

# ELECTRÓNICA III

## Clase 1

# AMPLIFICADORES OPERACIONALES

# Amplificadores operacionales y realimentación

- Los circuitos integrados son muy fáciles de usar con características muy estables: simplicidad y bajo costo; por lo tanto ha reemplazado a muchos circuitos basados en transistores discretos.
- Un circuito integrado es un grupo de transistores, diodos, resistencias y a veces capacitores, cableados juntos en un muy pequeño sustrato, miles de componentes se pueden unir aquí.
- También se logra: Disminución de peso, consumo de potencia y costos de producción.
- Los C.I. pueden clasificarse por la forma de construcción de monolíticos o híbridos y por la función en analógicos o digitales.

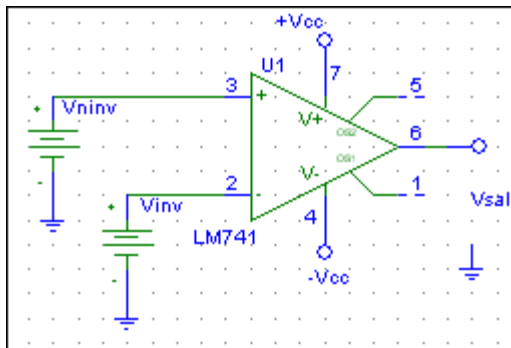
**Monolíticos:** Construidos en capas de silicio requiere preparación de máscaras fotográficas en gran número, se pueden producir muchos a la vez lo que minimiza costos de producción.

**Híbridos:** Los elementos se colocan en una capa cerámica y luego interconectadas.

# Amplificador Operacional Ideal (OPAMP)

Es un amplificador DC de alta ganancia y banda ancha con una alta habilidad de rechazar el ruido.

Tiene una salida y dos entradas, el voltaje de salida depende de la diferencia de potencial entre las dos entradas



$$V_{opamp} = (V_+ - V_-) A_{ol}$$

$A_{ol} \rightarrow$  Ganancia de lazo abierto del OP-AMP

Los primeros  $\rightarrow$  VACIO TUBOS, se usaron en computadoras análogas, para hacer operaciones (suma, resta, etc.) de allí el nombre.

**741:** Disponible desde 1968  $\rightarrow$  Costo bajo similar a un transistor.

# Características Ideales:

**$A_{ol} \rightarrow \infty$**  Debe Amplificar sin importar la diferencia.

**$Z_{out} \rightarrow 0$**  Toda la señal de salida debe aplicarse a la carga.

$$V_o = V_{opam} \frac{Z_o}{Z_o + Z_{out}}$$

**$Z_i \rightarrow \infty$**  El amplificador no debe descargar la fuente

**Ancho de banda (BW)  $\rightarrow \infty$**  Debe amplificar igual independientemente de la frecuencia de la señal de entrada

**$V_{offset} = 0$**  A cualquier frecuencia una diferencia de potencial a la entrada de 0(V) debe producir una salida de 0(V).

Por un bajo costo se pueden fabricar OPAMPs monolíticos y se aproximan bastante a los ideales:

	IDEAL	741C (típico)
<b>Aol</b>	$\infty$	$2 \times 10^5$
<b>Zout</b>	0	$75 \Omega$
<b>Zin</b>	$\infty$	$2 \text{ M}\Omega$
<b>Voltaje OFF</b>	0	2 mV
<b>Ancho de banda</b>	$\infty$	1 MHz

máxima corriente 20 mA (cortocircuito)  
(Ver especificaciones JACOB página 10, 11, 12)

## FUENTES:

Se necesita fuentes de voltaje normalmente bipolares iguales pero uno positivo y otro negativo.

**741C:**  
**Voltaje alimentación**  
**Entrada voltaje diferencial**  
**Volt. Entrada modo común**  
**Máxima salida posible**

**Máximo absoluto**  
 $\pm 18 \text{ (V)}$   
 $\pm 30 \text{ (V)}$   
 $\pm 15 \text{ (V)}$   
 2 (V) menos que la alimentación  
 Lo más común  $\pm 15 \text{ (V)}$

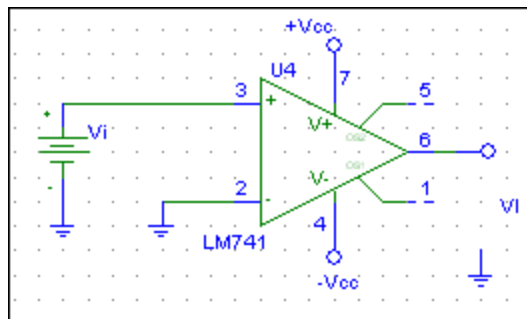
# AMPLIFICADORES Y REALIMENTACION

Casi todos los circuitos que utilizan OPAMPs se basan en unas cuantas configuraciones fundamentales.

## Lazo abierto:

$$V_L = A_{ol} (V_+ - V_-)$$

$$V_L = A_{ol} (V_i - 0) = A_{ol} V_i$$



\* Si  $V_i > 0$  y  $A_{ol} \rightarrow \infty$

$$V_L \rightarrow \infty$$

$$V_L = +V_{sat}$$

\* Si  $V_i < 0$  y  $A_{ol} \rightarrow \infty$

$$V_L \rightarrow -\infty$$

$$V_L = -V_{sat}$$

A este circuito se lo conoce también como comparador no-inversor, aunque no produce amplificación lineal puede ser muy utilizado.

Puede servir también como buffer puesto que por la alta implementación de entrada no consume corriente alguna de  $V_i$  y puede dar 20 mA o más pese a manejar otras cargas en la salida.

# REALIMENTACIÓN NEGATIVA

Debido a su gran ganancia de lazo abierto los amplificadores no darán una amplificación lineal, y además pueden tener variaciones de ganancia.

Para fijar de manera precisa la ganancia del circuito, vamos a usar técnicas de realimentación negativa ya aplicadas a transistores.

El principio consiste en la resta de la señal mostrada para estabilizar el efecto de la salida, se puede demostrar que la ganancia del circuito no dependerá de  $A_{ol}$  sino del arreglo de elementos externos.

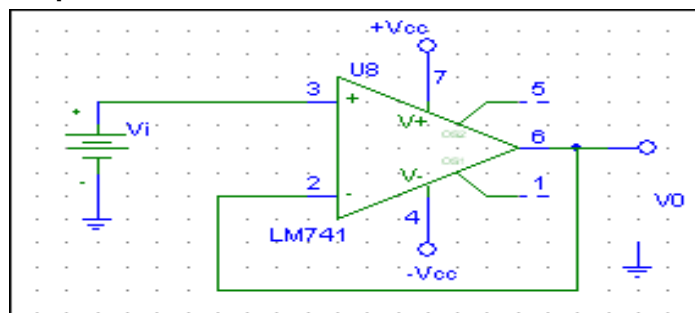
## \* SEGUIDOR DE VOLTAJE

Antes de comenzar recuerde:

Alta impedancia de entrada:  $I_+ = I_- = 0$

Ganancia del lazo abierto:  $\frac{V_o}{\Delta V} = A_{ol} \uparrow \uparrow$

$V_+ - V_- \downarrow \downarrow \approx 0$  (en operación lineal:  $-V_{sat} < V_o < V_{sat}$ )

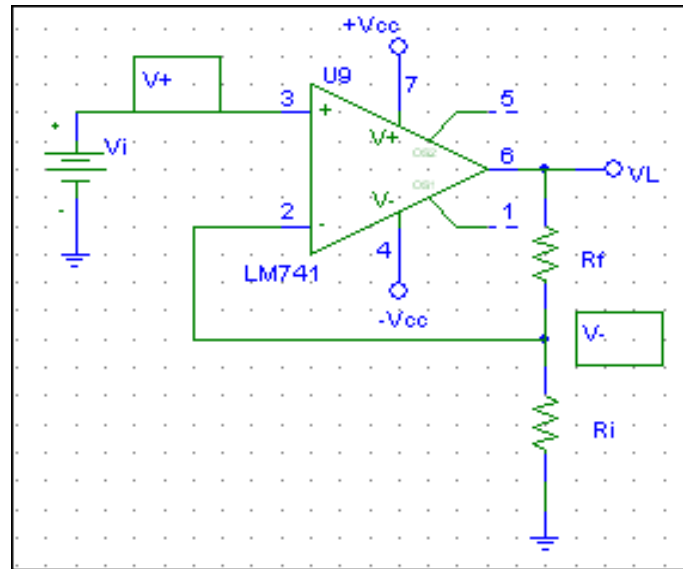


→  $V_+ = V_- = V_i$ ;  $V_o = V_i$  → ganancia del circuito:  $A_v = 1$

A pesar que el seguidor no incrementa la amplificación de la señal de voltaje si ofrece un manejo de corriente mayor (buffer).



# AMPLIFICADOR NO-INVERSOR



Para reducir la cantidad de realimentación negativa se colocan resistencias  $R_f$  y  $R_i$ .

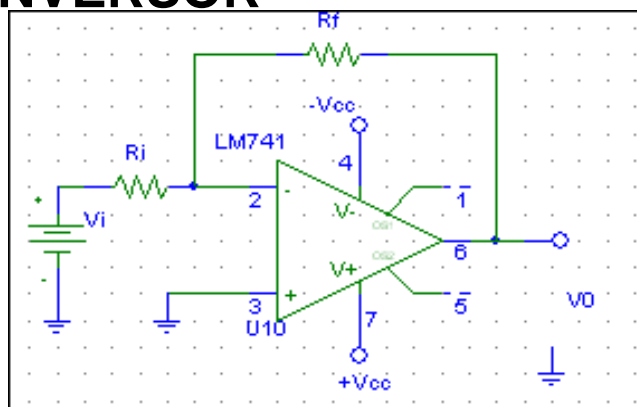
$$V_+ = V_- = V_i$$

$$I = \frac{V_L - V_i}{R_f} = \frac{V_i}{R_i}$$

$$V_L - V_i = \frac{R_f}{R_i} V_i$$

$$V_L = V_i \left( 1 + \frac{R_f}{R_i} \right)$$

## • AMPLIFICADOR INVERSOR



$$* \quad V_+ = V_- = 0$$

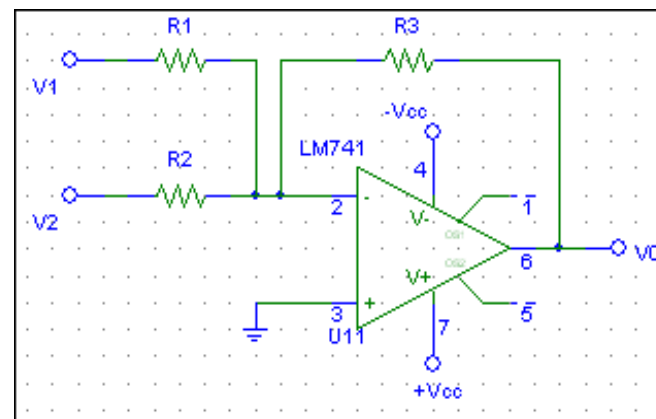
$$* \quad I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{-V_o}{R_f} \rightarrow V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i$$

## SUMADOR INVERSOR

$$V_+ = V_- = 0$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} \quad I_3 = -\frac{V_o}{R_3}$$

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{V_o}{R_3} \rightarrow V_o = -\left(\frac{R_3}{R_1} V_1 + \frac{R_3}{R_2} V_2\right)$$

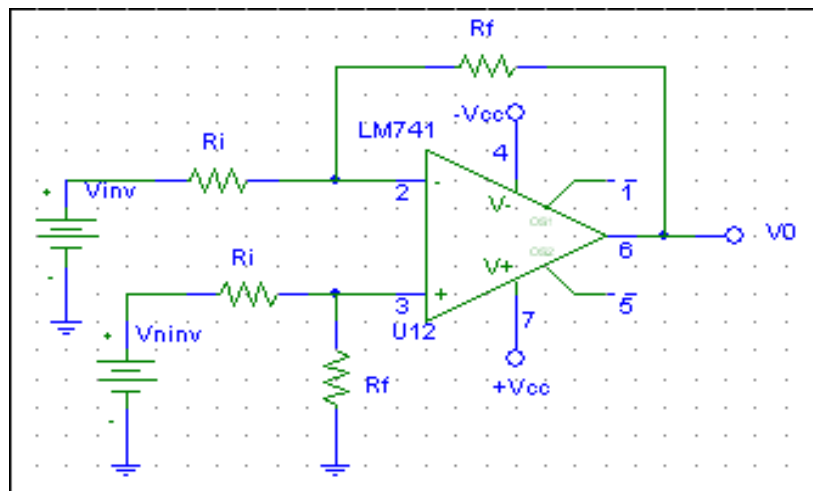


Este sumador inversor permite obtener el ZERO y la suma escalar (SPAN) de señales. Se usa mucho en transductores industriales

## \* AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

- Ya sabemos amplificar y sumar señales pero también es importante obtener la diferencia entre dos señales.

$$V_+ = V_{ninv} * \frac{R_f}{R_i + R_f} = V_-$$



- Superposición:

$$V_- = V_{inv} \frac{R_f}{R_f + R_i} + V_o \frac{R_i}{R_f + R_i} = V_{ninv} \frac{R_f}{R_i + R_f}$$

$$V_o = \frac{R_f}{R_i} (V_{ninv} - V_{inv})$$