Examen de Electrónica 2
26/12/2007

Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es sin material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 (39 puntos):

En la Figura 1 se tiene un circuito Colpitts diferencial. Para éste circuito:

a) Determinar la frecuencia y condición de oscilación. (Sugerencia: tenga en cuenta la simetría del circuito para estudiar el mismo)
b) ¿Qué condición debe cumplir I_{bias} para que el oscilador arranque?
c) ¿Cómo funciona el mecanismo de estabilización de amplitud? Cuando el oscilador arranca y la amplitud de Vo va creciendo, explicar que mecanismos actúan para que Vo se estabilice en su valor final.
d) Si se considera el efecto de los capacitores $C\mu$ y $C\pi$ en el comportamiento del circuito, expresar la frecuencia de oscilación considerando estos capacitores.

Datos: el β del transistor se podrá considerar muy grande.

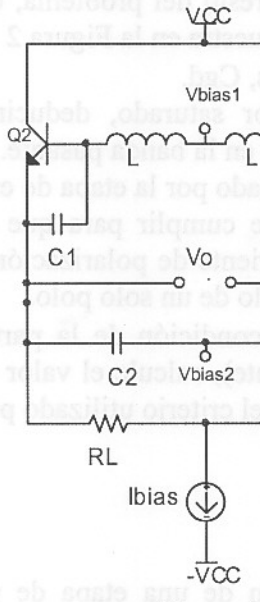


Figura 1

Problema 2 (39 puntos):

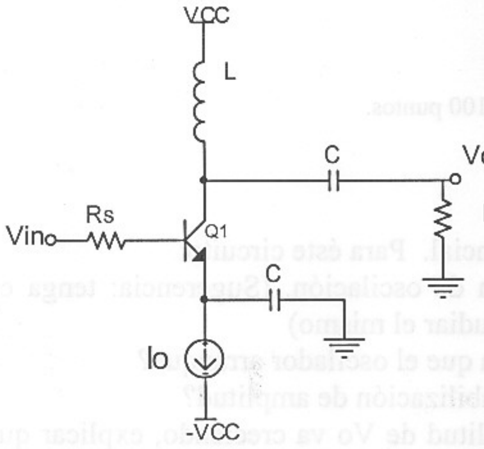


Figura 1

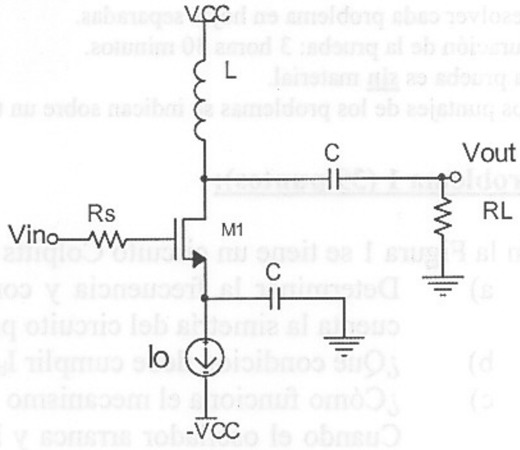


Figura 2

Datos de Q1: $C\mu = 1pF$, $Cje = 1pF$, $fT_{@25mA} = 5Ghz$, $\beta = 200$, $VA = \infty$
$C = \infty$, $L = \infty$

a) Para el circuito de la Figura 1 calcule f_{-3dB} y la ganancia en la banda pasante si $Io = 10mA$, $RL = 1k\,\Omega$, $Rs = 100\Omega$.

b) A partir de esta parte y por el resto del problema, el transistor Q1 se sustituye por el transistor M1 como se muestra en la Figura 2 .
Parámetros de M1: β, $\delta = 0$, Cgs, Cgd.
   i. Suponiendo el transistor saturado, deducir las expresiones del polo dominante y la ganancia en la banda pasante. Para ello asuma que el polo dominante está determinado por la etapa de entrada del circuito.
   ii. ¿Que condición se debe cumplir para que el fT del amplificador sea independiente de la corriente de polarización? En esta parte asuma para el amplificador un modelo de un solo polo.

c) Asumiendo que se cumple la condición de la parte b) ii) y que $\omega_{P2}=gm/C_{gs}$ (expresión del polo no dominante), calcule el valor de Io para tener un Margen de Fase aceptable, explicitando el criterio utilizado para ello.

Pregunta (22pts) :

En la Figura 1 se tiene una variación de una etapa de potencia tipo clase AB. El transistor Q4 está implementado con un pnp tipo TIP42 y el Q3 con un npn tipo TIP41, cuya hoja de datos se da en la Figura 2.
Se pide:

a) Si se quiere una potencia máxima por la carga de 16W, ¿cuál es el voltaje de la fuente necesario?

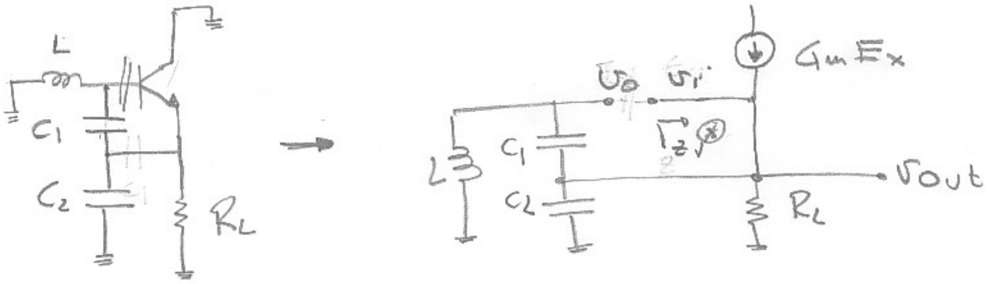
b) Consideramos ahora amplitudes a la salida entre 0 y la que da la potencia de 16W a la salida. ¿Cuál es la máxima potencia disipada por cada uno de los transistores Q3 y Q4 para entradas en este rango? ¿Cuánto vale en este caso la eficiencia del circuito, despreciando la potencia disipada en las etapas de Q1 y Q2?

CORREGIDA

Examen Electrónica 2 Diciembre 2007

Problema 1

a) Se usa una estructura diferencial para obtener el doble de Vout. Considerando el hecho que el circuito es diferencial estudio solo la mitad del mismo:



(*) Como β es muy grande considero ∞ la Z_β a los efectos del cálculo

1) $E_x = v_i - v_{out}$

2) $v_o = v_{out} \dfrac{Z_L}{Z_L + Z_{C_1}} = v_{out} \dfrac{sL}{sL + 1/sC_1} = v_{out} \dfrac{s^2 L C_1}{1 + s^2 L C_1}$

3)
$$G_m E_x = \left(R_L \,//\, Z_{C2} \,//\, (Z_{C_1} + Z_L)\right)^{-1} \cdot v_{out}$$

$$= \left(\frac{1}{R_L} + sC_2 + \frac{sC_1}{LC_1 s + 1}\right) v_{out}$$

$$\Rightarrow G_m v_i = \left(G_m + \frac{1}{R_L} + sC_2 + \frac{sC_1}{LC_1 s + 1}\right) \cdot \frac{s^2 L C_1}{1 + s^2 L C_1}$$

$$\left(\frac{v_o}{v_i}\right)^{-1} = \left[G_m + \frac{1}{R_L} + s\left(\frac{C_1 C_2 L s^2 + C_1 + C_2}{LC_1 s^2 + 1}\right)\right] \cdot \frac{s^2 L C_1 + 1}{s^2 L C_1} \cdot \frac{1}{G_m}$$ Ec.(1)

Para que el circuito oscile, $Im(v_o/v_i) = 0$, entonces:

$$\left.\frac{C_1 C_2 L s^2 + C_1 + C_2}{LC_1 s^2 + 1}\right|_{s=\omega j} = 0 \Rightarrow \boxed{\omega_{res} = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 C_2}}}$$

Además: $Re\left(v_o/v_i\right) = 1$, entonces:

$$\left.\left(G_m + \frac{1}{R_L}\right)\cdot\frac{1}{G_m}\underbrace{\left(1 - \frac{C_1}{C_1+C_2}\right)}_{\frac{C_2}{C_1+C_2}} = 1 \right\} \Rightarrow \boxed{R_3 G_m = \frac{C_1}{C_2}}$$

b) a) Para que el circuito arranque $\frac{v_o}{v_i} > 1 \Rightarrow G_m > \frac{C_1}{C_2 R_L}$.

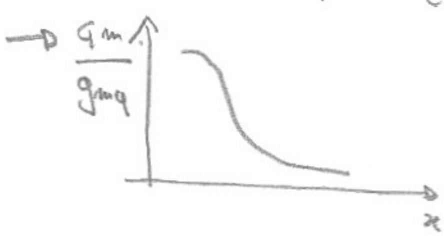
Al momento del arranque $G_m = g_{mQ} = g_m = \frac{I_1}{V_T}$.

Entonces: $\frac{I_1}{V_T} > \frac{C_1}{C_2 R_L} \xRightarrow{I_1 = I_{bias}/2} \boxed{I_{bias} > \frac{2V_T}{R_L}\frac{C_1}{C_2}}$

·) $V_o \uparrow \rightarrow v_e \uparrow \rightarrow E_x \uparrow \rightarrow x = \frac{E_x}{V_T} \uparrow$

$\left(v_b \simeq \frac{C_1+C_2}{C_2}\cdot v_e\right)$

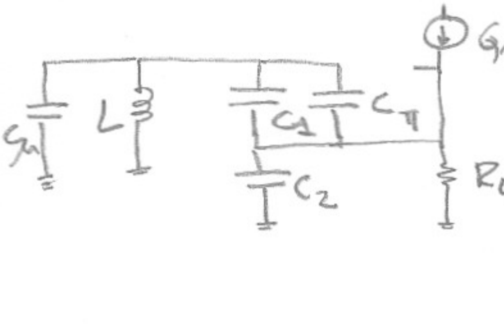
$\rightarrow$



$\rightarrow \frac{G_m}{g_{mQ}} \downarrow \rightarrow i_c \downarrow \rightarrow V_o \downarrow$

Cuando E_x aumenta, también lo hacen las componentes no lineales de i_c; por lo que la componente fundamental de i_c disminuye, haciendo que E_x disminuya y por tanto también lo haga V_o.

c) Ahora el modelo del oscilador queda:



$$\Rightarrow \omega_{18} = \left\{\left[\left(\frac{(C_1+C_\pi)+C_2}{(C_1+C_\pi)C_2}\right)^{-1} + G_m\right]^{-1}\cdot\frac{1}{L}\right\}^{1/2}$$

Problema 2

a) Calculo $C_{\pi @ 10mA}$

$$f_{T@25mA} = \frac{g_m}{2\pi(C_\pi + C_\mu)} \Rightarrow C_\pi = \frac{g_m}{2\pi f_{T@25mA}} - C_\mu$$

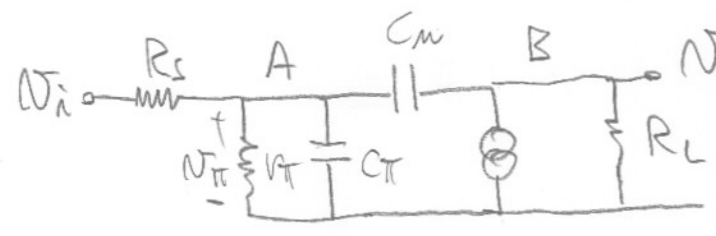
$$C_\pi = C_{je} + KI = \frac{g_m}{2\pi f_{T@25mA}} - C_\mu$$

$$\Rightarrow K = \frac{1}{I}\left(\frac{g_m}{2\pi f_{T@25mA}} - C_\mu - C_{je}\right) = 1,144 \times 10^{-9} \ \frac{C}{A}$$

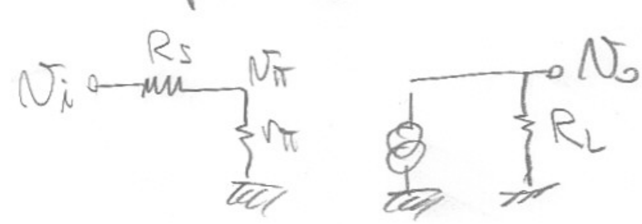
$$\Rightarrow C_{\pi@10mA} = C_{je} + K.I_o = 12,44 \ pF$$

$L = \infty \Rightarrow$ es un circuito abierto en señal
$C = \infty \Rightarrow$ es un corto circuito en señal
$\Rightarrow$ el modelo

en pequeña señal de



en la banda pasante

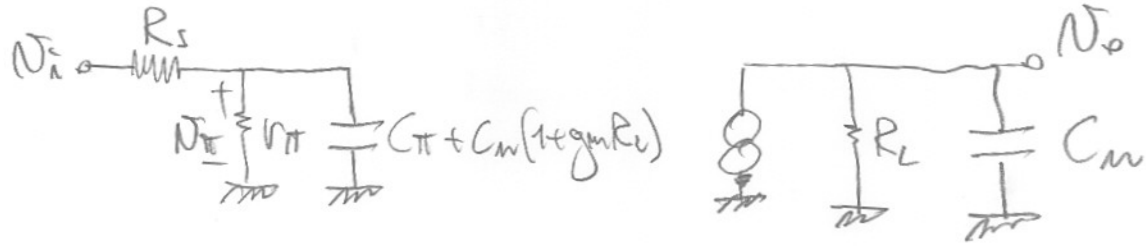


$$v_o = -g_m R_L v_\pi = -g_m R_L \frac{r_\pi}{R_s + r_\pi} v_i$$

$$\Rightarrow \boxed{A = -g_m R_L \frac{r_\pi}{R_s + r_\pi} = -322}$$

Problema 2

a) Aplicando Miller a C_μ



Polo de la entrada

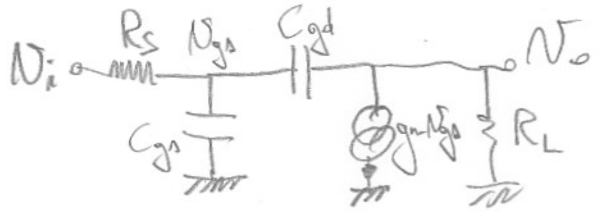
$$f_{P_1} = \frac{1}{2\pi (R_s \| r_\pi)(C_\pi + C_\mu(1+g_m R_L))} = 4{,}76\ \text{MHz}$$

Polo de la salida

$$f_{P_2} = \frac{1}{2\pi R_L C_\mu} = 160\ \text{MHz}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{-3dB} = f_{P_1} = 4{,}76\ \text{MHz}}$$

b) i)

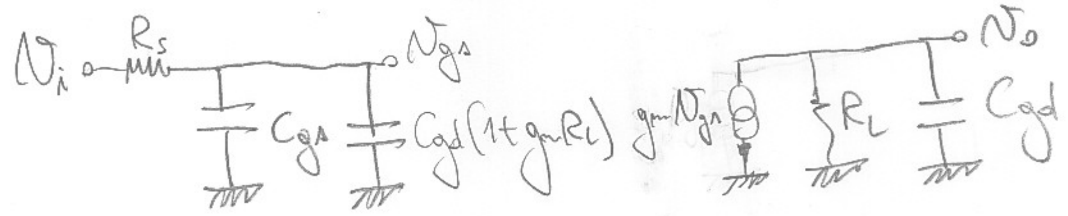


En la banda pasante

$$v_o = -g_m R_L v_i \Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_i} = -g_m R_L}$$

Problema 2

b) i) Para calcular el polo dominante aplico Miller a C_{gd}



Por letra

$$f_{P1} = f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_S(C_{gs}+C_{gd}(1+g_m R_L))} \Rightarrow \boxed{f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_S(C_{gs}+C_{gd}(1+g_m R_L))}}$$

ii) $$f_T = f_{P_1} A_0 = \frac{g_m R_L}{2\pi R_S(C_{gs}+C_{gd}(1+g_m R_L))}$$

Si $C_{gs}+C_{gd} \ll C_{gd} g_m R_L \Rightarrow f_T \simeq \frac{\cancel{g_m R_L}}{2\pi R_S \cancel{g_m R_L} C_{gd}} = \frac{1}{2\pi R_S C_{gd}}$

$$\Rightarrow \boxed{C_{gs}+C_{gd} \ll C_{gd} g_m R_L}$$

Independiente de g_m
$\Rightarrow$ Independiente de I_o

c) Un márgen de Fase aceptable es de 65°.

Para que esto se cumpla $\Rightarrow$ $f_{P_{nd}} = 2{,}2\, f_T$

$$\frac{g_m}{\cancel{2\pi} C_{gs}} = 2{,}2 \cdot \frac{1}{\cancel{2\pi} R_S C_{gd}}$$

$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{gs}}$, $I_D = \frac{\beta}{2}(V_{gs}-V_t)^2$ $\Rightarrow g_m = \sqrt{2\beta}\sqrt{I_o}$

$$\Rightarrow \sqrt{2\beta}\sqrt{I_o} = 2{,}2\,\frac{C_{gs}}{R_S C_{gd}} \Rightarrow \boxed{I_o = \frac{2{,}4}{\beta}\,\frac{C_{gs}}{C_{gd} R_S}}$$

Pablo Castro

Pregunta

a). $P_L^{máx} = 16\,W$.

$$P_L^{máx} = \frac{V_{cc}^2}{2R_L} \Rightarrow V_{cc} = \sqrt{P_L^{máx} \cdot 2R_L} = 8$$

$\hat{V}_o = V_{cc}$

b) $$P_{dis.\,c/tran} = \frac{P_S - P_L}{2} = \frac{V_{cc}\,\hat{V}_o}{\pi R_L} - \frac{\hat{V}_o^2}{4R_L}\Big|_{\hat{V}_o = \frac{2V_{cc}}{\pi}} = \frac{V_{cc}^2}{\pi^2 R_L} = \underline{3.24\,W}$$

$$\eta = \frac{\frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}}{2V_{cc} \cdot \frac{\hat{V}_o}{\pi R_L}}\Bigg|_{\hat{V}_o = \frac{2V_{cc}}{\pi}} = \frac{\frac{\cancel{2}V_{cc}}{2R_L\pi}}{\frac{\cancel{2}V_{cc}}{R_L\pi}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\eta = 50\%}$$

c) Con un disipador:

$$\theta'_{jA} = \theta_{jc} + \theta_{cs} + \theta_{SA}$$

$$\theta'_{jA} = 1.67\,°C/W + 2.5\,°C/W + 2\,°C/W = 6.17\,°C/W$$

$$P_{máx}^{c/tran} = \frac{T_{j\,máx} - T_A}{\theta'_{jA}} = \frac{150°C - 40°C}{6,17\,°C/W} = 17.8\,W$$

En la parte (b) vimos que la máxima potencia que puede disipar c/ transistor con las especificaciones dadas es $\underline{3.24\,W}$. Con el disipador podemos alcanzar esa potencia máxima.

Por tanto $T_j = P_{máx}^{c/tran}\,\theta'_{jA} + T_A = 3.24 \cdot 6.17 + 40 = \underline{60\,°C}$