



Designnotat

Tittel: Trekant-oscillator

Forfattere: Øyvind Skaaden

Versjon: 2.0

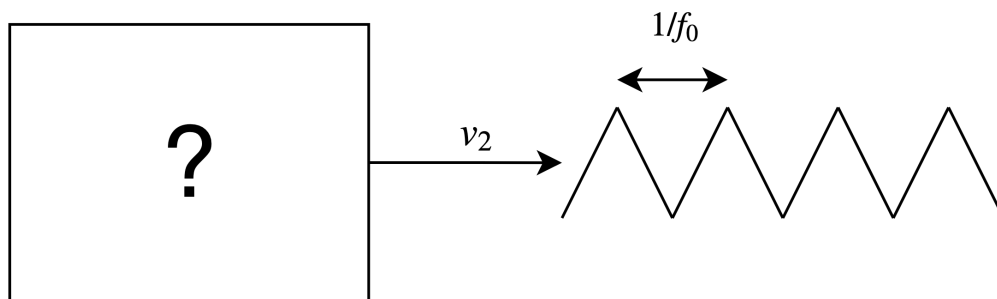
Dato: 29. april 2019

Innhold

1	Problembeskrivelse	1
2	Prinsipiell løsning	2
3	Realisering og test	4
4	Konklusjon	7
5	Takk	7
	Referanser	7

1 Problembeskrivelse

Vi vil ta for oss design av et system som vist i Figur 1



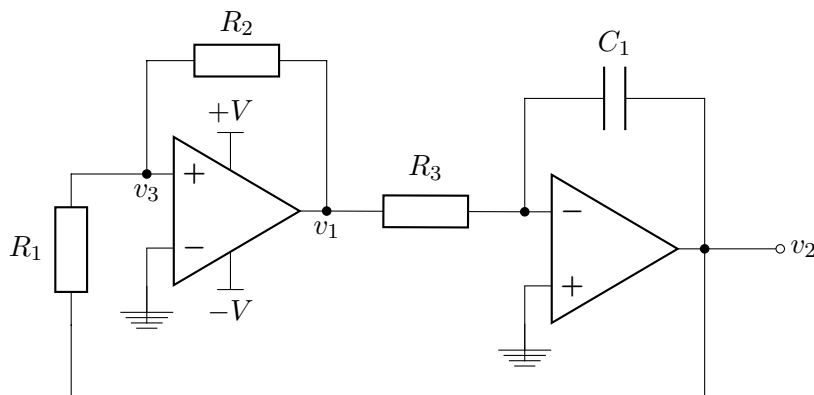
Figur 1: Blokkskjema for trekant-oscillator.

Systemet skal kun ha en driftsspenning, og skal produsere et trekantsignal med en ønsket frekvens f_0 , eller periode $T_0 = \frac{1}{f_0}$ på utgangen v_2 . Det skal kun være et avvik på $\Delta f_{max} = 10\,000$ ppm. Amplituden er ikke viktig i dette systemet.

2 Prinsipiell løsning

Det er flere måter å generere en trekantpuls, men i dette designet skal operasjonsforsterkere brukes, opamp fra nå av. Det vil bli tatt utgangspunkt i et teknisk notat [1].

Vi tar utgangspunkt i figur 1 i det tekniske notatet, se Figur 2.



Figur 2: Skjema for prinsipiell løsning.

I denne kretsen vil punktet v_2 ha trekantpulsform, sentrert rundt 0V, fordi vi kretsen “integrerer” en konstant spenning. Vi kan se på det som å integrere en konstant, det vil bli en linje med stigningstall lik konstanten som blir integrert.

Vi bruker dette signalet videre, slik at kretsen bli selv-drivende, slik at vi får et pulstog og ikke bare en enkelt puls. Signalet vil bevege seg til opampen til venstre bli til et fikantsignal (fordi vi forsterker til metning av opamp), som igjen vil drive opampen til høyre, som genererer trekantpuls. Det er mulig å se hvordan spenningene v_1 og v_2 er i forhold til hverandre i Figur 6.

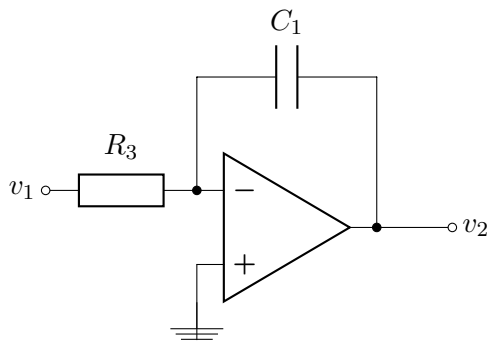
Her er motstandene R_1 og R_2 en spenningsdeler mellom v_1 og v_2 som fører til inngangsspenningen v_3 . v_3 har formen til v_2 , men vil ha en mindre amplitude grunnet spenningsdeleren.

Opampen som ligger etter v_3 er en komparator. v_1 vil gå mot driftsspenning $+V$ dersom $+$ inngangen eller v_3 er større enn $-$ (jord), og bevege seg mot $-V$ dersom v_3 er lavere enn jord (negativ spenning).

Den høyre delen, med en opamp, en motstand R_3 og kondensator C_1 er en integrator, som sett i Figur 3 eller i [2]. Integratoren tidsintegrerer signalet som kommer ut fra v_1 og inn på $-$ på opampen. Det vil si at utgangssignalet v_2 vil bevege seg mot spenningen på v_1 , over en periode som er lik tidskonstanten $\tau = R_3 \cdot C_1$.

Dersom vi integrerer en firkantpuls vil vi få en trekantpuls.

Vi vet fra [2] at spenningen v_2 i integrator som i Figur 3 er gitt ved (1).



Figur 3: Skjema for en integrator.

$$v_2 = -\frac{1}{R_3 \cdot C_1} \int_0^t v_1 dt \quad (1)$$

Der v_1 er inngangsspenningen.

Her vil τ si hvor lang til det tar for spenningen v_2 når metning/driftsspenning dersom inngangssignalet v_1 er en firkantpuls. Vi ønsker at trekantpulsene på v_2 både skal gå opp mot positiv driftsspenning og ned mot negativ driftsspenning på en periode.

Etttersom det integratoren bruker en tid τ for å bevege seg enten opp eller ned, må den totale tiden for en periode, eller én enkelt trekantpuls være $T = 2\tau$. Dermed må tiden $\tau = \frac{1}{2}T$.

Vi ønsker å gå både opp og ned fordi vi ønsker å få et symmetrisk og kontinuerlig trekantsignal. Da må vi starte og stoppe på samme sted, sånn at pulstøget ikke blir forskjøvet opp eller ned i spenning.

Vi kan velge R_1 og R_2 slik at spenningen v_3 ikke blir for stor. Visse opamper kan ha spenningsområder der de begynner å få uønsket opførsel, vi må bare passe på at vi ikke overstiger denne terskelspenningen, V_T . Vi må derfor opprettholde (2).

$$|v_3| < V_T \quad (2)$$

Vi har dermed formelen (3).

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

Der f er ønsket frekvens, T er ønsket periode og τ er tidskonstanten til integratoren.

R_1 og R_2 kan velges slik at v_3 holder seg innenfor en terskelspenning, og at $R_2 > R_1$.

3 Realisering og test

Trekantgeneratoren i dette designet har en ønsket frekvens på $f_0 = 3000\text{Hz}$. Vi kan da regne ut en tau ut i fra dette tallet.

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot 3000\text{Hz}} = \frac{1}{6} \cdot 10^{-3} \text{ s} = \frac{1}{6} \text{ ms} \approx 1.67 \text{ ms} \quad (4)$$

Siden $\tau = R_3 \cdot C_1$ kan vi velge en av verdiene R_3 eller C_1 for å finne den andre.

Setter $C = 68\text{nF}$. Da blir

$$\begin{aligned} R &= \frac{\tau}{C} \\ R &= \frac{\frac{1}{6} \cdot 10^{-3} \text{ s}}{68 \cdot 10^{-9} \text{ F}} \\ R &\approx 2451\Omega \end{aligned}$$

Opampen som brukes i kretsen er en LF353P opamp. Den kan oppføre seg ulineært dersom spenningsene inn på + og - har en amplitude på over 4.2V , $V_T = 4.2\text{V}$.

Vi har driftsspenninger $+V = 5\text{V}$ og $-V = -5\text{V}$. Bruker Kirchoffs' spenningslov og spenningsdeling og velger $R_1 = 4\text{k}\Omega$ og $R_2 = 10\text{k}\Omega$ slik at spenningen $|v_3| < 4.2\text{V}$, og da opprettholdes (2).

Vi har da komponentverdier som sett i Tabell 1.

Tabell 1: Utregnede komponentverdier.

Komponent	Verdi
R_1	$4.7\text{k}\Omega$
R_2	$10\text{k}\Omega$
R_3	$2.5\text{k}\Omega$
C_1	68nF
OpAmp	LF353P

Kobler opp kretsen etter figur 2 med verdier fra tabell 1. Siden motstanden $R_3 = 2\text{k}5\Omega$ ikke er en standard motstand bruker vi flere andre typer. Resultatet er følgende

$$R_3 = 2\text{k}2\Omega + 270\Omega = 2470\Omega$$

.

Etter målinger med denne motstandsverdien, finner vi at frekvensen var litt for rask. Etter videre testing finner vi at ved motstandsverdien $R_3 = 2509\Omega$ er frekvensen $f_0 = 2.999\text{kHz}$. Nye motstandsverdier er beskrevet i (5).

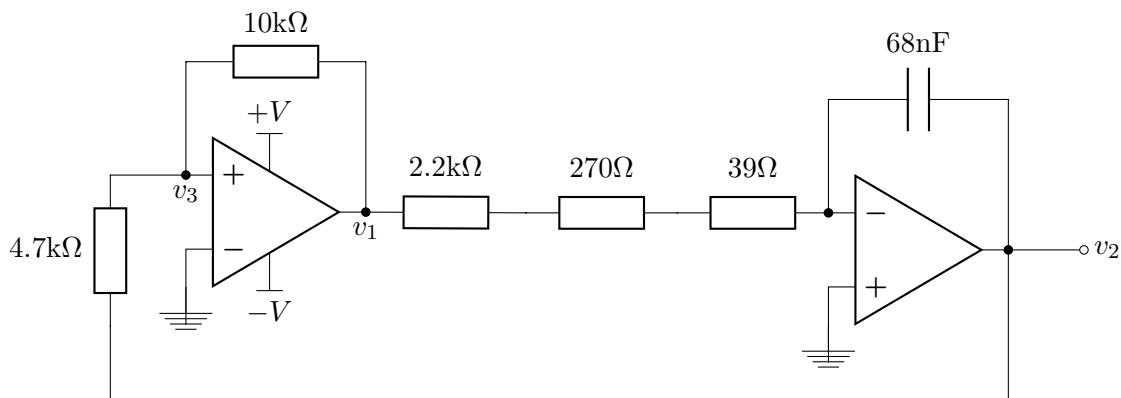
$$R_3 = 2.2\text{k}\Omega + 270\Omega + 39\Omega = 2509\Omega \quad (5)$$

Alle komponentverdier er i Tabell 2.

Tabell 2: Utregnede komponentverdier.

Komponent	Verdi
R_1	4.7k Ω
R_2	10k Ω
R_3	2.2k Ω + 270 Ω + 39 Ω = 2509 Ω
C_1	68nF
OpAmp	LF353P

Skjema for ferdig krets i Figur 4.

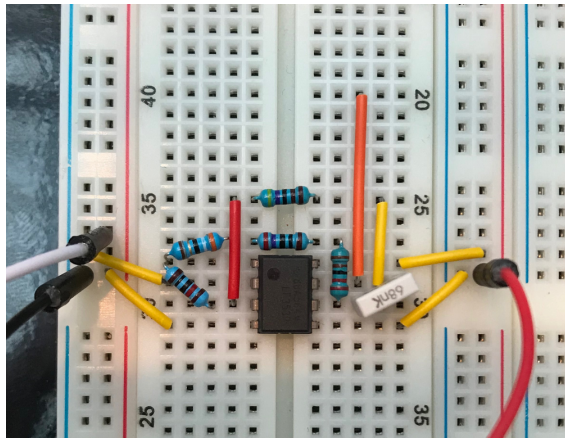


Figur 4: Skjema for den ferdige kretsen med komponentverdier.

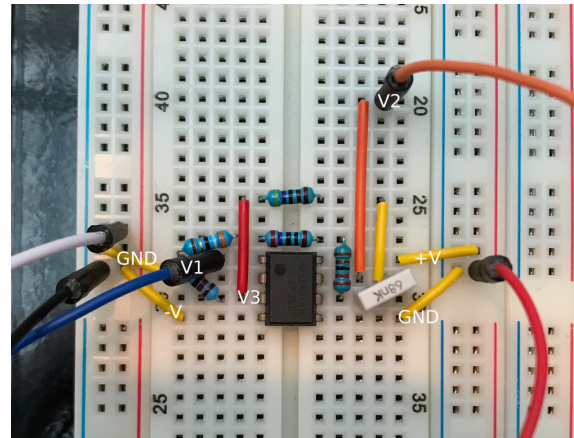
Med dette koblet opp som vist i figur 5.

Kretsen ble også målt med oscilloscop for å sjekke frekvensen. Se Figur 6.

Målt frekvens er på $f = 2.9999\text{kHz}$ eller $f = 2999.9\text{Hz}$. Dette er innenfor avviket på $\Delta f = 10\,000$ ppm unna 3000Hz.

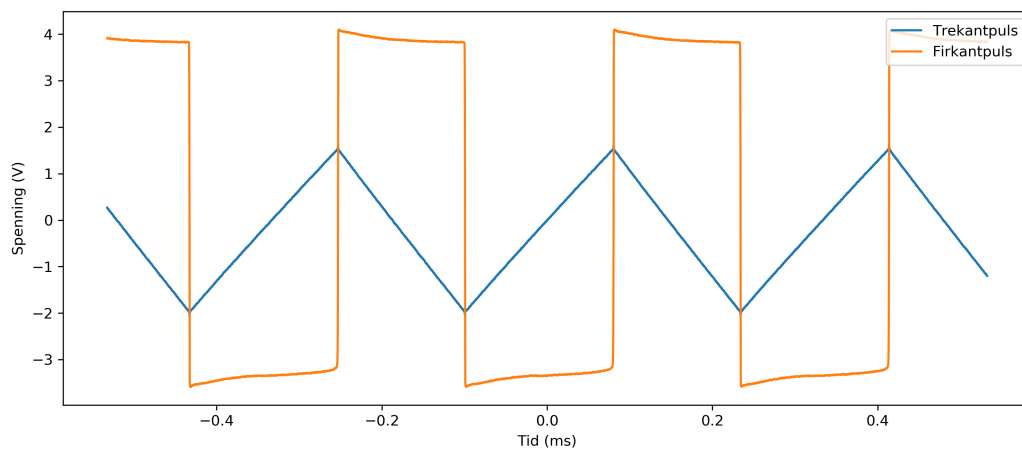


(a) Ferdig fungerende krets.



(b) Ferdig fungerende krets med navn.

Figur 5: Ferdig krets, med og uten navn.



Figur 6: Målgner av frekvens og utseende på spenninger v_2 (trekantpuls) og v_1 (firkantpuls).

4 Konklusjon

Målet var 3000Hz, og kretsen klarte å produsere en trekantpuls som hadde en frekvens på 2999.9Hz. Noe som også er godt innenfor avviket på 10 000 ppm.

5 Takk

Takk til Ulrik Bredland for bra samarbeid og gode diskusjoner.

Referanser

- [1] Torstein Bolstad, *Teknisk notat: Trekantgenerator*, NTNU, TTT4260 Elektronisk systemdesign og -analyse, 2019.
- [2] Wikipedia contributors. (2019, April 4). Op amp integrator. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 13:02, April 28, 2019, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Op_amp_integrator&oldid=891001432