

EXAMEN Final Gener 2015. TEORIA

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

1. Si la tensió de porta d' un transistor NMOS és igual a la de drenador, sabem que...

- a) El transistor estarà en saturació.
- b) El transistor no estarà en saturació.
- c) El transistor estarà en tríode.
- d) El transistor no estarà en tríode.
- e) Cap d'aquestes respostes és correcta.

2. La tensió llindar V_T d'un transistor MOSFET:

- a) Sempre ha de ser major que V_{GS} .
- b) El seu valor depèn del transistor.
- c) Sempre ha de ser menor que V_{GS} .
- d) És negatiu per transistors de canal N.

3. La tensió de drenador d'un NMOS...

- a) Sempre és major de 0V.
- b) És major que la de la font.
- c) És major que la de porta.
- d) És menor que la de font.
- e) És menor que la de porta.

4. La resistència del canal d'un NMOS a la regió de tríode lineal...

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

5. La família lògica CMOS fa ús...

- a) de díodes.
- b) de combinacions de transistors MOS i díodes
- c) de combinacions de transistors NMOS i PMOS.
- d) de combinacions de transistors NMOS, connectats de forma oposades.

6. Què són els pols d'una funció a l'espai de Laplace?

- a) Les arrels que anul·len el numerador.
- b) Les arrels que anul·len el denominador.
- c) Les arrels que fan 0 a tota la funció.
- d) Les arrels que fan 0 l'antitransformada de la funció.
- e) Les arrels de l'arbre de Laplace.

7. Quan transformem components (R, C, L) a l'espai de Laplace...

- a) Suposem sempre condicions inicials nul·les.
- b) Hem de conèixer quin voltatge cau als components a $t=0$ per conèixer les condicions inicials.
- c) Hem de conèixer quin corrent passa pels components a $t=0$ per conèixer les condicions inicials.
- d) Depenent del component, hem de conèixer voltatge o corrent que cau o passa pel component per determinar les condicions inicials.
- e) La transformació no depèn de les condicions inicials.

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

- a) Obtenim un senyal complex, variable amb t .
- b) Obtenim un senyal real, variable amb t .
- c) Obtenim un senyal complex, variable amb s .
- d) Obtenim un senyal real, variable amb s .
- e) No serveix de res fer l'antitransformada havent transformat prèviament.

9. La funció de transferència d'un circuit...

- a) S'obté antitransformant el circuit a l'espai temporal.
- b) S'obté de la relació de senyals de sortida i entrada tenint en compte les condicions inicials.
- c) S'obté sempre suposant condicions inicials nul·les.
- d) S'obté multiplicant els senyals d'entrada i sortida.
- e) Ens explica la forma de transferir un circuit a un altre.

10. Per un circuit lineal, si l'entrada és sinusoidal, la sortida és:

- a) No ho sabem a priori.
- b) Quadrada.
- c) També sinusoidal amb una amplitud igual a la d'entrada.
- d) També sinusoidal amb una amplitud dependent del temps.
- e) També sinusoidal amb una amplitud que es pot extreure de la funció de transferència.

11. Si un diagrama de Bode d'amplitud ens dona un guany de -20 dB per una determinada freqüència, si l'amplitud del senyal sinusoidal d'entrada és de 10V, quan val l'amplitud del senyal de sortida:

- a) 0V.
- b) 1V.
- c) 10V.
- d) 100V.

12. Tenim un circuit que té aquests dos pols: $p_1 = -2+2j$, i $p_2 = 2-2j$. És estable aquest circuit?

- a) Depèn de quina sortida triem del circuit.
- b) Sí.
- c) No.
- d) Tots els circuits amb dos pols són inestables, per definició.

13. Si un circuit té dos zeros i tres pols, quina pendent tindrà el diagrama de Bode d'amplitud a freqüències molt altes (major que els pols i zeros)?

- a) 0dB/dècada.
- b) 20dB/dècada.
- c) 40dB/dècada.
- d) -20dB/dècada.
- e) -40dB/dècada.

14. De la transformada de Laplace d'una resistència sabem que la 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.

15. Quan val $u(-3)$, essent u la funció esglaó?

- a) 0.
- b) 1.
- c) -1.
- d) -3.

16. En un amplificador operacional, polaritzat segons $V_{cc+}=+15V$ i $V_{cc-}=-15V$, què succeeix quan $v_+ = v_-$?

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

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

- a) Sempre iguals.
- b) Sempre iguals però amb diferent signe, per exemple +5V i -5V.
- c) Estan unides per una font de tensió controlada per tensió.
- d) De forma general, no tenen cap relació.
- e) Com que no passa corrent, sempre tenen 0V.

18. En un amplificador operacional ideal s'assumeix:

- a) Impedàncies d'entrada infinites i sortida com a font de corrent ideal.
- b) Impedàncies d'entrada nul·les i sortida com a font de corrent ideal.
- c) Impedàncies d'entrada infinites i sortida com a font de tensió ideal.
- d) Impedàncies d'entrada nul·les i sortida com a font de tensió ideal.

19. Què haig de considerar per resoldre circuits amb amplificadors operacionals treballant a la zona lineal?

- a) $V_- = V_+$ i els corrents d'entrada són nuls sempre.
- b) $V_o = V_+$ i els corrents d'entrada són nuls sempre.
- c) $V_o = V_+$ i el corrent de sortida és nul sempre.
- d) $V_o = V_-$ i el corrent de sortida és nul sempre.
- e) $V_- = V_+$ i el corrent de sortida és nul sempre.

20. Un amplificador operacional amb re-alimentació negativa té un valor de tensió de sortida de V_{cc+} . Llavors podem dir que l'amplificador:

- a) probablement està treballant en zona lineal.
- b) probablement està treballant en zona no-lineal.
- c) treballa en zona lineal, però $V_+ = V_-$.

d) treballa en zona no-lineal amb $V_+=15V$.

NOM:

ó

NIUB:

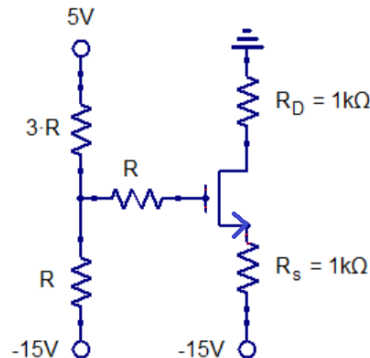
Indicar aquí l'única resposta correcta

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

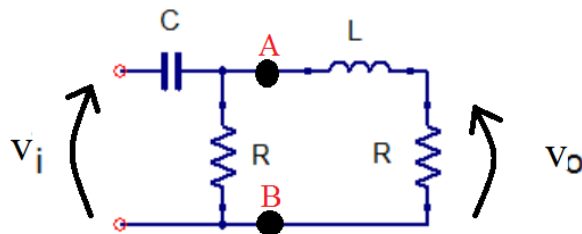
Resposta Correcta=0.15 Resposta Incorrecta=-0.05

EXAMEN Final Gener 2015. Problemes.

P1) (1.5 punt) Resoleu el circuit de la figura (doneu totes les tensions i corrents del circuit), prenent els següents valors: $K_n' \cdot W/L = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_T = 3.5 \text{ V}$. (Si heu de resoldre en tríode, feu-lo en tríode lineal).

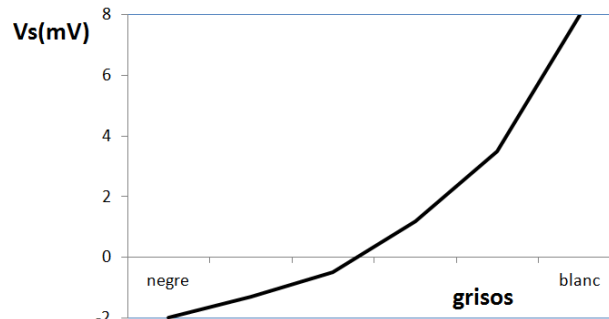


P2) (1.5 punt) Pel següent circuit:



- Obtenir la funció de transferència del següent circuit, prenent v_o com el senyal de sortida i v_i el d'entrada. Per això aplica en primer lloc el teorema de Thevenin entre els punts A i B de la part esquerra del circuit a l'espai de Laplace.
- Dibuixa de forma aproximada el diagrama de Bode d'amplitud prenent els següents valors: $R = 1 \Omega$, $C = 1 \text{ F}$, $L = 1 \text{ H}$. Indica també els pendents. (si surten números complexes, preneu com a freqüència associada només la seva part real).
- Si v_i és un senyal esglaió d'amplitud 5V, obté $v_o(t)$. Utilitza els valors dels components (R , C i L) indicats a l'apartat anterior. Considera condicions inicials nul·les.

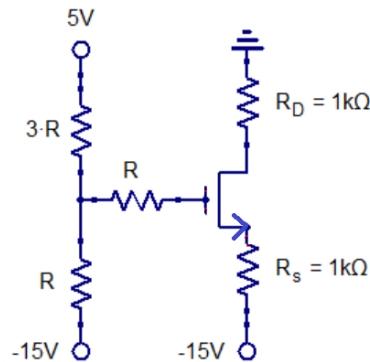
P3) (1 punt) Un robot té un sensor de colors grisos que ens proporciona un senyal de tensió de sortida segons indica la figura:



Dissenya un circuit, amb amplificadors operacionals, per obtenir un senyal de sortida en el rang de 0V i 10V per tot el rang de grisos. Indiqueu també els valors d'alimentació dels amplificadors operacionals.

Dibuixa el diagrama de blocs del sistema.

P1) (1.5 punt) Resoleu el circuit de la figura (doneu totes les tensions i corrents del circuit), prenent els següents valors: $K_n' \cdot W/L = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_T = 3.5 \text{ V}$. (Si heu de resoldre en tríode, feu-lo en tríode lineal).



En primer lloc, hem de veure si podem determinar alguna cosa del circuit (tensions i corrents), abans de resoldre el transistor. Com que sabem que pel terminal de porta no passa mai corrent (en contínua, que és sempre el nostre cas), podem determinar la tensió de porta del transistor ja que a l'esquerra tenim un circuit senzill. Hem de tenir en compte que, com que a la resistència connectada no circula corrent, tampoc caurà tensió en aquesta resistència, i per tant, aquesta tensió de porta serà la mateixa que la tensió entre les dues resistències de l'esquerra. Per tant, resollem la part esquerra aplicant Kirchhoff a la malla de l'esquerra (prenent el corrent cap avall):

$$5 - I \cdot 3 \cdot R - I \cdot R + 15 = 0 \Rightarrow I = \frac{20}{4 \cdot R}$$

I ara podem obtenir la tensió a la porta, per exemple amb:

$$V_G = -15 + I \cdot R = -15 + 5 = -10 \text{ V}$$

I ara podem aplicar el mètode general per resoldre la part del circuit amb el transistor. En primer lloc, analitzem si és possible que el transistor estigui en tall:

Si el transistor estigués en tall, la tensió al terminal de font seria -15 V (ja que no cauria tensió a R_S). Per tant, V_{GS} seria 5 V , que és major que V_T . Per tant, el canal estaria format al transistor i passaria corrent pel transistor. Això es contradiu amb la condició de tall. Per tant, és impossible que el transistor estigui en tall.

Per tant, només ens queda determinar si està en saturació o tríode. Anem a suposar que el transistor es troba en saturació. Llavors:

$$I_D = \frac{1}{2} \cdot K_n \cdot \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_T)^2$$

$$\Rightarrow I_D = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (V_G - V_S - V_T)^2 = 0.5 \cdot (-10 - V_S - 3.5)^2 = 0.5 \cdot (-13.5 - V_S)^2$$

Les tensions que no coneixem les obtenim en funció de I_D . En aquest cas:

$$V_S = -15 + I_D \cdot R_S = -15 + I_D$$

Per tant:

$$I_D = 0.5 \cdot (-13.5 + 15 - I_D)^2 = 0.5 \cdot (1.5 - I_D)^2 = 0.5 \cdot (2.25 - 3 \cdot I_D + I_D^2) \\ \Rightarrow I_D^2 - 5 \cdot I_D + 2.25 = 0$$

(no oblideu el terme I_D de l'esquerra de la igualtat).

Ara resollem per obtenir els possibles valors de I_D :

$$I_D = \frac{5 \pm \sqrt{5^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2.25}}{2 \cdot 1} = \begin{cases} 4.5 \text{ mA} \\ 0.5 \text{ mA} \end{cases}$$

Comprovem si algun d'aquests valors és compatible amb la condició de saturació que hem pressuposat al principi. Per això, obtenim les tensions del transistor que no coneixem. Per la primera solució ($I_D=4.5\text{mA}$):

$$V_S = -15 + I_D = -10.5V$$

$$V_D = 0 - I_D \cdot R_D = -4.5V$$

Com que la porta està a una tensió de $-10V$, resulta que $V_{GS}=0.5V$. Però això és menor que V_T i, per tant, el transistor estaria en tall. Per tant, aquest solució no és possible. Comprovem la segona solució ($I_D=0.5\text{mA}$):

$$V_S = -15 + I_D = -14.5V$$

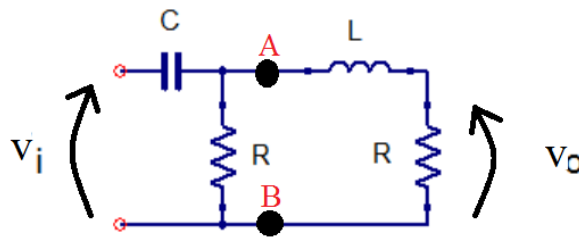
$$V_D = 0 - I_D \cdot R_D = -0.5V$$

En aquest cas, $V_{GS}=4.5V$. Com que és major que V_T , aquesta condició encara és compatible amb saturació. Ara comprovem la condició de saturació:

$$V_{DS} \stackrel{?}{>} V_{GS} - V_T \rightarrow -0.5 - (-14.5) \stackrel{?}{>} -5 - (-14.5) - 3.5 \rightarrow 14 \stackrel{?}{>} 6$$

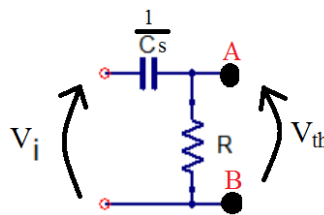
Aquesta condició és certa. Per tant, el transistor està en saturació amb aquest corrent (0.5mA). I per tant, ja hem finalitzat el problema.

P2) (1.5 punt) Pel següent circuit:



- Obtenir la funció de transferència del següent circuit, prenent v_o com el senyal de sortida i v_i el d'entrada. Per això aplica en primer lloc el teorema de Thevenin entre els punts A i B de la part esquerra del circuit a l'espai de Laplace.
- Dibuixa de forma aproximada el diagrama de Bode d'amplitud prenent els següents valors: $R = 1 \Omega$, $C = 1 \text{ F}$, $L = 1 \text{ H}$. Indica també els pendents. (si surten números complexos, preneu com a freqüència associada només la seva part real).
- Si v_i és un senyal esglaió d'amplitud 5V, obté $v_o(t)$. Utilitza els valors dels components (R , C i L) indicats a l'apartat anterior. Considera condicions inicials nul·les.

Per obtenir la funció de transferència hem de prendre condicions inicials nul·les (per definició). Per tant, la transformació del circuit és bastant immediata. Com ens demana a l'enunciat, abans de resoldre el circuit, resoldrem una part del circuit aplicant Thevenin entre els punts A i B de la part esquerra:



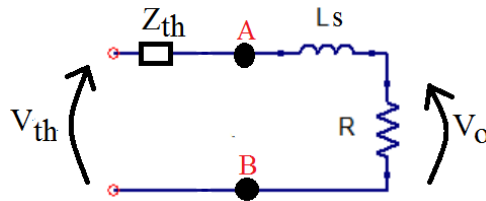
En aquest cas, hauria de ser fàcil obtenir V_{th} i Z_{th} . Z_{th} serà el paral·lel de R i C :

$$Z_{th} = \frac{R \cdot \frac{1}{C \cdot s}}{R + \frac{1}{C \cdot s}} = \frac{R}{R \cdot C \cdot s + 1}$$

V_{th} s'obté utilitzant l'expressió del divisor de tensió:

$$V_{th} = \frac{R}{R + \frac{1}{C \cdot s}} \cdot V_i = \frac{R \cdot C \cdot s}{R \cdot C \cdot s + 1} \cdot V_i$$

Substituint l'equivalent Thevenin al circuit, ens queda un circuit resultant molt senzill de resoldre ja que només tenim una malla:



Per tant, apliquem la llei de malles de Kirchhoff:

$$V_{th} - Z_{th} \cdot I - I \cdot L \cdot s - I \cdot R = 0 \Rightarrow I = \frac{V_{th}}{Z_{th} + L \cdot s + R} = \frac{\frac{R \cdot C \cdot s}{R \cdot C \cdot s + 1} \cdot V_i}{\frac{R}{R \cdot C \cdot s + 1} + L \cdot s + R}$$

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

Ara podem obtenir V_o :

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

Per tant, la funció de transferència és:

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

Utilitzant els valors de R, L i C que ens donen al segon apartat, la funció de transferència ens queda:

$$H(s) = \frac{s}{s^2 + 2 \cdot s + 2}$$

Ara ens demanen que dibuixem el diagrama de Bode aproximat per aquesta funció de transferència. Per això, primer hem d'obtenir els seus pols i zeros. Aquí tenim un zero igual a 0 i dos pols amb valor:

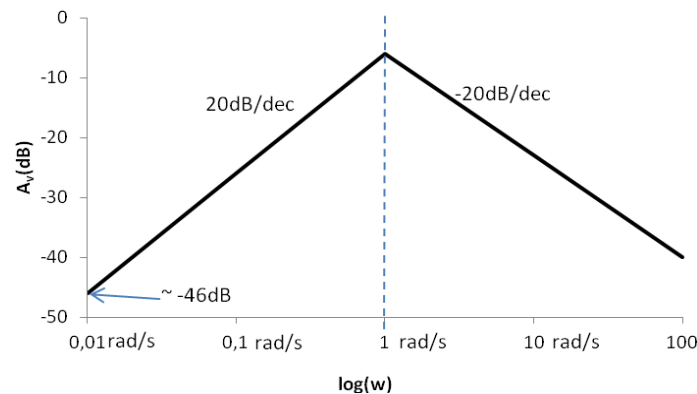
$$s^2 + 2 \cdot s + 2 = 0 \Rightarrow p_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{2^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2}}{2 \cdot 1} = -1 \pm i$$

Prendrem com a freqüència característica d'aquests pols la seva part real (i valor absolut), tal i com ens indica l'enunciat. Com que sabem que els zeros augmenten el pendent en 20dB/dec i els pols la disminueixen en la mateixa quantitat, podem dibuixar la forma del diagrama de Bode d'amplitud: la corba vindrà des de - amb pendent 20dB/dec i quan arriba als dos pols de freqüència 1rad/s, llavors disminuirà el pendent en 40dB/dec, amb la qual cosa el pendent ens quedarà 20dB/dec - 40dB/dec = -20dB/dec.

Ara només fa falta situar la corba en l'eix y. Per això, hem d'obtenir el valor de la funció de transferència en punts allunyats de pols i zeros (és a dir, ens serveix $w=0$ ni tampoc $w=1$ rad/s) fent les aproximacions apropiades. Podem, per exemple, obtenir el valor en $w=0.01$. Aquesta freqüència és molt menor que els pols i molt major que el zero. Llavors,

$$|H(j0.01)| \approx \frac{0.01}{2} \Rightarrow 20 \cdot \log(|H(j0.01)|) \approx -46 \text{ dB}$$

Per tant, el diagrama de Bode d'amplitud ens quedaria:



Per últim, hem d'obtenir $v_o(t)$. Com que ens diuen que hem de prendre condicions inicials nul·les, podem aprofitar la funció de transferència obtinguda anteriorment per obtenir $V_o(s)$:

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

Per obtenir $v_o(t)$ seguim el procediment general per antitransformar. El primer pas de posar l'índex del terme de s amb coeficient major a 1 ja està fet. Per tant, ara obtenim els pols. Però això ja ho vam fer a l'apartat anterior. Per tant, sabem que podem posar aquesta funció com:

$$V_o(s) = \frac{k_1}{s - (-1 + i)} + \frac{k_2}{s - (-1 - i)}$$

I obtenim k_1 i k_2 com:

$$\begin{aligned} k_1 &= V_o(s) \cdot (s - [-1 + i]) \Big|_{s=-1+i} = \frac{5}{(s - [-1 + i]) \cdot (s - [-1 - i])} \cdot (s - [-1 + i]) \Big|_{s=-1+i} = \\ &= \frac{5}{(s - [-1 - i])} \Big|_{s=-1+i} = \frac{5}{(-1 + i - [-1 - i])} = \frac{5}{2i} = \frac{5}{2} \cdot (-i) = -2.5 \cdot i \end{aligned}$$

k_2 s'obté de la mateixa forma. Però com que sabem que per dos pols complexos conjugats, les solucions de k_i són també complexos conjugats:

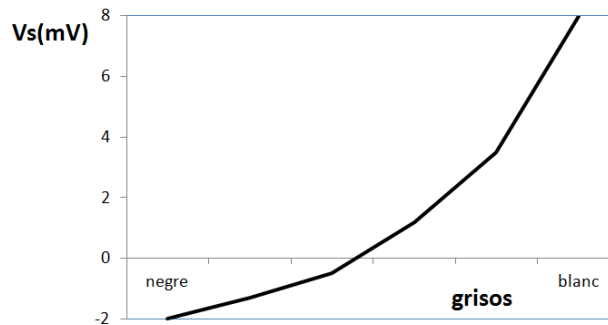
$$\Rightarrow k_2 = 2.5 \cdot i$$

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

$$\begin{aligned} v_o(t) &= k_1 \cdot e^{[-1+i]t} + k_2 \cdot e^{[-1-i]t} = e^{-t} \cdot [-2.5 \cdot i \cdot e^{it} + 2.5 \cdot i \cdot e^{-it}] = e^{-t} \cdot 2.5 \cdot i \cdot [-e^{it} + e^{-it}] \\ &= e^{-t} \cdot 2.5 \cdot i \cdot [-(\cos(t) + i \cdot \sin(t)) + (\cos(-t) + i \cdot \sin(-t))] = e^{-t} \cdot 2.5 \cdot i \cdot [-(\cos(t) + i \cdot \sin(t)) + (\cos(t) - i \cdot \sin(t))] \\ &= e^{-t} \cdot 2.5 \cdot i \cdot [-2 \cdot i \cdot \sin(t)] = e^{-t} \cdot 5 \cdot \sin(t) \end{aligned}$$

Aquesta expressió és vàlida només per $t > 0$.

P3) (1 punt) Un robot té un sensor de colors grisos que ens proporciona un senyal de tensió de sortida segons indica la figura:



Dissenya un circuit, amb amplificadors operacionals, per obtenir un senyal de sortida en el rang de 0V i 10V per tot el rang de grisos. Indiqueu també els valors d'alimentació dels amplificadors operacionals.

Dibuixa el diagrama de blocs del sistema.

Abans de tot, recordar que no hi ha una solució única per un problema. Aquí s'exposa una d'aquestes solucions.

Primer mireu de trobar el rang de valors de tensió de entrada. Com que ens demanen considerar tot el rang de grisos, per la gràfica podem veure que la sortida del sensor ens donarà una tensió en el rang de -2mV fins a 8mV.

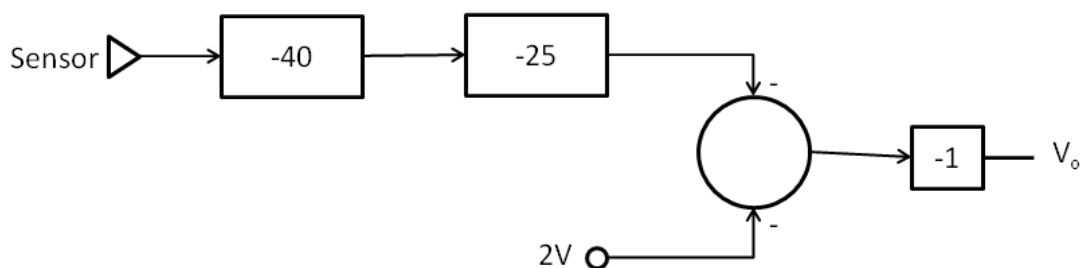
Com que volem que la tensió de sortida del nostre circuit sigui de 0V fins a 10V, el factor pel qual haurem de multiplicar és:

$$\text{amplificació} = \frac{10V - 0V}{8mV - (-2mV)} = \frac{10}{0.01} = 1000$$

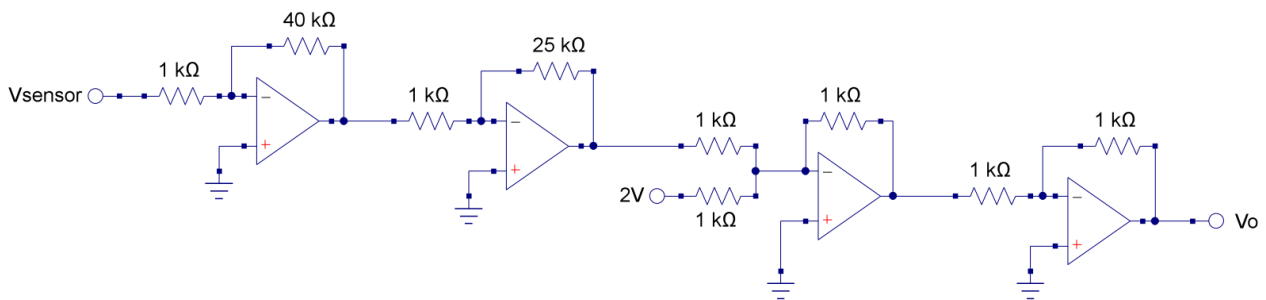
Podem fer ús d'un o dos amplificadors per aconseguir aquest guany. Per exemple, utilitzarem dos amplificadors inversors que tinguin guanys de -40 y -25.

Després d'aquests dos amplificadors, tindrem un senyal que tindrà el rang de valors de -2V fins a 8V. El que hem de fer ara és sumar-li 2V a aquest senyal. Per això utilitzarem un sumador amb totes les resistències del mateix valor. Com que el sumador és inversor, podríem també afegir un amplificador inversor amb factor -1 després del sumador.

El diagrama de blocs el podríem posar com:



I el circuit podria quedar com el següent:



Alimentacions dels amplificadors: Per definir les alimentacions hem d'obtenir els valors de tensions de sortida dels amplificadors:

- Primer amplificador: sortida entre -320mV i 80mV.
- Segon amplificador: sortida entre -2V i 8V.
- Tercer amplificador (sumador inversor): sortida entre -10V i 0V.
- Quart amplificador: sortida entre 0V i 10V.

Per tant, per l'alimentació V_{cc+} podríem fixar un valor per tots els amplificadors que sigui major que el màxim valor de sortida de tots els amplificadors. Per exemple +15V (també es donaria per vàlid un valor de 10V). I pel que fa a l'alimentació V_{cc-} podríem utilitzar un valor de -15V (també seria vàlid un valor de -10V).