Digital Filter Final Project (Matlab)

M10707617 / 梁松澤

|  |
| --- |
| Spec : |
|  |

Sol :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Filter H1 | | |
| H1 Filter的Passband edge是20 kHz，而Stopband edge是40 kHz  Design Filter Using Parks-McClellan’s algorithm :   1. Use firpmord([fpass\_edge\_h1 fstop\_edge\_h1], [1 0], dev\_H1, rate); 帶入題目給定的Spec來獲取濾波器的order和其他參數。  * Dev (Maximum allowable deviation): Passband ripple size和Stopband attenuation並不能直接帶入參數，要先透過Dev公式做轉換後才能帶入。      1. Use firpm(M, f0, A0, W); 帶入地一個函式return的order和其他參數來設計濾波器。 2. 並把濾波器做FFT和Normalized to 6-dB (Gain = 2) 3. 畫圖來看是否有符合 Spec，如果沒有，回到第一步重新調整Passband ripple size和Stopband attenuation的dev公式直到有符合Spec。 | | |
| Stopband attenuation符合 < -80 dB | | Passband ripple size符合 6-dB +- 0.4 dB  With Gain = 2 ( 6 dB) |
|  | |  |
| H1 Filter Order (M) : 48  H1 Filter Length = Order +1 = 48 + 1  Order一定要是偶數，才能做delay | |  |
| Design coefficients with 15‐bit resolution | | |
| Quantized方法我採用round (四捨五入) 的方式 :   1. 先將H1 Filter做Normalization後，再乘上 2^n，其中n是代表要量化成多少bit的數值 2. 之後做round四捨五入後再做Quantized-bits Normalization (除以2^n)，才可以做FFT 3. FFT後的magnitude response轉成dB值 4. 將magnitude response(dB) Normalization to 6-dB (for H1 Filter Gain = 2) | | |
| Quantized Stopband attenuation符合 < -80 dB | Quantized Passband ripple size符合 6-dB +- 0.4 dB，With Gain = 2 ( 6 dB) | |
|  | |  |
| H1 Filter Quantized 15-bits fixed-point coefficients (2^15 = 32768) | | |
| { 15, 49, 103, 147, 125, -24, -316, -670, -902, -780, -160, 868,  1904, 2334, 1604, -421, -3183, -5438, -5621, -2495, 4205, 13419,  22938, 30104, 32768, 30104, 22938, 13419, 4205, -2495, -5621, -5438,  -3183, -421, 1604, 2334, 1904, 868, -160, -780, -902, -670, -316,  -24, 125, 147, 103, 49, 15 } | | |

|  |  |
| --- | --- |
| H1 Filter Delay | |
| 關於Filter Delay的部分，我有和課堂上的同學討論過後，得到的結論是 :   1. 對H1係數的中心係數 (唯一非對稱的那個係數 +1 )，所以要額外設計一個長度為Filter-length的Delta(n) Array，除了在n = ( Filter-length +1 )/2 = 1以外，其餘係數相加的值都是設定為 0。 2. 接著把H1求得的fixed-points係數和Delta-Array做相加，就會得到一個中心係數 +1，其餘對稱係數都是 +0 的新係數組合，這樣就完成了H1的Delay了，另外要特別注意的是，Filter-Order要調整為是偶數，這樣才會出現唯一的中心非對稱係數可以用相加來做Delay，Order如果是奇數，就會沒辦法做Delay。 | |
|  | |
| H1 Filter做Delay後，還是有符合H1的Spec : | |
| Stopband attenuation符合 < -80 dB | Passband ripple size符合 6-dB +- 0.4 dB  With Gain = 2 ( 6 dB) |
|  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Filter H2 | | |
| 設計H2濾波器的方法同H1，差別在於Passband edge是60 kHz，而Stopband edge是80 kHz，其他參數都跟H1一樣  Design Filter Using Parks-McClellan’s algorithm :   1. Use firpmord([fpass\_edge\_h1 fstop\_edge\_h1], [1 0], dev\_H1, rate); 帶入題目給定的Spec來獲取濾波器的order和其他參數。  * Dev (Maximum allowable deviation): Passband ripple size和Stopband attenuation並不能直接帶入參數，要先透過Dev公式做轉換後才能帶入。      1. Use firpm(M, f0, A0, W); 帶入地一個函式return的order和其他參數來設計濾波器。 2. 並把濾波器做FFT和Normalized to 0-dB (Gain = 1)   畫圖來看是否有符合 Spec，如果沒有，回到第一步重新調整Passband ripple size和Stopband attenuation的dev公式直到有符合Spec。 | | |
| Stopband attenuation符合 < -80 dB | Passband ripple size符合 0-dB +- 0.4 dB  With Gain = 1 ( 0 dB) | |
|  |  | |
| H1 Filter Order (M) : 42  H1 Filter Length = Order +1 = 42 + 1  Order一定要是偶數，才能做delay |  | |
| Design coefficients with 15‐bit resolution | | |
| Quantized方法我採用round (四捨五入) 的方式 : (同H1設計方法)   1. 先將H2 Filter做Normalization後，再乘上 2^n，其中n是代表要量化成多少bit的數值 2. 之後做round四捨五入後再做Quantized-bits Normalization (除以2^n)，才可以做FFT 3. FFT後的magnitude response轉成dB值 4. 將magnitude response(dB) Normalization to 0-dB (for H2 Filter Gain = 1) | | |
| Stopband attenuation符合 < -80 dB | | Passband ripple size符合 0-dB +- 0.4 dB  With Gain = 1 ( 0 dB) |
|  | |  |
| H2 Filter Quantized 15-bits fixed-point coefficients (2^15 = 32768) | | |
| { 27, 22, -159, -336, -63, 330, -20, -525, 125, 772, -358,  -1073, 791, 1402, -1549, -1724, 2909, 1996, -5846, -2178, 19215,  32768, 19215, -2178, -5846, 1996, 2909, -1724, -1549, 1402, 791,  -1073, -358, 772, 125, -525, -20, 330, -63, -336, -159, 22, 27 } | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Finally merge H1 & H2 Filter to a system | | |
| 將 H1-fixed-points和H2-fixed-points各自都做FFT後，再將結果做相加，就可以得到最終合併版的整個濾波器系統的架構，當然也有符合H1跟H2的Spec。 | | |
| 1. H1部分Stopband attenuation符合 < -80 dB 2. H2部分Stopband attenuation符合 < -160 dB | 1. H1部分Passband ripple size符合 6-dB +- 0.4 dB，With Gain = 2 ( 6 dB) 2. H2部分Passband ripple size符合 0-dB +- 0.4 dB，With Gain = 1 ( 0 dB) | |
|  | | |
| 第一個Passband | | 第二個Passband + Stopband |
|  |  | |

|  |
| --- |
| 課堂心得 : |
| 首先感謝老師的教導，這堂課讓我學到很多東西，包括濾波器的演算法設計，還有數位系統設計的基本知識，最後還知道如何用Spec開發出濾波器的演算法並且設計成硬體的系統整合方法，雖然我因為不太熟悉Verilog的部分，再加上Matlab模擬的部分想得比較久一點，所以時間來不及的關係最後沒有做出來Verilog的部分，但是我看了老師講義裡濾波器Verilog的範例後大概知道實作的方向，等以後比較多時間時，我在自己嘗試把這次的Project用Verilog實作看看的，謝謝老師這學期的教導 !! |