HÖGSKOLAN I GÄVLE

Laborationsinstruktion

ELEKTRONIK

Skapad:
Lundström 2010

Reviderad:

119 – Undersökning av RC-krets

Laborationen omfattar följande moment:

1. Analys av RC lågpassfilter

Namn			Inl. datum	Kommentarer
Gruppnr.	Period	Läsår		
Kurs		Kurskod		
Handledare				
Godkänd den		Signum		

Syfte

Syftet med laborationen är att analysera funktionen hos en RC krets.

Under laborationen skall vi lära oss följande:

- med komplexa metoden ställa upp överföringsfunktionen för en RC-krets.
- vad som händer i frekvensplanet när signaler passerar en RC-krets.
- tolka stegsvaret för en första ordningens krets.
- att från mätningar rita ett Bode-diagram
- vad begreppen brytfrekvens, frekvens- och faskaraktäristik innebär.

Allmänna instruktioner

Laborationen skall utföras i grupper om 2 studenter.

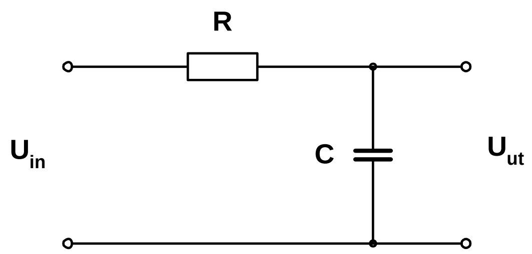
En rapport per laborationsgrupp skall lämnas senast 5 arbetsdagar efter laborationstillfället.

OBS! *En s.k. fullständig, dvs en egenhändigt författad, rapport skriven enligt gängse regler skall lämnas in, kompletterad med nödvändiga diagram och figurer.*

RC Lågpassfilter

I denna labb skall vi studera en passiv krets uppbyggd av ett motstånd och en kondensator. Om en sådan krets matas med en sinusformad insignal kommer den att släppa igenom vissa frekvenser medan andra frekvenser dämpas. Ett sådant frekvensberoende nät kallas därför ofta för filter. Om kretsen innehåller endast en reaktiv (dvs energilagrande) komponent (spole eller kondensator) kallar vi kretsen för ett första ordningens filter. Namnet kommer sig av att kretsen kan beskrivas med en första ordningens differentialekvation. Vi skall analysera kretsen både i frekvensplanet genom att mäta upp ett Bode-diagram och i tidsplanet genom att mäta upp kretsens stegsvar.

Ett första ordningens lågpassfilter kan konstrueras enligt:



Som har överföringsfunktionen:

$$H(j\omega) = \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j(\omega/\omega_1)} \qquad \text{(Bodes normalform)}$$

där $\omega_1 = \frac{1}{RC}$ är brytfrekvensen uttryckt som vinkelfrekvens [rad/s].

Eftersom $\omega = 2\pi f$ kan vi också uttrycka överföringsfunktionen som:

$$H(f) = \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{1}{1 + j2\pi RC} = \frac{1}{1 + j(f/f_1)} \qquad \text{där} \qquad f_1 = \frac{1}{2\pi RC} \text{ [Hz]}$$

Den senare formen är att föredra när man plottar upp överföringsfunktionen från mätresultat och är den form vi använder i labben.

Eftersom överföringsfunktionen är på komplex form har den både absolutbelopp och fasvinkel:

$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_1)^2}}$$

$$Arg\,H = -\arctan(f/f_1)$$

Lägg märke till följande:

- För $f << f_1$ blir $|H(f)| \approx 1$ (0dB)

Dvs då f→0 så närmar sig $|H(f)|$ asymptotiskt linjen 0dB. Denna linje kallar vi för ”lågfrekvensasymptoten”.

- För $f >> f_1$ blir $|H(f)| \approx \frac{1}{f}$

  Dvs om f ökar 10ggr så minskar $|H(f)|$ till en tiondel (-20dB). Man säger att f avtar med 20 dB/dekad, och linjen med lutningen -20dB/dekad kallas för ”högfrekvensasymptoten”.

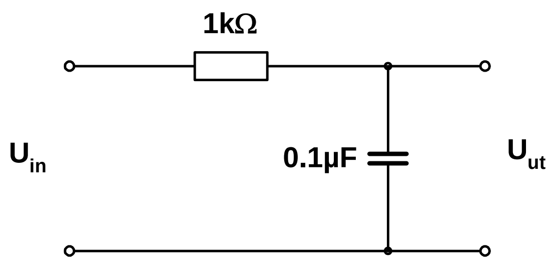
- För $f = f_1$ är $|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$ (-3 dB)

Genom ett liknande resonemang kan man inse att asymptoterna för *Arg H* blir linjerna 0° och -90 °.

Utförande

1 Uppmätning av Bode-diagram

Koppla upp filtret med komponentvärden enligt figuren och beräkna brytfrekvensen f_1



***f_1* =**

Anslut en funktionsgenerator till ingången. HP33120A rekommenderas här eftersom det är enkelt att stega frekvensen med piltangenterna. Använd oscilloskopet som mätinstrument och anslut CH1 till funktionsgeneratorn och CH2 till filtrets utgång. Justera utspänningen från funktionsgeneratorn till några volt. Ställ in oscilloskopet för mätning av amplitud och fasvinkel. Variera frekvensen i ett område av ett par dekader runt brytfrekvensen och skriv ner värdena i tabellen nedan.

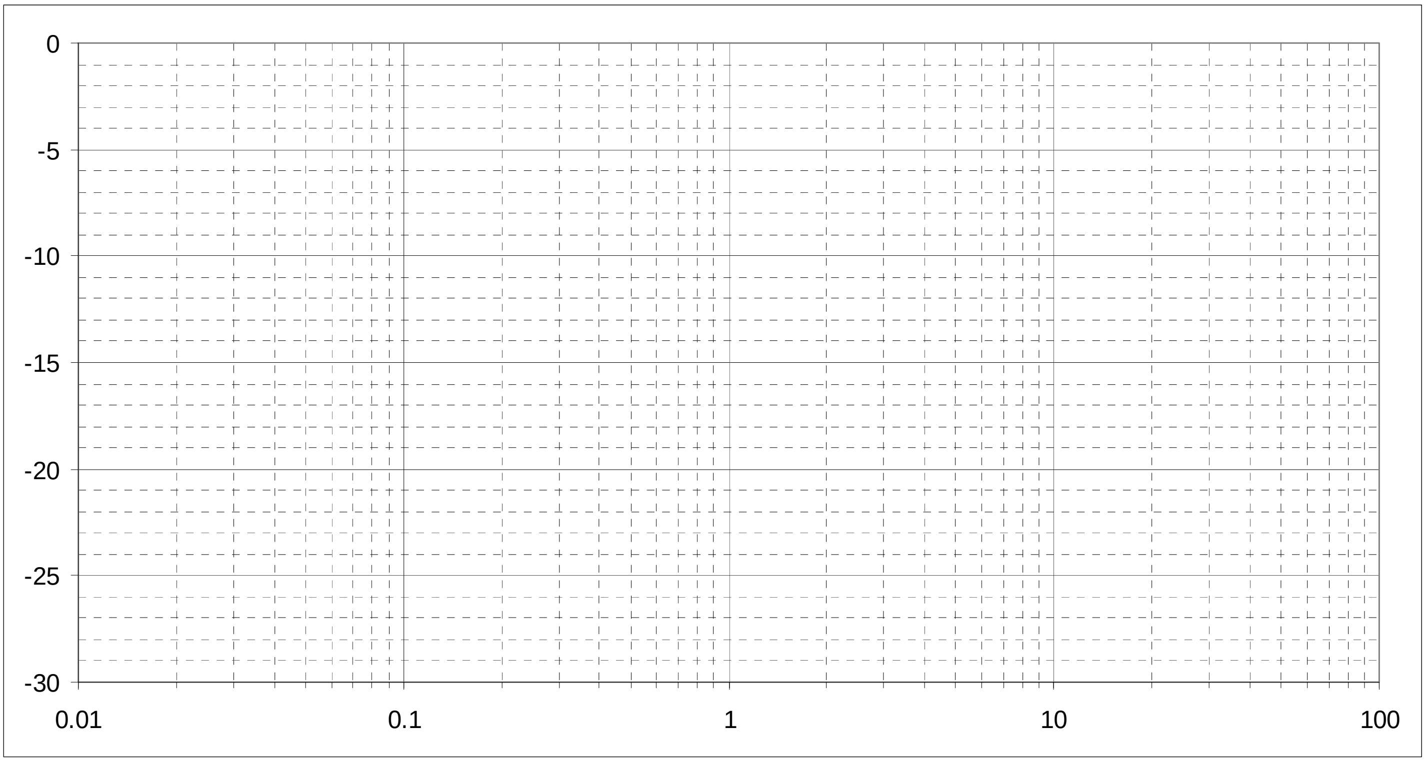
Kontrollera att oscilloskopet är inställt för att mäta ”rätt” fasförskjutning, jämför med oscilloskopbilden. Observera att mätfunktionen i oscilloskopet mäter på den bild som syns på skärmen. För bästa upplösning och noggrannhet skall kurvformen helst täcka hela skärmen, och man måste ha med minst en period. Justera därför förstärkning och tidbas under mätningens gång. Se till att ha tillräckligt hög signalspänning för att undvika att bilden blir brusig. Om man ändå har problem med brus kan man prova med att koppla in ”HF reject” på triggern, alternativt använda ”Averaging” – finns under knappen ”Aquire”.

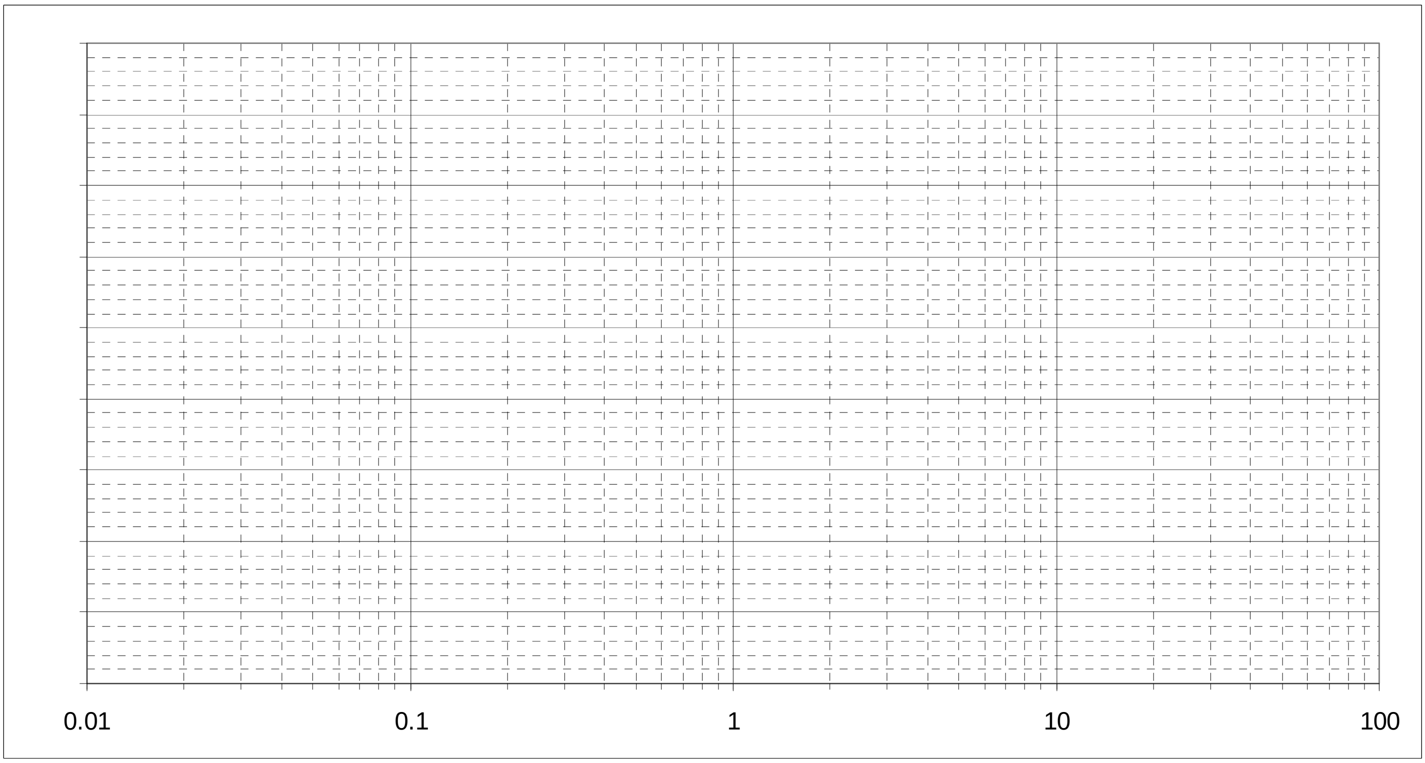
Tips: när man skall plotta ett logaritmiskt diagram är det praktiskt att välja frekvenser i sifferserien: 1, 2, 3, 5, 7, 10. Mät också upp brytfrekvensen mera exakt, den hittas enklast som den frekvens där fasförskjutningen är -45°.

$\boldsymbol{U_{in}} =$ **V** (använd samma inspänning under hela mätningen)

f[Hz]	*U_{ut}[V]*	*U_{ut}/U_{in}*	*20log(U_{ut}/U_{in})[dB]*	*ϕ[grad]*

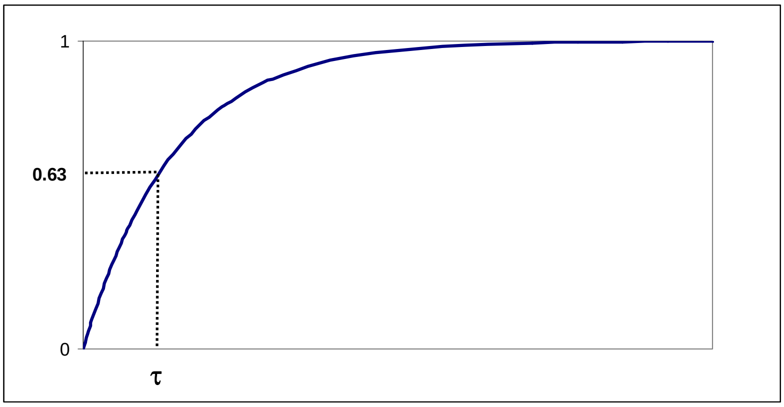
Rita in asymptoterna och plotta upp mätvärdena. Ett Bode-diagram består egentligen av två diagram. Ett diagram för amplituden och ett för fasförskjutningen, båda som funktion av frekvensen. På x-axeln anges frekvensen i logaritmisk skala, amplituden $\left|H\left(f\right)\right|$ anges i dB och blir följaktligen också logaritmisk medan fasen $Arg\ H$ anges linjärt.


0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
0.01
0.1
1
10
100


0.01
0.1
1
10
100

2 Uppmätning av stegsvaret

För att mäta upp stegsvaret är det enklast att mata kretsen med en fyrkantvåg. Välj periodtiden så lång så att utsignalen hinner uppnå sitt slutvärde för varje halvperiod. Använd cursor-funktionen på oscilloskopet.



$\tau = RC$

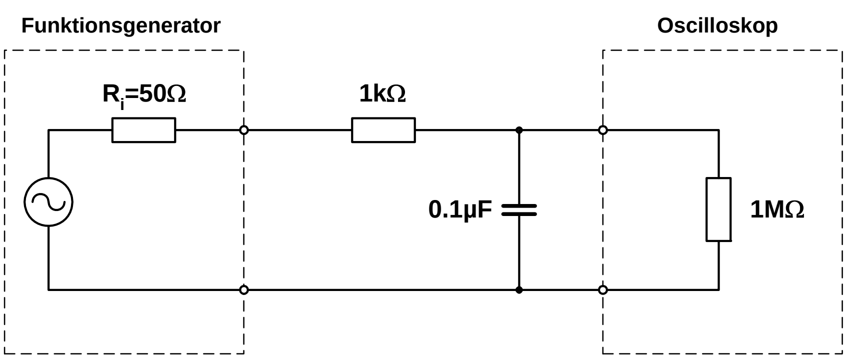
Uppmätt värde på τ **=**

Vilket ger f_1 **=**

Hur stämmer detta med det beräknade värdet och med det som erhölls ur Bode-diagrammet?

3 Inverkan av källimpedans och belastningsimpedans.

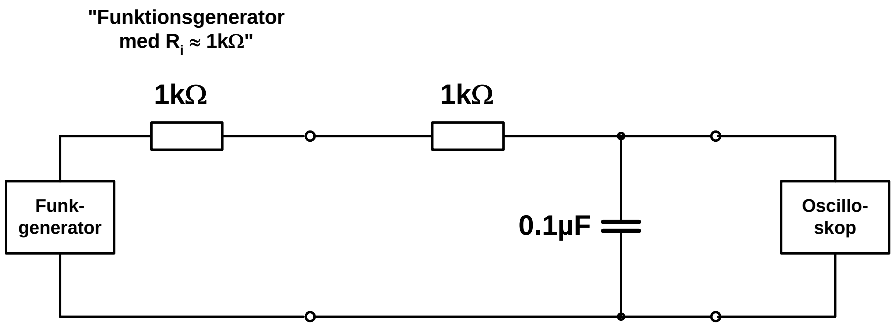
Hittills har vi inte tagit hänsyn till hur signalgeneratorns och oscilloskopets impedanser kan påverka funktionen hos vår krets. Ett mera fullständigt schema över vår uppkoppling ser ut så här:



Om vi betraktar kondensatorn som kortsluten för höga frekvenser och som helt öppen för låga frekvenser så inser vi lätt att inimpedansen för RC-filtret $Z_{in} \geq 1\text{k}\Omega$ och utimpedansen $Z_{ut} \leq 1\text{k}\Omega$. Det är alltså rimligt att anta att varken signalgeneratorns eller oscilloskopets impedanser inverkar nämnvärt på kretsens funktion i vår uppkoppling. Men vad händer om vi har käll- eller belastningsimpedanser i samma storleksordning som RC-kretsens egna impedanser? Vi kan undersöka detta genom att ansluta motstånd på in- och utgången av kretsen.

Inverkan av källimpedansen

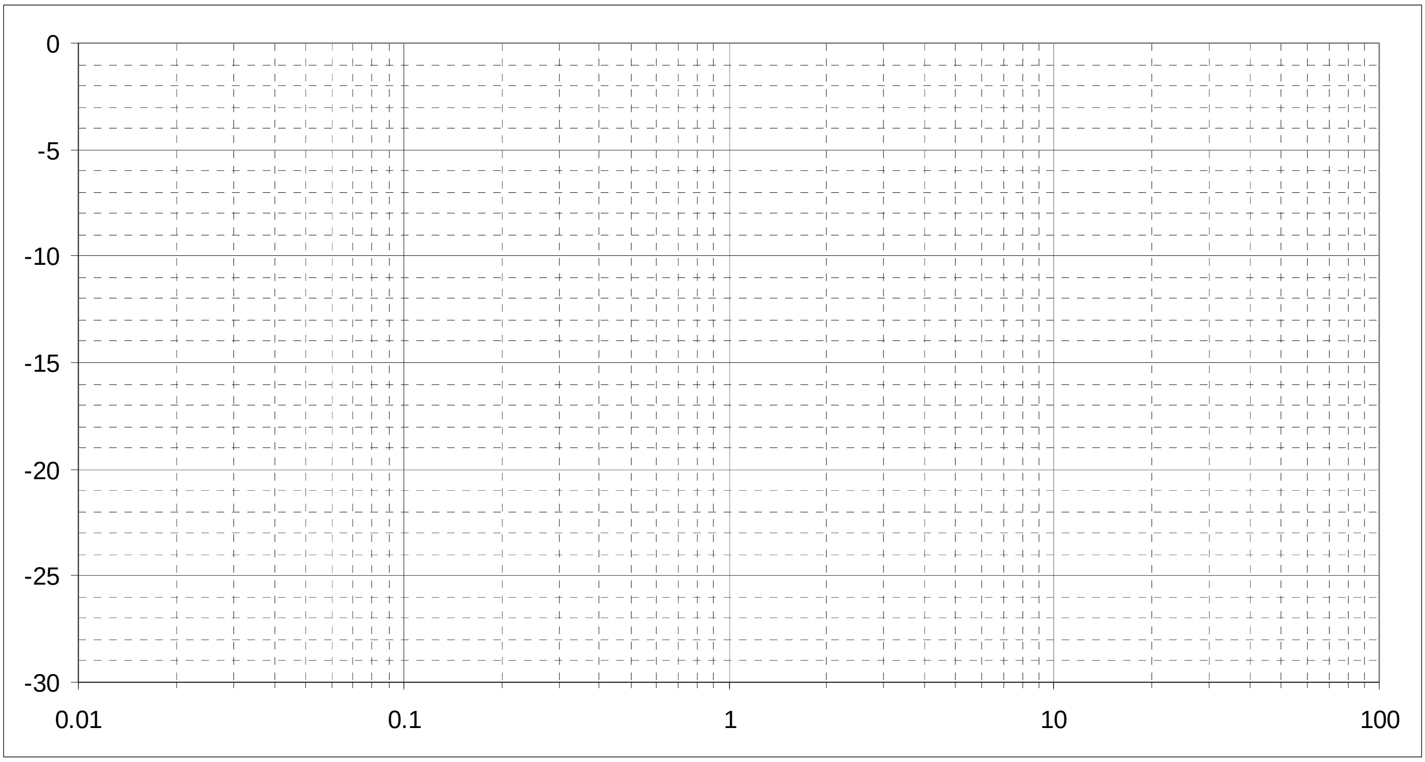
För att se hur kretsen uppför sig om vi ansluter den till en signalgenerator med utimpedansen $\approx 1\text{k}\Omega$ (dvs egentligen $1\text{k}\Omega + 50\Omega$) kopplar vi upp följande krets:



Mät upp Bode-diagrammet för kretsen och jämför med tidigare fall, vi nöjer oss med amplituddiagrammet i denna mätning. Notera brytfrekvensen. U_{in} är alltså den ”nya” funktionsgeneratorns utspänning utan belastning ansluten.

$U_{in} =$ V

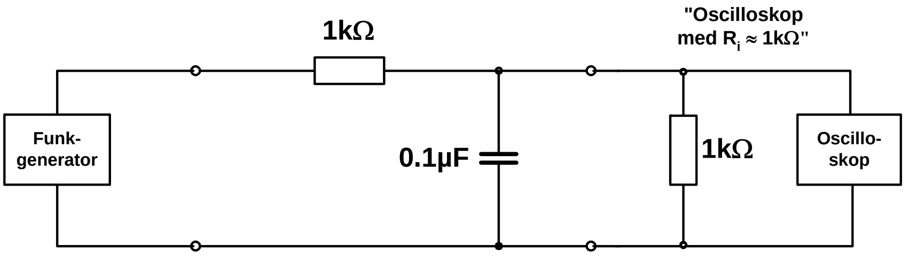
f[Hz]	U_{ut}[V]	U_{ut}/U_{in}	20log(U_{ut}/U_{in})[dB]



Hur påverkas amplituden och brytfrekvensen av källimpedansen? Kommentera!

Inverkan av belastningsimpedansen

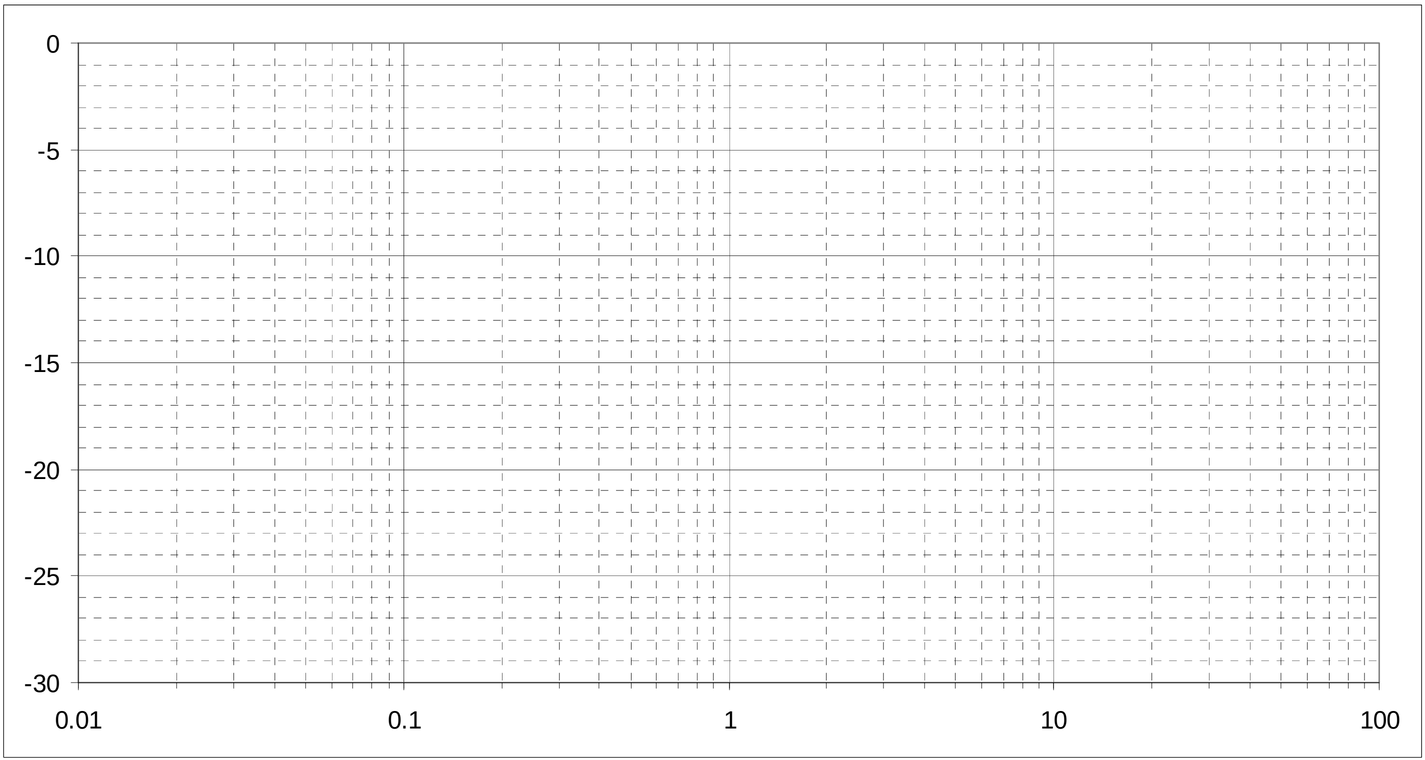
För att undersöka hur kretsen påverkas av en belastning på 1kΩ kopplar vi upp följande:



Mät upp amplituddiagrammet även för detta fall och notera brytfrekvensen.

U_{in}* =   *V

f[Hz]	U_{ut}[V]	U_{ut}/U_{in}	$20\log(U_{ut}/U_{in})$[dB]



Hur påverkas amplituden och brytfrekvensen av belastningsimpedansen? Förklara vad som händer!