

TSKS10 Signaler, information & Kommunikation

Föreläsning 4

Brus, tidsmätningar, FIR-filter

Mikael Olofsson

Institutionen för Systemteknik (ISY)

Ämnesområdet Kommunikationssystem

Slumpmässiga signaler

Nyttosignal: (useful signal)	Något vi vanligen har skapat, eller som vi av någon annan anledning är intresserade av.
Störning: (interference)	Något vi skapat men inte är intresserade av. Vanligen oberoende av nyttsignalen.
Brus: (noise)	Något som naturen (universum) skapat och som vi inte är intresserade av. Oberoende av nyttsignalen.
Distorsion: (distorsion)	Förvrängning av nyttsignalen. Alltid beroende av nyttsignalen, men ibland okorrelerat med nyttsignalen.

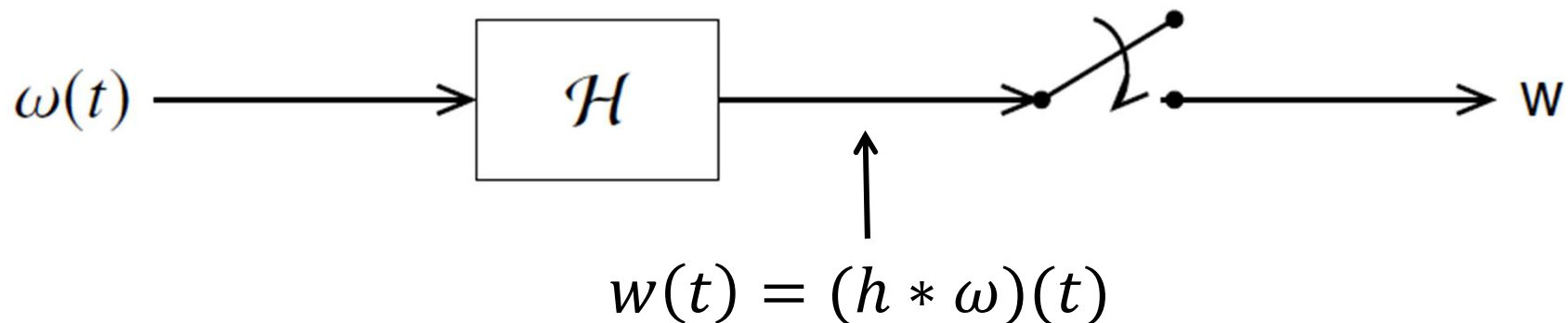
Samplat filtrerat vitt brus: stokastisk variabel

Vitt brus, $\omega(t)$:

Oändlig effekt, oändlig bandbredd (fysikaliskt orimligt)

Saknar fouriertransform

Beskrivs av en parameter: σ^2 , energi per frihetsgrad



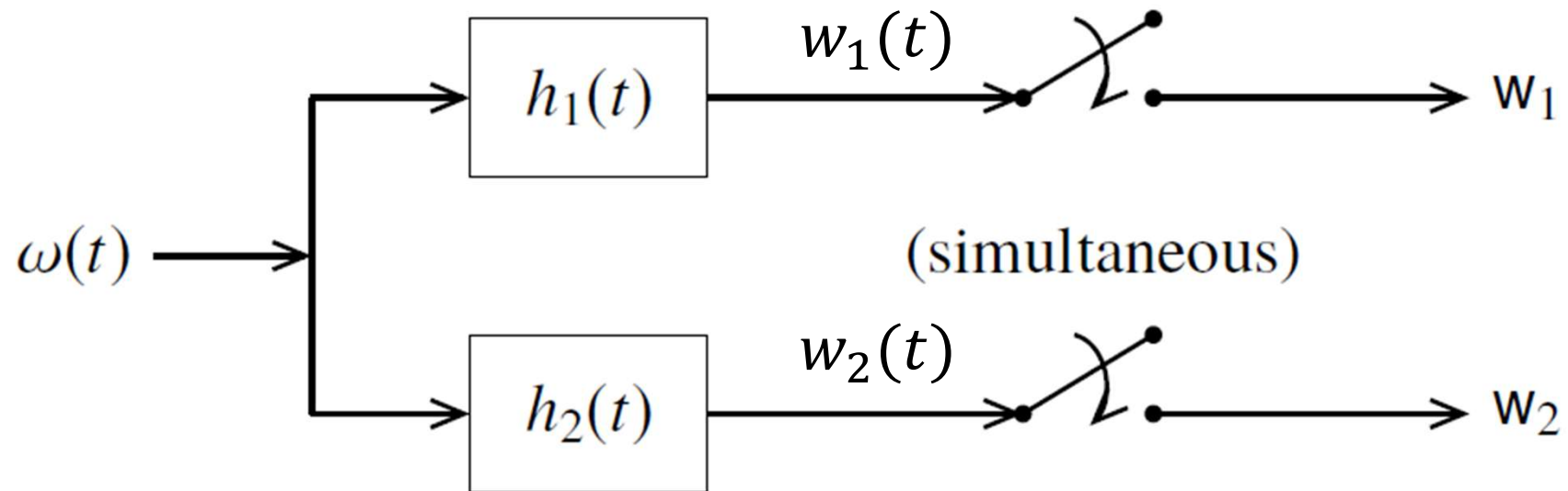
Kan endast observeras via ett bandbegränsande filter:

$w(t)$ har (approximativt) ändlig bandbredd, ändlig effekt, men oändlig energi, och saknar fouriertransform.

Samplat ger en stokastisk variabel.

Figur 3.1 ur kursboken

Vitt brus filtrerat genom två filter och samplat

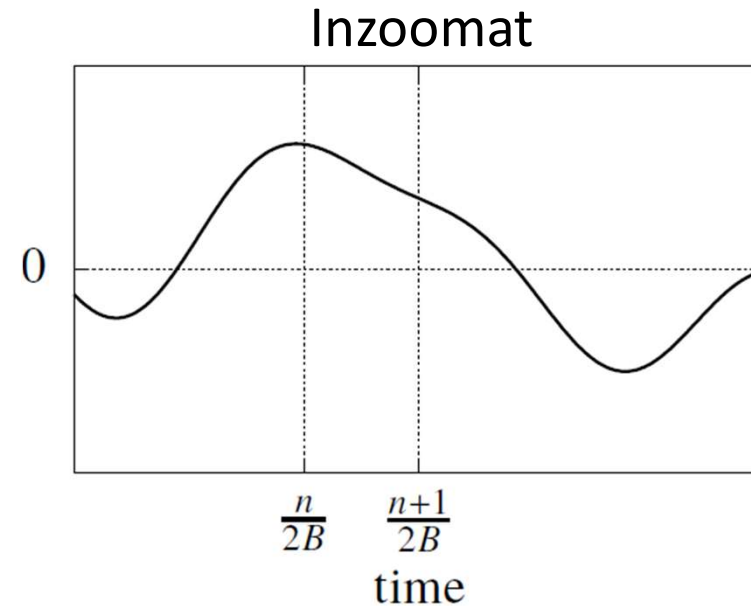
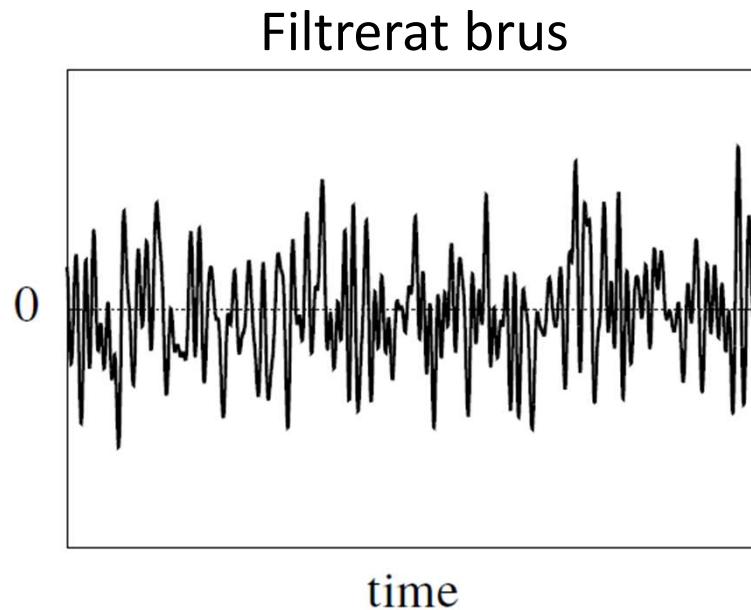


$$E\{w_1(t)w_2(t)\} = \sigma^2 \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\tau)h_2(\tau) d\tau \quad \forall t$$

$$E\{w_1(t_1)w_2(t_2)\} = \sigma^2 \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\tau - t_1)h_2(\tau - t_2) d\tau$$

Figur 3.2 ur kursboken

Lågpasfilterrat vitt brus

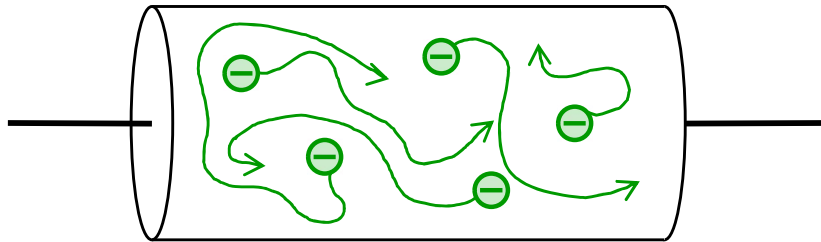


Lågpasfilter med bandbredd B .
Sampel $1/2B$ isär är okorrellerade.

Figur 3.3 ur kursboken

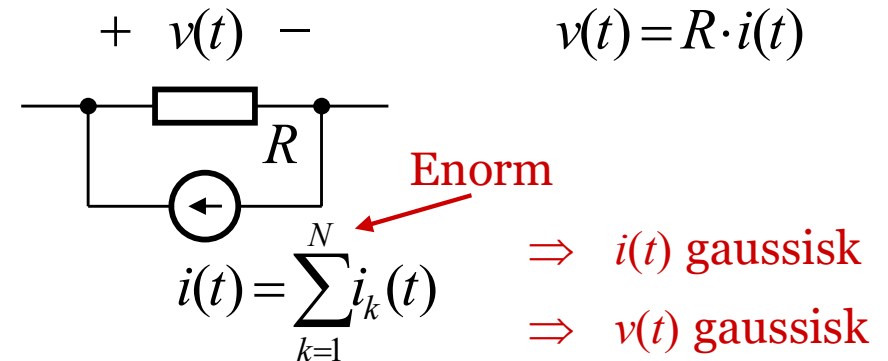
Termiskt brus 1(3) – Fysiken bakom

Ett motstånd:



Termiska rörelser hos elektroner
⇒ Slumpmässiga lokala strömmar
⇒ Slumpmässiga lokala spänningar
⇒ Slumpmässig total spänning

Modell:

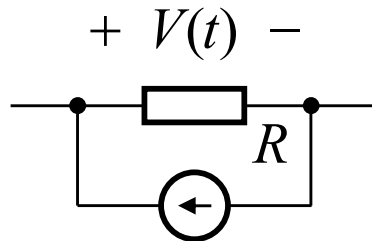


Korta pulser, nästan enhetsimpulser
⇒ $i(t_1)$ & $i(t_2)$ nästan oberoende
för $t_1 \neq t_2$

Vitt gaussiskt brus

Termiskt brus 2(3) – Spektraltäthet

Fortsatt modell:



Vitt gaussiskt brus med

$$R_V(f) = \frac{N_0}{2} = 2kTR$$

$k \approx 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ (Boltzmanns konstant)

T = Absolut temperatur i Kelvin.

R = Resistans i Ohm.

$h \approx 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (Plancks konstant)

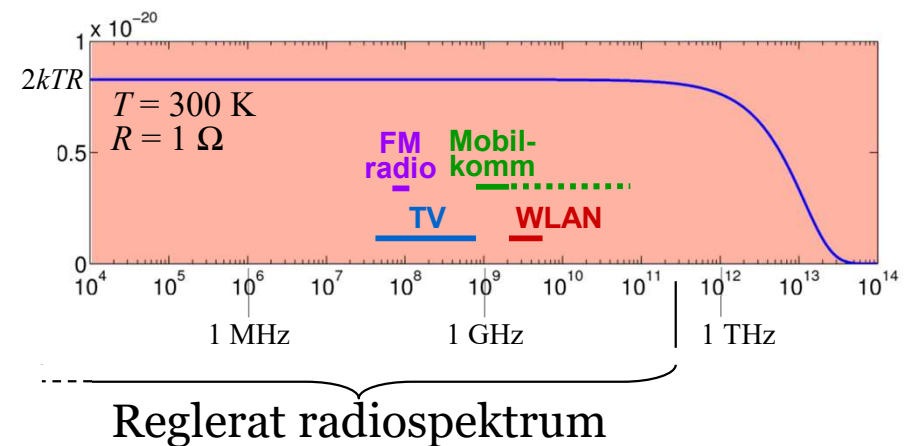
Mer exakt modell:

Gaussiskt brus med

$$R_V(f) = \frac{2Rh|f|}{e^{h|f|/kT} - 1}$$

Notera:

$$R_V(f) \rightarrow 2kTR \quad \text{när} \quad f \rightarrow 0$$



Termiskt brus 3(3) – Hur stort är stort?

Kol

Densitet: 1.5 kg/dm³

#nukleoner: 12

Atommassa: $12 \cdot 1.7 \cdot 10^{-27}$ kg/atom

$$\Rightarrow \frac{1.5}{12 \cdot 1.7 \cdot 10^{-27}} = 7.4 \cdot 10^{25} \text{ atomer/dm}^3$$

Motstånd



Tvärsnittsarea: 0.25 mm²

Längd: 2 mm

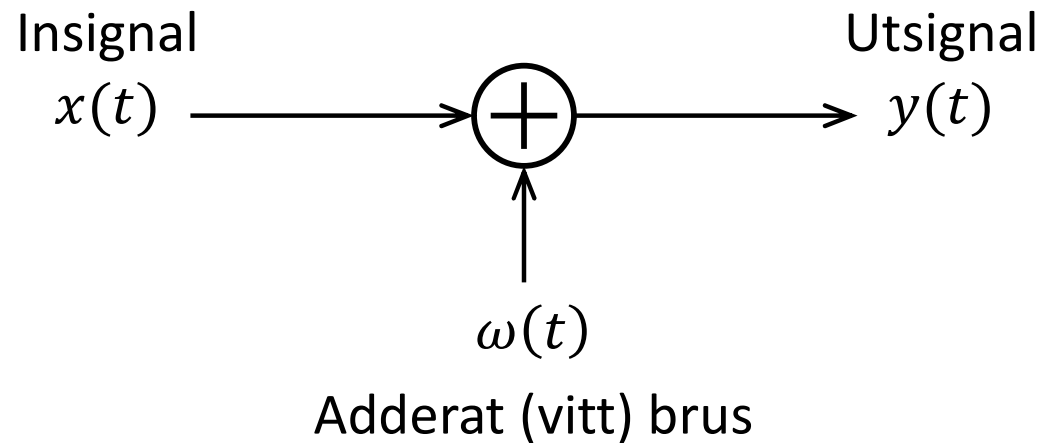
$$\Rightarrow \text{Volym } 0.5 \text{ mm}^3 = 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$\Rightarrow 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 7.4 \cdot 10^{25} \approx 3.8 \cdot 10^{19} \text{ kolatomer}$$

Kol har 4 valenselektroner/atom

$$\Rightarrow \text{Totalt } 4 \cdot 3.8 \cdot 10^{19} \approx 1.5 \cdot 10^{20} \text{ valenselektroner.}$$

Modell av en brusig kanal



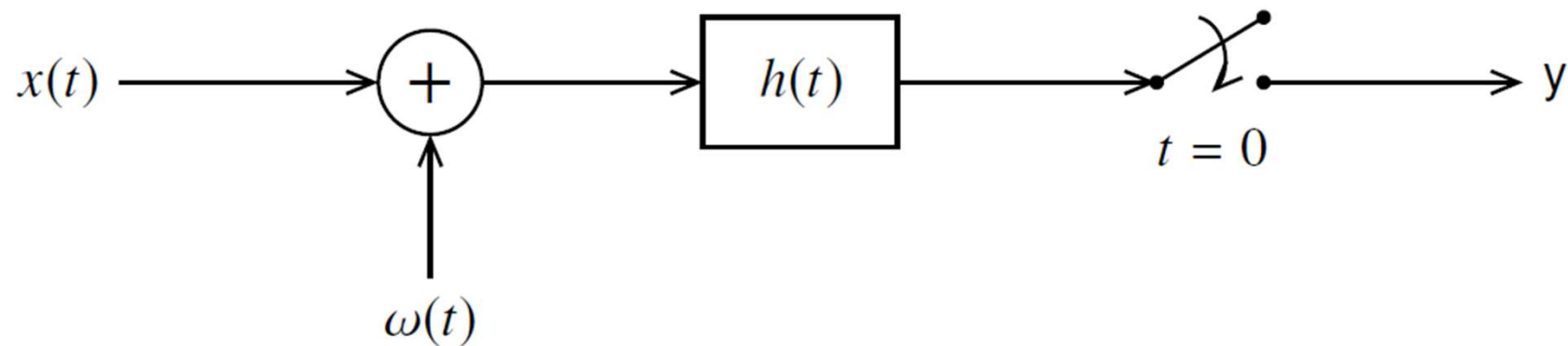
$$y(t) = x(t) + \omega(t)$$

Observerad
(mottagen) signal

Nyttosignal
(sänd signal)

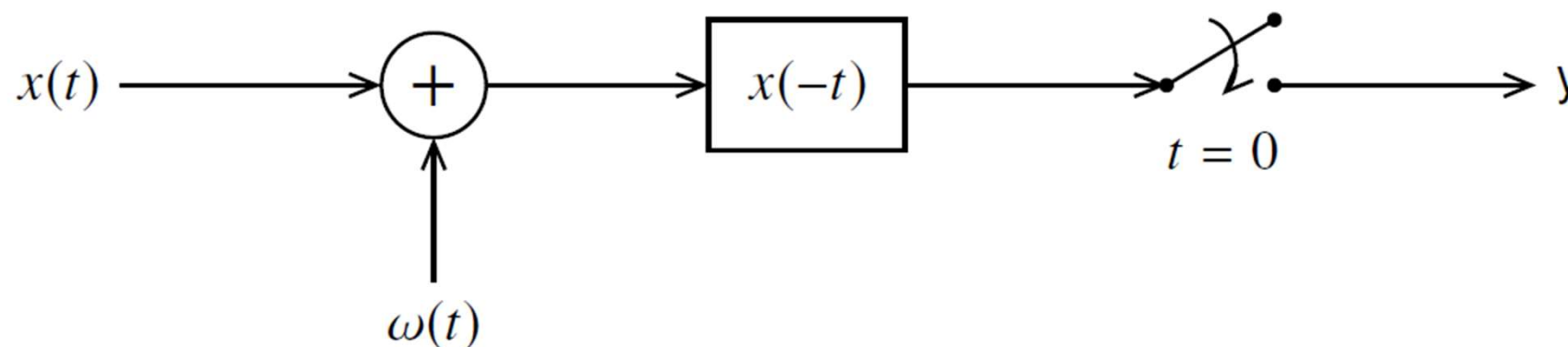
Brus / störning

Filtrering av en brusig signal



Figur 3.4 ur kursboken

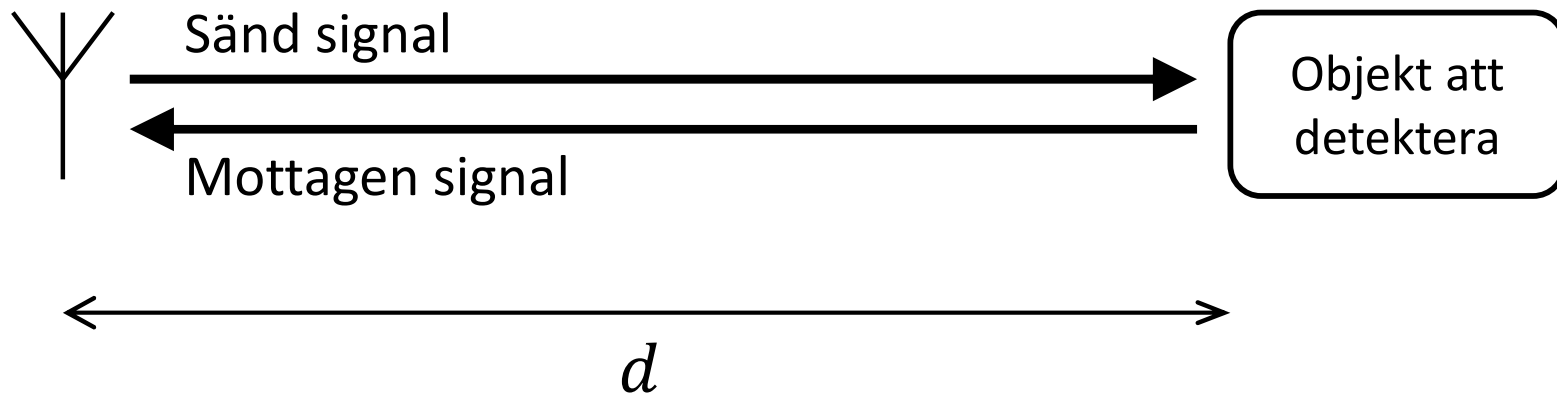
Signalanpassad filtrering och sampling av brusig signal



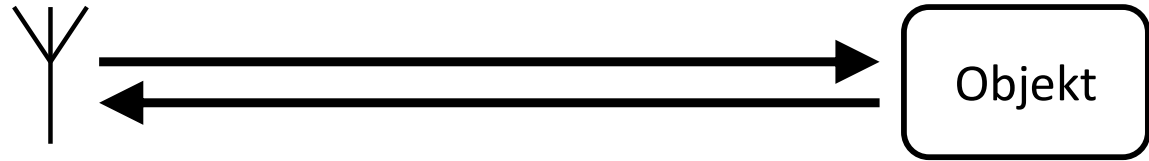
Figur 3.5 ur kursboken

Radar (ekolod) – situation

Sändar- och
mottagarantenn



Radartyper



Pulsradar

Sänder pulser

Mottagaren korrelerar mot sänd signal

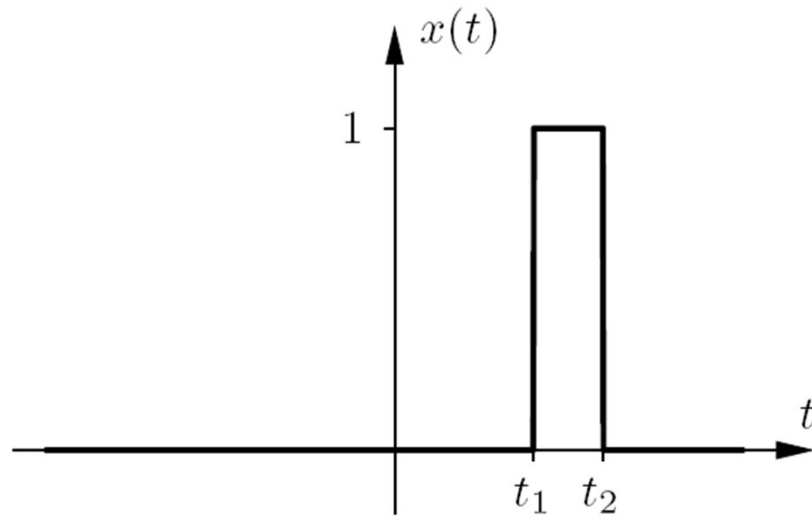
Kontinuerlig vågradar

Sänder stationära sinusvågor

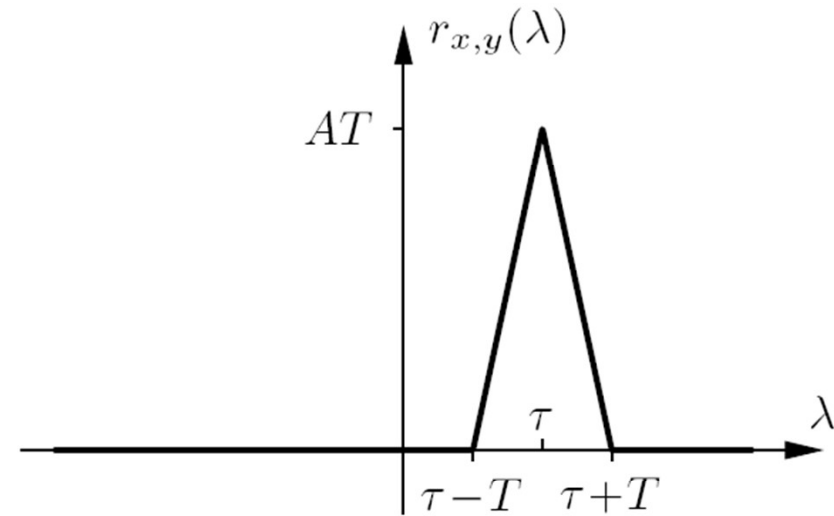
Mottagaren detekterar fasvridningar

Korrelationsfigur 1

a:



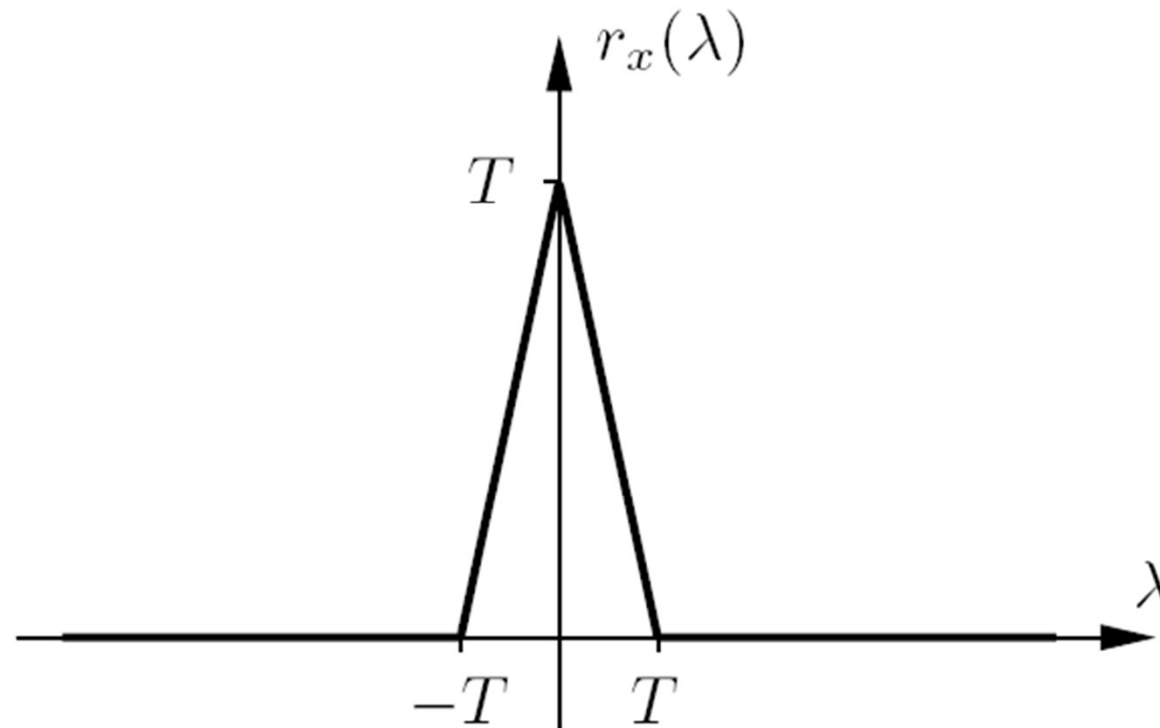
b:



Figur 1.1: a) Signalen $x(t)$ i ekvation 1.7. b) Korskorrelationen $r_{x,y}(\lambda)$ enligt ekvation 1.8.

$$T = t_2 - t_1$$

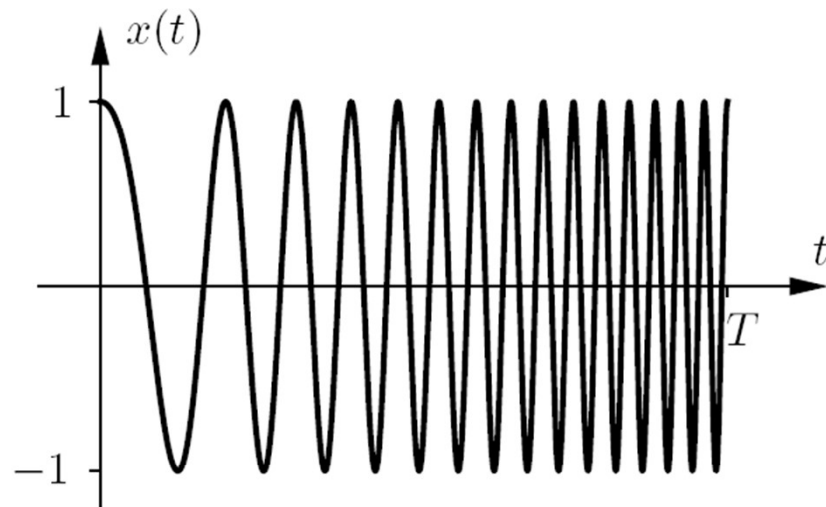
Korrelationsfigur 2



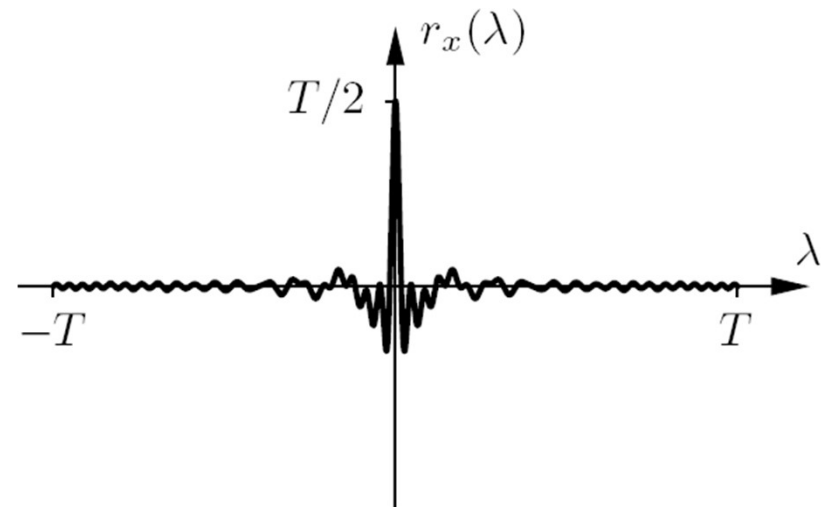
Figur 1.2: Autokorrelationen $r_x(\lambda)$ enligt ekvation 1.11.

Korrelationsfigur 3

a:

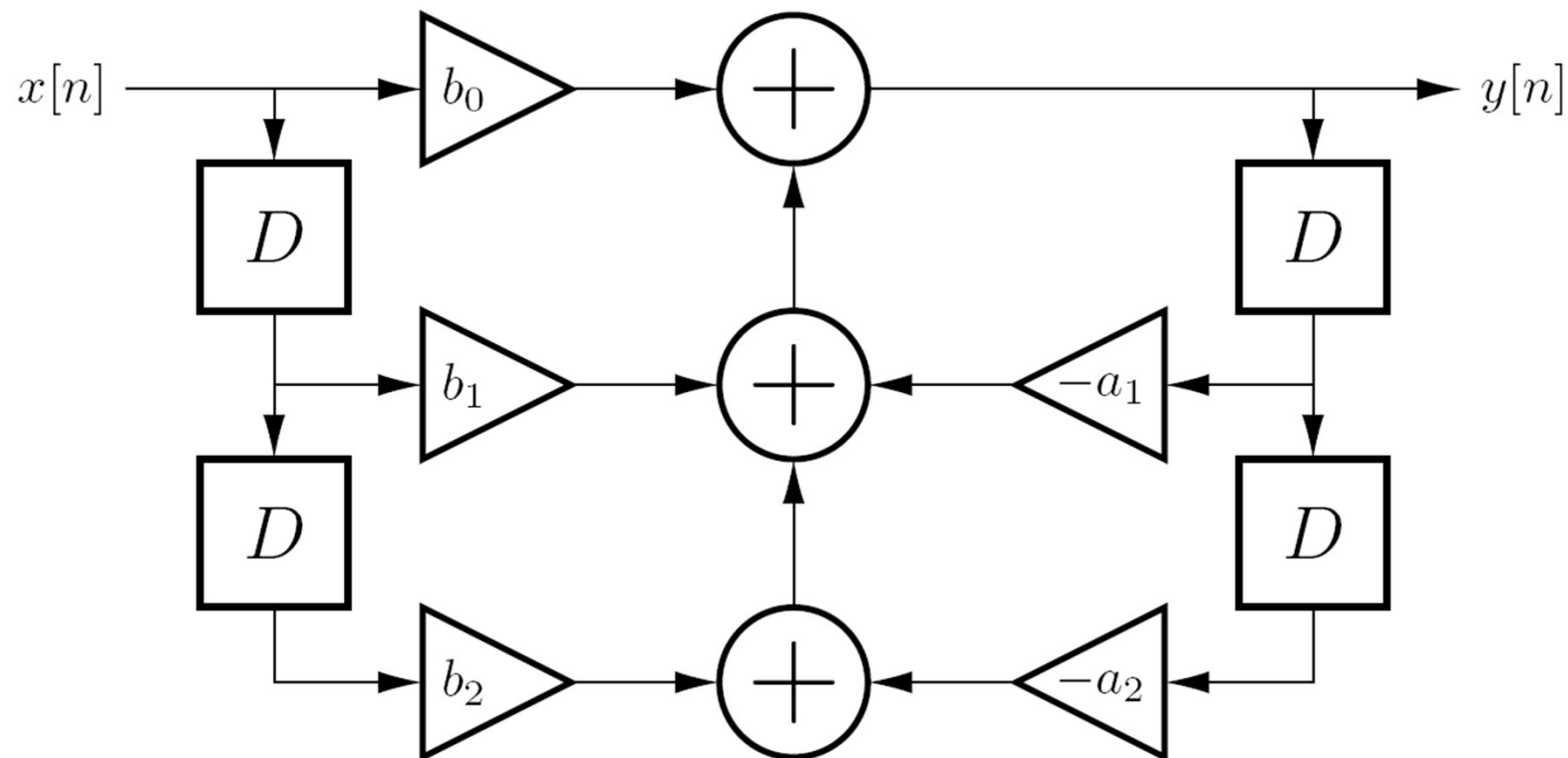


b:

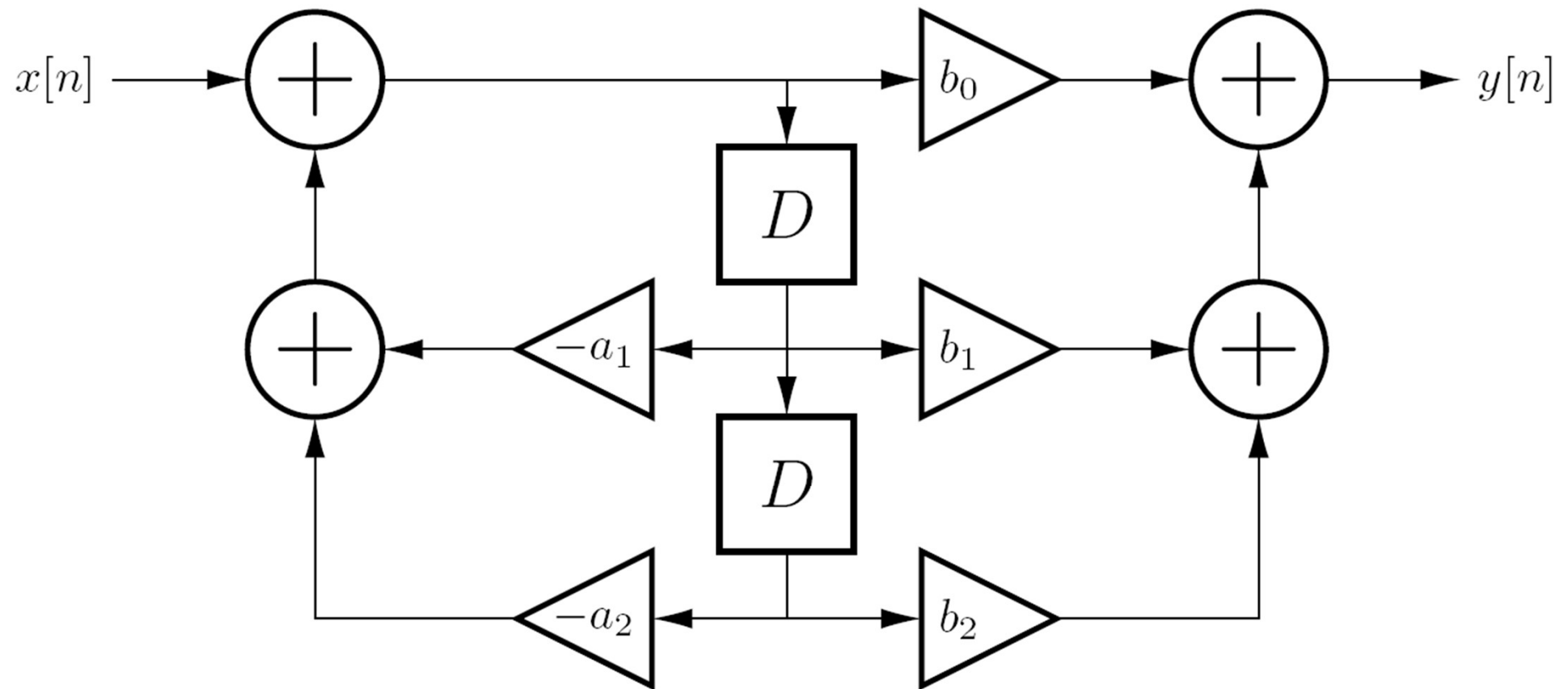


Figur 1.3: a) Chirpsignalen $x(t)$ enligt ekvation 1.15. b) Autokorrelationen för chirpsignalen $x(t)$.

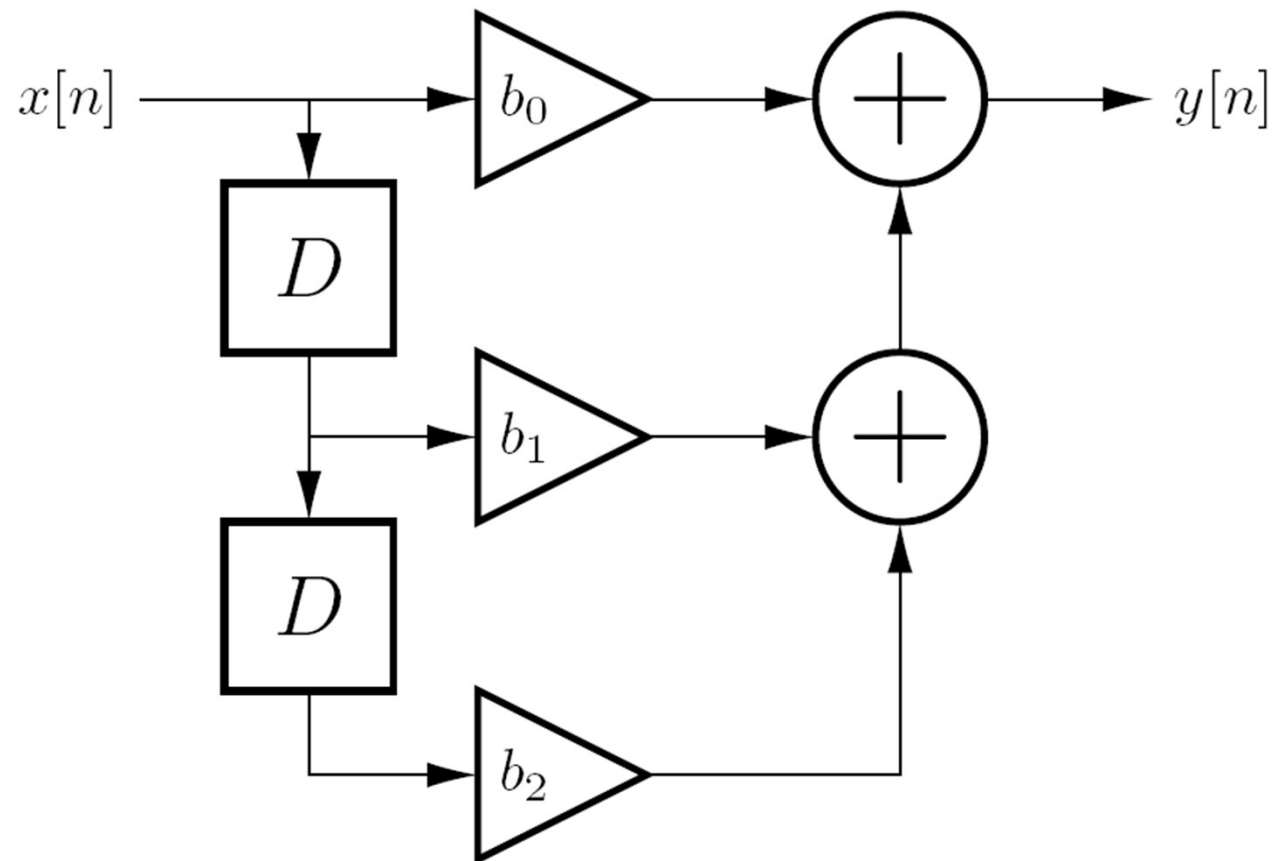
Filterfigur 5 – Direktform I



Filterfigur 6 – Direktform II



Filterfigur 7 – FIR-filter



Mikael Olofsson
ISY/CommSys

www.liu.se