

Électronique

TD Génération de signaux

May 7, 2020

1 Générateur RC à pont de Wien

Le circuit présenté sur la figure 1 est utilisé pour générer un signal sinusoïdal. Il associe un amplificateur opérationnel avec un gain $A_0 = V_{s,1}/V_{e,1}$ (voir la figure 2), supposé constant pour le moment, et un circuit réactif de fonction de transfert $\beta(j\omega) = V_{s,2}/V_{e,2}$ (voir la figure 3). Les diodes D1 et D2 sont des diodes en silicium de tension de seuil $V_{D0} = 0.6$ V, de résistance série supposée nulle à l'état passant et infinie à l'état bloqué.

On fixe $R_1 = R = 100 \Omega$. Les valeurs de C , R_2 , et R_3 ne sont pas fixées. Pour le moment, l'interrupteur K est fermé.

1. Donner l'expression de $\beta(j\omega)$.
2. Quelle est la condition sur A_0 et $\beta(j\omega)$ pour que le circuit oscille?
3. À partir de cette condition:
 - (a) L'expression de la fréquence d'oscillation f_0
 - (b) La condition sur R_1 et R_2 pour que l'oscillation se maintienne à amplitude constante, sans écrêtage.
4. Application numérique: Donner les valeurs de C et R_2 permettant d'obtenir une oscillation d'amplitude constante à 50 kHz, sans écrêtage.
5. Préciser la valeur de l'amplitude crête du signal de sortie. Comment cette amplitude peut-elle, en pratique, être modifiée ?

Les calculs précédents reposent sur l'hypothèse que le gain A_0 est indépendant de la fréquence. En réalité, l'amplificateur se comporte comme un système du 1^{er} ordre et son gain G dépend de la fréquence, soit :

$$G(j\omega) = G(j2\pi f) = \frac{A_0}{1 + j\frac{f}{F_c}}$$

où F_c est la fréquence de coupure.

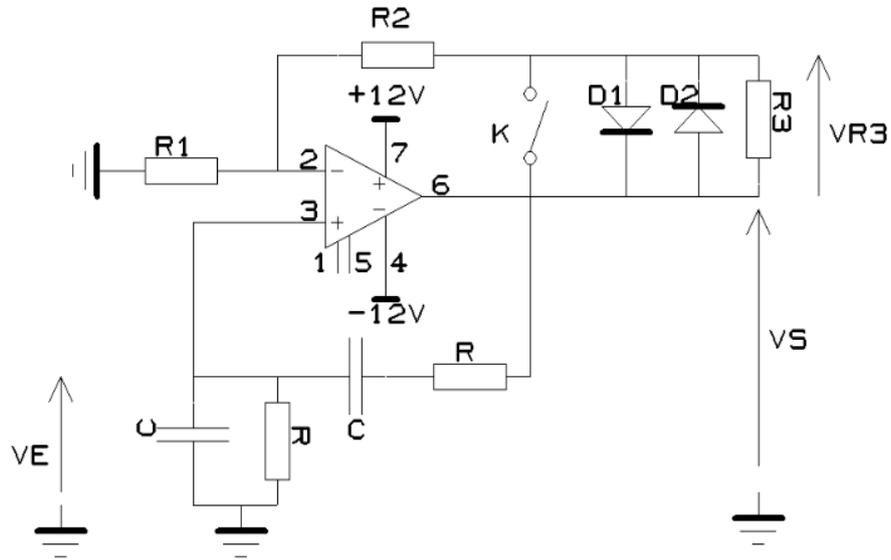


Figure 1: Schéma complet de l'oscillateur.

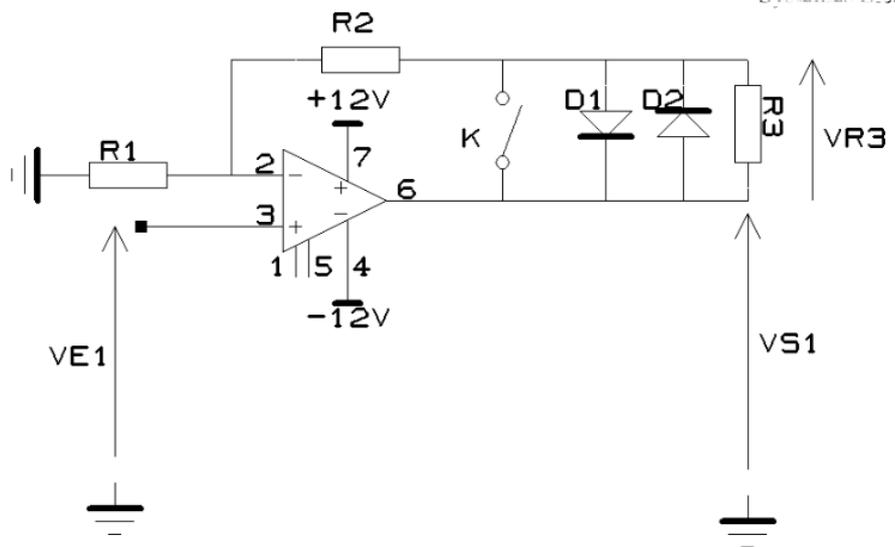


Figure 2: Amplificateur.

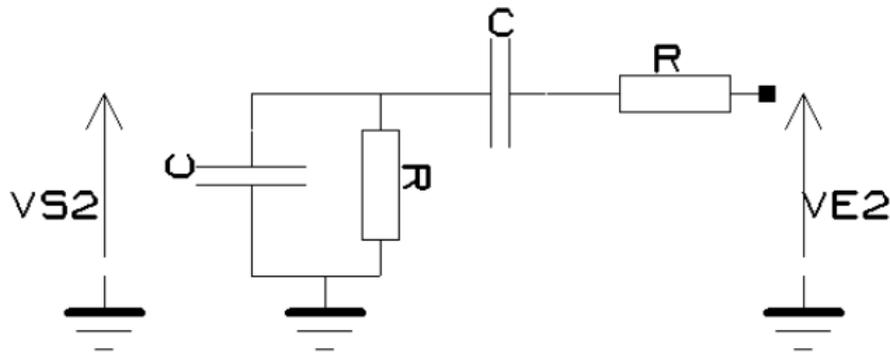


Figure 3: Circuit réactif.

6. On veut que l'oscillateur fonctionne à la fréquence F_c . Quelles sont les valeurs du gain et du déphasage introduits par l'amplificateur à cette fréquence ?
7. En déduire les conditions sur R , C et la valeur de A_0 pour lesquelles le circuit oscille à amplitude constante, sans écrêtage.
8. On utilise un amplificateur opérationnel dont le produit gain-bande passante est de 3 MHz. Déterminer les valeurs de F_c et de C .

A présent, on étudie le fonctionnement du circuit lorsque l'interrupteur est ouvert. La fréquence d'oscillation souhaitée est la même que dans la question 4.

9. Tracer la caractéristique courant-tension de l'une des diodes D_1 ou D_2 .
Pour les 2 questions suivantes, on suppose que D_1 et D_2 sont bloquées.
10. Donner l'expression du gain de l'amplificateur.
11. Donner l'expression de V_{R_3} en fonction de V_{in} .
12. Partant de l'état précédent (D_1 et D_2 bloquées), à quelle condition sur V_e la diode D_2 devient-elle passante ? Quel est alors l'état de D_1 ?
13. Dessiner alors le schéma équivalent de l'amplificateur. En déduire la relation entre V_s , V_e , et V_{D_0} lorsque D_2 est passante et que D_1 bloquante (V_{D_0} étant la tension seuil de la diode).
14. Tracer la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ de l'amplificateur pour $-15 \text{ V} < V_e < 15 \text{ V}$.
15. Quel est l'avantage d'introduire les diodes D_1 et D_2 ? Justifier votre réponse.
16. Quelle condition doit-on satisfaire sur R_3 pour que l'oscillateur démarre ?
17. Donner l'expression de l'amplitude crête $V_{s,max}$ du signal de sortie à la fréquence d'oscillation, en fonction de V_{D_0} , R_1 , et R_2 .