

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA DE DISPOSITIVOS Y COMPONENTES
Junio-1P- 2018-19

Nombre:.....**SOLUCIÓN**.....

Constantes: $KT/q = 0,025$ V, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s, $4,14 \cdot 10^{-15}$ eV·s, $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹

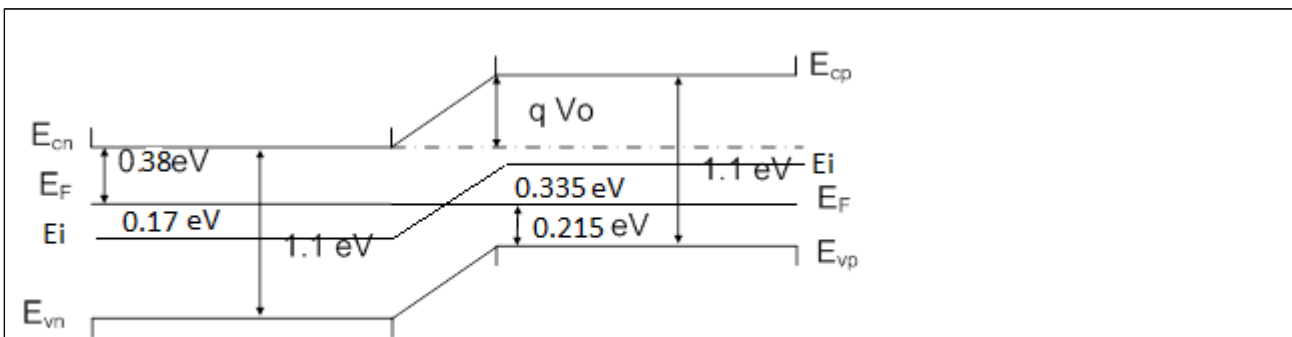
1. (1 pto) Un semiconductor con una Energía de Banda Prohibida $E_g = 1,1$ eV, una concentración intrínseca a T ambiente de $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$ cm⁻³, y masas efectivas iguales $m_h = m_e$, está dopado con una concentración de impurezas N_d . Si tiene el nivel de Fermi situado en $E_F = E_C - 0,38$ eV, hallar:

a.- ¿Cuál es la concentración de huecos?	$p = 1.67 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$
b.- ¿Cuál es la concentración de impurezas?	$N_d = 1.34 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$

(1 pto) Otro semiconductor con la misma Energía de Banda Prohibida $E_g = 1,1$ eV, misma concentración intrínseca a T ambiente de $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$ cm⁻³, y masas efectivas iguales $m_h = m_e$, está dopado con una concentración de impurezas $N_a = 10^{16}$ cm⁻³, y una concentración de electrones $n = 2,25 \cdot 10^4$ cm⁻³. La movilidad de sus electrones es $\mu_n = 10^3$ cm²/V·s a 300 K, y sobre él se aplica un campo eléctrico $\xi = 2 \cdot 10^3$ V/m hallar:

c.- El flujo de arrastre de electrones a temperatura ambiente	$\phi_{an} = -n\mu\xi = -4.5 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
d.- La densidad de corriente de arrastre de electrones a temperatura ambiente	$J_{an} = qn\mu\xi = 7.2 \cdot 10^{-10} \text{ A/cm}^2$

2. (0.5 ptos) En un determinado momento se unen ambos SC, situando el primero a la izquierda, y el segundo a la derecha. **Dibuje el diagrama de bandas de energía** de la unión, especificando de qué tipo de SC se trata en cada caso, y situando con valores concretos E_F , E_i , E_{Vn} , E_{Vp} , E_{Cn} , E_{Cp} . **Indique** también sobre el diagrama, el potencial de contacto.



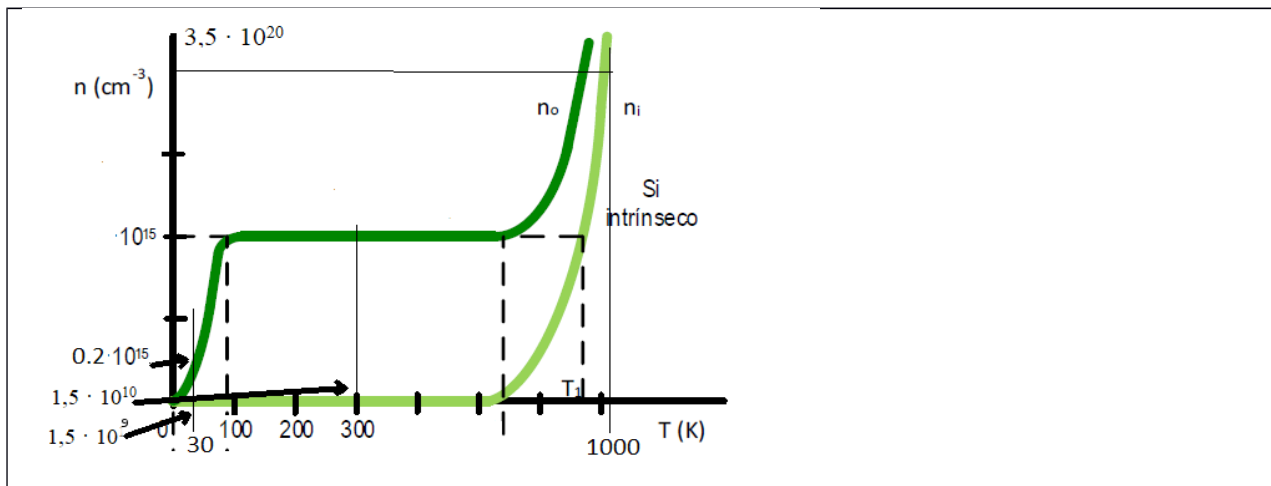
Tipo n izquierda y tipo p derecha

e.- (0.5 ptos) ¿Cuánto vale dicho potencial de contacto?	$V_o = 0,025 \ln (1.34 \cdot 10^{13} / 2,25 \cdot 10^{20}) = 0.505$ V O bien del diagrama de bandas: $1.1 - 0.38 - 0.215 = 0.505$ eV $\rightarrow 0.505$ V
f.- (0.5 ptos) ¿En qué SC se adentra más la región espacial, es decir, qué valor es mayor x_n , o x_p ? Justifique su respuesta.	En el tipo n, es mayor x_n ya que está menos dopado.

3. (1 pto) Se tiene un semiconductor dopado con una cantidad de átomos donadores $N_d = 10^{15}$ cm⁻³. Partiendo desde una temperatura $T = 0$ K, se aumenta lentamente ésta. Sabiendo que, el porcentaje de ionización de los átomos donadores a la temperatura de 30K es del 20%, la concentración intrínseca $n_i(30 \text{ K}) = 1,5 \cdot 10^9$ cm⁻³, y ésta varía a las temperatura de 300 K y 1,000 K a valores:

- $n_i(300 \text{ K}) = 1,5 \cdot 10^{10}$ cm⁻³
- $n_i(1,000 \text{ K}) = 3,5 \cdot 10^{20}$ cm⁻³

Dibuje, de manera aproximada, las **concentraciones de electrones**, y la concentración **intrínseca**, del SC, desde 0K a 1000K, indicando los valores concretos a 30K, 300K y 1000K.:



4. (1 pto) Se cuenta con una unión p+n, (concentración intrínseca $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, profundidad de la zona de carga espacial en la zona n $x_n = 2 \mu\text{m}$, corriente de saturación inversa $I_0 = 25 \text{ nA}$, coeficiente de afinidad $\eta = 2$) en la que se aplica una tensión **positiva** de 0.6 V, y con un potencial de contacto de 0.67 V. Cuenta con una capacidad de difusión de $C_D = 15 \text{ nF}$, cuando la unión está polarizada en directa.

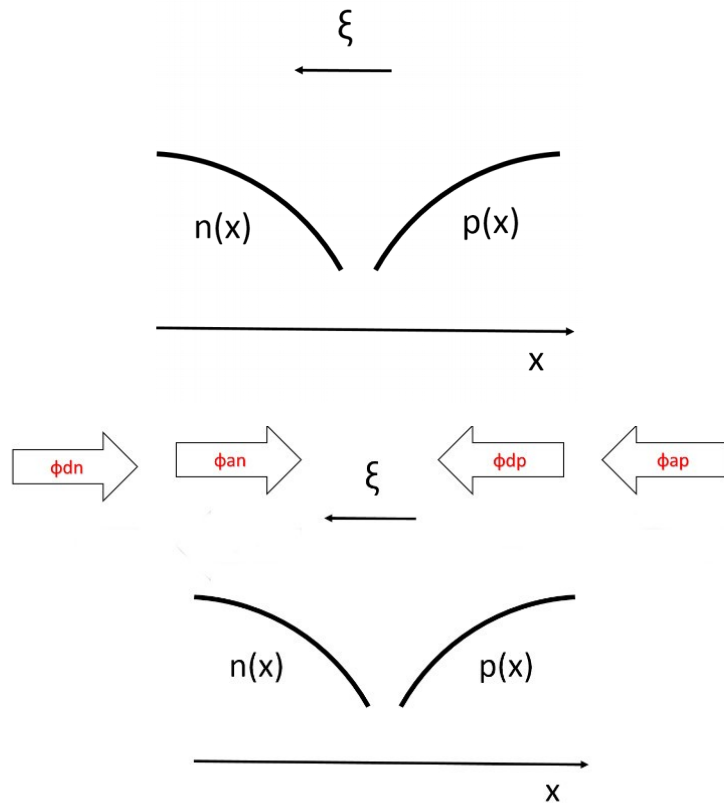
a.-¿Cuál es el valor del campo máximo?	$\xi_o = \frac{2(V_0 - V_D)}{x_0} \quad 700 \text{ V/cm}$ <p>Como p+ se puede considerar $x_0 = x_n \quad x_o = 2 \mu\text{m}$</p>
b.- Se superpone a la tensión anterior de 0.6V, una tensión de valor $0.2 \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$, siendo $f = 1 \text{ MHz}$. Calcular la corriente dinámica y estática. ¿Sería necesario considerar ambas, o alguna de ellas es despreciable?	$I_D = I_0 \cdot (e^{V_D/V_T} - 1) = 4 \text{ mA}$ $i_{Din} = (C_T + C_D) \frac{dV}{dt} = (0 + 15 \text{ nF}) \frac{d(0.2 \cdot \sin(2\pi \cdot 1e6 t))}{dt}$ $i_{Din} = 15 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot 0.2 \cdot 2\pi \cdot 1e6 \cdot \frac{\cos(2\pi \cdot 1e6 t) \text{ V}}{s}$ <p>= 18,9 mA Hay que considerar ambas ya que la corriente dinámica es incluso superior a la corriente estática.</p>

5. (1.5 ptos) Responda a las siguientes cuestiones

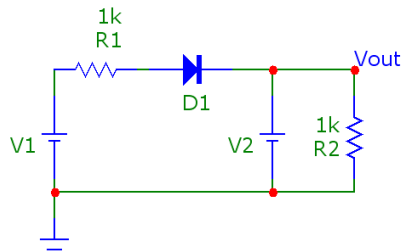
Explique brevemente los conceptos de masa efectiva y mecanismos de dispersión .	<p>Parámetro que representa la facilidad con que se puede acelerar un electrón o un hueco a lo largo de una red periódica bajo la influencia de una fuerza exterior. Resume el efecto de todas las fuerzas periódicas del cristal.</p> <p>Mecanismos de dispersión: la velocidad de los portadores cambia bruscamente cada vez que éstos chocan con los átomos de la red. Este fenómeno se denomina “dispersión”, y su efecto en los portadores se traduce en frecuentes disminuciones del módulo de la velocidad, así como en variaciones en su dirección. Fundamentalmente hay dos mecanismos de dispersión: vibración de la red y presencia de impurezas.</p>
Represente gráficamente y explique brevemente los tres mecanismos de recombinación posibles.	<p>Auger (un electrón le cede a otro energía que utiliza para aumentar su nivel energético), entre bandas (un electrón cede energía en forma de fotón al pasar de la banda de conducción a la de valencia) y centros de captura (debido a imperfecciones de la red aparecen niveles energéticos en la banda prohibida de manera que el salto entre la banda de conducción y la de valencia no es directo).</p>

Se muestra el perfil de huecos y electrones con respecto a x, que sufren el efecto de un campo eléctrico. **Indique** los flujos de **electrones** y **huecos** de difusión y arrastre sobre la representación.

Solución



6. (1 pto) Se tiene el siguiente circuito con $R_1 = R_2 = 1 \text{ K}$. Además se cuenta con los datos de la hoja característica del diodo, que se adjunta. Se pide...
- Calcule la corriente que atraviesa el diodo si $V_1=1\text{V}$ y $V_2=11\text{V}$, e **indique** el estado en el que se encuentra el diodo.
 - Cambiamos el estado de polarización del diodo variando los valores de las fuentes V_1 y V_2 . Si fijamos el valor de V_2 a 1V y observamos que por ella pasan $0,3 \text{ mA}$, del terminal negativo al positivo, ¿Qué valor debería tener V_1 ?



a.- Se estaría aplicando sobre el diodo -10V , que correspondería con 15 nA en las hojas características, lo que se considera CORTE.

b.- $-V_1 + V_{D1} + I_D R_1 + V_2 = 0$
 $I_D + I_{V2} = I_{R2}$
 $I_{R2} = 1\text{V}/1\text{k} = 1\text{mA}$
 $I_D = 1\text{mA} - 0.3\text{mA} = 0.7\text{mA}$ en las hojas característica 600mV
 $V_1 = 0.6\text{V} + 0.7\text{V} + 1\text{V}$

Typical Characteristics

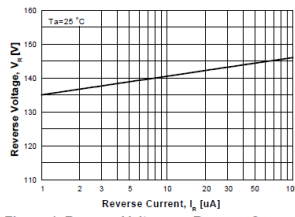


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current
BV - 1.0 to 100 uA

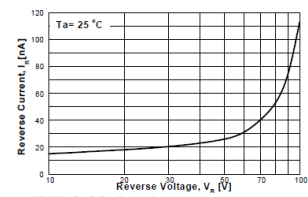


Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage
IR - 10 to 100 V

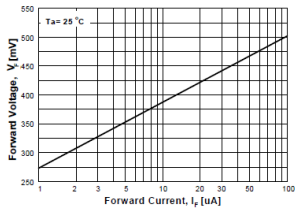


Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 1 to 100 uA

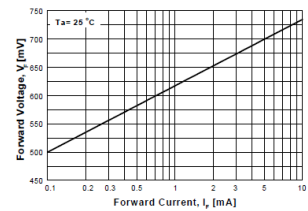
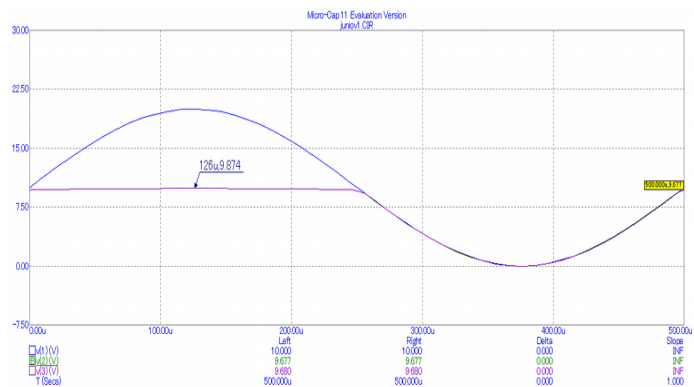
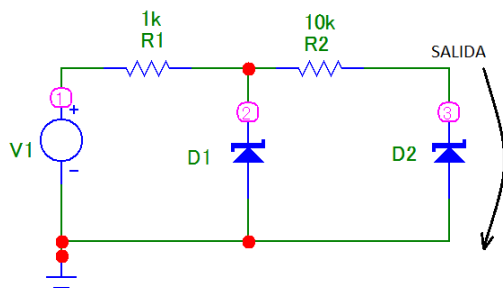


Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 0.1 to 10 mA

7. (1.5 ptos) Para el siguiente circuito rectificador, y siendo $R_1=1\text{ K}\Omega$, $R_2=10\text{ K}\Omega$, V_{F1} y $V_{F2}=0,7\text{ V}$, $V_{Z1}=10\text{ V}$ y $V_{Z2}=12\text{ V}$, y una onda senoidal de valor $V_1= 10+10\text{ sen}(2\pi\cdot 2000\cdot t)$. Se pide...
- Representar un periodo de la señal de entrada V_1 .
 - Representar un periodo de las tensiones del nodo 2 y de salida (nodo 3).
- Indicar en ambas señales máximos, mínimos y periodo, y el estado de los diodos en cada zona.**



D1 zener, y D2 OFF
D1 y D2 OFF

8. (0.5 ptos) ¿Qué portadores marcan el carácter de la unión metal-SC? ¿Por qué se define la unión metal semiconductor como unipolar?

Los mayoritarios.

Porque sólo afectan uno de los tipos de portadores en el carácter del dispositivo.