

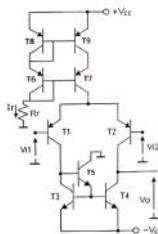
CAE Cascode

Saturday, February 22, 2025 8:47 PM

✓ 22/07/24 2)

2.- Los transistores se encuentran apareados

($\beta = 100$; $V_A = 100 \text{ V}$; $f_t = 200 \text{ MHz}$; $C_o = 1 \text{ pF}$; $r_x = 0$; $|V_{ce}| = 10 \text{ V}$; $R_s = 10 \text{ k}\Omega$).



- a) Justificar cualitativamente:
- El valor de la tensión de salida V_{oq} del amplificador en reposo (V_{oq}).
- ¿Cómo influye en el valor de la RRMIC el polarizar con una fuente cascode en lugar de una espejo simple?
- ¿Cómo influye en el balance de corrientes la carga T3-T4-T5, en lugar de una espejo simple?
- b) Obtener el valor de la corriente de offset I_{oq} si existe un despareamiento $\delta < 5\%$ entre β_1 y β_2 .
- c) Calcular el rango de tensión de modo común.
- d) Obtener el valor de la constante de tiempo asociada al terminal de salida. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de A_{vq} o debe analizarse otra constante de tiempo potencialmente importante.

a)

$V_o = V_{oq} = V_{c2}$

$$V_o = -V_{cc} + V_{ceq} \approx -V_{cc} + V_{ce3} = -V_{cc} + 2V_{BE(\text{cas})}$$

$I_{c3} = I_{c4}$

$$\beta_4 \frac{\partial V_{ce3}}{\partial A} = \beta_4 \frac{\partial V_{ce3}}{\partial V_A} = \beta_4 \frac{\partial V_{ce3}}{\partial V_{ce3}}$$

$$V_{ce3} = V_{CC4}$$

$$A_{vq} = \frac{-(R_{ce3}/R_s)}{1/g_m + 2R_{ce3}} \rightarrow \frac{-(R_{ce3}/R_s)}{2R_{ce3}}$$

$$R_{ce3} = R_{ce} \left(1 + \frac{R_{ce}}{r_{ds} + R_{ce}} \right) \quad R_{ce} \gg R_{ds}$$

$\uparrow R_{ce} \downarrow A_{vq} \rightarrow \uparrow \text{RRMIC}$

$I_{out} = I_{c4} = \beta I_{B4}$

$$I_{ce} = I_{c3} + I_{B3} = \beta I_{B3} + I_{B3} \quad \left| \frac{I_{ce}}{I_{ce}} = \frac{\beta I_{B3}}{\beta I_{B3} + I_{B3}} = \frac{\beta(\beta+1)}{\beta(\beta+1)+2} = \frac{\beta^2+\beta}{\beta^2+\beta+2} \right.$$

$$I_{B3} = I_{B3} + I_{B4} = I_{B3}(\beta+1)$$

g) entradas

R del cascode

$$I_{ce} = I_{c1} + \beta I_{B1}$$

$$I_{ce} = I_{c2} + \beta I_{B2}$$

$$I_{ce} = I_{c3} + I_{B3} + I_{B3}$$

$$I_{ce} = (I_{c1} + I_{c2} + I_{c3}) + I_{B3} + I_{B3}$$

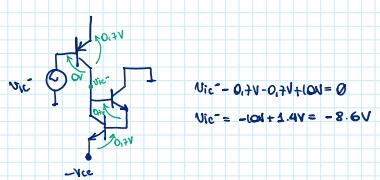
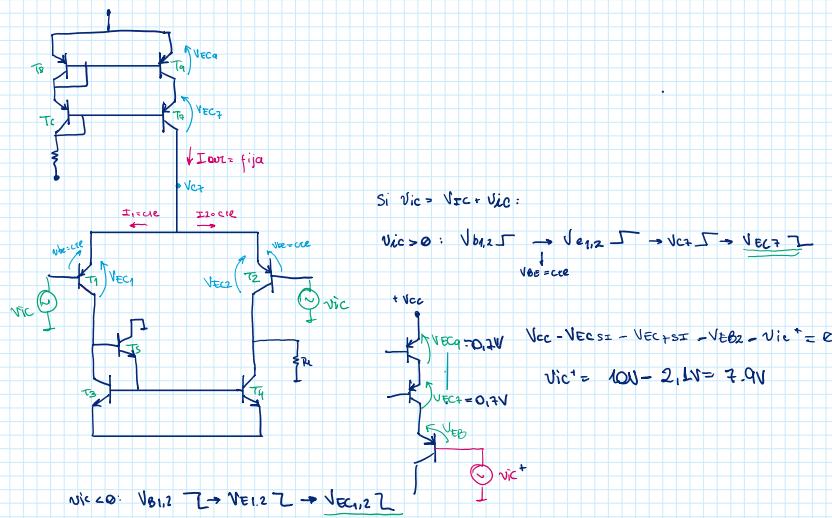
$$\left| \frac{I_{ce}}{I_{ce}} = \frac{\beta}{\beta+4} \right.$$

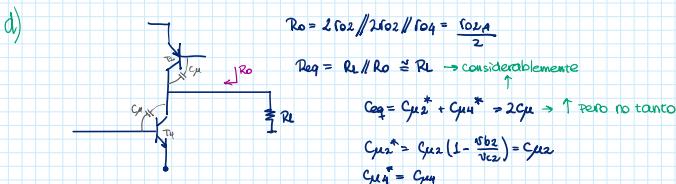
$$I_{B3} = I_{B3} + I_{B3}$$

b) $I_{off} = I_{B1} - I_{B2} = \frac{I_{c1}}{\beta_1} - \frac{I_{c2}}{\beta_2} = I_{c1,2} \left(\frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1 \beta_2} \right) = I_{c1,2} \cdot \frac{\delta}{\beta_1 \beta_2}$

$\frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1} = 0.05$

c) valores de $V_{ic}^{+}, -$ para los cuales algún Tdeja de estar en MÁD

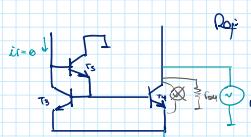
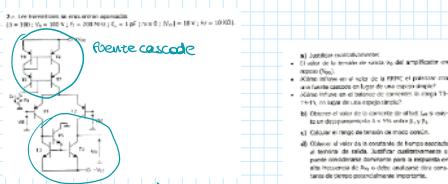




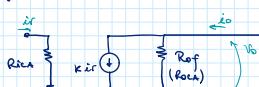
es un nodo a considerar

zero seguramente haya otros con $\uparrow T$.

$$x \in \text{los nodos de entrada} \quad (R_{\text{eq}} = f_{\text{IT}}) \\ (R_{\text{eq}} = C_1 + C_2 x^*)$$



Medit resist de salida: No en el borne de salida dejando rama de ref florando



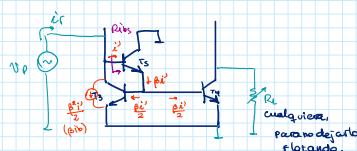
$$i_0 = k_i i_r + \frac{\sqrt{i_0}}{R_{\text{ef}}}$$

si quieren treniguar Ref -

$$R_{\text{eff}} = \left. \frac{V_{\text{DP}}}{I_{\text{S}}} \right|_{I_r = 0} = f_{\text{out}}$$

↑
generador
controlado } quedando fer
excitado
(no var)
excitación)

Rick:



$$R_{IBS} = \gamma_{TS} + \beta (\gamma_{TQ} / \gamma_{T3})$$

Punto Q = En reposo $I_{Q5} = I_{B3} = I_{B4}$ (tipo Darlington)

$$T_{\text{CER}} = 2T_{\text{RAB}} = 2T_{\text{RBU}} \quad (\text{misma VR} \rightarrow \text{misma TC})$$

$$I_{CAB} = 2 I_{CAB} \quad \text{Relación } g' \text{ se propaga al que } f_{AB} \text{ se aplica}$$

$$g_{\text{eff}} = \frac{2g_{\text{MB}}}{\beta} \quad \text{and} \quad g_{\text{eff}} = \frac{\beta}{2} g_{\text{MB}}$$

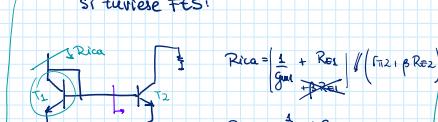
$$\Rightarrow R_{\text{IBS}} = r_{\pi S} + \beta \frac{r_{\pi B}}{2} \stackrel{*}{=} 2r_{\pi S} = \beta r_{\pi B}$$

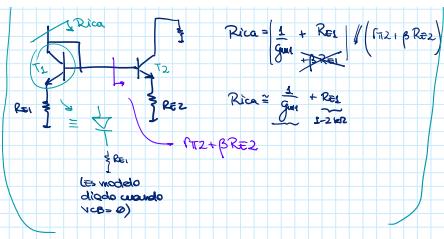
Juego

$$ir = i^1 + \frac{B^2 i^1}{2} \Rightarrow \frac{B^2 i^1}{2} \rightarrow \text{Ricci} = \frac{\nabla B}{ir} = \frac{2B i^1}{\frac{B^2 i^1}{2}} = \frac{2B i^1}{B^2} = \frac{2B r^{1/2}}{B^2} = \frac{2r^{1/2}}{B} = \frac{2}{B^{3/2}} = \frac{2}{\sqrt{B^3}} = 2f ds]$$

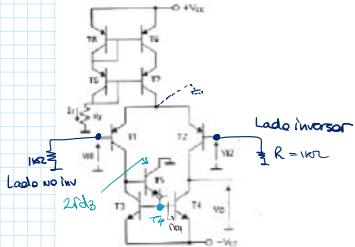
doble q' en FES
(despreciamos f)

Si tutte le FESI





2.- Los transistores se encuentran apareados:
 $(\beta = 100; V_A = 100 \text{ V}; f_T = 200 \text{ MHz}; C_{\mu} = 1 \text{ pF}; r_{\pi} = 0; |V_{BE}| = 10 \text{ V}; R_L = 10 \text{ k}\Omega)$.



Si fuere FES $\rightarrow T_{out}$ es considerable

$$\uparrow R_{eq} = R_{oD} = R_2 // R_{o4}$$

\downarrow directa
 $2R_2 // 2R_{o2}$
 vista \downarrow replicada
 abajo

$$\approx C_{eq} = C_{\mu4} + C_{\mu2}$$

$$T_{eq} = T_{out} \uparrow$$

Si hubiese R en las ganas:
 Nodos de entrada.

$$b T_1 \quad R_{eq} = 1k\Omega // R_{o2}$$

$$b T_2 \quad R_{eq} = 1k\Omega // R_{o2}$$

Si coloco gen. de prueba se en la entrada y mando
 en el colector:

$$G_{eq}^* = G_{\mu2}(1 - \frac{V_{ce}}{V_{bb}}) = G_{\mu2}(1 - \frac{V_{ce}}{V_{bb}}) = G_{\mu2} (1 + Av_d) \rightarrow \text{la base de } T_2 \text{ preseña ante la de } T_1$$

$\frac{V_{ce}}{V_{bb}}$ lado inversor

$$G_{eq2} = G_{\mu2} + (1 + Av_d) G_{\mu2}$$

$\frac{V_{ce}}{V_{bb}}$ el colector carga a 2rd3 (colector y base en corto)

$$\frac{V_{ce}}{V_{bb}} = -g_{m2} (2rd3) = -2$$

Nodo T4

sin si hubiera sido FES tambien le daba cierto peso

$$T_5: \quad C_{eq} = C_{\mu4} + C_{\mu3} + G_{\mu4}^* + C_{\mu1}$$

(cancelando de FES)

$$G_{\mu4}^* = G_{\mu4} \left(1 - \frac{V_{ce}}{V_{bb}}\right) \Rightarrow G_{\mu4} \text{ se agranda mucho}$$

$$\frac{V_{ce}}{V_{bb}} = -g_{m4} (R_o // R_{o2}) \uparrow$$

$\frac{R_o}{2R_2}$

R_o del P.D.

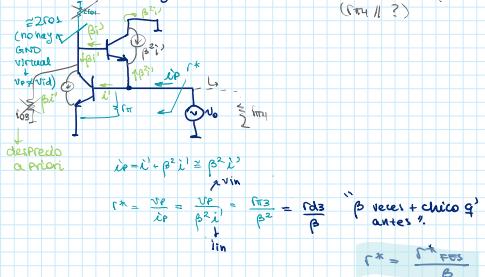
$$R_{eq} = R_{\mu4} // R_{\mu3} \leq R_{\mu3}$$

\downarrow
 modelo diodo !!!

Algo pasa con el
 valor

Si no fuiese FES:

Ahora fuente con ganancia de corriente: Hago Ralo 139.
 $(R_{\mu4} // ?)$



$$r^* = \frac{\int_{-t}^t R_{eq}}{\beta}$$

$$\rightarrow R_{eq} = \frac{R_{\mu3}}{\beta} // R_{\mu4} = \frac{R_{\mu3}}{\beta} \rightarrow \text{nodo pierde peso!}$$

Nodo de la base del β -hektor se despredio

(GUARDA con $\text{f}_x \rightarrow$ quita no se descarta)

con f_x : separadas, tener en cuenta!

Viene a colación.

\rightarrow Ptos y cons del circuito c/s B-helper

Mejor factor de copia

$$\text{FES: } K = \frac{f}{\beta + 2}$$

$$\beta - h: K = f(\beta^2)$$

$$A_{\text{d}} = g_m z_2 \cdot (r_{\text{ds}} // r_{\text{ou}}) \text{ para ambas } x' .$$

$$A_{\text{vc}} = \frac{R_{\text{ds}}}{2 R_{\text{of}}} \xrightarrow{\substack{x=1 \\ \text{arreando}}} \text{FES} \quad \text{Rica} = R_{\text{ds}} \xrightarrow{\beta-h} \text{pero } A_{\text{vc}} \text{ se duplica}$$

3 corto virtual entre T_2 y T_3 en el modo com. tm.
No mejora el factor de mérito RRMC.

$$\text{Pero se puede decir: } A_{\text{vc}}_{\text{real}} = A_{\text{vc}}_{K=1} + (x_2 \cdot \Delta P_1) + (x_2 \cdot \Delta P_2) + \dots$$

$$\text{Real: } I_{\text{ca}2} = I_{\text{ca}1}(1+\delta) \leftarrow K_{\text{ca}} \neq 1 \quad f(x) \quad f(\text{desap } T_2-T_3)$$

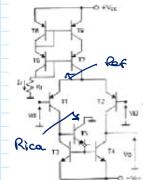
conclus: si $\beta_3 = \beta_4 \rightarrow \infty$ me conviene FES \rightarrow mejor RRMC y los terminos son neg.
se duplica A_{vc} .

si $\beta_3 \downarrow \downarrow$ me conviene $\beta-h \rightarrow$ mejor fact de copia.
amerita $\beta-h$.

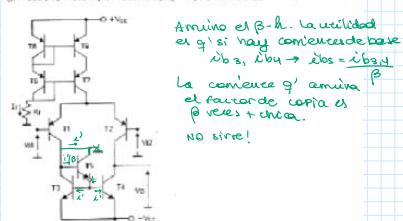
para casita +:

si la pasa a T_3 , conectada al GND, se cancela

2.- Los transistores se encuentran apagados
($I = 100$; $V_A = 100$ V; $f_i = 200$ MHz; $C_s = 1 \mu\text{F}$; $x \geq 0$; $|V_{ce}| = 10$ V; $R_E = 10 \text{ k}\Omega$).



2.- Los transistores se encuentran apagados
($I = 100$; $V_A = 100$ V; $f_i = 200$ MHz; $C_s = 1 \mu\text{F}$; $x \geq 0$; $|V_{ce}| = 10$ V; $R_E = 10 \text{ k}\Omega$).

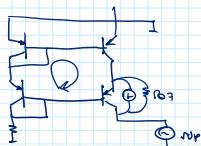


Sobre fuente cascode

$\text{R}_{\text{of}} = \frac{R_{\text{ds}2}}{2}$ a beneficio en el A_{vc} : todos los terminos

del A_{vc} tienen un R_{of} en el denominador.

Coloca N_P en el colector de T_2 .
se entiende el gen controlado.



Modo común + C.A.:

En modo hay GND virtual entre nodos del colector 1, 2.

En modo común las corrientes varian manteniendo la igualdad, $x/$ ero

$$\text{puedo separar } R_E \text{ en } \frac{R_E}{2} \text{ } \frac{R_E}{2}$$

R_{of}

corto virtual = no incrementan las corrientes \rightarrow no incrementan las tensiones.

surge de q' para q' haya = constantes en las ramas, se tienen q' igualar las V_{ce} y las V_{bs} .

la R vista abajo a la derecha = $R_{\text{ds}2} \| R_{\text{ds}3}$

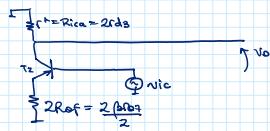
$$2R_{\text{ds}3} \| R_{\text{ds}4} - \text{adec} \xrightarrow{\text{gen controlado}} 2R_{\text{ds}3} \| R_{\text{ds}3}$$

q' se copia de un lado al otro

Fórmula para MC:

+
gen controlado
q' se copia de
un lado al otro

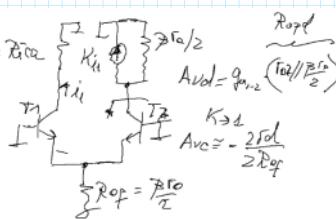
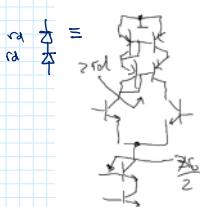
Equivalente para MC:



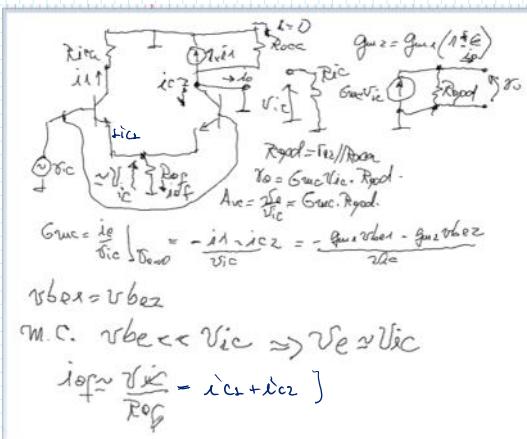
$$A_{vc} \mid k=3 = \frac{V_o}{V_{be}} \Big|_{V_{id}=0} = -\frac{g_{m2} \cdot R_{load}}{1 + 2g_{m2}R_{load}} \approx -\frac{R_{load}}{2R_{load}}$$

↓
EMISOR
cort.
Realim.
 $\frac{-g_{m2}}{1 + g_{m2}}$

Hacer la carga para Avc:



Recorte de pantalla realizado: 2/11/2025 9:20 PM



Recorte de pantalla realizado: 2/11/2025 9:55 PM

$$\left. \begin{array}{l} i_{c1} = g_{m1} v_{be1} \\ i_{c2} = g_{m2} v_{be2} \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} \frac{i_{c2}}{i_{c1}} = \frac{g_{m2}}{g_{m1}} = (1 \pm \epsilon) \\ i_{c1} = i_{c2} = g_{m1} v_{be1} \end{array} \right]$$

Aprox.

$$i_{c2} = i_{c1} (1 \pm \epsilon)$$

admitimas $i_{c1} \approx \frac{v_{be}}{2R_{load}}$ justo la mitad de la q' permite el gen. controlado

Remplazo:

$$G_{mc} = \frac{(-i_{c1})}{V_{be}} = \frac{V_{be}}{2R_{load}} \frac{(1 - 1 \pm \epsilon)}{V_{be}} = \frac{\mp \epsilon}{2R_{load}}$$

$$A_{vc} = \frac{\mp \epsilon}{2R_{load}} \cdot R_{load}$$

válida para comprobar
Avc para un desbalanceo.
en los gm