UPMDIE INDUSTRIALES

TEMA 2
AMPLIFICACIÓN ELECTRÓNICA

- Amplificación de Señales: Tipos de Amplificadores
- Respuesta en frecuencia: Diagramas de Bode, dB
- Respuesta en frecuencia de amplificadores

cei@upm.es

POLITÉCNICA

UPMDIE INDUSTRIALES

TEMA 2
AMPLIFICACIÓN ELECTRÓNICA

Amplificación de Señales: Tipos de Amplificadores
Respuesta en frecuencia: Diagramas de Bode, dB
Respuesta en frecuencia de amplificadores

cei@upm.es

©Universidad Politécnica de Madrid

POLITÉCNICA

Definición de amplificador

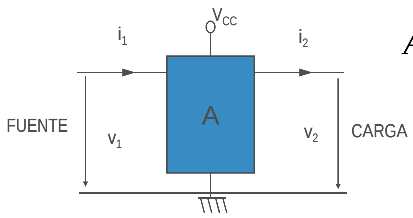
Amplificador

Dispositivo que magnifica una señal

- La potencia en la salida puede ser mayor que a la entrada ⇨ fuente de energía adicional (fuente de alimentación)
- Un transformador **NO** es un amplificador

Ganancia

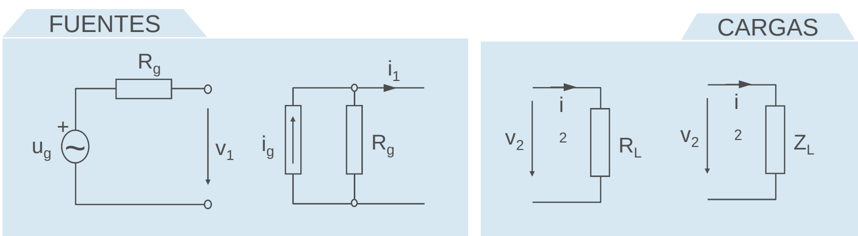
Relación entre la magnitud de salida y la de entrada



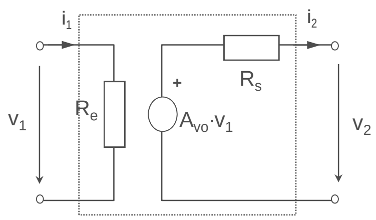
$$A_U = \frac{v_2}{v_1}; \quad A_i = \frac{i_2}{i_1}$$

$$P_2 > P_1$$

Fuentes y cargas



Circuito equivalente de un amplificador de tensión



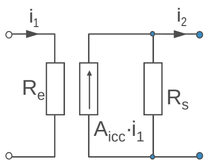
- **A_{vo}** Ganancia de tensión en vacío (circuito abierto), adimensional
- **R_e** Resistencia de entrada (Ω)
- **R_s** Resistencia de salida (Ω)

PARÁMETROS DESEABLES

- R_e ↑
- R_s ↓

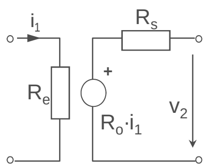
Otros tipos de amplificadores

AMPLIFICADOR DE CORRIENTE



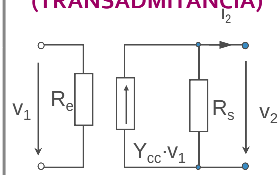
- R_e ↓
- R_s ↑

AMPLIFICADOR DE TRANSRRESISTENCIA (TRANSIMPEDANCIA)



- R_e ↓
- R_s ↓

AMPLIFICADOR DE TRANSCONDUCTANCIA (TRANSADMITANCIA)



- R_e ↑
- R_s ↑

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} \qquad A_Z = \frac{v_2}{i_1}(\Omega) \qquad A_Y = \frac{i_2}{v_1}\Omega^{-1}$$

Ganancias en dB

Se puede expresar en decibelios

Ganancia

$$A_v(dB) = 20\log_{10}\frac{v_2}{v_1}$$

$$A_i(dB) = 20\log_{10}\frac{i_2}{i_1}$$

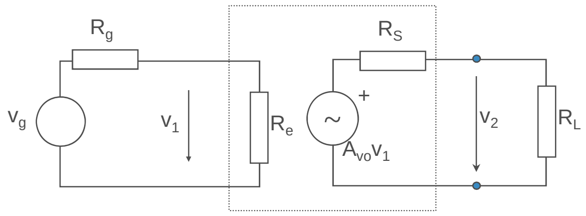
$$A_p(dB) = 10\log_{10}\frac{P_2}{P_1}$$

A_v	A_v(dB)
0.01	20 log 10^{-2} = -40dB
1	20 log 1 = 0dB
	20 log $\sqrt{2}$ = 3 dB
10^5	20 log 10^5 = 80dB

Ejemplo de amplificador de tensión

Datos

$$A_{vo} = 10$$
$$R_e = 1k\Omega$$
$$R_s = 10\Omega$$
$$v_g = 2sen\,\omega t\ \text{(vol)}$$
$$R_g = 100\Omega$$
$$R_L = 50\Omega$$



Idealmente $v_2 \approx 10v_g$, pero se pierde algo, ¿dónde?

→ en R_g cae tensión que no llega al amplificador

→ en R_s cae tensión que no llega a la carga

Solución

$$v_1 = v_g\frac{R_e}{R_e + R_g} = 1{,}82sen\omega t(vol)$$

$$v_2 = A_{uo}\cdot v_1\frac{R_L}{R_S + R_L} = 15{,}15sen\omega t(vol)$$

En un amplificador de tensión interesa tener:

$R_g \ll R_e$

$R_S \ll R_L$

Ganancia en carga A_{uL}

$$A_u = \frac{v_2}{v_g} = \frac{A_{uo} \cdot v_1 \cdot \frac{R_L}{R_S + R_L}}{v_g} = A_{uo} \frac{R_e}{R_e + R_g} \cdot \frac{R_L}{R_S + R_L}$$

$$A_u = 7{,}57$$

Potencia media de salida:

$$P_2 = \frac{1}{2}\frac{V_2^2}{R_L} = 2{,}3W$$

Potencia media de entrada:

$$P_1 = \frac{1}{2}\frac{V_1^2}{R_e} = 1{,}6mW$$

Pérdidas en R_S: $$P_{RS} = \frac{1}{2} I_2^2 \cdot R_S = \frac{1}{2}\left(\frac{V_1 \cdot A_{uo}}{R_s + R_L}\right)^2 \cdot R_S = 0{,}46W$$

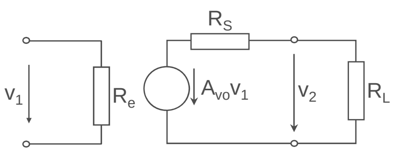
$$P_1 < P_2 + P_{RS} \Rightarrow$$ ***Alimentar amplificador***

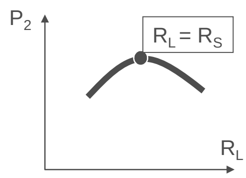
Potencia transferida

$$P_2 = \frac{1}{2}\frac{V_2^2}{R_L}$$

$$V_2 = \frac{Av_o \cdot V_1}{R_s + R_L} \cdot R_L$$

$$P_2 = \frac{1}{2} Av_o^2 \cdot V_1^2 \frac{R_L}{(R_L + R_S)^2}$$





Adaptación impedancias (R_L=R_S): Máxima potencia que puede transferir un amplificador	$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{R_S}} = 50\%$
Transferencia eficiente: No adaptar impedancias	$R_L > R_S \Rightarrow \eta > 50\%$

UPMDIE INDUSTRIALES

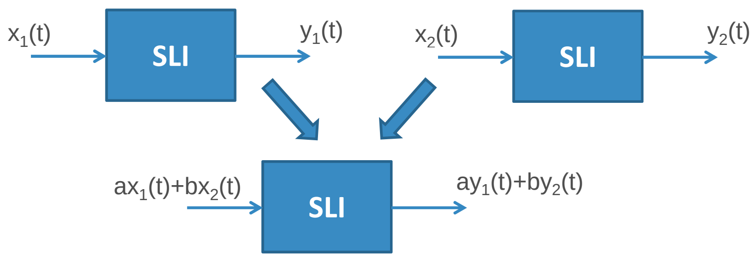
TEMA 2
AMPLIFICACIÓN ELECTRÓNICA

- Amplificación de Señales: Tipos de Amplificadores
- **Respuesta en frecuencia: Diagramas de Bode, dB**
- Respuesta en frecuencia de amplificadores

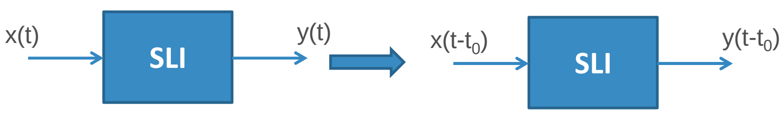
cei@upm.es

Respuesta en frecuencia (Sistema lineal)

- Un sistema electrónico es un ***Sistema Lineal e Invariante*** (SLI) y por tanto se cumple que:
  - Linealidad



  - Invariante en el tiempo



Respuesta en frecuencia (Sistema lineal)

- Para el estudio de SLI el ***Desarrollo en Serie de Fourier*** o la ***Transformada de Fourier*** tienen enormes ventajas:
  - Los armónicos son señales sinusoidales (o exponenciales complejas según las relaciones de Euler)
  - Permite abarcar un gran número de señales (periódicas)
  - La respuesta de los SLI a estas señales es muy sencilla
- La exponencial compleja e^{st} con s=jw cumple que:

$$e^{st} \Rightarrow H(s)e^{st}; \{s = jw\}$$

Función propia (entrada) (Eigenfunction)

Valor propio (Eigenvalue)

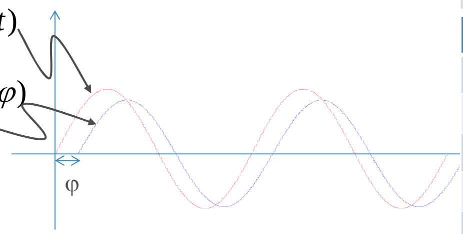
Función de salida (Puede aparecer un desfase con la de entrada)

Respuesta en frecuencia (SLI)

Si x_1 es sinusoidal de frecuencia f, y_1 también será sinusoidal de la misma frecuencia

$$x_1 = X_1 sen(wt)$$

$$y_1 = Y_1 sen(wt + \varphi)$$

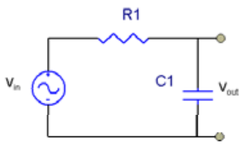


Ensayo

ω (rad/s)	Y_1/X_1	φ
0.1	1	0º
1	0,99	-1º
10	0,7	-45º
100	0,1	-84º
1000	0,001	-90º

Respuesta en frecuencia

$RC = 1ms$

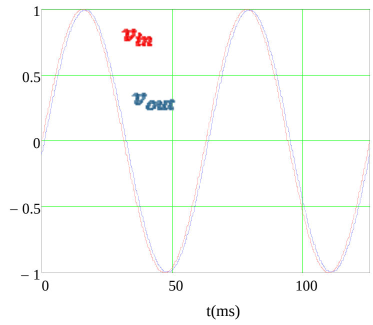


$$G(s) = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{1}{1 + RC \cdot s}$$

$$G\left(j\frac{0.1}{RC}\right) = \frac{1}{1 + 0.1j} \approx 0{,}995 \cdot e^{-j0.1}$$

0.1 rad = 5,7º

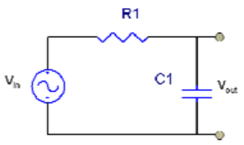
$$\omega_1 = \frac{0.1}{RC} = 100 rad/s$$



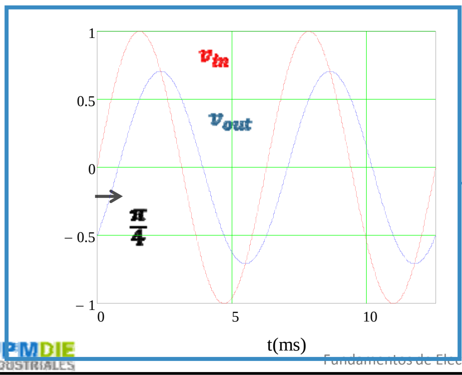
ω (rad/s)	Y_1/X_1	φ
100	0,995	-5,7º

Respuesta en frecuencia

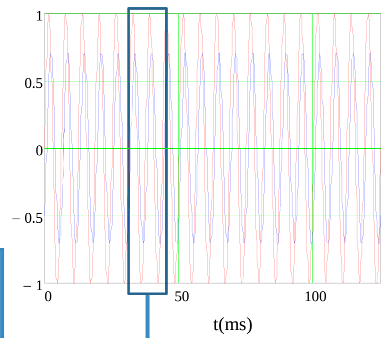
$RC = 1ms$



$$G\left(\frac{j}{RC}\right) = \frac{1}{1 + j} = 0{,}7 \cdot e^{-j\frac{\pi}{4}}$$



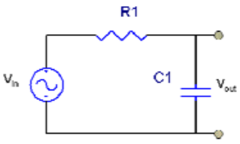
$$\omega_2 = \frac{1}{RC} = 1000 rad/s$$



ω (rad/s)	Y_1/X_1	φ
100	0,995	-5,7º
1000	0,7	-45º

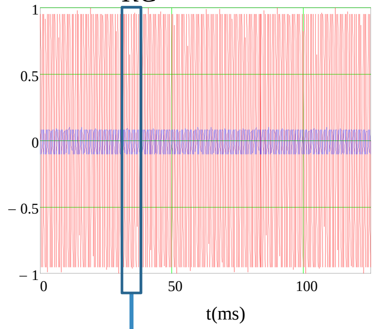
Respuesta en frecuencia

$RC = 1ms$



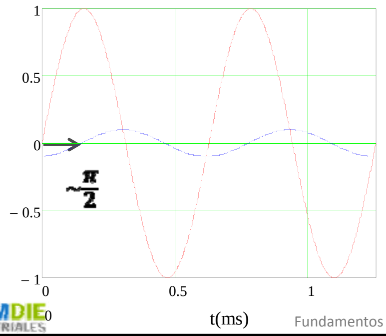
$$\omega_3 = \frac{10}{RC}$$

$$\omega_3 = \frac{1}{RC} = 10000 rad/s$$



$$G\left(\frac{j}{RC}\right) = \frac{1}{1+j10} = 0{,}1 \cdot e^{-j1{,}47}$$

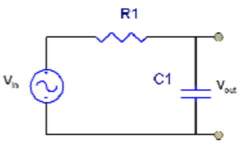
1,47 rad = 84º



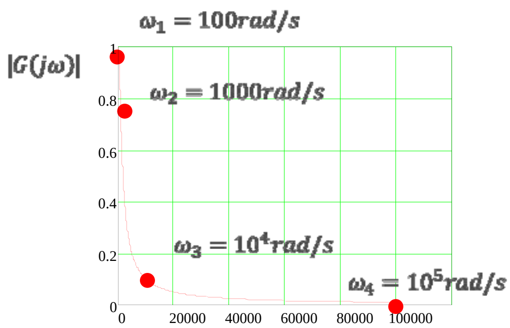
ω (rad/s)	Y_1/X_1	φ
100	0,995	-5,7º
1000	0,7	-45º
10000	**0,1**	**-84º**

Respuesta en frecuencia (Escala lineal)

$RC = 1ms$



$$|G(j\omega)| = \left|\frac{1}{1+j\frac{\omega}{1000}}\right|$$



Ganancia en función de la frecuencia

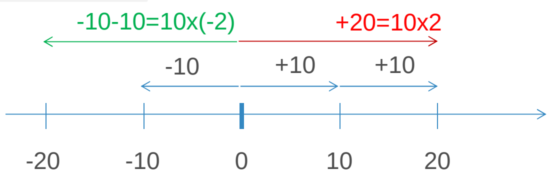
ω (rad/s)	|G(jw)|
100	0,995
1000	0,7
10000	0,1
100000	0,01

Muy difícil visualizar la respuesta en frecuencia en escala lineal debido a que queremos ver varios órdenes de magnitud

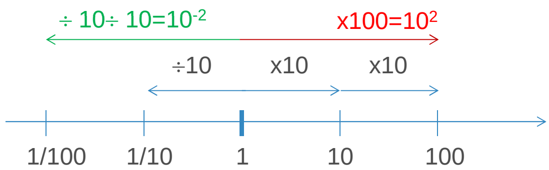
Escala logarítmica

Las **escalas logarítmicas** son útiles cuando las variables cambian varios órdenes de magnitud.

Escala lineal



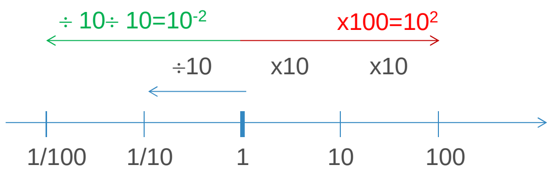
Escala logarítmica



http://www.khanacademy.org/math/algebra/logarithms/v/logarithmic-scale

Escala logarítmica

Escala logarítmica



Si queremos movernos un factor de 100 tenemos que desplazarnos…

$\log(100) = 2$ **unidades**

Si queremos movernos un factor de 2 tenemos que desplazarnos…

$\log(2) = 0.3$ **unidades**

Si queremos movernos un factor de 0.1 tenemos que desplazarnos…

$\log(10^{-1}) = -1$ **unidades**

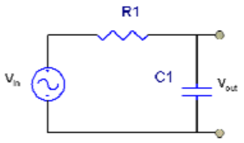
Escala logarítmica

Propiedades de los logartimos

log (x) = $\log_{10}$ (x) ⟶ **Utilizamos logaritmo en base 10**

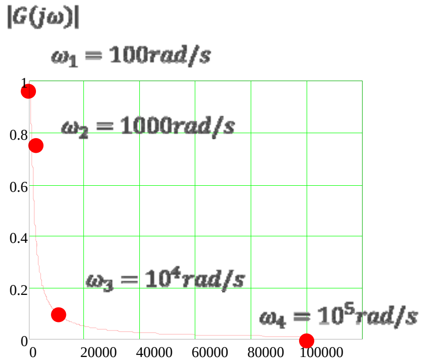
$$\left.\begin{array}{l}\log AB = \log A + \log B \\ \log A / B = \log A - \log B \\ \log y^x = x \log y\end{array}\right\}$$ **Propiedades de los logaritmos**

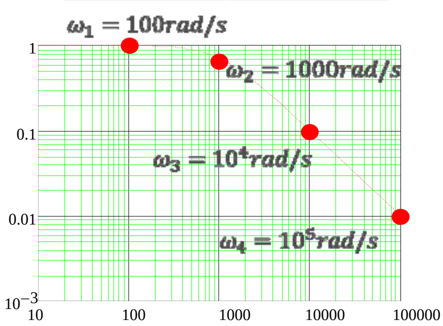
Respuesta en frecuencia (Escala logarítmica)



Ganancia en función de la frecuencia

ω (rad/s)	|G(jw)|
100	0,995
1000	0,7
10000	0,1
100000	0,01





El decibelio (dB)

Década

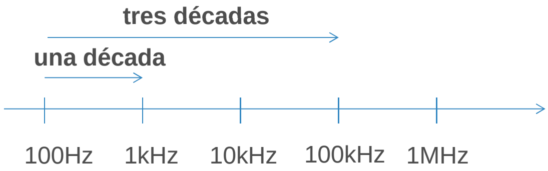
Una **década** es un cambio por un factor de 10

N décadas es un cambio por un factor de 10^N

Ejemplos

1 kHz está **una década** por encima de 100 Hz

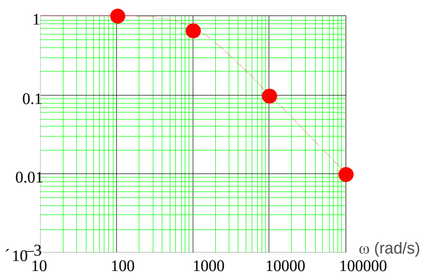
100 kHz está **tres décadas** por encima de 100 Hz



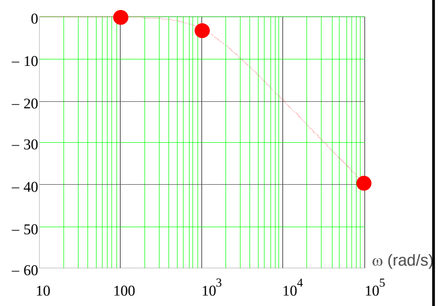
Respuesta en frecuencia (dB)

$$|G(j\omega)| = \left|\frac{1}{1+j\frac{\omega}{1000}}\right|$$

Ganancia en log



Ganancia en dB



ω(rad/s)	|G(jw)|	|G(jw)|(dB)
100	0,995	-0.043 dB
1000	0,7	-3dB
10000	0,1	-20db
100000	0,01	-40db

UPMDIE INDUSTRIALES

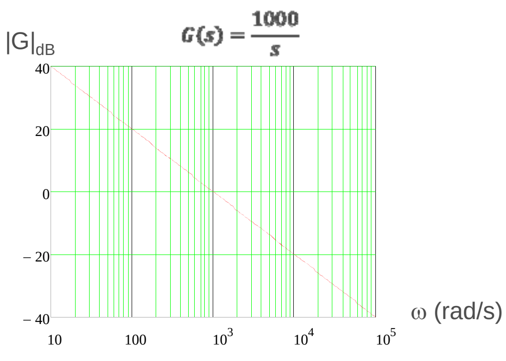
Diagrama de Bode Asintóticos

cei@upm.es

POLITÉCNICA

Diagrama de Bode asintótico (polo en el origen)

Magnitud



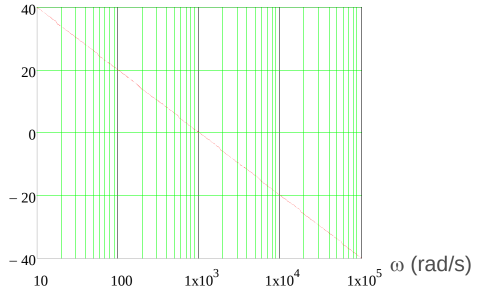
$$G(s) = \frac{\omega_0}{s}$$

$$G(j\omega) = -j\frac{\omega_0}{\omega}$$

Cae 20dB por década

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right) = 20\log(\omega_0) - 20\log(\omega)$$

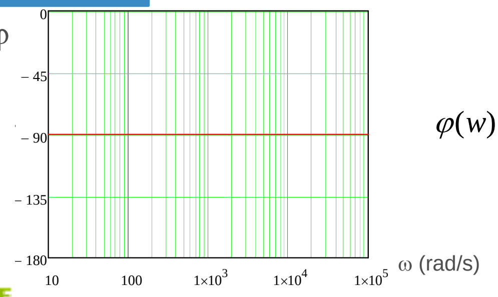
Diagrama de Bode asintótico (polo en el origen)



$$G(s) = \frac{\omega_0}{s}$$

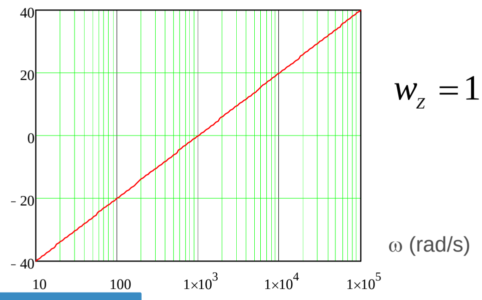
$$G(j\omega) = -j\frac{\omega_0}{\omega}$$

Fase



$$\varphi(w) = -90^{\circ}$$

Diagrama de Bode asintótico (cero en el origen)

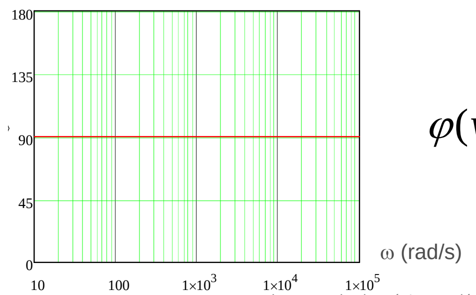


$$G(s) = \frac{s}{\omega_z}$$

$$w_z = 1000$$

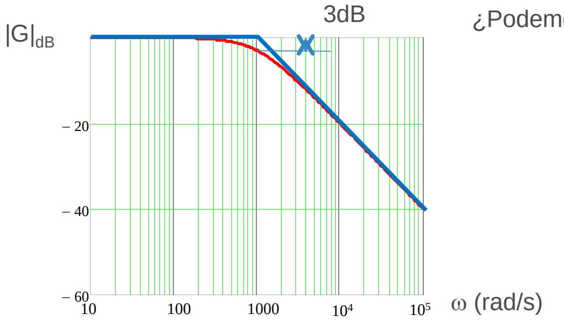
$$G(j\omega) = j\frac{\omega}{\omega_z}$$

Fase



$$\varphi(w) = 90^{\circ}$$

Diagrama de Bode asintótico (polo)



¿Podemos aproximar por líneas rectas?

$$G(s) = \frac{1}{(1+\frac{s}{\omega_p})}$$

$$w_p = 1000$$

$$\begin{cases} \omega \ll \omega_p \rightarrow |G(j\omega)| \approx 1 \\ \omega \gg \omega_p \rightarrow |G(j\omega)| \approx \frac{\omega_p}{\omega} \end{cases}$$

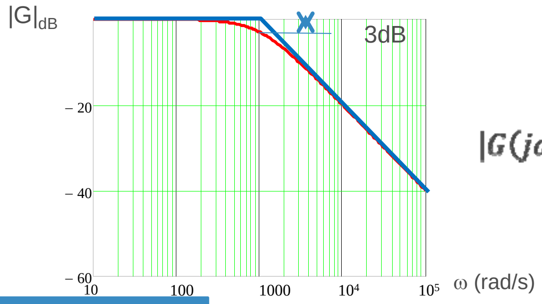
$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log(1) = 0dB$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right) = 20\log(\omega_p) - 20\log(\omega)$$

$$\omega = \omega_p \rightarrow |G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{2}} = -3dB$$

Cae 20dB por década

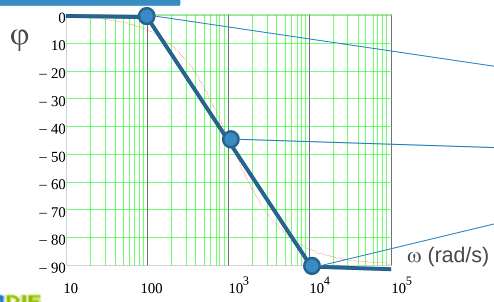
Diagrama de Bode asintótico (polo)



$$G(s) = \frac{1}{(1+\frac{s}{\omega_p})}$$

$$|G(j\omega)| = \left|\frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_p}}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_p})^2}}$$

Fase

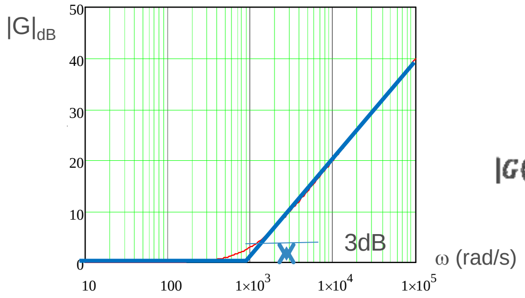


$$\varphi\left(\frac{10}{w_p}\right) = -6^\circ \approx 0^\circ$$

$$\varphi(w_p) = -45^\circ$$

$$\varphi(10w_p) = -84^\circ \approx 90^\circ$$

Diagrama asintótico (cero)



$$|G(s)| = (1 + \frac{s}{\omega_z})$$

$$|G(j\omega)| = \left|1 + j\frac{\omega}{\omega_z}\right| = \sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_z})^2}$$

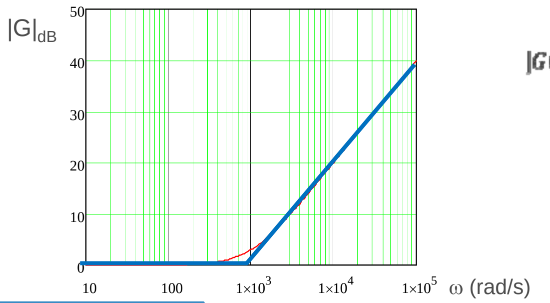
$$\begin{cases} \frac{\omega}{\omega_z} \ll 1 \rightarrow |G(j\omega)| \approx 1 \\ \frac{\omega}{\omega_z} \gg 1 \rightarrow |G(j\omega)| \approx \frac{\omega}{\omega_z} \end{cases}$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log(1) = 0dB$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20\log\left(\frac{\omega}{\omega_z}\right) = -20\log(\omega_z) + 20\log(\omega)$$

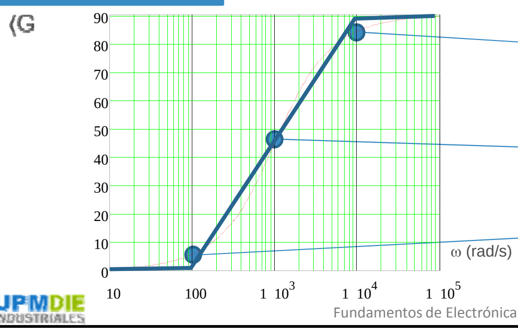
Sube 20dB por década

Diagrama de Bode asintótico (cero)



$$|G(s)| = (1 + \frac{s}{\omega_z})$$

Fase

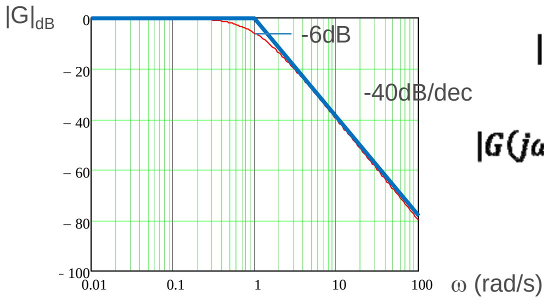


$$\langle G(10\omega_p) = 84º \approx 90º$$

$$\langle G(\omega_p) = 45º$$

$$\langle G(\frac{\omega_p}{10}) = 6º \approx 0º$$

Diagrama asintótico (polos múltiples)



$$|G(s)| = \frac{1}{(1+\frac{s}{\omega_p})^2}$$

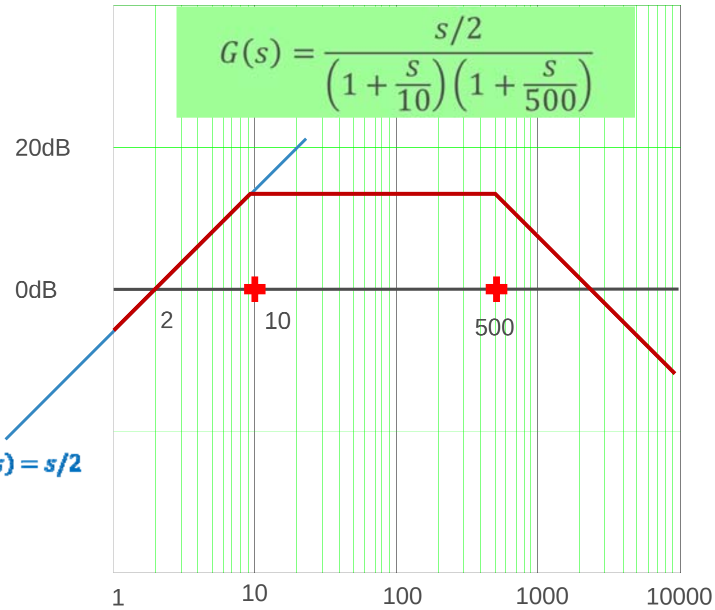
$$|G(j\omega)| = \left|\frac{1}{(1+j\frac{\omega}{\omega_p})^2}\right| = \frac{1}{1+(\frac{\omega}{\omega_p})^2}$$

Cae 40dB por década

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log(1) = 0dB$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log\left(\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2\right) = 40\cdot\log(\omega_p) - 40\cdot\log(\omega)$$

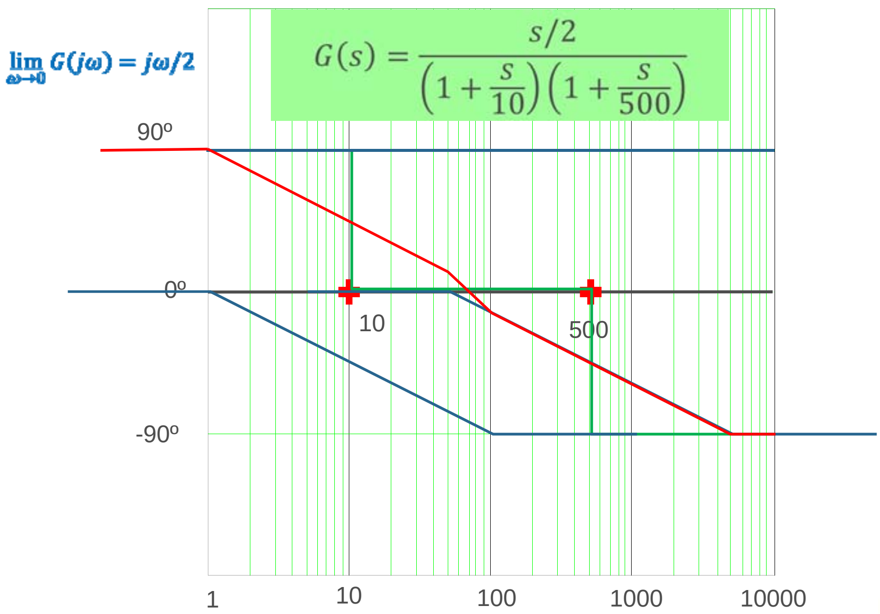
Ejemplo 1 Ganancia



$$G(s) = \frac{s/2}{\left(1+\frac{s}{10}\right)\left(1+\frac{s}{500}\right)}$$

$$\lim_{s\to 0} G(s) = s/2$$

Ejemplo 1 (fase)

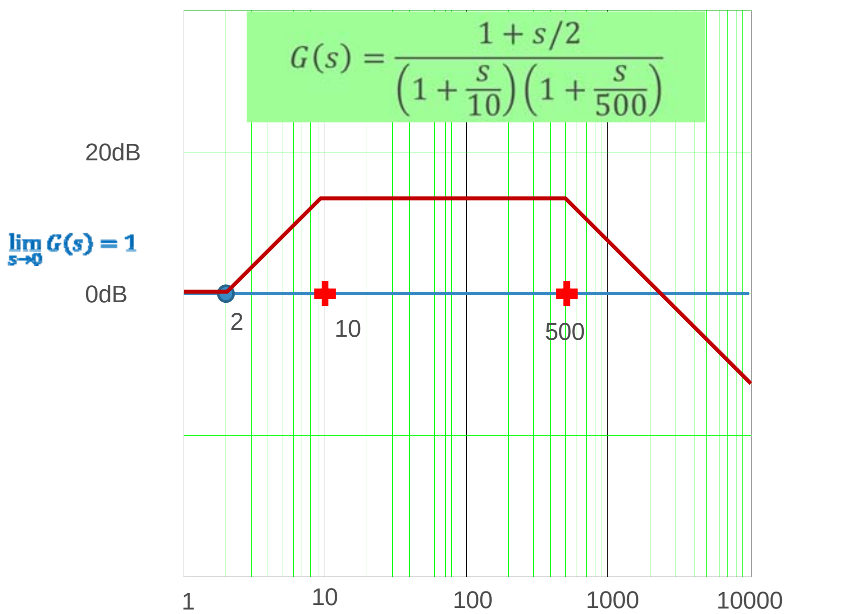


UPMDIE INDUSTRIALES

Fundamentos de Electrónica. Analógica

35

Ejemplo 2 Ganancia



UPMDIE INDUSTRIALES

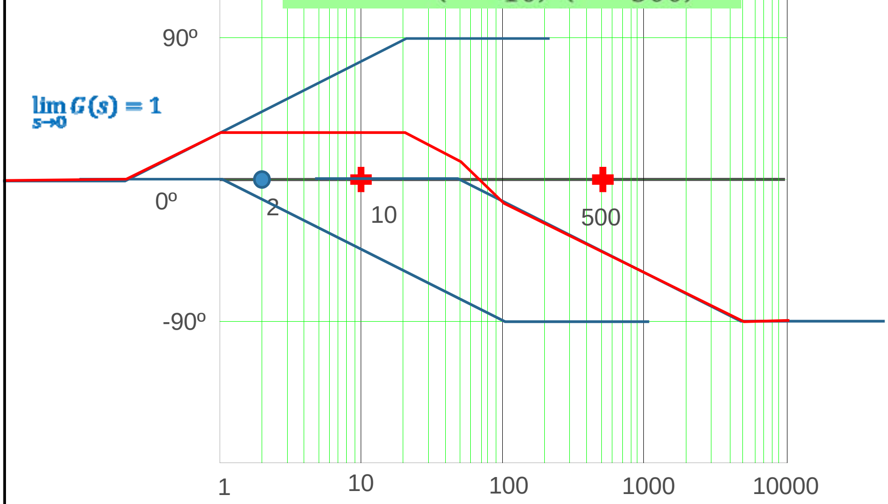
Fundamentos de Electrónica. Analógica

36

Ejemplo 2 (fase)

$$G(s) = \frac{1 + s/2}{\left(1 + \frac{s}{10}\right)\left(1 + \frac{s}{500}\right)}$$

$\lim_{s \to 0} G(s) = 1$



UPMDIE
INDUSTRIALES

TEMA 2
AMPLIFICACIÓN ELECTRÓNICA

- Amplificación de Señales: Tipos de Amplificadores
- Respuesta en frecuencia: Diagramas de Bode, dB
- Respuesta en frecuencia de amplificadores

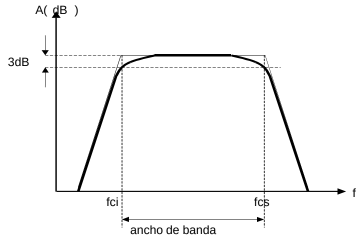
cei@upm.es

POLITÉCNICA

Respuesta en frecuencia de amplificadores

Frecuencia de corte

Es aquella frecuencia a la que la ganancia cae 3dB respecto de la nominal
Podrá haber frecuencias de corte superiores e inferiores.

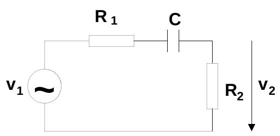


f_{ci} = frecuencia de corte inferior
f_{cs} = frecuencia de corte superior
Condensadores ⇨ frecuencia de corte
3dB: $\sqrt{2}$ en escala lineal

Condensadores en serie con el amplificador → Tienen efecto a bajas frecuencias (a altas frecuencias se comportan como impedancias de valor muy bajo → cortocircuitos)

Condensadores en paralelo con el amplificador → Tienen efecto a altas frecuencias (a bajas frecuencias se comportan como impedancias de valor muy alto → circuitos abiertos)

Efecto de los condensadores en serie



$$A(\omega) = \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega C(R_1 + R_2)}}$$

$$A_m = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$ a frecuencias medias

Para que $|A(\omega_L)| = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$ (caiga 3dB respecto de la de frecuencias medias) se tiene que cumplir que:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega_L C(R_1 + R_2)}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}; \frac{1}{\omega_L C(R_1 + R_2)} = 1$$

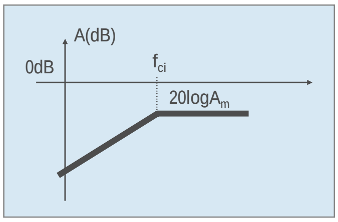
Efecto de los condensadores en serie

$$\omega_L = \frac{1}{C\,(R_1 + R_2)}$$

$$A(\omega) = \frac{A_m}{1 - j\dfrac{\omega_L}{\omega}}$$

Para $\omega >> \omega_L$	$A = A_m$
Para $\omega = \omega_L$	$A(\omega_L) = \frac{A_m}{1-j} = A_m \frac{1+j}{2}; \lvert A(\omega_L) \rvert = \frac{A_m}{\sqrt{2}}; \varphi(A(\omega_L)) = 45^\circ$
Para $\omega << \omega_L$	$A(\omega) = \frac{A_m}{-j\frac{\omega_L}{\omega}} = A_m j \frac{\omega}{\omega_L}$

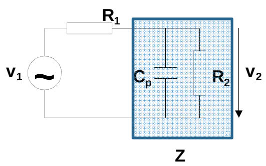
$$\omega_L = \frac{1}{C(R_1 + R_2)}$$



Frecuencia de corte inferior debido a C:

$$f_{ci} = \frac{1}{2\pi C(R_1 + R_2)}$$

Efecto de los condensadores en paralelo



$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_p} = \frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}$$

(Z es el paralelo de las impedancias R_2 y C_p)

$$A(\omega) = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}}{R_1 + \frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{1 + j\omega C_p \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

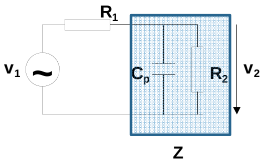
$$A_m = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

a frecuencias medias

Para que $\lvert A(\omega_H) \rvert = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$ (caiga 3dB respecto de la de frecuencias medias) se tiene que cumplir que:

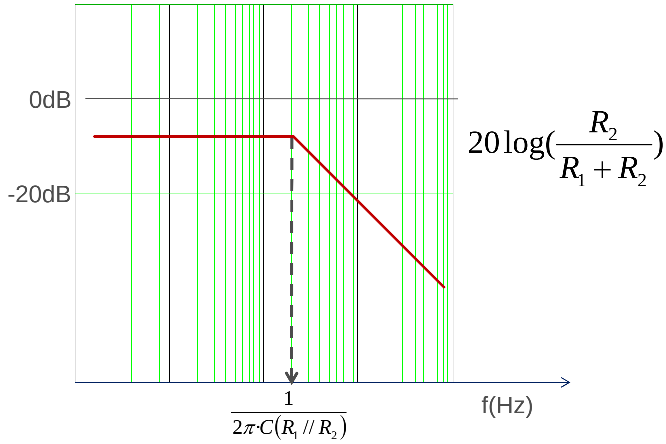
$$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\omega_H C_p \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}; \omega_H C_p \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 1$$

Efecto de los condensadores en paralelo



$$A(\omega)=\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{1}{1+j\omega C_p\dfrac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}}$$

$$A_m=\frac{R_2}{R_1+R_2}$$ a frecuencias medias



Efecto de los condensadores en paralelo

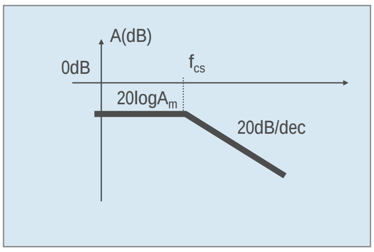
$$A(\omega)=\frac{A_m}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_H}}$$

$$\omega_H=\frac{1}{C_p\dfrac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}}$$

Para $\omega \ll \omega_H$	**$A = A_m$**
Para $\omega = \omega_H$	$A(\omega_H)=\frac{A_m}{1+j}=A_m\frac{1-j}{2};\lvert A(\omega_H)\rvert=\frac{A_m}{\sqrt{2}};\varphi(A(\omega_H))=-45^o$
Para $\omega \gg \omega_H$	$A(\omega)=\frac{A_m}{j\frac{\omega}{\omega_H}}=-A_m j\frac{\omega_H}{\omega}$

Frecuencia de corte inferior debido a C_p

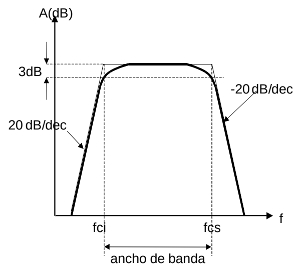
$$f_{cs}=\frac{1}{2\pi C_p\dfrac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}}$$

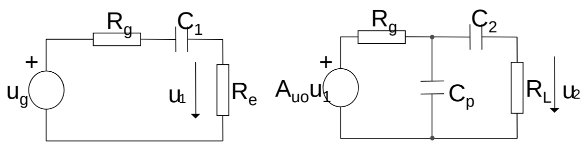


Respuesta en frecuencia de un amplificador

Indica la variación de la ganancia con la frecuencia

Ejemplos



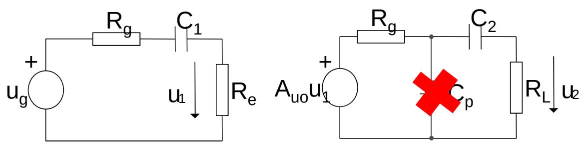


Ganancia a frecuencias medias

$$A_m = A_{uo}\frac{R_e}{R_e+R_g}\cdot\frac{R_L}{R_S+R_L}$$

Respuesta en frecuencia de un amplificador

Respuesta a baja frecuencia



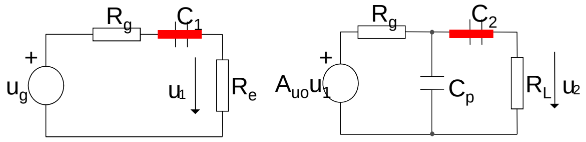
$$f_{ci_{c1}} = \frac{1}{2\pi C_1(R_e+R_g)}$$

$$f_{ci_{c2}} = \frac{1}{2\pi C_2(R_L+R_S)}$$

SON CONDENSADORES DE DESACOPLO

Respuesta en frecuencia de un amplificador

Respuesta a alta frecuencia



$$f_{cs} = \frac{1}{2\pi C_p \dfrac{R_S \cdot R_L}{R_S + R_L}}$$

CAPACIDADES PARÁSITAS

Respuesta en frecuencia de un amplificador

A bajas frecuencias

$$f_{ci_{c1}} = \frac{1}{2\pi C_1 (R_e + R_g)}$$

$$f_{ci_{c2}} = \frac{1}{2\pi C_2 (R_L + R_S)}$$

SON CONDENSADORES DE DESACOPLO

A altas frecuencias

$$f_{cs} = \frac{1}{2\pi C_p \dfrac{R_S \cdot R_L}{R_S + R_L}}$$

CAPACIDADES PARÁSITAS

Si hay *n* frecuencias de corte superior (f_{cs}) y son todas iguales: $f_{cs_T} = f_{cs}\sqrt{2^{1/n} - 1}$

Si hay *n* frecuencias de corte inferior (f_{ci})y son todas iguales: $f_{ci_T} = f_{ci}\dfrac{1}{\sqrt{2^{1/n} - 1}}$

Ejemplo

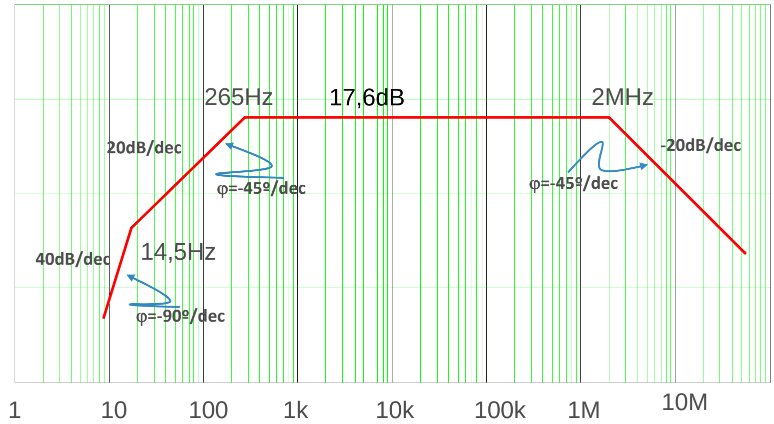
Datos

$C_1 = C_2 = 10\mu F$

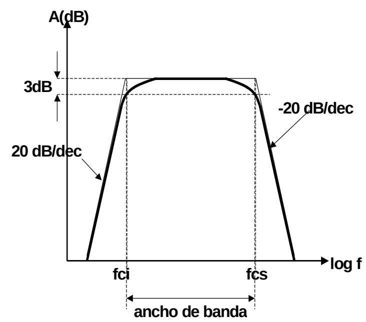
$C_p = 10nF$

$$f_{ci_{c1}} = \frac{1}{2\pi C_1 (R_e + R_g)} = 14{,}5Hz$$

$$f_{ci_{c2}} = \frac{1}{2\pi C_2 (R_L + R_S)} = 265Hz \qquad f_{cs} = \frac{1}{2\pi C_p \dfrac{R_S \cdot R_L}{R_S + R_L}} = 2MHz$$



Ancho de banda de un amplificador



Ancho de banda: fcs - fci
Margen de frecuencias en que la ganancia del amplificador se puede considerar constante

Problema. Amplificadores en cascada

Datos

$A_{uo} = 25$

$R_e = 2K\Omega$

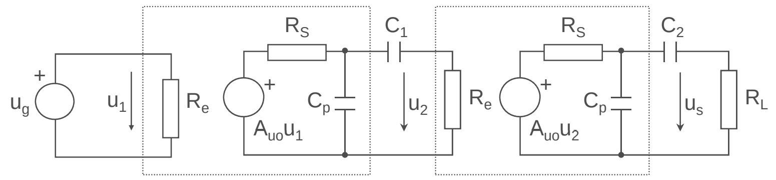
$R_s = 500\Omega$

$R_L = 2K\Omega$

$C_p = \frac{100}{\pi}\mathrm{pF}$

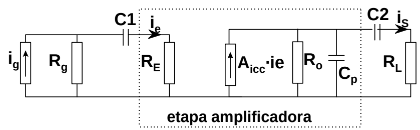
$C_1 = 5\mu F$

$C_2 = 55\mu F$



Problema

El circuito de la figura representa una etapa amplificadora de corriente con una fuente (i_r y R_g) y una carga (R_L).



Se pide:

a) Ganancia de corriente en carga ($A_i = i_S / i_g$), frecuencia de corte superior.

b) Elegir los condensadores *C1* y *C2* de forma que la frecuencia de corte inferior sea de 16Hz y venga determinada por *C1*.

c) Determinar el número mínimo de etapas iguales a la anterior, puestas en cascada, que son necesarias para obtener una ganancia total de corriente de al menos 75dB.

Datos

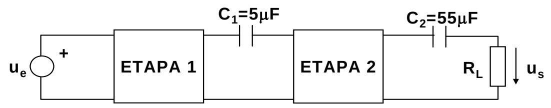
$R_g = 900\Omega$	$R_o = 3K\Omega$
$R_E = 100\Omega$	$C_p = (100/2\pi)\mathrm{pF}$
$A_{icc} = 10$	$R_L = 1K\Omega$

Problema

Se dispone de una etapa amplificadora con las siguientes características:

- Resistencia de entrada: R_e = 2KΩ
- Resistencia de salida: RS = 500Ω
- Ganancia de tensión en vacío: A_{uo} = 25
- Condensador de salida en paralelo: $C_p = 100/\pi$ pF

Se conectan en cascada dos etapas como la anterior, para amplificar señales de una fuente ideal a una carga R_L = 2kΩ, según se indica en la figura:



a) Calcular la ganancia de tensión US/Ue, frecuencia de corte superior y frecuencia de corte inferior.

b) Se desea aumentar la frecuencia de corte superior a 10 veces el valor obtenido en el apartado (a). Para ello se dispone de ***una única*** red de realimentación con β variable. Proponer cómo se debería realimentar (la primera etapa, la segunda etapa o el conjunto) para conseguir tal objetivo, y calcular la β necesaria. Para la solución propuesta calcular la ganancia de tensión en carga, las resistencias de entrada y salida y la nueva frecuencia de corte superior.