

## FILTROS ACTIVOS

en generalmente por circuitos RC y amplificadores (OPAMP's), los cuales necesitan alimentación a su funcionamiento.

filtrar, los filtros activos pueden amplificar la señal.

La ventaja radica en la posibilidad de ofrecer las mismas prestaciones que los filtros pasivos sin usar inductancias (a bajas frecuencias, son voluminosas, pesadas y caras).

El diseño de filtros complejos mediante la asociación de etapas simples.

## FILTROS ACTIVOS

Diseños LP de 2º Orden y Estructuras indicadas para su implementación.

Diseños normalizados de filtros activos LP de orden 2 y 3 ⇒ Permitirán el diseño de un filtro activo LP de cualquier orden.

Diseños de filtros activos HP.

Diseños de filtros activos BP.



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.



## FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE UN FILTRO LP DE 2º ORDEN

$$\frac{\zeta \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2} = \frac{K \cdot \omega_n^2}{(s - P_1) \cdot (s - P_2)}$$

ganancia en DC (controla la altura del filtro - su altura)

frecuencia Natural (está estrechamente relacionada con la frec. de corte del filtro -  $\omega_c$ ). Fija, por tanto, el ancho de banda de paso. Mayor  $\omega_n$  mayor es la anchura del filtro LP de 2º orden:

$$\omega_c = \omega_n \sqrt{1 - 2\zeta^2} + \sqrt{4\zeta^4 - 4\zeta^2 + 2}$$

Factor de Amortiguamiento (fija la anchura de banda)

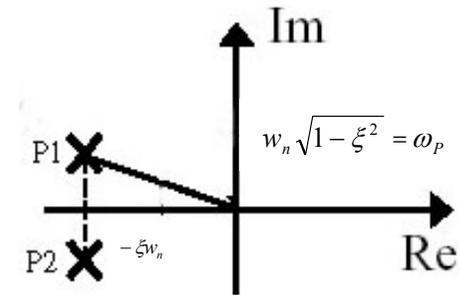
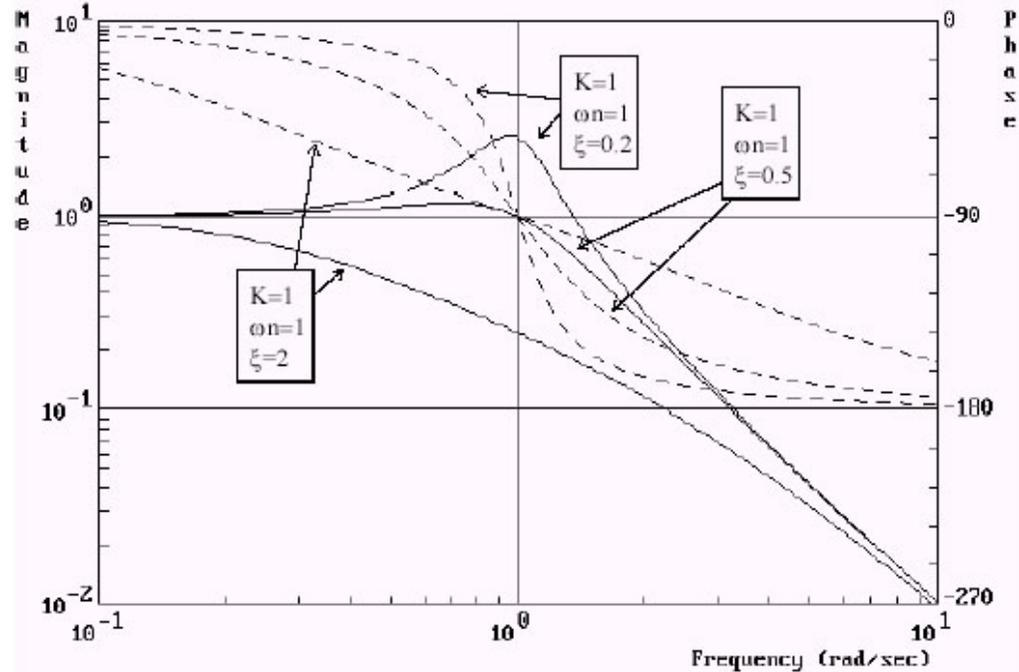
de manera que dos filtros idénticos salvo escala tendrán el mismo  $\zeta$ )  $\Rightarrow$  Como se observa en la fig.

Para  $\zeta = 0.7071$  se produce pico de resonancia. Para  $\zeta = 0.7071 \Rightarrow \omega_c = \omega_n$

esta función de transferencia:  $s^2 + 2\zeta \omega_n \cdot s + \omega_n^2 = 0$

$$P_1 = -\zeta \omega_n + j \cdot \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} = -\zeta \omega_n + j \cdot \omega_p$$

$$P_2 = -\zeta \omega_n - j \cdot \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} = -\zeta \omega_n - j \cdot \omega_p$$

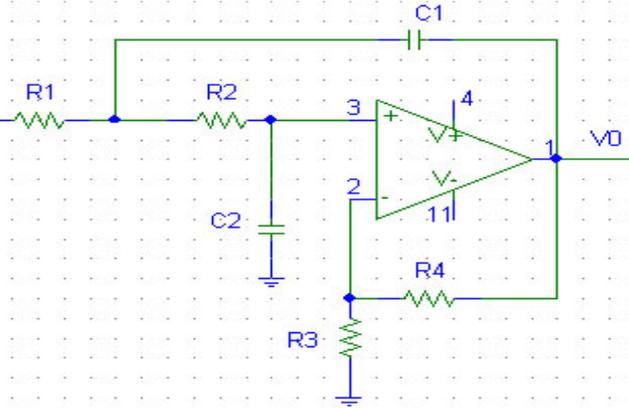


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**TIVOS LP DE 2º ORDEN: ESTRUCTURAS INDICADAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN**

$$\frac{2}{s + \omega_n^2}$$

**1.- Estructura VCVS (fuente de tensión controlada por tensión):**



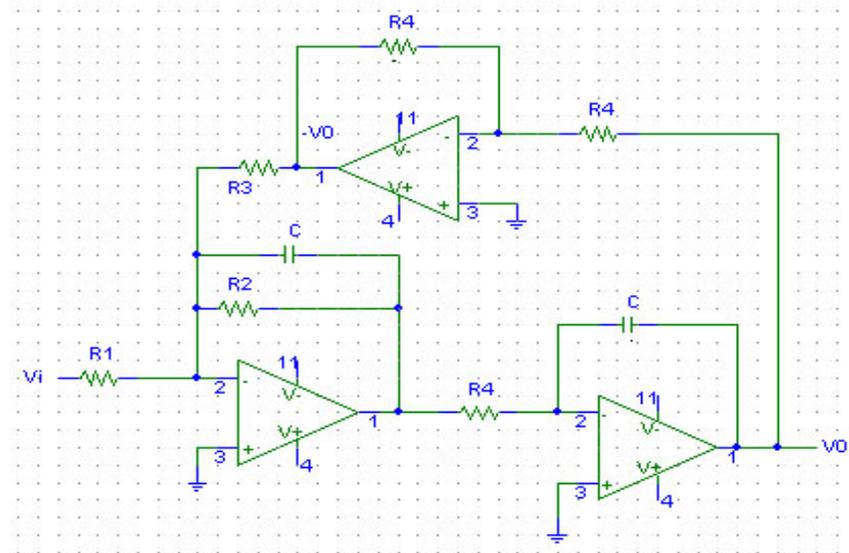
$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3} ; \omega_n^2 = \frac{1}{R_1 \cdot C_1 \cdot R_2 \cdot C_2}$$

$$2\xi \cdot \omega_n = -\frac{R_4/R_3}{R_2 \cdot C_2} + \frac{1}{R_1 \cdot C_1} + \frac{1}{R_2 \cdot C_1}$$

**2.- Estructura Bicuadrática:**

$$\omega_n^2 = \frac{1}{R_3 \cdot R_4 \cdot C^2} ; 2\xi \cdot \omega_n = \frac{1}{R_2 \cdot C}$$

(Estructura más fácil de sintonizar)



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



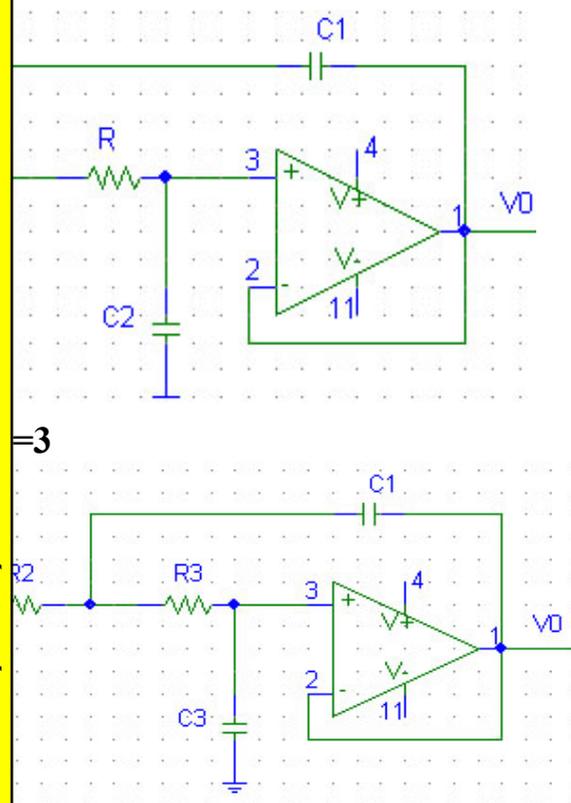


## DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE BAJO (I)

len. 2.- Construir un filtro normalizado a una frec. de corte de 1 rad/s. 3.- Escalar a la frec. deseada.

os LP basados en la estructura VCVS Normalizados a  $K=1$  y  $\omega_c = 1\text{rad/s}$ . Los valores de las  $n$  de  $1\Omega$  y los de los condensadores  $\bar{C}_i$  están tabulados en la siguiente tabla (en Faradios).

que  $R_4=0$ ) y orden  $n=2$



Orden	2	3	4	5	6
Butterworth					
$C_1$	1,414 +0	3,546 +0	1,082 +0 2,613 +0	1,753 +0 3,235 +0	1,035 +0 1,414 +0 3,863 +0
$C_2$	7,071 -1	1,392 +0	9,241 -1 3,825 -1	1,354 +0 3,089 -1	9,660 -1 7,071 -1 2,588 -1
$C_3$		2,024 -1		4,214 -1	
Chebyshev 2 dB					
$C_1$	2,672 +0	2,782 +0	4,021 +0 9,707 +0	1,240 +1 1,499 +1	5,750 +0 7,853 +0 2,146 +1
$C_2$	5,246 -1	3,113 +0	1,163 +0 1,150 -1	4,953 +0 7,169 -2	1,769 +0 2,426 -1 4,902 -2
$C_3$		3,892 -2		1,963 -1	
Chebyshev 1 dB					
$C_1$	2,218 +0	1,618 +1	3,125 +0 7,546 +0	8,884 +0 1,155 +1	4,410 +0 6,024 +0 1,646 +1
$C_2$	6,061 -1	2,567 +0	1,269 +0 1,489 -1	3,935 +0 9,355 -2	1,904 +0 3,117 -1 6,425 -2
$C_3$		6,428 -2		2,540 -1	
Chebyshev 0,25 dB					
$C_1$	1,778 +0	8,551 +0	2,221 +0 5,363 +0	5,543 +0 8,061 +0	3,044 +0 4,159 +0 1,136 +1
$C_2$	6,789 -1	2,018 +0	1,285 +0 2,084 -1	2,898 +0 1,341 -1	1,875 +0 4,296 -1 9,323 -2
$C_3$		1,109 -1		3,425 -1	
Chebyshev 0,1 dB					
$C_1$	1,638 +0	6,653 +0	1,901 +0 4,592 +0	4,446 +0 6,810 +0	2,553 +0 3,487 +0 9,531 +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



## DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE BAJO (II)

frecuencia  $\omega_c$  y resistencia R deseada: **modificando el valor de los condensadores según**  $C_i = \frac{\bar{C}_i}{\omega_c R}$

### RECUENCIA: Consideraciones.

ivo de 2º orden implementado con estruct. VCVS o bicuadrática, caracterizado con K,  $\xi$  y  $\omega_n$  dadas. Si queremos a natural y pasar de  $\omega_n \rightarrow \omega_n^* = a\omega_n$  sin cambiar la forma del filtro, debemos garantizar que  $\xi$  se mantenga parámetro que define su forma:

**Estructura bicuadrática de 2º orden:**  $\omega_n^2 = \frac{1}{R_3 \cdot R_4 \cdot C^2}$  ;  $2\xi \cdot \omega_n = \frac{1}{R_2 \cdot C} \Rightarrow 2\xi = \frac{1}{R_2 \cdot C \cdot \omega_n}$

$\omega_n$  manteniendo constante  $\xi$ , debemos hacerlo de forma que:  $R_2 \cdot C \cdot \omega_n = R_2^* \cdot C^* \cdot \omega_n^* = \text{constante}$

### Estructura VCVS de 2º orden:

$$\frac{1}{R_2 \cdot C_2} ; 2\xi \cdot \omega_n = -\frac{R_4/R_3}{R_2 \cdot C_2} + \frac{1}{R_1 \cdot C_1} + \frac{1}{R_2 \cdot C_1} \Rightarrow 2\xi = -\frac{R_4/R_3}{R_2 \cdot C_2 \omega_n} + \frac{1}{R_1 \cdot C_1 \omega_n} + \frac{1}{R_2 \cdot C_1 \omega_n}$$

$\omega_n$  sin que cambie  $\xi$ , debemos hacerlo de forma que los productos se mantengan constantes con los nuevos valores:

$$R_2 \cdot \omega_n = R_2^* \cdot C_2^* \cdot \omega_n^* ; R_1 \cdot C_1 \cdot \omega_n = R_1^* \cdot C_1^* \cdot \omega_n^* ; R_2 \cdot C_1 \cdot \omega_n = R_2^* \cdot C_1^* \cdot \omega_n^*$$

Para las estructuras VCVS normalizadas anteriores, para las que todas las resistencias  $\bar{R}$  son iguales a  $1\Omega$ , la condición frecuencia  $\omega_n$  (y por tanto  $\omega_c$ , ya que  $\omega_c = \omega_n f(\xi)$ ) manteniendo  $\xi$  constante, es:

$$R \cdot C_1 \cdot \omega_n \Leftrightarrow \bar{R} \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{\omega}_c = R \cdot C_1 \cdot \omega_c \Rightarrow (\bar{R} = 1\Omega \text{ y } \bar{\omega}_c = 1\text{rad/s}) \Rightarrow \bar{C}_1 = R \cdot C_1 \cdot \omega_c \Rightarrow C_1 = \bar{C}_1 / R \cdot \omega_c$$

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.



### DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE BAJO (III)

struir un filtro LP activo Butterworth de 2º orden con  $f_c = 1\text{KHz}$ , utilizando resistencias de  $1\text{K}\Omega$ .

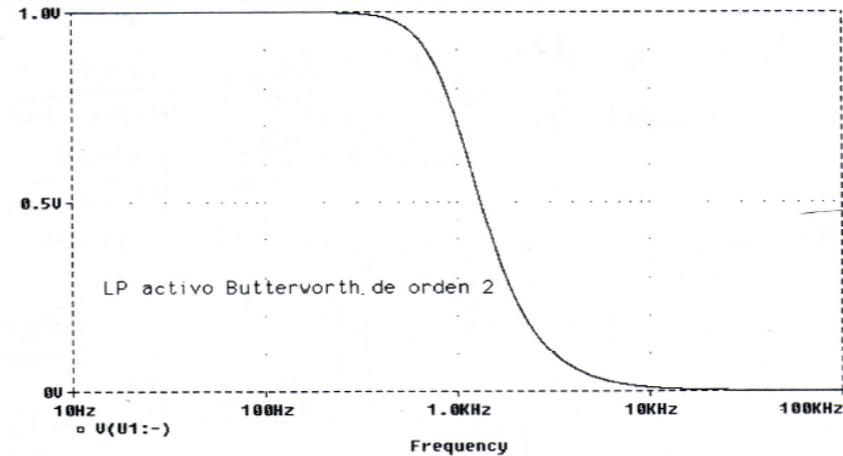
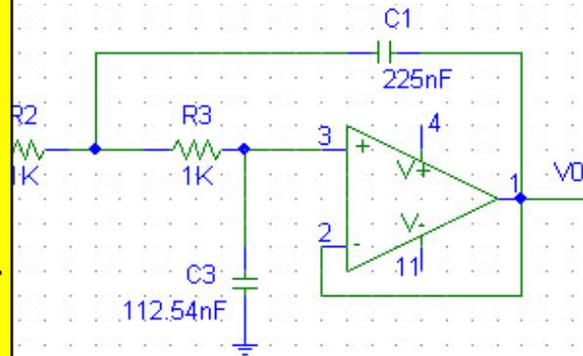
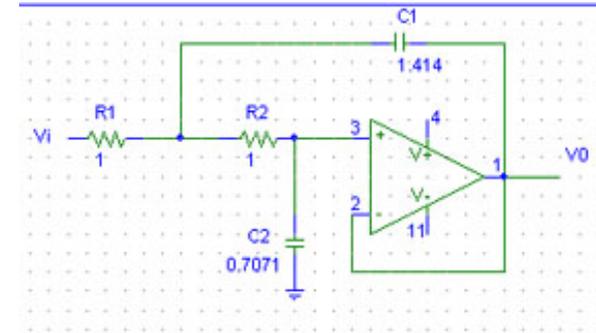
$00\pi\text{ rad/s}$  ;  $R = 1\text{K}\Omega$ .

ectura VCVS normalizada de 2º orden, con valores de C obtenidos por

$$\bar{C}_2 = 0.7071F.$$

de las resistencias a  $1\text{K}\Omega$  y de los condensadores:

$$C_1 = \frac{\bar{C}_1}{\omega_c R} = 225\text{nF} ; C_2 = \frac{\bar{C}_2}{\omega_c R} = 112.54\text{nF}$$



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.

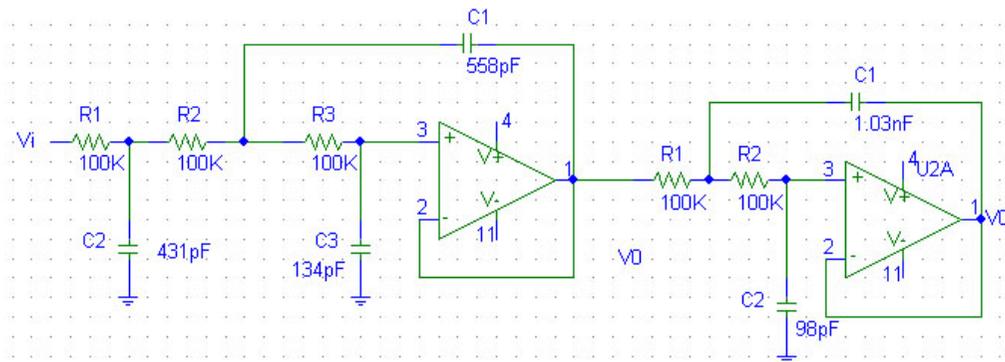


## DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE BAJO (IV)

ñar con estructura VCVS un filtro Butterworth paso-bajo de orden 5 con  $f_c = 5\text{Khz}$  y  $R = 100\text{K}\Omega$ .

de orden 4 o superior debemos utilizar etapas de 2º y 3º orden dispuestas en serie (los valores de  $\overline{C}_i$  de cada etapa se basan para el orden del filtro a diseñar ( $n = 4, 5$  o  $6$ ). De esta forma, un filtro de orden 5 estará formado por una primera etapa de orden 2 en serie con una segunda de orden 2 en serie.

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = \frac{\overline{C}_1}{\omega_c \cdot R} = \frac{1.753}{\pi \cdot 10^9} = 558\text{pF} \\ C_2 = \frac{\overline{C}_2}{\omega_c \cdot R} = \frac{1.354}{\pi \cdot 10^9} = 431\text{pF} \\ C_3 = \frac{\overline{C}_3}{\omega_c \cdot R} = \frac{0.421}{\pi \cdot 10^9} = 134\text{pF} \end{array} \right. + \text{Etapa de orden 2} = \left\{ \begin{array}{l} C_1 = \frac{\overline{C}_1}{\omega_c \cdot R} = \frac{3.235}{\pi \cdot 10^9} = 51.03\text{nF} \\ C_2 = \frac{\overline{C}_2}{\omega_c \cdot R} = \frac{0.309}{\pi \cdot 10^9} = 98\text{pF} \end{array} \right.$$



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

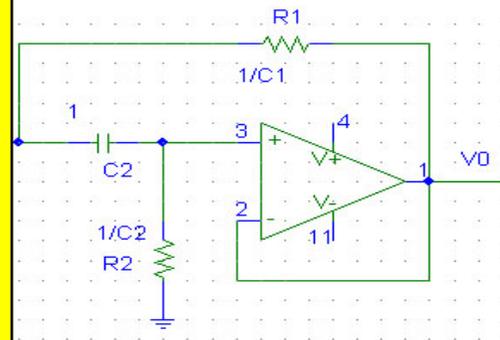


## DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE ALTA (I)

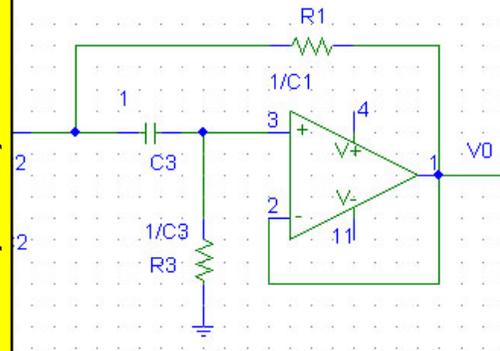
len. 2.- Construir un filtro HP normalizado a una  $\omega_c$  de 1 rad/s. 3.- Escalar a la  $\omega_c$  deseada.

os HP basados en la estructura VCVS Normalizados a  $K=1$  y  $\omega_c = 1\text{rad/s}$ . Los condensadores son de resistencias se calculan según  $\bar{R}_i = 1/C_i^{\text{tab}}$ , donde  $C_i^{\text{tab}}$  son los valores que aparecen tabulados en la tabla.

var que  $R_4=0$ ) y orden  $n=2$



orden  $n=3$



Orden	2	3	4	5	6
Butterworth					
$C_1$	1,414 +0	3,546 +0	1,082 +0 2,613 +0	1,753 +0 3,235 +0	1,035 +0 3,863 +0
$C_2$	7,071 -1	1,392 +0	9,241 -1 3,825 -1	1,354 +0 3,089 -1	9,660 -1 7,071 -1 2,588 -1
$C_3$		2,024 -1		4,214 -1	
Chebyshev 2 dB					
$C_1$	2,672 +0	2,782 +0	4,021 +0 9,707 +0	1,240 +1 1,499 +1	5,750 +0 7,853 +0 2,146 +1
$C_2$	5,246 -1	3,113 +0	1,163 +0 1,150 -1	4,953 +0 7,169 -2	1,769 +0 2,426 -1 4,902 -2
$C_3$		3,892 -2		1,963 -1	
Chebyshev 1 dB					
$C_1$	2,218 +0	1,618 +1	3,125 +0 7,546 +0	8,884 +0 1,155 +1	4,410 +0 6,024 +0 1,646 +1
$C_2$	6,061 -1	2,567 +0	1,269 +0 1,489 -1	3,935 +0 9,355 -2	1,904 +0 3,117 -1 6,425 -2
$C_3$		6,428 -2		2,540 -1	
Chebyshev 0,25 dB					
$C_1$	1,778 +0	8,551 +0	2,221 +0 5,363 +0	5,543 +0 8,061 +0	3,044 +0 4,159 +0 1,136 +1
$C_2$	6,789 -1	2,018 +0	1,285 +0 2,084 -1	2,898 +0 1,341 -1	1,875 +0 4,296 -1 9,323 -2
$C_3$		1,109 -1		3,425 -1	
Chebyshev 0,1 dB					
$C_1$	1,638 +0	6,653 +0	1,901 +0 4,592 +0	4,446 +0 6,810 +0	2,553 +0 3,487 +0 9,531 +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



## DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE ALTA (II)

frecuencia  $\omega_c$  y valor de C deseado, **modificando el valor de las resistencias según**  $R_i = \frac{1}{\omega_c \cdot C \cdot C_i^{tab}}$

transferencia de segundo orden con característica paso de alta es:  $H(s) = \frac{Ks^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$ , donde, al igual que en el

$\xi \equiv$  Factor de Amortiguamiento, fija la forma del filtro.

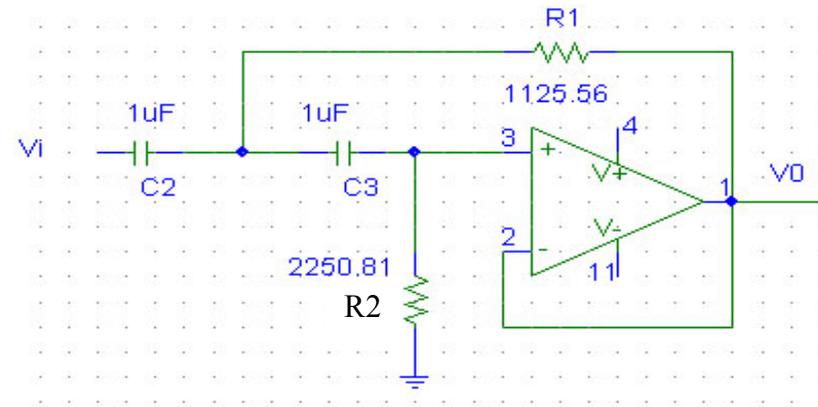
as VCVS HP anteriores, para las cuales  $\bar{\omega}_c = 1\text{rad/s}$ ,  $\bar{C} = 1\text{F}$  y  $\bar{R}_i = 1/C_i^{tab} \equiv$  valor conocido, la modificación de la  $\omega_c$  del filtro HP, sin variar su forma, es decir manteniendo  $\xi$  constante es:

$$R_i = \bar{R}_i \cdot C \cdot \omega_c \Rightarrow (\bar{C} = 1\text{F} \text{ y } \bar{\omega}_c = 1\text{rad/s}) \Rightarrow \bar{R}_i = R_i / C \cdot \omega_c \Rightarrow R_i = \bar{R}_i / C \cdot \omega_c = 1 / (C_i^{tab} \cdot C \cdot \omega_c)$$

Diseñar un filtro activo HP Butterworth de orden 2 con  $f_c = 100\text{ Hz}$ , utilizando condensadores de  $1\mu\text{F}$ .

$$R_1 = \frac{1}{(200\pi) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) \cdot (1.414)} = 1125.56\Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{(200\pi) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) \cdot (0.7071)} = 2250.81\Omega$$



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.



### FILTROS PASO-BANDA: consideraciones generales

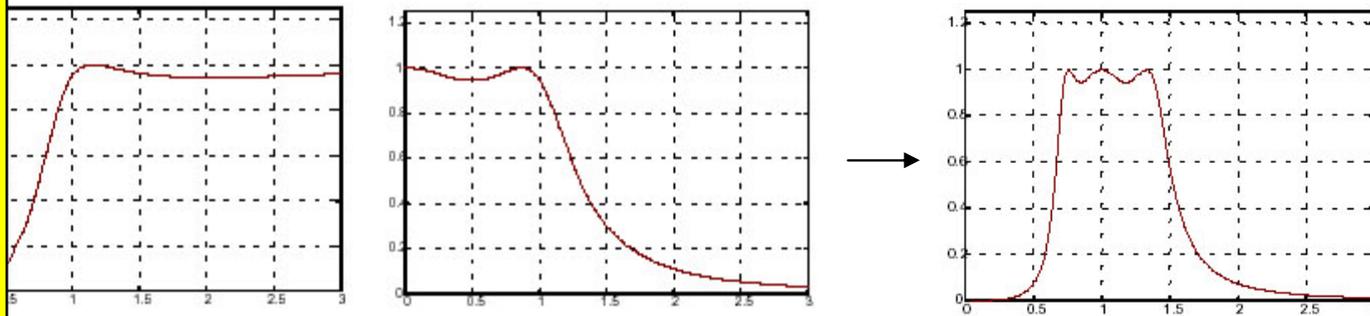
Función de transferencia de 2º orden: 
$$H(s) = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2} = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + Bs + \omega_0^2}$$
 donde:.

$\omega_0$  en rad/seg ;  $Q = \text{Factor de Calidad} \equiv Q = \frac{\omega_0}{BW(\text{rad/s})} = \frac{f_0}{BW(\text{Hz})}$  ;  $\omega_0 \equiv \text{Frecuencia Central}$

Amplitud de ganancia en la frecuencia central  $\omega_0$ : 
$$H(j\omega_0) = \frac{K \cdot \omega_0 \cdot j\omega_0}{-\omega_0^2 + j\omega_0 \cdot B + \omega_0^2} = \frac{K \cdot \omega_0}{B} = K \cdot \frac{\omega_0}{B} = K \cdot Q$$

### DISEÑO DE FILTROS ACTIVOS PASO DE BANDA

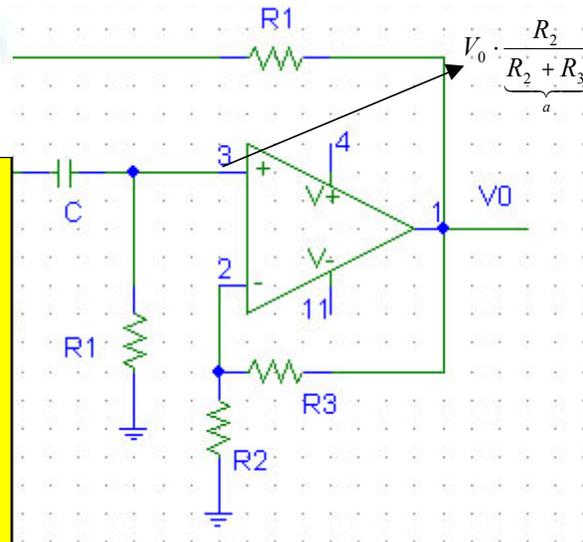
Partir de la conexión en serie de un filtro HP y otro LP:



Partir de estructuras básicas VCVS (para  $Q < 4$ ) y Bicuadrática ( $Q \uparrow \uparrow$  hasta 100).

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

3) DE FILTROS ACTIVOS BP: a partir de estructura VCVS (para Q < 4) (I)



Se puede demostrar (\*) que  $H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + Bs + \omega_0^2}$ ,

con:  $K = \frac{1 + \frac{R_3}{R_2}}{\sqrt{2}}$  ;  $B = [2\sqrt{2} - K] \cdot \omega_0$  y  $\omega_0 = \frac{\sqrt{2}}{R_1 C}$

El factor de calidad de este filtro:

$$Q = \frac{\omega_0}{B} = \frac{\omega_0}{[2\sqrt{2} - K] \cdot \omega_0} = \frac{1}{2\sqrt{2} - \frac{1 + \frac{R_3}{R_2}}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}}{3 - \frac{R_3}{R_2}}$$

Si se desean  $Q \uparrow \uparrow \Rightarrow 3 - \frac{R_3}{R_2} \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{R_3}{R_2} \approx 3 \Rightarrow$  el filtro

valor de estas dos resistencias  $\Rightarrow$  esta estructura sólo se aplica para  $Q < 4$ .

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_0 - V_x}{R_1} &= \frac{V_x}{Z_C} + \frac{V_x - a \cdot V_0}{Z_C} \\ \frac{a \cdot V_0}{R_1} &= \frac{V_x - a \cdot V_0}{Z_C} \end{aligned} \right\} \rightarrow \rightarrow \left\{ \begin{aligned} \frac{V_{in} + V_0 - 2V_x}{R_1} &= \frac{2V_x - a \cdot V_0}{Z_C} \\ \frac{V_x - a \cdot V_0}{Z_C} &= \frac{a \cdot V_0}{R_1} \end{aligned} \right. \rightarrow \rightarrow H(s) = \frac{V_0(s)}{V_1(s)}$$



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.

sivos .

**) DE FILTROS ACTIVOS BP: a partir de estructura VCVS (para Q < 4) (II)**

ñar un filtro activo paso de banda con  $f_0 = 10\text{Khz}$  y ancho de banda (BW) de 5 Khz.

$Q = 2 < 4 \rightarrow$  Estructura VCVS

$$Q = 2 \Leftrightarrow 2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 = [2\sqrt{2} - K] \cdot 2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \Leftrightarrow \frac{1}{2} = [2\sqrt{2} - K] \Rightarrow K = \frac{4\sqrt{2} - 1}{2} = 2.328$$

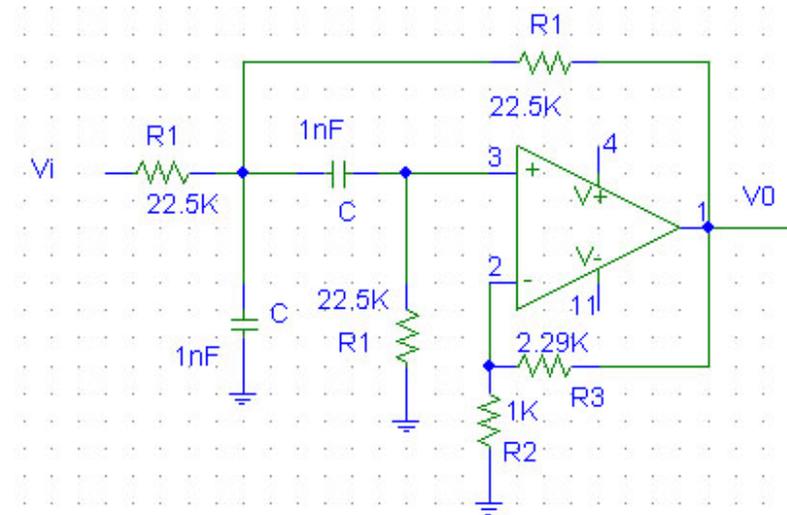
$$2.328 \Rightarrow \frac{R_3}{R_2} = 2.29.$$

$$R_2 = 1\text{K} \quad R_3 = 2.29\text{K}$$

$$Q = \frac{\sqrt{2}}{\omega_0 C}$$

$$C = \frac{\sqrt{2}}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 22.5\text{K}\Omega$$

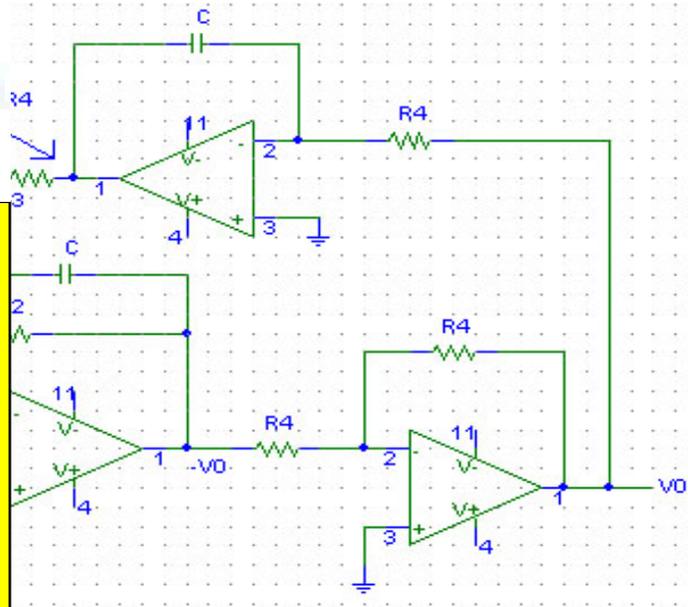
ancia central:  $H(j\omega_0) = K \cdot Q = 2.328 \times 2 = 4.656$



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.

## FILTROS ACTIVOS BP: a partir de estructura Bicuadrática (Q↑↑ hasta 100) (I)

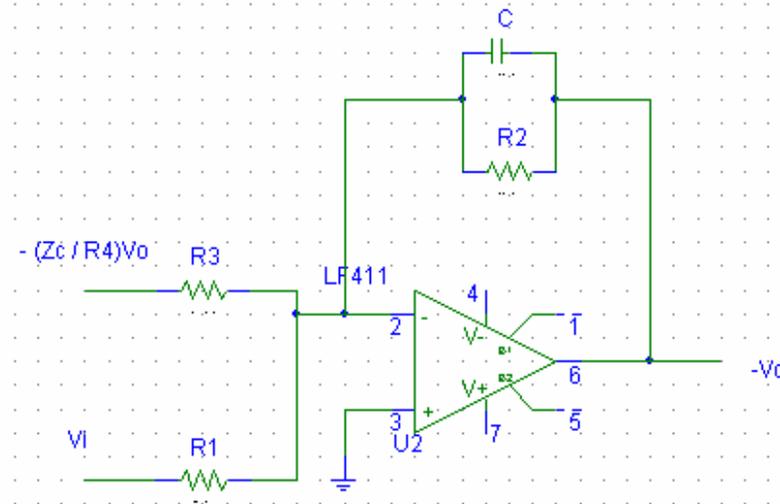


$$(*) : \frac{V_0}{R_2 // Z_C} = \frac{-Z_C}{R_4} V_0 + \frac{V_i}{R_1} \Leftrightarrow$$

Se puede demostrar (\*) que:

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K\omega_0 s}{s^2 + Bs + \omega_0^2},$$

$$\text{con: } K = \frac{\sqrt{R_3 R_4}}{R_1} ; B = \frac{1}{R_2 C} \text{ y } \omega_0^2 = \frac{1}{R_3 R_4 C^2}$$



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

## FILTROS ACTIVOS BP: a partir de estructura Bicuadrática (Q↑↑ hasta 100) (II)

señalar un filtro activo paso de banda de orden 2, centrado en 1Khz y de ancho de banda 100Hz.

$$f_0 = 1\text{KHz} \Rightarrow Q = \frac{f_0}{\text{BW}} = \frac{1000}{100} = 10 > 4 \Rightarrow \text{Bicuadrática} \Rightarrow K = \frac{\sqrt{R_3 R_4}}{R_1} ; B = \frac{1}{R_2 C} ; \omega_0^2 = \frac{1}{R_3 R_4 C^2}$$

lo que podemos hacer:  $K = 1 \Rightarrow R_3 = R_4 = R_1 \rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{R_1^2 C^2} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{R_1 C}$

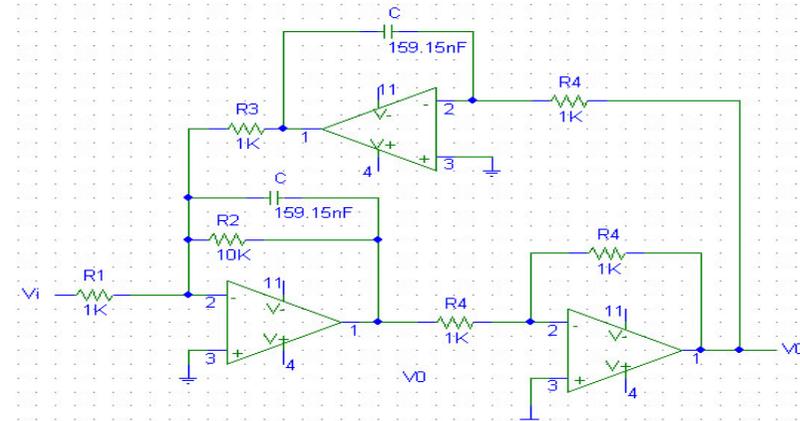
$$\left. \begin{aligned} 2\pi \cdot 1000 &= \frac{1}{R_1 C} \\ 2\pi \cdot 100 &= \frac{1}{R_2 C} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow$$

$$\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = 10 \cdot R_1$$

$$R_1 = 1\text{K}\Omega \rightarrow R_2 = 10\text{K}\Omega$$

$$\pi \cdot 100 = \frac{1}{1 \cdot 10^4 \cdot C} \Rightarrow C = \frac{1}{1 \cdot 10^4 \cdot 2\pi \cdot 100} = 159.15\text{nF}$$

$$Q = K \cdot Q = 1 \cdot 10 = 10$$



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

## SENSIBILIDAD

ro **P**, su **sensibilidad normalizada a un factor F**, se define como:

$$S_F^P = \frac{dP/P}{dF/F} = \frac{d(\ln P)}{d(\ln F)}$$

El ejemplo que muestra cómo le afecta a una propiedad del sistema la variación de un determinado parámetro.

Se muestra la sensibilidad de la frecuencia de corte de un filtro respecto a las variaciones de una resistencia  $R_1$

$$S_{R_1}^{\omega_c} = \frac{d(\ln \omega_c)}{d(\ln R_1)} = \frac{d\omega_c/\omega_c}{dR_1/R_1} = -\frac{1}{2}$$

que si la resistencia  $R_1$  crece, por ejemplo, un 10% de su valor, la frecuencia de corte  $\omega_c$  del filtro disminuye un 5% de su valor.

que si la resistencia  $R_1$  tiene, por ejemplo, derivas de  $100 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , ello provoca derivas en la frecuencia de corte  $\omega_c$  de  $50 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , y que cuando  $R_1$  aumenta  $\omega_c$  disminuye y viceversa.

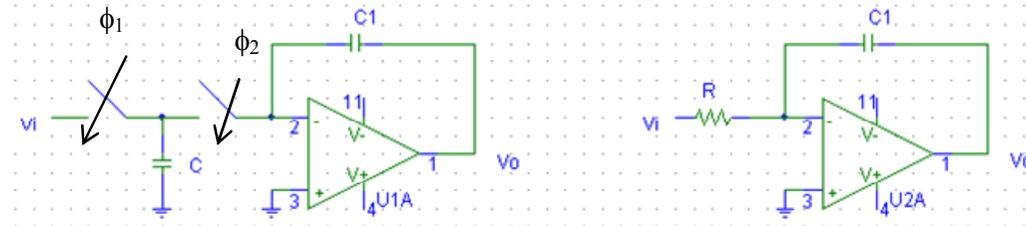
## FILTROS DE CAPACIDADES CONMUTADAS

capacidades conmutadas (SC, *switched capacitor*) son una clase particular de filtros activos que no tienen resistencias, sino solamente A.O., condensadores e interruptores (transistores), por lo que están muy indicados para la integración monolítica (las resistencias ocupan mucho espacio en los C.I.).

Por ejemplo la célula integradora de un filtro de tipo analógico:

El condensador  $C$  es controlado por las señales de control de los transistores conmutadas por una señal de reloj. El reloj conmuta alternativamente el condensador en dos modos de modo que si el periodo de la señal de reloj es  $T$  (frecuencia de la señal de reloj) la corriente de entrada queda:

$$I_m = V_i \cdot C \cdot f_r. \text{ Por tanto: } V_i = I_m \cdot (C \cdot f_r)^{-1} = I_m \cdot R_{eq} ; \text{ con } R_{eq} = (C \cdot f_r)^{-1}. \text{ Obviamente } f_r \text{ debe tener un valor alto.}$$



### INCONVENIENTES:

- Útiles sólo a bajas frecuencias (200Khz) debido a la aparición de interferencias y ruidos.
- Bajo rango dinámico.