

AMPLIFICADORES OPERACIONALES (OPAMP)

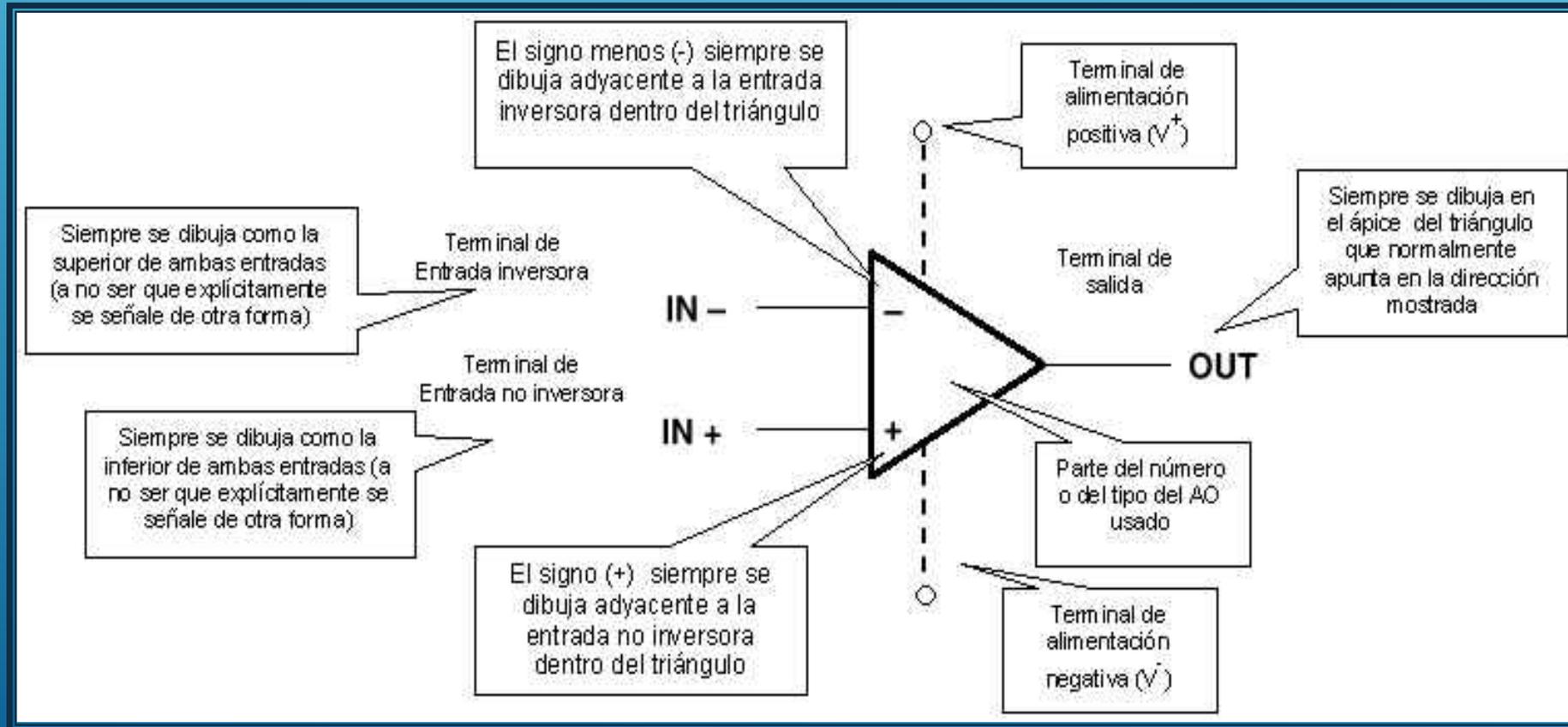
Ing. Raúl Rojas Reátegui

AMPLIFICADOR OPERACIONAL BÁSICO

- ▶ El nombre de **amplificador operacional** deriva del concepto de un amplificador de CC, con una entrada diferencial y ganancia extremadamente alta.
- ▶ Sus características de operación se determinan por los elementos de **realimentación** (*conexión directa entre la salida y la entrada*) que se utilizan.
- ▶ Permite realizar operaciones, que antiguamente se realizaban con muchos componentes, ahora con *uno sólo*: **EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL**.

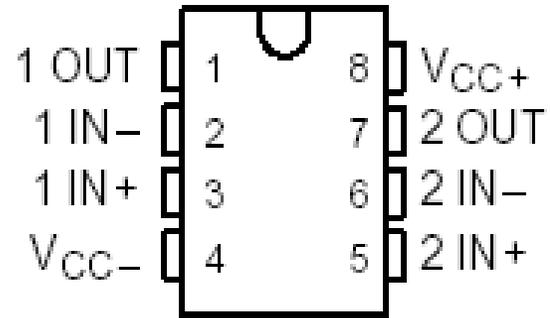
SÍMBOLO ESQUEMÁTICO

Una herramienta adicional básica del AO es su símbolo característico:

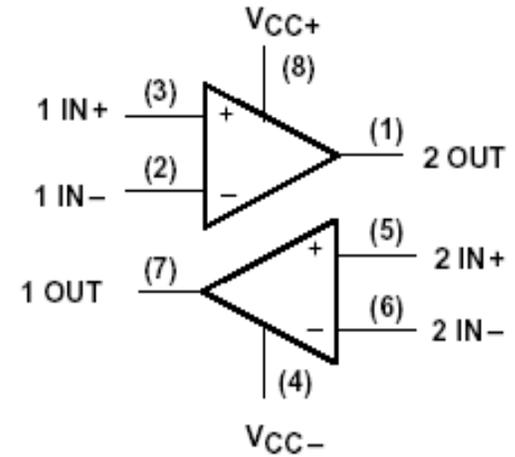
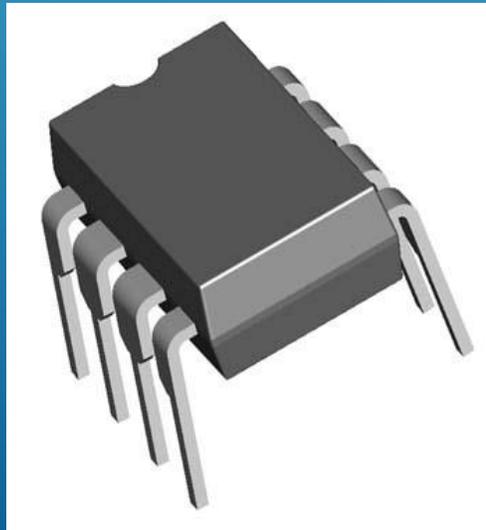


ENCAPSULADO

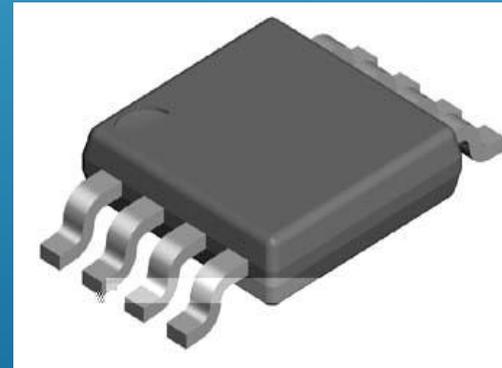
TL082, TL082A, TL082B
D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



Inserción



SMD

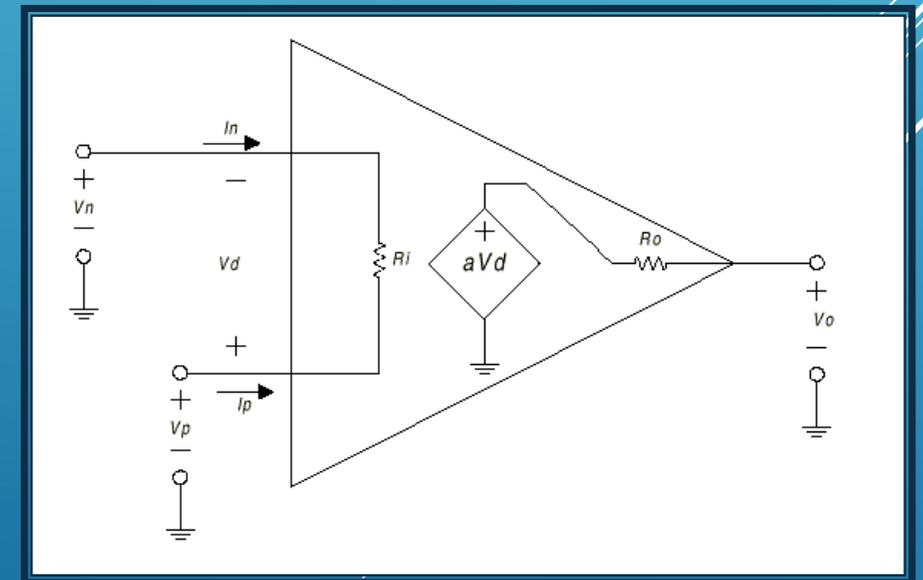


EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL

El amplificador operacional se puede pensar como una caja, con sus terminales de entrada y salida, ignorando qué hay dentro de dicha caja.

Se muestra un amplificador idealizado como un dispositivo de acoplo directo con entrada diferencial, y un *único Terminal de salida*.

El amplificador sólo responde a la *diferencia de tensión entre los dos terminales de entrada*, y no a su potencial común.



EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL

Las *propiedades del amplificador ideal* son:

1. La ganancia de tensión *es infinita*:

$$a = \infty$$

2. La resistencia de entrada *es infinita*:

$$R_i = \infty$$

3. La resistencia de salida *es cero*:

$$R_o = 0$$

4. El ancho de banda *es infinito*:

$$BW = \infty$$

5. La tensión de “offset” de entrada *es cero*:

$$V_0 = 0 \quad \text{sí} \quad V_d = 0$$

EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL

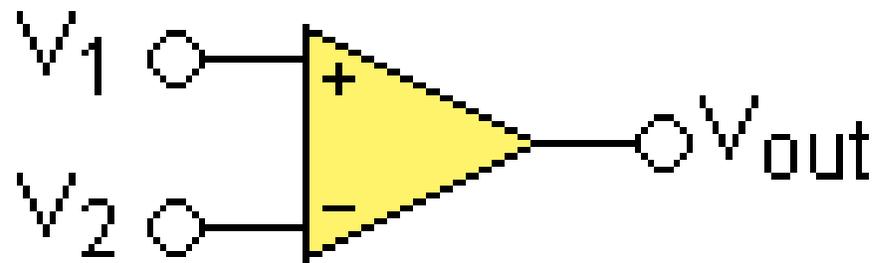
A partir de estas características del AO ideal, se puede deducir dos propiedades adicionales:

- *Como la ganancia en tensión es infinita, cualquier señal de salida que se desarrolle será el resultado de una señal de entrada infinitesimalmente pequeña, y la tensión de entrada diferencial es nula.*
- *Si la resistencia de entrada es infinita, no existe flujo de corriente en ninguno de los terminales de entrada.*

Estas dos propiedades pueden considerarse como *axiomas del AO*. Con ellas se puede deducir el funcionamiento de casi todos los circuitos con amplificadores operacionales.

CIRCUITOS COMPARADOR

Comparador

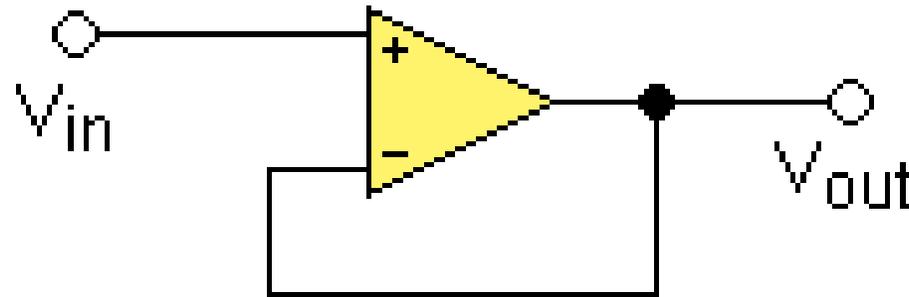


- Esta es una aplicación sin la realimentación. Compara entre las dos entradas y saca una salida en función de qué entrada sea mayor. Se puede usar para adaptar niveles lógicos.

$$V_{out} = \begin{cases} V_{S+} & V_1 > V_2 \\ V_{S-} & V_1 < V_2 \end{cases}$$

CIRCUITOS SEGUIDOR

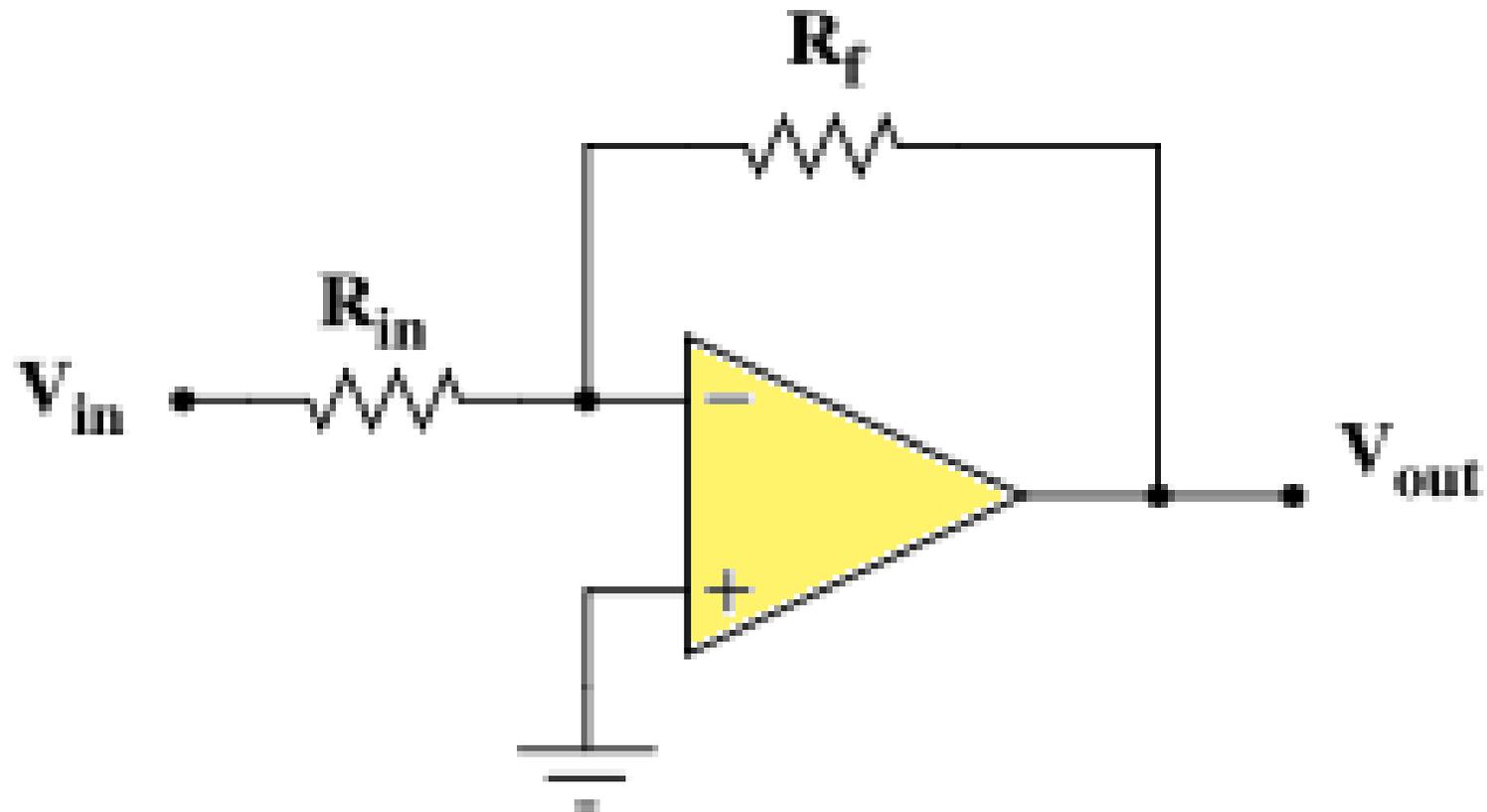
Seguidor



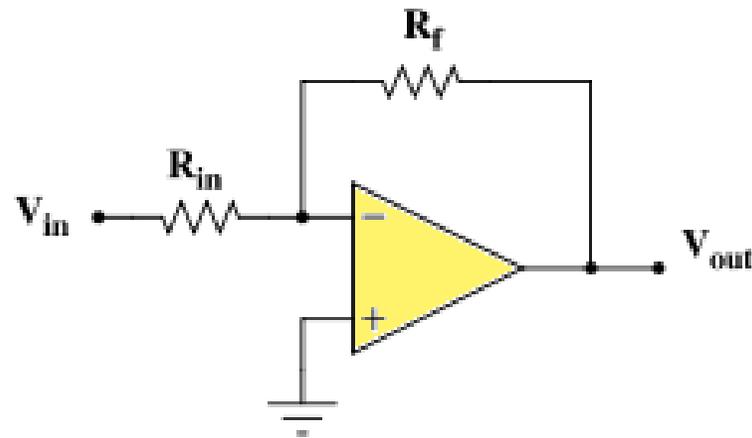
- Se usa como un **buffer**, para eliminar **efectos de carga** o para adaptar impedancias (conectar un dispositivo con gran impedancia a otro con baja impedancia y viceversa)
- Como la tensión en las dos patillas de entradas es igual: $V_{out} = V_{in}$
- $Z_{in} = \infty$

CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR

Inversor



Inversor



- El análisis de este circuito es el siguiente:

- $V_+ = V_- = 0$

- Definiendo corrientes: $\frac{V_{in} - 0}{R_{in}} = -\frac{V_{out} - 0}{R_f}$ y de aquí se despeja

- $V_{OUT} = -V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}$

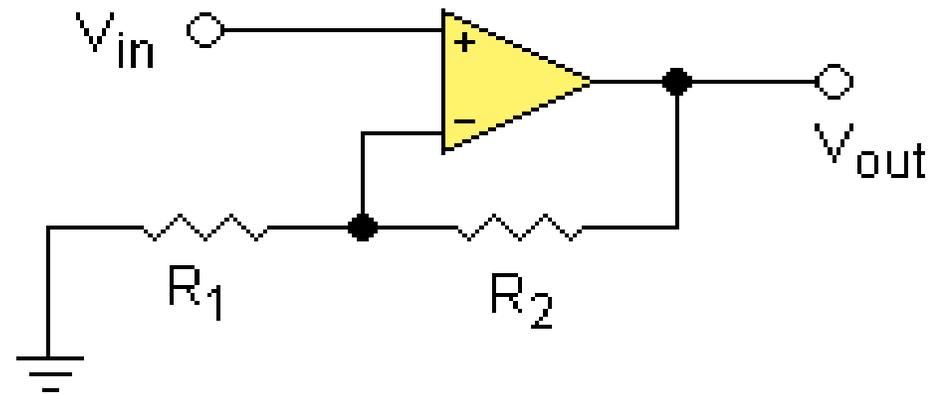
- Para el resto de circuitos el análisis es similar.
- $Z_{in} = R_{in}$

Por lo cual podemos controlar la impedancia de entrada mediante la elección de R_1

- $V_o = -\frac{R_2}{R_1} * V_{in}$

AMPLIFICADOR NO INVERSOR

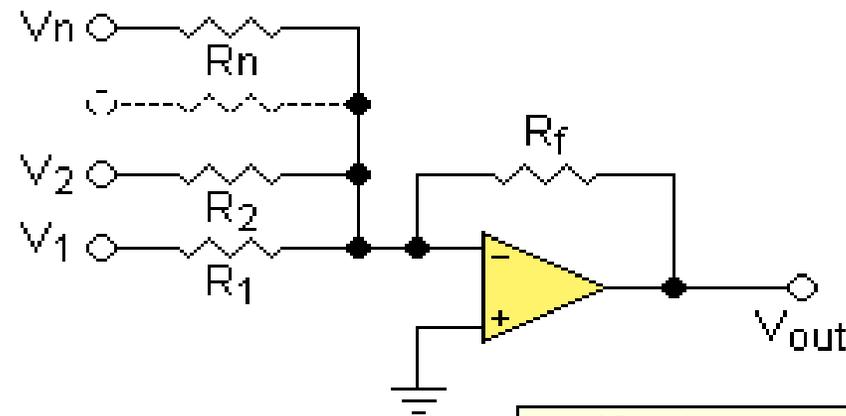
No inversor



- $V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$
- $Z_{in} = \infty$

AMPLIFICADOR SUMADOR INVERSOR

Sumador inversor



Amplificador sumador de n entradas

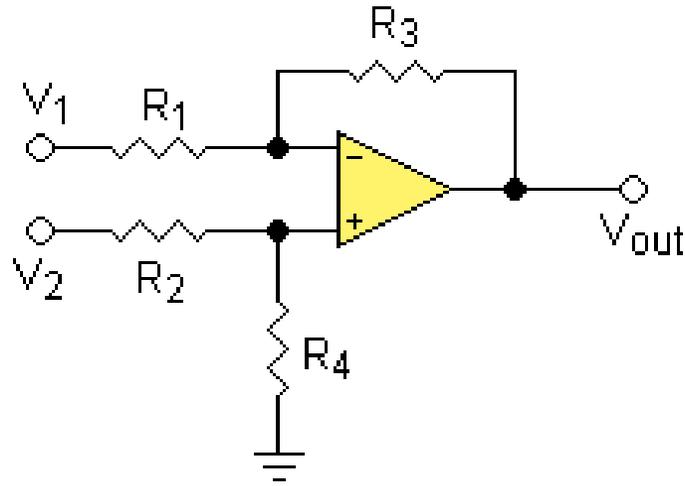
- La salida está invertida
- Para resistencias independientes R_1, R_2, \dots, R_n

$$\blacksquare V_{out} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

- La expresión se simplifica mucho si se usan resistencias del mismo valor
- Impedancias de entrada: $Z_n = R_n$

AMPLIFICADOR RESTADOR

Restador



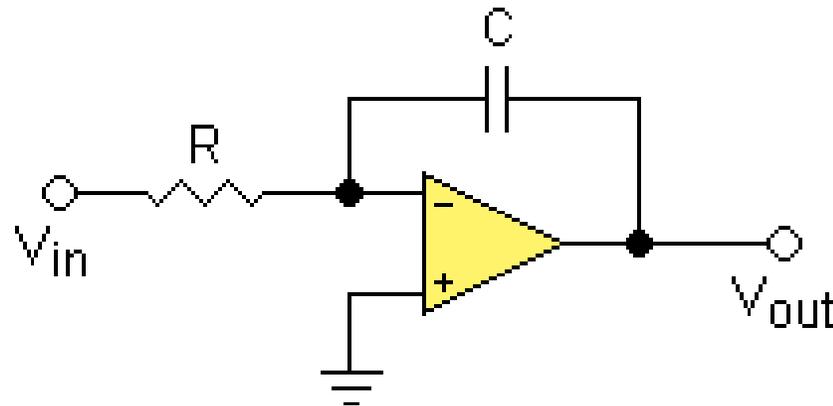
- Para resistencias independientes R_1, R_2, R_3, R_4 :

- $$V_{out} = V_2 \left(\frac{(R_3 + R_1) R_4}{(R_4 + R_2) R_1} \right) - V_1 \left(\frac{R_3}{R_1} \right)$$

- Igual que antes esta expresión puede simplificarse con resistencias iguales
- La impedancia diferencial entre dos entradas es $Z_{in} = R_1 + R_2$

CIRCUITOS INTEGRADOR

Integrador ideal



- Integra e invierte la señal (V_{in} y V_{out} son funciones dependientes del tiempo)

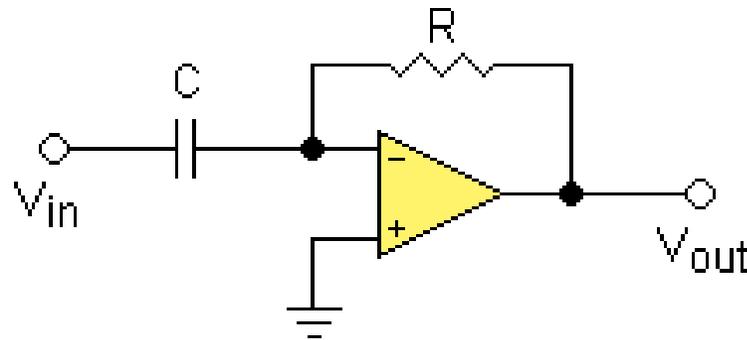
- $$V_{out} = \int_0^t -\frac{V_{in}}{RC} dt + V_{inicial}$$

- $V_{inicial}$ es la tensión de salida en el origen de tiempos ($t = 0$)
- Este circuito también se usa como filtro

NOTA: En la práctica se realizan modificaciones a este circuito porque no es estable.

CIRCUITO DERIVADOR

Derivador ideal



- Deriva e invierte la señal respecto al tiempo

- $$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

- Este circuito también se usa como filtro

NOTA: Es un circuito que no se utiliza en la práctica porque no es estable.