E.T.S.I. de Telecomunicación **Universidad de Vigo**
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS II CUESTIONES
APELLIDOS: **NOMBRE**: SEPTIEMBRE 2009

(1 punto) **1) Un amplificador cuya resistencia de entrada es R_i = 100 kΩ posee la siguiente ganancia de tensión:**

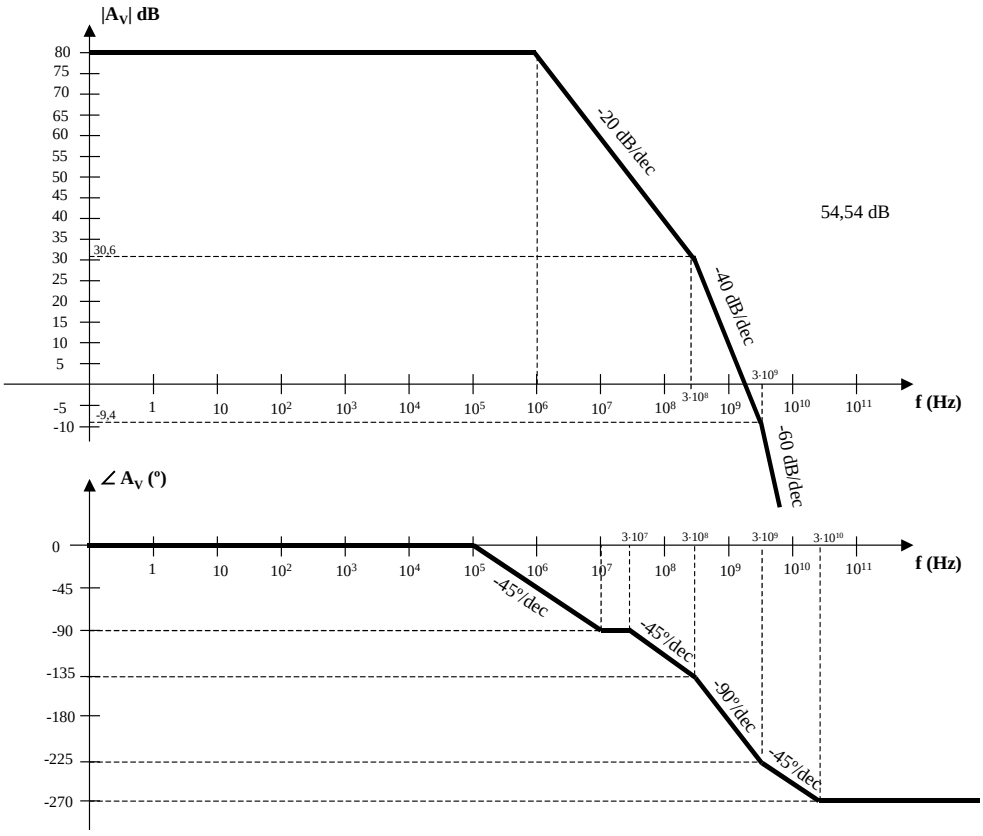
$$A_V(jf) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{10000}{\left(1 + j\frac{f}{10^6}\right)\cdot\left(1 + j\frac{f}{3\cdot 10^8}\right)\cdot\left(1 + j\frac{f}{3\cdot 10^9}\right)}$$

a) Dibujar el diagrama de Bode del módulo y la fase de la ganancia de este amplificador (poner el valor de la ganancia en los puntos de inflexión y las pendientes de cada tramo) .
b) Diseñar el condensador C necesario para acoplar a su entrada un generador de tensión v_g cuya impedancia de salida es R_g = 50 Ω de modo que la frecuencia de corte inferior de la ganacia v_o/v_g sea de 20 Hz.

a) $K_P = 10000 \Rightarrow 20\cdot\log 10000 = 80dB$ es la ganancia en f=0 ya que no hay ningún cero.
La expresión de la ganancia tiene 3 polos en 10^6 Hz, $3\cdot10^8$ Hz y $3\cdot10^9$ Hz y cada uno va a introducir una atenuación de 20 dB/dec.
Desde 10^6 Hz hasta $3\cdot10^8$ Hz hay 2,47 decadas ($\log\frac{3\cdot10^8}{10^6} = 2,47$) por lo que la ganacia a la frecuencia de $3\cdot10^8$ Hz sera:

$$80db - 20\frac{dB}{dec}\cdot 2,47dec = 30,6dB$$

A partir de aquí la atenuación sera de 40 dB/dec. Desde $3\cdot10^8$ Hz hasta $3\cdot10^9$ Hz hay 1 decada por lo que la ganacia a la frecuencia de $3\cdot10^9$ Hz sera: $30,6db - 40\frac{dB}{dec}\cdot 1dec = -9,4dB$. A partir de los $3\cdot10^9$ Hz la pendiente de la gráfica será de –60 dB/dec.



b) El condensador de acoplo introduce un cero en el origen y un polo a una frecuencia $f_P = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot(R_g + R_i)\cdot C}$ que será la que marque la frecuencia de corte inferior. Por lo tanto, el valor del condensador de acoplo debe ser:

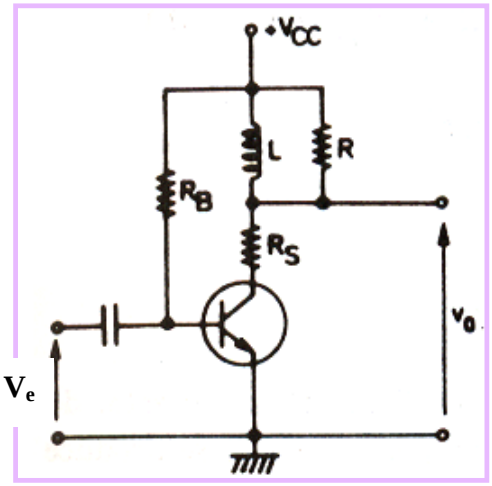
$$C = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot(R_g + R_i)\cdot f_P} = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot(50\Omega + 100\cdot10^3\Omega)\cdot 20Hz} = 79,5nF$$

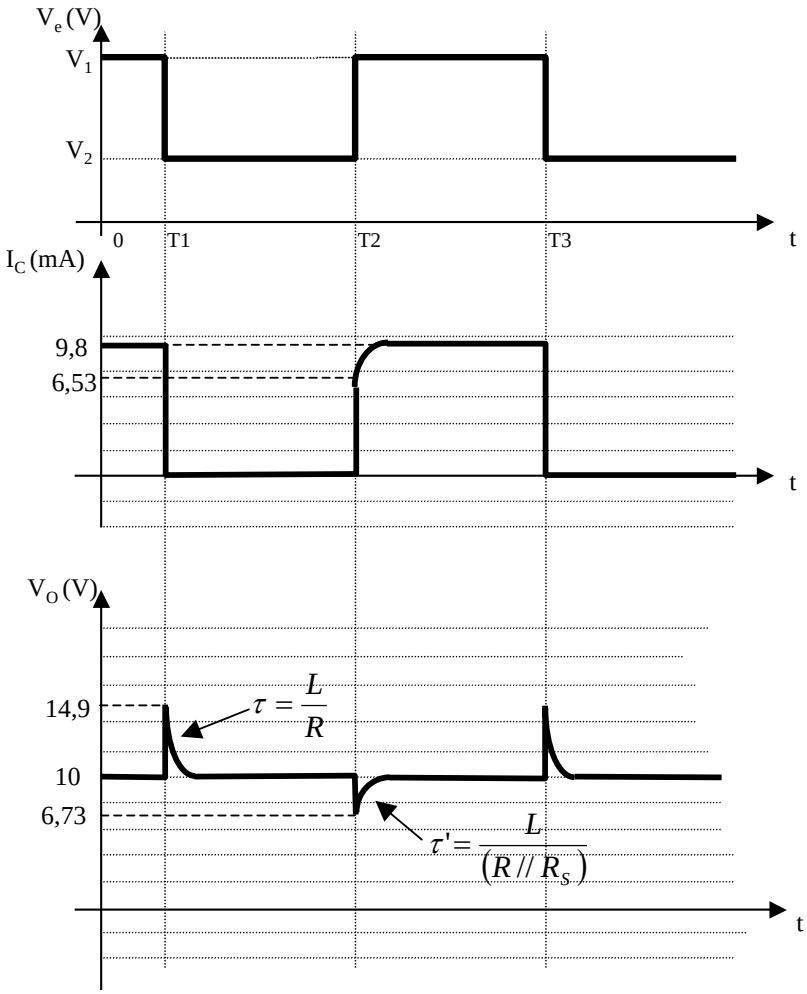
C = 79,5 nF

(1 punto) **2) En el circuito de la figura se muestra un amplificador en emisor común con carga inductiva. Dibujar la evolución de la corriente de colector y de la tensión de salida si el circuito trabaja en conmutación con la señal de entrada que se representa. Poner en las gráficas los valores de I_C y V_O para cada tramo y los valores de pico que se alcanzan en las transicciónes.**

$V_e = V_1$ lleva al transistor a saturación
$V_e = V_2$ lleva al transistor a corte
La constante de carga y descarga de la bobina τ es mucho menor que T2-T1 y que T3-T2

DATOS: V_{CC} = 10 V R_B = 1 kΩ R = 500 Ω R_S = 1 kΩ
V_{BEon} = 0,7 V V_{CEsat} = 0,2V





* Hasta T_1^- => Transistor saturado y $V_L = 0$

$$I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_S} = \frac{10V - 0{,}2V}{1K} = 9{,}8mA; \qquad V_o = V_{CC} = 10V$$

* $t = T_1^+$ => transistor en corte

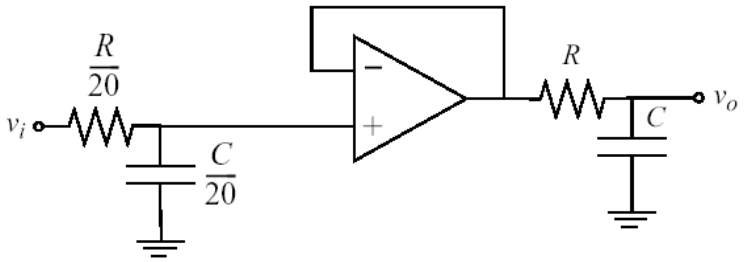
$$I_C = 0; \qquad I_R = I_L(T_1^-) = I_C(T_1^-) = 9{,}8mA; \qquad V_o = V_{CC} + I_R \cdot R = 10V + 9{,}8mA \cdot 0{,}5K = 14{,}9V$$

* $T_1 < t < T_2$ => la bobina se descarga por la resistencia R e I_R disminuye hasta 0 => V_o tiende a V_{CC} = 10V
* $t = T_2^+$ => transistor otra vez saturado. $I_L = 0$ por lo que toda la corriente de colector pasa por la resistencia R =>

$$I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_S + R} = \frac{10V - 0{,}2V}{1K + 0{,}5K} = 6{,}53mA; \qquad V_o = V_{CC} - I_C \cdot R = 10V - 6{,}53mA \cdot 0{,}5K = 6{,}73V$$

* $T_2 < t < T_3$ => La corriente em pieza a circular por la bobina hasta que se alcanza la situación estable ($I_L = I_C$ = 9,8 mA; $V_o = V_{CC}$ = 10V)

(1 punto) **3) Suponer en el circuito de la figura un modelo ideal del amplificador operacional. Calcular la expresión de la ganancia de tensión del circuito ($A_V = v_o/v_i$) y dibujar su diagama de Bode en módulo y fase.**

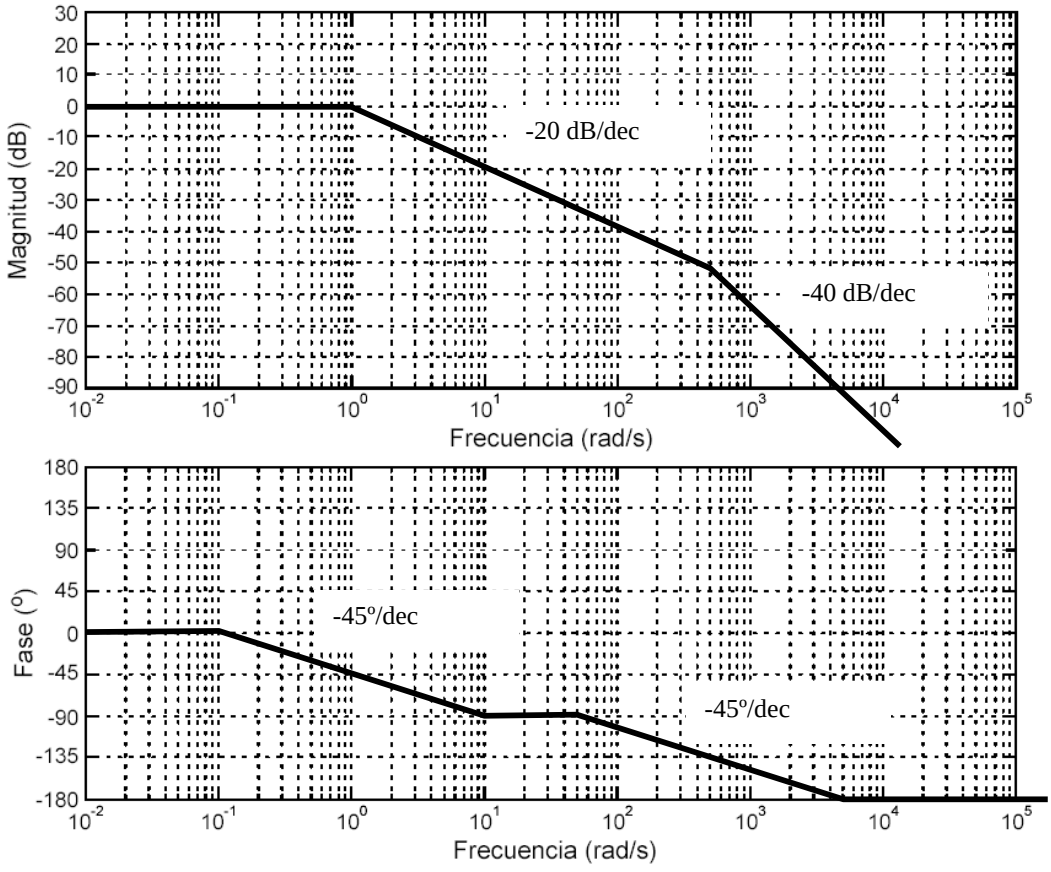


$$v_+ = v_-; \qquad v_o = v_- \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}; \qquad v_+ = v_i \frac{\frac{1}{j\omega \frac{C}{20}}}{\frac{R}{20} + \frac{1}{j\omega \frac{C}{20}}} \Rightarrow v_o = v_i \frac{\frac{20}{j\omega C}}{\frac{R}{20} + \frac{20}{j\omega C}} \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$A_V = \frac{v_o}{v_i} = 20 \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{R \cdot j\omega C + 400}{20 \cdot j\omega C}} \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{R \cdot j\omega C + 1}{j\omega C}} = 400 \frac{1}{(j\omega \cdot R \cdot C + 400)(j\omega \cdot R \cdot C + 1)}$$

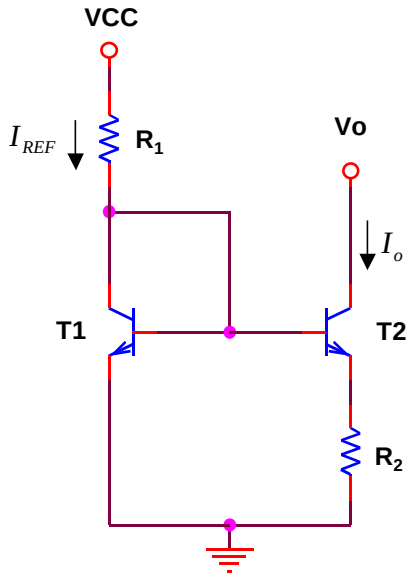
$$R \cdot C = 1s \Rightarrow A_V = 400 \frac{1}{(j\omega + 400)(j\omega + 1)} = \frac{1}{\left(\frac{j\omega}{400} + 1\right)(j\omega + 1)}$$

Este circuito tiene un polo en ω = 1 rad/s y otro polo en ω = 400 rad/s y A_v (f=0) = 1 = 0 dB. De 1 rad/s a 400 rad/s hay 2,6 decadas => -20 dB/dec · 2,6 dec = -52 dB



(1 punto) **4) Diseñar una fuente de corriente Widlar para proporcionar una corriente constante de 3 μA con V_{CC} = 12 V y una I_{ref} = 0,226 mA. Realizar también el diseño de una fuente de corriente básica para ofrecer esa misma corriente. ¿Qué ventajas tiene la fuente Widlar sobre la básica?**
DATOS: V_T = 26 mV
Transistores: V_{BE} = 0,7 V; β elevada

a) FUENTE DE CORRIENTE WIDLAR



I_{B1} e I_{B2} << I_{C1} => despreciables

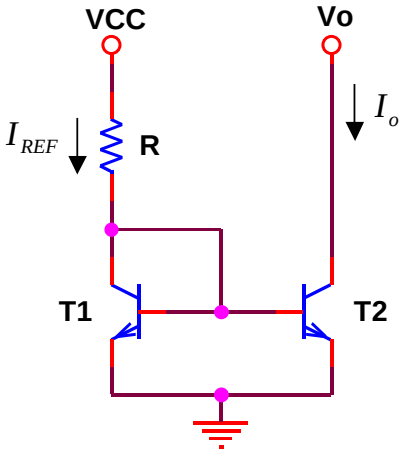
$$I_{C1} \approx I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{REF}} = \frac{12V - 0{,}7V}{0{,}226mA} = 50K$$

En una fuente Widlar se cumple:

$$V_T \cdot \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right) = I_{C2} \cdot R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{V_T}{I_{C2}} \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)$$

$$I_{C2} = I_o = 3\mu A \Rightarrow R_2 = \frac{0{,}026V}{3 \cdot 10^{-6} A} \ln\left(\frac{0{,}226 \cdot 10^{-3} A}{3 \cdot 10^{-6} A}\right) = 37{,}456K$$

b) FUENTE DE CORRIENTE BÁSICA (ESPEJO DE CORRIENTE)



$$I_o = I_{REF} \frac{\beta}{\beta + 2}$$

β elevada => $\frac{\beta}{\beta + 2} \approx 1 \Rightarrow I_o \approx I_{REF} = 3\mu A$

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} \Rightarrow R = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{REF}} = \frac{12V - 0{,}7V}{3 \cdot 10^{-6} A} = 3{,}7M\Omega$$

La ventaja de la fuente Widlar frente a la fuente de corriente básica es que cuando se necesitan corrientes muy bajas (como es el caso de este problema), la fuente Widlar no necesita resistencias tan altas como la fuente básica (3,7 MΩ) que son difíciles de integrar.