

Signalbehandling 1

Compressorer, gates,
digitale filtre

Litteratur: Roads s. 390 - 418

Envelopes

- Tidsvariant forstærkning/dæmpning
- Mange formål
 - Syntese
 - Overlap (FFT)
 - Klip
 - Musikalsk virkemiddel

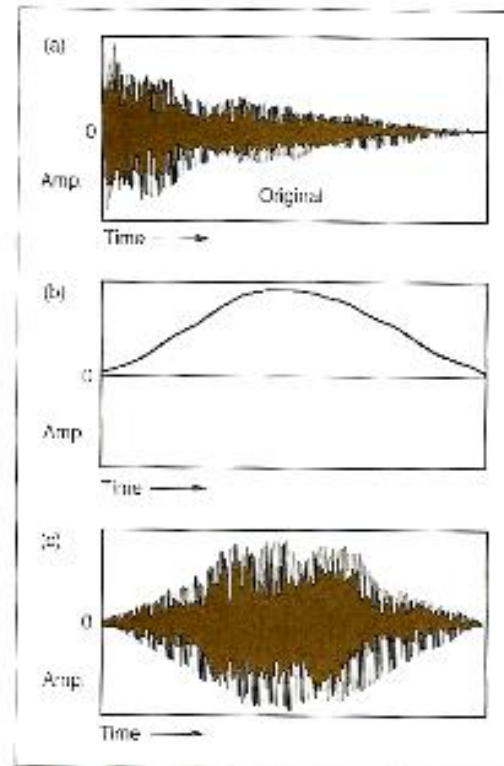


Figure 10.1 Reshaping the amplitude envelope of a harpsichord tone. (a) Original tone. (b) New envelope drawn by hand. (c) Reshaped harpsichord tone that follows the outline of the new envelope.

Compressor

- Ulineær transfer function (overføringsfunktion)
- Bløde eller hårde ”knæ”
- Dæmpning og/eller forstærkning
- Parametre
 - Detector (Peak/average)
 - Attack/release
 - Makeup-gain
 - Sidechain
 - Comp ratio (I/O dB:dB)
 - Look-ahead

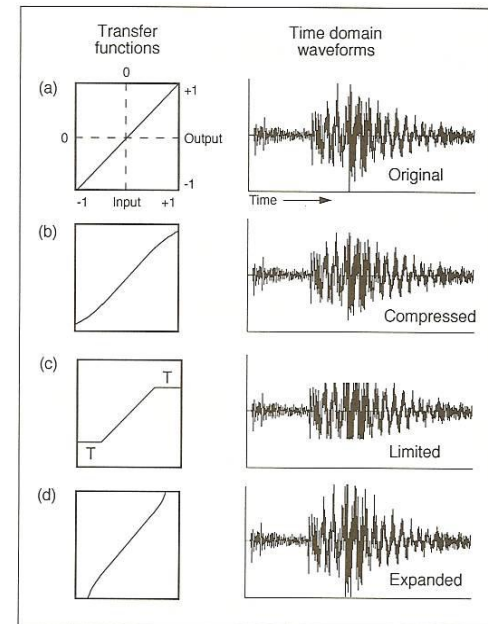


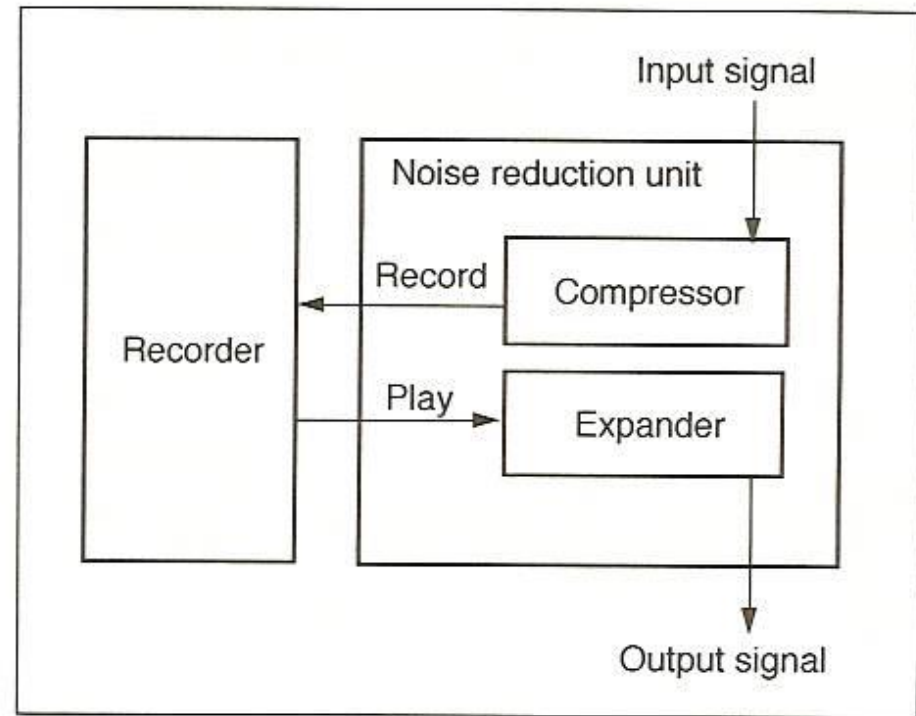
Figure 10.3 Dynamic range processing. The left column shows the transfer functions associated with the various processing methods. (a) Original signal—a cymbal crash with a linear transfer function. (b) Soft compression of peaks scales them down several dB. (c) Hard limiting flattens peaks to keep them within the threshold boundaries indicated by T. (d) Expansion exaggerates peaks, creating several new ones.

Limitter

- Ekstrem compressor
- Over 10:1
- Sikrer fx. mod overstyring
- Kan bruges kreativt

Expander

- Mest brugt til restaurering af gamle optagelser
- I kombination med compressor:
 - Dolby A,B,C, DBX, S
 - Ofte i filterbanker
 - Datareduktion



Compressoren i praksis

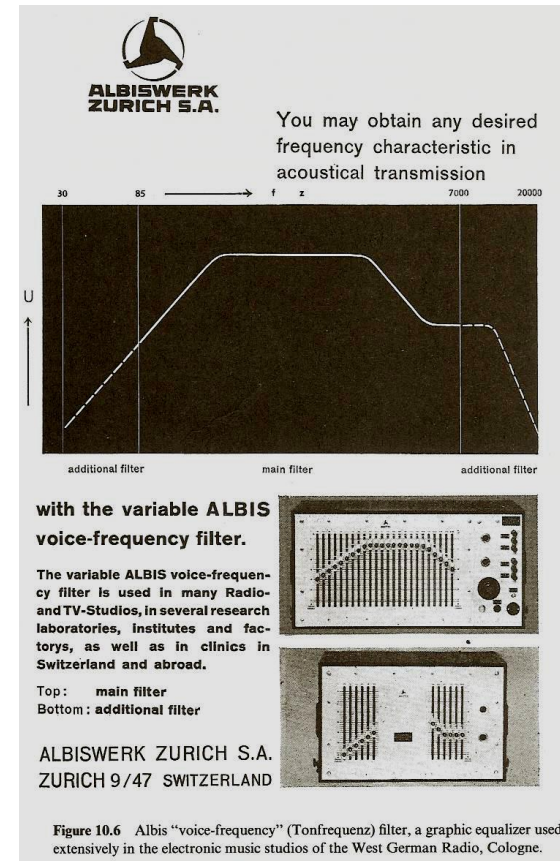
- Gennemgang af SSL-diagram
- Praktisk OP-amp-design
- Optisk compressor
- Rør og bånd-compressors
- Reverb som compressor
- Vi ser på DIEM's egne maskiner
- Lytteforsøg
- Forskel på hard- og software-udgaver?

Digitale filtre

- DEF: et digitalt filter er den generelle betegnelse for et signalbehandlingselement
- Som musiker er det nu om dage ikke nødvendigt at vide hvad der sker på kodeniveau, da der findes en lang række højniveauværktøjer, som gør det hårde arbejde
- Sammen med FFT er digitale filtre vores vigtigste analyse og behandlingsalgoritme
- Laplace- , s- og z-plans-transformation berøres ikke i dette kursus

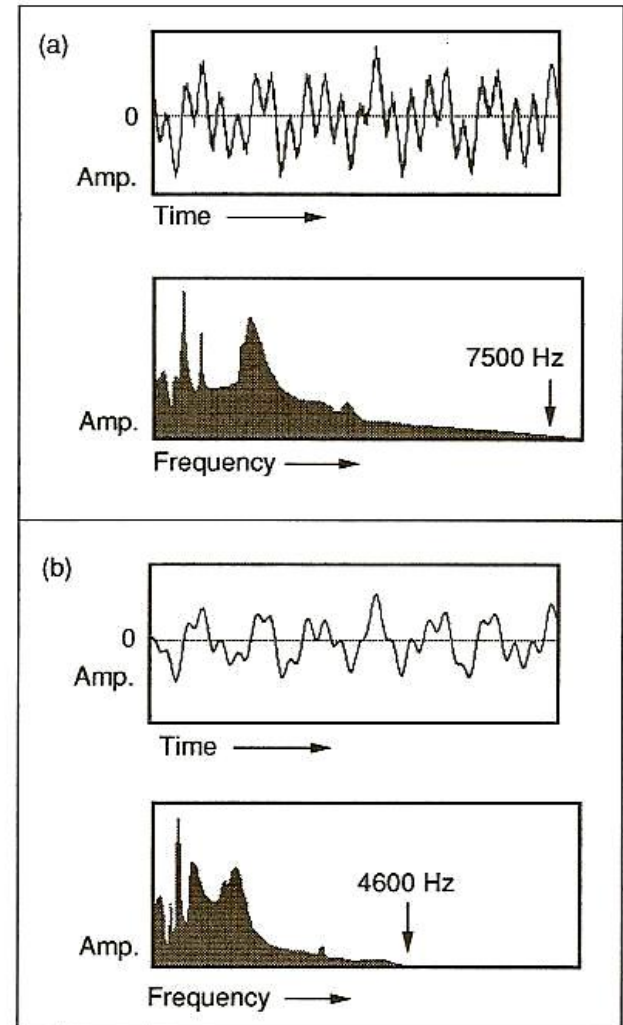
Digitale filtre – baggrund

- Filterenheder var i starten analoge enheder. Enten som simple tre-båndstyper, grafiske, eller parametriske enheder
- Teorien bag de digitale filtre udvikles i 60'erne parallelt med udviklingen af de første digitale lydsystemer
- De første realtime filtre realiseres dog først i midtfirserne
- De første digitale mixere kommer midt i 90'erne



Filtrets karakteristika

- Impulsrespons (tidsdomæne)
 - Sinus: $t \rightarrow \infty$ = en tone
 - Sinus: $t \rightarrow 0$ = bredt spektrum
 - 1 sample er en ægte deltafunktion (impuls) op til $f_s/2$
 - En ægte impuls indeholder i teorien alle frekvenser
- Frekvensgang
 - Den Fouriertransformerede impulsrespons = frekvensgangen
 - Virker kun op til $f_s/2$
- Fasegang
 - Tidsforskellen mellem forskellige frekvensers startpunkt

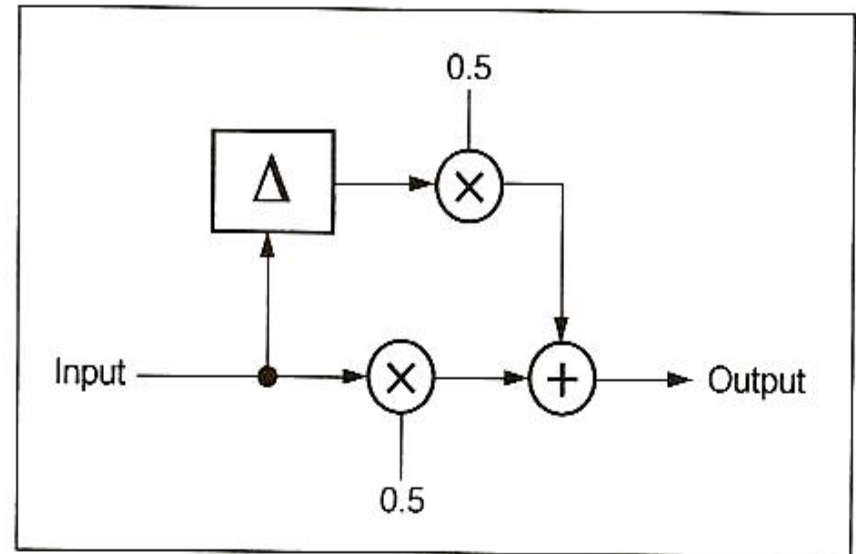


Digitale filtre - lavpas

- Simpleste filter
- Kan realiseres som midlingsfilter (summation)
- Ved DC vil der ingen dæmpning være, da der ingen forskel er mellem samples
- Ved HF er forskellene mellem to efterfølgende samples stor, hvilket ved midling medfører stor HF- dæmpning
- $X[n]$ betyder sample nummer "n" ($n=0,1,2,3,4,5\dots$)

$$y[n] = (0.5 \times x[n]) + (0.5 \times x[n - 1]).$$

current half of half of
output the current the previous
input input

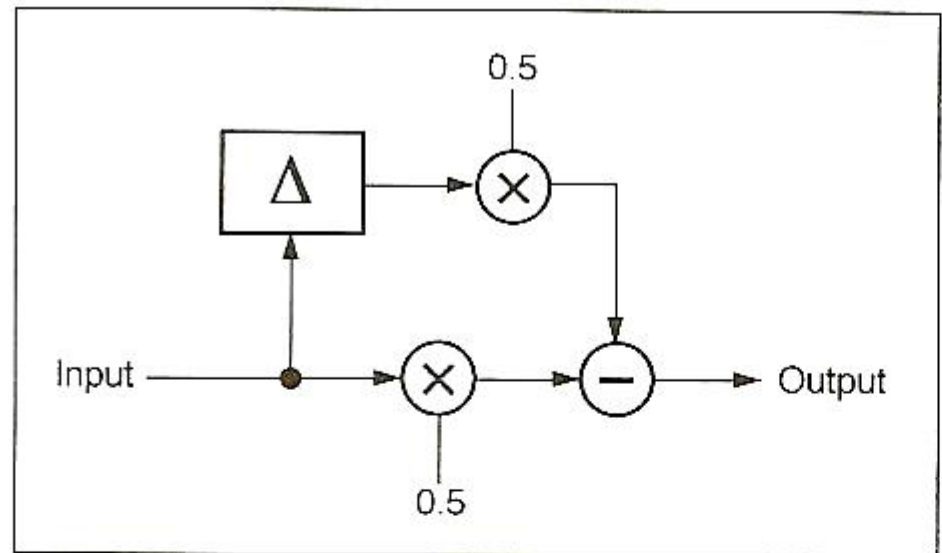


Digitale filtre - højpas

- Differencen mellem forrige og nuværende sample
- Ved DC er forskellen mellem efterfølgende samples 0, og derfor vil dæmpningen være uendelig
- Ved LF er forskellene små derfor bliver dæmpningen ved subtraktion stor
- Ved HF vil forskellen mellem samples være stor. Subtraktion vil medføre lille dæmpning

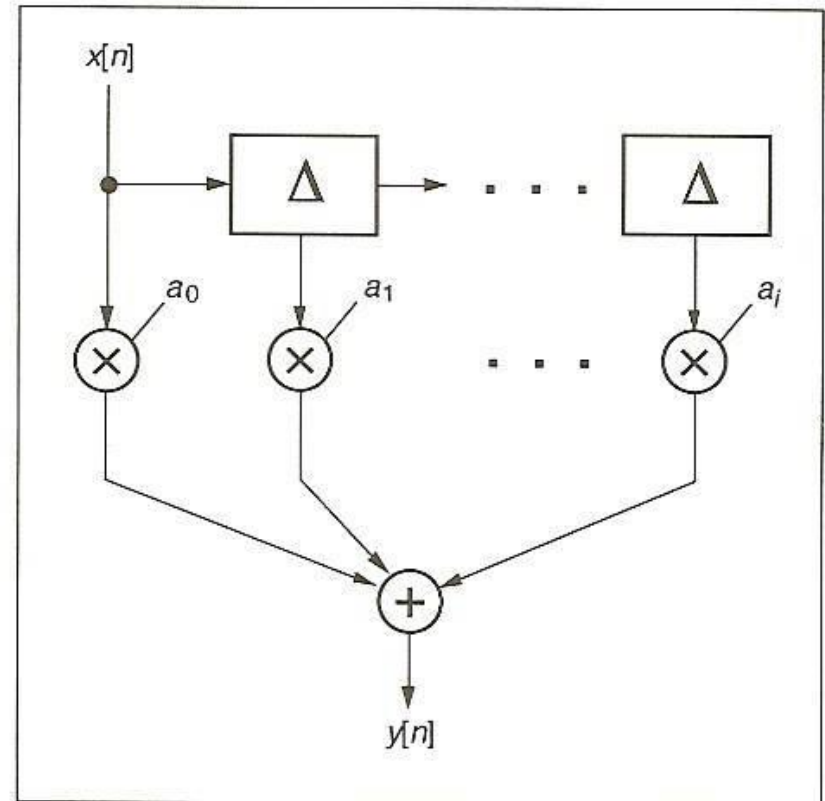
$$y[n] = (0.5 \times x[n]) - (0.5 \times x[n - 1]).$$

current half of half of
output the current the previous
input input



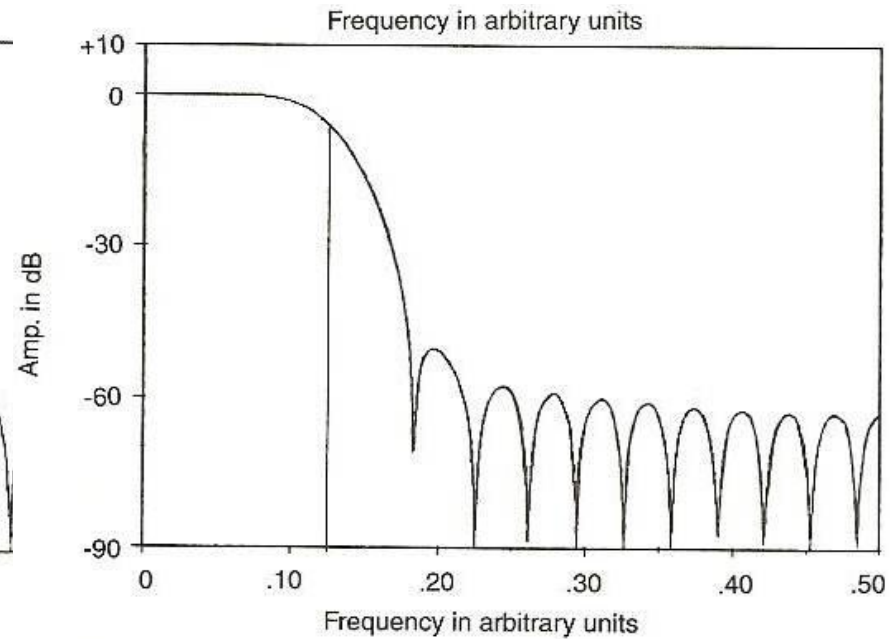
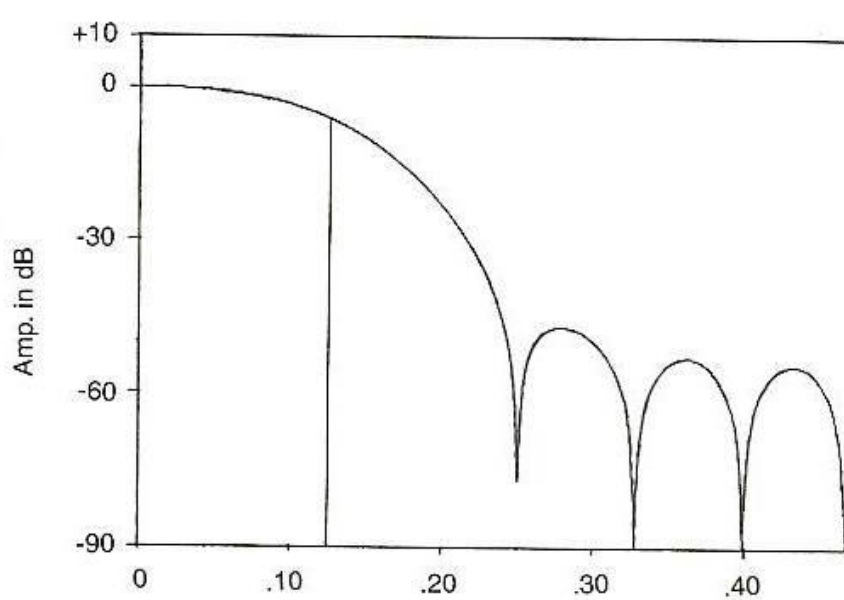
Digitale filtre – FIR (Finite Impulse Response)

- Endeligt antal samples – deraf "finite"
- Består af 1-sample delays
- Antallet af delays afgør grænsefrekvensen
 - $F_s = 44,1\text{kHz}$
 - 10 delays
 - $F_c = 4,41\text{kHz}$
- Beregningstung algoritme
- Stabil
- Lineær fase
- God præcision
- Lav ringning



FIR

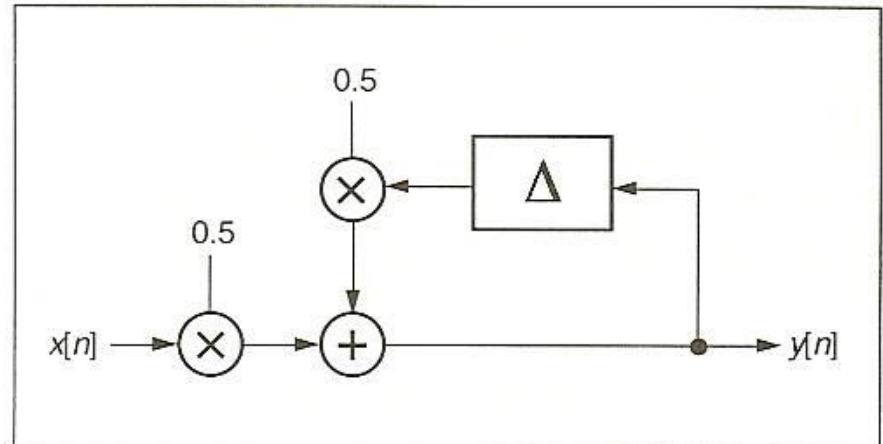
- Hhv. 15 og 31 delays (poler)



Digitale filtre – IIR (Infinite-Impulse-Response)

- Feedback giver i teorien mulighed for uendeligt antal samples
- Exponential time average filter benytter fx. feedback
- Benyttes fx. i shelving-filtre
- Kræver ikke så store CPU-ressourcer

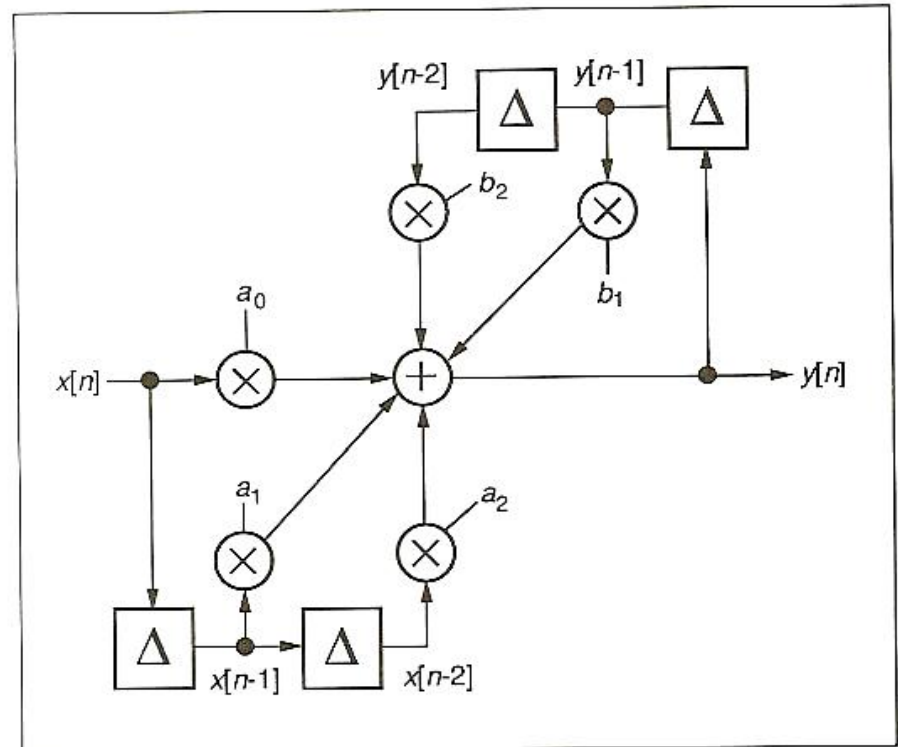
$$y[n] = (a \times x[n]) + (b \times y[n - 1]).$$



Generelle filterblokke

- I mange tilfælde er det nemmest at bruge generelle filtre, som hurtigt kan kodes om fra LP til HP til BP og med ændrede egenskaber
- 1.orden giver 6dB/okt
 - 20dB/dekade
- 2. orden giver 12dB/okt
 - 40dB/dekade

$$y[n] = (a_0 \times x[n]) + (a_1 \times x[n-1]) + (a_2 \times x[n-2]) - (b_1 \times y[n-1]) - (b_2 \times y[n-2]).$$



Kamfiltre

- Variabelt delay pr. blok
- Ret lange delays nødvendige
- Virker ved udfasning
- Tænk på spacede mikrofoner
- Første dip ved $= 1/D \times f_s$

$$y[n] = x[n] + x[n - D].$$

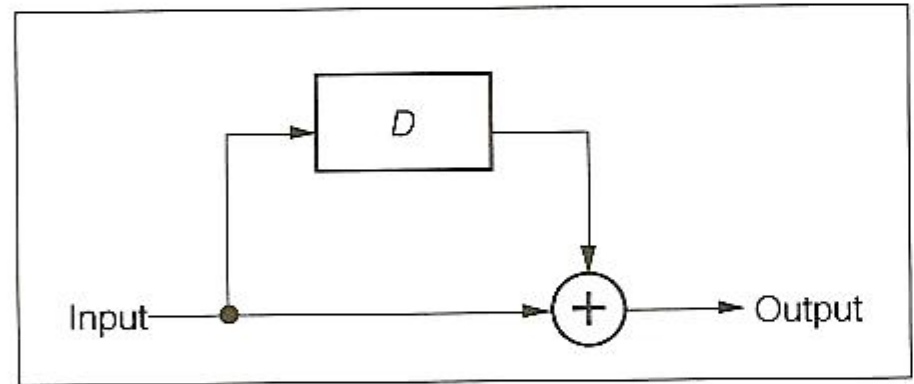


Figure 10.19 Simple feedforward comb filter circuit.

Kamfiltre - fortsat

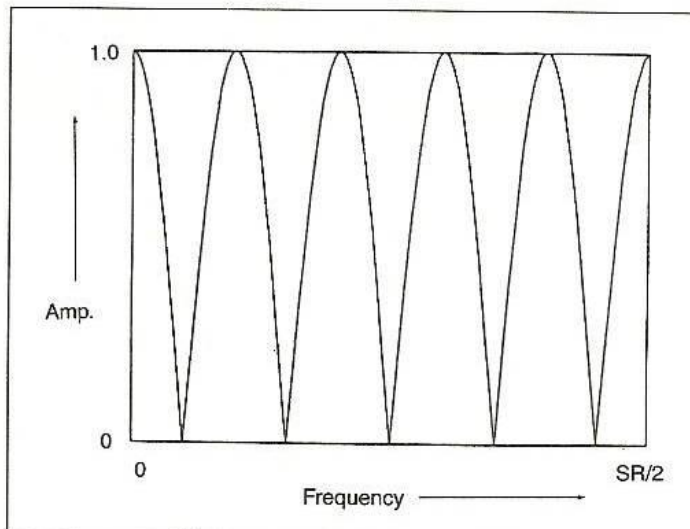
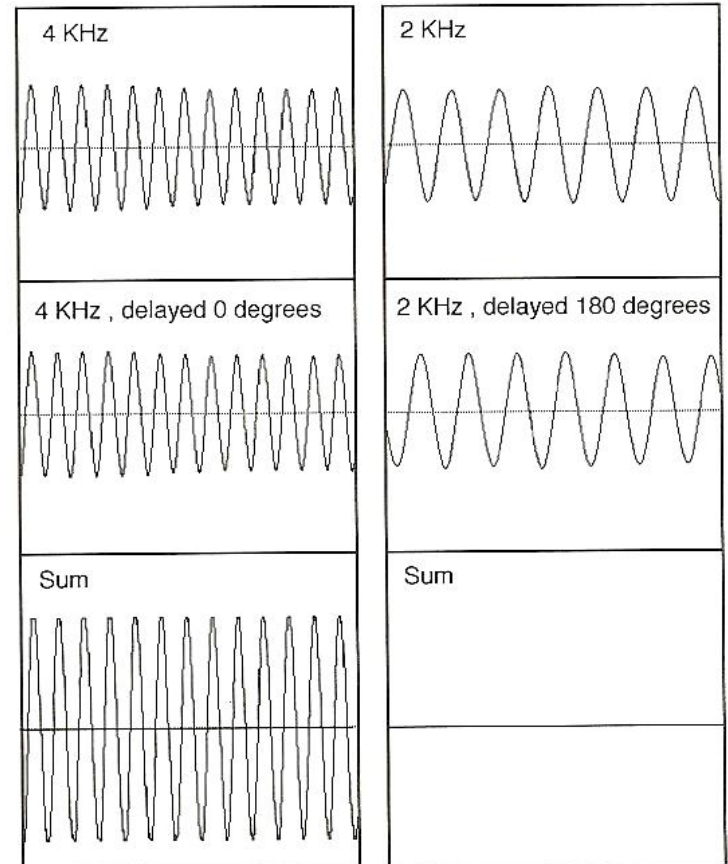


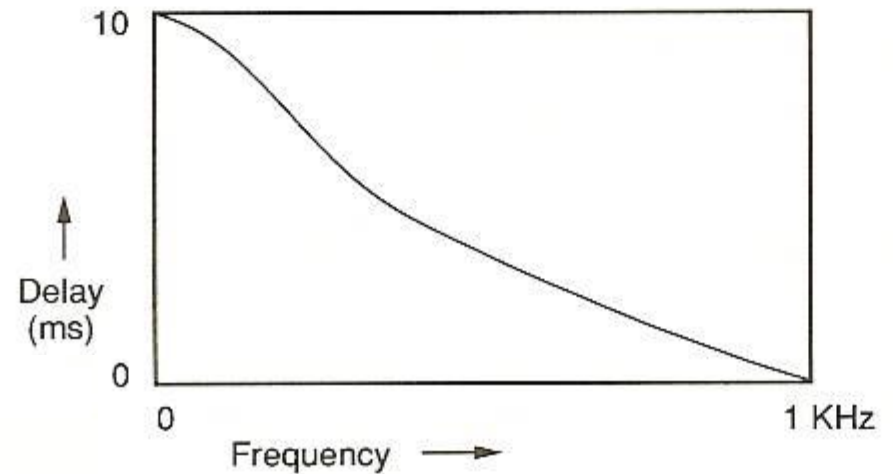
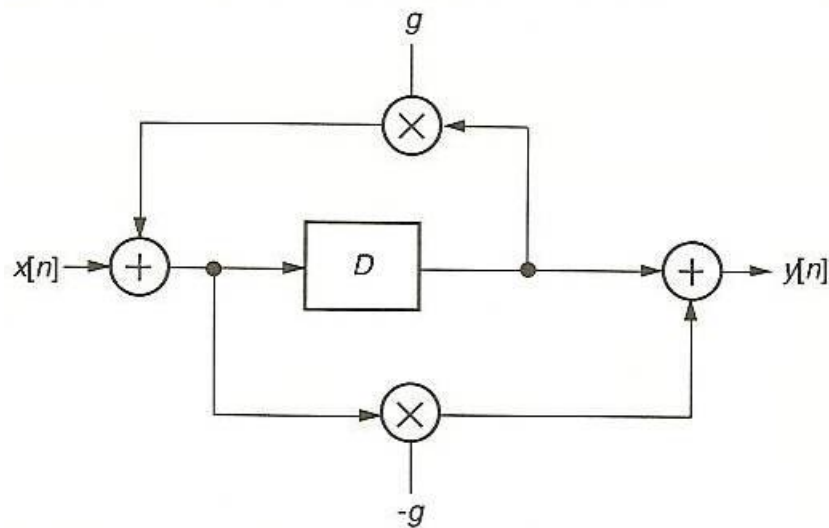
Table 10.1 FIR comb filter peaks

Delay time (in ms)	First peak
20	50 Hz
10	100 Hz
2	500 Hz
1	1 KHz
0.5	2 KHz
0.25	4 KHz
0.125	8 KHz
0.1	10 KHz



Allpass filtre

- Filtrerer ikke i frekvensdomænet
- Fasen ændres som funktion af frekvens
- Dvs. timedelay ændres med frekvensen
- Kan fx bruges hvis man vil fasekorrigere et filter



$$y[n] = (-g \times x[n]) + x[n - D] + (g \times y[n - D]).$$

Øvelser

- Undersøg forskellige algoritmer for FIR/IIR/FFT
- Undersøg dybden i et kamfilter
- Lyt til allpass-filtre
- Undersøg forskellen i CPU-forbrug mellem forskellige algoritmer