

Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA  
5 de Desembre del 2013

Model A

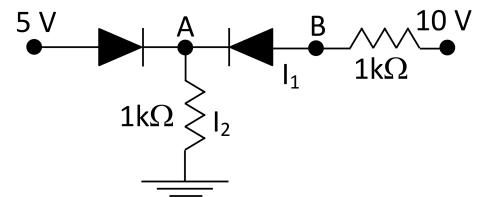
Qüestions: 50% de l'examen

A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encerceleu-la de manera clara.

Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

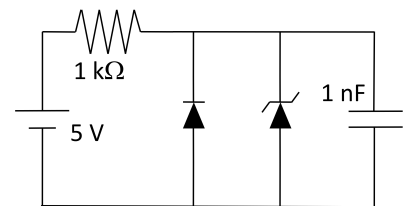
**T1)** Si la tensió llindar dels dos díodes del circuit de la figura és de 0.7 V, indiqueu quina de les següents afirmacions és FALSA:

- a)  $V_B = 4.3 \text{ V}$ .                      b)  $I_2 = 4.3 \text{ mA}$ .  
c)  $V_A = 4.3 \text{ V}$ .                      d)  $I_1 = 5 \text{ mA}$ .



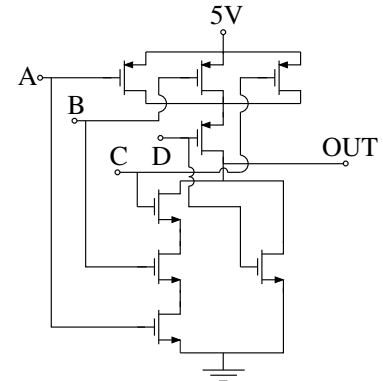
**T2)** La tensió llindar dels dos díodes del circuit de la figura és de  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$  i la tensió Zener del díode Zener és  $V_Z = 10 \text{ V}$ . El valor de la càrrega del condensador un cop s'ha arribat al règim estacionari és:

- a) 10 nC.    b) 5 nC.    c) 0.7 nC.    d) 0 nC.



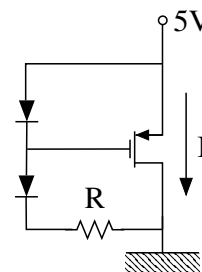
**T3)** Indiqueu quina de les portes lògiques següents implementa el circuit de la figura adjunta

- a)  $\overline{A + B + C + D}$ .                      b)  $\overline{(A + B + C) \cdot D}$ .  
c)  $A \cdot B \cdot C + D$ .                      d)  $\overline{A \cdot B \cdot C + D}$ .



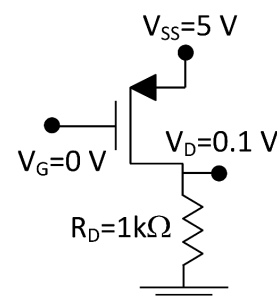
**T4)** Al circuit de la figura hi ha dos díodes de tensió llindar  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$  i un transistor de paràmetres característics  $V_T = -0.5 \text{ V}$  i  $\beta = 20 \text{ mA/V}^2$ . La intensitat de drenador és:

- a)  $I = 230 \text{ mA}$ .                      b)  $I = 0 \text{ A}$ .  
c)  $I = 0.4 \text{ mA}$ .                      d)  $I = 800 \text{ mA}$ .



**T5)** El transistor PMOS de la figura, de  $V_T = -1 \text{ V}$ , treballa amb tensió  $V_D = 0.1 \text{ V}$  quan  $V_G = 0 \text{ V}$ . Llavors podem afirmar que

- a) Treballa en saturació i  $\beta = 0.0125 \text{ mA/V}^2$ .  
b) Treballa en règim òhmic i  $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$ .  
c) Està en tall.  
d) Treballa en saturació i  $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$ .



Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA  
5 de Desembre del 2013

Model B

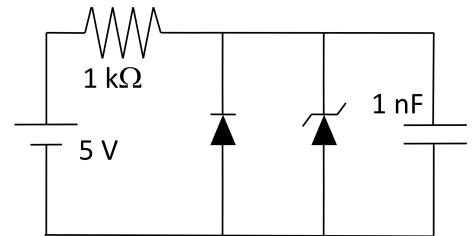
Qüestions: 50% de l'examen

A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encerceleu-la de manera clara.

Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

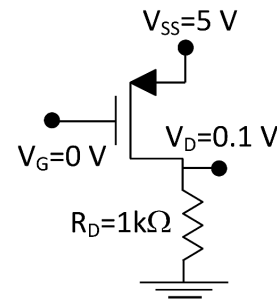
**T1)** La tensió llindar dels dos díodes del circuit de la figura és de  $V_\gamma = 0.7\text{ V}$  i la tensió Zener del díode Zener és  $V_Z = 10\text{ V}$ . El valor de la càrrega del condensador un cop s'ha arribat al règim estacionari és:

- a)  $0.7\text{ nC}$ .    b)  $0\text{ nC}$ .    c)  $5\text{ nC}$ .    d)  $10\text{ nC}$ .



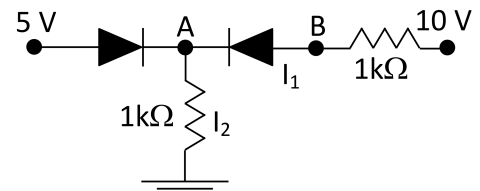
**T2)** El transistor PMOS de la figura, de  $V_T = -1\text{ V}$ , treballa amb tensió  $V_D = 0.1\text{ V}$  quan  $V_G = 0\text{ V}$ . Llavors podem afirmar que

- a) Treballa en saturació i  $\beta = 1\text{ mA/V}^2$ .  
b) Està en tall.  
c) Treballa en saturació i  $\beta = 0.0125\text{ mA/V}^2$ .  
d) Treballa en règim òhmic i  $\beta = 1\text{ mA/V}^2$ .



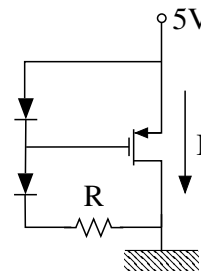
**T3)** Si la tensió llindar dels dos díodes del circuit de la figura és de  $0.7\text{ V}$ , indiqueu quina de les següents afirmacions és FALSA:

- a)  $I_1 = 5\text{ mA}$ .    b)  $V_A = 4.3\text{ V}$ .  
c)  $I_2 = 4.3\text{ mA}$ .    d)  $V_B = 4.3\text{ V}$ .



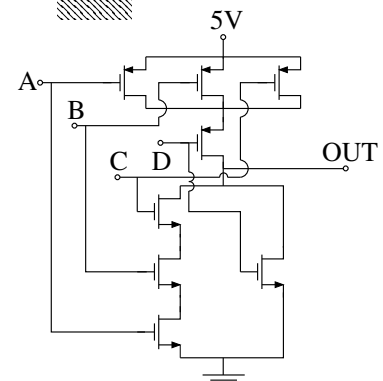
**T4)** Al circuit de la figura hi ha dos díodes de tensió llindar  $V_\gamma = 0.7\text{ V}$  i un transistor de paràmetres característics  $V_T = -0.5\text{ V}$  i  $\beta = 20\text{ mA/V}^2$ . La intensitat de drenador és:

- a)  $I = 800\text{ mA}$ .    b)  $I = 230\text{ mA}$ .  
c)  $I = 0\text{ A}$ .    d)  $I = 0.4\text{ mA}$ .



**T5)** Indiqueu quina de les portes lògiques següents implementa el circuit de la figura adjunta

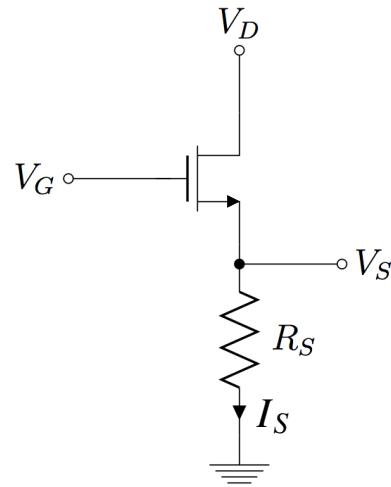
- a)  $\overline{A \cdot B \cdot C + D}$ .    b)  $\overline{(A + B + C) \cdot D}$ .  
c)  $\overline{A + B + C + D}$ .    d)  $A \cdot B \cdot C + D$ .



**Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA  
5 de Desembre del 2013****Problema: 50% de l'examen**

La figura mostra un circuit format per un transistor de paràmetres característics  $V_T = 0.6 \text{ V}$  i  $\beta = 150 \mu\text{A}/\text{V}^2$ , connectat a una resistència  $R_S = 2 \text{ k}\Omega$ .

- Trobeu el valor del corrent  $I_S$  i la tensió de porta  $V_G$  quan  $V_S = 1 \text{ V}$ , sabent que en aquest cas el transistor treballa en règim de saturació. Quina és la tensió mínima de drenador  $V_D$  que fa que el transistor treballi en aquest règim?
- Ara fixem les tensions de porta i de drenador als valors  $V_G = 1.2 \text{ V}$  i  $V_D = 0.4 \text{ V}$ . Determineu el règim de treball del transistor, i els valors de  $I_S$  i  $V_S$ .

**RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL**

## Respostes correctes de les qüestions del Test

Qüestió	Model A	Model B
T1)	a	c
T2)	b	c
T3)	d	d
T4)	c	d
T5)	a	a

### Resolució del Model A

- T1)** Com els dos díodes estan en polarització directa, el potencial del punt A és  $V_A = 5 - 0.7 = 4.3 \text{ V}$ , i el del punt B  $V_B = 5 \text{ V}$ . Per tant les intensitats calculades a les resistències són  $I_1 = (10 - 5)/10^3 = 5 \text{ mA}$  i  $I_2 = (4.3 - 0)/10^3 = 4.3 \text{ mA}$ .
- T2)** Els dos díodes està en polarització inversa. A més la fem  $\epsilon = 5 \text{ V}$  de la pila no és prou gran per fer que el Zener condueixi. Per tant, al règim estacionari no circula corrent per cap branca del circuit i la diferència de potencial als extrems del condensador és  $5 \text{ V}$ . Així doncs, la càrrega al condensador és  $q = C \cdot \epsilon = 1 \cdot 5 = 5 \text{ nC}$ .
- T3)** Es tracta d'un disseny CMOS, on la part PULL-UP i la part PULL-DOWN realitzen la mateixa funció lògica amb diferents implementacions. Per esbrinar de quina funció lògica es tracta, ens podem fixar per exemple en la part PULL-UP, formada pels transistors PMOS que hi ha des de la tensió de referència de  $5 \text{ V}$  fins a la línia de sortida OUT. La part superior del PULL-UP, formada pels transistors A, B i C implementa la funció lògica  $\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$ , mentre que la actuació amb el transistor D fa que el resultat sigui la AND de la funció anterior amb  $\bar{D}$ . Així s'obté  $(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot \bar{D}$ . Aplicant les lleis de Morgan aquest resultat és equivalent a  $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{D}$ .
- T4)** Els dos díodes condueixen ja que en cas contrari no cauria tensió a la resistència i hi hauria una diferència de potencial de  $5 \text{ V}$  als extrems dels díodes, cosa que no pot ser. Així doncs, amb el díode de dalt conduint, hi ha  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$  menys al càtode (banda n) respecte a l'ànode (banda p), de forma que la tensió a la porta del transistor és  $V_G = 4.3 \text{ V}$ . Així resulta  $V_{GS} - V_T = (4.3 - 5) - (-0.5) = -0.2 \text{ V}$ , mentre que  $V_{DS} = 0 - 5 = -5 \text{ V}$ . Així veiem que  $0 > V_{GS} - V_T > V_{DS}$  i per tant el transistor treballa en saturació. Sabent això, obtenim  $I = \beta(V_{GS} - V_T)^2/2 = 20 \cdot 10^{-3}(-0.2)^2/2 = 0.4 \text{ mA}$ .
- T5)** Com  $V_{GS} = 0 - 5 = -5 \text{ V}$  resulta  $V_{GS} - V_T = -5 - (-1) = -4 \text{ V}$ , mentre que  $V_{DS} = 0.1 - 5 = -4.9 \text{ V}$ . Per tant  $0 > V_{GS} - V_T > V_{DS}$  i el transistor treballa en règim de saturació. La intensitat és  $I = V_D/R_D = 0.1 \text{ mA}$ , i amb  $I_D = \beta(V_{GS} - V_T)^2/2$ , obtenim  $\beta = 2I_D/(V_{GS} - V_T)^2 = 0.0125 \text{ mA/V}^2$ .

## Resolució del Problema

- a) Sabent que  $V_S = 1\text{ V}$  podem obtenir immediatament el corrent  $I_S$  aplicant la llei d'Ohm a la resistència  $R_S$ . Així  $I_S = (V_S - 0)/R_S = 1/(2 \cdot 10^3) = 0.5\text{ mA}$ . Tanmateix, com que el transistor treballa en saturació sabem que

$$I_S = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2 \rightarrow 0.5 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{2} (150 \cdot 10^{-6}) (V_G - 1 - 0.6)^2$$

i per tant

$$V_G = 1.6 \pm \sqrt{\frac{2 \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})}{(150 \cdot 10^{-6})}}$$

que dona lloc a dues sol·lucions

$$V_G^+ = 4.18\text{ V} , \quad V_G^- = -0.98\text{ V} ,$$

però la segona sol·lució no es pot admetre ja que resulta en una tensió porta-font  $V_{GS} < 0$ . Així doncs  $V_G = 4.18\text{ V}$ . D'altra banda al règim de saturació s'ha de satisfer la condició

$$0 < V_{GS} - V_T \leq V_{DS} ,$$

d'on resulta

$$4.18 - 1 - 0.6 \leq V_D - 1 \rightarrow V_D \geq 3.58\text{ V} .$$

Així doncs, el valor mínim de  $V_D$  que garanteix que el transistor es troba en règim de saturació és  $V_D^{\min} = 3.58\text{ V}$ .

- b) Ara sabem que  $V_G = 1.2\text{ V}$  i que  $V_D = 0.4\text{ V}$ , però no sabem el valor de  $V_S$ . De totes formes veiem que  $V_{GS} - V_T = (1.2 - V_S) - 0.6 = 0.6 - V_S$  mentre que  $V_{DS} = 0.4 - V_S$ , i per tant  $V_{GS} - V_T > V_{DS}$  de forma que el transistor ha de treballar en règim ohmic.

Sabent el règim de treball i les expressions anteriors per  $V_{GS} - V_T$  i  $V_{DS}$ , podem escriure l'expressió del corrent

$$I_S = \beta \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 150 \cdot 10^{-6} \left[ (0.6 - V_S)(0.4 - V_S) - \frac{(0.4 - V_S)^2}{2} \right] .$$

D'altra banda, a la resistència  $R_S$  tenim

$$I_S = \frac{V_S - 0}{R_S} \rightarrow V_S = 2 \cdot 10^3 I_D ,$$

i si ajuntem aquestes dues equacions, obtenim

$$V_S = 0.3 \left[ (0.6 - V_S)(0.4 - V_S) - \frac{(0.4 - V_S)^2}{2} \right] ,$$

de forma que, simplificant, resulta

$$0.15V_S^2 - 1.18V_S + 0.048 = 0 .$$

Aquesta equació de segon grau admet dues solucions,  $V_S^+ = 0.041\text{ V}$  i  $V_S^- = 7.826\text{ V}$ . La segona sol·lució no es pot admetre ja que resulta  $V_S > V_D$ , de forma que la sol·lució física és  $V_S = 0.041\text{ V}$ . Amb aquest valor podem trobar directament  $I_S$  substituint a l'expressió d'adalt

$$I_D = \frac{V_S - 0}{R_S} = \frac{0.041}{2 \cdot 10^3} = 20.4\text{ }\mu\text{A} .$$