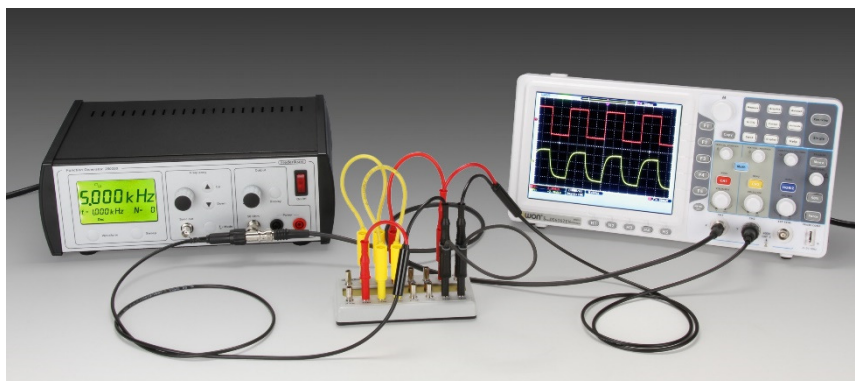


Nummer	136320	Emne	Vekselstrøm / elektronik	Foreslået til	gymA	p.	1/4
Version	2017-01-18 / HS	Type	Elevøvelse				



420600

Formål

Opførslen af simple RC højpasfiltre undersøges gennem udmåling af frekvensgang og steprespons for en række af disse.

Princip

Frekvensgang: Amplituden af et sinusformet signal måles før og efter passage af filteret. Forholdet mellem de to amplituder afbildes grafisk med logaritmisk frekvensakse.

Steprespons: Et firkantsignal sendes ind i filteret og udgangssignalet iagttages på oscilloskop.

Apparatur

LCR-kredsløb 420600 indeholder følgende komponenter:

- Resistorer (modstande):
24,9 k Ω – 3,3 k Ω – 1,0 k Ω – 1,0 k Ω (1 %)
- Induktorer (spoler):
4,7 mH – 1,8 mH (5 %)
- Kapacitorer (kondensatorer):
2,2 nF – 1,0 nF (1 %)

Komponenterne er monteret med bøsninger for ledninger med sikkerhedsstik.

Resistorerne og kapacitorerne kan alle tåle at tilsluttes mindst 24 V DC eller AC kontinuert. Induktorerne tåler en strøm på maksimalt 200 mA kontinuert. Ingen af disse grænser overskrides i de opstillinger, som indgår i denne vejledning.

Forbindelserne til funktionsgenerator og oscilloskop kan med fordel ske med et specielt skærmet kabel (fra BNC-stik til sikkerhedsstik, varenummer 110002 – 2 stk.), mens forbindelsen mellem funktionsgenerator og oscilloskop kan udføres med et BNC T-stykke og et almindeligt coax-kabel (BNC til BNC, varenummer 110025).

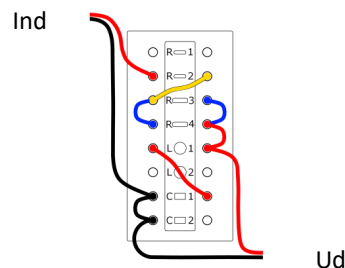
Da sikkerhedsstikkene på kablet 110002 ikke er af stabeltypen, skal disse kabler forbindes som det sidste i opstillingerne.

Af og til vil der mangle et sted at placere en nulleder – det kan klares med en ekstra 25 cm sikkerhedsledning, som evt. kan placeres i en ubenyttet bøsning som vist på eksemplet til højre. (Komponenter, som kun har det ene ben forbundet, er ikke en del af kredsløbet.)

Skitserne i vejledningerne 136310 til 136350 anvender alle følgende farver:

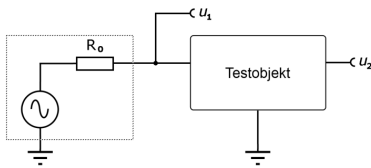
- Rød: Signalvej
- Sort: Nul
- Blå: Parallelforbindelse af komponenter
- Gul: Serieforbindelse af komponenter

Kredsløbets indgang er i alle tilfælde tegnet til venstre, udgangen til højre.



Måleprincip, frekvensgang

Opstillingen herunder viser funktionsgeneratoren tilsluttet et testobjekt, f.eks. et filter.



Signalerne på filterets ind- og udgang betegnes hhv. u_1 og u_2 .

Signalet fra generatoren skal være sinusformet. Tegningen viser eksplicit, at generatoren har en udgangsimpedans, som her er 50Ω , da vi benytter den normale udgang.

De to spændinger iagttages på et oscilloskop. Med et moderne digitaloscilloskop kan man direkte aflæse spændingernes størrelse. Hvis ikke dette er muligt, kan man måle peak-to-peak spændingen på skærmen. (Det er ikke nødvendigt at omregne til f.eks. effektivspændingen – blot man fastholder samme type spændingsangivelse hele vejen.)

Når begge spændingerne u_1 og u_2 måles som funktion af frekvensen f , kan måleobjektets frekvenskarakteristik bestemmes som

$$A(f) = \frac{u_2}{u_1}$$

Pointen er her, at ved at se på *forholdet* mellem spændingerne, er det underordnet, om størrelsen af u_1 skulle variere lidt på grund af et spændingsfald over R_0 .

Grafen for A afbildes ofte i et dobbeltlogaritmisk koordinatsystem.

Et *højpasfilter* er et kredsløb, der tillader passage af signaler med frekvenser, der er højere end en vis grænse (*knækfrekvensen*), mens mere lavfrekvente signaler dæmpes.

Et *lavpasfilter* virker lige modsat.

Alle filtre vil i praksis have en mere eller mindre blød karakteristisk; der bliver ikke pludseligt "lukket af" ved en bestemt frekvens.

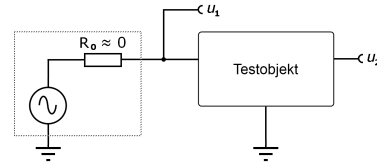
De simpleste filtre består blot af en resistor (R) og en kapacitor (C). Disse kaldes *førsteordensfiltre*.

De komponenter, der er på brættet, kan sammensættes på mange forskellige måder: Alt i alt kan der laves 260 forskellige førsteordens RC lavpasfiltre.

Måleprincip, steprespons

Denne måling foregår med opstillingen tilsluttet power-udgangen på funktionsgeneratoren og kurveformen sat til firkanter.

Med de komponentværdier, vi benytter, vil en frekvens på f.eks. 5 kHz være passende. Dermed kan vi bruge funktionsgeneratorens power-udgang med dens forsvindende lille udgangsimpedans.

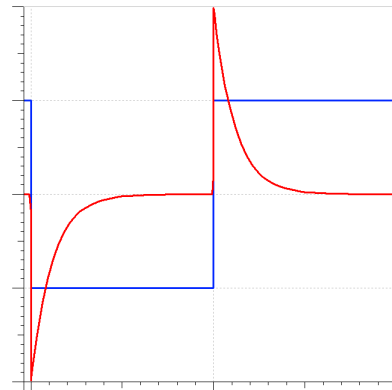


Hvis oscilloskopet har mulighed for at udskrive skærmdumps, kan disse direkte benyttes som måleresultat – ellers må man tage et foto eller tegne skærbilledet af på kvadreret papir.

På tegningen herunder vises en teoretisk steprespons for et højpasfilter.

Den blå kurve forestiller indgangssignalet, mens den røde forestiller udgangssignalet.

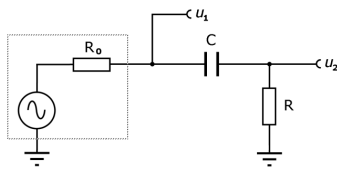
Vi ser, at når indgangen springer fra -1 til $+1$ V, springer udgangen lige så meget, men med udgangspunkt i den øjeblikkelige udgangsspænding (her fra ca. 0 V til ca. $+2$ V).



I praksis vil det ikke være hele firkantkurvens spændingspring, som overføres til udgangen – det ville kræve ideelle komponenter og ledninger.

1) RC højpasfilter - måling af frekvensgang

Benyt funktionsgeneratorens normale (50 Ω) udgang.



Filterets knæfrekvens f_0 defineres som den frekvens, hvor signalet dæmpes med en faktor $1/\sqrt{2}$ (dvs. til ca. 71 % af oprindelig størrelse). Den kan beregnes som

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

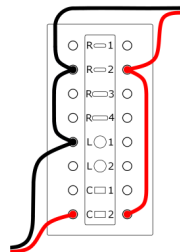
Med de komponenter, der er på brættet, kan vi sammensætte mange forskellige RC lavpasfiltre. De følgende kombinationer giver en pæn variation af knæfrekvenser:

- 3,3 kΩ og 1,0 nF (a)
- 5,3 kΩ og 2,2 nF (b)
- 24,9kΩ og 2,2 nF (c)

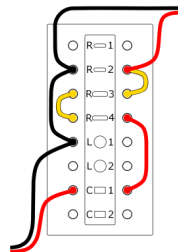
5,3 kΩ opnås ved serieforbindelsen (1+1+3,3) kΩ

For hvert filter skal frekvensgangen bestemmes:

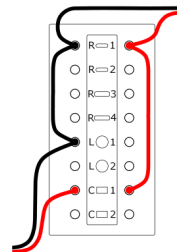
Mål med oscilloskopet indgangsspændingen u_1 og udgangsspændingen u_2 ved filterets f_0 – samt følgende frekvenser: 100 Hz; 500 Hz; 1,5 kHz; 5 kHz; 10 kHz; 25 kHz; 75 kHz; 150 kHz; 300 kHz.



(a)



(b)

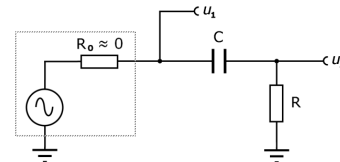


(c)

Afbild u_2/u_1 som funktion af frekvensen. Benyt logaritmiske akser. Kommentér udseendet.

2) RC højpasfilter - måling af steprespons

Måleopstilling er omtrent den samme som i det foregående eksperiment; den eneste ændring er, at vi benytter funktionsgeneratorens power-udgang, hvor man kan se bort fra R_0 . Signalet fra generatoren tilføres indgangen på højpasfilteret. Indstil generatoren på firkanter og frekvensen 5 kHz.



Benyt de samme komponentværdier som i foregående eksperiment.

Indstil oscilloskopet, så både indgangssignalet u_1 og udgangssignalet u_2 kan ses på skærmen.

For hvert filter skal oscilloskopbilledet kopieres, fotograferes eller tegnes.

Kommentér – gerne i sammenhæng med resultaterne fra eksperiment 1

Teori

Knæfrekvensen bestemmes således

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Frekvenskarakteristikken for RC højpasfilter:

$$A_{highpass}(f) = \frac{\frac{f}{f_0}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}}$$

Databehandling

Både den målte og den teoretiske frekvenskarakteristik kan bekvemt afbildes ved at bruge et regneark.

Begge akser sættes til at være logaritmiske. Dette fremhæver nogle pointer omkring filtrenes opførsel.

Det foreslås at bruge samme koordinatsystem til graferne for frekvensrespons for alle måleserier (komponentsammensætninger) i eksperimentet.

Diskussion og evaluering

Prøv at beskrive filtrenes opførsel i ord. Hvad betyder knæfrekvensen for opførslen?

Sammenlign de teoretiske og målte frekvenskarakteristikker. Er der afvigelser? Kan disse evt. blot skyldes tolerancen (1 %) på komponenterne?

Noter til læreren

Benyttede begreber

Frekvenskarakteristik
Knækfrekvens
Serieforbindelse
Steprespons

Matematiske forudsætninger

Logaritmsk koordinatsystem
(Brug af regneark)

Om apparaturet

1 k Ω resistorerne tåler 1 W.
Øvrige resistorer 0,6 W.
(Disse effekter overstiges ikke ved anvendelse af almindelige 0-24 V strømforsyninger.)

Kapacitorerne tåler mindst 250 V.

Spolerne har en maksimal strømstyrke på 240 mA (4,7 mH) hhv. 210mA (1,8 mH).

Da spolerne er viklet på ferritkerne, vil der optræde et mætningsfænomen, hvor induktansen falder med voksende strøm. For at minimere denne effekt, anbefaler vi, at spidsstrømmen holdes under 200 mA.

Didaktiske overvejelser

Decibel berøres ikke, men kan naturligvis inddrages, om det måtte ønskes.

Det behandles derfor heller ikke eksplicit, at første ordens RC filtre har en flankestejlhed på 6 dB / oktav.

Ud fra både de teoretiske og de målte frekvenskarakteristikker bør eleverne dog kunne opdage eksistensen af en fast flankestejlhed.

Det anbefales at kombinere disse målinger med eksperiment 136310 Lavpasfiltere.

Det vil være oplagt at fortsætte eksperimenterne ved at inddrage induktorer. Disse indgår i eksperimenterne 136330, 136340, 136350. Der arbejdes dog ikke specifikt med LCR højpasfiltere.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

420600 LCR-opstilling

Større udstyr

250350 (eller 250250) Funktionsgenerator

400150 Oscilloskop, digitalt 60 MHz
eller

400100 Oscilloskop, PC, 60 MHz

Standard laboratorieudstyr

110002 Kabel, BNC – to sikkerhedsstik (2 stk.)

111100 BNC T-stykke

110025 Coaxkabel HQ 100 cm BNC/BNC 50 Ohm

105710 Sikkerhedskabel 25cm, sort

105711 Sikkerhedskabel 25cm, rød

105712 Sikkerhedskabel 25cm, gul (2 stk.)

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato. Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmønteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt.

Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside