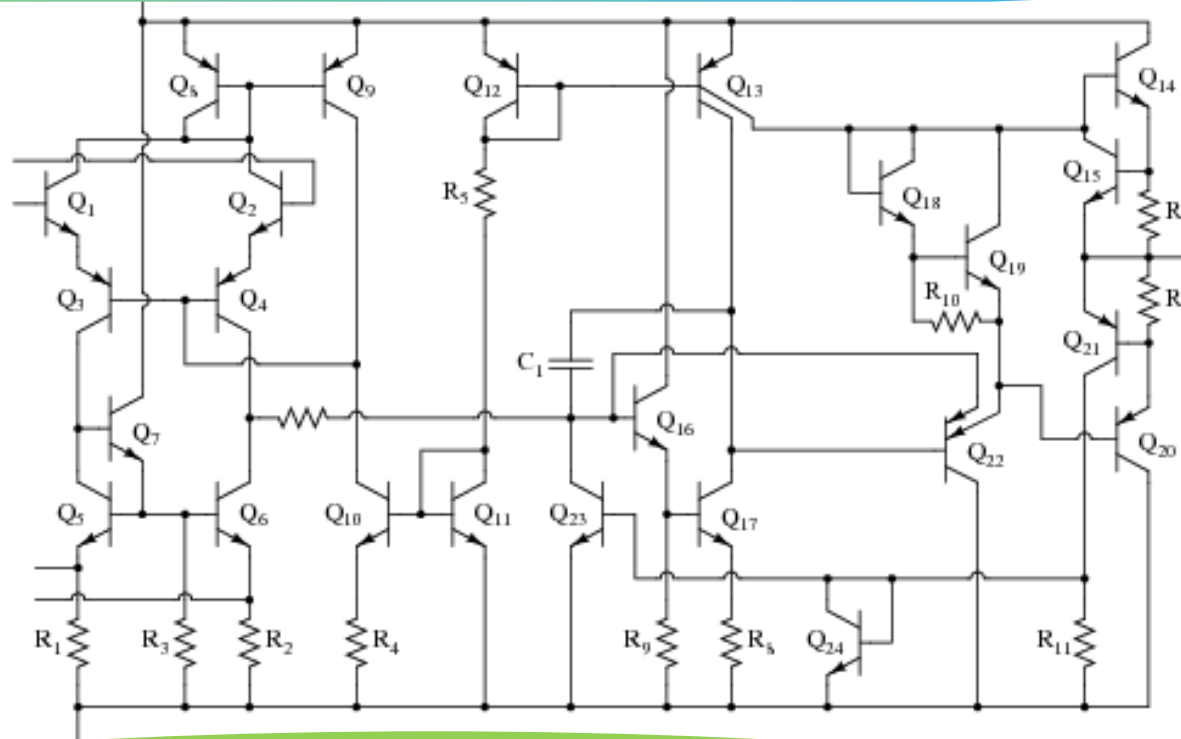


Analog Electronics (Electronics III)

By: M. Shahraki

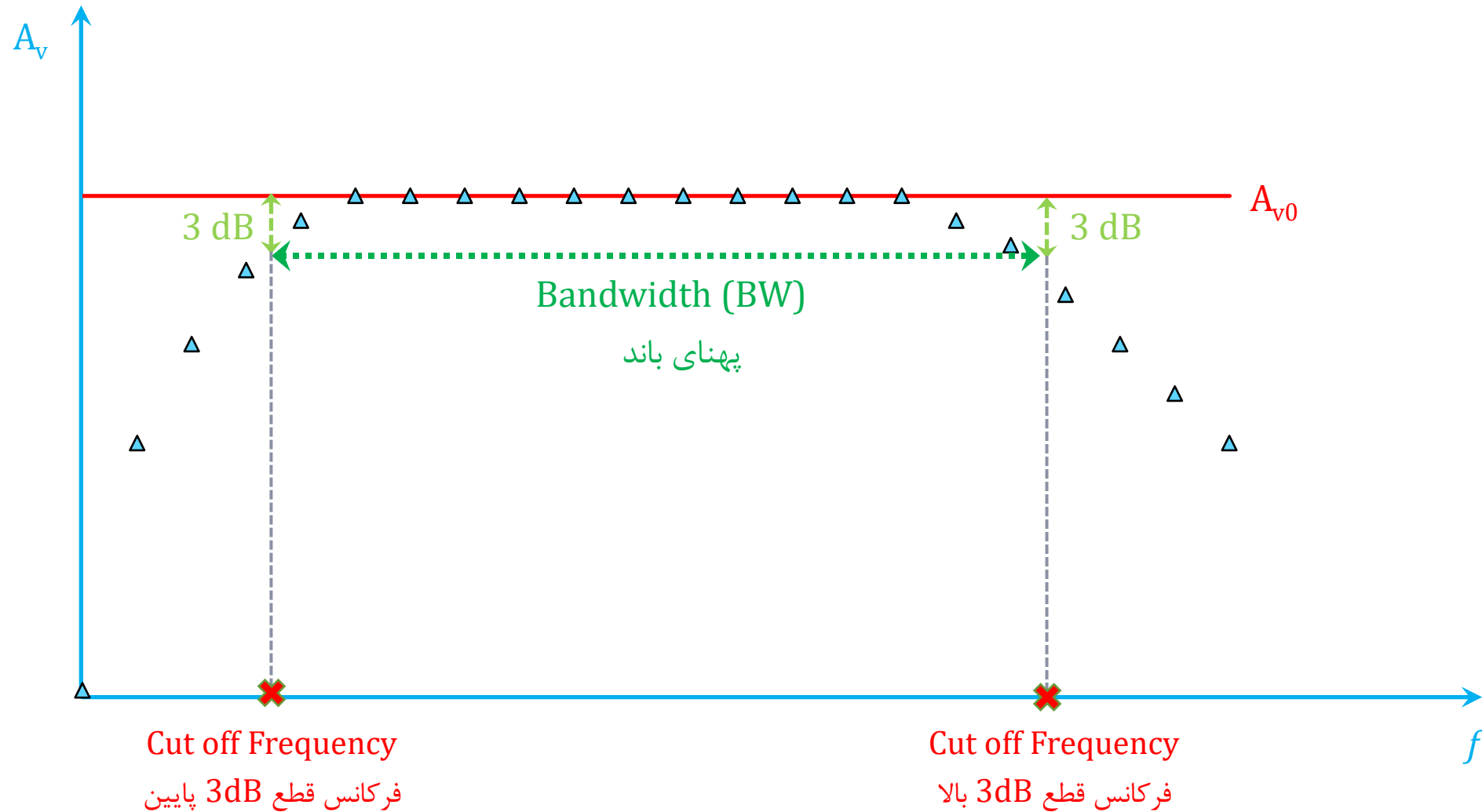


University of
Sistan and Baluchestan

University of Sistan & Baluchestan
Faculty of Electrical and Computer Engineering
Department of Electrical & Electronics Engineering

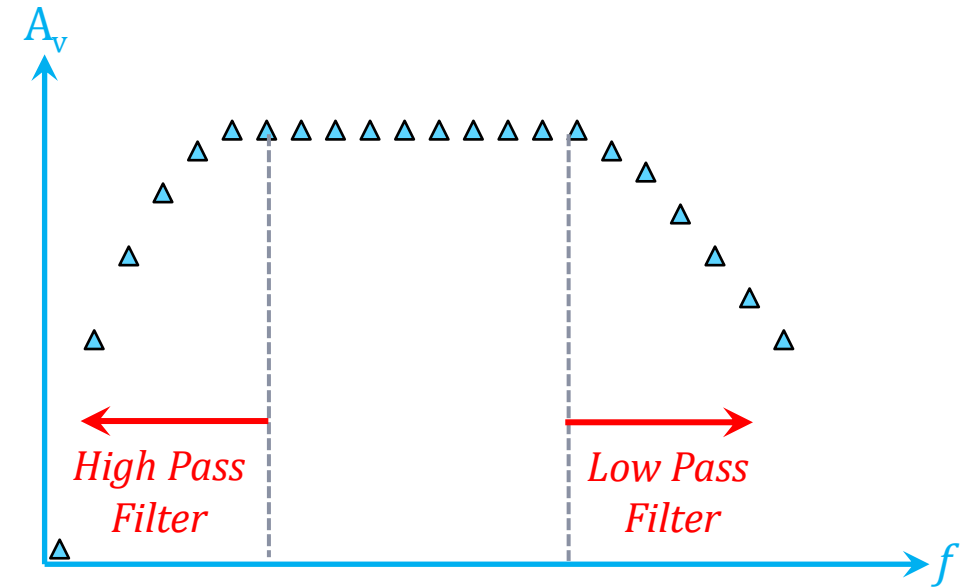
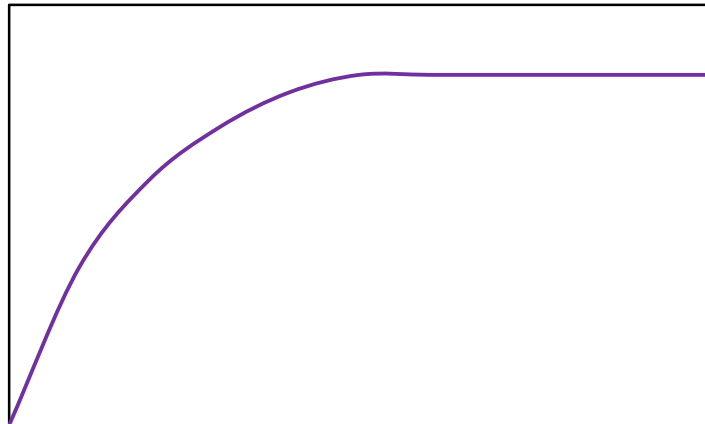
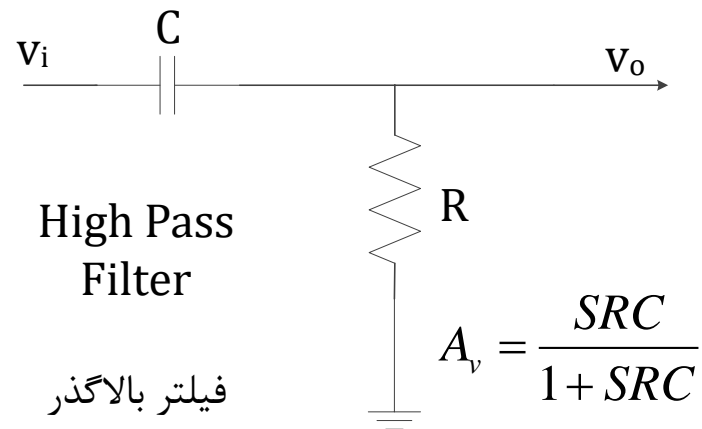
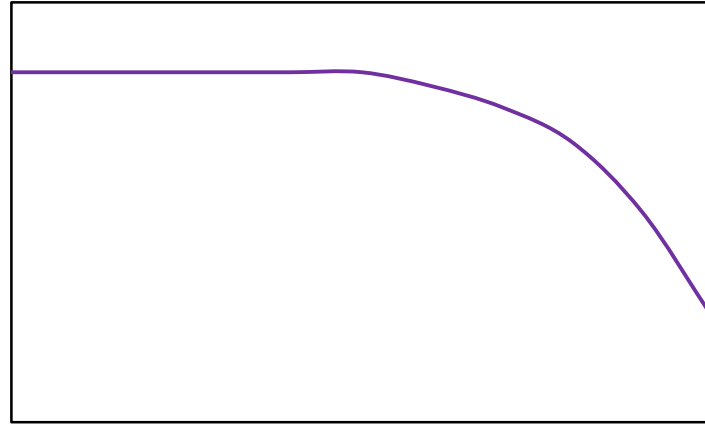
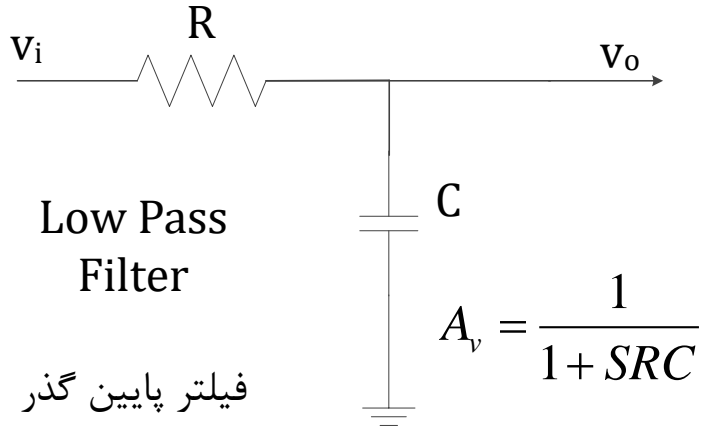
Modeling The Frequency Response

مدل سازی پاسخ فرکانسی



Modeling The Frequency Response

مدل سازی پاسخ فرکانسی



$$A_v = \frac{SRC}{1 + SRC}$$

۱ صفر
۱ قطب

قطبها = صفرها

$$A_v = \frac{1}{1 + SRC}$$

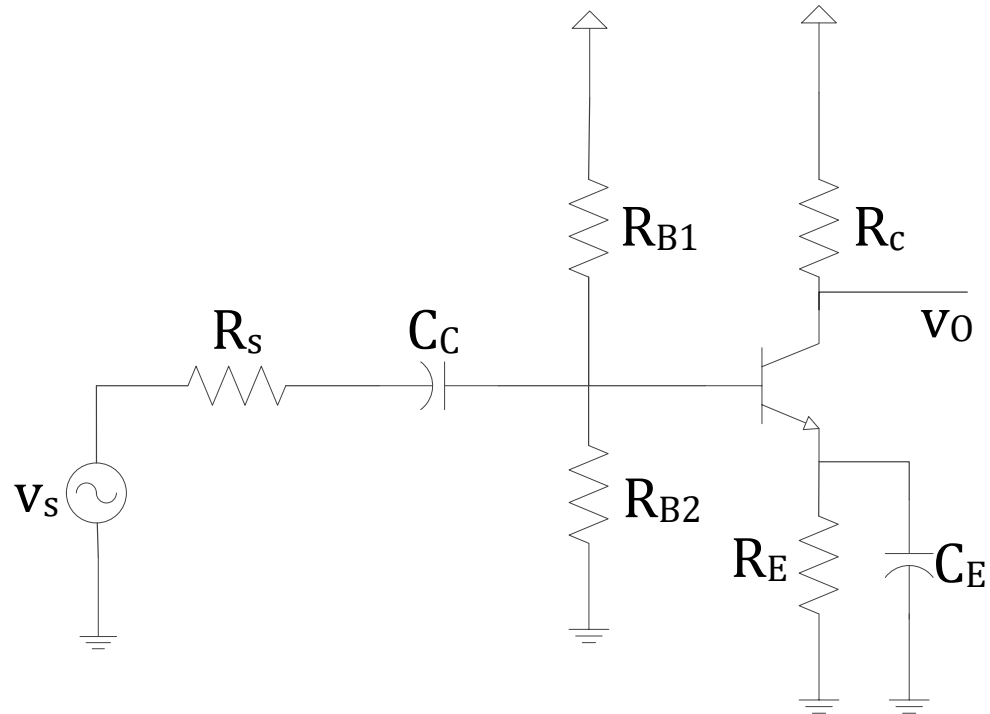
۰ صفر
۱ قطب

قطبها < صفرها



Modeling The Frequency Response

مدل سازی پاسخ فرکانسی



فرکانس پایین: فیلتر بالاگذر

تعداد قطبها = تعداد صفرها

$$A_v \ll \frac{SRC}{1+SRC}$$

۲ خازن : ۲ قطب
۲ صفر؟

تعداد مسیرهای خازنی
ورودی به خروجی ۲

تمرین:

خازن کوپلاژ و خازن بای پس را جداگانه توسط مدار هیبرید π مورد مطالعه قرار داده و نشان دهید که هر یک از آنها یک صفر و یک قطب ایجاد می کنند. مسیرهای خازنی بین ورودی و خروجی را تشخیص دهید.



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

تعداد خازن‌ها = ۴

تحلیل بسیار زمان بر و دشوار است.
در سه باند متفاوت تحلیل انجام می شود.

باند میانی:

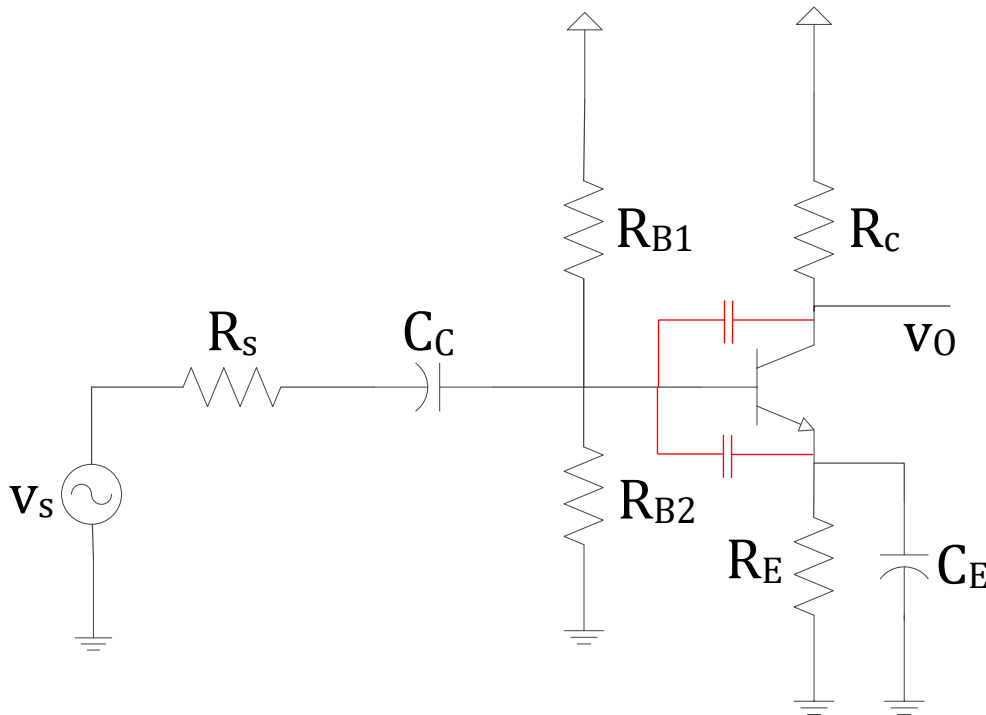
خازن های کوپلاژ و بای پس اتصال کوتاه و خازن های داخلی ترانزیستور اتصال باز هستند

باند پایین:

خازن های کوپلاژ و بای پس فعال و خازن های داخلی ترانزیستور اتصال باز هستند

باند بالا:

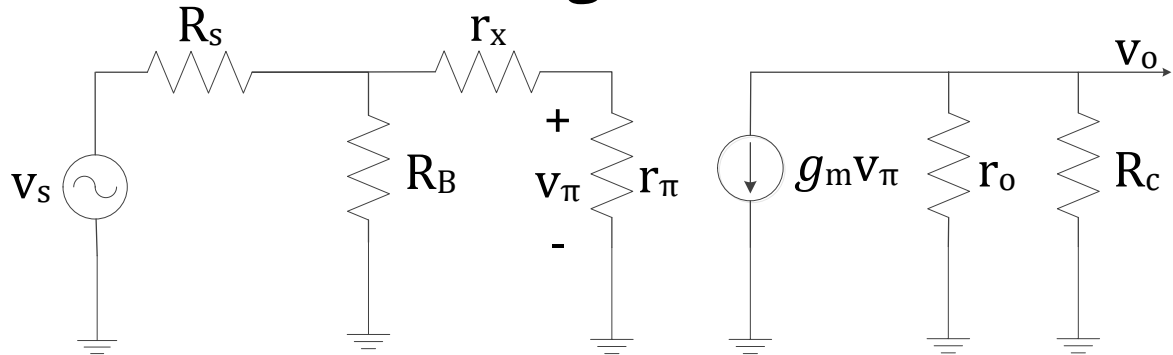
خازن های کوپلاژ و بای پس اتصال کوتاه و خازن های داخلی ترانزیستور فعال هستند



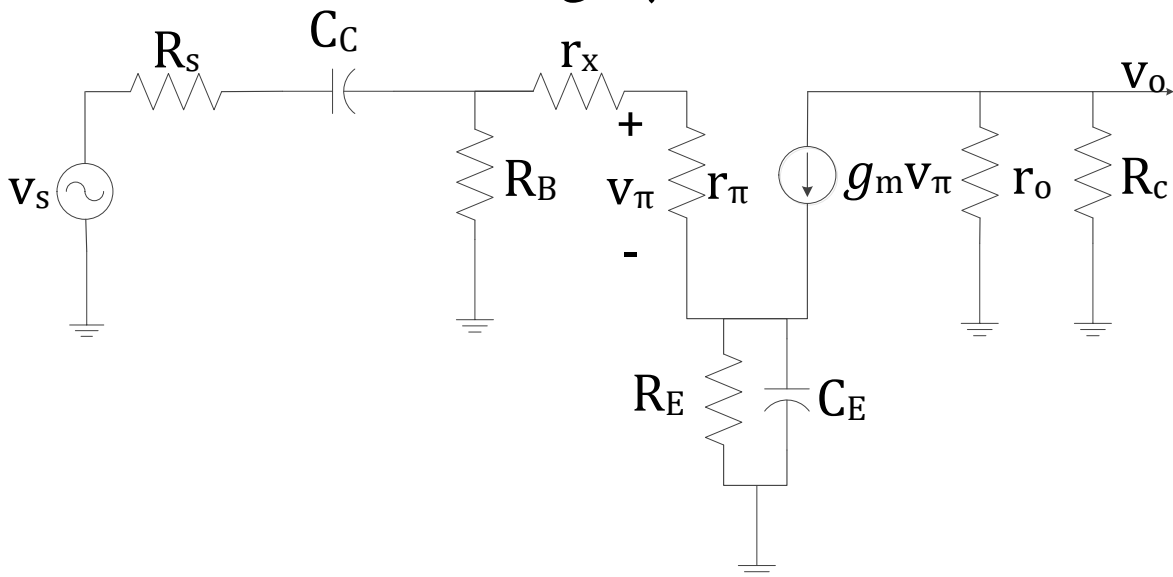
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

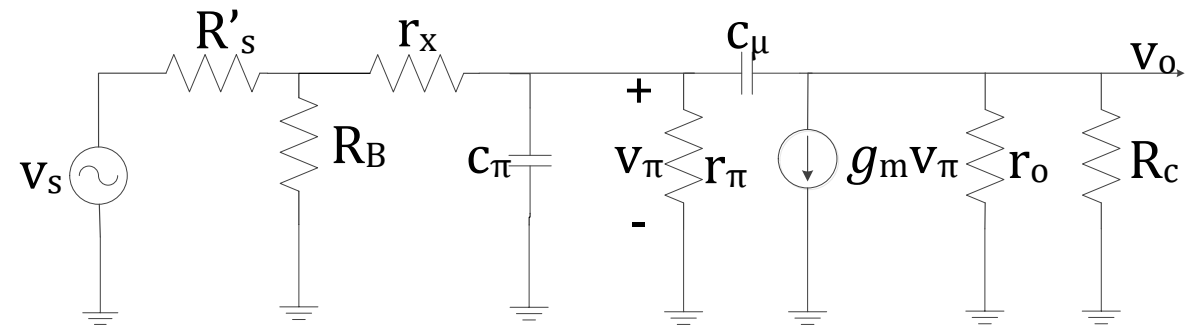
باند میانی:



باند پایین:



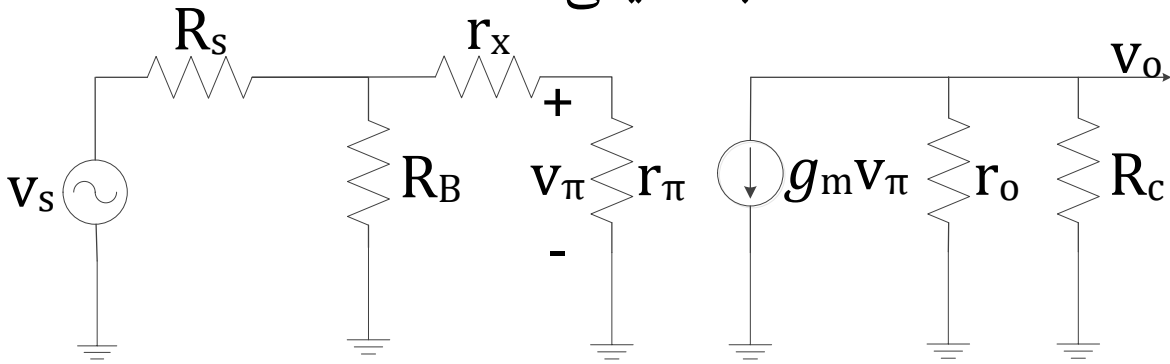
باند بالا:



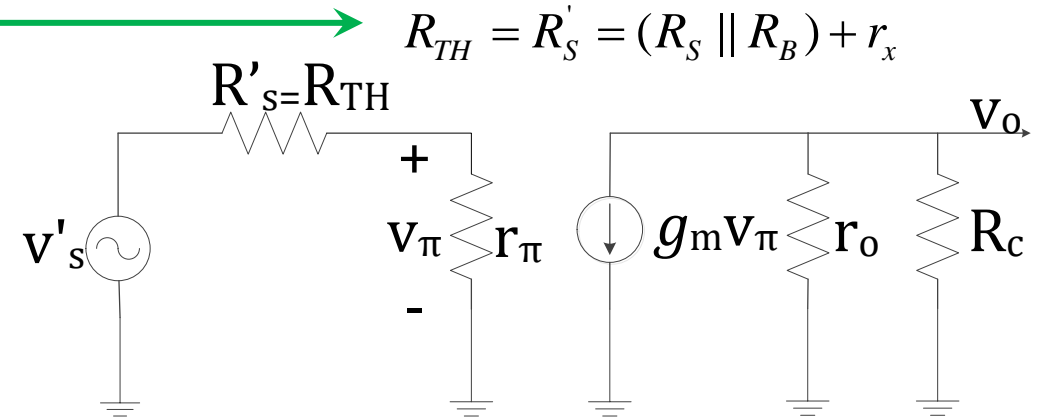
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

باند میانی:



$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{(R_c \parallel r_o)}{(r_\pi + R'_S) / \beta_0} = -g_m r_\pi \frac{(R_c \parallel r_o)}{(r_\pi + R'_S)}$$



$$\frac{v_o}{v_s} = -g_m (R_c \parallel r_o) \frac{r_\pi}{r_\pi + R'_S} = -g_m (R_c \parallel r_o) \frac{1}{1 + \frac{R'_S}{r_\pi}}$$

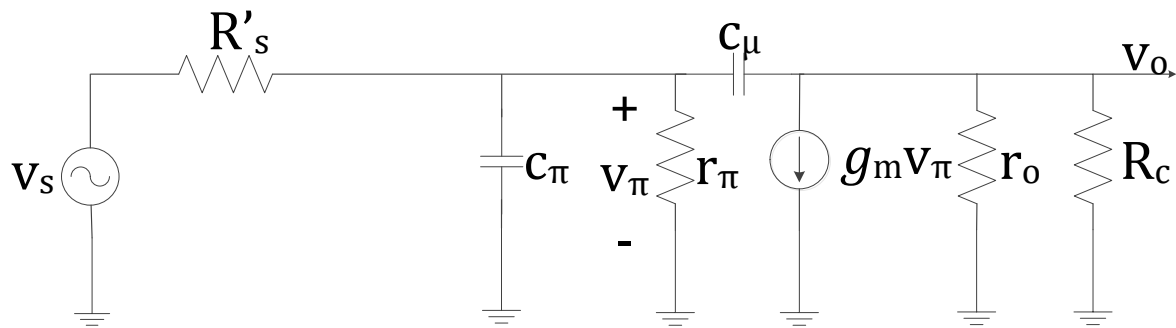
$$A_{v0} = -g_m (R_c \parallel r_o) \frac{1}{1 + \frac{R'_S}{r_\pi}}$$



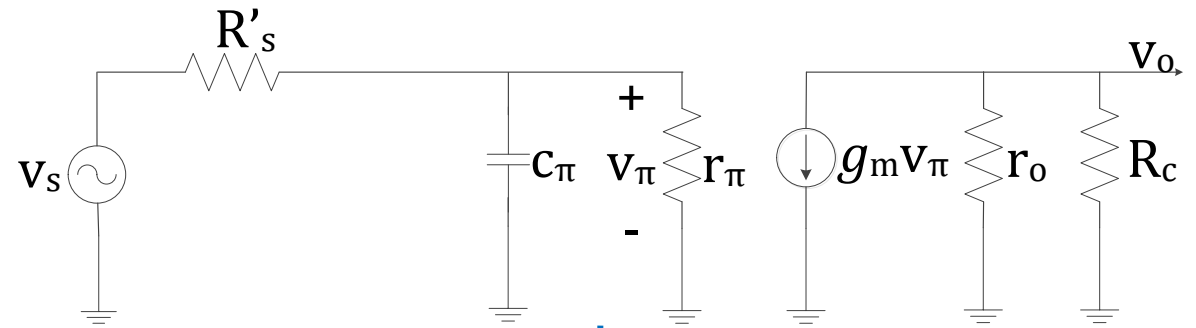
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

باند بالا:



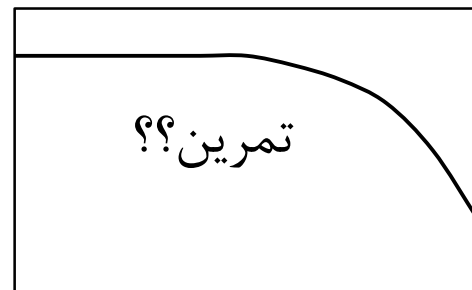
تاثیر C_{π} به صورت مجزا



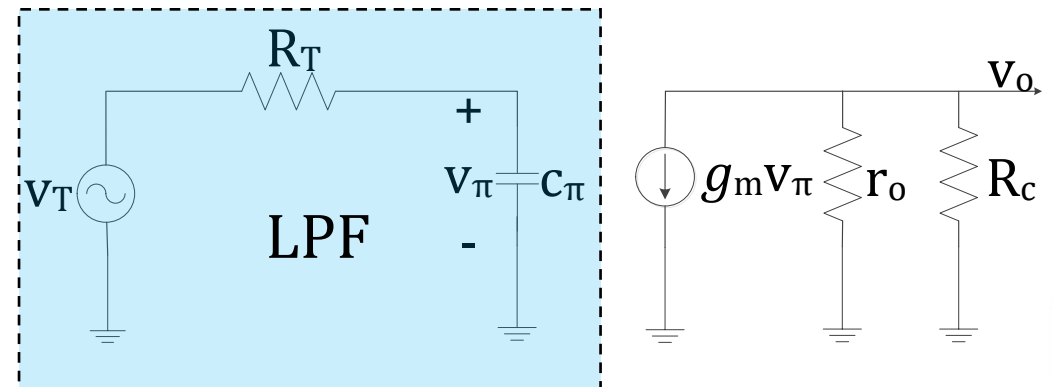
$$v_o = -g_m (R_c \parallel r_o) v_{\pi}$$

$$\frac{v_o}{v_s} \rightarrow \text{Low Pass Filter}$$

$$\frac{v_{\pi}}{v_s} \rightarrow \text{Low Pass Filter}$$



مدار معادل تونن در ورودی



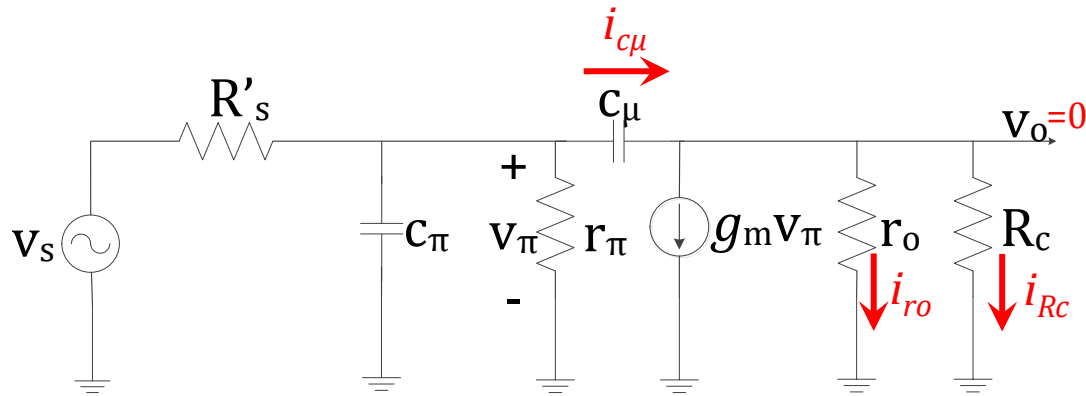
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

مدار کامل باند بالا:

۲ خازن وجود دارد، ۲ قطب

۱ مسیر خازنی وجود دارد، ۱ صفر



$$A_v(S) = \frac{A_{v0} \left(\frac{S}{Z} + 1 \right)}{\left(\frac{S}{P_1} + 1 \right) \left(\frac{S}{P_2} + 1 \right)}$$

At Zero Point:

$v_o = 0$ →

$i_{Rc} = i_{ro} = 0$ →

$i_{c\mu} = g_m v_\pi$

$i_{c\mu} = s C_\mu v_\pi$

$$S = \frac{g_m}{C_\mu}$$

$$f = \frac{g_m}{2\pi C_\mu}$$

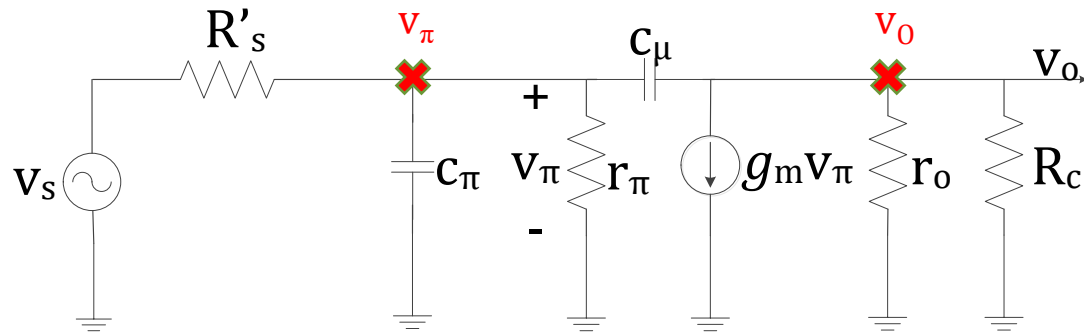
فرکانس بسیار بالا (بالتر از f_T)
صفر غیر موثر (Bode Plot)



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

۲ گره وجود دارد، معادلات KCL مدار کامل باند بالا:



$$(v_{\pi} - v_s)G'_S + v_{\pi}(g_{\pi} + sC_{\pi}) + (v_{\pi} - v_o)SC_{\mu} = 0$$

$$(v_o - v_{\pi})SC_{\mu} + g_m v_{\pi} + v_o G'_C = 0$$

$$G'_S = 1/R'_S$$

$$R'_C = (r_o \parallel R_C)$$

$$G'_C = 1/R'_C$$

$$g_{\pi} = 1/r_{\pi}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-G'_S R'_C (g_m - sC_{\mu})}{G'_S + g_{\pi} + \{C_{\pi} + C_{\mu}[1 + R'_C(g_m + g_{\pi} + G'_S)]\}s + C_{\pi} C_{\mu} R'_C s^2}$$

تمرین

$$S = \frac{g_m}{C_{\mu}} \text{ قطب و یک صفر در}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-G'_s R'_C (g_m - sC_\mu)}{G'_s + g_\pi + \{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\}S + C_\pi C_\mu R'_C S^2}$$

تقریب تک قطبی مدار باند بالا
(روش اول):

Low Frequencies \longrightarrow $|SC_\pi| \ll g_m$ \longrightarrow $|SC_\pi C_\mu| \ll g_m C_\mu$ \longrightarrow $|SC_\pi C_\mu R'_C| \ll g_m C_\mu R'_C$

$$\omega \ll \omega_T$$

$$\omega_T = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu}$$

$$|SC_\mu| \ll g_m$$

$$|S^2 C_\pi C_\mu R'_C| \ll |S g_m C_\mu R'_C|$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-G'_s R'_C g_m}{G'_s + g_\pi + \{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\}S}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

$$A_v = \frac{-G'_s R'_C g_m}{G'_s + g_\pi + \{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\} S}$$

تقریب تک قطبی مدار باند بالا
(روش اول):

$$A_v = \frac{-G'_s R'_C g_m / G'_s + g_\pi}{1 + \frac{\{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\} S}{G'_s + g_\pi}}$$

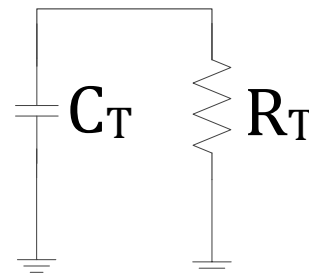
$$A_{v0} = \frac{-G'_s R'_C g_m}{G'_s + g_\pi}$$

$$P = \frac{G'_s + g_\pi}{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]}$$

$$P = \frac{1}{R_T C_T}$$

$$R_T = \frac{1}{G'_s + g_\pi} = r_\pi \parallel R'_S$$

$$C_T = C_\pi + C_\mu \left[1 + g_m R'_C + \frac{R'_C}{R_T} \right]$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

$$\frac{v_O}{v_s} = \frac{-G'_s R'_C (g_m - sC_\mu)}{G'_s + g_\pi + \{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\}S + C_\pi C_\mu R'_C S^2}$$

تقریب تک قطبی مدار باند بالا
(روش دوم):

$$\frac{v_O}{v_s} = \frac{-G'_s R'_C (g_m - sC_\mu) / (G'_s + g_\pi)}{1 + \frac{\{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\}S}{(G'_s + g_\pi)} + \frac{C_\pi C_\mu R'_C S^2}{(G'_s + g_\pi)}}$$

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \left(\frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} \right) + 1 = 0$$

یک قطب غالب است

$$P_1 = \frac{G'_s + g_\pi}{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]}$$

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \frac{1}{P_1} + 1 = 0$$

$$\frac{1}{P_1} \gg \frac{1}{P_2}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-G'_s R'_C (g_m - sC_\mu) / (G'_s + g_\pi)}{1 + \frac{\{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]\} S}{(G'_s + g_\pi) + \frac{C_\pi C_\mu R'_C S^2}{(G'_s + g_\pi)}}$$

تشخیص قطب ها

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \frac{1}{P_1} + 1 = 0$$

$$P_1 = \frac{G'_s + g_\pi}{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]}$$

$$\frac{1}{P_1 P_2} = \frac{C_\pi C_\mu R'_C}{G'_s + g_\pi}$$

$$P_2 = \frac{1}{P_1} \frac{G'_s + g_\pi}{C_\pi C_\mu R'_C}$$

$$P_2 = \frac{C_\pi + C_\mu [1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]}{C_\pi C_\mu R'_C}$$

$$P_2 = \frac{1}{C_\mu R'_C} + \frac{[1 + R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)]}{C_\pi R'_C}$$

$$P_2 = \frac{1}{R_{T2-1} C_{T2-1}} + \frac{1}{R_{T2-2} C_{T2-2}}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

Parallel = R_T

$$P_1 = \frac{\overbrace{g_\pi + G'_s}^{\text{Parallel} = R_T}}{C_\pi + C_\mu [1 + \underbrace{R'_C (g_m + g_\pi + G'_s)}_{\text{Parallel} = R_T}]}$$

$$P_2 = \frac{1}{C_\mu R'_C} + \frac{1}{C_\pi R'_C} + \frac{g_m}{C_\pi} + \frac{g_\pi}{C_\pi} + \frac{G'_s}{C_\pi}$$

$$\omega_T = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu} \quad \frac{g_m}{C_\pi} > \omega_T$$

$$R_T = R'_S \parallel r_\pi$$

$$P_1 = \frac{1}{R_T \left(C_\pi + C_\mu \left[1 + g_m R'_C + \frac{R'_C}{R_T} \right] \right)}$$

$$P_2 = \frac{1}{C_\mu R'_C} + \frac{1}{C_\pi (R'_C \parallel r_m \parallel r_\pi \parallel R'_S)}$$

$$P_2 > \omega_T$$

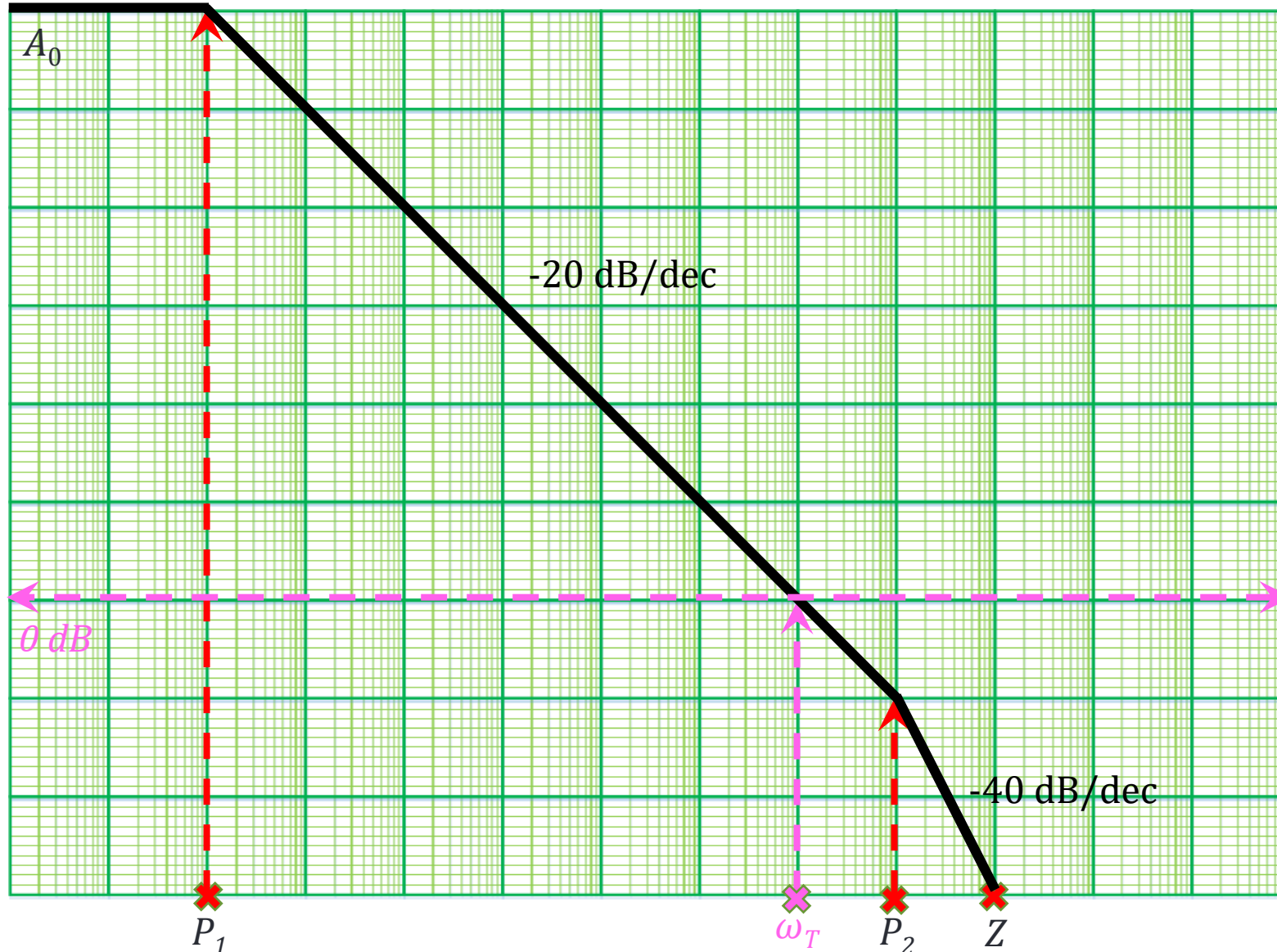
قطب فرکانس بالا

تشخیص قطب ها



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک



مقایسه صفر و قطب ها

$$P_1 = \frac{1}{R_T \left(C_\pi + C_\mu \left[1 + g_m R_C + \frac{R_C'}{R_T} \right] \right)}$$

$$\omega_T = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu}$$

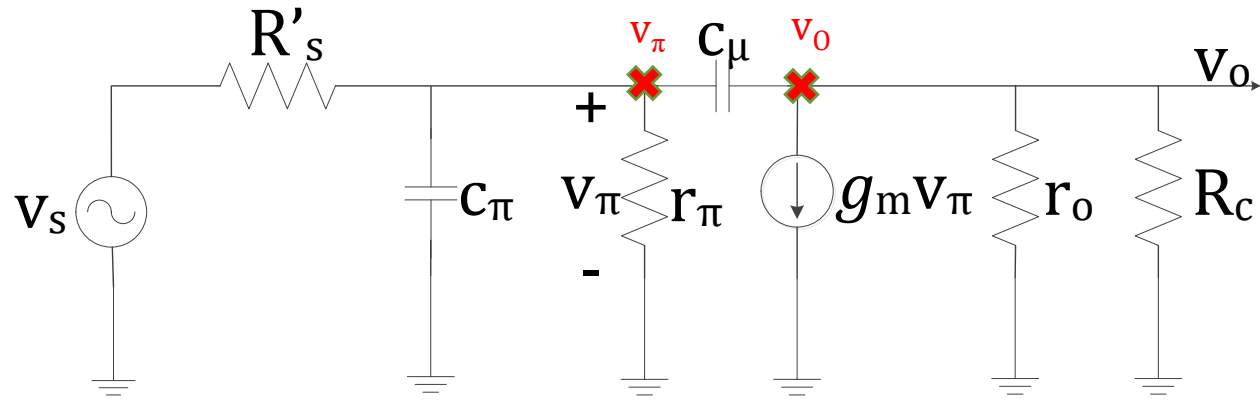
$$P_2 = \frac{1}{C_\mu R_C'} + \frac{1}{C_\pi R_C'} + \frac{g_m}{C_\pi} + \frac{g_\pi}{C_\pi} + \frac{G_s''}{C_\pi}$$

$$Z = -\frac{g_m}{C_\mu}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

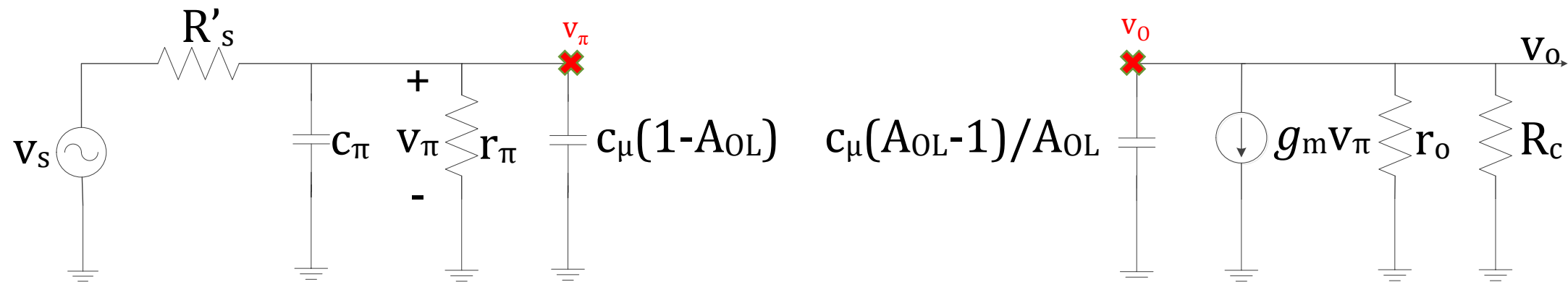
پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک



$$A_{OL} = \frac{V_O}{V_\pi}$$

روش تقریبی برای حل
تقریب میسر:

تقریب میسر
↓



مشکل:
وابستگی فرکانسی

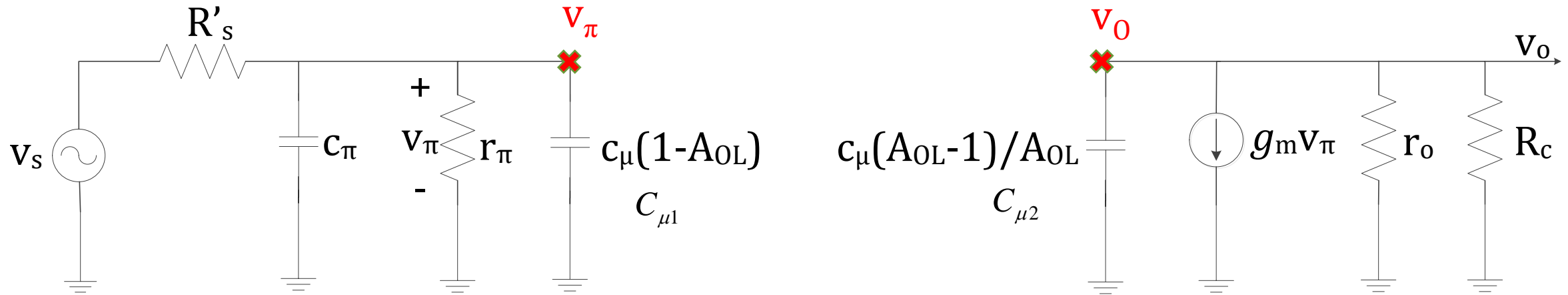


Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

تقریب میسر

در فرکانسهای خیلی کمتر از ω_T ، A_{OL} تقریباً برابر با بهره باند میانی است.



$$A_{OL} = \frac{V_o}{V_\pi} = -g_m R'_C$$

$$C_{\mu 1} = C_\mu (1 + g_m R'_C)$$

$$C_{T1} = C_\pi + C_\mu (1 + g_m R'_C) \quad \text{فرکانس پایین: تقریب میسر درست است}$$

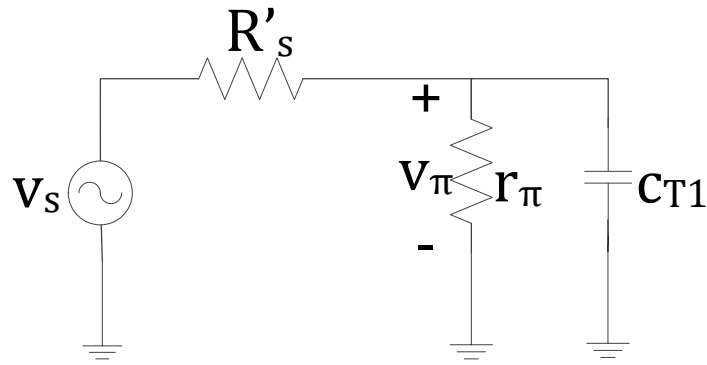
$$C_{\mu 2} = C_\mu \left(\frac{1 + g_m R'_C}{g_m R'_C} \right) \approx C_\mu$$

$$C_{T2} = C_\mu \quad \text{فرکانس بالا: تقریب میسر نادرست است}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

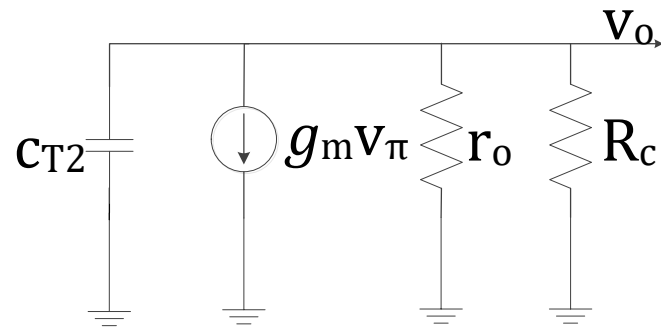


$$C_{T1} = C_{\pi} + C_{\mu}(1 + g_m R'_C)$$

$$R_{T1} = r_{\pi} \parallel R'_S = R_T$$

$$P_1 = \frac{1}{R_{T1} C_{T1}} = \frac{1}{R_T [C_{\pi} + C_{\mu}(1 + g_m R'_C)]}$$

قطب فرکانس پایین:
تقریب میلر **درست** است



$$C_{T2} = C_{\mu}$$

$$R_{T2} = r_o \parallel R_C = R'_C$$

$$P_2 = \frac{1}{R_{T2} C_{T2}} = \frac{1}{R'_C C_{\mu}}$$

قطب فرکانس بالا:
تقریب میلر **نادرست** است

تقریب میلر
محاسبه قطبها



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

مقایسه روشها

$$P_1 = \frac{1}{R_T \left(C_\pi + C_\mu \left[1 + g_m R'_C + \frac{R'_C}{R_T} \right] \right)}$$

$$P_2 = \frac{1}{C_\mu R'_C} + \frac{1}{C_\pi R'_C} + \frac{g_m}{C_\pi} + \frac{g_\pi}{C_\pi} + \frac{G'_s}{C_\pi}$$

روش تقریب تک قطبی:

$$P_1 = \frac{1}{R_{T1} C_{T1}} = \frac{1}{R_T [C_\pi + C_\mu (1 + g_m R'_C)]}$$

$$P_2 = \frac{1}{R_{T2} C_{T2}} = \frac{1}{R'_C C_\mu}$$

روش تقریب میلر:

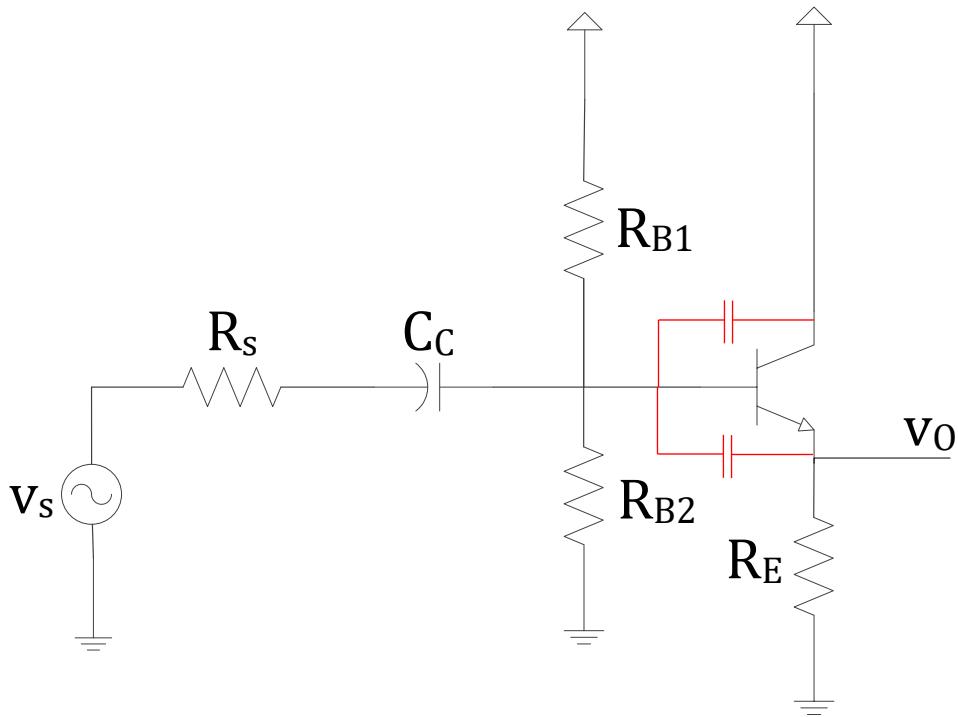
قطب فرکانس پایین:
تقریب میلر **درست** است

قطب فرکانس بالا:
تقریب میلر **نادرست** است



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک



تعداد خازنها = ۳

تحلیل زمان بر و دشوار است.
در سه باند متفاوت تحلیل انجام می شود.

باند میانی:

خازن کوپلاژ اتصال کوتاه و خازن های داخلی ترانزیستور اتصال باز هستند

باند پایین:

خازن کوپلاژ فعال و خازن های داخلی ترانزیستور اتصال باز هستند

باند بالا:

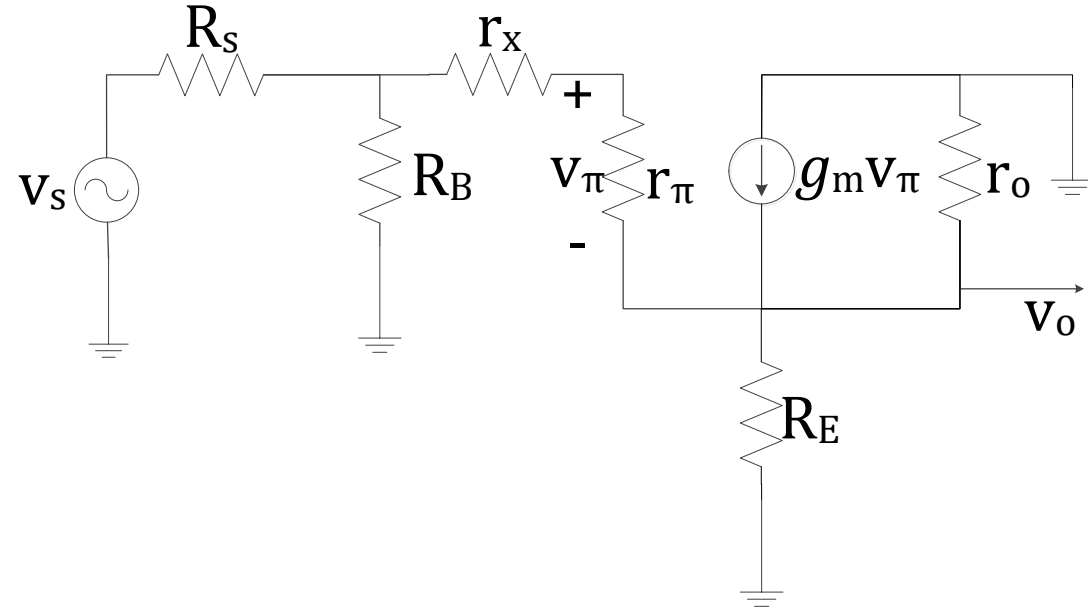
خازن کوپلاژ اتصال کوتاه و خازن های داخلی ترانزیستور فعال هستند



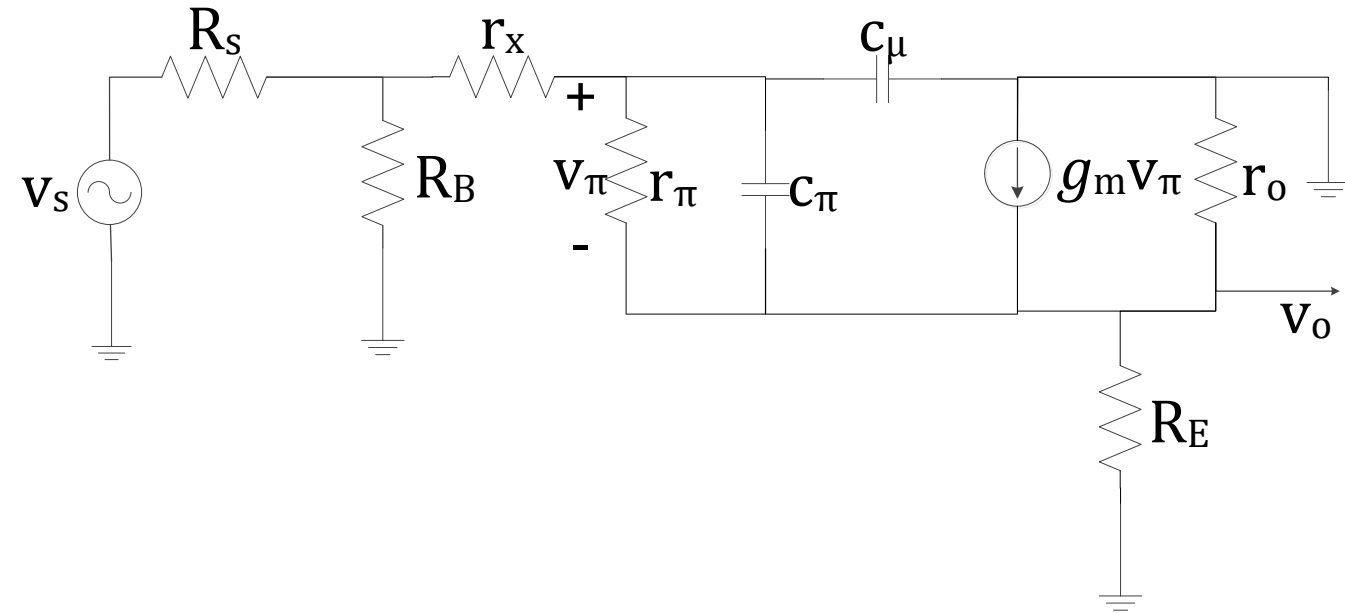
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

باند میانی:



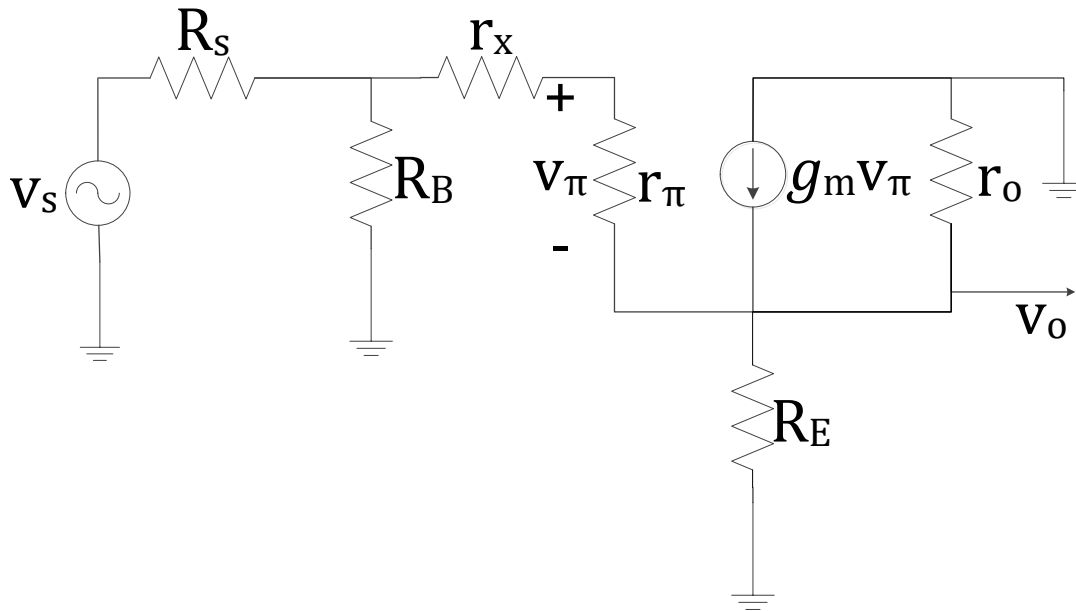
باند بالا:



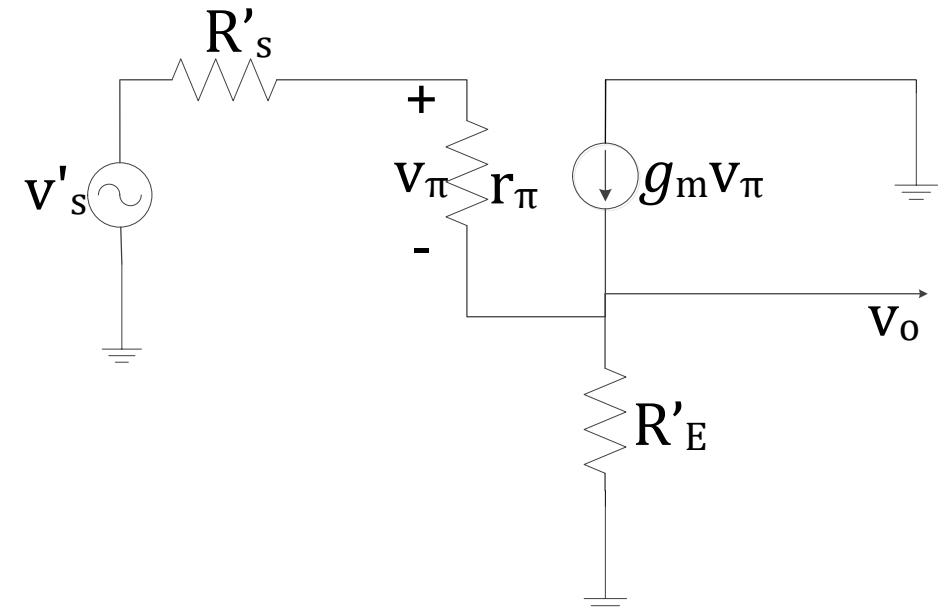
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

باند میانی:



$$R_{TH} = R'_S = (R_S \parallel R_B) + r_x \quad R'_E = (R_E \parallel r_o)$$



رابطه تقریبی

$$\frac{v_O}{v'_S} \approx \frac{R'_E}{R'_E + (r_\pi + R'_S) / \beta_0} = \frac{\beta_0 R'_E}{\beta_0 R'_E + (r_\pi + R'_S)} \cong 1$$

$$\frac{v_O}{v'_S} = \frac{r_\pi R'_E (g_m + g_\pi)}{r_\pi R'_E (g_m + g_\pi) + (r_\pi + R'_S)}$$

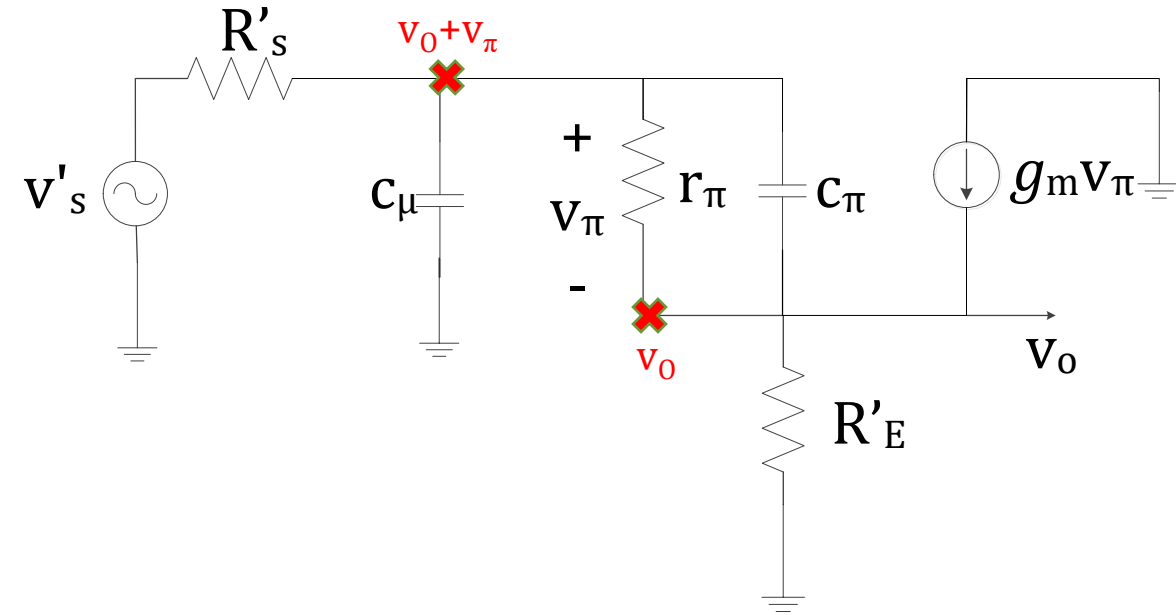
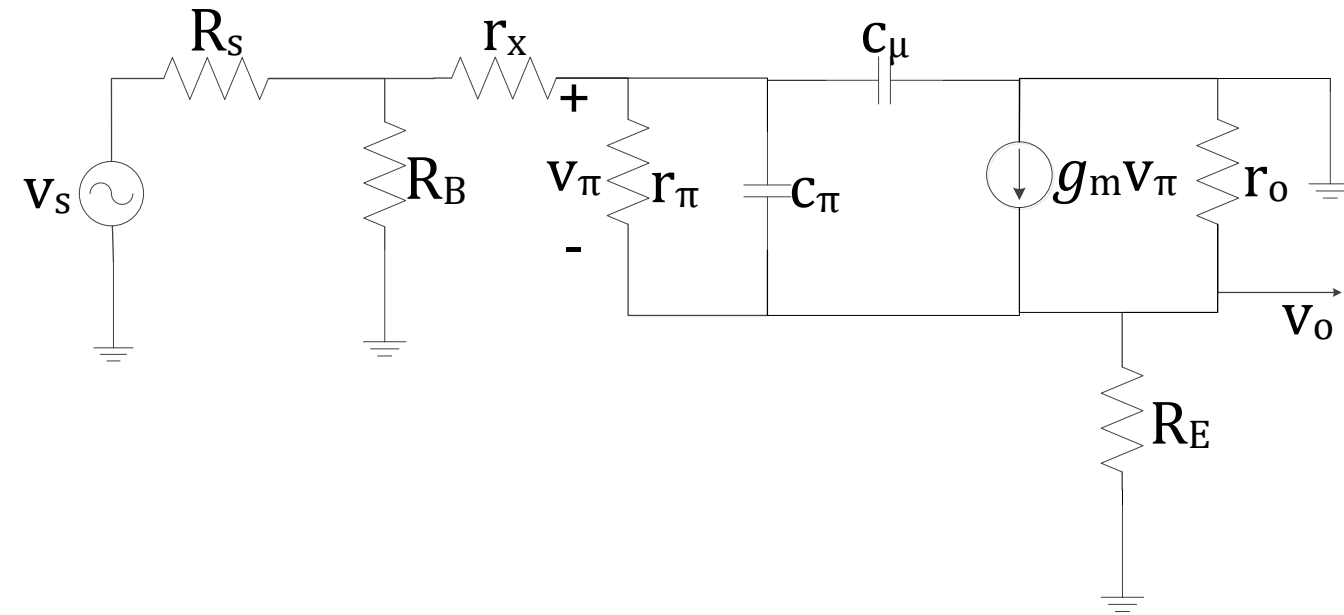


Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

باند بالا:

$$R_{TH} = R'_S = (R_S \parallel R_B) + r_x \quad R'_E = (R_E \parallel r_o)$$



$$\left. \begin{aligned} (v_o + v_\pi - v_s)G'_S + (v_o + v_\pi)SC_\mu + v_\pi(g_\pi + SC_\pi) &= 0 \\ [v_o - (v_o + v_\pi)](SC_\pi + g_\pi) - g_m v_\pi + v_o G'_E &= 0 \end{aligned} \right\} \text{تمرین}$$

$$A_V = ?$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

$$(v_O + v_\pi - v_S)G'_S + (v_O + v_\pi)SC_\mu + v_\pi(g_\pi + SC_\pi) = 0$$

$$[v_O - (v_O + v_\pi)](SC_\mu + g_\pi) - g_m v_\pi + v_O G'_E = 0$$

$$A_V = \frac{R'_E(g_\pi + g_m + SC_\mu)}{S^2 C_\pi C_\mu R'_E R'_S + S[C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi(R'_S + R'_E)] + R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1}$$

$$A_V = \frac{\frac{R'_E(g_\pi + g_m)}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} \left(1 + \frac{SC_\mu}{g_\pi + g_m}\right)}{S^2 \frac{C_\pi C_\mu R'_E R'_S}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + S \frac{[C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi(R'_S + R'_E)]}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + 1}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

$$A_V = \frac{\frac{R'_E(g_\pi + g_m)}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} \left(1 + \frac{SC_\mu}{g_\pi + g_m} \right)}{S^2 \frac{C_\pi C_\mu R'_E R'_S}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + S \frac{[C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi (R'_S + R'_E)]}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + 1}$$

$$A_{V0} = \frac{R'_E(g_\pi + g_m)}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} = \frac{R'_E r_\pi (g_\pi + g_m)}{R'_E r_\pi (g_m + g_\pi) + R'_S + r_\pi}$$

$$Z = - \left(\frac{g_m}{C_\mu} + \frac{g_\pi}{C_\mu} \right) \quad |Z| > |\omega_T|$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

$$A_V = \frac{\frac{R'_E(g_\pi + g_m)}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} \left(\frac{1 + SC_\mu}{g_\pi + g_m} \right)}{S^2 \frac{C_\pi C_\mu R'_E R'_S}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + S \frac{[C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi (R'_S + R'_E)]}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + 1}$$

تقریب تک قطبی مدار باند بالا

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \left(\frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} \right) + 1 = 0 \quad \text{یک قطب غالب است} \quad \frac{1}{P_1} \gg \frac{1}{P_2} \quad \longrightarrow \quad S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \frac{1}{P_1} + 1 = 0$$

$$P_1 = \frac{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1}{C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi (R'_S + R'_E)} \quad g_m R'_E \gg 1 \quad \longrightarrow \quad P_1 \cong \frac{R'_E(g_m + g_\pi)}{C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\}} \approx \frac{1}{C_\mu R'_S}$$

قطب کلکتور مشترک بزرگتر از قطب امیتر مشترک

$$P_1(C.E) = \frac{1}{R_T [C_\pi + C_\mu (1 + g_m R'_C)]}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

$$A_V = \frac{\frac{R'_E(g_\pi + g_m)}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} \left(\frac{1 + SC_\mu}{g_\pi + g_m} \right)}{S^2 \frac{C_\pi C_\mu R'_E R'_S}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + S \frac{[C_\mu R'_S \{R'_E(g_m + g_\pi) + 1\} + C_\pi (R'_S + R'_E)]}{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1} + 1}$$

تقریب تک قطبی مدار باند بالا

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \frac{1}{P_1} + 1 = 0$$

$$P_1 = \frac{1}{R'_S C_\mu}$$

$$P_1 P_2 = \frac{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1}{C_\pi C_\mu R'_E R'_S}$$

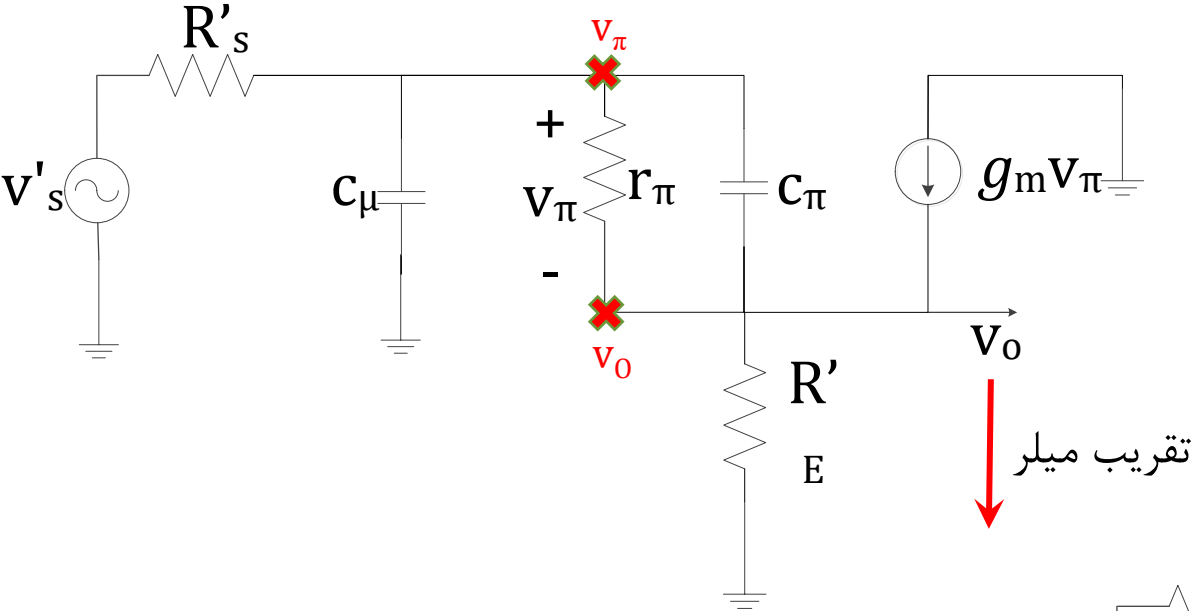
$$P_2 = \frac{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1}{C_\pi C_\mu R'_E R'_S} \frac{1}{P_1} = \frac{R'_E(g_m + g_\pi) + R'_S g_\pi + 1}{C_\pi C_\mu R'_E R'_S} R'_S C_\mu$$

$$P_2 \cong \frac{g_m}{C_\pi} + \frac{g_\pi}{C_\pi} \quad P_2 > \omega_T$$



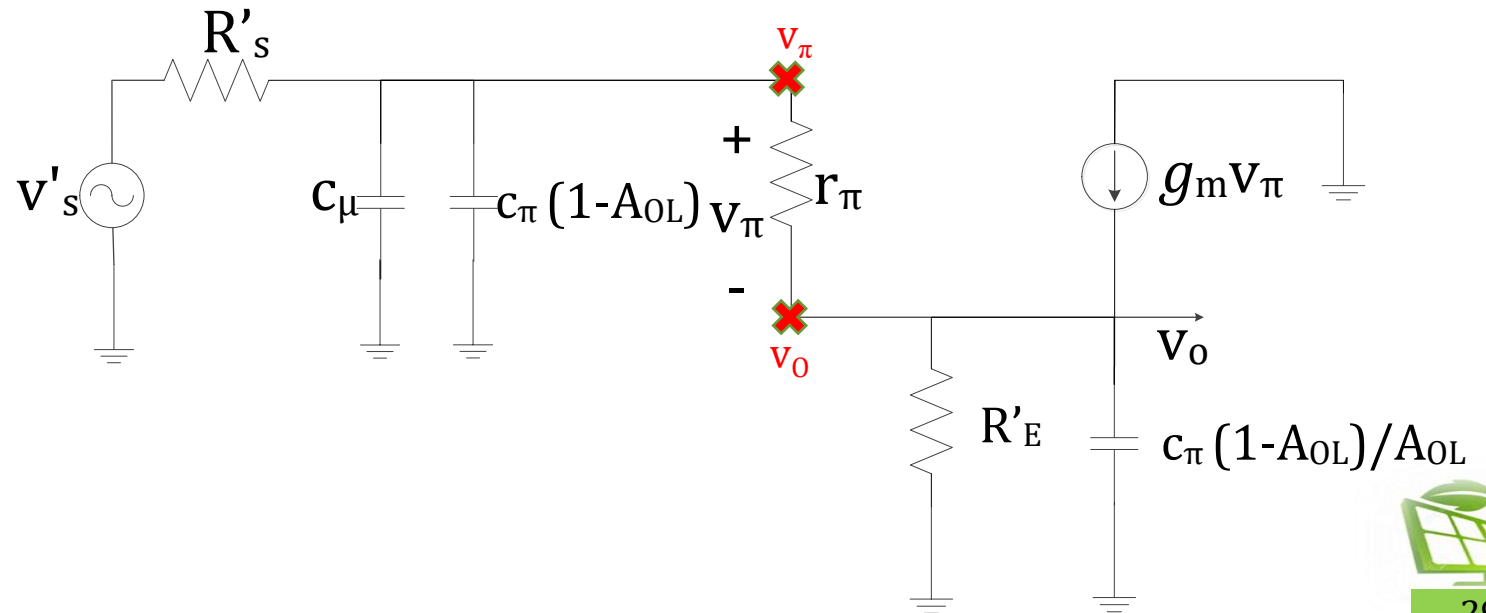
Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک



$$A_{OL} = \frac{V_o}{V_\pi}$$

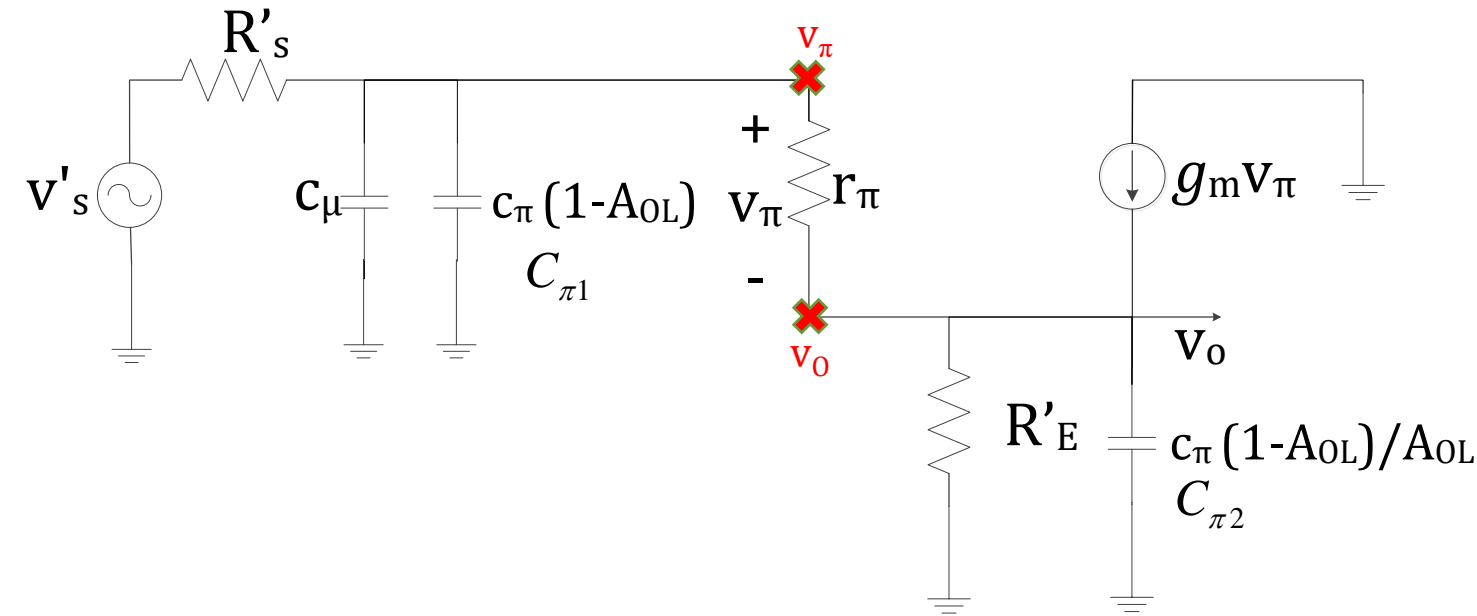
روش تقریبی برای حل
تقریب میلر:



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک

تقریب میلر



$$A_{OL} = \frac{V_O}{V_\pi} = \frac{R'_E (g_m + g_\pi)}{R'_E (g_m + g_\pi) + 1} \approx 1$$

$$C_{\pi 1} \approx C_\pi (1-1) \approx 0$$

$$C_{T1} \approx C_\mu$$

$$C_{\pi 2} = \frac{C_\pi}{R'_E (g_m + g_\pi)}$$

$$C_{T2} = \frac{C_\pi}{R'_E (g_m + g_\pi)}$$

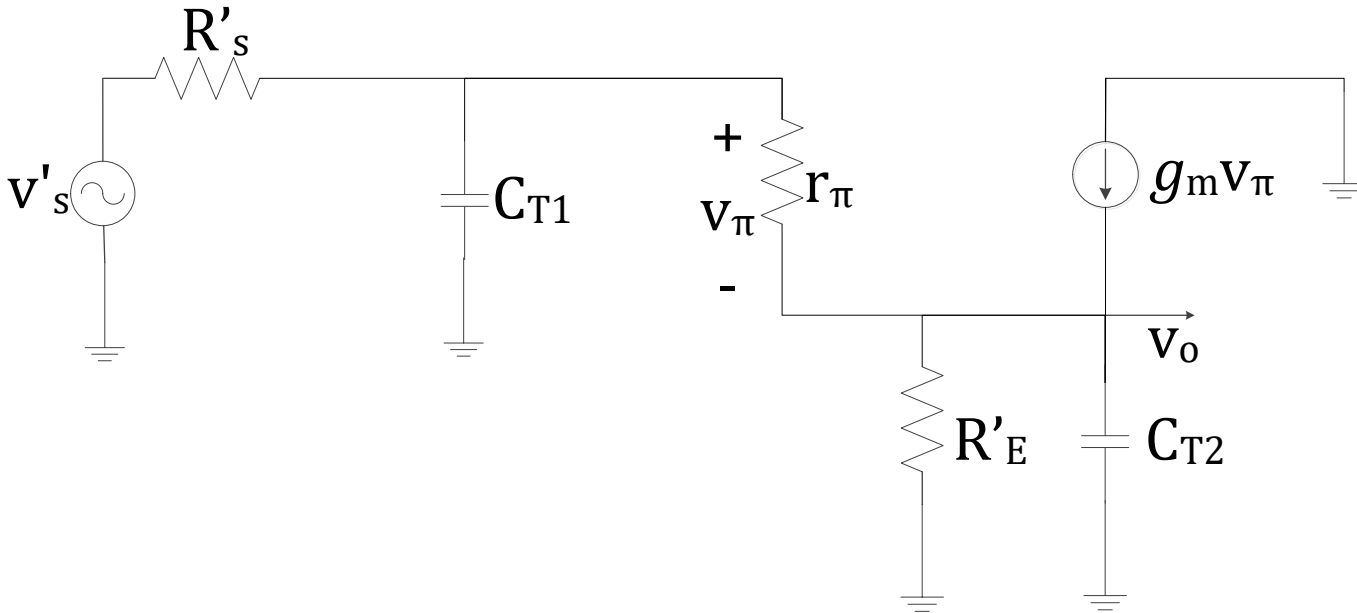
فرکانس پایین: تقریب میلر **درست** است

فرکانس بالا: تقریب میلر **نادرست** است



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه کلکتور مشترک



تقریب میسر
محاسبه قطبها

$$C_{T1} = C_{\mu}$$

$$C_{T2} = \frac{C_{\pi}}{R'_E (g_m + g_{\pi})}$$

$$R_{T1} = R'_S \parallel (r_{\pi} + r_{\pi} g_m R'_E) \approx R'_S$$

$$R_{T2} = R'_E \parallel \left(\frac{r_{\pi} + R'_S}{1 + g_m r_{\pi}} \right) \approx \left(\frac{r_{\pi} + R'_S}{1 + g_m r_{\pi}} \right)$$

$$P_1 = \frac{1}{R_{T1} C_{T1}} = \frac{1}{R'_S C_{\mu}}$$

قطب فرکانس پایین:
تقریب میسر درست است

$$P_2 = \frac{1}{R_{T2} C_{T2}}$$

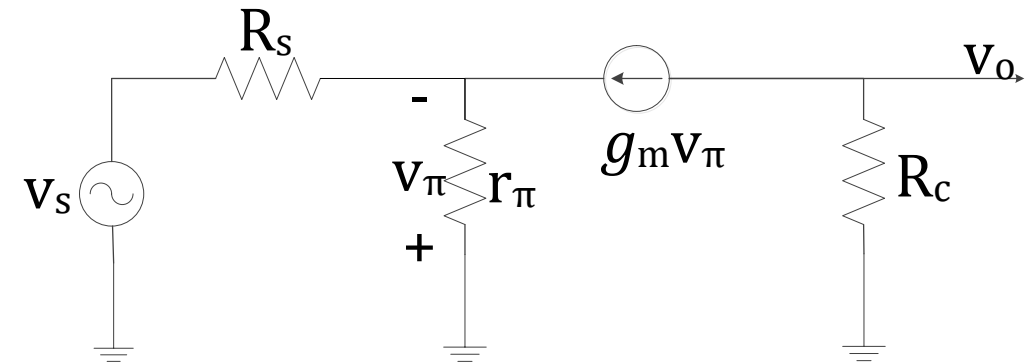
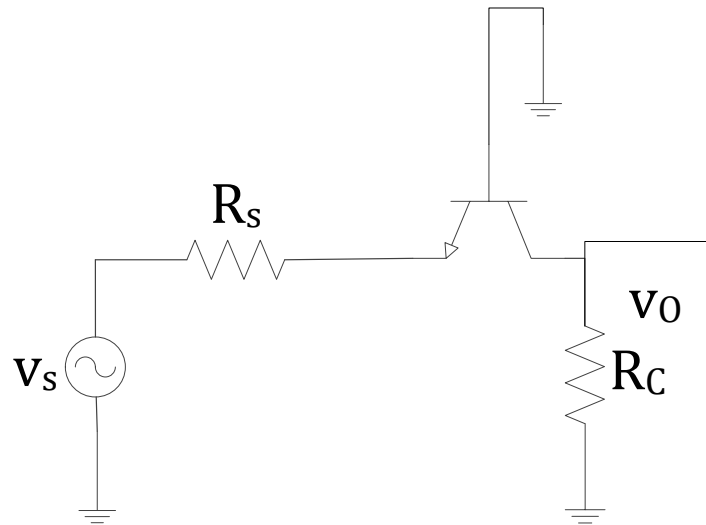
قطب فرکانس بالا:
تقریب میسر نادرست است



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه بیس مشترک

باند میانی: 



$$A_{v0} \approx \frac{R_c}{R_s + \frac{r_\pi}{\beta}}$$

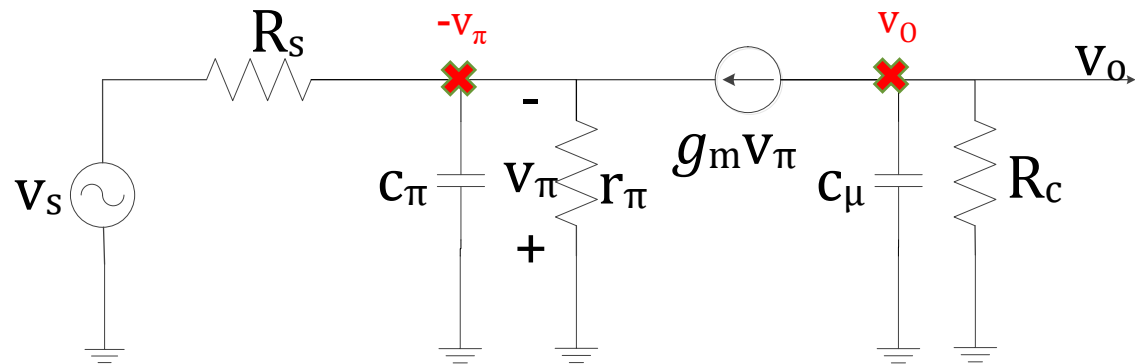
$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{g_m R_c}{1 + R_s (g_m + g_\pi)}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه بیس مشترک

مدار کامل باند بالا:



۲ خازن وجود دارد، ۲ قطب

مسیر خازنی وجود ندارد، بدون صفر

$$(-v_\pi - v_s)G_S - v_\pi SC_\pi - g_m v_\pi = 0$$

$$v_o SC_\mu + v_o G_C + g_m v_\pi = 0$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{g_m R_C}{S^2 R_C C_\pi C_\mu + S\{C_\pi R_s + C_\mu R_C [1 + g_m R_s]\} + 1 + g_m R_s}$$

تمرین



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه بیس مشترک

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{g_m R_C}{S^2 R_s R_C C_\pi C_\mu + S\{C_\pi R_s + C_\mu R_C [1 + g_m R_s]\} + 1 + g_m R_s}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{\frac{g_m R_C}{1 + g_m R_s}}{S^2 \frac{R_s R_C C_\pi C_\mu}{1 + g_m R_s} + S \frac{\{C_\pi R_s + C_\mu R_C [1 + g_m R_s]\}}{1 + g_m R_s} + 1}$$

$$A_{v0} = \frac{g_m R_C}{1 + g_m R_s}$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه **امیتر** مشترک

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{\frac{g_m R_C}{1 + g_m R_S}}{S^2 \frac{R_S R_C C_\pi C_\mu}{1 + g_m R_S} + S \frac{\{C_\pi R_S + C_\mu R_C [1 + g_m R_S]\}}{1 + g_m R_S} + 1}$$

تشخیص قطب ها

$$S^2 \frac{1}{P_1 P_2} + S \frac{1}{P_1} + 1 = 0$$

$$P_1 = \frac{1 + g_m R_S}{C_\pi R_S + C_\mu R_C [1 + g_m R_S]}$$

$$P_1 \approx \frac{1}{C_\mu R_C}$$

قطب بیس مشترک بزرگتر از قطب امیتر مشترک

$$P_1(C.E) = \frac{1}{R_T [C_\pi + C_\mu (1 + g_m R'_C)]}$$

$$P_2 = \frac{1}{P_1} \frac{1 + g_m R_S}{R_S R_C C_\pi C_\mu}$$

$$P_2 = \frac{1 + g_m R_S}{R_S C_\pi}$$

$$P_2 \approx \frac{g_m}{C_\pi}$$

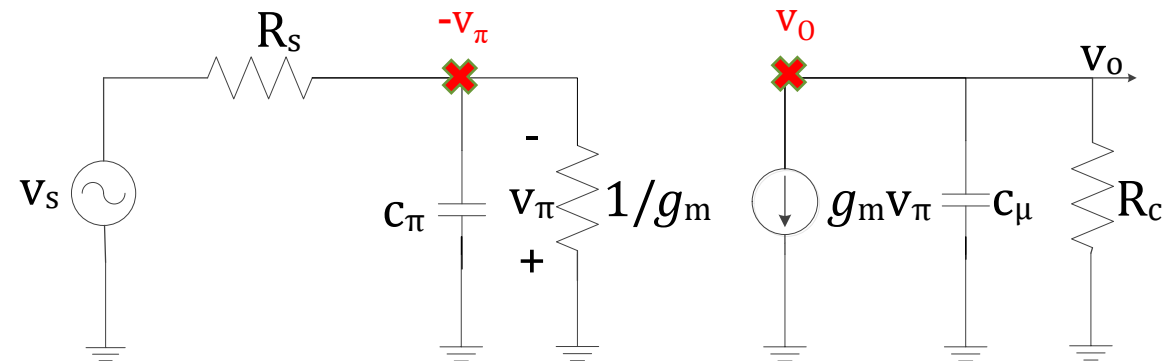
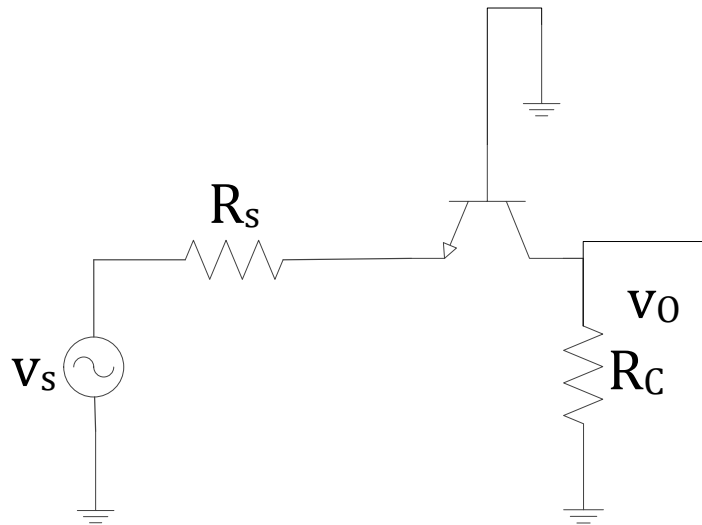
$$P_2 > \omega_T$$



Frequency Response of Single Stage Amplifier (SSA)

پاسخ فرکانسی تقویت کننده یک طبقه بیس مشترک

تقریب مدل بیس مشترک



$$P_{in} = \frac{1}{C_{\pi}(R_s \parallel 1/g_m)} \approx \frac{g_m}{C_{\pi}}$$

$$P_{out} = \frac{1}{C_{\mu}R_C}$$

