

TEORÍA DE CIRCUITOS 2020

Trabajo Práctico N°4,5: Diseño de filtros analógicos

CONSIDERACIONES GENERALES

- Suponer siempre amplificadores operacionales ideales para el diseño, y amplificadores operacionales reales para el análisis
- 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 les recuerda a los alumnos que la política de Fraude y Plagio del Instituto rige sobre este trabajo.

PAUTAS PARA LA EVALUACIÓN

Para cumplir con la condición de aprobación:

- Cumplimiento de toda la funcionalidad pedida.
- Manejo e incorporación de los conceptos teóricos.
- La visualización de todos los gráficos debe tener sus adecuadas referencias, escalas y grillas.

Los siguientes puntos sumarán a la nota:

- Buen manejo de errores numéricos.
- Posibilidad de agregar aproximaciones y tipos de filtros sin necesidad de cambiar todo el código.
- Diseño intuitivo y prolijo de la interfaz gráfica.
- Originalidad e inventiva.
- Aportes no obligatorios.

1. FILTER TOOL

Se pide a cada grupo que desarrolle un programa que permita diseñar filtros analógicos a partir de las funciones de aproximación estudiadas en clase. Se plantea a continuación un esquema básico de 3 etapas de diseño, el cual podrá ser modificado en caso de que el grupo lo considere apropiado, siempre y cuando se conserve la funcionalidad prevista del programa.

1.1. ETAPA 1 - APROXIMACIONES

La primer etapa del programa deberá permitir al usuario elegir la plantilla para un filtro y poder aplicar diversas aproximaciones según corresponda.

1.1.1. DATOS PROVISTOS POR EL USUARIO

TIPO DE FILTRO:

Tipo de filtro				
Pasa Bajos	Pasa Altos	Pasa Banda	Rechaza Banda	Retardo de Grupo

APROXIMACIONES:

Todos				
Legendre		Gauss		
Grupo 2 Butterworth	Grupo 3 Bessel	Grupo 4 Chebycheff I	Grupo 5 Chebycheff II	Grupo 6 Cauer

ALTERNATIVAS DE CÁLCULO

- Se debe poder elegir entre un rango de desnormalización siendo 0 % ($A(\omega_p) = A_p$) y 100 % ($A(\omega_a) = A_a$) (salvo Chebycheff Inverso).
- Debe ser posible especificar el orden mínimo y/o máximo para cada aproximación (aún si no cumple plantilla).
- Se debe poder especificar el Q máximo permitido (aún si no cumple plantilla).

GRÁFICOS

Se deben poder mostrar al menos los siguientes gráficos:

- Curvas de atenuación (original y normalizada) en escala apropiada, indicando el orden utilizado y con la posibilidad de superponer la plantilla.
- Fase.
- Retardo de grupo.
- Diagrama de polos y ceros.
- Respuesta impulsiva.
- Respuesta al escalón.
- Máximo Q.

1.2. ETAPA 2 - DIVISIÓN EN ETAPAS

Una vez elegida una función de aproximación para ser implementada, la segunda etapa debe permitir la división de la función transferencia en etapas de primer y segundo orden.

FUNCIONALIDAD PREVISTA

- La posibilidad de separar la función transferencia en etapas de primer y segundo orden, dejando en evidencia los parámetros de interés de cada etapa.
- Crear, borrar y editar cada etapa individualmente.
- Graficar la respuesta en frecuencia de las etapas en cascada o individualmente.

1.3. ETAPA 3 - IMPLEMENTACIÓN EN CIRCUITOS (OPCIONAL)

Una vez definidas todas las etapas del filtro, el programa debe definir la implementación en circuitos para cada etapa, en función de sus parámetros.

FUNCIONALIDAD PREVISTA

- Sugerencia de las celdas apropiadas para cada etapa, con los valores comerciales de componentes.
- Indicación de todas las sensibilidades involucradas y su efecto en los parámetros de la celda.
- Posibilidad de elección de celda por parte del usuario (habilitando únicamente las celdas adecuadas para implementar cada etapa).
- Posibilidad de cambiar el valor de los componentes.

1.4. IDEAS ADICIONALES (OPCIONALES)

- Visualizar más de un orden de la misma aproximación al mismo tiempo.
- Visualizar varias aproximaciones de un mismo filtro en simultaneo.
- Guardar el estado de la sesión en un archivo para reabrir el trabajo posteriormente.
- La ganancia de cada etapa debe poder ser ajustable por el usuario.
- Calculo del rango dinámico total.
- Funcionalidad de división, ordenamiento y determinación de ganancias de forma automática para separación en etapas, a fin de maximizar el rango dinámico.
- Crear y exportar un informe en PDF o HTML con todos los parámetros de diseño del filtro, gráficos y esquemáticos.

2. DISEÑO DE CELDAS

Se desea diseñar los filtros para cada una de las siguientes plantillas, utilizando las celdas pedidas para cada caso. Para cada una de las celdas propuestas se debe mostrar el análisis analítico, utilizando un modelo ideal de amplificador operacional:

- La función transferencia.
- Un cuadro de sensibilidades: $[G, Q, f_p, f_z]$ - $[R, C, A_{vol}]$ (Expresadas en función de los parámetros de la celda mientras la complejidad lo permita)
- Impedancia de entrada

Además para profundizar el estudio de las diferentes topologías se debe incluir un análisis sobre los siguientes aspectos:

- Método de ajuste más conveniente y sus implicaciones.
- Grado en que las sensibilidades afectan al diseño.
- Restricciones debido a los valores de ganancia posible y valores de Q realizables.

Una vez diseñadas las celdas se debe realizar un análisis de Montecarlo con la tolerancia de componentes utilizados para verificar el correcto cumplimiento de la plantilla pedida. Como restricción para el diseño solo se permite el uso de UN preset por celda de segundo orden y el uso de componentes con tolerancias de 1 % o mayores.

2.1. SALLEN-KEY

f_p	550·N Hz
f_a	2600·N Hz
A_p	3dB
A_a	40dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50k$

Tabla 2.1: Butterworth

2.2. CELDA RAUCH (DELIYANNIS-FRIEND MODIFICADA)

Pendiente LP normalizado	-40dB/dec
f_p	$(40 + 4 \cdot (-1)^N \cdot N) kHz$
B	1/10
A_p	3dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50k$
Filtro	Pasa Banda

Tabla 2.2: Chebychef

2.3. SEDRA-GHORAB-MARTIN

Investigar 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.

f_a	$(10 + 0.55 \cdot N) kHz$
f_p	$2 \cdot f_a$
A_p	2 dB
A_a	40dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50k$

Tabla 2.3: Cauer

2.4. CELDA UNIVERSAL

Investigar las configuraciones posibles para celdas universales y elegir la más adecuada que cumpla con las especificaciones presentadas a continuación. ¿Utilizaría una celda Kerwin-Huelsman-Newcomb, una Tow-Thomas, una Ackerberg-Mossberg o una Fleischer-Tow? Justificar la elección.

Filtro	Rechaza Banda
Notch Depth	$\geq 50dB$
f_{∞}	$(58 - 7 \cdot N) kHz$
Δ_a	600 Hz
Δ_p	10 kHz
A_a	40dB
A_p	6dB
$ Z_{in}(f) $	$\geq 50k$

Tabla 2.4: Chebycheff II