Labo A – Principes van digitale signaalverwerking

INDUSTRIEELE WETENSCAPPEN – ELEKTRONICA/ICT

Studentennr.: r0638823

Thijs Vercammen

Digitale Signaalverwerking

november 2020

Inhoud

[1 Fast Fourier Transform 1](#_Toc57301135)

[1.1 Plot de eerste 64 samples van a(t) 1](#_Toc57301136)

[1.2 Plot de eerste 64 en 100 samples van a(t) voor fs = 32\*f 1](#_Toc57301137)

[2 Windowing 1](#_Toc57301138)

[2.1 Wat is de functie van windowing? 1](#_Toc57301139)

[2.2 Plot tijds en frequentieverloop van een rechthoekig, hanning en hamming window van 72 samples. 2](#_Toc57301140)

[2.3 Windowing van signaal van 100 samples 2](#_Toc57301141)

[2.4 Windowing van signaal x(t) = x1(t) + x2(t). 3](#_Toc57301142)

[3 Ruis, windowing en interpolatie 4](#_Toc57301143)

[3.1 Gemiddelde standaarddeviatie ruis. 4](#_Toc57301144)

[3.2 Windowing van x(t) = x1(t) + x2(t) + 0.1\*noise(t). 4](#_Toc57301145)

[3.3 Signaal verlengt tot 512 datapunten. 5](#_Toc57301146)

[4 Eerste orde IIR filter 6](#_Toc57301147)

[4.1 Topologie. 6](#_Toc57301148)

[4.2 Bereken eerste 4 samples: n= [0, 1, 2, 3, 4]. 6](#_Toc57301149)

[4.3 Bereken limietwaarde (DC versterking) 6](#_Toc57301150)

[4.4 Wiskundige beschrijving stapresponsie eerste orde filter 6](#_Toc57301151)

[4.5 Filter signaal van 200 samples met IIR filter 7](#_Toc57301152)

[4.6 Filter IIR filter met signaal x(t) = sin(2πpt) +n(t) 7](#_Toc57301153)

[4.7 Bereken de frequentieweergave 7](#_Toc57301154)

[4.8 Geef de pole/zero plot en ook de amplitude- en faseresponsie 8](#_Toc57301155)

[4.9 Wanneer is dit netwerk onstabiel 9](#_Toc57301156)

[5 Tweede orde IIR filter 9](#_Toc57301157)

[5.1 Bepaal poolcoördinaten. 9](#_Toc57301158)

[5.2 Beeld ligging polen af in z-vlak. 9](#_Toc57301159)

[5.3 Geef de frequentieweergave. 9](#_Toc57301160)

[5.4 Wat is de invloed van de polen op de resonantie weergave. 10](#_Toc57301161)

[5.5 Bepaal de resonantiepiek. 10](#_Toc57301162)

[5.6 Bereken H(DC), H(fs/2) en H(fs/4). 10](#_Toc57301163)

[5.7 Bepaal de poolfrequentie. 10](#_Toc57301164)

[5.8 Welk soort filter betreft het hier. 10](#_Toc57301165)

[5.9 Laat rp naar 1 evolueren. 10](#_Toc57301166)

[5.10 Laat θp van 0 naar 180 graden evolueren. 11](#_Toc57301167)

[5.11 Stap- en impulsresponsie. 11](#_Toc57301168)

[5.12 Bepaal DC-versterkingsfactor aan de hand van de stapresponsie. 11](#_Toc57301169)

[6 Tweede orde FIR filter 12](#_Toc57301170)

[6.1 Invloed van nulpunten op de frequentieweergave. 12](#_Toc57301171)

[6.2 Bepaal resonantiepiek. 12](#_Toc57301172)

[6.3 Bereken H(DC), H(fs/2) en H(fs/4). 12](#_Toc57301173)

[6.4 Welk soort filter is dit? 12](#_Toc57301174)

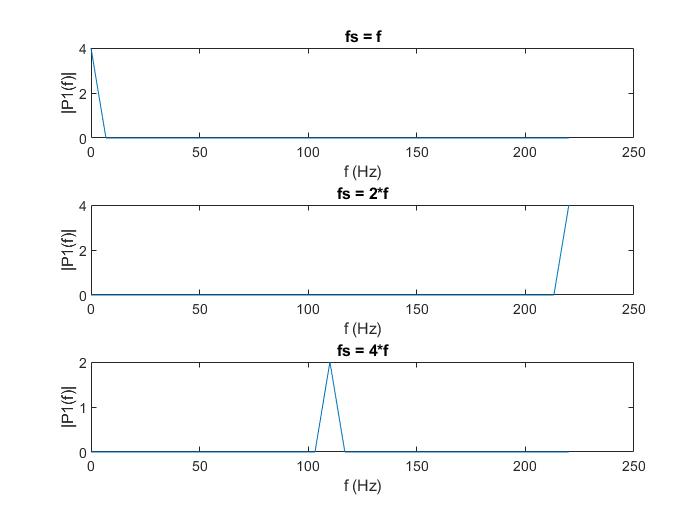
[6.5 Laat r naar 1 evolueren 13](#_Toc57301175)

[6.6 Laat θ van 0 naar 180 graden evolueren. 13](#_Toc57301176)

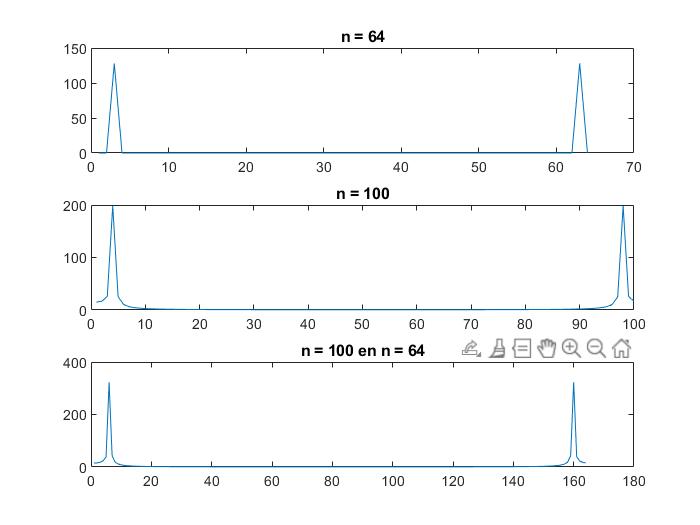
[6.7 Impulsresponsie. 13](#_Toc57301177)

# Fast Fourier Transform

## Plot de eerste 64 samples van a(t)



## Plot de eerste 64 en 100 samples van a(t) voor fs = 32\*f



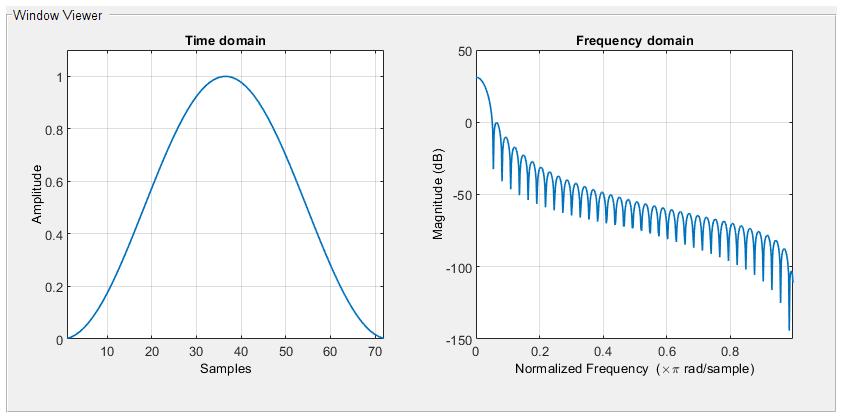
# Windowing

## Wat is de functie van windowing?

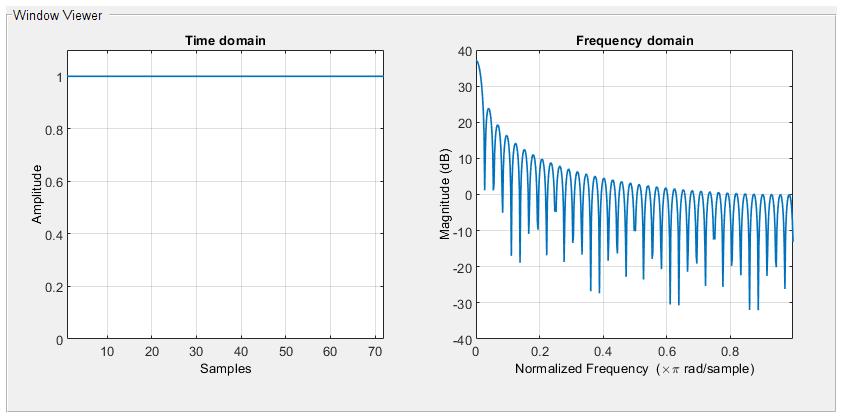
De functie van windowing is om een bepaald interval uit een golfvorm te kunnen halen door er een venster (window) over te leggen.

## Plot tijds en frequentieverloop van een rechthoekig, hanning en hamming window van 72 samples.

Hamming



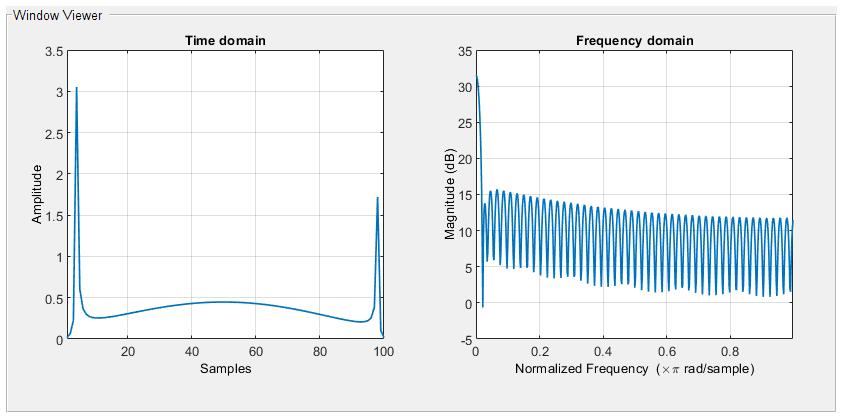
Hanning



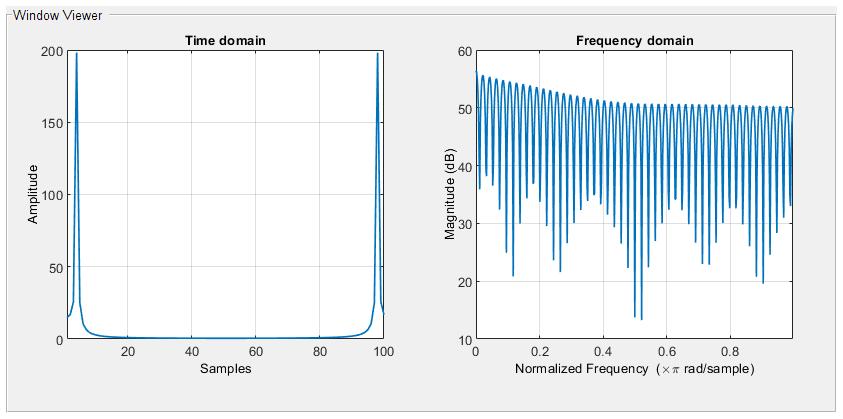
Rechthoekig

## Windowing van signaal van 100 samples

Hamming



Hanning

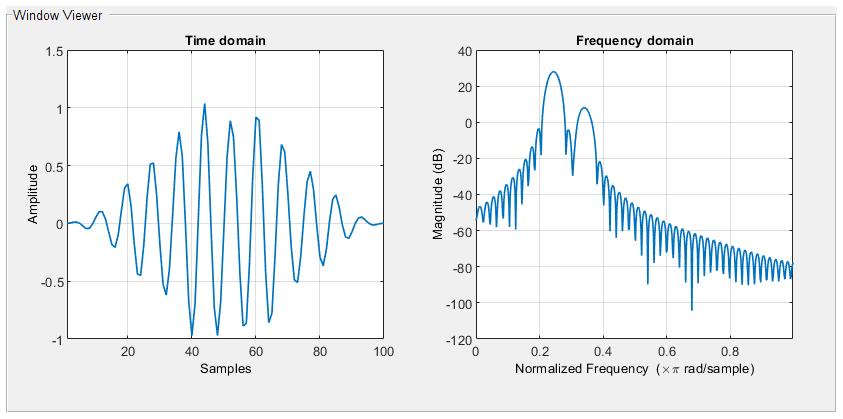


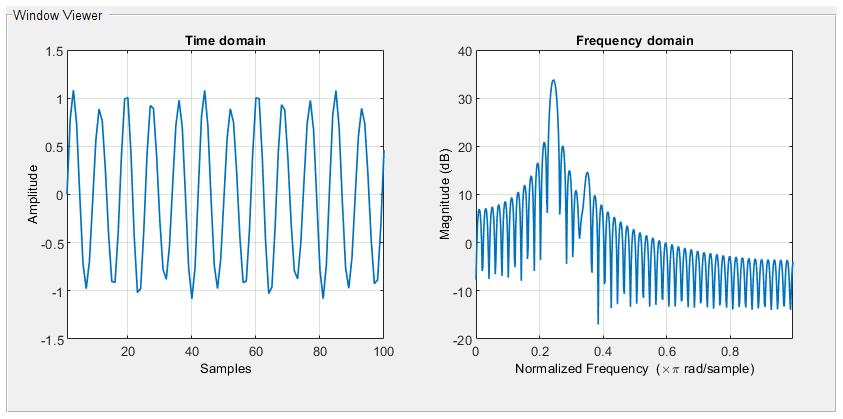
Rechthoekig

De boxplot geeft de mooiste resolutie in het tijdsdomein

## Windowing van signaal x(t) = x1(t) + x2(t).

Hamming

Hanning

Rechthoekig

Bij de hamming window zien we in het frequentiedomein duidelijk een onderscheid tussen de 2 verschillende signalen (de 2 verschillende lobben/pieken naast elkaar). Hoe groter de delta variabele is hoe verder deze 2 pieken uit elkaar liggen.

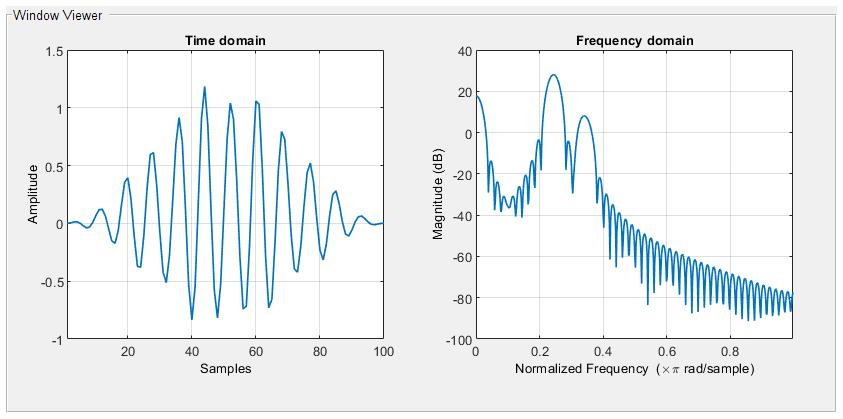
# Ruis, windowing en interpolatie

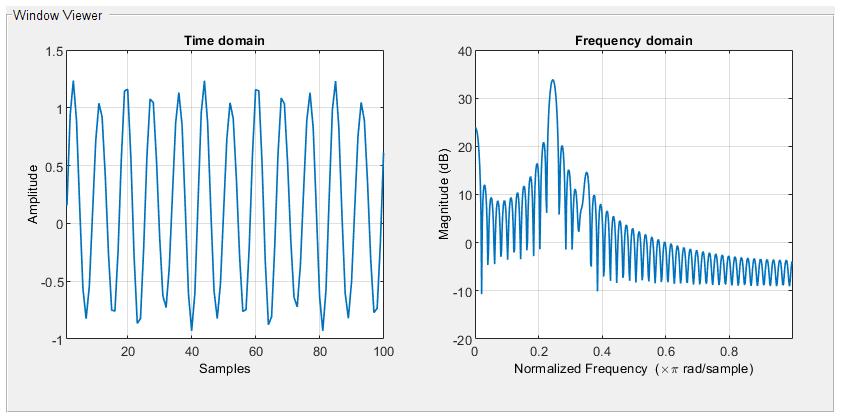
## Gemiddelde standaarddeviatie ruis.

Als we ruis genereren met de randn() functie dan zal deze een waarde aannemen tussen -2 en 2.

## Windowing van x(t) = x1(t) + x2(t) + 0.1\*noise(t).

Hamming

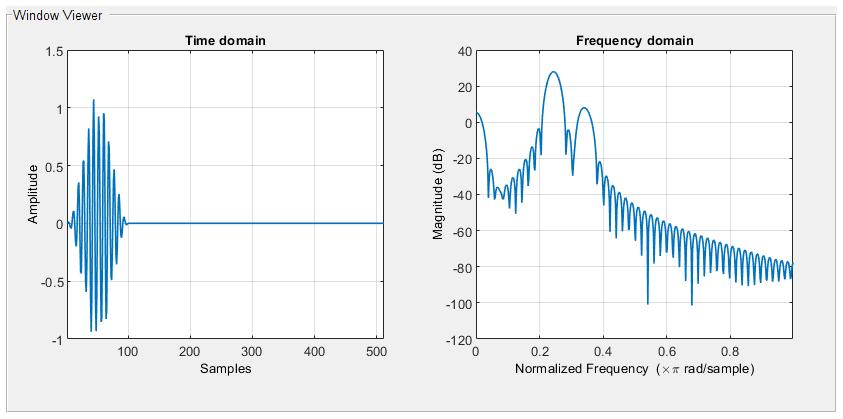
Hanning

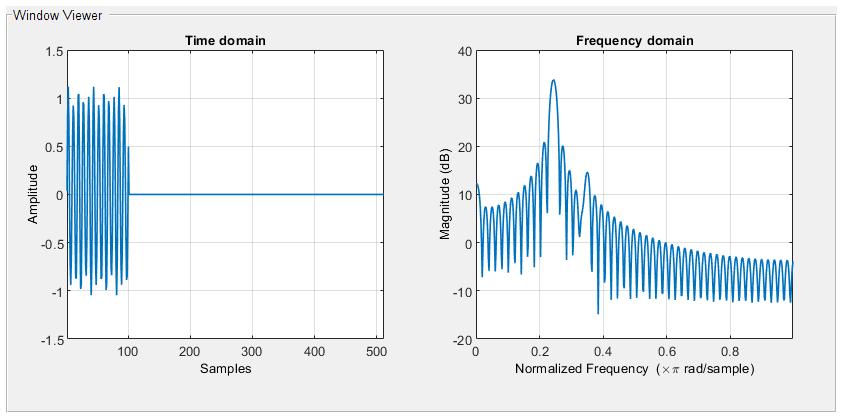
Rechthoekig

In het begin van het frequentiedomein zien we nu een niewe piek na het toevoegen van een ruis signaal. In het tijdsdomein zien we dat amplitude van elke piek een klein beetje hoger ligt.

## Signaal verlengt tot 512 datapunten.

Hamming

Hanning

Rechthoekig

In het tijdsdomein zien we in het begin een ‘blob’ met de 2 signalen, na sample 100 zien we dat de amplitude 0 blijft. In het frequentiedomein zien we niet veel verschil.

# Eerste orde IIR filter

## Topologie.

Je kan zien dat dit een IIR filter is omdat er een feedback aanwezig is, waardoor de uitgang altijd iets zal veranderen.

## Bereken eerste 4 samples: n= [0, 1, 2, 3, 4].

Y(n) = x(n) + 0.1\*y(n-1)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A1 | N = 0 | N = 1 | N = 2 | N = 3 | N = 4 |
| 0,1 | 1 | 1,1 | 1,11 | 1,111 | 1,1111 |
| 0,9 | 1 | 1,9 | 2,71 | 3,439 | 4,0951 |
| 1,0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,1 | 1 | 2,1 | 3,31 | 4,641 | 6,1051 |

## Bereken limietwaarde (DC versterking)

|  |  |
| --- | --- |
| A1 | DC |
| 0,1 | 1,1111111 |
| 0,9 | 10 |
| 1 | ∞ |
| 1,1 | ∞ |

HDC = :

## Wiskundige beschrijving stapresponsie eerste orde filter

Analoog: u(t) = (1 – e-t/τ)

Digitaal : y(n) =

De tijdsconstante zorgt ervoor dat het oscillerende stap gedempt wordt hoe groter de tijdsconstante hoe minder de demping. De constante a zal ook de demping van de stapresponsie bepalen.

## Filter signaal van 200 samples met IIR filter

Bij de bovenste stapresponsie is a klein (0.1) en zien dat deze zeer snel stabiliseert.

Bij de 2de stapresponsie zien dat deze na een langere tijd ook zal stabiliseren.

Bij de 3de stapresponsie is a = 1 en zien we dat deze constant blijft oscilleren.

Bij de 4de stapresponsie zien we dat deze exponentieel toeneemt bij a > 1.

## Filter IIR filter met signaal x(t) = sin(2πpt) +n(t)

We zien hier dat a hetzelfde effect heeft als de voorgaande stapresponsies, maar omdat het geen zuiver signaal is zien we het verschil minder goed.

De eerste 2 stapresponsies hebben nog steeds een daling.

De 3de stapresponsie lijkt precies te spiegelen rond de x-as.

Bij de 4de zien we een exponentiële toename.

## Bereken de frequentieweergave

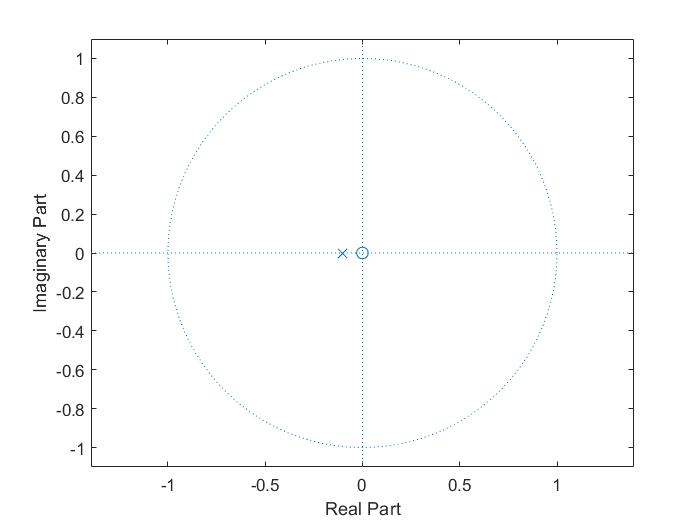
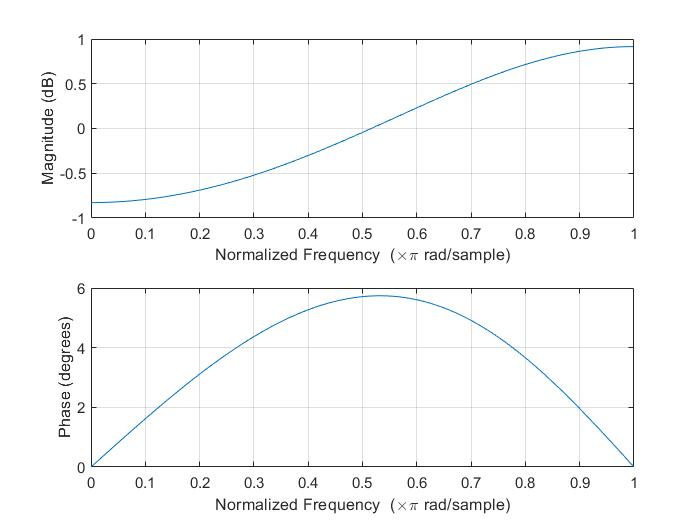
F = 0 -> -> fase = 0

F = fs/2 -> -> fase = π/2

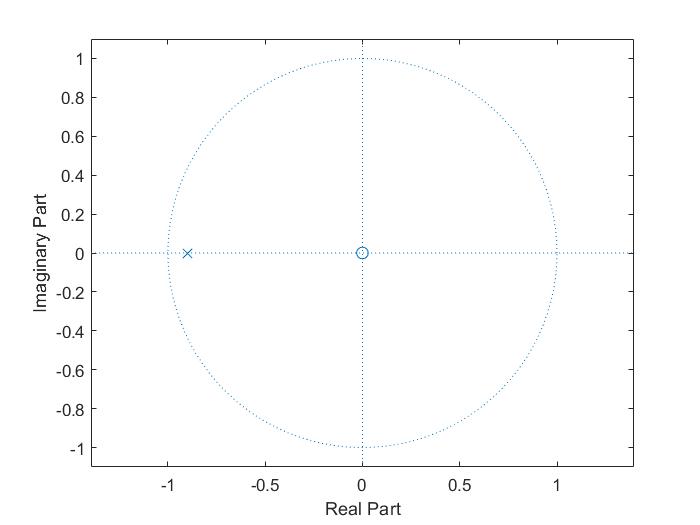
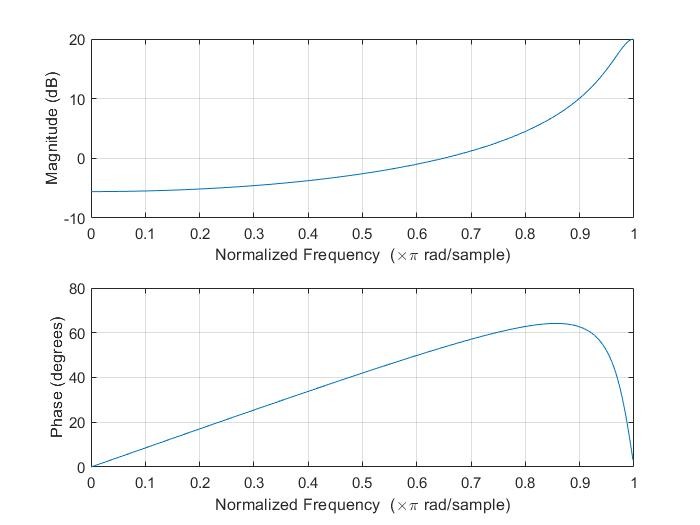
F = fs/4 -> -> fase = π

## Geef de pole/zero plot en ook de amplitude- en faseresponsie

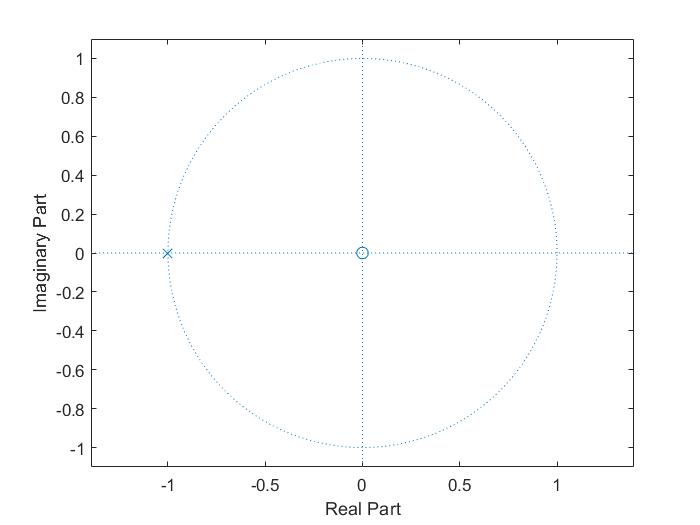
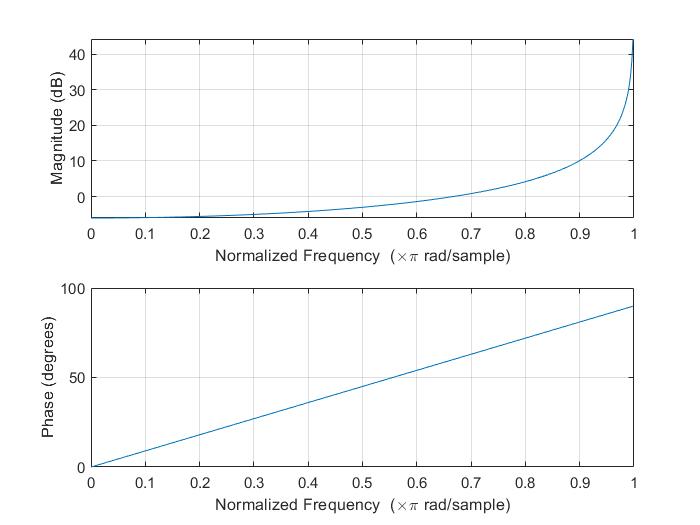
a1 = 0.1:



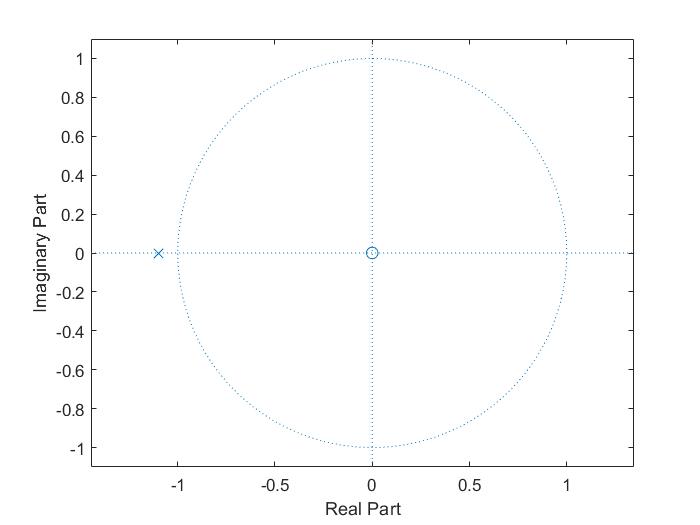
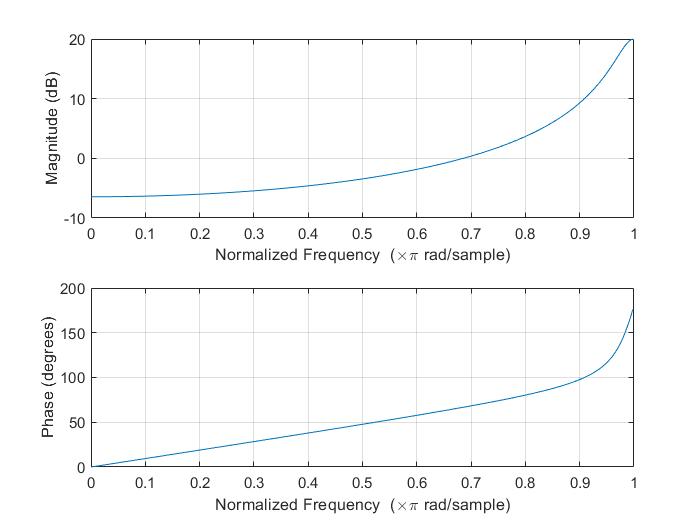
a1 = 0.9:



a1 = 1.0:



a1 = 1.1:



Naarmate a toeneemt zien we dat de pool steeds verder van de oorsprong ligt. Als a>=1 dan zien we dat de fase zal toenemen, als a<1 zien we dat de fase terug zal dalen.

## Wanneer is dit netwerk onstabiel

Het systeem is onstabiel als a >= 1.

# Tweede orde IIR filter

## Bepaal poolcoördinaten.

Polen:

Discriminant = 0.0784

Z1 = 0.48 + 0.14i -> Zp = -> Zp =

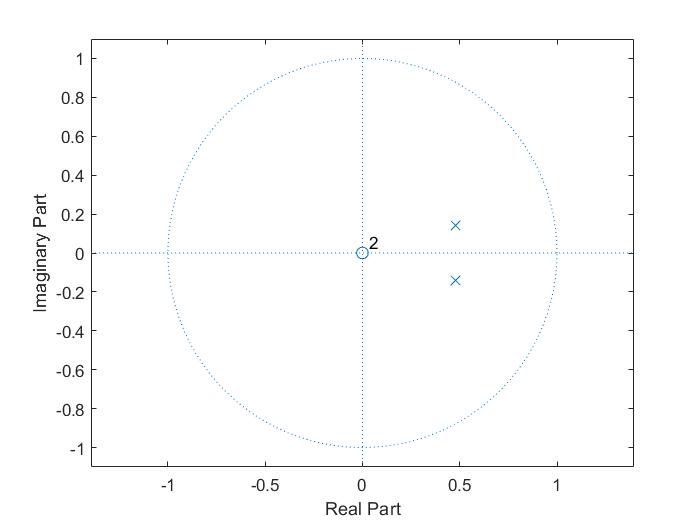
Z2 = 0.48 – 0.14i -> Zp\* = -> Zp\* =

Rp = = 0.5

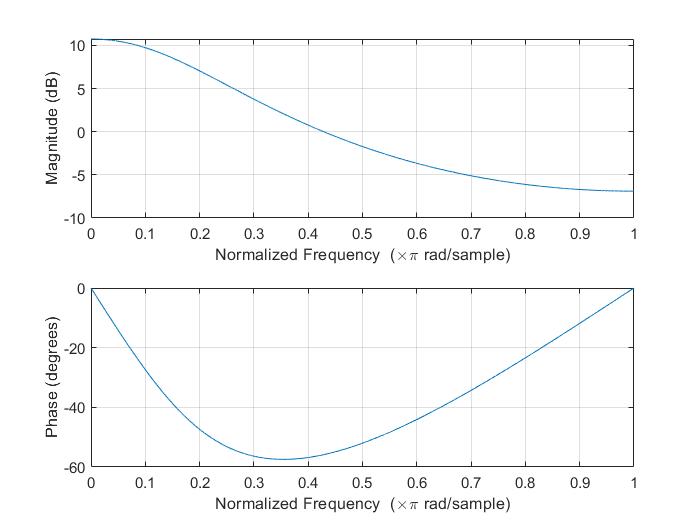
Θp = = 16.26°

Polen: Zp = (0.5 , 16.26°), Zp\* = (0.5 , -16.26°)

## Beeld ligging polen af in z-vlak.



## Geef de frequentieweergave.



## Wat is de invloed van de polen op de resonantie weergave.

Per pool is er een fase verandering van 90° en zal in het frequentieverloop voor een daling van 20Db/decade zorgen.

## Bepaal de resonantiepiek.

Cos(θr) = = 1.2

Hr = = 4.762

## Bereken H(DC), H(fs/2) en H(fs/4).

Vul de Z-waarde in in de vergelijking.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| H(DC) | H(Z = 1) | 3.45 |
| H(fs/2) | H(Z = j) | 1/(0.75 + 0.96j) |
| H(fs/4) | H(Z = -1) | 0.45 |

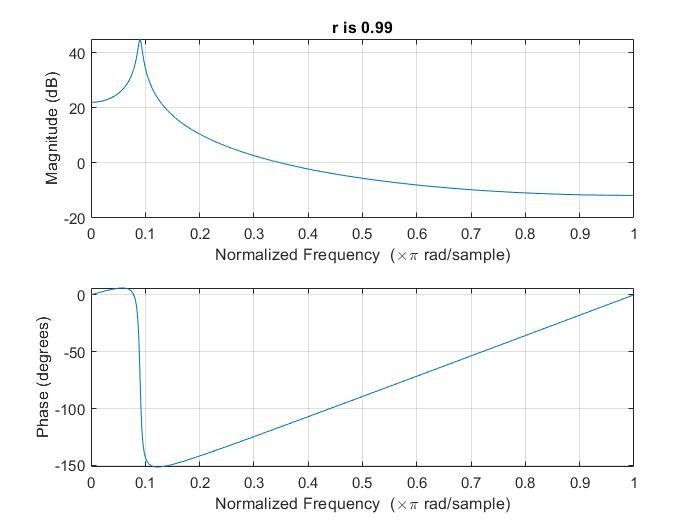
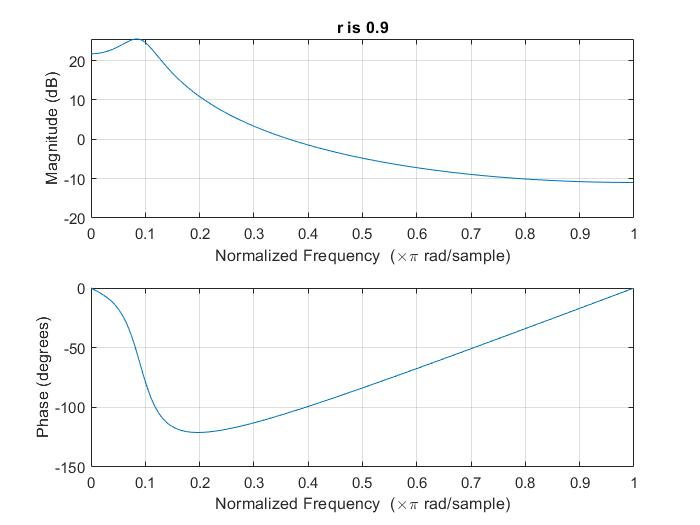
## Bepaal de poolfrequentie.

Nog te doen

## Welk soort filter betreft het hier.

LDL filter

## Laat rp naar 1 evolueren.

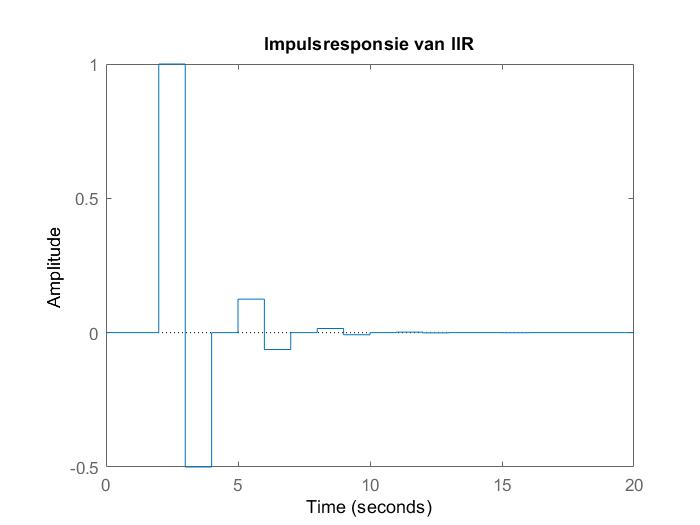
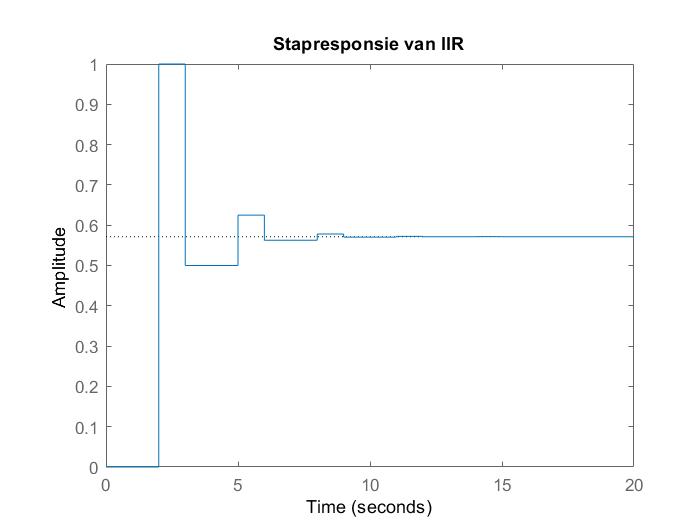


We zien dat de amplitude toeneemt en we zien ook dat de faseverandering groter is en veel sneller verloopt. Bij r =1 liggen de polen op de eenheidscirkel.

## Laat θp van 0 naar 180 graden evolueren.

We zien hier dat de amplitude piek van links naar rechts schuift als de hoek groter wordt. Bij de frequentie weergave van θ = 0 en θ = 180 zien we ook een spiegeling.

## Stap- en impulsresponsie.



De omhullende exponentiele demping van de impulsresponsie wordt enkel door de polen bepaald. Dit kan aan de hand van de volgende formule:

h(n) =

## Bepaal DC-versterkingsfactor aan de hand van de stapresponsie.

De H(DC) stabiliseert in de stapresponsie rond 0.571.

# Tweede orde FIR filter

## Invloed van nulpunten op de frequentieweergave.

Per nulpunt is er een fase verandering van -90° en zal in het frequentieverloop voor een stijging van 20Db/decade zorgen.

## Bepaal resonantiepiek.

Cos(θr) = = -0.625

Hr = = 0,65

## Bereken H(DC), H(fs/2) en H(fs/4).

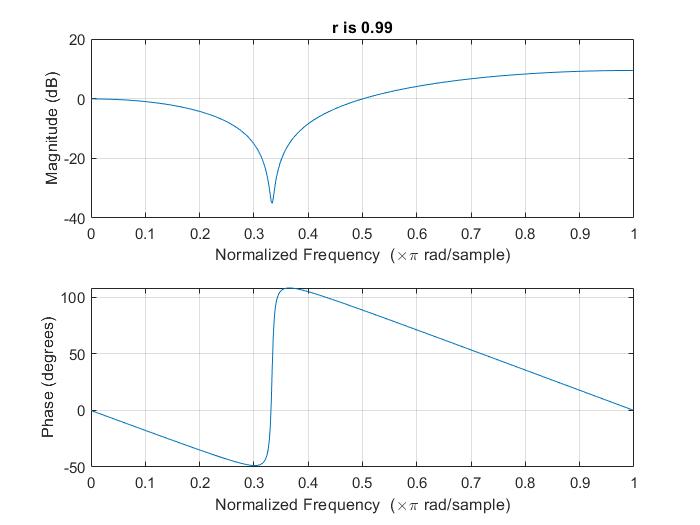
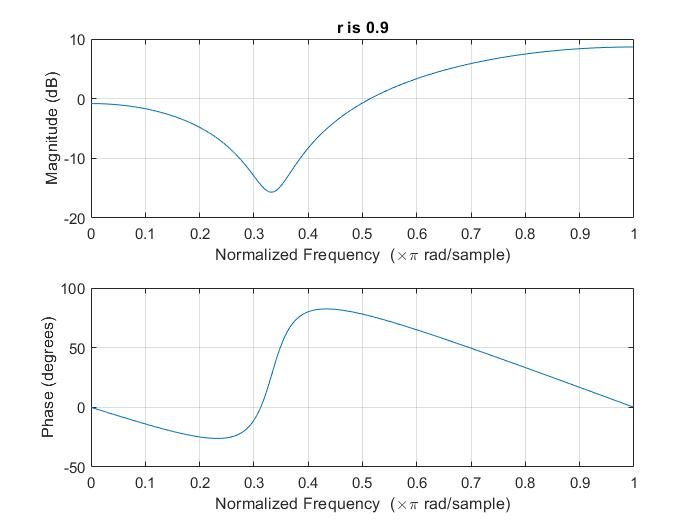
Vul de Z-waarde in in de vergelijking.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| H(DC) | H(Z = 1) | 1.75 |
| H(fs/2) | H(Z = j) | 0.75 - 0.5j) |
| H(fs/4) | H(Z = -1) | 0.75 |

## Welk soort filter is dit?

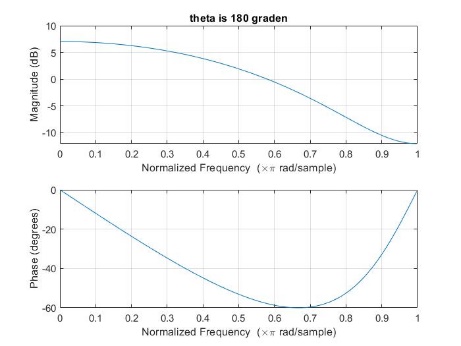
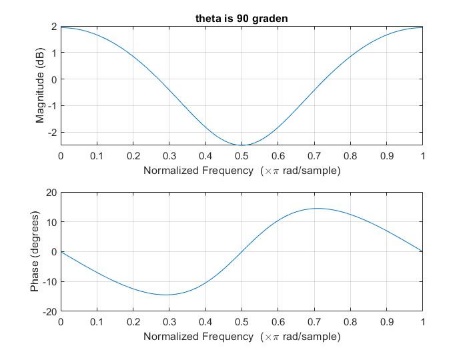
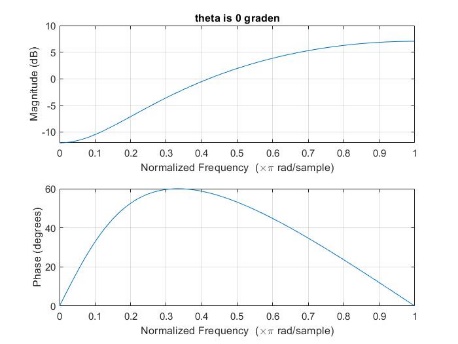
BSP

## Laat r naar 1 evolueren



Als r groter wordt zal het nulpunt harder het signaal onderdrukken. De faseverandering zal ook groter worden en sneller veranderen als r toeneemt.

## Laat θ van 0 naar 180 graden evolueren.



Naarmate de hoek θ groter wordt zal ook de onderdrukking van de nulpunten op een hogere frequentie gebeuren. Hier zien we ook de spiegeling tussen θ = 0 en θ = 180.

## Impulsresponsie.

De impulsresponsie van de FIR filter oscilleert niet en gaat ook nooit onder nul. Dit komt omdat de IIR filter negatieve coëfficiënten heeft. De impulsresponsie van de IIR filter is ook oneindig lang (in theorie).

afdeling

Straat nr bus 0000

3000 LEUVEN, België  
tel. + 32 16 00 00 00  
fax + 32 16 00 00 00  
@kuleuven.be  
[a](http://www.kuleuven.be)