

Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Model A

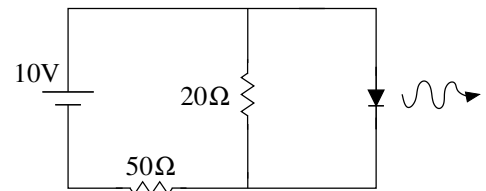
Qüestions: 50% de l'examen

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.

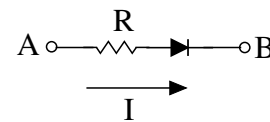
T1) Quina és la potència consumida pel LED de la figura amb $V_\gamma = 1.2\text{ V}$?

- a) 0.14 W b) 0.016 W
c) 1.4 W d) 0.072 W



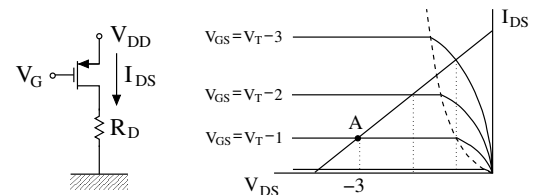
T2) A la línia de circuit indicada a la figura sabem que $R = 1\text{ k}\Omega$, que $V_A - V_B = 10\text{ V}$ i que la tensió llindar del díode és $V_\gamma = 0.7\text{ V}$. La intensitat que passa per la resistència és, llavors:

- a) 9.3 mA b) 0 mA c) 10.7 mA d) 4 mA



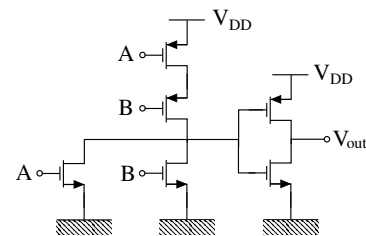
T3) Al circuit de l'esquerra li correspon el punt de treball A marcat a la figura de la dreta (totes les tensions es donen en Volts). Sabent que $V_T = -1\text{ V}$, que $R_D = 10\text{ k}\Omega$, que $V_G = 3\text{ V}$ i que $V_{DD} = 5\text{ V}$, el valor de β del transistor és:

- a) 1.6 mA/V^2 b) 0.4 mA/V^2
c) 1.0 mA/V^2 d) 2.0 mA/V^2



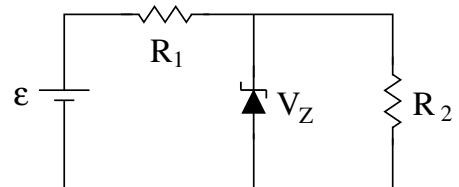
T4) L'esquema CMOS següent correspon a una porta lògica

- a) NAND b) AND
c) OR d) NOR



T5) Al circuit de la figura, amb $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$ i $V_Z = 10\text{ V}$, la tensió mínima del generador per tal que el díode condueixi és

- a) $\epsilon = 30\text{ V}$ b) $\epsilon = 10\text{ V}$
c) $\epsilon = 15\text{ V}$ d) $\epsilon = 5\text{ V}$



Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Model B

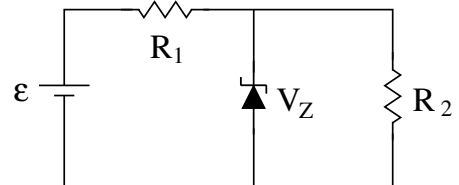
Qüestions: 50% de l'examen

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.

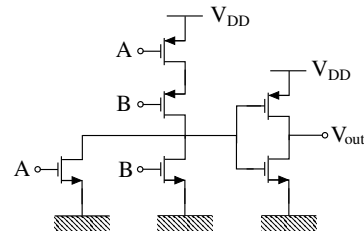
T1) Al circuit de la figura, amb $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$ i $V_Z = 10\ \text{V}$, la tensió mínima del generador per tal que el díode condueixi és

- a) $\epsilon = 30\ \text{V}$ b) $\epsilon = 15\ \text{V}$
c) $\epsilon = 10\ \text{V}$ d) $\epsilon = 5\ \text{V}$



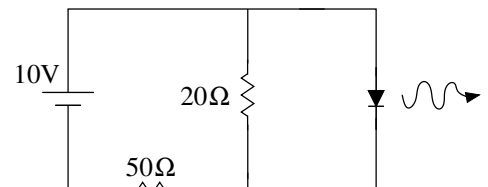
T2) L'esquema CMOS següent correspon a una porta lògica

- a) NAND b) NOR
c) AND d) OR



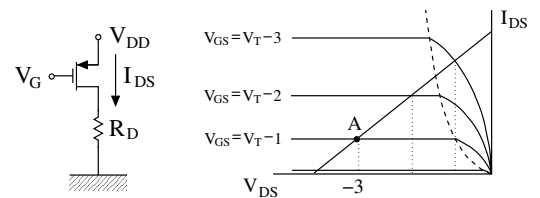
T3) Quina és la potència consumida pel LED de la figura amb $V_\gamma = 1.2\ \text{V}$?

- a) 0.072 W b) 1.4 W
c) 0.016 W d) 0.14 W



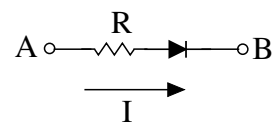
T4) Al circuit de l'esquerra li correspon el punt de treball A marcat a la figura de la dreta (totes les tensions es donen en Volts). Sabent que $V_T = -1\ \text{V}$, que $R_D = 10\ \text{k}\Omega$, que $V_G = 3\ \text{V}$ i que $V_{DD} = 5\ \text{V}$, el valor de β del transistor és:

- a) $0.4\ \text{mA/V}^2$ b) $1.6\ \text{mA/V}^2$
c) $1.0\ \text{mA/V}^2$ d) $2.0\ \text{mA/V}^2$



T5) A la línia de circuit indicada a la figura sabem que $R = 1\ \text{k}\Omega$, que $V_A - V_B = 10\ \text{V}$ i que la tensió llindar del díode és $V_\gamma = 0.7\ \text{V}$. La intensitat que passa per la resistència és, llavors:

- a) 4 mA b) 0 mA c) 9.3 mA d) 10.7 mA



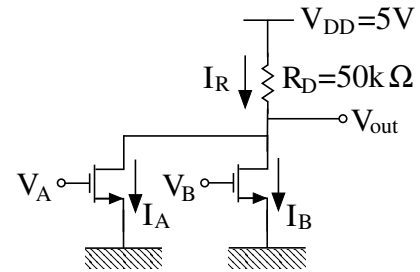
Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Problema: 50% de l'examen

Els dos transistors de la figura són idèntics i de característiques, $\beta = 1.25 \cdot 10^{-4} \text{ A/V}^2$ i $V_T = 1 \text{ V}$. Si les entrades V_A i V_B poden prendre els valors 0 V i 5 V :



- Calculeu els valors de I_A , I_B , I_R i de V_{out} pel cas $V_A = V_B = 0 \text{ V}$. Indiqueu en quin règim treballa cada transistor. (3p)
- Calculeu els valors de I_A , I_B , I_R i de V_{out} pel cas $V_A = 5 \text{ V}$, $V_B = 0 \text{ V}$. Indiqueu en quin règim treballa cada transistor. (5p)
- Indiqueu quins valors (aproximat) de tensió s'esperen per V_{out} quan $V_A = V_B = 5 \text{ V}$, assumint que en aquesta situació els dos transistors treballen en règim òhmic. Quina funció lògica implementa el circuit? Feu la taula de la veritat corresponent a les quatre possibles entrades lògiques. (2p)

RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL

Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

- T1)** Primer cal veure si el díode condueix o no. Si no conduís, tot el corrent que circula per la resistència de 50Ω passaria per la de 20Ω , i el corrent que circularia per aquesta darrera seria el que s'obté de resoldre l'equació de la malla de l'esquerra: $10 - 20I - 50I = 0$, de forma que $I = 10/20 = 0.143\text{ A}$. Així, la tensió que cauria al díode, que és la mateixa que la que cau a la resistència de 20Ω , seria $\Delta V = 20I = 2.857\text{ V}$, que és més gran que V_γ , la qual cosa vol dir que la assumció de que el díode no condueix és errònia. Al conduir, la tensió que cau a extrems del díode és la mateixa que la que cau a extrems de la resistència de 20Ω , i és igual a $V_\gamma = 1.2\text{ V}$. Així, el corrent que circula per aquesta darrera resistència és $I_{20} = 1.2/20 = 60\text{ mA}$, mentre que el corrent que circula per la de 50Ω és $I_{50} = (10 - 1.2)/50 = 176\text{ mA}$, de forma que el corrent que circula pel díode és $I = I_{50} - I_{20} = 116\text{ mA}$. Amb una tensió V_γ als seus extrems, la potència emesa pel LED és $P = V_\gamma \cdot I = 1.2 \cdot 0.116 = 0.139 \approx 0.14\text{ W}$.
- T2)** El díode condueix ja que en cas contrari hi hauria una diferència de potencial de 10 V als seus extrems, amb la tensió més alta a la banda p, cosa que no pot ser. Així als seus extrems cau una tensió $V_\gamma = 0.7\text{ V}$. Anant del punt A al punt B tenim, doncs, $V_A - RI - V_\gamma = V_B$, i per tant $V_A - V_B = 10 = 1000I + 0.7$, d'on treiem $I = 9.3\text{ mA}$.
- T3)** De les dades sabem que $V_G = 3\text{ V}$ i $V_S = V_{DD} = 5\text{ V}$, i per tant $V_{GS} = 3 - 5 = -2\text{ V}$. Tanmateix veiem de les corbes característiques que el punt A correspon a una tensió $V_{DS} = -3\text{ V}$ i que el transistor treballa en saturació, de forma que $I = \beta(V_{GS} - V_T)^2/2 = \beta(-2 - (-1))^2/2 = \beta/2$. A partir d'aquí, l'equació de tensions a la sortida ens diu que $0 + R_D I - V_{DS} = V_{DD}$, i per tant $10^4(\beta/2) - (-3) = 5$, d'on trobem finalment $\beta = 0.4\text{ mA/V}^2$.
- T4)** La part de la porta que queda a l'esquerra (corresponent als transistors amb entrades marcades A i B) constitueix una porta NOR amb CMOS. La seva sortida està connectada a l'entrada d'un inversor, i per tant a la sortida V_{out} tenim la negació de l'entrada. Així doncs, al negar una NOR tenim una porta OR.
- T5)** Si el díode no condueix, el corrent que passa per R_1 i el que passa per R_2 són iguals i igual a $I = \epsilon/(100 + 200) = \epsilon/300$. La tensió que cau al Zener és, llavors, la mateixa que la que cau a R_2 , de forma que $\Delta V = 200I = 2\epsilon/3$. Per tal que el Zener realment no condueixi, cal que aquesta tensió sigui inferior a V_Z , i per tant la condició que cal satisfer és $2\epsilon/3 < 10$, d'on treiem que $\epsilon < 15\text{ V}$. Així doncs, el díode conduirà per tensions $\epsilon \geq 15\text{ V}$.

Resolució del Problema

- a) Tots dos transistors tenen la font connectada a terra, i per tant el seu valor de tensió és $V_S = 0\text{ V}$ pels dos. Tanmateix, les tensions de porta són precisament les d'entrada V_A i V_B . Quan posem aquestes dues tensions a 0 V , obtenim $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 0 = 0\text{ V}$ en tots dos transistors, i per tant tots dos treballen en regió de tall. Al treballar en tall, els dos corrents són nuls $I_A = I_B = 0\text{ A}$, i per tant el corrent total també ho és $I_R = I_A + I_B = 0\text{ A}$. Amb un corrent total I_R nul, la diferència de potencial $V_{DD} - V_{out} = 0$ ja que és igual a la tensió que cau a la resistència R_D (nula ja que no circula corrent a través seu). Per tant, $V_{out} = V_{DD} = 5\text{ V}$.
- b) Per la mateixa raó d'abans, amb $V_B = 0$ el transistor de la dreta es troba en tall, i per tant $I_B = 0\text{ A}$. Per altra banda, amb $V_A = 5\text{ V}$, pel transistor de l'esquerra tenim $V_{GS} = 5 - 0 = 5\text{ V}$, de forma que $V_{GS} - V_T = 5 - 1 = 4 > 0$, indicant que aquest transistor no treballa en tall. Així doncs, cal decidir si es troba en règim òhmic o de saturació.

Si supossem que treballa en saturació, podem determinar fàcilment el corrent de la forma

$$I_A = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} 1.25 \cdot 10^{-4} (5 - 1)^2 = 0.001\text{ A} ,$$

però llavors cal comprovar que també se satisfà l'equació de l'etapa de sortida

$$V_{DS} + R_D I_D = V_{DD} .$$

A partir d'aquesta expressió trobem

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 5 - (50 \cdot 10^3)(0.001) = -45\text{ V}$$

que òbviament no pot ser. Així doncs, veiem que la suposició de que el transistor treballa en règim de saturació era errònia, i per tant ara sabem que treballa en regió òhmica.

L'anàlisi ens porta a una equació de segon grau per V_{DS} , ja que el corrent ara és

$$I_A = \beta \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 1.25 \cdot 10^{-4} \left[4 V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

que, insertat a l'equació de l'etapa de sortida que hem escrit abans, ens porta a

$$V_{DS} + 50 \cdot 10^3 1.25 \cdot 10^{-4} \left[4 V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 5 .$$

Simplificant, arribem doncs a

$$3.125 V_{DS}^2 - 26 V_{DS} + 5 = 0 ,$$

que té dues solucions

$$V_{DS} = \frac{26 \pm \sqrt{26^2 - 4 \cdot 3.125 \cdot 5}}{2 \cdot 3.125} \rightarrow V_{DS}^+ = 8.12\text{ V} , V_{DS}^- = 0.20\text{ V} .$$

Observem que $V_{DS}^+ > V_{DD}$ no pot ser, de forma que la solució correcta és $V_{DS} = 0.20\text{ V}$. Així doncs, $V_{out} = V_{DS} = 0.20\text{ V}$.

Amb aquest valor i amb l'equació del corrent I_A en règim òhmic escrita a dalt, obtenim

$$I_A = \beta \left[(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 1.25 \cdot 10^{-4} \left[4 \cdot 0.20 - \frac{0.20^2}{2} \right] = 96 \mu\text{A}$$

Amb tota aquesta informació conluem que $I_A = 96 \mu\text{A}$, $I_B = 0$ i per tant el corrent total és $I_R = I_A + I_B = 96 \mu\text{A}$.

- c) Els dos casos analitzats als apartats anteriors ens diuen que, identificant un 0 i un 1 lògics amb tensions $\approx 0 \text{ V}$ i $\approx 5 \text{ V}$ respectivament, l'entrada A=B=0 té per sortida un 1, mentre que A=1 amb B=0 dona un 0 lògic a la sortida. Tal com veiem de la figura, el circuit és simètric sota l'intercanvi A \leftrightarrow B, la qual cosa ens diu que el tercer estat A=0 amb B=1 també dóna un 0 lògic a la sortida.

El cas en que tant A com B estan a 1 lògic no s'ha analitzat explícitament, però veiem que amb una tensió d'entrada de 5 V tots dos transistors treballaran al mateix règim, que no pot ser de tall ja que $V_{GS} - V_T > 0$. Com sabem (i hem comprovat al cas analitzat abans), les portes lògiques fetes amb aquests tipus de transistors es dissenyen perquè treballin en regió òhmica o en regió de tall exclusivament. Amb una entrada de valor 1 lògic, corresponent a 5 V, cap dels dos transistors es troba en tall, de forma que (com indica l'enunciat) treballaran en règim òhmic. Això implica que la seva tensió de sortida V_{DS} serà baixa, i com tots dos tenen la font connectada a terra, $V_{out} = V_{DS}$, que identifiquem amb un 0 lògic.

Recollint tota la informació anterior, la taula de la veritat que en resulta és llavors

A	B	OUT
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

corresponent a una porta NOR.

Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Model A

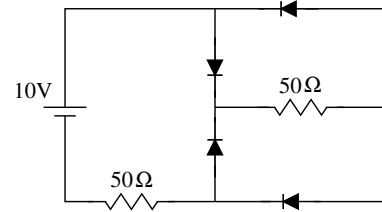
Qüestions: 50% de l'examen

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

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

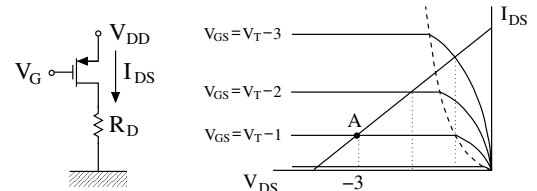
T1) Sigui el pont de díodes de la figura, on $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$.
Quina és la potència subministrada pel generador?

- a) 88 mW b) 0.88 W
c) 0.1 mW d) 0.1 W



T2) Al circuit de l'esquerra li correspon el punt de treball A marcat a la figura de la dreta (totes les tensions es donen en Volts). Sabent que $V_T = -1 \text{ V}$, que $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$, que $V_G = 3 \text{ V}$ i que $V_{DD} = 5 \text{ V}$, el valor de la resistència R_D és:

- a) 10 kΩ b) 6 kΩ c) 8 kΩ d) 4 kΩ

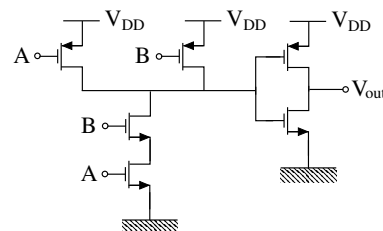


T3) Als extrems d'una unió PN apliquem una diferència de potencial $V_N - V_P > V_\gamma$, essent V_γ la tensió llindar del díode. Senyaleu quina de les frases següents és correcta:

- a) La intensitat que passa per la unió és negligible perquè el díode està en polarització inversa
b) Circula una intensitat gran de N a P ja que $V_N > V_P$
c) La intensitat és gran perquè el díode està en polarització directa
d) La intensitat que passa per la unió és independent de la diferència de potencial aplicada

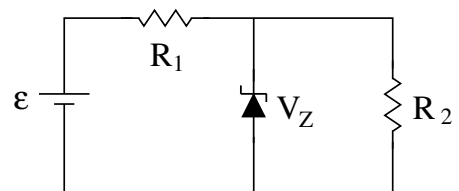
T4) L'esquema CMOS següent correspon a una porta lògica

- a) NAND b) AND
c) OR d) NOR



T5) Al circuit de la figura, amb $R_1 = 200 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$ i $V_Z = 10 \text{ V}$, la tensió mínima del generador per tal que el díode condueixi és

- a) $\epsilon = 30 \text{ V}$ b) $\epsilon = 10 \text{ V}$
c) $\epsilon = 15 \text{ V}$ d) $\epsilon = 5 \text{ V}$



Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Model B

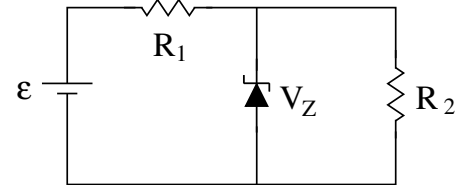
Qüestions: 50% de l'examen

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) Al circuit de la figura, amb $R_1 = 200 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$ i $V_Z = 10 \text{ V}$, la tensió mínima del generador per tal que el díode condueixi és

- a) $\epsilon = 5 \text{ V}$
- b) $\epsilon = 10 \text{ V}$
- c) $\epsilon = 30 \text{ V}$
- d) $\epsilon = 15 \text{ V}$

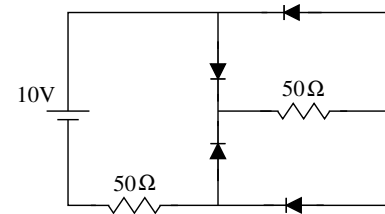


T2) Als extrems d'una unió PN apliquem una diferència de potencial $V_N - V_P > V_\gamma$, essent V_γ la tensió llindar del díode. Senyaleu quina de les frases següents és correcta:

- a) La intensitat que passa per la unió és independent de la diferència de potencial aplicada
- b) La intensitat que passa per la unió és negligible perquè el díode està en polarització inversa
- c) Circula una intensitat gran de N a P ja que $V_N > V_P$
- d) La intensitat és gran perquè el díode està en polarització directa

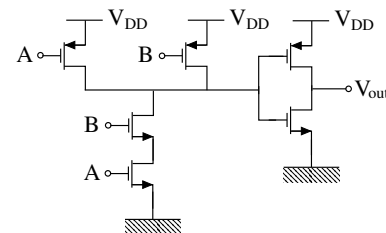
T3) Sigui el pont de díodes de la figura, on $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$. Quina és la potència subministrada pel generador?

- a) 0.1 mW
- b) 0.1 W
- c) 0.88 W
- d) 88 mW



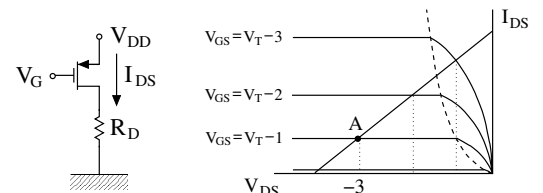
T4) L'esquema CMOS següent correspon a una porta lògica

- a) NOR
- b) NAND
- c) OR
- d) AND



T5) Al circuit de l'esquerra li correspon el punt de treball A marcat a la figura de la dreta (totes les tensions es donen en Volts). Sabent que $V_T = -1 \text{ V}$, que $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$, que $V_G = 3 \text{ V}$ i que $V_{DD} = 5 \text{ V}$, el valor de la resistència R_D és:

- a) $4 \text{ k}\Omega$
- b) $6 \text{ k}\Omega$
- c) $8 \text{ k}\Omega$
- d) $10 \text{ k}\Omega$

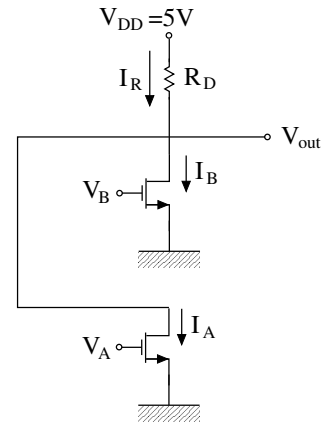


Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA
3 de Desembre del 2012

Problema: 50% de l'examen

Els dos transistors de la figura són idèntics i de característiques, $\beta = 10^{-4} \text{ A/V}^2$ i $V_T = 1 \text{ V}$. Si $R_D = 100 \text{ k}\Omega$ i les entrades V_A i V_B poden prendre els valors 0 V i 5 V :

- Calculeu els valors de I_A , I_B , I_R i de V_{out} pel cas $V_A = V_B = 0 \text{ V}$. Indiqueu en quin règim treballa cada transistor. (3p)
- Calculeu els valors de I_A , I_B , I_R i de V_{out} pel cas $V_A = 5 \text{ V}$, $V_B = 0 \text{ V}$. Indiqueu en quin règim treballa cada transistor. (5p)
- Indiqueu quins valors (aproximat) de tensió s'esperen per V_{out} quan $V_A = V_B = 5 \text{ V}$, assumint que en aquesta situació els dos transistors treballen en règim òhmico. Quina funció lògica implementa el circuit? Feu la taula de la veritat corresponent a les quatre possibles entrades lògiques. (2p)



RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL

Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

- T1)** El corrent només passa pels díodes en polarització directa, de forma que la intensitat que travessa el generador s'obté de resoldre la única malla que no conté díodes en polarització inversa, $10 - 0.6 - 50I - 0.6 - 50I = 0$, que ens dona un corrent de 88 mA. En conseqüència, la potència que subministra el generador és $P = \epsilon I = 0.88 \text{ W}$.
- T2)** De les dades sabem que $V_G = 3 \text{ V}$ i $V_S = V_{DD} = 5 \text{ V}$, i per tant $V_{GS} = 3 - 5 = -2 \text{ V}$. Tanmateix veiem de les corbes característiques que el punt A correspon a una tensió $V_{DS} = -3 \text{ V}$ i que el transistor treballa en saturació, de forma que $I = \beta(V_{GS} - V_T)^2/2 = 0.001(-2 - (-1))^2/2 = 0.5 \text{ mA}$. A partir d'aquí, l'equació de tensions a la sortida ens diu que $0 + R_D I - V_{DS} = V_{DD}$, i per tant $5 \cdot 10^{-4} R_D - (-3) = 5$, d'on trobem finalment $R = 4 \text{ k}\Omega$.
- T3)** Perque un díode condueixi apreciablement cal que la tensió a la banda P sigui superior a la tensió a la banda N. En aquest cas ens diuen que $V_N - V_P > V_\gamma > 0$ i per tant la tensió a la banda P és inferior a la tensió a la banda N. Per tant, la intensitat que passa per la unió és negligible al trobar-se el díode polaritzat inversament.
- T4)** La part de la porta que queda a l'esquerra (corresponent als transistors amb entrades marcades A i B) constitueix una porta NAND amb CMOS. La seva sortida està connectada a l'entrada d'un inversor, i per tant a la sortida V_{out} tenim la negació de l'entrada. Així doncs, al negar una NAND tenim una porta AND.
- T5)** Si el díode no condueix, el corrent que passa per R_1 i el que passa per R_2 són iguals i igual a $I = \epsilon/(100 + 200) = \epsilon/300$. La tensió que cau al Zener és, llavors, la mateixa que la que cau a R_2 , de forma que $\Delta V = 100I = \epsilon/3$. Perque el Zener realment no condueixi, cal que aquesta tensió sigui inferior a V_Z , i per tant la condició que cal satisfer és $\epsilon/3 < 10$, d'on treiem que $\epsilon < 30 \text{ V}$. Així doncs, el díode conduirà per tensions $\epsilon \geq 30 \text{ V}$.

Resolució del Problema

- a) Tots dos transistors tenen la font connectada a terra, i per tant el seu valor de tensió és $V_S = 0 \text{ V}$ pels dos. Tanmateix, les tensions de porta són precisament les d'entrada V_A i V_B . Quan posem aquestes dues tensions a 0 V , obtenim $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 0 = 0 \text{ V}$ en tots dos transistors, i per tant tots dos treballen en regió de tall. Al treballar en tall, els dos corrents són nuls $I_A = I_B = 0 \text{ A}$, i per tant el corrent total també ho és $I_R = I_A + I_B = 0 \text{ A}$. Amb un corrent total I_R nul, la diferència de potencial $V_{DD} - V_{out} = 0$ ja que és igual a la tensió que cau a la resistència R_D (nula ja que no circula corrent a través seu). Per tant, $V_{out} = V_{DD} = 5 \text{ V}$.
- b) Per la mateixa raó d'abans, amb $V_B = 0$ el transistor es troba en tall, i per tant $I_B = 0 \text{ A}$. Per altra banda, amb $V_A = 5 \text{ V}$, pel transistor corresponent tenim $V_{GS} = 5 - 0 = 5 \text{ V}$, de forma que $V_{GS} - V_T = 5 - 1 = 4 > 0$, indicant que aquest transistor no treballa en tall. Així doncs, cal decidir si es troba en règim òhmic o de saturació. Si supossem que treballa en saturació, podem determinar fàcilment el corrent de la forma

$$I_A = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} 10^{-4} (5 - 1)^2 = 0.8 \text{ mA} ,$$

però llavors cal comprovar que també se satisfà l'equació de l'etapa de sortida

$$V_{DS} + R_D I_D = V_{DD} .$$

A partir d'aquesta expressió trobem

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 5 - (100 \cdot 10^3)(0.8 \cdot 10^{-3}) = -75 \text{ V}$$

que òbviament no pot ser. Així doncs, veiem que la suposició de que el transistor treballa en règim de saturació era errònia, i per tant ara sabem que treballa en regió òhmica.

L'anàlisi ens porta a una equació de segon grau per V_{DS} , ja que el corrent ara és

$$I_A = \beta \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 10^{-4} \left[4 V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

que, insertat a l'equació de l'etapa de sortida que hem escrit abans, ens porta a

$$V_{DS} + (100 \cdot 10^3)(10^{-4}) \left[4 V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 5 .$$

Simplificant, arribem doncs a

$$5 V_{DS}^2 - 41 V_{DS} + 5 = 0 ,$$

que té dues solucions

$$V_{DS} = \frac{41 \pm \sqrt{41^2 - 4 \cdot 5 \cdot 5}}{2 \cdot 5} \rightarrow V_{DS}^+ = 8.07 \text{ V} , V_{DS}^- = 0.12 \text{ V} .$$

Observem que $V_{DS}^+ > V_{DD}$ no pot ser, de forma que la solució correcta és $V_{DS} = 0.12 \text{ V}$. Així doncs, $V_{out} = V_{DS} = 0.12 \text{ V}$.

Amb aquest valor i amb l'equació del corrent I_A en règim òhmic escrita a dalt, obtenim

$$I_A = \beta \left[(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 10^{-4} \left[4 \cdot 0.12 - \frac{0.12^2}{2} \right] = 48.7 \mu\text{A}$$

Amb tota aquesta informació concluem que $I_A = 48.7 \mu\text{A}$, $I_B = 0$ i per tant el corrent total és $I_R = I_A + I_B = 48.7 \mu\text{A}$.

- c) Els dos casos analitzats als apartats anteriors ens diuen que, identificant un 0 i un 1 lògics amb tensions $\approx 0\text{ V}$ i $\approx 5\text{ V}$ respectivament, l'entrada A=B=0 té per sortida un 1, mentre que A=1 amb B=0 dona un 0 lògic a la sortida. Tal com veiem de la figura, el circuit és simètric sota l'intercanvi A \leftrightarrow B, la qual cosa ens diu que el tercer estat A=0 amb B=1 també dóna un 0 lògic a la sortida.

El cas en que tant A com B estan a 1 lògic no s'ha analitzat explícitament, però veiem que amb una tensió d'entrada de 5 V tots dos transistors treballaran al mateix règim, que no pot ser de tall ja que $V_{GS} - V_T > 0$. Com sabem (i hem comprovat al cas analitzat abans), les portes lògiques fetes amb aquests tipus de transistors es dissenyen perquè treballin en regió òhmica o en regió de tall exclusivament. Amb una entrada de valor 1 lògic, corresponent a 5 V, cap dels dos transistors es troba en tall, de forma que (com indica l'enunciat) treballaran en règim òhmic. Això implica que la seva tensió de sortida V_{DS} serà baixa, i com tots dos tenen la font connectada a terra, $V_{out} = V_{DS}$, que identifiquem amb un 0 lògic.

Recollint tota la informació anterior, la taula de la veritat que en resulta és llavors

A	B	OUT
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

corresponent a una porta NOR.