

Apellidos
Nombre
DNI



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



**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**

Apellidos	<u>Puntuación</u> Ej1
Nombre	Ej2
DNI	TOTAL

INSTRUCCIONES

- Este cuadernillo contiene:
 - La hoja de control de asistencia a examen (E1 a E2)
 - Estas instrucciones (E3)
 - El conjunto de **2 ejercicios** que constituyen esta prueba (E4 a E7)
 - Adicionalmente, se incluye al final una hoja con un resumen de las expresiones y modelos usados en INEL. Esta hoja puede desgraparla del resto, y no tendrá que entregarla al final.
- Compruebe que su cuadernillo contiene los elementos reseñados y que la **fotocopia resulta clara y legible** en todas sus páginas.
- Comience escribiendo su **nombre, apellidos y DNI** en las casillas de la parte superior de la **página E1**. Esta página debe desgraparla y entregarla cuando el profesor lo requiera.
- Continúe escribiendo de nuevo su **nombre, apellidos y DNI** en las casillas de la parte superior de esta página que está leyendo (**página E3**).
- Al acabar el examen deberá **entregar las páginas E3 a E8 del cuadernillo unidas**, sin desgrapar ni añadir ninguna hoja adicional.
- Para la solución del ejercicio utilice **EXCLUSIVAMENTE los espacios en blanco** a continuación del enunciado de cada ejercicio (**páginas E4 a E7**).
- Utilice un bolígrafo negro o azul** para escribir sus respuestas. No se corregirán pruebas realizadas a lápiz.
- El ejercicio deberá completarse en **75 minutos**.

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 1. El sistema óptico de la figura 1.1 está formado por un transmisor que incluye el diodo LED D, que emite una potencia luminosa p_{L1} , y un receptor que incluye el fototransistor npn T2 que opera en activa. Su circuito equivalente en esta situación está representado en la figura 1.2, de forma que genera una corriente $i_{T2} = S(1 + \beta_f)p_{L2}$, proporcional a la potencia luminosa p_{L2} recibida del diodo LED. La señal de entrada es $v_I = V_I + v_i(t)$, siendo V_I la componente de polarización y $v_i(t)$ la componente de pequeña señal. Se le pide:

- De los materiales semiconductores con los que se han fabricado el diodo D y el transistor T2, ¿cuál de ellos ha de tener mayor energía de enlace E_g para que la comunicación sea posible? Razone su respuesta. (E_g también se conoce como ancho de banda prohibida o *bandgap*) (1,0 p)
- Para $V_I = 2,2$ V, se ha medido una tensión de polarización $V_O = 7,5$ V en el receptor. Calcule a partir de estos datos la fracción de potencia luminosa emitida por el LED que alcanza el fototransistor, esto es, p_{L2}/p_{L1} . Compruebe el estado en que operan D y T1 en este punto de trabajo. (1,5 p)
- Dibujar el circuito de pequeña señal de ambos circuitos, emisor y receptor, y calcular los componentes de pequeña señal r_{D1} y $r_{\pi1}$ (1,0 p)
- Calcule la relación de pequeña señal v_o/v_i . Si no ha resuelto el apartado b), considere $p_{L2}/p_{L1} = 0,5$. (1,5 p)

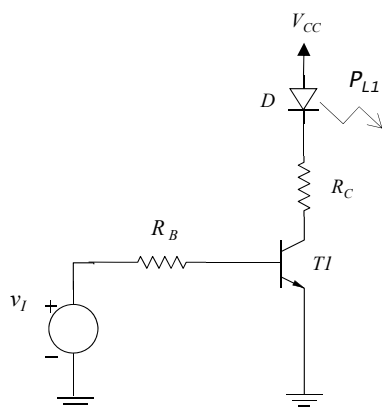


Figura 1.1

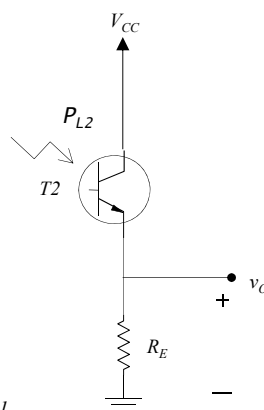
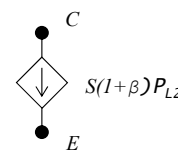


Figura 1.2



DATOS:

$V_{CC} = 10$ V; $R_B = 50$ k Ω , $R_C = 2$ k Ω , $R_E = 250$ Ω ,
Transistores: $\beta = 100$; $V_{CEsat} = 0,2$ V; $V_{\gamma E} = 0,7$ V; $V_A \rightarrow \infty$
 $V_T = 25$ mV

Fototransistor T2: $S = 0,5$ A/W
LED D: $V_{\gamma I} = 1,5$ V, $B = 0,3$ W/A

SOLUCION DEL EJERCICIO 1

- El emisor LED tiene mayor energía de enlace (E_g) que un fototransistor, única forma de que los fotones emitidos por el primero puedan generar pares electrones-hueco en el fototransistor. Por ejemplo un fototransistor de *Comperia* tiene un rango de longitudes de onda de trabajo de 800-1000 nm, y tiene una

**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**

Y la potencia óptica emitida $P_{L1} = B \cdot i_D = 0,9 \text{ mW}$

La tensión V_o a la salida es $V_o = R_E \cdot i_{FT} = 7,5 \text{ V} \Rightarrow i_{FT} = 30 \text{ mA}$

En el fototransistor la corriente generada, $i_{FT} = 30 \text{ mA} = S \cdot (1 + \beta) \cdot P_{L2} \Rightarrow P_{L2} = 0,59 \text{ mW}$

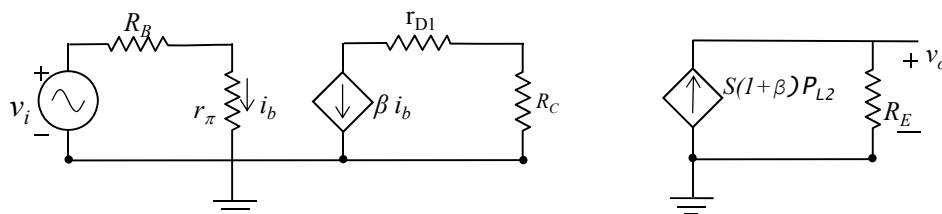
La fracción de potencia luminosa emitida por el LED que alcanza el fototransistor (atenuación At) será $At = P_{L2}/P_{L1} = 0,66$

Comprobaciones

T1: $V_{CC} = V_{\gamma1} + V_{CE1} + R_C \cdot I_C \Rightarrow V_{CE1} = 2,5 \text{ V} > V_{CE,sat} (= 0,2 \text{ V}) \Rightarrow T1 \text{ en Activa}$

c) $r_{\pi} = \frac{V_t}{I_B} = 833,3 \Omega$

$r_{D1} = \frac{V_t}{I_{D1}} = 8,3 \Omega$



d)

$$v_i = (R_B + r_{\pi}) \cdot i_B$$

$$v_o = R_E \cdot i_{TF} = R_E \cdot S \cdot (1 + \beta) \cdot P_{L2}$$

$$p_{L2} = p_{L1} At$$

$$p_{L1} = i_D \cdot B = \beta \cdot i_B \cdot B = \beta \cdot \frac{v_i}{(R_B + r_{\pi})} \cdot B$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_E}{R_B + r_{\pi}} S \cdot B \cdot (1 + \beta) \cdot \beta \cdot At = 4,88$$

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 digital de la figura 2.1 realiza la función lógica NAND sobre las entradas v_{I1} y v_{I2} que excitan las puertas de dos transistores de acumulación de canal p.

- Calcule la tensión a la salida v_O para el caso de que ambas entradas estén en nivel alto ($v_{I1} = v_{I2} = V_{SS}$). **(1,5 p)**
- Para $v_{I2} = V_{SS}$ calcule el valor de $v_{I1} = V_L$ para el que la tensión de salida es $v_O = 0,9 V_{SS}$. **(2,0 p)**
- Calcule la tensión a la salida v_O si las dos entradas están en nivel bajo ($v_{I1} = v_{I2} = V_L$). Si no ha resuelto el apartado anterior, considere $V_L = 0,5$ V. **(1,5 p)**

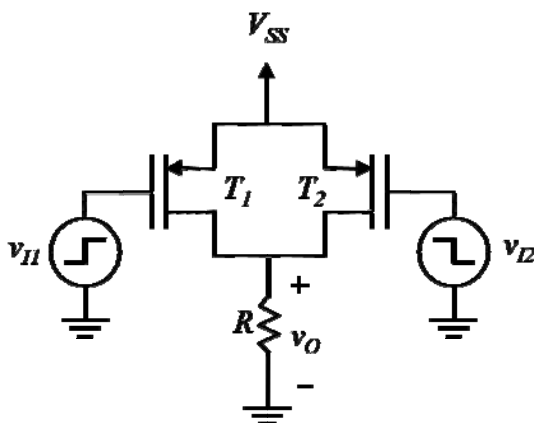


Figura 2.1

DATOS:

$$V_{SS} = 5 \text{ V}; R = 1 \text{ k}\Omega$$

Transistores idénticos con $\kappa = 1,25 \text{ mA/V}^2$;
 $|V_T| = 1 \text{ V}$

Para transistor en zona gradual, puede suponer $v_{SD} \ll v_{SG} - V_T$ (aproximación óhmica o lineal), comprobándolo posteriormente.

Se consideran despreciables los efectos capacitivos internos de los transistores.

SOLUCION DEL EJERCICIO 2

a) Al tratarse de transistores de canal p de acumulación, $V_T = V_{SG\text{umbral}} > 0$.

$v_{I1} = v_{I2} = V_{SS}$, luego $v_{SG1} = v_{SG2} = 0 < V_T$, y los transistores están en corte.

Por tanto, $v_O = 0$ V.

b) $v_{SG2} = 0 < V_T$ luego T_2 está en corte. T_1 está en zona gradual y suponemos zona óhmica

Entonces, $v_O = 0,9 V_{SS} = R i_D \cong R \kappa 2 (v_{SG1} - V_T) v_{SD1} = R \kappa 2 (V_{SS} - V_L - V_T) (V_{SS} - 0,9 V_{SS})$.

Despejando, queda $V_L = 0,4$ V

Al comprobar que $T1$ está en zona óhmica $\Rightarrow V_{SS} - v_O < V_{SS} - v_{I1} - V_T \Rightarrow 0,1 V_{SS} < V_{SS} - V_L - V_T \Rightarrow 0,5 < 3,6$. Si resolvemos sin hacer la aproximación (zona gradual) llegamos a $V_L = 0,15$ V

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

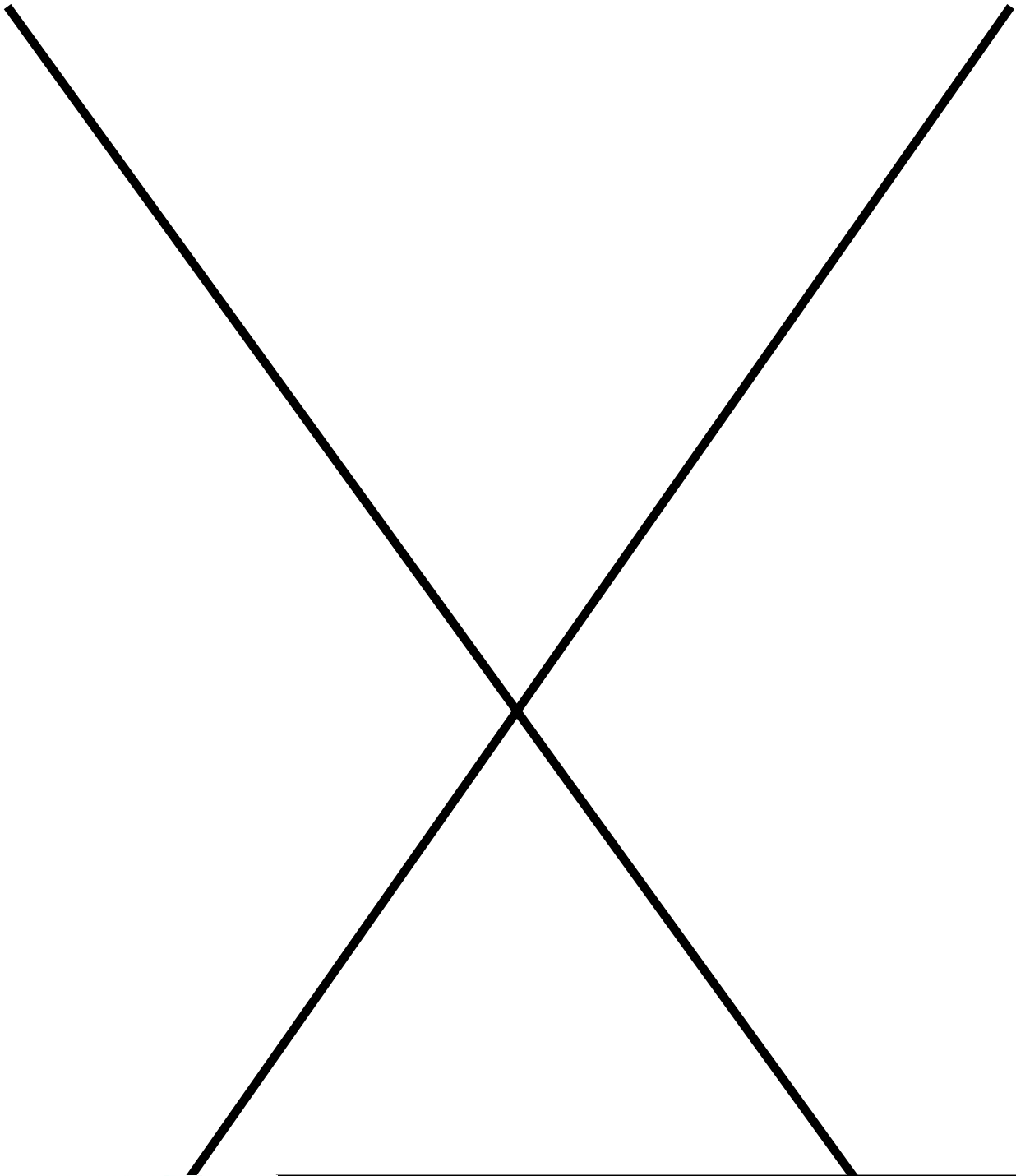
- - -

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



**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**



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