

FILTROS: CONCEPTOS Y ESPECIFICACIONES

sistema (circuito) cuya función es modificar, deformar o manipular en general, el espectro en frecuencia de una señal (de acuerdo con unos determinados requerimientos (especificaciones)).

para atenuar o amplificar componentes de la entrada con frecuencias dentro de un determinado rango, o para rechazar o componentes de frecuencia específicas.

Se puede considerar un sistema de transmisión de señales con la habilidad de dejar pasar ciertas frecuencias y de rechazar otras. En este sentido es posible definir:

Banda (o bandas) pasante o banda de paso (passband o PB): conjunto de frecuencias o rangos de frecuencias para las cuales el filtro deja pasar la entrada hasta la salida. Cualquier componente de la entrada cuya frecuencia pertenezca a dicho rango va a ser transmitida hacia la salida del filtro (no sin cierta modificación de la amplitud y de la fase).

Banda (o bandas) de rechazo o banda rechazada (stopband o SB): conjunto de frecuencias o rangos de frecuencias que el filtro no deja pasar. Cualquier componente de la entrada cuya frecuencia pertenezca a dicho conjunto va a ser rechazada.

Banda (o bandas) de transición: conjunto de frecuencias entre la banda de paso y la banda de rechazo.

Las especificaciones del filtro consistirán entonces en:

Frecuencias de las bandas de paso y de rechazo: frecuencias en las que teóricamente comienza o termina cada una de las bandas.

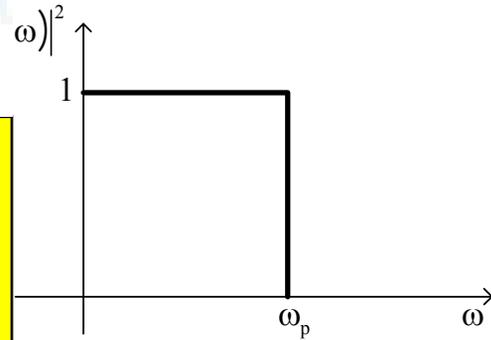
Atenuaciones en cada una de las bandas: tendremos una atenuación máxima permitida en la banda de paso y una atenuación mínima exigida en la banda de rechazo.

Además, existen otras características que pueden estar relacionadas con la forma de la función de transferencia, su magnitud, fase, el retraso de grupo, etc.

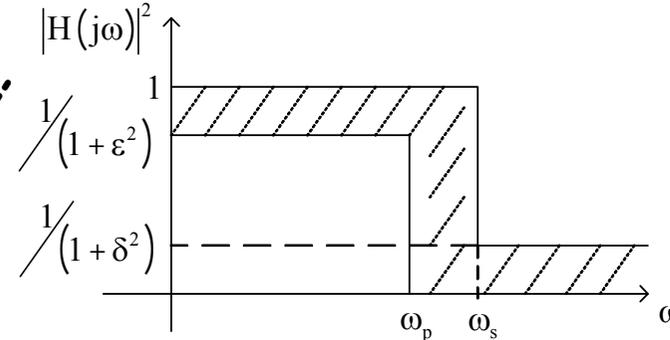


ESPECIFICACIONES FILTRO PASO DE BAJA (LP)

le baja ideal: atenuación cero en la banda
ta en la de rechazo y transiciones verticales.



Filtro Paso de baja real con tolerancias en banda pasante
($\epsilon < 1$) y banda de rechazo ($\delta > 1$).

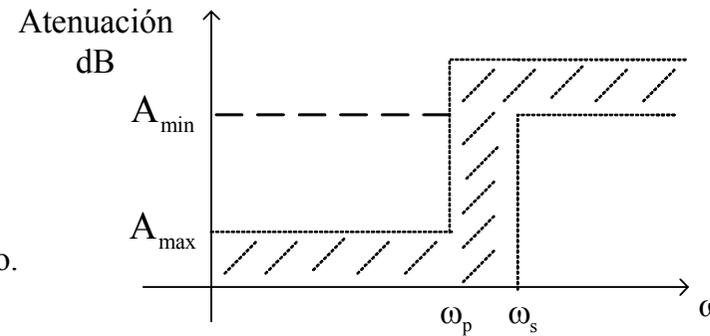


ón de transferencia de segundo orden que
enta una característica paso de baja es:

$$\frac{Kb}{s^2 + as + b} = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + \frac{\omega_n}{Q}s + \omega_n^2} = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

calidad ; $\xi = 1/2Q \equiv$ Factor de Amortiguamiento.

Ganancia en DC ; $\omega_n \equiv$ Frecuencia Natural.



a de un filtro LP es pasar las frecuencias bajas con muy pocas pérdidas y atenuar las altas frecuencias.

ñales en la banda de frec. entre DC y la frec. de corte ω_p (banda de paso), con una atenuación máxima de A_{max} dB. Las
ncima de ω_s (banda de rechazo) deben tener al menos A_{min} dB de atenuación. ($\omega_s =$ frecuencia límite de la banda de
da de frecuencias entre ω_p y ω_s se denomina banda de transición.

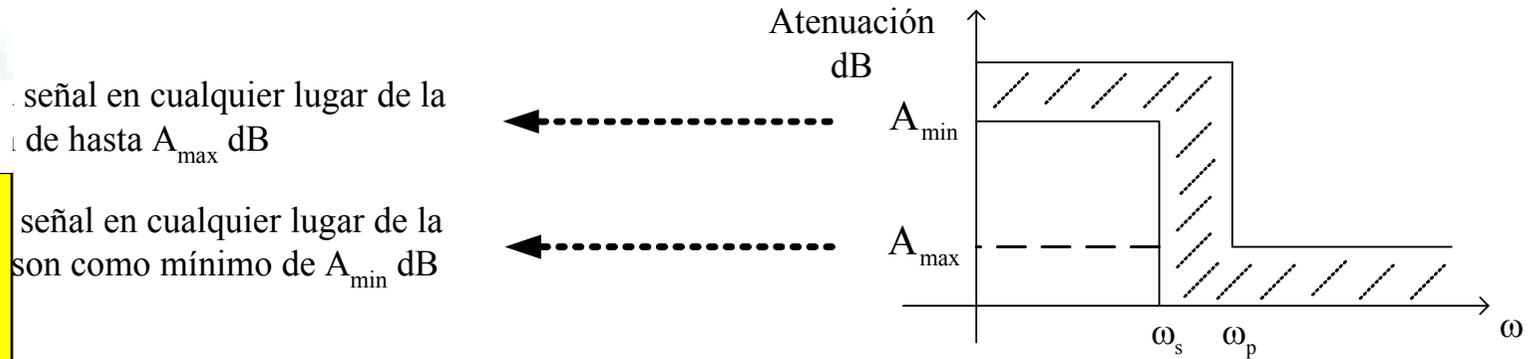
ω_p , ω_s , A_{min} y A_{max} describen completamente las especificaciones del filtro LP.

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al
Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ESPECIFICACIONES FILTRO PASO DE ALTA (HP)



El filtro de alta pasa las frecuencias por encima de una frecuencia denominada frecuencia de corte ω_p .

La banda de paso se extiende desde ω_p a ∞ . La banda de rechazo desde 0 hasta ω_s .

Los parámetros ω_p , ω_s , A_{min} y A_{max} caracterizan completamente las especificaciones del filtro HP.

La función de transferencia de segundo orden con característica paso de alta es:

$$H(s) = \frac{Ks^2}{s^2 + as + b} = \frac{Ks^2}{s^2 + \frac{\omega_n}{Q}s + \omega_n^2} = \frac{Ks^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

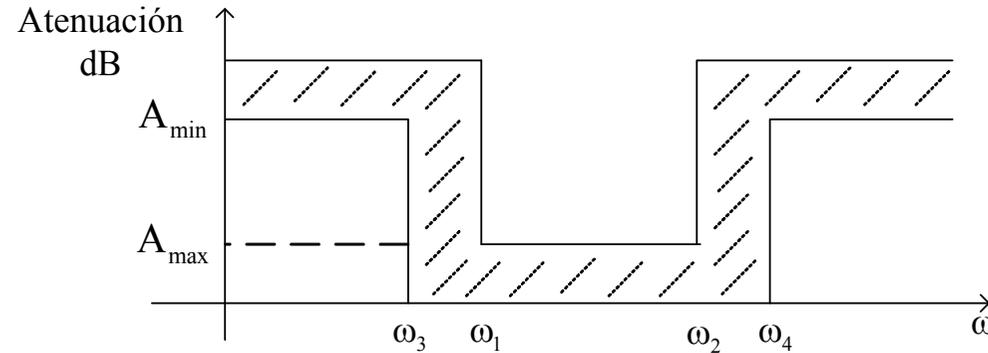


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ESPECIFICACIONES FILTRO PASO DE BANDA (BP)

de banda pasa las señales en
frecuencias con atenuación
mientras que rechaza las
mbos lados de esa banda.



de paso, desde ω_1 a ω_2 , presenta
una máxima de A_{max} dB y las dos
bandas de rechazo, desde DC a ω_3 y de ω_4 a
infinito, presentan una atenuación mínima de A_{min} dB.

El filtro de transferencia de 2º orden con característica paso de banda es:

$$H(s) = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2} = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + BWs + \omega_0^2}$$

$$\text{Factor de Calidad de un F. BP} \equiv Q = \frac{\omega_0}{BW(\text{rad/s})} = \frac{f_0}{BW(\text{Hz})}$$

$$\text{Frecuencia Central} \equiv f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad ; \quad \text{Para } Q > 10 \Rightarrow f_0 \cong \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$\text{En } \omega_0: H(j\omega_0) = \frac{K \cdot \omega_0 \cdot j\omega_0}{-\omega_0^2 + j\omega_0 \cdot B + \omega_0^2} = \frac{K \cdot \omega_0}{B} = K \cdot \frac{\omega_0}{B} = K \cdot Q$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



DISEÑO DE FILTROS

Conjunto de especificaciones que describen las propiedades deseadas de frecuencias:

Objetivo de una respuesta en frecuencia preestablecida por medio de una transferencia racional que presentan un sistema que es tanto causal como

se puede aproximar la función de transferencia mediante un sistema físico.

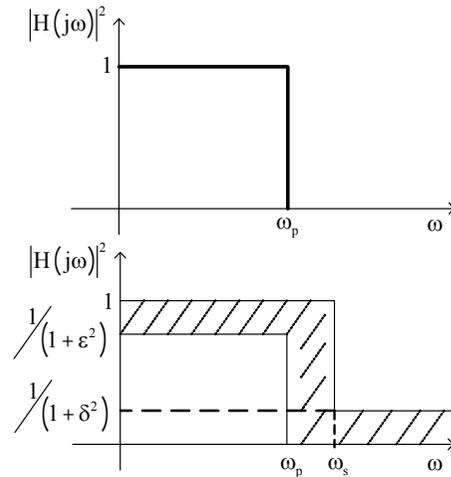
CLASIFICACIÓN DE FILTROS SEGÚN SU TECNOLOGÍA

Filtros pasivos: se diseñan exclusivamente con elementos pasivos como resistencias, condensadores y autoinducciones. Se usan por encima de 1 MHz (a bajas frec. exigen inductancias muy elevadas), no tienen ganancia en potencia y son relativamente difíciles de sintonizar. No requieren fuentes externas de energía y funcionan sin alimentación.

Filtro pasivo (n): es igual al número de autoinducciones y condensadores en el filtro. De esta forma, el orden es igual a la complejidad del circuito. (A mayor n, mayor pendiente en la región de transición)

Filtros activos: se diseñan con resistencias, condensadores y amplificadores operacionales. Por tanto, necesitan alimentación para su funcionamiento. Se usan por debajo de 1 MHz, tienen ganancia en potencia y son relativamente fáciles de sintonizar. Además, proporcionan amplificación de la señal de entrada (ganancia), lo que puede ser útil para trabajar con señales de niveles muy bajos.

El orden de un filtro activo depende del número de circuitos RC que contengan. Salvo excepciones ocasionales, el número de condensadores es igual al número de resistencias.



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70



APROXIMACIÓN DE FILTROS LP

En el diseño de filtros, los filtros LP son el prototipo, un circuito básico que puede ser modificado para otros circuitos. Normalmente, cualquier problema en un filtro se transforma en el equivalente para el filtro LP; la solución a este problema se transforma de nuevo a la del filtro original.

Aproximación:

Aproximación de Butterworth (ó aproximación máximamente plana): la atenuación en la mayor parte de la banda pasante disminuye gradualmente hasta A_p al final de la banda pasante (A_p = atenuación máxima permitida en la banda pasante). Por tanto los filtros de Butterworth poseen como principal ventaja la propiedad de tener una curva de atenuación más plana posible en el punto de frecuencia cero. Su mayor desventaja es lo relativamente despacio que es la región de transición (decae a un ritmo aproximado de $20n$ dB por década, donde n es el orden del filtro) con respecto a otras aproximaciones. (**Pendiente de Filtro Butterworth en Región de Transición = $20n$ dB/dec**).

Aproximación de Chebyshev: presenta en la región de transición una pendiente de decaimiento más pronunciada que la de un filtro de Butterworth. Por ello, la atenuación con un filtro de Chebyshev a una frecuencia dada de la región de transición es siempre mayor que la atenuación con un filtro de Butterworth del mismo orden. Sin embargo la banda pasante no tiene una respuesta plana, sino que aparece en ella un rizado. El número de rizados en la banda pasante de un filtro de Chebyshev es igual a la mitad del orden del filtro.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 --
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

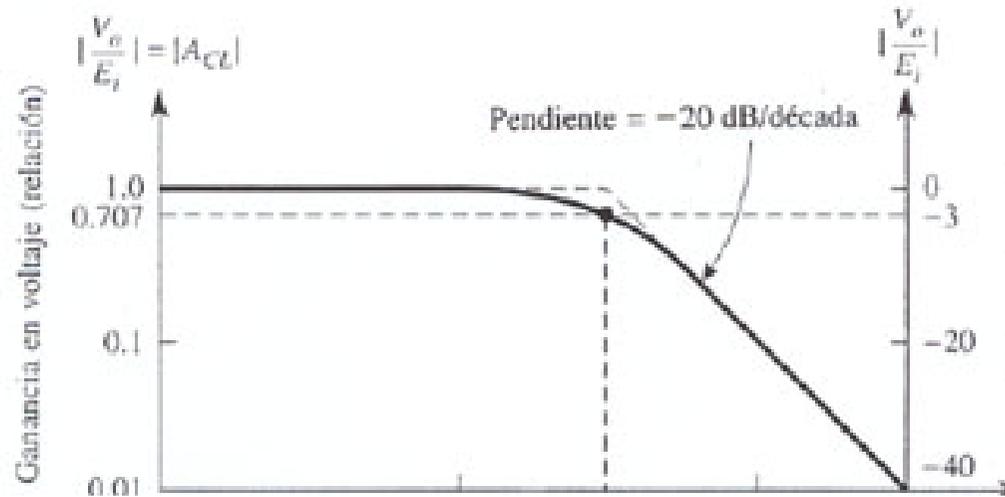
S DE APROXIMACIÓN DE FILTROS LP: FUNCIÓN DE BUTTERWORTH (I)

magnitud máximamente plana. Para un filtro LP de orden n, esto se consigue imponiendo que las 2n-1 adas sean nulas.

Butterworth viene definida por la ecuaciones:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{|H(\omega)|}{|H(0)|} &= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}} \\ \Downarrow \\ \Rightarrow \frac{|H(f)|}{|H(0)|} &= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}} \end{aligned}$$

Ejemplo:



ancia de corte (aquella a la que $|H(\omega)|$ cae 3dB respecto a DC en filtros LP)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



5 DE APROXIMACIÓN DE FILTROS LP: FUNCIÓN DE BUTTERWORTH (II)

desea atenuar en 60 dB una interferencia de 50Hz , empleando un filtro Butterworth con una frecuencia de corte $f_c=10$ Hz. Determinar el orden del filtro.

pero viene determinada por la ecuación $A_{dB} = -20\text{Log} \frac{|H(f)|}{|H(0)|}$; Función de Butterworth: $\frac{|H(f)|^2}{|H(0)|^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}$

$$\text{Log} \left[1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n} \right] \Leftrightarrow -20\text{Log} \left[\frac{|H(f)|}{|H(0)|} \right] = 10\text{Log} \left[1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n} \right] \Rightarrow \frac{A_{dB}}{10} = \text{Log} \left[1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n} \right] \Rightarrow$$

$$10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1 = \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n} \Rightarrow \text{Log} \left[10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1 \right] = 2n\text{Log} \left(\frac{f}{f_c}\right) \Rightarrow n = \frac{\text{Log} \left[10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1 \right]}{2\text{Log} \left(\frac{f}{f_c}\right)}$$

Ejemplo: $n = \frac{\text{Log} \left[10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1 \right]}{2\text{Log} \left(\frac{f}{f_c}\right)} = \frac{\text{Log} \left[10^{\frac{60}{10}} - 1 \right]}{2\text{Log} \left(\frac{50}{10}\right)} = \frac{6}{2\text{Log}5} = \frac{3}{\text{Log}5} = 4.29$. El orden sería $n=5$ ya que se debe

ser el mayor posible para así cumplir todas las especificaciones.



ES DE APROXIMACIÓN DE FILTROS LP: FUNCIÓN DE CHEBYSHEV (I)

transición entre la banda de paso y la de rechazo más abrupta que las funciones de Butterworth. Por el nda de paso no es plana, esto es, presenta rizado.

Chebyshev viene definida por la ecuaciones:

$$\frac{|H(f)|^2}{|H(0)|^2} = \frac{1}{1 + \epsilon^2 \cdot C_n^2 \left\{ \frac{f}{f_0} \right\}}, \text{ donde:}$$

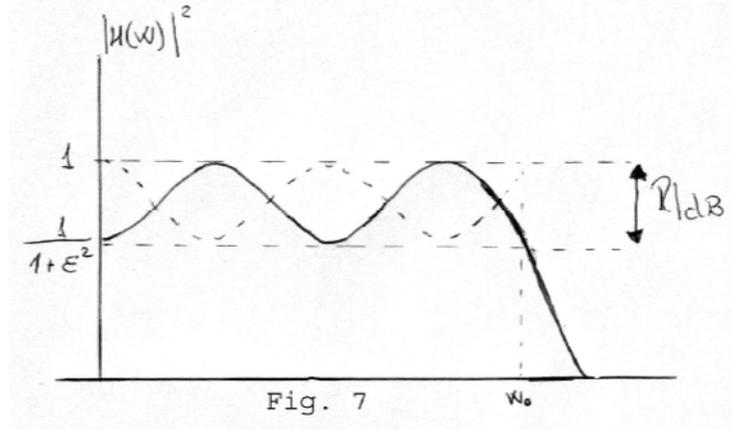
io de Chebychev de 1ª especie y de orden n) es que oscila entre -1 y 1 para $0 \leq |\omega| \leq 1$.

$$C_n = \begin{cases} \cos \left[n \cdot \arccos \left(\frac{f}{f_0} \right) \right] & ; \quad 0 \leq \left| \frac{f}{f_0} \right| \leq 1 \\ \cosh \left[n \cdot \operatorname{arccosh} \left(\frac{f}{f_0} \right) \right] & ; \quad \left| \frac{f}{f_0} \right| > 1 \end{cases}$$

minado factor de rizado ($\epsilon^2 \leq 1$). Se especifica mediante el valor pico a pico en decibelios

$\frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2}} = 10 \log(1 + \epsilon^2)$. Si n es par el rizado será positivo (señalado en la figura) y si es impar neg.

cia natural (donde acaba el rizado); $\omega_0 = 2\pi f_0$.



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70
 CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ES DE APROXIMACIÓN DE FILTROS LP: FUNCIÓN DE CHEBYSHEV (II)

la función de Chebyshev:

$$= \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_n^2} \Leftrightarrow -10 \log \left\{ \frac{|H(f)|^2}{|H(0)|^2} \right\} = -10 \log \left\{ \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_n^2} \right\} \Leftrightarrow -20 \log \left\{ \frac{|H(f)|}{|H(0)|} \right\} = 10 \log \{1 + \varepsilon^2 C_n^2\}$$

$$+ \varepsilon^2 C_n^2 \Leftrightarrow 10^{A_{dB}/10} - 1 = \varepsilon^2 C_n^2 \Rightarrow C_n = \varepsilon^{-1} \left[10^{A_{dB}/10} - 1 \right]^{1/2} \Rightarrow (f > f_0): n = \frac{\operatorname{arccosh} \left[\varepsilon^{-1} \left(10^{A_{dB}/10} - 1 \right)^{1/2} \right]}{\operatorname{arccosh} \left(\frac{f}{f_0} \right)}$$

f_c (frecuencia de corte de caída 3dB) y f_0 :

$$\frac{|H(f_c)|}{|H(0)|} = 3\text{dB} \Rightarrow \frac{|H(f_c)|}{|H(0)|} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{|H(f_c)|^2}{|H(0)|^2} = \frac{1}{2} \Rightarrow 1 + \varepsilon^2 \cdot C_n^2 \left\{ \frac{f_c}{f_0} \right\} = 2 \Rightarrow \varepsilon^2 \cdot C_n^2 \left\{ \frac{f_c}{f_0} \right\} = 1 \Rightarrow \varepsilon \cdot C_n \left\{ \frac{f_c}{f_0} \right\} = 1 \Rightarrow$$

$$(f > f_0) \Leftrightarrow \cosh \left[n \cdot \operatorname{arccosh} \left(\frac{f_c}{f_0} \right) \right] = \frac{1}{\varepsilon} \Leftrightarrow \frac{\operatorname{arccosh} (1/\varepsilon)}{n} = \operatorname{arccosh} \left(\frac{f_c}{f_0} \right) \Rightarrow f_c = f_0 \cdot \cosh \left[\frac{\operatorname{arccosh} (1/\varepsilon)}{n} \right]$$

ES DE APROXIMACIÓN DE FILTROS LP: FUNCIÓN DE CHEBYSHEV (III)

se desea atenuar en 60 Db una interferencia de 50Hz , empleando un rizo de Chebyshev de 0.1dB y una frecuencia natural de $f_0 = 5$ Hz. Determinar el orden del filtro y su frecuencia de corte.

$$R_{dB} = 10 \text{Log} [1 + \varepsilon^2] = 0.1 \text{dB} \Rightarrow \varepsilon = 0.1526$$

$$A_{dB} = -20 \log \frac{|H(f)|}{|H(0)|} = 10 \text{Log} [1 + \varepsilon^2 \cdot C_n^2] \quad ; \quad \text{Cuando } f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow A_{dB} = 60 \text{dB} \Rightarrow$$

$$10 \text{Log} [1 + \varepsilon^2 \cdot C_n^2] \Leftrightarrow 6 = \text{Log} [1 + \varepsilon^2 \cdot C_n^2] \Rightarrow 1 + \varepsilon^2 \cdot C_n^2 = 10^6 \Rightarrow C_n^2 = \frac{10^6 - 1}{\varepsilon^2} \Rightarrow C_n = 6553.0$$

Este valor de C_n , calculado para una frecuencia de 50Hz que es mayor que $f_0 = 5$ Hz:

$$C_n \left(n \cdot \text{arccosh} \left(\frac{50}{5} \right) \right) \Leftrightarrow 6553 = \cosh \left(n \cdot \text{arccosh} (10) \right) \Rightarrow n = \frac{\text{arccosh} (6553)}{\text{arccosh} (10)} = \frac{9.48}{2.99} = 3.16$$

Se requiere un orden de $n = 4$ para poder cumplir todas las especificaciones.

$$f_c \text{ para un orden de } n = 4: \quad f_c = f_0 \cdot \cosh \left[\frac{\text{arccosh} \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)}{n} \right] = 6.06 \text{ Hz}$$

Para un orden de $n = 3 \Rightarrow f_c = 6.94$ Hz (observar como se están suavizando las especificaciones del filtro)

NORMALIZACIÓN DE PARÁMETROS

Trabaja con circuitos eléctricos es usual **normalizar la frecuencia y el nivel de impedancia**. La normalización no causa ninguna pérdida de generalidad y se efectúa únicamente por conveniencia del cálculo (para evitar la manipulación de grandes potencias de 10 y minimizar el efecto de los errores de redondeo).

La **normalización en frecuencia** consiste simplemente en un cambio en la escala de la frecuencia mediante la sustitución de la variable frecuencia por una frecuencia de normalización Ω_0 escogida adecuadamente. Por tanto, la frecuencia normalizada es $s_n = s/\Omega_0$.

La **normalización del nivel de impedancias** se efectúa dividiendo todas las impedancias del circuito por una impedancia de normalización R_0 . Los valores de resistencias, inductores y condensadores se normalizan como sigue:

$$R_n = \frac{R}{R_0} \quad ; \quad Z_{L_n} = \frac{Z_L}{R_0} = \frac{sL}{R_0} = \frac{\frac{s}{\Omega_0} \Omega_0 L}{R_0} = \frac{s_n \Omega_0 L}{R_0} = s_n L_n \Rightarrow L_n = L \frac{\Omega_0}{R_0}$$

$$Z_{C_n} = \frac{Z_C}{R_0} = \frac{1}{sCR_0} = \frac{1}{\frac{s}{\Omega_0} \Omega_0 CR_0} = \frac{1}{s_n \Omega_0 CR_0} = \frac{1}{s_n C_n} \Rightarrow C_n = C \Omega_0 R_0$$

La **normalización del circuito**: se dividen los valores normalizados de L y C , \bar{L} y \bar{C} , por la frecuencia de normalización Ω_0 , y se multiplican los valores normalizados de R y L , \bar{R} y \bar{L} , por la resistencia de normalización R_0 y se divide por ésta el valor normalizado de C , \bar{C} :

$$R_n \rightarrow R = R_0 \bar{R} \quad ; \quad L_n \rightarrow L = \frac{R_0}{\Omega_0} \bar{L} \quad ; \quad C_n \rightarrow C = \frac{1}{\Omega_0 R_0} \bar{C}$$



REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS LP (I)

edades (filtros) Terminados (impedancia de la fuente $R_s =$ impedancia de carga R_c)

edades (filtros) No Terminados (impedancia de carga infinita – termina en abierto)

A:

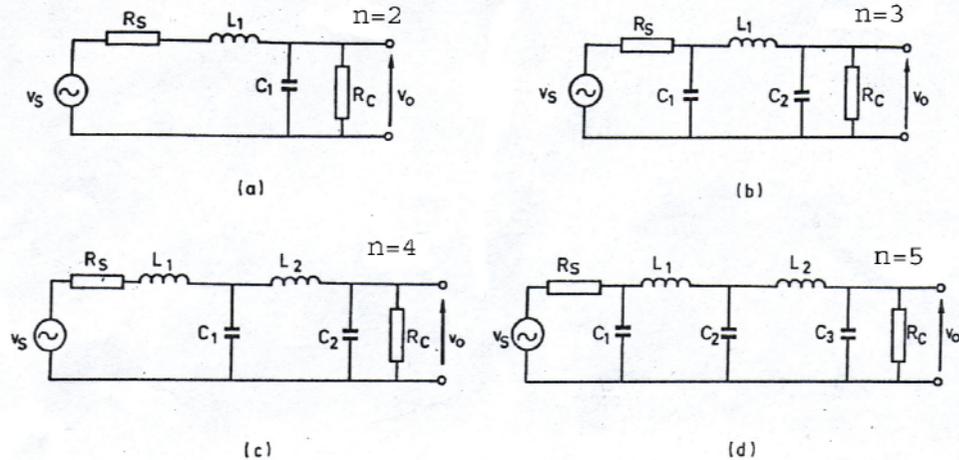


Figura 8 Filtros de Butterworth pasivos de paso bajo, orden 2 a 5; observar que el orden coincide con el número de elementos independientes que almacenan energía. Los valores normalizados de los componentes están en la tabla 3.6.

Tabla 8 Valores normalizados para los componentes de los filtros de Butterworth de la figura 8, para el caso en que están terminados ($R_s = 1 \Omega$, $R_c = 1 \Omega$) y para el caso en que no lo están ($R_s = 1 \Omega$, $R_c = \infty$).

| Orden | $R_c(\Omega)$ | $L_1(H)$ | $C_1(F)$ | $L_2(H)$ | $C_2(F)$ | $C_3(F)$ |
|-------|---------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| 2 | 1 | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | - | - | - |
| | ∞ | $\sqrt{2}/2$ | $\sqrt{2}$ | - | - | - |
| 3 | 1 | 2 | 1 | - | 1 | - |
| | ∞ | 4/3 | 1/2 | - | 3/2 | - |
| 4 | 1 | 0,7654 | 1,8478 | 1,8478 | 0,7654 | - |
| | ∞ | 0,3827 | 1,0824 | 1,5772 | 1,5307 | - |
| 5 | 1 | 1,6180 | 0,6180 | 1,6180 | 2 | 0,6180 |
| | ∞ | 0,8944 | 0,3090 | 1,6944 | 1,3820 | 1,5451 |

Orden del filtro.

un filtro LP normalizado: según se toma de la tabla, se toma como diseño de circuito correspondiente al orden del filtro. Los diseños son filtros de Butterworth con valores de resistencia de fuente y de carga de 1 Ω y frecuencias de corte (-3dB) de 1 rad/seg.

Normaliza para una frecuencia de corte ω_c (frecuencia de corte del filtro) y para una resistencia de fuente R_s (resistencia de la fuente real)

$$\bar{R} \rightarrow R = R_s \bar{R}$$

$$\frac{R_s}{\omega_c} \bar{L} ; \bar{C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega_c R_s} \bar{C}$$

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70
 CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

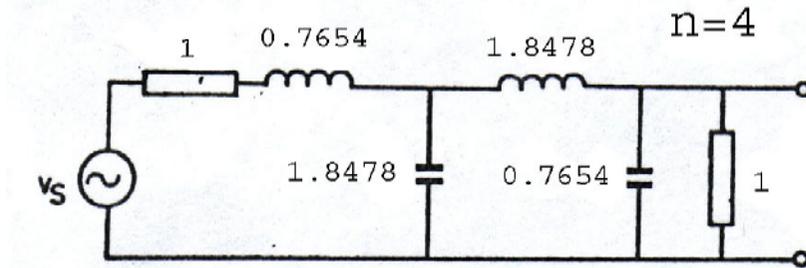


REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS LP (II)

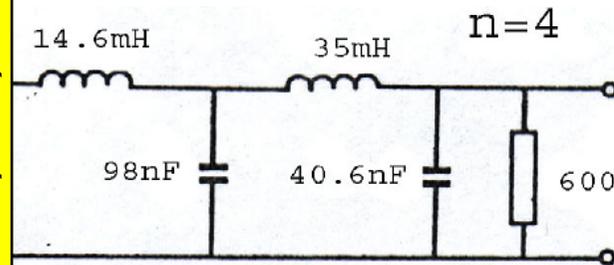
Realizar un filtro LP Butterworth a disponer entre una fuente de 600Ω (R_s) y una carga de 600Ω , cuya frecuencia de corte sea de 5KHz y que atenúe los 20 KHz al menos 40 dB por debajo del nivel de continua.

El orden del filtro:
$$n = \frac{\text{Log} \left[10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1 \right]}{2 \cdot \text{Log} \left(\frac{f}{f_c} \right)} = \frac{\text{Log} [10^4 - 1]}{2 \cdot \text{Log} \left(\frac{20\text{K}}{5\text{K}} \right)} = 3.3 \Rightarrow n = 4$$

normalizado ($\bar{\omega}_c = 1\text{rad/s}$ y $\bar{R}_s = 1\Omega$)



Realizamos el circuito:



Ejemplo con Primera Autoinducción:

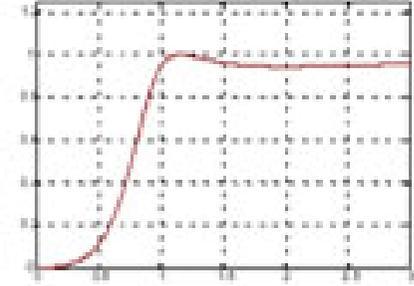
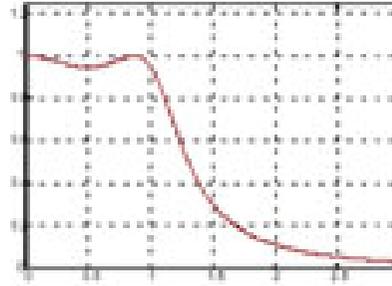
$$\bar{L} = 0.7654\text{H}$$

$$L = \frac{R_s}{\omega_c} \bar{L} = \frac{600}{2\pi 5000} 0.7654 = 0.0146\text{H} = 14.6\text{mH}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS HP (I)

o de un filtro paso-bajo, pueden paso-alto, paso-banda y rechazo-pla similares especificaciones, e transformaciones.



Transformación de filtro paso-bajo del ejemplo en filtro paso-alto.

A:

un filtro LP normalizado.

1 rad/s y $\bar{R}_s = 1\Omega$

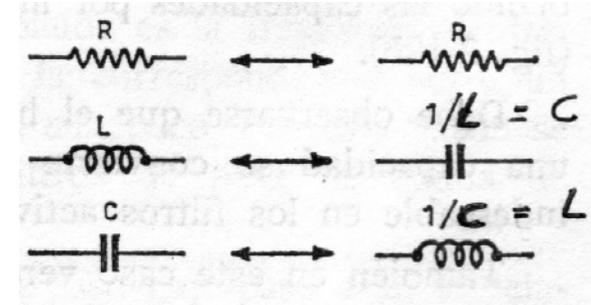
os L y C siguiendo la siguiente regla de transformación:

pasobajas a pasoaltas: $\bar{s} \rightarrow \frac{1}{s}$, donde se ha denotado

e del filtro LP normalizado en $\bar{\omega}_c = 1\text{rad/s}$ y $\bar{R}_s = 1\Omega$.

$$\text{(Ejemplo } \Rightarrow Z_L = L\bar{s} \rightarrow L\frac{1}{s} = \frac{1}{\frac{1}{L}s} = Z_{C=1/L})$$

$$\text{Realiza: } \bar{R} \rightarrow R = R_s \bar{R} \quad ; \quad \bar{L} \rightarrow L = \frac{R_s}{\omega_c} \bar{L} \quad ; \quad \bar{C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega_c R_s} \bar{C}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

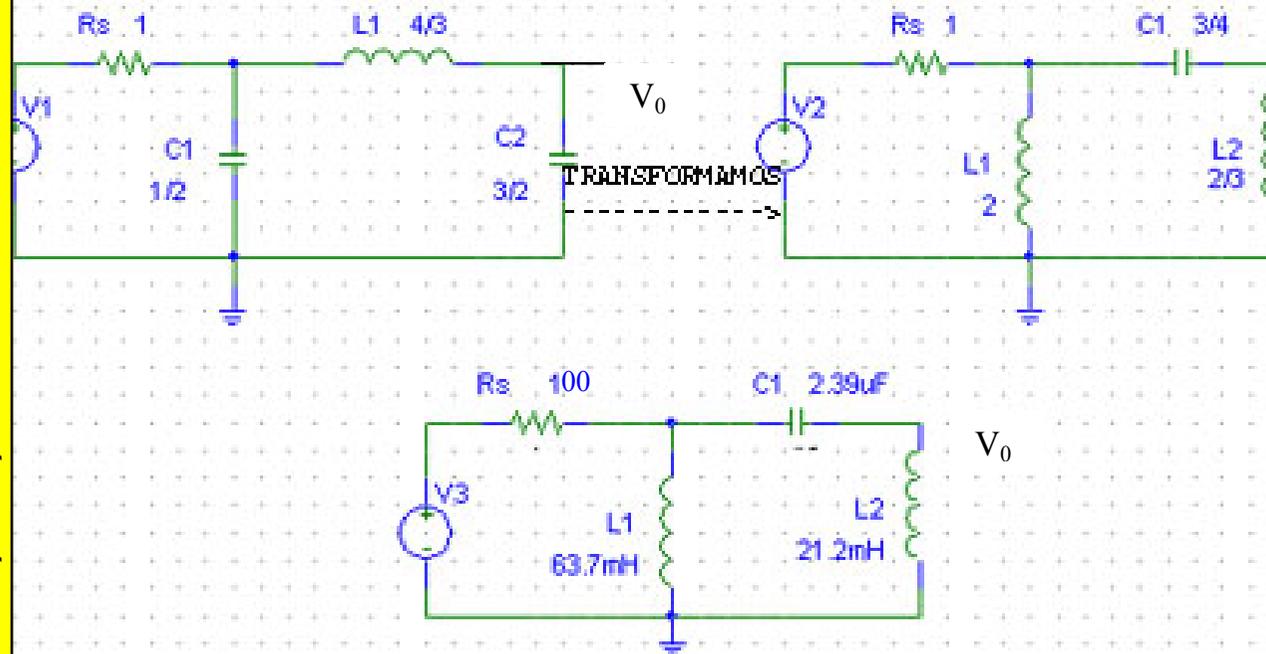
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS HP (II)

ñar un filtro Butterworth paso alto de tercer orden con una f_c de 500Hz y que trabaje con $R_s=100\Omega$ y $10\text{ M}\Omega$.

filtro LP normalizado, es posible considerar que se trata de una red no terminada al ser R_c muy alta entonces una aproximación – si queremos ser exactos debemos hacerlo utilizando adaptación de

$$\omega_c = 2\pi * 500 = 1000\pi \text{ rad/s} ; R_s = 100\Omega ; R_c = 10\text{M}\Omega (\rightarrow \infty)$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

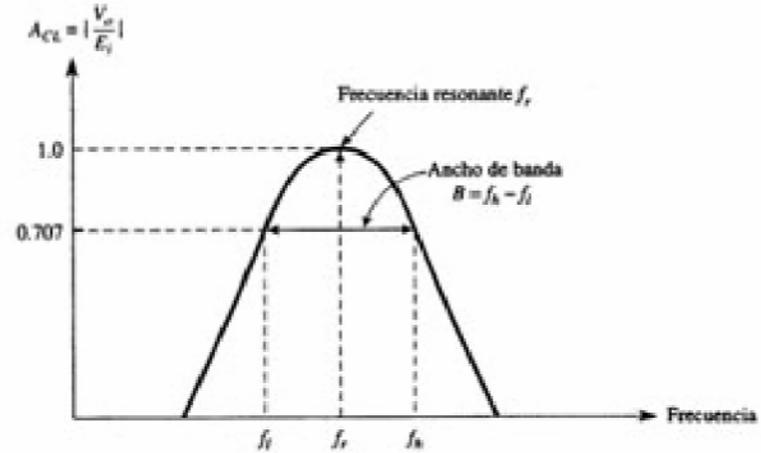
REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS BP (I)

A:

os un filtro LP normalizado a $\bar{R}_s = 1\Omega$, siendo $Q = \frac{\omega_0}{BW(\text{rad/s})} = \frac{f_0}{BW(\text{hz})}$,
 d del filtro BP.

nos L y C siguiendo la siguiente regla de

pasobajas a pasobanda: $\bar{s} \rightarrow s + \frac{1}{s}$



(Ejemplo $\Rightarrow Z_L = L\bar{s} \rightarrow L\left(s + \frac{1}{s}\right) = Ls + \frac{1}{\frac{1}{L}s} = Z_L + Z_{C=1/L}$)

3.- Se **desnormaliza** para una frecuencia de normalización $\Omega_0 = \omega_0$ (frecuencia central del filtro BP que se pretende diseñar) y para una resistencia de normalización $R_o = R_s$.

$$\bar{R} \rightarrow R = R_s \bar{R} \quad ; \quad \bar{L} \rightarrow L = \frac{R_s}{\omega_0} \bar{L} \quad ; \quad \bar{C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega_0 R_s} \bar{C}$$



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70
 CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



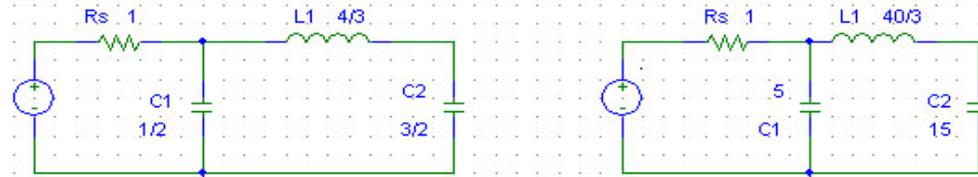
REALIZACIÓN DE FILTROS PASIVOS BP (II)

ñar un filtro paso-banda pasivo de tercer orden con frecuencia central 1Khz y ancho de banda 100hz
 disponer entre una fuente de señal de 100Ω de resistencia de salida y un amplificador de resistencia
 ntrada muy alto.

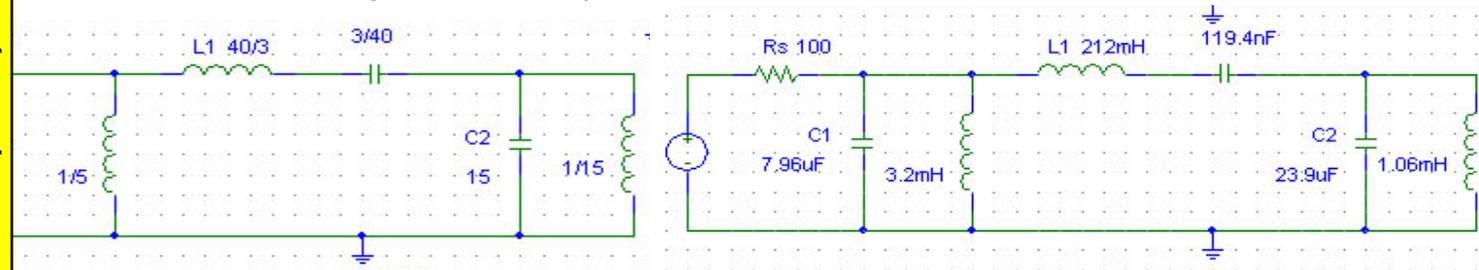
$$f_0=1 \text{ KHz} ; BW= 100 \text{ hz} ; R_s=100\Omega ; R_c=\infty \rightarrow \text{Filtro no terminado} ; Q = \frac{1K}{100} = 10$$

un filtro LP normalizado a $\omega_c = \frac{1}{Q} = 0.1 \text{ rad/seg}$ y $R_s = 1\Omega$: para ello, se parte del filtro LP normalizado a
 $R_s = 1\Omega$ y se desnormaliza este filtro a una frecuencia $\omega_c = 0.1 \text{ rad/seg}$ de según:

$$\bar{R} \rightarrow R = R_s \bar{R} = \bar{R} ; \bar{L} \rightarrow L = \frac{R_s}{\omega_c} \bar{L} = \frac{1}{\omega_c} \bar{L} ; \bar{C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega_c R_s} \bar{C} = \frac{1}{\omega_c} \bar{C}$$



y C, y se desnormaliza a $R_s = 100\Omega$ y $\omega_0 = 2\pi \cdot 1000 = 2000\pi \text{ rad/s}$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al
 Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
 Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS (I)

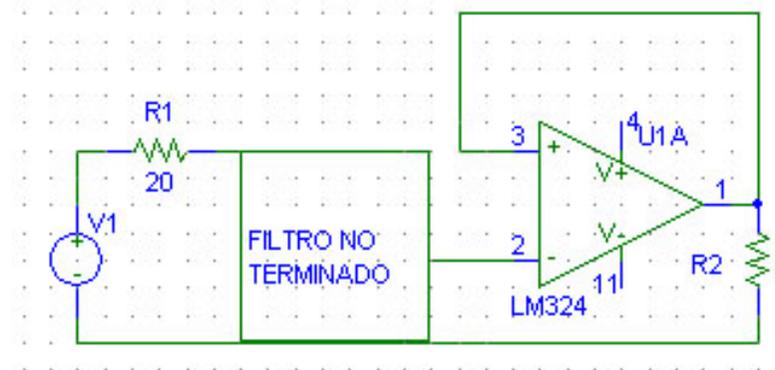
¿Se piden el diseño de un filtro que no es ni *terminado* (si la fuente \neq resistencia de carga) ni *no terminado* (si la carga $\neq \infty$)?.



Se pide diseñar un filtro Butterworth a disponer entre una fuente de voltaje y una carga de 4Ω .

Se pide diseñar medidas en la inserción de un dispositivo entre el filtro y la carga que modifique la resistencia vista por el filtro para convertirlo en un filtro *terminado* o no *terminado*:

Se pide diseñar un seguidor de tensión.



ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS (II)

...tar un transformador tal que la resistencia vista desde su entrada sea la misma que la resistencia de la

... es una bipuerta definida por $V_1 = n \cdot V_2$ y $i_2 = -n \cdot i_1$
...ado *TURNS RATIO*.

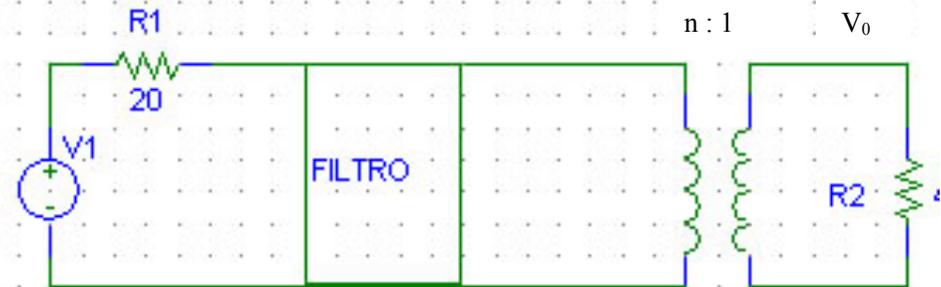
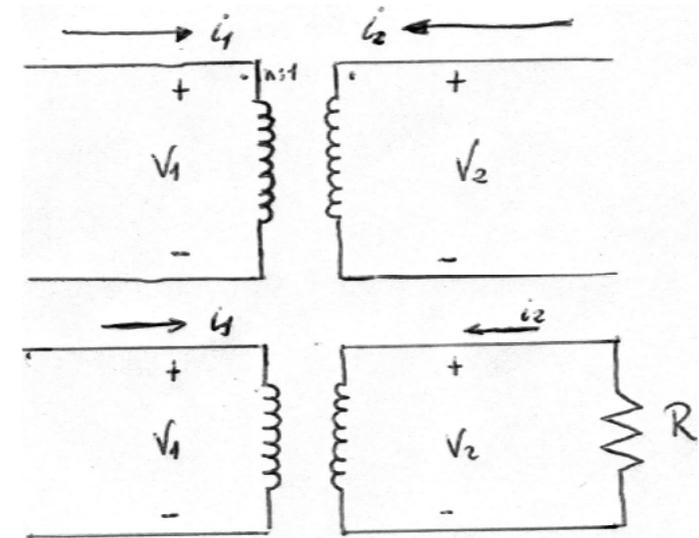
...portante de un transformador es que podemos ajustar la
... desde su entrada a través del Turns Ratio.

...nectamos una resistencia R a su puerta 2:

$$V_2 = n(-i_2) \cdot R = n \cdot n \cdot i_1 \cdot R = n^2 \cdot R \cdot i_1 = R_{eq} i_1$$

... en el ejercicio anterior insertamos
... de turns ratio 2.2, tendríamos un

$$R_s = 20 \Rightarrow n^2 = 5 \Rightarrow n = 2.2$$



ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.