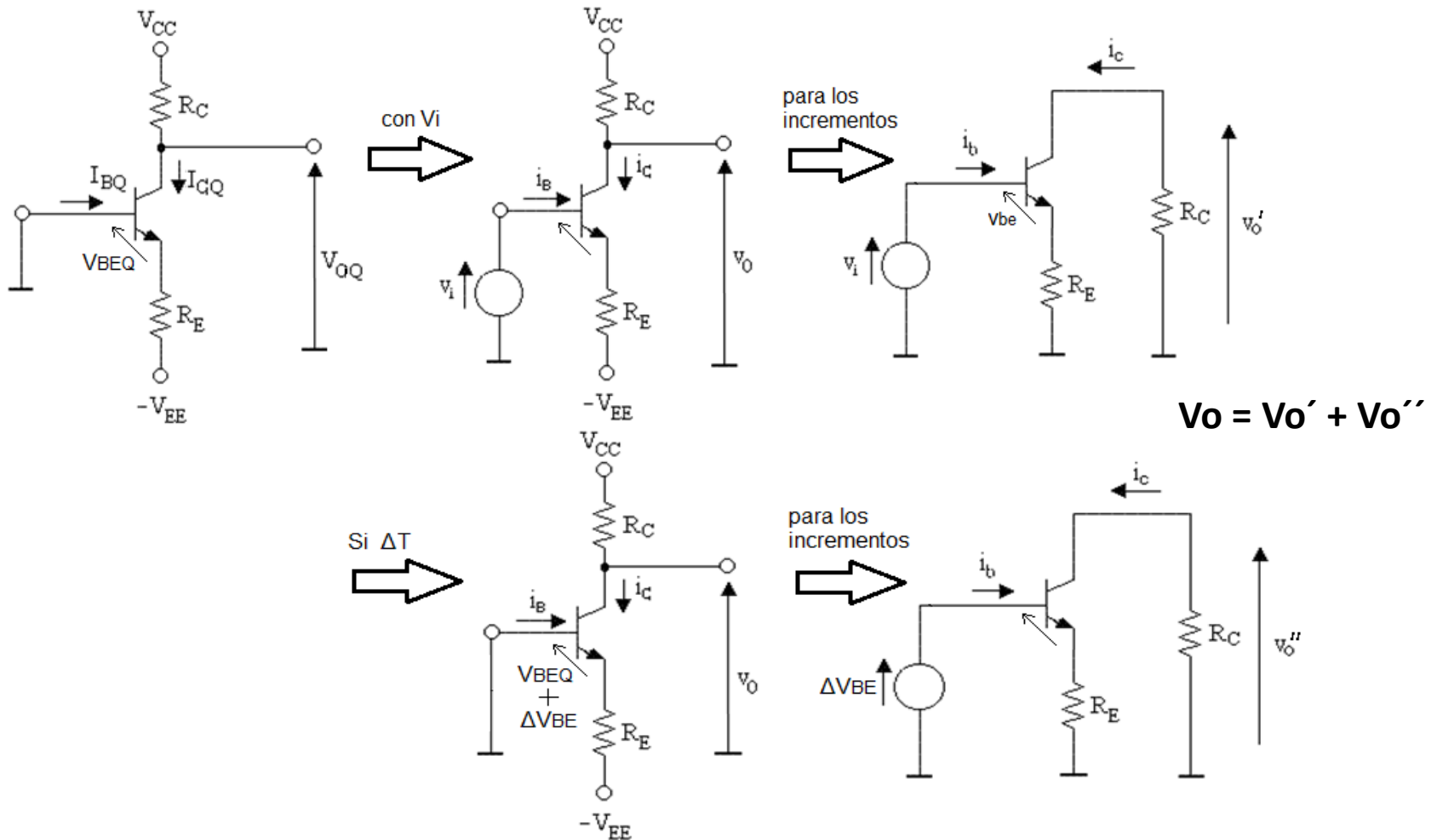


Amplificadores Diferenciales

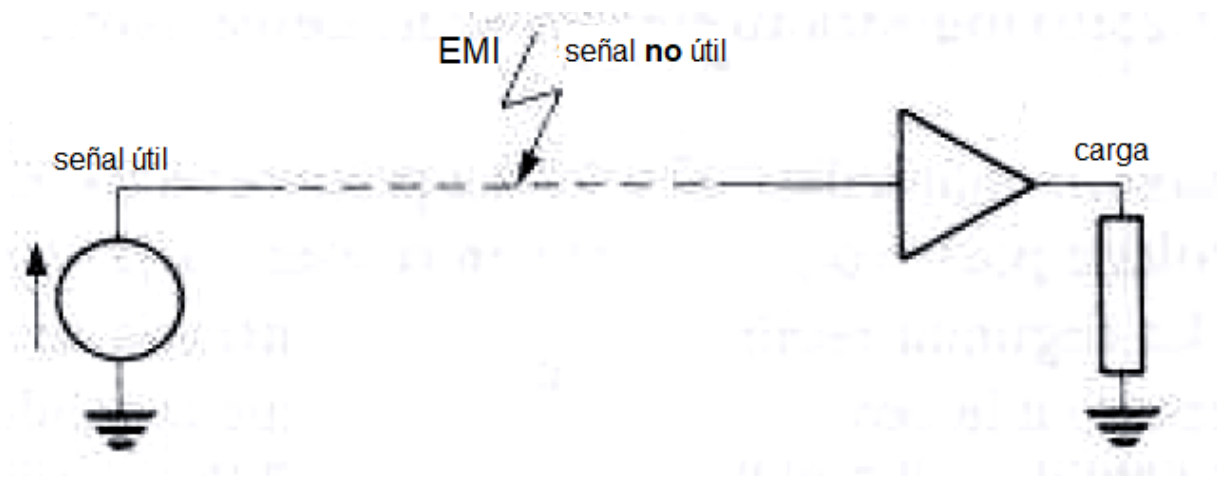
¿Por qué usar un amplificador diferencial?

Ejemplo 1: amplificador de continua

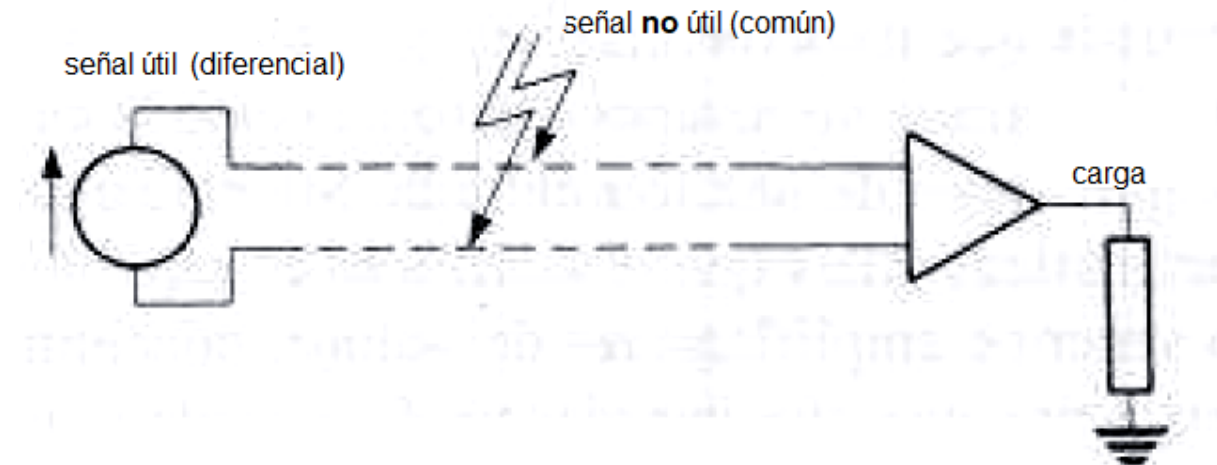


¿Por qué usar un amplificador diferencial?

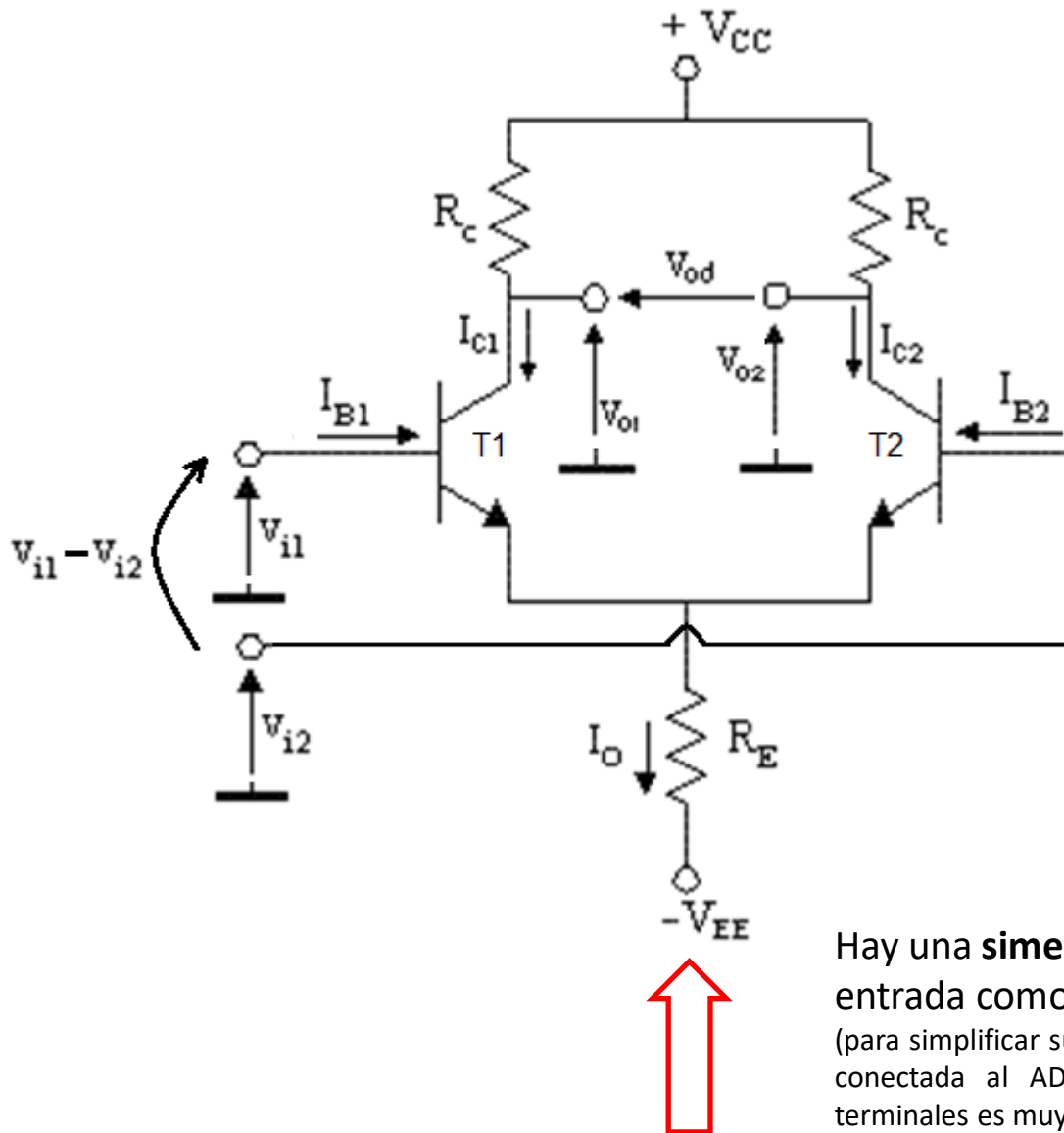
Ejemplo 2: sensor conectado mediante un cable largo



Solución:



El par diferencial



En reposo ($V_i=0$):

$$I_o = (V_{EE} - 0,7V)/R_E$$

Y admitiendo **T1 = T2**:

$$I_{C1Q} = I_{C2Q} = I_o/2$$

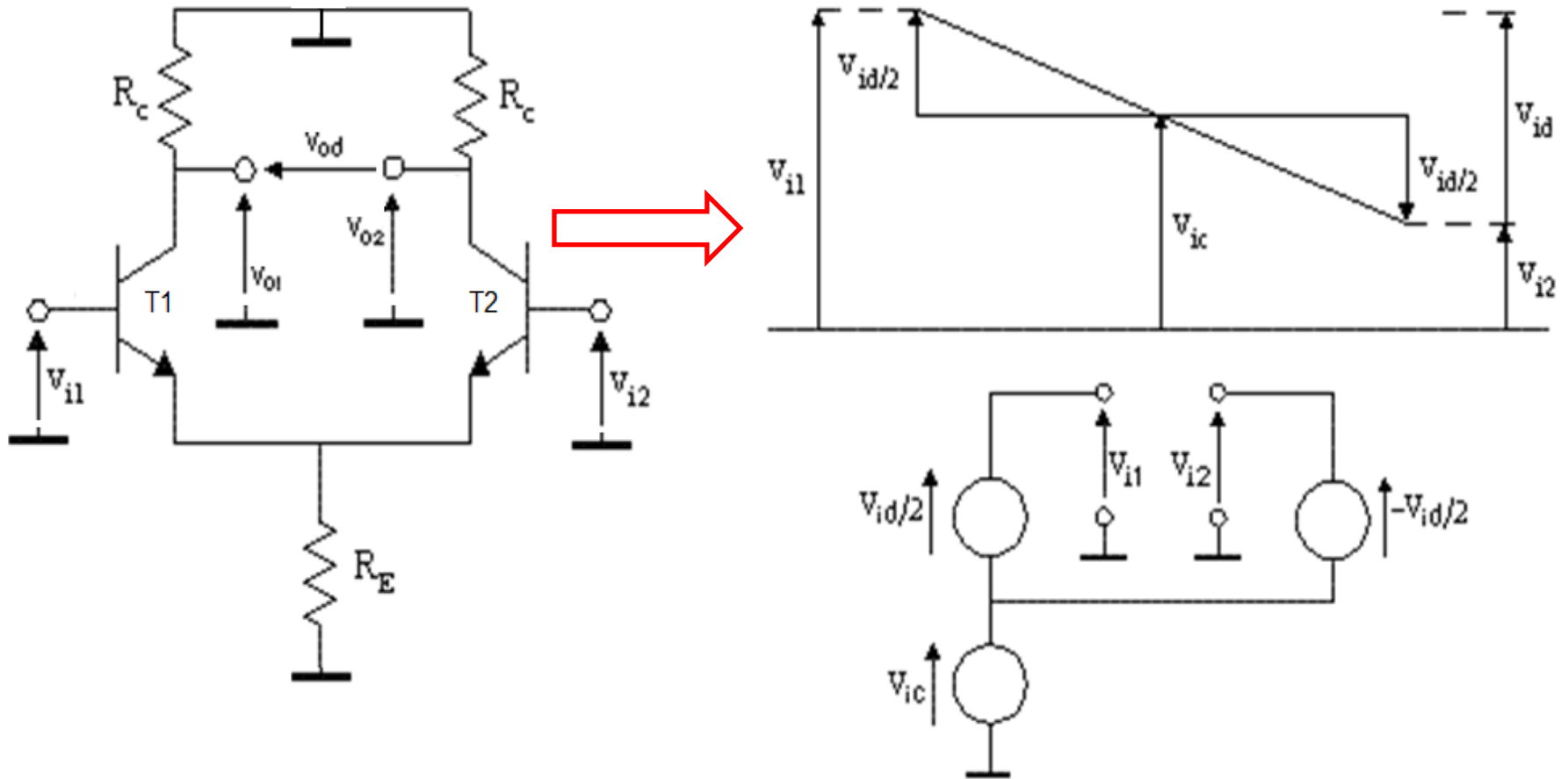
$$V_{odQ} = 0$$

Hay una **simetría** tanto para la entrada como para la salida

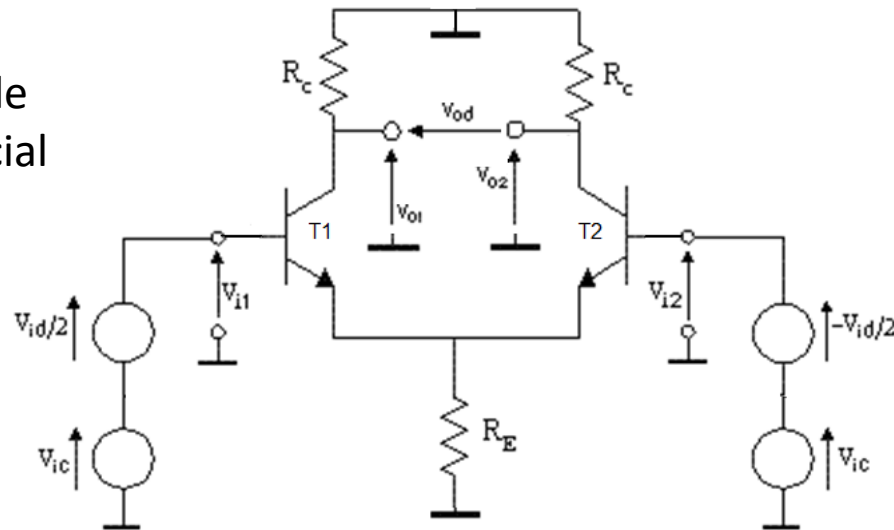
(para simplificar supondremos que la carga conectada al AD en cualquiera de sus terminales es muy elevada respecto de R_C)

¿Cómo analizar el comportamiento de las señales?

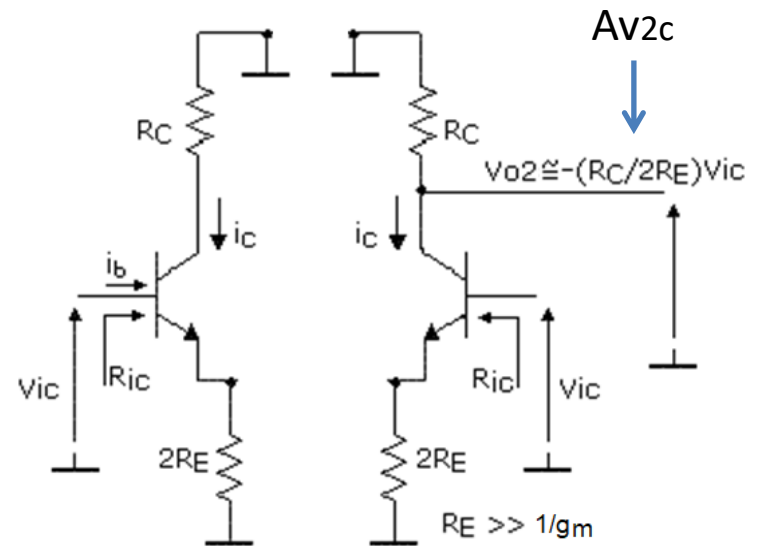
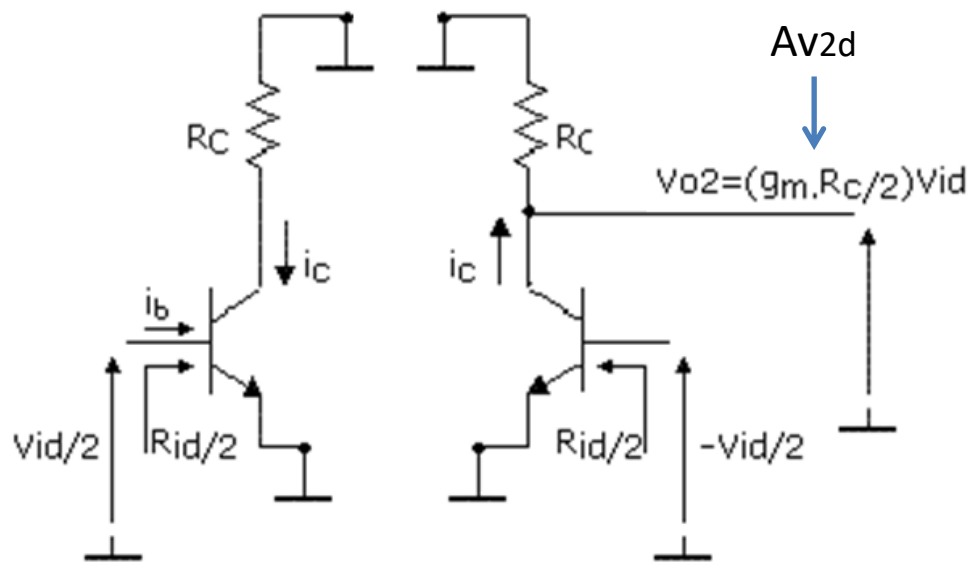
Se transforman las señales de entrada aprovechando la simetría del circuito:



Hemicircuito de modo diferencial



Hemicircuito de modo común



Valoración del Rechazo a señales comunes

Para la salida V_{o2} indicada:

$$A_{v2d} = v_{o2}/v_{id} = g_m R_c/2$$

$$A_{v2c} = v_{o2}/v_{ic} = -R_c/2R_E$$



$$RRMC = |A_{v2d} / A_{v2c}| = g_m R_E$$

Ejemplo: $|V_{CC}| = |V_{EE}| = 10V$, $R_c = 10K\Omega$ y $R_E = 9,3K\Omega$

\Rightarrow en reposo $I_o = (V_{EE} - 0,7V)/R_E = 1mA$; $V_{o1Q} = V_{o2Q} = 5V$; $V_{odQ} = 0$

$$A_{v2d} = v_{o2}/v_{id} = 100$$

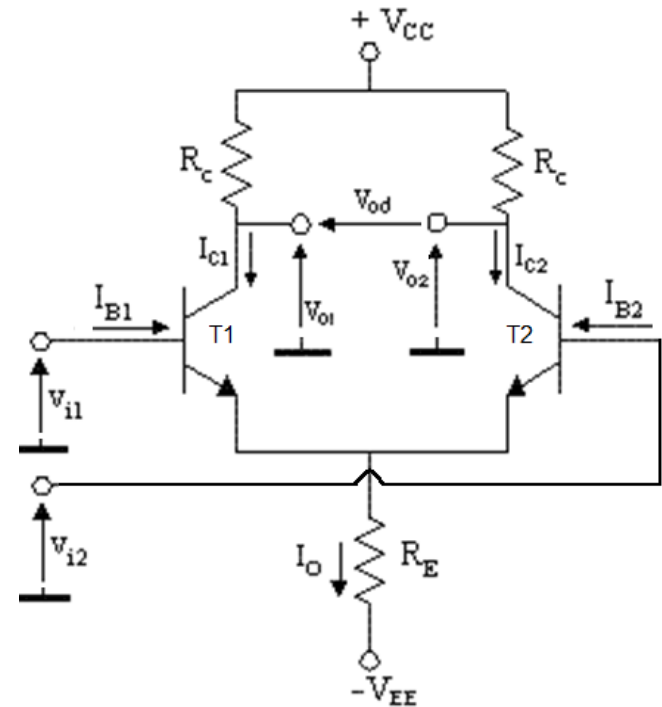
$$A_{v2c} = V_{o2}/v_{ic} = -0,54$$

Por simetría: $A_{v1d} = v_{o1}/v_{id} = -100$
 $A_{v1c} = V_{o1}/v_{ic} = -0,54$

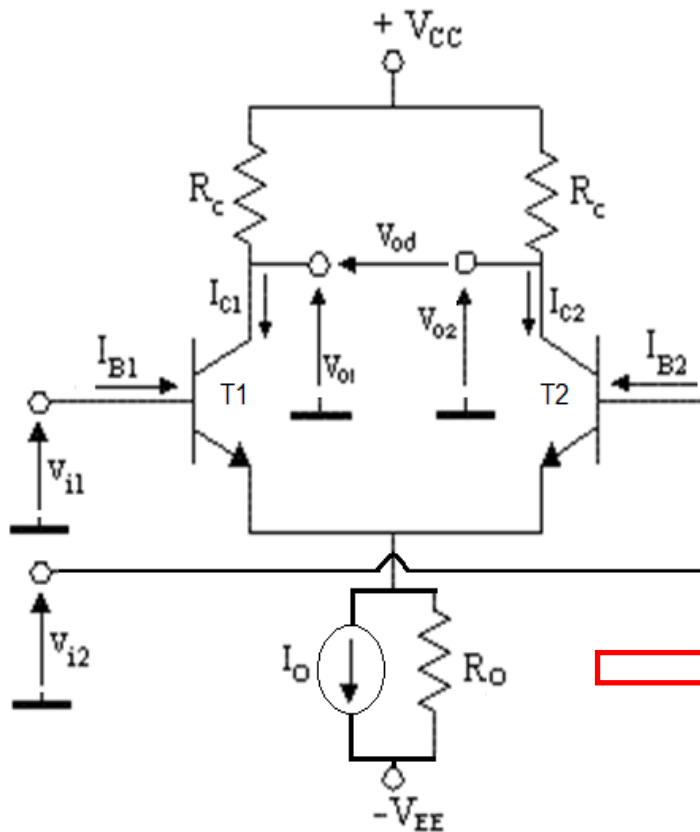
Nota: dada la simetría, para V_{od} no habría influencia del modo común $A_{vdc} = V_{od}/v_{ic} = 0$ (vamos a volver sobre el tema)

$$RRMC = |A_{vd} / A_{vc}| = g_m R_E = 186 = \mathbf{45dB}$$

Valor muy bajo

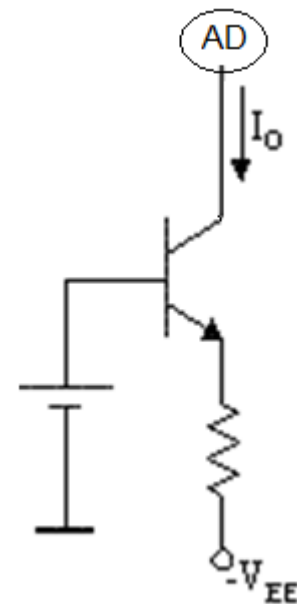


Polarizando el AD con una fuente de corriente \Rightarrow **RRMC $\uparrow\uparrow$**

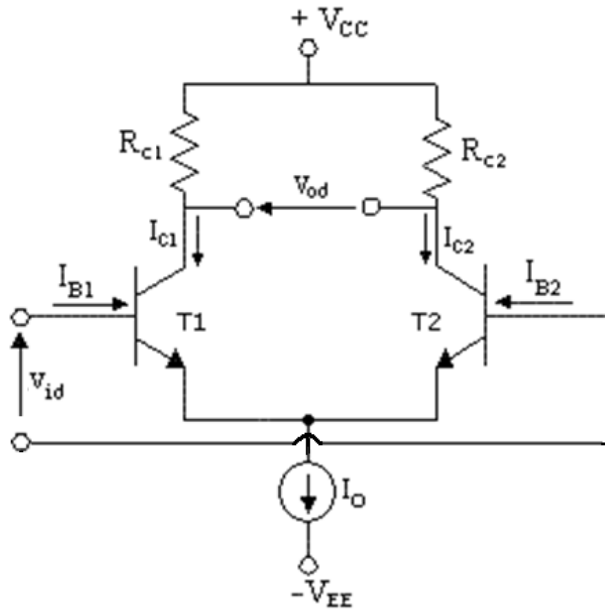


Para los valores planteados, si $R_o = 1\text{M}\Omega$

$$\Rightarrow \text{RRMC} = g_m R_o = \mathbf{86\text{dB}}$$



¿Cómo se evalúa la simetría?

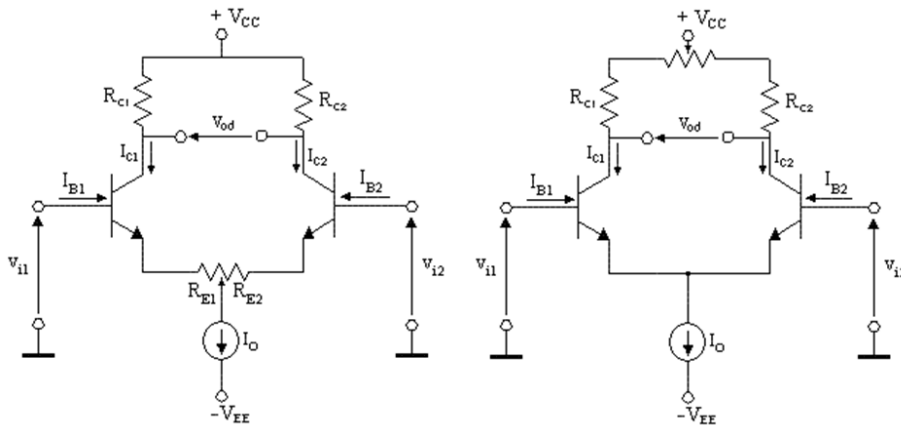


¿Y si ambas ramas no son idénticas?
(por ej. $\Delta R_C/R_C < 2\%$) $\Rightarrow V_{odQ} \neq 0$

Se define $V_{offset} = V_{id}$ para $V_{odQ} = 0$

$0,1\text{mV} < V_{offset} < 10\text{mV}$ aprox.

formas de ajuste de offset
con un preset externo



Recordando la nota del ejemplo:

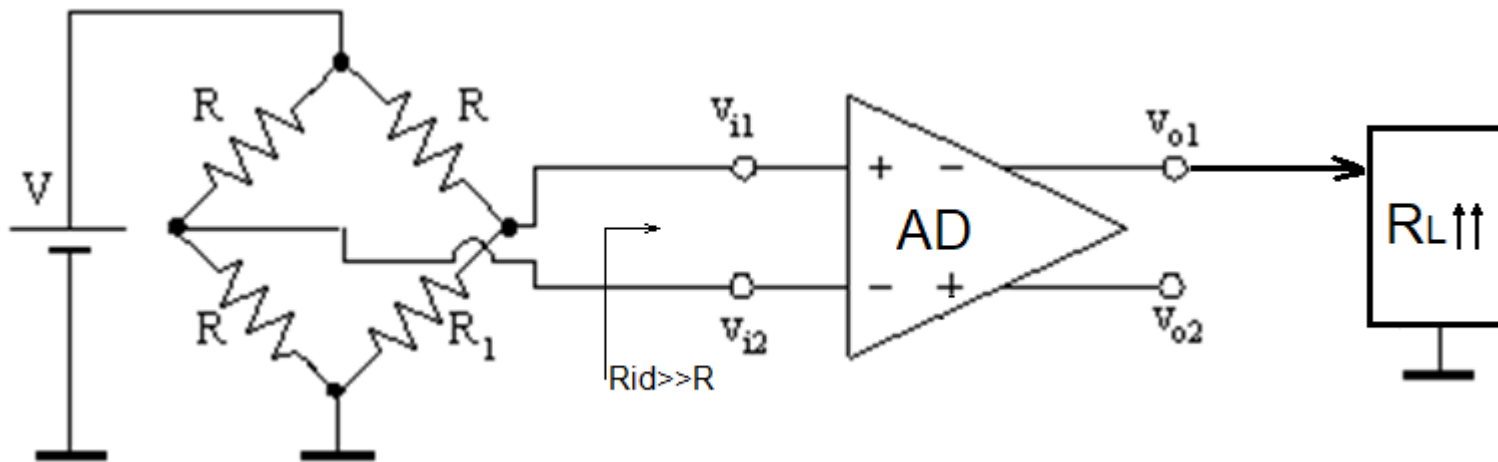
En condiciones reales $A_{vdc} \neq 0$
por los desapareamientos.

También habría que evaluar:

$$I_{offset} = I_{B1} - I_{B2}$$

$$\Delta V_{offset} / \Delta T \text{ (drift de offset)}$$

Un ejemplo:



Supongamos: $R = 2\text{K}\Omega$; $R_1 = 1,984\text{K}\Omega$; $V = 1\text{V}$; $A_{v1d} = -400$; $RRMC = 120\text{dB}$

$$v_{i1} = 0,5\text{V} ; v_{i2} = 0,498\text{V} \Rightarrow v_{id} = 2\text{mV} \Rightarrow v_{o1} \cong -800\text{mV}$$

La contribución de $v_{ic} \cong 0,5\text{V}$ sobre v_{o1} será $0,2\text{mV}$ (se amplifica 10^6 veces menos que v_{id})

Resumen

- El AD posee una configuración simétrica que permite amplificar diferencias de señales entre dos entradas (o señales en contrafase) y atenúa o amplifica en mucho menor medida señales comunes (o en fase).
- Un parámetro importante que caracteriza al AD es la RRMC.
La RRMC aumenta polarizando el AD con una fuente de corriente (transistor).
Con igual criterio podrían utilizarse transistores para reemplazar los resistores de colector ($A_{vd} \uparrow \uparrow$) - cargas activas).
- Otro parámetro importante que caracteriza al AD, en cuanto a su simetría, es el offset.
- Otros parámetros que también ayudan a caracterizar al AD son:
 - Rango de modo común.
 - Rechazo a las variaciones de la alimentación.
 - Ancho de banda.
 - Ruido: particularmente por ser la etapa de entrada de un OPAMP.