

ELECTRÓNICA BÁSICA

SEGUNDO PARCIAL. CURSO 04/05

NOMBRE Y APELLIDOS _____ GRUPO _____

EJ.1	EJ.2	EJ.3	EJ.4	

EJERCICIO 1

Suponga el circuito mostrado en la figura 1 y suponga que el transistor queda descrito en primera aproximación por los siguientes parámetros: $V_{BE,on} = 0.7V$, $V_{BC,on} = 0.6V$, $\beta_F = 100$ y $\beta_R = 1$.

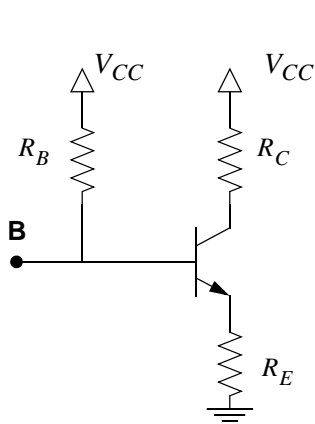


Figura 1

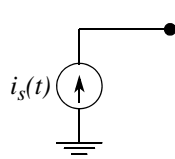


Figura 2

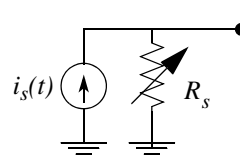


Figura 4

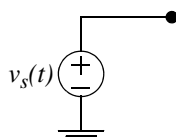


Figura 3

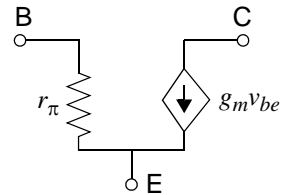
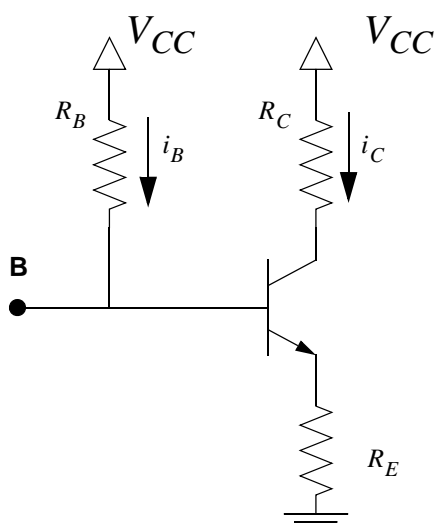


Figura 5

(a) Suponga $R_B \gg \beta_F R_C$ y discuta razonadamente en qué región de operación queda polarizado el transistor en estas condiciones. Calcule las tensiones e intensidades en dicho punto para $R_B = 1M\Omega$, $R_C = R_E = 1k\Omega$ y $V_{CC} = 10V$.



Observamos que la fuente de alimentación produce una caída de tensión positiva desde los lados de base y colector hacia el lado de emisor.

Esto indica que las corrientes de base y colector son positivas en el sentido indicado en la figura. Por tanto, el transistor funciona en una **zona directa**; con una intensidad positiva circulando del colector al emisor.

En este modo, el diodo base-emisor está polarizado en directa, de manera que podemos aproximar,

$$v_{BE} \approx V_{BE,on} \approx 0.7V$$

Dependiendo del estado del diodo base-colector, el transistor estará en zona activa directa (si $v_{BC} < 0$), o en zona de saturación. Veamos pues el signo de la tensión base-colector. Para ello aplicamos KVL en el lazo base colector para obtener,

$$V_{CC} - i_B R_B - v_{BC} + i_C R_C - V_{CC} = 0 \Rightarrow v_{BC} = i_C R_C - i_B R_B$$

Depende pues del valor de $i_C R_C$ frente al valor de $i_B R_B$. Esto es, depende de la caída de tensión en la resistencia de base frente a la caída de tensión en la resistencia de colector. Si la caída de tensión en la resistencia de base es mayor que la caída de tensión en la resistencia de colector, el transistor funciona en zona activa. En caso contrario funciona en saturación.

Supongamos que existe una relación entre i_C e i_B . Por otra parte, el problema nos dice que $R_B \gg \beta_F R_C$. Por tanto,

$$v_{BC} < k i_B R_C - i_B \beta_F R_C = (k R_C - \beta_F R_C) i_B$$

Esta ecuación nos dice que mientras que parámetro k (recuerde que hemos supuesto $i_C \equiv k i_B$) sea menor que β_F el transistor estará en zona activa. Ahora bien, esta condición se da por definición puesto que β_F es la máxima ganancia en intensidad que puede lograr el transistor. Por tanto, corroboramos se opera en **zona activa directa**.

El cálculo numérico es directo:

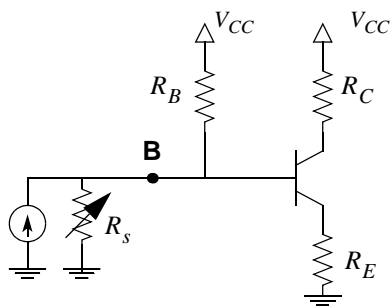
$$\left. \begin{aligned} V_{CC} - i_B R_B - V_{BE,on} - i_E R_E &= 0 \\ i_E &= (1 + \beta_F) i_B \end{aligned} \right\} \Rightarrow i_B = \frac{V_{CC} - V_{BE,on}}{R_B + (1 + \beta_F) R_E} \approx 8.4 \mu A \Rightarrow i_C = 0.84 mA$$

$$v_C = V_{CC} - i_C R_C = 9.16V \quad v_E = i_E R_E \approx 0.84V$$

(b) Las figuras 2, 3 y 4 muestran tres redes que se pretenden usar como alternativas para introducir una excitación de pequeña señal conectándolos al terminal de base B.

Discuta si puede haber funcionamiento correcto con las excitaciones de las figuras 2 y 3, respectivamente.

Para el caso de la figura 4 realice también esta discusión cualitativa en función de que R_s sea muy grande o muy pequeña.



Es importante tener muy claro el concepto de excitación en pequeña señal y su relación con la gran señal.

Las excitaciones de pequeña señal deben producir variaciones de las tensiones e intensidades que se superponen a los valores de gran señal sin alterar la polarización; esto es, sin que se destruya la operación zona activa directa en el caso que nos ocupa. Obviamente, estas variaciones deben ser "pequeñas" en relación con los valores de las variables en el punto de operación.

Debemos pues mantener la polarización directa del diodo base-emisor y la inversa del base-colector. Veamos los distintos casos:

Figura 2. Atacamos con una fuente de intensidad, que se suma a la intensidad de polarización dando,

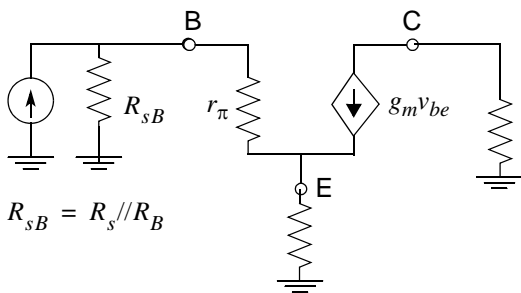
$$i_B = i_B|_Q + i_s$$

Al cambiar la intensidad de base las condiciones de polarización prevalecen mientras que ésta intensidad sea positiva y la tensión v_{CE} no disminuya hasta el punto de entrada en saturación.

Figura 3. Atacamos con una fuente de tensión que fija la tensión de base. Obviamente esto destruye la polarización a no ser que sea $v_s = V_{BE,on} + \Delta v_s$. Aún así es muy difícil dada la extrema sensibilidad del diodo base-emisor frente a una excitación en tensión.

Figura 4. Para R_s grande se parece a una fuente de intensidad y funciona bien. En el caso contrario se parece a una fuente de tensión y funciona mal. El límite será el valor que en paralelo con R_B produzca una resistencia equivalente aproximadamente igual a R_C ya que entonces la polarización hace $v_{BC} = 0$.

(c) Considere la red de excitación de la figura 4 con un valor de R_s que asegure funcionamiento correcto. Usando el modelo mostrado en la figura 5, calcule la expresión de la ganancia en pequeña señal $v_o(t)/i_s(t)$, siendo $v_o(t)$ la tensión del terminal de colector respecto a tierra.



Se trata de un análisis bastante directo. El circuito equivalente es el mostrado en la figura que se obtiene suponiendo que las excitaciones de gran señal son nulas.

Para analizar usamos el principio de superposición, pero teniendo la precaución de calcular v_{be} pues una de las excitaciones es una fuente controlada.

Influencia de i_s :

Anulamos la fuente controlada y obtenemos, por divisor de tensiones;

$$v_c|_1 = 0 \quad v_{be}|_1 = i_s R_{sB} \left(\frac{r_\pi}{r_\pi + R_{sB} + R_E} \right)$$

Influencia de $g_m v_{be}$:

Anulamos la fuente de entrada y obtenemos, usando por una parte cálculo directo y por otro división de intensidades,

$$v_c|_2 = -g_m v_{be} R_C \quad v_{be}|_2 = -g_m R_E v_{be} \left(\frac{r_\pi}{r_\pi + R_{sB} + R_E} \right)$$

Sumando las dos contribuciones y combinando las ecuaciones se obtiene,

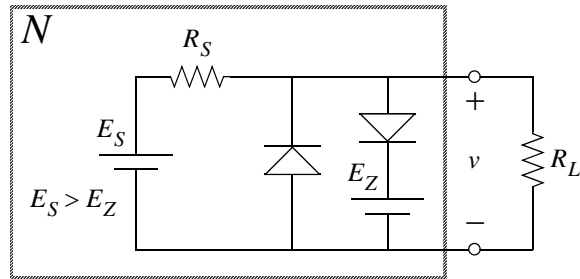
$$v_{be} = (v_{be}|_1 + v_{be}|_2) = i_s R_{sB} \left(\frac{r_\pi}{r_\pi + R_{sB} + R_E} \right) - g_m r_\pi v_{be} \left(\frac{R_E}{r_\pi + R_{sB} + R_E} \right) \Rightarrow v_{be} = \frac{i_s R_{sB} r_\pi}{r_\pi + R_{sB} + R_E + R_E g_m r_\pi}$$

Una vez obtenida esta tensión se calcula la tensión de salida,

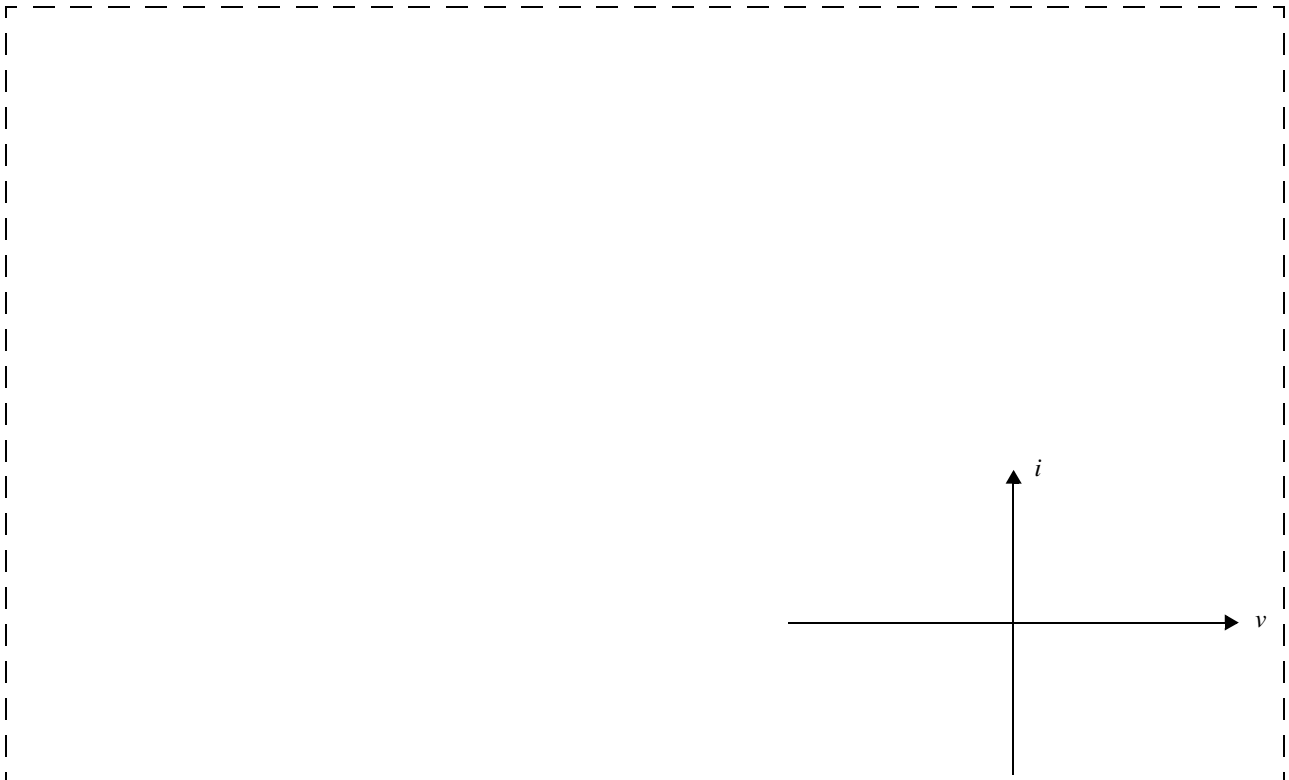
$$v_c = -g_m v_{be} R_C$$

EJERCICIO 2

Considere el circuito de la figura, en el que una red N está conectada a una resistencia de carga R_L .



(a) Determine la característica $i-v$ de la red N suponiendo un modelo ideal para los diodos.



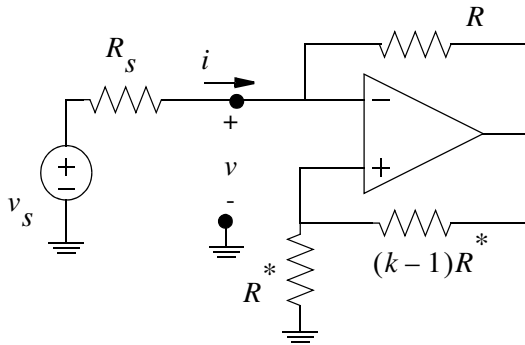
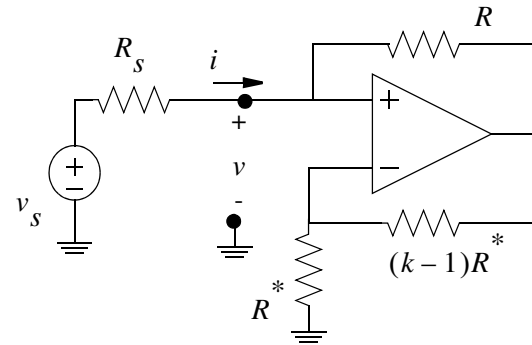
(b) Se pretende que, al conectar la red N con la resistencia de carga R_L , la tensión v entre los terminales de ésta sea E_Z .

¿Qué valor mínimo puede tener la resistencia de carga para que efectivamente se cumpla $v = E_Z$?

¿Cuál es el valor máximo de corriente que puede proporcionar la red N a la resistencia de carga R_L cumpliendo $v = E_Z$?

EJERCICIO 3

Considere los dos circuitos con amplificadores operacionales mostrados en las figuras 1 y 2. Note que la diferencia entre ambas figuras radica sólo en la conexión de los terminales de entrada del amplificador operacional.

**Figura 1****Figura 2**

- (a) Para cada uno de estos circuitos, calcule el rango de valores de R_s que garantiza funcionamiento estable en función de R y de k . Suponiendo que esta resistencia toma un valor incluido en dicho rango, obtenga:
- a.1) La relación entre i y v .
 - a.2) La relación entre v y v_s .



- (b) Suponga que desea obtener una réplica de la intensidad i para atacar con ella a una resistencia de carga R_L , y que utiliza para ello el circuito mostrado en la figura 3:

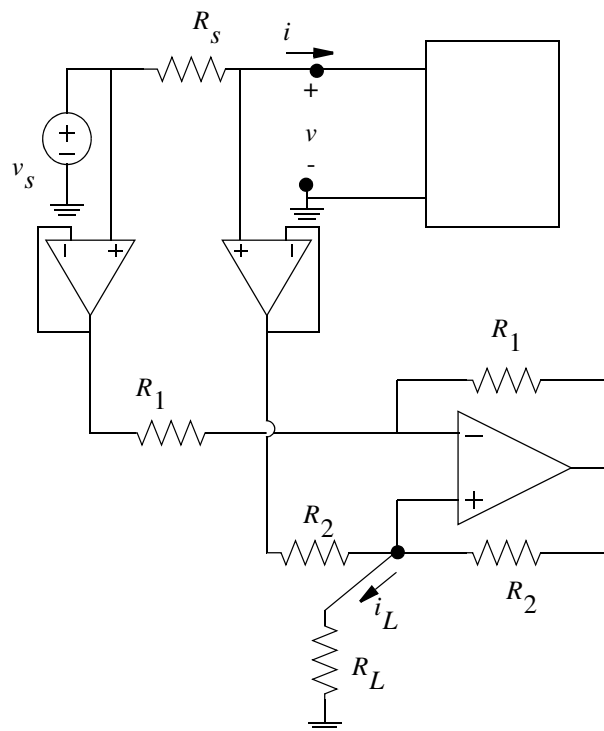


Figura 3

- b.1) ¿Qué valor debe tomar R_2 para que se cumpla $i_L = -i$?
- b.2) ¿Qué condición debe cumplir R_2 para que la operación de este nuevo circuito sea estable?
- b.3) Describa la funcionalidad de los seguidores de tensión dentro del circuito.



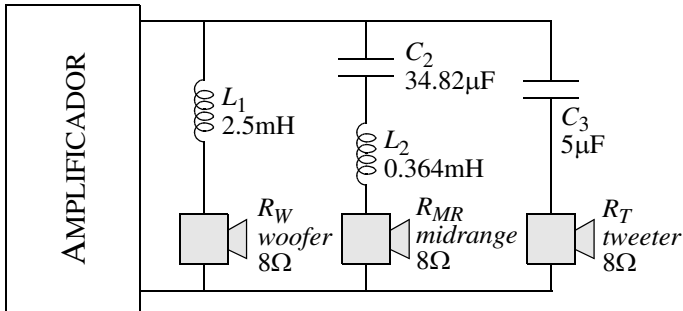
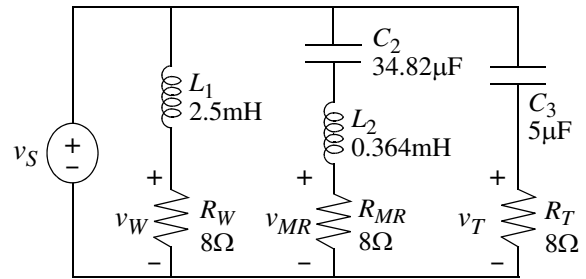
EJERCICIO 4

Es común que los sistemas de audio contengan 2 o más altavoces con el propósito de que éstos manejen distintas partes del espectro en frecuencias. En una configuración de 3 canales (salida 3:1) se utilizan 3 altavoces, de forma que:

- uno de los ellos, el *woofer*, maneja las bajas frecuencias,
- otro altavoz, el *tweeter*, maneja las altas frecuencias, y
- un tercer altavoz, el *midrange*, maneja el rango medio de frecuencias del espectro de audio.

Estos altavoces forman parte de redes de filtrado que pueden presentar diseños muy diversos.

La figura 1 muestra una versión simple de un sistema de audio 3:1, mientras que la figura 2 muestra su esquemático equivalente.

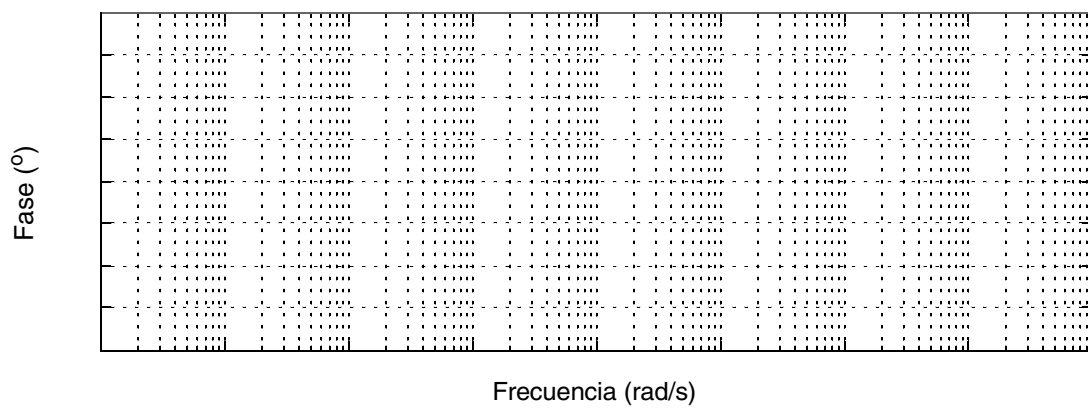
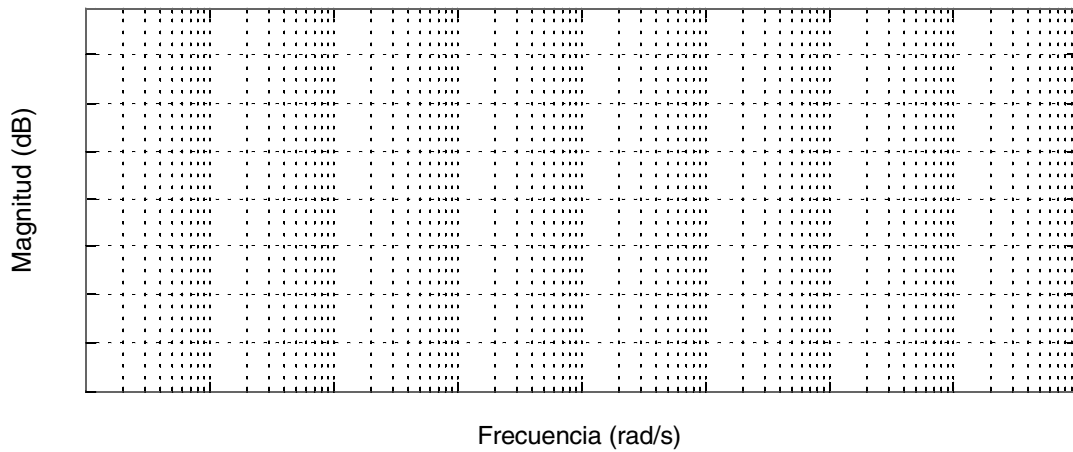
**Figura 1****Figura 2**

Determine las funciones de red $H_W(s) = v_W(s)/v_S(s)$, $H_{MR}(s) = v_{MR}(s)/v_S(s)$ y $H_T(s) = v_T(s)/v_S(s)$.

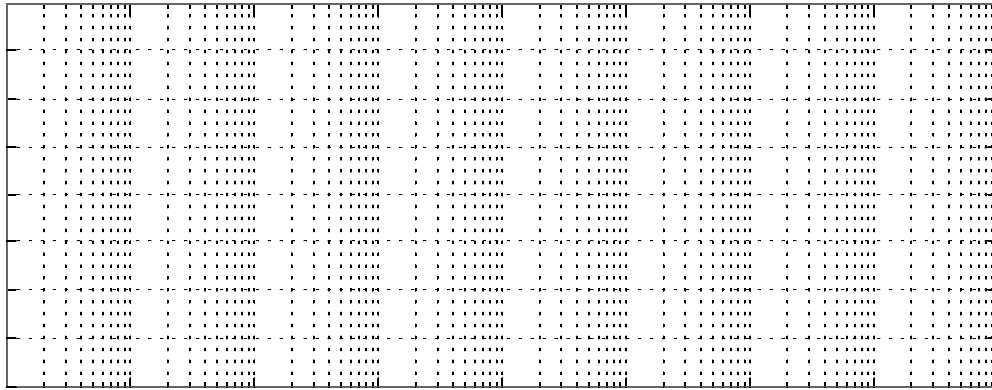
Dibuje los polos y ceros de las 3 funciones de red en el plano s .

Dibuje el diagrama de Bode asintótico de las 3 funciones de red.

¿Cuál es la frecuencia de corte de $H_W(s)$? ¿Y de $H_T(s)$? ¿Cuál es el ancho de banda de $H_{MR}(s)$?

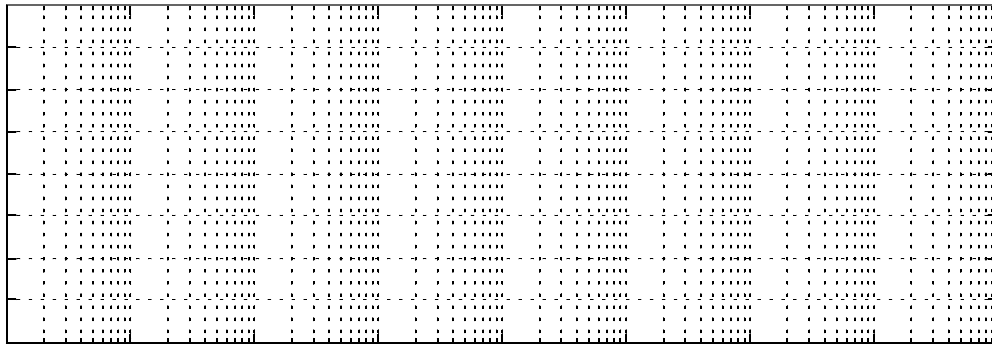


Magnitud (dB)



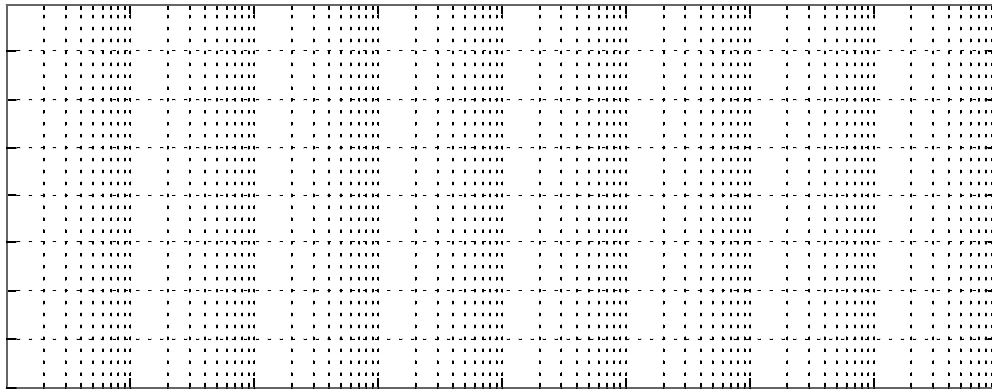
Frecuencia (rad/s)

Fase (°)



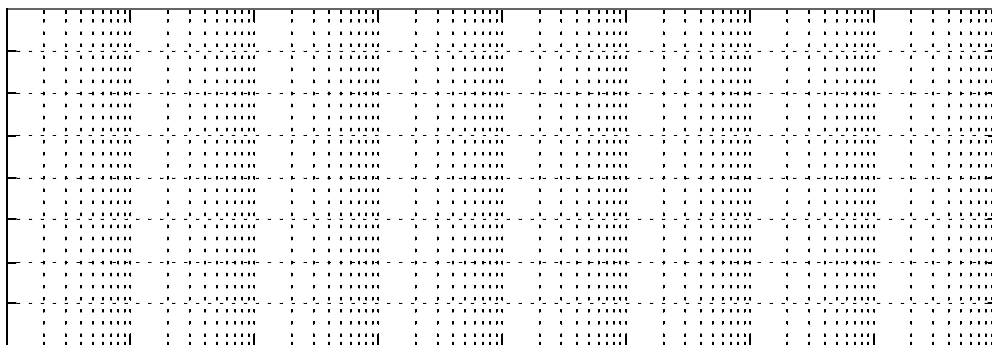
Frecuencia (rad/s)

Magnitud (dB)



Frecuencia (rad/s)

Fase (°)



Frecuencia (rad/s)