

# **Practica**

## **Sistemas electrónicas**

### **Practica 1: Aplicaciones lineales de los amplificadores operacionales**

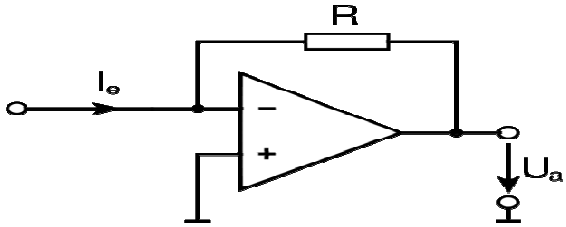
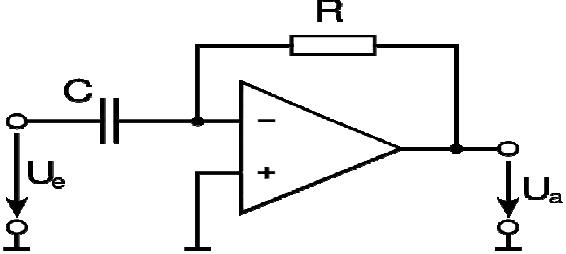
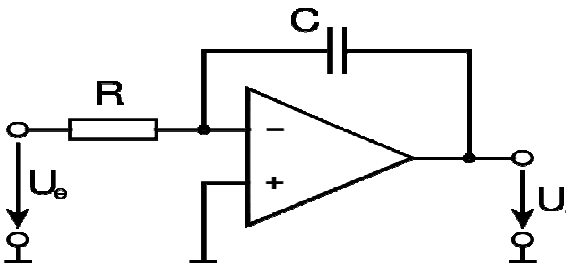
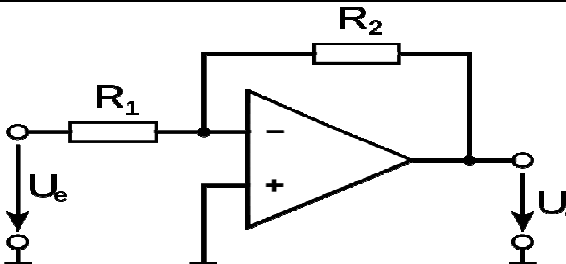
Autor:	René Werner Ibald
Profesor responsable:	Salvador Bracho del Pino
Profesora cuidanda:	Rosario Casanueva Arpide

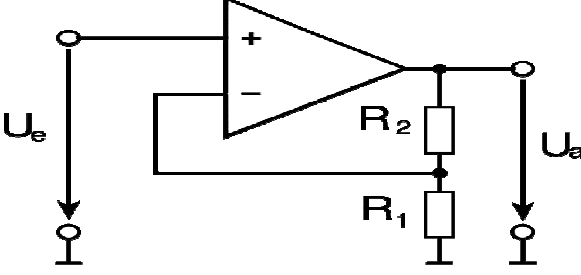
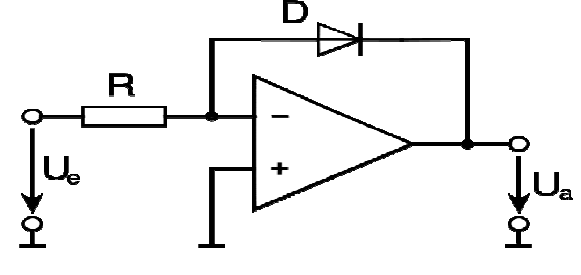
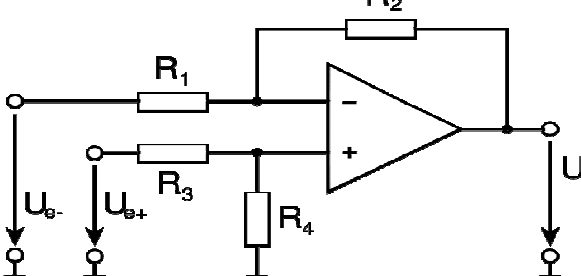
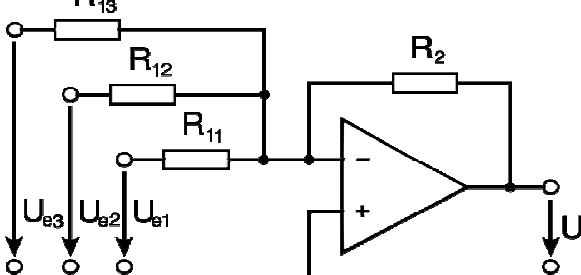
## Objetivo de la práctica:

El objetivo de la práctica es familiarizarse con el empleo del amplificador operacional realizando experimentalmente algunos circuitos lineales sencillos.

## Motivación:

Amplificadores operacionales están utilizando en muchos sistemas electrónicos para construir filtros tan como miembros para sistemas de control como P-, I-, D-miembros. Por eso amplificadores operacionales se utilizan en casi todos instrumentos electrónicos de medición. La siguiente lista muestra algunos usos:

Transformador de corriente a tensión: $U_a = R \cdot I_e$	
Diferenciador: $U_a = -R \cdot C \cdot \frac{dU_e}{dt}$	
Integrador: $U_a = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t U_e(t) \cdot dt + U_a(0)$	
Amplificador Inversor $U_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{in}$	

<p>Amplificador non Inversor:</p> $U_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_{in}$	
<p>Logaritmo:</p> $U_a = -m \cdot \ln\left(\frac{U_e}{n \cdot R}\right)$ <p>n, m .....factores de corrección</p>	
<p>Amplificador de las diferencias:</p> $U_a = \frac{R_2}{R_1} \cdot (U_{e+} - U_{e-})$	
<p>Sumador:</p> $U_a = -R_2 \cdot \left(\frac{U_{e1}}{R_{11}} + \frac{U_{e2}}{R_{12}} + \frac{U_{e3}}{R_{13}}\right)$	

### Propiedades de los amplificadores operacionales:

Para calcular la respuesta de un sistema con un amplificador operacionales usamos el modelo de un amplificador operacional ideal que supone que la resistencia de la entrada  $R_e = \infty$  que significa que una corriente de la entrada  $I_e = 0$ . También la tensión de la entrada  $U_e = 0$  que representa un cortocircuito virtual. Con esas propiedades vale por un amplificador ideal sin la consideración de influencia de la temperatura, de la frecuencia de la señal y otras más.

Porque hay errores sistémicos en un circuito y por la influencia de algunos factores como temperatura, frecuencia de señal, perturbación y mucho más existe una tensión de offset que está medida como diferencia de la tensión de la tierra virtual y  $U_{out} = 0V$ . Por el uso es necesario corregirla.

## Desarrollo de la práctica:

En la práctica ha usado el amplificador operacional LM741. Figura 2 muestra varios parámetros de ese amplificador de la empresa National Semiconductor:

### Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.  
(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	$\pm 22\text{V}$	$\pm 22\text{V}$	$\pm 22\text{V}$	$\pm 18\text{V}$
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$
Input Voltage (Note 2)	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	$-55^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	$-55^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$
Junction Temperature	$150^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C}$	$150^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C}$
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	$260^{\circ}\text{C}$	$260^{\circ}\text{C}$	$260^{\circ}\text{C}$	$260^{\circ}\text{C}$
J- or H-Package (10 seconds)	$300^{\circ}\text{C}$	$300^{\circ}\text{C}$	$300^{\circ}\text{C}$	$300^{\circ}\text{C}$
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$
Infrared (15 seconds)	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$	$215^{\circ}\text{C}$
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

### Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV mV
				15							$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	$\pm 10$				$\pm 15$			$\pm 15$		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$			70		65	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/ $^{\circ}\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$			0.210			1.5			0.8	$\mu\text{A}$
Input Resistance	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M $\Omega$
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M $\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$							$\pm 12$	$\pm 13$		V
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$				$\pm 12$	$\pm 13$					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$ , $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $V_S = \pm 20\text{V}$ , $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_O = \pm 10\text{V}$	32						15			V/mV V/mV V/mV
	$V_S = \pm 5\text{V}$ , $V_O = \pm 2\text{V}$	10									V/mV

Figura 2: Ficha de datos de la LM741

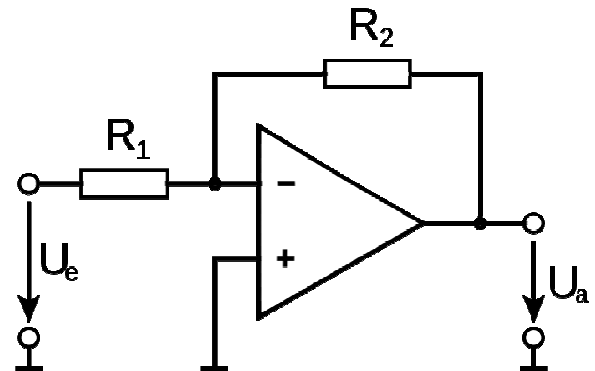
En siguiente las tareas y la solución de las tareas de la práctica van a explicar (Parámetros: amplificador inversor; amplificación de -2 :

### 1) Medir la tensión de offset antes corregirla.

Una amplificación de -2 se realizar por un amplificador inversor. Como muestra en la figura 1. la se calcular con la fórmula:

Amplificador Inversor

$$U_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{in}$$

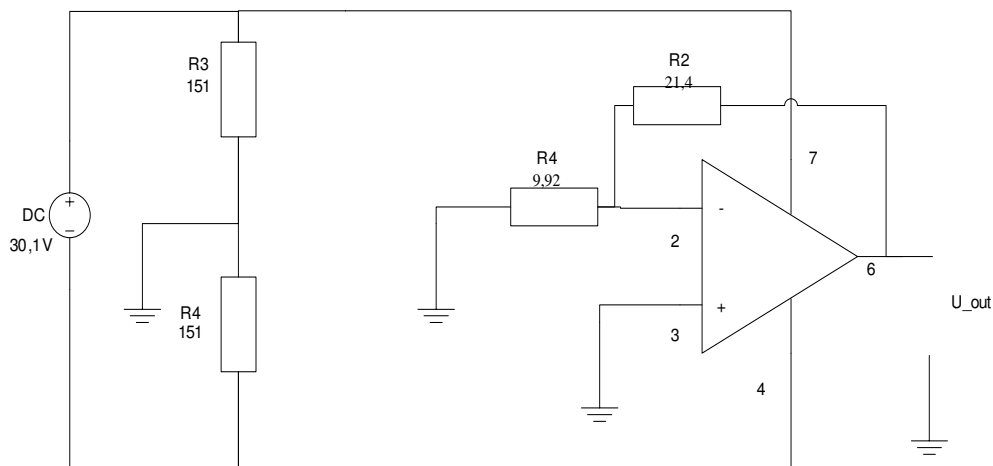


Por eso  $R_2$  estaba elegido a un valor de  $21,4 \Omega$  y  $R_1$  a un valor de  $9,92 \Omega$ .

Entonces la amplificación total  $v$  se calcular a:

$$v = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{21,4 \Omega}{9,92 \Omega} = -2,1572$$

Porque el amplificador solo trabajar con una tensión de  $\pm 15V$  es necesito de utilizar una tierra virtual con una fuente de doble polaridad con un divisor de voltaje. Entonces, la siguiente circuito ha empleado de hallar el offset.



**Figura 3: Circuito para medir el offset**

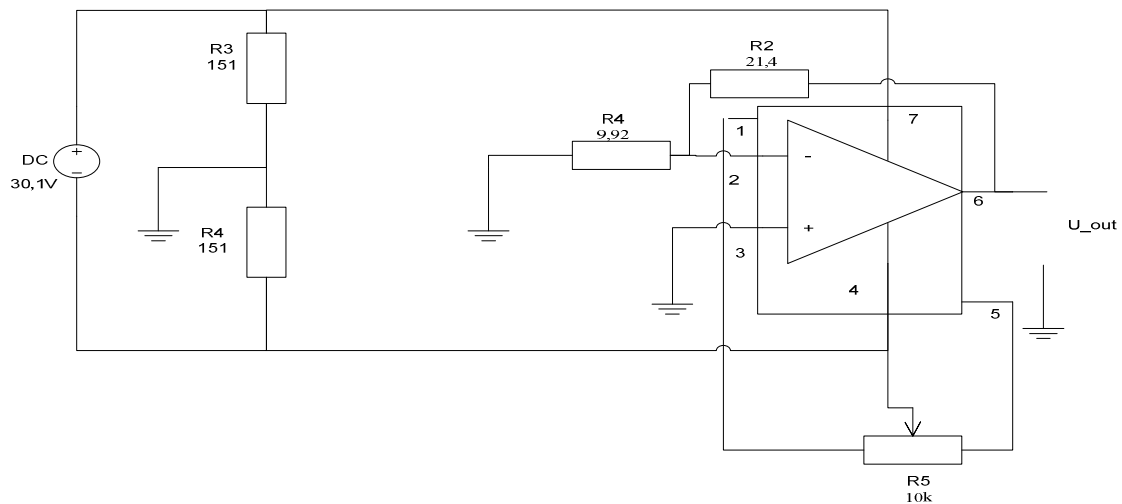
Con los valores:

**Tensión de la fuente:** 30,1V

**Resistencia de doble fuente:**  $R_3=151\Omega$  y  $R_4=151,1\Omega$

Se ha medido un offset de  $U_{\text{off}}=-0.16\text{V}$

Para ajustar el offset a  $U_{\text{off}}=0\text{V}$  un potenciómetro de  $10\text{k}\Omega$  en máximo estaba conectado entre la conexiones 1, 4 y 5 de la amplificador LM471 como muestra en figura 4.



**Figura 4: Circuito para ajustar el offset**

**2) Medir las especificaciones del circuito utilizando una sinusoidal. Comprobar que si verifican las especificaciones y dibujar las formas de onda observadas en el osciloscopio.**

Figura 5 muestra la circuito con un generador de una tensión sinusoidal. Los parámetros de la señal de la entrada eran:

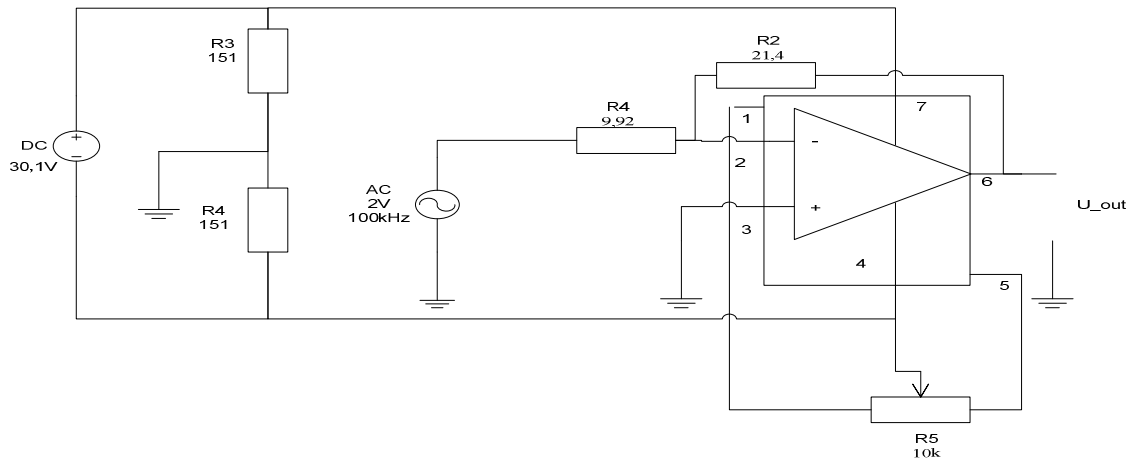
**Amplitud:** 2V

**Frecuencia:** 200kHz (periodo  $T_{\text{in}}=50\mu\text{s}$ )

Estaba obtener una señal con los valores:

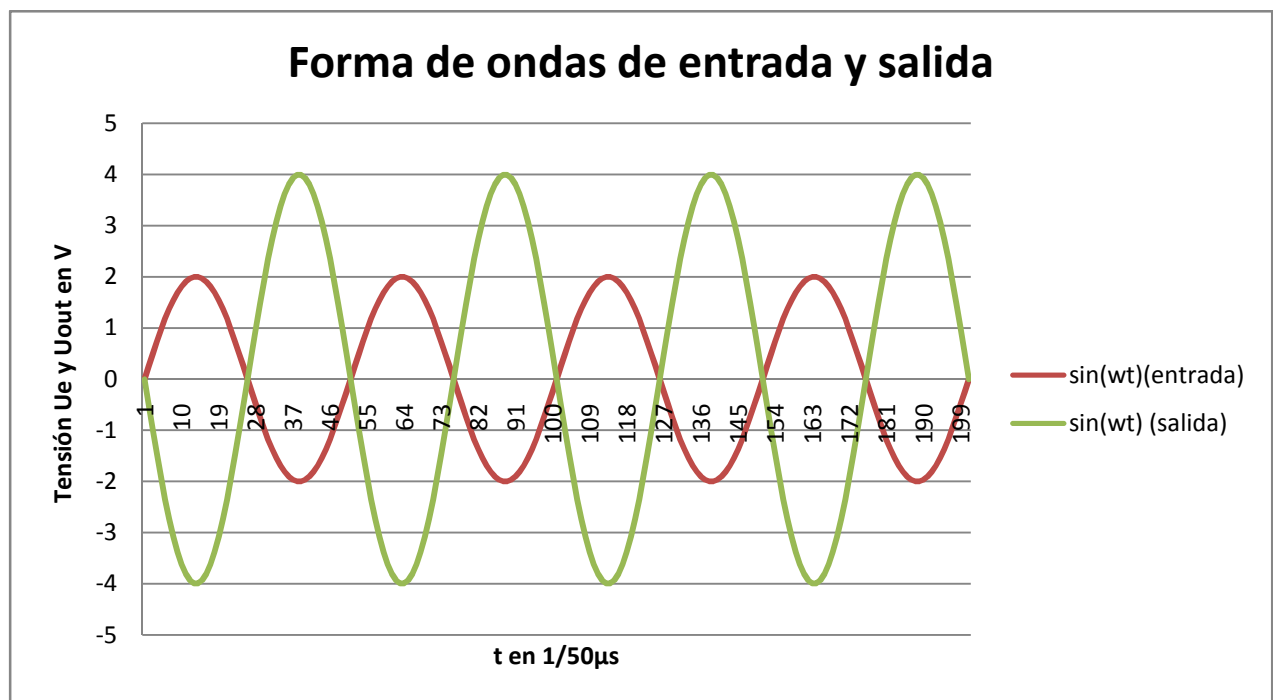
**Amplitud:** ~4V

**Frecuencia:** 200kHz (periodo  $T_{\text{out}}=50\mu\text{s}$ )



**Figura 5: Circuito con señal sinusoidal a entrada del amplificador.**

En la figura 6 se muestra la forma de la las ondas.



**Figura 5: Formas de ondas de señal recibida**

Como se ve la forma de la onda no cambio por el uso de un amplificador. El valor de la entrada esta multiplicado con el valor calculado de ganancia de -2. El periodo de salida no cambia tampoco. Eso verifica gráficamente las especificaciones del circuito. La amplificador no es ideal, pero la corriente en el amplificador es tan pequeña que es posible de despreciar.