

I.1 Introduction :

Souvent, il est nécessaire d'annuler certaines fréquences ou de ne conserver qu'une bande de fréquences spécifique. C'est notamment la fonction des filtres. Leur rôle est de faire passer ou bloquer une bande précise de fréquences d'un signal alternatif. On utilise les filtres aux :

- systèmes de télécommunication (téléphone, télévision, radio, transmission de données...)
- systèmes d'acquisition et de traitement de signaux physiques (surveillance médicale, ensemble de mesure, radars...) alimentation électrique....

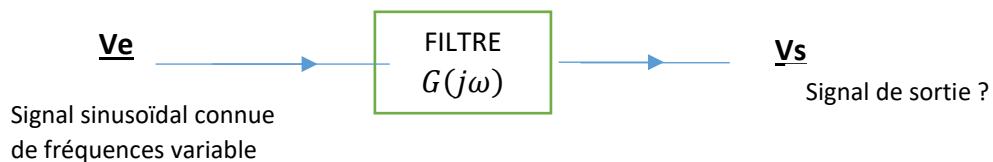
I.2 Définition d'un filtre :

Le filtre est un système qui a une entrée V_e et une sortie V_s , sa fonction principale c'est de filtrer.mais on filtre quoi ?

On filtre les signaux indésirables comme le bruit et les parasites

On général, on filtre des signaux alternatifs, donc on sort de la notation temporelle vers la notation complexe (domaine fréquentiel), donc au lieu de $V_e(t)$ on écrit V_e

La figure suivante montre la représentation graphique simplifiée d'un filtre

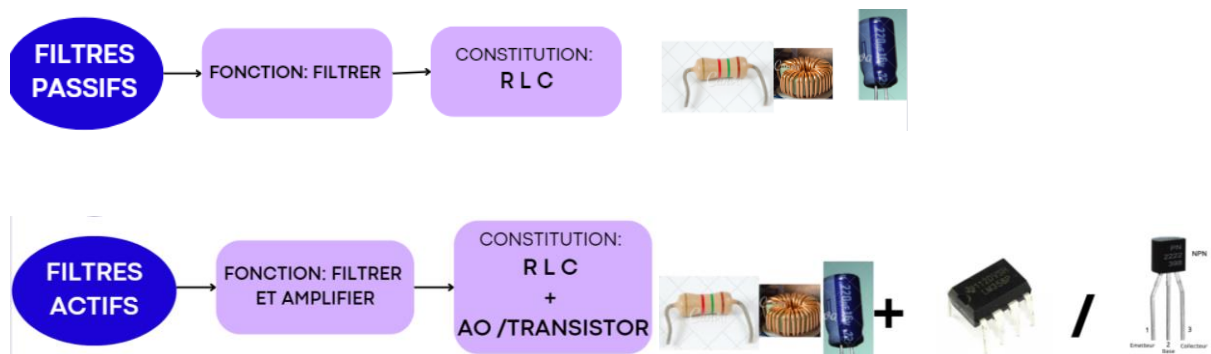


On va étudier la fonction de transfert $G(j\omega) = \frac{V_s}{V_e}$ ou bien le gain complexe (la sortie par rapport à l'entrée en fonction de la fréquence)

Et on va voir si le signal V_s est déphasé en avance ou en retard par rapport au signal V_e .

I.3 Types de Filtre analogique :

On distingue deux familles de filtres :



I.4 Classification des filtres analogiques

L'ordre du filtre indique la quantité de composants de base participant à la construction du filtre. L'indication de l'ordre reflète ainsi la complexité du filtre, il y a les filtres de premier, deuxième et de troisième ordre.

Suivant la tâche principale des filtres de laisser ou ne pas laisser pas certaines fréquences, les filtres se subdivisent en 4 types : **Passé bas**, **Passé haut**, **Passé bande** et **Rejecteur de bande**.

I.4.1- Filtre passif

I.4.1.1 Le filtre Passé-Bas d'ordre 1

On appelle filtre passe-bas un filtre qui, en présence d'un signal multifréquence, laisse passer les fréquences au-dessous de la fréquence de coupure f_c (basses fréquences) pratiquement sans les atténuer, mais affaiblit en revanche la part de fréquences élevées. Au-delà de f_c , la sortie est atténuée de 20 db/décade.

Le symbole de filtre passe-bas est montré dans la (figure 1.a)

Le filtre passe bas de premier ordre est réalisé soit par une résistance en série avec un condensateur (figure 1.b) ou par une inductance et une résistance (figure 1.c)

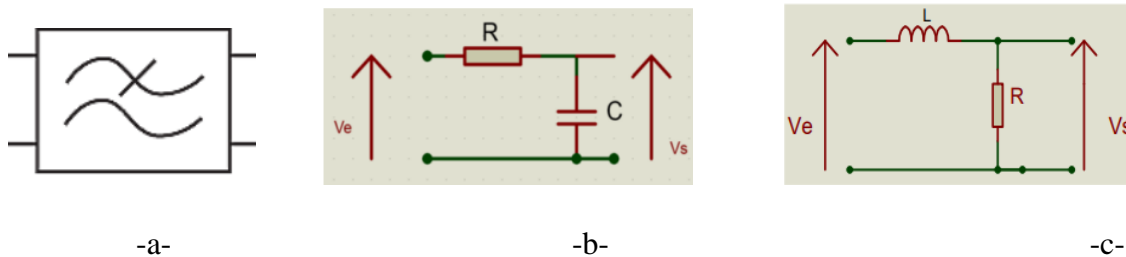


Figure 1- filtre passe-bas de premier ordre

On considère la combinaison RC (figure1-b), ce type de filtre est caractérisé par :

A . La fonction de transfert (gain complexe) $G(j\omega)$:

Selon le diviseur de tension et après simplification on obtient :

$$G(j\omega) = \frac{1}{1+jRC\omega} \quad (1)$$

B. Le Module:

d'après l'expression : $|G(j\omega)|^2 = G \times \bar{G}$, on peut déduire le module :

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(RC\omega)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}} \quad (2)$$

Ou \bar{G} est le conjugué de G

C-Le déphasage $\varphi(\omega)$:

Le déphasage est exprimé par l'argument de la fonction de transfert :

$$\varphi(\omega) = \arg \underline{G}(j\omega) = \arg \left(\frac{1}{1+jRC\omega} \right) = \arg \left(\frac{1-jRC\omega}{(RC\omega)^2+1} \right) = \text{artg}(-Rc\omega) = -\text{artg}(Rc\omega) \quad (3)$$

On rappelle que : $\varphi(\omega) = \arctg \left(\frac{\text{Im}(G(j\omega))}{\text{Re}(G(j\omega))} \right)$

D. Le diagramme de Bode:

On suppose que : $\frac{1}{RC} = \omega_c$ avec ω_c présente la pulsation de coupure

Donc par remplacement dans les équations (1) (2) et (3), on obtient :

- La fonction de transfert : $G(j\omega) = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$
- Le module $\|G\| = \sqrt{\frac{1}{1+(\frac{\omega}{\omega_c})^2}}$
- Le gain en db $G_{dB} = 20\log|G|$
- Le déphasage $\varphi(\omega) = -\text{artg} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$

On trace le diagramme de bode du gain en décibel en fonction de la fréquence de coupure ($f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$) . L'axe des abscisses d'échelle logarithmique (avec ω variable) et l'axe des ordonnées d'échelle linéaire montre le gain en dB

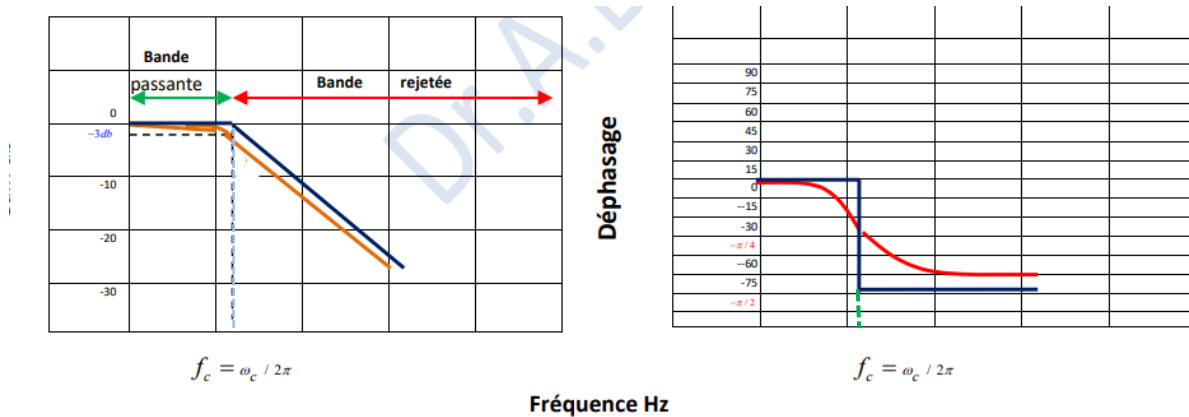


Figure 2- Diagramme de bode et le déphasage

Atténuation est de: -3 db

Pente négative de: -20 db

Le déphasage : 0 en BF

$-\pi/4$ à $\omega = \omega_c$

$-\pi/2$ en HF

La bande passante est la gamme de fréquence non filtrée pour ce type de filtre : **BP = [0, f_c]**

I.4.1.2 Le filtre Passe-Haut d'ordre 1 :

Ce type laisse passer que les fréquences élevées. La structure de ce quadripôle est constituée soit d'un condensateur C et d'une résistance R (figure 3.b) ou d'une inductance L et une résistance R (figure 3.c)

Le symbole de filtre passe haut est montré en dessous (figure 3.a)

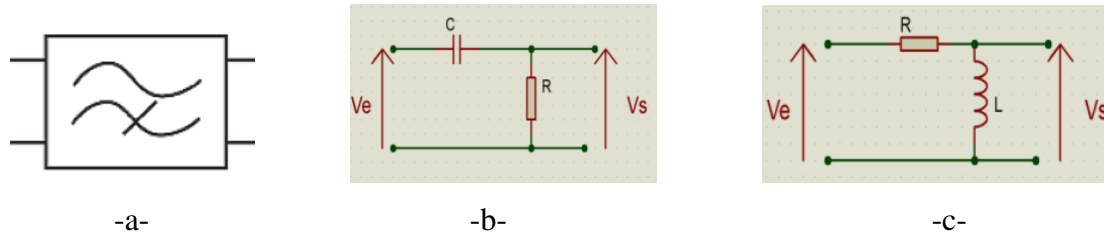


Figure 3- filtre passe haut de premier ordre

On considère la combinaison CR (figure3-b), ce type de filtre est caractérisé par :

A. La fonction de transfert (gain complexe) : dans un filtre passif passe haut CR est donnée par :

$$G(j\omega) = \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega} \tag{4}$$

Autre simplification :

$$G(j\omega) = \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega} = \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega} \left(\frac{1-jRC\omega}{1-jRC\omega} \right) = \frac{jRC\omega + (RC\omega)^2}{1+(RC\omega)^2}$$

B. Le Module :

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega_c}{\omega})^2}} \tag{5}$$

C. Le déphasage :

$$\varphi(\omega) = \text{arg} \left(\frac{jRC\omega + (RC\omega)^2}{1+(RC\omega)^2} \right) = \text{artg} \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right) \tag{6}$$

D. Le diagramme de Bode:

- Le gain en db $G_{dB} = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega_c}{\omega})^2}}$

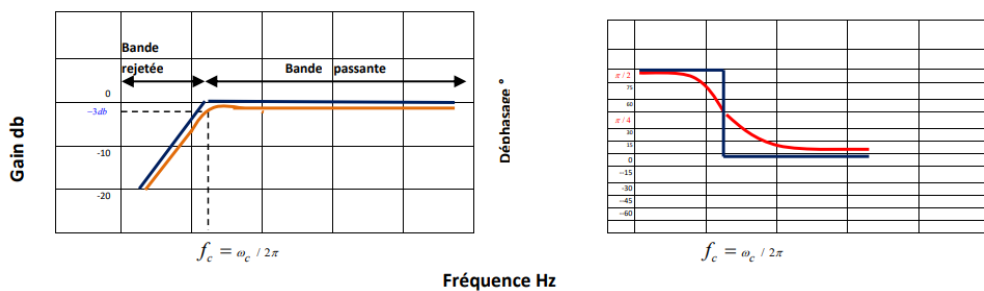


Figure 4- diagramme de bode du filtre passe haut

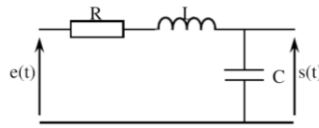
L'atténuation est de -3 db
La pente positive de +20 db

Le déphasage : $\pi / 2$ en BF , $\pi / 4$ à $\omega = \omega_c$ et 0 en HF

La bande passante est la gamme de fréquence non filtrée : BP = $[f_c , \infty[$

I.4.2.1 Le filtre Passe-Bas d'ordre 2

a- par un circuit RLC :

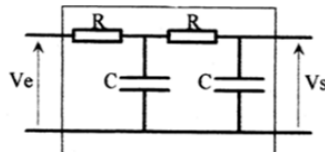


La fonction de transfert est exprimée par :

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{1}{1+jRC\omega-(LC\omega)^2} \quad (13)$$

b-construction par la mise en cascade :

Ce type de filtre est constitué de deux filtres d'ordre 1, considérant le circuit RC suivant :

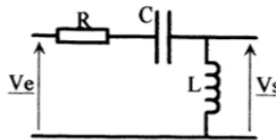


La fonction de transfert est donnée par :

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{1}{1+3jRC\omega-(RC\omega)^2} \quad (14)$$

I.4.2.2 Le filtre Passe-Haut d'ordre 2 :

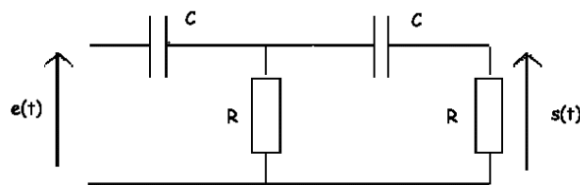
a- par circuit RLC



La fonction de transfert est donnée par :

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{-LC\omega^2}{1+jRC\omega-(LC\omega)^2} \quad (15)$$

b-par la mise en cascade :



La fonction de transfert est donnée par :

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{-LC\omega^2}{1+jRC\omega-(LC\omega)^2} \quad (16)$$

I.4.1.3. Le filtre Passe-bande d'ordre 2

Les filtres passe-bande sont composés de deux éléments : - un élément qui fait chuter la tension de sortie à basse fréquence, et un élément qui fait augmenter la tension de sortie à haute fréquence.

Un circuit passe-bande peut servir à éliminer le bruit du signal, si l'on sait que le signal a des fréquences comprises dans une gamme de fréquences déterminée. C'est aussi un circuit passe-bande qui permet, en radiocommunication, de sélectionner la fréquence radio écoutée.

On pourra avoir un passe-bande avec :

- Un circuit RLC
- Une association en cascade d'un passe-haut et d'un passe-bas
- Des montages spécifiques.



a- étude de circuit RLC

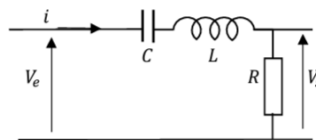


Figure II.22. Filtre passe bande passif

On définit la fonction de transfert de ce circuit par :

$$G(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R}{R + jL\omega - \frac{1}{jC\omega}} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega - LC\omega^2} \quad (7)$$

La forme canonique d'un filtre passe bas d'ordre 2 est exprimée par : $\frac{T_0}{1 + 2mj\frac{\omega}{\omega_c} + \left(j\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}$

avec :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad m = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

On peut définir le module d'après l'équation (7)

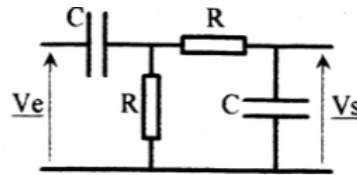
on a :

$$G(j\omega) = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega - LC\omega^2} = \frac{1}{1 + j\left(\frac{L\omega}{R} - \frac{1}{RC\omega}\right)} \quad (8)$$

Donc on obtient :

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L\omega}{R} - \frac{1}{RC\omega}\right)^2}}$$

b- étude de circuit en cascade



On utilise la loi des mailles :

$$\text{Maille 1 : } V_e = Z_c i + R i_1 = Z_c (i_1 + i_2) + R i_1 = (Z_c + R) i_1 + Z_c i_2 \tag{9}$$

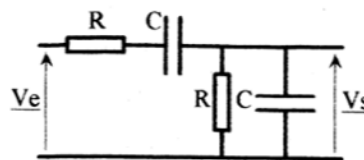
$$\text{Maille 2 : } R i_1 = Z_c i_2 + R i_2 \rightarrow i_1 = \frac{(Z_c + R) i_2}{R} \tag{10}$$

$$\text{Et on a : } V_s = Z_c i_2 \rightarrow i_2 = \frac{V_s}{Z_c} \tag{11}$$

Donc on remplace les équations (10) et (11) dans l'équation (9), on obtient :

$$G(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{RjC\omega}{1 + 3RjC\omega - (RC\omega)^2} \tag{12}$$

En dessous un autre exemple de circuit en cascade (pont de wien) d'un filtre passe bande



1.4.1.4 Filtre coupe bande (rejecteur de bande) d'ordre 2

On reprend le même circuit RLC série du filtre précédent mais la sortie cette fois est prise aux bornes de l'inductance et la capacité en série.

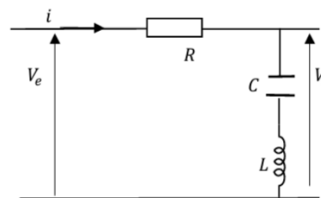


Figure II.24. Filtre coupe bande passif

- On obtient **la fonction de transfert** après calcul :

$$G(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1 - LC\omega^2}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega} \tag{13}$$

- **Le module**

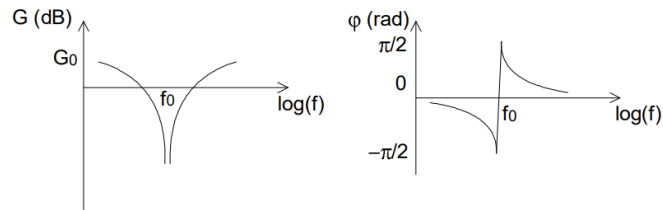
$$|G(\omega)|^2 = \underline{G} \cdot \underline{G}^* = \frac{1 - LC\omega^2}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega} \times \frac{1 - LC\omega^2}{1 - LC\omega^2 - jRC\omega} = \frac{(1 - LC\omega^2)^2}{(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2}$$

$$\text{Donc: } |G(\omega)| = \frac{1 - LC\omega^2}{\sqrt{(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2}} \tag{14}$$

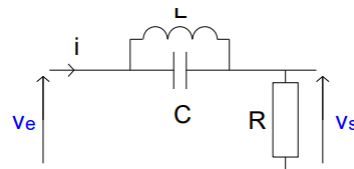
- **Le déphasage**

$$\varphi(\omega) = \arg\left(\frac{1 - LC\omega^2}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega}\right) = -\arctg\left(\frac{RC\omega}{1 - LC\omega^2}\right) \tag{15}$$

- **Le diagramme de Bode**

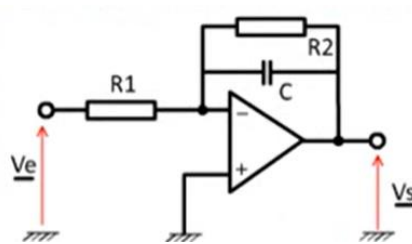


Un autre exemple de circuit coupe bande



I.4.3- Filtre actif d'ordre 1

I.4.3.1 filtre actif passe bas



- **La fonction de transfert**

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{-R_2}{R_1} \frac{1}{1+jR_2C\omega} = \frac{-R_2}{R_1} \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} \tag{16}$$

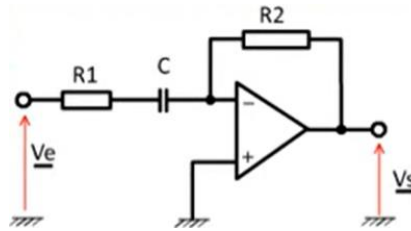
Avec

$$\omega_c = \frac{1}{R_2C} \quad \text{et} \quad \frac{-R_2}{R_1} \text{ représente le gain en tension}$$

- **Le module**

$$|G| = \frac{R_2/R_1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_c})^2}} \tag{17}$$

I.4.3.1 filtre actif passe haut



- La fonction de transfert

$$\underline{G}(j\omega) = \frac{-R_2}{R_1} \frac{jR_1 C \omega}{1 + jR_1 C \omega} = \frac{-R_2}{R_1} \frac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \quad (18)$$

- Le module

$$|G| = \frac{R_2/R_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2}} \quad (18)$$

I.4.4 - Filtre actif d'ordre 2

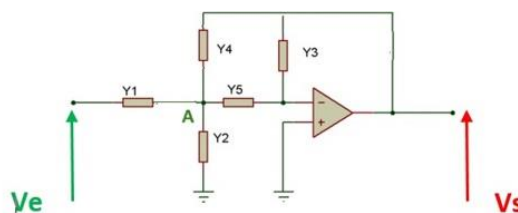
Deux structures sont utilisées pour réaliser des filtres actifs d'ordre 2 : la structure de Rauch et la structure de Sallen & Key, dans les sections suivantes nous étudions en détail la réalisation de filtre passe bas et passe haut à l'aide de ces deux structures.

1.4.4.1-La structure de Rauch

La structure de Rauch est un montage électronique utilisant 5 dipôles d'admittance Y_1 à Y_5 (résistances ou condensateurs) autour d'un amplificateur linéaire :

Rappel : l'admittance est l'inverse de l'impédance $Y=1/Z$

- si un dipôle est une résistance R admittance est : $Y=1/R$
- si un dipôle est un condensateur C son admittance complexe est : $Y=j.C.\omega$



La Structure de Rauch

Afin de déduire la fonction de transfert de la structure de Rauch, nous utilisons en premier lieu le théorème de Millman au point A et en deuxième lieu à l'entrée inverseuse de l'AOP.

Remarque : L'AOP est en régime linéaire puisque il y a une contre réaction branchée à la borne négative du L'AOP, ce que signifie que $V^+ = V^-$.

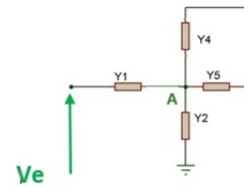
Aussi V^+ est connecté à la masse donc $V^+ = 0$ ce qui nous donne aussi que $V^- = 0$

- Par l'application du théorème de millman au point A nous obtenons V_A :

$$V_A = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot Y_4 + V^- \cdot Y_5 + 0 \cdot Y_2}{Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2} = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot Y_4 + 0 \cdot Y_5 + 0 \cdot Y_2}{Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2}$$

Donc :

$$V_A = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot Y_4}{Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2} \tag{19}$$

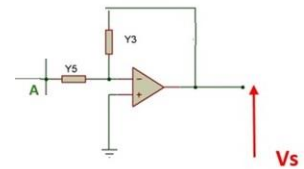


- Par l'application du théorème de millman au point de l'entrée inverseuse de l'AOP, nous obtenons V^- :

$$V^- = \frac{V_s \cdot Y_3 + V_A \cdot Y_5}{Y_3 + Y_5} = 0$$

Donc :

$$V_A = \frac{-V_s \cdot Y_3}{Y_5} \tag{20}$$



En introduisant l'expression (20) dans l'expression (19), on obtient :

$$\frac{-V_s \cdot Y_3}{Y_5} = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot Y_4}{Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2}$$

$$-V_s \cdot Y_3 (Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2) = V_e \cdot Y_1 \cdot Y_5 + V_s \cdot Y_4 \cdot Y_5$$

On obtient finalement la fonction de transfert de la structure de Rauch :

$$\frac{V_s}{V_e} = T = \frac{-Y_1 Y_5}{Y_4 Y_5 + Y_3 (Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2)} \tag{21}$$

Remarque 1 :

En utilisant la structure de Rauch, il est possible d'obtenir un filtre passe bas, un filtre passe haut, un filtre passe bande et un filtre coupe-bande en sélectionnant les admittances Y_1 à Y_5

A. Filtre passe bas à structure de Rauch :

Afin d'obtenir un filtre passe-bas à partir de la structure de Rauch, on doit comparer la forme canonique de filtre passe bas d'ordre 2 avec la fonction de transfert de structure de rauch (21).

La forme canonique de filtre passe bas d'ordre 1 s'écrit sous la forme :

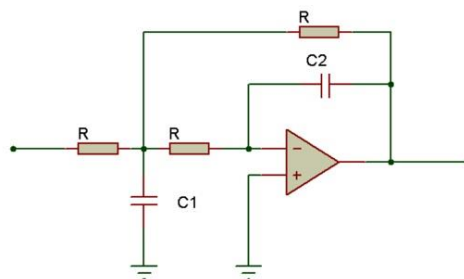
$$T = \frac{T_0}{1 + 2mj \frac{\omega}{\omega_c} + \left(j \frac{\omega}{\omega_c}\right)^2} \tag{22}$$

- Par identification entre les équations (21) et (22), le numérateur soit réel donc Y_1 et Y_5 sont les admittances d'une résistance

- Le dénominateur soit une somme de partie réel et une autre partie complexe (contient une somme de partie complexe et une partie d'ordre 2 :
 - le produit $Y_4 \cdot Y_5$ doit être réel et lorsque Y_5 est réel alors Y_4 est réel donc Y_4 est l'admittance d'une résistance
 - le produit $Y_3(Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2)$ doit être complexe pour obtenir la partie complexe alors Y_3 est imaginaire donc Y_3 est l'admittance d'un condensateur
 - et pour obtenir l'ordre 2 il faut que le produit $Y_3 Y_2$ soit imaginaire donc l'admittance Y_2 est un condensateur
- maintenant on obtient le montage du filtre passe bas on remplaçant les admittances Y_1, Y_5 et Y_4 et par des résistances avec : $Y_1 = Y_5 = Y_4 = \frac{1}{R}$

Et les admittances Y_3 et Y_2 par des condensateurs avec : $Y_3 = j c_2 \omega$ et $Y_2 = j c_1 \omega$

La figure suivante montre le circuit du filtre passe bas à partir de structure de Rauch.



Filtre passe bas ordre 2 à structure de Rauch

- enfin, À partir de l'expression (21) de la fonction de transfert de la structure de rauch, on déduit la fonction de transfert de filtre passe bas :

$$\frac{V_s}{V_e} = T = \frac{-\frac{1}{R^2}}{\frac{1}{R^2} + j c_2 \omega \left(\frac{3}{R} + j c_1 \omega \right)} = \frac{-1}{1 + 3 j R c_2 \omega + j^2 c_1 c_2 R^2 \omega^2} \quad (23)$$

Et par identification à la forme canonique on a :

$$T_0 = -1$$

$$\begin{cases} 3 j R c_2 \omega = 2 m j \frac{\omega}{\omega_c} \\ j^2 c_1 c_2 R^2 \omega^2 = \left(j \frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \end{cases} \rightarrow \omega_c = \frac{1}{R \sqrt{c_1 c_2}} \quad \text{et} \quad m = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{c_2}{c_1}}$$

B. Filtre passe haut à structure de Rauch :

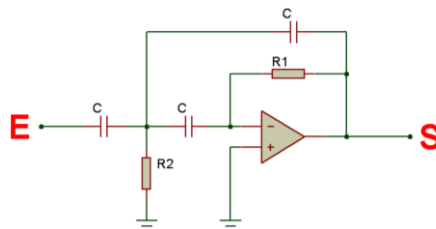
Pour obtenir un filtre passe-haut à partir de la structure de Rauch ,on doit suivre les mêmes démarches de la section précédente. L'identification de l'équation 21 avec la forme canonique de filtre passe haut d'ordre 2 ets exprimée sous la forme suivante :

$$\underline{T} = \frac{-(j\frac{\omega}{\omega_c})^2}{1+2mj\frac{\omega}{\omega_c}+(j\frac{\omega}{\omega_c})^2} \tag{24}$$

- le numérateur doit être imaginaire de puissance 2 donc Y_1 et Y_5 sont les admittances d'un condensateur ($Y_1 = Y_5 = j\omega C$).
- Le dénominateur soit une somme de partie réel et une autre partie complexe :
 - Pour obtenir l'ordre 2 le produit $Y_4 \cdot Y_5$ doit être imaginaire pur et lorsque Y_5 est imaginaire alors Y_4 est imaginaire donc Y_4 est l'admittance d'un condensateur
 - le produit $Y_3(Y_1 + Y_4 + Y_5 + Y_2)$ doit être complexe d'une partie réel et d'une partie imaginaire et lorsque Y_1, Y_5 et Y_4 sont des admittances des condensateurs alors pour obtenir la partie imaginaire Y_3 doit être réel Y_3 (admittance d'une résistance). Et pour obtenir la partie réelle Y_2 doit être réel donc admittance d'une résistance.
- maintenant on obtient le montage du filtre passe haut on remplaçant les admittances Y_1, Y_5 et Y_4 et par des condensateurs avec : $Y_1 = Y_5 = Y_4 = j\omega C$

Et les admittances Y_3 et Y_2 par des résistances avec : $Y_3 = \frac{1}{R_1}$ et $Y_2 = \frac{1}{R_2}$

La figure suivante montre le circuit du filtre passe haut à partir de structure de Rauch.



Filtre passe haut ordre 2 à structure de Rauch

- enfin, À partir de l'expression (21) de la fonction de transfert de la structure de Rauch, on déduit la fonction de transfert de filtre passe-haut :

$$\frac{V_s}{V_e} = \underline{T} = \frac{-(jC\omega)^2 R_1 R_2}{1+3j\omega C R_2+(jC\omega)^2 R_1 R_2} = \frac{-(j\frac{\omega}{\omega_c})^2}{1+2mj\frac{\omega}{\omega_c}+(j\frac{\omega}{\omega_c})^2} \tag{25}$$

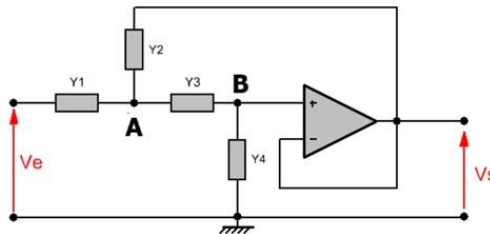
Avec :

$$\begin{cases} (jC\omega)^2 R_1 R_2 = (j\frac{\omega}{\omega_c})^2 \\ 3j\omega C R_2 = 2m\frac{\omega}{\omega_c} \end{cases} \rightarrow \omega_c = \frac{1}{C\sqrt{R_1 R_2}} \quad \text{et} \quad m = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$$

1.4.4.2 La structure de Sallen & Key

La structure de Sallen & Key se compose de 4 dipôles d'admittance Y_1 à Y_4 (résistances ou condensateurs) connectés à d'un amplificateur linéaire branché en suiveur :

Remarque : vous avez le choix d'utiliser les impédances ou les admittances



Afin de déduire la fonction de transfert de la structure de Sallen & Key, nous utilisons en premier lieu le théorème de Millman au point **A** et en deuxième lieu au point **B**.

Remarque :

On rappelle que L'AOP est en régime linéaire puisque il y a une contre réaction branchée à la borne négative du L'AOP, ce que signifie que $V^+ = V^-$ aussi l'AOP est branché en suiveur donc $V^- = V_s$ ce qui nous donne aussi que $V^+ = V_s$

- Par l'application du théorème de millman au point A nous obtenons V_A :

$$V_A = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot Y_2 + V^+ \cdot Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} = \frac{V_e \cdot Y_1 + V_s \cdot (Y_2 + Y_3)}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \quad (26)$$

- Par l'application du théorème de millman au point B, nous obtenons V^+ :

$$V^+ = V_s = \frac{V_A \cdot Y_3 + 0 \cdot Y_4}{Y_3 + Y_4}$$

Donc :

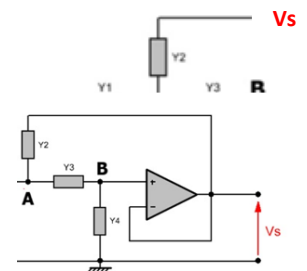
$$V_A = \frac{V_s \cdot (Y_3 + Y_4)}{Y_3} \quad (27)$$

En introduisant l'expression (27) dans l'expression (26), On obtient finalement la fonction de transfert de la structure de **Sallen & Key** :

$$\frac{V_s}{V_e} = \underline{T} = \frac{Y_1 Y_3}{Y_1 Y_3 + Y_4 (Y_1 + Y_2 + Y_3)} \quad (28)$$

Remarque2 :

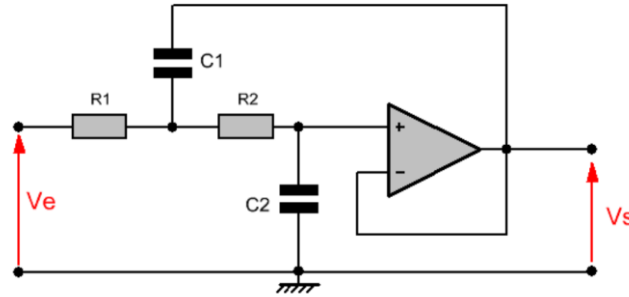
En utilisant la structure de Sallen & key, il est possible d'obtenir un filtre passe bas, un filtre passe haut, un filtre passe bande et un filtre coupe-bande en sélectionnant les admittances Y_1 à Y_4



A. Filtre passe bas à structure de Sallen & Key :

Nous appliquons les mêmes démarches utilisées dans la réalisation d'un filtre passe bas à partir de la structure de Rauch, nous obtenons un filtre passe bas par l'identification de la fonction de transfert (28) avec la forme canonique d'un filtre passe bas d'ordre 2 (22)

Les admittances Y_1 et Y_3 doit d'être de résistances ($Y_1 = \frac{1}{R_1}$ et $Y_3 = \frac{1}{R_2}$) et les admittances Y_2 et Y_4 doit être des condensateurs ($Y_2 = jc_1\omega$ et $Y_4 = jc_2\omega$)



En remplaçant dans l'équation de la fonction de transfert (28) chaque admittance par son expression :

$$\frac{V_s}{V_e} = T = \frac{\frac{1}{R_1} \frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} \frac{1}{R_2} + jc_2\omega \left(\frac{1}{R_1} + jc_1\omega + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (29)$$

On obtient après calcul la fonction de transfert de filtre passe-bas à partir de structure Sallen & Key :

$$T = \frac{1}{1 + jc_2\omega(R_1 + R_2) + j^2\omega^2c_1c_2R_1R_2} \quad (30)$$

Qui est sous la forme canonique $\frac{T_0}{1 + 2mj\frac{\omega}{\omega_c} + \left(j\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}$

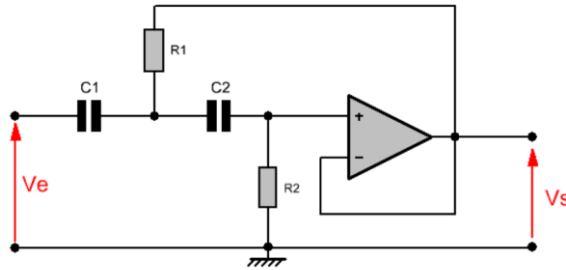
avec :

$$\begin{cases} T_0 = 1 \\ jc_2\omega(R_1 + R_2) = 2mj\frac{\omega}{\omega_c} \\ j^2\omega^2c_1c_2R_1R_2 = \left(j\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 \end{cases} \rightarrow \omega_c = \frac{1}{\sqrt{c_1c_2R_1R_2}} \quad \text{et} \quad m = \frac{c_2(R_1 + R_2)}{2\sqrt{c_1c_2R_1R_2}}$$

B. Filtre passe haut à structure de Sallen & Key :

nous obtenons un filtre passe haut par l'identification de la fonction de transfert (28) avec la forme canonique d'un filtre passe haut d'ordre 2 (équation 24)

Les admittances Y_1 et Y_3 doit d'être des condensateurs ($Y_1 = jc_1\omega$ et $Y_3 = jc_2\omega$) et les admittances Y_2 et Y_4 doit être des résistances ($Y_2 = \frac{1}{R_1}$ et $Y_4 = \frac{1}{R_2}$)



En remplaçant dans l'équation de la fonction de transfert (28) chaque admittance par son expression, On obtient après calcul la fonction de transfert de filtre passe bas à partir de structure Sallen & Key :

$$\underline{T} = \frac{c_1 c_2 R_1 R_2 j^2 \omega^2}{1 + j\omega R_1 (c_1 + c_2) + j^2 \omega^2 c_1 c_2 R_1 R_2} \quad (31)$$

Par identification de la forme canonique $\frac{-(j\frac{\omega}{\omega_c})^2}{1 + 2mj\frac{\omega}{\omega_c} + (j\frac{\omega}{\omega_c})^2}$

nous trouvant :

$$\begin{cases} j\omega R_1 (c_1 + c_2) = 2mj \frac{\omega}{\omega_c} \\ j^2 \omega^2 c_1 c_2 R_1 R_2 = \left(j \frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 \end{cases} \rightarrow \omega_c = \frac{1}{\sqrt{c_1 c_2 R_1 R_2}} \quad \text{et} \quad m = \frac{R_1 (c_1 + c_2)}{2\sqrt{c_1 c_2 R_1 R_2}}$$