Støy

Stoff fra

- Fraden kap 5.13 (Støy)
- Fraden kap 5.11 (Brokoblinger)
- Fraden kap 3 (Induktans, kapasitans, Seebeck effekt, piezoelektrisitet, (triboelektrisitet)).
- Keithley: Low level measurements handbook
- Labøving 3

Egenskaper ved støy

- Middelverdien av støysignalet er null

$$\langle V_{noise} \rangle = 0$$

- Ser på middelverdien av kvadratet

$$\langle V_{noise}^2 \rangle \neq 0$$

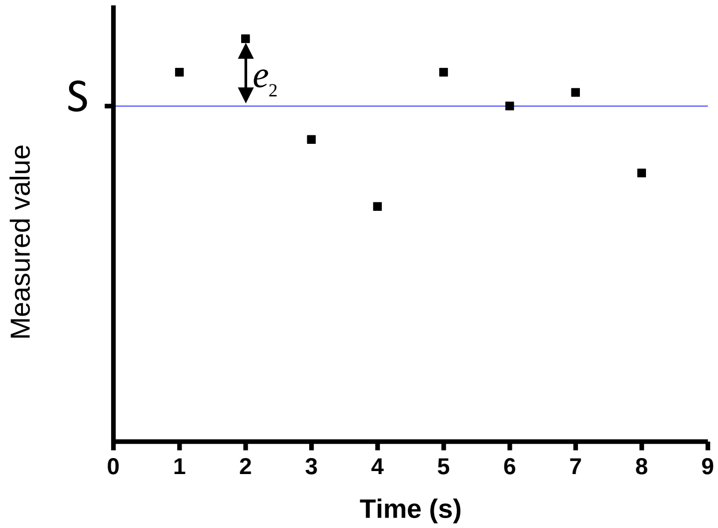
- Eller Root-Mean-Square

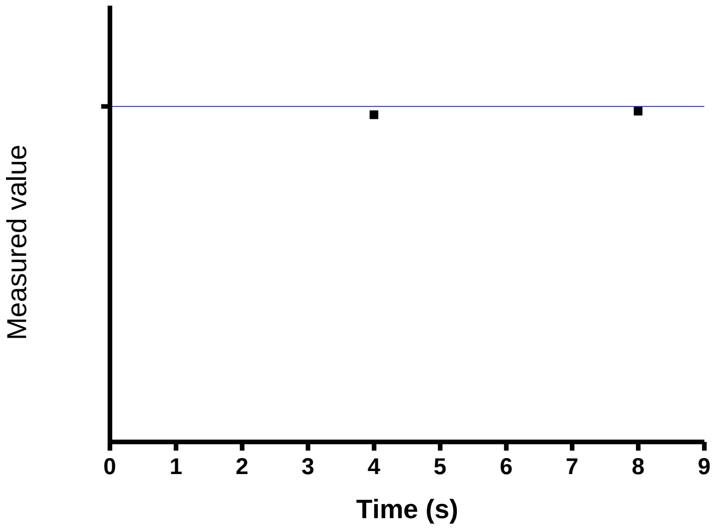
$$\sqrt{\langle V_{noise}^2 \rangle} \neq 0$$

- Mange støykilder er ukorrelerte

$$\langle V_{A+B}^2 \rangle = \langle V_A^2 \rangle + \langle V_B^2 \rangle$$

Midling





$$M_i = S + e_i$$

$$\left\langle \left(M - \langle M \rangle \right)^2 \right\rangle = \left\langle e^2 \right\rangle$$

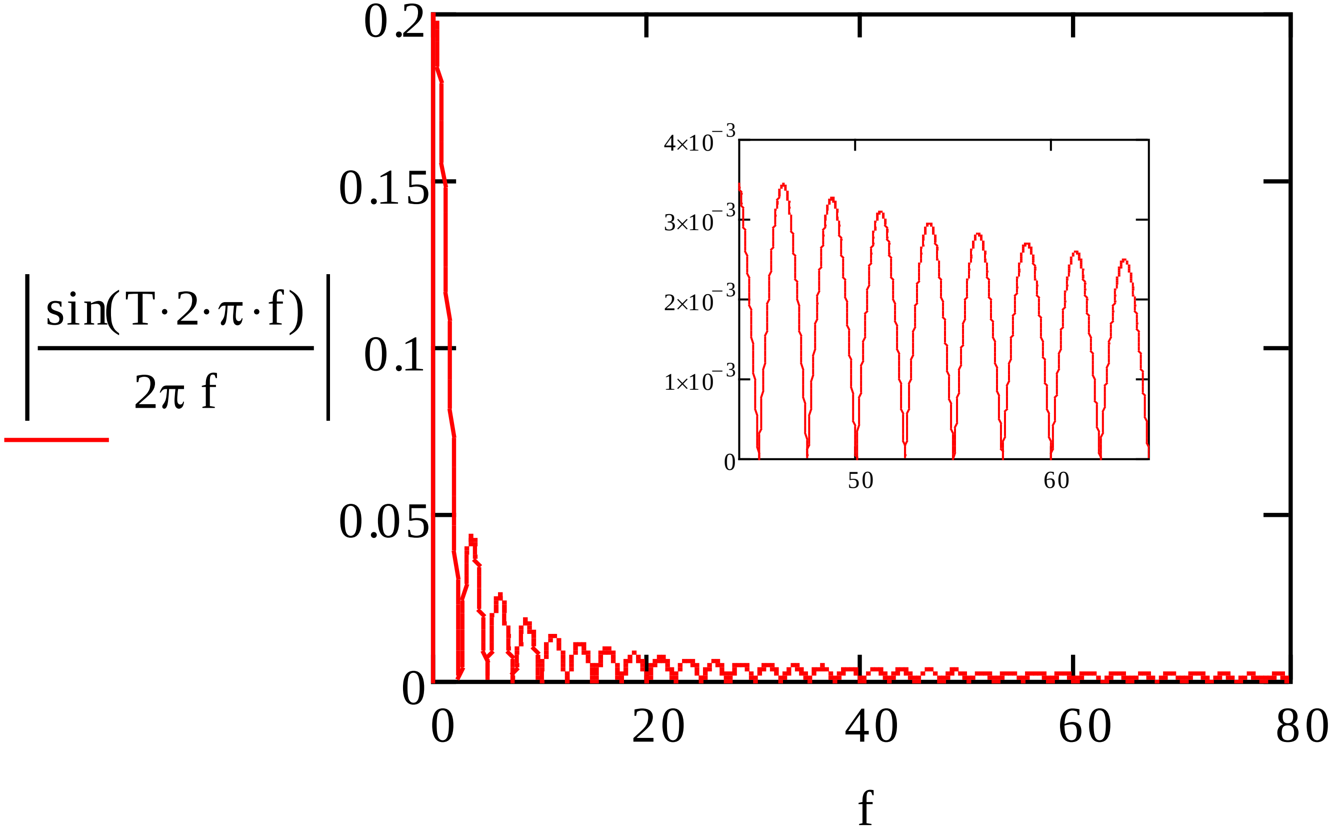
$$M = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} M_i = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} S + e_i$$

$$\left\langle \left(M - \langle M \rangle \right)^2 \right\rangle = \underline{\underline{\frac{1}{4}\left\langle e^2 \right\rangle}}$$

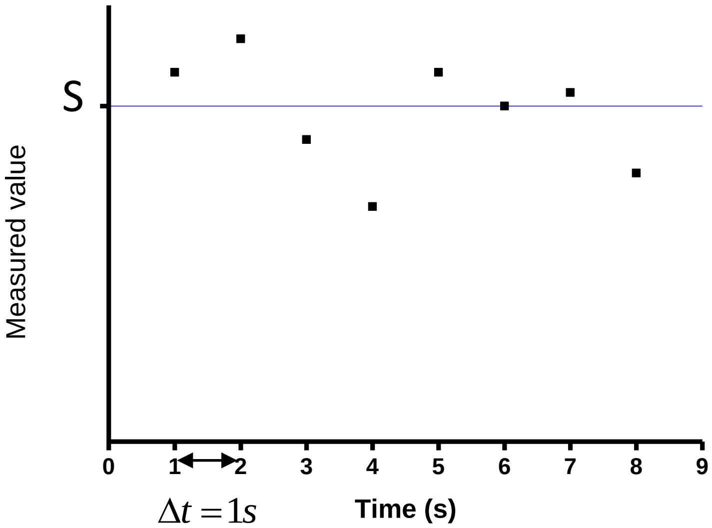
Midling over 4 punkter reduserer **standard avviket** med en faktor 2

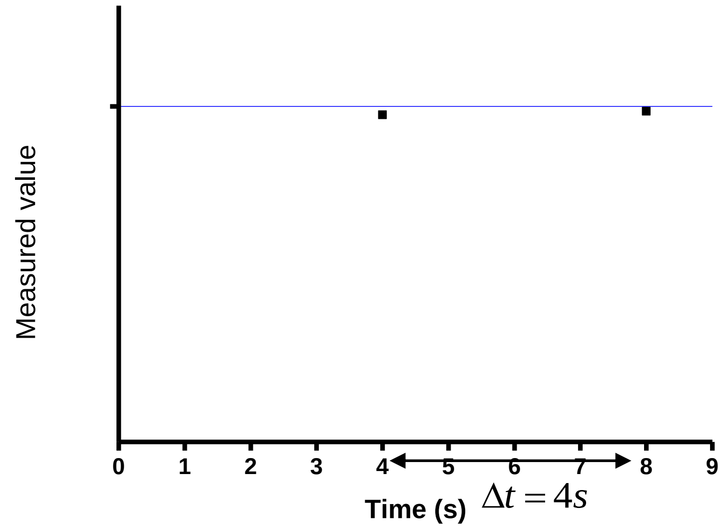
Lett å se at midling over n punkter reduserer **standard avviket** med en faktor √n

Filteregnskaper for midling over en periode T



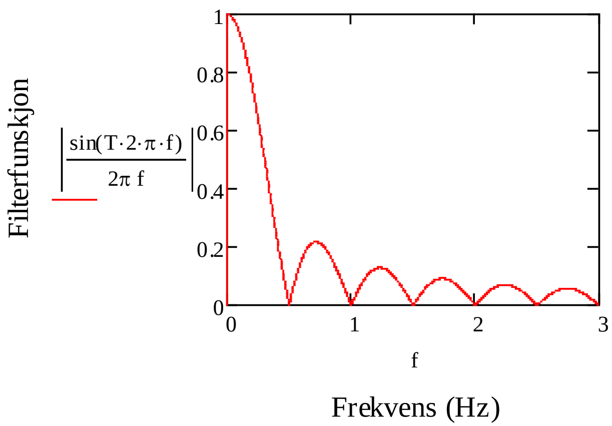
Hva med båndbredden?

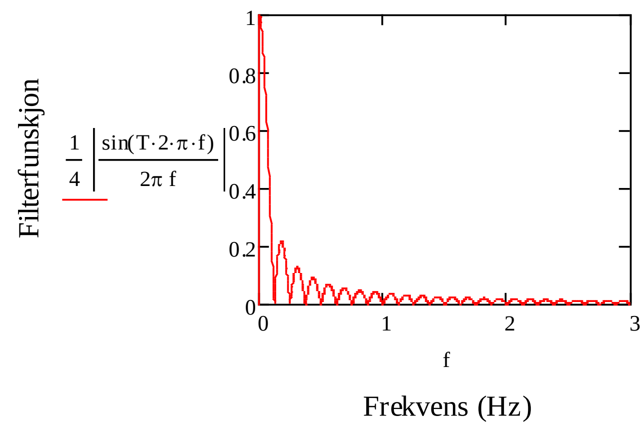




Båndbredde: $\Delta f = \frac{1}{2\Delta t} = \frac{1}{2} Hz$

$\Delta f = \frac{1}{2\Delta t} = \frac{1}{8} Hz$





20ms

Altså

Midling over n perioder:

- Reduserer RMS støyen med en fakor $1/\sqrt{n}$
- Reduserer samtidig båndbredden med en faktor 1/n

Forutsatt:

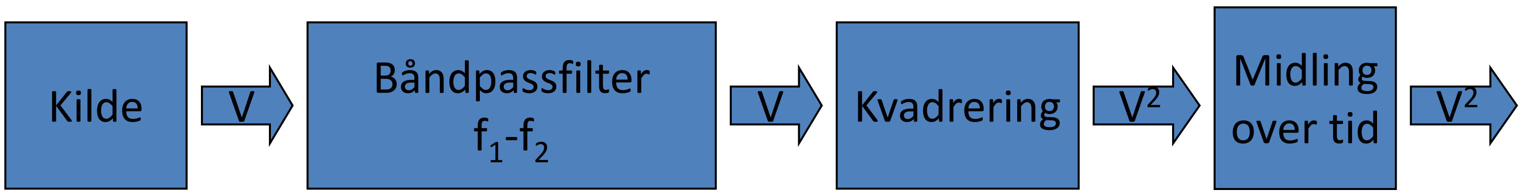
- Målingene er ukorrelerte i tid
- Støyen er hvit

Har forsøkt å sannsynliggjøre:

$$e_{rms} \propto \sqrt{\Delta f}$$

Støymåling

Kan tenke oss:

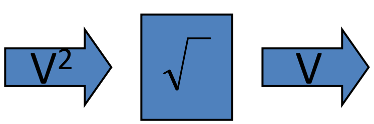


Resultatet:

- Avhenger av frekvensen vi måler ved $f=½(f_1+f_2)$
- og av båndbredden vi måler med $\Delta f=(f_2-f_1)$

$$\langle V_{noise}^2 \rangle = g(f)\Delta f$$

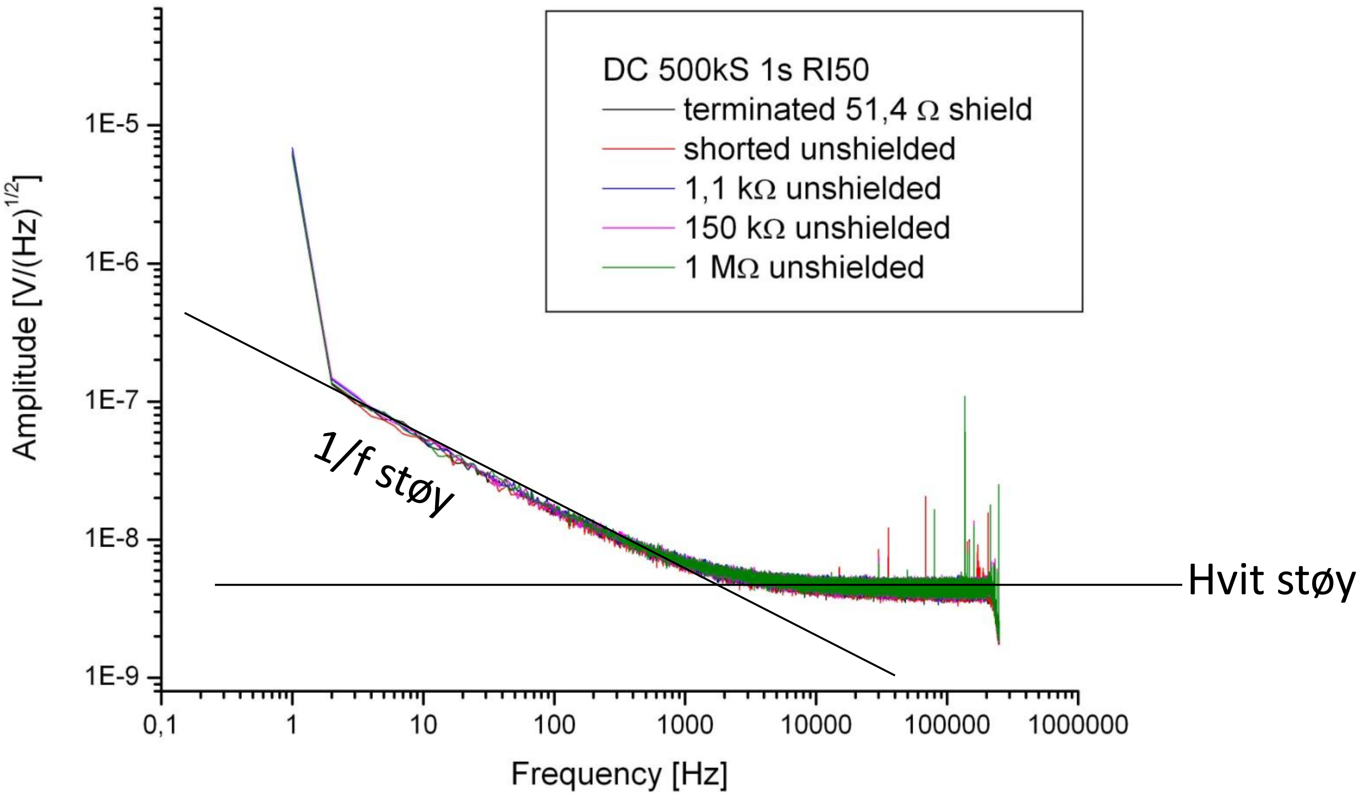
Tar ofte kvadratroten for å finne RMS verdien



$$\sqrt{\langle V_{noise}^2 \rangle} = e(f)\sqrt{\Delta f}$$

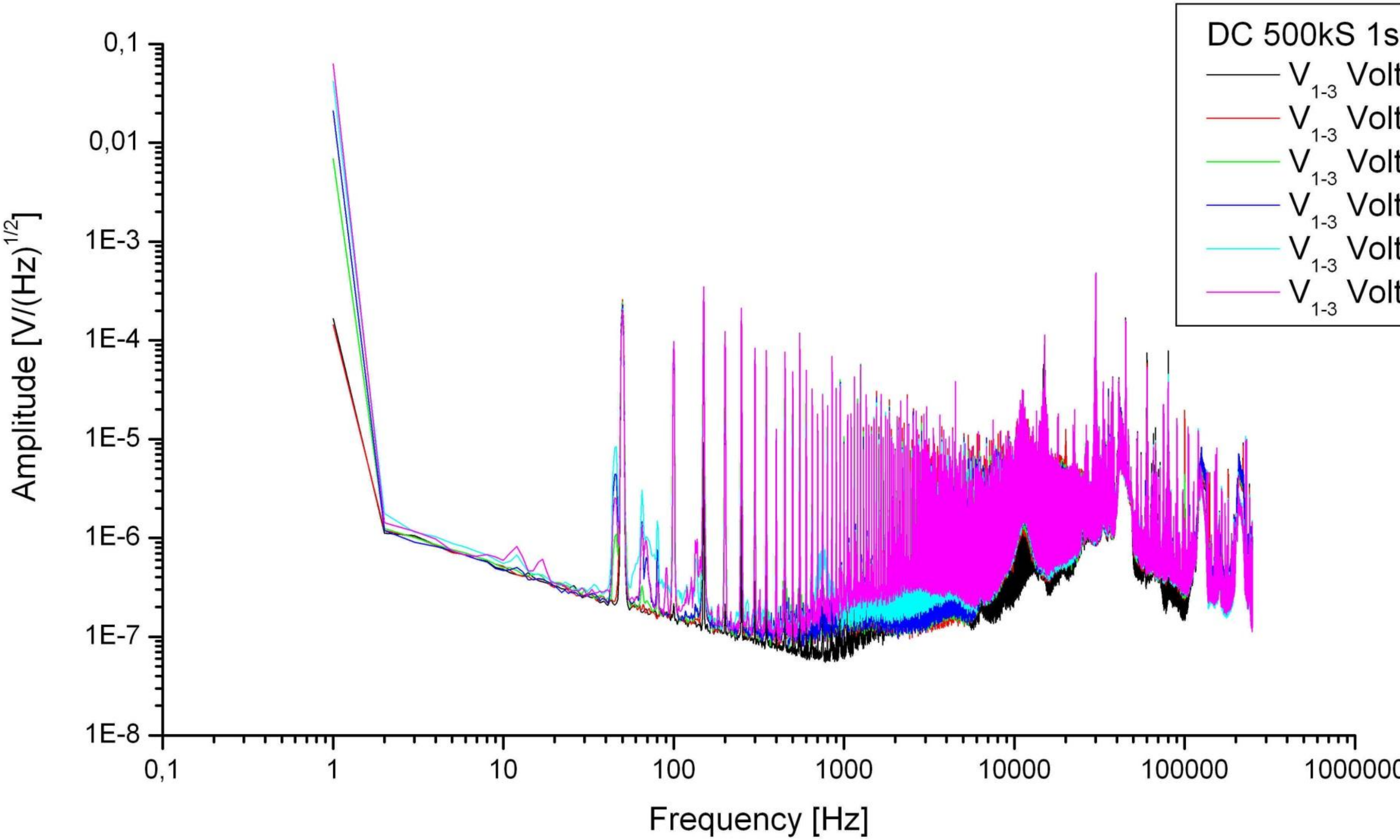
Enhet: $\frac{V}{\sqrt{Hz}}$

Eksempel 1



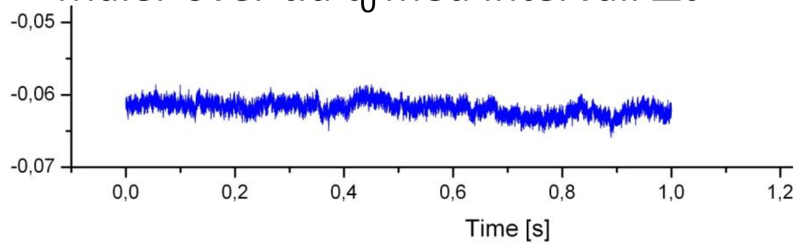
DC 500kS 1s RI50
terminated 51,4 Ω shield
shorted unshielded
1,1 kΩ unshielded
150 kΩ unshielded
1 MΩ unshielded
1E-5
1E-6
1E-7
1E-8
1E-9
Amplitude [V/(Hz)^1/2]
0,1
1
10
100
1000
10000
100000
1000000
Frequency [Hz]
1/f støy
Hvit støy

Eksempel 2: Dårlig skjermet

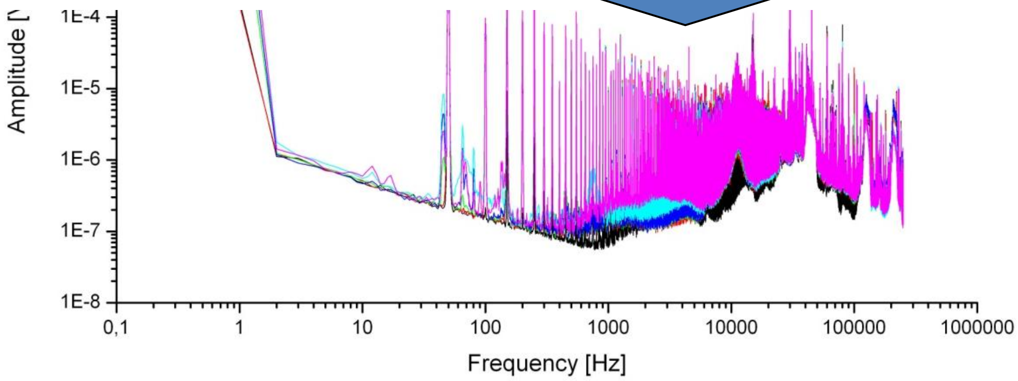


Praktisk støymåling

Måler over tid t_0 med intervall Δt



Fouriertransform



Spekter:

Båndbredde/inkrement $1/t_0$

Høyeste meningsfulle frekvens $1/(2\,\Delta t)$

$$\sqrt{\left\langle V_{noise}^{2}\right\rangle} = e(f)\sqrt{\Delta f}$$

Typer støy

Indre støy (inherent noise)

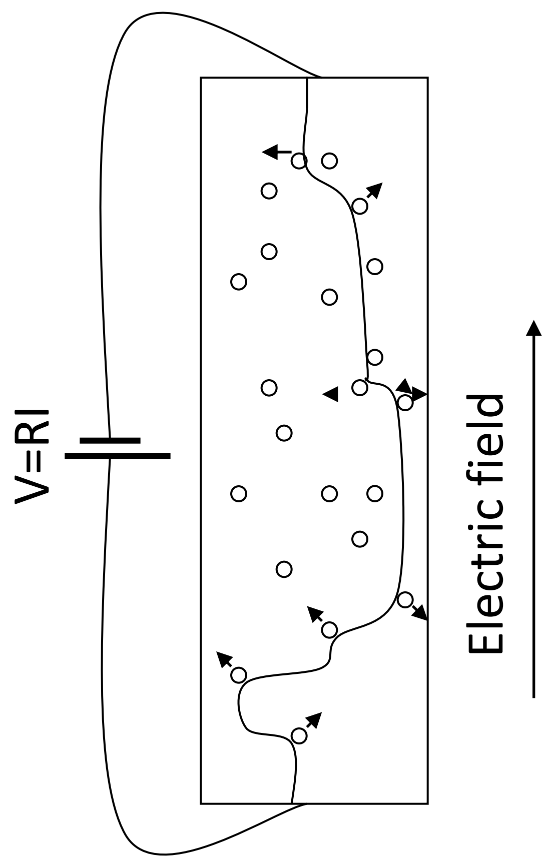
- Termisk støy (Johnson noise)
- Schottky noise
- 1/f støy

Ytre støy (transmitted noise):

- Magnetisk
- Elektrisk
- Elekromagnetisk (RF)
- Termisk
- Vibrasjoner
- Fuktighet/kjemikalier

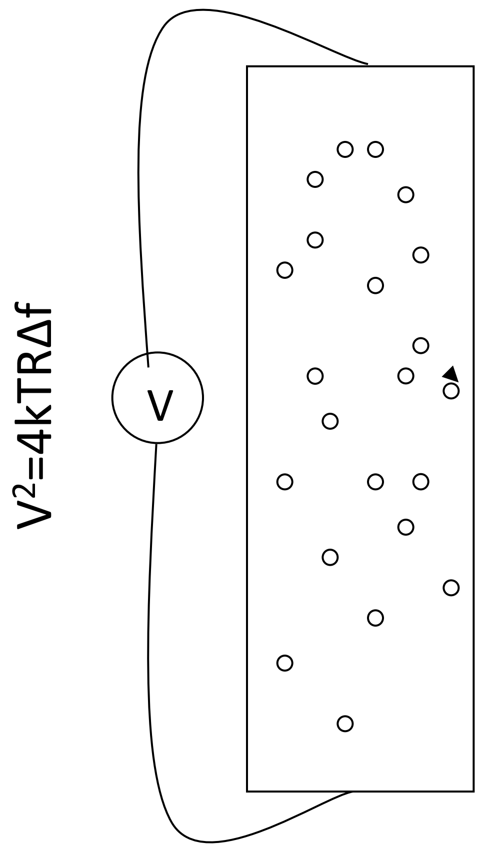
Termisk støy

Resistivity/dissipation:



Electric energy -> Heat

Noise:



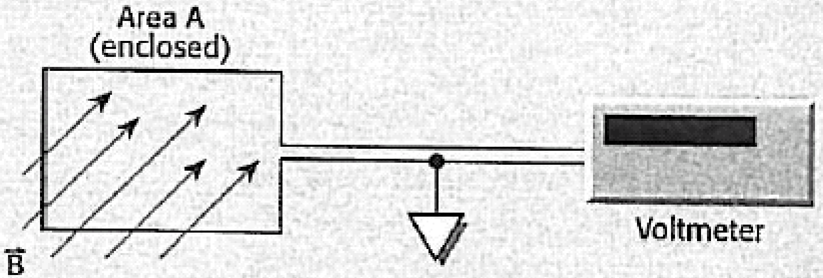
Heat -> Electric energy

1/f støy

- Mange mekanismer
  - For eksempel ”fanging” av ladningsbærere
- Avhenger av kvalitet og størrelse på komponenter
- Kan reduseres
- Umulig å bli kvitt

Induksjon i sløyfer

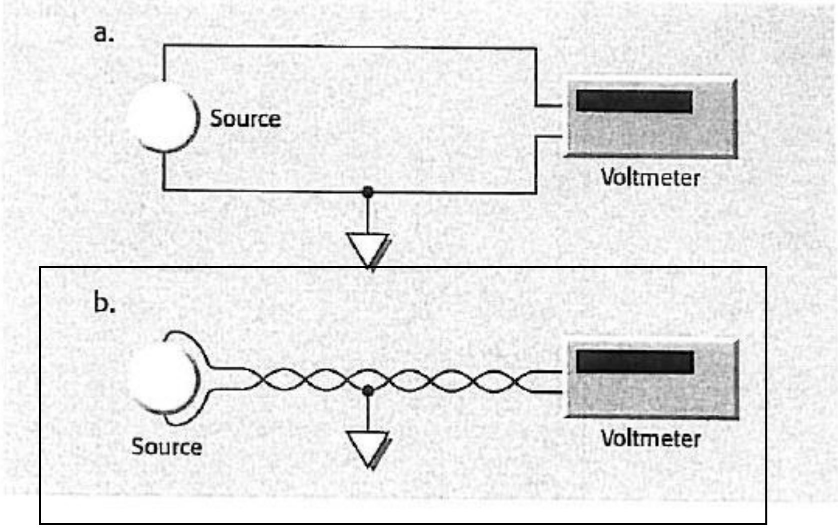
FIGURE 3-9: Low Voltages Generated by Magnetic Fields



The voltage developed due to a field passing through a circuit enclosing a prescribed area is:

$$V_B = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d(\vec{B}A)}{dt} = \vec{B}\frac{dA}{dt} + A\frac{d\vec{B}}{dt}$$

FIGURE 3-10: Minimizing Interference from Magnetic Fields



Elektromagnetisk skjerming
Eller magnetisk skjerming (vanskelig)

Skjerming

5.13 Noise in Sensors and Circuits

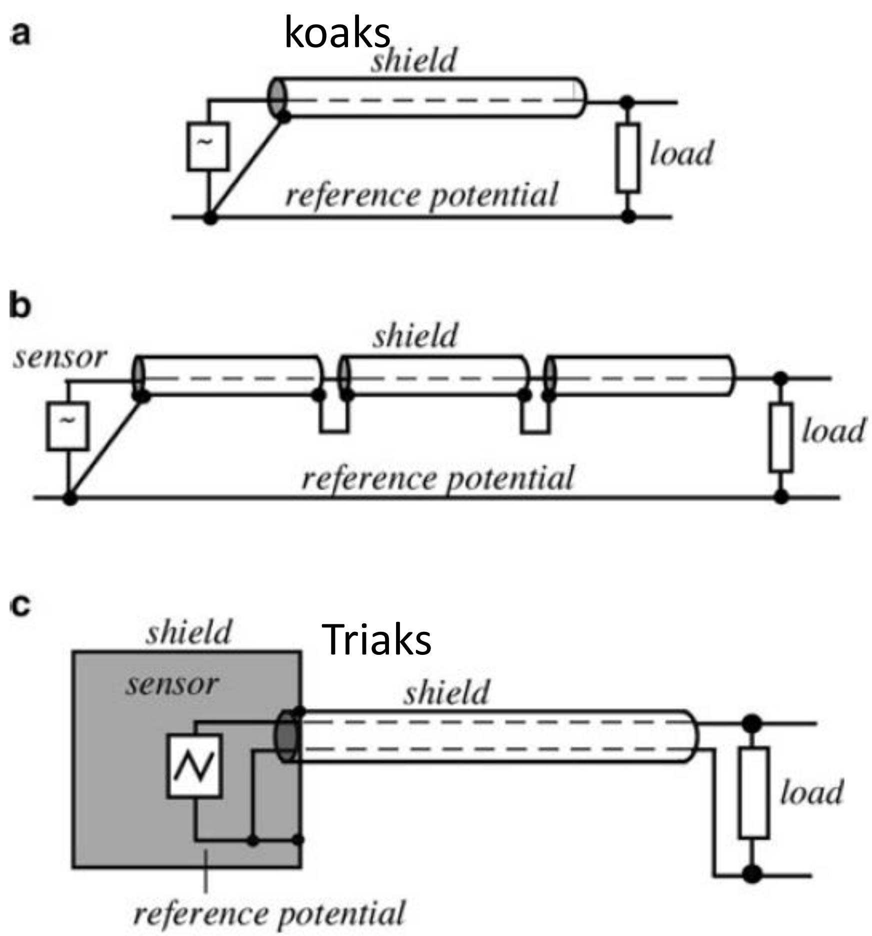
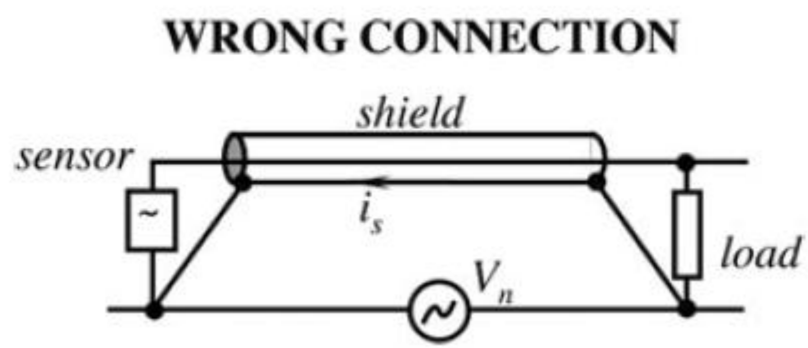


Fig. 5.48 Connections of an input cable to a reference potential



Seebeck støy

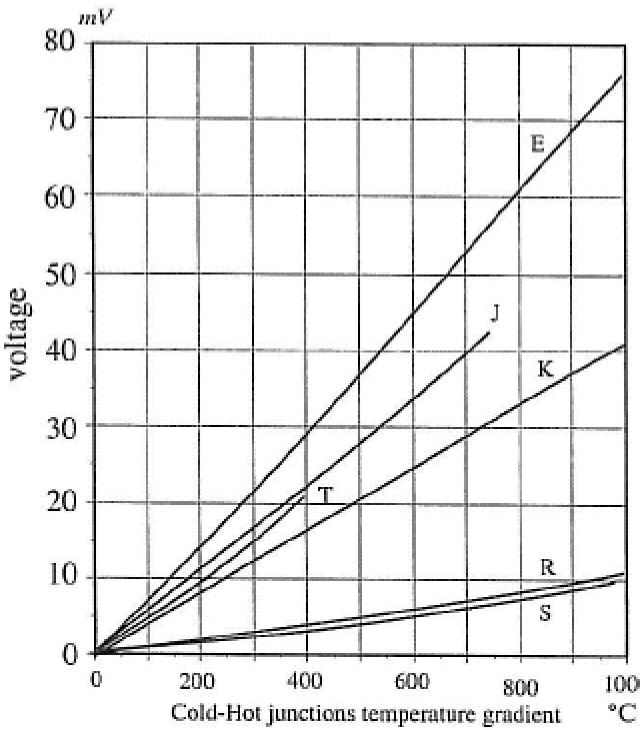
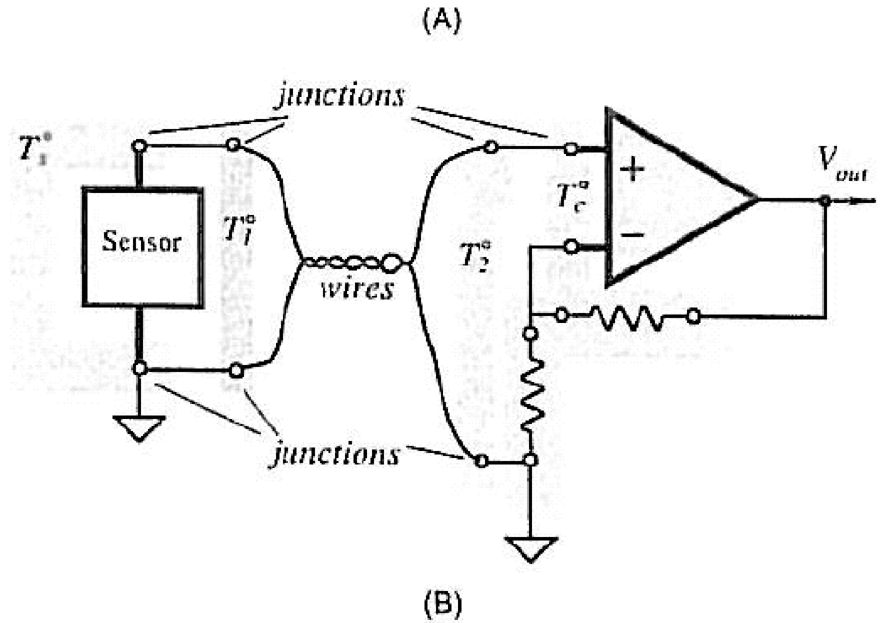


Fig. 3.36. Output voltage from standard thermocouples as functions of a cold–hot temperature gradient.



Støy i ledningsføring

- (Elektro) magnetisk induksjon
- Piezoelektrisk effekt
- Triboelektrisk effekt
- Lekkasjestrømmer (på kort)

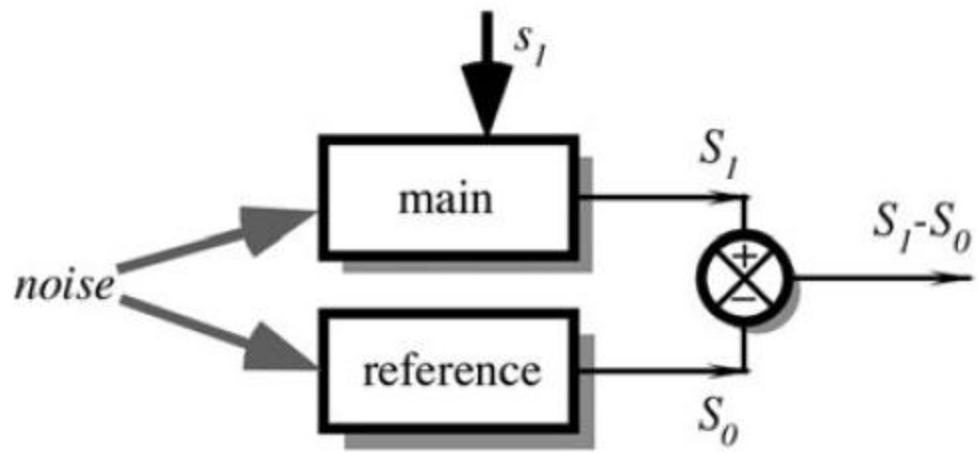
Frekvensinnhold og størrelse

Table 5.4 Typical sources of transmitted noise (adapted from [13])

External source	Typical magnitude	Typical cure
60/50 Hz power	100 pA	Shielding; attention to ground loops; isolated power supply
120/100 Hz supply ripple	3 μV	Supply filtering
180/150 Hz magnetic pickup from saturated 60/50 Hz transformers	0.5 μV	Reorientation of components
Radio broadcast stations	1 mV	Shielding
Switch-arcing	1 mV	Filtering of 5 to 100 MHz components; attention to ground loops and shielding
Vibration	10 pA (10–100 Hz)	Proper attention to mechanical coupling; elimination of leads with large voltages near input terminals and sensors
Cable vibration	100 pA	Use a low noise (carbon coated dielectric) cable
Circuit boards	$0.01 - 10\,\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ below 10 Hz	Clean board thoroughly; use Teflon insulation where needed and guard well

Subtraksjon av støy

Fig. 5.46 Differential technique



Brokobling - subtraksjon

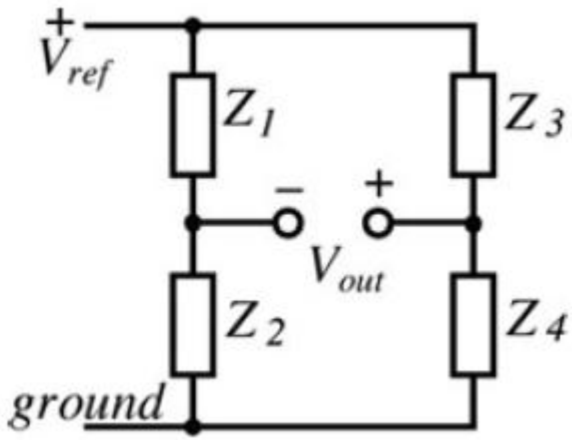
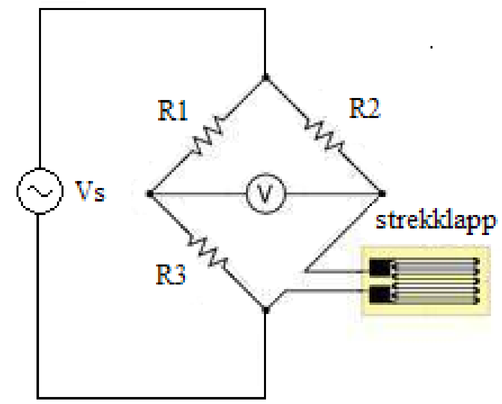


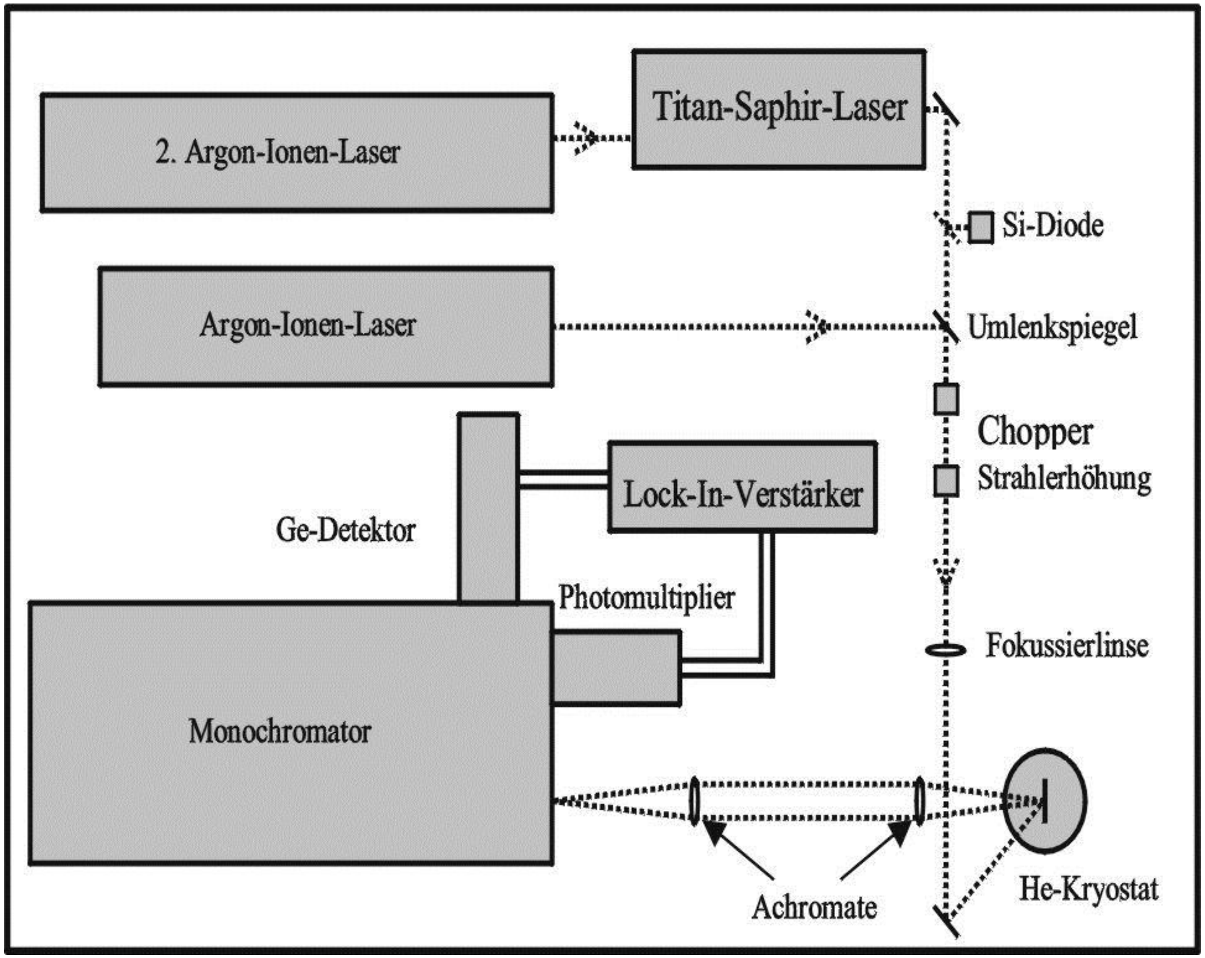
Fig. 5.37 General circuit of Wheatstone bridge

!

$$V_{out} = \left(\frac{\mathbf{Z}_1}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2} - \frac{\mathbf{Z}_3}{\mathbf{Z}_3 + \mathbf{Z}_4} \right) V_{ref},$$



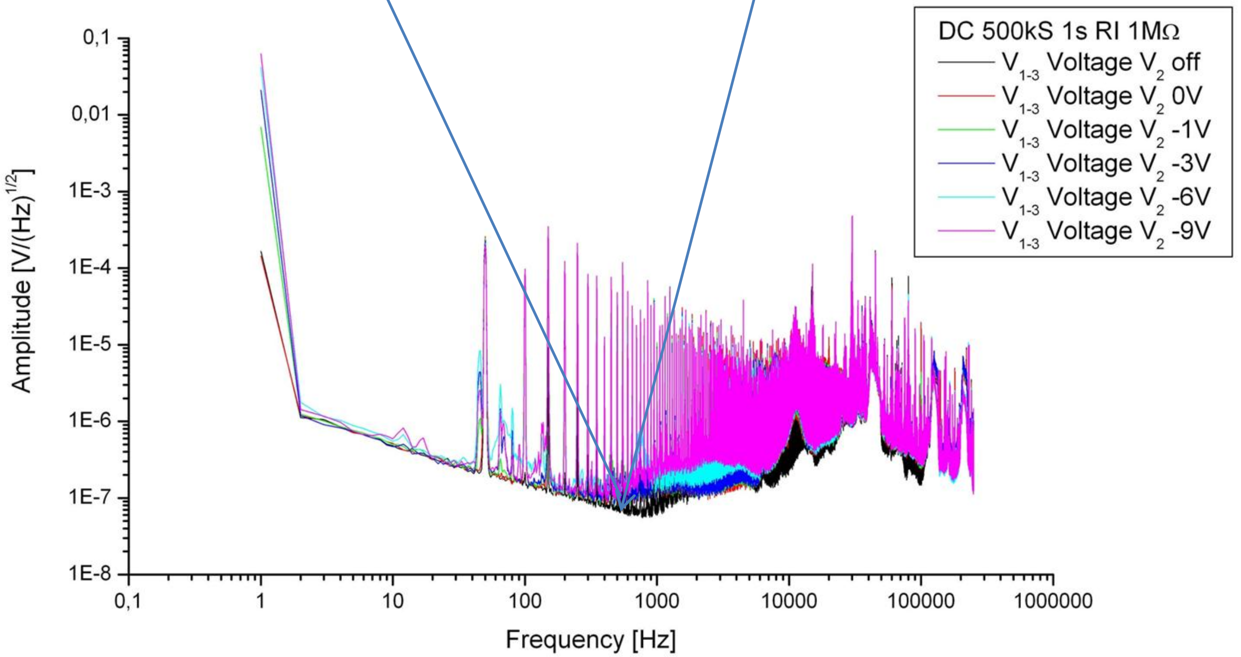
Lock-in forsterker i fotoluminiscence oppsett – Subtraksjon i tid



Brokobling - modulasjon

$$V_{out} = \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4}\right) V_{ref},$$

!

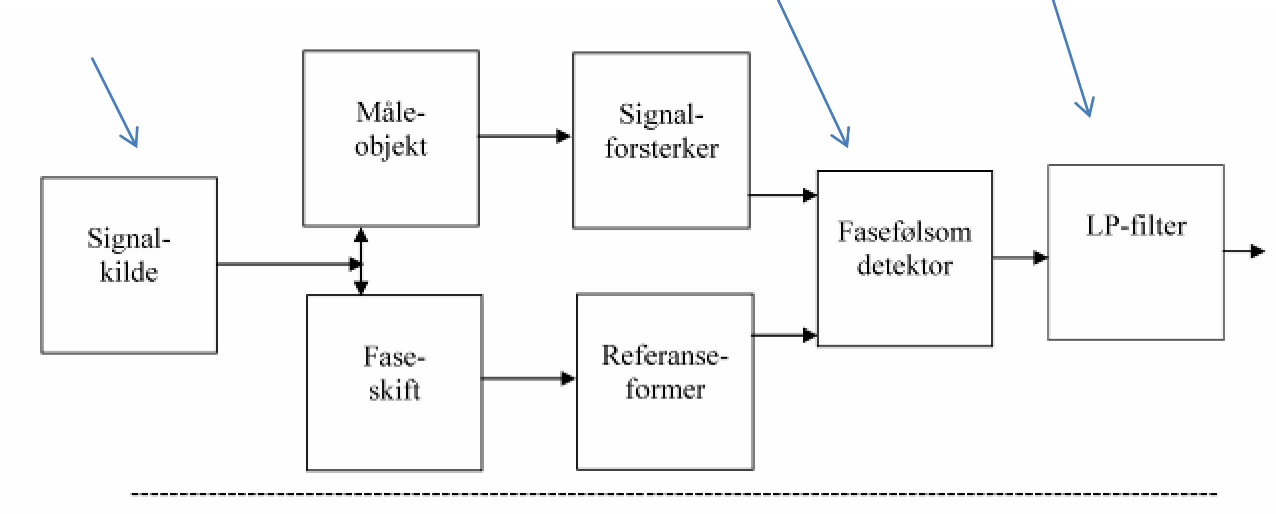


Lab 3

Fjerner støyen som har blitt med

Flytter resultatet ned igjen

Flytter målingen opp i frekvens



Noen viktige punkter

Brokobling:

1. Tar en differanse (gjør om en liten forskjell til et fullt signal)
2. Kan subtrahere støy (typisk temperatur)
3. Kan i tillegg moduleres
   – Induktive og kapasitive elementer MÅ moduleres
   – PN isolerte motstander kan IKKE uten videre moduleres

Kjært barn – mange navn

- Lock-in (forsterker)
- Fasefølsom deteksjon
- Synkron deteksjon