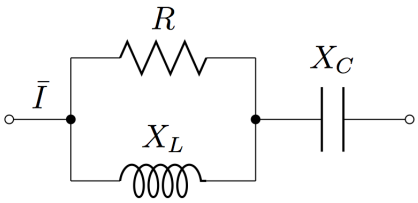
Cognoms i Nom: **Codi**

Examen FINAL de Física **Model A**
15 de Gener del 2014

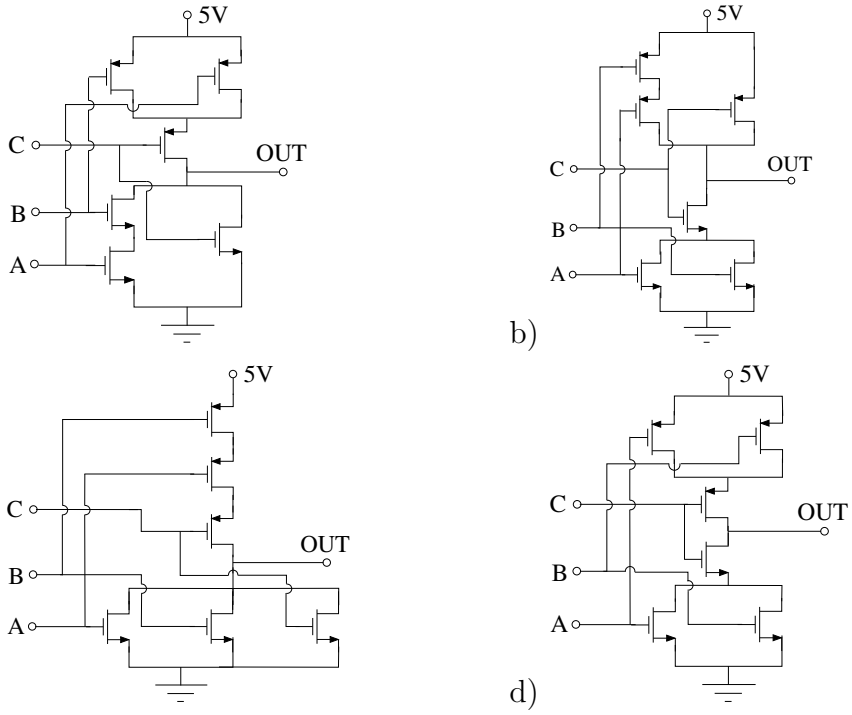
Qüestions: 40% de l'examen
A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encercleu-la de manera clara.
Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

T1) Sabent que el circuit representat a la figura està en ressonància i que $R = 5\,\Omega$ i $X_L = 10\,\Omega$, trobeu el valor d'X_C.



a) $15\,\Omega$. b) $10\,\Omega$.
c) $2\,\Omega$. d) $5\,\Omega$.

T2) Quin d'aquests dissenys implementa la funció lògica $\overline{A \cdot B + C}$?

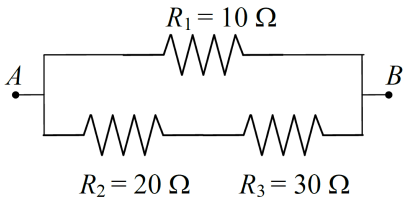


T3) Una emissora de ràdio emet ones harmòniques esfèriques amb una potència mitjana de 30 kW. Si l'amplitud del camp magnètic de la ona que ens arriba és $B_0 = 3 \cdot 10^{-9}$ T, a quina distància de l'emissora ens trobem? ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m/A).

a) $r = 5381$ m. b) $r = 7692$ m. c) $r = 1490$ m. d) $r = 722$ m.

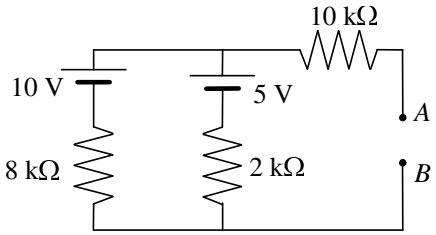
Les notes sortiran com a màxim el dijous 23 de Gener i la revisió només de l'examen final es farà el divendres 24 de Gener de 11h30 a 12h30 a l'aula B4-212. Consulteu el racó per possibles actualitzacions.

T4) El dibuix mostra una part d'un circuit de corrent continu més gran. Si la potència consumida per R_3 és 120 W, quant val la diferència de potencial entre A i B ?



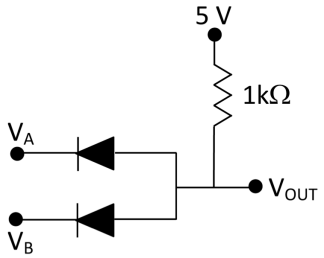
a) 80 V b) 120 V
c) 140 V d) 100 V

T5) Entre els punts A i B connectem un condensador que assoleix una càrrega de 60 μC a l'estat estacionari. La seva capacitat val



a) 60 μF b) 30 μF
c) 10 μF d) 15 μF

T6) Si la tensió llindar dels díodes del circuit de la figura és $V_\gamma = 0.7$ V, indiqueu quina de les següents afirmacions, referides a la intensitat que circula per la resistència de 1 kΩ, és la correcta:

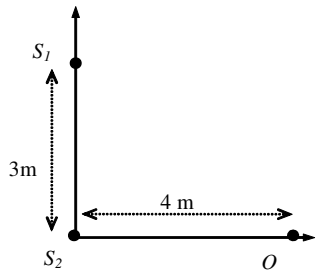


a) Si $V_A = V_B = 0$, llavors $I = 0$.
b) Si $V_A = 0$ i $V_B = 5$ V, llavors $I = 0$.
c) Si $V_A = V_B = 5$ V, llavors $I = 4.3$ mA.
d) Si $V_A = 5$ V i $V_B = 0$, llavors $I = 4.3$ mA.

T7) Un circuit RL sèrie pel qual circula un corrent eficaç $I_{ef} = 2$ A consumeix una potència activa $P = 160$ W i una potència reactiva $Q = 120$ VAR. Les reactàncies dels dos elements són:

a) $R = 30\,\Omega, X_L = 40\,\Omega$ b) $R = 30\,\Omega, X_L = 50\,\Omega$
c) $R = 40\,\Omega, X_L = 50\,\Omega$ d) $R = 40\,\Omega, X_L = 30\,\Omega$

T8) Dues fonts sonores S_1 i S_2 situades com s'indica a la figura emeten en fase. Un espectador detecta en el punt O un màxim d'intensitat per una longitud d'ona d'emissió λ_1, i un mínim d'intensitat per λ_2. Els valors de λ_1 i de λ_2 són



a) $\lambda_1 = 3$ m i $\lambda_2 = 2$ m. b) $\lambda_1 = 3$ m i $\lambda_2 = 5$ m.
c) $\lambda_1 = 1$ m i $\lambda_2 = 5$ m. d) $\lambda_1 = 1$ m i $\lambda_2 = 2$ m.

Cognoms i Nom: **Codi**

Examen FINAL de Física **Model B**
15 de Gener del 2014

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.

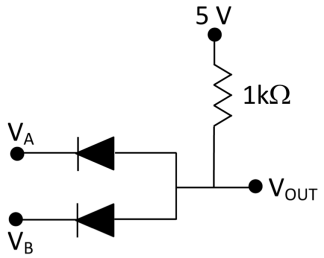
T1) Una emissora de ràdio emet ones harmòniques esfèriques amb una potència mitjana de 30 kW. Si l'amplitud del camp magnètic de la ona que ens arriba és $B_0 = 3 \cdot 10^{-9}$ T, a quina distància de l'emissora ens trobem? ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m/A).

a) $r = 1490$ m. b) $r = 722$ m. c) $r = 7692$ m. d) $r = 5381$ m.

T2) Un circuit RL sèrie pel qual circula un corrent eficaç $I_{ef} = 2$ A consumeix una potència activa $P = 160$ W i una potència reactiva $Q = 120$ VAR. Les reactàncies dels dos elements són:

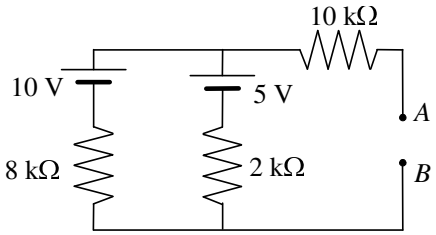
a) $R = 30\,\Omega, X_L = 50\,\Omega$ b) $R = 30\,\Omega, X_L = 40\,\Omega$
c) $R = 40\,\Omega, X_L = 50\,\Omega$ d) $R = 40\,\Omega, X_L = 30\,\Omega$

T3) Si la tensió llindar dels díodes del circuit de la figura és $V_\gamma = 0.7$ V, indiqueu quina de les següents afirmacions, referides a la intensitat que circula per la resistència de 1 kΩ, és la correcta:



a) Si $V_A = 5$ V i $V_B = 0$, llavors $I = 4.3$ mA.
b) Si $V_A = V_B = 5$ V, llavors $I = 4.3$ mA.
c) Si $V_A = 0$ i $V_B = 5$ V, llavors $I = 0$.
d) Si $V_A = V_B = 0$, llavors $I = 0$.

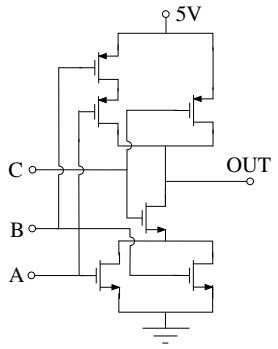
T4) Entre els punts A i B connectem un condensador que assoleix una càrrega de 60 μC a l'estat estacionari. La seva capacitat val



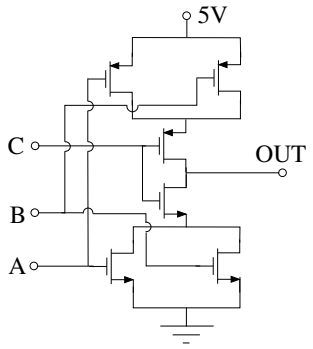
a) 60 μF b) 30 μF
c) 15 μF d) 10 μF

Les notes sortiran com a màxim el dijous 23 de Gener i la revisió només de l'examen final es farà el divendres 24 de Gener de 11h30 a 12h30 a l'aula B4-212. Consulteu el racó per possibles actualitzacions.

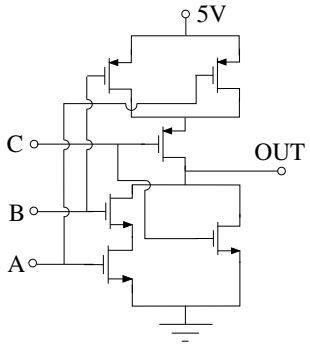
T5) Quin d'aquests dissenys implementa la funció lògica $\overline{A \cdot B + C}$?



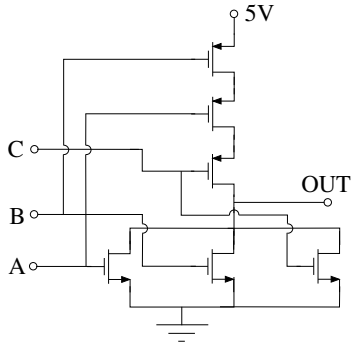
a)



b)

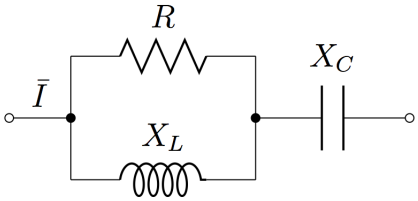


c)



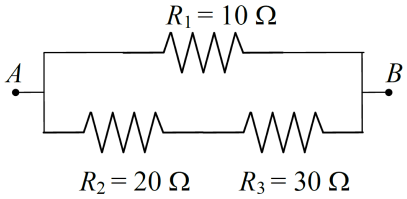
d)

T6) Sabent que el circuit representat a la figura està en ressonància i que $R = 5\,\Omega$ i $X_L = 10\,\Omega$, trobeu el valor d'X_C.



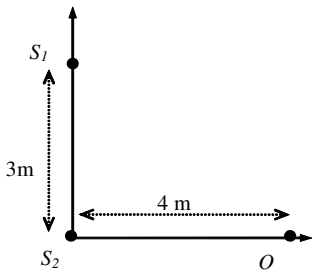
a) $15\,\Omega$. b) $2\,\Omega$.
c) $10\,\Omega$. d) $5\,\Omega$.

T7) El dibuix mostra una part d'un circuit de corrent continu més gran. Si la potència consumida per R_3 és 120 W, quant val la diferència de potencial entre A i B ?



a) 80 V b) 120 V
c) 100 V d) 140 V

T8) Dues fonts sonores S_1 i S_2 situades com s'indica a la figura emeten en fase. Un espectador detecta en el punt O un màxim d'intensitat per una longitud d'ona d'emissió λ_1, i un mínim d'intensitat per λ_2. Els valors de λ_1 i de λ_2 són



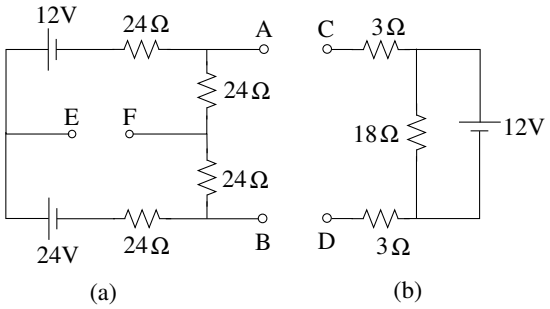
a) $\lambda_1 = 1\,\text{m}$ i $\lambda_2 = 2\,\text{m}$. b) $\lambda_1 = 1\,\text{m}$ i $\lambda_2 = 5\,\text{m}$.
c) $\lambda_1 = 3\,\text{m}$ i $\lambda_2 = 2\,\text{m}$. d) $\lambda_1 = 3\,\text{m}$ i $\lambda_2 = 5\,\text{m}$.

Cognoms i Nom: **Codi**

Examen FINAL de Física **15 de Gener del 2014**

Problema 1 (20% de l'examen)

Els circuits de la figura mostren dos dispositius diferents amb dos terminals cadascun.



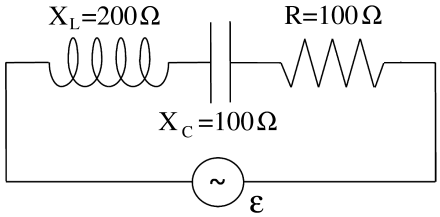
a) Quina és la diferència de potencial entre els punts E i F ($V_E - V_F$) del circuit (a)? (4p)

b) Quin és el circuit equivalent de Thévenin de (a) entre els terminals A i B? (4p)

c) Quina potència consumeixen cadascuna de les resistències de $3\,\Omega$ quan es connecten els terminals A i B de (a) amb els terminals C i D de (b)? (2p)

Problema 2 (20% de l'examen)

La fem instantània del generador del circuit de la figura és $\varepsilon(t) = 220\sqrt{2}\cos(100\pi t)$ V. Determineu:



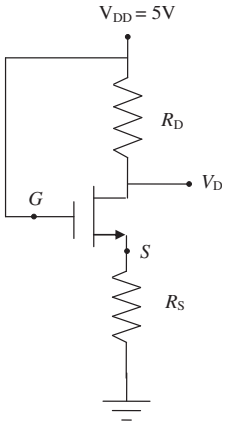
a) El fasor d'intensitat i els fasors de tensió als diferents elements, i la intensitat instantània. (5p)

b) El factor de potència i les potències aparent, activa i reactiva. (2p)

c) Quin element pur s'ha de connectar en paral·lel per corregir el factor de potència del conjunt ? Quant val la seva reactància ? Calculeu el coeficient d'autoinducció o la capacitat si es tracta respectivament d'una bobina o un condensador. (3p)

Problema 3 (20% de l'examen)

El MOSFET de la figura és de paràmetres $V_T = 1V$ i $\beta = 1$ mA/V^2. Si $V_{DD} = 5$ V i $R_D = 10$ $k\Omega$:



a) Determineu el valor de la intensitat de drenador I_D, el règim de treball del transistor, el valor de R_S i el valor de V_S, per a $V_D = 4.5\,\mathrm{V}$. (6 p.)

b) Determineu el valor de V_D per al punt en que el transistor passa de treballar en règim òhmic a règim de saturació. Trobeu també I_D, V_S i R_S en aquestes condicions. (4p)

Les notes sortiran com a màxim el dijous 23 de Gener i la revisió només de l'examen final es farà el divendres 24 de Gener de 11h30 a 12h30 a l'aula B4-212. Consulteu el racó per possibles actualitzacions.

Respostes correctes de les qüestions del Test

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

Resolució del Model A

T1) La impedància de la resistència és $Z_R = 5\,\Omega$ i la de la bobina $Z_L = 10j\,\Omega$. Com que es troben connectades en paral·lel, el seu equivalent s'obté a partir de l'expressió $1/Z_{||} = 1/5 + 1/10j$, d'on surt $Z_{||} = 4 + 2j\,\Omega$. Aquesta impedància està en sèrie amb la del condensador, $Z_C = -jX_C$, de forma que la impedància equivalent del conjunt és $Z = 4+2j-jX_C\,\Omega$. Com que el conjunt es troba en ressonància, la seva part imaginària ha de ser nul·la i per tant $X_C = 2\,\Omega$.

T2) Els quatre dissenys corresponen a la representació CMOS d'una certa funció lògica que implementen tant la part NMOS com la PMOS, excepte la d) que per tant queda descartada. De les altres tres, si ens fixem només en la part PULL-DOWN (o part NMOS), veiem que c) realitza $\overline{A+B+C}$, b) realitza $\overline{(A+B)\cdot C}$, i a) realitza $\overline{A\cdot B+C}$, de forma que la resposta correcta és a).

T3) La intensitat de l'ona electromagnètica al punt de recepció, igual a la potència d'emissió P partit per la superfície S del front d'ones, és igual a la densitat volúmica d'energia η que transporta la ona multiplicada per la velocitat de la llum c. Així doncs, amb un front d'ones esfèric, resulta $\frac{P}{4\pi r^2} = c\frac{1}{2}\frac{B_0^2}{2\mu_0}$, i per tant $r = \frac{1}{B_0}\sqrt{\frac{\mu_0 P}{2\pi c}}$. Substituint les dades donades resulta $r = 1490\,\mathrm{m}$.

T4) A partir de la potència dissipada a R_3 i del seu valor trobem el corrent que circula a través seu, $I = \sqrt{P/R_3} = \sqrt{120/30} = 2\,\mathrm{A}$. Aquest corrent és el mateix que circula per R_2, i per tant la diferència de potencial entre A i B és $\Delta V = 20\cdot 2 + 30\cdot 2 = 100\,\mathrm{V}$.

T5) La diferència de potencial entre les armadures del condensador situat entre A i B coincidirà amb la *fem* del circuit equivalent de Thévenin ϵ_{Th} entre els mateixos punts. El valor que pren ϵ_{Th} és igual a la diferència de potencial $V_A - V_B$ en circuit obert. En aquesta situació només hi ha una única malla tancada. L'equació de la qual és $10 - 5 - (2\cdot 10^3 + 8\cdot 10^3)I = 0$ i, per tant, $I = 0.5\,\mathrm{mA}$. A partir d'aquí trobem $\epsilon_{Th} = 5 + 2\cdot 10^3 I = 6\,\mathrm{V}$, de forma que $C = Q/\epsilon_{Th} = 60\,\mu\mathrm{C}/6\,\mathrm{V} = 10\,\mu\mathrm{F}$.

T6) Si la tensió a una de les entrada és nul·la, el díode corresponent estarà en polarització directa. Per tant, la tensió a la sortida V_{OUT} serà 0.7 V, i la intensitat que circularà per la resistència serà $I = (5 - 0.7)/1 \cdot 10^3 = 4.3\,\mathrm{mA}$. En canvi, si la tensió a les dues entrades és de 5 V, els dos díodes estaran en polarització inversa, la tensió a la sortida serà de 5 V, i la intensitat serà nul·la.

T7) Sabem que la potència activa és $P = I_{ef}^2 R$, i per tant de les dades resulta $R = P/I_{ef}^2 = 160/2^2 = 40\,\Omega$. Per altra banda sabem que $P = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi$ i que $Q = V_{ef} I_{ef} \sin\varphi$, de forma que $\tan\varphi = Q/P$. Com que per altra banda $\tan\varphi = X_L/R$, resulta $X_L = R\tan\varphi = R(Q/P)$, és a dir, $X_L = 40 \cdot 120/160 = 30\,\Omega$.

T8) Al punt O es produeixen interferències degut a la diferència dels camins recorreguts per les ones provinents de S_1 i S_2, $\Delta d = 5 - 4 = 1\,\mathrm{m}$. La condició de màxim és que aquesta diferència sigui igual a un nombre sencer de longituds d'ona, i per tant de les respostes donades només pot ser $\lambda_1 = 1\,\mathrm{m}$. Tanmateix, la condició de mínim d'interferència implica que Δd ha de ser igual a un nombre semi-imparell de longituds d'ona, i amb les opcions donades només pot ser $\lambda_2 = 2\,\mathrm{m}$.

Resolució del Problema 1

a) La branca central te una obertura i per tant no pot passar corrent a través seu, de manera que a efectes pràctics és com si aquesta branca no hi fos. Per tant, només circularà corrent (en sentit horari) per la malla exterior. L'equació d'aquesta malla és, llavors, $24 - 12 - 4 \cdot 24\, I = 0$, de forma que $I = 1/8\,\mathrm{A}$.

   Tenint present que per la branca central no circula cap corrent, la diferència de potencial entre els punts E i F s'ha de avaluar anant per qualsevol camí elèctric (format per conductors i elements elèctrics) que els uneixi. Anant per la branca superior, resulta $V_F + 24\, I + 24\, I + 12 = V_E$, i per tant $V_E - V_F = 18\,\mathrm{V}$.

b) El circuit equivalent de Thévnin consta d'una *fem* ϵ_{Th} en sèrie amb una resistència R_{Th}. La *fem* és de valor igual a la diferència de potencial entre A i B quan aquests terminals es troben oberts, tal com es mostren a la figura. D'altra banda, tal i com s'ha indicat a l'apartat anterior, només circula un corrent de valor $I = 1/8\,\mathrm{A}$ en sentit horari per la malla externa. Anant del punt A al punt B a través de les dues resistències de la dreta, obtenim $V_A - 24\, I - 24\, I = V_B$, i per tant, $V_A - V_B = \epsilon_{Th} = 6\,\mathrm{V}$.

   Finalment, R_{Th} pren el mateix valor que la resistència equivalent entre A i B que resulta al substituir les *fems* per cables de resistència nul·la. Tenint present que la branca central no contribueix perquè no hi circula cap corrent, veiem que entre A i B hi ha dues resistències en sèrie de $24\,\Omega$, en paral·lel amb dues resistències del mateix valor. Per tant, $1/R_{Th} = 1/(24+24)+1/(24+24)$, de forma que $R_{Th} = 24\,\Omega$.

c) Per tal de respondre a la pregunta plantejada podem fer servir l'equivalent de Thévenin del circuit (a) trobat a l'aprtat anterior. Fent això s'obté un circuit format per una resistència de $24\,\Omega$ i una *fem* de $6\,\mathrm{V}$, connectades en sèrie entre els terminals C i D del circuit (b). Anomenant I al corrent que circula per les resistències de $3\,\Omega$, l'equació de la malla externa del circuit resultant és $12 - 3I - 24I - 6 - 3I = 0$, i per tant $30I = 6$, resultant $I = 1/5 = 0.2\,\mathrm{A}$ en sentit antihorari. Sabent això trobem que la potència que dissipa cadascuna de les resistències de $3\,\Omega$ és $P_3 = I^2 3 = (0.2)^2 3 = 0.12\,\mathrm{W}$.

Resolució del Problema 2

a) El fasor associat a la *fem* instantània es pot prendre com $\bar{\epsilon} = 220\sqrt{2}_{|\underline{0^\circ}}\,\mathrm{V}$. D'altra banda, la impedància total del circuit és $\bar{Z} = R + j(X_L - X_C) = 100 + j(200 - 100) = 100 + 100j = 100\sqrt{2}_{|\underline{45^\circ}}\Omega$, i per tant, el fasor de la intensitat és $\bar{I} = \bar{\varepsilon}/\bar{Z} = (220\sqrt{2}_{|\underline{0^\circ}})/(100\sqrt{2}_{|\underline{45^\circ}}) = 2.2_{|\underline{-45^\circ}}\,\mathrm{A}$. D'aquesta forma, la intensitat instantània és $I(t) = 2.2\cos(100\pi t - \pi/4)\ \mathrm{A}$.

   El fasors de les tensions a la resistència, condensador i bobina són, respectivament:

   $\bar{V}_R = \bar{Z}_R \cdot \bar{I} = (100_{|\underline{0^\circ}}) \cdot (2.2_{|\underline{-45^\circ}}) = 220_{|\underline{-45^\circ}}\,\mathrm{V}$.

   $\bar{V}_L = \bar{Z}_L \cdot \bar{I} = (200_{|\underline{90^\circ}}) \cdot (2.2_{|\underline{-45^\circ}}) = 440_{|\underline{45^\circ}}\,\mathrm{V}$.

   $\bar{V}_C = \bar{Z}_C \cdot \bar{I} = (100_{|\underline{-90^\circ}}) \cdot (2.2_{|\underline{-45^\circ}}) = 220_{|\underline{-135^\circ}}\,\mathrm{V}$.

b) El factor de potència és igual al cosinus de l'angle de desfasament entre la tensió i el corrent, que és el mateix angle que el de la impedància. Per tant $\varphi = 45°$ i així resulta $\cos\varphi = \sqrt{2}/2 = 0.707$.

Les potències aparent, activa i reactiva són respectivament:

$S = \varepsilon_{ef} I_{ef} = \left(\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{2.2}{\sqrt{2}}\right) = 342\,\text{VA}$.

$P = \varepsilon_{ef} I_{ef} \cos\varphi = \left(\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{2.2}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 242\,\text{W}$.

$Q = \varepsilon_{ef} I_{ef} \sin\varphi = \left(\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{2.2}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 242\,\text{VAR}$.

c) Prenent el fasor de corrent com a referència, la tensió a la resistència va en fase, la tensió a la bobina s'avançaa 90°, i la tensió al condensador s'endarrereix 90°. Com que $X_L > X_C$, el mòdul de la tensió a la bobina és més gran que el mòdul de la tensió al condensador, fent que la tensió total, igual a la suma de totes aquestes tensions, s'avanci respecte al corrent. O el que és el mateix, fent que el corrent s'endarrereixi respecte a la tensió. Quan s'afegeix un nou element en paral·lel al circuit, es veu sotmès a la mateixa tensió i hi apareix un nou corrent que circula a través seu, però el corrent que passa per la branca original (la RLC) no canvia. El corrent total que passa pel generador és igual a la suma (fasorial) d'aquests dos corrents, i per tant si volem que es trobi en fase amb la tensió, cal que el nou corrent s'avanci respecte a aquesta. Tractant-se d'un element pur, haurà de ser un condensador.

Determinem el valor de la rectància d'aquest condensador mitjançant l'expressió $X_C = -Z^2/X = -(100\sqrt{2})^2/100 = -200\,\Omega$. Així doncs, la capacitat del condensador és $C = 1/\omega|X_C| = 1/(100\,\pi \cdot 200) = 15.9\mu\text{F}$.

Resolució del Problema 3

a) Aplicant la llei d'Ohm a la resistència R_D obtenim $V_{DD} - V_D = R_D I_D$, i per tant $I_D = (V_{DD} - V_D)/R_D = (5-4.5)/(10 \cdot 10^3) = 0.05$ mA. D'altra banda podem veure que $V_{DS} = V_D - V_S = 4.5 - V_S$ és més gran que $V_{GS} - V_T = V_G - V_T - V_S = 4 - V_S$, i per tant concluim que el transistor treballa en règim de saturació.

En saturació $I_D = \frac{\beta}{2}(V_{GS} - V_T)^2 = 0.5 \cdot 10^{-3}(4 - V_S)^2$ mentre que el valor de I_D l'hem trobat abans, $I_D = 0.05$ mA. Així, $(4 - V_S)^2 = 0.1$, i per tant $4 - V_S = \pm\sqrt{0.1}$, d'on obtenim dues solucions, una acceptable amb $V_S = 3.68\ V$ (amb $V_{GS} = 1.32\ V > V_T$), mentre que la segona $V_S = 4.32$ V implica $V_{GS} = 0.68\ V < V_T$ que no pot ser en saturació i per tant és inacceptable.

Conegut $V_S = 3.68\ V$ i $I_D = 0.05$ mA, trobem R_S aplicant novament la llei d'Ohm per obtenir $R_S = (V_S - 0)/I_D = 3.68/(0.05 \cdot 10^{-3}) = 73.6$ kΩ.

b) En el punt de transició de règim òhmic a saturació es satisfà la doble condició $I_D^{sat} = I_D^{ohm}$, i $V_{GS} - V_T = V_{DS}$. Aquesta segona ens permet trobar el valor de V_D ja que $V_{GS} - V_T = (5 - V_S) - 1 = 4 - V_S$ mentre que $V_{DS} = V_D - V_S$. Igualant les dues expressions resulta $4 - V_S = V_D - V_S$ i per tant $V_D = 4\,\text{V}$.

El valor del corrent I_D s'obté d'aplicar novament la llei d'Ohm a la resistència R_D, resultant $I_D = (5 - V_D)/(10 \cdot 10^4) = (5-4)/(10 \cdot 10^4) = 0.1\,\text{mA}$.

Finalment volem trobar V_S i R_S. Com que el transistor treballa en el punt de transició de la regió òhmica a la de saturació, podem utilitzar qualsevol de les

expressions de I_D (la de òhmica o la de saturació) ja que donaran el mateix valor. Fent servir la del règim de saturació podem trobar de forma senzilla el valor de V_S, ja que $I_D = (\beta/2)(V_{GS} - V_T)^2$ i per tant $0.1 \cdot 10^{-3} = (10^{-3}/2)(5 - V_S - 1)^2$, d'on s'obtenen dues solucions: $V_S^+ = 3.55\,\mathrm{V}$ i $V_S^- = 4.45\,\mathrm{V}$. La segona solució és inacceptable ja que tindriem un valor $V_{DS} < 0$, de forma que la solució correcta és $V_S = 3.55\,\mathrm{V}$.

Un cop sabem el valor de V_S i I_D, trobem R_S aplicant la llei d'Ohm a aquesta mateixa resistència, $V_S - 0 = R_S I_S$, es a dir, $3.55 = R_S(0.1 \cdot 10^{-3})$, i per tant $R_S = 35.53\,\mathrm{k\Omega}$.