

Æfing 4

Merki og Kerfi
Georg Orlov og Ómar Ingi

Nóvember 2023

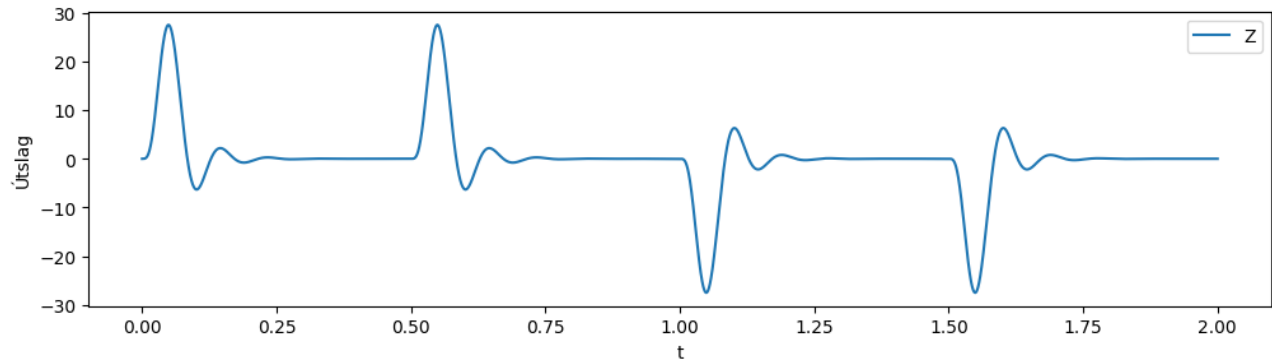


1 Útslagsmótun

Í þessu dæmi erum við að skoða eftirfarandi útslagsmótaða merki

$$x(t) = m_1(t) \cos(2\pi f_1 t) + m_2(t) \sin(2\pi f_2 t) + m_3(t) \sin(2\pi f_1 t)$$

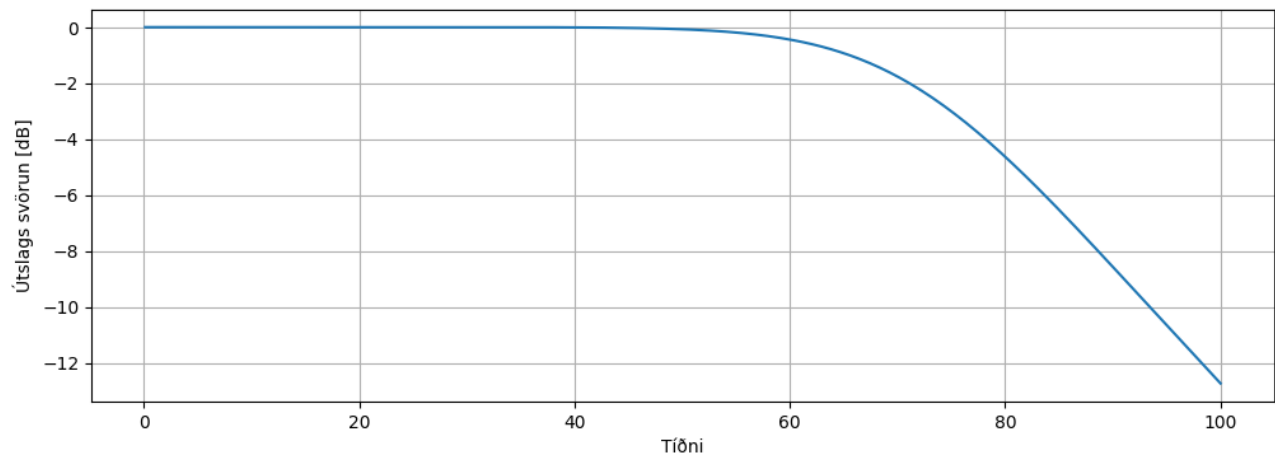
Þar sem við þekkjum að $m_1(t)$, $m_2(t)$ og $m_3(t)$ eru stafir í Morse-kóða. Við getum til að mynda kóðað stafinn Z í Morse-kóða eins og hægt er að sjá á mynd 1



Mynd 1: Z í Morse-kóða

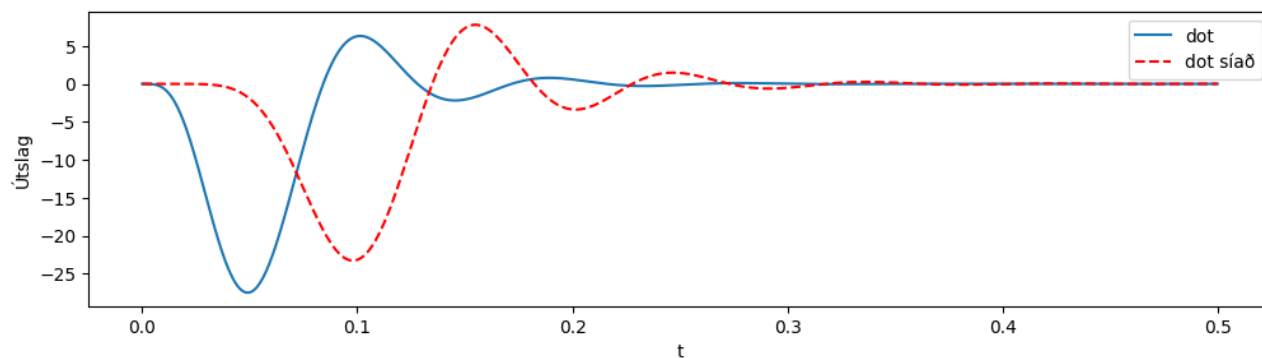
Við skoðum einnig lághleypisú sem hefur eftirfarandi tíðnisvörun þar sem a_n og b_n eru gefnir stuðlar

$$H(jw) = \frac{\sum_{m=0}^M b_m(jw)^m}{\sum_{n=0}^N a_n(jw)^n}$$

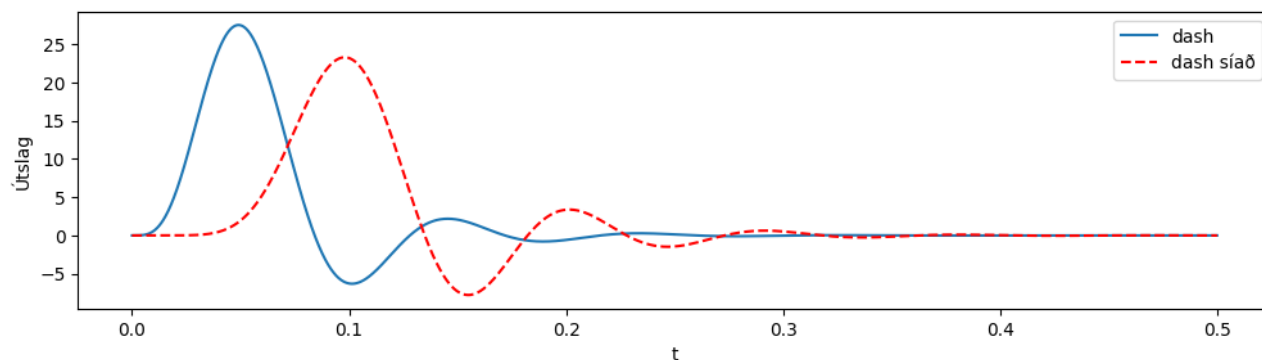


Mynd 2: Útslag tíðnisvörunar lághleypisúnnar sem fall af tíðni

Við þekkjum að dash og dot eru merki sem lifa á lágum tíðnum sem eru innan hleypisviðs lághleypisíunnar sem var skilgreind hér að ofan. Á mynd 3 og 4 má sjá merkin fyrir og eftir síun. Það er ljóst að sían útslagsmótar aðeins merkið og tefur það um sirka 65 ms. Þrátt fyrir það helst form merkisins nógu vel.

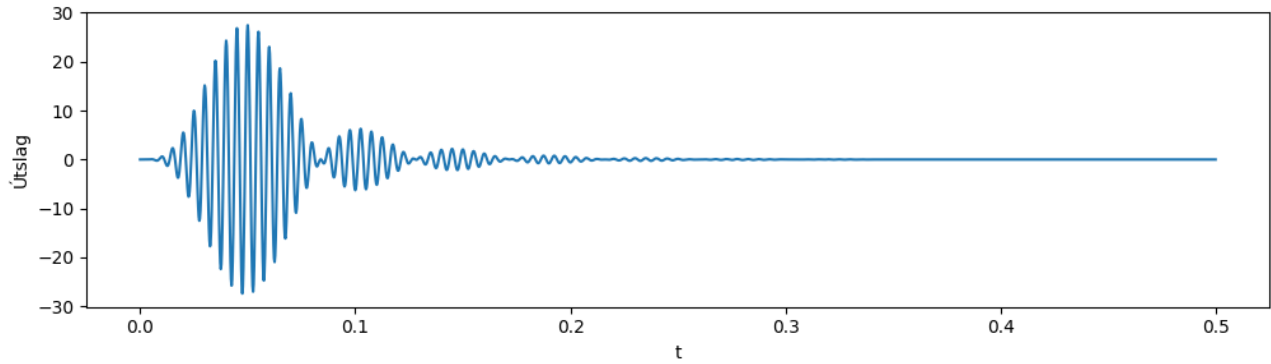


Mynd 3: dot fyrir og eftir síun

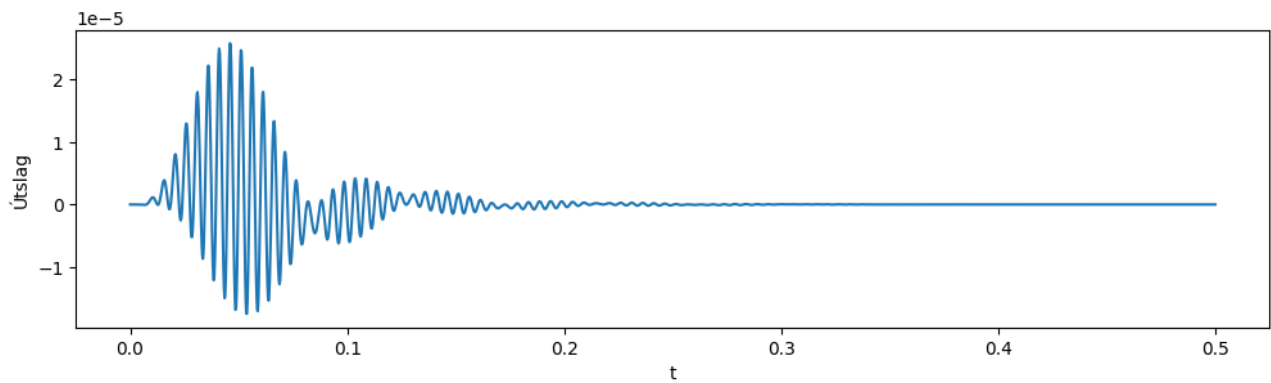


Mynd 4: dash fyrir og eftir síun

Við þekkjum að þegar dash merkið er mótað með $\cos(2\pi f_1 t)$ færist orka þess út fyrir hleypisvið lághleypisíunnar skilgreind hér að ofan. Á mynd 5 má sjá dash mótað með $\cos(2\pi f_1 t)$ og á mynd 6 má sjá sama merkið eftir það hefur farið í gegnum síuna. Líkt og myndirnar sýna okkur núllast merkið nær út þegar fer í gegnum síuna (útslagsásinn á mynd 6 er í hlutfallinu 10^{-5})



Mynd 5: $x(t)$ mótað með $\cos(2\pi f_1 t)$



Mynd 6: $x(t)$ mótað með $\cos(2\pi f_1 t)$ og síað

Við höfum

$$x(t) = m_1(t) \cos(2\pi f_1 t) + m_2(t) \sin(2\pi f_2 t) + m_3(t) \sin(2\pi f_1 t)$$

Ritum $w = 2\pi f$ og skoðum:

$$x(t) \cos(w_1 t) = m_1(t) \cos(w_1 t) \cos(w_1 t) + m_2(t) \sin(w_2 t) \cos(w_1 t) + m_3(t) \sin(w_1 t) \cos(w_1 t)$$

Hornafallareglur gefa okkur:

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} m_1(t) (\cos(2w_1 t) + 1) + \frac{1}{2} m_2(t) (\sin((w_1 + w_2)t) + \sin((w_1 - w_2)t)) \\ &\quad + \frac{1}{2} m_3(t) (\sin((2w_1)t) + \sin((w_1 - w_1)t)) \end{aligned}$$

Við sjáum um leið að öll merkin nema $\frac{1}{2} m_1(t)$ eru mótuð á tíðnum sem eru utan hleypisviðs lághleypisíunnar. Þar sem að $w_1 = 1265$ rad/s og $w_2 = 2513$ rad/s, því eru allar tíðnirnar $w_2 - w_1$, $2w_1$ og $w_1 + w_2$ fyrir utan hleypisvið síunnar.

Því getum við endurunnið $m_1(t)$ með því að margfalda með $\cos(w_1 t)$ og síðað í gegnum lághleypisíuna.

Nú viljum við finna Fourier-varpanir eftirfarandi merkja til þess að sannfæra okkur um að lághleypisían hleypi aðeins $\frac{1}{2}m_1(t)$ í gegn.

$$\begin{aligned} w_1(t) &= m(t) \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_1 t) \\ &= \frac{1}{2}m_1(t)(\cos(2w_1 t) + 1) \\ w_2(t) &= m(t) \cos(2\pi f_1 t) \sin(2\pi f_2 t) \\ &= \frac{1}{2}m_2(t)(\sin((w_1 + w_2)t) + \sin((w_1 - w_2)t)) \\ w_3(t) &= m(t) \cos(2\pi f_1 t) \sin(2\pi f_1 t) \\ &= \frac{1}{2}m_3(t)(\sin((2w_1)t) + \sin((w_1 - w_1)t)) = \frac{1}{2}m_3(t)(\sin((2w_1)t)) \end{aligned}$$

Nú getum við nýtt okkur að margfeldi í tímarúmi er það sama og földun í tíðnirúmi og við þekkjum róf allra merkjanna sem er verið að margfalda.

Því fæst:

$$w_1(t) \Leftarrow F \Rightarrow W_1(jw) = \frac{1}{2}M_1(jw) + \frac{1}{4}M_1(j(w - 2w_1)) + \frac{1}{4}M_1(j(w + 2w_1))$$

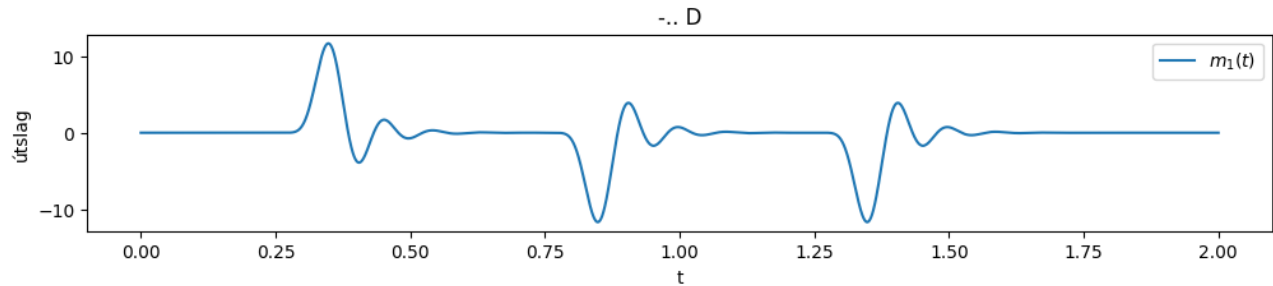
$$\begin{aligned} w_2(t) \Leftarrow F \Rightarrow W_2(jw) &= \\ \frac{1}{4j} & (M_2(j(w + (w_1 + w_2))) - M_2(j(w - w_1 - w_2)) + M_2(j(w - w_1 + w_2)) - M_2(j(w + w_1 - w_2))) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_3(t) \Leftarrow F \Rightarrow W_3(jw) &= \\ \frac{1}{4j} & (M_3(j(w - 2w_1)) - M_3(j(w + 2w_1))) \end{aligned}$$

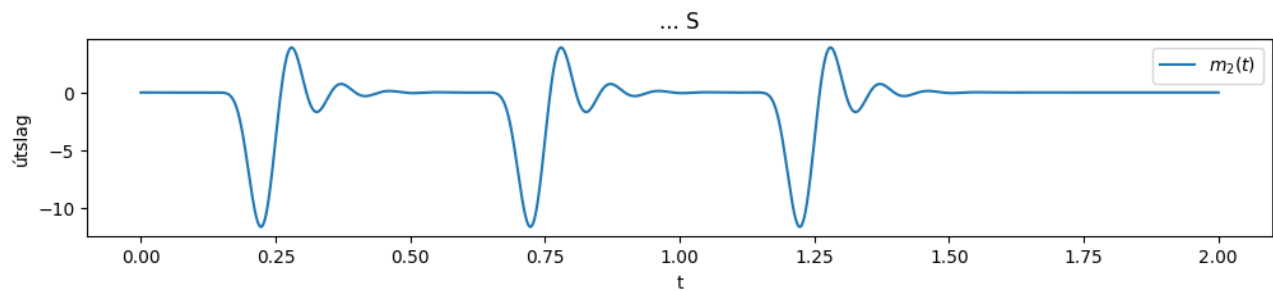
Við getum gert hið sama til að afmóta og endurvinnna merkin $m_2(t)$ og $m_3(t)$ með því að margfalda merkin með sínusunum sem eru fyrir framan merkin í upprunalega $x(t)$ og svipaður rökstuðningur og hér að ofan gildir.

Nú viljum við nota niðurstöðuna hér að ofan til þess að afmóta merkin $m_1(t)$, $m_2(t)$ og $m_3(t)$, við gerum það með því að margfalda upprunalega merkisins $x(t)$ með kós- og sínus bylgjum samsvarandi við þau merki sem við fundum Fourier-vörpun af hér að ofan. Við höfum sýnt að þessi margfeldi og síun í gegnum lághleypisíuna

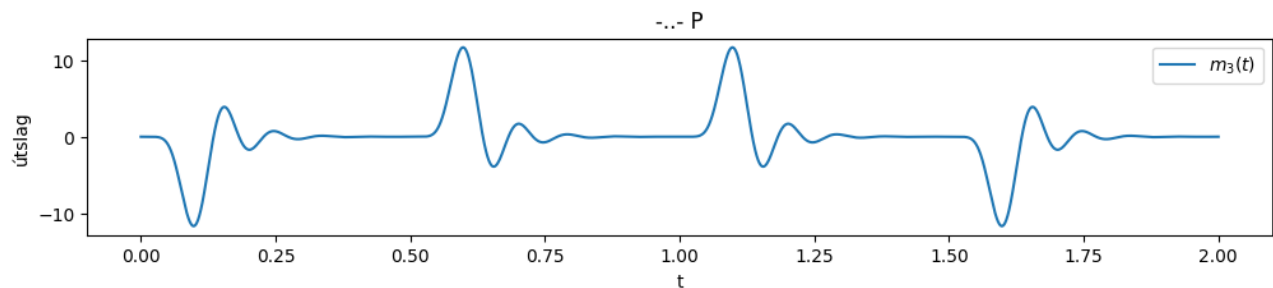
skila okkur upprunalega merkinu sem við höfum áhuga á. Á mynd 7 má sjá $m_1(t)$, á mynd 8 sést $m_2(t)$ og loks á mynd 9 sést $m_3(t)$. Líkt og myndirnar gefa til kynna innihalda merkin skammstöfunina DSP eða Digital Signal Processor sem er svo sannarlega viðeigandi í þessari skýrslu.



Mynd 7: Merkið $m_1(t)$ eftir að það hefur verið afmótað og endurunnið



Mynd 8: Merkið $m_2(t)$ eftir að það hefur verið afmótað og endurunnið



Mynd 9: Merkið $m_3(t)$ eftir að það hefur verið afmótað og endurunnið

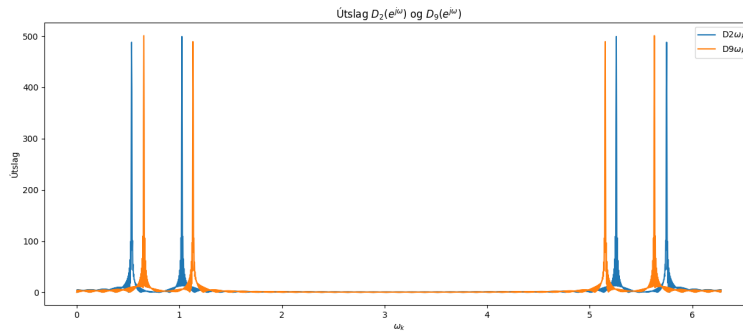
2 Símanúmer

Í þessum kafla eigum við að skoða hvaða hljóð koma frá sínum þegar ýtt er á mismunandi takka. Þessi hljóð eru samsett af sínusbylgjum sem við getum greint með því að nota Fourier vörpun. Í töflunni hér að neðan (Mynd 10) er hægt að sjá tíðnirnar fyrir hverja þar sem að lægri tíðnin segir til um línu og hærri tíðninn segir til um dálk.

| | ω_{column} | | |
|----------------|-------------------|--------|--------|
| ω_{row} | 0.9273 | 1.0247 | 1.1328 |
| 0.5346 | 1 | 2 | 3 |
| 0.5906 | 4 | 5 | 6 |
| 0.6535 | 7 | 8 | 9 |
| 0.7217 | | 0 | |

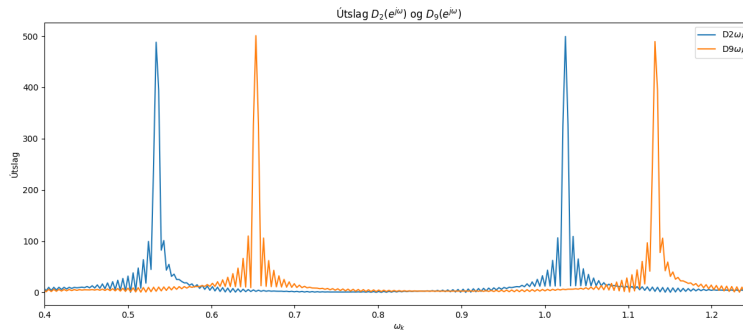
Mynd 10: Tafla 1

Nú notum við `np.fft` skipunina í python til þess að finna Fourier varparnir $D_2(e^{j\omega})$ og $D_9(e^{j\omega})$. Kóðan fyrir grafið hér að neðan má finna í Kafla 3.3.



Mynd 11: Mynd af útslagi $D_2e^{j\omega}$ og $D_9e^{j\omega}$

Eins og sést þá er þetta graf soldið óskýrt og þar af leiðandi er erfitt að lesa úr því. Ef við þysjum inn þannig að við sjáum einungis $0.4 < \omega_k < 1.25$ þá fáum við skýrari mynd (Mynd 12). Hér getum við notað töfluna sem okkur var gefið (Tafla



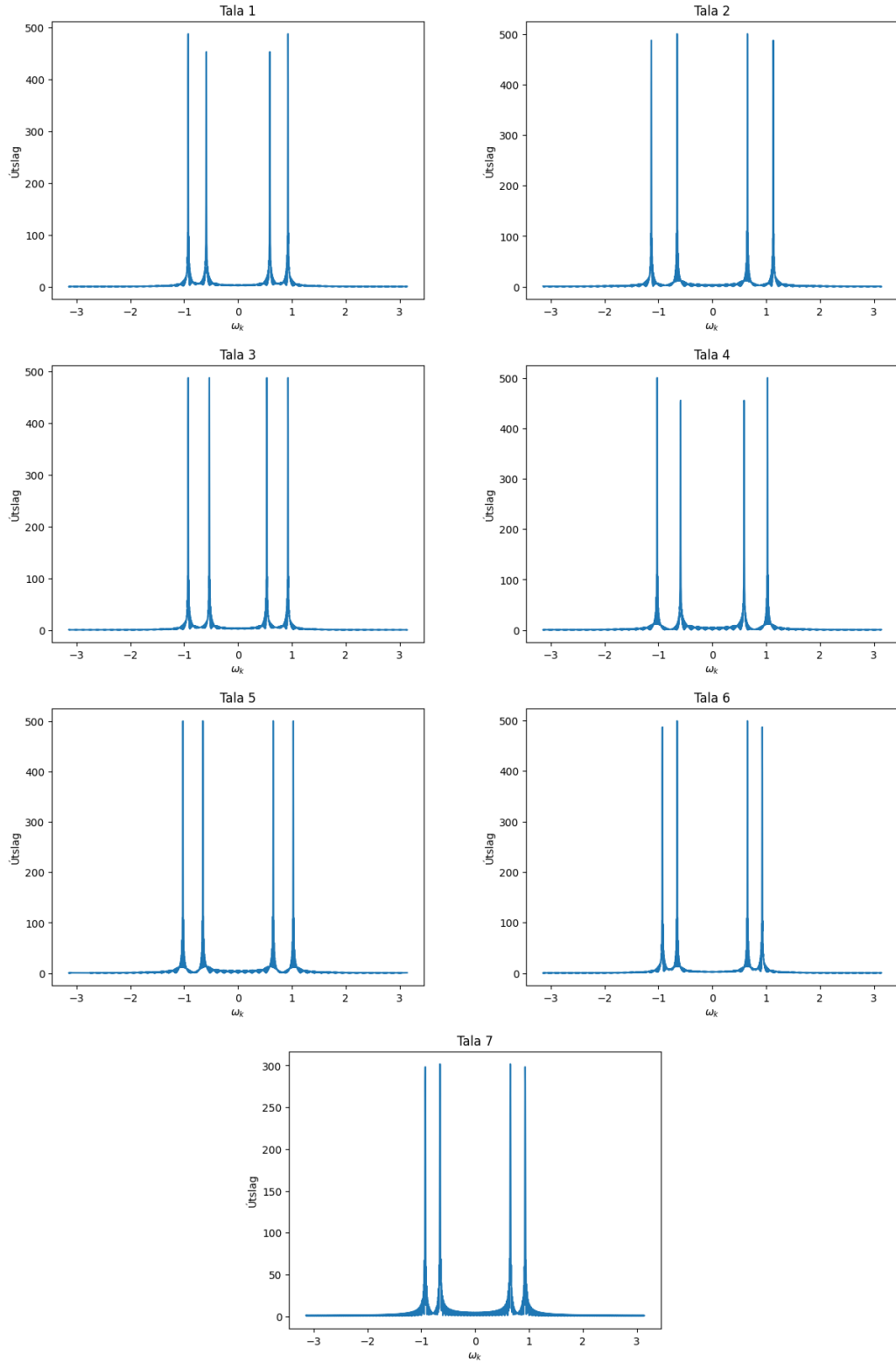
Mynd 12: Þysjuð inn mynd af útslagi $D_2e^{j\omega}$ og $D_9e^{j\omega}$

10) og séð að bláa línan sýnir $D_2(e^{j\omega})$ og appelsínugula línan sýnir $D_9(e^{j\omega})$

Skoðum gefna kóðann (3.2) til þess að búa til hljóðmerki sem samsvarar okkar eigin símanúmer. Við byrjum á því að búa til fylki sem inniheldur einungis núll og er að lengd 100. Þetta er gert til þess að hafa þögn inn á milli svo það sé hægt að heyra skýrt í hljóðmerkjunum. Í lokinn röðum við númerin og bilin inn í `np.concatenate` og þá heyrðist hljóðbúti sem hljómar alveg eins og ef mitt símanúmer væri slegið inn í síma.

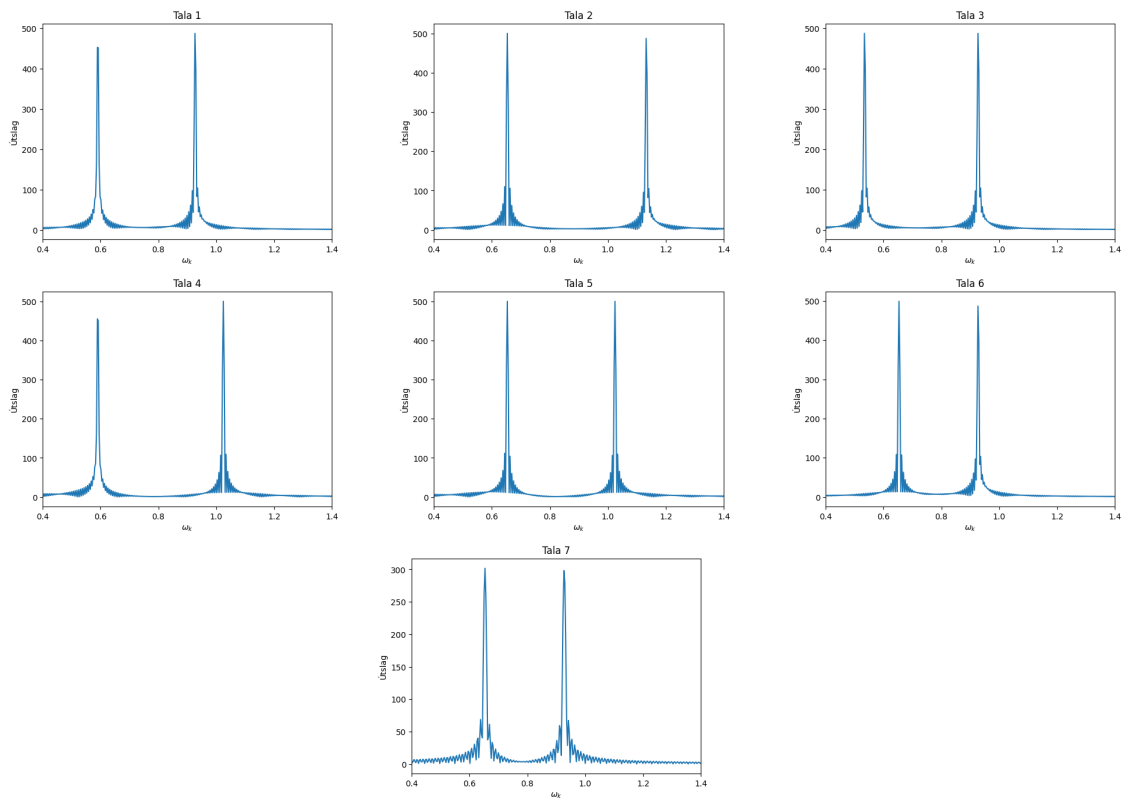
Nú viljum við afkóða sjö talna símanúmer útfrá gefnu fylki sem inniheldur hljóðmerki þess. Við gerum það með því að deila það fylki upp í sjö og svo Fourier varpa hvert fylki og setja það á graf. Við vitum að hver tala í símanúmerinu er með lengdina 1000 í fylkinu og að eftir hverja tölu fylgir 100 stakar af þögn þannig við deilum upp númerinu þannig að hver tala er með lengdina 1100. Myndin á

næstu síðu (Mynd 13) sýnir hvernig hver tala lítur út þegar við erum búnir að Fourier varpa hljóðmerki þeirra.



Mynd 13: Mynd af útslagi x1

Til þess að getað lesið hvaða tölur símanúmerið inniheldur þarf að sjá myndirnar betur, við gerum það með því að þysja inn á bilið $0.4 \leq \omega_k \leq 1.4$ á myndinni hér fyrir neðan.



Mynd 14: Þysjuð inn mynd af útslagi x1

Frá þessum myndum getum við séð að x1 inniheldur símanúmerið 491-5877, og ef við leggjum saman allar tölurnar þá fáum við 41 sem passar við þær upplýsingar sem við fengum.

Þegar við vorum að vinna þetta verkefni þá skoðuðum við einnig hljóðmerkið frá x2 á sama hátt og við skoðuðum x1. Út frá því fengum við 253-1000. Við ákváðum að setja ekki þær myndir inn í skýrsluna okkar en þær eru þó hægt að sjá með því að setja kóðann úr kafla 3.5 í Python.

3 Kóði

3.1 Útslagsmótun

```
1      #Lesum inn gögnin
2
3      from scipy import io
4      from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown
5
6      !wget -O ctftmod.mat https://github.com/JakobSig/skoli/blob/main/ctftmod.mat?raw=true
7
8      ctftmod = io.loadmat('ctftmod.mat', squeeze_me=True)
9      af=ctftmod['af']
10     bf=ctftmod['bf']
11     dash=ctftmod['dash']
12     dot=ctftmod['dot']
13     f1=ctftmod['f1']
14     f2=ctftmod['f2']
15     t=ctftmod['t']
16     x=ctftmod['x']
17
18     #Skoðum tíðnisvörun lághleypisíunannar (H(w))
19
20     from scipy.signal import freqs
21     import numpy as np
22     import matplotlib.pyplot as plt
23
24     w, h = freqs(bf, af, worN=np.logspace(-1, 2, 1000))
25     plt.figure(figsize=(12,4))
26     plt.plot(w, 20 * np.log10(abs(h)))
27     plt.xlabel('Tíðni')
28     plt.ylabel('Útslags svörun [dB]')
29     plt.grid(True)
30     plt.show()
31
32     Z = np.concatenate((dash,dash,dot,dot))
33     plt.figure(figsize=(12,3))
34     plt.plot(t,Z)
35     plt.xlabel('t')
36     plt.ylabel('Útslag')
37     plt.legend('Z')
38
39
40     #c
41
42     from scipy . signal import lsim
43     td =t [0: dot . size ]
44     tout , dot_filtered , xout = lsim (( bf , af ) ,U= dot ,T= td )
45     tout , dash_filtered , xout = lsim (( bf , af ) ,U= dash ,T= td )
46
47     plt.figure(figsize=(12,3))
48     plt.plot(td,dash,label='dash')
49     plt.plot(td,dash_filtered,'r--',label = 'dash síað')
50     plt.xlabel('t')
51     plt.ylabel('Útslag')
52     plt.legend()
53
54     plt.figure(figsize=(12,3))
```

```

55 plt.plot(td,dot,label='dot')
56 plt.plot(td,dot_filtered,'r--',label = 'dot síað')
57 plt.xlabel('t')
58 plt.ylabel('Útslag')
59 plt.legend()
60
61 #d
62
63 td = t[0:dot.size]
64 y= np.multiply(dash,np.cos(2*np.pi*f1*td))
65 plt.figure(figsize=(12,3))
66 plt.plot(td, y, label='y(t)')
67 plt.xlabel('t')
68 plt.ylabel('Útslag')
69 plt.legend
70
71 tout, y_filtered, xout=lsim((bf,af),U=y,T=td)
72
73 plt.figure(figsize=(12,3))
74 plt.plot(td,y_filtered,label='y(t) síað')
75 plt.xlabel('t')
76 plt.ylabel('Útslag')
77 plt.legend
78
79 #f og g
80
81 w1=2*np.pi*f1
82 w2=2*np.pi*f2
83 x1 = np.multiply(x,np.cos(w1*t))
84 x2 = np.multiply(x,np.sin(w2*t))
85 x3 = np.multiply(x,np.sin(w1*t))
86
87 tout, m1, xout=lsim((bf,af), U=x1, T=t)
88 tout, m2, xout=lsim((bf,af), U=x2, T=t)
89 tout, m3, xout=lsim((bf,af), U=x3, T=t)
90
91 plt.figure(figsize=(12,2))
92 plt.plot(t, m1, label='$m_1(t)$')
93 plt.xlabel('t')
94 plt.ylabel('útslag')
95 plt.legend()
96 plt.title('-... D')
97
98 plt.figure(figsize=(12,2))
99 plt.plot(t, m2, label='$m_2(t)$')
100 plt.xlabel('t')
101 plt.ylabel('útslag')
102 plt.legend()
103 plt.title('... S')
104
105
106 plt.figure(figsize=(12,2))
107 plt.plot(t, m3, label='$m_3(t)$')
108 plt.xlabel('t')
109 plt.ylabel('útslag')
110 plt.legend()
111 plt.title('-...- P')

```

3.2 Símanúmer Gefið

```
1 import numpy as np
2 from numpy import sin
3 from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown
4
5 N =1000
6 rows , cols = (N , 10)
7 d = [[0]* cols ]* rows
8 n= np.arange (0 ,N -1)
9 d[0]= sin(0.7217* n)+ sin(1.0247* n )
10 d[1]= sin(0.5346* n)+ sin(0.9273* n )
11 d[2]= sin(0.5346* n)+ sin(1.0247* n )
12 d[3]= sin(0.5346* n)+ sin(1.1328* n )
13 d[4]= sin(0.5906* n)+ sin(0.9273* n )
14 d[5]= sin(0.5906* n)+ sin(1.0247* n )
15 d[6]= sin(0.5906* n)+ sin(1.1328* n )
16 d[7]= sin(0.6535* n)+ sin(0.9273* n )
17 d[8]= sin(0.6535* n)+ sin(1.0247* n )
18 d[9]= sin(0.6535* n)+ sin(1.1328* n )
19 # Við getum t.d. spilað einn tón með
20 fs = 8192
21 display(Markdown('Hlustum á $D[5]$:') , Audio (d[5], rate = fs ) )
```

3.3 Símanúmer a-liður

```
1 #a
2
3 import numpy as np
4 from numpy.fft import fft
5 from numpy import sin
6
7 n= np.arange (0 , 999)
8 d = [[0]* cols ]* rows
9 d[2]=sin(0.5346*n)+sin(1.0247*n)
10 d[9]=sin(0.6535*n)+sin(1.1328*n)
11 fs=8192
12 N=2048 ##Fjöldi punkta
13
14 k=np.arange(0,N)
15 wk=2*np.pi*k/N
16
17 D2=np.abs(fft(d[2],N))
18 D9=np.abs(fft(d[9],N))
19
20 plt.figure(figsize=(15,6))
21 plt.title('Útslag $D_2(e^{j\omega})$ og $D_9(e^{j\omega})$')
22 plt.xlabel('$\omega_k$')
23 plt.ylabel('Útslag')
24 plt.plot(wk,D2,label='D2$\omega_k$')
25 plt.plot(wk,D9,label='D9$\omega_k$')
26
27 plt.legend()
28 plt.show()
29
30
31
```

```

32 plt.figure(figsize=(15,6))
33 plt.xlim(0.4,1.25)
34 plt.title('Útslag $D_2(e^{j\omega})$ og $D_9(e^{j\omega})$')
35 plt.xlabel('$\omega_k$')
36 plt.ylabel('Útslag')
37 plt.plot(wk,D2,label='D2$\omega_k$')
38 plt.plot(wk,D9,label='D9$\omega_k$')
39
40 plt.legend()
41 plt.show()

```

3.4 Símanúmer b-liður

```

1  #b
2
3  import numpy as np
4  from numpy.fft import fft
5  from numpy import sin
6  from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown
7
8  bil = np.zeros(100, dtype=int)
9
10 N =1000
11 rows , cols = (N , 10)
12
13
14 n= np.arange (0 , 999)
15 d = [[0]* cols ]* rows
16 d[0]= sin(0.7217* n)+ sin(1.0247* n )
17 d[1]= sin(0.5346* n)+ sin(0.9273* n )
18 d[2]= sin(0.5346* n)+ sin(1.0247* n )
19 d[3]= sin(0.5346* n)+ sin(1.1328* n )
20 d[4]= sin(0.5906* n)+ sin(0.9273* n )
21 d[5]= sin(0.5906* n)+ sin(1.0247* n )
22 d[6]= sin(0.5906* n)+ sin(1.1328* n )
23 d[7]= sin(0.6535* n)+ sin(0.9273* n )
24 d[8]= sin(0.6535* n)+ sin(1.0247* n )
25 d[9]= sin(0.6535* n)+ sin(1.1328* n )
26 fs=8192
27 N=2048  ##Fjöldi punkta
28
29 numer=np.concatenate((d[8], bil, d[2], bil, d[4], bil, d[3], bil, d[9], bil, d[8], bil, d[1]))
30 display(Markdown('Hlustum á 8243981:') , Audio (numer, rate = fs ) )

```

3.5 Símanúmer c-liður

```

1  #c
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy import io
4  import numpy as np
5  from numpy.fft import fft
6  from numpy import sin
7  from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown
8
9  !wget -O touch.mat https://github.com/JakobSig/skoli/blob/main/touch.mat?raw=true

```

```

10
11 touch = io.loadmat('touch.mat', squeeze_me=True)
12
13 fs=8192
14 N=2048 ##Fjöldi punkta
15
16 k=np.arange(0,N)
17 wk=2*np.pi*k/N
18
19 w=np.arange(-np.pi, np.pi, 2*np.pi/N)
20
21 hardx1=touch['hardx1']
22 hardx2=touch['hardx2']
23 x1=touch['x1']
24 x2=touch['x2']
25
26 #Símanúmer 1
27 X1 = np.abs(fft(x1[0:1099],N))
28 X2 = np.abs(fft(x1[1100:2199],N))
29 X3 = np.abs(fft(x1[2200:3299],N))
30 X4 = np.abs(fft(x1[3300:4399],N))
31 X5 = np.abs(fft(x1[4400:5499],N))
32 X6 = np.abs(fft(x1[5500:6599],N))
33 X7 = np.abs(fft(x1[6600:7200],N))
34
35
36 #Símanúmer 2
37 S1 = np.abs(fft(x2[0:1099],N))
38 S2 = np.abs(fft(x2[1100:2099],N))
39 S3 = np.abs(fft(x2[2200:3299],N))
40 S4 = np.abs(fft(x2[3300:4399],N))
41 S5 = np.abs(fft(x2[4400:5499],N))
42 S6 = np.abs(fft(x2[5500:6599],N))
43 S7 = np.abs(fft(x2[6600:7200],N))
44
45
46
47
48 #Teiknum upp símanúmer 1
49 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X1))
50 plt.title('Tala 1')
51 plt.xlabel('$\omega_k$')
52 plt.ylabel('Útslag')
53 plt.show()
54
55 plt.xlim(0.4,1.4)
56 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X1))
57 plt.title('Tala 1')
58 plt.xlabel('$\omega_k$')
59 plt.ylabel('Útslag')
60 plt.show()
61
62
63 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X2))
64 plt.title('Tala 2')
65 plt.xlabel('$\omega_k$')
66 plt.ylabel('Útslag')
67 plt.show()
68

```



```

69 plt.xlim(0.4,1.4)
70 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X2))
71 plt.title('Tala 2')
72 plt.xlabel('$\omega_k$')
73 plt.ylabel('Útslag')
74 plt.show()
75
76
77 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X3))
78 plt.title('Tala 3')
79 plt.xlabel('$\omega_k$')
80 plt.ylabel('Útslag')
81 plt.show()
82
83 plt.xlim(0.4,1.4)
84 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X3))
85 plt.title('Tala 3')
86 plt.xlabel('$\omega_k$')
87 plt.ylabel('Útslag')
88 plt.show()
89
90
91 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X4))
92 plt.title('Tala 4')
93 plt.xlabel('$\omega_k$')
94 plt.ylabel('Útslag')
95 plt.show()
96
97 plt.xlim(0.4,1.4)
98 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X4))
99 plt.title('Tala 4')
100 plt.xlabel('$\omega_k$')
101 plt.ylabel('Útslag')
102 plt.show()
103
104
105 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X5))
106 plt.title('Tala 5')
107 plt.xlabel('$\omega_k$')
108 plt.ylabel('Útslag')
109 plt.show()
110
111 plt.xlim(0.4,1.4)
112 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X5))
113 plt.title('Tala 5')
114 plt.xlabel('$\omega_k$')
115 plt.ylabel('Útslag')
116 plt.show()
117
118
119 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X6))
120 plt.title('Tala 6')
121 plt.xlabel('$\omega_k$')
122 plt.ylabel('Útslag')
123 plt.show()
124
125 plt.xlim(0.4,1.4)
126 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X6))
127 plt.title('Tala 6')

```

```

128 plt.xlabel('$\omega_k$')
129 plt.ylabel('Útslag')
130 plt.show()
131
132
133 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X7))
134 plt.title('Tala 7')
135 plt.xlabel('$\omega_k$')
136 plt.ylabel('Útslag')
137 plt.show()
138
139 plt.xlim(0.4, 1.4)
140 plt.plot(w, np.fft.fftshift(X7))
141 plt.title('Tala 7')
142 plt.xlabel('$\omega_k$')
143 plt.ylabel('Útslag')
144 plt.show()
145
146
147
148
149 #Teiknum upp simanúmer 2
150 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S1))
151 plt.title('Tala 1')
152 plt.xlabel('$\omega_k$')
153 plt.ylabel('Útslag')
154 plt.show()
155
156 plt.xlim(0.4, 1.4)
157 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S1))
158 plt.title('Tala 1')
159 plt.xlabel('$\omega_k$')
160 plt.ylabel('Útslag')
161 plt.show()
162
163
164 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S2))
165 plt.title('Tala 2')
166 plt.xlabel('$\omega_k$')
167 plt.ylabel('Útslag')
168 plt.show()
169
170 plt.xlim(0.4, 1.4)
171 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S2))
172 plt.title('Tala 2')
173 plt.xlabel('$\omega_k$')
174 plt.ylabel('Útslag')
175 plt.show()
176
177
178 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S3))
179 plt.title('Tala 3')
180 plt.xlabel('$\omega_k$')
181 plt.ylabel('Útslag')
182 plt.show()
183
184 plt.xlim(0.4, 1.4)
185 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S3))
186 plt.title('Tala 3')

```

```

187 plt.xlabel('$\omega_k$')
188 plt.ylabel('Útslag')
189 plt.show()
190
191
192 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S4))
193 plt.title('Tala 4')
194 plt.xlabel('$\omega_k$')
195 plt.ylabel('Útslag')
196 plt.show()
197
198 plt.xlim(0.4, 1.4)
199 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S4))
200 plt.title('Tala 4')
201 plt.xlabel('$\omega_k$')
202 plt.ylabel('Útslag')
203 plt.show()
204
205
206 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S5))
207 plt.title('Tala 5')
208 plt.xlabel('$\omega_k$')
209 plt.ylabel('Útslag')
210 plt.show()
211
212 plt.xlim(0.4, 1.4)
213 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S5))
214 plt.title('Tala 5')
215 plt.xlabel('$\omega_k$')
216 plt.ylabel('Útslag')
217 plt.show()
218
219
220 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S6))
221 plt.title('Tala 6')
222 plt.xlabel('$\omega_k$')
223 plt.ylabel('Útslag')
224 plt.show()
225
226 plt.xlim(0.4, 1.4)
227 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S6))
228 plt.title('Tala 6')
229 plt.xlabel('$\omega_k$')
230 plt.ylabel('Útslag')
231 plt.show()
232
233
234 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S7))
235 plt.title('Tala 7')
236 plt.xlabel('$\omega_k$')
237 plt.ylabel('Útslag')
238 plt.show()
239
240 plt.xlim(0.4, 1.4)
241 plt.plot(w, np.fft.fftshift(S7))
242 plt.title('Tala 7')
243 plt.xlabel('$\omega_k$')
244 plt.ylabel('Útslag')
245 plt.show()

```

Takk fyrir okkur og takk fyrir önnina.
Kv. Georg Orlov og Ómar Ingi