

Examen de Electrónica 2
26/02/2014

Resolver cada problema en hojas separadas.

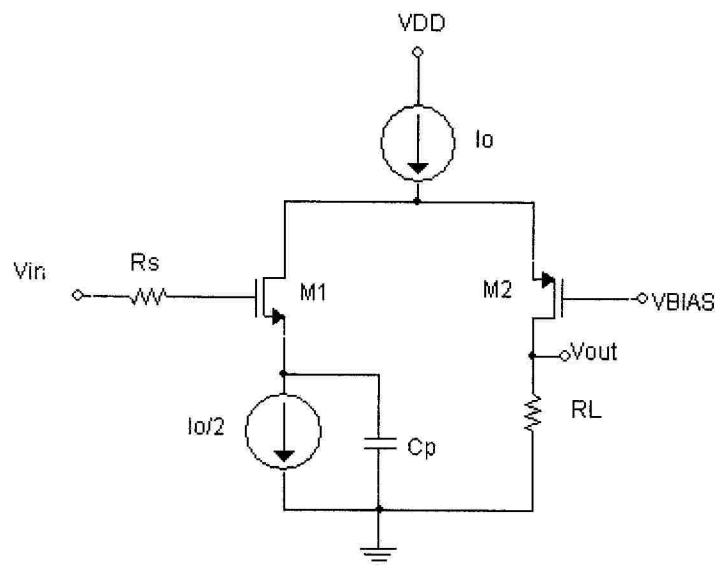
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es **sin** material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1: (34 puntos)

- Para el amplificador de la Figura calcular la ganancia V_{out}/V_{in} a frecuencias medias.
- Calcular la frecuencia de corte superior.
- ¿Como se compara este resultado con el caso de un source común con la misma carga R_L ?



Datos:

$$R_s = R_L = 5K\Omega, I_o = 4mA.$$

Los transistores son idénticos con: $\beta_N = \beta_P = 2 \text{ mA/V}^2$, $C_{ox} = 1,9 \times 10^{-3} \text{ pF}/\mu\text{m}^2$, $W = 1000 \mu\text{m}$,

$$L = 2\mu\text{m}, C_{gs} = C_{gd} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ pF}/\mu\text{m}.$$

VDD, VBIAS y la tensión continua de V_{in} son tales que los transistores trabajan en saturación, el condensador de desacople C_p se considerará infinito.

Problema 2: (38 puntos)

- Para el oscilador de la Figura calcular frecuencia y condición de oscilación.
- Si la relación G_m/g_{mQ} en función de la relación $V_p/(V_{GS}-V_T)$ es la dada en la Figura 2, ¿cual es el valor de la amplitud de las oscilaciones ?
(V_p es la amplitud de la señal entre Gate y Source del transistor , V_{GS} es el valor de la tensión Gate-Source de polarización y V_T la tensión umbral del transistor).

c) ¿Cual es la mínima corriente de polarización que garantiza el arranque del oscilador ?

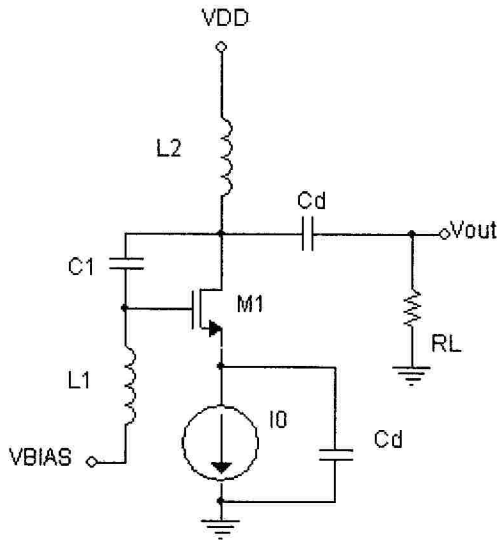


Figura 1

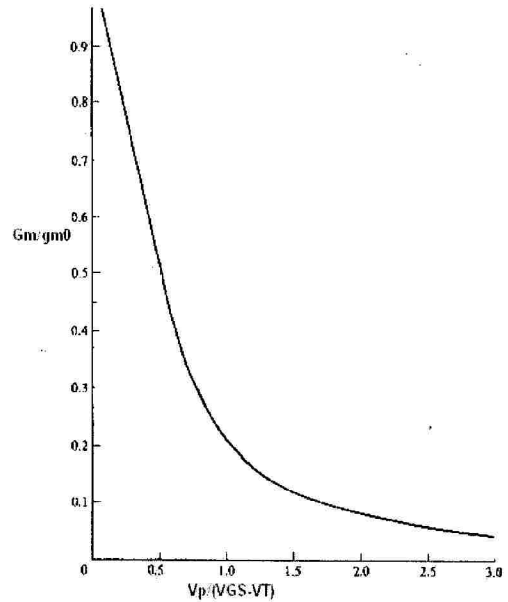


Figura 2

Datos:

$R_L = 400\Omega$, $L_1 = L_2 = 1\mu H$, $C_1 = 126,7\text{ pF}$, los condensadores C_d se podrán considerar infinitos.

$V_{DD} = 10V$

Para M1: $\beta = 5\text{ mA/V}^2$, $I_0 = 15\text{ mA}$, la polarización es tal que el transistor trabaja en la zona de saturación.

Pregunta : (28 puntos)

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 +/- 15V y cargado con una resistencia de $4\ \Omega$ a tierra.

Calcular:

1. La máxima potencia que se puede entregar a la carga.
2. 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.
3. Si los transistores están sin disipador y la máxima temperatura ambiente es de 45°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.
4. Si los transistores tienen un disipador con una resistencia térmica de 4°C/W , en contacto con el encapsulado del transistor con una resistencia térmica de 0.5°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.

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by TIP41A/D

**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 —
 $V_{CE(sus)} = 60 \text{ Vdc (Min) — TIP41A, TIP42A}$
 $= 80 \text{ Vdc (Min) — TIP41B, TIP42B}$
 $= 100 \text{ Vdc (Min) — TIP41C, TIP42C}$
- 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_{CE}	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			Adc
Base Current	I_B	2.0			Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	65 0.52			Watts W/°C
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	2.0 0.016			Watts W/°C
Unclamped Inductive Load Energy (1)	E	62.5			mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

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

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

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

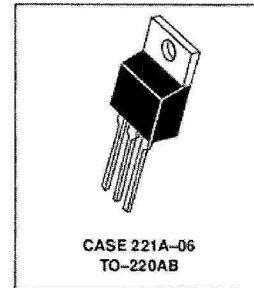
REV 1

© Motorola, Inc. 1995

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

*Motorola Preferred Device

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

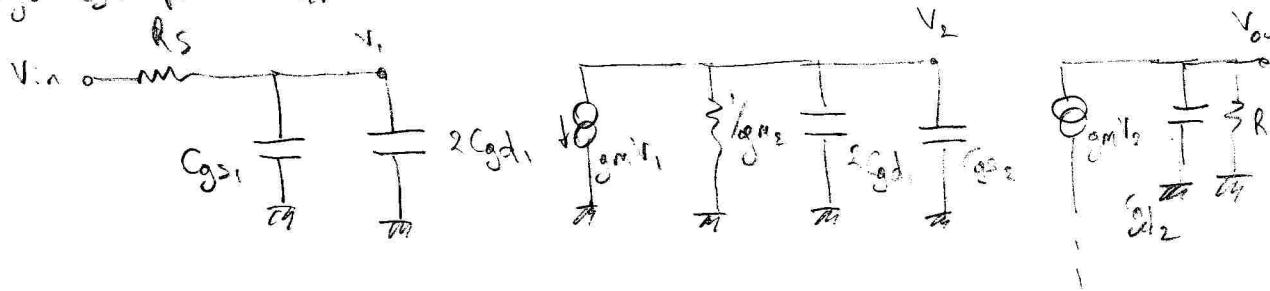


Problema 1)

2) $I_{D1} = I_{D2} = I_0/2 \Rightarrow g_{m1} = g_{m2} = \sqrt{2\beta I_0/2} = 2,8 \text{ mA/V}$
 transistores idénticos

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_m f_c = -2,8 \times 10^{-3} \cdot 5 \times 10^3 = -14 \text{ V/V}$$

b) Bjo C_{gd} por Miller



$$C_{gd1,2} = W \cdot C_{gdov} = 0,5 \text{ pF}$$

$$C_{gs1,2} = \frac{2}{3} W \cdot L \cdot C_{ox} + W \cdot C_{gsov} = 3 \text{ pF}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_s (2C_{gd1} + C_{gs1})} = 7,9 \text{ MHz}$$

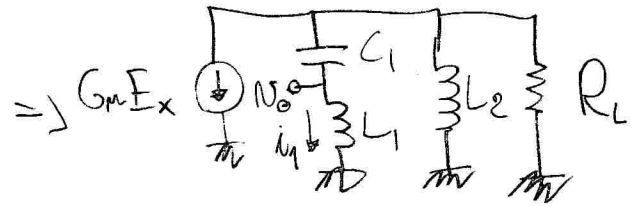
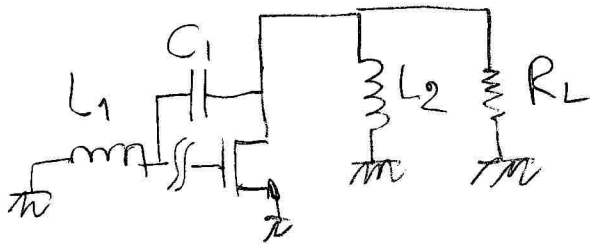
$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot 1/g_m (2C_{gd1} + C_{gs2})} = 112 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot R_L \cdot C_{gd2}} = 64 \text{ MHz}$$

c) En el caso del source común el polo de la salida se mantiene (f_{p3}) y el de la entrada pasa a ser:

$$f_{p1}^* = \frac{1}{2\pi \cdot R_s (4 \cdot C_{gd1} + C_{gs1})} = 3,2 \text{ MHz}$$

a)



$$N_o = L_1 \Delta \dot{i}_1$$

$$\dot{i}_1 = \frac{-(L_2 \Delta \parallel R_L) G_m E_x}{(L_2 \Delta \parallel R_L) + L_1 \Delta + \frac{1}{C_1 \Delta}}$$

$$(L_2 \Delta \parallel R_L) = \frac{L_2 R_L \Delta}{L_2 \Delta + R_L}$$

$$\Rightarrow \dot{i}_1 = \frac{-G_m E_x}{1 + \left[\frac{C_1 L_1 \Delta^2 + 1}{C_1 \Delta} \right] \left[\frac{L_2 \Delta + R_L}{L_2 R_L \Delta} \right]}$$

$$\frac{N_o}{E_x} = \frac{-C_1 L_1 L_2 G_m R_L \Delta^3}{C_1 L_1 L_2 \Delta^3 + (L_1 + L_2) C_1 R_L \Delta^2 + L_2 \Delta + R_L} = A\beta(\Delta)$$

$$\Rightarrow A\beta(j\omega) = \frac{C_1 L_1 L_2 G_m R_L j\omega^3}{-C_1 L_1 L_2 j\omega^3 - (L_1 + L_2) C_1 R_L \omega^2 + L_2 j\omega + R_L}$$

$$\Rightarrow R_L - (L_1 + L_2) C_1 R_L \omega_o^2 = 0 \Rightarrow \omega_o = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C_1}}$$

$$\Rightarrow A\beta(j\omega_o) = \frac{C_1 L_1 L_2 G_m R_L \omega_o^3}{L_2 \omega_o - C_1 L_1 L_2 \omega_o^3}$$

$$\Rightarrow A\beta(j\omega_o) = \frac{C_1 L_1 G_m R_L \omega_o^2}{1 - C_1 L_1 \omega_o^2} = \frac{C_1 L_1 G_m R_L \omega_o^2}{1 - \frac{L_1}{L_1 + L_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{G_m R_L L_1}{L_2} = 1$$

b) De la condición de no inversión despegado G_m

$$\Rightarrow G_m = \frac{L_2}{R_L L_1} = 2,5 \text{ mA/V}$$

$$g_{m2} = \sqrt{2\beta I_0} = 12,2 \text{ mA/V} \Rightarrow \frac{G_m}{g_{m2}} = 0,2$$

$$\Rightarrow \text{De la tabla } \frac{V_p}{V_{GS} - V_A} = 1$$

$$\frac{\beta(V_{GS} - V_A)^2}{2} = I_0 \Rightarrow (V_{GS} - V_A) = \sqrt{\frac{2 I_0}{\beta}} = 2,45 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_p = 2,45 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \hat{V}_p = G_m V_p R_L$$

$$\Rightarrow \hat{V}_0 = 2,45 \text{ V}$$

c) La condición de arranque es $\frac{g_{m2} R_L L_1}{L_2} > 1$

$L_1 = L_2$

$$\Rightarrow g_{m2} R_L > 1 \Rightarrow \sqrt{2\beta I_0} > \frac{1}{R_L} \Rightarrow 2\beta I_0 > \frac{1}{R_L^2}$$

$$\Rightarrow I_0 > \frac{1}{2\beta R_L^2} \Rightarrow$$

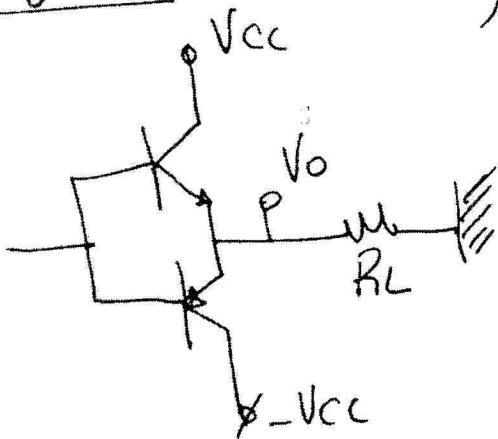
$$I_{0\text{min}} = 625 \text{ nA}$$

Electrónica 2

Pregunta 2:

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

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



$$2) P_{m\acute{a}x\text{ disipada por cada transistor}} = \frac{V_{cc}^2}{\pi^2 R_L} = 5.7W$$

que ocurre cuando $\hat{V}_o = \frac{2V_{cc}}{\pi}$

el rendimiento es 50%.

$$3) \theta_{jA} = 62.5^\circ C/W$$

150°C 45°C
" "

$$P_{m\acute{a}x\text{ disipable sin disipador}} = \frac{T_{jmax} - T_A}{\theta_{jA}} = 1.68W$$

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

$$\Rightarrow \hat{V}_o = 2.53V \Rightarrow P_L = 0.3W$$

$T_j = 150^\circ C$

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

" " "
1.82 0.5 4

$$\Rightarrow P_{m\acute{a}x\text{ disipable}} = \frac{150 - 45}{6.42} = 16.35W$$

que es mejor que lo calculado en 2) $\Rightarrow P_{m\acute{a}x} = 28W$
 como en a)