2ème DS EON Instrum 2, 3 avril 2010

DUT MP, S4, François Auger

exercice 1

a) Q_2 est à 1 une fois sur 4 ⇒ rapport cyclique 25%

Q_1 est à 1 deux fois sur 4 ⇒ rapport cyclique 50%

Q_0 est à 1 trois fois sur 4 ⇒ rapport cyclique 75%

b)

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Q_2	Q_1	Q_0	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	X	0	X	1	X
0	0	1	0	X	1	X	X	0
0	1	1	1	X	X	0	X	0
1	1	1	X	1	X	1	X	1

c) Si on impose l'emploi de bascules D, cela revient à imposer $K = \overline{J}$

$D = J = \overline{K}$

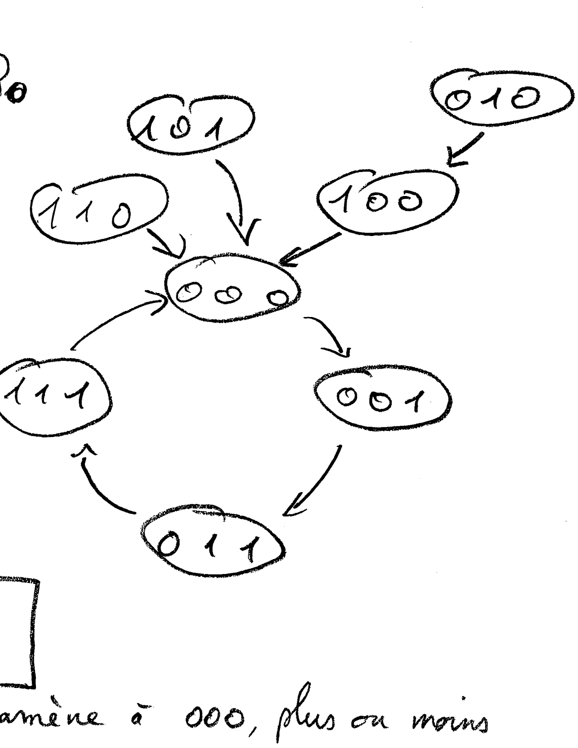
Q_2	Q_1	Q_0	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	0	1	0	1	0	1

On en déduit $D_0 = J_0 = \overline{Q_2}$

$D_1 = J_1 = \overline{Q_2} \cdot Q_0$

$D_2 = J_2 = \overline{Q_2} \cdot Q_1$

Q_2 Q_1 Q_0	D_2	D_1	D_0	$(Q_2 Q_1 Q_0)_{n+1}$
0 1 0	1	0	1	100
1 0 0	0	0	0	000
1 0 1	0	0	0	000
1 1 0	0	0	0	000



Le cycle nominal comprend 4 temps sur les 8 possibles. Il faut regarder ce qui se passe dans les 4 autres cas. Dans ces 4 cas là, le circuit se ramène à 000, plus ou moins rapidement

$\boxed{\text{Le circuit est stable}}$

exo2

On étudie le circuit en régime sinusoïdal établi ⇒ utilisation des grandeurs complexes associées

au point A $\quad jC_1\omega\left(\bar V_B - \bar V_A\right) = \bar i_{1+} + \dfrac{\bar V_A}{R_1}$

au point C $\quad \dfrac{\bar V_D - \bar V_C}{R_3} = i_{2+} + \dfrac{V_C - V_B}{R_2}$

au point F $\quad \bar i = \bar i_{2-} + \bar i_{1-} + \dfrac{\bar V_F - \bar V_D}{R_4}$

Si les AOP sont idéaux, alors $i_{1+} \approx i_{2+} \approx i_{1-} \approx i_{2-} \approx 0\,A$

$V_{1+} \approx V_{1-} \Rightarrow V_A = V_F$

$V_{2+} \approx V_{2-} \Rightarrow V_C = V_F$

donc $\quad jC_1\omega\left(\bar V_B - \bar V_F\right) = \dfrac{\bar V_F}{R_1}$

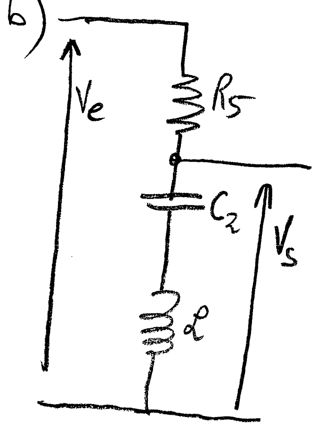
$\dfrac{\bar V_D - \bar V_F}{R_3} = \dfrac{\bar V_F - \bar V_B}{R_2}$

$\bar i = \dfrac{\bar V_F - \bar V_D}{R_4}$ $\quad$ donc $\quad \bar i = \dfrac{\bar V_F - \bar V_D}{R_4} = -\dfrac{R_3}{R_2R_4}\left(\bar V_F - \bar V_B\right) = \dfrac{R_3}{R_2R_4}\left(\bar V_B - \bar V_F\right)$

$= \dfrac{R_3}{R_2R_4}\,\dfrac{\bar V_F}{jR_1C_1\omega}$

Donc $\quad \bar V_F = \dfrac{R_2R_4}{R_3}\, jR_1C_1\omega\,\bar i = j\mathcal{L}\omega\,\bar i$ $\quad$ avec $\boxed{\mathcal{L} = \dfrac{R_2R_4}{R_3}R_1C_1}$

b)



$$\bar V_s = \frac{j\mathcal{L}\omega + \frac{1}{jC_2\omega}}{R_5 + j\mathcal{L}\omega + \frac{1}{jC_2\omega}}\,\bar V_e = \frac{1 - \mathcal{L}C_2\omega^2}{jR_5C_2\omega + (1 - \mathcal{L}C_2\omega^2)}\,\bar V_e$$

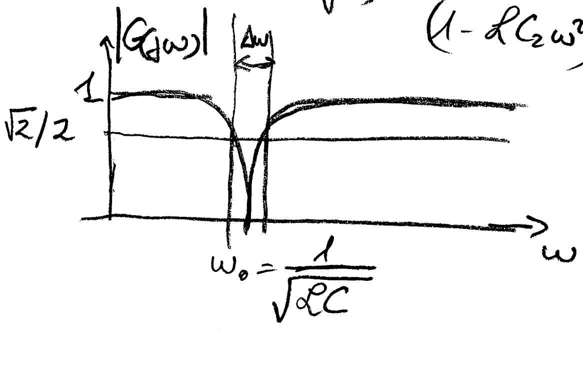
$$= \frac{1}{1 + j\,\dfrac{R_5C_2\omega}{1 - \mathcal{L}C_2\omega^2}}\,\bar V_e$$

Ce circuit est un filtre réjecteur

$$G(j\omega) = \frac{1 - \mathcal{L}C_2\omega^2}{(1 - \mathcal{L}C_2\omega^2) + jR_5C_2\omega}$$

avec $G(0) = 1$, $\lim_{\omega\to+\infty} G(j\omega) = 1$

et $G\left(\dfrac{1}{\sqrt{\mathcal{L}C_2}}\right) = 0$



Ce filtre sera caractérisé par une largeur de bande de réjection $\Delta\omega$, délimitée par les fréquences de coupure haute et basses, pour lesquelles

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R_5C_2\omega}{1-\mathcal{L}C_2\omega^2}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1}}$$

Donc aux fréquences de coupure $\left(\frac{R_5C_2\omega}{1-\mathcal{L}C_2\omega^2}\right)^2 = 1$

soit $\frac{R_5C_2\omega}{1-\mathcal{L}C_2\omega^2} = 1$ ou $\frac{R_5C_2\omega}{1-\mathcal{L}C_2\omega^2} = -1$

$$R_5C_2\omega = 1-\mathcal{L}C_2\omega^2 \qquad R_5C_2\omega = \mathcal{L}C_2\omega^2 - 1$$

$$\mathcal{L}C_2\omega^2 + R_5C_2\omega - 1 = 0 \qquad \mathcal{L}C_2\omega^2 - R_5C_2\omega - 1 = 0$$

$\Delta = R_5^2C_2^2\omega^2 + 4\mathcal{L}C_2\omega^2 > 0$ donc

$$\omega = \frac{-R_5C_2 \pm\sqrt{\Delta}}{2\mathcal{L}C_2} \qquad \omega = \frac{R_5C_2 \pm \sqrt{\Delta}}{2\mathcal{L}C_2}$$

les racines positives sont

$$\omega_{cb} = \frac{-R_5C_2+\sqrt{\Delta}}{2\mathcal{L}C_2} \qquad \omega_{ch} = \frac{R_5C_2+\sqrt{\Delta}}{2\mathcal{L}C_2}$$

donc $\Delta\omega = \omega_{ch} - \omega_{cb} = \frac{2R_5C_2}{2\mathcal{L}C_2} = \frac{R_5}{\mathcal{L}} = \boxed{\frac{R_3R_5}{R_2R_4} \times \frac{1}{R_1C_1} = \Delta\omega}$

exercice 3

On travaille toujours dans le contexte du régime sinusoïdal établi donc toujours avec des grandeurs complexes associées

Au point G $\quad \dfrac{\overline{V_H} - \overline{V_G}}{R_7} = \overline{i_{3-}} + \dfrac{\overline{V_G}}{R_6}$

Au point K $\quad i_g = i_{3+} + \dfrac{V_K - V_H}{R_8}$

Si l'AOP est idéal, alors $i_{3+} \approx i_{3-} \approx 0A$ et

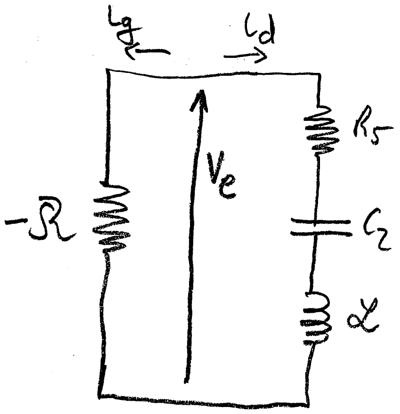
$V_{3+} \approx V_{3-}$ donc $V_G \approx V_K$

donc $\dfrac{\overline{V_H} - \overline{V_K}}{R_7} = \dfrac{\overline{V_K}}{R_6}$ et $i_g = \dfrac{V_K - V_H}{R_8}$

donc $i_g = \dfrac{V_K - V_H}{R_8} = -\dfrac{R_7}{R_6 R_8}\overline{V_K}$ donc $\boxed{\overline{V_K} = -\dfrac{R_6 R_8}{R_7}\overline{i_g}}$

$\overline{V_K} = -\mathcal{R}\,\overline{i_g}$ avec $\boxed{\mathcal{R} = \dfrac{R_6 R_8}{R_7}}$

b)



$$\overline{V_e} = \left(R_5 + \frac{1}{jC_2\omega} + j\mathcal{L}\omega\right)\overline{i_d}$$
$$= -\mathcal{R}\,\overline{i_g}$$

et $\overline{i_g} + \overline{i_d} = 0$ donc $\overline{i_g} = -\overline{i_d}$

donc $\left(R_5 + \dfrac{1}{jC_2\omega} + j\mathcal{L}\omega\right)\overline{i_d} = \mathcal{R}\,\overline{i_d}$

$$\left(R_5 - \mathcal{R} + \frac{1 - \mathcal{L}C_2\omega^2}{jC_2\omega}\right)\overline{i_d} = 0$$

Pour que cette équation admette une solution non nulle, il faut que

$$\begin{cases} R_5 - \mathcal{R} = 0 \\ 1 - \mathcal{L}C_2\omega^2 = 0 \end{cases}$$

$\boxed{R_5 = \dfrac{R_6 R_8}{R_7}}$

condition d'oscillation

$\boxed{R_5 R_7 = R_6 R_8}$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{\mathcal{L}C_2}} = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2 \frac{R_4}{R_3}}} = \boxed{\sqrt{\frac{R_3}{R_4}}\,\frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}}$$

fréquence d'oscillation

c) Pour que cet oscillateur oscille, il faut que

$$R_5 R_7 = R_6 R_8$$

La fréquence d'oscillation, $\omega = \sqrt{\frac{R_3}{R_4}} \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$,

ne dépend d'<u>AUCUN</u> composant qui assure la condition d'oscillation, on a un découplage <u>total</u>.

Donc R_1, R_2, R_3, R_4, C_1 et C_2 peuvent être des dipôles variables ou des capteurs, leur variation n'empêchera jamais la condition d'oscillation d'être vérifiée.

C'est le très gros intérêt de ce circuit.

Université de Nantes - IUT de Saint Nazaire

Département Mesures Physiques

Devoir surveillé d'Électronique d'Instrumentation II

DUT MP, Semestre 4, 2009/2010. Durée : **1 heure 45**.

Les trois exercices sont indépendants. Si vous joignez cet énoncé à votre copie, indiquez ci-dessous votre nom, prénom et groupe.	
nom, prénom	groupe

1. **(6 points)** Pour pouvoir tester un appareil de mesure, on souhaiterait réaliser un circuit[1] qui fournit trois signaux logiques ayant des rapports cycliques de 25, 50 et 75 %. On propose pour cela d'utiliser un circuit synchrone produisant trois signaux logiques périodiques Q_2, Q_1 et Q_0, obtenus à l'aide de bascules qui répètent indéfiniment un cycle de 4 valeurs présenté figure 1.
   (a) Ces signaux ont-ils les rapports cycliques désirés ?
   (b) Déterminer les niveaux logiques qui doivent se trouver aux entrées J et K de trois bascules JK pour obtenir les transitions désirées, et compléter le tableau de la figure 1.
   (c) On impose l'emploi de bascules[2] D à la place des bascules JK. Donner une expression logique simple des signaux d'entrée de ces bascules en fonction de Q_2, Q_1 et Q_0, et étudier la stabilité du circuit.

Q_2	Q_1	Q_0	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0						
0	0	1						
0	1	1						
1	1	1						

Figure 1: tableau utilisé dans l'exercice 1.

2. **(7 points)** Le circuit[3] de la figure 2 élabore une tension v_s qui permet de mieux percevoir l'information contenue dans la tension v_e provenant d'un système de mesure. On notera v_{1-} et v_{1+} les tensions aux entrées inverseuses et non-inverseuses de l'amplificateur opérationnel 1, i_{1-} et i_{1+} les courants allant vers ces deux entrées, v_{2-} et v_{2+} les tensions aux entrées inverseuses et non-inverseuses de l'amplificateur opérationnel 2 et i_{2-} et i_{2+} les courants allant vers ces deux entrées. On étudiera ce montage en régime sinusoïdal établi et on notera ω la pulsation de la tension d'entrée.
   (a) On considère d'abord le dipôle actif constitué de R_1, R_2, R_3, R_4, de C_1 et des deux amplificateurs opérationnels. On va chercher à déterminer son impédance équivalente v_F/i, i étant le courant

[1] Voir M. Stofka, "Rectangular waveform generator produces 25 and 75% duty cycles, EDN, March 2010, pp. 74–76.

[2] Une bascule D ne possède qu'une entrée, appelée D, et correspond à une bascule JK pour laquelle $J = \overline{K} = D$. Concevoir un circuit utilisant des bascules D revient donc à ne considérer que les entrées J (rebaptisées D), puisque par construction $K = \overline{J}$.

[3] Ce circuit provient d'un fichier d'exemple du logiciel de simulation électronique `Qucs` (voir `http://qucs.sourceforge.net`).

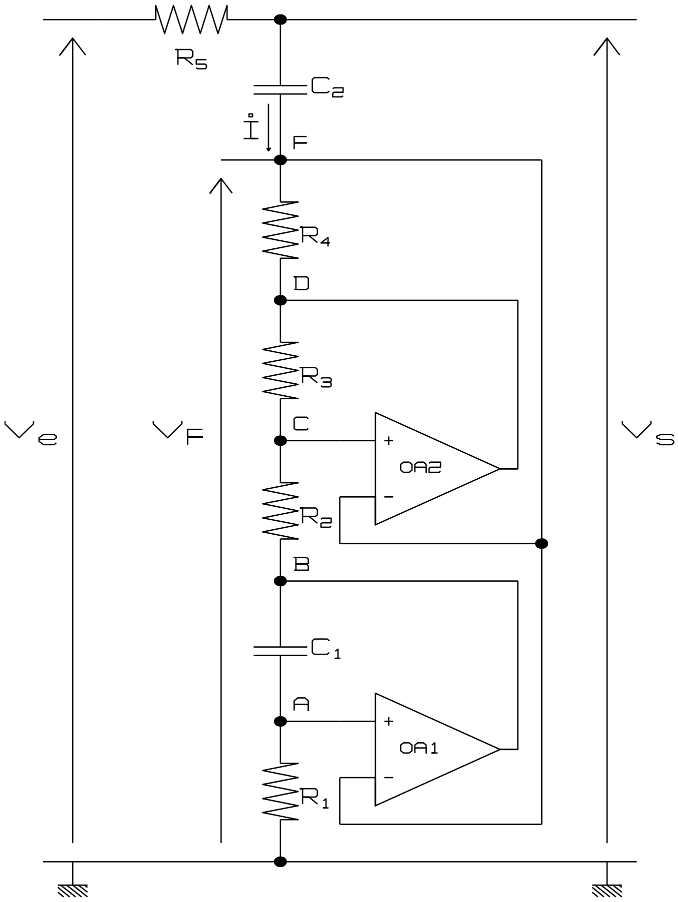


Figure 2: Circuit étudié dans l'exercice 2.

allant de C_2 à R_4. Écrire la loi des nœuds aux points A, C et F. Que deviennent ces équations si les amplificateurs opérationnels sont considérés comme idéaux ? En déduire une expression de i en fonction v_D et v_F, puis en fonction de v_B et v_F, puis en fonction de v_F. En déduire que le dipôle actif étudié[4] se comporte comme une inductance de valeur $\mathcal{L}$ que l'on exprimera en fonction de R_1, R_2, R_3, R_4 et C_1.

(b) Le circuit de la figure 2 est donc équivalent à une résistance R_5 en série avec un condensateur C_2 et une inductance $\mathcal{L}$. La tension v_s est la tension au point de connection de R_5 et de C_2. Calculer la fonction de transfert (ou réponse fréquentielle) v_s/v_e de ce circuit. Quelle est la fonction de filtrage réalisée par ce circuit ? Écrire cette fonction de transfert sous la forme

$$\frac{v_s}{v_e} = \frac{1}{1 + \jmath f(\omega)}$$

et en déduire les caractéristiques de ce filtre.

3. **(7 points)** Le circuit de la figure 2, qui est équivalent à une résistance R_5 en série avec un condensateur C_2 et une inductance $\mathcal{L}$, est maintenant utilisé dans le circuit de la figure 3. On notera v_{3-} et v_{3+} les tensions aux entrées inverseuses et non-inverseuses de l'amplificateur opérationnel 3, i_{3-} et i_{3+} les courants allant vers ces deux entrées. On étudiera ce montage en régime sinusoïdal établi et on notera ω la pulsation de la tension d'entrée.

(a) On considère d'abord le dipôle actif constitué de R_6, R_7, R_8 et de l'amplificateur opérationnel 3. On va chercher à déterminer son impédance équivalente v_e/i_g. Écrire la loi des nœuds aux points G et K. Que deviennent ces équations si l'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal ? En déduire une expression de i_g en fonction de v_e et v_H, puis en fonction de v_e. En

[4] Ce dipôle est appelé un *gyrateur* (voir `http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrator`).

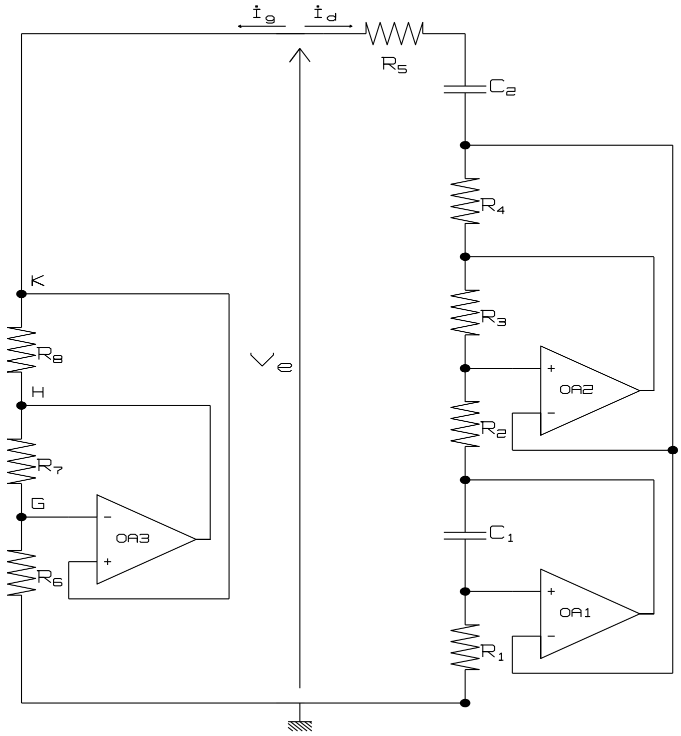


Figure 3: Circuit étudié dans l'exercice 3.

déduire que ce second dipôle actif[5] se comporte comme une résistance négative de valeur $-\mathcal{R}$ que l'on exprimera en fonction de R_6, R_7 et R_8.

(b) Quelle est l'expression de v_e en fonction de i_d ? Quelle est l'expression de v_e en fonction de i_g ? Quelle est la relation entre i_d et i_g ? En déduire que i_d est solution d'une équation de la forme $a(\omega)\, i_d = 0$. Quelles sont les conditions pour que cette équation admette une solution non nulle ? Quelle est alors la nature de i_d et v_e ?

(c) Ce circuit correspond à un type particulier d'oscillateur appelé *oscillateur Dynatron*[6], du nom des tubes tétrodes qui étaient utilisées autrefois à la place des amplificateurs opérationnels. Dans le contexte de l'instrumentation, quels sont les dipôles de ce circuit qui peuvent être remplacés par des capteurs passifs afin de transmettre un résultat de mesure sous la forme d'une sinusoïde d'amplitude constante, dont la fréquence varie en fonction de la grandeur mesurée ?

[5] Ce circuit a été proposé en 1953 par J.G. Linvill (voir `http://en.wikipedia.org/wiki/Negative_resistance`).

[6] Voir `http://en.wikipedia.org/wiki/Dynatron_oscillator`