PRINCIPIOS BÁSICOS DEL DISEÑO DE OSCILADORES

$$V_0(s) = A \cdot L(s) \cdot [V_i(s) + H(s) \cdot V_0(s)]$$

$$\frac{V_0(s)}{V_i(s)} = \frac{A \cdot L(s)}{1 - A \cdot L(s) \cdot H(s)}$$

sin limitador

$$\frac{V_0(s)}{V_i(s)} = \frac{A}{1 - A \cdot H(s)}$$

Los polos del sistema están dados por:

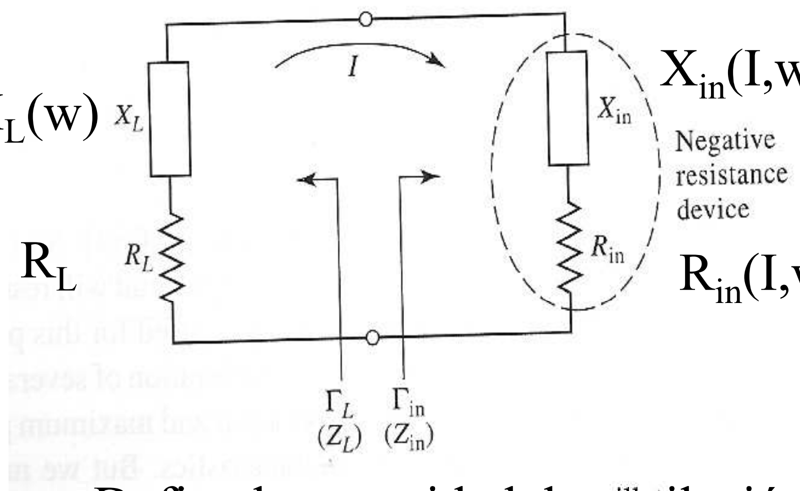
$$1 - A \cdot L(s) \cdot H(s) = 0$$

Para la condición de régimen estacionario, los polos están en el eje imaginario y la condición de oscilación viene dada por la condición de Barkhausen:

$$\begin{cases} \mathrm{Re}[A \cdot L(j\omega_0) \cdot H(j\omega_0)] = 1 \\ \mathrm{Im}[A \cdot L(j\omega_0) \cdot H(j\omega_0)] = 0 \end{cases}$$

OSCILADORES DE UN PUERTO DE RESISTENCIA NEGATIVA

Esquema circuital



Define la capacidad de oscilación

$$\left[Z_L(\omega)+Z_{in}(I,\omega)\right]\cdot I=0\Rightarrow\begin{cases}R_L(\omega)+R_{in}(I,\omega)=0\\ X_L(\omega)+X_{in}(I,\omega)=0\end{cases}$$

Define la frecuencia de oscilación

- Un oscilador puede considerarse como un dispositivo de un puerto de "resistencia negativa".
- Entran en juego dos impedancias:
  - Impedancia del dispositivo

$$Z_{in}(I,\omega)=R_{in}(I,\omega)+jX_{in}(I,\omega)$$

    - Depende de la corriente y en menor medida de la frecuencia.
  - Impedancia de carga del circuito a la que se transfiere la energía de la oscilación:

$$Z_L(\omega)=R_L+jX_L(\omega)$$

    - Depende de la frecuencia de sintonía
- Condición de oscilación: $I\neq 0$ en la frecuencia de microondas en ausencia de señal de microondas.

OSCILADORES DE UN PUERTO DE RESISTENCIA NEGATIVA

- Segunda forma de definir la condición de oscilación:

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{-Z_{in} - Z_0}{-Z_{in} + Z_0} = \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} = \frac{1}{\Gamma_{in}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Gamma_L \cdot \Gamma_{in} = 1 \Rightarrow \begin{cases} |\Gamma_L| \cdot |\Gamma_{in}| = 1 \\ \arg(\Gamma_L) + \arg(\Gamma_{in}) = 2n\pi \end{cases}$$

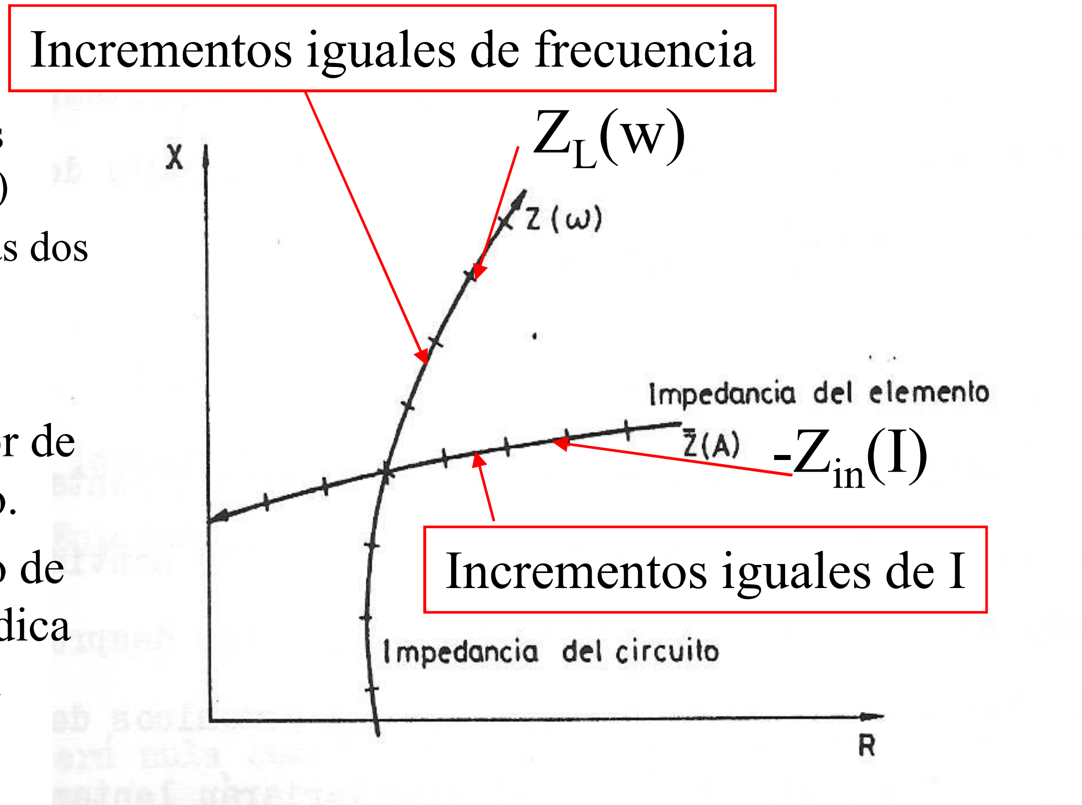
- Condición de arranque: globalmente la resistencia total debe satisfacer

$$R_T(I,\omega) = R_L + R_{in}(I,\omega) < 0$$

  – La R_{in} tiene que ser menos negativa hasta alcanzar I_0 (amplitud de oscilación) a la frecuencia w_0.
  – A las condiciones anteriores hay que añadir una condición de estabilidad de la oscilación.

OSCILADORES DE UN PUERTO DE RESISTENCIA NEGATIVA

- Consideraciones finales sobre la condición de oscilación:
  - La dependencia de $Z_{in}(I,w)$ con w es pequeña por lo que pondremos $Z_{in}(I)$
  - Se van a representar gráficamente las dos curvas: $Z_{in}(I)$ y $Z_L(w)$
- Interpretación de la curva:
  - Para una corriente I dada el valor de $-Z_{in}(I)$ indica el punto de trabajo.
  - En régimen permanente el punto de intersección de ambas curvas indica el punto de trabajo o punto de la oscilación (I_0, w_0)



CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LA OSCILACIÓN DE UN OSCILADOR (I)

- Definición: se dice que una oscilación es estable cuando cualquier variación que se produzca en los parámetros de la oscilación (I,w), los efectos en dichos parámetros deberán compensarse de forma que no haya desplazamientos en el valor de la oscilación (I_0 ,w_0).
- Cuantificación del parámetro de estabilidad de la oscilación:
  - Desarrollo de Z_T (I,w) en serie de Taylor y extracción de condiciones.
  - A partir de la representación de las curvas del elemento activo y de la carga.

CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LA OSCILACIÓN DE UN OSCILADOR (II)

- Desarrollo de la primera de las condiciones:
  - Definición: Si una oscilación es estable, una variación de (I,w) en un sentido debe conducir a un incremento de los parámetros en sentido contrario que compense la variación anterior.
  - Definición de la frecuencia compleja en el plano de Laplace:

$$Z_T(I,s) = Z_L(s) + Z_{in}(I,s) = 0$$

  - Se hace un desarrollo en serie de Taylor alrededor de (I_0 ,s_0)

$$Z_T(I,s) = Z_T(I_0,s_0) + \left.\frac{\partial Z_T}{\partial s}\right|_{I_0,s_0} \cdot \delta s + \left.\frac{\partial Z_T}{\partial I}\right|_{I_0,s_0} \cdot \delta I = 0$$

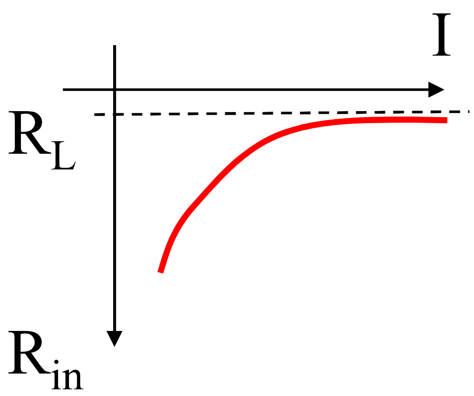
$$\frac{\partial Z_T}{\partial s} = -j\frac{\partial Z_T}{\partial \omega}; s_0 = j\omega_0; Z_T(I_0,s_0) = 0$$

  - Veamos qué ocurre si hay una variación en la frecuencia compleja

$$\delta s = \delta\alpha + j\cdot\delta\beta = \frac{-\left.\dfrac{\partial Z_T}{\partial I}\right|_{I_0,s_0}}{\left.\dfrac{\partial Z_T}{\partial s}\right|_{I_0,s_0}} \cdot \delta I = \frac{-j\cdot\left(\dfrac{\partial Z_T}{\partial I}\right)\cdot\left(\dfrac{\partial Z_T^*}{\partial \omega}\right)}{\left|\dfrac{\partial Z_T}{\partial \omega}\right|^2} \cdot \delta I$$

CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LA OSCILACIÓN DE UN OSCILADOR (III)

Si la variación es tal que δI>0, la compensación de dicha variación deberá hacer δα<0



$$\Rightarrow \mathrm{Im}\left\{\frac{\partial Z_T}{\partial I}\cdot\frac{\partial Z_T^*}{\partial \omega}\right\}<0 \Rightarrow \frac{\partial R_T}{\partial I}\cdot\frac{\partial X_T}{\partial \omega}-\frac{\partial X_T}{\partial I}\cdot\frac{\partial R_T}{\partial \omega}>0$$

$$pero: \frac{\partial R_L}{\partial I}=\frac{\partial X_L}{\partial I}=\frac{\partial R_L}{\partial \omega}=0$$

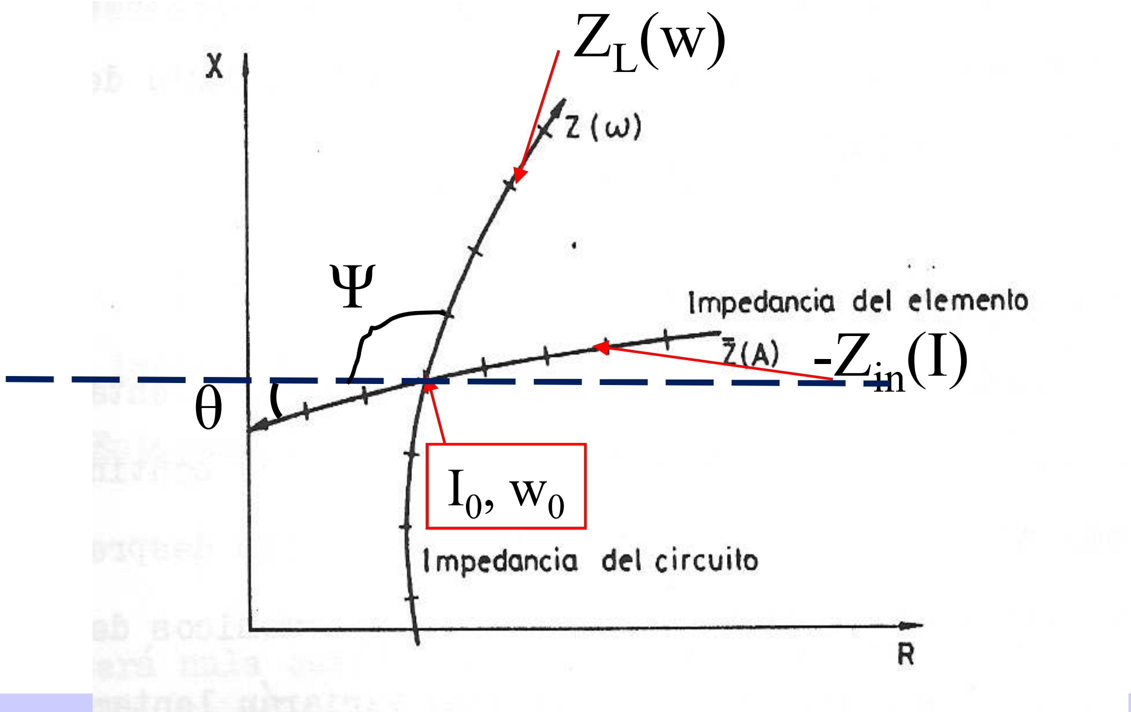
$$\underline{\frac{\partial R_{in}}{\partial I}}\cdot\frac{\partial\left(X_L+X_{in}\right)}{\partial \omega}-\underline{\frac{\partial X_{in}}{\partial I}\cdot\frac{\partial\left(R_{in}\right)}{\partial \omega}}>0$$

Termino positivo   Termino positivo pero pequeño

$$\boxed{\frac{\partial\left(X_L+X_{in}\right)}{\partial \omega}>>0 \Rightarrow \frac{L\cdot\omega}{R}\uparrow\uparrow \Rightarrow Q\uparrow\uparrow}$$

CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LA OSCILACIÓN DE UN OSCILADOR (IV)

- Desarrollo de la segunda de las condiciones:
  - Definición: supongamos que la corriente, I, sufre un incremento δI sobre el valor de régimen permanente. Si δI disminuye con el tiempo, el punto de intersección entre las curvas de impedancia del elemento y del circuito será estable. Recíprocamente si δI aumenta con el tiempo, el punto será inestable.
  - La figura muestra las curvas de las impedancias con los ángulos Ψ de $Z_L(w)$ y θ de $-Z_{in}(I)$



CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LA OSCILACIÓN DE UN OSCILADOR (V)

- Para que una oscilación sea estable en un punto (I_0, w_0) se tiene que verificar:

$$I_0 \cdot \left| \frac{\partial Z_{in}(I_0)}{\partial I} \right| \cdot \left| Z'_T(\omega_0) \right| \sin(\theta + \Psi) > 0$$

- Esto supone que el seno tiene que ser positivo y el ángulo $0^o < (\theta + \Psi) < 180^o$
- Teorema: Para que un punto de trabajo sea estable, el ángulo medido en sentido horario entre la dirección marcada por la flecha de la curva de impedancia del elemento y la marcada por la flecha de la curva de impedancia del circuito, debe ser menor de 180º.