UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie électrique et génie informatique

ARCHIVE DE CALCULS

APP6

Présenté à
Lefebvre, Roch
Gouin, Jean-Philippe
Ramzi, Abdelaziz

Présenté par
Équipe numéro 40
Louis-Antoine Gagnon – gagl1353
Zakary Romdhane – romz6050

Sherbrooke – 25 mars 2025

1. FORMULATION DES SIGNAUX AUX POINTS ① ET ②

1.1 POINT ①

$$\text{Évaluation pour onde source à } A = 0{,}25; \omega = 5000\pi; \phi = 0$$

$$R = R_{15} = R_{16}$$

1.1.1 PASSE-HAUT

$$H(s) = \frac{-s^2}{s^2 + \frac{3s}{R_{13}C} + \frac{1}{R_{12}R_{13}C^2}}$$

$$\Rightarrow G(\omega) = |H(j\omega)|\Big|_{\omega=5000\pi} = \frac{\omega^2}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{12}R_{13}C^2} - \omega^2\right)^2 + \left(\frac{3\omega}{R_{13}C}\right)^2}}$$

$$= \frac{(5000\pi)^2}{\sqrt{\left(\frac{1}{75k \cdot 340k \cdot 10^{-18}} - (5000\pi)^2\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot 5000\pi}{340k \cdot 10^{-18}}\right)^2}} = 0{,}9887$$

$$\Rightarrow \angle H(j\omega)|_{\omega=5000\pi} = 180 - \tan^{-1}\left(\frac{\frac{3\omega}{R_{13}C}}{\frac{1}{R_{12}R_{13}C^2} - \omega^2}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{\frac{3 \cdot 5000\pi}{340k \cdot 10^{-9}}}{\frac{1}{75k \cdot 340k \cdot 10^{-18}} - (5000\pi)^2}\right) = -0{,}5888$$

1.1.2 PASSE-BAS

$$H(s) = \frac{-\frac{1}{RR_{17}C_7C_8}}{s^2 + \frac{(R - 2R_{17})s}{RR_{17}C_7} + \frac{1}{RR_3C_2C_3}}$$

$$\Rightarrow G(\omega) = |H(j\omega)|\Big|_{\omega=5000\pi} = \frac{\frac{1}{RR_{17}C_7C_8}}{\sqrt{\left(\frac{1}{RR_{17}C_7C_8} - \omega^2\right)^2 + \left(\frac{(R - 2R_{17})\omega}{RR_{17}C_7}\right)^2}} = 0{,}9705$$

$$\Rightarrow \angle H(j\omega)|_{\omega=5000\pi} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{(R-2R_{17})\omega}{RR_{17}C_7}}{\frac{1}{RR_{17}C_7C_8}-\omega^2}\right) = 0{,}7556$$

1.1.3 SIGNAL FINAL

$$A_1 = 0{,}25 \cdot 0{,}9887 \cdot 0{,}9705 \approx 0{,}24$$

$$\phi_1 = 0 - (0{,}7556 - 0{,}5888) \approx 0{,}1668$$

1.2 POINT ②

$$H(s) = \frac{-s^2}{s^2 + \frac{3s}{R_{13}C} + \frac{1}{R_{12}R_{13}C^2}}$$

1.2.1 APPLICATION ÉCHELON

$$x(t) = u(t)$$

$$\Rightarrow X(s) = \frac{1}{s}$$

$$Y(s) = X(s) \cdot H(s) = \frac{-s}{s^2 + \frac{3s}{R_{13}C} + \frac{1}{R_{12}R_{13}C^2}}$$

$$\Rightarrow y(t) = re^{-at}\cos(bt+\theta)\,u(t)$$

$$Pour\ \frac{As+B}{s^2+2as+c}:$$

$$r = \sqrt{\frac{A^2c + B^2 - 2ABa}{c-a^2}} = 1{,}406$$

$$b = \sqrt{c-a^2} = 31150$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Aa-B}{A\sqrt{c-a^2}}\right) = 0{,}7855$$

$$\Rightarrow y(t) = 1{,}406e^{-31105t}\cos(31150t + 0{,}7855)$$

1.2.2 APPLICATION PULSE CARRÉ

Lorsque l'on applique un pulse carré, par exemple un pulse de 1 V d'une durée de 0,5 msec, la sortie du filtre correspond à la sortie d'une fonction échelon de même amplitude à laquelle on soustrait une fonction échelon décalée d'un certain délai (dans notre cas 0,5 msec). Comme les filtres sont de nature linéaire, on peut se résoudre à faire la soustraction après avoir obtenu les résultats de sortie $y_1(t)$ et $y_2(t - 0{,}0005)$ pour faciliter les calculs. On peut simplifier encore plus les calculs étant donné que les deux fonctions à soustraire sont des échelons décalés l'une par rapport à l'autre. En appliquant la fonction de transfert à l'échelon sans décalage, on obtient y(t) qu'on peut aussi évaluer à y(t – 0,0005). Cela est possible car les fonctions de transfert ne dépendent pas du domaine du temps mais plutôt des fréquences alors la réponse de l'échelon commençant à un certain délai sera la même que l'échelon régulier, seulement décalée sur l'axe du temps.

2. FONCTIONS DE TRANSFERT DES FILTRES

2.1 BASE POUR LES ANALYSES DE FILTRES

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_3 = I_5$$

2.2 PASSE-BAS 700HZ

$$R_1 = R_2 = R$$

$$\Rightarrow \frac{V_e - V_x}{R} = \frac{V_x}{\frac{1}{Cs}} + \frac{V_x}{R_3} + \frac{V_x - V_s}{R}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = V_x\left(\frac{R}{\frac{1}{C_2 s}} + \frac{R}{R_3} + 2\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_x - 0}{R_3} = \frac{0 - V_s}{\frac{1}{C_3 s}}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{-V_s R_3}{\frac{1}{C_3 s}}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = \frac{-V_s R_3}{\frac{1}{C_3 s}}\left(\frac{R}{\frac{1}{C_2 s}} + \frac{R}{R_3} + 2\right)$$

$$\Rightarrow V_e = V_s\left(\frac{RR_3}{\frac{1}{C_2 C_3 s^2}} - \frac{R - 2R_3}{\frac{1}{C_3 s}} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{-1}{RR_3 C_2 C_3 s^2 + (R - 2R)C_3 s + 1}$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\frac{V_s}{V_e} = H(s) = \frac{-\frac{1}{RR_3 C_2 C_3}}{s^2 + \frac{(R - 2R)s}{RR_3 C_2} + \frac{1}{RR_3 C_2 C_3}}}$$

2.3 Passe-haut 1000hz

$$C_9 = C_{10} = C_{11} = C$$

$$\Rightarrow \frac{V_e - V_x}{\frac{1}{Cs}} = \frac{V_x}{R_{26}} + \frac{V_x}{\frac{1}{Cs}} + \frac{V_x - V_s}{\frac{1}{Cs}}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = V_x\left(\frac{1}{R_{26} sC} + 3\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_x - 0}{\frac{1}{Cs}} = \frac{0 - V_s}{R_{27}}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{-V_s}{R_{27} Cs}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = \frac{-V_s}{R_{27} Cs}\left(\frac{1}{R_{26} Cs} + 3\right)$$

$$\Rightarrow V_e = V_s\left(\frac{-1}{R_{26} R_{27} C^2 s^2} - \frac{3}{R_{27} Cs} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\frac{V_s}{V_e} = H(s) = \frac{-s^2}{s^2 + \frac{3s}{R_{27} C} + \frac{1}{R_{26} R_{27} C^2}}}$$

2.4 PASSE-BAS 5000HZ (PASSE-BANDE)

$$R_{15} = R_{16} = R$$

$$\Rightarrow \frac{V_e - V_x}{R} = \frac{V_x}{\frac{1}{C_7 s}} + \frac{V_x}{R_{17}} + \frac{V_x - V_s}{R}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = V_x\left(\frac{R}{\frac{1}{C_7 s}} + \frac{R}{R_{17}} + 2\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_x - 0}{R_3} = \frac{0 - V_s}{\frac{1}{C_8 s}}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{-V_s R_{17}}{\frac{1}{C_8 s}}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = \frac{-V_s R_{17}}{\frac{1}{C_8 s}}\left(\frac{R}{\frac{1}{C_7 s}} + \frac{R}{R_{17}} + 2\right)$$

$$\Rightarrow V_e = V_s\left(\frac{R R_{17}}{\frac{1}{C_7 C_8 s^2}} - \frac{R - 2R_{17}}{\frac{1}{C_8 s}} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{-1}{R R_{17} C_7 C_8 s^2 + (R - 2R) C_8 s + 1}$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\frac{V_s}{V_e} = H(s) = \frac{-\frac{1}{R R_{17} C_7 C_8}}{s^2 + \frac{(R - 2R_{17})s}{R R_{17} C_7} + \frac{1}{R R_{17} C_7 C_8}}}$$

2.5 PASSE-HAUT 7000HZ (PASSE-BANDE)

$$C_4 = C_5 = C_6 = C$$

$$\Rightarrow \frac{V_e - V_x}{\frac{1}{Cs}} = \frac{V_x}{R_{12}} + \frac{V_x}{\frac{1}{Cs}} + \frac{V_x - V_s}{\frac{1}{Cs}}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = V_x\left(\frac{1}{R_{12}sC} + 3\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_x - 0}{\frac{1}{Cs}} = \frac{0 - V_s}{R_{13}}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{-V_s}{R_{13}Cs}$$

$$\Rightarrow V_e + V_s = \frac{-V_s}{R_{13}Cs}\left(\frac{1}{R_{12}Cs} + 3\right)$$

$$\Rightarrow V_e = V_s\left(\frac{-1}{R_{12}R_{13}C^2s^2} - \frac{3}{R_{13}Cs} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\frac{V_s}{V_e} = H(s) = \frac{-s^2}{s^2 + \frac{3s}{R_{13}C} + \frac{1}{R_{12}R_{13}C^2}}}$$

3. CALCUL DES COMPOSANTES PASSE-HAUT

3.1 FILTRE

$$En\ admettant\ la\ forme\ de\ base\ H(s) = \frac{Ks^2}{s^2 + \frac{\omega_c s}{Q} + \omega_c^2},$$

$$\frac{3s}{R_{27}C} = \frac{\omega_c s}{Q}$$

$$\Rightarrow R_{27} = \frac{3Q}{\omega_c C}$$

$$\Rightarrow R_{27} = \frac{3 \cdot 0{,}707}{2\pi \cdot 7000} = 48224\Omega \approx 48700\Omega \text{ où } Q = 0{,}707 \; car\; filtre\; Butterworth$$

$$\omega_c^2 = \frac{1}{R_{26} R_{27} C^2}$$

$$\Rightarrow R_{26} = \frac{1}{R_{27} C^2 \omega_c^2}$$

$$\Rightarrow R_{26} = \frac{1}{48224 \cdot (2\pi \cdot 7000)^2 \cdot (10^{-9})^2} = 10720\Omega \approx 10700\Omega$$

3.2 Gain

$Par\ simulation\ on\ trouve\ qu'on\ doit\ appliquer\ un\ gain\ de$ 0,78 à $la\ sortie\ du\ filtre. Donc,$

$$R_{25} = 0{,}78^{-1} \cdot 47500 = 60897\Omega \approx 60400\Omega$$

4. Conclusion

$$H_{Bas}(s) \cong \frac{1.93e7}{1 \cdot s^2 + 6.22e3 \cdot s + 1.93e7}$$

$$H_{Haut}(s) \cong \frac{1 \cdot s^2}{1 \cdot s^2 + 6.22e4 \cdot s + 1.93e9}$$

$$H_{Bande}(s) \cong \frac{9.87e8 \cdot s^2}{1 \cdot s^4 + 5.33e4 \cdot s^3 + 1.42 \cdot s^2 + 1.05e13 \cdot s + 3.90e16}$$