

أولاً: تصميم مرشح FIR باستخدام طريقة النوافذ

A- إيجاد الاستجابة النبضية للمرشح:

تعطى الاستجابة النبضية لمرشح تمرير منخفض بالشكل

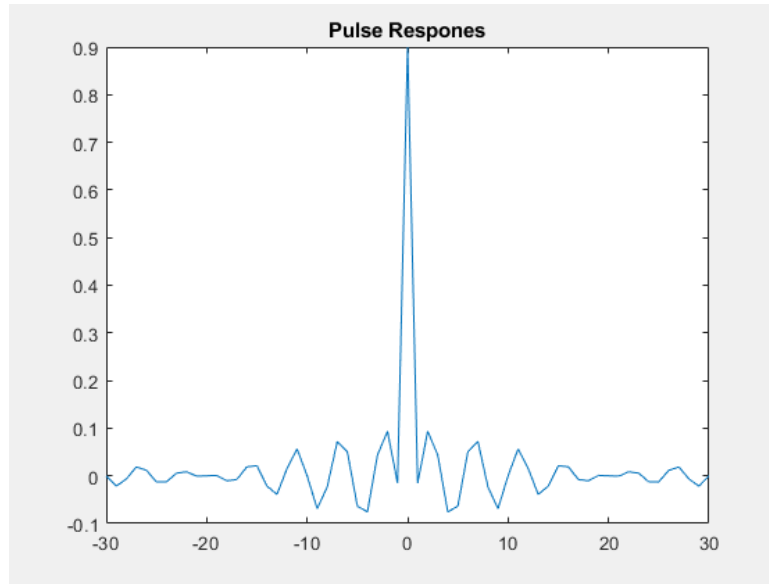
$$h_{LP}(n) = \frac{\sin(w_c \cdot n)}{\pi \cdot n}$$

بالتالي، استنتاج الاستجابة النبضية لمرشح قطع حزمة انطلاقاً من الاستجابة النبضية لمرشح تمرير منخفض كما يلي.

$$h_{BP}(n) = \delta(n) - h_{LP,w_2}(n) + h_{LP,w_1}(n)$$

$$\Rightarrow h_{BP}(n) = \delta(n) + \frac{\sin(w_1 \cdot n) - \sin(w_2 \cdot n)}{\pi \cdot n}$$

بإظهار الإشارة على 61 نقطة نجد:



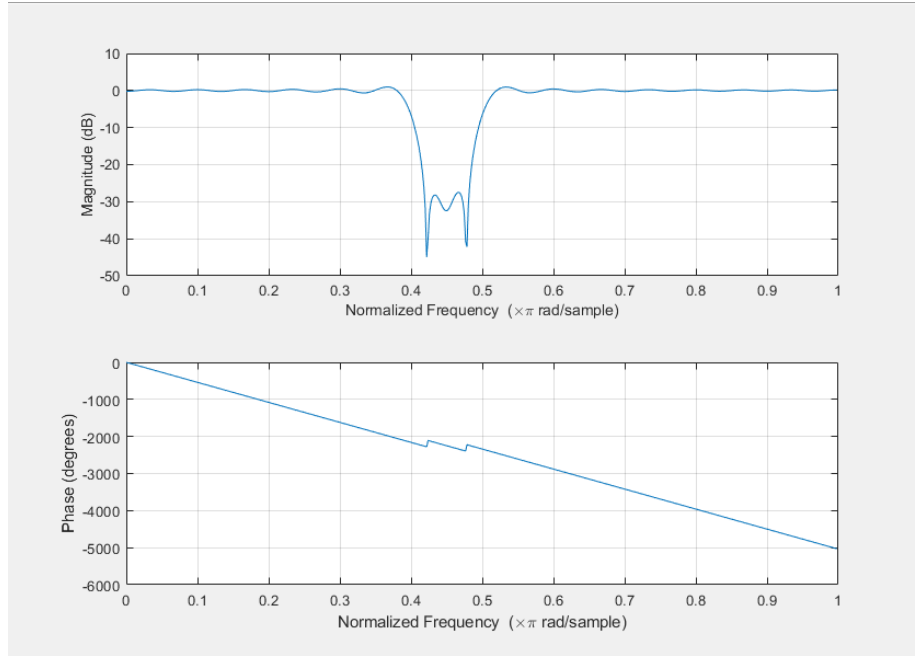
الاستجابة النبضية لمرشح قطع حزمة على 61 نقطة

B- اختيار النافذة المناسبة للتصميم:

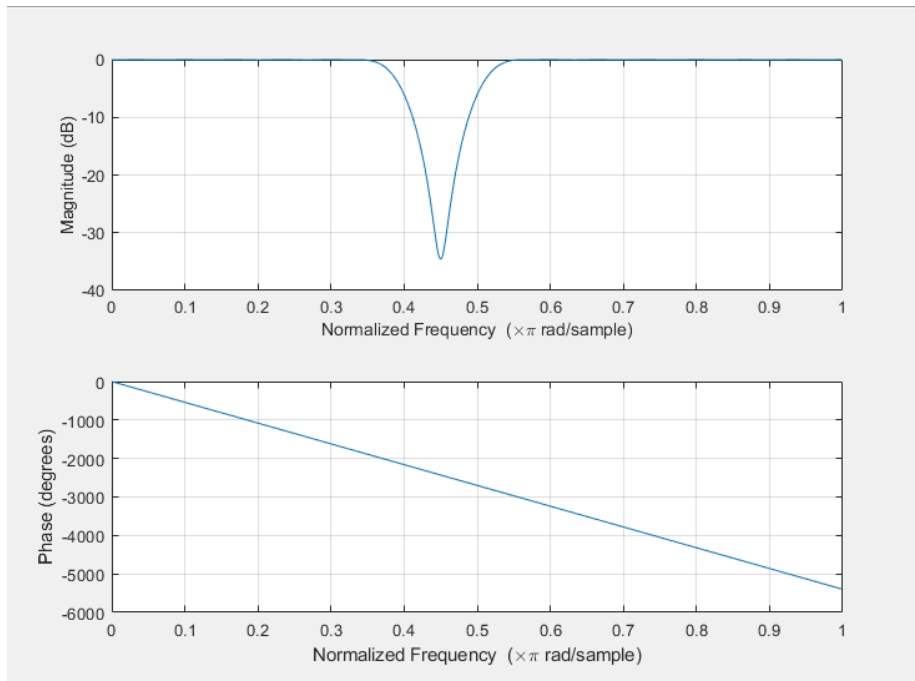
باستخدام windowDesigner ومقارنة النوافذ المختلفة نجد أن نافذة Hamming هي الأفضل حيث أنها تحقق أقل عرض لمجال التمرير، وأكبر تخميد للفصوص الجانبية من أجل 61 نقطة.

N = 61	Relative sidelobe attenuation: -42.4 dB	Mainlobe width (-3 dB): 0.042969
--------	---	----------------------------------

C- الاستجابة الترددية للمرشح المطلوب

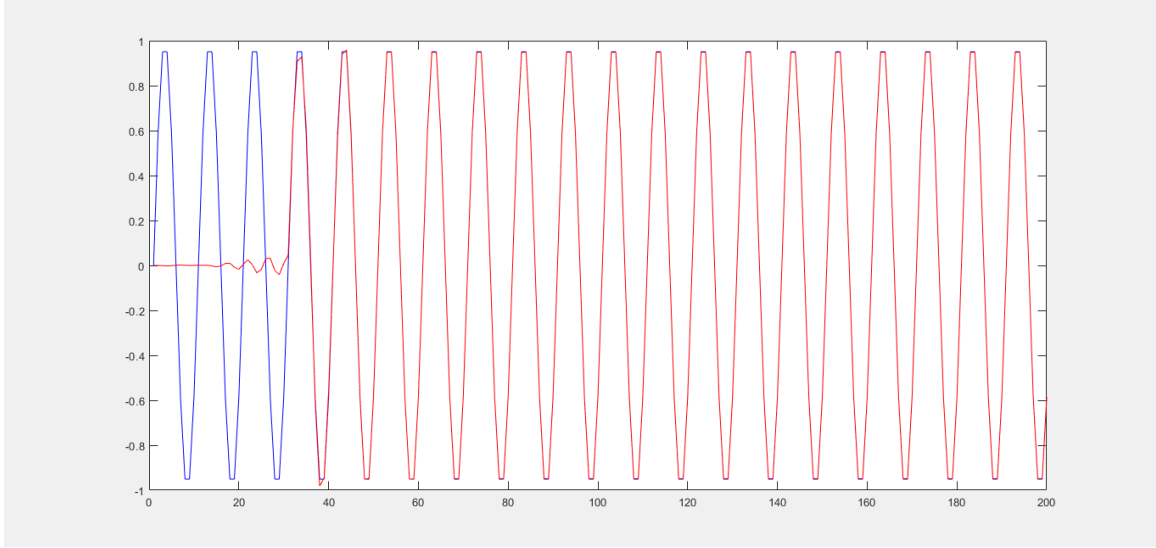


الاستجابة الترددية لمرشح قطع الحزمة المثالي.



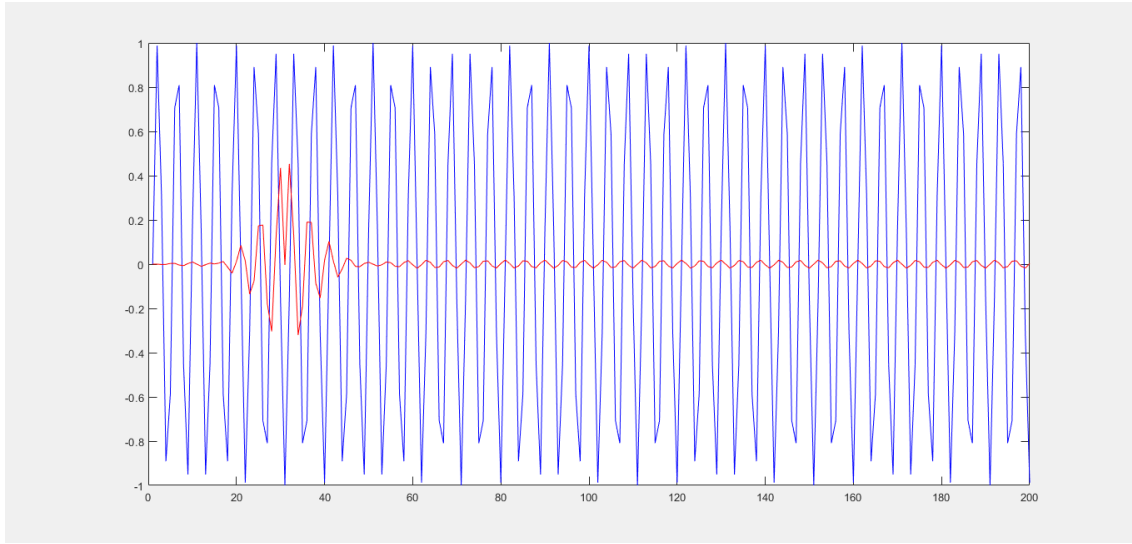
الاستجابة الترددية لمرشح قطع الحزمة العملي.

D- توليد إشارات جيبية



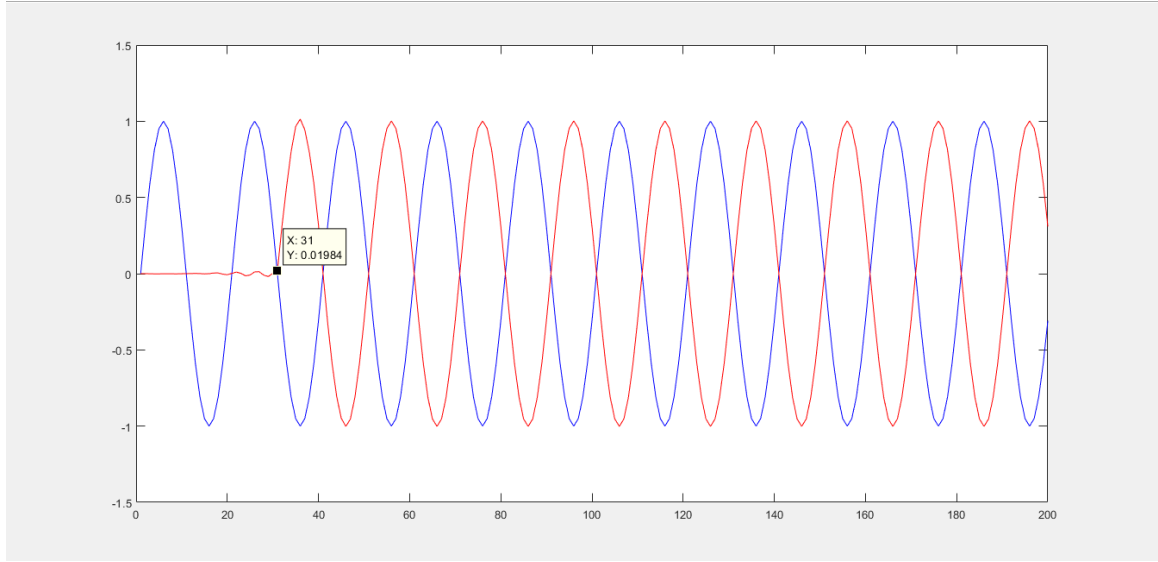
الشكل يظهر الإشارة الأساسية (--) والإشارة بعد المرشح (--) عند التردد $\frac{\pi}{5}$ وهو تردد يسمح بتمريره المرشح، نلاحظ أن الإشارة (-) تتأخر بمقدار 30 عينة ونتأكد من ذلك بحساب تأخير المجموعة باستخدام grpdealy، من ناحية أخرى نلاحظ أنه لا يوجد تأخير بالصفحة بالعودة للنظر بمخطط الاستجابة الترددية للمرشح نجد أنه عند التردد $\frac{\pi}{5}$ يكون تأخير الصفحة

$$\varphi = 1080 = 3 * 360 \leftrightarrow 0$$



الشكل يظهر الإشارة الأساسية (--) والإشارة بعد المرشح (--) عند التردد $\frac{9\pi}{20}$ وهو تردد لا يسمح بتمريره المرشح حيث:

$$\frac{2\pi}{5} < \frac{9\pi}{20} < \frac{\pi}{2}$$



الشكل يظهر الإشارة الأصلية (--) والإشارة بعد الترشيح (--) عند التردد $\frac{\pi}{10}$ وهو تردد يسمح بتمريره المرشح، نلاحظ أن الإشارة (--) تتأخر بمقدار 30 عينة ونتأكد من ذلك بحساب تأخر المجموعة باستخدام grpdealy، من ناحية أخرى نلاحظ أنه يوجد تأخر بالصفحة بمقدار π بالعودة للنظر بمخطط الاستجابة الترددية للمرشح نجد أنه عند التردد $\frac{\pi}{10}$ يكون تأخر الصفحة

$$\varphi = 540 = 3 * 180 \leftrightarrow \pi$$

ثانياً - تصميم مرشحات IIR:

1- تصميم مرشح Butterworth ممر للترددات المنخفضة بطريقة التحويل ثنائي الخطية:
- الترددات الموافقة في المرشح المثالي:

$$\Omega_1 = \frac{2}{T} \tan\left(\frac{\omega_1}{2}\right) = 0.5359 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\Omega_2 = \frac{2}{T} \tan\left(\frac{\omega_2}{2}\right) = 0.8284 \text{ rad.s}^{-1}$$

- حساب درجة المرشح المثالي:

$$\begin{aligned} |H(j\Omega)| &\geq \frac{1}{\sqrt{2}} & \Omega \leq \Omega_1 \\ |H(j\Omega)| &\leq \frac{1}{\sqrt{10}} & \Omega \geq \Omega_2 \end{aligned}$$

نحسب N من العلاقة:

$$N = \frac{1}{2} \frac{\log(1) - \log(9)}{\log(\Omega_1) - \log(\Omega_2)} = 2.522$$

نختار أقرب قيمة صحيحة: $N = 3$

- بعد حساب N يتم حساب تردد القطع Ω_c فنجد $\Omega_c = 0.574 \text{ rad.s}^{-1}$
- بعد أن حصلنا على علاقة المرشح:

$$|H(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Omega}{\Omega_c}\right)^{2N}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Omega}{0.574}\right)^6}$$

يتم حساب أقطاب التابع لإيجاد تابع التحويل:

تحقق أقطاب التابع العلاقة:

$$p_k = \Omega_c * \exp\left(j\left(\frac{\pi}{2N} + \frac{k\pi}{N}\right)\right) \quad k = 0, \dots, 2N - 1$$

بالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على ست أقطاب مرافقة. نأخذ منها الأقطاب ذات الجزء الحقيقي السالب:

$$p_1 = -0.574$$

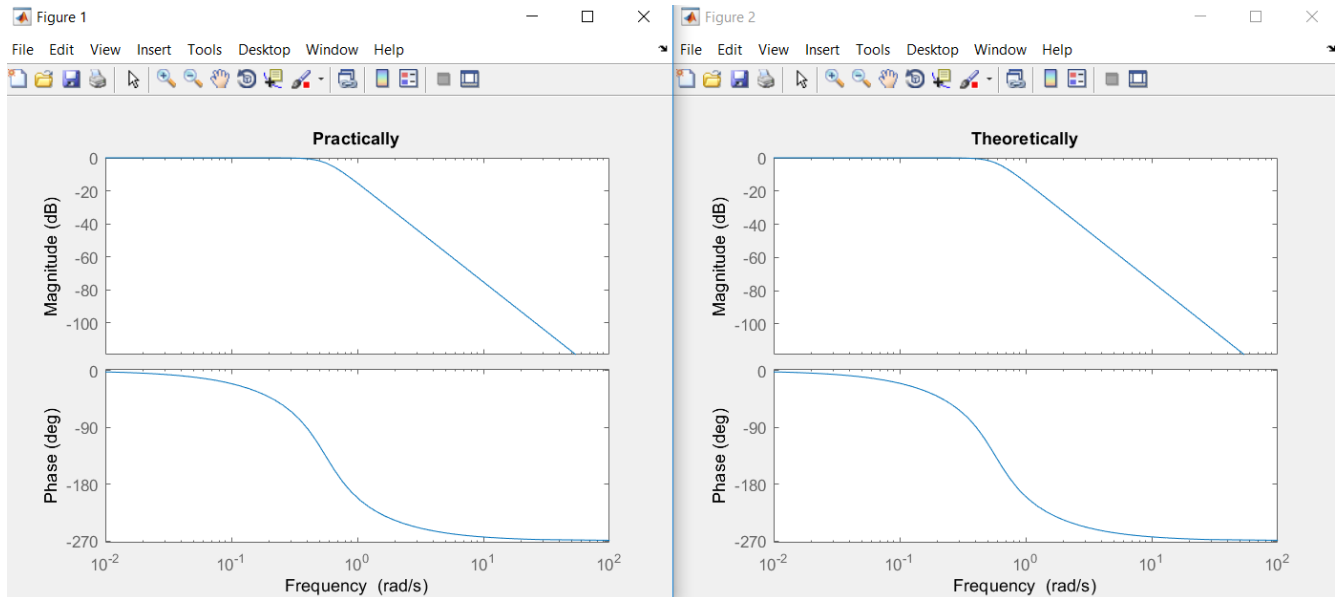
$$p_{2,3} = -0.287 \pm j 0.4971$$

ومنه نحصل على:

$$H(s) = \frac{0.18912}{(s + 0.574)(s^2 + 0.574s + 0.32947741)}$$

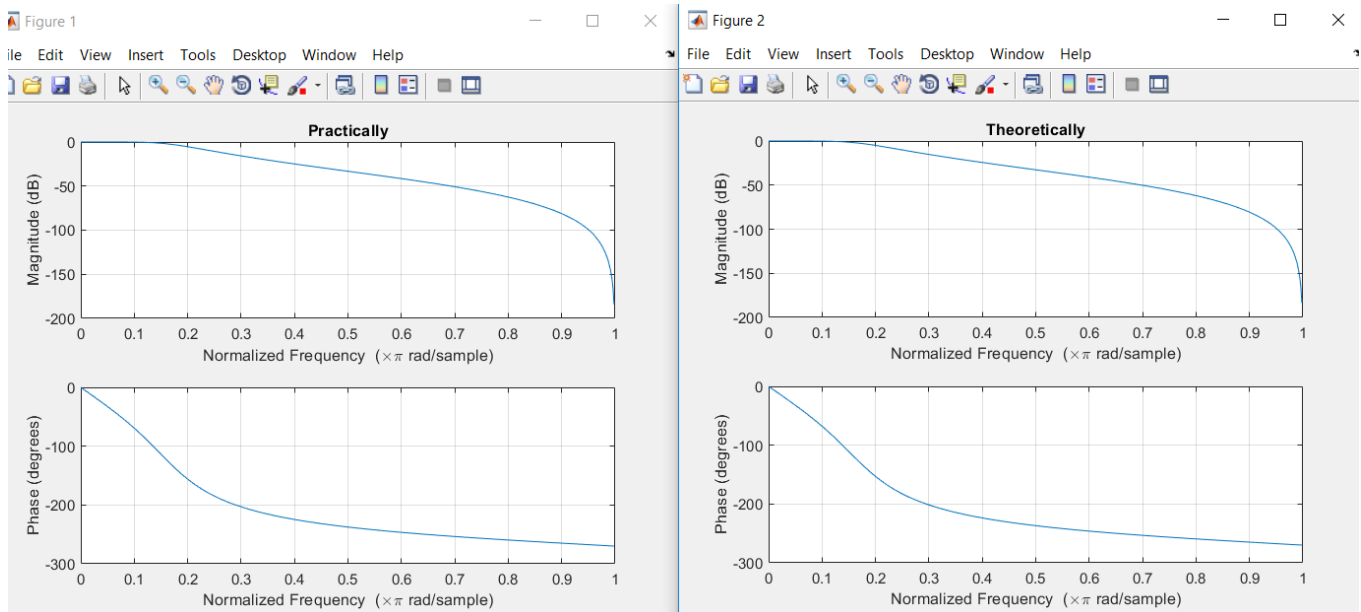
$$H(z) = \frac{0.18912(1 + z^{-1})^3}{(2.574 - 1.426z^{-1})(3.18147741z^{-2} - 7.34104z^{-1} + 5.477)}$$

بعد أن تم تحقيق المرشح نظرياً تم تحقيق المرشح عملياً في matlab وتمت المقارنة بين المرشحين ووجدنا أنهما متطابقان:



مخطط بود للمرشح التماثلي نظرياً وعملياً

نلاحظ تطابق المرشحين التماثليين نظرياً وعملياً



المرشح الرقمي نظرياً وعملياً

بعد تصميم المرشح يجب التأكد من تحقيقه للسروط المطلوبة:

المرشح المحقق عمليا:

$$20 \log(|H(w_1)|) = -2.442 \text{ db} > -3 \text{ db} \quad 20 \log(|H(w_2)|) = -10.63 \text{ db} < -10 \text{ db}$$

المرشح المحقق نظريا:

$$20 \log(|H(w_1)|) = -2.24 \text{ db} > -3 \text{ db} \quad 20 \log(|H(w_2)|) = -10.63 \text{ db} < -10 \text{ db}$$

نلاحظ أن المرشح يحقق السروط المطلوبة وهناك فرق صغير بين قيم الريبج للمرشح عند w_1 يعود إلى الاختلاف في تحديد تردد القطع حيث كانت تردد القطع الذي تم تحديده باستخدام matlab:

$$\Omega_c = 0.56 \text{ rad.s}^{-1}$$

وتردد القطع المحسوب نظريا:

$$\Omega_c = 0.574 \text{ rad.s}^{-1}$$

2 – تصميم مرشح Butterworth ممر للترددات المرتفعة بطريقة ثبوتية الاستجابة النبضية:

لا يمكن تصميم مرشح تمرير مرتفع بطريقة ثبوتية الاستجابة النبضية لأن هذه الطريقة تفرض تحقيق شرط شانون ولا يمكن تحقيق شرط شانون عند الترددات المرتفعة. كما تم محاولة تحقيق هذا المرشح بالتحويل ثنائي الخطية باستخدام تعليمة lp2hp ولم تكن النتائج مطابقة للمواصفات المطلوبة.