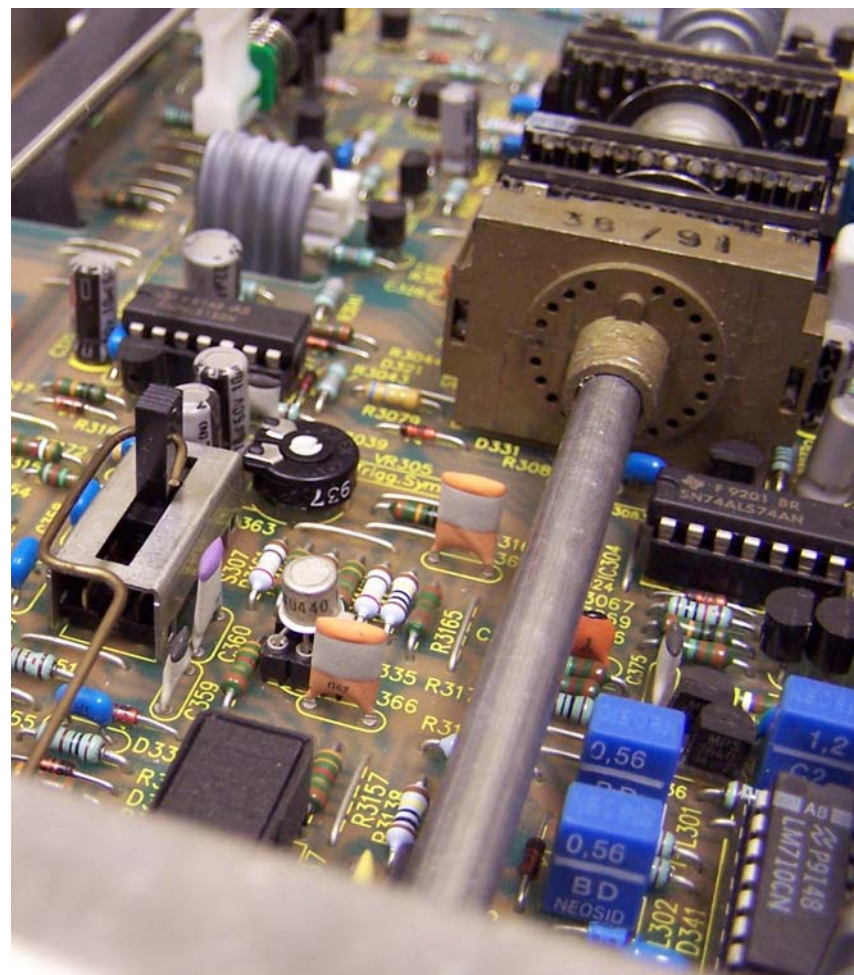


Dispositivos Electrónicos II

CURSO 2010-11

Tema 10 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL (I)

Miguel Ángel Domínguez Gómez
Camilo Quintáns Graña



DEPARTAMENTO DE
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD DE VIGO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL (I)

1. **Amplificador Operacional Ideal.**
Función de transferencia.
Modelo equivalente y parámetros ideales.
2. **Montaje en Bucle Abierto.**
3. **Concepto de realimentación. AO en Bucle Cerrado.**
4. **Pasos para analizar circuitos con AO Ideales.**
5. **Amplificador Inversor.**
6. **Amplificador No Inversor.**

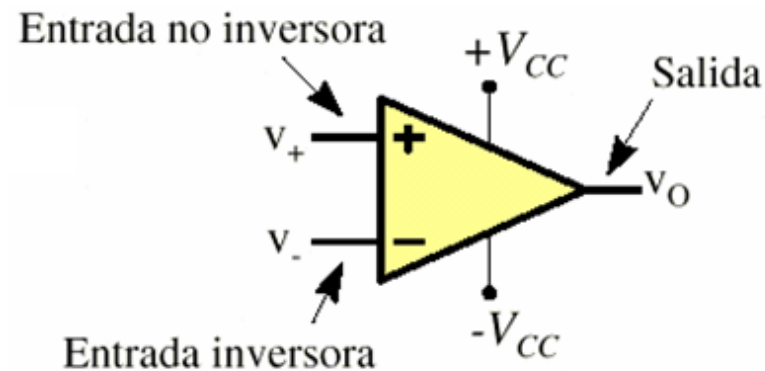
Amplificador Operacional (AO):

- **Circuito Integrado Analógico** de uso universal (no de aplicación específica). Se emplea como bloque funcional para facilitar el diseño de circuitos electrónicos analógicos.
- Su nombre es debido a que se originó en los Circuitos de las **Primeras Calculadoras Analógicas** y se utilizaba para **realizar operaciones** con señales (suma, integración, etc...)
- Simplifican el diseño de los circuitos analógicos.
- Permiten diseñar bloques analógicos básicos cuyos parámetros dependen fundamentalmente de los componentes pasivos empleados.
- Permiten realizar bloques complejos con pocos componentes.

1. Amplificador Operacional Ideal

- *Es un modelo matemático (abstracto).*
- *Amplificador diferencial de Acoplo Directo y Ganancia Infinita.*

Símbolo del AO:

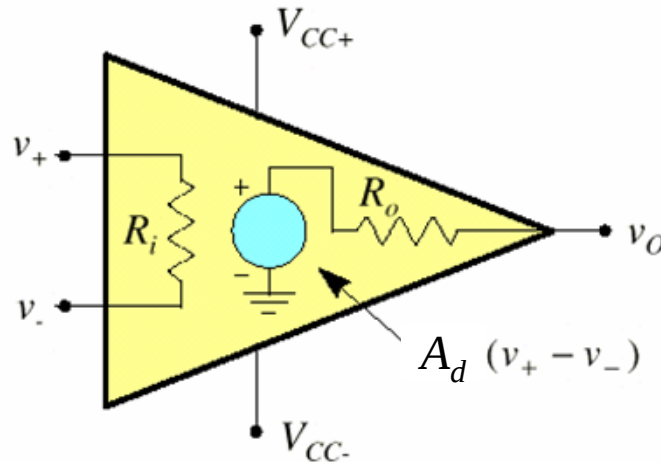


$$v_O = A_d (v_+ - v_-)$$

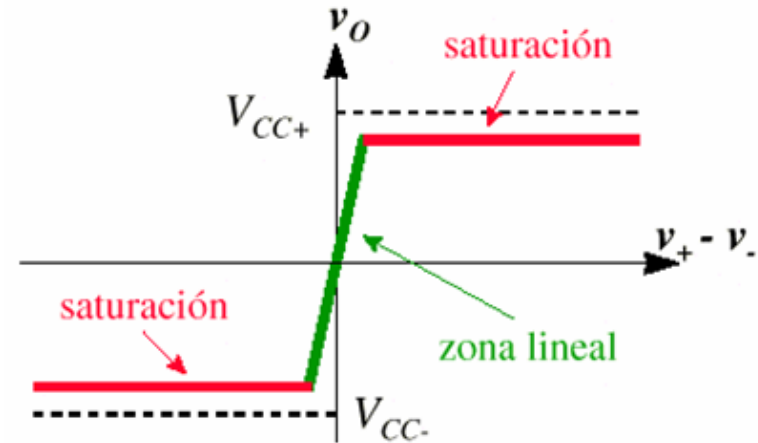
$$-V_{CC} \leq v_O \leq +V_{CC}$$

Vcc se puede considerar infinita o limitada

Modelo Equivalente del AO:



Función de Transferencia del AO:

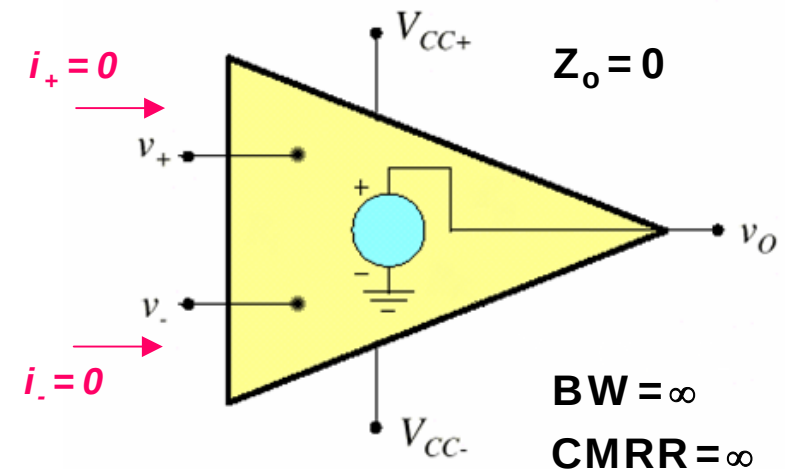


Parámetros ideales:

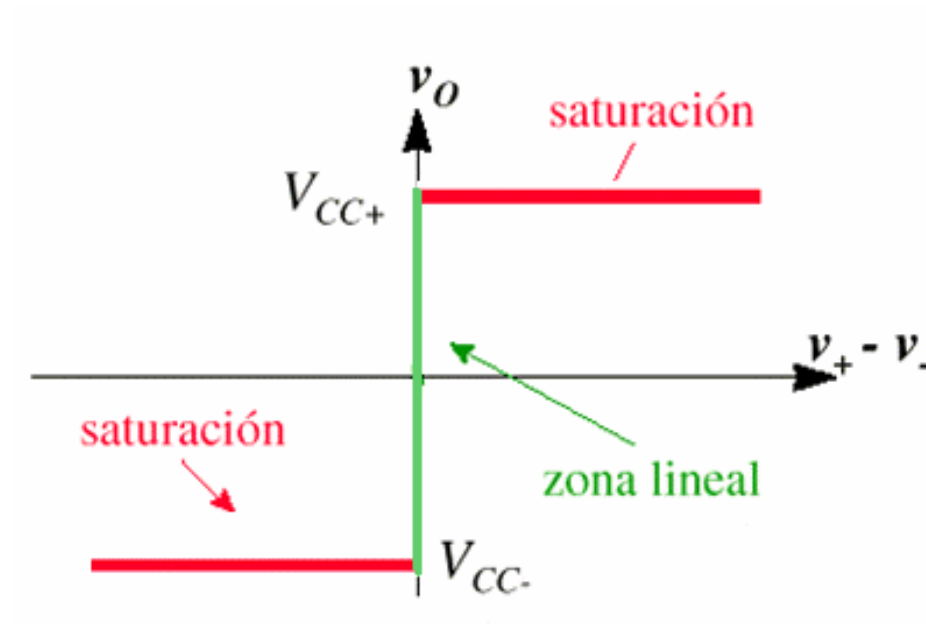
$Z_i = \infty$ → Corriente absorbida por el AO en los terminales de entrada nula. $i_+, i_- = 0$

$A_d = \infty$ → $v_+ = v_-$ para cualquier valor de v_o siempre que el AO esté en ZONA LINEAL.

APROXIMACION DE CORTOCIRCUITO VIRTUAL



Función de Transferencia Ideal del AO:



Diferencias Básicas entre AO Ideal y AO Real (uA741):

	A_d	R_i	R_o	BW	Salida hasta:
AO ideal	∞	∞	0	∞	alimentaciones
uA741	$2 \cdot 10^5$	$2\text{M}\Omega$	75Ω	10Hz	$\cong 2\text{V}$ por debajo de alim.

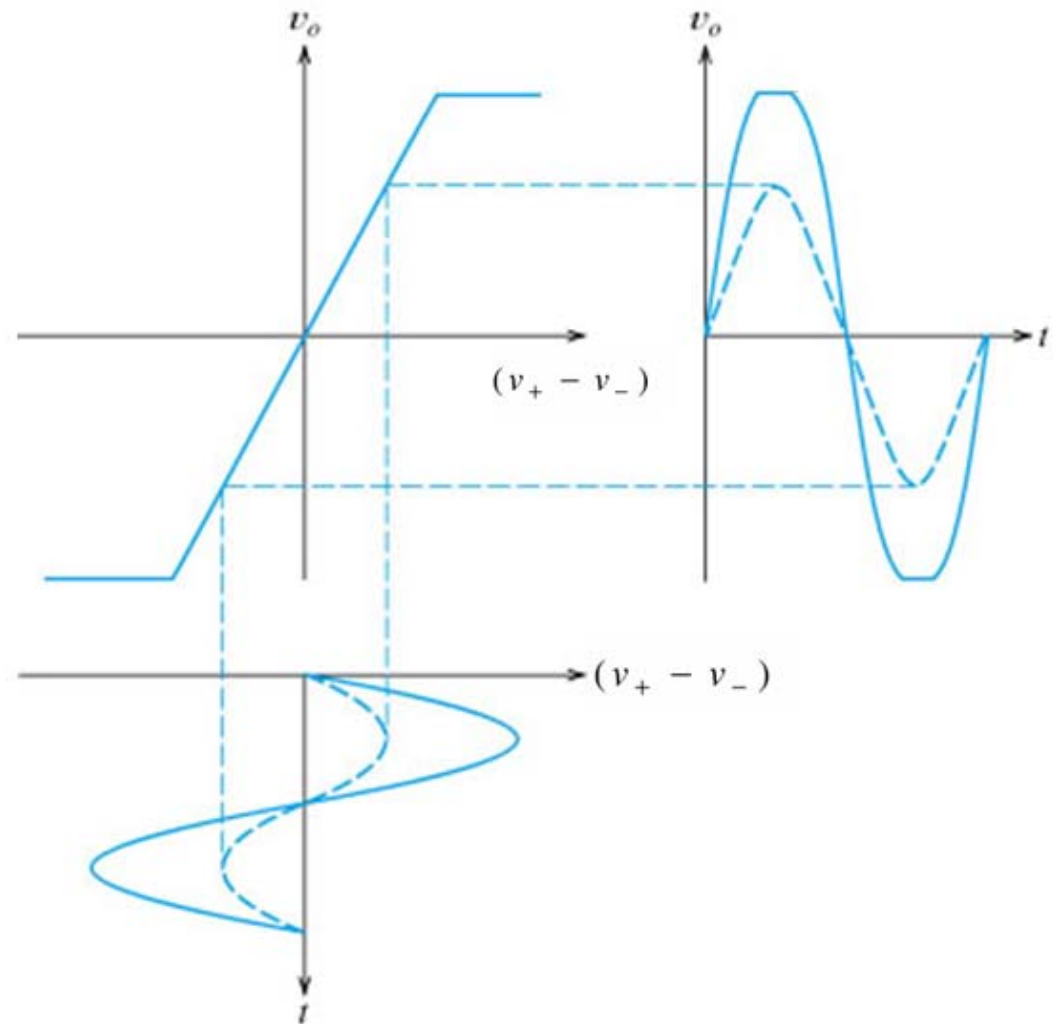
2. Montaje en Bucle Abierto

A_d muy grande



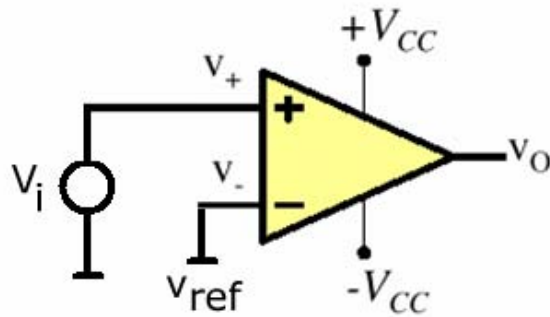
Una diferencia de tensión entre ambas entradas, por pequeña que sea (basta con unos 100uV), hace que se sature positiva o negativamente.

Aplicación del AO en bucle abierto: **COMPARADOR DE TENSIÓN.**

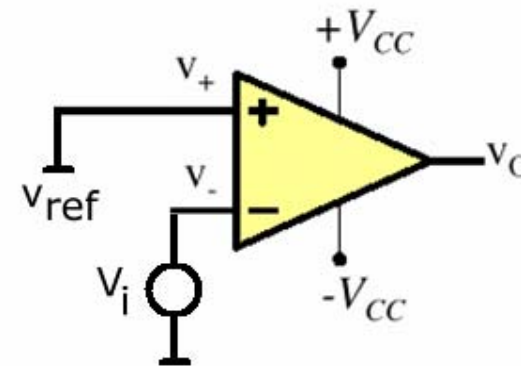


COMPARADOR DE TENSIÓN.

2 MONTAJES:

(1) Montaje NO INVERSOR

- Si V_i es mayor que la tensión de referencia (v_{ref}), la salida es positiva.
- En caso contrario, la salida es negativa.

(2) Montaje INVERSOR

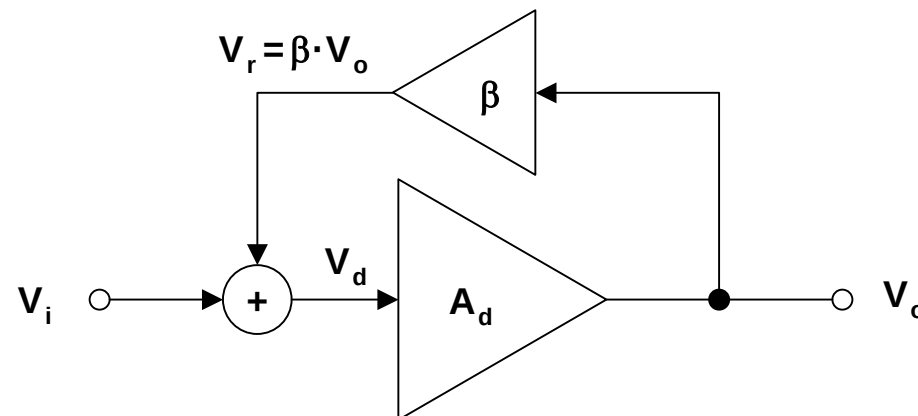
- Si V_i es mayor que la tensión de referencia (v_{ref}), la salida es negativa.
- En caso contrario, la salida es positiva.

3. Concepto de Realimentación. AO en Bucle Cerrado.

Los AO son más útiles cuando parte de la señal de salida vuelve a la entrada mediante una **RED DE REALIMENTACIÓN**.

En este tipo de configuración, la señal circula describiendo un **BUCLE CERRADO**, desde la *entrada* del *amplificador* hasta la *salida*, para atravesar posteriormente la **RED DE REALIMENTACIÓN** de vuelta hacia la *entrada*; por eso, decimos que el circuito opera en condiciones de **BUCLE CERRADO**.

Cuando no existe realimentación, se dice que el AO opera en condiciones de **BUCLE ABIERTO**.



Los AO casi siempre se utilizan con **REALIMENTACIÓN NEGATIVA**: parte de la señal de salida vuelve a la entrada, desfasada respecto a la misma 180° .

1. REALIMENTACIÓN
2. MÚLTIPLES APLICACIONES DE LOS AO



**ELECTRONICA
ANALÓGICA
3^{er} CURSO**

En este curso:

- Amplificador Inversor y Amplificador No Inversor (Fin **Tema 10**)
- Descripción de la Estructura Interna del AO (**Tema 11**).
- Características Reales del AO. (**Tema 12**).
- Funcionamiento en DC: Error en continua en la tensión de salida debido a I_B , V_{io} e I_{io} . Compensación de dicho error (**Tema 12**).

4. Pasos para analizar circuitos con AO Ideales

Los circuitos de AO Ideales se analizan siguiendo los siguientes pasos:



1. Verificar la presencia de **realimentación negativa**, que suele tomar la forma de una **red de resistencias conectada al terminal de salida y al terminal de entrada inversor (-)**.
2. Considerar que se fuerzan a cero la tensión diferencial de entrada ($v_+ = v_-$) y la corriente de entrada ($i_+ = 0$, $i_- = 0$) del AO. **(TRABAJO EN ZONA LINEAL DEL AO)**.
3. Aplicar los principios del Análisis de Circuitos (**leyes de Kirchhoff y ley de Ohm**), para calcular los valores de interés.

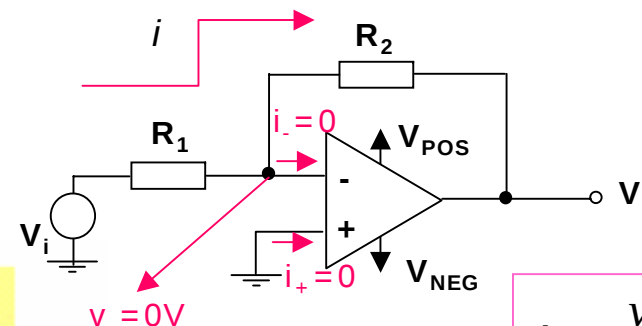
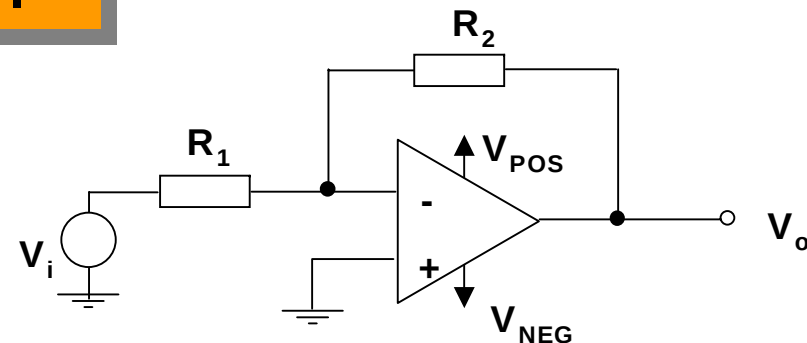
5. Amplificador Inversor.

AO realimentado para hacer independiente la ganancia del circuito de la ganancia en Bucle Abierto.

$$i_+, i_- = 0$$

En **ZONA LINEAL**: $v_+ = v_-$

$$\frac{v_I - 0}{R_1} = \frac{0 - v_O}{R_2} \Rightarrow v_O = -v_I \frac{R_2}{R_1}$$

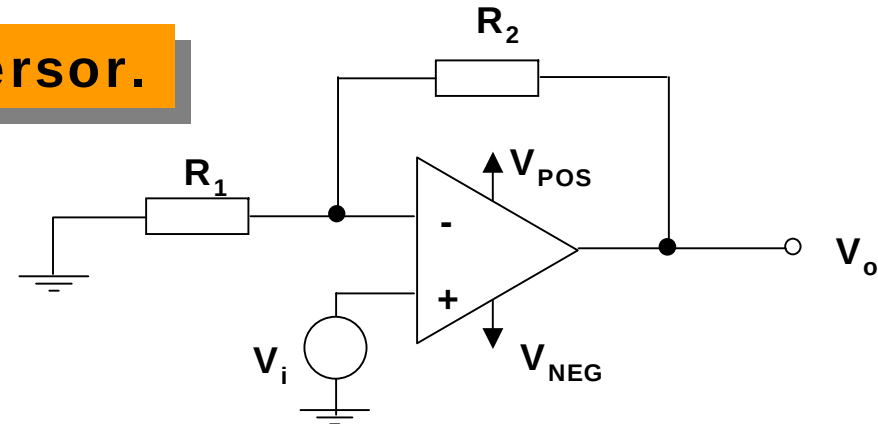


$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$v_o = \begin{cases} A_v \cdot v_i & \text{si } V_{NEG} \leq v_o \leq V_{POS} \text{ (zona lineal)} \\ V_{NEG} & \text{si } A_v \cdot v_i \leq V_{NEG} \\ V_{POS} & \text{si } A_v \cdot v_i \geq V_{POS} \end{cases}$$

$$v_o = \begin{cases} A_v \cdot v_i & \text{si } \frac{V_{POS}}{A_v} \leq v_i \leq \frac{V_{NEG}}{A_v} \text{ (zona lineal)} \\ V_{NEG} & \text{si } v_i \geq \frac{V_{NEG}}{A_v} \\ V_{POS} & \text{si } v_i \leq \frac{V_{POS}}{A_v} \end{cases}$$

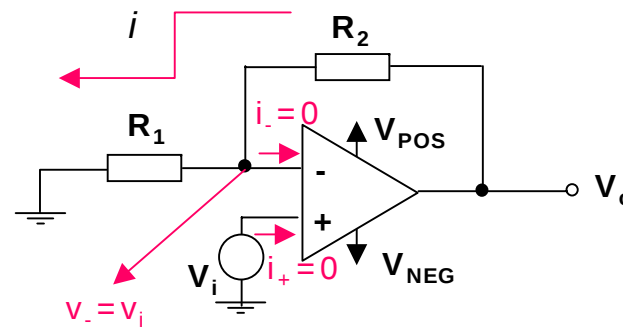
6. Amplificador No Inversor.



$$i_+, i_- = 0$$

En ZONA LINEAL: $v_+ = v_-$

$$\frac{v_i - 0}{R_1} = \frac{v_o - 0}{R_2 + R_1} \Rightarrow v_o = v_i \frac{R_2 + R_1}{R_1} \Rightarrow v_o = v_i \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$v_o = \begin{cases} A_v \cdot v_i & \text{si } V_{NEG} \leq v_o \leq V_{POS} \text{ (zona lineal)} \\ V_{NEG} & \text{si } A_v \cdot v_i \leq V_{NEG} \\ V_{POS} & \text{si } A_v \cdot v_i \geq V_{POS} \end{cases}$$

$$v_o = \begin{cases} A_v \cdot v_i & \text{si } \frac{V_{NEG}}{A_v} \leq v_i \leq \frac{V_{POS}}{A_v} \text{ (zona lineal)} \\ V_{NEG} & \text{si } v_i \leq \frac{V_{NEG}}{A_v} \\ V_{POS} & \text{si } v_i \geq \frac{V_{POS}}{A_v} \end{cases}$$