

Cognoms i Nom:

Codi

Examen FINAL de Física
19 de juny del 2019

Model A

Qüestions: 40% de l'examen

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

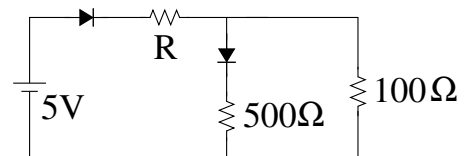
Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

T1) En un punt de l'espai, el camp elèctric d'una ona electromagnètica està dirigit instantàniament en el sentit positiu de l'eix de les z , mentre que en aquest punt i en el mateix instant, el camp magnètic està dirigit en el sentit negatiu de l'eix de les x . Per tant, l'ona es propaga

- a) en el sentit positiu de l'eix de les z
- b) en el sentit negatiu de l'eix de les x
- c) en el sentit negatiu de l'eix de les y
- d) en el sentit positiu de l'eix de les y

T2) Al circuit de la figura els dos díodes són iguals i tenen una tensió llindar $V_\gamma = 0.7\text{ V}$. Sabent que la resistència de $100\ \Omega$ dissipa una potència de 10^{-4} W , el valor de la resistència R és:

- a) $4.3\text{ k}\Omega$
- b) $3.1\text{ k}\Omega$
- c) $4.2\text{ k}\Omega$
- d) $3.6\text{ k}\Omega$



T3) Si l'ample de banda d'una línia ADSL és de 100 MHz , quina de les següents afirmacions és certa?

- a) La durada del pols més curt que es pot enviar és de 10 ns .
- b) La velocitat de transmissió és de 100 Mbit/s .
- c) La velocitat de transmissió és de 200 Mbit/s .
- d) La durada del pols més curt que es pot enviar és de 20 ns .

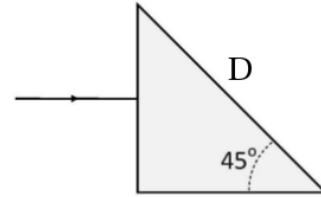
T4) Una ona electromagnètica plana i linealment polaritzada de 100 MHz de freqüència es propaga en el buit. Si el camp magnètic és de la forma $\vec{B}(z, t) = 10^{-8} \cos(kz - \omega t) \vec{i}\text{ T}$, digueu quina de les següents afirmacions és la correcta.

($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\text{ C}^2/\text{Nm}^2$, $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$.)

- a) La longitud d'ona és de 10 m .
- b) L'expressió del camp elèctric és $\vec{E}(z, t) = 3 \cos(kz - \omega t) \vec{j}\text{ N/C}$.
- c) La intensitat mitjana és 1.19 W/m^2 .
- d) La densitat mitjana d'energia és $3.98 \cdot 10^{-11}\text{ J/m}^3$.

T5) Un feix de llum incideix perpendicularment sobre una de les cares d'un prisma de vidre com el de la figura. El valor mínim de l'índex de refracció del vidre necessari per tal que un observador no vegi llum emergent per la cara D del prisma és:

- a) $n = 1.41$ b) $n = 1.28$
 c) $n = 1.54$ d) $n = 1.33$

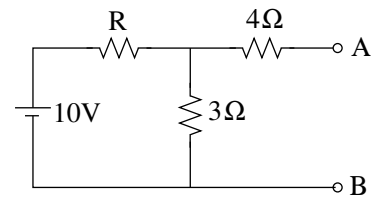


T6) Sabem que per corregir el factor de potència d'una instal·lació formada per una resistència R i una bobina de valor $L = 0.01$ H en sèrie, cal connectar en paral·lel un condensador de capacitat $C = 200 \mu\text{F}$. Si el conjunt treballa a una freqüència $f = 50$ Hz, el valor de R és:

- a) $R = 4.18 \Omega$. b) $R = 6.33 \Omega$. c) $R = 9.34 \Omega$. d) $R = 7.25 \Omega$.

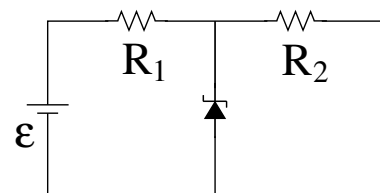
T7) Determineu el valor de R sabent que la resistència que connectada entre A i B dissipa la màxima potència pren per valor $\tilde{R} = 6 \Omega$.

- a) $R = 12 \Omega$. b) $R = 4 \Omega$.
 c) $R = 3 \Omega$. d) $R = 6 \Omega$.



T8) Al circuit de la figura $R_1 = 300 \Omega$, $R_2 = 75 \Omega$ i el díode Zener té els paràmetres característics $V_\gamma = 0.7$ V i $V_Z = 10$ V. El valor mínim de la fem del generador de tensió per tal que el díode condueixi és:

- a) $\epsilon = 50$ V. b) $\epsilon = 43$ V.
 c) $\epsilon = 0.7$ V. d) $\epsilon = 3.5$ V.



Cognoms i Nom:

Codi

Examen FINAL de Física
19 de juny del 2019

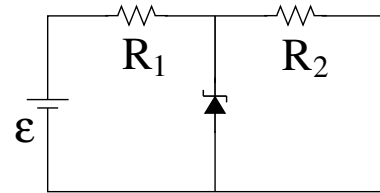
Model B

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) Al circuit de la figura $R_1 = 300 \Omega$, $R_2 = 75 \Omega$ i el díode Zener té els paràmetres característics $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$ i $V_Z = 10 \text{ V}$. El valor mínim de la fem del generador de tensió per tal que el díode condueixi és:



- a) $\epsilon = 0.7 \text{ V}$. b) $\epsilon = 3.5 \text{ V}$.
c) $\epsilon = 43 \text{ V}$. d) $\epsilon = 50 \text{ V}$.

T2) Sabem que per corregir el factor de potència d'una instal·lació formada per una resistència R i una bobina de valor $L = 0.01 \text{ H}$ en sèrie, cal connectar en paral·lel un condensador de capacitat $C = 200 \mu\text{F}$. Si el conjunt treballa a una freqüència $f = 50 \text{ Hz}$, el valor de R és:

- a) $R = 6.33 \Omega$. b) $R = 4.18 \Omega$. c) $R = 9.34 \Omega$. d) $R = 7.25 \Omega$.

T3) Una ona electromagnètica plana i linealment polaritzada de 100 MHz de freqüència es propaga en el buit. Si el camp magnètic és de la forma $\vec{B}(z, t) = 10^{-8} \cos(kz - \omega t) \vec{i} \text{ T}$, digueu quina de les següents afirmacions és la correcta.

($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.)

- a) L'expressió del camp elèctric és $\vec{E}(z, t) = 3 \cos(kz - \omega t) \vec{j} \text{ N/C}$.
b) La densitat mitjana d'energia és $3.98 \cdot 10^{-11} \text{ J/m}^3$.
c) La longitud d'ona és de 10 m .
d) La intensitat mitjana és 1.19 W/m^2 .

T4) Si l'ample de banda d'una línia ADSL és de 100 MHz , quina de les següents afirmacions és certa?

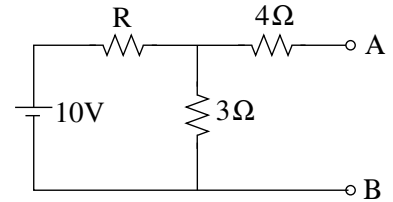
- a) La velocitat de transmissió és de 100 Mbit/s .
b) La durada del pols més curt que es pot enviar és de 10 ns .
c) La durada del pols més curt que es pot enviar és de 20 ns .
d) La velocitat de transmissió és de 200 Mbit/s .

T5) En un punt de l'espai, el camp elèctric d'una ona electromagnètica està dirigit instantàniament en el sentit positiu de l'eix de les z , mentre que en aquest punt i en el mateix instant, el camp magnètic està dirigit en el sentit negatiu de l'eix de les x . Per tant, l'ona es propaga

- a) en el sentit negatiu de l'eix de les x
- b) en el sentit negatiu de l'eix de les y
- c) en el sentit positiu de l'eix de les z
- d) en el sentit positiu de l'eix de les y

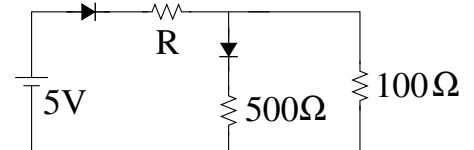
T6) Determineu el valor de R sabent que la resistència que connectada entre A i B dissipa la màxima potència per valor $\tilde{R} = 6 \Omega$.

- a) $R = 12 \Omega$.
- b) $R = 4 \Omega$.
- c) $R = 3 \Omega$.
- d) $R = 6 \Omega$.



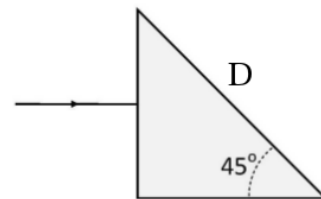
T7) Al circuit de la figura els dos díodes són iguals i tenen una tensió llindar $V_\gamma = 0.7, V$. Sabent que la resistència de 100Ω dissipa una potència de $10^{-4} W$, el valor de la resistència R és:

- a) $3.6 k\Omega$
- b) $4.2 k\Omega$
- c) $3.1 k\Omega$
- d) $4.3 k\Omega$



T8) Un feix de llum incideix perpendicularment sobre una de les cares d'un prisma de vidre com el de la figura. El valor mínim de l'índex de refracció del vidre necessari per tal que un observador no vegi llum emergent per la cara D del prisma és:

- a) $n = 1.33$
- b) $n = 1.54$
- c) $n = 1.28$
- d) $n = 1.41$



Cognoms i Nom:

Codi

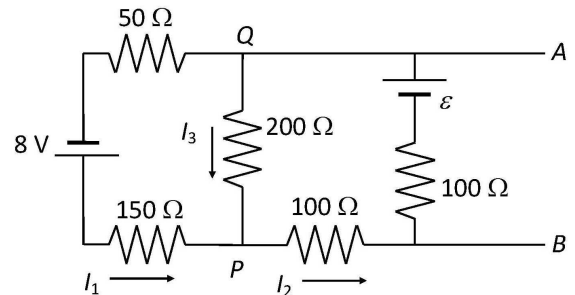
Examen FINAL de Física

19 de juny del 2019

Problema 1 (20% de l'examen)

En el circuit de la figura, la diferència de potencial entre els punts Q i P és $V_{QP} = V_Q - V_P = 5 \text{ V}$.

- Quins són els valors de les intensitats I_1 , I_2 i I_3 indicades a la figura, i el de la força electromotriu desconeguda ϵ ?
- Trobeu l'equivalent de Thévenin del circuit entre els punts A i B.

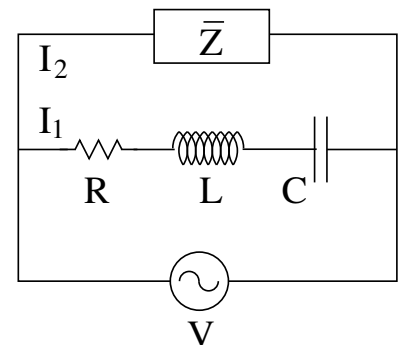


Problema 2 (20% de l'examen)

Al circuit de la figura tenim que $I_1(t) = I_0 \cos(\omega t - 30^\circ)$, $I_2(t) = I_0 \cos(\omega t + 30^\circ)$ (l'amplitud és la mateixa). Els elements valen $R = 500 \Omega$, $L = 0.2 \text{ H}$ i $C = 1 \mu\text{F}$.

Si la tensió instantània del generador és $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$ amb $\omega = 3071.33 \text{ rad/s}$, i la potència mitjana consumida a tot el circuit és de 0.4 W , determineu:

- El valor de la impedància complexa \bar{Z} . Quins 2 elements purs (en sèrie) la formen?
- L'expressió de la intensitat instantània del generador $I_{gen}(t)$, el valor de l'amplitud V_0 del generador i el valor de la impedància complexa equivalent de tot el circuit, \bar{Z}_{eq} .

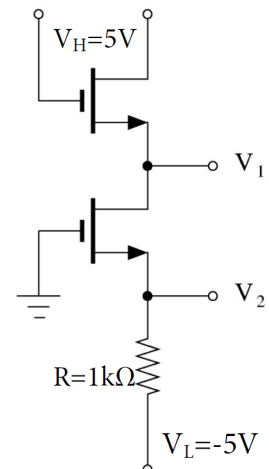


Problema 3 (20% de l'examen)

Dos transistors nMOS amb paràmetres $\beta = 2.5 \text{ mA/V}^2$ i $V_T = 2 \text{ V}$ treballen en zona de saturació. La resistència és de $R = 1000 \Omega$, la tensió alta és $V_H = 5 \text{ V}$, la baixa $V_L = -5 \text{ V}$.

- Trobeu la diferència de potencial $V_{GT} = V_{GS} - V_T$ en els dos transistors. Quina és la intensitat de corrent I_1 i I_2 que circula pels transistors?
- Quin és el potencial elèctric dels punts V_1 i V_2 ?

Comproveu si efectivament el règim de funcionament correspon a la zona de saturació.

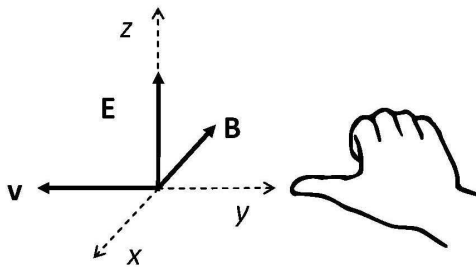


Respostes correctes de les qüestions del Test

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

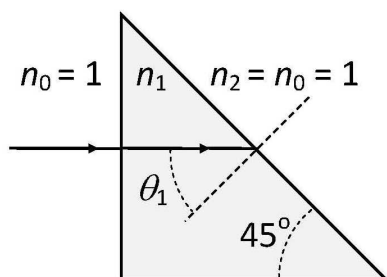
Resolució del Model A

- T1)** Si dibuixem els camps elèctric \mathbf{E} i magnètic \mathbf{B} sobre els eixos de coordenades tal com s'indica a l'enunciat, tenim la figura següent, on la direcció i sentit de la velocitat \mathbf{v} queda determinat per la regla de la mà dreta que ens diu que el polze indica el sentit de \mathbf{v} quan fem girar els altres quatre dits d' \mathbf{E} a \mathbf{B} .



- T2)** Com que la resistència de $100\ \Omega$ dissipa $10^{-4}\ \text{W}$ de potència, podem trobar el corrent que circula a través seu de forma immediata, donat que $I = \sqrt{P/R} = \sqrt{10^{-4}/100} = 1\ \text{mA}$. Per tant, la diferència de potencial entre els nus de dalt i el nus de baix del circuit resulta ser $\Delta V = 100 \cdot 0.001 = 0.1\ \text{V}$, inferior a la tensió llindar del díode de la branca central, indicant que aquest no condueix. Per tant, només circula corrent per les branques de la dreta i de l'esquerra, de valor $I = 1\ \text{mA}$ tal com hem vist. Fent l'equació de la malla externa, $5 - 0.7 - R \cdot 0.001 - 0.1 = 0$, resulta $R = 4.2\ \text{k}\Omega$.
- T3)** L'amplada de banda és de $100\ \text{MHz}$, i l'invers d'aquest valor dona la mida del pols més curt que es pot transmetre sense distorsió excessiva. Per tant $\tau = 1/10^8 = 10\ \text{ns}$.
- T4)** Del valor de la freqüència trobem la longitud d'ona $\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 / 10^8 = 3\ \text{m}$. El camp elèctric es pot determinar fent servir la regla de la mà dreta: l'ona es propaga en el sentit positiu de l'eix Z tal com veiem de l'argument del camp magnètic, mentre que aquest oscil·la paral·lelament a l'eix X , de forma que el camp elèctric ha d'oscil·lar en el sentit negatiu de l'eix Y . D'altra banda, sabem que $B_0 = E_0/c$, de forma que $E_0 = (3 \cdot 10^8)10^{-8} = 3\ \text{N/C}$, i per tant $\vec{E}(z, t) = -3 \cos(kz - \omega t)\vec{j}\ \text{N/C}$. La densitat d'energia mitjana és $\eta = \frac{1}{2}\epsilon_0 E_0^2 = \frac{1}{2}8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 3^2 = 3.98 \cdot 10^{-11}\ \text{J/m}^3$, que és la solució correcta. La intensitat mitjana és $I = c\eta = 3 \cdot 10^8 \cdot 3.98 \cdot 10^{-11} = 0.0119\ \text{W/m}^2$.

- T5)** Quan un raig passa d'un medi amb índex de refracció n_1 a un altre amb n_2 , ho fa amb un angle d'incidència θ_1 (el que forma el raig amb la perpendicular al pla que separa els dos medis), i l'angle refractat θ_2 en el segon medi satisfà la llei de Snell $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.



Atès que el raig incideix des de l'aire perpendicularment sobre una de les cares del prisma ($\theta_0 = 0$), segueix en línia recta fins incidir sobre l'interior de la cara D amb un angle d'incidència $\theta_1 = 45^\circ$, com es mostra a la figura. Si un observador no veu que surti llum per la cara D , vol dir que s'ha produït reflexió total interna. L'angle d'incidència crítica θ_c , el mínim per tenir reflexió total, és el que correspon a l'angle refractat a l'aire $\theta_2 = 90^\circ$, és a dir, el que satisfà $n_1 \sin \theta_c = n_2$. Per tant, com que per a l'aire $n_2 = 1$, el valor mínim de n_1 és $n_1 = 1/\sin 45^\circ = 1.41$.

- T6)** Sabem que per tal de corregir el factor de potència d'una instal·lació d'impedància $Z = R + jX$ podem connectar en paral·lel un element pur d'impedància jY , i que la relació entre els valors d'aquests elements és $Y = -|Z|^2/X$, on $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$ és el mòdul de Z . Com que $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 100\pi \text{ s}^{-1}$, resulta $Y = -1/(C\omega) = 1/[(200 \cdot 10^{-6})(100\pi)] = -15.915 \Omega$ i $X = L\omega = 0.01 \cdot 100\pi = 3.142 \Omega$. Per tal que es verifiqui la condició de dalt, s'ha de satisfer $-YX = |Z|^2 = R^2 + X^2$ i per tant $R = \sqrt{-YX - X^2}$, es a dir, $R = \sqrt{-(-15.915) \cdot 3.142 - (3.142)^2} = 6.335 \Omega$.

- T7)** Sabem que la resistència que connectada entre A i B dissipa la màxima potència és de valor idèntic al de la resistència de Thévenin R_{Th} entre els mateixos punts. Al circuit donat, R_{Th} s'obté a partir de l'associació en paral·lel de les resistències de 3Ω i R , i el conjunt en sèrie amb la resistència de 4Ω . Per tant resulta que $6 = 4 + 1/(1/3 + 1/R)$, d'on obtenim $R = 6 \Omega$.

- T8)** Donada la disposició del generador de tensió i del díode, observem que si aquest condueix ho ha de fer en règim Zener. Assumint que no condueix, tot el corrent del circuit circula per la malla externa, i per tant $\epsilon - R_1 I - R_2 I = 0$, de forma que $I = \epsilon/(R_1 + R_2)$. La diferència de potencial a extrems del díode és la mateixa que la que hi ha a extrems de R_2 , i per tant $\Delta V = R_2 I = \epsilon R_2/(R_1 + R_2)$. Per tal que sigui cert que el díode no condueixi, cal que $\Delta V < V_Z$, i per tant resulta la condició $\epsilon R_2/(R_1 + R_2) < V_Z$, d'on s'obté $\epsilon < V_Z(R_1/R_2 + 1) = 10(300/75 + 1) = 50 \text{ V}$. Així doncs, la tensió mínima del generador per tal que sí condueixi el Zener és $\epsilon = 50 \text{ V}$.

Resolució del Problema 1

a) $V_{QP} = V_Q - V_P = 5 \text{ V}$
 $V_{QP} = 200I_3 \longrightarrow I_3 = V_{QP}/200 = 0.025 \text{ A}$
 $V_{QP} = 150I_1 - 8 + 50I_1 \longrightarrow I_1 = (V_{QP} + 8)/200 = 0.065 \text{ A}$
 $I_2 = I_1 + I_3 = 0.090 \text{ A}$
 $V_{QP} = -100I_2 - 100I_2 + \epsilon \longrightarrow \epsilon = V_{QP} + 200I_2 = 23 \text{ V}$

b) El circuit Thévenin és una ϵ_{Th} en sèrie amb una resistència R_{Th} .

La ϵ_{Th} és la diferència de potencial entre A i B quan estan en circuit obert, això és $\epsilon_{Th} = V_A - V_B = 100I_2 + 200I_3 = 14 \text{ V}$.

R_{Th} és la resistència equivalent entre A i B quan totes les fem son nul·les o, com que les seves resistències internes són nul·la, quan les curtcircuitem, és a dir, de la combinació de la figura, on les resistències de 50 i 150Ω estan en sèrie (200Ω) i les dues en paral·lel amb la de 200Ω , la combinació de les quals (100Ω) està en paral·lel amb l'horitzontal de 100Ω (200Ω), i el conjunt en paral·lel amb la vertical de 100Ω , de manera que

$$R_{Th} = \{[(50 + 150)//200] + 100\} // 100 = \{100 + 100\} // 100 = [1/200 + 1/100]^{-1} = 66.7 \Omega$$

Resolució del Problema 2

a) Donat que $\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_{gen}}{\bar{Z}_1}$ i $\bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_{gen}}{\bar{Z}_2}$ són iguals en mòdul i oposades en fase, tenim que les impedàncies complexes de les respectives branques \bar{Z}_1 i $\bar{Z}_2 = \bar{Z}$ també són iguals en mòdul i oposades en fase. De les dades, obtenim $\bar{Z}_1 = R + j(L\omega - (C\omega)^{-1}) = 500 + j288.675 \Omega$ i per tant, $\bar{Z} = \bar{Z}_2 = R + j(L\omega - (C\omega)^{-1}) = 500 - j288.675 \Omega$. Això ens diu que els dos elements purs de la branca 2 són una resistència $R = 500 \Omega$ i un condensador de capacitat C tal que $(C\omega)^{-1} = 288.675 \Omega$, que ens proporciona $C = 1.129 \cdot 10^{-6} \text{ F}$.

b) El fasor de la intensitat del generador és $\bar{I}_{gen} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = I_0(\cos(30^\circ) - j \sin(30^\circ)) + I_0(\cos(30^\circ) + j \sin(30^\circ)) = \sqrt{3} I_0 = 1.732 I_0$, purament real, que ens diu que la intensitat del generador està en fase amb el potencial del mateix. La intensitat instantània l'escriurem doncs com $I(t) = \sqrt{3} I_0 \cos(\omega t) \equiv I_0(gen) \cos(\omega t)$. La impedància total equivalent del circuit la trobem a partir de $\frac{1}{\bar{Z}_{eq}} = \frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} = 0.0030$ i d'aquí trobem $\bar{Z}_{eq} = 333.33 \Omega$, purament real, en concordància amb que la intensitat del generador està en fase amb el potencial del mateix. Tenim doncs que $I_0(gen) = V_0(gen)/333.33 \Omega$. Finalment, de la dada de la potència mitjana total sabem que

$$\bar{P} = V_{ef} I_{ef} \cos(\phi) = \frac{1}{2} V_0(gen) I_0(gen) = \frac{V_0(gen)^2}{2 \times 333.33 \Omega} = 0.4 \text{ W}$$

i per tant trobem $V_0(gen) = 16.33 \text{ V}$ i d'aquí trobem $I_0(gen) = 0.0490 \text{ mA}$, per tant $I(t) = 0.0490 \text{ mA} \cos(\omega t)$.

Resolució del Problema 3

- a) La intensitat que circula pel dos transistors és la mateixa i en zona de saturació es calcula amb la fórmula

$$I = I_1 = I_2 = \frac{\beta}{2}(V_{GS} - V_T)^2 = \frac{2.5 \times 10^{-3}V/A^2}{2}(V_{GS} - 2V)^2 \quad (1)$$

Aquesta intensitat genera una caiguda de tensió en la resistència que, per la segona llei de Kirchhoff, és

$$V_L + IR + V_{GS} = 0 \quad (2)$$

Posant les dades del problema això dóna $I = 5 \cdot 10^{-3} - V_{GS} \cdot 10^{-3}$

Utilitzant les equacions (1-2) tenim $1.25 \cdot 10^{-3}V_{GS}^2 - 5 \cdot 10^{-3}V_{GS} + 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} - V_{GS} \cdot 10^{-3}$

d'on trobem que

$1.25 \cdot 10^{-3}V_{GS}^2 - 4 \cdot 10^{-3}V_{GS} = 0$. Hi ha dues solucions possibles, $V_{GS} = 0V$ i $V_{GS} = 4/1.25 = 3.2V$. La primera solució no és vàlida perquè correspon a un transistor en tall, $V_{GS} = 0V < V_T = 2V$. La segona solució es la correcta i correspon a un transistor obert (en conducció): $V_{GS} = 3.2V > V_T = 2V$.

La intensitat és $I_1 = I_2 = 5 \cdot 10^{-3} - 3.2 \cdot 10^{-3} = 1.8mA$.

- b) El potencial elèctric en el punt 1 és $V_1 = V_H - V_{GS} = 5V - 3.2V = 1.8V$ i en el punt 2 és $V_2 = 0 - V_{GS} = -3.2V$.

Podem comprovar que els transistors efectivament estén en saturació, $V_{DS} = V_H - V_1 = 5V - 1.8V = 3.2V > V_{GS} - V_T = 1.2V$ pel el transistor de dalt i $V_{DS} = V_1 - V_2 = 1.8 - (-3.2V) = 5V > V_{GS} - V_T = 1.2V$ pel el transistor de baix.