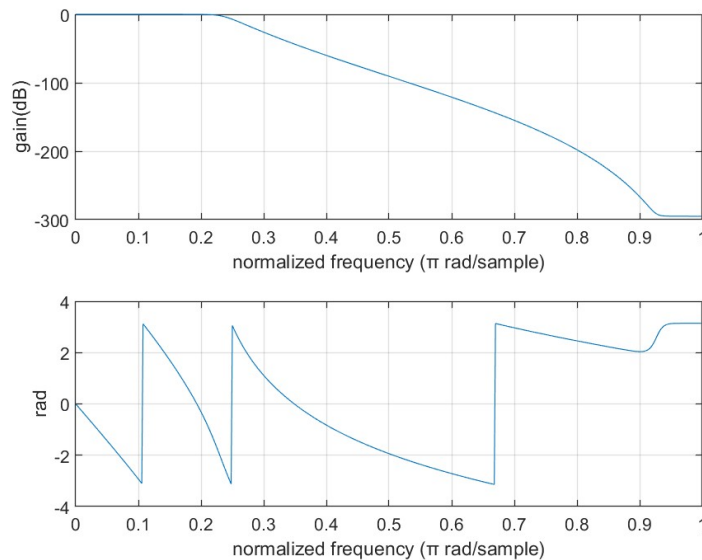


2023 DSP Final Project - Filter Design

109511219 林錦樑

1. Butterworth lowpass filter



gain and phase responses plot

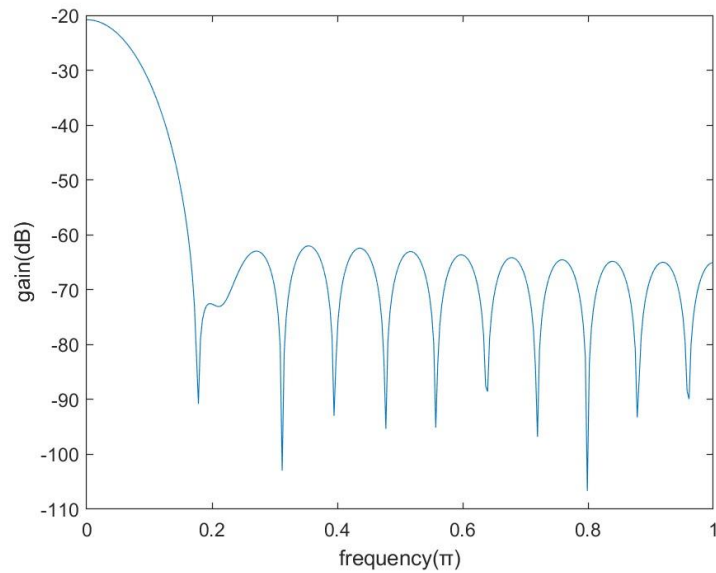
Show all steps:

- 1.輸入 spec 中的參數：sampling rate、passband/stopband cutoff frequency、passband ripple、stopband attenuation，並將頻率轉為 discrete frequency。
- 2.prewarp：將 digital spec 轉成 analog spec。
- 3.buttord：利用 buttord function 與 spec 的參數，計算出 Butterworth lowpass filter 最低的 filter order(11)與 cutoff frequency(2.3264×10^5)。
- 4.buttap：利用 buttap function 與 filter order，得出 Butterworth lowpass filter 的 zeros、poles 與 gains。
- 5.zp2tf：將 zero-pole-gain 參數轉為 transfer function。
- 6.lp2lp：調整 lowpass analog filter 的 cutoff frequency。
- 7.bilinear：利用 Bilinear transformation 將 analog filter 轉為 digital filter。
- 8.freqz：得出 digital filter 的 frequency response。
- 9.plot：畫出 gain responses(橫軸為 normalized frequency (π rad/sample)，縱軸為 dB) 與 phase responses(橫軸為 normalized frequency (π rad/sample)，縱軸為 rad)。

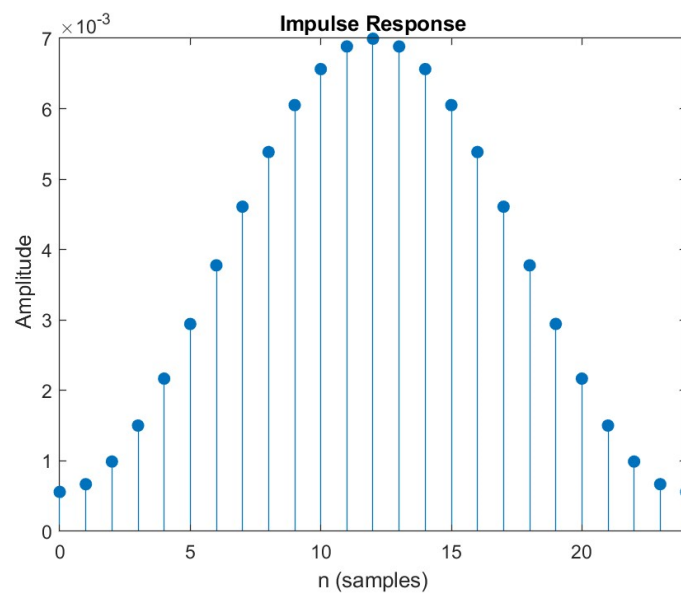
2. FIR design

A. Hamming, Hann, and Blackman

i. Hamming



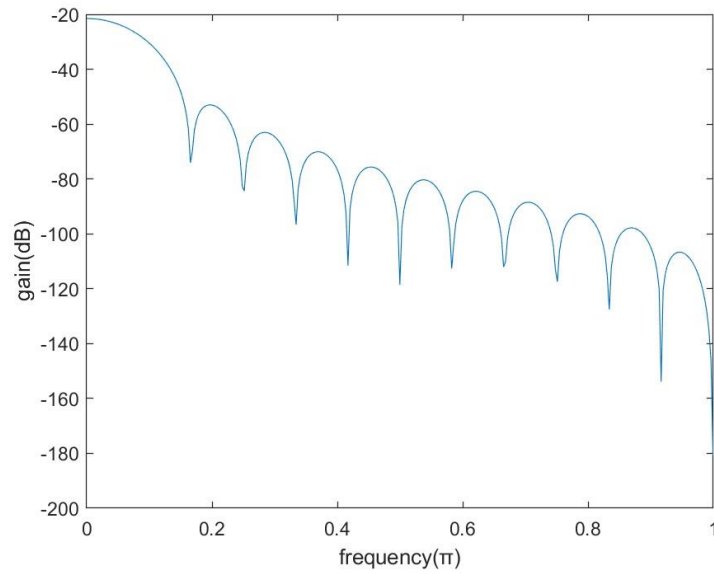
gain response plot



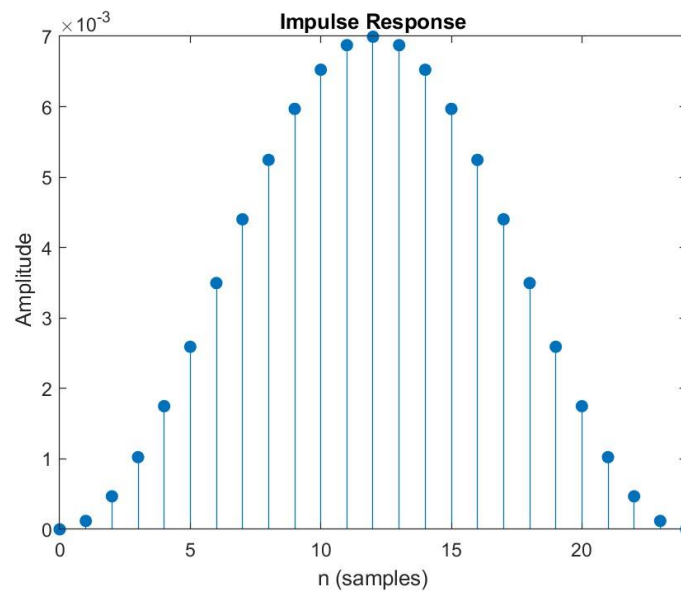
impulse response plot

Comment : N 設為 25 , Hamming window 的 sidelobe amplitude 較為一致。impulse response 的值較大。

ii. Hann



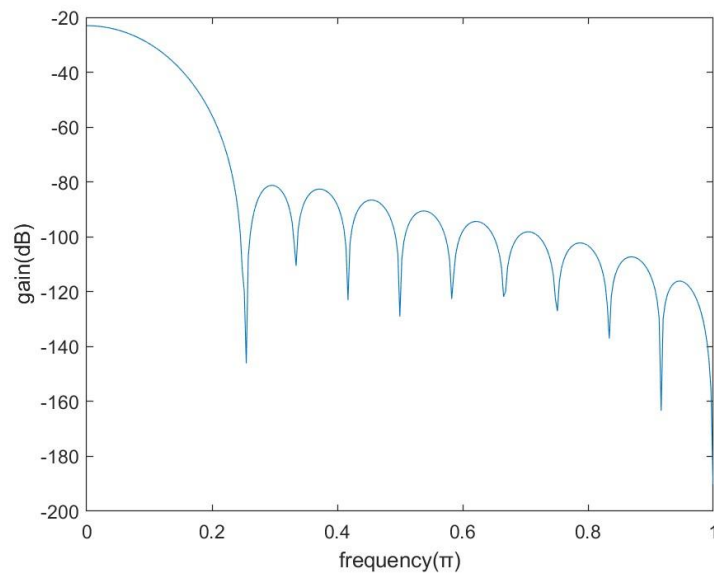
gain response plot



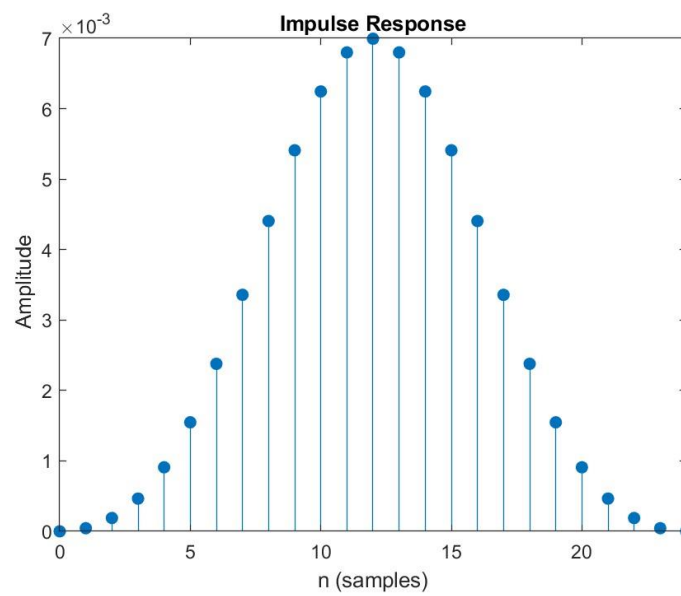
impulse response plot

Comment : N 設為 25 , Hann window 的 peak sidelobe amplitude 較其他 sidelobe 大 , 且 sidelobe amplitude 隨 frequency 變大快速下降。impulse response 的值接近 Hamming window , 但在靠近側邊時值較 Hamming window 小。

iii. Blackman



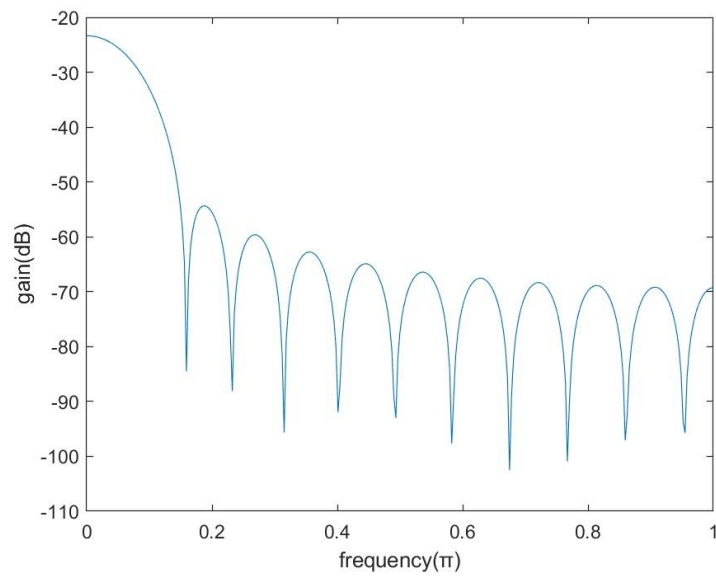
gain response plot



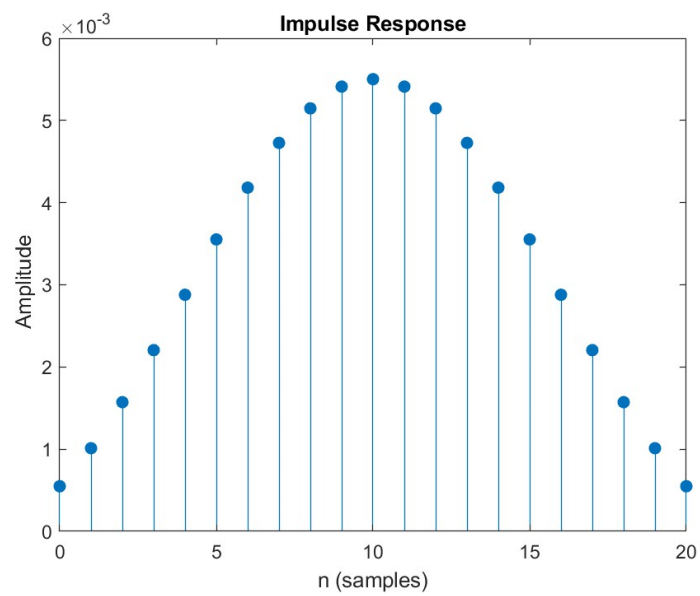
impulse response plot

Comment : N 設為 25 , Blackman window 的 peak sidelobe amplitude 較其他 window method 小 , 且 sidelobe amplitude 隨 frequency 變大逐漸下降 , mainlobe width 則較其他 window method 大。impulse response 的值較其他 window method 小。

B. Kaiser



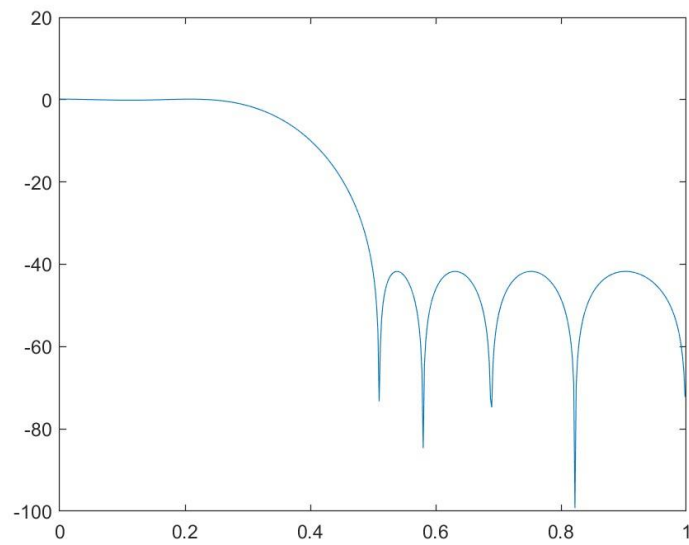
gain response plot



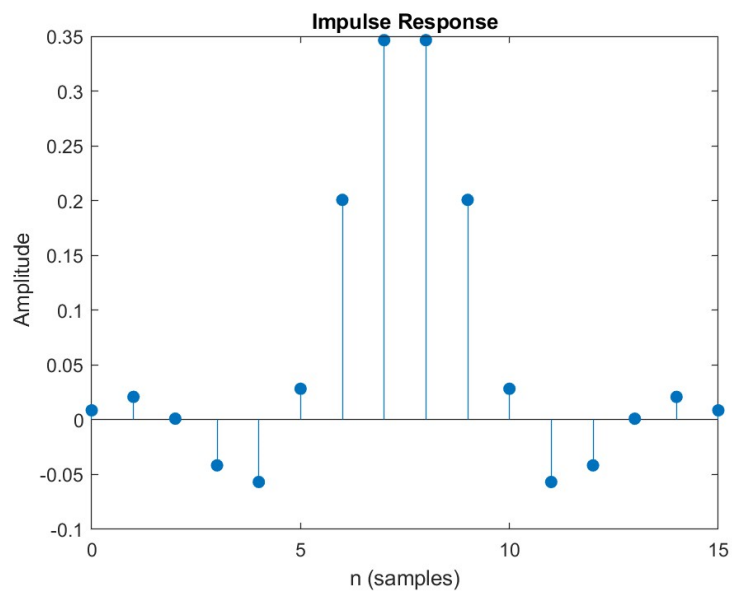
impulse response plot

Comment : 利用 `kaiserord` 得出 $N=21$, $\beta=3.8614$, Kaiser window 的 sidelobe amplitude 隨 frequency 變大緩慢下降。impulse response 的值在側邊較其他 window method 大，中間的值則較小。

C. Parks-McClellan



gain response plot



impulse response plot

Comment : 利用 `firpmord` 得出 $n=15$, Parks-McClellan method 的 **sidelobe amplitude** 較為一致且較其他方法大 , **mainlobe width** 則較其他 **window method** 大上許多。impulse response 的值有正有負 , 與其他方法比大上許多。

D. Compare the results

Hamming window 的特點是 sidelobe amplitude 較為一致，impulse response 的值最大；Hann window 的特點是 sidelobe amplitude 隨 frequency 變大快速下降；Blackman window 的特點是 peak sidelobe amplitude 最小，mainlobe width 較其他 window method 大，impulse response 的值最小；Kaiser window 的特點是 impulse response 的值在側邊較其他 window method 大，中間的值則較小；Parks-McClellan method 的特點是 peak sidelobe amplitude 最大，mainlobe width 也是最大，impulse response 的值有正有負，與其他方法比大上許多。

一個能達到 frequency selective 的 filter 需要有 narrow mainlobe 與 lower sidelobe，但從上面實作的結果來看，很難同時在兩個條件達到最好，需要按照情況做取捨，選出較為適合的 FIR filter design method。