
Realimentación negativa

Trabajo práctico de laboratorio N°1

Integrantes:

-Acha Nahuel	64298
-Belluzzo Santiago	65624
-Gilardi Nicolás	51897
-Silva Javier	63882
-Cuello Marcos Ignacio	56057

Curso: 4R2

Catedra:Electrónica aplicada

Profesor: Carlos Olmos

- 14 de abril de 2016-

Índice

1. Objetivos	1
2. Conocimientos previos	1
3. Equipamento e instrumental	1
4. Consignas	1
5. Mediciones, simulaciones y cálculos	3
5.1. Ganancia de tensión a lazo abierto	3
5.2. Ganancia de tensión a lazo cerrado	3
5.3. Impedancias a lazo abierto	4
5.3.1. Impedancia de entrada	4
5.3.2. Impedancia de salida	4
5.3.3. Impedancias con realimentación	4
5.4. Desensibilidad	4
5.5. Respuesta en frecuencia	5
5.6. Conclusiones	7

1. Objetivos

Verificar de manera practica el comportamiento de un circuito amplificador realimentado, con realimentacion negativa.

2. Conocimientos previos

Realimentación negativa. Distintas topologías de circuitos realimentados. Cálculo de ganancia a lazo cerrado, lazo abierto, Impedancia de lazo abierto y cerrado. Beneficios de los circuitos realimentados. Concepto de Desensibilidad.

3. Equipamiento e instrumental

- Multímetro, osciloscopio
- Generador de señales (Onda senoidal)
- Fuente de alimentación variable hasta 30V
- Programa de simulación
- Hoja de datos de transistor BC 337

4. Consignas

1. Implementar un amplificador realimentado según la topología del circuito de la Figura 1.
2. Realizar las mediciones de A_v , Z_o , Z_i , A_{vf} , Z_{of} , Z_{if} .
3. Realizar la medición de Desensibilidad provocando una variación máxima de A_v del 45 %, para lo cual se deberá modificar algún componente del amplificador.
4. Obtener y graficar la curva de respuesta en frecuencia de la ganancia circuito a lazo abierto y lazo cerrado del circuito implementado.
5. Haciendo uso del simulador verificar los valores obtenidos del punto anterior de ganancia y respuesta en frecuencia

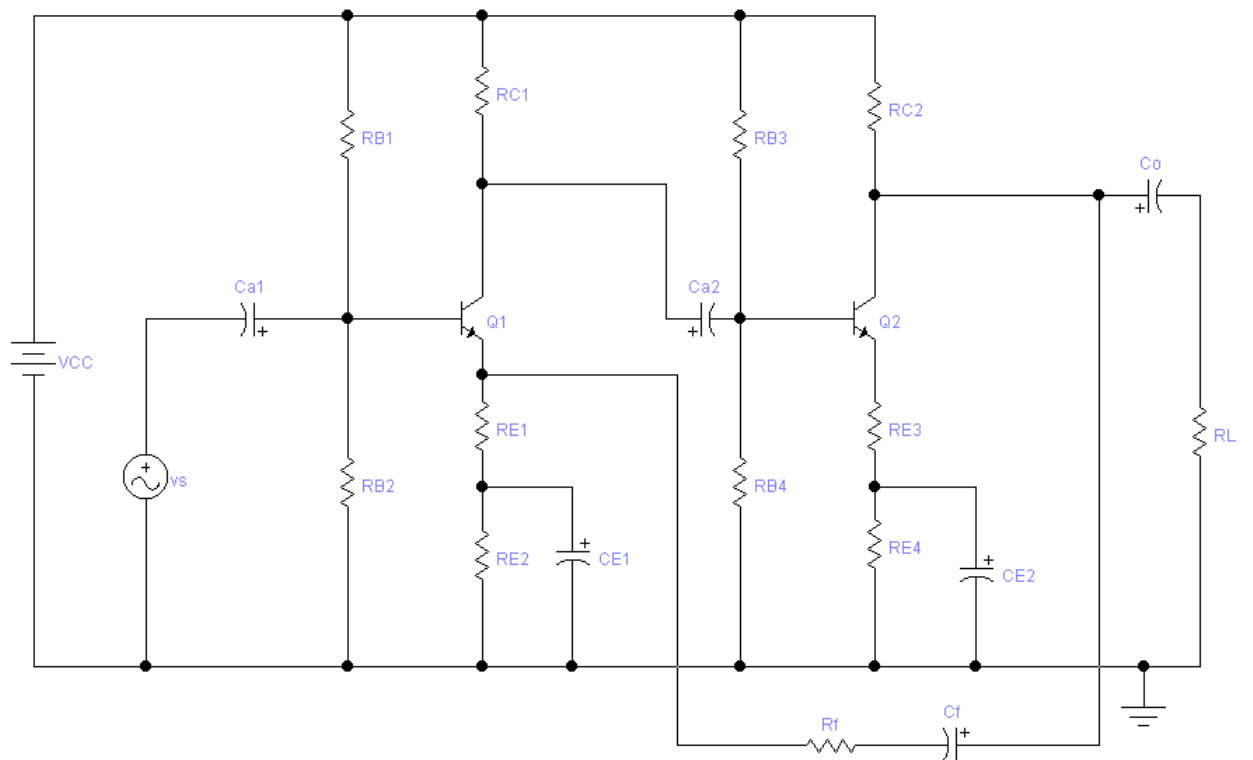


Figura 1: Circuito realimentado

5. Mediciones, simulaciones y cálculos

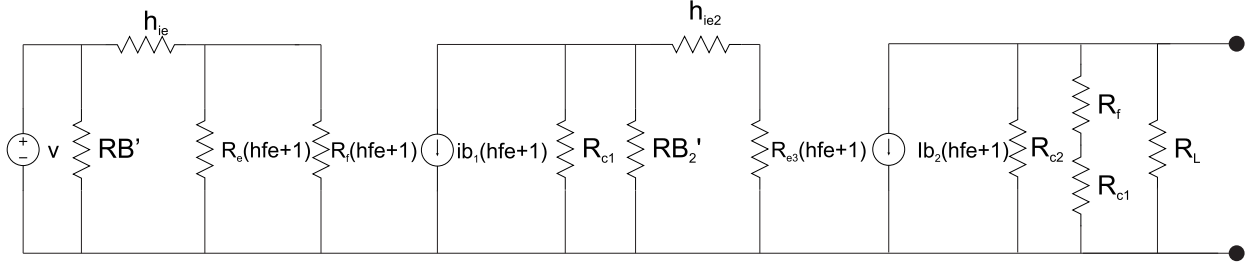


Figura 2: Circuito equivalente reflejado

5.1. Ganancia de tensión a lazo abierto

Para determinar la ganancia de tensión del circuito a lazo abierto, configuramos al generador de funciones en el modo senoidal con una tensión pico a pico de $30[mV_{pp}]$ y una frecuencia de $1,5[KHz]$. La respuesta obtenida en la salida (tensión en la resistencia de carga) fue de $1,8[V_{pp}]$. Siguiendo estas mediciones se calcula la ganancia de acuerdo con la fórmula de ganancia:

$$Av = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1,8[V]}{30[mV]} = 60$$

Analíticamente: los cálculos realizados como consecuencia del análisis del equivalente para pequeñas señales del circuito propuesto nos da un valor muy próximo al obtenido en la practica

$$Av = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{I_{b2}} \frac{I_{b2}}{I_{b1}} \frac{I_{b1}}{V_i} = 66,86$$

5.2. Ganancia de tensión a lazo cerrado

Para realizar la medición de la ganancia a lazo cerrado se inyecta en la entrada del circuito una tensión de $V_i = 215[mV_{pp}]$ obteniendo como tensión en la carga $V_o = 2,5[V_{pp}]$. En consecuencia:

$$Av_f = \frac{V_o}{V_i} = \frac{2,5[V_{pp}]}{215[mV_{pp}]} = 11,62$$

Analíticamente siguiendo un proceso similar al anterior se obtiene que a lazo cerrado:

$$Av_f = 11,14$$

5.3. Impedancias a lazo abierto

5.3.1. Impedancia de entrada

En la práctica la medición se llevó a cabo empleando un divisor de tensión entre la entrada del amplificador y un resistor variable. Donde el objetivo era obtener exactamente la mitad de la tensión de entrada. Valor para el cual la impedancia de entrada del circuito y el valor en el que se encuentra el resistor variable son el mismo. De esta manera obtuvimos una impedancia de lazo abierto medida de

$$Z_i = 42[\text{Kohm}]$$

Seguendo el circuito equivalente de la figura 2 la impedancia de entrada se calcula como:

$$Z_i = R_b \parallel (h_{ie} + (R_{e1} \parallel) * h_{fe}) = 44,5[\text{Kohm}]$$

5.3.2. Impedancia de salida

El valor de impedancia de salida se obtiene de forma similar al proceso para obtener la impedancia de entrada colocando la resistencia variable a la salida. En el práctico, el valor medido de la impedancia de salida es:

$$Z_o = 391,6[\text{Ohm}]$$

Analíticamente el valor obtenido es:

$$Z_o = R_{c2} / RL = 380,56[\text{Ohm}]$$

5.3.3. Impedancias con realimentación

Con los valores medidos de impedancia y se pueden obtener los valores con realimentación tomando en cuenta la desensibilidad del circuito. Siguiendo esto se pueden calcular Z_{of} y Z_{if} de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Z_{if} = Z_i * D = 44,5[\text{KOhm}] * 5,16 = 229,62[\text{KOhm}]$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{D} = \frac{391,6[\text{Ohm}]}{5,16} = 75,89[\text{Ohm}]$$

5.4. Desensibilidad

Con los datos medidos la desensibilidad se puede calcular como:

$$D_m = \frac{A_v}{A_{vf}} = \frac{60}{11,62} = 5,16$$

Analíticamente este factor se obtiene mediante:

$$D = 1 + (\beta * Av)$$

donde $\beta = \frac{Re_3}{Re_3 + Rf} = 0,075$. Entonces resolviendo se encuentra que

$$D = 1 + (0,075 * 67,86) = \mathbf{6,08}$$

5.5. Respuesta en frecuencia

Frecuencia	Ganancia lazo abierto[dB]	Ganancia lazo cerrado[dB]
1[Hz]	-0,69	-10,81
10[Hz]	-0,69	-6,09
20[Hz]	9,19	-3,34
100[Hz]	28,86	8,16
150[Hz]	31,44	11,32
200[Hz]	33,23	13,62
1[kHz]	35,98	19,71
1.5[kHz]	36,12	20,13
2[kHz]	36,12	20,27
10[kHz]	36,12	20,53
15[kHz]	35,98	20,41
20[kHz]	35,68	20,60
100[kHz]	30,66	20,60
150[kHz]	28,16	15,68
200[kHz]	26,58	14,84
1[MHz]	17,77	5,07
2[MHz]	16,12	3,36

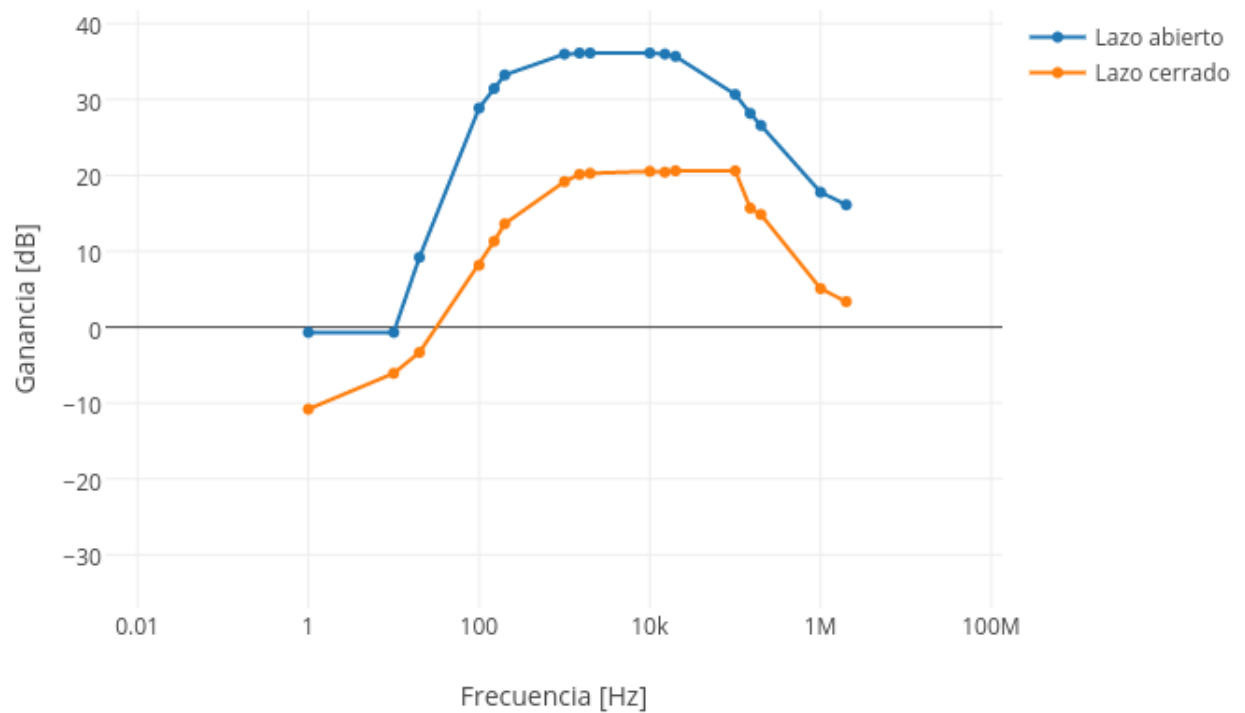


Figura 3: Gráfico de respuesta en frecuencia medido

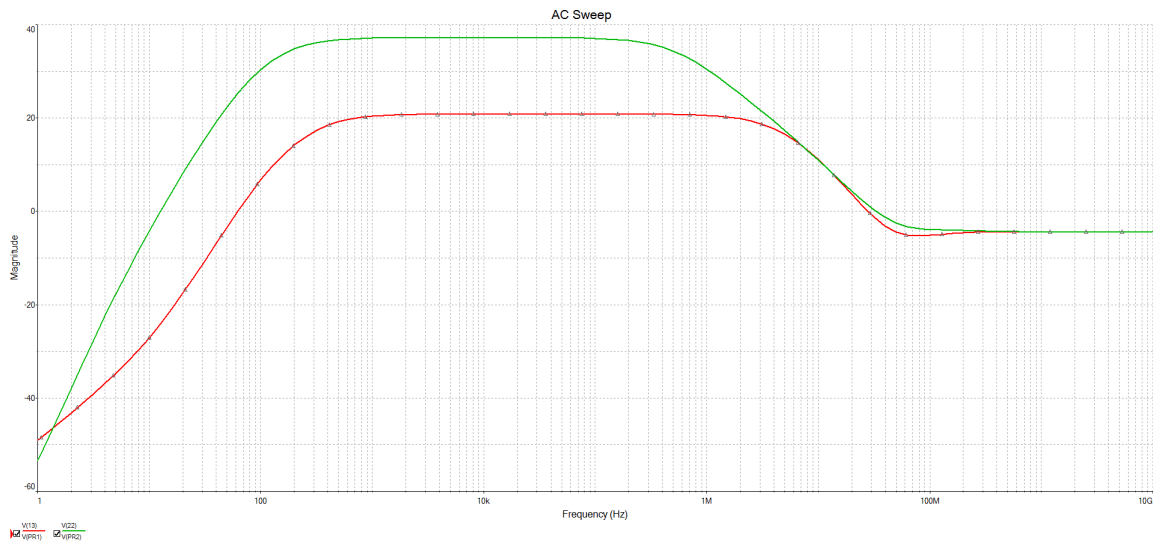


Figura 4: Gráfico de respuesta en frecuencia simulado

5.6. Conclusiones

Con este práctico pudimos ver los efectos que causa la realimentación negativa en los amplificadores, mejorando las características de los mismos, y a través de las prácticas de laboratorio y la realización de los cálculos pudimos demostrarlo analítica y prácticamente.

- Comprobamos que la ganancia del circuito prácticamente se mantiene constante en lazo cerrado ante grandes variaciones que tendría el mismo circuito a lazo abierto. Esto es un gran beneficio, ya que permite independizarnos de varios parámetros que podrían alterar su funcionamiento como pueden serlo la temperatura, el envejecimiento de los componentes que constituyen el circuito o las características internas propias de cada transistor (h_{fe} , h_{ie} , etc.).
- También comprobamos como mejora las impedancias de entrada y salida del circuito acercándose más a las características de un amplificador de tensión (para nuestro caso) ideal ($Z_i = \text{infinito}$, $Z_o = \text{cero}$). Esto se debe al hecho de que la red de realimentación se encuentra en paralelo con la impedancia de salida, haciendo que esta disminuya tantas veces como la desensibilidad, y en serie con la impedancia de entrada, aumentando la misma por el valor de la desensibilidad. Además vimos cómo se amplía el ancho de banda del amplificador y manteniendo constante el valor de la tensión de salida.

- Se puede considerar que la realimentación tiene como desventaja la disminución de la ganancia del circuito tantas veces como lo indique la desensibilidad. Sin embargo, esto puede solucionarse agregando más etapas al amplificador, y aunque esto suponga más trabajo de diseño e inclusive de costos, nos garantizará un funcionamiento óptimo.