

Oscilador Hartley

Sueldo Enrique
62508

Sosa Javier
65337

Ponce Nicolás
64725

Schamun Lucas
62378

Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Córdoba

I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por oscilador como un circuito que siendo alimentada con una tensión continua, proporciona una salida periódica, que puede ser aproximadamente sinusoidal, cuadrada, diente de sierra, triangular, etc. O sea que la esencia del oscilador es “crear” una señal periódica con una determinada amplitud por sí mismo, sin que haya que aplicarle señal alguna a la entrada.

Se utilizan para:

- Establecer la frecuencia portadora.
- Excitar las etapas mezcladoras.

II. CRITERIOS DE OSCILACIÓN.

Existen varios criterios de oscilación rigurosos y equivalentes.

En primer término, un oscilador que contenga un dispositivo activo en un cuadripolo debe tener una trayectoria de realimentación por lo que la parte de salida realimente a la entrada.

A. Primer criterio.

Si la señal de realimentación es mayor que la de entrada, y en fase con ella, se iniciará 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.

B. 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.

Si el valor de K es menor a 1, el circuito es potencialmente inestable.

$$K = \frac{2(g_{11} + G_s)(g_{22} + G_L)}{|y_{12}y_{21}| + \operatorname{Re}(y_{12}y_{21})} \quad (1)$$

C. 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.

D. 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.

III. OSCILADOR HARTLEY.

A continuación se desarrollara el análisis de un oscilador Hartley por método de ganancia infinita.

A. Especificaciones.

- $F_0 = 10 \text{ [MHz]}$
- $V_{CC} = 12 \text{ [V]}$
- $R_L = 50 \text{ [\Omega]}$
- $P_L = 5 \text{ [mW]}$

B. Selección de los componentes principales.

Utilizaremos el transistor BF495, ya que podemos obtener los parámetros Y de la hoja de datos y se ajusta a los siguientes requerimientos.

- $F_T(\text{tip}) = 500 \text{ MHz} \gg 10 \text{ MHz}$
- $P_C(\text{max}) = 500 \text{ mW} \gg 5 \text{ mW}$

C. Cálculo de componentes.

1) Polarización: Los parámetros son los siguientes:

- $I_C = 3 \text{ [mA]}$
- $V_{CE} = 8 \text{ [V]}$
- $P_C = 24 \text{ [mW]}$

2) Cálculo de R_1 y R_2 : Conociendo el valor de $H_{FE} = 75$; se calcula el valor de las resistencias por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_{CE} = \frac{I_C}{h_{fe}} R_2 + V_{BE} \therefore R_2 = h_{fe} \frac{V_{CE} - V_{BE}}{I_C} \quad (2)$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} \quad (3)$$

Los valores normalizados son:

- $R_1 = 1,2 \text{ [K}\Omega\text{]}$
- $R_2 = 180 \text{ [K}\Omega\text{]}$

3) Cálculo de C_4 y el equivalente paralelo $R'L$ y $C'4$: En la (Fig. 1) se observa dicho equivalente.

$$P_{Lef} = \frac{i^2 R_L}{2} \quad (4)$$

Despejando \hat{i} de la ecuación (4)

$$\hat{i} = \sqrt{\frac{2P_L}{R_L}} = 14.14 \text{ [mA]} \quad (5)$$

Calculamos el valor de la impedancia.

$$Z = \frac{\hat{v}}{\hat{i}} = 565,6854 \text{ } [\Omega] \quad (6)$$

Conociendo el valor de la impedancia y w podemos calcular C_4 y su equivalente en paralelo.

$$Z = \sqrt{R_L^2 + \left(\frac{1}{w C_4}\right)^2} \quad (7)$$

$$C_4 = \frac{1}{w \sqrt{Z^2 - R_L^2}} = 28.24 \text{ [pF]} \quad (8)$$

$$C'_4 = \frac{C_4}{1 + (w C_4 R_L)^2} = 26.8 \text{ [pF]} \quad (9)$$

$$R'L = R_L * \frac{1 + (w C_4 R_L)^2}{(w C_4 R_L)^2} = 6.99 \text{ [K}\Omega\text{]} \quad (10)$$

Los valores normalizados son:

- $C_4 = 27 \text{ [pF]}$
- $C'_4 = 27 \text{ [pF]}$
- $R'L = 7 \text{ [K}\Omega\text{]}$

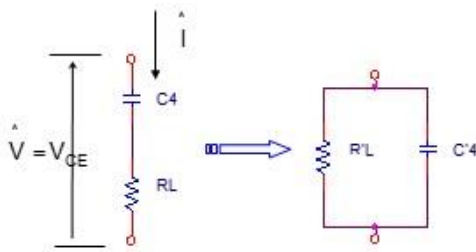


FIG. 1. EQUIVALENTE SERIE PARALELO

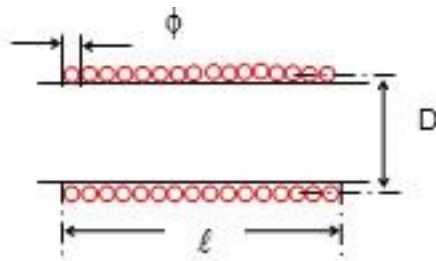


FIG. 2. GRAFICO DE BOBINA

4) *Cálculo de L*: Como N1 va a resultar mucho menor que N2, en la práctica C_4 queda en paralelo con L, junto con C_3 y alguna susceptancia positiva o negativa que brinde el transistor. Suponiendo $C_3 = 85 \text{ pF}$.

$$L = \frac{1}{w^2(C_3 + C'_4)} = 2.66 \text{ [uH]} \quad (11)$$

La ecuación (12) es práctica y precisa para calcular L la cual se obtiene de la Fig. (2)

$$L = 0.8 \frac{D^2 N^2}{\frac{N}{19} + 0.45 D} * 10^{-2} \quad (12)$$

Utilizamos un alambre esmaltado de $\phi = 0,5 \text{ mm}$ y una forma de prespan de $0,8 \text{ mm}$ ϕ exterior.

Con un diámetro $D = 0.86 \text{ cm}$, en la práctica, le damos valores a N (aproximadamente 22 vueltas) hasta hallar L.

ϕ	Esp/cm
0.1	90
0.15	60
0.2	45
0.25	36
0.3	30
0.35	26
0.4	23
0.5	19
0.6	15.6
0.7	13.5
0.8	11.8
0.9	10.5
1.0	9.7

CUADRO I RELACIÓN DIÁMETRO, ESPIRAS/CM.

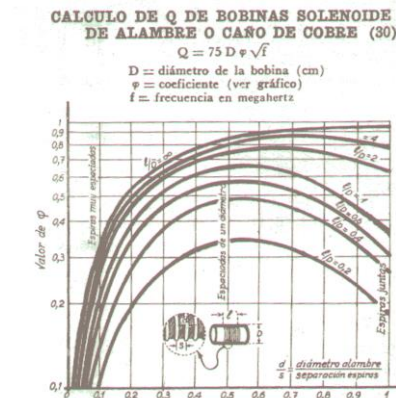


FIG. 3. MONOGRAMA PACKMANN

5) *Cálculo de R_p*: Usando el monograma del Packmann (fig.3) se calcula Q por medio de la ecuación (13), teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- $F_0 = 10 \text{ MHz}$
- $D = 0.86 \text{ cm}$
- $\phi = 0.75$

$$Q = 75 * D * \phi * \sqrt{F_0} = 152.97 \quad (13)$$

Generalmente se disminuye un 20% por pérdidas no contempladas, como efecto de metales en el campo magnético de la bobina, pérdidas dieléctricas, etc.

$$Q = 122.38 \quad (14)$$

Por lo tanto con el nuevo valor de Q se calcula R_p por medio de (15).

$$R_p = QwL = 17.762 \text{ [K}\Omega\text{]} \quad (15)$$

6) *Calculo de C_3 y $N_1 - N_2$* : Con los parámetros Y obtenidos de la hoja de datos del transistor, además de los valores calculados anteriormente, los cargamos en una plantilla de Excel provista por la catedra, de esta forma obtenemos el valor de C_3 .

$$C_3 = 30 \text{ [pF]}$$

Además se utiliza en paralelo un trimmer de 50 [pF].

7) *Calculo de C_2* : Esta en serie con la base, por lo que se puede adoptar el siguiente criterio:

$$X_{C2} \ll \frac{1}{|Y_{ie}|} \quad \therefore \quad C_2 \gg \frac{|Y_{ie}|}{w} = \frac{3.3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^6} = 53.38 \text{ [pF]} \quad (15)$$

Se elige a $C_2 = 10 \text{ [nF]}$

8) *Calculo de C_1* : C_2 Esta en serie con el circuito tanque, que seta sintonizado en F_0 . También, con aproximación se puede decir que:

$$X_{C1} \ll R_p // R'L \quad \therefore \quad C_1 \gg \frac{1}{w(R_p // R'L)} = 4 \text{ [pF]} \quad (16)$$

Se elige $C_1 = 10 \text{ nF}$, pero C_1 también debe impedir que el ripple de 100Hz pase al oscilador, modulándolo:

$$R_1 C_1 \ll \frac{1}{100 \text{ Hz}} \quad \therefore \quad C_1 \ll \frac{1}{R_1 \cdot 100 \text{ Hz}} = 8.33 \text{ [uF]} \quad (17)$$

De esta forma se escoge $C_1 = 100 \text{ [uF]}$ en paralelo con otro capacitor de 10 [nF]

C. Construcción de la bobina:

Al ser d alambre de $\varnothing = 0,5 \text{ mm}$, los extremos se podrán fijar con algún adhesivo anaeróbico, pero solo cuando se halla ajustado en el prototipo, sobre todo en el extremo de las derivación más crítica, es el de N_1 ; por lo que se recomienda que se coloque en el lado superior para tener acceso al ajuste. Los extremos se deberán retorcer una vez ajustados y fijados con el adhesivo.

IV. CIRCUITO FINAL.

Se puede visualizar el esquemático de dicho oscilador en la (fig. 4)

A. Mediciones:

Una vez implementado el circuito, se mide sobre la carga, obteniendo la (fig. 5) las especificaciones necesarias.

La potencia en la carga, la calculamos por medio de la ecuación (18)

$$P_L = \frac{V_p^2}{2 \cdot R_L} = 5.4 \text{ [mW]} \quad (18)$$

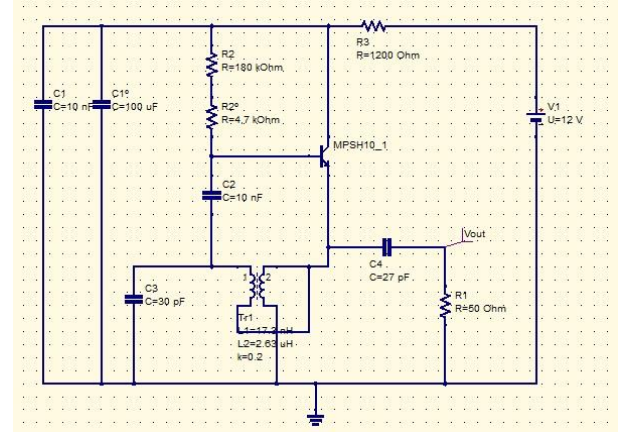


FIG. 4. ESQUEMATICO DEL OSCILADOR HARTLEY

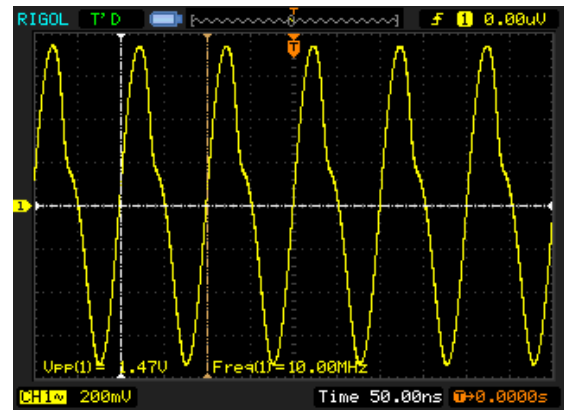


FIG. 5. MEDICIÓN SOBRE LA CARGA.

V. CONCLUSIÓN.

Mediante el desarrollo del oscilador Hartley, logramos aclarar diferentes criterios de diseño, como la construcción de una bobina, y la utilización de un nuevo software de simulación.

Comprobamos la importancia al momento de implementar correctamente el circuito, ya que hay que tener distintas consideraciones al momento de trabajar en RF, por ejemplo, el montarlo en una placa doble faz o RF4, el largo de las patas de componentes debe ser el mínimo, etc.

Al momento de observar la señal en el osciloscopio, notamos que el oscilador no proporciona una onda senoidal perfecta.