

TSTE05 Elektronik & mätteknik

Föreläsning 13

GE-steg - Arbetspunkt

Föreläsningen börjar 10:20

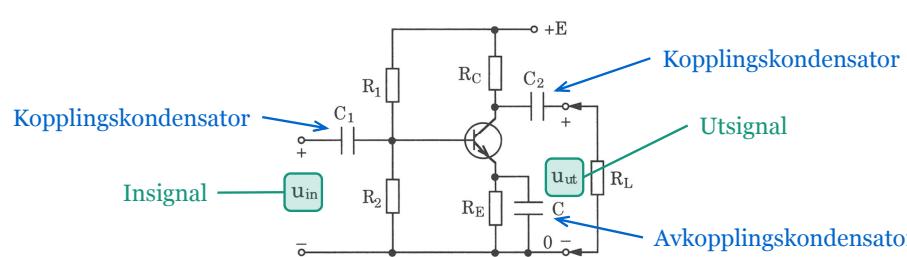
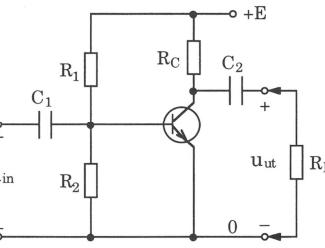
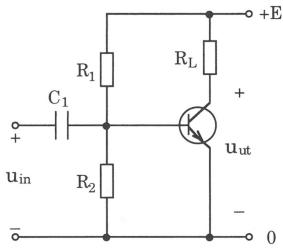
Mikael Olofsson

Institutionen för Systemteknik (ISY)

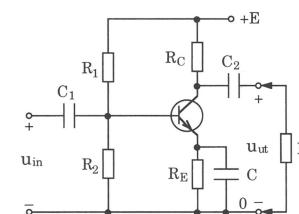
Ämnesområdet Elektroniska kretsar och system



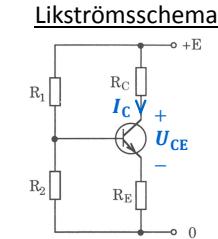
GE-steg – Gemensam emitter



Superposition – Separera likström och signal

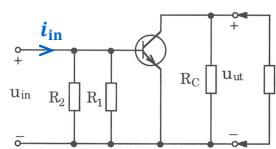


C_1, C_2, C avbrott
ingen signal



C_1, C_2, C stora
 \Rightarrow kortslutning
signal \Rightarrow E kortsluten

Signalschema

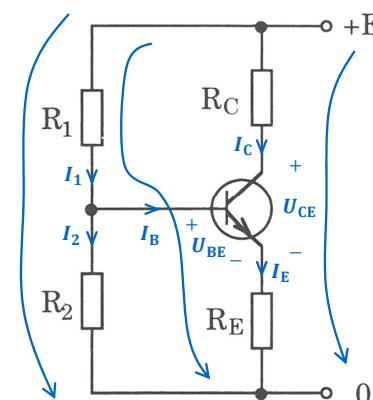


Analys: R_1, R_2, R_C, R_E, E , B kända. Bestäm I_{CA} , U_{CEQ} .

Syntes: I_{CA} , U_{CEQ} givna. Bestäm R_1, R_2, R_C, R_E .
och B kan ev. vara givna eller behöva bestämmas.

Av intresse: Förstärkning $F = \frac{u_{out}}{u_{in}}$.
Ibland frekvenssvaret $H(\omega)$.
Inimpedans $Z_{in} = u_{in}/i_{in}$
Utimpedans Z_{out}

GE-steg – Likströmsanalys 1



$$E - R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0$$

$$E - R_1 I_1 - U_{BE} - R_E I_E = 0$$

$$E - R_C I_C - U_{CE} - R_E I_E = 0$$

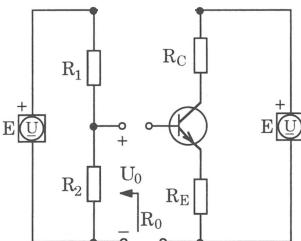
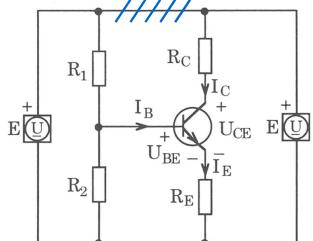
$$I_1 = I_2 + I_B$$

$$I_E = I_B + I_C$$

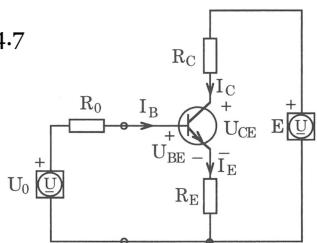
$$I_C = B I_B$$

Vanlig approximation: $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$

GE-steg – Likströmsanalys 2a



Figur 4.7



$$\text{Tvåpolssatsen: } U_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$R_o = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Transistorn: } I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = B \cdot I_B$$

$$\text{Önskvärt: } R_o \ll B \cdot R_E$$

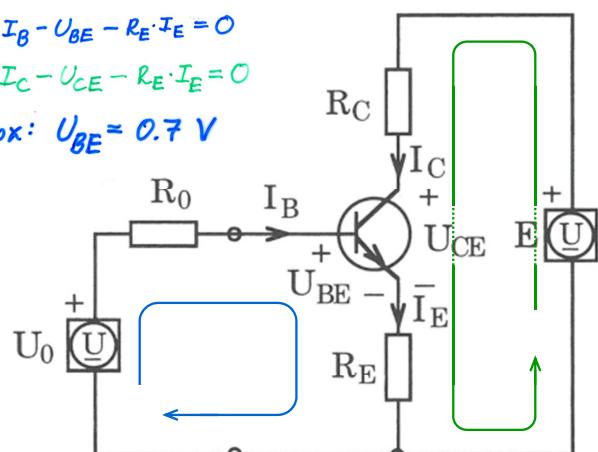
$$\text{Vanligt val: } R_o = 0.1 \cdot B \cdot R_E$$

GE-steg – Likströmsanalys 2b

$$\text{KVL: } U_o - R_o \cdot I_B - U_{BE} - R_E \cdot I_E = 0$$

$$E - R_C I_C - U_{CE} - R_E \cdot I_E = 0$$

$$\text{Vanlig approx: } U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$$



GE-steg – Likströmsanalys 2c – sammanställning

$$U_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$R_o = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_o - R_o \cdot I_B - U_{BE} - R_E \cdot I_E = 0$$

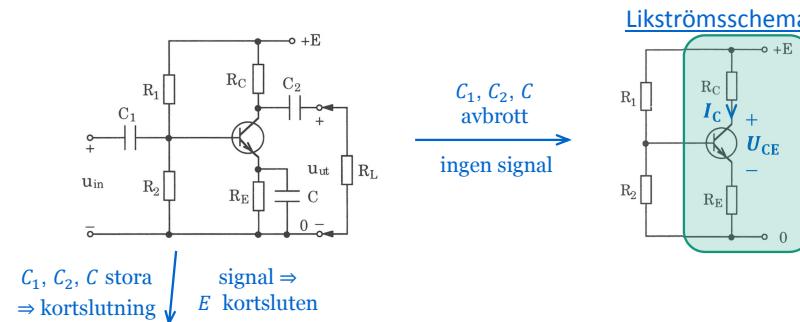
$$E - R_C I_C - U_{CE} - R_E \cdot I_E = 0$$

$$U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$$

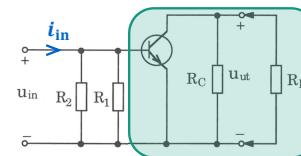
$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = B \cdot I_B$$

Likströmsschema och växelströmsschema igen

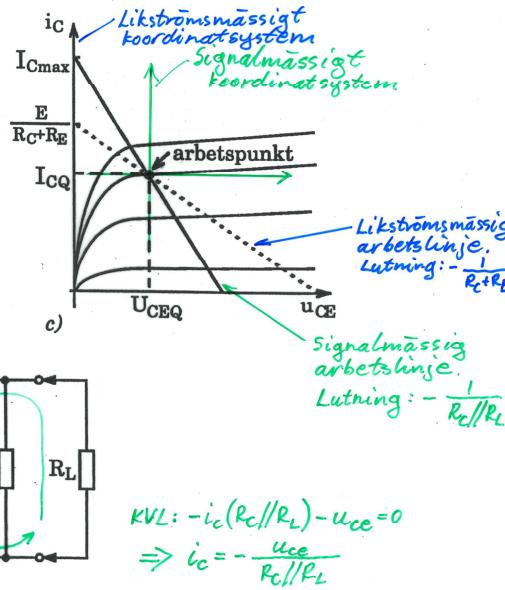
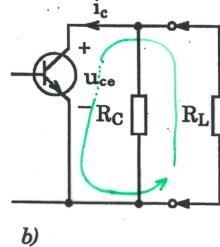
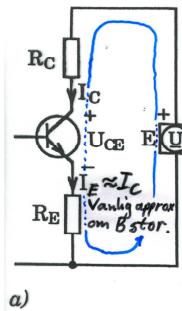


Signalschema



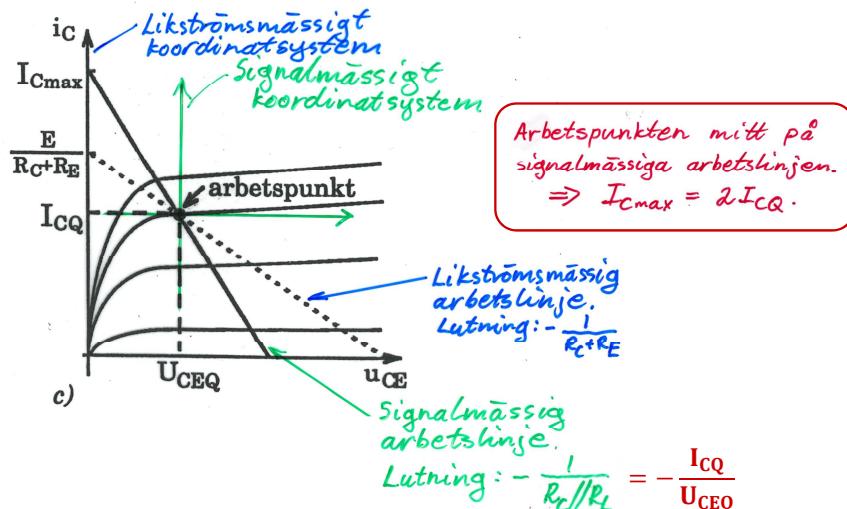
Arbetslinjer 1(2)

$$KVL: E - R_C I_C - U_{CE} - R_E I_C = 0 \\ \Rightarrow I_C = \frac{E - U_{CE}}{R_C + R_E}$$



TSTE05 Elektronik & mätteknik - Föreläsning 13
2019-11-11 9

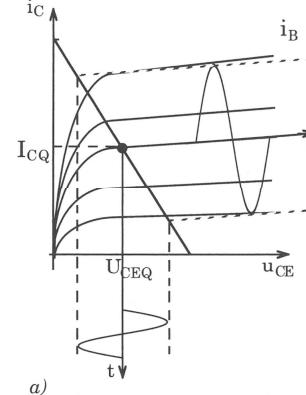
Arbetslinjer 2(2)



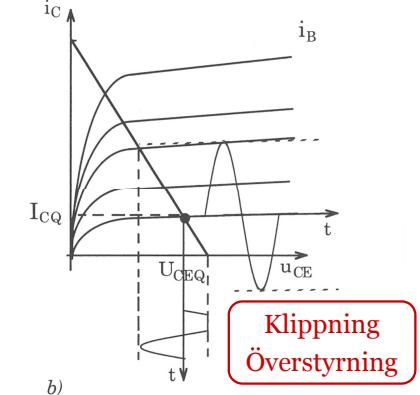
TSTE05 Elektronik & mätteknik - Föreläsning 13
2019-11-11 10

Var bör arbetspunkten vara?

Arbetspunkten mitt på den signalmässiga arbetslinjen



Arbetspunkten inte mitt på den signalmässiga arbetslinjen



TSTE05 Elektronik & mätteknik - Föreläsning 13
2019-11-11 11

Inlämningsuppgift 5

Förutsättningar:

- Större variation bland uppgifterna jämfört med uppgift 1 och 2.
- 1-3 kaskadkopplade förstärkarsteg.
- C:a 5 transistorer.
- Både bipolartransistorer och fälteffekttransistorer.
- Alla kapacitanser är stora.

Deluppgifter:

- Arbetspunktsberäkning.
- Fortsärkningsberäkning.

INLÄMNINGSSUPPGIFT 5.1126

Betrakta nedanstående förstärkare, där det första steget innehåller ett så kallat Darlingtonpar av transistorer. Darlingtonkopplingen ger bland annat hög inimpedans och hög strömförstärkning.

Den här använda kopplingen, där R_2 återkopplar signalen från utgång till ingång, ger större bandbredd än om återkoppling inte används.

$R_2 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ M}\Omega$, $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_L = 22 \text{ M}\Omega$, $E = 12 \text{ V}$

Fälteffekttransistors parametrar:

$U_P = 3.5 \text{ V}$, $I_{DSS} = 12 \text{ mA}$.

Branthenhet 4 mS och utadmittansen $10 \mu\text{s}$. $Z_{in} = \infty$.

För FET-transistorn gäller vidare: $i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{DS}}{U_P} \right)^2$

Bipolartransistorernas parametrar:

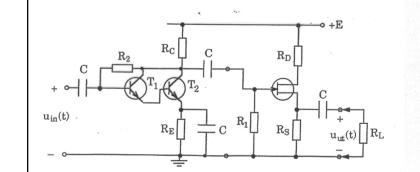
Inimpedans $2 \text{ k}\Omega$, återkopplingsförhållande $2:10^{-4}$, strömförstärkningsfaktor 100 och utadmittans $50 \mu\text{s}$. $B=100$.

a) Beräkna R_D och R_S så att FET-transistorn får arbetspunkten $I_{DQ}=3 \text{ mA}$, $U_{DSQ}=5 \text{ V}$.

b) Rita ett ekvivalent endsignalschema för förstärkaren där fälteffekttransistorens utadmittans samt bipolartransistorernas återkopplingsförhållande och utadmittan försummas. Kapacitanserna är stora.

Beräkna därefter utspänningen $u_{out}(t)$ om $u_{in}(t)=\sin(10^3 t) \text{ [mV]}$. Eventuella approximationer skall noggrant motiveras.

Ledning: OBS! R_2 är mycket stor.

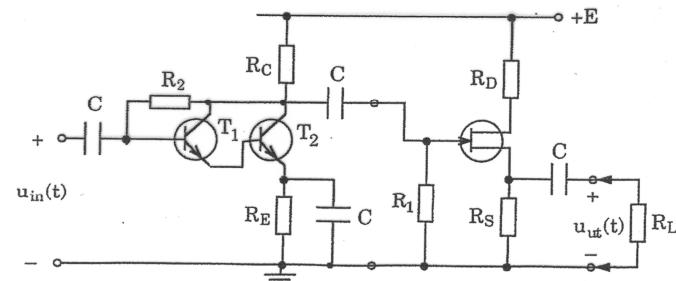


TSTE05 Elektronik & mätteknik - Föreläsning 13
2019-11-11 12

INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

Betrakta nedanstående förstärkare, där det första steget innehåller ett så kallat Darlingtonpar av transistorer. Darlingtonkopplingen ger bland annat hög inimpedans och hög strömförstärkning.

Den här använda kopplingen, där R_2 återkopplar signalen från utgång till ingång, ger större bandbredd än om återkoppling inte används.



INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

Fälteffekttransistorns parametrar:

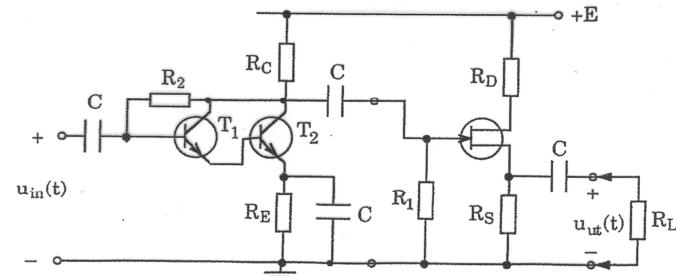
$$U_P = -3,5 \text{ V}, I_{DSS} = 12 \text{ mA}$$

Brantheten 4 mS och utadmittansen $10 \mu\text{S}$. $Z_{in} = \infty$.

$$\text{För FET-transistorn gäller vidare: } i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_p} \right)^2$$

Bipolartransistorernas parametrar:

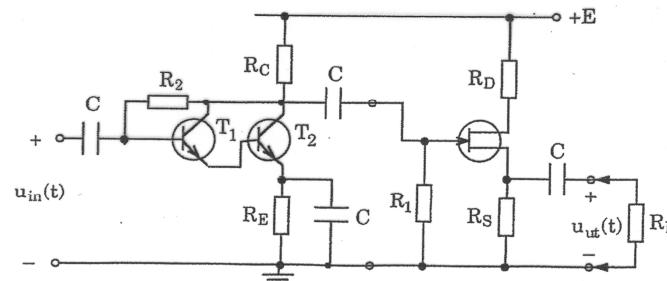
Inimpedans $2 \text{ k}\Omega$, återkopplingsförhållande $2 \cdot 10^{-4}$, strömförstärkningsfaktor 100 och utadmittans $50 \mu\text{S}$. $B=100$.



INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

$$R_C = 4 \text{ k}\Omega, R_E = 1 \text{ k}\Omega, R_1 = 1 \text{ M}\Omega, R_2 = 22 \text{ M}\Omega, R_L = 50 \Omega, E = 12 \text{ V}$$

- a) Beräkna R_D och R_S så att FET-transistorn får arbetspunkten $I_{DQ} = 3 \text{ mA}$, $U_{DSQ} = 5 \text{ V}$.

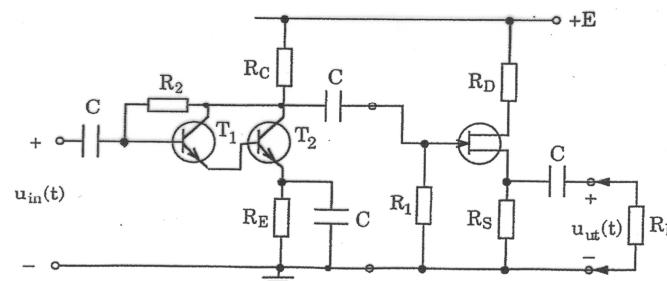


INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

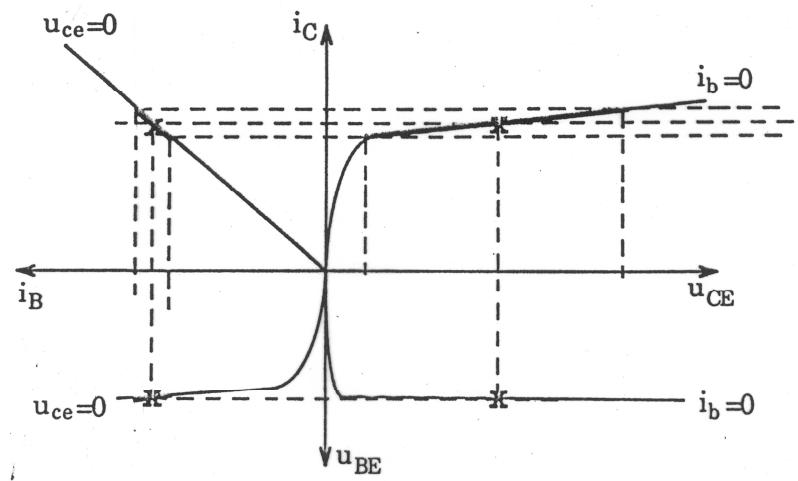
- b) Rita ett ekvivalent småsignalschema för förstärkaren där fälteffekttransistorns utadmittans samt bipolartransistorernas återkopplingsförhållande och utadmittans försummas. Kapacitanserna är stora.

Beräkna därefter utspänningen $u_{ut}(t)$ om $u_{in}(t) = \sin(10^3 t) \text{ [mV]}$. Eventuella approximationer skall noggrant motiveras.

Ledning: OBS! R_2 är mycket stor.



h-parametrar



Mikael Olofsson
ISY/EKS

www.liu.se