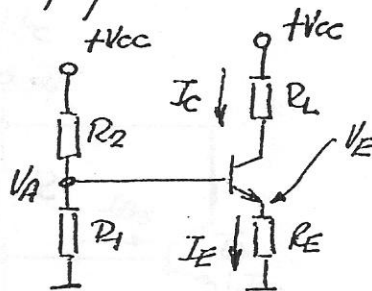


FUENTES DE CORRIENTE

Muy utilizadas en los circuitos integrados analógicos, como elementos de polarización o como cargas activas en las etapas amplificadoras.



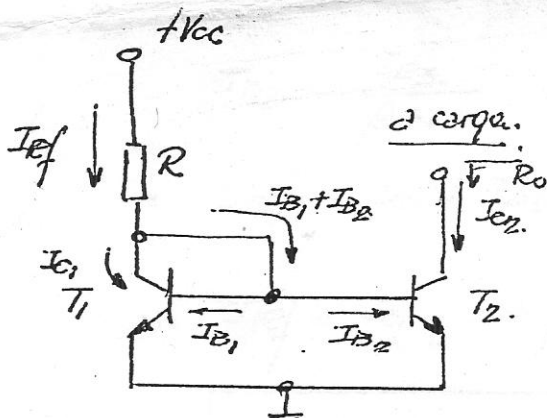
V_A es fija. Como $V_{BE} = 0,7V$, la corriente por emisor y colector es fija e independiente de la carga.

$$V_A \approx \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

$$V_E = V_A - 0,7V \quad \therefore I_E \approx I_C = \frac{V_E}{R_E}$$

\therefore es una fuente de corriente

Fuente de corriente simple o espejo.



Suponemos que ambos transistores son iguales y al tener iguales V_{BE} , tienen iguales corrientes de emisor.

$$I_{ref} = I_{C1} + I_{B1} + I_{B2}$$

$$\text{pero } I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} = \frac{I_{C1}}{\beta}$$

$$\therefore I_{ref} = I_{C1} + \frac{I_{C1}}{\beta} + \frac{I_{C1}}{\beta} = I_{C1} \left[1 + \frac{1}{\beta} + \frac{1}{\beta} \right]$$

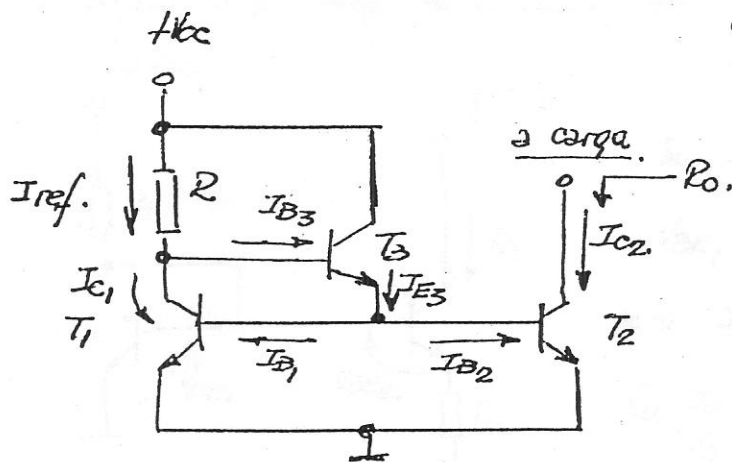
$$\therefore I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_{ref}}{1 + \frac{2}{\beta}} \quad \text{siendo } I_{ref} = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R}$$

$$\text{si } \beta \text{ es grande } \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = I_{ref}$$

$$R_o = r_{ce-T2}$$

Fuente espejo mejorada.

Los 3 transistores son iguales



$$I_{ref} = \frac{V_{cc} - V_{BE3} - V_{BE1}}{R}$$

$$I_{E3} = I_{B1} + I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} + \frac{I_{C2}}{\beta} = 2 \frac{I_{C2}}{\beta}$$

$$I_{B3} = \frac{I_{E3}}{\beta + 1}$$

$$* \quad I_{ref} = I_{C1} + I_{B3} = I_{C1} + \frac{I_{E3}}{\beta + 1} = I_{C1} + \frac{2 I_{C2}}{\beta(\beta + 1)}$$

$$\therefore I_{ref} = I_{C1} \left[1 + \frac{2}{\beta(\beta + 1)} \right]$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_{ref}}{1 + \frac{2}{\beta(\beta + 1)}} \approx \frac{I_{ref}}{1 + \frac{2}{\beta^2}}$$

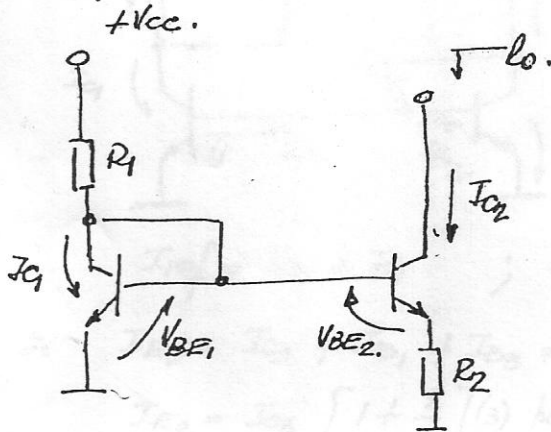
Si β es alto $\Rightarrow \underline{I_{C1} = I_{C2} \approx I_{ref}}$

$$R_o = r_{oeT2}$$

Fuente de corriente WIDLAR.

Las fuentes anteriores no sirven cuando se desea que $I_{C2} < I_{ref}$. Esta situación se plantea en muchísimos circuitos como por ejemplo en amplificadores diferenciales.

Se logra $I_{C2} < I_{ref}$ haciendo $V_{BE1} \neq V_{BE2}$



Si $I_{C2} \approx I_{E2}$ resulta:

$$V_{BE1} - V_{BE2} - I_{C2} \cdot R_2 = 0 \quad (1).$$

pero $I_C = I_S \cdot e^{V_{BE}/V_T}$

$$\text{Luego } \frac{I_C}{I_S} = \frac{V_{BE}}{V_T} \quad \text{Sólo } V_{BE} = V_T \cdot \ln \frac{I_C}{I_S}$$

reemplazando en (1) $V_{BE1} - V_{BE2} - I_{C2} \cdot R_2 = 0$

$$\text{resulta } V_T \cdot \ln \frac{I_{C1}}{I_{S1}} - V_T \cdot \ln \frac{I_{C2}}{I_{S2}} - I_{C2} \cdot R_2 = 0$$

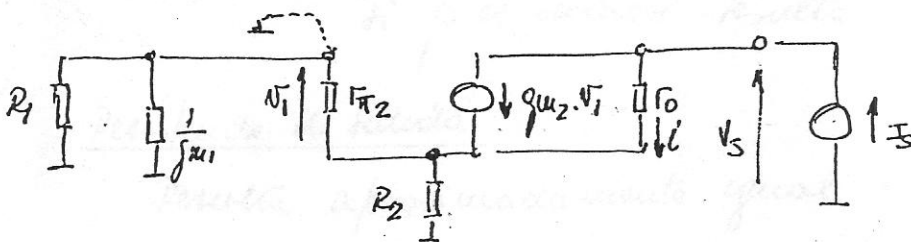
pero $I_{S1} = I_{S2}$ pues los transistores son iguales

$$V_T \cdot \ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}} = I_{C2} \cdot R_2.$$

$$\text{y siendo } I_{C1} \approx I_{ref} = \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_1}$$

$$\text{resulta } V_T \cdot \ln \left(\frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_1 \cdot I_{C2}} \right) = I_{C2} \cdot R_2.$$

Resistencia de salida



$\frac{1}{g_{m1}}$ es muy pequeño respecto de $r_{\pi 2}$, razón por la cual podemos considerar ~~que~~ que el extremo de $r_{\pi 2}$ está a masa.

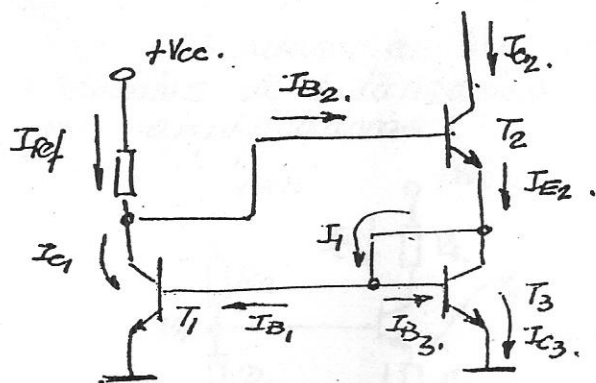
$$v_i = -I_S (r_{\pi 2} \parallel R_2) \quad \text{siendo } i_s = g_{m2} \cdot v_i + i$$

$$i = I_S - g_{m2} \cdot v_i = i_s - g_{m2} [-I_S (r_{\pi 2} \parallel R_2)] = I_S [1 + g_{m2} (r_{\pi 2} \parallel R_2)]$$

$$\text{por otra parte: } v_s = -v_i + i R_0 = I_S (r_{\pi 2} \parallel R_2) + I_S R_0 [1 + g_{m2} (r_{\pi 2} \parallel R_2)]$$

$$R_0 = \frac{v_s}{I_S} = (r_{\pi 2} \parallel R_2) + R_0 [1 + g_{m2} (r_{\pi 2} \parallel R_2)] \approx R_0 [1 + g_{m2} (r_{\pi 2} \parallel R_2)]$$

Fuente de WILSON.



$$I_{ref} = I_{B2} + I_{C1} \quad ; \quad I_{E2} = I_{C3} + I_1 \text{ siendo } I_1 = I_{B1} + I_{B3}. \quad (1)$$

$$\therefore I_{E2} = I_{C3} + I_{B1} + I_{B3} = I_{C3} + \frac{I_{C1}}{\beta} + \frac{I_{C3}}{\beta} \quad (2)$$

$$I_{E2} = I_{C3} \left[1 + \frac{2}{\beta} \right] \quad (3) \text{ pero } I_{C2} = \alpha I_{E2} = \frac{\beta}{\beta+1} \cdot I_{E2}.$$

$$\text{en consecuencia } I_{C2} = \frac{\beta}{\beta+1} \cdot I_{C3} \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \quad (4)$$

$$\text{pero } I_{C1} = I_{ref} - \frac{I_{C2}}{\beta} \Rightarrow \beta I_{C1} = \beta I_{ref} - I_{C2}$$

$$I_{C2} = \beta I_{ref} - \beta I_{C1} \quad (5)$$

operando con las expresiones (1) y (5) se llega a:

$$\boxed{I_{C2} = I_{ref} \cdot \left(1 - \frac{2}{\beta^2 + 2\beta + 2} \right)}$$

si β es elevado resulta $\underline{I_{C2} \cong I_{ref}}$.

Resistencia de salida

Resulta aproximadamente igual a $\beta r_{ce2}/2$

Ello se puede obtener planteando el circuito incremental de la fuente dada.