



Conception d'un filtre IIR

Intégration électronique

Membres :

URQUIZA Andrea

BECKER Gonzalo

Date d'édition : 25 juin 2025

Version : 1.0



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Sommaire

1. Théorie	2
1.1. Description mathématique	2
1.2. implémentation dans Matlab	3
2. Architecture	5
2.1. Unité de control	5
2.2. Unité operative	6

1. Théorie

1.1. Description mathématique

Un filtre IIR (Infinite Impulse Response) est un type de filtre numérique qui utilise des coefficients récurrents pour calculer la sortie en fonction de l'entrée et de la sortie précédentes. Il est appelé « réponse à impulsion infinie » car sa réponse impulsionnelle est une somme infinie de termes exponentiels décroissants.

Le filtre IIR est défini par l'équation de récurrence suivante :

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k]$$

où $x[n]$ est l'entrée du filtre à l'instant n , $y[n]$ est la sortie du filtre à l'instant n , b_k sont les coefficients du filtre pour l'entrée et a_k sont les coefficients du filtre pour la sortie. Les indices k vont de 0 à M pour l'entrée et de 1 à N pour la sortie.

Pour concevoir un filtre IIR, il faut d'abord spécifier les caractéristiques de réponse en fréquence désirées telles que l'amplitude et la phase. Ensuite, on utilise des méthodes de conception pour trouver les coefficients du filtre qui donneront la réponse en fréquence souhaitée.

Tel comme on le voit dans la figure 1, il existe plusieurs filtres parmi lesquels choisir, chacun avec ses avantages et désavantages.

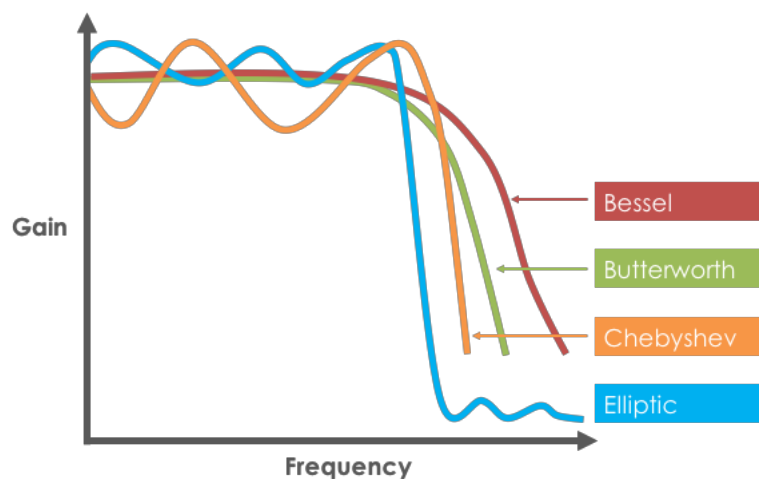


FIGURE 1 – Différents filtres possibles

En particulier, le filtre de Chebyshev est un type de filtre conçu pour atteindre une réponse de fréquence particulière tout en minimisant les effets de la distorsion et du bruit. Voici quelques avantages associés à ce filtre :

- Caractéristiques de transition nettes : il peut atteindre des caractéristiques de transition nettes entre les bandes passantes et les bandes d'arrêt, ce qui permet une meilleure séparation des signaux en

1. Théorie

fonction de leur fréquence.

- Plusieurs ordres de filtre : ils peuvent être conçus avec différents ordres de filtre, ce qui permet de personnaliser la réponse de fréquence pour répondre aux besoins spécifiques de l'application.
- Faible temps de traitement : il peut être conçu pour avoir un temps de traitement plus court que d'autres types de filtres numériques, ce qui peut être important dans les applications temps réel où la vitesse de traitement est critique.

Cependant, des problèmes d'oscillations de la bande passante se posent. Ce problème peut être résolu en fixant un ripple suffisamment bas. Vu ses caractéristiques, on procédera à l'implémenter en VHDL.

1.2. implémentation dans Matlab

Le filtre de Chebyshev suivant est défini comme ayant une fréquence de coupure de 1KHz et une fréquence d'échantillonnage de 48KHz (ce qui est standard pour l'audio). Le filtre sera d'ordre 4 (donc 5 coefficients pour les entrées) et aura un ripple de 5dB dans la bande passante. À partir du signal d'entrée (que nous utiliserons ensuite dans le test bench), nous pouvons obtenir le signal de sortie théorique. Voici le code utilisé dans matlab :

```
fc = 1000;
fs = 48000;
[b,a] = cheby1(4, 5, fc / ( fs / 2 ), 'low');
a = round( a * 2**23 );
b = round( b * 2**23 );

a=a/2**23;
b=b/2**23;

input = [2**23, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 36,
        100, -94, -37, 11, -128, 127, -70, -70,
        -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70, -70];

z = filter(b, a, input)

round(z)
```

Ensuite, dans la figure 4, il est possible d'observer la fonction de transfert du filtre.

1. Théorie

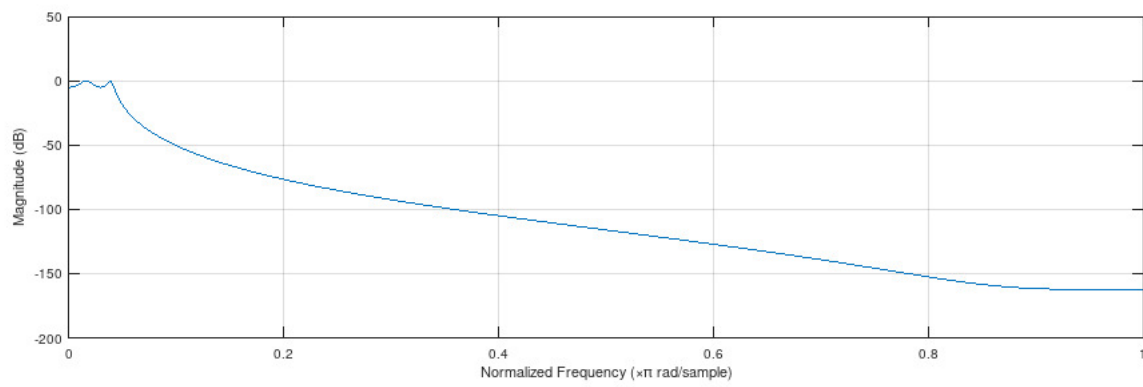


FIGURE 2 – Amplitude de la fonction de transfert du filtre obtenu

2. Architecture

2.1. Unité de control

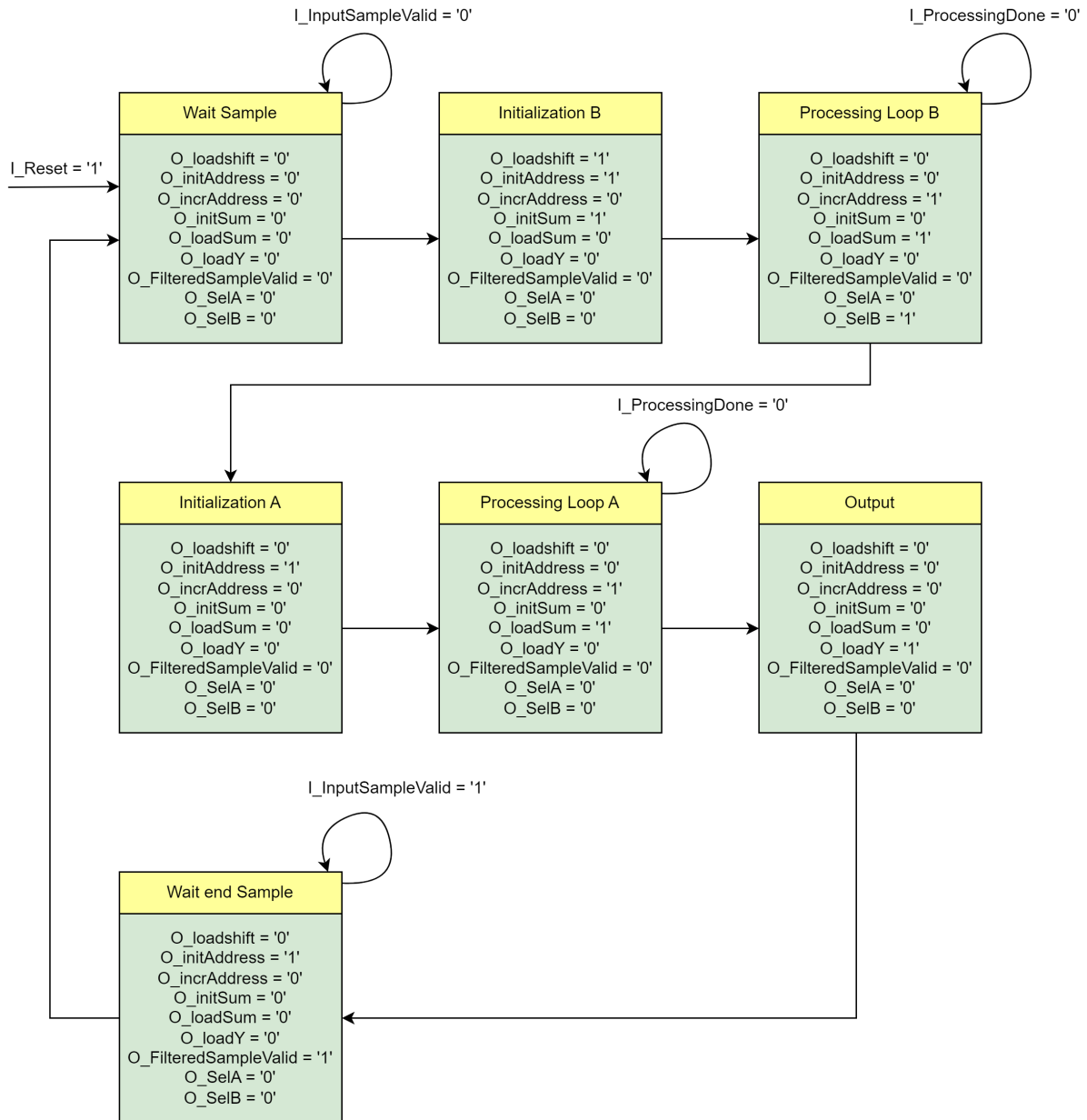


FIGURE 3 – Unité de control

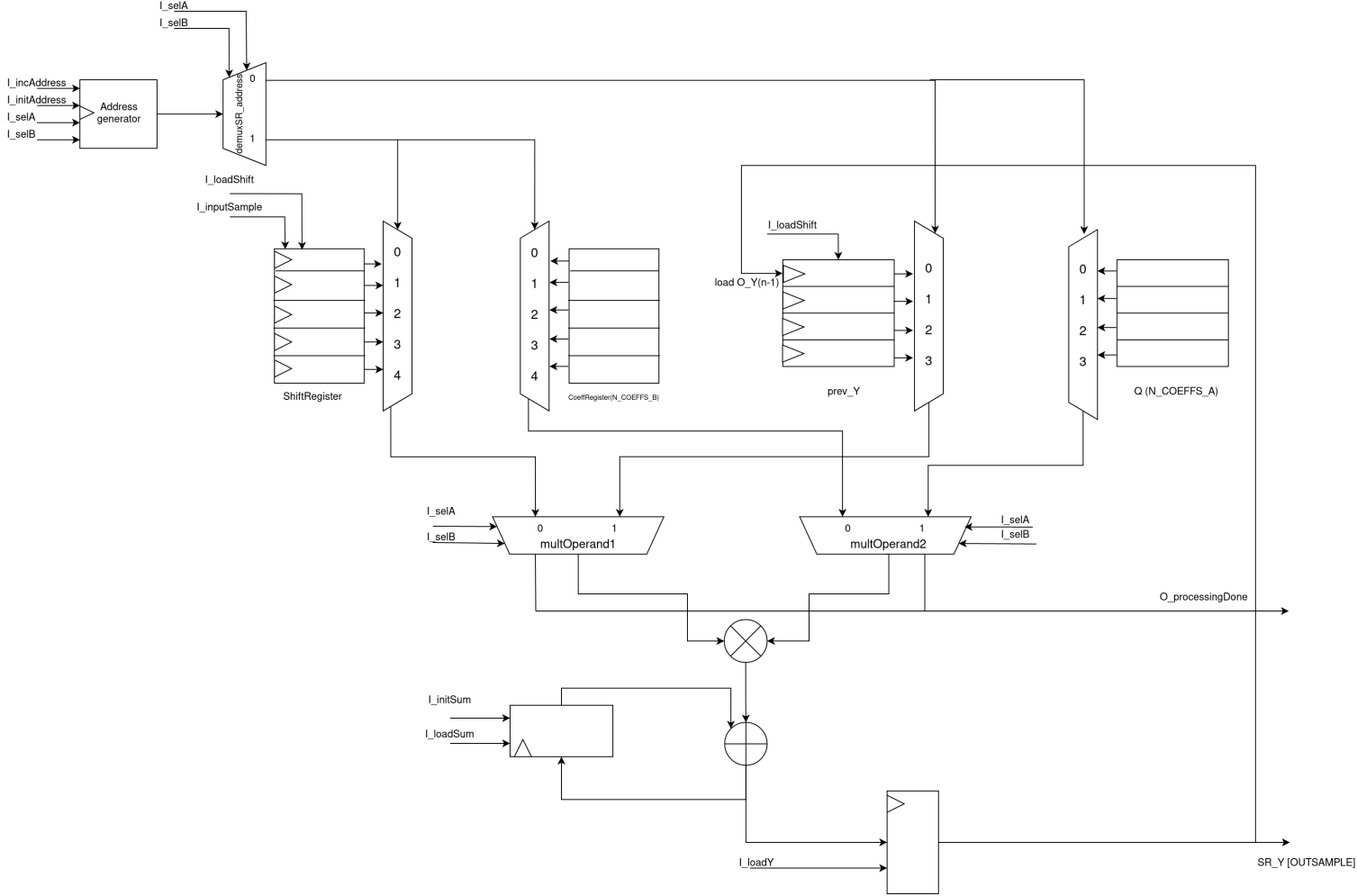


FIGURE 4 – Unité operative

2.2. Unité operative