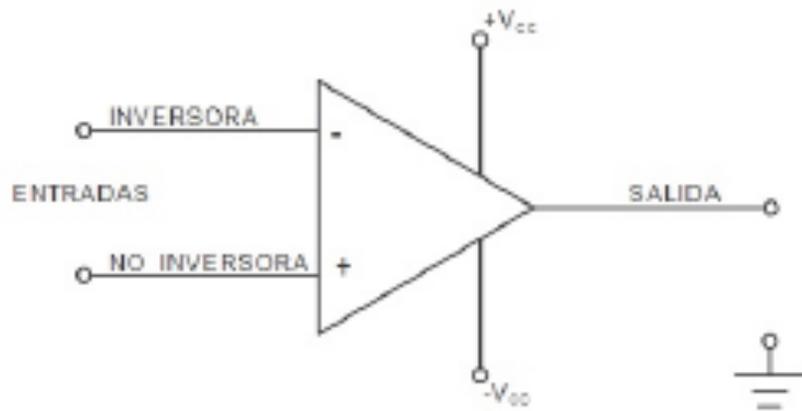
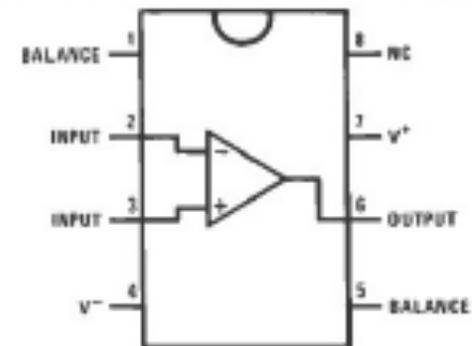


# EC1282 LABORATORIO DE CIRCUITOS PRELABORATORIO N° 6

## PRÁCTICA N° 8 MEDICIONES SOBRE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS CIRCUITOS BÁSICOS DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL (OPAM)



Dual-In-Line Package (M and N)



Order Number LF355M, LF356M, LF357M, LF355BM,  
LF356BM, LF355BN, LF356BN, LF357BN, LF355N,  
LF356N or LF357N  
See NS Package Number M08A or N08E

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8**

- \* CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

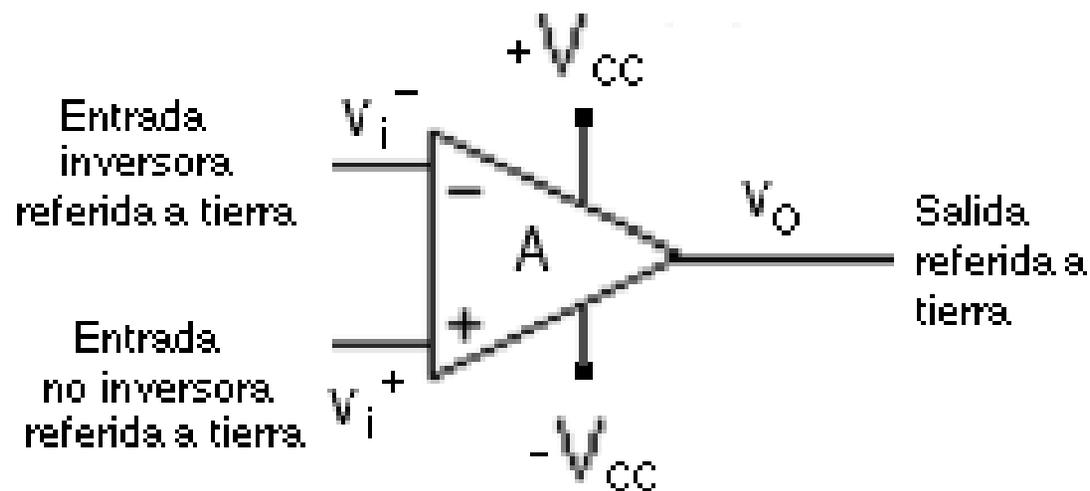
- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

# CARACTERÍSTICAS DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL

Ganancia infinita  $A = \infty$

Impedancia de entrada infinita  $R_i = \infty$

Impedancia de salida cero  $R_o = 0$



$$V_o = A (V_i^+ - V_i^-)$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)
- \* LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM
- \* MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.
- \* MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO
- \* VALORES DE LOS COMPONENTES
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8

## AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL

$$V_o = A(v_i^+ - v_i^-)$$

Realimentación negativa

Con  $A = \infty$ , el voltaje de salida distinto de cero implica  $v_i^+ = v_i^-$

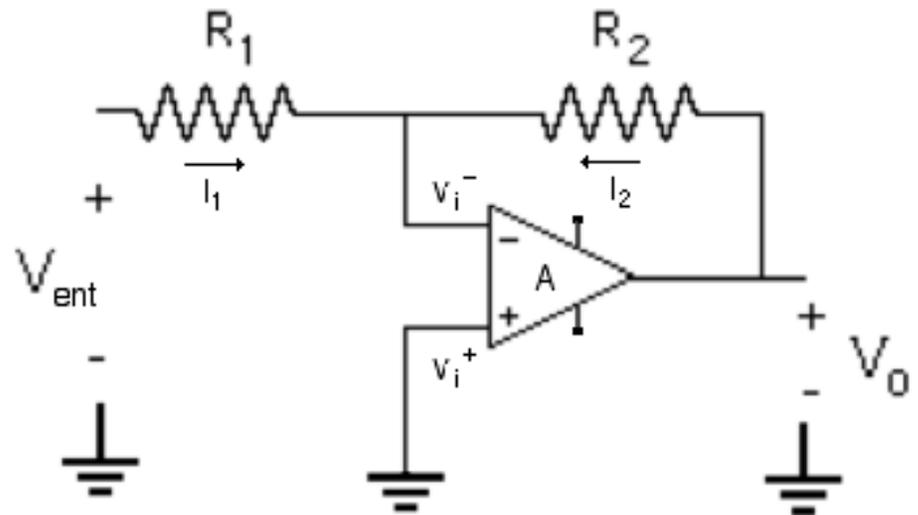
En este caso  $v_i^+ = v_i^- = 0$

Entonces:  $V_{ent} = R_1 I_1$  y  $V_o = R_2 I_2$

Si la impedancia de entrada es  $\infty$  se cumple  $I_1 = -I_2$

Por lo tanto se cumple que  $\frac{V_{ent}}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2}$

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_{ent}$$



## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

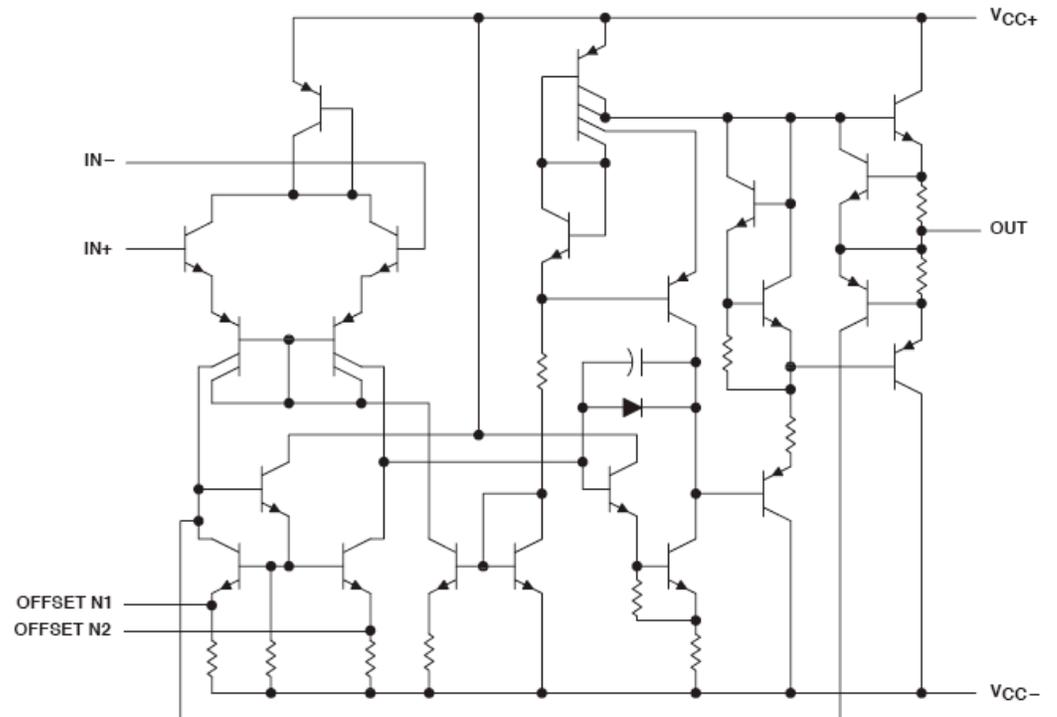
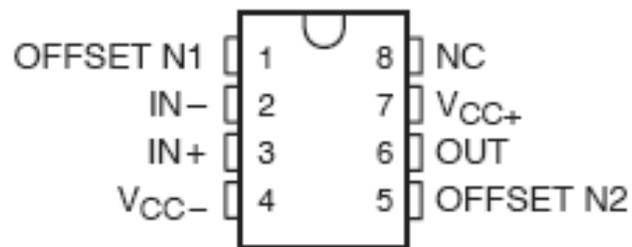
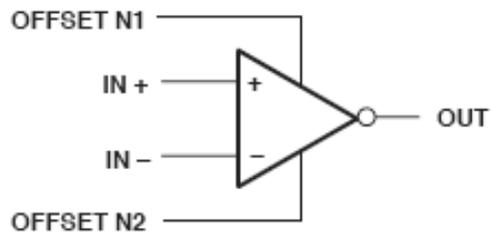
## ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)

- \* La ganancia  $A$  no es infinita, pero es muy grande (del orden de  $10^5$  o superior).
- \* La impedancia de entrada no es infinita, pero es elevada ( $1\text{M}\Omega$  o más).
- \* La resistencia de salida no es cero, pero es pequeña (pocos ohmios).
- \* Las fuentes de voltaje de alimentación ( $\pm 15\text{V}$ ) definen el rango de operación del amplificador y la salida no puede alcanzar el valor de la fuente (para las fuentes de  $\pm 15\text{V}$  las salidas máximas están alrededor de  $\pm 14\text{V}$ ).
- \* Las entradas no son perfectamente simétricas, las corrientes en ambas entradas no son exactamente iguales. Esta es la razón para utilizar la resistencia de  $R_3$  en la entrada no inversora ( $R_3 = R_1 \parallel R_2$ ) a fin de ayudar a balancear las corrientes de entrada.
- \* Presentan un ancho de banda finito.

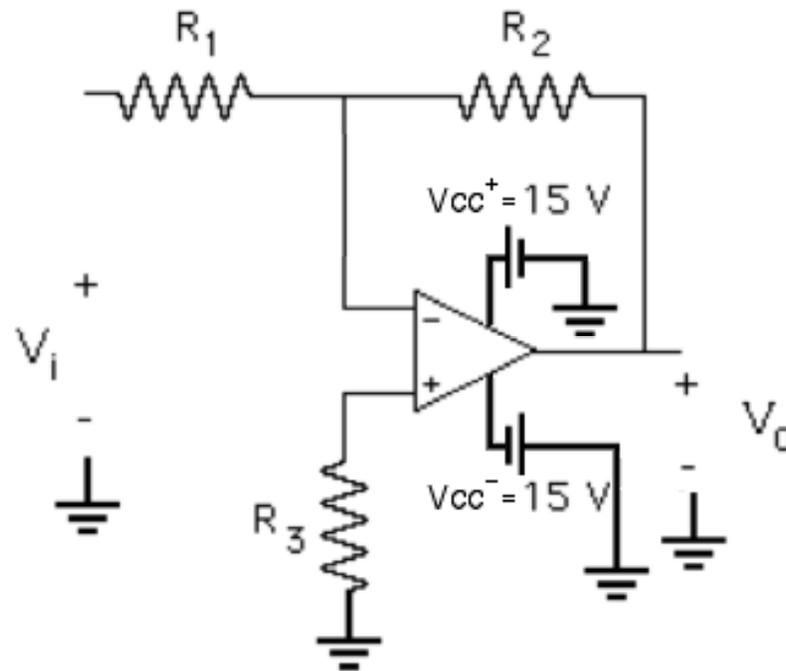
# CARACTERISTICAS DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL 741

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

	μA741C	μA741I	μA741M	UNIT
Supply voltage, $V_{CC+}$ (see Note 1)	18	22	22	V
Supply voltage, $V_{CC-}$ (see Note 1)	-18	-22	-22	V
Differential input voltage, $V_{ID}$ (see Note 2)	±15	±30	±30	V
Input voltage, $V_I$ any input (see Notes 1 and 3)	±15	±15	±15	V
Voltage between offset null (either OFFSET N1 or OFFSET N2) and $V_{CC-}$	±15	±0.5	±0.5	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited	unlimited	



## PRIMER AJUSTE PARA EQUILIBRAR LAS CORRIENTES DE ENTRADA: LA RESISTENCIA $R_3$

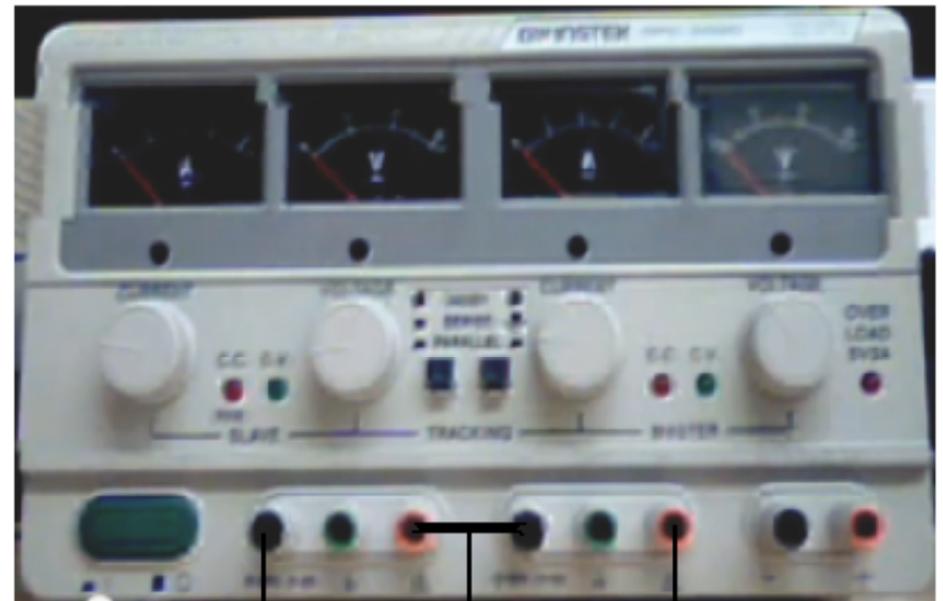
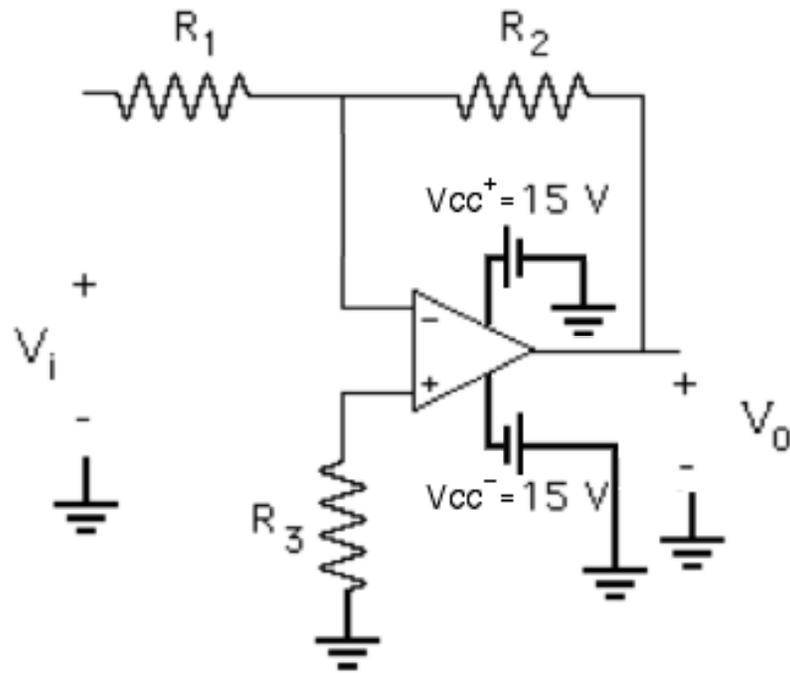


$$R_3 = R_1 \parallel R_2$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

# LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM



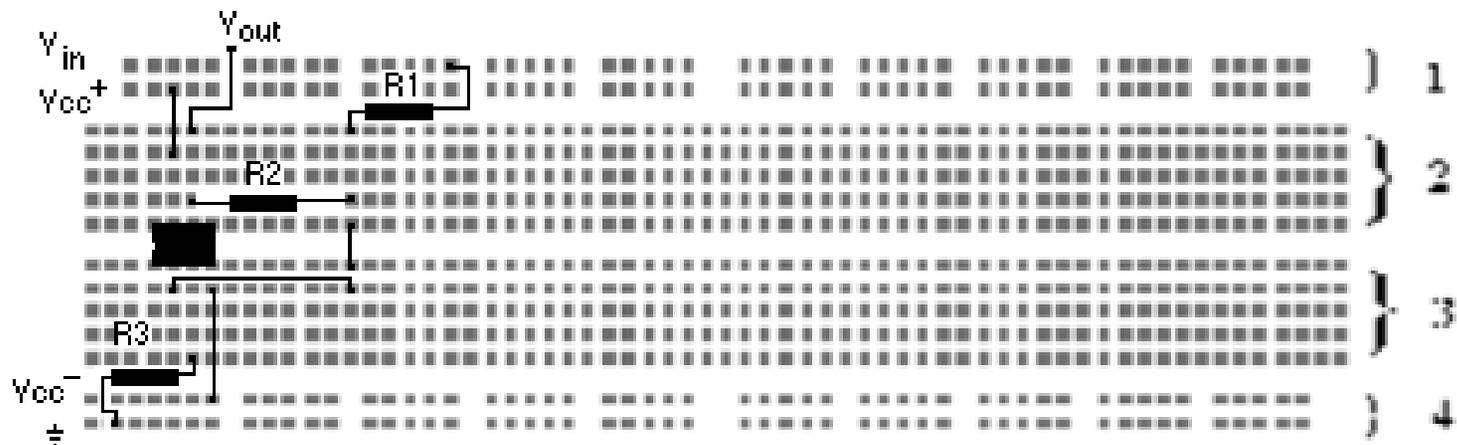
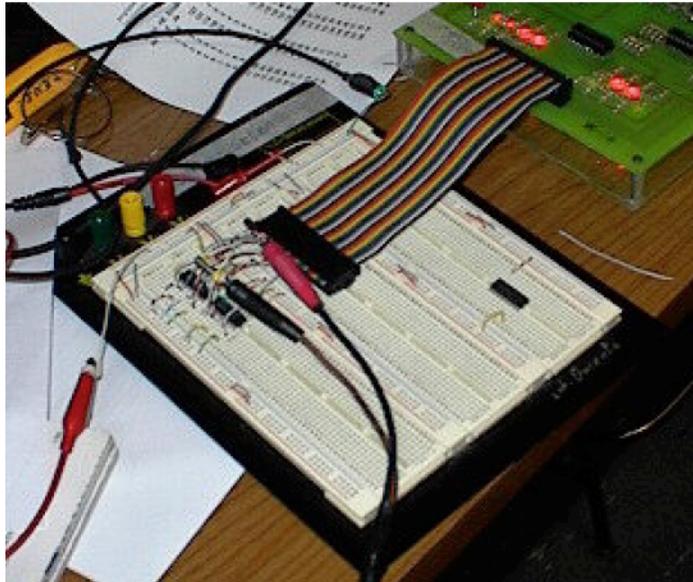
$V_{cc}^-$

$V_{cc}^+$

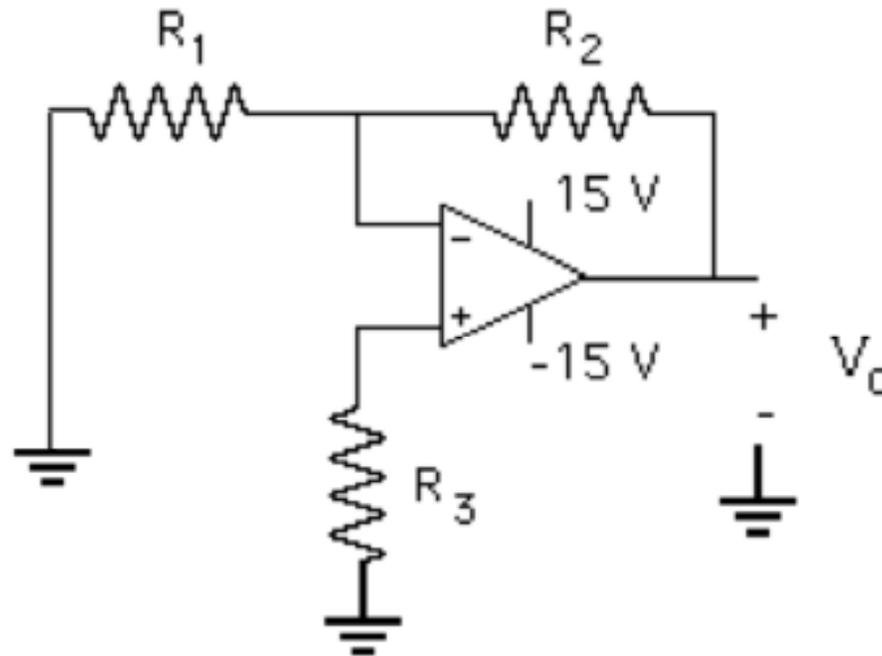
## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL
- \* AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL
- \* ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)
- \* LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO
- \* ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO
- \* VALORES DE LOS COMPONENTES
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8

# MONTAJE DEL OPAM EN EL PROTOBOARD



## COMPROBACIÓN INICIAL DEL OPAM



Si el OPAM opera correctamente, el voltaje de salida será de pocos mV (es lo que se llama voltaje de offset).

Si el OPAM está dañado, el voltaje de salida será el voltaje de saturación positivo o negativo.

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR

\* **Ganancia DC:** Relación entre el voltaje de salida y el voltaje de entrada del amplificador inversor cuando se aplican voltajes DC a la entrada. Al hacer la gráfica se van a diferenciar dos zonas:

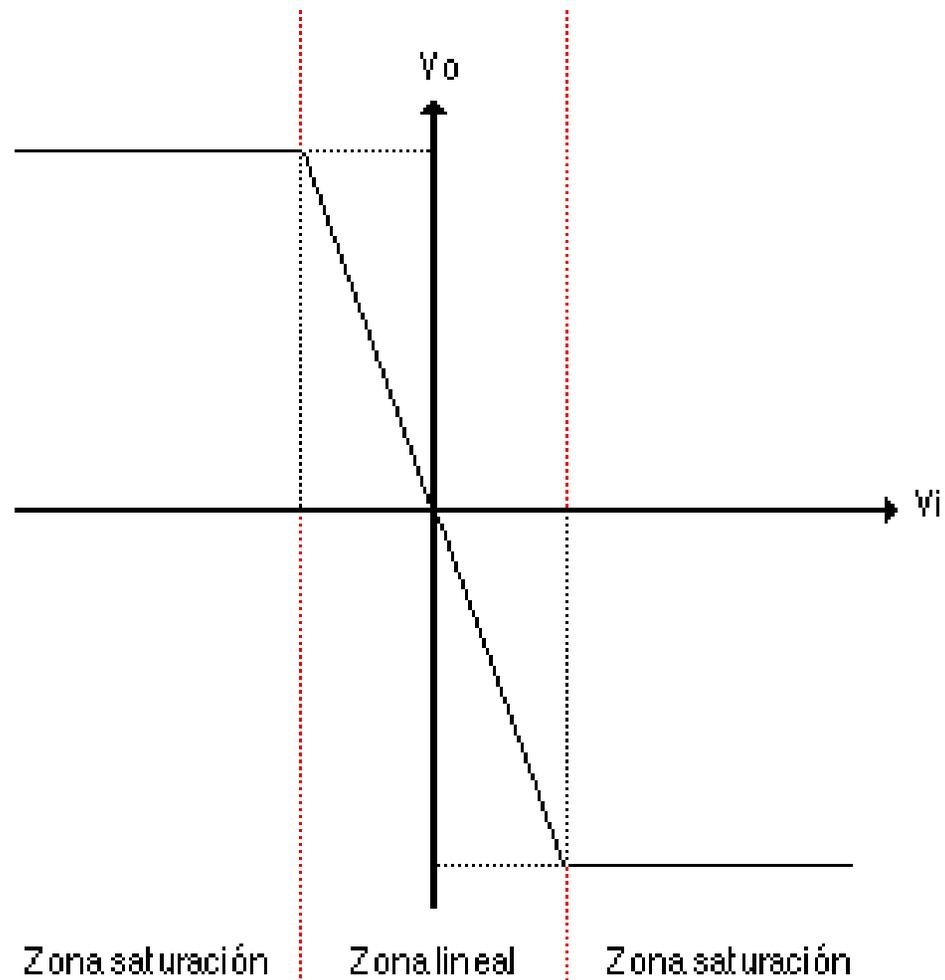
La zona de **respuesta lineal**

La zona de **saturación**

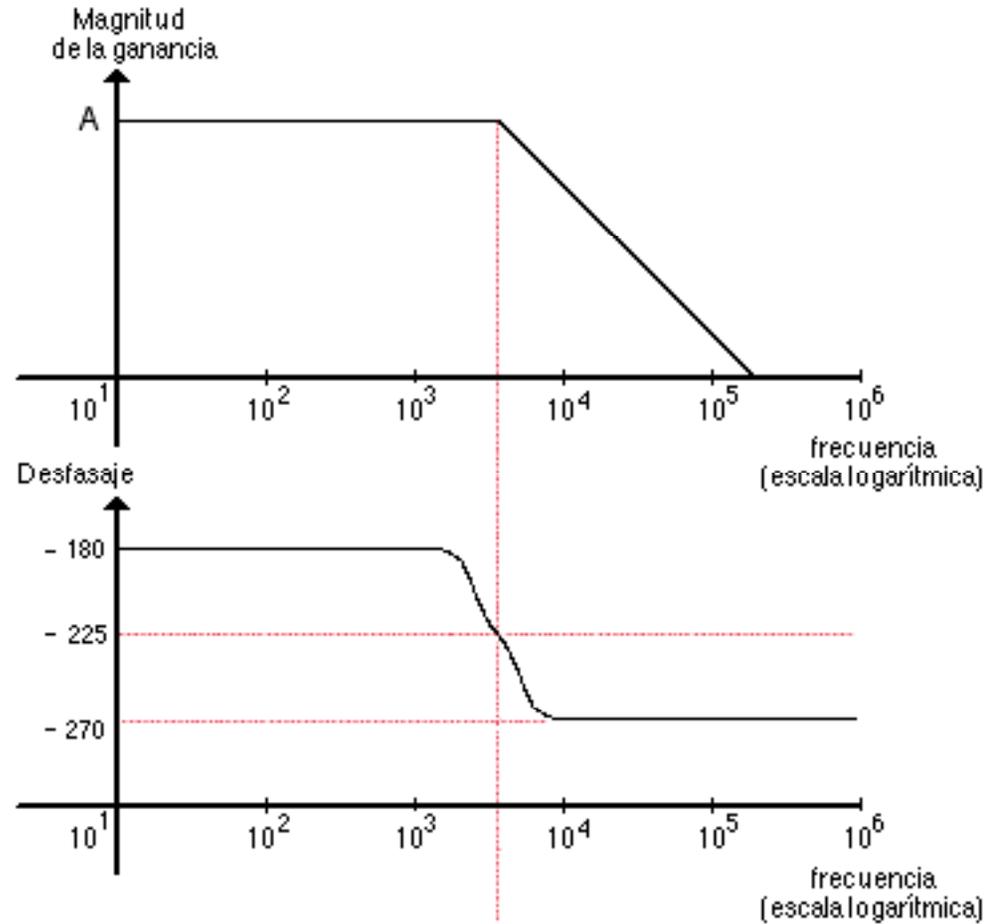
\* **Ganancia AC para obtener el ancho de banda:** Relación entre el voltaje de salida y el voltaje de entrada del amplificador inversor cuando se aplican voltajes sinusoidales de amplitud constante sobre un amplio rango de frecuencias para obtener el gráfico de la respuesta en frecuencia y calcular el ancho de banda.

\* **Desfasaje entre  $V_i$  y  $V_o$  en función de la frecuencia:** Ángulo de desfasaje entre la señal de entrada y la de salida medido utilizando la calibración del eje horizontal, sobre un amplio rango de frecuencias.

# CARACTERÍSTICA ENTRADA SALIDA EN DC



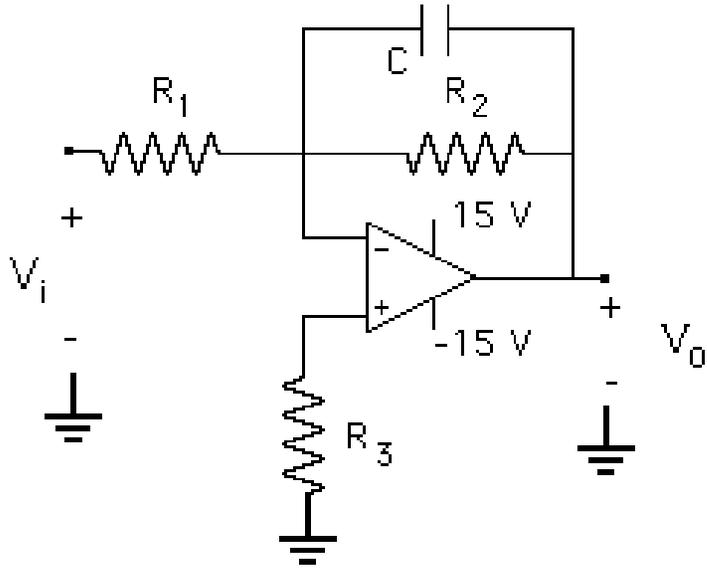
# RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL AMPLIFICADOR INVERSOR: GANANCIA AC Y DESFAJAJE



## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## ANALISIS DEL FILTRO PASA BAJO ACTIVO



$$Z_r = \frac{\frac{R_2}{j\omega C}}{R_2 + \left(\frac{1}{j\omega C}\right)} \Rightarrow |Z_r| = \frac{\frac{R_2}{\omega C}}{\sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{R_1} \frac{\frac{R_2}{\omega C}}{\sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Frecuencia de corte:

$$R_2 = \frac{1}{\omega_c C} \Rightarrow \omega_c = \frac{1}{R_2 C} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

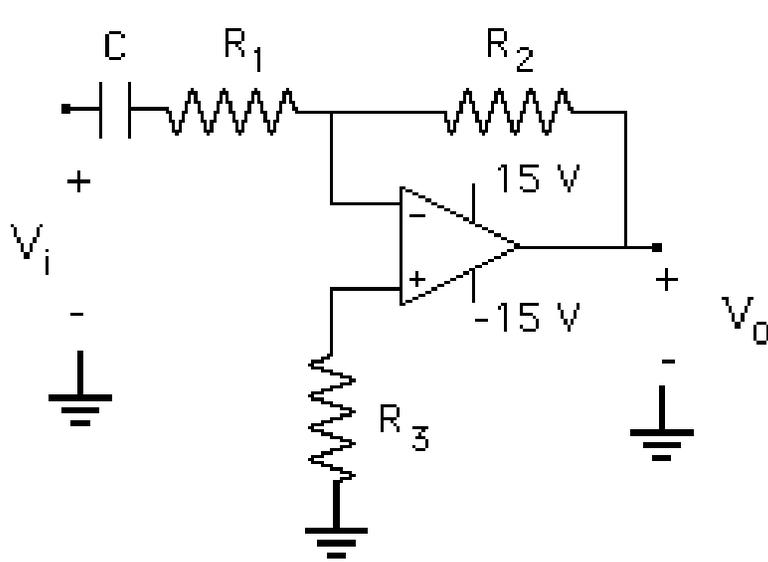
**Mediciones en el laboratorio:**

**Ganancia AC en un amplio rango de frecuencias para elaborar la gráfica de la respuesta en frecuencia y determinar la frecuencia de corte.**

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## ANALISIS DEL FILTRO PASA ALTO ACTIVO



$$Z_i = R_1 + \frac{1}{j\omega C} \Rightarrow |Z_i| = \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Frecuencia de corte:

$$R_1 = \frac{1}{\omega_c C} \Rightarrow \omega_c = \frac{1}{R_1 C} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

**Mediciones en el laboratorio:**

**Ganancia AC en un amplio rango de frecuencias para elaborar la gráfica de la respuesta en frecuencia y determinar la frecuencia de corte.**

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## **VALORES DE LOS COMPONENTES**

$$\mathbf{R_1 = 1\ K\Omega}$$

$$\mathbf{R_2 = 10\ K\Omega}$$

$$\mathbf{R_3 = 910\ \Omega}$$

$$\mathbf{C = 10\ nF\ (filtro\ pasa\ bajo)}$$

$$\mathbf{C = 100\ nF\ (filtro\ pasa\ alto)}$$

## **PARA LA SIMULACIÓN EN SPICE**

$$\mathbf{V = 1\ V} \quad \mathbf{F = 1\ kHz}$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 8

- \* **CARACTERÍSTICAS DEL OPAM IDEAL**
- \* **AMPLIFICADOR INVERSOR BÁSICO CON EL OPAM IDEAL**
- \* **ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES REALES (UA741)**
- \* **LAS FUENTES DE VOLTAJE PARA UN OPAM**
- \* **MONTAJE EN EL PROTOBOARD. COMPROBACIÓN INICIAL.**
- \* **MEDICIONES SOBRE EL AMPLIFICADOR INVERSOR**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-BAJO ACTIVO**
- \* **ANÁLISIS DEL FILTRO PASA-ALTO ACTIVO**
- \* **VALORES DE LOS COMPONENTES**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8**

## CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 8

Registro de componentes, montaje y prueba inicial del amplificador operacional en la configuración inversor	30 minutos
Mediciones para determinar la característica $V_o$ vs. $V_i$ en DC y las formas de onda AC para los valores dados	30 minutos
Obtención de datos para la respuesta en frecuencia del amplificador inversor (magnitud y fase)	60 minutos
Obtención de datos para la respuesta en frecuencia de la magnitud del filtro pasa bajo activo	30 minutos
Obtención de datos para la respuesta en frecuencia de la magnitud del filtro pasa alto activo	30 minutos