

## ***Guía de Ejercicios***

Revisión Marzo 2023

## **Índice**

Amplificadores OPAMP y OTA .....	<b>2</b>
Aproximación de Funciones Transferencia .....	<b>7</b>
Partes de Función. Funciones BiLineales y BiCuadráticas .....	<b>11</b>
Parámetros de Cuadripolos.....	<b>13</b>
Filtros Digitales .....	<b>18</b>
Síntesis de Dipolos.....	<b>22</b>
Síntesis de Cuadripolos.....	<b>26</b>
Parametros Imagen y Parámetros S.....	<b>28</b>
Ejercicios Integradores .....	<b>31</b>

## Amplificadores OPAMP y OTA

### Objetivos:

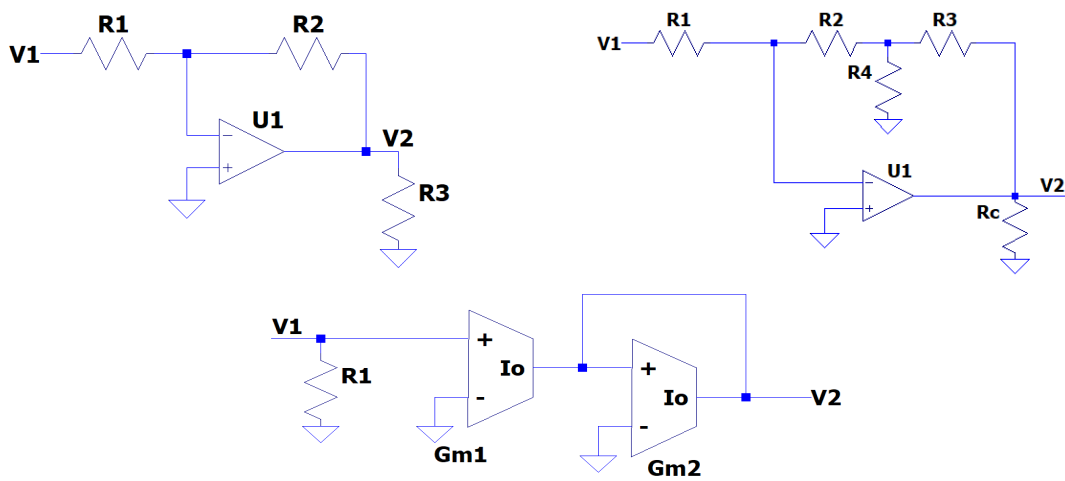
- Analizar redes eléctricas obteniendo su impedancia de entrada y/o transferencia
- Evaluar ventajas y desventajas de diferentes implementaciones
- Reconocer diferentes tipos de filtros y topologías circuitales
- Asociar topologías circuitales con su respuesta en frecuencia

### Ejercicio #1

Partiendo de las siguientes estructuras circuitales, se requiere diseñar un amplificador inversor cuya impedancia de entrada  $Z_1 = 47 \text{ k}\Omega$  y su transferencia de tensión

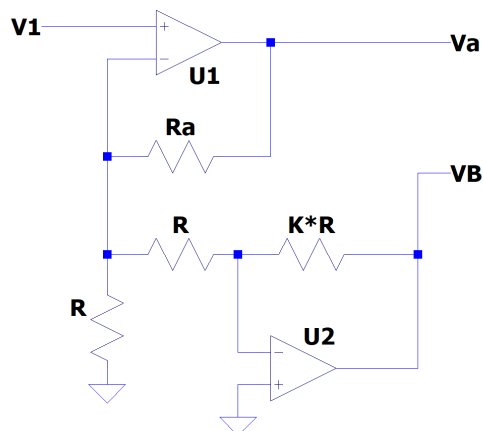
$$\frac{V_2}{V_1} = -70 \text{ dB}$$

Analizar ventajas y desventajas de cada circuito.



### Ejercicio #2

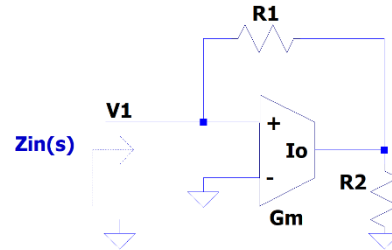
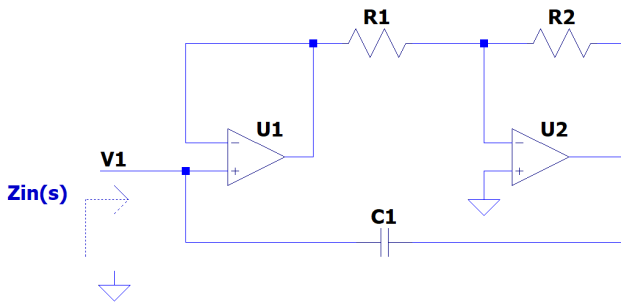
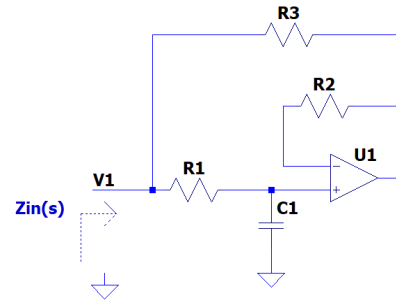
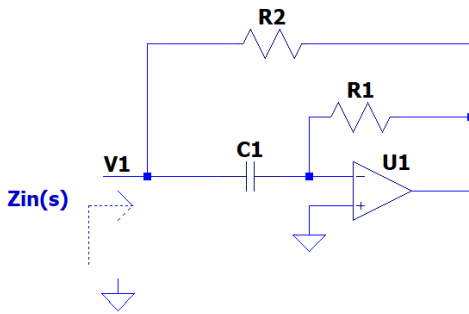
Amplificador con **salida diferencial**. Obtener la expresión de  $V_{AB}$ . Utilizar el valor  $R_a = R(k-1)/2$



### Ejercicio #3

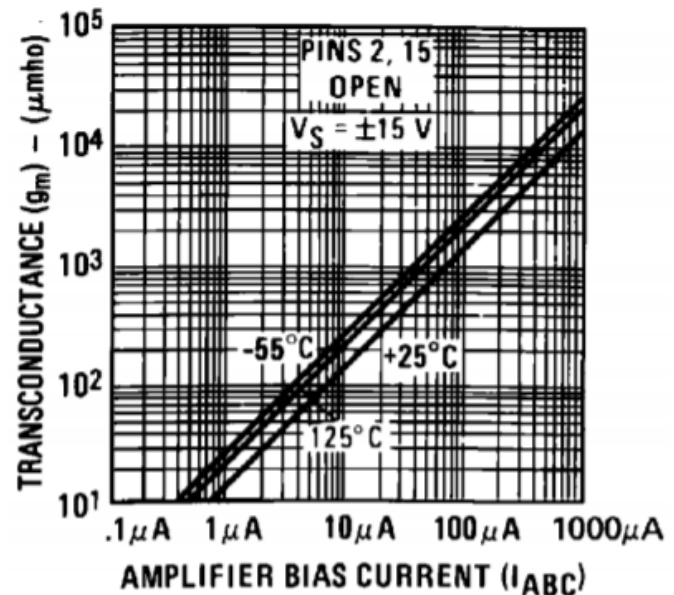
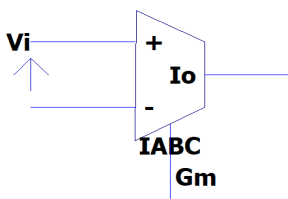
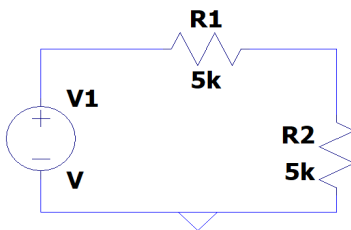
Dados los siguientes dipolos obtener la impedancia de excitación. Discutir los siguientes aspectos para cada circuito:

- Discutir la naturaleza de la  $Z_{in}$  (capacitiva, inductiva, resistiva).
- Cómo se ve afectada  $Z_{in}$  por los elementos circuitales.
- Posibles utilidades del circuito.



### Ejercicio #4

Reemplace el siguiente divisor resistivo utilizando el elemento OTA funcionando como resistor.



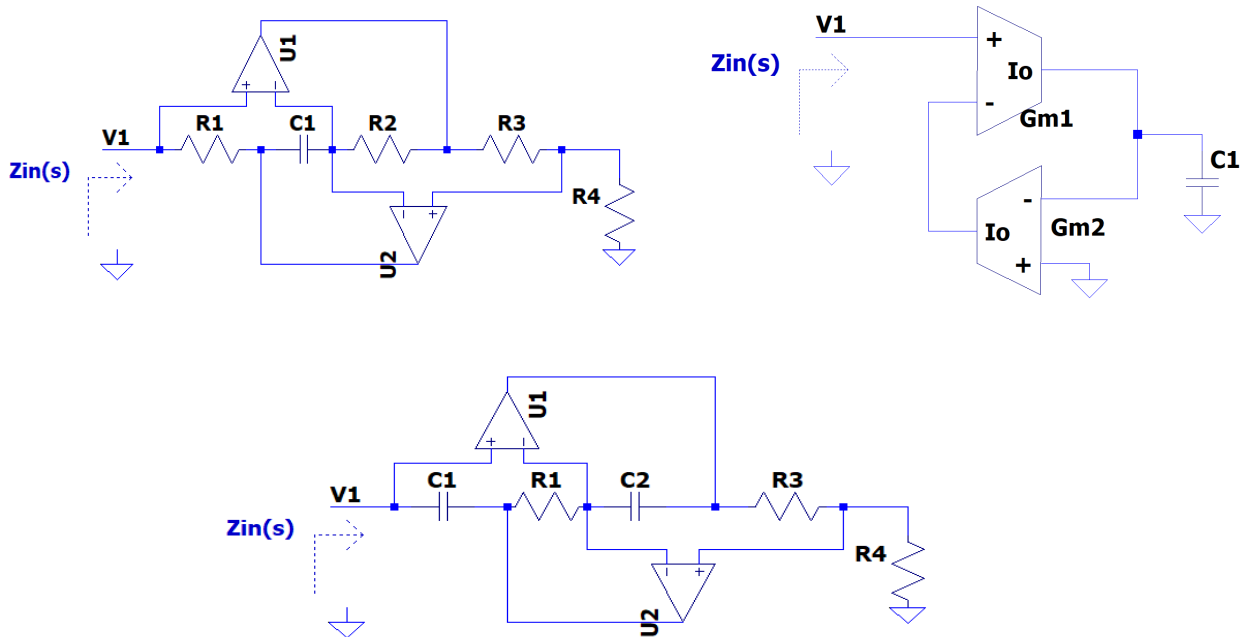
Se pide:

- Proponga un circuito basado en OTA. Obtenga el valor de  $g_m$
- A partir de la gráfica, obtenga el valor de la corriente de polarización  $I_{ABC}$ .  
Proponga un circuito para inyectar dicha corriente.
- Simule la transferencia de  $\frac{V_o}{V_i}$

### Ejercicio #5

Para los siguientes dipolos activos determinar la Impedancia de excitación. Utilizar un simulador para graficar el módulo y la fase de  $Z_{in}$ , adoptando los siguientes valores:

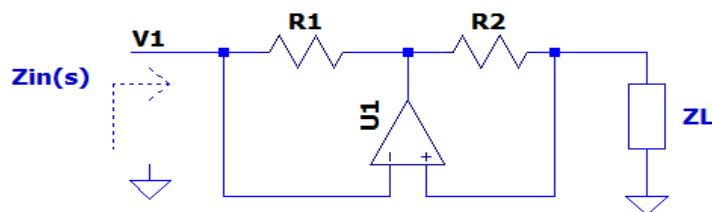
- $R1=R2=R3=R4 = 1 \text{ k}\Omega$
- $C1=C2 = 1 \text{ }\mu\text{F}$



### Ejercicio #6

Para el siguiente dipolo activo determinar la impedancia de excitación.

- Indique/proponga aplicaciones para esta red.
- Investigue sobre la posibilidad de obtener el mismo comportamiento utilizando OTA (Ver Cap. 16.2 Schaumann).



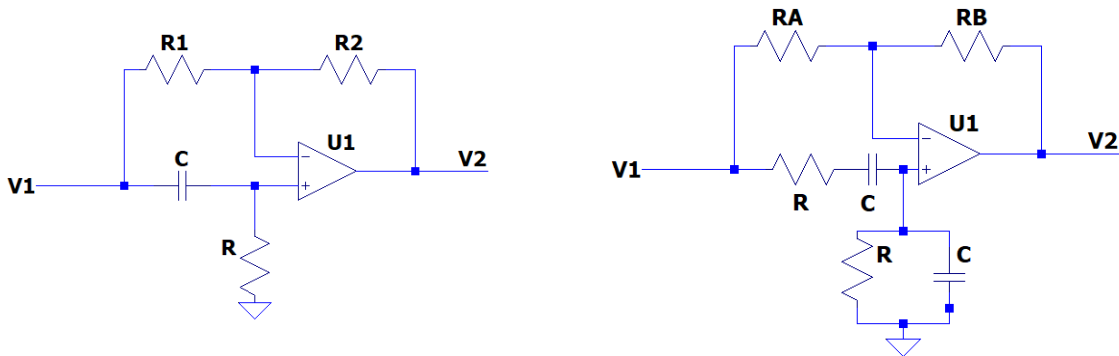
### Ejercicio #7

Para los siguientes circuitos conocidos como **Filtro Pasa Todo** o **Rotador de fase**, se pide:

- Obtener la función transferencia  $\frac{V_2}{V_1}$  (módulo, fase y diagrama de polos y ceros).
- Obtenga la función transferencia, pero **normalizada**. ¿Cuál sería en este caso la norma de frecuencia y qué interpretación circuital podría tener?
- Simule la función transferencia normalizada (Python, Matlab, etc.).
- Simule el circuito y obtenga la respuesta en frecuencia pedida en A, para los valores indicados a continuación.
- ¿Qué utilidad podría tener este tipo de circuitos pasa-todo?

- $R_2/R_1 = 1$
- $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$

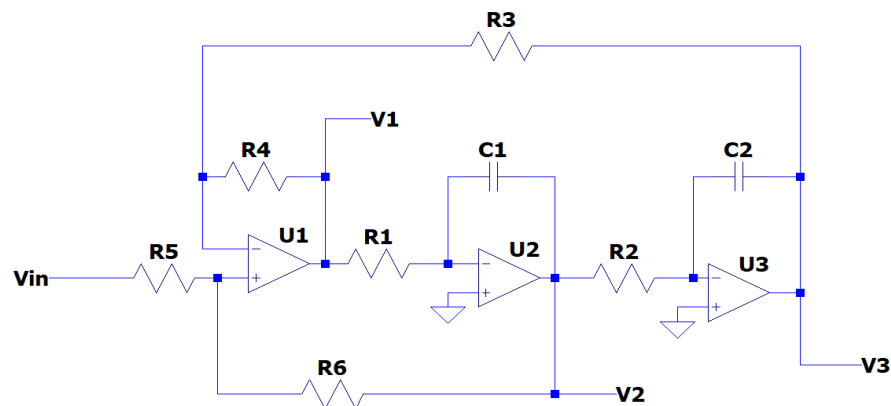
- $R_A/R_B = 5$
- $R = 1 \text{ k}\Omega$
- $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$



### Ejercicio #8

Dada la siguiente red, conocida como **Filtro de Variables de Estado**, se pide obtener las transferencias. Analizar cualitativamente la respuesta en frecuencia de cada una indicando de qué tipo de transferencia se trata (pasa-bajo, pasa-alto, etc.).

- $V_1/V_{in}$
- $V_2/V_{in}$
- $V_3/V_{in}$



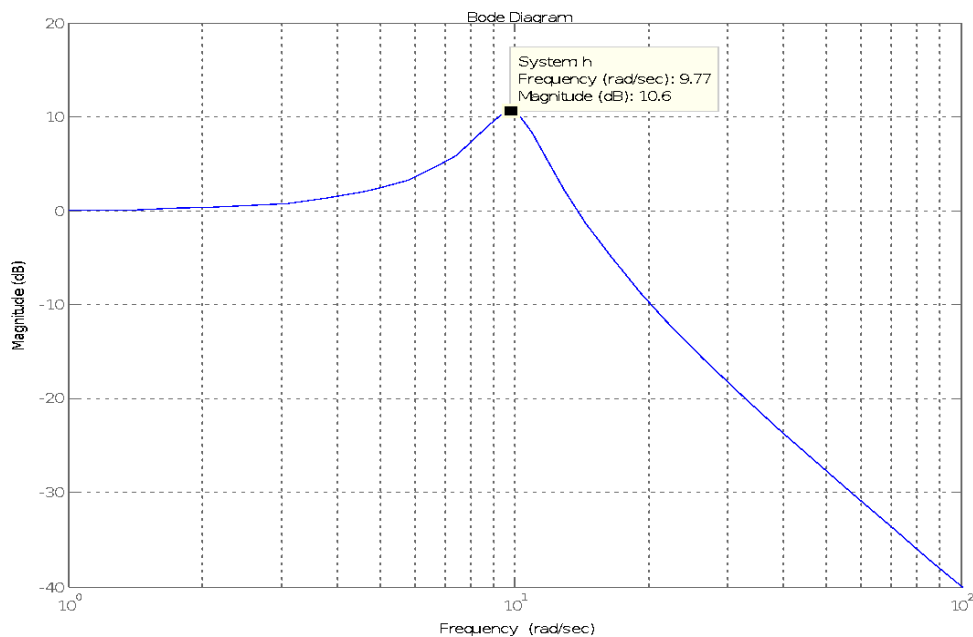
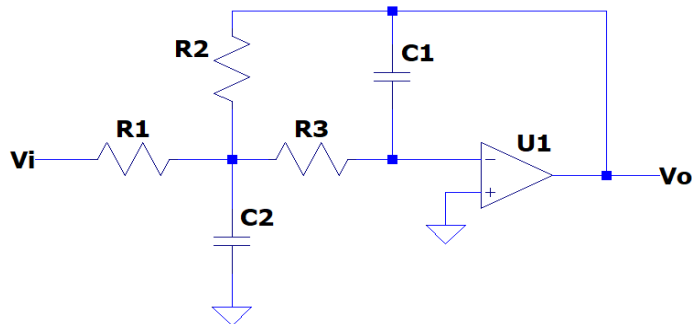
### Ejercicio #9

Dado el siguiente **filtro multiple feedback (MFB)**, se pide:

- Determinar la transferencia de tensión del filtro, que se especifica en el circuito.
- Recalcular el valor de los componentes que integran el circuito si se desea que  $\omega_0 = 1000$  r/s y se cuenta con capacitores de 4700 pF y 47 pF.

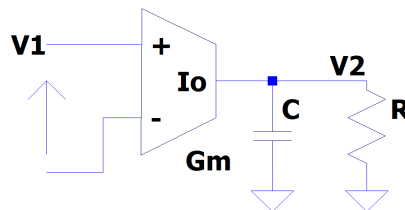
#### Datos:

- $R1=R2=R3= 1\Omega$
- $C2 = 1$  F
- $C1 = 0.01$  F



### Ejercicio#10

Se desea implementar un integrador con pérdidas, para lo cual se propone utilizar un OTA ideal cargado con un capacitor de  $C = 20$  pF y un resistor  $R = 10$  k $\Omega$ . Calcular la transferencia  $V2/V1$  del circuito.



## Aproximación de Funciones Transferencia

### Objetivos:

- Identificar las diferentes aproximaciones matemáticas a partir de la plantilla de un filtro
- Analizar y comparar las características principales de cada aprox. en relación al filtrado
- Sintetizar filtro a partir del modelo matemático
- Asociar topologías circuitales con su respuesta en frecuencia

**Nota:** Ver apartado de topologías con el resumen de diseño de filtros activos [Topologías TP2](#)

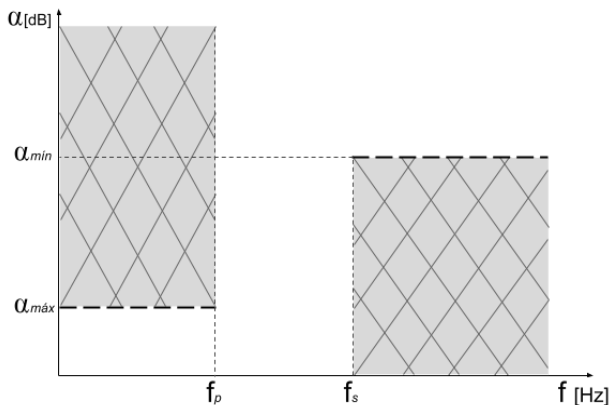
### Ejercicio #1

El siguiente filtro pasabajos debe presentar una respuesta Butterworth con un ancho de banda de -3dB a 1kHz. Determinar el valor de L y C sabiendo que la carga es de 1 k $\Omega$ . Verificar las especificaciones del filtro mediante el uso de simuladores.

**Sugerencia:** diseñar el filtro con valores normalizados en frecuencia e impedancia y luego desnormalizar para calcular el valor del filtro pedido

### Ejercicio #2

A partir de la plantilla de atenuación de un filtro pasabajos y las siguientes especificaciones se pide:



$\alpha_{máx}$ [dB]	$\alpha_{mín}$ [dB]	$f_p$ [Hz]	$f_s$ [Hz]
0.5	20	1000	2000

- Determinar el orden del filtro para máxima planicidad.
- Determinar la ubicación de los polos y el Q asociado a los mismos.
- Diseñar los filtros si se pretende una ganancia de 20 dB en la banda de paso, utilizando estructura [Sallen-Key \(SK\)](#) ([Ver apéndice](#)).
- Verificar mediante simulación los circuitos obtenidos.

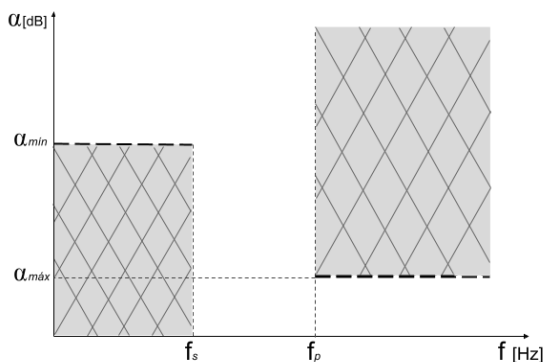
### Ejercicio #3

Un filtro pasabajos Chebyshev se diseña para obtener una atenuación de 48 dB para frecuencias mayores a 9.6 kHz, con una atenuación máxima de 0.4 dB desde continua hasta 3.2 kHz.

- Determinar el orden del filtro y el parámetro  $\epsilon$ .
- Graficar la respuesta en módulo del filtro.
- Determinar la ubicación de polos y ceros.
- Sintetizar el circuito utilizando estructuras **Kerwin–Huelsman–Newcomb (KHN)**, también conocido como **Variable de Estado** - [Ver apéndice](#)-) y simular verificando las condiciones de diseño.

### Ejercicio #4

A partir de la siguiente plantilla, sabiendo que:

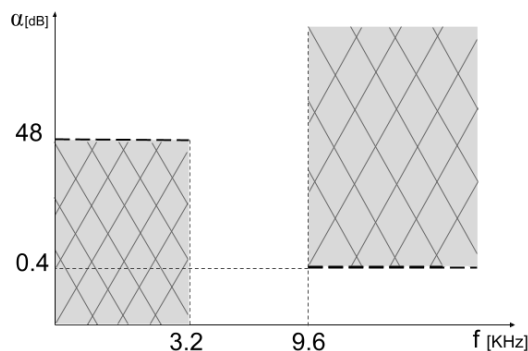


$\alpha_{m\acute{a}x}$ [dB]	$\alpha_{m\acute{i}n}$ [dB]	$f_p$ [Hz]	$f_s$ [Hz]
1	35	3500	1000

- Obtener polos y ceros para máxima planicidad en la banda de paso.
- Implementar el circuito con estructuras pasivas adaptadas mediante buffers.
- Utilizando una norma de impedancia  $Z_N = 1k\Omega$ , obtenga el valor de los componentes.
- Active las bobinas utilizando una estructura con OPAMPs.

### Ejercicio #5

Dada la siguiente plantilla:



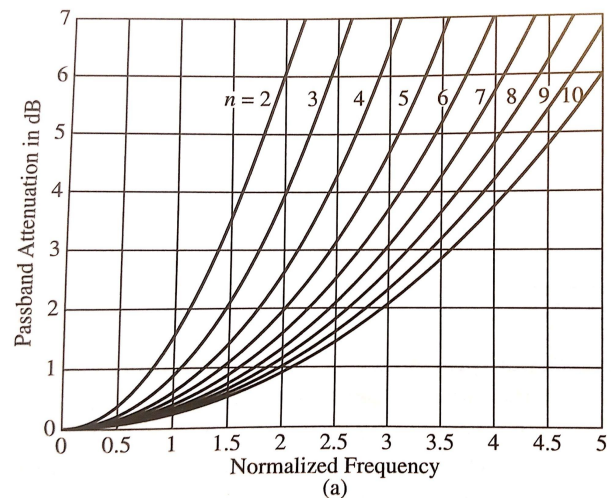
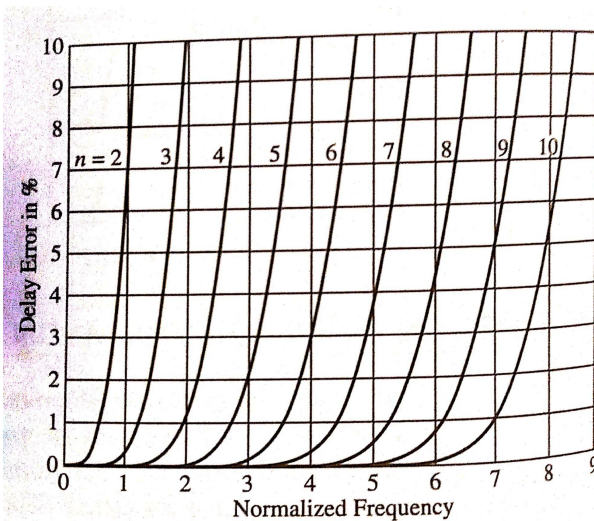
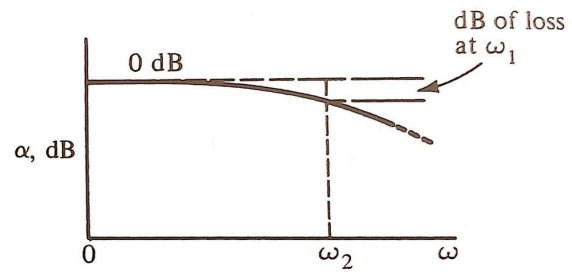
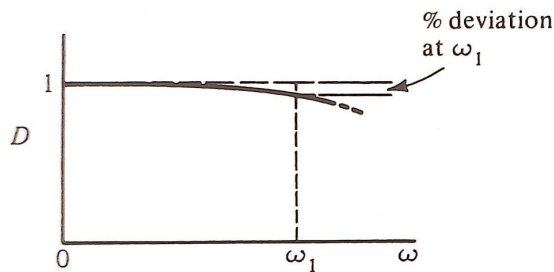


- Determinar un filtro que satisfaga la plantilla con el menor orden posible.
- Comparar los resultados con los polos del ejercicio 4.
- Implementar el circuito con estructuras pasivas adaptadas mediante buffers.
- Utilizando una norma de impedancia  $Z_N = 2.2K\Omega$ , obtenga el valor de los componentes.
- Active las bobinas utilizando una estructura con OTAs.

### Ejercicio #6

Diseñar un filtro pasabajos a partir de una estructura [MFB \(Ver apéndice\)](#) sabiendo que debe proporcionar un retardo constante de  $100 \mu s$  en la banda de paso, con un desvío del retardo máximo de 10% para la frecuencia de  $\omega_1 = 25k \text{ rad/s}$  y un máximo de 1 dB de atenuación a la frecuencia de  $\omega_2 = 10k \text{ rad/s}$ .

**Nota:** Podés encontrar estas gráficas [con mejor resolución aquí](#).



### Ejercicio #7

Se debe diseñar un filtro pasabanda con las siguientes especificaciones:

- Frecuencia de corte inferior  $f_{ci}$ : 1600 KHz y frecuencia de corte superior  $f_{cs}$ : 2500 KHz

- Ripple máximo en la banda de paso  $\epsilon$ : 3dB
- Máxima planicidad en la banda de paso.
- Ganancia máxima en la banda de paso: 10 dB
- Atenuación mínima  $\alpha_{\min}$  de 20 dB a las frecuencias de 1250 KHz y 3200 KHz.

Se pide:

- Obtener la función transferencia normalizada del filtro
- Graficar el diagrama de polos y ceros
- Graficar la transferencia (módulo y fase) del filtro pedido
- Sintetizar el filtro utilizando estructuras [Ackerberg-Mossberg \(AM\)](#) (Ver apéndice)
- Simular el filtro obtenido, verificando las especificaciones de diseño

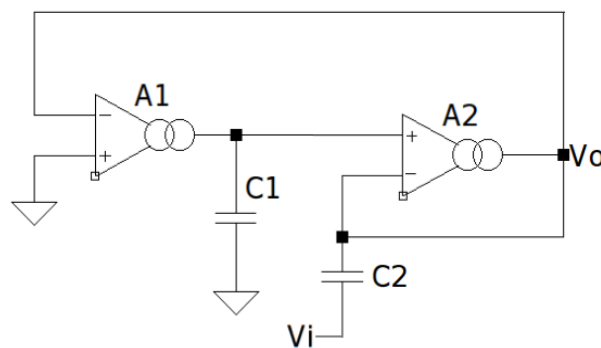
### Ejercicio #8

Un tono de 45 KHz y 200 mV de amplitud es distorsionado por un tono de 12 KHz y 2 V de amplitud. Diseñar un filtro pasa alto que atenúe la señal interferente, de tal forma que el remanente no sea mayor que el 2 % de los 200 mV.

La ganancia en alta frecuencia deberá ser de 0 dB y la máxima atenuación en la banda de paso menor a 1 dB. Emplear la aproximación que necesite menor número de etapas.

Sintetizar el filtro utilizando la siguiente estructura. Considere a A1 y a A2 como dos OTAs ideales cuyos parámetros son  $g_{m1}$  y  $g_{m2}$ .

[Ver apéndice estructuras con OTAs](#)



## ***Partes de Función. Funciones Bilineales y Bicuadráticas***

### **Objetivos:**

- Obtener una función de red a partir de las partes de las mismas.
- Sintetizar transferencias bilineales tanto pasivas como activas.
- Sintetizar transferencias bicuadráticas con ceros de transmisión arbitrarios.
- Los ítems anteriores permitirán la síntesis en cascada de las funciones transferencias vistas en la Teoría Moderna.

### **Ejercicio #1**

Determinar la expresión del retardo de grupo correspondiente a las siguientes funciones:

$$\text{a- } H(s) = \frac{s+1}{s^2+2s+5} \quad \text{b- } H(s) = \frac{s+2}{(s+1)(s+4)}$$

### **Ejercicio #2**

Obtener la  $Z(s)$  que corresponde a la siguiente función de fase:

$$\phi(jw) = \tan^{-1} \frac{-w^5 + 5w^3 - 2w}{2w^4 - w^2 + 5}$$

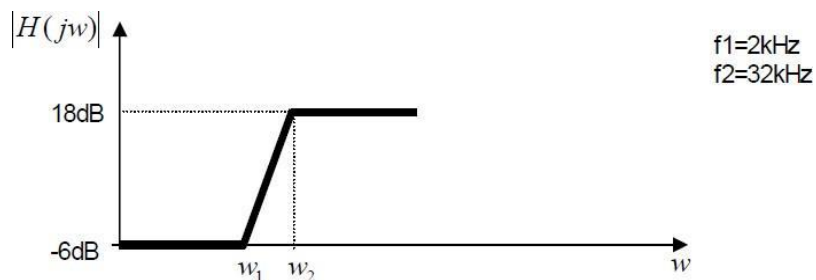
### **Ejercicio #3**

Dada su parte real/ Imaginaria, obtener  $Z(s)$

$$R(jw) = \frac{1+w^2}{w^4-w^2+1} \quad X(jw) = \frac{-w^3+w}{w^4-w^2+1}$$

### **Ejercicio #4**

El siguiente diagrama de Bode corresponde a la respuesta en módulo de una red *deénfasis* utilizada en un transmisor de FM para Broadcasting:



Se pide diseñar el circuito, verificando el mismo mediante simulación.

**Ejercicio #6**

- A. Diseñar una red pasiva *PasaTodo* de ganancia unitaria con  $38^\circ$  @ 9.2 kHz.
- B. Idem anterior con un circuito activo.
- C. Obtener la expresión del retardo de grupo y su valor a 9.2 kHz.

**Ejercicio #7**

Para un ensayo en una central eléctrica, se debe implementar un circuito que genere las señales RST de una red trifásica ante una entrada de 50 Hz senoidal, manteniendo constante la amplitud de dichos fasores. Verificar mediante simulación.

**Ejercicio #8**

- A. Partiendo de una estructura *Ackerberg Mossberg*, obtener un circuito que permita obtener una *transferencia bicuadrática generalizada*
- B. Con la estructura anterior diseñar un filtro *Notch* que tenga:
  - Máxima planicidad en la banda de paso
  - Frecuencia Notch: 50 Hz
  - $\alpha_{m\acute{a}x}$ : 3 dB en un ancho de banda de 5 Hz
  - Una ganancia en continua de 0 dB
- C. Con la misma estructura, diseñar un filtro pasabajos Notch con ganancia de 3 dB en baja frecuencia y una atenuación de 30 dB en alta frecuencia. La banda de paso deberá tener máxima planicidad en un ancho de banda de 280 Hz.
- D. Repetir 8 B utilizando un GIC como Inductancia activa.
- E. Repetir 8 B utilizando una FDNR indicando cuales son los elementos del circuito que "resuenan" para producir el cero de transmisión.

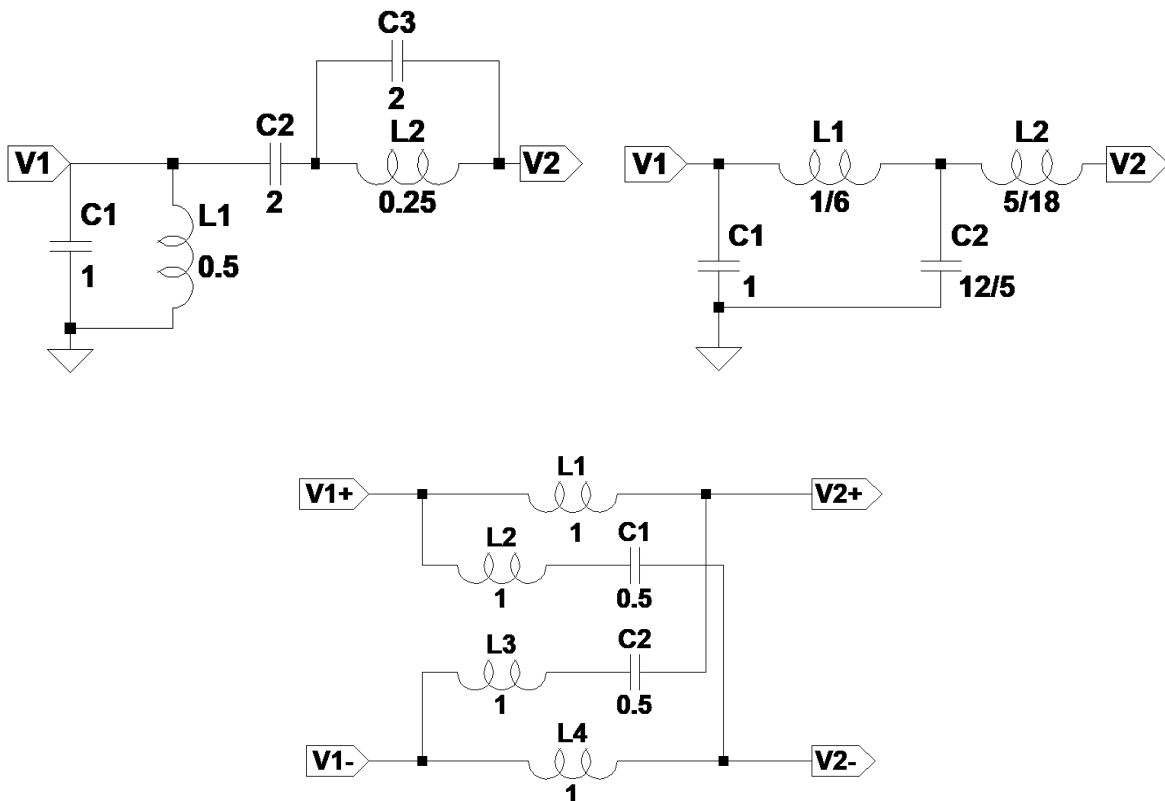
## Parámetros de Cuadripolos

### Objetivos:

- Analizar redes eléctricas obteniendo sus parámetros característicos
- Familiarizarse con las relaciones existentes entre los distintos parámetros de cuadripolos
- Reconocer por simple inspección los parámetros más adecuados para analizar una red.
- Ser capaz de transformar cuadripolos balanceados en desbalanceados y viceversa.
- Sintetizar un cuadripolo en forma intuitiva
- Obtener diferentes redes a partir del mismo modelo matemático
- Ser capaz de asociar cuadripolos en sus diferentes configuraciones

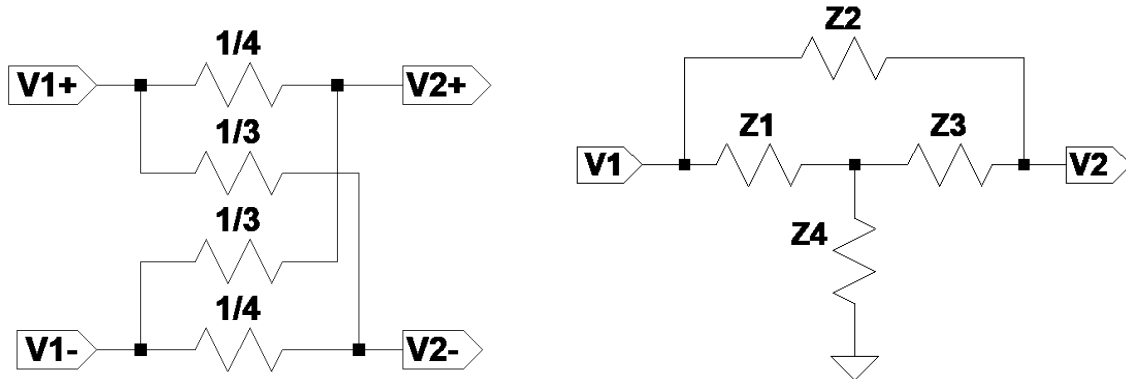
### Ejercicio #1

Obtenga un solo juego de parámetros de cuadripolo: Z, Y ó ABCD de las siguientes redes.



### Ejercicio #2

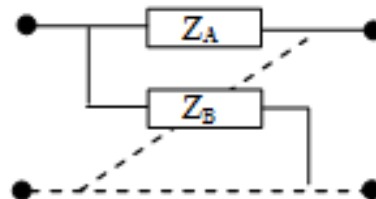
Transforme el cuadripolo balanceado en uno equivalente T-punteado desbalanceado.



### Ejercicio #3

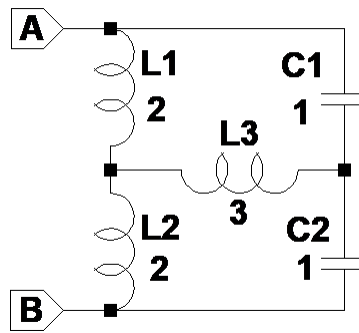
Dada la siguiente matriz T obtener los componentes del cuadripolo lattice que la satisfagan. Observación: Considere el cuadripolo pasivo y simétrico.

$$[T] = \begin{bmatrix} s^2 + 1 & B \\ s & D \end{bmatrix}$$



### Ejercicio #4

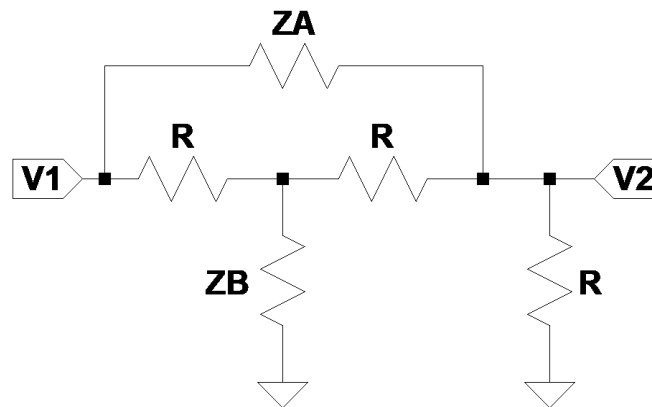
Aplique MAI para obtener la  $Z_{AB}$  de la siguiente red y verifique mediante otro método.



### Ejercicio #5

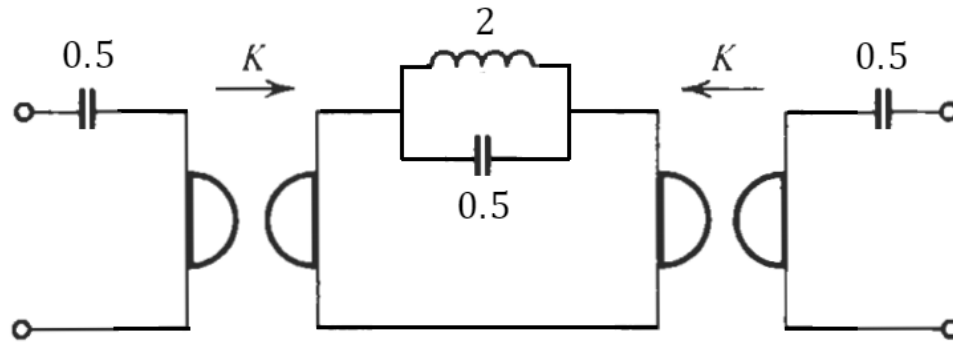
Dado el siguiente cuadripolo cargado con  $R$  y cumpliendo con la condición de diseño  $Z_A Z_B = R^2$  La red se conoce como **Red de Resistencia constante**.

Aplique MAI para obtener  $\frac{V_2}{V_1}$  y  $Z_{in}$



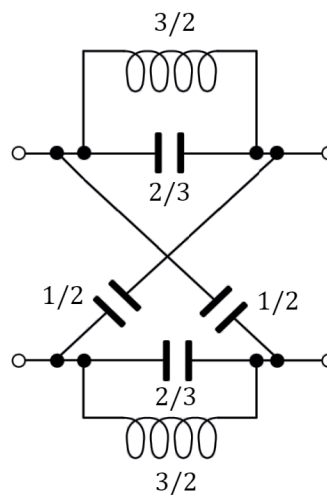
### Ejercicio #6

Obtenga un circuito lattice equivalente al siguiente cuadripolo. Utilice la constante del girador  $K = \sqrt{2}$

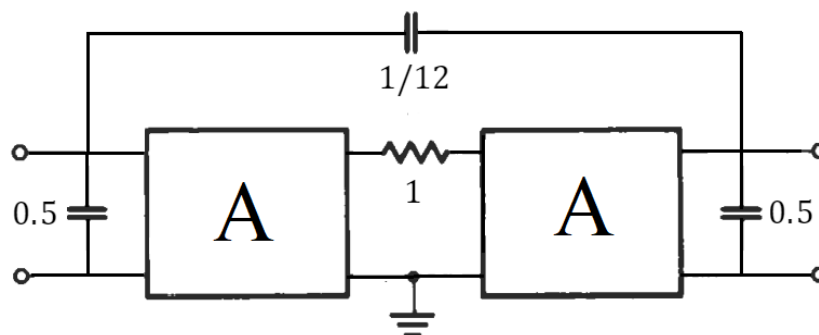


### Ejercicio #7

La siguiente red lattice se utiliza como ecualizador de fase en una línea balanceada.



Se desea reemplazar los inductores y para esto se propone el siguiente circuito:



- Observe la topología y encuentre posibles interconexiones de cuádrupolos.
- Indique cómo implementaría el cuádrupolo activo "A" para que la red se comporte como el lattice propuesto.



- c) Analice con la ayuda de un simulador las pérdidas de potencia activa del circuito activo.

### Ejercicio #8

Se desean conocer los parámetros admitancia de un transistor mosfet **BS170** operando bajo las siguientes condiciones:

- $V_{DS} = 10 \text{ V}$
- $V_{GS} = 0 \text{ V}$
- $I_{DS} = 200 \text{ mA}$
- Configuración source común.
- Frecuencia de trabajo: 1 MHz

Se sabe que en esas condiciones el transistor presenta las siguientes características ( ver hoja de datos ):

- $g_{FS} = 320 \text{ mS}$
- $C_{iss} = 24 \text{ pF}$
- $C_{oss} = 17 \text{ pF}$
- $C_{rss} = 7 \text{ pF}$

Además, el fabricante nos especifica lo siguiente:

- $C_{oss} = C_{DS} + C_{rss}$
- $C_{iss} = C_{GS} + C_{rss}$
- $C_{rss} = C_{GD}$

*Nota:* la hoja de datos puede descargarla aquí:

<https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/mmbf170-d.pdf>

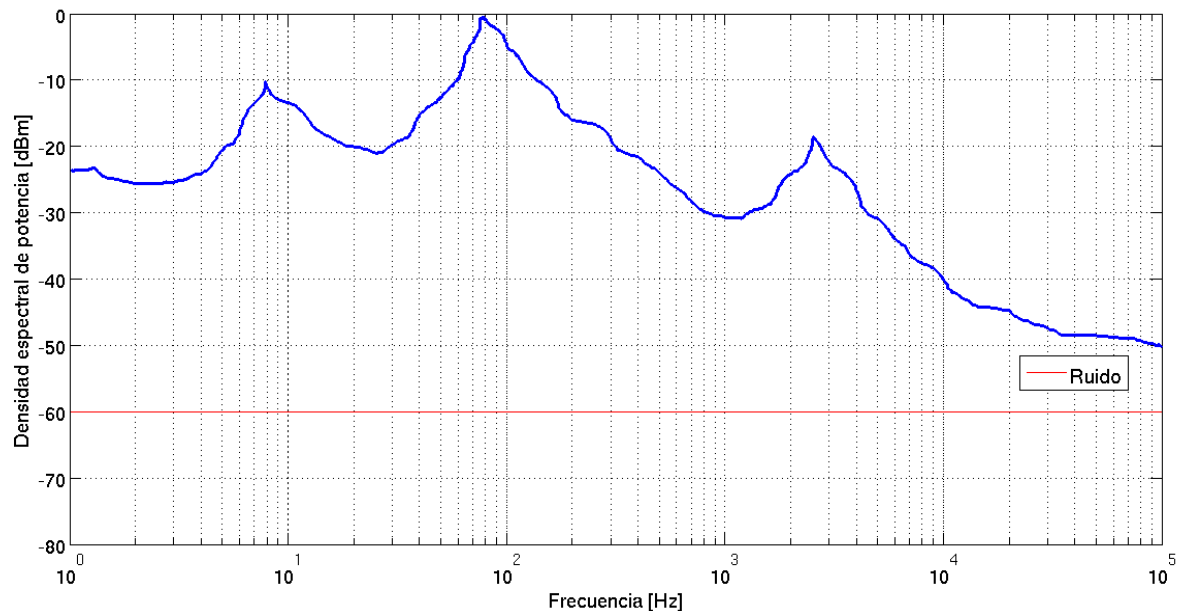
## Filtros Digitales

### Objetivos:

- Familiarizarse con los elementos principales del filtrado digital.
- Tener criterio para definir la frecuencia de muestreo dado un BW de información a procesar.
- Obtener la ecuación en diferencias de un filtro digital.
- Conocer diagramas en bloques de filtros digitales.
- Dado un filtro digital conocer ventajas y desventajas para su posible implementación.

### Ejercicio #1

Se desea digitalizar una señal cuyo espectro se muestra a continuación, trazado en azul.



El rango de frecuencias de interés se centra entre DC y 10 kHz, mientras que las frecuencias superiores a esta no aportan información.

Se sabe que el sistema digital introduce un ruido de densidad espectral constante, que se encuentra en 60 dB por debajo del nivel máximo de la señal.

Este ruido es consecuencia de los errores de cuantificación y del ruido propio de la electrónica del conversor, y no puede ser eliminado. El mismo está representado en el trazo rojo.

A partir de lo anterior, se pide:

- A. Definir un valor para la frecuencia de muestreo ( $f_s$ ) del ADC, justificando su respuesta.

- B. Diseñar un filtro analógico pasa bajo anti alias, esto es, que atenúe las componentes frecuenciales ubicadas por encima de la frecuencia de Nyquist, para evitar efecto alias. Explicar el criterio utilizado para fijar la atenuación en la banda detenida.
- C. Repetir el punto b), pero eligiendo una  $f_s$  diez veces más grande a la elegida en a). Comparar ambos filtros anti alias y evaluar las ventajas/desventajas de esta modificación.
- D. Repetir el punto b), pero considerando que se requiere una fase aprox. lineal hasta 10 kHz.

## Ejercicio #2

Se desea emular digitalmente la característica de un filtro analógico pasa bajos Butterworth de orden 2, con  $f_c = 1 \text{ kHz}$ .

- A. Para  $f_s = 100 \text{ kHz}$  y aplicando transformación bilineal, obtener un filtro con respuesta  $H_{(z)}$  cuyo comportamiento emule al Butterworth analógico. Trazar la respuesta en frecuencia de módulo y fase de ambos filtros sobre un mismo gráfico para establecer comparaciones.
- B. Repetir el punto anterior para  $f_s = 10 \text{ kHz}$ .
- C. Repetir los puntos A) y B) si se desea emular digitalmente la característica de un filtro analógico pasa altos Butterworth de orden 2, con  $f_c = 6 \text{ kHz}$
- D. Indique en cuál de los 3 casos ( A, B ó C ) justificaría rediseñar aplicando prewarping. Explique el motivo en pocas palabras.

## Ejercicio #3

Dadas las siguientes respuestas al impulso se pide:

- Transferencia del sistema  $H(z)$
- Singularidades en el plano  $z$
- Respuesta de módulo y fase

a) **Filtro de media móvil** (moving average).

$$h_1(k) = (1, 1) \text{ significa } h(0) = 1 \text{ y } h(1) = 1$$

$$h_2(k) = (1, 1, 1)$$

1. ¿Qué modificación debería implementarse para que la salida representa la media aritmética?
2. Para el último sistema, ¿qué frecuencia de muestreo se debería adoptar si se quisiera eliminar con dicho filtro la interferencia causada por la frecuencia de línea de 50 Hz?

**b) Filtro diferenciador**

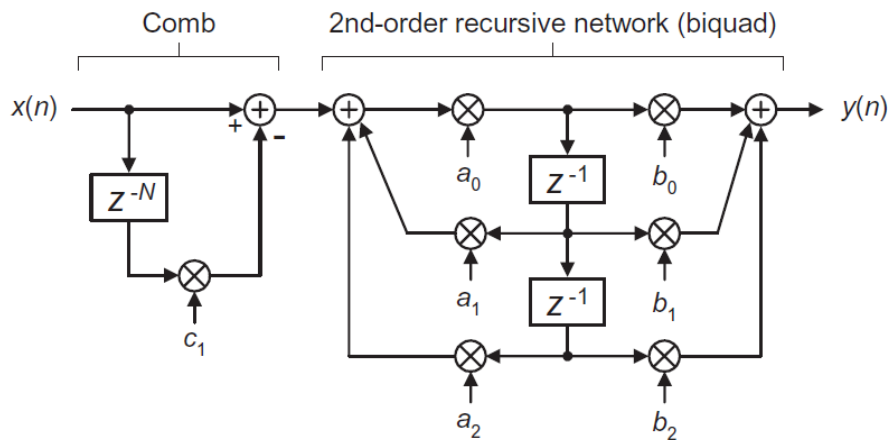
$$h_1(k) = (1, -1) \text{ de primer orden}$$

$$h_2(k) = (1, 0, -1) \text{ de segundo orden}$$

1. ¿Qué demora introducen ambos sistemas?
2. Hasta qué frecuencias estos sistemas se comportan como un derivador ideal. Considere una tolerancia admisible del 5% respecto a su respuesta ideal  $|H(\Omega)| = \Omega$ .

**Ejercicio #4**

Dado el siguiente esquema:



a) Comprobar que el esquema se corresponde con la siguiente transferencia:

$$H(z) = \left(1 - c_1 \cdot z^{-N}\right) \cdot \frac{b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + b_2 \cdot z^{-2}}{\frac{1}{a_0} - a_1 \cdot z^{-1} - a_2 \cdot z^{-2}}$$

Para los siguientes incisos calcular y representar:

- Singularidades en el plano  $z$
- Respuesta de módulo y fase de  $H(z)$

**b) Filtro de media móvil** ( *moving average* ó *CIC: cascaded integrator comb* )

Verificar la transferencia para  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = 1$ ,  $b_0 = \frac{1}{N}$ ,  $c_1 = 1$  y  $N = (3, 4 \text{ y } 5)$

$$H(z) = \frac{1}{N} \cdot \frac{1 - z^{-N}}{1 - z^{-1}}$$

1. ¿Es un filtro IIR o FIR ?
2. Discuta las ventajas que tendría esta implementación respecto al filtro FIR de media móvil.
3. ¿Podría implementar el siguiente sistema  $h_c(k) = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$  con esta topología ?

c) **Filtro diferenciador**

Qué valores deberían tener los coeficientes  $a_i$  y  $b_k$  para obtener:

a) **diferenciador de primer orden** b) **diferenciador de segundo orden.**

d) **Integrador con pérdidas.**

Qué tipo de transferencia se obtendría si :  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = 1 - \alpha$ ,  $b_0 = \alpha$  para  $\alpha = 0.9$

e) **Filtro elimina continua.** ( DC Blocker )

Verifique la transferencia que se obtendría si  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = \alpha$ ,  $b_0 = 1$ ,  $b_1 = -1$  para  $\alpha = 0.9$ .

Determine  $\alpha$  para que la transferencia en  $\Omega = 0,1 \cdot \pi$  sea 3 dB menor a la transferencia en  $\Omega = \pi$ .

f) **Filtro ecualizador de fase de 1º orden.**

Verifique la transferencia que se obtendría si  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = -R$ ,  $b_0 = R$ ,  $b_1 = 1$  para  $R = \frac{-D}{D+2}$  y siendo D un valor de demora de -0,5 a 0,5 muestras ( $\frac{1}{f_s}$ ). En qué valores de frecuencia este filtro obtendría un retardo de grupo acotado en un margen del 5% respecto a  $\Omega = 0$ . Verificar que la demora obtenida es de  $1+D$  muestras.

**Ejercicio #5**

Dado el sistema discreto  $H(z) = \frac{z}{z-0.8}$ , determine la expresión de  $y[n]$  al excitarlo con una señal  $x[n] = 20 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot n}{2} + 30^\circ\right)$

**Ejercicio #6**

Considerando la siguiente ecuación en diferencias de un sistema discreto:

$$y[n] = 2 \cdot y[n-1] - 1,81 \cdot y[n-2] + 0,68 \cdot y[n-3] + x[n] + 3 \cdot x[n-1] + 3 \cdot x[n-2] + x[n-3]$$

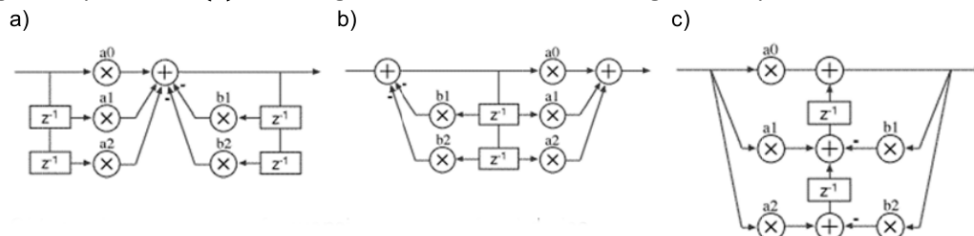
Se pide hallar:

1. La expresión de la función transferencia  $H(z)$  y módulo y fase de  $H(e^{j\omega})$
2. La secuencia de salida  $y[n]$  cuando el sistema es excitado con la siguiente señal:

$$x(t) = 10 + 5 \cdot \cos(2\pi \cdot 2000t - 60^\circ) + 20 \cdot \sin(2\pi \cdot 8000t + 30^\circ)$$

**Ejercicio #7**

Obtenga la expresión  $H(z)$  de los siguientes sistemas e investigue con que nombre se las conoce.



## Síntesis de Dipolos

### Objetivos:

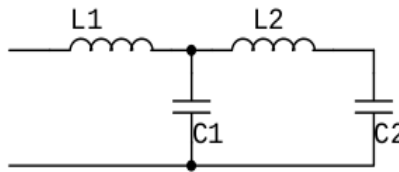
- Familiarizarse con los métodos de síntesis de dipolos gráficos y algebraicos.
- Tener criterio para ajustar el método de síntesis a una estructura dada y viceversa.
- Estudiar las singularidades de funciones de excitación y asociación con componentes.

### Ejercicio #1

Una impedancia  $Z_{(s)}$  está caracterizada por los siguientes parámetros:

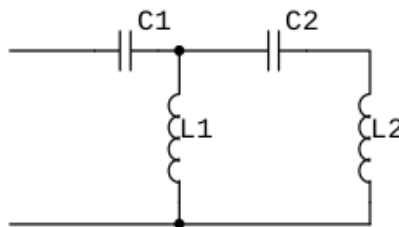
- Residuo de  $Z_{(s)}$  en el polo para  $s = 0$ ,  $K_0 = \frac{3}{4}$
- Residuo de  $Z_{(s)}$  en el polo para  $s \rightarrow \infty$ ,  $K_\infty = \frac{1}{3}$
- Residuo de  $Z_{(s)}$  en el polo para  $s = j\sqrt{2}$ ,  $K = \frac{5}{8}$

Determine el valor de los componentes del siguiente dipolo sabiendo que satisface la impedancia propuesta.



### Ejercicio #2

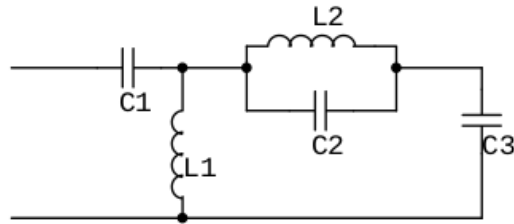
Determine el valor de los componentes del siguiente dipolo canónico sabiendo que satisface la impedancia propuesta en el punto anterior.



### Ejercicio #3

Halle el valor de los componentes que integran el siguiente dipolo, sabiendo que satisface la

función admitancia propuesta:  $Y_{(s)} = \frac{s^5 + 18s^3 + 48s}{6s^4 + 42s^2 + 48}$

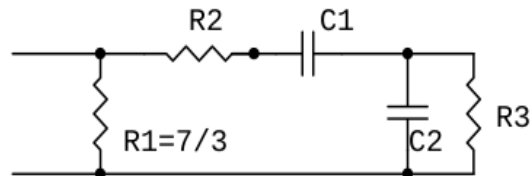


#### Ejercicio #4

Sabiendo que  $Y_{(s)}$  tiene:

- Ceros en:
  - $s = -1$
  - $s = -3$
- Polos en:
  - $s = -2$
  - $s = -4$

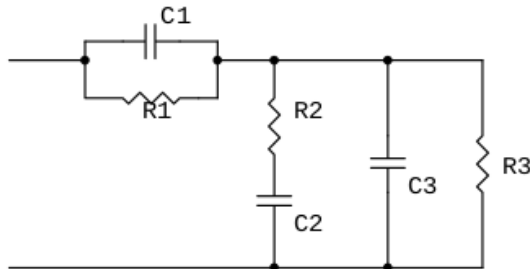
Determine el valor de los componentes del siguiente dipolo:



#### Ejercicio #5

Obtenga el valor de los componentes del siguiente dipolo sabiendo que:

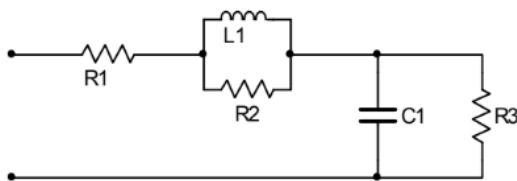
$$Z_{(s)} = \frac{s^2 + 6s + 8}{s^3 + 9s^2 + 23s + 15}; \quad C_1 R_1 = \frac{1}{3}$$



#### Ejercicio #6

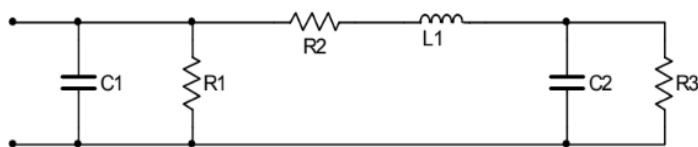
Encuentre el valor de los elementos que integran el siguiente dipolo y que satisface la función

impedancia propuesta:  $Z_{(s)} = \frac{s^2 + 6s + 8}{s^2 + 6s + 5}$



### Ejercicio #7

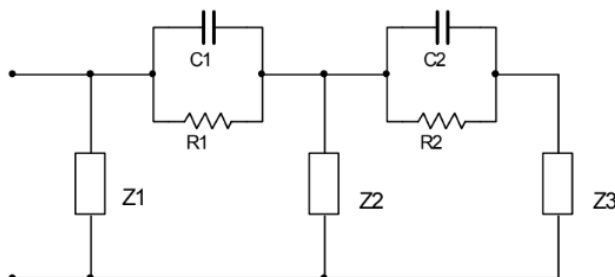
De una cierta función impedancia se sabe que la pulsación libre de amortiguamiento y el coeficiente de amortiguamiento asociados a sus ceros están dados por  $1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  y  $0,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  respectivamente. También se conoce que posee polos en  $s = -1$  y  $s = \sqrt{5}e^{+j116,6^\circ}$ . Determine el valor de los componentes que integran el siguiente dipolo, sabiendo que satisface la impedancia propuesta.



### Ejercicio #8

Halle el valor de los elementos que integran el siguiente dipolo sabiendo que está caracterizado por las constantes de tiempo indicadas y debe satisfacer simultáneamente el modelo matemático propuesto.

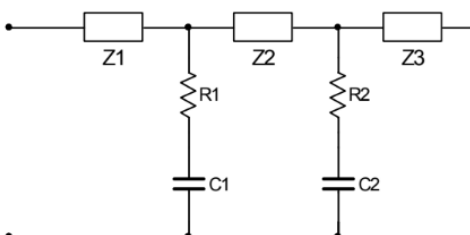
$$C_1 R_1 = 1 ; Z_{(s)} = \frac{s^2 + 13s + 32}{3s^2 + 27s + 44}$$



### Ejercicio #9

Encuentre el valor de los elementos que integran el siguiente dipolo, sabiendo que está caracterizado por la siguiente función impedancia y constantes de tiempo:

$$C_1 R_1 = \frac{1}{5} ; C_2 R_2 = \frac{1}{4} ; Z_{(s)} = \frac{s^2 + 6s + 8}{s^2 + 4s + 3}$$





## Síntesis de Cuadripolos

### Objetivos:

- Identificar la relación existente entre función transferencia y parámetros de cuadripolos
- Sintetizar en forma gráfica-analítica redes pasivas
- Realizar síntesis canónicas y no-canónicas.
- Obtener ceros de transmisión a partir de la utilización de una remoción parcial.
- Implementar estructuras activas a partir de un diseño de filtro pasivo
- Verificar que la red obtenida a partir de la síntesis cumpla con el modelo matemático y su comportamiento físico.

### Ejercicio #1

Sintetice un cuadripolo en vacío que cumpla con:

$$a) - y_{21} = \frac{s(s+1)}{s+2} \quad y_{22} = \frac{s(s+2.25)}{s+2}$$

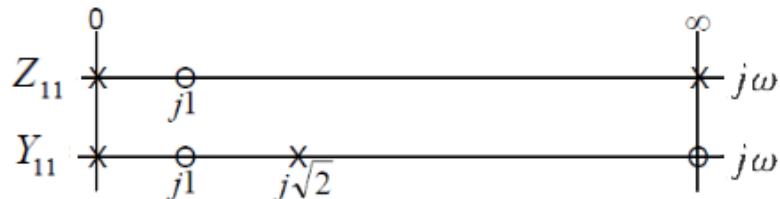
$$b) \quad Z_{21} = \frac{s}{s^2+2} \quad Z_{22} = \frac{1+2s^2}{s(s^2+2)}$$

$$c) - y_{21} = \frac{1}{s(s^2+4)} \quad y_{11} = \frac{(s^2+1)(s^2+9)}{s(s^2+4)}$$

$$d) - y_{21} = \frac{s(s^2+1)}{(s^2+2)(s^2+5)} \quad y_{11} = \frac{3s(s^2+7/3)}{(s^2+2)(s^2+5)}$$

### Ejercicio #2

Sintetice un cuadripolo Lattice simétrico en vacío que cumpla con:



### Ejercicio #3

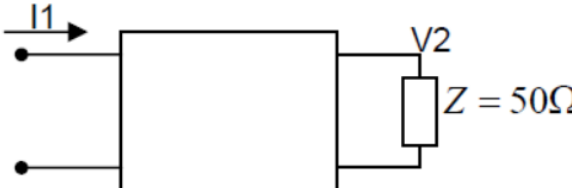
Conociendo la transferencia en vacío:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{s^2 + 1}{2s^2 + 1}$$

- a) Obtenga un circuito con 3 inductores y 1 capacitor
- b) Obtenga un circuito con 3 capacitores y 1 Inductor

### Ejercicio #4

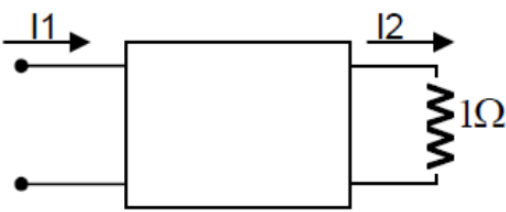
Sintetice la siguiente transferencia cargada con componentes no disipativos:

$$\left| \frac{V_2}{V_1}(j\omega) \right| = \sqrt{\frac{k^2}{1 + \omega^6}}$$


### Ejercicio #5

Sintetice la siguiente transferencia cargada con componentes RC:

$$-\frac{I_2}{I_1} = H \cdot \frac{(s^2 + 5s + 4)}{(s^2 + 8s + 12)}$$

$$Z_{21} = 6H$$


## ***Parámetros Imagen y Parámetros S***

### **Objetivos:**

- Familiarizarse con los conceptos de impedancia iterativa, imagen y característica.
- Diseñar sistemas adaptados utilizando conceptos de teoría clásica.
- Diseñar sistemas que permitan trabajar con saltos de impedancia.
- Familiarizarse con la definición y significado práctico de los parámetros S
- Diseñar filtros doblemente cargados con parámetros S

### **Sección A: Atenuadores y Acopladores**

#### **Ejercicio #1**

Diseñe un **atenuador** tipo PI de banda ancha y 20 dB de atenuación para utilizarlo en un sistema adaptado, cuya impedancia característica es  $Z_0=50\ \Omega$ .

#### **Ejercicio #2**

Diseñe un **acoplador** de banda ancha que permita interconectar adaptando dos cables coaxiales de distinta impedancia característica  $Z_0$ .

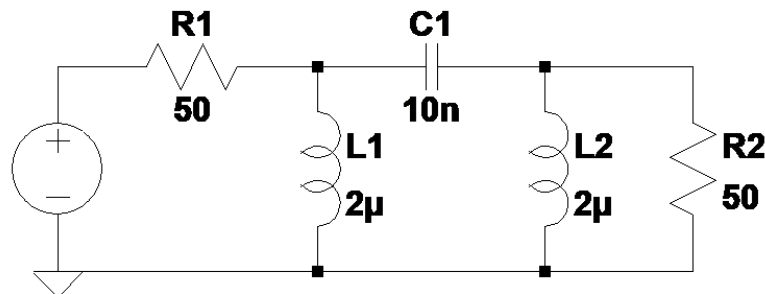
En su entrada se conectará un coaxial de  $Z_0=75\ \Omega$  y en su salida uno de  $Z_0=50\ \Omega$

Hallar los valores de los componentes que garantizan la **mínima pérdida** de potencia.

### **Sección B: Filtrado Clásico**

#### **Ejercicio #3**

Sea el siguiente filtro K-cte inmerso en un sistema adaptado de  $50\ \Omega$



- Obtener para qué valor de frecuencia dentro de la banda de paso, el filtro está adaptado.
- Obtener la atenuación del filtro para dicha frecuencia
- idem punto A si se cambia  $R_1=R_2$  por un resistor de  $1\ \Omega$

- D. Obtener el valor de  $R_1=R_2$  para que el sistema adapte a una frecuencia de 100 kHz
- E. Simular el diseño planteado y verificar su funcionamiento.

**Ejercicio #4**

Diseñar un filtro pasa bajos con las siguientes especificaciones:

- Deberá presentar adaptación a generador y carga, ambos de  $50\Omega + j0\Omega$
- Para minimizar el uso de inductores se utilizarán celdas prototipo PI
- La celda prototipo deberá presentar impedancia infinita a una frecuencia de 1 GHz
- El filtro deberá presentar atenuación infinita a 1.1 GHz

**Ejercicio #5**

Diseñe un filtro PasaBajos que satisfaga las siguientes especificaciones.

- $f_{corte} = 20$  kilorad/seg
- carga resistiva pura =  $600\Omega$  ( impedancia red telefónica analógica )
- Atenuación infinita en:
  - $\omega_1 = 22$  kilorad/seg
  - $\omega_2 = 40$  kilorad/seg
  - $\omega_3 = \infty$
- El filtro deberá estar adaptado en entrada y salida en la banda de paso.
- Simular el diseño planteado y verificar su funcionamiento.

**Ejercicio #6**

Obtener un filtro con frecuencia de corte en 1 kHz cargado con  $600\Omega$ .

Para tener buena discriminación se desea obtener una frecuencia de atenuación infinita de alguna celda en 1,05 kHz. Para adaptar correctamente se solicitan secciones con  $m=0,6$  a la entrada y a la salida. Simular el diseño planteado y verificar funcionamiento.

**Ejercicio #7**

Dada una red K-cte tipo PI pasa-alto genérica se pide:

- a) Obtener la matriz de parámetros imagen
- b) Graficar el módulo de  $\alpha$  y  $\beta$  en función de la frecuencia.

**Ejercicio #8**

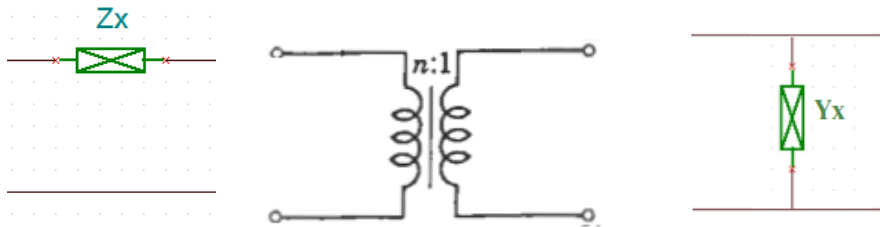
Dada una estructura K-cte tipo T, obtenga los componentes para construir un filtro con las siguientes especificaciones:

- Inmerso en un sistema de  $600\Omega$
- $f_{corte}$ : 10 GHz
- Cero de transmisión: 9,5 GHz

### Sección C: Parámetros Scattering

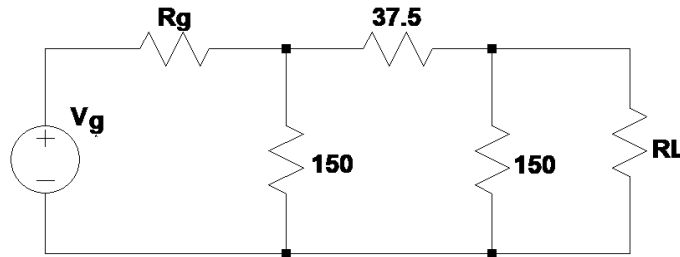
#### Ejercicio #9

Deduzca los parámetros  $S$  de los siguientes cuadripolos, considerando como impedancia de referencia en ambos puertos un valor de  $1 \Omega$ .



#### Ejercicio #10

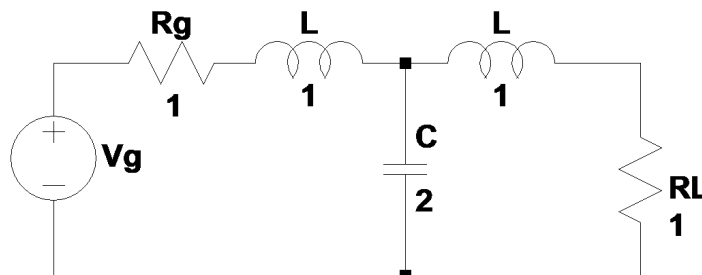
Sea el siguiente **atenuador** tipo PI se pide:



- Calcular los parámetros  $S$  del cuadripolo, asumiendo  $R_g = R_L = Z_0 = 50 \Omega$
- Empleando parámetros  $S$  calcular la potencia de entrada al atenuador
- Empleando parámetros  $S$  calcular la potencia disipada en la carga.
- Repetir el punto A para  $Z_0 = 75 \Omega$
- Comparar los resultados obtenidos para los distintos valores de  $Z_0$ .
- ¿Cómo pueden interpretarse  $S_{11}/S_{22}$  y  $S_{21}/S_{12}$  obtenidos en ambos casos?

#### Ejercicio #11

Para la siguiente red:



- Calcular la matriz de parámetros  $S$  de la red.
- Obtener analíticamente y graficar  $|S_{11(w)}|$  y  $|S_{21(w)}|$ .
- Extraer conclusiones acerca de los mismos en banda detenida y banda de atenuación

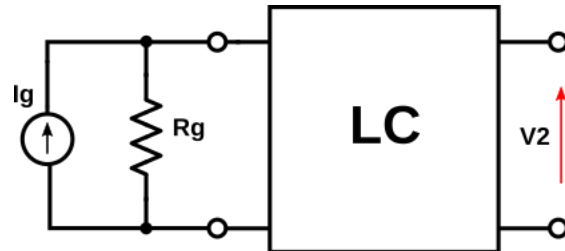
## Ejercicios Integradores

### Ejercicio #1

Sintetice la siguiente **transimpedancia** cargada a la entrada, que respete la siguiente función y condiciones de carga:

$$Z(s) = \frac{V_2}{I_g} = k \frac{P(s)}{Q(s)}$$

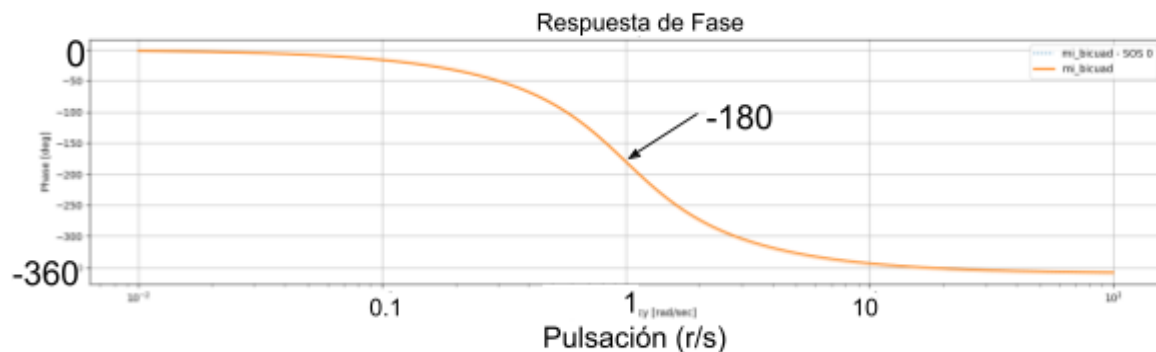
- Teniendo  $Z(s)$  sendos ceros de transmisión, para  $\omega = 1/4$  y para  $\omega = 0$
- y siendo  $Z(s)$  de máxima planicidad con ripple de 3 dB en la banda de paso.



- Realizar la **síntesis gráfica** para obtener la **topología circuital sin valores**
- Obtener el valor de los componentes para satisfacer la respuesta pedida
- Verificar la síntesis por el método que considere más conveniente y ajustar  $k$  para que tenga -6 dB en el centro de la banda de paso.

### Ejercicio #2

A partir de la siguiente respuesta de fase se pide:



- Hallar la función transferencia que cumpla con el diagrama de fase.

$$T(s) = \frac{V_2}{V_1} = k \cdot \frac{P(s)}{Q(s)}$$

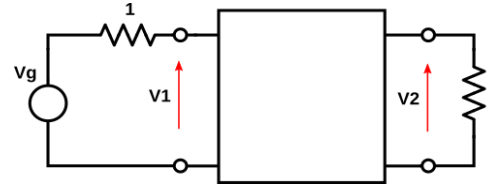
y sabiendo que: 1) los polos de  $T$  se corresponden con los de una transferencia de máxima planicidad y 2)  $T(s = j1) = 0$  dB. Los polinomios de segundo orden deberán parametrizarse en función de  $k$ ,  $\omega_0$  y  $Q$ .

- b) Implemente una red **pasiva** que responda a la transferencia hallada en a).
- c) Qué parámetro/s hallado/s en a) modificaría para convertir  $T(s)$  en una transferencia **notch**.

### Ejercicio #3

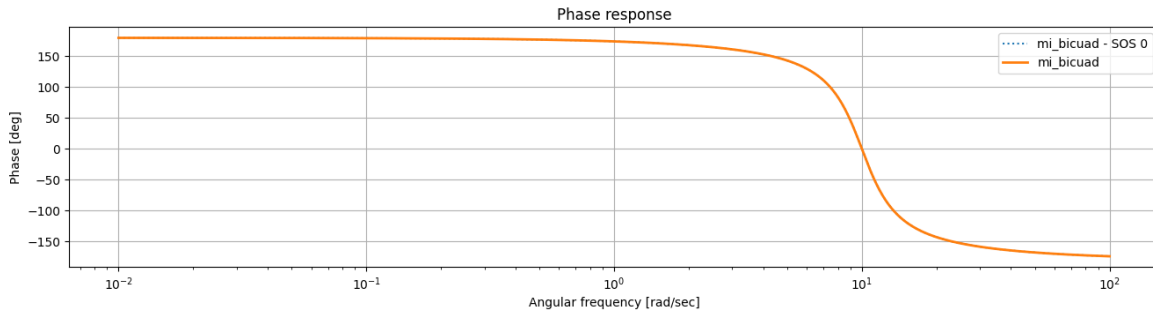
Dado el siguiente parámetro  $|S_{21}|^2 = \frac{\omega^4}{\omega^4 + 4}$  y sabiendo que es una red reactiva pura cargada en ambos puertos con un resistor de 1 Ohm.

- a) Obtener la impedancia de entrada de la red cargada.
- b) Obtener una red que satisfaga dicha impedancia de entrada



### Ejercicio #4

A partir de la siguiente respuesta de fase, se pide:



- a) Considerando la expresión generalizada de una transferencia bicuadrática:

$$T(s) = \frac{V_2}{V_1} = k \cdot \frac{s^2 + s \cdot \frac{\omega_n}{Q_n} + \omega_n^2}{s^2 + s \cdot \frac{\omega_p}{Q_p} + \omega_p^2}$$

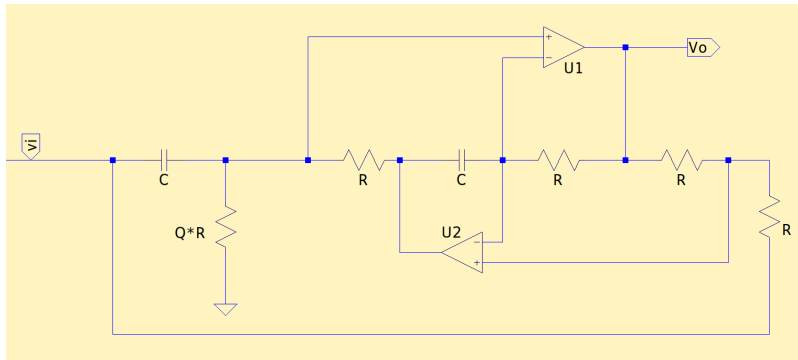
y sabiendo que los polos están a  $75^\circ$  respecto al eje  $-\sigma$ . Especifique los parámetros  $k$ ,  $Q_n$ ,  $\omega_n$ ,  $Q_p$ ,  $\omega_p$  de forma tal que  $T(s)$  satisfaga la respuesta requerida de fase y su módulo sea 0 dB para 15 r/s.

- b) Obtenga la respuesta en frecuencia de **módulo y retardo de grupo**, como también el diagrama de **polos y ceros**. **Compare** (en las mismas gráficas) respecto de otra función  $T'(s)$  que tenga

iguales parámetros salvo  $Q'_p = \frac{Q_p}{2}$  y  $Q'_n = \frac{Q_n}{2}$ .

- c) Calcular  $S_R^{\omega_0}$ ,  $S_C^{\omega_0}$ . Ayuda: Si no pudo obtener  $T(s)$ , proponga expresiones para  $Q$  y  $\omega_0$  de forma tal que la sensibilidad **no** sea nula.

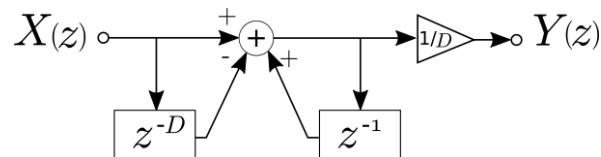
d) Implemente  $T(s)$  mediante la red indicada en la siguiente figura:



Agregue todas las etapas que considere necesarias para completar la implementación.

### Ejercicio #5

Para el siguiente sistema digital, se pide:



a) La función transferencia del filtro para  $D = 4$  muestras. **Pregunta orientadora:**

¿El numerador de  $H(z)$  tiene un cero en  $z = 1 \cdot e^{j0}$ ?

b) Halle y represente la respuesta en frecuencia de módulo, fase y retardo.

c) Responda **justificando**:

- i) ¿El filtro propuesto es recursivo? ¿Haría falta usar *prewarping*?
- ii) ¿Es estable? ¿Podría dejar de serlo?
- iii) ¿Es de retardo constante?