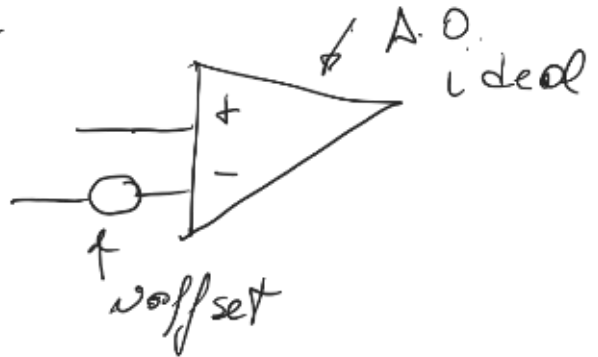


# Imperfecciones DC de los A.O.

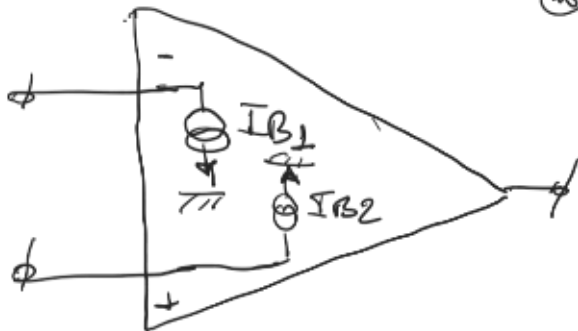
$v_{offset}$



Corrientes de polarización  
Dependiendo de la tecnología

el A.O. toma cierta corriente DC por sus entradas que se denominan corriente de polarización.

⇒ Modelo:



⊗ pueden ser entrantes o salientes (en func. según el modelo de A.O.)

⊗ Es un número  $\neq 0$  que  $R_i \neq \infty$   
 $R_i \neq 00$



En general el fabricante especifica:

⊗ Corriente de polarización:  $I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2}$   
(Bias Current)

④ Corriente de offset:  $I_{offset} = |I_{B1} - I_{B2}|$

$$I_{offset} \ll I_B$$

$$I_{B1} = I_B + I_{offset}/2$$

$$I_{B2} = I_B - I_{offset}/2$$

A.O. tecnología bipolar  $\rightarrow I_B = 80 \mu A$  tip  
 500  $\mu A$  max  
 (ej. 741)  $\rightarrow I_{offset} = 20 \mu A$  tip  
 200  $\mu A$  max

A.O. tecnología FET: caso MOSFET  
 caso TLC 271  $\rightarrow$

$I_B$  teóricamente  $\cong 0$

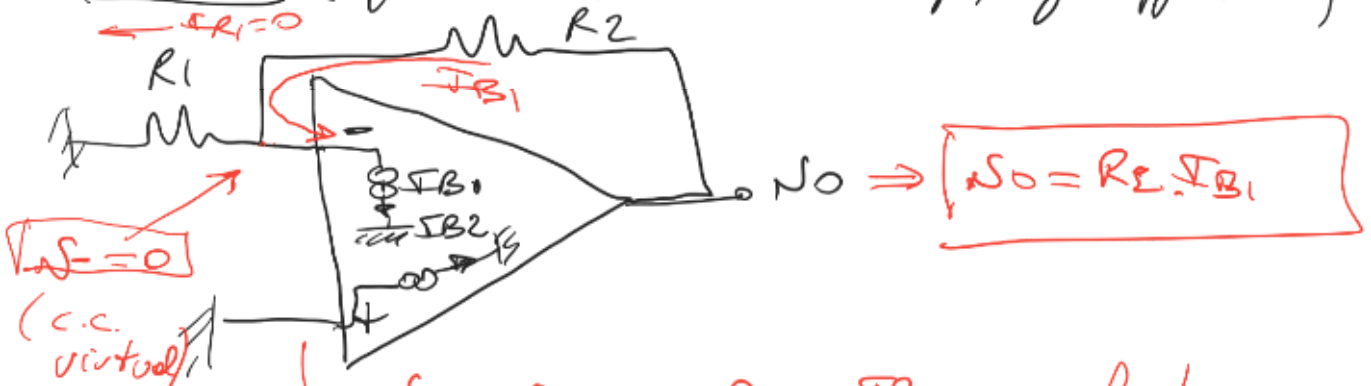
pero en la práctica:  $\sim \mu A$ .

$I_B$  tip = 0.2  $\mu A$  max 60  $\mu A$

$I_{offset}$  tip = 0.1  $\mu A$ , max 60  $\mu A$

Ej. un pecto (análisis) amp. inversor  
 no inversor:  $\Rightarrow$  Aplicar superposición

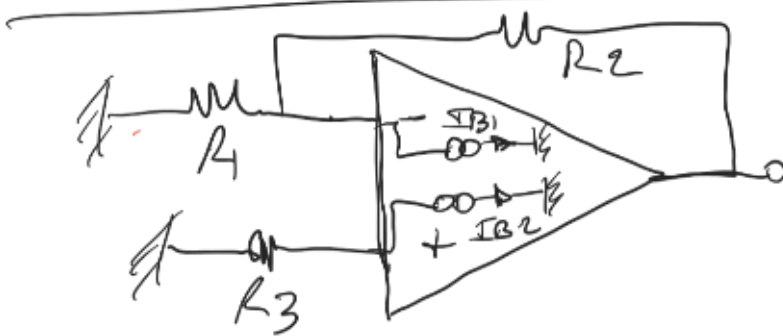
$N_i = 0$  (por dos fuentes indep, ej  $V_{offset} = 0$ )



1  $\rightarrow V_+ = 0, I_{B2} = 0 \Rightarrow V_{s2}$  no afecta

Ej: 741,  $I_{B1} = I_B + \frac{I_{offset}}{2} = 500\mu A + \frac{200\mu A}{2}$

$\Rightarrow I_{B1} = 600\mu A \rightarrow I_{B1, max.}$  }  $\Rightarrow N_{op} =$   
 $= 6000 \times 10^{-3} V$   
 $= 6V!!$   
 Si por q.  $R_2 = 10k\Omega$  (por caso)



A.O. ideal  $R_3$  no afecta el resultado de  $V_o/V_i$

$V_+ = -R_3 \cdot I_{B2}$

$\rightarrow$  haciendo ceratos (modo en terminal -):

$V_o = -I_{B2} \left( R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \right) + R_2 \cdot I_{B1}$

Para que el resultado dependa de  $I_{offset}$  ( $|I_{B1} - I_{B2}|$ )

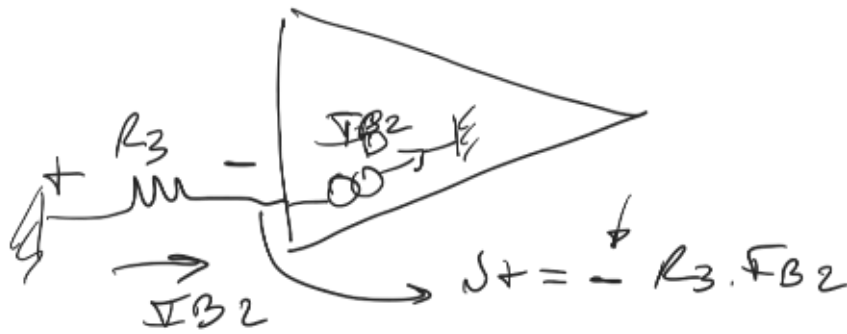
$\Rightarrow$  Si  $R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} = R_2 \Leftrightarrow R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$\Rightarrow V_o = +R_2 \cdot I_{offset}$

$\parallel R_1 \parallel R_2$

$\rightarrow$  regla mnemotécnica:  
 1. ... modo terminal + tiene

La R visto desde terminal -  
 fue ser igual a R visto desde terminal -

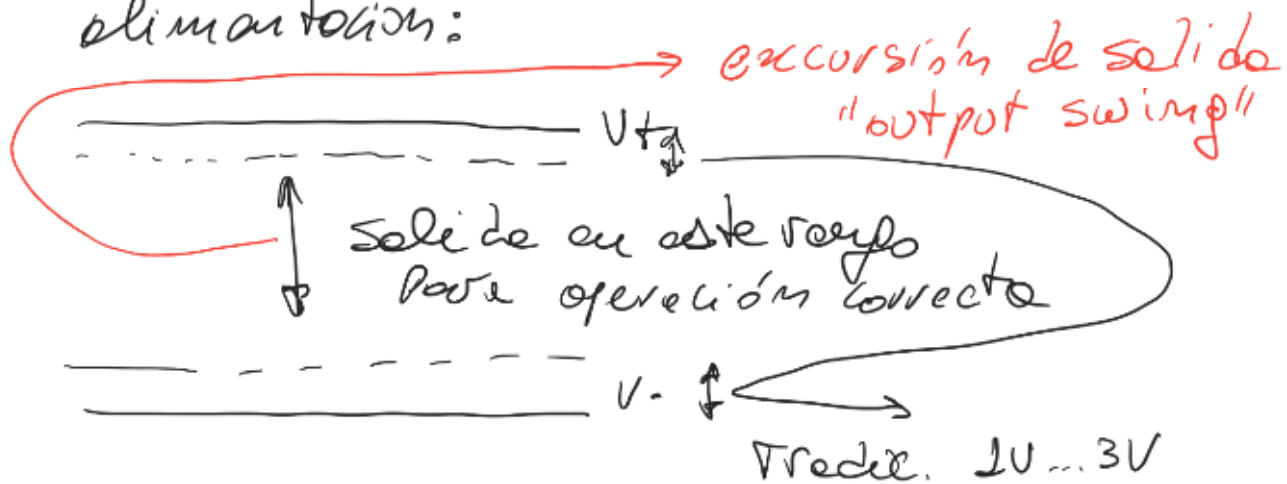


No idealidades de gran señal

No idealidades que ocurren cuando la amplitud (o la salida) es suficientemente grande.

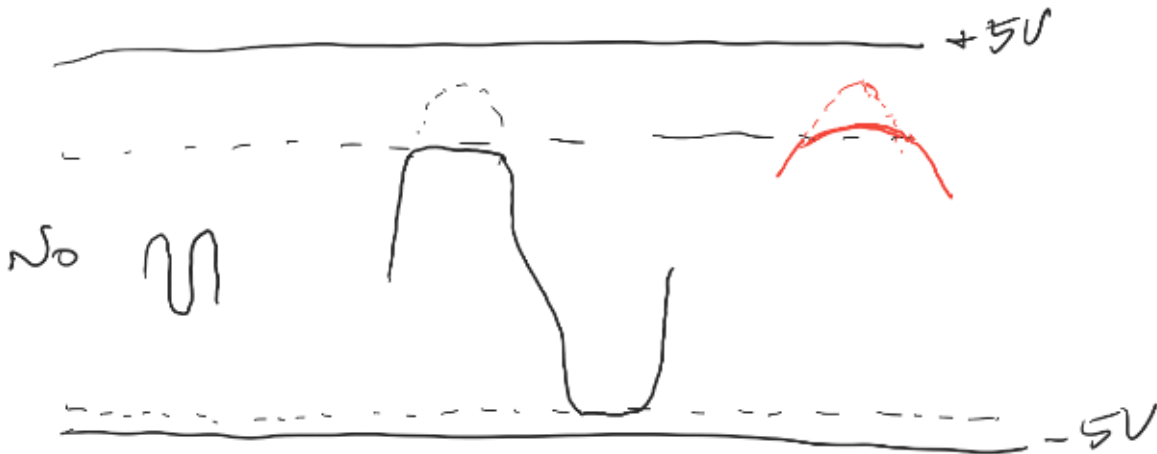
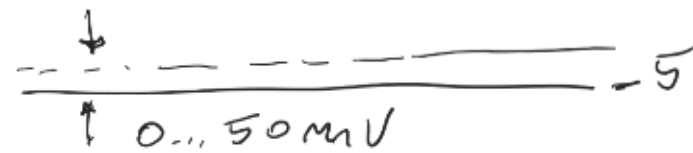
Saturación: (Excursión de salida)

Los A.O. operan linealmente, de acuerdo a especificaciones en un cierto rango de tensiones dentro de los límites de alimentación:



∩ Ab. A.O. con salida "rail-to-rail"  
 ⇒ se pierde  $< 0.5V$  de cada lado  
 o incluso  $\sim 0.1V$  o menos

TLC271



Importante: 1) si A.O. está saturado

⇒ no vale c.c. virtual

c.c. virtual era porque  $\frac{V_{\text{cortado}}}{A \rightarrow \infty} \rightarrow 0$

no vale si está saturado

2) Hay circuitos que operan deliberadamente en saturación.

Ej: comparadores, Schmitt trigger.

Slew-rate

⇒ por su estructura interna un A.O. tiene limitado la máxima pendiente (dvo) con que puede variar su salida.

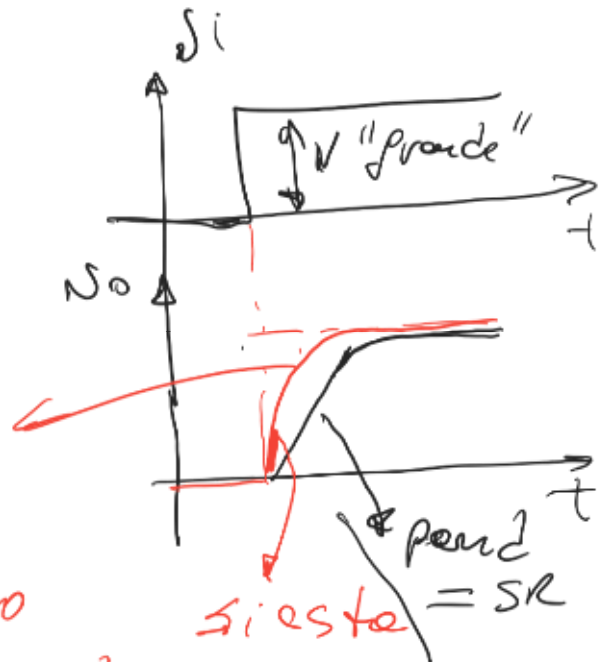
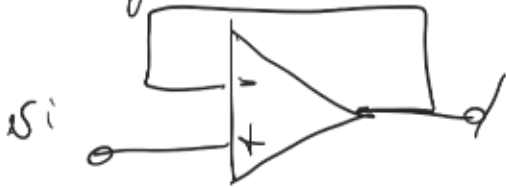
( $\sqrt{f}$ )  
 A ese limite se le llama slew rate (SR)

$[V/s]$ ,  $[V/\mu s]$

Ej. TLC271: 3.6 V/ $\mu s$

A.O. de alta Velocidad: SR: miles V/ $\mu s$   
 (2500 V/ $\mu s$ )

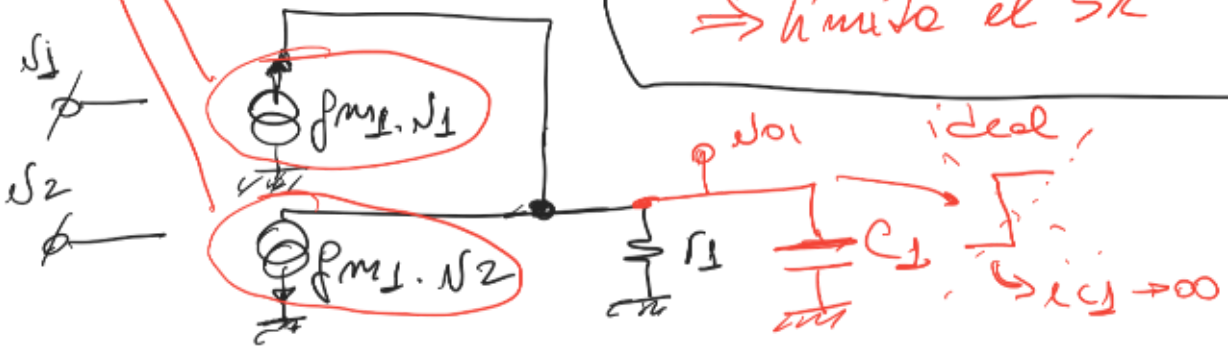
Ej: de efecto del SR:



limitadas a un cierto valor max  
 Idea de ipem:

debido a ancho de banda finito

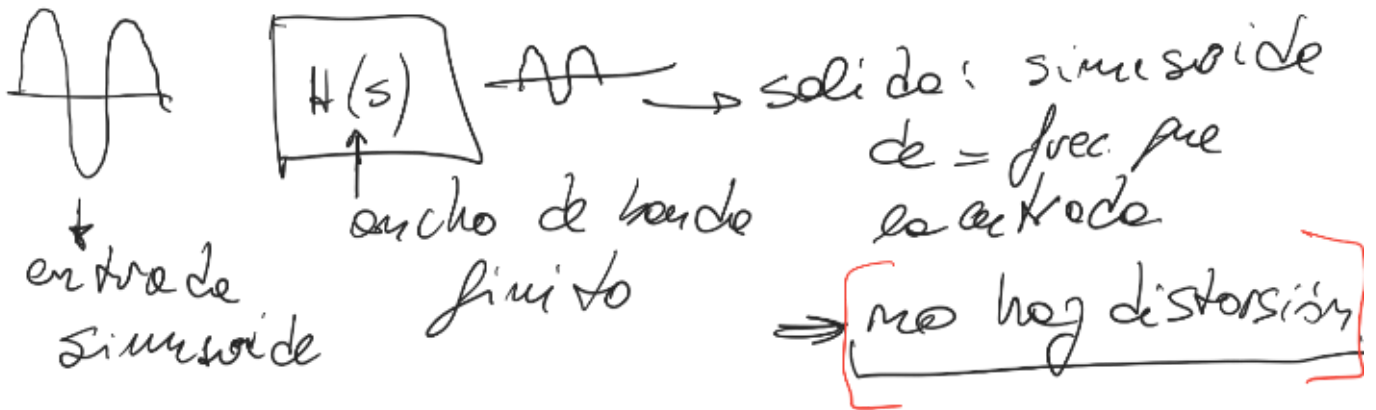
$\Rightarrow$  limite el SR



$\Rightarrow$  Como corriente de carga de  $C_L$  está limitada  $\Rightarrow$  tb. lo está la pendiente (la velocidad) con que puede variar la tensión en el  $C_L \rightarrow \text{SR}$

### Ancho de banda finito

→ es otro fenómeno que limita la velocidad de variación de la salida  
pero: es un fenómeno lineal



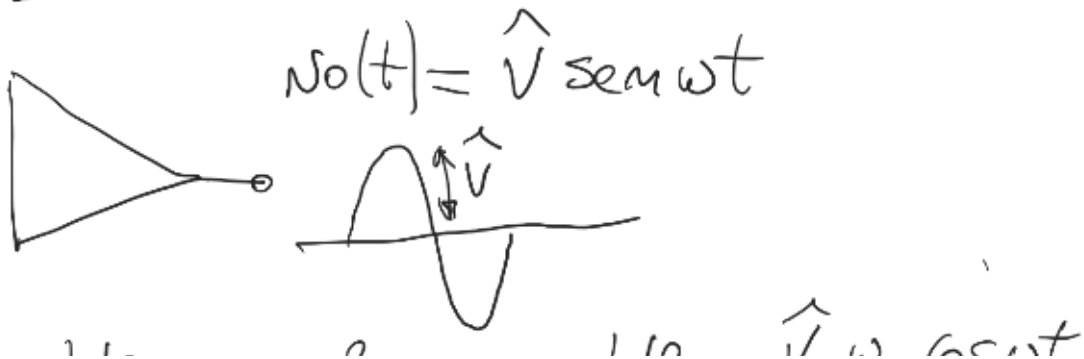
### SR: fenómeno no lineal

→ genera distorsión



sinusoidal e la de entrada + armónicos (múltiplos de la freq. de entrada).

### Condición para que afecte el SR



$$\Rightarrow \frac{dV_O}{dt} > SR! \quad , \quad \frac{dV_O}{dt} = v \cdot \omega \cdot \omega_{sw}$$

$$\Rightarrow \max\left(\frac{dV_O}{dt}\right) = \left.\frac{dV_O}{dt}\right|_{t=0} = \hat{V} \cdot \omega$$

$\Rightarrow SR$  no afecta (no hay distorsión)

$$\Leftrightarrow \boxed{\hat{V} \cdot \omega < SR}$$

Ej: Si  $\hat{V}_{max} = V_{omax}$  dado por la saturación

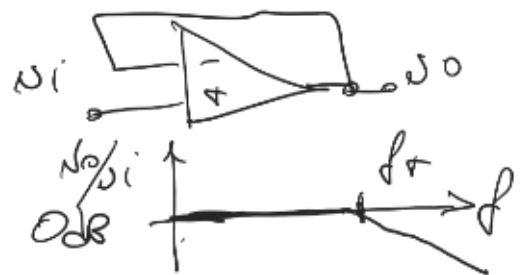
$$\Rightarrow \boxed{f_{max} = \frac{SR}{2\pi \cdot V_{omax}}}$$

Ej: TLC271:  
 $SR = 4.6V/\mu s$  (@  $V_{DD} = 10V$ )  
 $V_{omax} = \frac{8.5V}{2}$  (@  $V_{DD} = 10V$ )  
 (5.3V/ps)

"full power bandwidth"  
 "ancho de banda a plena potencia"  $f_{max} = 170 kHz$

Si  $f = f_T$  (ancho de banda del seguidor)

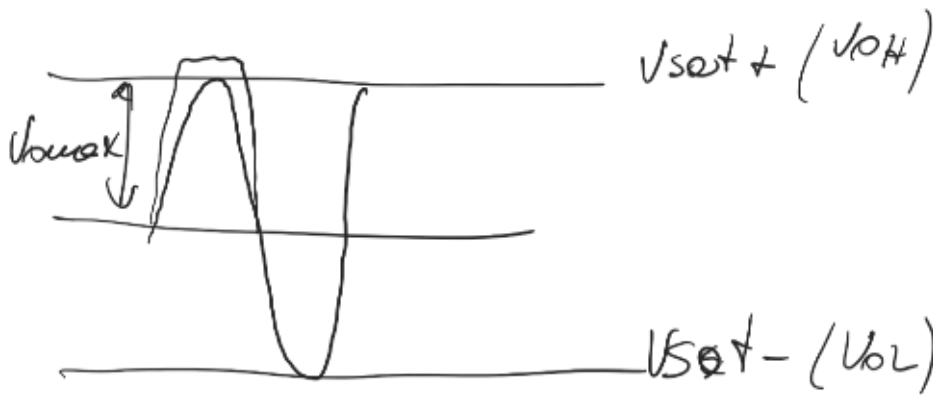
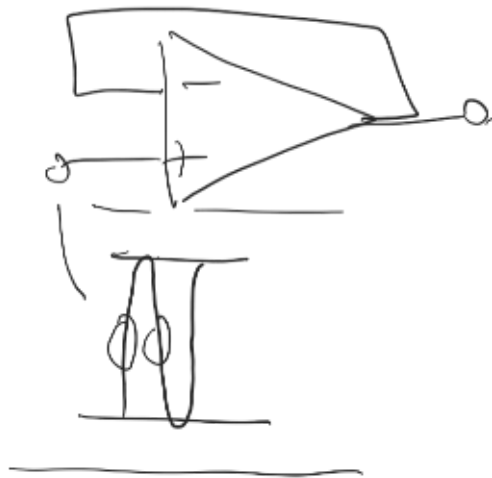
$$\Rightarrow \boxed{\hat{V} < \frac{SR}{2\pi \cdot f_T}}$$



Ej: TLC271

$$\left. \begin{array}{l} f_T = 2.2 MHz \\ SR = 5.3V/\mu s \end{array} \right\} \Rightarrow \hat{V} < \frac{5.3 \times 6}{2\pi \cdot 2.2 \times 6} = 0.38V !!$$





Otras no idealidades

Ya vistas:

- ⊗  $R_i$
- ⊗  $R_o$

---

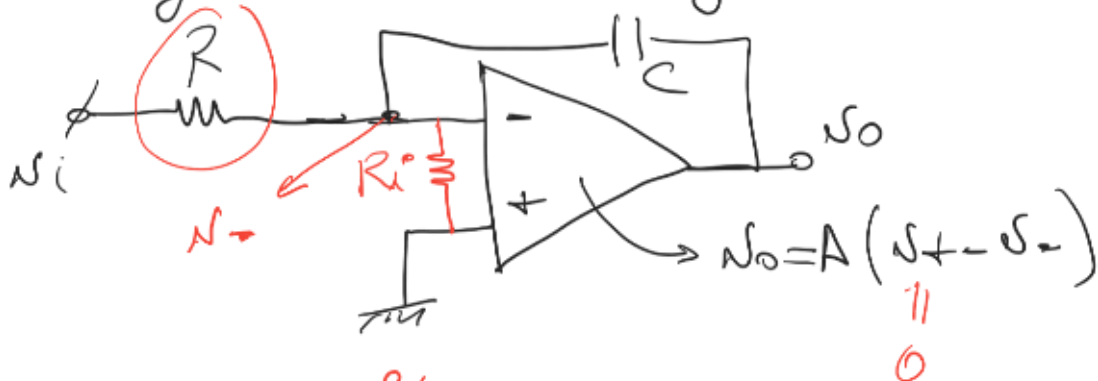
- ⊗  $I_{Omax}$
- ⊗ Ruido (EA2)
- ⊗ Consumo

- ⊗ A, BW finitos
- ⊗  $A_{cl}$ , CMRR
- ⊗ DC (voffset,  $I_{bias}$ )
- ⊗ Gran señal saturac. y SR.

- 1) Integrador real
- 2) As table

# Integrador real:

1) Influencia de  $A$  y  $R_i$



$$\Rightarrow \frac{N_o}{N_i} = \frac{-A \cdot R_i}{R_i + R + R \cdot R_i \cdot C s (1+A)}$$

$$= \frac{-1}{\frac{1}{A} \left(1 + \frac{R}{R_i}\right) + R C s \left(\frac{1}{A} + 1\right)} = (*)$$

Si  $A \rightarrow \infty$  (caso ideal)  $\Rightarrow \frac{N_o}{N_i} \Rightarrow \frac{-1}{R C s}$  ✓

(\*)  $R_i$  solo aparece en el término:

$$\left(1 + \frac{R}{R_i}\right) \Leftrightarrow \frac{R}{R_i} \ll 1 \rightarrow \boxed{R_i \gg R}$$

$$(*) \approx \frac{-1}{\frac{1}{A} + R C s}$$

$A \gg 1$  ( $1/A \ll 1$ )

$$\frac{N_o}{N_i} \approx \frac{-1}{\frac{1}{A} + R C s}$$

$s \rightarrow 0 \rightarrow \frac{N_o}{N_i} = -A$   
(ganancia del A.O)



---

---

Efecto de offset y corrientes de polarización

---

→ "Deber": pensó fue cosa si se considera esto en el circuito exterior.