

Professors: Albert Poveda, Eva Vidal, Juan M. López (coord.),

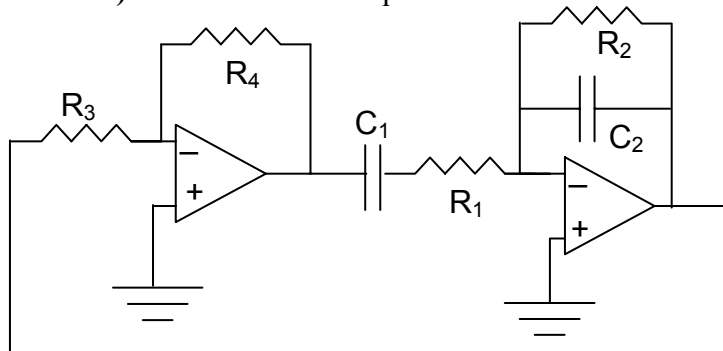
Informacions addicionals:

- Duració: 3 hores.
- Resoleu cada problema en fulls separats (respostes clares i ordenades).
- Lliurament de respostes: ordeneu els fulls. Doblegueu-los.
- [Notes provisionals i notes revisades: C4-soterrani S -1]. Al·legacions: Secret. Acad. ETSETB

Problema 1 (20 %)

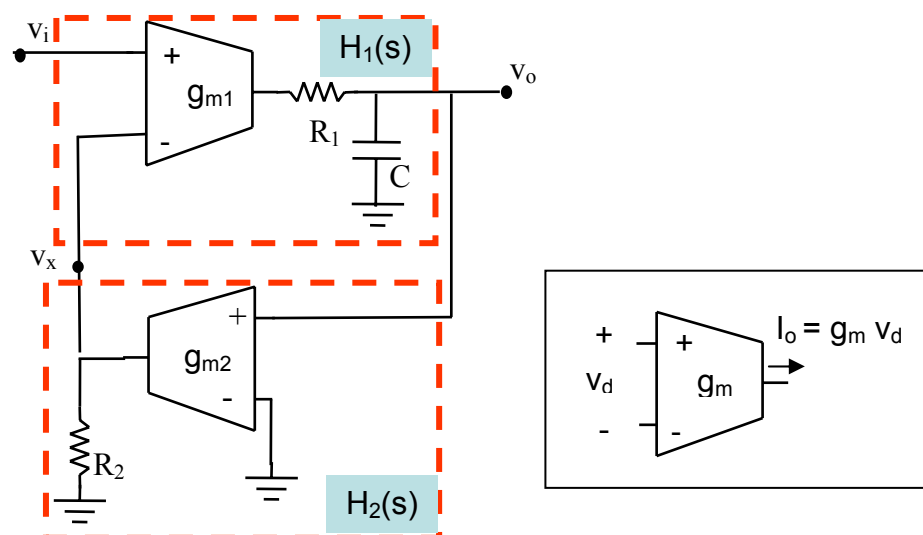
Donat l'oscil·lador de la figura i considerant els A.O. ideals, es demana:

- Fluxograma i guany de llaç T(s)
- Tipus de realimentació i lloc geomètric de les arrels aproximat, $R_1 C_1 > R_2 C_2$
- Condicció i freqüència de oscil·lació



Problema 2 (20 %)

Donat el circuit de la figura, es demana:



- $H_1(s) = \frac{v_o}{v_i - v_x}$, $H_2(s) = \frac{v_x}{v_o}$
- Guany de llaç T(s) i $A(s) = \frac{v_o}{v_i}$
- Diagrama de Bode de A(s) i T(s) en amplitud i fase, si $g_{m1} = g_{m2} = 10^{-4} \text{ A/V}$; $R_1 = R_2 = 100 \, \Omega$, $C = 1 \text{ nF}$. És el circuit estable?

Problema 3 (30 %)

- a) Calculeu la tensió d'error a la sortida del circuit de la figura 1 produïda per la tensió d'“offset” de l'amplificador operacional.

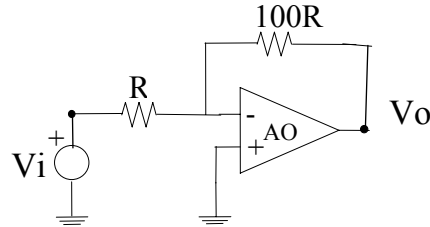


Figura 1

Per reduir aquest tipus d'error es proposa el circuit de la figura 2, que funciona de la següent manera:

- Quan els commutadors estan a la posició “A”, es carrega el condensador C amb la tensió necessària per reduir posteriorment l' “offset”.
- Quan els commutadors estan en la posició “B”, el circuit funciona com una etapa inversora amb “offset” compensat parcialment.

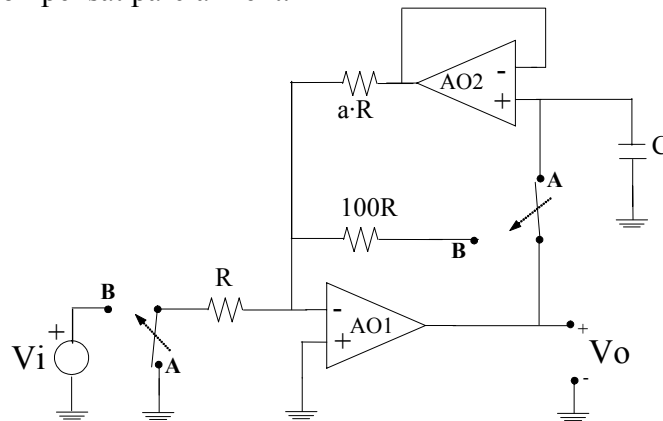


Figura 2

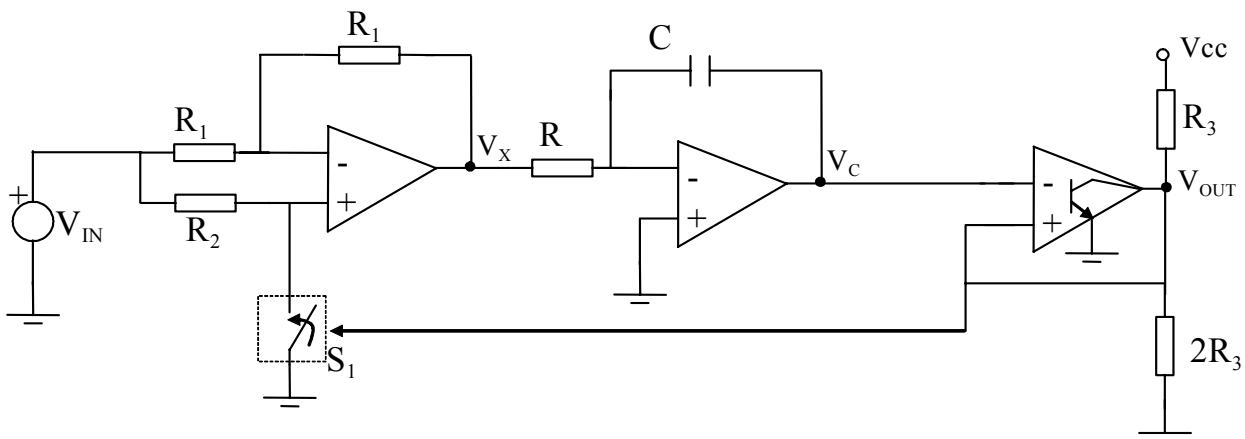
Per comprovar aquest funcionament es demana:

- b) Calculeu la tensió d'error V_o produïda per les tensions d'“offset” (V_{OS1} i V_{OS2}) dels dos amplificadors operacionals (considereu la resta de les seves característiques ideals) quan els commutadors estan a la posició “A”.
- c) Calculeu la tensió d'error en V_o produïda per les tensions d'“offset” dels dos amplificadors operacionals quan els commutadors estan a la posició “B” i el condensador està carregat al valor de la tensió d'error a V_o obtinguda a l'apartat b). Compareu el valor obtingut amb el de l'apartat a).
- d) Menyspreant l'efecte de la tensió d'“offset” dels amplificadors operacionals, es posa a l'entrada de l'etapa inversora de guany -100 un senyal quadrat de 0 a 0.3 V de pic a pic i freqüència 10 kHz. Dibuixeu el senyal a l'entrada i el senyal distorsionat a la sortida de l'etapa inversora considerant que el “Slew-Rate” de l'amplificador operacional és de $0.5 \text{ V}/\mu\text{s}$ i que les seves tensions de saturació de sortida són de $\pm 10 \text{ V}$.

Problema 4 (30 %)

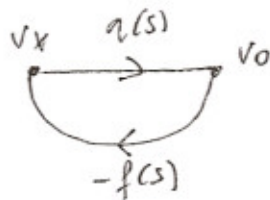
El circuit de la figura és un generador de senyal controlat per tensió. La freqüència del senyal de sortida V_{OUT} depèn del valor de la tensió d'entrada V_{IN} que es pot considerar constant.

- Calculeu l'expressió del senyal V_X en funció de l'entrada V_{IN} quan l'interruptor S_1 està obert i quan està tancat.
- Determineu l'expressió de la tensió $V_C(t)$ suposant V_X constant.
- Dibuixeu la característica $V_{OUT} = f(V_C)$ (considereu $V_{CEsat}=0$ V).
- Tenint en compte que l'interruptor S_1 està tancat quan V_{OUT} està a nivell alt, i obert en cas contrari, dibuixeu els senyals $V_C(t)$ i $V_{OUT}(t)$ considerant un valor del senyal d'entrada V_{IN} constant i positiu, el condensador inicialment descarregat i el senyal V_{OUT} inicialment a nivell alt. Marqueu clarament a la gràfica els valors màxim i mínim dels senyals i els instants de temps significatius.
- Determineu l'expressió de la freqüència del senyal de sortida V_{OUT} en funció de l'entrada V_{IN} i la resta de paràmetres del circuit.



Problema 1

a)



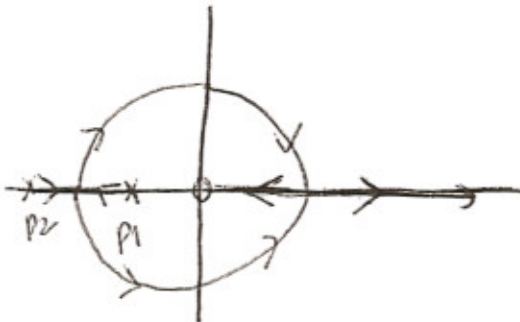
$$a(s) = \frac{-R_2 C_2 s}{\left(1 + \frac{s}{\frac{1}{R_1 C_1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\frac{1}{R_2 C_2}}\right)}$$

$$-f(s) = \frac{-R_4}{R_3}$$

$$T(s) = a(s)f(s) = -\frac{R_4}{R_3 R_2 C_2} \frac{s}{\left(s + \frac{1}{R_1 C_1}\right) \left(s + \frac{1}{R_2 C_2}\right)}$$

b)

$K < 0 \rightarrow$ Realimentação positiva



$$T(s) = K \frac{(s+z_1)(s+z_2) \dots}{(s+p_1)(s+p_2) \dots}$$

$$p_1 = \frac{1}{R_1 C_1} \quad p_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$$

c)

$1 + T(s) = 0 \rightarrow$ oscilando \rightarrow

$$s^2 + B s + C = 0$$

condição $\frac{C_2}{C_1} + \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$

condição $B = 0$

resonância $s^2 + C = 0$

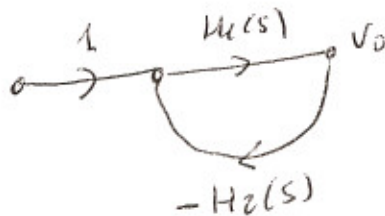
resonância $f_{osc} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}}$

$f_{osc} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{C}$

Problema 2

a) $H_1(s) = \frac{v_o}{v_i - v_x} = \frac{g_{m1}}{Cs}$ $H_2(s) = \frac{v_x}{v_o} = g_{m2} R_2$

b) $v_o = H_1(s) (v_i - v_x)$
 $v_x = H_2(s) v_o$



$$A(s) = \frac{a(s)}{1 + T(s)}$$

$$T(s) = a(s) \beta(s)$$

$$T(s) = H_1(s) H_2(s) = \frac{g_{m1} g_{m2} R_2}{Cs}$$

$$A(s) = \frac{g_{m1}/Cs}{1 + \frac{g_{m1} g_{m2} R_2}{Cs}} = \frac{g_{m1}/C}{s + \frac{g_{m1} g_{m2} R_2}{C}} = \frac{1/g_{m2} R_2}{1 + \frac{s}{\frac{g_{m1} g_{m2} R_2}{C}}}$$

c)

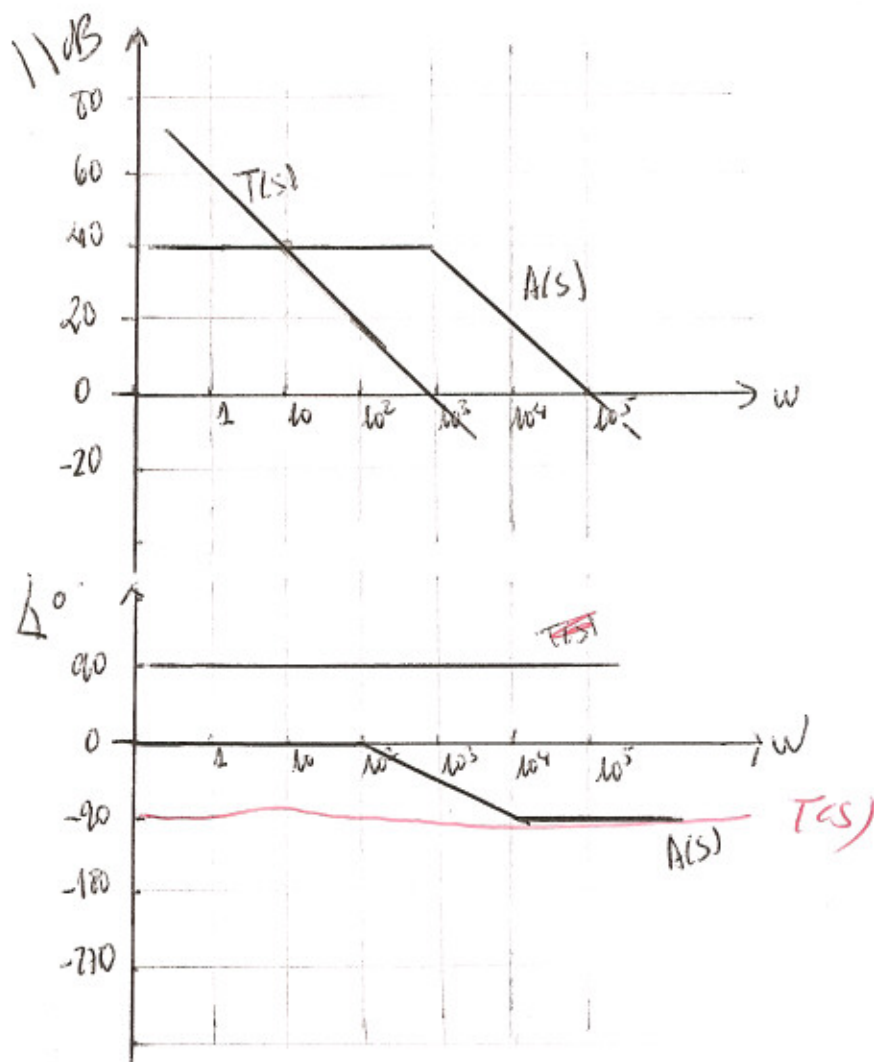
$$T(s) = \frac{10^3}{s}$$

$$A(s) = \frac{10^2}{1 + \frac{s}{10^3}}$$

$$s = 10 \rightarrow |T(s)| = 10^3$$

$$\hookrightarrow |T|_{dB} = 40$$

El sistema es estable



Problema 3

a) $\underline{v_o = \pm 101 v_{os}}$

b) $v_o = \begin{cases} v_{os2} - (1+a) v_{os1} \\ -v_{os2} + (1+a) v_{os1} \end{cases}$

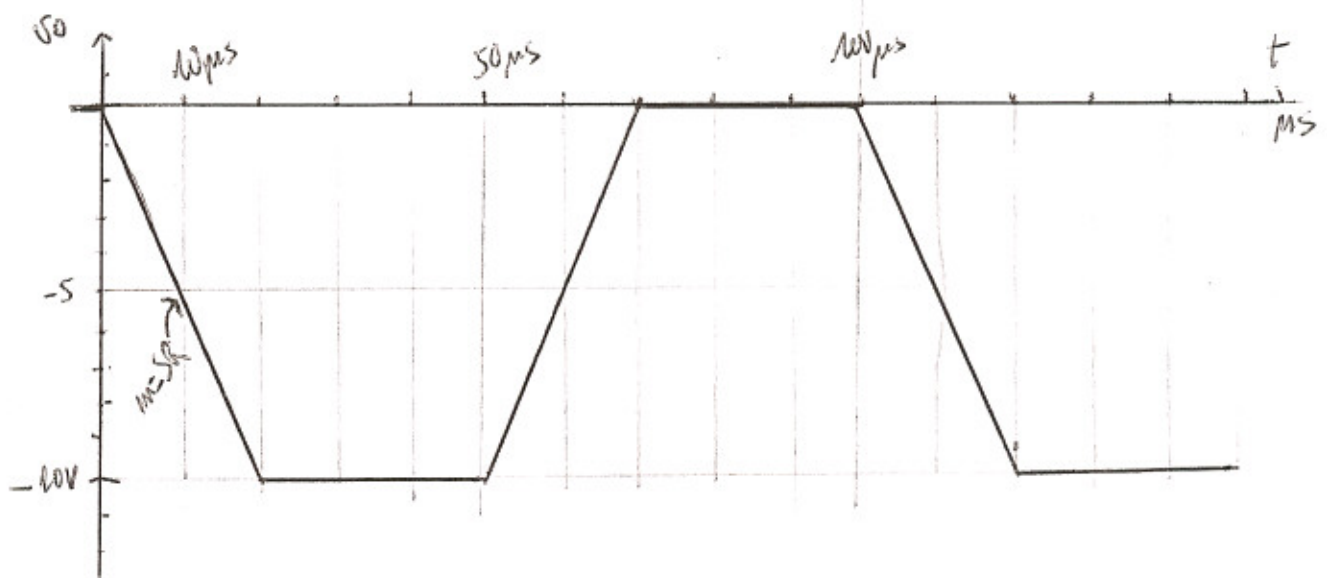
c) $v_o = \begin{cases} -v_{os1} \\ +v_{os1} \end{cases} \rightarrow \underline{v_o = \pm v_{os1}}$ Bienven que $v_o|_{\text{caso c}} < v_o|_{\text{caso a}}$

d) $SR = \frac{0,5V}{\mu s} \rightarrow \frac{5V}{10\mu s}$

$f_{\text{señal}} = 10 \text{ kHz} \rightarrow T = 0,1 \text{ ms} \rightarrow T = 100\mu s$

$v_o = -100 \text{ V}$

$v_{\text{sat}} = \pm 10 \text{ V}$

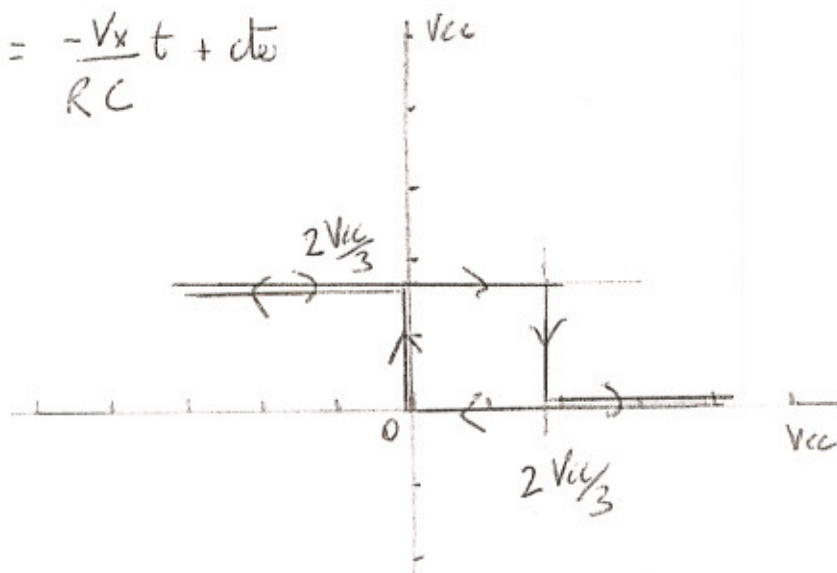


Problem 4

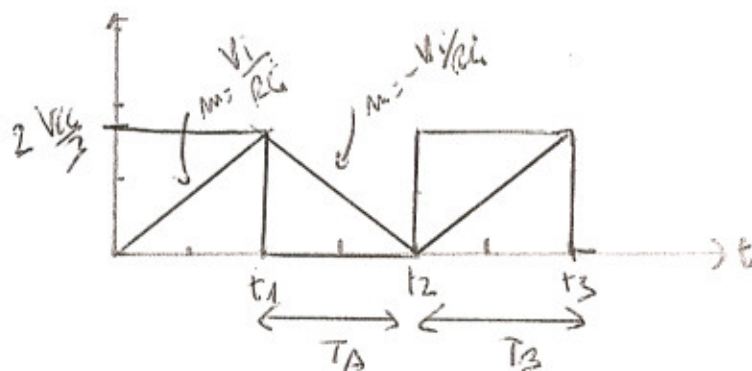
- a) S_1 'obert' $V_x = v_i$
 S_1 'tancat' $V_x = -v_i$

b) $v_c(t) = \frac{-V_x}{RC} t + cte$

c)



- d) $v_{out} = 2V_{cc}/3 \rightarrow S_1$ 'tancat' $\rightarrow V_x = -v_i \rightarrow v_c = \frac{v_i t}{RC} + cte$
 $v_{out} = 0 \rightarrow S_1$ 'obert' $\rightarrow V_x = v_i \rightarrow v_c = \frac{-v_i t}{RC} + cte$



e) $T = T_A + T_B = \frac{2}{3} \frac{V_{cc}}{v_i} RC$ $f = \frac{3v_i}{2V_{cc} RC}$