

Multi-band compressor

Til undertrykkelse af forvrængning ved højt SPL

11. maj 2016

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

Department of Electronic Systems
Aalborg University
Denmark



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



Agenda

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsumering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

2

Målet med dette projekt er at:

- ▶ Beskytte bas enhederne
 - ▶ Begrænse slag mod bagpladen
- ▶ Minimal komprimering/limitering

Samtidigt med at følgende krav kunne realiseres:

- ▶ Mindre end 1024 Instruktioner pr. sample
- ▶ Mulighed for sampling rate på 96 kHz
- ▶ Mulighed for at køre med 24-Bit

Feedback system

Første antagelse

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

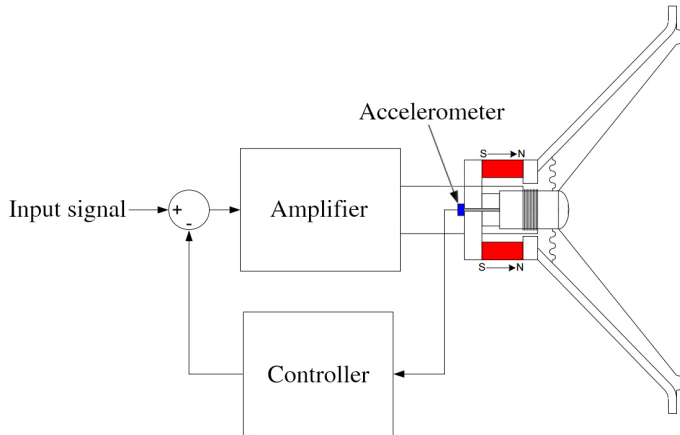
Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.



Feedback system

Analyse

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

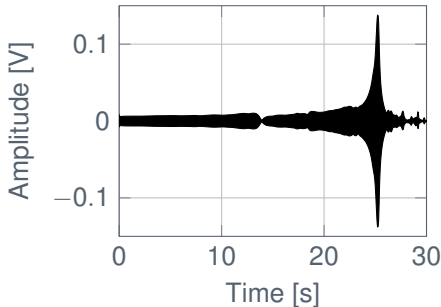
Simulering

Opsummering

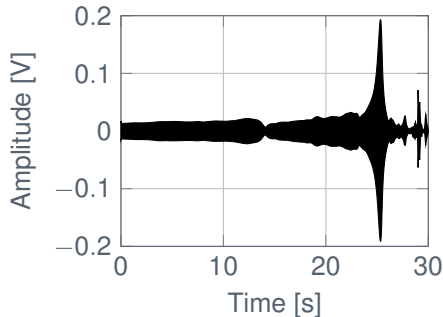
Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Lineært sweep fra 2400 til 0 Hz



(a) Accelerometer på driver - Måling 10



(b) Accelerometer på driver - Måling 19

Feedback system

Analyse

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

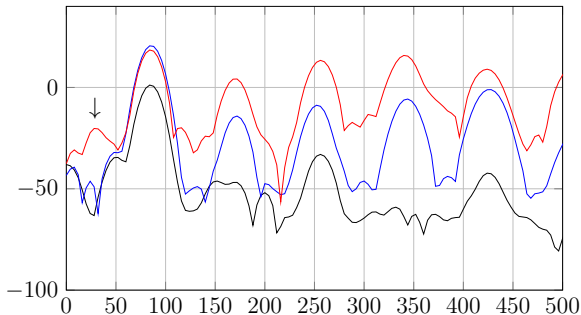
Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

5



- ▶ Sort: 0.005 Watt (81 dB SPL)
- ▶ Blå: 22 Watt (100 dB SPL)
- ▶ Rød: 294 Watt (105 dB SPL)

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

6

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Følgende problemer ved feedback systemet:

- ▶ For dårlige sensorer
 - ▶ Ikke præcise
 - ▶ For meget støj
 - ▶ For dyrer
 - ▶ Fejlmålinger
- ▶ Ingen tendenser at spotte indtil et slag ramte = for sent
 - ▶ Feedback tager for lang tid
- ▶ Upraktisk at måle harmoniske toner
 - ▶ Ingen superpositions muligheder
 - ▶ Fasen på signalerne passer ikke nødvendigvis

Feedforward system

Konceptet

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

7

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

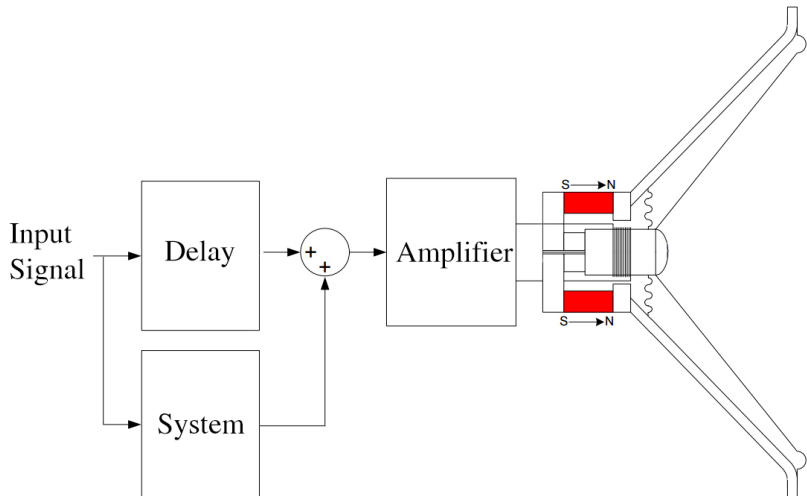
Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.



Feedforward system

Overview

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

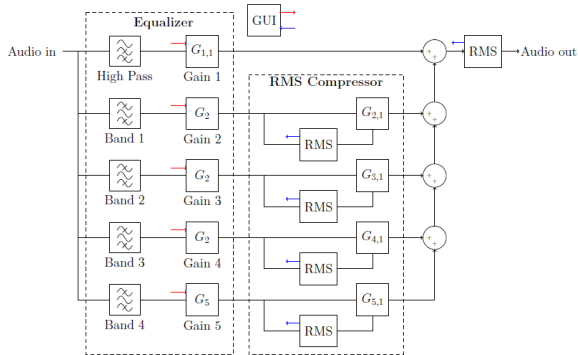
Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

8



Systemet Overordnet

- Grafisk Equalizer
- 4 Bånd i Bassen
 1. 0 - 66 Hz
 2. 66 - 132 Hz
 3. 132 - 265 Hz
 4. 265 - 530 Hz
- RMS kompressor i 4 bånd
- RMS/Peak Limiter
- GUI til løbende justering

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

9

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Systemet skal:

- ▶ Fungere ved lave frekvenser
- ▶ Have bånd til at måle frekvensområder
- ▶ Lineær fase

Opnåes ved:

- ▶ Realiseres som multi-rate
- ▶ Spektral subtraktion til at lave båndpas
- ▶ Opbygges af FIR filter

Overordnet set:

- ▶ Downsampling til center frekvens på 3 kHz ved et 50-tap FIR filter
- ▶ x2 Downsampling 7 gange (x4,x8,x16,x32,x64)
- ▶ Individuel kompressor i fire nederste bånd

Feedforward system

Systemet

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

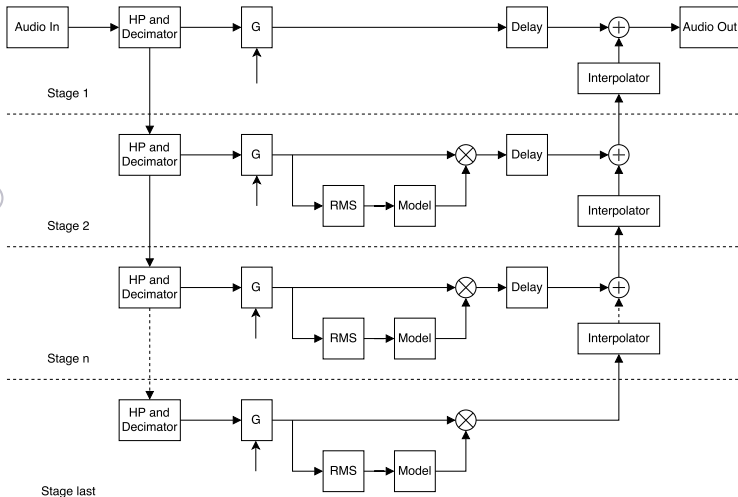
Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.



Flow gennem system:

1. Sample
2. Decimate
3. Spektral inversion
4. Påfør gain
5. Mål RMS
6. Påfør dæmpning
7. Interpolate
8. Summation

Feedforward system

Decimator

Multi-band RMS
compressor
Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

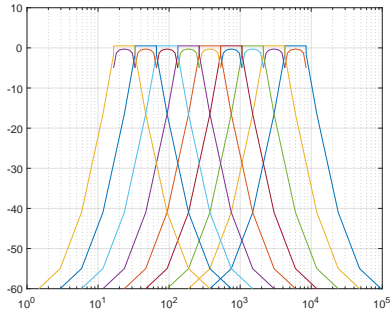
Simulering

Opsummering

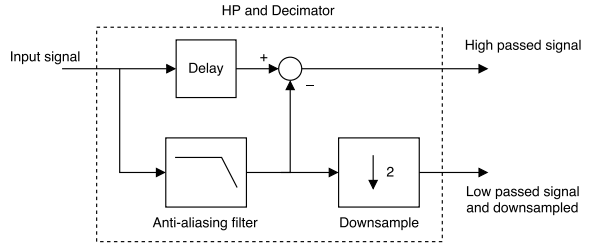
Demonstration

Spørgsmål og Evt.

11



- 1 lavpas filter til båndpas
 - Spektral subtraktion
- 50. orden FIR
- Overholder IEC 6964 - Class 2



Feedforward system

RMS Compressor

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

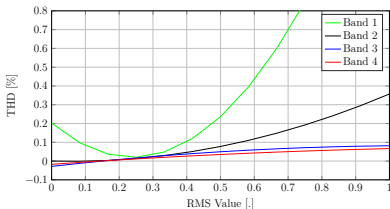
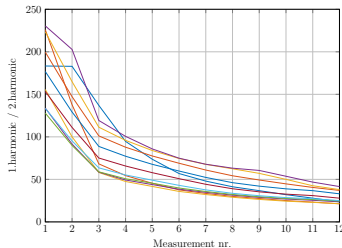
Simulering

Opsummering

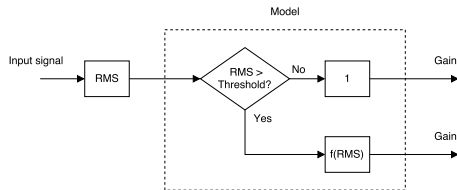
Demonstration

Spørgsmål og Evt.

12



- Dæmpning på op til 60 dB
- Opløsning på 1024 Steps
- Udskiftelig modeller



17

Feedforward system

Interpolation

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

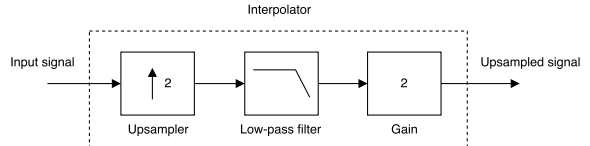
Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

- ▶ Zero-padding
- ▶ 48. Orden FIR
- ▶ Gain x2

13



17



Feedforward system

Simulering

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsumering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

Simulering i MATLAB

14

17

Decimation/Interpolation:

- ▶ Få instruktioner / Lav orden
- ▶ Billige FIR filter
- ▶ Mulighed for mere optimering

RMS Compressor:

- ▶ Fleksible modeller
- ▶ Minimere hård limitering
- ▶ Fungere som både Peak og RMS

Overall:

- ▶ Ingen støj
- ▶ Flat respons (+/- 1 dB)

Kan Realiseres med:

- ▶ Mulighed for 32-bit og 192 kHz
 - ▶ Kun en ALU brugt
 - ▶ 192 kHz vil kræve (x128,x256)

Er Realiseret med:

- ▶ Ca. 800 instruktioner.
- ▶ 16-bit og 48 kHz
- ▶ Peak limiter, RMS compressor og grafisk equalizer.



Feedforward system

DEMO

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

16

Spørgsmål og Evt.

17

DEMO
Med forbehold



Spørgsmål og Evt.

Multi-band RMS
compressor

Gruppe 640

Introduktion

Feedback system

Analyse

Problemerne

Feedforward system

Design Overvejelser

Overordnet system

Decimation

RMS Compressor

Interpolation

Simulering

Opsummering

Demonstration

Spørgsmål og Evt.

17

Spørgsmål og Evt.

17



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK