



Applikasjonsnotat

Tittel: BS107 NMOS Inverterende forsterker

Forfattere: Ole Sivert Aarhaug

Versjon: 2.0

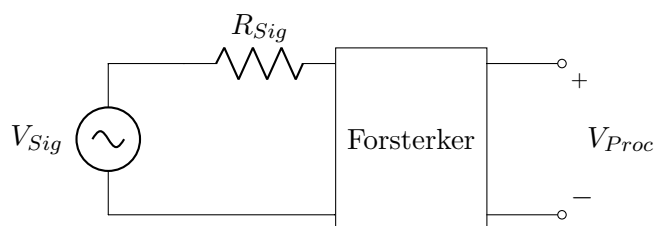
Dato: 09.05.2018

Innhold

1	Problemstilling	1
2	Prinsipiell løsning	2
3	Realisering og test	4
4	Konklusjon	7
	Referanser	7

1 Problemstilling

Dette applikasjonsnotatet omhandler hvordan man kan forsterke ett signal med en transistor (BS107) opp til en gitt maks amplitude med en konstant signalsmotstand R_{Sig} og driverspenning til kretsen som vist i figur 1.



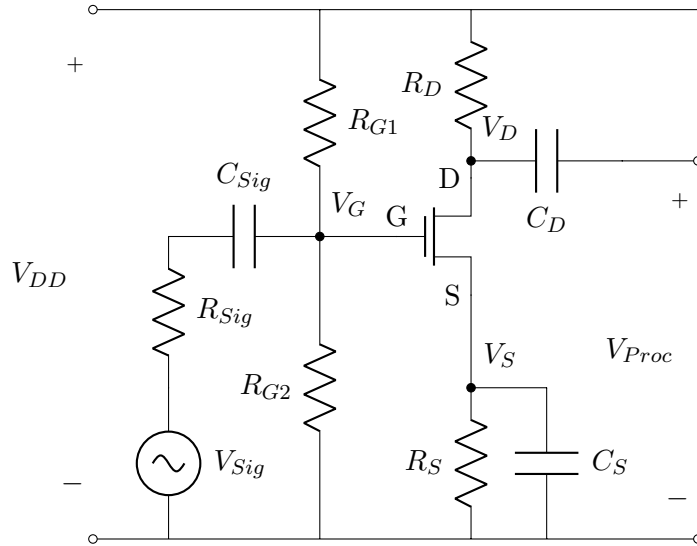
Figur 1: Illustrasjon av den generelle problemstillingen

Utifra figur 1 vil V_{Proc} være den ukjente faktoren som vil være avhengig av forsterkerens design $V_{Proc} = AV_{Sig}$. Selv om dette applikasjonsnotatet vil vi bruke NMOS transistoren BS107¹ som eksempel vil de generelle prinsippene gjelde de fleste NMOS transistorer.

¹Datablad: <https://www.bucek.name/pdf/bs107.pdf>

2 Prinsipiell løsning

Notatet kommer ikke til å gå inn i dybden på virkemåten til en slik forsterker krets, men se² for teori. Forsterkerkretsen som blir brukt er en inverterende forsterker og er illustrert i figur 5.



Figur 2: Illustrasjon av den prinsipielle oppkoblingen

I figur 5 er V_{DD} , V_{Sig} og R_{Sig} de eneste kjente verdiene. R_S og R_D vil regulere den totale strømmen vi tilater igjennom transistoren som vil da definere kurven som arbeidspunktet blir definert ut ifra. Disse verdiene finner man ved å tegne en effektkurve (se figur 6) utfra den maksimale ønskede effekten av transistoren

$$i_D(V_{DD}) = \frac{P_{Max}}{V_{DS}} \quad (1)$$

Den ideelle verdien for V_{DS} og dermed i_D blir da punktet den rette linjen mellom punktet $(V_{DD}, 0)$ og effektkurven 1 tangerer hverandre.

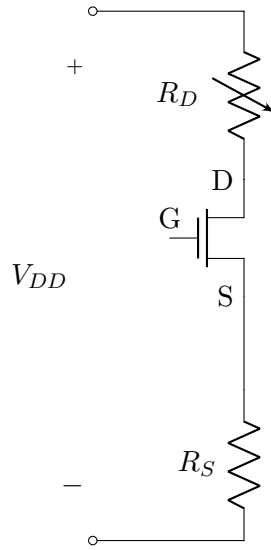
Ved å se på tangeringspunktet i effektkurven 6 kan man utlede i_D og V_{DS} for maksimal effekt. Dermed kan man utlede den R_S som vil begrense transistorens strømtrekk.

$$R_S = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{i_D} \quad (2)$$

Dermed kobler vi kretsen 3 hvor R_S er kjent og R_D får en variabel motstand.

Ett variabelt spennings signal kalt en rampup sendes inn i V_G slik at dette blir V_{GS} . V_{DD} settes til en konstant spenning og ved hjelp av ett oscilloscop eller en curve tracer plot aksene

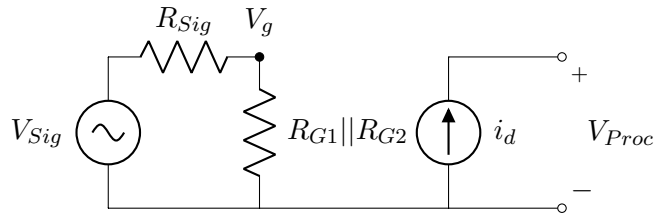
²MOSFET Amplifier (<https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/mosfet-amplifier.html>)



Figur 3: Illustrasjon av den prinsipielle storsignalanalysen

for V_{DS} per V_{GS} . Potensiometret blir dermed styrt til den linjære bratteste rett linje med ett midtpunkt mellom $\pm V_{Sig}$ i V_{GS} (se figur 8). Dette midtpunktet er da den ideele spenningen man ønsker V_{GS} .

Det som ble gjort over er kjent som storsignalsanalyse, nå for å bestemme de riktige verdiene for R_{G1} og R_{G2} må man også ta hensyn R_{Sig} ellers så kan mye av signalet gå tapt se figur.



Figur 4: Illustrasjon av hvordan småsignalet opplever kretsen

For variasjoner i småsignalet V_{Sig} vil kretsen se slik ut (figur 4). Hvor V_G i analysen kan utlignes som vist i (3)

$$V_G = V_{GS} - V_S, V_S = i_D R_S \quad (3)$$

Siden det blir spenningsdeling mellom R_{Sig} og $R_{G1} || R_{G2}$ er det ønskelig at R_{Sig} får ett så lite spenningsfall som mulig. Dermed vil $R_{G1} || R_{G2} = 10 \times R_{Sig}$ føre amplituden til V_{Sig} bare blir redusert med 10% og vi kan dermed utlede de ønskede verdiene for R_{G1} og R_{G2} igjennom ligningsettet 4 og 5.

$$\frac{R_{G1} \times R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 10 \times R_{Sig} \quad (4)$$

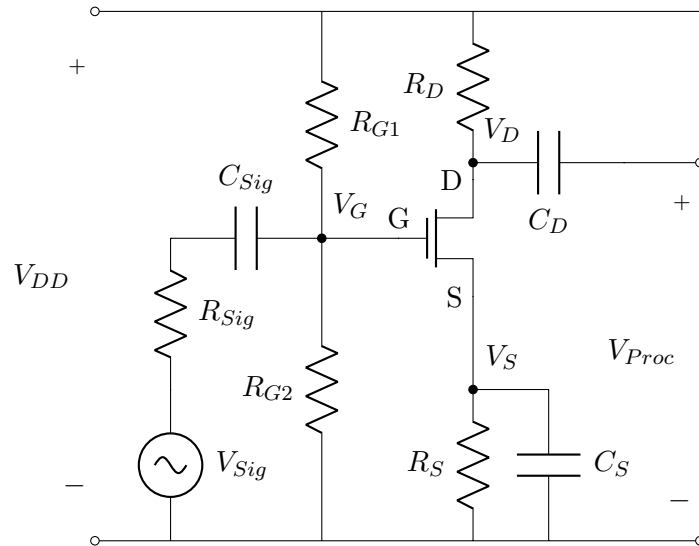
$$V_{DD} \times \frac{R_{G2}}{R_{G2} + R_{G1}} = V_G \quad (5)$$

Kondensatorverdiene C_{Sig} , C_S og C_D bør velges 'store nok', men i de fleste tilfeller holder det med at impedansen til kondensatoren er liten iforhold til motstanden den er parallellkoblet med. For å gjøre denne regningen enkel kan man også anta at $i = 1$. [1]

$$\frac{1}{2\pi f C} = 0.1 * R \quad (6)$$

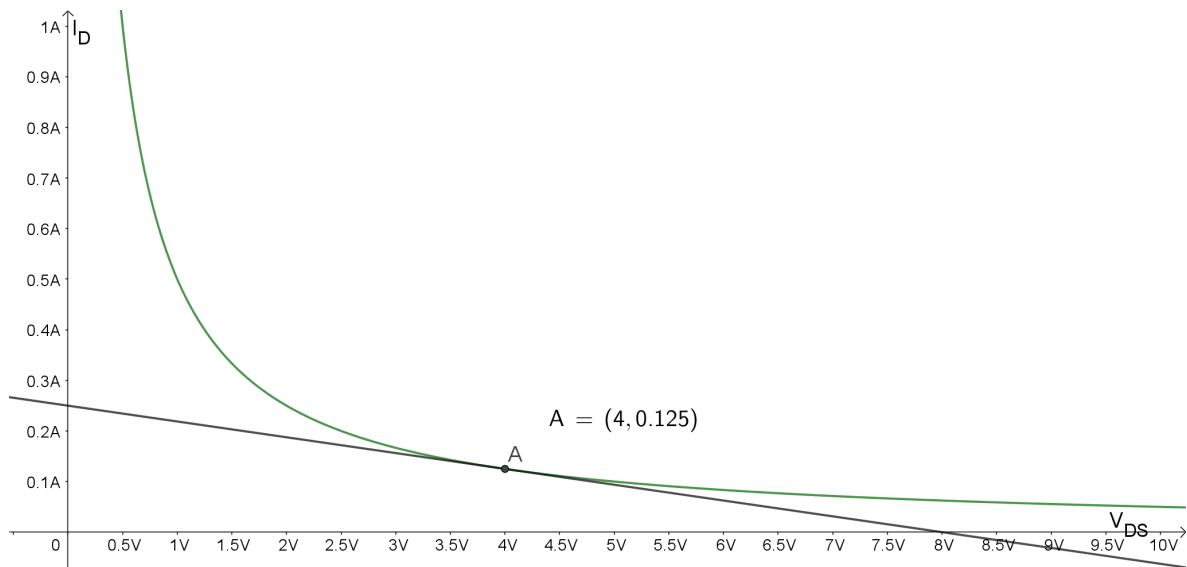
3 Realisering og test

De gitte konstantene vi skal jobbe med her er Sinusignalet $V_{Sig} = A = 80mV$ og $f = 5KHz$. $R_{Sig} = 82K\Omega$ og $V_{DD} = 8V$



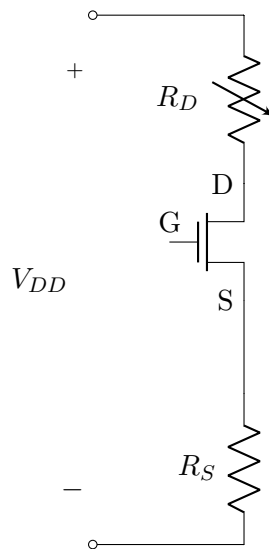
Figur 5: Illustrasjon av den realiserte oppkoblingen

Utifra (1) og tangenlinjen for V_{DD} får vi denne grafen (figur 6) når det ikke er ønskelig med større effekt enn $500mW$.



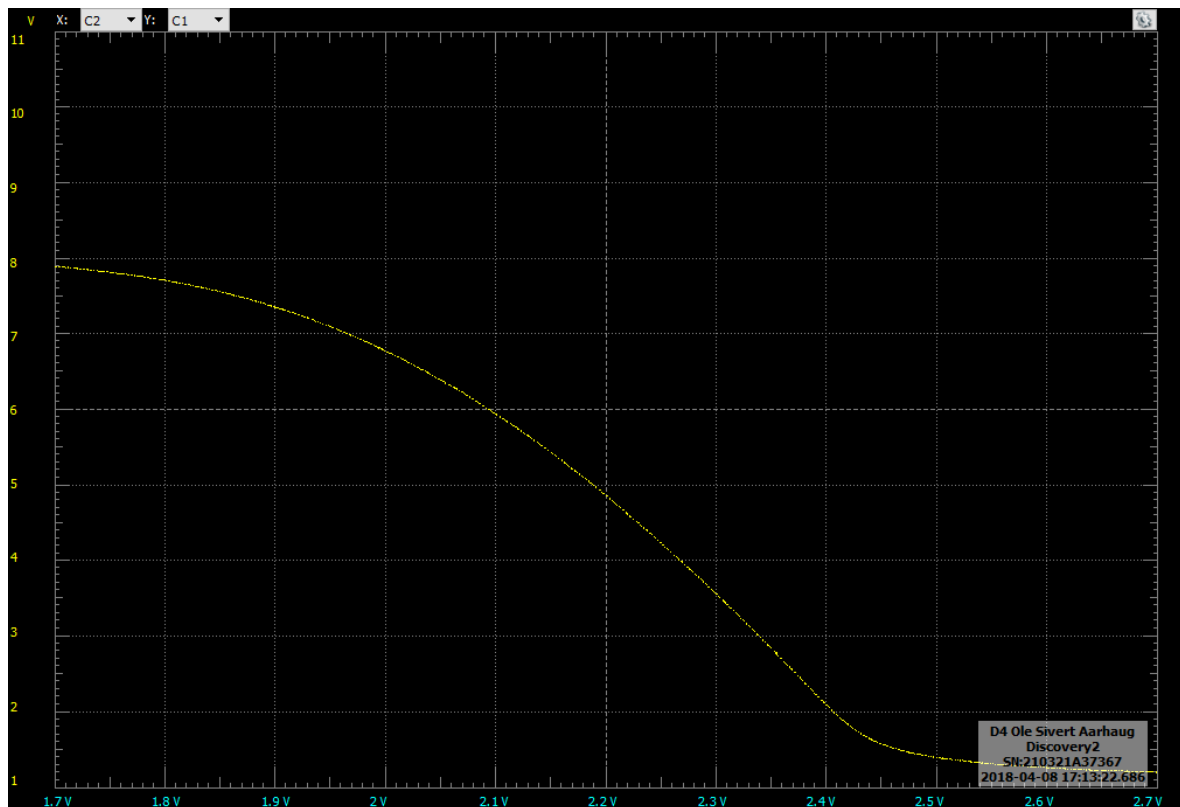
Figur 6: Opptegnet effektkurve og tangentlinje for strømtrekk i transistorforsterkeren

Utifra figur 6 velges en motstandverdi på $R_S = 4,3\Omega$ som får transistoren til å nå terskel-spennning når den nærmer seg det strømtrekket. Dermed blir $V_S = 4,3\Omega \times 0,125A = 0,5V$ slik at vi får ett lite spenningsfall over motstanden. En variabel motstand blir plassert på R_D . Kretsen blir koblet opp som vist i figur .



Figur 7: Illustrasjon av den analyserende kretsen

Ved å sende ett rampup signal med en signalgenerator på G kan spenningen over V_{GS} og V_{DS} plottes og R_S kan stilles slik at en god forsterkning (dvs bratt og lineær kurve) er oppnådd når $V_{DS} = 4V$ og V_{GS} er lineær på usikkerheten av V_{Sig} som vist i figur 8.



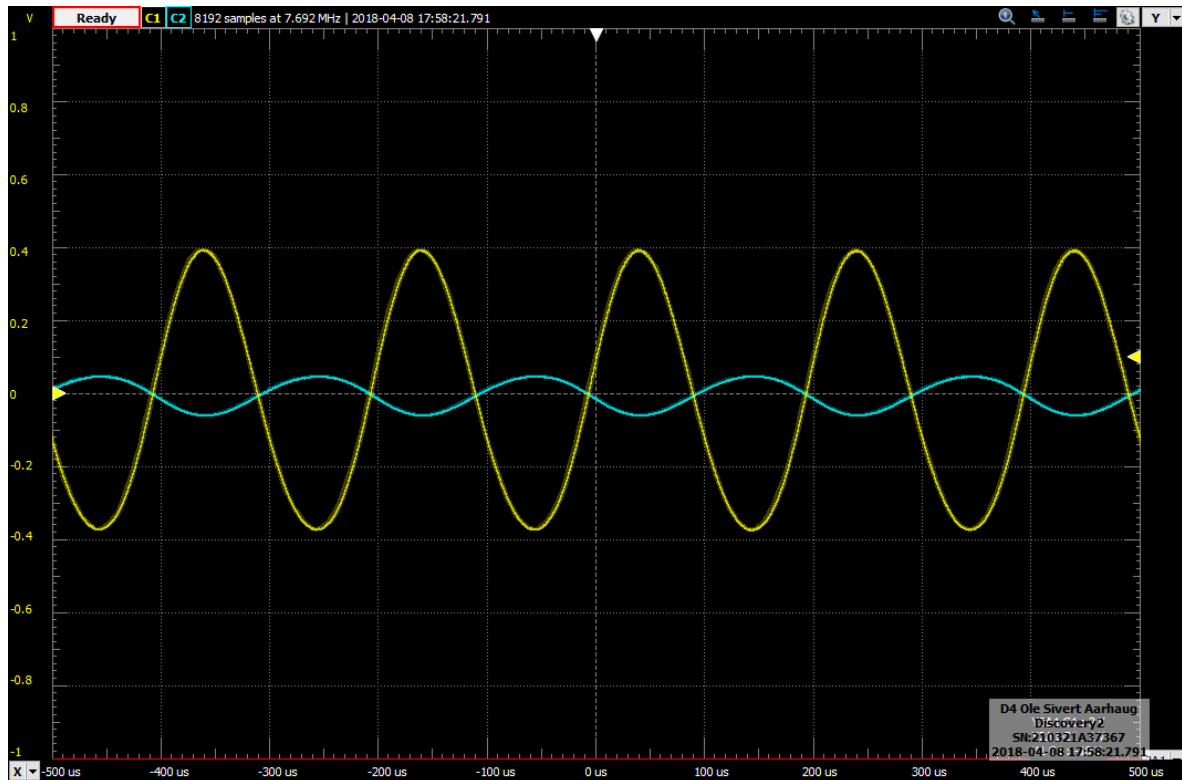
Figur 8: Måling av V_{DS} per V_{GS} for transistoren koblet opp i figur 7

Utifra figur 8 velges en $V_{GS} = 2,3V$. Dermed med hensyn på spenningsfallet over source vil $V_G = V_{GS} + V_S = 2,3 + 0,5 = 2,7V$. Da har vi alle verdiene som trengs for å regne ut R_{G2} og R_{G1} med ligninsettet 5 og 4. Dette gir at $R_{G1} = 2,96M\Omega$ og $R_{G2} = 1,14M\Omega$.

Kondensatorene sine verdien blir regnet ut ifra formelen 6 med hensyn på den frekvensen signalet kommer til å ha. $C_{Sig} = 100nF$, $C_S = 60uF$ og $C_D = 60uF$.

Nå som alle verdier er kjent blir kretsen koblet opp som vist i figur 5 som viser den prinsipielle kretsen.

Målingene i figur 9 viser den målte forsterkede spenningen over V_{Sig} og V_{Proc} uten en last koblet mellom V_{Proc} og jord. Etter oppkoblingen måles verdiene som vist i figur 9.



Figur 9: Målingen av V_{Sig} i blått og V_{Proc} i gult

Den gule kurven i figur 9 er det forsterkede signalet som blir målt til en amplitude på $V_{Proc} = 0,4V$

Forsterkningen målt i desibel kan utlignes ifra utlignes ifra denne formelen

$$20\log_{10}\left(\frac{V_{Proc}}{V_{Sig}}\right) \quad (7)$$

Ved å sette inn verdiene i formelen 7 for vi en forsterkning på $14dB$, den negativ verdi av V_{Proc} skyldes at dette er en inverterende forsterker.

4 Konklusjon

Resultatet ifra den realiserste løsningen var på $14dB$ som er en god forsterkning og brukbar til en rekke applikasjoner. Det ser heller ikke ut til å ha blitt introdusert noe mye støy til signalet under forsterkningen som er positivt da det gjør kretsen mere forutsigbar. Kretsen kunne trolig ha blitt enda bedre ved hjelp av en curve tracer eller større oppløsning i datablad for å få en mere detaljert oversikt over transistorens oppførsel ved $500mW$.

Referanser

- [1] Lundheim, Lars, (u.d.), Døme på dimensjonering av ein enkel forsterkar, Hentet fra Blackboard TTT4260