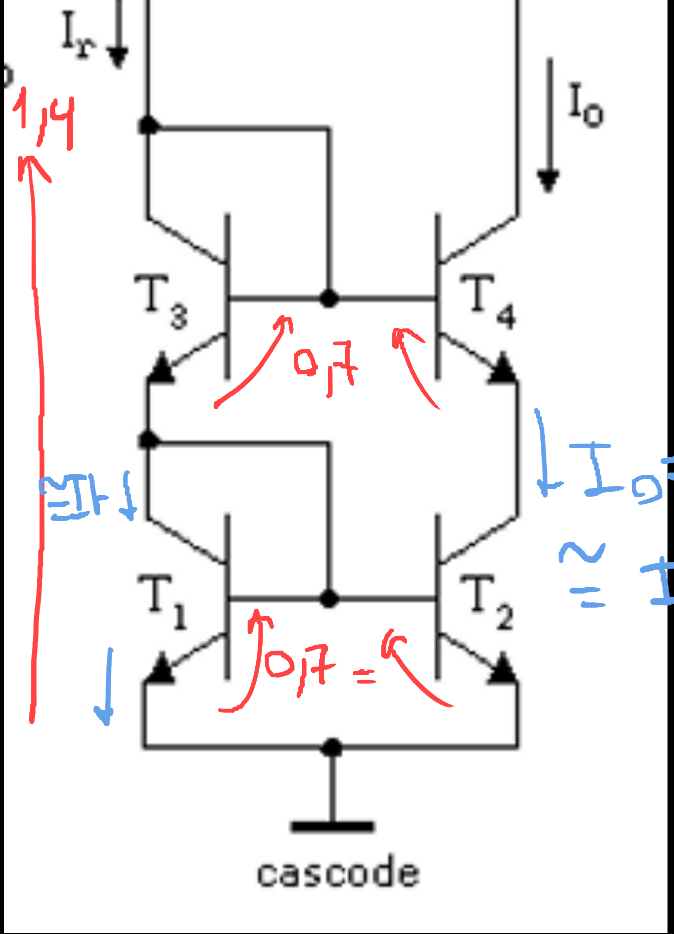


$I_o = I_{c1} \cong$

$\cong I_r$

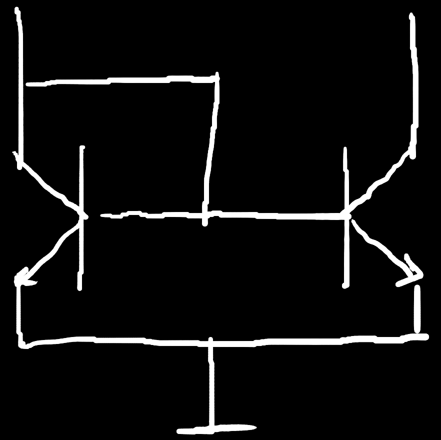
2 fuentes simples conectadas en cascada

$$I_r = \frac{V_r - 1,4}{R_r}$$

Vamos por partes, como quien diría:

Del espejo simple sé que:

$I_r \downarrow$



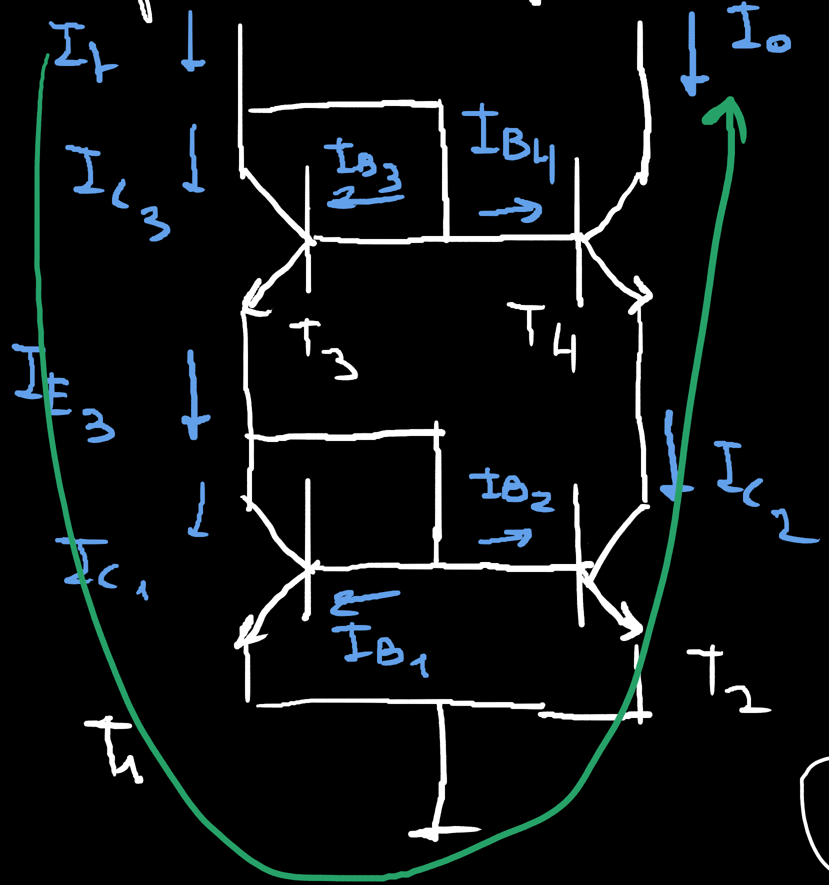
$I_o = I_{c1} = I_{c2} = I_r - 2\frac{I_c}{\beta}$

$\Rightarrow I_{c2}\left(\frac{\beta+2}{\beta}\right) = I_r$

$\Rightarrow I_o = I_{c2} = \frac{\beta}{\beta+2} \cdot I_r$

Recordar q' $I_o < I_r$ xq' hay q' alimentar las bases de los TBJ

Hagamos lo siguiente:



① $I_{C_2} = \dfrac{\beta}{\beta+2} I_{E_3}$ (Por E.S.)

② $I_o = \dfrac{\beta}{\beta+1} \cdot I_{C_2}$ → Relación entre la corriente de un C y un E

$\to I_o = \dfrac{\beta}{\beta+1} \cdot \dfrac{\beta}{\beta+2} \cdot I_{C_2} =$ → $I_{C_2} = I_{C_1}$

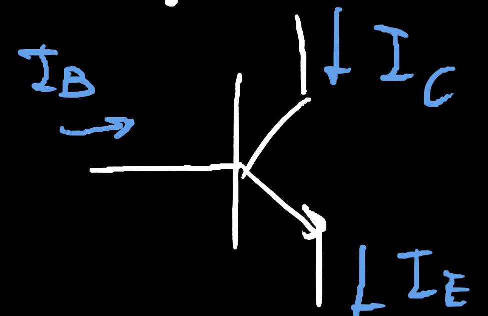
$= \dfrac{\beta \cdot \beta}{(\beta+1)(\beta+2)} \cdot I_{C_1}$

③ $I_{E_3} = \left(1 + \dfrac{2}{\beta}\right) I_{C_1}$

④ $I_{E_3} = I_r - \dfrac{I_{C_2}}{\beta+1}$

No me gustó una mierda

Vamos de nuevo, recorriendo en el sentido de la flecha verde



(1) $I_{E_3} = I_r - I_o/\beta \quad \left(= I_r - \frac{I_{C_2}}{\beta+1}\right)$

(2) $I_{C_2} = \frac{\beta}{\beta+2} I_{E_3}$ (F.E.S.)

(3) $I_o = \left(\frac{\beta}{\beta+1}\right) I_{C_2}$

$I_E = \left(1+\frac{1}{\beta}\right) I_C = \frac{\beta+1}{\beta} I_C$

$I_E/I_C = \frac{\beta+1}{\beta}$

$I_C/I_E = \frac{\beta}{\beta+1}$

Me alternando:

$$I_o = \frac{\beta}{\beta+1}\cdot I_{C_2} \overset{(2)}{=} \frac{\beta}{\beta+1}\cdot\frac{\beta}{\beta+2}\cdot I_{E_3} \overset{(1)}{=} \overbrace{\frac{\beta}{\beta+1}\cdot\frac{\beta}{\beta+2}}^{*}\left(I_r - \frac{I_o}{\beta}\right)$$

$$\to I_o = k I_t - \frac{k}{\beta} I_o \to \left(1+\frac{k}{\beta}\right) \cdot I_o = k I_t$$

$$\therefore a = \frac{I_o}{I_t} = \frac{k}{1 + k/\beta}$$

C. AUX: $k/\beta = \dfrac{\beta}{(\beta+1)(\beta+2)} = \dfrac{\beta}{\beta^2+3\beta+2}$

$$1 + \frac{k}{\beta} = \frac{\beta^2+4\beta+2}{\beta^2+3\beta+2}$$

$$\Rightarrow a = \left(1+k/\beta\right)^{-1} \cdot k = \frac{\cancel{\beta^2+3\beta+2}}{\beta^2+4\beta+2} \cdot \frac{\beta^2}{\cancel{\beta^2+3\beta+2}} = \frac{1}{1 + \frac{4}{\beta} + \frac{2}{\beta^2}}$$

Se confirma mi teoría: Gray y Mayer son unos terribles HDP

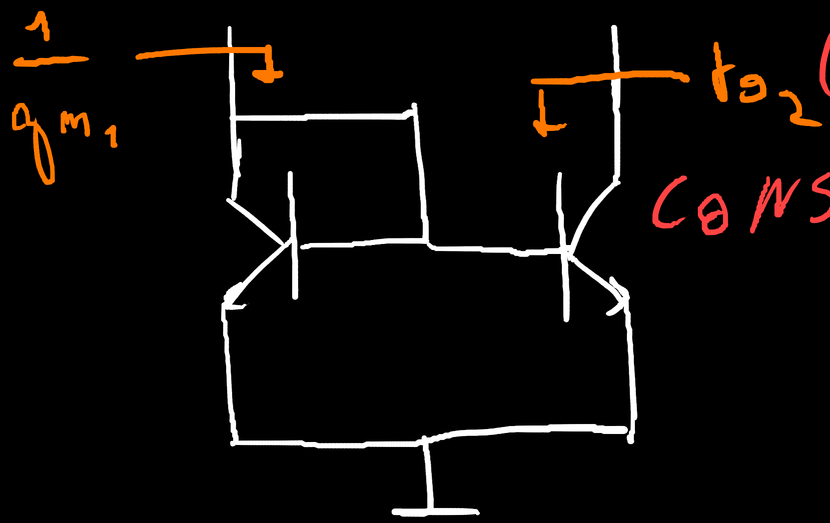
Aguante la inspección

otra forma de verlo: $a = \dfrac{\beta^2 + 4\beta + 2 - (4\beta + 2)}{\beta^2 + 4\beta + 2} = 1 - \dfrac{4\beta + 2}{\beta^2 + 4\beta + 2}$

$\delta = -\dfrac{4\beta + 2}{\beta^2 + 4\beta + 2}$ → error q' le comete al decir q' $a = 1$

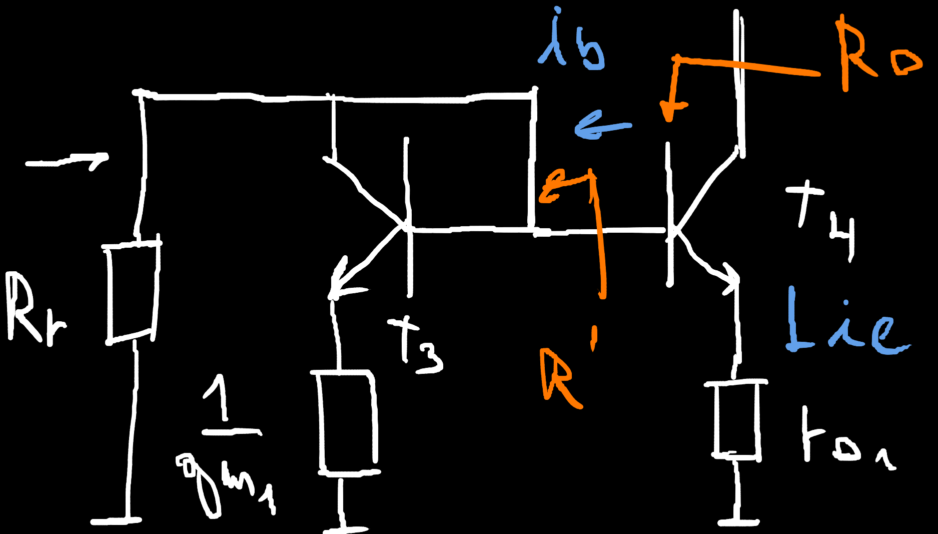
La resistencia de entrada la va a sacar su putamadre en bicicleta

Ro) De la fuente simple sé que:



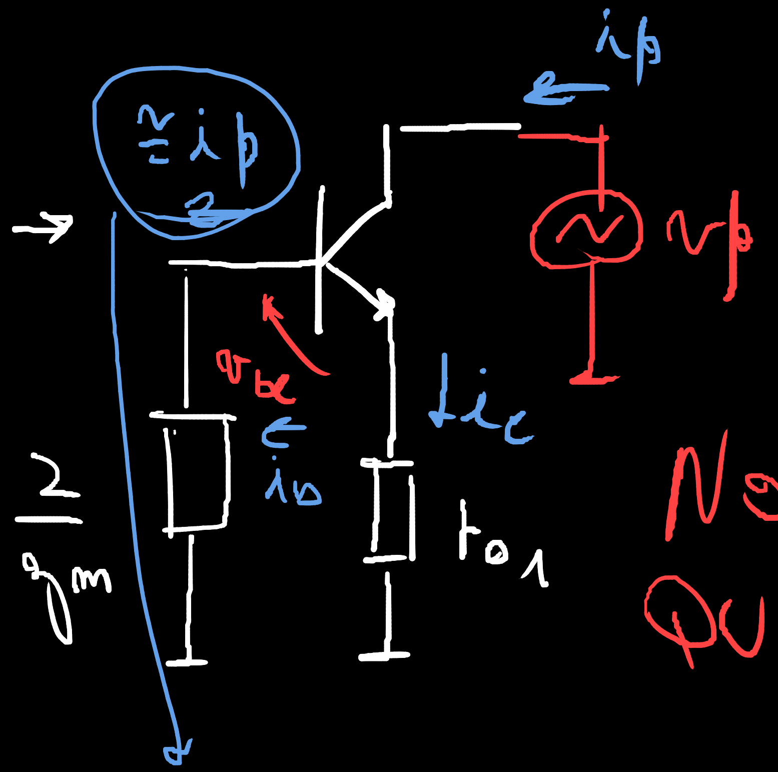
(OJO: No CONSIDERO gm vbe

Nota: todos los gm y rπ son aprox. iguales xq' las corrientes de los colectores son iguales y los β son iguales



$$R' = R_r \,//\, \left(\cancel{r_{\pi_3}} \,//\, \frac{1}{g_{m_3}} \,//\, \cancel{r_{o_3}} + \frac{1}{g_{m_1}} \right) =$$

$$= R_r \,//\, \frac{2}{g_m} \cong 2/g_m$$



$$R_{real} = \left(r_\pi + \frac{2}{g_m}\right) \| r_{o1} \simeq r_\pi$$

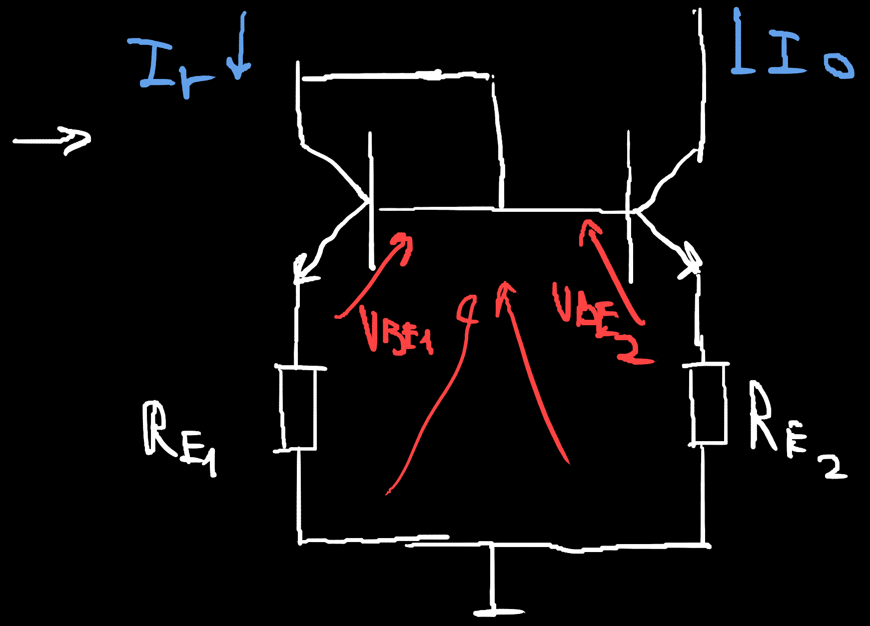
$$R_o = r_\pi + r_{o4}(1 + g_m r_\pi) \simeq (\beta+1) r_{o4}$$

NO ESTÁ DEL TODO BIEN XQ' NO CONSIDERO QUE $i_c \simeq i_b$ POR LA FES

i_p se va casi toda x'acá xq cuando llega al emisor ve 2 caminos: uno con resistencia r_{o4} y el otro con resistencia $r_\pi + \frac{2}{g_m}$

La corriente es vaga

¿Qué pasa si hay R_E?



$$\to V_{BE1} = V_T \ln(I_{C1}/I_S)$$

$$V_{BE2} = V_T \ln(I_{C2}/I_S)$$

Despreciando corrientes de base:

$$I_{C1} R_{E1} + V_T \ln(I_{C1}/I_S) = I_{C2} R_{E2} + V_T \ln(I_{C2}/I_S)$$

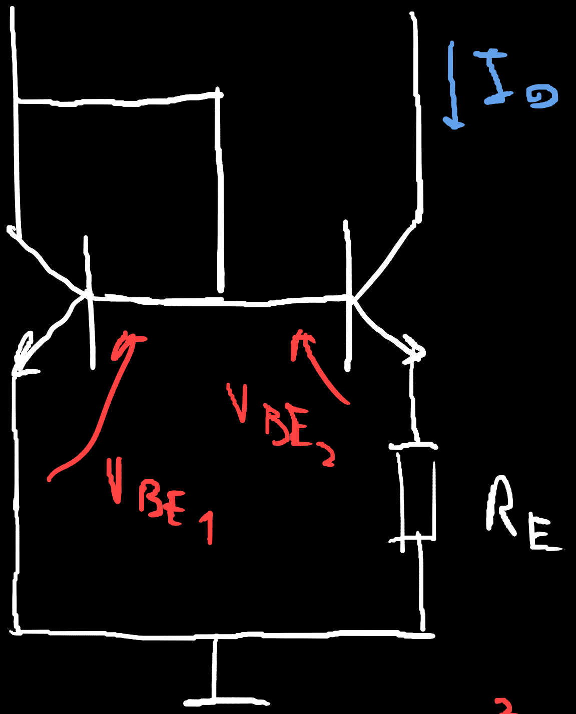
$$I_{C2} R_{E2} = I_{C1} R_{E1} + V_T \ln\left(\frac{I_{C1}}{\cancel{I_S}} \frac{\cancel{I_S}}{I_{C2}}\right) =$$

$$I_{C2} R_{E2} = I_{C1} R_{E1} - V_T \ln(I_{C2}/I_{C1})$$

$I_{C2} = I_o \cong a \cdot I_r \cong a \cdot I_{C1} \to \dfrac{I_{C2}}{I_{C1}} \cong a \cong 1 \to$ el ln se anula (Ponele?)

$\to I_{C2} = \dfrac{R_{E1}}{R_{E2}} \cdot I_{C1} \to$ Puede ser muy distinto de 1...

¿Y si pongo un solo resistor?



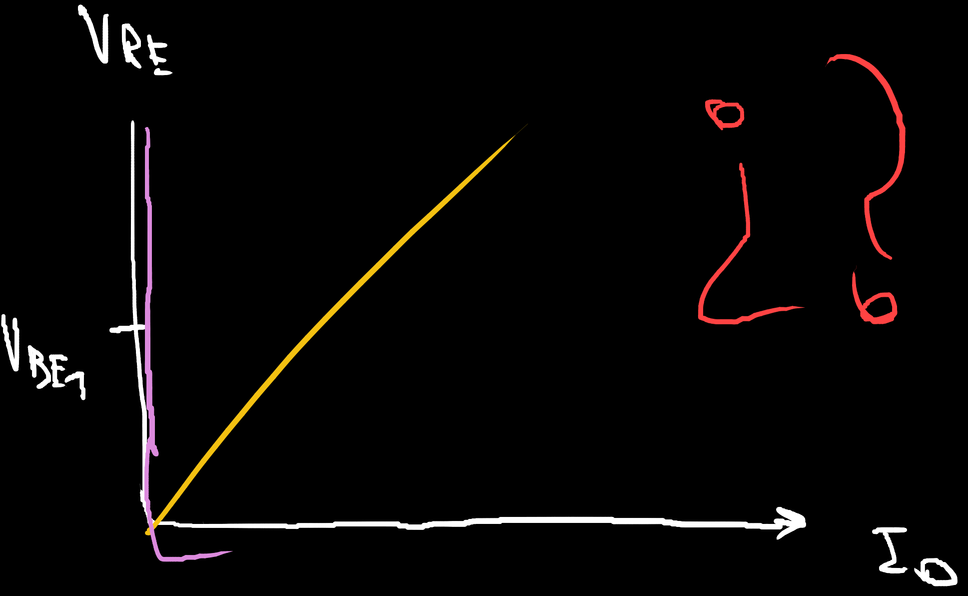
$$\rightarrow V_{BE1} = V_{BE_2} + R_E \cdot I_o$$

$$V_{BE1} = V_T \ln(I_{C1}/I_S) = \frac{V_t - 0{,}7}{R_t} \rightarrow \text{fijo}$$

$$V_{BE_2} = V_T \ln(I_{C_2}/I_S)$$

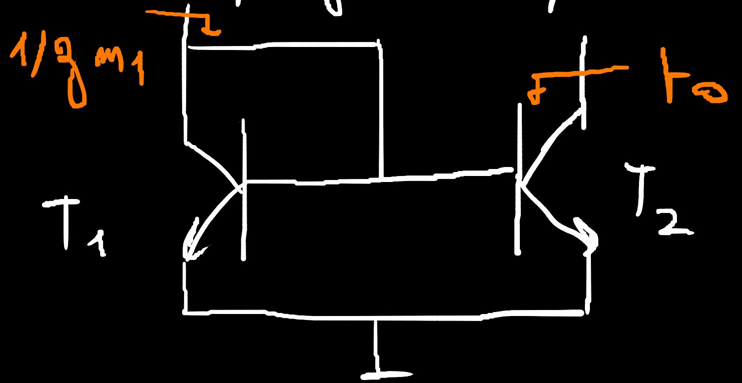
$$\rightarrow V_{BE_1} = V_T \ln(I_o/I_S) + R_E I_o$$

$$R_E \cdot I_o = V_{BE1} - V_T \ln(I_o/I_S)$$



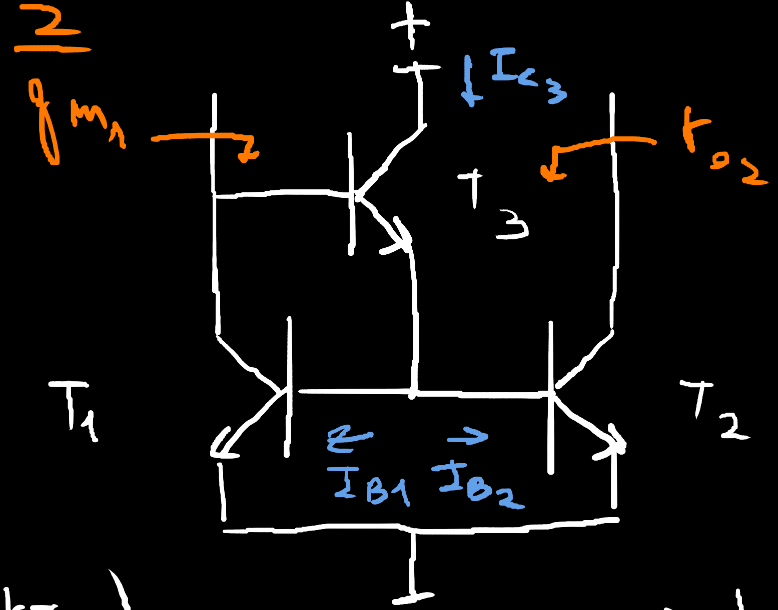
RESUMEN:

a) Espejo simple:



$$I_o = \frac{\beta}{\beta+2} I_r = \left(1 - \frac{2}{\beta+2}\right) I_r$$

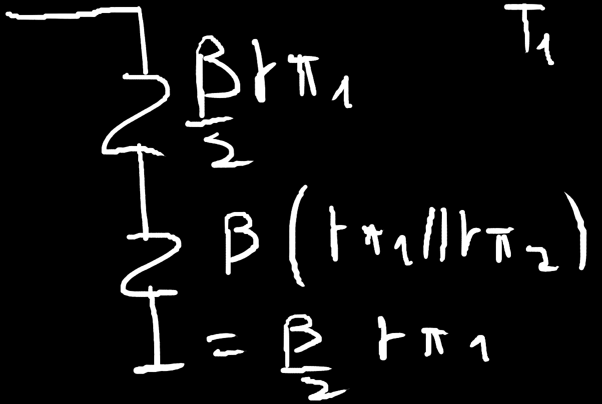
b) Con ganancia de corriente



$$I_o = \left(1 - \frac{2}{\beta(\beta+1)}\right) I_o$$

influencia del Darlington

DDT:

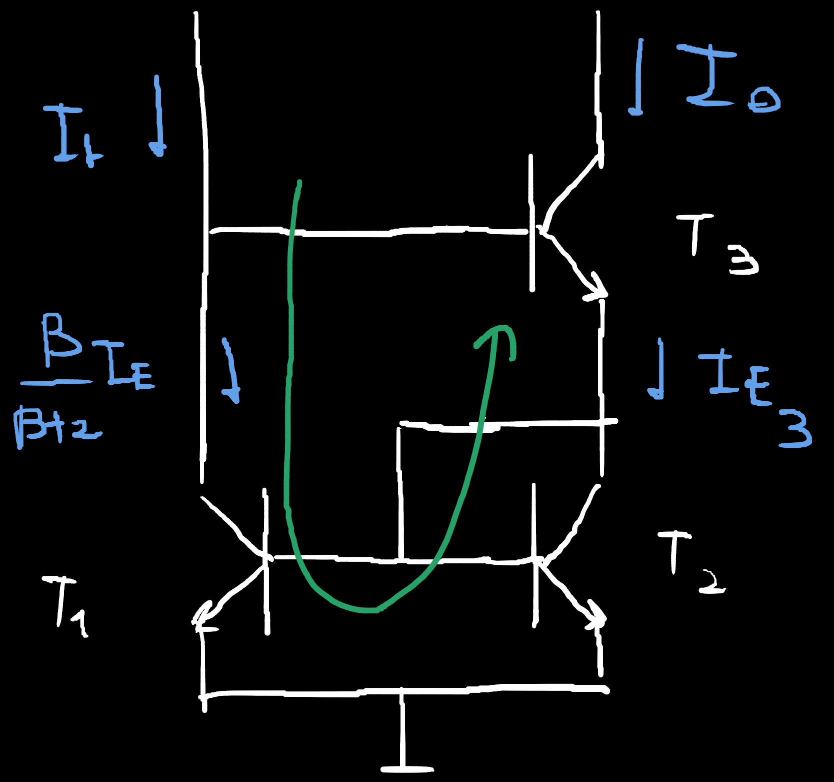


Tener presente que

$$I_{c_3} = 2 I_{B_1}$$

$$\Rightarrow r_{\pi_3} = \beta \frac{V_T}{I_{c_3}} = \beta \frac{V_T}{2 I_{B1}} = \frac{\beta}{2} r_{\pi_1}$$

c) Wilson



la flecha verde indica el orden lógico para plantear las ecuaciones CAUSA - EFECTO

Siempre seguir la flecha verde

$$C_1: I_r = \frac{I_o}{\beta} + I_{C_1}$$

$$I_{C_1} = \frac{\beta}{\beta+2} \cdot I_{E_3} \quad (\text{FES})$$

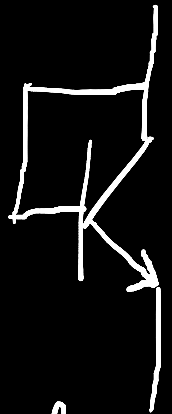
$$I_{E_3} = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_o = \frac{\beta+1}{\beta} I_o$$

$$\rightarrow I_{C_1} = \frac{\cancel{\beta}}{\beta+2} \cdot \frac{\beta+1}{\cancel{\beta}} I_o = \frac{\beta+1}{\beta+2} I_o \rightarrow I_{C_1} = \frac{\beta+1}{\beta+2} I_o$$

$$\rightarrow I_T = \frac{I_0}{\beta} + \frac{\beta+1}{\beta+2} I_0 = \left(\frac{1}{\beta} + \frac{\beta+1}{\beta+2} \right) I_0 = \frac{\beta+2+\beta^2+\beta}{\beta^2+2\beta} I_0$$

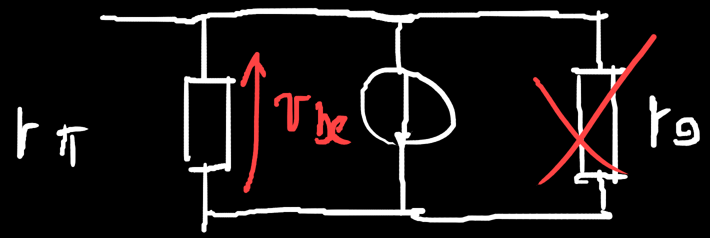
$$\therefore a = \frac{\beta^2+2\beta}{\beta^2+2\beta+2} = 1 - \frac{2}{\beta^2+2\beta+2}$$

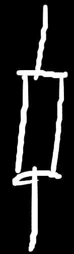
Ri) <u>OBS</u>: todos los transistores conectados como



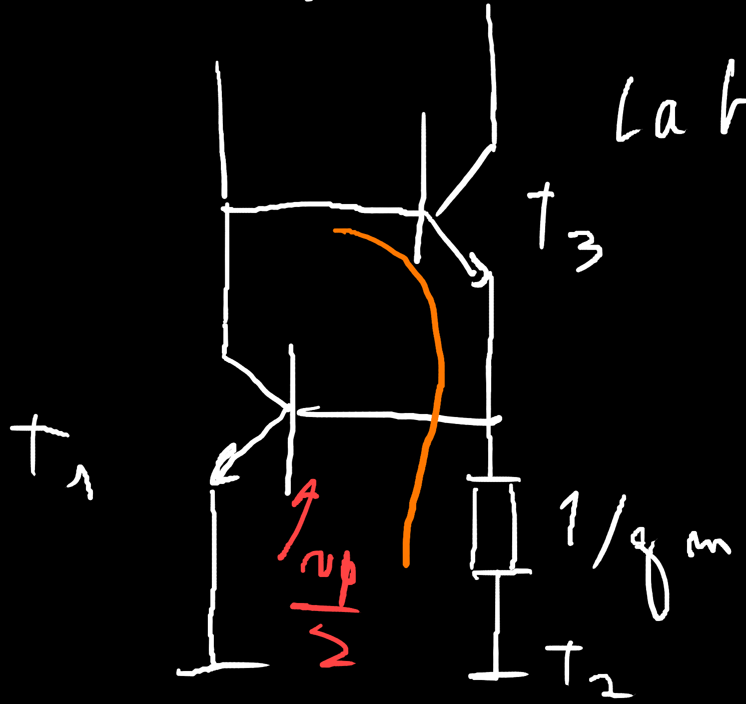
son en realidad diodos. La juntura BC queda anulada por el cable, y en el fondo tienen solo 2 terminales

En señal:

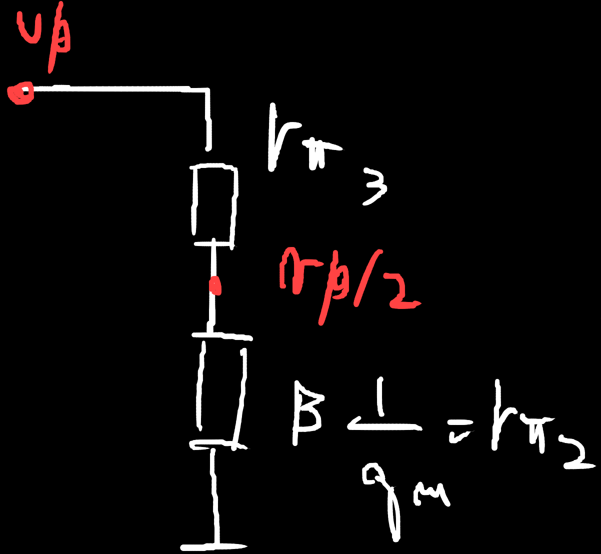


$\equiv$  $1/g_m = r_d \rightarrow$ como en diodo

Tal vez sea conveniente dibujar:



La rama naranja es:



NO IMPORTA

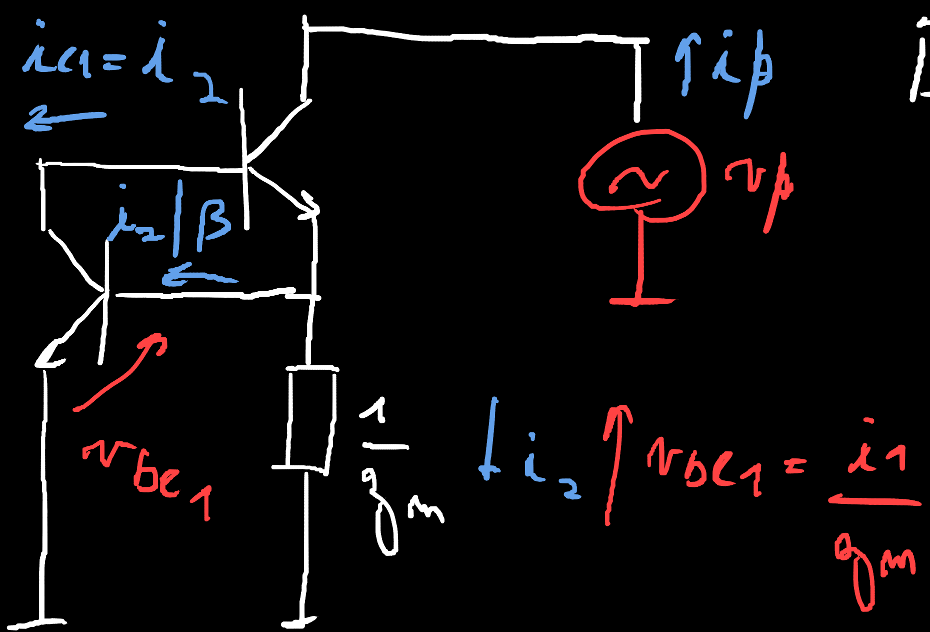
de donde

$v_{be1} = v_p/2$

y $R_i =$

$= \frac{2}{g_m} // 2r_\pi \simeq \frac{2}{g_m}$

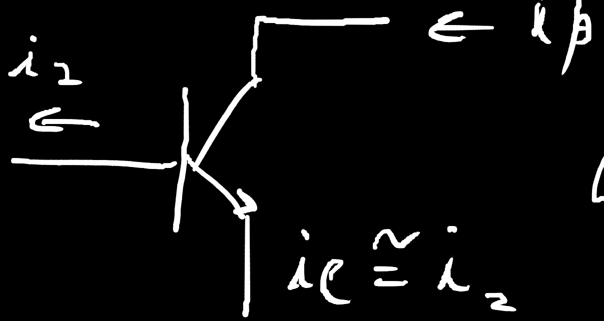
Lo interesante es R_o:



Despreciando r_{o1}:

$$i_{c1} = g_{m1} v_{be1} = g_{m1} \frac{i_2}{g_{m1}} = i_2$$

En T_3 tengo:



$$\Rightarrow i_p = 2 i_2 \Leftrightarrow i_2 = i_p/2$$

La fuente pone $\beta i_b = \beta(-i_2) =$

$$= -\frac{\beta}{2} i_p$$

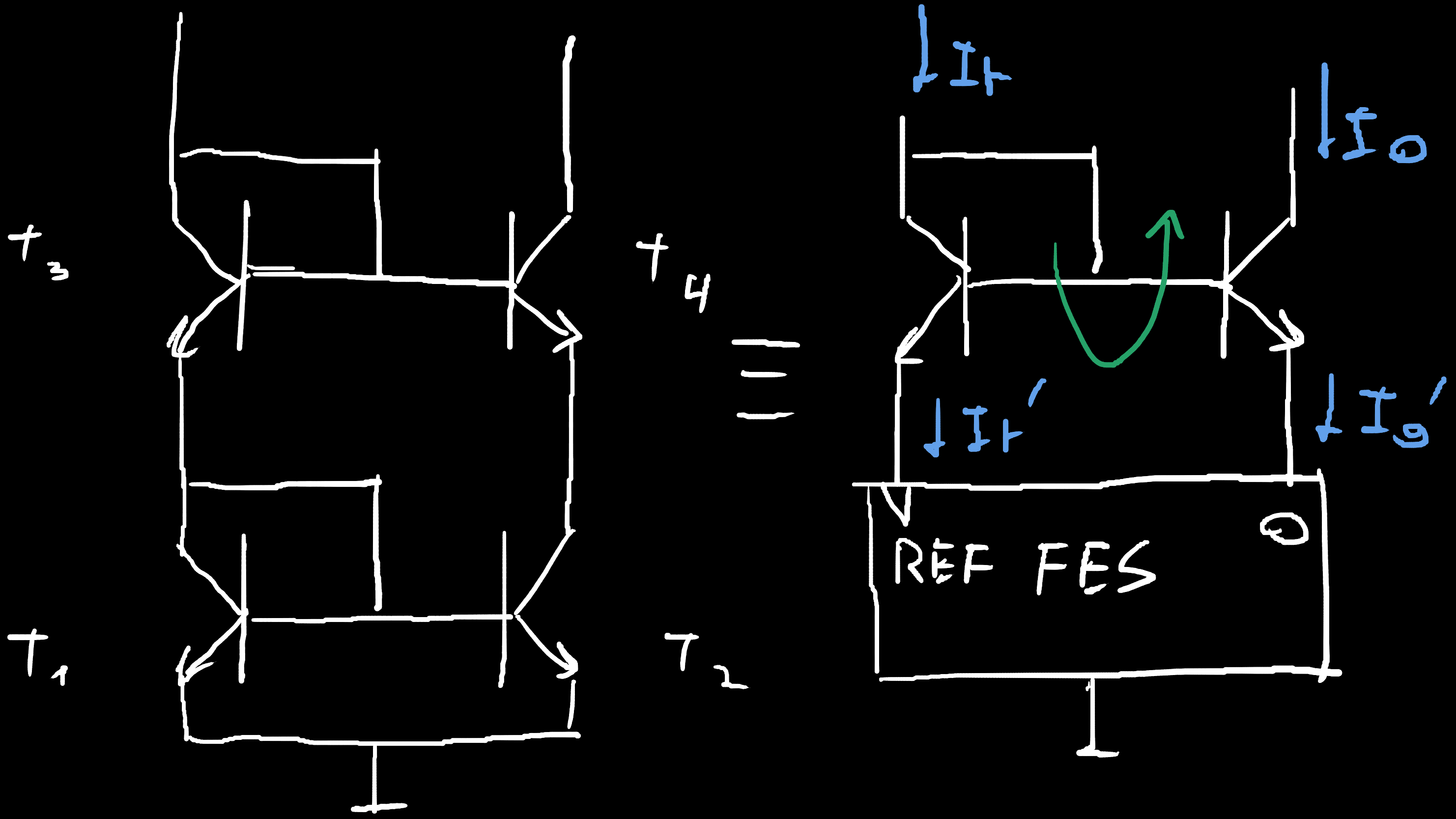
Planteando la corriente q' circula por r_{o3} se llega a q'

$$R_o = \frac{v_{be1}}{i_p/2} + \frac{v_{ce}}{i_p} = \frac{1}{2 \cdot g_m} + r_{o3}\left(\frac{\beta}{2} + 1\right) \simeq r_{o3} \cdot \frac{\beta}{2}$$

lo q' pone la fuente de T_3

lo q' pone la fuente de prueba

d) Cascode:



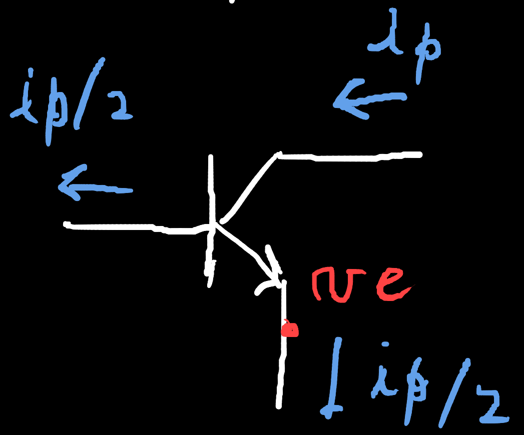
Siguiendo la flecha verde se llega a que:

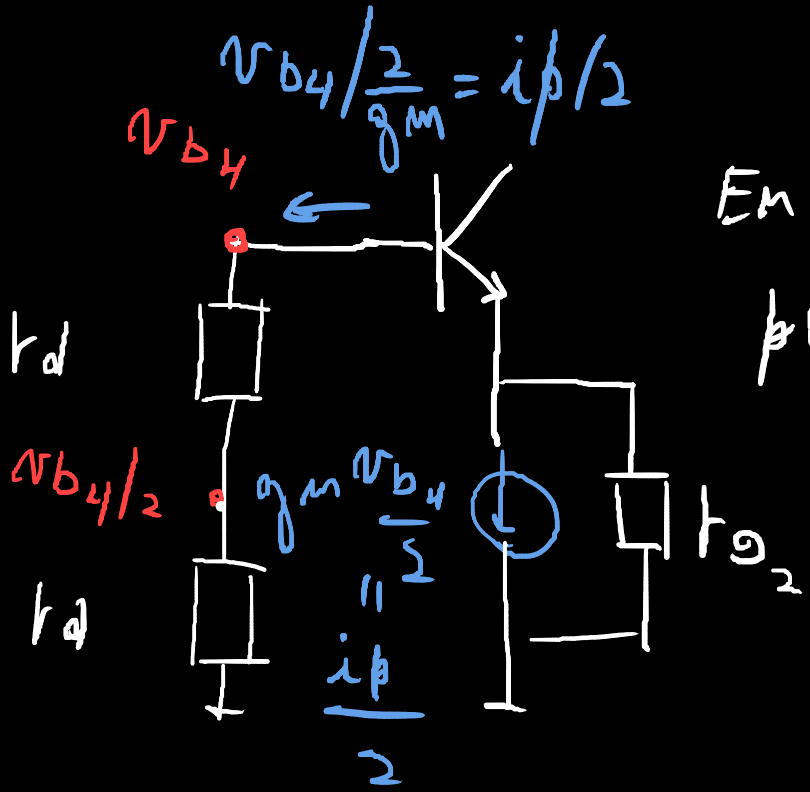
$$\frac{I_o}{I_r} = \frac{\beta^2}{\beta^2 + 4\beta + 2}$$

R_o) No olvidar q' la FES también actúa en señal, aunque en una rama halla $1/g_m$ y en la otra r_o, la F.E.S fuerza a q las corrientes sean iguales

→ Termina quedando como en la wilson:

T4)





En efecto, las corrientes por ambas ramas son iguales

$$v_e = \left(\frac{2}{g_m} + r_\pi\right)\frac{i_p}{2} = \frac{r_\pi}{2} i_p$$

$$v_{ce} = \left(\frac{\beta}{2} + 1\right) r_{o4}\, i_p$$

$$\Rightarrow R_o = \frac{v_{ce} + v_e}{i_p} = \left(\frac{\beta}{2} + 1\right) r_{o4} + \frac{r_\pi}{2} \cong \frac{\beta r_{o4}}{2}$$

Parecida a la Wilson

FES → Peor error y $R_o = r_o$ (chica)

β helper → error bastante mejor y $R_o = r_o$

Wilson → el mejor error y $R_o \cong \frac{\beta}{2} r_o$

CASCODE → Peor error q' la Wilson y $R_o \cong \frac{\beta}{2} \cdot r_o$