# PRÁCTICA 1.- CIRCUITO DIFERENCIADOR E INTEGRADOR. COMPONENTES PASIVOS. RESPUESTA EN FRECUENCIA.

## 1.-OBJETIVOS

- Introducción al instrumental de laboratorio.
- Estudio de filtros pasivos: montaje diferenciador e integrador.
- Obtención experimental de la respuesta en frecuencia de filtros pasivos simples.

## 2.- INTRODUCCIÓN

Los componentes pasivos son las resistencias, condensadores y autoinducciones. Al hablar de circuitos diferenciadores e integradores con componentes pasivos nos referimos a que estos circuitos los vamos a montar exclusivamente con componentes pasivos.

Más adelante veremos que estos circuitos también se pueden montar con componentes activos como son el amplificador operacional junto con resistencias y condensadores (motivo de otra práctica posterior). Empezaremos con los circuitos RC, concretamente el montaje integrador y diferenciador, estudiando su respuesta frente a la frecuencia de la señal de entrada poniendo así de manifiesto su comportamiento como filtros.

## 3.-CIRCUITO DIFERENCIADOR

Este circuito constituye lo que se llama un filtro paso alto, es decir, que atenúa las señales de bajas frecuencias y deja pasar las señales de frecuencia mayores a una dada, llamada frecuencia de corte. Su esquema se muestra en la figura siguiente;

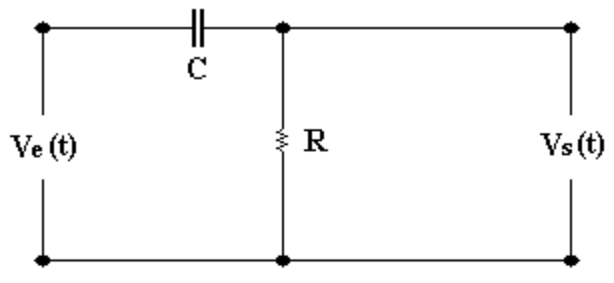


**Figura 1.- Montaje diferenciador**

La frecuencia de corte se define como aquella a la cual la señal de salida es 0.707 veces la señal de entrada, o bien en decibelios, la frecuencia para la que hay una ganancia de -3dB.

$$G = \frac{Vs}{Ve} \qquad \rightarrow \qquad \text{para } f = fo$$

$$G = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707\,; \qquad G_{dB} = 20\log_{10}|G| = 20\log_{10} \frac{1}{\sqrt{2}} = -3dB\,;$$

donde $f_o = \dfrac{1}{2\pi\, RC}$**;**

Esto es debido a que la reactancia que presenta el condensador $\left( Z_C = \dfrac{1}{jC\omega} \right)$ disminuye al aumentar la frecuencia, dándose el caso de que cuando C es muy alta se comporta como si fuera un cortocircuito por lo que la señal de entrada aparece en la salida.

Para frecuencias muy pequeñas, próximas a cero, C presenta una impedancia muy grande, próxima a infinito, es decir, que a estas frecuencias se comporta como si se tratase de un circuito abierto. Por tanto la tensión de salida es prácticamente nula .

A continuación vamos a justificar las expresiones anteriores realizando un estudio del comportamiento de este circuito en el dominio de la frecuencia, para una señal de entrada *Ve(t)* senoidal.

$$Ve(t) = Vsen(\omega t)\ ; \quad (\text{siendo } w{=}2\pi f)$$

La ecuación de la malla del circuito será: $\quad V_e(t) = i(t)\left( R + \dfrac{1}{jC\omega} \right);$

donde *j* es la unidad imaginaria, *R* la impedancia compleja de la resistencia y $1/jC\omega$ la del condensador.

La tensión de salida será: $\quad Vs(t) = i(t) \cdot R\ ;$

Dividiendo la tensión de salida entre la entrada tendremos:

$$\frac{Vs(t)}{Ve(t)} = \frac{i(t)R}{i(t)\left( R + 1/jC\omega \right)} = \frac{R}{R + 1/jC\omega};$$

Al cociente entre *Vs(t)* y *Ve(t)* se le denomina Ganancia (G).

$$G = \frac{Vs(t)}{Ve(t)} = \frac{R}{R + 1/jC\omega};$$

como $w = 2\pi f$ siendo $f$ la frecuencia y teniendo en cuenta que $f_o = \dfrac{1}{2\pi\, RC}$ podemos reescribir la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$G = \frac{1}{1 - j\dfrac{1}{2\pi RCf}} = \frac{1}{1 - j\dfrac{fo}{f}};$$

Esta expresión compleja de la ganancia se puede descomponer en módulo y argumento:

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{fo}{f}\right)^2}}; \qquad \theta = arctg\left(\frac{fo}{f}\right);$$

Particularizando para $f = fo$ obtenemos la ganancia y fase a la frecuencia de corte:

$$G = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707; \qquad G_{dB} = 20\log_{10}|G| = 20\log_{10} \tfrac{1}{\sqrt{2}} = -3dB;$$

$\theta_{f=fo} = arctg\,(1) = 45^o$;

La respuesta en frecuencia de un sistema se representa a través del diagrama de Bode, que no es otra cosa sino la representación de las **curvas de módulo y fase** del circuito.
En la curva de **módulo** representamos la ganancia (en decibelios) frente a la frecuencia, y en la de **fase**, el desfase (en grados o radianes), también frente a la frecuencia; todo ello en escala semilogarítmica para una correcta representación de las curvas.

A continuación se muestra el circuito diferenciador que se analizará experimentalmente en la sesión de prácticas y su diagrama de Bode.

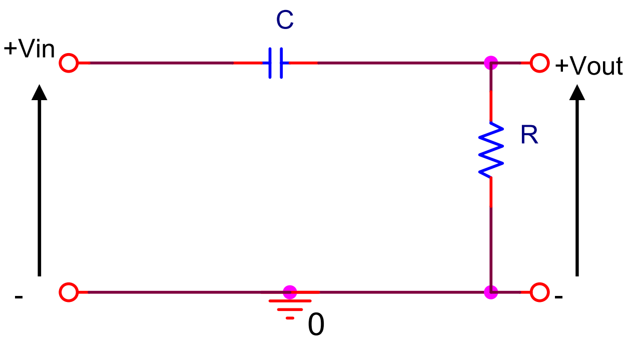


**Figura 2.- Montaje diferenciador** ***R=56 kΩ; C=0.01μF → fo=284 Hz***

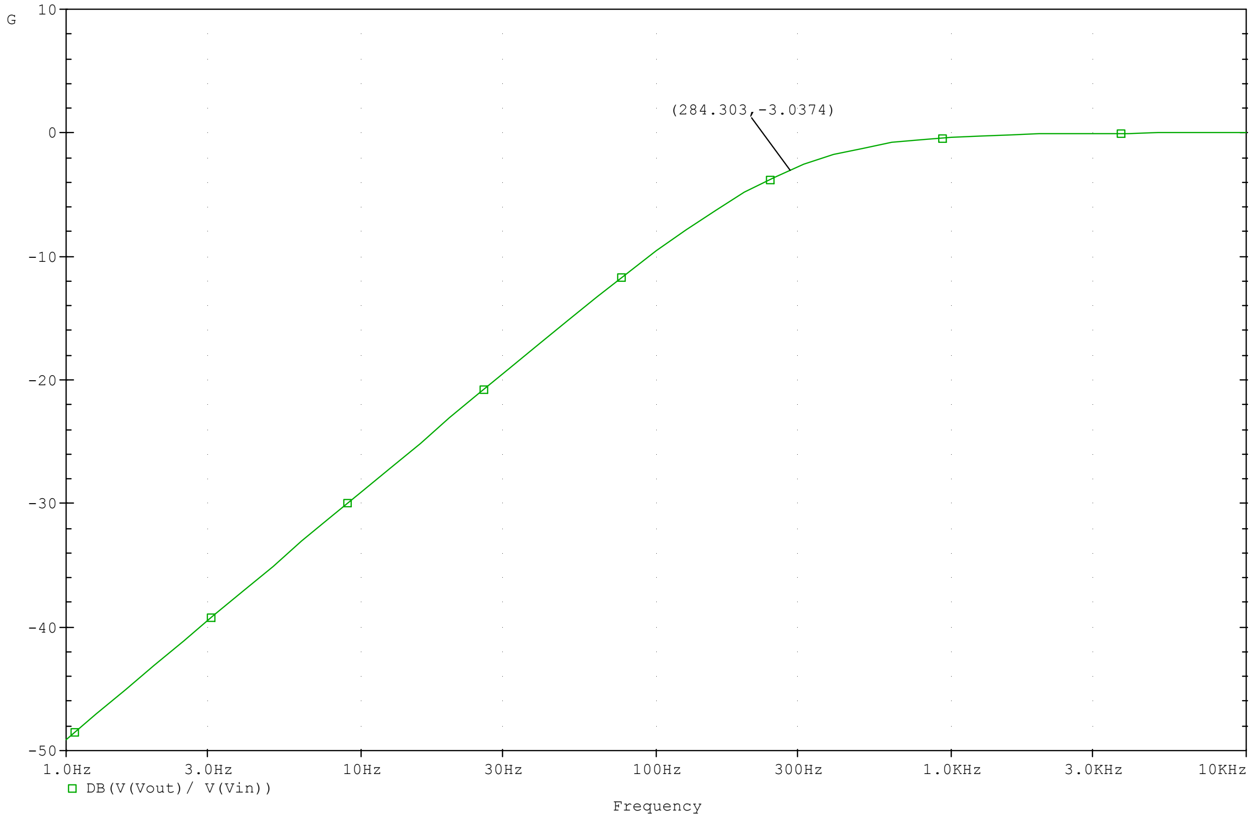


**Figura 3.- Curva de ganancia (en dB)**

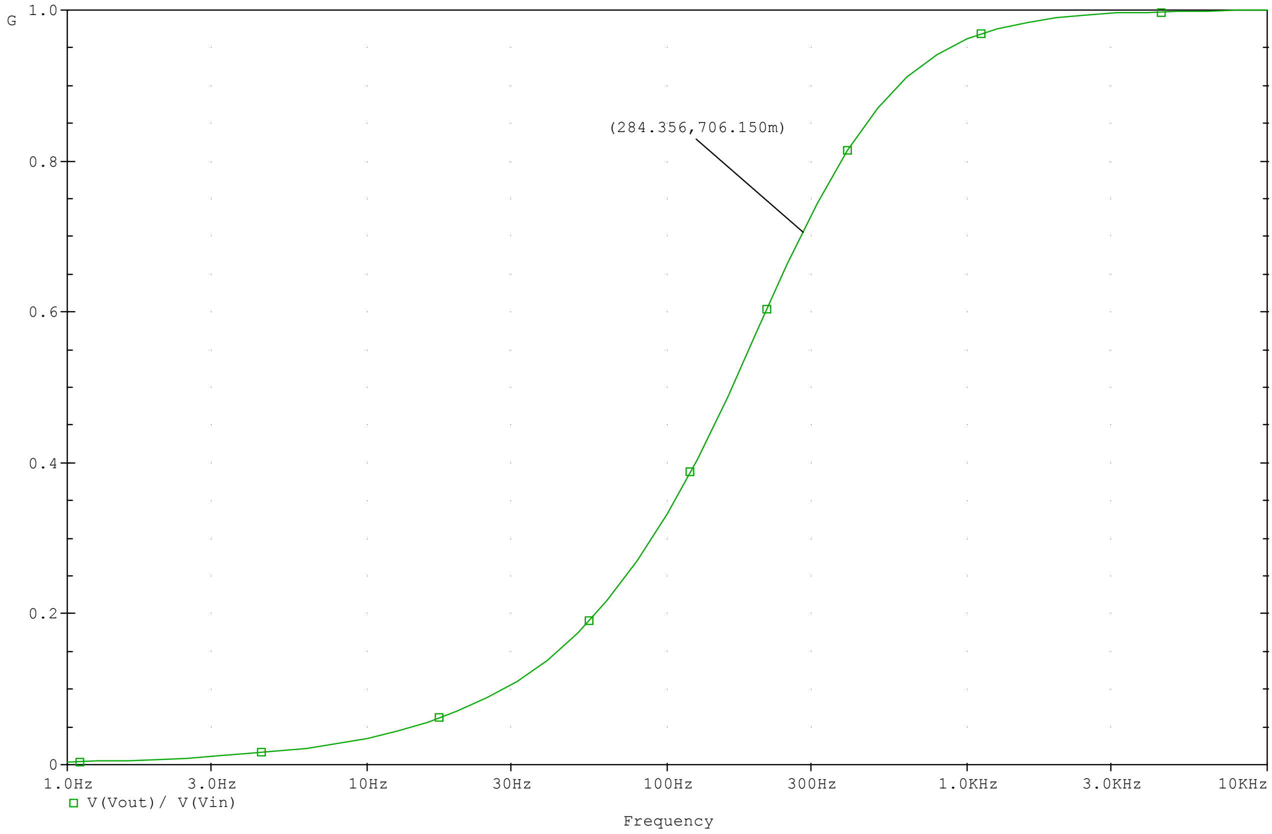


**Figura 4.- Curva de ganancia.**

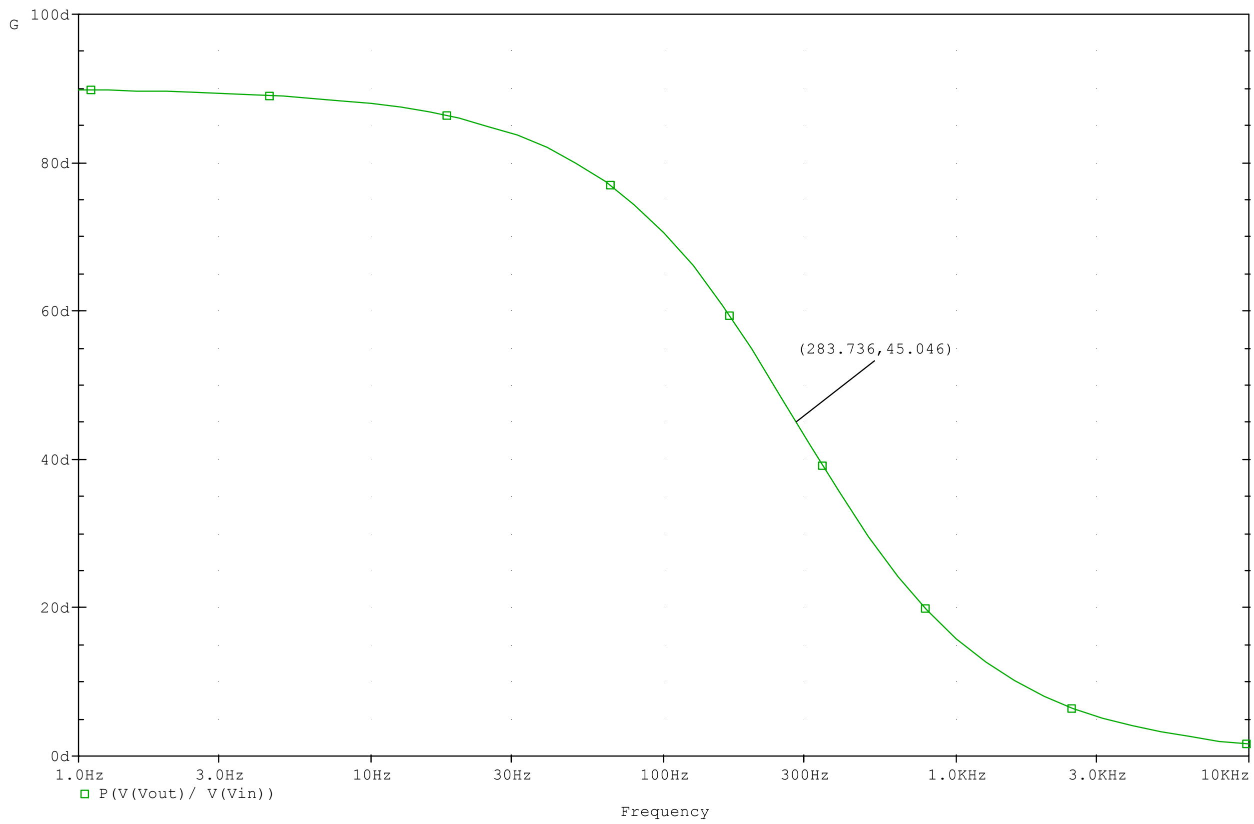


**Figura 5.- Curva de fase.**

En las figuras puede observarse perfectamente la atenuación que introduce el circuito a bajas frecuencias, la ganancia a la frecuencia de corte (0.707 ó -3dB) y cómo tiende a ganancia unidad para frecuencias altas.

Igualmente, sobre la curva de fase, podemos observar la evolución del desfase desde 90º hasta 0º, siendo 45º a la frecuencia de corte *fo*.

En la figura siguiente podemos ver representadas las tensiones de entrada y salida del circuito (tal y como se verían en el osciloscopio), para una tensión de entrada senoidal de 10V de amplitud y frecuencia *f =fo=285Hz.*
Midiendo sobre la gráfica obtenemos el valor de la ganancia y desfase:

G= 0.707; Ψ=45,47º; valores como vemos muy próximos a los esperados teóricamente.

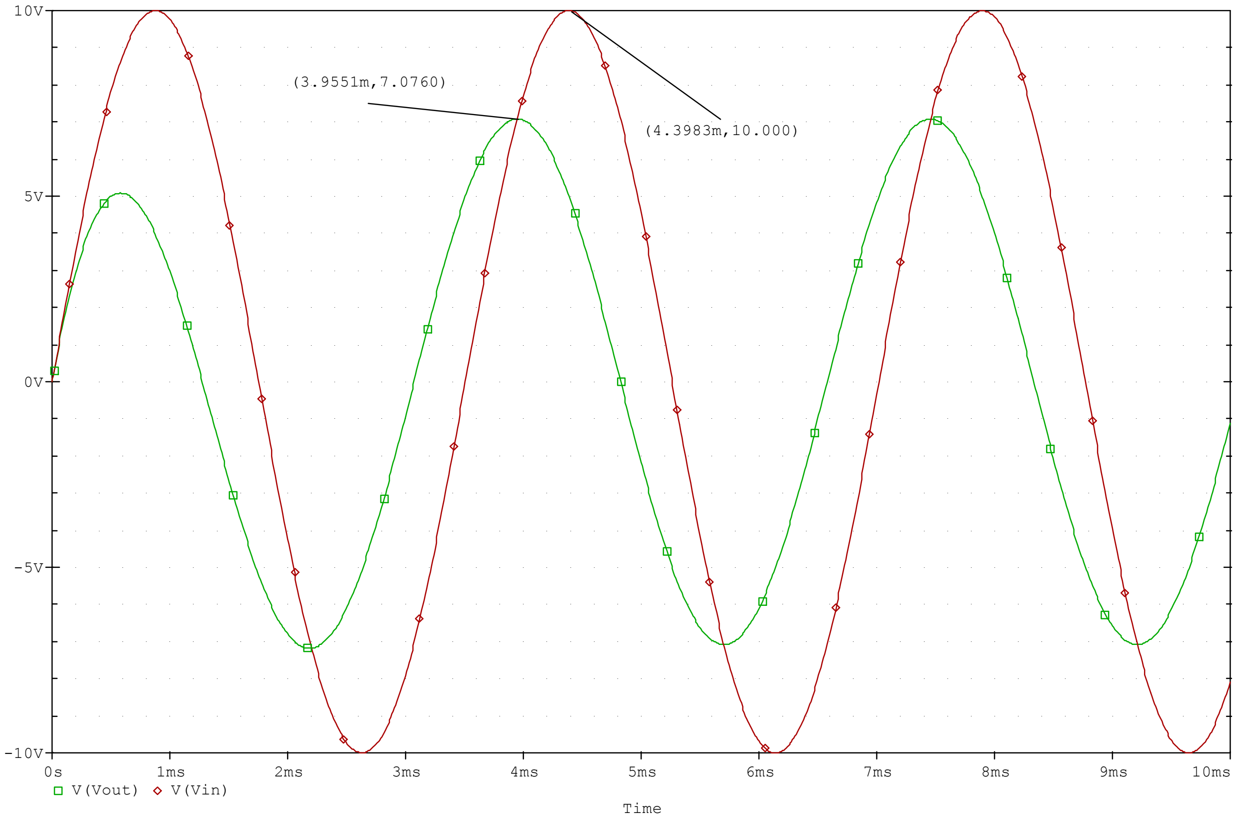


**Figura 6.-Respuesta temporal del montaje integrador (Vin= 10V, f=285Hz)**

## 4.-CIRCUITO INTEGRADOR

El circuito pasivo elemental del circuito integrador es el de la figura:

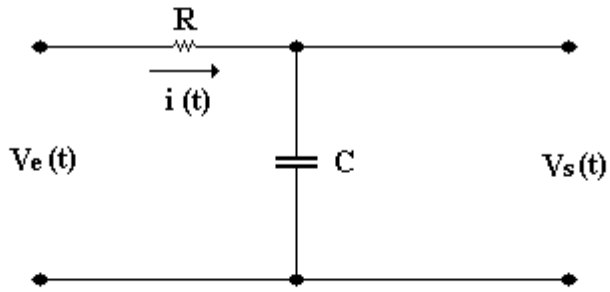


**Figura 7.- Montaje integrador**

A este circuito también se le llama filtro paso bajo, es decir, deja pasar las señales de frecuencias bajas (inferiores a la frecuencia de corte *fo* ).

Vamos a estudiar este circuito en el dominio de las frecuencias para ello suponemos una señal de entrada senoidal.

$$Ve(t) = Vsen(\omega t)$$

La ecuación de la malla del circuito será: $V_e(t) = i(t)\left(R + \frac{1}{jC\omega}\right);$

donde *j* es la unidad imaginaria, *R* la impedancia compleja de la resistencia y $1/jC\omega$ la del condensador.

La tensión de salida podemos expresarla como $Vs(t) = i(t)\left(\frac{1}{jC\omega}\right);$

dividiendo ambas ecuaciones obtendremos:

$$G = \frac{V_s(t)}{V_e(t)} = \frac{i(t)\left(\frac{1}{jC\omega}\right)}{i(t)\left(R + \frac{1}{jC\omega}\right)} = \frac{1}{1 + jRC\omega} = \frac{1}{\frac{fo}{f}j + 1};$$

Si calculamos el modulo y el argumento de G obtendremos :

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{fo}{f}\right)^2}} \; ; \qquad \theta = -arctg\left(\frac{f}{fo}\right);$$

Con lo cual ya tenemos caracterizado el comportamiento del circuito frente a la frecuencia. A continuación se muestra el diagrama de Bode, ejemplificado sobre el circuito que se va a montar en la práctica.

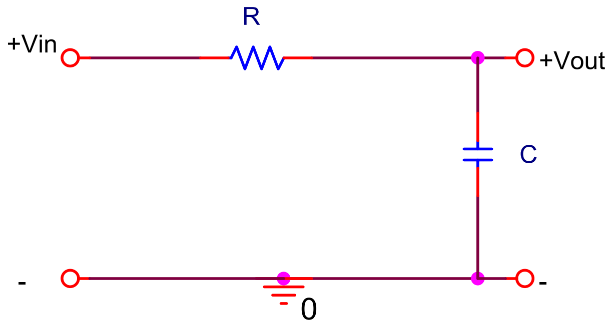


**Figura 8 .- Montaje integrador** ***R=56 kΩ; C=0.01μF → fo=284 Hz***

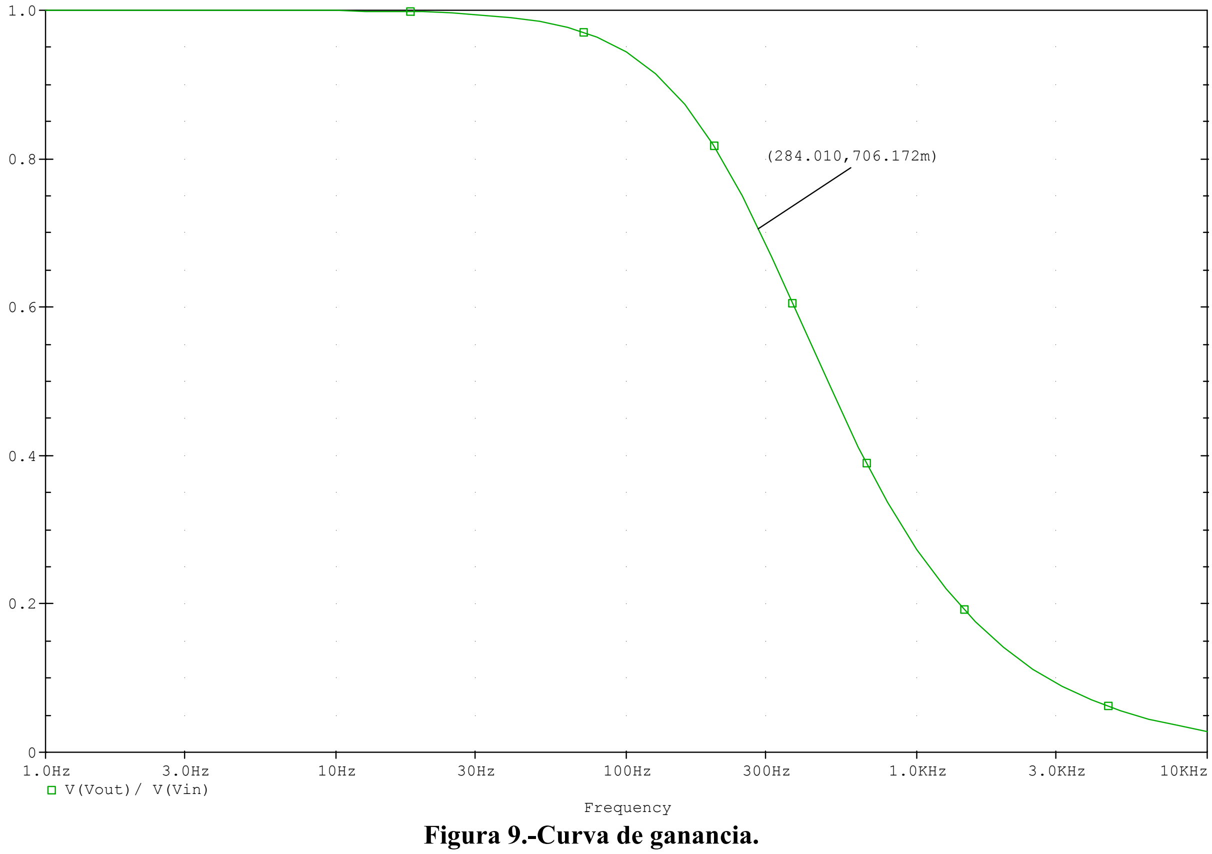


**Figura 9.-Curva de ganancia.**

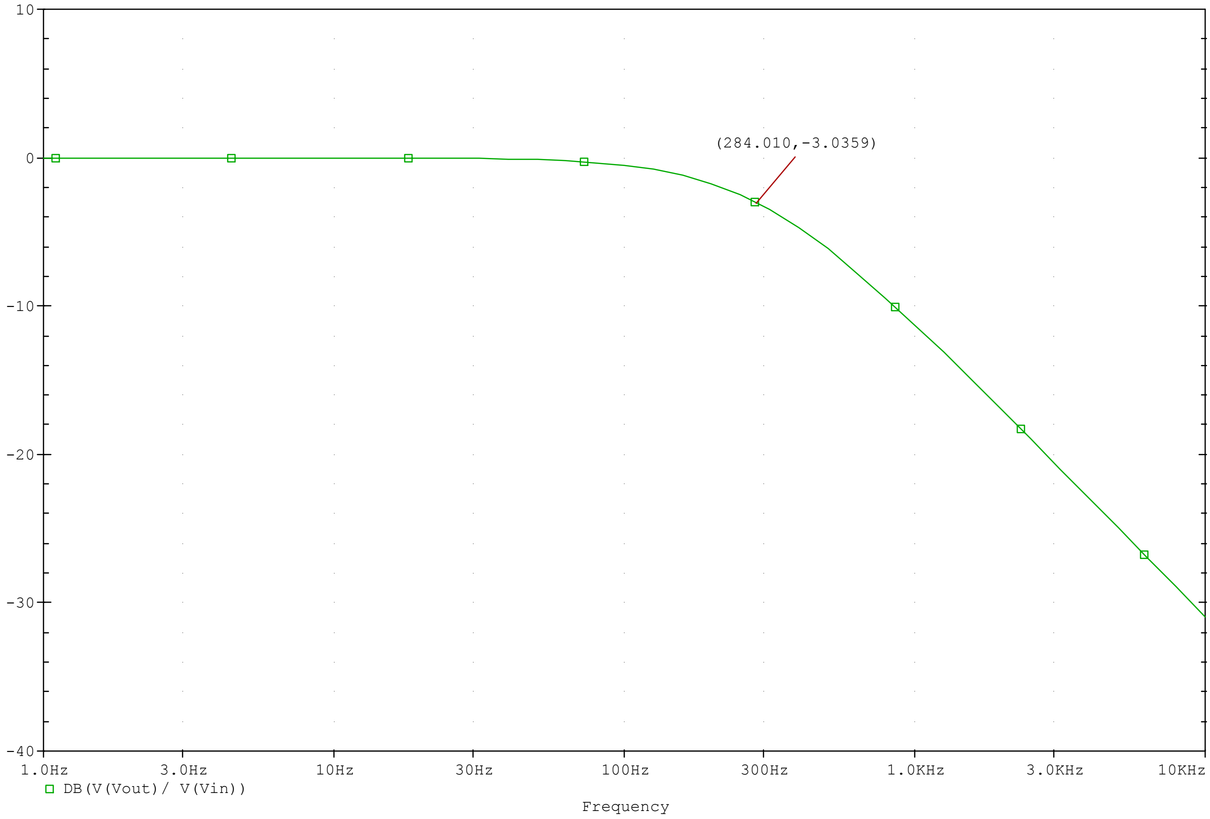


**Figura 10.-Ganancia en dB**

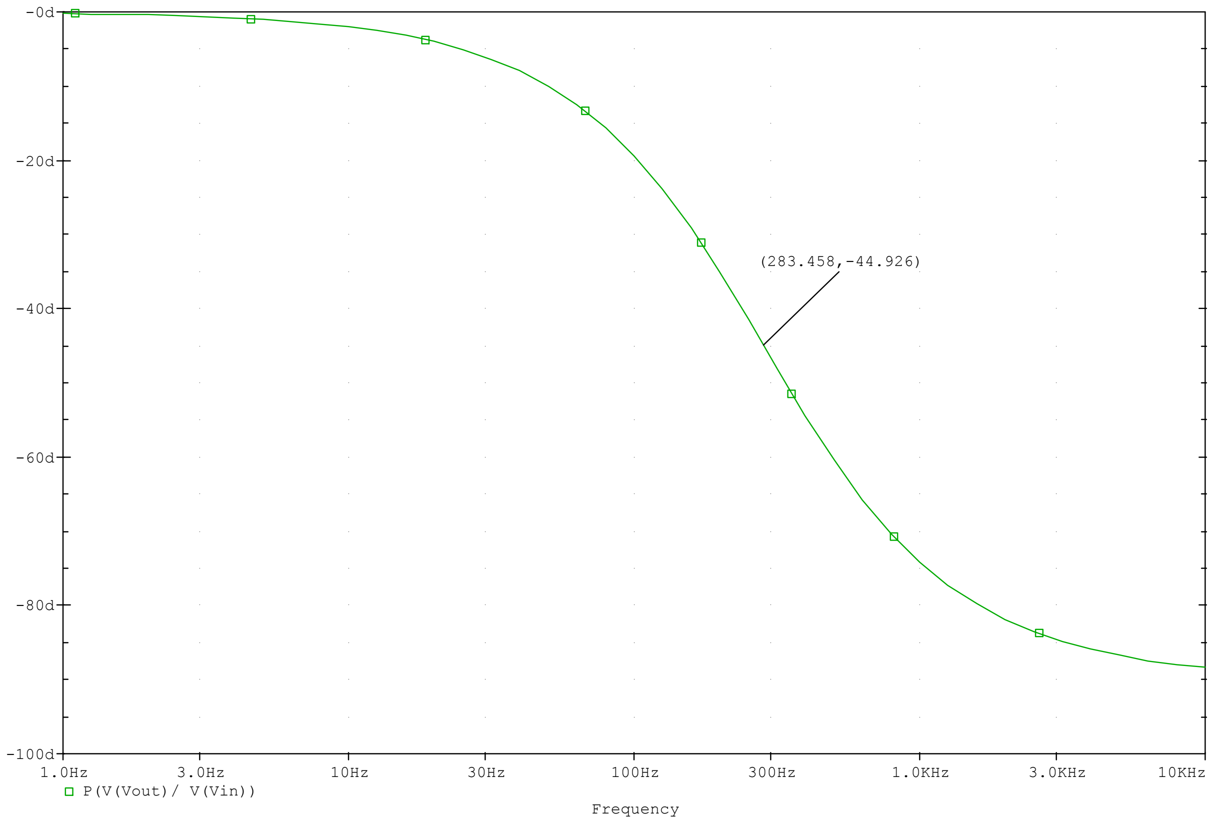


**Figura 11 .-Curva de fase**

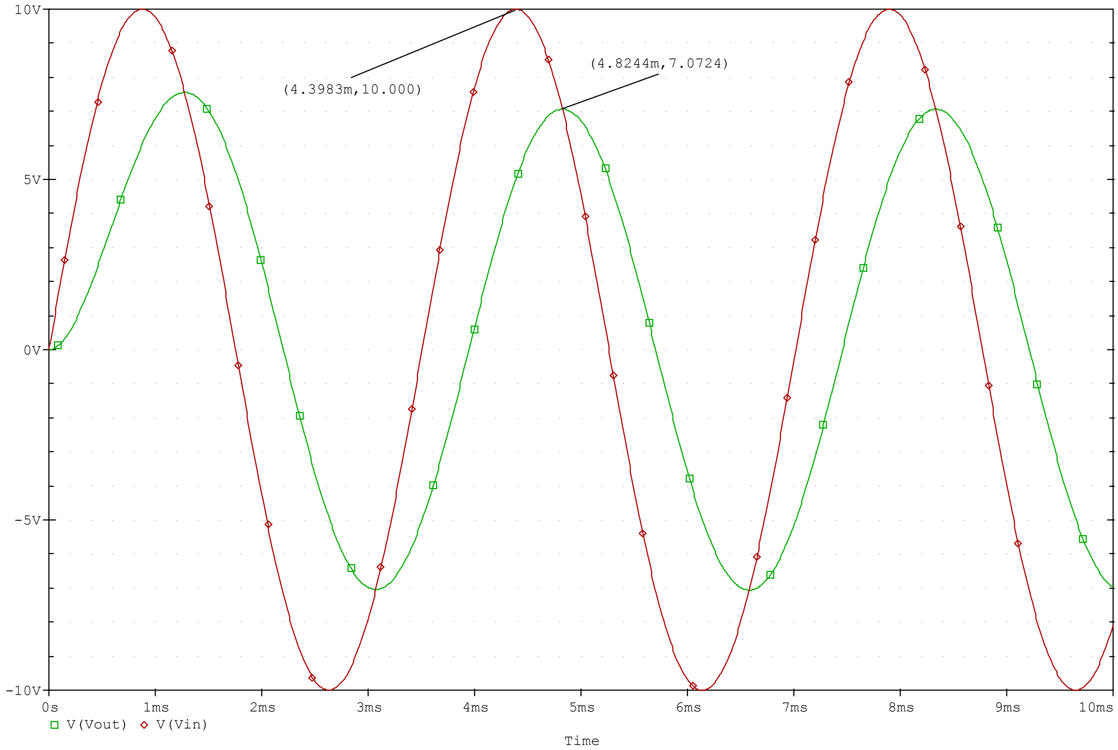


**Figura 12 .-Respuesta temporal del montaje integrador (Vin: 10 V amplitud, f=285Hz) {G=0.707; Ψ= - 43.71º}**

## 5.-EJERCICIO EXPERIMENTAL

### 5.1.- Material

- Osciloscopio
- Generador de funciones
- Polímetro
- Resistencia (R = 56 KΩ; 1/2 W)
- Condensador (C = 0,01 μF; 16V)

### 5.2- Proceso

1.- Montar el circuito R.C. diferenciador con los valores de R y C que se indican: R = 56 KΩ; C = 0,01 μF . Dibuje el esquema a montar.