

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.
Tecnología de Componentes Electrónicos y Fotónicos.
Prueba parcial 2000-20001
MARTES, 5 DE DICIEMBRE DE 2000
Soluciones

Problemas

1. Calcular los valores de V_i para los distintos modos de funcionamiento del diodo de la figura, igualmente calcular la expresión de V_o para cada uno de estos tramos.
 Datos: $R_s = 5\Omega$, $R_z = 20\Omega$, $V_\gamma = 0.7V$ y $V_z = 4V$

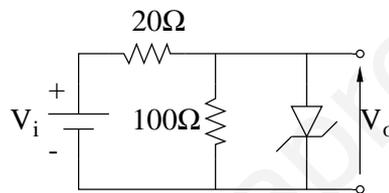


Figura 1: Esquemático del problema 1

Solución

Para empezar sustituimos el diodo por su modelo equivalente por tramos posteriormente vamos

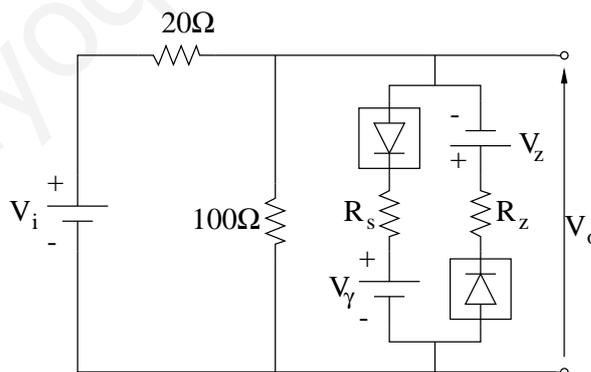


Figura 2: Sustitución del diodo por su equivalente por tramos lineales

a considerar que el diodo está en el punto entre corte y conducción por lo que la rama que representa derecha, que en este caso representa la corriente inversa, quedará eliminada (su diodo ideal esté en inversa) y la rama izquierda, que representa la corriente inversa quedará de forma que podemos representar su diodo ideal como un circuito abierto con $v_d = 0$, o bien como un cortocircuito con $i_d = 0$ (figura 3) esojamos por ejemplo el modelo de la figura 3a. Si

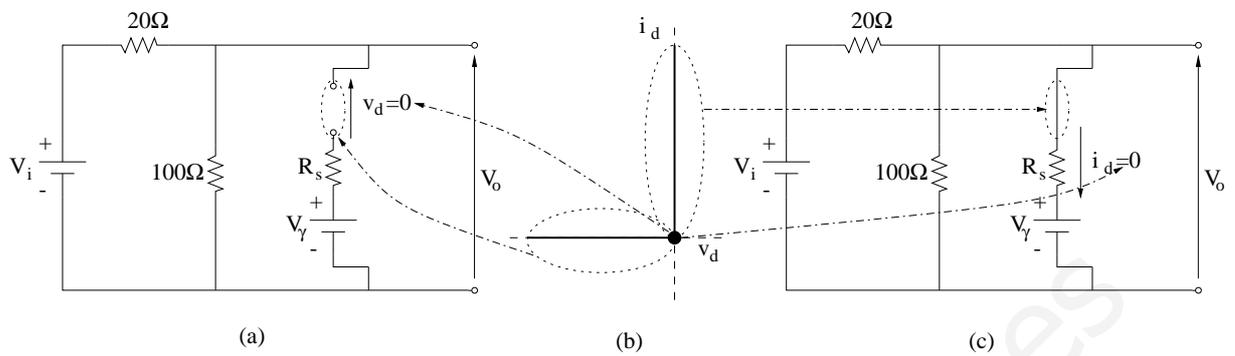


Figura 3: Comportamiento del diodo para el punto entre corte y conducción

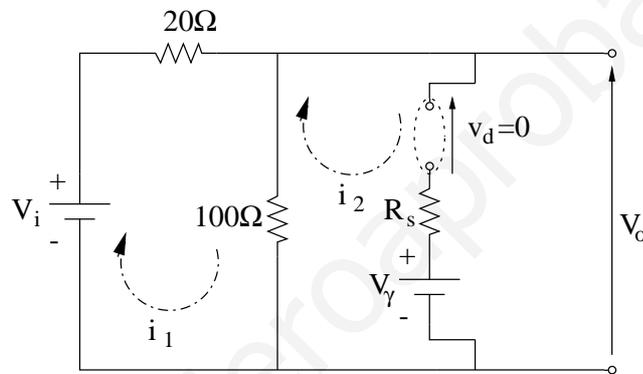


Figura 4: Resolución del circuito por mallas

resolvemos el circuito por mallas obtenemos las siguiente ecuaciones (observemos que $i_2 = i_d$)

$$\begin{aligned} V_i &= i_1 \cdot 20\Omega + (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega \\ (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega &= v_d + i_2 \cdot R_s + V_\gamma \\ i_2 &= 0; v_d = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

si resolvemos el sistema 1 nos resulta que

$$i_1 = \frac{V_i}{120\Omega} \quad (2)$$

y sustituyendo en la en la segunda ecuación del sistema obtenemos

$$V_i = V_\gamma \frac{120\Omega}{100\Omega} = 0.7V \cdot 1.2 = 0.84V \quad (3)$$

este es el punto en que el diodo está entre corte y conducción, pero como lo que nosotros necesitamos es un rango de V_i vamos a considerar que estamos en corte con $v_d < 0$ con esto nos resulta

$$V_i = (v_d + V_\gamma) \cdot 1.2 < V_\gamma \cdot 1.2 \quad \forall v_d < 0 \quad (4)$$

y por tanto tenemos que

$$V_i > 0.84V \Rightarrow \text{Diodo en conducci3n} \quad (5)$$

$$V_i < 0.84V \Rightarrow \text{Diodo en corte} \quad (6)$$

Una vez que hemos fijado el punto para cambio entre corte y conducci3n veamos ahora el punto entre corte y zener, para ello haremos lo mismo que antes pero ahora escogeremos la rama que est1 a la derecha en la figura 2 ya que representa la corriente inversa, mientras que la rama izquierda estar1 en circuito abierto y por tanto la eliminamos. De la misma forma que en el caso anterior escogeremos el punto en que estamos entre corte y zener y para ello volvemos a tener dos posibilidades. En este caso escogeremos diodo ideal en conducci3n con corriente cero por variar. Tenemos el circuito de la figura 5 y nos resultan las siguientes ecuaciones ($i_2 = i_{d_{ideal}}$)

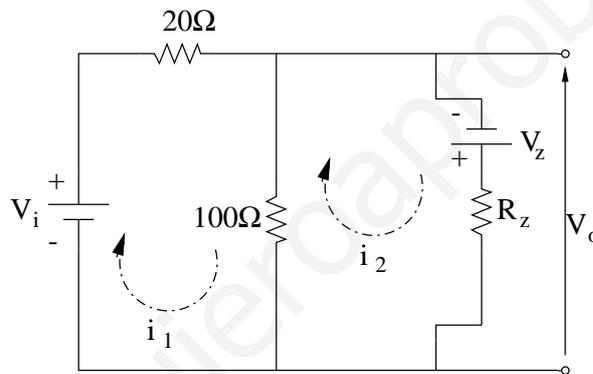


Figura 5: Resoluci3n del circuito por mallas

$$\begin{aligned} V_i &= i_1 \cdot 20\Omega + (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega \\ (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega &= -V_z + i_2 \cdot R_z - v_d \\ i_2 &= 0; v_d = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

resolviendo el sistema obtenemos

$$i_1 = \frac{V_i}{120\Omega} \quad (8)$$

y sustituyendo en la en la segunda ecuaci3n del sistema 7 obtenemos

$$V_i = -V_z \frac{120\Omega}{100\Omega} = -4V \cdot 1.2 = -4.8V \quad (9)$$

este es el punto en que el diodo est1 entre corte y zener, pero como lo que necesitamos es un rango de V_i vamos a considerar que el diodo ideal est1 en conducci3n (diodo real en zener) con $i_d > 0$ con esto nos resulta

$$V_i = (-V_z + i_{d_{ideal}} \cdot R_z) \cdot 1.2 \quad (10)$$

y por tanto y usando las ecuaciones 5 y 6 tenemos que

$$\begin{aligned} V_i < -4.8V &\Rightarrow \text{Diodo en zona zener} \\ -4.8V < V_i < 0.84V &\Rightarrow \text{Diodo en corte} \\ V_i > 0.84V &\Rightarrow \text{Diodo en conducción} \end{aligned} \quad (11)$$

Una vez que hemos fijado los tramos de V_i para las distintas zonas de funcionamiento del diodo nos queda calcular la expresión de V_o .

- Diodo en zona zener

El circuito a analizar será aquel en que el modelo del diodo se corresponde con esta zona, esto es la figura 5 donde ahora la corriente que pasa por el diodo ideal el mayor que cero o lo que es lo mismo la corriente que pasa por el diodo es negativa y que las ecuaciones son las del sistema 7 excepto la tercera y con $v_d = 0$

$$\begin{aligned} V_i &= i_1 \cdot 20\Omega + (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega \\ (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega &= -V_z + i_2 \cdot R_z \end{aligned} \quad (12)$$

mientras que nuestra V_o se puede expresar de cualquiera de las tres formas que se pueden ver en la ecuación

$$V_o = (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega = -V_z + i_2 \cdot R_z - v_d = V_i - i_1 \cdot 20\Omega \quad (13)$$

si resolvemos el sistema 12 para i_1 obtenemos que

$$i_1 = \frac{1.2 \cdot V_i - V_z}{44\Omega} = \frac{1.2 \cdot V_i - 4}{44\Omega} \quad (14)$$

y sustituyendo resulta

$$V_o = V_i - i_1 \cdot 20\Omega = V_i - \frac{1.2 \cdot V_i - 4}{44\Omega} \cdot 20\Omega = \frac{V_i - 4}{2.2} \quad (15)$$

- Diodo en corte

El circuito a analizar será aquel en que el modelo del diodo se corresponde con esta zona, esto es la figura 6 donde tenemos un divisor de tensión y por tanto el cálculo de V_o es simple y vale

$$V_o = V_i \cdot \frac{100\Omega}{100\Omega + 20\Omega} = \frac{V_i}{1.2} \quad (16)$$

Diodo en conducción

En este caso el circuito a utilizar será el de la figura 7 y resolviendo por mallas tenemos

$$\begin{aligned} V_i &= i_1 \cdot 20\Omega + (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega \\ (i_1 - i_2) \cdot 100\Omega &= i_2 \cdot R_s + V_\gamma \end{aligned} \quad (17)$$

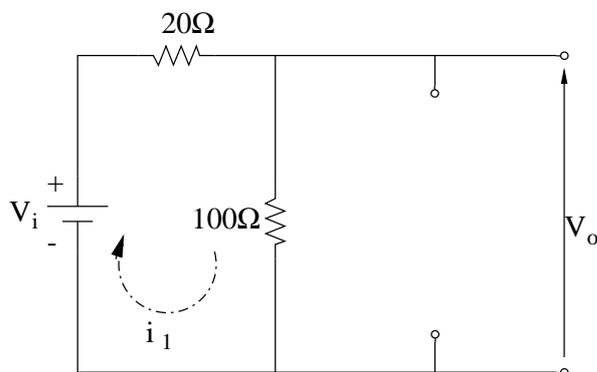


Figura 6: Circuito con el diodo con su modelo de corte.

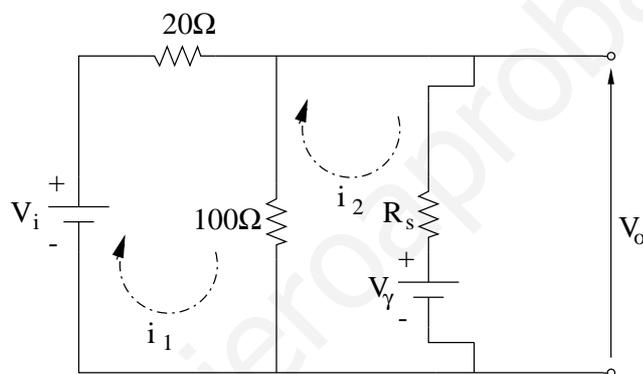


Figura 7: Circuito con el diodo con su modelo de conducción

podemos calcular V_o a partir de la fórmula

$$V_o = V_\gamma + i_2 \cdot R_s \quad (18)$$

para ello despejamos del sistema 17 i_2

$$i_2 = \frac{V_i - 1.2 \cdot V_\gamma}{2.6} \Rightarrow V_o = \frac{20 \cdot V_\gamma + 5 \cdot V_i}{26} \quad (19)$$

Con todo esto concluimos que el valor de V_o en función de V_i es

$$V_o = \begin{cases} V_o = \frac{V_i - 4}{2.2} & \forall V_i < -4.8V \\ V_o = \frac{V_i}{1.2} & \forall -4.8 \leq V_i < 0.84 \\ V_o = \frac{20 \cdot V_\gamma + 5 \cdot V_i}{26} & \forall V_i \geq 0.84 \end{cases}$$

1. ¿Cuál es el equivalente Thevenin del circuito que “ve” el diodo de la figura?

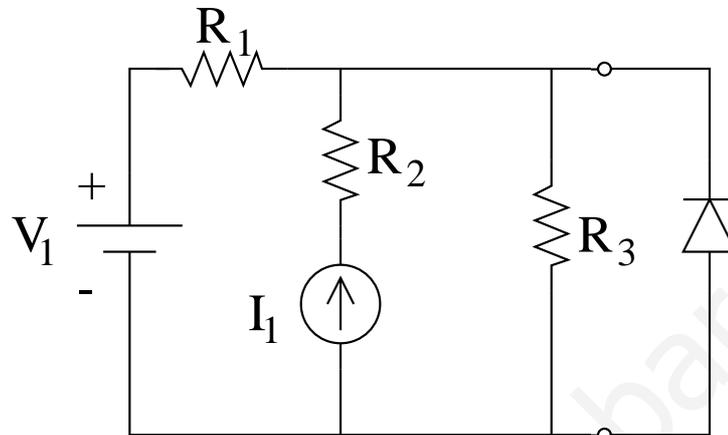


Figura 8: Esquemático del problema 2

Solución

Calculemos la resistencia equivalente $R_{eq} = R_{th}$ para ello procederemos del siguiente modo

- Eliminaremos las fuentes de tensión y corriente independientes

Entonces nos queda la figura 9

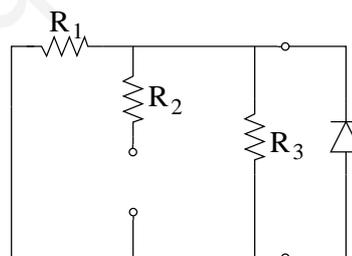


Figura 9: Eliminamos las fuentes de tensión y corriente independientes

- Sustituimos el componente desde el que vamos a calcular el equivalente thevenin y lo sustituimos por una fuente de tensión v_x con una corriente i_x

Tenemos entonces la figura 10

- Calculamos la relación $\frac{v_x}{i_x} = R_{th}$

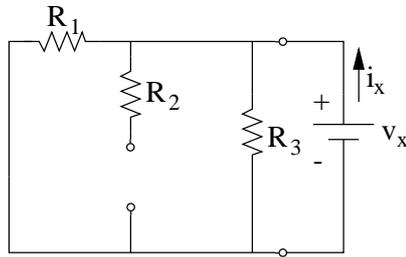


Figura 10: Sustituimos el diodo por una fuente de tensión

En este caso no es necesario ya que directamente se ve que la resistencia equivalente es el paralelo entre R_1 y R_3 (R_2 no influye ya por ella no pasa corriente)

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} \quad (20)$$

Ahora calcularemos V_{th} para ello eliminamos el componente y vemos que tensión cae entre sus bornas, veámoslo en la figura 11 si resolvemos el circuito por mallas (figura 12) el valor de

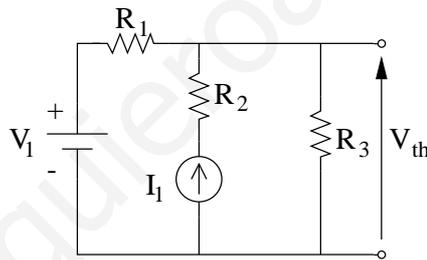


Figura 11: Cálculo de la tensión Thevenin

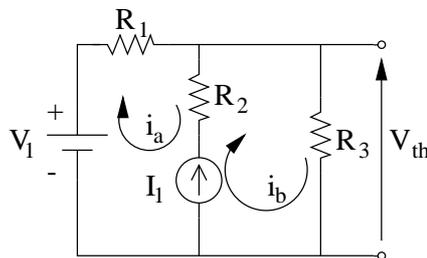


Figura 12: Solución del circuito por mallas

la tensión de Thevenin será entonces

$$V_{th} = i_b \cdot R_3 \quad (21)$$

Resolvamos pues el circuito y despejemos i_b del sistema de ecuaciones siguiente

$$\begin{aligned} V_1 &= i_a \cdot R_1 + i_a \cdot R_2 - i_b \cdot R_2 + V_{I_1} \\ i_a \cdot R_2 - i_b \cdot R_2 + V_{I_1} &= i_b \cdot R_3 \\ I_1 &= i_b - i_a \end{aligned} \quad (22)$$

obtenemos que

$$i_b = \frac{V_1 + I_1 \cdot R_1}{R_1 + R_3} \implies V_{th} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot V_1 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} \cdot I_1 \quad (23)$$

este valor también podría haberse deducido mediante superposición.

En la figura 13 se presenta el resultado final.

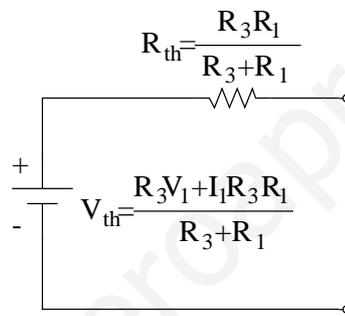


Figura 13: Solución del problema 2