

UiO : Fysisk institutt
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

FYS3220 – Lineær kretselektronikk

Digital signalbehandling

Sverre Holm

FYS 3220: Hva lærer du?

Etter å ha fullført emnet:

- behersker du tids- og frekvensanalyse av analoge, elektroniske kretser og signaler - både analytisk og ved simuleringer.
- har du kunnskap om analoge passive og aktive komponenter, og hvordan disse kan utnyttes til å konstruere forsterkere, oscillatorer, regulatorer og filtre.
- har du kunnskap om positiv og negativ tilbakekobling, og forstår hvordan poler og 0-punkt påvirker oppførsel og stabilitet for en elektronisk krets.
- **har du kjennskap til sammenhengen mellom den analoge og digitale verden. Du kan finne dataalgoritmer for analoge kretser og du kjenner relasjonene mellom Laplace og Z-transformasjoner, samt Fourier og DFT / DTFT transformasjoner.**

Historie

- Før 50-tallet: Bare tidskontinuerlig analog signalbehandling (elektroniske kretser)
- 1928: Nyquist; 1949: Shannon-samplingteoremet
- Digital signalbehandling på 50- og 60-tallet:
  - Behov for prosessering i seismikk
  - Simulere analoge systemer på datamaskin (fleksibilitet)
- Viktige faktorer som bidro til dagens digitale implementering av systemer:
  - Fast Fourier transform (FFT) 1965: Cooley & Tukey
  - Utvikling i mikroelektronikk

An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series

By James W. Cooley and John W. Tukey

An efficient method for the calculation of the interactions of a 2^m factorial experiment was introduced by Yates and is widely known by his name. The generalization to 3^m was given by Box et al. [1]. Good [2] generalized these methods and gave elegant algorithms for which one class of applications is the calculation of Fourier series. In their full generality, Good's methods are applicable to certain problems in which one must multiply an N-vector by an $N \times N$ matrix which can be factored into m sparse matrices, where m is proportional to $\log N$. This results in a procedure requiring a number of operations proportional to $N \log N$ rather than N^2. These methods are applied here to the calculation of complex Fourier series. They are useful in situations where the number of data points is, or can be chosen to be, a highly composite number. The algorithm is here derived and presented in a rather different form. Attention is given to the choice of N. It is also shown how special advantage can be obtained in the use of a binary computer with $N = 2^m$ and how the entire calculation can be performed within the array of N data storage locations used for the given Fourier coefficients.

Mathematics of computation, pp. 297-301, 1965, American Mathematical Society

Digital signalbehandling i FYS3220

1. Analog til digital-omforming
2. Digital til analog-omforming
3. Kontinuerlige og diskrete transformer
4. Filtrering og IIR filterdesign

Utfyller IN3190 Digital signalbehandling

1. Analog til digital-omforming

- Kvantisering
  - Kvantiseringsstøy: SNR [db] $\propto$ 6 B [bits]
  - Overstyring
  - Dithering: Ved periodisk signal og ved lavt nivå
- Samplingsteoremet
  - Utledning ved analog/digital Fourier
  - Aliasing
  - Samplingsskop og båndpassampling

2. Digital til analog-omforming

- Interpolasjon ved gjenvinning
  - 0’te-ordens hold
  - Sinc-interpolasjon
  - 1ste ordens hold
- Filtrering ved ADC og DAC
- Oversampling og delta-sigma ADC

3. Kontinuerlige og diskrete transformer

- Fouriertransform, Fourierrekke ⇔ Tids-diskret Fouriertransform, Diskret Fouriertransform (DFT)
- Fra Laplace- til z-transform
- Forhold mellom s-plan og z-plan

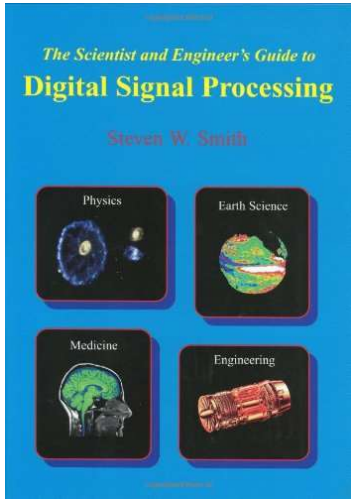
4. Filtrering og IIR filterdesign

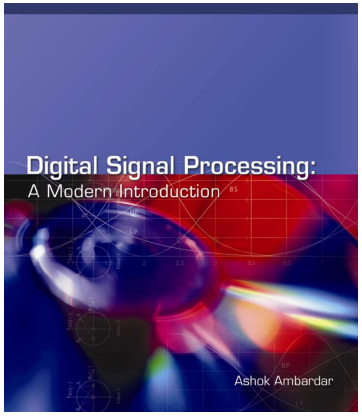
- Filtereksempler
  - FIR-filter: middelverdifilter
  - IIR-filter: ekvivalent til RC (lavpass) og CR (høypass)
- IIR Designmetoder
  - Impulsinvarians-metoden
  - Bilineær transform

Kilder

1. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, By Steven W. Smith, Ph.D.
   - http://www.dspguide.com/
   - Utdrag fra kapittel 3, 8, 15, 19, 21, 33

2. Bruker noen illustrasjoner fra Ambardar, Digital Signal Processing, A Modern Introduction, kap 7 og 9





Smith, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing

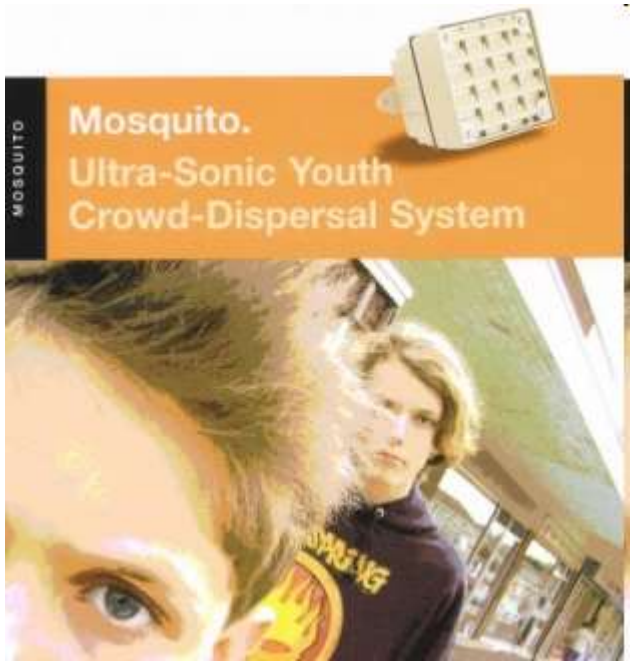
http://www.dspguide.com/pdfbook.htm

- Chapter 3: ADC and DAC (hele)
  - Quantization, The Sampling Theorem, Digital-to-Analog Conversion, Analog Filters for Data Conversion, Selecting The Antialias Filter, Multirate Data Conversion, Single Bit Data Conversion
- Chapter 8: The Discrete Fourier Transform
  - The Family of Fourier Transform
- Chapter 15: Moving Average Filters
  - Implementation by Convolution, Noise Reduction vs. Step Response, Frequency Response
- Chapter 19: Recursive Filters
  - The Recursive Method, Single Pole Recursive Filters
- Chapter 21: Filter Comparison (hele)
  - Analog vs. Digital Filters, Windowed-Sinc vs. Chebyshev, Moving Average vs. Single Pole
- Chapter 33: The z-Transform
  - The Nature of the z-Domain
  - (http://www.dspguide.com/CH33.PDF)

Kan du høre tonen?

- Mosquito
  - A pulsed, near ultrasonic tone at around **16kHz**
  - The sound, though not painful in any way, becomes highly annoying after 5 min or so
  - Most under 20s leave the immediate area
  - The majority of those over the age of 30 either just hear, or are totally unaware of any noise.
  - Natural age-related hearing loss
  - http://www.mosquito-ni.com/

- Kan du høre den?
  - Toner (Adobe Audition) eller Audacity (freeware)
  - Toner i området 12-20 kHz



Frekvensinnhold i tale og musikk

- Utgangspunkt: 800 Hz
  - Audacity, Effect, Graphic EQ

- Bedre og bedre gjengivelse:
  - +/- 1 oktav: 400-1600
  - +/- 2 oktaver: 200-3200
  - +/- 3 oktaver: 100-6400
  - +/- 4 oktaver: 50-12800
  - +/- 5 oktaver: 25-25600



Kommunikasjon: 300-2400 Hz



Traktgrammofon: ~300-3000 Hz



GSM: ~300-3400 Hz



AM: ~50-4000 Hz



mp3, aac, … : 20-12...20 kHz

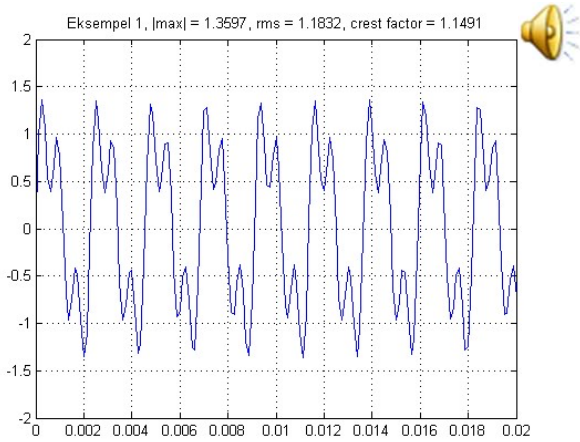


CD: 20-~20000 Hz

Fase ved 440 Hz

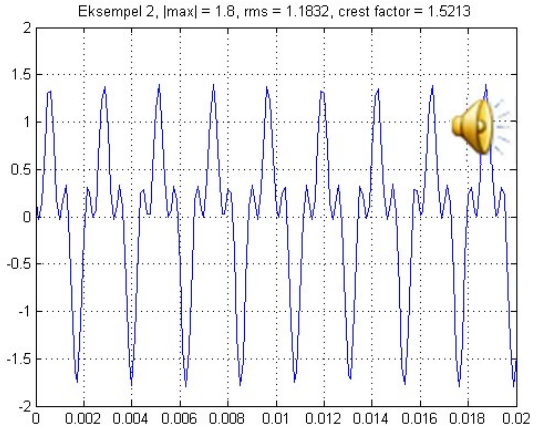
$$\sin(2\pi f_0 t) + 0.2\sin(2\pi 2 f_0 t) + 0.6\sin(2\pi 3 f_0 t)$$

- Rms = 1.18
- Max = 1.36
- Crest factor = max/rms=1.15



$$\sin(2\pi f_0 t) + 0.2\cos(2\pi 2 f_0 t) - 0.6\sin(2\pi 3 f_0 t)$$

- Rms = 1.18
- Max = 1.8: 2.4 dB høyere
- Crest factor = 1.52



- Fase er ikke så viktig for hørsel
- Fase og crest factor: Viktig for RF sendere og for maks nivå CD