



# Applikasjonsnotat

Tittel: Strømbuffer med BC547 som en emitter følger

Forfattere: Ole Sivert Aarhaug

Versjon: 1.0

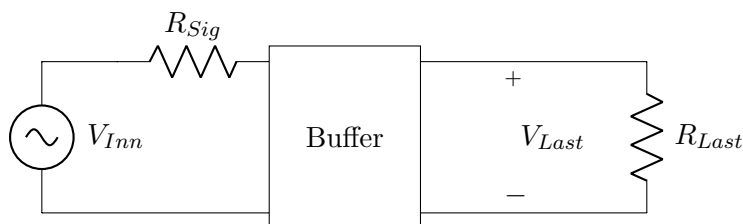
Dato: 15.09.2018

## Innhold

1 Innledning	1
2 Prinsipiell løsning	2
3 Realisering og test	3
4 Konklusjon	7

## 1 Innledning

Dette applikasjonsnotat omhandler en problemstilling hvor man ønsker å belaste spenningskilden så lite som mulig, men enda ha en betydelig effekt over lasten.



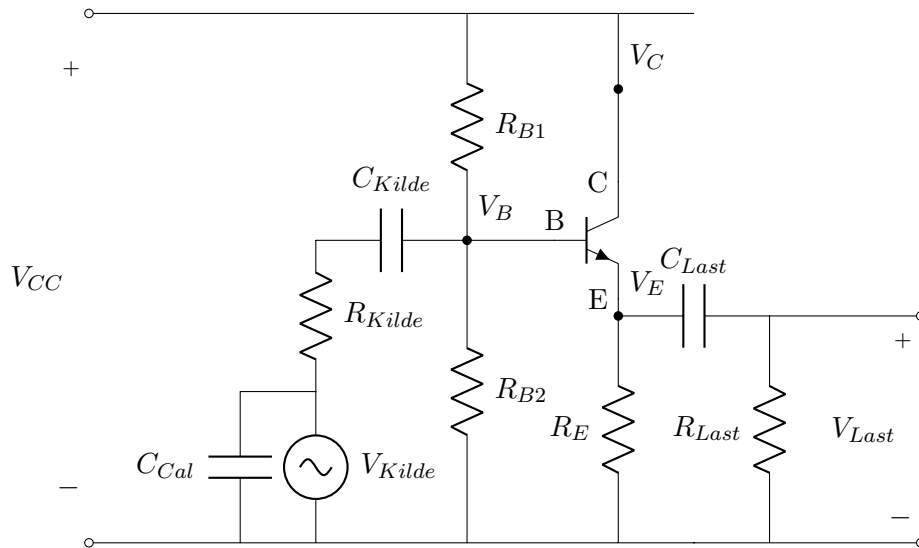
**Figur 1:** Illustrasjon av den generelle problemstillingen

For å realisere en løsning på problemstillingen som er illustrert over vil NPN transistoren BC547 bli benyttet. Konstanter og andre egenskaper om transistoren vil bli hentet utifra databladet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Datablad: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/BC546.pdf>

## 2 Prinsipiell løsning

Dette notatet kommer ikke til å gå i detalj på hvordan en slik NPN transistor fungerer<sup>2</sup>, men heller egenskapene til kretsen. For å løseproblemstillingen som ble satt tidligere skal vi benytte en emitter-følger som en enkel strømbuffer for kretsen den er illustrert under i figur 2.



**Figur 2:** Illustrasjon av den prinsipielle oppkoblingen

En emitter følger opererer på det prinsippet at  $V_{Kilde} \approx V_{Last}$ , men at strømmen skal komme ifra en separat strømkilde enn kildens. Dermed vil dette ha egenskapene til en buffer. Transistoren opererer utifra ett arbeidsområde som blir bestemt av mengden strøm som går igjennom  $V_{BE}$ . Dette bestemmer da mengden strøm som kan bli trukket igjennom transistoren ifra  $C \rightarrow B$ . Vi går utifra at man kjenner  $V_{CC}$ ,  $R_{Kilde}$  og  $R_{Last}$ .

Ifra databladet kan man se oppførselen til transistoren og velge hvilken mengde strøm man vil at maksimalt skal kunne gå igjennom  $C \rightarrow B$  se figur 3

Dette kan da brukes til å bestemme  $R_E$  ved å velge ønsket  $I_C$  ifra figur 3.

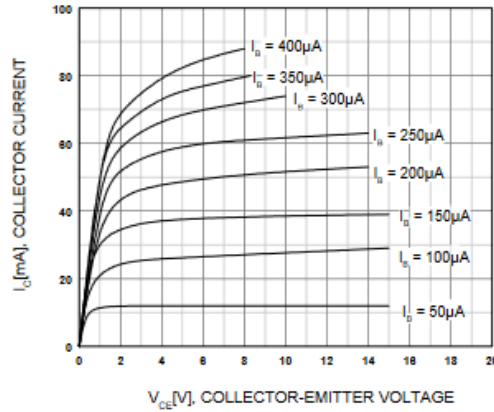
$$R_E = \frac{V_E}{i_C + i_B}, V_E = V_{CC} - V_{CE} \quad (1)$$

Dermed kan vi også bestemme  $V_B$  siden spenningen som er over  $V_{BE}$  kan betraktes som spenningen over en diode. Vil spenningen over  $V_{BE}$  bli  $0,7V$  som fører til at

$$V_B = 0,7 + V_E \quad (2)$$

$R_{B1}$  og  $R_{B2}$  kan bestemmes med spenningsdeling. Her er det viktig at såpass store at de ikke trekker mye effekt ifra  $V_{CC}$  siden det trenger bare å gå noen hundre micro amper med strøm

<sup>2</sup>Teori på hvordan en NPN transistor fungerer: [https://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_2.html)



**Figur 3:** Collector strøm over  $V_{CE}$  spenning ifra databladet til BC547

igjennom  $i_B$ . Noen kilo  $\Omega$  bør være tilstrekkelig i de fleste tilfeller. Etter den ene for eksempel  $R_{B1}$  er bestemt er det enkelt regnes ut  $R_{B2}$  utifra ligning 3.

$$V_{DD} \times \frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_{B1}} = V_B \quad (3)$$

$C_{Kilde}$  og  $C_{Last}$  sin rolle i kretsen er å forhindre at signalet sin spenning blir øket med den spenningen som finner over  $V_E$ . Kondensatorene vil da bare slippe igjennom varierende signaler slik at  $V_{Kilde} \approx V_{Last}$ . Kondensatorverdiene  $C_{Kilde}$  og  $C_{Last}$  bør velges 'stor nok', men i de fleste tilfeller holder det med at impedansen til kondensatoren er liten iforhold til motstanden den er parallellkoblet med.

I noen tilfeller kan det hende at kilden produserer endel oscillasjoner på signalet, dette kan variere fra implementasjon til implementasjon. Derfor bruker vi  $C_{Cal}$  til å filtrere ut oscillasjoner ved å parallellkoble den til signalets spenningskilde. En kondensatorverdien mellom  $1nF$  til  $1\mu F$  bør passe de fleste applikasjoner

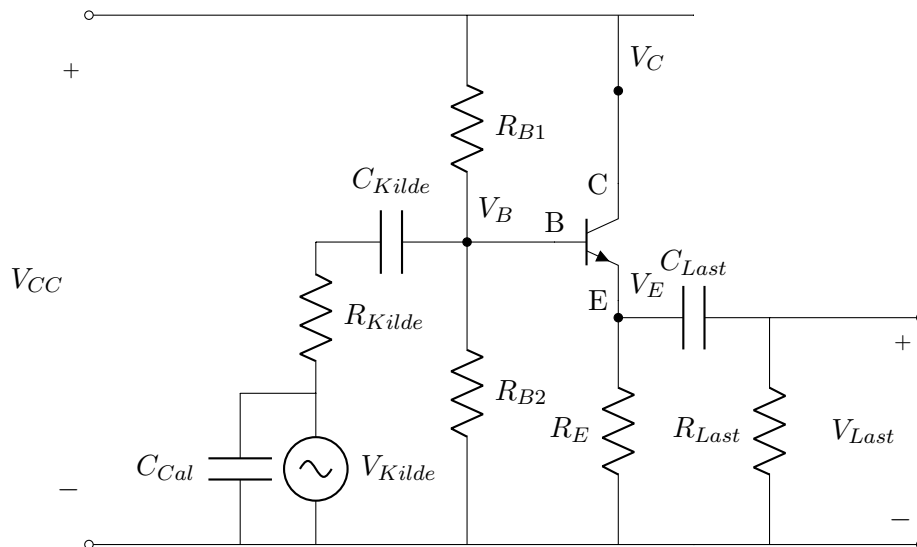
### 3 Realisering og test

Kretsen kobles opp som vist under i figur 4. Med disse kjente verdiene  $V_{CC} = 6V$ ,  $R_{Last} = 100\Omega$  og  $R_{Kilde} = 1K\Omega$

Utifra databladet og figur 3 velger vi en  $I_C = 12mA$  og  $I_B = 50\mu A$  og bruker formel 1 og 2 til å finne  $R_E$  og  $V_B$ .

$$R_E = 166\Omega \quad V_B = 2,7V$$

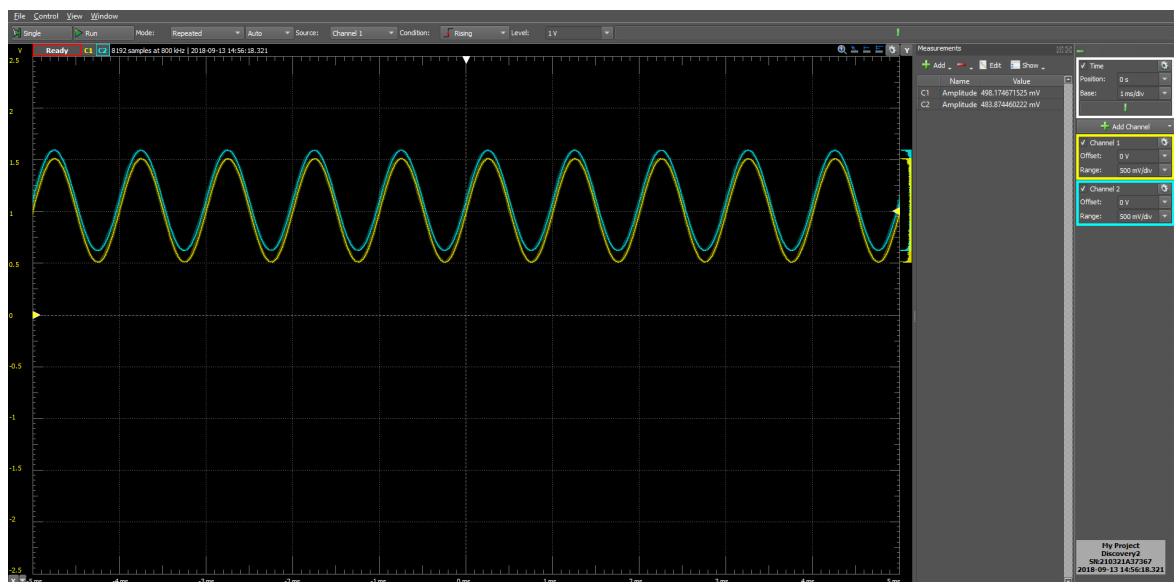
Dermed siden vi vet den ønskede spenningen ifra spenningsdelingen kan en høy nok motand velges. I denne realiseringen ble  $R_{B2} = 10K\Omega$  siden  $I_B$  er bare  $50\mu A$ . Utifra formel 3 utledes  $R_{B1} = 21,22K\Omega$ .



**Figur 4:** Illustrasjon av den realisererte oppkoblingen

Utifra mostandene vi har valgt og regnet ut bruker vi to  $1\mu F$  kondensatorer for  $C_{Kilde}$  og  $C_{Last}$ .  $C_{Cal}$  blir valgt til å være  $1nF$ .

De kjente verdiene untatt  $R_{Kilde}$  og  $R_{Last}$  kobles inn i kretsen på figur 4 og forholdet mellom inngangssignalet og utgangssignalet måles.  $V_{Kilde}$  er satt til en ett sinussignal med  $A = 500mV$  og  $f = 1000Hz$



**Figur 5:** Inngang  $V_{Kilde}$  (Gul) og utgang  $V_{Last}$  (Blå).

Utifra figur 5 har vi amplituden som vist i tabellen under

Dermed kobler vi inn  $R_{Kilde}$  og  $R_{Last}$  for å se hvordan dette påvirker signalet

$V_{Kilde}$	$498mV$
$V_{Last}$	$483mV$



**Figure 6:** Inngang  $V_{Kilde}$  (Gul) og utgang  $V_{Last}$  (Blå).

Utifra figur 6 har vi amplituden som vist i tabellen under

$V_{Kilde}$	$498mV$
$V_{Last}$	$403mV$

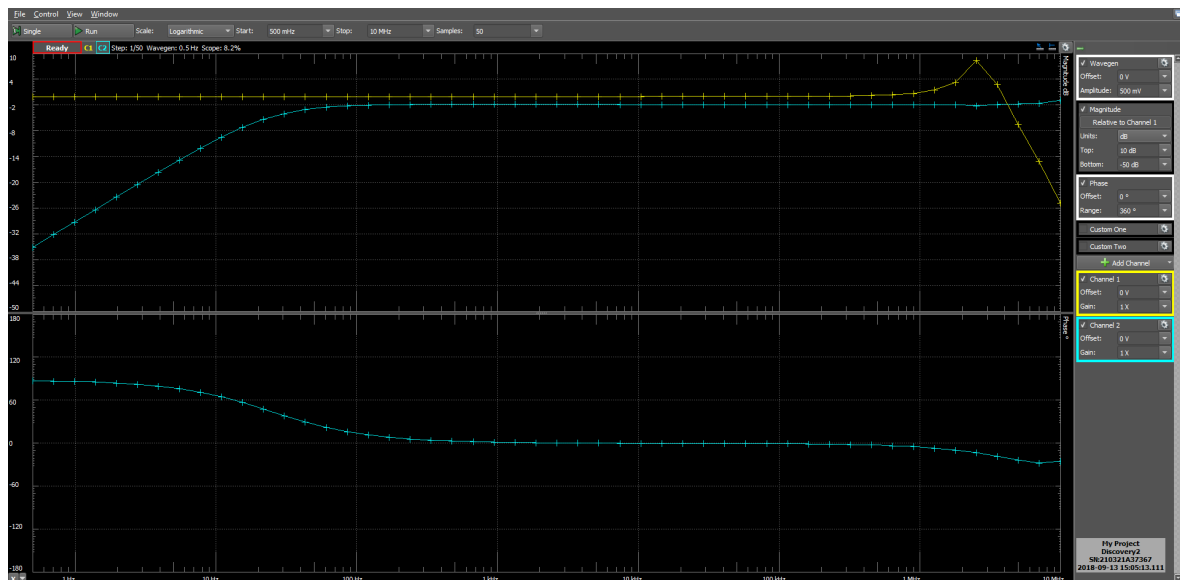
Utifra målingene av den realiserde kretsen ser vi at det er ett tap av spenning igjennom bufferen under last taper vi 19% av signalet.

Vi undersøker også frekvensresponsen til systemet og ser hvilke frekvenser bufferen kan operere og hvilke vi får en direkte demping av signalet på grunn av kondensatorene i kretsen. Se figur 7 for en nettverksanalyse av kretsen

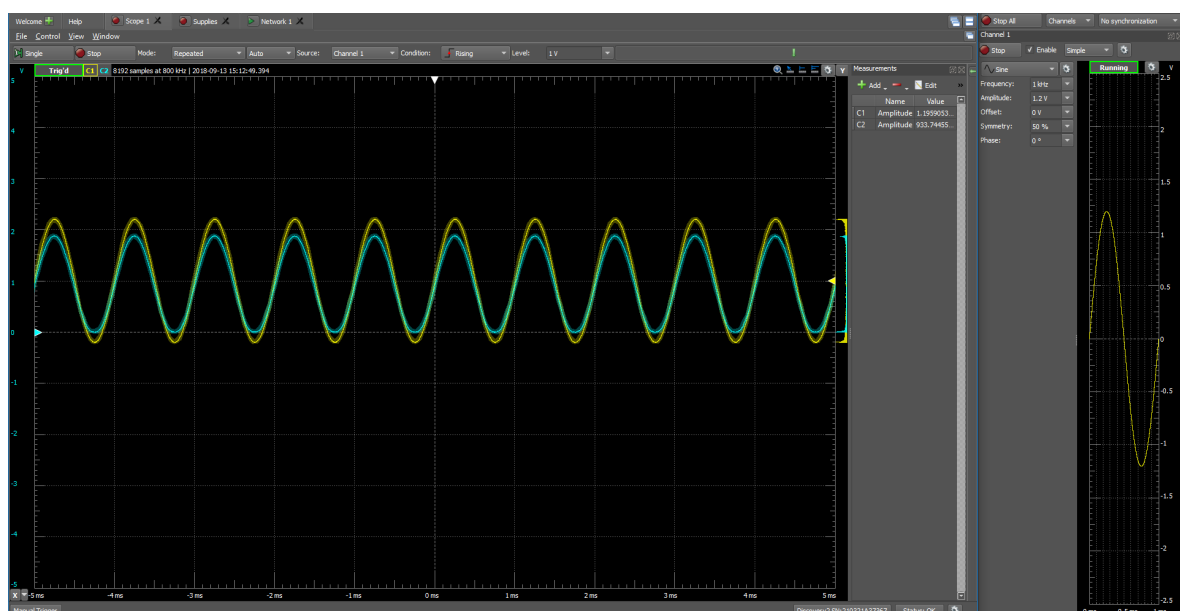
Vi kan se ifra figur 7 at signalet i systemet blir dempet når frekvensen går under  $100Hz$

Ett annet interessant punkt ved kretsen er hvor stor amplitude man kan ha på signalet før det blir klippet eller forvrengt. Vi øker dermed amplituden på signalgeneratoren helt til vi ser forvrengning på oscilloskopet se figur 8

Som vi ser i figur 8 ser vi at det blir forvrengning i signalet når man når en amplitude på  $1,2V$ . Dette blir da den maksimale amplituden som signalet kan ha.



Figur 7: Nettverksanalyse mellom  $V_{Kilde}$  og  $V_{Last}$  under last.



Figur 8: Inngang  $V_{Kilde}$  (Gul) og utgang  $V_{Last}$  (Blå).

## 4 Konklusjon

Den realiserte kretsen fungerte som forventet, men med ett tap 19% av det originale amplituden på signalet når en last på  $100\Omega$  er koblet opp. Dette er ikke helt ideelt siden man skulle egentlig ha et signal hvor  $V_{Kilde} \approx V_{Last}$ . En mulig feilkilde er at  $R_E$  må dimensjoneres annerledes når en gitt last blir koblet inn siden dette kan endre arbeidspunktet til transistoren så det faller utenfor metningsområdet. For faserespons oppfører kretsen seg som et høypassfilter hvor vi får en demping i signalet hvis frekvensen er under  $100Hz$ . Signalkilden  $V_{Kilde}$  kan ha en amplitude på  $1,2V$  før man merker forvrengninger i signalet på utgangen. Dette er innenfor med tanke på at målet var at kretsen skulle operere med en amplitude på  $500mV$ .

Utifra dette kan man se at kretsen fungerer som forventet med unntak av tap av amplitude som vi har i signalet. Hvis dette er viktig for løsningen denne kretsen skal implementeres i bør man se på feilkildene som nevnt over eller se på alternative løsninger som for eksempel en operasjonsforsterker.