

Les systèmes étudiés dans cette partie utilisent des amplificateurs linéaires intégrés. Il est important de se rappeler des principales propriétés de ces circuits.

1. Quelles sont les principales caractéristiques d'un amplificateur linéaire intégré, en le supposant tout d'abord idéal, puis en considérant un amplificateur réel de type standard.
2. Donner des ordres de grandeurs pour les caractéristiques d'un amplificateur réel standard.

A. Oscillateur de relaxation

Cet oscillateur est construit autour d'un amplificateur linéaire intégré idéal, noté U_0 , alimenté sous les tensions ± 15 V. On considère que la tension de saturation est $V_{sat} = 14$ V.

A.I. Comparateur à hystérésis

Dans un premier temps on considère le circuit suivant (Figure 5). On choisit des résistances parmi la série E12 à 10 % de précision : $R_1 = 1,8$ k Ω et $R_2 = 2,2$ k Ω .

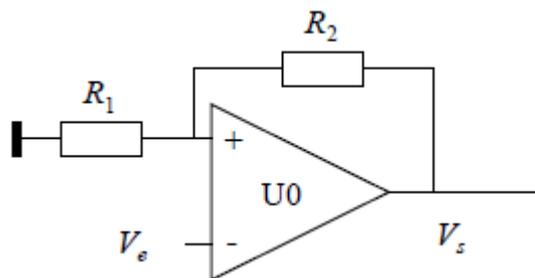


Figure 5 : Comparateur à hystérésis.

3. Que peut-on dire du fonctionnement du circuit U_0 ?
4. Exprimer la tension de l'entrée (+), notée $V^{(+)}$, en fonction des éléments du schéma et de la tension V_s .
5. La tension V_e croît de -15 V à $+15$ V. Montrer qu'il existe une tension de basculement. Tracer la courbe donnant V_s en fonction de V_e ; préciser quelques valeurs numériques permettant un tracé relativement satisfaisant de cette courbe.
6. Même question si maintenant la tension V_e décroît de $+15$ V à -15 V. Tracer la courbe donnant V_s en fonction de V_e sur le même graphe qu'à la question précédente, mais avec une couleur différente.
7. Pourquoi appelle-t-on ce circuit un comparateur à hystérésis ?

Pour tester le comparateur à hystérésis on impose à présent, à l'aide d'un générateur de fonctions, une tension $V_e(t)$, triangulaire, symétrique, de période T et d'amplitude $E = 15$ V (voir Figure 6).

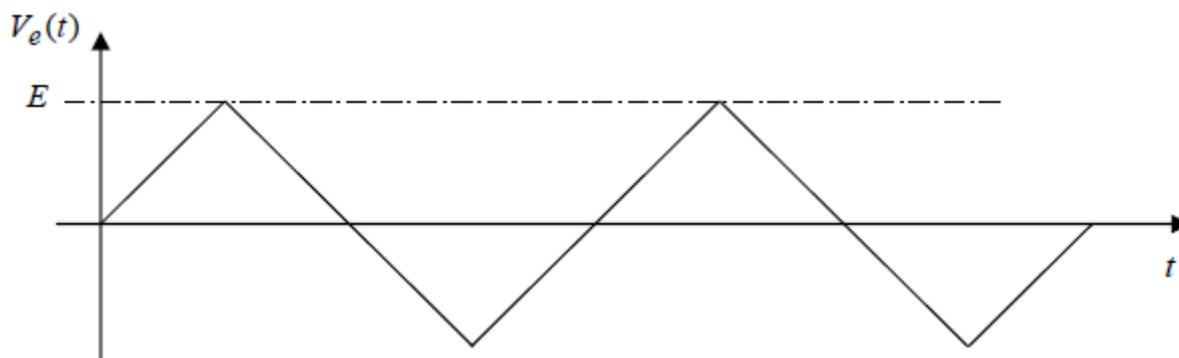


Figure 6 : Signal de test appliqué au comparateur.

8. Reproduire cette courbe sur la copie et y superposer le tracé de la courbe donnant $V_s(t)$ en fonction du temps, à la même échelle.

A.II. Application du circuit comparateur : oscillateur de relaxation

Le comparateur étudié précédemment est maintenant associé à un circuit RC selon le schéma de la Figure 7

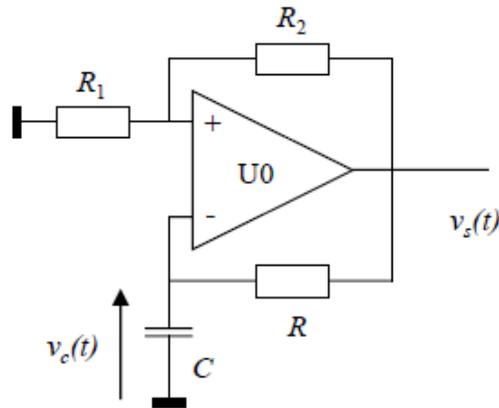


Figure 7 : Schéma de l'oscillateur.

A la mise sous-tension on observe assez rapidement un régime périodique avec une succession de phases de croissance puis de décroissance de v_c . La Figure 8 ci-dessous donne les enregistrements à l'oscilloscope de $v_s(t)$ (voie C1) et de $v_c(t)$ (voie C2) en fonction du temps.

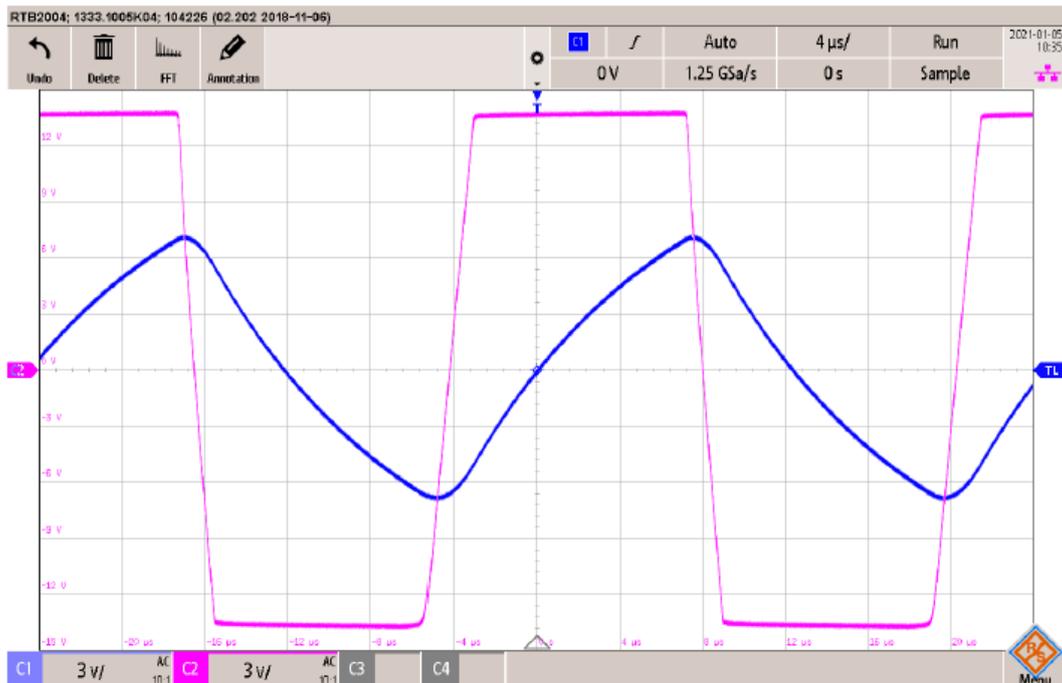


Figure 8 : Enregistrement des signaux fournis par l'oscillateur de relaxation.

La base de temps est de $4 \mu\text{s}/\text{div}$ et l'amplification est de $3 \text{ V}/\text{div}$ pour les deux voies de mesure.

⇒ Etude de la phase de croissance

- On suppose qu'à l'instant $t = 0$ le condensateur est déchargé et que la tension de sortie de l'amplificateur U_0 vaut $+V_{sat}$. Etablir l'équation différentielle régissant la tension $v_c(t)$.
- En déduire l'équation horaire de $v_c(t)$ et l'instant t_1 de fin de cette phase.

⇒ Etude de la phase de décroissance

- Expliquer pourquoi v_c se met à décroître.
- Etablir l'équation différentielle de v_c dans cette phase.
- En déduire l'équation horaire de $v_c(t)$, et l'instant t_2 de fin de cette phase.
- Déterminer, d'après la durée de la deuxième phase, l'expression littérale de la période de v_c .

15. Dédurre de l'enregistrement de la Figure 8 les valeurs numériques approchées des quantités suivantes : V_{sat} ; le rapport R_2 / R_1 et le produit RC . Pour le calcul numérique du logarithme népérien on pourra considérer les nombres entre 2,5 et 3 comme voisins de 2,72.

⇒ **Limite de fonctionnement de l'oscillateur**

16. Quelles caractéristiques de l'amplificateur peuvent entraîner une possible limitation de la fréquence de cet oscillateur ? Donner un ordre de grandeur de ces limitations.
17. Ces limitations sont-elles visibles sur la Figure 8 ?

B. Oscillateur quasi sinusoïdal

Cet oscillateur sera construit autour d'un filtre et d'un montage amplificateur. Ces deux blocs fonctionnels sont tout d'abord étudiés séparément.

B.I. Etude du filtre

Sur la Figure 9 on donne le schéma d'un filtre. On note $\underline{H}_F(\omega)$ sa fonction de transfert.

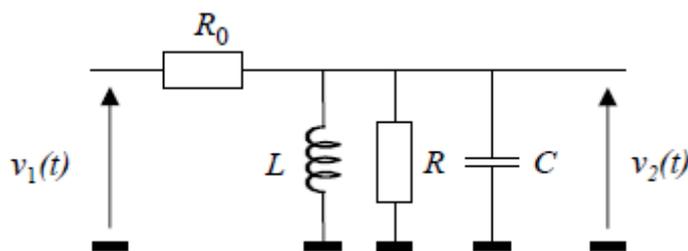


Figure 9 : Schéma du filtre.

18. Déterminer l'expression de $\underline{H}_F(\omega)$ et la mettre sous la forme $\underline{H}_F = \frac{H_0}{1 + j Q_F \left[x - \frac{1}{x} \right]}$ avec $x = \frac{\omega}{\omega_0}$,

ω_0 étant la pulsation propre du filtre. Expliciter littéralement Q_F , H_0 et la fréquence caractéristique f_0 .

On choisit $R_0 = 470 \Omega$, $R = 120 \Omega$, $L = 50 \mu\text{H}$ et $C = 50 \text{nF}$ de sorte que : $H_0 \approx 0,2$, $f_0 \approx 100 \text{kHz}$ et $Q_F \approx 3$.

19. Déterminer à partir de $\underline{H}_F(\omega)$ l'équation différentielle reliant v_1 et v_2

B.2. Etude de l'amplificateur

On considère deux structures possibles à placer en sortie du filtre pour amplifier le signal (Figures 10 et 11). Le circuit U1 est un amplificateur linéaire intégré supposé idéal.

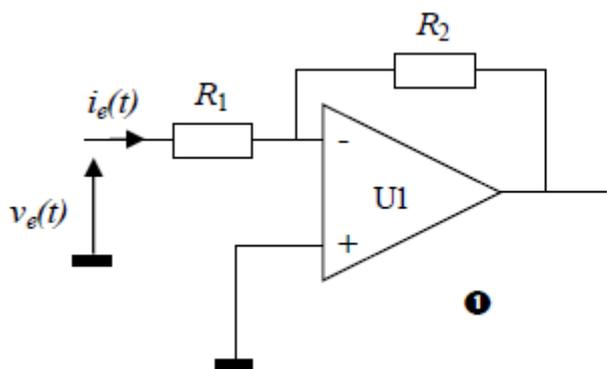


Figure 10 : Structure amplificatrice n°1.

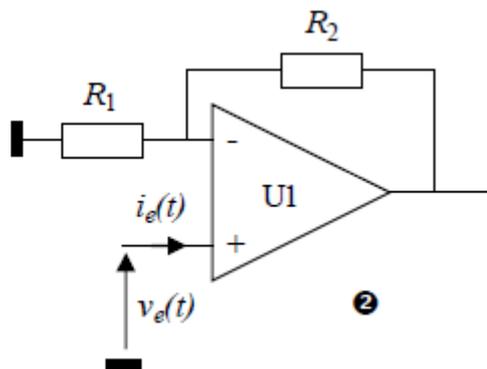


Figure 11 : Structure amplificatrice n°2.

20. Déterminer, en précisant bien les hypothèses faites, les fonctions de transfert de ces deux structures, notées respectivement \underline{A}_1 et \underline{A}_2 .

21. Déterminer les impédances d'entrée Z_{e1} et Z_{e2} de chaque montage et expliquer pourquoi la structure n°2 est a priori un meilleur choix pour l'application envisagée.
22. En déduire alors l'expression de la fonction de transfert globale du montage associant les deux blocs fonctionnels filtre puis amplificateur en la mettant sous la forme $\underline{H}_{FA} = \frac{H_1}{1 + jQ \left[x - \frac{1}{x} \right]}$; expliciter H_1 et Q .

B.3. Etude des oscillations

On associe maintenant les deux blocs en connectant la sortie du montage amplificateur à l'entrée du filtre, réalisant le système dont le schéma est donné Figure 12.

La sortie de l'amplificateur U1, toujours supposé dans un premier temps comme idéal, est connectée à l'entrée du filtre au travers d'un interrupteur K.

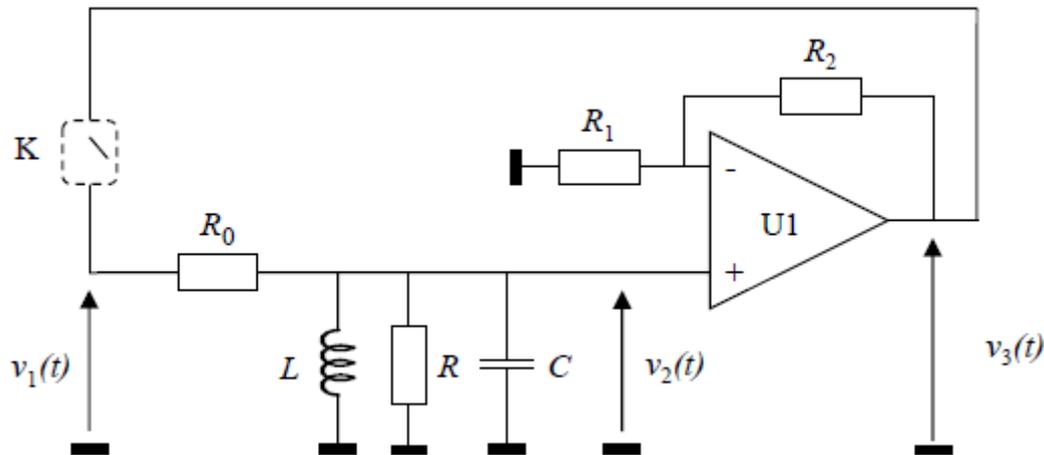


Figure 12 : Structure bouclée associant le filtre et l'étage amplificateur.

A l'instant $t = 0$ on ferme l'interrupteur K, le condensateur C étant déchargé.

23. Déterminer l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension $v_3(t)$; on fera apparaître dans cette équation la pulsation propre, le facteur de qualité et le gain maximal.

On désire obtenir à la fermeture de l'interrupteur des oscillations pseudo-périodiques d'amplitude croissante.

24. A quelle condition sur H_1 cela sera-t-il possible ?
25. Que vaut la fréquence d'oscillation pendant la phase de démarrage ?
26. A quelles conditions la fréquence des oscillations peut-elle être considérée comme égale à la fréquence propre du filtre ?