

Parte I

Oscilador de Wien

1. Introducción

A lo largo de esta parte, se centrará en realizar un oscilador generador de onda sinusoidal basado en el puente de *Wien*. Para poder entender este oscilador, resulta necesario comprender el criterio de Barkhausen, el cual es imprescindible para realizar el oscilador.

1.1. Criterio de Barkhausen

Dado un sistema realimentado negativamente, siendo A la ganancia de lazo abierto y β la ganancia de realimentación, entonces se define $T(s) = A(s)\beta(s)$ como la ganancia de lazo de realimentación.

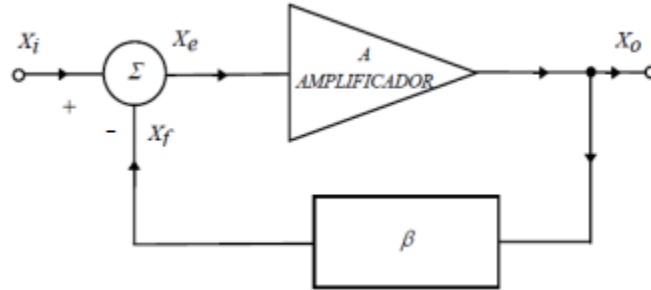


Figura 1: Sistema realimentado

De acuerdo con lo desarrollado en el libro *Design With Operational Amplifiers And Analog Integrated Circuits*¹, pueden ocurrir 3 posibles situaciones para la ganancia de lazo de realimentación $T(s)$:

1. $T(S_0) < 1$: Lo cual supone una atenuación de la señal por lo que el sistema resulta estable sin oscilar.
2. $T(S_0) > 1$: Lo cual genera una amplificación de la señal resultando en un sistema inestable que con el correr del tiempo generará que el amplificador oscile
3. $T(S_0) = 1$: Esta es considerada una estabilidad neutral ya que no atenúa ni amplifica la señal. Esta es la condición que se tiene en cuenta para que el criterio funcione.

De acuerdo con lo mencionado en el libro, para que se cumpla la condición 3, es necesario tener un par de polos conjugados sobre el eje $j\omega$.

1.2. Oscilador de *Wien*

Dado un circuito como el que se muestra en la Figura 2, se podrá calcular como se mencionó previamente, la ganancia de lazo de realimentación.

Como se menciona en el libro² se llega a la ecuación mencionada a continuación:

$$T(f) = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{3 + j \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)} \quad (1)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Por lo tanto, si se remplace f por la frecuencia f_0 , se obtiene

¹A lo largo del capítulo 10.1 durante el desarrollo de *Basic Wien-Bridge Oscillator*

²Partiendo de la ecuación 10.4 y 10.5 de la página 486 del libro

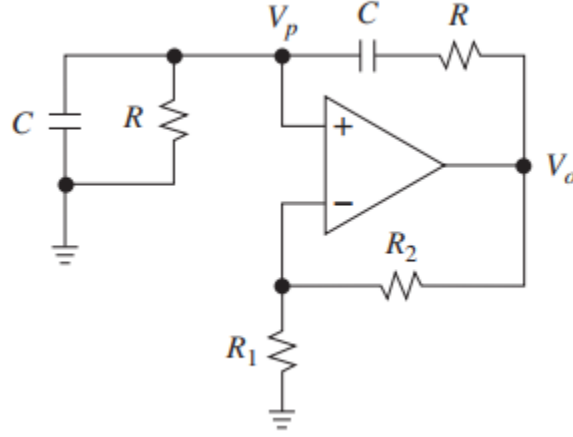


Figura 2: Circuito de Wien

$$T(f_0) = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{3} \quad (2)$$

Consecuentemente, como se desea cumplir con la condición 3 mencionada en la subsección anterior, necesariamente $\frac{R_2}{R_1} = 2$. Por ende, cuando se cumpla esta condición, resulta evidente que se generará un puente balanceado a lo largo de la frecuencia f_0 .

2. Análisis del circuito propuesto

A lo largo de esta sección nos centraremos en analizar el circuito propuesto por la cátedra que se puede observar en la Figura 3.

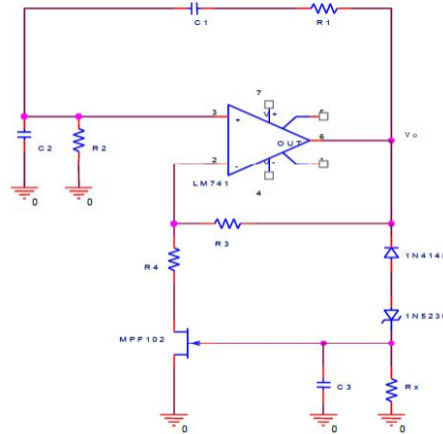


Figura 3: Circuito de Oscilador propuesto

Como se puede ver en la figura, el circuito propuesto es bastante parecido al mencionado en la Figura 2, los componentes adicionales agregados forman parte de lo que se llama *Automatic Amplitude Control*³ (AAC). El AAC, es la etapa del circuito encargada de ajustar el valor de $\frac{R_3}{R_4}$ dinámicamente con el objetivo de suplir las falencias constructivas de los elementos resistivos, que generan un determinado error en el cociente, para llevarlo al valor esperado de 2.

³Control Automático de Ganancia o CAG en español

2.1. Automatic Amplitude Control (AAC)

2.1.1. Transistor JFET-N

Para poder entender el funcionamiento del AAC, es necesario primero entender como se comporta un JFET-N, para eso, se puede observar la Figura 4.

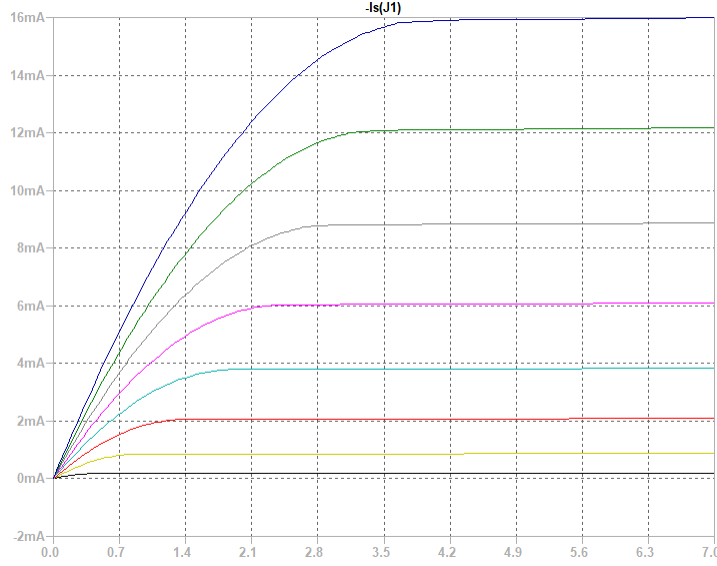


Figura 4: I_{DS} en función de V_{DS} , para valores de V_{GS} entre -3 (V) (línea negra) y 0.5(V) (línea azul)

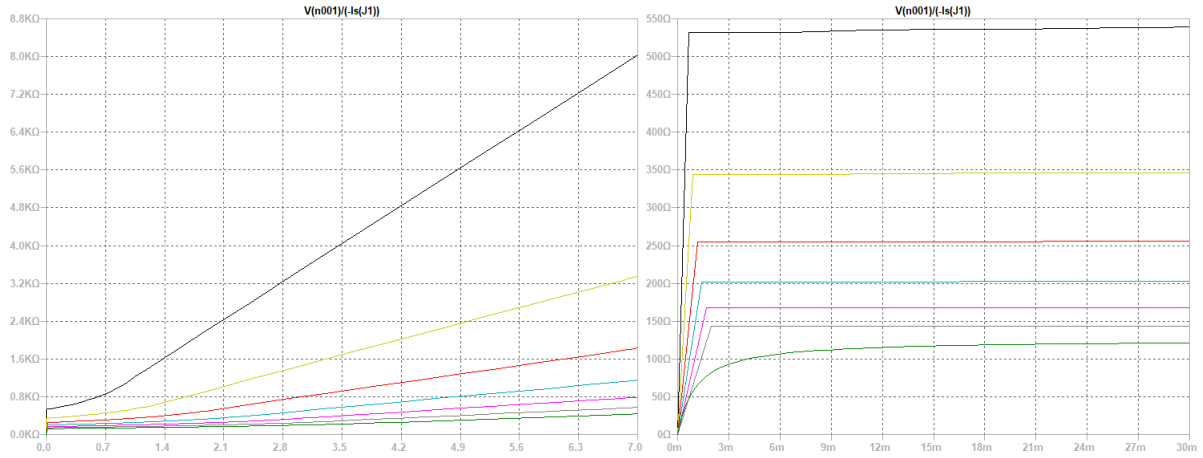


Figura 5: R_{DS} en función de V_{DS} para valores de V_{GS} entre -2.5(V) (línea negra) y 0.5(V) (línea verde)

Como se pudo observar en la Figura 5, se puede utilizar al transistor JFET-N como resistencia variable, esto es altamente útil para ajustar el valor del cociente $\frac{R_3}{R_4}$ visto anteriormente y utilizarlo a nuestro favor.

2.1.2. Diodos en serie

Debido a que el oscilador de Wien debe poder funcionar sin señal de entrada, se debe crear un control sobre $\frac{R_3}{R_4}$ de modo tal que, cuando el circuito se alimente, rápidamente se llegue a la oscilación. Esto se realiza mediante el cambio dinámico de R_4 , es decir, cuando el circuito permanezca apagado, y durante los primeros instantes de alimentación, R_4 debe permanecer lo suficientemente baja para que el cociente sea lo suficientemente mayor a 2 para lograr un tiempo de establecimiento relativamente corto, sin embargo, una vez que se llega a ese tiempo de establecimiento, se debe procurar de aumentar el valor de R_4 de modo tal que el cociente de resistencias sea 2, como fue explicado anteriormente. Para lograr esto, entran en juego los diodos, que cuando la tensión V_o es lo suficientemente chica,

los diodos no conduzcan, generando así que el JFET tenga una resistencia interna aproximadamente igual a 0, y cuando V_o supera la tensión de umbral de los diodos (aproximadamente 5.4(V)), estos conduzcan corriente, cargen el capacitor C3 y ajusten la resistencia interna del transistor R_T para que $\frac{R_3}{R_4+R_T} < 2$