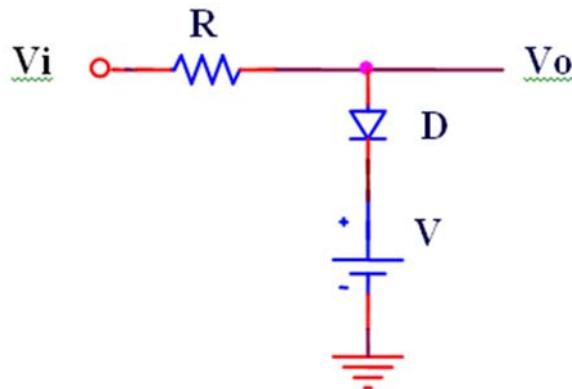


## 10 Cuestiones de TEORIA (6 puntos) . Puntuación: BIEN:+0.6 puntos. MAL: -0.15 puntos, N.C: 0

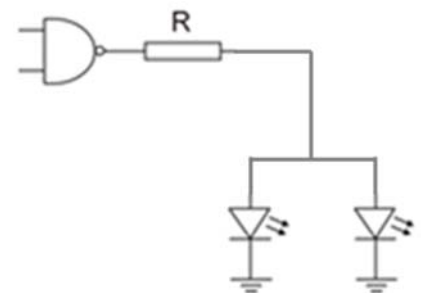
1. En el circuito de la figura y suponiendo  $V = 2V$  y  $V_Y = 0.7V$  para el diodo. Se puede **AFIRMAR** que:

- [A] Si la tensión de entrada ( $V_i$ ) es positiva, el diodo conduce y la tensión de salida ( $V_o$ ) es 2V.
- [B] Si la tensión de entrada ( $V_i$ ) es menor que +2.7V, la salida  $V_o$  es igual a  $V_i$ , pues no hay caída de potencial en R.
- [C] Si la tensión de entrada ( $V_i$ ) es negativa, el diodo no conduce y la tensión de salida ( $V_o$ ) es 0V.
- [D] Cuando la tensión de entrada ( $V_i$ ) es positiva y mayor que +2.7V, el diodo conduce y la salida  $V_o$  es igual a  $V_i$ .
- Mientras la tensión de entrada ( $V_i$ ) no supere la tensión  $(V + V_Y) = 2.7V$ , el diodo no conduce y, por tanto, no hay corriente por el circuito.



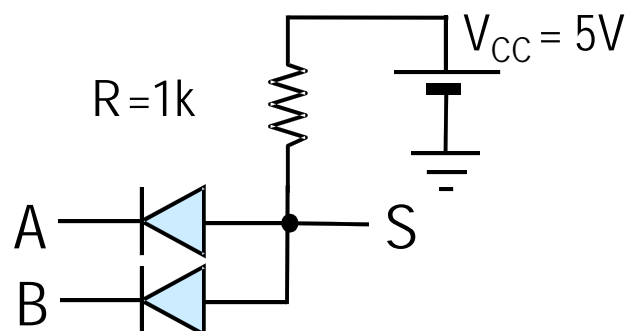
2. Dado el circuito de la figura con diodos LED, indique cuál de las siguientes afirmaciones es **CORRECTA**, teniendo en cuenta que para los LED,  $V_{LED}=1.5V$  e  $I_{LED}=15mA$ , y para la puerta NAND,  $V_{OL}=0.15V$  y  $V_{OH}=4.5V$  ( $V_{CC} = 5V$ ).

- [A] En el nivel lógico alto de salida, los LED brillarán adecuadamente con una resistencia R mayor de 100Ω.
- [B] En el nivel lógico bajo de salida, los LED brillarán adecuadamente con una resistencia R menor de 200Ω.
- [C] En el nivel lógico alto de salida, los LED brillarán adecuadamente con una resistencia R de 100Ω.
- [D] Los LED no llegarán a brillar para ninguno de los niveles lógicos de salida de la puerta NAND.
- El circuito está diseñado para que los leds se iluminen con una salida a nivel alto de la puerta NAND.
- $$V_{OH} - 2 \cdot I_{LED} \cdot R - V_{LED} = 0V$$
- $$R = (V_{OH} - V_{LED}) / 2 \cdot I_{LED}$$
- $$R = (4.5V - 1.5V) / 30mA = 0.1k \Omega = 100\Omega \text{ (No debe ser mayor, pues entonces la corriente sería menor que la requerida).}$$



3. Para el circuito con diodos de la figura y suponiendo que  $A = "0"$  (0V) y  $B = "1"$  (5V) señale la afirmación **CORRECTA**, considerando  $V_Y = 0.7V$  para ambos diodos:

- [A]  $V_{AK} = -4.3V$  para el diodo cuya entrada es B.
- [B] La tensión de la salida S es de 5V.
- [C] Se trata de una puerta OR de dos entradas.
- [D] La corriente que circula por la resistencia se reparte por los diodos.
- El diodo cuya entrada es A conduce, por lo que la tensión de su ánodo es:
- $$V_S = 0V + 0.7V$$
- El diodo cuya entrada es B está cortado, por lo que las tensiones de sus terminales son:
- $$V_A = 0.7V \text{ (ánodo) y } V_K = 5V \text{ (cátodo).}$$
- Por tanto:  $V_{AK} = V_A - V_K = 0.7V - 5V = -4.3V$



4. Acerca de las características del transistor MOSFET, señale la afirmación **FALSA**.

[A] Permiten una alta densidad de integración, adecuada para los circuitos VLSI.

[B] **Presentan un alto consumo.**

[C] Presentan una alta impedancia de entrada.

[D] Son unipolares y simétricos.

Los transistores MOSFET presentan un bajo consumo.

5. En el circuito con transistor de la figura, y para los datos que se indican, indique la afirmación **FALSA**.

Datos:  $\beta = 100$ ,  $V_{BE(ON)} = 0.7V$ ,  $V_{CE(SAT)} = 0.2V$

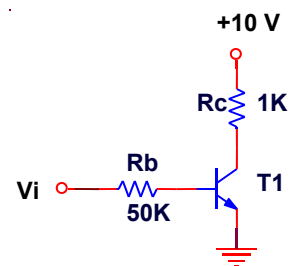
[A] Para una  $V_i = 2.7$ , la  $V_{CE} = 6V$

[B] En saturación la  $I_C$  es de  $9.8mA$

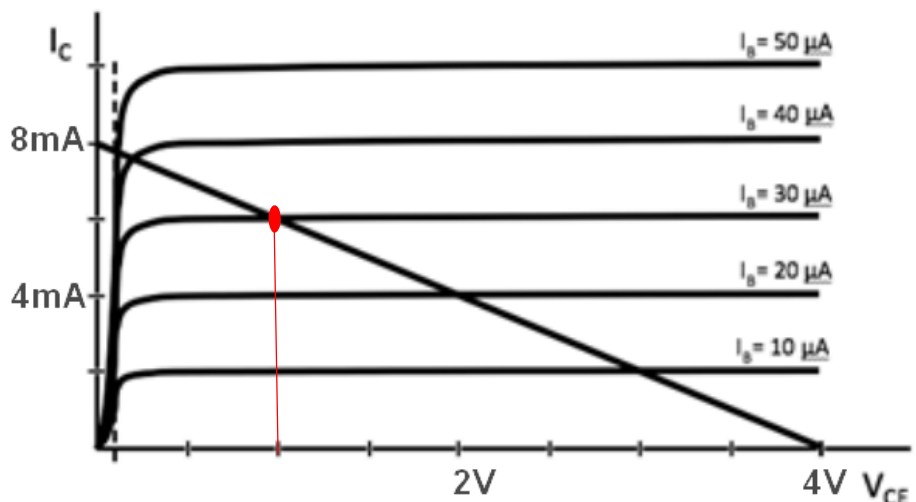
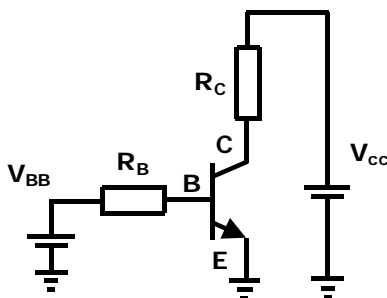
[C] El transistor comienza a conducir para  $V_i > 0.7V$

[D] **En saturación, si aumenta la  $V_i$ , aumenta la  $I_C$**

En saturación la  $I_C$  permanece constante, independientemente de  $V_i$  y se calcula para  $V_{CE(SAT)} = 0.2V$



6. Para el circuito de la figura se han representado las curvas características del transistor y la recta de carga del circuito. Indique cuál de las siguientes afirmaciones es **FALSA**: (Datos:  $R_B = 100k\Omega$ ;  $V_{BE(ON)} = 0.7V$ ;  $V_{CE(SAT)} = 0.2V$ )



[A]  $R_C = 0.5k\Omega$

[B]  $\beta = 200$

[C] Con  $I_B = 40\mu A$ , si aumentamos  $V_{CC}$  de  $4V$  a  $8V$  el transistor pasaría de estar en saturación a estar en activa.

[D] **Para una  $V_{BB}$  de  $3.7V$ , estamos en zona de saturación.**

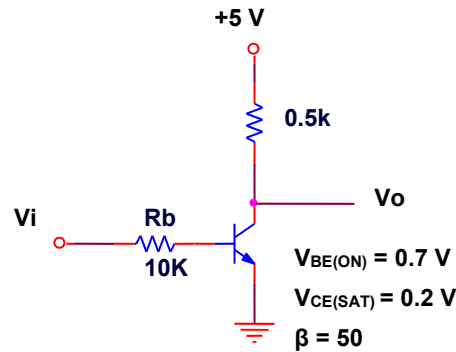
Para  $V_{BB} = 3.7V$   $I_B = (V_{BB} - V_{BE(ON)}) / R_B$

$I_B = (3.7V - 0.7V) / 100k\Omega = 0.03mA = 30\mu A$

Según se ve en la curva característica de  $I_B = 30\mu A$ , la recta de carga corta en la zona activa ( $1V$ )

7. En el circuito inversor con BJT de la figura, ¿Para qué valor de  $V_i$  está en el límite entre activa y saturación?

- [A]  $V_i = 0.7V$   
 [B]  $V_i = 2.7V$   
 [C]  $V_i = 1.92V$   
 [D]  $V_i = 2.62V$
- $5V - I_C \cdot 0.5k - V_{CE(SAT)} = 0V$   
 $I_C = (5V - 0.2V) / 0.5k = 9.6mA$   
 $I_B = I_C / \beta = 9.6mA / 50 = 0.192mA$   
 $V_i = V_{BE(ON)} + I_B \cdot R_b$   
 $V_i = 0.7V + 1.92V = 2.62V$



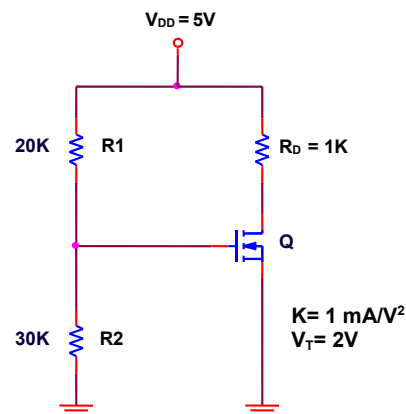
8. Señale la afirmación **FALSA** acerca del transistor MOSFET de canal N.

- [A] En la zona de saturación, la corriente  $I_{DS}$  es constante al variar  $V_{DS}$ .  
 [B] En la zona óhmica, la  $R_{ON}$  equivalente es mayor cuanto mayor es  $V_{GS}$ .  
 [C] El límite entre la zona óhmica y la de saturación se encuentra cuando  $V_{DS} = V_{GS} - V_T$ .  
 [D] La saturación se da cuando  $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$ .  
 $R_{ON} = 1 / 2K(V_{GS} - V_T)$   
 Según la fórmula simplificada de la zona óhmica, cuanto mayor es  $V_{GS}$  menor es  $R_{ON}$ .

9. Dado el circuito de polarización con MOSFET de la figura, señale la afirmación **CORRECTA**:

$$I_{DS(SAT)} = K (V_{GS} - V_T)^2; \quad I_{DS(OHM)} = K [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

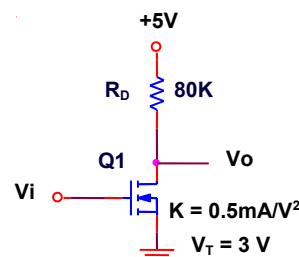
- [A] El MOSFET está en la zona óhmica.  
 [B] El MOSFET está en el límite entre las zonas óhmica y de saturación.  
 [C] El MOSFET está saturado.  
 [D] El MOSFET está en corte.
- Como la corriente de puerta  $I_G = 0$ , en la entrada se tiene un divisor resistivo:  
 $V_{GS} = 30k \cdot (5V / (20k + 30k)) = 3V$   
 $V_{GS} > V_T$ ,  $3V > 2V$  entonces el MOSFET conduce.  
 Hipótesis: consideramos saturación  
 $I_{DS} = K(V_{GS} - V_T)^2 = (1mA/V^2) \cdot (3V - 2V)^2 = 1mA$   
 $V_{DS} = V_{DD} - I_{DS} \cdot R_D = 5V - 1mA \cdot 1k = 4V$   
 $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ ,  $4V > 1V$  entonces se comprueba que está saturado.



10. Indique los niveles mínimo y máximo de la tensión de salida  $V_o$  en el inversor lógico de la figura, si  $V_i$  es una onda cuadrada con valores mínimo y máximo de 0V y 5V. Suponga que en la zona óhmica se puede utilizar la siguiente expresión aproximada de la corriente:

$$I_{DS(ON)} \approx 2K(V_{GS} - V_T) V_{DS}$$

- [A] 0V y 4.7V  
 [B] 0.05V y 5V  
 [C] 0.08V y 4.5V  
 [D] 0.03V y 5V
- Cuando  $V_i = 0V (< V_T)$  el transistor está cortado, por lo que  $V_o = 5V$   
 Cuando  $V_i = 5V$  el transistor está en zona óhmica, por tanto se puede calcular:  
 $R_{ON} = 1 / (2K(V_{GS} - V_T))$   
 $R_{ON} = 1 / (2 \cdot 0.5 \cdot (5V - 3V)) = 0.5k$   
 Por la fórmula del divisor resistivo:  
 $V_o = 0.5K \cdot (5V / (0.5k + 80k)) = 0.03V$



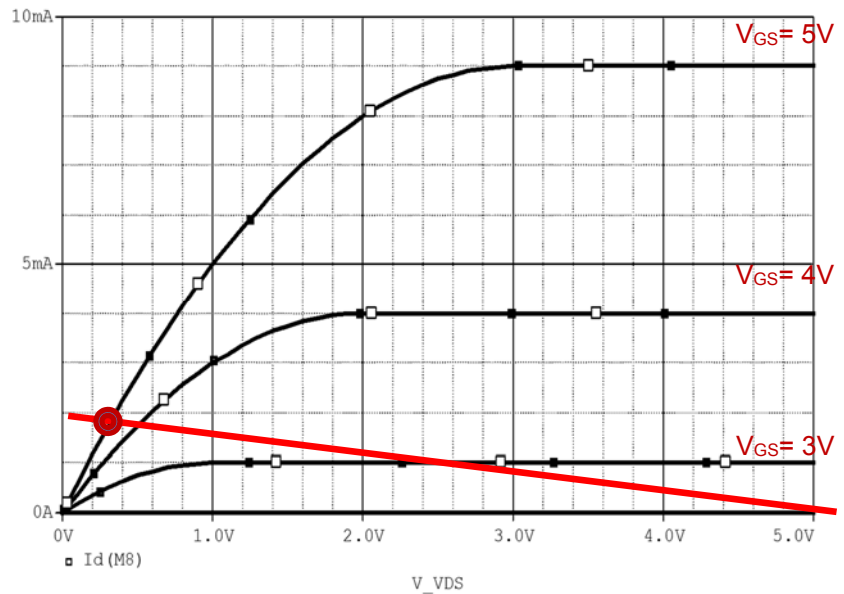
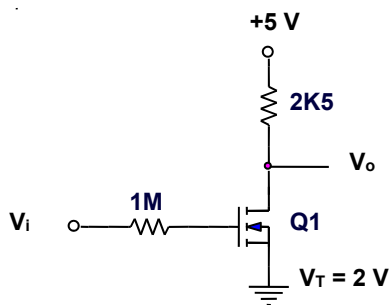
Apellidos:

Nombre:

**PROBLEMA 1 (4 PTOS)**

El circuito de la figura es una puerta lógica NMOS. Se pide:

**Nota:** En zona óhmica utilice la expresión aproximada  $I_{DS} \approx 2K(V_{GS} - V_T) V_{DS}$ , y en saturación  $I_{DS} = K(V_{GS} - V_T)^2$



**Nota:** Las curvas representadas son para incrementos de 1V de  $V_{GS}$ .

[A] (20%) Obtenga a partir de la gráfica el valor de la tensión umbral  $V_T$  y de la transconductancia  $K$  del transistor MOSFET. Justifique la respuesta.

En la curva correspondiente a  $V_{GS}=5V$ , se observa que el límite entre la zona de saturación y la zona óhmica corresponde a  $V_{DS}=3V$ , por lo que  $V_T=V_{GS}-V_{DS}=5V-3V=2V$

Para calcular  $K$ , tomemos la curva de , por ejemplo  $V_{GS}=5V$ . En saturación tendremos a partir de la gráfica, que:  
 $I_{DS}=9mA=K(5-2)^2$ , de donde obtendremos  $K$ :  
 $K=9mA/9V^2=1mA/V^2$

 $V_T=2$  (V) $K=1$  (mA/V<sup>2</sup>)

[B] (20%) Calcule el punto de trabajo Q ( $V_{GS}$ ,  $V_{DS}$ ,  $I_{DS}$ ) y el valor lógico de salida  $V_o$  con una entrada a "1" ( $V_i=5V$ ). Justifique la respuesta. (Sugerencia: calcule el valor de la resistencia equivalente  $R_{ON}$ )

El circuito es un inversor lógico, por lo que, si la entrada es un "1" lógico, el transistor estará en zona óhmica y la salida será un "0" lógico.

Para calcular la tensión de salida, el MOSFET lo representaremos por su resistencia equivalente  $R_{ON}$  que calculamos mediante la fórmula:

$$R_{ON} = 1 / (2 * K * (V_{GS} - V_T)) = 1 / (2 * 1 * (5 - 2)) = 1/6 = 0.1666 \text{ kOhm}$$

Y la tensión de salida será :

$$V_{DS}=V_o = 5V * (0.1666 / (2.5 + 0.1666)) = 0.3125 \text{ V, (Valor lógico: "0", como era de esperar)}$$

$$Y \text{ la } I_{DS} = 5V / (2.5 + 0.1666) = 1.875 \text{ mA}$$

 $V_o=$  "0" $V_{GS}=5$  (V) $V_{DS}=0.3125$  (V) $I_{DS}=1.875$  (mA) $R_{ON}=0.1666$ (KOhm)

[C] (10%) Dibuje sobre las curvas características, la recta de carga y el punto de trabajo del apartado anterior. Justifique la respuesta.

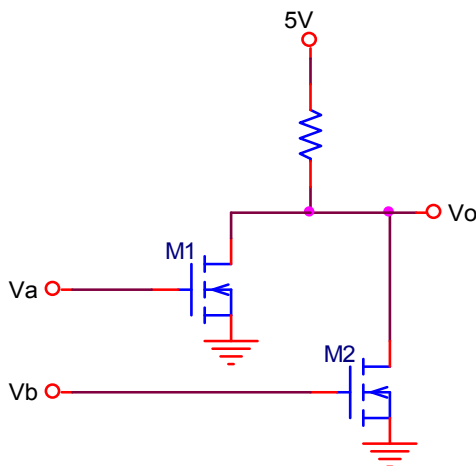
La recta de carga cortara el eje de abscisas en  $V_{DS}=5V$  y en el de ordenadas en  $I_{DS}=5V/2.5k=2mA$   
Y el punto de trabajo será la intersección de esta recta con la curva de  $V_{GS}=5V$

[D] (15%) Si  $V_i = 3V$ , ¿en qué zona de funcionamiento se encontrará el transistor? Se recomienda el uso de la gráfica. Justifique la respuesta.

A la vista de la recta de carga y la curva de  $V_{GS} = 3V$ , se observa que intersectan claramente en la zona correspondiente a la saturación, por lo que el MOSFET estará en SATURACION.

Zona de funcionamiento: **SATURACION**

[E] (15%) Partiendo del diseño base del inversor, dibuje el circuito de una puerta **NOR NMOS** de 2 entradas, y rellene la tabla de verdad adjunta.



Va	Vb	M1 (OFF/ON)	M2 (OFF/ON)	Salida (Valor lógico)
0	0	OFF	OFF	1
0	1	OFF	ON	0
1	0	ON	OFF	0
1	1	ON	ON	0

[F] (20%) Calcule la tensión de salida de la puerta **NOR** de 2 entradas del apartado anterior cuando las entradas son  $V_a=5V$  y  $V_b=5V$ . Nota: se recomienda el uso de la resistencia equivalente del MOSFET calculada en el apartado B, y tómese la resistencia de drenador  $R_D = 2k\Omega$

Cuando las dos entradas están a nivel alto, cada MOSFET es equivalente a una resistencia de valor  $R_{ON}$ , por lo que la resistencia conjunta será el paralelo de las dos, es decir,  $R_{ON}/2 = 0.1666/2 = 0.0833 k\Omega$ , por lo que la salida será la de un divisor resistivo con una  $R_D = 2k\Omega$  y una resistencia equivalente de los dos MOSFET de  $0.0833k\Omega$ :

$$V_{SALIDA} = 5V * (0.08333 / 2.58333) = 0.1613 V$$

$$V_{SALIDA} = 0.1613 (V)$$