

 Universidad de Granada		Fundamentos Físicos y Tecnológicos		Práctica de Laboratorio 4	
Apellidos: Rodríguez Romero				Firma:	
Nombre: Antonio Javier		DNI: 77432800B			

1. Simula un circuito 5.2 formado por una fuente de continua en serie con una resistencia de $1\text{ k}\Omega$ y un diodo. Coloca sondas que permitan medir la tensión entre los extremos de la resistencia, entre los extremos del diodo así como la corriente que atraviesa cada elemento.

a) Completa la siguiente tabla realizando distintas simulaciones DC con los valores para los valores de tensión en la fuente que se muestran en ella:

V	V_R	V_d	I
0.2 V	$2.29 \cdot 10^{-9}\text{ V}$	0.2 V	$2.29 \cdot 10^{-12}\text{ A}$
0.3 V	$1.1 \cdot 10^{-7}\text{ V}$	0.3 V	$1.1 \cdot 10^{-10}\text{ A}$
0.4 V	$5.24 \cdot 10^{-6}\text{ V}$	0.4 V	$5.24 \cdot 10^{-9}\text{ A}$
0.5 V	$2.49 \cdot 10^{-4}\text{ V}$	0.5 V	$2.49 \cdot 10^{-7}\text{ A}$
0.6 V	$8.61 \cdot 10^{-3}\text{ V}$	0.591 V	$8.61 \cdot 10^{-6}\text{ A}$
0.8 V	0.137 V	0.663 V	$0.137 \cdot 10^{-3}\text{ A}$
1 V	0.316 V	0.684 V	$3.16 \cdot 10^{-4}\text{ A}$
1.5 V	0.792 V	0.708 V	$7.92 \cdot 10^{-4}\text{ A}$
2 V	1.28 V	0.721 V	$1.28 \cdot 10^{-3}\text{ A}$
2.5 V	1.77 V	0.729 V	$1.77 \cdot 10^{-3}\text{ A}$

b) Representa en una gráfica la intensidad que circula por el diodo (eje Y) frente a la diferencia de potencial entre los extremos del diodo. Realiza un ajuste exponencial de dicha ecuación calculando además el coeficiente de correlación para completar la siguiente tabla.

Curva exponencial de ajuste	Coef. correlación	I_s	q/nkT	$n (T = 19\text{C})$
$y = 1\text{E-}15\text{e}^{38,691x}$	0.9999	1E-15	$38,691$	1.02623

c) Representa en una gráfica la diferencia de potencial entre los extremos del diodo (eje Y) frente a la diferencia de potencial en la fuente (eje X). Señala las dos zonas de comportamiento que se muestran y determina la tensión umbral del diodo como la tensión en la que se produce la transición.

$$V_T = 0.8\text{V}$$

d) Representa por separado cada una de las dos zonas de comportamiento de la gráfica anterior y realiza un ajuste lineal de cada una de ellas. Calcula además el coeficiente de correlación para completar la siguiente tabla.

Zona	Ecuación de la recta	Coef. correlación
Zona I	$y = 0,982x + 0,0054$	0,9997
Zona II	$y = 0,0371x + 0,6432$	0,9136

- e) Comenta los resultados anteriores comparándolos con las representaciones vistas en clase. Utilízalos para determinar el valor de r_d del modelo empleado para simplificar el comportamiento del diodo en circuitos.

Podemos observar dos comportamientos diferentes del diodo en el circuito. Antes de alcanzar la tensión umbral en este, el diodo será equivalente a circuito abierto, ya que este no permitirá el paso de corriente a través de él. Esto se observa con los primeros 4 valores, en los que la caída de potencial en el diodo es igual al voltaje que provee la fuente. Una vez se pasa la tensión umbral, el diodo actuará como una fuente de tensión con una pequeña resistencia interna.

Debido a que el coeficiente de x de la zona II será igual a la pendiente, es decir, $V_d / V = 0,0371$:

$$\frac{V_d}{V} = \frac{I * r_d}{I * (r_d + R)} = \frac{r_d}{r_d + R} = 0.0371$$

$$0.0371 * (r_d + 2000) = r_d ; r_d = \frac{74.2}{0.9629} = 77.0588\Omega$$

2. Simula el circuito 6.3 usando $R_G = R_D = 50\text{ k}\Omega$ y $V_{DD} = 10\text{ V}$.

- a) Completa la siguiente tabla realizando distintas simulaciones DC con los valores para V_i :

V_i	V_{DS}	V_{GS}	I_D	I_G
1 V	10 V	1 V	3.97E-12 A	0 A
2 V	9.5 V	2 V	1E-5 A	0 A
2.5 V	8.87 V	2.5 V	2.25E-5 A	0 A
3 V	8 V	3 V	4E-5 A	0 A
4 V	5.5 V	4 V	9E-5 A	0 A
4.5 V	3.87 V	4.5 V	1.23E-4 A	0 A
5 V	2.76 V	5 V	1.45E-4 A	0 A
5.5 V	2.3 V	5.5 V	1.54E-4 A	0 A
6 V	2 V	6 V	1.6E-4 A	0 A
7 V	1.61 V	7 V	1.68E-4 A	0 A
8 V	1.37 V	8 V	1.73E-4 A	0 A
9 V	1.19 V	9 V	1.76E-4 A	0 A
10 V	1.06 V	10 V	1.79E-4 A	0 A

- b) ¿Coinciden los valores obtenidos para la intensidad de puerta con los esperados teóricamente?

Teóricamente, esperábamos lo que ha pasado, que V_{GS} fuera siempre igual al potencial de entrada (V_i) y que la intensidad de la puerta (“Gate”) se mantuviera en 0 A, por lo que ambas afirmaciones se han mantenido en la práctica.

- c) Pinta la característica de transferencia. ¿Coincide con la esperada teóricamente?

(Pintada en la “Hoja 2” del archivo Excel) Coincide, ya que se pueden distinguir a la perfección las tres zonas o fases por las que puede pasar el transistor. Una primera de corte que abarcará la primera y tal vez segunda medida, una lineal que abarcará las intermedias hasta llegar a la de saturación a partir del voltaje de entrada de aproximadamente 6 V.

3. Simula el circuito 6.4 usando $R_D=50 \text{ k}\Omega$.

a) Completa la siguiente tabla realizando distintas simulaciones DC con los valores para V_i :

b)

V_i	I_D	$\sqrt{I_D}$	V_{DS}
3 V	1,72E-5 A	0,00415	2,31 V
4 V	3,1E-5 A	0,00557	2,76 V
5 V	4,62E-5 A	0,0068	3,15 V
6 V	6,25E-5 A	0,00791	3,5 V
7 V	7,95E-5 A	0,00892	3,82 V
8 V	9,71E-5 A	0,00985	4,12 V

c) Representa en una gráfica la raíz cuadrada de la intensidad de drenador (eje Y) frente a $V_{GS} = V_{DS}$ (eje X).

d) Realiza un ajuste lineal de la representación anterior, determina la ecuación de la recta, su coeficiente de correlación y usa la información anterior para completar la siguiente tabla

Ecuación del ajuste	Coef. correlación	V_{th}	$\mu_n C_{ox} W/L$
$y = 0,0032x - 0,0031$	1	0,96875 V	0,00002048

Para obtener V_{th} , usaremos la expresión:

$$I_D = \frac{k}{2} * (V_{GS} - V_{th})^2$$

$$\sqrt{I_D} = \sqrt{k/2} * (V_{GS} - V_{th})$$

Como hemos realizado una gráfica en la que $y = \sqrt{I_D}$ y $x = V_{DS} = V_{GS}$, podemos usar la ecuación del ajuste para despejar V_{th} :

$$y = \left(\sqrt{\frac{k}{2}} \right) x - \left(\sqrt{\frac{k}{2}} \right) V_{th}; \left(\sqrt{\frac{k}{2}} \right) = 0,0032$$

$$\left(\sqrt{\frac{k}{2}} \right) V_{th} = -0,0031; V_{th} = -\frac{0,0031}{0,0032} = -0,96875 \text{ V}$$

$$V_{th} = 0,96875 \text{ V}$$

Para despejar k , usamos la expresión que habíamos conseguido antes al igualar al coeficiente de x :

$$k = 0,0032^2 * 2 = 0,00002048$$