

Introducción a los Dispositivos Electrónicos (TB064)

Trabajo Práctico N°1: Diodo

1°C 2024

Mateo Acosta - 109391

1. Resolución del circuito con modelo de orden 0

Se busca hallar la corriente y la tensión sobre el diodo de la Fig. 1. Para esto se utiliza la segunda de Kirchoff:

$$V_S - V_R - v_D = 0 \quad (1)$$

$$V_S - IR_S - v_D = 0 \quad (2)$$

$$I = \frac{V_S - v_D}{R_S} \quad (3)$$

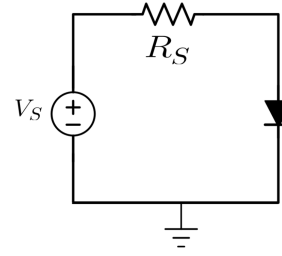


Figura 1: Circuito con un diodo y una resistencia.

Resolución con fuente de alimentación negativa: $V_{ON} = 0,7V$ $V_S = -5V$ $R_S = 1,2k\Omega$

En el modelo de orden cero, para un valor de $V_S < 0,7V$, el diodo se considera polarizado en inversa, lo que implica que la corriente que lo atraviesa es teóricamente nula.

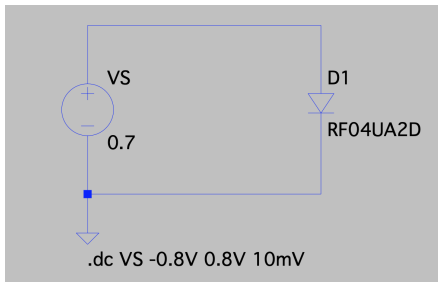
$$i_D = 0A \quad (4)$$

Resolución con fuente de alimentación positiva: $V_{ON} = 0,7V$ $V_S = 5V$ $R_S = 1,2k\Omega$

Para un valor de $V_S \geq 0,7V$ el diodo esta polarizado en directa, tomando como caída de tensión entre sus terminales: $v_D = V_{ON}$

$$I = \frac{5V - 0,7V}{1,2k\Omega} = 3,58mA = i_D \quad (5)$$

2. Simulación y extracción de parámetros



Se armó el circuito de la Fig. 1 en el software *LTspice*, utilizando un diodo D1 modelo RF04UA2D según el esquemático de la Fig. 2.

Para la simulación, se realizó un barrido de tensiones entre $-0,8V < V_S < 0,8V$ con un paso de $10mV$. A partir de esta simulación se obtuvo una tabla de datos de tensión (v_D) y corriente (i_D) particulares del diodo para cada una de las tensiones (V_S) aplicadas.

Figura 2: Esquemático de la simulación en *LTspice*

Tras obtener los valores de corriente y tensión, se generaron dos gráficos, uno en escala lineal (Fig. 3) y otro en escala semi-logarítmica (Fig. 4). Se seleccionó el rango de tensiones en la región directa del diodo entre $0,3 < v_d < 0,6$, para realizar el ajuste. Se obtuvo así la curva que mejor se ajusta a la zona del dispositivo que mas se asemeja a una recta en escala logarítmica.

A partir de esto y dada una temperatura de trabajo $T = 300K$, considerada como una temperatura ambiente estándar, se pudieron obtener los siguientes parámetros:

$$V_{Th} = 25,85 \text{ mV} \quad I_S = 4,52 \text{ pA} \quad n = 1,18$$

3. Resolución del circuito con modelo exponencial

La ecuación de la corriente del diodo (ec. 6) y la ley de mallas de Kirchoff (ec. 3) generan un sistema de ecuaciones trascendentales sin solución analítica. Por ello, se resuelve el sistema mediante el método iterativo:

$$i_D = I_S \cdot \left[\exp \left(\frac{v_D}{n \cdot V_{Th}} \right) - 1 \right] \quad (6)$$

Resolución con fuente de alimentación negativa

Para este valor de tensión de la fuente el diodo está en inversa por lo cual para comenzar la iteración se supone $i_D \simeq 0 \text{ A}$

Primera iteración:

Segunda iteración:

$$v_D = V_S - i_D \cdot R_S = -5V \quad (7) \quad v_D = -5V + 4,52 \text{ pA} \cdot 1,2k\Omega = -4,999V \quad (9)$$

$$i_D = 4,52 \text{ pA} \left[\exp \left(\frac{-5V}{nV_{Th}} \right) - 1 \right] = -4,52 \text{ pA} \quad (8) \quad i_D = 4,52 \text{ pA} \left[\exp \left(\frac{-4,999V}{nV_{Th}} \right) - 1 \right] = -4,52 \text{ pA} \quad (10)$$

Como la diferencia entre los resultados es menor al 10 % después de dos iteraciones, se consideran los valores seleccionados como los valores finales.

Resolución con fuente de alimentación positiva

Se puede despejar la tensión en el diodo (v_D) de la ec. 6. En directa fuerte, se desprecia el -1 por la gran magnitud de la exponencial. Como en este caso el diodo esta en directa comienzo iterando con $v_{Dk} = 0,6V$

Primera iteración:

Segunda iteración:

$$i_D = \frac{5V - 0,6V}{1,2k\Omega} = 3,67 \text{ mA} \quad (11) \quad i_D = \frac{5V - 0,63V}{1,2k\Omega} = 3,64 \text{ mA} \quad (13)$$

$$v_D = 1,18 \cdot 25,85 \text{ mV} \cdot \ln \frac{3,67}{4,52 \text{ pA}} = 0,63V \quad (12) \quad v_D = 1,18 \cdot 25,85 \text{ mV} \cdot \ln \frac{3,64 \text{ mA}}{4,52 \text{ pA}} = 0,63V \quad (14)$$

Dado que la diferencia entre ambos valores es menor al 10 %, se toman los valores de la última iteración.

4. Resultados y análisis

En el gráfico en escala lineal (Fig. 3), la corriente del diodo aumenta un 20 %, cuando la tensión aplicada se incrementa de 0.6 V a 0.7 V. Este comportamiento indica que el crecimiento exponencial comienza antes que la tensión de encendido del modelo de orden cero.

El gráfico en escala logarítmica (Fig. 4) muestra una diferencia de dos órdenes de magnitud entre las corrientes de saturación inversa (I_S) obtenidas por simulación y la observada a simple vista en el gráfico. Esta discrepancia podría deberse a los valores utilizados para el ajuste de la recta.

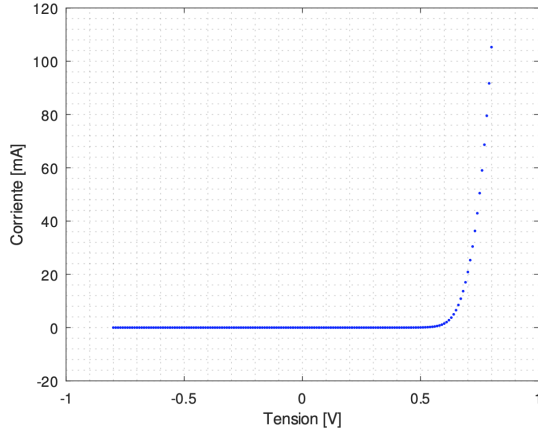


Figura 3: Gráfico del diodo en escala lineal

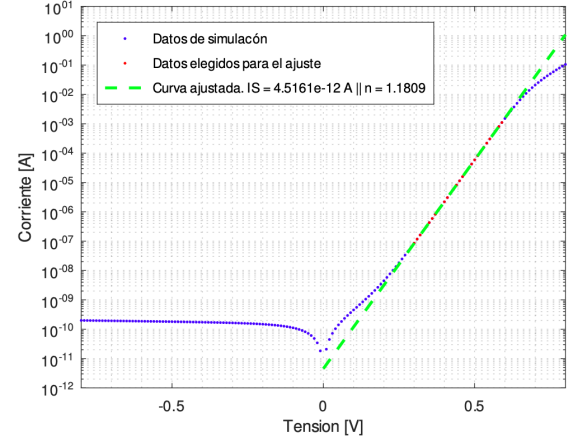


Figura 4: Gráfico del diodo en escala logarítmica

Se comparan, en la Tabla 1, los resultados obtenidos con el modelo de orden 0 frente a los del modelo exponencial.

V_S	Modelo orden cero	Modelo exponencial
-5 V	$v_D = -5\text{ V}$ $i_D = 0\text{ A}$	$v_D = -5\text{ V}$ $i_D = -4,52\text{ pA}$
5 V	$v_D = 0,7\text{ V}$ $i_D = 3,58\text{ mA}$	$v_D = 0,63\text{ V}$ $i_D = 3,64\text{ mA}$

Tabla 1: Comparativa de resultados entre modelos

Con el fin de evaluar la diferencia entre los resultados obtenidos por los dos modelos presentados, se calcula el error relativo, utilizando el valor de corriente hallado con el modelo de orden cero $i_D = 3,58\text{ mA}$ y a partir de este valor se calcula la tensión mediante el modelo exponencial:

$$v_D = 1,18 \cdot 25,85\text{ mV} \cdot \ln \frac{3,58\text{ mA}}{4,52\text{ pA}} = 0,62501\text{ V} \quad (15)$$

Calculo el error relativo respecto al modelo exponencial dado que este es el mas preciso de los dos.

$$Error_{rel} = \frac{|Valor_{ordencero} - Valor_{exponencial}|}{Valor_{exponencial}} = \frac{|0,7\text{ V} - 0,62501\text{ V}|}{0,62501\text{ V}} = 12\% \quad (16)$$

5. Conclusiones

Si bien en principio se esperaba que el modelo de orden cero se ajuste al comportamiento de este diodo, el cálculo del error relativo indica que este modelo simplifica en exceso la física del diodo, lo que resulta en una estimación imprecisa de la tensión para corrientes específicas. A su vez, en la corriente de saturación inversa se denotó una diferencia importante entre la curva de la simulación y la curva ajustada.

La principal limitación del modelo de orden cero reside en la suposición de una tensión de barrera (V_{ON}) que no se corresponde con el comportamiento real de este diodo. Esta simplificación excesiva conduce a errores significativos especialmente en la región de directa fuerte.

Para una representación más adecuada del comportamiento del diodo, se debería utilizar el modelo exponencial, que permite incorporar la dependencia de la tensión de encendido con la corriente. De esta manera, se obtienen parámetros particulares del diodo más precisos y una mejor estimación de su comportamiento eléctrico.