

Cognoms i Nom:

Codi:

Examen FINAL de Física
20 de gener de 2017

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) Com hem de connectar 4 fonts de tensió iguals, de fem ε i resistència interna nul·la, a una resistència R per què la potència consumida sigui màxima?

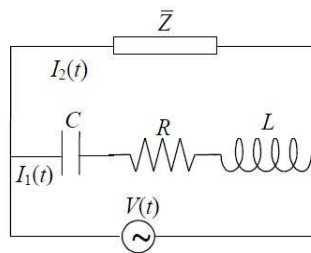
- a) Dos conjunts de 2 fonts en sèrie, connectats en paral·lel.
- b) Dos conjunts de 2 fonts en paral·lel, connectats en sèrie.
- c) Totes en sèrie.
- d) Totes en paral·lel.

T2) En un circuit RL, quan ha transcorregut un interval de temps igual a la meitat de la constant de temps després de connectar-lo, la intensitat

- a) val un 39% del seu valor final.
- b) val un 61% del seu valor final.
- c) ha assolit la quarta part del seu valor final.
- d) ha assolit la meitat del seu valor final.

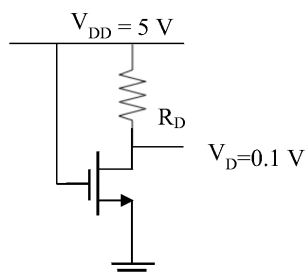
T3) En el circuit de la figura, la intensitat que circula per \bar{Z} va retardada en 90° respecte a la intensitat de la branca R-L-C. Els valors eficaços d' I_1 i I_2 són iguals. Sabent que $\omega = 100\pi$ rad/s, $R = 1000\ \Omega$, $C = 1 \cdot 10^{-6}$ F i $L = 0.085$ H, podem assegurar que el valor de la impedància \bar{Z} val:

- a) $\bar{Z} = 1000 - j 3156\ \Omega$.
- b) $\bar{Z} = 3156 + j 1000\ \Omega$.
- c) $\bar{Z} = 3156 - j 1000\ \Omega$.
- d) $\bar{Z} = 1000 + j 3156\ \Omega$.



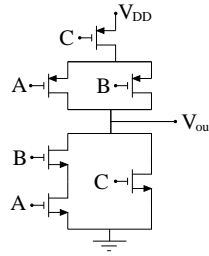
T4) Determineu el valor efectiu de la resistència font-drenador (r_{DS}) del transistor de la figura ($V_T = 1$ V, $\beta = 1$ mA/V²)

- a) 0 Ω .
- b) 200 Ω .
- c) 500 Ω .
- d) 250 Ω .



T5) Quina funció lògica implementa el circuit CMOS de la figura?

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



T6) Una pertorbació viatgera ve descrita per la funció d'ona $f(x) = 0.15 e^{-(x+1.5)^2}$ en $t = 0$. L'ona avança en el sentit positiu de l'eix x . Si el punt de coordenades $x = 2.5$ m arriba a l'elongació màxima en $t = 0.25$ s, la velocitat de propagació de l'ona és

- a) $v = 12$ m/s.
- b) $v = 16$ m/s.
- c) $v = 15$ m/s.
- d) $v = 24$ m/s.

T7) Considereu dos focus emissors d'ones electromagnètiques linealment polaritzades amb el camp elèctric en la direcció z , que emeten amb una diferència de fase π rad i longitud d'ona comuna λ . Si d_1 i d_2 són les distàncies dels focus a un punt P, quina de les afirmacions següents és certa?

- a) Si $d_2 - d_1 = \lambda$, al punt P hi ha interferència constructiva.
- b) Si $d_2 - d_1 = 3\lambda$, les ones al punt P estan en fase.
- c) Si $d_2 - d_1 = 3\lambda/2$, les ones al punt P estan en fase.
- d) Si $d_2 - d_1 = \lambda/2$, les ones al punt P estan desfasades en π .

T8) 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 $3.18 \cdot 10^{21}$ fotons, la potència del làser és aproximadament ($h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Js)

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

Cognoms i Nom:

Codi:

Examen FINAL de Física
20 de gener de 2017

Model B

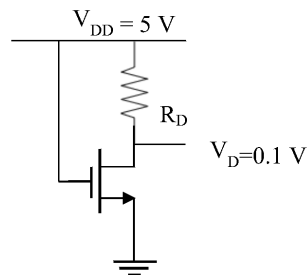
Qüestions: 40% de l'examen

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) Determineu el valor efectiu de la resistència font-drenador (r_{DS}) del transistor de la figura ($V_T = 1 \text{ V}$, $\beta = 1 \text{ mA/V}^2$)

- a) 250Ω .
- b) 200Ω .
- c) 500Ω .
- d) 0Ω .



T2) Una pertorbació viatgera ve descrita per la funció d'ona $f(x) = 0.15 e^{-(x+1.5)^2}$ en $t = 0$. L'ona avança en el sentit positiu de l'eix x . Si el punt de coordenades $x = 2.5 \text{ m}$ arriba a l'elongació màxima en $t = 0.25 \text{ s}$, la velocitat de propagació de l'ona és

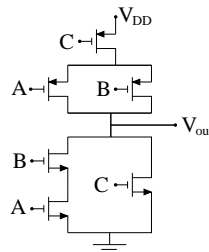
- a) $v = 15 \text{ m/s}$.
- b) $v = 12 \text{ m/s}$.
- c) $v = 24 \text{ m/s}$.
- d) $v = 16 \text{ m/s}$.

T3) En un circuit RL, quan ha transcorregut un interval de temps igual a la meitat de la constant de temps després de connectar-lo, la intensitat

- a) ha assolit la meitat del seu valor final.
- b) val un 61% del seu valor final.
- c) ha assolit la quarta part del seu valor final.
- d) val un 39% del seu valor final.

T4) Quina funció lògica implementa el circuit CMOS de la figura?

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



T5) El làser Vulcan, que s'utilitza en experiments orientats a assolir la fusió nuclear, emet llum de longitud d'ona $\lambda = 633 \text{ nm}$ en polsos de 10^{-12} s . Si durant un pols emet $3.18 \cdot 10^{21}$ fotons, la potència del làser és aproximadament ($h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$)

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

T6) Com hem de connectar 4 fonts de tensió iguals, de fem ε i resistència interna nul·la, a una resistència R per què la potència consumida sigui màxima?

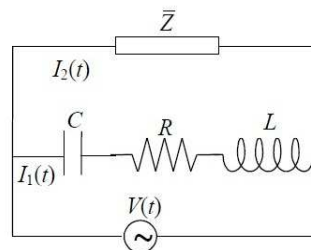
- a) Totes en sèrie.
 b) Totes en paral·lel.
 c) Dos conjunts de 2 fonts en sèrie, connectats en paral·lel.
 d) Dos conjunts de 2 fonts en paral·lel, connectats en sèrie.

T7) Considereu dos focus emissors d'ones electromagnètiques linealment polaritzades amb el camp elèctric en la direcció z , que emeten amb una diferència de fase π rad i longitud d'ona comuna λ . Si d_1 i d_2 són les distàncies dels focus a un punt P, quina de les afirmacions següents és certa?

- a) Si $d_2 - d_1 = \lambda/2$, les ones al punt P estan desfasades en π .
 b) Si $d_2 - d_1 = 3\lambda/2$, les ones al punt P estan en fase.
 c) Si $d_2 - d_1 = 3\lambda$, les ones al punt P estan en fase.
 d) Si $d_2 - d_1 = \lambda$, al punt P hi ha interferència constructiva.

T8) En el circuit de la figura, la intensitat que circula per \bar{Z} va retardada en 90° respecte a la intensitat de la branca R-L-C. Els valors eficaços d' I_1 i I_2 són iguals. Sabent que $\omega = 100 \pi \text{ rad/s}$, $R = 1000 \Omega$, $C = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ i $L = 0.085 \text{ H}$, podem assegurar que el valor de la impedància \bar{Z} val:

- a) $\bar{Z} = 3156 + j 1000 \Omega$.
 b) $\bar{Z} = 1000 + j 3156 \Omega$.
 c) $\bar{Z} = 3156 - j 1000 \Omega$.
 d) $\bar{Z} = 1000 - j 3156 \Omega$.



Cognoms i Nom:

Codi:

Examen FINAL de Física
20 de gener de 2017

Problema 1 (20% de l'examen)

Per poder escalfar la seva habitació un estudiant compra dos radiadors elèctrics, un de 1 kW i l'altre de 2 kW de potència. L'estudiant descobreix que l'energia elèctrica que necessita consumir per escalfar l'habitació correspon a connectar el radiador de 1 kW durant una hora a la xarxa elèctrica de 220 V. Determineu:

- Utilitzant només el radiador de 1 kW, quants diners li costa escalfar l'habitació si la tarifa de consum elèctric és de 0.15 €/kW·h?
- Quant temps necessita per escalfar l'habitació utilitzant únicament el radiador de 2 kW de potència?
- Quant temps necessita per escalfar l'habitació utilitzant els dos radiadors connectats en paral·lel a la xarxa elèctrica?
- Quant temps necessita per escalfar l'habitació connectant els dos radiadors en sèrie?

Problema 2 (20% de l'examen)

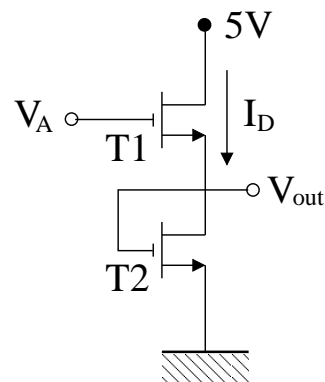
Dues impedàncies Z_1 i Z_2 de tipus inductiu es connecten en paral·lel a la xarxa de corrent altern domèstica, amb una tensió eficaç de 220 V i una freqüència de 50 Hz. La potència activa i el factor de potència de la impedància Z_1 són $P_1 = 60$ W i $\cos \phi_1 = 0.173$, respectivament, i les de la impedància Z_2 són $P_2 = 900$ W i $\cos \phi_2 = 0.985$. Determineu:

- La intensitat eficaç, la potència reactiva i la potència aparent en cada una de les impedàncies.
- La intensitat eficaç total i la potència activa de tot el circuit.
- El factor de potència del circuit i la capacitat del condensador que s'ha de connectar en sèrie (a tot el circuit) per corregir-lo.

Problema 3 (20% de l'examen)

Al circuit de la figura, els dos transistors tenen els mateixos paràmetres característics $V_T = 2$ V i $\beta = 0.1$ mA/V².

- Amb $V_A = 0$ V, determineu el règim de treball de tots dos transistors, així com la tensió de sortida V_{out} i el corrent I_D .
- Amb $V_A = 5$ V, determineu el règim de treball de cada transistor i el valor de la tensió de sortida V_{out} .



Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

T1) La potència subministrada és $P = \varepsilon_{\text{eq}} I = \varepsilon_{\text{eq}} (\varepsilon_{\text{eq}} / R) = \varepsilon_{\text{eq}}^2 / R$, per tant serà màxima quan ho sigui la fem equivalent, això correspon a tenir les 4 fonts connectades en sèrie, essent en aquest cas $\varepsilon_{\text{eq}} = 4\varepsilon$.

T2) El valor de I serà $I(\tau/2) = I_f (1 - \exp(-1/2)) = 0.393 I_f$. Per tant, la intensitat serà el $\sim 39 \%$ del valor final.

T3) La impedància de la branca R-L-C val $R + j (L\omega - \frac{1}{C\omega}) = 1000 - j 3156 \Omega$. Això és: $Z_{RLC} = 3310 \Omega$, $\varphi = -72.4^\circ$ i per tant la intensitat va avançada 72.4° respecte al potencial. Com que les dues intensitats eficaces són iguals, $Z_2 = Z_{RLC} = 3310 \Omega$, i sabent que la intensitat I_2 va retardada en 90° respecte a I_1 , sabem que $\varphi_2 = -72.4^\circ + 90^\circ = 17.6^\circ$ Així doncs, $\bar{Z}_2 = 3310 / \underline{17.6^\circ} \Omega = 3156 + j 1000 \Omega$

T4) Com $V_G = 5 \text{ V}$ tindrem $r_{DS} = \frac{1}{\beta V_{GT}} = \frac{1}{10^{-3} \cdot (5-0-1)} = 250 \Omega$.

T5) Si ens fixem en la part inferior formada per transistors NMOS, veiem que el conjunt avalua la negació de la composició de C OR (A AND B), mentre que la part superior s'obté de convertir les tecnologies NMOS per PMOS, intercanviant connexions en sèrie per connexions en paral·lel i viceversa. Així doncs, aquesta porta CMOS implementa la funció lògica $\overline{AB + C}$.

T6) Si l'ona viatja cap a la dreta amb velocitat v la funció d'ona per un instant de temps t qualsevol serà

$$f(x, t) = 0.15 e^{-((x-vt)+1.5)^2}$$

La condició de màxima elongació correspon al màxim de la funció $f(x, t)$ que s'assoleix quan $((x - vt) + 1.5)^2 = 0$. Per tant, per un x fix a un temps $t = (x + 1.5)/v$. Introduint les dades de l'enunciat, $0.25 = (2.5 + 1.5)/v$ trobem que $v = 16 \text{ m/s}$.

T7) La diferència de fase entre les dues serà en general $\delta = k \Delta d + \pi$. Analtzem les diferents propostes per veure quina d'elles és la correcta:

- $\Delta d = \lambda \Rightarrow \delta = 3\pi$. No estan en fase i la interferència es destructiva.
- $\Delta d = \lambda/2 \Rightarrow \delta = 2\pi$. Estan en fase i la interferència és constructiva.
- $\Delta d = 3\lambda \Rightarrow \delta = 7\pi$. No estan en fase i la interferència es destructiva.
- $\Delta d = 3\lambda/2 \Rightarrow \delta = 4\pi$. Estan en fase i la interferència és constructiva. Aquesta és la correcta.

T8) El nombre de fotons emesos per unitat de temps és $3.18 \cdot 10^{33}$ fotons/s. Com que cada fotó té una energia $E = hc/\lambda = 3.14 \cdot 10^{-19}$ J, la potència d'emissió del làser és $P = (3.18 \cdot 10^{33})(3.14 \cdot 10^{-19}) = 10^{15}$ W.

Resolució dels Problemes

Problema 1

- a) La quantitat de calor (energia) produïda pel radiador és $Q = P \cdot t = 1\text{kW}\cdot\text{h}$. Com que el cost del $\text{kW}\cdot\text{h}$ és de 0.15 , el cost total per escalfar l'habitació és de 0.15 .
- b) Es requereix la mateixa quantitat de calor Q . El temps necessari ara serà $t = Q/P = 1 \text{ kW}\cdot\text{h} / 2 \text{ kW} = 0.5 \text{ h} = 30 \text{ min}$.
- c) Si la connexió es fa en paral·lel el voltatge en cada radiador és el mateix, 220 V. La potència total de que disposem és la summa de les dues, $P = 1 \text{ kW} + 2 \text{ kW} = 3 \text{ kW}$. El temps necessari és per tant $t = Q/P = 1\text{kW}\cdot\text{h} / 3 \text{ kW} = 1/3 \text{ h} = 20 \text{ min}$.
- d) Quan els connectem en sèrie el voltatge en borns de cada radiador és menor de 220 V i la resistència total és la suma de les dues resistències. Les resistències dels radiadors les conec, $R_1 = V^2/P_1$ i $R_2 = V^2/P_2$. La resistència total és $R_e = R_1 + R_2 = V^2(1/P_1 + 1/P_2)$. La potència de que disposem serà $P = V^2/R_e = P_1 P_2 / (P_1 + P_2) = 2/3 \text{ kW}$. El temps necessari per escalfar l'habitació en aquest cas és $t = Q/P = (3/2) \text{ h} = 90 \text{ min}$. Com veiem, és el temps més gran perquè la intensitat de corrent és més petita amb la mateixa caiguda de tensió de 220 V.

Problema 2

- a) La intensitat en cada branca es pot trobar a partir de la potència i el factor de potència,

$$I_1 = P_1 / (V \cos \phi_1) = 60\text{W} / (220\text{V} \cdot 0.173) = 1.58 \text{ A},$$

$$I_2 = P_2 / (V \cos \phi_2) = 900\text{W} / (220\text{V} \cdot 0.985) = 4.15 \text{ A}.$$

Es pot trobar la potència reactiva i aparent utilitzant el triangle de potències. El desfasament en cada branca és

$$\phi_1 = \arccos(0.173) = 80.0^\circ,$$

$$\phi_2 = \arccos(0.985) = 9.9^\circ.$$

Las potències reactives són

$$Q_1 = P_1 \tan \phi_1 = 60\text{W} \tan(80.0^\circ) = 340 \text{ VA reactius},$$

$$Q_2 = P_2 \tan \phi_2 = 900\text{W} \tan(9.9^\circ) = 157 \text{ VA reactius}$$

i las potències aparents

$$S_1 = P_1 / \cos \phi_1 = 60\text{W} / 0.173 = 347 \text{ VA},$$

$$S_2 = P_2 / \cos \phi_2 = 900\text{W} / 0.985 = 914 \text{ VA}.$$

- b) Suposant que la fase de la tensió és zero, les intensitats eficaces a cada branca són: $\bar{I}_1 = 1.58/\underline{-80^\circ}$ A i $\bar{I}_2 = 4.15/\underline{-9.9^\circ}$ A. Sumant les intensitats trobem $\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 4.92/\underline{-27.5^\circ}$ A. Per tant la intensitat eficaç total és de 4.92 A. Aleshores, la potència activa consumida total serà $P = V I \cos(-27.5) = 960$ W. Aquesta potència es pot obtenir també com la suma de P_1 i P_2 .
- c) Del càlcul fet a l'apartat anterior sabem que el desfasament total és $\phi = 27.5^\circ$. Així, el factor de potència és $\cos \phi = 0.89$.

La impedància del circuit és $Z = V/I = 220 \text{ V}/4.92 \text{ A} = 44.7 \Omega$ i la reactància $X = Z \sin \phi = 44.7 \Omega \sin 27.5^\circ = 20.6 \Omega$. S'ha de connectar un condensador amb el mateix valor absolut de la reactància, $X = 1/(C\omega)$, llavors la capacitat del condensador és $C = 1/(\omega X) = 1/(2\pi f X) = 1/(2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 20.6 \Omega) = 1.54 \cdot 10^{-4} \text{ F} = 154 \mu\text{F}$.

Problema 3

- 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 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'assumpte 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 $V_{out} = 2.5 \text{ V}$.