

TTT4260 Elektronisk systemdesign og -analyse 2025

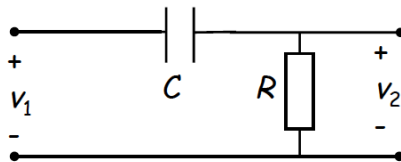
Øving 4

Målsetting

Målet for denne øvingen er å få erfaring med måling, beregning og tolkning av frekvensrespons, amplituderrespons og faserespons.

Oppgave 1 (5 poeng)

Gitt systemet i figur 1 der $C = 100 \text{ nF}$ og $R = 1 \text{ k}\Omega$. Spenningene på inngangen og utgangen er sinusformet med komplekse amplituder hhv. V_1 og V_2 .



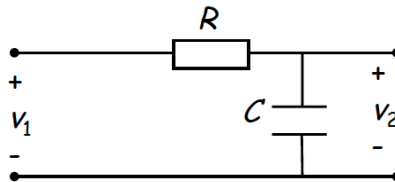
Figur 1: System i oppgave 1

- a) Koble opp systemet. Påtrykk en sinusspenning med amplitude $|V_1| = 1 \text{ V}$ og frekvens $f = 1 \text{ kHz}$ på inngangen. Observer utgangssignalet.
- Blir inngangssignalet forsterket eller dempet på vei gjennom systemet? Hvor mye?
 - Hvor stor er faseforskjellen mellom utgangs- og inngangssignalet (uttrykt i grader)?
- b) Varier nå frekvensen til inngangsspenningen og mål forsterkningen $\frac{|V_2|}{|V_1|}$ og faseforsyvnningen $\phi_{v_2} - \phi_{v_1}$ gjennom systemet for 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz og 100 kHz.
- Hvordan endres systemets forsterkning/dempning som funksjon av frekvens?
 - Hvordan endres systemets faseforsyvnning som funksjon av frekvens?

- c) Bruk nettverksanalysefunksjonen Network på Digilent for å tegne systemets amplitude- og faserespons for $10\text{Hz} < f < 100\text{ kHz}$. Velg logaritmisk frekvensakse. Se appendix A for detaljer om hvordan nettverksanalysatoren brukes.
- Merk dine målepunkter fra b) i grafene.
 - Gi en fysisk tolkning til grafene for en bestemt frekvens f .
 - Fungerer systemet som et lavpass-, høypass-, båndpass- eller båndstopp-filter? Hvorfor?

Oppgave 2 (3 poeng)

Modifiser systemet i oppgave 1 slik at utgangsspenningen $v_2(t)$ tas over kondensatoren som vist i figur 2. Komponentverdiene er uforandret, dvs. $C = 100\text{ nF}$ og $R = 1\text{ k}\Omega$.



Figur 2: System i oppgave 2

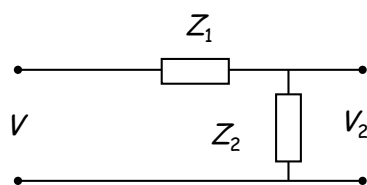
- Tenk på systemet som en spenningsdeler, og skisser amplituderresponsen uten å utføre målinger eller beregninger. Forklar fremgangsmåten.
- Verifiser resultatet fra a) eksperimentelt som i oppgave 1c). Fungerer systemet som et lavpass-, høypass-, båndpass- eller båndstopp-filter? Hvorfor?
- Bruk grafene i b) for å finne et uttrykk for utgangsspenningen $v_2(t)$ når inngangsspenningen er gitt ved $v_1(t) = 5 \cos(4000\pi t)$. Verifiser resultatet eksperimentelt.

Oppgave 3 (1 poeng)

En spenningsdeler sammensatt av to impedanser Z_1 og Z_2 er gitt i figur 3. Spenningene på inngangen og utgangen er sinusformet med komplekse amplituder hhv. V og V_2 .

Vis at frekvensresponsen til dette systemet er gitt ved

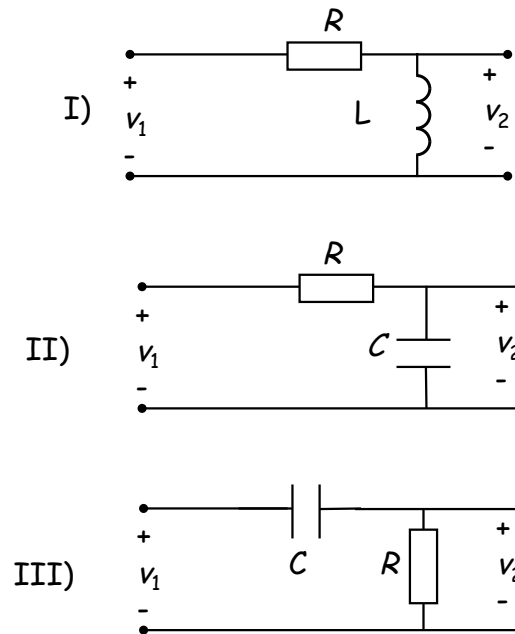
$$H = \frac{V_2}{V} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}.$$



Figur 3: Spenningsdeler med generelle impedanser

Oppgave 4 (3 poeng)

Systemene I)-III) i figur 4 blir påtrykket sinussignal $v_1(t)$ med kompleks amplitude V_1 .



Figur 4: Systemer av orden 1.

- a) For hvert av systemene, finn et uttrykk for frekvensresponsen

$$H(\omega) = \frac{V_2}{V_1},$$

der V_2 er den komplekse amplituden til utgangen $v_2(t)$ og ω er vinkelfrekvensen til signalene.

- b) Med utgangspunkt i a), finn uttrykk for amplituderrespons $|H(\omega)|$ og faserespons $\angle H(\omega)$.
- c) Plot amplitude- og faserespons for systemene II) og III) som funksjon av frekvens $f = \omega/2\pi$ for $C = 100$ nF og $R = 1$ k Ω . Sammenlign med de eksperimentelle resultatene i hhv. oppgave 2 og 1.

Oppgave 5 (3 poeng)

Systemet II) i figur 4 skal nå designes slik at det gir 50% dempning ved $f = 275$ Hz. Kondensatoren brukt i systemet har verdien $C = 100$ nF.

- a) Finn den teoretiske verdien til motstanden R .

- b) Sjekk resultatet eksperimentelt.
- c) Plott amplitude- og faseresponsen til systemet.
- Sammenlign med grafene i oppgave 2, og kommenter hovedforskjellene.
 - Forklar hvorfor endringen i motstandsverdien fører til disse endringene.

Oppgave 6 (3 poeng)

Vi kan lage et system med lik oppførsel som systemet i oppgave 5 ved å bruke en spole og en motstand.

- a) Skisser det nye systemet, og finn et uttrykk for amplitude- og faseresponsen.
- b) Gitt at spolen er $L = 100$ mH, finn verdien for R .
- c) Sammenlign amplitude- og faseresponsen med systemet i oppgave 5. Er de helt like?
- d) Hvilken av de to systemdesignene ville du brukt i praksis?

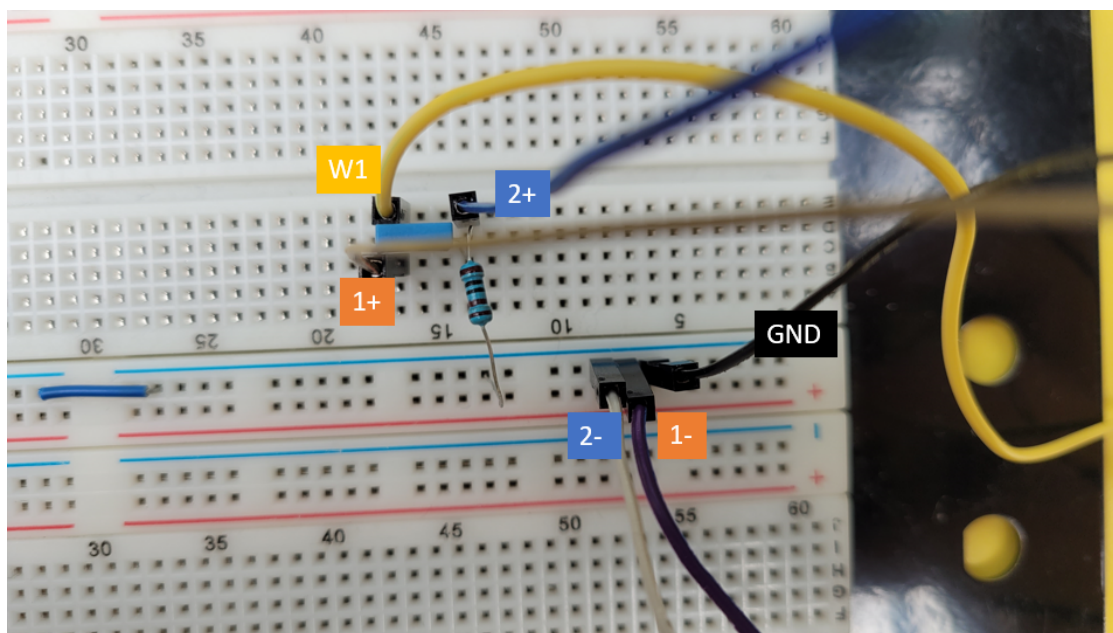
A Nettverksanalyse med Analog Discovery 2

Å kunne måle den faktiske frekvens- og fase-responsen til systemer er svært nyttig. Dette kan gjøres ved hjelp av et instrument som kalles en *nettverksanalysator*. Analog Discovery 2 har denne funksjonaliteten under navnet “Network” i Waveforms. Dette skal benyttes mye i kretsanalyse i ESDA-faget fremover. Figur 5 nedenfor viser hvilke prober man må koble opp hvor for å kunne utføre målinger. Den varierende frekvensen blir sendt med W1, og man må koble 1+ på inngangen og 2+ på utgangen. Probene 1- og 2- må kobles til felles jord (GND) for å få riktige målinger. Se også figur 6 for et eksempel oppkoblet på breadboard. Dere kan få flere detaljer om verktøyet i [Digilent sin egen guide](#).

NB Merk at W2 ikke er jording til W1, den brukes akkurat som W1, slik at man kan sende inn forskjellige signaler.



Figur 5: Diagram over hvordan probene skal kobles opp for å analysere systemet som skal analyseres, på engelsk kjent som *Device under test*(DUT).



Figur 6: Oppkobling av prober for en RC-krets.