

|           |
|-----------|
| Apellidos |
| Nombre    |
| DNI       |

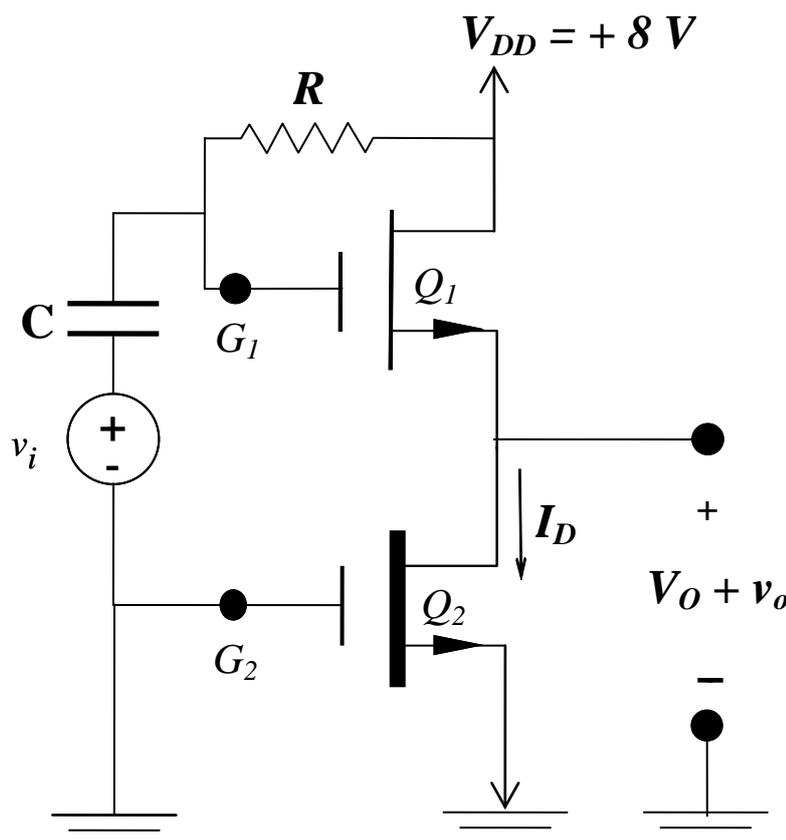
**Ejercicio 3.** El circuito de la figura es un amplificador realizado con transistores NMOS. Los transistores  $Q_1$  y  $Q_2$  son dimensionalmente iguales (es decir,  $k_1 = k_2$ ) pero  $Q_1$  es “de acumulación” (o “normalmente OFF”) con  $V_{T1} = 1$  V y  $Q_2$  es “de deplexión” (“normalmente ON”) con  $V_{T2} = -2$  V.

El transistor  $Q_2$  sirve para fijar la corriente de polarización de  $Q_1$  y también como carga de  $Q_1$  en pequeña señal (es decir, equivale a una resistencia en el circuito de pequeña señal).

- Suponiendo que  $Q_2$  está en saturación, calcule el valor de la corriente  $I_D$ . (1 p.)
- Si también suponemos que  $Q_1$  está en modo de saturación, calcule la tensión  $V_{GS1}$  para que la corriente por éste sea igual a  $I_D$ . (1 p.)
- Calcule el valor en continua  $V_O$  y compruebe que efectivamente ambos transistores están en saturación. (1 p.)
- Dibuje el circuito equivalente de pequeña señal, suponiendo que los transistores  $Q_1$  y  $Q_2$  presentan una resistencia de salida en pequeña señal  $r_{o1}$  y  $r_{o2}$ , respectivamente, que puede suponer idénticas. (1 p.)
- Calcule la ganancia de tensión en pequeña señal  $v_o/v_i$  en función de la transconductancia  $g_{m1}$  y las resistencias de salida  $r_{o1}$  y  $r_{o2}$ . (1 p.)

DATOS:

$V_{DD} = 8$  V;  $V_{T1} = 1$  V;  $V_{T2} = -2$  V;  $C = \infty$ ;  $k_1 = k_2 = 1 \times 10^{-3}$  A·V<sup>-2</sup>;  $r_{o1} = r_{o2} = 50$  kΩ;  $R = 5$  MΩ



**SOLUCION DEL EJERCICIO 1**

a)

$$I_D = k_2(V_{GS,2} - V_{T,2})^2 = 4 \text{ mA}$$

b)

$$I_D = k_1(V_{GS,1} - V_{T,1})^2 = 4 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS,1} = \begin{cases} 3 \text{ V} \\ -1 \text{ V (descartada)} \end{cases}$$

c)

$$V_{DD} = V_{GS,1} + V_O \Rightarrow V_O = 5 \text{ V}$$

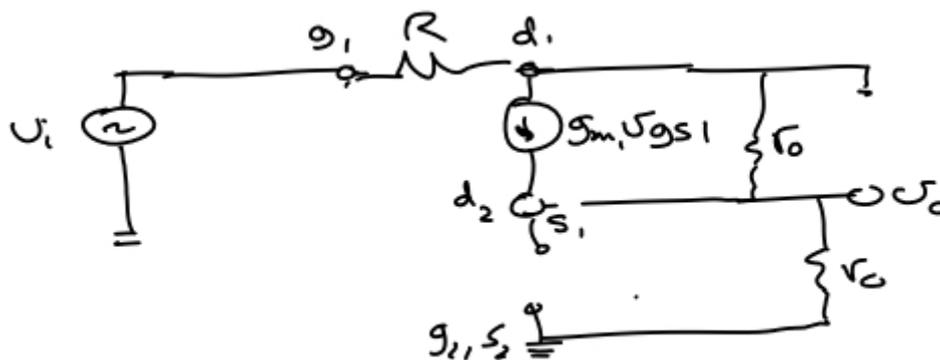
$$V_{DS2,sat} = V_{GS,2} - V_{T,2} = 2 \text{ V}$$

$$V_{DS1,sat} = V_{GS,1} - V_{T,1} = 2 \text{ V}$$

$$V_{DS,2} = V_O > V_{DS2,sat}$$

$$V_{DS,1} = V_{DD} - V_O = 3 \text{ V} > V_{DS1,sat}$$

d)



e)

$$v_o = g_{m1}(v_i - v_o) \frac{r_o}{2} \Rightarrow v_o = \frac{g_m v_i}{\frac{2}{r_o} + g_{m1}}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m}{\frac{2}{r_o} + g_{m1}}$$

**Ejercicio 4.** La figura 4.1 muestra un circuito excitado por el generador de tensión  $v_G$  con un diodo Zener  $D$  cuya tensión de disrupción es  $V_Z$ . La señal  $v_G$  conmuta en  $t = 0$  desde  $V_{CC}$  a  $0$  V como se muestra en la figura 4.2. Se le pide calcular:

- La tensión  $v_L$  antes de  $t = 0$  (1 p.)
- La tensión  $v_L$  cuando  $t \rightarrow \infty$  (1 p.)
- La tensión  $v_L$  justo después de la conmutación (es decir, en  $t = 0^+$ ) y el estado del diodo en ese instante (1 p.)
- La ecuación diferencial con incógnita  $v_L$  que rige su evolución durante los instantes posteriores a  $t = 0$  (2 p.)

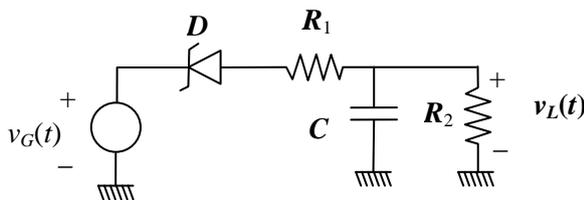


Figura 4.1

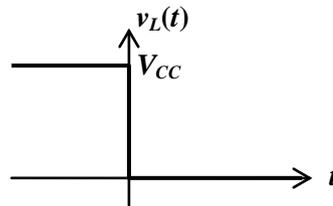


Figura 4.2

DATOS:

$V_{CC} = 10$  V;  $R_1 = 2$  k $\Omega$ ;  $R_2 = 3$  k $\Omega$ ;  $C = 1,5$   $\mu$ F. Para el diodo  $D$  :  $V_\gamma = 0,8$  V,  $|V_Z| = 3$  V

SOLUCIÓN EJERCICIO 4

a)

*Diodo D en disrupción*

$$v_L = (V_{CC} - V_Z) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 4,2 \text{ V}$$

b)

*Diodo D en OFF*

$$v_L = 0 \text{ V}$$

c)

$$v_L(t = 0^+) = v_L(t = 0^-) = 4,2 \text{ V}$$

*Diodo D en  $t=0^+$  está en ON ya que*

$$i_D(t = 0^+) = \frac{v_L(t = 0^+) - V_\gamma}{R_1} = 1,7 \text{ mA} > 0$$

d)

*La ecuación diferencial es*

$$\frac{v_L}{R_2} + C \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L - V_\gamma}{R_1} = 0, \text{ o lo que es lo mismo: } \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{C(R_1 \parallel R_2)} = \frac{V_\gamma}{CR_1}$$