



ASIGNATURA	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	FECHA	17 / 9 / 2003
APELLIDOS, NOMBRE	SOLUCIÓN	Nº lista	

NOTA: RESPONDER EN LOS HUECOS DEJADOS PARA TAL FIN, CON BOLÍGRAFO AZUL O NEGRO. EN LA CORRECCIÓN SE TENDRÁ EN CUENTA TANTO EL DESARROLLO (cálculos, justificaciones, ...) COMO EL RESULTADO.

## Problema 1

(20 puntos)

En el circuito de la figura 1.1, el componente X presenta una característica tensión-corriente como la mostrada en la figura 1.2:

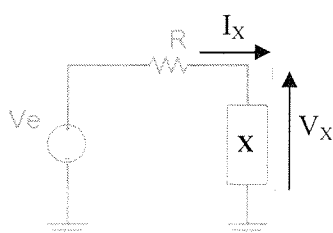


Figura 1.1

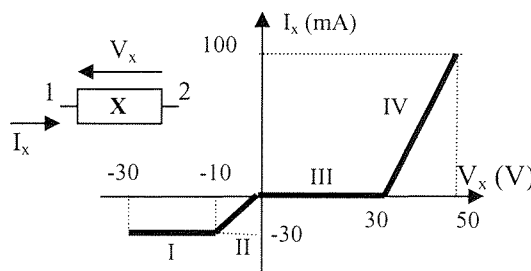


Figura 1.2

a) Dibuje la característica tensión-corriente del componente X, indicando el valor de los puntos más significativos, si la tensión y la corriente se miden con el sentido indicado en la figura 1.3. (5p)

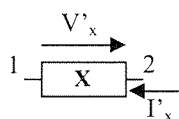
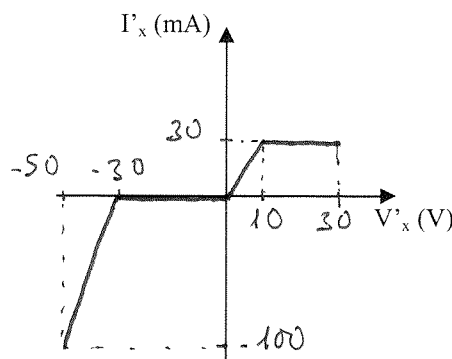


Figura 1.3



b) El resistor R pertenece a un modelo con  $P_{nm}=1W$  y  $V_{nm}=30V$ . Calcule el valor de R sabiendo que su potencia nominal es  $P_{nR}=0,5W$ . (5p)

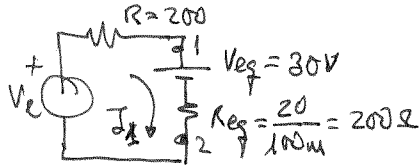
Si  $P_{nR} < P_{nm}$  esto implica que  $V_{nR} = V_{nm} = 30V$

$$\text{Luego } \boxed{R = \frac{V_{nR}^2}{P_{nR}} = \frac{30^2}{0,5} = 1,8K\Omega}$$

c) Se sabe que  $R = 200\Omega$  y que pertenece a un modelo con  $P_{nm} = 0,5W$  y  $V_{nm} = 20V$ . Calcule los valores de la señal de entrada  $V_e$  que hacen que  $R$  no se queme y el componente  $X$  no se destruya. (10p)

$$R_c = \frac{V_{nm}^2}{P_{nm}} = \frac{20^2}{0,5} = 800\Omega \quad R < R_c \quad \left\{ \begin{array}{l} P_{nR} = P_{nm} = 0,5W \\ I_{nR} = \sqrt{\frac{P_{nm}}{R}} = \sqrt{\frac{0,5}{200}} = 50mA \end{array} \right.$$

a) si  $X$  está en la zona IV. Para que ni  $X$  ni  $R$  se destruyan se debe cumplir:  $I_x \leq \min(I_{xmax}, I_{nR})$

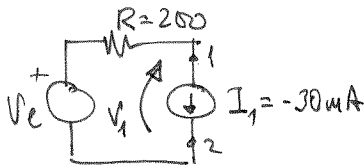


$$I_1 = \frac{V_e - V_{eq}}{R + R_{eq}} \leq I_{nR}$$

$$V_e \leq V_{eq} + I_{nR}(R + R_{eq})$$

$$\boxed{V_e \leq 30 + 50mA(200 + 200) = 50V.}$$

b) si  $X$  está en la zona I.  $|I_1| < |I_{nR}|$  luego  $R$  no se quema.



para que  $X$  no se queme se debe cumplir:

$$V_1 = V_e - I_1 R \geq V_{xmin}$$

$$\boxed{V_e \geq V_{xmin} + I_1 \cdot R = -30 - 30mA \cdot 200 = -36V.}$$

$$\boxed{-36V \leq V_e \leq 50V}$$

## Problema 2

(15 puntos)

Considérese una pastilla semiconductor de silicio de 1 cm de longitud y 50 mm<sup>2</sup> de sección. Conocemos los siguientes datos:

Concentración intrínseca del Silicio a 300K:  $n_i = 2 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

Carga del electrón =  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

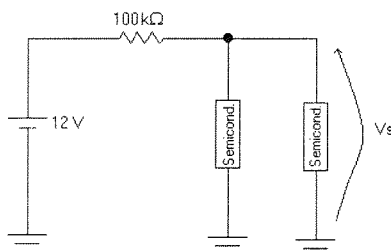
Movilidades de electrones y huecos a 300K:  $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2/V \cdot s$   $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/V \cdot s$

Conductividad:  $\sigma = q \cdot \mu$

Ley de acción de masas o Ley del producto:  $n \cdot p = n_i^2$

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}$$

a) Hemos colocado dos pastillas de silicio idénticas, como la descrita anteriormente, en el siguiente circuito. Si la temperatura es de 27°C, obtenga el valor de la tensión  $V_s$ . (5p)



$$\sigma = n_i \cdot q \cdot (\mu_n + \mu_p) = 2 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1400 =$$

$$\sigma = 4,48 \cdot 10^{-6} (\Omega \text{ cm})^{-1}$$

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{4,48 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{50 (10^{-1})^2 \text{ cm}^2}$$

$$R = 446,428 \text{ k}\Omega$$

$$R_p = R // R = 223,2 \text{ k}\Omega \Rightarrow V_s = \frac{12}{100 + 223,2} \cdot 223,2 = 8,3 \text{ V}$$

- b) Para este apartado considere que hemos dopado homogéneamente ambas pastillas, con  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  impurezas de arsénico (Pentavalente). Vuelva a calcular el valor de la tensión  $V_s$ . (5p)

$$\left. \begin{aligned} N_D &= 10^{14} \text{ cm}^{-3} = n \\ p &= \frac{n_i^2}{n} = 4 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3} \end{aligned} \right\} n \gg p \Rightarrow \sigma \approx \sigma_n = 10^{14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1000$$

$$\sigma = 0,016 \text{ (}\Omega \cdot \text{cm)}^{-1}$$

$$R = 125 \Omega \Rightarrow R_p = R / R = 62,5 \Omega$$

$$V_s = \frac{12}{100 + 0,0625} \cdot 0,0625 = 7,5 \text{ mV}$$

- c) Si hubiésemos dopado con  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  impurezas de boro (Trivalente), indicar, justificadamente, si la intensidad por el resistor de  $100 \text{ k}\Omega$  sería mayor o menor que en el apartado b. (Nota: no hay que dar cantidades numéricas, solo hay que decir si es mayor o menor y por qué lo es.) (5p)

$$\sigma_p < \sigma_n \Rightarrow R_p > R_n \Rightarrow I_{\text{caso } p} < I_{\text{caso } n}$$

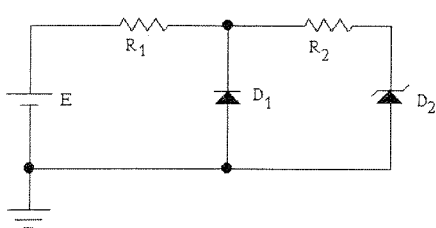
### Problema 3

(20 puntos)

Para los siguientes apartados conocemos los datos de los diodos que se utilizan:

$$D_1 \begin{cases} V_{\gamma 1} = 0,6 \text{ V} \\ I_s = 0 \end{cases} \quad D_2 \begin{cases} V_Z = 6 \text{ V} \\ I_{Zk} = 0 \\ I_{ZM} = ? \\ V_{\gamma 2} = 0,6 \text{ V} \end{cases}$$

- a) En el circuito de la figura 3.1 se sabe que los resistores  $R_1$  y  $R_2$  están afectados por un coeficiente de temperatura de  $C_T = 200 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ . Halle el punto de polarización de los dos diodos a  $T_2 = 65^\circ\text{C}$ . (Nota: suponer que a los diodos no les afectan los cambios de temperatura). (10 p)



Datos:

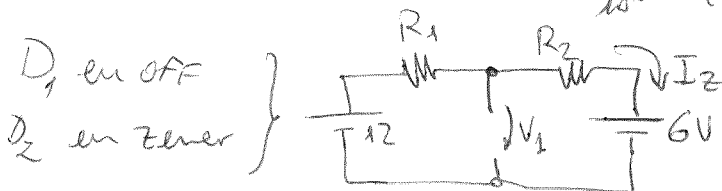
$$E = 12 \text{ V}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} \begin{cases} R_1 = 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 = 2 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$CTR = \frac{1}{R(T_1)} \cdot \frac{R(T_2) - R(T_1)}{T_2 - T_1} \cdot 10^6$$

Figura 3.1

$$T = 65^\circ\text{C} \begin{cases} R_1 = 1000 + 1000 \cdot \frac{200}{10^6} \cdot (65 - 27) = 1007,6 \Omega \\ R_2 = 2000 + 2000 \cdot \frac{200}{10^6} \cdot (65 - 27) = 2015,2 \Omega \end{cases}$$



$$I_2 = \frac{6}{R_1 + R_2} = 1,98 \text{ mA}$$

$$V_1 = -12 + R_1 \cdot I_2 = -10 \text{ V}$$

$$Q_{D1} \begin{cases} V_1 = -10 \text{ V} \\ I_1 = 0 \end{cases}$$

$$Q_{D2} \begin{cases} V_2 = -6 \text{ V} \\ I_2 = -1,98 \text{ mA} \end{cases}$$

- b) En el circuito de la figura 3.2 se mide el desplazamiento del cursor de  $R_v$  mediante el parámetro  $\alpha$ . Halle la **potencia nominal mínima** de  $R_v$  y de  $R_2$  y la  $I_{ZM}$  del zener para que ninguno de los tres se destruya en el valor más desfavorable de  $\alpha$ . (Nota: para este apartado no considere los efectos de la temperatura.) (6 p)

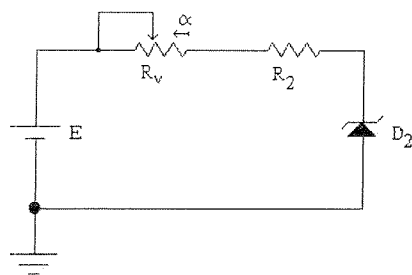


Figura 3.2

Datos:

$E = 20 \text{ V}$   $\rightarrow D_2$  en zener

$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_{Vn} = 1 \text{ k}\Omega$

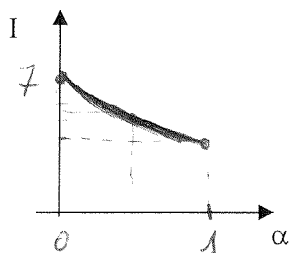
$$I = \frac{20 - 6}{R_v + R_2} \rightarrow I_{max} = \frac{14}{2} = 7 \text{ mA}$$

$$I_{ZM} \geq 7 \text{ mA}$$

$$P_{R_v} \geq 1000 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^2 = 49 \text{ mW}$$

$$P_{R_2} \geq 2000 (7 \cdot 10^{-3})^2 = 98 \text{ mW}$$

- c) En el circuito de la figura 3.2, suponiendo que ningún componente se destruye para todo valor de  $\alpha$ , represente la relación entre la intensidad por  $D_2$  y la posición del cursor  $\alpha$ , indicando al menos **tres valores** de la gráfica. (4 p)



Datos:

$E = 20 \text{ V}$

$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_{Vn} = 1 \text{ k}\Omega$

$$I = \frac{E - V_z}{R_2 + \alpha R_v}$$

$$\alpha = 0 \rightarrow I = 7 \text{ mA}$$

$$\alpha = 1 \rightarrow I = 4,7 \text{ mA}$$

$$\alpha = 0,5 \rightarrow I = 5,6 \text{ mA}$$

## Problema 4

(20 puntos)

Del circuito de la figura 4.1 se conocen los siguientes datos:

Diodo:

Ideal.

Transistor:

$$V_{BE\gamma} = -0,6V$$

$$\beta = 100$$

$$V_{CEsat} = -0,2V$$

$$R_b = 10k\Omega$$

$$R_c = 100\Omega$$

$$R_L = 1k\Omega$$

$$V_1 = 3V$$

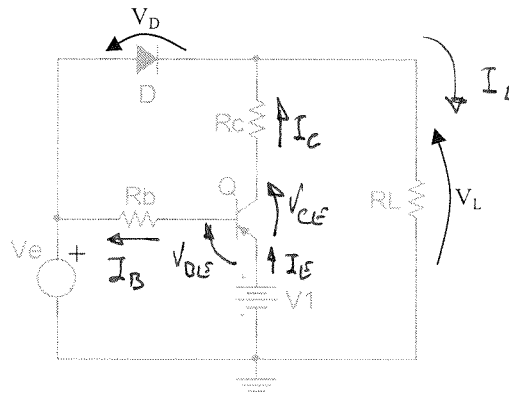


Figura 4.1

- a) Dada la tensión de entrada  $V_e(t)$  de la figura 4.2, dibuje las formas de onda de la tensión de salida,  $V_L(t)$ , y la tensión en el diodo,  $V_D(t)$ , calculando, justificadamente, los valores más significativos de ambas señales. (10p)

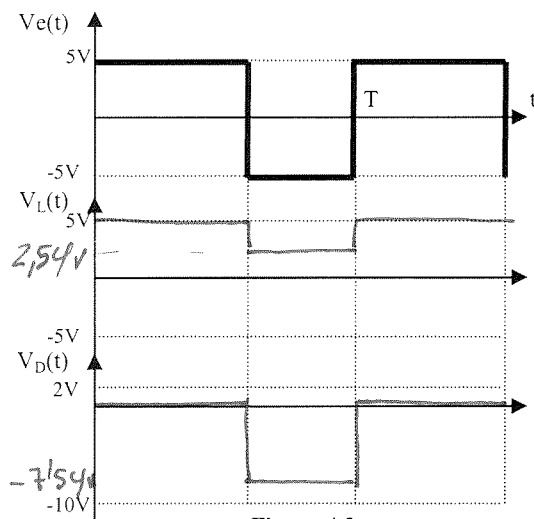
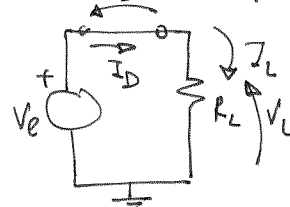


Figura 4.2

a) si  $V_e(t) = 5V$  supongo  $\left\{ \begin{array}{l} D \text{ en ON} \\ Q \text{ en corte} \end{array} \right.$

el cto. equivalente resultante será:



$$\text{con } I_B = I_C = I_E = 0.$$

$$I_L = I_D = \frac{V_e}{R_L} = \frac{5}{1K} = 5mA > 0 \text{ luego}$$

$$D \text{ está en ON } \boxed{V_D = 0}$$

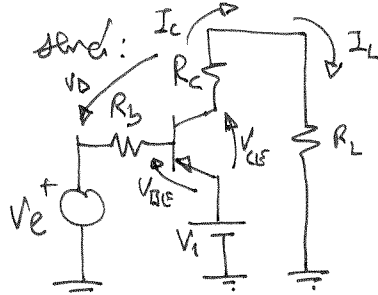
ec. de la malla de base:

$$V_e - V_{BE} - V_1 = -I_D R_b = 0 \quad V_{BE} = V_e - V_1 = 5 - 3 = 2V$$

$V_{BE} > V_{BE\gamma}$  luego  $Q$  está en corte.

$$\boxed{V_L = V_e = 5V}$$

b) si  $V_e(t) = -5V$  supongo  $\left\{ \begin{array}{l} D \text{ en OFF} \\ Q \text{ en conducción, en saturación} \end{array} \right.$



el cto equivalente  $V_{CE} = V_{CEsat}$ ,  $V_{BE} = V_{BE\gamma}$

• malla de base:  $V_e - V_{BE\gamma} - V_1 = -I_D R_b$

$$I_B = \frac{-V_e + V_{BE\gamma} + V_1}{R_b} = \frac{-(-5) + (-0,6) + 3}{10K} = 0,74mA$$

• malla de colector:  $-V_1 - V_{CEsat} = I_C (R_c + R_L)$

$$I_C = \frac{V_1 + V_{CEsat}}{R_c + R_L} = \frac{3 + (-0,2)}{1K1} = 2,54mA$$

$$I_C < \beta I_B = 100 \cdot 0,74mA = 74mA \text{ luego el trt está en sat.}$$

$$\boxed{V_L = I_C \cdot R_L = 2,54mA \cdot 1K = 2,54V}$$

$$\boxed{V_D = V_e - V_L = -5 - 2,54 = -7,54V} < 0 \text{ luego } D \text{ en OFF}$$

- b) En este apartado se ha **quitado el diodo**. Calcule para qué valor de la tensión de entrada  $V_e(t)$  el transistor está en el límite entre Activa y Saturación. Indique, **justificadamente**, para qué valores de  $V_e(t)$  el transistor está en Saturación. (10p)

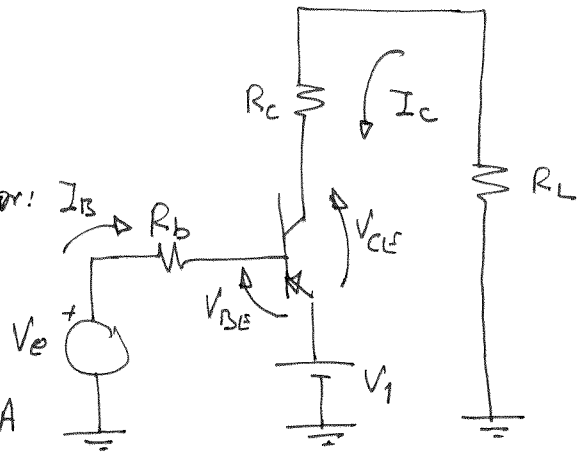
En el límite entre Activa y Saturación se cumple:

$$\left. \begin{aligned} V_{BE} &= V_{BEY} \\ V_{CE} &= V_{CEsat} \\ I_C &= \beta I_B \end{aligned} \right\}$$

ecuación de la malla de colector:

$$-V_{CEsat} - V_1 = I_C (R_C + R_L)$$

$$I_C = \frac{-V_{CEsat} - V_1}{R_C + R_L} = \frac{-(-0.2) - 3}{1K1} = -2.54mA$$



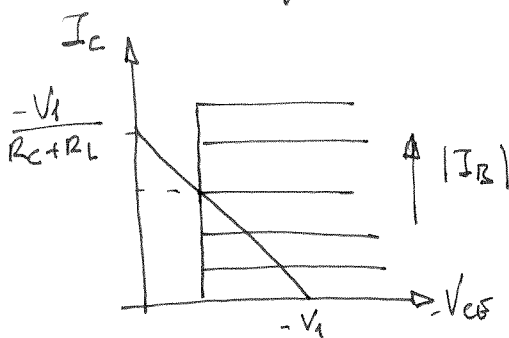
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2.54mA}{100} = -25.45\mu A = I_{Blim.}$$

ecuación de la malla de base

$$V_e - V_{BEY} - V_1 = I_B R_b \quad \text{en el límite} \quad V_e = V_{BEY} + V_1 + I_{Blim.} \cdot R_b$$

$$V_e = -0.6 + 3 - 25.45\mu A \cdot 10K =$$

Valor de la  $V_e$  que hace que el transistor esté en el límite entre Activa y Saturación.  $\rightarrow \boxed{V_e = 2.145V}$



si  $V_e < V_{elin} = 2.145V$   $|I_B| \uparrow$   
el transistor se va a saturación.

$$\boxed{V_e \leq 2.145V}$$

## Problema 5

(25 puntos)

La figura 5.1 muestra un circuito en el que se utiliza un transistor MOSFET de acumulación, del que se conocen las características de la figura 5.2. Responda las siguientes cuestiones:

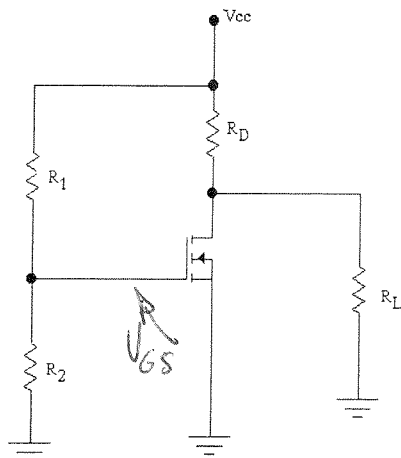


Figura 5.1

Datos:

$$R_1 = 12 \text{ k}\Omega$$

$$R_D = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

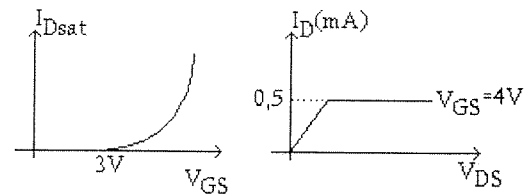


Figura 5.2

- a) Halle los valores de  $R_2$  para que el transistor permanezca en zona de corte. (7 p)

Corte si  $V_{GS} < 3V$

$$V_{GS} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \leq 3 \Rightarrow \boxed{R_2 \leq 4 \text{ k}\Omega}$$

- b) Si el transistor está en corte, ¿qué potencia estará disipando el resistor  $R_L$ ? (8 p)

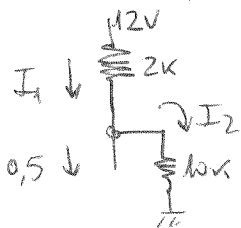
$$I_{R_L} = \frac{V_{CC}}{R_D + R_L} = 1 \text{ mA} \Rightarrow P_{R_L} = 10 \cdot 10^3 (1 \cdot 10^{-3})^2 = 10 \text{ mW}$$

- c) Si  $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$ , halle el punto de polarización del transistor y la potencia que estará disipando. (10 p)

$$I_{R_2} = \frac{12}{12+6} = \frac{2}{3} \text{ mA} \rightarrow V_{GS} = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4 \text{ V}$$

Supongo saturación  $\Rightarrow I_D = 0,5 \text{ mA}$

$$V_{DSAT} = 4 - 3 = 1 \text{ V}$$



$$12 = 2 \cdot I_1 + 10 I_2$$

$$I_2 = 0,92 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = 0,92 \cdot 10 = 9,2 \text{ V} > 1 \text{ V} \rightarrow \text{no saturado.}$$

$$I_1 = 0,5 + I_2$$

$$Q \begin{cases} V_{GS} = 4 \text{ V} \\ V_{DS} = 9,2 \text{ V} \\ I_D = 0,5 \text{ mA} \end{cases}$$

$$P_{Dis} = 9,2 \cdot 0,5 = 4,6 \text{ mW}$$

Ecuaciones transistores MOSFET

Ecuación de Corte:  $I_D = 0$

Ecuación de Saturación:  $I_D = k (V_{GS} - V_T)^2$

Ecuación de Óhmica:  $R_{DS} = 1 / (k (V_{GS} - V_T))$

Nota:  $V_{DSat} = V_{GS} - V_T$