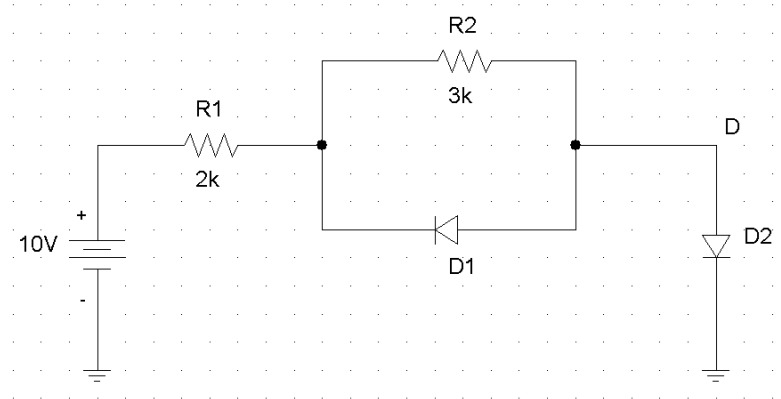


## 10 Cuestiones de TEORÍA (6 puntos) . Puntuación: BIEN +0.6 ptos., MAL -0.15 ptos, N.C 0

1. Resolviendo el circuito de la figura se puede afirmar que la tensión en el punto D es:

( $V_\gamma=0.7V$  para ambos diodos)

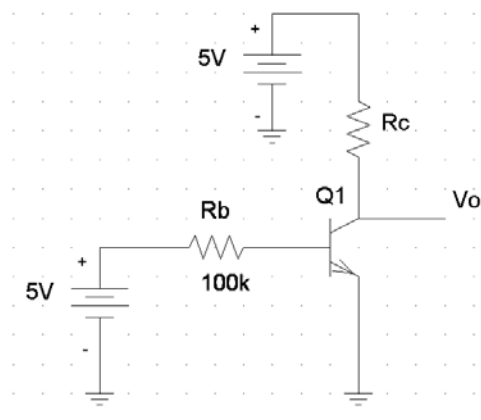
- [A] 0V  
 [B] 10V  
 [C] 0,7V  
 [D] 1,4V



2. Dado el circuito de la figura, diseñe la resistencia  $R_c$  para que el transistor funcione en zona de saturación.

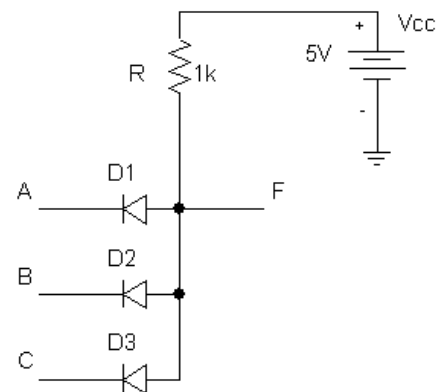
( $V_{BE(ON)}=0.7V$ ,  $V_{CE(SAT)}=0.2V$  y  $\beta=100$ ).

- [A]  $R_c \leq 1,12k$   
 [B]  $R_c \geq 1,12k$   
 [C]  $R_c \geq 0,5k$   
 [D]  $R_c \leq 0,5k$



3. Dado el circuito lógico con diodos y resistencia de la figura, indique la respuesta FALSA (suponga  $V_\gamma = 0.7V$  para los diodos):

- [A] Se trata de una puerta AND de 3 entradas.  
 [B] Si  $A = B = "1"$  (5V) y  $C = "0"$  (0V), conduce el diodo D3 y  $F = "0"$  (0.7V aproximadamente)  
 [C] Si  $A = B = C = "1"$  (5V), los 3 diodos están cortados y  $F = "1"$  (5V aproximadamente)  
 [D] En caso de que una o más entradas sean "0" (0V), el consumo del circuito (la corriente que proporciona  $V_{cc}$ ) es de 5 mA



4. En relación a los dispositivos electrónicos que se emplean en el diseño de circuitos lógicos, indique la afirmación FALSA:

- [A] Con diodos y resistencias se pueden diseñar funciones AND y OR, pero no la NOT.  
 [B] Los transistores permiten diseñar funciones AND, OR y también NOT.  
 [C] En modo digital, el funcionamiento de los transistores se puede aproximar a interruptores abiertos/cerrados controlados por corriente (en el caso de los MOSFET) o tensión (en el caso de los BJT).  
 [D] En términos generales, los transistores MOSFET se utilizan más que los BJT en los circuitos lógicos, pues tienen un menor consumo y una mayor densidad de integración.

5. Se pretende conectar la salida de una puerta de la familia A, alimentada a 5V con una entrada de otra puerta de la familia B alimentada a 9V. A partir de las especificaciones de las familias A y B indicadas en las tablas adjuntas y considerando que el circuito A tiene salida estándar, se puede afirmar que:

- [A] Se pueden conectar directamente.  
 [B] Se necesita una resistencia de pull-up conectada entre la salida y 9V.  
 [C] Se necesita intercalar un buffer colector abierto y una resistencia de pull-up conectada entre la salida y 9V.  
 [D] Se necesita intercalar un buffer colector abierto y una resistencia de pull-up conectada entre la salida y 5V.

Familia A			
$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
2.0 V	0.8 V	2.4 V	0.4 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
40 $\mu$ A	-1.6 mA	-400 $\mu$ A	16 mA

Familia B			
$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
6.3 V	2.7 V	8.9 V	0.1 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
20pA	-20pA	-0.5 mA	0.5 mA

6. Teniendo en cuenta las tablas siguientes, el margen de ruido en la conexión A→B y en la B→A, serán:

Familia A			
$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
2 V	0.7 V	2.5 V	0.4 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
20 $\mu$ A	-400 $\mu$ A	-400 $\mu$ A	4 mA

Familia B			
$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
2 V	0.8 V	2.4 V	0.4 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
40 $\mu$ A	-1.6 mA	-400 $\mu$ A	16 mA

- [A] 0.4V y 0.4V respectivamente.  
 [B] 0.4V y 0.3 V respectivamente.  
 [C] 0.5V y 0.3V respectivamente.  
 [D] La conexión A→B no se puede hacer, porque las tensiones no son compatibles.

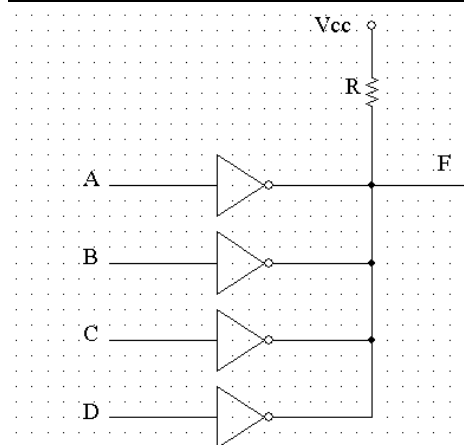
7. Dado el circuito de la figura, realizado con puertas TTL con salida en colector abierto, indique cuál es la expresión lógica CORRECTA de la función de la salida F en función de las entradas A B C y D del circuito:

[A]  $F = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$

[B]  $F = \overline{(A + B + C + D)}$

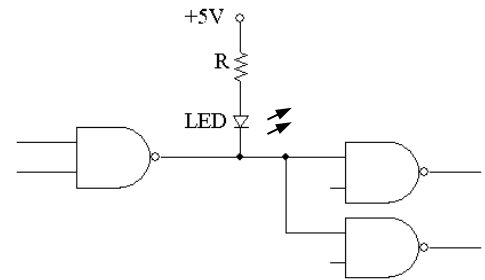
[C]  $F = \overline{(A \cdot B \cdot C \cdot D)}$

[D] es una OR cableada (Wired OR).



8. Para visualizar una variable interna de un circuito digital se introduce un LED con una resistencia  $R$ , tal como se indica en la figura. Teniendo en cuenta las especificaciones de las puertas, detalladas en la tabla adjunta, y que  $R=200\ \Omega$  y  $V_f(\text{LED}) = 1.5\text{V}$ , ¿funcionará correctamente el circuito sin que las puertas excedan sus límites de corriente?

$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
2 V	0.8 V	2.4 V	0.4 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
40 $\mu\text{A}$	-1.6 mA	-400 $\mu\text{A}$	16 mA



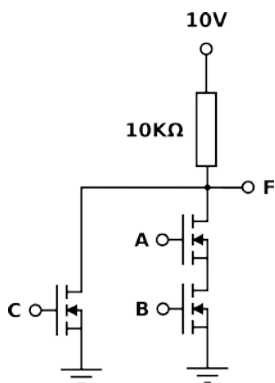
- [A] No, se supera el valor de  $I_{OLmax}$ .  
 [B] Sí, no se supera ningún límite.  
 [C] No, se supera el valor de  $I_{OHmax}$ .  
 [D] Sí, ya que la corriente máxima a la salida para nivel bajo no superará 16 mA, que es la máxima permitida.

9. En la zona de saturación de un MOSFET de acumulación de canal P podemos afirmar que:

- [A]  $V_{GS}$  es negativa,  $V_{DS}$  es positiva e  $I_{DS}$  es negativa  
 [B]  $V_{GS}$  es positiva,  $V_{DS}$  es positiva e  $I_{DS}$  es negativa  
 [C]  $V_{GS}$  es negativa,  $V_{DS}$  es negativa e  $I_{DS}$  es negativa  
 [D]  $I_{DS}$  es siempre cero pues en este tipo de transistores no se puede formar el canal.

10. Considere el siguiente circuito e indique cuál de las siguientes afirmaciones es CIERTA.

Nota: ( $V_T=1\text{V}$  y  $K=1\text{mA/V}^2$ )



- [A] La función lógica es:  $F(A,B,C)=(A+B)\cdot C$   
 [B] Se trata de una puerta EXOR de tres entradas.  
 [C] La función lógica es:  $F(A,B,C)=A+(B\cdot C)$   
 [D] Si las entradas son  $C=0\text{V}$ ,  $B=10\text{V}$  y  $A=0\text{V}$ , la salida F es 10V.

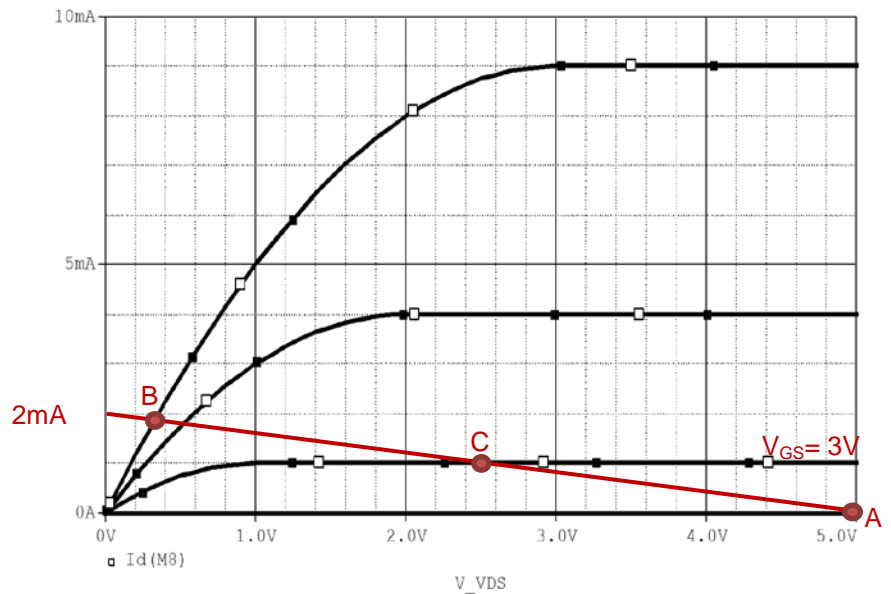
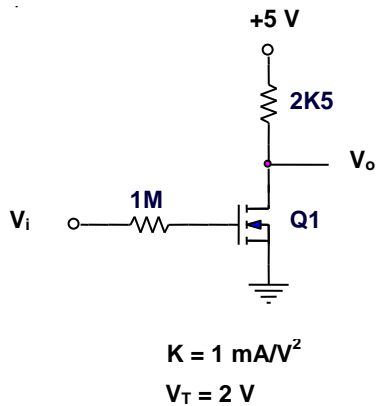
(Pagina intencionadamente en blanco)

Apellidos:

Nombre:

**PROBLEMA 1 (4 PTOS)**

El circuito de la figura es un inversor 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]** (10%) Calcule el punto de trabajo Q ( $V_{GS}$ ,  $V_{DS}$ ,  $I_{DS}$ ) y el valor lógico ("0" ó "1") de salida  $V_o$  con una entrada a "0" ( $V_i = 0\text{V}$ ). Justifique la respuesta.Entrada  $\rightarrow$  Malla G-S:  $V_i - I_G 1\text{M} - V_{GS} = 0 \rightarrow V_{GS} = V_i$ Con entrada 0V  $\rightarrow V_{GS} = V_i = 0 \rightarrow V_{GS} < V_T \rightarrow$  El transistor está en corte  $\rightarrow I_{DS} = 0\text{mA}$ Salida  $\rightarrow$  Malla D-S:  $5\text{V} - I_{DS} 2.5\text{k} - V_{DS} = 0$ ;  $\rightarrow$  con  $I_{DS} = 0 \rightarrow V_{DS} = 5\text{V}$ 

$V_{GS} = 0 \text{ (V)}$	$V_{DS} = 5 \text{ (V)}$	$I_{DS} = 0 \text{ (mA)}$	$V_o = \text{"1"}$
--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------

**[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" ( $V_i = 5\text{V}$ ). Justifique la respuesta.Entrada  $\rightarrow$  Malla G-S: Igual que antesCon entrada 5V  $\rightarrow V_{GS} = V_i = 5\text{V} \rightarrow V_{GS} > V_T \rightarrow$  El transistor conduce, pero no sabemos si en óhmica o saturación.Suponemos SAT:  $I_{DS} = K(V_{GS} - V_T)^2 = 1(5 - 2)^2 = 9\text{mA}$ Salida  $\rightarrow$  Malla D-S:  $5\text{V} - I_{DS} 2.5\text{k} - V_{DS} = 0$ ;  $\rightarrow$  con  $I_{DS} = 9\text{mA} \rightarrow V_{DS} = -17.5\text{V}$  ( $?$ )Comprobamos saturación:  $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ ;  $-17.5 > 5 - 2$  NO se cumple, luego está en óhmica.Volvemos a calcular en Óhmica, un sistema con la expresión de  $I_{DS}$  y la malla D-S: $I_{DS} = 2K(V_{GS} - V_T)V_{DS}$ ;  $I_{DS} = 2 \cdot 1(5 - 2)V_{DS}$ ;  $I_{DS} = 6V_{DS}$ ; $V_{DS} = 5\text{V} - 2.5 I_{DS}$  $V_{DS} = 0.3125\text{V}$ ;  $I_{DS} = 1.875 \text{ mA}$ ;Si no suponemos saturación debemos comprobar óhmica:  $V_{DS} < V_{GS} - V_T \rightarrow 0.3125 < 5 - 2 \rightarrow$  Se cumple

$V_{GS} = 5 \text{ (V)}$	$V_{DS} = 0.3125 \text{ (V)}$	$I_{DS} = 1.875 \text{ (mA)}$	Salida = " 0 "
--------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------

[C] (20%) Dibuje sobre las curvas características, la recta de carga y los dos puntos de trabajo de los apartados anteriores. Justifique la respuesta.

La recta de carga se puede trazar entre los puntos que corta ambos ejes a partir de la ecuación de la malla D-S:  
 $5V - I_{DS} 2.5k - V_{DS} = 0$

Para eje X:  $I_{DS} = 0 \rightarrow V_{DS} = 5V$

Para eje Y:  $V_{DS} = 0 \rightarrow I_{DS} = 5V / 2.5k = 2mA$

Sobre la misma, dibujamos los puntos de trabajo de los apartados A y B, que corresponden con la intersección de la recta de carga con las curvas de  $I_{DS}$  para  $V_{GS} = 0V$ , y  $V_{GS} = 5V$

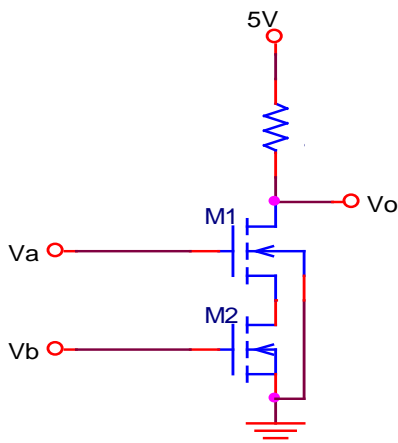
[D] (10%) Si  $V_i = 3V$ , ¿en qué zona de funcionamiento se encuentra el transistor? Se recomienda el uso de la gráfica. Justifique la respuesta.

El punto Q de trabajo para  $V_i = 3V$  es intersección entre la recta de carga y la curva correspondiente a  $V_{GS} = 3V$ . Este punto está en la zona horizontal de la curva ( $I_{DS}$  independiente de  $V_{DS}$ ), por lo que está en Saturación (punto C de la gráfica)

Zona de funcionamiento	Saturación
------------------------	------------

[E] (20%) Partiendo del diseño base del inversor, diseñe una puerta **NAND NMOS** de 2 entradas, y rellene la tabla de verdad adjunta.

Una puerta NAND NMOS tiene dos transistores NMOS en serie, y una resistencia de carga  $R_D$



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

[F] (20%) Calcule la tensión de salida de la puerta **NAND** 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 y tómesese la resistencia de drenador  $R_D = 5k$

Para ambos transistores, podemos calcular la  $R_{ON}$  equivalente a partir de la expresión simplificada de la zona óhmica, resultando:

$$R_{ON} \approx \frac{1}{2 \cdot K(V_{GS} - V_T)}$$

Sustituyendo  $V_{GS} = 5$ ,  $K = 1mA/V^2$  y  $V_T = 2V$ , tenemos:  $R_{ON} = 1/6 k$

Al ser dos resistencias en serie, tenemos  $R_{total} = R_{ON} + R_{ON} = 1/3k$

Con un divisor resistivo obtenemos la tensión de salida:

$$V_o = (0.33k \cdot 5V) / (0.33k + 5k) = 0.3124V$$

NOTA: Para el cálculo de la  $V_{GS}$  del transistor M1 se ha considerado que el terminal S está a 0V, cuando realmente está conectado al terminal D de M2, y por tanto, a una tensión ligeramente por encima de 0V.