



Fundamentos de Electrónica Primera Convocatoria

Fecha: 20 de enero de 2020

Instrucciones

**Escriba nombre, apellidos y sección en el pie de página de cada uno de estos folios
Arranque esta primera hoja y llévesela consigo cuando haya terminado el examen**

- El examen se compone de **23 ejercicios de respuesta múltiple** y **2 ejercicios con respuesta abierta**

Ejercicios de respuesta múltiple (5 puntos)

- La respuesta se marca **tachando exhaustivamente el código QR** asociado a ella **con bolígrafo negro**, es decir:



- Tienen 4 posibles respuestas y **una única respuesta correcta**, por lo que puede dejar la pregunta en blanco:



- o puede marcar **un máximo de una respuesta** para cada ejercicio:



- Cada respuesta correcta reportará una puntuación positiva y cada fallo **una penalización de un tercio** del valor del ejercicio. La puntuación (y la penalización) de cada ejercicio se indica en el enunciado. La puntuación total de esta parte no podrá ser negativa
- Si se ha equivocado** marcando el código QR, marque también el que considera correcto y escriba **"NO"** al lado del que no pretendía marcar:



- Si quiere dejar **en blanco** una pregunta en la que haya marcado ya una respuesta, **marque más de una** y escriba **"NO"** al lado de todas las marcadas:



Ejercicios con respuesta abierta (5 puntos)

- Desarrolle las respuestas en el paquete de folios adicionales proporcionado por el profesorado
- La puntuación de cada ejercicio se indica en el enunciado
- Siga las instrucciones especificadas en la portada


Formulario

$$n_i = \sqrt{N_C N_V} e^{-\frac{E_g}{2kT}} \quad n_0 = n_i e^{\frac{E_F - E_i}{kT}} \quad \sigma = q\mu_n n + q\mu_p p$$

$$I_{DS} = \frac{K}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \quad I_{DS} = \frac{K}{2} \frac{W}{L} [2(V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - V_{DS}^2]$$

$$g_m = \sqrt{2K \frac{W}{L} I_{DS}} \quad g_m = \frac{I_C}{25.8mV} \quad r_\pi = \frac{\beta_F}{g_m}$$

$$A_V = \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_S} A_{V,MAX} \frac{R_L}{R_L + R_{OUT}}$$

a	b	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

CLK	J	K	Q	\bar{Q}
0	-	-	Q	\bar{Q}
1	-	-	Q	\bar{Q}
↓	-	-	Q	\bar{Q}
↑	0	0	Q	\bar{Q}
↑	1	0	1	0
↑	0	1	0	1
↑	1	1	\bar{Q}	Q

Datos para ejercicios sobre semiconductores
Constantes físicas

$$k = 86.2 \times 10^{-6} \text{ eV/K} \quad q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Datos de los materiales semiconductores

	Silicio	Germanio
$N_C \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	2.82×10^{19}	1.02×10^{19}
$N_V \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	1.83×10^{19}	5.64×10^{18}
$E_g \text{ (eV)}$	1.12	0.67
$\mu_n \text{ (cm}^2\text{/Vs)}$	1350	3900
$\mu_p \text{ (cm}^2\text{/Vs)}$	500	1820

Nota: Suponer que estos datos no dependen de la temperatura



Fundamentos de Electrónica Primera Convocatoria

Fecha: 20 de enero de 2020

Tache los códigos QR correspondientes a su NIA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Cifra 1 del NIA										
Cifra 2 del NIA										
Cifra 3 del NIA										
Cifra 4 del NIA										
Cifra 5 del NIA										
Cifra 6 del NIA										

1. (+0.2|-0.066) Un centímetro cúbico de material semiconductor intrínseco basado en Silicio se calienta de 300 K a 333 K. Calcule el número de enlaces covalentes que se rompen durante el proceso de calentamiento:

a) 7.65×10^{10} enlaces

b) 6.75×10^{10} enlaces

c) 1.53×10^{11} enlaces

d) 1.35×10^{11} enlaces

2. (+0.2|-0.066) Dado un material semiconductor basado en Silicio a 300 K cuyo nivel de Fermi se sitúa 0.32 eV por encima de la banda de valencia. Indique su concentración de impurezas:

a) $N_A = 5.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

b) $N_D = 2.2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

c) $N_D = 4.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ y
 $N_A = 9.6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$

d) $N_D = 8.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ y
 $N_A = 1.8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

3. (+0.1|-0.033) Un material semiconductor dopado con impurezas aceptadoras a temperatura ambiente:

a) Es eléctricamente neutro dado que $n_0 = p_0$





b) Contiene exceso de carga positiva porque
 $p_0 > n_0$

c) Contiene exceso de carga negativa porque
el boro está ionizado

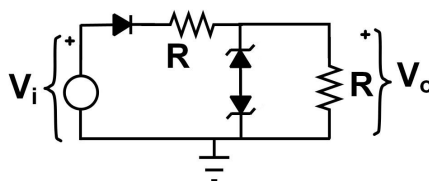
d) Es eléctricamente neutro a pesar de que
 $p_0 > n_0$



4. (+0.1|-0.033) Indique cuál de las siguientes afirmaciones sobre un LED es **falsa**:

- | | |
|--|---|
| a)  Los LED pueden tener tensiones umbrales mayores que los diodos convencionales | b)  La emisión de luz se genera por la liberación de energía en forma de fotones cuando se produce la recombinación de electrones y huecos |
| c)  La emisión de luz se genera debido al campo eléctrico presente en la zona de depleción de la unión PN | d)  Para que un LED emita luz debe estar polarizado en directa |


5. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito:



donde todos los diodos tienen una $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$, ambos zeners una $|V_z| = 5.6 \text{ V}$, y $R = 2 \text{ k}\Omega$, calcule el rango de tensión de entrada V_i para que conduzcan todos los diodos:

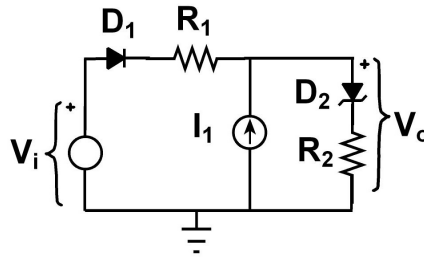
- | | |
|--|--|
| a)  $V_i \geq 13 \text{ V}$ | b)  $V_i \geq 6.8 \text{ V}$ |
| c)  $V_i \geq 11.8 \text{ V}$ | d)  $V_i \geq 23 \text{ V}$ |

6. (+0.2|-0.066) Indique la combinación correcta para la tensión y corriente de un diodo modelado con la segunda aproximación, teniendo en cuenta una tensión umbral $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$:





- | | |
|--|---|
| a)  $V_d = 3.6 \text{ V}$ y $I_d = 5.2 \text{ mA}$ | b)  $V_d = 0.6 \text{ V}$ y $I_d = 4.1 \text{ mA}$ |
| c)  $V_d = -2.3 \text{ V}$ y $I_d = 1.7 \text{ mA}$ | d)  Ninguna de las anteriores |



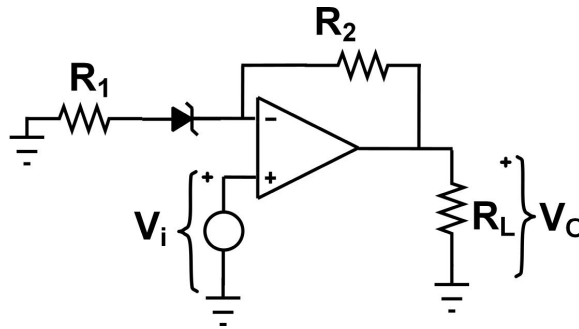
7. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito:







donde ambos diodos tienen una $V_\gamma = 0.6\text{ V}$ y el zener una $|V_z| = 5.6\text{ V}$, indique cual de las siguientes secuencias de estados de los diodos es correcta para V_i variando desde $-\infty$ a $+\infty$:

- | | |
|--|--|
| a)  D_1 : OFF \rightarrow ON
D_2 : ON \rightarrow ON | b)  D_1 : OFF \rightarrow ON \rightarrow ON
D_2 : OFF \rightarrow OFF \rightarrow ON |
| c)  D_1 : OFF \rightarrow OFF \rightarrow ON \rightarrow ON
D_2 : RUP \rightarrow OFF \rightarrow OFF \rightarrow ON | d)  D_1 : OFF \rightarrow ON \rightarrow ON \rightarrow ON
D_2 : ON \rightarrow ON \rightarrow OFF \rightarrow RUP |





8. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito:



basado en un amplificador operacional con $V_{CC} = 12\text{ V}$, $V_{EE} = -12\text{ V}$ y $I_{oMAX} = 25\text{ mA}$, un diodo zener con $V_\gamma = 0.6\text{ V}$ y $|V_z| = 5.6\text{ V}$ y $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$, ¿qué limitaciones del AO se superan si $V_i = 8\text{ V}$?

- | | |
|--|--|
| a)  No se supera ni la tensión ni la corriente de salida máxima | b)  Solo se supera la tensión de salida máxima |
| c)  Solo se supera la corriente de salida máxima | d)  Se superan la tensión y la corriente de salida máxima |

9. (+0.1|-0.033) En un transistor NMOS en saturación:

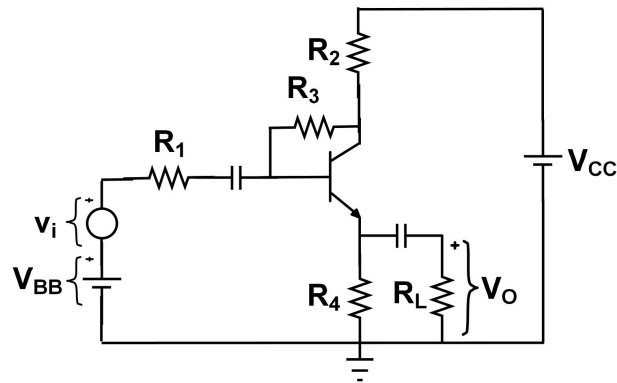
- | | |
|---|---|
| a)  La corriente aumenta con V_{DS} | b)  El canal no tiene profundidad en el extremo del drenador |
| c)  El canal no tiene profundidad en el extremo de la fuente | d)  Para una misma V_{GS} , la corriente I_{DS} es menor que en triodo |







10. (+0.2|-0.066) Un transistor NMOS, con parámetros tecnológicos dados por $V_{TH} = 1\text{ V}$, $W/L = 25$ y $k = 20\ \mu\text{A}/\text{V}^2$, está polarizado con $I_{DS} = 9\text{ mA}$ y $V_{DS} = 4\text{ V}$. Indique la región en la que se encuentra:

- | | |
|---|---|
| a)  Corte | b)  Triodo |
| c)  Saturación | d)  Activa |

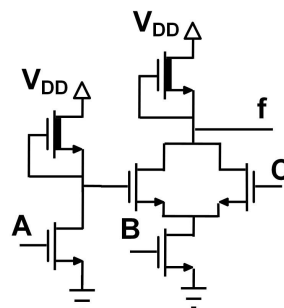
11. (+0.2|-0.066) Dado el siguiente circuito con un transistor NPN:







Considere $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ si la unión BE está en directa y $\beta = 350$. Indique cuál de las siguientes afirmaciones es cierta:

- | | |
|--|---|
| a)  El transistor estará en corte si $V_{BB} = 0\text{ V}$, independientemente del valor de V_{CC} | b)  El transistor sólo puede estar en corte o saturación |
| c)  El límite entre activa y saturación en este transistor se alcanza modificando el valor de R_3 | d)  Ninguna de las otras tres afirmaciones es cierta |

12. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito conmutador basado en tecnología NMOS:





Si inicialmente las variables de entrada toman por valor $A = 0$, $B = 0$ y $C = 0$, indique cuál de las siguientes opciones cambia el valor de la salida f .


- | | |
|---|--|
| a)  cambiar únicamente a $A = 1$ | b)  cambiar únicamente a $B = 1$ |
| c)  cambiar únicamente a $C = 1$ | d)  ninguna de las tres opciones cambia el valor de f |




13. (+0.3|-0.1) Se desea diseñar el circuito de control de seguridad de un laboratorio de química. Para ello se dispone de tres sensores: sensor de humedad (H), sensor de gas (G) y sensor de campana extractora (C), activos con valor alto en caso de alta humedad, presencia de gas y campana defectuosa, respectivamente. Los materiales con los que se trabaja en dicho laboratorio son inflamables, si se libera el gas existe un alto riesgo de explosión con niveles altos de humedad aunque la campana extractora funcione. Con la campana extractora funcionando y humedad baja, la liberación de gas no supone ningún riesgo. El circuito a diseñar debe ser tal que active una señal de alarma cuando exista riesgo para los operarios del laboratorio por explosión. Indique cuál de los cuatro grupos de opciones se corresponden con tres situaciones en las que se activaría la alarma de riesgo de explosión:


a)  $H = 1, G = 1, C = 0$
 $H = 1, G = 0, C = 1$
 $H = 0, G = 1, C = 0$


b)  $H = 1, G = 1, C = 1$
 $H = 1, G = 0, C = 0$
 $H = 0, G = 1, C = 0$


c)  $H = 1, G = 1, C = 0$
 $H = 1, G = 1, C = 1$
 $H = 0, G = 1, C = 1$


d)  $H = 1, G = 1, C = 1$
 $H = 1, G = 0, C = 0$
 $H = 1, G = 1, C = 0$

14. (+0.1|-0.033) Indique en cuál de los biestables propuestos cuando llega un flanco de subida en la señal de reloj el dato que se graba en la salida del biestable es independiente del dato previo almacenado, para cualquier valor de su entrada:

a)  Flip-flop T, activado flanco de subida

b)  Flip-flop D, activado flanco de subida

c)  Flip-flop JK, activado flanco de subida

d)  Las tres opciones son incorrectas

15. (+0.2|-0.066) Indique que par de números en complemento a dos con 6 bits producen desbordamiento si se suman:


a)  001110
001010

b)  101101
011010


c)  001001
110110


d)  101101
100010

16. (+0.1|-0.033) El número decimal 1207 se representa en código BCD:


a)  110000000111


b)  11000111


c)  000100100111


d)  0001001000000111

17. (+0.2|-0.066) Para convertir un sumador completo (full adder) de 4 bits, en un sumador-restador, es necesario añadir:

a)  4 puertas EXOR en las salidas S_0, S_1, S_2 y S_3 del sumador

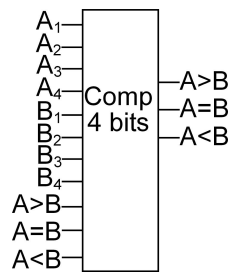
b)  4 puertas EXOR previas a las entradas B_0, B_1, B_2 y B_3 del sumador

c)  4 puertas OR en las salidas S_0, S_1, S_2 y S_3 del sumador


d)  4 puertas NAND previas a las entradas B_0, B_1, B_2 y B_3 del sumador





18. (+0.1|-0.033) Dado el comparador de 4 bits:




Si el número $A_4A_3A_2A_1 = 1010$, la entrada activa es $A = B$, y la salida activa es $A < B$, indique el valor del número $B_4B_3B_2B_1$ compatible:

a)  $B_4B_3B_2B_1 = 1010$

b)  $B_4B_3B_2B_1 = 1101$

c)  $B_4B_3B_2B_1 = 0010$

d)  $B_4B_3B_2B_1 = 1001$

19. (+0.2|-0.066) Indique cuál de los cuatro mapas de Karnaugh corresponde a la función $f = (\overline{b \cdot d}) \cdot (b + c \cdot \overline{d})$:

ab \ cd	00	01	11	10
00	1			1
01		1	1	
11		1	1	
10				

Mapa 1

ab \ cd	00	01	11	10
00				1
01		1	1	
11		1	1	
10				1

Mapa 2

ab \ cd	00	01	11	10
00	0			
01		0	0	
11		0	0	
10	0			

Mapa 3

ab \ cd	00	01	11	10
00				0
01		0	0	
11		0	0	
10				0

Mapa 4

a)  Mapa 1

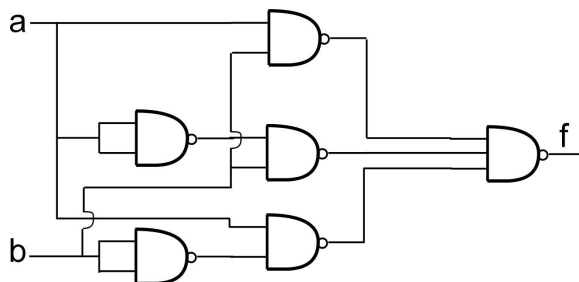
b)  Mapa 2


c)  Mapa 3


d)  Mapa 4





20. (+0.2|-0.066) Dado el siguiente circuito, indique cuál de las funciones se corresponde con la salida f :




a)  $f = a \cdot b + (a \oplus b)$


b)  $f = a \cdot b + \overline{a \cdot b} + \overline{a \cdot \overline{b}}$


c)  $f = \overline{a \cdot b} \cdot (a \oplus b)$


d)  $f = \overline{a \cdot b} + (a \oplus b)$

21. (+0.5|-0.166) Indique la expresión más simplificada equivalente a la siguiente función: $f(a, b, c, d) = \prod M(2, 3, 7, 8, 10, 11) + \Delta(0, 6)$

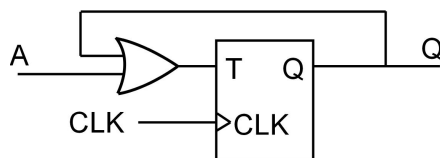
a)  $f = (b + d) \cdot (a + \overline{c}) \cdot (b + \overline{c})$


b)  $f = (b + d) \cdot (a + \overline{c}) \cdot (\overline{a} + b)$


c)  $f = a \cdot \overline{c} + b \cdot \overline{c} + b \cdot d$


d)  $f = (\overline{a} + b + c + d) \cdot (a + \overline{c}) \cdot (b + \overline{c})$


22. (+0.3|-0.1) Indique la descripción correcta para el circuito de la figura basado en un Flip-flop Tipo T activo por subida:



a)  Si A = 0 la Q permuta
Si A = 1 la Q permuta hasta Q = 1

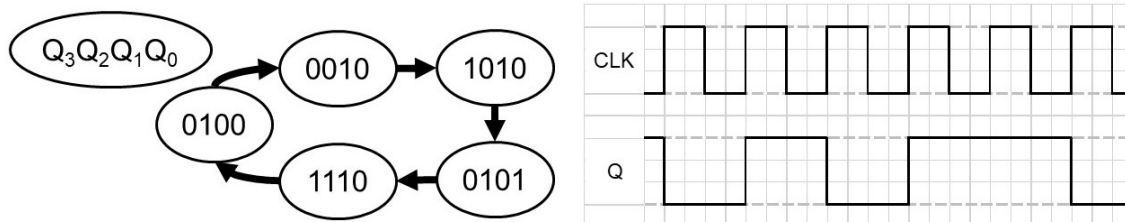
b)  Si A = 1 la Q permuta
Si A = 0 la Q permuta hasta Q = 1

c)  Si A = 1 la Q permuta
Si A = 0 la Q permuta hasta Q = 0

d)  Si A = 0 la Q permuta
Si A = 1 la Q permuta hasta Q = 0



23. (+0.3|-0.1) Un circuito secuencial genera la secuencia de estados $Q_3Q_2Q_1Q_0$ indicada en la figura. Determine a que variable se corresponde la salida Q mostrada en el cronograma:



a)  Q_3

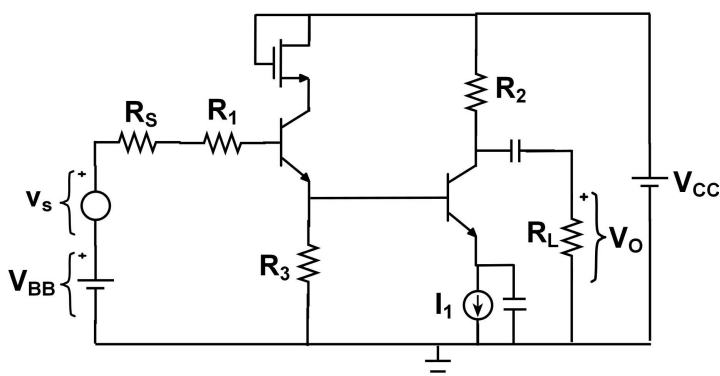
b)  Q_2

c)  Q_1

d)  Q_0



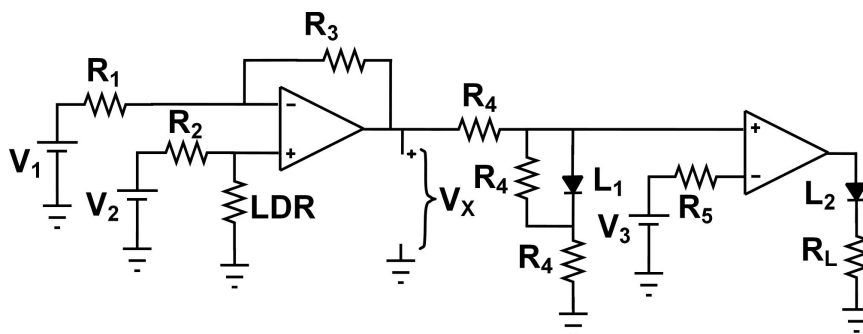
24. (+2.5) Dado el siguiente circuito basado dos transistores NPN y un transistor NMOS:



v_s fuente de tensión alterna, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{BB} = 2\text{ V}$, $I_1 = 5\text{ mA}$, $R_1 = R_3 = 2\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2.5\text{ k}\Omega$, $R_s = 2\text{ k}\Omega$, $R_L = 5\text{ k}\Omega$
 NPN: $\beta = 40$, considere $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ si la unión BE está en directa; NMOS: $V_{TH} = 1\text{ V}$, $K = 20\text{ }\mu\text{A/V}^2$, $W/L = 2$

- Calcule el punto de polarización
- Represente el modelo de pequeña señal del circuito y calcule la ganancia en tensión v_o/v_s
- Calcule la impedancia de entrada
- Sea el valor de la amplitud de la tensión $v_{gs} = 15\text{ mV}$, compruebe si se cumple la limitación en la amplitud de la tensión $v_{be} < 10\text{ mV}$ de los transistores bipolares, necesaria para poder aplicar el modelo de pequeña señal

25. (+2.5) Una LDR es una resistencia que cambia su valor en función de la luz que recibe. Dado el siguiente circuito basado en dos amplificadores operacionales, dos diodos LED y una LDR, cuyo valor cambia desde $600\text{ }\Omega$ hasta $1.8\text{ k}\Omega$, para plena iluminación y oscuridad respectivamente:



$R_1 = 1.2\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1.8\text{ k}\Omega$, $R_3 = 6\text{ k}\Omega$, $R_4 = 500\text{ }\Omega$, $R_5 = 2.2\text{ k}\Omega$, $R_L = 1.2\text{ k}\Omega$
 AO: $V_{CC} = 10\text{ V}$, $V_{EE} = 0\text{ V}$, $I_{O,MAX} = 25\text{ mA}$
 LEDs L_1 y L_2 : $V_\gamma = 1.5\text{ V}$, $I_{MAX} = 10\text{ mA}$, $I_{op} = 2\text{ mA}$, $|V_R| = 5\text{ V}$

- Calcule los valores de las tensiones V_1 y V_2 , para que $V_x = 2\text{ V}$ con plena iluminación y $V_x = 8\text{ V}$ en oscuridad
- Calcule el valor mínimo de la tensión V_x a partir del cual se enciende el diodo LED L_1
- Calcule el valor de la tensión V_3 para que se encienda el diodo LED L_2 si el diodo LED L_1 tiene una corriente igual o superior a su óptima
- Justifique porque se ha elegido para ambos AO una alimentación única de 10 V en lugar de:
 - Alimentación única de 5 V : $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_{EE} = 0\text{ V}$
 - Alimentación única de 20 V : $V_{CC} = 20\text{ V}$, $V_{EE} = 0\text{ V}$
 - Alimentación simétrica de 10 V : $V_{CC} = 10\text{ V}$, $V_{EE} = -10\text{ V}$
- La LDR está basada en un bloque de silicio dopado, el cual quintuplica su conductividad por la presencia de luz. Si la concentración **total** de portadores es $7.4 \times 10^{16}\text{ cm}^{-3}$ en oscuridad y $2.34 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ en iluminación, justifique el tipo de dopaje (N o P) que presenta el material
- ¿Por qué la LDR se basa en material dopado en lugar de en material intrínseco?