EXAMEN Final Gener 2018. Avaluació Única. TEORIA

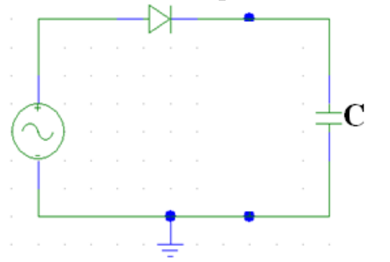
Indicar nom i/o NIUB i la resposta correcta a la taula del final del qüestionari

1. La llei d'Ohm ens diu que:
a) la resistència és el factor proporcional entre la tensió i el corrent que circula per la resistència.
b) aquesta és la unitat de la resistència.
c) el corrent augmenta quan la tensió augmenta en un condensador.
d) els escons no són lineals amb el nombre de vots.

2. Podem dir que una bobina:
a) emmagatzema energia.
b) és un component electrònic no-linial.
c) emmagatzema càrregues obtingudes de l'ambient.
d) té el mateix comportament que un condensador.
e) és una vaca.

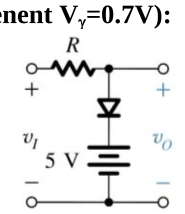
3. El principi de superposició és útil per...
a) resoldre circuits amb condensador i bobines no-linials.
b) resoldre circuits amb fonts no-linials.
c) resoldre circuits amb molts nodes per parts més senzilles de resoldre.
d) resoldre circuits amb diverses fonts per parts més senzilles de resoldre.
e) disposar d'una situació superbona per resoldre circuits.

4. Quina funció fa el díode en aquest circuit:



a) Permet que el corrent circuli quan v_i és positiva.
b) Permet que el condensador funcioni correctament.
c) Evita que el condensador es descarregui.
d) El circuit funcionaria de la mateixa forma sense el díode.

5. Quin valor té V_o quan V_i=5V (prenent V_γ=0.7V):
a) 0V.
b) 5V.
c) 5.7V.
d) 10V.
e) Cap resposta anterior és correcta.



6. En un transistor NMOS en tríode...
a) V_D sempre ha de ser menor que V_S.
b) V_D sempre ha de ser menor que V_G.
c) La font sempre ha de ser a terra.
d) V_G sempre a de ser major que V_S.

7. La tensió Vds que separa la regió de tríode i la regió de saturació d'un transistor MOSFET de canal N:
a) Depèn només de les propietats del transistor.
b) Sempre és el mateix valor per tots els transistors.
c) No depèn de V_T.
d) Depèn de V_G.

8. La resistència del canal d'un NMOS a la regió de tríode depèn amb les tensions del transistor com...
a) Només depèn de Vgs.
b) Només depèn de Vds.
c) Depèn de Vgs i de Vds.
d) És sempre constant, independentment de les tensions.
e) No existeix cap resistència de canal en un NMOS.

9. Utilitzant la taula de transformades del formulari, quina és la transformada de la funció $t\cdot u(t)-t\cdot e^{-5\cdot t}$?
a) No es pot calcular fent servir només la taula.
b) $t\cdot\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+5}\right)$
c) $s\cdot\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+5}\right)$
d) $\left(\frac{1}{s^2}-\frac{1}{(s+5)^2}\right)$
e) $s\cdot u(s)-s\cdot e^{-5s}$

10. De la transformada de Laplace d'un condensador sabem que la seva corresponent impedància...
a) Augmenta amb la freqüència.
b) Disminueix amb la freqüència.
c) Augmenta amb el temps.
d) Disminueix amb el temps.
e) No depèn de la freqüència.

11. Per poder determinar la transformació a l'espai de Laplace d'una resistència, només necessitem saber...
a) El valor de R.
b) R i el corrent que l'atravessa a t=0.
c) R i la diferència de tensió de la resistència a t=0.
d) No existeix la transformada de Laplace d'una resistència.
e) Una resistència es transforma en un condensador a l'espai de Laplace.

12. Amb la funció de transferència d'un circuit podem obtenir:
a) el guany d'amplituds per senyals esglaons.
b) el guany d'amplituds per senyals sinusoïdals.
c) el guany d'amplituds per senyals exponencials.
d) el guany d'amplituds per senyals triangulars.
e) No podem obtenir cap informació a l'espai temporal.

13. Si un diagrama de Bode d'amplitud ens dóna un guany de -40 dB per una determinada freqüència, si l'amplitud del senyal sinusoïdal d'entrada és de 10V, quan val l'amplitud del senyal de sortida:
a) 10V.
b) 1V.
c) 0.1V.
d) 0.01V.

14. Tenim un circuit que té en total quatre pols. Tots aquests pols tenen part real positiva. És estable aquest circuit?
a) Tots els circuits són estables.
b) Sí.
c) No.
d) Tots els circuits amb pols són inestables.
e) No ho podem saber amb aquesta informació.

15. Si un circuit no té pols ni zeros a freqüència w=0, quin pendent tindrà el diagrama de Bode d'amplitud a freqüències molt baixes (menor que qualsevol pol i zero)?
a) 0dB/dècada.
b) 20dB/dècada.
c) 40dB/dècada.
d) -20dB/dècada.
e) -40dB/dècada.

16. La freqüència de tall per un filtre passa-alts es defineix com...
a) la freqüència per la qual el guany es de 0dB.
b) la freqüència per la qual el guany es de -3dB.
c) la freqüència per la qual el guany ha augmentat en 3dB respecte el guany a altes freqüències.
d) la freqüència per la qual el guany ha disminuït en 3dB respecte el guany a altes freqüències.
e) la freqüència per la qual el gràfic presenta un tall.

17. De les entrades + i — d'un amplificador operacional ideal, sabem que:
a) Les seves tensions sempre són iguals però amb diferent signe, per exemple +5V i -5V.
b) Els seus corrents són 0A.
c) Les seves tensions són 0V.
d) No tenen res en comú.
e) Cap afecta al valor de la tensió de sortida.

18. La tensió de sortida d'un amplificador operacional ideal:
a) no depèn de les tensions de les entrades si no es connecten a la sortida.
b) no depèn en cap cas dels valors de V_{cc+} i V_{cc-}.
c) no depèn del que es connecti a la sortida, sempre que no connecti amb les entrades.
d) no depèn de res, si no hi ha cap connexió de la sortida i les entrades.

19. Amb amplificadors operacionals treballant a la zona lineal...
a) $V_- = -V_+$.
b) $V_- = V_+ = 0V$.
c) $V_- = V_{cc-}$ i $V_+ = V_{cc+}$.
d) V_o només pot prendre dos valors de tensió diferents.
e) V_o pot prendre qualsevol valor entre V_{cc+} i V_{cc-}.

20. Amb les cel·les de Sallen & Key podem:
a) construir una bresca d'abelles.
b) crear filtres de fins a ordre 1.
c) crear filtres de fins a ordre 2.
d) crear filtres de fins a ordre 3.
e) crear filtres de qualsevol ordre.

NOM (o NIUB):

Indicar aquí l'única resposta correcta

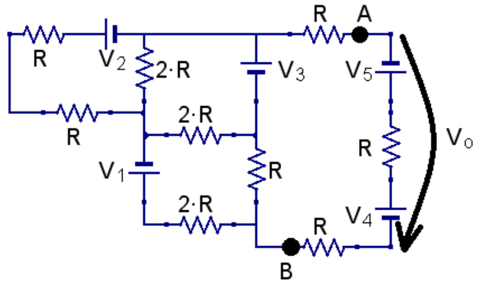
Pregunta	Resp.	Pregunta	Resp.
1	a	11	a
2	a	12	b
3	d	13	c
4	c	14	c (ó e)
5	b	15	a
6	b ó d	16	d
7	d	17	b
8	c	18	c
9	d	19	e
10	b	20	e

Resposta Correcta=0.15 Resposta Incorrecta=-0.05

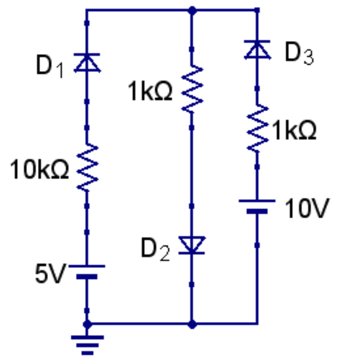
EXAMEN Final Gener 2018. Avaluació Única. Problemes.

P1) (1.5 punt) Feu els següents passos aplicats al circuit de la figura:

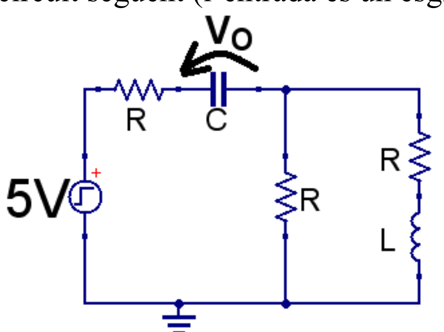
- Dona les equacions per resoldre aquest circuit aplicant únicament les lleis de Kirchhoff. (no s'han de resoldre; només mostrar les equacions aplicant les lleis per resoldre'l). Doneu també l'expressió per obtenir V_o suposant que hem obtingut la solució del circuit.
- Obté l'equivalent Thevenin entre els punts A i B de la part esquerra del circuit. Per obtenir V_{th}, apliqueu el principi de superposició.
- Fent ús d'aquest equivalent Thevenin, calcula V_o. (Si no heu pogut fer l'apartat anterior o queda massa complicat, utilitzeu: $V_{th}=V_1+V_2+V_3$ i $R_{th}=R$ en aquest apartat).



P2) (1 punt) Només per un dels díodes del circuit pot haver-hi dubtes de si està en directa o en inversa. Expliqueu raonadament quin díode és aquest.
Resol el circuit (obtenir els corrents del circuit) amb les dues possibilitats per aquest díode i explica, raonadament i en ambdós casos, si la solució és la correcta o no. Utilitzeu el model ideal del díode amb $V_\gamma = 0.7V$.



P3) (1.5 punts) Obtenir $v_o(t)$ pel circuit següent (l'entrada és un esglaó d'amplitud 5V):

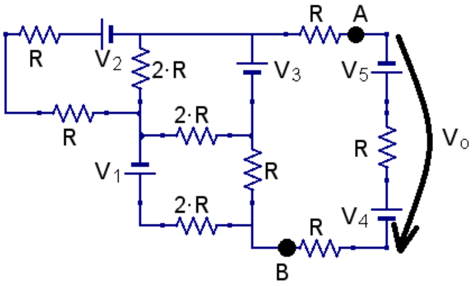


Preneu condicions inicials nul·les. Preneu també els següents valors dels components (encara que poc realistes): R = 0.5 Ω, C = 1 F, L=0.5 H).

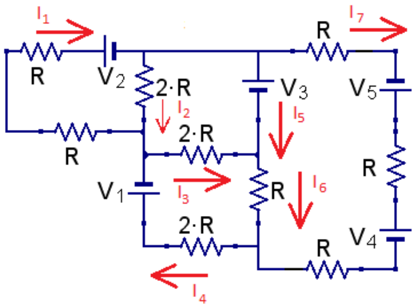
(Si no us refieu de $V_o(s)$ que heu obtingut, utilitzeu $V_o(s) = 0.5 \cdot \frac{(1+0.5\cdot s)}{s\cdot(0.05\cdot s^2+0.125\cdot s+0.1)}$).

P1) (1.5 punt) Feu els següents passos aplicats al circuit de la figura:

- Dona les equacions per resoldre aquest circuit aplicant únicament les lleis de Kirchhoff. (no s'han de resoldre; només mostrar les equacions aplicant les lleis per resoldre'l). Doneu també l'expressió per obtenir V_o suposant que hem obtingut la solució del circuit.
- Obté l'equivalent Thevenin entre els punts A i B de la part esquerra del circuit. Per obtenir V_{th}, apliqueu el principi de superposició.
- Fent ús d'aquest equivalent Thevenin, calcula V_o. (Si no heu pogut fer l'apartat anterior o queda massa complicat, utilitzeu: $V_{th}=V_1+V_2+V_3$ i $R_{th}=R$ en aquest apartat).



En primer lloc, veiem que aquest circuit té 7 branques diferents i, per tant, hi ha 7 corrents que haurem de determinar. Per tant, haurem de tenir 7 equacions.
El primer pas consisteix sempre en definir els corrents de les diferents branques (assignem nom i sentit):

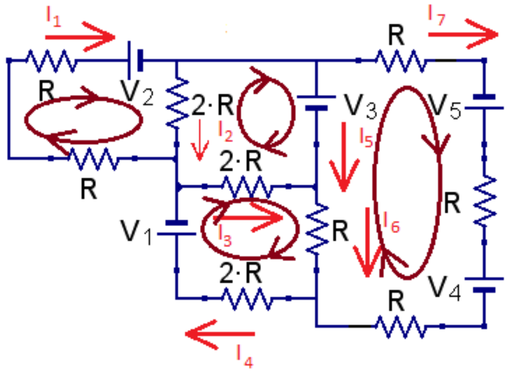


Com sempre, el sentit agafat pels corrents és totalment arbitrari. Es podria haver escollit qualsevol altre sentit pels corrents. El resultat serà sempre el mateix.

Ara apliquem les lleis de Kirchhoff. Pel que fa a la lleis de nodes, veiem que hem d'aplicar-la a tres nodes ja que tenim quatre nodes amb més de dues branques. Hem d'aplicar la llei a aquests nodes menys un. Per aquest "un" escollim el node d'adalt a on conflueixen quatre branques (però es podria haver escollit qualsevol dels altres). Per tant, aplicant la llei de nusos:

$$I_2 + I_4 = I_1 + I_3$$
$$I_6 = I_5 + I_3$$
$$I_7 + I_6 = I_4$$

Com que sabem que necessitem 7 equacions, ens manquen encara quatre equacions. Aquestes surten d'aplicar la segona llei de Kirchhoff (llei de malles). Les quatre malles més evidents per utilitzar són les indicades a la següent figura, i les recorrerem en sentit horari. Les malles escollides no poden deixar cap branca sense recòrrer:



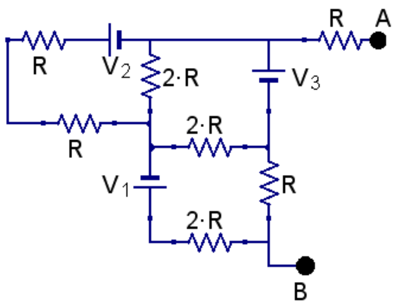
Apliquem donçs la llei de malles a aquestes quatre malles:

$$M1: \quad -V_2 - I_2 \cdot 2 \cdot R - I_1 \cdot 2 \cdot R = 0$$
$$M2: \quad -V_3 + I_3 \cdot 2 \cdot R + I_2 \cdot 2 \cdot R = 0$$
$$M3: \quad -V_1 - I_3 \cdot 2 \cdot R - I_6 \cdot R - I_4 \cdot 2 \cdot R = 0$$
$$M4: \quad V_3 - I_7 \cdot R + V_5 - I_7 \cdot R - V_4 - I_7 \cdot R + I_6 \cdot R = 0$$

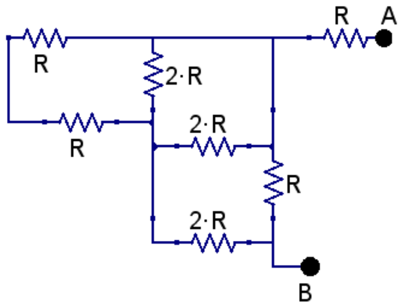
Amb la qual cosa ja tenim les 7 equacions.
El problema ens indica que no la ressolem, però sí que donem l'expressió per obtenir V_o suposant que haguéssim resolt les equacions (i per tant tenim els valors dels corrents):

$$V_o = V_5 - I_7 \cdot R - V_4$$

Anem ara a obtenir l'equivalent Thevenin de la part del circuit que ens demana el problema. Per això, obrim el circuit pels punts A i B. Ens adonem que aplicar el teorema de Thevenin és possible ja que les dues parts en que dividim el circuit estan aïllades. Per tant, hem d'aplicar el teorema al següent circuit:

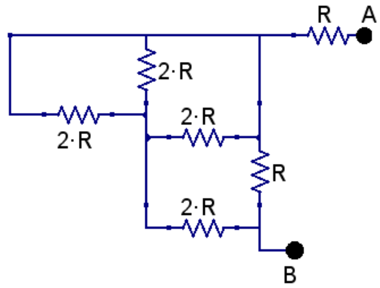


Hem d'obtenir R_{th} i V_{th}. Ambdós càlculs són independents l'un de l'altre, però tots dos comencen amb el mateix circuit anterior.
En primer lloc calculem el valor de R_{th}. Per això hem d'eliminar les fonts. Com que totes són de tensió, això equival a "curt-circuitar-les" (és a dir, substituir-les per un "cable"):

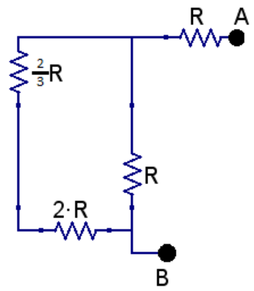


Ara hem de combinar totes les resistències, mantenint els nodes A i B intactes, fins que només ens quedi una. Aquesta resistència serà R_{th}. Com que A i B no poden desaparèixer, hem de tenir molta cura quan fem una combinació sèrie (ja que sempre desapareix un node). Per tant:

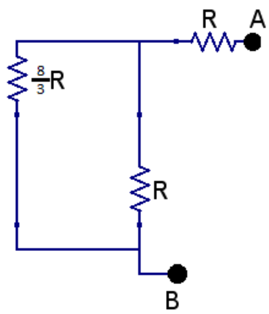
Sèrie de les dues resistències de l'esquerra



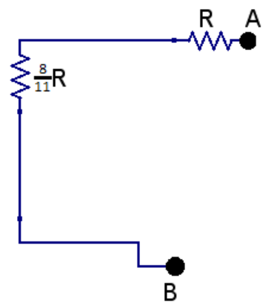
Paral·lel de les tres d'adalt a l'esquerra



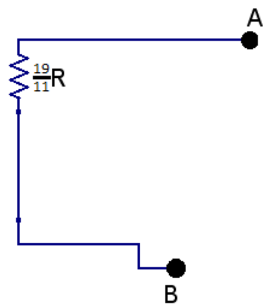
Sèrie de les dues resistències de l'esquerra



Paral·lel de les dues resistències de l'esquerra

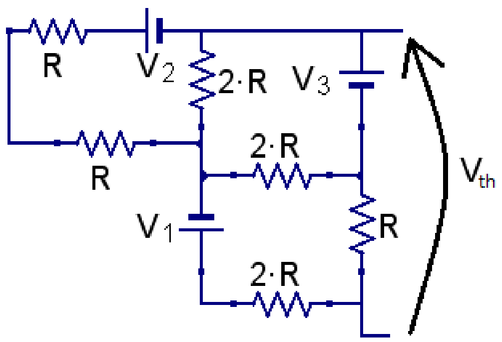


Sèrie de les dues resistències restants

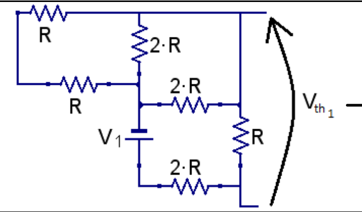
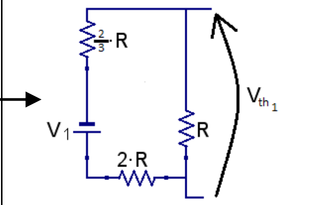
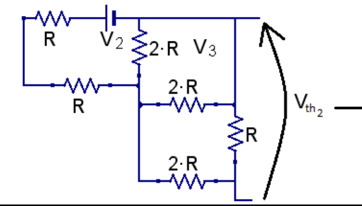
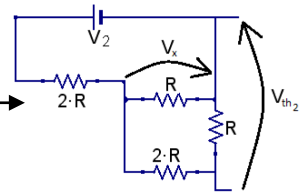
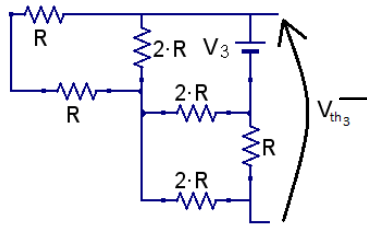
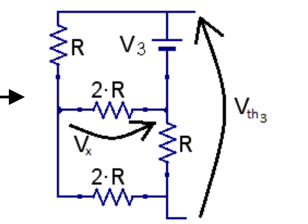


Per tant $R_{th} = \dfrac{19}{11} \cdot R$

Ara hem d'obtenir V_{th}. Per això, hem "d'oblidar" el pas anterior. Tornem a començar amb el circuit inicial. L'hem de resoldre i calcular V_{AB}. Aquesta serà V_{th}. Les branques on hi són A i B queden obertes i, per tant, no hi circula corrent. Per tant, no influiran en el funcionament d'aquesta part del circuit. La resistència connectada a B no fa tampoc cap funció, ja que no passa corrent i la caiguda de tensió és 0 en aquesta resistència. Per tant, el circuit original queda com:



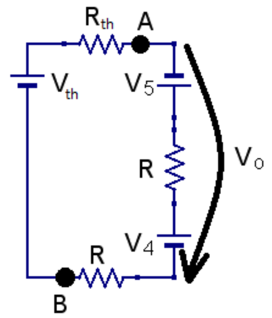
Encara que es podria aplicar simplement les lleis de Kirchhoff, el problema ens demana explícitament resoldre'l utilitzant el principi de superposició.
Aquest circuit té tres fonts; per tant, hem de resoldre tres "subproblemes", utilitzant una font i eliminant la resta en cada cas. Per cadascun d'aquests subproblemes, el primer pas seria fer totes les combinacions sèrie/paral·lel que siguin possibles sense que cap dels dos punts que determinen Vth desaparegui. Cadascun d'aquests casos els podríem resoldre utilitzant les lleis de Kirchhoff ja que els subcircuits tindran com a màxim dues malles i es podrien resoldre 'a mà' sense problemes. Aquest procediment és el més directe, i igualment vàlid que el que utilitzarem en aquesta solució del problema. De fet, és aconsellable utilitzar les lleis de Kirchhoff. Aquí, el que farem serà provar de simplificar el circuit per fer els càlculs més fàcilment. Si no teniu clar com fer-ho, o no veieu massa clar com s'aplica la fórmula del divisor de tensió, és millor fer ús del procediment mencionat anteriorment utilitzant les lleis de Kirchhoff. Els tres casos ens queden com es mostra a la taula:

1)			$V_{th1} = \frac{R}{R+\frac{8}{3}\cdot R}\cdot(-V_1) = -\frac{3}{11}\cdot V_1$
2)			$V_{th2} = \frac{1}{3}\cdot V_x = \frac{1}{3}\cdot\frac{(3\cdot R)//R}{(3\cdot R)//R+2\cdot R}(-V_2) =$ $= -\frac{1}{11}\cdot V_2$
3)			$V_{th3} = V_3 + V_R = V_3 + \frac{1}{3}\cdot V_x = V_3 + \frac{1}{3}\cdot\frac{(2\cdot R)//(3\cdot R)}{(2\cdot R)//(3\cdot R)+R}(-V_3) =$ $= V_3 - \frac{2}{11}\cdot V_3 = \frac{9}{11}\cdot V_3$

El principi de superposició ens diu que la solució final és la suma de totes les solucions parcials. Per tant:

$$V_{th} = V_{th1} + V_{th2} + V_{th3} = \frac{1}{11}(9\cdot V_3 - 3\cdot V_1 - V_2)$$

Ara ja podem substituir l'equivalent Thevenin al circuit i, així, poder obtenir V_o, que és el que ens demanen en l'últim apartat:



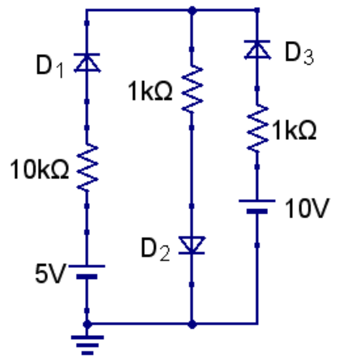
Aquest circuit és molt senzill de resoldre. Només hem d'aplicar les lleis de Kirchhoff a aquesta malla (prenem el corrent I cap a la dreta a la branca superior):

$$V_{th} - I\cdot R_{th} + V_5 - I\cdot R - V_4 - I\cdot R = 0 \quad \Rightarrow I = \frac{V_{th}+V_5-V_4}{R_{th}+2\cdot R} = \frac{V_{th}+V_4}{\frac{19}{11}\cdot R + 3\cdot R} = \frac{11}{52}\cdot\frac{V_{th}+V_4}{R}$$

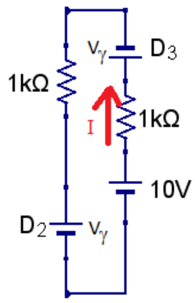
$$\Rightarrow V_o = V_5 - I\cdot R - V_4 = V_5 - \frac{11}{52}\cdot(V_{th}+V_4) - V_4 = V_5 - \frac{11}{52}\cdot\left[\frac{1}{11}\cdot(9\cdot V_3 - 3\cdot V_1 - V_2) + V_4\right] - V_4 =$$

$$= V_5 - \frac{1}{52}\cdot(9\cdot V_3 - 3\cdot V_1 - V_2 + 11\cdot V_4) - V_4 = \frac{1}{52}\cdot(52\cdot V_5 - 63\cdot V_4 - 9\cdot V_3 + 3\cdot V_1 + V_2)$$

P2) (1 punt) Només per un dels díodes del circuit pot haver-hi dubtes de si està en directa o en inversa. Expliqueu raonadament quin díode és aquest.
Resol el circuit (obtenir els corrents del circuit) amb les dues possibilitats per aquest díode i explica, raonadament i en ambdós casos, si la solució és la correcta o no.
Utilitzeu el model ideal del díode amb $V_\gamma = 0.7V$.



En aquest circuit hi ha dues fonts en dues branques en paral·lel, amb cada díode corresponent en la direcció que permetria que passés el corrent. La font que és segur que aconseguirà forçar el seu corrent, per tant, serà la que proporcioni major tensió. Per tant, D_3 estarà en directa. El díode D_2 permetrà el pas de corrent ja que és la única branca que pot permetre que el corrent generat per una o les dues fonts circuli pel circuit, i aquest díode es troba també en la direcció adient per què pugui passar aquest corrent. Per tant D_2 també estarà en directa. Per la branca a on hi ha D_1, circularà corrent només si la tensió al node d'adalt és suficientment petita (per sota de 4.3V). Per tant, ara no podem saber exactament si conduirà o no el corrent.
De les dues possibilitats de D_1, comencarem per la més senzilla; és a dir, quan està en inversa. En aquest cas, el circuit a resoldre és el següent:



Resoldrem aquest circuit aplicant les lleis de Kirchhoff:

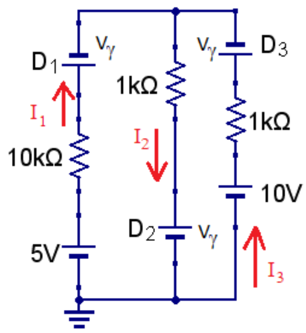
$$10 - I - 0.7 - I - 0.7 = 0 \quad \Rightarrow I = \frac{8.6}{2} = 4.3mA$$

Per comprovar si és l'estat correcte del díode D_1, calculem la tensió al node d'adalt:

$$V_x = 0.7 + I = 5V$$

Veiem que aquesta tensió és igual a la de la font de la branca de D_1. Per tant, aquest díode no podrà estar en directa, que és la suposició que havíem fet en aquest circuit. Per tant, D_1 està en inversa, i la solució real del circuit és aquesta.

Ens demanen també obtenir la solució (corrents) per la segona possibilitat per D_1 i que comprovem igualment si podria ser la solució correcta. Com suposem que tots tres díodes estan en directa, ja agafem la direcció dels corrents en la direcció permesa pels díodes:

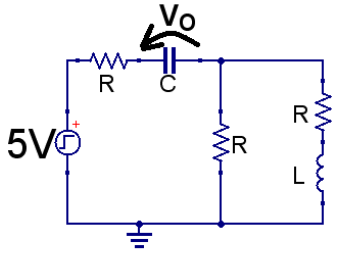


Per tant, hem d'aplicar les lleis de Kirchhoff a aquest circuit. En aquest circuit haurem d'aplicar la lleis de nodes a un únic node, i la llei de malles a dues (agafarem les dues més "clares" i les recorrerem en sentit horari):

$$\left.\begin{array}{l} I_2 = I_1 + I_3 \\ 5 - 10 \cdot I_1 - 0.7 - I_2 - 0.7 = 0 \\ 0.7 + I_2 + 0.7 + I_3 - 10 = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} I_2 = I_1 + I_3 \\ I_1 = \dfrac{3.6 - I_2}{10} \\ I_3 = 8.6 - I_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} I_2 = 4.27mA \\ I_1 = -0.067mA \\ I_3 = 4.33mA \end{array}\right\}$$

Podem veure que I_1 és negativa i, per tant, la suposició de D_1 en directa no era correcta (la solució ens diu que el corrent circularia en la direcció no permesa per D_1).

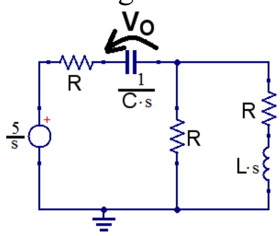
P3) (1.5 punts) Obtenir $v_o(t)$ pel circuit següent (l’entrada és un esglaó d’amplitud 5V):



Preneu condicions inicials nul·les. Preneu també els següents valors dels components (encara que poc realistes): R = 0.5 Ω, C = 1 F, L=0.5 H).

(Si no us refieu de $V_o(s)$ que heu obtingut, utilitzeu $V_o(s) = 0.5\cdot\frac{(1+0.5\cdot s)}{s\cdot(0.05\cdot s^2+0.125\cdot s+0.1)}$).

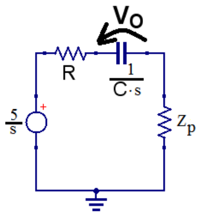
Ens diuen explícitament que hem de prendre condicions inicials nul·les. Per tant, $v_c(0)$= 0 i $i_L(0)$=0. Per tant, el circuit a l’espai de Laplace serà el següent:



Per resoldre aquest circuit, farem primer les combinacions sèrie/paral·lel dels components de la dreta. Els dos components de la dreta estan en sèrie. I aquest està en paral·lel amb la resistencia del mig del circuit. Per tant:

$$Z_s = R + L\cdot s \qquad Z_p = \frac{R\cdot Z_s}{R+Z_s} = \frac{R\cdot(R+L\cdot s)}{2\cdot R+L\cdot s}$$

I el circuit que ens queda és el següent:



Aquest circuit el podem resoldre fàcilment aplicant Kirchhoff (agafem el corrent seguint la malla en sentit horari):

$$\frac{5}{s} - R\cdot I - \frac{1}{C\cdot s}\cdot I - Z_p\cdot I = 0 \quad \Rightarrow I = \frac{5}{s}\cdot\frac{1}{R+\frac{1}{C\cdot s}+Z_p} = \frac{5}{s}\cdot\frac{1}{R+\frac{1}{C\cdot s}+\frac{R\cdot(R+L\cdot s)}{2\cdot R+L\cdot s}}$$

$$\Rightarrow I = \frac{5}{s}\cdot\frac{C\cdot s\cdot(2\cdot R+L\cdot s)}{R\cdot C\cdot s\cdot(2\cdot R+L\cdot s)+2\cdot R+L\cdot s+R\cdot(R+L\cdot s)\cdot C\cdot s} = 5\cdot\frac{C\cdot(2\cdot R+L\cdot s)}{s^2\cdot 2\cdot R\cdot C\cdot L+s\cdot(3\cdot R^2\cdot C+L)+2\cdot R}$$

I ara ja podem obtenir V_o: $V_o = I\cdot\frac{1}{C\cdot s} = 5\cdot\frac{2\cdot R+L\cdot s}{[s^2\cdot 2\cdot R\cdot C\cdot L+s\cdot(3\cdot R^2\cdot C+L)+2\cdot R]\cdot s} = 5\cdot\frac{1+0.5\cdot s}{[s^2\cdot 0.5+s\cdot 1.25+1]\cdot s}$

Ara hem d’antitransformar per obtenir $v_o(t)$. Per això, utilitzarem el procediment general per antitransformar. En primer lloc, deixem les ‘s’ amb major grau, amb un coeficient de 1, treient factor comú:

$$V_o = \frac{5 \cdot 0.5}{0.5} \cdot \frac{2+s}{\left(s^2 + s \cdot 2.5 + 2\right) \cdot s} = 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s^2 + s \cdot 2.5 + 2\right) \cdot s}$$

Ara trobem els pols que ens falten per conèixer:

$$s^2 + s \cdot 2.5 + 2 = 0 \quad \Rightarrow p_{1,2} = \frac{-2.5 \pm \sqrt{2.5^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2}}{2} = -1.25 \pm i \cdot 0.66$$

Per tant:

$$V_o = 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s - (-1.25 + i \cdot 0.66)\right) \cdot \left(s - (-1.25 - i \cdot 0.66)\right) \cdot s}$$

I ara ja podem antitransformar:

$$V_o = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s - (-1.25 + i \cdot 0.66)} + \frac{k_3}{s - (-1.25 - i \cdot 0.66)}$$

I obtenim els valors de les tres constants:

$$k_1 = V_o(s) \cdot s\Big|_{s=0} = 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s^2 + s \cdot 2.5 + 2\right) \cdot s} \cdot s\Bigg|_{s=0} = 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s^2 + s \cdot 2.5 + 2\right)}\Bigg|_{s=0} = 5 \cdot \frac{2}{2} = 5$$

$$k_2 = V_o(s) \cdot \left(s - (-1.25 + i \cdot 0.66)\right)\Big|_{s=-1.25+i\cdot 0.66} = 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s - (-1.25 + i \cdot 0.66)\right) \cdot \left(s - (-1.25 - i \cdot 0.66)\right) \cdot s} \cdot \left(s - (-1.25 + i \cdot 0.66)\right)\Bigg|_{s=-1.25+i\cdot 0.66} =$$

$$= 5 \cdot \frac{2+s}{\left(s - (-1.25 - i \cdot 0.66)\right) \cdot s}\Bigg|_{s=-1.25+i\cdot 0.66} = 5 \cdot \frac{2 - 1.25 + i \cdot 0.66}{\left(-1.25 + i \cdot 0.66 - (-1.25 - i \cdot 0.66)\right) \cdot (-1.25 + i \cdot 0.66)} = 5 \cdot \frac{0.75 + i \cdot 0.66}{(i \cdot 1.32) \cdot (-1.25 + i \cdot 0.66)} =$$

$$= -\frac{5}{1.32} \cdot \frac{(0.75 + i \cdot 0.66) \cdot \left((-1.25 - i \cdot 0.66)\right)}{\left(1.25^2 + 0.66^2\right)} \cdot i = -\frac{5}{1.32} \cdot \frac{-0.5 \cdot i + 1.33}{2} = -2.52 + 0.95 \cdot i$$

k_3 s'obté de la mateixa forma. Però com que sabem que per dos pols complexes conjugats, les solucions de k_i són també complexes conjugades:

$$k_3 = -2.52 - 0.95 \cdot i$$

Ara ja podem antitransformar, ja que sabem l'antitransformada de 1/(s+a) (o el que és similar, 1/(s-a)):

$$v_o(t) = 5 + (-2.52 + 0.95 \cdot i) \cdot e^{[-1.25+i\cdot 0.66]t} + (-2.52 - 0.95 \cdot i) \cdot e^{[-1.25-i\cdot 0.66]t} = 8.2 + e^{-1.25t} \cdot \left[(-2.52 + 0.95 \cdot i) \cdot e^{i\cdot 0.66t} + (-2.52 - 0.95 \cdot i) \cdot e^{-i\cdot 0.66t}\right] =$$

$$= 5 + e^{-1.25t} \cdot \left[-2.52 \cdot \left(e^{i\cdot 0.66t} + e^{-i\cdot 0.66t}\right) + 0.95 \cdot i \cdot \left(e^{i\cdot 0.66t} - e^{-i\cdot 0.66t}\right)\right] =$$

$$= 5 + e^{-1.25t} \cdot \left[-2.52 \cdot \left(\cos(0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(0.66 \cdot t) + \cos(-0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(-0.66 \cdot t)\right) + 0.95 \cdot i \cdot \left(\cos(0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(0.66 \cdot t) - \cos(-0.66 \cdot t) - i \cdot \sin(-0.66 \cdot t)\right)\right] =$$

$$= 5 + e^{-1.25t} \cdot \left[-2.52 \cdot \left(\cos(0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(0.66 \cdot t) + \cos(0.66 \cdot t) - i \cdot \sin(0.66 \cdot t)\right) + 0.95 \cdot i \cdot \left(\cos(0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(0.66 \cdot t) - \cos(0.66 \cdot t) + i \cdot \sin(0.66 \cdot t)\right)\right] =$$

$$= 5 + e^{-1.25t} \cdot \left[-2.52 \cdot 2 \cdot \cos(0.66 \cdot t) + 0.95 \cdot 2 \cdot i \cdot i \cdot \sin(0.66 \cdot t)\right] = 8.2 - e^{-1.25t} \cdot \left[5.04 \cdot \cos(0.66 \cdot t) + 1.9 \cdot \sin(0.66 \cdot t)\right]$$

Aquesta expressió és vàlida només per t > 0.