TD 14

Filtrage

Montage à amplificateur opérationnel: filtre passe-bas; passe- haut; passe bande; coupe bande

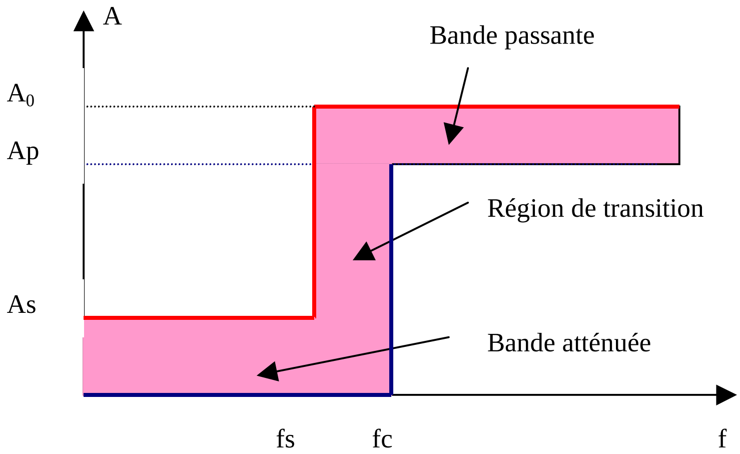
Circuits déphaseurs. Cellules de Sallen-Key; cellules à rebouclages multiples

---

exercice 14.1

On considère le gabarit du filtre passe-haut suivant:

A0 = 0dB; Ap = -1 dB; As = -30 dB. fc = 4 kHz; fs = 8 kHz.



Gabarit du Filtre passe-haut

Quel est l'ordre minimal de ce filtre?

exercice 14.2

On étudie le circuit suivant:

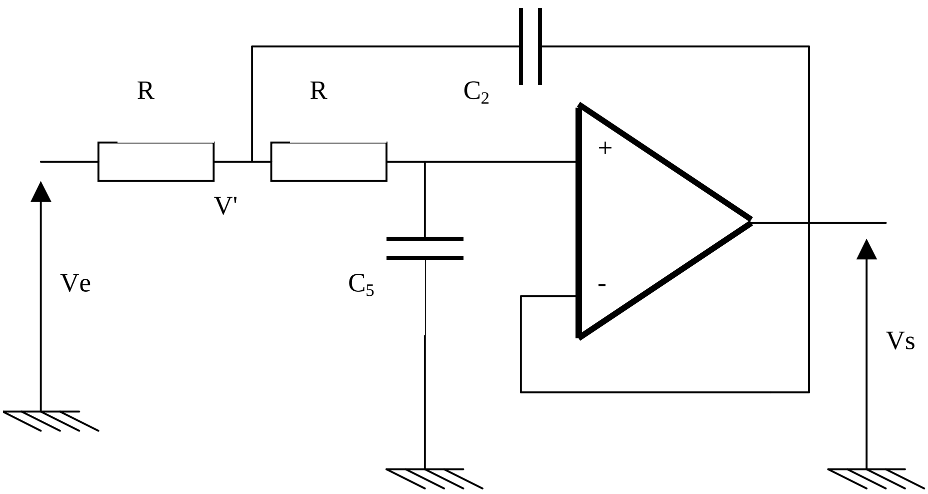
1. Quel est l'ordre de ce filtre?
2. Ce filtre est-il un filtre passe-bas , passe-haut ; passe-bande ou coupe bande?

   On raisonnera en étudiant les propriétés du circuit en fonction de la fréquence sans écrire d'équations.
3. Montrer que ce filtre est à gain unitaire.

4. Etablir la fonction de transfert de ce filtre et montrer qu'elle s'écrit sous la forme suivante:

T(p) = $\dfrac{Vs}{Ve} = \dfrac{1}{R^2 C_1 C_5 p^2 + 2RC_5 p + 1}$ avec p = jω

5. Donner en fonction de R, C1 et C5 l'expression de la fréquence de coupure basse de ce filtre.
6. On veut un filtre de Butterworth ayant une fréquence de coupure de 5 kHz. Déterminer les valeurs de C_1 et C_5 si on prend pour R la valeur de 33 kΩ.



exercice 14.3

Retrouver l'expression de la fonction de transfert donné dans le cours pour le circuit de la figure 19-11.

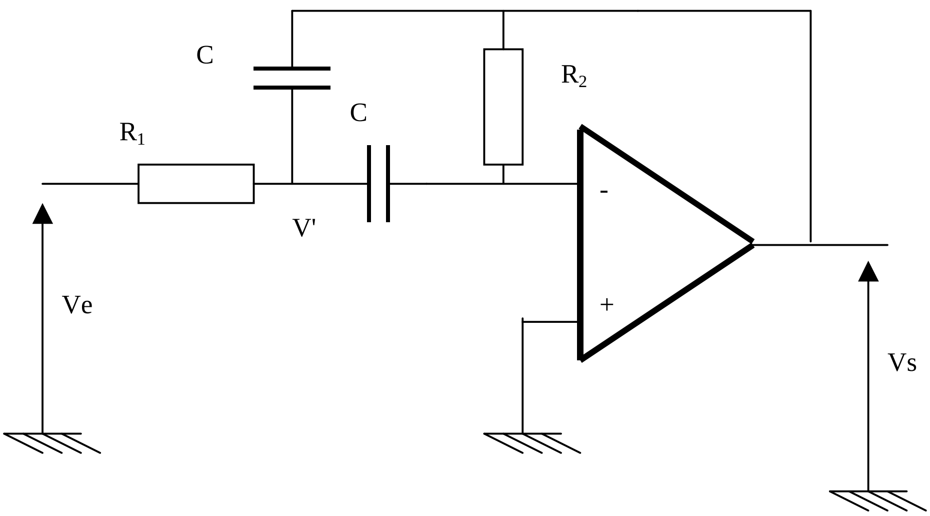


figure 19-11 filtre passe-bande à réactions multiples.

$$T = \frac{-j\frac{1}{Q}\frac{R_2}{2R_1}\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j\frac{1}{Q}\frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

2. On désire réaliser un filtre passe-bande entre 300Hz et 3300 Hz.

   a) préciser la valeur de f0 et de Q.

   b) En déduire la valeur des éléments si C = 10nF.

Réponses 14-1

En traçant la droite passant par les deux points As,fs et Ap, fc on obtient la pente de 29dB/octave. (-1+30)/une octave de fréquence. Sachant que pour un filtre l'ordre est 6ndB on a donc n min = 5. On pourra par exemple choisir n = 6 ce qui laisse une marge supplémentaire car il faut tenir compte de la tolérance des composants et de leurs dérives éventuelles.

Réponses 14-2

1. n = 2.
2. Passe-bas
3. L'ampli est monté en suiveur donc le gain est unitaire.
4. Il faut appliquer Millmann en V'. On a deux équations:

   $V'(2/R+jC_2\omega) = V_e/R+Vs\, jC_2\omega + V_s/R$ et

   $V'=V_s(1+jRC_5\omega)$. Après simplification on obtient: $T = \dfrac{1}{1+j2RC_5\omega - R^2C_2C_5\omega^2}$
5. $fo = \dfrac{1}{2\pi R\sqrt{C_2C_5}}$
6. On doit identifier T avec la fonction de transfert du filtre de Butterworth d'ordre 2.

   On trouve $C_2 = 2C_5$. On en déduit C_5 = 682 pF et C_2 = 1,36 nF.

Réponses 14-3

1. On a V+ = V- = 0.

Il faut encore appliquer Millmann au nœud V' soit:

$V'(1/R_1+2jC\omega) = V_e/R_1+V_sjC\omega$ et $V' = -V_s/jR_2C\omega$

On obtient: $\dfrac{-jR_2C\omega}{1+j2R_1C\omega - R_1R_2C^2\omega^2}$. Le maximum est obtenu pour $-R_2/2R_1$

2.

a) On identifie le dénominateur à celui d'une fonction du second ordre normalisée avec son coefficient de qualité et on trouve $Q = 1/2m = 0{,}5\sqrt{\dfrac{R_2}{R_1}}$ et $\omega_o = \dfrac{1}{\sqrt{R_1R_2}C}$

b) $f_o = \sqrt{300.3300}$ = 995 Hz et Q = 995/3000 = 0,332.

On en déduit R_1/R_2 = 2,27 soit R_2 = 10,6 kΩ et R_1 = 24,1 kΩ