



Designnotat

Tittel: Støyfjerning

Forfatter: Karl Henrik Ejdfors

Versjon: 2.0

Dato: 3. mai 2017

Innhold

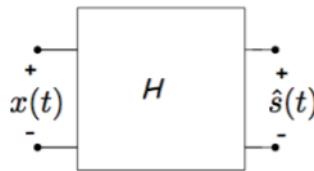
1 Problembeskrivelse	1
2 Prinsipiell løsning	1
3 Realisering	2
4 Konklusjon	5

1 Problembeskrivelse

Vi vil ta for oss design av et system som vist i figur 1.1 [1]. Det blir påført et signal $x(t)$ som inneholder deler med informasjon vi ikke er interessert i. Støyfilteret H filtrerer bort informasjon som ikke er ønskelig, og sender ut det filtrerte signalet $\hat{s}(t)$.

$$x(t) = s(t) + w(t) \quad (1.1)$$

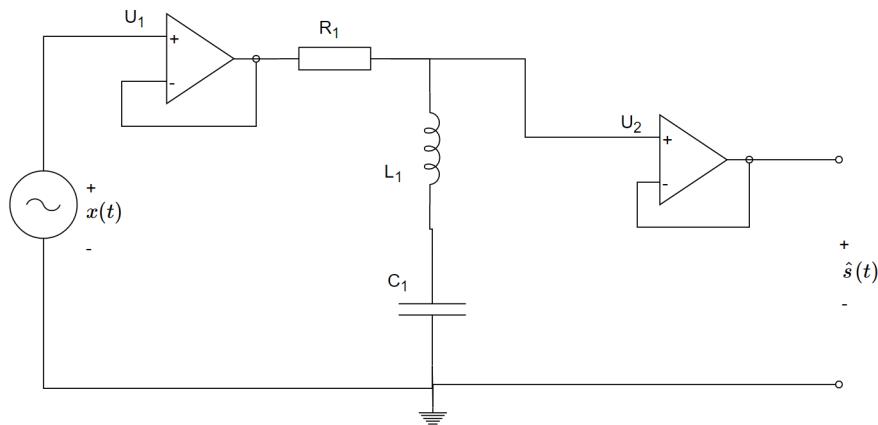
Inngangssignalet kan modelleres som en sum av $s(t)$ og $w(t)$, der $s(t)$ er delen av signalet som er interessant, og $w(t)$ er delen som inneholder støy, som gitt i formel 1.1. Utgangssignalet $\hat{s}(t)$ skal tilnærmes $s(t)$ så mye som mulig, altså å fjerne så mye som mulig av støyen $w(t)$ og endre så lite som mulig av signalet $s(t)$. Ved å analysere inngangssignalet som beskrevet i 'Realisering' på side 2, kan man finne frekvensen til støyen. I dette designet skal en pipetone med frekvens $f_0 = 1120\text{Hz}$ dempes.



Figur 1.1: System for støyfjerning [1]

2 Prinsipiell løsning

Å implementere et tidsinvariant støyfilter realisert med spoler, motstander, kondensatorer og operasjonsforsterkere kan være aktuelt for å fjerne støy fra et signal. Med et slikt filter kan et frekvensområde som er typiske for støyen bli dempet samtidig som frekvensområdene utenfor støyen blir sluppet uendret igjennom. Et slikt filter kan implementeres som vist i figur 2.1, modifisert fra [2].



Figur 2.1: Konsept av støyfilter.

Utgangssignalet $\hat{s}(t)$ er tatt over bufferet U_2 , som vist i figur 2.1. Spolen L_1 og kondensatoren C_1 er seriekoblet og leddet vil derfor oppføre seg som en åpen krets for både høye og lave frekvenser. Kondensatoren oppfører seg som en åpen krets og spolen som en kortslutning for lave frekvenser, og motsatt for høye frekvenser. For midtfrekvenser fungerer komponentene som en kortslutning, der midtfrekvensene avhenger av komponentverdiene. For å finne maksimal demping av resonansfrekvensen f_0 bruker man verdier for L_1 og C_1 som oppfyller ligning 2.1.

$$\begin{aligned}\omega L &= \frac{1}{\omega C} \\ \omega^2 &= \frac{1}{LC} \\ \omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ f_0 &= \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.\end{aligned}\tag{2.1}$$

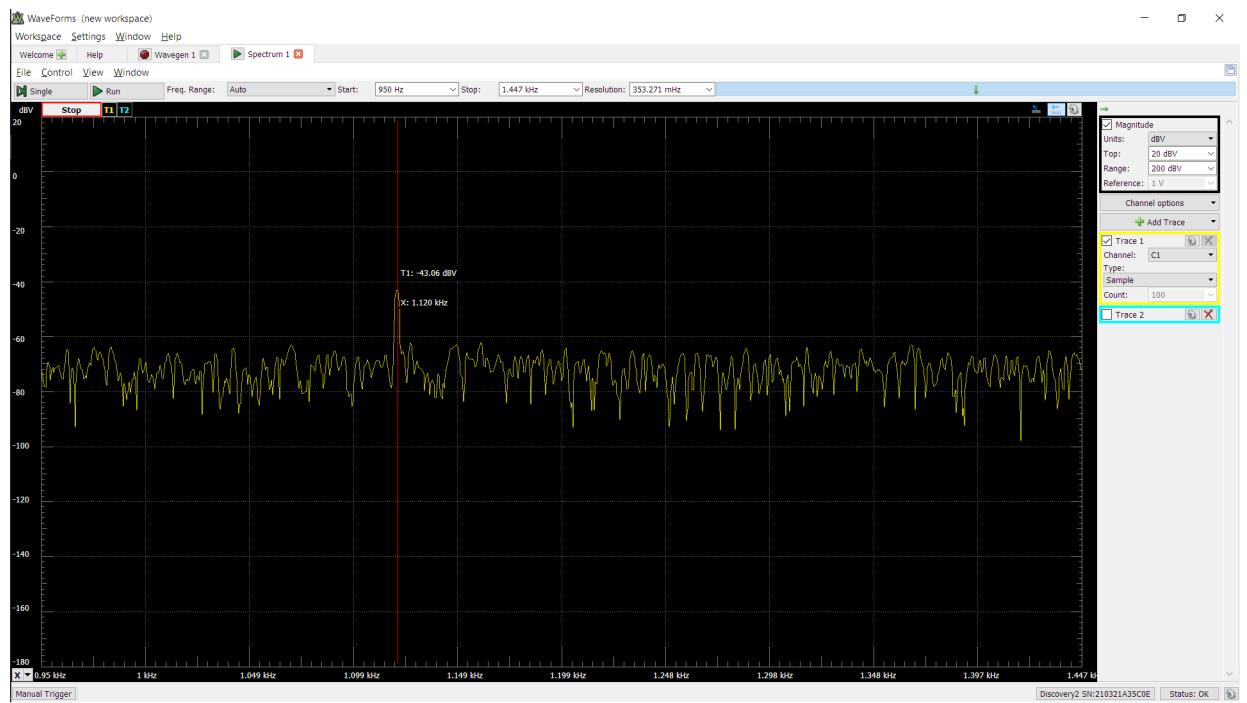
I praksis vil det ønskede signalet og støyen som regel ha felles frekvenskomponenter slik at demping av støyen, $w(t)$, medfører endring av ønsket signal $s(t)$. Et buffer tilkoblet inngangssignalet gjør at signalet kan drive kretsen uten å bli belastet fra andre deler av kretsen som kan forstyrre signalet. Et buffer tilkoblet utgangssignalet sikrer at kretsen holder seg uendret når et annet system kobles på utgangen, som vist i figur 2.1.

3 Realisering

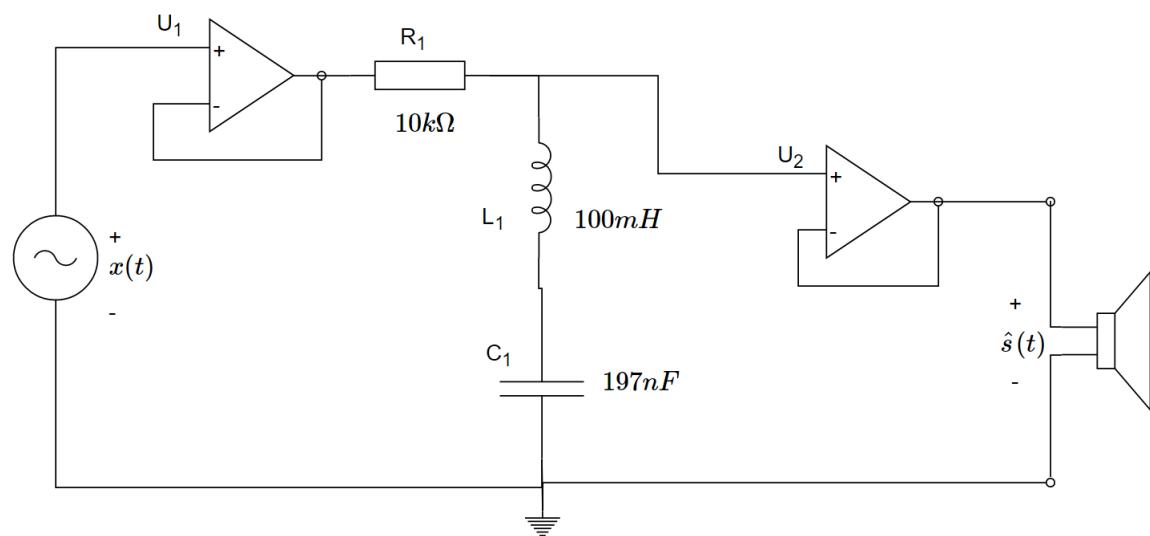
Ved å spektrumsanalyse inngangssignalet finner man frekvensen til støyen man ønsker å filtrere bort. Metode for analyse ser vi i figur 3.1, der støyen, $w(t)$, har frekvens $1120Hz$. For å dempe støyen, kan en implementering som vist i figur 3.2 benyttes. Verdier for C_1 og L_1 regnes ut ved formel 2.1, der f_0 er $1120Hz$, og valgt verdi $L_1 = 100mH$. Dette gir

$$1120Hz = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{100mH \cdot C_1}} \Rightarrow C_1 = \frac{10}{4\pi^2 \cdot 1120^2} \approx 202nF.$$

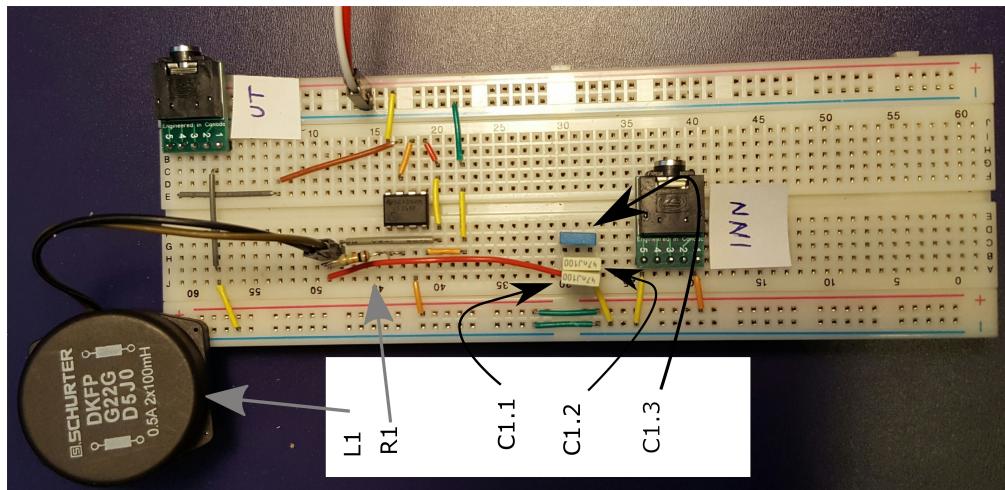
Filteret blir implementert med $C_1 = 197nF$, realisert med tre parallellkoblede kondensatorer med verdier $46.5nF$, $46.5nF$ og $104nF$, som vist i fotografi 3.3. Motstanden R_1 settes til $10k\Omega$ og $L_1 = 100mH$. Med dette designet dempes resonansfrekvensen rundt $51dB$, som vist i Bode diagram 3.4.



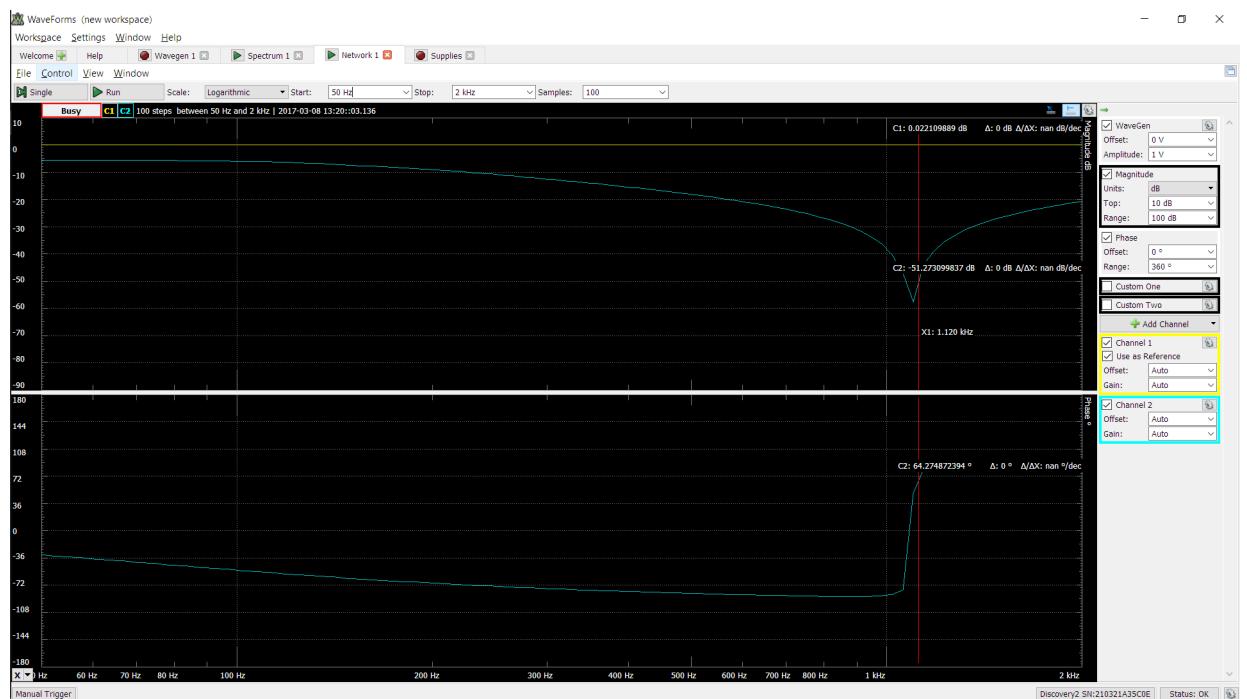
Figur 3.1: Spektrumsanalyse av testsignal.



Figur 3.2: Realisering av støyfilter



Figur 3.3: Fotografi av design



Figur 3.4: Bode analyse av frekvensrespons og faseforskyvning, visualisert av den blå grafen.

4 Konklusjon

Støyfilteret er av typen bånd stopp, og demper et signal av frekvensen $1120Hz$ med rundt $51dB$. Lydsignalet på utgangen har blitt bedre i den form at man ikke lenger kan høre støyet til inngangssignalet, og at det nå er behagelig å lytte til signalet.

Referanser

- [1] Lars Lundheim. *Enkle prinsipper for støyfjerning*. NTNU, 2016.
- [2] Band stop filter. <http://www.electronicshub.org/band-stop-filter/>. Hentet: 08.03.2017.