

# TSTE05 Laboration 3

Eric Moringe (erimo668)

David Wiman (davwi279)

14 december 2020

Version 1

# Förberedelseuppgifter

1. Lab-PM:et har lästs igenom
2.  $C_1$ :s minussida samt  $C_3$ :s minussida kopplas till jord och deras plussidor kopplas in på ställen med högre potential än jord. I steget går potentialen ovan från E:s värde ner till jord i kretsen så ju längre "ned" i kretsen i bilden desto lägre potential.
3. Om en förstärkare har amplitudförstärkningen 50 och vi vill att utsignalen ska ha amplituden 2 V så kan vi helt enkelt utföra denna lilla beräkning:

$$\frac{2V}{50} = 0,04V = 40mV. \quad (1)$$

Insignalens amplitud ska alltså vara 40 mV.

4.

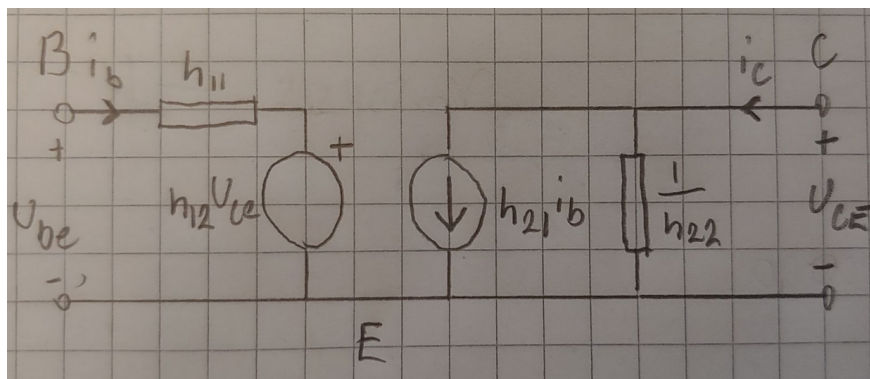


Figure 1: Ekvivalent h-parameterschema för bipolartransistorn.

5.

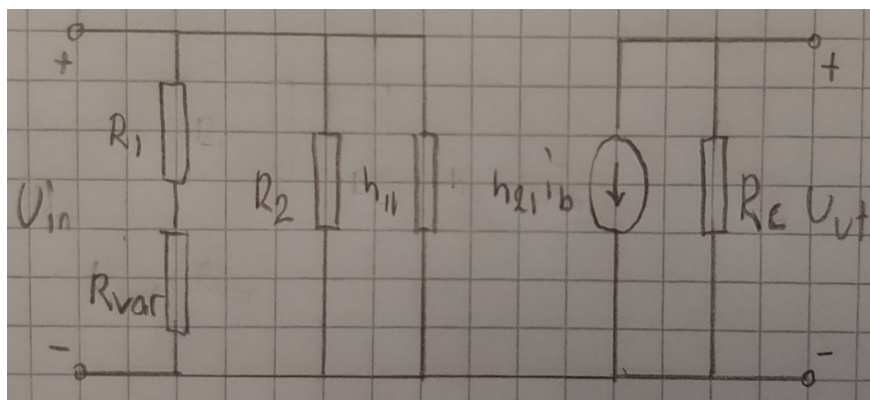


Figure 2: Ekvivalent småsignalschema för kretsen.

6. Till att börja med har vi  $Z_{in}$

$$Z_{in} = (R_1 + R_{var}) // R_2 // h_{11} \quad (2)$$

Därefter har vi

$$Z_{in} = \frac{R_1 R_2 + R_{var} R_2}{R_1 + R_{var} + R_2} // h_{11} = \frac{\frac{R_1 R_2 + R_{var} R_2}{R_1 + R_{var} + R_2} h_{11}}{\frac{R_1 R_2 + R_{var} R_2}{R_1 + R_{var} + R_2} + h_{11}} \quad (3)$$

Med omskrivning kan vi lösa ut att  $h_{11}$  motsvarar följande uttryck:

$$h_{11} = \frac{Z_{in} \left( \frac{R_1 R_2 + R_{var} R_2}{R_1 + R_{var} + R_2} \right)}{\frac{R_1 R_2 + R_{var} R_2}{R_1 + R_{var} + R_2} - Z_{in}} \quad (4)$$

7. Om den potentiometern har samma värde som  $Z_{in}$  så kommer spänningen delas lika mellan dem. Man mäter alltså utspänningen och undersöker när den blir hälften så stor som när potentiometern står på  $0 \Omega$ . Bristen med denna metod är att man antar att impedansen är rent resistiv vilket rent praktiskt inte alltid är möjligt.

# Inbäddade uppgifter

## Del 3.2

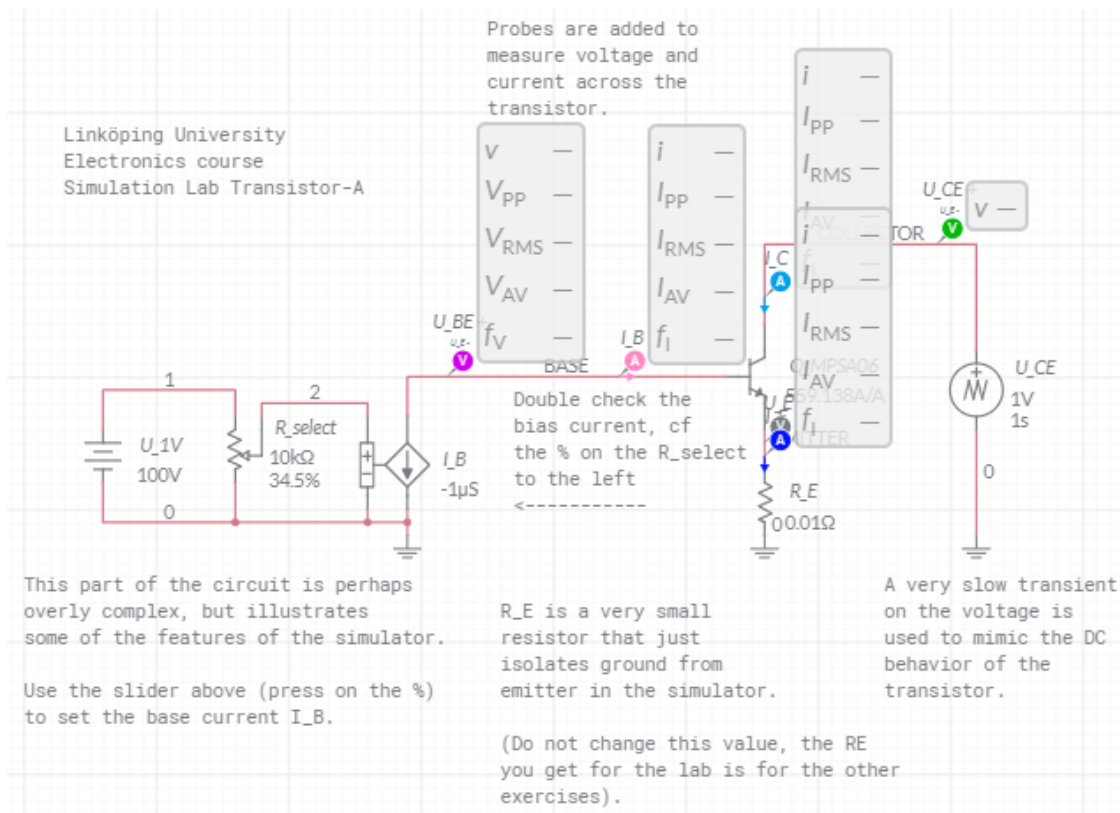


Figure 3: Originalkretsen som den är given i laborations-PM.

Bestäm transistorens strömförstärkningsfaktor  $B$  vid  $U_{CE}=1$  V och varierande amplitud på  $I_B$ . Se figurerna 4, 5, 6 och 7. De fyra simuleringarna ger följande värden:

$$B_1 = \frac{5,2471mA}{0.025mA} = 209,88$$

$$B_2 = \frac{11,483mA}{0.050mA} = 229,66$$

$$B_3 = \frac{17.211mA}{0.075mA} = 229,48$$

$$B_4 = \frac{22.492mA}{0.100mA} = 224,92$$

Genomsnittet av dessa fyra strömförstärkningsfaktorer  $B$  är  $B = 223,49$ .

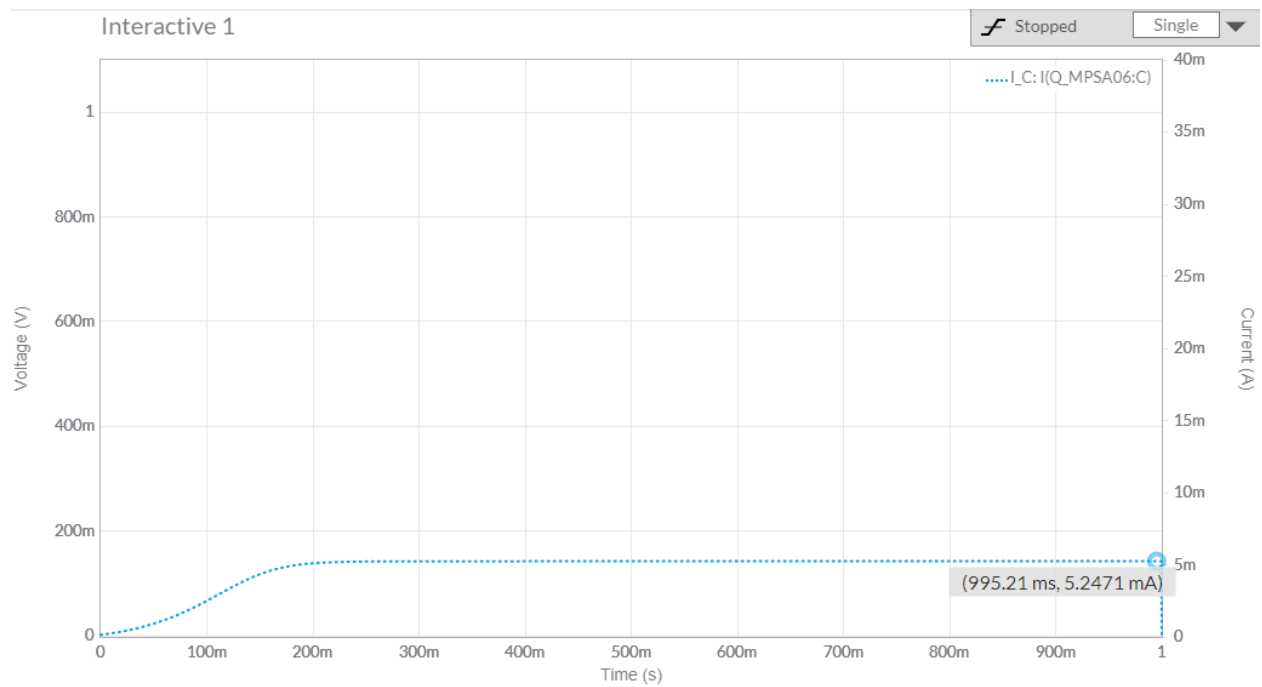


Figure 4:  $I_C$  som funktion av  $U_{CE}$  då  $I_B$  är  $25 \mu A$ .

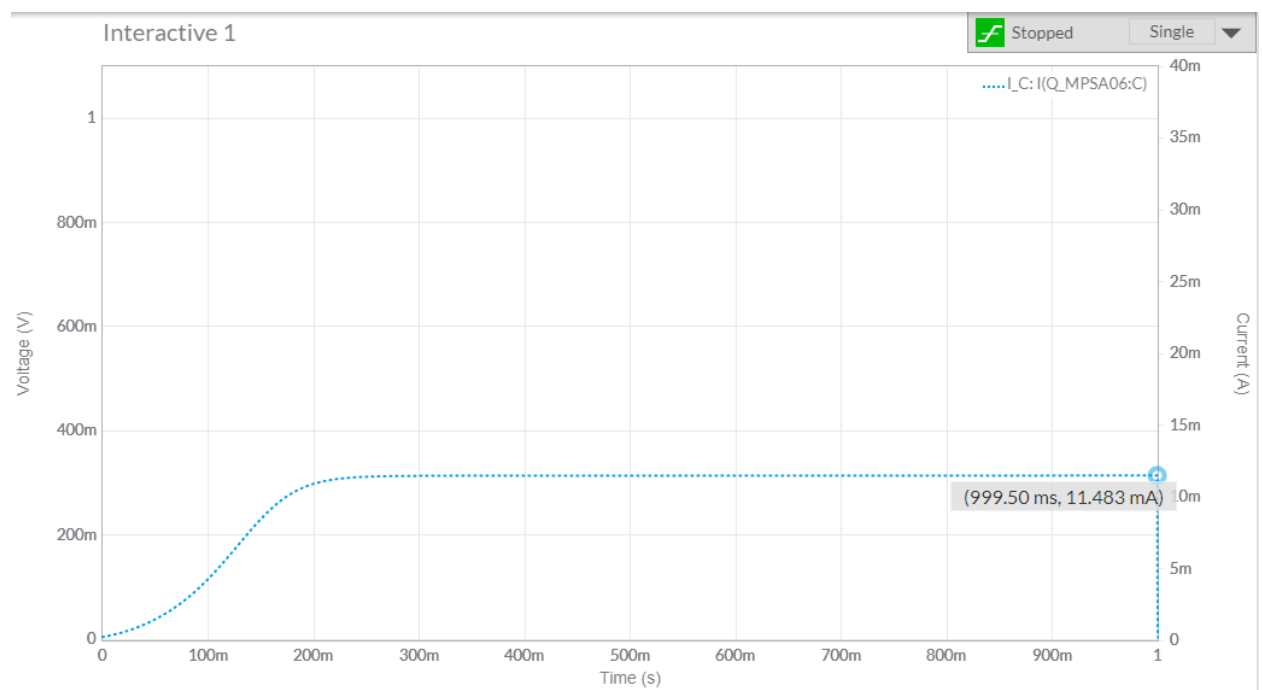


Figure 5:  $I_C$  som funktion av  $U_{CE}$  då  $I_B$  är  $50 \mu A$ .

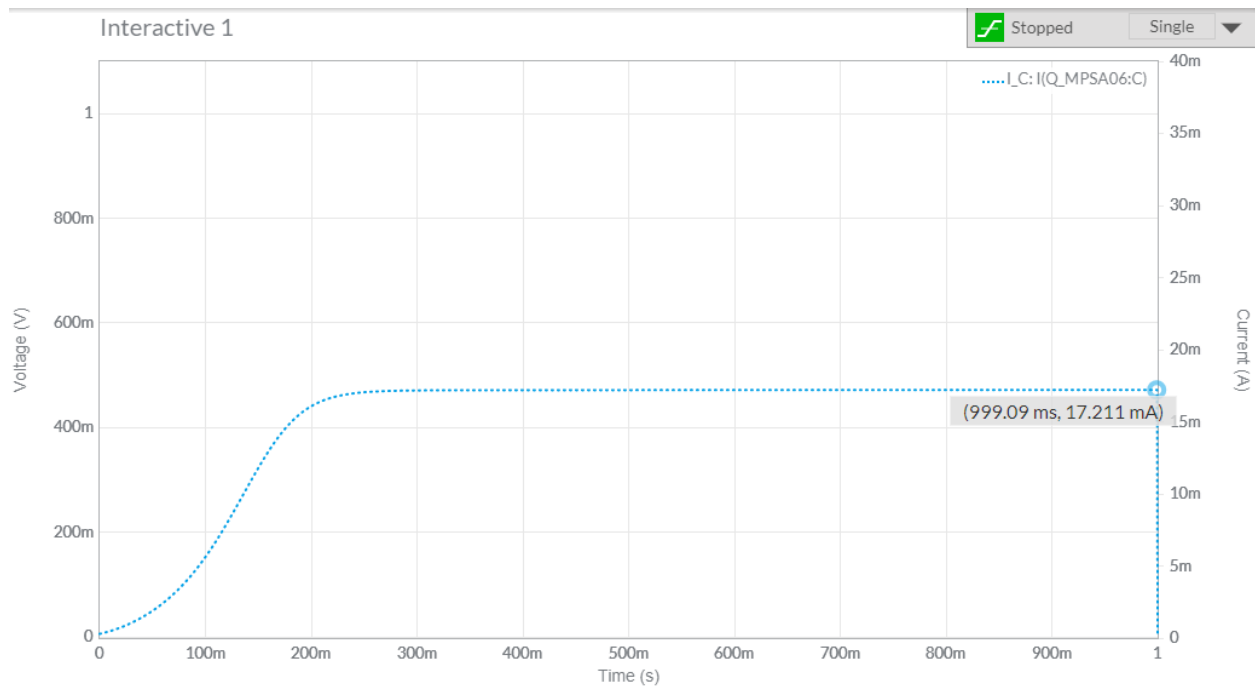


Figure 6:  $I_C$  som funktion av  $U_{CE}$  då  $I_B$  är  $75 \mu A$ .

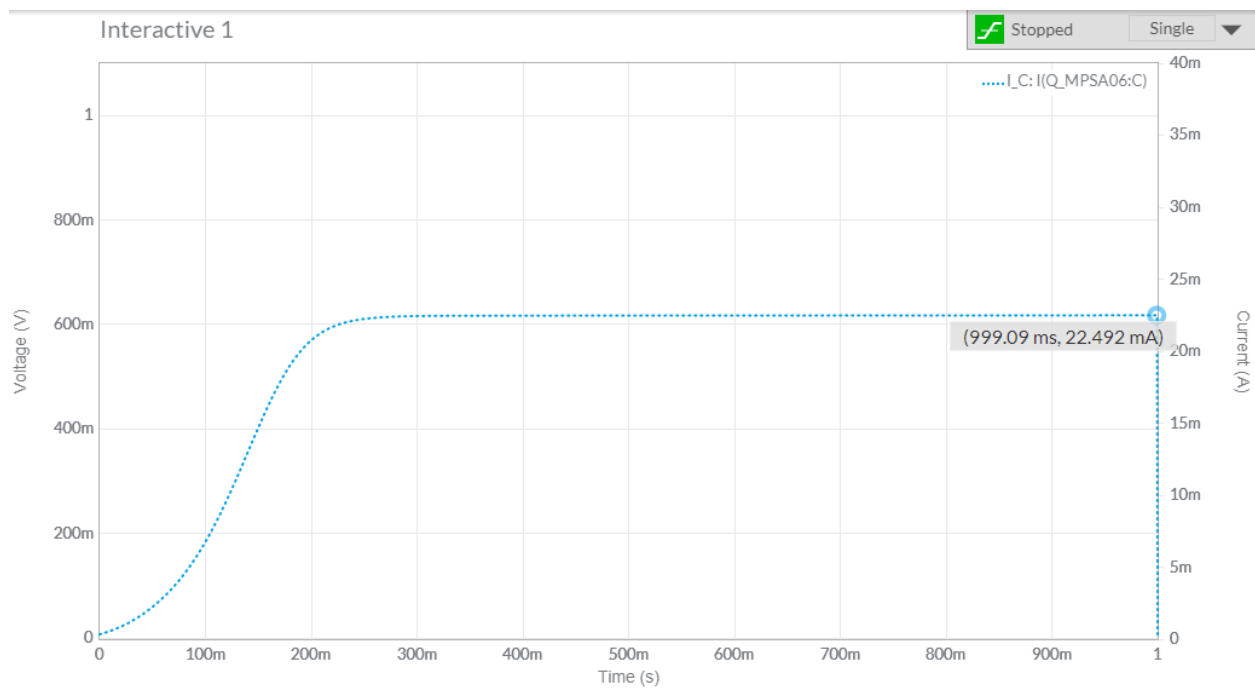


Figure 7:  $I_C$  som funktion av  $U_{CE}$  då  $I_B$  är  $100 \mu A$ .

### Del 3.3

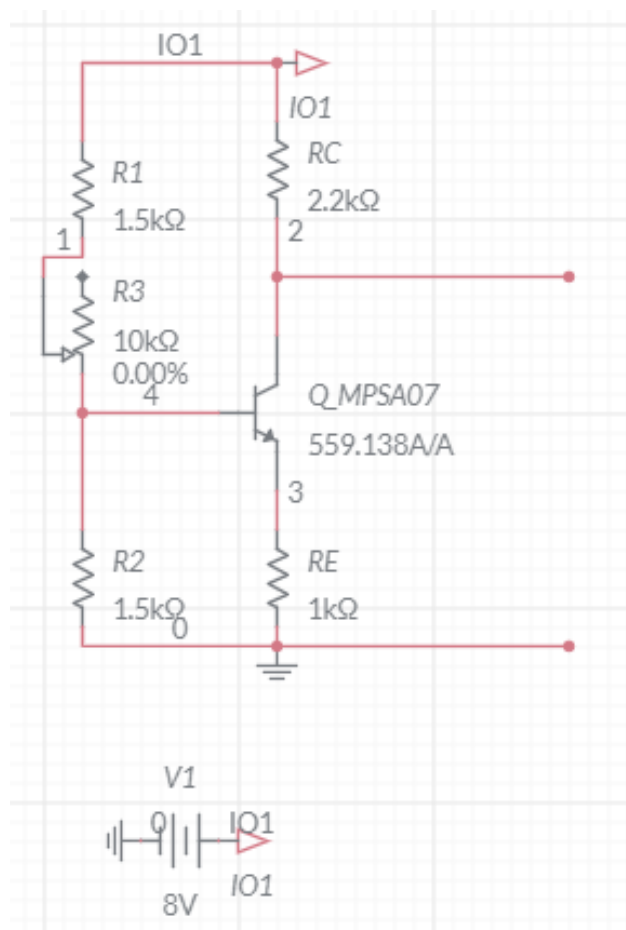


Figure 8: Kretsen som används för att bestämma arbetspunkten.

Undersök GE-stegets arbetspunkt. Först ska potentiometern ställas in så att  $I_E = 1,4\text{mA}$ . Värdet på  $R_{var}$  som uppnådde detta var  $3025,3\ \Omega$  och  $U_{CE}$  blev då  $3,5419\text{ V}$ . Sedan ersattes  $R_{var}$  med två motstånd ur E6-serien,  $33\text{k}\Omega$  och  $3,3\text{k}\Omega$ , kopplade parallellt med varandra för att komma så nära det optimala värdet på  $R_{var}$  som möjligt. Ersättningsresistansen  $R_{fix}$  för de två E6-motstånden blev  $3\text{k}\Omega$ . De nya värdena för  $I_E$  och  $U_{CE}$  blev då  $1,4082\text{mA}$  respektive  $3,5156\text{V}$ .

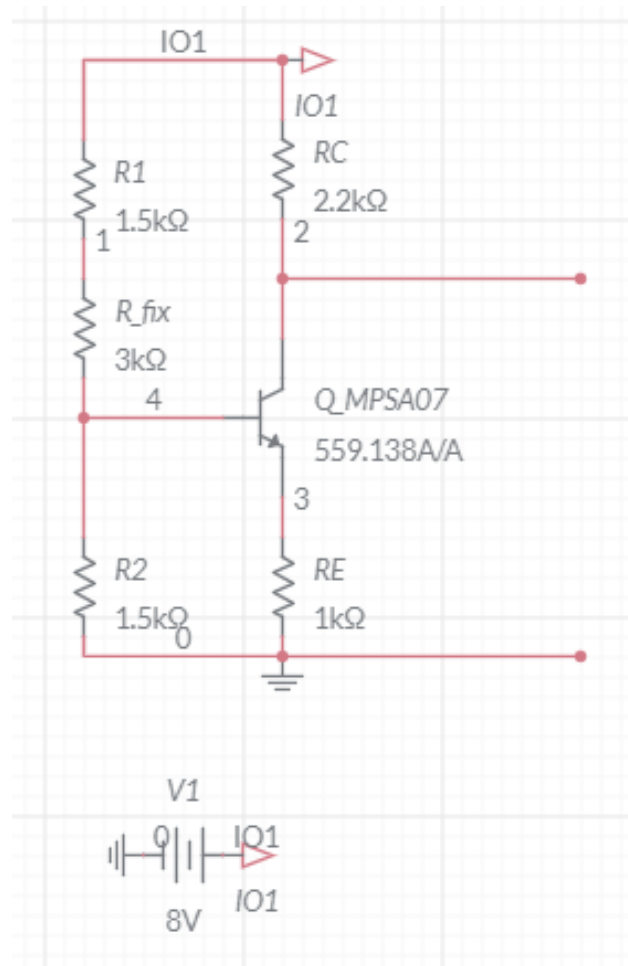


Figure 9: Föregående krets med ett fixt motstånd som ersätter två motstånd ur E6-serien istället för potentiometern.



## Del 3.4

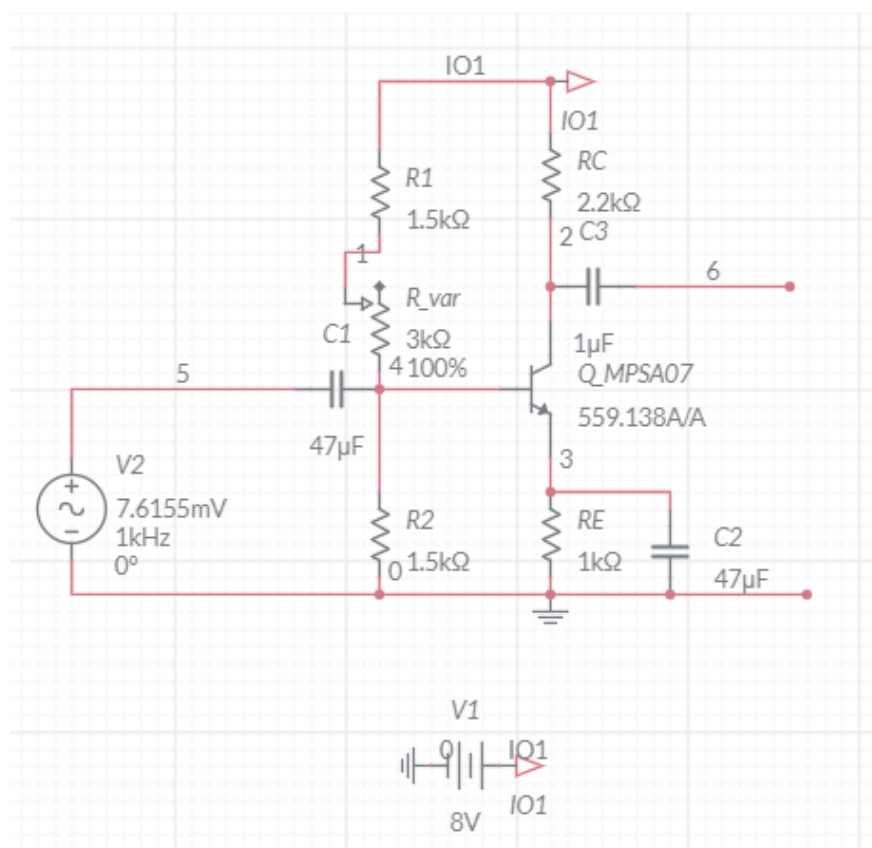


Figure 10: Kretsen som används för att bestämma lämplig insignalsamplitud för att få en utsignal med amplitud 1 V samt bestämma spänningsförstärkningen.

Undersöker hur utsignalens amplitud ändras då insignalens amplitud varieras och inser att den insignal som ger en utsignal med amplituden 1 V har amplituden ca 7,6155 mV. Det i sin tur ger en råförstärkning  $A \approx 131,371$  och uttryckt i decibel  $A_{dB} \approx 42,366dB$ . Vår beräknade fasförskjutning  $\phi$  vid 1 kHz är  $\phi \approx -164,2^\circ$

## Del 3.5

Simulerar amplitudkaraktistik och faskaraktistik med ett AC-sweep och läser av värdena för 1 kHz i graferna. Värdena stämmer mycket bra med det som räknades ut i 3.4. Här blir råförstärkningen  $A \approx 132,495$  och uttryckt i decibel  $A_{dB} \approx 42,444dB$ . Den uppmätta fasförskjutningen blev  $\phi \approx -167,97^\circ$

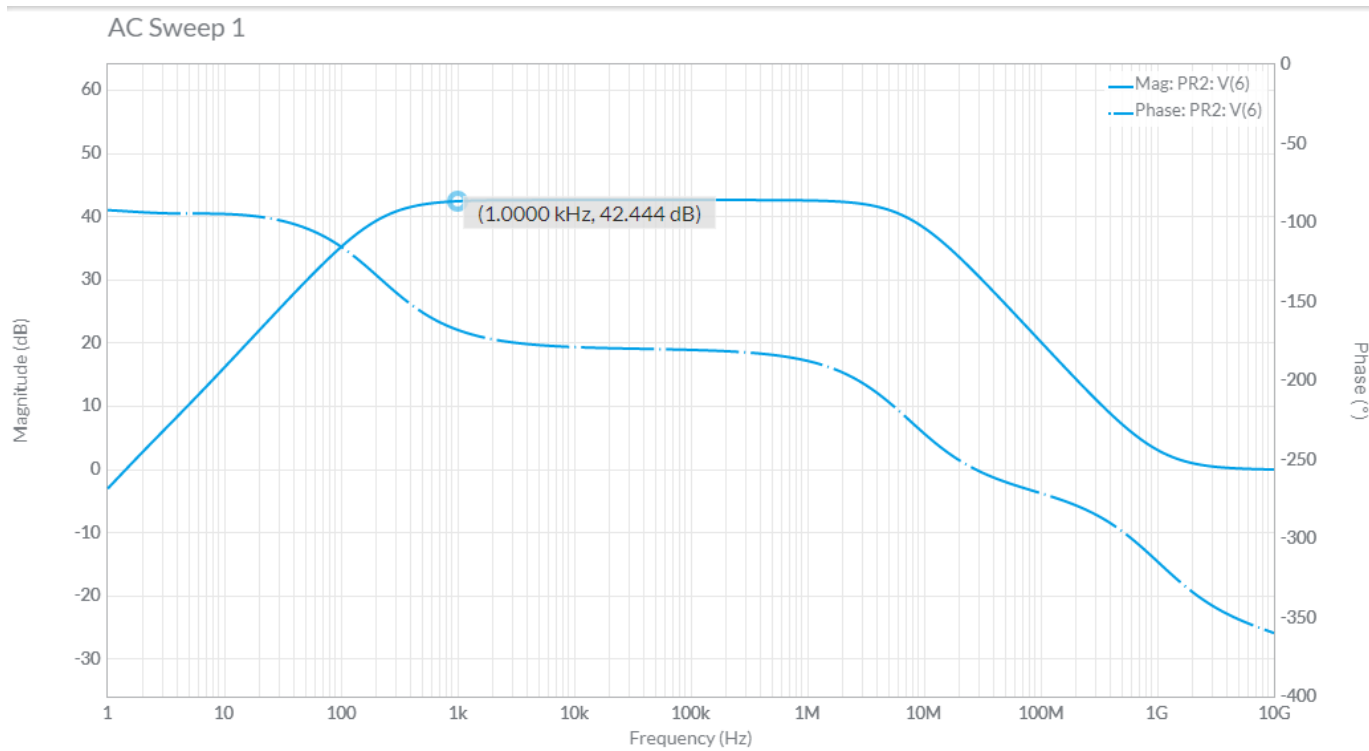


Figure 11: Amplitudkarakteristiken vid 1 kHz för GE-steget.

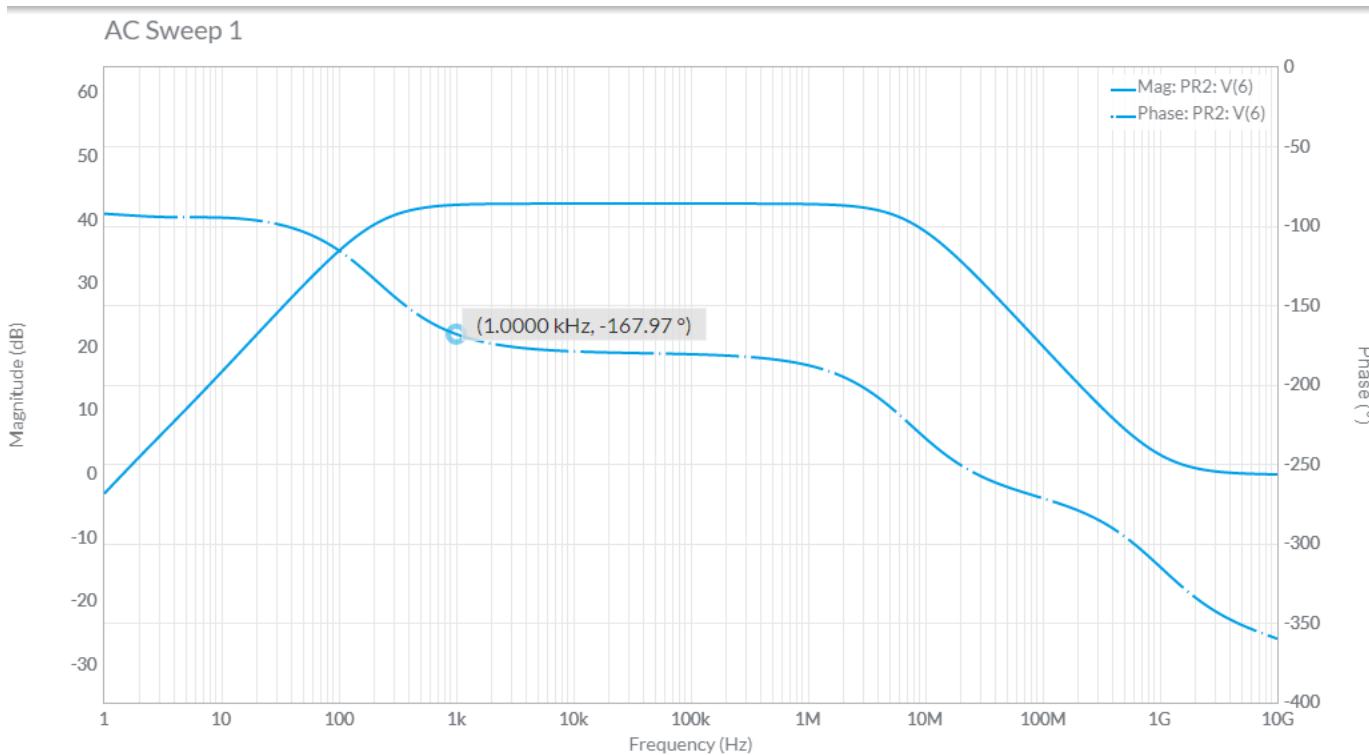


Figure 12: Faskarakteristiken vid 1 kHz för GE-steget.

Undersöker gränshfrekvenserna för förstärkaren. Vid vilka frekvenser som amplituden sjunkit med en faktor  $\sqrt{2}$  kan avläsas i grafen som när amplituden sjunkit med ca 3 dB från maximum.

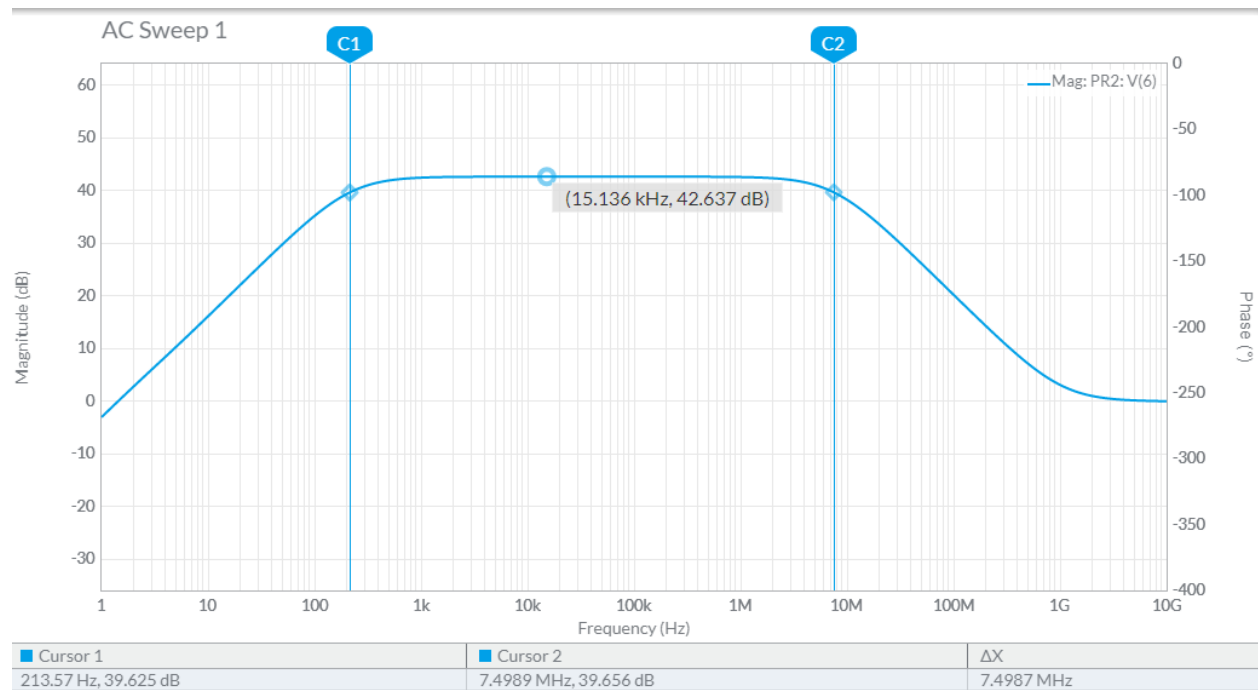


Figure 13: Gränshfrekvenserna för GE-steget.

Vi ser här att den undre gränshfrekvensen  $f_1$  är  $f_1 = 213,57Hz$  och den övre gränshfrekvensen  $f_2$  är  $f_2 = 7,4989MHz$ .

## Del 3.6

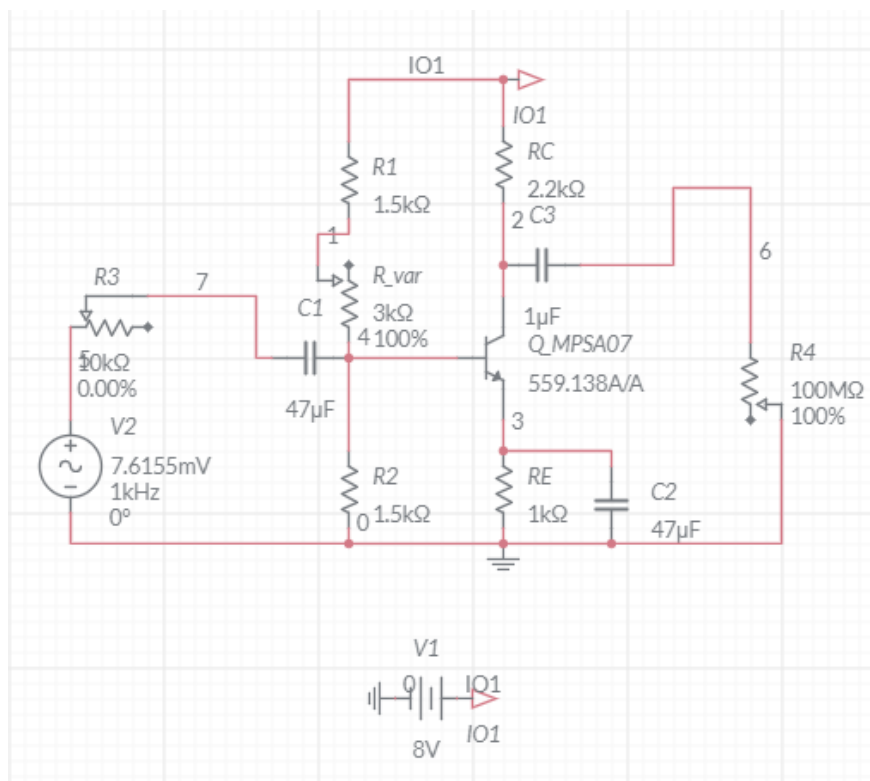


Figure 14: Kretsen som används för att bestämma in och utimpedans.

Kopplar in två potentiometrar, en vid insignalens källa och en som last. Dessa varieras därefter, en i taget medan den andra är inställd på 0 Ω, så att utsignalens amplitud sjunker till hälften av vad den var när båda potentiometrarna stod på 0 Ω. Då är det känt, tack vare spänningsdelning och tvåpolssatsen, att den inre impedansen och potentiometern är lika stora och  $Z_{in}$  respektive  $Z_{ut}$  kan således bestämmas. Denna metod gav att  $Z_{in} = 893,7\Omega$  och  $Z_{ut} = 2192,1\Omega$ . Det stämmer väl överens med vad som tidigare är känt om GE-steg, att utimpedansen är högre än inimpedansen.

## Slutsats

Vi har lärt oss om hur viktigt det är att hålla transistorn nära sin arbetspunkt och med rätt frekvens för att få den önskade förstärkningen och faskaraktärstiken. Vi har även lärt oss en relativt enkel men kraftfull metod för att bestämma in och utimpedans hos en förstärkare, under antagandet att impedanserna är rent resistiva. Dessutom har laborationen hjälpt till med att öka intuitionen för och referenserna till ett GE-steg, alltså vilka värden man kan förvänta sig hos de olika komponenterna, hur stor förstärkningen är och hur känslig förstärkaren är mot förändringar i arbetspunkt. Till sist har vi även lärt oss om hur man bestämmer råförstärkningen genom simulering.