

Examen de Electrónica 2
13/08/2003



50704114

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.

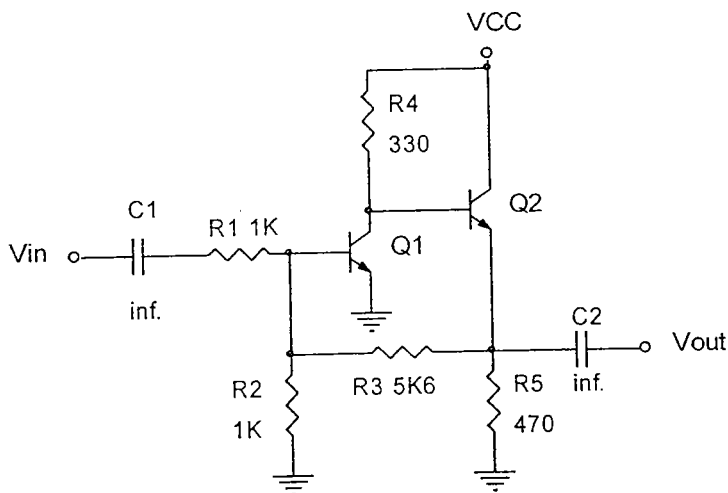
Problema 1:

Para el circuito de la figura:

- Calcular la ganancia V_o/V_{in} a frecuencias medias.
- Determinar la frecuencia de corte superior suponiendo que la capacidad C_{π} de Q_2 no contribuye al polo dominante del amplificador.
- Verificar la suposición usada en b) aplicando el método de las constantes de tiempo de circuito abierto.

Datos: Los transistores son 2N3904 con $\beta = 150$, $V_{BE} = 0.7V$, $C_{je} = 16pF$, $C_{\mu} = 4 pF$, $f_T = 300 MHz @ I_c = 10mA$, $r_{bb'} = 0$.

La tensión de alimentación $V_{CC} = 12V$.

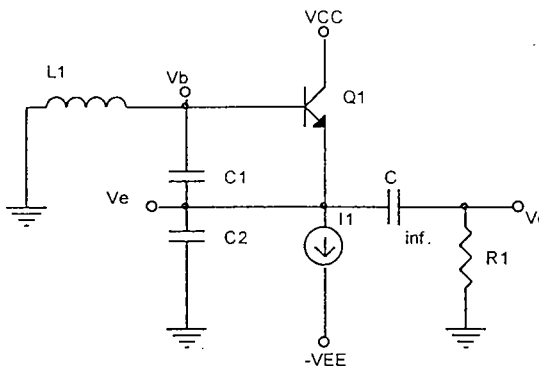


21A

Problema 2:

El circuito de la figura es una variante del oscilador Colpitts:

- a) Determinar la frecuencia y la condición de oscilación.
- b) ¿Que condición tiene que cumplir I_1 para que el oscilador arranque?
- c) ¿Cómo funciona el mecanismo de estabilización de amplitud?
Cuando el oscilador arranca y la amplitud de V_o va creciendo, explicar que mecanismos actúan para que V_o se estabilice en su valor final.



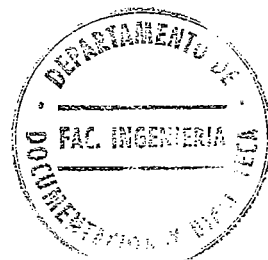
Problema 3 :

Se tiene una etapa de salida clase B implementada con un par complementario TIP 41 / TIP 42, (cuyos datos se muestran en la hoja adjunta); alimentado con $\pm 15V$ y cargado con una resistencia de 4Ω a tierra.

Calcular:

- a) La máxima potencia que se puede entregar a la carga.
- b) La máxima potencia que debe disipar cada transistor para todos los valores de amplitud de pico a la salida y la eficiencia del circuito cuando se está disipando esta potencia.
- c) Si los transistores están sin disipador y la máxima temperatura ambiente es de $45^\circ C$, cuál es la máxima potencia que el circuito puede entregar a la carga sin dañar los transistores y a qué temperatura de juntura corresponde esta potencia.
- d) Si los transistores tienen un disipador con una resistencia térmica de $4^\circ C/W$, en contacto con el encapsulado del transistor con una resistencia térmica de $0.5^\circ C/W$, cuál es la máxima potencia que el circuito puede entregar a la carga sin dañar los transistores.

Considerar en todo el problema despreciables las tensiones base-emisor y de saturación.



Complementary Silicon Plastic Power Transistors

... designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

- Collector-Emitter Saturation Voltage —
 $V_{CE(sat)} = 1.5 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 6.0 \text{ Adc}$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage —
 $V_{CEO(sus)} = 60 \text{ Vdc (Min) — TIP41A, TIP42A}$
 $= 80 \text{ Vdc (Min) — TIP41B, TIP42B}$
 $= 100 \text{ Vdc (Min) — TIP41C, TIP42C}$
- High Current Gain — Bandwidth Product
 $f_T = 3.0 \text{ MHz (Min) @ } I_C = 500 \text{ mAdc}$
- Compact TO-220 AB Package

*MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP41A TIP42A	TIP41B TIP42B	TIP41C TIP42C	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current — Continuous Peak	I_C		6 10		A dc
Base Current	I_B		2.0		A dc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D		65 0.52		Watts W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D		2.0 0.016		Watts W/ $^\circ\text{C}$
Unclamped Inductive Load Energy (1)	E		62.5		mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150			$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

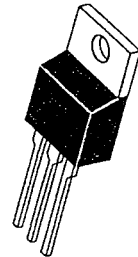
Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.92	$^\circ\text{C/W}$

1) $I_C = 2.5 \text{ A, L} = 20 \text{ mH, P.R.F.} = 10 \text{ Hz, } V_{CC} = 10 \text{ V, } R_{BE} = 100 \Omega$

NPN
TIP41A
TIP41B*
TIP41C*
PNP
TIP42A
TIP42B*
TIP42C*

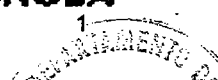
*Motorola Preferred Device

6 AMPERE
POWER TRANSISTORS
COMPLEMENTARY
SILICON
60-80-100 VOLTS
65 WATTS



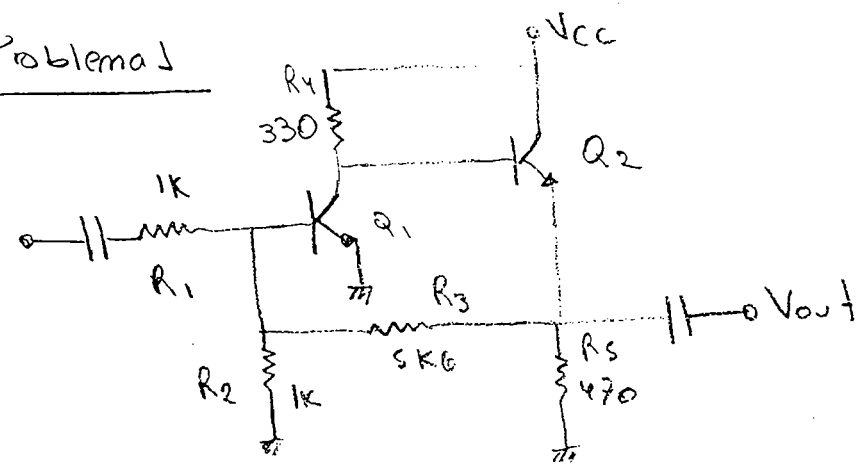
CASE 221A-06
 TO-220AB

*Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.



Problema 1

21 A



$V_{BE} = 0,7$
 $\beta = 150$
 $C_{je} = 16 \text{ pF}$
 $C_u = 4 \text{ pF}$
 $f_T = 300 \text{ MHz} @ I_C = 10 \text{ mA}$
 $r_{bb'} = 0$

a)

$V_{B1} = 0,7 \Rightarrow I_{R2} = \frac{0,7}{1k} = 0,7 \text{ mA} \Rightarrow V_{E2} = 0,7 + 0,7 \cdot 5k6 = 4,62 \text{ V}$
 desprec.
 corriente de base de Q1

$V_{B2} = 5,32 \Rightarrow I_{C1} = \frac{12 - 5,32}{330} = 20 \text{ mA}$
 desprec.
 corriente de base de Q2

$I_{C2} = 0,7 \text{ mA} + \frac{4,62}{470} = 10,5 \text{ mA}$

$r_{\pi 1} = \frac{150 \cdot 26 \text{ mV}}{20 \text{ mA}} = 195 \Omega$, $g_{m1} = 0,76 \Omega^{-1}$

$r_{\pi 2} = \frac{150 \cdot 26 \text{ mV}}{10,5 \text{ mA}} = 371 \Omega$, $g_{m2} = 0,40 \Omega^{-1}$

$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_u + C_{\pi})} = 300 \text{ MHz} @ I_C = 10 \text{ mA}$

$\Rightarrow C_u + C_{\pi} = 204 \text{ pF} \Rightarrow C_{\pi} = C_{je} + C_d = 200 \text{ pF}$

$\Rightarrow C_d = 184 \text{ pF}$

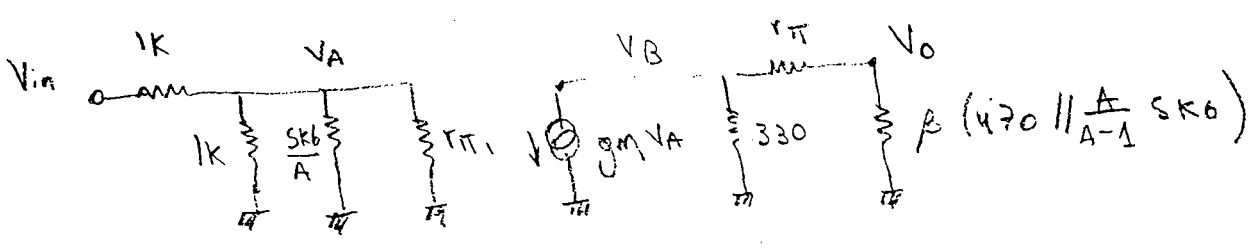
$C_{je} = 16 \text{ pF}$

$C_d @ 20 \text{ mA} = 184 \text{ pF} \cdot \frac{20 \text{ mA}}{10 \text{ mA}} = 368 \text{ pF} \Rightarrow C_{\pi Q1} = 384 \text{ pF}$

$C_d @ 10,5 \text{ mA} = 184 \text{ pF} \cdot \frac{10,5 \text{ mA}}{10 \text{ mA}} = 193 \text{ pF} \Rightarrow C_{\pi Q2} = 209 \text{ pF}$



frecuencias medias



$$\frac{V_B}{V_A} = -A$$

$$V_O \approx V_B$$

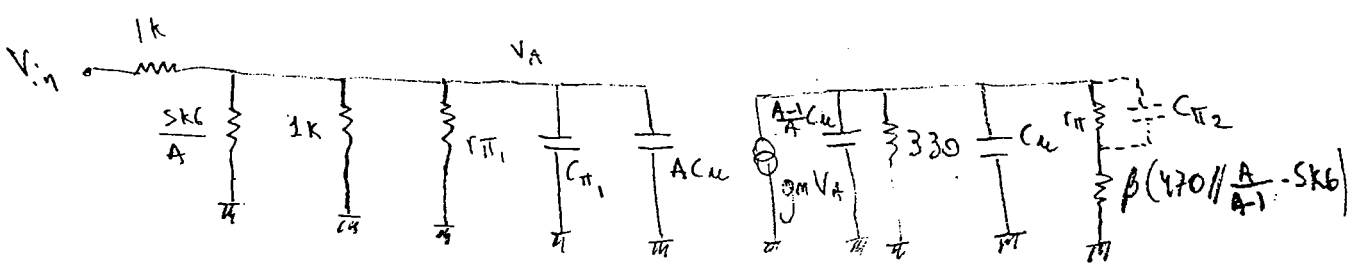
$$V_O = -g_m V_A \cdot \left(330 \parallel \left(r_{\pi} + \beta \left(470 \parallel \frac{A}{A-1} 5k6 \right) \right) \right) = -g_m \cdot 330 V_A$$

S: $A \gg 1$

$$\Rightarrow A = g_m 330 = \frac{20mA}{26mV} \cdot 330 = 254$$

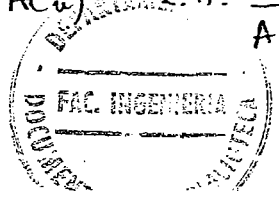
$$V_A = \frac{V_{in} \cdot \left(\frac{5k6}{A} \parallel 1k \parallel r_{\pi} \right)}{1k + \left(\frac{5k6}{A} \parallel 1k \parallel r_{\pi} \right)} = \frac{V_{in} \cdot 5k6}{1k \cdot A}$$

$$V_O = A \cdot V_A = V_{in} \cdot \frac{5k6}{1k} \Rightarrow \boxed{\frac{V_O}{V_{in}} = 5,6}$$



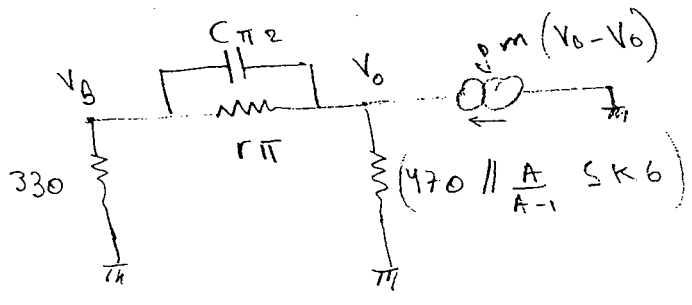
2 la salida $f_{ps} \equiv \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 330 \cdot 2C_{\mu}}$

2 la entrada $f_{pl} \equiv \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{5k6}{A} \parallel 1k \parallel r_{\pi} \right) \cdot (C_{\pi} + AC_{\mu})} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \frac{5k6}{A} \cdot (C_{\pi} + AC_{\mu})}$

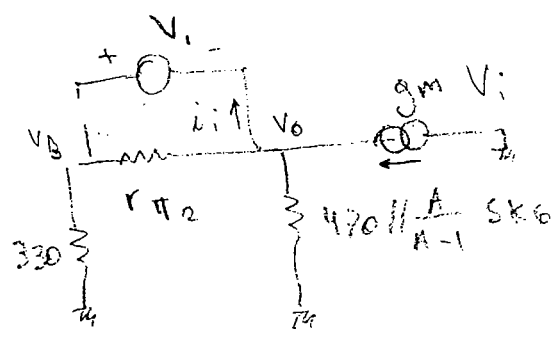


$f_{ps} = 60,3 \text{ MHz}$

$f_{pe} = 5,16 \text{ MHz}$ - frec. de corte sup.



Se debe hallar la R_v asociada a $C_{\pi 2}$



$$i_i = g_{m2} V_i + \frac{V_i}{r_{\pi 2}} - \frac{V_o}{470 \parallel \frac{A}{A-1} \text{SK}6}$$

$$V_o - V_o = V_i \quad V_o = V_o + V_i$$

$$i_i = \frac{V_B}{330} + \frac{V_i}{r_{\pi 2}} = \frac{V_o}{330} + \frac{V_i}{330} + \frac{V_i}{r_{\pi 2}} \Rightarrow V_o = 330 i_i - V_i \left(1 + \frac{330}{r}\right)$$

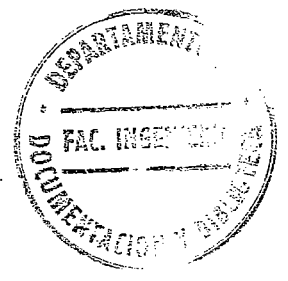
$$i_i = g_{m2} V_i + \frac{V_i}{r_{\pi 2}} - \frac{330 i_i}{470 \parallel \text{SK}6} + \frac{V_i \left(1 + \frac{330}{r_{\pi 2}}\right)}{470 \parallel \text{SK}6}$$

1,76

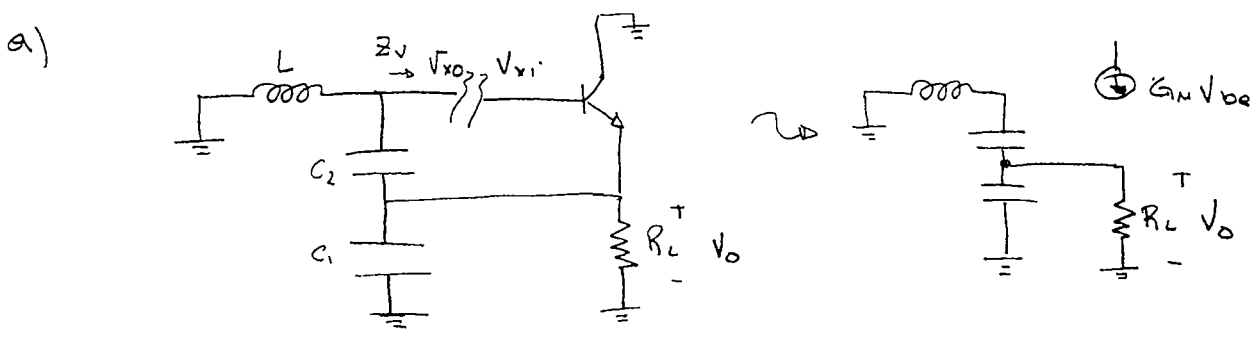
$$i_i \left(1 + \frac{330}{470 \parallel \text{SK}6}\right) = V_i \left(g_{m2} + \frac{1}{r_{\pi 2}} + \frac{1 + \frac{330}{r_{\pi 2}}}{470 \parallel \text{SK}6}\right) \Rightarrow \frac{V_i}{i_i} = 4,4 \Omega$$

$$\Rightarrow f_{p_{C\pi 2}} = \frac{1}{4,4 \cdot 209 \text{ pF} \cdot 2\pi} = 173 \text{ MHz}$$

✓ La suposición es correcta



Problema 2



$$Z_v = r_{\pi} + \beta \left(R_L \parallel Z_{C_1} \parallel Z_{C_2} + L \right) = r_{\pi} + \beta Z_L$$

Para que se cumpla el siguiente planteo espereemos que $Z_L \ll Z_v$

a) $V_{be} = V_{x_i} - V_o \rightarrow V_{x_i} = V_{be} + V_o$ (1)

b) $V_o = \frac{Z_{C_1}}{Z_{C_1} + Z_{C_2}} \cdot V_{x_o} = \frac{s C_2}{s C_1 + s C_2} V_{x_o} \rightarrow V_{x_o} = \left(1 + \frac{C_1}{C_2} \right) \cdot V_o$ (2)

c) $G_m \cdot V_{be} = \frac{V_o}{R_L} + V_o s C_1 + \frac{V_o}{\frac{1}{s C_2} + s L} = V_o \left[\frac{1}{R_L} + s C_1 + \frac{s C_2}{1 + s^2 L C_2} \right]$ (3)

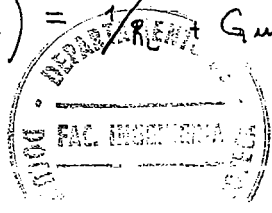
De (1) y (3): $V_{x_i} = \frac{V_o}{G_m} \left[\frac{1}{R_L} + s C_1 + \frac{s C_2}{1 + s^2 L C_2} + G_m \right]$ (4)

De (2) y (4): $\frac{V_{x_o}}{V_{x_i}} = G_m \frac{1 + C_1/C_2}{1/R_L + G_m + s \left[C_1 + \frac{C_2}{1 + s^2 L C_2} \right]}$

Se debe cumplir que $\begin{cases} \text{Im}(V_{x_o}/V_{x_i}) = 0 & (a) \\ \text{Re}(V_{x_o}/V_{x_i}) = 1 & (b) \end{cases}$

\Rightarrow (a) vale si $s^2 L C_2 + C_1 + C_2 = 0 \Leftrightarrow \omega^2 = \frac{C_1 + C_2}{L C_1 C_2}$
 $s = j\omega$

(b) vale si $G_m \left(1 + C_1/C_2 \right) = 1/R_L \Leftrightarrow G_m = \frac{C_2}{C_1 R_L}$



21A

22/4

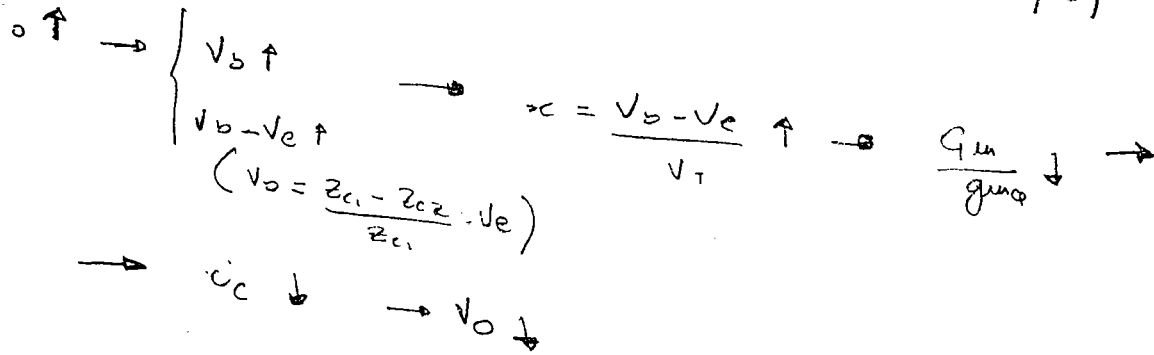
se el circuito arranque $\frac{V_{xo}}{V_{xi}} > 1 \Rightarrow g_m > \frac{C_2}{C_1 R_L}$

este caso $g_{m\phi} = g_m = \frac{I_1}{V_T}$ (toda la corriente I_1 pasa por ϕ)

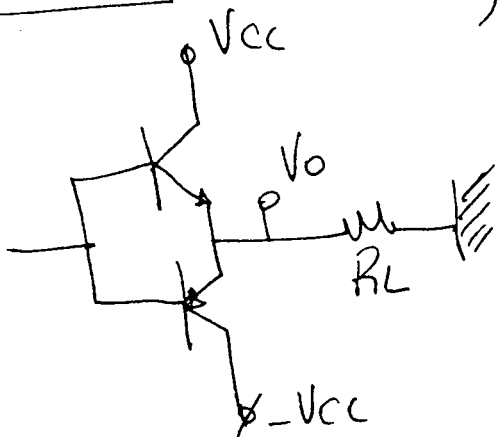
condo arranca $g_m = g_{m\phi} \Rightarrow \frac{I_1}{V_T} > \frac{C_2}{C_1 R_L}$

$$\boxed{I_1 > \frac{C_2}{C_1 R_L} \cdot V_T}$$

medida que el voltaje V_{BE} aumenta, las componentes no
sales de i_c aumentan, por tanto la componente fundamental
 i_c disminuye entonces V_{BE} disminuye $\Rightarrow V_o$ disminuye
(razonamiento analogo se hace si V_{BE} disminuye)



lema 3:



a) $P_{m\acute{a}x\text{ carga}} = \frac{V_{cc}^2}{2R_L} = 28W$
 $\hat{V}_o = V_{cc}$

b) $P_{m\acute{a}x\text{ disipada por cada transistor}} = \frac{V_{cc}^2}{\pi^2 R_L} = 5.7W$
 que ocurre cuando $\hat{V}_o = \frac{2V_{cc}}{\pi}$
 y el rendimiento es 50%.

c) $\theta_{jA} = 62.5^\circ C/W$
 $P_{m\acute{a}x\text{ disipable sin disipador}} = \frac{T_{jmax} - T_A}{\theta_{jA}} = 1.68W$

$P_{disipada} = \frac{\hat{V}_o V_{cc}}{\pi R_L} - \frac{1}{4} \frac{\hat{V}_o^2}{R_L} = 1.68W$

$\Rightarrow \hat{V}_o = 1.53V \Rightarrow P_L = 0.3W$
 $T_j = 150^\circ C$

d) $\theta_{jA} = \theta_{jc} + \theta_{cs} + \theta_{sa} = 6.42^\circ C/W$
 $\theta_{jc} = 1.82, \theta_{cs} = 0.5, \theta_{sa} = 4$

$\Rightarrow P_{m\acute{a}x\text{ disipable}} = \frac{150 - 45}{6.42} = 16.35W$
 que es mejor que lo calculado en b) $\Rightarrow P_{m\acute{a}x} = 28W$
 como en a)

