

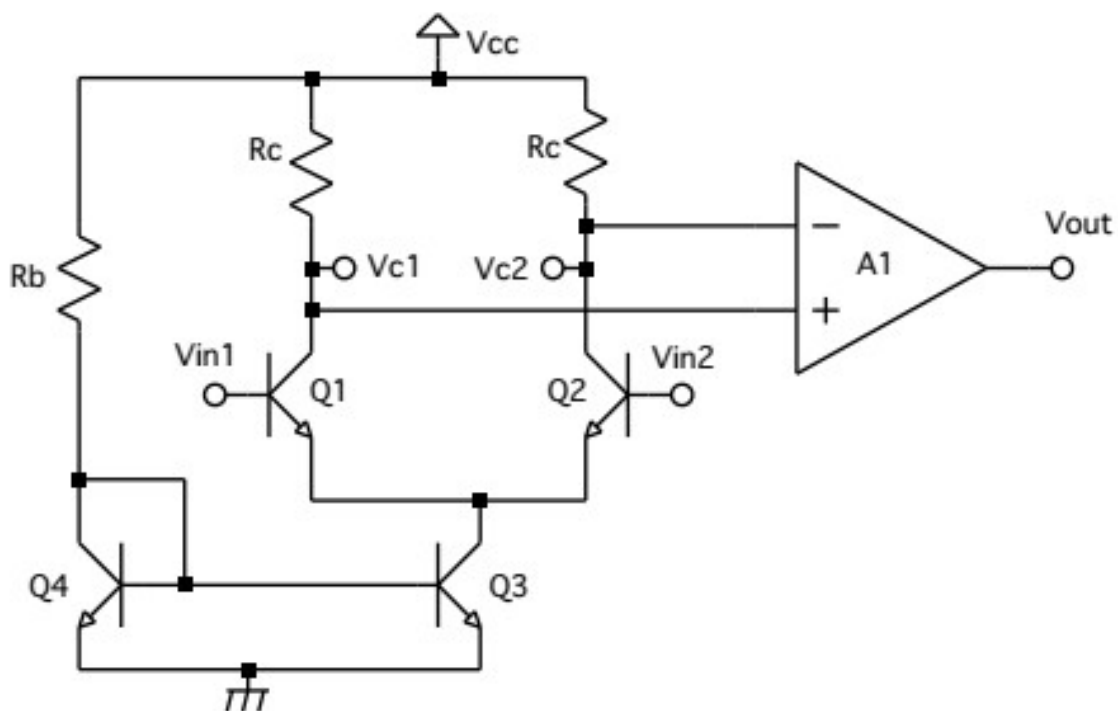
Problema 2: (27 puntos)

Dado el circuito de la figura, donde A1 es un amplificador diferencial con las características que se detallan mas adelante, calcule:

- El valor de R_B , para que la ganancia de la primer etapa sea $(V_{C2}-V_{C1}) / (V_{in1}-V_{in2}) = 100 \text{ V/V}$
- El rango de entrada en modo común ICMR.
- La ganancia en modo común y el CMRR de la primer etapa del circuito, considerando como salida la tensión diferencial $(V_{C2} - V_{C1})$.
- Calcule nuevamente la ganancia en modo común y el CMRR pero ahora de todo el circuito, es decir, considerando como salida a V_{out} .

Datos

- Q1 y Q2 idénticos con tensión de Early que se puede suponer infinita
- Q3 y Q4 idénticos con tensión de Early $V_A = 100 \text{ V}$
- $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ y $V_{CESAT} = 0.3 \text{ V}$ para todos los transistores
- $V_{CC} = 10 \text{ V}$
- A1 es un amplificador diferencial con:
 - Resistencia diferencial de entrada $R_{in} = 2 \text{ k}\Omega$
 - Ganancia diferencial $A_{dif1} = 10 \text{ V/V}$
 - Ganancia en modo común $A_{c1} = 0.1 \text{ V/V}$.



Problema 3: (27 puntos)

Para el circuito de la figura 1 calcule,

- a) Valor de R2 para que el circuito funcione correctamente.
- b) Máxima potencia entregada a la carga sin distorsión.
- c) Maxima potencia disipada por cada uno de los transistores QN y QP
- d) Ahora el circuito se modifica por el de la figura 2. Repita los cálculos de las partes 1), 2) y 3).

QN: $\beta = 50$; $V_{BE} = 1.2 \text{ V}$, QP: $\beta = 20$; $V_{EB} = 1 \text{ V}$.

Q1, Q2: $\beta = 200$, $V_{BE1} = V_{EB2} = 0.7 \text{ V}$, $I_{cmin} = 5 \text{ mA}$.

$R_L = 8 \Omega$, $R_1 = 220 \Omega$.

$I_{BIAS} = 50 \text{ mA}$, $V_{CC} = -V_{EE} = 15 \text{ V}$.

$I_{VinMax} = 100 \text{ mA}$ (esta es la máxima corriente total que la entrada V_{in} puede tomar).

La tensión V_{in} puede tomar valores entre V_{CC} y V_{EE} y su valor de reposo es tal que la tensión a la salida es 0 V.

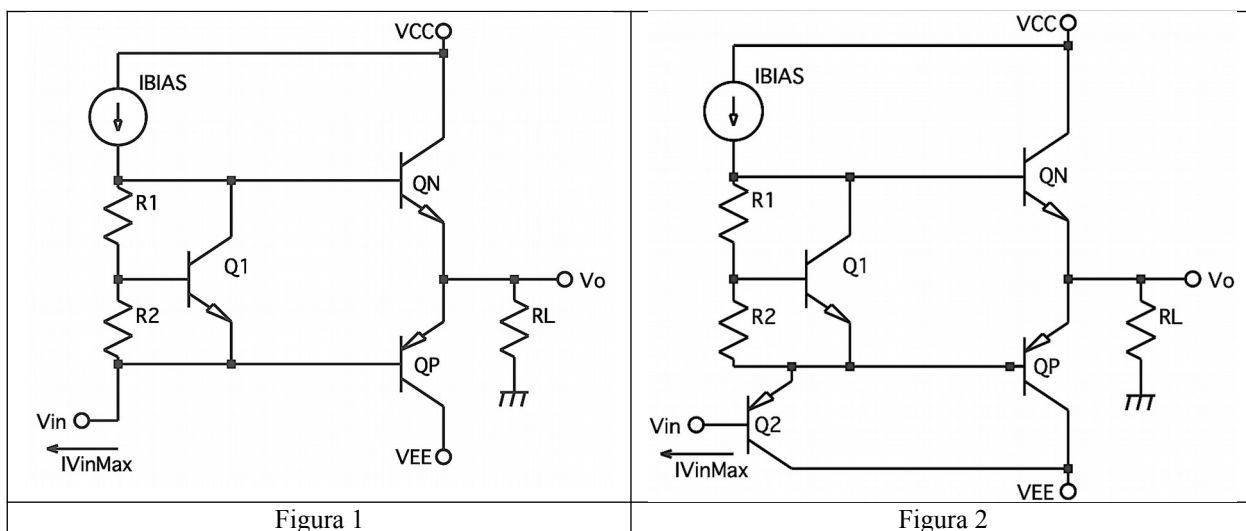


Figura 1

Figura 2

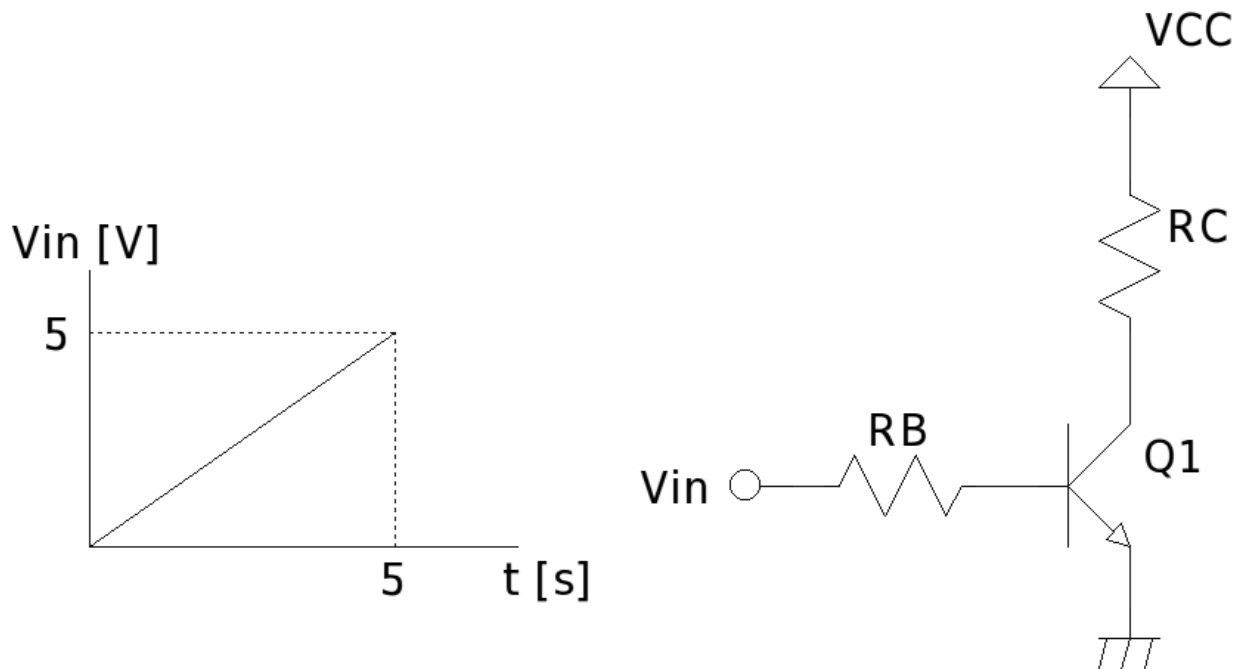
Pregunta : (19 puntos)

Para el circuito de la figura graficar la corriente de colector por el transistor Q1 en función del tiempo, indicando las diferentes zonas de operación del transistor y los valores de V_{in} para los cuales se produce un cambio entre zonas.

Datos:

$V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_C = 200\ \Omega$, $R_B = 5\text{ k}\Omega$.

Q1: $\beta = 100$, $V_{BEON} = 0.7\text{ V}$, $V_{CESAT} = 0.3\text{ V}$.



Problema 1

Q) DC $I_{D1} = I_{D2}$
 M_3 es $2 M_2$ en paralelo $\Rightarrow \begin{cases} I_{D3} = 2I_{D2} = 2I_0 \\ W_3 = 2W_2 \end{cases}$

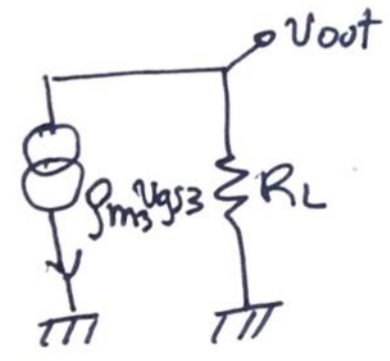
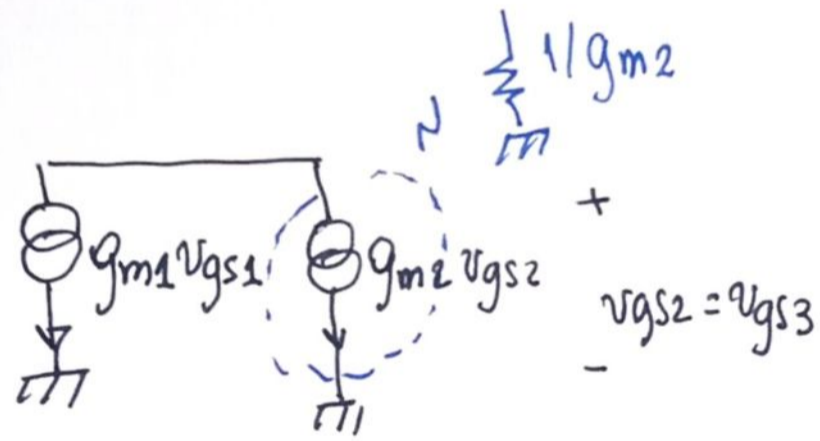
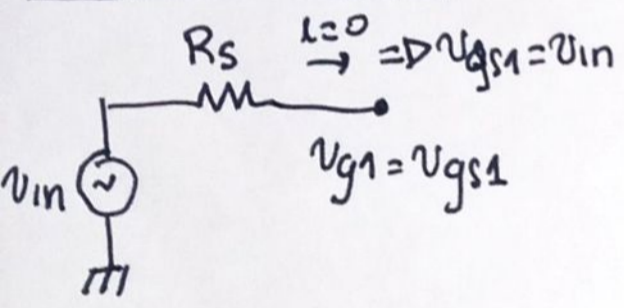
$\beta_p = \beta_n = 2 \text{ mA/V}^2$ $M_3: \beta_3 = 2\beta_p$ ya que $\beta = \mu \frac{W}{L} C_{ox}$ y $W_3 = 2W_2$
 $L_3 = L_2$

$g_{m1} = \sqrt{2\beta_n I_{D1}} = \sqrt{2\beta_n I_0} = \frac{2 \text{ mA}}{V}$

$g_{m2} = g_{m1}$
 $I_{D1} = I_{D2}$
 $\beta_p = \beta_n$

$g_{m3} = \sqrt{2\beta_3 I_{D3}} = \sqrt{4\beta_p I_{D3}} = 2\sqrt{2\beta_p I_0} = 2g_{m2}$

BATA FRECUENCIA



$V_{gs2} = -\frac{g_{m1}}{g_{m2}} V_{gs1} \Rightarrow \frac{V_{gs2}}{V_{gs1}} = -\frac{g_{m1}}{g_{m2}} = -1$ (es un CS con $R_b = 1/g_{m2}$)
 $g_{m3} = 2g_{m2}$

$V_{out} = g_{m3} R_L V_{gs3} = -2g_{m2} R_L V_{gs2} = 2g_{m2} R_L V_{gs1} = 2g_{m2} R_L V_{in}$

$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 16 \text{ V/V}$

Problema 1

Prueba Final - Electrónica Avanzada 1
30/11/2023

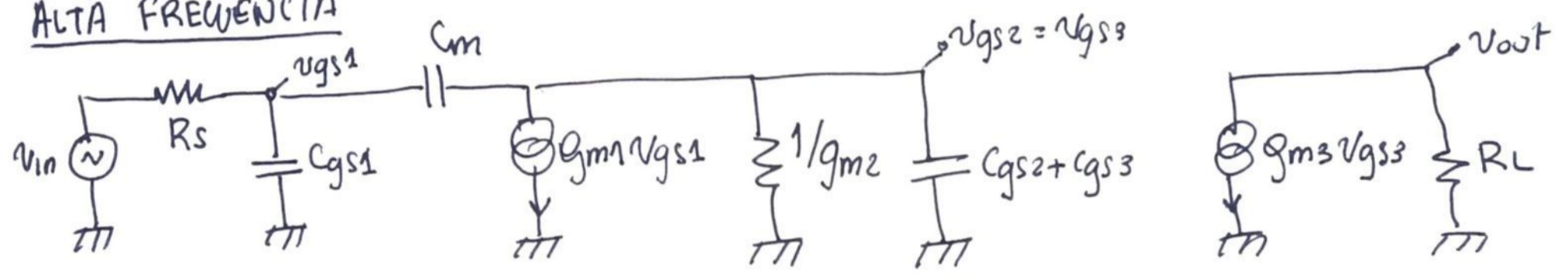
b) Capacidades parásitas: solo C_{gs1} , C_{gs2} y C_{gs3} (el resto es despreciable por letra)

$$C_{gs1} = \frac{2}{3} W_1 L_1 C_{ox} = 2,432 \text{ pF}$$

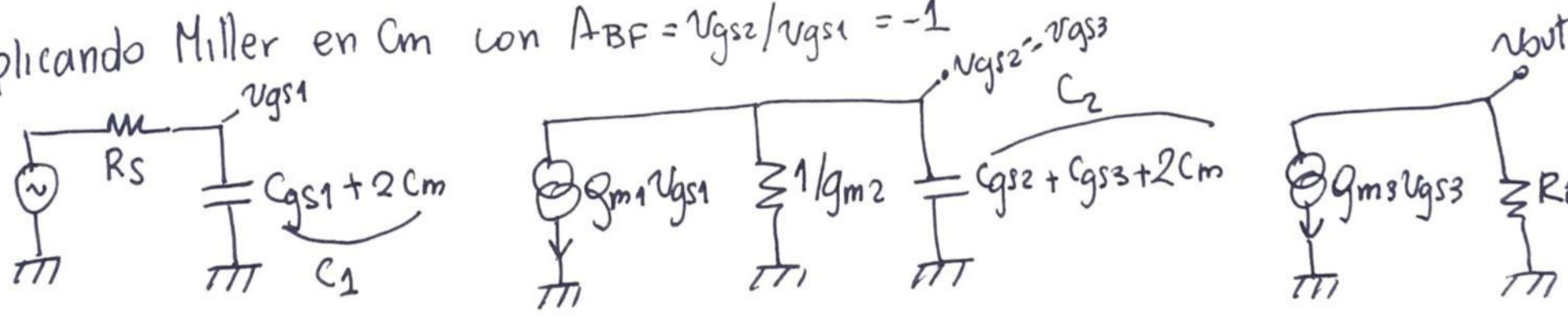
$$C_{gs2} = \frac{2}{3} W_2 L_2 C_{ox} = 2,432 \text{ pF}$$

$$C_{gs3} = \frac{2}{3} W_3 L_3 C_{ox} = 4,864 \text{ pF}$$

ALTA FRECUENCIA



Aplicando Miller en C_m con $A_{BF} = V_{gs2}/V_{gs1} = -1$



$$V_{gs1} = \frac{V_{in}}{1 + C_1 R_s s}$$

$$V_{gs2} = -g_{m1} V_{gs1} \left(\frac{1}{C_2 s} \parallel \frac{1}{g_{m2}} \right) = -\frac{g_{m1} V_{gs1}}{g_{m2} + C_2 s} = -\frac{V_{gs1}}{1 + \frac{C_2 s}{g_m}}$$

$g_{m1} = g_{m2}$

$$V_{out} = -R_L g_{m3} V_{gs3} = -2 R_L g_{m2} V_{gs2} = \frac{2 R_L g_{m2} V_{gs1}}{\left(1 + \frac{C_2 s}{g_{m2}}\right) \left(1 + C_1 R_s s\right)} = \frac{2 R_L g_{m2} V_{in}}{\left(1 + \frac{C_2 s}{g_{m2}}\right) \left(1 + C_1 R_s s\right)}$$

$g_{m3} = 2g_{m2}$
 $V_{gs3} = V_{gs2}$

Polos: $f_1 = \frac{1}{2\pi C_1 R_s}$

$f_2 = \frac{g_{m2}}{2\pi C_2}$

$C_1 = C_{gs1} + 2C_m = 22,432 \text{ pF}$

$C_2 = C_{gs2} + C_{gs3} + 2C_m = 27,296 \text{ pF}$

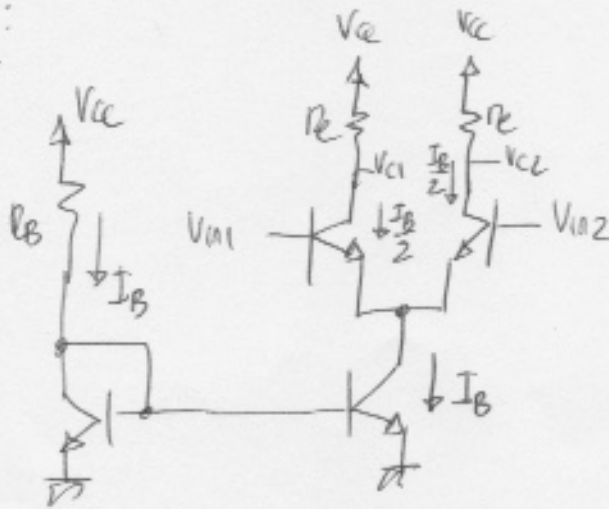
$\Rightarrow f_1 = 709,5 \text{ KHz}$

$f_2 = 11,62 \text{ MHz}$

\uparrow f-3dB

(a)

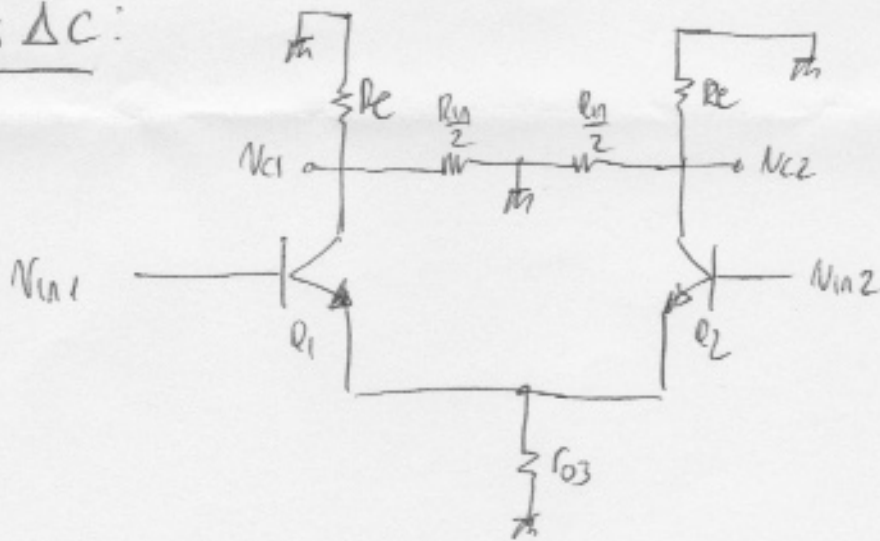
Análisis DC:



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_B}{2V_T}$$

Análisis AC:



Entrada dif $v_d = v_{c1} - v_{c2}$
 (tierra virtual en emisor de Q_1, Q_2)

$$\frac{v_{c1}}{v_d/2} = -g_{m1} R_e // \frac{R_n}{2}$$

$$\frac{v_{c2}}{-v_d/2} = -g_{m2} R_e // \frac{R_n}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_e // \frac{R_n}{2}$$

$$A_D = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_{in1} - v_{in2}} = g_m \cdot R_e // \frac{R_n}{2} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{2V_T + R_B} \cdot R_e // \frac{R_n}{2} = 100 \frac{V}{V} \Rightarrow \boxed{R_B = 894 \Omega}$$

$$\Downarrow$$

$$I_B = 194 \mu A$$

(b) Para abajo: $I_{CMR_{MIN}} - V_{BE} - V_{CESAT} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{CMR_{MIN}} = 1V$$

Para arriba: $I_{CMR_{MAX}} - V_{BE} + V_{CESAT} + R_e \frac{I_B}{2} = V_{CC} \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{CMR_{MAX}} = 5,2V$$

(c) $A_{cm} = \frac{N_{c2} - N_{c1}}{N_{cm}} ?$

NO CIRCULA CORRIENTE POR R_{IN}

$$\frac{N_{c2}}{N_{cm}} = \frac{N_{c1}}{N_{cm}} = \frac{R_e}{2r_{03}}$$

$$\Rightarrow A_{cm} = 0 \Rightarrow C_{MRR} = \infty$$

(d) $N_{out} = A_{dif1} (N_{c1} - N_{c2}) + A_{cm1} \cdot \left(\frac{N_{c1} + N_{c2}}{2} \right)$

$G_D, G_{cm} \rightarrow$ ganancias en dB de todo el circuito

$$G_{cm} = \frac{N_{out}}{N_{cm}} = \frac{A_{dif1} \overset{=0}{(N_{c1} - N_{c2})} + A_{cm1} \left(\frac{N_{c1} + N_{c2}}{2} \right)}{N_{cm}} = \frac{1}{2} A_{cm1} \left(\frac{N_{c1}}{N_{cm}} + \frac{N_{c2}}{N_{cm}} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} A_{cm1} \cdot \frac{R_e}{r_{03}} \Rightarrow G_{cm} = 0,0052 \frac{V}{V} \Rightarrow C_{MRR} = 106dB$$

$$G_D = 100 \cdot A_{dif1} \Rightarrow G_D = 1000 \frac{V}{V}$$

\downarrow

(a)

MULT. de V_{BS} : $V_{BS} = V_{BS1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$

$\Rightarrow R_2 = 110 \Omega$

V_{BS} necesario : $V_{BS} = V_{BE_{ON}} + V_{BS_{QP}} = 2,2V$

Verif. $I_{C1} > I_{D1, R_2} > I_{BS}^{max}$

$I_{BS}^{max} = I_{BIAS} - I_{D1, R_2}$ (como $I_{BE_{ON}} = 0$)

$I_{D1, R_2} = 6,7 mA \Rightarrow I_{BS}^{max} = 0,22 mA < I_{D1, R_2} \checkmark$

$I_{MULT}^{nro} = I_{C1}^{min} + I_{D1, R_2} = 11,7 mA$

(b)

Verifico quien limita la max P_L:

o I_{BIAS} : $I_L^{max} = \beta_{QW} (I_{BIAS} - I_{MULT}^{nro}) = 1,92 A \Rightarrow V_{OP} = 15,3V$

o I_{V1, max} : $I_{V1, max} = I_{BIAS} + \frac{I_L^{max}}{\beta_{QP}} \Rightarrow I_L^{max} = 1 A \Rightarrow V_{OP} = 8V$

o V_{OP} : (I_{BIAS} ideal) $V_{OP}^{max} = V_{CC} - V_{BE_{ON}} = 13,8V$
 $V_{OP}^{max} = V_{SS} + V_{BS_{QP}} = 14V$

\Rightarrow Limita I_{V1, max}

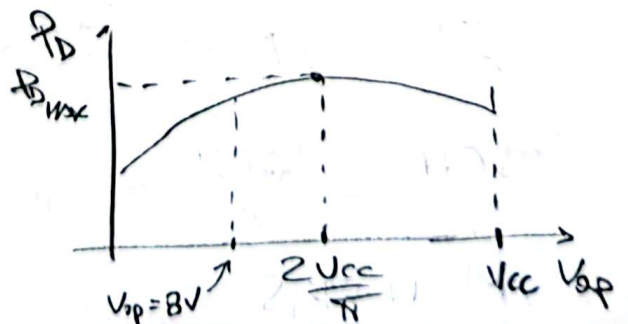
$\Rightarrow P_L^{max} = \frac{1}{2} R_L (I_L^{max})^2 = 4W$

(c)

POT. disipada max :

$V_{OP}^{Amax} = \frac{2V_{CC}}{\pi} = 9,55V > 8V$

$\Rightarrow P_D^{max} = P_D(V_{OP} = 8V)$



(c)

$$P_{D_{Qn}} = P_{D_{Qp}} = \frac{1}{2}(P_S - P_L)$$

$$P_S = 2P_{V_{CC}} = 2 \left(\frac{1}{T} \int_0^T V_{CC} i_{Qn} dt \right) = 2 \frac{V_{CC} I_L^{\max}}{\pi} = 9,55 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{D_{Qn}}^{\max} = P_{D_{Qp}}^{\max} = 2,77 \text{ W}}$$

(d) Que limitación sobre P_L^{\max} es la excursión en Q_p

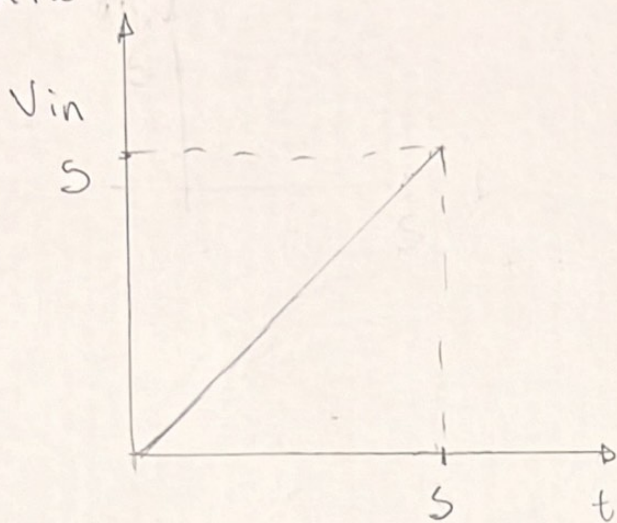
$$\Rightarrow V_{OP} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S_{Qp}} = 13,3 \text{ V}$$

$$\Rightarrow P_L^{\max} = \frac{1}{2} \frac{V_{OP}^2}{R_L} \Rightarrow \boxed{P_L^{\max} = 11,1 \text{ W}}$$

$$\Delta \text{hora } V_{OP} > V_{OP}^{P_{D_{Qp}}^{\max}} = \frac{2V_{CC}}{\pi}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{D_{Qn}}^{\max} = P_{D_{Qp}}^{\max} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = 2,85 \text{ W}}$$

Pregunta



$$V_{in} < V_{BEON} \Rightarrow Q_1 \text{ CORTE} \Rightarrow \dot{i}_C = \phi$$

$$V_{BEON} \leq V_{in} \leq V_{inSAT} \Rightarrow Q_1 \text{ ACTIVA} \Rightarrow \dot{i}_C = \beta \cdot \dot{i}_B$$

ACTIVA

$$\dot{i}_B = \frac{V_{in} - V_{BEON}}{R_B}$$

$$V_{in} > V_{inSAT} \Rightarrow Q_1 \text{ SATURACIÓN}$$

$$\dot{i}_{C \text{ SATURACIÓN}} = \frac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_C} = \frac{9,7V}{200\Omega} = 48,5 \text{ mA}$$

PARA $V_{in} = V_{inSAT}$ TODAVIA SE CUMPLE QUE :

$$\dot{i}_C = \beta \cdot \dot{i}_B \Rightarrow \beta \left(\frac{V_{inSAT} - V_{BEON}}{R_B} \right) = \dot{i}_{C \text{ SATURACIÓN}}$$

$$\Rightarrow V_{inSAT} = \frac{\dot{i}_{C \text{ SATURACIÓN}} \cdot R_B + V_{BEON}}{\beta} = 3,125 \text{ V}$$

