

## Problemas Adicionales. Capítulo 2: Diodos (I).

### Problema 2\_7ver1

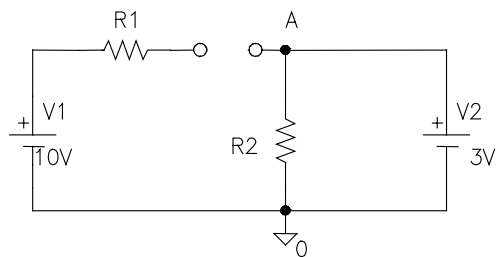
En el circuito de la figura 2.7.1, tome  $R_2 = 1k\Omega$ . El valor de  $R_1$  no se conoce:

- a) Demostrar que la situación  $D_1$  OFF y  $D_2$  ON es imposible.
- b) Determinar el valor mínimo de  $R_1$  que hace que  $D_1$  ON y  $D_2$  ON.

Nota: Suponga que, en conducción  $V_{AKon} = 0,7V$ .

#### Solución:

- a) La figura 1 muestra el circuito equivalente en el caso de que  $D_1$  no conduzca (OFF) y  $D_2$  sí (ON).

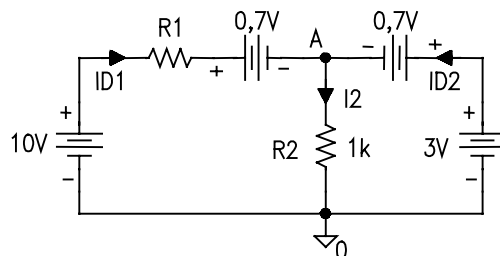


**Figura 1**

Este supuesto es imposible puesto que como se observa, la tensión en el ánodo de  $D_1$  es de 10V ya que no circula corriente por  $R_1$ . Por otra parte, la tensión del punto A, el cátodo de  $D_1$  sería de 3V. Por lo tanto, el diodo  $D_1$  estaría polarizado en directa, en contra de la suposición inicial.

- b) La figura 2 muestra la situación del circuito si ambos diodos conducen. La corriente en la resistencia  $R_2$  es fija, ya que la tensión en el punto A es de 2,3V:

$$I_2 = \frac{V_A - 0}{R} = \frac{2,3}{1k} = 2,3mA$$



**Figura 2**

La suma de corrientes en el punto A es:  $I_2 = I_{D1} + I_{D2}$ . Como máximo  $I_{D1}$  vale 2,3mA, ya que si es mayor,  $I_{D2}$  es negativa y el diodo  $D_2$  se corta. Por lo tanto:

$$I_{D1} = \frac{10-3}{R_1} = \frac{7}{R_1} \leq 2,3mA \quad \Leftrightarrow \quad R_1 \geq \frac{7}{2,3mA} = 3,04k\Omega$$

**Problema 2.9ver1**

Repetir el problema 2.9 si  $R_1 = 2k\Omega$ .

**Solución:**

Para tensiones de entrada bajas (por ejemplo  $<0,6V$ ) ningún diodo estará en conducción. El circuito es el de la figura 9.2b.1:

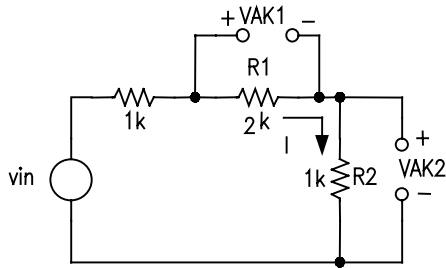


Figura 2.9b.1

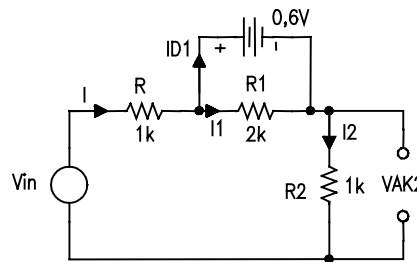


Figura 2.9b.2

La corriente  $I$  que circula por las resistencias vale:

$$I = \frac{V_{IN}}{R + R_1 + R_2} = \frac{V_{IN}}{4k}$$

y, por tanto, la tensión en cada uno de los diodos es:

$$V_{AK1} = R_1 \cdot I = 2k \cdot \left(\frac{V_{IN}}{4k}\right) = \frac{V_{IN}}{2} \quad V_{AK2} = R_2 \cdot I = 1k \cdot \left(\frac{V_{IN}}{4k}\right) = \frac{V_{IN}}{4}$$

Como los diodos conducen si  $V_{AK} = 0,6V$ , la tensión de entrada para la que empiezan a conducir es:

$$\begin{aligned} V_{AK1} = \frac{V_{in}}{2} = 0,6V & \quad \Leftrightarrow \quad V_{IN} = 1,2V \\ V_{AK2} = \frac{V_{in}}{4} = 0,6V & \quad \Leftrightarrow \quad V_{IN} = 2,4V \end{aligned}$$

Por lo tanto, comienza a conducir primero el diodo  $D_1$  a una tensión de entrada  $V_{IN} = 1,2V$ . Pero  $V_{IN} = 2,4V$  es una solución incorrecta para la puesta en marcha de  $D_2$ . Para calcular el instante de puesta en marcha de  $D_2$  el circuito de la figura 2.9b.1 no es adecuado porque  $D_1$  está en conducción cuando  $D_2$  va a ponerse en marcha.

La figura 2.9b.2 permite calcular a qué tensión comienza a conducir  $D_2$ . Eso ocurrirá si:

$$V_{AK2} = IR_2 = 0,6V \quad \Leftrightarrow \quad I = 0,6mA$$

La tensión de entrada vale, en estas condiciones:

$$V_{in} = IR + V_{AK1} + V_{AK2} = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1k + 0,6 + 0,6 = 1,8V$$

**En resumen: cuando  $V_{IN} = 1,2V$  se pone en marcha  $D_1$ , cuando  $V_{IN} = 1,8V$  se pone en marcha  $D_2$ .**

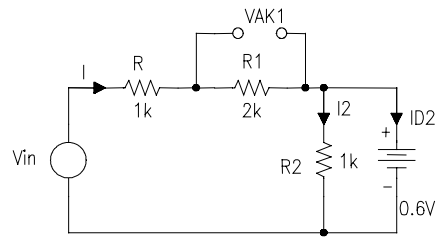
En la figura 2.9b.3 se ilustra una suposición incorrecta. Se intenta llegar a la conclusión de que el diodo  $D_2$  conduce antes que  $D_1$ . Para cualquier tensión de entrada (en la figura se indica 1,2V), se tiene:

$$I = I_{D_2} + I_2$$

Pero como  $I_2 = 0,6mA$  (ya que el diodo  $D_2$  está conduciendo) se tiene que  $I > 0,6mA$ , y la caída de tensión en bornes de  $D_1$  es:

$$V_{AK1} = I \cdot R_1 \geq 1,2V$$

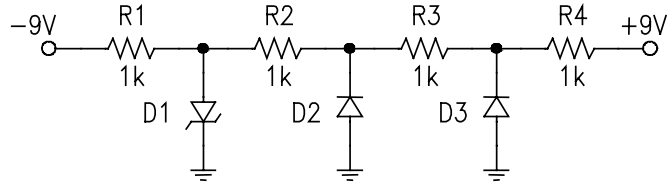
Por lo tanto, el diodo  $D_1$  está en conducción siempre que lo esté  $D_2$ , en contra de la suposición inicial.



**Figura 2.9b.3**

**Problema 2.12ver1**

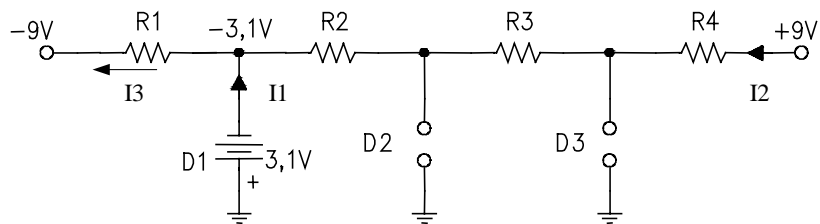
En el circuito de la figura 1 todos los diodos se pueden sustituir, en directo, por una fuente de tensión de 0,7V, La tensión zéner del diodo D<sub>1</sub> es V<sub>z</sub> = 3,1V. Calcular la corriente en todos los diodos (verificar las hipótesis realizadas).



**Figura 1**

*Solución:*

Suponemos que D<sub>1</sub> funciona en zona zéner, y D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub> están OFF. La figura 2 muestra el circuito en estas condiciones.



**Figura 2**

Teniendo en cuenta las tensiones en los nudos representadas en la figura 3, el cálculo de las corrientes I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub> es inmediato:

$$I_2 = \frac{9 - (-3,1)}{R_2 + R_3 + R_4} = 4,03mA \qquad I_3 = \frac{(-3,1) - (-9)}{R_1} = 5,9mA$$

La corriente en el zéner se calcula como:

$$I_1 = I_3 - I_2 = 5,9 - 4,03 = 1,87mA$$

Para verificar la suposición calculamos primero las tensiones en el cátodo de los diodos D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>, teniendo en cuenta las caídas de tensión en R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub>:

$$V_{K2} = 9 - I_2(R_3 + R_4) = 0,93V \qquad V_{K3} = 9 - I_2R_4 = 4,96V$$

A la vista de los resultados, la suposición es correcta. Para el zéner, la corriente tienen sentido cátodo a ánodo. Para los dos diodos en OFF:

$$V_{AK2} = V_{A2} - V_{K2} = 0 - 0,93V < 0 \qquad V_{AK3} = V_{A3} - V_{K3} = 0 - 4,96 < 0$$

La figura 3 resume los resultados obtenidos.

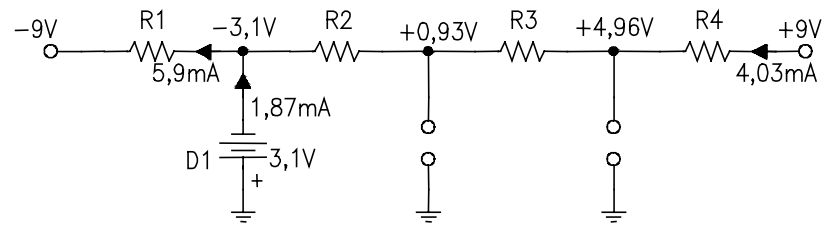


Figura 3

### Problema 2.12ver2

En el circuito de la figura 2.12.1 todos los diodos se pueden sustituir, en directo, por una fuente de tensión de 0,7V. Las fuentes de alimentación son, respectivamente de +10V y -10V. Finalmente, el diodo  $D_1$  se conecta al revés de cómo aparece en la figura.

- Calcular la corriente en todos los diodos (verificar las hipótesis realizadas).
- Repetir el apartado anterior si el diodo  $D_1$  es un zener cuya  $V_z = 5,1V$ .

#### Solución:

a) En la figura 2.12t.1 se ha repetido el dibujo del enunciado, indicando los sentidos adoptados como referencia para las corrientes y la nomenclatura para los nudos del circuito.

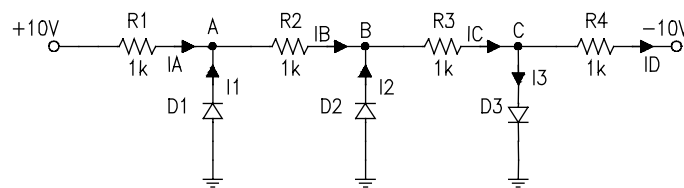


Figura 2.12t.1

Supongamos que la situación para los diodos es:  $D_1$  OFF,  $D_2$  ON y  $D_3$  OFF. En la figura 2.12t.2 se han sustituido los diodos por su equivalente. Verificaremos la hipótesis adoptada.

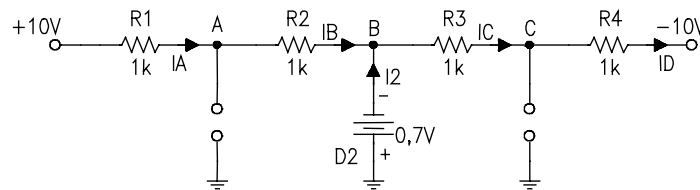


Figura 2.12t.2

En el circuito de la figura 2.12t.2, la tensión del punto B es  $V_B = -0,7V$ , y por lo tanto:

$$I_A = I_B = \frac{10 - V_B}{R_1 + R_2} = \frac{10 - (-0,7)}{2k} = 5,35mA$$

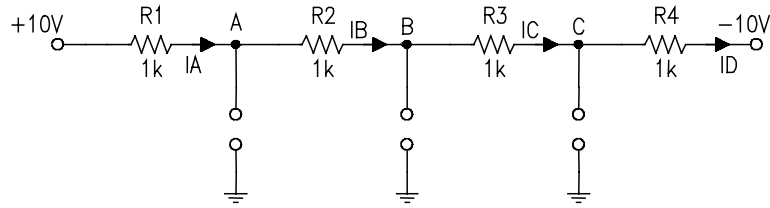
Además:

$$I_C = I_D = \frac{V_B - (-10)}{R_3 + R_4} = \frac{(-0,7) - (-10)}{2k} = 4,65mA$$

Como  $I_2 = I_C - I_B = 4,65mA - 5,35mA = -0,7mA$ , la corriente no puede circular en el sentido cátodo  $\rightarrow$  ánodo, y se puede concluir que la hipótesis inicial es incorrecta.

Supondremos que la situación es:  $D_1$  OFF,  $D_2$  OFF y  $D_3$  OFF. En la figura 2.12t.3 se han sustituido los diodos por su equivalente. En este caso:

$$I_A = I_B = I_C = I_D = \frac{10 - (-10)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{20}{4k} = 5mA$$



**Figura 2.12t.3**

Podemos comprobar la validez de la suposición adoptada calculando las tensiones ánodo – cátodo de los diodos. La caída de tensión en cada resistencia es de 5V, por tanto la tensión de los distintos puntos es:

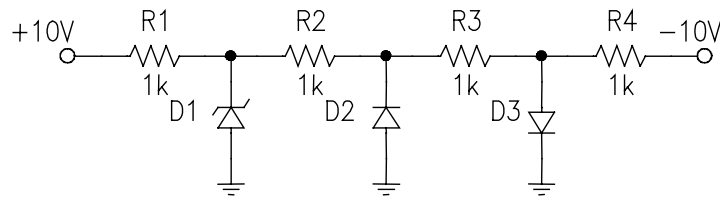
$$v_A = 5V \qquad v_B = 0V \qquad v_C = -5V$$

Las tensiones en cada diodo son:

$$v_{AK1} = 0 - v_A = -5V \qquad v_{AK2} = 0 - v_B = 0V \qquad v_{AK3} = v_C - 0 = -5V$$

Todos los diodos están polarizados en inverso (la tensión en  $D_2$  no alcanza la tensión umbral de conducción), y por tanto, la suposición es correcta.

b) El circuito a resolver se muestra ahora en la figura 2.12t.4.



**Figura 2.12t.4**

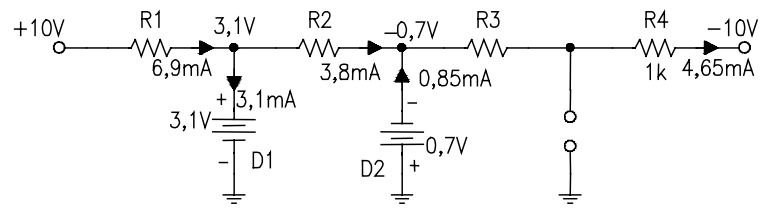
Supondremos que la situación es, otra vez,:  $D_1$  OFF,  $D_2$  OFF y  $D_3$  OFF. La figura 2.12t.3, representa, otra vez, la situación del circuito. Como hemos comprobado en el apartado anterior:

$$v_{AK1} = -5V$$

lo que implica que el diodo zener se encuentra en una situación límite de conducción, pero no conduce.

Aunque no es objeto del problema, el alumno puede intentar verificar que si el zener  $D_1$  tiene una tensión  $V_Z = 3,1V$ , la situación del circuito resulta la de la figura 2.12t.5.





**Figura 2.12t.5**