



Designnotat

Tittel: Bufferkrets

Forfattere: Mia Elisenberg

Versjon: 2.0

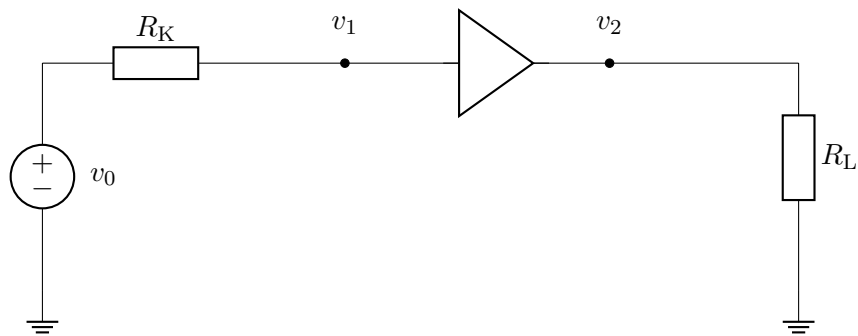
Dato: 12. september 2023

Innhold

1	Problembeskrivelse	2
2	Prinsipiell løsning	3
3	Realisering, test og diskusjon	5
3.1	Test under ideelle forhold	6
3.2	Test med reell last og kilde	7
3.3	Diskusjon	9
4	Konklusjon	11
5	Takk	12
	Referanser	13
A	Fullstendige utregninger	14
A.1	Bestemmelse av komponentverdier	14

1 Problembeskrivelse

En utfordring i et system kan være at en signalkilde ikke klarer å levere nok strøm til en last. Det kan hende at spenningsnivået er høyt nok, men strømstyrken er ikke nok til å levere effekten lasten krever. En løsning på dette problemet er å bruke en buffer. Konseptet for et slikt system vises i figuren under.



Figur 1: En bufferkrets med en kilde, buffer og last.

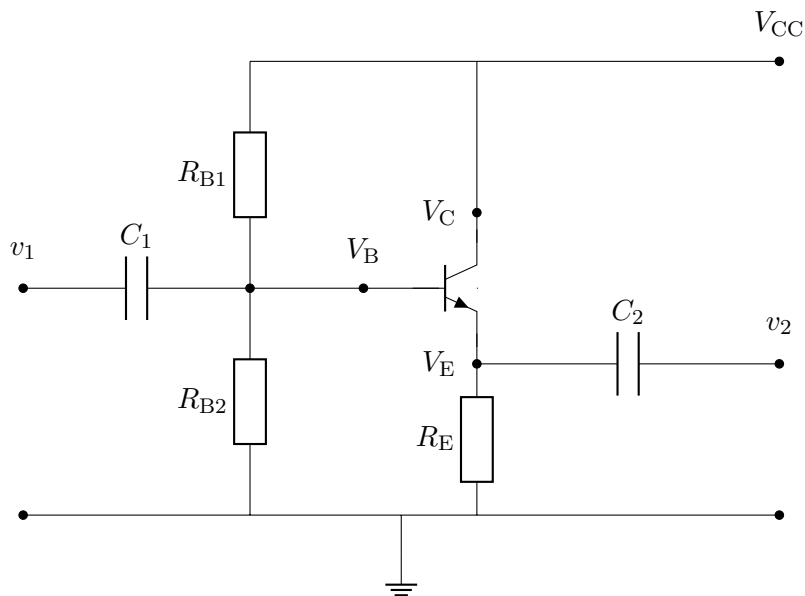
Systemet i figur 1 har en spenningskilde v_0 , en utgangsmotstand R_K for kilden, en last R_L og en buffer med inngangssignal v_1 og utgangssignal v_2 . Bufferen må være slik at

$$v_2 \approx v_1 \approx v_0 \quad (1)$$

og den må være mest mulig uavhengig av R_K og R_L for å gi et presist resultat.

2 Prinsipiell løsning

Det er designet et system ved hjelp av diskrete komponenter for å gjøre resultatet av bufferen så presist som mulig, og kretstopologien vises i figur 2. Den baserer seg på en NPN-transistor og skal konfigureres slik at inngangsmotstanden er høy, og utgangsmotstanden er lav. Dette gjør at systemet kan ha en stor last og en inngangskilde som har en større eller ikke ideell utgangsmotstand. Forsterkningsfaktoren til systemet er tilnærmet lik 1, som vil si at inngangssignalet er tilnærmet lik utgangssignalet, og man har en buffer.



Figur 2: Kretstopologien til en buffer basert på en NPN-transistor.

Bufferkretsen i figur 2 består av v_1 og v_2 som i figur 1 og en forskyningsspenning V_{CC} , i tillegg til motstandene R_{B1} , R_{B2} og R_E og kondensatorene C_1 og C_2 .

For å bestemme komponentverdiene, så må en først bestemme verdien av V_{CC} . En kan så styre spenningsfallet over transistorens base. Transistoren vil kunne svinge mellom V_{CC} og terskelspenninga V_T . Ved å la base-spenninga V_B være middelveiden av dette, så vil en oppnå mest mulig svingning for v_1 . Med hensyn til V_T , så vil dette være

$$V_B = \frac{(V_{CC} - V_T)}{2} + V_T \quad (2)$$

Verdien av V_B er også gitt av en spenningsdeler bestående av R_{B1} og R_{B2} , og ved å selv bestemme en verdi av R_{B2} , så får en at verdien til R_{B1} , er gitt ved

$$V_B = \frac{R_{B2}}{(R_{B1} + R_{B2})} V_{CC} \implies R_{B1} = \frac{V_{CC} R_{B2}}{V_B} - R_{B2} \quad (3)$$

Det er viktig å ha en korrekt verdi for R_E for å forhindre at transistoren overopphetes. En velger en trygg verdi for strømmen I_E gjennom transistorens emitter, slik at overoppheting ikke skjer. Ved å så bruke Ohms lov, så finner en at

$$V_E = R_E I_E \implies R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{(V_B - V_T)}{I_E} \quad (4)$$

Både C_1 og C_2 vil blokkere DC-signaler og kun la AC-signaler komme gjennom. Disse trenger kun å være tilstrekkelig store.

3 Realisering, test og diskusjon

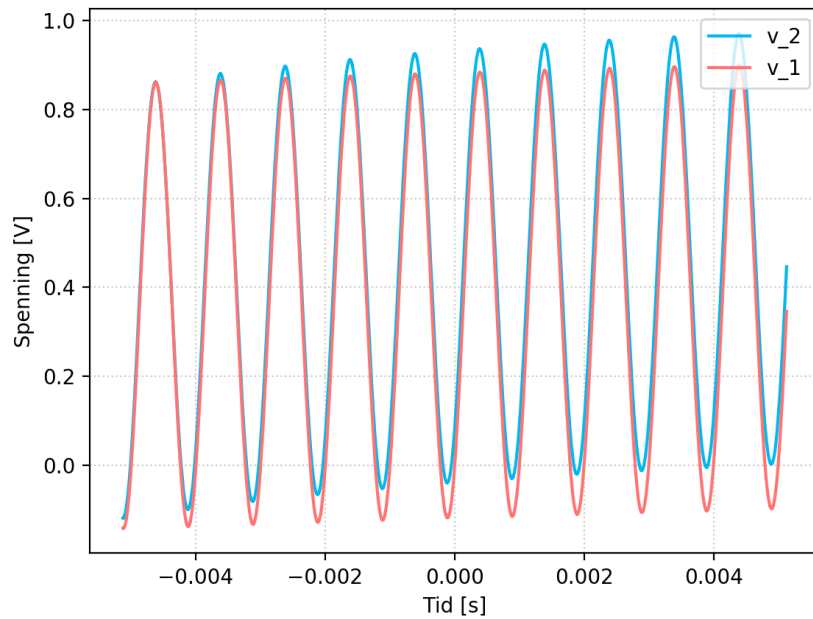
En bruker den bipolare transistoren BC457. Tabell 1 viser variabelverdier funnet i databladet til transistoren og beregna verdier, slik at transistorens arbeidspunkt skal oppfylles. Fullstendige utregninger finnes i vedlegg A.

Tabell 1: Beregna verdier.

Variabel/komponent	Verdi	Kommentar
V_{CC}	6V	
V_T	0.7V	
R_{B2}	470k Ω	inngangsimpedansen må være høy i en buffer
I_E	10mA	
V_B	3.35V	
R_{B1}	690k Ω	
R_E	330 Ω	utgangsimpedansen er lav i en buffer
C_1	1 μ F	
C_2	1 μ F	

3.1 Test under ideelle forhold

Ved ideelle forhold, så er $R_K = 0$ og $R_L = \infty$. Inngangssignalet er et sinussignal med frekvens $f = 1000\text{Hz}$ og amplitude $A_0 = 500\text{mV}$. Resultatet vises i figur 3, hvor test-inngangssignalet er v_1 , og utgangssignalet er v_2 .

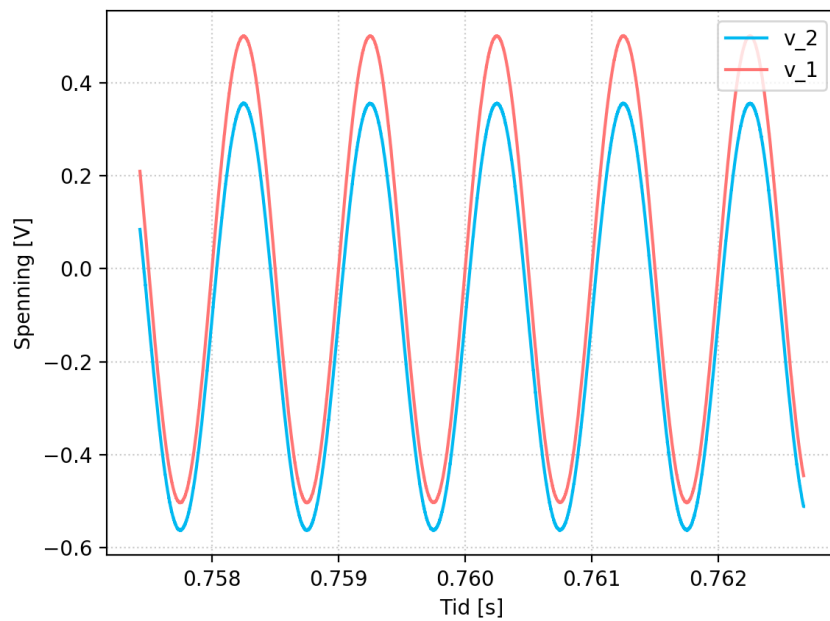


Figur 3: Systemet under ideelle forhold.

Amplituden til v_1 er $A_1 = 490\text{mV}$, og amplituden til v_2 er $A_2 = 470\text{mV}$. En ser at $v_2 \approx v_1$, som vil si at systemet fungerer godt, men har noe forbedringspotensiale.

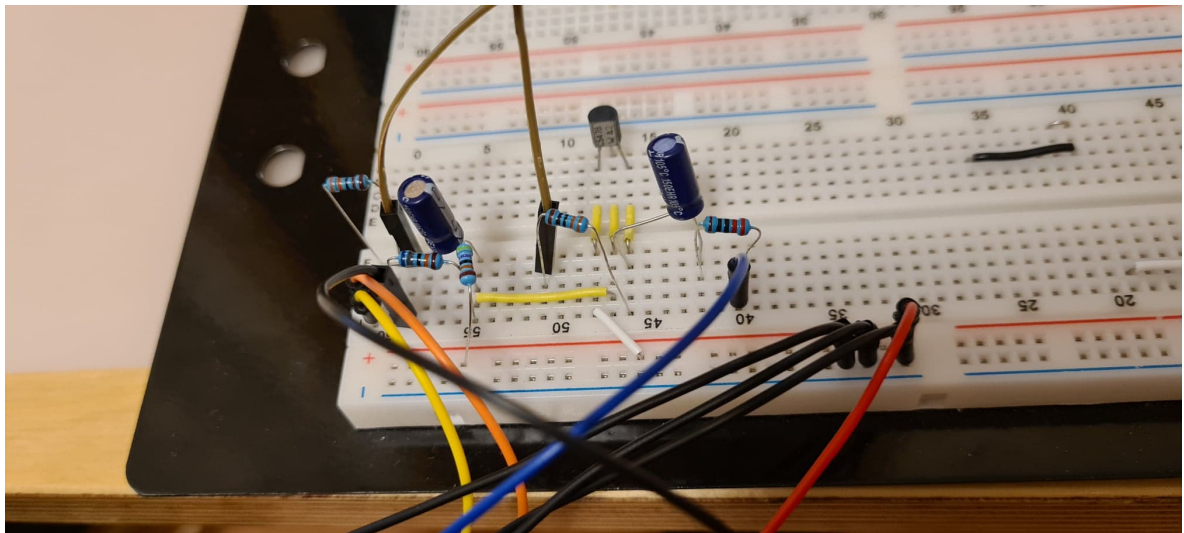
3.2 Test med reell last og kilde

En lar $R_L = 220\Omega$ og $R_K = 3.3k\Omega$. Resultatet av denne addisjonen til systemet vises i figur 4.



Figur 4: Systemet med realistisk last og kilde.

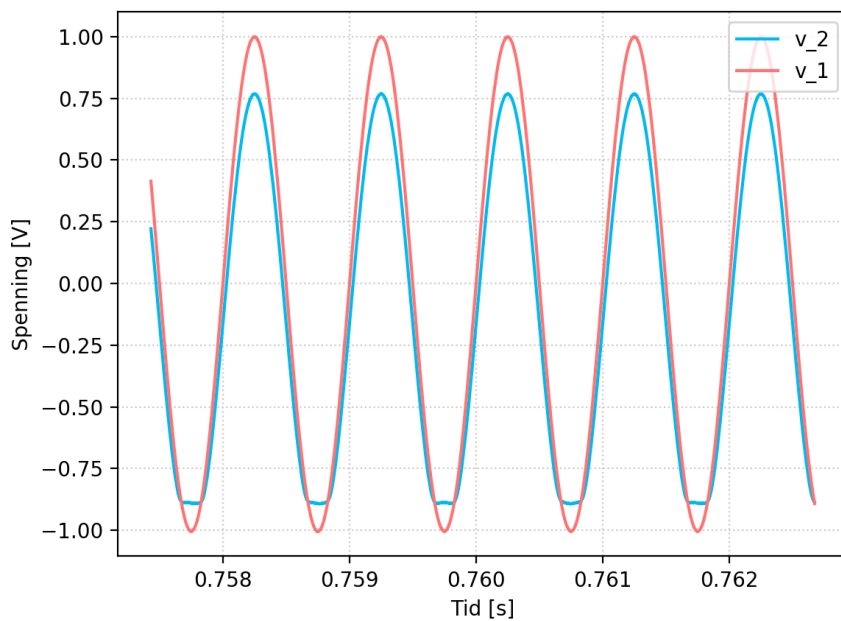
En finner at $A_2 = 458\text{mV}$ og $A_1 = 500\text{mV}$, som vil si at $v_2 \approx v_1$, og systemet fungerer for en reell last og kilde. Den fysiske implementasjonen av kretsen, med reell last og kilde, vises i figur 5.



Figur 5: Det realiserede systemet med realistisk last og kilde.

3.3 Diskusjon

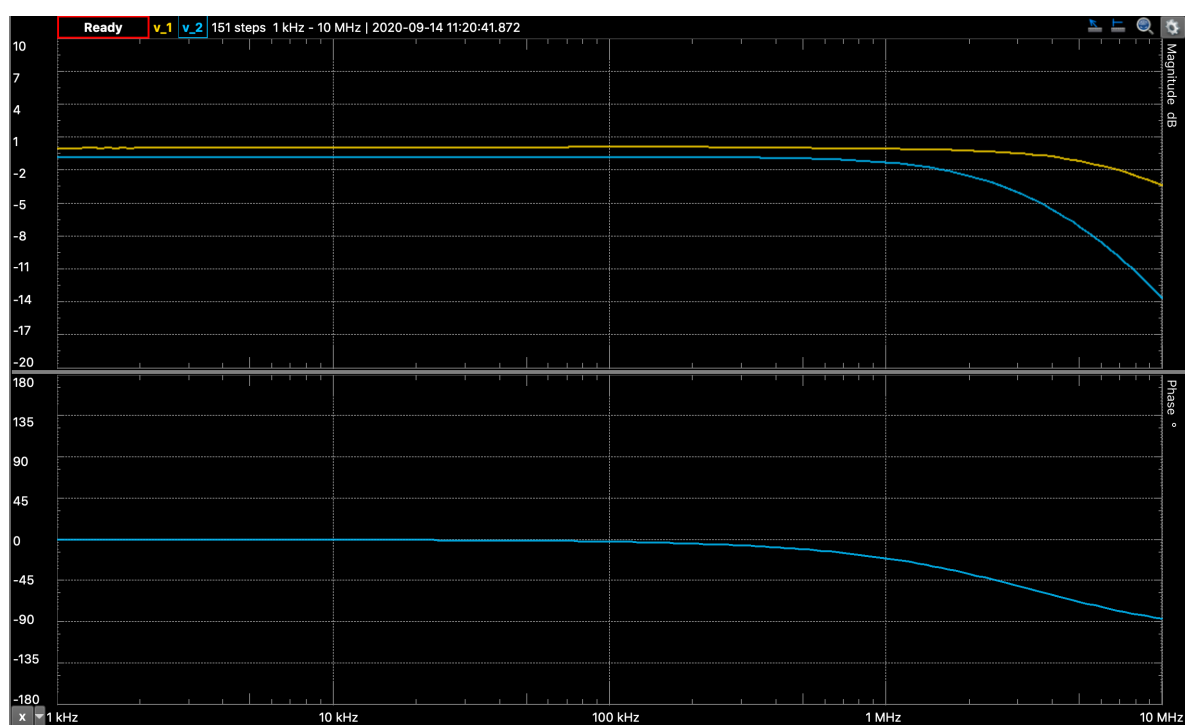
Systemet ble testa for hvor stor amplitude v_0 kan ha før v_2 ble klippa, og resultatet vises i figur 6. Der finner en at når $A_1 = 1V$, så klippes v_2 til $A_2 = 828mV$.



Figur 6: Maksimal amplitude av v_0 før v_2 klippes.

Verdiene for R_{B1} og R_{B2} bestemmer hvor godt systemet fungerer som en buffer. For at en buffer skal fungere korrekt, så må inngangsimpedansen være høy, og utgangsimpedansen være lav. Verdiene for kondensatorene trenger kun å være tilstrekkelig store i forhold til systemet, og de vil fungere som kortslutninger i en småsignalanalyse (som ikke ble gjort for dette systemet, da en ikke trenger det for å beregne nødvendige komponentverdier).

Frekvensresponsen til systemet vises i figuren under, og en finner at knekkfrekvensen er ved ca. 2MHz.



Figur 7: Systemets frekvensrespons.

4 Konklusjon

For å løse problemet ved at et system ikke har en inngangskilde som kan levere nok strøm til en last, så kan en bruke en buffer. Et mulig design for dette vises i figur 2 og er blitt testa under ideelle og realistiske forhold. En finner at systemet fungerer godt under begge forhold, og utgangssignalet klippes når inngangssignalet er f.o.m 1V. For å konkludere, så vil dette systemet gi $v_2 \approx v_1 \approx v_0$, og systemet fungerer godt.

5 Takk

Takk til Stud. Marie Eriksen Grude, Stud. Anders Lundberg, Stud. Mathias Støle og Stud. Sivert Sivertsen for godt samarbeid og nyttige diskusjoner om både teori og praktisk implementering av designprosjektet.

Referanser

- [1] Learning About Electronics, *How to Build a Buffer Circuit with a Transistor*, <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Transistor-buffer-circuit.php>, 2018.

A Fullstendige utregninger

A.1 Bestemmelse av komponentverdier

Bruker (2) slik at

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{(V_{CC} - V_T)}{2} + V_T \\ &= \frac{(6 - 0.7)}{2} + 0.7 \\ &= 3.35\text{V} \end{aligned} \tag{5}$$

Bruker (2) slik at

$$\begin{aligned} R_{B1} &= \frac{V_{CC}R_{B2}}{V_B} - R_{B2} \\ &= 546\text{k}\Omega \\ &\approx 470\text{k}\Omega \end{aligned} \tag{6}$$

Lar $I_E = 10\text{mA}$ og bruker (2) slik at

$$\begin{aligned} R_E &= \frac{(V_B - V_T)}{I_E} \\ &= \frac{(4.05 - 0.7)}{10 \cdot 10^{-3}} \\ &= 335\Omega \\ &\approx 330\Omega \end{aligned} \tag{7}$$