IE1206 Inbyggd Elektronik

F1 → F2 PIC-block Dokumentation, Seriecom Pulsgivare

F3 → Ö1 → KK1 LAB1 *I*, *U*, *R*, *P*, serie och parallell

Pulsgivare, Menyprogram

- ***Start för programmeringsgruppuppgift***

F4 → Ö2 Kirchhoffs lagar Nodanalys Tvåpolsatsen R2R AD

F5 → Ö3 → KK2 LAB2 ***Tvåpol, AD, Komparator/Schmitt***

F6 → Ö4 → F7 → KK3 LAB3 Transienter PWM

Step-up, RC-oscillator

F8 → Ö5 → F9 Visare jω PWM CCP KAP/IND-sensor

Ö6 → F10 → F11 → KK4 LAB4 ***LC-osc, DC-motor, CCP PWM***

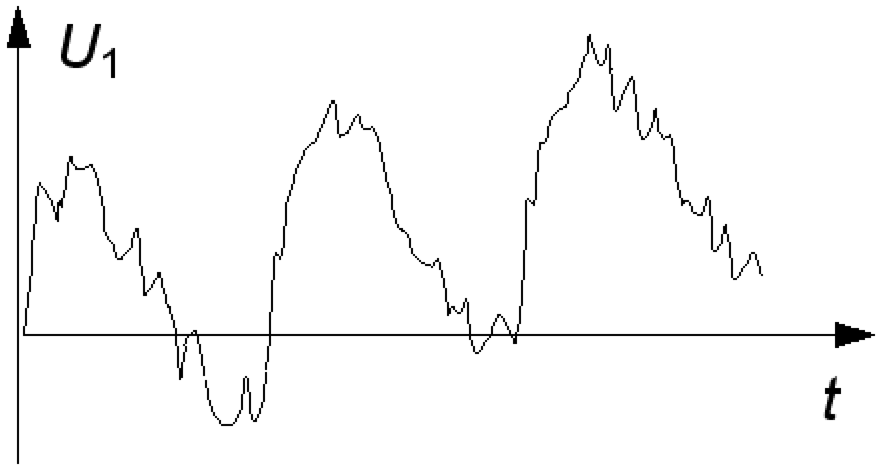
F12 → Ö7 → redovisning LP-filter Trafo + Gästföreläsning

- ***Redovisning av programmeringsgruppuppgift***

F13 → tentamen Trafo, Ethernetkontakten

William Sandqvist william@kth.se

En verklig signal …



Verkliga signaler är svårtolkade. De är ofta störda av brus och brum.

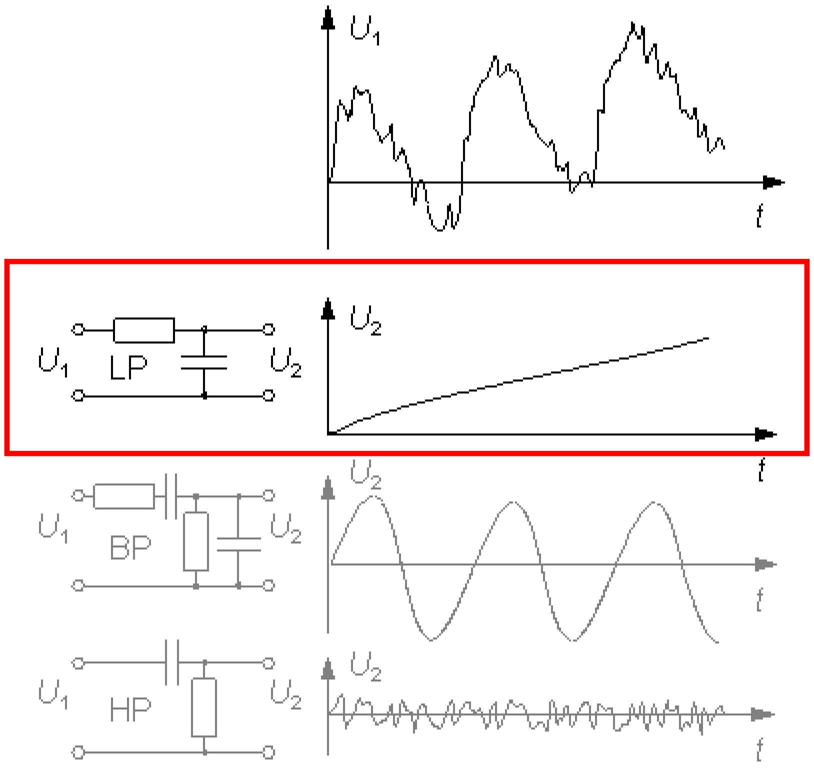
Brum är vårt 50 Hz nät som inducerats in i signalledningarna.

Brus är slumpmässiga störningar från förstärkare (eller t.o.m. resistorer).

Kanske likspänning …

Kanske är signal-
en en långsamt
ökande ***likspän-
ning*** från tex. en
temperaturgivare?

I så fall kan stör-
ningarna bestå av
50 Hz *brum* och
högfrekvent *brus*.

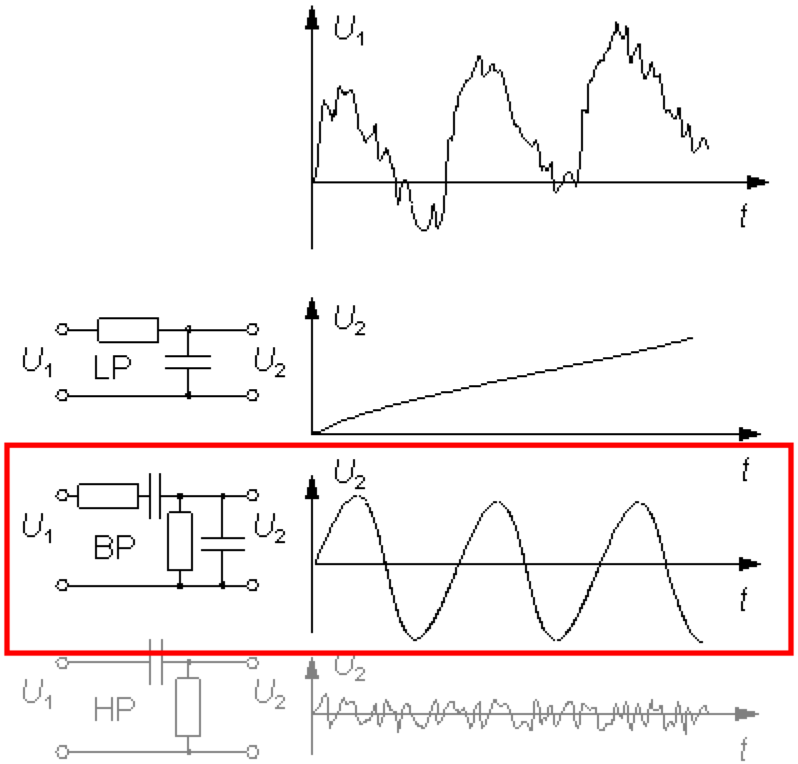


Ett **LP-filter** (=LågPass) filtrerar bort störningarna och lyfter fram signalen

Kanske sinuston …

Kanske är signal-
en en ***sinuston***?

I så fall kan stör-
ningarna bestå av
att likspännings-
nivån långsamt
ändrar sig, *drift*,
och att *brus* till-
kommit.

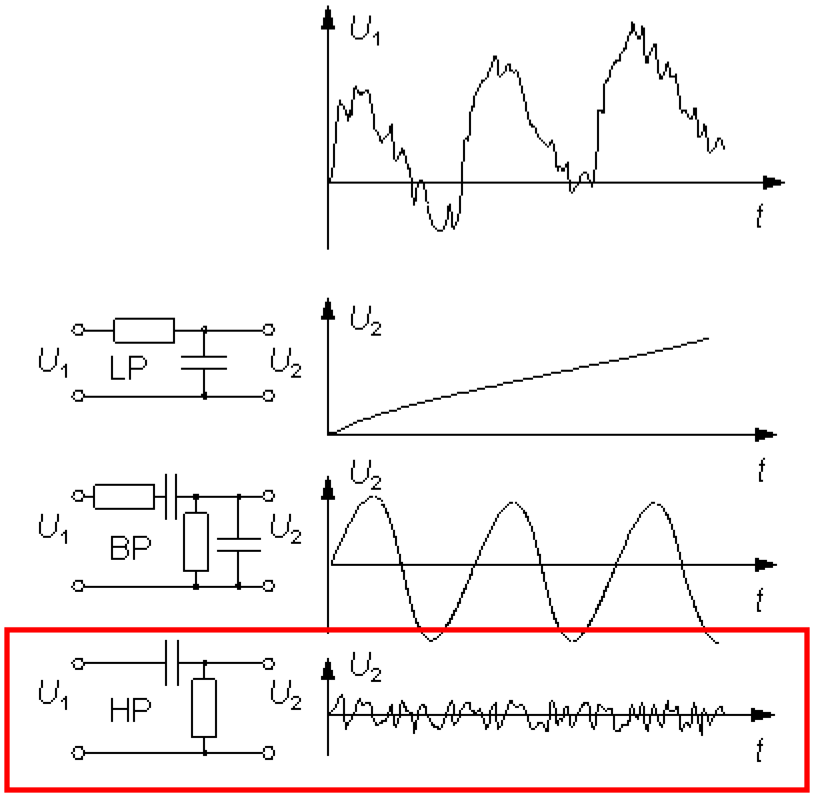


Ett **BP-filter**
(BandPass) blocker-
ar driften och filtrer-
ar bort bruset.

Kanske snabba variationer …

Kanske är signal-en de ***snabba variationerna***?

I så fall kan stör-ningarna bestå av att likspännings-nivån långsamt ändrar sig, *drift*, och att *brum* till-kommit.



Ett **HP-filter** (HögPass) filtrerar bort störningarna och lyfter fram signalen.

Filter

Med *R L* och *C* kan man bygga effektiva **filter**.

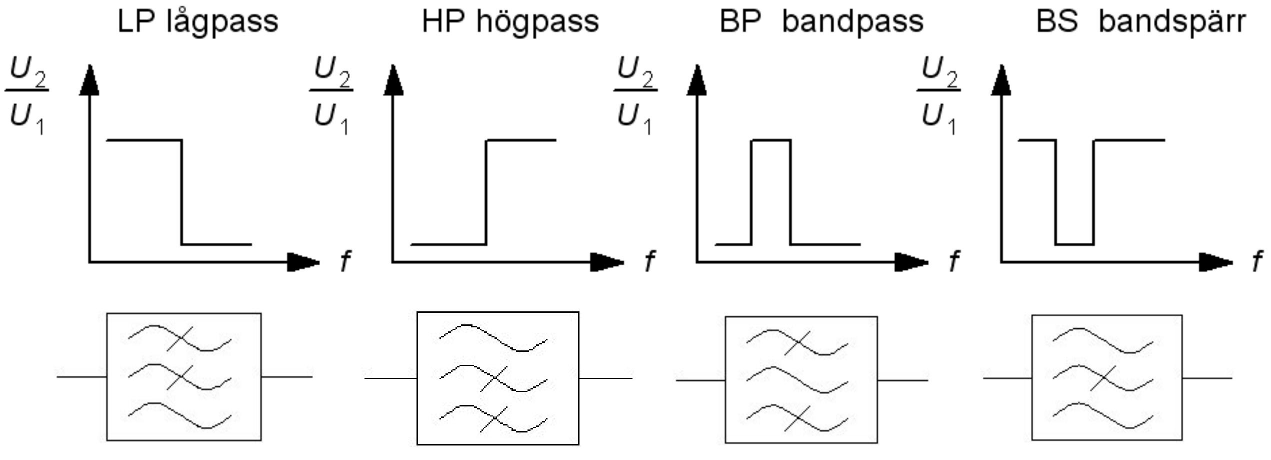
Induktanser är mer komplicerade att tillverka än kondensatorer och resistorer, därför används oftast bara kombinationen *R* och *C*.

Snabba datorer kan filtrera signaler digitalt. Att beräkna en signals *löpande medelvärde* kan tex. motsvara LP-filtrering.
Numera dominerar den digitala filtrertekniken över den analoga.

Enkla RC-filter ingår naturligt i de flesta mätinstrument, eller t.o.m. uppkommer av ”sig självt” när man kopplar samman utrustningar.

Detta är anledningen till att man måste känna till och kunna räkna på enkla RC-länkar, trots att de som filter betraktat är ***mycket ofullständiga***.

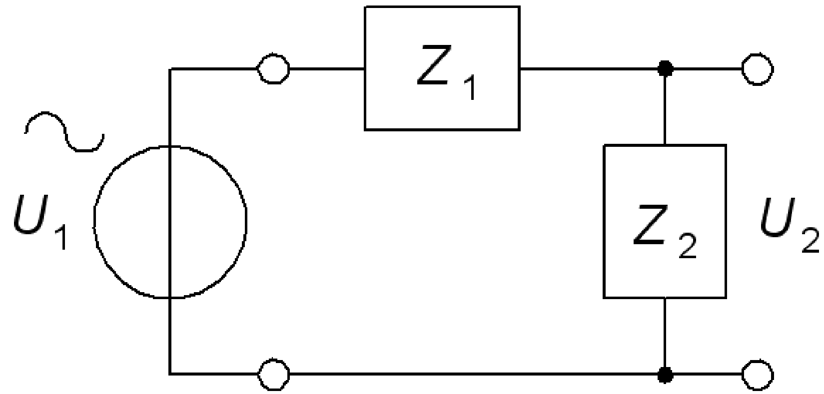
LP HP BP BS



BP eller BS filtren kan ses som olika kombinationer av LP och HP filter.

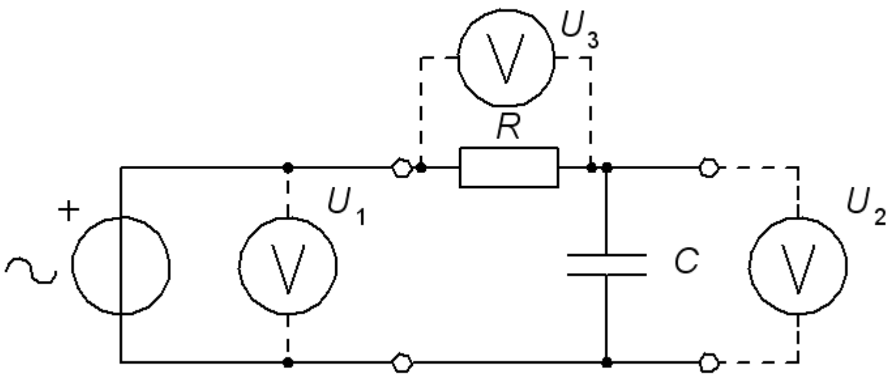
Spänningsdelarens överföringsfunktion

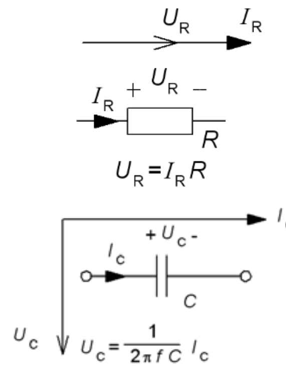
Enkla filter är ofta utformade som spänningsdelare. Ett filters **över-föringsfunktion**, *H*(ω) eller *H*(*f*), är kvoten mellan utspänning och inspänning. Den kvoten får man *direkt* från spänningsdelningsformeln!

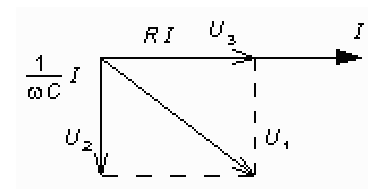


$$\underline{U}_2 = \underline{U}_1 \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\underline{H}(\omega) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}}$$

RC LP-filtret, visare



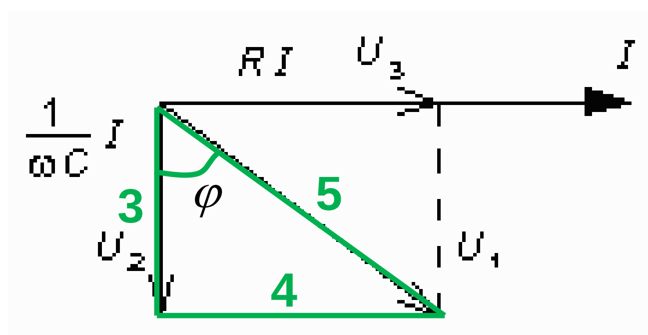




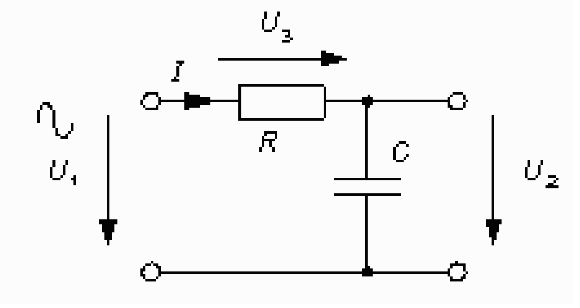
Visardiagram: *R* och *C* har strömmen *I* gemensamt. Spänningen över resistorn och spänningen över kondensatorn blir därför vinkelräta. Pythagoras sats kan användas:

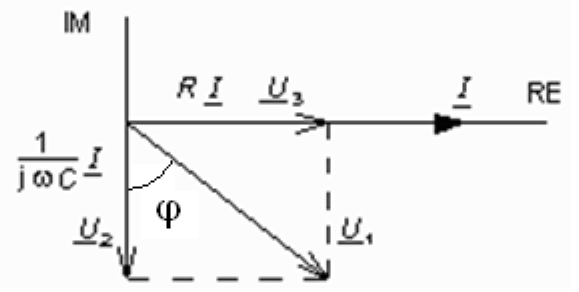
$$U_1^2 = U_3^2 + U_2^2$$

$$|\varphi| = \arctan \frac{U_2}{U_1}$$



RC LP-filtret, jω



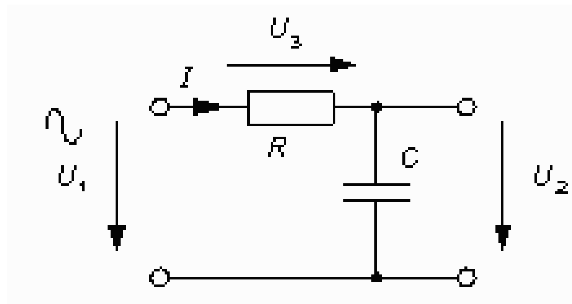


$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{R + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}} \cdot \frac{\mathrm{j}\omega C}{\mathrm{j}\omega C} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\omega RC}$$

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

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

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

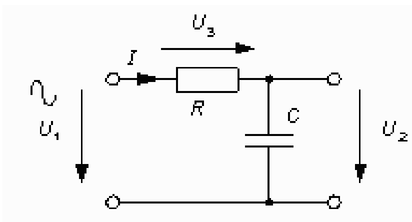


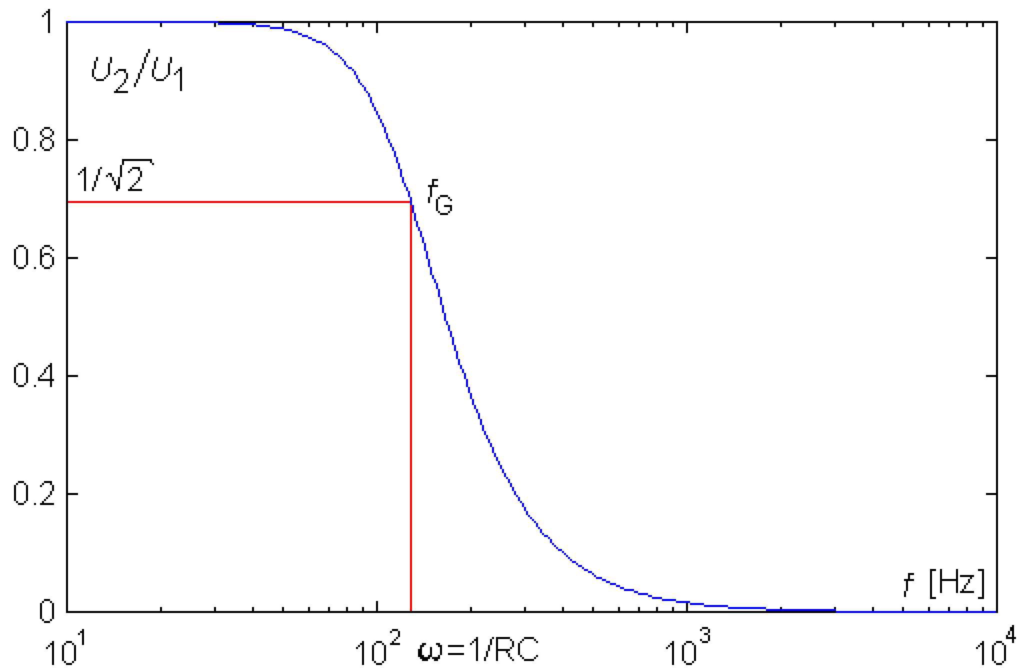
$$\boxed{\underline{H} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\omega RC}} \qquad \mathrm{abs}(\underline{H}) = H = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \qquad \arg(\underline{H}) = -\arctan(\omega RC)$$

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	$\frac{U_2}{U_1} \to 0$
$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx \arctan 0 \approx 0°$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx 0 - \arctan 1 = -45°$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx -\arctan(\omega RC)$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \to -90°$

LP-Beloppsfunktionen





$R = 1\ \text{k}\Omega$

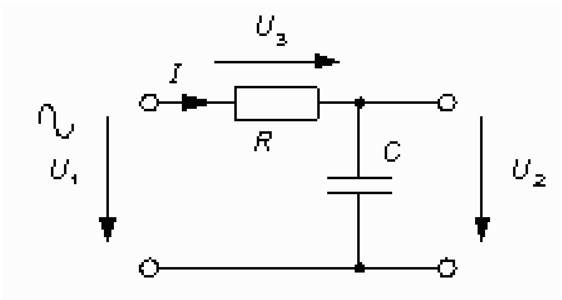
$C = 1\ \mu\text{F}$

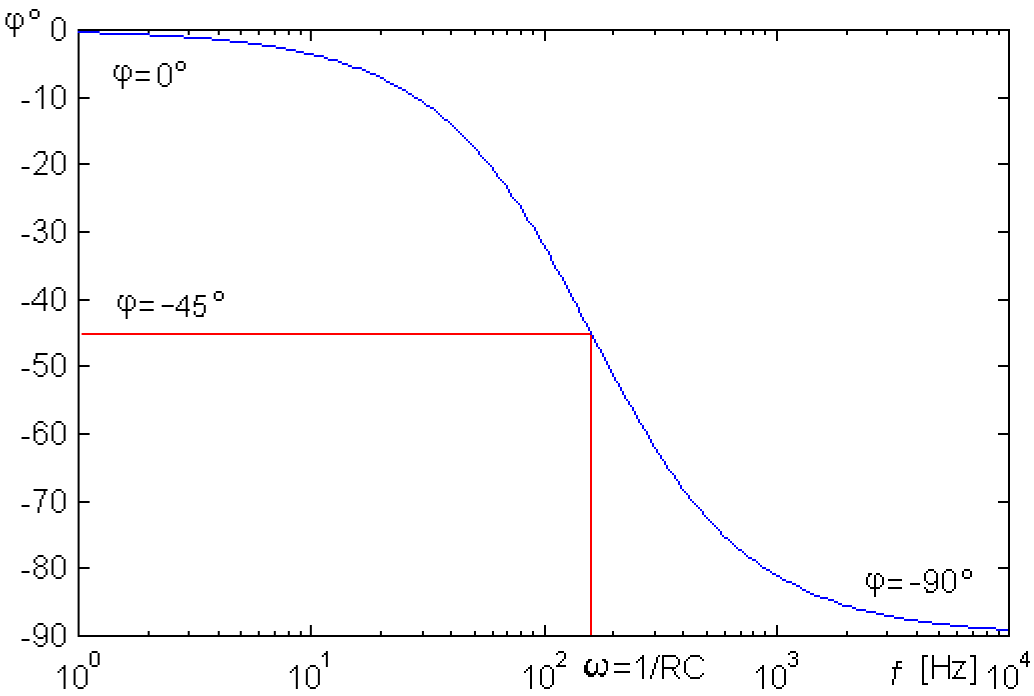
$$f_G = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}$$

≈ 160 Hz

$$\boxed{H = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}} \qquad \omega_G = \frac{1}{RC} \qquad f_G = \frac{1}{2\pi RC}$$

LP-Fasfunktionen

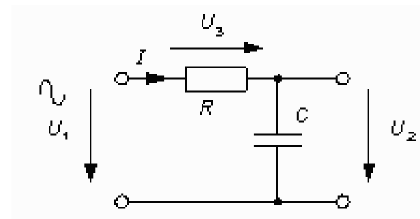




$$\boxed{\varphi = \arg(\underline{H}) = -\arctan(\omega RC)}$$

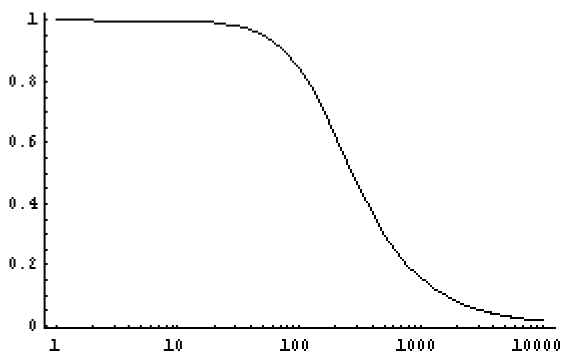
Grafik med Mathematica

Mathematica har kommandon för komplexa tals belopp (**abs[ ]**) och argument (**arg[ ]**, i radianer).

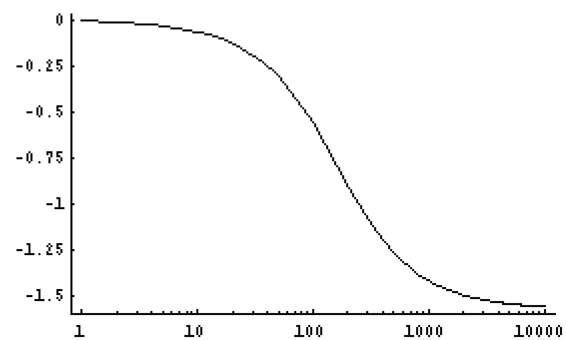



```
<<Graphics
r=1*10^3;
c=1*10^-6;
w=2*Pi*f;
u2u1[f_]=1/(1+I*w*r*c);
LogLinearPlot[Abs[u2u1[f]],{f,1,10000},PlotRange->All,PlotPoints->100];
LogLinearPlot[Arg[u2u1[f]],{f,1,10000},PlotRange->All,PlotPoints->100];
```

Tryck SHIFT + ENTER för att utföra beräkningen.



Beloppskurvan

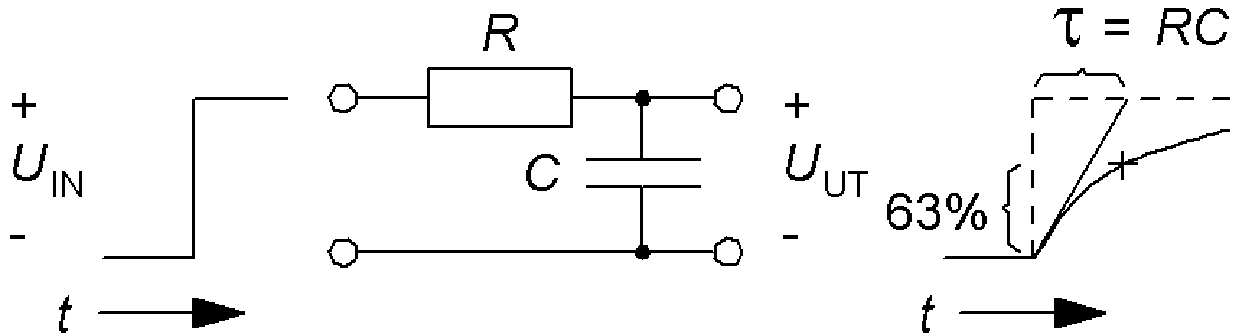


Faskurvan [rad]

RC Två sidor av samma mynt

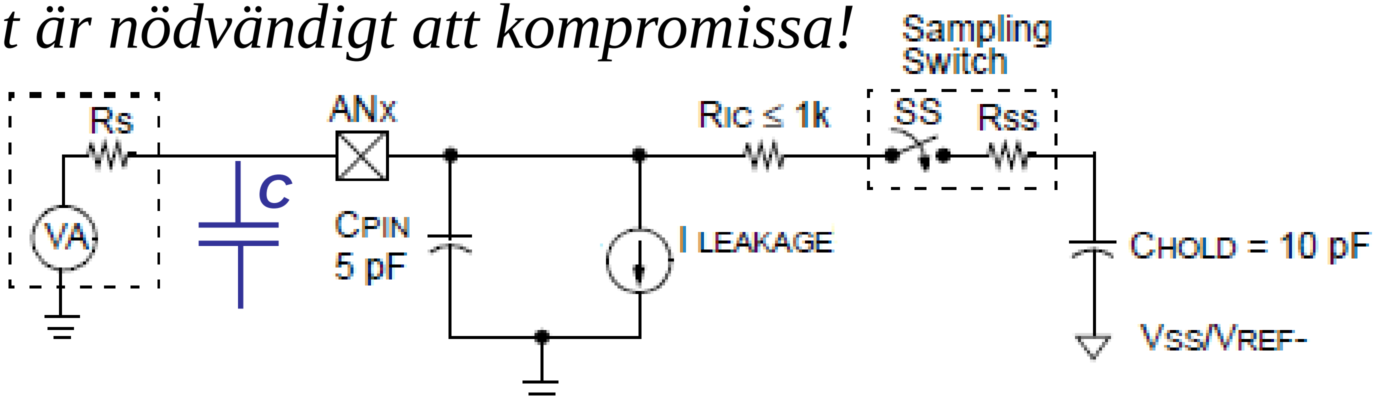
$$\omega_{\mathrm{G}} = \frac{1}{\boxed{RC}} \qquad \tau = \boxed{RC}$$

Låg **gränsfrekvens** ω_G undertrycker störningar bra, men det innebär en lång **tidkonstant** τ som gör att det tar lång tid innan U_{UT} når slutvärdet och kan avläsas.



(AD-omvandlarens LP-filter)

- *Det är nödvändigt att kompromissa!*



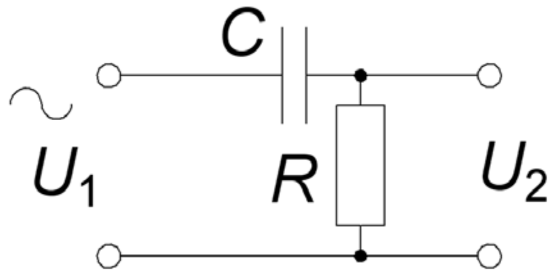
För att ta bort brus i insignalen till AD-omvandlaren brukar man lägga till en kondensator ***C***.

- R_S får inte ha större värde än 10kΩ – då riskerar man att förlora *noggrannhet* på grund av läckströmmen $I_{LEAKAGE}$.

- Vid samplingen tas laddning från ***C*** till samplingskondensatorn C_{HOLD}. ***C*** bör därför vara åtminstone 1024 ggr större än C_{HOLD} (10pF) om man inte vill förlora *noggrannhet*.

- ***C***$\cdot R_S$ ger gränsfrekvensen för hur *snabba* signaler AD-omvandlaren kan följa.

RC HP-filtret, jω

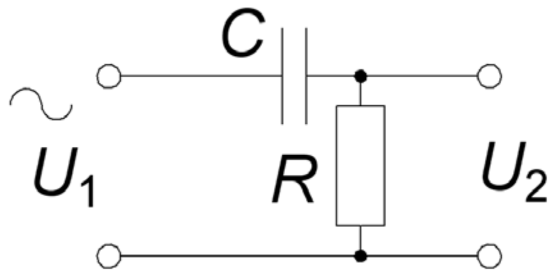


$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{R}{R + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}} \cdot \frac{\mathrm{j}\omega C}{\mathrm{j}\omega C} = \frac{\mathrm{j}\omega RC}{1 + \mathrm{j}\omega RC}$$

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

$$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) = \arg(\mathrm{j}\omega RC) - \arg(1 + \mathrm{j}\omega RC) = \overbrace{90^\circ - \arctan\left(\frac{\omega RC}{1}\right)}^{= \operatorname{arccot}()} = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

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

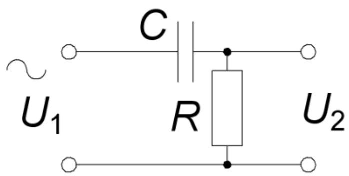


$$\boxed{\underline{H} = \frac{\mathrm{j}\omega RC}{1+\mathrm{j}\omega RC}} \quad \mathrm{abs}(\underline{H}) = \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} \quad \arg(\underline{H}) = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

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

$\omega \approx 0$	$\omega << \frac{1}{RC}$	$\omega = \frac{1}{RC}$	$\omega \to \infty$
$\frac{U_2}{U_1} \approx 0$	$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{\omega RC}{1+0} \approx \omega RC$ stiger med ω 10ggr/dekad	$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0{,}71$	$\frac{U_2}{U_1} \to 1$
$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx \arg\left(\frac{\approx \mathrm{j}}{1+0\cdot \mathrm{j}}\right) = \arg \mathrm{j} = 90°$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx 90° - \arctan(\omega RC)$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx 90° - \arctan 1 = 45°$	$\arg\left(\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) = 90° - 90° = 0°$

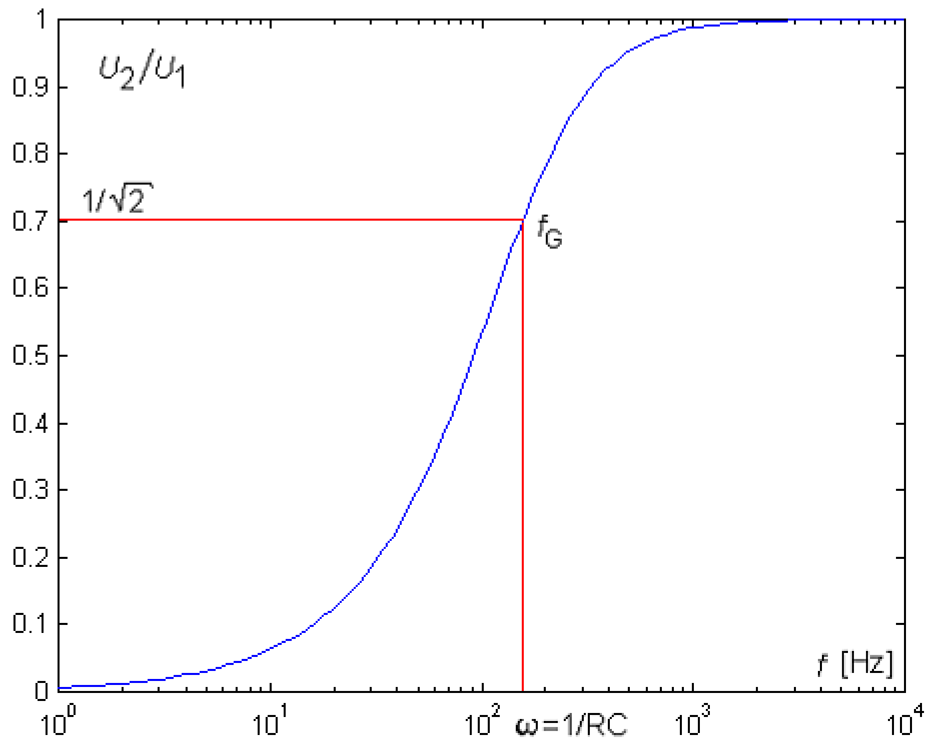
HP-Beloppsfunktionen



$R = 1\ \text{k}\Omega$

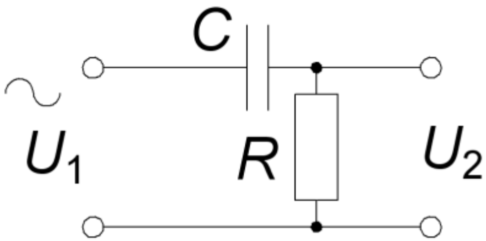
$C = 1\ \mu\text{F}$

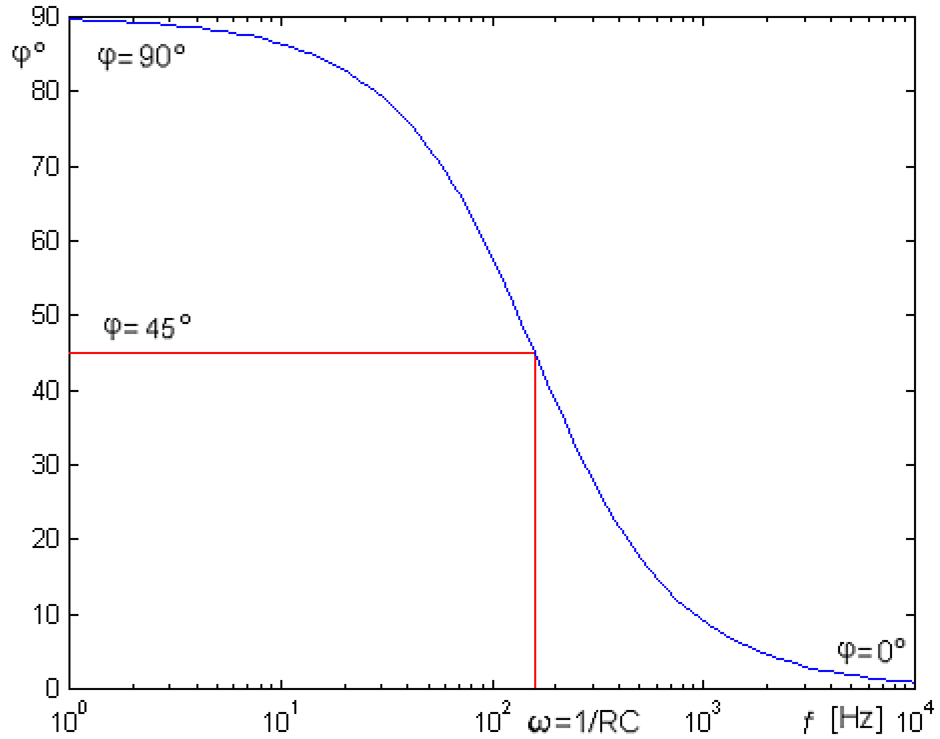
$$f_G = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}$$
$$\approx 160\ \text{Hz}$$



$$\boxed{\text{abs}(\underline{H}) = \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}}$$

HP-Fasfunktionen

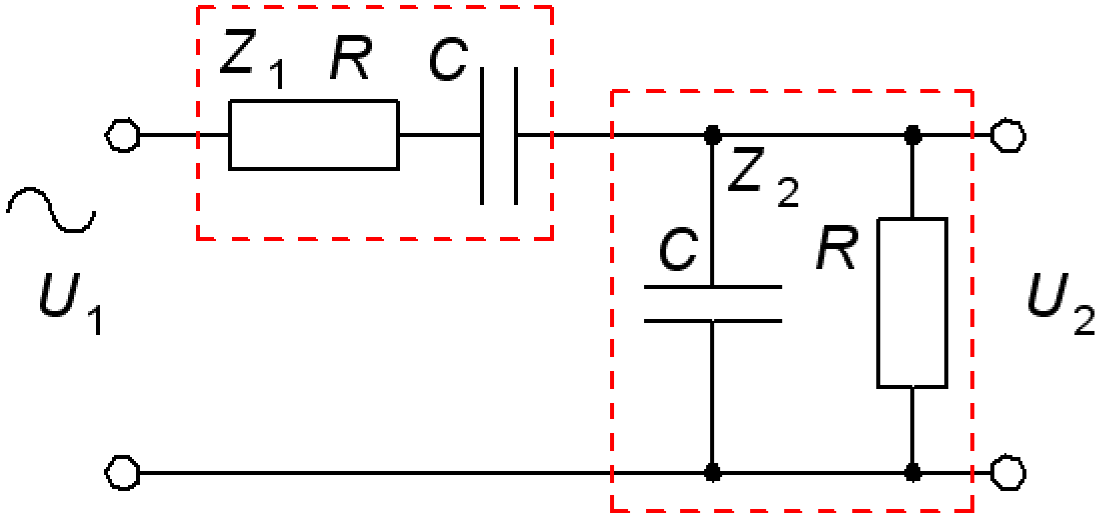




$$\boxed{\varphi = \arg(\underline{H}) = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)}$$

Wienbryggan (14.5)

Undersöktes av Max Wien 1891

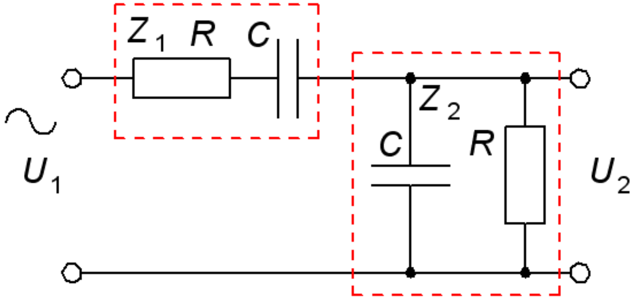


För en viss frekvens är U_1 och U_2 i fas. Vilken?

Wienbryggan

$$\underline{Z}_1 = R + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C}$$

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



U_1 och U_2 är i fas om överföringsfunktionens imaginärdel är 0!

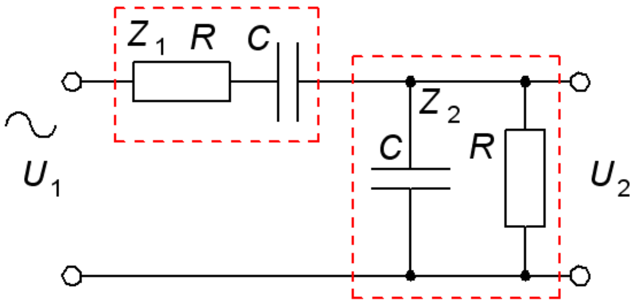
$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{\frac{R}{1+\mathrm{j}\omega RC}}{R+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}+\frac{R}{1+\mathrm{j}\omega RC}}\cdot\frac{\frac{(1+\mathrm{j}\omega RC)}{R}}{\frac{(1+\mathrm{j}\omega RC)}{R}} = \frac{1}{3+\mathrm{j}\omega RC+\frac{1}{\mathrm{j}\omega RC}} = \frac{1}{3+\mathrm{j}\boxed{(\omega RC-\frac{1}{\omega RC})}}$$

$$= 0$$

Wienbryggan

$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{1}{3 + \mathrm{j}(\omega RC - \dfrac{1}{\omega RC})} \quad \Rightarrow$$

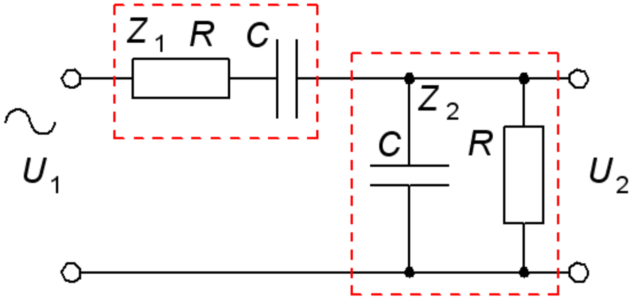
$$\omega RC - \frac{1}{\omega RC} = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$



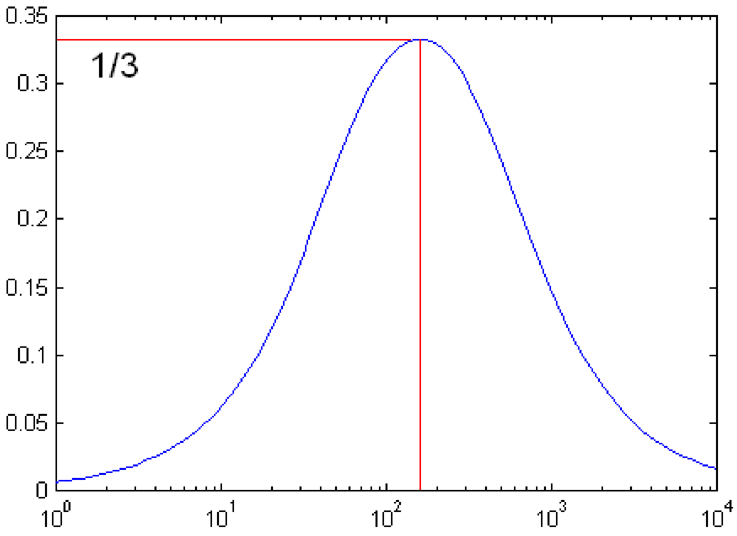
$\omega \approx 0$	$\omega = \dfrac{1}{RC} \quad (\omega RC - \dfrac{1}{\omega RC}) = 0$	$\omega \approx \infty$
$\dfrac{U_2}{U_1} \approx \dfrac{1}{\sqrt{\ldots + (-\infty)^2}} \approx 0$	$\dfrac{U_2}{U_1} = \dfrac{1}{\sqrt{3^2 + 0^2}} = \dfrac{1}{3} \approx 33\%$	$\dfrac{U_2}{U_1} \approx \dfrac{1}{\sqrt{\ldots + (\infty)^2}} \approx 0$
$\arg\left(\dfrac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx \arg\left(\dfrac{1}{\ldots + (-\infty \cdot \mathrm{j})}\right) = 90°$	$\arg\left(\dfrac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) = \arg\left(\dfrac{1}{1 + \mathrm{j} \cdot 0}\right) = 0°$	$\arg\left(\dfrac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}\right) \approx \arg\left(\dfrac{1}{\ldots + \infty \cdot \mathrm{j}}\right) \approx -90°$

William Sandqvist william@kth.se

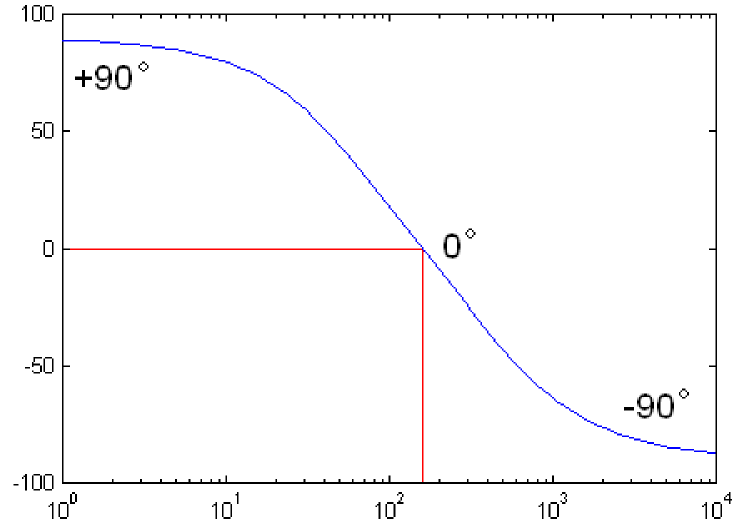
Wienbryggan



$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \qquad f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$



Beloppskurva

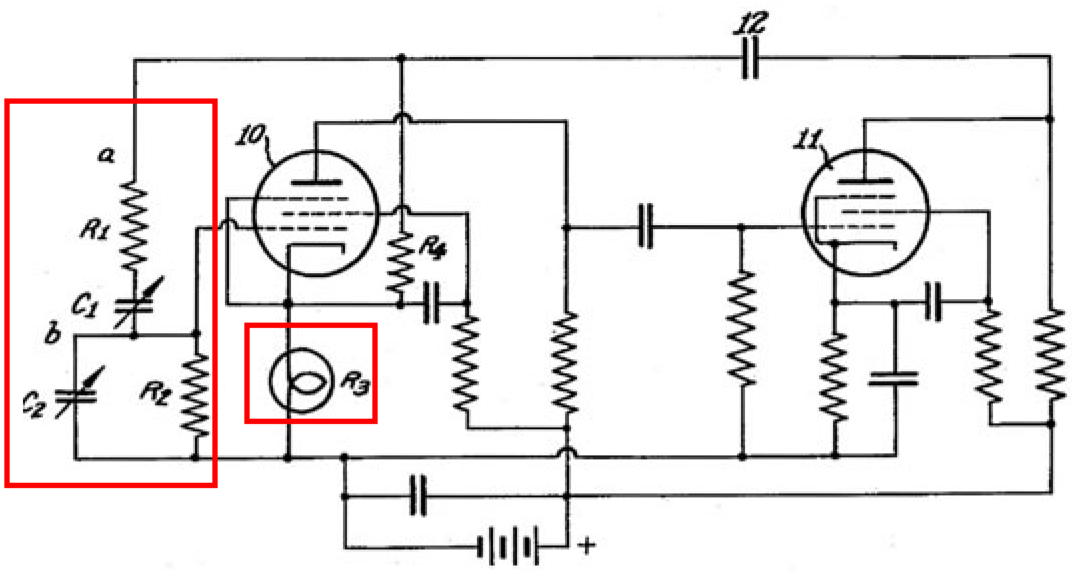


Faskurva

Wienbryggan är ett bandpassfilter.

William Hewletts examensarbete

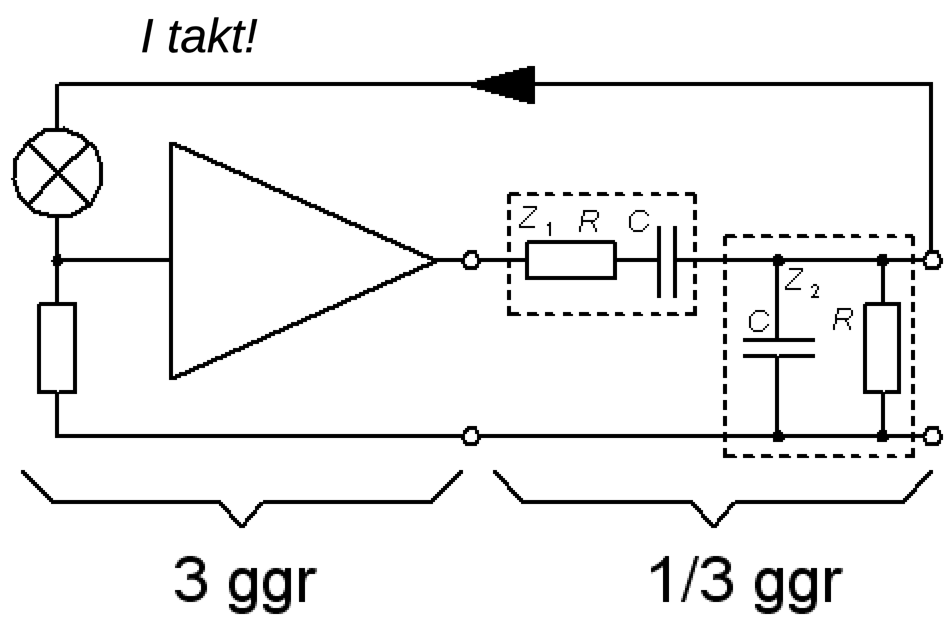
Masteruppsats 1930. Wienbrygga med glödlampa!



William Hewletts examensarbete

Hewlett konstruerade en tongenerator. Wienbryggan dämpar signalen till 1/3 så han behövde en stabil förstärkare med *exakt* tre gångers förstärkning.

Glödlampan stabiliserar signalen. Om amplituden blir för stor värms glödlampan upp och då *dämpas* signalen i spänningsdelaren på förstärkarens ingång.



The Palo Alto garage
the birthplace of **Silicon Valley**

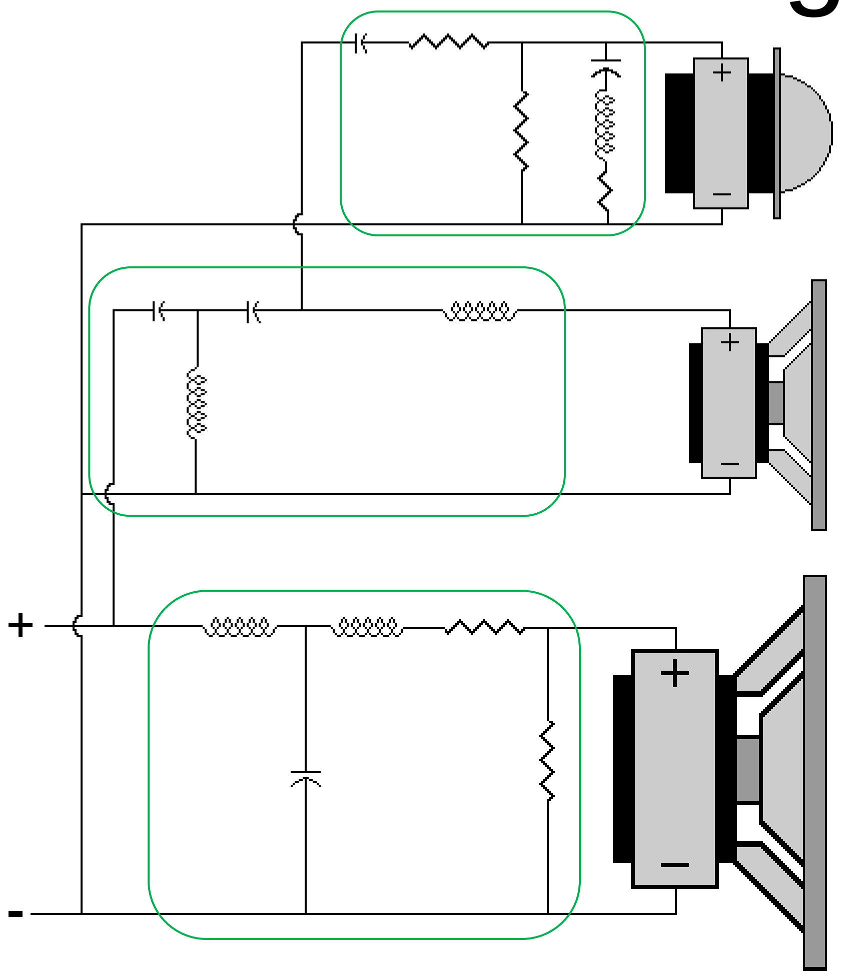
*Vilket världsföretag kommer Du att grunda med **ditt** exjobb?*

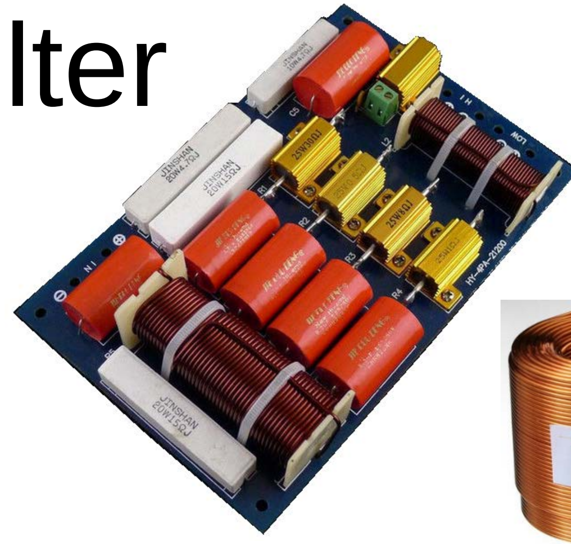
William Sandqvist william@kth.se

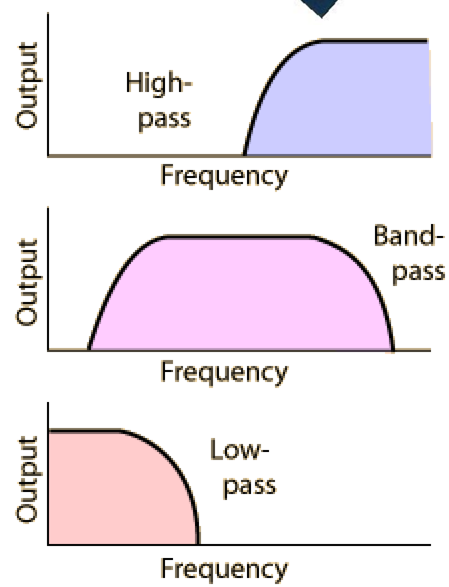
När används filter?

En högtalare kan inte ensam klara alla toner!

Delningsfilter





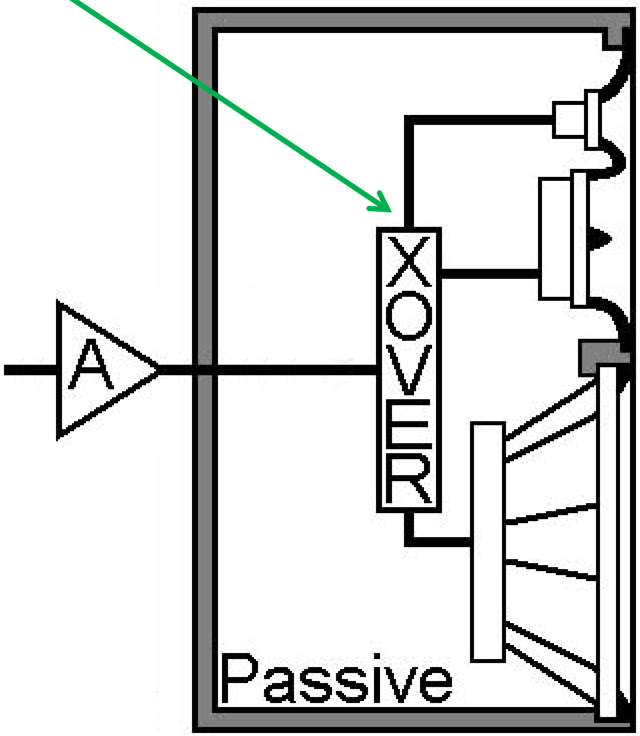


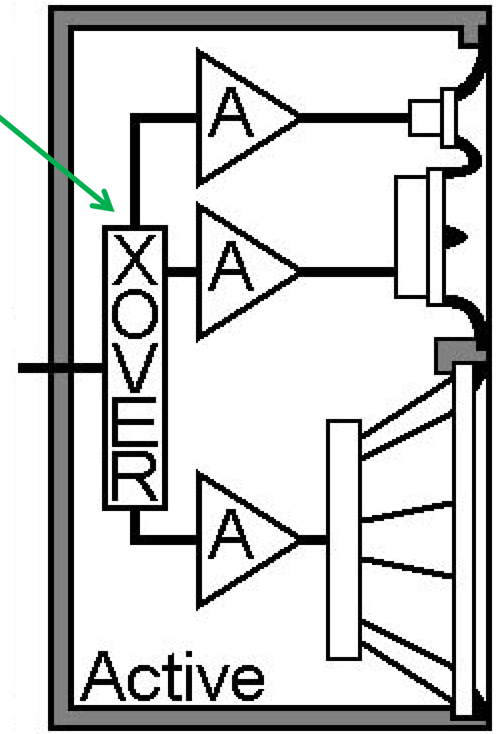
Delningsfiltret **fördelar** tonerna mellan högtalarna.

Passiv/Aktiv högtalare

- Analogt delningsfilter *R L C*

- Digitalt delningsfilter = datorprogram



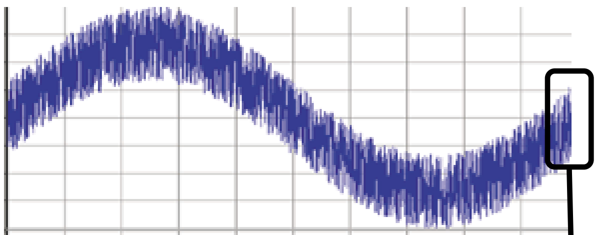


När förstärkaren är inbyggd i högtalaren blir det möjligt att använda digitala delningsfilter. (XOVER = crossover filter)

(Digitalt filter)

Ex. ett ”rullande” medelvärde med de 7 senaste mätvärdena.

LP-filter

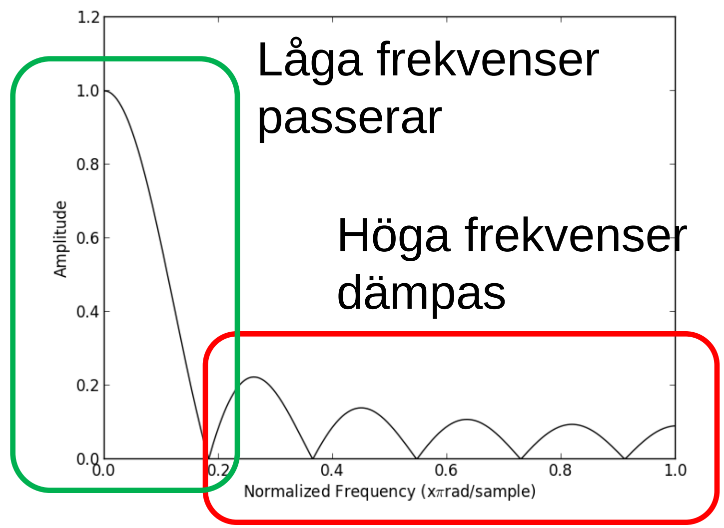


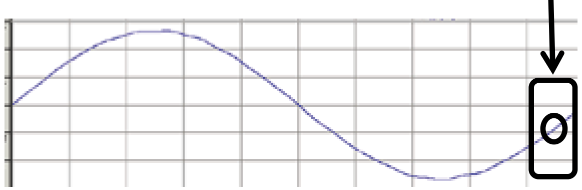
- Brusig signal

		x_{n-6}	x_{n-5}	x_{n-4}	x_{n-3}	x_{n-2}	x_{n-1}	x_n

$t \longrightarrow$

$$y_n = \frac{1}{7}\sum_{n-6}^{n} x_n$$





- Filtrerad signal

Det finns mycket bättre digitala filter än detta …