For Loudspeaker Protection

16. juni 2016

Kasper Kiis Jensen Poul Hoang Mikkel Krogh Simonsen 16gr640@es.aau.dk





Diskussion og afsluttende ord

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

Problem

Problemstilling

Problemformulerina Løsning

System

Resultater

Multi-Rate/stage

Decimation

RMS Limiter

RMS Limiter

Interpolation

Optimering

Relevante optimerings muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration



Problem

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Høitaleren

- ► Størrelse
- ▶ Lydstyrke
- Lydkvalitet

Musik

- ▶ Genre
- ► Frekvensrespons

Brugsforvirring





Problemstilling

Diskussion og afsluttende ord

Hvad er problemstillingen?

Hvordan analyseres problemet?

Hvad er løsningen?

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Problemstilling

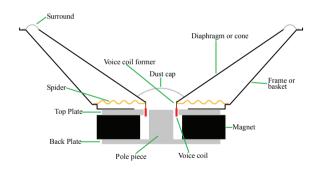
Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Højtalerens fysiske bearænsnina

Spolen (coil) rammer bagplade (backplate)





Problemstilling

Perspektivering

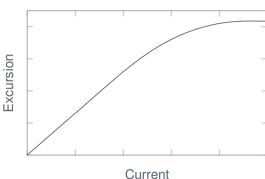
Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Er der tegn på at de fysiske begrænsninger?

Forvrængning opstår inden spolen rammer bagpladen

Forvrængning i musik





Gruppe 640

Problem

Problemstilling

2roblemformularin

Løsnin

System

Resultat

Multi-Rate/sta

Decimati

RMS Lin

THIVIO LIII

Interpolati

Optimering

Relevante optimerin muligheder

Perspektiverin

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

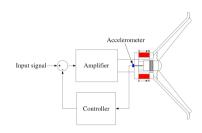
Designmetode

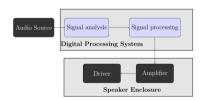
Feedback

- Forsøg for udledning af mønstrer
- Svær løsning pga. sensorer
- ▶ Generel løsning
- ► Tidskrævende løsning

Feedforward

- ► Modeller
- ▶ Ikke generel løsning







Problemformulering

afsluttende ord

How can a real-time signal processing system in an active loudspeaker prevent the coil from hitting the backplate of the woofer and reduce distortion compared to peak limitation?

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Gruppe 640

Proble

Problemstilling

Problemformule

Løsning

Syste

Resultate

Multi-Rat

Decimation

RMS Lin

RMS Lin

Internal

Ontimerin

Relevante optimerin

Perspektiverin

Diskussion og

Demonstration

Multibånds RMS limiter (0 - 530 Hz)

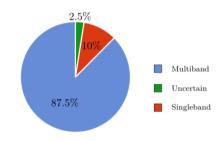
- ► Fire limiter bånd
- ► Et overordnet bånd

Baseret på lytteforsøg

Forskellige kombination

- ▶ Vægtning
- Lydforskel

Ikke muligt at finde systemer at teste de forskellige konstellationer



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Gruppe 640

Proble

Problemstilling

1100/01110111010

Løsnin

System

Resulta

Multi-Date

Decimation

Decimation

RMS Lin

RMS Lir

Interpolat

Interpolation

Optimering

Relevante optimering muligheder

Perspektiverin

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

System

► Fem RMS limiters

GUI

- ► Volumekontroller
- ► Otte bånd equalizer
- ► Otte bånd spectrum analyzer

Platform

- ► Development Board TMDX5515EZDSP
- ▶ Dali Zensor 5

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



System

afsluttende ord

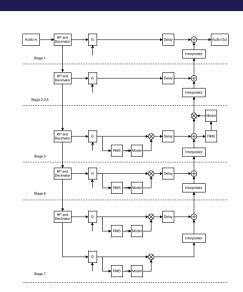
Demonstration

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark 40 Multirate system

- ▶ Decimation
- ► Interpolation

Samplingsfrekvenser

- ▶ 48.000 Hz
- ▶ 24.000 Hz
- ▶ 12.000 Hz
- ▶ 6.000 Hz
- ▶ 3.000 Hz
- ▶ 1.500 Hz
- ▶ 750 Hz
- ▶ 375 Hz





Gruppe 640

Problen

Problemstilling Problemformuleri

1 100101111011110101

Løsning

System

esultater

Multi-Rate/

Decimation

RMS Limite

RMS Limit

Interpolation

Optimering

Relevante optimering

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration





Gruppe 640

Proble

Problemstilling Problemformulering

1

System

Resultater

riosunta

Desimation

Decimation

RMS Limite

Interpolati

Optimering

Relevante optimering muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Frekvensrepons

RMS limiter

Støjgulv

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Gruppe 640

Probler

Problemstilling

1 10010111101111010

Løsning

System

Resultater

Multi-Rate

Decimatio

Decimatio

RMS Limit

RMS Limite

Interpolati

Optimering

Relevante optimering

Perspektivering

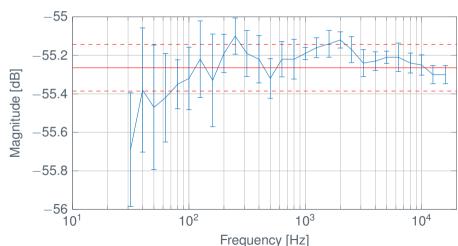
Diskussion og afsluttende ord

arsiutteride ord

Demonstration

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

Bypassed frekvensrespons





Gruppe 640

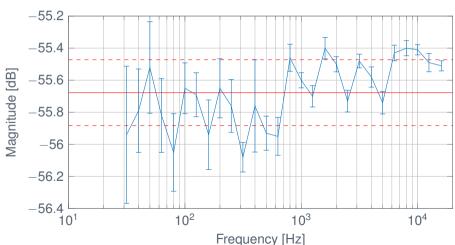
Resultater

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration







Gruppe 640

Resultater

Perspektivering

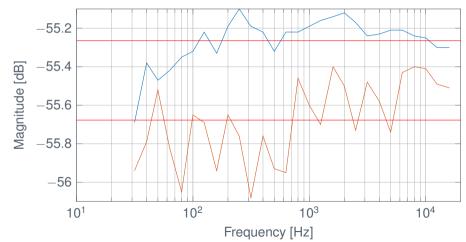
Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

40

Sammenligning af frekvensresponser





Gruppe 640

Proble

Problemstilling

- robiemiormale

Custom

System

Resultater

Multi-Rate

Decimation

Decimatio

RMS Limit

RMS Limi

Interpolati

Optimering

Perspektivering

Diskussion og

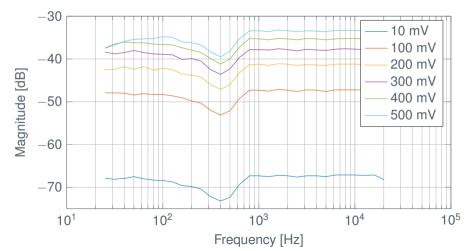
afsluttende ord

Demonstration

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

40

Frekvensrepons med limiter slået til ved forskellige amplituder





Gruppe 640

Problem

Problemstilling

Problemformularin

Løsnin

Syster

Resultater

ti-Rate/stage

ti-Rate/stage

RMS Limite

RMS Limite

Optimering

Optimering

Relevante optimerings muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration







Gruppe 640

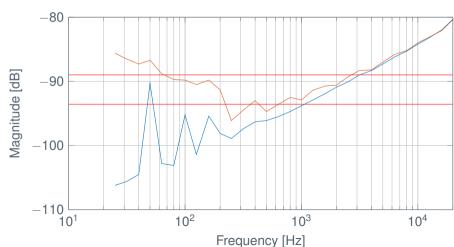
Resultater

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration







Multi-Rate/stage

afsluttende ord

Demonstration

Downsampling med faktor 2

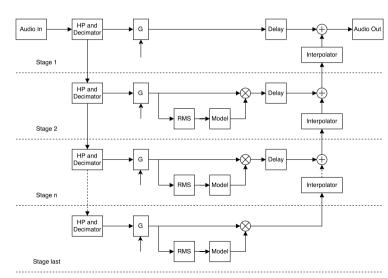
► 7 gange

▶ 48 kHz

▶ 24 kHz

12 kHz

▶ 375 Hz





Decimation

Perspektivering

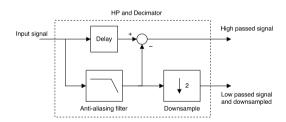
afsluttende ord

Funktionalitet:

- ► Lavpas filter til Anti-Aliasing
- ► Spektral subtraktion til høipas filtrering

Krav:

- ► Overholde IEC 6964 Class
- Lineær fase
- ► 60 dB dæmpning ved fs 21





Gruppe 640

Probler

Problemstilling

Problemformuler

Løsning

Syster

Resultate

Multi-Rat

Decimation

DMOLL

RMS Limi

Internolati

Optimerin

Relevante optimering

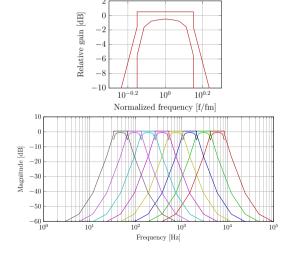
Perspektivering

Diskussion og

Demonstration

Krav:

- √ Overholde IEC 6964 Class
 2
 - ▶ Lineær fase
- ► 60 dB dæmpning ved fs/2L



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

Decimation

afsluttende ord

Krav:

- Overholde IEC 6964 Class 2
- Lineær fase

50. Orden FIR

Type 1

√ Symmetrisk

√ Lige orden

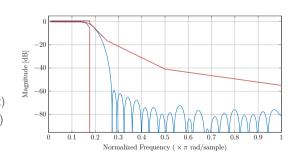
 $\sqrt{60}$ dB dæmpning ved $\frac{fs}{2l}$

• ω_{pass} = 0.125 $\frac{\pi rad}{sample}$ (3.000Hz)

• ω_{stop} = 0.271 $\frac{\pi rad}{sample}$ (6.500Hz)

Metode brugt:

- Kaiser Window method
 - Effektivt design
 - Justerbar beta-værdi





Gruppe 640

Proble

Problemstilling

Problemformul

Løsnin

Syster

Resultat

....

Decimal

RMS Limiter

Internelat

Optimering

muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

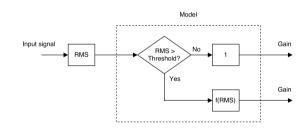
Demonstration

Funktionalitet:

- ► Beregn RMS værdi i bånd
- ► Bestem gain passende gain værdier
- ▶ Påfører gain

23 Krav:

- ► Løbende Gennemsnit
- ▶ Dæmpning til grænseværdi ved input på ≥ grænseværdien
- ▶ 0 s attack time
- ▶ 5 s release time





Gruppe 640

Proble

Problemstilling

Problemiormu

Løsnin

System

Regults

....

Decima

RMS Li

RMS Limiter

Interpolat

Optimering

muligheder

Perspektivering

afsluttende ord

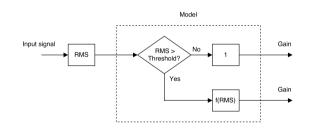
Demonstration

Funktionalitet:

- ► Beregn RMS værdi i bånd
- ► Bestem gain passende gain værdier
- ▶ Påfører gain

Krav:

- ► Løbende Gennemsnit
- ▶ Dæmpning til grænseværdi ved input på ≥ grænseværdien
- ▶ 0 s attack time
- ▶ 5 s release time



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



RMS Limiter

afsluttende ord

Demonstration

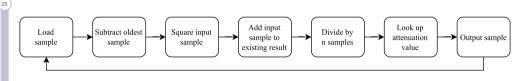
Krav:

Løbende Gennemsnit

► Nødvendige samples: $n = \frac{fs}{f_{lowest}}$

► Band 1-4: $n = \frac{375Hz}{30Hz} = 12.5 \approx 16$

► Band 5: $n = \frac{3000 Hz}{20 Hz} = 100 \approx 128$



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

RMS Limiter

afsluttende ord

Grænseværdier bestemmes ved at:

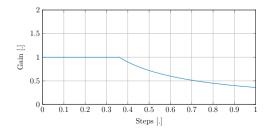
Finde Maksimalt gennem hele systemet = 40 dB

Grænseværdien findes ved Threshold = $\frac{\sqrt{150W \cdot 5\Omega}}{100} = 0.3 V$

Look up tabellen laves:

Opdele funktionen $\sqrt{\frac{\mathit{Threshold}^2}{\mathit{RMS}^2}}$ i 1024 steps

Beregn en Lookup tabel ved brug af formlen $_{\iota}$





RMS Limiter

afsluttende ord

Demonstration

Krav:

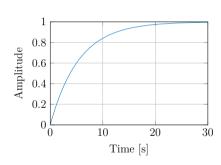
- 0 s attack time
 - ► Påfør gain med det samme
- ▶ 5 s release time

$$ightharpoonup H(s) = \frac{\omega_c}{s + \omega_s}$$

$$\tau = 5 s$$

$$\tau = 5 s$$

- ► Impuls Invariant metode
 - $ightharpoonup H(s) = T \frac{0.2}{1-e^{-0.2T_z-1}}$





Interpolation

Perspektivering

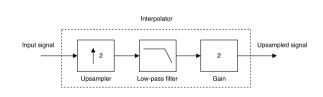
afsluttende ord

Funktionalitet:

- Lavpas filter til rekonstruktion
- ▶ Zero-padding til upsampling
- ► Forstærkning med faktor *L*

Krav:

- Må ikke interfere med decimation filter bandwidth
- ▶ 60 dB dæmpning ved fs





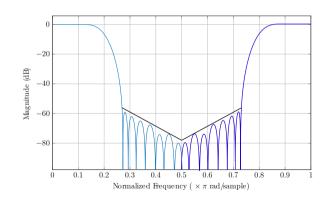
Interpolation

afsluttende ord

Demonstration

Krav:

- ▶ Må ikke interfere med decimation filter bandwidth
 - over 0.3 $\frac{\pi rad}{sample}$
 - ▶ under 0.7 $\frac{\pi rad}{sample}$
- ► 60 dB dæmpning ved fs/21





Problen

Problemstilling

Problemformularia

Froblemormale

Cystoni

Resulta

Multi-Ra

Decimal

RMS Lin

DMC Limi

Interpolation

...,

Relevante optimeri

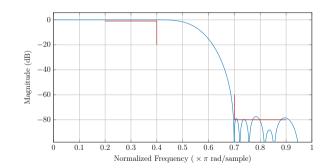
Perspektivering

Diskussion og

Demonstration

Krav:

- √ Må ikke interfere med decimation filter bandwidth
- $\sqrt{60}$ dB dæmpning ved $\frac{fs}{2L}$
 - ► 34. Orden FIR
 - ► Type 1





Gruppe 640

Problem

Problemstilling Problemformulerin

Løsnin

Syster

Hesuitater

Multi-Hate/sti

Decimation

RMS Limite

Interpolatio

Optimering

Relevante optimering muliaheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Pouk Hoang



Gruppe 640

Proble

Problemstilling Problemformula

Problemiormule

Løsnin

System

Resultater

Multi-Rate/s

Decimation

RMS Lim

DMCLim

Internolat

.....

Relevante optimerings

muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

► Reducering af anvendte instruktioner.

- ► Gennemsnitligt 900 instruktioner pr. sample.
 - 1. Generel optimering såsom cirkulære buffer og DUAL-MAC
 - 2. Polyphase FIR filtre
- Mindre delay gennem systemet
 - ► 111 ms delay gennem systemet
 - 1. Færre trin/bånd (stages) i systemet
 - 1. Tærre (III/barid (Stages) i systeme
 - 2. IIR filter i interpolation
- ▶ Bedre RMS limiter



Gruppe 640

Proble

Problemstilling

Lacain

System

Resultater

Multi-Rate/sta

Decimation

RMS Lim

RMS Lim

Interpolat

Optimering

Relevante optimerings muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Generel reducering af anvendte instruktioner

- ▶ Dobbelt initialisering af buffere. (30 40 instruktioner)
- ► Reservering af cirkulære buffere
 - ► TMS320C5515 kan initialisere frem cirkulære buffere
 - ► Fire kan reseveres til udvalgte filtre
 - ► Færre instruktioner på initialisering (10 20 instruktioner)
- ▶ Færre funktionskald
- Multirate algoritme til schedulering frigør program memory

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Relevante optimerings

muligheder

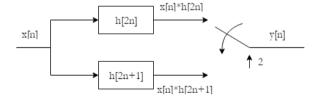
Diskussion og

afsluttende ord

Zero-padding anvendes i interpolation

Halvdelen af udregningerne giver nul

Polyphase filter i interpolation halvere filter algoritmen





Gruppe 640

Problei

Problemstilling Problemformulering

Laenina

LØSHIH

Cystoni

Marie Date (

Danimother

Decimation

RMS Limi

HIVIS LIMII

Interpolation

Ontimeri

Relevante optimerings muligheder

Davas aleticosia a

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Færre trin/bånd (stages) i systemet

IIR filter i interpolation

- ▶ Mindre delay
- ► Lille ulinearitet ved signalbåndbredde

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Gruppe 640

Probler

Problemstilling

1 10010111101111011

Cuete

Dogultote

riesuitati

With Frat

Decimati

RMS Lim

RMS Lim

Interpolat

Relevante optimerings

muligheder

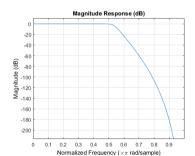
Perspektivering

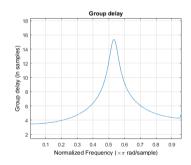
Diskussion og

Demonstration

Butterworth IIR filter

- ► N = 8
- ► Cutoff = 0.5π







Gruppe 640

Probler

Problemstilling

Løsnine

System

Resultate

.

Doolmoti

Decimal

RMS Lim

RMS Limit

Interpolation

Optimering

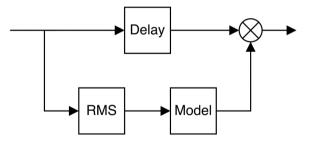
Relevante optimerings muligheder

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Delay i RMS limiter design for at beskytte mod transiente signaler



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Perspektivering

afsluttende ord

Systemet er velegnet til mindre høittalere

► Mere effekt kan afsættes uden at ødelægge wooferen

Forstærkningen for en aktiv høitaler kan øges

Systemet sørger for at bassen holdes under en threshold

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Diskussion og afsluttende ord

Limiter Gruppe 640

Diskussion og afsluttende ord

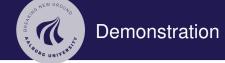
Projekt uden konkrete fortilfælde

Projektet har undersøgt både feedback og feedforward som løsning

Størstedelen af projektet har været konceptudvikling

Projektet omhandler en aktuel problemstilling

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Problem

Perspektivering

Diskussion og afsluttende ord

Demonstration

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

Lad os alle gå mod lab

