

Cognoms i Nom:

Codi

Examen FINAL de Física
20 de juny del 2022

Model A

Qüestions: 40% 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) Dues resistències elèctriques de $R_1 = 3\ \Omega$ i $R_2 = 6\ \Omega$ estan connectades en paral·lel a una bateria ideal de 9 V. Quina de les següents afirmacions és FALSA?

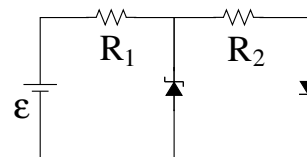
- a) La intensitat que circula per R_1 és el doble que la que circula per R_2 .
- b) La potència dissipada a R_1 és la meitat que la dissipada a R_2 .
- c) La diferència de potencial als extrems de R_1 és igual que als extrems de R_2 .
- d) La potència dissipada a R_1 és el doble que la dissipada a R_2 .

T2) El camp elèctric d'una ona electromagnètica és $\vec{E}(y, t) = E \sin(ky - \omega t)(\hat{i} + \hat{k})$. Aleshores, el camp magnètic de l'ona és:

- a) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(\hat{i} - \hat{k})$.
- b) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(-\hat{j} + \hat{k})$.
- c) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(\hat{j})$.
- d) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky + \omega t)(\hat{i} + \hat{k})$.

T3) En el circuit de la figura és $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$ i $\epsilon = 13\ \text{V}$. El díode Zener del mig té els paràmetres característics $V_Z = 10\ \text{V}$ i $V_\gamma = 0.5\ \text{V}$, i el díode de la dreta $V_\gamma = 0.7\ \text{V}$. La intensitat que circula per R_2 val

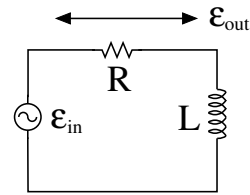
- a) $I = 47\ \text{mA}$.
- b) $I = 0\ \text{A}$.
- c) $I = 50\ \text{mA}$.
- d) $I = 41\ \text{mA}$.



Les notes sortiran com a molt tard el 27 de Juny a la tarda, i la revisió **NOMÉS DE L'EXAMEN FINAL** es farà el 28 de Juny de 16:00h a 17:00h a l'aula B4-212. Consulteu el racó per possibles actualitzacions.

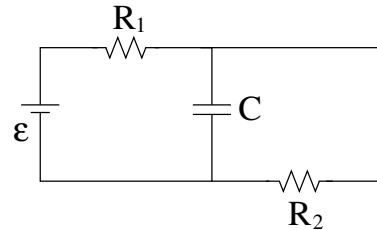
T4) El filtre de la figura consta d'una resistència de valor $R = 5 \Omega$ i d'una bobina de coeficient d'autoinducció $L = 1/25\pi$ H. La freqüència f a la que la funció de transferència val $1/\sqrt{2}$ és

- a) $f = 50.0$ Hz. b) $f = 62.5$ Hz.
 c) $f = 125$ Hz. d) $f = 25$ Hz.



T5) En el circuit de la figura és $\epsilon = 10$ V, $C = 5\mu$ F, $R_1 = 6 \Omega$ i $R_2 = 4 \Omega$. Quan val l'energia dissipada en el circuit en 1 minut?

- a) 60 J. b) 0.24 kJ.
 c) 240 kJ. d) 0.60 kJ.



T6) Un transistor PMOS té $V_S = 2$ V, $V_D = -2$ V, $V_G = 1$ V, $V_T = -1.5$ V. En quin règim treballa?

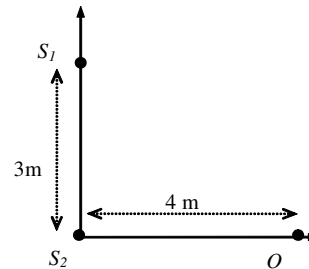
- a) Tall. b) Òhmic. c) Saturació. d) Cap dels altres.

T7) Un circuit RL de corrent altern té una resistència $R = 100 \Omega$ i un factor de potència $\cos \varphi = 0.75$. Quina reactància X' s'ha de connectar en paral·lel al circuit per tal de corregir el seu factor de potència?

- a) $X' = 133.33 \Omega$. b) $X' = -133.33 \Omega$. c) $X' = 201.58 \Omega$. d) $X' = -201.58 \Omega$.

T8) Dues fonts sonores S_1 i S_2 situades com s'indica a la figura emeten ones coherents en oposició de fase. Quina és la màxima longitud d'ona per la qual la interferència al punt O és constructiva?

- a) $\lambda = 2$ m. b) $\lambda = 0.5$ m.
 c) $\lambda = 1$ m. d) $\lambda = 0.25$ m.



Cognoms i Nom:

Codi

Examen FINAL de Física
20 de juny del 2022

Model B

Qüestions: 40% de l'examen

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

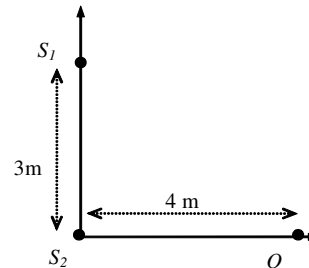
Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

T1) Un transistor PMOS té $V_S = 2\text{ V}$, $V_D = -2\text{ V}$, $V_G = 1\text{ V}$, $V_T = -1.5\text{ V}$. En quin règim treballa?

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

T2) Dues fonts sonores S_1 i S_2 situades com s'indica a la figura emeten ones coherents en oposició de fase. Quina és la màxima longitud d'ona per la qual la interferència al punt O és constructiva?

- a) $\lambda = 0.5\text{ m}$. b) $\lambda = 1\text{ m}$.
c) $\lambda = 2\text{ m}$. d) $\lambda = 0.25\text{ m}$.



T3) Dues resistències elèctriques de $R_1 = 3\ \Omega$ i $R_2 = 6\ \Omega$ estan connectades en paral·lel a una bateria ideal de 9 V. Quina de les següents afirmacions és FALSA?

- a) La potència dissipada a R_1 és la meitat que la dissipada a R_2 .
b) La intensitat que circula per R_1 és el doble que la que circula per R_2 .
c) La diferència de potencial als extrems de R_1 és igual que als extrems de R_2 .
d) La potència dissipada a R_1 és el doble que la dissipada a R_2 .

Les notes sortiran com a molt tard el 27 de Juny a la tarda, i la revisió **NOMÉS DE L'EXAMEN FINAL** es farà el 28 de Juny de 16:00h a 17:00h a l'aula B4-212. Consulteu el racó per possibles actualitzacions.

T4) El camp elèctric d'una ona electromagnètica és $\vec{E}(y, t) = E \sin(ky - \omega t)(\hat{i} + \hat{k})$. Aleshores, el camp magnètic de l'ona és:

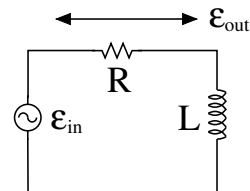
- a) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky + \omega t)(\hat{i} + \hat{k})$.
- b) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(\hat{j})$.
- c) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(-\hat{j} + \hat{k})$.
- d) $\vec{B}(y, t) = B \sin(ky - \omega t)(\hat{i} - \hat{k})$.

T5) Un circuit RL de corrent altern té una resistència $R = 100 \Omega$ i un factor de potència $\cos \varphi = 0.75$. Quina reactància X' s'ha de connectar en paral·lel al circuit per tal de corregir el seu factor de potència?

- a) $X' = 133.33 \Omega$.
- b) $X' = -201.58 \Omega$.
- c) $X' = 201.58 \Omega$.
- d) $X' = -133.33 \Omega$.

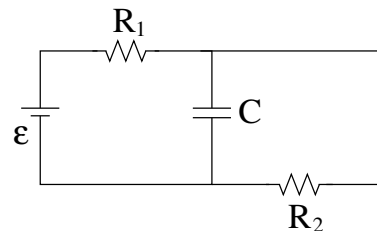
T6) El filtre de la figura consta d'una resistència de valor $R = 5 \Omega$ i d'una bobina de coeficient d'autoinducció $L = 1/25\pi$ H. La freqüència f a la que la funció de transferència val $1/\sqrt{2}$ és

- a) $f = 62.5$ Hz.
- b) $f = 50.0$ Hz.
- c) $f = 125$ Hz.
- d) $f = 25$ Hz.



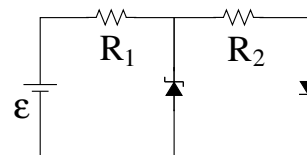
T7) En el circuit de la figura és $\epsilon = 10$ V, $C = 5 \mu$ F, $R_1 = 6 \Omega$ i $R_2 = 4 \Omega$. Quan val l'energia dissipada en el circuit en 1 minut?

- a) 0.24 kJ.
- b) 60 J.
- c) 0.60 kJ.
- d) 240 kJ.



T8) En el circuit de la figura és $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$ i $\epsilon = 13$ 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 $V_\gamma = 0.7$ V. La intensitat que circula per R_2 val

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



Cognoms i Nom:

Codi

Examen FINAL de Física

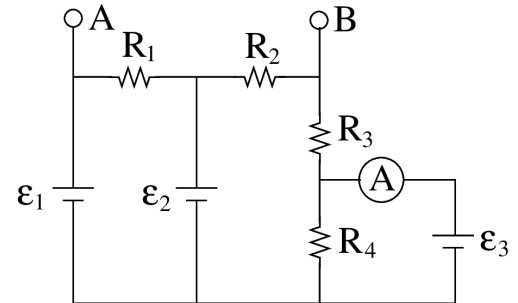
20 de juny del 2022

Problema 1 (20% de l'examen)

Les resistències del circuit de la figura prenen els valors $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1\text{ k}\Omega$, $R_3 = 4\text{ k}\Omega$, $R_4 = 5\text{ k}\Omega$. 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.

- a) Trobeu les intensitats I_1, I_2, I_3, I_4 que circula a per las resistències R_1, R_2, R_3, R_4 , tot indicant el seu sentit (feu el dibuix del circuit amb els corrents). Determineu el valor de la fem ε_2 .

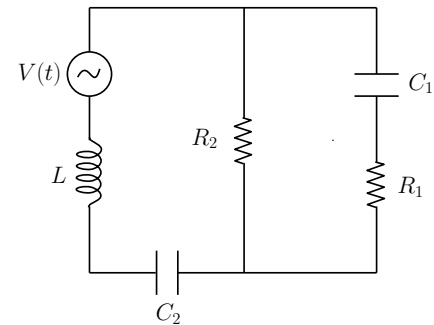
- b) Substituïm ara l'amperímetre per un fil conductor. Trobeu el circuit equivalent de Thévenin entre els punts A i B .



Problema 2 (20% de l'examen)

En el circuit de la figura, els valors dels diferents elements són $R_1 = 25\ \Omega$, $C_1 = 0.25\ \mu\text{F}$, $R_2 = 75\ \Omega$, $C_2 = 450\ \text{nF}$, $L = 1.5\ \text{mH}$. Sabem que el mòdul de la intensitat que circula per les dues resistències R_1 i R_2 és el mateix.

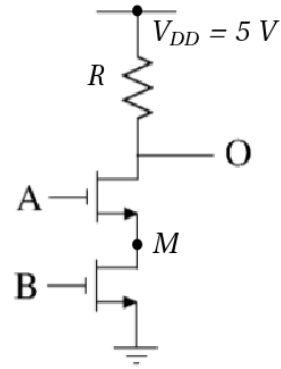
- a) Trobeu la freqüència de la tensió del generador.
- b) Quant val la impedància complexa del circuit?
- c) Sabent que la potència mitjana subministrada pel generador al circuit és $P = 2.2\ \text{W}$, i que la intensitat del generador és $I_{gen}(t) = I_0 \sin(\omega t)$, trobeu l'expressió de la tensió instantània del generador.



Problema 3 (20% de l'examen)

En el circuit representat a la figura, tenim $R = 20\text{ k}\Omega$, $\beta = 1.5\text{ mA/V}^2$, $V_T = 1\text{ V}$.

- Trobeu la taula de veritat, i indiqueu quina funció lògica implementa, si V_A i V_B poden prendre els valors 0 o 5 V.
- Trobeu, per al cas $V_A = V_B = 5\text{ V}$, la zona de treball de cada transistor, el valor de la intensitat que circula pels dos transistors, i els valors de V_M i V_O . Negligiu els termes quadràtics $\frac{V_{DS}^2}{2}$ en l'expressió de la intensitat en zona òhmica, si és el cas.



Respostes correctes de les qüestions del Test

| Qüestió | Model A | Model B |
|---------|---------|---------|
| T1) | b | a |
| T2) | a | c |
| T3) | d | a |
| T4) | b | d |
| T5) | d | b |
| T6) | a | a |
| T7) | d | c |
| T8) | a | d |

Resolució del Model A

T1) Donat que el conjunt està connectat en paral·lel, la diferència de potencial és la mateixa a les dues resistències, essent $R_{eq.} = 2\Omega$, per la qual cosa el corrent total que hi circula és de 4.5 A. Aquesta intensitat es reparteix en $I_1 = \frac{9}{R_1} = 3$ A i $I_2 = 1.5$ A. Es dedueix llavors que $P_1 = I_1^2 R_1 = 27$ W = $2 \cdot P_2$.

T2) D'acord amb l'expressió del camp elèctric, l'ona es propaga cap a les y positives. Per tant, el vector unitari que indica la direcció de propagació és $\vec{u} = +\hat{j}$. Considerant que $\vec{B} = [\vec{u} \times \vec{E}]/c$ s'obté $\vec{B}(y, t) = \vec{B}_0 \sin(ky - \omega t)(\hat{i} - \hat{k})$.

T3) 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 $\Delta V = \epsilon = 13$ V $>$ $V_\gamma = 0.7$ V, tot indicant que si 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 $I = (13 - 0.7)/(100 + 200) = 4.1 = 41$ 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, $\Delta V = R_2 I + V_\gamma = 200 I + 0.7 = 8.9$ 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, $I = 41$ mA.

T4) La funció de transferència del circuit s'obté de la relació entre la tensió de sortida i la d'entrada

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

Si imposem que $\epsilon_{out}/\epsilon_{in} = 1/\sqrt{2}$ i fem servir les dades que ens donen a l'enunciat, obtenim $5/\sqrt{5^2 + (2\pi f/25\pi)^2} = 1/\sqrt{2}$, d'on resulta $f = 62.5$ Hz.

T5) Donat que per la branca on es troba el condensador no passa corrent, $I = \epsilon/(R_1 + R_2) = 10/(6 + 4) = 1$ A per totes dues resistències. La potència dissipada en total és, doncs, $P = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 10$ W, i l'energia corresponent en 1 minut serà $U = P \cdot 60s = 0.60$ kJ.

- T6)** Amb les dades subministrades trobem $V_{GS} = V_G - V_S = 1 - 2 = -1 \text{ V} > V_T = -1.5 \text{ V}$ per tant el PMOS treballa en tall.
- T7)** Per corregir el factor de potència d'una impedància \bar{Z} , hem d'afegir en paral·lel una reactància $X' = -Z^2/X$, on Z és el mòdul de l'impedància i X la seva reactància. El factor de potència és $\cos \varphi = 0.75$, corresponent a un angle $\varphi = \cos^{-1}(0.75) = 41.41^\circ$. Com que $\tan \varphi = X/R$, obtenim $X = R \tan \varphi = 100 \tan(41.41^\circ) = 88.19 \Omega$; i X és de signe positiu perquè el circuit és inductiu. D'aquí trobem $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{100^2 + 88.19^2} = 133.33 \Omega$, i per tant $X' = -Z^2/X = -201.58 \Omega$.
- T8)** A l'emetre les fonts en oposició de fase, la condició d'interferència constructiva és que la diferència de camins recorreguts per les dues ones ha de ser igual a un nombre semi-imparell de longituds d'ona. L'ona que surt de S_1 recorre un camí $\sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$, mentre que el que recorre l'ona que surt de S_2 és de 4 m . Així doncs, la diferència de camins òptics és $\Delta d = 5 - 4 = 1 \text{ m}$. La màxima longitud d'ona que produeix interferència constructiva al punt O és aquella que satisfà la condició $\Delta d = \lambda/2$, i per tant $\lambda = 2 \text{ m}$.

Resolució del Problema 1

- 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 .

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 $I_4 = 8/5 \cdot 10^3 = 1.6 \text{ mA}$. Tal com deiem abans, aquest és el mateix corrent que circula per R_3 (és a dir, I_3).

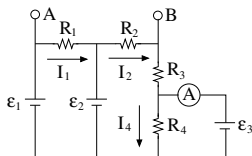
D'altra banda el punt B es troba obert, de forma que el corrent I_2 ha de ser igual a I_4 , es a dir, $I_2 = 1.6 \text{ mA}$. Un cop sabem això, podem trobar el valor de ε_2 fent l'equació de la malla que passa per ε_2 , R_2 , R_3 i R_4 . Així obtenim

$$\varepsilon_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0 \rightarrow \varepsilon_2 = 16 \text{ V}.$$

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

$$\varepsilon_1 - R_1 I_1 - \varepsilon_2 = 0 \rightarrow I_1 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1} = -4 \text{ mA},$$

i per tant el corrent I_1 el podem representar en sentit contrari al del dibuix, i amb valor $I_1 = 4 \text{ mA}$.



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

$$\frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{Th}} = 800 \Omega.$$

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 tenim

$$V_A + I_1 R_1 - I_2 R_2 = V_B$$

on recordem I_1 va en sentit contrari al que s'ha indicat al dibuix. D'aquesta forma obtenim

$$V_{Th} = V_A - V_B = I_2 R_2 - I_1 R_1 = -2.4 \text{ V}.$$

Resolució del Problema 2

- a) El mòdul de les impedàncies de les dues branques ha de ser igual, per tant trobem que $R_1^2 + X(C_1)^2 = R_2^2$ i per tant $X(C_1) = \sqrt{R_2^2 - R_1^2} = 70.71 \Omega = \frac{1}{C_1 \omega}$ i d'aquí $\omega = 1433 \text{ rad/s}$ i $f = 2\pi \omega = 9000 \text{ Hz}$
- b) La impedància del conjunt de les dues branques és $\bar{Z}(R_1, C_1, R_2) = \frac{(R_1 - jX(C_1))R_2}{R_1 - jX(C_1) + R_2} = 37.5 - j 26.52$. Aquest conjunt està en sèrie amb la bobina i el segon condensador, per tant $\bar{Z}_{\text{circuit}} = 37.5 - j 26.52 + j(L\omega - \frac{1}{C_2 \omega}) = 37.5 + j 20.44$. En coordenades polars això és $\bar{Z}_{\text{circuit}} = 42.71 \exp(j 28.6)$
- c) La potència és $P = \frac{1}{2} I_0^2 \text{Re}[\bar{Z}_{\text{circuit}}] = \frac{1}{2} I_0^2 37.5 = 2.2$, d'aquí trobem $I_0 = 0.3425 \text{ A}$ i $V_0 = I_0 \sqrt{37.5^2 + 20.44^2} = 14.6 \text{ (V)}$. Per tant, $V_{\text{gen}}(t) = 14.6 \sin(2\pi 9000 t + 28.6) = 14.6 \sin(56550 t + 0.499)$

Resolució del Problema 3

- a) Taula de veritat:

| V_A (V) | V_B (V) | I_D | V_O (V) |
|-----------|-----------|----------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 5 |
| 0 | 5 | 0 | 5 |
| 5 | 0 | 0 | 5 |
| 5 | 5 | $\neq 0$ | $\simeq 0$ |

Es tracta de la funció lògica NAND.

- b) per al cas $V_A = V_B = 5 \text{ V}$, els dos transistors estan conduint i per tant la sortida V_O és baixa (i amb més raó V_M , ja que donades les connexions es verifica que $0 < V_M < V_O$). Per tant per a tots dos transistors cal pensar que $V_{GS} - V_T > V_{DS}$ i que no estan en saturació. Com que tampoc no estan en tall, la hipòtesi de partida és que estan tots dos en zona òhmica.

Hem de determinar els valors de I_D , V_O i V_M . Disposem de 3 equacions: $I_D = (5 - V_O)/R$, $I_d = \beta \left((V_O - V_M)(V_A - V_M - V_T) - \frac{1}{2}(V_O - V_M)^2 \right)$ per al transistor A, i $I_d = \beta \left(V_M(V_B - V_T) - \frac{V_M^2}{2} \right)$ per al transistor B.

Negligint els termes quadràtics $(V_O - V_M)^2$ i $\frac{V_M^2}{2}$ tal com ens indiquen a l'enunciat i substituint valors, trobem el sistema d'equacions:

$$I_D = \frac{5 - V_O}{20000}$$

$$I_D = 0.0015(4 - V_M)(V_O - V_M)$$

$$I_D = 0.006 V_M$$

De la primera i la tercera trobem $V_O = 5 - 120 V_M$. Restant les dues darreres i substituint V_O ens queda una equació de segon grau per a V_M :

$$3630V_M^2 - 14790V_M + 600 = 0$$

que té dues solucions: $V_M = 0.04098 \text{ V}$ i $V_M = 4.0334 \text{ V}$, que proporcionen per a $V_O = 5 - 120 V_M$ els valors $V_O = 0.0824 \text{ V}$ i $V_O = -479 \text{ V}$, respectivament. Descartem doncs la segona i finalment trobem (utilitzant qualsevol de les expressions per a I_D) el resultat $I_D = 0.246 \text{ mA}$, juntament amb $V_M = 0.04098 \text{ V}$ i $V_O = 0.0824 \text{ V}$. Les condicions de zona òhmica se satisfan per a tots dos transistors, ja que $V_{DS} \simeq 0.04 \text{ V}$ és menor que $V_{GS} - V_T \simeq 4 \text{ V}$ en tots dos transistors.