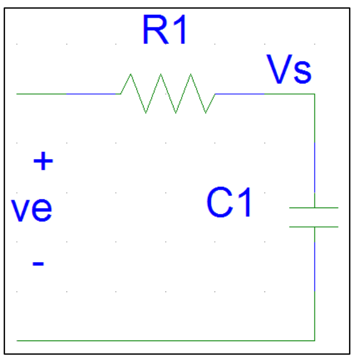
RESPUESTA EN FRECUENCIA

La tabla de contenido está vacía porque no estás utilizando los estilos de párrafo que deben aparecer en ella.

1. FILTRO PASO BAJAS

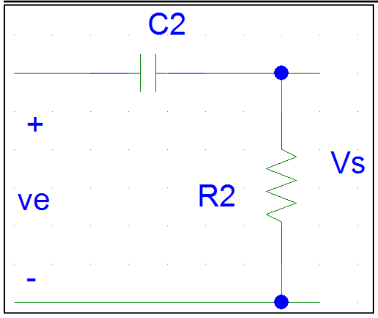


$$v_s = f(v_e)$$

$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{\frac{1}{sC_1}}{\frac{1}{sC_1} + R_1} = \frac{1}{sR_1C_1 + 1} \rightarrow f(s)$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_e} = \frac{\frac{1}{R_1C_1}}{s + \frac{1}{R_1C_1}}}$$

Filtro de primer orden.



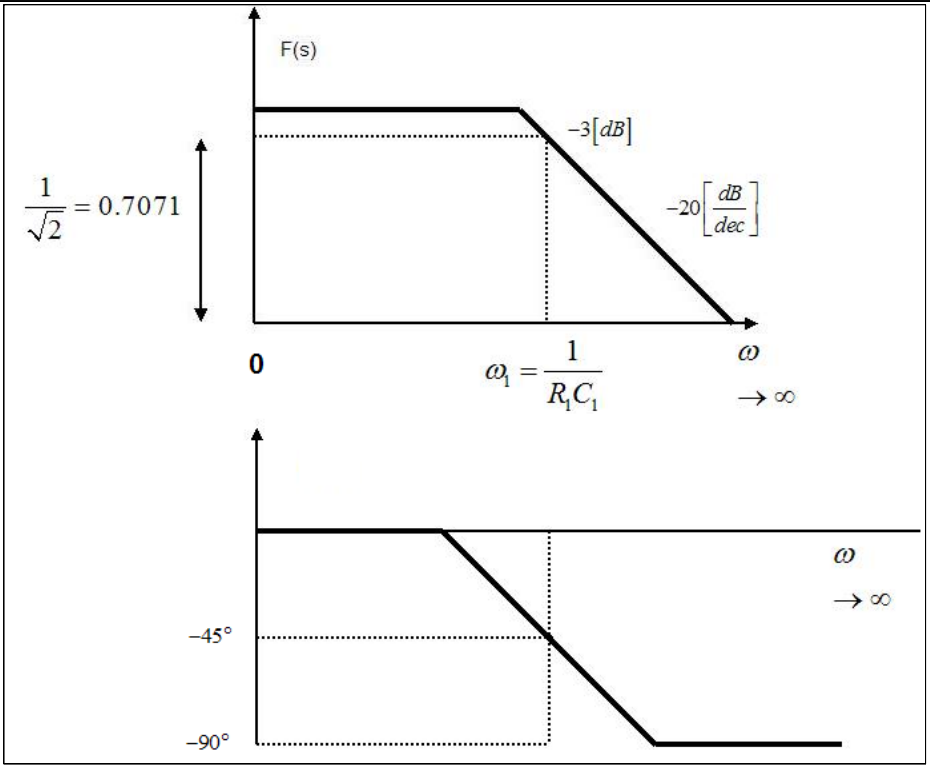
$$F(s)=\frac{v_s}{v_e}=\frac{R_2}{\frac{1}{sC_2}+R_2}=\frac{sR_2C_2}{sR_2C_2+1}$$

$$F(s)=\frac{v_s}{v_e}=\frac{s}{s+\frac{1}{R_2C_2}}\Rightarrow\frac{N(s)}{D(s)}=\frac{ceros}{polos}$$

<u>ceros:</u>
+20 dB/dec
0,+45°,+90° adelanta la fase de la señal
<u>polos:</u>
-20 dB/dec
0,-45°,-90° retrasa la fase de la señal.

$$F(s)=\left|F(s)\right|\boxed{?}F(s)|$$

<u>FILTRO PASO BAJAS</u>



$s = j\omega$

$$\left|F(s)\right|\Big|_{\omega=\frac{1}{R_1C_1}} = \frac{\omega_1}{s+\omega_1}$$

$$G_P = \frac{P_s}{P_e}$$

$$G_P\Big|_{dB} = 10\log\left(\frac{P_s}{P_e}\right) = -3[dB]$$

En valores adimensionales, para cuando la ganancia es 0.7071

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 10\log\left(\frac{P_s}{P_e}\right)$$

$\boxed{\frac{P_s}{P_e} = \frac{1}{2}}$ **la potencia es la mitad ¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡**

2. FILTRO PASO ALTAS

- El capacitor esta en serie con la línea de carga.
- Tiene polos y ceros en igual número.
- Los ceros dan “ganancia” de 20 [dB/dec] y adelantan la fase de la señal. 0,+45°,90°. Los polos atenúan -20 [dB/dec] y atrasan la fase de la señal 0,-45°,-90°.

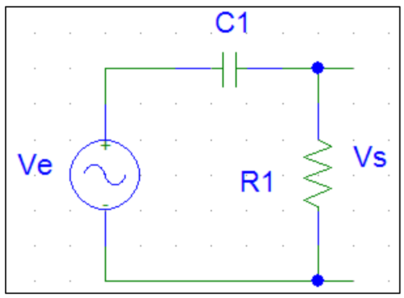
FILTRO PASO BAJAS

- El capacitor se encuentra en paralelo con la línea de transmisión de energía.
- Únicamente presentan polos, produciendo atenuación y atrasan la señal.

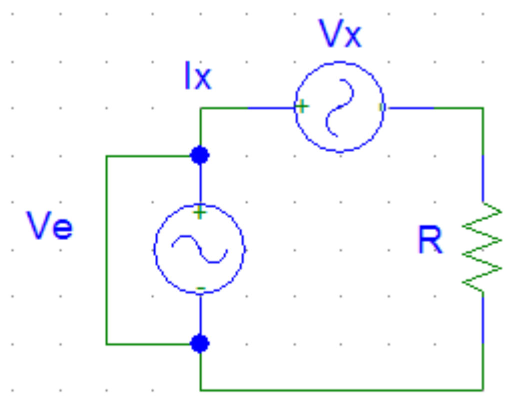
RESISTENCIA EQUIVALENTE DE THEVENIN.

1. Abro puntos.
2. Elimino fuentes independientes

- f(v) → corto circuito
- f(I) → circuito abierto

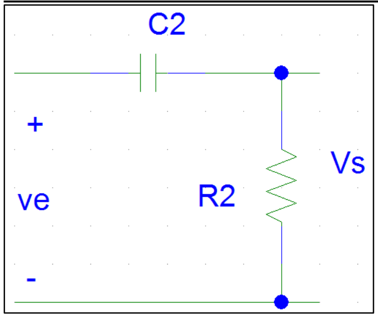


R_{EQTH}: resistencia equivalente de thevenin que ve el capacitor.



$$\frac{v_x}{i_x} = R$$

$$\omega_c = \frac{1}{CR_{eq}} = \frac{1}{RC}$$



$$F(s)=\frac{v_s}{v_e}=\frac{R_2}{\frac{1}{sC_2}+R_2}=\frac{sR_2C_2}{sR_2C_2+1}$$

$$\boxed{F(s)=\frac{v_s}{v_e}=\frac{s}{s+\frac{1}{R_2C_2}}}$$

Observe que existe un cero y un polo, filtro de primer orden.

$s=j\omega$

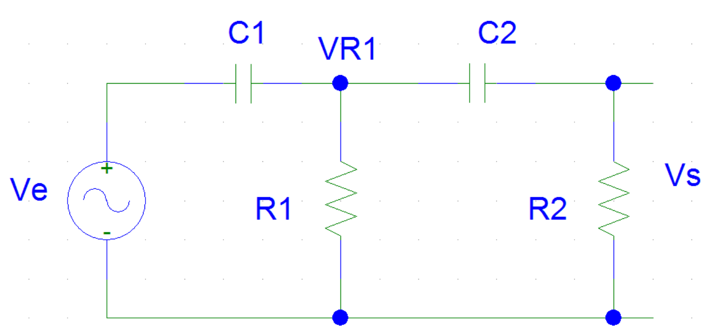
ω_c : frecuencia de corte, a esta frecuencia se atenúa. (-3db/dec) (0.7071)

$$\omega_c=\frac{1}{R_2C_2}=2\pi f_c$$

$$\boxed{f_c=\frac{1}{2\pi R_2C_2}}$$

Observe como se calcula esta expresión, se utilizara para un circuito transistorizado

3. SISTEMA DE 2º ORDEN



Calculemos su función de transferencia:

$R_1=10[k\Omega]$
$C_1=0.1[\mu F]$
$R_2=10[k\Omega]$
$C_2=0.1[\mu F]$

$$\frac{v_s}{v_e} = \left(\frac{v_s}{v_{R_1}}\right)\left(\frac{v_{R_1}}{v_e}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_{R_2}} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{sC_2}} = \frac{sR_2C_2}{sR_2C_2 + 1}$$

$$\frac{v_s}{v_{R_1}} = \frac{s}{s + \frac{1}{R_2C_2}}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e} = \frac{R_1 \parallel Z_2}{\frac{1}{sC_1} + R_1 \parallel Z_2}$$

$$Z_2 = \frac{1}{sC_2} + R_2$$

$$Z_2 = \frac{sC_2R_2 + 1}{sC_2}$$

$$R_1 \parallel Z_2 = \frac{R_1\left[\frac{sC_2R_2 + 1}{sC_2}\right]}{R_1 + \left[\frac{sC_2R_2 + 1}{sC_2}\right]}$$

$$R_1 \parallel Z_2 = \frac{R_1\left[\frac{sC_2R_2 + 1}{\cancel{sC_2}}\right]}{\frac{sC_2R_1 + sC_2R_2 + 1}{\cancel{sC_2}}}$$

$$R_1 \parallel Z_2 = \frac{R_1\left(sC_2R_2 + 1\right)}{sC_2R_1 + sC_2R_2 + 1}$$

Sustituyendo la anterior expresión:

$$\frac{v_{R_1}}{v_e} = \frac{\frac{R_1\left(sC_2R_2 + 1\right)}{sC_2R_1 + sC_2R_2 + 1}}{\frac{1}{sC_1} + \frac{R_1\left(sC_2R_2 + 1\right)}{sC_2R_1 + sC_2R_2 + 1}}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e}=\frac{\dfrac{R_1\left(sC_2R_2+1\right)}{\cancel{sC_2R_1+sC_2R_2+1}}}{\dfrac{\left(sC_2R_1+sC_2R_2+1\right)+sC_1\left[R_1\left(sC_2R_2+1\right)\right]}{sC_1\left(\cancel{sC_2R_1+sC_2R_2+1}\right)}}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e}=\frac{R_1sC_1\left(sC_2R_2+1\right)}{\left(sC_2R_1+sC_2R_2+1\right)+sC_1\left[R_1\left(sC_2R_2+1\right)\right]}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e}=\frac{R_1sC_1\left(sC_2R_2+1\right)}{sC_2R_1+sC_2R_2+1+sC_1R_1sC_2R_2+sC_1R_1}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e}=\frac{R_1sC_1\left(sC_2R_2+1\right)}{sC_2R_1+sC_2R_2+1+sC_1R_1sC_2R_2+sC_1R_1}$$

$$\frac{v_{R_1}}{v_e}=\frac{R_1sC_1\left(sC_2R_2+1\right)}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}$$

Haciendo el producto total:

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{sR_2C_2}{sR_2C_2+1}\right)\left(\frac{R_1sC_1\left(sC_2R_2+1\right)}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{sR_2C_2}{\cancel{sR_2C_2+1}}\right)\left(\frac{R_1sC_1\cancel{\left(sC_2R_2+1\right)}}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{sR_2C_2R_1sC_1}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{s^2R_2C_2R_1C_1}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{s^2R_2C_2R_1C_1}{s^2C_1R_1C_2R_2+s\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)+1}\left(\frac{\dfrac{1}{R_2C_2R_1C_1}}{\dfrac{1}{R_2C_2R_1C_1}}\right)\right)$$

$$\frac{v_s}{v_e}=\left(\frac{s^2}{s^2+s\dfrac{\left(C_2R_1+C_2R_2+C_1R_1\right)}{R_2C_2R_1C_1}+\dfrac{1}{R_2C_2R_1C_1}}\right)$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_e}=\frac{s^2}{s^2+s\left(\frac{1}{R_2C_1}+\frac{1}{R_1C_1}+\frac{1}{R_2C_2}\right)+\frac{1}{R_2C_2R_1C_1}}}$$

Función de transferencia - filtro paso altas de 2º orden.

(Observe tenemos dos polos y dos ceros)

$$F(s)=\frac{s^2}{s^2+\alpha\omega_0 s+\omega_0{}^2}$$

Donde:

$H_0=1$ Ganancia

$$\omega_0=\sqrt{\frac{1}{R_1C_1R_2C_2}}$$

$$\alpha=\frac{\frac{1}{R_2C_2}+\frac{1}{R_1C_1}+\frac{1}{R_2C_1}}{\omega_0}$$

El denominador se puede expresar como el producto de dos funciones de la frecuencia.

$$F(s)=F_1(s)F_2(s)$$

$$F(s)=\frac{1}{(s+\omega_1)}\frac{1}{(s+\omega_2)}$$

$$F(s)=\frac{1}{\left(1+\frac{\omega_1}{s}\right)\left(1+\frac{\omega_2}{s}\right)}$$

$$F(s)=\left|F(s)\right|\boxed{?}\left|F(s)\right|$$

$$\left|F(s)\right|=\frac{1}{\left|\left[1+\frac{1}{s}(\omega_1+\omega_2)+\frac{1}{s^2}\omega_1\omega_2\right]\right|}$$

$s=j\omega$

Calculemos la frecuencia para la cual el modulo es de 0.7071 (-3dB)

$$\left|F(s)\right|=\frac{1}{\left|\left[1+\frac{1}{j\omega}(\omega_1+\omega_2)+\frac{1}{-\omega^2}\omega_1\omega_2\right]\right|}=\frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left[1+\frac{1}{j\omega}(\omega_1+\omega_2)-\frac{\omega_1\omega_2}{\omega^2}\right]=\sqrt{2}$$

si $\omega^2 >> \omega_1\omega_2$

$$\left[1+\frac{1}{j\omega}(\omega_1+\omega_2)-\cancel{\frac{\omega_1\omega_2}{\omega^2}}\right]=\sqrt{2}$$

$$\left[1+\frac{1}{j\omega}(\omega_1+\omega_2)\right]=\sqrt{2}$$

Por lo que para que la expresión se cumpla:

$$\frac{(\omega_1+\omega_2)}{\omega}=1$$

$$\omega=\omega_1+\omega_2$$

$$2\pi f=2\pi f_1+2\pi f_2$$

$$f=f_1+f_2$$

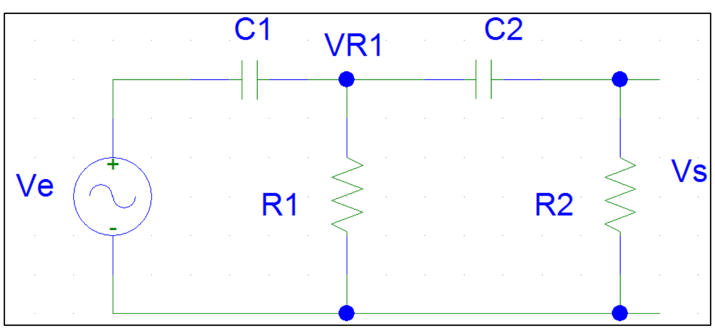
$$f_L=f_1+f_2 \qquad f_L=\frac{1}{2\pi C_1 R_{TH_{C_1}}}+\frac{1}{2\pi C_2 R_{TH_{C_2}}}$$

$$\boxed{f_{L_{ow}}=\frac{1}{2\pi}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_{TH_{C_i}}C_i}}$$

Se puede aplicar superposición y por lo tanto se considera un capacitor a la vez, con esto, podemos obtener la respuesta en baja frecuencia.

4. METODO DEL CORTO CIRCUITO

(Método aproximado)



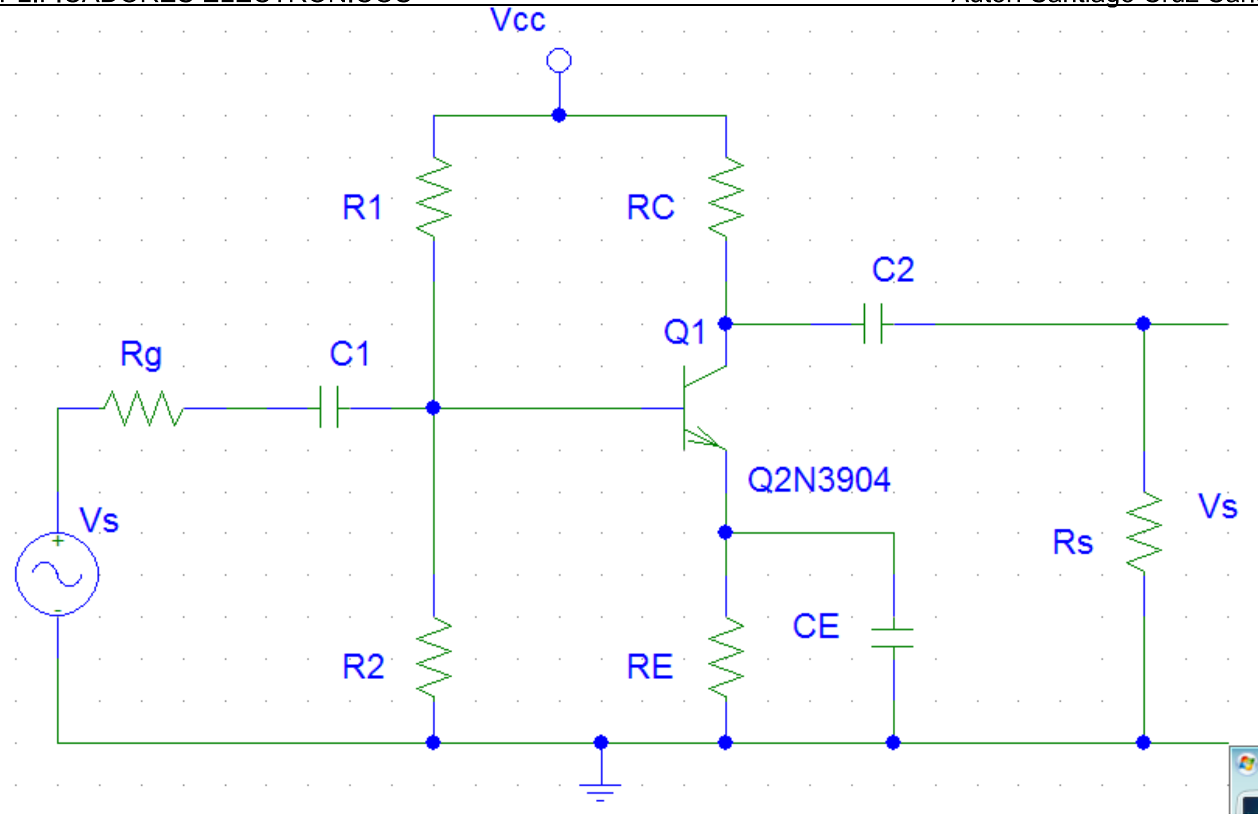
a) $C_1 \to C_2 : corto\_circuito$

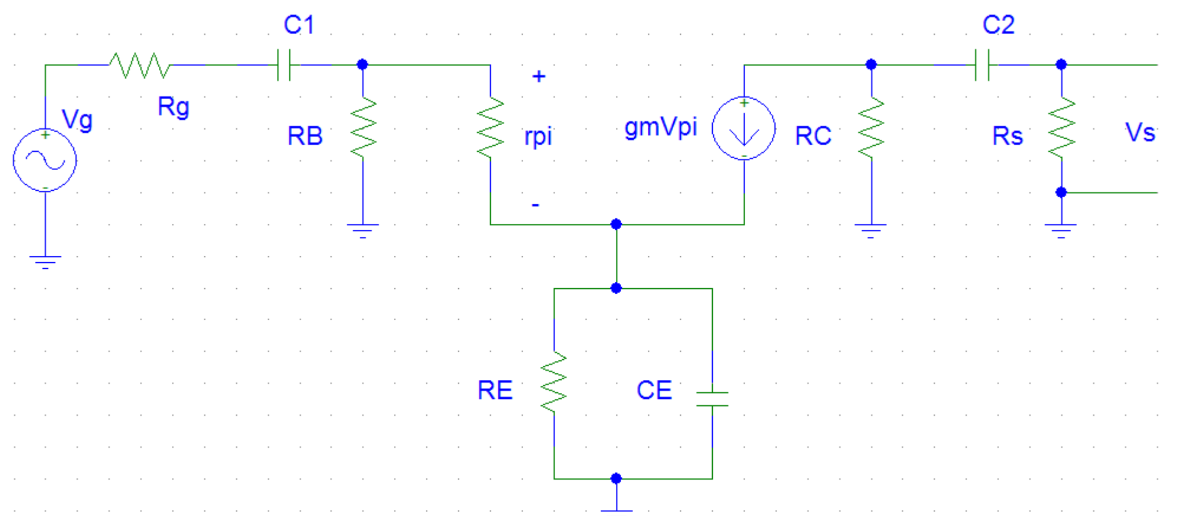
$$\boxed{R_{TH_{C_1}} = R_1 \parallel R_2}$$

b) $C_2 \to C_1 : corto\_circuito$

$$\boxed{R_{TH_{C_2}} = R_1 + R_2}$$

5. ANALIZAR: CALCULAR LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DE UN EMISOR COMUN





Analicemos para encontrar la función de transferencia exacta.

$$\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)$$

$$R_{th} = \frac{R_B\left(r_\pi + R_E \parallel \frac{1}{sC_E}\right)}{R_B + \left(r_\pi + R_E \parallel \frac{1}{sC_E}\right)}$$

$$v_{th} = \frac{R_B}{R_B + \left(r_\pi + R_E \parallel \frac{1}{sC_E}\right)} v_g$$

$$\frac{v_\pi}{v_g} = \frac{r_\pi}{r_\pi + \left(r_\pi + R_E \parallel \frac{1}{sC_E}\right)} \frac{v_g}{}$$

$$\frac{v_s}{v_g} = -g_m\left(R_C \parallel R_s\right)\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_g + R_B \parallel r_\pi}\left[\frac{s\left(s + \frac{1}{R_E C_E}\right)}{s + \frac{1}{\left(R_s + R_C\right)C_2}}\right]\left[\frac{s}{s^2 + s\left[\frac{R'}{C_E\left(R_g + R_B \parallel r_\pi\right)} + \frac{1}{C_1\left(R_g + R_B \parallel r_\pi\right)} + \frac{1}{\left[\left(R_g + R_B \parallel r_\pi\right)C_1\right] C_E R_{EQ2}}\right]}\right]$$

?

Revisar expresión:

$$R' = \frac{R_g R_{EQ1} + \left(R_B \parallel r_\pi\right) R_{EQ2}}{R_{EQ1} R_{EQ2}}$$

$$R_{EQ1} = R_E \parallel \frac{r_\pi}{(\beta + 1)}$$

$$R_{EQ2} = R_E \parallel \frac{R_B + r_\pi}{(\beta + 1)}$$

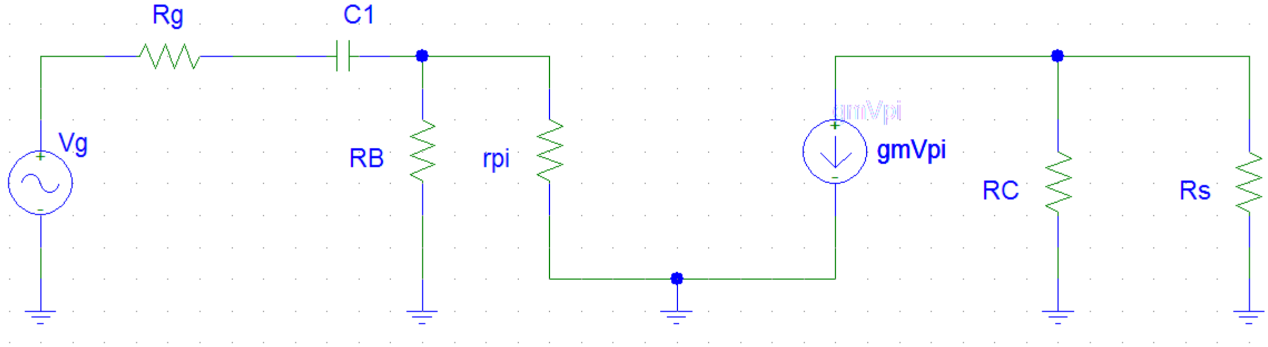
Ganancia a frecuencias medias:

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = \frac{v_s}{v_\pi}\frac{v_\pi}{v_g} = -g_m\left(R_C \parallel R_s\right)\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}}$$

CASO 1:

a)

$C_1 \neq \infty \qquad C_E, C_2 \rightarrow \infty$



$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_\pi}=-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g+\frac{1}{sC_1}}$$

$$\frac{v_s}{v_\pi}=\left(-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}\right)\left(\frac{1}{1+\frac{1}{sC_1\left(R_B\parallel r_\pi+R_g\right)}}\right)$$

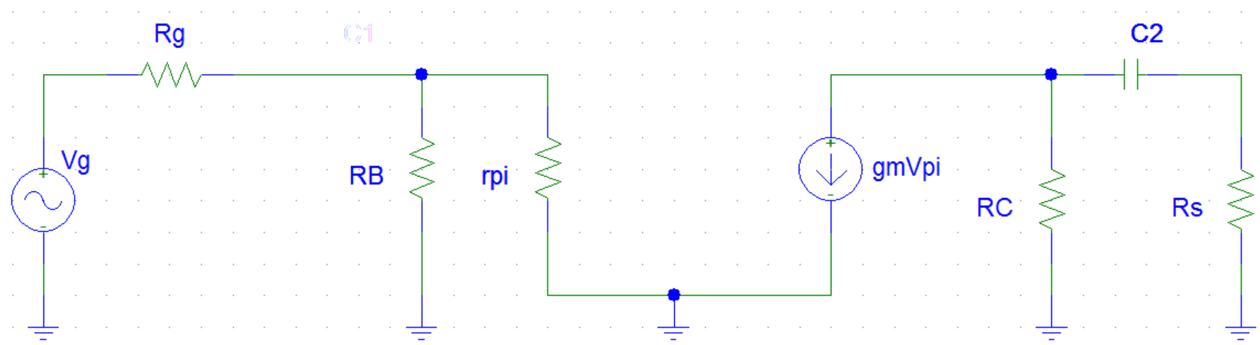
$$\boxed{\frac{v_s}{v_\pi}=G_{frec-medias}\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_1\left(R_B\parallel r_\pi+R_g\right)}}\right)}$$

C1 esta en paralelo con la línea de transmisión, hay un solo capacitor (primer orden), por lo que la función de transferencia tiene un polo y un cero en el origen.

CASO 2:

b)

$C_2\neq\infty \qquad C_E,C_1\rightarrow\infty$



$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)$$

$$\frac{v_\pi}{v_g}=\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}$$

$$\frac{v_s}{R_s}=\frac{R_C}{R_C+R_s+\frac{1}{sC_2}}\left(-g_m v_\pi\right)$$

Para C2:

$$\frac{v_s}{v_\pi}=\frac{R_C}{R_C+R_s+\frac{1}{sC_2}}\left(-g_m R_s\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{R_C}{R_C+R_s+\frac{1}{sC_2}}\left(-g_m R_s\right)\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(-g_m R_C R_s\right)\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{sC_2}{sC_2\left(R_C+R_s\right)+1}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(-g_m R_C R_s\right)\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{s}{s\left(R_C+R_s\right)+\frac{1}{C_2}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(-g_m R_C R_s\right)\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{s\frac{1}{\left(R_C+R_s\right)}}{s+\frac{1}{C_2\left(R_C+R_s\right)}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\frac{\left(-g_m R_C R_s\right)}{\left(R_C+R_s\right)}\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_2\left(R_C+R_s\right)}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(-g_m\right)\frac{R_C R_s}{\left(R_C+R_s\right)}\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right)\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_2\left(R_C+R_s\right)}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=(-g_m)\left[\frac{R_C R_s}{(R_C+R_s)}\right]\left(\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}\right)\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_2(R_C+R_s)}}\right)$$

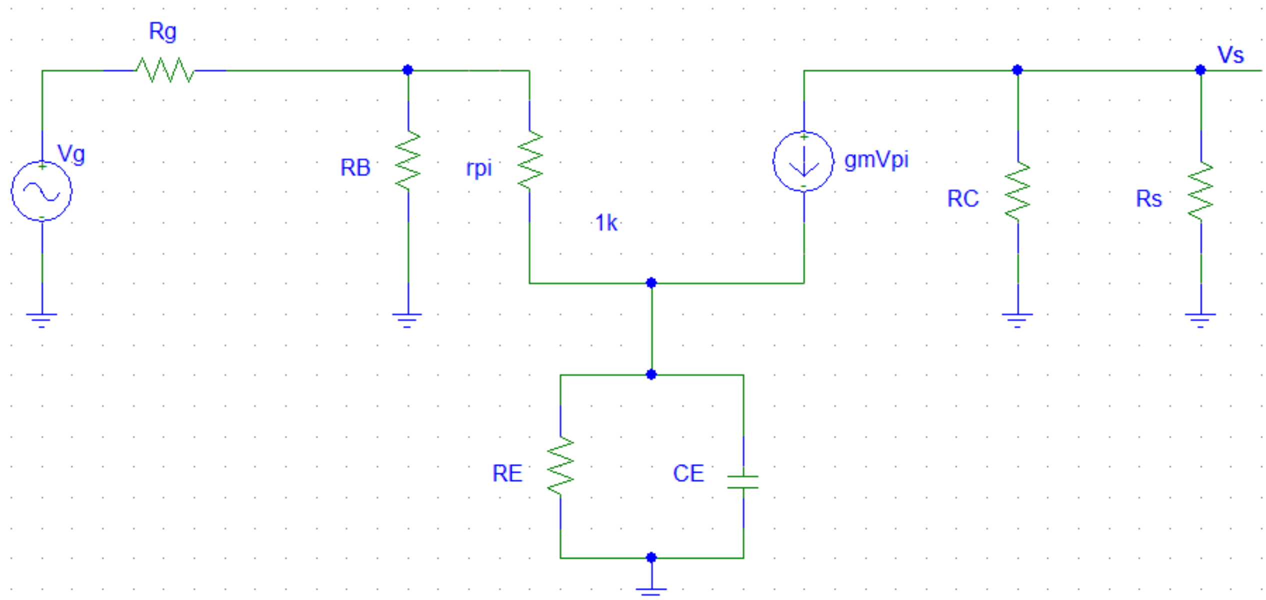
$$\frac{v_s}{v_g}=(-g_m)[R_C\parallel R_s]\left(\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}\right)\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_2(R_C+R_s)}}\right)$$

Nuevamente tenemos el factor de frecuencias medias:

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g}=G_{frec-medias}\left(\frac{s}{s+\frac{1}{C_2(R_C+R_s)}}\right)}$$

C1 esta en paralelo con la línea de transmisión, hay un solo capacitor (primer orden), por lo que la función de transferencia tiene un polo y un cero en el origen.

CASO 3:
Caso c)



Aquí es difícil ver como esta conectado CE.

III-15

$$\frac{R_E \frac{1}{sC_E}}{R_E + \frac{1}{sC_E}} = \frac{R_E}{sC_E R_E + 1}$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)}$$

$$\frac{v_s}{v_\pi} = -g_m \left(R_C \parallel R_s\right)$$

$$Z_e = R_B \parallel \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]$$

$$Z_e = \frac{R_B \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]}{R_B + \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]}$$

$$\frac{v_\pi}{r_\pi} = \frac{R_B}{R_B + \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]} \frac{v_g}{R_g + Z_e}$$

$$\frac{v_\pi}{v_g} = \frac{R_B r_\pi}{R_B + \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]} \frac{1}{R_g + Z_e}$$

$$\frac{v_\pi}{v_g} = \frac{R_B r_\pi}{R_B + \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]} \frac{1}{R_g + Z_e}$$

$$\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right) = \left(-g_m \left(R_C \parallel R_s\right)\right)\left(\frac{R_B r_\pi}{R_B + \left[r_\pi + \left(\frac{R_E}{sC_E R_E + 1}\right)(\beta + 1)\right]} \frac{1}{R_g + Z_e}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right) = \left(-g_m \left(R_C \parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{R_g + Z_e}\left(\frac{1}{R_B + r_\pi + \frac{R_E (\beta + 1)}{sC_E R_E + 1}}\right)$$

reordenando:

$$\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right) = \left(-g_m \left(R_C \parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{R_g + Z_e}\left(\frac{sC_E R_E + 1}{(sC_E R_E + 1)(R_B + r_\pi) + R_E (\beta + 1)}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=\left(-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{R_g+Z_e}\left(\frac{\left(sC_E R_E+1\right)\frac{1}{\left(R_B+r_\pi\right)}}{\left(sC_E R_E+1\right)+\frac{R_E\left(\beta+1\right)}{\left(R_B+r_\pi\right)}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=\left(-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{R_g+Z_e}\frac{1}{\left(R_B+r_\pi\right)}\left(\frac{\left(sC_E R_E+1\right)}{\left(sC_E R_E+1\right)+\frac{R_E\left(\beta+1\right)}{\left(R_B+r_\pi\right)}}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=\left(-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{R_g+Z_e}\frac{1}{\left(R_B+r_\pi\right)}\left(\frac{\left(s+\frac{1}{C_E R_E}\right)}{s+\left[\frac{1}{C_E R_E}+\frac{R_E\left(\beta+1\right)}{C_E R_E\left(R_B+r_\pi\right)}\right]}\right)$$

$$\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=\left(-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\right)\frac{R_B r_\pi}{\left(R_B+r_\pi\right)}\frac{1}{R_g+Z_e}\left(\frac{\left(s+\frac{1}{C_E R_E}\right)}{s+\left[\frac{R_B+r_\pi+R_E\left(\beta+1\right)}{C_E R_E\left(R_B+r_\pi\right)}\right]}\right)$$

$$Z_e=\frac{R_B\left[r_\pi+\left(\frac{R_E}{sC_E R_E+1}\right)\left(\beta+1\right)\right]}{R_B+\left[r_\pi+\left(\frac{R_E}{sC_E R_E+1}\right)\left(\beta+1\right)\right]}$$

ORGANIZAR, AUN NO DA

$$G_{frec-medias}=-g_m\left(R_C\parallel R_s\right)\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}$$

-
-

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g}=\left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right)=G_{frec-medias}\left(\frac{\left(s+\frac{1}{C_E R_E}\right)}{s+\frac{1}{C_E\left[R_E\parallel\left(\frac{r_\pi+R_g\parallel R_B}{\beta+1}\right)\right]}}\right)}$$

La función de transferencia tiene un polo y un cero. Es un filtro paso altas. Primer orden.

Tarea comprobar: base común, y colector común:

RESUMEN DE DATOS PARA EL EMISOR COMUN

$$\boxed{G_{frec-medias} = -g_m\left(R_C \parallel R_s\right)\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}}$$

caso a) C1:
$$\boxed{\frac{v_s}{v_\pi} = G_{frec-medias}\left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_1\left(R_B \parallel r_\pi + R_g\right)}}\right)}$$

caso b) C2:
$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias}\left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_2\left(R_C + R_s\right)}}\right)}$$

caso c) CE:
$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right) = G_{frec-medias}\left(\frac{\left(s + \frac{1}{C_E R_E}\right)}{s + \frac{1}{C_E\left[R_E \parallel \left(\frac{r_\pi + R_g \parallel R_B}{\beta + 1}\right)\right]}}\right)}$$

Usualmente CE es el polo dominante

6. METODO SOLO PARA OBTENER POLOS DEL EMISOR COMUN

Para C1:

$$R_{EQTH_{C1}} = R_g + R_B \parallel r_\pi \qquad \boxed{\omega_{C1} = \frac{1}{\left(R_g + R_B \parallel r_\pi\right)C_1}}$$

Para CE:

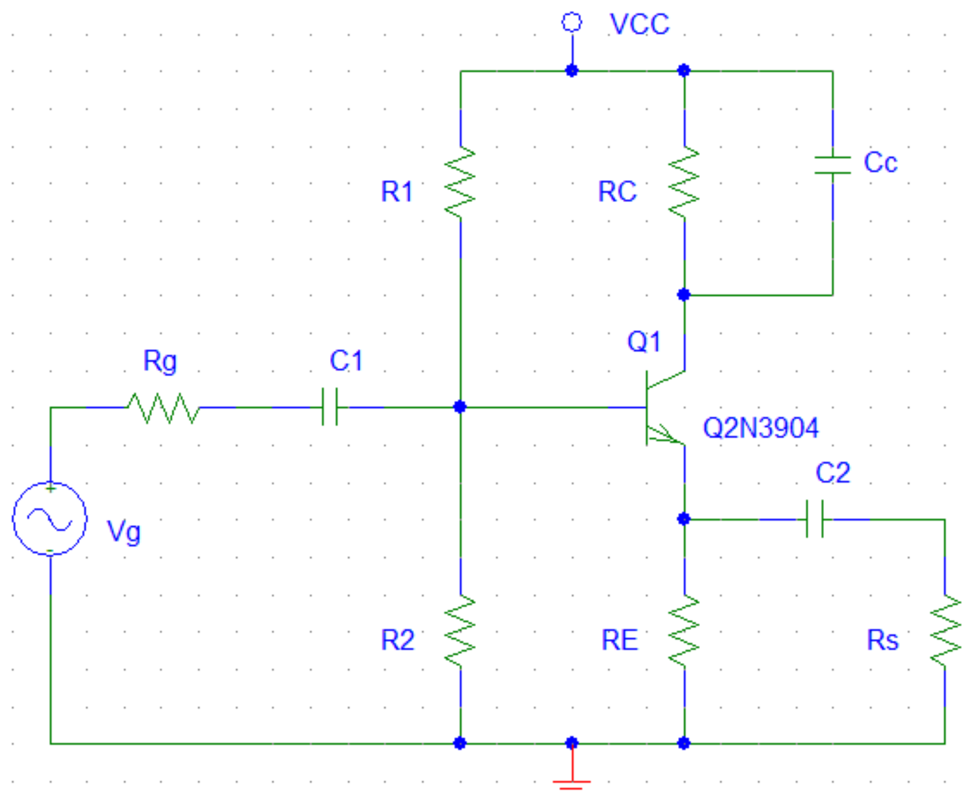
$$R_{EQTH_{CE}} = R_E \parallel \left[\frac{R_g \parallel R_B + r_\pi}{\beta + 1}\right] \qquad \boxed{\omega_{C2} = \frac{1}{\left(R_E \parallel \left[\frac{R_g \parallel R_B + r_\pi}{\beta + 1}\right]\right)C_E}}$$

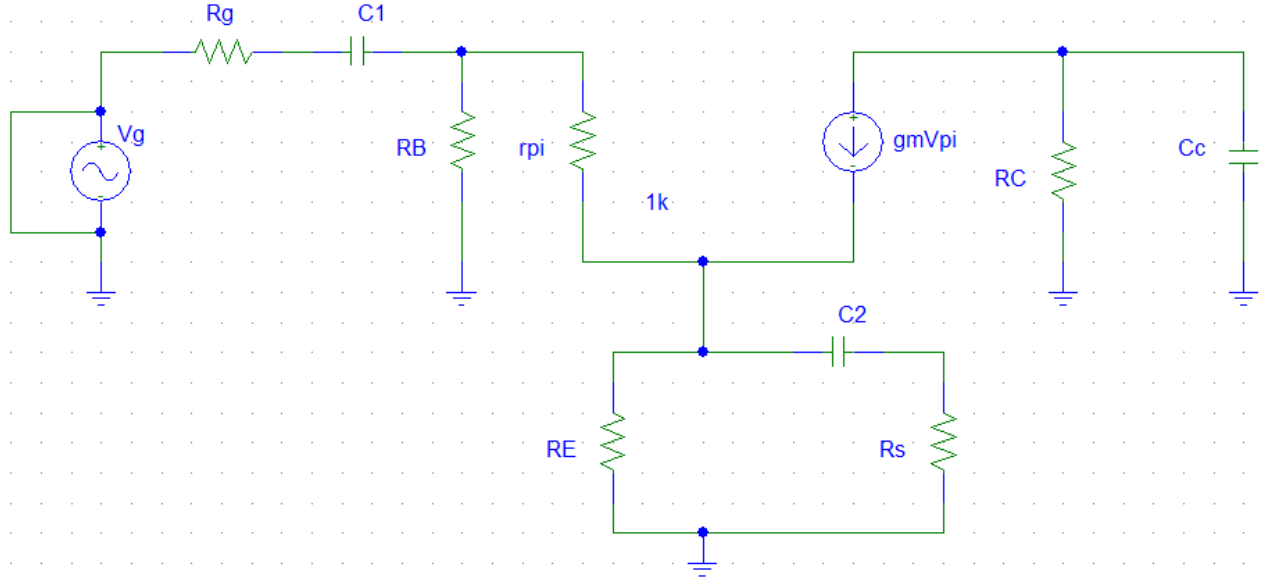
Para C2:

$$R_{EQTH_{C2}} = R_s + R_C \qquad \boxed{\omega_{C2} = \frac{1}{\left(R_s + R_C\right)C_2}}$$

Observe como se cumplen las mismas expresiones para los polos que cuando se calculó la función de transferencia.

7. METODO 3 Del CORTO CIRCUITO para el Colector común (BAJA FRECUENCIA)




Rg
C1
Vg
RB
rpi
1k
gmVpi
RC
Cc
C2
RE
Rs

Analisis para:

C2:

$$\boxed{\begin{array}{l} C_2 \neq \infty \\ C_1 \to \infty \\ X_{C1} \to \infty \\ X_{Cc} \to \infty \end{array}}$$

$$R_{TH_{C2}} = R_s + \left[\left(\frac{R_g \parallel R_B + r_\pi}{\beta + 1} \right) \parallel R_E \right]$$

$$R_{TH_{C1}} = R_g + \left[\left[\left(R_E \parallel R_s \right) \left(\beta + 1 \right) + r_\pi \right] \parallel R_B \right]$$

$$R_{TH_{C_C}} =$$

+
+
+

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias} \left(\frac{s + \dfrac{1}{R_s C_2}}{s + \dfrac{1}{C_2 \left[\left(\dfrac{R_g \parallel R_B + r_\pi}{\beta + 1} \right) \parallel R_E + R_s \right]}} \right)}$$

Nota: cuando no es notorio que sea un filtro paso altas se recomienda obtener la función de transferencia.

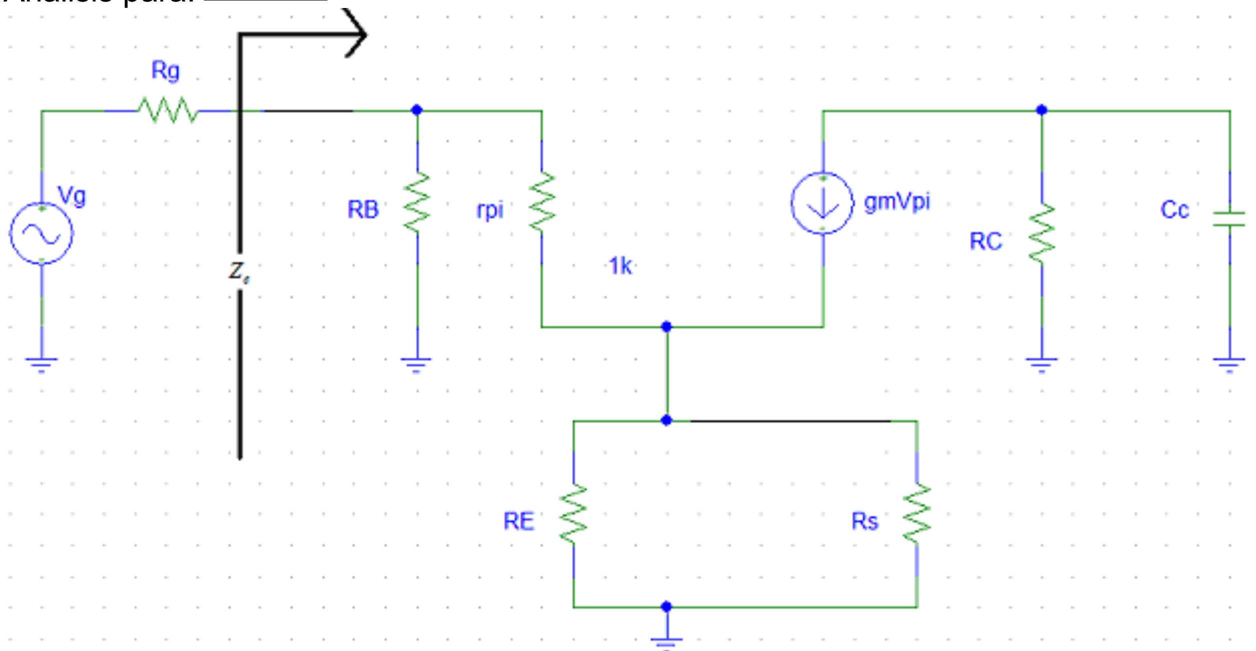
C1:

$$R_{TH_{C1}} = R_s + R_B \parallel \left[r_\pi + \left(\beta + 1 \right) \left(R_E \parallel R_L \right) \right]$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias} \left(\frac{s}{s + \dfrac{1}{C_2 \left[R_s + R_B \parallel \left[r_\pi + \left(\beta + 1 \right) \left(R_E \parallel R_L \right) \right] \right]}} \right)}$$

CC:

Analisis para:
$$\begin{array}{|l|}\hline C_2 \to \infty \\ X_{C2} \to 0 \\ C_1 \to \infty \\ X_{C1} \to 0 \\ Cc \to \infty \\ \hline \end{array}$$

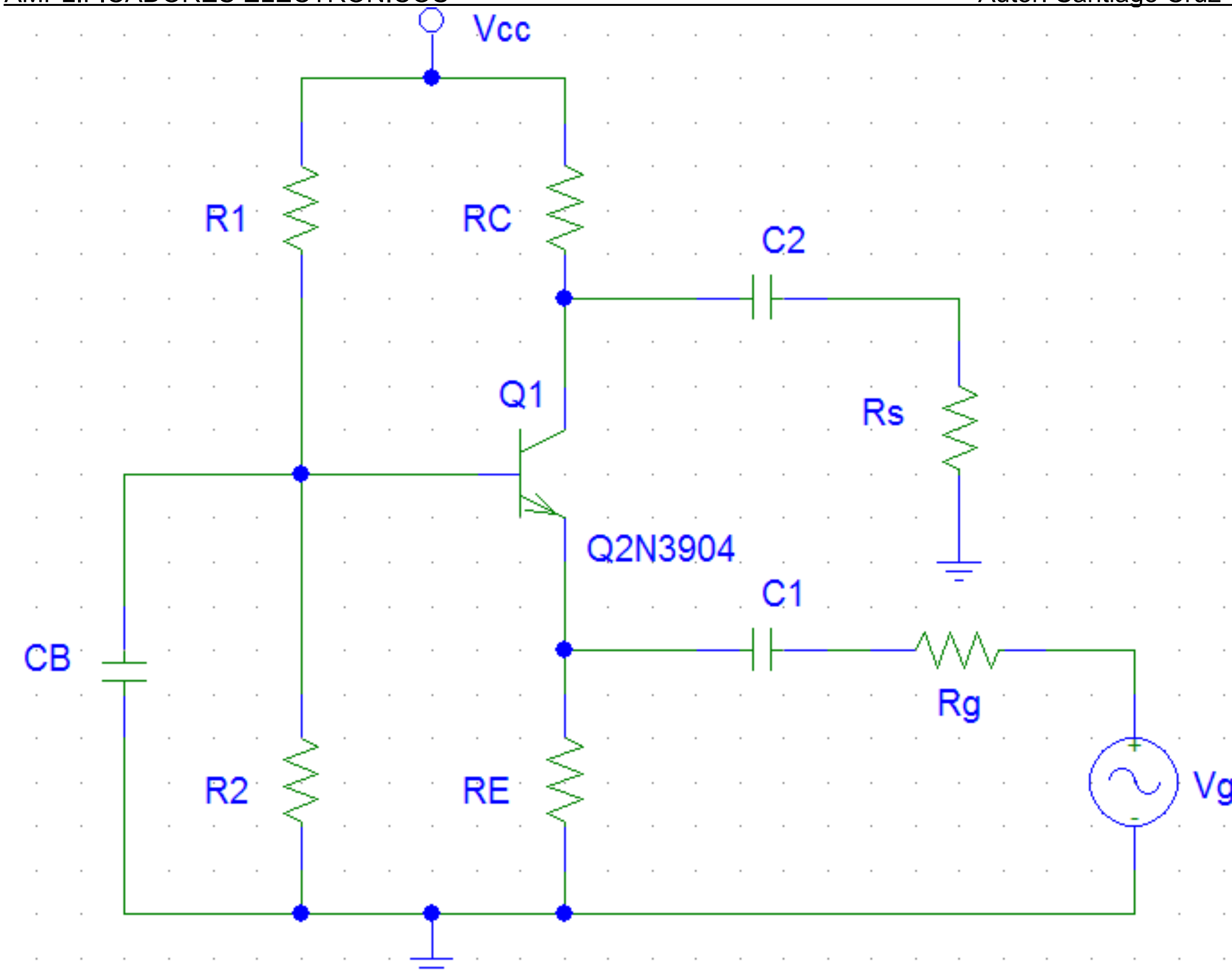


$$Z_e = R_B \parallel \left[r_\pi + (\beta + 1)(R_E \parallel R_s) \right]$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_g} = \left(\frac{v_s}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{v_g}\right) = \left[(R_E \parallel R_s)\left(\frac{1}{r_\pi} + g_m\right) \right]\left[\frac{Z_e}{Z_e + R_g}\right]}$$

CONCLUSION: el capacitor Cc no afecta a la respuesta en frecuencia para un colector común.

8. RESPUESTA EN BAJA FRECUENCIA PARA CONFIGURACION BASE COMUN



Para C1:

$$\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias} \frac{s}{s + \dfrac{1}{C_1\left[\left(R_E \parallel \dfrac{r_\pi}{(\beta+1)}\right) + R_g\right]}}$$

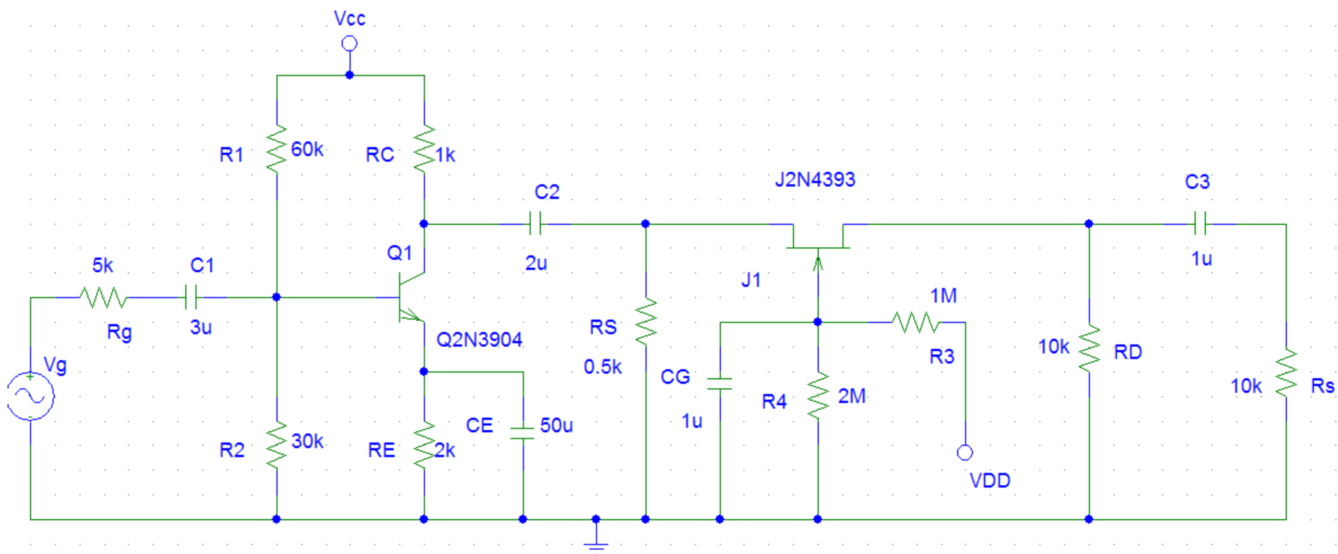
Para C2:

$$\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias} \frac{s}{s + \dfrac{1}{C_2\left(R_s + R_C\right)}}$$

Para CB:

$$\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias} \frac{s + \dfrac{1}{C_B R_B}}{s + \dfrac{1}{C_B\left[R_B \parallel \left(r_\pi + (\beta+1) r_{th}\right)\right]}}$$

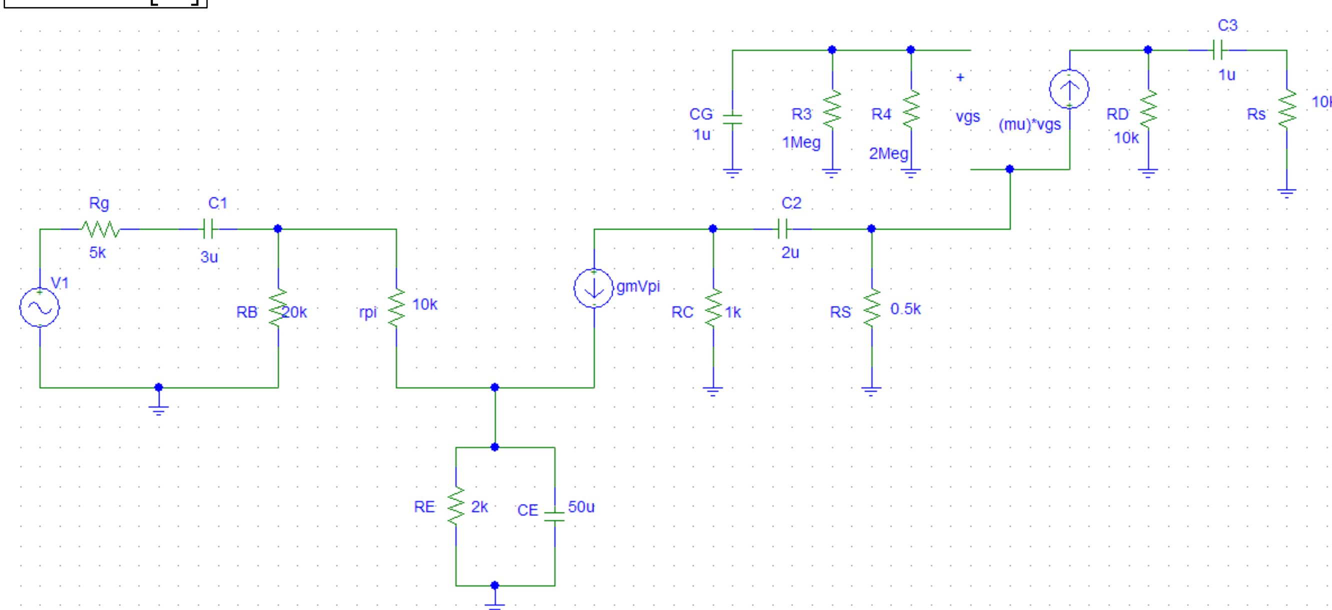
9. CASCODO



$\beta = 500$

$r_\pi = 10k$

$g_{m_{FET}} = 5m\left[\frac{A}{V}\right]$



$$\frac{v_s}{v_g} = G_{frec-medias}\,\frac{s}{s+\dfrac{1}{C_1 R_{TH_{C1}}}}\;\frac{s+\dfrac{1}{C_E R_E}}{s+\dfrac{1}{C_E R_{TH_{CE}}}}\;\frac{s}{s+\dfrac{1}{C_2 R_{TH_{C2}}}}\;\frac{s}{s+\dfrac{1}{C_3 R_{TH3}}}$$

Observe C1, c2, y c3 están en serie con la línea de transmisión de señal, por lo que son filtros paso altas de primer orden, (uno a la vez) y CE es un filtro paso altas pero con un cero situado diferente del origen.

$$\boxed{C_1 \rightarrow R_{TH_{C1}} = \left(5k + R_B \parallel r_\pi\right) = 5k + 20k \parallel 10k = 11.66[k\Omega]}$$

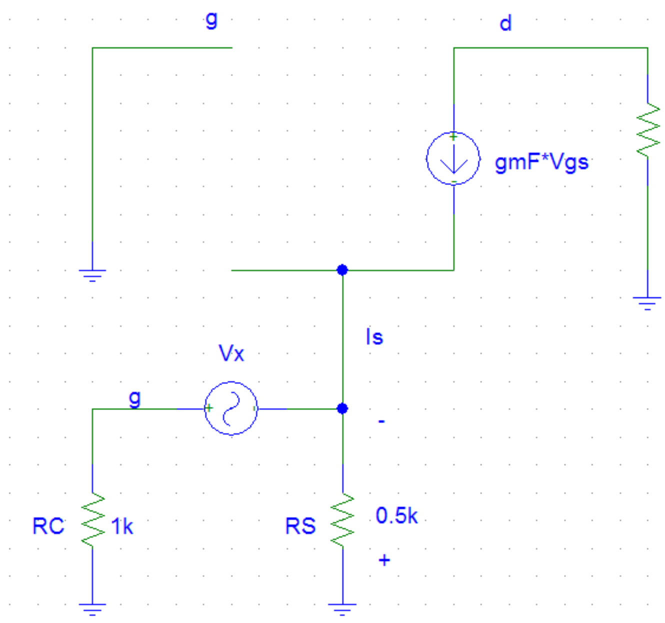
$$C_E \rightarrow R_E = 2\left[k\Omega\right]$$

$$R_{TH_{CE}} = R_E \parallel \frac{R_B \parallel R_g + r_\pi}{\beta + 1} = 2\left[k\Omega\right] \parallel \left(\frac{20\left[k\Omega\right] \parallel 5\left[k\Omega\right] + 10\left[k\Omega\right]}{500 + 1}\right) = 27.5\left[\Omega\right]$$

CE Definirá la respuesta en frecuencia.

$$C_3 \rightarrow R_{TH_{C3}} = R_s + R_D = 10k + 10k = 20\left[k\Omega\right]$$

$$C_2 \rightarrow R_{TH_{C2}} \Rightarrow$$



$$i_s = i_x + i_{0.5k}$$

$$g_{m_{FET}} v_{gs} = i_x - \frac{v_{gs}}{0.5k} \text{ -------------------(1)}$$

$$i_x = v_{gs}\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right] \text{ -------------------(2)}$$

$$-v_{gs} = -v_x + 1ki_x$$

$$v_{gs} = v_x - 1ki_x \text{ ----------------------(3)}$$

(3) en (2)

$$i_x = \left(v_x - 1ki_x\right)\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]$$

$$i_x = \left(v_x\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right] - 1ki_x\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]\right)$$

$$i_x + 1ki_x\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right] = v_x\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]$$

$$i_x\left(1 + 1k\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]\right) = v_x\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]$$

$$\frac{\left(1 + 1k\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]\right)}{\left[g_{m_{FET}} + \frac{1}{0.5k}\right]} = \frac{v_x}{i_x}$$

$$\frac{v_x}{i_x} = \frac{\left(1 + 1k\left[5m + \frac{1}{0.5k}\right]\right)}{\left[5m + \frac{1}{0.5k}\right]}$$

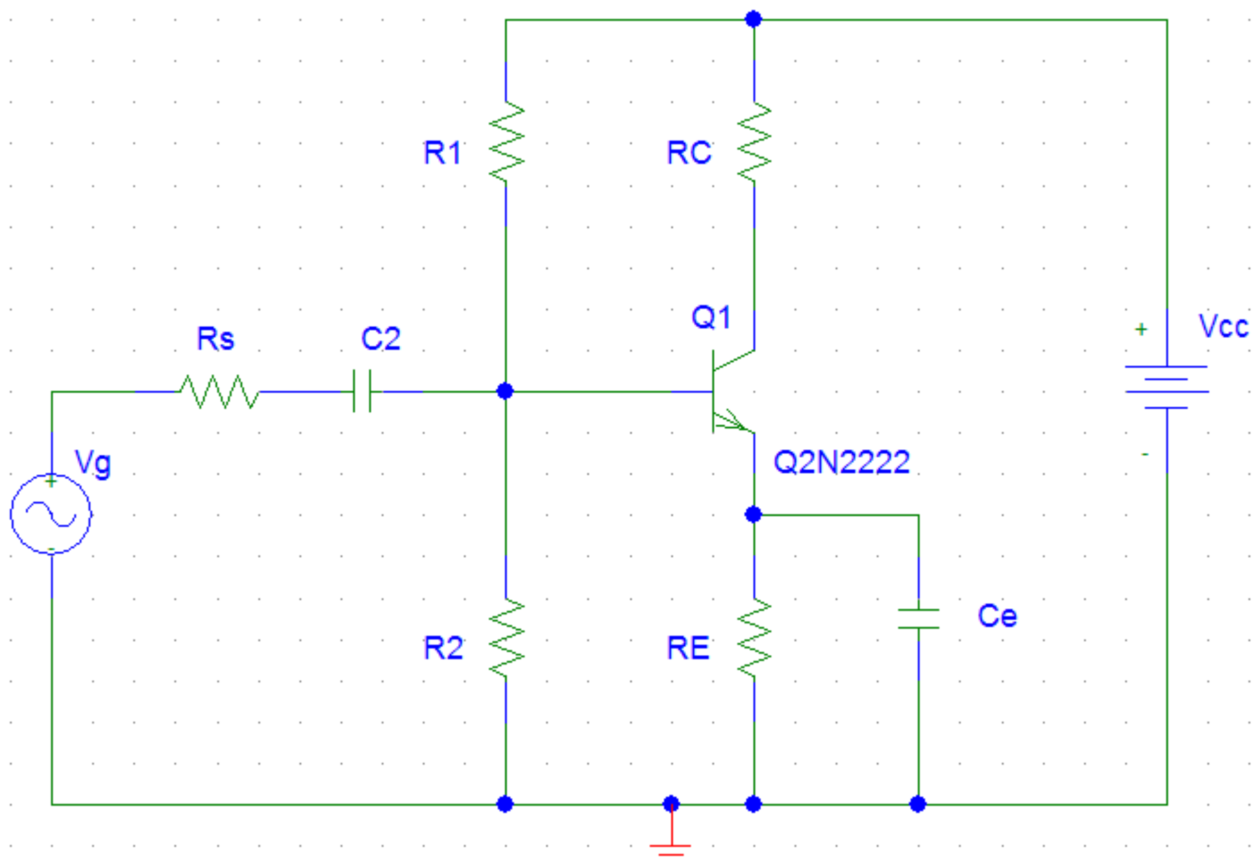
$$\frac{v_x}{i_x} = 1.14\left[k\Omega\right]$$

$$\boxed{C_2 \rightarrow R_{TH_{C2}} \Rightarrow \frac{\left(1 + 1k\left[5m + \frac{1}{0.5k}\right]\right)}{\left[5m + \frac{1}{0.5k}\right]} = 1.14\left[k\Omega\right]}$$

Tarea:

- Comprobar que CG no afecta cortocircuitando todos los capacitores y dejo solo CG. Calculando la función de transferencia.
- Determinar la ganancia de frecuencias medias
- Hacer la grafica en respuesta en frecuencia
- Función de transferencia y simular.

RESPUESTA EN FRECUENCIA … continuación



$\omega \rightarrow MHz$

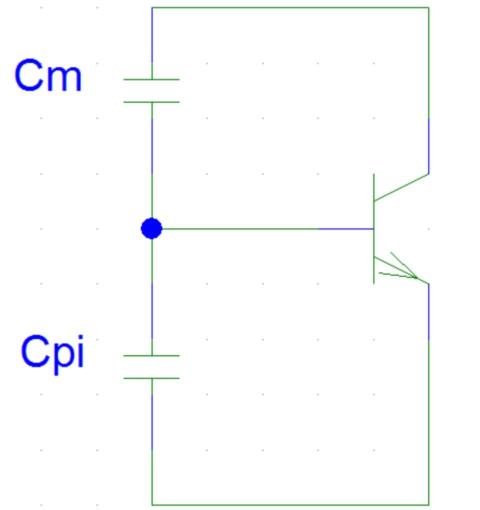
$C \rightarrow pF$

$X_C = \frac{1}{\omega C}$

$C_1, C_2, C_E \rightarrow 10[\mu F]$

Bajas frecuencias: $0[Hz] \rightarrow 100[Hz]$

Frecuencias medias: $100[Hz] \rightarrow 100[kHz]$



C_μ, C_π Capacitancias parásitas entre las uniones Colector-base y base-emisor, son del orden de $10[pF]$

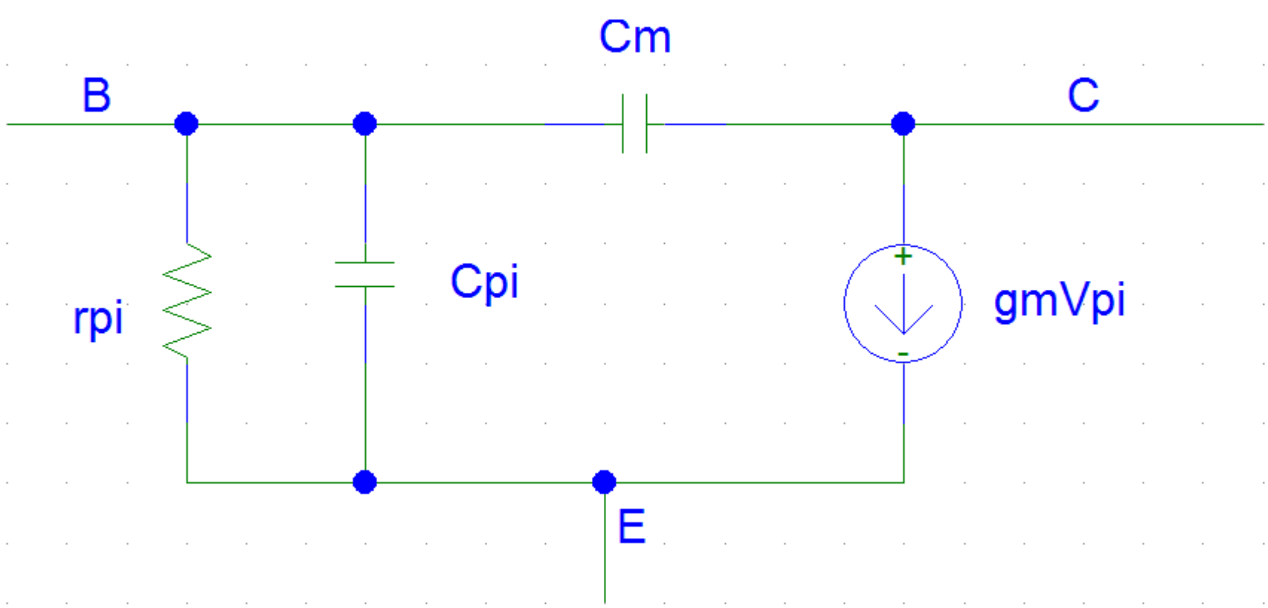
GRAFICA

$f_2 - f_1 = AB$ Ancho de banda

$f_0 = \sqrt{f_1 f_2}$

$Q = \dfrac{f_0}{AB}$

10. MODELO DE ALTA FRECUENCIA DEL TBJ

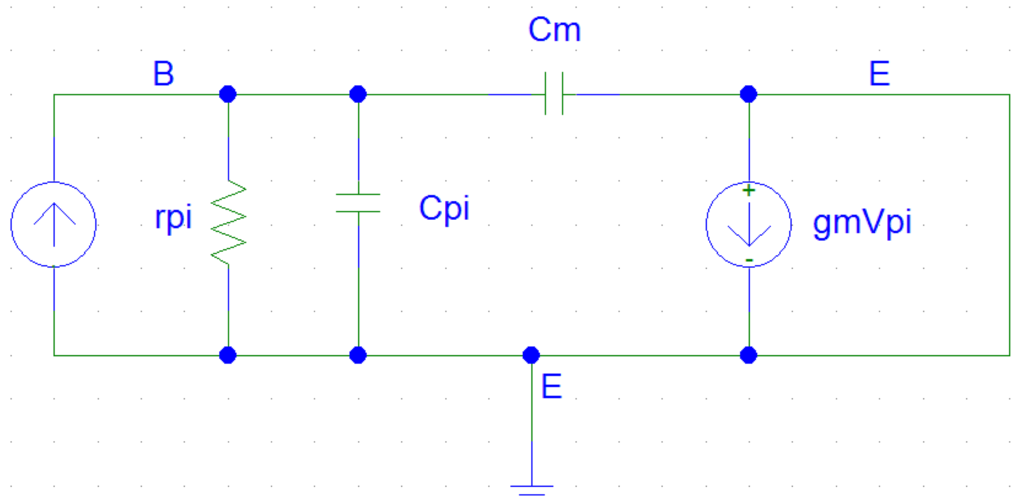


Fuente de corriente controlada por corriente

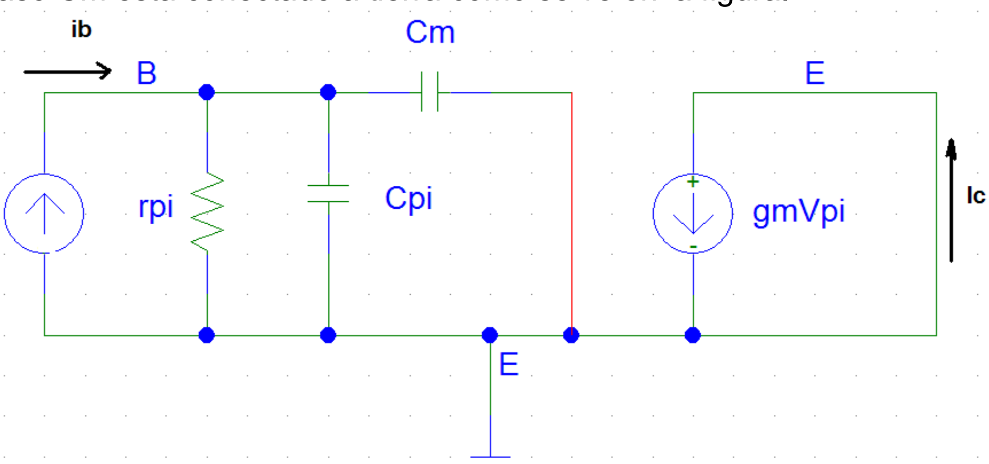
$$i_c = \beta i_b \qquad \frac{i_c}{i_b} = \beta$$

11. FRECUENCIA DE TRANSICIÓN

Una descripción cuantitativa del comportamiento del transistor a altas frecuencias puede ser encontrada, calculando la frecuencia dependiente de la ganancia de corriente de corto circuito **β(s)**



Para este caso Cm esta conectado a tierra como se ve en la figura.



$$\frac{i_c}{i_b} = \left(\frac{i_c}{v_\pi}\right)\left(\frac{v_\pi}{i_b}\right)$$

$$i_c = g_m v_\pi$$

$$\frac{i_c}{v_\pi} = g_m$$

$$Z_e = r_\pi \parallel \left(\frac{1}{sC_\mu} + \frac{1}{sC_\pi}\right) = r_\pi \parallel \left(\frac{1}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)}\right)$$

$$Z_e = \frac{r_\pi\left(\frac{1}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)}\right)}{r_\pi + \left(\frac{1}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)}\right)}$$

$$Z_e = \frac{r_\pi}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}$$

$$Z_e = \frac{r_\pi}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}$$

$$\frac{v_\pi}{i_b} = Z_e = \frac{r_\pi}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}$$

$$\frac{i_c}{i_b} = \left(g_m\right)\left(\frac{r_\pi}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}\right)$$

$$\frac{i_c}{i_b} = \beta\left(\omega\right) = \left(g_m\right)\left(\frac{r_\pi}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}\right)$$

$$\frac{i_c}{i_b} = \beta\left(\omega\right) = \left(\frac{\beta}{\cancel{r_\pi}}\right)\left(\frac{\cancel{r_\pi}}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}\right)$$

$$\boxed{\beta\left(\omega\right) = \left(\frac{\beta_{med}}{s\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}\right)}$$

Obteniendo su modulo y fase tenemos:

$$\beta\left(\omega\right) = \frac{\beta_{med}}{j\omega\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi + 1}$$

$$\beta\left(\omega\right) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1^2 + \left[\omega\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi\right]^2}}$$

$$\beta\left(\omega\right) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left[\omega\left[\underbrace{\left(C_\mu + C_\pi\right)r_\pi}_{reciproco\_de\_una\_frecuencia}\right]\right]^2}\;\boxed{?}\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_B}\right)}$$

$$\beta(\omega) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left[\omega\left[\frac{1}{\frac{1}{(C_\mu + C_\pi)r_\pi}}\right]\right]^2}} \boxed{?}\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)$$

$$\boxed{\omega_\beta = \frac{1}{(C_\mu + C_\pi)r_\pi}}$$

Frecuencia de corte de bheta

$$\beta(\omega) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left[\omega\left[\frac{1}{\omega_\beta}\right]\right]^2}} \boxed{?}\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)$$

$$\beta(\omega) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)^2}} \boxed{?}\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)$$

$$\boxed{\beta(\omega) = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)^2}} \boxed{?}\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_\beta}\right)}$$

$$|\beta(\omega)| \Rightarrow f = f_T$$

$$0[dB] \rightarrow |\beta(\omega)| = 1$$

la frecuencia de transición es cuando la ganancia es unitaria

$$|\beta(\omega)| = 1 = \frac{\beta_{med}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2}}$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2} = \beta_{med}$$

$$1 + \left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2 = (\beta_{med})^2$$

$$1 + \left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2 = (\beta_{med})^2$$

$$\left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2 = (\beta_{med})^2 - 1$$

como: $(\beta_{med})^2 >> 1$

$$\left(\frac{\omega_T}{\omega_\beta}\right)^2 = (\beta_{med})^2$$

$$\omega_T = \underbrace{\omega_\beta \overbrace{\beta_{med}}^{\text{se obtiene de hojas de especificaciones asi como } C_\mu \, y \, C_\pi}}_{\text{Producto Ganancia ancho de banda}}$$

$$\frac{\omega_T}{\omega_\beta} = \beta_{med}$$

$$\omega_T = \omega_\beta \beta_{med}$$

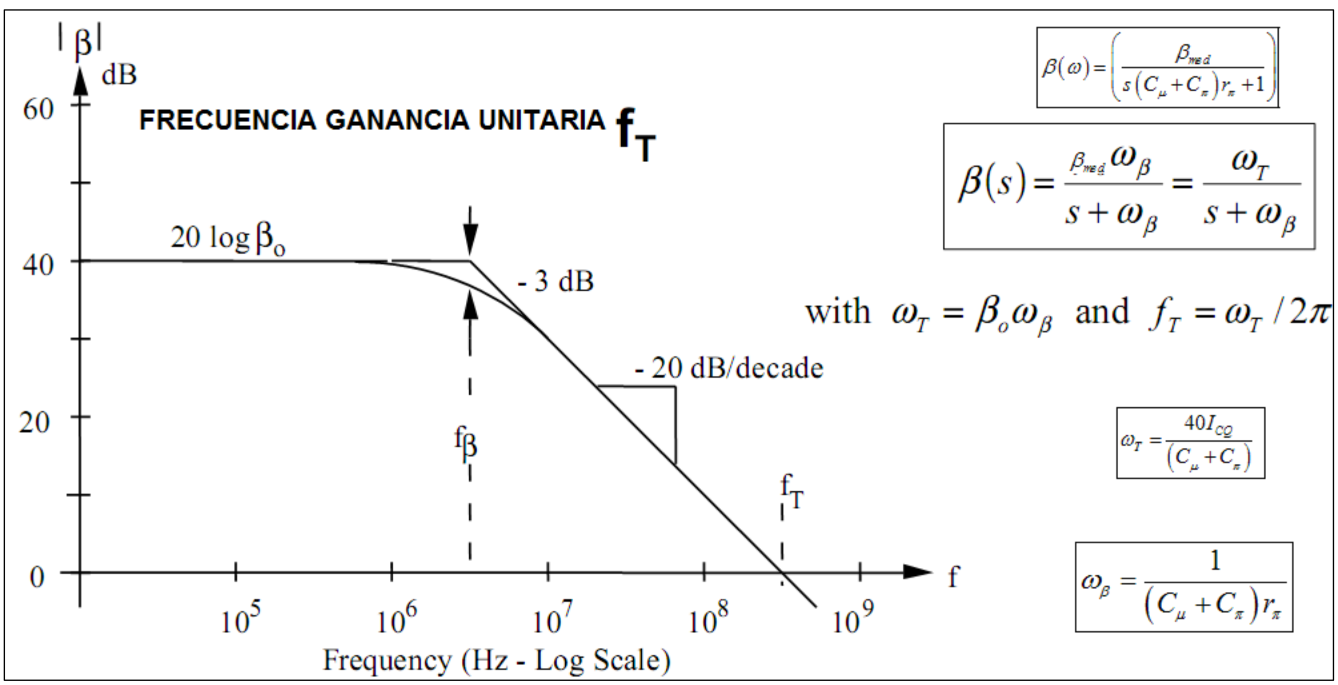
$$\omega_T = \left[\frac{1}{(C_\mu + C_\pi) r_\pi}\right] \beta_{med}$$

$$\omega_T = \left[\frac{\beta_{med}}{(C_\mu + C_\pi) r_\pi}\right]$$

$$\omega_T = \left[\frac{g_m}{(C_\mu + C_\pi)}\right]$$

$$\boxed{\omega_T = \frac{40 I_{CQ}}{(C_\mu + C_\pi)}}$$

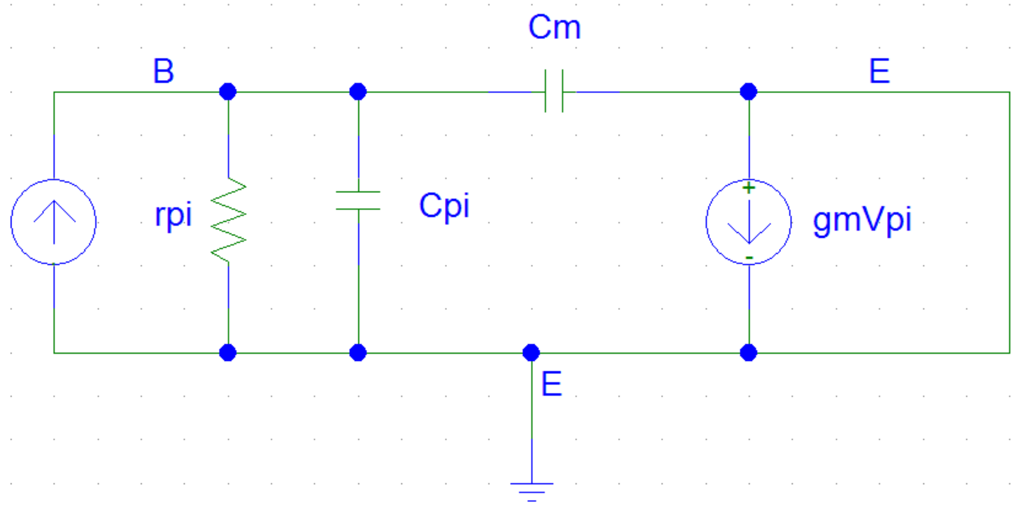
$$\omega_\beta = \frac{1}{(C_\mu + C_\pi) r_\pi}$$



Tarea: determinar la función de transferencia y realizar la gráfica de BODE. Indicar donde se encuentra el cero. El cero se encuentra en:

TAREA:

Determinar la función de transferencia y realizar la gráfica de BODE. Indicar donde se encuentra el cero.



Observe

$$i_c = g_m v_\pi - i_{C_\mu}$$ **------------(p)**

$$i_{C_\mu} = \frac{v_\pi}{\frac{1}{sC_\mu}} = sC_\mu v_\pi$$ **------------(q)**

(q) en (p)

$$i_c = g_m v_\pi - sC_\mu v_\pi$$

$$i_c = \left(g_m - sC_\mu\right)v_\pi$$

$$\boxed{\frac{i_c}{v_\pi} = \left(g_m - sC_\mu\right)}$$ **--------------------(s)**

Con un divisor de corriente tenemos:

$$\frac{v_\pi}{\frac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}} = \frac{r_\pi}{r_\pi + \frac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}} i_b$$

$$\boxed{\frac{v_\pi}{i_b} = \frac{r_\pi \frac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}}{r_\pi + \frac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}}}$$

Multiplicando los factores:

$$\frac{i_c}{i_b} = \left[\left(g_m - sC_\mu\right)\right]\left[\frac{r_\pi \dfrac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}}{r_\pi + \dfrac{1}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)}}\right]$$

$$\frac{i_c}{i_b} = \left[\frac{r_\pi\left(g_m - sC_\mu\right)}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)r_\pi + 1}\right]$$

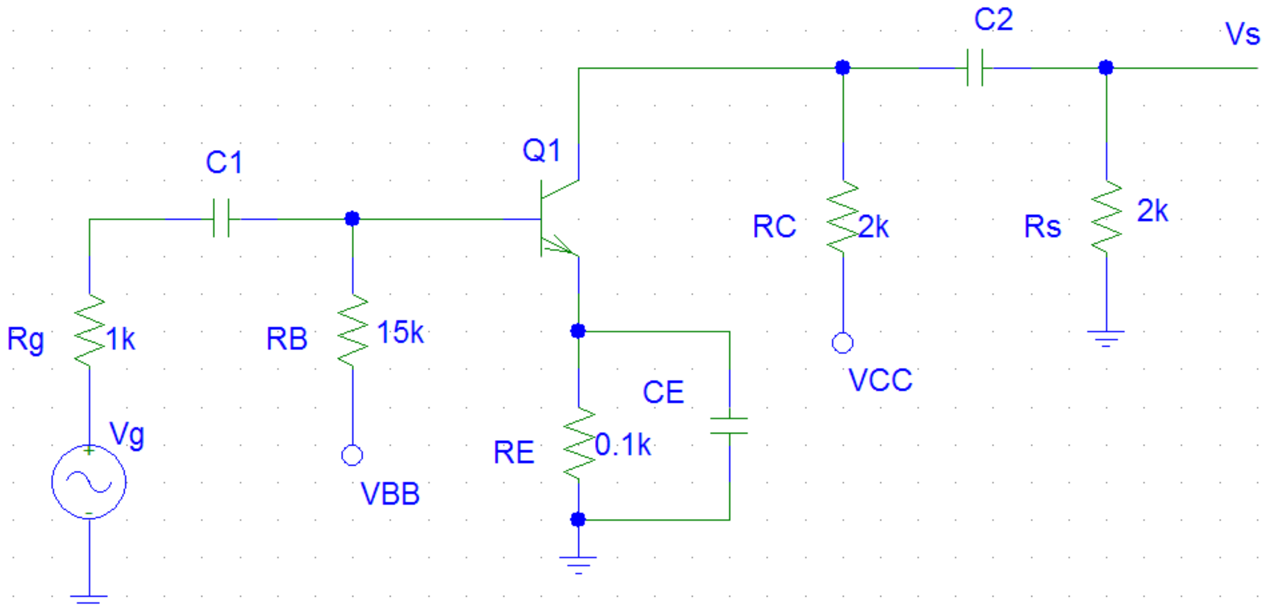
$$\frac{i_c}{i_b} = \left[\frac{\left[\dfrac{\beta_{med}}{g_m}\right]\left(g_m - sC_\mu\right)}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)r_\pi + 1}\right]$$

$$\frac{i_c}{i_b} = \left[\frac{\beta_{med}\left(1 - s\dfrac{C_\mu}{g_m}\right)}{s\left(C_\pi + C_\mu\right)r_\pi + 1}\right]$$

Por lo que el cero, es real (se encuentra en la mitad derecha del plano complejo):

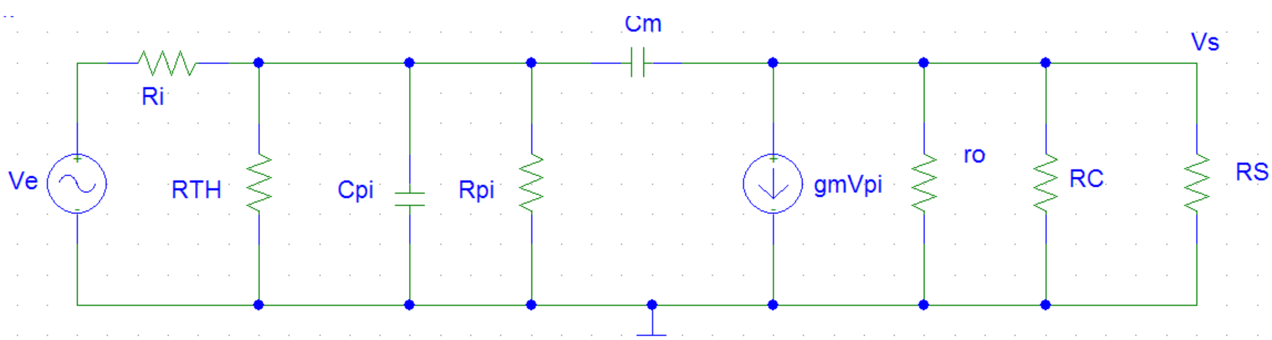
$\boxed{\omega_Z = +\dfrac{g_m}{C_\mu}}$ Pero para el análisis de la frecuencia de transición se desprecia debido a que es mas grande que $\omega_Z >> \omega_T$, es decir se encuentra en el infinito.

12. RESPUESTA DE ALTA FRECUENCIA DEL EMISOR COMUN



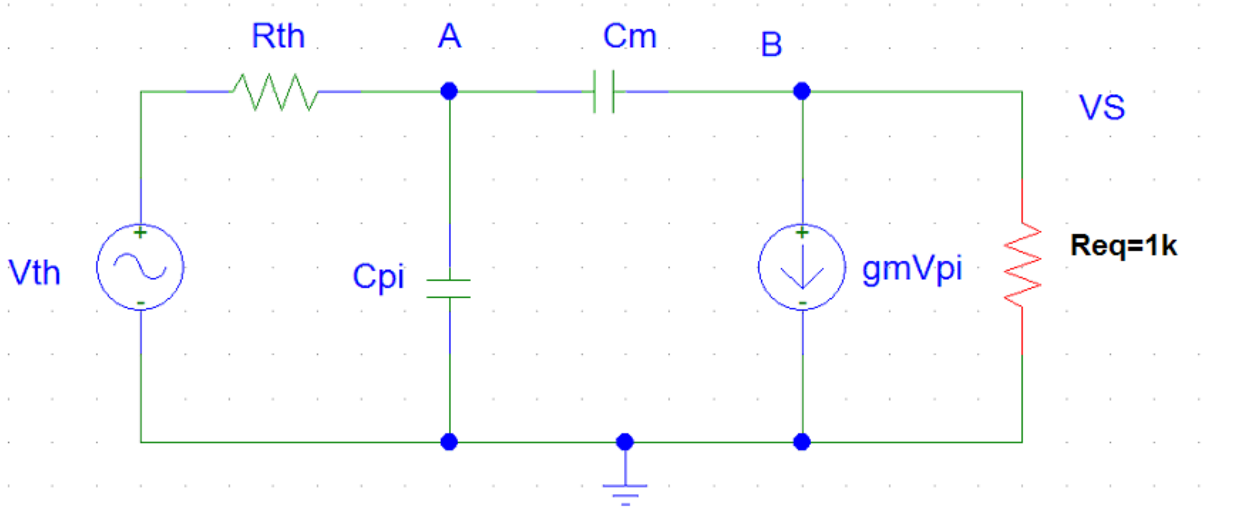
$\beta = 50$
$g_m = 50[mS]$
$r_\pi = 1k$
$C_\pi = 100[pF]$
$C_\mu = 3[pF]$

Podemos identificar que es un EMISOR COMUN, y que podemos simplificar el circuito como se muestra a continuación:



si la resistencia ro, no la tomamos en cuenta para el análisis, ro infinita.

Calculemos la función de transferencia:



$$r_{th} = R_g \| [R_B \| r_\pi] = 1k \| (15k \| 1k) = 483[\Omega]$$

$$R_B = R_1 \| R_2$$

$$\omega \rightarrow MHz$$

$$C_\pi, C_\mu \rightarrow [pF]$$

$$\omega \rightarrow [MHz]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$v_s = i_s (R_C \| R_S)$ **-------------------(a)**

Sumatoria de corrientes en B:

$i_{C_\mu} = g_m v_\pi + i_S$ --------------------------------(b)

También:

$i_{C_\mu} = [v_\pi - v_S](sC_\mu) = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu$ -------------------©

Sustituyendo c en b:

$$g_m v_\pi + i_S = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu$$

$$g_m v_\pi + \frac{v_s}{R_{eqS}} = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu$$

donde: $R_{eqS} = r_o \| R_C \| R_S$

$$g_m v_\pi - v_\pi sC_\mu = -v_S sC_\mu - \frac{v_s}{R_{eqS}}$$

$$v_\pi \left[g_m - sC_\mu \right] = -v_s \left[sC_\mu + \frac{1}{R_{eqS}} \right]$$

$$\frac{v_\pi}{v_s} = -\frac{\left[sC_\mu + \frac{1}{R_{eqS}} \right]}{\left[g_m - sC_\mu \right]}$$

Reordenando el numerador:

$$\frac{v_\pi}{v_s} = -\left[\frac{R_{eqS}}{R_{eqS}} \right] \frac{\left[sC_\mu + \frac{1}{R_{eqS}} \right]}{\left[g_m - sC_\mu \right]}$$

$$\frac{v_\pi}{v_s} = -\frac{\left[\frac{sC_\mu R_{eqS} + 1}{R_{eqS}} \right]}{\left[g_m - sC_\mu \right]}$$

$$\frac{v_\pi}{v_s} = -\frac{sC_\mu R_{eqS} + 1}{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu \right)}$$

$$\boxed{\frac{v_s}{v_\pi} = -\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu \right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1}} \text{----------------- d}$$

Sumatoria de corrientes en el nodo **A:**

$$i_{th} = i_{C_\mu} + i_{C_\pi} \text{ ---------------------e}$$

$$i_{th} = \frac{v_{th} - v_\pi}{r_{th}} \text{ ---------------------f}$$

$$i_{C\mu} = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu \text{ -------------g}$$

$$i_{C\pi} = v_\pi sC_\pi \text{ ------------------------h}$$

h, g y f en e:

$$\frac{v_{th} - v_\pi}{r_{th}} = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu + v_\pi sC_\pi$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} - \frac{v_\pi}{r_{th}} = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu + v_\pi sC_\pi$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = v_\pi sC_\mu - v_S sC_\mu + v_\pi sC_\pi + \frac{v_\pi}{r_{th}}$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = -v_S sC_\mu + v_\pi \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right)$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = -v_S sC_\mu + v_\pi \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right)$$

De d, sabemos que:

$$\frac{v_s}{v_\pi} = -\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} \qquad v_s = -\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} v_\pi$$

También sabemos que vs es igual a:

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = -\left[-\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} v_\pi \right] sC_\mu + v_\pi \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right)$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = \left(\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} sC_\mu \right) v_\pi + \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right) v_\pi$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = \left[\left(\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} sC_\mu \right) + \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right) \right] v_\pi$$

$$\frac{v_{th}}{r_{th}} = \left[\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right) sC_\mu}{sC_\mu R_{eqS} + 1} + sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right] v_\pi$$

Despejando:

$$\frac{1}{r_{th}\left[\left(\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} sC_\mu \right) + \left(sC_\pi + \frac{1}{r_{th}} + sC_\mu \right) \right]} = \frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{1}{\left[r_{th}\left(\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS} + 1} sC_\mu \right) + \left(r_{th} sC_\pi + \frac{r_{th}}{r_{th}} + r_{th} sC_\mu \right) \right]} = \frac{v_\pi}{v_{th}}$$

Acomodando las variables:

$$\frac{1}{\left[r_{th}\left(\left[\frac{\frac{1}{\cancel{R_{eqS}}}\frac{1}{\cancel{C_\mu}}}{\frac{1}{R_{eqS}}\frac{1}{C_\mu}}\right]\frac{\cancel{R_{eqS}}\left(g_m - sC_\mu\right)s\cancel{C_\mu}}{sC_\mu R_{eqS}+1}\right)+r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{1}{\left[r_{th}\left(\frac{\left(g_m - sC_\mu\right)s}{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}\right)+r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

Nuevamente:

$$\frac{\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}{\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}\frac{1}{\left[r_{th}\left(\frac{\left(g_m - sC_\mu\right)s}{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}\right)+r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)r_{th}\left(\frac{\left(g_m - sC_\mu\right)s}{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}\right)+\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)\left(r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right)\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[\cancel{\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}r_{th}\left(\frac{\left(g_m - sC_\mu\right)s}{\cancel{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}}\right)+\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)\left(r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right)\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[r_{th}\left(g_m - sC_\mu\right)s+\left(s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)\left(r_{th}sC_\pi+1+r_{th}sC_\mu\right)\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[r_{th}\left(g_m - sC_\mu\right)s+\left(r_{th}ssC_\pi + s + r_{th}sC_\mu s + r_{th}sC_\pi\,\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\,r_{th}sC_\mu\right)\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[r_{th}g_m s - r_{th}sC_\mu s + r_{th}ssC_\pi + s + r_{th}sC_\mu s + r_{th}sC_\pi\,\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\,r_{th}sC_\mu\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\left[r_{th}g_m s - r_{th}s^2C_\mu + r_{th}s^2C_\pi + s + r_{th}s^2C_\mu + r_{th}sC_\pi\,\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\,r_{th}sC_\mu\right]}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{r_{th}g_m s - r_{th}s^2C_\mu + r_{th}s^2C_\pi + s + r_{th}s^2C_\mu + r_{th}sC_\pi\,\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\,r_{th}sC_\mu}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{\cancel{-r_{th}s^2C_\mu} + r_{th}s^2C_\pi + \cancel{r_{th}s^2C_\mu} + \dfrac{r_{th}sC_\pi}{R_{eqS}C_\mu} + r_{th}g_m s + s + \dfrac{r_{th}s\,\cancel{C_\mu}}{R_{eqS}\,\cancel{C_\mu}}+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}=\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\boxed{\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{s^2\left(r_{th}C_\pi\right)+s\left(\dfrac{r_{th}C_\pi}{R_{eqS}C_\mu}+r_{th}g_m+\dfrac{r_{th}}{R_{eqS}}+1\right)+\left(\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}=\frac{v_\pi}{v_{th}}}$$

Multiplicando los factores:

$$\frac{v_S}{v_{th}}=\frac{v_S}{v_\pi}\frac{v_\pi}{v_{th}}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}}=-\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS}+1}\left\{\frac{s+\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{s^2\left(r_{th}C_\pi\right)+s\left(\dfrac{r_{th}C_\pi}{R_{eqS}C_\mu}+r_{th}g_m+\dfrac{r_{th}}{R_{eqS}}+1\right)+\left(\dfrac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}\right\}$$

Reordenando:

$$\frac{v_S}{v_{th}} = -\left[\frac{C_\mu R_{eqS}}{C_\mu R_{eqS}}\right]\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{sC_\mu R_{eqS}+1}\left\{\frac{s+\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}}{s^2\left(r_{th}C_\pi\right)+s\left(\frac{r_{th}C_\pi}{R_{eqS}C_\mu}+r_{th}g_m+\frac{r_{th}}{R_{eqS}}+1\right)+\left(\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}\right\}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = -\left[\frac{1}{C_\mu R_{eqS}}\right]\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{\cancel{\left(sC_\mu R_{eqS}+1\right)}}\left\{\frac{\cancel{C_\mu R_{eqS}s+1}}{s^2\left(r_{th}C_\pi\right)+s\left(\frac{r_{th}C_\pi}{R_{eqS}C_\mu}+r_{th}g_m+\frac{r_{th}}{R_{eqS}}+1\right)+\left(\frac{1}{R_{eqS}C_\mu}\right)}\right\}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = -\frac{R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{\cancel{\left(sC_\mu R_{eqS}+1\right)}}\left\{\frac{\cancel{C_\mu R_{eqS}s+1}}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(\frac{r_{th}C_\pi}{R_{eqS}C_\mu}C_\mu R_{eqS}+r_{th}g_m C_\mu R_{eqS}+\frac{r_{th}C_\mu \cancel{R_{eqS}}}{\cancel{R_{eqS}}}+C_\mu R_{eqS}\right)+\left(\frac{C_\mu R_{eqS}}{R_{eqS}C_\mu}\right)}\right\}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = -R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)\left\{\frac{1}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(\frac{r_{th}C_\pi}{\cancel{R_{eqS}}\cancel{C_\mu}}\cancel{C_\mu}\cancel{R_{eqS}}+r_{th}g_m C_\mu R_{eqS}+r_{th}C_\mu+C_\mu R_{eqS}\right)+\left(\frac{\cancel{C_\mu R_{eqS}}}{\cancel{R_{eqS}C_\mu}}\right)}\right\}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = \frac{-R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(r_{th}C_\pi+r_{th}g_m C_\mu R_{eqS}+r_{th}C_\mu+C_\mu R_{eqS}\right)+1}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = \frac{-\left[\frac{\frac{1}{g_m}}{\frac{1}{g_m}}\right]R_{eqS}\left(g_m - sC_\mu\right)}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}} = \frac{-\left[\frac{1}{\frac{1}{g_m}}\right]R_{eqS}\left(1-\frac{sC_\mu}{g_m}\right)}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$

$$\frac{v_S}{v_{th}}=\frac{-\left[g_m\right]R_{eqS}\left(1-\dfrac{s}{\left[\dfrac{g_m}{C_\mu}\right]}\right)}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$

$$v_{th}=\frac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}v_e$$

$$\frac{v_S}{\left(\dfrac{R_B\parallel r_\pi}{R_B\parallel r_\pi+R_g}v_e\right)}=\frac{-\left[g_m\right]R_{eqS}\left(1-\dfrac{s}{\left[\dfrac{g_m}{C_\mu}\right]}\right)}{s^2\left(r_{th}C_\pi C_\mu R_{eqS}\right)+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$

$$\frac{v_S}{v_e}=\frac{-g_m\left(R_S \| R_C\right)\left(\frac{R_B \| r_\pi}{R_B \| r_\pi+R_g}\right)\left(1-\frac{s}{\left[\frac{g_m}{C_\mu}\right]}\right)}{s^2\left[r_{th}C_\pi C_\mu\left(R_S \| R_C\right)\right]+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$

Revisado 2 veces, correcto.

- **Función de transferencia de un amplificador emisor común en alta frecuencia.**
- **Tenemos un cero real , y dos polos**

Observando, notamos que hay un factor que nos dice que es la ganancia a frecuencias medias:

$$A_{fmedias}=-g_m\left(R_S \| R_C\right)\left(\frac{R_B \| r_\pi}{R_B \| r_\pi+R_g}\right)$$

$$\frac{v_S}{v_e}=\frac{\left(-g_m\left(R_S \| R_C\right)\left(\frac{R_B \| r_\pi}{R_B \| r_\pi+R_g}\right)\right)\left(1-\frac{s}{\left[\frac{g_m}{C_\mu}\right]}\right)}{s^2\left[r_{th}C_\pi C_\mu\left(R_S \| R_C\right)\right]+s\left(r_{th}C_\pi+C_\mu R_{eqS}\left[r_{th}g_m+1\right]+r_{th}C_\mu\right)+1}$$ ----------------- i

Sustituyendo los valores:

$$\left(\frac{R_B \| r_\pi}{R_B \| r_\pi+R_g}\right)=\frac{937.5}{937.5+1k}=0.483$$

$$R_B \| r_\pi \| R_g=\frac{(937.5)1k}{(937.5)+1k}=483.87[\Omega]$$

$$\frac{v_S}{v_e}=$$

$$\frac{\left(-(50mS)(1k)(0.483)\right)\left(1-\frac{s}{\left[\frac{50mS}{3pF}\right]}\right)}{s^2\left[(483.87)(100pF)(3pF)(1k)\right]+s\left((483.87)(100pF)+(3pF)(1k)\left[(483.87)50mS+1\right]+(483.87)(3pF)\right)+1}$$

$$\boxed{\frac{v_S}{v_e}=\frac{(-24.15)\left(1-\frac{s}{\left[16.66x10^{9}\right]}\right)}{s^{2}\left[145.16x10^{-18}\right]+s\left(125.42x10^{-9}\right)+1}}$$

Función de transferencia en función de los valores dados.

METODO 1

La función de transferencia se puede representar como:

$$D(s)=\left(1+\frac{s}{p_1}\right)\left(1+\frac{s}{p_2}\right)\text{------------------------j}$$

$$D(s)=1+\left(\frac{1}{p_1}+\frac{1}{p_2}\right)s+\frac{1}{p_1p_2}s^{2}\quad\text{------------------------k}$$

Considerando que los polos están muy separados y que p1 es el polo dominante tenemos:

$$D(s)=1+\left(\frac{1}{p_1}\right)s+\frac{1}{p_1p_2}s^{2}\quad\text{-------------------l}$$

Igualando: con el factor correspondiente de la expresión i:

$$\frac{1}{p_1}=r_{th}\left(C_\pi+C_\mu\right)+C_\mu R_{eqS}r_{th}g_m+C_\mu R_{eqS}$$

$$\boxed{p_1=\frac{1}{r_{th}\left(C_\pi+C_\mu\right)+C_\mu R_{eqS}r_{th}g_m+C_\mu R_{eqS}}=\omega_1}\qquad\text{--------------------------m}$$

Sustituyendo p1

$$\frac{1}{p_2\left[\frac{1}{r_{th}\left(C_\pi+C_\mu\right)+C_\mu R_{eqS}r_{th}g_m+C_\mu R_{eqS}}\right]}=\left[r_{th}C_\pi C_\mu\left(R_S\parallel R_C\right)\right]$$

Despejando p2:

$$\frac{1}{p_2}=\left[\frac{1}{r_{th}\left(C_\pi+C_\mu\right)+C_\mu R_{eqS}r_{th}g_m+C_\mu R_{eqS}}\right]\left[r_{th}C_\pi C_\mu\left(R_S\parallel R_C\right)\right]$$

$$\frac{1}{\left[\frac{1}{r_{th}\left(C_\pi+C_\mu\right)+C_\mu R_{eqS}r_{th}g_m+C_\mu R_{eqS}}\right]\left[r_{th}C_\pi C_\mu\left(R_S\parallel R_C\right)\right]}=p_2$$

$$\boxed{p_2 = \frac{r_{th}\left(C_\pi + C_\mu\right) + C_\mu R_{eqS} r_{th} g_m + C_\mu R_{eqS}}{\left[r_{th} C_\pi C_\mu \left(R_S \parallel R_C\right)\right]} = \omega_2}$$

---------------------------------n

Con esto ya tenemos f1 y f2 correspondientes a los polos

METODO 2:

$$j\omega = \frac{A_{BAJA}}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_{M1}}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_{M2}}\right)}$$

en la frecuencia de corte en altas (-3dB) la magnitud del denominador esta definida por la siguiente expresión:

$$\left|\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_{M1}}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_{M2}}\right)\right| = \sqrt{2}$$

$$\left|1 + j\omega\left(\frac{1}{\omega_{H1}} + \frac{1}{\omega_{H2}}\right) - \left(\frac{\omega}{\omega_{H1}}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_{H2}}\right)\right| = \sqrt{2}$$

por lo tanto $\left(\frac{\omega}{\omega_{H1}}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_{H2}}\right) = 0$

$$\omega^2 < \omega_{H1}\omega_{H2}$$

$$\boxed{\omega < \sqrt{\omega_{H1}\omega_{H2}}}$$

$$\omega\left(\frac{1}{\omega_{H1}} + \frac{1}{\omega_{H2}}\right) = 1$$

$$\omega = \frac{1}{\left(\frac{1}{\omega_{H1}} + \frac{1}{\omega_{H2}}\right)}$$

$$\frac{1}{\omega} = \left(\frac{1}{\omega_{H1}} + \frac{1}{\omega_{H2}}\right) = \tau_{C1} + \tau_{C2}$$

Para que el circuito con varios capacitores la constante de tiempo τ_{Cj} correspondiente al J-esimo capacitor se obtiene considerando un capacitor a la vez, mientras que los demás tienden a cero (poniéndolos en circuito abierto)

$$\boxed{f_H = \frac{1}{2\pi \sum_{j=1}^{n} \tau_{Cj}} = \frac{1}{2\pi \sum_{j=1}^{n} C_j R_{Cj}}}$$

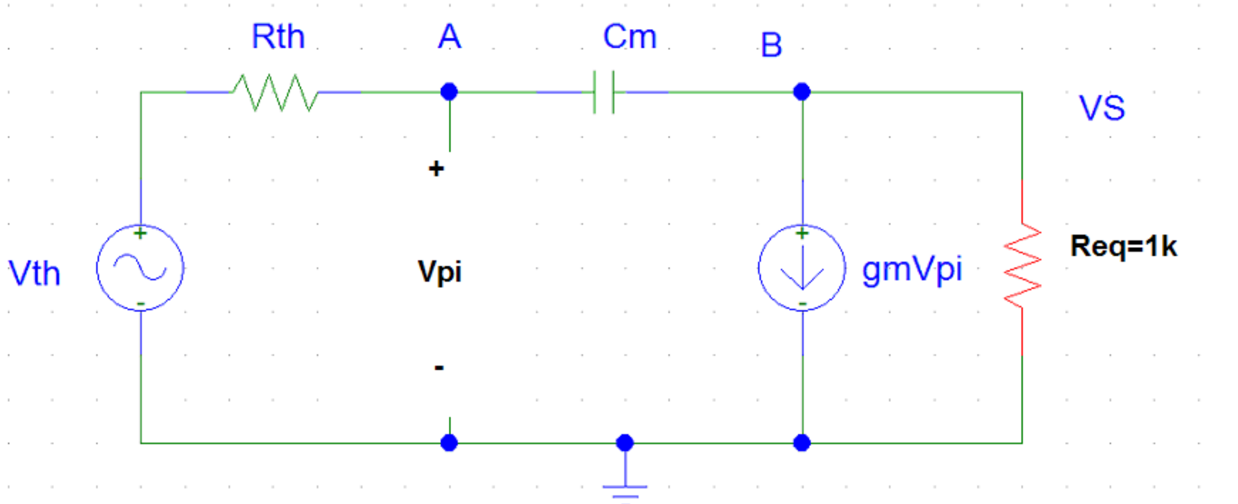
R_{Cj} : Equivalente de thevenin vista por el capacitor Cj

POLO DOMINANTE

Para el caso del amplificador emisor común, la raíz más pequeña es la más importante, por que esta es una de las que limitan la respuesta en frecuencia del amplificador y determina **ω_H**.

a) $\boxed{\begin{array}{l} C_\pi \rightarrow 0 \\ X_{C_\pi} \rightarrow \infty \\ C_\mu \neq 0 \end{array}}$

Al no tomar en cuenta a Cpi, el capacitor Cm produce un filtro paso altas, por lo que obtendremos un polo y un cero.



$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{v_s}{v_\pi}\frac{v_\pi}{v_{th}}\frac{v_{th}}{v_e} = G_{frec-medias}\frac{s+k_1}{s+\omega_1}$$

Calculando la función de transferencia:

$$\frac{v_e}{v_s} = G_{frec-med}\frac{\left(1-\dfrac{s}{\omega_z}\right)}{\left[s+\dfrac{1}{1k\left(\dfrac{r_{th}}{1k}+1+r_{th}g_m\right)C_\mu}\right]}$$

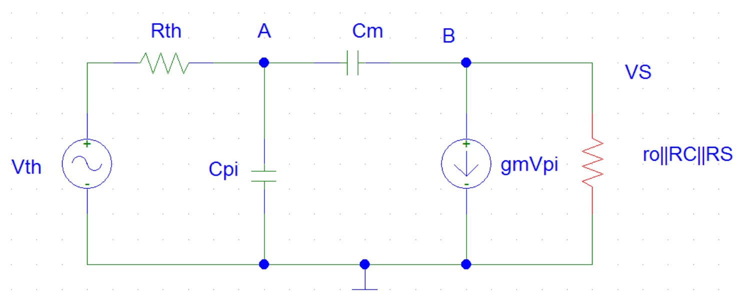
$$\boxed{\omega_{zero} = \frac{g_m}{C_\mu} = \frac{50[mS]}{3[pF]} = 16.67\left(x10^9\,\frac{rad}{s}\right)}$$ $$\boxed{f_{cero} = 2.65(GHz)}$$

$$\omega_p = \frac{1}{1k\left(\dfrac{r_{th}}{1k}+1+r_{th}g_m\right)C_\mu} = \frac{1}{1k\left(\dfrac{483.87}{1k}+1+(483.87)(50mS)\right)(3pF)}$$

$$\boxed{\omega_p = 12.98x10^6\left[\frac{rad}{s}\right]}$$ $$\boxed{f_p = 2.066[MHz]}$$

USANDO f_H

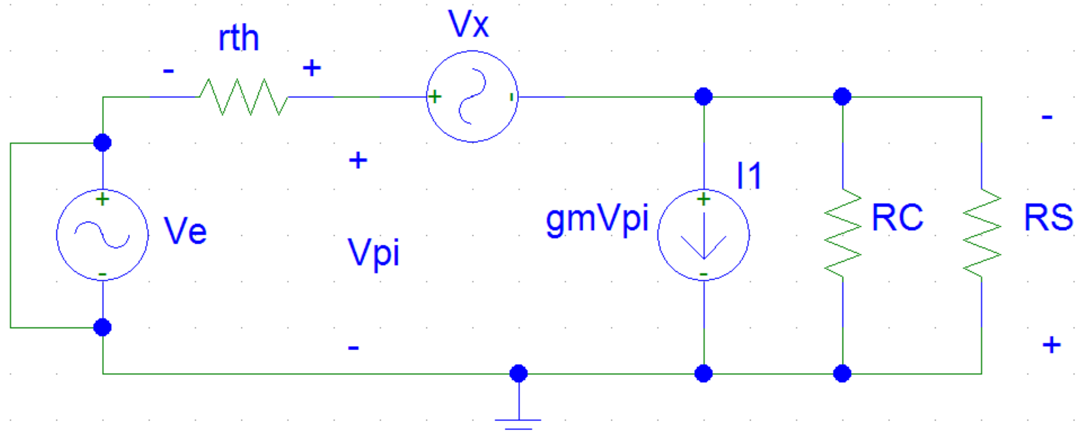
$$\boxed{f_1 = \frac{1}{2\pi\underbrace{[C_\pi r_{th}]}_{se\_abre\_C_\mu}}}$$



$$\boxed{f_2 = \frac{1}{2\pi\underbrace{[C_\mu(r_{th}+R_{eqS}+g_m R_{eqS} r_{th})]}_{se\_abre\_C_\pi}}}$$

$$\boxed{f_H = \frac{1}{2\pi\underbrace{[C_\pi r_{th}]}_{se\_abre\_C_\mu}+2\pi\underbrace{[C_\mu(r_{th}+R_{eqS}+g_m R_{eqS} r_{th})]}_{se\_abre\_C_\pi}}}$$

¿Qué hicimos para encontrar el equivalente de thevenin visto por el capacitor Cm?, abrimos Cpi, conectamos una fuente de prueba, corto circuitar las fuentes independientes.



$-R_{eqS} i = -v_x + i_x r_{th}$ ------------------(n)

$i = i_x + g_m v_\pi$ ------------------------(ñ)

k en j:

$-R_{eqS}\left(i_x + g_m v_\pi\right) = -v_x + i_x r_{th}$ --------(o)

$v_\pi = r_{th} i_x$ --------------------(p)

p en o:

$$-R_{eqS}\left(i_x + g_m r_{th} i_x\right) = -v_x + i_x r_{th}$$

$$-R_{eqS} i_x - R_{eqS} g_m r_{th} i_x = -v_x + i_x r_{th}$$

$$-R_{eqS} i_x - R_{eqS} g_m r_{th} i_x - i_x r_{th} = -v_x$$

$$-i_x\left(R_{eqS} + R_{eqS} g_m r_{th} + r_{th}\right) = -v_x$$

$$\left(R_{eqS} + R_{eqS} g_m r_{th} + r_{th}\right) = \frac{v_x}{i_x}$$

$\boxed{\left(r_{th} + R_{eqS} + R_{eqS} g_m r_{th}\right) = \frac{v_x}{i_x}}$ --------------------------(q)

$$\boxed{f_1 = \frac{1}{2\pi\,\underbrace{\left[C_\pi r_{th}\right]}_{se\_abre\_C_\mu}} = \frac{1}{2\pi\left[100pF\left(483.87\right)\right]} = 3.29\left[MHz\right]}$$

$$\boxed{f_2 = \frac{1}{2\pi\,\underbrace{\left[C_\mu\left(r_{th} + R_{eqS} + g_m R_{eqS} r_{th}\right)\right]}_{se\_abre\_C_\pi}} = \frac{1}{2\pi\,\underbrace{\left[3pF\left(483.87 + 1k + 50mS\left(1k\right)\left(483.87\right)\right)\right]}_{se\_abre\_C_\pi}} = 2.066[MHz]}$$

TEOREMA DE MILLER

Del circuito 1 tenemos:

$$i_1 = \frac{v_1 - v_2}{Z}$$

$$v_2 = A_v v_1$$ **---------------(3)**

$$i_2 = \frac{v_2 - v_1}{Z}$$

$$v_1 = \frac{v_2}{A_v}$$ **---------------(4)**

Donde Av es la ganancia a frecuencias medias.

Del circuito 2 tenemos:

$$i_1 = \frac{v_1}{Z_1}$$

$$i_2 = \frac{v_2}{Z_2}$$ **----------------------(5)**

Relacionando 3,4, y 5 tenemos:

$$i_1 = \frac{v_1 - A_v v_1}{Z}$$

$$i_1 = \frac{v_1(1 - A_v)}{Z}$$

$$\frac{Z}{(1 - A_v)} = \frac{v_1}{i_1}$$

$$\boxed{Z_1 = \frac{Z}{(1 - A_v)}}$$

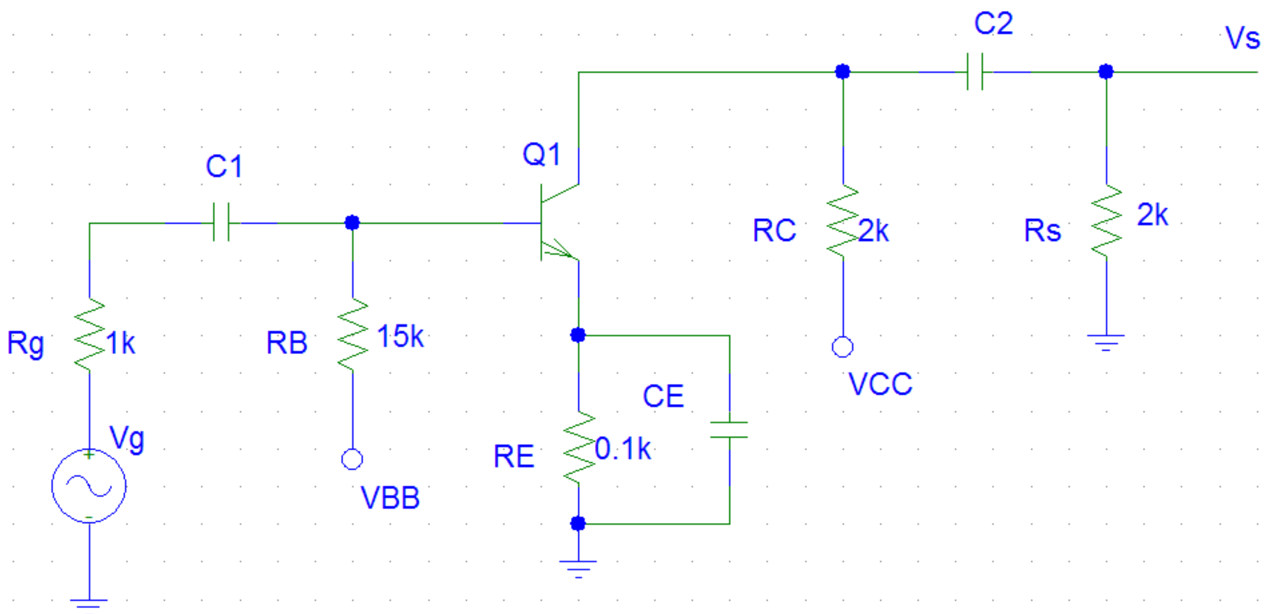
$$i_2 = \frac{v_2 - \frac{v_2}{A_v}}{Z}$$

$$i_2 = \frac{v_2\left(1 - \frac{1}{A_v}\right)}{Z}$$

$$\frac{Z}{\left(1-\frac{1}{A_v}\right)}=\frac{v_2}{i_2}$$

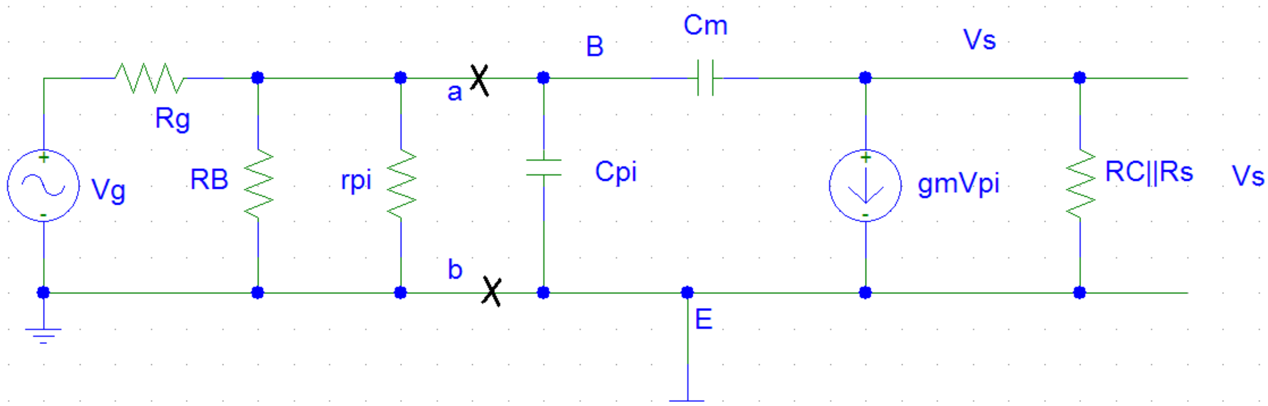
$$\boxed{Z_2=\frac{Z}{\left(1-\frac{1}{A_v}\right)}}$$

EJEMPLO:



$\beta = 50$
$g_m = 50[mS]$
$r_\pi = 1k$
$C_\pi = 100[pF]$
$C_\mu = 3[pF]$

Determinar la respuesta en alta frecuencia utilizando el teorema de Miller.



Ganancia A frecuencias medias:

$$G_{frec-medias} = -g_m \left(R_S \parallel R_C\right)\left(\frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g}\right) = -24$$

Todo el análisis:

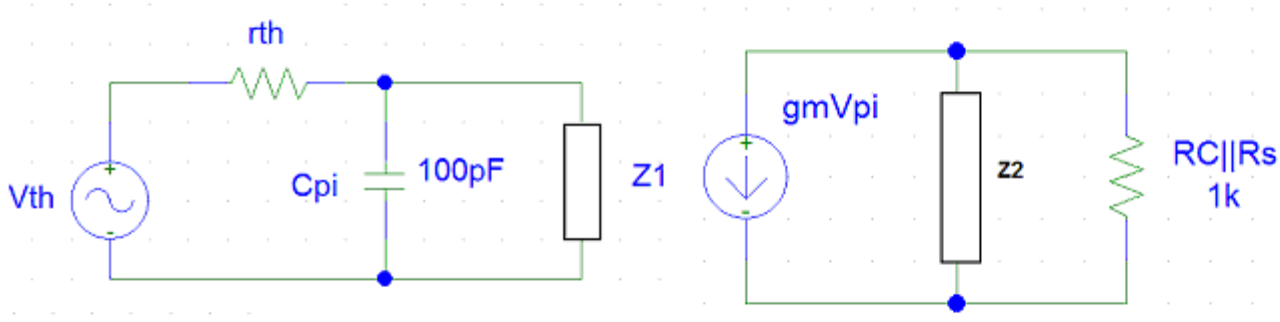
$$Z = \frac{1}{sC_\mu}$$

$$Z_1 = \frac{Z}{\left(1 - A_v\right)} = \frac{\frac{1}{s\left(3pF\right)}}{1-\left(-24\right)}$$

$$\boxed{Z_1 = \frac{1}{s\left(75pF\right)}}$$

$$Z_2 = \frac{\frac{1}{sC_\mu}}{\left(1-\frac{1}{-24}\right)} = \frac{1}{1.042s\left(3pF\right)}$$

$$\boxed{Z_2 = \frac{1}{s\left(3.125pF\right)}}$$



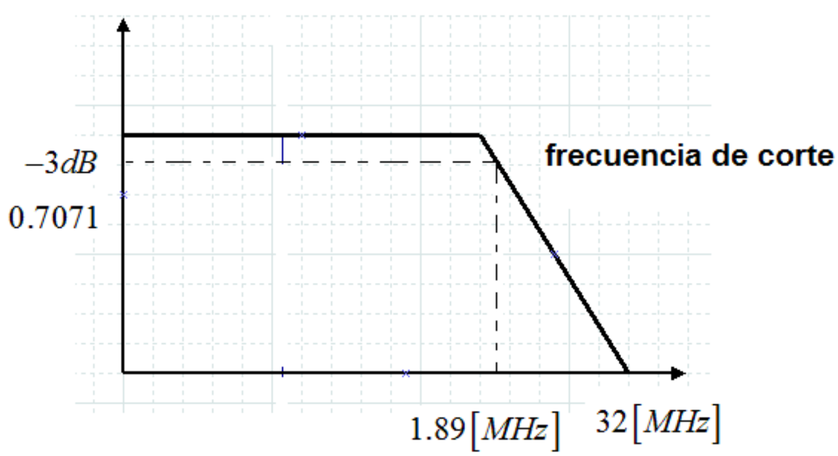
$$\tau_a = r_{th}(175pF) = 483.87(175pF) = 84.68[ns]$$

$\boxed{\omega_a = 11.8x10^6\left[\frac{rad}{s}\right]}$ $\boxed{f_a = 1.87[MHz]}$

POLO DOMINANTE

$$\tau_b = 1k(3pF) = 3[ns]$$

$\boxed{\omega_b = 333.3x10^6\left[\frac{rad}{s}\right]}$ $\boxed{f_b = 53[MHz]}$

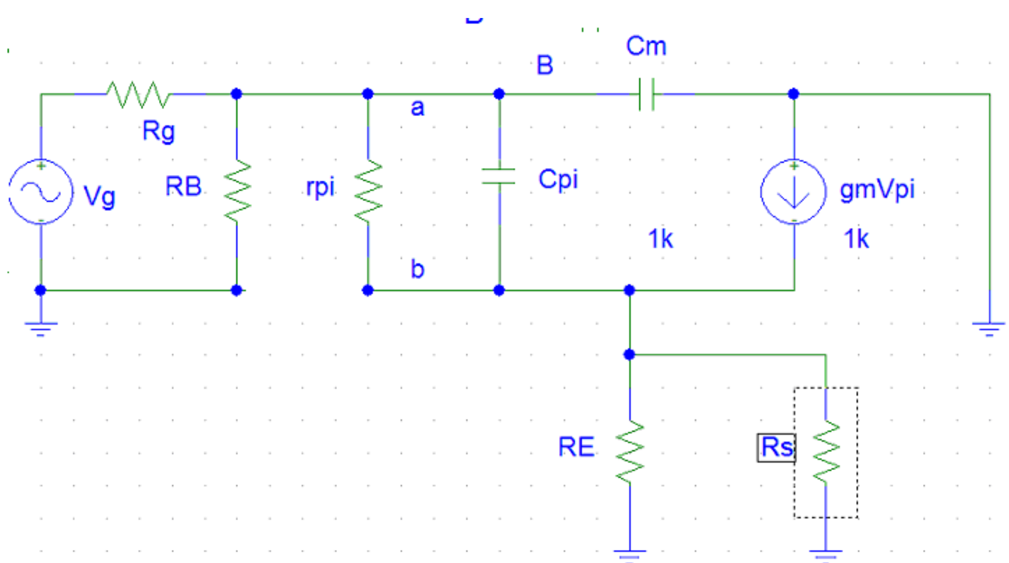


$$\boxed{f_T = 16.97(1.89MHz) = 32[MHz]}$$

Tarea: Colector común y base común, por polo dominante. (Mismos valores que tenían el emisor común)

TAREA No.

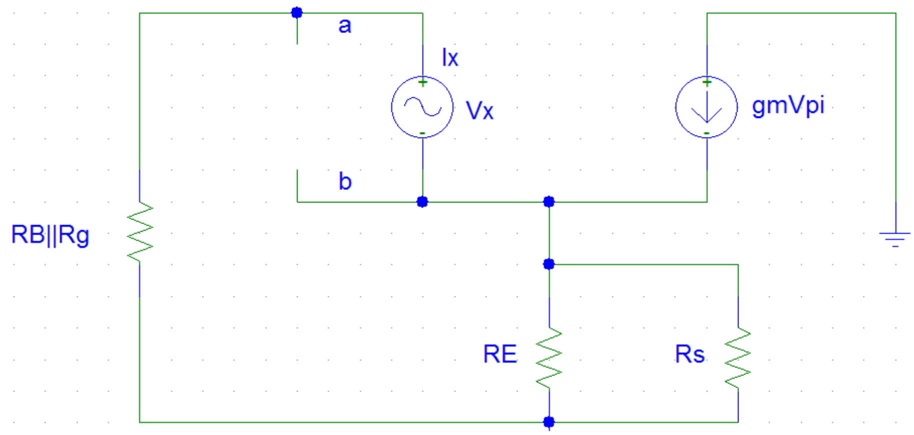
13. RESPUESTA EN ALTA FRECUENCIA DEL COLECTOR COMUN



Observe que Cm, esta en paralelo con la línea de transmisión de la señal.

Para C_π : con C_μ abierto:

Hay que calcular la resistencia equivalente vista que esta en paralelo con rpi.



$$v_x = (R_B \parallel R_g)i_x \text{------------(1)}$$

$$v_e = (g_m v_\pi - i_x)(R_E \parallel R_s)$$

$$v_e = g_m v_\pi (R_E \parallel R_s) - i_x (R_E \parallel R_s) \text{----------(2)}$$

$$v_e = -v_x + i_x (R_B \parallel R_g) \text{-----------(3)}$$

pero también:

$$v_e = g_m v_x (R_E \parallel R_s) - i_x (R_E \parallel R_s)$$

$$-v_x + i_x (R_B \parallel R_g) = g_m v_x (R_E \parallel R_s) - i_x (R_E \parallel R_s)$$

reordenando:

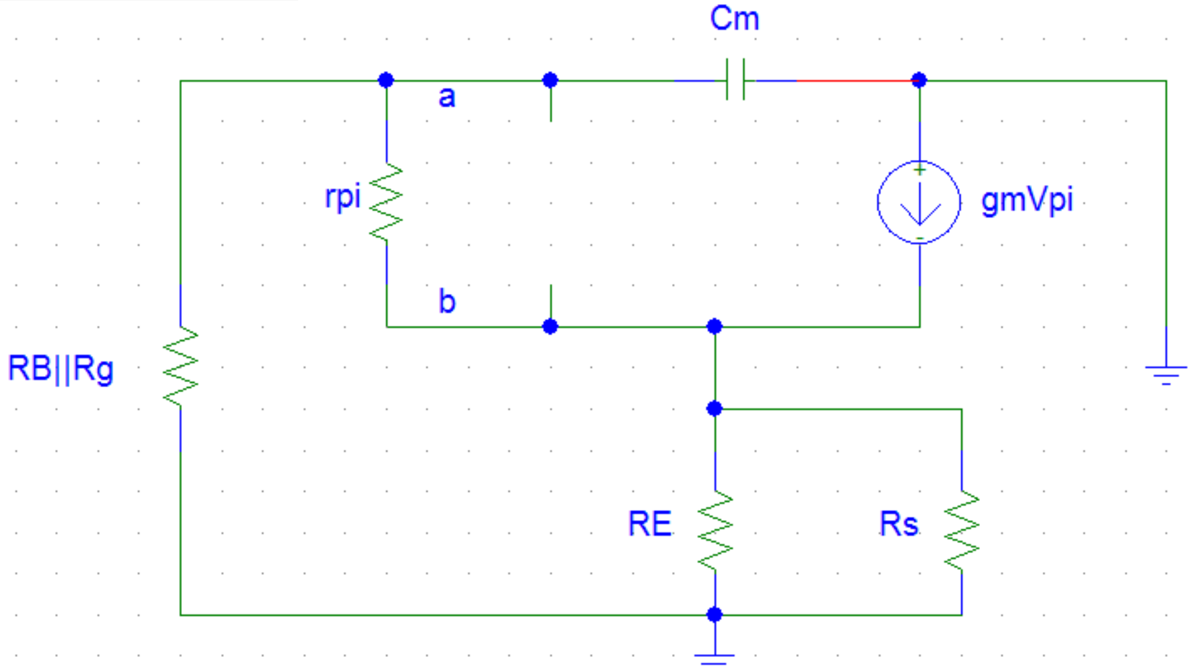
$$-v_x - g_m v_x (R_E \parallel R_s) = -i_x (R_E \parallel R_s) - i_x (R_B \parallel R_g)$$

$$v_x [1 + g_m (R_E \parallel R_s)] = i_x [(R_E \parallel R_s) + (R_B \parallel R_g)]$$

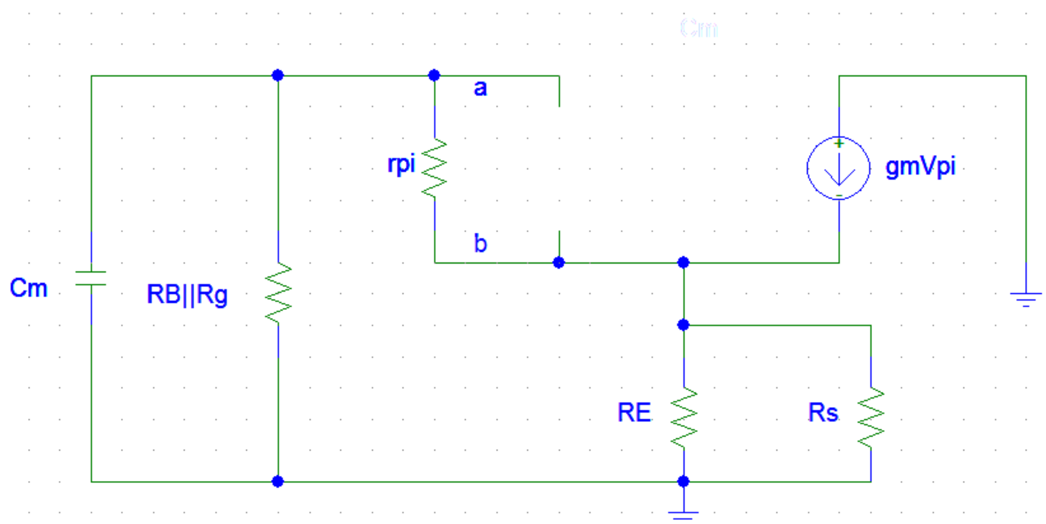
$$\frac{v_x}{i_x} = \frac{[(R_E \parallel R_s) + (R_B \parallel R_g)]}{[1 + g_m (R_E \parallel R_s)]}$$

$$\boxed{R_{TH_{C_\pi}} = r_\pi \parallel \left\{ \frac{[(R_E \parallel R_s) + (R_B \parallel R_g)]}{[1 + g_m (R_E \parallel R_s)]} \right\}}$$

Para C_μ con C_π : abierto:



es decir:



$$\boxed{R_{TH_{C\mu}} = \left(R_B \parallel R_g\right) \parallel \left[r_\pi + \left(R_E \parallel R_s\right)(\beta + 1)\right]}$$

Por lo que la frecuencia de corte para altas frecuencias es:

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_{TH_{C_\pi}} C_\pi + 2\pi R_{TH_{C\mu}} C_\mu}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\left[r_\pi \parallel \left\{\frac{\left[\left(R_E \parallel R_s\right)+\left(R_B \parallel R_g\right)\right]}{\left[1+g_m\left(R_E \parallel R_s\right)\right]}\right\}\right]C_\pi + 2\pi\left[\left(R_B \parallel R_g\right) \parallel \left[r_\pi + \left(R_E \parallel R_s\right)\left(\beta+1\right)\right]\right]C_\mu}$$