



# Designnotat

Tittel: Frekvensdobling

Forfattere: Eirik Mathias Silnes

Versjon: 1.0

Dato: 24. april 2023

## Innhold

<b>1</b>	<b>Problembeskrivelse</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Prinsipiell løsning</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Realisering og test</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Takk</b>	<b>6</b>
	<b>Referanser</b>	<b>7</b>

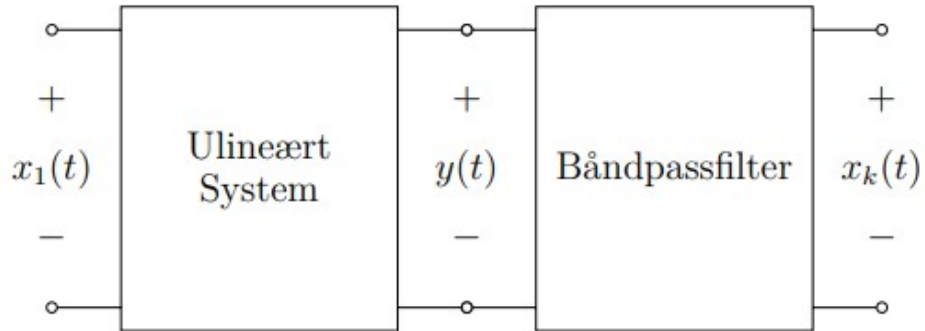
---

## 1 Problembeskrivelse

I dette designnotatet skal det designes en frekvensfordobler. Systemet skal operere på et sinus-signal  $x_1 = A_1 \cos(2\pi f t)$  med kjent frekvens  $f$  og produsere et nytt signal  $x_2 = A_2 \cos(2\pi 2f t + \phi)$  med den doble frekvensen  $2f$ . Det stilles ingen krav til amplituden  $A_2$  eller fasen  $\phi$ . En mulig ide for realisering av et slikt system er spesifisert i et Teknisk notat utkutt av IE [2]. Det er ønskelig å undersøke hvor god denne ideen er. Det stilles krav til at kvaliteten av signalet  $x_2$  hvor det er ønskelig å ha en stor signal-til-distorsjon-forhold, SDR [2].

## 2 Prinsipiell løsning

Som vist i det tekniske notatet [2] så kan en frekvensdobler lages som vist i Figur 1

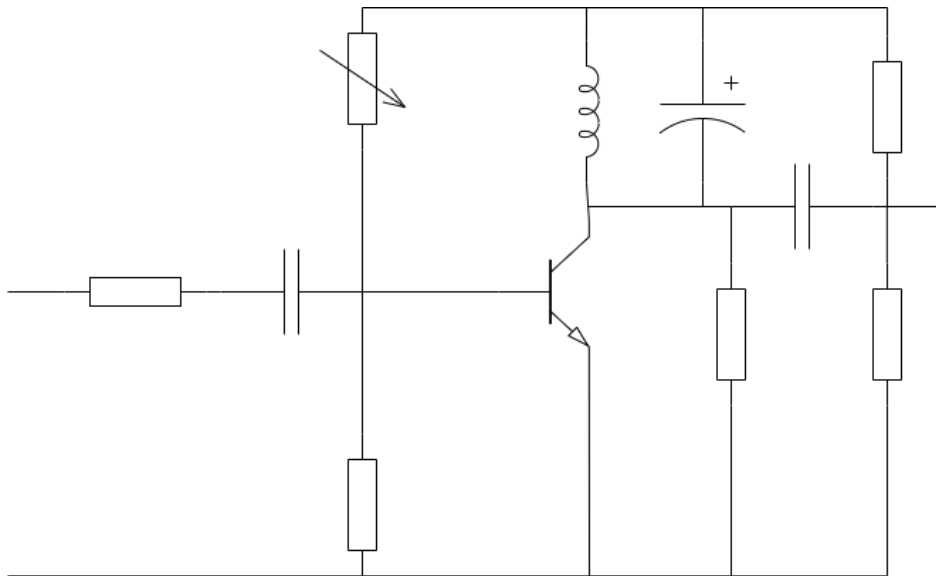


**Figur 1:** En mulig løsning på systemet

Systemet illustrert i Figur 1 består av to deler, et ulineært system og et båndpassfilter. Det originale sinussignalet  $x_1$  går inn i et ulineært system for å skape overtoner. Det ulineære signalet vil innhelode en sammensettning av mange frkvenser og derfor sendes det inn i et båndpass filter for å isolere ut den ønskede frekvensen.

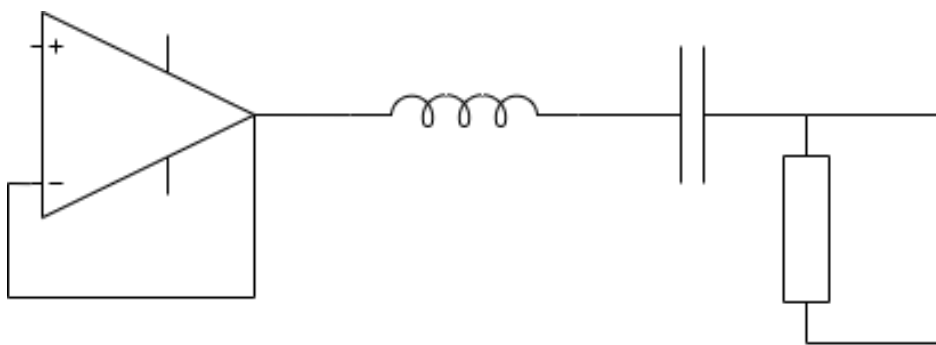
### 3 Realisering og test

For å realisere systemet i Figur 1 ble det brukt et ulineært system som er vist i Figur 2. Det ulineære systemet er basert på en transistor forsterker og en LC oscillator. LC oscilatoren som er koblet på utgangen av transistor forsterkeren er for å skape en frekvens som er dobbelt så høy som den originale frekvensen og utregneres med formelen  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , hvor  $f = 3.8\text{kHz} = x_2$ . Spolen som ble benyttet hadde verdien  $L_1 = 10\mu\text{H}$  og tilhørende kondensatorverdi ble da  $C_1 = 180\mu\text{F}$ . Grunnen til å benytte seg av noe sånt er fordi denne kretsen vil forsterke den innskommende signalet og i tillegg generere mye kraftigere signal på den ønskede frekvensen så et mindre nøyaktig filter kan brukes.

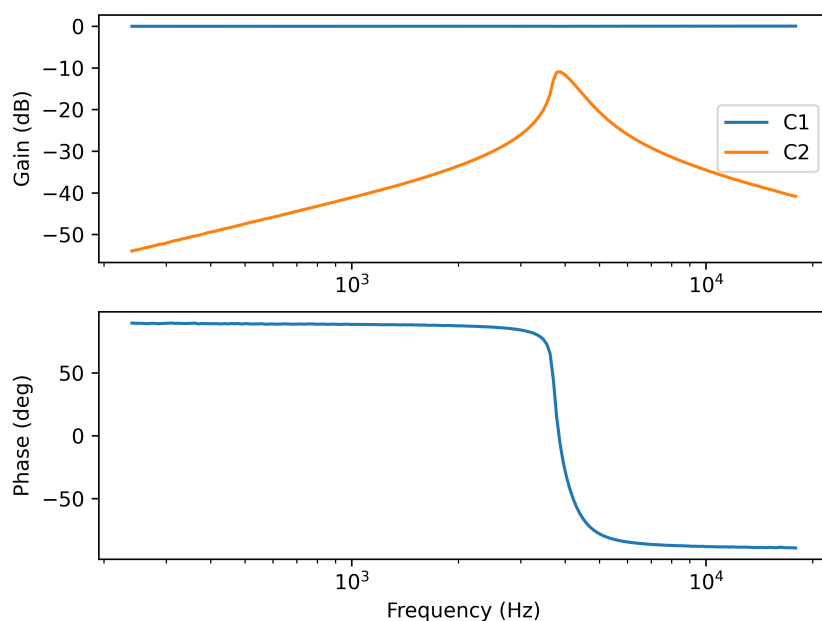


**Figur 2:** Transistor forsterker og LC oscilator

En op-amp er så brukt for å buffre systemet før det går inn i båndpass filteret som er vist i Figur 3. Båndpass filteret er basert på en LC krets som er koblet i serie med en motstand. Denne kretsen er designet for å isolere ut den ønskede frekvensen og bode diagrammet er vist i figur 4. Knekkfrekvensen ble regnet ut med samme formel som over og er  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  med en spole på  $L = 110\text{mH}$  og condensatoren endte opp på  $C = 16\text{nF}$ .

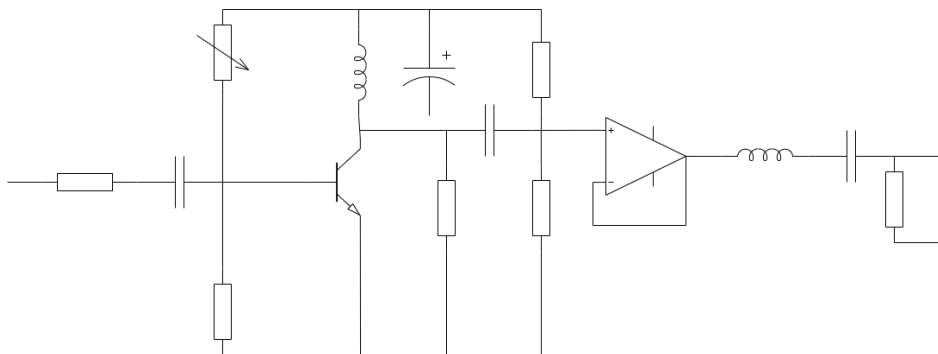


**Figur 3:** Båndpass filter



**Figur 4:** Bode diagram for båndpass filteret

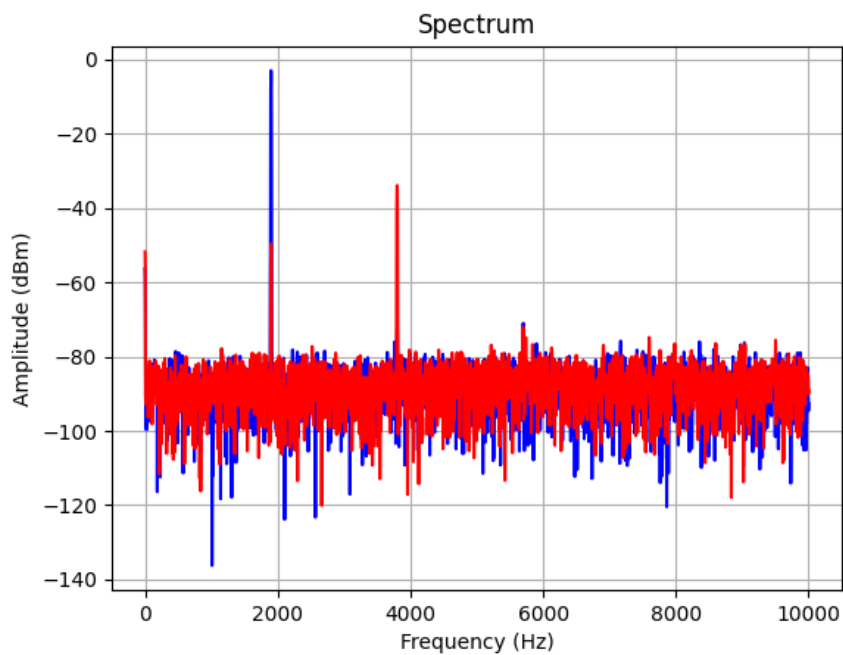
Et kretsskjema av det totale systemet er vist i figur 5.



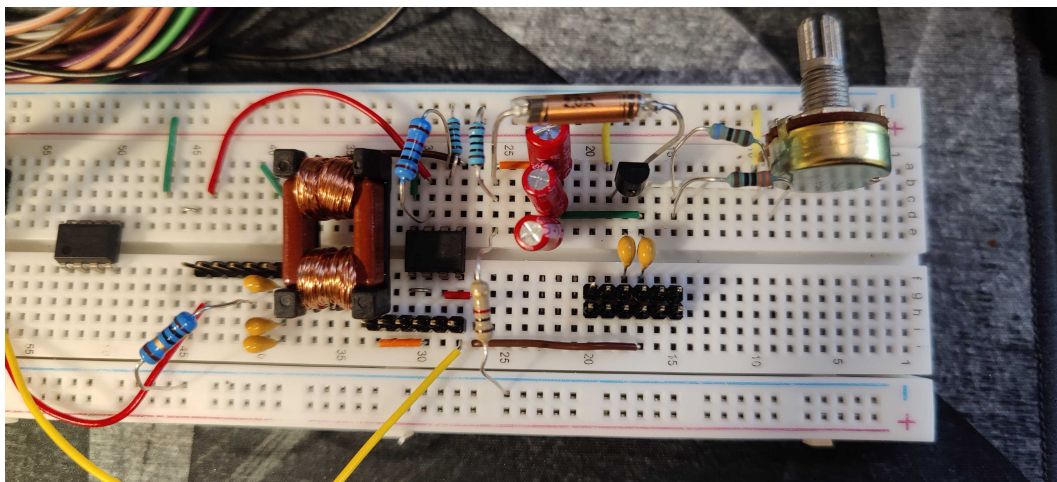
**Figur 5:** Realisering av systemet

For realisering av systemet i Figur 5, ble det brukt et sinussignal på  $f = 1.9\text{kHz}$ . Som vi kan lese av plottet i figur 6 så er ikke den originale frekvensen borte men senket med ca 50dB. Dette er fordi det ikke er mulig å få en perfekt frekvensdobling med et ulineært system. Vi har derimot fått en frekvensdobling på ca 3.8kHz som er ca 40dB høyere enn det originale signalet på samme frekvens.

Et bilde av oppkoblet krets vises i figur 7.



**Figur 6:** Spectrum av signalet



**Figur 7:** Realisert system

## 4 Konklusjon

I dette designnotatet har det blitt designet en frekvensdobler som dobler frekvensen fra 1.9kHz til 3.8kHz. Frekvensdobleren er basert på et ulineært system og et båndpassfilter. Det ulineære systemet er basert på en transistor forsterker og en LC oscillator. Som man kan se i figur 6 så er det fremdeles litt igjen av det originale signalet, men den nye frekvensen er 20dBm kraftigere.

## **5 Takk**

Takk til Reidar Nerheim for veiledning i dette designnotatet

## Referanser

- [1] L. Lundheim, *Designprosjekt 4*, Institutt for elektronisk systemdesign, NTNU, 2023.
- [2] L. Lundheim, *Frekvensmultiplikator*, Teknisk Notat, Elsys-2021-LL-1, NTNU, 2021.