

Digitaal Audio Processing

- Digitale filters.
- Coëfficiënten van $y(n)$, $H(z)$.
- Keuze coëfficiënten.
- Strategische overwegingen.

Embedded Systems

DAP week 3 1

Digitale Filters

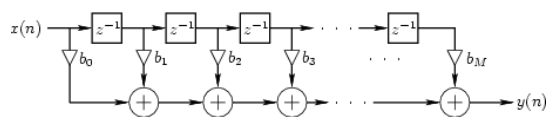
- Zoals je weet zijn er twee soorten digitale filters.
 - **FIR** Finite Impulse Response.
 - $y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-D)$ Geen terugkoppeling.
 - **IIR** Infinite Impulse Response.
 - $y(n) = a_0x(n) + b_0y(n-D)$ Wel terugkoppeling.

Embedded Systems

DAP week 3 2

Digitale Filters

- **FIR Filter.**
 - Om enige filtering te verkrijgen zijn veel coëfficiënten nodig. Het aantal bij een redelijk filter kan oplopen tot wel 100.

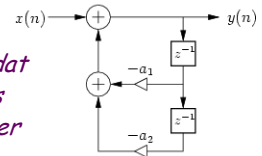


Embedded Systems

DAP week 3 3

Digitale Filters

- **IIR Filter.**
 - Met slecht 2 coëfficiënten is het al mogelijk om een filter te verkrijgen met een behoorlijke verzwakking.
 - Dit is mogelijk omdat het signaal telkens weer door het filter wordt verzwakt.

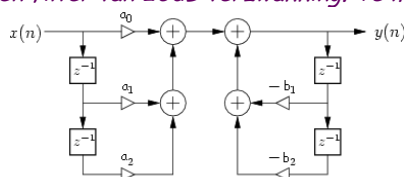


Embedded Systems

DAP week 3 4

Digitale Filters

- **FIR-IIR Filter (BiQuad).**
 - Met slecht 5 coëfficiënten is het mogelijk een filter van 20dB verzwakking. Te maken.



Embedded Systems

DAP week 3 5

Digitale Filters

- functies FIR-IIR
 - $Y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-1) + a_2x(n-2)$
 - $-b_1y(n-1) - b_2y(n-2)$
 - $H(z) = x(z)/y(z)$
 - $H(z) = \frac{a_0x(z) + a_1x(z^1) + a_2x(z^2)}{1 + b_1y(z^1) + b_2y(z^2)}$

Embedded Systems

DAP week 3 6

Coëfficiënten

- FIR filter
 - $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_n$
- BiQuad filter
 - a_0, a_1, a_2, b_0, b_1

EmbeddedSystems

DAP week 3 7

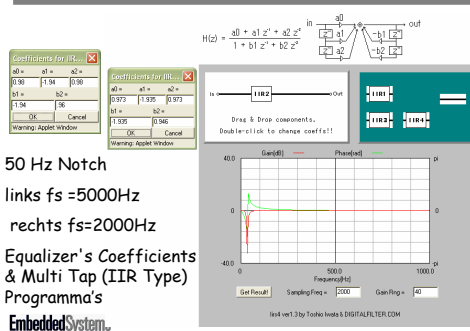
Coëfficiënten

- Op www.digitalfilter.com zijn programma's te vinden om FIR en BiQuad filter Coëfficiënten te laten berekenen.
- Ook bij de P-trainingen theorie is het mogelijk om ze te berekenen.

EmbeddedSystems

DAP week 3 8

Coëfficiënten



DAP week 3 9

Keuze coëfficiënten

- Omdat we werken met zowel de C++ als de C Keil variant. Is het mogelijk om met de floating point getallen te werken.
- Als we bij het embedded programma echter op snelheid moeten werken is het beter om een keuze te maken voor Integer waarden.

EmbeddedSystems

DAP week 3 10

Keuze coëfficiënten

- Op welke wijze kunnen we een sample vermenigvuldigen met een klein getal.
- We kwantificeren het getal waar mee vermenigvuldigt moet worden.
 - Hoe maken we een keuze voor het kwantificeren van de coëfficiënten.

EmbeddedSystems

DAP week 3 11

Keuze coëfficiënten

- Het sample ligt tussen 0 en 256 128 is de 0 waarde.
- De coëfficiënten liggen tussen 0,98 en -1,94.
- We nemen een gebied symmetrisch rond de 0. (-1,94 t/m 1,94) en verdelen het over 256 stappen.

EmbeddedSystems

DAP week 3 12

Keuze coëfficiënten

- Een 8-bit 2-complement getal ligt tussen 127 en -128. Een 1-comp. getal tussen 127 en -127.
- Voor het domein 1.94 to -1.94 geldt $256 \equiv -2 \text{ t/m } 2$ nemen we $128 \equiv 0 \text{ t/m } 2$ dan zal $64 \equiv 0 \text{ t/m } 1$.
- $1 \equiv 64 \Rightarrow -1.94 \equiv -124$ en $0.98 \equiv 62$

Embedded Systems

DAP week 3 13

Keuze coëfficiënten

- We hebben dus alle getallen met 64 vermenigvuldigd en moeten later dus dit weer ongedaan maken.
- Door te schuiven naar rechts kunnen we delen door 2.
- $64 \equiv 2^6 \Rightarrow 6$ maal schuiven naar rechts.
- $62/64 = 0.96875$ en $-124/64 = -1.9375$

Embedded Systems

DAP week 3 14

Keuze coëfficiënten

- 0.96875 in plaats van 0.98 en 1.9375 in plaats van 1.94 is een redelijke afwijking.
- Voer de getallen weer in de programma's in en kijk wat er voor resultaat uitkomt.
- Trek je conclusie en neem een beslissing of je nog verder wil experimenteren.
- Je kunt ook uitgaan van 16 bit getallen en op het laatst terug naar 8 bits. Of de Nul verschuiven uit het midden.

Embedded Systems

DAP week 3 15

Overwegingen

- Welke getallen uit de AD-converter?
- Welke getallen gaan naar de ladder?
- Hoe kwantificeren we de getallen?
- Zijn de coëfficiënten constanten?
- Welke bit grote hebben de tijdelijke variabele? 8-bit 16-bit float?
- Komt de gemeten filtering overeen met de theoretische berekeningen?

Embedded Systems

DAP week 3 16