Fachprüfung

Schaltungen & Systeme

27. Februar 2007

Prüfer: Prof. Dr. P. Pogatzki

Bearbeitungszeit: 2 Stunden

Name: MuLö
Matr.-Nr.:.....
Unterschrift:.....

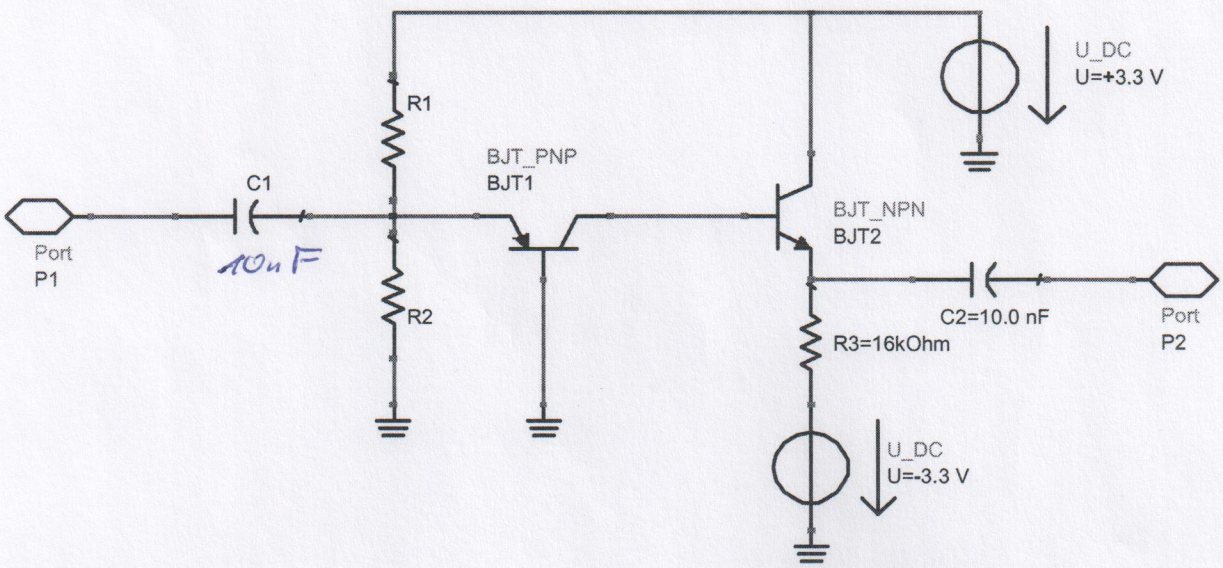
Punkte								
Aufgabe	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	Summe
1.								
2.								
3.								
						Punkte gesamt		
						Note		

Note: ECTS: 1. Prüfer 2. Prüfer

Eingesehen am: Unterschrift:

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Gegeben ist die folgende Schaltung. Die verwendeten Transistoren sind bzgl. ihrer Eigenschaften identisch. Der Sättigungsstrom I_S der Transistoren beträgt $I_S=10^{-16}$ A. Ferner gilt:
$B=\beta=100=B+1$, Early-Spannung $U_A\rightarrow\infty$
$I_C=I_S*\exp(U_{BE}/U_T)$



Aufgabe 1.1 (4 Punkte)

Bestimmen Sie die Widerstände R1 und R2 so, daß durch den Transistor BJT1 ein Kollektorstrom von 1µA fließt. Dabei soll der Strom durch R1 dem 11fachen Basisstrom von BJT1 entsprechen!

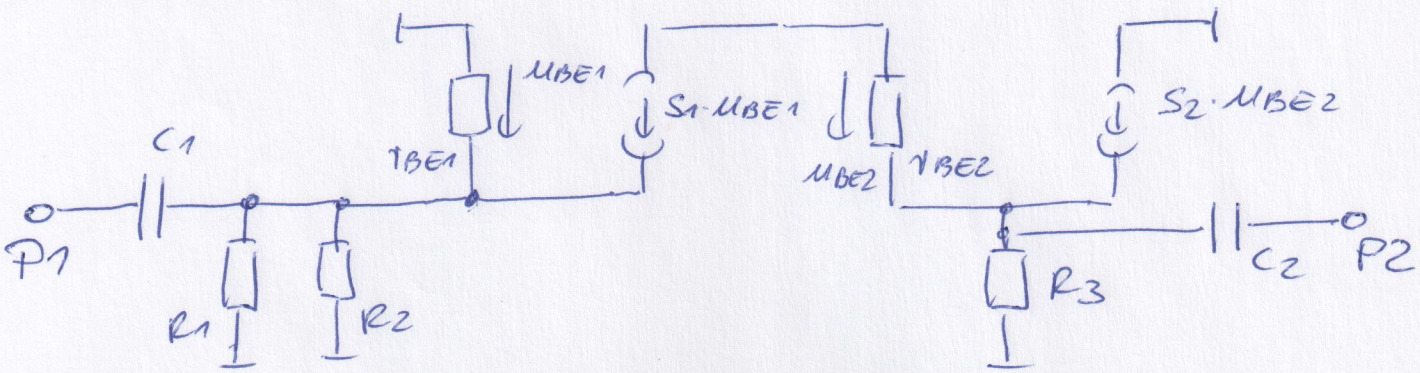
$$U_{BE} = U_T \cdot \ln \frac{I_C}{I_S} = 25mV \cdot \ln \frac{10^{-6}A}{10^{-16}A} = 0{,}5756\,V$$

$$R_2 = \frac{U_{BE}}{10 \cdot I_B} = \frac{0{,}5756\,V}{10 \cdot 10nA} = 5{,}176\,M\Omega$$

$$R_1 = \frac{U_b - U_{BE}}{11 \cdot I_B} = \frac{3{,}3V - 0{,}5756\,V}{11 \cdot 10nA} = 24{,}77\,M\Omega$$

Aufgabe 1.2 (4 Punkte)

Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild der Anordnung, wenn parasitäre Kapazitäten der Transistoren vernachlässigt werden können.
Geben Sie **zahlenmäßig** die Ersatzbildelemente der Transistoren an! (Beachten Sie die Arbeitspunkte)



$S_1 = 40\mu S$ $\quad S_2 = 4000\mu S = 4mS$

$r_{BE1} = 2.5M\Omega$ $\quad r_{BE2} = 25k\Omega$

Aufgabe 1.3 (8 Punkte)

Berechnen Sie die Admittanz-Matrix der Anordnung (**Zahlenwerte**). Verwenden Sie sinnvolle Näherungen für eine Betriebfrequenz von 900MHz!

C_1, C_2 bei 900MHz $\Rightarrow$ Kurzschluß

$Y_{11} = \left.\frac{i_1}{u_1}\right|_{u_2=0}$; $i_1 = u_1 (G_1 + G_2 + g_{BE1}) - i_{C1}$

$u_{BE1} = -u_1$ $\quad i_{C1} = u_{BE1} \cdot S_1 = -u_1 \cdot S_1$

$\Rightarrow$ $\quad i_1 = u_1 (G_1 + G_2 + g_{BE1} + S_1)$

$i_1 \approx S_1 \cdot u_1$

$\Rightarrow$ $\quad \underline{Y_{11} = S_1}$

$$Y_{21} = \frac{i_2}{u_1}\Big|_{u_2=0}$$

$$i_2 = -i_{B2} - i_{C2} \approx -i_{C2} = -S_2 \cdot u_{BE2}$$

$$u_{BE2} = -S_1 \cdot u_{BE1} \cdot v_{BE2} = S_1 \cdot v_{BE2} \cdot u_1$$

$$\Rightarrow i_2 = -S_2 \cdot S_1 \cdot v_{BE2} \cdot u_1 = -S_1 \beta \cdot u_1$$

$$\Rightarrow \underline{Y_{21} = -S_1 \cdot \beta}$$

$Y_{12} = 0$ wegen $u_{BE1} = -u_1 = 0$

$Y_{22} = G_3$ " "

$$(Y) = \begin{pmatrix} S_1 & 0 \\ -S_1 \beta & G_3 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 1.4 (4 Punkte)

Bestimmen Sie die Spannungsverstärkung bei der Betriebsfrequenz 900MHz, wenn an Port2 ein Leerlauf angeschlossen wird!

Leerlauf: $i_2 = 0$

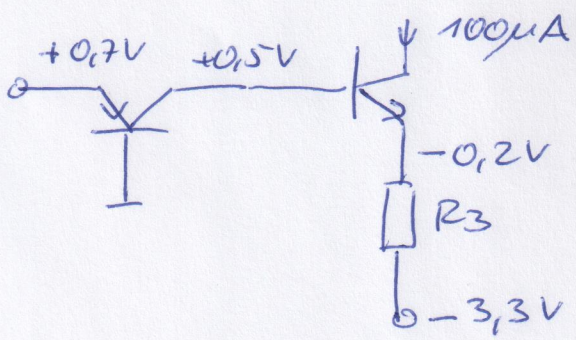
$\Rightarrow$ 2. Zeile von (Y):

$$u_1 \cdot S_1 \cdot \beta = u_2 \cdot G_3$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{S_1 \cdot \beta}{G_3} = S_1 \cdot \beta \cdot R_3 = \underline{\underline{64}}$$

Aufgabe 1.5 (5 Punkte)

Wie groß darf der Widerstand R3 maximal werden, ohne daß Transistoren in die Sättigung geraten (U_{cesat}=0,2V)?

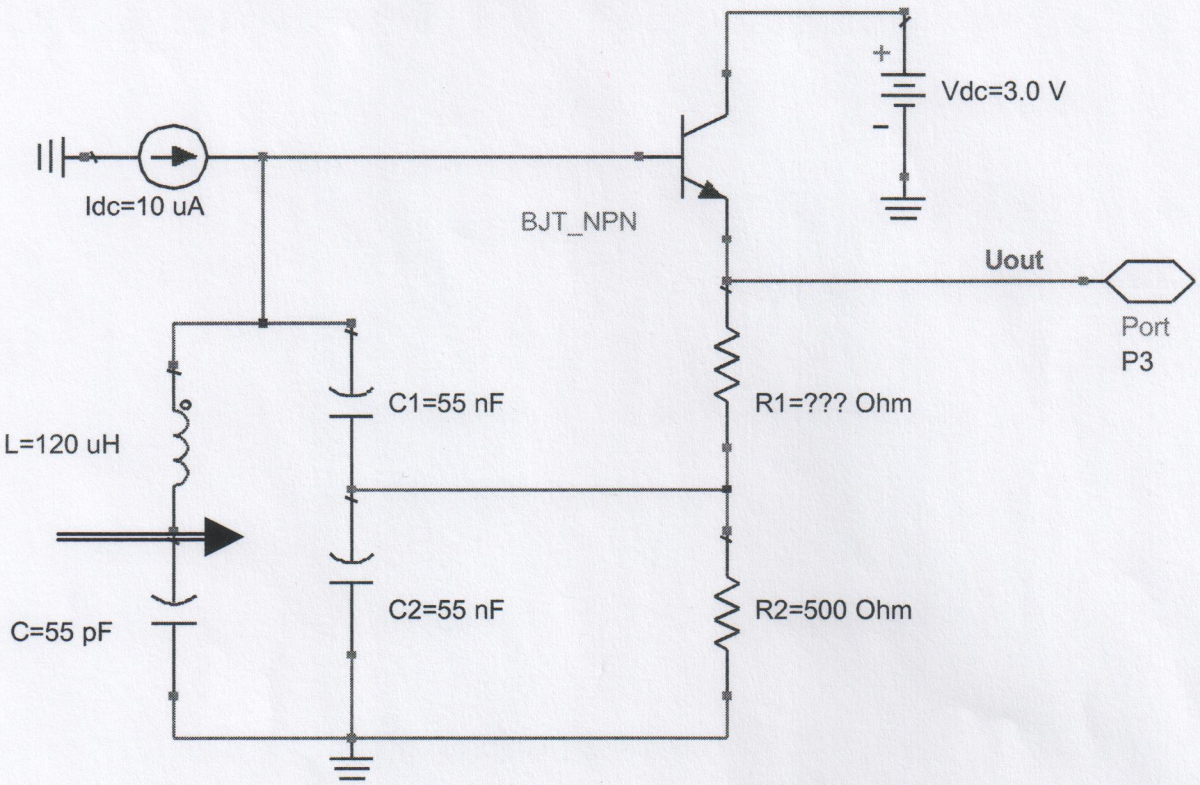


$$R_{3max} = \frac{-0{,}2\,V - (-3{,}3\,V)}{100\,\mu A}$$

$$= \underline{\underline{31\,k\Omega}}$$

Aufgabe 2 (25 Punkte)

Gegeben ist die folgende Oszillator-Schaltung. Der Sättigungsstrom I_S des Transistors beträgt $I_S=10^{-16}$ A. Ferner gilt:
$B=\beta=100=B+1$, Early-Spannung $U_A\rightarrow\infty$, $I_C=I_S*\exp(U_{BE}/U_T)$
Der Oszillator soll dimensioniert und die Funktion überprüft werden.



Aufgabe 2.1 (6 Punkte)

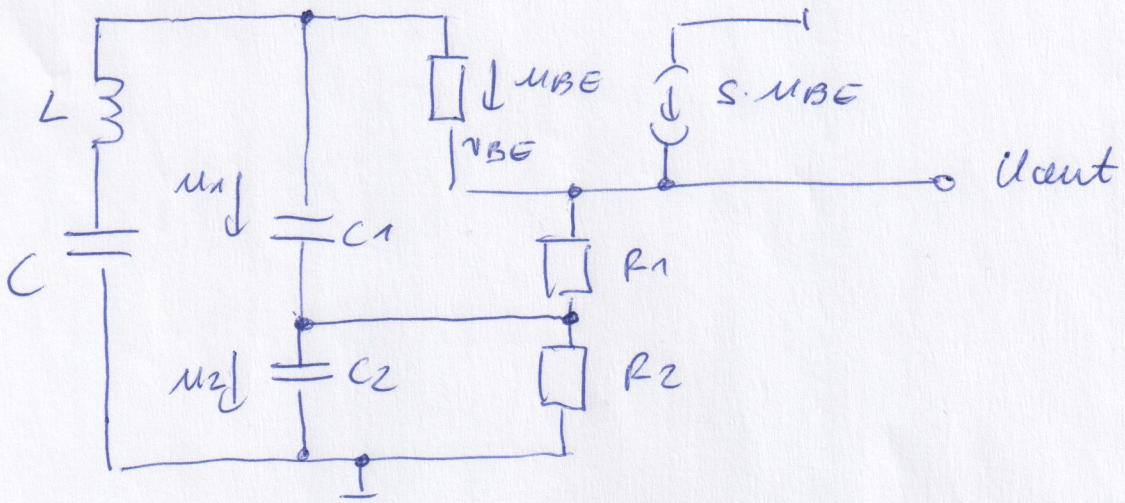
Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild der Anordnung, wenn parasitäre Kapazitäten des Transistors vernachlässigt werden können.
Welche Elemente bestimmen **im wesentlichen** die Betriebsfrequenz des Oszillators? (Begründung)
Geben Sie **zahlenmäßig** die Ersatzbildelemente des Transistors an!

Schwingkreis aus L, C, C1, C2 ! Da C1, C2 >> C bestimmen im wesentlichen C und L die Frequenz

mit $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 1{,}959\,MHz$

$I_B = 10\mu A \Rightarrow I_C = 1mA \Rightarrow S = 40mS$

$r_{BE} = 2500\,\Omega$



Aufgabe 2.2 (8 Punkte)

Berechnen Sie den komplexen Widerstand, den die Reihenschaltung aus Spule „L“ und Kondensator „C“ „sieht“. **Vereinfachen** Sie Ihre Rechnung, in dem Sie die Näherung $S \cdot R_1 \gg 1$ verwenden!

Schwingkreis aus L und C ist weg!

Stromsumme: $\beta \gg 1$

$$(j\omega C_2 + G_2)\, u_2 = j\omega C_1 \cdot u_1 + (S + g_{BE}) \cdot u_{BE}$$

Umlauf:

$$u_1 = u_{BE} + (u_{BE} g_{BE} + u_{BE} \cdot S) R_1$$

$$= u_{BE} (1 + S \cdot R_1)$$

$$u_1 \approx u_{BE} \cdot S \cdot R_1 \quad \text{(Aufgabenstellung)}$$

$$\Rightarrow (j\omega C_2 + G_2) \cdot u_2 = j\omega C_1 u_1 + \frac{S \cdot u_1}{S \cdot R_1}$$

$$= u_1 (G_1 + j\omega C_1)$$

Teilsignal:

$$u_{ein} = u_1 + u_2$$

$$u_2 = \frac{G_1 + j\omega C_1}{G_2 + j\omega C_2} \cdot u_1$$

$$\Rightarrow u_1 + \frac{G_1 + j\omega C_1}{G_2 + j\omega C_2} u_1 = u_{ein} \quad ; \; C_1 = C_2$$

$$\Rightarrow \quad u_{ein} = \frac{G_1 + G_2 + 2j\omega C_1}{G_2 + j\omega C_1} \cdot u_1$$

$$\| \; u_1 = \frac{G_2 + j\omega C_1}{G_1 + G_2 + 2j\omega C_1} \cdot u_{ein} \; \|$$

$$u_{BE} = \frac{u_1}{R_1 \cdot S} = \frac{1}{S \cdot R_1} \frac{G_2 + j\omega C_1}{G_1 + G_2 + 2j\omega C_1} \cdot u_{ein}$$

$$i_{ein} = j\omega C_1 \cdot u_1 + g_{BE} \cdot u_{BE}$$

$$= \frac{G_2 + j\omega C_1}{G_1 + G_2 + 2j\omega C_1} \left(j\omega C_1 + \frac{G_1}{\beta} \right) \cdot u_{ein}$$

$\frac{G_1}{\beta} \ll \omega C_1$

$$\Rightarrow \quad \| \; z_{ein} = \frac{G_1 + G_2 + 2j\omega C_1}{-\omega^2 C_1^2 + j\omega C_1 G_2} \; \|$$

$$= \frac{(G_1 + G_2 + 2j\omega C_1)(-\omega^2 C_1^2 - j\omega C_1 G_2)}{\omega^4 C_1^4 + \omega^2 C_1^2 G_2^2}$$

$$= \frac{-\omega^2 C_1^2 (G_1 + G_2) - j\omega C_1 \underbrace{\left(G_2 (G_1 + G_2) + 2\omega^2 C_1^2 \right)}_{\parallel}}{}$$

$$+ \underbrace{2\omega^2 C_1^2 G_2}_{\parallel}$$

$\Rightarrow$ Realteil:

$$R_{ein} = \frac{\omega^2 C_1^2 (G_2 - G_1)}{\omega^4 C_1^4 + \omega^2 C_1^2 G_2^2} = \frac{G_2 - G_1}{\omega^2 C_1^2 + G_2^2}$$

Imaginärteil:

$$X_{ein} = - \frac{\omega C_1 \left(G_2 (G_1 + G_2) + 2\omega^2 C_1^2 \right)}{\omega^4 C_1^4 + \omega^2 C_1^2 G_2^2}$$

$$X_{ein} = - \frac{G_2 (G_1 + G_2) + 2\omega^2 C_1^2}{\omega^3 C_1^3 + \omega C_1 G_2^2}$$

Aufgabe 2.3 (6 Punkte)

Könnte der Oszillator bei der vorgesehenen Betriebsfrequenz prinzipiell anschwingen? (Begründung)
Welches Verhältnis muß dann für R1/R2 gelten?

Ja, falls $Re\{z_i\} < 0$

$\Rightarrow G_2 - G_1 < 0$

$G_2 < G_1$

$R_2 > R_1$

Aufgabe 2.4 (5 Punkte)

Schätzen Sie mit Begründung die maximal mögliche Ausgangsspannung Uout ab!

Grenze: $R_1 = R_2 = 500\,\Omega$

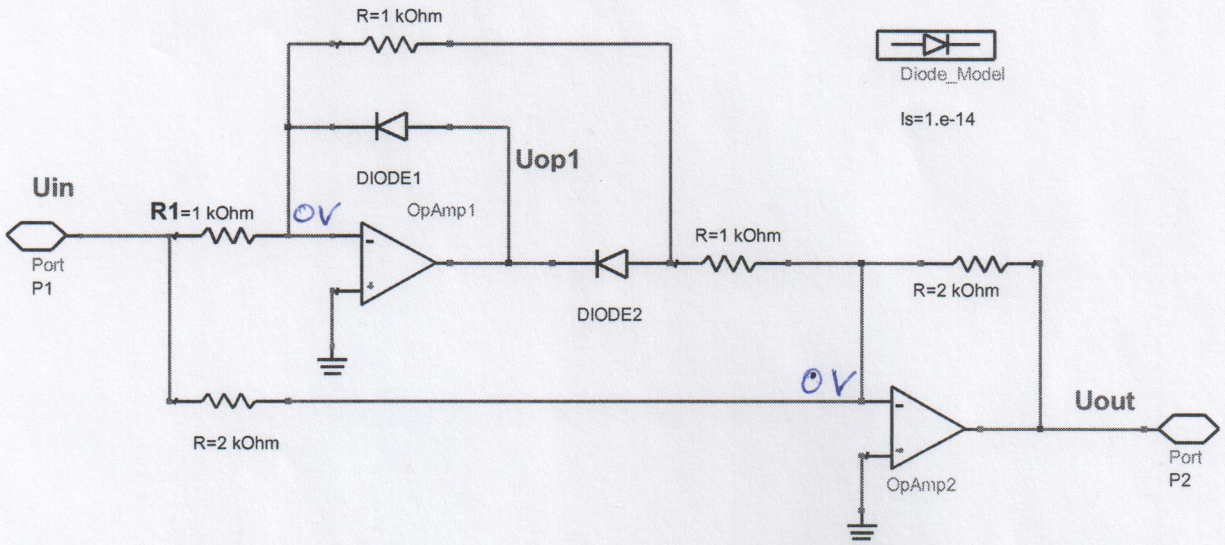
$\Rightarrow$ Im Arbeitspunkt $1\,mA \cdot 1k\Omega = 1V$ Gleichsp. für Uout

$\Rightarrow$ $U_{out\,AC}$ kann nicht unter 0V sinken

$\Rightarrow$ ca. 1V Amplitude für Uout!

Aufgabe 3 (20 Punkte)

Gegeben ist die nachfolgende OP-Schaltung mit Dioden. **Sowohl OPs als auch Dioden sind ideal!**
Es gilt: $I_{D1,2}=I_S*\exp(U_{D1,2}/U_T)$
Eventuell fließende Dioden-Sperrströme sollen vernachlässigt werden!



Es soll die Funktion der Schaltung untersucht werden.

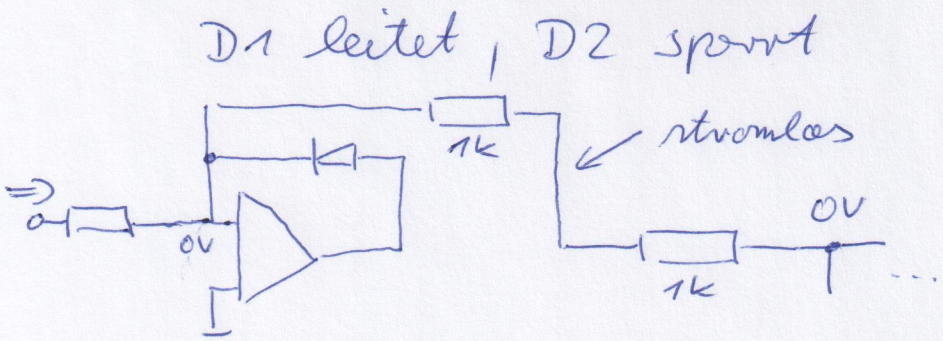
Aufgabe 3.1 (1 Punkt)

Wie muß $U_{in}=U_{in0}$ gewählt werden, damit der Widerstand R_1 stromlos ist?

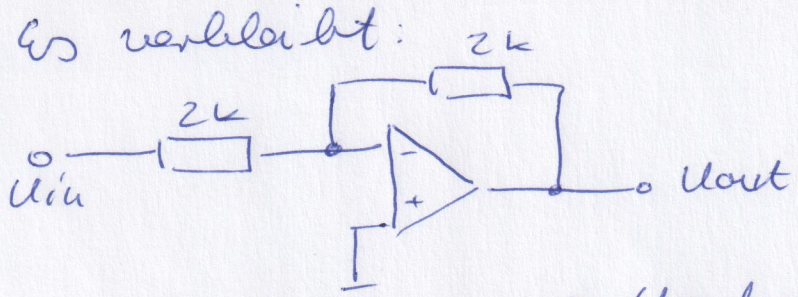
$U_{in0} = 0V$

Aufgabe 3.2 (5 Punkte)

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung Uout für $U_{in}<U_{in0}$!



Es verbleibt:

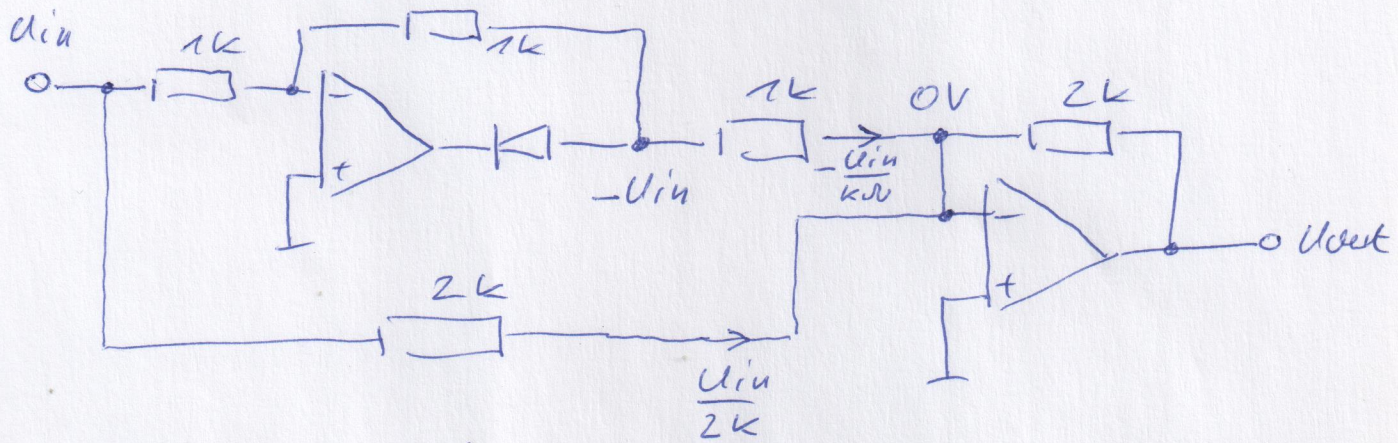


$\Rightarrow U_{out} = -U_{in}$

Aufgabe 3.3 (6 Punkte)

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung Uout für $U_{in} > U_{in0}$!

D1 sperrt / D2 leitet



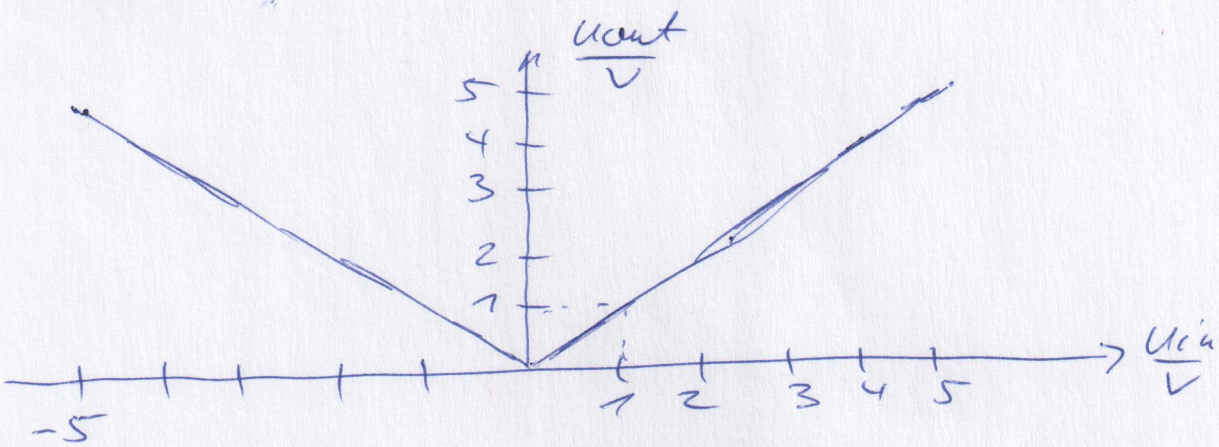
$$\Rightarrow \left(\frac{U_{in}}{2k} - \frac{U_{in}}{1k}\right) \cdot 2k\Omega + U_{out} = 0$$

$$U_{out} = 2 \cdot U_{in} - U_{in}$$

$$U_{out} = U_{in}$$

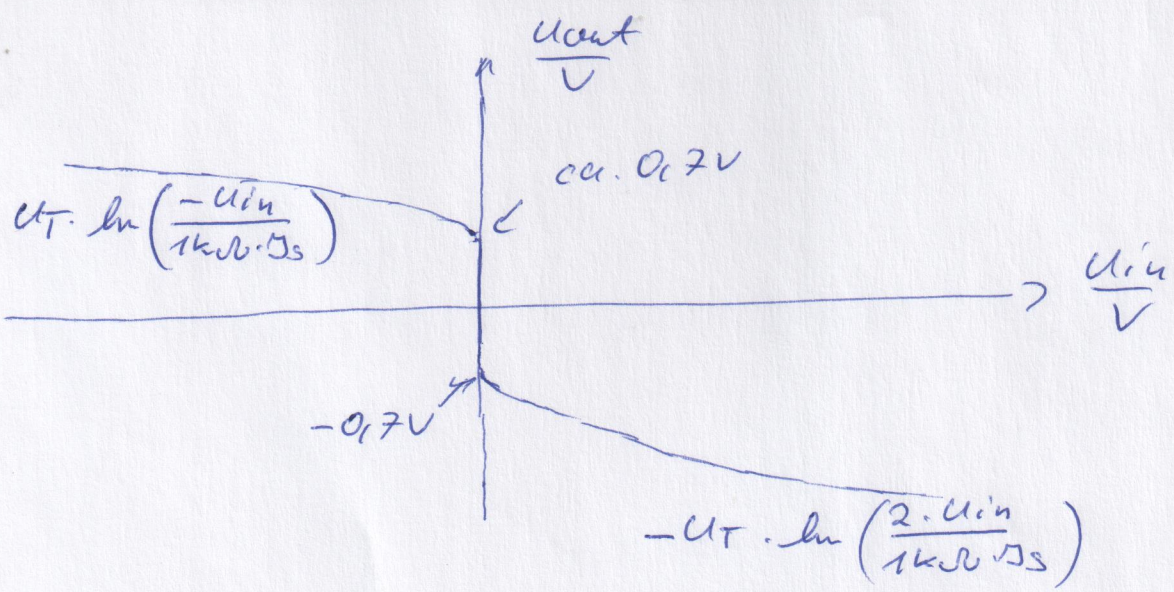
Aufgabe 3.4 (4 Punkte)

Skizzieren Sie U_{out} als Funktion von U_{in} unter Angabe charakteristischer Werte für –5V<Uin<+5V!



Aufgabe 3.5 (4 Punkte)

Skizzieren Sie **qualitativ** den Verlauf der Ausgangsspannung Uop1 **des ersten Ops** als Funktion der Eingangsspannung unter Angabe charakteristischer Werte!



$1k\Omega \cdot I_S = 10pV$