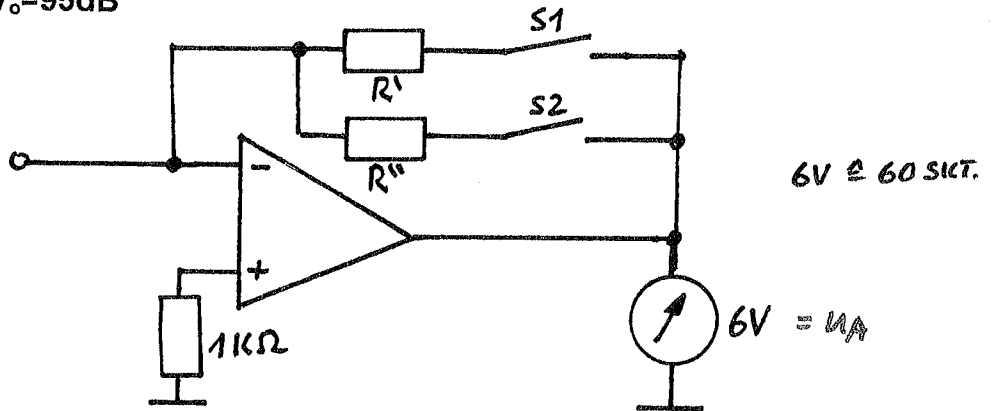


11 Operationsverstärker

11.1 Aufgabe 1

Mit einem Operationsverstärker (OV) und einem Spannungsmeßgerät (Meßbereich 6V) soll eine Schaltung zur Strommessung aufgebaut werden. **Daten des OV:**
 $R_E = 500k\Omega$; $V_o = 95dB$



- a) Ermitteln Sie die Widerstände R' und R'' für die Meßbereiche 0-0,5mA und 0-5mA!
- b) Bestimmen Sie die Stromeichung des verwendeten Spannungsmessers!
- c) Berechnen Sie die Eingangswiderstände der Schaltung in beiden Bereichen!

$$\frac{V}{dB} = 20 \log V$$

$$V_o = 10^{\frac{95}{20}} = 56234,132$$

$$U_A = 6V \quad U_D = \frac{U_A}{V_o}$$

$$U_D = 107 \mu V$$

$$I_D = \frac{U_D}{R_E} = \frac{107 \mu V}{500k\Omega}$$

$$I_D = 21,4 \mu A \quad \checkmark$$

$$R_{eing} = \frac{U_E}{I_E}$$

$$R_{eing} = \left\{ \begin{matrix} 0,21\Omega \\ 21,4m\Omega \end{matrix} \right\}$$

$$U_E = U_D + R_1 \cdot I_D$$

$$U_E = 21,4 \mu V + 107 \mu V = 107,0214 \mu V$$

LÖSUNG ZU AUFGABE 11.1 :

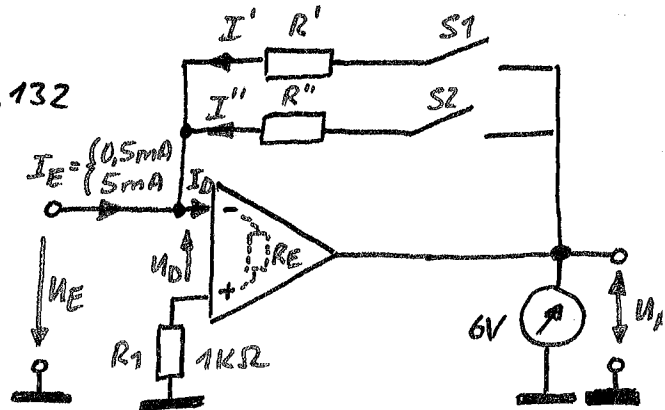
$$\frac{V}{dB} = 20 \lg V \Rightarrow V_D = 10^{\frac{95}{20}} = 56234,132$$

LEERLAUFVERSTÄRKUNG

$$U_D = \frac{U_A}{V_D} = \frac{6V}{56234,132} = 107 \mu V$$

$$I_D = \frac{U_D}{R_E} = \frac{107 \mu V}{0,5 M\Omega} = 21,4 pA$$

$$U_E = U_D + R_1 \cdot I_D = 21,4 pA \cdot 1K\Omega + 107 \mu V = 21,4 nV + 107 \mu V = \underline{\underline{107,0214 \mu V}} \quad \textcircled{1}$$



zu a) $U_A = (I' \cdot R') - U_D$ ← VERNACHLÄSSIGBAR (SIEHE INVERTIERER)

VIRTUELLER KNOTEN : $I_1 + I_2 + I_D = 0 \Rightarrow I_1 = -I_2$

$$R' = \frac{U_A}{I'} = \frac{6V}{0,5mA} = \underline{\underline{12K\Omega}}$$

$$R'' = \frac{U_A}{I''} = \frac{6V}{5mA} = \underline{\underline{1,2K\Omega}}$$

$$I_E = -I' \\ I_E = -I''$$

zu b) $I' + I'' = I_{V_{MAX}} \Rightarrow I_{V_{MAX}} = 5,5mA$

ANNAHME : $6V \hat{=} 60 SKT \hat{=} 0,5mA \Rightarrow \frac{1 SKT}{60} \hat{=} \frac{0,5mA}{60} \hat{=} \underline{\underline{8,33 \mu A}}$
 $\hat{=} 5mA \Rightarrow \frac{1 SKT}{60} \hat{=} \frac{5mA}{60} \hat{=} \underline{\underline{83,3 \mu A}}$

zu c) $V_u = \frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{U_A}{U_E} = \frac{R'}{R_1} \wedge \frac{U_A}{U_E} = \frac{R''}{R_1} \Rightarrow U_{E2} = \frac{1K\Omega \cdot 6V}{1,2K\Omega} = 5V$
 $U_{E1} = \frac{1K\Omega \cdot 6V}{12K\Omega} = 0,5V$

$R_{EING} = \frac{U_E}{I_E} \quad \left| \begin{array}{l} I_{E1} = 0,5mA \\ I_{E2} = 5mA \end{array} \right.$

$\textcircled{1} U_E = U_D + R_1 \cdot I_D = 21,4 nV + 107 \mu V = 107,0214 \mu V$

FÜR DIE LÖSUNG
NICHT RELEVANT

$$R_{EING1} = \frac{U_E}{I_{E1}} = \frac{107,02 \mu V}{0,5mA} = \underline{\underline{0,214 \Omega}}$$

$$R_{EING2} = \frac{U_E}{I_{E2}} = \frac{107,02 \mu V}{5mA} = \underline{\underline{21,404 \Omega}} \quad \underline{\underline{21,404 m\Omega}}$$

a) $U_A = (I' \cdot R')$ (- U_0 vernachlässigbar) * SIEHE SEITE 154 "INVERTIERER"

$$R' = \frac{U_A}{I'} = \frac{6V}{0,5mA} = \underline{\underline{12k\Omega}} \quad \checkmark$$

$$R'' = \frac{U_A}{I''} = \frac{6V}{5mA} = \underline{\underline{1,2k\Omega}} \quad \checkmark$$

ANNAHME
↓
 $6V \triangleq 0,5mA \triangleq 60S\Omega$
 $15k\Omega \triangleq \frac{0,5mA}{60}$

b) $I' + I'' = I_{V,MAX} \Rightarrow I_{V,MAX} = \underline{\underline{5,5mA}}$

c) $V_u = \frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{U_A}{U_E} = \frac{R'}{R_1}$

FALL 1: $1S\Omega \triangleq 8,33mA$

FALL 2: $1S\Omega \triangleq 83,3mA$

$$U_{E1} = \frac{R_1 \cdot U_A}{R'} = \frac{1k\Omega \cdot 6V}{12k\Omega} = \underline{\underline{0,5V}}$$

$$U_{E2} = \frac{R_1 \cdot U_A}{R''} = \frac{1k\Omega \cdot 6V}{1,2k\Omega} = \underline{\underline{5V}}$$

$$R_{eing} = \frac{U_E}{I_E} \quad I_{E1} = 0,5mA$$

$$I_{E2} = 5mA$$

$$U_E = U_0 + R_1 \cdot I_0$$

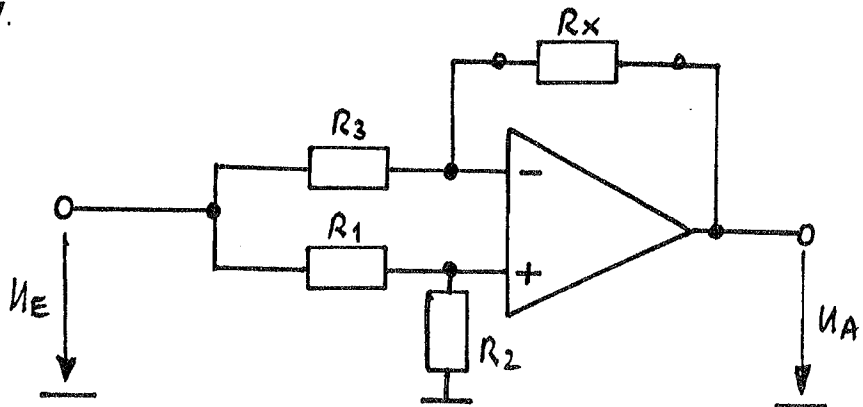
$$U_E = 21,4mV + 10,7\mu V = 107,0214\mu V$$

$$R_{eing1} = \frac{U_E}{I_{E1}} = \underline{\underline{0,21\Omega}}$$

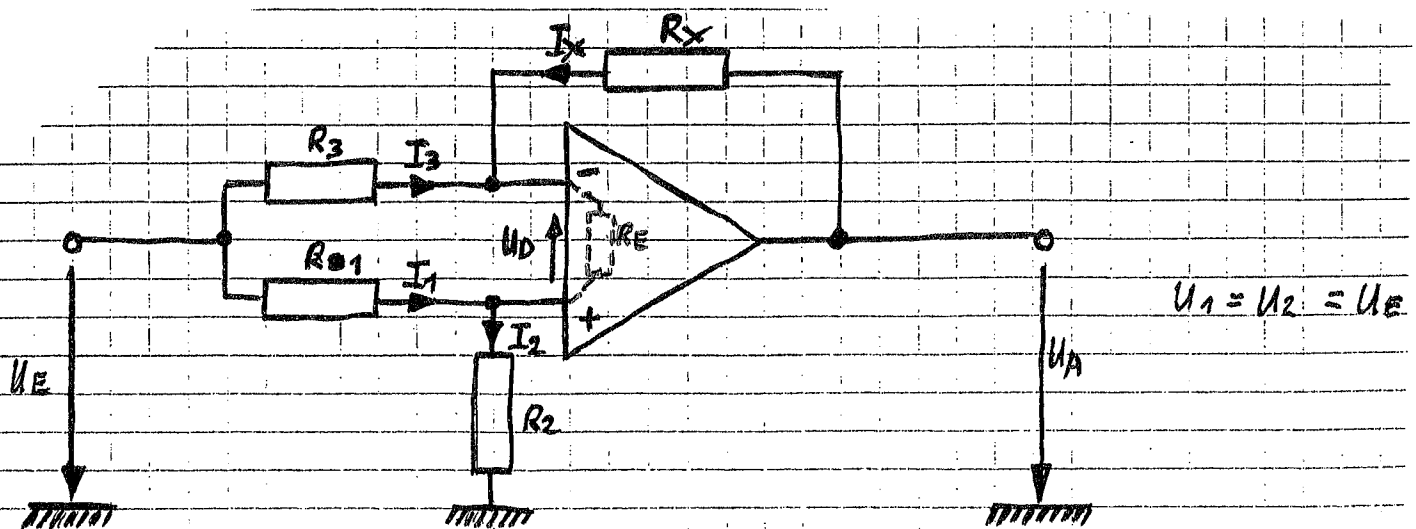
$$R_{eing2} = \frac{U_E}{I_{E2}} = \underline{\underline{21,4m\Omega}}$$

11.2 Aufgabe 2

Die abgebildete Schaltung mit Operationsverstärker ($V_o=100\text{dB}$; $U_{A\text{max}}=\pm 12\text{V}$) wird zur Widerstandsbestimmung (R_x) benutzt. Am Eingang liegt eine stabilisierte Spannung von $U_E=5\text{V}$.



- a) Stellen Sie allgemein den Zusammenhang zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung her!
- b) Wie lautet der Zusammenhang, wenn $R_1=R_2=R_3=R=10\text{k}\Omega$ ist?
- c) Bestimmen Sie U_A für folgende R_x -Werte: 0 / 5 / 10 / 15 / 20 / 25 / 30 / 40 / 50 / 100 (alle in $\text{k}\Omega$) (Tabelle!)
- d) Welchen Vorteil hat diese Widerstandsbestimmung gegenüber konventionellen Methoden?



$$\frac{V}{\text{dB}} = 20 \cdot \lg V \Rightarrow V_0 = 10^{\frac{100}{20}} = 100000$$

$$U_{A\text{max}} = \pm 12\text{V} \Rightarrow U_D = 120\mu\text{V} \quad I_D = \frac{U_D}{R_E} = \frac{120\mu\text{V}}{500\text{k}\Omega} = 2,4 \cdot 10^{-10}\text{A}$$

LÖSUNG ZU AUFGABE 11.2 :

zu a) ES HANDELT SICH UM EINEN DIFFERENZVERSTÄRKER.
DARAUSS FOLGT :

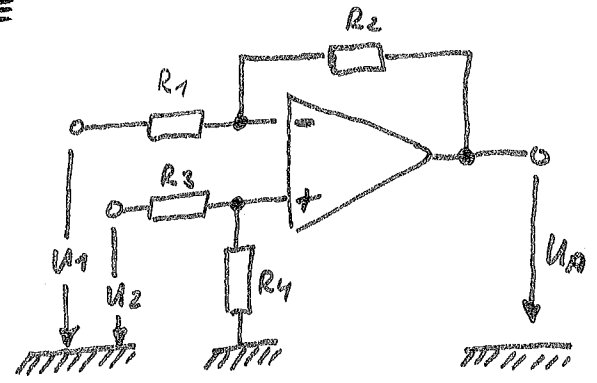
$$U_A = - \frac{R_x}{R_3} \cdot U_E + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \left(1 + \frac{R_x}{R_3} \right) \cdot U_E$$

$$U_1 = U_2 = U_E$$

zu b) $U_A = - \frac{R_x}{R} \cdot U_E + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R_x}{R} \right) \cdot U_E$

$$U_A = \frac{1}{2} U_E - \frac{1}{2} \frac{R_x}{R} \cdot U_E$$

$$U_A = \frac{R - R_x}{2R} \cdot U_E$$



$$U_A = - \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_2$$

zu c)

$R_x / \mu\Omega$	U_A / V
0	2,5
5	1,25
10	0
15	-1,25
20	-2,5
25	-3,75
30	-5
40	-7,5
50	-10
100	-22,5

← DIESER WERT IST NICHT MEHR MÖGLICH
($U_{Amax} \pm 12V$) NICHT MEHR MESSBAR

zu d) DIESE MESSSCHALTUNG VERHÄLT SICH AUSGANGSSEITIG
LINEAR GEGENÜBER NORMALEN WIDERSTANDSMESS-
GERÄTEN, SOMIT IST EINE GENAUERE MESSUNG MÖGLICH.