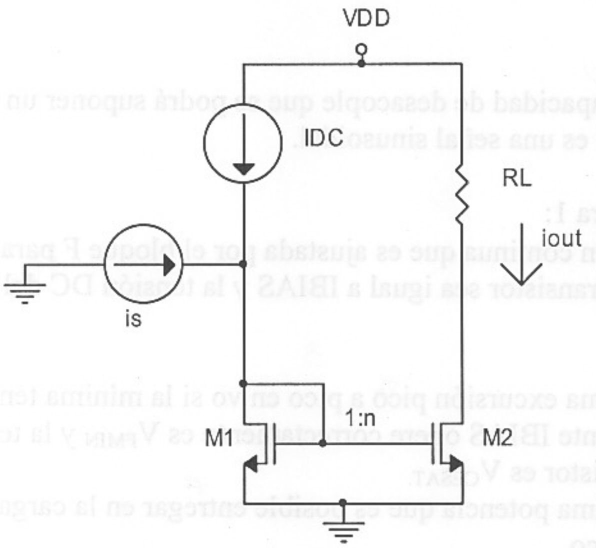
1er Parcial de Electrónica 2
06/10/2007

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 : (24 puntos)

El circuito de la Figura es un espejo de corriente con razón de copia 1:n, es decir que M2 esta formado por n transistores iguales a M1 en paralelo. VDD es tal que asegura que M2 está en saturación, IDC es continua e is es una corriente en señal.
Calcular la frecuencia de -3dB de la transferencia iout/is siendo iout la corriente en señal a la salida.
Datos: $g_{m2}.R_L >> 1$, $n >> 1$, M1 tiene capacidad Gate-Source C_{gs}, capacidad de overlap Gate-Drain C_{gdov}, $\mu.W/L.Cox = \beta$ y $\delta = 0$.

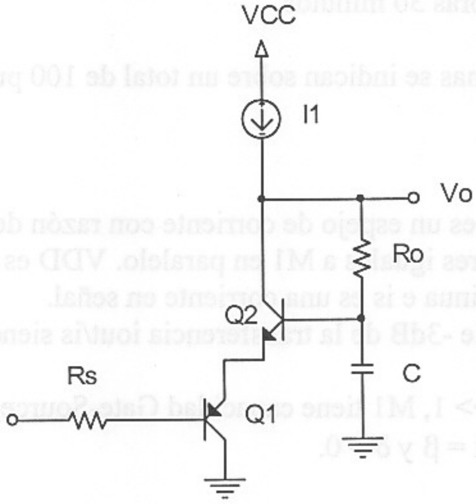


Problema 2 : (28 puntos)

En el circuito de la Figura:

a) Demostrar que $v_{eb1} = v_{be2}$. Siendo v_{eb1} y v_{be2} las componentes de señal de las tensiones emisor base y base emisor de Q1 y Q2 respectivamente.
b) Determinar la ganancia v_o/v_s a frecuencias medias.
c) Determinar la frecuencia de los polos de alta frecuencia y frecuencia de corte superior f_{-3dB}.
d) Si ahora la corriente I1 pasa a ser diez veces menor, determinar la nueva ganancia y frecuencia de corte superior. Comparar con la situación anterior.

Datos:
Fuente de corriente ideal.
La capacidad C puede considerarse de valor infinito.
$R_s = 10\ k\Omega$, $R_o = 1\ k\Omega$, $I1 = 5\ mA$.
Transistores: $\beta=100$, $f_T=200MHz$ @ $I_c=5mA$, $C_\mu=8pF$, $C_{je}=60pF$
Tension de Early : $VA=\infty$.



Problema 3 : (28 puntos)

En todo el problema C es una capacidad de desacople que se podrá suponer un cortocircuito a la frecuencia de la señal vi, la cuál es una señal sinusoidal.

a) En el circuito de la Figura 1:
   - V_B es una tensión continua que es ajustada por el bloque F para que la corriente continua por el transistor sea igual a IBIAS y la tensión DC del colector de Q1 sea VDD/2.

   Determinar:
   i. La máxima excursión pico a pico en vo si la mínima tensión para que la fuente de corriente IBIAS opere correctamente es V_{FMIN} y la tensión de saturación del transistor es $V_{CESAT.}$
   ii. La máxima potencia que es posible entregar en la carga R_O con esta excursión pico a pico.
   iii. La mínima corriente IBIAS requerida para poder entregar efectivamente la potencia calculada en ii.
   iv. La eficiencia del amplificador y la disipación del transistor Q1, despreciando la corriente de base cuando se entrega a la carga la máxima potencia calculada en ii.

b) Como alternativa del circuito de la Figura 1 se utiliza el circuito de la Figura 2. En él L es un inductor de valor muy grande que permite suponer que la corriente que lo atraviesa es constante igual a IBIAS2, la cuál está fijada por el valor de la fuente VB2. Observar que ahora el nivel DC en el colector de Q1 es VCC y que la tensión de colector de Q1 excursionará por sobre VCC.
   Determinar:

i. La máxima excursión pico a pico en vo si la tensión de saturación del transistor es VCESAT.

ii. La máxima potencia que es posible entregar en la carga R_O con esta excursión pico a pico.

iii. La mínima corriente IBIAS2 requerida para poder entregar efectivamente la potencia calculada en ii.

iv. La eficiencia del amplificador y la disipación del transistor Q1, despreciando la corriente de base cuando se entrega a la carga la máxima potencia calculada en ii.

c) El circuito de la Figura 1 se hace operar en la condición de máxima potencia calculada en la parte a), entregando una potencia a la carga de 6W. El transistor es un transistor TIP 31A con los datos que se indican a continuación y se supondrá que la tensión de saturación es tal que VCESAT << VCC. Se dispone de un disipador capaz de disipar 4mW/°C por cada cm^2 de superficie, el cuál se supondrá acoplado al encapsulado del transistor por una resistencia térmica de 0.5°C/W, ¿que superficie debe tener el disipador para que el circuito pueda funcionar confiablemente a una temperatura ambiente máxima de 40°C?

<u>Aclaraciones en parcial:</u> * V_{FMIN} es la tensión mínima <u>en bornes</u> de la fuente IBIAS y para la parte c) se puede considerar mucho menor que VCC.
* A los efectos de la parte c), IBIAS es el mínimo calculado en parte a)iii).

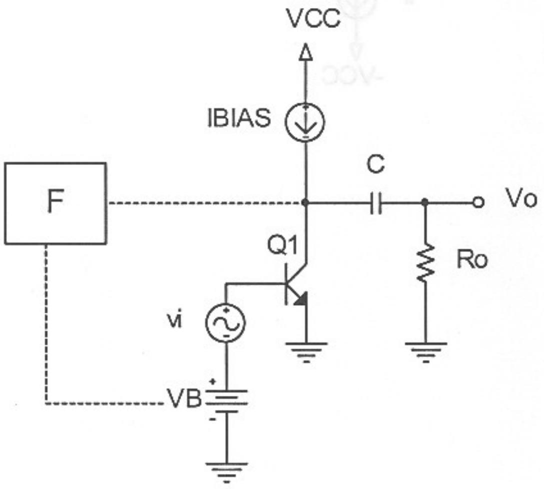


Figura 1

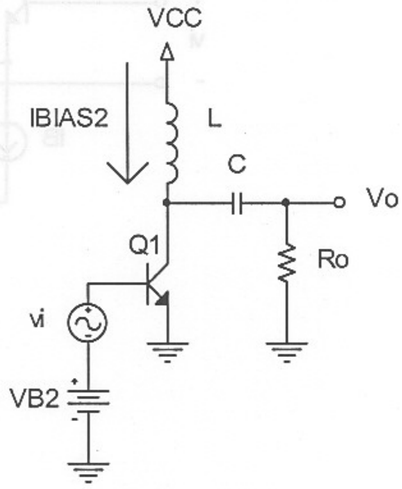


Figura 2

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

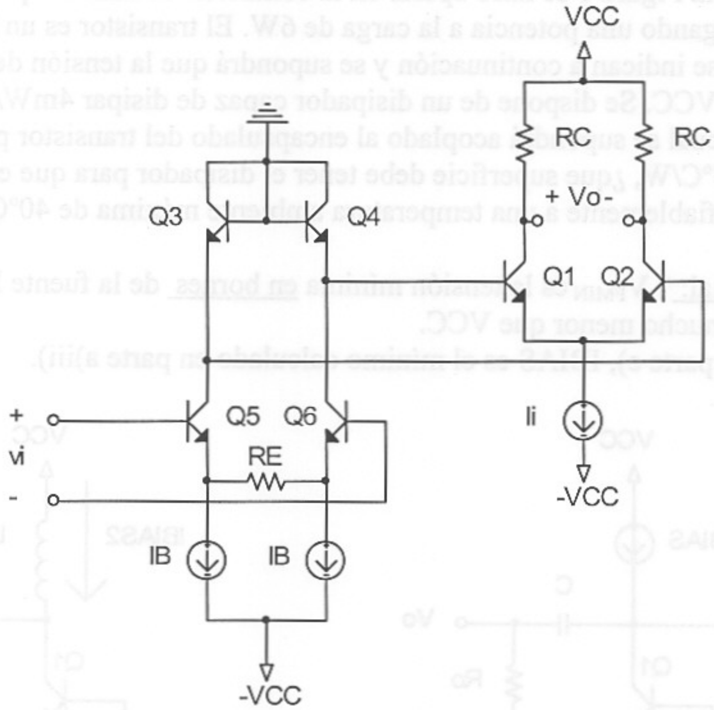
Symbol	Parameter		Value			Unit
		NPN	TIP31A		TIP31C	
		PNP	TIP32A	TIP32B	TIP32C	
V_{CBO}	Collector-Base Voltage (I_E = 0)		60	80	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I_B = 0)		60	80	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)			5		V
I_C	Collector Current			3		A
I_{CM}	Collector Peak Current			5		A
I_B	Base Current			1		A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{case} \leq 25$ °C $T_{amb} \leq 25$ °C			40 2		W W
T_{stg}	Storage Temperature			-65 to 150		°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature			150		°C

THERMAL DATA

$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.12	°C/W
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	°C/W

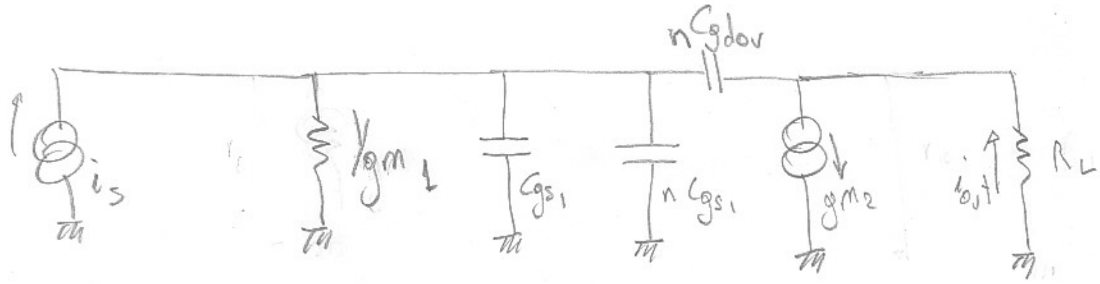
Pregunta : (20 puntos)

a) Determinar vo en función de vi e Ii.
b) ¿En que rango aproximado de valores de vi el circuito se comportará lineamente respecto a vi?



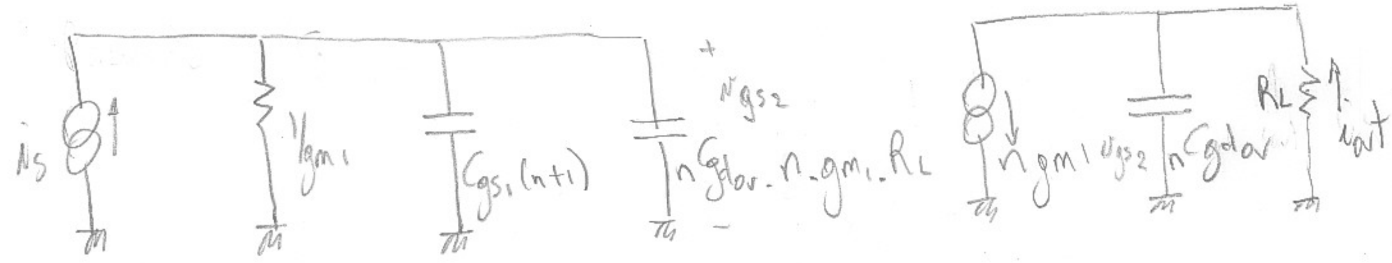
1º PARCIAL ELECTRONICA 2 2007

P1



$$g_{m1} = \sqrt{2\beta \cdot I_{DC}}$$

$$g_{m2} = \sqrt{2 \cdot n \cdot \beta \cdot n I_{DC}} = n\, g_{m1}$$



$$i_{out} = n g_{m1} v_{gs2} \cdot \frac{R_L}{n R_L C_{gdov} s + 1} \cdot \frac{1}{R_L} = \frac{n g_{m1} v_{gs2}}{R_L n C_{gdov} \cdot s + 1}$$

$$v_{gs2} = i_s \cdot \frac{1/g_{m1}}{1/g_{m1} \cdot \left(C_{gs}(n+1) + n g_{m1} R_L C_{gdov} n\right) \cdot s + 1}$$

$$\frac{i_{out}}{i_s} = \frac{n g_{m1} \cdot 1/g_{m1}}{\left(1/g_{m1}\left(C_{gs}(n+1) + n^2 g_{m1} R_L C_{gdov}\right) \cdot s + 1\right)\left(R_L C_{gdov} n + 1\right)}$$

$$\omega_{p1} = \frac{g_{m1}}{(n+1)C_{gs} + n g_{m1} R_L C_{gdov} n} = \frac{1}{\frac{1}{g_{m1}}(n+1)C_{gs} + n R_L C_{gdov} n}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_L C_{gdov} n}$$

$n \gg 1 \quad \Rightarrow \quad \omega_{p1} \ll \omega_{p2}$

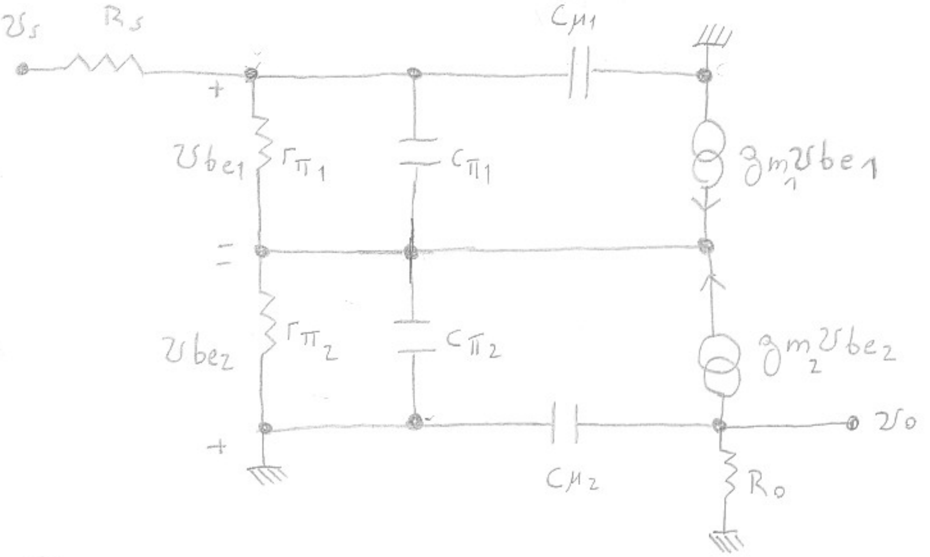
$$\Rightarrow \quad f_{-3dB} = \boxed{\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\frac{1}{g_m}(n+1)\,C_{gs} + n^2 R_L\, C_{gdov}}}$$

LINDER REYES.

a) PROB. 2

1er PARCIAL E2 2007

al aplicar el modelo de pequeña señal:



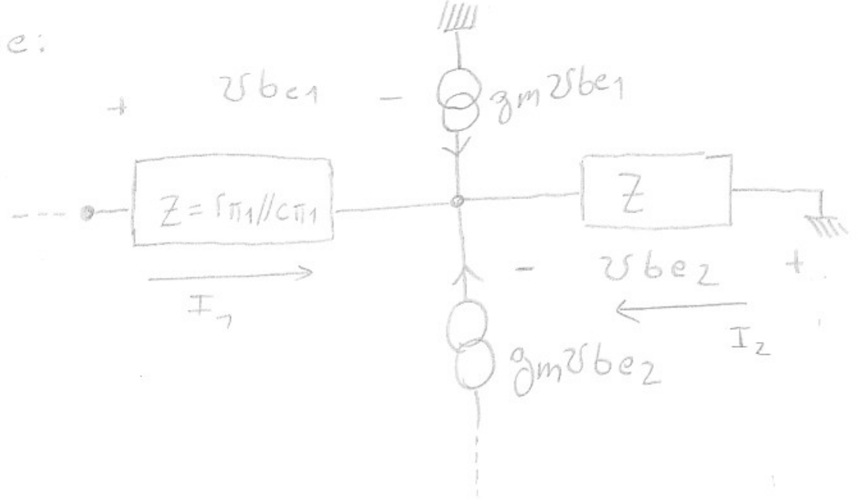
$r_{\pi_1} = r_{\pi_2} = r_\pi$

$g_{m_1} = g_{m_2} = g_m$

$C_{\pi_1} = C_{\pi_2} = C_\pi$

$C_{\mu 1} = C_{\mu 2} = C_\mu$

se tiene:



planteando el nudo: $I_1 + g_m v_{be2} + g_m v_{be1} + I_2 = 0 \quad (*)$

donde: $\left.\begin{array}{l} \dfrac{v_{be1}}{Z} = I_1 \\ \\ \dfrac{v_{be2}}{Z} = I_2 \end{array}\right] \Rightarrow (v_{be1} + v_{be2}) \underbrace{\left(g_m + \dfrac{1}{Z}\right)}_{\neq 0} = 0 \Rightarrow$

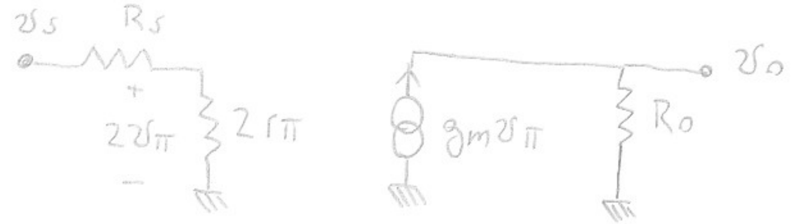
sustituyendo en (*)

$\Rightarrow \boxed{v_{eb1} = v_{be2}}$

utilizando a), obtenemos el siguiente modelo del circuito:

b)

ganancia:



$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_o\,\beta}{R_s + 2r_\pi}} \xrightarrow[(**)]{} G = 9{,}06 \text{ V/V}$$

c)

$$f_{P_1} = \frac{1}{2\pi\,(R_s \| 2r_\pi)\,(C_\pi/2 + C_\mu)}$$

$$f_{P_2} = \frac{1}{2\pi\,R_o\,C_\mu}$$

como $f_T = 200\,MHz = \dfrac{g_m}{2\pi\,(C_\pi + C_\mu)} \Rightarrow C_\pi + C_\mu = 153\,pF$, $C_\mu = 8\,pF$ $\Rightarrow C_\pi = 145\,pF$ @ $I = 5\,mA$

$$g_m = \frac{I}{V_T} = 0.1923\,\Omega^{-1} \Rightarrow r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 520^{(**)}$$

$$\Rightarrow f_{P_1} = 2{,}10\,MHz \overset{f_{P_2} \gg f_{P_1}}{\approx} f_{-3dB}$$

$$f_{P_2} = 19{,}89\,MHz$$

d). $C_\pi = C_{je} + \alpha I$

$145pF = 60pF + \alpha * 5mA$ ← valor a $I = 5mA$

$\Rightarrow \alpha = 1{,}7 \times 10^{-8}$ F/A

ahora $I = 0.5mA \Rightarrow C_\pi = 68{,}5pF$

↳ $g_m = 0.01923 \Omega^{-1}$

$r_\pi = 5200 \Omega$

utilizando las ecuaciones previamente obtenidas:

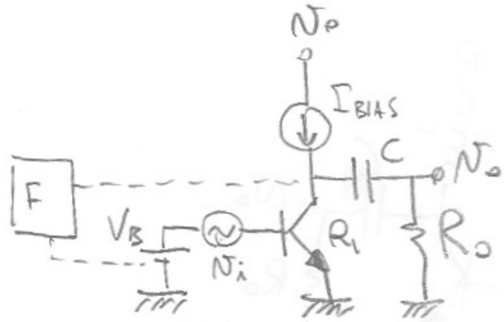
$f_{P_1} = 0{,}75 MHz \approx f_{-3dB}$

$f_{P_2} = 19{,}89 MHz$

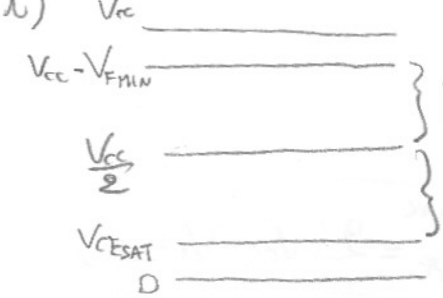
$G = 4{,}90$ V/V

Probleme 3

1ª PARCIAL Ξ2
2007



a) i)



$\frac{V_{cc}}{2}-V_{FMIN}$

$\frac{V_{cc}}{2}-V_{CESAT}$ $\Rightarrow$ $\boxed{V_{opp}^{MAX}=2\min\left\{\frac{V_{cc}}{2}-V_{CESAT};\frac{V_{cc}}{2}-V_{FMIN}\right\}}$

ii) $P_L^{MAX}=\frac{\left(V_{op}^{MAX}\right)^2}{2R_o} \Rightarrow \boxed{P_L^{MAX}=\frac{\left(V_{opp}^{MAX}\right)^2}{8R_o}}$

iii) $I_{BIAS}^{MIN}=I_{op}^{MAX}=\frac{V_{op}^{MAX}}{R_o} \Rightarrow \boxed{I_{BIAS}^{MIN}=\frac{V_{opp}^{MAX}}{2R_o}}$

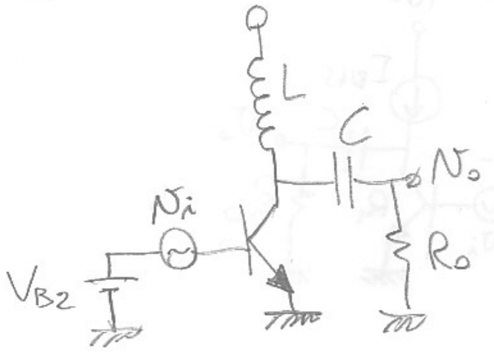
iv) $P_L=\frac{\left(V_{opp}^{MAX}\right)^2}{8R_o}$

$P_S=V_{cc}I_{BIAS}^{MIN}$

$\Rightarrow \eta=\frac{P_L}{P_S} \Rightarrow \boxed{\eta=\frac{V_{opp}^{MAX}}{4V_{cc}}}$

P_{Q_1} ⇒ ver parte c)

b)



i) $2V_{CC}$

V_{CC}

V_{CESAT} $\Big\}\; V_{CC}-V_{CESAT} \Rightarrow \boxed{V_{opp}^{MAX} = 2(V_{CC}-V_{CESAT})}$

0

ii) $$P_L^{MAX} = \frac{(V_{opp}^{MAX})^2}{8R_L} \Rightarrow \boxed{P_L^{MAX} = \frac{(V_{CC}-V_{CESAT})^2}{2R_O}}$$

iii) $$I_{BIAS_2}^{MIN} = I_{op}^{MAX} = \frac{V_{opp}^{MAX}}{2R_L} \Rightarrow \boxed{I_{BIAS_2}^{MIN} = \frac{V_{CC}-V_{CESAT}}{R_O}}$$

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

$$P_S = V_{CC} I_{BIAS_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \frac{(V_{CC}-V_{CESAT})}{2V_{CC}}}$$

$$P_{Q_1} = P_S - P_L = V_{CC}\frac{(V_{CC}-V_{CESAT})}{R_O} - \frac{(V_{CC}-V_{CESAT})^2}{2R_O}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{Q_1} = \frac{V_{CC}^2 - V_{CESAT}^2}{2R_O}}$$

c) $P_S = P_{IBIAS} + P_{DQ_1} + P_L$

$$P_S = \frac{P_L}{\eta} \Rightarrow P_{IBIAS} + P_{DQ_1} = P_S - P_L = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) P_L$$

$$\eta \simeq \frac{1}{4} \Rightarrow P_{IBIAS} + P_{DQ_1} = \left(\frac{1}{1/4} - 1\right) P_L = 3 P_L$$

$$P_{IBIAS} = \left[V_{CC} - \left(\frac{V_{CC}}{2} + V_{op}^{MAX} \operatorname{sen} \omega t\right)\right] I_{BIAS} \Rightarrow \overline{P}_{IBIAS} = \frac{V_{CC} I_{BIAS}}{2}$$

$$P_{DQ_1} = \left[\frac{V_{CC}}{2} + V_{op}^{MAX} \operatorname{sen} \omega t\right]\left[I_{BIAS} - I_{BIAS} \operatorname{sen} \omega t\right] \Rightarrow \overline{P}_{DQ_1} = \frac{V_{CC} I_{BIAS}}{4}$$

$$\Rightarrow \overline{P}_{IBIAS} = 2 \overline{P}_{DQ_1} \Rightarrow 3 P_{DQ_1} = 3 P_L \Rightarrow P_{DQ_1} = 6\ W$$

$$(T_J^{MAX} - T_A) = (\Theta_{JC} + \Theta_{CD} + \Theta_{DA}) P_D$$

$$\Rightarrow \Theta_{DA} = \frac{(T_J^{MAX} - T_A)}{P_D} - \Theta_{JC} - \Theta_{CD} = \frac{(150-40)}{6} - 3{,}12 - 0{,}5 = 14{,}71\ ^\circ C/W$$

$$\Theta_{DA}[^\circ C/W] = \frac{\Theta_{DA}^{*}[^\circ C \cdot cm^2/W]}{S[cm^2]} \Rightarrow S = \frac{\Theta_{DA}^{*}}{\Theta_{DA}}$$

$$\Theta_{DA}^{*} = \frac{1}{4 \times 10^{-3}} \frac{^\circ C\ cm^2}{W} = 250 \Rightarrow S = \frac{250}{14{,}71}$$

$$\Rightarrow \boxed{S = 17\ cm^2}$$