



## Fundamentos de Electrónica Segunda Convocatoria

Fecha: 22 de agosto de 2019

### Instrucciones

**Escriba nombre, apellidos y sección en el pie de página de cada uno de los folios**

- El examen se compone de **21 ejercicios de respuesta múltiple** y **3 ejercicios con respuesta abierta**

#### Ejercicios de respuesta múltiple (5 puntos)

- Tienen **una única respuesta correcta**, por lo que tiene que 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
- La respuesta se marca **tachando exhaustivamente el código QR** asociado a ella **con bolígrafo negro**
- NO tache el código QR hasta el final** ya que no hay forma de corregir la respuesta elegida. Puede hacer marcas o poner indicaciones al lado de los códigos con bolígrafo o lápiz para indicar una respuesta temporal que, antes de entregar, marcará tachando el código QR correspondiente
- Si se ha equivocado** marcando el código QR, marque también el que considera correcto y escriba **"NO"** al lado del que no pretendía marcar. En el caso haber varias respuestas marcadas sin indicaciones adicionales, se considerará la pregunta como no contestada
- Después de la corrección automática se publicarán las respuestas proporcionadas por cada alumno, compárelas con las que se ha apuntado y **si alguna no coincidiera** con las que ha marcado deberá acudir a la revisión del examen

#### Ejercicios con respuesta abierta (5 puntos)

- Desarrolle las respuestas en el paquete de folios grapado proporcionado por el profesorado
- No desgrape** el paquete de folios
- Rellene sus datos personales (nombre, apellidos, sección y NIA) en la portada del paquete
- El examen deberá ser escrito **a bolígrafo. No use bolígrafo rojo, ni Tipp-Ex**
- La puntuación de cada ejercicio se indica en el enunciado

**IMPRESINDIBLE PARA REVISAR LA CORRECCIÓN DEL EXAMEN**

**Apunte las respuestas que ha proporcionado en la tabla de aquí abajo y llévese esta hoja consigo cuando deje el aula**

		Cuestiones respuesta múltiple																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
a)																						
b)																						
c)																						
d)																						



## 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
$N_C \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$2.82 \times 10^{19}$	$1.02 \times 10^{19}$
$N_V \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$1.83 \times 10^{19}$	$5.64 \times 10^{18}$
$E_g \text{ (eV)}$	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 Segunda Convocatoria

Fecha: 22 de agosto de 2019

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)** Dos bloques de material semiconductor intrínseco A y B se encuentran a  $300K$ , si el A ofrece una conductividad superior al B. Indique la opción correcta:

a) A: Silicio, B: Germanio, ambos sin iluminar

b) A: Germanio, B: Silicio, ambos sin iluminar

c) Ambos de Silicio y sin iluminar

d) Ambos de Silicio, con B iluminado

2. **(+0.2|-0.066)** Dado un material semiconductor basado en Silicio dopado con impurezas donadoras cuya conductividad es  $3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  a  $300K$ . Calcule su conductividad a  $350K$ :

a)  $\sigma = 3.2 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

b)  $\sigma = 3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

c)  $\sigma = 2.7 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

d)  $\sigma = 2.5 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

3. **(+0.2|-0.066)** En un material semiconductor basado en Silicio y dopado con impurezas donadoras a temperatura ambiente, lo más abundante es:

a) átomos de Silicio


b) átomos de impurezas


c) electrones libres


d) electrones de valencia




4. (+0.2|-0.066) Un bloque basado en Silicio a temperatura  $300K$  contiene dopaje mixto de impurezas donadoras  $N_D = 3.7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  e impurezas aceptadoras  $N_A = 2.9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Calcule su nivel de Fermi:


a)   $E_F = 0.95 \text{ eV}$


b)   $E_F = 0.91 \text{ eV}$


c)   $E_F = 0.17 \text{ eV}$


d)   $E_F = 0.21 \text{ eV}$

5. (+0.2|-0.066) Un bloque basado en Silicio está dopado únicamente con impurezas aceptadoras  $N_A = 5.27 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Si el bloque contiene  $n_0 = 3.51 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  electrones libres, calcule la concentración de huecos:

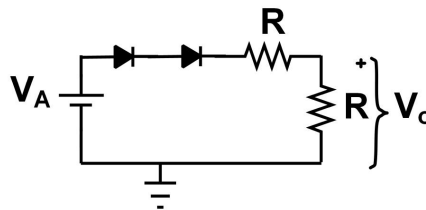
a)   $p_0 = 5.27 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

b)   $p_0 = 3.51 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$


c)   $p_0 = 8.78 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$


d)   $p_0 = 1.76 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$


6. (+0.2|-0.066) Dado el siguiente circuito basado en dos diodos y  $R = 200 \Omega$ :




Si la tensión de salida calculada es  $V_O = 4 \text{ V}$  para  $V_A = 10 \text{ V}$ , se está utilizando:


a)  la primera aproximación del diodo


b)  la segunda aproximación del diodo con  $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$


c)  la tercera aproximación del diodo con  $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$  y  $r_d = 20 \Omega$


d)  la cuarta aproximación del diodo con  $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$ ,  $r_d = 20 \Omega$  y  $C_d = 3 \text{ pF}$

7. (+0.2|-0.066) En una unión PN en equilibrio termodinámico, indique la respuesta **incorrecta** relativa a la zona de deplexión:

a)  No contiene portadores mayoritarios

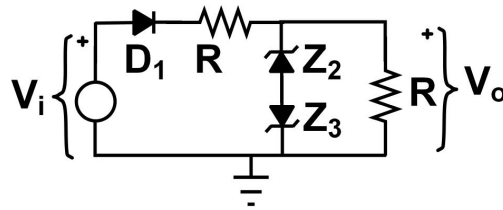
b)  Se genera un campo eléctrico interno en ella

c)  Las impurezas aceptadoras y donadoras se distribuyen de manera homogénea

d)  No contiene portadores minoritarios



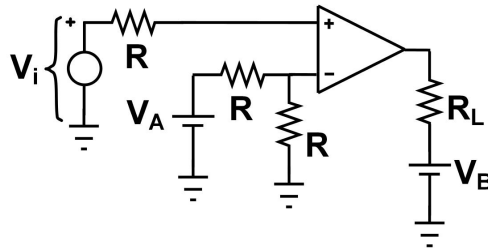
8. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito basado en un diodo ( $D_1$ ) y dos diodos zener ( $Z_2$  y  $Z_3$ ):



Indique la secuencia de estados completa que se produce para  $V_i : -\infty \rightarrow +\infty$ :

- |  |   |
|--|---|
| <p>a)  <math>D_1</math>: OFF <math>\rightarrow</math> ON <math>\rightarrow</math> ON<br/> <math>Z_2</math>: OFF <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> RUPT<br/> <math>Z_3</math>: OFF <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> ON</p>   | <p>b)  <math>D_1</math>: OFF <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> ON <math>\rightarrow</math> ON<br/> <math>Z_2</math>: ON <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> RUPT<br/> <math>Z_3</math>: RUPT <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> ON</p> |
| <p>c)  <math>D_1</math>: OFF <math>\rightarrow</math> ON <math>\rightarrow</math> ON <math>\rightarrow</math> ON<br/> <math>Z_2</math>: ON <math>\rightarrow</math> ON <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> RUPT<br/> <math>Z_3</math>: RUPT <math>\rightarrow</math> RUPT <math>\rightarrow</math> OFF <math>\rightarrow</math> ON</p> | <p>d)  <math>D_1</math>: OFF <math>\rightarrow</math> ON<br/> <math>Z_2</math>: OFF <math>\rightarrow</math> RUPT<br/> <math>Z_3</math>: OFF <math>\rightarrow</math> ON</p>  |

9. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito basado en un amplificador operacional ( $V_{CC} = 12\text{ V}$ ,  $V_{EE} = -12\text{ V}$ ,  $I_{O,MAX} = 25\text{ mA}$ ) con  $V_A = 8\text{ V}$ ,  $V_B = 3\text{ V}$ ,  $R = 1.2\text{ k}\Omega$  y  $R_L = 0.5\text{ k}\Omega$ :

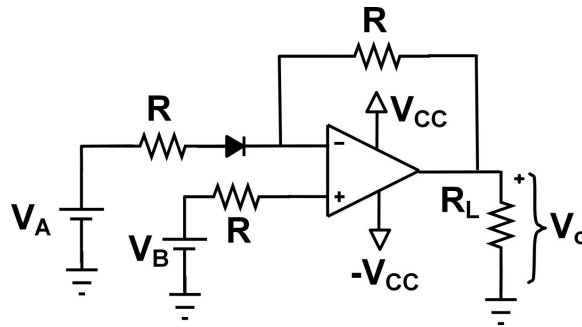


Calcule la corriente de salida del amplificador operacional si  $V_i = 6\text{ V}$ :

- |   |   |
|---|---|
| <p>a)  <math>I_O = 18\text{ mA}</math></p>  | <p>b)  <math>I_O = 24\text{ mA}</math></p>  |
| <p>c)  <math>I_O = -24\text{ mA}</math></p> | <p>d)  <math>I_O = -25\text{ mA}</math></p> |



10. (+0.5|-0.166) Dado el siguiente circuito basado en un amplificador operacional y un diodo:



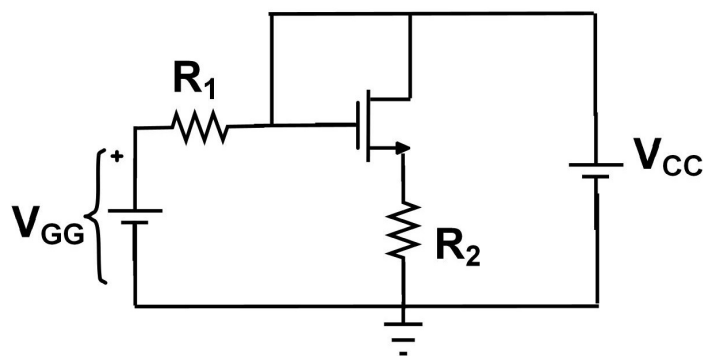
Indique cual de las siguientes afirmaciones es cierta, si aplicamos la segunda aproximación para modelar el diodo con tensión umbral  $V_\gamma$ .

- a) Si  $V_A > V_B + V_\gamma$ ,  $V_0 = 2V_B - V_A + V_\gamma$
- b) Si  $V_A < V_B + V_\gamma$ ,  $V_0 = 0$
- c) Si  $V_A > V_\gamma$ ,  $V_0 = -V_A + V_\gamma$
- d) Si  $V_A < V_B$ ,  $V_0 = -V_{CC}$

11. (+0.1|-0.033) En un transistor NPN trabajando en activa directa, se consigue una mayor  $\beta$  si:

- a) El colector está más dopado que el emisor, incrementando la inyección de portadores a la base
- b) Tiene una base estrecha, reduciendo la recombinación de portadores
- c) Tiene una base estrecha, reduciendo la zona de deplexión de la unión polarizada en inversa
- d) El emisor es más ancho que el colector, incrementando la inyección de portadores a la base


12. (+0.2|-0.066) Dado el siguiente circuito, el transistor NMOS:





- a) Puede estar polarizado en saturación o corte
- b) Puede estar polarizado en activa o corte
- c) Puede estar polarizado en saturación o triodo
- d) Puede estar polarizado en triodo o corte




13. (+0.2|-0.066) Se realizan cuatro medidas del punto de polarización de un circuito que contiene un transistor NMOS, con  $W/L = 15$  y  $k = 20 \mu\text{A}/\text{V}^2$ . Determine cuál se corresponde con el límite entre zona triodo y saturación, en base al  $V_{TH}$  que se puede calcular:


a)   $V_{GS} = 6 \text{ V}, V_{DS} = 5 \text{ V},$   
 $I_{DS} = 3.04 \text{ mA}$


b)   $V_{GS} = 6.9 \text{ V}, V_{DS} = 5.4 \text{ V},$   
 $I_{DS} = 4.37 \text{ mA}$


c)   $V_{GS} = 6 \text{ V}, V_{DS} = 6.8 \text{ V},$   
 $I_{DS} = 3.04 \text{ mA}$


d)   $V_{GS} = 6.8 \text{ V}, V_{DS} = 3.2 \text{ V},$   
 $I_{DS} = 3.55 \text{ mA}$

14. (+0.2|-0.066) De las siguientes afirmaciones sobre las corrientes de un transistor MOSFET, indique cuál es **incorrecta**:

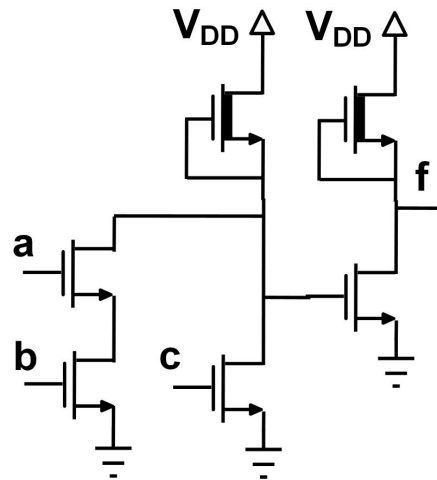
a)  Las uniones de semiconductores fuente-sustrato (SB) y drenador-sustrato (DB), están en inversa, por lo que la corriente en el terminal de sustrato es despreciable

b)  Nunca hay corriente en el terminal de puerta (G), ya que la unión de semiconductores puerta-sustrato (GB) está en inversa


c)  En saturación la corriente drenador-fuente  $I_{DS}$  no depende de la tensión  $V_{DS}$


d)  En un MOSFET en saturación, los portadores responsables de la corriente en el transistor se mueven de fuente a drenador, independientemente del tipo de transistor


15. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente circuito conmutador basado en tecnología NMOS:




Indique la combinación que genera una salida f en alto.

a)   $a = 1, b = 0, c = 0$

b)   $a = 0, b = 0, c = 0$

c)   $a = 1, b = 1, c = 0$

d)   $a = 0, b = 1, c = 0$



16. (+0.1|-0.033) La operación  $A+B$  en complemento a dos ( $\text{Ca}_2$ ) con 6 bits, siendo  $A = 7$  (número decimal) y  $B = 110010$  (en  $\text{Ca}_2$ ) da como resultado (en  $\text{Ca}_2$  o decimal):


a)  111001


b)  -6


c)  -9


d)  111011

17. (+0.1|-0.033) El integrado comercial 7485, que permite comparar dos números de 4 bits con posibilidad de conexión en cascada, tiene:

a)  8 entradas y 3 salidas

b)  11 entradas y 3 salidas

c)  9 entradas y 4 salidas

d)  12 entradas y 4 salidas

18. (+0.1|-0.033) Indique que sistema combinacional permite transformar un nivel activo en una de sus entradas en un valor de salida:

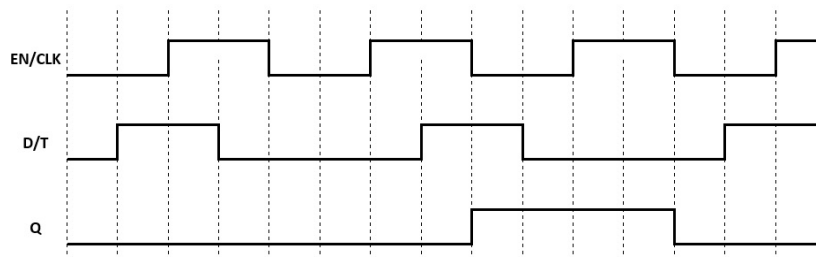
a)  Decodificador


b)  Codificador

c)  Multiplexor

d)  Conversor de código


19. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente cronograma, indique a qué tipo de biestable corresponde, así como el flanco de activación del mismo:



a)  Flip-flop T activo en subida

b)  Flip-flop D activo en subida

c)  Flip-flop D activo en bajada


d)  Flip-flop T activo en bajada








20. (+0.3|-0.1) Dado el siguiente mapa de Karnaugh, el cual incluye indiferencias, indique la expresión correcta:

ab \ cd	00	01	11	10
00	0	1	1	X
01	0	1	0	X
11	1	1	0	X
10	0	1	1	0

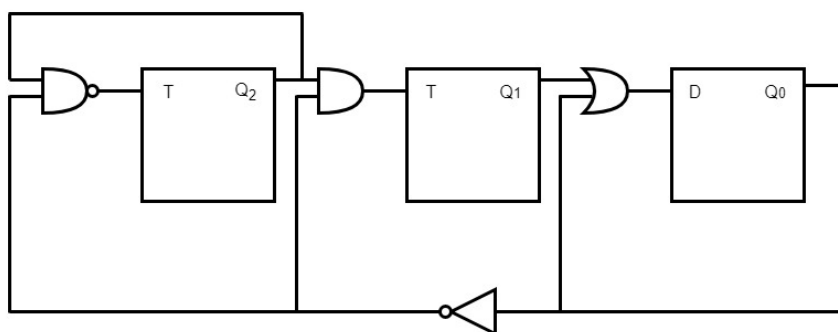
a)   $f = \bar{c} \cdot d + \bar{b} \cdot d + a \cdot b \cdot \bar{c}$


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


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


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


21. (+0.6|-0.2) Dado el siguiente circuito, indique la **única secuencia correcta** de estados  $Q_2Q_1Q_0$ :



a)   $100 \rightarrow 110 \rightarrow 101 \rightarrow 001$

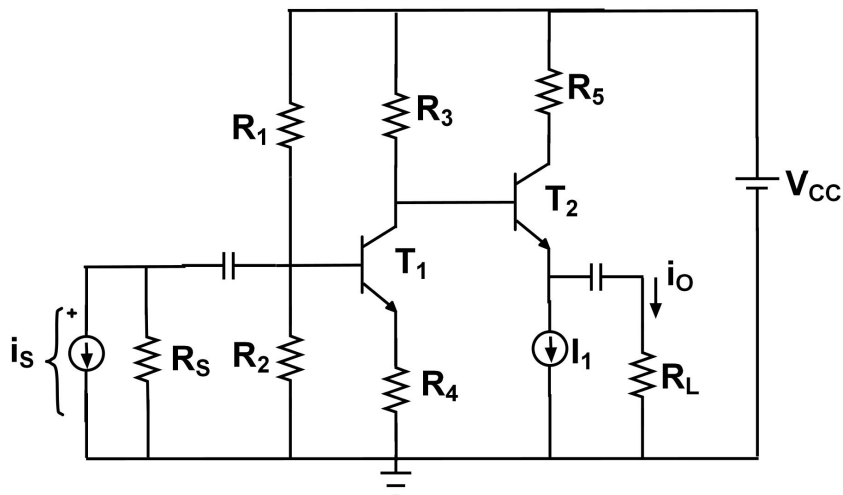
b)   $100 \rightarrow 110 \rightarrow 101 \rightarrow 011$

c)   $010 \rightarrow 111 \rightarrow 011 \rightarrow 100$

d)   $010 \rightarrow 111 \rightarrow 110 \rightarrow 111$



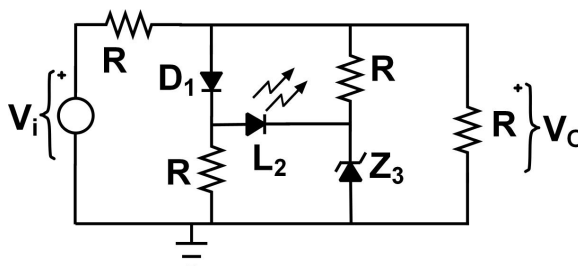
22. (+2.5) Dado el siguiente circuito basado en dos transistores NPN:



$i_s$  fuente de corriente alterna,  $I_1 = 15 \text{ mA}$  fuente de corriente continua,  $V_{CC} = 15 \text{ V}$   
 $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1.8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 0.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = 4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 2 \text{ k}\Omega$   
 $\beta = 350$ , considere  $V_{BE} = 0.65 \text{ V}$  si la unión BE está en directa

- (a) Calcule el punto de polarización y el valor de la resistencia  $R_1$ , si la corriente que circula por la resistencia  $R_1$  es de  $0.5 \text{ mA}$
- (b) Represente el modelo de pequeña señal del circuito y calcule la ganancia en corriente  $i_o/i_s$
- (c) Para una amplitud de la tensión  $v_{be}$ , en el transistor  $T_1$ , igual a  $5 \text{ mV}$ , calcule los valores máximo y mínimo de la tensión de la resistencia  $R_4$

23. (+1.5) Dado el siguiente circuito basado en un diodo ( $D_1$ ), un diodo LED ( $L_2$ ) y un diodo Zener ( $Z_3$ ) con  $R = 600 \Omega$ :



Diodo  $D_1$ :  $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$ ,  $I_{MAX} = 25 \text{ mA}$ ,  $|V_R| = 50 \text{ V}$   
 LED  $L_2$ :  $V_\gamma = 3.3 \text{ V}$ ,  $I_{opt} = 5 \text{ mA}$ ,  $I_{MAX} = 25 \text{ mA}$ ,  $|V_R| = 50 \text{ V}$   
 Zener  $Z_3$ :  $V_\gamma = 0.8 \text{ V}$ ,  $|V_Z| = 5.4 \text{ V}$ ,  $I_{MAX} = 20 \text{ mA}$ ,  $I_{Z,MIN} = 6 \text{ mA}$ ,  $P_{Z,MAX} = 162 \text{ mW}$

- (a) Justifique el estado de los diodos y calcule el valor de  $V_i$  si  $V_O = 2.4 \text{ V}$
- (b) Calcule el valor máximo y mínimo de  $V_i$  para no sobrepasar las limitaciones destructivas de los diodos
- (c) Calcule el valor de  $V_i$  para el cual el diodo LED  $L_2$  emite de forma óptima

24. (+1) Un sistema automatizado de riego nos indica el nivel de humedad del suelo mediante dos sensores A y B. Cuando no es necesario el riego ambos sensores están a 0. Los riegos se realizarán por la noche siempre que alguno de los sensores esté activo, salvo en el caso de sequedad extrema (ambos sensores activos) que deberá ser a cualquier hora del día. El sistema dispone de un sensor de luz C que se activa al oscurecer. Por otra parte, el suministro de agua procede de un depósito que nos manda una señal activa D cuando no tiene suficiente líquido para el riego y por tanto no se puede realizar. Para diseñar el circuito que gobierne la válvula V que abre el paso de agua, se pide:

- (a) Obtenga la tabla de verdad
- (b) Obtenga la ecuación lógica correspondiente a su primera forma canónica
- (c) Mediante el diagrama de Karnaugh, obtenga la función más simplificada expresada como sumatorio de productos
- (d) Mediante el diagrama de Karnaugh, obtenga la función más simplificada expresada como producto de sumas
- (e) Diseñe la expresión del apartado c sólo con puertas NAND