

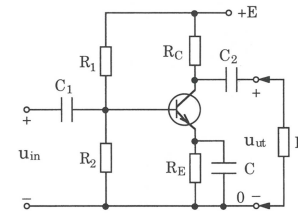
TSTE05 Elektronik & mätteknik

Föreläsning 13

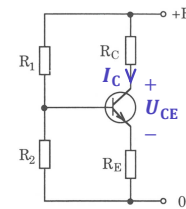
GE-steg - Arbetspunkt

Mikael Olofsson
 Institutionen för Systemteknik (ISY)
 Ämnesområdet Elektroniska kretsar och system

Superposition – Separera likström och signal



Likströmsschema

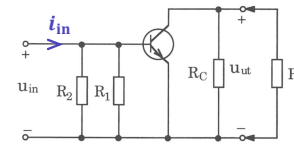


C_1, C_2, C avbrott
 ingen signal

C_1, C_2, C stora
 \Rightarrow kortslutning

signal \Rightarrow
 E kortsluten

Signalschema

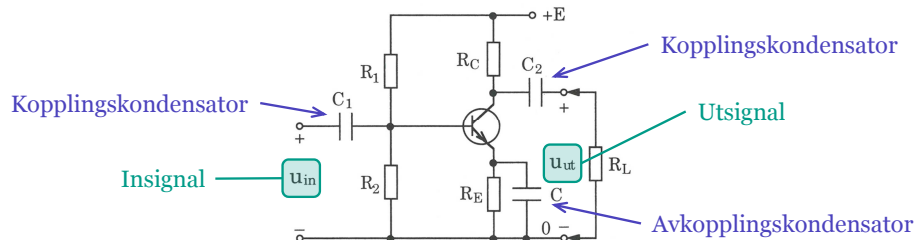
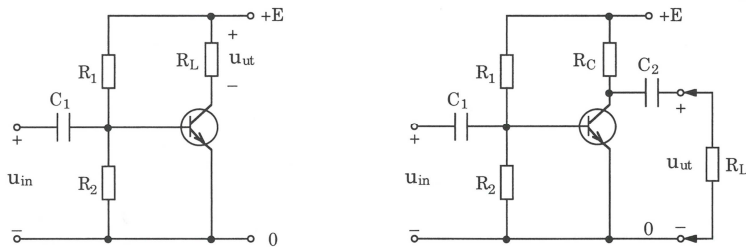


Analys: $R_1, R_2, R_C, R_E, E, \beta$ kända. Bestäm I_{CQ}, U_{CEQ} .

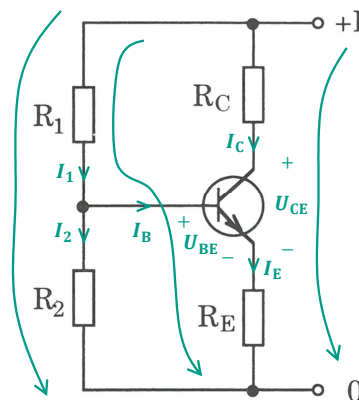
Syntes: I_{CQ}, U_{CEQ} givna. Bestäm R_1, R_2, R_C, R_E .
 E och β kan ev. vara givna eller behöva bestämmas.

Av intresse: Förstärkning $F = \frac{u_{ut}}{u_{in}}$.
 Inbland frekvenssvar $H(\omega)$.
 In impedans $Z_{in} = u_{in}/i_{in}$.
 Ut impedans Z_{ut} .

GE-steg – Gemensam emitter



GE-steg – Likströmsanalys 1



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

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

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

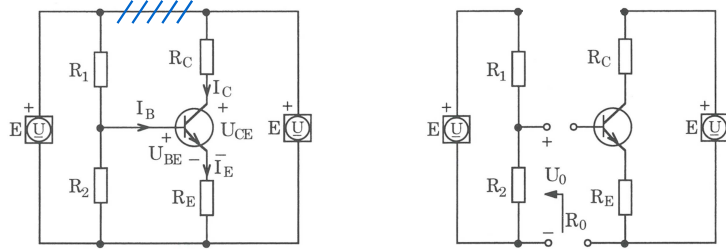
$$I_1 = I_2 + I_B$$

$$I_E = I_B + I_C$$

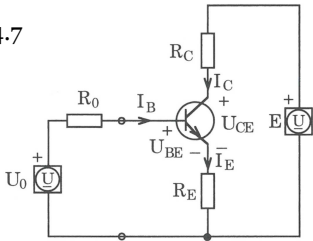
$$I_C = \beta I_B$$

Vanlig approximation:
 För NPN (som här): $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$
 För PNP: $U_{BE} \approx -0.7 \text{ V}$

GE-steg – Likströmsanalys 2a



Figur 4.7



Tväpolsatsen: $U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$
 $R_0 = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
 Transistorn: $I_E = I_C + I_B$
 $I_C = \beta \cdot I_B$
 Önskvärt: $R_0 \ll \beta \cdot R_E$
 Vanligt val: $R_0 = 0.1 \cdot \beta \cdot R_E$

GE-steg – Likströmsanalys 2c – sammanställning

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$R_0 = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

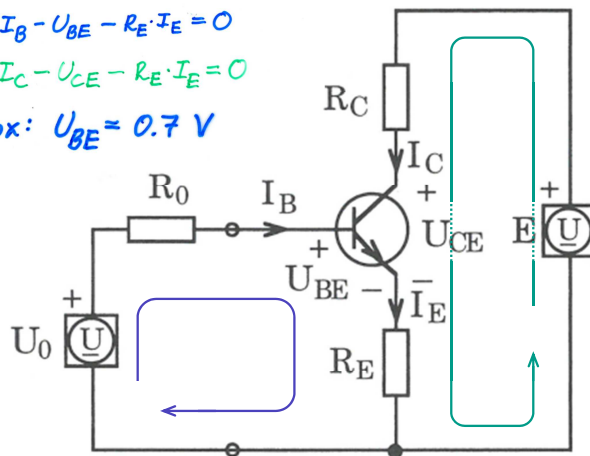
$$U_0 - R_0 I_B - U_{BE} - R_E I_E = 0$$

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

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

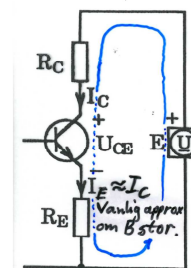
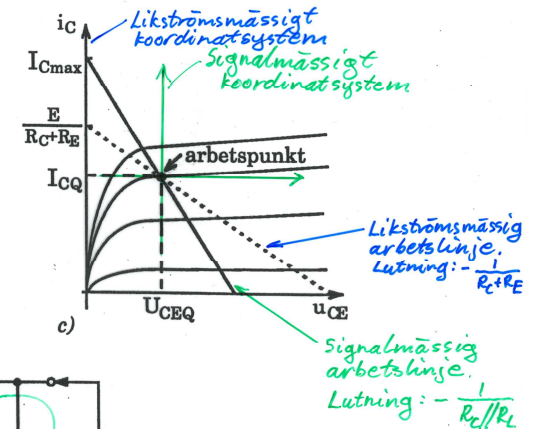
GE-steg – Likströmsanalys 2b

KVL: $U_0 - R_0 I_B - U_{BE} - R_E I_E = 0$
 $E - R_C I_C - U_{CE} - R_E I_E = 0$
 Vanlig approx: $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$

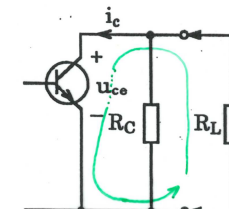


Arbetslinjer 1(2)

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



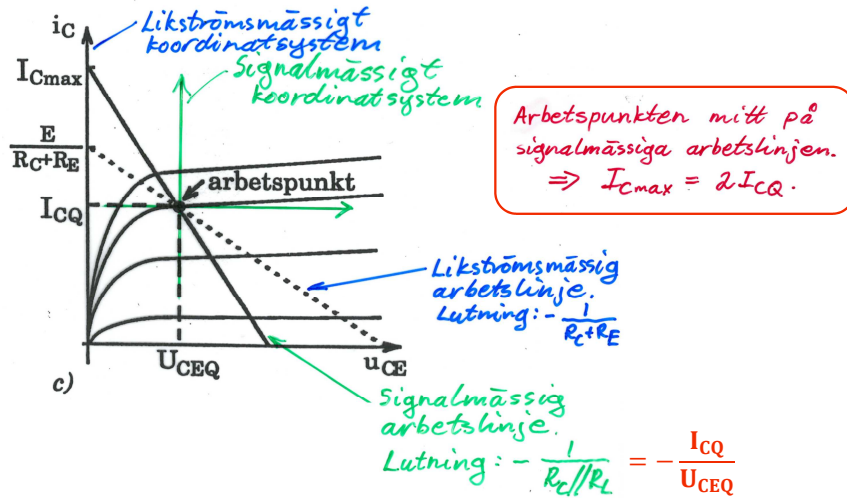
a) Likströmsschema



b) Signalschema

KVL: $-i_c (R_C // R_L) - u_{ce} = 0$
 $\Rightarrow i_c = -\frac{u_{ce}}{R_C // R_L}$

Arbetslinjer 2(2)



Inlämningsuppgift 5

Förutsättningar:

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

Deluppgifter:

- Arbetspunktsberäkning.
- Förstärkningsberäkning.

Bedömning:

- Mer tillmötesgående kommentarer.

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.

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

Fälteffekttransistorns parametrar:

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

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

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

Bipolartransistorernas parametrar:

Inimpedans $2 \text{ k}\Omega$, återkopplingsförhållande $2 \cdot 10^{-4}$,

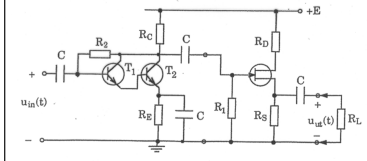
strömförstärkningsfaktor 100 och utadmittans $50 \text{ }\mu\text{S}$. $\beta = 100$.

a) Beräkna R_D och R_2 så att FET-transistorn får arbetspunkten $I_{DQ} = 3 \text{ mA}$, $U_{DSQ} = 5 \text{ V}$.

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

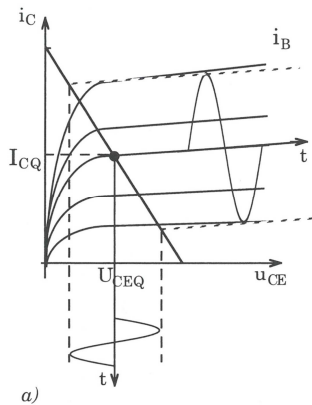
Beräkna därefter utspänningen $u_{ut}(t)$ om $u_{in}(t) = \sin(10^6 t)$ [mV]. Eventuella approximationer skall noggrant motiveras.

Ledning: OBS! R_2 är mycket stor.

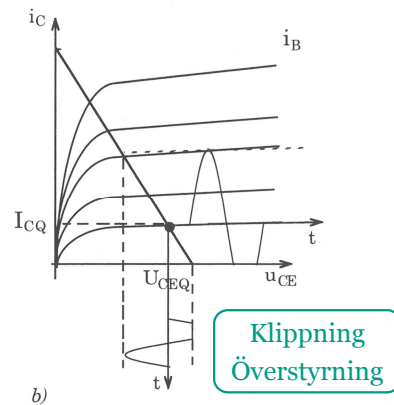


Var bör arbetspunkten vara?

Arbetspunkten mitt på den signalmässiga arbetslinjen



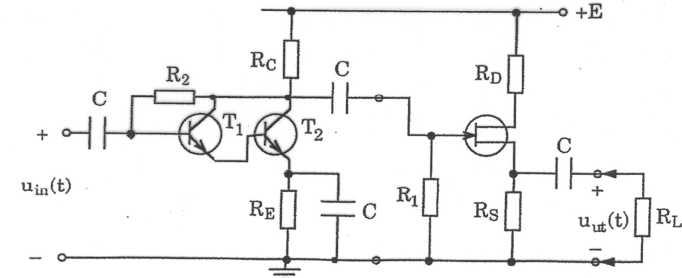
Arbetspunkten inte mitt på den signalmässiga arbetslinjen



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:

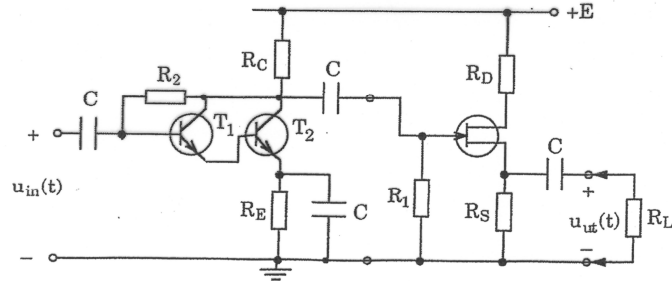
$$U_p = -3,5 \text{ V}, I_{DSS} = 12 \text{ mA}$$

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

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 $50 \mu\text{S}$. $B = 100$.



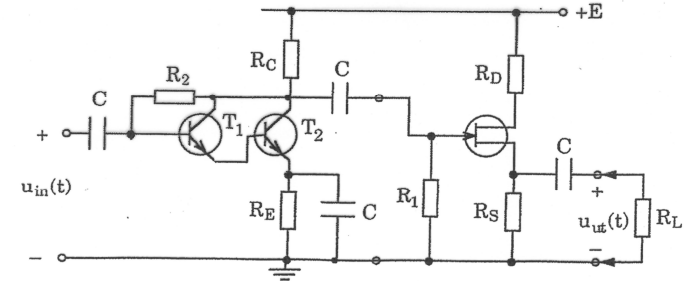
INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

- 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 $u_{in}(t) = \sin(10^3 t)$ [mV].

Eventuella approximationer skall noggrant motiveras.

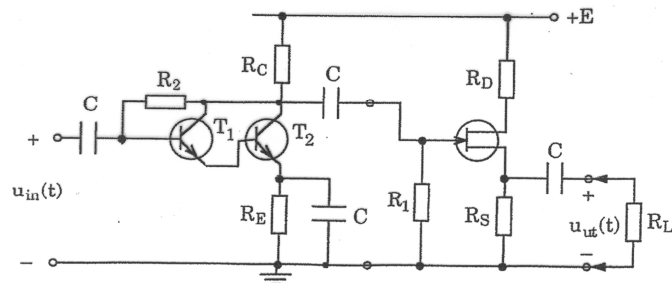
Ledning: OBS! R_2 är mycket stor.



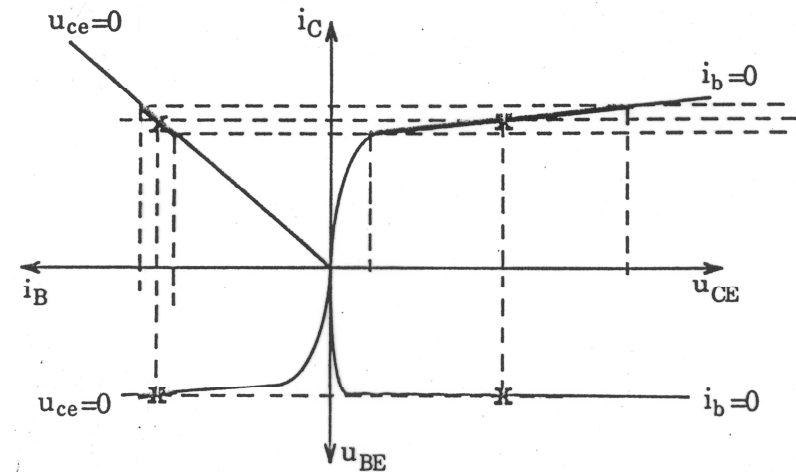
INLÄMNINGSUPPGIFT 5.1126

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

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



h-parametrar



Mikael Olofsson
ISY/EKS

www.liu.se