

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

TEORIA DE CIRCUITOS

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N°3

---

# GIC, Gyrator, Amplificador de Instrumentación y Ecualizador

---

*Grupo 6:*

Paulo NAVARRO 57.775

Benjamín Carlos LIN 57.242

Nicolas Lorenzo MESTANZA 57.521

Facundo Nicolas MOLINA 60.526

German Carlos BERTACHINI 58.750

*Responsables de la cátedra:*

Daniel Andres JACOBY

Carlos BELAUSTEGUI GOITIA

Presentado:

Corrección:

# Índice

<b>1. Filtro con GIC</b>	<b>2</b>
1.1. Filtro con GIC . . . . .	2
<b>2. Introducción a Diseño de Filtros</b>	<b>3</b>
2.1. Filtro Pasa-Bajos (Low-Pass) . . . . .	3
2.2. Filtro Pasa-Altos (High-Pass) . . . . .	4
2.3. Filtro Pasa-Banda (Band-Pass) . . . . .	4
2.4. Filtro Rechaza-Banda (Band-Rejection) . . . . .	4
2.5. Utilización de un Gyrator en los filtros . . . . .	4
2.5.1. Introducción a Gyrators . . . . .	4
2.5.2. Implementación real de un Gyrator . . . . .	4
2.5.3. Análisis de $Z_{in}$ . . . . .	5
<b>3. Amplificador de Instrumentación</b>	<b>8</b>
3.1. Amplificador de Instrumentación . . . . .	8
<b>4. Control de Tonos y Ecualizador de Fase</b>	<b>9</b>
4.1. Ecualizador de Fase . . . . .	9

## **1. Filtro con GIC**

### **1.1. Filtro con GIC**

Tipo de Filtro	$f_p [Hz]$	$f_a [Hz]$	$f_c [Hz]$
Low-Pass	5000	17500	-
High-Pass	3500	1000	-
Band-Pass	-	-	10000
Band-Rejection	-	-	1000

## 2. Introducción a Diseño de Filtros

En la presente sección, se implementarán cuatro filtros de segundo orden según las siguientes especificaciones: En cada caso se espera:

- Ganancia mayor a -3 dB cuando  $f < f_p$  o  $f > f_p$
- Ganancia menor a -10 dB cuando  $f > f_a$  o  $f < f_a$
- Ganancia nunca superior a 0 dB
- Ganancia unitaria en continua ( $f \rightarrow \infty$ )

Cada circuito será empleado implementando una resistencia  $R$ , una inductancia  $L$  y un capacitor  $C$ . Pero para la inductancia  $L$ , ésta será reemplazada por componentes que unidos presenten un comportamiento similar a ella, en este caso un Gyrator.

### 2.1. Filtro Pasa-Bajos (Low-Pass)

En este caso, se procederá a realizar un circuito pasa-bajos de segundo orden clásico, tal que podemos ver la disposición de elementos en la siguiente figura:

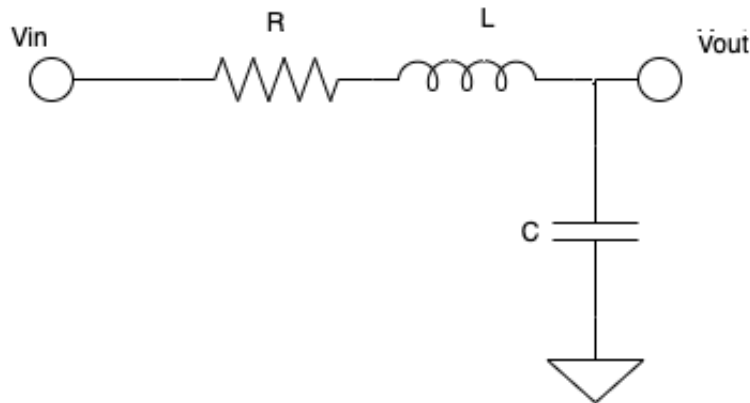


Figura 1: Circuito Pasa-Bajos de segundo orden

Las especificaciones son las siguientes:

- Ganancia mayor a -3 dB cuando  $f < 5KHz$
- Ganancia menor a -10 dB cuando  $f > 17.5KHz$
- Ganancia nunca superior a 0 dB
- Ganancia unitaria en continua ( $f \rightarrow \infty$ )

En el dominio de Laplace podemos ver que la función de transferencia para este circuito está dada por:

$$H(S) = \frac{V_{out}(S)}{V_{in}(S)} = \frac{\frac{1}{SC}}{SL + R + \frac{1}{SC}} \rightarrow H(S) = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1}$$

De allí podemos observar que  $w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ,  $Q = \frac{1}{2\xi}$  y  $\xi = \frac{R\sqrt{C}}{2\sqrt{L}}$

Podemos observar que la ganancia nunca deberá superar a 0 dB por ello no se deben presentar sobrepicos en el circuito RLC. Sabiendo que los sobrepicos se presentarán en casos donde  $\xi \geq \frac{1}{\sqrt{2}}$ , se tomarán valores que cumplan la relación:

$$\xi > \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Luego en nuestro caso, analizando las especificaciones

## 2.2. Filtro Pasa-Altos (High-Pass)

## 2.3. Filtro Pasa-Banda (Band-Pass)

## 2.4. Filtro Rechaza-Banda (Band-Rejection)

1. Diseñar una función transferencia que cumpla con las especificaciones. 2. Diseñar un circuito que implemente la función transferencia utilizando un Gyrator. Justificar adecuadamente la elección de todos sus componentes y redactar una introducción teórica al tema. 3. Determinar rangos de operación en zona lineal. Se espera adecuada profundidad en este análisis. 4. Contrastar el diseño del circuito con las simulaciones correspondientes. 5. Implementar el circuito y comprobar su funcionamiento con las mediciones correspondientes. 6. Analizar el comportamiento del sistema en altas frecuencias. 7. Diseñar un PCB que contenga todos los circuitos pedidos (en el mismo PCB). A su vez, puede utilizarse un sólo IC en la implementación pedida.

## 2.5. Utilización de un Gyrator en los filtros

En los circuitos descriptos previamente, se reemplazará la inductancia  $L$ , por un equivalente utilizando un gyrator.

### 2.5.1. Introducción a Gyrators

Un Gyrator o girador es considerado un elemento pasivo adicional a los ya conocidos y analizados. Una de sus funcionalidades es ser empleado como un inductor. El motivo de reemplazar a un inductor real se encuentra en fines prácticos, ya que al utilizar éste en lugar de una inductancia, se pueden reducir tanto el tamaño de un circuito como el costo del mismo.

Además, una inductancia tiene asociada una resistencia. El cable que se utiliza para elaborarlos, tiene dicha resistencia asociada. Por otro lado, se pueden obtener capacitores de alta calidad y con un girador, obtener inductores de alta calidad.

Entonces un gyrator puede reemplazar a una inductancia con una combinación de amplificador operacional, una resistencia y un capacitor. Para lograr ello, podemos definir también al gyrator como un inversor de las características corriente voltaje de un componente eléctrico.

El símbolo circuital utilizado para el gyrator es el siguiente:

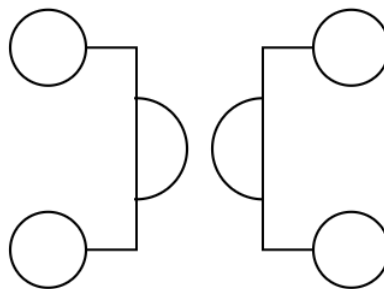


Figura 2: Símbolo circuital del Gyrator

### 2.5.2. Implementación real de un Gyrator

Físicamente hay distintas formas de implementar un Gyrator, pero en nuestro caso, lo implementaremos con un solo elemento activo representado por un amplificador operacional aunque se han visto en la cátedra formas de implementarlo con dos amplificadores, con el fin de simplificar las mediciones y armado de circuito se analizará el caso con un solo amplificador.

En el siguiente diagrama se puede ver dicha implementación observando el Gyrator a la izquierda y su equivalente a la derecha:

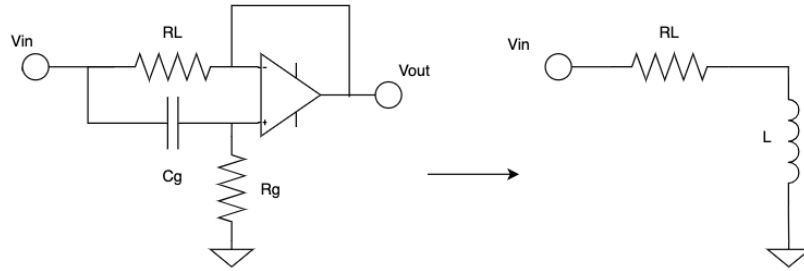


Figura 3: Equivalente circuital entre Gyrator e Inductor

En la próxima sección se verá que este equivalente no es válido para todo el rango de frecuencias.

### 2.5.3. Análisis de $Z_{in}$

Para describir el comportamiento del circuito como un inductor es importante analizar la impedancia de entrada de dicho circuito tal que  $Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}}$ . Para ello, utilizaremos el siguiente diagrama circuital:

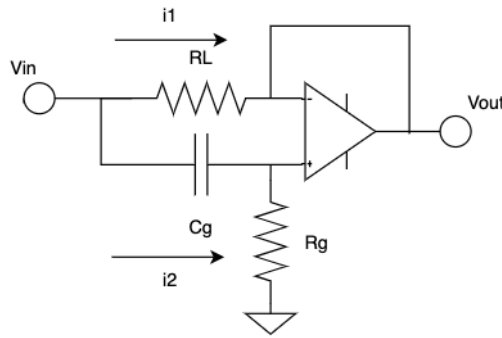


Figura 4: Equivalente circuital entre Gyrator e Inductor

Se puede observar del gráfico que:

$$V_{out} = V^-$$

Por ello:

$$V_{out} = A_{vol}(V^+ - V^-) \rightarrow V^- = A_{vol}(V^+ - V^-) \rightarrow V^- = V^+ \frac{A_{vol}}{1 + A_{vol}}$$

Luego podemos ver utilizando un divisor de tensión que:

$$V^+ = V_{in} \frac{R_g}{R_g + \frac{1}{sC_g}}$$

Además obsevamos que:

$$I_{in} = i_1 + i_2$$

Como no ingresa corriente al amplificador operacional:

$$i_1 = \frac{V_{in} - V^-}{R_L}$$

$$i_2 = \frac{V^+}{R_g}$$

Entonces:

$$I_{in} = \frac{V_{in} - V^-}{R_L} + \frac{V^+}{R_g} \rightarrow I_{in} = V_{in} \left( \frac{R_g + \frac{1}{sC_g} + R_L - R_g \frac{A_{vol}}{1+A_{vol}}}{R_L(R_g + \frac{1}{sC_g})} \right)$$

Finalmente:

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{V_{in}}{V_{in} \left( \frac{R_g + \frac{1}{sC_g} + R_L - R_g \frac{A_{vol}}{1+A_{vol}}}{R_L(R_g + \frac{1}{sC_g})} \right)}$$

$$Z_{in} = \frac{R_L(R_g + \frac{1}{sC_g})}{R_g + \frac{1}{sC_g} + R_L - R_g \frac{A_{vol}}{1+A_{vol}}}$$

Si ahora multiplicamos por el factor  $sC_g$  en numerador y denominador:

$$Z_{in} = \frac{R_L(sC_g R_g + 1)}{sC_g(R_g + R_L - R_g \frac{A_{vol}}{1+A_{vol}}) + 1}$$

Como  $A_{vol} = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{w_p}}$ , el factor  $\frac{A_{vol}}{1+A_{vol}}$  cambia su comportamiento según la frecuencia de trabajo:

$$\frac{A_{vol}}{1 + A_{vol}} = \frac{\frac{A_0}{1 + \frac{s}{w_p}}}{1 + \frac{A_0}{1 + \frac{s}{w_p}}} = \frac{A_0}{A_0 + 1 + \frac{s}{w_p}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{A_0} + \frac{s}{A_0 w_p}}$$

Notemos que  $GBP$  o Gain Bandwidth Product es equivalente a  $A_0 w_p$ , y  $A_0$  tiene un valor alto, por ello:

$$\frac{1}{1 + \frac{s}{GBP}}$$

Entonces, siempre que  $\frac{s}{GBP} \gg 1$ , podremos aproximar dicha expresión:

$$\frac{1}{1 + \frac{s}{GBP}} \approx 1$$

Siendo:

$$Z_{in} = \frac{R_L(sC_g R_g + 1)}{sC_g R_L + 1}$$

Tomaremos dicha relación cuando  $\frac{s}{GBP} \geq 10$ , o equivalente a decir una diferencia de un orden de magnitud. Caso contrario, nuestro impedancia no podrá aproximarse a un inductor.

Como  $Z_{in} = \frac{R_L(sC_g R_g + 1)}{sC_g R_L + 1}$ , para obtener una expresión de la forma de un inductor, podremos establecer las siguientes relaciones tal que:

$$1 \gg sC_g R_L$$

Cumpliendo dicha situación, nuestro inductor usando gyrator estará representado por:

$$Z_{in} = R_L(sC_g R_g + 1) \rightarrow Z_{in} = sC_g R_g R_L + R_L$$

Donde:

$$L = C_g R_g R_L$$

Como nota final de este comportamiento es importante ver que la relación  $1 \gg sC_g R_L$ , se cumplirá a bajas frecuencias, mayores o menores dependiendo de los componentes elegidos, entonces nuestro equivalente quedará representado por:

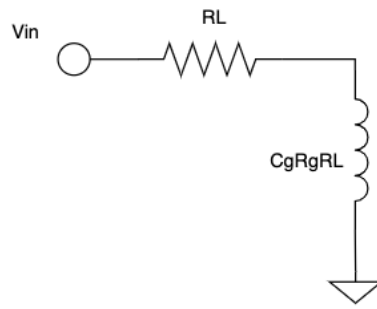


Figura 5: Equivalente de Inductor utilizando un Gyrator



### **3. Amplificador de Instrumentación**

#### **3.1. Amplificador de Instrumentación**

## **4. Control de Tonos y Ecualizador de Fase**

### **4.1. Ecualizador de Fase**