



Sinus-oscillator

Tittel: Sinus-oscillator

Forfattere: Markus Søvik Gunnarsson

Versjon: 2.0

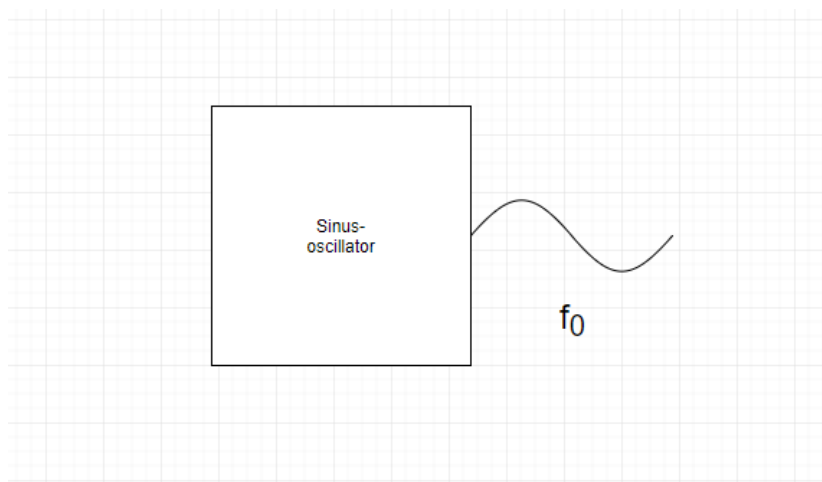
Dato: 2. desember 2018

Innhold

1	Problembeskrivelse	1
2	Prinsipiell løsning	2
2.1	Oscillator	2
2.2	Filter	4
2.3	Sammensatt system	5
3	Realisering og test	6
4	Konklusjon	10
	Referanser	10

1 Problembeskrivelse

Dette notatet tar for seg et design av et system som vist i Figur 1.



Figur 1: Oversiktsbilde for problembeskrivelsen. f_0 er en vilkårlig frekvens.

Dette notatet tar for seg hvordan man kan designe en sinusoscillator med en gitt frekvens f_0 . En sinusoscillator er ofte brukt i utstyr som genererer/mottar bølger med nøyaktig og stabil frekvens. Radio eller ultralyd-utstyr er gode eksempler på dette.

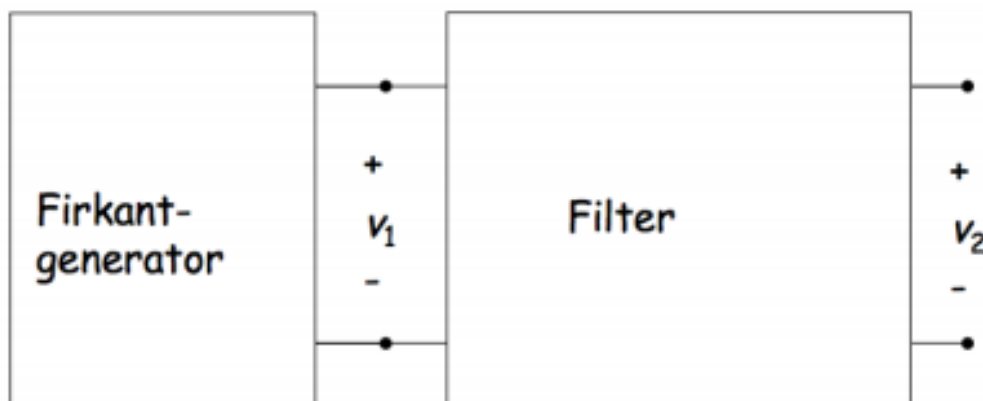
Noen krav til sinusoscillatoren:

- Oscillatoren skal ha en nominell frekvens på $f_0 = 6100\text{Hz}$
- $\frac{\Delta f}{f_0}$ skal være mindre enn 10 000 ppm
- Den harmoniske forvrengningen D skal være under 2%

I dette notatet er det gitt en nominell frekvens $f_0 = 6100\text{ Hz}$. Verdiene og formlene som blir brukt i notatet er generelle, sånn man kan sette inn egne verdier dersom man ønsker det.

2 Prinsipiell løsning

Designet deles inn i tre deler; oscillator(firkant-generator), filter og sammensatt system. Figur 2 er et blokkdiagram av det sammensatte systemet.

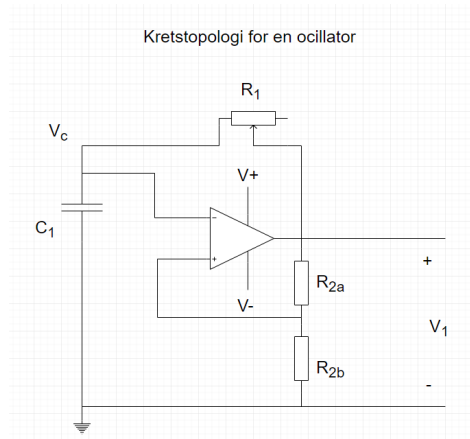


Figur 2: Blokkdiagram av et system bestående av filter og firkantgenerator. Figur hentet fra [1]

Figur 2. viser et system sammensatt av en firkantgenerator og et filter. Generatoren genererer et firkantsignal V_1 . V_2 er det ferdigfiltrerte signalet.

2.1 Oscillator

Kretstopologien til oscillatoren er vist i Figur.3



Figur 3: Kretstopologi til oscillatoren. V_c er spenningen for kondensatoren C_1

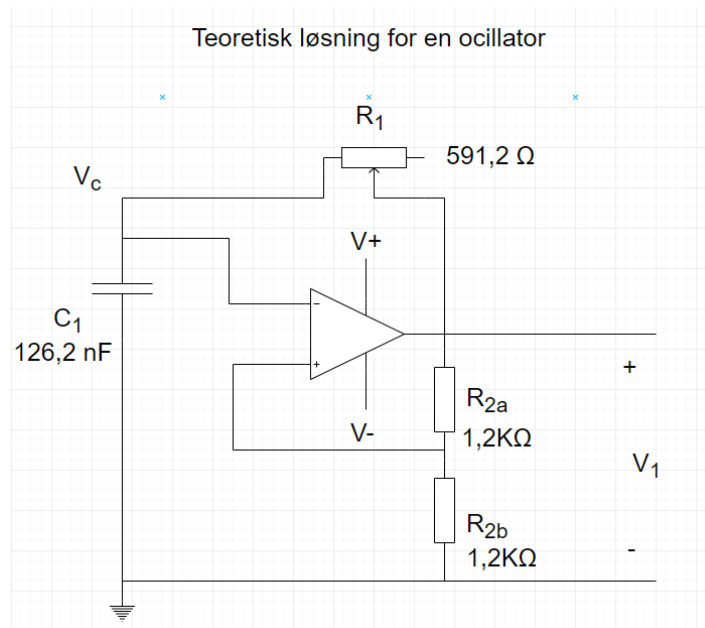
Denne oscillatoren genererer et firkantsignal med en gitt frekvens f . For at oscillatoren skal generere denne frekvensen må man finne tidskonstanten τ til $R_1 C_1$ -leddet i figur 3. Man kan finne tidskonstanten τ ved å ta utgangspunkt i det generelle uttrykket for spenningen til en kondensator $V_c(t)$.

$$V_c(t) = V_c(\infty) + (V_c(0) - V_c(\infty)) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Setter man inn de ulike verdiene for V_c og velger $R_{2a} = R_{2b}$ kan man uttrykke tidskonstanten τ som vist i (3).

$$\tau = \frac{T}{2 \ln(3)} = \frac{1}{f_0 2 \ln(3)} \quad (2)$$

Den teoretiske løsningen blir som vist i figur 4.



Figur 4: Teoretisk løsning for oscillatoren. Motstandsverdiene R_{2a} og R_{2b} er generelle. R_1 og C_1 er valgt på grunn av en nominell frekvens $f_0 = 6100$ Hz

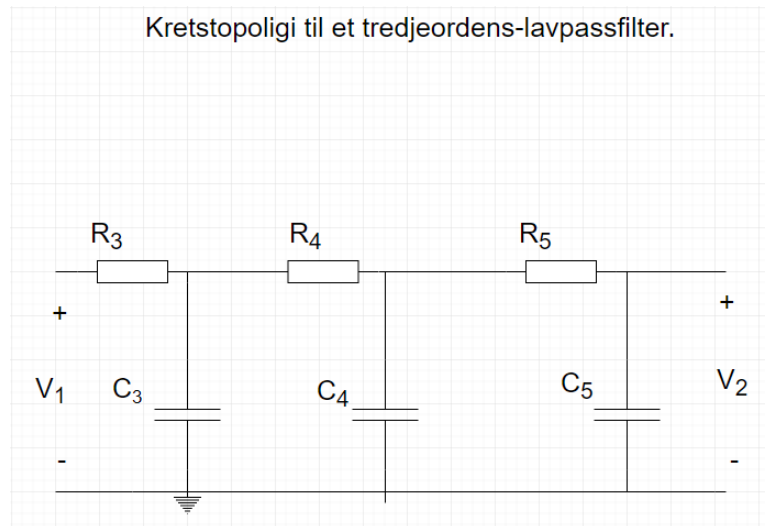
R_1C_1 -leddet i figur 4. ble valgt utfra ligning (2), der utregninger er vist i ligning (3).

$$\tau = \frac{T}{2\ln(3)} = \frac{1}{6100\text{Hz} \cdot 2\ln(3)} = 7.46 \cdot 10^{-5}\text{s} = 591,2\Omega \cdot 126,2\text{nF} \quad (3)$$

Med en nominell frekvens f_0 på 6100 Hz blir $R_1 = 591,2\Omega$ og $C_1 = 126,2\text{nF}$. Motstandsverdiene R_{2a} og R_{2b} skal være like store og er blitt satt til å være $1,2\text{K}$. R_1 blir implementert som et potmeter slik at man kan justere motstanden dersom man ønsker et mindre frekvensavik Δf . [3]

2.2 Filter

Filteret i systemet har i oppgave å omgjøre firkantsignalet fra oscillatoren til sinussignal. Dette notatet benytter et tredjeordens-lavpassfilter. Andre filtertyper vil også være implementerbare. Filterets kretstopologi er vist i figur 5.

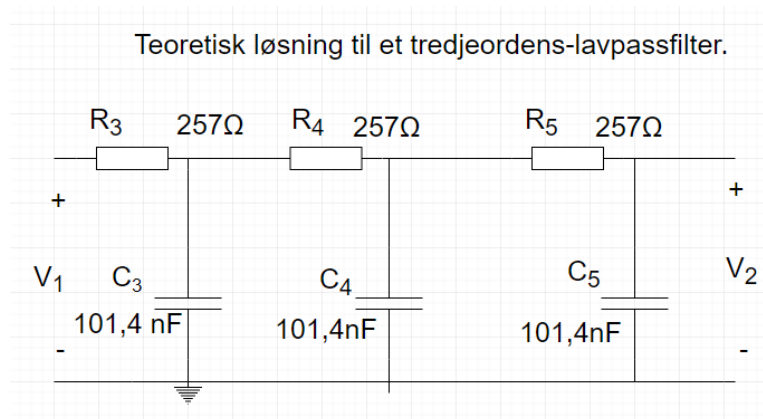


Figur 5: Kretstopologi til et tredjeordens-lavpassfilter.

Som vist i kretstopologien i figur 5 er filteret sammensatt av tre stk førsteordens-lavpassfilter, der alle har samme knekkfrekvens f_c . Knekkfrekvensen f_c er den samme som den nominelle frekvensen $f_0 = 6100\text{ Hz}$. Man finner tidskonstant τ til de tre like RC-leddene ved å snu på ligningen for knekkfrekvens i et lavpassfilter (4).

$$\tau = \frac{1}{2\pi \cdot f_c} \quad (4)$$

Innsatt med den nominelle frekvensen f_0 blir den teoretiske kretsen som vist i figur 6.



Figur 6: Teoretisk løsning for et tredjeordens-lavpassfilter, bestående av tre førsteordens-lavpassfilter i kaskadekobling med lik tidskonstant τ

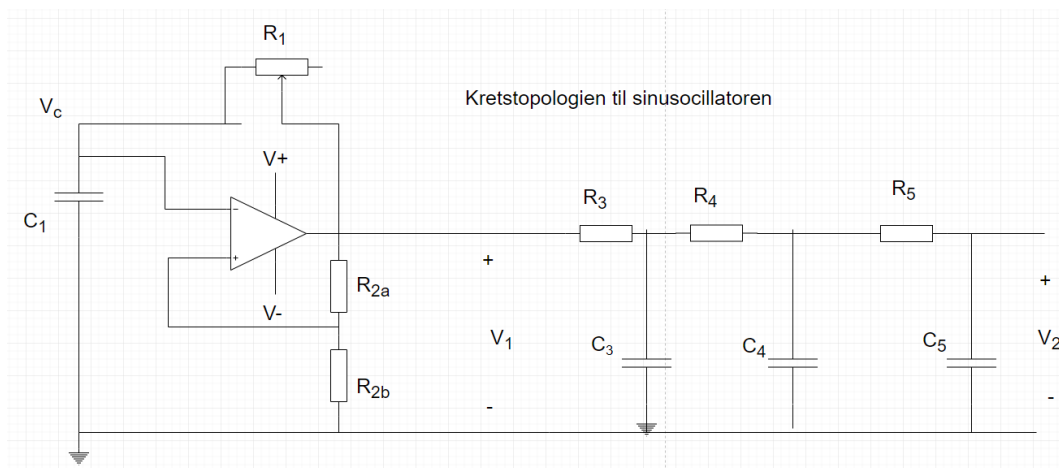
Tidskonstanten τ i figur 6. blir utregnet ved hjelp av ligning (4) og den nominelle frekvensen f_0 (5).

$$\tau = \frac{1}{2\pi \cdot 6100Hz} = 2,6 \cdot 10^{-5}s = 257\Omega \cdot 101,4nF \quad (5)$$

I dette notatet blir $R_{3,4,5} = 257\Omega$ og $C_{3,4,5} = 101,4 \text{ nF}$.

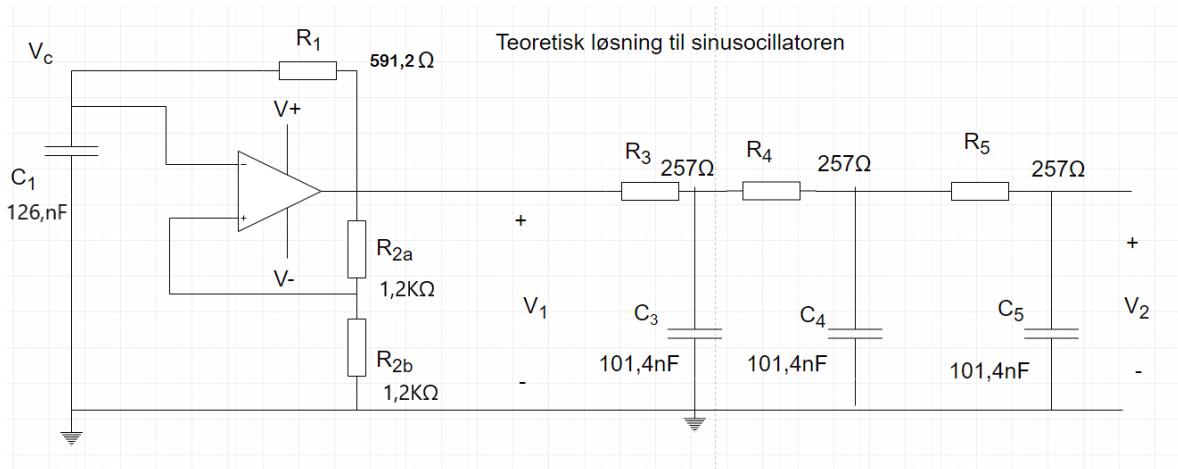
2.3 Sammensatt system

De individuelt testet delsystemene settes sammen som vist i figur 7.



Figur 7: Kretstopologi av det ferdige sammensatte systemet.

Satt inn med de motstands- og kondensatorverdiene som skal gi sinusoscillatoren en nominellfrekvens $f_0 = 6100Hz$ gir dette en teoretisk krets som vist i figur 8.

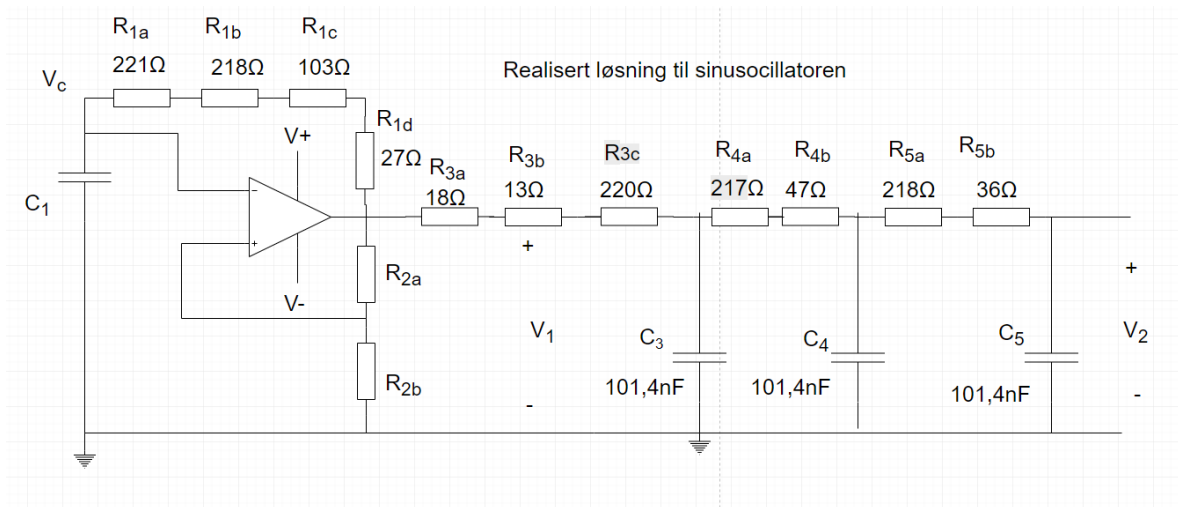


Figur 8: Teoretisk løsning for en sinusoscillator med to delsystem. En oscillator som genererer fir-kantpuls og et tredjeordens-lavpassfilter.

3 Realisering og test

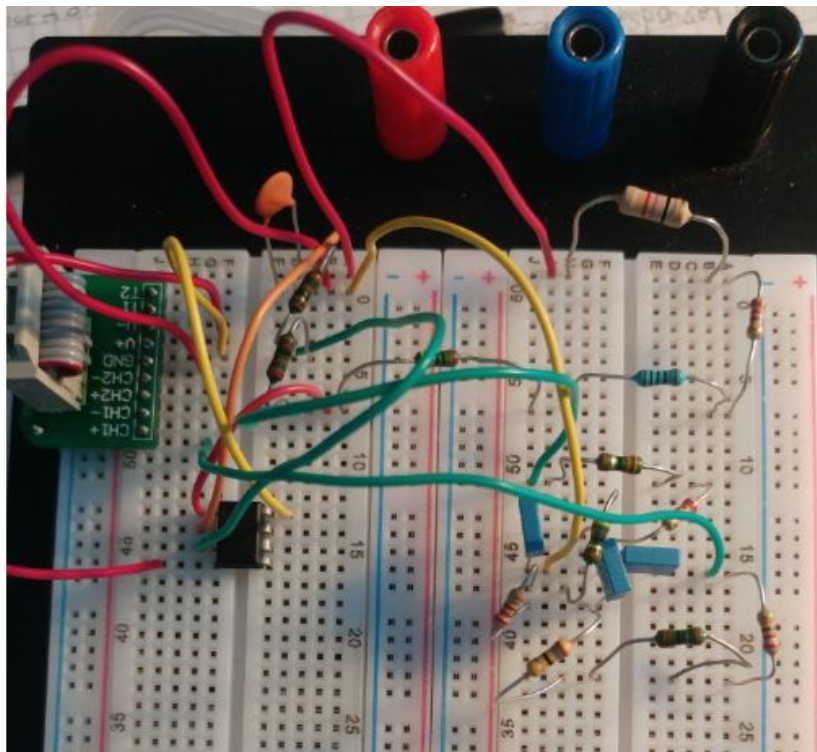
Den realiserde kretsen er koblet i følge figur 9., som er basert på figur 8. den teoretiske løsningen. Forskjellen er at de teoretiske motstandsverdiene har blitt tilnærmet ved hjelp fysiske motstandsverdier. Potmeteret R_1 har også blitt justert i henhold til utgangssignalets frekvens f_1 og erstattet av endelige motstander. Operasjonsforsterkeren som blir brukt er Lf353 fra fairchild semiconductor.[4]

- $R_1 = 564\Omega \approx 221\Omega + 218\Omega + 103\Omega + 27\Omega$ (fire motstander i serie.)
- $R_3 = 257\Omega \approx 18\Omega + 13\Omega + 220\Omega$ (tre motstander i serie.)
- $R_4 = 257\Omega \approx 217\Omega + 47\Omega$ (to motstander i serie.)
- $R_5 = 257\Omega \approx 218\Omega + 36\Omega$ (to motstander i serie.)



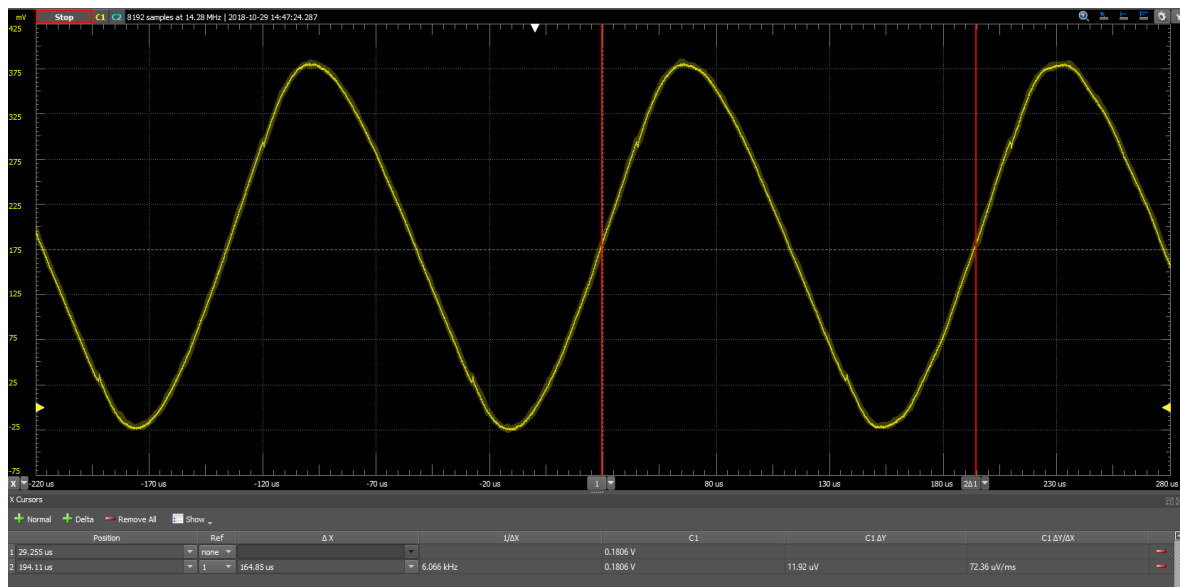
Figur 9: Realisert kretskjema

Figur 10. er et bilde av oppkoblingen etter skjemaet i figur 9.



Figur 10: Bilde av den oppkoblede kretsen

For å teste sinusoscillatoren kobler man den opp til en oscilloskop som viser et signal med amplitude [V] i y-aksen og tid [s] i x-aksen. I figur 11. er det et signalet V_2 som er vist i oscilloskopet.



Figur 11: Skjerm bilde av oscilloscop. X-akse tid [μs]. Y-akse amplitude [mV]. Gul graf viser utgangssignalet V_2 . Periode $T=164,9 \mu s$

Målestolpene i figur 11. viser tiden for en periode T . Denne er målt til å være $T=164,9 \mu s$. Dette tilsvarer en frekvens $f_1=6064,3 \text{ Hz}$ og gir sinusoscillatoren et frekvensavik $\Delta f=f_0-f_1=35,7 \text{ Hz}$.

I følge kravene til sinusoscillatoren skal $\frac{\Delta f}{f_0}$ være mindre enn 10000 ppm (6).

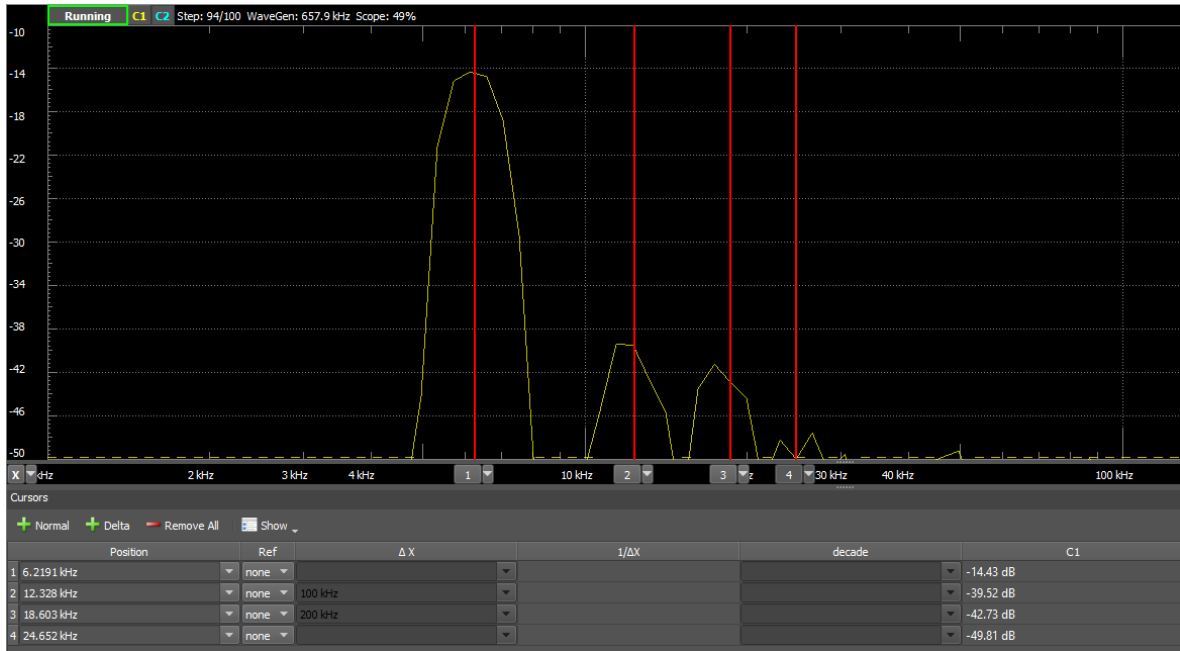
$$\frac{\Delta f}{f_0} < 10000 \text{ ppm} \quad (6)$$

$$\frac{35,7 \text{ Hz}}{6100 \text{ Hz}} < 10000/10^6$$

$$0,006 < 0.01$$

Som man kan se i ligning (6) er kravet om maksimalt frekvensavik oppfylt.

Kravet om harmonisk forvrengning blir funnet ved å koble sinusoscillatoren til et frekvensanalyse verktøy. Figur 12. viser den grunnharmoniske frekvensen $f_0=6100 \text{ Hz}$ og de overharmoniske frekvensene i et slikt måleverktøy.



Figur 12: Skjerm bilde av frekvensanalyse. X-akse frekvens [Hz]. Y-akse amplitude [dB]. Gul graf viser utgangssignalet V_2 . Grunnharmoniske $f_1 = 6100$ Hz

Frekvensene som blir vist i figur 12. kan få amplituden omgjort fra desibel til spenning, der V_g er en generell spenningsverdi.

- $V_1(\text{Grunnharmonisk } f_1) = -14,4\text{dB} \Rightarrow 0,19 \cdot V_G$
- $V_2(\text{Første overharmonisk } f_2) = -39,5\text{dB} \Rightarrow 0,011 \cdot V_G$
- $V_3(\text{Andre overharmonisk } f_3) = -42,7\text{dB} \Rightarrow 0,007 \cdot V_G$
- $V_4(\text{Tredje overharmonisk } f_4) = -49,8\text{dB} \Rightarrow 0,003 \cdot V_G$

Ligning for harmonisk forvrengning D er gitt ved (7)

$$D[\%] = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2}}{V_1} \cdot 100 \quad (7)$$

Innsatt med målteverdier gir dette (8)

$$D[\%] = \frac{\sqrt{0,011^2 + 0,007^2 + 0,003^2}}{0,19} \cdot 100 = 7\% \quad (8)$$

Den harmoniske forvrengningen D skal ifølge kravet være under 2%. Fra (8) får den målte harmoniske forvrengningen D en verdi på 7%. Kravet for harmonisk forvrengning er ikke oppfylt.

4 Konklusjon

Notatet tar for seg et design av en sinusoscillator. Filteret som ble designet til henhold til kravene fungerte nok så bra. Resultatene var bedre enn forventet. Filteret tilfredstilte ikke kravene 100%, selv om kravet om maksimalt frekvensavik ble oppfylt. Kravet for harmonisk forvrengning D er ikke oppfylt, da den harmoniske forvrengningen skal være under 2% og er målt til å være $D = 7\%$. Sinusoscillatoren opererer med en frekvens $f_1 = 6064,3$ Hz som er relativt nærme den nominelle frekvensen $f_0 = 6100$ Hz.

Referanser

- [1] Teknisk notat(sinus-generator) - Lars Lundheim *Referanse: Elsys-2018-LL-1*.
- [2] How to Build a Square-to-Sine Wave Converter Circuit - Learning about electronics
<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Square-to-sine-wave-converter-circuit.php>
- [3] Video om Relaksasjonsoscillatorar - Lars lundheim <https://www.scalable-learning.com//courses/3310/modules/11917/courseware/lectures/35474>
- [4] LF353 Op-amp <https://eu.mouser.com/datasheet/2/308/LF353-1120832.pdf>