



Nombre y apellido: \_\_\_\_\_ Padrón: \_\_\_\_\_

Cuatrimestre de cursada: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

This exam contains 5 questions.

- 1) Dos diodos de juntura PN sólo se diferencian por haber sido fabricados con distinto material semiconductor, manteniendo iguales entre sí su geometría y niveles de dopaje de cada lado de la juntura. Como consecuencia, se obtienen dos corrientes de saturación inversa distintas para cada uno de ellos:  $I_{S1} = 0.1 \text{ pA}$  y  $I_{S2} = 5 \text{ fA}$ . Se disponen en un arreglo serie polarizados en inversa a través de una fuente de tensión ( $V_F = 5 \text{ V}$ ) y un resistor ( $2 \text{ k}\Omega$ ). ¿Cómo es la relación entre las caídas de tensión de cada uno de los diodos?

- A)  $V_{D1} \approx 0$  y  $V_{D2} \approx -V_F$ .  
B)  $V_{D1} \approx -V_F$  y  $V_{D2} \approx 0$ .  
C)  $V_{D1} \approx 0$  y  $V_{D2} \approx 0$ .  
D)  $V_{D1} \approx -V_F$  y  $V_{D2} \approx -V_F$ .  
E)  $V_{D1} \approx -V_F/2$  y  $V_{D2} \approx -V_F/2$ .

- 2) Un MOSFET de canal N está conectado de la siguiente forma: el drain conectado a la fuente de alimentación de  $V_{DD} = 3.3 \text{ V}$ , el source conectado al cátodo de un diodo zener, y el gate del transistor está conectado a una fuente de tensión ( $V_G$ ) que controla la corriente de drain. Los parámetros del transistor son  $\mu C_{ox} W/L = 10 \text{ mA V}^{-2}$  y  $V_T = 1 \text{ V}$ . El ánodo del diodo zener está conectado a tierra, y sus parámetros son  $V_Z = 1.2 \text{ V}$ ,  $I_{min} = 0.5 \text{ mA}$  y  $I_{max} = 10 \text{ mA}$ . Calcular los valores extremos que puede tomar la tensión de gate ( $V_{G,min}$  y  $V_{G,max}$ ) para que el diodo funcione en la región de zener. La respuesta se considera correcta si los 2 valores están bien calculados.

**Solution:** Cuando  $I_D = I_{min}$ ,  $V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{I_{min}}{1/2 \mu C_{ox} W/L}} = 1 \text{ V} + \sqrt{\frac{0.5}{5}} \text{ V} = 1.316 \text{ V}$ , entonces  $V_G = V_Z + V_{GS} = 2.516 \text{ V}$ .  
Cuando  $I_D = I_{max}$ ,  $V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{I_{max}}{1/2 \mu C_{ox} W/L}} = 1 \text{ V} + \sqrt{\frac{10}{5}} \text{ V} = 2.414 \text{ V}$ , entonces  $V_G = V_Z + V_{GS} = 3.614 \text{ V}$ .

- 3) ¿Cuál de las siguientes opciones es **incorrecta** respecto de las corrientes de un transistor TBJ PNP polarizado en MAD?

- A) La corriente de huecos en la QNR de la base es por difusión.  
B) La corriente de huecos en la QNR del emisor es por arrastre.  
C) La corriente de huecos en la SCR de la juntura Base-Colector es por difusión.  
D) La corriente de electrones en la QNR de la base es por arrastre.  
E) La corriente de electrones en la SCR de la juntura Base-Emisor es por difusión.

- 4) Se implementa un amplificador emisor común sin realimentación con un transistor NPN con parámetros  $\beta = 500$  y  $V_A \rightarrow \infty$ . La tensión de alimentación es  $V_{CC} = 9 \text{ V}$ , y el transistor está polarizado con dos resistencias de base siendo  $R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$  entre la fuente de alimentación y la base del transistor,  $R_{B2} = 1 \text{ k}\Omega$  entre la base del transistor y tierra, y una resistencia de colector,  $R_C = 100 \Omega$  conectada a la fuente de alimentación. A la entrada del amplificador, se



conecta una señal senoidal ( $v_s$ ) de tensión pico  $12 \text{ mV}$  y resistencia serie  $R_s = 50 \Omega$  a través de un capacitor de desacople de valor adecuado. Calcular  $A_{vo}$ ,  $R_{IN}$  y  $R_{OUT}$ . La respuesta se considera correcta si los 3 parámetros están bien calculados.

**Solution:**  $I_B = \frac{9 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} - \frac{0.7 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 130 \mu\text{A}$ .  
 $I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 65 \text{ mA}$ .  $V_{CEQ} = 9 \text{ V} - 6.5 \text{ V} = 2.5 \text{ V}$ .  
 $g_m = 2.51 \text{ S}$ .  $r_\pi = 199 \Omega$ .  $r_o \rightarrow \infty$ .  
 $R_{IN} = 163.3 \Omega$ ,  $R_{OUT} = 100 \Omega$ ,  $A_{vo} = -251$ .

- 5) En un mismo chip de Silicio se fabrican 1 millón de inversores CMOS con las siguientes características:  $\mu_n C_{ox} = 80 \mu\text{A V}^{-2}$ ;  $\mu_p C_{ox} = 40 \mu\text{A V}^{-2}$ ;  $(W/L)_p = 2 \times (W/L)_n = 5$ ;  $V_{Tn} = 0.5 \text{ V}$  y  $V_{Tp} = -0.6 \text{ V}$ . El proceso de fabricación tiene una tensión de alimentación  $V_{DD} = 1.8 \text{ V}$  y la carga de cada inversor puede considerarse una capacidad constante de valor  $C_L = 10 \text{ fF}$ . Todos los inversores tienen conectado a su entrada una señal cuadrada de frecuencia  $f$ . Se sabe que por el tipo de encapsulado  $\theta_{JC} = 10^\circ\text{C W}^{-1}$  y  $\theta_{CA} = 20^\circ\text{C W}^{-1}$  y que la temperatura máxima de juntura es  $T_{j,max} = 125^\circ\text{C}$ . Calcular la frecuencia de trabajo ( $f$ ) máxima del chip cuando tiene adosado un disipador de  $\theta_{dis} = 2^\circ\text{C W}^{-1}$  y la temperatura del ambiente puede alcanzar los  $60^\circ\text{C}$ .

**Solution:** La resistencia equivalente es:  $\theta = (20^\circ\text{C W}^{-1} // 2^\circ\text{C W}^{-1}) + 10^\circ\text{C W}^{-1} = 11.818^\circ\text{C W}^{-1} \approx 12^\circ\text{C W}^{-1}$ .  
La potencia máxima es entonces:  $P_{max} = \frac{125^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}}{11.818^\circ\text{C W}^{-1}} = 5.5 \text{ W} \approx 5.42 \text{ W}$ .  
De la expresión de potencia disipada en un inversor se puede despejar:  $P_D = N \times f \times C_L \times V_{DD}^2 = 5.5 \text{ W}$ .  
 $f = \frac{5.5 \text{ W}}{N \times C_L \times V_{DD}^2} = 169.75 \text{ MHz} \approx 167.28 \text{ MHz}$ .