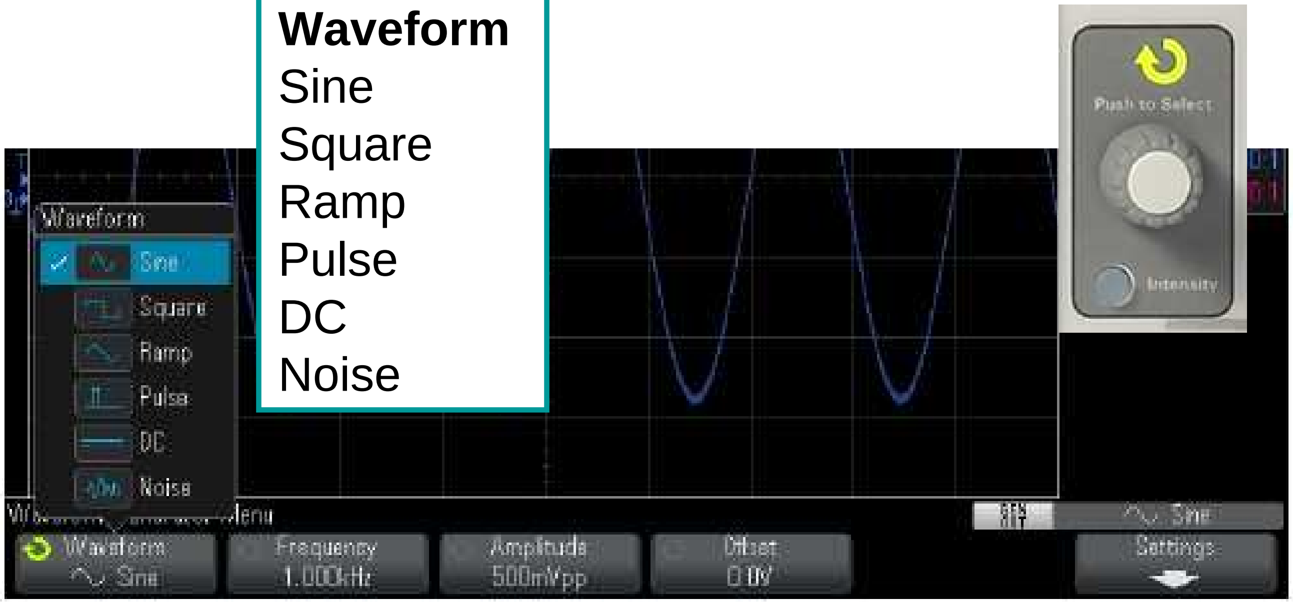
Lab 4

Några slides att repetera inför Lab 4

William Sandqvist william@kth.se

Oscilloskopets Wave-generator

Waveform
Sine
Square
Ramp
Pulse
DC
Noise



BNC-kontakt

Frequency Amplitude Offset

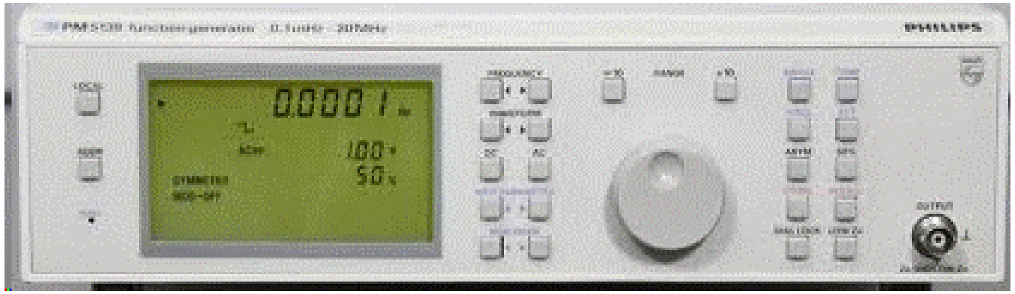
Man kan använda oscilloskopets inbyggda Wave-generator!

Output Load
High-Z
50 Ω

William Sandqvist william@kth.se

Wave-Gen eller PM3159

PM3159



Välj själv!

Wave-Gen

Nackdel: Alla oscilloskopets funktioner använder samma **Entry-ratt**! Lite som ett kombinationsverktyg.

Fördel: Man kan välja **Trigger Menu**, **Source**, **WaveGen** så har man *alltid* stabil triggning på signaler som använder Wave-generator-signalerna!

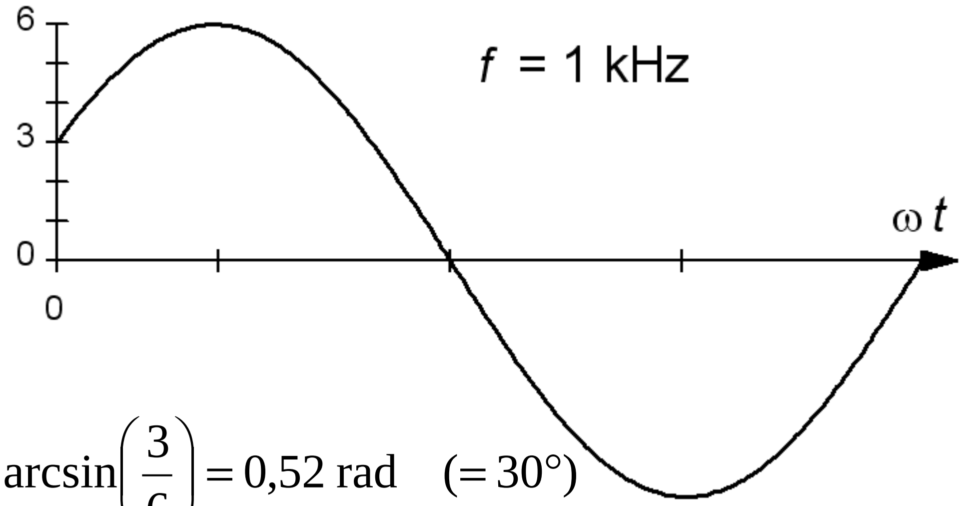
William Sandqvist william@kth.se

Fasvinkel φ

Om en sinuskurva *inte* börjar med 0 har funktionsuttrycket en fasvinkel φ.

$$u(t) = \hat{U}\sin(\omega t + \varphi)$$

Ange funktionen matematiskt:

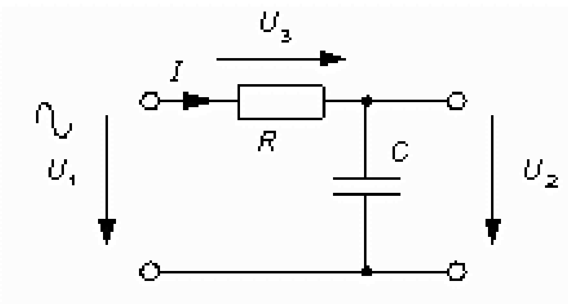


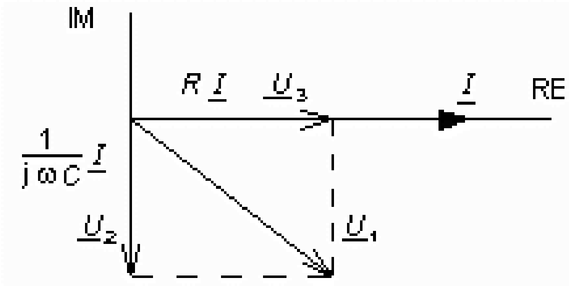
$$u(t) = 6 \cdot \sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t + \varphi)$$

$$u(0) = 3 = 6 \cdot \sin(\varphi) \quad \Rightarrow \quad \varphi = \arcsin\left(\frac{3}{6}\right) = 0{,}52 \text{ rad} \quad (= 30°)$$

$$u(t) = 6 \cdot \sin(6283 \cdot t + 0{,}52)$$

RC LP-filtret, jω



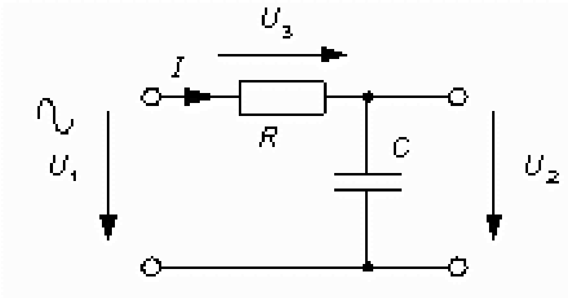


$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{j\omega C}{j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) = \arg(1) - \arg(1 + j\omega RC) = 0 - \arctan\left(\frac{\omega RC}{1}\right) = -\arctan(\omega RC)$$

RC LP-filtret, $H(\omega)$



$$\boxed{\underline{H} = \frac{1}{1+\mathrm{j}\omega RC}} \qquad \mathrm{abs}(\underline{H}) = H = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} \qquad \arg(\underline{H}) = -\arctan(\omega RC)$$

Vid den vinkelfrekvens då $\boxed{\omega RC = 1}$, blir nämnarens realdel och imaginärdel lika. Detta är filtrets gränsfrekvens.

$\omega \approx 0$	$\omega \approx \frac{1}{RC} \quad \omega RC = 1$	$\omega >> \frac{1}{RC}$	$\omega \to \infty$
$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{1}{\sqrt{1+0}} \approx 1$	$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0{,}71$	$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{1}{\omega RC}$ avtar med ω 0,1ggr/dekad	$\frac{U_2}{U_1} \to 0$
$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx \arctan 0 \approx 0^\circ$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx 0 - \arctan 1 = -45^\circ$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx -\arctan(\omega RC)$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \to -90^\circ$

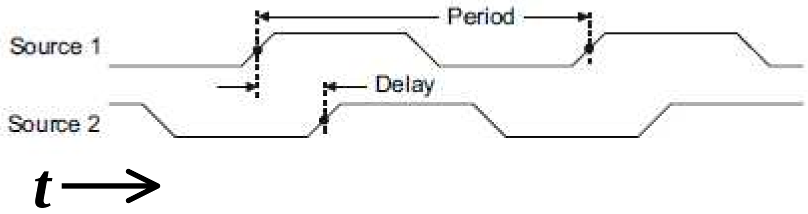
William Sandqvist william@kth.se

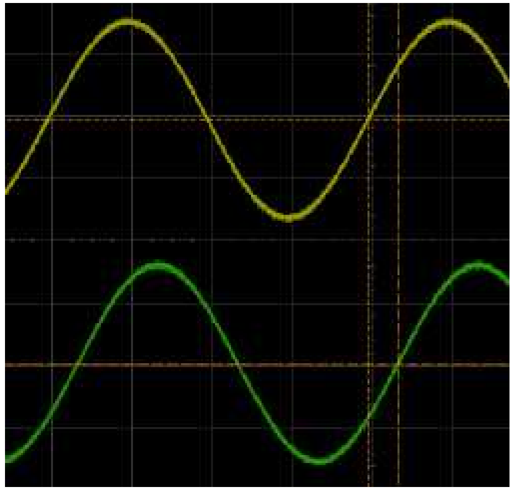
Mätning av fas

Phase

Phase is the calculated phase shift from source 1 to source 2, expressed in degrees. Negative phase shift values indicate that the rising edge of source 1 occurred after the rising edge of source 2.

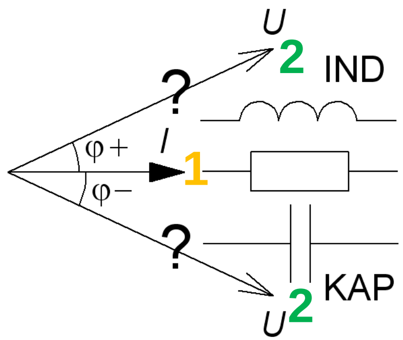
$$\text{Phase} = \frac{\text{Delay}}{\text{Source 1 Period}} \times 360$$





Oscilloskopet mäter fas som tids-fördröjning. En positiv tidsfördröjning ses som en positiv fasvinkel.

I elläran ser vi en positiv tids-fördröjning som att signalen ”släpar efter” och har en **negativ** fasvinkel.



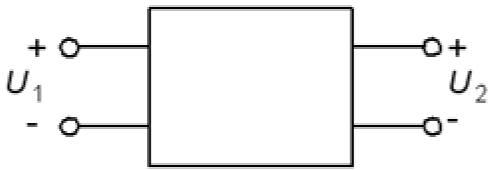
Byt från **Phase(1→2)** till **Phase(2→1)** !

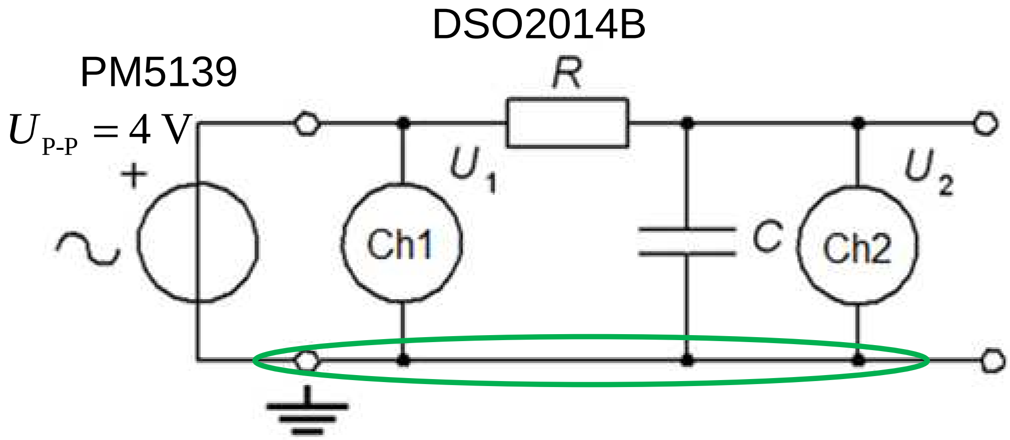
Ställ in …

Meas, Phase, Settings, Source1 2, Source2 1, *så blir det rätt!*

William Sandqvist william@kth.se

Mätning av överföringsfunktion





$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{U_{CH2}}{U_{CH1}} \qquad \varphi = \arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) = Phase(2 \rightarrow 1)$$

ger vinkeln det rätta tecknet!

- Mät och ”plotta” RC-filtrets överföringsfunktion.

William Sandqvist william@kth.se

Logaritmisk skala

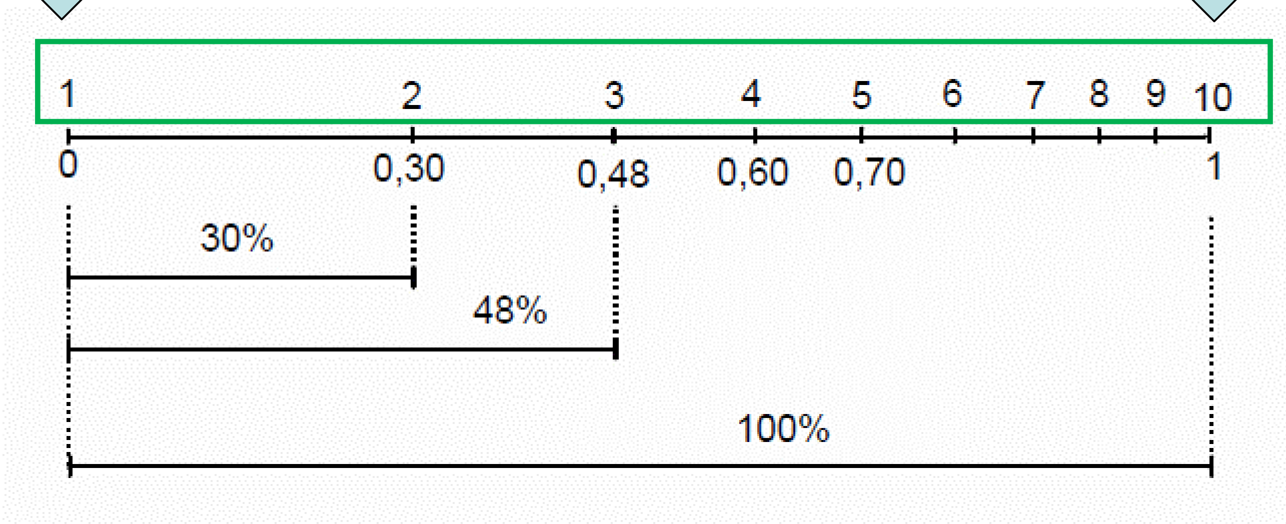
Så här fungerar en logaritmisk skala:

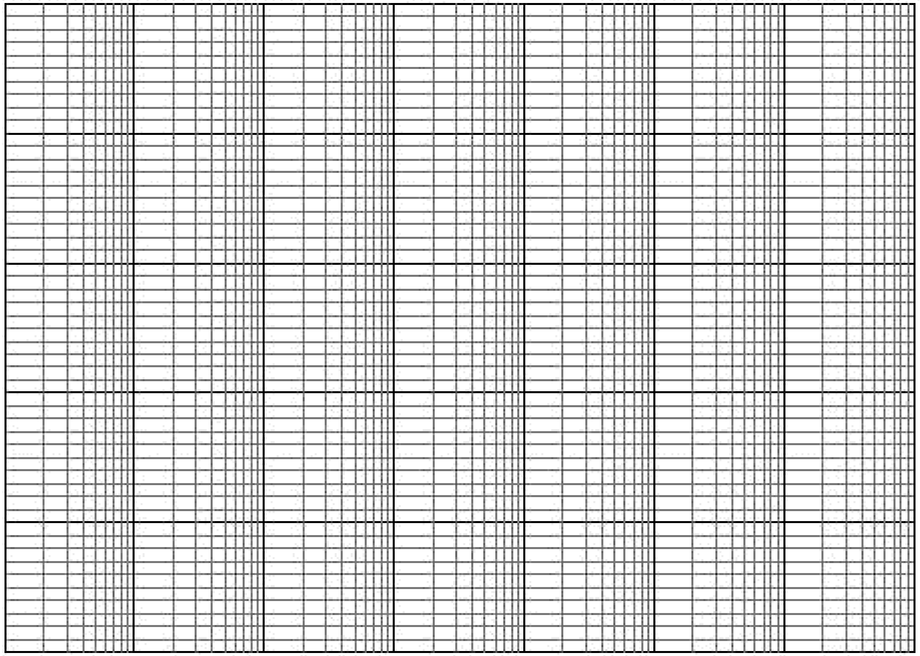
… 0,001 0,01 0,1 1 10 100 1000 10000 …

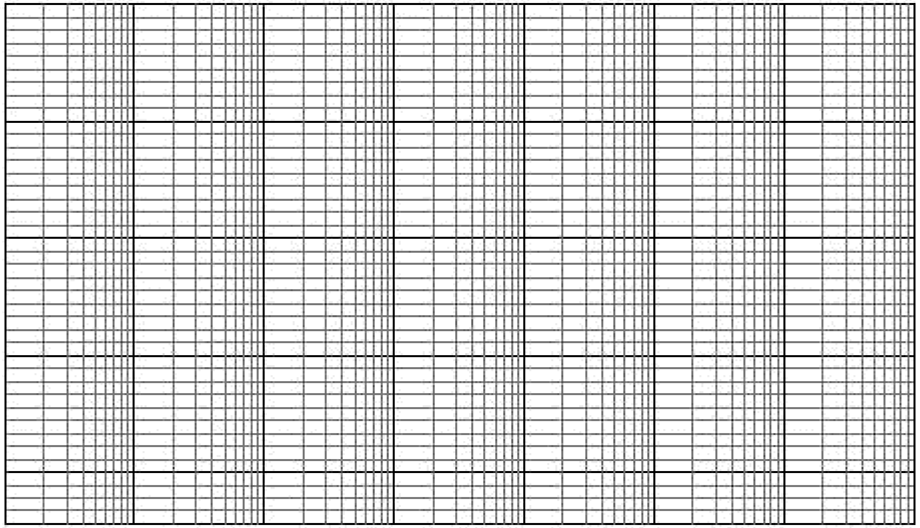
0-punkt finns inte!

0-punkt finns inte!

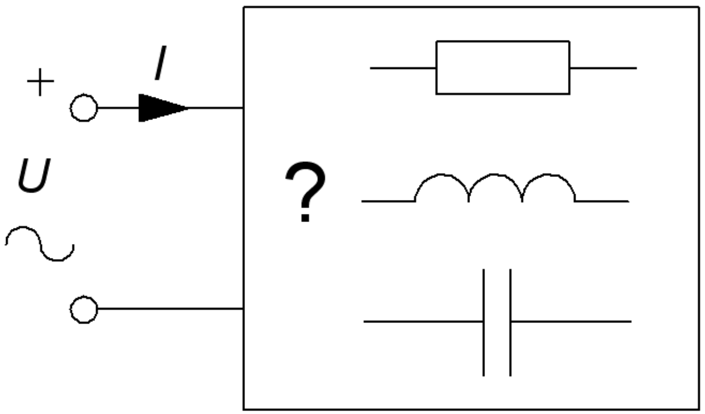
0-punkt finns inte!

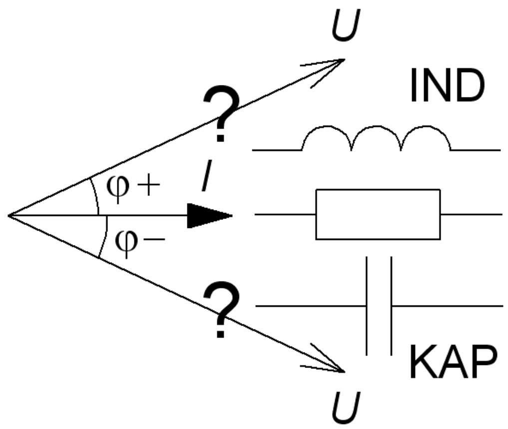






Impedans R L C





$$\boxed{Z = \frac{U}{I}}$$

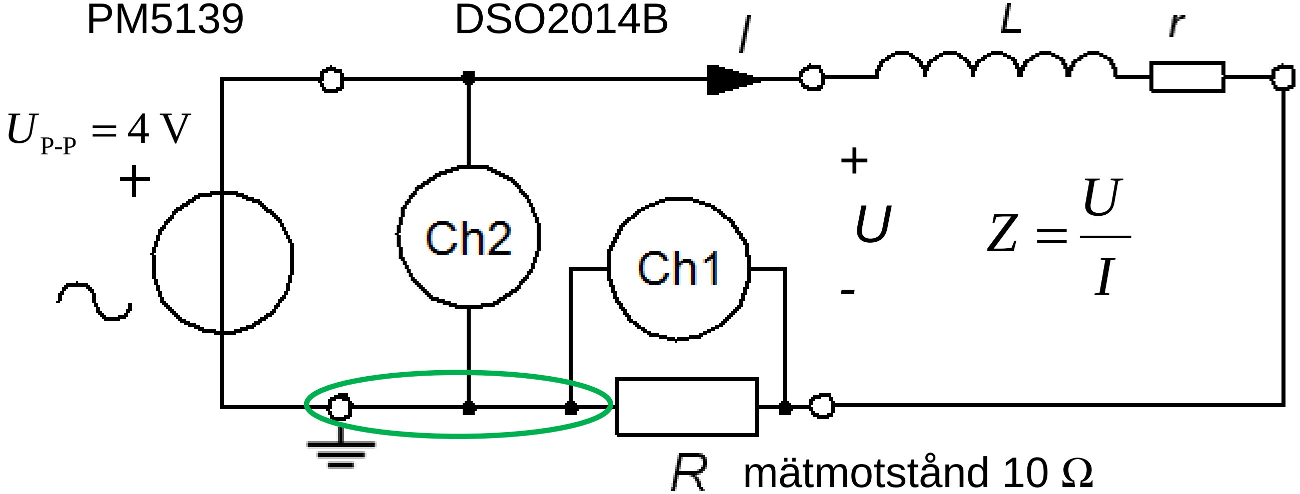
$$\varphi = \arg(\underline{Z}) = \arg\left(\frac{\underline{U}}{\underline{I}}\right) = \arg(\underline{U}) - \arg(\underline{I}) = \{\arg(\underline{I}) = 0\} = \arg(\underline{U})$$

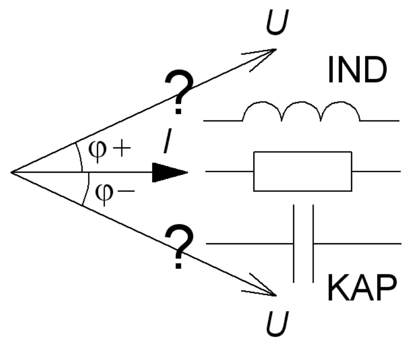
William Sandqvist william@kth.se

Mätning av impedans Z

Oscilloskop kan bara mäta **spänningar**. Ett mätmotstånd *R* 10 Ω gör om strömmen till en spänning!

PM5139 DSO2014B





$\underline{U} \approx \underline{U}_{CH2}$ om *R* är litet i förhållande till *Z*.

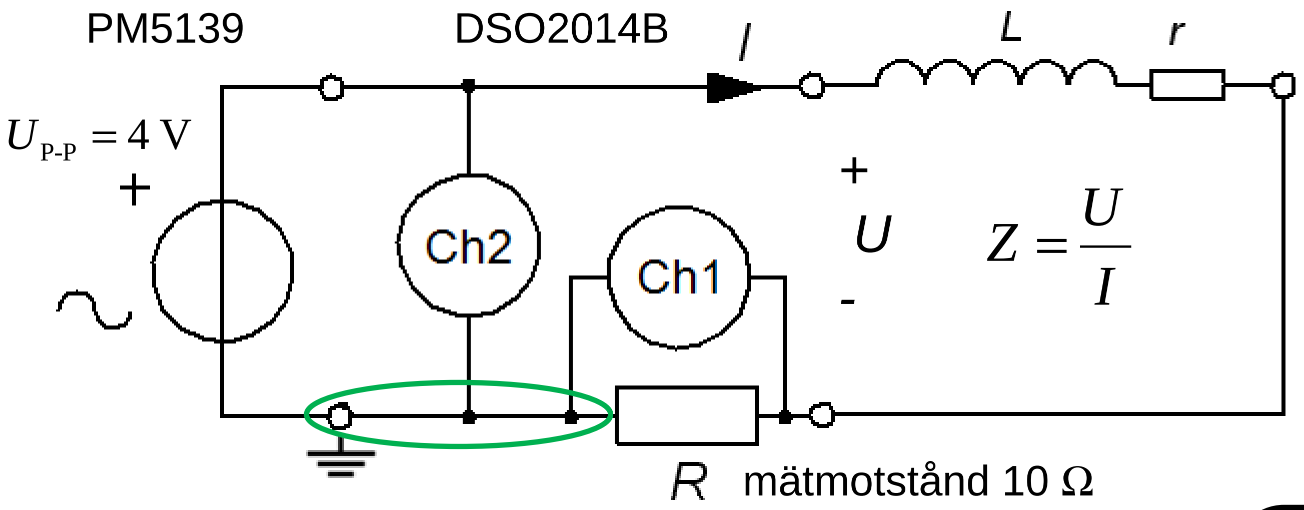
$$I = \frac{U_{CH1}}{R} \qquad Z \approx \frac{U_{CH2}}{I} = \frac{U_{CH2}}{U_{CH1}} R$$

$$Z \approx \frac{U_{CH2}}{U_{CH1}} R$$

φ = Phase(2→1)

William Sandqvist william@kth.se

Mätning av impedans Z 45°



- Mät *Z* när fasvinkelns belopp är så *nära* **45°** som möjligt. Beräkna sedan *L* och *r*.

$$Z_{45^\circ}^2 = r^2 + (2\pi f_{45^\circ} L)^2 \quad r = 2\pi f_{45^\circ} L \quad \Rightarrow$$

$$r = \frac{Z_{45^\circ}}{\sqrt{2}} \quad L = \frac{r}{2\pi f_{45^\circ}} \quad L = ? \quad r = ?$$

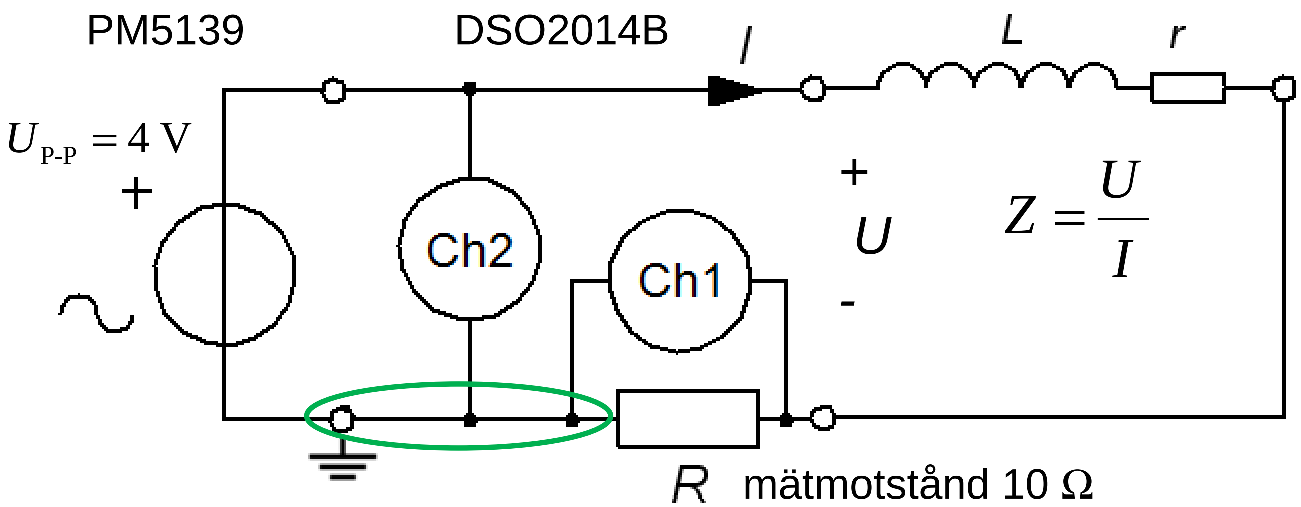
- Tag också reda på vid vilka *ungefärliga frekvenser* som fasvinkelns belopp är 30° och 60°. $f_{30^\circ} \approx ?$ $f_{60^\circ} \approx ?$

$$Z \approx \frac{U_{CH2}}{U_{CH1}} R$$

φ = Phase(2→1)

William Sandqvist william@kth.se

(*Oundvikligt mätfel!*)

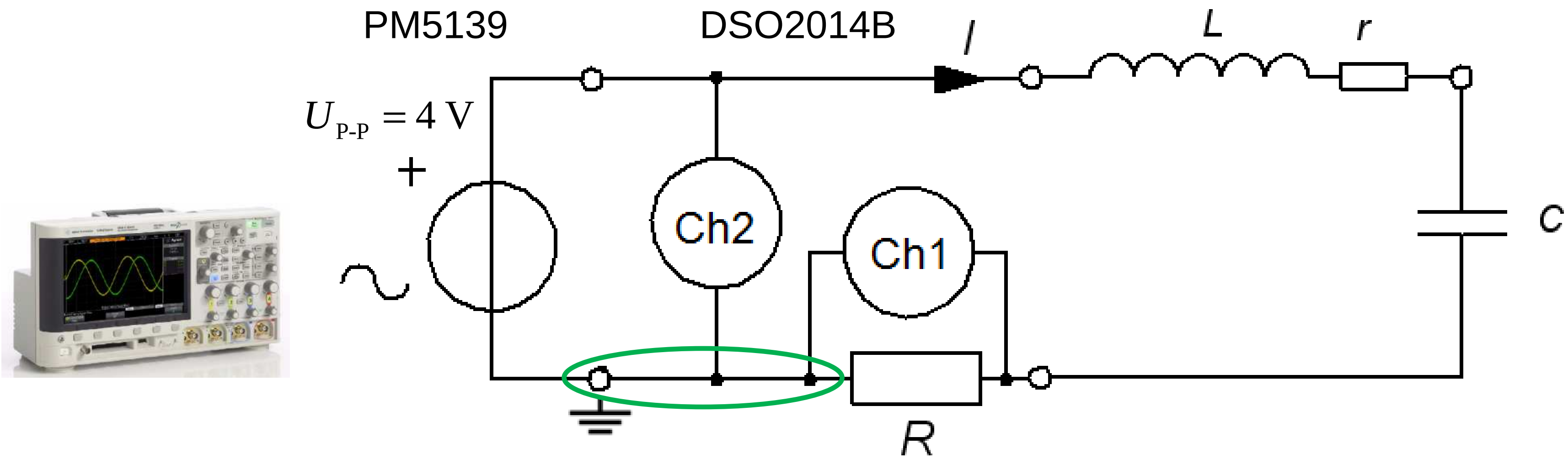


Yttre voltmeterkoppling ger oss ett **mätfel**
(eftersom mätmotståndet *R* felaktigt räknas in i *Z*).

Signalgeneratorer och oscilloskop har **gemensam jord** – detta gör det ***omöjligt*** att använda inre voltmeterkoppling för att slippa mätfelet!

William Sandqvist william@kth.se

Serieresonans RLC f_0



Lägg till kondensatorn *C* = 330 nF. Prova ut vid vilken frekvens strömmen blir maximal (U_{Ch1} max). Detta är resonansfrekvensen f_0.

- Hur stor är då fasvinkeln, Phase(2→1)?

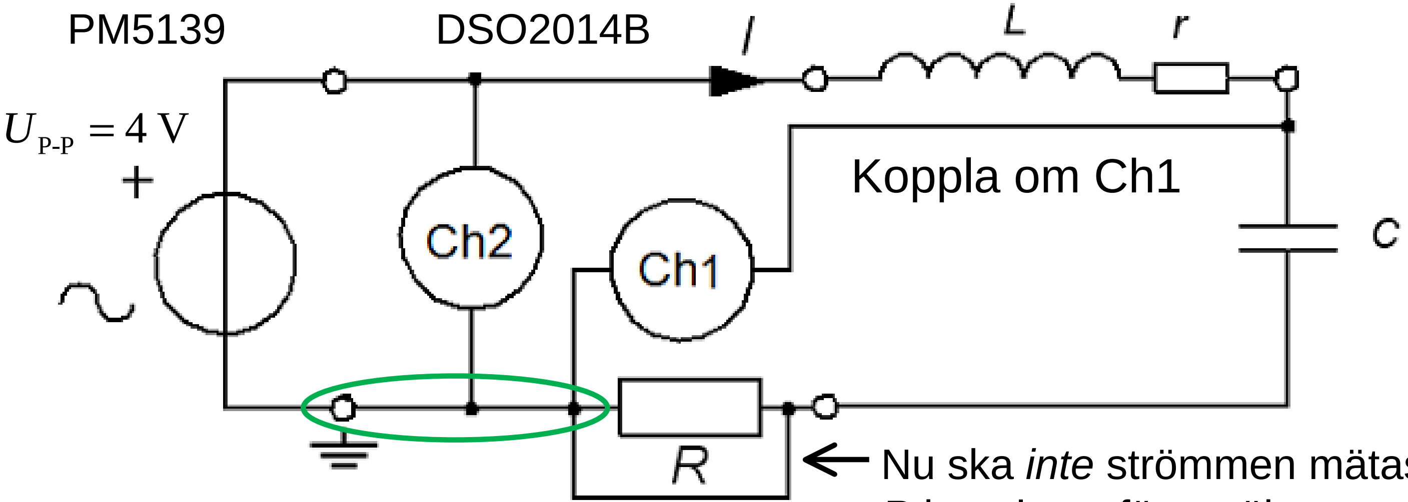
- Stämmer den uppmätta resonansfrekvensen med Ditt uppmätta och beräknade värde på *L*?

$$\boxed{f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

Serieresonans RLC Q

Vid resonans. Mät nu spänningen över *C* i stället för strömmen.
R kan nu kortslutas så vi blir av med det mätfelet.

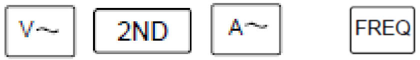
- Hur stor blir spänningen över kondensatorn (U_{Ch1})?
- Hur stor är spänningen som matar impedansen (U_{Ch2})?
- Beräkna Q-värdet vid denna resonansfrekvens.
- Hur förklarar Du denna ”**egendomlighet”** för en Dataingenjör?



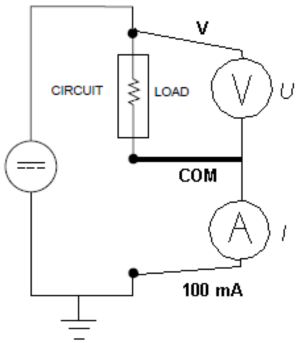
Nu ska *inte* strömmen mätas – därför kan *R* kortslutas för att öka noggrannheten!

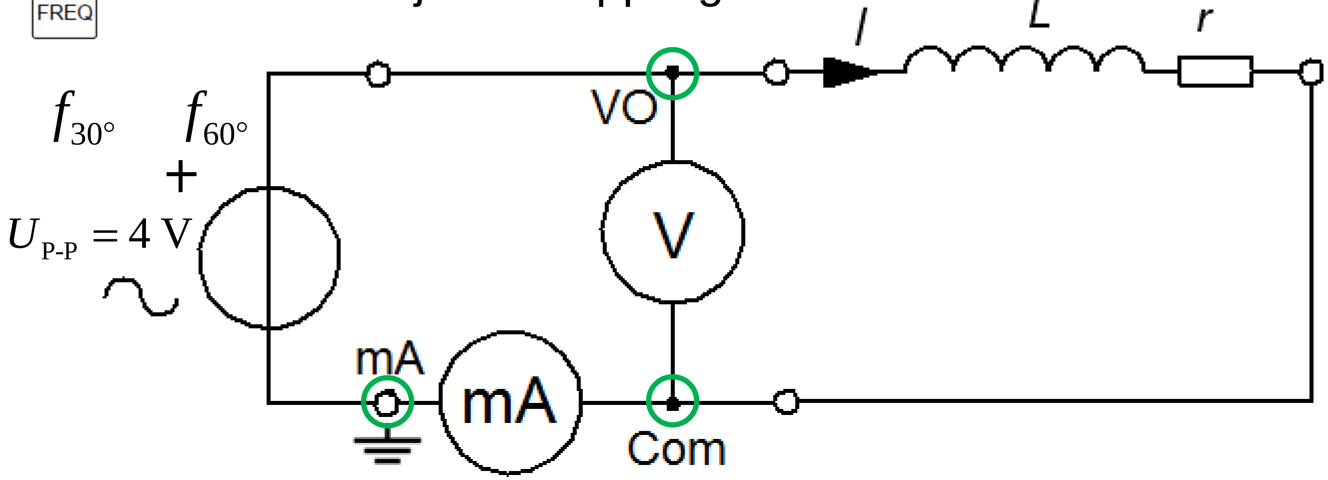
William Sandqvist william@kth.se

Noggrann mätning **DMM**



Medan oscilloskopet är till för översiktliga mätningar, har en DMM som Fluke 45 betydligt högre mätnoggrannhet. Dessutom har en DMM *inte* gemensam jord med signalgeneratorn, så man kan därför välja mätkopplingen friare.





$$(1)\ Z_{30°}^2 = (2\pi f_{30°})^2 \cdot L^2 + r^2 \qquad (2)\ Z_{60°}^2 = (2\pi f_{60°})^2 \cdot L^2 + r^2 \quad \Rightarrow$$

$$(2)-(1) \qquad L = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{Z_{60°}^2 - Z_{30°}^2}{f_{60°}^2 - f_{30°}^2}}$$

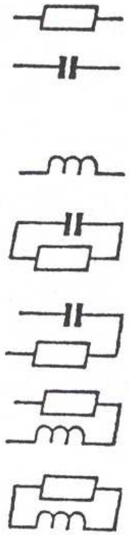
• Mätning av *Z* (U, I) vid två olika frekvenser (f) kan ge *L* med en högre noggrannhet än oscilloskop-mätningen. Beräkna *L*.

William Sandqvist william@kth.se

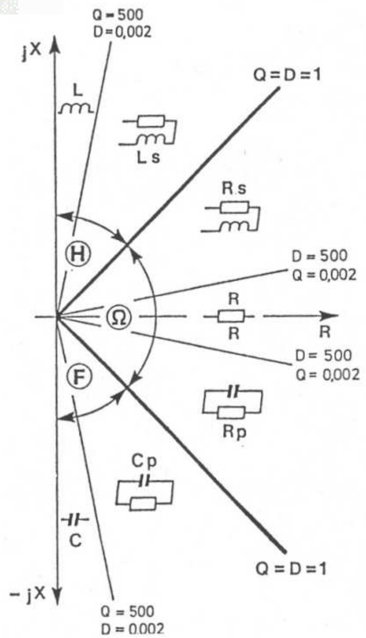
RCL-meter Facit

$L = ?\quad r = ?$

Hur står sig din oscilloskopmätning och DMM-mätning mot RCL-metern?



parameter	condition
RCL AUTO, Rp, Rs, Z, Q	D > 500
RCL AUTO, Z, D, Cp, Cs, Cs (2 V BIAS)	Q > 500
RCL AUTO, Ls, Lp, Z, D	Q > 500
RCL AUTO, Cp, Rp, Q, D, Z; Cs, Rs, Cs (2 V BIAS); RCL AUTO, Ls, Rs, Q, D, Z; Lp, Rp	500>Q>0,002 0,002<D<500



William Sandqvist william@kth.se