

Cognoms i Nom:

Codi

Examen final - Primera part: CC i CA
18 de juny del 2021

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) Quants cops ha de transcórrer la constant de temps τ_C perquè un condensador en un circuit RC sèrie assoleixi el 50% de l'energia que emmagatzema en l'estat estacionari?

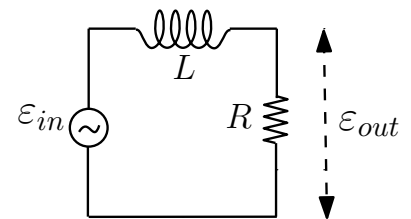
- a) 0.346. b) 0.69. c) 0.53. d) 1.23.

T2) Quin és el coeficient d'autoinducció d'una bobina que connectada en sèrie amb una bombeta de 110 V i 90 W fa que aquesta treballi en les anteriors condicions quan el conjunt es connecta a una línia de 220 V i 50 Hz?

- a) $L = 0.65$ H. b) $L = 0.74$ H. c) $L = 0.17$ H. d) $L = 0.47$ H.

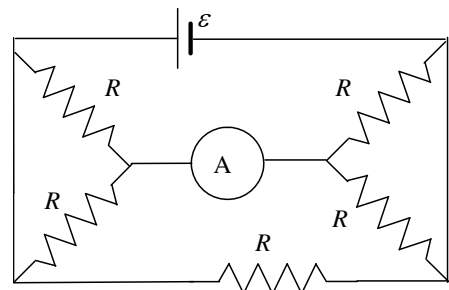
T3) El filtre de la figura consta d'una resistència de valor $R = 3\Omega$ i d'una bobina de coeficient d'autoinducció $L = 1/25\pi$ H. La freqüència f a la que la funció de transferència val 0.6 és

- a) $f = 50.0$ Hz b) $f = 314.1$ Hz
c) $f = 62.8$ Hz d) $f = 63.4$ Hz



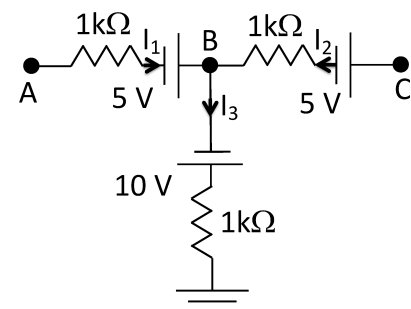
T4) En el circuit de la figura $R = 2k\Omega$ i $\epsilon = 8$ V. Si tant l'amperímetre com la bateria són ideals (sense resistència interna), la indicació de l'amperímetre és

- a) 2 mA. b) 1.2 mA.
c) 1 mA. d) 4 mA.



T5) Les intensitats I_1 i I_2 del circuit de la figura són de 10 mA. Quina de les afirmacions referents al corrent I_3 i els potencials als punts A, B i C és la correcta? Supposeu que les resistències internes de les tres fonts de tensió són nul·les.

- a) $V_C = 25$ V. b) $V_A = 10$ V.
c) $V_B = -10$ V. d) $I_3 = 10$ mA.



Cognoms i Nom:

Codi

Examen final - Primera part: CC i CA
18 de juny del 2021

Model B

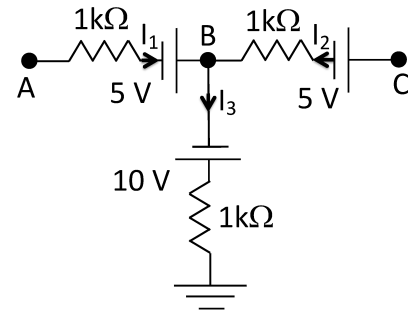
Qüestions: 50% de l'examen

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.

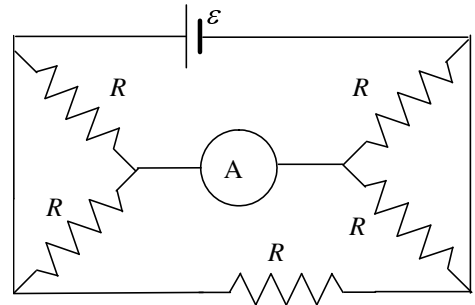
T1) Les intensitats I_1 i I_2 del circuit de la figura són de 10 mA. Quina de les afirmacions referents al corrent I_3 i els potencials als punts A, B i C és la correcta? Supposeu que les resistències internes de les tres fonts de tensió són nul·les.

- a) $V_B = -10$ V. b) $V_A = 10$ V.
c) $I_3 = 10$ mA. d) $V_C = 25$ V.



T2) En el circuit de la figura $R = 2$ k Ω i $\epsilon = 8$ V. Si tant l'amperímetre com la bateria són ideals (sense resistència interna), la indicació de l'amperímetre és

- a) 4 mA. b) 2 mA.
c) 1.2 mA. d) 1 mA.



T3) Quants cops ha de transcórrer la constant de temps τ_C perquè un condensador en un circuit RC sèrie assolixi el 50% de l'energia que emmagatzema en l'estat estacionari?

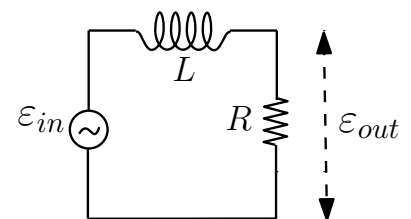
- a) 1.23. b) 0.53. c) 0.69. d) 0.346.

T4) Quin és el coeficient d'autoinducció d'una bobina que connectada en sèrie amb una bombeta de 110 V i 90 W fa que aquesta treballi en les anteriors condicions quan el conjunt es connecta a una línia de 220 V i 50 Hz?

- a) $L = 0.47$ H. b) $L = 0.17$ H. c) $L = 0.65$ H. d) $L = 0.74$ H.

T5) El filtre de la figura consta d'una resistència de valor $R = 3$ Ω i d'una bobina de coeficient d'autoinducció $L = 1/25\pi$ H. La freqüència f a la que la funció de transferència val 0.6 és

- a) $f = 62.8$ Hz b) $f = 314.1$ Hz
c) $f = 50.0$ Hz d) $f = 63.4$ Hz



Cognoms i Nom:

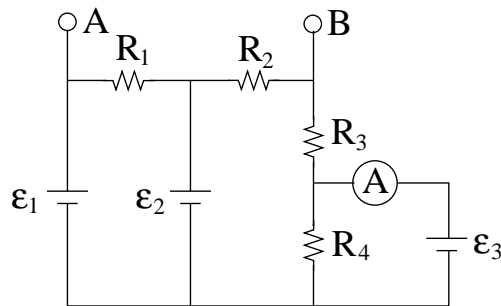
Codi

Examen final - Primera part: CC i CA
18 de juny del 2021

Problema: 50% de l'examen

Les resistències del circuit de la figura prenen els valors $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$, $R_3 = 3\text{ k}\Omega$, $R_4 = 4\text{ k}\Omega$. Les fem són de $\varepsilon_1 = 12\text{ V}$, $\varepsilon_3 = 8\text{ V}$ mentre que la fem ε_2 és de valor desconegut. L'amperímetre marca intensitat nul·la.

- Trobeu les intensitats I_1 , I_2 , I_3 , I_4 que circulen per les resistències R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , respectivament, tot indicant el seu sentit (feu el dibuix del circuit amb els corrents). Determineu el valor de la fem ε_2 .
- Substituïm ara l'amperímetre per un fil conductor. Trobeu el circuit equivalent de Thévenin entre els punts A i B .



RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL

Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

T1) La relació entre l'energia $q^2/(2C)$ i la càrrega q del condensador és quadràtica, quan l'energia del condensador és igual a 0.5 vegades la seva energia final, la càrrega q té el factor $q/Q = \sqrt{0.5} = 0.707$ de la càrrega final Q . L'equació en un procés de la càrrega del condensador és $q(t)/Q = 1 - e^{-t/\tau_C} = 0.707$, $e^{-t/\tau_C} = 1 - 0.707 = 0.293$ i $t/\tau_C = -\ln(0.293) = 1.23$.

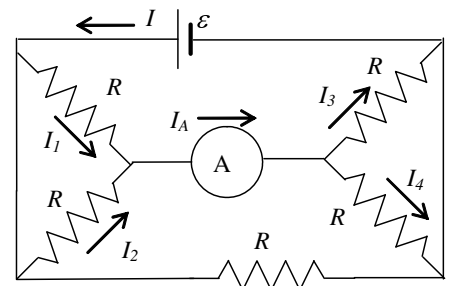
T2) La funció de transferència del circuit s'obté de la relació entre la tensió de sortida i la d'entrada, en aquest cas

$$\frac{\epsilon_{out}}{\epsilon_{in}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}.$$

Si imposem que $\epsilon_{out}/\epsilon_{in} = 0.6$ i fem servir les dades que ens donen a l'enunciat, obtenim $0.6 = 3/\sqrt{3^2 + (2\pi f/25\pi)^2}$, d'on resulta $f = 50$ Hz.

T3) A la resistència $P = V_R^2/R$ i per tant $R = V_R^2/P = 110^2/90 = 134.44 \Omega$. Per tant el corrent que circula a través seu és $I = V_R/R = 110/134.44 = 0.818$ A. A l'estar associades la bobina i la resistència en sèrie, les seves tensions formen 90° i per tant la tensió total del circuit és $220 = \sqrt{110^2 + V_L^2}$, d'on resulta $V_L = \sqrt{220^2 - 110^2} = 190.526$ V. Com que ara ja sabem el corrent i la tensió a la bobina, a partir de la relació $V_L = X_L I = L\omega I$ obtenim $L = V_L/(\omega I) = 190.526/((2\pi 50)0.818) = 0.741$ H.

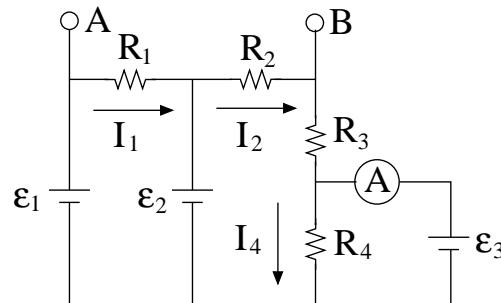
T4) Si identifiquem les intensitats de les diferents branques d'acord amb la següent figura, per la malla esquerra podem escriure l'equació $RI_1 - RI_2 = 0$. Per tant, $I_1 = I_2$. I per la malla dreta $RI_3 - RI_4 = 0$. Per tant, $I_3 = I_4$. I al nus de la dreta de l'amperímetre $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$. D'on es troba que $I_1 = I_3$. L'equació de Kirchoff per la malla superior és $\epsilon - RI_1 - RI_3 = \epsilon - 2RI_1 = 0$. Per tant, $I_1 = \epsilon/(2R) = 2$ mA i la intensitat a través de l'amperímetre és $I_A = 2I_1 = 4$ mA.



T5) En primer lloc observem que amb els sentits dels corrents que s'indiquen a la figura, al nus B es verifica que $I_3 = I_1 + I_2 = 10 + 10 = 20$ mA. Per tant el potencial $V_B = -10 + 1 \cdot 20 = 10$ V. El potencial $V_A = V_B + (V_A - V_B) = 10 + 1 \cdot 10 - 5 = 15$ V. Finalment, el potencial $V_C = V_B + (V_C - V_B) = 10 + 1 \cdot 10 + 5 = 25$ V.

Resolució del Problema

- a) El primer que veiem és que, com que l'amperímetre marca intensitat nul·la, el corrent que passa per ε_3 és nul, i per tant el corrent que circula per R_4 és igual al que circula per R_3 . Al diagrama següent indiquem el sentit que escollim per les intensitats



La caiguda de potencial a R_4 és igual a la *fem* ε_3 ja que no circula cap corrent per la branca on es troba aquesta. Així I_4 ha d'anar efectivament en el sentit indicat a la figura, i el seu valor s'obté directament de la llei d'Ohm $R_4 I_4 = \varepsilon_3$, d'on resulta $I_4 = 8/4 \cdot 10^3 = 2 \text{ mA}$. Tal com deiem abans, aquest és el mateix corrent que circula per R_3 (és a dir, I_3).

D'altra banda el punt B es troba obert, de forma que el corrent I_2 ha de ser igual a I_4 , es a dir, $I_2 = 2 \text{ mA}$. Un cop sabem això, podem trobar el valor de ε_2 fent l'equació de la malla que passa per ε_2 , R_2 , R_3 i R_4 . Així obtenim

$$\varepsilon_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0 \rightarrow \varepsilon_2 = 2 \cdot 10^{-3} (2 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3) = 18 \text{ V}.$$

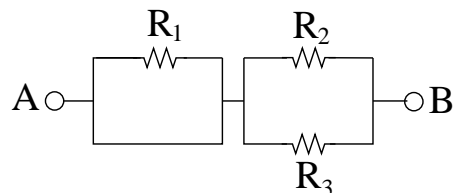
Finalment podem trobar el corrent I_1 fent l'equació de la malla que passa per ε_1 , R_1 i ε_2

$$\varepsilon_1 - R_1 I_1 - \varepsilon_2 = 0 \rightarrow I_1 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1} = \frac{12 - 18}{1 \cdot 10^3} = -6 \text{ mA},$$

i per tant el corrent I_1 el podem representar en sentit contrari al del dibuix, i amb valor $I_1 = 6 \text{ mA}$.

- b) Ara reemplacem l'amperímetre per un fil conductor i busquem l'equivalent de Thévenin del circuit entre els punts A i B.

Comencem per la resistència de Thévenin. Per calcular el seu valor cal que també reemplacem les fonts per fils conductors. Si apliquem aquest criteri a ε_3 , resulta que tota la seva branca es converteix en un únic fil conductor, i per tant curtcircuita la resistència R_4 : el conjunt R_4 en paral·lel amb el fil conductor es comporta com un únic fil conductor. Si ara deformem el circuit resultant veiem que el que ens queda és



El paral·lel de R_1 amb el fil conductor (de resistència nul·la) dona resistència zero, i per tant la resistència de Thévenin és igual al paral·lel de R_3 amb R_4 , que dona

$$\frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{2 \cdot 10^3} + \frac{1}{3 \cdot 10^3} \rightarrow R_{Th} = 1200 \Omega .$$

Pel que fa referència a la tensió de Thévenin ε_{Th} , s'obté com la diferència de potencial entre els punts A i B quan aquests es troben en circuit obert, tal com és el nostre cas. Amb el resultats de l'apartat anterior trobem

$$V_{Th} = V_A - V_B = I_2 R_2 + I_1 R_1 = 2 \cdot 10^{-3} 2 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^{-3} 1 \cdot 10^3 = -2 \text{ V} .$$

Cognoms i Nom:

Codi

Examen final - Segona part: **ELECTRÒNICA I ONES**
18 de juny del 2021

Model B

Qüestions: 50% de l'examen

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

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

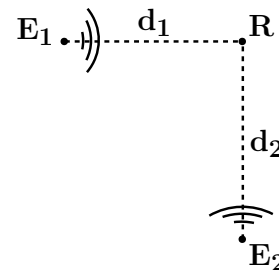
T1) A una distància r_1 d'una antena emissora d'ones electromagnètiques harmòniques i esfèriques, la intensitat mitjana és I_1 i l'amplitud del camp magnètic és B_1 . A una distància $r_2 = r_1/2$, la intensitat mitjana I_2 i l'amplitud B_2 del camp magnètic valen

- a) $I_2 = 2I_1$ i $B_2 = 4B_1$. b) $I_2 = 4I_1$ i $B_2 = 2B_1$.
c) $I_2 = 2I_1$ i $B_2 = 2B_1$. d) $I_2 = 4I_1$ i $B_2 = 4B_1$.

T2) El làser Vulcan, que s'utilitza en experiments orientats a assolir la fusió nuclear, emet llum de longitud d'ona $\lambda = 633$ nm en polsos de 10^{-12} s. Si durant un pols emet 3.18×10^{21} fotons, la potència del làser és aproximadament ($c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js)

- a) 10^5 W. b) 10^5 mW. c) 10^{15} W. d) 10^{10} W.

T3) Els emissors d'ultrasons E_1 i E_2 de la figura emeten en fase ones de 40 kHz de freqüència. Diem d_1 i d_2 a la distància de E_1 i E_2 al receptor R . Sabent que és $d_1 = 5$ cm per quin dels següents valors de d_2 es detectarà a R una interferència constructiva? (Velocitat de propagació del so a l'aire $v = 340$ m/s)

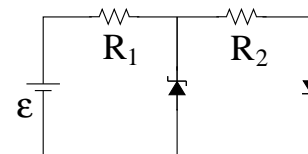


- a) 5.425 cm b) 4.575 cm
c) 5.85 cm d) 6.275 cm

T4) Un transistor PMOS té $V_S = 3V$, $V_D = -2V$, $V_G = 1V$, $V_T = -1V$. En quin règim treballa?

- a) Tall. b) Saturació. c) Òhmic. d) Cap dels altres.

T5) Al circuit de la figura el valor de les resistències és $R_1 = 100 \Omega$ i $R_2 = 200 \Omega$, i el de la fem és $\epsilon = 13$ V. El díode Zener del mig té els paràmetres característics $V_Z = 10$ V i $V_\gamma = 0.5$ V, i el díode de la dreta té $V_\gamma = 0.7$ V. La intensitat que circula per R_2 és doncs



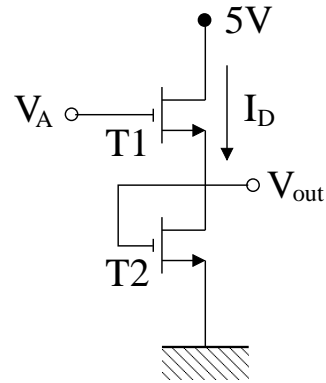
- a) $I = 41$ mA. b) $I = 50$ mA.
c) $I = 0$ A. d) $I = 47$ mA.

Examen final - Segona part: **ELECTRÒNICA I ONES**
18 de juny del 2021

Problema: 50% de l'examen

Al circuit de la figura, els dos transistors tenen els mateixos paràmetres característics $V_T = 2\text{ V}$ i $\beta = 0.1\text{ mA/V}^2$. Tenint en compte que per la configuració del circuit, el transistor T2 està en saturació en tots els casos, determineu el règim de treball del transistor T1, la tensió de sortida V_{out} i el corrent I_D , per:

- a) $V_A = 0\text{ V}$.
- b) $V_A = 5\text{ V}$.



RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL

Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

- T1)** Primer cal decidir si el Zener condueix o no. Si assumim que no condueix, veiem que el díode de la dreta sí que ho ha de fer ja que en cas contrari no circularia cap corrent pel circuit, i la tensió a extrems d'aquest díode seria $\Delta V = \epsilon = 13\text{ V} > V_\gamma = 0.7\text{ V}$, tot indicant que sí que ha de conduir. Sabent que condueix, el corrent que circularia per R_1 i R_2 és el mateix (ja que suposem que el Zener no condueix), i el seu valor s'obté de l'equació de la malla externa $\epsilon - (R_1 + R_2)I - 0.7 = 0$, d'on resulta $I = (13 - 0.7)/(100 + 200) = 4.1 = 41\text{ mA}$. A partir d'aquí la tensió a extrems del Zener es pot calcular avaluant les diferències de potencial a la branca de la dreta, $\Delta V = R_2 I + V_\gamma = 200 I + 0.7 = 8.9\text{ V}$. Així doncs veiem que $\Delta V < V_Z$ i per tant és efectivament cert que el Zener no condueix, de forma que el corrent que circula a través de la resistència R_2 és el que hem calculat, $I = 41\text{ mA}$.
- T2)** Amb les dades subministrades trobem $V_{GS} = V_G - V_S = 1 - 3 = -2\text{ V}$, i per tant $V_{GS} - V_T = -2 - (-1) = -1\text{ V}$. D'altra banda tenim $V_{DS} = V_D - V_S = -2 - 3 = -5\text{ V}$, i per tant resulta $0 > V_{GS} - V_T > V_{DS}$, tot indicant que el PMOS treballa en saturació.
- T3)** La intensitat disminueix amb la inversa del quadrat de la distància i es compleix $I_2/I_1 = (r_1/r_2)^2$. Per tant, si $r_2 = r_1/2$, $I_2 = (r_1/r_2)^2 I_1 = (2r_1/r_1)^2 I_1 = 4I_1$. Atès que la intensitat és proporcional al quadrat de l'amplitud del camp magnètic, aquesta última disminueix amb la inversa de la distància i es compleix $B_2/B_1 = r_1/r_2$. Per tant, $B_2 = (r_1/r_2)B_1 = (2r_1/r_1)B_1 = 2B_1$.
- T4)** Per que hi hagi interferència constructiva cal que la diferència de camins recorreguts per les dues ones satisfaci la relació $|d_1 - d_2| = 2n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow d_2 = d_1 \pm 2n \frac{\lambda}{2}$. La longitud d'ona és $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{40 \times 10^3} = 0.85\text{ cm}$. Resulta per tant $d_2 = 5 \pm (2n) \frac{0.85}{2}$ i per $n = 1$ obtenim $d_2 = 5 + 0.85 = 5.85\text{ cm}$.
- T5)** El nombre de fotons emesos per unitat de temps és 3.18×10^{33} fotons/s. Com que cada fotó té una energia $E = hc/\lambda = 3.14 \times 10^{-19}\text{ J}$, la potència d'emissió del làser és $P = (3.18 \times 10^{33})(3.14 \times 10^{-19}) = 10^{15}\text{ W}$.

Resolució del Problema

- a) Amb $V_A = 0\text{ V}$, la tensió de porta del transistor T1 és de 0 V . La tensió de font V_S de T1 és desconeguda, però necessàriament haurà de ser de valor positiu o zero, donat que la tensió a dalt és de 5 V i T2 es troba connectat a terra ($=0\text{ V}$). Per tant, la tensió porta-font haurà de ser $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - V_S \leq 0$, la qual cosa ens indica que T1 es troba en tall. Però si es troba en tall, el corrent de drenador és $I_D = 0\text{ A}$.

D'altra banda, al transistor T2 el drenador i la porta estan connectats, i per tant es troben a la mateixa tensió, $V_G = V_D$. Amb això resulta $V_{GS} = V_G - V_S = V_D - V_S = V_{DS}$, de forma que $V_{GS} - V_T < V_{DS}$, la qual cosa ens indica que T2 treballa en saturació. Així doncs, el corrent de drenador per T2 ve donat per l'expressió $I_D = \beta(V_{GS} - V_T)^2/2$, tot i que sabem d'abans que $I_D = 0\text{ A}$. Aquestes condicions només es verifiquen quan $V_{GS} = V_T$, i amb $V_S = 0\text{ V}$ això vol dir $V_G = V_T = 2\text{ V}$. Com que V_G es troba connectat directament al punt de sortida, resulta $V_{out} = 2\text{ V}$.

- b) Amb $V_A = 5\text{ V}$, veiem dels resultats de l'apartat anterior que T1 no es pot trobar en tall, doncs si ho fes seria $V_S = V_{out} = 2\text{ V}$ i això implicaria que $V_{GS} - V_T = (5 - 2) - 2 = 1 > 0$, incompatible amb l'assumpció original de que es troba en tall.

De fet podem veure directament que T1 treballa en saturació, donat que V_A i V_D es troben al mateix valor de tensió de 5 V i per tant $V_{GS} = 5 - V_{out} = V_{DS}$, la qual cosa implica que $V_{GS} - V_T < V_{DS}$. Així doncs, per T1 resulta

$$I_D = \frac{1}{2}\beta(V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2}\beta(5 - V_{out} - 2)^2.$$

D'altra banda sabem que T2 es troba en saturació tal com hem vist a l'apartat anterior, de forma que per aquest transistor, amb $V_G = V_{out}$ i $V_S = 0\text{ V}$, tenim que

$$I_D = \frac{1}{2}\beta(V_{out} - 0 - 2)^2.$$

Com que T1 i T2 es troben connectats en sèrie, el corrent I_D és el mateix per tots dos i això implica la igualtat

$$(5 - V_{out} - 2)^2 = (V_{out} - 0 - 2)^2,$$

o equivalentment $(3 - V_{out})^2 = (V_{out} - 2)^2$. Si expandim aquesta equació resulta

$$9 + V_{out}^2 - 6V_{out} = V_{out}^2 + 4 - 4V_{out}$$

d'on obtenim $2V_{out} = 5$ i per tant $V_{out} = 2.5\text{ V}$. Substituint aquest valor en l'equació de la intensitat, obtenim

$$I_D = \frac{1}{2}\beta(0.5\text{ V})^2 = 12.5\text{ }\mu\text{A}.$$