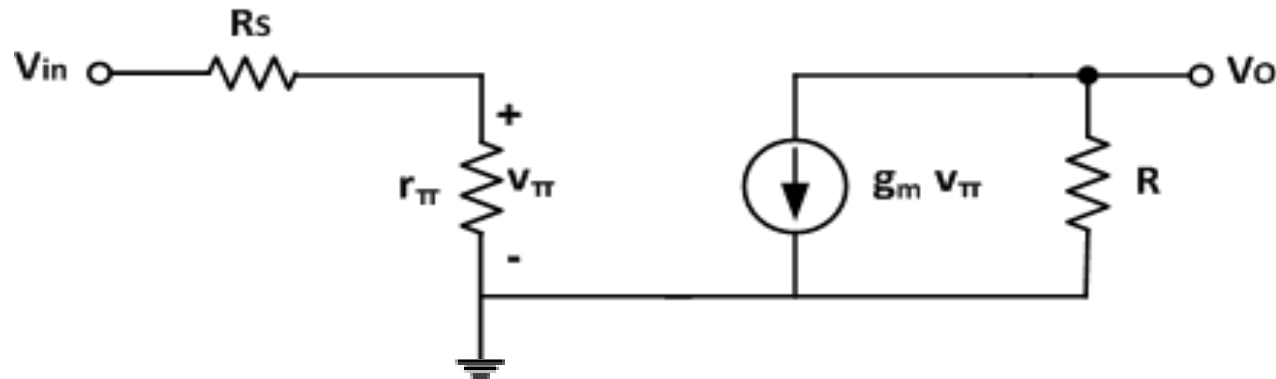
$$r_o = \infty , \quad \beta = 100$$

$$(@ 1 \text{ mA} \rightarrow f_T = 400 \text{ MHz} )$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \approx \frac{1 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$g_m r_{\pi} = \beta \quad \Rightarrow \quad r_{\pi} = \frac{100}{40 \frac{\text{mA}}{\text{V}}} = 2.5 \text{ K}\Omega$$

## حل مثال ( ادامه )

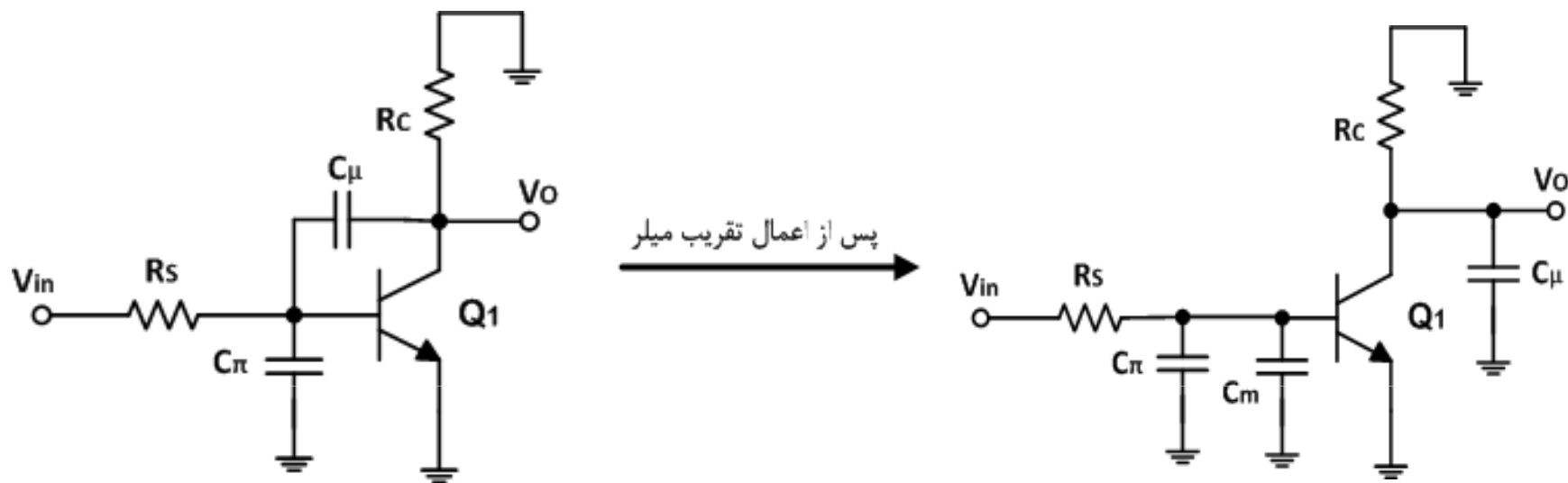


$$V_O = -g_m v_{\pi} (r_o || R_C) \quad v_{\pi} = \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + R_s} V_{in}$$

$$A_V = \frac{V_O}{V_{in}} = -g_m (r_o || R_C) \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + R_s}$$

$$A_V = -40 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \times 5 \text{ K}\Omega \times \frac{2.5 \text{ K}\Omega}{2.5 \text{ K}\Omega + 1.2 \text{ K}\Omega} \cong -135$$

## حل مثال ( ادامه )

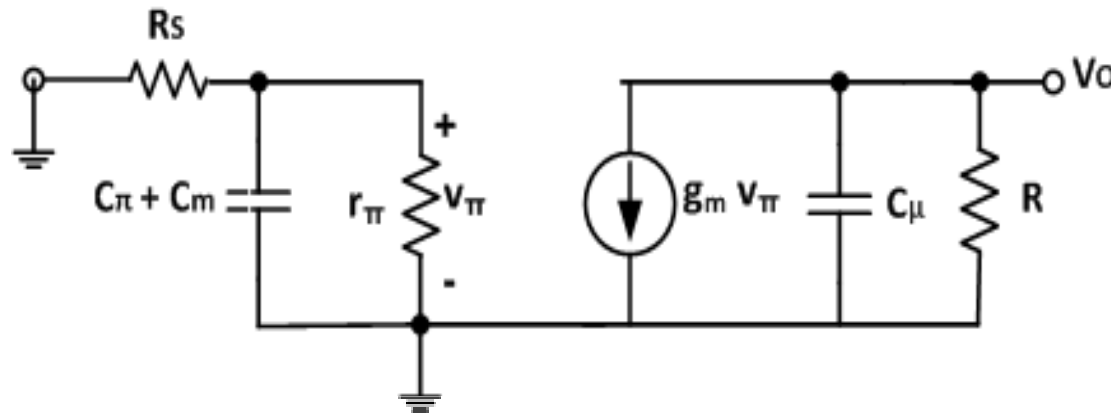


$$C_m = [1 + g_m(R_c || r_o)]C_{\mu}$$

$$C_m = \left[ 1 + 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \times 5 \text{ K}\Omega \right] 0.5 \text{ PF} = 100.5 \text{ PF}$$

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m}{C_{\pi} + C_{\mu}} \Rightarrow C_{\pi} \cong 15.5 \text{ PF}$$

## حل مثال ( ادامه )



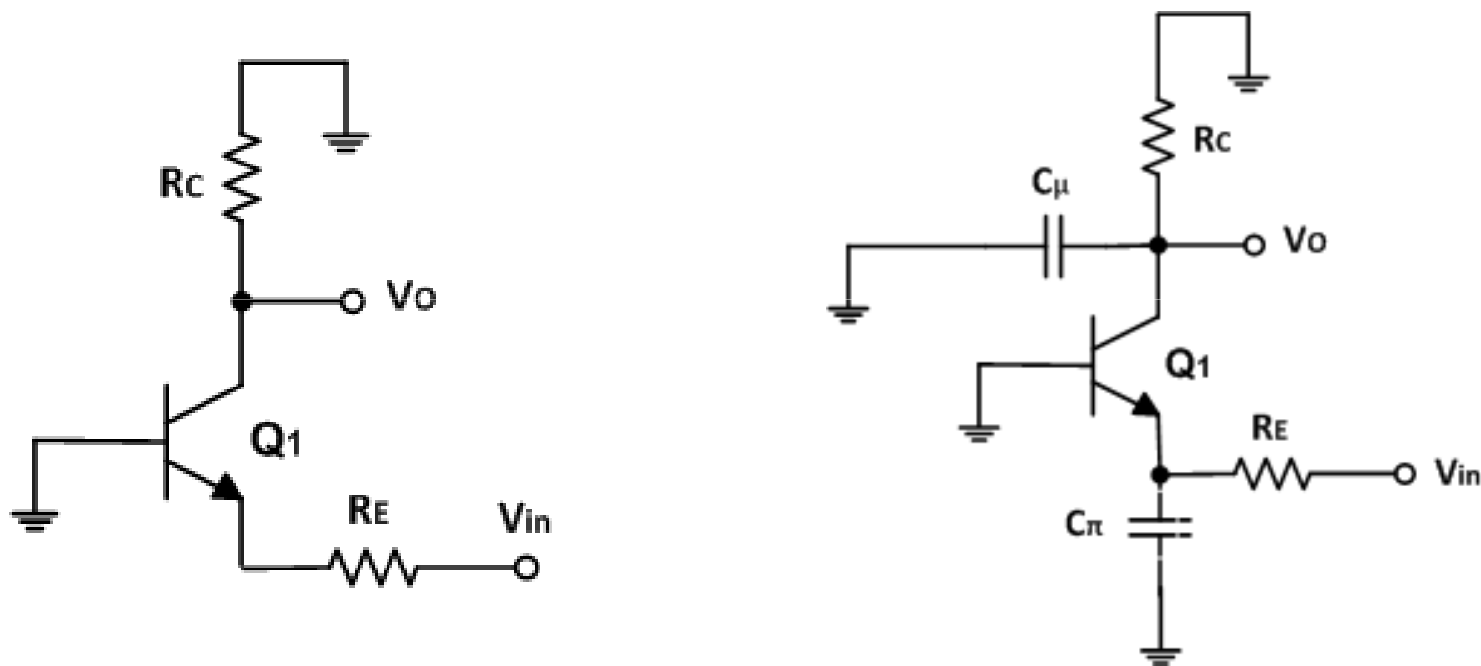
$$\tau_1 = (R_s || r_{\pi}) \times (c_{\pi} + c_m) \Rightarrow \tau_1 = 0.81 \text{ K}\Omega \times 116 \text{ PF} = 94 \text{ ns}$$

$$\tau_2 = (R_c || r_o) \times c_{\mu} = 5 \text{ K}\Omega \times 0.5 \text{ PF} = 2.5 \text{ ns}$$

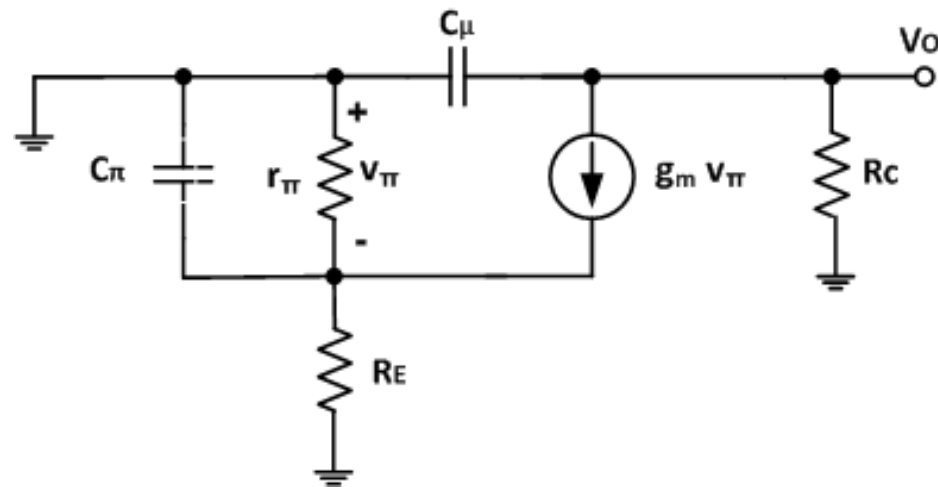
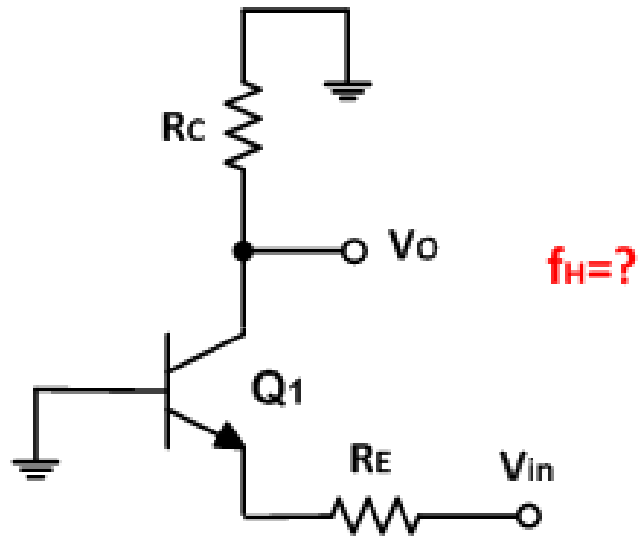
$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2} \Rightarrow \omega_H = \frac{1}{94 \text{ ns} + 2.5 \text{ ns}} \cong 10.4 \text{ MHz}$$



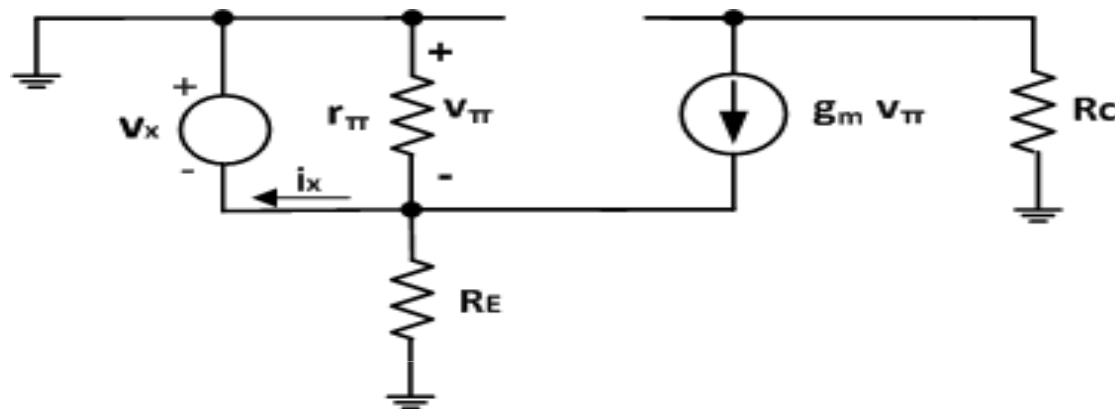
## بررسی رفتار فرکانس بالای تقویت کننده ی بیس مشترک



# فرکانس قطع بالای تقویت کننده ی بیس مشترک



## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\pi}$

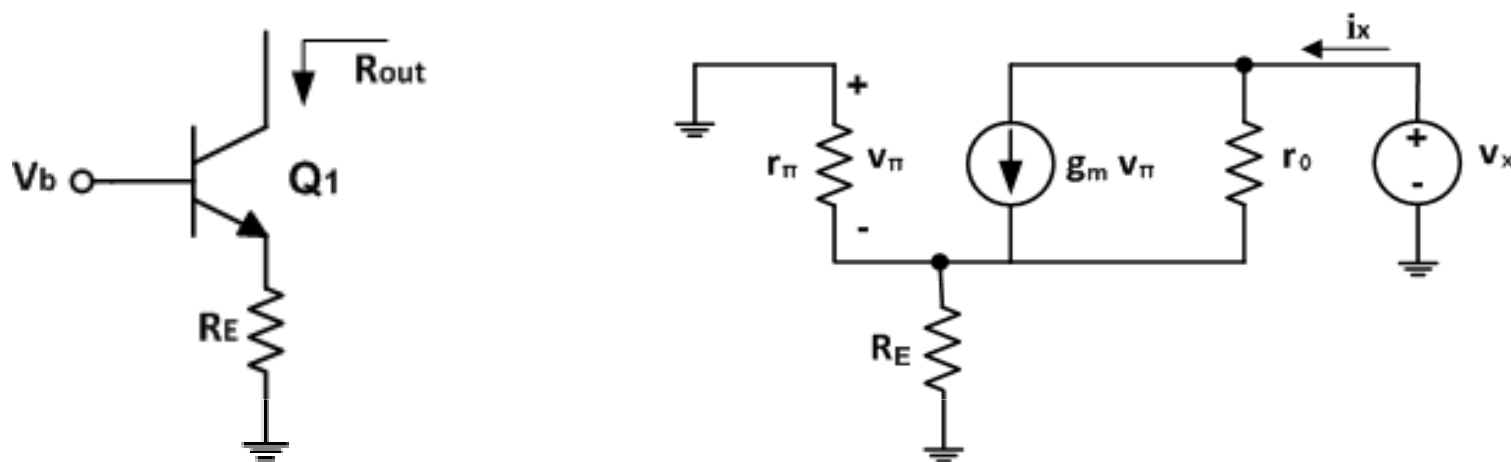


$$\text{KCL E : } i_x + \frac{-v_x}{r_{\pi}} + \frac{-v_x}{R_E} - g_m v_{\pi} = 0$$

$$v_{\pi} = v_x \Rightarrow i_x = \left( \frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m \right) v_x$$

$$R_{\pi} = \frac{1}{\frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m} \Rightarrow \tau_1 = R_{\pi} \times C_{\pi}$$

## یادآوری: محاسبه مقاومت خروجی



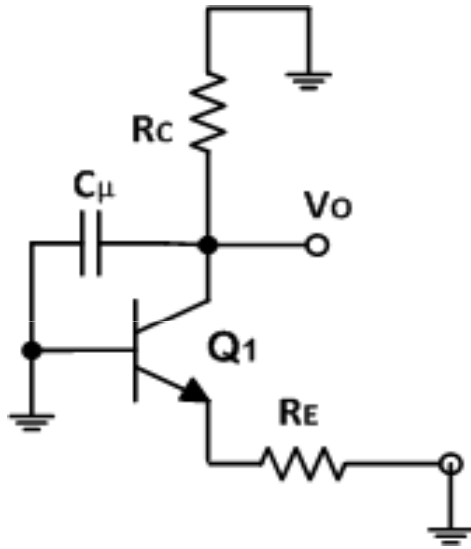
$$\text{KVL : } v_x = r_o (i_x - g_m v_\pi) - v_\pi$$

$$\text{قانون اهم : } v_\pi = -(R_E \parallel r_\pi) i_x$$

$$v_x = r_o (i_x + g_m (R_E \parallel r_\pi) i_x) + (R_E \parallel r_\pi) i_x$$

$$R_{out} = \frac{v_x}{i_x} = r_o (1 + g_m (R_E \parallel r_\pi)) + (R_E \parallel r_\pi)$$

## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\mu}$



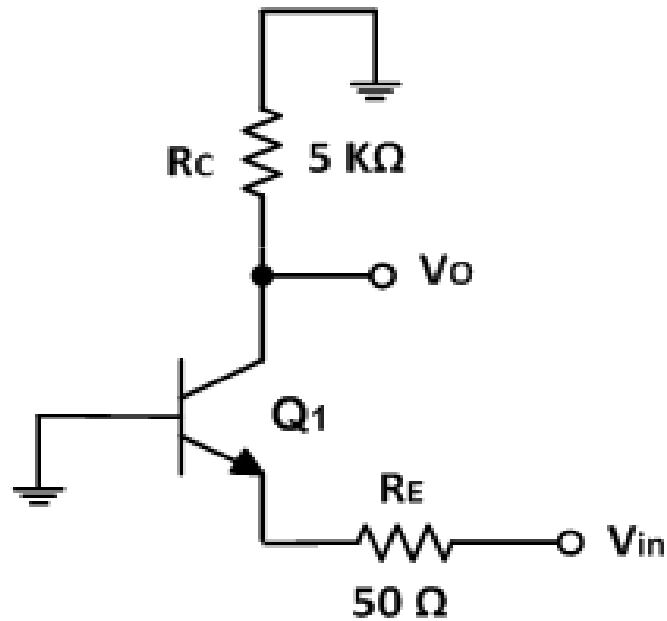
$$R_{\mu} = (R_C || \infty) = R_C$$

$$\tau_2 = R_{\mu} \times c_{\mu}$$

بنابراین فرکانس قطع بالا برابر است با:  $\square$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2}$$

مثال: در مدار شکل زیر، مطلوب است:  
 الف) بهره ی فرکانس پائین ب) فرکانس قطع بالای مدار

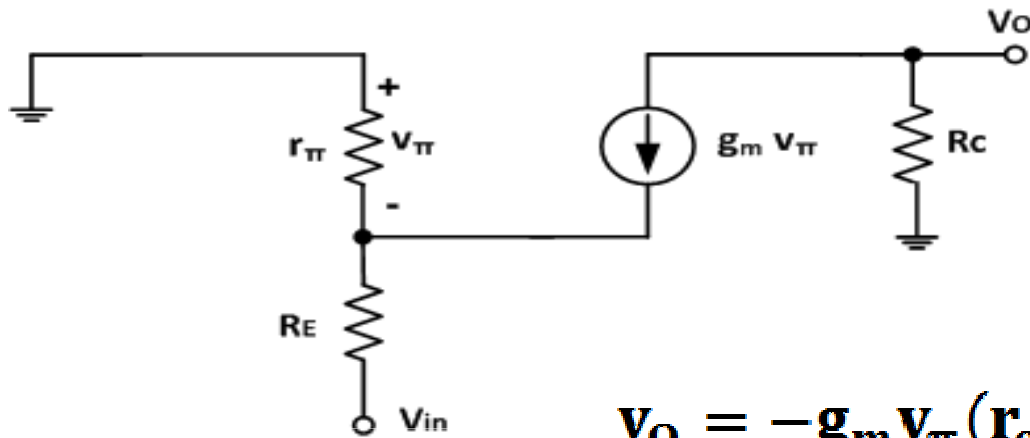


$$r_{\pi} = 2.6 \text{ K}\Omega , \quad \beta = 100$$

$$r_o = \infty , \quad c_{\mu} = 0.5 \text{ PF} , \quad c_{\pi} = 15 \text{ PF}$$

$$g_m r_{\pi} = \beta \quad \Rightarrow \quad g_m = \frac{100}{2.6 \text{ K}\Omega} \cong 40 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

## حل مثال ( ادامه )



$$V_O = -g_m v_{\pi} (r_o || R_C) = -g_m R_C v_{\pi}$$

$$\text{KCL E : } \frac{V_{\pi}}{r_{\pi}} + \frac{V_{in} + V_{\pi}}{R_E} + g_m v_{\pi} = 0$$

$$\Rightarrow v_{\pi} = -\frac{V_{in}}{\left(\frac{R_E}{r_{\pi}} + 1 + g_m R_E\right)}$$

$$A_V = \frac{V_O}{V_{in}} \approx \frac{g_m R_C}{1 + R_E g_m} = \frac{R_C}{\frac{1}{g_m} + R_E}$$

$$\Rightarrow A_V = \frac{5 \text{ K}\Omega}{(25 + 50) \Omega} \cong 67$$

حل مثال ( ادامه )

$$\mathbf{R_{\pi} = \frac{1}{\frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m} \Rightarrow R_{\pi} \cong 17 \Omega}$$

$$\mathbf{\tau_1 = R_{\pi} \times c_{\pi} = 17^{\Omega} \times 15^{PF} = 0.255 ns}$$

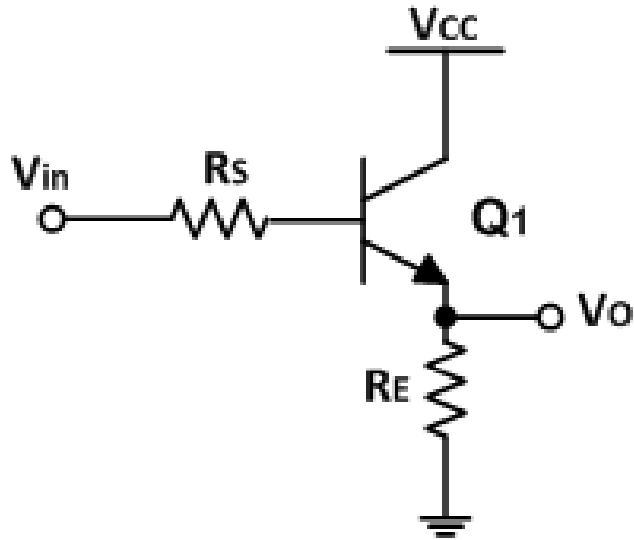
$$\mathbf{\tau_2 = R_{\mu} \times c_{\mu} = (R_C || \infty) \times c_{\mu} = 2.5 ns}$$

$$\mathbf{\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2}}$$

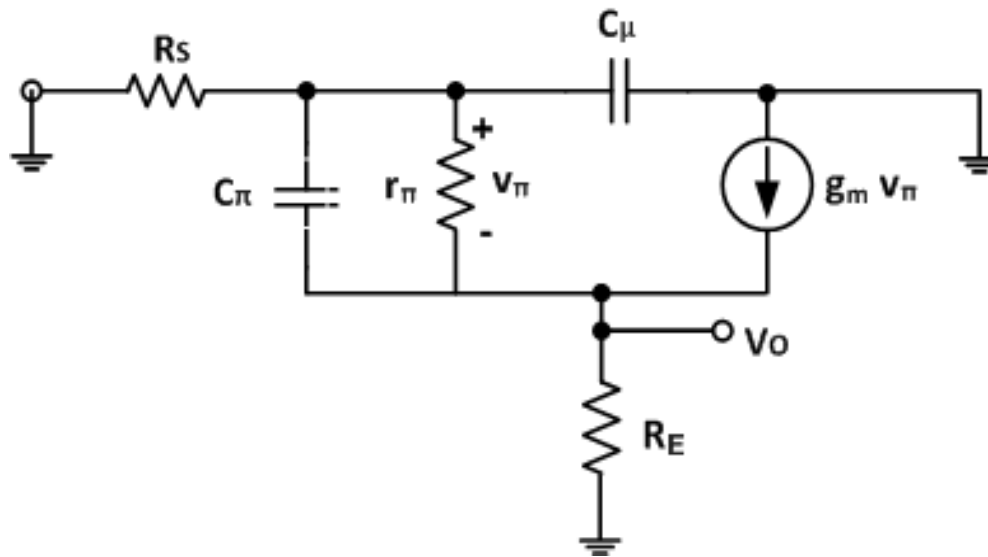
$$\mathbf{f_H = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{0.255 ns + 2.5 ns} \cong 58 MHz}$$



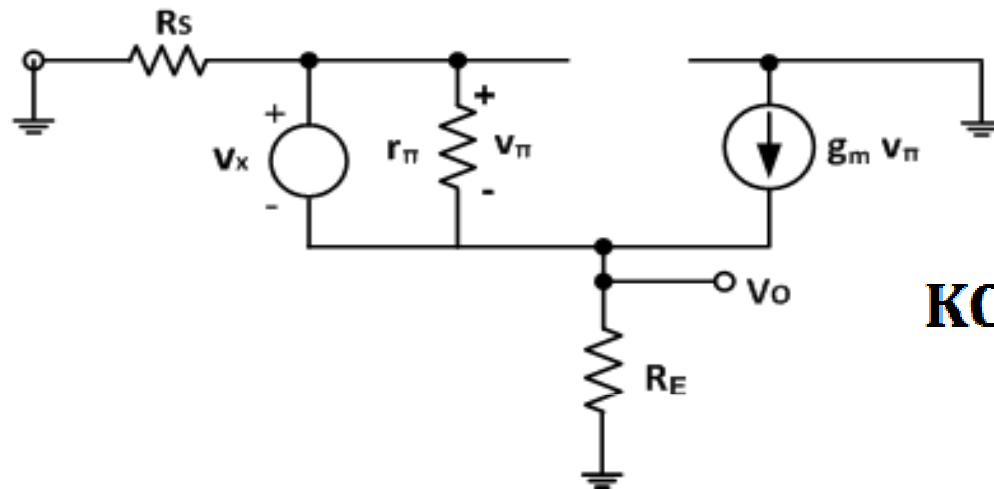
# فرکانس قطع بالای تقویت کننده ی کلکتور مشترک



$f_H=?$



## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\pi}$



$$v_{\pi} = v_x$$

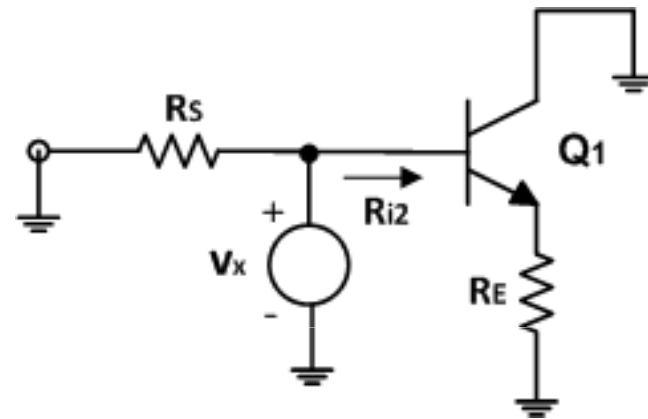
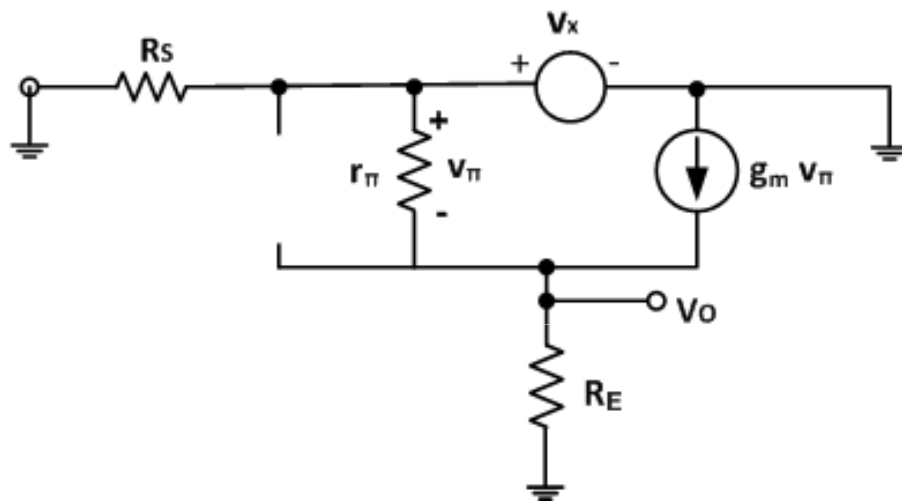
$$\text{KCL B : } -i_x + \frac{v_e + v_x}{R_s} + \frac{v_x}{r_{\pi}} = 0$$

$$\text{KCL E : } i_x + \frac{-v_x}{r_{\pi}} + \frac{v_e}{R_E} - g_m v_x = 0$$

$$R_{\pi} = \frac{v_x}{i_x} = \frac{1 + \frac{R_s}{R_E}}{\frac{1}{r_{\pi}} + g_m + \frac{1}{R_E} \left( \frac{R_s}{R_s || r_{\pi}} \right)}$$

$$\tau_1 = R_{\pi} \times c_{\pi}$$

## محاسبه ی ثابت زمانی متناظر با $C_{\mu}$



$$R_{\mu} = (R_s || R_{i2})$$

$$R_{i2} = r_{\pi} + (1 + \beta)R_E$$

$$\tau_2 = R_{\mu} \times c_{\mu}$$