Devoir : Sythèse du fitres

Prénom Français : Vincent
Nom Chinois : Pengfei CAI
Numéro d'étudiant : SY1724107

1. Filtre passe-bas

1. On a la fonction de transfert réelle après dénormalisation. Pour une section unique on a :

$$H_{PB}(s) = \frac{\Omega_{PB}^2}{s^2 + \frac{\Omega_{PB}}{Q} s + \Omega_{PB}^2}$$

Où $\Omega_{PB} = w_0 \Omega_{PBN}$, $Q = Q_{PBN}$. On sait aussi que $\Omega_{PBN} = 1$, $Q_{PBN,1} = 1.3065$, $Q_{PBN,2} = 0.541196$. Donc on a $\Omega_{PB} = w_0$ et $Q_1 = 1.3065$, $Q_2 = 0.541196$.

En autre part, on sait la fonction de transfert du circuit électroniaue utilisé pour le fitre s'écrit comme :

$$H_{PB}(s) = K \frac{w_0^2}{s^2 + s \frac{w_0}{Q} + w_0^2}$$

Où $w_0 = \frac{1}{C\sqrt{R_2(R_4 + 5\ k\Omega)}}$, $K = -\frac{R_2}{R_1}\left(\frac{R_X}{R_Y}\right)$, $Q = \frac{R_3}{\sqrt{R_2(R_4 + 5\ k\Omega)}}\left(\frac{R_Y}{R_X}\right)$. On suppose que $R_4 + 5\ k\Omega = R_2$.

$$w_0 = \frac{1}{CR_2} = 2\pi f_0$$

Et on sait que $f_0 = 1kHz$. Donc on a

$$R_2 = \frac{1}{2\pi C f_0} \approx 2M\Omega$$

Puis on a $R_4 = R_2 - 5k\Omega = 1.995M\Omega$.

Pour le premier section. $R_3 = QR_2\left(\frac{R_X}{R_Y}\right)$. On sait que $R_X = 14k\Omega$, et $R_Y = 70k\Omega$, donc $R_3 = 522.6k\Omega$. Ensuite on a $R_1 = \frac{R_2}{K}\left(\frac{R_X}{R_Y}\right)$. D'après l'égalisation des paramètres, on a $K = 1$. Donc on a $R_1 = 400k\Omega$.

En conclusion, pour la première section, on a :

$$R_1 = 400k\Omega$$
$$R_2 = 2M\Omega$$
$$R_3 = 522.6k\Omega$$
$$R_4 = 1.995M\Omega$$

De la même manière, pour la deuxième section, en sachant que $Q_2 = 0.541196$ on a

$$R_1 = 400k\Omega$$
$$R_2 = 2M\Omega$$
$$R_3 = 216.48k\Omega$$
$$R_4 = 1.995M\Omega$$

Première Simulation

On simule le comportement des deux étages du filtres dimensionné séparément. Pour des signaux d'amplitude 1 qui ont des fréquences entre 0.1 kHz et 10 kHz. On a le résultat de la première section dans Figure 1.

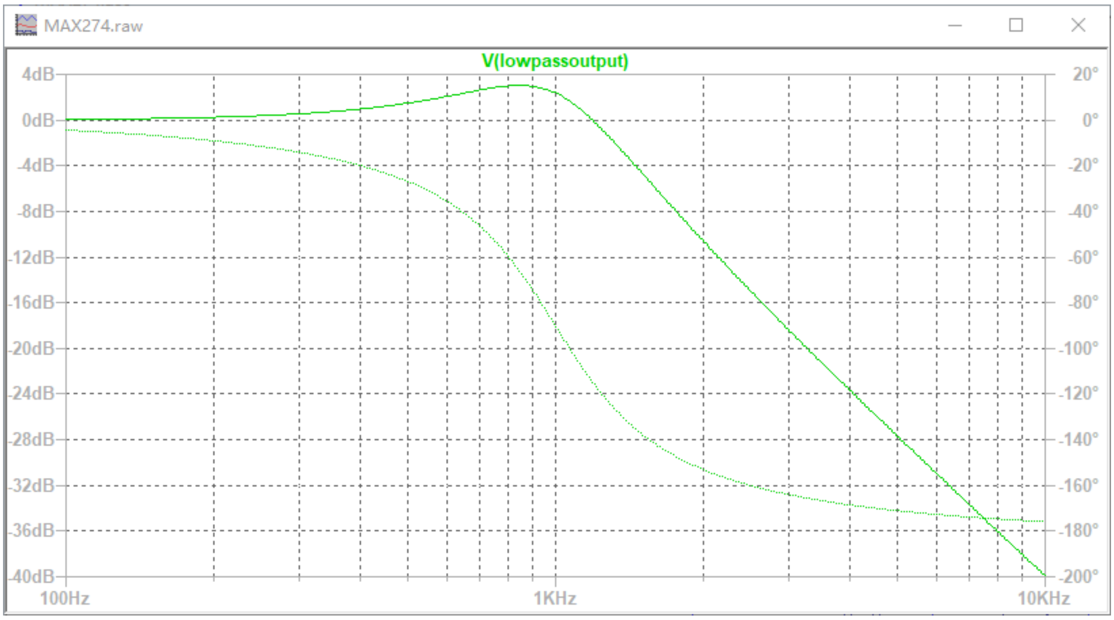

Figure 1

C'est bien une fonction de transfert du deuxième ordre. D'après le diagramme de phase on trouve la fréquence propre est 1kHz parce que pour $w = w_0$ c'est-à-dire $f = f_0$. On a

$$Arg\big(H(jw_0)\big) = -\frac{\pi}{2}$$

Pour la deuxième section, on a le résultat dans Figure 2. Comme précédemment, on a bien la fréquence propre est aussi 1 kHz.

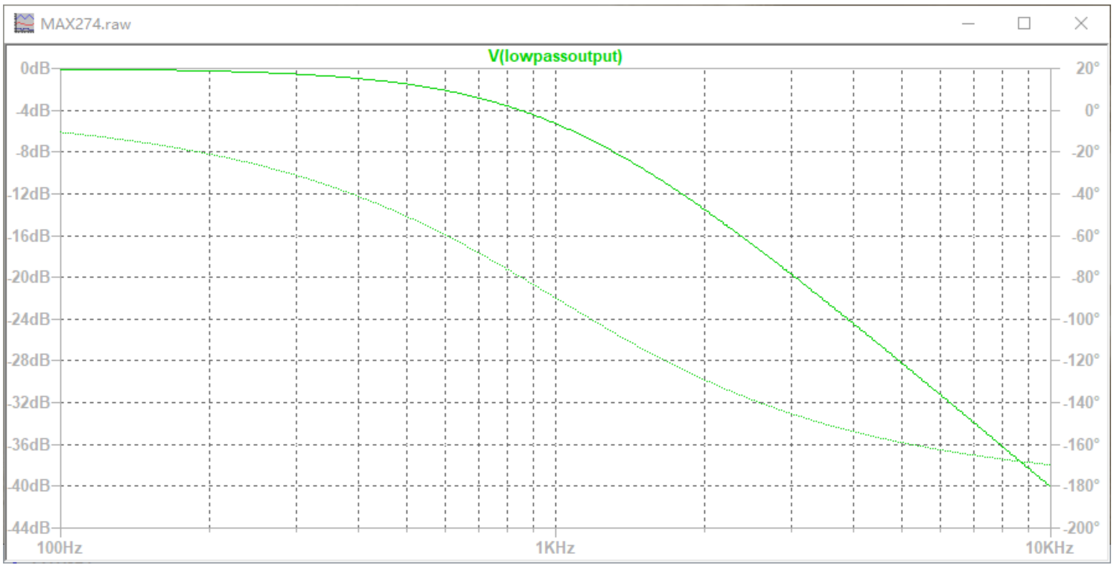

Figure 2

Deuxième Simulation

On simule le comportement des deux étages en même temps en utilisant le script MAX247_2.asc. Pour des signaux d'amplitude 1 qui ont des fréquences entre 0.1 kHz et 10 kHz. On a le diagramme de Bode dans Figure 3. La fonction de transfert est bien ordre 4. On trouve bien la fréquence propre est 1 kHz d'après le diagramme de phase.

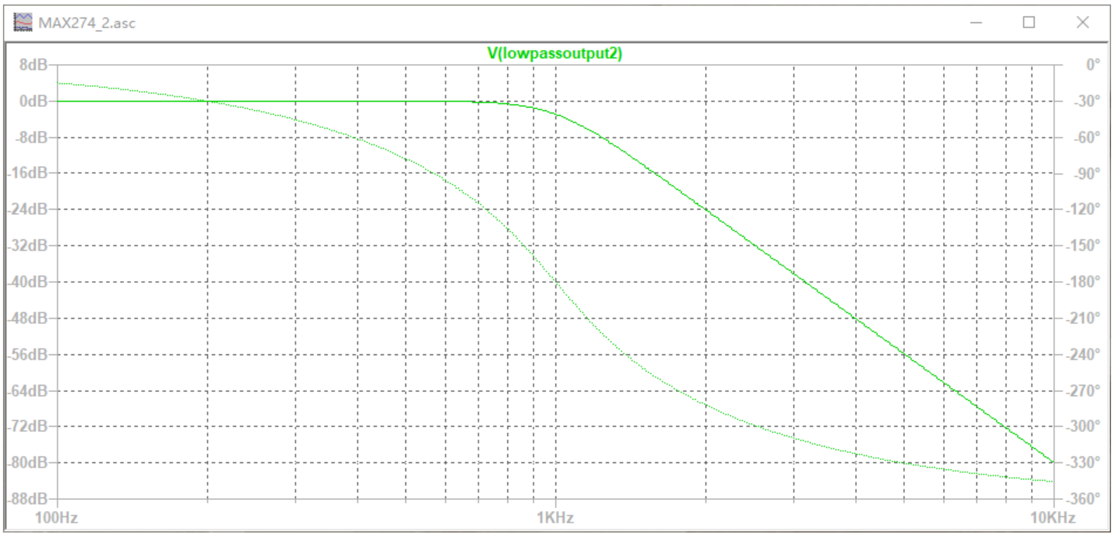

Figure 3

Ensuite on vérifie s'il répond bien au cahier de charges affiché dans Figure 4. D'abord pour la fréquence de coupure. On trouve à 1 kHz le gain est -2.98 dB. Le point est juste en dessous de la courbe de gain. Une autre part, à 4 kHz, on a le gain vaut -48.1 dB < 45 dB. Il n'y a pas intersection entre la courbe de gain et les zones interdies. On peut voir aussi sur la figure que quand le signal est de base fréquence, le gain est constant. Il vérifie bien la contrainte qui demande l'amplitude la plus plate possible dans la bande passante. Donc on peut dire qu'il vérifie bien le cahier du charges.

Type de filtre	Passe-bas
Fréquence de coupure	1 kHz
Début de bande d'arrêt (BA)	4 kHz
Atténuation minimale dans la BA	45 dB
Contrainte	Amplitude la plus plate possible dans la BP

Figure 4

2. Filtre passe-bande

Le cahier des charges est affiché dans Figure 5

Type de filtre	Passe-bande
Fréquence centrale	10 kHz
Bande passante (BP)	$B = 1$ kHz
Bande d'atténuation (BA)	$B' = 3$ kHz
Atténuation minimale dans la BA	10 dB
Contrainte	Amplitude la plus plate possible dans la BP

Figure 5

D'après le cahier des charges, on a :

$$f_0 = \sqrt{(f_1 f_2\}} = \sqrt{f_1' f_2'} = 10kHz$$

$$f_2 - f_1 = 1kHz$$
$$f_2' - f_1' = 3kHz$$

On calcule et on a

$$f_1 = 9.512\ kHz$$
$$f_2 = 10.512\ kHz$$
$$f_1' = 8.612\ kHz$$
$$f_2' = 11.612\ kHz$$

Le premier étape est la normalisation. D'après la contrainte qui demande l'amplitude la plus plate possible dans la bande passante, on sait que on doit choisir le filtre de Butterworth. Puis On a $X_1 = \frac{f_2' - f_1'}{f_2 - f_1} = \frac{B'}{B} = 3\ kHz$. En utilisant l'abaque correspondant, on sait la premier courbe passe sous le point [3, -10 dB]. Donc on doit utiliser un fitre passe bas d'ordre 1. Donc on a $n = 1$

D'après la formule des racines des polynômes de Butterworth donné, pour un ordre 1, on a $s_1 = -1$, Donc :

$$H(s) = \frac{|s_1|}{s - s_1} = \frac{1}{s + 1}$$

Puis on a :

$$H(jw) = \frac{1}{jw + 1}$$

En changant la variable suivant :

$$w \to \frac{w_0}{2\pi B}\left(\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}\right)$$

Et on propose $B'' = 2\pi B$, donc on a

$$H(jw) = \frac{j\frac{wB''}{w_0^2}}{1 + j\frac{B''w}{w_0^2} - \frac{w^2}{w_0^2}}$$

3. Structure Biquad

2. D'abord on détermine les valeurs des résistances. Avec la fréquence centrale, on peut calculer $w_0 = 2\pi f_0$. Supposons que $R_4 + 5k\Omega = R_2$. On a

$$w_0 = \frac{1}{CR_2} = 2\pi f_0$$

Et on sait que $f_0 = 10kHz$. Donc on a

$$R_2 = \frac{1}{2\pi C f_0} \approx 200\ k\Omega$$

Puis on a $R_4 = R_2 - 5k\Omega = 195\ k\Omega$.
D'après l'égalisation des paramètres, on a la facteur de qualité vaut.

$$Q = \frac{w_0}{B''} = \frac{f_0}{B} = 10$$

On sait que $R_X = 14k\Omega$, et $R_Y = 70k\Omega$. Donc :

$$R_3 = QR_2\frac{R_X}{R_Y} = 400k\Omega$$

Ensuite on a $R_1 = \frac{\mathrm{R_3}}{\mathrm{K'}}$. On souhaite le gain vaut 1, on a $K' = 1$. Donc on a $R_1 = 400k\Omega$.
En conclusion on a :

$$R_1 = 400\ k\Omega$$
$$R_2 = 200\ k\Omega$$
$$R_3 = 400\ k\Omega$$
$$R_4 = 195\ k\Omega$$

Simulation

On simule le comportement avec la structure Biquad. Le circuit est affiché dans Figure 6.

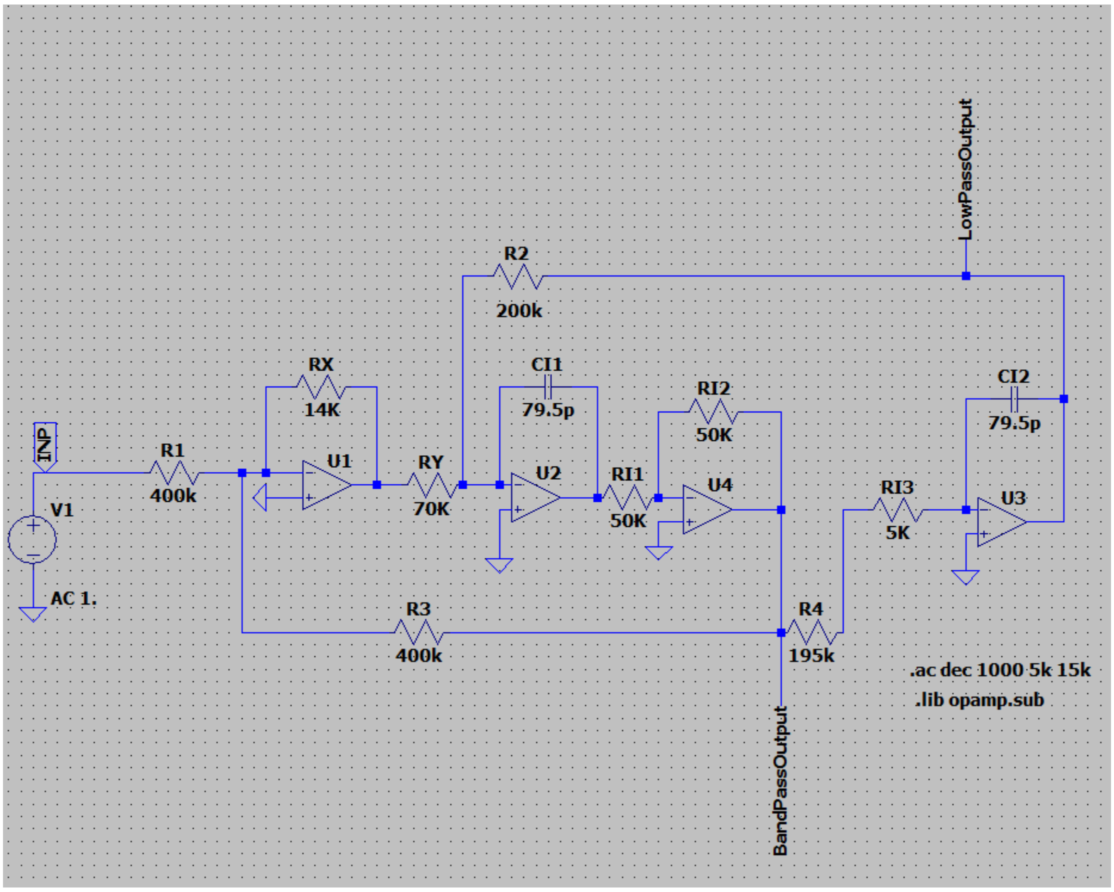

Figure 6

Et on a le résultat dans Figure 7. D'après le diagramme de phase on trouve bien la fréquence centrale est 10 kHz. Quand on mesure le gain aux fréquences de f_1, f_2, f_1', f_2'.

$$f_1 = 9.512\ kHz$$
$$f_2 = 10.512\ kHz$$
$$f_1' = 8.612\ kHz$$
$$f_2' = 11.612\ kHz$$

On trouve que Quand $f = f_1$ le gain est -2.73 dB > -3 dB. Quand $f = f_2$ le gain est -2.86 dB > -3dB. Quand $f = f_1'$ le gain est -9.91 dB, quand $f = f_2'$, le gain est -10.04 dB. Les deux gains sont proches de -10 dB. Approximativement, on peut dire qu'il vérifie le cahier des charges.

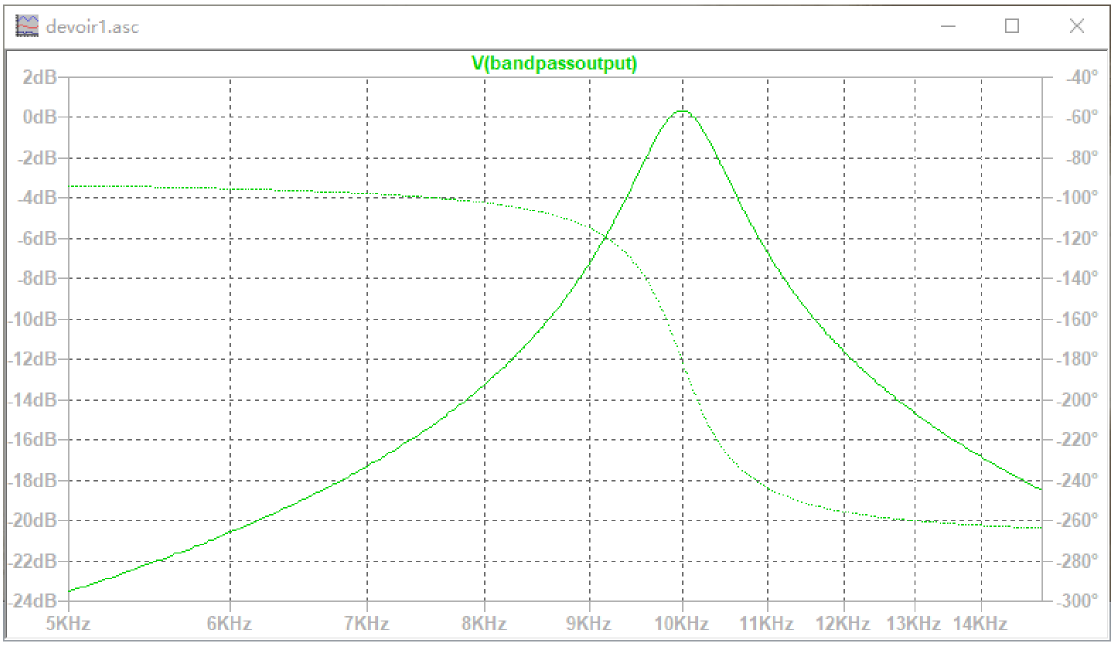

Figure 7

4. Structure à 1 amplificateur opérationnel

3. La fonction de transfert du filtre est :

$$H(jw) = \frac{-\frac{jw}{Q_{w_0}}}{1 + \frac{jw}{Qw_0} + \left(\frac{w}{w_0}\right)^2}$$

Où $Q = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ et $w_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1 C_2}}$

D'après l'égalisation on a

$$Q = \frac{w_0}{B''} = \frac{w_0}{2\pi B}$$

Donc on a

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \frac{1}{2\pi BR\sqrt{C_1 C_2}}$$

Ensuite on a

$$C_2 = \frac{1}{\pi BR} \approx 31.8\ nF$$

$$C_1 = \frac{1}{R^2 4\pi^2 f_0^2 C_2} \approx 79.5\ pF$$

$$R_1 = \frac{RC_2}{2C_1} \approx 2\ M\Omega$$

Donc on a la circuit affiché dans.Figure 8

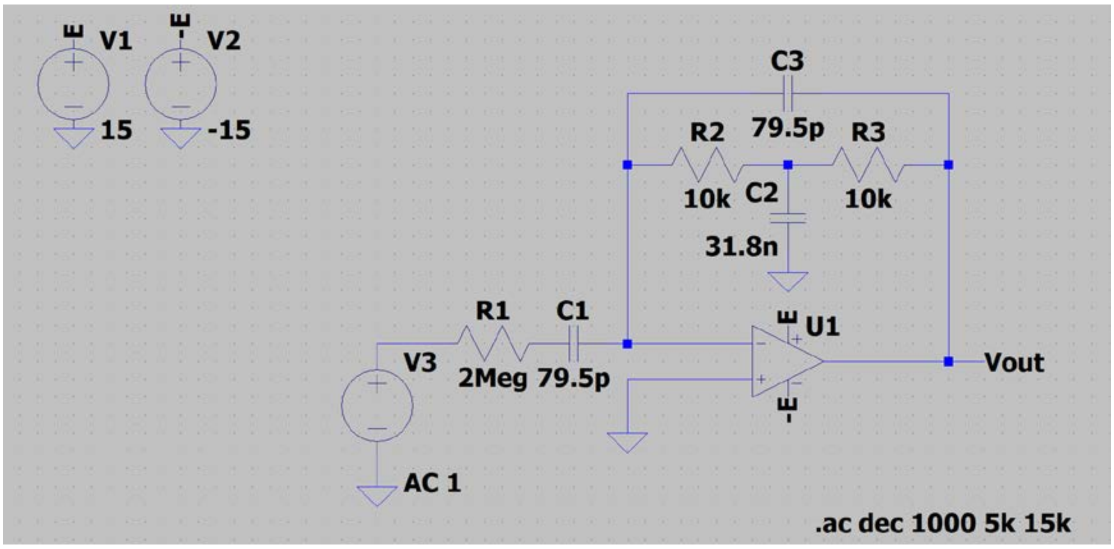

Figure 8

Puis on mesure le comportement du montage et on a la Figure 9.

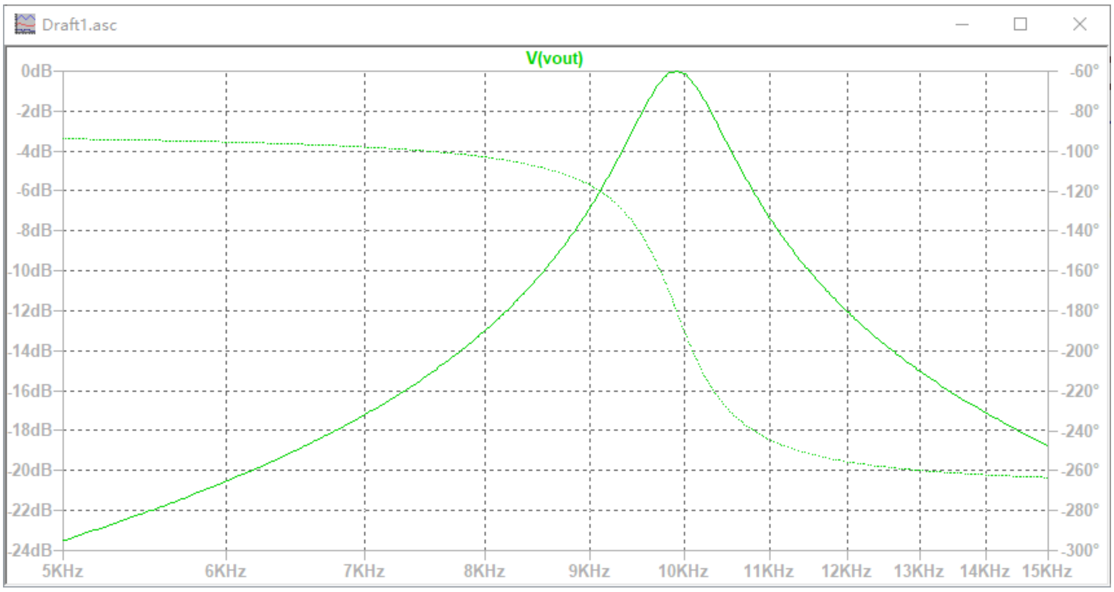

Figure 9

Quand on mesure le gain aux fréquences de f_1, f_2, f_1', f_2'.

$$f_1 = 9.512\ kHz$$
$$f_2 = 10.512\ kHz$$
$$f_1' = 8.612\ kHz$$
$$f_2' = 11.612\ kHz$$

On trouve que Quand $f = f_1$ le gain est -2.27 dB > -3 dB. Quand $f = f_2$ le gain est -3.83 dB. Quand $f = f_1'$ le gain est -9.59 dB, quand $f = f_2'$, le gain est -10.54 dB < -10dB. Les deux gains sont proches de -10 dB. Il y a intersection entre la courbe et les zones interdies, mais légère. Approximativement, on peut dire qu'il vérifie le cahier des charges, mais pas perfectement.