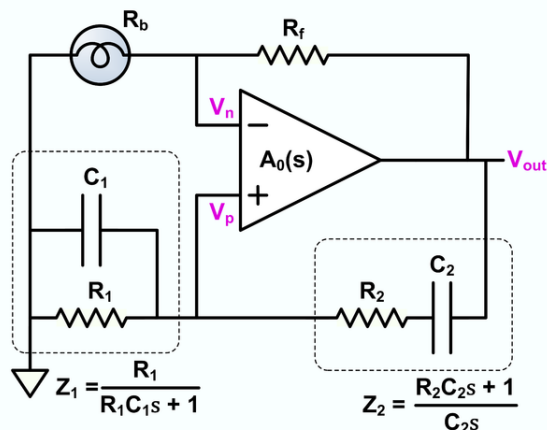


# Oscilador de puente de Wien



Esquema de un oscilador de Puente de Wien en el cual  $R_b$  es una pequeña lámpara incandescente. Generalmente,  $R_1=R_2=R$  y  $C_1=C_2=C$ . En condiciones normales, la lámpara se calienta hasta que su resistencia es igual a  $R_f/2$ .

Un **oscilador de puente de Wien** es un oscilador electrónico que genera ondas sinusoidales, mediante un amplificador realimentado por un puente compuesto de cuatro resistencias y dos condensadores, originalmente desarrollado por el físico alemán Max Wien en 1891, para la medición de impedancias. <sup>[1][2]</sup>

## 1 Historia

En 1937, el ingeniero estadounidense Larned Ames Meacham solicitó una patente para un oscilador basado en el puente de Wien. <sup>[3]</sup> Posteriormente, Hermon Hosmer Scott solicitó una patente para osciladores basados en diversos circuitos de puente, incluido el de Wien. <sup>[4]</sup> El circuito moderno está derivado de la tesis presentada por William Hewlett, para obtener el máster en la Universidad de Stanford. Hewlett solicitó una patente en julio de 1939 de su dispositivo, al cual denominó “generador de oscilación de frecuencia variable”. <sup>[5]</sup> Hewlett y David Packard fundaron posteriormente la empresa Hewlett-Packard cuyo primer producto fue el HP 200A, un oscilador de ondas sinusoidales de precisión basado en el puente de Wien. El 200A se convirtió en un instrumento electrónico clásico conocido por su baja distorsión.

La primera patente para un oscilador de puente de Wien a base de transistores bipolares fue concedida en 1962 a los ingenieros estadounidenses Henry Herbig y Edward Schmidt durante su trabajo en la empresa International

Telephone and Telegraph Corporation. <sup>[6]</sup> Este oscilador era usado para la identificación de los suscriptores en las redes telefónicas. En 1965 Thomas McCall solicitó una patente para una mejora de los anteriores diseños que incluía el uso de un diodo Zener para estabilizar la amplitud de las oscilaciones. <sup>[7]</sup> Ese año, el físico japonés Izuo Hayashi, residenciado en Estados Unidos, solicitó una patente para su versión del oscilador realizada con transistores FET <sup>[8]</sup> la cual era un oscilador de desplazamiento de fase con frecuencia variable.

## 2 Estabilización de amplitud

La clave del oscilador de baja distorsión de Hewlett es una efectiva estabilización de amplitud. La amplitud de los osciladores electrónicos tiende a aumentar hasta que la señal es recortada o se alcanza alguna limitación de ganancia. Esto lleva a una distorsión debido a los armónicos de frecuencias altas, lo que es un efecto indeseado.

William Hewlett usó una lámpara incandescente en la realimentación del oscilador para limitar la ganancia. La resistencia de las lámparas incandescentes (así como otros elementos similares que producen calor) aumenta a medida que su temperatura aumenta. Si la frecuencia de oscilación es significativamente superior que la constante térmica del elemento que produce calor, la potencia irradiada será proporcional a la potencia del oscilador. Debido a que los elementos que producen calor son cuerpos negros, estos siguen la Ley de Stefan-Boltzmann. La potencia irradiada es proporcional a  $T^4$ , por lo que la resistencia aumenta a una mayor proporción que la amplitud de la señal. Si la ganancia es inversamente proporcional a la amplitud de la oscilación, la ganancia del oscilador alcanza un estado estable en donde opera como un amplificador de clase A casi ideal, logrando de esta manera una baja distorsión.

## 3 Análisis del oscilador

### 3.1 Primer Caso

Según la teoría del análisis de redes eléctricas en corriente alterna, la impedancia (o más exactamente, la reactancia) de un condensador está dada por: <sup>[9]</sup>

$$(1)$$

$$\begin{aligned} Z_C &= -jX_C \\ &= \frac{-j}{2\pi fC} \end{aligned}$$

donde  $j$  es la **unidad imaginaria**. Si  $R_1 \neq R_2$  y  $C_1 \neq C_2$ , al observar la imagen que encabeza este artículo, se deduce que la relación entre el voltaje de salida y el de entrada de la red de realimentación (y no del amplificador), está dada por:

$$\begin{aligned} \frac{V_p}{V_{out}} &= \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \\ &= \frac{\frac{R_1 * (-jX_1)}{R_1 - jX_1}}{\frac{R_1 * (-jX_1)}{R_1 - jX_1} + (R_2 - jX_2)} \\ (2) \quad &= \frac{-jR_1X_1}{(R_1 - jX_1) * (R_2 - jX_2) - jR_1X_1} \quad (6) \quad f_r = \frac{1}{2\pi RC} \\ &= \frac{R_1X_1}{R_1X_1 + j(R_1 - jX_1)(R_2 - jX_2)} \\ &= \frac{R_1X_1}{(R_1X_1 + R_1X_2 + X_1R_2) + j(R_1R_2 - X_1X_2)} \end{aligned}$$

donde  $X_1$  y  $X_2$  son las reactancias de cada condensador. Si el desfase total introducido por la red de realimentación es cero, la parte imaginaria del denominador de esta ecuación es cero también. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} (3) \quad \begin{aligned} R_1R_2 - X_1X_2 &= 0 \\ R_1R_2 &= X_1X_2 \\ &= \frac{1}{2\pi fC_1} * \frac{1}{2\pi fC_2} \end{aligned} \end{aligned}$$

Sustituyendo  $f$  por  $f_r$  (frecuencia de resonancia de la red de realimentación) en la ecuación (3), se deduce que su valor está dado por:<sup>[10]</sup>

$$(4) \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$$

Si el desfase es cero, es fácil ver que la atenuación que introduce la red de realimentación a la frecuencia de resonancia es:

$$\begin{aligned} (5) \quad b &= \frac{R_1X_1}{R_1X_1 + R_1X_2 + R_2X_1} \\ &= \frac{R_1C_2}{R_1C_2 + R_1C_1 + R_2C_2} \\ &= \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_1\frac{C_1}{C_2}} \end{aligned}$$

Por esta razón, mediante una adecuada elección de resistencias y condensadores, la atenuación debe ser tal que se cumpla la ecuación:

$$(6) \quad A_v * b = \left(1 + \frac{R_f}{R_b}\right) * b = 1$$

en la cual  $A_v$  es la amplificación. De forma equivalente:

$$(7) \quad \frac{R_f}{R_b} = \frac{R_2}{R_1} + \frac{C_1}{C_2}$$

### 3.2 Segundo caso

Si las resistencias son iguales entre sí al valor “R” y los condensadores al valor “C”, al hacer la sustitución en la ecuación (4) la frecuencia de resonancia es:

La atenuación de la red de realimentación, a la frecuencia de resonancia, según la ecuación (5), está dada por:

$$(7) \quad \frac{RX}{3RX} = \frac{1}{3}$$

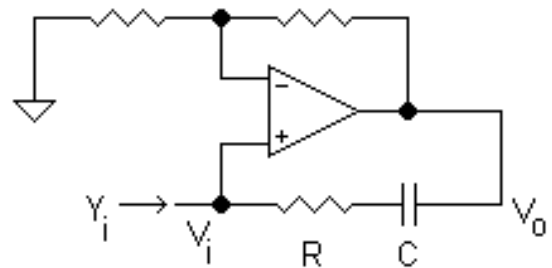
por lo que la ganancia de voltaje debe valer 3 para que se mantengan las oscilaciones. Como la ecuación de la ganancia del amplificador es:

$$(8) \quad A_v = 1 + \frac{R_f}{R_b} = 3$$

se infiere que:

$$(9) \quad R_f = 2R_b$$

## 4 Análisis de la impedancia de entrada



Análisis de la impedancia de entrada.

Si se aplica una **tensión** directamente en la entrada no inversora de un amplificador ideal con realimentación, la **corriente** de entrada será:

$$i_{in} = \frac{v_{in} - v_{out}}{Z_f}$$

Donde  $v_{in}$  es la tensión de entrada,  $v_{out}$  es la tensión de salida, y  $Z_f$  es la **impedancia** de realimentación. Si definimos la **ganancia de voltaje** como:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

Y la **admitancia** de entrada se define como:

$$Y_i = \frac{i_{in}}{v_{in}}$$

La admitancia de entrada puede ser redefinida como:

$$Y_i = \frac{1 - A_v}{Z_f}$$

Para el puente de Wien,  $Z_f$  está dada por:

$$Z_f = R + \frac{1}{j\omega C}$$

Sustituyendo y resolviendo:

$$Y_i = \frac{(1 - A_v)(\omega^2 C^2 R + j\omega C)}{1 + (\omega C R)^2}$$

Si  $A_v$  es mayor a 1, la admitancia de entrada es una **resistencia negativa** (NDR) en paralelo con una **inductancia**. La inductancia es:

$$L_{in} = \frac{\omega^2 C^2 R^2 + 1}{\omega^2 C^2 (A_v - 1)}$$

Si se coloca un **condensador** con el mismo valor de  $C$  en paralelo con la entrada, el circuito tiene una **resonancia** natural a:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_{in} C}}$$

Sustituyendo y resolviendo para la **inductancia**:

$$L_{in} = \frac{R^2 C}{A_v - 2}$$

Si necesita un  $A_v$  con un valor de 3:

$$L_{in} = R^2 C$$

Sustituyendo:

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

O también:

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

Similarmente, la resistencia de entrada a la frecuencia determinada arriba es:

$$R_{in} = \frac{-2R}{A_v - 1}$$

Para  $A_v = 3$ :

$$R_{in} = -R$$

## 5 Referencias

- [1] Hall, Henry P. «A History of impedance Measurement» (en inglés). Consultado el 13 de abril de 2016.
- [2] Wien, Max (1891). «Das Telephon als optischer Apparat zur Strommessung» [El teléfono como un aparato óptico para la medición de corriente]. *Annalen der Physik* (en alemán) **278** (4): 593-621. doi:10.1002/andp.18912780408.
- [3] «Patent US2163403: Stabilized oscillator» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 13 de abril de 2016.
- [4] «Patent US2173427: Electric oscillator» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 13 de abril de 2016.
- [5] «Patent US2268872: Variable frequency oscillation generator» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 13 de abril de 2016.
- [6] «Patent US3015696: Transistor oscillators» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 15 de abril de 2016.
- [7] «Patent US 3319184: Oscillator with d.-c. back-biased zener diode to stabilize amplitude» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 15 de abril de 2016.
- [8] «Patent US3289102: Variable frequency phase shift oscillator utilizing field-effect transistors» (en inglés). United States Patent Office. Consultado el 15 de abril de 2016.
- [9] Robbins, Allan H.; Miller, Wilhelm C. (2008). Sergio R. Cervantes González, ed. *Análisis de circuitos. Teoría y práctica, 4ª edición*. Traducción: Gloria Mata Hernández y Revisión técnica: Gustavo Pérez López. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. p. 528. ISBN 607-481-367-1.

- [10] Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis (2009). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Traducción Rodolfo Navarro Salas; Revisión técnica Francisco Rodríguez Ramirez (10a edición). México: Pearson Prentice Hall. p. 759. ISBN 978-607-442-329-7.

## 6 Origen del texto y las imágenes, colaboradores y licencias

### 6.1 Texto

- **Oscilador de puente de Wien** *Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador\\_de\\_puente\\_de\\_Wien?oldid=90485582](https://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador_de_puente_de_Wien?oldid=90485582) *Colaboradores:* Ramjar, Digigalos, Kiroh, Jorgelrm, Jcentel, Martin Rizzo, Kved, Muro de Aguas, TXiKiBoT, Technopat, Muro Bot, PixelBot, Raulshc, Ptbotgourou, Obersachsebot, PatruBOT, EmausBot, AeroJPRF, MerIfwBot, Domaina, Elvisor, Addbot y Anónimos: 13

### 6.2 Imágenes

- **Archivo:Wien\_Bridge\_Oscillator.png** *Fuente:* [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Wien\\_Bridge\\_Oscillator.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Wien_Bridge_Oscillator.png) *Licencia:* CC0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Constant314
- **Archivo:Wien\_bridge\_yin.png** *Fuente:* [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Wien\\_bridge\\_yin.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Wien_bridge_yin.png) *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* the English language Wikipedia (log) *Artista original:* Created by Madhu as a screenshot.

### 6.3 Licencia del contenido

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0