



Designnotat

Tittel: Op-AMP

Forfattere: Eirik Mathias Silnes

Versjon: 1.0

Dato: 2. oktober 2023

Innhold

1	Problembeskrivelse	2
2	Prinsipiell løsning	3
3	Realisering	4
4	Konklusjon	4
5	Takk	4
	Referanser	5
A	Fullstendige utregninger	6

1 Problembeskrivelse

I dette designnotatet skal det designes en operasjonsforsterker på transistor nivå. En ideell operasjonsforsterker har følgende egenskaper og modell som vist i fig 1.

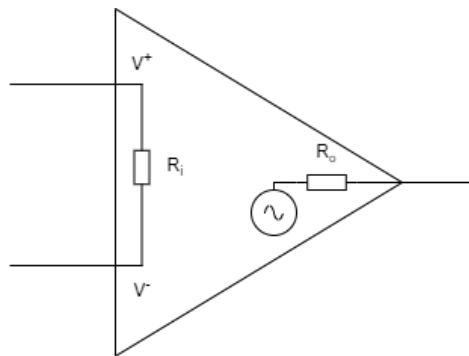
- Inngangsimpedansen til $R_i = \infty$
- Utgangsimpedansen til $R_o = 0$
- Utgangen er gitt som

$$V_{out} = f(V_+ - V_-) = \begin{cases} \min\{V, A(v^+ - v^-)\} & \text{for } v^+ - v^- > 0 \\ \max\{V, A(v^+ - v^-)\} & \text{for } v^+ - v^- < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Spesielt i dette designnotatet skal de følgende egenskapene undersøkes nærmere:

- forsterkningen A ved sinuspåtrykk med frekvens $f = 1kHz$ og
- Total harmonisk distorsjon (THD) ved sinuspåtrykk med frekvens $f = 1kHz$

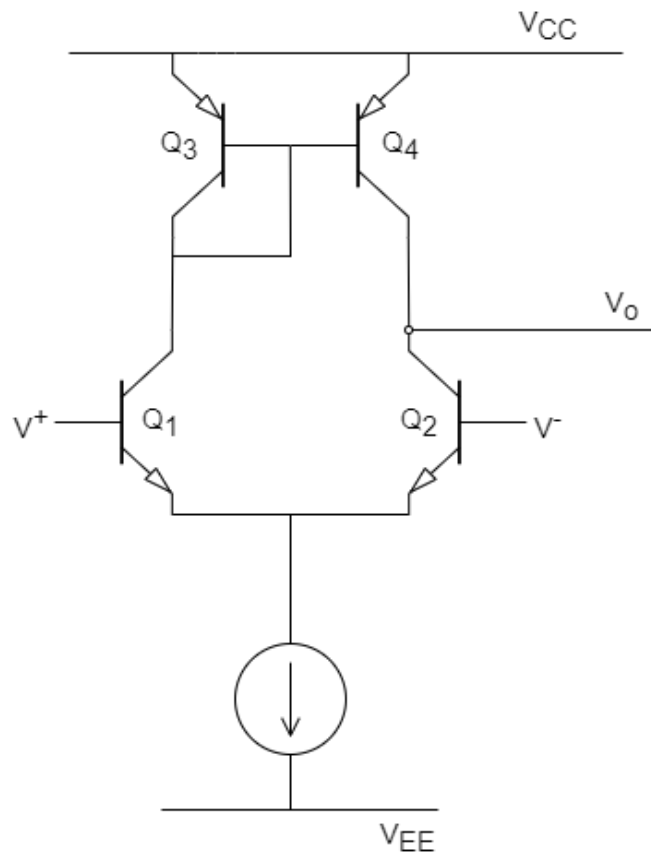
De to punktene skal undersøkes med to forskjellige lastmotstander $R_L = 100k\Omega$ og $R_L = 100\Omega$. Det skal også undersøkes hvor godt kretsløsningen virker som en opamp i en inverterende forsterker med forsterkning $A = -10$ og $R_L = 1k\Omega$. Sammenlign dette med ved både åpen løkke forsterkning og negativ tilbakelkobling.



Figur 1: Ideell opamp modell

2 Prinsipiell løsning

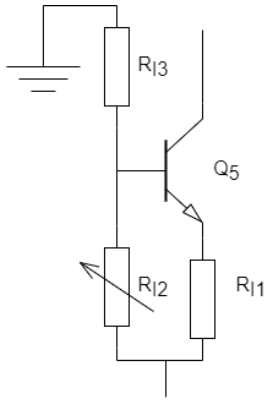
En differensialforsterker er en nøkkelkomponent i designet av operasjonsforsterkere (op-amp)[2, s. 105]. I en differensialforsterker benyttes ofte to inngangstransistorer i en konfigurasjon som tillater differensiell signalbehandling. Bipolare transistorer, som for eksempel NPN- og PNP-transistorer, er valgt for deres egenskaper som forsterkningsenheter og deres evne til å drive signaler med høy presisjon. Et typisk eksempel på en differensialforsterker er vist i figur 2.



Figur 2: Differensialforsterker som en operasjonsforsterker

3 Realisering

Oppkoblingen ble gjort som vist i den prinsipielle løsningen i figur 2, hvor strømkilden ble realisert som i figur 3. Modellene og verdiene som ble brukt vises i tabell 4.

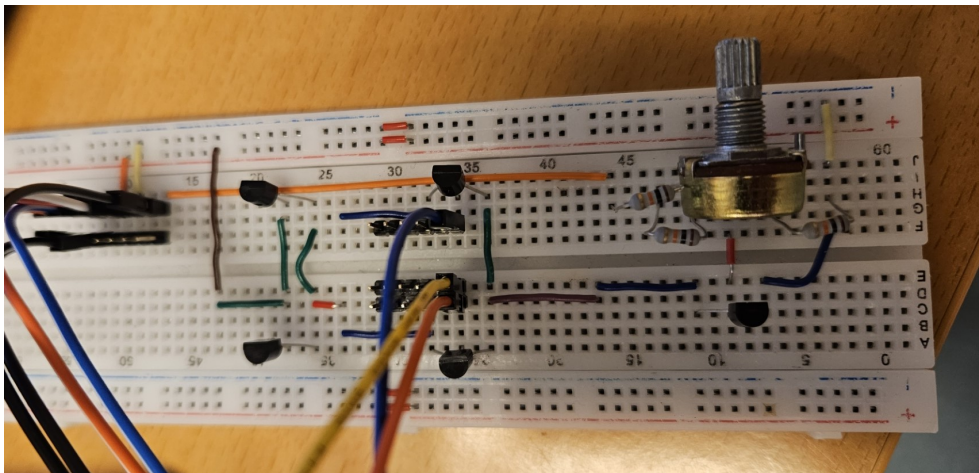


Figur 3: Realisert strømkilde.

Komponent	Verdi/Produktnummer
$Q_1 \& Q_2 \& Q_5$	BC547A (NPN)
$Q_3 \& Q_4$	BC557B (PNP)
R_{I1}	3k Ω
R_{I2}	0 Ω – 10k Ω
R_{I3}	10k Ω

Figur 4: Komponenter og verdier brukt i designet.

Den oppkoblede kretsen vises i figur 5.



Figur 5: Realisert operasjonsforsterker

4 Konklusjon

5 Takk

Referanser

- [1] L. Lundheim, *Designprosjekt 6*, Institutt for elektronisk systemdesign NTNU 2023.
- [2] P. Horowitz, W. Hill, *The Art of Electronics*, Cambridge University Press, 3. utgave, 2016.

A Fullstendige utregninger