



Designnotat

Tittel: Sinus-generator

Forfattere: Ole Sivert Aarhaug

Versjon: 1.0

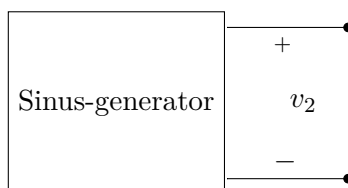
Dato: 27.10.18

Innhold

1	Innledning	1
2	Prinsipiell løsning	2
2.1	Firkant-oscillator	2
2.2	Filtering av overharmonisk støy med ett lavpassfilter	2
2.3	Buffring av signalet	3
3	Realisering og test	4
4	Konklusjon	7
	Referanser	7

1 Innledning

Dette designnotatet tar for seg hvordan man kan designe ett system som genererer ett sinus-signal rundt en spesifisert frekvens f_0 .



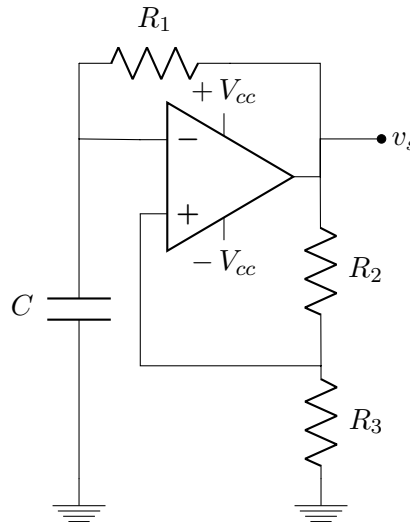
Figur 1: Illustrasjon av den generelle systemet

Systemet illustrert i figur 1 skal også oppfylle en kravspesifikasjon hvor frekvensavviket ikke skal være større enn $\Delta f_{max} = 10\,000\text{ppm}$ og en harmonisk forvrengning mindre enn $D_{max} = 2\%$

2 Prinsipiell løsning

2.1 Firkant-oscillator

For å lage ett konstant periodisk sinus signal trenger vi noe som oscillerer jevnt om frekvensen f_0 . Dette kan vi oppnå med å bruke en komparator kret som er illustrert i figur 2



Figur 2: Illustrasjon av en enkel firkant-oscillator

Komparatoren vil generere ett firkantpuls signal som vil ha en amplitude bestemt av forsyningsspenningen V_{cc} til opampen. R_2 og R_3 blir brukt som en referansespenning på hvor stor C må bli ladet opp før opampen bytter ifra positiv til negativ spenning på utgangen til v_s . Spenningsfallet i kretsen vil da bli byttet om og kondensatoren lader seg ut helt til den treffer den negative referansespenningen vi får over R_2 og R_3 [1].

Dermed ved å bruke formelen for en RC-krets hvor man tar hensyn til opampens oppførsel kan man utlede en formel for perioden på firkantsignalet

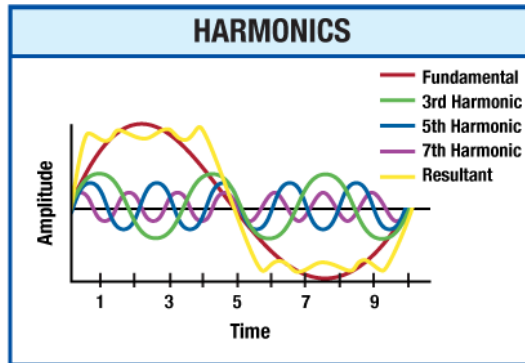
$$T = 2\tau \ln \left(1 + 2\frac{R_3}{R_2} \right) \quad (1)$$

For å gjøre regningen enklere lar vi $R_3 = R_2$ og man kan dermed finne ett uttrykk for τ

$$\frac{1}{f_0 2 \ln 3} = \tau = R_1 C \quad (2)$$

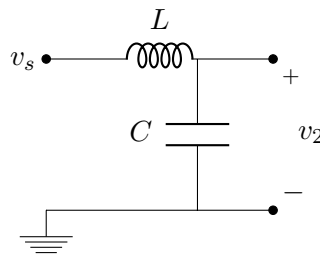
2.2 Filtering av overharmonisk støy med ett lavpassfilter

Komparatoren som genererer firkantpuls signalet vil inneholde overharmonisk støy for å få frem karakteristikkene til firkantpulsene se figur 3.



Figur 3: Hvordan den fundamental harmoniske superposisjonert med harmoniske av n-grad kan lage ett firekantpuls signal [2]

Man kan dermed bruke ett lavpassfilter med en knekkfrekvens på med den fundamental harmoniske bølgen og filtrere ut støyen ifra de harmoniske av høyere orden. Frekvensen til det fundamentalharmoniske singalet vil være frekvensen på firekantpulsen f_0 . Her skal vi bruke ett passivt andreordens lavpassfilter slik at filteret vil dempe frekvenser over f_0 raskere. Kretsen er illustrert i figur 4



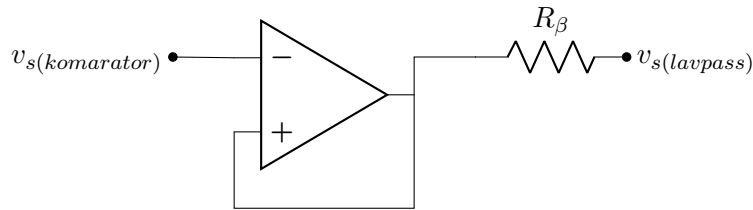
Figur 4: Illustrasjon av det andre ordens lavpassfilteret

Utifra amplituderresponsen til filteret kan man finne verdiene for L og C .

$$\frac{1}{(f_0 2\pi)^2} = LC \quad (3)$$

2.3 Buffring av signalet

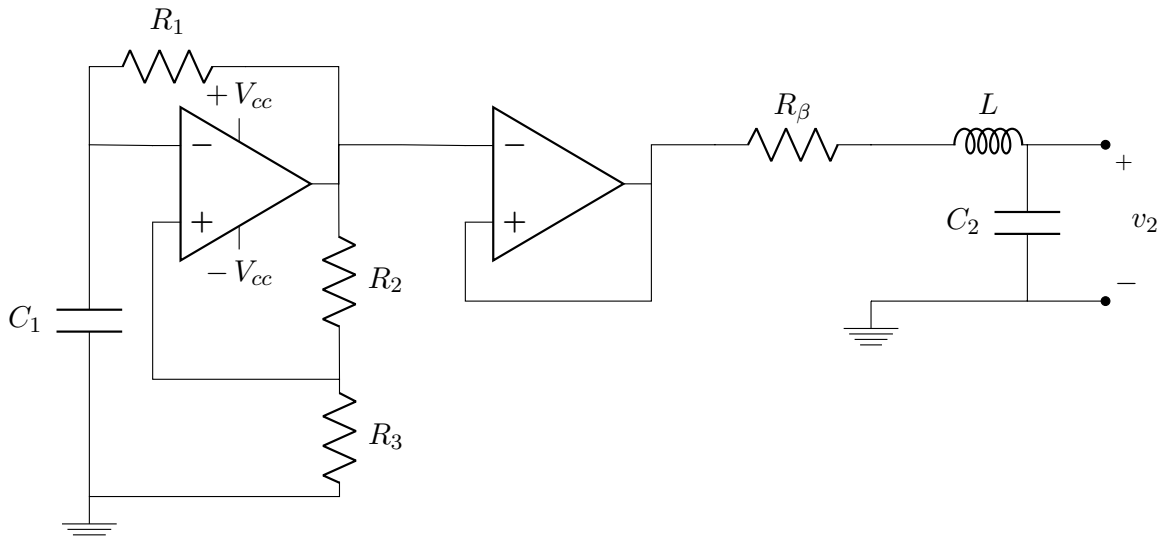
Får å unngå endringer i hvordan filtrene våre oppfører seg ønsker vi å separere disse to kretsene slik at komponentverdier ifra den ene ikke vil påvirke den andre og føre til en endring i hvordan komparatoren eller lavpassfilteret fungerer. Vi bruker derfor en buffer som vil bare sende signalet igjennom uten at systemene vil påvirke hverandre. En motstand R_β brukes til å begrense strømmen som kan gå igjennom lavpassfilteret slik at vi ikke får en kortslutning når filteret ikke demper signalet. Bufferen er illustrert i figur 5.



Figur 5: Illustrasjon av en buffer

3 Realisering og test

Den prinsipielle kretsen ble realisert hvor frekvensen på sinussignalet til generatoren skulle være 7150Hz dermed er $f_0 = 7150\text{Hz}$ og amplituden 5V setter vi $V_{cc} = \pm 5\text{V}$. Det sammensatte systemet er illustrert i figur 6.



Figur 6: Illustrasjon av den realiserde systemet sammensatt

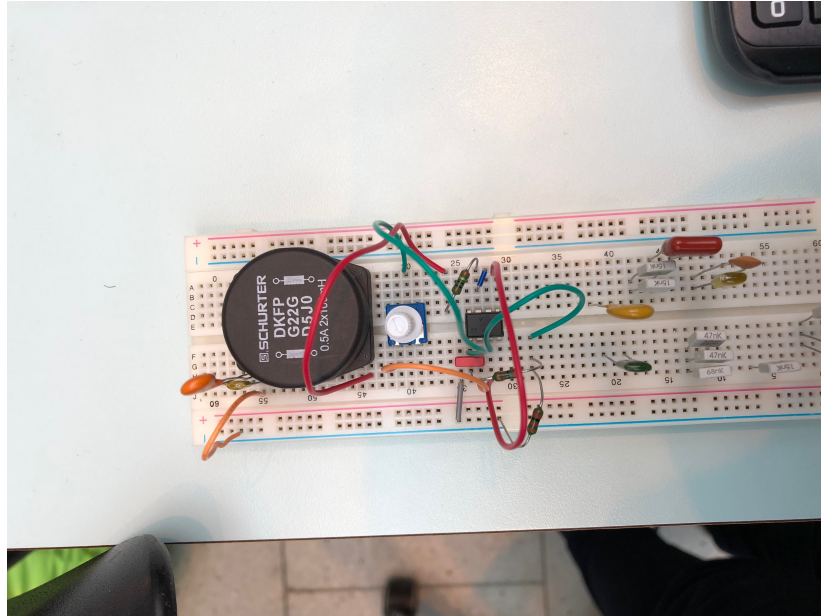
Utifra (2) får vi en $\tau = 6,365 \times 10^{-5}$ og dermed velger en høvelig verdi for $C_1 = 15\text{nF}$ slik at $R_1 = 4,3\text{k}\Omega$. Som diskutert i 2.1 setter vi $R_2 = R_3$ og setter denne til en stor nok verdi $R_2 = R_3 = 10\text{k}\Omega$ slik at man ikke mister mye effekt på spenningsdelingen.

Vi bestemmer $R_\beta = 10\Omega$ som diskutert i 2.3 slik at vi begrenser strømtrekket til lavpassfilteret, men ikke alt for stor da vi ikke får alt for stort effekttap.

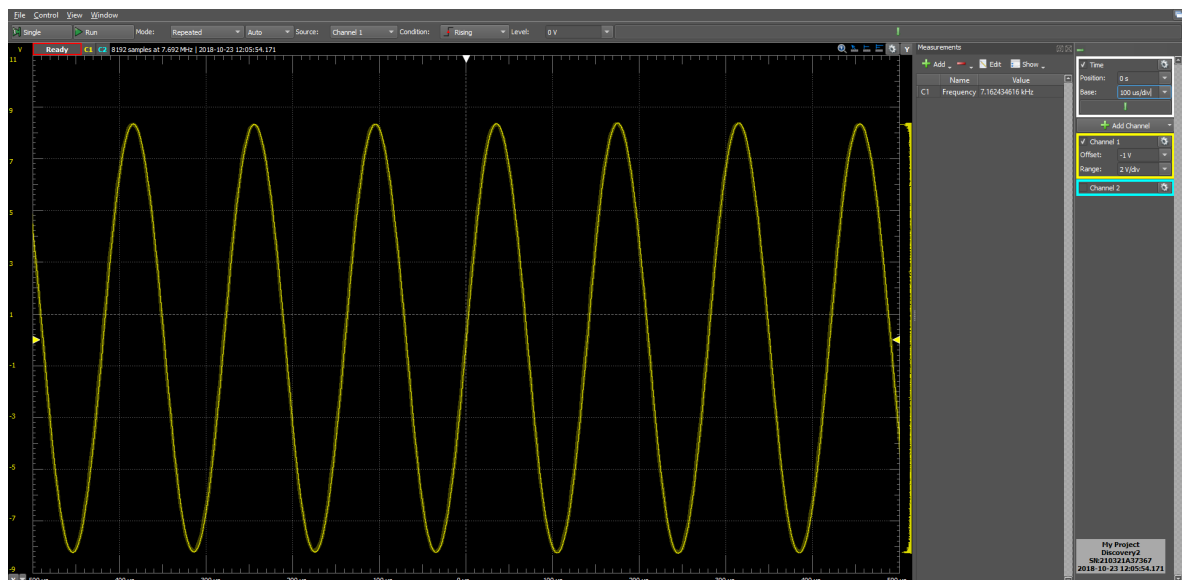
For lavpassfilteret beskrevet i 2.2 blir en spole på $L = 100\text{mH}$ brukt og dermed utifra (3) og f_0 må kondensatoren $C_2 = 4,955 \times 10^{-9}$.

Som man kan se i bildet i figur 7 bruker man ett potensiometer i kretsen. Denne erstatter R_1 slik at man kan tune inn frekvensen som komparatoren genererer slik at τ blir som utregnet tidligere.

Måler vi over v_2 får vi som vist i figur 8;

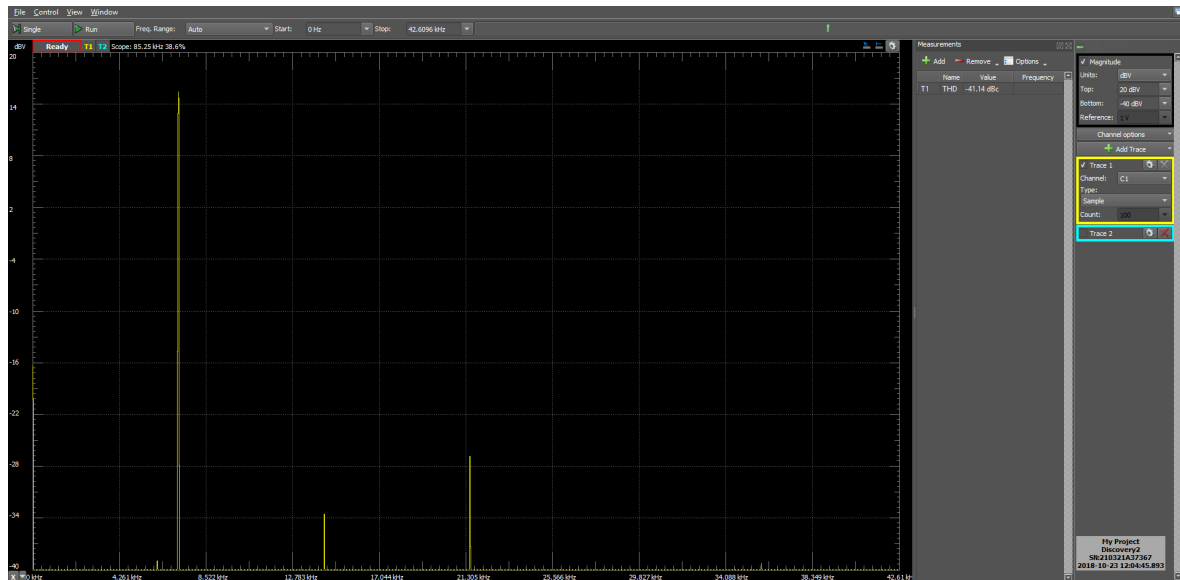


Figur 7: Den realiserete kretsen oppkoblet med de utregnede verdiene



Figur 8: Signalet som kommer ut over v_2 med en frekvens på 7162Hz og amplitude på 8,25V

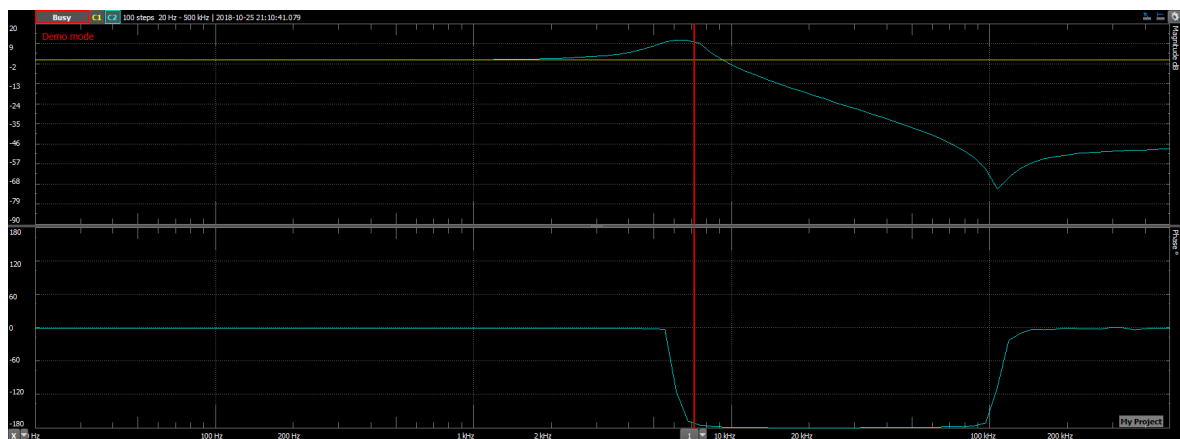
Utifra figur 8 har vi en jevn frekvens på 7162Hz som er $\Delta f = 12\text{Hz}$. Avviket i frekvens beskrevet i ppm blir da 1678ppm. Signalet ser ut til å være rent uten støy, men for å bekrefte dette måler vi også signalet med en spektrumsanalysator 9;



Figur 9: En spektrumsanalyse av v_2 hvor den fundamentalharmoniske er den største med en THD= $-41,14\text{dB}$

Utifra figur 9 finner vi at THD (Total Harmonic Distortion) og er det samme som D (harmonisk forvrengning) som er på $-41,14\text{dB}$ i prosent tilsvarer dette $D = 0,85\%$

Amplituden på sinussignalet 8 var ikke helt som forventet, dermed er det interessant å analysere amplituderesponsen til lavpassfilteret beskrevet i 2.2.



Figur 10: En nettverksanalyse av lavpassfilteret hvor man har en forsterkning på 9,724dB på ved frekvensen 7162Hz

Nettverksanalysen i figur 10 viser klart at det er en forsterkning på på lavpassfilteret ved frekvensen firkantpuls blir generert. Forsterkningen skyldes av en resonans i lavpassfilteret når man nærmer seg knekkfrekvensen og forklarer forsterkningen man ser i v_2 .

Symboler	Verdier
v_f	7 162Hz
D	0,85%
v_a	8,25
Δf_{max}	1 678ppm

Tabell 1: En samling av resultatet ifra 3

4 Konklusjon

Som vi ser ifra tabell 1 nådde sinusgeneratorene innenfor de kravene som ble satt. Δf_{max} var på 1 678ppm når øvre grensen var på 10 000ppm og den totale harmoniske forvrengningen på systemet var 0,85% når kravet var under 2,00%. En uforventet effekt av systemet var at amplituden på sinussignalet var på 8,25V når forventet var litt mindre enn 5,00V grunnet spenningsfall internt i systemet. Grunnen for at man får en forsterkning her er på grunn av resonans i lavpassfilteret. Så hvis det er viktig at systemet ikke forsterker signalet utover det som er forventet bør lavpassfilteret designes annerledes slik at effekten av resonansen blir redusert

Referanser

- [1] Lars Lundheim, Relaksjonsoscillatorar, *Elektronisk systemdesign og -analyse II 2018 videoer*, 2018.
- [2] PowerSource AS <https://www.powersource.no/hva-er-harmoniske-forvrengninger/> Lastet ned 28.10.2018