Æfing 4

Merki og Kerfi

Georg Orlov og Ómar Ingi

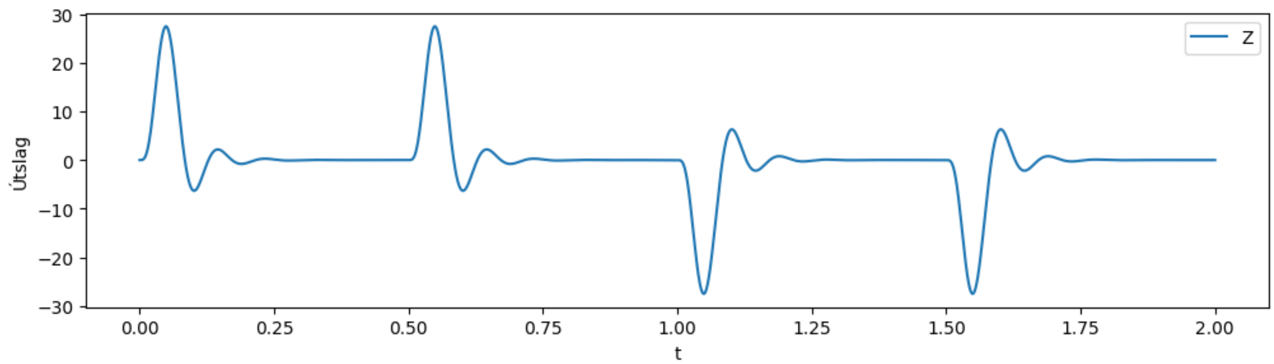
Nóvember 2023

1 Útslagsmótun

Í þessu dæmi erum við að skoða eftirfarandi útslagsmótaða merki

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

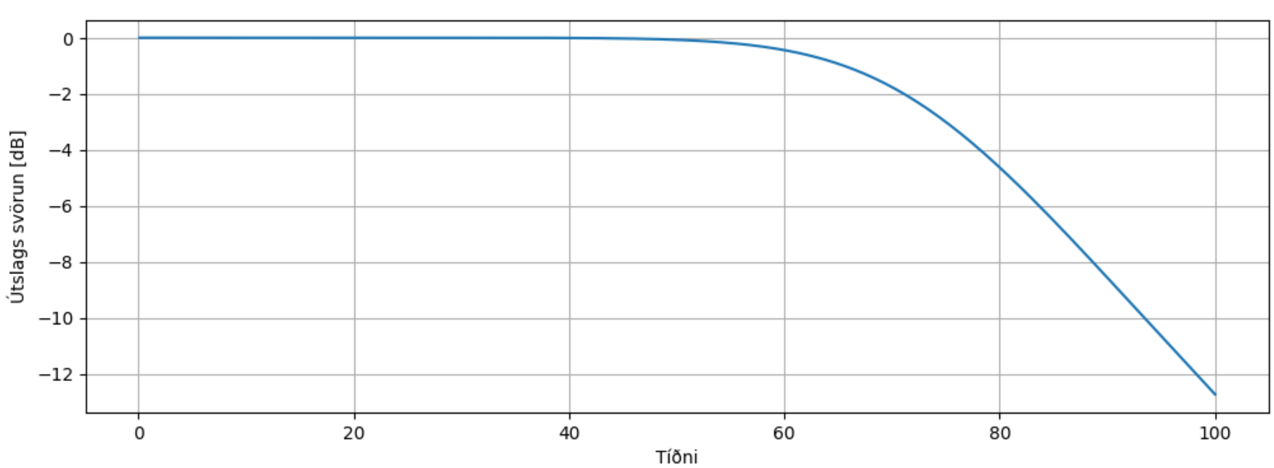
Þar sem við þekkjum að $m_1(t), m_2(t)$ og $m_3(t)$ eru stafir í Morse-kóða. Við getum til að mynda kóðað stafinn Z í Morse-kóða eins og hægt er að sjá á mynd 1



Mynd 1: Z í Morse-kóða

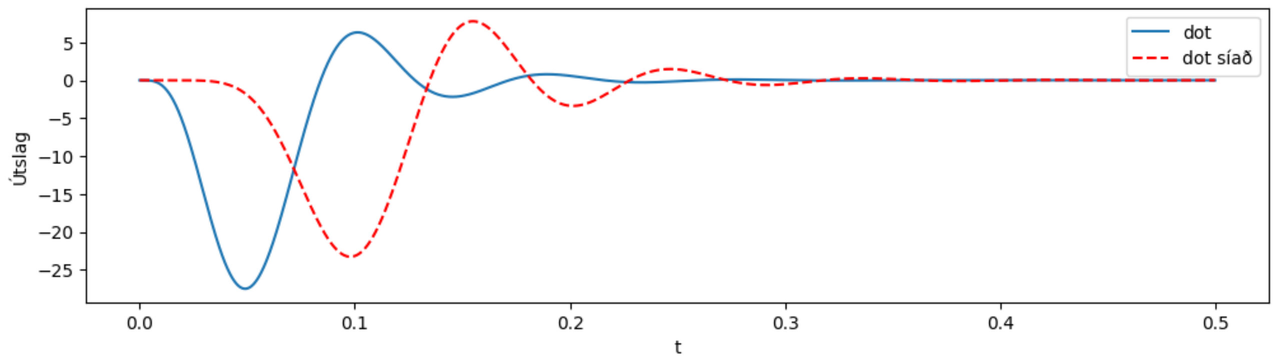
Við skoðum einnig lághleypisíu sem hefur eftirfarandi tíðnisvörun þar sem a_n og b_n eru gefnir stuðlar

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

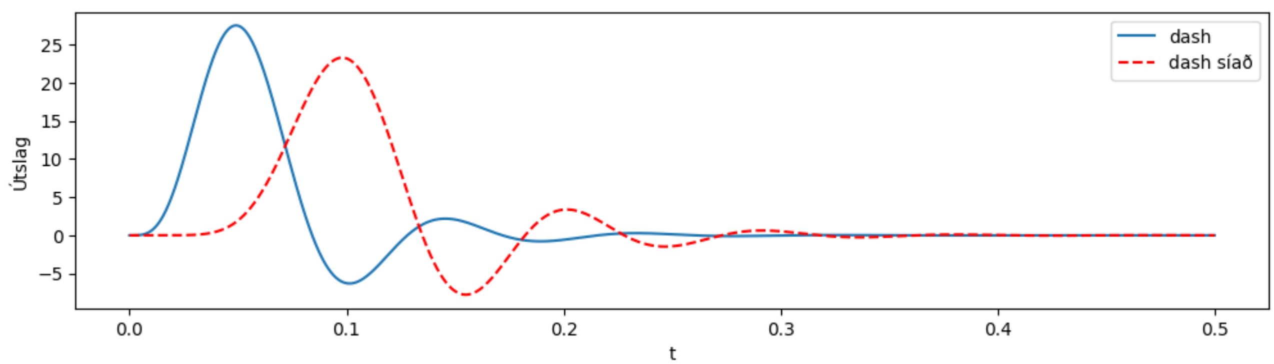


Mynd 2: Útslag tíðnisvörunar lághleypisíunnar sem fall af tíðni

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.

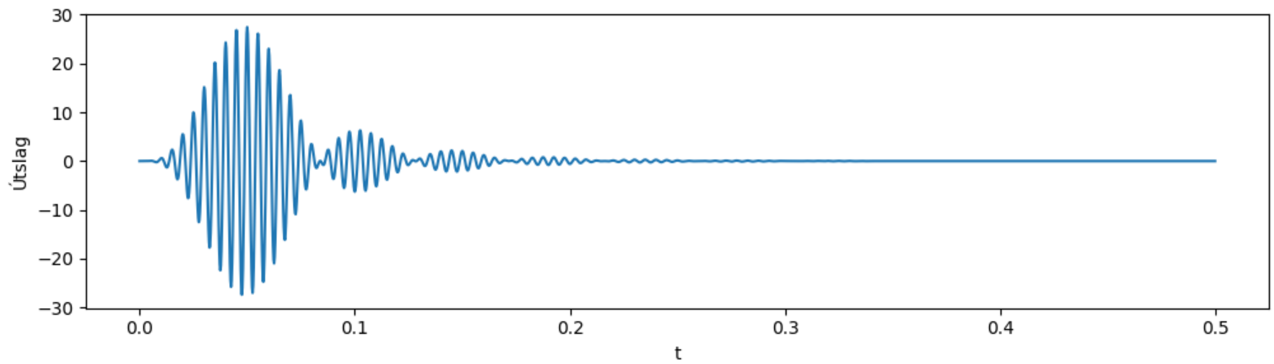


Mynd 3: dot fyrir og eftir síun

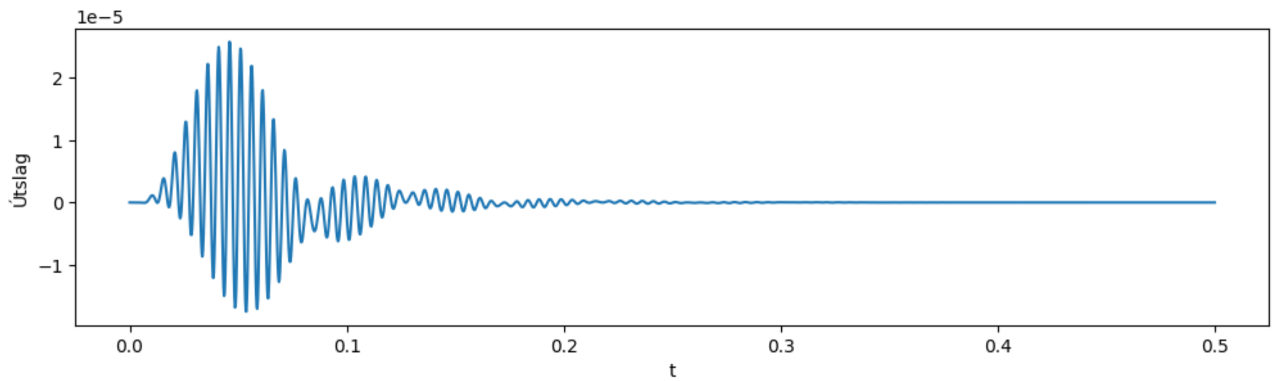


Mynd 4: dash fyrir og eftir síun

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:

$$= \frac{1}{2}m_1(t)(\cos(2w_1 t) + 1) + \frac{1}{2}m_2(t)(\sin((w_1 + w_2)t) + \sin((w_1 - w_2)t)$$

$$+\frac{1}{2}m_3(t)(\sin((2w_1)t) + \sin((w_1 - w_1)t)$$

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 síað 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.

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

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:

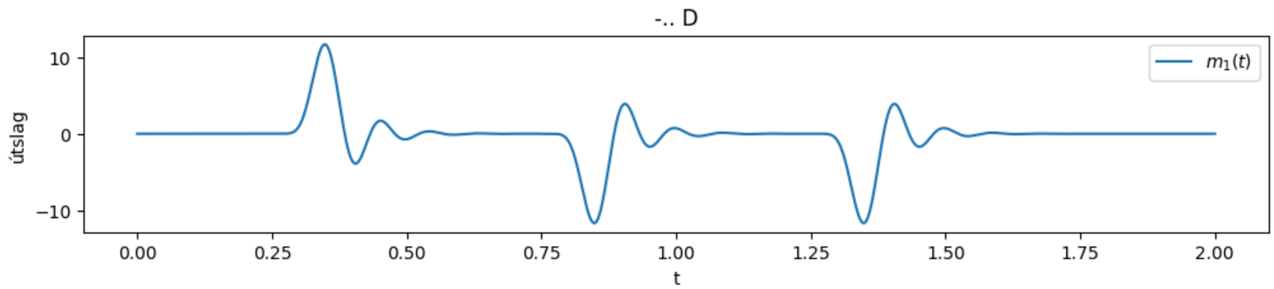
$$w_1(t) \Longleftarrow F \Longrightarrow W_1(jw) = \frac{1}{2}M_1(jw) + \frac{1}{4}M_1(j(w - 2w_1)) + \frac{1}{4}M_1(j(w + 2w_1))$$

$$w_2(t) \Longleftarrow F \Longrightarrow W_2(jw) =$$
$$\frac{1}{4j}(M_2(j(w+(w_1+w_2)) - M_2(j(w-w_1-w_2) + M_2(j(w-w_1+w_2)) - M_2(j(w+w_1-w_2)))$$

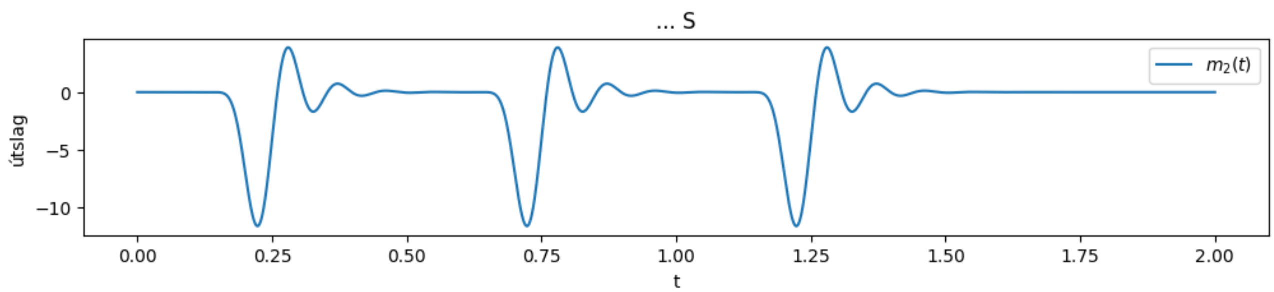
$$w_3(t) \Longleftarrow F \Longrightarrow W_3(jw) =$$
$$\frac{1}{4j}(M_3(j(w - 2w_1)) - M_3(j(w + 2w_1)))$$

Við getum gert hið sama til að afmóta og endurvinna 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.

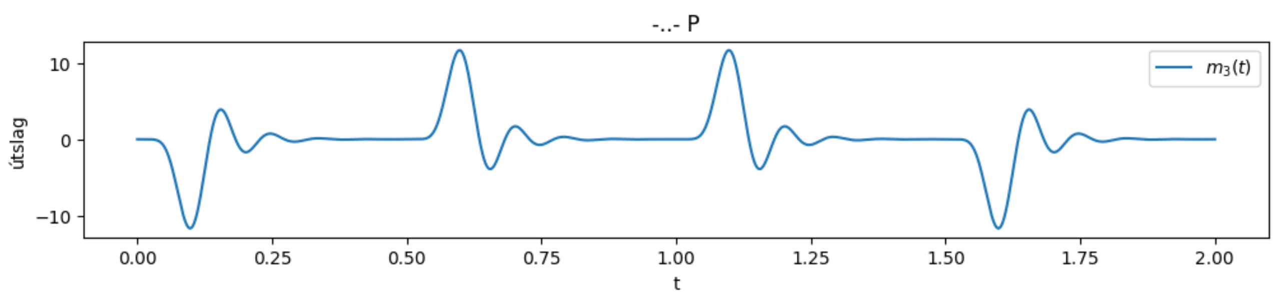
Nú viljum við nota niðurstöðuna hér að ofan til þess að afmóta merkin $m_1(t)$, $m_2(t)$ og $m_3(t)$, við gerum það með því að margfalda upprunalega merkisins $x(t)$ með kós- og sínus bylgjum samsvarandi við þau merki sem við fundum Fourier-vörpun af hér að ofan. Við höfum sýnt að þessi margfeldi og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

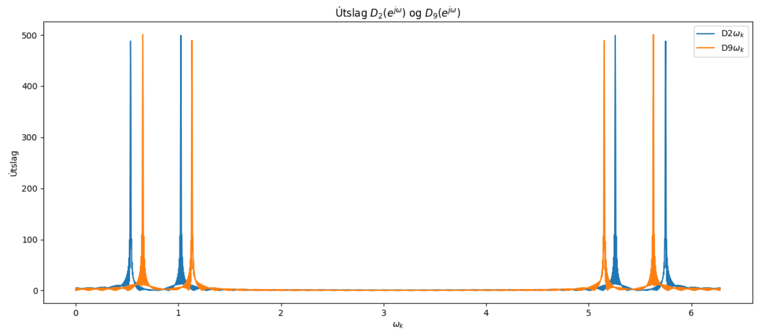
2 Símanúmer

Í þessum kafla eigum við að skoða hvaða hljóð koma frá símum 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	

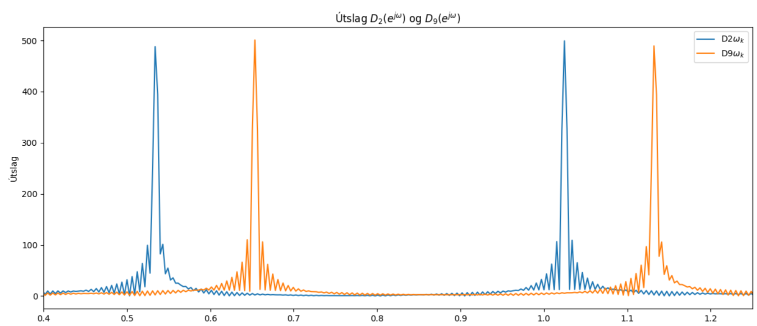
Mynd 10: Tafla 1

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 $D_2 e^{j\omega}$ og $D_9 e^{j\omega}$

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

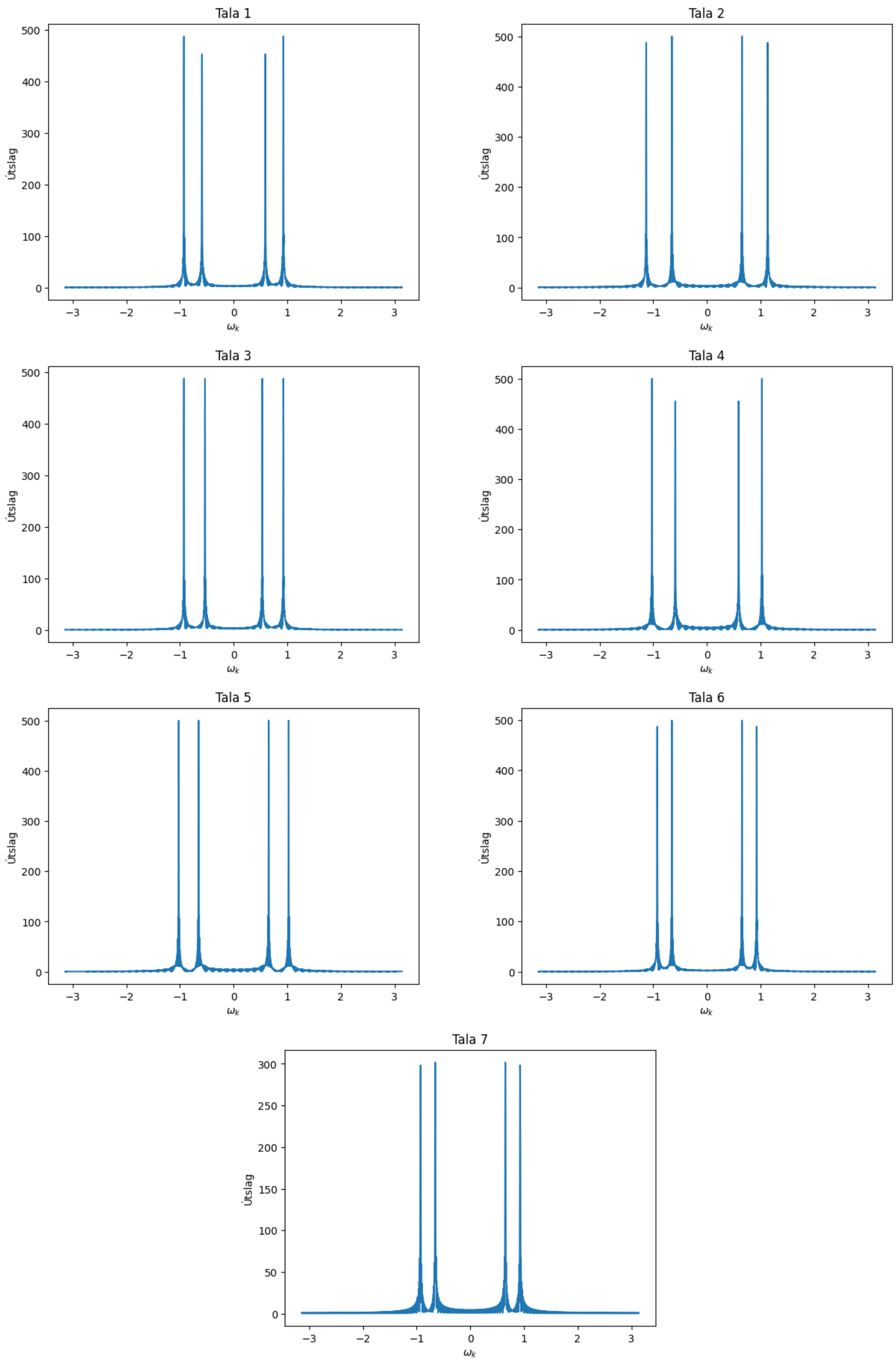


Mynd 12: Þysjuð inn mynd af útslagi $D_2 e^{j\omega}$ og $D_9 e^{j\omega}$

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

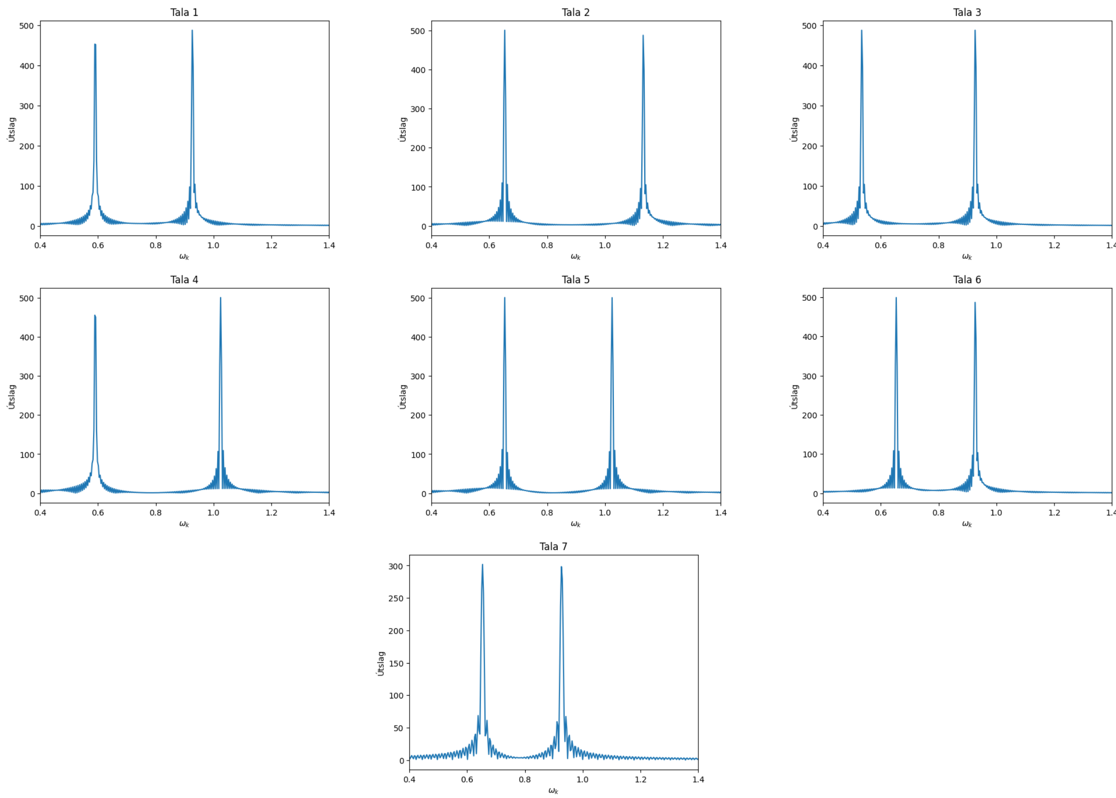
Skoðum gefna kóðann (3.2) til þess að búa til hljóðmerki sem samsvarar okkar eigin símanúmer. Við byrjum á því að búa til fylki sem inniheldur einungis núll og er að lengd 100. Þetta er gert til þess að hafa þögn inn á milli svo það sé hægt að heyra skýrt í hljóðmerkjunum. Í lokinn röðum við númerin 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. Útfrá 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

```
    #Lesum inn gögnin

from scipy import io
from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown

!wget -O ctftmod.mat https://github.com/JakobSig/skoli/blob/main/ctftmod.mat?raw=true

ctftmod = io.loadmat('ctftmod.mat', squeeze_me=True)
af=ctftmod['af']
bf=ctftmod['bf']
dash=ctftmod['dash']
dot=ctftmod['dot']
f1=ctftmod['f1']
f2=ctftmod['f2']
t=ctftmod['t']
x=ctftmod['x']

#Skoðum tíðnisvörun lághleypisíunannar (H(w))

from scipy.signal import freqs
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

w, h = freqs(bf, af, worN=np.logspace(-1, 2, 1000))
plt.figure(figsize=(12,4))
plt.plot(w, 20 * np.log10(abs(h)))
plt.xlabel('Tíðni')
plt.ylabel('Útslags svörun [dB]')
plt.grid(True)
plt.show()

Z = np.concatenate((dash,dash,dot,dot))
plt.figure(figsize=(12,3))
plt.plot(t,Z)
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Útslag')
plt.legend('Z')


#c

from scipy . signal import lsim
td =t [0: dot . size ]
tout , dot_filtered , xout = lsim (( bf , af ) ,U= dot ,T= td )
tout , dash_filtered , xout = lsim (( bf , af ) ,U= dash ,T= td )

plt.figure(figsize=(12,3))
plt.plot(td,dash,label='dash')
plt.plot(td,dash_filtered,'r--',label = 'dash síað')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Útslag')
plt.legend()

plt.figure(figsize=(12,3))
```

```
plt.plot(td,dot,label='dot')
plt.plot(td,dot_filtered,'r--',label = 'dot síað')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Útslag')
plt.legend()

#d

td = t[0:dot.size]
y= np.multiply(dash,np.cos(2*np.pi*f1*td))
plt.figure(figsize=(12,3))
plt.plot(td, y, label='y(t)')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Útslag')
plt.legend

tout, y_filtered, xout=lsim((bf,af),U=y,T=td)

plt.figure(figsize=(12,3))
plt.plot(td,y_filtered,label='y(t) síað')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Útslag')
plt.legend

#f og g

w1=2*np.pi*f1
w2=2*np.pi*f2
x1 = np.multiply(x,np.cos(w1*t))
x2 = np.multiply(x,np.sin(w2*t))
x3 = np.multiply(x,np.sin(w1*t))

tout, m1, xout=lsim((bf,af), U=x1, T=t)
tout, m2, xout=lsim((bf,af), U=x2, T=t)
tout, m3, xout=lsim((bf,af), U=x3, T=t)

plt.figure(figsize=(12,2))
plt.plot(t, m1, label='$m_1(t)$')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('útslag')
plt.legend()
plt.title('-.. D')

plt.figure(figsize=(12,2))
plt.plot(t, m2, label='$m_2(t)$')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('útslag')
plt.legend()
plt.title('... S')


plt.figure(figsize=(12,2))
plt.plot(t, m3, label='$m_3(t)$')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('útslag')
plt.legend()
plt.title('-..- P')
```

3.2 Símanúmer Gefið

```
import numpy as np
from numpy import sin
from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown

N =1000
rows , cols = (N , 10)
d = [[0]* cols ]* rows
n= np.arange (0 ,N -1)
d[0]= sin(0.7217* n)+ sin(1.0247* n )
d[1]= sin(0.5346* n)+ sin(0.9273* n )
d[2]= sin(0.5346* n)+ sin(1.0247* n )
d[3]= sin(0.5346* n)+ sin(1.1328* n )
d[4]= sin(0.5906* n)+ sin(0.9273* n )
d[5]= sin(0.5906* n)+ sin(1.0247* n )
d[6]= sin(0.5906* n)+ sin(1.1328* n )
d[7]= sin(0.6535* n)+ sin(0.9273* n )
d[8]= sin(0.6535* n)+ sin(1.0247* n )
d[9]= sin(0.6535* n)+ sin(1.1328* n )
# Við getum t.d. spilað einn tón með
fs = 8192
display(Markdown('Hlustum á $D[5]$:') , Audio (d[5], rate = fs ) )
```

3.3 Símanúmer a-liður

```
#a

import numpy as np
from numpy.fft import fft
from numpy import sin

n= np.arange (0 , 999)
d = [[0]* cols ]* rows
d[2]=sin(0.5346*n)+sin(1.0247*n)
d[9]=sin(0.6535*n)+sin(1.1328*n)
fs=8192
N=2048  ##Fjöldi punkta

k=np.arange(0,N)
wk=2*np.pi*k/N

D2=np.abs(fft(d[2],N))
D9=np.abs(fft(d[9],N))

plt.figure(figsize=(15,6))
plt.title('Útslag $D_2(e^{j\omega})$ og $D_9(e^{j\omega})$')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.plot(wk,D2,label='D2$\omega_k$')
plt.plot(wk,D9,label='D9$\omega_k$')

plt.legend()
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(15,6))
plt.xlim(0.4,1.25)
plt.title('Útslag $D_2(e^{j\omega})$ og $D_9(e^{j\omega})$')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.plot(wk,D2,label='D2$\omega_k$')
plt.plot(wk,D9,label='D9$\omega_k$')

plt.legend()
plt.show()
```

3.4 Símanúmer b-liður

```
#b

import numpy as np
from numpy.fft import fft
from numpy import sin
from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown

bil = np.zeros(100, dtype=int)

N =1000
rows , cols = (N , 10)


n= np.arange (0 , 999)
d = [[0]* cols ]* rows
d[0]= sin(0.7217* n)+ sin(1.0247* n )
d[1]= sin(0.5346* n)+ sin(0.9273* n )
d[2]= sin(0.5346* n)+ sin(1.0247* n )
d[3]= sin(0.5346* n)+ sin(1.1328* n )
d[4]= sin(0.5906* n)+ sin(0.9273* n )
d[5]= sin(0.5906* n)+ sin(1.0247* n )
d[6]= sin(0.5906* n)+ sin(1.1328* n )
d[7]= sin(0.6535* n)+ sin(0.9273* n )
d[8]= sin(0.6535* n)+ sin(1.0247* n )
d[9]= sin(0.6535* n)+ sin(1.1328* n )
fs=8192
N=2048  ##Fjöldi punkta

numer=np.concatenate((d[8], bil, d[2], bil, d[4], bil, d[3], bil, d[9], bil, d[8], bil, d[1]))
display(Markdown('Hlustum á 8243981:') , Audio (numer, rate = fs ) )
```

3.5 Símanúmer c-liður

```
#c
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import io
import numpy as np
from numpy.fft import fft
from numpy import sin
from IPython . display import display , Audio , Pretty , Markdown

!wget -O touch.mat https://github.com/JakobSig/skoli/blob/main/touch.mat?raw=true
```

```
touch = io.loadmat('touch.mat', squeeze_me=True)

fs=8192
N=2048  ##Fjöldi punkta

k=np.arange(0,N)
wk=2*np.pi*k/N

w=np.arange(-np.pi, np.pi, 2*np.pi/N)

hardx1=touch['hardx1']
hardx2=touch['hardx2']
x1=touch['x1']
x2=touch['x2']

#Símanúmer 1
X1 = np.abs(fft(x1[0:1099],N))
X2 = np.abs(fft(x1[1100:2199],N))
X3 = np.abs(fft(x1[2200:3299],N))
X4 = np.abs(fft(x1[3300:4399],N))
X5 = np.abs(fft(x1[4400:5499],N))
X6 = np.abs(fft(x1[5500:6599],N))
X7 = np.abs(fft(x1[6600:7200],N))


#Símanúmer 2
S1 = np.abs(fft(x2[0:1099],N))
S2 = np.abs(fft(x2[1100:2099],N))
S3 = np.abs(fft(x2[2200:3299],N))
S4 = np.abs(fft(x2[3300:4399],N))
S5 = np.abs(fft(x2[4400:5499],N))
S6 = np.abs(fft(x2[5500:6599],N))
S7 = np.abs(fft(x2[6600:7200],N))




#Teiknum upp símanúmer 1
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X1))
plt.title('Tala 1')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X1))
plt.title('Tala 1')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X2))
plt.title('Tala 2')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

```

```
plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X2))
plt.title('Tala 2')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X3))
plt.title('Tala 3')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X3))
plt.title('Tala 3')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X4))
plt.title('Tala 4')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X4))
plt.title('Tala 4')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X5))
plt.title('Tala 5')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X5))
plt.title('Tala 5')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X6))
plt.title('Tala 6')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X6))
plt.title('Tala 6')
```

```
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(X7))
plt.title('Tala 7')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(X7))
plt.title('Tala 7')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()




#Teiknum upp símanúmer 2
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S1))
plt.title('Tala 1')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S1))
plt.title('Tala 1')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S2))
plt.title('Tala 2')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S2))
plt.title('Tala 2')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S3))
plt.title('Tala 3')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S3))
plt.title('Tala 3')
```

```
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S4))
plt.title('Tala 4')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S4))
plt.title('Tala 4')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S5))
plt.title('Tala 5')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S5))
plt.title('Tala 5')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S6))
plt.title('Tala 6')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S6))
plt.title('Tala 6')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()


plt.plot(w, np.fft.fftshift(S7))
plt.title('Tala 7')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()

plt.xlim(0.4,1.4)
plt.plot(w, np.fft.fftshift(S7))
plt.title('Tala 7')
plt.xlabel('$\omega_k$')
plt.ylabel('Útslag')
plt.show()
```

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