



1/12

Examen de Electrónica 2

09/12/2005



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 (37 ptos):

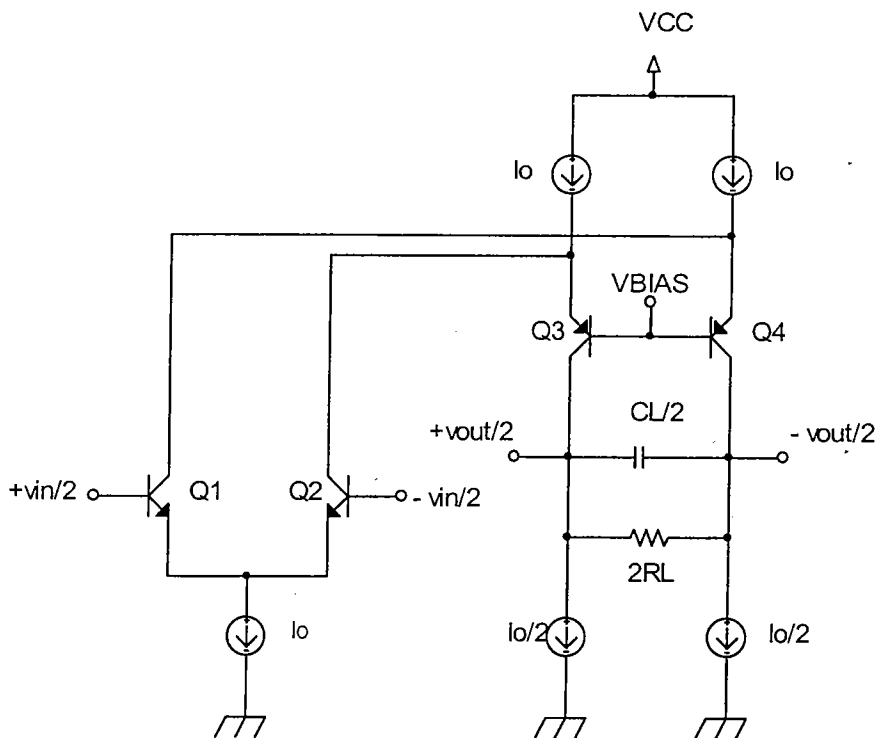
- a) En el amplificador diferencial de la figura, determine la ganancia a bajas frecuencias.
- b) Determine el producto ganancia por ancho de banda (f_T) y la frecuencia del polo no dominante.
- c) Determine el Margen de Fase del amplificador.
- d) Determine el Slew Rate

Datos:

Q1, Q2, Q3, Q4: $\beta = 200$, $V_{BE} = 0.7V$, Tensión de Early: $V_A = \infty$, $C_{\mu} = 1pF$, $C_{je} = 5pF$, $f_{T@1mA} = 950MHz$

V_{BIAS} es una tensión constante, tal que todos los transistores están en zona activa.

$R_L = 27k\Omega$, $C_L = 5pF$, $I_o = 200\mu A$



2/12

Problema 2 (37 ptos):

En el oscilador de anillo de la Figura 1 considere que los transistores tienen un voltaje de Early $V_A = \infty$, que todas sus capacidades internas son despreciables, $g_m = \alpha \sqrt{I_0}$ y

$C_{des} = \infty$.

- Hallar la frecuencia, condición de oscilación y condición de arranque.
- Si las fuentes de corriente se implementan con el circuito de la Figura 2, el cual genera las corrientes I_0 en función del valor absoluto de la tensión de salida V_{out} del oscilador, ¿que condición debe cumplir C_{fil} para que el circuito funcione correctamente?
- Calcular que condición debe cumplir k para que la amplitud de las oscilaciones sea A .
- ¿Que signo debe tener k ? Justificar.

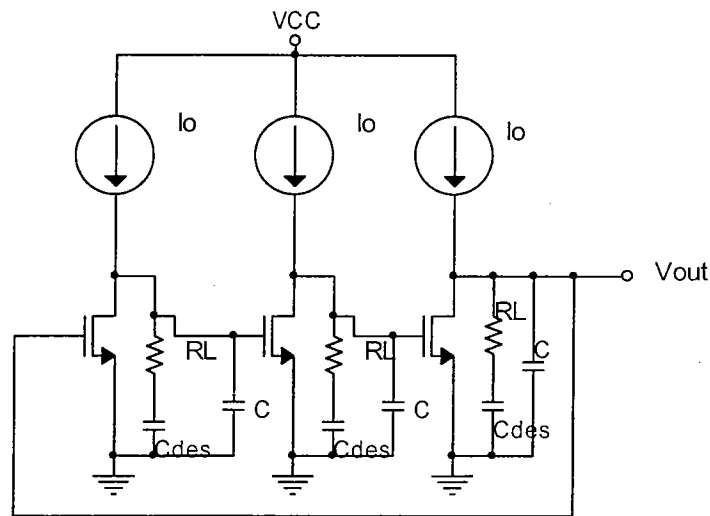


Figura 1

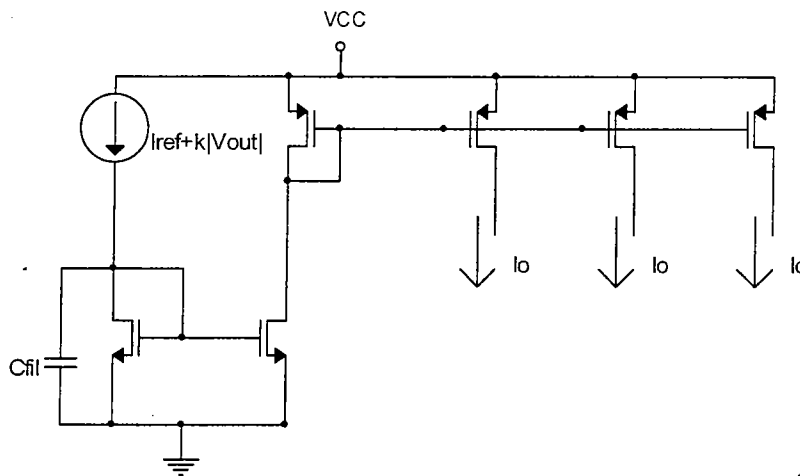


Figura 2



**Pregunta (26 pts):**

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 MJE15033 y el Q3 con un npn tipo MJE15032, cuya hoja de datos se da en la siguiente página. Se pide:

- Si se quiere una potencia máxima por la carga de 16W, ¿cuál es el voltaje de la fuente necesario?
- 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?
- Si no se coloca un disipador y la temperatura ambiente es de 35°C, ¿cuál es la máxima potencia que puede disipar la carga sin que los transistores se dañen?
- En caso de usar un disipador cuya resistencia térmica es de 2°C/W y la resistencia del encapsulado con el disipador es de 1°C/W, ¿cuál es la máxima potencia que puede disipar cada transistor y la temperatura de la juntura?

Datos: $R_L = 8\Omega$

$$V_{CC} = V_{EE} \gg V_{BE}, V_{CEsat}$$

Nota: Se supondrá que I_{bias} es suficientemente grande para no limitar la potencia que se puede entregar a la carga.

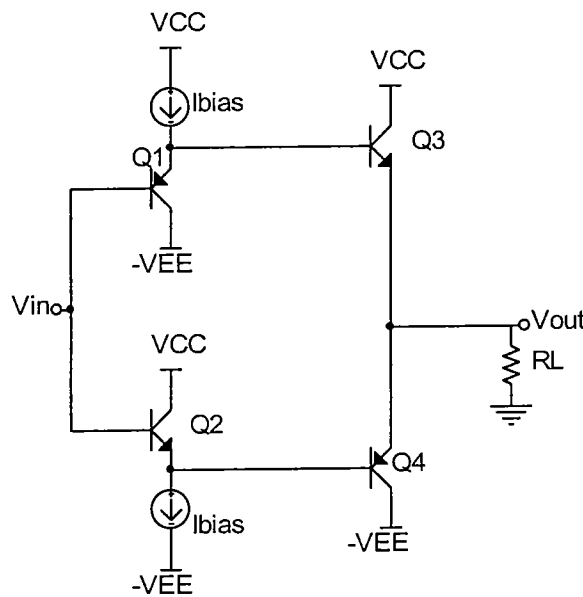


Figura 1

4/12

ON Semiconductor™



Complementary Silicon Plastic Power Transistors

... designed for use as high-frequency drivers in audio amplifiers.

- DC Current Gain Specified to 5.0 Amperes
 $h_{FE} = 50$ (Min) @ $I_C = 0.5$ A dc
 $= 10$ (Min) @ $I_C = 2.0$ A dc
- Collector-Emitter Sustaining Voltage —
 $V_{CE(sus)} = 250$ V dc (Min) — MJE15032, MJE15033
- High Current Gain — Bandwidth Product
 $f_T = 30$ MHz (Min) @ $I_C = 500$ mA dc
- TO-220AB Compact Package

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MJE15032 MJE15033	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	250	V dc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	250	V dc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0	V dc
Collector Current — Continuous — Peak	I_C	8.0 16	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	50 0.40	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/ $^\circ\text{C}$
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 Case	$R_{\theta JC}$	2.5	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^\circ\text{C/W}$

NPN
MJE15032*
 PNP
MJE15033*

*ON Semiconductor Preferred Device

8.0 AMPERES
 POWER TRANSISTORS
 COMPLEMENTARY
 SILICON
 250 VOLTS
 50 WATTS

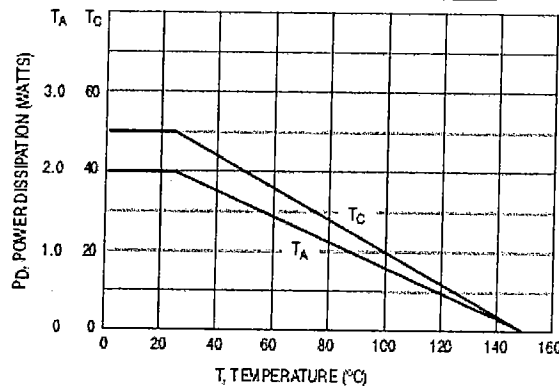
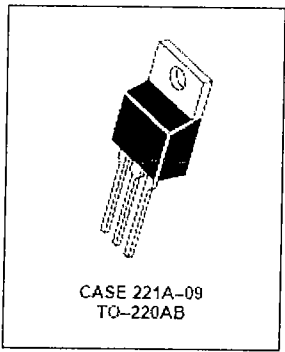


Figure 1. Power Derating

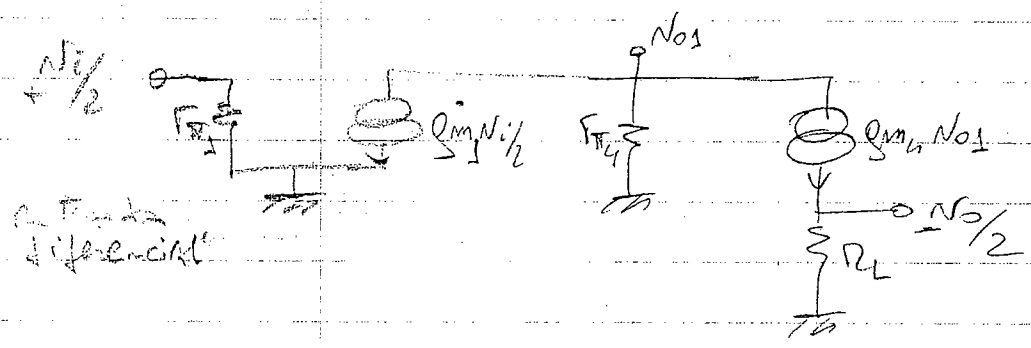
Preferred devices are ON Semiconductor recommended choices for future use and best overall value.



Problema 1

(a)

Parte del circuito a la mitad y v_{o2} el equivalente a un SCSA a bajas freq.



$$\frac{v_{o1}}{R_{SS}} + g_{m1} v_i/2 + g_{m2} v_{o1} = 0$$

$$\Rightarrow v_{o1} = - \frac{g_{m1} v_i/2}{g_{m2} + 1/R_{SS}}$$

$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_0}{2V_T} = g_m$$

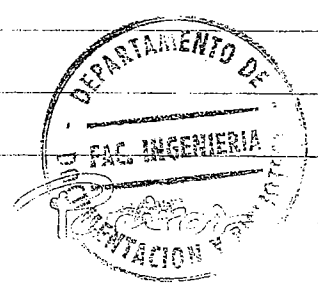
$$g_m R_{SS} = \beta \gg 1$$

$$\Rightarrow v_{o1} \approx - v_i/2$$

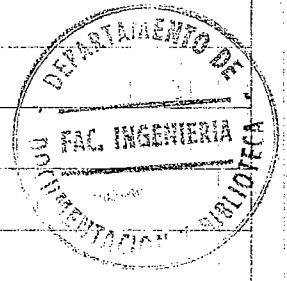
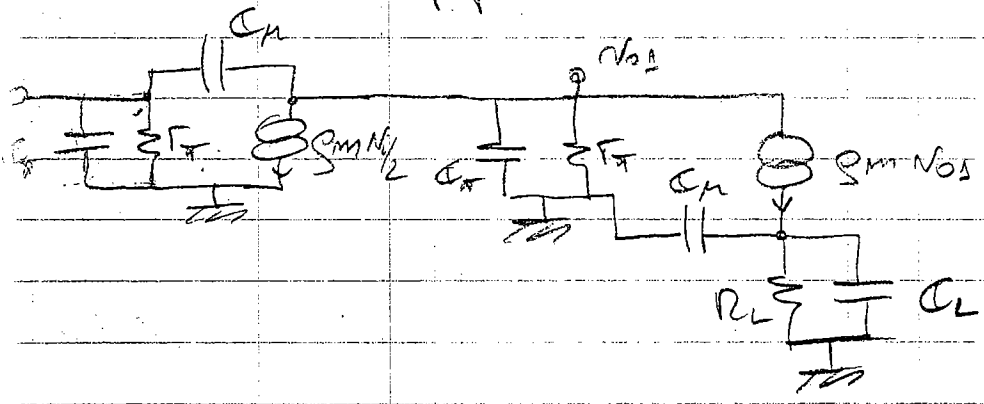
$$- \frac{v_o}{2} = g_m v_{o1} R_L = - g_m v_i/2 R_L$$

$$\Rightarrow |A| = \frac{v_o}{v_i} = g_m R_L = \frac{I_0}{2V_T} R_L$$

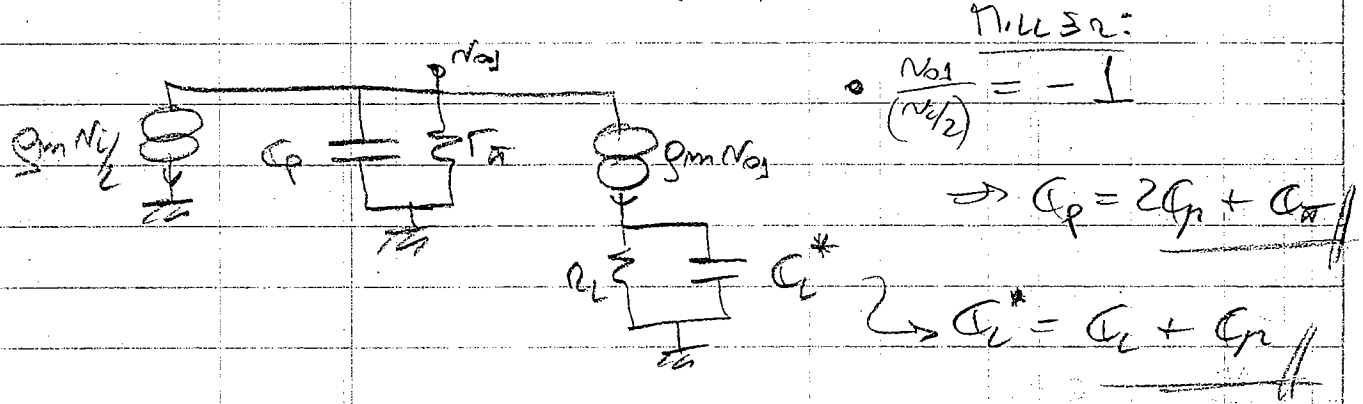
$$\Rightarrow |A| = 104 \text{ V/V} \approx 40 \text{ dB}$$



b) Modelo e pequena sinal a ALTA freq.



Passo por Miller C_{pi} e C_{po} :



Miller:
 $\frac{No1}{(N1/2)} = -1$

$\Rightarrow C_p = 2C_{pi} + C_{ce}$

$\Rightarrow C_{Le}^* = C_L + C_{pi}$

$$No1 = \frac{-g_m N1/2}{g_m + C_{pi}s + \frac{1}{R_E}} = \frac{-\beta N1/2}{\beta + 1 + C_{pi}R_E s}$$

$$\Rightarrow \frac{No1}{N1/2} \approx \frac{-1}{1 + \frac{C_{pi}R_E s}{\beta + 1}} \rightarrow \omega_1 = \frac{g_m}{C_p}$$

a la salida: $\omega_2 = \frac{1}{R_L C_{Le}^*}$

Calculo de C_{pi} :

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{pi} + C_{ce})} = 950 \text{ MHz} \quad | \quad I_C = 1 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow C_{pi} |_{@1 \text{ mA}} = 5.4 \text{ pF} \Rightarrow C_{ce} = 0.4 \text{ pF}$$

$$C_{ce} |_{@0.1 \text{ mA}} = 0.5 \text{ pF} \Rightarrow C_{pi} |_{@0.1 \text{ mA}} = 0.9 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow C_p = 2.9 \text{ pF} \quad C_{Le}^* = 6 \text{ pF}$$

EXAMEN ELECTRONICA 2

09/12/2008

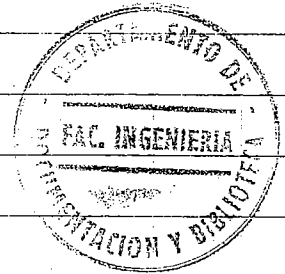
Problema (A) parte (b)

$$\rightarrow f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 211 \text{ MHz} \quad \leftarrow \text{polo NO-dominante}$$

$$f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 0,98 \text{ kHz} \quad \leftarrow \text{polo dominante}$$

$$\rightarrow \boxed{f_T = 102 \text{ MHz}}$$

$$\boxed{f_{NDP} = 211 \text{ MHz}}$$



$$(c) \text{ PM} = 180 - 90 - \tan^{-1}\left(\frac{\omega_T}{\omega_{NDP}}\right)$$

$$\text{PM} = 90 - \tan^{-1}(0,48)$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{PM} = 69,2^\circ}$$

(A) Cuando se to balancea el par de entrada la corriente máxima por la carga es:

$$\boxed{I_{o \max} = \frac{I_o}{2}}$$

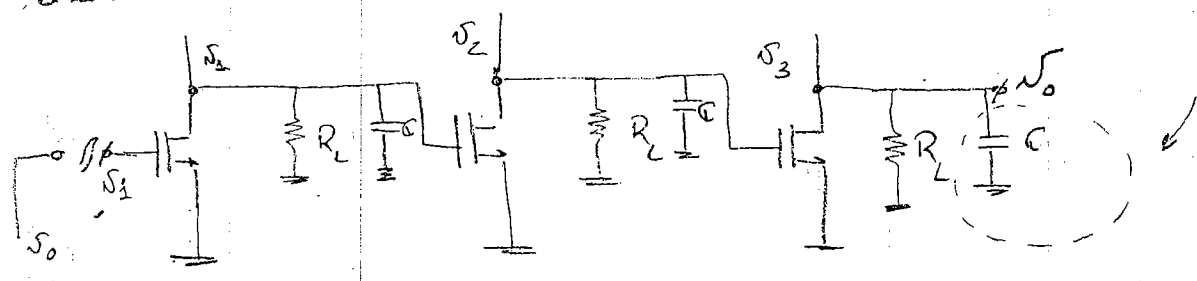
La carga capacitiva cuando Q_n está OFF es:

$$C_L^* = C_L/2 + C_{p3} \quad \left(\begin{array}{l} \text{análogo si} \\ Q_3 \text{ OFF} \end{array} \right)$$

$$\rightarrow \boxed{SR = \frac{I_o}{2C_L^*} = 28,6 \text{ V/ns}}$$

Tapia

el libro



(2)

$$v_1 = \beta v_i (R_L \parallel 1/s) = \frac{-\beta R_L}{1 + CR_L s}$$



$$A\beta(s) = \frac{\beta^3 R_L^3}{(1 + CR_L s)^3} = \frac{\beta^3 R_L^3}{1 + 3CR_L s + 3C^2 R_L^2 s^2 + C^3 R_L^3 s^3}$$

luego $A\beta(j\omega) = 1$

$$-\beta^3 R_L^3 = 1 + 3CR_L j\omega - 3C^2 R_L^2 \omega^2 - C^3 R_L^3 j\omega^3$$

→ (1) $-\beta^3 R_L^3 = 1 - 3C^2 R_L^2 \omega^2$

(2) $3CR_L \omega - C^3 R_L^3 \omega^3 = 0 \Rightarrow 3 - C^2 R_L^2 \omega^2 = 0$

$$\omega_c = \frac{\sqrt{3}}{C R_L}$$

La condici3n de oscilaci3n ser3:

(1) * $\beta^3 R_L^3 = 3C^2 R_L^2 \omega^2 - 1 \Rightarrow \beta^3 R_L^3 = 3C^2 R_L^2 \frac{3}{C^2 R_L^2} - 1$

→ $\beta^3 R_L^3 = 8$

→ $\beta^3 R_L^3 = 8$

La condici3n de oscilaci3n es:

$$\beta R_L = 2$$

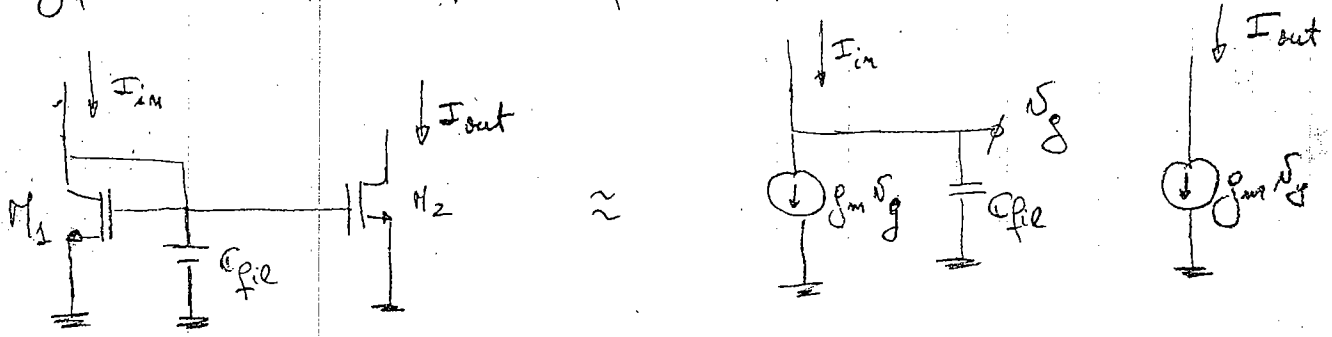
$$g_m = \alpha \sqrt{I_0}$$

\Rightarrow

$$\alpha \sqrt{I_0} R_L = 2$$

9/12

b) Hoy para estudiar el polo del espejo e imponer $\omega_p \gg \omega_0$



$$(g_{m1} = g_{m2} = g_m)$$

$$I_{out} = g_m v_g = \frac{g_m [I_{in} - g_m v_g]}{g_{fs}}$$



$$g_{fs} v_g = I_{in} - g_m v_g \Rightarrow [g_m + g_{fs}] v_g = I_{in}$$

$$(g_m + g_{fs}) \frac{I_{out}}{g_m} = I_{in}$$

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{1}{1 + \frac{g_{fs}}{g_m}}$$

\Rightarrow hoy para imponer

$$\frac{g_m}{g_{fs}} \gg \omega_0$$

$$\frac{g_m}{g_{fs}} \gg \frac{\sqrt{3}}{C R_L}$$

$$g_{fs} \sqrt{3} \ll g_m C R_L$$

$$\sqrt{3} g_{fs} \ll \alpha \sqrt{I_{ref} + k|v_{ov}|} C R_L$$

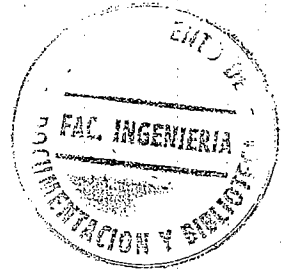
$$|V_{out}| = A$$

10/12 (2)

la condición de oscilación $\alpha \sqrt{I_0 R_L} = 2$

$$\Rightarrow \sqrt{I_{ref} + kA} = \frac{2}{\alpha R_L}$$

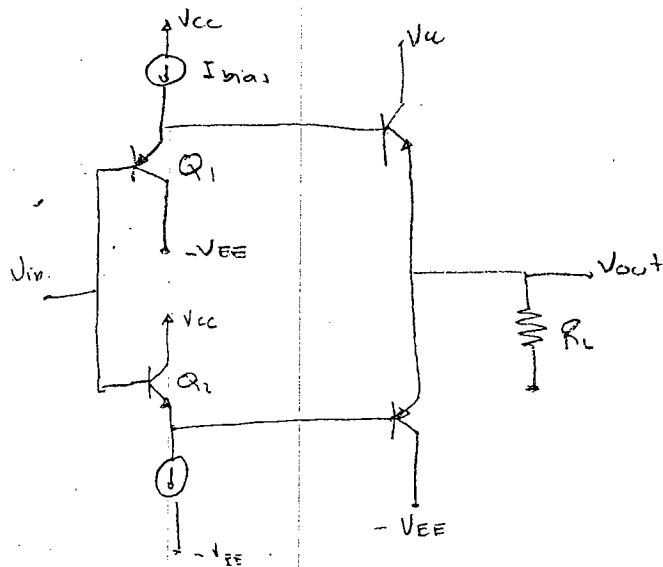
$$\Rightarrow A = \frac{1}{K} \left[\frac{4}{\alpha^2 R_L^2} - I_{ref} \right]$$



① - la condición de arranque : $\alpha \sqrt{I_0 R_L} \gg 2$

en el arranque $A = \phi \Rightarrow \alpha \sqrt{I_{ref} R_L} \gg 2$

Cuando $A > \phi$: $\alpha \sqrt{I_{ref} + kA} R_L = 1 \rightarrow \underline{\underline{k < \phi}}$



a) Los transistores Q_1 y Q_2 sirven como buffers, lo que da al circuito una alta impedancia de entrada

b).

$$P_{\text{max}} = 16 \text{ W}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{V_{\text{cc}}^2}{2R_L}$$

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

$$\Rightarrow V_{\text{cc}} = \sqrt{P_{\text{max}} \cdot 2R_L} = 16 \text{ V}$$

$$c) P_{\text{dis}} = \frac{P_S - P_L}{2} = \frac{V_{\text{cc}} \hat{V}_o}{\pi R_L} - \frac{\hat{V}_o^2}{4R_L} = \frac{V_{\text{cc}}^2}{\pi^2 R_L} = 3.2 \text{ W}$$

$\hat{V}_o = \frac{2V_{\text{cc}}}{\pi}$

$$\eta = \frac{\frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}}{\frac{2V_{\text{cc}} \cdot \hat{V}_o}{\pi R_L}} = \frac{\frac{2V_{\text{cc}}}{\pi \cdot 2R_L}}{\frac{2V_{\text{cc}}}{\pi R_L}} = 50\%$$

d)

$$\Theta_{JA} = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$P_{\text{dis}} = \frac{T_{j\text{max}} - T_{\text{a}}}{\Theta_{JA}} = \frac{150 - 35}{62,5} = 1,84 \text{ W}$$

$$P_{\text{dis}} = \frac{\hat{V}_o V_{\text{cc}}}{\pi R_L} - \frac{1}{4} \frac{\hat{V}_o^2}{R_L} = 1,84 \Rightarrow \hat{V}_o = 3,4 \text{ V} \Rightarrow P_{\text{L}} = \frac{3,4^2}{2R_L} = 0,7 \text{ W}$$

12/12

si se usa un dissipador : $\theta_{JA}' = \theta_{JE} + \theta_{CS} + \theta_{SA}$
 $= 2.5^\circ\text{C}/\text{W} + 2^\circ\text{C}/\text{W} + 1^\circ\text{C}/\text{W} = 5.5^\circ\text{C}/\text{W}$

Entonces $P_{\text{máx}} = \frac{T_{J\text{máx}} - T_A}{\theta_{JA}'}$ $= 20,9\text{W}$

Antes (parte c) ya sé que la máxima potencia posible es $P_{\text{máx}} = 3,2$

Entonces $T_J = P_{\text{máx}} \cdot \theta_{JA}' + T_A = 3,2\text{W} \cdot 5.5^\circ\text{C}/\text{W} + 35^\circ\text{C} = 52,6$

→ $P_{\text{máx}} = 3,2\text{W}$
 $T_J = 52,6^\circ\text{C}$

