

# Fordobling av frekvens

Tittel: Fordobling av frekvens

Forfatter: Andreas Lindeman

Versjon: 1.7

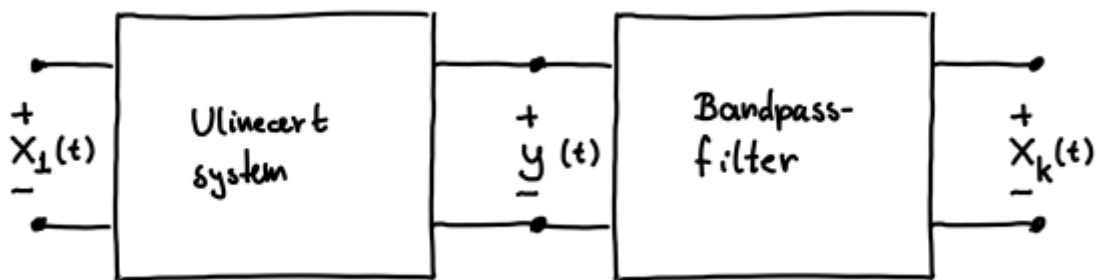
Dato: 10.04.2024

## Innhold

1. Problemstilling	1
2. Prinsipiell løsning	2
3. Realisering og test	4
4. Konklusjon	9
5. Takk	9
Referanser	9

## 1. Problemstilling

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



[1] figur 1 av et ønsket system

Systemets oppgave er å endre frekvensen til et sinusformet signal. Vi har et signal

$$x_1(t) = \cos(2\pi ft)$$

med kjent frekvens  $f$ , og vi ønsker å produsere et nytt signal:

## Fordobling av frekvens

$$x_k(t) = k \cdot \cos(2\pi ft + \phi)$$

der  $k$  er et heltall. Med andre ord, amplituden trenger ikke å være exakt.

Vi antar at systemet er i stand til å motta og behandle sinusformede signaler, og at vi har tilgang til nødvendige teknologier og komponenter for å utføre frekvens multiplikasjon.

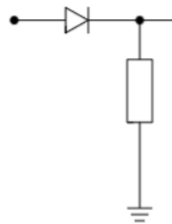
Systemet skal kunne motta et sinusformet signal med kjent frekvens som inngang og produsere et utgangssignal med en frekvens som er det dobbelte av inngangs signalets frekvens.

Systemet må bestå av simple komponenter tilgjengelig for studenter, dette inkluderer en type spoler, kondensatorer, og andre primitive komponenter som brødbrett og ledninger.

Det skal kunne produsere signaler med høyest mulig kvalitet og minst mulig forvrengning.

## 2. Prinsipiell løsning

For å fordoble inngangssignalet er det viktigste å begynne med å gjøre signalet til et ikke-lineært system, en enkel måte å gjøre dette er å benytte seg av et system som illustrert under i figur 2

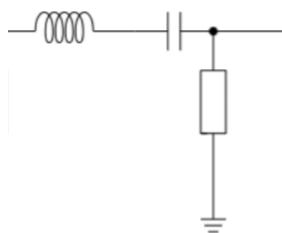


Figur 2

Noden på venstre side illustrerer inngangen der det lineære inngangssignalet kommer og høyre siden illustrerer utgangen hvor signalet ikke lenger er lineært.

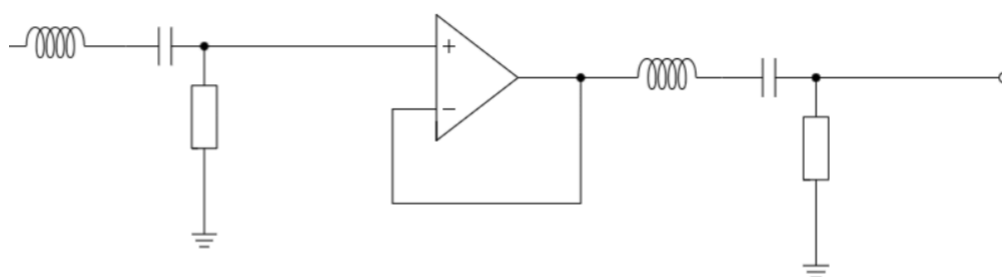
Når signalet ikke lenger er lineært, isoleres den ønskede delen av signalet, det vil si, den delen med den doble frekvensen. Dette kan gjøres med et båndpassfilter som vist i figur 3 under:

## Fordobling av frekvens



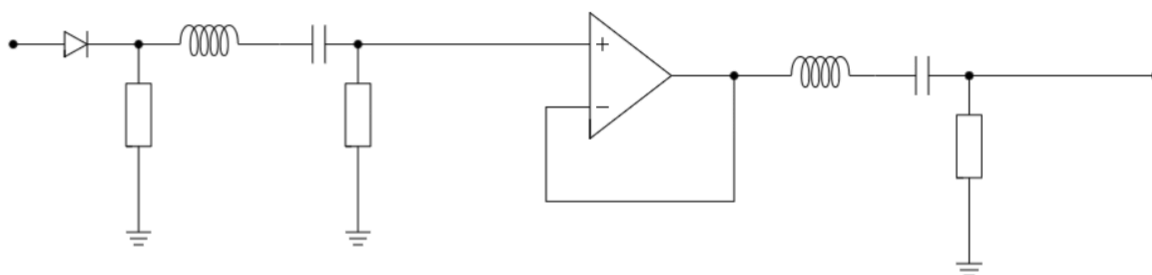
Figur 3

I figur 3 illustrerer igjen venstresiden inngangen hvor signalet kommer inn og høyre siden det nye filtrerte signalet. Et båndpassfilter fjerner ikke all støy vi behøver fjernet. Dette kan fikses med et nytt båndpassfilter som figur 3, for å utelukke uønsket oppførsel mellom systemene kanen operasjonsforsterker brukes som buffer mellom de to båndpassfiltrene som illustrert under i figur 4:



Figur 4

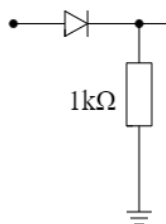
Det totale systemet blir da som illustrert under i figur 5:



Figur 5

### 3. Realisering og test

For å starte testingen, ble en sinusgenerator brukt til å generere et signal med en frekvens på 2525 Hz. Kretsen teoretisert i figur 2 ble koblet opp med en 1k ohm resistor, som vist under i figur 6:



Figur 6

Videre var det nødvendig å finne riktige verdier for båndpassfilteret. Med kun tilgang til en type spoler var dette konstanten. Etter måling ble det konkludert med at disse hadde en verdi på rundt 70mH. Dermed kunne ønsket verdi på kondensatorene i kretsen finnes ved å bruke formelen vist under:

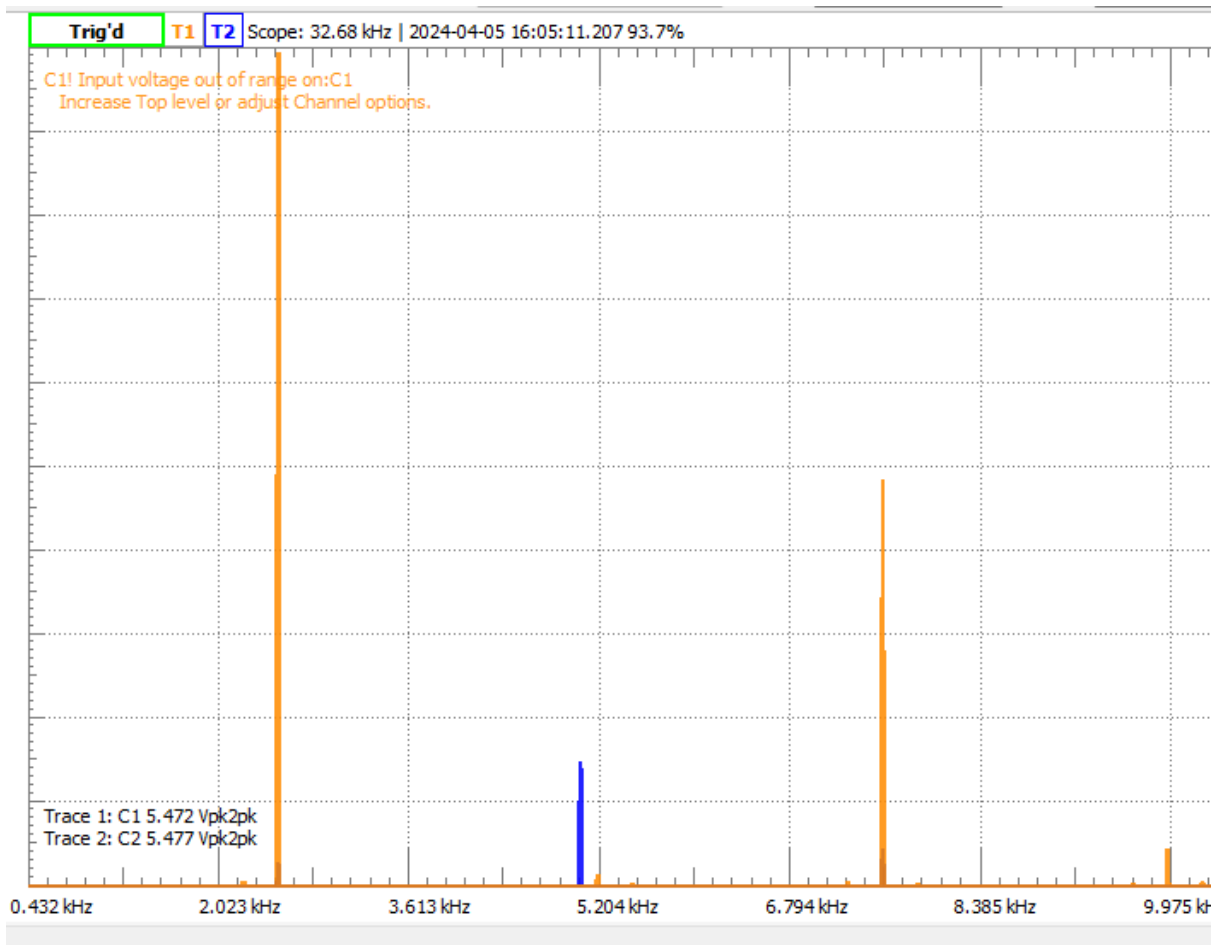
$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

Ettersom ønsket frekvens er kjent til å være 2525\*2 Hz, og spolene har en verdi på 70mH, kan C-verdien beregnes.

$$C = \frac{1}{(2\pi * 2525 * 2)^2 * 70mH} = 14nF$$

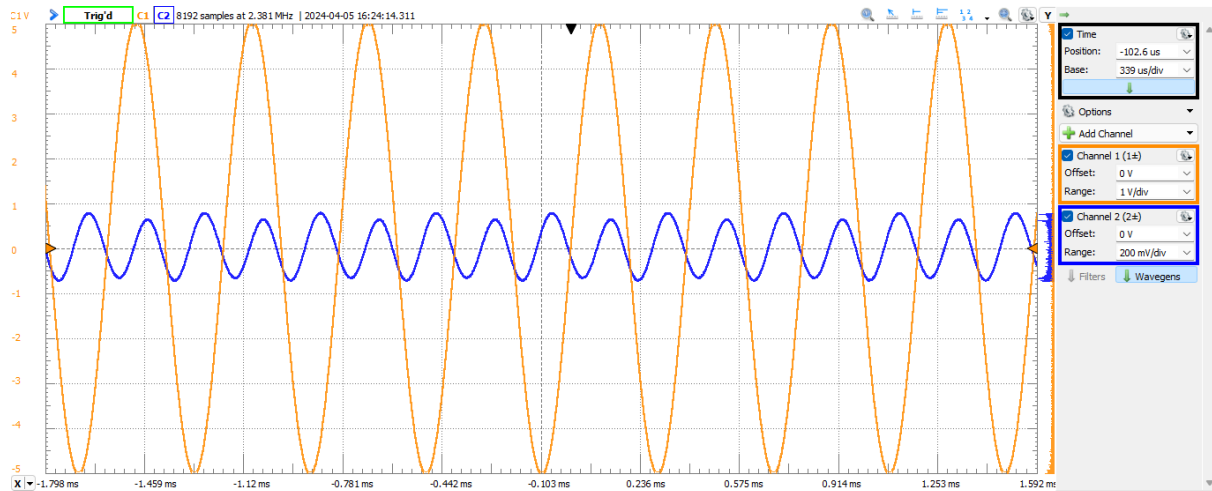
Med lett tilgang til 10nF kondensatorer, ble disse valgt for bruk i designet. For å finne de mest optimale verdiene for resistorene, ble et potensiometer brukt for å kunne teste multipler av forskjellige resistor verdier. Det beste resultatet så slik ut:

## Fordobling av frekvens



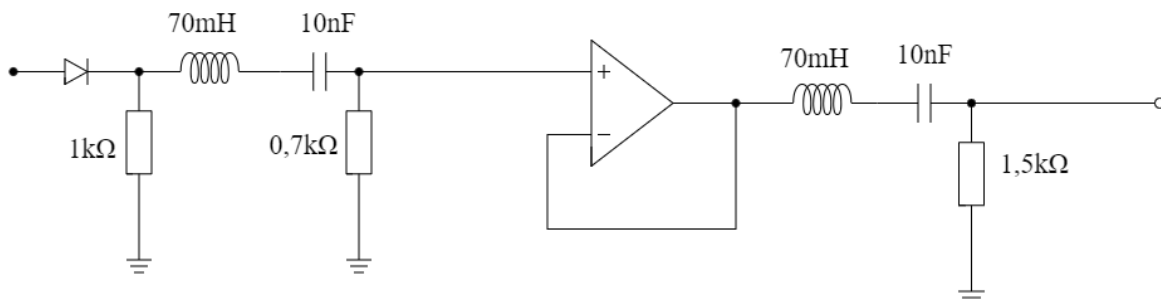
Figur 7: Lydspekter av signalet, y-aksen representerer volt, x-aksen frekvens

## Fordobling av frekvens



Figur 8: Oscilloskop utsnitt av signalet, y-aksen representerer volt, og x-aksen tid. Orange er inngangssignalet og blå er utgangssignalet.

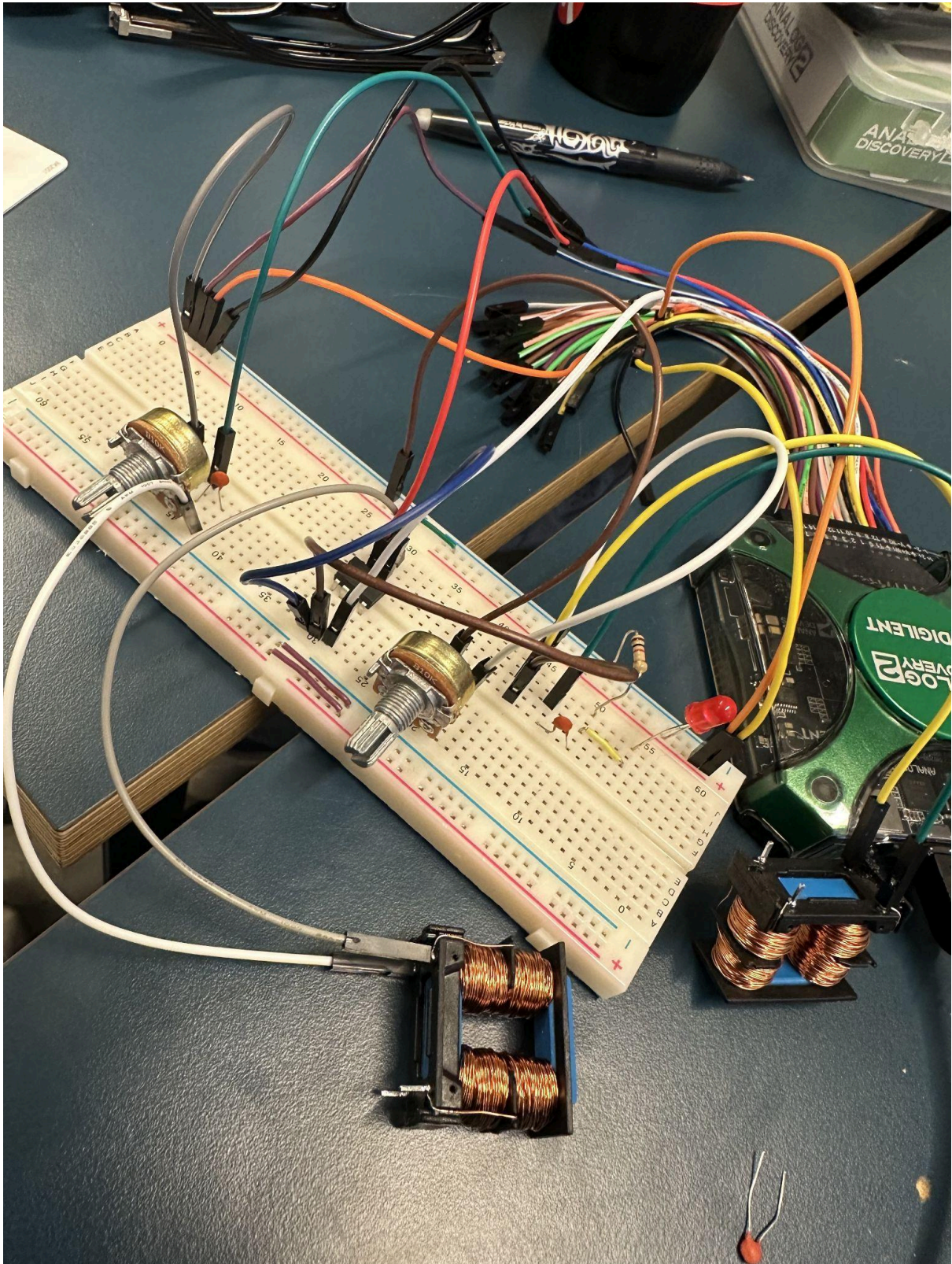
Dette resultatet ble oppnådd med en krets med følgende verdier:



Figur 9: Tegning av systemet med verdier

## Fordobling av frekvens

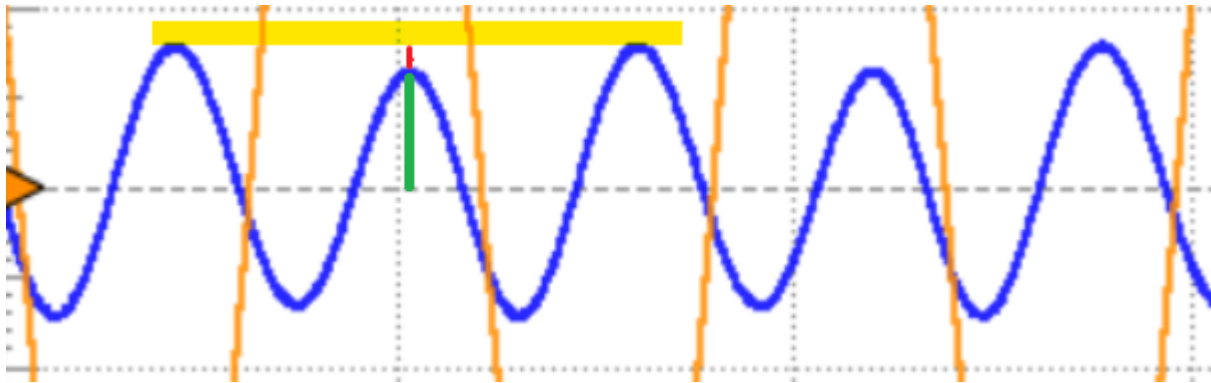
Under er et bilde av kretsen i virkeligheten:



Figur 10: Bilde av systemet i virkeligheten

## Fordobling av frekvens

Resultatene fra figur 8 viser at en tydelig sinusbølge med dobbel amplitude ble produsert. Den genererte sinusbølgen var ikke perfekt, noe som kan observeres på signalet målt på utgangen, illustrert mer nøyaktig i figur 11:



Figur 11: Mer nøyaktig bildet av figur 8, med måling av støy

Det observeres at annenhver sinusbølge har en amplitude 12-13% lavere enn resten. Dette indikerer at designet oppfyller kravene i den grad det var mulig med de tilgjengelige komponentene, men resultatet ble likevel ikke perfekt.

Designet ligger fortsatt ganske langt unna målet  $x_k = k \cos(2\pi k f t + \phi)$  der  $k$  er et heltall. Uten måling av noen RMS-verdier, blir bare SDR-verdien et overslag. Dette kan beregnes ved å bruke formelen for SDR gitt i dB, som er vist under i figur 12:

$$\text{SDR} = \frac{P_{x_k}}{P_d}$$

[1] Figur 12 - Formel for SDR

$P_{x_k}$  representerer det ønskede signalet, mens  $P_d$  representerer støynivået. Med en amplitude  $k$  i  $P_{x_k}$  med verdien  $k$ , er det kjent at  $P_{x_k} = k^2$ . Beregningen av  $P_d$  involverer kvadrering av støynivået til de to amplitudene, etterfulgt av beregning av gjennomsnittet. Siden halvparten av amplitudene ikke inneholder støy, er det bare nødvendig å beregne de med støy. Støynivået til den andre halvparten reduseres til  $0.12*k$ , som er 12% av hovedsignalet. Dermed blir det totale støynivået  $P_d = (k^2 + (0.12*k)^2)/2$ . Den totale SDR verdien blir dermed:

$$\text{SDR} = \frac{k^2}{(k^2 + (0.12*k)^2)/2} = 138.9$$

## Fordobling av frekvens

$$\text{SDR}[\text{dB}] = 10 * \log_{10}(138.9) = 21.4\text{dB}$$

Dette er et relativt dårlig SDR[dB] nivå, noe mer rundt 25dB er ønskelig, for å oppnå dette nivået må differansen bli redusert fra 12% til under 7%.

### 4. Konklusjon

I løpet av denne testen ble det oppnådd betydelige resultater. Kretsen ble konstruert og testet med en sinusgenerator, og et signal med frekvensen 2525 Hz ble generert. Selv om den genererte sinusbølgen ikke var perfekt, oppfylte designet kravene til den grad det var mulig med de tilgjengelige komponentene.

Det ble observert at annenhver sinusbølge hadde en amplitude som var 12-13% lavere enn resten. Dette indikerer at det er rom for forbedring i designet. SDR-verdien ble beregnet til å være 21.4dB, noe som er relativt lavt. En SDR-verdi på rundt 25dB ville vært mer ønskelig. For å oppnå dette nivået, må differansen reduseres fra 12% til under 7%.

### 5. Takk

Jeg vil gjerne takke Jonas Hartberg for mange fruktige samtaler og støtte under prosjektet.

### Referanser

[1] TTT4260 Elektronisk systemdesign og -implementering Designprosjekt 3 , L. Lundheim