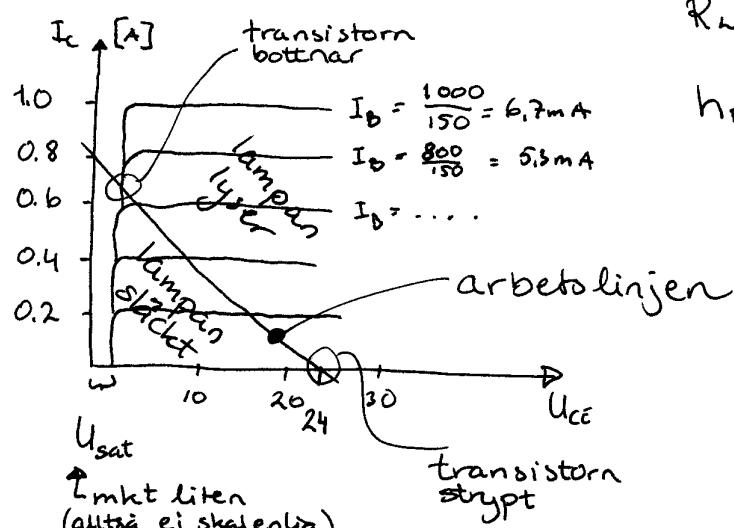
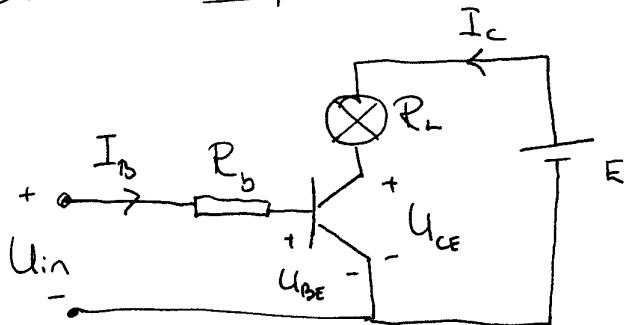


Ex 12

Söder: R

A:4:1



$$U_{in} = \begin{cases} 0V \text{ vid ljus} \\ 5V \text{ vid mörker} \end{cases}$$

$$I_{out\text{demp}} < 10mA \quad U_{BE} = 0.6V$$

$$E = 24V \quad U_{sat} \approx 0$$

$$R_L = \frac{24}{0.8} = 30\Omega \quad I_c = 1A$$

$$h_{FE} = 150 \quad I_c = h_{FE} \cdot I_B$$

$$\begin{aligned} (1) \quad -U_{in} + R_B I_B + U_{BE} &= 0 & (2) \quad \text{dållas:} \\ (2) \quad -E + R_L I_c + U_{ce} &= 0 & \text{arbetolinjensekvation} \end{aligned}$$

ur (2):

U_{sat} försummas:

$$\text{då } I_c = 0 \Rightarrow U_{ce} = E = 24V$$

$$\text{då } U_{ce} = 0 \Rightarrow I_c = \frac{E}{R_L} = 0.8A$$

Som switch används endast trä lägen på arbetolinjen:

• Transistorn strypt: $I_B = 0 \Rightarrow I_c = I_{c0} \approx 0$

• Transistorn bottnar: $I_B > \frac{E}{R_L} \Rightarrow U_{ce} = U_{sat} \approx 0$

Givna villkor:

Ljus: transistorn strypt, ty $U_{in} = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_c = 0$

Mörker: transistorn bottnar: $I_B > \frac{800mA}{150} = 5.33mA$

Vi väljer: $I_B > 6mA$ $I_B = I_{out\text{demp}} < 10mA$ (givet)

$$(1) \text{ ger: } R_B = \frac{U_{in} - U_{BE}}{I_B}$$

$$\text{då } I_B < 10mA \Rightarrow R_B = \frac{5 - 0.6}{0.01} = 440\Omega$$

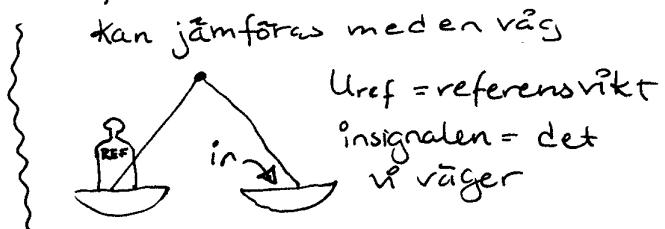
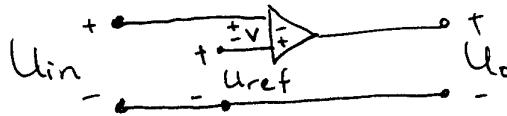
$$\text{då } I_B > 6mA \Rightarrow R_B = \frac{5 - 0.6}{0.006} = 733\Omega$$

Svar: $440\Omega < R_B < 733\Omega$

Djupkomparator utan återkoppling

compare \rightarrow jämföra
en djupkomparator jämför två spänningar

En OP-förstärkare utan yttre komponenter kan användas som en djupkomparator



Hos en ideal förstärkare:

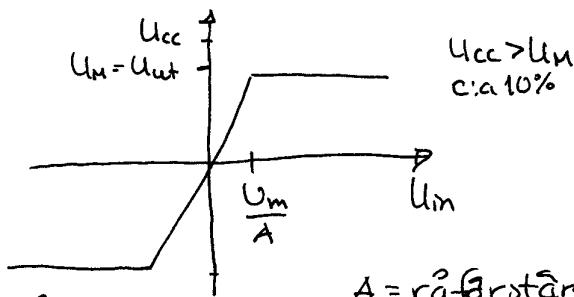
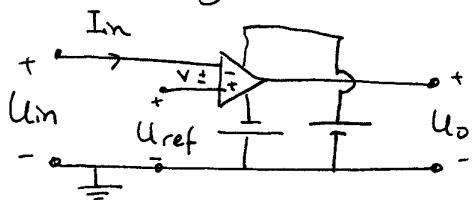
$$\begin{aligned} V < 0 &\Rightarrow U_o = V_m \quad [V_m = \text{mätningsspänning el. mätningsspänning}] \\ V > 0 &\Rightarrow \begin{cases} U_o = -V_m & \text{vid dubbelsidig mätning} \\ U_o = 0 & \text{vid enkelsidig mätning} \end{cases} \end{aligned}$$

$$-U_{in} + v + U_{ref} = 0$$

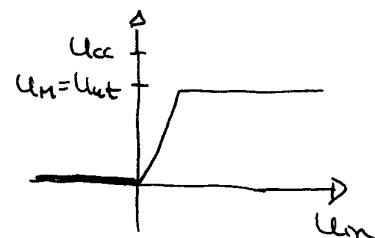
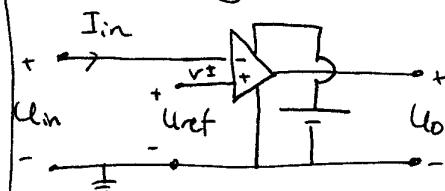
$$v = U_{in} - U_{ref}$$

$$\begin{aligned} V < 0 &\Rightarrow U_{in} < U_{ref} \Rightarrow U_o = V_m \\ V > 0 &\Rightarrow U_{in} > U_{ref} \Rightarrow U_o = -V_m \quad (\text{el. } = 0) \end{aligned}$$

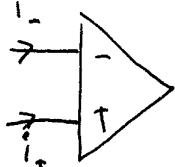
Dubbelsidigt matad djupkomparator:



Enkelsidigt matad djupkomparator:

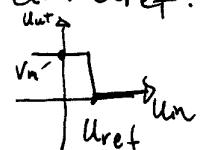
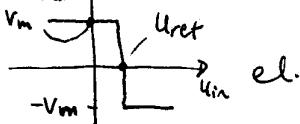


$A = \text{räförstärkningen} \rightarrow \infty$ dvs --- resp --



$I_{in-} \approx 0$ \uparrow vi antar ideal OP
 $I_{in+} \approx 0$ \uparrow

Utsignalen visar om U_{in} är större/mindre än U_{ref} . U_{ref} kan även vara negativ:



Återkopplad komparator

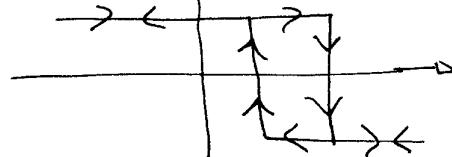
För att få ett stabilt system

Omslagspunkten är inte längre en punkt utan två, beroende på om signalen är ökande eller menstökande.

Endelsidigtmatac:



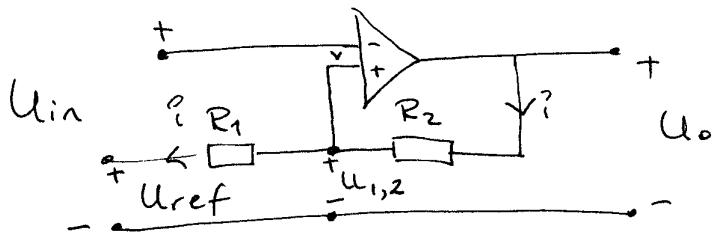
Dubbelsidigtmatac:



dallas hysterese

OBS!

Komparatorn återkopplas alltid till plus:



Återkopplad komparator dallas och osi
schmitttrigger el.
pulsformare

$$(1) -U_o + R_2 i + R_1 i + U_{ref} = 0$$

$$(2) -U_o + R_2 i + U = 0$$

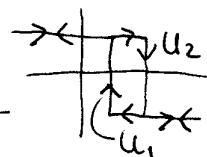
$$\text{ur (1): } i = (U_o - U_{ref}) / (R_1 + R_2)$$

$$\text{ur (2): } U = U_o - R_2 (U_o - U_{ref}) / (R_1 + R_2) = \frac{R_1 U_o + R_2 U_{ref}}{R_1 + R_2}$$

Vi får 2 olika fall:

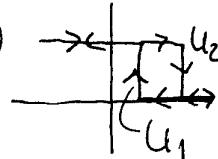
1) $V > 0$ gäller så länge $U_{in} > U = U_1$

$$\text{då är } U_o = -V_m \Rightarrow U_1 = \frac{(-R_1 V_m + R_2 U_{ref})}{R_1 + R_2}$$

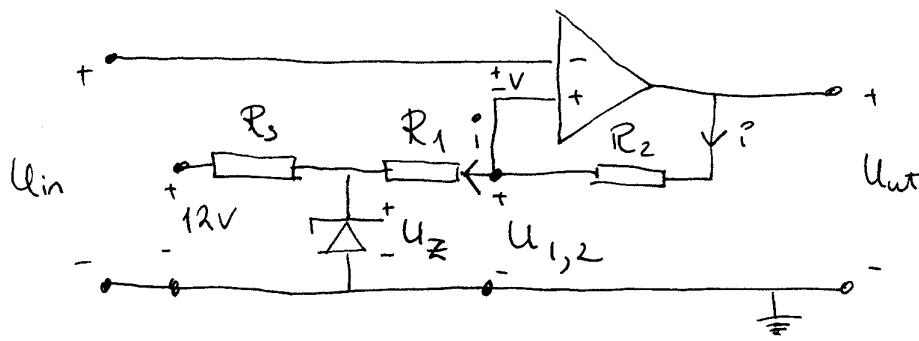


2) $V < 0$ gäller så länge $U_{in} < U = U_2$

$$\text{då är } U_o = V_m \Rightarrow U_2 = \frac{(R_1 V_m + R_2 U_{ref})}{R_1 + R_2}$$



För 10 Sötes! Diagram över utsignalen som funktion av insignalen A:4:4



$$U_Z = 5V$$

$$R_S = 1k\Omega$$

$$R_1 = 100k\Omega$$

$$R_2 = 200k\Omega$$

OP:n är enkelsidigt
mattad med 12V

$$V_m = 10V$$

Kommentar:

Vi har tillgång till 12V
men behöver bara 5V.
Det löser vi med R_S och
zenerdioden. Därför får
vi $U_Z = 5V$. Då behöver
vi inte gå med Kirchhoff
över R_S .

$$1) V > 0 \Rightarrow U_{out} = 0 \Rightarrow U = U_1$$

$$2) V < 0 \Rightarrow U_{out} = 10V \Rightarrow U = U_2$$

$$(1) -U_{in} + V + U_{1,2} = 0 \rightarrow V = U_{in} - U_{1,2}$$

$$(2) -U_{out} + R_2 i + R_1 i + U_Z = 0 \rightarrow i = \frac{U_{out} - U_Z}{R_1 + R_2}$$

$$(3) -U_Z - R_1 i + U_{1,2} = 0 \rightarrow U_{1,2} = U_Z + R_1 i$$

$$(2)+(3) \text{ ger: } U_{1,2} = U_Z + R_1 \left(\frac{U_{out} - U_Z}{R_1 + R_2} \right) = \cancel{\frac{R_1 U_Z + R_2 U_Z + R_1 U_{out} - R_1 U_Z}{R_1 + R_2}} = \\ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_Z + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{out}$$

$$\text{In sättning ger: } U_{1,2} = \frac{2}{3} \cdot 5 + \frac{1}{3} \cdot U_{out}$$

Fall 1

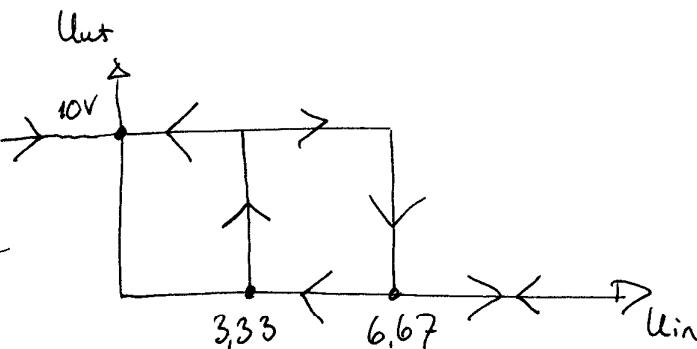
$$V > 0 \Rightarrow U_{in} - U_1 > 0 \Rightarrow U_{in} > U_1 \\ \text{och då är } U_{out} = 0$$

$$U_1 = \frac{2}{3} \cdot 5 + 0 = \underline{\underline{3,33V}}$$

Fall 2

$$V < 0 \Rightarrow U_{in} - U_2 < 0 \Rightarrow U_{in} < U_2 \\ \text{och då är } U_{out} = 10V$$

$$U_2 = \frac{2}{3} \cdot 5 + \frac{1}{3} \cdot 10 = \frac{20}{3} = \underline{\underline{6,67V}}$$



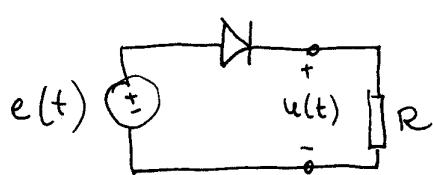
Svar

Ex 1

Söktes: $u(t)$

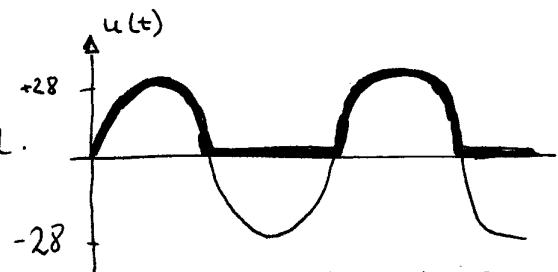
- likspänningskomponenten

(B: 4:1)



$$e(t) = 28 \sin \omega t$$

Dioden anses ideal.



Pulserande likspänning
på dioden

Def.

$$U_{medel} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\varphi) d\varphi$$

där $2\pi = \text{en period}$

där $\varphi = \omega t$

Här:

$$U_{lik.} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} 28 \sin \varphi d\varphi$$

$$= \frac{28}{2\pi} \left[-\cos \varphi \right]_0^{2\pi} = \frac{28}{2\pi} \cdot 2 = \frac{28}{\pi} = 8,91\dots$$

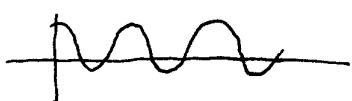
Svar: $U_{lik.} = 8,9V$

$$\int_0^{2\pi} \sin \varphi d\varphi = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \varphi d\varphi = -2 \left[\cos \varphi \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \\ = -2 \left(\cos \frac{\pi}{2} - \cos 0 \right) = -2(0 - 1) = 2$$

ex/



medelvärdet = 0

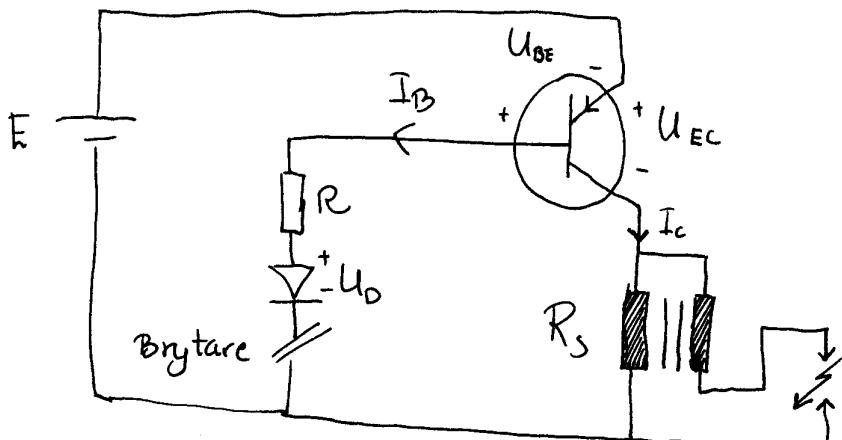


medelvärdet $\neq 0$
 \Rightarrow likspänningskomponent

Ex 9

Sötes: R

B:4:2



där: = tändspole
 = tändstift

$$E = 12V$$
$$R_s = 3,5 \Omega$$

$$U_D = 1V$$

$$h_{FE} = 40$$

$$U_{sat} = 0.2V$$

$$U_{BE} = -0.6V$$

$$h_{FE} = \frac{I_c}{I_B}$$

$$(1) -E - U_{BE} + R I_B + U_D = 0$$

Brytaren till.

$$(2) -E + U_{EC} + R_s I_c = 0$$

Transistorn ställ bottna.

$$I_B > \frac{I_c}{h_{FE}}$$

$$\text{ur (2): } I_c = \frac{E - U_{EC}}{R_s} = \frac{12 - 0,2}{3,5} = 3,37A$$

$$I_B > \frac{3,37}{40} = 0,0848A$$

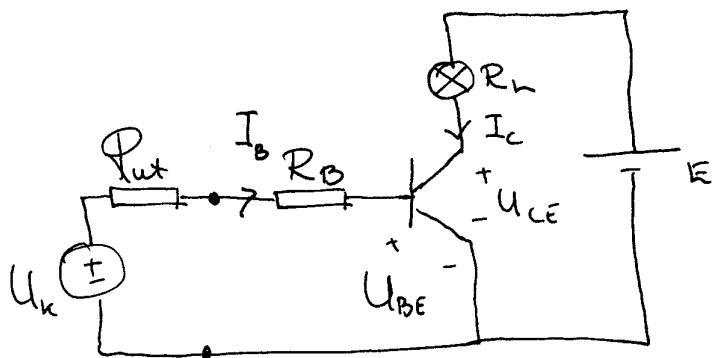
$$\text{ur (1)} \quad R = \frac{E + U_{BE} - U_D}{I_B}$$

$$R < \frac{12 - 0,6 - 1}{0,0848} = 123,4\Omega$$

Svar: $R < 123\Omega$

Utsignalen från en komparator är 8,2 resp. 0V. Dessa utresistans är $750\ \Omega$ och den kan ge högst 5mA. Komparatoren skall styra en transistorswitch. Den tändar och släcker en lampa som drar 0,4A vid den tillgängliga spänningen 24V.

Sätges: Rita droppnings schema
Beräkna R_B



$$E = 24V$$

$$U_{BE} = 0.6V$$

$$U_{sat} \approx 0$$

$$h_{FE} = 140$$

$$(1) -U_k + R_{out} I_B + R_B I_B + U_{BE} = 0$$

$$(2) -U_{CE} - R_L I_C + E = 0$$

$$\text{ur (2): } I_C = 0 \Rightarrow U_{CE} = E = 24V$$

$$U_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{E}{R_L} = 0.4A$$

Som switch används två lägen på arbetslinjen:

• Transistor strypt: $I_B = 0 \Rightarrow I_C = I_{C0} \approx 0$

• Transistor bottnar: $I_B > \frac{E}{R_L} \Rightarrow U_{CE} = U_{sat} \approx 0$

Om $I_B = \frac{E}{R_L} \Rightarrow U_{CE} > U_{sat} \Rightarrow U_{CE} \neq 0 \Rightarrow$ inte bra: ligger då på arbetslinjen, dvs. tillförligt instabil.

$U_k = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0 \cong$ Transistor strypt

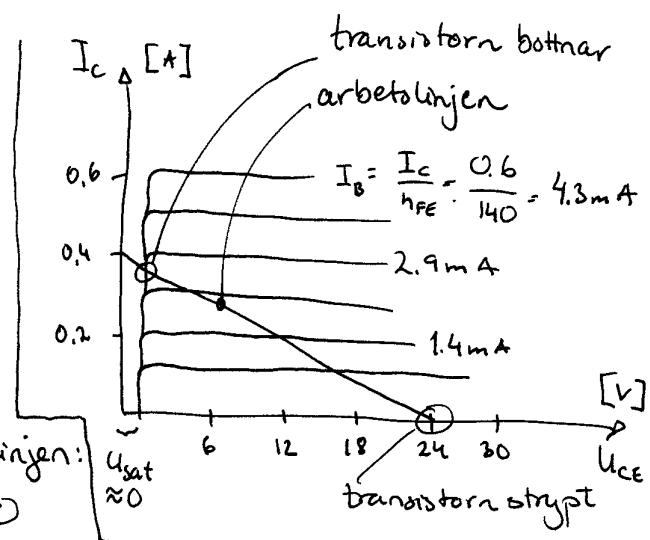
Transistor skall bottna: $\Rightarrow U_{CE} = U_{sat} \approx 0$

$$I_C = 0.4A \quad (\text{givet})$$

$$I_B > \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{400}{140} = 2.86mA$$

$$I_{komp.} = I_B \Rightarrow I_{Bmax} = 5mA \quad (\text{givet})$$

$$\text{ur (1)} \quad R_B = \frac{U_k - U_{BE}}{I_B} - R_{out}$$



$$R_B < \frac{8.2 - 0.6}{0.00286} - 750 = 1910\ \Omega$$

$$R_B > \frac{8.2 - 0.6}{0.005} - 750 = 770\ \Omega$$

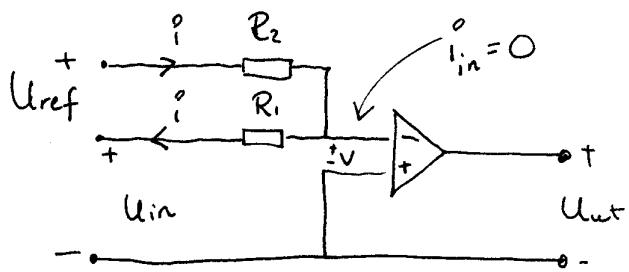
dvs: $770 < R_B < 1910$

välj tex. $R_B = 1200\ \Omega$

Svar: $R_B = 1200\ \Omega$

Fn 14

Sökes: Utsignalen som funktion av insignal och referensspänning (B:4:4)



OP:n dubbelsidigtmatad, $\pm 15V$
 $V_m = 13V$

1) $v > 0 \Rightarrow U_{out} = -V_m = -13V$

2) $v < 0 \Rightarrow U_{out} = +V_m = 13V$

(1) $-U_{ref} + R_2 i + R_1 i + U_{in} = 0$

(2) $-U_{ref} + R_2 i + v = 0$

ur (1): $i = \frac{U_{ref} - U_{in}}{R_1 + R_2}$

ur (2): $v = U_{ref} - R_2 i$

(1)+(2): $v = \left(\frac{R_1 U_{ref} + R_2 U_{ref}}{R_1 + R_2} \right) - \left(\frac{R_2 U_{ref} - R_2 U_{in}}{R_1 + R_2} \right)$

$$= \frac{1}{R_1 + R_2} \left(R_1 U_{ref} + R_2 U_{in} \right)$$

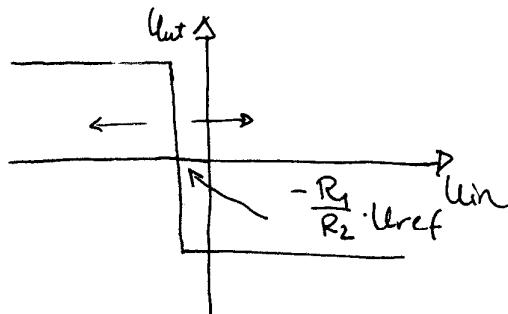
ärstid större
än noll alltså bestämmer
detta v

1) $v > 0 \Rightarrow R_1 U_{ref} + R_2 U_{in} > 0$

Svar(1): $U_{in} > -\frac{R_1}{R_2} \cdot U_{ref} \Rightarrow U_{out} = -13V$

2) $v < 0 \Rightarrow R_1 U_{ref} + R_2 U_{in} < 0$

Svar(2): $U_{in} < -\frac{R_1}{R_2} \cdot U_{ref} \Rightarrow U_{out} = 13V$

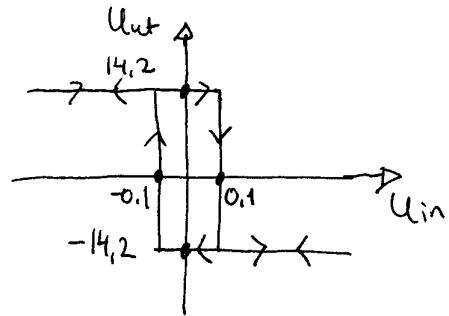
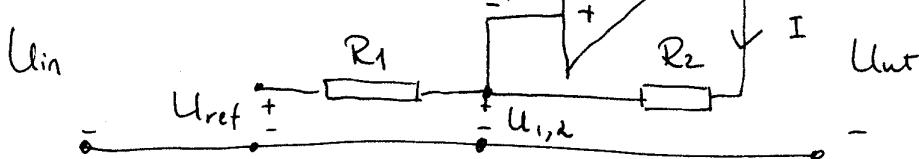


Mha R_1 och R_2 kan
vi få om dagpunkten
där vi önsttar.

Ex 13 Sökes: Rita schema, bestäm komponenterna för en komparator som detekterar polariteten på en analog signal.

Hysteresbandbredd $\pm 100\text{mV}$ (dvs $U_1 = -0,1\text{V}$, $U_2 = 0,1\text{V}$)

OP:n max utspänning $\pm 14,2\text{V}$



$$(1) -U_{in} + v + U_{1,2} = 0 \rightarrow v = U_{in} - U_{1,2}$$

$$(2) -U_{out} + R_2 I + R_1 I + U_{ref} = 0 \rightarrow I = \frac{U_{out} - U_{ref}}{R_1 + R_2}$$

$$(3) -U_{ref} - R_1 I + U_{1,2} = 0 \rightarrow U_{1,2} = U_{ref} + R_1 I$$

$$(2) + (3): U_{1,2} = U_{ref} + R_1 \frac{(U_{out} - U_{ref})}{R_1 + R_2} = \cancel{R_1 U_{ref}} + R_2 U_{ref} + R_1 U_{out} - \cancel{R_1 U_{ref}}$$

$$U_{1,2} = \frac{R_2 U_{ref} + R_1 U_{out}}{R_1 + R_2}$$

Fall 1

$$v > 0 \Rightarrow U_{out} = -14,2 \text{ (givet)} \text{ och } U_1 = -0,1\text{V} \text{ (givet)}$$

$$U_1 = \frac{R_2 U_{ref} - 14,2 R_1}{R_1 + R_2} = -0,1$$

$$14,2 R_1 - R_2 U_{ref} = 0,1 (R_1 + R_2)$$

OBS!
Multipera båda sidor
med -1

Fall 2

$$v < 0 \Rightarrow U_{out} = 14,2 \text{ (givet)} \text{ och } U_2 = 0,1\text{V} \text{ (givet)}$$

$$U_2 = \frac{R_2 U_{ref} + 14,2 R_1}{R_1 + R_2} = 0,1$$

$$14,2 R_1 + R_2 U_{ref} = 0,1 (R_1 + R_2)$$



$$14,2 R_1 + R_2 U_{ref} = 0,1 (R_1 + R_2)$$

$$14,2 R_1 - R_2 U_{ref} = 0,1 (R_1 + R_2)$$

$$14,2 R_1 = R_1 + R_2 \Rightarrow 14,1 R_1 = R_2$$

då kan endast gälla

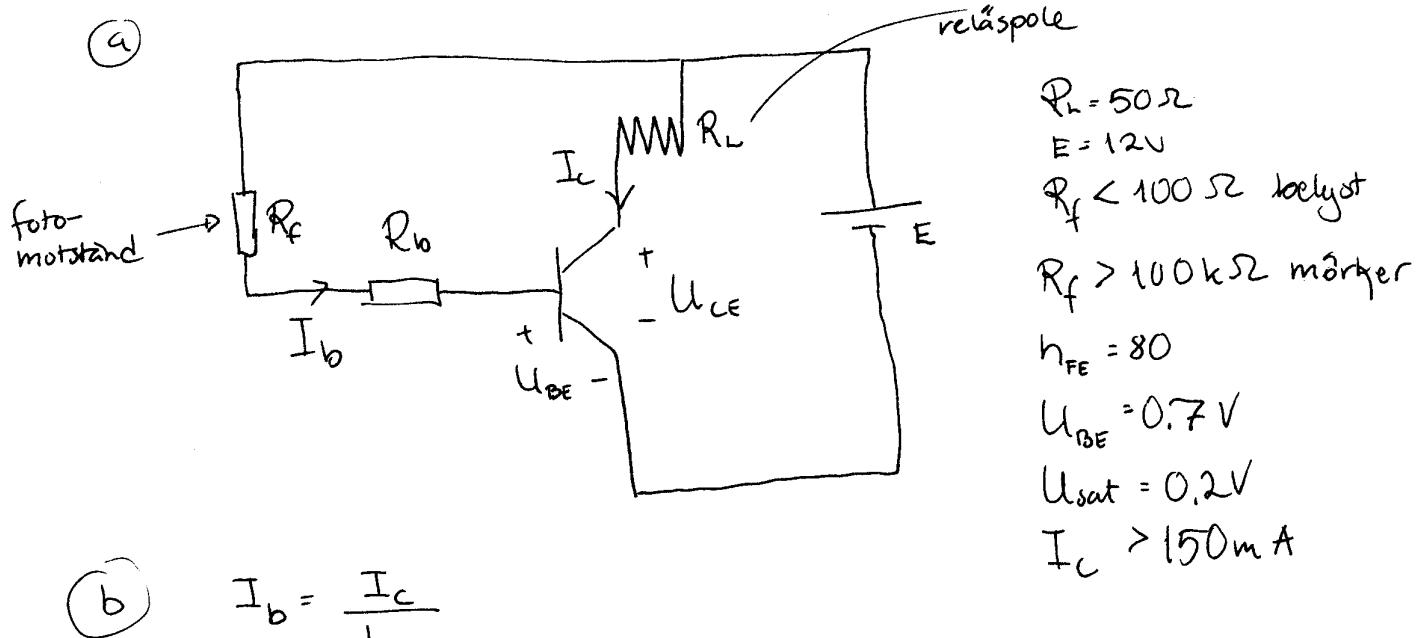
då $U_{ref} = 0$

Svar: $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 141k\Omega$

En 8

Lite hjälp till hemuppgiften

Extra 4:1



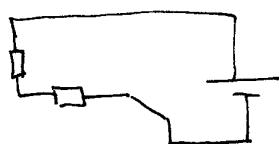
(b) $I_b = \frac{I_c}{h_{FE}}$

Gå med Kirchoff

(1)



(2)

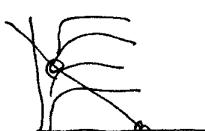


ur arbetslinjens ekvation [1]

$$I_c = \frac{E}{R_L} \quad \text{då } U_{CE} = 0$$

$$U_{CE} = E \quad \text{då } I_c = 0$$

skissa:



Lös R_b (2 fall) ur (2) (2 olika värden på I_b)

(c) $P_{förluster}$ vid ljus och vid mörker = 4 svar

$$P = U \cdot I$$