1^er Parcial de Electrónica 2
06/10/2005

50708853

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 : (30 puntos)

a) Se tiene un circuito cuyo equivalente en señal se muestra en la Figura 1, siendo la polarización tal que ambos transistores operan en la zona activa con corriente continua igual a Io. Determinar la capacidad vista desde la base de Qa en función de las capacidades C_π y C_μ de Qa.

b) En el circuito de la Figura 2, IBIAS1 e IBIAS2 son fuentes de corriente continua e +Iin/2, -Iin/2 son fuentes de corriente de señal. Calcular la frecuencia de corte superior (se sugiere aprovechar la simetría del circuito).

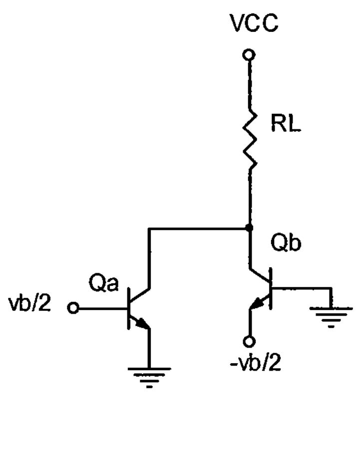


Figura 1

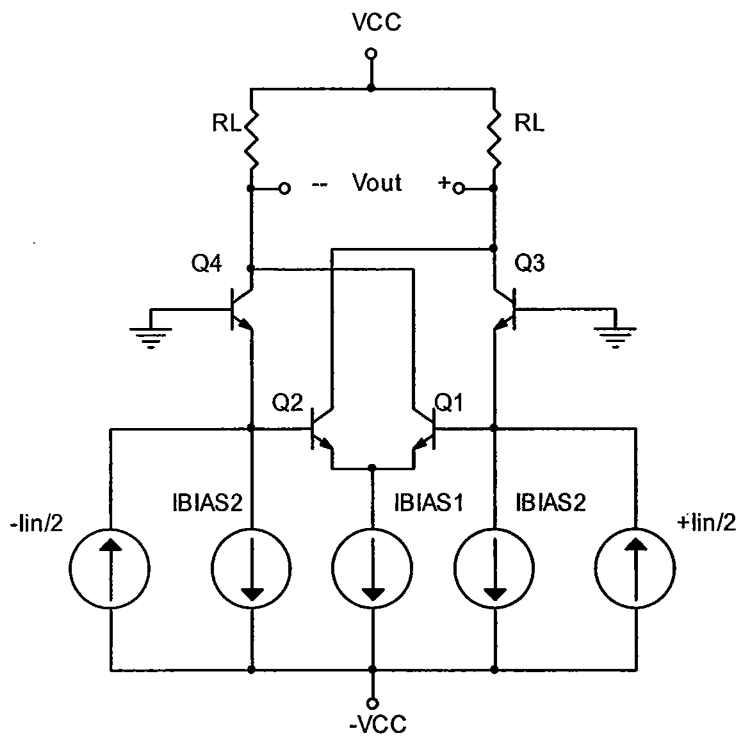


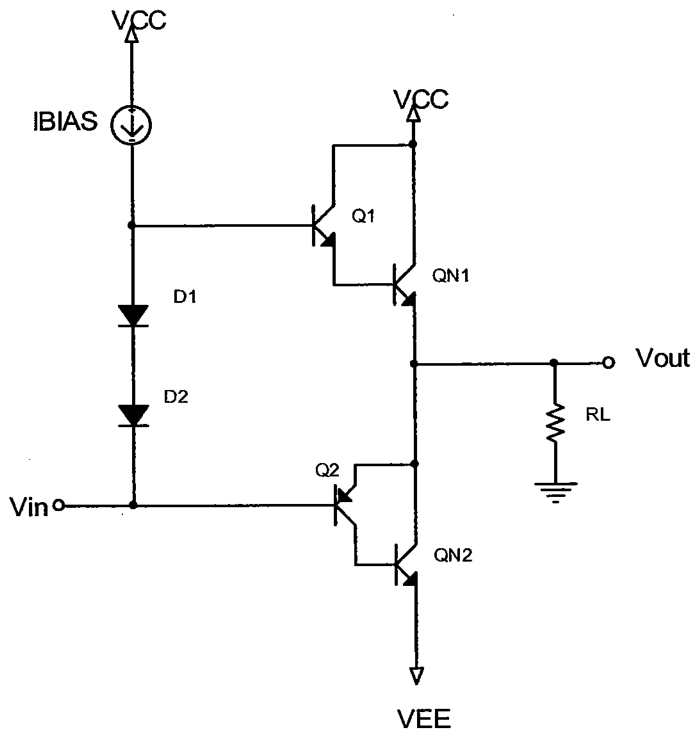
Figura 2

Datos:
IBIAS1=2*IBIAS2=20mA
Todos los transistores tienen f_T=60MHz @ I_C= 10mA, C_μ= 5pF y β=300
RL= 100Ω.

Problema 2: (25 puntos)

El circuito de la figura es una etapa de salida clase AB que utiliza transistores compuestos Q1-QN1 y Q2-QN2 para manejar la carga.

a) Determine la mínima corriente IBIAS para entregar 0.5W a la carga si los diodos precisan 0.1mA para estar encendidos.
b) Determine en ese caso la eficiencia de la etapa.
c) Determine en ese caso la potencia que disipa Q1
d) Utilizando los datos térmicos del transistor Q1, ¿es posible que si se aumenta la amplitud de señal a la salida, aumentando IBIAS en forma acorde, el transistor Q1 exceda sus límites térmicos? Justifique.



Datos:

Q1, Q2: $V_{BE}=|V_{EB}|=0.6V$, $\beta=200$, $\theta_{JC}=10$ °C/W, $\theta_{CA}=90$°C/W, $T_{jMAX}=120$°C

QN1, QN2: $V_{BE}=0.8V$, $\beta_N=15$

$RL=4\Omega$, $VCC=-VEE=15V$, $T_{AMB}=30$°C

Problema 3: (25 puntos)

Se tienen dos versiones de valores de componentes para el circuito equivalente de un amplificador mostrado en la Figura.

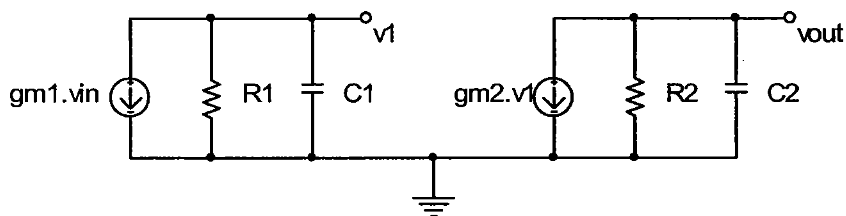
a) Indicar para cada versión, fundamentando claramente las razones, si el margen de fase será mayor o menor a 45°.

b) En el caso que sea menor a 45°, indicar donde conectaría una capacidad de compensación de Miller para compensarlo, y determinar el valor de esta capacidad para tener un margen de fase aceptable.

Recordar que en la compensación de Miller, la transferencia de loop abierto está dada aproximadamente por:

$$A(\omega)=\frac{gm_1 gm_2 R_1 R_2\left(1-{j\omega}/{\omega_Z}\right)}{\left(1+{j\omega}/{\omega_{P1}}\right)\left(1+{j\omega}/{\omega_{P2}}\right)}$$

donde $\omega_{P1}=\dfrac{1}{gm_2 C_f R_1 R_2}$ $\quad \omega_{P2}=\dfrac{gm_2 C_f}{C_1 C_2 + C_f(C_1+C_2)}$ $\quad \omega_Z=\dfrac{gm_2}{C_f}$



Componente	Versión 1	Versión 2
gm1	0.38 mS	0.38 mS
R1	800 K	80 K
C1	2 pF	20 pF
gm2	3.8 mS	3.8 mS
R2	8.7 K	870 Ω
C2	18 pF	18 pF

Problema 4 : (20 puntos)

El circuito de la Fig.1 es un multiplicador de cuatro cuadrantes.

a) Mostrar como se conectan los colectores de Q3..Q6 para que este circuito cumpla la función deseada.

b) Si en la salida se coloca una resistencia como se muestra en la Fig.2, hallar V_{OUT} en función de V_{RF} y V_{IF}.

Datos: $C=\infty$

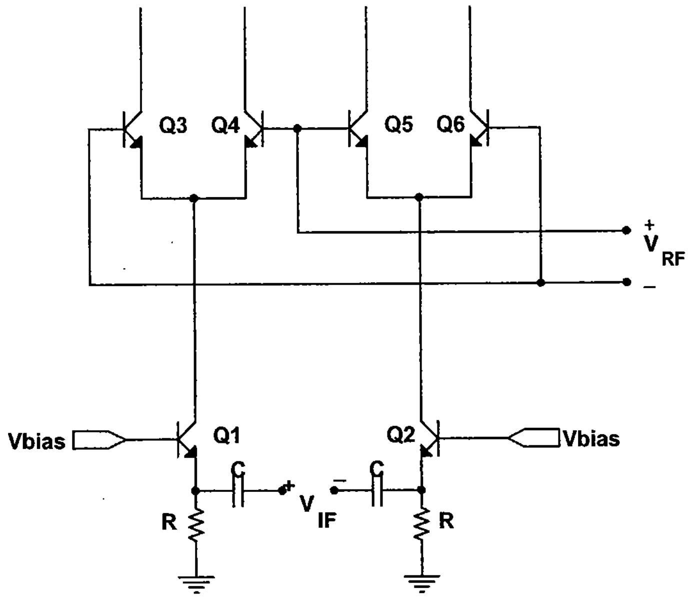


Fig.1

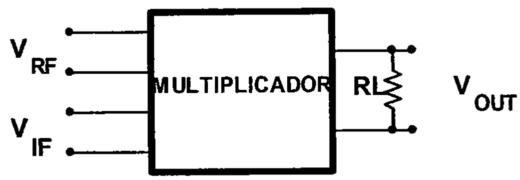
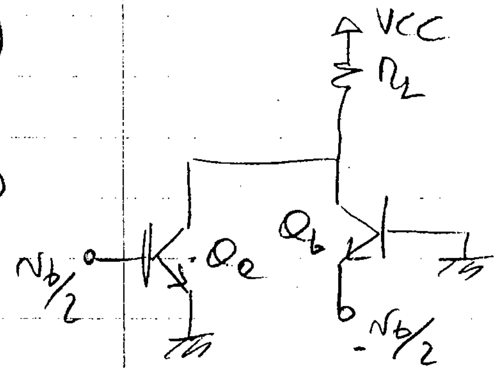


Fig.2

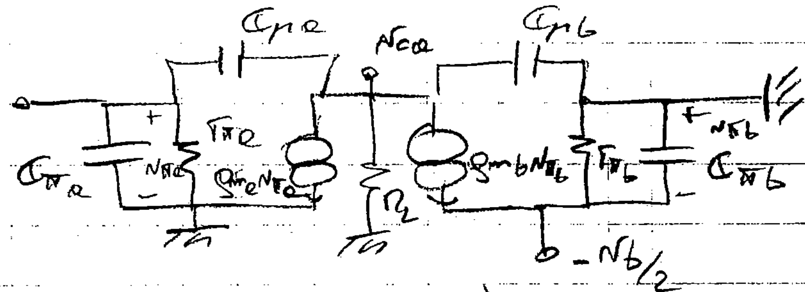
ELECTRONICA 2   1ª PARCIAL   2005

Ej 1

(a)



$\Rightarrow$



Miller: $C_V = C_{\pi a} + C_{\mu a}\left(1 - \frac{v_{ca}}{v_{\pi a}}\right)$

A baja frec.: $v_{ca} = \left(-g_{ma} v_{\pi a} - g_{mb} v_{\pi b}\right) \times R_L$

$v_{\pi a} = v_b/2$

$v_{\pi b} = +v_b/2$ $\Rightarrow$ $v_{ca} = -(g_{ma} + g_{mb}) R_L v_{\pi a}$

$I_{ca} = I_{cb} = I_o \Rightarrow g_{ma} = g_{mb} = \frac{I_o}{V_T}$

$\Rightarrow v_{ca} = -2 g_m R_L v_{\pi a}$

$\Rightarrow C_V = C_{\pi a} + C_{\mu a}(1 + 2 g_m R_L)$

E2 P1 2005

(b) $\beta = 300 \Rightarrow I_{C4} = I_{C3} \cong I_{BIAS2} = 10\,mA$

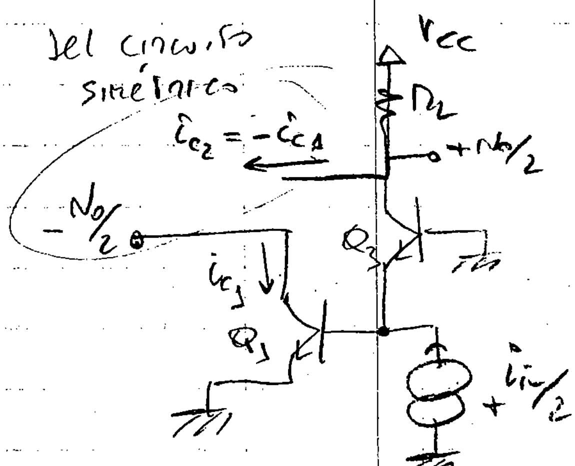
$I_{C1} = I_{C2} = I_{BIAS1}/2 = 10\,mA$

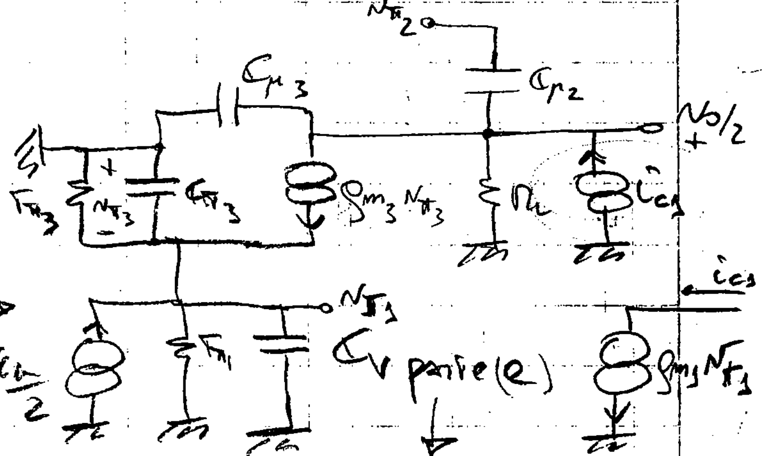
$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_\pi + C_\mu)} = 60\,MHz$$

$C_\mu = 5\,pF$

$\Rightarrow C_\pi + C_\mu = 1\,nF \Rightarrow C_\pi = 995\,pF$

Parto al medio el circuito





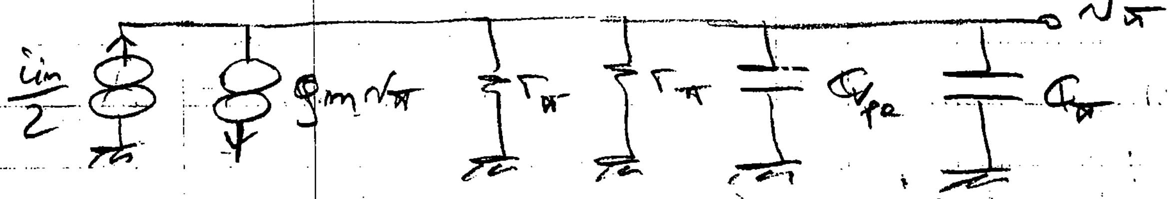
$C_{\pi 1} + C_{\mu 1}(1 + 2 g_m R_L)$

$$g_{m1} = g_{m3} = \frac{I_{BIAS2}}{V_T} = g_m = 0{,}385\ A/V$$

$$r_{\pi 1} = r_{\pi 3} = \beta/g_m = 780\,\Omega$$

$C_{\pi 3} = C_{\pi 1} = C_\pi \quad , \quad C_{\mu 3} = C_{\mu 1} = C_\mu$

$v_{\pi 1} = -v_{\pi 3} = v_\pi$



$$\Rightarrow \left(\frac{i_{in}}{2} - g_m v_\pi\right)\left(r_\pi/2 \,//\, (C_{Vpa} + C_\pi)\right) = v_\pi$$

ELECTRONICA 2   1er PARCIAL   2005

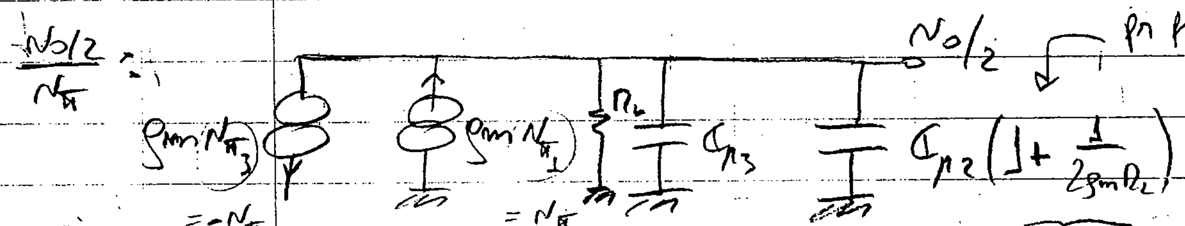
$$\frac{i_{in}}{2}\left(\frac{r_\pi}{2} \,//\, \left[C_{vpe}+C_\pi\right]\right) = v_\pi \left[1 + \overbrace{\frac{g_m r_\pi/2}{1+s(C_{vpe}+C_\pi)\,r_\pi/2}}^{\beta/2}\right]$$

$$\frac{v_\pi}{(i_{in}/2)} = \frac{r_\pi/2}{1+\beta/2 + s\underbrace{(C_{vpe}+C_\pi)}_{C_{eq}}\,r_\pi/2}$$

$$\frac{v_\pi}{(i_{in}/2)} = \frac{\frac{r_\pi}{2+\beta}}{1+sC_{eq}\frac{r_\pi}{2+\beta}} \underset{\beta>>2}{\simeq} \frac{g_m}{1+sC_{eq}/g_m}$$

MILLER: en parte (a)

$\frac{v_o/2}{v_\pi}$:



$$\Rightarrow \frac{v_o/2}{v_\pi} = 2g_m\, R_L \,//\, (C_{\mu 3}+C_{\mu 2}) = \frac{2g_m R_L}{1+s2C_\mu R_L}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{p1} = \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{g_m}{C_{eq}} = 25{,}7\ MHz = f_{-3dB}}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1}{2C_\mu R_L} = 159\ MHz$$

Parcial Electrónica 2 06/10/2005.

Problema 2:

a) $P_L = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L} = 0,5W \Rightarrow \hat{V}_o = 2V \Rightarrow \hat{I} = \frac{\hat{V}_o}{R_L} = 0,5A$

$\hat{i}_{B_{QN_1}} = \frac{\hat{I}}{\beta_{QN_1}} = \frac{0,5A}{15} = 33,3 \text{ mA}$

$\hat{i}_{BQ_1} = \frac{\hat{i}_{BQN_1}}{\beta_{Q_1}} = \frac{33,3 \text{ mA}}{200} = 0,167 \text{ mA}$

$I_{BIAS_{min}} = I_{D_{min}} + \hat{i}_{BQ_1} = 0,1\text{mA} + 0,167\text{mA} = \boxed{0,267 \text{ mA}}$

b) $\eta = \frac{P_L}{P_S}$

$P_S = P_S^+ + P_S^- = 2 \cdot V_{CC} \cdot \frac{\hat{V}_o}{\pi R_L}$

$P_L = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}$

$\eta = \frac{\hat{V}_o^{\cancel{2}} \cdot \pi R_L}{2 \cancel{R_L} \cdot \hat{V}_o \cdot V_{CC} \cdot 2} = \frac{\hat{V}_o}{V_{CC}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{2}{15} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{30}$

$|\eta = 10,5 \%|$

c) $P_{DQ_1} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_{CEQ_1} \cdot i_{Q_1} \cdot d\theta$

$i_{Q_1} = \begin{cases} \frac{\hat{V}_o}{\beta_{QN_1} \cdot R_L} \cdot \operatorname{sen}\theta & 0 \leq \theta \leq \pi \\ 0 & \pi \leq \theta \leq 2\pi \end{cases}$

$v_{CEQ_1} = V_{CC} - (V_o + V_{BEQN_1}) = V_{CC} - V_{BEQN_1} - \hat{V}_o \cdot \operatorname{sen}\theta$

$$P_{DQ_1} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \left(V_{CC} - V_{BEQN_1} - \hat{V}_o \operatorname{sen}\theta\right) \cdot \frac{\hat{V}_o}{R_L \beta_{QN_1}} \operatorname{sen}\theta \, d\theta$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right) \frac{\hat{V}_o}{R_L \beta_{QN_1}} \cdot (-\cos\theta)\Big|_0^{\pi} - \frac{1}{2\pi} \frac{\hat{V}_o^2}{R_L \beta_{QN_1}} \left(\frac{1}{2}\theta - \frac{1}{4}\operatorname{sen} 2\theta\right)\Big|_0^{\pi} =$$

$$= \left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right) \frac{\hat{V}_o}{2\pi \cdot R_L \cdot \beta_{QN_1}} \cdot 2 - \frac{\hat{V}_o^2}{2\cancel{\pi} R_L \beta_{QN_1}} \cdot \frac{\cancel{\pi}}{2} =$$

$$= \frac{\left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right)\hat{V}_o}{\pi R_L \beta_{QN_1}} - \frac{\hat{V}_o^2}{4 R_L \beta_{QN_1}}$$

$$\hat{V}_o = 2V \Rightarrow P_{DQ_1} = 151\,mW - 17\,mW = \boxed{134\,mW}$$

d)

$$\frac{\partial P_{DQ_1}}{\partial \hat{V}_o} = \frac{V_{CC} - V_{BEQN_1}}{\pi R_L \beta_{QN_1}} - \frac{\hat{V}_o}{2 R_L \beta_{QN_1}}$$

$$P_{DQ_1 MAX} \iff \frac{\partial P_{DQ_1}}{\partial \hat{V}_o} = 0 \iff \hat{V}_o = \frac{2 \cancel{R_L \beta_{QN_1}} (V_{CC} - V_{BEQN_1})}{\pi \cancel{R_L \beta_{QN_1}}} = \frac{2}{\pi}(V_{CC} - V_{BEQN_1})$$

$$P_{DQ_1 MAX} = \frac{\left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right) \cdot \frac{2}{\pi}\left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right)}{\pi R_L \cdot \beta_{QN_1}} - \frac{4}{\pi^2} \frac{\left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right)^2}{4 R_L \beta_{QN_1}}$$

$$= \frac{\left(V_{CC} - V_{BEQN_1}\right)^2}{\pi^2 R_L \beta_{QN_1}} = 341\,mW$$

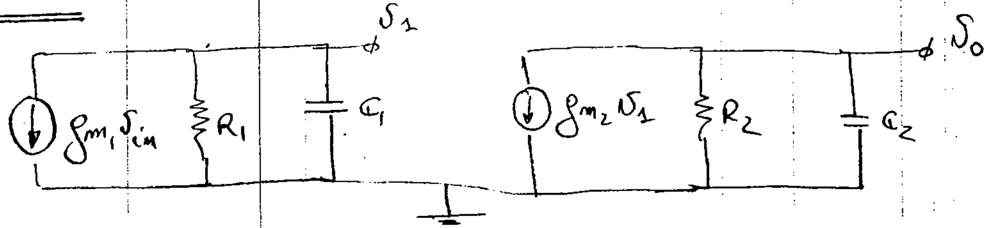
$$P_{D MAX} = \left(T_{jMAX} - T_A\right) \frac{1}{\theta_{jA}} = \frac{120°C - 30°C}{100°C/W} = 900\,mW$$

$$\theta_{jA} = \theta_{jC} + \theta_{CA}$$

$900\,mW > 341\,mW \Rightarrow$ No se exceden los límites térmicos

Otra forma $\quad T_j = T_A + \theta_{jA} \cdot P_D = 30°C + 100°C/W \cdot 0{,}341\,W = 64{,}1°C < T_{jMAX}$

PROBLEMA 3



a)

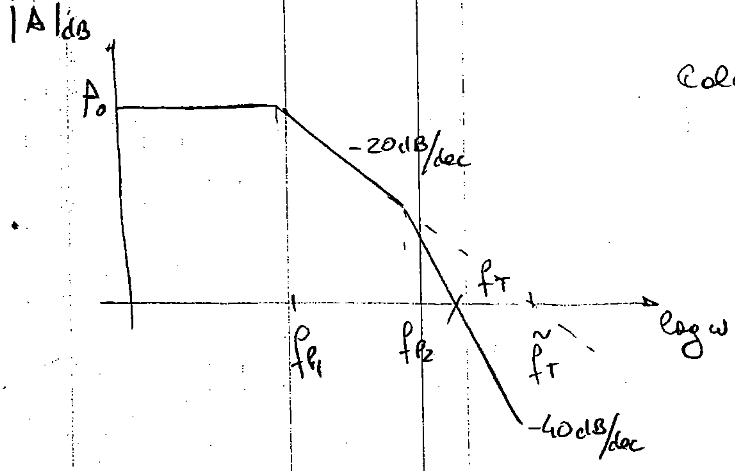
$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{g_{m_2} g_{m_1} R_1 R_2}{(1+R_2 C_2 s)(1+R_1 C_1 s)}$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{R_1 C_1}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_2 C_2}$$

$$A_o = g_{m_2} g_{m_1} R_1 R_2$$

	Version 1	Version 2
f_{p1}	100 kHz	100 kHz
f_{p2}	1 MHz	10 MHz
A_o	80 dB (10050 V/V)	40 dB (100,5 V/V)



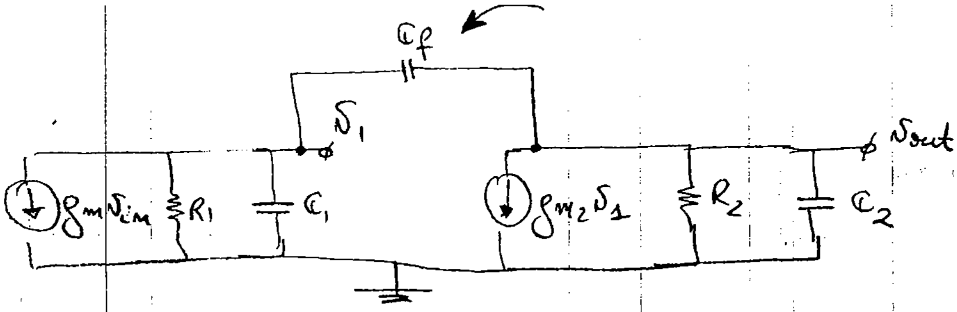
Calculamos $\tilde{f}_T \Rightarrow A_o f_{p1} = \tilde{f}_T$

	Version 1	Version 2
$\tilde{f}_T$	1 GHz	10 MHz

$\Rightarrow$ para la Version 1, $f_{p2} < f_T \Rightarrow PM < 45^\circ$

para la version 2, $f_{p2} \approx f_T \rightarrow PM \approx 45^\circ$

(b)



busco $f_{p_2} = 2{,}2\, f_T$

$$\overbrace{\frac{g_{m2}\, C_f}{C_1 C_2 + C_f (C_1 + C_2)}}^{= \omega_{p2}} = 2{,}2 \cdot \underbrace{A_0}_{= g_{m1} g_{m2} R_1 R_2} \cdot \overbrace{\frac{1}{g_{m2}\, C_f R_1 R_2}}^{= \omega_{p1}}$$

$$\Rightarrow \frac{g_{m2}\, C_f}{C_1 C_2 + C_f (C_1 + C_2)} = 2{,}2 \frac{g_{m1}}{C_f}$$

$$\Rightarrow 0{,}455 \frac{g_{m2}}{g_{m1}} C_f^2 - C_f (C_1 + C_2) - C_1 C_2 = \emptyset$$

(solo se aplica en la Version 1)

$$C_f = \frac{(C_1 + C_2) \pm \sqrt{(C_1 + C_2)^2 + 4 C_1 C_2\, 0{,}455\, g_{m2}/g_{m1}}}{2 \cdot 0{,}455\, g_{m2}/g_{m1}} = \frac{20pF \pm \overbrace{\sqrt{1095{,}2\, pF^2}}^{= 32{,}5pF}}{9{,}1}$$

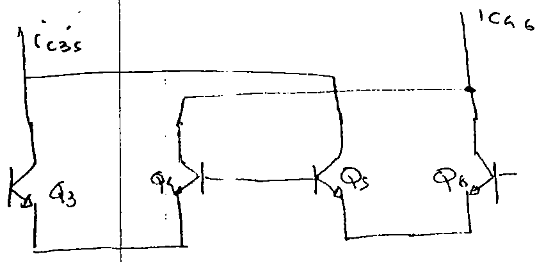
$$\Rightarrow \boxed{C_f = 5{,}77pF} \rightarrow \text{para este valor} \begin{cases} f_T = 1\,MHz \\ f_{P_1} = 1\,KHz \end{cases}$$

Verificamos si el zero no influye en el margen de fase:

$$\omega_z = \frac{3{,}8mS}{5{,}77pF} \rightarrow f_z = \frac{\omega_z}{2\pi} = 104{,}8\,MHz \gg f_T$$

Problema

a)



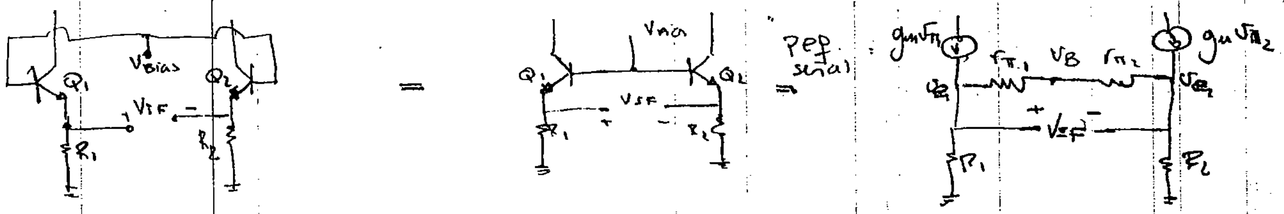
$i_{c35} = i_{c3} + i_{c5}$

$V_{out} = (i_{c35} - i_{c46}) R_d$

$i_{c46} = i_{c4} - i_{c6}$

b)

1) Estudio del bloque "IF"



$\rightarrow \quad i_{b1} = -i_{b2} \Rightarrow i_{c1} = -i_{c2} \Rightarrow g_{m1}(v_b - v_{e1}) = -g_{m2}(v_b - v_{e2})$

$$\left.\begin{array}{l} g_{m1} = g_{m2} = \dfrac{I_0}{V_T} = \dfrac{V_{bias} - V_{BE}}{R_0 V_T} \\ v_{e1} = \dfrac{v_{IF}}{2} \\ v_{e2} = -\dfrac{v_{IF}}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow v_b = 0 \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} i_{c1} = -g_{m1}\dfrac{v_{IF}}{2} \\ i_{c2} = g_{m1}\dfrac{v_{IF}}{2} \end{array}\right.$$

$\rightarrow \quad i_{c1} = I_{c1} + i_{c1} = I_0 - g_{m1}\dfrac{v_{IF}}{2}$

$i_{c2} = I_0 + g_{m1}\dfrac{v_{IF}}{2}$

2) Bloque "RF"

$$\left(g_{m3} = \frac{i_{c1}}{2V_T}\right)$$

$$i_{c3} = \frac{i_{c1}}{2} - g_{m3}\frac{v_{RF}}{2} = \frac{i_{c1}}{2}\left(1 - \frac{v_{RF}}{2V_T}\right) = \left(\frac{I_0}{2} - g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}\right)\left(1 - \frac{v_{RF}}{2V_T}\right)$$

$$i_{c4} = \frac{i_{c1}}{2} + g_{m3}\frac{v_{RF}}{2} = \left(\frac{I_0}{2} - g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}\right)\left(1 + \frac{v_{RF}}{2V_T}\right)$$

$$\left(g_{m5} = \frac{i_{C2}}{2V_T}\right)$$

$$i_{C5} = \frac{i_{C2}}{2} + g_{m5}\cdot\frac{v_{RF}}{2} = \frac{i_{C2}}{2}\left(1+\frac{v_{RF}}{2V_T}\right) = \left(\frac{I_0}{2}+g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}\right)\left(1+\frac{v_{RF}}{2V_T}\right)$$

$$i_{C6} = \frac{i_{C2}}{2} - g_{m5}\frac{v_{RF}}{2} = \left(\frac{I_0}{2}+g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}\right)\left(1-\frac{v_{RF}}{2V_T}\right)$$

$$\Rightarrow\quad i_{C35} = \frac{I_0}{2} - \cancel{\frac{I_0}{2}\frac{v_{RF}}{2V_T}} - \cancel{g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}} + g_{m1}\frac{v_{IF}v_{RF}}{8V_T}$$

$$+\frac{I_0}{2} + \cancel{\frac{I_0}{2}\frac{v_{RF}}{2V_T}} + \cancel{g_{m1}\frac{v_{IF}}{4}} + g_{m1}\frac{v_{IF}v_{RF}}{8V_T}$$

$$= I_0 + g_{m1}\frac{v_{IF}v_{RF}}{4V_T}$$

$$i_{C46} = I_0 - g_{m1}\frac{v_{IF}v_{RF}}{4V_T}$$

$$\Rightarrow\quad \Delta i = i_{C35} - i_{C46} = g_{m1}\frac{v_{IF}v_{RF}}{2V_T}$$

$$\Rightarrow\quad V_{out} = \frac{R_C}{2R}\cdot\left(\frac{V_{b,os} - V_{BE}}{V_T}\right)\cdot\frac{v_{IF}v_{RF}}{V_T}$$