

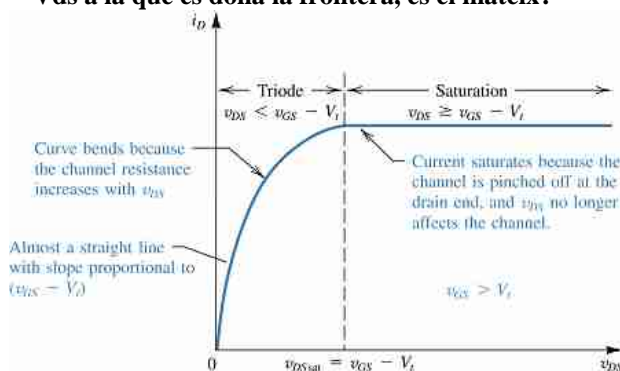
EXAMEN Final Gener 2011. TEORIA

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

1. En un transistor MOSFET, el que diferencia el Drenador (Drain) de la Font (Source) és ...

- a) Físicament, que la font té més dopatge que el drenador i elèctricament que la tensió de font és inferior.
- b) Físicament són indistingibles, elèctricament dels dos terminals diem que, per un NMOS, és la font el que té el potencial inferior.
- c) Que la font sempre està a terra.
- d) Que pel drenador controlem la tensió corresponent a l'efecte camp.

2. La condició $V_{ds}=V_{gs}-V_t$, separa la regió de triode i la regió de saturació. La gràfica inferior així ho reflexa. Però de fet aquesta només està dibuixada per a un valor concret de tensió de porta. En el cas de tenir diferents tensions de porta, el valor de tensió V_{ds} a la que es dona la frontera, és el mateix?



- a) No, depèn de V_{gs} .
- b) No, depèn de V_{ds} .
- c) No, depèn de $K'n$.
- d) No, depèn de V_t .
- e) No, depèn de (W/L) .

3. Aquest NMOS, estarà sempre en ...

- a) Triode, si V_{dd} és superior a la tensió llindar.
- b) Triode, si V_{dd} és inferior a la tensió llindar.
- c) Saturació, si V_{dd} és inferior a la tensió llindar.
- d) Saturació, si V_{dd} és superior a la tensió llindar.
- e) Saturació, independentment de V_{dd} .

4. El corrent de porta d'un NMOS...

- a) Augmenta amb V_{ds} .
- b) Disminueix amb V_{ds} .
- c) No depèn de cap tensió i és sempre nul.
- d) Depèn de V_{ds} i V_{gs} .

5. La resistència del canal d'un NMOS a la regió de triode lineal...

- a) És sempre constant.
- b) És constant amb V_{ds} , però depèn de V_{gs} .
- c) És constant amb V_{gs} , però depèn de V_{ds} .
- d) No existeix cap resistència de canal en un NMOS.

6. La família lògica CMOS fa ús...

- a) de combinacions de transistors NMOS i PMOS.
- b) de combinacions de transistors MOS i BJT.
- c) de combinacions de flip-flops i de banners-flappys.
- d) del sentit comú.

7. La funció esglaó $u(3-t)$ és ...

- a) 1 per $t < 3$ i zero per $t > 3$.
- b) zero per $t < -3$ i 1 per $t > -3$.
- c) Zero per $t > 3$ i 1 per $t < 3$.
- d) Zero per $t < 3$ i 1 per $t > 3$.

8. De la transformada de Laplace d'una bobina, sabem que la corresponent impedància ...

- a) No depèn de la freqüència.
- b) Augmenta amb la freqüència.
- c) Disminueix amb la freqüència.
- d) Es pot calcular.

9. Podem dir que un sistema és estable quan ...

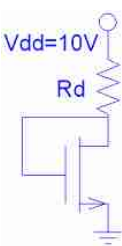
- a) Quan al diagrama de pols i zeros de la transformada de Laplace apareixen els pols a la part dreta.
- b) Quan al diagrama de pols i zeros de la transformada de Laplace apareixen els pols a la part esquerra.
- c) Quan té transformada de Laplace no divergent.
- d) El sistema està quiet i no es mou durant un breu instant de temps

10. Quin és el procediment general per resoldre un circuit amb senyals variables amb el temps (dinàmics) mitjançant l'espai de Laplace?

- a) Es transforma tot el circuit a l'espai de Laplace, es resol el circuit amb Kirchhoff i finalment es fa la substitució $s=t$ per obtenir la resposta a l'espai temporal.
- b) Es transforma tot el circuit a l'espai de Laplace, es resol el circuit amb Kirchhoff i finalment s'antitransforma a l'espai temporal.
- c) Es resol el circuit, es transforma el resultat a l'espai de Laplace i després s'antitransforma a l'espai temporal.
- d) L'espai de Laplace no té res a veure amb la resolució de circuits. Té a veure amb l'astronomia.
- e) Es transforma tot el circuit a l'espai de Laplace i es resol el circuit amb Kirchhoff.

11. Quan fem l'antitransformada d'un senyal...

- a) Només coneixerem el senyal a l'espai temporal per $t > 0$.
- b) Coneixerem el senyal a l'espai de Laplace per $s > 0$.
- c) No serveix de res fer l'antitransformada d'un senyal per què tornem a obtenir el mateix senyal.
- d) No sabem res del senyal per què, en general, serà un senyal complex.



12. Què ens indica el diagrama de Bode (d'amplitud)?

- Les amplituds del senyal sinusoidal d'entrada en funció de la seva freqüència.
- L'amplitud del senyal sinusoidal de sortida en funció de la seva freqüència.
- El guany d'amplituds quan l'entrada és un senyal sinusoidal per diferents freqüències d'aquest senyal d'entrada sinusoidal.
- És l'evolució temporal del senyal de sortida quan l'entrada és un senyal sinusoidal.
- La forma del senyal de sortida quan l'entrada és un senyal esglaió.

13. Com afecten els pols i zeros al diagrama de Bode (d'amplituds)?

- El diagrama de Bode no té res a veure amb els pols i zeros.
- Els zeros donen un valor 0 del guany i els pols un guany infinit.
- Cada zero introdueix un pendent de +20dB/dècada, i cada pol de -20dB/dècada.
- Cada zero introdueix un pendent de -20dB/dècada, i cada pol de +20dB/dècada.
- Depèn de si el pol és nord o sud.

14. La resistència d'entrada d'un amplificador operacional és:

- Pràcticament infinita.
- Pràcticament zero.
- Petita, usualment de l'ordre de 10 Ohm.
- Gran, usualment de l'ordre de 500 KOhm.

15. Un amplificador operacional es comporta com:

- Una font de corrent governada per tensió.
- Una font de corrent governada per corrent.
- Una font de tensió governada per corrent.
- Una font de tensió governada per tensió.

16. En quina zona treballa un amplificador operacional en realimentació negativa (de V_o a -)?

- En la zona ideal ja que V_+ és aprox V_- .
- En la zona de tall ja que V_+ és aprox V_- .
- En la zona lineal ja que V_+ és aprox V_- .
- En la zona de saturació ja que V_+ és aprox V_- .

17. En un amplificador operacional, V_{cc+} i V_{cc-} són:

- Sempre iguals.
- V_{cc+} sempre major a V_{cc-} .
- Sempre iguals però de diferent signe, per exemple +15V i -15V.
- Sempre iguals però el mateix signe, per exemple +15A.
- Es poden deixar sense connectar a cap font d'alimentació.

18. En un amplificador operacional en realimentació negativa polaritzat segons $V_{cc+}=+15V$ i $V_{cc-}=-15V$, què succeeix quan $V_+ < V_-$?

- Que la sortida val -15V.
- Que la sortida val +15V.
- Que la sortida val zero.
- Això no pot succeir, si treballa a la zona lineal.

19. Quins són els avantatges dels filtres actius respecte els passius?

- Podem tenir un guany major que 1, es poden interconnectar entre ells sense influència en el seu funcionament.
- El principal avantatge es que permeten modelar la forma que volem del filtre.
- Podem tenir un guany major que 1 i són més ideals que els passius.
- Podem tenir un guany major que 1.

20. Quines són les característiques generals dels filtres actius de Butterworth i Chebyshev?

- Pel mateix ordre de filtre, el de Butterworth té una transició més progressiva ("suau") però el guany és més petit.
- Pel mateix ordre de filtre, el de Butterworth té una transició més progressiva ("suau") i no presenta arrissat del guany a la banda passant.
- El filtre de Butterworth és un filtre ideal i el de Chebyshev és un filtre real.
- Pel mateix ordre de filtre, el de Butterworth té una transició més progressiva ("suau").

NOM:

NIUB:

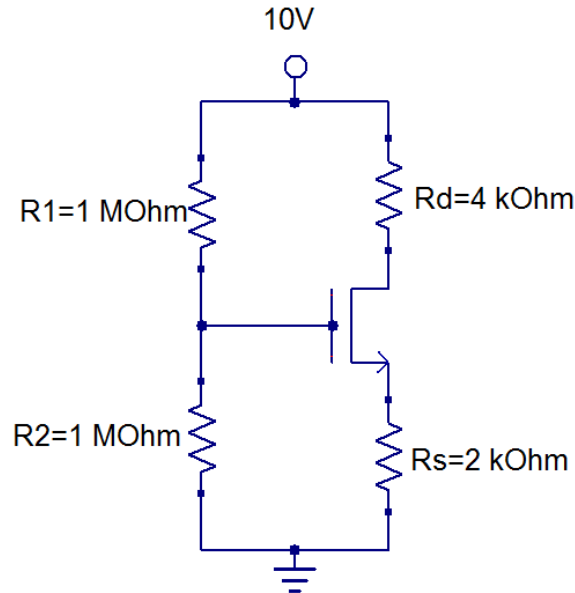
Indicar aquí l'única resposta correcta

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

Resposta Correcta=0.15 Resposta Incorrecta=-0.05

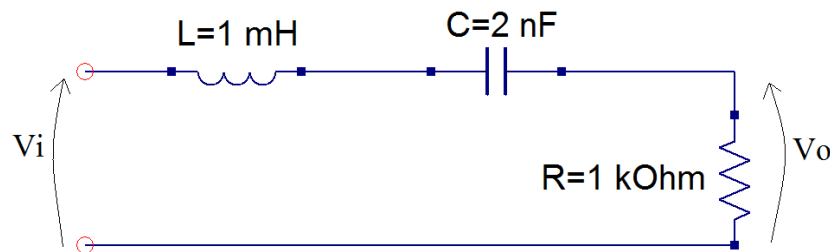
EXAMEN Final Gener 2011. Problemes.

P1) (1 punt) Resol aquest circuit (obtenir totes les tensions i corrents). El transistor té les següents característiques: $V_T = 1\text{V}$, $K_n' \cdot W/L = 1\text{ mA/V}^2$. (Si fos necessari resoldre en tríode, feu-lo en tríode lineal).



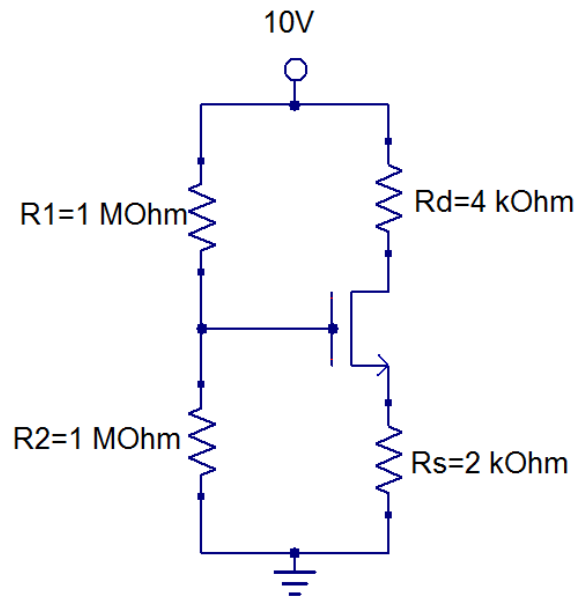
P2) (2 punts) Respecte al circuit de la figura:

- Obtenir la funció de transferència del circuit prenent com a senyal de sortida V_o i senyal d'entrada V_i .
- Per una entrada esglaó d'alçada 5V, obteniu el senyal de sortida a l'espai de temps. (considereu condicions inicials nul·les, i utilitzeu la funció de transferència).



P3) (1 punt) Un sensor de posició ens dóna un senyal de tensió en un rang de 2 mV fins a 10 mV. Dissenyeu un circuit (dibuix del circuit i valors de resistències), fent ús d'amplificadors operacionals, per tal d'obtenir una tensió en el rang de 0V fins a 10V. Fes el diagrama de blocs del sistema.

P1) (1 punt) Resol aquest circuit (obtenir totes les tensions i corrents). El transistor té les següents característiques: $V_T = 1V$, $K_n' \cdot W/L = 1 \text{ mA/V}^2$. (Si fos necessari resoldre en tríode, feu-lo en tríode lineal).



El primer que podem fer és obtenir la tensió de porta. La branca de l'esquerra és com si no tingués res connectat a l'esquerra ja que el corrent de porta és zero. Per tant, tenim un divisor de tensió i, per tant:

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 10V = 5V$$

Per resoldre la branca del transistor, utilitzem l'equació característica del transistor NMOS. Com que no es pot veure si el transistor està en saturació, tríode o tall, suposem que està en saturació (i quan l'hàgim resolt comprovarem si és així o no). Per tant, treballant en unitats de V, mA i kΩ:

$$\begin{aligned} I_d &= \frac{1}{2} \cdot K_n' \cdot \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_T)^2 \\ \Rightarrow I_d &= 0.5 \cdot (V_G - V_S - V_T)^2 \\ \Rightarrow I_d &= 0.5 \cdot (5 - 2 \cdot I_d - 1)^2 = 0.5 \cdot (4 - 2 \cdot I_d)^2 \\ \Rightarrow 2 \cdot I_d &= (16 - 16 \cdot I_d + 4 \cdot I_d^2) \\ \Rightarrow 4 \cdot I_d^2 - 18 \cdot I_d + 16 &= 0 \end{aligned}$$

D'aquesta equació podem obtenir les dues possibles solucions:

$$I_d = \frac{18 \pm \sqrt{18^2 - 4 \cdot 4 \cdot 16}}{2 \cdot 4} = \begin{cases} 3.281 \text{ mA} \\ 1.22 \text{ mA} \end{cases}$$

Comprovem si cap d'aquestes dues solucions és compatible amb saturació. Per això comprovem que no hi sigui en tall i, si és així, si compleix la condició de saturació. Per la primera solució:

$$V_s = I_d \cdot 2 = 3.281 \cdot 2 = 6.56 \text{ V}$$

Com que $V_G=5\text{V}$, això voldria dir que el transistor hi seria en tall. Per tant, aquesta solució no és possible. Mirem ara la segona solució:

$$V_s = I_d \cdot 2 = 1.22 \cdot 2 = 2.44 \text{ V} \Rightarrow V_{GS} = 5 - 2.44 = 2.56 \text{ V}$$

Això és compatible amb saturació, ja que aquesta tensió es major que la tensió llindar ($V_T=1\text{V}$). Comprovem ara la condició de saturació:

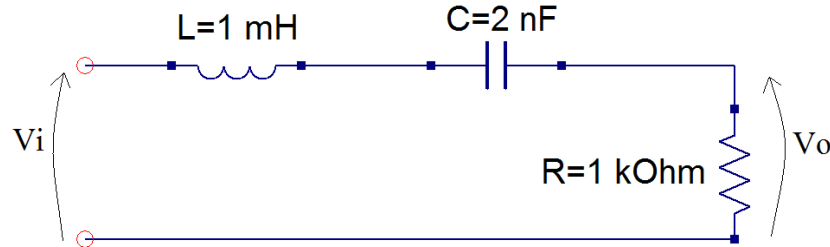
$$V_d = 10 - I_d \cdot 4 = 10 - 1.22 \cdot 4 = 5.12 \text{ V} \Rightarrow V_{ds} = 5.12 - 2.44 = 2.68 \text{ V}$$

$$V_{ds} > V_{gs} - V_T \quad ? \rightarrow 2.68 > 2.56 - 1 \rightarrow 2.68 > 1.56$$

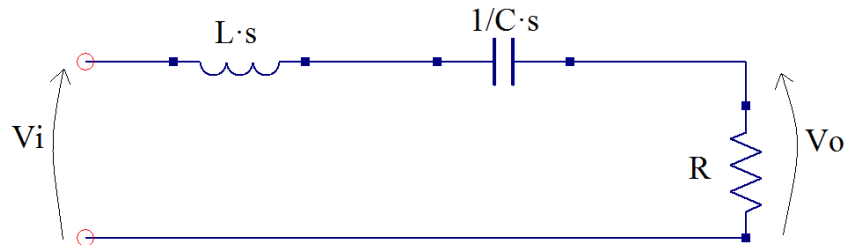
Aquesta condició és certa, per tant la segona solució és la solució correcta.

P2) (2 punts) Respecte al circuit de la figura:

- Obtenir la funció de transferència del circuit prenent com a senyal de sortida V_o i senyal d'entrada V_i .
- Per una entrada esglaió d'alçada 5V, obteniu el senyal de sortida a l'espai de temps. (considereu condicions inicials nul·les, i utilitzeu la funció de transferència).



Per obtenir la funció de transferència s'ha de considerar sempre condicions inicials nul·les. Llavors, el circuit transformat a l'espai de Laplace és el següent:



Per resoldre aquest circuit s'ha de resoldre com si tots els elements fossin resistències amb els valors donats a la figura. Com que volem obtenir V_o , el que podem fer primer és obtenir l'equivalent sèrie de la bobina i el condensador:

$$Z_s = L \cdot s + \frac{1}{C \cdot s} = \frac{1 + L \cdot C \cdot s^2}{C \cdot s}$$

Així, el que tenim és un divisor de tensió. Per tant:

$$V_o = \frac{R}{R + Z_s} \cdot V_i = \frac{R}{R + \frac{1 + L \cdot C \cdot s^2}{C \cdot s}} \cdot V_i = \frac{R \cdot C \cdot s}{R \cdot C \cdot s + 1 + L \cdot C \cdot s^2} \cdot V_i = \frac{\frac{R}{L} \cdot s}{s^2 + \frac{R}{L} \cdot s + \frac{1}{L \cdot C}} \cdot V_i$$

Per tant, la funció de transferència és:

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R}{L} \cdot s}{s^2 + \frac{R}{L} \cdot s + \frac{1}{L \cdot C}}$$

Per obtenir V_o per una V_i igual a un esglaió d'alçada de 5V, utilitzarem la funció de transferència que hem obtingut. Primer, sabem quina forma té V_i a l'espai de Laplace:

$$V_i(s) = \frac{5V}{s}$$

Llavors obtenim $V_o(s)$ com:

$$V_o = H(s) \cdot V_i = \frac{\frac{R}{L} \cdot s}{s^2 + \frac{R}{L} \cdot s + \frac{1}{L \cdot C}} \cdot \frac{5}{s} = \frac{\frac{R}{L} \cdot 5}{s^2 + \frac{R}{L} \cdot s + \frac{1}{L \cdot C}}$$

Ara només hem d'antitransformar aquest senyal. Com que no apareix a la taula de transformades, hem d'aplicar el mètode general vist a classe. Per això hem d'obtenir els pols del senyal. Per tant:

$$s^2 + \frac{R}{L} \cdot s + \frac{1}{L \cdot C} = 0 \Rightarrow p_{1,2} = \frac{-\frac{R}{L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{L}\right)^2 - 4 \cdot \frac{1}{L \cdot C}}}{2}$$

Substituïm els valors de R, L i C que coneixem:

$$p_{1,2} = \frac{-10^6 \pm \sqrt{10^{12} - 2 \cdot 10^{12}}}{2} = \frac{-10^6 \pm j \cdot 10^6}{2} = -5 \cdot 10^5 \pm j \cdot 5 \cdot 10^5$$

Per tant, podem posar:

$$V_o = \frac{10^6 \cdot 5}{(s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)) \cdot (s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5))}$$

(IMPORTANT: Per poder fer això, el polinomi del denominador s'ha posat com $s^2 + a \cdot s + b$ (és a dir, amb coeficient 1 al terme de s amb exponent més gran)).

Aquesta expressió es pot posar com:

$$V_o = \frac{A}{s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)} + \frac{B}{s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5)}$$

A i B les podem obtenir seguint el procediment general:

$$\begin{aligned} A &= \frac{10^6 \cdot 5}{(s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)) \cdot (s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5))} \cdot (s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)) \Big|_{s=-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5} = \\ &= \frac{10^6 \cdot 5}{(s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5))} \Big|_{s=-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5} = \frac{10^6 \cdot 5}{-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5} = \frac{10^6 \cdot 5}{-2 \cdot j \cdot 5 \cdot 10^5} = 5 \cdot j \end{aligned}$$

B es podria obtenir fàcilment sabent que amb dos pols complexos conjugats, les constants també seran complexos conjugades. De totes formes, ho tornem a calcular amb el mateix procediment:

$$B = \frac{10^6 \cdot 5}{(s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)) \cdot (s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5))} \cdot (s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5)) \Big|_{s=-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5} =$$

$$= \frac{10^6 \cdot 5}{(s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5))} \Big|_{s=-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5} = \frac{10^6 \cdot 5}{j \cdot 5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5} = \frac{10^6 \cdot 5}{2 \cdot j \cdot 5 \cdot 10^5} = -5 \cdot j$$

Per tant:

$$V_o = \frac{5 \cdot j}{s - (-5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)} - \frac{5 \cdot j}{s - (-5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5)} = \frac{5 \cdot j}{s + 5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5} - \frac{5 \cdot j}{s + 5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5}$$

Aquesta expressió ja la sabem antitransformar utilitzant la taula (ja que apareix l'antitransformada de $1/(s+a)$). Per tant:

$$V_o(t) = u(t) \cdot \left[5 \cdot j \cdot e^{-(5 \cdot 10^5 + j \cdot 5 \cdot 10^5)t} - 5 \cdot j \cdot e^{-(5 \cdot 10^5 - j \cdot 5 \cdot 10^5)t} \right] = u(t) \cdot 5 \cdot j \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \left[e^{-j \cdot 5 \cdot 10^5 t} - e^{j \cdot 5 \cdot 10^5 t} \right] =$$

$$= u(t) \cdot 5 \cdot j \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \cdot \left[\cos(-5 \cdot 10^5 \cdot t) + j \cdot \sin(-5 \cdot 10^5 \cdot t) - (\cos(5 \cdot 10^5 \cdot t) + j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t)) \right] =$$

$$= u(t) \cdot 5 \cdot j \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \cdot \left[\cos(5 \cdot 10^5 \cdot t) - j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t) - \cos(5 \cdot 10^5 \cdot t) - j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t) \right] =$$

$$= u(t) \cdot 5 \cdot j \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \cdot \left[-j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t) - j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t) \right] = u(t) \cdot 5 \cdot j \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \cdot (-2 \cdot j \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t)) =$$

$$= u(t) \cdot 10 \cdot e^{-5 \cdot 10^5 t} \cdot \sin(5 \cdot 10^5 \cdot t)$$

P3) (1 punt) Un sensor de posició ens dóna un senyal de tensió en un rang de 2 mV fins a 10 mV. Dissenyeu un circuit (dibuix del circuit i valors de resistències), fent ús d'amplificadors operacionals, per tal d'obtenir una tensió en el rang de 0V fins a 10V. Fes el diagrama de blocs del sistema.

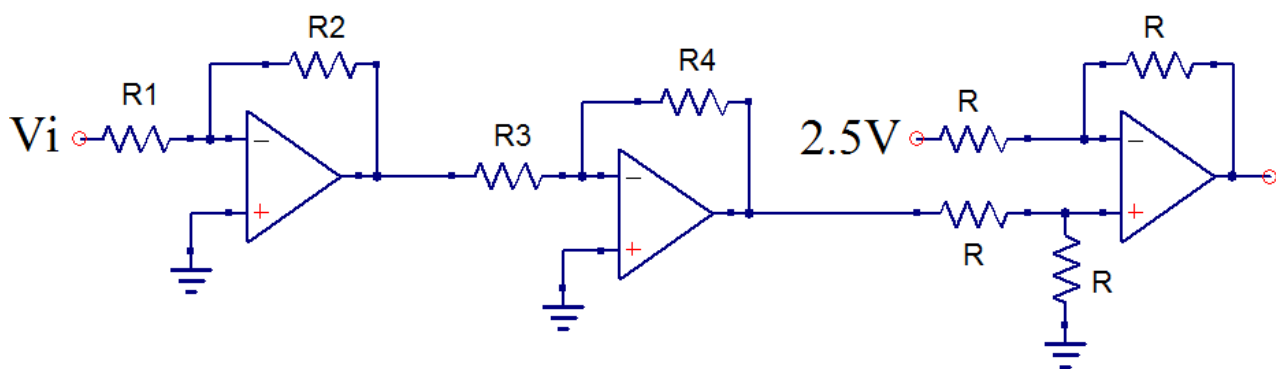
El que sempre hem de fer en aquest tipus de problema és trobar la funció matemàtica que hem d'implementar amb blocs d'amplificadors operacionals. En aquest cas, el primer que hem de fer és multiplicar el rang de tensions de entrada per un factor que em doni el rang de tensió de sortida. Aquest factor serà:

$$\text{amplificació} = \frac{10V - 0V}{10mV - 2mV} = \frac{10}{8 \cdot 10^{-3}} = 1250$$

Aquest factor d'amplificació es una mica massa alt. Així que l'aconsegurem utilitzant dos blocs amplificadors. A més, farem servir els amplificadors inversors ja que la combinació d'ells dos també ens donarà una amplificació positiva. Per exemple, podem fer un primer bloc amplificador amb factor -25 i altre amb factor -50. Si agafem una de les resistències dels blocs com a 1kΩ, llavors la segona serà 25 kΩ i 50 kΩ respectivament.

Ara ens queda només fer una resta, ja que si multipliquem l'entrada per 1250, la sortida ens donaria un rang de 2.5V a 12.5V. Per tant, hem de restar 2.5V, que ho farem amb un bloc restador, amb totes les resistències iguals.

Per tant, el circuit podria quedar com:



Els valors de resistències són:

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega & R_2 &= 50 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 1 \text{ k}\Omega & R_4 &= 25 \text{ k}\Omega \\ R &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Les tensions d'alimentació dels amplificadors operacionals podria ser, per exemple, $V_{cc+} = 15V$ i $V_{cc-} = -15V$. Així ens assegurem que els valors màxim i mínim de sortida dels amplificadors sempre estigui per sota d'aquests valors de l'alimentació (és a dir, que no es satura).

S'ha de tenir en compte que hi han diferents possibilitats d'implementar la mateixa funció i, per tant, aquesta solució no és única.

El diagrama de blocs el podríem posar com:

