

# Teoría de Circuitos 2019

## Trabajo Práctico de Laboratorio N°5

### Filtros Activos y Celdas

#### Consideraciones generales:

- Suponer siempre amplificadores operacionales **ideales** para el diseño, y amplificadores operacionales reales para el **análisis**.
- Se utilizará la letra **N** para denotar al número del grupo.
- En la entrega digital del informe se debe utilizar el siguiente formato para el nombre: **TP5\_GN.pdf**, donde *N* denota al número de grupo.
- Para cada celda, incluir en forma analítica:
  - La función transferencia.
  - Las impedancias de entrada y salida.
  - Un cuadro de sensibilidades:  $[G, Q, \omega_p, \omega_z, s_j] - [R, C, A_{vol}]$  (Las expresiones deben ser función de los parámetros de la celda mientras la complejidad lo permita).
  - Un estudio de rango dinámico.
- Para cada celda, incluir en el análisis los siguientes aspectos **como mínimo**:
  - Método de ajuste más conveniente y sus implicaciones.
  - Grado en que las sensibilidades afectan al diseño.
  - Restricciones debido a las impedancias de entrada/salida, a los valores de ganancia posibles, a los valores de *Q* realizables.
  - Casos de uso de las celdas estudiadas.
  - Comparaciones con otros casos y otras celdas.
- Para las expresiones analíticas: los **resultados relevantes** y las expresiones de las cuales se pueden extraer conclusiones se deben incluir en el **cuerpo principal** del informe, mientras que los desarrollos algebraicos se deben incluir en un **apéndice** del informe, indicando claramente a qué celda corresponde el análisis matemático presentado.
- Cuando se indiquen valores de resistencias, se deberá sintetizar este valor con combinaciones de **a lo sumo** un par en serie o paralelo para obtener el menor error posible.
- Se espera coherencia en la presentación de las ecuaciones analíticas y de los gráficos, a lo largo del informe.
- Se espera coherencia en las cifras significativas a lo largo de las mediciones, cálculos y resultados, tanto en escala lineal como logarítmica.
- Hacer buen uso del ciclo de diseño y análisis mediante las herramientas a disposición: MATLAB/Mathematica/Maple, Orcad/Altium/Proteus, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X/Word.
- Se les recuerda a los alumnos que la política de Fraude y Plagio del Instituto rige sobre este trabajo.
- Aquellos alumnos recursantes deberán realizar únicamente aquellos ejercicios marcados con **(R)** en su título y utilizarán en todo caso **N** deberá ser la mitad del último dígito del legajo redondeado hacia el entero siguiente.
- Se evaluará la calidad de las placas.

## Consideraciones de diseño

- Todos los filtros deberán estar armados en PCB y presentarse en la fecha de entrega para su evaluación.
- Se acepta un máximo de **UN** preset por celda de segundo orden.
- Sólo se aceptan tolerancias de 1% y 5%.
- Se permite el uso de buffers de entrada/salida.
- Se acepta el uso de una etapa compensadora de ganancia.
- El uso de presets, tolerancias de 1%, buffers y etapa de corrección de ganancia, **debe ser correctamente justificado** y sólo se acepta en caso de ser necesario.

## Pautas para la evaluación del informe (en orden de importancia):

- Todos los filtros deberán cumplir la plantilla especificada con un error **máximo** del 1%. Errores mayores anulan automáticamente el ejercicio.
- Contenido y capacidad de síntesis.
  - Se penalizarán contenidos irrelevantes.
  - Se valorará la presentación clara, concisa, específica y sin redundancias.
  - Se esperan conclusiones relevantes dentro del desarrollo de cada tema y del trabajo práctico en general.
- Organización grupal del trabajo.
  - **Se espera el mayor grado de cohesión y homogeneidad en la resolución de los distintos enunciados. Se deben respetar un estándar y objetivos comunes.**
- Adecuado manejo y presentación de magnitudes numéricas.
- Originalidad e inventiva.
- Presentación, redacción y ortografía.
- Aportes no obligatorios.

## Entregas:

- Versión digital: Jueves 7 de Noviembre hasta las 23:59 Hs.

# Enunciado General

En base a los filtros a desarrollar a lo largo de este trabajo, completar la siguiente tabla. La misma debe reflejar un **análisis cualitativo, cuantitativo y en profundidad** sobre el funcionamiento y parámetros de cada celda, así como comparaciones relevantes entre las mismas.

Celda	Tipos de filtros (aproximaciones)	Ventajas (usos)	Desventajas (limitaciones)	Condiciones de diseño	Sensibilidades (Q, G, $\omega$ )
Sallen-Key					
Rauch					
Universal					
...					

Table 1: Cuadro resumen del trabajo práctico.

## 1 Celda Sallen-Key

Se pide implementar una celda Sallen-Key que cumpla con las especificaciones presentadas a continuación. Realice además un análisis de Montecarlo para el circuito con la tolerancia de componentes utilizados y exhiba la dispersión del ancho de banda y frecuencia de los polos en un histograma.

<i>Orden</i>	5
$f_p$	$(25 + 2 \cdot N) \text{ kHz} \pm 5\%$
$A_p$	3 dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50 \text{ k}\Omega$
<i>Filtro</i>	LP

(a) Legendre para alta señal.

$f_p$	$550 \cdot N \text{ Hz}$
$f_a$	$2600 \cdot N \text{ Hz}$
$A_p$	3 dB
$A_a$	40 dB
$\Upsilon(f_p)$	$\leq 5\%$
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50 \text{ k}\Omega$

(b) Bessel para baja señal.

Table 2: Celda Sallen-Key

## 2 Celda Rauch (Deliyannis-Friend modificada)

Se pide implementar una celda Rauch para baja señal que cumpla con las especificaciones presentadas a continuación. Realice además un análisis de Montecarlo para el circuito con la tolerancia de componentes utilizados y exhiba la dispersión del ancho de banda y frecuencia de los polos en un histograma.

<i>Pendiente pasa bajos normalizado</i>	$-40 \text{ dB/dec}$
$f_p$	$\left(40 + (-1)^N 4 \cdot N\right) \text{ kHz}$
$B$	1/10
$A_p$	3 dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50 \text{ k}\Omega$
<i>Filtro</i>	BP

Table 3: Chebycheff

### 3 Sedra-Ghorab-Martin (R)

Investigar **detalladamente** el contenido del paper “*Optimum Configurations for Single-Amplifier Biquadratic Filters*” e implementar con dicha celda un filtro que cumpla con las especificaciones presentadas a continuación. Realice además un análisis de Montecarlo para el circuito con la tolerancia de componentes utilizados y exhiba la dispersión del ancho de banda y frecuencia de los polos en un histograma.

$f_a$	$(10 + 1.1 \cdot \frac{N}{2}) \text{ kHz}$
$f_p$	$f_a * 2$
$A_p$	$2 \text{ dB}$
$A_a$	$40 \text{ dB}$
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50 \text{ k}\Omega$

Table 4: Cauer para alta señal

### 4 Celda Universal

Investigar detalladamente las configuraciones posibles para celdas universales y elegir la más adecuada con que cumpla con las especificaciones presentadas a continuación. La celda debe tener al menos *2 (DOS) ceros* de transmisión.

- ¿Utilizaría una celda Kerwin-Huelsman-Newcomb, una Tow-Thomas, una Ackerberg-Mossberg o una Fleischer-Tow? ¿Por qué? **Justifique con simulaciones.**
- Realice un análisis de Montecarlo para el circuito con la tolerancia de componentes utilizados y exhiba la dispersión del ancho de banda, notch depth y frecuencia de notch en un histograma.

$f_\infty$	$(58 - 7 \cdot N) \text{ kHz}$
<i>Notch Depth</i>	$\geq 50 \text{ dB}$
$\Delta f_a$	$600 \text{ Hz}$
$\Delta f_p$	$880 \text{ Hz}$
$A_a$	$40 \text{ dB}$
$A_p$	$6 \text{ dB}$
$G$	$[-3 : 3] \text{ dB}$
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50 \text{ k}\Omega$
<i>Filtro</i>	<i>BR</i>

Table 5: Chebycheff Inverso

## Ejercicios Opcionales

No obligatorios, con influencia positiva sobre la calificación en los casos en que se presente una resolución coherente con los puntos obligatorios y en el contexto de una buena ejecución general. **La resolución de estos puntos no es obligatoria pero es necesario conocer el contenido para las evaluaciones.**

### 5 Polo Dominante

Para las celdas Rauch y Sedra de los ejercicios 2 y 3, calcular la ganancia real teniendo en cuenta la aproximación de polo dominante, es decir la influencia de  $A_{vol}$  finito y  $\omega_p$ . Sacar conclusiones.

### 6 Celdas Varias

Representar gráficamente la respuesta en frecuencia en forma analítica, simulada e incluyendo cálculos de las siguientes celdas, para los diseños que se aplican, utilizando los datos provistos para los filtros del trabajo práctico y comparando los resultados con los diseños obligatorios.

Celda	Aproximaciones
Sallen-Key	BP - BR
Rauch	LP - HP - BR
Doble T	LP Notch
Doble T Modificada	LP Notch
FDNR	All-pass Notch
GIC	LP - HP - BP - All-pass Notch
Universal	Todas
Friend	LP - HP