



Designnotat

Tittel: Frekvensdobbler

Forfattere: Morten Klingan Hovstad

Versjon: 1.0

Dato: 27.03.22

Innhold

1 Problembeskrivelse

Det skal designes en frekvensfordobler. Systemet skal operere på et sinussignal $x_1 = A_1 \cos(2ft)$ med kjent frekvens f og produsere et nytt signal $x_2 = A_2 \cos(2\pi 2ft + \phi)$ med den doble frekvensen $2f$. Det stilles ingen krav til amplituden A_2 eller fasen ϕ .

2 Prinsipiell løsning

To essensielle funksjoner som kretsen må ha er og kunne ha tilgang til de harmoniske for at det skal kunne ha en annen høyere eller lavere frekvens som kan velges ut, følgelig må det også filtreres ut den frekvensen som er ønskelig.

Første delen kan gjøres med en diode, som er en ikke linjær komponent denne vil lage harmoniske responser på spekteret, med lavere amplitude. Det vil derfor bli noe damping av signalet [?]. Dioden trenger at det går strøm igjennom den for å gi riktig respons, derfor må det være en motstand mot jord.

Andre delen kan enkelt løses med et båndpass filter, som kan slippe igjennom en ønsket frekvens. Enklest kan dette løses med et RLC filter. Hvor resonansen mellom kondensator og spole bestemmer frekvensen som slipper igjennom.

For at båndpassfilteret skal fungere optimalt vil vi ha så liten som mulig motstand for å få et bedre filter. Derfor er det lurt å buffere de to delene, så motstanden i harmonigenerengingsdelen ikke påvirker filteret.

Samensatt i en krets vil implementeringen av kretsen se ut som i figur ?? . Signalet $\sin(f)$ er det innkommende signalet som sendes igjennom en diode, hvor R_1 er motstanden som sørger for at det går strøm. Signalet går igjennom bufferet før den går igjennom båndpassfilteret som

dannes av L1, C1 og R2. Hvis den doble frekvensen velges ut i båndpassfilteret vil $\sin(2f)$ være det doble av inngangen.

Resonansfrekvensen til filteret regnes ved formel ??.

$$f_{ut} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

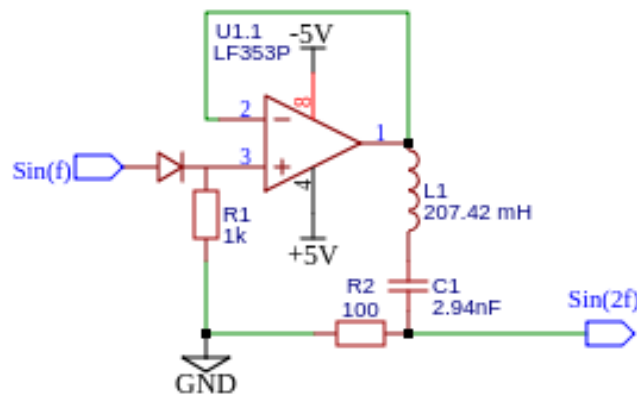
Smalheten i filteret kan beskrives av "Q - faktoren" [?] For et båndpassfilter er den gitt ved:

$$Q = \sqrt{\frac{L}{CR^2}} \quad (2)$$

Ut ifra formel ?? ser vi at hvis enten L verdien bør være høy eller C og R verdien bør være lav, vil følgelig Q faktoren bli høy, som er ønskelig.

3 Realisering og test

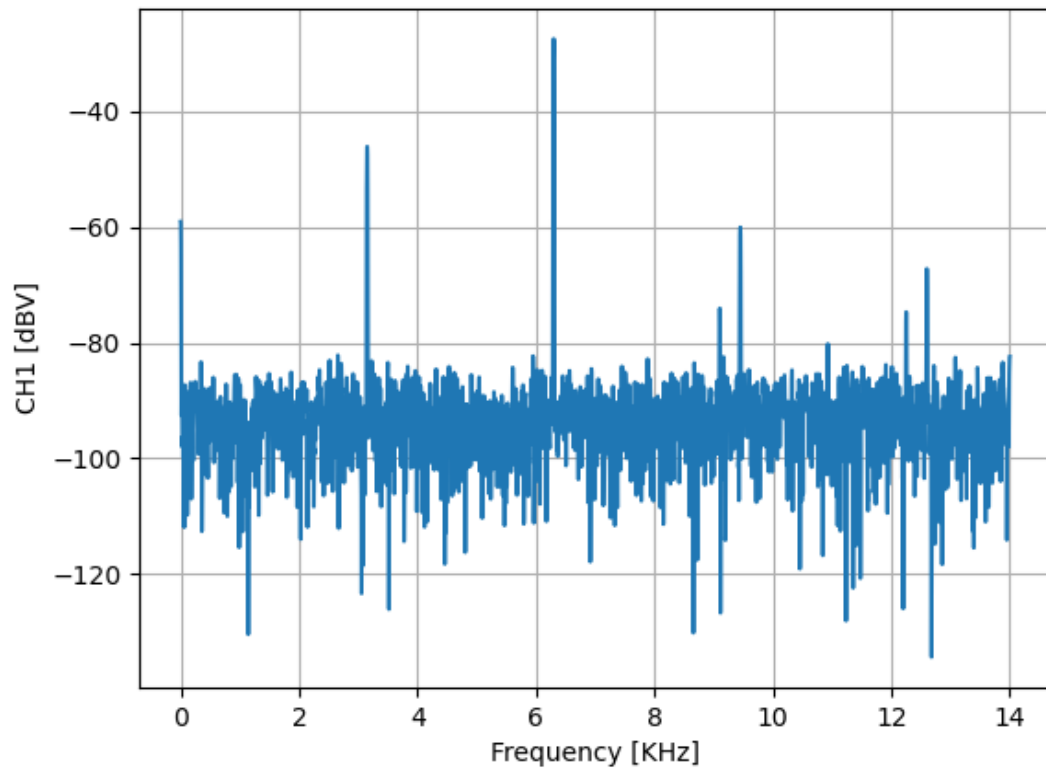
Figur ?? viser realiseringen av kretsen. Op-ampen er i negativ tilbakekobling for å oppføre seg som en buffer; L1 er på 207.42 mH (målt verdi), C1 er på 2.94nF (målt verdi) og R er på 100Ω. Verdien C1 er funnet ved formel ??, Mens H1 og R2 er konstanter.



Figur 1: Realisering hvor dioden får fram de harmoniske, OP-ampen fungerer som en buffer mens kondensatoren og spolen danner et båndpassfilter.

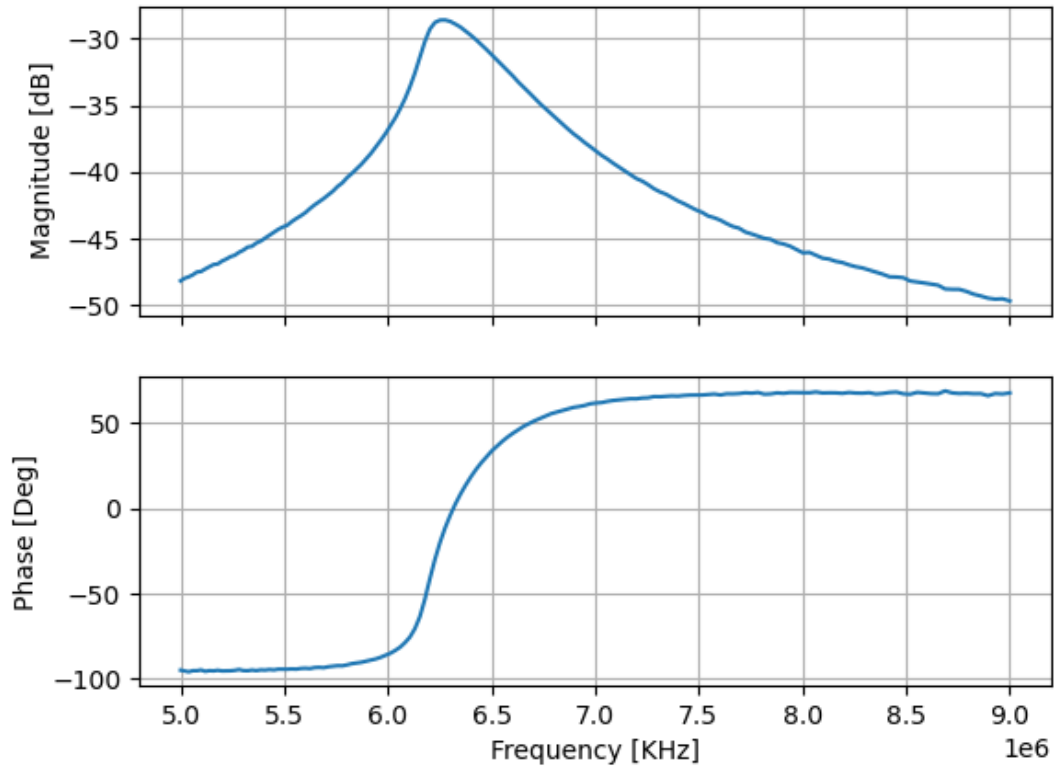
Filteret i seg selv testes ved bruk av en network- og spectrum analyser. Resultatene av dette er plottet i figur ?? og ??.

Network analyser:



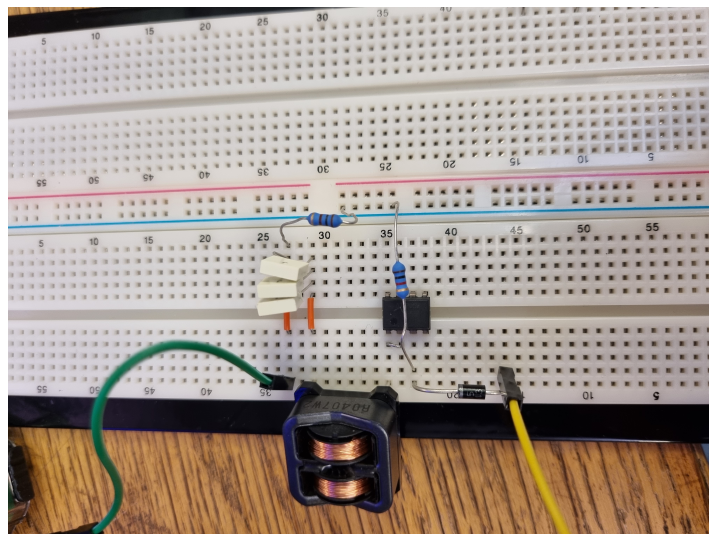
Figur 2

Bode plot:



Figur 3

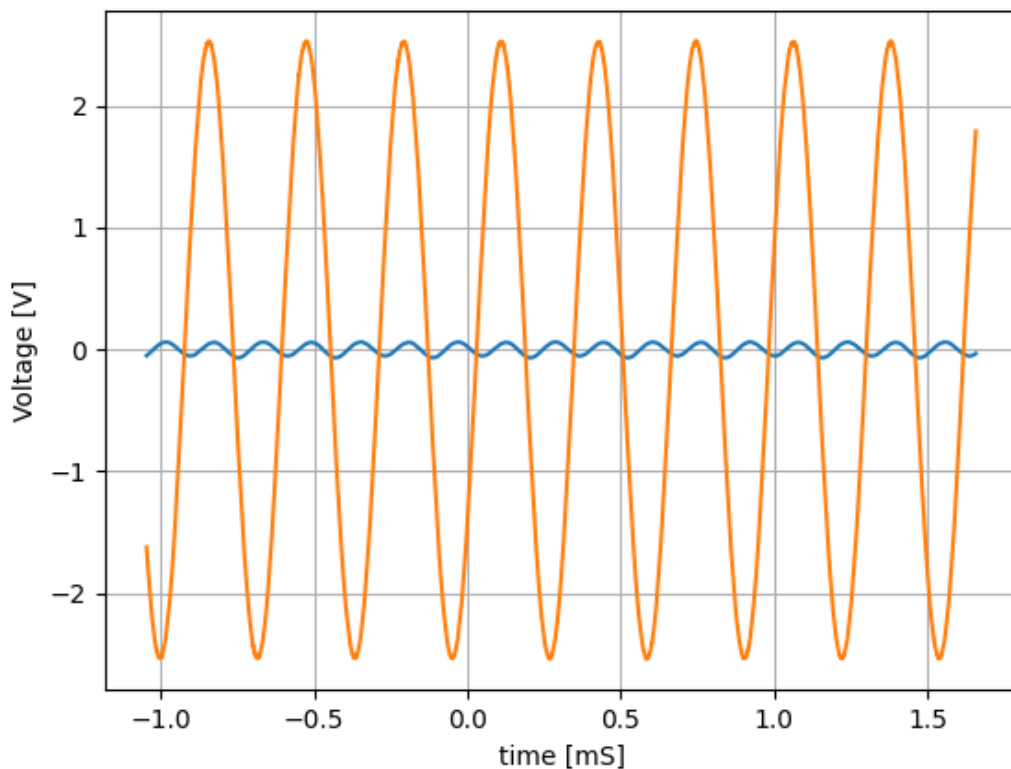
Teoretisk Q faktor er regnet ved formel ?? og blir 84. Denne blir relativt høy fordi det er valgt en høy spoleverdi, samt lav motstandsverdi. Den fysiske oppkoblingen ser slik ut:



Figur 4: Sinus inn i gul, sinus ut i grønn.

Ved hjelp av funksjonsgeneratoren påføres en sinus med frekvens 3.150 KHz, det måles v.h.a. oscilloskopet en utgansfrekvens på 6.34 KHz. Inn og ut signalet er tegnet i samme graf i figur ??.

Ocilloscope with input and output signals:



Figur 5: Sinus inn i oransj, sinus ut i blått.

4 Konklusjon

Systemet virker som forventet, men er av dårlig kvalitet. Ut ifra spectrum-analysen er den tydeligste responsen ved den ønskede frekvensen, men at det også er en ganske stor respons på de harmoniske. Grunnlaget for at de andre harmoniske ikke ble fjernet er kvaliteten på båndpass filteret bode-plottet viser til en depmning på 20 dB.

For å forbedre designet kan det introduseres et forsterkningstrinn, samt flere båndpassfilter i serie.

5 Takk

Omega verksted for å fasilitere prototyping.

Referanser

- [1] Lars Lundheim, *Teknisk notat: Frekvensmultiplikator*, NTNU, 1.1 versjon, Elsys-2021-LL-1, 2021.
- [2] Lars Lundheim, *Eit hjelpehefte: Innføring i analog og digital elektronikk*, NTNU IES, 2.1. versjon, 2021.

data.zip