تقویت کننده RF سیگنال کوچک

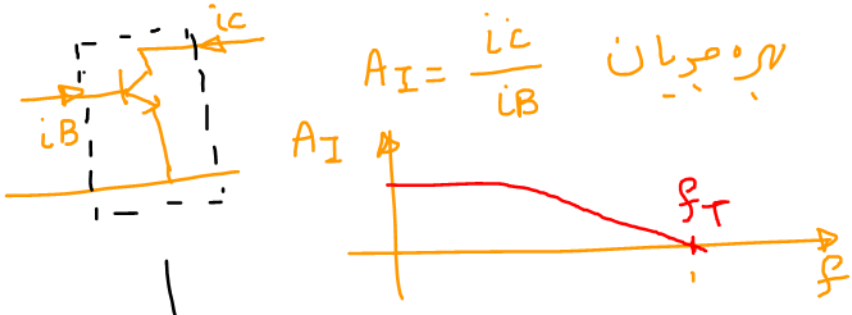
طبقه پس از آنتن در یک گیرنده رادیویی تقویت کننده RF قرار می‌گیرد. توان دریافت شده از آنتن بسیار کم است (میکرو وات) . طبقه RF با ارائه بهره توان موجب بهبود نسبت سیگنال به نویز در طبقه بعد از آن (میکسر) می‌گردد. از طرفی برای عملکرد مناسب میکسر می بایست سطح توان تحویل شده توسط آنتن افزایش یابد.

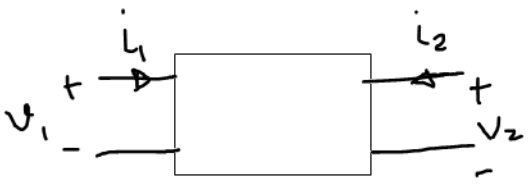
تقویت کننده‌های RF با اندازه باریک هستند
- فقط محدوده فرکانسی ایستگاه رادیویی مورد نظر را تقویت کنند
- با محدود شدن پهنای باند مقدار نویز سیگنال به نویز بهتری را ارائه کند

مدل ترانزیستورها در تقویت کننده های RF: از مدل دو قطبی و یا برای تحلیل تقویت کننده های RF استفاده می شود. به دلیل وجود اثرهای پارازیتی در ترانزیستور نظیر خازن‌های پیوندی و اهمی سیم‌های رسیده شده از دیگ های ترانزیستور مختلط است و شدیداً به فرکانس و نقطه کار وابسته اند. لذا در یک طراحی می بایست از مدلی استفاده کرد که در آن پارامترهای شبکه از اندازه گیری بدست آمده باشد. معمولاً سازنده قطعات این پارامترها را در فرکانس‌ها و نقطه کارهای مختلف در اختیار طراح قرار می دهد.

مدل π در ترانزیستورها تا فرکانس $f_{T/5}$ قابل استفاده است. (f_T فرکانس بهره جریان واحد در تقویت کننده امیتر مشترک است)

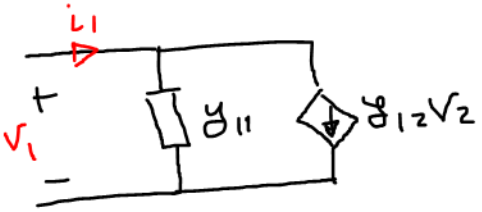
بهره جریان $A_I = \frac{i_c}{i_B}$

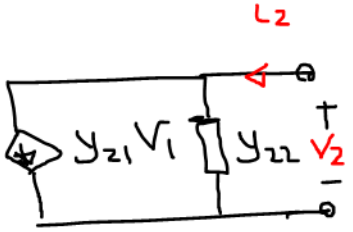


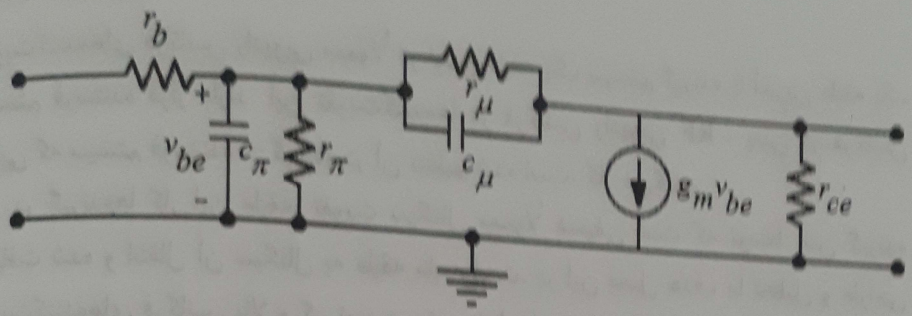


مدل دو قطبی ترانزیستور

$$\begin{cases} i_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \\ i_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2 \end{cases}$$

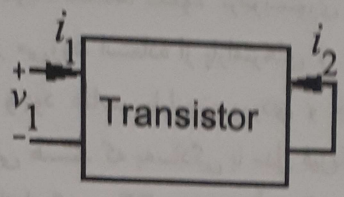






شکل ۱-۱ مدل π ترانزیستور دو قطبی

پارامترهای y ترانزیستورها را در این حالت می‌توان به صورت زیر به دست آورد:



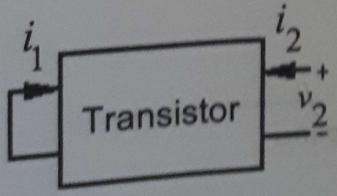
$$y_{ie} = \frac{i_1}{V_1}\Big|_{V_{2=0}} \qquad (۱-۱)$$

$$y_{fe} = \frac{i_2}{V_1}\Big|_{V_{2=0}} \qquad (۱-۲)$$

$$y_{ie} = \frac{g_b[g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)]}{g_b + g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)} \qquad (۱-۳)$$

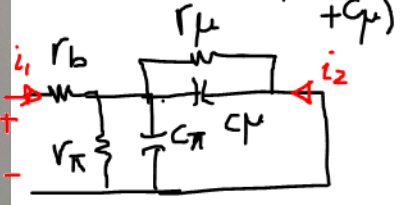
$$y_{fe} = \frac{g_m - j\omega c_\mu - g_\mu}{1 + r_b[g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)]} \cong \frac{g_m}{1 + r_b[g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)]} \qquad (۱-۴)$$

هم چنین:



$$\begin{cases} i_1 = y_{ie} v_1 + y_{re} v_2 \\ i_2 = y_{fe} v_1 + y_{oe} v_2 \end{cases}$$

$$y_{ie} = \frac{1}{\frac{1}{g_b} + \frac{1}{g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)}}$$



$$i_1 = y_{ie} V_1 + y_{re} V_2$$

$$i_2 = y_{fe} V_1 + y_{oe} V_2$$

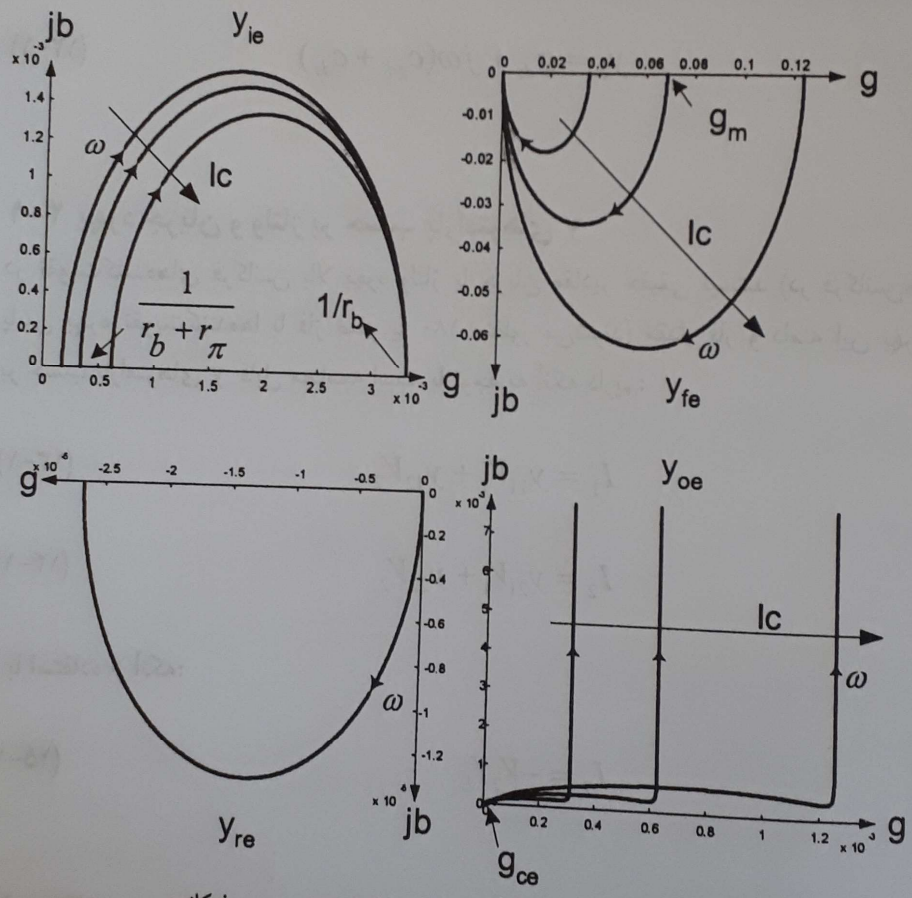
$$y_{re} = \frac{i_1}{V_2}\Big|_{V_1=0} \qquad (۵-۱)$$

$$y_{oe} = \frac{i_2}{V_2}\Big|_{V_1=0} \qquad (۶-۱)$$

$$y_{re} = -g_b \frac{g_\mu + j\omega c_\mu}{g_b + g_\pi + g_\mu + j\omega(c_\pi + c_\mu)} \qquad (۷-۱)$$

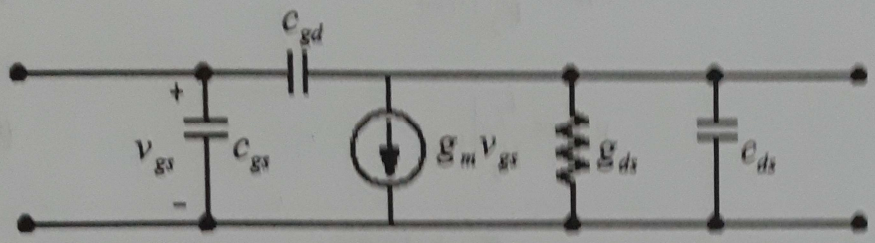
$$y_{oe} = g_{ce} + \left[1 + \frac{g_m - g_\mu - j\omega c_\mu}{g_\mu + g_b + g_\pi + j\omega(c_\pi + c_\mu)}\right]\left(g_\mu + j\omega c_\mu\right) \qquad (۸-۱)$$

نمونه تغییرات پارامترهای y ترانزیستور بر حسب فرکانس در مختصات مختلط به صورت شکل ۱-۲ است:



شکل ۱-۲ نمونه تغییرات پارامترهای y ترانزیستور بر حسب فرکانس

در مورد ترانزیستور JFET، مدل فرکانس بالا به صورت شکل ۱-۳ قابل نمایش است:



شکل ۱-۳ مدل ترانزیستور اثر میدانی

$$y_i = j\omega(c_{gs} + c_{gd}) \qquad (۹-۱)$$

$$y_f = g_m - j\omega c_{gd} \qquad (۱۰-۱)$$

$$y_r = -j\omega c_{gd} \qquad (۱۱-۱)$$

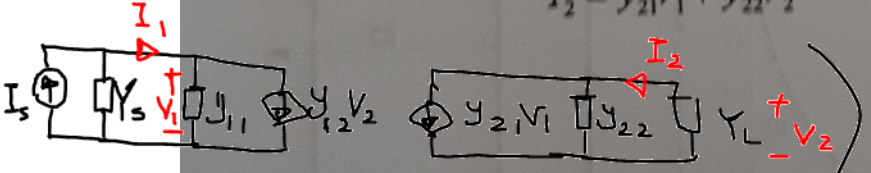
$$y_o = g_{ds} + j\omega(c_{gd} + c_{ds}) \qquad (۱۲-۱)$$

۱-۳ بهره جریان و ولتاژ بر حسب پارامترهای y

در تقویت‌کننده‌های فرکانس بالا بهره ولتاژ یا جریان مقادیر حقیقی نیستند (در فرکانس‌های پایین بهره تقویت‌کننده‌ها با فاز صفر یا ۱۸۰ منظور می‌شوند) مقدار فاز و دامنه این بهره‌ها بر حسب پارامترهای y قابل محاسبه است. با توجه به آنکه داریم:

$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \qquad (۱۳-۱)$$

$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2 \qquad (۱۴-۱)$$



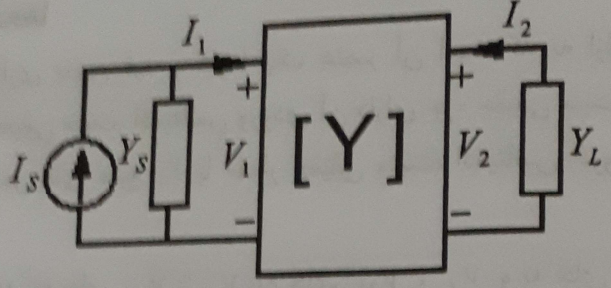
و با استفاده از آنکه:

$$I_2 = -V_2 Y_L \qquad (۱۵-۱)$$

خواهیم داشت:

$$-V_2 Y_L = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$$

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{-y_{21}}{y_{22} + Y_L}$$



$$\frac{V_2}{V_1} = A_v = \frac{-y_{21}}{y_{22} + Y_L} \qquad (۱-۱۶)$$

و نیز:

$$A_I = \frac{I_2}{I_1} = \frac{y_{21} + y_{22}\frac{V_2}{V_1}}{y_{11} + y_{12}\frac{V_2}{V_1}} \qquad (۱-۱۷)$$

و با جایگزینی رابطه (۱-۱۶) خواهیم داشت :

$$A_I = \frac{y_{21} Y_L}{y_{11}y_{22} - y_{12}y_{21} + y_{11}Y_L} \qquad (۱-۱۸)$$

ادمیتانس ورودی با استفاده از رابطه (۱-۱۹) به دست می‌آید:

$$y_{in} = y_{11} + y_{12}\frac{V_2}{V_1} \qquad (۱-۱۹)$$

با جایگزینی (۱-۱۶) در (۱-۱۹) داریم:

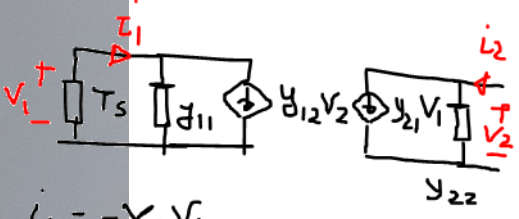
$$y_{in} = y_{11} - \frac{y_{12}\, y_{21}}{y_{22} + Y_L} \qquad (۱-۲۰)$$

به همین ترتیب ادمیتانس خروجی خواهد شد:

$$y_{out} = y_{22} - \frac{y_{12}\, y_{21}}{y_{11} + Y_S} \qquad (۱-۲۱)$$

$$y_{in} = \frac{i_1}{V_1} = \frac{y_{11}V_1 + y_{12}V_2}{V_1}$$

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} = -\frac{y_{21}}{y_{22} + Y_L}$$



$$\begin{cases} i_1 = -Y_S V_1 \\ i_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2 \\ i_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \end{cases}$$

$$-Y_S V_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \quad \Rightarrow \quad V_1 = \frac{-y_{12}\, V_2}{y_{11} + Y_S}$$

$$i_2 = \frac{-y_{12}y_{21}V_2 + y_{22}V_2}{y_{11} + Y_S}$$