

Háskóli Íslands
Verkfræðideild

08.31.09 Merkjafræði og síur
Jóhannes R. Sveinsson



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Reikniverkefni III

Hönnun IIR og FIR sía

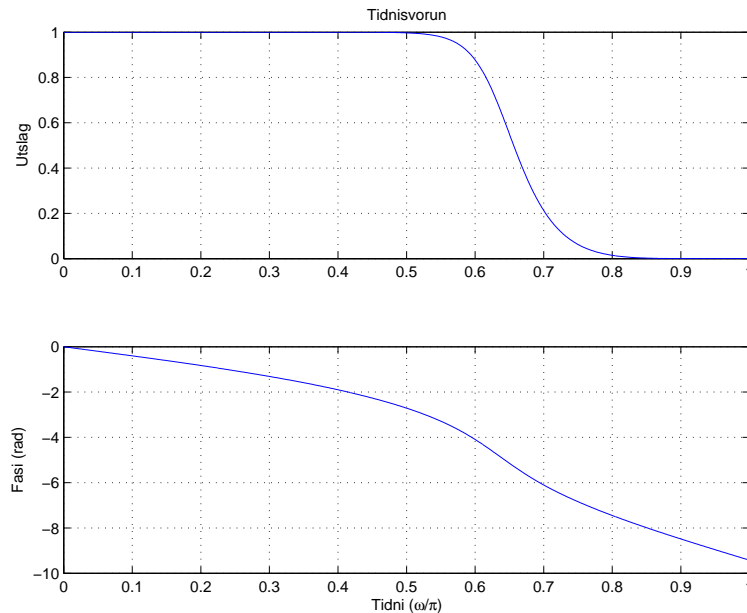
9. nóvember 2006

Sævar Öfjörð Magnússon

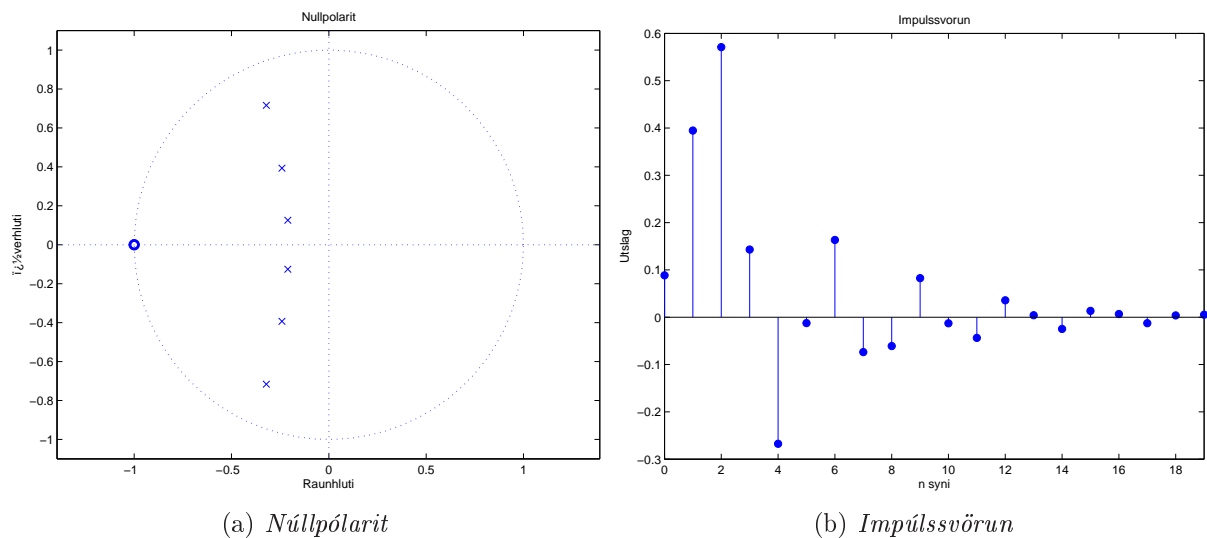
1 Hönnun IIR sía

1.1 Greining á 6tu gráðu Butterworth stakrænni lágheypisíu

Notað var MATLAB fallið `butter` til þess að hanna sjöttu gráðu IIR lágheypisíu með skurðtíðnina $\omega_c = 0.63\pi$. Útslag, fasa, núllpólarit og fyrstu 20. gildi impúlssvörunar má sjá á myndum 1-2.



Mynd 1: Útslag og fasi Butterworth síunnar.



(a) Núllpólarit

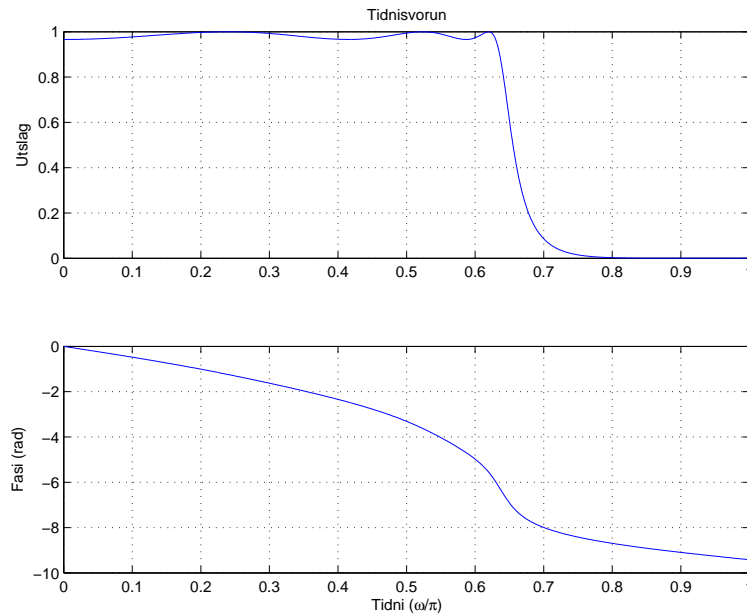
(b) Impúlssvörun

Mynd 2: Núllpólarit og impúlssvörun Butterworth síunnar.

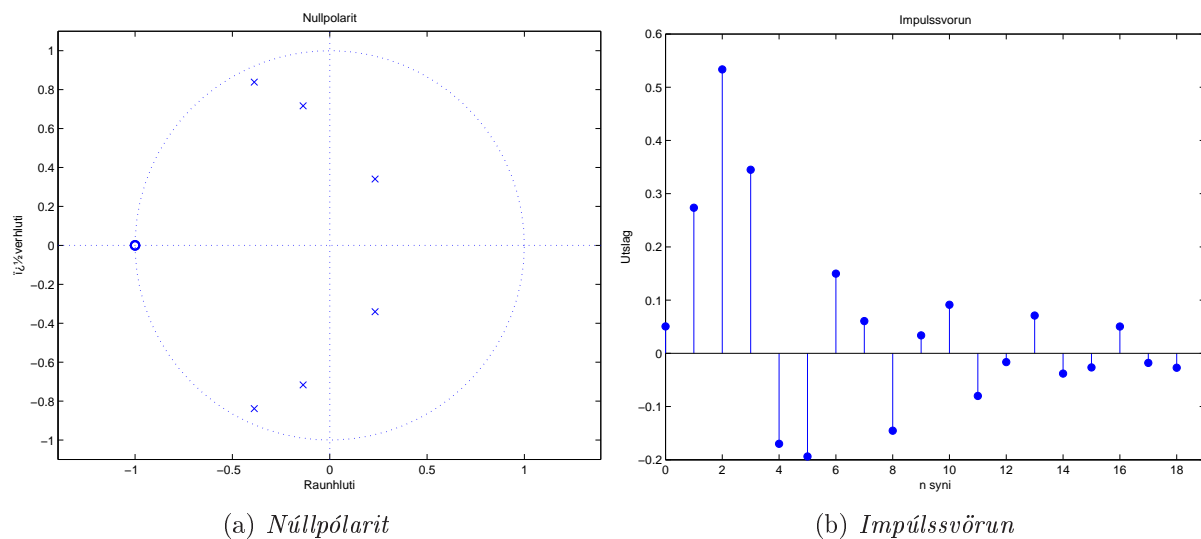
Sjáum að skurðtíðnin er í $\omega \approx 0.63\pi$ og að sían er marflöt bæði í hleypisviði og stoppsviði. Höfum líka 6 póla og samsvarandi núll í -1 svo þetta passar allt við fræðin.

1.2 Greining á 6tu gráðu Chebyshev stakrænni lágheypisíu

Notað var MATLAB fallið `cheby1` til þess að hanna sjöttu gráðu IIR lágheypisíu með skurðtíðnina $\omega_c = 0.63\pi$ og hámarksgárur hleypisviðs 0.3 dB. Útslag, fasa, núllpólarit og fyrstu 20. gildi impúlssvörunar má sjá á myndum 3-4.



Mynd 3: Útslag og fasi Chebyshev síunnar.



(a) Núllpólarit

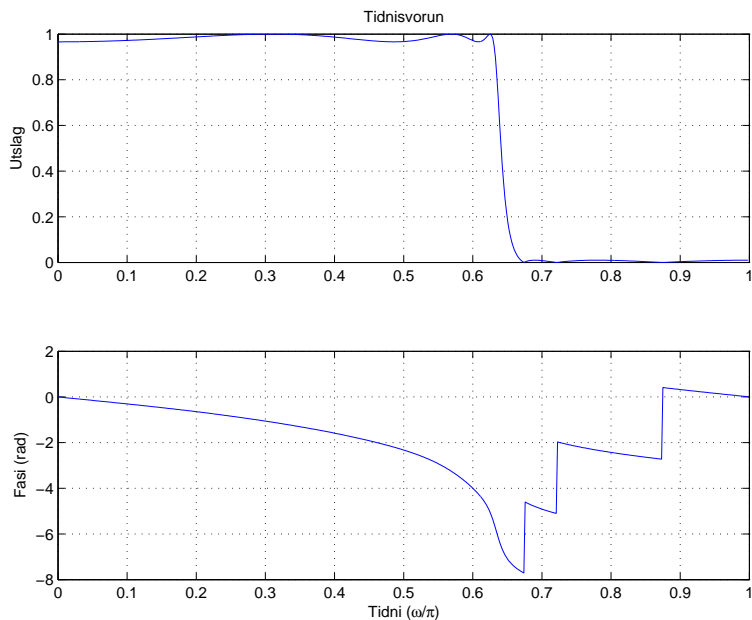
(b) Impúlssvörun

Mynd 4: Núllpólarit og impúlssvörun Chebyshev síunnar.

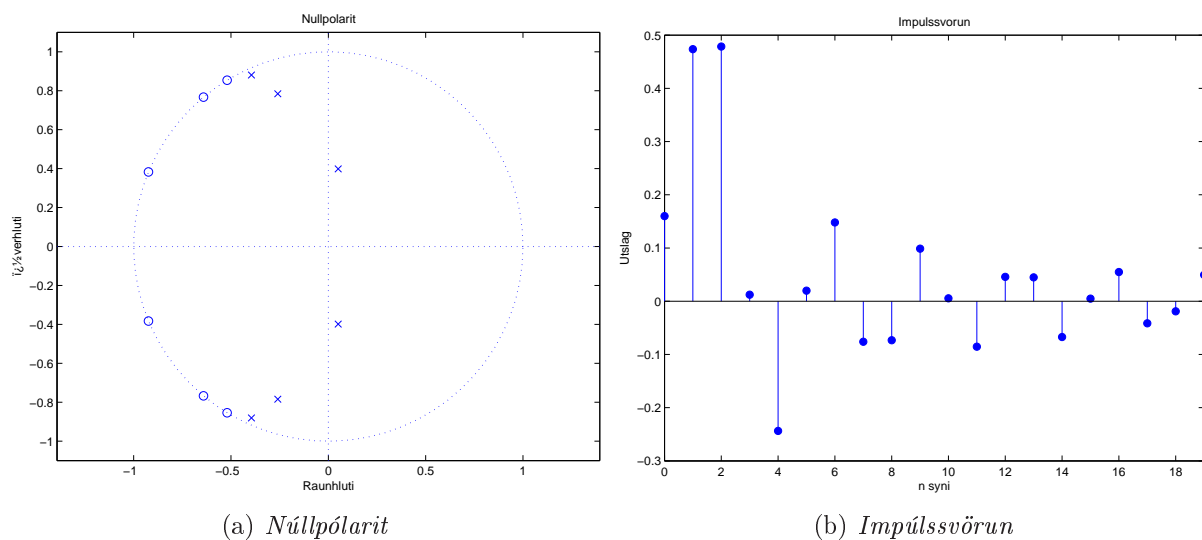
Sjáum að skurðtíðnin er í $\omega \approx 0.6\pi$ og að sían hefur gárur í hleypisviði en er flöt í stoppsviði. Höfum líka 6 póla og samsvarandi núll í -1 svo þetta passar allt við fræðin.

1.3 Greining á 6tu gráðu Elliptic stakrænni lágheypisíu

Notað var MATLAB fallið `ellip` til þess að hanna sjöttu gráðu IIR lágheypisíu með skurðtíðnina $\omega_c = 0.63\pi$, hámarksgáru hleypisviðs 0.3 dB og ágmarksgáru stoppsviðs 40dB. Útslag, fasa, núllpólarit og fyrstu 20. gildi impúlssvörunar má sjá á myndum 5-6.



Mynd 5: Útslag og fasi *Elliptic síunnar*.



(a) *Núllpólarit*

(b) *Impúlssvörun*

Mynd 6: *Núllpólarit og impúlssvörun Elliptic síunnar*.

Sjáum að skurðtíðnin er í $\omega \approx 0.6\pi$ og að sían hefur gáru í bæði hleypisviði og stoppsviði. Höfum líka 6 póla og 6 núll á einingahring svo þetta passar allt við fræðin.

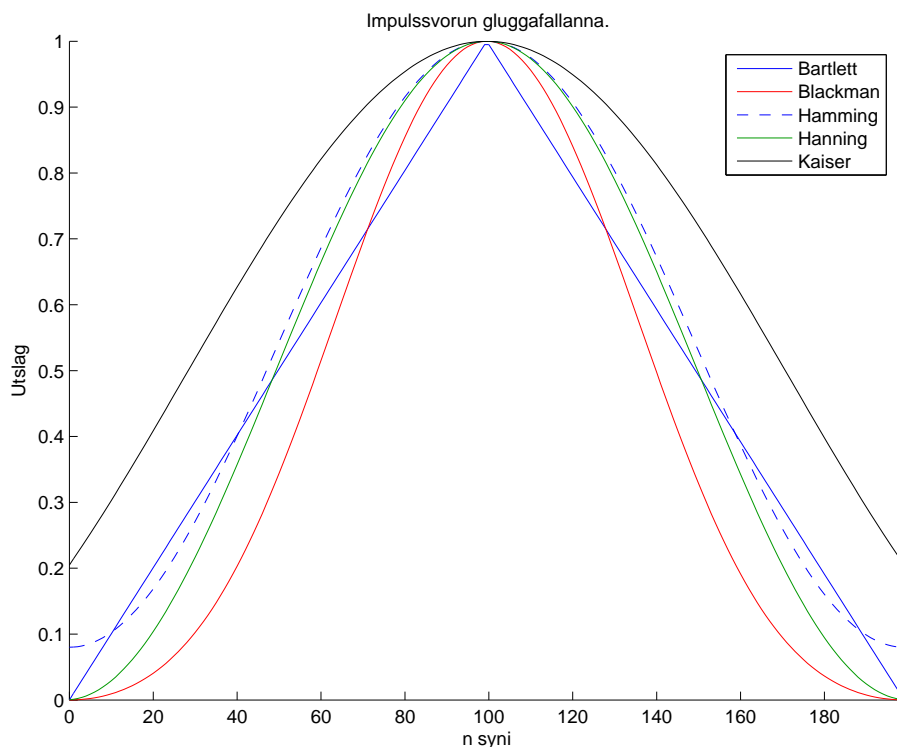
1.4 Samanburður á gráðu þriggja gerða stakrænna lágheypisía

Við höfum hönnarkröfur fyrir stakræna IIR síu. Skurðtíðni hleypisviðs er $\omega_p = 0.35\pi$, skurðtíðni stoppsviðsins er $\omega_s = 0.45\pi$, hámarksgáru hleypisviðsins er 0.01dB og lágmarksgáru stoppsviðsins eru 40 dB. Viljum nú finna gráður Butterworth, Chebyshev og Elliptic IIR sía sem uppfylla kröfurnar. Einfaldast er að nota föllin `buttord`, `cheb1ord` og `ellipord` í Matlab til þess að finna þessar gráður (sjá Matlab kóða). Niðurstaðan er sú að minnsta gráðan sé 24 fyrir Butterworth síu, 10 fyrir Chebyshev síu og 6 fyrir Elliptic.

2 Hönnun FIR sía með gluggaðferðinni

2.1 Gluggaföllin í MATLAB

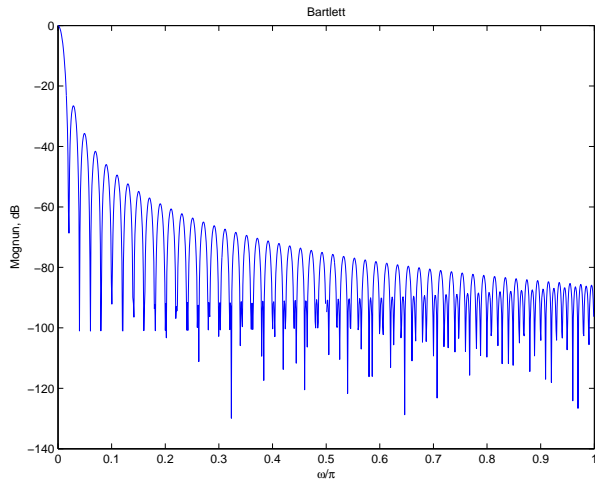
Skissum impúlssvörur gluggafallanna Bartlett, Blackman, Hamming, Hanning og Kaiser ($\beta = 3$) að lengdinni $M = 200$ á mynd



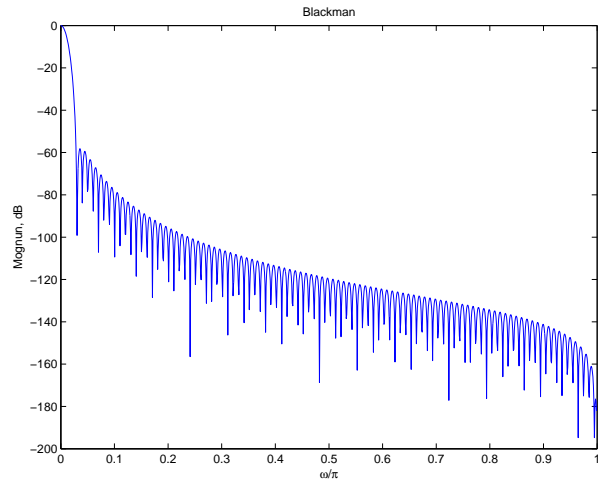
Mynd 7: *Impúlssvörur nokkurra gluggafalla í MATLAB.*

Athugið að til einföldunar er impúlssvörunin sýnd með samfelldri línu þó hún sé í raun stakræn.

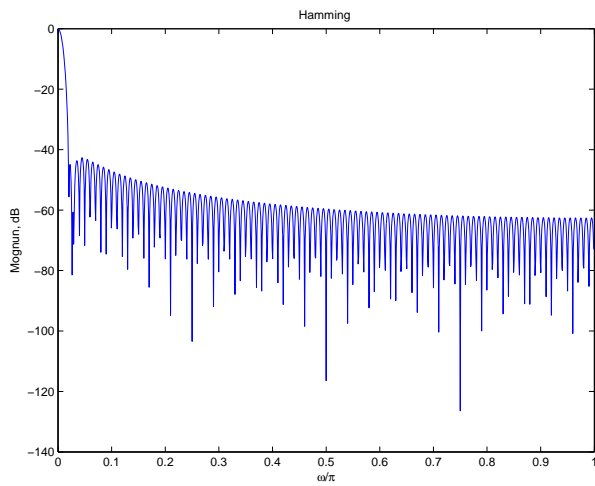
Finum því næst tíðnisvörur allra gluggafallanna með 1024 punkta FFT og skissum tíðnisvörur allra fallanna þannig að hæsta útslagið sé í 0dB og tíðniásinn sé normuð stakræn tíðni.



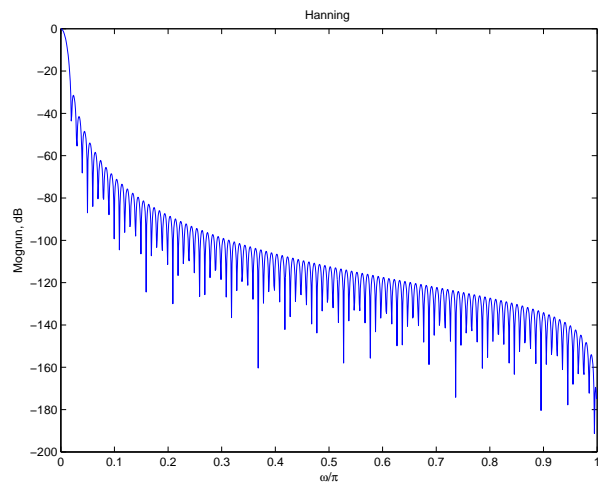
(a) *Tíðnisvörðun Bartlett gluggafallsins.*



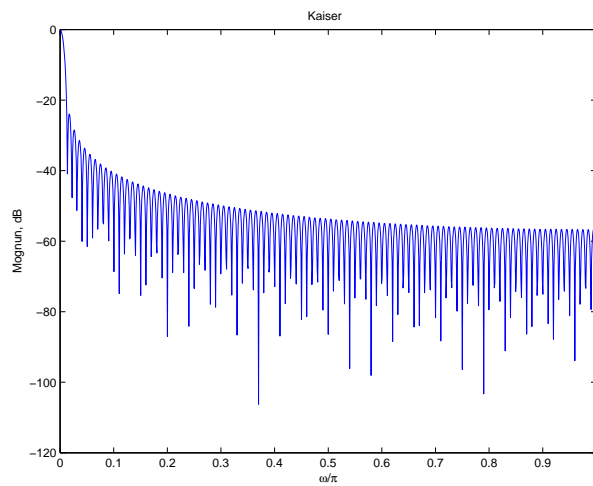
(b) *Tíðnisvörðun Blackman gluggafallsins.*



(c) *Tíðnisvörðun Hamming gluggafallsins.*



(d) *Tíðnisvörðun Hanning gluggafallsins.*



(e) *Tíðnisvörðun Kaiser gluggafallsins.*

Mynd 8: *Tíðnisvaranir gluggafallanna.*

2.2 Hönnun með rétthyrndum og Hamming glugga

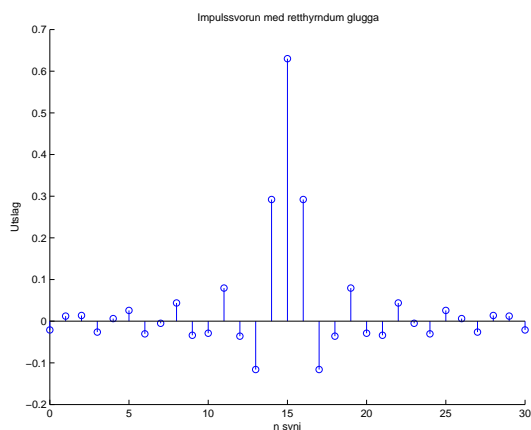
Við byrjum á því að hafa kjörlághleypisú með skurðtíðni $\omega_c = 0.63\pi$. Jafnan fyrir impúlssvörun hennar er gefin með $h[n] = \frac{\sin \omega_c(n-M)}{\pi(n-M)}$. Við eigum að hanna 31 stuðla FIR síu út frá kjörsíunni með því að nota rétthyrndan glugga annars vegar og Hamming glugga hins vegar. Þá er $M = 15$ í $h[n]$ hér að framan og $h[\frac{N+1}{2}] = \omega_c/\pi$ skv. l'Hôpital.

2.2.1 Rétthyrndur gluggi

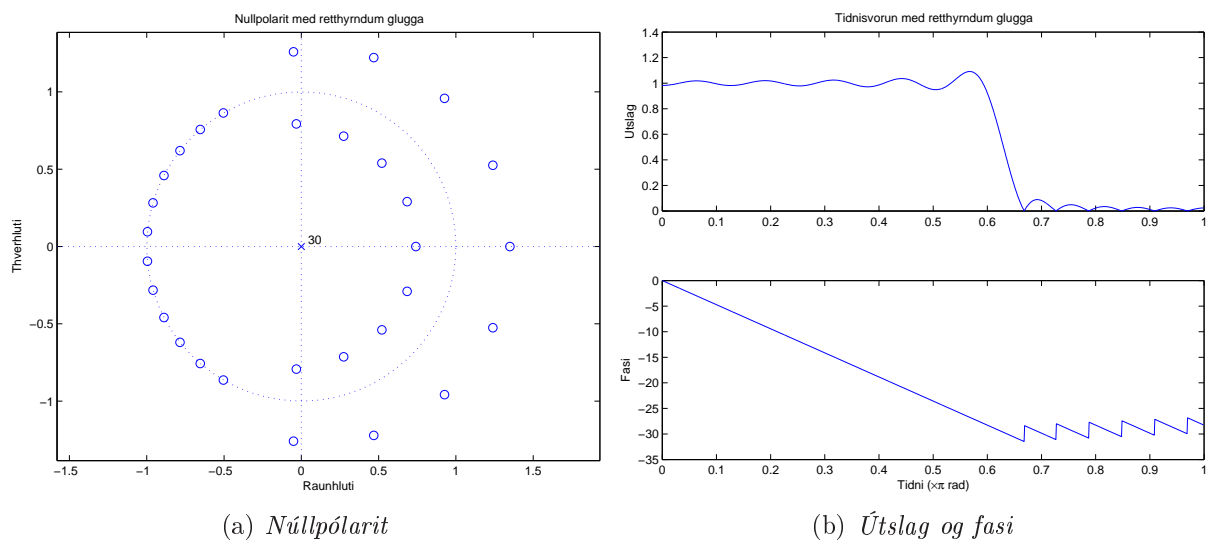
Rétthyrndum glugga er lýst með

$$w_R[n] = \begin{cases} 1, & -M \leq n \leq M, \\ 0, & \text{annars.} \end{cases}$$

Getum því fengið rétthyrndan glugga með því að reikna beint 31 gildi af kjörlághleypisú í MATLAB. Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síanna á myndir 9-10.



Mynd 9: Impúlssvörun lághleypisúnnar með rétthyrndum glugga.



(a) Núllpólarit

(b) Útslag og fasa

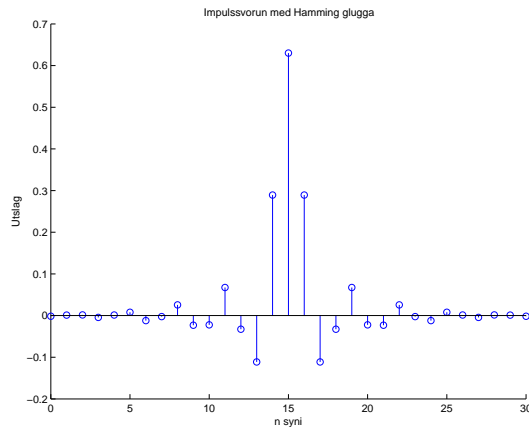
Mynd 10: Núllpólarit og impúlssvörun lághleypisúnnar með rétthyrndum glugga.

2.2.2 Hamming gluggi

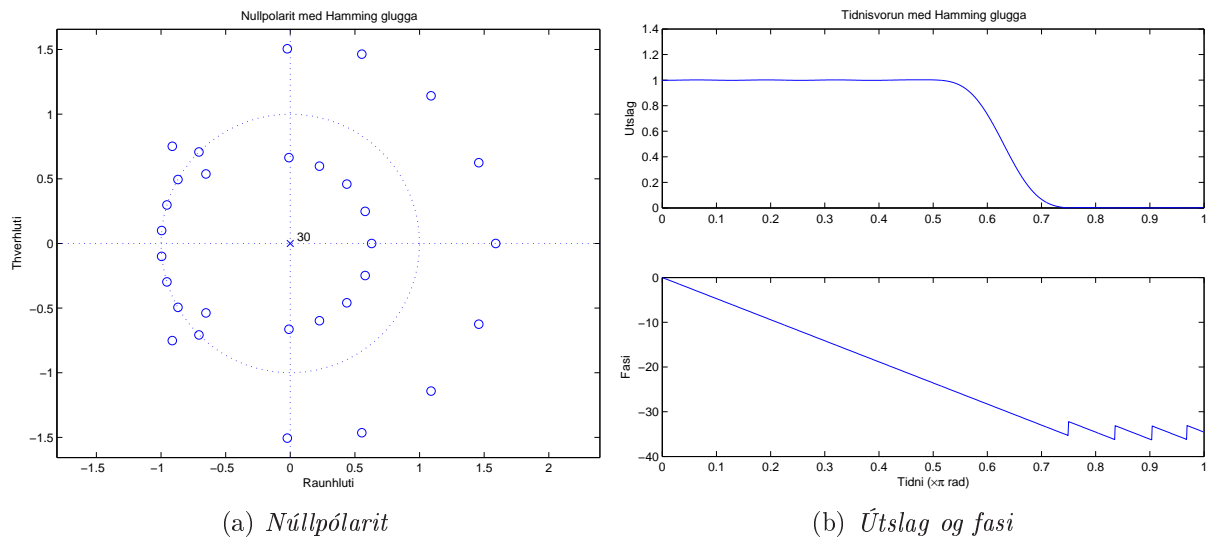
Hamming glugga er lýst með

$$w[n] = \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi n}{2M+1} \right) \right], \quad -M \leq n \leq M.$$

Við getum fundið 31 stuðla FIR síu út frá kjörsíunni með því að punktmargfalda 31 punkta Hamming glugga við 31 punkta kjörsíu með rétthyrndum glugga. Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síanna á myndir 11-12.



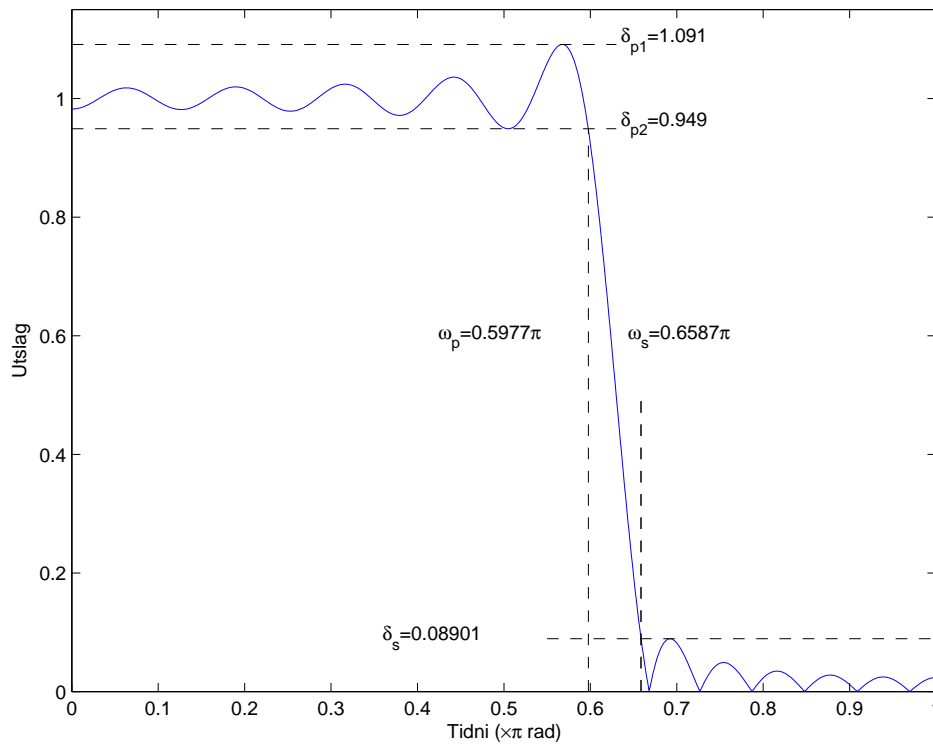
Mynd 11: *Impúlssvörun lágheypisíunnar með Hamming glugga.*



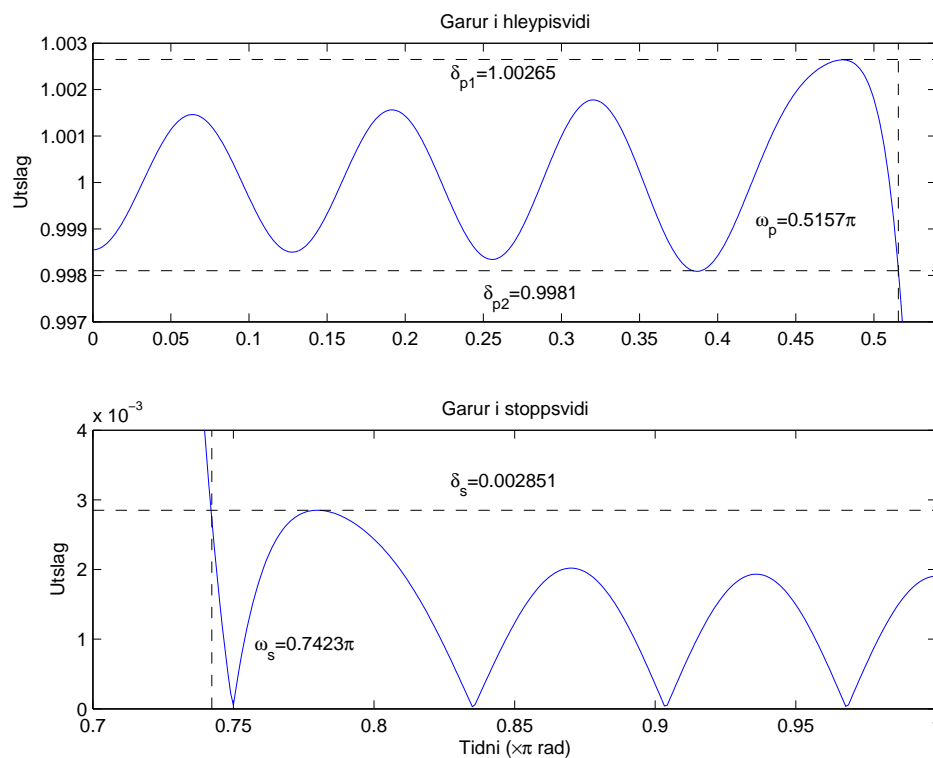
Mynd 12: *Núllpólarit og impúlssvörun lágheypisíunnar með Hamming glugga.*

Við sjáum að sían sem fundin var með rétthyrnda glugganum hefur talsverðar gárur bæði í hleypi- og stoppsviði á meðan sían sem fundin var með Hamming glugganum virðist nokkuð flöt.

Reynum svo að meta kennistærðir síunnar. Þær má sjá á mynd 13.



(a) Mat á kennistærðum lághleypisú með rétthyrndum glugga.



(b) Mat á kennistærðum lághleypisú með Hamming glugga.

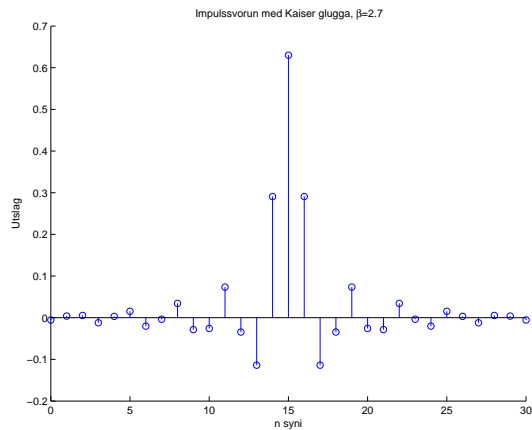
Mynd 13: Mat á kennistærðum síanna tveggja.

2.3 Hönnun með Kaiser glugga

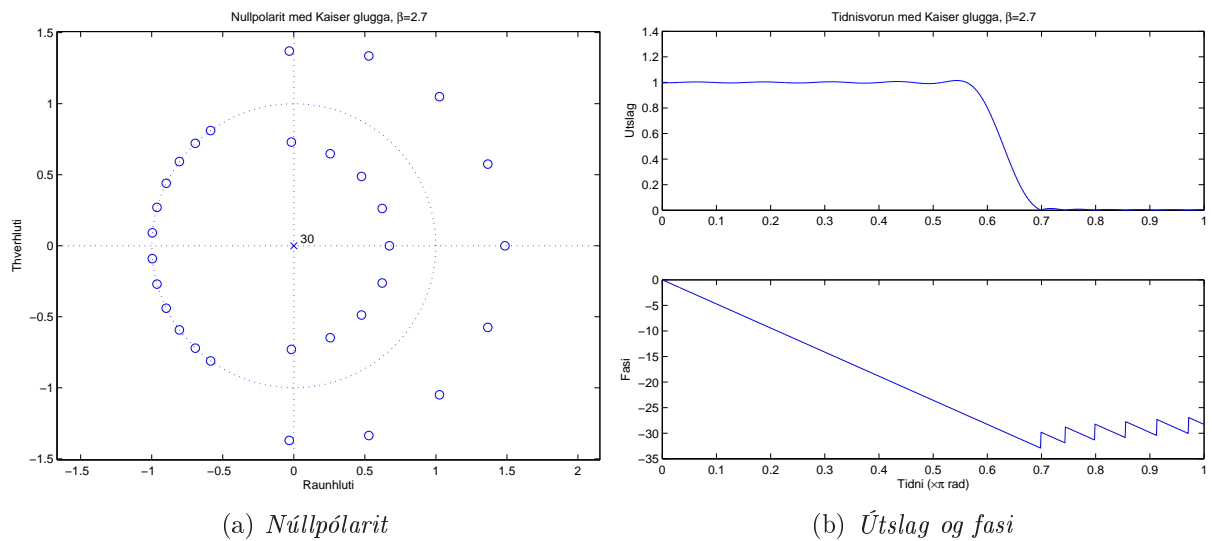
Nú notum við Kaiser glugga með mismunandi gildi á β til þes að hanna 31 stuðla FIR lágþleypisú með skurðtíðni $\omega_c = 0.63\pi$.

2.3.1 Kaiser gluggi með $\beta = 2.7$

Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síanna á myndir 14-15.



Mynd 14: Impúlssvörun lágþleypisúnnar með Kaiser glugga ($\beta = 2.7$).



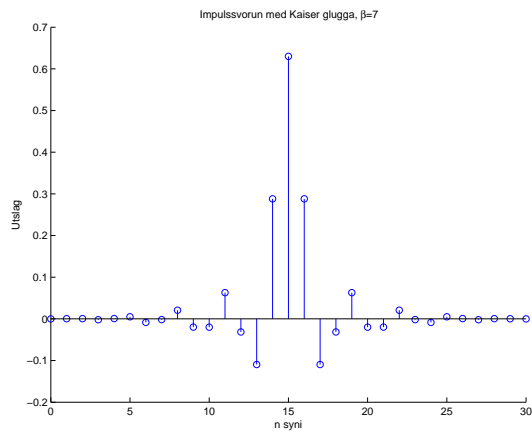
(a) Núllpólarit

(b) Útslag og fasi

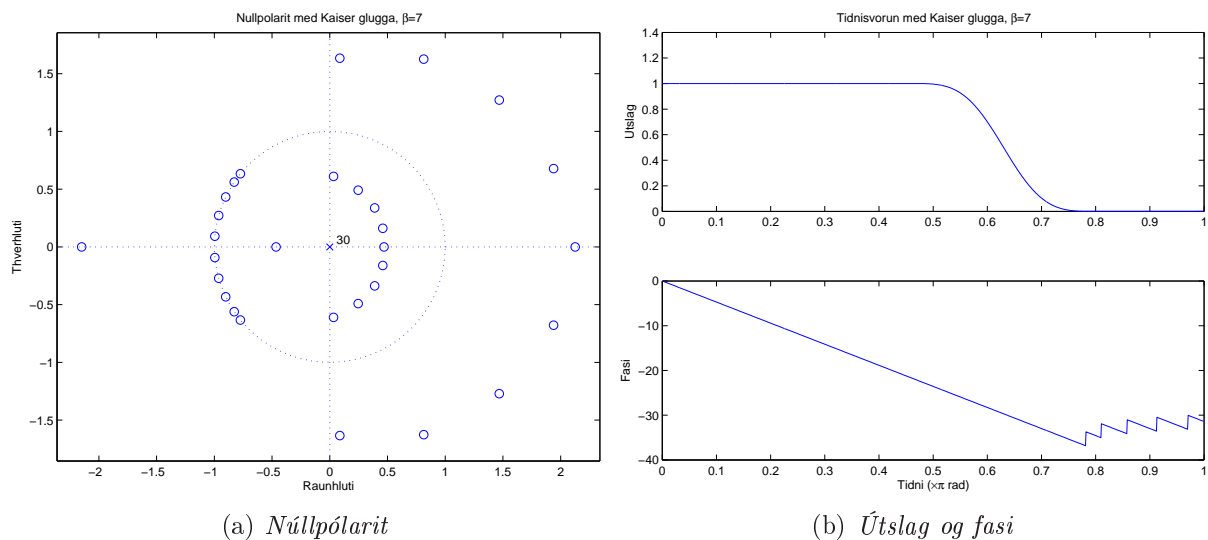
Mynd 15: Núllpólarit og impúlssvörun lágþleypisúnnar með Kaiser glugga ($\beta = 2.7$).

2.3.2 Kaiser gluggi með $\beta = 7$

Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síanna á myndir 16-17.



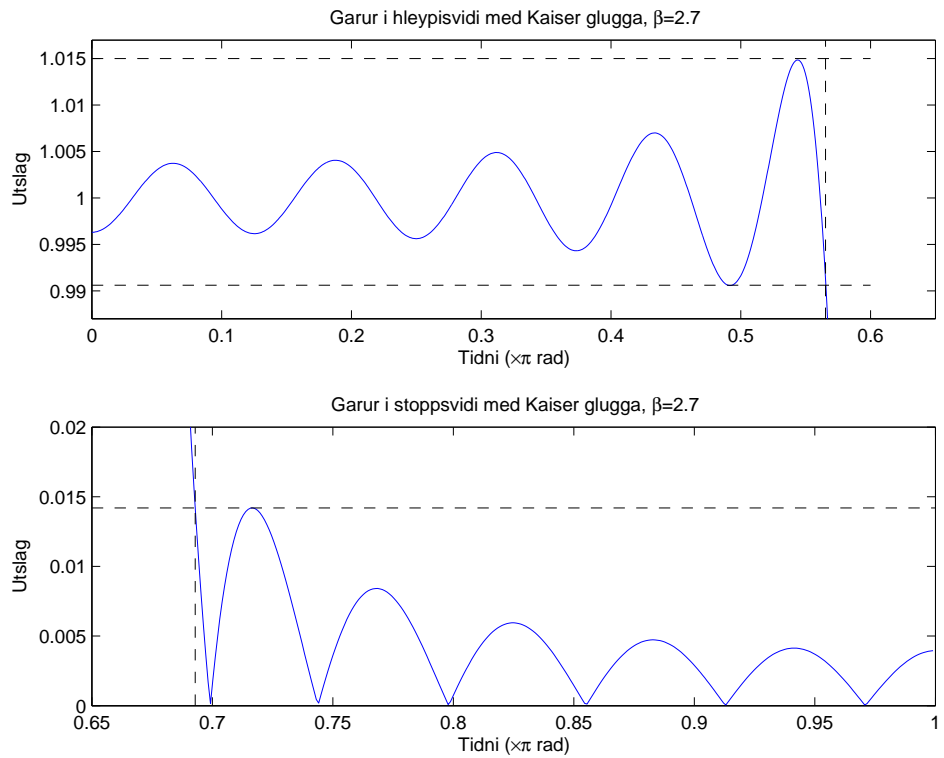
Mynd 16: Impúlssvörun lágheypisúnnar með Kaiser glugga ($\beta = 7$).



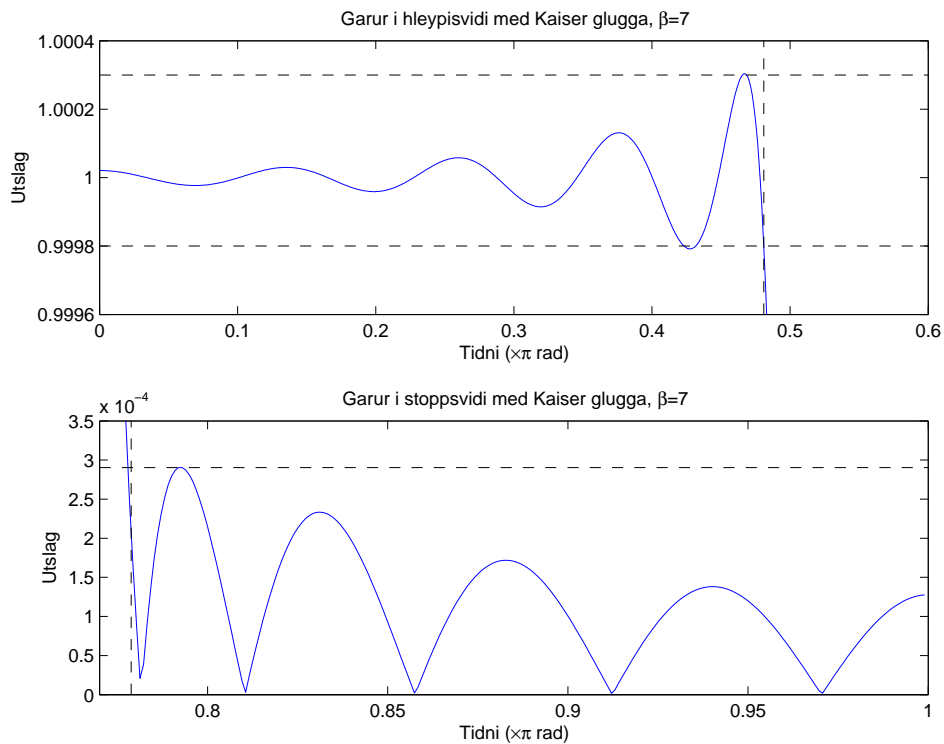
Mynd 17: Núllpólarit og impúlssvörun lágheypisúnnar með Kaiser glugga ($\beta = 7$).

Sjáum að það er talsverður munur á Kaiser glugganum eftir því hvert gildið á β er. Hærra gildið á β gerir síuna alveg marflata bæði í stopp- og hleypisviði.

Reynum svo að meta kennistærðir síunnar. Þær má sjá á mynd 18.



(a) Mat á kennistærðum lágþleypisú með Kaiser glugga ($\beta = 2.7$).



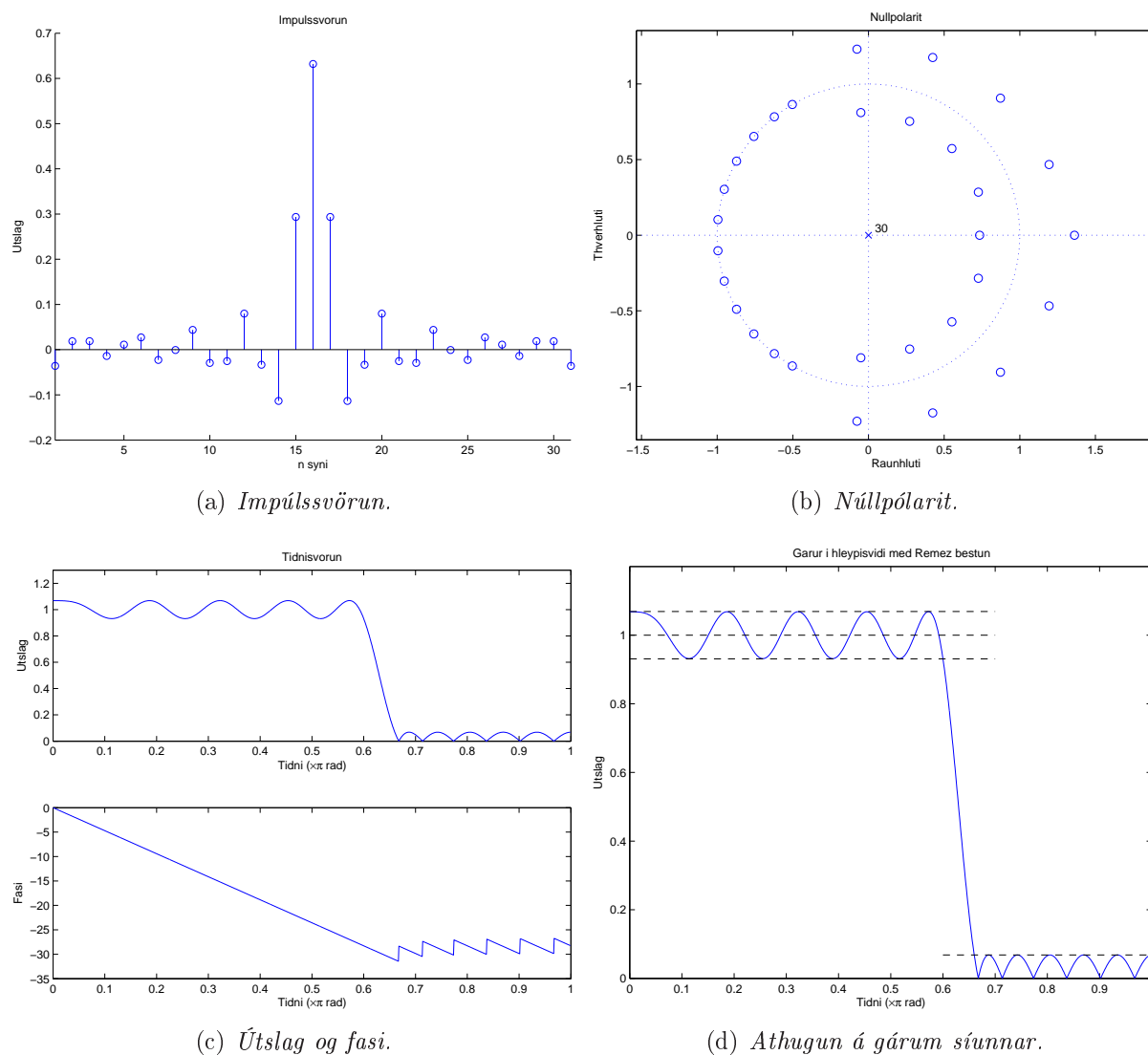
(b) Mat á kennistærðum lágþleypisú með Kaiser glugga ($\beta = 7$).

Mynd 18: Mat á kennistærðum síanna tveggja.

3 FIR síur hannaðar með bestunaraðferðum

3.1 Remez aðferðin

Nú notum við `remez` fallið í MATLAB til þess að hanna bestaða FIR lágþleypisú, sem hefur 31 stuðul. Hleypisviðið er frá 0 til $\omega_p = 0.6\pi$ og stoppsviðið frá $\omega_p = 0.66\pi$ til π . Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síunnar á mynd 19. Gerum svo tilraun

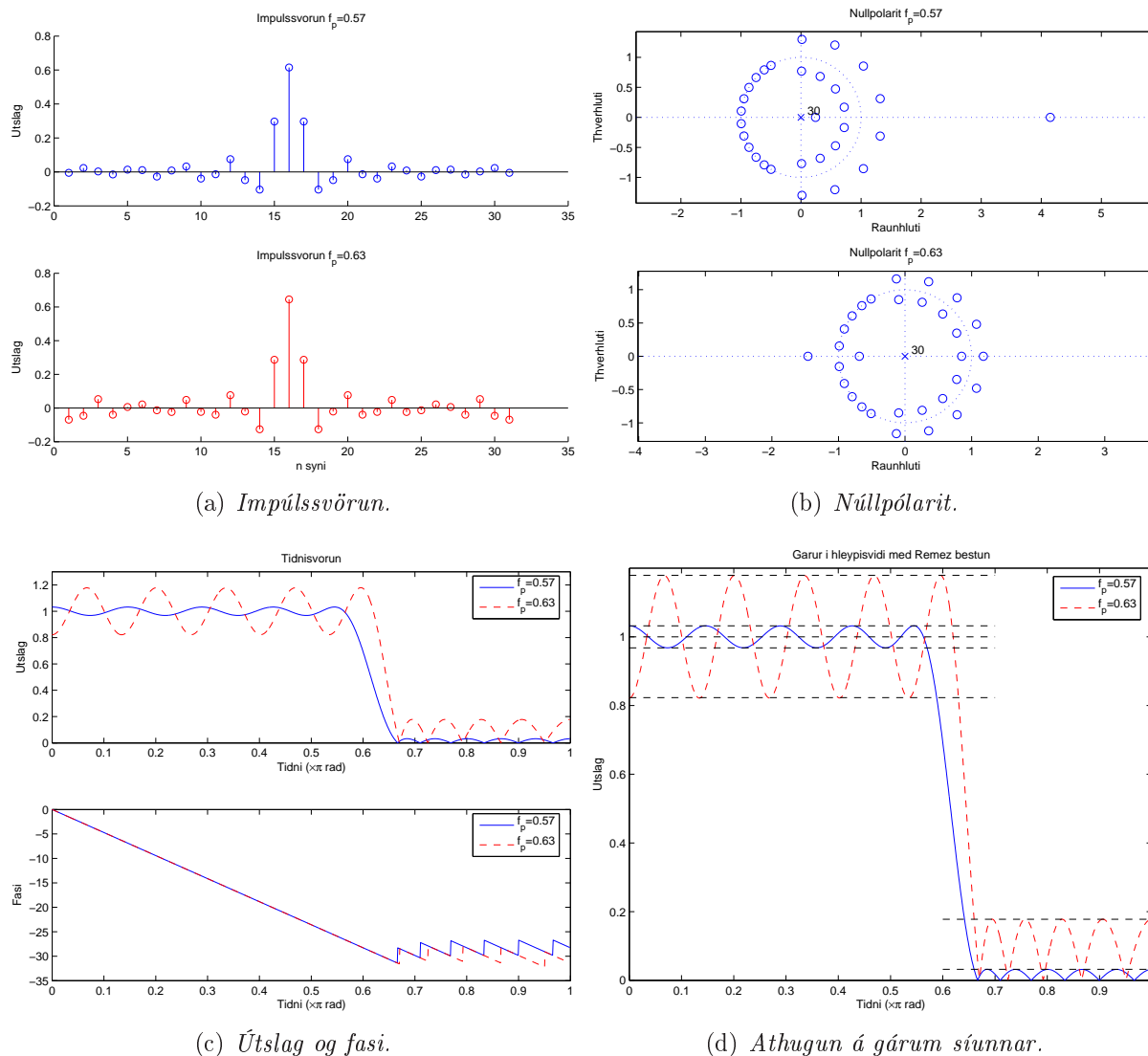


Mynd 19: Ýmsir eiginleikar Remez bestuðu lágþleypisúnnar.

til þess að meta δ_p og δ_s þannig að $1 - \delta_p \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1 + \delta_p$ fyrir ω á hleypisviðinu, og δ_s þannig að $\delta_s \geq |H(e^{j\omega})|$ fyrir ω á stoppsviðinu. Gárurnar má sjá á mynd 19(d). Niðurstaðan varð sú að frávikin séu $\delta_p \approx 0.069$ og $\delta_s \approx 0.06824$ miðað við myndina og nánari athuganir á myndinni í MATLAB.

3.2 Breyting á skurðtíðni hleypisviðsins

Í þessum lið er ætlunin að breyta skurðtíðni hleypisviðsins til þess að athuga breytingarnar á útpunktunum. Tvö gildi á skurðtíðni hleypisviðs eru notuð, $f_p = 0.57$ og 0.63 , til þess að hanna tvær bestaðar FIR síur. Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síunnar á mynd 20.

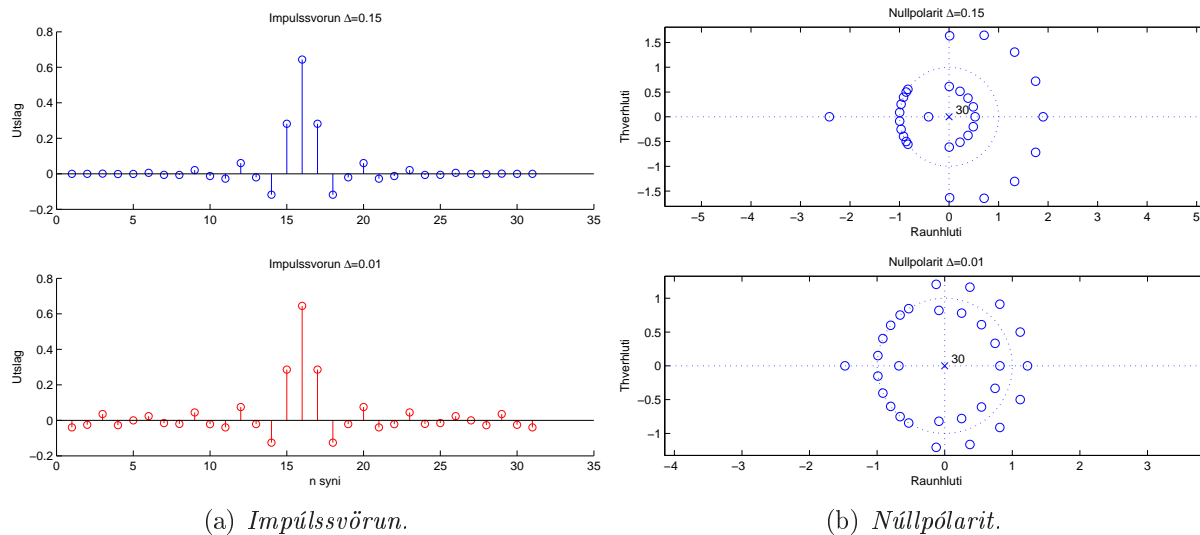


Mynd 20: Ýmsir eiginleikar Remez bestuðu lághleypisúinnar.

Metum svo gárurnar út frá mynd og MATLAB og finnum að fyrir $f_p = 0.57$ höfum við $\delta_p \approx 0.032$ og $\delta_s \approx 0.03214$. Fyrir $f_p = 0.63$ höfum við mun stærri gáru eða $\delta_p \approx 0.179$ og $\delta_s \approx 0.178$.

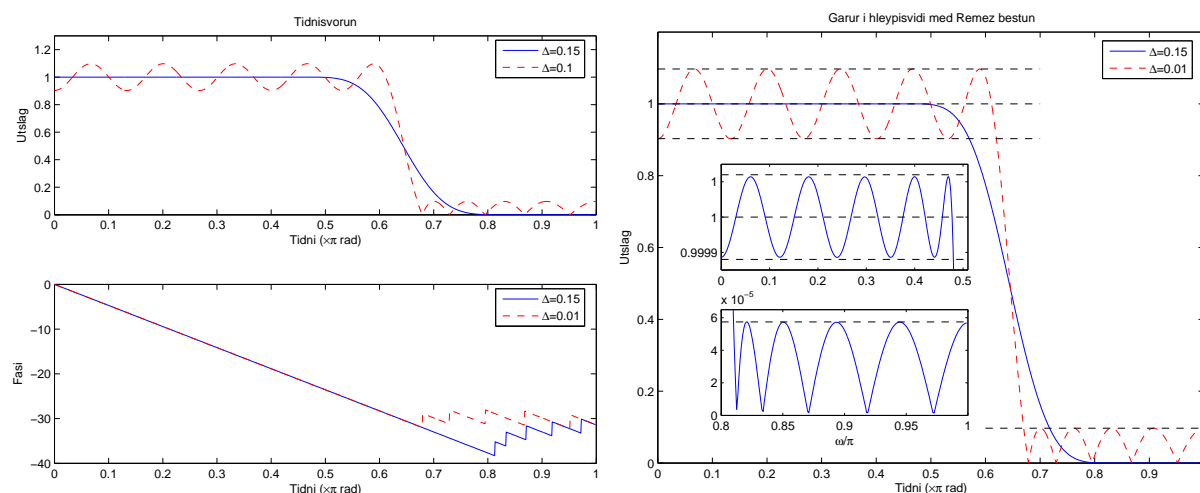
3.3 Breyting á breytisviðinu

Nú er kannað hvernig breyting á breytisviði hefur áhrif á síuna. Notuð er skipunin $h = \text{remez}(30, [0 \ 0.63 - \Delta \ 0.66 + \Delta \ 1], [1 \ 1 \ 0 \ 0])$ til þess að hanna tvær síur fyrir $\Delta = 0.15$ og 0.01 . Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síunnar á mynd 21.



(a) Impúlssvörun.

(b) Núllpólarit.



(c) Útslag og fasi.

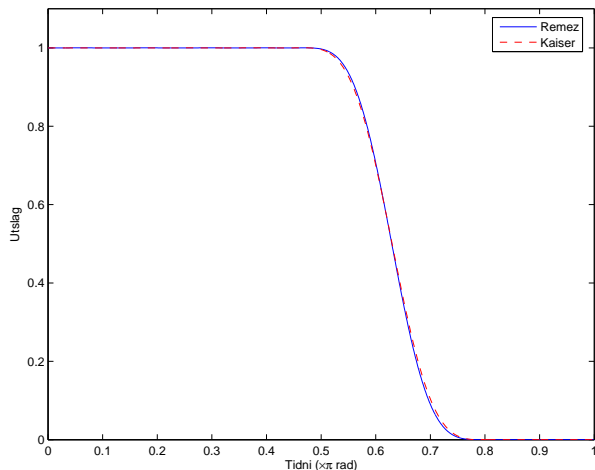
(d) Athugun á gárum síunnar. Efri innfella myndin sýnir gáru í hleypisviði fyrir $\Delta = 0.15$ og sú neðri sýnir gáru í stoppsviði fyrir sömu síu.

Mynd 21: Ýmsir eiginleikar Remez bestuðu lághleypisíunnar.

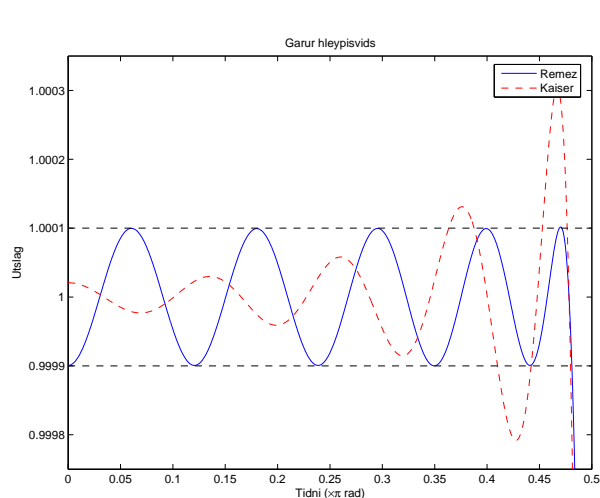
Gárurnar voru síðan metnar út frá mynd 21(d) og MATLAB og við sjáum að fyrir $\Delta = 0.15$ höfum við $\delta_p \approx 6 \cdot 10^{-5}$ og $\delta_s \approx 5.74 \cdot 10^{-5}$. Fyrir $\Delta = 0.1$ höfum við $\delta_p \approx 0.097$ og $\delta_s \approx 0.097$.

3.4 Samanburður á FIR síum hannaðar með gluggaaðferðinni og bestunaraðferðinni

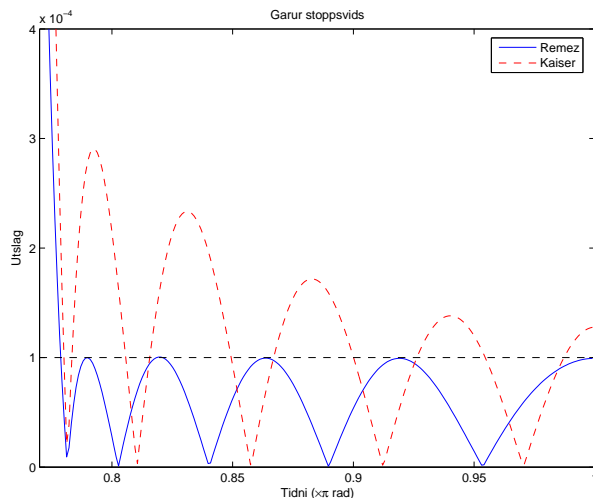
Nú er sían sem við fengum í kafla 2.3.2 hér að framan, þ.e. með $\beta = 7$, notuð til þess að bera saman við síu sem fæst með skipuninni `h=remez(30,[0 ω_p ω_s 1],[1 1 0 0])` þar sem ω_p og ω_s eru gildin sem við fundum í kafla 2.3.2. Plottum impúlssvörun, núllpólarit og útslag og fasa síunnar á mynd 22.



(a) Útslag og fasa.



(b) Gárur í hleypisviði.



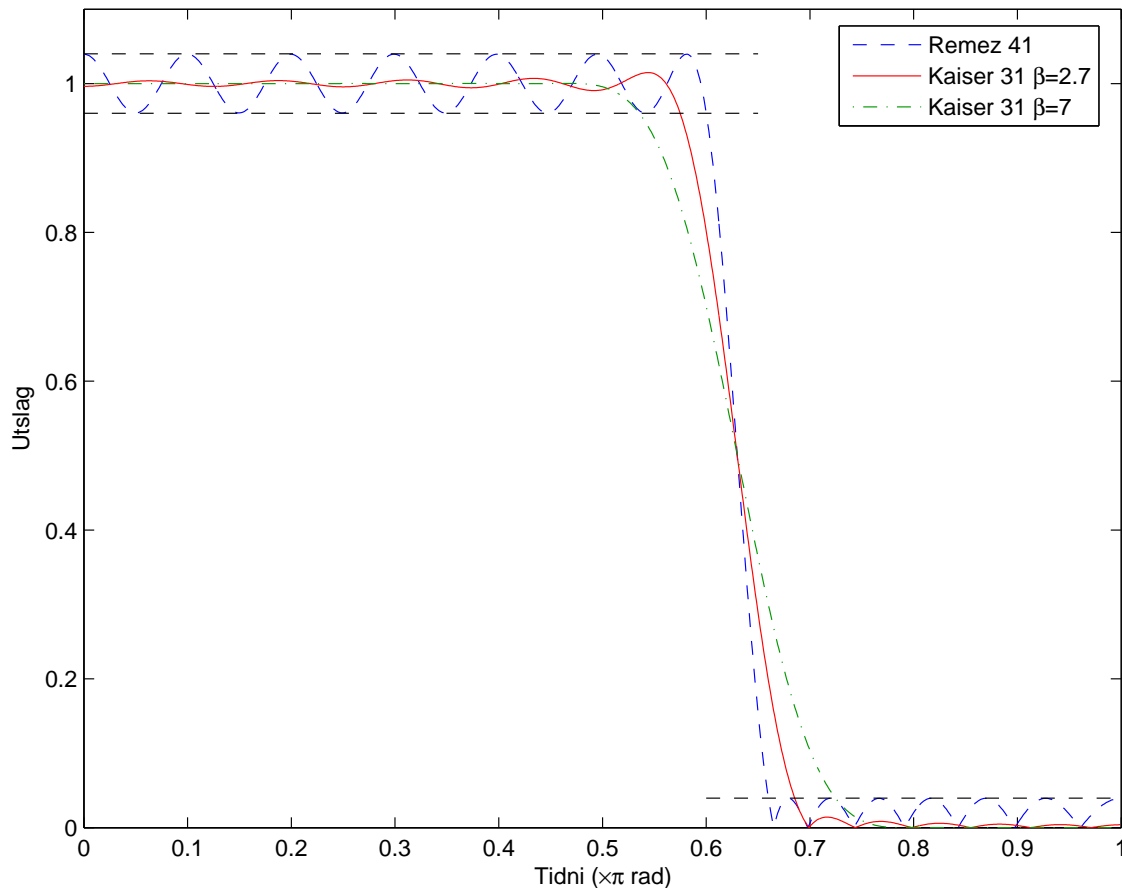
(c) Gárur í stoppsviði.

Mynd 22: Samanburður á Kaiser og Remez lághleypisíum.

Gárurnar fyrir Remez bestuðu síuna voru metnar út frá myndum 22(b) og 22(c) og MATLAB og við sjáum að $\delta_p \approx 0.0001$ og $\delta_s \approx 0.0001$.

3.5 Lengd síunnar

Nú notum við `remez` skipunina til að hanna FIR lághleypisú af lengdinni 41, þar sem $\omega_p = 0.6\pi$ og $\omega_s = 0.66\pi$. Notum síurnar sem við hönnuðum í kafla 3.1 til samanburðar með því að plotta útslag þeirra á sama grafið. Sjá mynd 23.



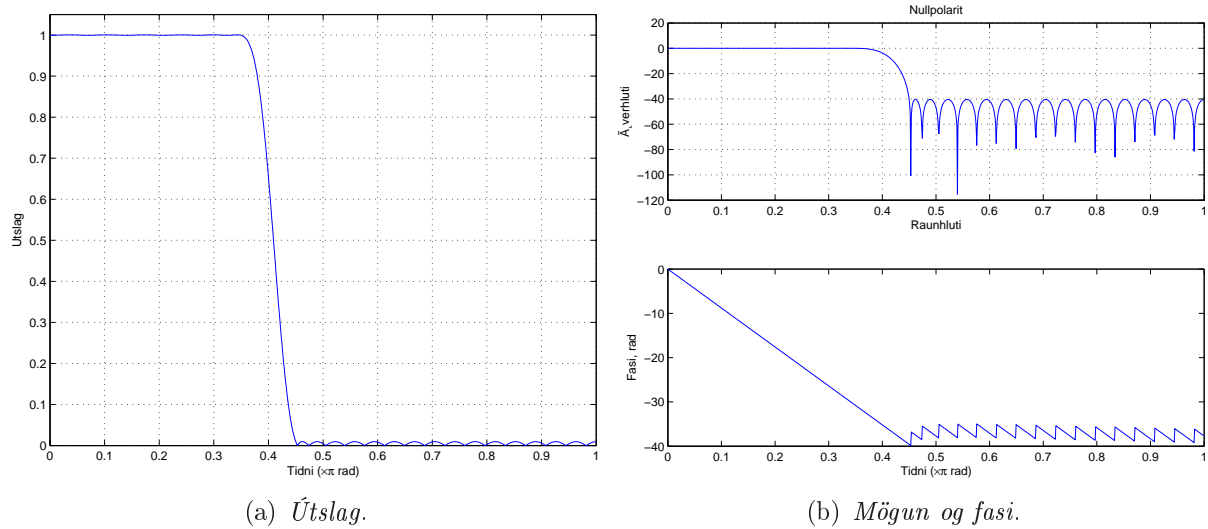
Mynd 23: *Remez bestuð sía borin saman við tvær Kaiser gluggasíur ($\beta = 3.7$ og $\beta = 7$).*

Gárur fyrir Remez síuna voru metnar út frá mynd og með MATLAB og fengust niðurstöðurnar $\delta_p \approx 0.04$ og $\delta_s \approx 0.03965$.

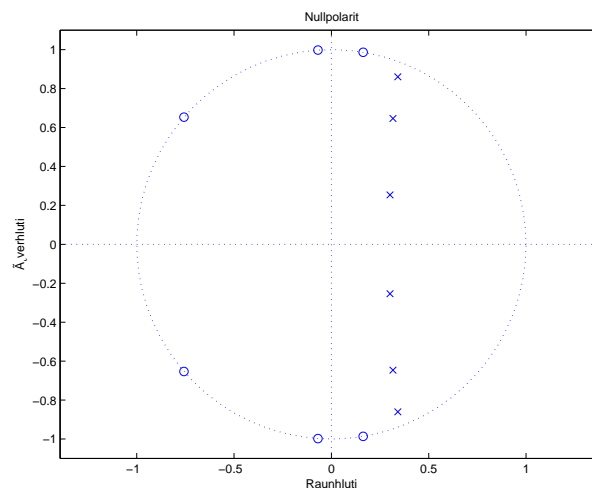
4 Samanburður á IIR og FIR síum

4.1 Bestuð FIR og Elliptic IIR sía

Notum nú `remez` fallið til þess að hanna FIR síu sem uppfyllir hönnunarskilyrðin sem gefin voru í kafla 1.4 fyrir Elliptic síu. Við reiknum δ_p og δ_s út frá skilyrðunum í MATLAB og notum `remezord` til þess að fá gráðu síunnar. Það kemur í ljós að `remezord` gefur gráðuna $N = 55$ en þegar tíðnisvörðun var plottuð kom í ljós að hækka þurfti gráðuna upp í $N = 56$ til þess að koma lágmarksgárum í stoppsviði í 40dB. Útslag síunnar má sjá á mynd 24(a) og mögnun og fasa á mynd 24(b).



Mynd 24: Tíðnisvörðun FIR síunnar sem hönnuð var með Remez aðferðinni.



Mynd 25: Núllpólarit elliptic IIR síunnar.

Við sjáum að sían hefur línulegan fasa svo fjöldi margfaldana er u.þ.b. $\frac{N_{\text{FIR}}+1}{2} = 56/2 = 28$. Ef við skoðum svo núllpólarit elliptic síunnar sjáum við að núllin eru á einingahringnum. Þá er fjöldi margfaldana fyrir elliptic síuna $\lfloor \frac{3N_{\text{IIR}}+3}{2} \rfloor = (3 \cdot 6 + 3)/2 = 10$.

A Matlab skrár

A.1 1. liður keyrsluskrá: part1.m

```
1 % Reikniverkefni 3
2 % Saevar Ofjord MagnUsson
3 % 1. hluti
4
5 clear all
6 close all
7
8 [num(1,:),den(1,:)] = butter(6,0.63);
9 [num(2,:),den(2,:)] = cheby1(6,0.3,0.63);
10 [num(3,:),den(3,:)] = ellip(6,0.3,40,0.63)
11
12 k=0;
13 for i=1:3
14     clear H w
15     [H,w] = freqz(num(i,:),den(i,:));
16     figure(i+k)
17         subplot(2,1,1)
18             plot(w/pi,abs(H))
19             ylabel('Utslag')
20             title('Tidnisvorun')
21             grid
22         subplot(2,1,2)
23             plot(w/pi,unwrap(angle(H)))
24             xlabel('Tidni_\(\omega/\pi\)')
25             ylabel('Fasi_\(rad\)')
26             grid
27     print(i+k, '-depsec', ['part1_' num2str(i+k)])
28
29     figure(i+k+1)
30     zplane(num(i,:),den(i,:));
31     xlabel('Raunhluti')
32     ylabel('Pverhluti')
33     title('Nullpolarit')
34     print(i+k+1, '-depsec', ['part1_' num2str(i+k+1)])
35
36     figure(i+k+2)
37     impz(num(i,:),den(i,:),20);
38     xlabel('n_syni')
39     ylabel('Utslag')
40     title('Impulssvorun')
41     print(i+k+2, '-depsec', ['part1_' num2str(i+k+2)])
42
43     k=k+2;
44 end
45
46 % 4. liður
47 [N(1), Wn] = buttord(0.35,0.45,0.01,40);
48 [N(2), Wn] = cheb1ord(0.35,0.45,0.01,40);
49 [N(3), Wn] = ellipord(0.35,0.45,0.01,40);
50 N
```

A.2 2. liður keyrsluskrá: part2.m

```
1 % Reikniverkefni 3
2 % Saevar ofjord Magnusson
3 % 2. hluti
4
5 clear all
6 close all
7
8 % 5. liður
9 M=200;
10 t=[0:M-1];
11
12 windows(1,:) = (bartlett(M));
13 windows(2,:) = (blackman(M));
14 windows(3,:) = (hamming(M));
15 windows(4,:) = (hanning(M));
16 windows(5,:) = (kaiser(M,3));
17 heiti = ['Bartlett'; 'Blackman'; 'Hamming_'; 'Hanning_'; 'Kaiser_'];
18
19 figure(1)
20 hold on
21 plot(t, windows(1,:), 'b');
22 plot(t, windows(2,:), 'r');
23 plot(t, windows(3,:), 'b—');
24 plot(t, windows(4,:), 'Color', [0,0.6,0]);
25 plot(t, windows(5,:), 'k');
26 legend('Bartlett', 'Blackman', 'Hamming', 'Hanning', 'Kaiser');
27 title('Impulssvorun_ gluggafallanna. ')
28 xlabel('n_syni')
29 ylabel('Utslag')
30 axis([0 M-1 0 1])
31 print -depsc part2_1
32
33 for i=1:5
34 % Tidnisvorun
35 [win_freqz(i,:) w(i,:)] = freqz(windows(i,:),1,1024);
36 % Normun
37 win_freqz(i,:)= win_freqz(i,:)/max(win_freqz(i,:));
38 end
39
40 for i=1:5
41 figure(1+i)
42 plot(w(i,:)/pi, 20*log10(abs(win_freqz(i,:))))
43 title(heiti(i,:))
44 ylabel('Mognun, dB')
45 xlabel('\omega/\pi')
46 print(1+i, '-depsc', ['part2_' num2str(i+1) '_' strtrim(heiti(i,:))])
47 end
48
49 % 6. liður
50 % Retthyrndur gluggi
51 N=31;
52 n=[0:N-1];
53 wc=0.63*pi;
54 h1=sin(wc*(n-15))./(pi.*(n-15));
```

```

55 % Tokum l'hopital til thess ad laga serstodupunkt.
56 h1((N+1)/2)=wc/pi;
57 figure(7)
58     stem([0:N-1],h1)
59     xlabel('n_syni')
60     ylabel('Utslag')
61     title('Impulssvorun_med_rettthyrdum_glugga')
62     print -depsc part2_7
63 figure(8)
64     zplane(h1);
65     xlabel('Raunhluti')
66     ylabel('Thverhluti')
67     title('Nullpolarit_med_rettthyrdum_glugga')
68     print -depsc part2_8
69
70 % By til hamming glugga.
71 h_ham = hamming(N)';
72 h2 = h1.*h_ham;
73 figure(9)
74     stem([0:N-1],h2)
75     xlabel('n_syni')
76     ylabel('Utslag')
77     title('Impulssvorun_med_Hamming_glugga')
78     print -depsc part2_9
79
80 figure(10)
81     zplane(h2);
82     xlabel('Raunhluti')
83     ylabel('Thverhluti')
84     title('Nullpolarit_med_Hamming_glugga')
85     print -depsc part2_10
86
87 % Tidnisvorun
88 [H1, w1] = freqz(h1,1,1024);
89 [H2, w2] = freqz(h2,1,1024);
90
91 figure(11)
92     subplot(2,1,1)
93         plot(w1/pi,abs(H1))
94         title('Tidnisvorun_med_rettthyrdum_glugga')
95         ylabel('Utslag')
96     subplot(2,1,2)
97         plot(w1/pi,unwrap(angle(H1)))
98         xlabel('Tidni_(\times\pi_rad)')
99         ylabel('Fasi')
100     print -depsc part2_11
101
102 figure(12)
103     subplot(2,1,1)
104         plot(w2/pi,abs(H2))
105         title('Tidnisvorun_med_Hamming_glugga')
106         ylabel('Utslag')
107     subplot(2,1,2)
108         plot(w2/pi,unwrap(angle(H2)))
109         xlabel('Tidni_(\times\pi_rad)')
110         ylabel('Fasi')

```

```

111     print -depsc part2_12
112
113 % 7. lidur
114 % By til kaiser glugga med beta=2.7 og beta=7
115 h_kai1 = kaiser(N,2.7)';
116 h3 = h1.*h_kai1;
117 h_kai2 = kaiser(N,7)';
118 h4 = h1.*h_kai2;
119 figure(13)
120     stem([0:N-1],h3)
121     xlabel('n_syni')
122     ylabel('Utslag')
123     title('Impulsvorun_med_Kaiser_glugga,\beta=2.7')
124     print -depsc part2_13
125
126 figure(14)
127     zplane(h3);
128     xlabel('Raunhluti')
129     ylabel('Thverhluti')
130     title('Nullpolarit_med_Kaiser_glugga,\beta=2.7')
131     print -depsc part2_14
132
133 figure(15)
134     stem([0:N-1],h4)
135     xlabel('n_syni')
136     ylabel('Utslag')
137     title('Impulsvorun_med_Kaiser_glugga,\beta=7')
138     print -depsc part2_15
139
140 figure(16)
141     zplane(h4);
142     xlabel('Raunhluti')
143     ylabel('Thverhluti')
144     title('Nullpolarit_med_Kaiser_glugga,\beta=7')
145     print -depsc part2_16
146
147 % Tidnisvorun
148 [H3, w3] = freqz(h3,1,1024);
149 [H4, w4] = freqz(h4,1,1024);
150
151 figure(17)
152     subplot(2,1,1)
153         plot(w3/pi,abs(H3))
154         title('Tidnisvorun_med_Kaiser_glugga,\beta=2.7')
155         ylabel('Utslag')
156     subplot(2,1,2)
157         plot(w3/pi,unwrap(angle(H3)))
158         xlabel('Tidni_(\times\pi_rad)')
159         ylabel('Fasi')
160     print -depsc part2_17
161
162 figure(18)
163     subplot(2,1,1)
164         plot(w4/pi,abs(H4))
165         title('Tidnisvorun_med_Kaiser_glugga,\beta=7')
166         ylabel('Utslag')

```

```

167     subplot(2,1,2)
168     plot(w4/pi,unwrap(angle(H4)))
169     xlabel('Tidni_\(\times\pi_{rad}\'')
170     ylabel('Fasi')
171     print -depsc part2_18
172
173
174 % Meta garur i 6. lid retthyrndur
175 figure(19)
176     plot(w1/pi,abs(H1))
177     axis([0 1 0 1.15])
178     ylabel('Utslag')
179     xlabel('Tidni_\(\times\pi_{rad}\'')
180     hold on
181     plot([0 0.63],[1.091 1.091], 'k—')
182     plot([0 0.63],[0.949 0.949], 'k—')
183     annotation(19,'textbox',...
184         'Position',[0.6137 0.8548 0.07579 0.05595],...
185         'LineStyle','none',...
186         'FitHeightToText','off',...
187         'String',{'\delta_{p1}=1.091'});
188     annotation(19,'textbox',...
189         'Position',[0.6137 0.7548 0.07579 0.05595],...
190         'LineStyle','none',...
191         'FitHeightToText','off',...
192         'String',{'\delta_{p2}=0.949'});
193     plot([0.55 1],[0.08901 0.08901], 'k—')
194     annotation(19,'textbox',...
195         'Position',[0.40 0.14 0.07579 0.05595],...
196         'LineStyle','none',...
197         'FitHeightToText','off',...
198         'String',{'\delta_{s}=0.08901'});
199     plot([0.5977 0.5977],[0 0.9481], 'k—')
200     annotation(19,'textbox',...
201         'Position',[0.45 0.5 0.07579 0.05595],...
202         'LineStyle','none',...
203         'FitHeightToText','off',...
204         'String',{'\omega_{p}=0.5977\pi'});
205     plot([0.6587 0.6587],[0 0.5], 'k—')
206     annotation(19,'textbox',...
207         'Position',[0.62 0.5 0.07579 0.05595],...
208         'LineStyle','none',...
209         'FitHeightToText','off',...
210         'String',{'\omega_{s}=0.6587\pi'});
211     plot([0.6587 0.6587],[0 0.5], 'k—')
212     print -depsc part2_19
213
214 % Meta garur i 6. lid Hamming
215 figure(20)
216     subplot(2,1,1)
217     plot(w2/pi,abs(H2))
218     title('Garur_i_hleypisvidi')
219     ylabel('Utslag')
220     axis([0 0.54 0.997 1.003])
221     hold on
222     plot([0 0.54],[1.00265,1.00265], 'k—')

```

```

223     annotation(20, 'textbox', ...
224                 'Position', [0.45 0.85 0.07579 0.05595], ...
225                 'LineStyle', 'none', ...
226                 'FitHeightToText', 'off', ...
227                 'String', {'\delta_{p1}=1.00265'});
228     plot([0 0.54], [0.9981 0.9981], 'k—')
229     annotation(20, 'textbox', ...
230                 'Position', [0.48 0.58 0.07579 0.05595], ...
231                 'LineStyle', 'none', ...
232                 'FitHeightToText', 'off', ...
233                 'String', {'\delta_{p2}=0.9981'});
234     plot([0.5157 0.5157], [0.997 1.003], 'k—')
235     annotation(20, 'textbox', ...
236                 'Position', [0.73 0.67 0.07579 0.05595], ...
237                 'LineStyle', 'none', ...
238                 'FitHeightToText', 'off', ...
239                 'String', {'\omega_{p}=0.5157\pi'});
240
241     subplot(2, 1, 2)
242     plot(w2/pi, abs(H2))
243     title('Garur_i_stoppsvidi')
244     axis([0.7 1 0 0.004])
245     hold on
246     plot([0.7 1], [0.002851 0.002851], 'k—')
247     annotation(20, 'textbox', ...
248                 'Position', [0.45 0.35 0.07579 0.05595], ...
249                 'LineStyle', 'none', ...
250                 'FitHeightToText', 'off', ...
251                 'String', {'\delta_{s}=0.002851'});
252     plot([0.7423 0.7423], [0 0.008], 'k—')
253     annotation(20, 'textbox', ...
254                 'Position', [0.27 0.15 0.07579 0.05595], ...
255                 'LineStyle', 'none', ...
256                 'FitHeightToText', 'off', ...
257                 'String', {'\omega_{s}=0.7423\pi'});
258     ylabel('Utslag')
259     xlabel('Tidni_(\times\pi_{rad})')
260     print -depsc part2_20
261
262
263     % Meta garur i 7. liÃr, beta = 2.7
264
265     figure(21)
266     subplot(2, 1, 1)
267     plot(w3/pi, abs(H3))
268     title('Garur_i_hleypisvidi_med_Kaiser_glugga, \beta=2.7')
269     ylabel('Utslag')
270     xlabel('Tidni_(\times\pi_{rad})')
271     axis([0 0.65 0.987 1.017])
272     hold on
273     plot([0 0.6], [1.015 1.015], 'k—')
274     plot([0 0.6], [0.9906 0.9906], 'k—')
275     plot([0.5654 0.5654], [0.98 1.02], 'k—')
276     subplot(2, 1, 2)
277     plot(w3/pi, abs(H3))
278     title('Garur_i_stoppsvidi_med_Kaiser_glugga, \beta=2.7')

```

```

279         ylabel('Utslag')
280         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
281         axis([0.65 1 0 0.02])
282         hold on
283         plot([0.6 1],[0.01419 0.01419], 'k—')
284         plot([0.6929 0.6929],[0 0.02], 'k—')
285     print -depsc part2_21
286
287     figure(22)
288         subplot(2,1,1)
289         plot(w4/pi, abs(H4))
290         title('Garur_i_hleypisvidi_med_Kaiser_glugga, \beta=7')
291         ylabel('Utslag')
292         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
293         axis([0 0.6 0.9996 1.0004])
294         hold on
295         plot([0 0.6],[1.0003 1.0003], 'k—')
296         plot([0 0.6],[0.9998 0.9998], 'k—')
297         plot([0.481 0.481],[0.9996 1.0004], 'k—')
298         subplot(2,1,2)
299         plot(w4/pi, abs(H4))
300         title('Garur_i_stoppisvidi_med_Kaiser_glugga, \beta=7')
301         ylabel('Utslag')
302         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
303         axis([0.77 1 0 0.00035])
304         hold on
305         plot([0.6 1],[0.0002904 0.0002904], 'k—')
306         plot([0.7788 0.7788],[0 0.00035], 'k—')
307     print -depsc part2_22

```

A.3 3. liður keyrsluskrá 1: part3.m

```

1 % Reikniverkefni 3
2 % Saevar Ofjord Magnusson
3 % 3. hluti
4
5 clear all
6 close all
7
8 % 8. liður
9 h = remez(30,[0 0.6 0.66 1], [1 1 0 0]);
10
11 figure(1)
12     stem(h);
13     xlabel('n_syni')
14     ylabel('Utslag')
15     title('Impulssvorun')
16     axis([1 31 -0.2 0.7])
17     print -depsc part3_1
18 figure(2)
19     zplane(h)
20     xlabel('Raunhluti')
21     ylabel('Thverhluti')
22     title('Nullpolarit')
23     print -depsc part3_2

```

```

24
25 [H,w] = freqz(h,1,1024);
26 figure(3)
27     subplot(2,1,1)
28         plot(w/pi,abs(H))
29         title('Tidnisvorun')
30         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
31         ylabel('Utslag')
32         axis([0 1 0 1.3])
33     subplot(2,1,2)
34         plot(w/pi,unwrap(angle(H)))
35         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
36         ylabel('Fasi')
37     print -depsc part3_3
38
39 figure(4)
40         plot(w/pi,abs(H))
41         title('Garur_i_hleypisvidi_med_Remez_bestun')
42         ylabel('Utslag')
43         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
44         axis([0 1 0 1.2])
45         hold on
46         plot([0 0.7],[1.069 1.069], 'k—')
47         plot([0 0.7],[0.931 0.931], 'k—')
48         plot([0.6 1],[0.06824 0.06824], 'k—')
49         plot([0 0.7],[1 1], 'k—')
50     print -depsc part3_4
51
52
53 % 9. liður
54 fp1=0.57;
55 fp2=0.63;
56 h1=remez(30,[0 fp1 0.66 1],[1 1 0 0]);
57 h2=remez(30,[0 fp2 0.66 1],[1 1 0 0]);
58 [H1,w1] = freqz(h1,1,1024);
59 [H2,w2] = freqz(h2,1,1024);
60
61 figure(5)
62     subplot(2,1,1)
63         stem(h1);
64         ylabel('Utslag')
65         title('Impulssvorun_f_p=0.57')
66         %axis([1 31 -0.2 0.7])
67     subplot(2,1,2)
68         stem(h2, 'r');
69         xlabel('n_syni')
70         ylabel('Utslag')
71         title('Impulssvorun_f_p=0.63')
72         %axis([1 31 -0.2 0.7])
73     print -depsc part3_5
74
75 figure(6)
76     subplot(2,1,1)
77         zplane(h1)
78         xlabel('Raunhluti')
79         ylabel('Thverhluti')

```

```

80         title('Nullpolarit_f_p=0.57')
81     subplot(2,1,2)
82         zplane(h2,'r')
83         xlabel('Raunhluti')
84         ylabel('Thverhluti')
85         title('Nullpolarit_f_p=0.63')
86     print -depsc part3_6
87
88     figure(7)
89         subplot(2,1,1)
90             plot(w1/pi,abs(H1))
91             hold on
92             plot(w2/pi,abs(H2),'r—')
93             title('Tidnisvorun')
94             xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
95             ylabel('Utslag')
96             legend('f_p=0.57','f_p=0.63')
97             axis([0 1 0 1.3])
98         subplot(2,1,2)
99             plot(w1/pi,unwrap(angle(H1)))
100            hold on
101            plot(w2/pi,unwrap(angle(H2)),'r—')
102            xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
103            ylabel('Fasi')
104            legend('f_p=0.57','f_p=0.63')
105        print -depsc part3_7
106
107    figure(8)
108        plot(w1/pi,abs(H1))
109        hold on
110        plot(w2/pi,abs(H2),'r—')
111        title('Garur_i_hleypisvidi_med_Remez_bestun')
112        ylabel('Utslag')
113        xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
114        axis([0 1 0 1.2])
115        legend('f_p=0.57','f_p=0.63')
116        plot([0 0.7],[1.179 1.179],'k—')
117        plot([0 0.7],[0.823 0.823],'k—')
118        plot([0 0.7],[1.032 1.032],'k—')
119        plot([0 0.7],[0.9679 0.9679],'k—')
120        plot([0.6 1],[0.178 0.178],'k—')
121        plot([0.6 1],[0.03214 0.03214],'k—')
122        plot([0 0.7],[1 1],'k—')
123    print -depsc part3_8
124
125
126    % 10. liður
127    delta1=0.15;
128    delta2=0.01;
129    h1=remez(30,[0 0.63-delta1 0.66+delta1 1],[1 1 0 0]);
130    h2=remez(30,[0 0.63-delta2 0.66+delta2 1],[1 1 0 0]);
131    [H1,w1] = freqz(h1,1,1024);
132    [H2,w2] = freqz(h2,1,1024);
133
134    figure(9)
135        subplot(2,1,1)

```

```

136         stem(h1);
137         ylabel('Utslag')
138         title('Impulsvorun\Delta=0.15')
139         %axis([1 31 -0.2 0.7])
140     subplot(2,1,2)
141         stem(h2,'r');
142         xlabel('n_syni')
143         ylabel('Utslag')
144         title('Impulsvorun\Delta=0.01')
145         %axis([1 31 -0.2 0.7])
146     print -depsc part3_9
147
148     figure(10)
149         subplot(2,1,1)
150             zplane(h1)
151             xlabel('Raunhluti')
152             ylabel('Thverhluti')
153             title('Nullpolarit\Delta=0.15')
154         subplot(2,1,2)
155             zplane(h2,'r')
156             xlabel('Raunhluti')
157             ylabel('Thverhluti')
158             title('Nullpolarit\Delta=0.01')
159     print -depsc part3_10
160
161     figure(11)
162         subplot(2,1,1)
163             plot(w1/pi,abs(H1))
164             hold on
165             plot(w2/pi,abs(H2),'r—')
166             title('Tidnisvorun')
167             xlabel('Tidni(\times\pi_rad)')
168             ylabel('Utslag')
169             legend('\Delta=0.15','\Delta=0.1')
170             axis([0 1 0 1.3])
171         subplot(2,1,2)
172             plot(w1/pi,unwrap(angle(H1)))
173             hold on
174             plot(w2/pi,unwrap(angle(H2)),'r—')
175             xlabel('Tidni(\times\pi_rad)')
176             ylabel('Fasi')
177             legend('\Delta=0.15','\Delta=0.01')
178     print -depsc part3_11
179
180
181     figure(12)
182         plot(w1/pi,abs(H1))
183         hold on
184         plot(w2/pi,abs(H2),'r—')
185         title('Garur_i_hleypisvidi_med_Remez_bestun')
186         ylabel('Utslag')
187         xlabel('Tidni(\times\pi_rad)')
188         axis([0 1 0 1.2])
189         legend('\Delta=0.15','\Delta=0.01')
190         plot([0 0.7],[1.097 1.097],'k—')
191         plot([0 0.7],[0.903 0.903],'k—')

```

```

192     plot([0.6 1],[0.09701 0.09701], 'k—')
193     plot([0 0.7],[1 1], 'k—')
194     a = axes('Position',[0.22 0.475 0.35 0.2], 'Parent',12);
195     b = axes('Position',[0.22 0.2 0.35 0.2], 'Parent',12);
196     subplot(a)
197         plot(w1/pi,abs(H1))
198         hold on
199         plot([0 0.7],[1 1], 'k—')
200         axis([0 0.51 0.999925 1.000075])
201         plot([0 0.7],[1.00006 1.00006], 'k—')
202         plot([0 0.7],[0.99994 0.99994], 'k—')
203     subplot(b)
204         plot(w1/pi,abs(H1))
205         hold on
206         axis([0.8 1 0 6.5e-5])
207         plot([0.8 1],[5.742e-5 5.742e-5], 'k—')
208     xlabel('\omega/\pi')
209
210
211     print -depsc part3_12

```

A.4 3. liður keyrsluskrá 2: par3b.m

```

1 % Reikniverkefni 3
2 % Saevar Ofjord Magnusson
3 % 3. hluti
4
5 clear all
6 close all
7
8 % 11. liður
9 wp=0.481;
10 ws=0.7788;
11 hr = remez(30,[0 wp ws 1], [1 1 0 0]);
12
13 N=31;
14 n=[0:N-1];
15 wc=0.63*pi;
16 h1=sin(wc*(n-15))./(pi.*(n-15));
17 % Tokum l'hopital til thess ad laga serstodupunkt.
18 h1((N+1)/2)=wc/pi;
19 h_kai2 = kaiser(N,7)';
20 hk = h1.*h_kai2;
21
22 h_kai1 = kaiser(N,2.7)';
23 hk2 = h1.*h_kai1;
24
25 [Hr, wr] = freqz(hr,[zeros(1,30) 1],1024);
26 [Hk, wk] = freqz(hk,[zeros(1,30) 1],1024);
27
28 figure(1)
29     plot(wr/pi,abs(Hr))
30     ylabel('Utslag')
31     hold on
32     plot(wk/pi,abs(Hk), 'r—')

```

```

33     xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
34     ylabel('Utslag')
35     axis([0 1 0 1.1])
36     legend('Remez', 'Kaiser')
37 print -depsc part3_13
38
39 figure(2)
40 plot(wr/pi, abs(Hr))
41 ylabel('Utslag')
42 hold on
43 plot(wk/pi, abs(Hk), 'r—')
44 xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
45 ylabel('Utslag')
46 title('Garur_hleypisvids')
47 axis([0 0.5 0.99975 1.00035])
48 plot([0 0.5],[1.0001 1.0001], 'k—')
49 plot([0 0.5],[0.9999 0.9999], 'k—')
50 legend('Remez', 'Kaiser')
51 print -depsc part3_14
52
53 figure(3)
54 plot(wr/pi, abs(Hr))
55 ylabel('Utslag')
56 hold on
57 plot(wk/pi, abs(Hk), 'r—')
58 xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
59 ylabel('Utslag')
60 title('Garur_stoppssvids')
61 axis([0.77 1 0 4e-4])
62 plot([0.77 1],[0.0001 0.0001], 'k—')
63 legend('Remez', 'Kaiser')
64 print -depsc part3_15
65
66
67 % 12. liÃur
68 h = remez(40,[0 0.6 0.66 1],[1 1 0 0]);
69 [H, w] = freqz(h,1,1024);
70 [Hk2, wk2] = freqz(hk2,1,1024);
71 figure(4)
72 plot(w/pi, abs(H), 'b—')
73 ylabel('Utslag')
74 xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad)')
75 hold on
76 plot(wk/pi, abs(Hk2), 'r')
77 plot(wk/pi, abs(Hk), 'Linestyle','-', 'Color',[0 0.6 0])
78 axis([0 1 0 1.1])
79 legend('Remez_41', 'Kaiser_31_\beta=2.7', 'Kaiser_31_\beta=7')
80 plot([0 0.65],[1.04 1.04], 'k—')
81 plot([0 0.65],[0.96 0.96], 'k—')
82 plot([0.6 1],[0.03965 0.03965], 'k—')
83 print -depsc part3_16

```

A.5 4. liður keyrsluskrá: part4.m

```
1 % Reikniverkefni 3
2 % Saevar Ofjord Magnusson
3 % 3. hluti
4
5 clear all
6 close all
7
8 % 13. liður
9 rp=0.01;
10 rs=40;
11 wp=0.35;
12 ws=0.45;
13 a=[1 0];
14 f=[wp ws];
15 dev = [(10^(rp/20)-1)/(10^(rp/20)+1) 10^(-rs/20)];
16
17 [n,fo,ao,w] = remezord(f,a,dev);
18
19 b = remez(n+1,fo,ao,w);
20 [H2,w2] = freqz(b,1,1024);
21 figure(1)
22     plot(w2/pi,abs(H2));
23     ylabel('Utslag')
24     xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad\)')
25     axis([0 1 0 1.05])
26     grid on
27 print -depsc part4_1
28
29 figure(2)
30     subplot(2,1,1)
31         plot(w2/pi,20*log10(abs(H2)))
32         ylabel('Mognun,_dB')
33         grid on
34         xlabel('Raunhluti')
35         ylabel('Ãdverhluti')
36         title('Nullpolarit')
37     subplot(2,1,2)
38         plot(w2/pi,unwrap(angle(H2)))
39         ylabel('Fasi,_rad')
40         xlabel('Tidni_\(\times\pi\_rad\)')
41
42 print -depsc part4_2
43
44
45 [N, Wn] = ellipord(0.35,0.45,0.01,40);
46 [num,den] = ellip(N, 0.01, 40, Wn);
47 figure(3)
48     zplane(num,den)
49     xlabel('Raunhluti')
50     ylabel('Ãdverhluti')
51     title('Nullpolarit')
52 print -depsc part4_3
```
