

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. Puede desgrapar esta hoja del resto. No tiene 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**.
- A continuación de cada apartado en cada ejercicio se indica la valoración en puntos del mismo.
- Dispondrá de hojas en blanco para la realización de cálculos auxiliares. Ponga su nombre en cada una de estas hojas que use. En ningún caso dichas hojas deberán añadirse al paquete de hojas que constituye la prueba.

**Ejercicio 1.** Para el circuito de la Figura 1, utilizando el modelo lineal por tramos para los diodos y suponiendo que todos son idénticos, se pide:

- Si  $D_1$  se encuentra en ON con corriente  $i_{D1} \neq 0$ , ¿Cuál es el estado de  $D_2$  y  $D_3$ ? (Puede tomar como dato que, en esta situación, el diodo  $D_4$  está en OFF). Rellene la tabla indicando los estados de  $D_2$  y  $D_3$  (2 p).
- Calcule la función  $v_o = f(v_i)$  cuando  $D_1$  está en ON y el correspondiente rango de valores de  $v_i$  para este caso (3 p).

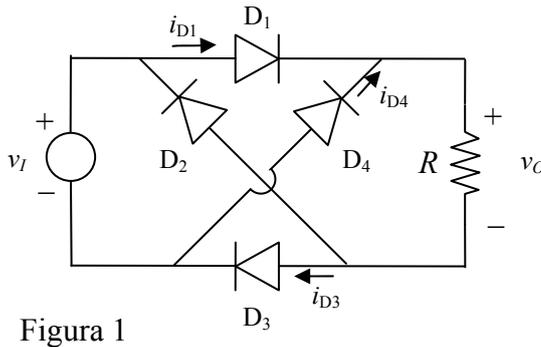


Figura 1

DATOS

$$R = 1 \text{ k}\Omega;$$

Modelo lineal por tramos de los diodos:

$$V_\gamma = 0.7 \text{ V.}$$

NOTA : Los efectos capacitivos de los diodos son despreciables

### SOLUCION DEL EJERCICIO 1

- a) Llamando  $v_{Di}$  a la tensión de ánodo respecto de cátodo del diodo  $D_i$  tenemos que:

$$v_{D1} + v_o + v_{D2} = 0$$

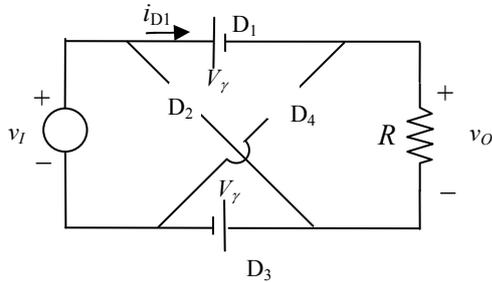
$$v_{D4} + v_o + v_{D3} = 0$$

Si  $D_1$  está en ON y la corriente  $i_{D1} \neq 0$ , entonces  $i_{D1} > 0$  y  $v_{D1} = V_\gamma$ . Esta corriente  $i_{D1}$  debe circular toda por la resistencia  $R$  no pudiendo derivarse nada por  $D_4$  ya que en ese caso circularía de cátodo a ánodo. Por tanto  $v_o > 0$  y con la primera de las ecuaciones anteriores tenemos que  $v_{D2} = -v_{D1} - v_o < 0$ , es decir  $D_2$  está en OFF. Por esa razón la corriente  $i_{D1}$  procedente de la resistencia  $R$  no puede derivarse por  $D_2$  y toda ella debe circular por  $D_3$ , es decir  $i_{D3} > 0 \Rightarrow$   $D_3$  está en ON. Por tanto  $v_{D3} = V_\gamma$  con la segunda de las ecuaciones anteriores tenemos que  $v_{D4} = -v_{D3} - v_o < 0$ , es decir  $D_4$  está en OFF, lo que puede deducirse de las condiciones de la pregunta aunque también podría haberse tomado como dato.

$D_2$	$D_3$	$D_4$
OFF	ON	OFF

[Debido a la simetría del circuito y con un razonamiento similar al anterior (basta cambiar los subíndices) se llegaría a que si  $D_4$  está en ON y la corriente  $i_{D4} \neq 0$ , entonces  $D_1$  está en OFF,  $D_2$  está en ON, y  $D_3$  está en OFF.]

- b) Si  $D_1$  está en ON, entonces  $i_{D1} \geq 0$  y  $v_{D1} = V_\gamma$ . Si  $i_{D1} > 0$ , entonces  $D_2$  está en OFF,  $D_3$  está en ON,  $D_4$  está en OFF como hemos visto antes. Estos estados de  $D_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$  son también compatibles con  $i_{D1} = 0$ . El circuito equivalente queda:



De donde se deduce:  $v_O = v_I - 2 V_\gamma$ ,  
es decir,  $v_O = v_I - 1.4 \text{ V}$ ,

Para que sea correcta la hipótesis "D1 en ON" debe cumplirse  $i_{D1} \geq 0$ , lo que en el circuito implica que  $v_O \geq 0$ , es decir que  $v_I \geq 1.4 \text{ V}$

**Ejercicio 2.** Usando el modelo de Ebers-Moll para el transistor y el de Shockley para el diodo del circuito de la Figura 2, calcule:

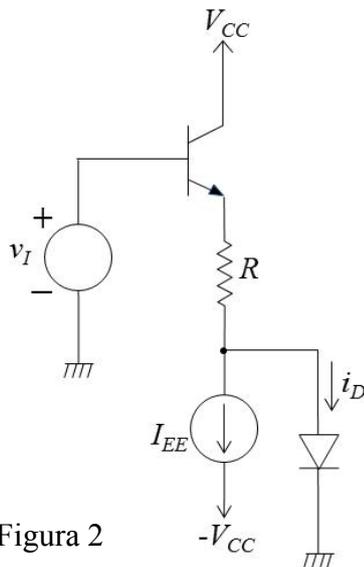


Figura 2

- El valor de  $R$  para que cuando  $v_I = 2 \text{ V}$ ,  $i_D = 0$ . Verifique que el transistor está en modo activo directo (2.5 p).
- El valor de  $v_I$  para el que  $i_D = 1 \text{ mA}$ . Verifique que el transistor está en modo activo directo. (Si no resolvió el apartado anterior, suponga  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ) (2.5 p).

**DATOS:**  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ;  $I_{EE} = 1 \text{ mA}$ ;  $V_t = 0.025 \text{ V}$ .  
Diodo:  $I_{SAT} = 10^{-9} \text{ mA}$ .  
BJT:  $I_{ES} = 10^{-9} \text{ mA}$ .

## SOLUCION DEL EJERCICIO 2

- Si  $i_D = 0$ ,  $i_E = I_{EE} + i_D = I_{EE}$ . Para calcular  $v_{BE}$  usamos el modelo de Ebers-Moll en activa directa  $v_{BE} = V_t \ln(I_{EE}/I_{ES}) = 518 \text{ mV}$ . Por otra parte,  $i_D = 0 \rightarrow v_D = 0$ , de donde  $v_I = v_{BE} + I_{EE}R$  y  $R = (v_I - v_{BE})/I_{EE} = (2 - 0.518)/1 \text{ k}\Omega = \mathbf{1.48 \text{ k}\Omega}$ .

$v_{BC} = v_B - v_C = v_I - V_{CC} = -3 \text{ V}$ . El transistor conduce con la unión BC en inversa luego **está en modo activo directo**.

- Ahora  $i_E = I_{EE} + i_D = 2 \text{ mA}$  y  $v_{BE} = V_t \ln\{(I_{EE} + i_D)/I_{ES}\} = 535 \text{ mV}$ ;  
 $v_D = V_t \ln(i_D/I_{SAT}) = 518 \text{ mV}$   
Por tanto  $v_I = v_{BE} + (i_D + I_{EE})R + v_D = 0.535 \text{ V} + 2 \text{ mA} \cdot 1.48 \text{ k}\Omega + 0.518 \text{ V} = \mathbf{4.01 \text{ V}}$ .

$v_{BC} = v_B - v_C = v_I - V_{CC} = -0.99 \text{ V}$  y se cumplen las condiciones de funcionamiento **en activa directa**.

Con  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , sale  $v_I = 3.05 \text{ V}$  y  $v_{BC} = -1.95 \text{ V}$ .



