

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

Trabajo Práctico N°5: Filtros Activos y Celdas Teoría de Circuitos - 2019

Grupo 1:

Farall, Facundo David
Gaytan, Joaquín Oscar
Kammann, Lucas
Maselli, Carlos Javier
Müller, Malena

Profesores:

Jacoby, Daniel Andrés
Belaustegui Goitia, Carlos
Iñaki Iribarren, Rodrigo

31 de octubre de 2019

ÍNDICE

1. Celda Sallen-Key	3
2. Celda Rauch (Deliyannis - Friend modificada)	4
3. Celda Sedra-Ghorab-Martin	5
3.1. Introducción	5
3.2. La celda Sedra-Ghorab-Martin	5
3.3. Implementación de filtro	8
4. Celda Universal	9

1. CELDA SALLEN-KEY

2. CELDA RAUCH (DELIYANNIS - FRIEND MODIFICADA)

3. CELDA SEDRA-GHORAB-MARTIN

3.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se realiza un análisis de la celda denominada Sedra-Ghorab-Martin, y posteriormente el diseño, síntesis y análisis de un filtro activo empleando dicha celda. La principal fuente de información será el paper denominado "*Optimum configurations for Single-Amplifier Biquadratic Filters*"

3.2. LA CELDA SEDRA-GHORAB-MARTIN

La celda Sedra-Ghorab-Martin (en adelante, celda SGB") es un circuito creado en el año 1980 por los miembros de IEEE cuyos nombres se reflejan en el nombre de la celda. Dicho circuito se basa en el circuito pasabanda de Deliyannis, que se reproduce a continuación.

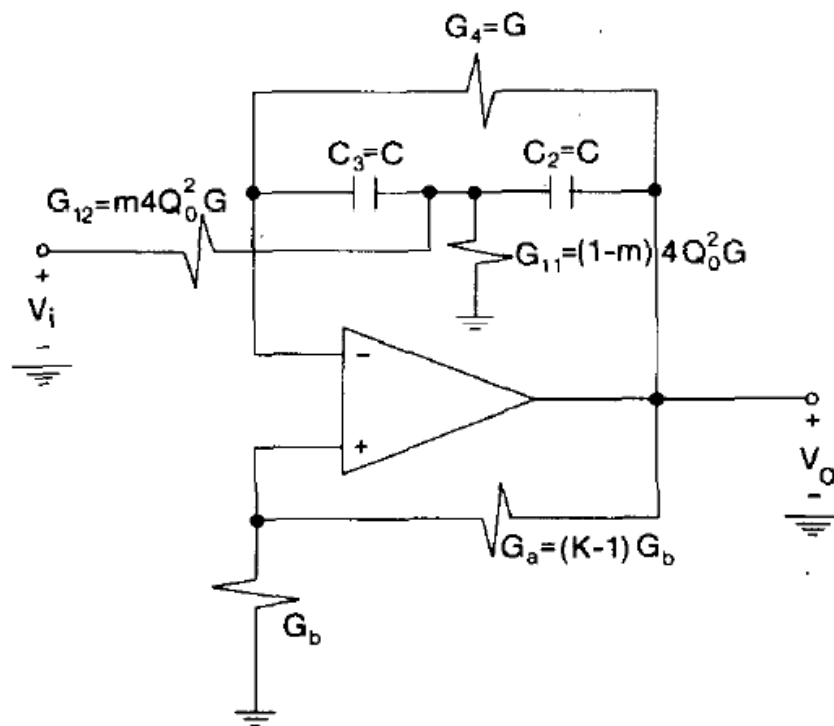


Figura 3.1: Pasabanda Deliyannis

Donde k es una constante que es directamente proporcional a la cantidad de realimentación positiva del circuito. Este circuito es posteriormente generalizado por Friend para poder construir cualquier tipo de configuración de filtro. El mismo se caracteriza por poseer una alta selectividad, empleando tanto realimentación positiva como negativa. Sin embargo, para poder sintetizar cualquier tipo de filtro es necesario cargar la red RC que se observa en la realimentación negativa del circuito 3.2, lo que hace poco realizable el diseño del mismo.

Por otro lado, se encontró que realizando una transformación complementaria sobre el circuito de Deliyannis (esto es, intercambiando la salida del amplificador operacional por masa, y procediendo análogamente con la entrada inversora y no inversora del mismo) se deriva en el circuito de Sallen-Key manteniendo una realimentación positiva. Cabe destacar que esta transformación conserva la sensibilidad de los polos del circuito, pero no así con los ceros de transmisión del mismo. Aún así, se llegó a la conclusión de que es más ventajoso implementar las configuraciones de filtros en una celda Sallen-Key con realimentación positiva (exceptuando el caso de un filtro pasabanda).

En la figura de abajo se observa como aplicando transformación complementaria y cambios en la red RC se llega a distintos circuitos con la característica de poseer una red de realimentación similares a un circuito Sallen-Key.

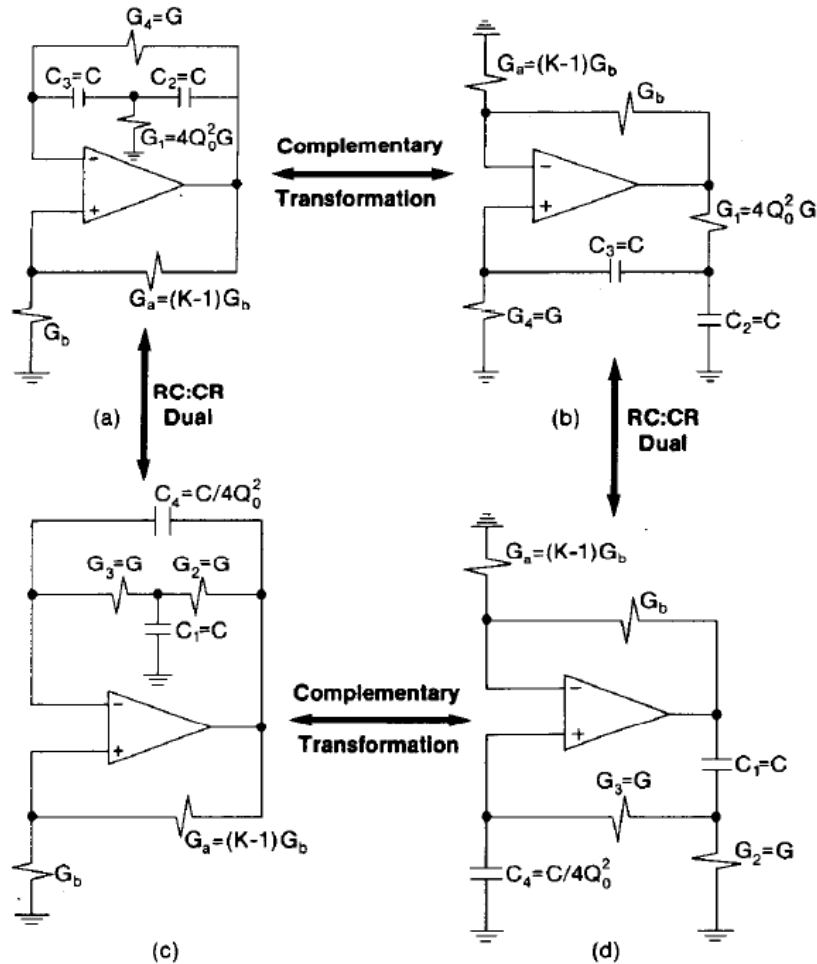


Figura 3.2: Resultados de las transformaciones

Los circuitos 3.2 b) y 3.2 d) son llamados EPF (Enhanced positive feedback), y son la base de la celda SGB. Esta característica esta dada por un coeficiente $K > 1$. Para los cuatro circuitos de la figura se cumplen las siguientes ecuaciones que describen el comportamiento de los mismos.

$$\frac{C}{G} = \frac{2Q_0}{\omega_0} \quad (3.1)$$

$$K - 1 = \frac{1}{2Q_0^2} \cdot \left(1 - \frac{Q_0}{Q}\right) \quad (3.2)$$

Donde Q_0 es un parámetro de diseño que cumple $Q > Q_0$. De esta forma, los circuitos del tipo EPF permiten implementar filtros con la siguiente función transferencia de segundo orden

$$H(s) = \frac{n_2 s^2 + n_1 s + n_0}{s^2 + s \left(\frac{\omega_0}{Q} \right) + \omega_0^2} \quad (3.3)$$

Donde los coeficientes n_i determinan los ceros de transmisión, y por ende el tipo de filtro implementado por el circuito. Para poder lograr esto sin afectar la ubicacion de los polos se necesita que aquellos componentes que se encuentren conectados a masa sean desconectados de la misma, total o parcialmente (dividiéndolos). Asi, se

obtienen los dos circuitos HPB (*high-pass biquad*) y LPB (*low-pass biquad*) que se muestran en las figuras 3.3 y 3.4 respectivamente.

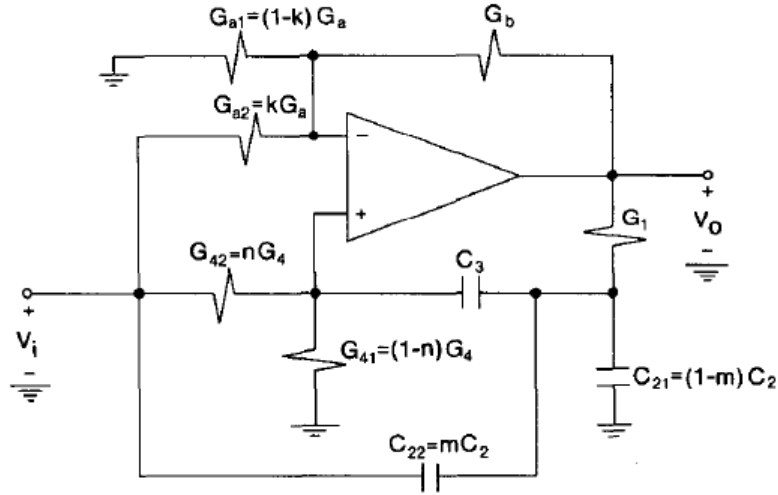


Figura 3.3: High-pass biquad

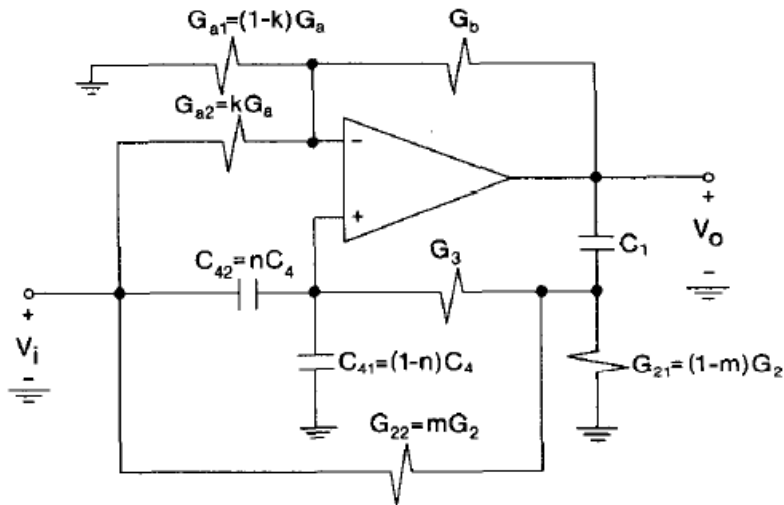


Figura 3.4: Low-pass biquad

Como sus nombres lo indican, ambos circuitos son empleados para la implementación de distintos tipos de filtros. El circuito a elegir en función de la aplicación elegida se muestra en la tabla a continuación.

Tipo de Filtro	Circuito Recomendado
Pasabajos	LPB (fig. 3.4)
Pasaaltos	HPB (fig. 3.3)
Pasabanda	Deliyannis (fig. 3.2)
Pasatodo	LPB o HPB
High pass notch	HPB
Low pass notch	LPB

Tabla 3.1: Circuitos recomendados

Seguir con el desarrollo de la celda. Poner ecuaciones de equivalencias de coeficientes, y analizar sensibilidades (todo en forma genérica y para HPB y LPB solamente)

3.3. IMPLEMENTACIÓN DE FILTRO

Realizado el análisis de la celda en cuestión, se pide implementar un filtro pasaaltos activo con la misma, que cumpla con las condiciones fijadas en la tabla 3.2.

Parámetro	Valor indicado	Valor efectivo
f_a	$(10 + 1,1 \cdot \frac{N}{2}) kHz$	$10,55 kHz$
f_p	$2 \cdot f_a$	$21,1 kHz$
A_p	$2 dB$	$2 dB$
A_a	$40 dB$	$40 dB$
Z_{in}	$> 50 k\Omega$	$> 50 k\Omega$

Tabla 3.2: Especificaciones del filtro

El primer paso para el diseño del mismo es normalizar la plantilla a una de un pasabajos, con frecuencia angular pasante unitaria ($\omega_{pN} = 1$). Una vez hecho esto se procede a aplicar la aproximación de Cauer sobre dicha plantilla.

Cabe destacar que la aproximación de Cauer es una aproximación por funciones elípticas, con riple constante tanto en la banda de paso como la de atenuación. Asimismo, cuenta con el menor error de ponderación de Chebycheff, por lo que es la aproximación que tiene la menor banda de transición para un orden dado. Por ende, será la que, dada una determinada plantilla de filtro, devuelva la función transferencia de menor orden, de la siguiente forma.

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon_p^2 \cdot F_n^2(\omega)} \quad (3.4)$$

Donde ϵ_p es el coeficiente de riple en banda de paso y $F_n(\omega)$ es una función determinada tal que se cumpla la condición de equi-ripple en las dos bandas.

Finalmente se desnormaliza la función transferencia normalizada obtenida para llegar a una que describa un filtro pasaaltos con las características detalladas anteriormente.

$$H(s) = k \cdot \frac{(s - z_1)(s - z_2)(s - z_3)(s - z_4)}{(s - p_1)(s - p_2)(s - p_3)(s - p_4)} \quad (3.5)$$

4. CELDA UNIVERSAL