جزوه درس مدارهای الکترونیکی (جلسه دوم)

مثال: در ترانزیستوری با نقطه کار $I_{CQ}=10mA$ عناصر مدار h دارای مقادیر زیری باشند:

$h_{ie}=2.9k\Omega$ ، $\beta_0=h_{fe}=100$ ، $h_{oe}=1.2\times10^{-4}\,\mho$ ، $h_{re}=2.5\times10^{-4}$ ، $V_T=25mV$

همچنین خازن اتصال کوتاه در فرکانس 50MHz مقدار 20 اندازه‌گیری شده. خازن‌های این ترانزیستور $C_\mu=4PF$ و $C_{je}=4PF$ باشند.

الف- برای این ترانزیستور عناصر مدار هایبرید π را مشخص و مدار کامل آن را رسم کنید.

ب- مقادیر f_T ، f_β ، τ_T و τ_F را تعیین نمایید.

حل:

الف:

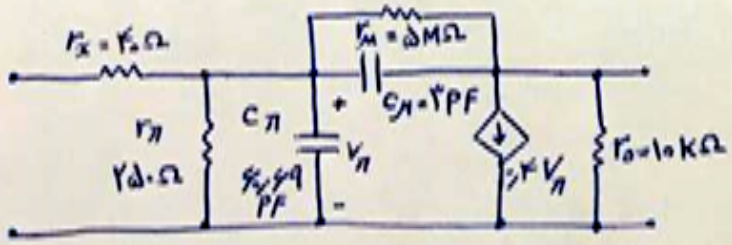
$$g_m=\frac{I_{CQ}}{V_T}=\frac{10mA}{25mV}=0.4\,\mho \quad , \quad r_\pi=\frac{\beta_0}{g_m}=\frac{100}{0.4}=250\Omega$$

$$r_x=h_{ie}-r_\pi=290-250=40\Omega \quad , \quad r_\mu=\frac{r_\pi}{h_{re}}=\frac{250}{0.5\times10^{-4}}=5M\Omega$$

$$g_{ce}=h_{oe}-g_m h_{re}=1.2\times10^{-4}-(0.4\times0.5\times10^{-4})=1\times10^{-4}\,\mho$$

$$r_0=\frac{1}{g_{ce}}=\frac{1}{1\times10^{-4}}=10^4\Omega=10K\Omega$$

$$|\beta|=\frac{\beta_0}{2\pi f(C_\pi+C_\mu)r_\pi} \rightarrow 20=\frac{100}{2\pi\times50\times10^6(C_\pi+4)\times10^{-12}\times250} \rightarrow C_\pi=6.69PF$$



ب-

$$f_T=\frac{g_m}{2\pi(C_\pi+C_\mu)}=\frac{0.4}{2\pi(6.69+4)\times10^{-12}}=100MHZ$$

$$f_\beta=\frac{f_T}{\beta_0}=\frac{100MHZ}{100}=1MHZ$$

$$\tau_T=\frac{1}{\omega_T}=\frac{1}{2\pi f_T}=\frac{1}{2\pi\times100\times10^6}=0.159\,ns$$

$$\tau_F=\tau_T-\frac{C_{je}+C_\mu}{g_m}=0.159^{ns}-\frac{(4+4)\times10^{-12}}{0.4}=0.1415\,ns$$

مثال: برای ترانزیستوری به نقطه کار $I_{CQ}=20mA$ ، $V_{CEQ}=19,4\ V$ که دارای پارامترهای داده شده زیر است:

$V_{Je}=V_{Jc}=0,8V$ ، $V_T=25,8\ mV$ ، $C_{JCO}=19,4PF$ ، $C_{Jeo}=29,6\ PF$

$C_{Je}=25PF$ ، $\beta_0=100$ ، $f_T=300\ MHZ$ ، $V_A=200V$ ، $m=0,33$

عناصر مدار هایبرید π را در نقطه کار $I_{CQ}=10^{mA}$ ، $V_{CEQ}=5V$ تعیین کنید.

حل: همانطور که گفته این ترانزیستور در نقطه کار داده شده ($I_{CQ}=20mA$ و ولتاژ $19,4\ V$) $f_T=300MHZ$ است.
بنابراین در این نقطه کار:

$$g_m=\frac{I_{CQ}}{V_T}=\frac{20mA}{25,8\ mV}=0,7752\ V$$

$$\tau_T=\frac{1}{\omega_T}=\frac{1}{2\pi f_T}=\frac{1}{2\pi\times300\times10^{6}}=0,530\ ns$$

در نقطه کار $I_{CQ}=10mA$ ، $V_{CEQ}=5V$ داریم:

$$g_m=\frac{I_{CQ}}{V_T}=\frac{10mA}{25,8\ mV}=0,3876\ V$$

$$r_\pi=\frac{\beta_0}{g_m}=\frac{100}{0,3876}=258\Omega$$

$$r_0=\frac{V_A}{I_{CQ}}=\frac{200\ V}{10mA}=20K\Omega$$

V_{CB} ولتاژ دایود مکوس کلکتور و بیس است، بنابراین $V_{CB}=V_{CEQ}=19,4^{V}$ می‌شود:

$$C_\mu=\frac{C_{JCO}}{\left(1+\frac{V_{CB}}{V_{JC}}\right)^m}=\frac{19,4\ PF}{\left(1+\frac{19,4}{0,8}\right)^{0,33}}=4,49\ PF$$

$$\tau_T=\tau_F+\frac{C_{Je}+C_\mu}{g_m}\rightarrow\tau_F=\tau_T-\frac{C_{Je}+C_\mu}{g_m}=0,530V^{ns}-\frac{25^{PF}+4,49^{PF}}{0,7752}=248,12\ PS$$

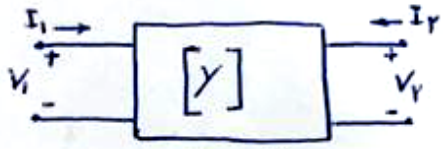
$$C_{Je}=\frac{C_{Jeo}}{\left(1+\frac{V_{BE}}{V_{Je}}\right)^m}=\frac{29,6\ PF}{\left(1+\frac{0,7}{0,8}\right)^{0,33}}=24,05\ PF$$

$$C_d=\tau_F\times g_m=248,12\times10^{-12}\times0,3876=189,8\ PF$$

$$C_\pi=C_{Je}+C_d=24,05^{PF}+189,8^{PF}=213,85\ PF$$

مدار معادل سه‌ضابطه‌ای ادمیتانس ترانزیستورهای BJT :

ترانزیستورها و اکثر عناصر فعال الکترونیکی دارای سه پایه هستند و عموماً یکی از پایه‌ها بین ورودی و خروجی مشترک و تقویت‌کننده‌های مختلفی قابل طرح و استفاده است. یک عنصر فعال را می‌توان به صورت یک شبکه دوقطبی نیز در نظر گرفت و برای بیان مشخصات آن از پارامترهای شبکه متعادل نسبت به نوع کاربرد و مزایای کار استفاده کرد. در طرح تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی (RF) از پارامترهای ادمیتانس استفاده می‌شود. شکل زیر یک شبکه دوقطبی را نشان می‌دهد. برای بیان روابط ولتاژ و جریان ورودی و خروجی از معادلات زیر استفاده می‌شود:



(شبکه دوقطبی)

$$\begin{cases} I_1 = Y_1 V_1 + Y_2 V_2 \\ I_2 = Y_f V_1 + Y_o V_2 \end{cases}$$

(روابط ولتاژ و جریان با پارامترهای ادمیتانس)

تعریف این پارامترها در روابط زیر خلاصه شده‌اند:

Y_1 (ادمیتانس ورودی): نسبت جریان ورودی به ولتاژ ورودی در حالتی که خروجی اتصال کوتاه است.

$$Y_1 = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0}$$

Y_o (ادمیتانس خروجی): نسبت جریان خروجی به ولتاژ خروجی در حالتی که ورودی اتصال کوتاه است.

$$Y_o = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0}$$

Y_2 (ادمیتانس انتقالی معکوس): نسبت جریان انتقال کوتاه ورودی به ولتاژ خروجی و در واقع نشان دهنده مقدار فیدبک خروجی به ورودی می‌باشد.

$$Y_2 = \frac{I_1}{V_2}\Big|_{V_1=0}$$

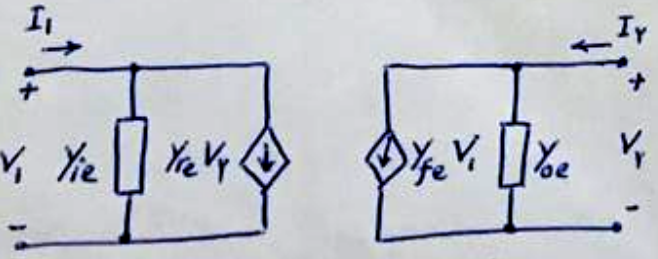
Y_f (ادمیتانس انتقالی مستقیم): نسبت جریان خروجی به ولتاژ ورودی در حالتی که خروجی اتصال کوتاه است و بیان‌کننده خاصیت تقویت‌کنندگی شبکه دوقطبی است.

$$Y_f = \frac{I_2}{V_1}\Big|_{V_2=0}$$

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_f & Y_o \end{bmatrix}$$

روابط بین مشخصه‌های Y و عناصر مدار π:

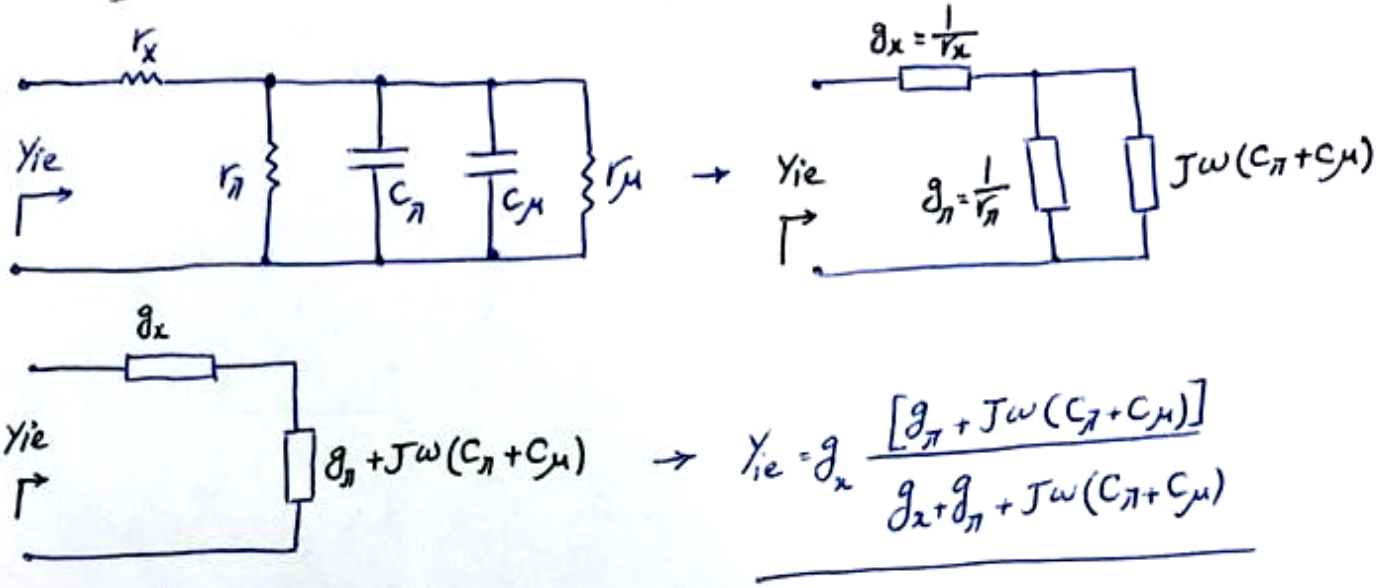
شکل زیر شبکه Y معادل دوقطبی ترانزیستور BJT در حالت امیتر مشترک را نشان داده و در آن اندیس e به همین منظور به کار برده شده است.



(شبکه دوقطبی با پارامترهای ادمیتانس)

پارامترهای ادمیتانس (Y) عناصر مدار π به صورت زیر محاسبه می شوند:

ادمیتانس ورودی (Y_{ie}): برای محاسبه‌ی این مشخصه طبق تعریف جزوه‌ی مدار π (جلسه‌ی اول رسم شده) را اتصال کوتاه و ادمیتانس ورودی مدار محاسبه می شود. در این حالت مدار π به صورت شکل زیر می باشد:



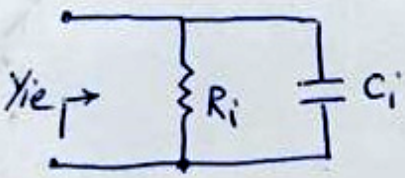
$$Y_{ie} = g_x \frac{[g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)]}{g_x + g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)}$$

ملاحظه می شود Y_{ie} تابعی از فرکانس و در حالت کلی در هر فرکانس خواص عددی فقط شامل جزء حقیقی و موهومی است.

بخش های حقیقی و موهومی به ترتیب با g_{ie} و b_{ie} نشان داده می شوند:

$$Y_{ie} = g_{ie} + j b_{ie}$$

مدار معادل ادمیتانس ورودی را می توان ترکیب موازی مقاومت R_i و خازن C_i در نظر گرفت که در شکل زیر نشان داده شده است:



$$R_i = \frac{1}{g_{ie}}$$

$$C_i = \frac{b_{ie}}{\omega}$$

در فرکانس پایین با صرف نظر کردن از خازن های C_π و C_μ خواهیم داشت:

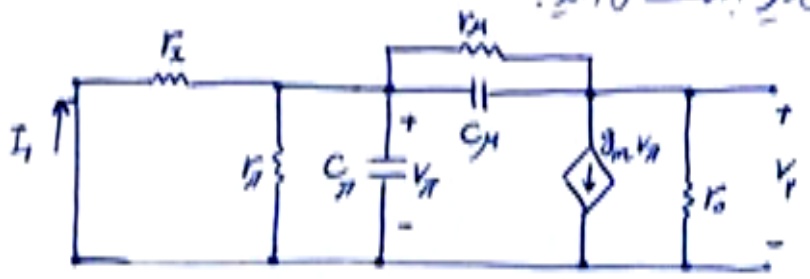
$$\begin{cases} Y_{ie} = \dfrac{g_x g_\pi}{g_x + g_\pi} \\ Y_{ie} = g_{ie} + j b_{ie} \end{cases} \rightarrow g_{ie} = \frac{g_x g_\pi}{g_x + g_\pi} \rightarrow g_{ie} = \frac{1}{r_x + r_\pi} = \frac{1}{h_{ie}} \rightarrow h_{ie} = \frac{1}{g_{ie}}$$ | فرکانس های پایین

در فرکانس های خیلی بالا، که خازن های داخلی تراانزیستور اتصال کوتاه می شوند، مدار معادل ادمیتانس ورودی فقط شامل مقاومت بیس های ناحیه بین r_x است. بنابراین،

$$g_{ie} = \frac{1}{r_x} \rightarrow r_e = \frac{1}{g_{ie}}$$ | فرکانس های بالا

ادمیتانس انتقالی مستقیم (Y_{fe}):

طبق تعریف این پارامتر نسبت جریان و ولتاژی است که مداری انتقال گرفته و شده. با بکارگیری این تعریف مدار معادل π تراز شده به صورت شکل زیر به دست می آید:



$$Y_{fe} = \frac{I_1}{V_2}\Big|_{V_1=0} \rightarrow Y_{fe} = -g_x \frac{g_{\mu} + j\omega C_{\mu}}{g_x + g_{\pi} + g_{\mu} + j\omega(C_{\mu} + C_{\pi})}$$

مشابه ادمیتانس ورودی، Y_{fe} در هر فرکانس معین شامل بخش‌های حقیقی g_{fe} و موهومی b_{fe} است.

$$Y_{fe} = g_{fe} + jb_{fe}$$

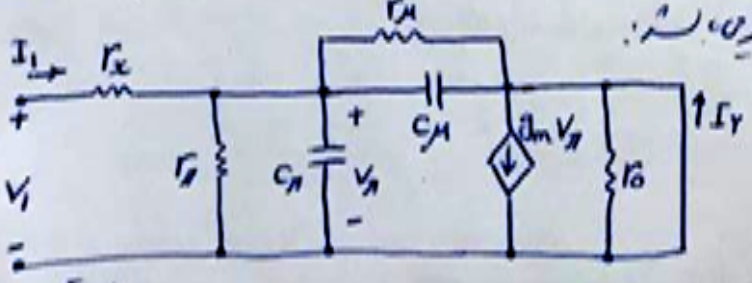
فرکانس‌های پایین یا صرفنظر از اثر خازن‌های Y_{fe} فقط شامل بخش حقیقی خواهد بود:

$$\begin{cases} Y_{fe} = -g_x \dfrac{g_{\mu}}{g_x + g_{\pi} + g_{\mu}} \\ Y_{fe} = g_{fe} \end{cases} \rightarrow g_{fe} = -\frac{1}{r_{\mu} + r_x \| r_{\pi}}$$

با توجه به جریان برون نهایت r_{μ}، g_{fe} مقدار کوچکی است و با افزایش فرکانس مقدار آن کامل ملاحظه خواهد شد. بخش موهومی Y_{fe} در فرکانس‌های پایین با توجه به مقادیر کم خازن‌ها نیز مقدار ناچیزی است. اما با افزایش فرکانس مقدار b_{fe} زیاد می‌شود. در اینجا ترانزیستورها با ترکیب خوب توان نوسان دارند:

$$Y_{fe} \simeq jb_{fe} = -j\omega C_{\mu}$$

ادمیتانس انتقالی مستقیم (Y_{fe}) برای محاسبه این مقدار لازم است نسبت جریان انتقال گرفته در خروجی به ورودی را محاسبه نمود که عبارت کامل آن به صورت زیر می‌باشد:



$$Y_{fe} = \frac{I_2}{V_1}\Big|_{V_2=0}$$

$$Y_{fe} = g_{fe} + jb_{fe}$$

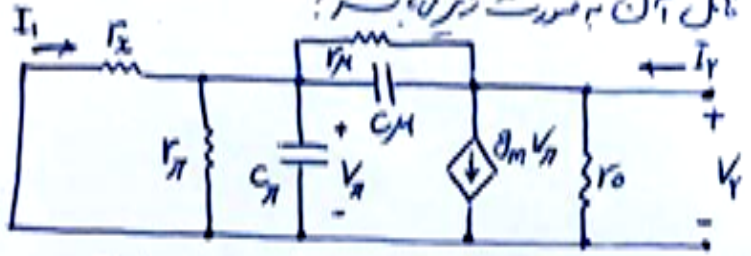
$$Y_{fe} = g_x \frac{g_m - j\omega C_\mu}{g_x + g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)} \rightarrow Y_{fe} = \frac{g_m - j\omega C_\mu}{1 + r_x[g_\pi + j\omega(C_\mu + C_\pi)]}$$

در فرکانس پایین و با صرفنظر از مقادیر خازنی مدار π می‌توان نوشت:

$$g_{fe} = \frac{g_m}{1 + r_x/r_\pi} = \frac{\beta_0}{r_x + r_\pi}$$

مقدار مدولوس Y_{fe} در فرکانس‌های بالا تمایلات دارد افزایش فرکانس زیاد می‌شود.

ادمیتانس خروجی (Y_{oe}): برای محاسبه این مقدار لازم است نسبت جریان خروجی به ولتاژ خروجی در حالتی که ورودی اتصال کوتاه می‌شود را محاسبه نمود که عبارت کامل آن به صورت زیر می‌باشد:



$$Y_{oe} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0} \rightarrow Y_{oe} = g_{oe} + jb_{oe}$$

$$Y_{oe} = g_0 + \frac{(g_x + g_\pi + g_m + j\omega C_\pi) j\omega C_\mu}{g_x + g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)} \quad , g_0 = \frac{1}{r_0}$$

مثال: در یک ترانزیستور با مشخصات مدار معادل π داده شده مقادیر پارامترهای ادمیتانس اتصال کوتاه در فرکانس‌های 1MHZ را محاسبه و مدار معادل ادمیتانس دیده در خروجی را رسم نمایید.

$r_x = 50\Omega \quad g_m = 100\,m\mho \;,\; r_\pi = 1k\Omega \;,\; r_\mu = 2M\Omega \;,\; r_0 = 20k\Omega \;,\; C_\mu = 4pF \;,\; C_\pi = 40pF$

حل:

$$g_x = \frac{1}{r_x} = \frac{1}{50} = 20m\mho \quad , g_\pi = \frac{1}{r_\pi} = \frac{1}{1k\Omega} = 1m\mho \;,\; g_\mu = \frac{1}{r_\mu} = \frac{1}{2M\Omega} = 0.5\mu\mho$$

$$g_0 = \frac{1}{r_0} = \frac{1}{20k\Omega} = 0.05m\mho$$

$$Y_{ie} = g_x \frac{g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)}{g_x + g_\pi + j\omega(C_\pi + C_\mu)} \rightarrow Y_{ie} = 20^{m\mho} \frac{1m\mho + j2\pi(10^6)(40+4)10^{-12}}{20m\mho + 1m\mho + j2\pi(10^6)(40+4)10^{-12}}$$

$$Y_{ie} = 20^{m\mho} \frac{(1 + j0.2244)}{(21 + j0.2244)} \rightarrow Y_{ie} = 20^{m\mho}\left(\frac{1 + j0.2244}{21 + j0.2244}\right)\left(\frac{21 - j0.2244}{21 - j0.2244}\right)$$

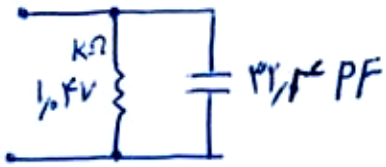
$$Y_{ie} = 20^{m\mho}\left(\frac{21 - j0.2244 + j4.7124 + 0.05^2}{21^2 + 0.2244^2}\right) \rightarrow \underline{Y_{ie} = (0.9545 + j0.0245)^{m\mho}}$$

$$\begin{cases} Y_{ie} = g_{ie} + jb_{ie} \\ Y_{ie} = (0.9545 + j0.0245)m\mho \end{cases} \rightarrow \begin{cases} g_{ie} = 0.9545\,m\mho \\ b_{ie} = 0.0245\,m\mho \end{cases}$$

(۷)

$$R_i = \frac{1}{g_{ie}} = \frac{1}{۰/۹۵۲۵\ m\mho} = ۱/۰۴۷\ k\Omega$$

$$C_i = \frac{b_{ie}}{\omega} = \frac{۰/۲۰۴۵\ m\mho}{۲\pi \times ۱ \times ۱۰^{۶}} = ۴۲/۴\ PF$$



$$Y_{re} = -g_{\mu e} \frac{g_\mu + J\omega C_\mu}{g_x + g_\pi + g_\mu + J\omega(C_\mu + C_\pi)} \rightarrow Y_{re} = -۲۰\ m\mho \frac{۰/۵\ \mu\mho + J(۲\pi)۱۰^{۶}(۴\times۱۰^{-۱۲})}{۲۰\ m\mho + ۱\ m\mho + ۰/۵\ \mu\mho + J(۲\pi)۱۰^{۶}(۴+۱۰)۱۰^{-۱۲}}$$

$$Y_{re} = -۲۰^{m\mho} \frac{۰/۰۰۰۵^{m\mho} + J۰/۰۱۸۸^{m\mho}}{۲۱/۰۰۰۵^{m\mho} + J۰/۲۰۷۲^{m\mho}} \rightarrow Y_{re} = -۲۰^{m\mho} \left(\frac{۰/۰۰۰۵ + J۰/۰۱۸۸}{۲۱/۰۰۰۵^{m\mho} + J۰/۲۰۷۲^{m\mho}}\right)\left(\frac{۲۱/۰۰۰۵ - J۰/۲۰۷۲}{۲۱/۰۰۰۵^{m\mho} - J۰/۲۰۷۲^{m\mho}}\right)$$

$$Y_{re} = -۲۰^{m\mho} \frac{۰/۰۱۴۴ + J۰/۲۹۴۷}{۴۴۱/۰۶۲۹} \rightarrow \underline{Y_{re} = -(۹/۵۲\times۱۰^{-۴} + J۰/۰۱۸)\ m\mho}$$

$$Y_{fe} = g_x \frac{g_m - J\omega C_\mu}{g_x + g_\pi + J\omega(C_\pi + C_\mu)} \rightarrow Y_{fe} = ۲۰^{m\mho} \frac{۱۰۰^{m\mho} - J۲\pi(۱۰^{۶})۴(۱۰^{-۱۲})}{۲۰^{m\mho} + ۱^{m\mho} + J۲\pi(۱۰^{۶})(۴۰+۴)۱۰^{-۱۲}}$$

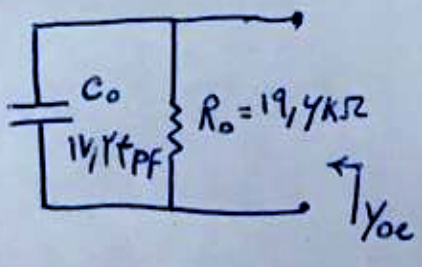
$$Y_{fe} = ۲۰^{m\mho} \frac{۱۰۰^{m\mho} - J۰/۰۱۸۸^{m\mho}}{۲۱^{m\mho} + J۰/۲۰۷۲^{m\mho}} \rightarrow Y_{fe} = ۲۰^{m\mho}\left(\frac{۱۰۰ - J۰/۰۱۸۸}{۲۱ + J۰/۲۰۷۲}\right)\left(\frac{۲۱ - J۰/۲۰۷۲}{۲۱ - J۰/۲۰۷۲}\right)$$

$$Y_{fe} = ۲۰^{m\mho}\left(\frac{۲۱۰۰/۰۰۴۹ - J۲۱/۱۱۴۸}{۴۴۱/۰۴۴}\right) \rightarrow \underline{Y_{fe} = (۹۵/۲۲ - J۰/۹۵۷۵)\ m\mho}$$

$$Y_{oe} = g_o + \frac{(g_x + g_\pi + g_m + J\omega C_\pi)(J\omega C_\mu)}{g_x + g_\pi + J\omega(C_\pi + C_\mu)} = ۰/۵^{m\mho} + \frac{[۲۰^{m\mho} + ۱^{m\mho} + ۱۰^{m\mho} + J۲\pi(۱۰^{۶})۴۰\times۱۰^{-۱۲}]J۲\pi(۱۰^{۶})۲\times۱۰^{-۱۲}}{۲۰^{m\mho} + ۱^{m\mho} + J۲\pi(۱۰^{۶})۴۴\times۱۰^{-۱۲}}$$

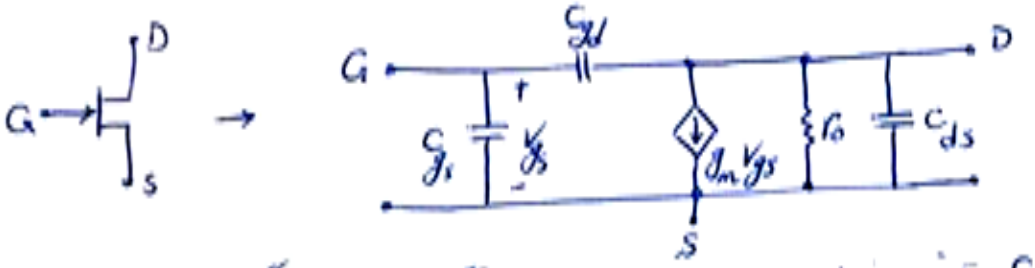
$$Y_{oe} = (۰/۰۵۱ + J۰/۱۰۸۴)^{m\mho}$$

$$\begin{cases} Y_{oe} = g_{oe} + J b_{oe} \\ Y_{oe} = (۰/۰۵۱ + J۰/۱۰۸۴)\ m\mho \end{cases} \rightarrow \begin{cases} g_{oe} = ۰/۰۵۱\ m\mho \\ b_{oe} = ۰/۱۰۸۴\ m\mho \end{cases} \rightarrow \begin{cases} R_o = \frac{1}{g_{oe}} = \frac{1}{۰/۰۵۱ m\mho} = ۱۹/۶\ k\Omega \\ C_o = \frac{b_{oe}}{\omega} = \frac{۰/۱۰۸۴\times۱۰^{-۳}}{۲\pi\times۱۰^{۶}} = ۱۷/۲۴\ PF \end{cases}$$



مدار معادل ترانزیستورهای اثر میدان در فرکانس بالا :

شکل زیر مدار معادل کامل فرکانس بالای ترانزیستورهای FET را در حالت سورس مشترک نشان می‌دهد.



خازن‌های C_{gs} و C_{gd} به ترتیب خازن‌های بایاس معکوس دیودهای گیت - سورس و گیت - درین هستند.
مقدار g_m بستگی به نوع کاربرد و نوع FET دارد. بعنوان مثال برای عناصر JFET مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$g_m = g_{mo}\left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P}\right) \quad , \quad g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$$

سازندگان در کتاب های اطلاعاتی پارامترهای ادمیتانس انتقالی کوتاه مدار سورس مشترک و گیت مشترک را معرفی می کنند که به کمک آنها می توان عناصر مدار معادل را بدست آورد.

ادمیتانس ورودی عناصر FET در مدار سورس مشترک، خازنی و از رابطه زیر بدست می آید:

$$Y_{is} = s(C_{gd} + C_{gs})$$

معمولاً مجموع خازن گیت - سورس و گیت - درین به صورت C_{iss} به معنی خازن ورودی در حالت سورس مشترک در اتصال کوتاه خروجی توسط سازندگان معرفی می شود. بنابراین:

$$C_{iss} = C_{gd} + C_{gs} \rightarrow Y_{is} = sC_{iss}$$

ادمیتانس انتقالی معکوس نیز مشابه عناصر BJT بوده و به سادگی می توان نشان داد:

$$Y_{rs} = -sC_{gd}$$

که مولفه ای خازنی است. معمولاً با ترکیب خازن بایاس معکوس دیود گیت - سورس (اتصال کوتاه ورودی) و با C_{rss} نشان داده شده. بنابراین:

$$C_{rss} = C_{gd} \rightarrow Y_{rs} = -sC_{rss}$$

ادمیتانس انتقالی مستقیم با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود که نشان دهنده خاصیت تقویت کنندگی این عناصر است:

$$Y_{fs} = g_m - sC_{gd}$$

در فرکانس های پایین با صرفنظر از خازن گیت - سورس:

$$Y_{fs} = g_m$$

ادمیتانس خروجی این عناصر نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$Y_{os} = g_o + s(C_{gd} + C_{ds}) \quad , \quad g_o = \frac{1}{r_o}$$

مجموع خازن گیت - درین و درین - سورس با خازن خروجی C_{oss} نشان داده می شود:

$$C_{oss} = C_{gd} + C_{ds} \rightarrow Y_{os} = g_o + sC_{oss}$$

در فرکانس های پایین $g_o = Y_{os}$

مثال: پارامترهای زیر برای یک عنصر FET داده شده است. عناصر مدار معادل فرکانس بالا را ترسیم کنید.

$Y_{fs} = 4m\mho$, $C_{iss} = 4PF$, $C_{rss} = 1PF$, $Y_{os} = 50\mu\mho$

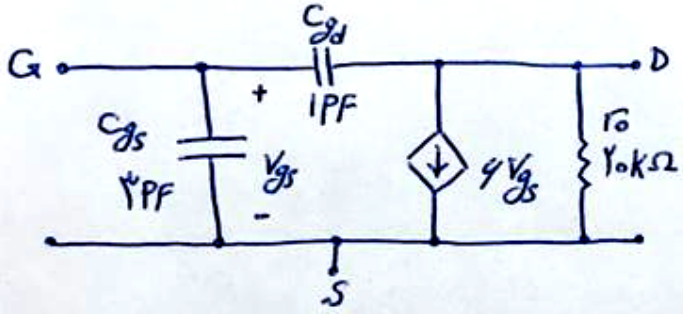
حل:

$C_{rss} = C_{gd} \rightarrow \underline{C_{gd} = 1PF}$

$Y_{os} = g_o + s(C_{gd} + C_{ds}) \rightarrow Y_{os} = 50\mu\mho \rightarrow g_o = 50\mu\mho \rightarrow r_o = \frac{1}{g_o} = \frac{1}{50\mu\mho} = \underline{20k\Omega}$

$C_{iss} = C_{gd} + C_{gs} \rightarrow 4PF = 1PF + C_{gs} \rightarrow \underline{C_{gs} = 3PF}$

$Y_{fs} = g_m - sC_{gd} \rightarrow Y_{fs} = 4m\mho \rightarrow \underline{g_m = 4m\mho}$



در مورد مقایسه عناصر مختلف FET باید گفت از نظر بهره و مقادیر خازن ها مزیت زیادی با هم ندارند اما مقاومت خروجی ترانزیستورهای MOSFET کوچکتر از سایر انواع می باشد. همچنین عناصر BJT دارای بهره بسیار بالاتری از FET بوده اما خازن ورودی آنها با توجه به گرایش مسئله دیود بین-امیتر بسیار بزرگتر و مقاومت ورودی آنها خیلی کوچکتر است به مقاومت ورودی عناصر FET می باشد.

دانشجویان عزیز مسائل زیر را حل نموده و تا ساعت ۲۴ روز یکشنبه ۹۹/۱/۱۰ به شماره ۰۹۱۱۳۱۳۲۸۴۴ واتساپ نمایید. به پاسخ هایی که بعد از این تاریخ ارسال شود ترتیب اثر داده نخواهد شد.

۱-۱) پارامترهای مدار معادل h ترانزیستوری در نقطه کار $I_{CQ} = ۱۰\ mA$ و $V_{CE} = ۱۰\ V$ بصورت زیر است:

$$h_{ie} = ۳۰۰\ \Omega,\ h_{fe} = ۱۰۰,\ h_{oe} = ۱۰^{-۵}\ \Omega^{-۱},\ h_{re} = ۱۰^{-۵}$$

در این نقطه کار $C_\mu = ۳\ pF$ و $f_T = ۵۰۰\ MHz$ است. عناصر مدار هایبرید π را بطور کامل محاسبه و مدار معادل را رسم کنید.

۱-۲) برای ترانزیستوری که در نقطه کار $I_{CQ} = ۵\ mA$ و $V_{CE} = ۱۰\ V$ و درجه حرارت اطاق کار می‌کند پارامترهای زیر اندازه‌گیری شده‌اند:

$$h_{ie} = ۶۰۰\ \Omega\ ,\ h_{fe} = ۱۰۰\ ,\ C_\mu = ۳\ pF$$

هم‌چنین بهره جریان اتصال کوتاه این ترانزیستور و در مدار امیتر مشترک در فرکانس ۶۰ MHz مقدار ۲۵ می‌باشد. مدار هایبرید π را بطور کامل مشخص و مقادیر $f\beta$ و f_T را تعیین کنید.

۱-۳) در مسئله(۱-۲) نقطه کار به $I_{CQ} = ۱۰\ mA$ و $V_{CE} = ۱۰\ V$ تغییر می‌یابد. چه تغییری در عناصر مدار π حاصل می‌شود.

۱-۴) برای یک ترانزیستور و در فرکانس $۵۰\ MHz$، $|h_{fe}| = ۱۰$ و $C_\mu = ۲\ pF$ اندازه‌گیری شده است. مقادیر عناصر مدار معادل π را مشخص کنید. سایر مقادیر این ترانزیستور به شرح زیر است.

$$r_x = ۵۰\ \Omega\ ,\ I_{CQ} = ۱\ mA\ ,\ V_{CEQ} = ۵\ V\ ,\ \beta_o = ۱۰۰$$

۱-۱۹) در یک عنصر JFET با مقادیر داده شده زیر مدار معادل فرکانس بالا را مشخص و رسم کنید.

$$g_{fs} = ۵\ m\Omega^{-۱}\ ,\ C_{iss} = ۶\ pF,\ C_{rss} = ۲\ pF, C_{oss} = ۴\ pF,\ y_{os} = ۲۰\ m\Omega^{-۱}$$

۱-۲۱) مقادیر زیر در مورد ترانزیستور JFET به شماره ۲N۳۸۲۳ در کتاب اطلاعاتی داده شده است. مدار معادل فرکانس بالا این ترانزیستور را تعیین کنید.

$$g_{fs} = ۵\ m\Omega^{-۱}\ ,\ C_{iss} = ۴\ pF\ ,\ C_{rss} = ۰/۹\ pF, C_{oss} = ۳\ pF, y_{os} = ۱۰\ m\Omega^{-۱}$$