

1.- INTRODUCCIÓN

En la presente práctica se nos pide construir un **filtro de Butterworth pasa – banda**, el cual deberemos de construir mediante amplificadores operacionales, condensadores y resistencias varias. Como sabemos, un filtro pasa – banda es aquel que sólo deja pasar una determinada banda de frecuencias entre dos dadas, y las demás las anula.

Las frecuencias dadas para la construcción de este filtro, dado que somos el grupo 3 son las siguientes:

Frecuencia de corte inferior $\rightarrow F_{ci} = 100 \text{ Hz}$

Frecuencia de corte superior $\rightarrow F_{cs} = 25 \text{ KHz}$

Ganancia $\rightarrow G = 3$

Además, las caídas de ganancia deben ser de al menos 40 dB/dec en ambos casos. Esto quiere decir que el filtro de Butterworth a utilizar será de al menos orden 2.

El montaje de todo este circuito lo realizaremos sobre una placa Ariston y comprobaremos su funcionamiento. Seguidamente se procederá al diseño del circuito en ORCAD SDT, y luego la placa de circuito impreso con Tango PCB, en el menor tamaño posible.

2.- DISEÑO Y MONTAJE EN PLACA ARISTON

En este apartado realizaremos todos los cálculos necesarios para la determinación de los componentes incluidos en el circuito. Los elementos a determinar serán las resistencias y condensadores que se usen para los operacionales. Algunos de ellos los fijaremos nosotros a valores normalizados y a partir de éstos hallaremos los demás.

Primeramente pasamos a describir la idea para el montaje del sistema:

- Utilizaremos tres amplificadores operacionales TL082: el primero será el filtro paso bajo; el segundo será el paso alto; y el último lo usaremos como etapa amplificadora no inversora.

El circuito tendrá un aspecto como el mostrado a continuación:

Como nos interesa que la ganancia final de los tres amplificadores sea de 3, para que funcione el filtro correctamente, iremos calculando la ganancia a la salida de cada uno de los operacionales para obtener un valor final correcto. Los puntos de cálculo de las ganancias intermedias serán **A** y **A'**. Comencemos entonces con los cálculos:

Despreciaremos algunos valores de algunos elementos del circuito, por exceso o por defecto, para acogernos a los parámetros normalizados

- **FILTRO PASA BAJO:**

Sabemos que:

$$\omega = 1/R \cdot C = 2\pi \cdot F_{cs} = 157 \text{ K} \quad R \cdot C = 1/157 \text{ K} = 6.3 \cdot 10^{-6}$$

Si fijamos el **$C1 = 1 \text{ nF}$** ! **$R = 6'3 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-9} = 6K2$**

– Hemos despreciado 500 en esta resistencia para aproximar a los valores normalizados

El valor de la ganancia en el punto A será:

$$A = 3 - 2K = 3 - 1'414 = 1'59$$

Además conocemos la fórmula siguiente:

$$A = 1 + (R2 / R1) \text{ ! } 0'6 = (R2 / R1)$$

Con lo que:

$$0'6 \cdot R1 = R2 \text{ ! Si tomo } R1 = 5K6 \text{ obtenemos } R2 = 3K3$$

• **FILTRO PASA ALTO:**

A la salida de este filtro la ganancia será el producto de las ganancias del filtro paso bajo por el filtro paso alto. Entonces calcularemos la ganancia del filtro paso alto para así poder hallar la ganancia de ambos, que llamaremos A'.

$$\omega = 1/R \cdot C = 2\pi \cdot F_{ci} = 2\pi \cdot 100 \text{ Hz}$$

Luego:

$$R \cdot C = 1/628 \text{ K} = 1'5 \cdot 10^{-3}$$

Para este filtro fijaremos los condensadores con el valor:

$$C = 100 \text{ nF}$$

Y obtendremos que:

$$R = 15 \text{ K}$$

Asimismo, la ganancia será:

$$A = 3 - 2K = 3 - 1'414 = 1'59 \text{ ! } 0'6 = R4 / R3 \text{ ! } 0'6 \cdot R3 = R4$$

$$A = 1 + (R4 / R3) \text{ Tomamos } R3 = 10K$$

Con lo que: **$R4 = 5K6$**

– Despreciamos 400 en R4 a los valores para aproximar a los valores normalizados

• **AMPLIFICADOR NO INVERSOR:**

Para calcular los valores de las resistencias a colocar en este operacional debemos tener en cuenta que la ganancia final del circuito se nos dice que ha de ser 3. Para que se cumpla eso, hallo la ganancia que

tendremos en el punto A', salida de los dos filtros utilizados:

$$A' = 1'59 * 1'59 = 2'52$$

Entonces, este valor, multiplicado por el valor X, de la ganancia del amplificador no inversor, nos tendrá que dar el objetivo buscado, que es $G = 3$.

$$2'52 * X = 3 \Rightarrow X = 1'19$$

Con eso, nos sale que:

$$1'19 = 1 + (R_f / R_5)$$

$$\text{Fijamos ! } R_f = 10 \text{ K}$$

$$\text{Y tenemos que } R_5 = 52631 \Rightarrow 56 \text{ K}$$

Aproximamos al valor normalizado más cercano.

A la salida de este último amplificador tendremos de Ganancia, $G=3$, y lo que nos interesa es el valor de tensión que llamaremos V_s , la cual se obtiene teniendo en cuenta la tensión de entrada al operacional, V_i , multiplicada por su ganancia, X:

$$V_s = (1 + (R_f / R_5)) * V_i$$

3.- COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO

Veamos en este apartado si la construcción de nuestro filtro funciona correctamente, tomando medidas para algunos valores de frecuencias. Mediremos para valores de frecuencias que estén dentro de la banda de frecuencias aceptadas por nuestro filtro, para aquellas que están por debajo y para las que están por encima.

Se ha de tener en cuenta que en el eje de ordenadas representaremos el valor de la ganancia en dB, con lo que en el momento en que su valor caiga 3 dB, será cuando el circuito comience a filtrar las frecuencias que hemos determinado (100 Hz – 25 KHz, en nuestro caso).

Las medidas las tomaremos aproximadas, ya que las obtenemos de mirarlas en las gráficas del osciloscopio, al introducirle como entrada una entrada sinusoidal de 1V de amplitud, y la entrada la metemos con un generador de funciones manualmente, con el consiguiente error que esto puede producir.

Además, como hemos dicho, tenemos que pasar las ganancias a dB, con la fórmula:

$$A = 3 \Rightarrow 20 * \log 3 = 9'542 \text{ dB}$$

Para luego representar el diagrama de Bode con esos valores en el eje de ordenadas, y los valores de las frecuencias en el eje de abscisas.

Pasemos ahora a la anotación de los cálculos, sabiendo que en el osciloscopio fijamos 1V por división.

- MEDIDAS PARA FRECUENCIAS NO FILTRADAS (desde 100 Hz hasta 25 KHz)

- $f = 140 \text{ Hz} \Rightarrow V_e = 1V \Rightarrow V_s = 2'8V$

- $f = 10 \text{ KHz} \Rightarrow V_e = 1V \Rightarrow V_s = 2'9V$

- $f = 20 \text{ KHz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 2'8V$
- $f = 22 \text{ KHz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 2'8V$

El valor teórico es de 3V, que como vemos coincide prácticamente con el valor obtenido en la práctica. La no coincidencia total se achaca a las aproximaciones realizadas con las resistencias a valores normalizados.

• **MEDIDAS PARA FRECUENCIAS FILTRADAS POR ABAJO (inferiores a 100Hz)**

- $f = 50 \text{ Hz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 0'9V$
- $f = 80 \text{ Hz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 1'3V$
- $f = 100 \text{ Hz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 2'3V$

• **MEDIDAS PARA FRECUENCIAS FILTRADAS POR ARRIBA (superiores a 25KHz)**

- $f = 25 \text{ KHz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 2'4V$
- $f = 50 \text{ KHz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 0'6V$
- $f = 100 \text{ KHz}$! $V_e = 1V$! $V_s = 0'1V$

El motivo de que los valores de las frecuencias de corte sean ligeramente distintas a los valores teóricos se debe a la atenuación producida en las resistencias y condensadores.

Con esos datos obtenidos pasamos a realizar la construcción del diagrama de Bode, que quedará con la forma que se muestra a continuación:

Teóricamente el diagrama de Bode debería quedar como se muestra en la gráfica siguiente, aunque por las aproximaciones hechas en los condensadores y resistencias no queda exactamente igual:

Y en el disquete adjunto se muestra la representación en el programa ORCAD SDT del diseño del circuito implementado.

Práctica1.- FILTRO PASA BANDA –5–



