

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electrónica
EL-2207 Elementos Activos

Profesores: Dr. Ing. Juan José Montero Rodríguez
Dr. Ing. Alfonso Chacón Rodríguez
M.Sc. Ing. Aníbal Ruiz Barquero
Ing. Edgar Solera Bolaños

II Semestre 2019

Primer Examen Parcial
16 de septiembre de 2019

Total de Puntos:	50
Puntos obtenidos:	
Porcentaje:	
Nota:	

Nombre: _____

Carné: _____

Instrucciones Generales:

- Resuelva el examen en forma ordenada y clara.
- No se aceptarán reclamos de desarrollos con lápiz, borrones o corrector de lapicero.
- Si trabaja con lápiz, debe encerrar en recuadro su respuesta final con lapicero.
- El uso de lapicero rojo **no** está permitido.
- El uso del teléfono celular no es permitido. Este tipo de dispositivos debe permanecer **totalmente apagado** durante el examen.
- No se permite el uso de calculadora programable.
- Únicamente se atenderán dudas de forma.
- El instructivo de examen debe ser devuelto junto con su solución.
- El examen es una prueba individual.
- El no cumplimiento de los puntos anteriores equivale a una nota igual a cero en el ejercicio correspondiente o en el examen.
- Esta prueba tiene una duración de 3 horas, a partir de su hora de inicio.

Firma: _____

Problema 1	de 10
Problema 2	de 15
Problema 3	de 15
Problema 4	de 10

Problemas

Problema 1 Dopado y compensación

10 Pts

Una barra de silicio se encuentra dopada con boro (aceptor) en una concentración de $4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ y con arsénico (donador) en una concentración de $8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$. El largo de dicha barra es de $10 \text{ }\mu\text{m}$ y su área transversal es de $36 \text{ }\mu\text{m}^2$. Asuma que la movilidad de los electrones y huecos permanecen constantes respecto a la temperatura.

- 1.1. ¿Qué tipo de semiconductor, es P o N? Justifique su respuesta. 2 Pts
- 1.2. Determine el dopado neto y la concentración de electrones y huecos a temperatura ambiente (300 K). 2 Pts
- 1.3. Encuentra la resistencia del silicio a temperatura ambiente (300 K) 2 Pts
- 1.4. Recalcule los puntos 1.2 y 1.3 considerando que dicha barra se encuentra a 600 K de temperatura con un n_i de $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. 4 Pts

Problema 2 Arrastre y difusión**15 Pts**

Considere una barra de germanio, con longitud de $10\ \mu\text{m}$ y un área transversal de $20\ \mu\text{m}^2$. La concentración de átomos dopantes donadores varía de forma lineal con la posición, de modo que existe una corriente de difusión. Esta situación se ilustra en la Figura 2.1, donde se observa que la concentración de donadores en el extremo $x = 10\ \mu\text{m}$ es $N_D = 4 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$.

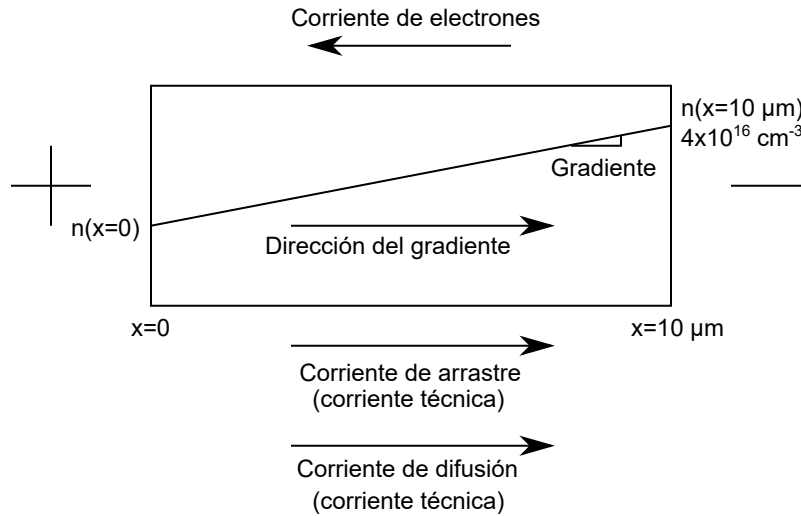


Figura 2.1: Direcciones de las corrientes de arrastre y difusión. Observe la polaridad de la fuente y la dirección del gradiente de concentración.

Además se aplica una tensión entre los extremos de la barra, de modo que existe una corriente de arrastre en dirección longitudinal. La corriente de arrastre y la corriente de difusión ocurren de manera simultánea. Ambas corrientes tienen la misma dirección.

Se sabe que la densidad de corriente de arrastre tiene un valor de $300\ \mu\text{A}/\mu\text{m}^2$ y que la densidad de corriente total es de $305\ \mu\text{A}/\mu\text{m}^2$.

Considere las siguientes constantes físicas para el germanio:

Tabla 2.1: Constantes físicas para el germanio a 300 K.

Parámetro	Valor
Movilidad electrones	$3900\ \text{cm}^2/\text{Vs}$
Movilidad huecos	$1900\ \text{cm}^2/\text{Vs}$

- 2.1. Determine la magnitud y unidades del coeficiente de difusión de huecos y de electrones. **2 Pts**
- 2.2. Determine la magnitud y unidades del gradiente de concentración de electrones. **3 Pts**
- 2.3. Determine la concentración de átomos dopantes N_D en el extremo de la barra $x = 0$, sabiendo que el nivel de dopado $n(x = 10\ \mu\text{m}) = 4 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$. **4 Pts**
- 2.4. Determine la magnitud y unidades del campo eléctrico \vec{E} en el semiconductor, en el extremo de la barra $x = 10\ \mu\text{m}$, donde el nivel de dopado es $n(x = 10\ \mu\text{m}) = 4 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$. **4 Pts**
- 2.5. Determine el valor del potencial externo aplicado. **2 Pts**

Problema 3 Contacto PN y su aplicación como circuito limitador**15 Pts**

Una empresa que pretende sacar al mercado un nuevo diodo, le ha contratado a usted para realizar el diseño preliminar de un circuito de prueba que tenga las características de entrada-salida mostradas en la Figura 3.1, con la intención de determinar la funcionalidad del diodo en circuitos limitadores. Como parte de los requerimientos de diseño se le pide utilizar todas las resistencias con valor de $1\text{ k}\Omega$, la empresa le indica que realice su diseño por ahora con diodos ideales, además para satisfacer las necesidades puede utilizar otros componentes.

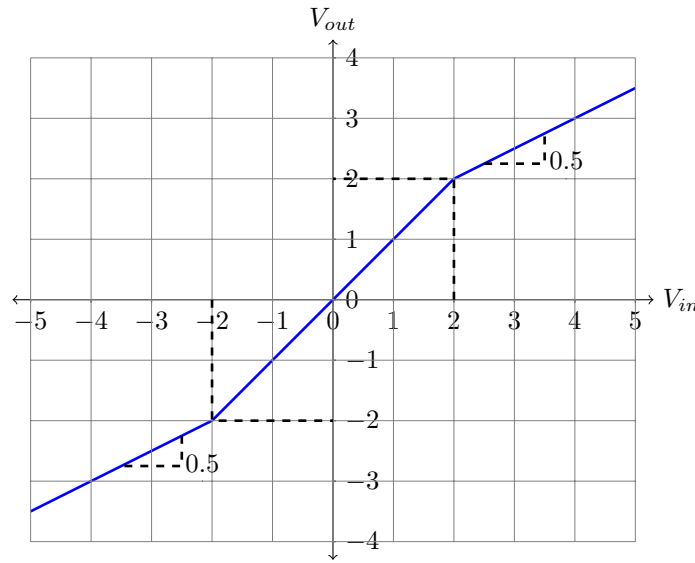


Figura 3.1: Características de entrada-salida o función de transferencia del circuito a diseñar

Considerando la información suministrada determine:

- 3.1. El circuito limitador resultante. **5 Pts**
- 3.2. Explique brevemente que sucedería con la función de transferencia dada en la Figura 3.1 al considerar diodos reales con concentraciones N_a, N_d para la juntura. **1 Pt**
- 3.3. Re-dibuje la función de transferencia considerando que todos los diodos son reales y tienen concentraciones no degeneradas idénticas de $N_a = 1.05 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $N_d = 2.07 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ (@300K). Además indique que se puede hacer para aproximar nuevamente la función de transferencia solicitada por el fabricante del diodo. **5 Pts**
- 3.4. Esboce el diagrama de bandas de la unión PN de uno de los diodos en equilibrio térmico. **3 Pts**
- 3.5. El potencial de contacto de la juntura si la temperatura aumenta a 350K. **1 Pt**

Problema 4 Circuitos de aplicación con diodos**10 Pts**

Para el siguiente circuito se tiene que $f_{in}=60$ Hz, $C_1=200\ \mu\text{F}$, $R_1=1\ \text{k}\Omega$, $V_{D,ON}=0.8$ V, y el voltaje pico a la salida del transformador es de 6 V.

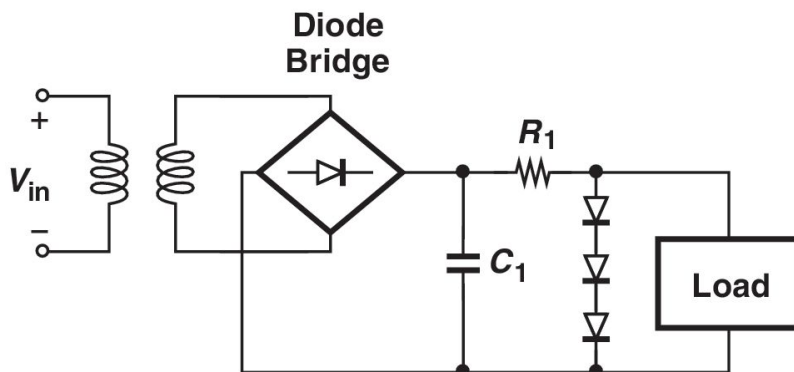


Figura 4.1: Circuito para problema 4

- 4.1. Suponiendo que la corriente por R_1 es relativamente constante, estime la amplitud de la tensión de rizado en C_1 . **3 Pts**
- 4.2. Suponiendo que la carga requiere un 5 % constante de la corriente en R_1 , estime la I_S de los diodos. **2 Pts**
- 4.3. Use el modelo de pequeña señal de los diodos para determinar la amplitud de voltaje de rizado en la carga. **5 Pts**