

Diseño e implementación de un Oscilador Hartley

Bustamante Hernán, Covaro Jorge, León Marcos, Prieto Daniel, Schinquel Gustavo
UTN FRC

Abstract—Se implementará un oscilador LC discreto tipo Hartley de 10 MHz, con un transistor BF495.

I. INTRODUCCIÓN

El oscilador Hartley es un tipo de oscilador utilizado frecuentemente en radio frecuencia, como receptor de radio. Es implementado con transistores, y una de sus ventajas es su gran gama de frecuencias. Una característica de este oscilador es que para su funcionamiento utiliza, en el circuito tanque, una bobina con derivación central. Este circuito tanque LC es el que determina la frecuencia.

II. DESARROLLO

A continuación se detallarán los criterios utilizados y los cálculos realizados para diseñar el oscilador Hartley.

A. Criterios de oscilación.

1) *Primer criterio:* Si la señal de realimentación es mayor que la de entrada, y en fase con ella, se iniciarán las oscilaciones y crecerán en amplitud, hasta que la saturación reduzca la ganancia alrededor del bucle de realimentación a la unidad. Un circuito oscilará cuando exista una trayectoria de realimentación que proporcione al menos una ganancia de bucle unitaria, con desplazamiento de fase nulo.

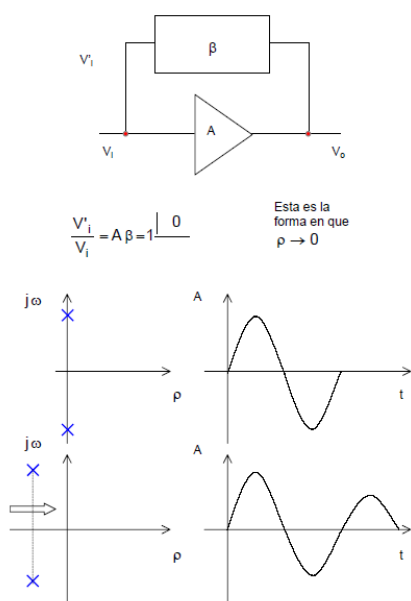


Fig. 1. Primer Criterio

2) *Segundo criterio:* Un oscilador es un amplificador inestable, situación que se trata de evitar en la mayoría de los casos. Por lo tanto, el segundo criterio es que el factor de estabilidad Stern (factor para parámetros Y). Si el circuito es potencialmente inestable o no, ciertos valores admitancia de carga y fuente pueden ocasionar oscilaciones en el circuito, por eso, para analizar la estabilidad relativa del circuito se utiliza el factor de estabilidad de Stern K. Este factor tiene en cuenta admitancia de fuente y cargas de valor finito conectadas al transistor.

$$K = \frac{2(g_{11} + G_S)(g_{22} + G_L)}{|y_{12}y_{21}| + \text{Re}\{y_{12}y_{21}\}}$$

Si $K < 1$, el circuito es potencialmente inestable.

3) *Tercer criterio:* Un oscilador es un amplificador que, aunque la entrada sea nula, la salida no será nula. Matemáticamente esto equivale a que el determinante de las ecuaciones de corrientes de malla, o tensiones de nodo se hacen cero. También se llama criterio de ganancia infinita.

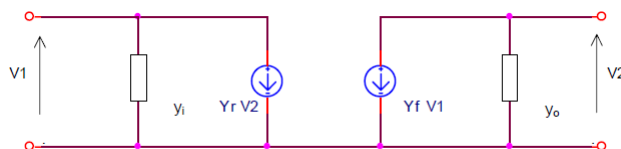


Fig. 2. Tercer Criterio

4) *Cuarto criterio:* Finalmente, si cualquier circuito oscilador potencial se separa artificialmente en una porción activa y una carga, la impedancia de salida de la parte activa tendrá una parte real negativa cuando se satisfagan las condiciones para la oscilación. Esta es una condición necesaria, pero no suficiente. Una onda de corriente puede circular indefinidamente por un lazo de impedancia cero, lo mismo se puede decir que una tensión senoidal puede persistir indefinidamente en un nodo de admitancia nula.

B. Especificaciones

- $f_0 = 10 \text{ MHz}$
- $V_{CC} = 12 \text{ V}$
- $R_L = 50 \Omega$
- $P_L = 5 \text{ mW}$

C. Trazado del circuito

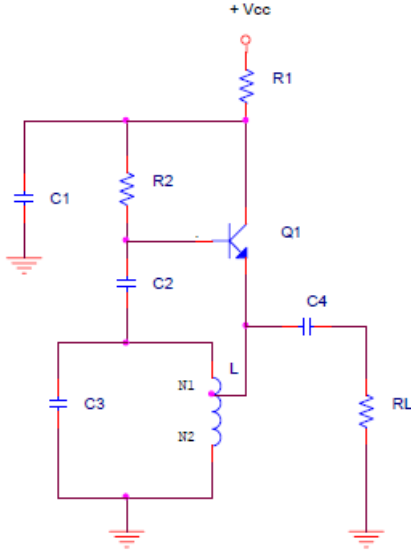


Fig. 3. Oscilador Hartley

D. Modelo equivalente de RF

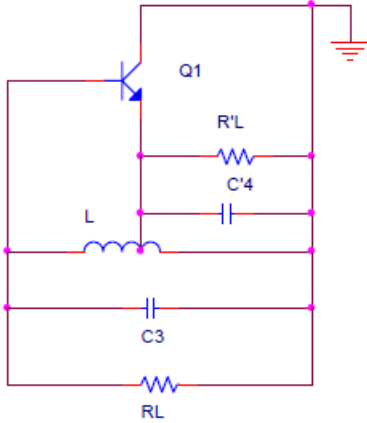


Fig. 4. Modelo equivalente de RF, pequeña señal.

E. Selección de los componentes

Se selecciona el transistor BF495, ya que poseemos sus hojas de datos con los parámetros Y, y además, cumple con los requerimientos de frecuencia y potencia.

$$F_{T(typ)} = 200 \text{ MHz} \gg 10 \text{ MHz}$$

$$P_{C(max)} = 300 \text{ mW} \gg 5 \text{ mW}$$

$$h_{FE(typ)} = 75$$

F. Cálculo del resto de componentes

1) *Determinación de la polarización:* Determinamos la polarización de forma tal que se simplifique la lectura de los

parámetros Y en la hoja de datos, los cuales están dados para 1,3 y 5 mA.

Por lo tanto obtenemos:

- $I_C = 3 \text{ mA}$
- $V_{CE} = 8 \text{ V}$
- $P_{C(sin\text{ señal})} = 24 \text{ mW} \ll P_{C-Max}$

2) *R1 y R2:* Haciendo uso de las leyes de Kirchhoff podemos determinar las ecuaciones para calcular las resistencias de base y colector. Para nuestro caso:

- $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 180 \text{ k}\Omega$

3) *C4:* Sabiendo que para máxima excursión simétrica la tensión pico de la rama RC de la carga corresponde al valor de V_{CE} , podemos calcular C4.

$$C_4 = 27 \text{ pF}$$

Esta rama RC serie, se convierte a su equivalente en paralelo para poder continuar con el cálculo de la bobina.

4) *L:* Suponemos algunos valores de capacitancia, que luego serán recalculados. Analizando el modelo equivalente podemos determinar la ecuación de la frecuencia de oscilación y calcular L.

En nuestro caso:

$$L = 2,9 \text{ uH}$$

Para el armado de la bobina se tienen en cuenta: el diámetro del cable utilizado, el diámetro de las espiras, y la separación entre las mismas. Se opta por utilizar los siguientes valores:

$$\phi = 0,5 \text{ mm}$$

$$D = 0,72 \text{ cm}$$

Con estos valores se procede a calcular el número de espiras mediante la siguiente fórmula:

$$L = \frac{D^2 N^2}{\lambda + 0.45D} 10^{-2}$$

Donde obtenemos que:

$$N = 35$$

Otro punto importante respecto a la bobina es el cálculo de su R_p , lo cual se realiza mediante el monograma de Packmann.

Por medio de las características físicas de la bobina, podemos obtener el Q de la misma, el cual es la relación entre la resistencia y la reactancia asociada.

Para nuestra bobina:

$$R_p = 6,79 \text{ k}\Omega$$

CALCULO DE Q DE BOBINAS SOLENOIDE DE ALAMBRE O CAÑO DE COBRE (30)

$$Q = 75 D \varphi \sqrt{f}$$

D = diámetro de la bobina (cm)
 φ = coeficiente (ver gráfico)
 f = frecuencia en megahertz

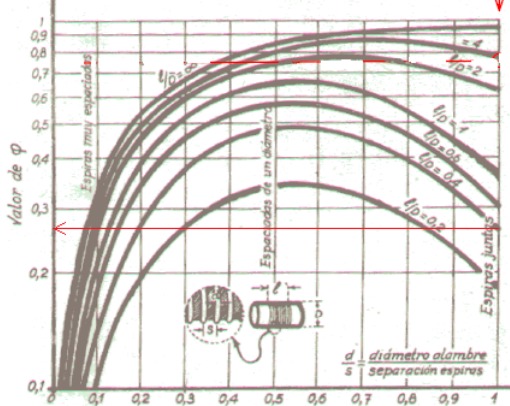


Fig. 5. Monograma de Packmann

5) C_3 y $N1-N2$: Con las características de la bobina (R_p , D , N , φ) podemos continuar con el cálculo del capacitor que forma parte del circuito tanque. Como ya fue mencionado, con la hoja de datos podemos determinar los parámetros Y del transistor para nuestras condiciones de trabajo.

Ahora procedemos a utilizar la hoja de cálculos, que nos permite saber el valor de C que cumple con los criterios de oscilación.

$$C_3 = 33 \text{ pF}$$

6) C_2 y C_1 : C_2 está en serie con la base, por lo que adoptamos el siguiente criterio:

$$X_{C2} \ll \frac{1}{|y_{ie}|}$$

Elegimos $C_2 = 10 \text{ nF}$.

Para calcular C_1 adoptamos:

$$X_{C1} \ll R_P || R'_L$$

Donde obtenemos que $C_1 \gg 4,61 \text{ pF}$, por lo tanto adoptamos $C_1 = 10 \text{ nF}$.

G. Construcción y medición de la bobina

Para la construcción debemos tener cuidado en la orientación de la misma luego de la derivación, para que los campos magnéticos se sumen entre si. La medición de la misma se efectúa con un VNA (Vector Network Analyzer), dando resultados muy aproximados.

H. Circuito final

A continuación se muestra el esquemático del circuito final resultante:

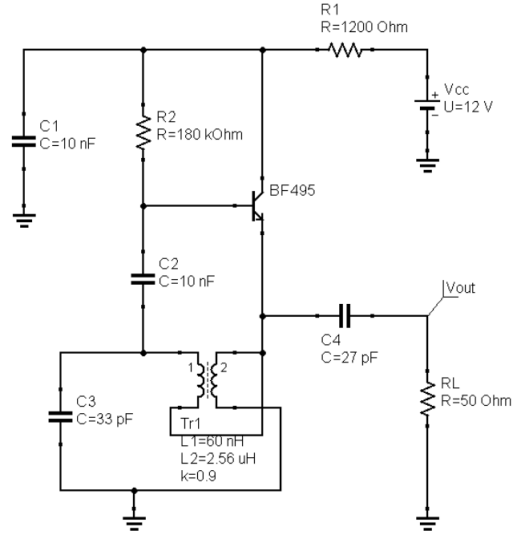


Fig. 6. Esquemático

En el siguiente gráfico se puede observar que se reemplaza la resistencia de base, por una resistencia de menor valor en serie con un trimpot, esto se hace así para poder polarizar el transistor en los valores preestablecidos.

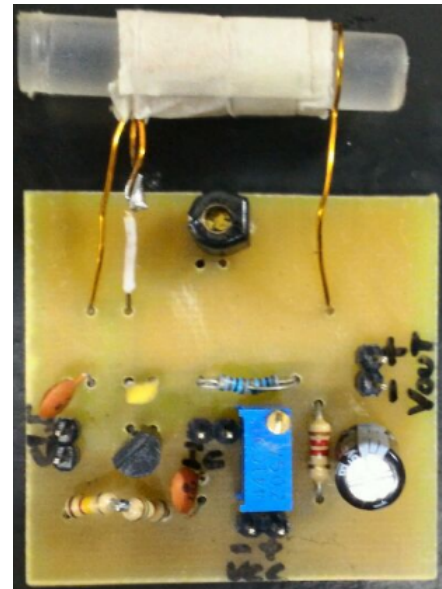


Fig. 7. Circuito

I. Señal obtenida

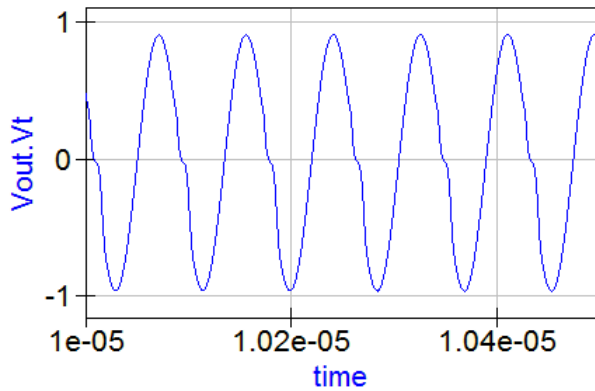


Fig. 8. Simulación

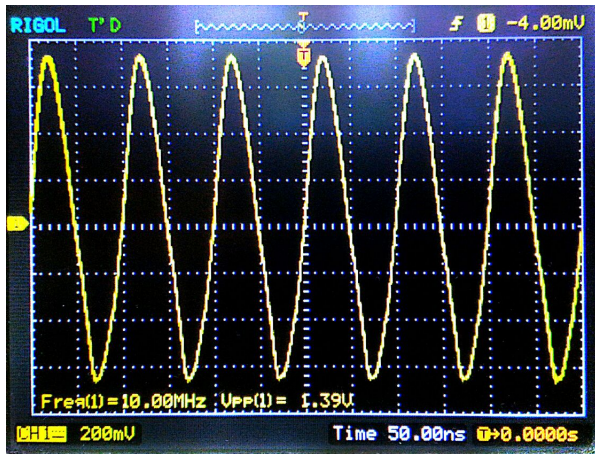


Fig. 9. Osciloscopio

III. CONCLUSIÓN

El oscilador Hartley constituye un diseño práctico, fácil y de rápida implementación. Los componentes utilizados se pueden conseguir fácilmente en el mercado a excepción de la bobina, la cual se tuvo que diseñar mediante los métodos presentados anteriormente, teniendo especial cuidado en la separación de sus espiras y el diámetro, que ocasionaban variaciones considerables. Algunas ventajas que encontramos en este tipo de oscilador es su frecuencia variable y su amplitud de salida constante, y sus desventajas son su gran contenido armónico, lo cual no permite una onda senoidal pura, y que posee bobinas acopladas, lo cual lo hace un oscilador más difícil de implementar que un oscilador tipo Clapp o Colpitts.

REFERENCES

- [1] Apuntes de clases de Ing. Rabinovich.
- [2] Estado sólido en ingeniería de radiocomunicación, Krauss/Bostian/Raab.
- [3] Vademecum de radio y electricidad, Emilio Packmann.
- [4] BF 495 Datasheet.