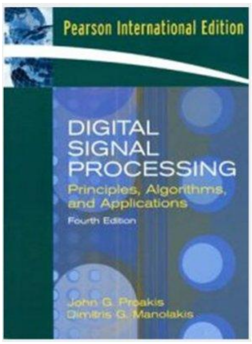
Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University

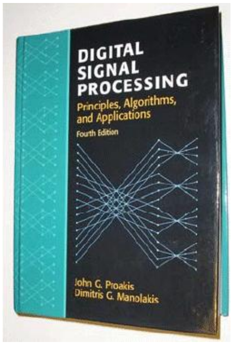
Föreläsning 1: Signalbehandling i multimedia ETI265

Signalbehandling i multimedia

ETI265

2014



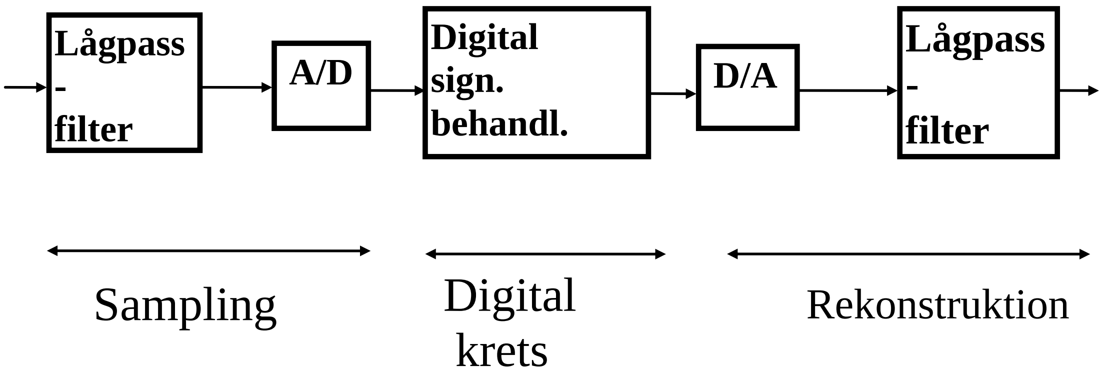
ISBN 0-13-228731-5


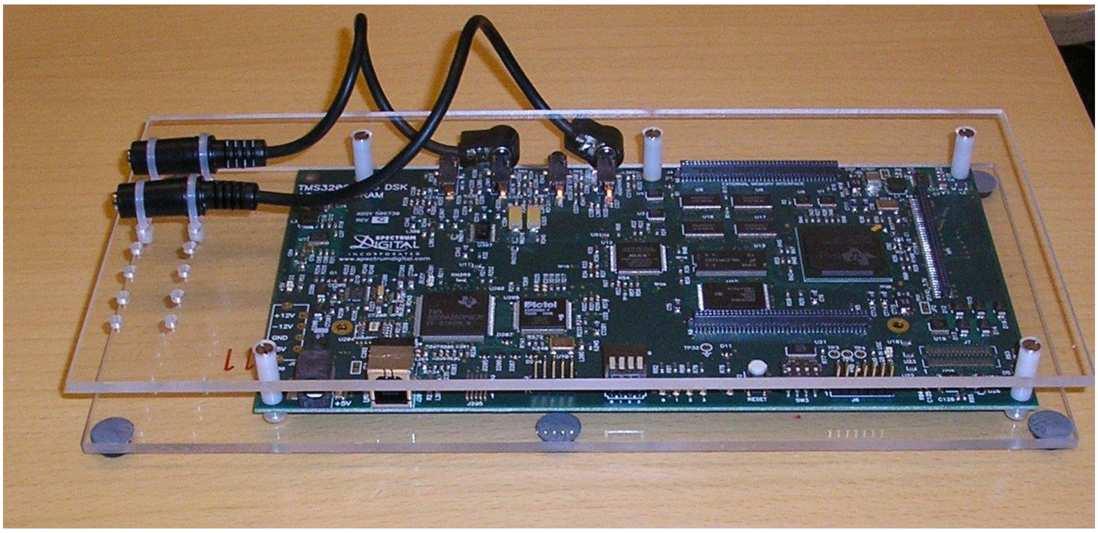
ISBN 0-13-187374-1

Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications.
Edition 4
John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis

Föreläsningar: Nedelko Grbic
(mtrl. från Bengt Mandersson)

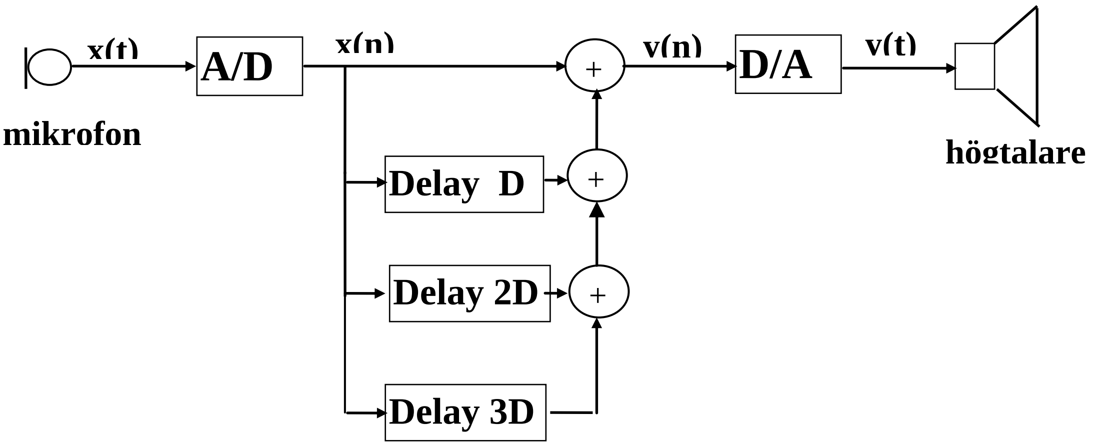
Digital Signalbehandling





DSP starters kit Texas Instruments DSK6713

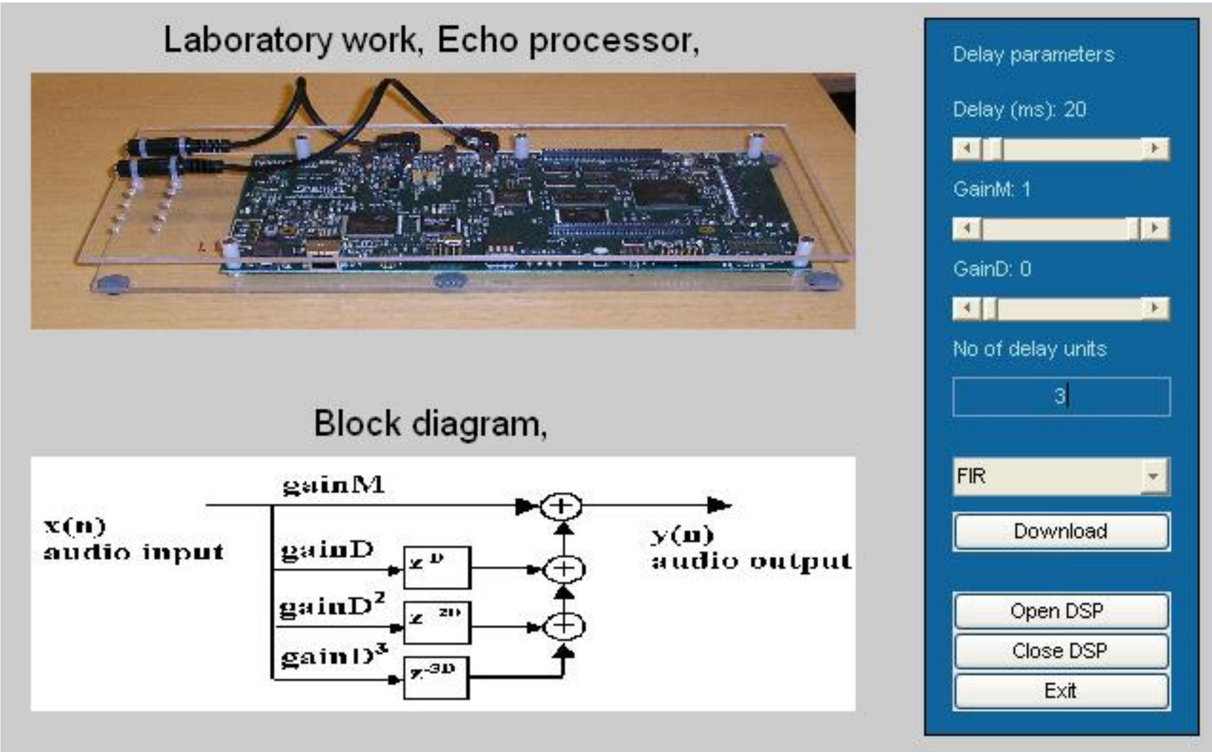
Exempel: Ekoeffekt



Hur ser den digitala kretsens amplitudfunktion ut (D=500)?

Sampeltakt: 8 kHz, D=500, (63 ms fördröjning)

Hur låter detta? Vi testar på laborationerna realtids-Matlab.



Exempel på reverb (ekoeffekt)

Lite mer avancerat ekosystem

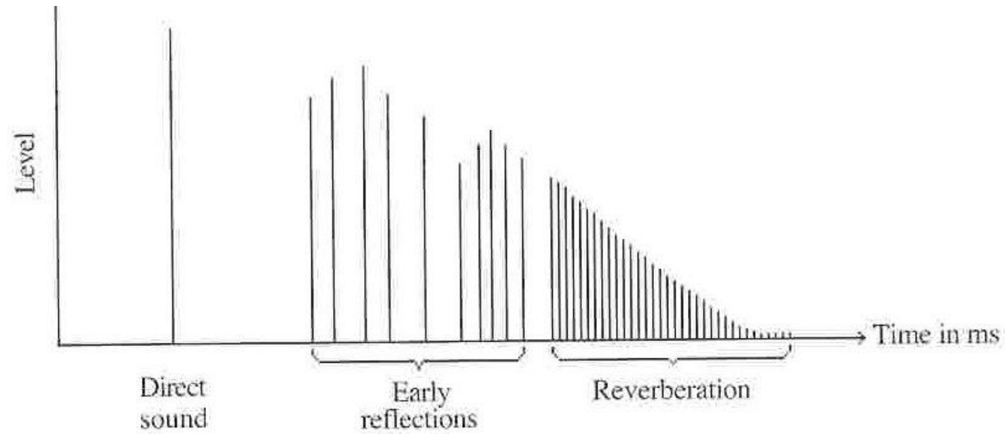


Figure 1.32: Various types of echoes generated by a single sound source in a room.

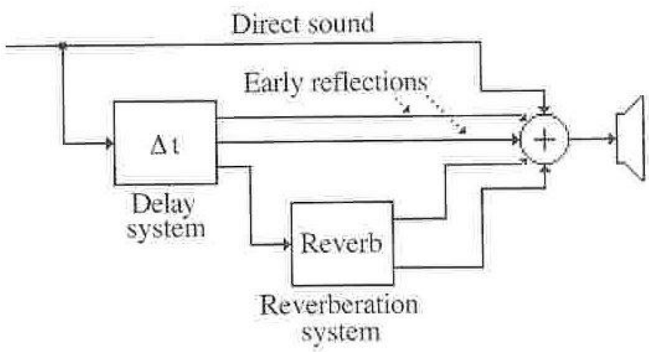


Figure 1.33: Block diagram of a complete delay-reverberation system in a monophonic system.

Exempel. MP3 kodning av musik

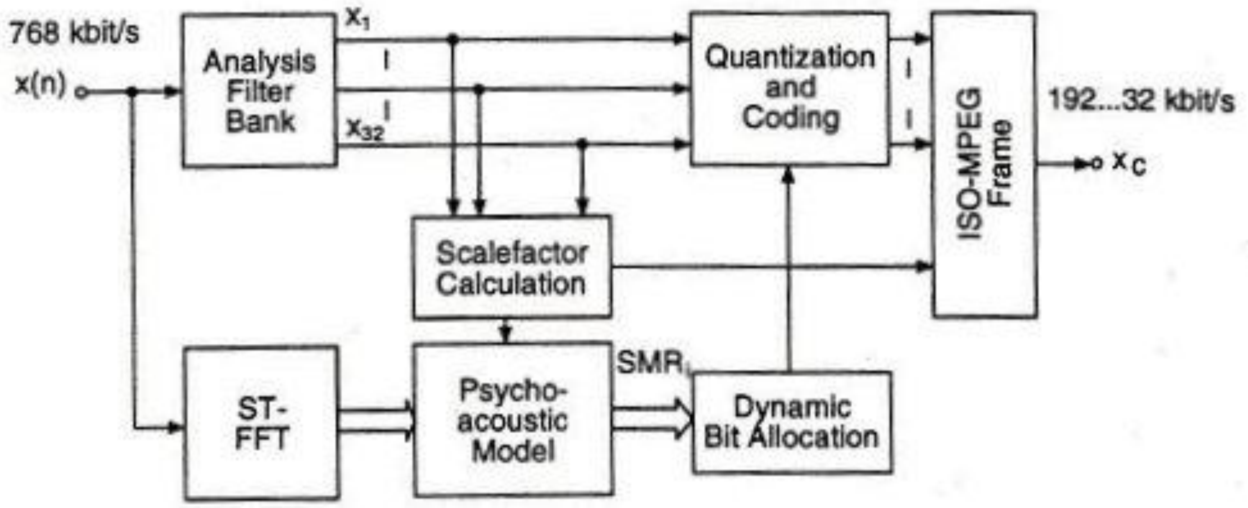


Figure 9.12 Simplified block diagram of a ISO-MPEG1 coder.

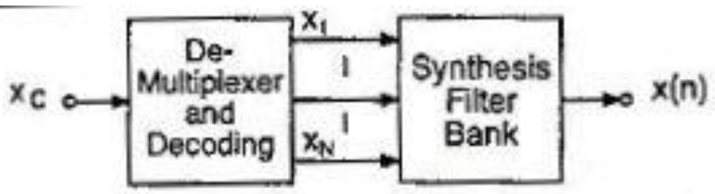
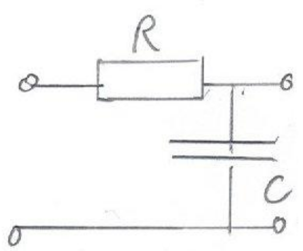


Figure 9.13 Simplified block diagram of a ISO-MPEG1 decoder.

Exempel på kretsar

Analog krets, RC-krets



$$y'(t) + a\,y(t) = b\,x(t)$$

Digital krets

$$x(n) \longrightarrow \boxed{\textbf{krets}} \longrightarrow y(n)$$

$$y(n) + a\,y(n-1) = b\,x(n)$$

Kod som körs varje gång ett nytt värde finns från A/D-omvandlaren (a=0.9, b=1)

```
x=ADinput;
y=-0.9*yold  +  x;
yold=y;
DAoutput=y;
```

Innehåll VT2 ETI265 2014

John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis,
'Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications',
Fourth Edition, Chapters 1-9. Pearson Prentice Hall, ISBN 0-13-187374-1.

Chapter 1:	**Introduction.**
Chapter 2:	**Discrete-Time Signals and Systems.**
Chapter 3:	**The z-Transform and its Application to the Analysis of LTI Systems.**
Chapter 4:	**Frequency Analysis of Signals.**
Chapter 5:	**Frequency-Domain Analysis of LTI Systems.**
Chapter 6:	**Sampling and Reconstruction of Signals.**
Chapter 7:	**The Discrete Fourier transform: Its properties and Applications.**
Chapter 8:	**Efficient Computation of the DFT: Fast Transform Algorithms (not included).**
Chapter 9:	**Implementation of Discrete-Time Systems.**

Föreläsning:	**4 timmar per vecka**
Övning	**4 timmar per vecka**
Laboration:	**2 timmar/vecka**
	Två inlämningsuppgifter i kombination med duggor

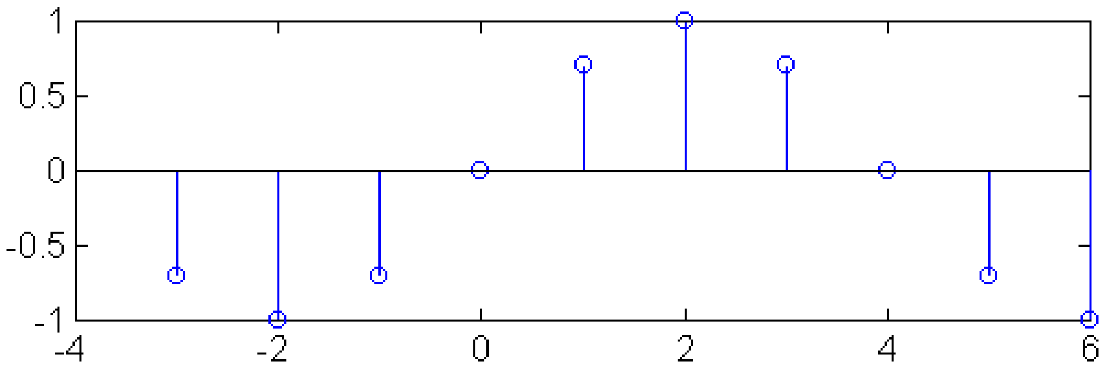
Gruppindelning för labbarna behöver göras.
Anmälningslistor kommer att finnas på kursens hemsida.

Vad är en tidsdiskret signal?

Exempel på tidsdiskreta signaler

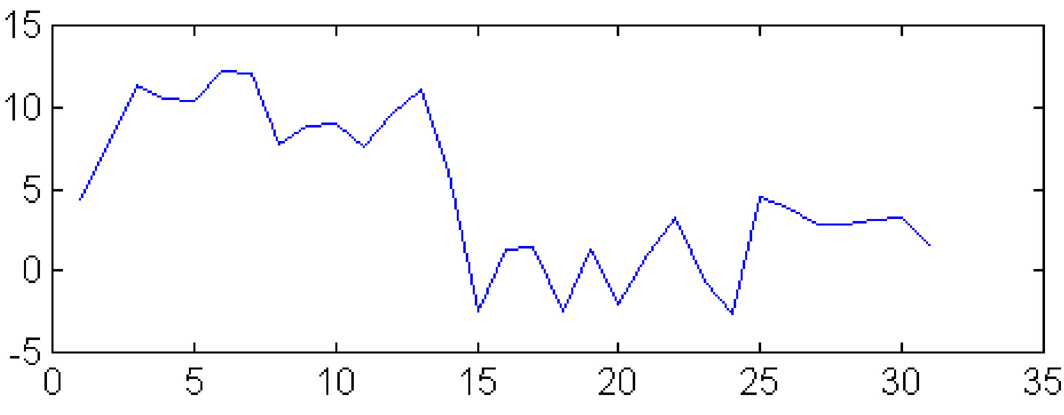
Sinussignal

$$x(n) = \sin(2\pi \frac{1}{8} n) = \{\ldots -0.7 \;\; -1 \;\; -0.7 \;\; \underset{\uparrow}{0} \;\; 0.7 \;\; 1 \;\; 0.7 \;\; 0 \ldots\}$$

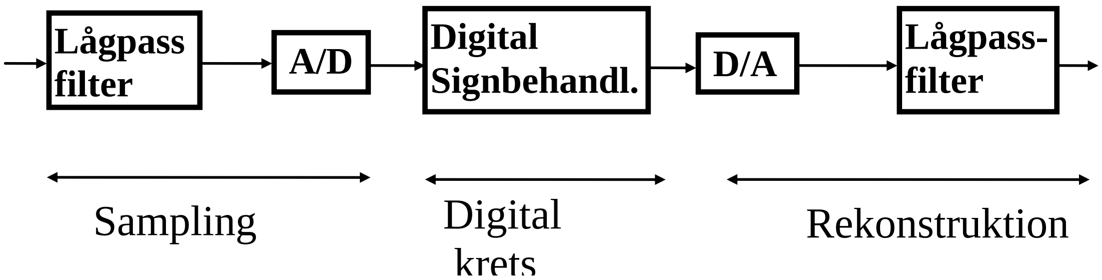


Temperaturkurva

x(n)={ $\underset{\uparrow}{\textbf{4.4}}$ 7.8 11.4 10.5 10.4 12.2 12.0 … }



Exempel på tidsdiskret krets



$$x(n) \longrightarrow \boxed{\text{krets}} \longrightarrow y(n)$$

1a. $y(n) = 1/5\, x(n) + 1/5\, x(n-1) + 1/5\, x(n-2) + 1/5\, x(n-3) + 1/5\, x(n-4)$

Kretsen beräknar medelvärdet av de fem senaste insignalvärdena.

1b $y(n) = 1/5\, x(n) - 1/5\, x(n-1) + 1/5\, x(n-2) - 1/5\, x(n-3) + 1/5\, x(n-4)$

Vad gör ovanstående kretsar (ekvationer)?
Den ena förstärker låga frekvenser (basen)
Den andra förstärker höga frekvenser (diskanten)
Men hur? Detta vill vi kunna beräkna i denna kursen

2a. $y(n) = 0.9\, y(n-1) + x(n)$

2b. $y(n) = 1.05\, y(n-1) + x(n)$

Målsättning i kursen:
Förstå sambandet mellan kretsar enligt ovan och dess egenskaper, speciellt frekvensegenskaper.

Sinusoids (kontinuerligt, beteckningar)

$$x(t) = \underset{A\ amplitud}{10} \cos(\underbrace{2\pi \overset{F_0\ frekvens}{440}}_{\Omega_0\ vinkelfrekvens} t - \underset{\Phi\ fas}{0.4\pi})$$

Periodtid $T_0 = \dfrac{1}{F_0}$ $\qquad \Omega = 2\pi F$

$$x(t) = \underbrace{10}_{A\ amplitud} \cos(\underbrace{2\pi \underbrace{440}_{F_0\ frekvens}}_{\Omega_0\ vinkelfrekvens} (t - \underbrace{\frac{0.4\pi}{2\pi 440}}_{\frac{\Phi}{\omega} = tid(\,fördröjning\,)}))$$

Trigonometriska samband:

$$\cos\Omega_0 = \frac{e^{j\Omega_0} + e^{-j\Omega_0}}{2}$$

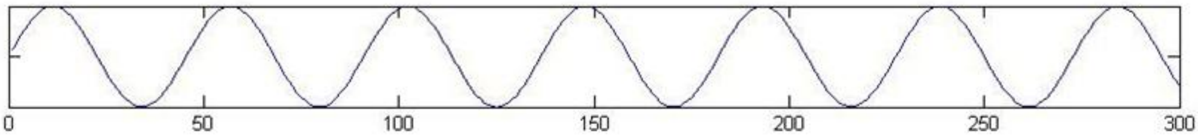
Eulers formler: $$\sin\Omega_0 = \frac{e^{j\Omega_0} - e^{-j\Omega_0}}{2j}$$

Syntetiska ljud, några exempel 1

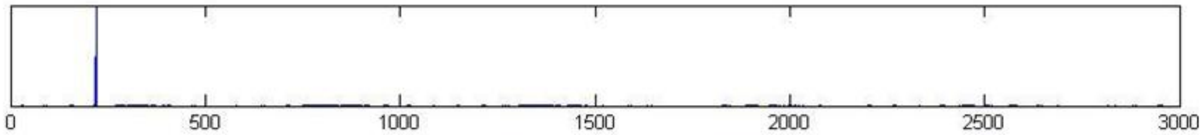
Sinus

$$x(t) = \sin(2\ \pi\ \underbrace{F_0}_{220\,Hz}\ t)$$

Tidssignal (vågform, waveform)



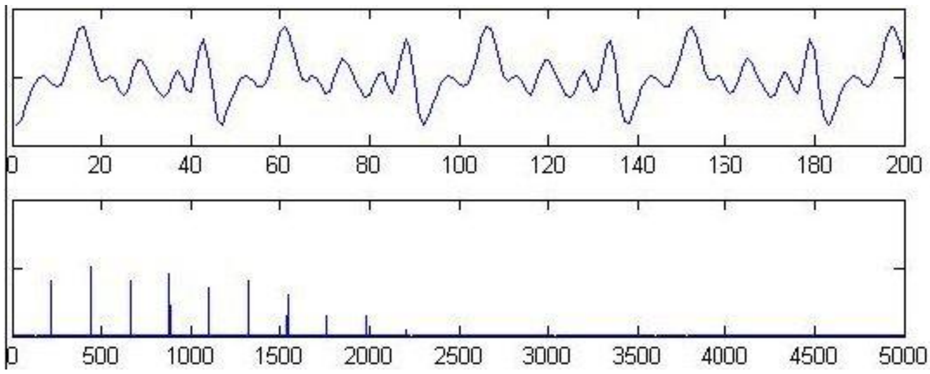
Frekvensspektrum (histogram över frekvensinnehållet)



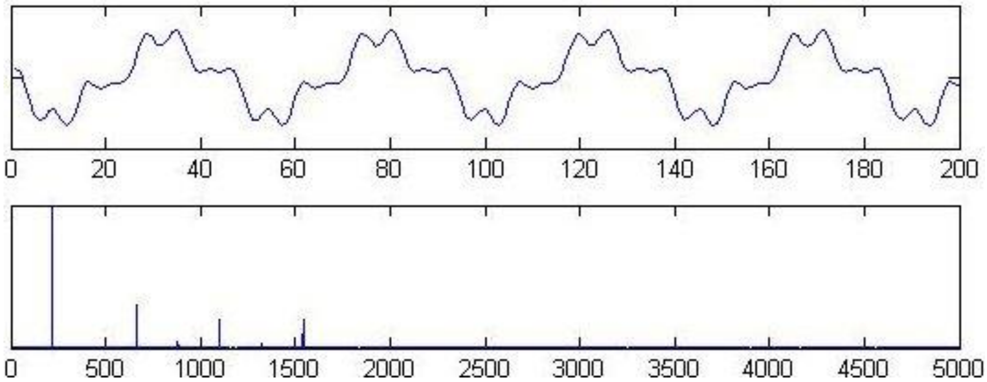
Additiv syntes (summa av sinussignaler, harmonisk signal)

$$x(t) = \sum_k a_k \sin(2\ \pi\ k\ \underbrace{F_0}_{220\,Hz}\ t)$$

Trombon



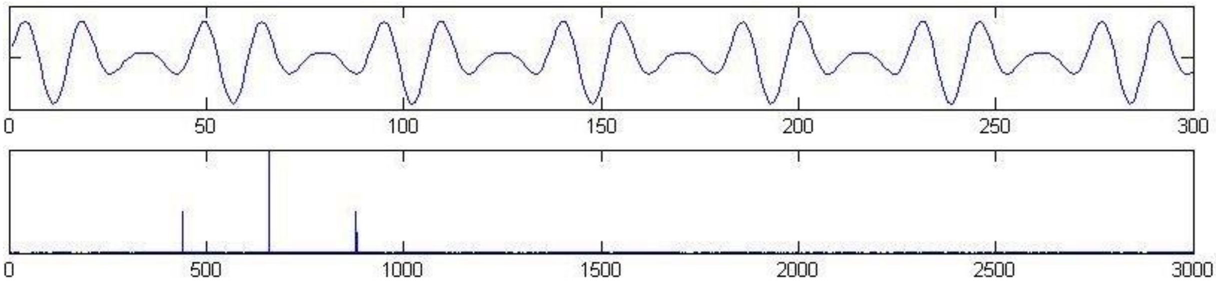
Klarinett



Syntetiska ljud, några exempel 2
(överst: vågform, underst: frekvensinnehåll)

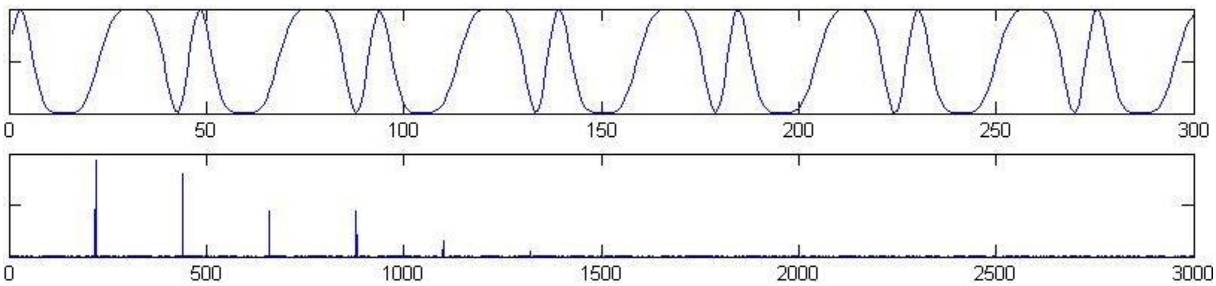
AM-syntes

$$x(t) = (1 + 0.8\,\sin(2\ \pi\ \underbrace{F_0}_{220\,Hz}\ t))\ \ \sin(2\ \pi\ \underbrace{3F_0}_{660\,Hz}\ t))$$



FM-syntes (Yamaha)

$$x(t) = \sin\{\ 2\ \pi\ \underbrace{F_0}_{220\,Hz}\ t\ +\ 3\,\sin(2\ \pi\ \underbrace{F_0}_{220\,Hz}\ t)\}$$



Sampling sid 21

$$x(t) = 20\cos(2\pi \underbrace{440}_{F_0} t - 0.4\pi)$$

avläs med frekvensen $F_S = 1000 Hz$

eller $T = \frac{1}{F_S} = \frac{1}{1000} = 0.001\mathrm{sec}$ **mellan avläsningarna**

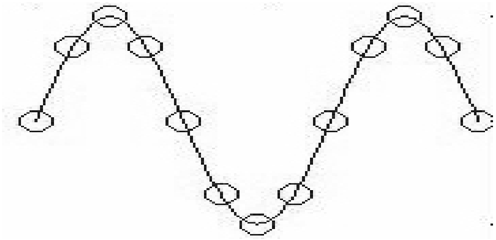
$$x(n) = x(t)\big|_{t = n\,T = n\frac{1}{F_s}} = 20\cos(2\pi \underbrace{\frac{440}{1000}}_{f_0 = \frac{F_0}{F_s}} n - 0.4\pi)$$

dvs $f_0 = \frac{440}{1000} = 0.44$

Beteckningar: $\Omega = 2\pi F$ **frekvens respektive vinkelfrekvens för tidskontinuerliga signaler.**

$\omega = 2\pi f$ **frekvens respektive vinkelfrekvens för tidsdiskreta signaler.**

Tidsdiskret sinus sid 23



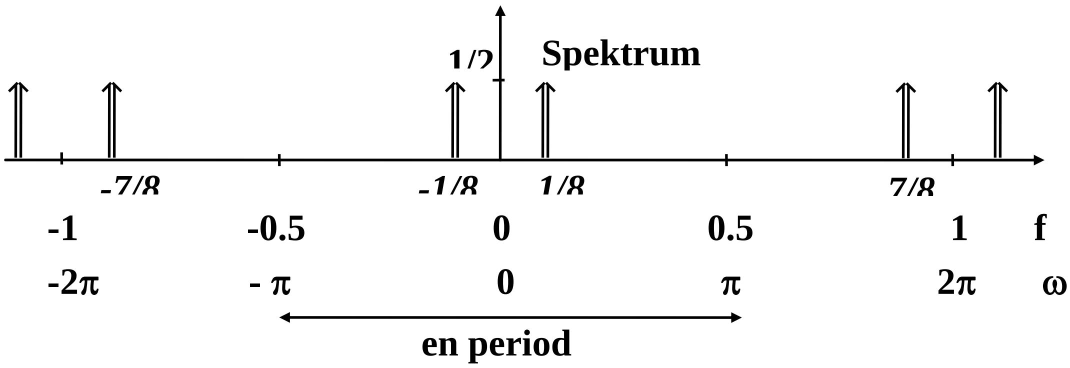
$$x(n) = \cos(2\pi\, f_0\, n) \qquad = \frac{1}{2}\left(e^{j\,2\,\pi\; f_0\, n} + e^{-j\,2\,\pi\; f_0\, n}\right) =$$

$$= \cos(2\pi(f_0 + 1)\,n) = \frac{1}{2}\left(e^{j\,2\,\pi\,(f_0+1)n} + e^{-j\,2\,\pi\,(f_0+1)n}\right)$$

Spektrum för en tidsdiskret signal är periodisk

n heltal, Ex. f_0=1/8 = 0.125 (f_0 < 0.5 ger minst 2 sampel/period)

Hur rita frekvensinnehållet?



Lyssna på signalen genom att spela upp den genom D/A-omvandlare

Vi väljer ut perioden - -0.5 < f < 0.5

och spelar upp med F_s=10000 Hz

-5000 < F < 5000 (verkliga frekvensen)

$$y(t) = \cos(2\pi \cdot 1/8 \cdot 10000t) = \cos(2\pi \cdot 1250t)$$

Kapitel 2 Discrete-Time Signals
sid 43

Beteckningar: x(n) (i många böcker används x[n])

$$x(n)=\begin{cases}1 & n=0,2\\ 4 & n=1\\ 0 & \text{för övrigt}\end{cases}=\{\ldots 0\ \ 0\ \ 0\ \ \underset{\substack{\uparrow\\ n=0}}{1}\ \ 4\ \ 1\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ldots\}=\{\underset{\substack{\uparrow\\ n=0}}{1}\ \ 4\ \ 1\}$$

Impuls:

$$\delta(n)=\begin{cases}1 & n=0\\ 0 & \text{för övrigt}\end{cases}=\{\ldots 0\ 0\ 0\ \underset{\substack{\uparrow\\ n=0}}{1}\ \ 0\ 0\ 0\ldots\}$$

Steg:

$$u(n)=\begin{cases}1 & n\geq 0\\ 0 & n<0\end{cases}=\{\ldots 0\ 0\ 0\ \underset{\substack{\uparrow\\ n=0}}{1}\ \ 1\ 1\ 1\ldots\}$$

$$x(n)=a^n\ u(n)$$

$$x(n)=\cos(2\pi\ f_0\ n)\quad=\frac{1}{2}(e^{j\ 2\ \pi\ \ f_0\ n}+e^{-j\ 2\ \pi\ \ f_0\ n})$$

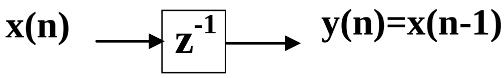
Definition: Kausal signal = signal som är 0 för alla negativa index

Med hjälp av impulsen kan vi skriva

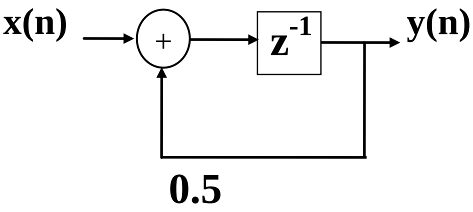
$$x(n)=\{\underset{\uparrow}{1}\ \ 4\ \ 1\}=1\cdot\delta(n)\ +4\cdot\delta(n-1)+\ 1\cdot\delta(n-2)=\sum_k\ x(k)\ \delta(n-k)$$

Exempel på kretsar   sid 58, 59

A   Fördröjning (skift)

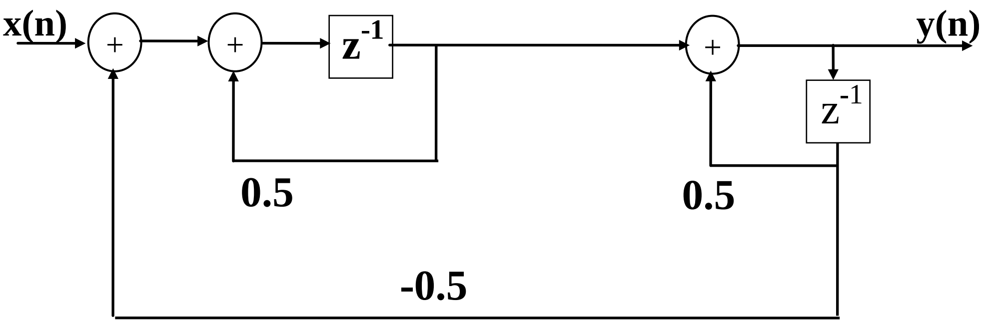


B   Första ordningens krets



y(n)=0.5 y(n-1) + x(n-1)

C   Andra ordningens krets



Här behöver vi hjälp av Z-transformen, kap 3.

Mer om strukturer i kapitel 9.

Energi, effekt   sid 45

energi:
$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |\, x(n)\,|^2$$

effekt:
$$P = \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^{N} |\, x(n)\,|^2$$

E<∞ kallas ”energy”   signal

0<P< ∞ kallas ”power”   signal

Jämn, udda

jämn (even)
$$x(n) = x(-n)$$

udda (odd)
$$x(n) = -x(-n)$$

spegling av $x(n)$ **(folding, reflection)**

kring origo ger $y(n) = x(-n)$

Discrete-Time Systems (LTI systems)

FIR,IIR

FIR: **Krets med ändligt minne**

ex. $$y(n) = x(n) + x(n-1)$$

IIR: **Krets med oändligt minne**

ex. $$y(n) = 0.5\, y(n-1) + x(n)$$

Linjaritet

om $$x(n) = \alpha\, x_1(n) + \beta\, x_2(n)$$

ger $$y(n) = \alpha\, y_1(n) + \beta\, y_2(n)$$

Skift invariant

om $$x(n) \Rightarrow y(n)$$

medför att $$x(n-1) \Rightarrow y(n-1)$$

BIBO-stabilitet

Bounded input => bounded output

om för varje $|x(n)| \le M_x$ **gäller att**

$$|y(n)| \le M_y < \infty$$

Matematik i kursen

Komplexa tal:

$$z = a + j\,b = r\,e^{j\Phi} \quad \textit{där} \quad r = \sqrt{a^2 + b^2},$$

$$\Phi = \arctan(b/a) \quad \textit{om} \quad a \neq 0$$

$$r\,e^{j\Phi} = r\cos\Phi + j\,r\sin\Phi$$

Eulers formler:

$$\cos\omega = \frac{1}{2}(e^{j\omega} + e^{-j\omega})$$

$$\sin\omega = \frac{1}{2j}(e^{j\omega} - e^{-j\omega})$$

Omskrivning med Eulers formler:

$$1 + e^{-j\omega} = e^{-j\omega/2}(e^{j\omega/2} + e^{-j\omega/2}) = 2\cos(\omega/2)\; e^{-j\omega/2}$$

$$1 - e^{-j\omega} = e^{-j\omega/2}(e^{j\omega/2} - e^{-j\omega/2}) = 2\sin(\omega/2)\; e^{-j\omega/2}\; e^{j\pi/2}$$

Integral:

$$\int_{t=0}^{T} e^{-j2\pi f t}\,dt = \frac{e^{-j2\pi f T} - e^{-j2\pi f 0}}{-j2\pi f} = \frac{1 - e^{-j2\pi f T}}{j2\pi f} =$$

$$= \frac{e^{-j2\pi f \frac{T}{2}}\left(e^{j2\pi f \frac{T}{2}} - e^{-j2\pi f \frac{T}{2}}\right)}{j2\pi f} = T\,\frac{\sin(2\pi f \frac{T}{2})}{2\pi f \frac{T}{2}}\, e^{-j2\pi f \frac{T}{2}}$$

Geometrisk summa:

$$S_1 = \sum_{n=0}^{\infty} (\frac{1}{2})^n = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \cdots = \frac{1}{1-\frac{1}{2}} \qquad \textit{oändlig summa}$$

$$S_2 = \sum_{n=0}^{3} (\frac{1}{2})^n = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{1-(\frac{1}{2})^4}{1-\frac{1}{2}} \qquad \textit{ändlig summa}$$

Bevis för geometrisk summa:

$$Sum = \sum_{n=0}^{N} a^n = 1 + a + a^2 + \ldots + a^N$$

Bilda $a \cdot Sum = \quad a + a^2 + \ldots + a^{N+1}$

tag nu differensen $Sum - a \cdot Sum = 1 - a^{N+1}$

Detta ger summan $Sum = \dfrac{1-a^{N+1}}{1-a}$

Den oändliga summan

$$Sum = \sum_{n=0}^{\infty} a^n = 1 + a + a^2 + \ldots = \frac{1}{1-a} \quad om \ |a| < 1$$