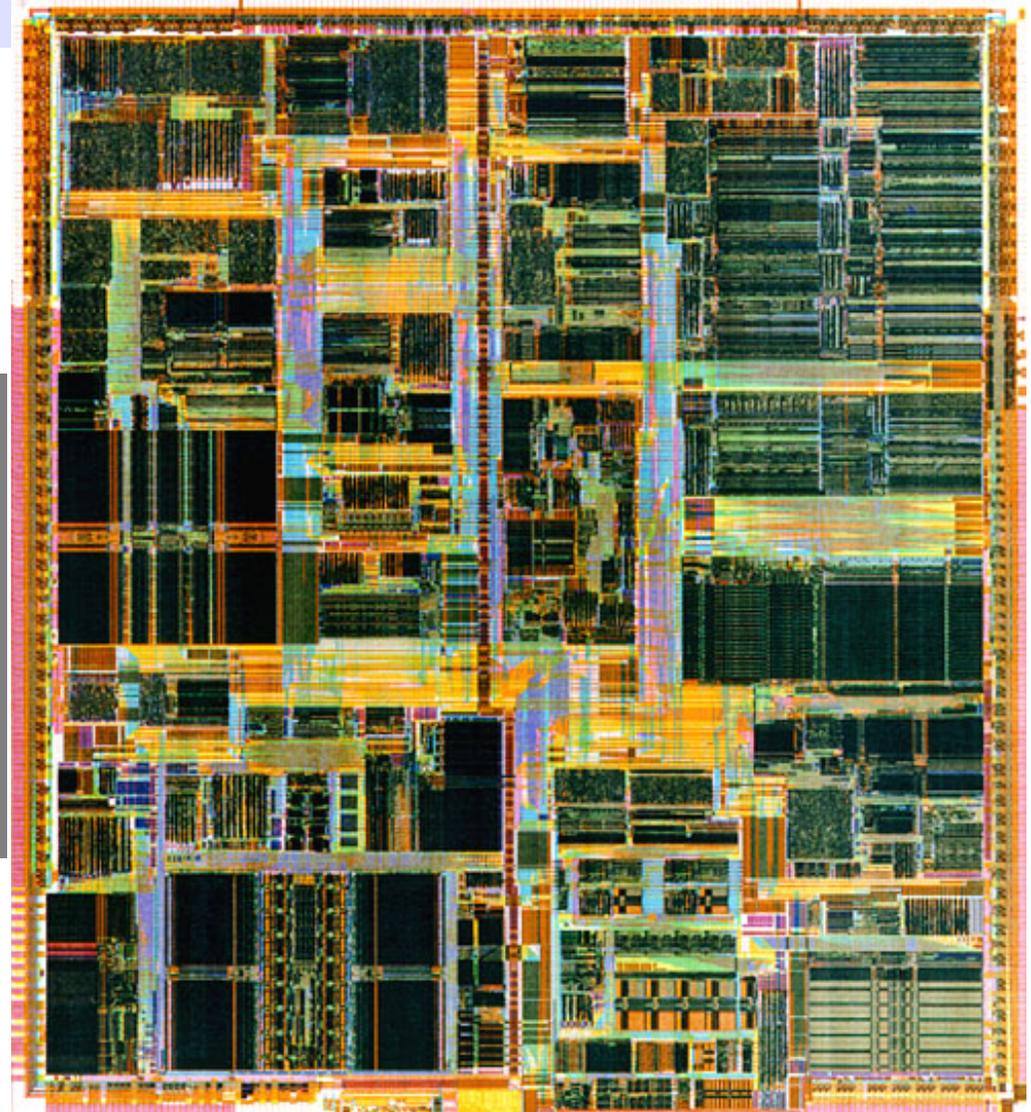


Dispositivos Electrónicos II

CURSO 2010-2011

Tema 8
**RESPUESTA EN
FRECUENCIA DE
AMPLIFICADORES
(III)**

Miguel Ángel Domínguez Gómez
Camilo Quintáns Graña



DEPARTAMENTO DE
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD DE VIGO



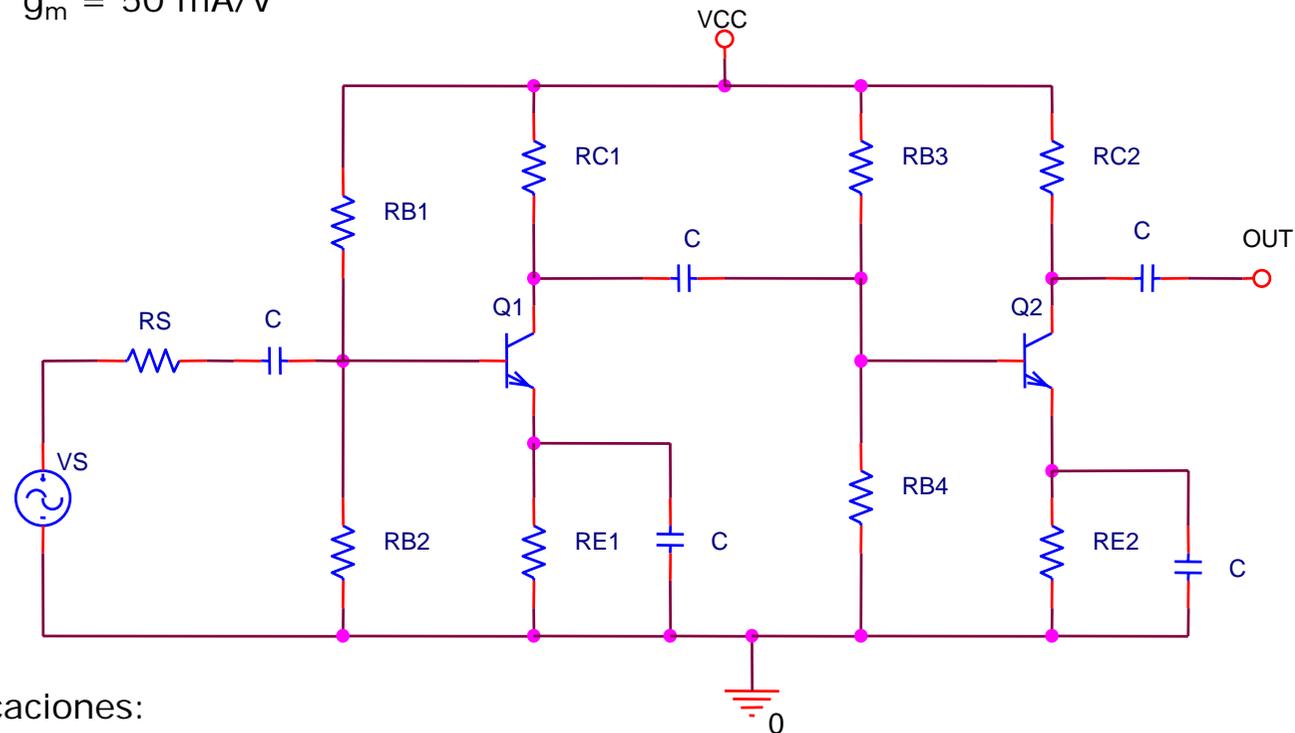
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

RESPUESTA EN FRECUENCIA (III)

1. MÉTODO DEL POLO DOMINANTE
 - 1.1. Estudio de un amplificador con dos etapas en emisor común.
 - 1.2. Estudio de la configuración cascode.
2. RESPUESTA EN BAJAS FRECUENCIAS

1.1 Estudio de un amplificador con dos etapas en emisor común.

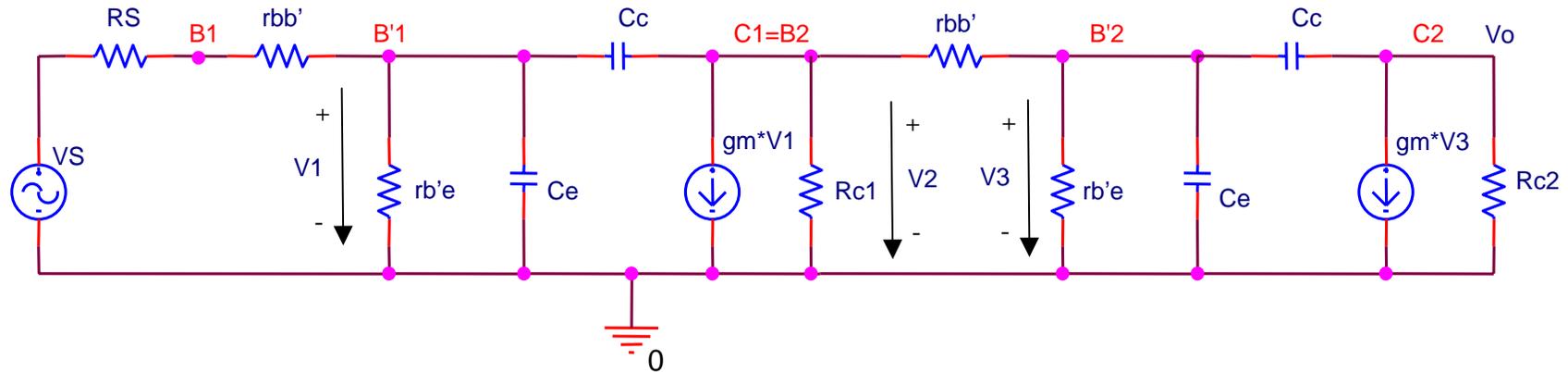
Datos: $R_{C1} = R_{C2} = 2 \text{ k}\Omega$ $r_{bb'} = 100 \text{ }\Omega$ $r_{b'e} = 1 \text{ k}\Omega$
 $C_e = 100 \text{ pF}$ $C_c = 3 \text{ pF}$ $R_s = 50 \text{ }\Omega$
 $g_m = 50 \text{ mA/V}$



Simplificaciones:

- Todos los condensadores se consideran cortocircuitos a frecuencias medias y altas.
- Se desprecia R_{B1}, R_{B2}, R_{B3} y R_{B4} en comparación con las resistencias de entrada de los transistores.
- Se considera la resistencia r_{CE} muy alta.

El circuito equivalente de pequeña señal queda:

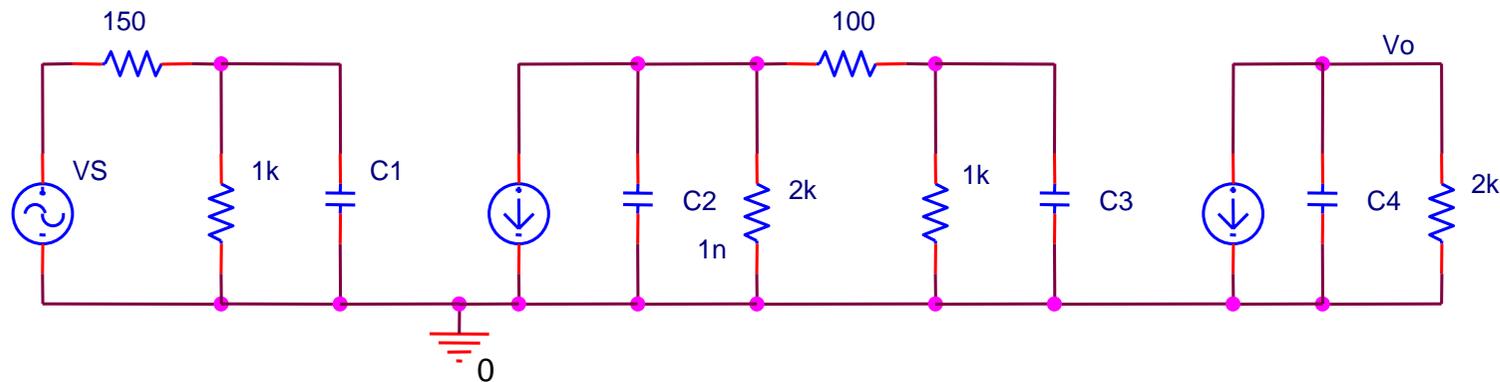


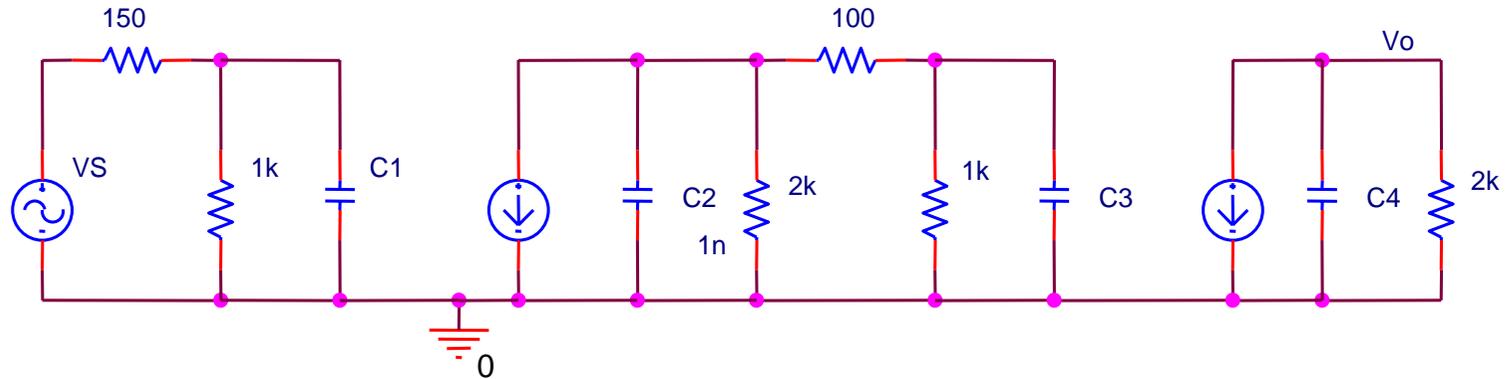
Se realiza el estudio a frecuencias medias para calcular las ganancias de cada etapa que son necesarias para aplicar Miller posteriormente.

A frecuencias medias:

$$A_{V1} = \frac{v_2}{v_1} = -g_m \cdot [R_{C1} \parallel (r_{bb'} + r_{b'e})] = -35.48 \quad A_{V2} = \frac{v_o}{v_3} = -g_m \cdot R_{C2} = -100$$

Aplicando Miller el circuito queda:





$$C_1 = C_e + C_c \cdot (1 + 35.48) \cong 209 \text{ pF}$$

$$C_3 = C_e + C_c \cdot (1 + 100) \cong 403 \text{ pF}$$

$$C_2 = C_c \cdot \left(1 + \frac{1}{35.48}\right) \cong 3 \text{ pF}$$

$$C_4 = C_c \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right) \cong 3 \text{ pF}$$

Ahora se calculan la resistencias R_1 , R_2 , R_3 y R_4 que "ven" los respectivos condensadores, teniendo en cuenta que cuando estemos trabajando con un condensador los demás se consideran circuitos abiertos:

$$R_1 = 150 // 1k \cong 130.43 \ \Omega$$

$$R_2 = 2k // (100 + 1k) \cong 709.68 \ \Omega$$

$$R_3 = 1k // (2k + 100) \cong 677.42 \ \Omega$$

$$R_4 = 2k$$

Los valores de las frecuencias que corresponden al polo introducido por cada condensador son:

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 130.48 \cdot 209 \cdot 10^{-12}} = 5.84 \text{ MHz}$$

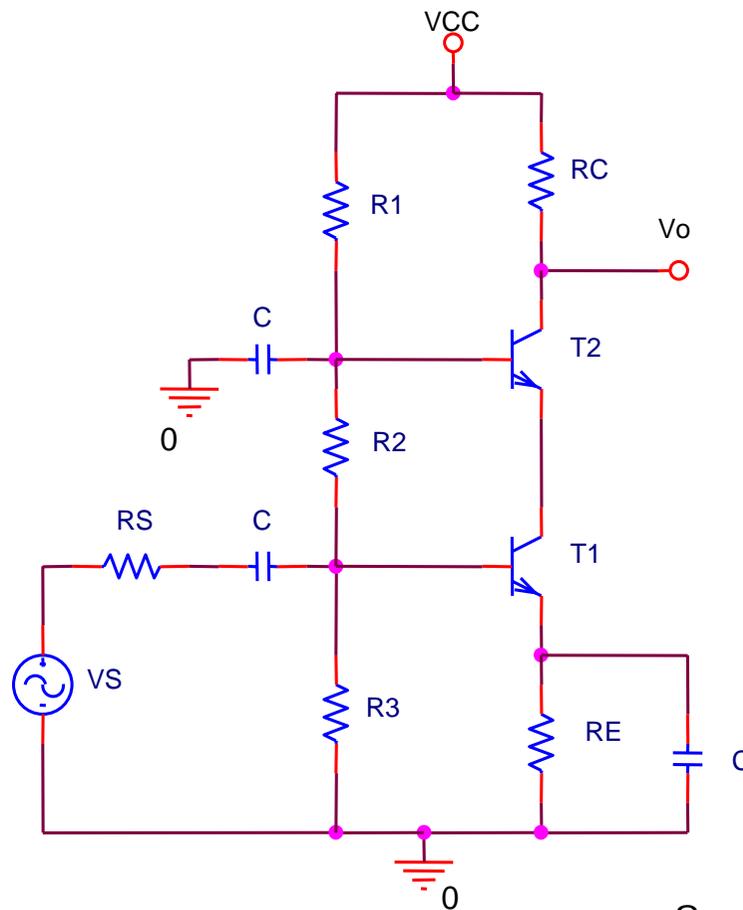
$$f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 709.68 \cdot 3 \cdot 10^{-12}} = 74.75 \text{ MHz}$$

$$f_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 677.42 \cdot 403 \cdot 10^{-12}} = 583.0 \text{ kHz}$$

$$f_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_4 \cdot C_4} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 2000 \cdot 3 \cdot 10^{-12}} = 26.53 \text{ MHz}$$

- La frecuencia de corte superior a -3 dB la podemos considerar igual al polo dominante f_3 : $f_H \sim f_3 = 583 \text{ kHz}$.
- Los valores obtenidos para los otros 3 polos no son correctos en absoluto ya que para su cálculo se consideró C3 como un circuito abierto, cuando a esas frecuencias C3 presenta una reactancia relativamente pequeña.
- Los valores obtenidos para los 4 polos con un análisis exacto son: 10.66 MHz, 670 MHz, 544.3 kHz y 108 MHz.
- Todos están muy por encima excepto el de 544.3 ~ 583 kHz que es el polo dominante.

1.2. Estudio de la configuración cascodo



Datos:

$$\begin{array}{ll} r_{bb'} = 20 \, \Omega & r_{b'e} = 250 \, \Omega \\ C_e = 100 \, \text{pF} & C_c = 5 \, \text{pF} \\ g_m = 400 \, \text{mA/V} & R_S = 200 \, \Omega \end{array}$$

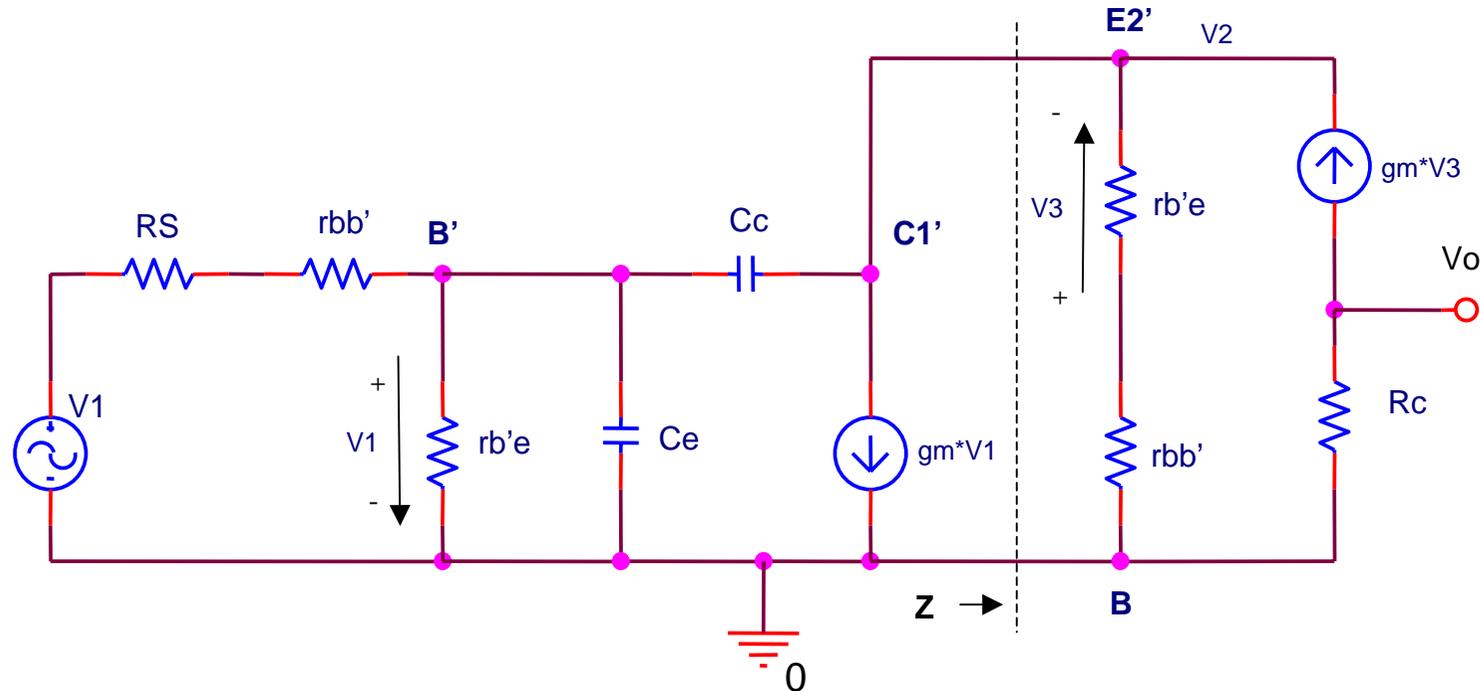
El amplificador cascodo está formado por una primera etapa en EC y una segunda en BC. La segunda etapa presenta una impedancia de entrada (por emisor) muy pequeña por lo que la ganancia de tensión de la primera etapa es reducida y, al calcular la capacidad Miller entre base y emisor resulta un valor pequeño. Esto hace que la 1ª etapa presente sus polos a frecuencias bastante altas.

La segunda etapa es en BC por lo que sus polos estarán presumiblemente a frecuencias aún más elevadas. Esto da al conjunto una frecuencia de corte superior f_H elevada por lo que es apto para trabajar en RF.

Se supone que las resistencias de polarización R_1 , R_2 y R_3 son mucho más elevadas que las de entrada de los transistores por lo que se desprecian para hacer los cálculos. En cuanto a los condensadores C se consideran cortocircuitos.

Circuito equivalente de pequeña señal del amplificador cascodo

El circuito equivalente para altas frecuencias, si se supone que la segunda etapa no es limitativa y se puede despreciar sus capacidades, es:

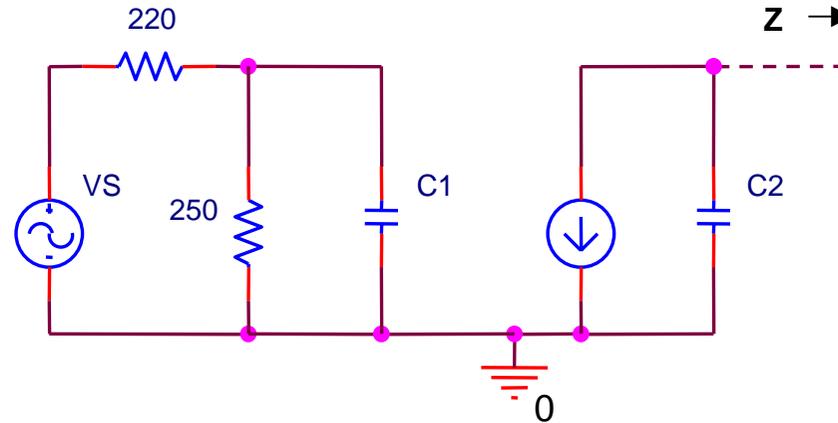


Para frecuencias medias:

$$Z = \frac{r_{b'e} + r_{bb'}}{1 + g_m \cdot r_{b'e}} = 2.67 \Omega$$

$$A_{V1} = \frac{v_2}{v_1} = -g_m \cdot Z = -0.400 \cdot 2.67 = -1.07$$

Aplicando Miller:



$$C_1 = C_e + C_c \cdot (1 + 1.07) = 100 + 2.07 \cdot 5 \cong 110 \text{ pF}$$

$$R_1 = 220 // 250 \cong 117 \ \Omega$$

$$C_2 = C_c \cdot \left(1 + \frac{1}{1.07}\right) \cong 9.7 \text{ pF}$$

$$R_2 = Z = 2.67 \ \Omega$$

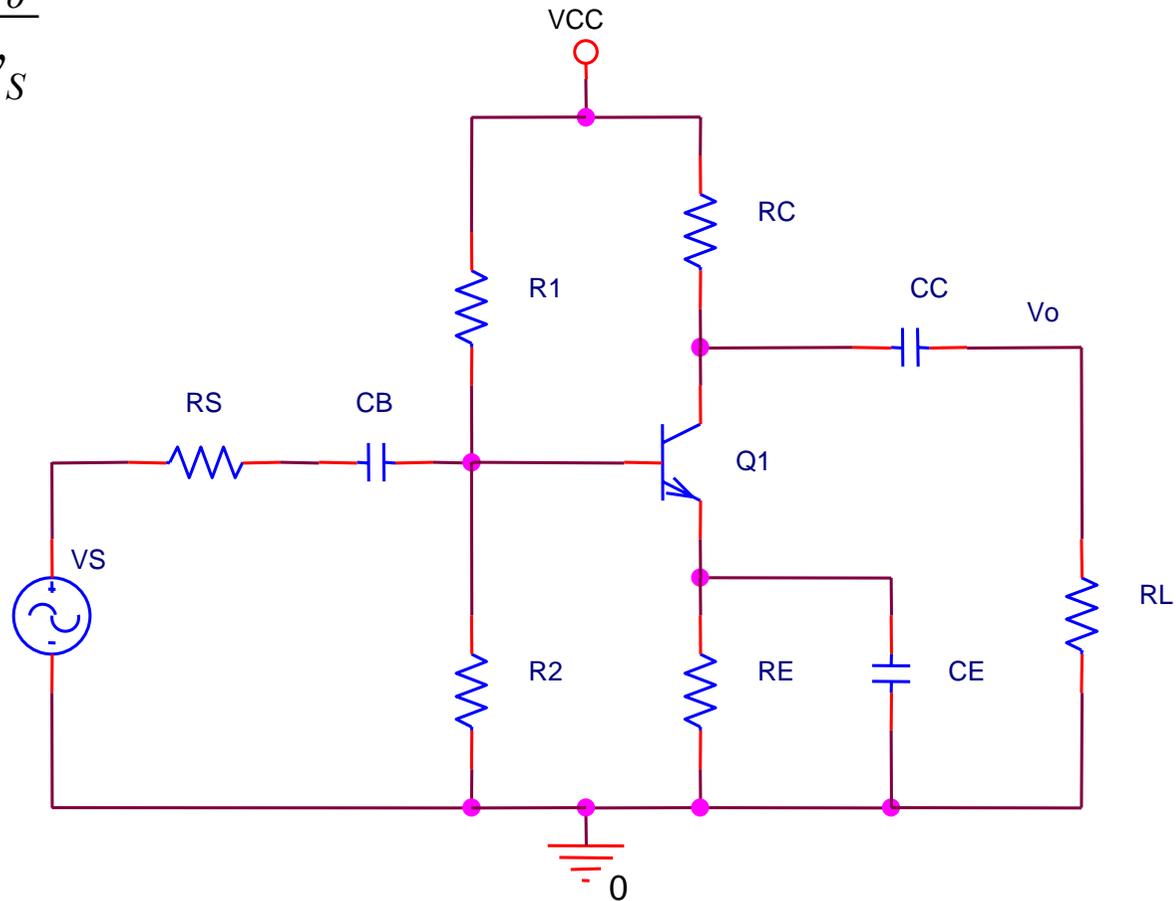
$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_1} = 12.33 \text{ MHz} \Rightarrow \text{Polo dominante}$$

$$f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2} = 6.14 \text{ GHz}$$

2. Respuesta en baja frecuencia

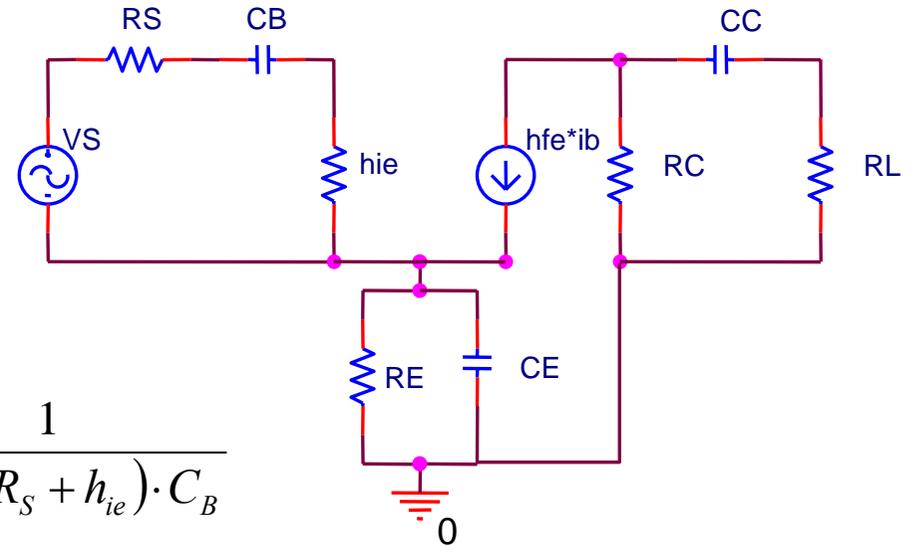
Ejemplo en EC:

$$A_V = \frac{v_o}{v_s}$$



Circuito equivalente de pequeña señal:

Se desprecian las resistencias de polarización de base.

**Efecto de CB**

Un cero en: $f_{ZB} = 0$

Un polo en: $f_{PB} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_B \cdot C_B} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_S + h_{ie}) \cdot C_B}$

R_B es la resistencia vista por C_B con los demás condensadores en cortocircuito.

$$R_B = R_S + h_{ie}$$

Efecto de CE

Un cero en: $f_{ZE} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_E \cdot C_E}$

R_E es la resistencia conectada al emisor

Un polo en: $f_{PE} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_e \cdot C_E}$

R_e es la resistencia vista por C_E con los demás en cortocircuito.

$$R_e = R_E // \frac{h_{ie} + R_S}{h_{fe} + 1}$$

Efecto de CC

Un cero en: $f_{ZC} = 0$

Un polo en: $f_{PC} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_C + R_L) \cdot C_C}$

Respuesta global

$$A_V(s) = \frac{A_{Vm} \cdot \frac{z_E}{p_B \cdot p_E \cdot p_C} \cdot s^2 \cdot \left(1 + \frac{s}{z_E}\right)}{\left(1 + \frac{s}{p_B}\right) \cdot \left(1 + \frac{s}{p_E}\right) \cdot \left(1 + \frac{s}{p_C}\right)}$$