



UNIVERSITÉ DE NANTES



Rapport de mini-projet - Électronique Hautes Fréquences - Projet Transversal

ÉCOLE POLYTECH DE NANTES
DÉPARTEMENT ÉLECTRONIQUE ET TECHNOLOGIE DU NUMÉRIQUE

Rédigé par
Victor DUFRENE
Anthelme BOUTRY
Louison GOUY
Kedai WANG
Huanqing LIN

Client : Loïc MARTIN
Professeur encadrant :
Yann MAHE
Tchanguiz RAZBAN

1 Résumé

2 Synthèse de filtre passe-bas en technologie

L'objectif est de réaliser un filtre passe-bas dont le gabarit est donné à la figure 1 avec une réponse de Tchebychev.

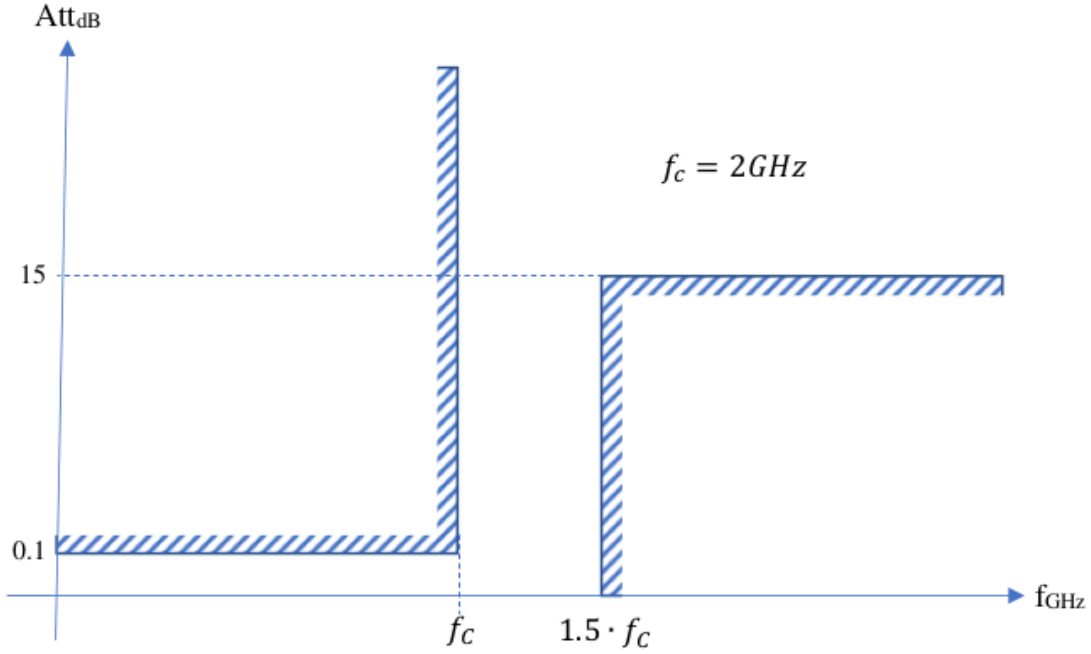


FIGURE 1 – Architecture de la balise

La conception d'un filtre hautes fréquences débute par une synthèse classique avec des éléments passifs (condensateurs et bobines) comme il a été fait dans le module moyennes fréquences du S7. A partir du gabarit de la figure 1, l'équation ci-dessous nous permet d'obtenir l'ordre du filtre à concevoir.

$$n \geq \frac{\argch\left(\sqrt{\frac{\alpha_{min}-1}{\alpha_{max}-1}}\right)}{\argch(1/k)} \quad (1)$$

Où :

- n est l'ordre du filtre souhaité ;
- k est la sélectivité égal à $\frac{f_c}{1.5f_c} = \frac{2}{3} \approx 0,67$;
- α_{min} est l'atténuation minimale (en linéaire) du signal dans la bande atténuée égal à $10^{\frac{15}{10}} \approx 31,6$
- α_{max} est l'atténuation maximale (en linéaire) du signal dans la bande passante égal à $10^{\frac{0.1}{10}} \approx 1,02$

Ce qui nous donne une application numérique où $n \geq 4,5$ ce qui nous donne un ordre 5 minimum pour respecter le gabarit souhaité.

3 synthèse d'un filtre passe-bande

La synthèse d'un filtre en hautes fréquences à partir d'un gabarit se rapporte à la méthode étudiée en moyenne fréquence. Une étape finale est ajoutée permettant la transformation des éléments localisés en éléments distribués. Le cahier des charges est le suivant, concevoir un filtre passe bande basé sur une fonction d'approximation de type Tchebychev et respectant le gabarit figure 2. L'implémentation réelle doit se en utilisant exclusivement des lignes micro ruban de longueur $\frac{\lambda_g}{2}$ ou $\frac{\lambda_g}{4}$ et des stubs.

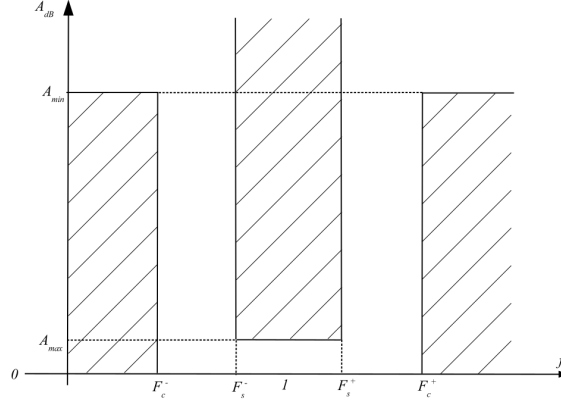


FIGURE 2 – Gabarit du filtre passe-bas souhaité

Les valeurs numériques associées au gabarit sont les suivantes. Les fréquences sont en GHz et l'atténuation en dB.

A_{max}	A_{min}	f_c^-	f_s^-	f_s^+	f_c^+
0,1000	15,00	1,500	1,750	2,250	3,000

TABLE 1 – Valeur numérique gabarit souhaité

Symétrie du gabarit

Avant de commencer la synthèse du filtre il faut valider une condition sur la symétrie. Si elle n'est pas respectée il faut modifier le gabarit du cahier des charges. La condition s'opère sur la moyenne géométrique de la bande passante et de la bande coupée.

$$f_{co} = \sqrt{f_c^- \cdot f_c^+}, \quad f_{so} = \sqrt{f_s^- \cdot f_s^+} \quad (2)$$

Ainsi, si $f_{so} = f_{co}$, le gabarit est centré il n'est pas nécessaire de réaliser d'opération particulière. On obtient alors $f_{so} = f_{co} = f_0$ avec f_0 la fréquence centrale du gabarit. Si $f_{so} \neq f_{co}$, le gabarit n'est pas centré il faut passer par une étape de centrage du gabarit avant de réaliser la synthèse du filtre.

Application numérique :

$$f_{co} = \sqrt{f_c^- \cdot f_c^+} = \sqrt{1,500 * 3,000} = 2,121 GHz \quad (3)$$

$$f_{so} = \sqrt{f_s^- \cdot f_s^+} = \sqrt{1,750 * 2,250} = 1,984 GHz \quad (4)$$

$$f_{so} < f_{co} \quad (5)$$

Le filtre est asymétrique il faut réaliser l'opération de centrage. Dans notre cas elle vise à diminuer f_{co} . Il n'est possible de faire varier que la borne positive f_c^+ . Cela à pour effet de sur contraindre le cahier des charges. Pour répondre aux exigences il est interdit d'élargir la bande atténuée ou de diminuer la bande passante.¹ Il vient donc :

$$f_c^+ = \frac{f_{so}^2}{f_c^-} = \frac{1,984^2}{1,500} = 2,614 GHz \quad (6)$$

Les nouvelles valeurs numériques pour le gabarit du filtre sont les suivantes. Elle font référence à la figure 2.

A_{max}	A_{min}	f_c^-	f_s^-	f_s^+	f_c^+
0,100	15,00	1,500	1,75	2,250	2,614

TABLE 2 – Valeur numérique gabarit centré

1. Il existe une méthode détaillée dans le *cours de filtrage actif* de Vincent Gouret faisant varier à la fois f_{so} et f_{co} . Elle permet d'optimiser la contrainte sur la sélectivité. Dans notre cas cela ne change pas l'ordre du filtre.

Gabarit passe bas

L'étape suivant dans la conception d'un filtre passe bande symétrique vise à simplifier la synthèse en passant par un gabarit passe bas. Cela permet de calculer son ordre puis sa structure en éléments localisés.

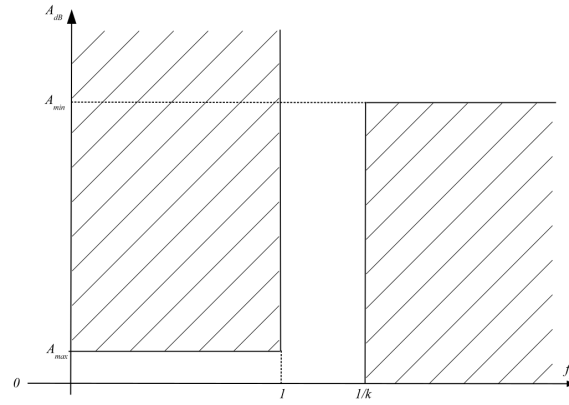


FIGURE 3 – Gabarit filtre passe bas équivalent

L'évaluation du coefficient de sélectivité permet d'établir le gabarit normalisée. Cette grandeur se note k est sans unité et strictement inférieure à 1. Son expression est la suivante :

$$k = \frac{\Delta \cdot f_s}{\Delta \cdot f_c} = \frac{f_s^+ - f_s^-}{f_c^+ - f_c^-} = \frac{2,250 - 1,75}{2,614 - 1,500} = \quad (7)$$