

PRACTICA 2

Debemos recordar que la retroalimentación ocasiona diversos efectos en los amplificadores, entre los cuales debemos mencionar

- 1.- Ancho de Banda (Aumento del ancho de banda debido al corrimiento de los polos)
- 2.- Ganancia (Disminución)
- 3.- Linealidad (Aumento y presencia)
- 4.- Cambios en las impedancias (Proporcional al tipo de topología)

TIPO DE AMP. CONEX IN CONEX OUT MUESTREO SUMA

P~P PARALELO PARALELO VOLTAJE CORRIENTE

P-S PARALELO SERIE CORRIENTE CORRIENTE

S~S SERIE SERIE CORRIENTE VOLTAJE

S-P SERIE PARALELO VOLTAJE VOLTAJE

TABLA 2.1 TIPOS DE(TOPOLOGIAS)AMPLIFICADORES

Debemos recordar que en la práctica anterior se tocó con mayor claridad los aspectos que rodean a este tipo de Amplificadores Retroalimentados pero para una mayor comprensión mencionaremos los detalles o puntos finos de esta práctica.

Recordemos *que tenemos cuatro topologías* en los amplificadores retroalimentados que son: Paralelo-Paralelo, Serie~serie, Paralelo serie y Serie-Paralelo; en nuestro caso nos toca analizar un amplificador retroalimentado de topología Paralelo-paralelo. Recordemos que en esta topología se introduce corriente y se sensa un voltaje, por lo que tendremos un amplificador de transimpedancia.

Una vez obtenida la función de transferencia del sistema después de haber realizado los análisis correspondientes de CD y el modelado que corresponde dejando indicado el capacitor del que va a depender el polo dominante, debemos sustituir el valor de la frecuencia angular " ω " dejando la función de transferencia en la forma de Bode y de tal forma obtenemos el valor deseado y real del capacitor, obviamente todos los demás capacitores de acoplo y desacoplo deben colocarse para que operen a una frecuencia menor de 500 HZ.

Al tener nuestra función de transferencia, vamos a determinar la ganancia de nuestro sistema y para ello como necesitamos conocer el valor del voltaje que introducimos al amplificador, cambiamos las variables que intervienen de tal manera que podamos determinar una transferencia de voltaje/voltaje.

Una vez realizado lo anterior, hacemos que el valor de s tienda a infinito, con el fin de obtener la transferencia en frecuencia media. Este análisis se tiene que realizar con el efecto carga incluido y se realiza para el amplificador básico.

Para obtener la transferencia del amplificador retroalimentado primero obtenemos *el LAZO*, mandando la *excitación* a cero y colocando una fuente de valor primo igual a la señal sensada a la salida, al obtener la

función de transferencia, obtenemos el valor del Lazo y para obtener la función de transferencia del retroalimentado:

$$A_f(s) = A(s)/(1-L(s))$$

Y de la misma forma mandando a s a que tienda a infinito obtenemos la transferencia del retroalimentado y podemos observar que la ganancia disminuye, por lo que verificamos uno de los efectos de la retroalimentación, a su vez si determinamos el valor del polo comprobamos que se reduce, por lo que queda también comprobado que se aumenta el ancho de banda.

Para *medir en forma práctica* la impedancia de salida de nuestro circuito, utilizamos una resistencia de un valor menor que nuestra resistencia de carga y determinamos el voltaje perturbado con lo que para obtener nuestra impedancia de salida, esta será igual al voltaje menos el voltaje perturbado, entre dicho voltaje todo ello multiplicado por la resistencia que se colocó en paralelo a la carga.

Para determinar la sensibilidad, se modifican los valores del capacitor y se determinan las nuevas frecuencias, con dichos valores podemos determinar en forma práctica la sensibilidad de w , con respecto al capacitor.

En primer lugar, debemos realizar los cálculos y los diseños de cada una de las etapas, en base a lo aprendido en cursos anteriores de Electrónica y a partir de aquí, buscaremos proporcionarles una mayor estabilidad con el auxilio e implementación de la retroalimentación negativa, en donde al aplicarla a nuestro diseño provocaremos las consecuencias lógicas que produce: Aumentaremos el ancho de banda, debido a que se produce un corrimiento en el polo con lo cual w_f es menor que w .

Obviamente que al aumentar el ancho de banda, nuestro margen de ganancia disminuye con lo cual la ganancia del retroalimentado es menor que la ganancia del básico, a su vez, toda distorsión de no linealidad que se presentara en el amplificador se verá disminuida con la utilización de la retroalimentación, además de estas modificaciones, también ocurren cambios en las impedancias de entrada y de salida, ya que en el caso de las configuraciones en paralelo, las impedancias se reducen a razón de $(1-L)$, es decir, dividido por la desensitividad.

A *continuación* se presenta una gráfica de transferencia del amplificador retroalimentado comparada con el amplificador básico:

Es importante recordar la importancia del lazo de transmisión, debido a que es un parámetro que interviene en el análisis del amplificador retroalimentado:

$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1-L(s)}$$

$$1-L(s)$$

donde $L(s)$ es el lazo de transmisión.

Para determinar el lazo de transmisión debemos seguir los siguientes pasos:

- Se abre la red de retroalimentación en cualquier punto. (De preferencia a la salida, para mayor simplicidad).
- Las excitaciones se hacen cero.
- Se excita con un generador auxiliar de valor igual a la variable interrumpida.

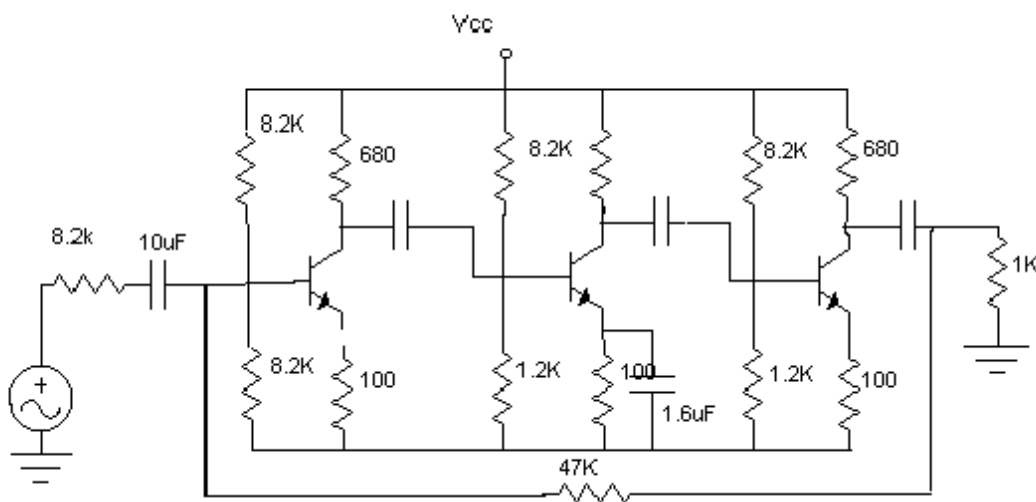
d) Se calcula la salida en términos del generador auxiliar.

$$L(s)=x_o/x_o'$$

DESARROLLO:

A partir de la figura 2.1 realizaremos el análisis del circuito (los valores expuestos, son los valores obtenidos después de dicho análisis).

Para poder realizar el diseño tomamos una etapa polarizada por división de tensión y consideramos una beta o ganancia del transistor 2N2222 como 100, por que el circuito a analizar queda como se muestra en la figura 2.2 dicha etapa se repetirá tres veces para obtener un circuito de tres etapas amplificadoras, las cuales serán acopladas con capacitores, cuyos polos no deben afectar al polo dominante (Para realizar la práctica de tipo didáctica) por lo que deberán romper a una frecuencia menor de 100Hz.



Basándonos en la figura proponemos los siguientes valores:

$$V_{cc}=15\text{ V}$$

$$R_f=47K$$

$$I_{CQ}=10mA$$

$$R_{TH}=(1/10)R_{exB}=1K$$

$$V_{TH}=R_{TH}\times(10m/100)=0.7$$

$$V_{TH}=1.8V$$

$$R_2=R_{TH}\times V_{cc}/V_{TH}=8.33K$$

$$R_1=R_{TH}/(1-V_{TH}/V_{cc})=1.13K$$

$$V_{CE}=6.42\text{ V.}$$

$$h_{ie1}=h_{ie2}=h_{ie3}=228 \text{ ohms}$$

Con lo cual el circuito de A_c queda de la siguiente forma Z_e que es la impedancia formada por el capacitor de emisor y la resistencia de emisor.

Obteniendo mediante un equivalente de Thevenin en la resistencia vista por cada uno de los capacitores, tenemos que:

$$R_{ci}=1.6K \quad R_{c1}=9.131K \quad R_{c2}=1.659K$$

Por lo que si utilizamos capacitores de una microfaradio, la frecuencia de cada capacitor será muy baja aproximadamente 96 Hz y si utilizamos capacitores de 10 μF será mucho menor aún.

Proponiendo una $R_s=8.2 K$ y si sustituimos la resistencia de retroalimentación por sus equivalentes en los parámetros de 2 puertos, el circuito queda tal como se indica en la

A partir de estos datos y con el auxilio de la figura desarrollamos la función de transferencia de cada etapa, la función de transferencia total y a partir de ese desarrollo determinamos el valor de C_E (para que se presente el polo a 15KHz) y la ganancia del circuito.

Hay que ser mencionar que la ganancia se determina con respecto al básico y para encontrar la ganancia del retroalimentado debemos de encontrar el lazo, lo cual se realizará utilizando las técnicas que mencionamos en el marco teórico.

A continuación se presenta el desarrollo matemático de la práctica, así como la forma en que se fueron determinando dichos valores y dichos parámetros, a su vez se apuntan los valores arrojados en la práctica y las variaciones que tuvieron con los valores calculados.

No debemos de olvidar que el signo que acompaña al lazo debe ser un signo negativo

Para el análisis del básico

$$i_s = V_s/R_s \text{ y } L=0$$

$$i_{b1}/i_s = \frac{R_x}{R_s} = .08175$$

$$R_x = 10.228K$$

$$i_{b2} = \frac{-100 \cdot 412}{(100)(412)}$$

$$412 + 228 + Z_e \cdot h_{fe} \quad 640 + h_{fe}(Z_e)$$

$$i_{b2} = \frac{-412(R_{eSC} + 1)}{6.4R_{eSC} + 6.4}$$

$$6.4R_{eSC} + 6.4$$

$$i_{b3}/i_{b2} = \frac{-412(100)}{640} = -3.872$$

$$412 + 10.228K$$

$$i_L/i_{b3} = \frac{-670.3(100)}{10.228K} = -40.13$$

$$1.6703K$$

$$iL/is = \underline{-5233(ReSC+1)}$$

$$6.4ReSC+Re+6.4$$

Por lo que si el polo está a 15 KHz

$$W = \underline{Re+6.4}$$

$$6.4ReCe$$

Por lo que $Ce=1.76\mu F$

$IL=VL/RL$ Con lo que la transimpedancia queda

$$Az(s) = VL/is = \underline{-5.233M(ReSc+1)}$$

$$6.4ReSC+6.4$$

Por lo que la ganancia de voltaje queda de la siguiente manera:

$$VL/VS = \underline{-638.2146(ReSC+1)}$$

$$6.4ReSC+Re+6.4$$

Si s tiende a infinito

$$VL/Vs = -99.72$$

Para obtener la función de retroalimentación, se hace la excitación igual a cero y se abre el lazo

$$Vo/Vo' = -111.3481(ReSC+1)/(6.4ReSCe+Re+6.4)$$

Si s tiende a infinito $L = -17.398$

$$\text{Con lo que } VL/Vo = -638.21(ReSC+1)/(117.748ReSC+Re+6.4+111.34)$$

Si s tiende a infinito:

$$Avf = 5.42$$

La impedancia de entrada será igual a $Zi = 910.5/10.228K = 835.651 \text{ ohms}$.

$$Zif = Zi/(1-L) = 45.42 \text{ ohms}$$

La impedancia de salida será

$$Zo = 401.3 \text{ ohms}$$

$$Zof = Zo/(1-L) = 21.8 \text{ ohms}$$

Para observaciones prácticas tenemos que $\omega_l = 14.7\text{KHZ}$ y $\omega_{lf} = 1.63\text{KHZ}$

La sensibilidad del ω_l con respecto a C_e es igual a -1 . En forma práctica será -1.2

Al finalizar la presente práctica es un hecho que los conceptos y aspectos que rodean a los métodos de los amplificadores retroalimentados quedan más claros y con mayores fundamentos y principalmente comprobamos que lo visto en clase se lleva a la práctica.

Los valores que arrojaron fueron próximos a los calculados y las pequeñas variaciones que se presentaron fueron debidos a las variaciones de los valores de los componentes, y de los errores de medición (paralelismo, equipo, etc.).

Los aspectos de medición (realización) se presentaron en la primera práctica, por lo que no se mencionan ahora, que en la práctica anterior, con la diferencia de que al medir el Lazo como es V_o/V_o —entonces hay que tratar el voltaje de entrada como una fuente de voltaje, por lo que la resistencia de retroalimentación que es por donde se va a suministrar la alimentación debe tener dicha configuración.

Otro aspecto a resaltar fue el hecho de que la medición de la impedancia de entrada presentó ciertos problemas, debido a que la corriente de entrada en la primera etapa era de un valor muy pequeño, por lo que resultaba difícil determinar los valores de los datos que necesitamos para su medición.

Por lo demás, no hubo problema alguno en determinar los parámetros y los valores restantes.

Como Nota concluyente queremos hacer mención que para sustituir el valor de capacitancia que obtuvimos al no ser comercial, se tuvo que colocar un par de capacitores en paralelo de valores de un microfaradio y de 680 nanofaradios, de tal forma logramos aproximar dicho arreglo al valor calculado, con lo que no hubo una gran discrepancia del valor obtenido con respecto al calculado.

