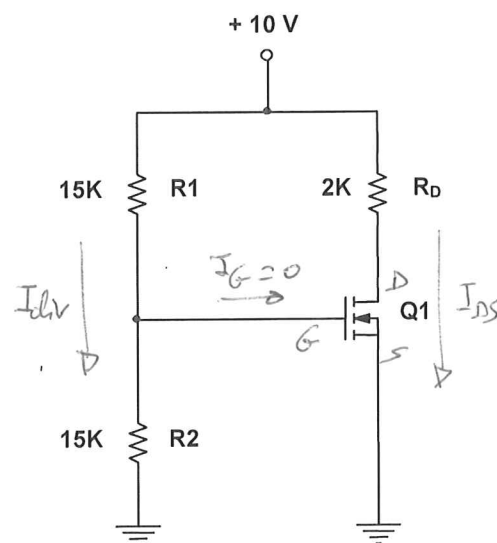
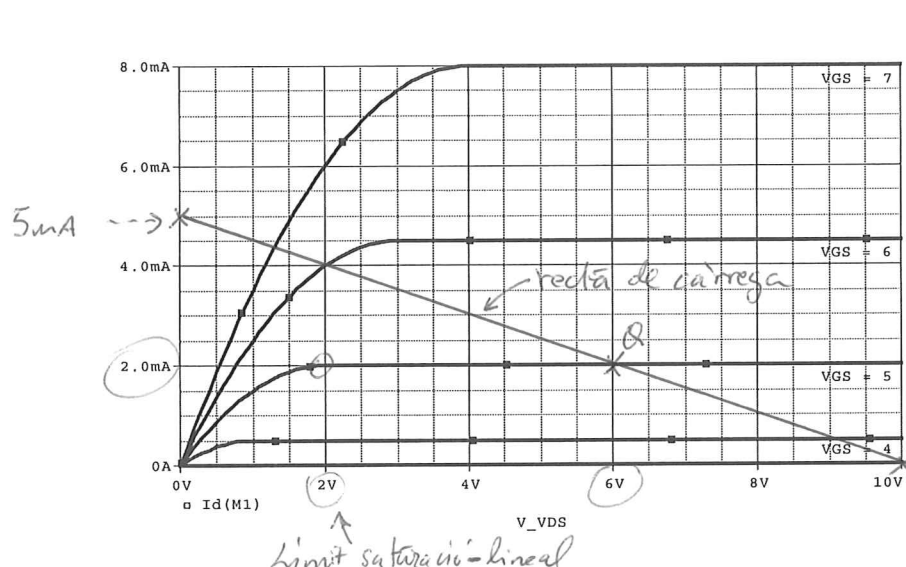


27 de Març de 2014

1. El transistor MOS emprat en el circuit de la figura té les corbes característiques que es mostren a l'esquerra. (5 punts)



- a) Indique el valor del paràmetre  $V_T$  del transistor. Justifique la resposta. (0.5 punts)

$I_D = 0$  quan  $V_{GS} \leq V_T \rightarrow V_T = V_{GS}$  de la línia horitzontal = 3V

- b) Indique el valor del paràmetre  $K$  del transistor. Justifique la resposta. (0.5 punts)

saturació  $\rightarrow$  zona plana  $\rightarrow V_{GS} = 5V, I_D = 2mA$

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \rightarrow 2 = K(5 - 3)^2 \rightarrow K = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ mA/V}^2$$

- c) Calcule analíticament el punt de treball del transistor:  $Q(V_{GS}, I_{DS}, V_{DS})$ . Verifique la zona de funcionament del transistor. (2 punts)

$$V_G = \text{V divisor resistiu format per } R_1 \text{ i } R_2 = \frac{10 R_2}{R_1 + R_2} = 5V$$

$$V_{GS} = 5 - 0 = 5V$$

$$\text{Suposem saturació: } I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 = 0.5(5 - 3)^2 = 2mA$$

$$V_{DS} = 10 - I_D R_D = 10 - (2 \times 2) = 10 - 4 = 6V$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T \rightarrow 6 > 5 - 3 \rightarrow \text{Es confirma la saturació}$$

$$\text{Punt } Q = \{ V_{GS} = 5V, I_{DS} = 2mA, V_{DS} = 6V \}$$

- d) Dibuixe la recta de càrrega sobre les corbes, indicant els punts de tall amb els eixos. Comprove el punt  $Q$  obtingut en l'apartat anterior. (1 punt)

$$\text{punts de tall} \begin{cases} H: V_{DS} = V_{DD} = 10V \\ V: I_{DS} = \frac{V_{DD}}{R_D} = \frac{10}{2} = 5mA \end{cases}$$

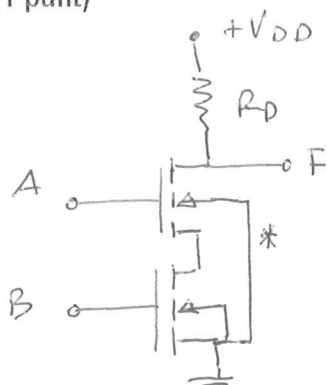
- e) Calcule el nou valor de  $R_D$  que deixi al transistor en el límit entre les zones de saturació i lineal. (1 punt)

$$\text{Límit: } V_{DS} = V_{GS} - V_T \rightarrow V_{DS} = 5 - 3 = 2V$$

$$10 = (2 \times R_D) + 2 \rightarrow R_D = 8/2 = 4k\Omega$$

27 de Març de 2014

2. Dibuixi el circuit corresponent a una porta lògica NAND de 2 entrades, amb transistors NMOS y resistències. (1 punt)



\* En circuits digitals integrats, que comparteixen el mateix substrat, es connecten els substrats a massa

3. Suppose en la porta NAND de l'apartat anterior, les següents dades:

NMOS:  $K=0.2\text{mA/V}^2$ ,  $V_T=2.5\text{V}$

$R_D$  (resistència de drenador) = 49K

Replene la taula de la veritat, indicant el valor de la tensió d'eixida. Calcule  $R_{on}$  suposant que en la zona lineal es pot utilitzar l'expressió aproximada:  $I_{DS} \approx 2K(V_{GS}-V_T)$ . Justifique els resultats. (4 punts)

A	B	F (nivell lògic)	$V_F$ (V)
"0" (0V)	"0" (0V)	"1"	5V
"0" (0V)	"1" (5V)	"1"	5V
"1" (5V)	"0" (0V)	"1"	5V
"1" (5V)	"1" (5V)	"0"	$\approx 0.2\text{V}$

\*En el cas  $A=B="1"$ , supose per simplificar que els dos transistors tenen la mateixa  $R_{on}$

$$R_{on} = \frac{1}{2K(V_{GS}-V_T)} = \frac{1}{2 \times 0.2(5-2.5)} = \frac{1}{0.4 \times 2.5} = 1\text{K}\Omega$$

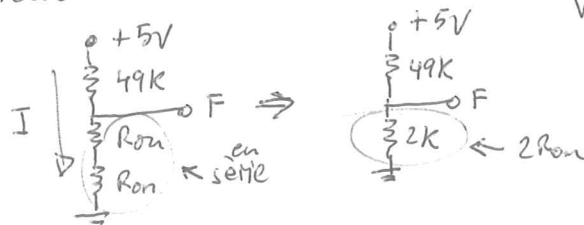
Prenem  $V_{DD}=5\text{V}$ , coincidint amb la tensió del "1" lògic.

•  $A=B="0" \rightarrow$  els 2 transistors tallats  $\rightarrow$

•  $A="0", B="1" \rightarrow$

•  $A="1", B="0" \rightarrow$  idem  $\rightarrow V_F = 5\text{V}$

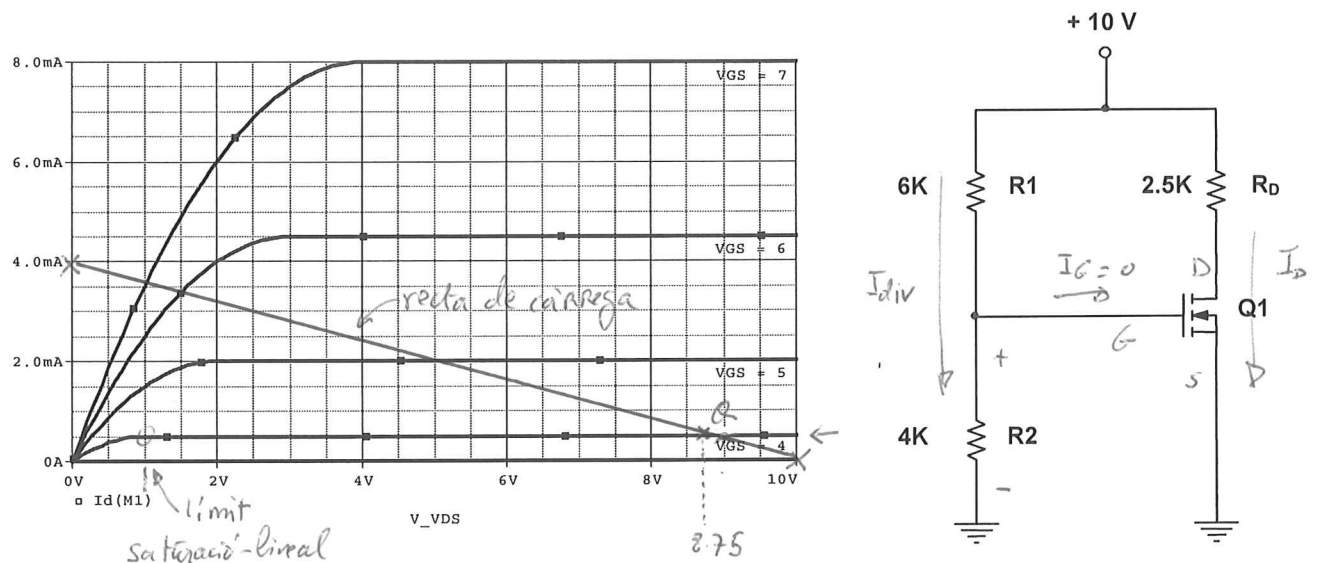
•  $A="1", B="1" \rightarrow$



$$V_F = \frac{5 \times 2}{49 + 2} \approx 0.2\text{V}$$

27 de Març de 2014

1. El transistor MOS emprat en el circuit de la figura té les corbes característiques que es mostren a l'esquerra. (5 punts)



- a) Indique el valor del paràmetre  $V_T$  del transistor. Justifique la resposta. (0.5 punts)

$$I_D = 0 \text{ quan } V_{GS} \leq V_T \rightarrow V_T = V_{GS} \text{ de l'eix horitzontal} = 3V$$

- b) Indique el valor del paràmetre  $K$  del transistor. Justifique la resposta. (0.5 punts)

saturació  $\rightarrow$  zona plana  $\rightarrow V_{GS} = 5V, I_D = 2mA$

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \rightarrow 2 = K(5 - 3)^2 \rightarrow K = 2/4 = 0.5 \text{ mA/V}^2$$

- c) Calcule analíticament el punt de treball del transistor:  $Q(V_{GS}, I_{DS}, V_{DS})$ . Verifiqui la zona de funcionament del transistor. (2 punts)

$$I_{div} = \frac{10}{6+4} = \frac{10}{10} = 1mA \rightarrow V_G = 4 \times I_{div} = 4V \rightarrow V_{GS} = 4V$$

$$\text{suposem saturació: } I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 = 0.5(4 - 3)^2 = 0.5mA$$

$$V_{DS} = 10 - I_D R_D = 10 - (0.5 \times 2.5) = 8.75V$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T \rightarrow 8.75 > 4 - 3 \rightarrow \text{Es confirma la saturació}$$

$$\text{punt } Q = \{ V_{GS} = 4V, I_{DS} = 0.5mA, V_{DS} = 8.75 \}$$

- d) Dibuixi la recta de càrrega sobre les corbes, indicant els punts de tall amb els eixos. Comprovi el punt  $Q$  obtingut en l'apartat anterior. (1 punt)

$$\text{punts de tall} \begin{cases} H: V_{DS} = V_{DD} = 10V \\ V: I_{DS} = \frac{V_{DD}}{R_D} = \frac{10}{2.5} = 4mA \end{cases}$$

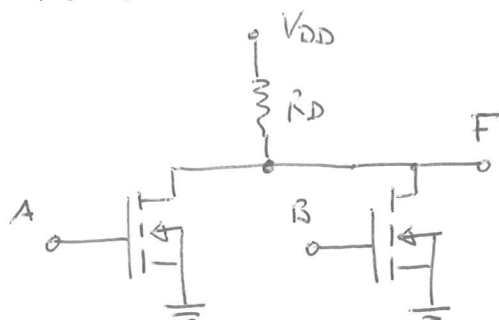
- e) Calcule el nou valor de  $R_D$  que deixi al transistor en el límit entre les zones de saturació i lineal. (1 punts)

$$\text{límit: } V_{DS} = V_{GS} - V_T \rightarrow V_{DS} = 4 - 3 = 1V$$

$$10 = 0.5 R_D + 1 \rightarrow R_D = 9/0.5 = 18k\Omega$$

27 de Març de 2014

2. Dibuixi el circuit corresponent a una porta lògica NOR de 2 entrades, amb transistors NMOS y resistències. (1 punt)



3. Supose en la porta NOR de l'apartat anterior, les següents dades:

NMOS:  $K=0.4\text{mA/V}^2$ ,  $V_T=2.5\text{V}$

$R_D$  (resistència de drenador) =  $50\text{K}$

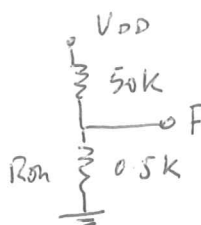
Replene la taula de la veritat, indicant el valor de la tensió d'eixida. Calcule  $R_{on}$  suposant que en la zona lineal es pot utilitzar l'expressió aproximada:  $I_{DS} \approx 2K(V_{GS}-V_T)V_{DS}$ . Justifique els resultats. (4 punts)

A	B	F (nivell lògic)	$V_F$ (V)
"0" (0V)	"0" (0V)	"1"	$V_{DD} = 5\text{V}$
"0" (0V)	"1" (5V)	"0"	$\approx 0.05\text{V}$
"1" (5V)	"0" (0V)	"0"	$\approx 0.05\text{V}$
"1" (5V)	"1" (5V)	"0"	$\approx 0.025\text{V}$

$$R_{on} = \frac{1}{2K(V_{GS}-V_T)} = \frac{1}{2 \times 0.4(5-2.5)} = \frac{1}{0.8 \times 2.5} = 0.5\text{ k}\Omega$$

Prenem  $V_{DD} = 5\text{V}$ , coincidint amb la tensió del "1" lògic.

• Cas  $A = "0"$ ,  $B = "1"$   $\rightarrow$



$$V_F = \frac{5 \times 0.5}{50 + 0.5} \approx 0.05\text{V}$$

• Cas  $A = "1"$ ,  $B = "0"$   $\rightarrow$

$V_F = 0.05$ , el mateix cas

• Cas  $A = "1"$ ,  $B = "1"$   $\rightarrow$

$$V_F = \frac{5 \times 0.25}{50 + 0.25}$$

$$V_F \approx 0.025\text{V}$$

