

Øving 3

Innleveringsfrist mandag 11. februar klokka 8.00

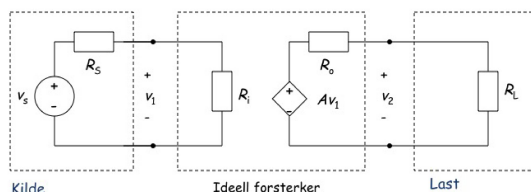
Målsetning

Målet for denne øvingen er å bli kjent med forsterkere og operasjonsforsterkere, både ved hjelp av regning og målinger. Denne øvingen kan virke lang, men mange av oppgavene skal ta ganske kort tid å løse. Du må ha fullført 65 % av øvingen inkludert oppkoblingsoppgavene for å få godkjent.

Regneoppgaver

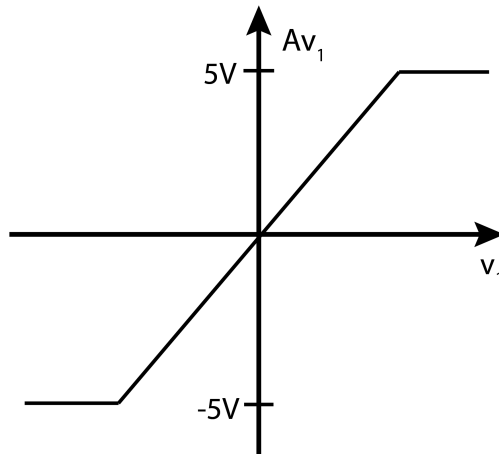
Oppgave 1 (2 poeng)

I figuren under ser du en skjematisk fremstilling av en forsterker. $R_S = 33 \Omega$, $R_i = 100 \text{ k}\Omega$, $R_o = 200 \Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ og $A = 10^4$.



Figur 1: Oppgave 1a.

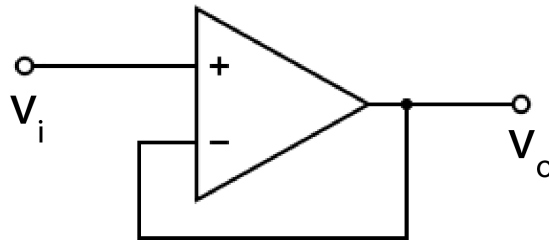
- Om signalet v_s er et sinussignal med amplitude 0,6 mV, hva er amplituden til utsignalet v_2 over lasten om vi har en ideell forsterker?
- Om forsterkeren ikke er ideell, men spenningen Av_1 er avhengig av v_1 som sett i figur 2, skisser da utspenningen v_2 som funksjon av tid.
- Er utspenningen klippet? Om den er det, gi et forslag på hvordan du kan forhindre klippingen av utsignalet.



Figur 2: Oppgave 1b.

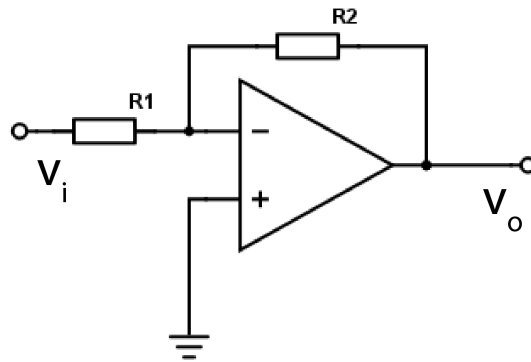
Oppgave 2 (3 poeng)

I denne oppgaven vil du se forskjellige typer kretser med operasjonsforsterkere.

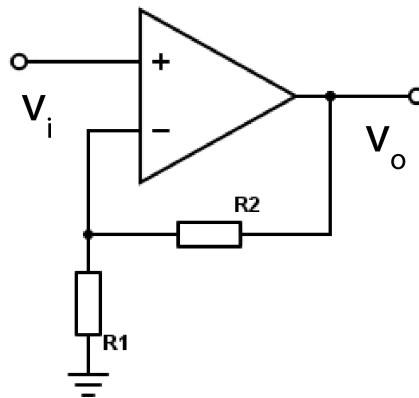


Figur 3: Oppgave 2a.

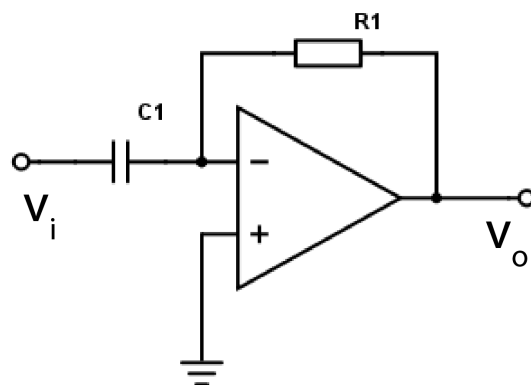
- Hva kalles kretsen du ser i figur 3? Beskriv oppførselen.
- Hva kalles kretsen du ser i figur 4? Vis at forsterkningen $V_o/V_i = -R_2/R_1$?
- Hva kalles kretsen du ser i figur 5? Vis at forsterkningen $V_o/V_i = (R_1 + R_2)/R_1$?
- Kretsen i figur 6 kalles en derivator, vis at $v_o = -RC \frac{dv_i}{dt}$. (Hint: husk at strømmen gjennom en kondensator er gitt av $i_c = C \frac{dv_c}{dt}$.)
- Kretsen i figur 7 kalles en integrator, vis at $v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$.
- Kretsen i figur 8 kalles en komparator. Forklar oppførselen til kretsen.



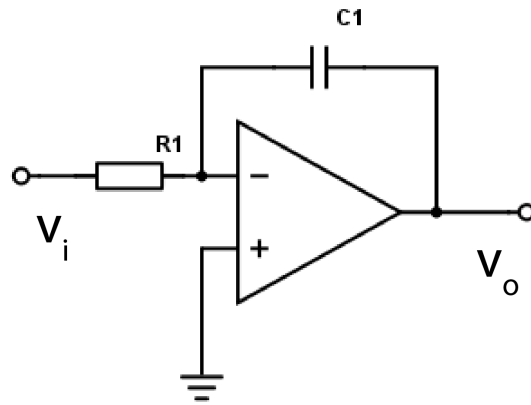
Figur 4: Oppgave 2b.



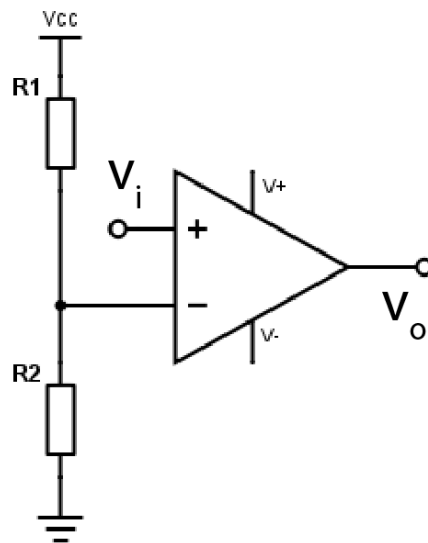
Figur 5: Oppgave 2c.



Figur 6: Oppgave 2d.



Figur 7: Oppgave 2e.

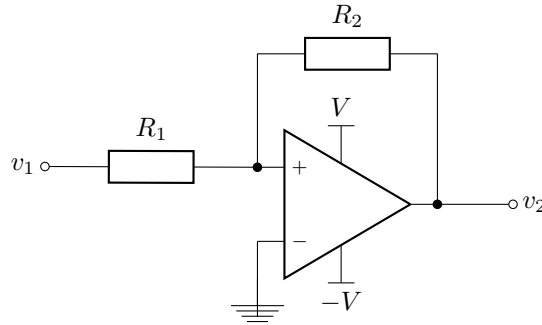


Figur 8: Oppgave 2f.

Oppgave 3 (3 poeng)

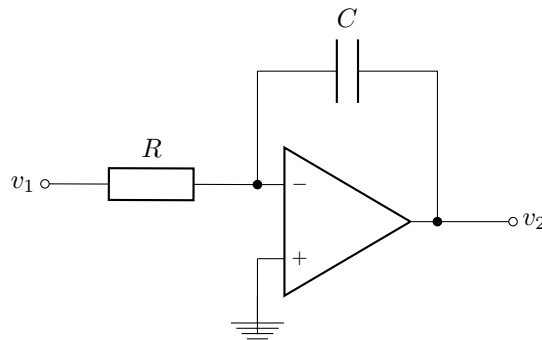
a) Kretsen i figur 9 kan minne om kretsen i figur 4. Fungerer den på samme måte? Hva slags krets ser vi i figur 9?

b) v_1 i figur 9 er et trekantsignal sentrert rundt null. Hvordan ser v_2 ut?



Figur 9: Krets for oppgave 3a og 3b.

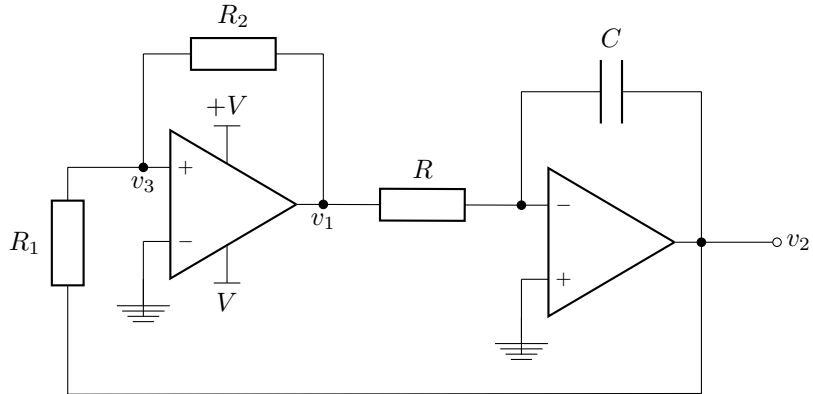
c) I figur 10 ser du en integrator. Om v_1 er et firkantsignal sentrert rundt null, hvordan ser da v_2 ut?



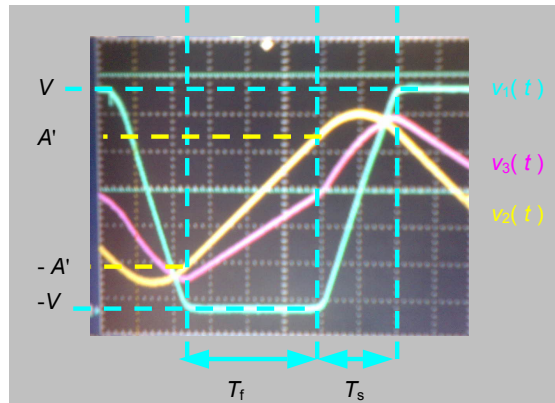
Figur 10: Krets for oppgave 3d.

d) Hvordan vil spenningen v_2 i figur 11 se ut? Skisser spenningene v_1 , v_2 og v_3 som en funksjon av tid. (Hint: Du kan begynne med å anta at v_1 har en form som et firkantsignal.)

e) I praksis vil spenningene $v_1(t)$, $v_2(t)$ og $v_3(t)$ se ut som i figur 12. Om du vil ha en utfordring kan du prøve å finne et uttrykk for frekvens og et uttrykk for amplituden, uttrykt ved forsyningsspenningen V , tidskonstanten for integratordelen av kretsen $\tau = RC$, motstanden i spenningsdeleren i komparator delen av kretsen R_1 og R_2 , og stigeraten SR (engelsk Slew Rate). Stigeraten er hastigheten i volt/mikrosekund det tar for operasjonsforsterkeren å forandre utgangsspenningen. Om du greier dette kan du hoppe over de resterende deloppgavene i denne oppgaven.



Figur 11: Krets for oppgave 3e-m.



Figur 12: De interne spenningene $v_1(t)$ (turkis), $v_2(t)$ (gul) og $v_3(t)$ (rosa) i kretsen. V og $-V$ er satureringsspenningene for $v_1(t)$. A og $-A'$ er spenningene for $v_2(t)$ henholdsvis ved slutten og starten av området hvor v_1 er konstant lik $-V$. T_f er tiden $v_1(t)$ er konstant lik $-V$ og T_s er tiden $v_1(t)$ bruker på å gå fra $-V$ til V .

Om dette virker for vanskelig kan vi i stedet sammen prøve å analytisk undersøke kretsen for å finne frekvens og amplitude til $v_2(t)$. Vi ser først på intervallet T_f hvor $v_1(t)$ har den konstante verdien $-V$. Vi velger at $t = 0$ ved starten av intervallet og ved det tidspunktet er $v_2(0) = -A'$. Vis at

$$v_2(t) = -A' + \frac{V}{\tau}t, \quad (1)$$

hvor $\tau = RC$. R og C er henholdsvis motstand- og kondensatorverdiene for integratordelen av kretsen i figur 11.

f) Vis så at

$$T_f = \frac{2A'}{V}\tau. \quad (2)$$

g) Vis at

$$v_3(t) = v_2(t) + \frac{R_1}{R_1 + R_2}(v_1(t) - v_2(t)), \quad (3)$$

hvor R_1 og R_2 er motstandene i komparatordelen av kretsen i figur 11.

h) Hva er $v_3(t)$ ved T_f ? Hvorfor? Bruk dette sammen med resultatet fra forrige oppgave til å vise at

$$A' = \frac{R_1}{R_2}V. \quad (4)$$

i) Bruk resultatene fra de foregående oppgavene til å vise at

$$T_f = 2\frac{R_1}{R_2}\tau. \quad (5)$$

j) Vi har nå et uttrykk for en del av perioden T_f uttrykt ved kjente størrelser. For å finne frekvensen trenger vi også å finne T_s , tiden $v_1(t)$ bruker på å gå fra $-V$ til V . Denne tiden er avhengig av stigeraten til operasjonsforsterkeren, SR (engelsk Slew Rate), oppgitt i volt/mikrosekund. Argumenter for at

$$T_s = \frac{2V}{SR}. \quad (6)$$

Du vil i oppgave fire og i kommende designprosjekt få muligheten til å bruke en LF353P operasjonsforsterker. Finn typisk stigerate for LF353P ved hjelp av tilhørende datablad.

k) Vi ser i figur 12 at amplituden til v_2 , A er lik A' , som vi allerede vet, pluss et tillegg ΔA som kommer av stigningen til v_1 i tidsintervallet T_s . Vi skal nå finne ΔA . For å gjøre regningen lettere kan vi velge $t = 0$ ved starten av intervallet. Finn først et uttrykk for $v_1(t)$ i intervallet og bruk det til å vise at

$$v_2(t) = A' + \frac{V}{\tau} \left(t - \frac{t^2}{T_s} \right). \quad (7)$$

l) Ved hvilken tid, t , er $v_2(t)$ lik $A = A' + \Delta A$? Sett det inn i (7) og finn at

$$\Delta A = \frac{V^2}{2\tau SR}. \quad (8)$$

m) I denne deloppgaven skal vi oppsummere det vi har funnet i de tidligere oppgavene. Skriv et uttrykk for frekvensen f og et uttrykk for amplituden A ved hjelp av V , R_1 , R_2 , τ og stigeraten SR . Hvorfor er ikke signalet perfekt trekantet? Hva kan man gjøre for å gjøre signalet mer trekantet?

Eksperimentelt arbeid

Innledende opplysninger

Motstandsverdier

Når du skal velge motstandsverdier til en systemløsning, er ofte mer enn ett valg teoretisk mulig. (Tenk for eksempel på en spenningsdeler, der uendelig mange kombinasjoner gir det samme teoretiske forholdet mellom inngangsspenning og utgangsspenning.)

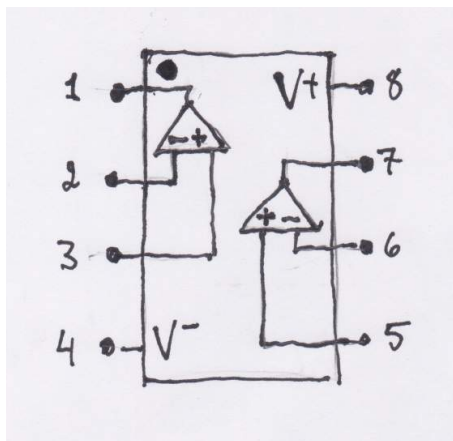
Selv om det i en gitt situasjon finnes uendelig mange teoretisk gyldige løsninger, må vi i praksis ta en del tilleggshensyn. For det første, vil elektronikken vi arbeider med ikke kunne avgi vilkårlig store strømmer. Dette gjelder både selve spenningsforsyningen, signalgeneratorer vi bruker og operasjonsforsterkere og andre aktive komponenter. For å unngå å lage et system som krever for store strømtrekk, bør vi altså passe på at motstandene våre ikke blir for *små*. (Husk Ohms lov.)

Det kan på den andre siden være like galt å bruke for store motstander. Det er litt vanskeligere å forklare, men har med å gjøre at store motstander er mer følsomme for elektromagnetisk støy. (Igjen Ohms lov: Dersom et elektromagnetisk felt i rommet genererer en liten strøm i en krets, vil den kunne resultere i en høy spenning dersom strømmen passerer gjennom en stor motstand.)

Hva er så “passelig store motstander”? En vanlig tommelfingerregel når man arbeider med operasjonsforsterkere er å velge motstander i størrelsesorden 1 til 100 kohm. Det går ofte bra med verdier utenfor dette området også, men prøv alltid først med disse verdiene.

Opamp-komponenter

Operasjonsforsterkere fås som integrerte kretser (chips) der typisk én, to eller fire operasjonsforsterkere er tilgjengelig i samme pakke. I denne oppgaven har du tilgjengelig komponenter av type LF353P. Disse har åtte tilkoblingspinner, og inneholder to operasjonsforsterkere som vist i figur 13



Figur 13: LF353P.

I figuren er komponenten sett ovenfra. Den svarte sirkelen øverst til venstre er også synlig på den fysiske komponenten og markerer posisjonen til pinne nr. 1. Tilkobling av (dobbel) spenningsforsyning skjer som vist gjennom pinne 4 og 8. Operasjonsforsterkerne kan arbeide med

forsyningsspenning mellom ± 3.5 V til ± 18 V. For å få størst mulig dynamisk område anbefales å bruke så høy forsyningsspenning som mulig innen disse grensene. En svakhet ved Digilent Analog Discovery er at den bare tilbyr forspenning på ± 5 V, noe du må ta hensyn til når man designer kretser med operasjonsforsterkere. Et alternativ kan være å bruke en annen spenningsforsyning som kan levere mer enn ± 5 , men det skal vi ikke gjøre i denne øvingen.

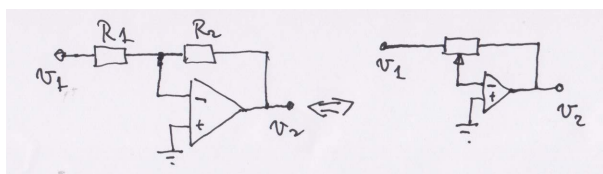
Oppgave 4 (2 poeng)

a) Koble opp en inverterende forsterker med forsterking $A = -10$. (Husk å bruke “passelige” motstandsverdier.) Påtrykk forsterkeren et sinussignal med amplitude $V = 0.1$ volt. Observer både inngangs- og utgangssignal på oscilloskopet, og sjekk at du får forventet resultat.

b) Skru gradvis opp amplituden på inngangssignalet og observer når operasjonsforsterkeren går i metning.

Oppgave 5 (2 poeng)

I figur 14 har vi tegnet en inverterende forsterker på en måte som understreker hvordan motstandene R_1 og R_2 danner en spenningsdeler.



Figur 14: Inverterende forsterker.

Det betyr at vi ved å erstatte de to motstandene med et potensiometer som vist i figuren, kan få en forsterker med variabel forsterking. Lag en slik, og se hvor stort område (i dB) du klarer å variere forsterkningen.