
 <b>Universidad de Granada</b>		<b>Fundamentos Físicos y Tecnológicos</b>		<b>Práctica de Laboratorio 4</b>	
Apellidos: de Federico Ramos					Firma: 
Nombre: Alfredo		DNI: 77020924L		Grupo: FFT 2 infomates.	

1. Simula un circuito 5.2 formado por una fuente de continua en serie con una resistencia de  $2\text{ k}\Omega$  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	4,58E-09	0,2	2,29E-12
0.3 V	2,19E-07	0,3	1,10E-10
0.4 V	1,05E-05	0,4	5,24E-09
0.5 V	0,000492	0,5	2,46E-07
0.6 V	0,014	0,586	6,99E-06
0.8 V	0,152	0,648	7,61E-05
1 V	0,332	0,668	0,000166
1.5 V	0,809	0,691	0,000405
2 V	1,3	0,703	0,000648
2.5 V	1,79	0,711	0,000894

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	$I_s$	$q/nkT$	$n$ ( $T = 19C$ )
$1E-15e^{38,687x}$	0,9999	$10^{-15}\text{ A}$	38,687	1,02586

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.

$V_T$  = aproximadamente 0,5 V, que es el ultimo valor en el que el valor de la tensión en los extremos del diodo es igual a la de la fuente.

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	x	1
Zona II	$0,0541x + 0,5921$	0,7473

- 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.

El diodo se comporta de dos formas diferentes separadas por la tensión umbral. Hasta que se alcanza esa tensión, el diodo hace la función de circuito abierto, no dejando pasar la corriente. Esto se ve en las 4 primeras medidas de la diferencia de tensión en los extremos del diodo, donde esta es igual a la de la fuente de tensión. Una vez superada esta tensión umbral, pasa a comportarse como una fuente de tensión con cierta resistencia interna.

Esta resistencia la podemos despejar de igualar el coeficiente a  $r_d/(R+r_d)$ :

$$0,0541 = r_d(2000 + r_d);$$

$$\underline{r_d = 114 \text{ Ohmios}}$$

2. Simula el circuito 6.3 usando  $R_G = R_D = 40 \text{ k}\Omega$  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	9.6 V	2 V	1e-5 A	0 A
2.5 V	9.1 V	2.5 V	2.25e-5 A	0 A
3 V	8.4 V	3 V	4e-5	0 A
4 V	6.4 V	4 V	9e-5 A	0 A
4.5 V	5.1 V	4.5 V	0.000123 A	0 A
5 V	3.65 V	5 V	0.000159 A	0 A
5.5 V	2.91 V	5.5 V	0.000177 A	0 A
6 V	2.5 V	6 V	0.000188 A	0 A
7 V	2 V	7 V	0.0002 A	0 A
8 V	1.69 V	8 V	0.000208 A	0 A
9 V	1.47 V	9 V	0.000213	0 A
10 V	1.3 V	10 V	0.000217 A	0 A

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

Esperábamos teóricamente que la intensidad de puerta, denominada  $I_g$ , se mantuviese a 0 A sin atender a donde este el transistor colocado, que es justo lo que hemos obtenido en las simulaciones.

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

Esperábamos teóricamente 3 regiones para nuestro transistor, que podemos ver claramente en la grafica (ver Excel). La región de corte, en la que  $V_{GS}$  es menor que  $V_t$  (la tensión umbral), considerando este valor algún valor cercano a 2 V; la región de saturación, en la que  $V_{GS}$  es mayor que  $V_t$  y  $V_{DS}$  es mayor que la diferencia entre  $V_{GS}$  y  $V_t$ , que ocurre hasta los 5.5 V, y por ultimo la región lineal, donde  $V_{GS}$  es mayor que  $V_t$  y  $V_{DS}$  es menor que la diferencia entre  $V_{GS}$  y  $V_t$ .

3. Simula el circuito 6.4 usando  $R_D=40\text{ k}\Omega$ .

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

$V_i$	$I_D$	$V_{DS}$	$V_{DS}$
3 V	1.72e-5 A	0.00415	2.31 V
4 V	3.1e-5 A	0.00557	2.76 V
5 V	4.26e-5 A	0.0068	3.15 V
6 V	5.25e-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

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

c) 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.

Para calcular  $V_{th}$ , aplicamos la formula:

$$I_d = \frac{k}{2} \cdot (V_{gs} - V_{th})^2, \text{ donde } V_{gs} = V_{ds}.$$

$$\sqrt{I_d} = \sqrt{\frac{k}{2}} \cdot (V_{ds} - V_{th})$$

Para la grafica dibujada,  $x = V_{ds}$  e  $y = \sqrt{I_d}$ , por lo que:

$$y = \sqrt{\frac{k}{2}} x - \sqrt{\frac{k}{2}} \cdot V_{th}$$

Sabiendo, gracias a la ecuación del ajuste, que  $x = \sqrt{\frac{k}{2}}$ , y despejando,  $x = 0,00002048$ .

Y terminando con  $V_{th}$ , si nos fijamos en el termino independiente, -0,0031, podemos igualarlo:

$$V_{th} = \frac{0,0032}{\sqrt{\frac{k}{2}}}$$

Y como ya hemos hallado  $k$ , sustituimos:

$$V_{th} = \frac{0,0032}{\sqrt{\frac{0,00002048}{2}}} = 0,908739\text{ V}$$

Ecuación del ajuste	Coef. correlación	$V_{th}$	$\mu_n C_{ox} W/L$
$0,0032x - 0,0031$	1	$0,908739\text{ V}$	00002048

