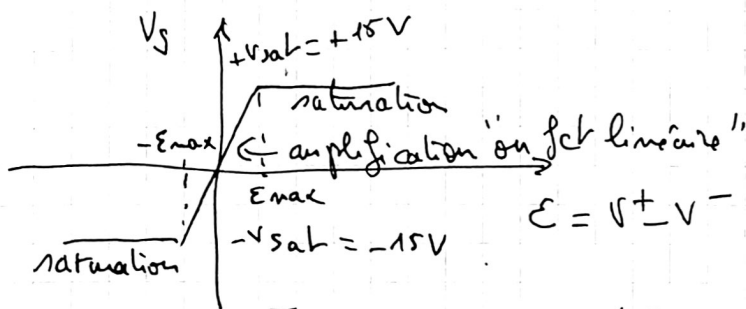


CORRIGÉ DS (1) : Electronique Analogique

A - Généralités sur les ALI

10)



$$\mu_0 \# 2 \cdot 10^5 \Rightarrow E_{max} \# \frac{15}{2 \cdot 10^5} = 7,5 \cdot 10^{-5} V$$
$$E_{max} \# 0,1 mV.$$

20) gain de l'ALI infini. (rétroaction négative en c-)

Il peut fonctionner en régime d'amplification
donc : $E = \frac{V_s}{\infty} \Rightarrow E \rightarrow 0V$ négligée.

et par la loi des tensions : $V_s = V_e - E \approx V_e$ ici.

Il s'agit du montage "suiveur" de tension.

Son intérêt réside dans son impédance d'entrée très élevée ($i^+ \approx 0A$), ce qui lui permet de "suivre" (recopier) une tension sans modifier le comportement du circuit en amont.

30) période de 4 canaux $\Rightarrow T = 400 \mu s$

$$\text{donc } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{400} MHz = 0,0025 MHz$$
$$f = 2,5 kHz.$$

Amplitude de la sinusoïde : 3,3 canaux (div)

$$\Rightarrow A = 6,6 V.$$

"Raisonnablement ?"

Les risques sont :

$\rightarrow$ saturation ? $\rightarrow$ pas de souci ($sat \pm 15V$)

$\rightarrow$ SLEW-RATE ? $\rightarrow$ ici pente max = $A \times \omega$
 $6,6 \times 2\pi f = 6,6 \times 2\pi \times 2,5 \cdot 10^3$
dont l'ordre de grandeur $10^5 V/s \Rightarrow 0,1 V/\mu s < SR.$

On ne peut pas tester le rôle de passe-bas car nous ne disposons pas du facteur de mérite.

(L'ordre de grandeur est tout de même de 1 MHz.

et ici $G=1 \Rightarrow f_c = \frac{FM}{G} = 1 \text{ MHz}$)

on est largement au-dessous.

Donc OUI on peut raisonnablement s'espérer observer la même chose en sortie.

4

4°) la tension est triangulaire. On s'intéresse alors à la pente. On trouve environ:

$$\frac{4,5 \times 2 \text{ V}}{1 \mu\text{s}} = 9 \text{ V}/\mu\text{s} \text{ qui est typique d'1 SLEW RATE.}$$

(en travaillant sur la docente, on a:

$$\frac{6 \times 2 \text{ V}}{1 \mu\text{s}} = 12 \text{ V}/\mu\text{s} \text{ caractéristique des AL1 081 ou 071 utilisés en TP.}$$

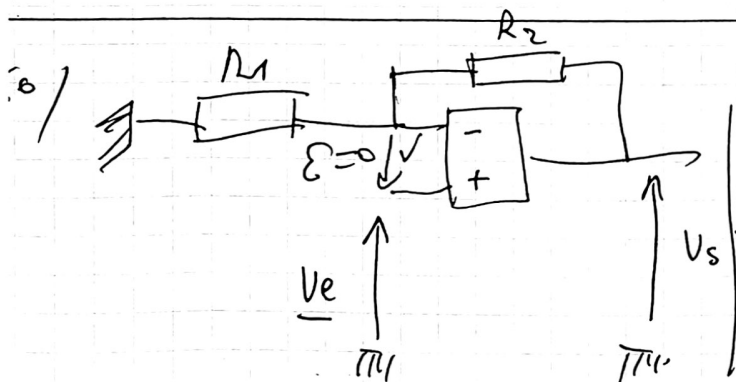
2

5°) Une saturation à $\pm 4 \text{ V}$ est donc observée.

le calcul du rapport $\frac{U_{sat}}{R_C} = \frac{4}{50} = 0,08 \text{ A} = 80 \text{ mA}$

L'ordre de grandeur est typique de la saturation en intensité d'1 AL1 (20 mA en courant).

2



Sous réserve des hypothèses:

Alimentation de gain infini.
- 1er en amplification

$$E = 0 \text{ V}$$

le courant traversant R_1 et R_2 relie alors les tensions par:

$$\frac{V_E}{R_1} = \frac{V_S}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_S = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) V_E$$

3

7°) La résistance d'entrée de ce montage se rapproche
infinie (R_{diff} d'entrée de l'ALI idéal)
donc les ordres de grandeurs importants pour tant
que l'on ne dépasse pas la centaine de kΩ.

gain de 10 : ex $R_1 = 1k\Omega$ $R_2 = 9k\Omega$.

gain de 100 : — $1k\Omega$ $R_2 = 99k\Omega$.

gain de 1000 : — 100Ω $R_2 = 99,9k\Omega$.

/2

→ Sur la tension continue le max de gain se
limite a priori par le gain de l'ALI (il faudrait
1 déca !) donc $G < 10^5$

mais la tension de saturation étant de 15V
cela correspond à 1 tension continue d'amplitude
ridicule : $\frac{15}{105} = \frac{15}{100} \times 10^{-3} V = 0,15 mV < \underline{\underline{\text{bruit!}}}$

/1

dont il est absurde d'envisager ce gain.
(1 gain de 1000 sera plus raisonnable).

→ Pour 1 sinusé de l'entrée de 10 kHz, le
facteur de mérite de l'ALI est limitant.
Il ne faut pas attendre la fréquence de
coupure de l'ALI soit : $f < \frac{10^6}{\text{Gain}}$

/2

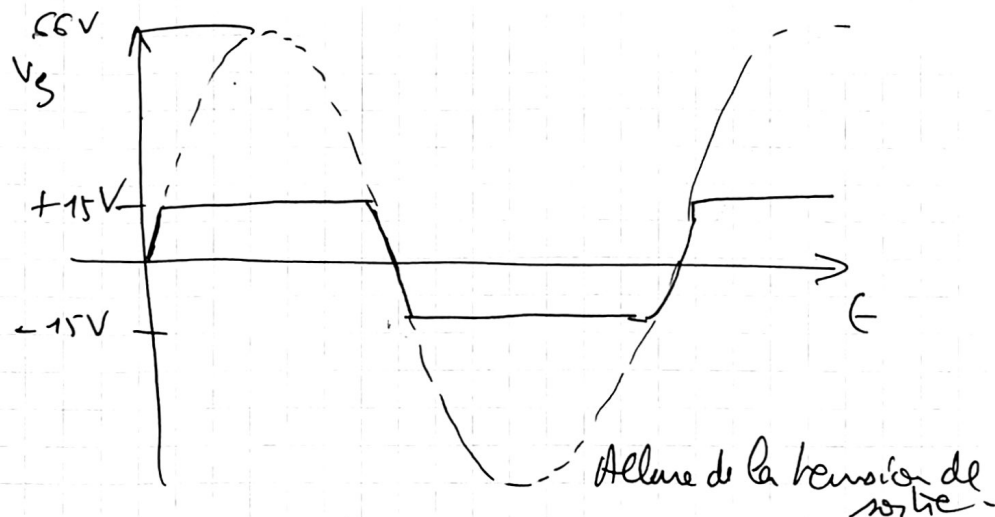
soit $\text{Gain} < \frac{10^6}{10^4} \text{ i.e. } \Rightarrow G \lesssim 10 \text{ au max}$

8°) La tension avait 1 amplitude de 6,6 V

or $6,6 \times 10 = 66 V > 15 V$!

elle sera donc saturée à partir de $\pm 1,5 V$ en entrée

la pente de montée du signal de sortie
sera au max de $6,6 \times 27 \times 25 \cdot 10^3 \approx 1 V/\mu s$
donc pas de triangularisation puisque
le SLEW-RATE était supérieur à 3 V/μs.



1/2

(B) - COMPTEUR D'IMPULSIONS

1) $V_{cc} = 7V$ et $V_{sat} = 7V$

90) Il faut entendre ici "continu" pour "statennaire"

Dans ce cas le courant ne peut plus passer par le condensateur (assimilé à 1 interrupteur ouvert) ni par l'entrée non-inverseuse de l'AL idéalise.

Ainsi par loi des nœuds: $i = 0A$

1

$\Rightarrow R_i = 0V \Rightarrow V^+ = -V_o$ (par loi des tensions)

1

soit $V_e = 0V$

comme $V^- = V_e = 0V$

et $V^+ = -V_o < 0$

alors: $E = V^+ - V^- = -V_o < 0$

et donc la sortie est en saturation négative.

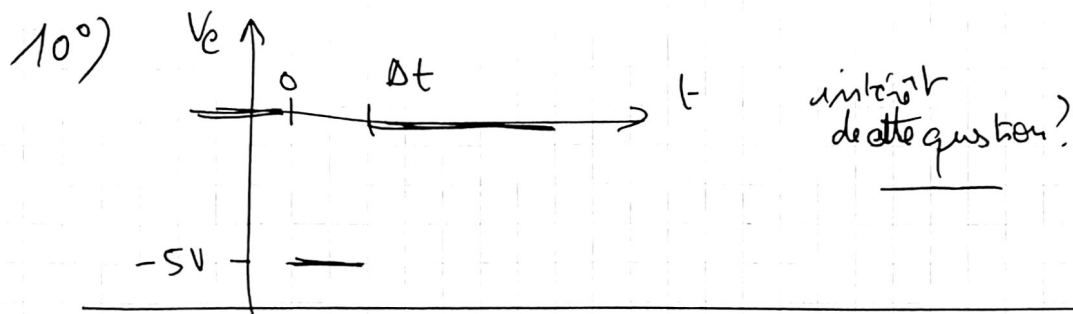
$V_s = -V_{sat} = -7V$ ici.

Loi des tensions sur l'association série:

$V_s + u_c + V_o = 0$

$\Rightarrow u_c = -V_s - V_o = +7 - 1 = 6V$

1



11°) Un même caractéristique d'un signal est toujours à comparer à des temps caractéristiques de réponse du circuit dans lequel on le envoie.

le seul temps caractéristique du circuit est le produit RC donc "très brève" signifie: $\Delta t \ll RC$

le condensateur a donc très peu le temps de se charger et la continuité de la tension à ses bornes implique que u_C varie peu de puis sa valeur précédente.

12°) On ne connaît pas l'état à $t=0^-$ de la sortie.

hypothèse ① : $V_S = -V_{sat} = -7V$

(si le régime était précédemment stationnaire)
 $\Rightarrow u_C = 6V$ (question 9°)

$\Rightarrow$ en 0^+ u_C encore $\approx 6V$.

et donc $V^+ = -V_0 = -1V$

quand $V^- = V_e = -5V$ à $t=0^+$

$$\Rightarrow \varepsilon = V^+ - V^- = -1 + 5 = 4V > 0$$

donc passage de la sortie à $+V_{sat}$!

hypothèse ② : $V_S = +V_{sat} = +7V$

$$u_C = 6V$$

$$V_S + u_C = 13V = V^+$$

$$\varepsilon = V^+ - V^- = 13 - (-5) = 18V$$

donc pas de bascule

Retour à 0V: $V^- = 0V$
 $V^+ = 13V \Rightarrow \varepsilon = 13V > 0$
 $\Rightarrow$ retour à $(+V_{sat})$.

1

13) à $t=0^+$

$V_s = +V_{sat} = 7V = -V_o + R i - u_c$ (loi de tension)

$(V_{sat} + V_o) = -RC \frac{du_c}{dt} - u_c$
 $8V$
 convention de signe sur le condensateur.

② solution générale de l'équation différentielle sans second membre: $u_c(t) = K e^{-\frac{t}{\tau}}$
 SSM avec $\tau = RC$.

③ solution particulière de l'équation diff avec second membre: $u_c(t) = -(V_{sat} + V_o) = -8V$
 ASM

$\Rightarrow u_c(t) = K e^{-\frac{t}{\tau}} - (V_{sat} + V_o)$

Conformément à la question 90) $\Rightarrow u_c(t=0^-) = V_{sat} - V_o (=6V)$

donc par continuité de $u_c(t)$ autour de $t=0$.

$V_{sat} - V_o = K - (V_{sat} + V_o)$

$\Rightarrow K = 2V_{sat}$

$\Rightarrow u_c(t) = 2V_{sat} e^{-\frac{t}{\tau}} - (V_{sat} + V_o)$

$\tau = RC$ temps de relaxation

14

14) V_s passera en $-V_{sat}$

lorsque ε deviendra < 0

or: $\varepsilon = V^+ - V^- = (V_s + u_c) - V_o$

avec (avant bascule) $V_s = +V_{sat}$
 or $V_o = 0$

ce qui donne: $\epsilon = +V_{sat} + u_c < 0$

donc lorsque u_c devient plus négatif que $-V_{sat}$.

à cet instant t_1 :

$$2V_{sat} e^{-\frac{t_1}{RC}} - (V_{sat} + V_0) = -V_{sat}$$

$$\Rightarrow 2V_{sat} e^{-\frac{t_1}{RC}} = V_0$$

$$e^{-\frac{t_1}{RC}} = \frac{V_0}{2V_{sat}}$$

$$\Rightarrow e^{\frac{t_1}{RC}} = \frac{2V_{sat}}{V_0}$$

$$\Rightarrow \boxed{t_1 = RC \ln\left(\frac{2V_{sat}}{V_0}\right)}$$

A.N: $t_1 = 10 \cdot 10^3 \times 650 \cdot 10^{-9} \ln\left(\frac{14}{1}\right)$

soit: $t_1 \approx 6500 \cdot 10^{-6} \times 2,6$

$$t_1 \approx \underline{2,6 \cdot 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

$$\underline{t_1 \approx 17 \text{ ms}}$$

15°) avant $t=0 \rightarrow$ état stationnaire

$$V^+ = -V_0 = -1V \quad (\text{seuil bloqué confiné})$$

ensuite $V^+ = u_c + V_{sat} = 2V_{sat} e^{-\frac{t}{RC}} - V_0$

bascule en t_1 : deuxième phase.

V_0 vient de passer en $-V_{sat}$.

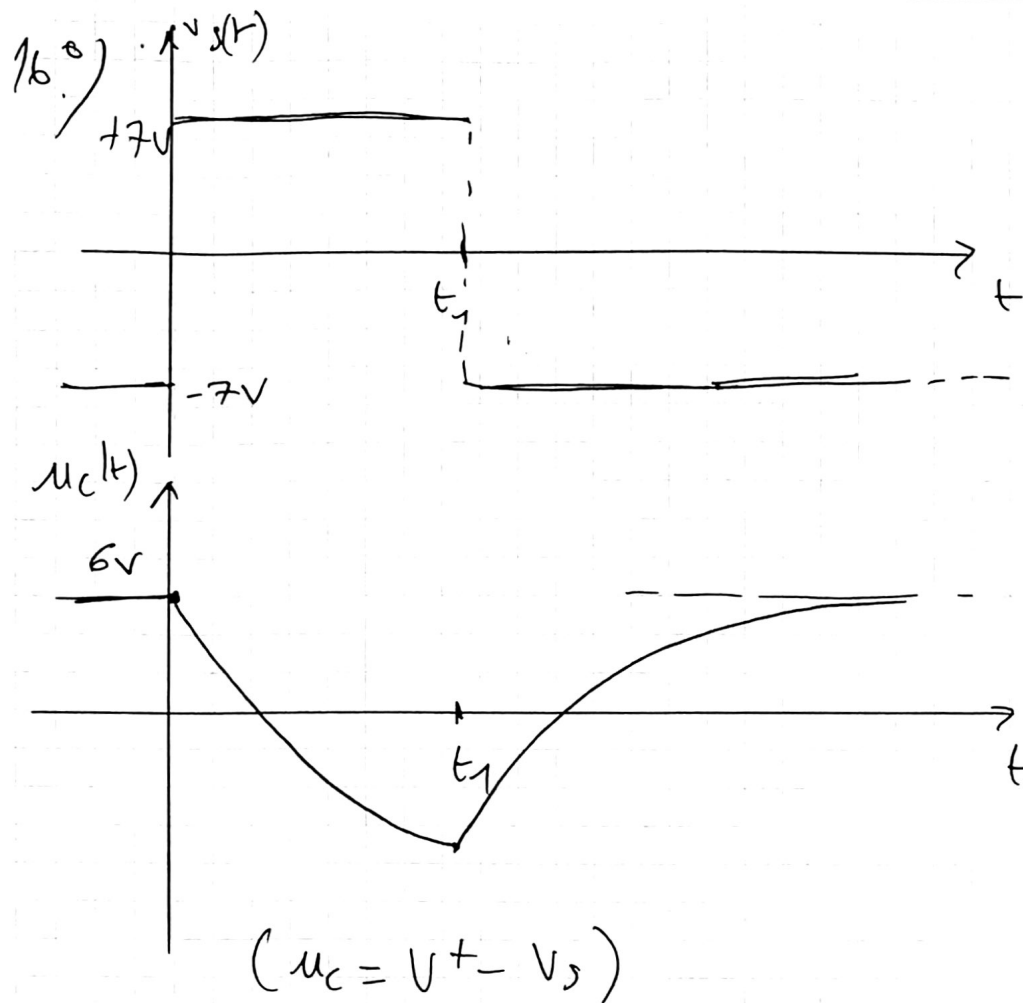
$$V^+ = u_c - V_{sat} = -2V_{sat} \quad (\text{car } u_c \text{ va à } -V_{sat} \text{ à cet instant})$$

Cela représente donc la valeur minimale de V^+

$$\Rightarrow -2V_{sat} = \underline{-14V}$$

+3

+2

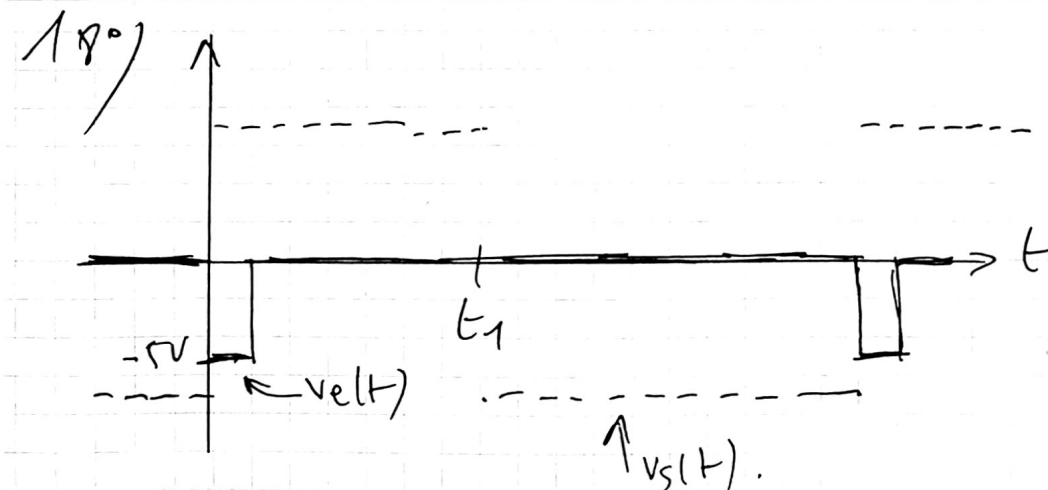


3

17°) $T \gg t_1 + \tau$
 on pourra prendre : $T > t_1 + 5\tau \rightarrow 99\%$ de la rampe
 à l'état stationnaire.

$T > 17ms + 5 \times 6,7ms$
 $T > 50ms$

2



2

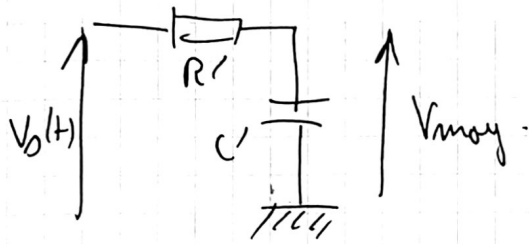
19°)

$$V_S \text{ moy} = \frac{+V_{sat} \times t_1 - V_{sat} (T - t_1)}{T}$$

$$V_S \text{ moy} = 2 V_{sat} t_1 f - V_{sat}$$

1

20°) Un filtre passe-bas de $f_c \ll 10\text{Hz}$.



on choisit $f_c = 0,1\text{Hz} = \frac{1}{2\pi R'C'}$

l'ordre de grandeur de $R'C'$ doit être environ de 1s.

exemple : $R' = 1\text{M}\Omega$
 $C' = 1\mu\text{F}$

21°) D'après l'expression du 19°) il faut rajouter $V_{\text{sat}} = 7\text{V}$ en permanence.
 $\Rightarrow$ montage sommeur

C - COMPARATEUR A HYSTERESIS FILTRAGE ET AMPLIFICATION.

Q28) Ideal : $i^+ = i^- = 0\text{A}$ car $Z_e \rightarrow \infty$
 $\mu_o \rightarrow \infty$

Réel : i^+ et i^- inférieurs au nA
 $Z_e \neq 1\text{M}\Omega$ au moins
 $\mu_o \neq 10^5 \text{ à } 10^6$.

Q29) in question?

complétons par $R_s \neq 100\Omega$
 $f_o \neq 10\text{Hz}$.

et citons la limite du SLEW-RATE
 de l'ordre de 1 à 10 V/ μs .

Q30) Rétroaction vers l'entrée non-inverseuse
 $\Rightarrow$ fct en régime saturé

1

Q31) Diviseur de tension sur R_1 et R_2 en série

$$V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$$

2

Q32) S. $V_e = -15V$ et $V_s = -V_{sat} \cdot V_+ = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat}$

donc comme $V_{sat} = 14V$

$$-\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} > V_e = -15V.$$

donc $V_+ > V_- \Rightarrow \mathcal{E} > 0$

et donc c'est incohérent avec l'hyp.

Ainsi V_s ne peut être qu'à l'état $+V_{sat} = +14V$

V_e augmente et la bascule se fera lorsque

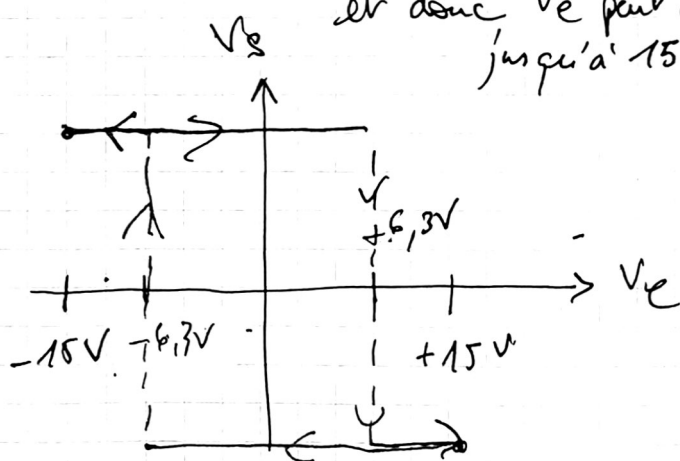
$\mathcal{E}$ deviendra < 0

donc lorsque $\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} < V_e$.

Valeur de basculement -

V_s passe alors à $-V_{sat}$.

et donc V_e peut continuer à augmenter jusqu'à $15V$



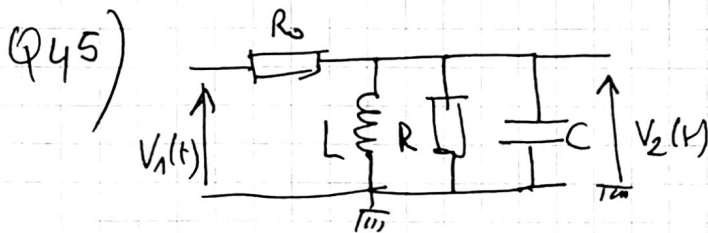
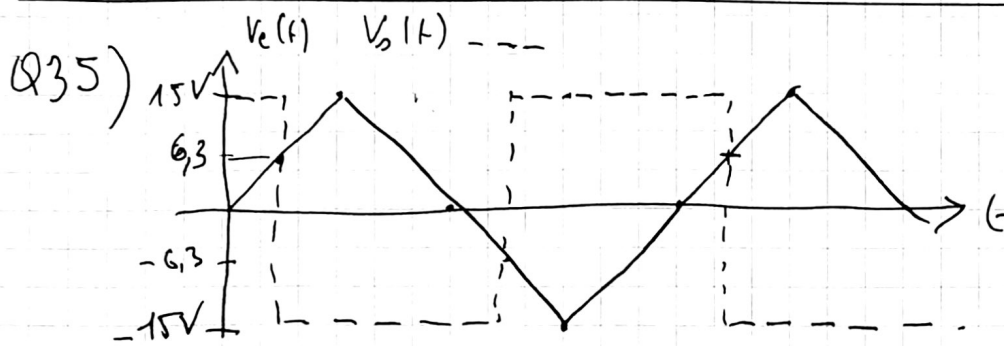
$$\text{avec } \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} = \frac{158}{4} \times 14 = 6,3V$$

2

Q33) Nouveau basculement à $-\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} = -6,3V$
 (comme dessiné au-dessus)

2

Q34) Compartement à hystrérésis : car les deux potentiels d'entrée sont comparés entre eux mais les bascules sont les secondes valeurs de basculement - donc "en retard".



Association RLC // : admittance $Y_{eq} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C$

Diviseur de tension : $\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_{eq}}{R_0 + Z_{eq}} = \frac{1}{R_0 Y_{eq} + 1}$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{\frac{R_0}{R} + \frac{R_0}{j\omega L} + R_0 j\omega C + 1}$$

ou encore :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{R}{R+R_0}}{1 + \frac{RR_0}{j(R+R_0)L\omega} + \frac{RR_0 j\omega C}{(R+R_0)}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{R_0}{R+R_0}}{1 + j \left(\frac{RR_0}{R+R_0} \right) \sqrt{\frac{C}{L}} \left(\sqrt{L} \omega - \frac{1}{\sqrt{L} \omega} \right)}$$

par identification
alors propose :

$$\begin{cases} H_0 = \frac{R_0}{R+R_0} \\ \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ Q_F = \left(\frac{RR_0}{R+R_0} \right) \sqrt{\frac{C}{L}} \end{cases}$$

Q46) Bande passante à -3 dB: $G(x) = \frac{H_0}{\sqrt{2}}$ $H_0 \leftarrow G_{max} \text{ à } \omega=0$

$$\Rightarrow \frac{H_0}{\sqrt{1 + Q_F^2 \left(x - \frac{1}{2}\right)^2}} = \frac{H_0}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow Q_F^2 \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 = 1$$

$$\Rightarrow Q_F \left(x - \frac{1}{2}\right) = \pm 1$$

1^{ère} possibilité: $Q_F \left(x - \frac{1}{2}\right) = +1$

$$\Rightarrow x^2 - 1 - \frac{x}{Q_F} = 0$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{\frac{1}{Q_F} + \sqrt{\frac{1}{Q_F^2} + 4}}{2}$$

$$\Leftrightarrow x_1 = \frac{1}{2Q_F} + \sqrt{\frac{1}{4Q_F^2} + 1}$$

(seule la valeur positive pouvant représenter le rapport de pulsation)

2^{ème} possibilité: $Q_F \left(x - \frac{1}{2}\right) = -1$

$$\Rightarrow x_2 = -\frac{\frac{1}{Q_F} + \sqrt{\frac{1}{Q_F^2} + 4}}{2}$$

$$\Rightarrow x_2 = -\frac{1}{2Q_F} + \sqrt{\frac{1}{4Q_F^2} + 1}$$

(m'importe)

donc: $x_1 - x_2 = \frac{1}{Q_F} = \frac{\Delta \omega}{\omega_0}$

$$\Rightarrow \left[\frac{f_0}{Q_F} \right] \text{ ou } \left[Q_F = \frac{f_0}{\Delta f} \right]$$

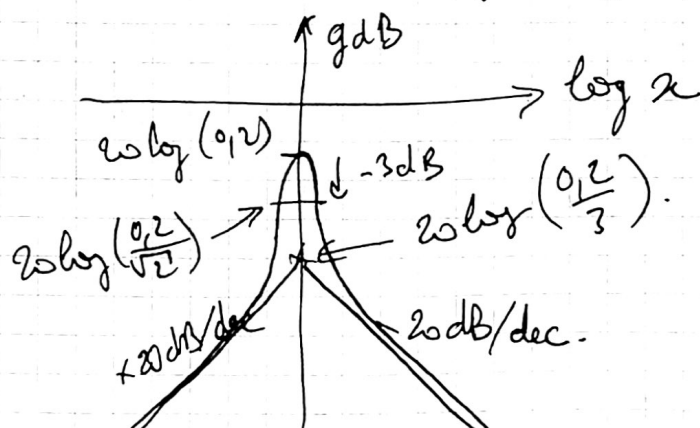
démo
NON

demandé

0 point!

← 1

Q47) $Q_F \geq 3 \rightarrow$ résonance 1 peu anguleuse.



(+3)

Q48) ALI idéal + pte en amplificateur $\leftarrow$ Ryp

Montage ① : $\frac{V_e(t)}{R_1} = i_e(t) = -\frac{V_s(t)}{R_2}$

$\Rightarrow \left(\frac{A_1}{-} \equiv \left(\frac{V_s}{V_e} \right)_{(1)} = -\frac{R_2}{R_1} \right.$

Montage ② : $-\frac{V_e(t)}{R_1} = -\frac{V_s(t)}{R_1 + R_2}$

$\Rightarrow \left(\frac{A_2}{-} \equiv \left(\frac{V_s}{V_e} \right)_{(2)} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right.$

Q49) $Z_{e1} \equiv \left(\frac{v_e(t)}{i_e(t)} \right)_{(1)} = R_1$

$Z_{e2} \equiv \left(\frac{v_e(t)}{i_e(t)} \right)_{(2)} = \infty !$ (ALI idéal $\Rightarrow R_e \Rightarrow \infty$)

le Montage ② est donc le meilleur choix car il amplifie le signal sans consommer de courant et donc sans modifier le comportement du montage. (donc le filtre est en mode à vide!)

Q50) cette fois $\frac{V_s'}{-A} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \times \frac{V_2}{R_1 + R_2}$
donc : $\underline{H_{FA}} \equiv \frac{V_s'}{V_1} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{R_1} \times \frac{R_0}{R_1 + R_2}}{1 + j Q_F \left[\alpha - \frac{1}{\alpha} \right]}$

et $\underline{Q_F} = Q$

D - MODELE ET EXPERIMENTATION

Q51) $\left(\underline{V_{AO}} \right) \rightarrow$ observation d'un sinusoïde de période voisinant les 25 $\mu s \Rightarrow f_0 = \frac{1}{25 \cdot 10^{-6}}$

$f_0 = 0,04 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

$f_0 = 40 \text{ kHz}$

$\Rightarrow$ signal GBF ①

V_{BO} de forme non sinusoidale $\rightarrow$ sortie
du multiplieur.

1

Q 52) la fenêtrage temporelle semble durer 1 ms
ce qui induit : $\delta f = \frac{1}{\Delta t} = \underline{1 \text{ kHz}}$.

2

Q 53) Sur la FFT "zoomée" on lit 5 intervalles
de fréquence (δf) sur 5 kHz.
On confirme ainsi : $\delta f = \underline{1 \text{ kHz}}$

1

Q 54) Pour obtenir la fréquence d'échantillonnage on
pourrait compter le nb de pts (valeurs mesurées)
par ms et ensuite multiplier par 1000.
(c'est un peu fastidieux !)

On préférera noter que la f_{max} de la FFT (non
zoomée) vaut 500 kHz et que l'on a mesuré
que cette fenêtrage fréquentielle valait $f_e/2$.
ce qui induirait : $f_e = \underline{1 \text{ MHz}}$

(Bon courage donc à ceux devant compter 1000
valeurs dans la fenêtrage temporelle d'1 ms)

2

Q 55) A priori les OFFSET des GBF indiquent 0V de telle
manière qu'ils ne semblent pas avoir de composante
continue (moyenne nulle).

Par calcul trig : $s(t) = \frac{v_1(t) \times v_2(t)}{10}$

$$\rightarrow s(t) = \frac{A_1 \cos(2\pi f_1 t) \times A_2 \cos(2\pi f_2 t)}{10}$$

$$\Rightarrow s(t) = \frac{A_1 A_2}{10} \left[\frac{1}{2} \left(\cos(\underbrace{2\pi(f_1 + f_2)t}_{45 \text{ kHz}}) + \cos(2\pi(\underbrace{f_1 - f_2}_{35 \text{ kHz}})t) \right) \right]$$

(L'existence d'un pic à 40 kHz
ou d'une composante continue résiduelle sur le GBF2).

3