

## CONVERTIDOR DE IMPEDANCIA GENERALIZADO (GIC)

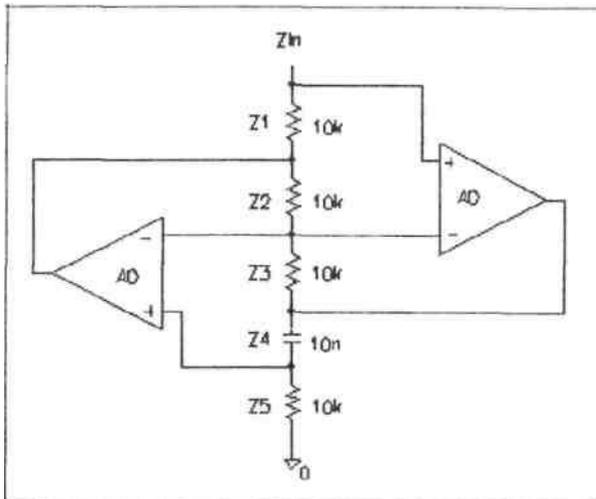
**RAUL A. FUNES**

*Prof. Titular de Electrónica General*

El GIC es un circuito que presenta una impedancia de entrada que depende de los componentes que se utilicen en las distintas partes del mismo, pudiendo comportarse resistiva, capacitiva, o en forma inductiva, obteniéndose grandes valores en espacios reducidos.

Consideraremos los componentes que se utilizan comunmente, de acuerdo a las frecuencias de trabajo y las limitaciones en frecuencia de los amplificadores operacionales.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado y que GB es el producto Ganancia por el Ancho de Banda de los amplificadores:



**Siendo:**

$$\omega t1 := 2 \cdot \pi \cdot GB1$$

$$\omega t2 := 2 \cdot \pi \cdot GB2$$

**Entonces:**

$$A1(f) := \frac{\omega t1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i}$$

$$A2(f) := \frac{\omega t2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i}$$

**Analizando el circuito se demuestra que la Zin del GIC es:**

$$Z_{in}(f) = \frac{Z1 \cdot Z3 \cdot Z5}{Z2 \cdot Z4} \left[ \frac{\left(\frac{Z2}{Z3} + 1\right) \cdot \left(\frac{Z4}{Z5} + 1\right) \cdot \frac{1}{A1(f) \cdot A2(f)} + \frac{Z2}{Z3} \cdot \left(\frac{Z4}{Z5} + 1\right) \cdot \frac{1}{A2(f)} + \left(\frac{Z4}{Z5} + 1\right) \cdot \frac{1}{A1(f)} + 1}{\left(\frac{Z3}{Z2} + 1\right) \cdot \left(\frac{Z5}{Z4} + 1\right) \cdot \frac{1}{A1(f) \cdot A2(f)} + \frac{Z3}{Z2} \cdot \left(\frac{Z4}{Z5} + 1\right) \cdot \frac{1}{A2(f)} + \left(\frac{Z5}{Z4} + 1\right) \cdot \frac{1}{A1(f)} + 1} \right]$$

Obsérvese que si  $A1(f)$  o  $A2(f)$  tienden a infinito como en un amplificador ideal, entonces la  $Zin(f)$  se implica a:

$$Zin(f) = \frac{Z1 \cdot Z3 \cdot Z5}{Z2 \cdot Z4}$$

### 1) Simulación de Inductiva:

Haremos:  $Z1=Z2=Z3=Z5=R$ ;  $Z4=1/s.C$

$$A1(f) := \frac{\omega t1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i} \quad A2(f) := \frac{\omega t2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i}$$

y hacemos:  $A1(f)=A2(f)=A(f)$  ;  $\omega t1 = \omega t2 = \omega t$

$$\omega t := 1 \cdot 10^6 \quad A(f) := \frac{\omega t1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i} \quad f := 10,100..100000 \quad R := 1 \cdot 10^5 \quad C := 10 \cdot 10^{-9}$$

Por otro lado operando algebraicamente en la ecuación que expresa la  $Zin(f)$  se llega a que:

$$Zin(f) := R \cdot \left[ \frac{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot C \cdot R + 1) \cdot \frac{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot i)^2}{\omega^2} + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot C \cdot R + 1) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i}{\omega} + \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot C \cdot R}{2}}{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot C \cdot R + 1) \cdot \frac{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot i)^2}{\omega^2} + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot i \cdot C \cdot R + 1) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot i}{\omega} + \frac{1}{2}} \right]$$

Si consideramos que  $\omega t$  tiende a infinito entonces obtenemos una  $Leq := C \cdot R^2$

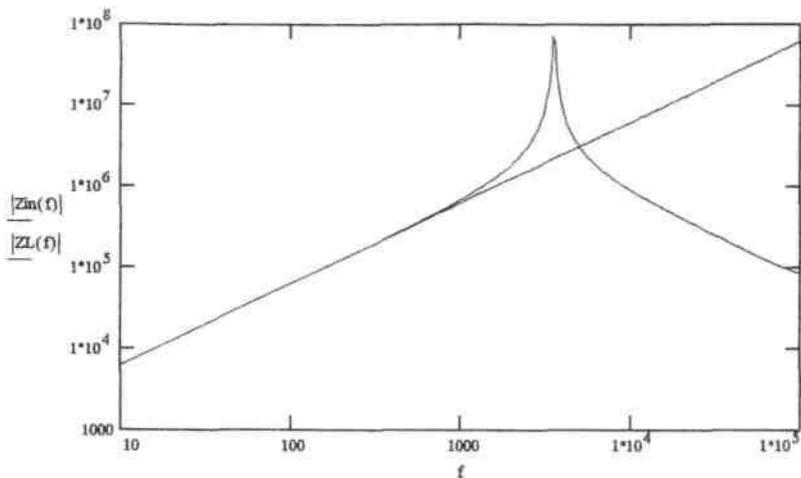
que con los valores dados será  $Leq = 100$

Y la impedancia de la inductiva equivalente será:

$$ZL(f) := 2 \cdot \pi \cdot f \cdot Leq$$

#### 1.1) Gráficas comparativas

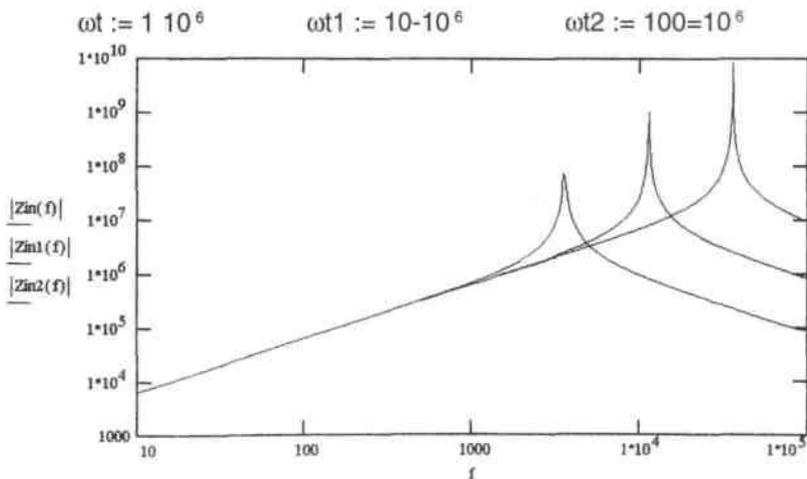
Graficando en escalas "log-log" para que las representaciones entren en una gráfica, en función de la frecuencia, los módulos de las impedancias inductivas de acuerdo a sus dos expresiones matemáticas, la más completa y la simplificada en la respuesta en frecuencia de los amplificadores, obtenemos:



Donde es claramente visible como se aparta de las características ideales del modelo GIC del caso ideal, incluso se produce un pico en su funcionamiento en función de la frecuencia el cual depende, a igualdad de los valores R y C, del producto Ganancia ancho de Banda del Amplificador utilizado.

## 1.2) Gráficas para distintos Productos de Ganancias por Ancho de Banda

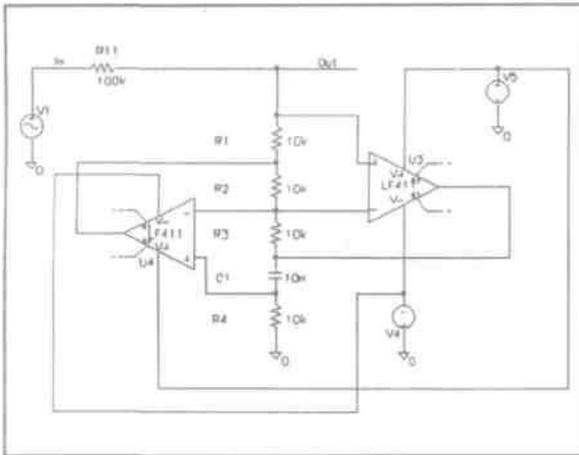
Si consideramos distintos productos de Ganancias por Ancho de Banda de los amplificadores, entonces tendremos:



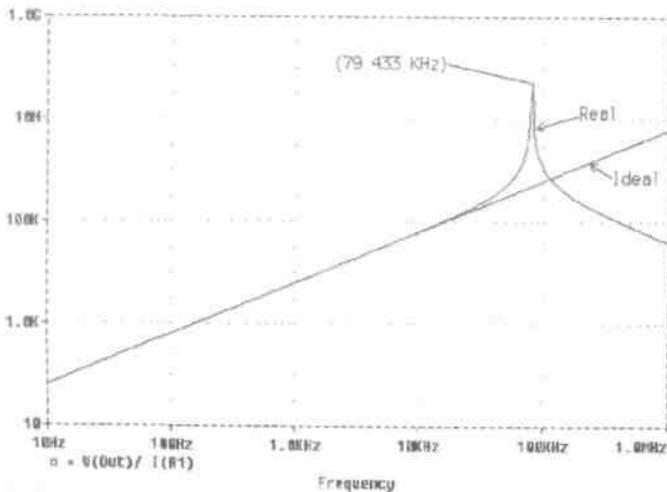
Aquí se ve claramente que cuando aumenta el producto Ganancia Ancho de banda del amplificador, durante mayor rango de frecuencia se mantiene la  $Leq$  cercana a la ideal y el pico de la inductancia simulada se produce a mayor frecuencia.

## 2.1) Simulación por computadora

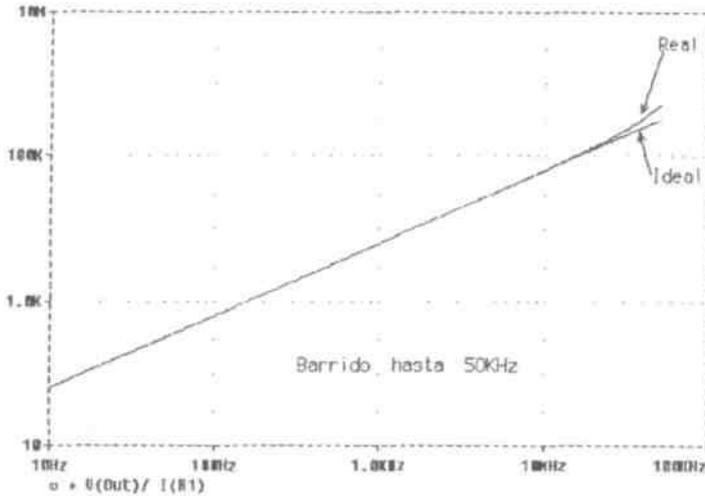
Consideraremos para simular con computadora el siguiente circuito:



## 2.2) Resultados gráficos de la impedancia obtenida

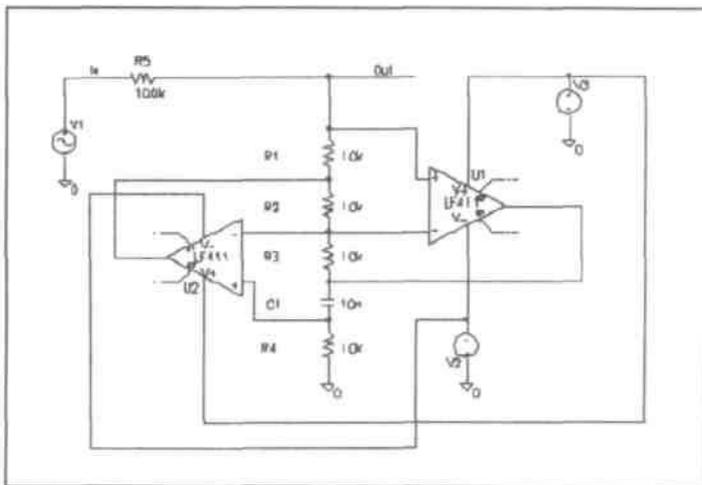


### 2.3) Gráfica de la impedancia, barriendo la frecuencia hasta 50KHz



### 3) Experimentación de Laboratorio

El circuito a ensayar es el siguiente:



$$V_{in} := 4.0$$

$$R5 := 10^5$$

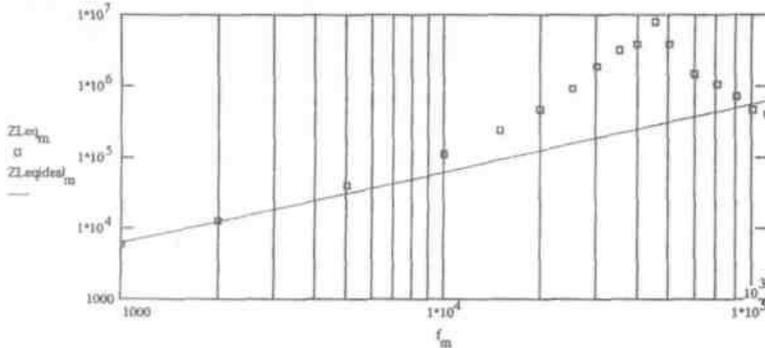
$$R := 10^4$$

$$C := 10 \cdot 10^{-9}$$

m:=0.. 16 Vo := READPRN(GICVO) f := READPRN(GICFRE)

$$Z_{\text{leq}_m} := \frac{V_{o_m}}{(V_{in} - V_{o_m})} \cdot R_5$$

$$Z_{\text{leqideal}_m} := 2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot C \cdot R^2$$



El pico de la inductancia simulada se produce a aproximadamente 45KHz, y también se compara con la inductancia ideal simulada, observándose un apartamiento significativo aproximadamente a partir de los 10KHz. En definitiva el modelo matemático aproxima la realidad pero no la cuantifica precisamente, incluso la simulación por computadora tampoco dio valores precisos sino cualitativos.

#### 4) Referencias bibliográficas

The Art of Electronics - Horowitz-Hill 1990 - Cambridge University Press.

Electrónica Integrada - Millman y Halkias - 7ª edición, 1986 - Hispano Europea S.A.

Circuitos Electrónicos - Schilling, Belove – 2º edición, 1985 - Marcombo, Boixareu Editores.

Modern Filter Design - Ghausi y Laker - 1981 - Prentice-Hall, Inc.

RC Active Filter Design Handbook - F. W. Stephenson -1985 - John Wiley & Sons.

Circuitos Electrónicos Avanzados - Tietze-Schenk -1983 - Marcombo, Boixareu Editores-Springer Verlag.