

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Córdoba

TP N°7 Amplificador de RF

Alassia Francisco 60861, Lamas Matías 65536, Navarro Facundo 63809, Veron Misael 62628,
Amaya Matías 68284

2019

I- Introducción.

Los amplificadores de potencia (AP) de RF, son componentes esenciales en la realización de sistemas de comunicación. Las aplicaciones de los AP abarcan una amplia gama de áreas, tales como telecomunicaciones, radar, hornos de microondas, diagnóstico por imágenes, etc. Dado que las aplicaciones de los AP están extremadamente diversificadas, las especificaciones de éstos pueden diferir mucho en cuanto a los requisitos de funcionamiento, de tecnología y requerimientos en el diseño. Como consecuencia de esto, existen una amplia variedad de implementaciones de AP. Independientemente de su realización física, el trabajo de un AP es aumentar el nivel de potencia de la señal de entrada en una banda de frecuencia dada, hasta un nivel predefinido en su salida. Hay distintos tipos de amplificadores de RF, como los clase A y C que son utilizados en éste trabajo práctico.

Los clase A son los únicos considerados totalmente lineales y con ellos se obtiene la mayor ganancia posible a comparación de otro tipo de amplificador. Esto se debe a que un clase A amplifica tanto la parte positiva como la negativa de la señal. Sin embargo, tienen muy poca eficiencia lo cual puede ser crítico en aplicaciones de gran señal. Por ello estos amplificadores son utilizados como amplificadores de potencia cuando el nivel de amplificación demandado tiene que ser muy lineal o cuando se necesitan bajas potencias de RF de salida. Los amplificadores de potencia clase C se caracterizan por proveer amplificación con alta eficiencia y son utilizados principalmente en aplicaciones de RF, donde se requiere un incremento en el nivel de potencia y no se requiere linealidad entre la tensión de entrada y la tensión de salida. El elemento activo conduce menos de 180 grados de una señal senoidal aplicada a su entrada. Es decir, que amplifica solo una porción de la señal.

II-Desarrollo.

El amplificador de gran eficiencia diseñado, simulado e implementado en este trabajo práctico debe cumplir con las siguientes características:

*VCC = 12 V

*RL = 50 Ω

*Pout = 1 W

*Pin = 1 – 5 mW

La potencia de entrada es suministrada por un modulador de FM de 100 Mhz.

Para lograr con el objetivo de potencia de salida se utilizaran tres etapas amplificadoras con tres transistores BFR91, BFR96 y 2N3866.

III-Consideraciones de diseño.

Primeramente se calcula la ganancia total del amplificador y se determina la cantidad de etapas que este tendrá.

$G = P_{out}/P_{in} = 1000 \text{ veces} = 30 \text{ db}$

Debido a la elevada ganancia es recomendable la utilización de más de una etapa. En caso contrario el amplificador sería potencialmente inestable. En el presente trabajo se optó por tres etapas. Las dos primeras corresponden a un amplificador en clase A. Para las mismas se utilizan los transistores BRF91 y BRF96. La última etapa corresponde a un amplificador en clase C (2N3866).

IV-Diseño.

A- Primera etapa(BRF91)

En la figura 1 se observa el circuito empleado para la primera etapa (clase A) con su polarización correspondiente. Se puede observar una red de realimentación colocada para ajustar el funcionamiento del amplificador. En la práctica no se utilizó ya que se obtuvieron a la salida los valores deseados en ausencia de la misma.

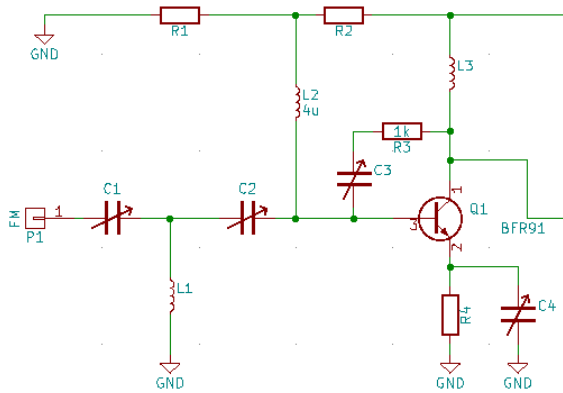


Figura 1

Hay dos consideraciones a tener en cuenta:

1. Esta etapa puede ser la de mayor ganancia, ya que la potencia de entrada es muy pequeña y el transistor es más estable que los otros dos.
2. La red de adaptación de la entrada a esta etapa ver a de un lado la impedancia del generador de FM (o RF). Por lo que podemos suponer a la misma como 50Ω en el caso de un generador comercial, o realizar los cálculos adecuados para adaptar el modulador de FM al amplificador.

A partir de la hoja de datos del mismo se obtienen los valores de los parámetros S que son de utilidad para calcular la impedancia de entrada y salida del mismo y de esta forma poder realizar la adaptación de impedancias de cada etapa. Los valores de Z_o y Z_{in} así como también los de capacitancia e inductancia fueron obtenidos del TP6- adaptación de impedancias.

Es necesario destacar la importancia de adaptación de etapas en circuitos electrónicos, ya que la misma permite transferir la máxima potencia a la etapa siguiente y alarga la vida útil de los componentes reduciendo el estrés de los mismos.

Suponiendo, $I_c=10\text{mA}$, $V_{cc}=12\text{V}$, $HFE=25$ y $V_{ce}=5\text{V}$ se tiene:

$$R_e = \frac{V_{cc}-V_{ce}}{10\text{mA}} = 700\Omega$$

$$R_b = \frac{h_{fe} \cdot R_e}{10} = 1750\Omega$$

$$V_{bb} = \frac{I_{cq}}{h_{fe}} \cdot R_b + V_{be} + I_{cq} \cdot R_e = 8.4\text{V}$$

$$R_1 = \frac{R_b \cdot V_{cc}}{V_{bb}} = 2500\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_b}{1 - \frac{V_{bb}}{V_{cc}}} = 5833\Omega$$

B- Segunda etapa. (BRF96).

Para la segunda etapa se utiliza la misma configuración que la primera tal como se muestra en la figura 1. A partir de las ecuaciones utilizadas para la primera etapa y teniendo en cuenta una $I_{cq}=50\text{mA}$ se tiene

$$R_e = \frac{V_{cc}-V_{ce}}{10\text{mA}} = 140\Omega$$

$$R_b = \frac{h_{fe} \cdot R_e}{10} = 350\Omega$$

$$V_{bb} = \frac{I_{cq}}{h_{fe}} \cdot R_b + V_{be} + I_{cq} \cdot R_e = 8.4\text{V}$$

$$R_1 = \frac{R_b \cdot V_{cc}}{V_{bb}} = 500\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_b}{1 - \frac{V_{bb}}{V_{cc}}} = 1167\Omega$$

C- Tercera etapa. (2N3866).

Para esta etapa se utiliza un transistor en clase C. El circuito de polarización se observa en la figura 2. Teniendo en cuenta que la V_{CE} es la V_{CC} , es posible calcular la impedancia de salida que tendrá el transistor para la potencia que se quiere obtener. Con este dato es posible determinar la corriente máxima que circulará por el transistor y el valor de los inductores de polarización o choques de RF

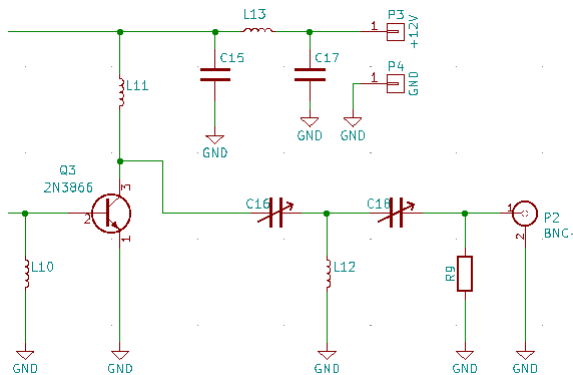


Figura 2

$$Z_o = \frac{V_{ce}^2}{2 * P_o} = 72\Omega$$

$$I_c = \frac{V_{ce}}{Z_o} = 0.16A$$

$$Xl = 10 * Z_o$$

$$L = \frac{Xl}{2\pi f}$$

El valor de L se hace del orden de varios μH para garantizar que la señal de RF los vea como un circuito abierto.

V- Ajuste de ganancia.

En el diseño de este amplificador, se supone que cada etapa tendrá cierta ganancia pero en ningún momento se realizan cálculos que afirmen lo supuesto. Esto es así, porque cada etapa está diseñada para tener la máxima ganancia posible antes de presentar distorsión, por lo que la única forma de variar la ganancia de cada etapa es modificando las redes de adaptación. Es posible fijar la ganancia de una etapa al valor deseado. Para ello se debe obtener la diferencia entre la máxima ganancia de la etapa y la ganancia deseada. Esta diferencia es la ganancia (o mejor dicho pérdida) de la red de adaptación que se debe calcular. Si bien este es el proceso correcto, es bastante complicado y lleva mucho tiempo, por lo que en este práctico se calculan las redes de adaptación suponiendo que se va a lograr una adaptación ideal.

VI –Consideraciones de diseño

A la hora de diseñar la placa del amplificador es necesario tener las siguientes consideraciones:

*Utilizar una placa de fibra de vidrio tipo FR4 doble faz.

*Utilizar componentes de mica plate ya que tienen un mayor desempeño en aplicaciones de RF

*El plano superior es donde estará el circuito propiamente dicho y el plano inferior será de masa.

La línea o pista por la que circulara la señal de RF debe ser recta.

*La entrada de alimentación debe colocarse lejos de la salida y de la tercera etapa del amplificador, para evitar que la señal de RF se introduzca a la alimentación.

*El plano de masa superior debe estar conectado al plano de masa inferior en la mayor cantidad de puntos posibles.

*La salida del amplificador deberá tener una ficha BNC para facilitar la conexión de cargas fantasmas y vatímetros.

*El modulador de FM debe conectarse al amplificador lo más próximo posible. Si se deben emplear cables estos deben estar trenzados. Lo mismo aplica para los cables de alimentación.

*Las líneas de transmisión deben ser lo más cortas posibles, evitando loops, ya que las mismas funcionan como antenas en caso de señales de RF inducidas.

*Evitar el uso de pistas que formen 90 ° debido a que se produce una reflexión.

En la figura 3 se puede observar la placa construida para el presente trabajo.



Figura 3

VII- Construcción de las bobinas de choque.

Como se observa en la figura 3 estas bobinas fueron construidas a partir de un núcleo de ferrita para lograr un alto valor de inductancia y optimizar su rendimiento en RF. (Las bobinas convencionales no se comportan como inductores en alta frecuencia).

VIII- Construcción de las redes de adaptación.

Los capacitores de las redes de adaptación se implementan con capacitores ajustables o trimmers, mientras que los inductores se construyen con alambre de cobre esmaltado de 0.5mm.

Los valores de ambos componentes son comprobados y ajustados utilizando el VNA disponible en el laboratorio de comunicaciones.

IIX- Mediciones.

Como puede observarse en la figura 4, se obtuvo una potencia de 280 mW RMS.

$$P_{out} = \frac{V_{rms}^2}{R_l} = 280mW$$

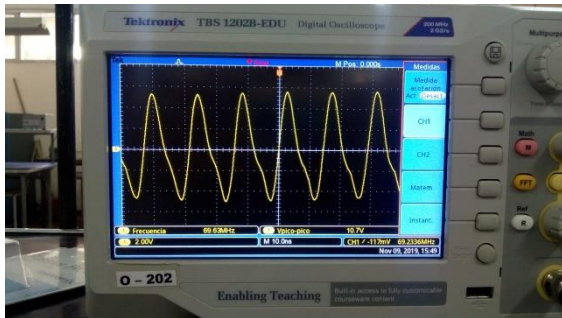


Figura 4

X-Conclusiones

En el presente trabajo se diseñó e implementó un circuito amplificador de potencia para RF. Se constató la importancia del cálculo de las polarizaciones de los transistores y redes de adaptación.

Existen muchas consideraciones a la hora de diseñar un circuito en RF debido a que el comportamiento de los componentes puede variar, por eso es de vital importancia una selección adecuada de los mismos y que exista una adaptación adecuada entre etapas.

En la práctica no se obtuvieron los mismos resultados que los calculados analíticamente. Por lo tanto esto se corrigió al reajustar los capacitores variables en función de las características de la señal de salida.

IX- circuito esquemático.

