

**Examen de Electrónica 1**  
**13/03/2001**



**Problema 1:**

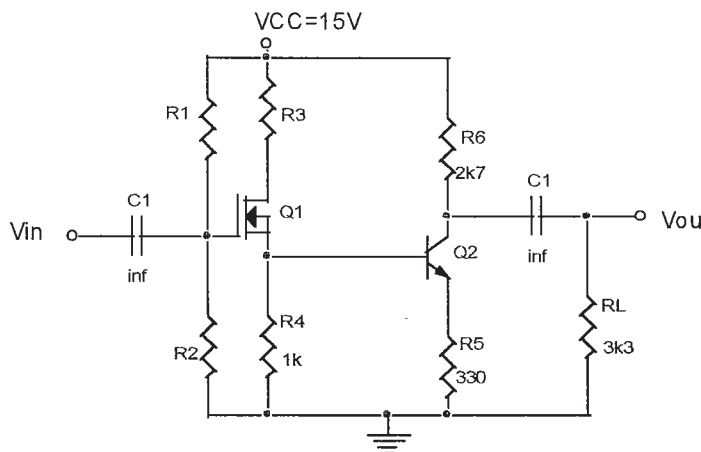
- a) Diseñar un amplificador diferencial con ganancia 100 y resistencia de entrada diferencial de 200 k $\Omega$ . El mismo estará basado en un único amplificador operacional, que para esta parte del problema se supondrá ideal. Para todo el problema, el amplificador operacional considerado se supondrá alimentado con fuentes de +/- 2.5V.
- b) Determinar para el amplificador diseñado la condición que deben cumplir la tensión y corriente de offset para que la tensión de offset a la salida no supere 100mV en el peor caso.
- c) Si las resistencias utilizadas son al 5% y el CMRR del operacional es infinito, estimar el CMRR del amplificador diseñado en un peor caso.
- d) Si se desea que el amplificador diseñado tenga un ancho de banda (frecuencia de -3dB) de 10KHz, ¿cuál debe ser la frecuencia de transición ( $f_T$ ) del amplificador operacional?

**Problema 2:**

Para el circuito de la figura calcular R1, R2 y R3 para que la resistencia de entrada  $R_i$  del amplificador sea mayor o igual a 1M $\Omega$ , la corriente por el transistor Q2 sea 4mA y Q1 trabaje en la zona de saturación.

Con los valores hallados anteriormente calcular la ganancia total del circuito y la máxima excursión a la salida.

**Datos:**  $\beta_{Q1} = 1\text{mA/V}^2$ ,  $\beta_{Q2} = 200$ ,  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ,  $V_{CESAT} = 0.3\text{V}$ .



**Pregunta:**

Un chip de microprocesador CMOS que tiene el equivalente de 1 millón de compuertas opera desde una fuente de alimentación de 5V. La disipación de potencia es 9W cuando el chip opera a 120MHz y de 4.7W cuando opera a 50MHz.

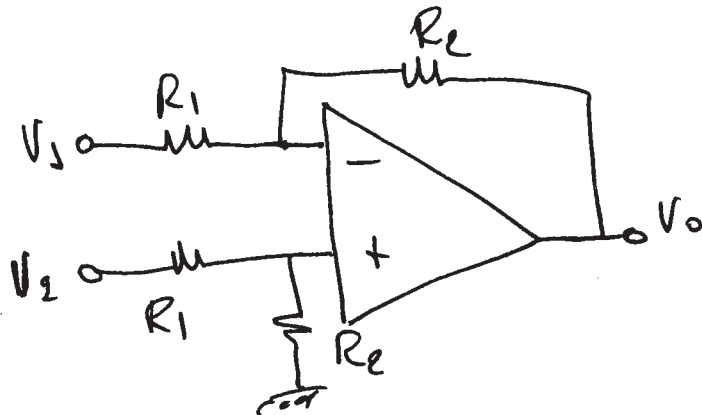
- a) ¿Cuál es la potencia estática consumida por el chip ?
- b) Si se supone que el 70% de las compuertas están activas en cualquier momento, ¿cuál es la capacidad promedio de carga por compuerta ?. Se despreciará la potencia disipada por corriente por camino directo entre VDD y VSS.
- c) En este circuito, en las condiciones de la parte a), operando a 120MHz, el camino crítico (máximo retardo), tiene un retardo que corresponde a  $2/3$  del período de reloj. ¿Cuánto se puede reducir la tensión de alimentación si el retardo máximo admisible es de un período de reloj ?. Se supondrá que la tensión de alimentación es en todos los casos mucho mayor que la tensión umbral de los transistores de la tecnología. Si se reduce la tensión de alimentación de esta manera, cuál será el nuevo consumo de potencia dinámica (nuevamente suponiendo despreciable la potencia disipada por corriente por camino directo entre VDD y VSS).

# Examen Electronica 1

13/03/2001

## Prob. 1

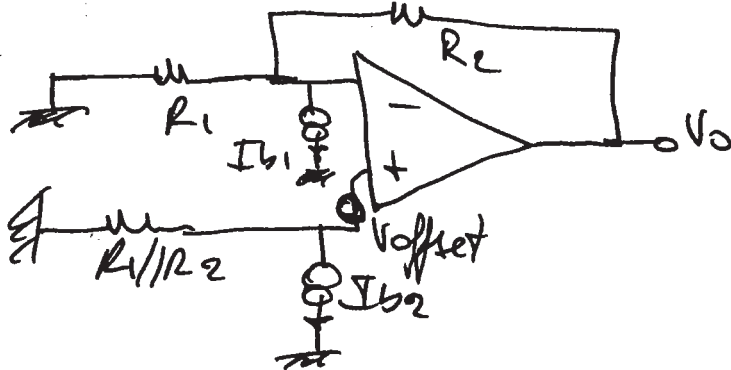
a)



$$\frac{V_0}{V_2 \cdot V_1} = \frac{R_2}{R_1}, \quad R_{id} = 2R_1 = 200k \Rightarrow \boxed{R_1 = 100k}$$

Gainancia = 100  $\Rightarrow R_2 = 100 \cdot R_1 = 10M\Omega$ .

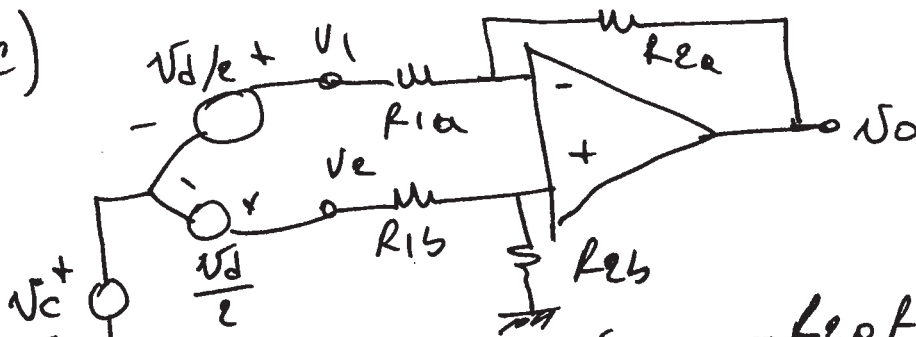
b)



$$\Rightarrow V_{0DC} = V_{offset} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 (I_{b1} - I_{b2})$$

$$\Rightarrow \underbrace{100 V_{offset} + 10M\Omega \cdot I_{offset}}_{\text{}} \leq 100mV$$

c)



$$A_c (\text{at } V_d=0) = \frac{V_0}{V_c} = \frac{-R_{2a}R_{1b} + R_{2b}R_{1a}}{R_{1a}(R_{1b} + R_{2b})}$$

$$A_d (\text{at } V_c=0) = \frac{V_0}{V_d} = \frac{1}{2} \frac{R_{2a}(R_{1b} + R_{2b}) + R_{2b}(R_{1a} + R_{2a})}{R_{1a}(R_{1b} + R_{2b})}$$

# Examen Electronica 1

(2)

13/03/2001

$$\rightarrow CMRR = \frac{A_d}{A_c} = \frac{1}{2} \frac{R_{ea}(R_{1b} + R_{2b}) + R_{eb}(R_{1a} + R_{2a})}{R_{eb} \cdot R_{1a} - R_{1b} \cdot R_{ea}}$$

$\Rightarrow$  para caso:

$$R_{ea} = (1 - \delta) \cdot R_2$$

$$R_{eb} = (1 + \delta) \cdot R_2$$

$$R_{1a} = (1 + \delta) \cdot R_1$$

$$R_{1b} = (1 - \delta) \cdot R_1$$

$$\rightarrow CMRR = \frac{1}{2} \frac{\frac{2 + 2\delta^2}{2} + \frac{2 \frac{R_2}{R_1} (1 - \delta^2)}{4\delta}}{\approx 1} \approx \boxed{\frac{1 + R_2/R_1}{4\delta}}$$

$\rightarrow$  para  $\delta = 0.05$

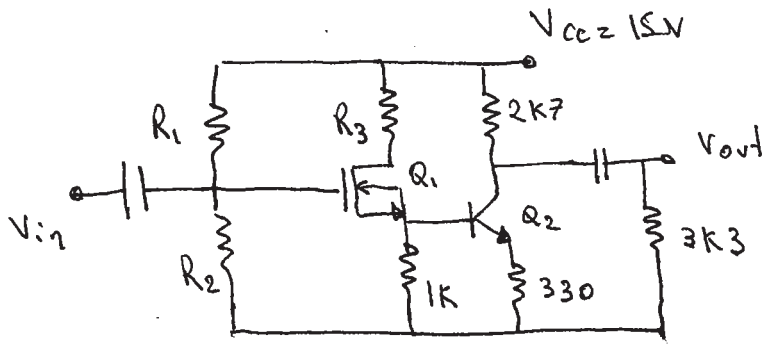
$$\frac{R_2}{R_1} = 100$$

$$\rightarrow \boxed{CMRR = 505 = 54 \text{ dB}}$$

d)

$$f_{-3dB} = \frac{f_T}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \Rightarrow f_T = \underline{\underline{10 \text{ kHz} \cdot 101 = 1010 \text{ kHz}}}$$

Problema 2



$\beta_{Q1} = 1 \text{ mA/V}^2$

$V_{T0} = 2 \text{ V}$

$\beta_{Q2} = 200$

a. sat. ,  $I_{CQ2} = 4 \text{ mA}$

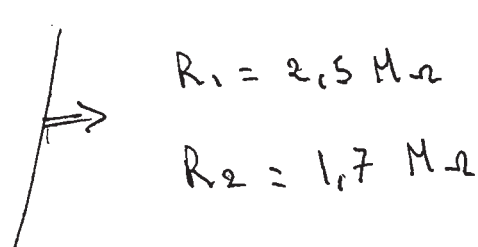
$I_{Q1} = \frac{\beta_{Q1} (V_{as} - V_{T0})^2}{2} \quad (I)$

$I_{CQ2} = \frac{V_{S1} - V_{BE}}{R_5} \Rightarrow V_{S1} = R_5 I_{CQ2} + V_{BE} = 2 \text{ V}$

$V_{S1} = I_{Q1} R_4 \Rightarrow I_{Q1} = 2 \text{ mA} \Rightarrow V_{Q1} = 6 \text{ V} \quad (I)$

$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 1 \text{ M}\Omega$

$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6}{15}$



$R_1 = 2,5 \text{ M}\Omega$

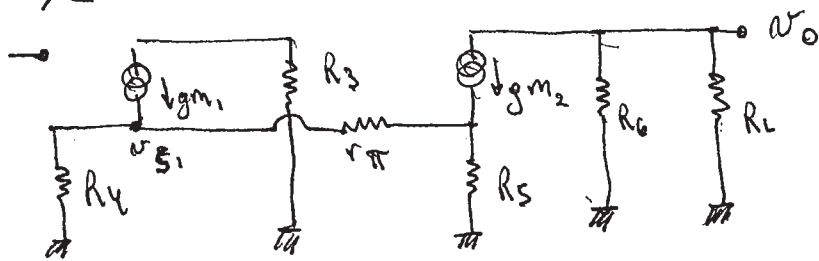
$R_2 = 1,7 \text{ M}\Omega$

$V_{DS} > V_{DS} - V_{T0}$  para que  $Q_1$  sat.

$V_{DS} = V_{CC} - I_{Q2} R_3 - 2 > 2 \Rightarrow I_{Q1} R_3 < V_{CC} - 4$

$\Rightarrow R_3 < \frac{11}{2 \text{ mA}} = 5,5 \text{ k}$

2/2



$$g_{m1} = \beta (V_{DS} - V_{T0}) = \sqrt{2 \beta} \cdot \sqrt{I_D}$$

$$\frac{v_o}{v_{s1}} = - \frac{\beta R_L \parallel R_6}{r_{\pi} + \beta R_5} \approx - \frac{R_L \parallel R_6}{R_5}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_{C2}} = 43 \text{ k} \ll \beta R_5 = 66 \text{ k}$$

$$v_{s1} = \frac{g_{m1} (R_4 \parallel \beta R_5) v_{in}}{1 + (R_4 \parallel \beta R_5) g_{m1}} \approx 0,74$$

$$\frac{v_o}{v_{in}} = - \frac{\beta R_L \parallel R_6}{\beta R_5} \cdot \frac{g_{m1} R_4 \cdot \beta R_5}{(\beta R_5 + R_4) \left( 1 + \frac{R_4 \cdot \beta R_5}{R_4 + \beta R_5} g_{m1} \right)}$$

$$G = - \frac{\beta R_L \parallel R_6 \cdot g_{m1} R_4}{R_4 + \beta R_5 + R_4 (\beta R_5) g_{m1}} \approx -3,3$$

$$V_{CC} - I_{C2} R_6 - V_{OP} - \frac{V_{OP}}{3,3} - I_{C2} R_5 > V_{CE SAT}$$

$$\Rightarrow V_{OP} \leq 1,15 \text{ V} \quad -$$

Preguntas:

$$a) P_{tot} = E_{dyn} \cdot f + P_{stat}$$

$$\Rightarrow 9W = E_{dyn} \cdot 120e6 + P_{stat}$$

$$4.7W = E_{dyn} \cdot 50e6 + P_{stat}$$

$$\Rightarrow E_{dyn} = 6.1 \times 10^{-8} J$$

$$\underline{P_{stat} = 1.68 W}$$

$$b) E_{dyn} = \frac{1}{2} C V_{DD}^2 : 0.7 \cdot 1e6$$

$$\Rightarrow C_{promedio} = 6.97 fF$$

$$c) t_d \propto \frac{1}{V_{DD}}$$

$$t_d \propto \frac{3}{2} \Rightarrow \boxed{V_{DD} \propto \frac{2}{3}} \Rightarrow P_{dyn} \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 = (9 - 1.68) \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 3.25W$$