



Designnotat

Tittel: Operasjonsforsterker

Forfattere: Peter Pham

Versjon: 1.0

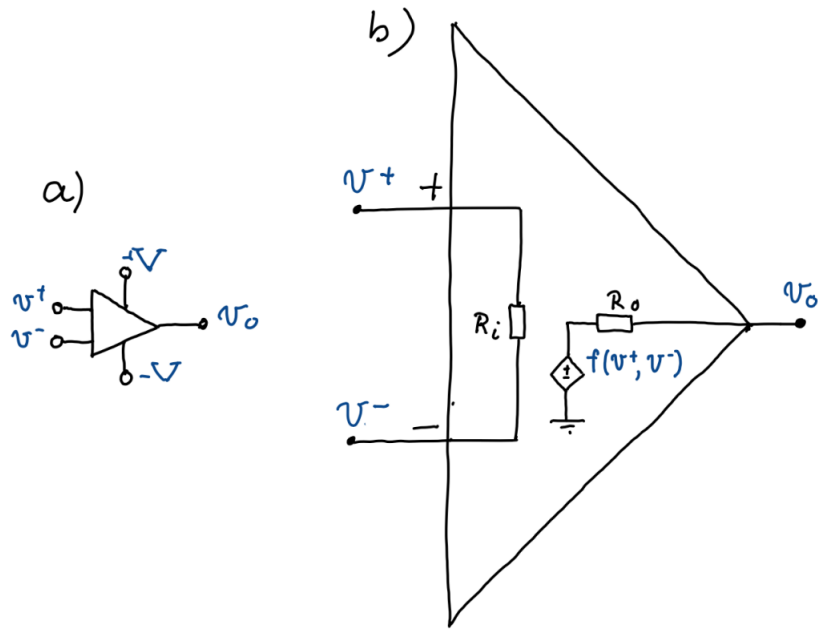
Dato:01.11.2022

Innhold

1	Problembeskrivelse	2
2	prinsipiell løsning	4
3	Realisering og test	7
4	Konklusjon	8
5	Referanser	9

1 Problembeskrivelse

En operasjonsforsterker (opamp) er en krets med fem tilkoblingspunkter som vist i figur 1 a) og med en modell som vist i figur 1 b).



Figur 1: Operasjonsforsterker: a) symbol, b) modell.

en *ideell* opamp har følgende egenskaper:

1. inngangsmotstanden R_i er uendelig stor
2. utgangsmotstanden $R_o = 0$
3. utgangen er gitt som

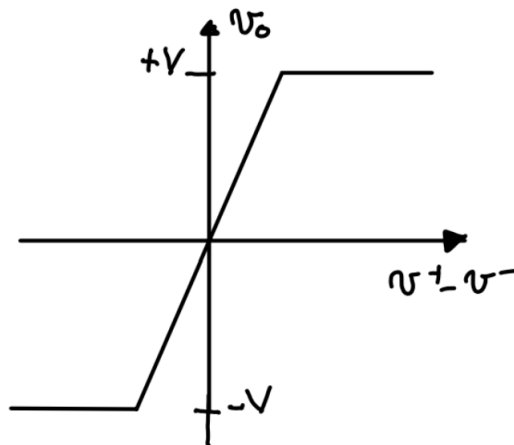
$$v_o = f(v^+, v^-) = \begin{cases} \min\{V, A(v^+ - v^-)\} & \text{for } v^+ - v^- > 0 \\ \max\{-V, A(v^+ - v^-)\} & \text{for } v^+ - v^- < 0 \end{cases} \quad (1)$$

dvs. som vist i figur 2 Konstanten A er opampens *åpen løkke-forsterking*. En reell operasjonsforsterker er et elektronisksystem som i større eller mindre grad oppfyller betingelsene ovenfor. Typiske avvik er at inngangs- og utgangsmotstandene har endelige verdier. Videre er utgangen gitt som en funksjon.

$$v_o = f(v^+, v^-) \quad (2)$$

som ikke eksakt oppfyller den vi har i 1.

Operasjonsforsterkeren som designes i dette forsøket skal vurderes utifra:



Figur 2: Karakteristikk for ideell operasjonsforsterker.

1. Inngangsmotstand
2. Utgangsmotstand
3. Forsterking A ved sinuspåtrykk med frekvens $f = 1kHz$
4. Total harmonisk distorsjon ved sinuspåtrykk med frekvens $f = 1kHz$

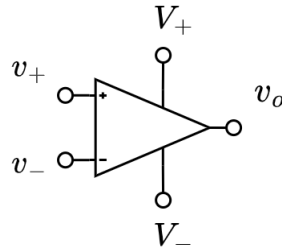
De to siste punktene skal undersøkes ved to forskjellige lastmotstander: $R_L = 100 \text{ kohm}$ og $R_L = 100 \text{ ohm}$.

Forsyningsspenning skal være $\pm 5 \text{ volt}$.

Det skal også undersøkes hvor godt kretsløsningen virker som opamp i en ikke-inverterende forsterkerkobling med forsterking 10. Denne forsterkerkoblingen skal også undersøkes med hensyn på inngangs- og utgangsmotstand, samt total harmonisk distorsjon. Som for åpen løkkeforsterking, skal oppførselen undersøkes med de samme to lastmotstandene $R_L = 100 \text{ kohm}$ og $R_L = 100 \text{ ohm}$.

2 prinsipiell løsning

En opamp som vist i figur 3 er en elektronisk forsterker som forsterker differansen mellom to inngangssignalene v^+ og v^- . Utgangs spenningen v_o vil dermed være lik formel 3 der A er forsterkningsfaktoren til opampen dette blir også oppgitt i [2].



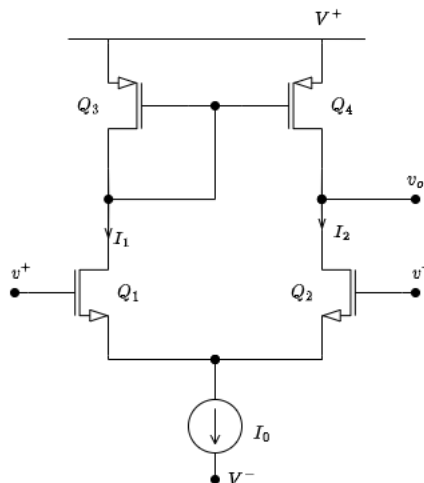
Figur 3: opamp.

$$v^o = A(v^+ - v^-) \quad (3)$$

V^+ og V^- er i dette tilfelle spenningsforsyningen, dette setter også begrensningen for opampen da utgangssignalet v^o vil alltid være $V^- < v_o < V^+$.

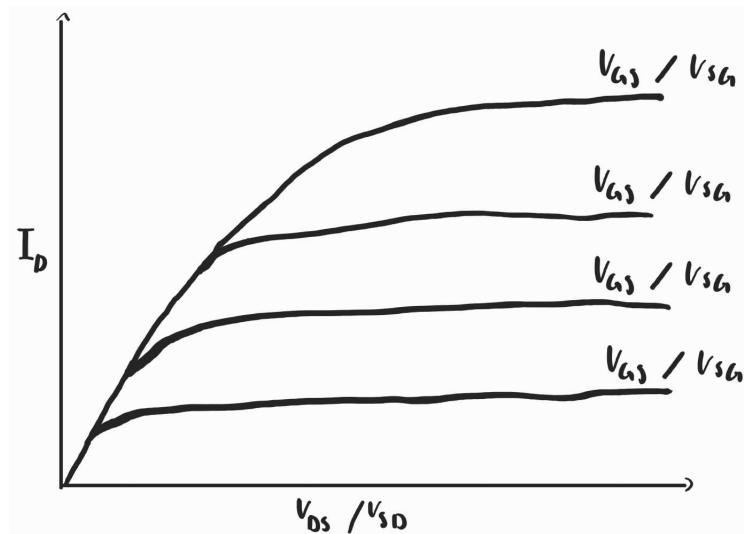
Fra seksjon 1 får man oppgitt av en ideell opamp har en uendelig stor inngangsmotstand og en utgangsmotstand tilnærmet 0. Dette gjør at opampen ikke skal påvirke delsystemer som den er koblet til.

En idé til en slik krets kan være en differentialforsterker som vist i figur 4



Figur 4: Differentialforsterker.

Transistorene Q_1 og Q_2 er av typen NMOS mens Q_3 og Q_4 er av typen PMOS. Disse har en karakteristikk tilsvarende figur 5.

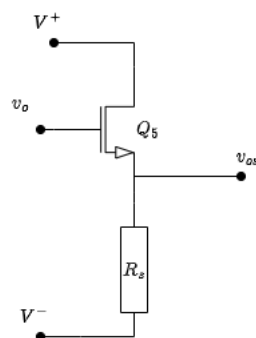


Figur 5: Skisse av karakteristikk ved en MOSFET transistor.

Fra video [3] opplyses det man at dersom en setter transistorene Q_3 og Q_4 til å opererer i det aktive området, altså områdene på figur 2 hvor det er mest lineært, Så vil de ha en liten storsignal motstand og samtidig en stor småsignalmotstand. Dermed kan det gå en relativt stor strøm over transistoren uten at spenningsfallet blir noe serlig stort, men samtidig hvis det påtrykkes et lite småsingnal på inngangen slik at strømmen igjennom transistoren får et lite småsignal variasjon, så vil dette føre til en stor spenningsvariasjon på utgangen v_o

For å kunne holde Q_3 og Q_4 i det aktive området uten å måtte manuelt justere på gate spenningen så gatene til noden mellom Q_1 og Q_3 som vist i figur 4. Dette fører dermed til en negativ tilbakekobling som gjør at spenningsnivået til gatene til Q_3 og Q_4 alltid vil justere seg til riktig nivå.

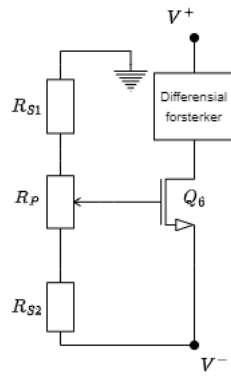
For å oppnå en lav utgangsmotstand skriver en av administratorene i all about electronics [1] at kan man legge til en source-følger av typen vist i figur 6 på utgangssignalet.



Figur 6: Source følger.

Strømkilden fra figur 4 kan lages som vist i figur 7

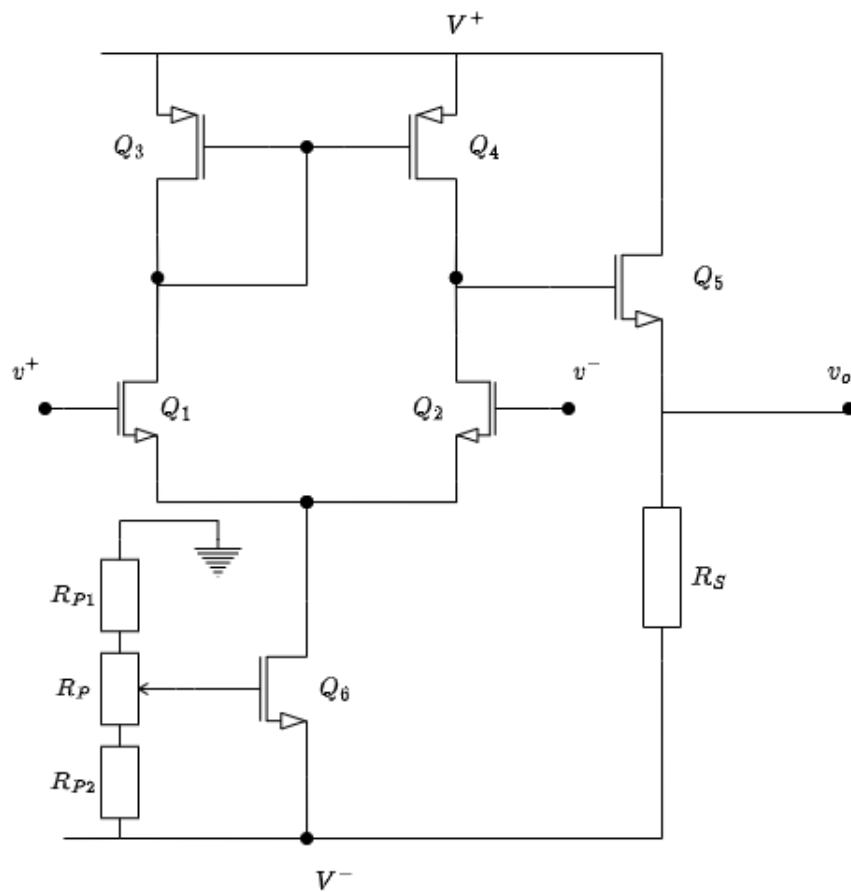
Her brukes potensiometeret R_P til å justere gate-spenningen slik at man kan få et nokså



Figur 7: Strømkilde.

konstant strøm som kan styres.

Hele systemets kretsdiagram er vist i figur



Figur 8: Hele systemets kretsdiagram.

Komponent	type	verdi
Q ₁	2N7000	
Q ₂	2N7000	
Q ₃	VP2106	
Q ₄	VP2106	
Q ₅	2N7000	
Q ₆	2N7000	
R _P	Potensiometer	10k Ω
R _{P1}		20k Ω
R _{P2}		10k Ω
R _S		1k Ω

3 Realisering og test

Ved realisering kretsen i figur 8 ble komponentene av

4 Konklusjon

5 Referanser

Referanser

- [1] admin. *MOSFET- Source Follower (Common Drain Amplifier)*. ALL ABOUT ELECTRONICS, jan. 2021. URL: <https://www.allaboutelectronics.org/mosfet-source-follower-common-drain-amplifier/> (sjekket 10.11.2022).
- [2] Wikipedia Contributors. *Differential amplifier*. Wikipedia, des. 2021. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_amplifier#Biasing (sjekket 09.11.2022).
- [3] Fredrik Feyling. *Aktiv last praksis*. Panopto, 2022. URL: <https://ntnu.cloud.panopto.eu/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=2d7833c3-3e5b-4cc9-afef-af33012c168b&query=aktiv%20last%20praksis> (sjekket 09.11.2022).