

Electrónica

Práctica N°4 Amplificadores Operacionales

3 de junio de 2025

1. Objetivos

- Analizar el comportamiento de un amplificador operacional a lazo abierto.
- Comprobar el funcionamiento de un operacional a lazo cerrado y analizar su respuesta en frecuencia.
- Analizar el comportamiento de un filtro pasa bajo activo.
- Armar y analizar un oscilador en puente de Wien.

2. Listado de componentes e instrumentos

- Resistencias (1/4 watt): 1 k Ω (dos), 2.2 k Ω (dos), 10 k Ω , 27 k Ω y 47 k Ω .
- Potenciómetro de 10 k Ω .
- Capacitores de poliester (25 Volt): 0.1 μ F (dos).
- LM741.
- Protoboard.
- Multímetro digital.
- Generador de funciones.
- Osciloscopio.
- Fuente de tensión de ± 12 Volts.

3. Funcionamiento a lazo abierto

- Armar el circuito de la Figura 1. Tener en cuenta que la tierra del generador y la de la fuente de alimentación deben estar conectadas entre sí.

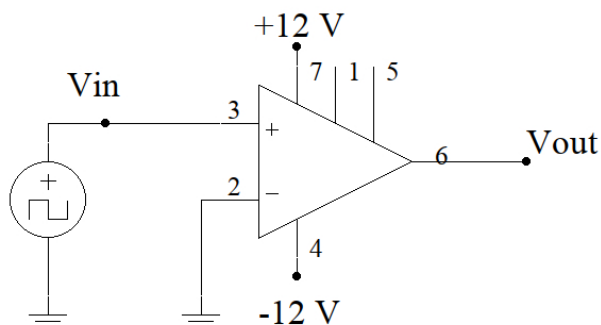


Figura 1: Funcionamiento del operacional a lazo abierto.

- Usando el generador de funciones, introducir en la entrada una señal cuadrada de 1 Volt de amplitud, sin offset de continua y frecuencia 100 Hz.
- Medir a continuación los valores positivo y negativo de saturación de la señal de salida usando el osciloscopio:

$$V_{\text{Sat}+} = \quad , V_{\text{Sat}-} =$$

- Cambiar la frecuencia del generador a 5 kHz. Observar que la señal de salida debería dejar de ser perfectamente cuadrada. Explicar a qué se debe este comportamiento.

.....

- Determinar la velocidad de respuesta (*slew rate*) del operacional midiendo la pendiente ($\Delta V_{\text{out}}/\Delta t$) del flanco de subida o bajada de la señal de salida:

$$S_R =$$

Comparar el valor obtenido con el reportado en la hoja de datos del LM741.

Nota: Por simplicidad, en los circuitos que siguen se ha omitido trazar los contactos de alimentación de ± 12 . Sin embargo, para que los amplificadores operacionales funcionen correctamente, se deben mantener estas conexiones a lo largo de toda la práctica de laboratorio.

4. Funcionamiento a lazo cerrado

- Armar el amplificador no inversor de la Figura 2 alimentando el operacional con tensiones de ± 12 V. Introducir en la entrada una señal senoidal de 1 kHz sin offset de continua que permita tener una salida de 0,5 Volt de amplitud.

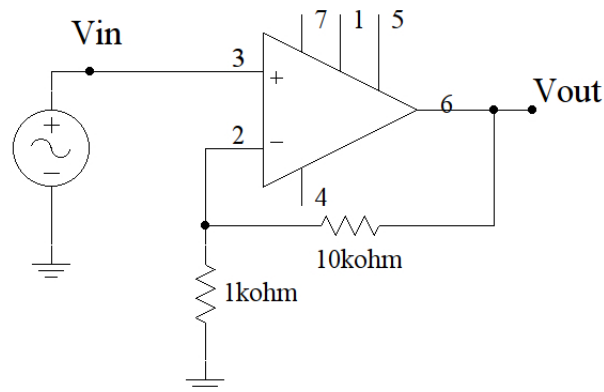


Figura 2: Amplificador no inversor.

- Observar en el osciloscopio la señal de salida superpuesta a la de entrada.
- Calcular y medir la ganancia de tensión a lazo cerrado:

$$A_{CL} = \boxed{} \text{ (Calculada)}$$

$$A_{CL} = \boxed{} \text{ (Medida)}$$

- ¿Qué valor debería tener la ganancia de tensión a la frecuencia de corte f_c ?

$$A_{CL}(f_c) = \boxed{} \text{ (Calculada)}$$

Nota: Recordar que a la frecuencia de corte la ganancia cae 3 dB respecto de su valor en decibeles a frecuencias medias.

- Calcular y medir la frecuencia de corte:

$$f_c = \boxed{} \text{ (Calculada)}$$

$$f_c = \boxed{} \text{ (Medida)}$$

Nota: Para calcular la frecuencia de corte, se puede usar el hecho de que el producto entre el ancho de banda (f_c) y la ganancia a lazo cerrado a frecuencias medias (A_{CL}), es aproximadamente igual a la frecuencia unidad (f_u) del operacional:

$$f_c A_{CL} \approx f_u = 10^6 \text{ Hz.}$$

5. Filtros activos

- Armar el filtro activo de la Figura 3 alimentando el operacional con tensiones de ± 12 V.

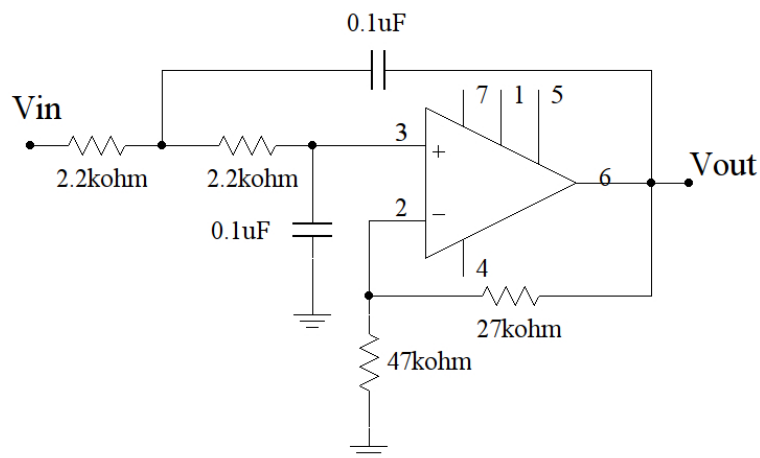


Figura 3: Filtro activo.

- ¿Qué tipo de filtro es, cuál es su orden y qué respuesta debería tener?.

.....

.....

.....

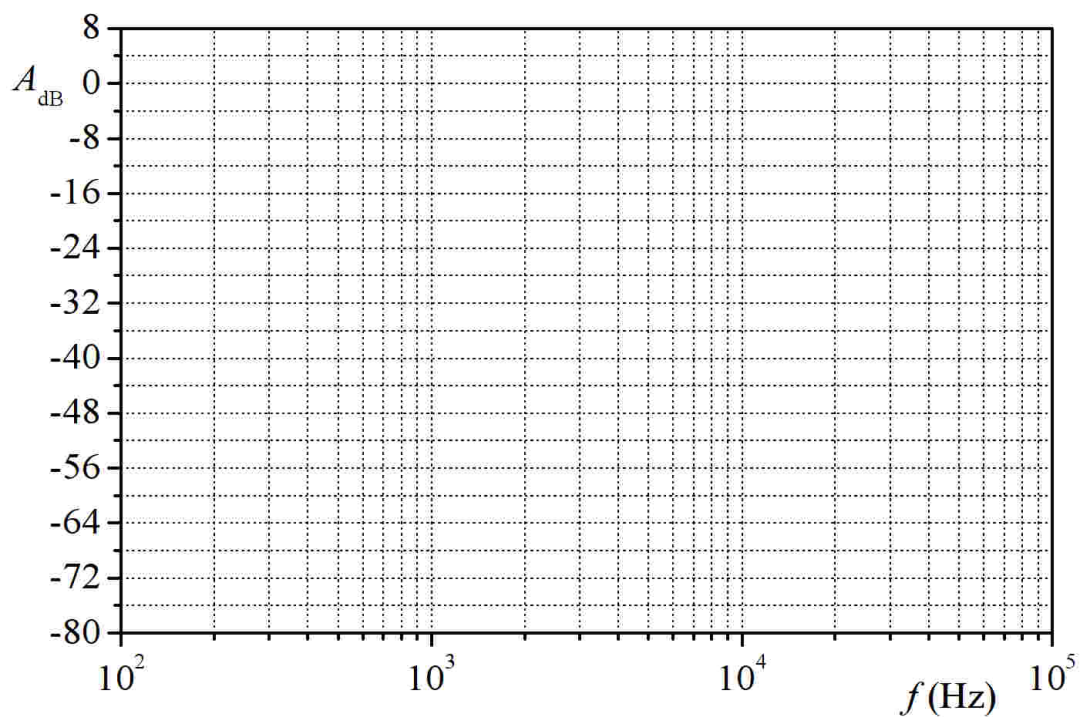


Figura 4: Diagrama de Bode del filtro activo.

- Calcular su frecuencia de corte:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \quad (\text{Calculada})$$

- Introducir en la entrada una onda senoidal sin offset de continua que permita tener una salida de no más de 1 Volt de amplitud. Haciendo un barrido en frecuencia medir la frecuencia de corte del filtro:

$$f_c = \quad (\text{Medida})$$

- Midiendo la ganancia del filtro entre los 100 Hz y los 100 kHz, trazar en la Figura 4 el diagrama de Bode de este circuito. Indicar en la gráfica la frecuencia de corte.
- A partir del diagrama de Bode medir la pendiente de caída para frecuencias mucho mayores que f_c :

$$\text{Pendiente} =$$

6. Oscilador en puente de Wien

- Armar el oscilador en puente de Wien de la Figura 5 alimentando el operacional con tensiones de ± 12 V.

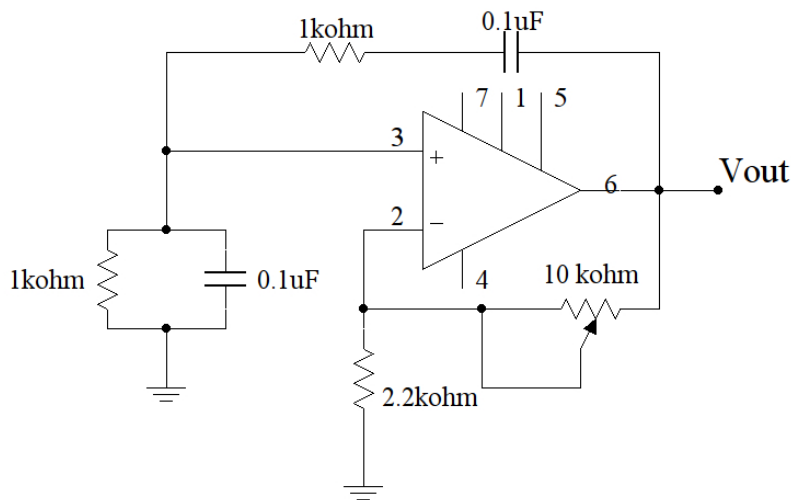


Figura 5: Oscilador en puente de Wien.

- Observar con el osciloscopio la señal de salida. Si el circuito no está oscilando, variar el potenciómetro de 10 kΩ hasta que esto suceda.
- Ajustar el potenciómetro en el mínimo valor posible que permita tener una señal de salida de buena calidad.
- Calcular la frecuencia de resonancia (frecuencia de oscilación):

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC} = \quad (\text{Calculada})$$

- Medir la frecuencia de resonancia:

$$\boxed{f_r =} \quad (\text{Medida})$$

- Apagar el circuito y desconectar el potenciómetro de $10\text{ k}\Omega$, cuya función es la de realimentar en la entrada inversora la señal de salida. Medir el valor que quedó ajustado en este potenciómetro:

$$\boxed{\text{Resistencia de realimentación} =} \quad (\text{Valor medida})$$

- En teoría, ¿qué valor debería tener esta resistencia?:

$$\boxed{\text{Resistencia de realimentación} =} \quad (\text{Valor teórico})$$

LM741

Operational Amplifier

General Description

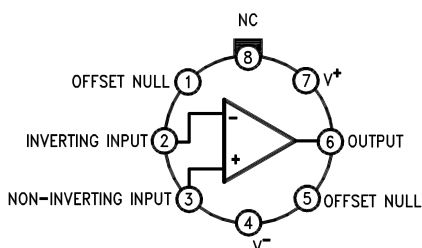
The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Connection Diagrams

Metal Can Package

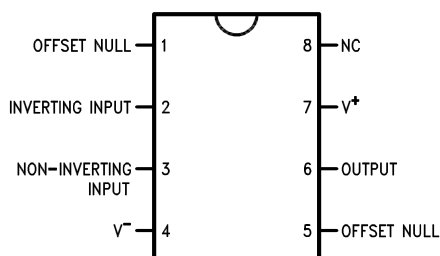


DS009341-2

Note 1: LM741H is available per JM38510/10101

**Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C**

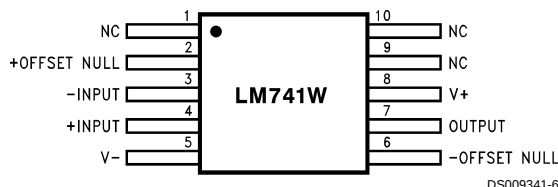
Dual-In-Line or S.O. Package



DS009341-3

**Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E**

Ceramic Flatpak

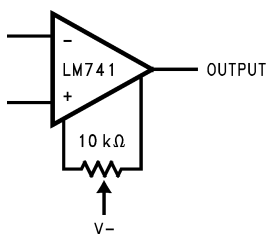


DS009341-6

**Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A**

Typical Application

Offset Nulling Circuit



DS009341-7

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 4)	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	150°C	100°C
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V
------------------------	------	------	------

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mV
	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										mV
	$R_S \leq 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
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		$\text{M}\Omega$
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									$\text{M}\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
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
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$ $V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV V/mV
		10									
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$				70	90		70	90		dB dB
		80	95								
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$ to $V_S = \pm 5\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96								dB dB
					77	96		77	96		
Transient Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain										
			0.25	0.8		0.3			0.3		μs %
Rise Time			6.0	20		5			5		
Overshoot											
Bandwidth (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$		80	150							mW mW
	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.