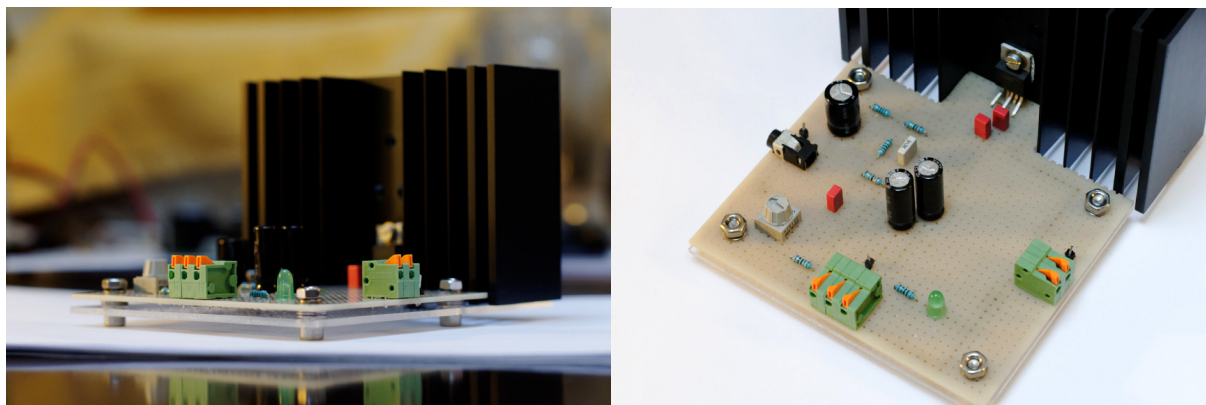


# Effektforsterker for lyd

March 14, 2010



## Betingelser

Følgende betingelser ble satt før prosjektet startet.

- Inngangsresistans:  $R_{inn} > 10k\Omega$
- Utgangsresistans:  $R_{ut} = \text{lav}$
- Spennings/nivåtilpasning: Tilpasses aktuell kilde ( $0.4-2.0V_{rms}$ ) og forsterkning i LM1875 forsterkerblokken
- Båndbredde:
  - Nedre grensefrekvens:  $f_n = 30\text{Hz}$
  - Øvre grensefrekvens:  $f_\phi = 20\text{kHz}$
- Forsyningsspenning:  $+V_{CC}$ ,  $-V_{EE}$ , og  $0V$
- Ut-effekt: Dimensjoneres til 20W i en 4 Ohms last (høytaler)

## Beregninger

Følgende beregninger er brukt for å konstruere den endelige kretsen.

### Spenningsforsterkning:

For å oppnå 20W med en 4Ohm last, må op-amp forsterkningen svare til en gitt utspenning. Verdien på motstanderene vil da kunne bli regnet ut.

$$P = \frac{U^2}{R}$$
$$20W = \frac{u_{ut}^2}{4} \implies u_{ut} = \sqrt{4 \cdot 20} \approx 8.94V_{rms}$$

Ved innspenning på  $0.4V_{rms}$  vil effektforsterkningen være:

$$20 \cdot \log\left(\frac{u_{ut}}{u_{inn}}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{8.94}{0.4}\right) \approx 27dB$$

Verdien er innenfor spesifikasjonene for op-ampen, maks. grensen er på 90dB.

## Effektforsterkning:

Forsterkningen tilsvarener nettverket koblet til en ikke-inverterende op-amp. Siden utspenningen er kjent, innspenningen vil være  $0.4V_{\text{rms}}$ , velges verdi på  $R_2$  til 24k og  $R_1$  kan da regnes ut.

$$A_u \Rightarrow \frac{u_{ut}}{u_{inn}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$
$$R_1 = \frac{24k}{1 + \frac{8.94}{0.4}} = \underline{10280\Omega}$$

Nærmeste standard motstandverdi er 1k Ohm.

Op-amp forsterkningen vil da forøverig bli:

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow 1 + \frac{24k}{1k} \approx \underline{25}$$

$R_2$  velges høy få redusere bias strøm inn fra utgangen og for å få signalmotstand lik motstanden i nedre og øvre grensefrekvens delen av kretsen (24k Ohm). Om signalmotstandene er like vil eventuell bias strøm bli kansellert ut.

Dersom innspenningen er høyere enn  $0.4V_{\text{rms}}$  vil utspenningen bli begrenset av forsyningspenningen, her  $\pm 12.5V_{\text{rms}}$  ( $+25V_{\text{CC}}$ ,  $-25V_{\text{EE}}$ ). Ved å justere potentiometeret vil spenningsfallet øke mot jord og innspenningen vil synke så signalet ikke blir forvrengt.

For å sette et nedre utgangssignal-nivå ved minimum potentiometer innstilling, velges  $R_7$  til 2k.

## Nedre grensefrekvens:

Også kalt høypassfilter. Laveste ønsket frekvens er 30Hz. Øret til et menneske kan oppfatte frekvens ned mot 50Hz. Her velges verdien på  $R_4$  til å være 22k Ohm, for å veie opp signalmotstand iforhold til  $R_2$ , samt for å få redusere bias strøm inn på  $V^+$ .

$$f_n = \frac{1}{2\pi C_1 R_3}$$
$$30Hz = \frac{1}{2\pi \cdot C_1 \cdot 22k} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 22k \cdot 30} \approx \underline{241nF}$$

Nærmeste standard kondensatorverdi for  $C_1$  er 220nF.

## Øvre grensefrekvens:

Også kalt lavpassfilter. Øverste ønsket frekvens er satt til 20kHz. Her velges verdien på  $R_5$  til å være 2k Ohm, for å få lik bias strøm motstand ( $22k+2k$ ) inn på  $V^+$ .

$$f_\phi = \frac{1}{2\pi C_2 R_4}$$
$$20kHz = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 \cdot 2k} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 2k \cdot 20k} \approx \underline{3970pF}$$

Nærmeste standard kondensatorverdi for  $C_2$  er 3900pF.

## Spenningskilde:

For å balansere kilden, brukes det på  $+V_{\text{CC}}$  og  $-V_{\text{EE}}$  et par med 220uF elektrolytt og 100nF polyester kondensatorer. En LED diode er satt i serie med  $R_8$  (750 Ohm) for å få en indikator når kildespenning er tilført.

# Simulering

Følgende simuleringer ble utført for å prøve de teoretiske beregningene.

## Responskurve

Kurven bøyer ved 3 dB knekken som samsvarer med 30 Hz (nedre grensefrekvens) og 20kHz (øvre grensefrekvens). Simuleringene ble utført i National Instruments, Multisim.

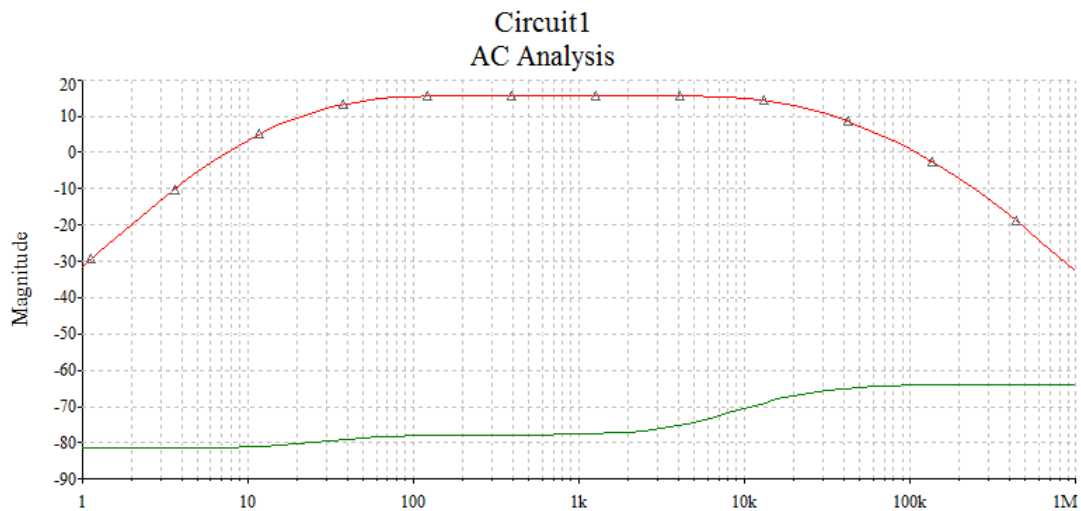


Figure 1: AC analyse med dB skala

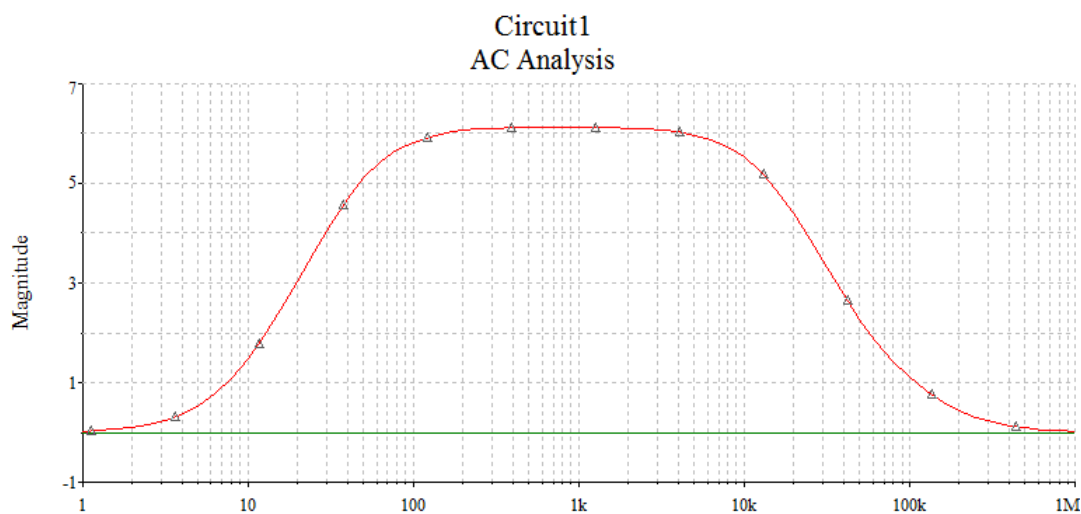


Figure 2: AC analyse med lineær skala

## Inngang- og utgangssignal

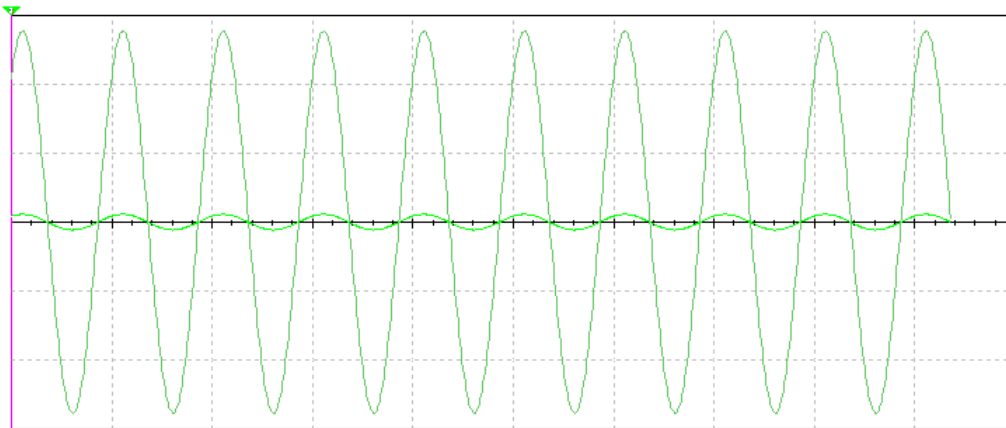


Figure 3: Simulering av inn- og utgangssignal

## Kretsskjema

For å tegne kretsen ble Multisim brukt. Det ble forsøkt å gjøre det så oversiktlig som mulig.

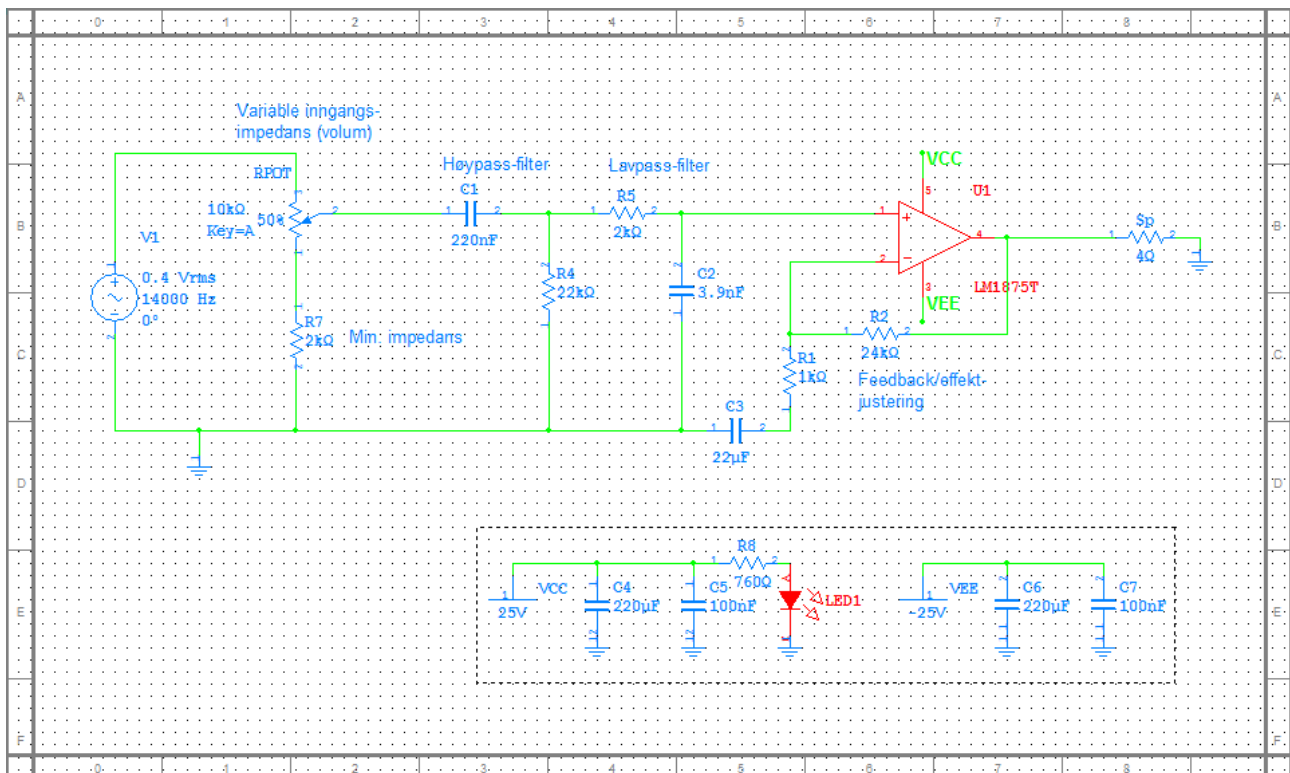


Figure 4: Kretsskjema

# Komponenter

Følgende komponenter ble brukt for å konstruere kretsen.

## BOM:

- 1x Op-Amp LM1875
- 1x 1.8°C/W@45W kjøleelement
- 1x 10kΩ potentiometer
- 2x 2kΩ mostander
- 2x 1kΩ motstander
- 1x 22kΩ motstander
- 1x 24kΩ motstander
- 1x 750Ω motstander
- 2x 220uF elektrolyt kondensatorer
- 2x 100nF polyester kondensatorer
- 1x 220nF polyester kondensatorer
- 1x 3.3nF polyester kondensatorer
- 5x Snap-in kontakter
- 1x 3.5mm audiokontakt
- 1x Grønn LED diode

# Målinger

Følgende målinger ble gjort på lab for å verifisere at den faktiske kretsen følger de teoretiske beregningene. Samt finne eventuelle komponent avvik og marginer.

## Forsterkning

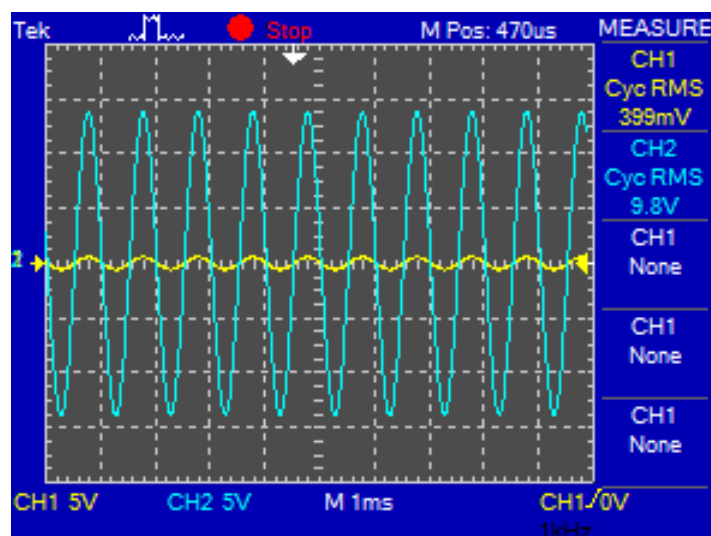


Figure 5: Oscilloskop måling av inn- og utgangsignal

Målingen av forsterkningen mellom inngang- og utgangsignal stemmer godt med forventet forsterkning.

$$A_u = \frac{u_{ut}}{u_{inn}} \implies \frac{9.8}{0.4} \approx \underline{24.5}$$

Beregningen over ga en forsterkning på 25, noe som stemmer godt med den målte forsterkningen.

### Øvre og nedregrensefrekvens

Responsegrafene har en slak stigning og avtagning som tilsvarer beregningene for nedre og øvre grensefrekvens.

Målinger ble gjort manuelt i steg på 10 fra 10-100 Hz, 1000 fra 1000-10000 Hz, og 10000 fra 10000-60000 Hz.

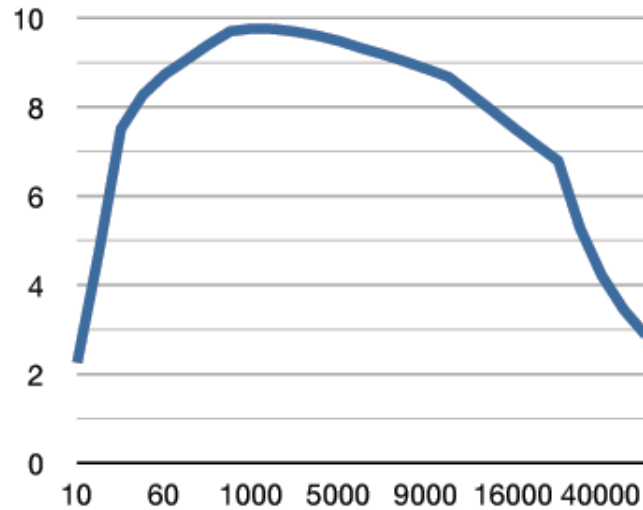


Figure 6: Manuell sveip av frekvensområdet, utgangsignal

## Summering

Lydkvaliteten er etter en subjektiv vurdering ganske bra. Kretsen har ingen sikring mot kortslutning, siden det her er fokusert på basis funksjonene er det ikke absolutt nødvendig. Kretsen har kun en kanal og dersom stereo lyd ønskes må en tilsvarende krets bygges for den andre kanalen.