



Designnotat

Tittel: Sinus-oscillator

Forfatter: Karl Henrik Ejdfors

Versjon: 2.0

Dato: 1. desember 2017

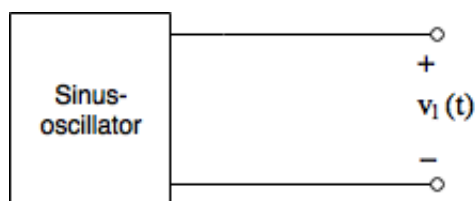
Innhold

1	Problembeskrivelse	1
2	Prinsipiell løsning	1
3	Realisering	3
4	Konklusjon	6

1 Problembeskrivelse

Oscillatorer er et av de viktigste delsystemene innen elektronikk. For at oscillatoren skal kunne brukes i utstyr som mottar og sender bølger er frekvensen til sinussignalet nødt til å være stabilt og nøyaktig.

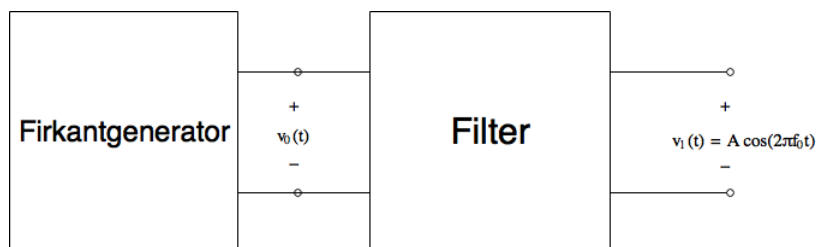
I dette notatet skal det designes en sinusgenerator, som vist i figur 1.1, der maksimal frekvensavvik skal være $\Delta f_{max} = 10000\text{ppm}$ fra spesifisert frekvens f_0 . Den totale harmoniske distorsjonen skal være under $D_{max} = 2\%$.



Figur 1.1: Oversiktsfigur over sinusoscillator.

2 Prinsipiell løsning

En sinusoscillator kan designes på mange forskjellige måter. Et mulig design er vist i figur 2.1.



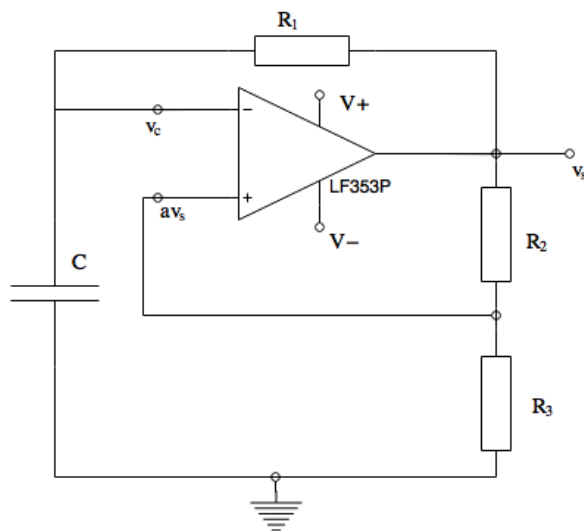
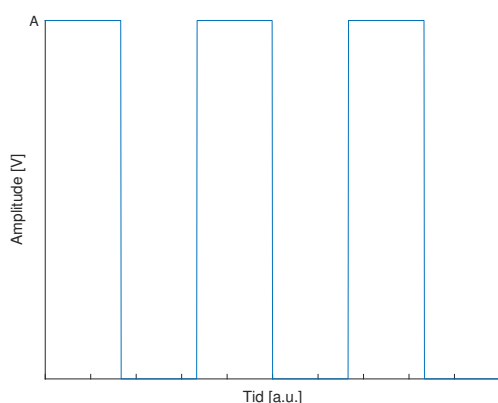
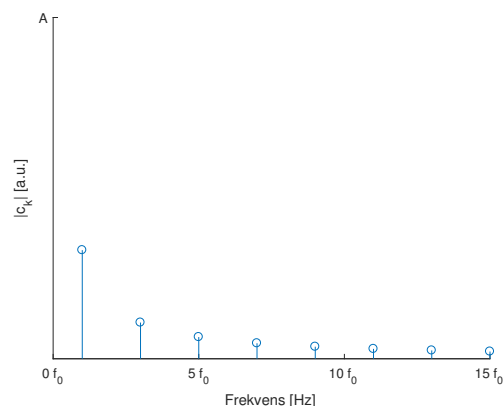
Figur 2.1: Oversiktsfigur av design, modifisert fra [1].

Det første delsystemet, firkantpulsgeneratoren, kan realiseres ved en relaksasjonsoscillator. Denne baserer seg på opp- og utlading av en kondensator C som sammen med en komparator lager en firkantpuls. Implementasjon av en slik oscillator er vist i figur 2.2.

Firkantpulsene består naturligvis av mange frekvenskomponenter, og det er derfor ønskelig å dempe de overharmoniske frekvensene slik at man får et rent sinussignal. Det er kjent at frekvensspekteret til et periodisk firkantpulstog som vist i figur 2.3 er gitt ved fourierkoeffesienten (2.1).

$$c_k = \frac{A}{2} \text{sinc}\left(\frac{k}{2}\right), \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$c_0 = \frac{A}{2} \quad (2.1)$$

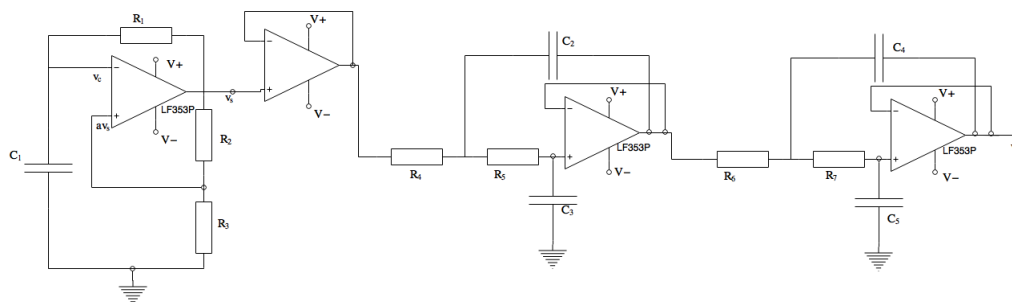
**Figur 2.2:** Firkantpulsgenerator**Figur 2.3:** Firkantpulstog**Figur 2.4:** Amplitudespekter til firkantpuls

Amplitudespekteret til signalet er vist i figur 2.4. Av figuren er det tydelig at filtertypen som passer til å dempe de overharmoniske svingningene er lavpass med knekkfrekvens nær den grunnharmoniske frekvensen.

Komparatoren i firkantpulsgeneratoren (figur 2.2) sammenligner spenningsverdiene på polene, som er bestemt av spenningen v_c og spenning fra spenningsdeleren av_s . Utgangssignalet vil dermed oscillere mellom $V+$ og $V-$, og dermed gi ut et firkantpulstog. Tidskonstanten til firkantpulstoget er gitt ved (2.2).

$$\tau = \frac{1}{2f_0 \cdot \ln(\frac{1+a}{1-a})} = R_1 C, \quad a = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (2.2)$$

Ved å sette krav om at alle overharmoniske frekvenskomponenter skal være dempet, der ønskelig sinussignal er $f_0 = 6800\text{Hz}$, vil et Butterworth filter med Sallen-Key struktur av 4. orden gjøre at overgangen fra passbånd til stoppbånd bli bratt nok [2]. Dette er forklart i [3]. En mulig implementasjon blir da som vist i figur 2.5.



Figur 2.5: Prinsipiell løsning av system

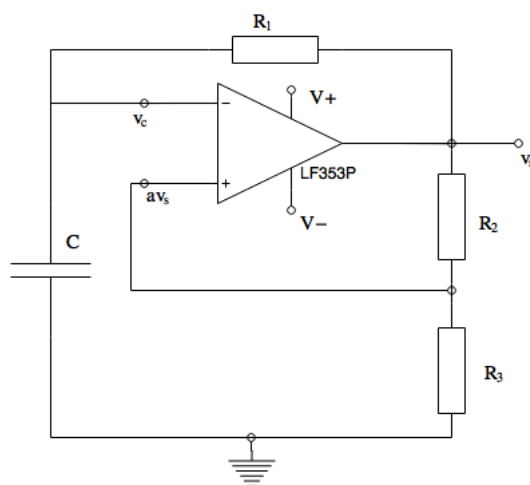
3 Realisering

Det er ønskelig å oppnå et sinussignal med frekvens $f_0 = 6900\text{Hz}$. Tidskonstanten til firkantpulsene er gitt ved (2.2). Dette medfører at tidskonstanten $\tau \approx \frac{1}{2.2f_0}$. Ved å sette $a = 0.5$ kan man velge $R_2 = R_3 = 10\text{k}\Omega$. Kondensatorverdien velges til $C = 10\text{nF}$, som medfører $R_1 = 6.6\text{k}\Omega$.

Med komponentverdier som gitt i tabell 3.1 og implementasjon som vist i figur 3.1, blir frekvensen på firkantpulstoget 6897Hz , som vist i figur 3.2.

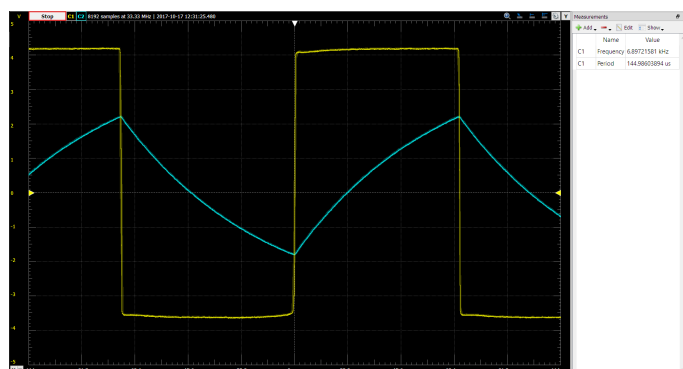
Tabell 3.1: Komponentverdier til figur 3.1

Komponent	Verdi
R_1	$6.3\text{k}\Omega$
R_2	$10\text{k}\Omega$
R_3	$10\text{k}\Omega$
C	10nF



Figur 3.1: Firkantpulsgenerator

En fullstendig implementasjon av systemet er som vist i figur 3.3 med tilhørende komponentverdier i tabell 3.2. Fotografi av den realiserte kretsen er vist i figur 3.6.

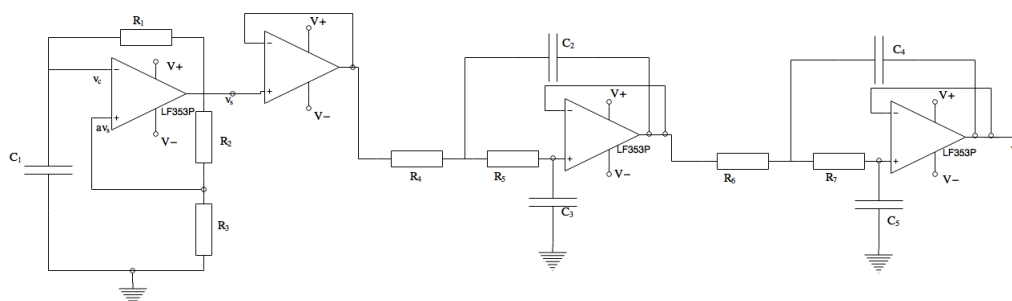


Figur 3.2: Firkantpuls med frekvens 6897Hz. Den blå grafen viser opp- og utlading av kondensatoren C i figur 3.1.

Tabell 3.2: Komponentverdier til figur 3.3.

Motstand	Verdi
R_1	$6.3\text{k}\Omega$
R_2	$10\text{k}\Omega$
R_3	$10\text{k}\Omega$
R_4	$1\text{k}\Omega$
R_5	$1\text{k}\Omega$
R_6	$1\text{k}\Omega$
R_7	$1\text{k}\Omega$

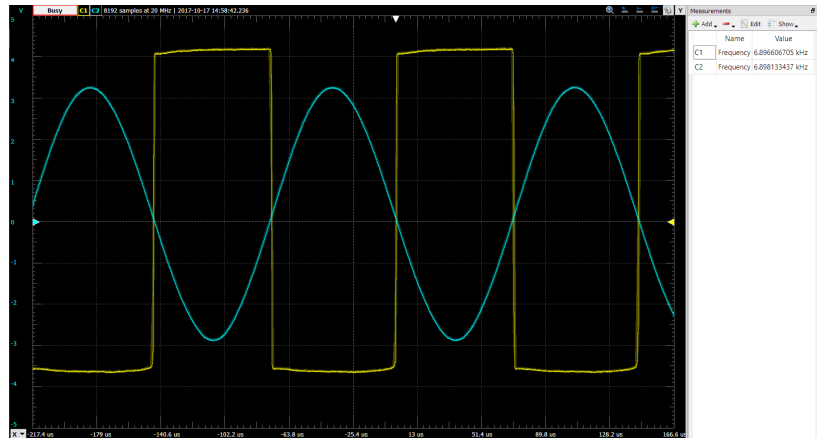
Kondensator	Verdi
C_1	10nF
C_2	22nF
C_3	18nF
C_4	53nF
C_5	10nF



Figur 3.3: Sinusgenerator

Med denne implementasjonen blir frekvensen til sinussignalet 6898Hz, som vist i figur 3.4. Dette gir en endring fra ønsket frekvens på $\Delta f = 2\text{Hz}$, og tilfredsstiller dermed kravet om

$$\Delta f_{max} \leq \frac{6900\text{Hz}}{10000\text{ppm}} \cdot 100 = 69\text{Hz}.$$



Figur 3.4: Sinussignal på utgangen sammenlignet med firkantpuls før lavpassfilter.

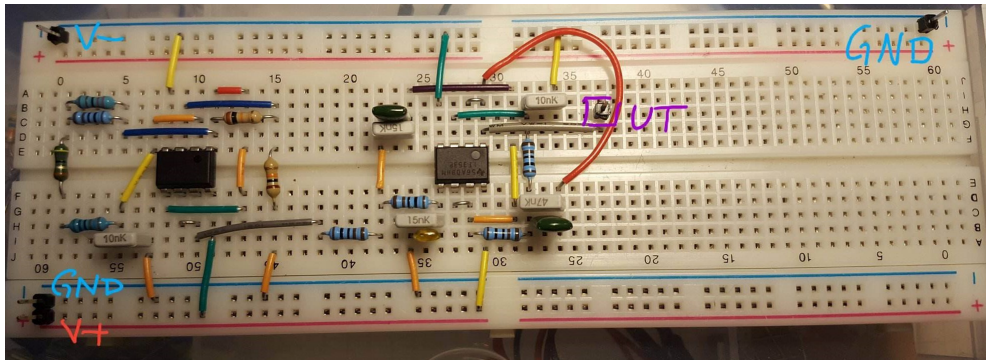
Den totale harmoniske distorsjonen (THD) av signalet, vist i figur 3.5, er målt til

$$D = 10^{\frac{-36.63[\text{dBc}]}{20}} \cdot 100 = 1.47\%.$$

Dette er også innenfor kravet om $D_{max} = 2\%$, og resulterer i sinussignalet vist i figur 3.4.



Figur 3.5: Amplitudespekter til sinussignalet, $D = 1.47\%$.



Figur 3.6: Fotografi av realisert krets.

4 Konklusjon

Sinusoscillatoren er realisert av en firkantgenerator og et 4. ordens Butterworth filter med Sallen Key-struktur. Sinussignalet har en frekvens på $f = 6898\text{Hz}$, som gir en forskjell fra ønsket frekvens på $\Delta f = 2\text{Hz}$ og en harmonisk distorsjon på 1.47%.

Referanser

- [1] Lars Lundheim. *Sinus-oscillator*. NTNU, 2016.
- [2] Total harmonic distortion. https://en.wikipedia.org/wiki/Total_harmonic_distortion. Lest 21.10.2017.
- [3] Karl Henrik Ejdfors. *Anti-alias-filter*. NTNU, 2017.