

**Ejercicio 1.** La Fig. 1 muestra, a la izquierda, un emisor de comunicaciones ópticas que emplea un transistor MOSFET de acumulación de canal n y un diodo LED  $D_1$ . A la derecha de dicha figura se muestra el circuito receptor, en el que la resistencia de carga  $R$  se alimenta con un fotodiodo, representado con el paralelo de la fuente de corriente fotogenerada y el diodo de oscuridad  $D_2$ . El enlace óptico está dimensionado de tal manera que la corriente fotogenerada  $i_L$  es proporcional a la corriente del LED  $i_D$  según la expresión:  $i_L(t) = 0,08 \times i_D(t)$

Para  $v_I = 0$ :

- Calcule en qué estado opera el FET. **(0,5 p.)**
- ¿Emite luz el diodo LED? ¿Por qué? **(0,5 p.)**
- Razone en qué estado estará  $D_2$  y el valor de la corriente  $i_O$  **(0,5 p.)**

Para  $v_I(t) = V_{DD}/2 + v_i(t)$ , siendo  $v_i(t)$  de pequeña señal:

- Deduzca en qué estados operan el transistor y el LED en el punto de polarización **(0,6 p.)**
- ¿Cuánto vale la fotocorriente de polarización  $I_L$  del fotodiodo? **(0,6 p.)**
- Calcule la corriente de polarización  $I_O$ . Si no resolvió el apartado e) suponga  $I_L = 0,59 \text{ mA}$  **(0,6 p.)**
- Calcule el valor de los parámetros de pequeña señal  $g_m$ ,  $r_{d1}$  y  $r_{d2}$  del FET,  $D_1$  y  $D_2$ , respectivamente **(0,5 p.)**
- Dibuje el circuito equivalente de pequeña señal y cuasi-estática de ambos circuitos emisor y receptor **(0,6 p.)**
- Calcule el cociente  $i_o/v_i$  de pequeña señal y cuasi-estática **(0,6 p.)**

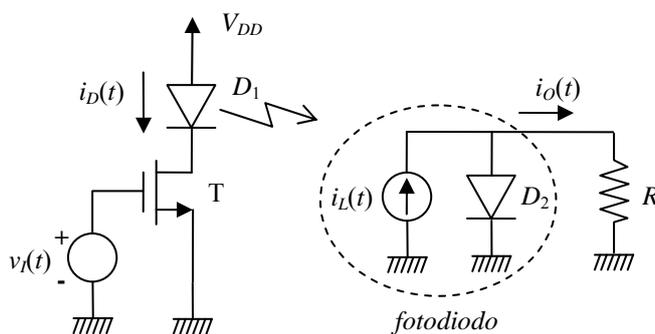


Fig. 1

DATOS:

$$V_{DD} = 5 \text{ V}; R = 10 \text{ k}\Omega, V_T = kT/q = 25 \text{ mV}$$

Para el FET :

$$V_T = 2 \text{ V}, \kappa = 1 \text{ mA/V}^2, V_A \rightarrow \infty$$

Para el LED:  $V_{\gamma 1} = 3 \text{ V}$

Para fotodiodo:  $V_{\gamma 2} = 0,6 \text{ V}$

### SOLUCIÓN DEL EJERCICIO 1

- Como  $v_I = v_{GS} = 0 < V_T = 2 \text{ V}$ , está en corte.
- No emite, porque con el FET en corte,  $i_D = 0$ , y la potencia luminosa que emite el LED es proporcional a la corriente que circula por él y por tanto es nula.
- Como el LED no emite nada, la fotocorriente  $i_L$  del fotodiodo será nula, y en el circuito

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

f) Solución con  $I_L = 0,02 \text{ mA}$ . Supongo  $D_2$  en OFF. En ese caso  $I_O = I_L = 0,02 \text{ mA}$  y  $V_{D2} = R I_L = 0,2 \text{ V} < V_{\gamma 2} = 0,6 \text{ V}$ , por lo que la hipótesis es correcta

Solución con  $I_L = 0,59 \text{ mA}$ . Supongo  $D_2$  en ON. En ese caso  $I_O = V_{\gamma 2} / R = 0,06 \text{ mA}$  y  $I_{D2} = I_L - I_O = 0,53 \text{ mA} > 0$ , por lo que la hipótesis es correcta

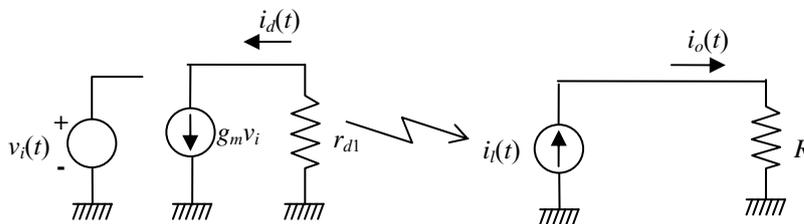
g)

$$g_m = 2\kappa(V_{GS} - V_T) = 1 \text{ mS}$$

$$D_1 \text{ en ON: } r_{d1} = \frac{V_t}{I_{D1}} = 100 \Omega$$

$$D_2 \text{ en OFF: } r_{d2} = \frac{V_t}{I_{D2}} = \begin{cases} \infty & \text{si } I_L = 0,02 \text{ mA} \\ 47 \Omega & \text{si } I_L = 0,59 \text{ mA} \end{cases}$$

h)



i) Puesto que  $i_L(t) = 0,08 \times i_D(t)$ , entonces  $I_L + i_i(t) = 0,08(I_D + i_d(t))$ , de donde se deduce que la relación de pequeña señal es también  $i_i(t) = 0,08 \times i_d(t)$ .

$$i_o = \frac{r_{d2}}{r_{d2} + R} i_i = \frac{r_{d2}}{r_{d2} + R} 0,08 i_d = \frac{r_{d2}}{r_{d2} + R} 0,08 g_m v_i$$

$$\frac{i_o}{v_i} = \frac{r_{d2}}{r_{d2} + R} 0,08 g_m = \begin{cases} 0,08 \text{ mS} & \text{si } I_L = 0,02 \text{ mA} \\ 0,38 \mu\text{S} & \text{si } I_L = 0,59 \text{ mA} \end{cases}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**Ejercicio 2.** El circuito de la Fig. 2, conocido como “totem pole”, se usa en electrónica digital como etapa de salida de la tecnología TTL (Transistor-Transistor Logic) para reducir los retardos de propagación asociados a la conmutación dinámica. En este ejercicio, se propone analizar únicamente la transición del nivel alto al nivel bajo cuando las señales  $v_{I1}$  y  $v_{I2}$  a la entrada son las de la Fig. 3. Para ello, se pide:

- Para  $t < 0$ , calcular la tensión a la salida  $v_O$  en estado estacionario. Justifique el estado en que se encuentra Q1 y compruebe que en este caso Q2 se encuentra en activa directa. (2 p.)
- En el instante  $t = 0^+$ , justifique el estado Q2 y compruebe que en este caso Q1 está en activa directa (1 p.)
- Calcular la expresión  $v_O(t)$  válida para  $t > 0$  mientras Q1 está en activa directa (2 p.)

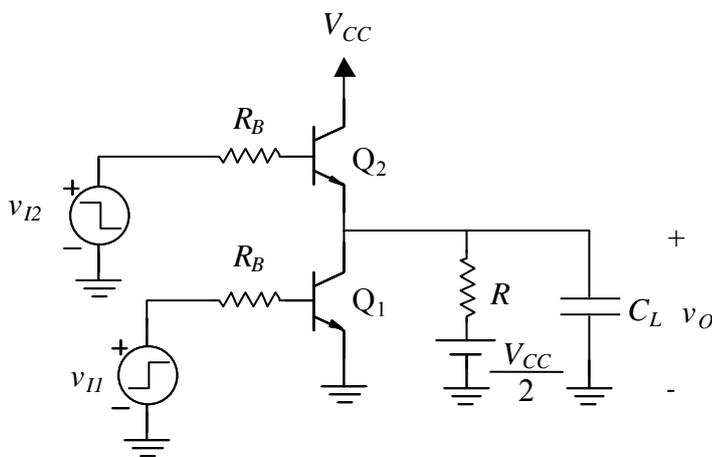


Fig. 2

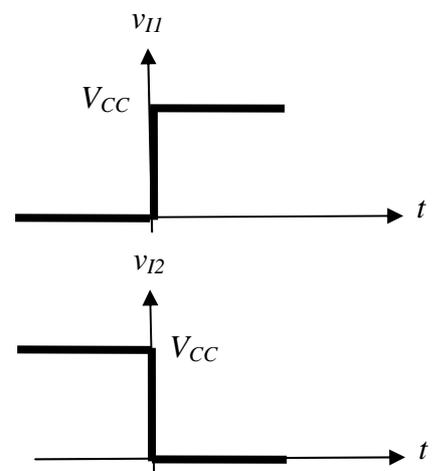


Fig. 3

DATOS:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}; R_B = 10 \text{ k}\Omega; R = 1 \text{ k}\Omega; C_L = 10 \text{ pF}$$

Para el BJT :  $\beta = 100$ ;  $V_{\gamma E} = 0,7 \text{ V}$ ;  $V_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$ ;  $V_A \rightarrow \infty$

Se consideran despreciables los efectos capacitivos internos de los transistores.

### SOLUCIÓN DEL EJERCICIO 2

a) Con  $v_{I1} = 0 \text{ V}$  y  $v_{I2} = V_{CC}$ , tendremos Q1 cortado y Q2 en activa directa. Analizando el circuito en ese caso,

$$V_{CC} = R_B i_{B2} + V_{\gamma E} + R(\beta + 1)i_{B2} + \frac{V_{CC}}{2} \Rightarrow i_{B2} = 16,2 \mu\text{A}$$

V

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

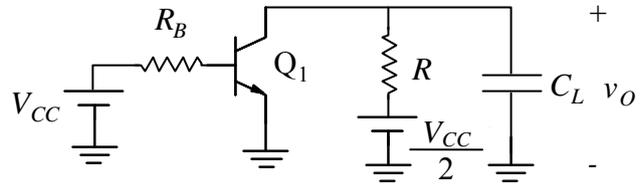
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

variar instantáneamente y por tanto,  $v_o(t=0^+) = v_o(t=0^-) = 4,14 \text{ V}$ . Luego:  
 $Q2$  está en corte ( $v_{BE2} = v_{I2}(t=0^+) - v_o = -4,14 \text{ V} < V_{\gamma E}$ ) y  $Q1$  en activa directa ( $i_{B1} = (V_{CC} - V_{\gamma E})/R_B > 0$  y  $v_{CE1}(t=0^+) = v_o(t=0^+) = 4,14 \text{ V} > V_{CEsat}$ )

c)  $Q1$  drena corriente de  $C_L$ , descargándolo según el circuito:

$$-C_L \frac{dv_o}{dt} = \beta i_{B1} + \frac{v_o - V_{CC}/2}{R}$$

$$RC_L \frac{dv_o}{dt} + v_o = \frac{V_{CC}}{2} - R\beta \frac{V_{CC} - V_{\gamma E}}{R_B}$$



$$v_o(t) = \frac{V_{CC}}{2} - \beta(V_{CC} - V_{\gamma E}) \frac{R}{R_B} + A \exp\left(-\frac{t}{RC_L}\right)$$

Y como condición de contorno  $v_o(t=0^+) = v_o(t=0^-) = 4,14 \text{ V} = -40,5 + A$  en V, quedando

$$v_o(t) = -40,5 + 44,64 \exp(-0,1t[\text{ns}]) \text{ en V}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70