



**Universidad de Granada**

**PROBLEMA DE UN AMPLIFICADOR  
OPERACIONAL REAL**

*Grado en Ingeniería de Tecnologías de la Telecomunicación*

*Tecnología de circuitos impresos*

Sonia Gómez Gijón

soniaggijon@correo.ugr.es

Curso 2019 - 2020

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Selección del amplificador</b>	<b>2</b>
<b>3. Resolución</b>	<b>2</b>
<b>4. Implementación del amplificador no inversor</b>	<b>3</b>
4.1. Implementación con un solo amplificador . . . . .	4
4.1.1. Implementación con dos amplificadores . . . . .	4
<b>5. Configuración inversora</b>	<b>4</b>
<b>6. Implementación del amplificador inversor</b>	<b>6</b>
<b>7. Conclusión</b>	<b>7</b>

# 1. Introducción

Dada una lista de integrados de amplificadores operacionales (figura 1) y resistencias de la serie del 5% (figura 2) se pide el diseño de un amplificador que con una resistencia de carga  $R_L$  de  $10\ \Omega$  cumpla las siguientes características:

- La tensión de alimentación del circuito debe ser una tensión máxima de 10 V como alimentación no simétrica.
- Para  $V_{in} = 0,1\text{ V}$ ,  $V_{out} = 1\text{ V}$
- Para  $V_{in} = 1\text{ V}$ ,  $V_{ou} = 6\text{ V}$
- La corriente de salida debe ser  $I_{out} = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{6}{100} = 60\text{ mA}$

uA741
TL082
LM358
TLC272
TLV2472

Figura 1: Lista de amplificadores operacionales

E24 Series at  $\pm 5\%$  Tolerance – Resistors values in  $\Omega$

1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0,  
3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.2, 8.2, 9.1

Figura 2: Valores de la serie E24

# 2. Selección del amplificador

En primer lugar se busca entre los amplificadores disponibles cuál de ellos cumple con las condiciones necesarias. Si miramos en el datasheet de cada integrado obtenemos las siguientes conclusiones:

- **uA741:** sólo contiene un amplificador el cual sólo proporciona 40 mA.
- **TL082:** Para una carga de  $100\ \Omega$  no es capaz de amplificar.
- **TLC272:** sólo proporciona 30 mA a la salida.
- **TLV2472:** Tensión de alimentación máxima 6 V.
- **LM358:** La corriente de salida en cortocircuito es 60 mA.

Por tanto el LM358 es el único con el que se podría realizar el diseño propuesto.

# 3. Resolución

La configuración de nuestro amplificador debe ser no inversora, la cual se muestra en la figura 3, puesto que la tensión de entrada va a ser positiva y la salida también. Por lo tanto para dicha configuración sabemos que la ganancia se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{1}$$

Dadas las especificaciones, nuestro amplificador debe tener una ganancia de 10 por lo que en la tabla de valores de resistencias de la serie E24 buscamos una combinación de resistencias que proporcione dicho valor de ganancia. En este caso se va a utilizar los siguientes valores de resistencias:  $R_1 = 20\text{ k}\Omega$  y  $R_2 = 180\text{ k}\Omega$ .

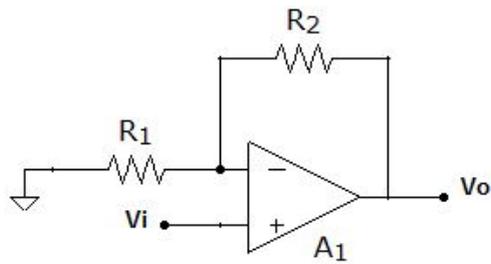


Figura 3: Configuración no inversora

	R1 (K $\Omega$ )	R2 (K $\Omega$ )
	20	180
R1 + 5%	21	189
R1 - 5%	19	171

Ganancia
10
10,9473684
9,14285714
10

Figura 4: Valores de las resistencias

Figura 5: Valores de ganancia

Teniendo en cuenta que los valores de las resistencias no son ideales y que presentan una tolerancia del 5% se ha calculado el valor de la ganancia para cada valor de resistencia (figuras 4 y 5)

Sin embargo, todo esto no es suficiente para que el amplificador funcione correctamente, puesto que como se ha mencionado con anterioridad, el amplificador es capaz de proporcionar los 60 mA necesarios cuando la salida está llevada a masa. Sin embargo en nuestro caso tenemos una resistencia de carga de 100  $\Omega$ , la cual hará que la corriente de salida disminuya.

Para solucionar esto, una primera solución sería colocar los dos amplificadores del integrado en paralelo tal y como se muestra en la figura 6

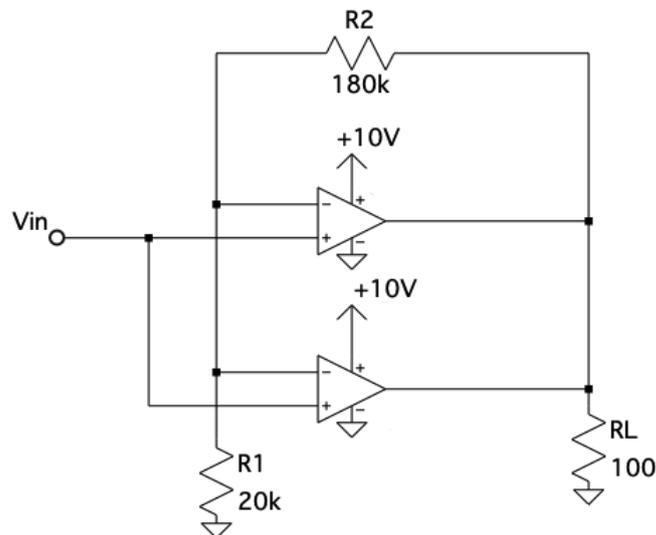


Figura 6: Configuración en paralelo

#### 4. Implementación del amplificador no inversor

Para comprobar el diseño se implementa el circuito con el integrado, las resistencias especificadas y alimentándolo con 10 y 0 V tal y como nos exige el enunciado del ejercicio.

## 4.1. Implementación con un solo amplificador

Para comenzar se monta el circuito usando tan sólo uno de los amplificadores, para comprobar que a pesar de que las resistencias han sido diseñadas para obtener una ganancia de 10, el amplificador no llegará a amplificar hasta los 6 V y que no es capaz de proporcionar los 60 mA necesarios para ello.

Si en la entrada del amplificador se introduce una señal rampa en la que la tensión vaya de 0 a 1V obtenemos los siguientes resultados:

En primer lugar se ha probado el funcionamiento sin la resistencia de carga (figura 7) y se observa que la tensión de salida sólo llega a los 8.72 V.

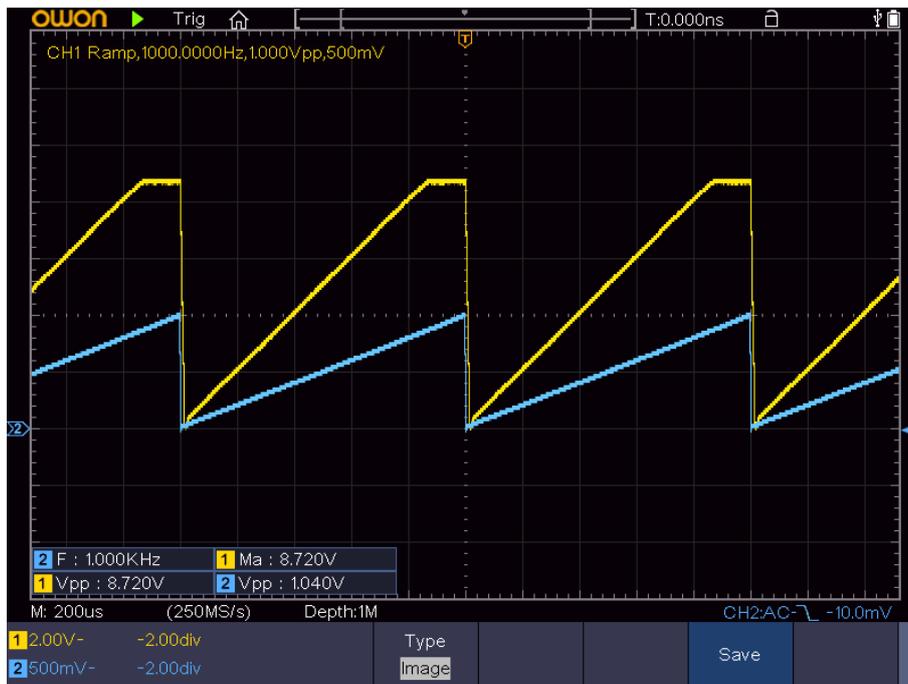


Figura 7: Sin  $R_L$ . La línea azul es la señal de entrada y la amarilla es la señal de salida

Posteriormente añadimos la resistencia de carga de  $100 \Omega$  (figura 8) y se observa que la tensión de salida cae hasta los 3.76 V.

Por lo tanto se comprueba que el amplificador sólo es capaz de amplificar la señal de entrada cuando ésta es menor de 0.3 V, ya que para tensiones de entrada superiores a ésta no es capaz de proporcionar la intensidad necesaria.

### 4.1.1. Implementación con dos amplificadores

A continuación se monta el circuito de la figura 6, para lo cual tan sólo se ha añadido el segundo amplificador en el circuito montado anteriormente. Se introduce la misma señal de entrada que en el caso anterior, obteniéndose el resultado de la figura 9, en la que se aprecia que la salida en este caso sí que alcanza los 6V.

## 5. Configuración inversora

A continuación se realiza una modificación del ejercicio, en la que ahora las tensiones de entrada son negativas y el circuito debe cumplir con los mismos requisitos.

Para ello se realiza una configuración inversora, la cual se muestra en la figura 10. Calculando los nuevos valores de resistencias con la fórmula 2 obtenemos que  $R_1 = 10k\Omega$  y  $R_2 = 100k\Omega$ .

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$



Figura 8: Amplificador con  $R_L$ . La línea azul es la señal de entrada y la amarilla es la señal de salida

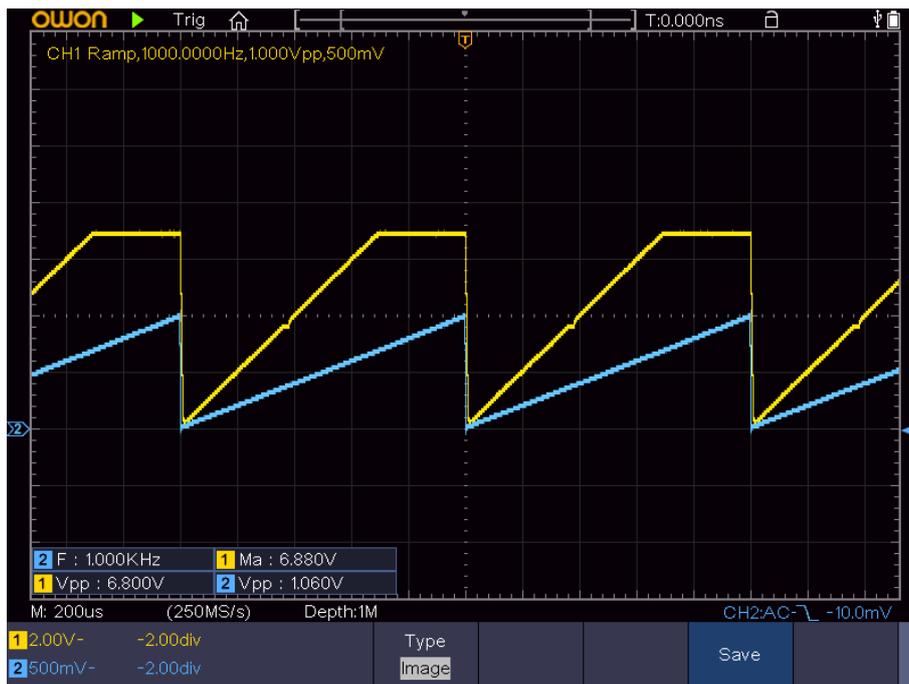


Figura 9: Dos amplificadores en paralelo. La línea azul es la señal de entrada y la amarilla es la señal de salida

Al igual que en el caso anterior calculamos el rango de ganancia teniendo en cuenta las tolerancias de las resistencias.

Se observa que en este caso la no idealidad de las resistencias afecta en mayor medida a la ganancia, ya que ésta se distancia más del valor que debería tener.

A continuación en la figura 13 se muestra el circuito completo.

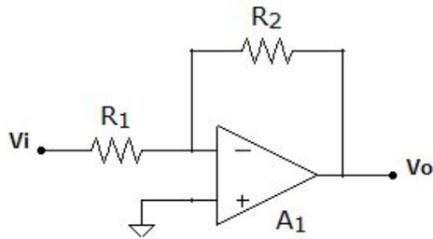


Figura 10: Configuración no inversora

	R1 (KΩ)	R2 (KΩ)
	10	100
R1 + 5%	10,5	105
R1 - 5%	9,5	95

Ganancia
11
12,0526316
10,047619
11

Figura 11: Valores de las resistencias

Figura 12: Valores de ganancia

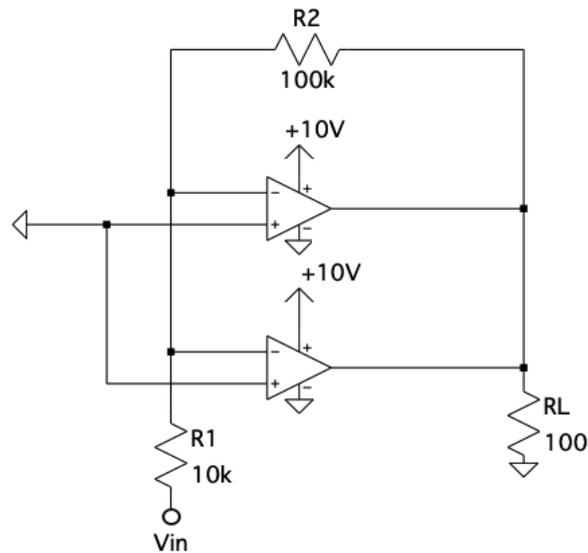


Figura 13: Configuración no inversora

## 6. Implementación del amplificador inversor

A continuación se realiza también se implementa la configuración no inversora para ver si funciona al igual que en el caso anterior.

En la figura 14 se muestra el resultado, observándose que la tensión máxima de salida es 6.8V.

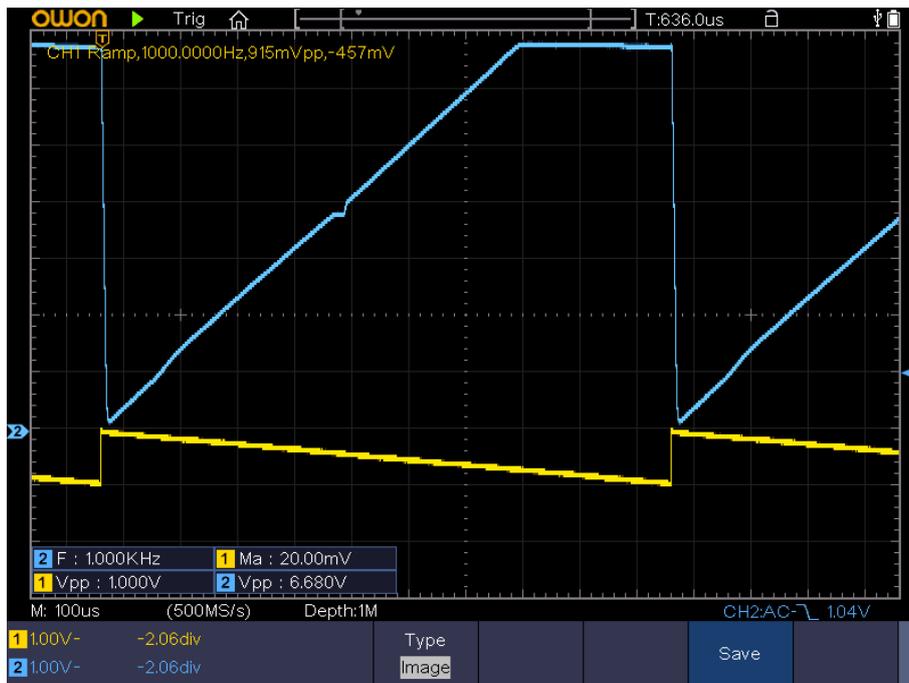


Figura 14: Configuración no inversora

## 7. Conclusión

En este ejercicio se ha estudiado el comportamiento real de un amplificador, el cual para que amplifique no basta con implementar una configuración con sus resistencias para una determinada ganancia, sino que el amplificador debe ser capaz de proporcionar la intensidad suficiente a la carga, siendo el valor de dicha intensidad dependiente del modelo del amplificador utilizado.