



# Designnotat 1

Tittel: Enkle prinsipper for støyfjerning (AC-strøm)

Forfattere: Sindre Danielsen

Versjon: 3.0

Dato: 09.06.21

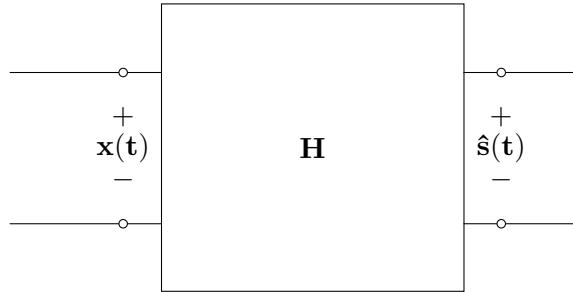
## Innhold

<b>1</b>	<b>Problembeskrivelse</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Prinsipiell løsning</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Realisering og test</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>8</b>
<b>A</b>	<b>Vurdering</b>	<b>9</b>
<b>B</b>	<b>Ønsker tilbakemelding på</b>	<b>9</b>

---

## 1 Problembeskrivelse

Elektrisk støy er noe som forekommer i forbindelse med signalbehandling, og ofte kan det være hensiktsmessig å fjerne det. Det ønskes da å utvikle et system vist ved figur 1.



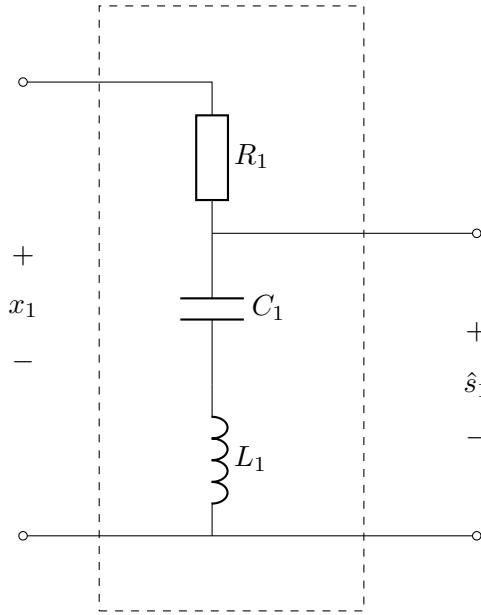
**Figur 1:** Støyfjerning for vekselstrøm.

Den tar inn et signal med støy  $x(t)$  og gir oss ut et forbedret signal  $\hat{s}(t)$ . Funksjonen til støyfjerner  $H$  er å stoppe en unønsket frekvens ved bruk av et båndstopp filter, som blir forklart i seksjon 2.

Ved bruk av et slikt system er kravet at kun et lite frekvensområdet skal stoppes. Samtidig skal resten av frekvensområdet skal være minimalt påvirket, som vil si amplituden på signalet.

## 2 Prinsipiell løsning

Slik nevnt i seksjon 1, så kan støyfjerning løses ved bruk av et båndstopp filter. En krets for et enkelt båndstoppfilter er gitt ved figur 2.



**Figur 2:** Båndstoppfilter

Hvis inngangsignalet  $x_1$  inneholder støy, så vil utgangsignalet  $\hat{s}_1$  fjerne frekvensområdet ønsket ved et båndstoppfilter gitt av resonansfrekvensen  $w_0$ . Den er bestemt av kondensatoren  $C_1$  og spolen  $L_1$ . Størrelsen på motstanden  $R_1$  vil da gi signaldempningen i området rundt resonansfrekvensen. Denne signaldempningene kan vi utlede fra totalimpedansen:

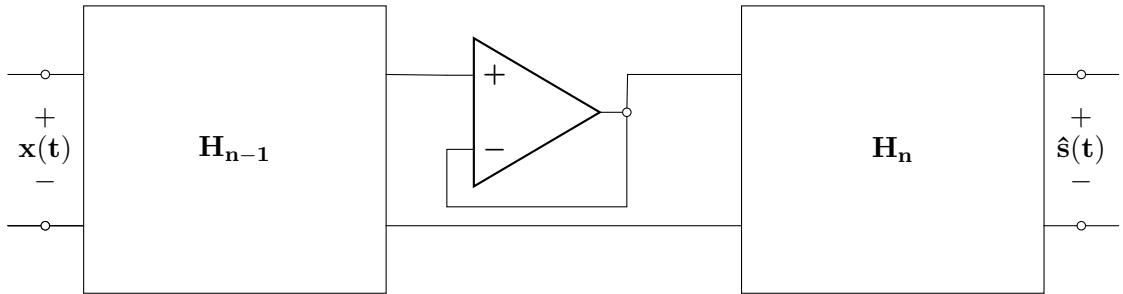
$$\begin{aligned} Z &= R_1 + j\omega L_1 - j \frac{1}{\omega C_1} \\ \implies R &= Z - j\omega L_1 + j \frac{1}{\omega C_1} \end{aligned} \quad (1)$$

for  $\omega \in \langle 0, \infty \rangle \setminus \{\omega_0\}$ , der resonansfrekvensen er gitt ved  $w_0 = 2\pi f_0$ .

Vi kaller støyets frekvens for  $f_s$ , slik at vi finner  $C_1$  og  $L_1$  ved resonansfrekvensen ( $\omega_0 = 2\pi f_s$ ):

$$\begin{aligned} 2\pi f_s &= \frac{1}{\sqrt{CL}} \\ \implies L &= \frac{1}{C(2\pi f_s)^2} \quad , \quad C = \frac{1}{L(2\pi f_s)^2} \end{aligned} \quad (2)$$

For at området i nærheten av  $w_0$  skal påvirkes minst mulig av båndstoppfilteret, så kan vi kaskadekoble flere båndstoppfilter. Dette er vist ved figur 3.



**Figur 3:** Kaskadekobling med buffer som mellomledd.

Der  $H_{n-1}$  og  $H_n$  tilsvarer båndstoppfilter nummeret. Poenget er at desto flere filter, desto mindre forstyrrelser i signalet rundt  $f_s$  ved målt utgangssignal  $\hat{s}(t)$ . Op-ampen mellom  $H_{n-1}$  og  $H_n$  er en buffer. Funksjonen til bufferen er å hindre strøm og spenning i  $H_{n-1}$  å påvirke  $H_n$  og omvendt.

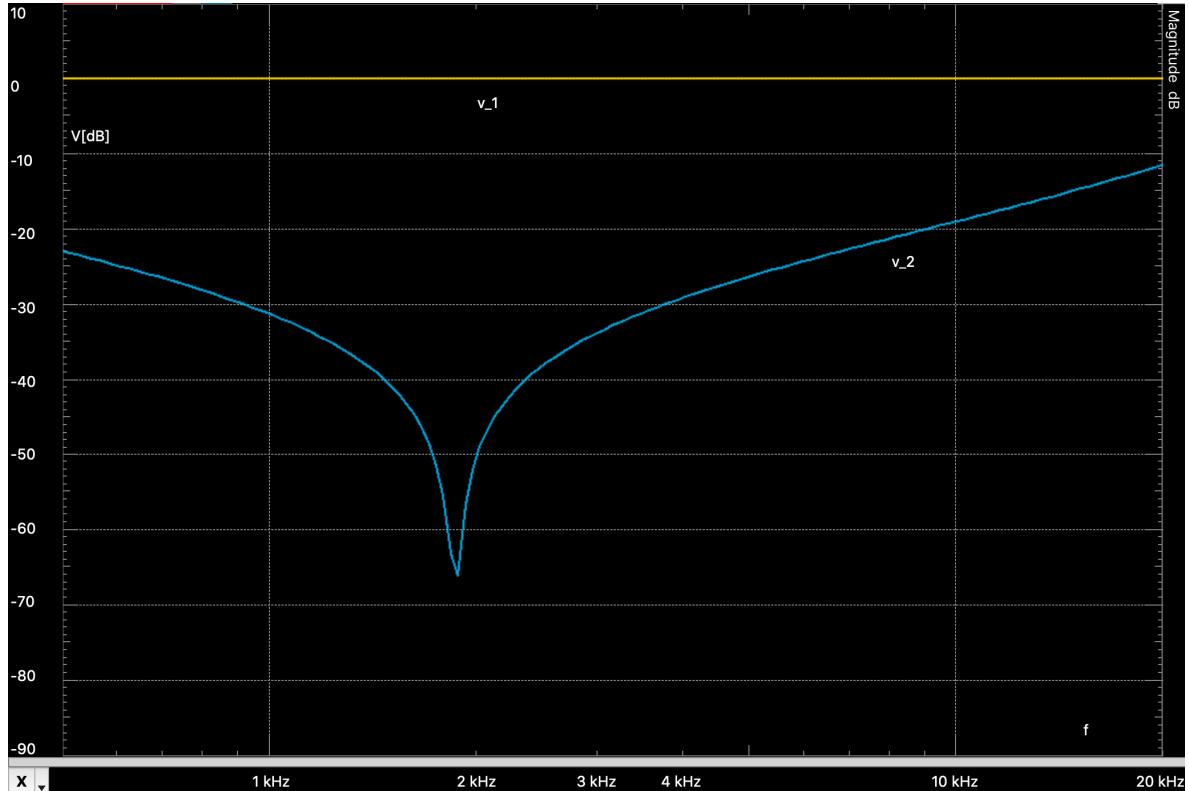
### 3 Realisering og test

Ved realisering av systemet, så blir det valgt å bruke verdiene gitt ved tabell 1.

Navn	Verdi	Beskrivelse
$f_s$	1.838kHz	Frekvens inngangssignal $x(t)$ .
$L$	0.300H	Teoretisk fritt valgt Spole.
$C$	$2.499 \cdot 10^{-8}\text{F}$	Kondensator (likning 2).
$R$	$100\text{k }\Omega$	Observert passende motstand.
Op-amp	LF353P	Bufferen

**Tabell 1:** Verdiene brukte i realisering av systemet.

Ved bruk av lav motstandverdi for  $R_1$  så får vi et område som forstyrreer nærliggende frekvenser av  $w_0$  til liten grad, men samtidig så vil båndstoppfilteret ikke stoppe signalet til ønskelig grad for  $w_0$ . En verdi for  $R_1$  som passer, har vi ved observasjon av frekvensspekteret og får at  $R = 100\text{k }\Omega$ . Ved oppkobling av figur 2 får vi frekvensspekteret vist ved figur 4.



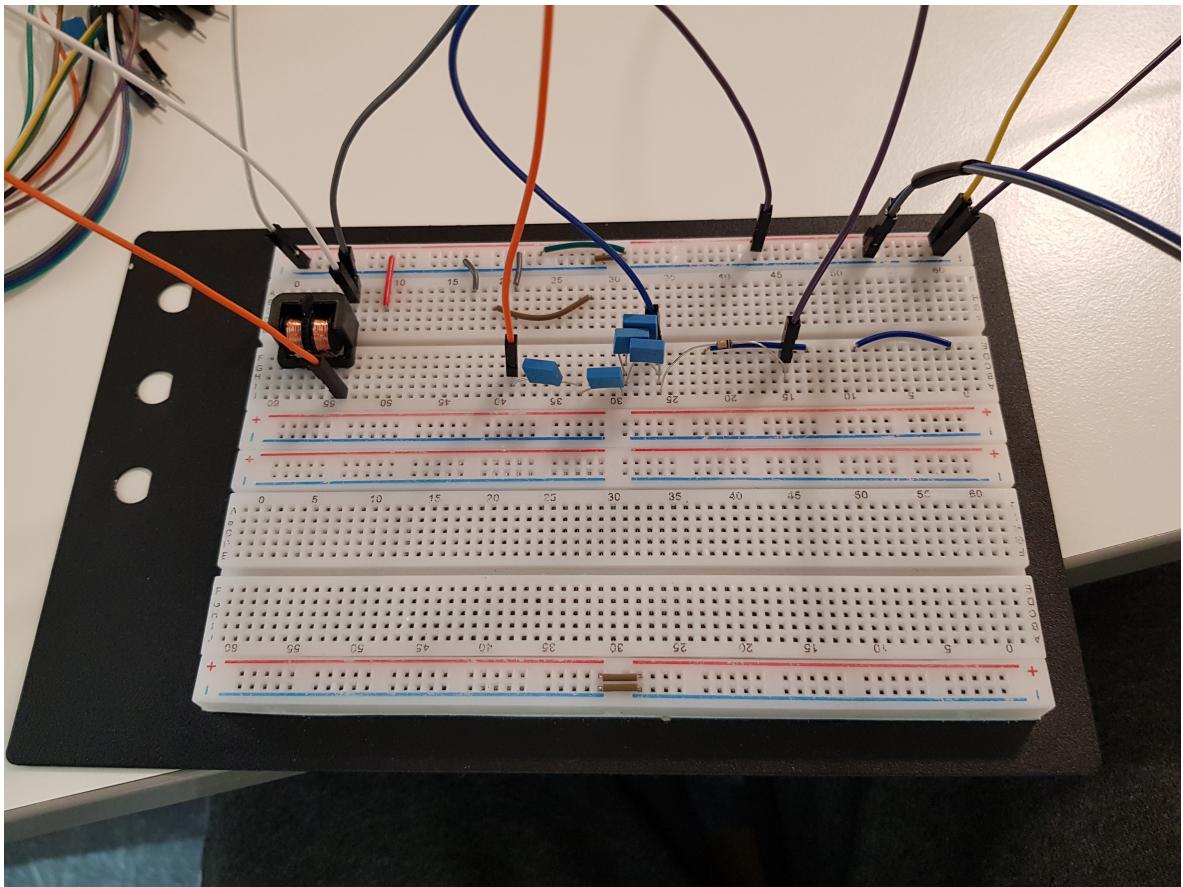
**Figur 4:** Frekvensspekteret for inngangssignalet  $v_1$  og utgangssignalet  $v_2$

**Merk at:** båndstoppet blir i stor grad påvirket rundt  $f_0$ , som oppstår fordi det mistes mest

sannsynligvis en del strøm gjennom kabler og til varme. Det var her brukt seriekopling av 2 kondensatorer og parallelkoblet 3 på 100nF hver. Det vil tilsvare  $f_0 \approx f_s$ . Det er fremdeles mulig å observere at vi får en  $v_2$ , som stopper signalet for et lite frekvensområdet.

Slik observert i figur 4, så er det rimelig å anta , fordi  $v_2$  også demper andre frekvenser enn kun  $f_0$ , og dette er en konsekvens av enkle båndstoppfiltre. For en mer optimal båndstopp, så kan sette opp en kaskadekopling slik i figur 3.

Dette er valgt å ikke gjøre i dette forsøket, fordi hvis det skal oppnås en stor forskjell, så kreves flere båndstoppfiltre enn det som er til rådighet.



**Figur 5:** Realisert båndstoppfilter for  $f_0 \approx f_s$

Figur 5 viser oppkopplinga av et enkelt båndstoppfilter, som påtrykker vekselspenning og inngangs- og utgangsspenninga over kretsen.

## 4 Konklusjon

Det er utviklet et båndstoppfilter med hensikt å fjerne støy fra et inngangssignal. Ved enkle båndstoppfiltre gir det forstyrrelser rundt resonansfrekvensen, men samtidig har vi en ønsket virkning for resonansfrekvensen. Fra figur 4, så ser vi at kravet satt i seksjon 1 ikke blir oppfylt.

Kaskadekopling er en mulighet for forbedring og innsnevring av signalet og eventuelt kan det også brukes et bedre kondensator-oppsett.

## A Vurdering

- Problembeskrivelsen er kort og presis med figur som illustrasjon. Beskriver innholder i figuren, men tar ikke frem prinsipper og begynner heller ikke å diskutere tekniske dextaljer.
- Prinsipiell løsning: Forklarer hva som skal brukes, samt viser de tekniske detaljene som inngår i problembeskrivelsen. En illustrasjon av dette vises også. Her fremkommer også matematikken kort og presist og forteller om hvordan systemet kan utvikles videre ved behov.
- Det kunne godt vært med målinger, som viser frekvensspektret for hva som skjer når motstandsverdiene i kretsen endres.
- Generelt sett er figurene forståelige og blir forklart godt i teksten i etterkant.
- Den realiserte løsningen er med og forståelig ved et øyekast.
- Kravet blir drøftet og utpekt om det lever opp til det ønskede kravet eller ikke.
- Teksten har fokus på det å forklare hvordan man skal gå frem for å løse problemet, slik at det kan gjentas for enhver leser som kan tilstrekkelig kunnskap.
- Formalian ser tilstrekkelig ut. Usikker på desimalbruk.
- Figurene er laget selv, med inspirasjon fra det tekniske notatet". Men det er noe kunnskap som hadde blitt muliggjort uten hjelp.
- Kan være det er brukt  $f_0$  og  $f_s$  mye omhverandre og at det er omtalt resonansfrekvens som  $f_0$  istedet for  $w_0$ .
- Mellomregninger er korte og tar ikke for seg unødvendige steg, slik at en med samme basiskunnskap skal kunne tilegne seg likningene.

## B Ønsker tilbakemelding på

Er problembeskrivelsen beskrivende nok.

Er desimalbruken grei i Realisering og test"?

Har det en konsekvens på signalet om man serie-parallel kobler flere kondensatorer?

Nå fikk jeg ikke med flere figurer av spekteret, men så at ved lavere motstandsverdier, så er det mindre spenningsfall over motstanden ved resonansfrekvensen. Er det så mye motstand i resten av kretsen (kabler og slikt) eller tappes det så mye varme?