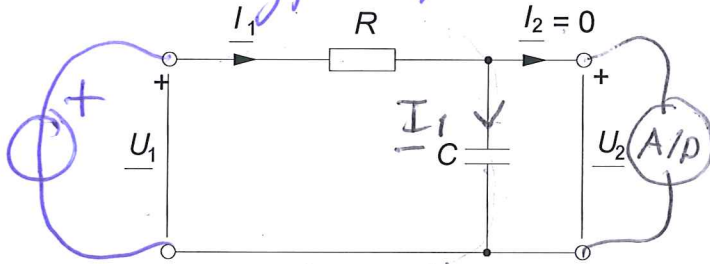


Elektroteknik MF1016 föreläsning 11

- Signalbehandling
 - Filtrering (1.5 Några praktiska tillämpningar_Filter)
 - Lågpasfilter (Ruta 1.31)
 - Högpasfilter
- Förstärkning
 - Modell för operationsförstärkaren (4.3 Operationsförstärkaren)
 - Uppgift U4:3 operationsförstärkaren som komparator (4.4 Förstärkare med OP-förstärkare)
 - Simulering av ovanstående
 - Icke inverterande koppling (4.5 Tre grundkopplingar med OP-förstärkare)
 - Simulering där förstärkaren "klipper". (4.6 Verklighetens OP-förstärkare_Det begränsade utstyrningsområdet)
 - Aktiva filter (förstärkare som även filtrerar)
 - (4.7 Speciella OP-förstärkarkopplingar_Exempel på högpasfilterkoppling)
 - (4.7 Speciella OP-förstärkarkopplingar_Exempel på lågpasfilterkoppling)
 - Exempel på signalkonditionering före A/D-omvandling
 - Anknytning till temperaturmätningen på föregående föreläsning
 - Inverterande koppling.

Lågpassfilter

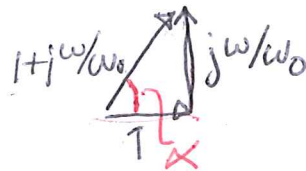


$$U_2 = I_1 \cdot \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \frac{U_1}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$F_s = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_0}$$

$\tau = RC \cdot \omega_0 = 1/\omega$ gränshäns

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}}$$

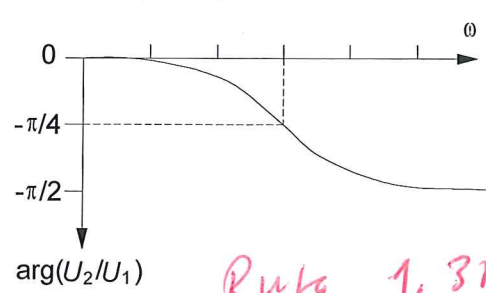
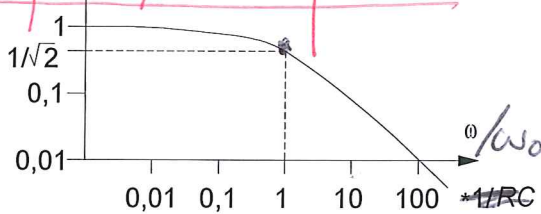


ω	0	ω_0	∞
F_s	1	$1/\sqrt{2}$	0

$$\varphi = \arg(F_s) = \arg\left(\frac{U_2}{U_1}\right) = \arg(U_2) - \arg(U_1) = \arg(1) - \arg(1 + j\omega/\omega_0)$$

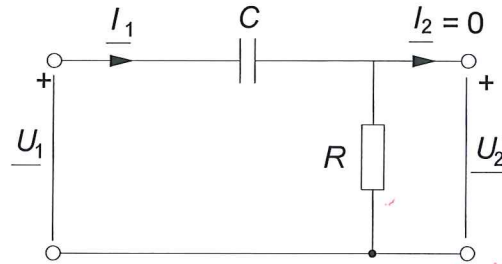
$$0 = \text{atan}(\omega/\omega_0)$$

ω	0	ω_0	∞
φ	0	-45°	-90°



Ruta 1.31

Högpassfilter



$$U_2 = R \cdot I_1 = R \cdot \frac{U_1}{R + 1/j\omega C}$$

$$F_s = \frac{U_2}{U_1} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

$$F_s = \frac{j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$$

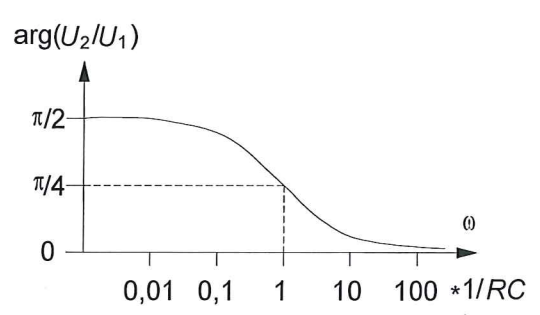
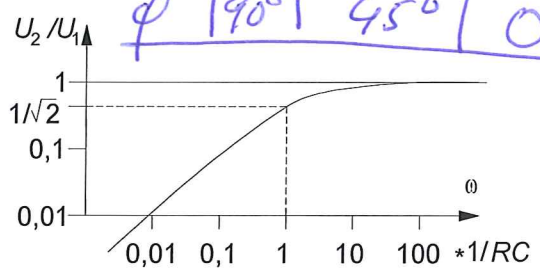
$$F_s = \frac{\omega/\omega_0}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}}$$

ω	0	ω_0	∞
F_s	0	$1/\sqrt{2}$	1

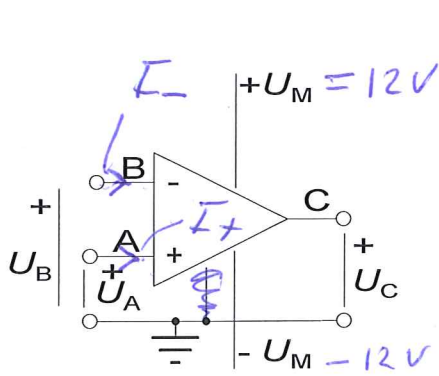
Fasvridning

$$\varphi = \arg(F_s) = 90^\circ - \text{atan}(\omega/\omega_0)$$

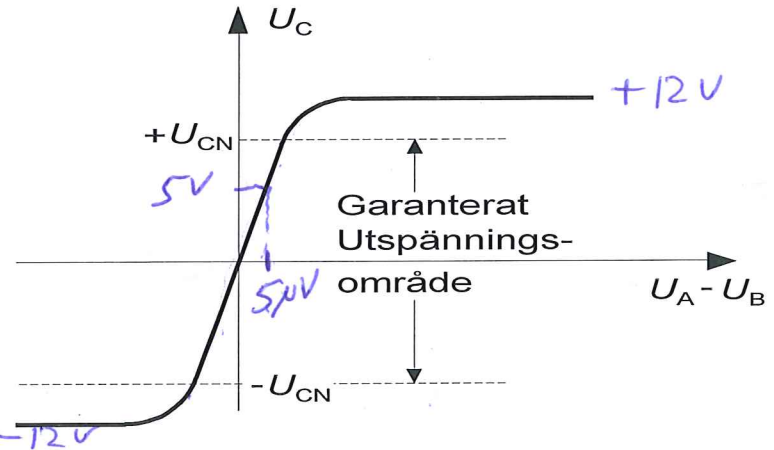
ω	0	ω_0	∞
φ	90°	45°	0



Elektroteknik MF1016 föreläsning 11



Figur 4.7 Operativförstärkarens schemasymbol kompletterad med anslutningar för matningsspänningar och jord.



Figur 4.8 Utspänningsområdets begränsning

$U_C = F_0 (U_A - U_B)$ i linjära området

\uparrow 10^6 $F_0 \approx \infty$ R_0 förstärkning

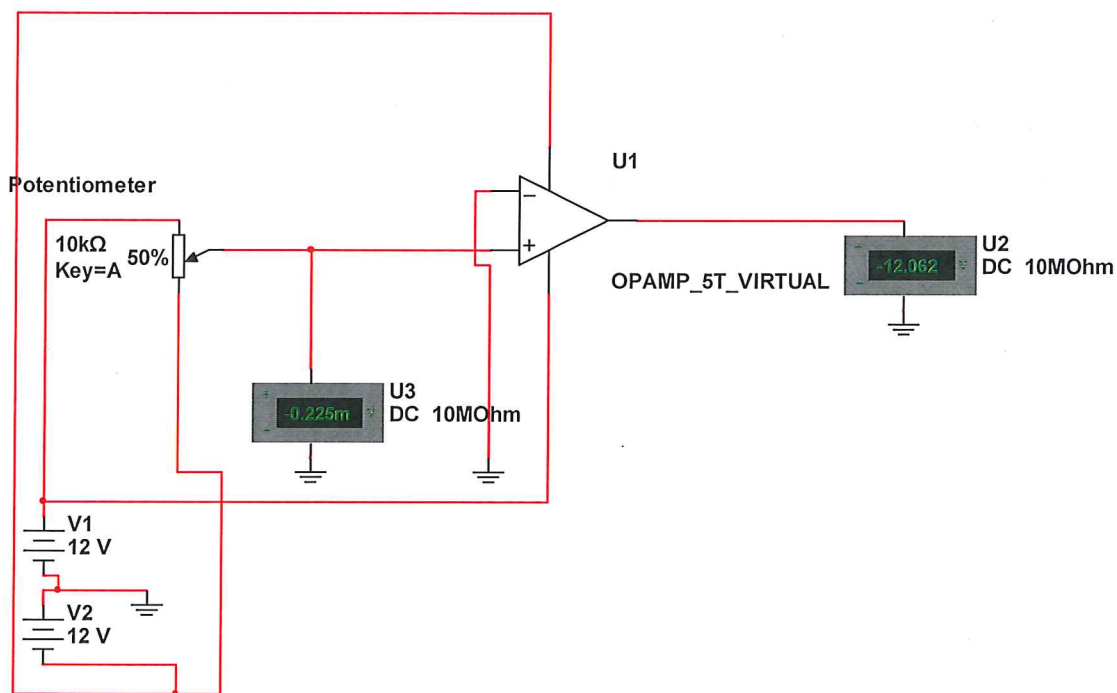
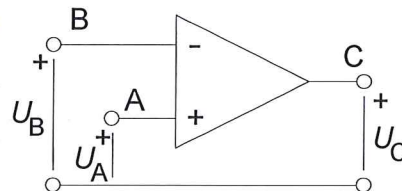
Indimpedans $R_{in} = \infty \Rightarrow I_+ = I_- = 0$
 Utimpedans $R_{ut} = 0 \Omega$

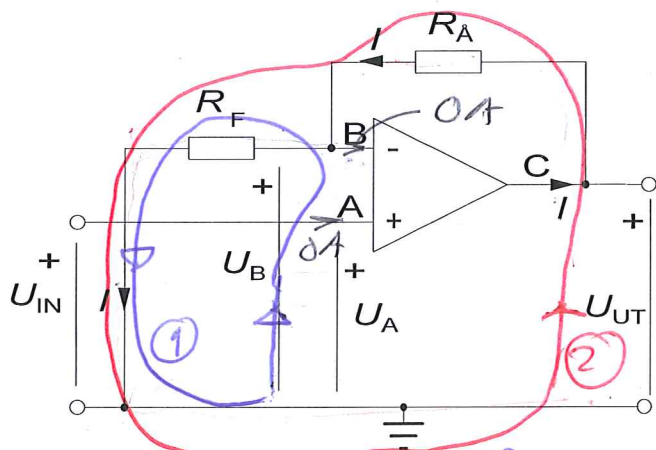
U4:3 En OP-förstärkare har matningsspänningen $U_M = \pm 15\text{ V}$ och $U_{CN} = \pm 10\text{ V}$ samt $F_0 > 10^5$. Hur stor blir U_C för de inspänningskombinationer U_A , U_B , som anges i tabellen nedan? Svara genom att fylla i tabellen.

$U_A - U_B$
 $-0,3\text{ V}$
 $+0,3\text{ V}$
 $+1\text{ V}$

U_A	U_B	U_C
-0,2 V	+0,1 V	-30,6 V -15 V -10 V
+0,1 V	-0,2 V	+15 V +10 V
+5 V	+4 V	+15 V +10

en typ





Figur 4.11 Icke-inverterande koppling

Vi antar att $U_{ut} = U_c$
 är i linjära området.
 $\Rightarrow U_A - U_B = \frac{U_{ut}}{F_{ol}} = 0$
 $\Rightarrow U_A = U_B$
 $U_A = U_{in} \Rightarrow U_B = U_{in}$
 mellan A och B

① $U_{in} - 0V - R_F I = 0 \Rightarrow I = \frac{U_{in}}{R_F}$

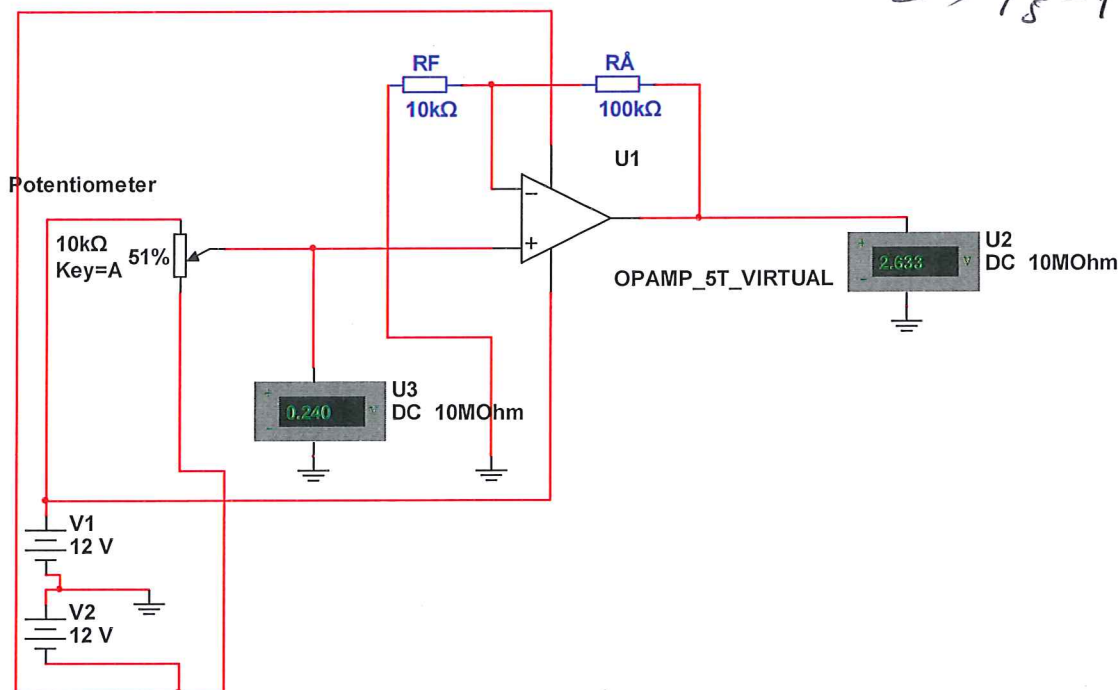
② $U_{ut} - R_A I - R_F I = 0$

$I = \frac{U_{ut}}{R_A + R_F}$

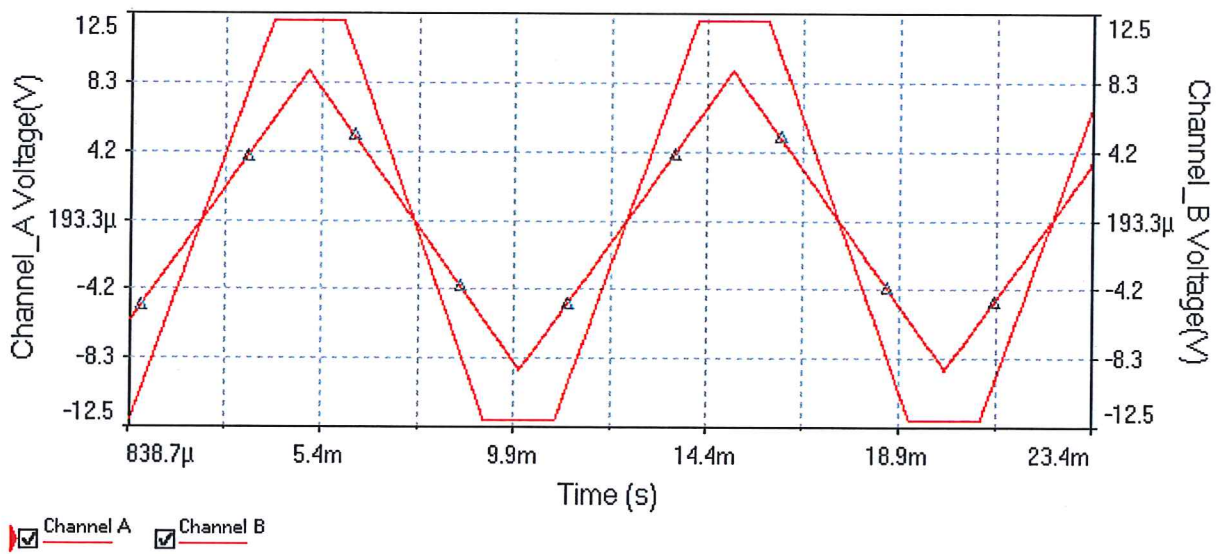
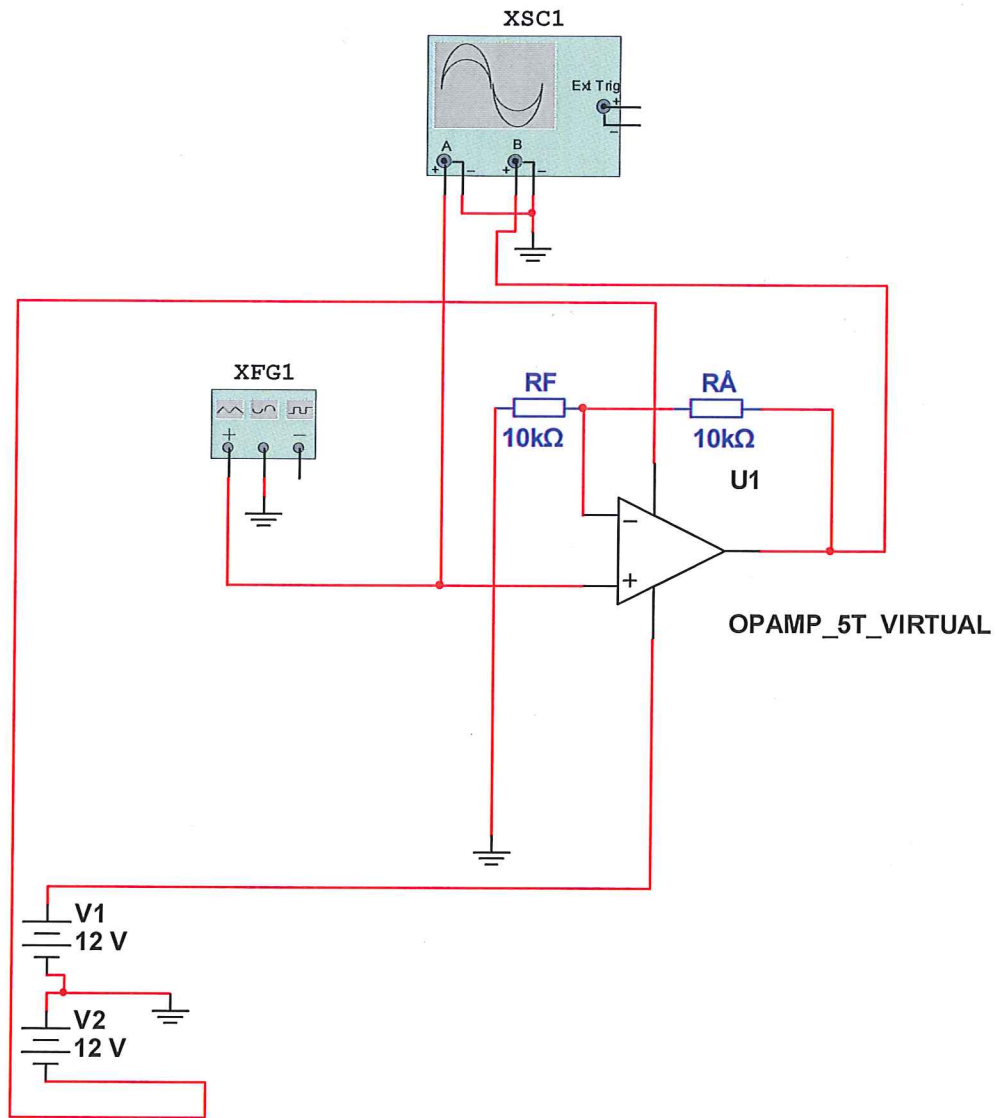
① = ② $\Rightarrow \frac{U_{in}}{R_F} = \frac{U_{ut}}{R_A + R_F}$

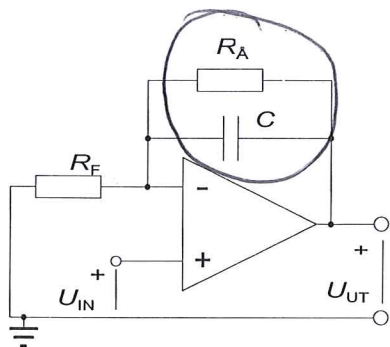
$\Rightarrow F_s = \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{R_A + R_F}{R_F} = 1 + \frac{R_A}{R_F}$ ex $R_A = 100k\Omega$
 $R_F = 10k\Omega$

$\Rightarrow F_s = 11$



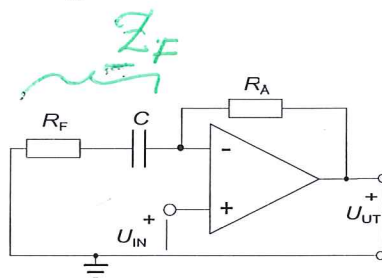
Signalförstärkning $F_s = \frac{2,633}{0,240} = 11$





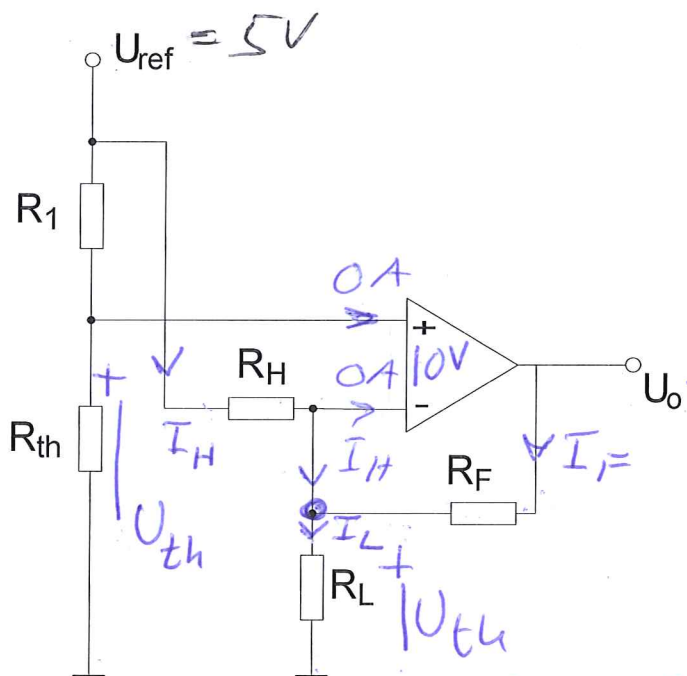
Figur 4.24 Lågpasfilterkoppling

$$F_s = \left(1 + \frac{Z_A}{R_F} \right)$$



Figur 4.22 Högpasfilterkoppling

$$F_s = \left(1 + \frac{R_A}{Z_F} \right)$$



$$I_H + I_F = I_L$$

$$\frac{U_{ref} - U_{th}}{R_{th}} = \frac{U_o - U_{th}}{R_F} = \frac{U_{th}}{R_L}$$

$$U_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_L} + \frac{R_F}{R_H} \right) U_{th} - \frac{R_F}{R_H} U_{ref}$$

Från föregående föreläsning

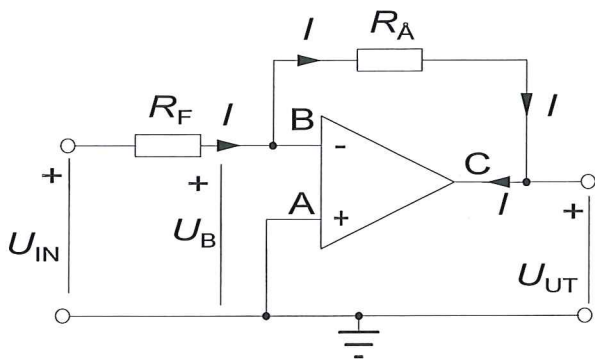
$-10^\circ C \rightarrow U_{th} = 4,07V$ ger $5V = F_s \cdot 4,07V - F_x \cdot 5V$

$+10^\circ C \rightarrow U_{th} = 3,23V$ ger $0V = F_s \cdot 3,23V - F_x \cdot 5V$

Ekv syst löser $F_s = 5,92$ $F_x = 3,82$

Välj $R_F = 10k\Omega \Rightarrow R_H = 2,6k\Omega$

$$5,92 = \left(1 + \frac{10k}{R_L} + \frac{10k}{2,6k} \right) \Rightarrow R_L = 9,1k$$



Figur 4.13 Inverterande koppling