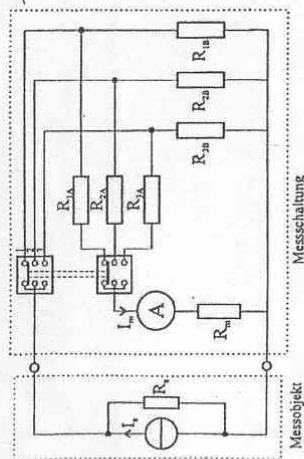


Beispiel B2, Matr.Nr.: Name:

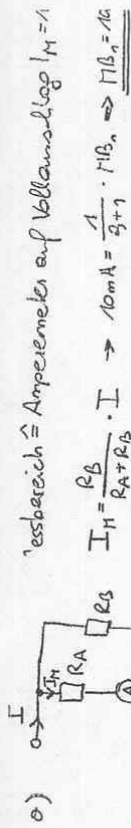
Passive Strombereichserweiterung



- $I_m = 10\text{mA}$
- $R_{A1} = 9\Omega$
- $R_{A2} = 1\Omega$
- $MB_1 = 1\text{A}$
- $MB_2 = 5\text{A}$
- $R_m = 100\Omega$

- a) $R_m = 0\Omega$ Berechnen Sie den Messbereich MB_1 der Messschaltung, sowie die Widerstandsverhältnisse R_{A1}/R_{A2} für die gegebenen Messbereiche MB_1 und MB_2 .
 $MB_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{A1}/R_{A2} = \underline{\hspace{2cm}}$ [4] [2]
- b) Wie groß darf der Innenwiderstand R_i der gesamten Messschaltung maximal sein, dass bei Messung des Kurzschlussstromes des Messobjektes ein maximaler Fehler von $|F_{rel}| = 0.1\%$ nicht überschritten wird?
 $R_i = \underline{\hspace{2cm}}$ [8]
- c) $R_m = 5\Omega$: Bestimmen Sie die Widerstände R_{A1} und R_{A2} für den Messbereich MB_2 derart, dass sich ein Innenwiderstand R_i der Messschaltung von 5Ω ergibt.
 $R_{A1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{A2} = \underline{\hspace{2cm}}$ [9]
- d) $R_m = 5\Omega$: Wie groß ist der relative Messfehler F_{rel} im Messbereich MB_1 , der durch Verwendung eines realen Messwertes mit einem Innenwiderstand R_m zustande kommt?
 $F_{rel} = \underline{\hspace{2cm}}$ [9]
- e) $R_m = 5\Omega$: Bestimmen Sie die Widerstände R_{A1} und R_{A2} für die Messbereiche MB_1 derart, dass der durch das reale Messwerk zustande kommende Fehler vollständig kompensiert wird und man einen Innenwiderstand R_i von $500\text{m}\Omega$ erhält.
 $R_{A1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{A2} = \underline{\hspace{2cm}}$ [10]

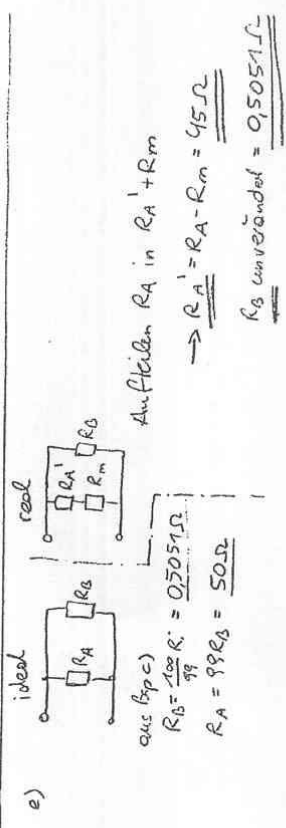
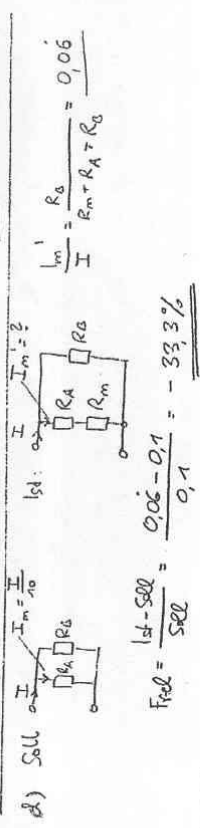
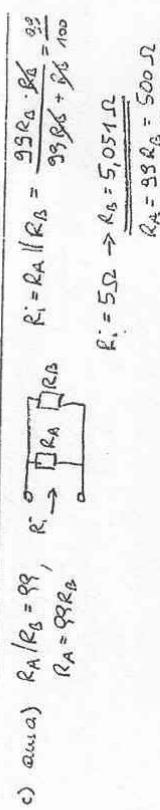
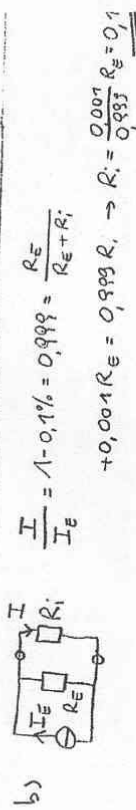
Die Endergebnisse der schriftlich auszuführenden (!) Berechnungen UNBEDINGT auch auf dieser Seite eintragen



$I_H = \frac{R_B}{R_A + R_B} \cdot I \rightarrow 10\text{mA} = \frac{1}{2+1} \cdot 1\text{A} \rightarrow 1\text{A}_0 \rightarrow 1\text{A}_0 = 1\text{A}$

$1\text{A}_2 \rightarrow \frac{10\text{mA}}{1\text{A}} = \frac{1}{100} = \frac{R_B}{R_A + R_B} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 99$

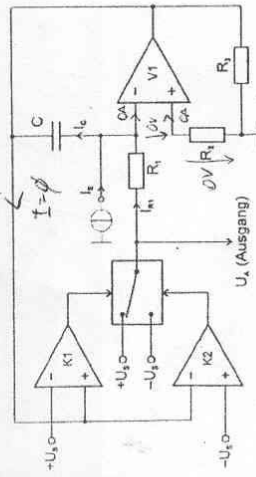
$1\text{A}_3 \rightarrow \frac{10\text{mA}}{5\text{A}} = \frac{1}{500} = \frac{R_B}{R_A + R_B} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 499$



Beispiel A1 Matr.Nr.:

Name:

Nichtlinearer Strom/Frequenz-Umsetzer



$I_\phi = 4 \dots 20 \text{ mA}$
(Eingangssignal)

$U_S = 10 \text{ V}$

$R_1 = R_3 = 15 \text{ k}\Omega$

$C = 22 \text{ nF}$

OPV (V1) ideal

Komparatoren (K1, K2) ideal, außer für Aufgabe d)

a) Dimensionieren Sie R_1 , so dass $I_{C,max} = 25 \text{ mA}$? 8

b) Geben Sie eine Formel für die Ausgangsfrequenz an (so weit es geht vereinfachen, aber nicht einsetzen)! 15

c) $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$: Wie groß ist der maximale Fehler der Ausgangsfrequenz, der durch einen Kondensator C mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ verursacht wird? Geben Sie das Ergebnis in Prozent an! Berechnen Sie den Wert exakt und verwenden Sie keine Näherungsrechnung! Fehler [%] = 6

d) $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$: Welche maximale prozentuelle Abweichung der Ausgangsfrequenz ergibt sich durch Eingangsströme im Bereich $-3 \mu\text{A} \dots +3 \mu\text{A}$ bei den Komparatoren K1 und K2? Fehler [%] = 6

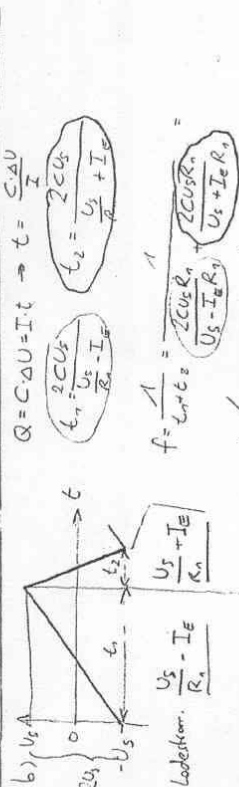
e) Die Ausgangsfrequenz sei $f = 1 \text{ MHz} - (I_\phi)^2 \cdot (2,3 \text{ kHz}/\text{mA}^2)$ und wird durch einen Zähler mit einer Torzeit von 100 ns gemessen (die Auflösung ist somit 10 Hz). Wieviele Bits benötigt der Zähler für die Frequenzmessung? Wie genau kann damit der Eingangsstrom gemessen werden (worst case)? Anzahl der Bits = 5

worst case $I_{E,LSB} =$ 10

Die Endergebnisse der schriftlich auszuführenden (!) Berechnungen UNBEDINGT auch auf dieser Seite eintragen

e) $I_{C,max} = I_E + I_{R1,max} \rightarrow I_{C,max} = I_{C,max} - I_{C,max} = 25 \text{ mA} - 20 \text{ mA} = 5 \text{ mA}$

$\frac{U_{S,max}}{I_{C,max}} = R_1 = \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$



$f = \frac{1}{\frac{2C U_1 R_1}{U_1 - I_E R_1} + \frac{2C U_1 R_1}{U_1 + I_E R_1}} = \frac{U_1^2 (I_E R_1)^2}{4 C U_1^2 R_1}$

c) C steht unter Bruchstrich $\rightarrow \frac{f'}{f} = \frac{1}{1+0,1} \rightarrow (-9,09\%)$

$\frac{f'}{f} = \frac{1}{1-0,1} \rightarrow +11,11\%$

d) Am Komparator ist U_S (ideale Quelle) und der Ausgang von V1 (ideale Quelle) \rightarrow keine Abweichung \rightarrow Fehler = 0%

e) $f_{max} = 1 \text{ MHz} - (I_{\phi,min})^2 \cdot \frac{2,3 \text{ kHz}}{\text{mA}^2} = 963,2 \text{ kHz}$

Zählerstand $f_{max} = f_{messung} \cdot f_{max} = 96320 \rightarrow \log_e(96320) = 16, \rightarrow 17 \text{ Bits}$

$I_{E,LSB} = \frac{\Delta f}{k} \leftarrow$ Auflösung des Zählers 10 Hz

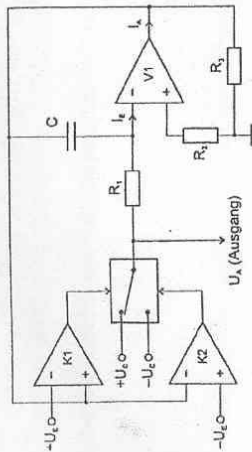
$k \leftarrow$ Umsetzungs-Eingangs- in Ausgangsstrom

$k = \frac{df}{dI_E} = \frac{2,3 \text{ kHz}}{\text{mA}^2} \cdot 2 I_E \rightarrow I_{E,max} = 18,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{A}}{\text{A}}$

$I_{E,LSB,max} = \frac{\Delta f}{k_{min}} = 543,5 \text{ nA}$

Beispiel B1 Matr.Nr.: Name:

Spannungs/Periodendauer-Umsetzer

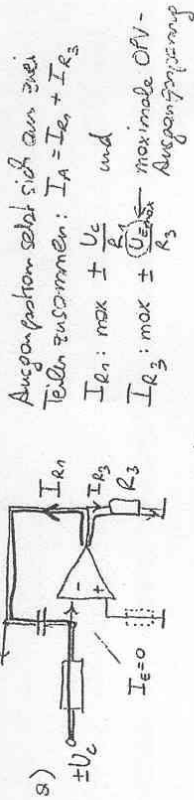


$U_E = 1 \dots 8V$ (Eingangssignal)
 $U_C = 1V$
 $R_2 = R_3 = 15k\Omega$
 $C = 22nF$
 OPV (V1) ideal, außer für Aufgabe d)
 Komparatoren (K1, K2) ideal

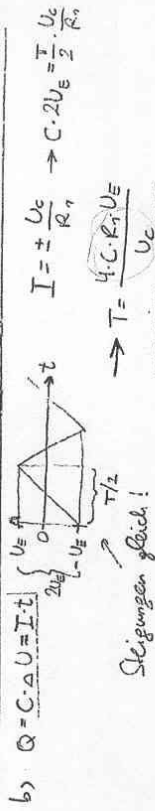
- a) Dimensionieren Sie R_1 , so dass $|I_{A,max}| = 1mA$? 8
- b) Geben Sie eine Formel für die Periodendauer an (so weit es geht vereinfachen, aber nicht einsetzen)! 7
- c) $R_1 = 10k\Omega$, $I_E = 5\mu A$: Wie groß ist die maximale Abweichung der Periodendauer, welche durch eine Referenzspannung U_C mit einer Toleranz von $\pm 7\%$ verursacht wird? Geben Sie das Ergebnis in Prozent an! 6
- d) $R_1 = 10k\Omega$, $I_E = 5\mu A$: Wie groß ist die maximale dadurch verursachte Abweichung der Periodendauer (verglichen zu idealen OPV)? Geben Sie das Ergebnis in Prozent an! Berechnen Sie den Wert exakt und verwenden Sie keine Näherungsrechnung! 17
- e) Die Periodendauer sei $T = U_E \cdot 25ms/V$. Die Messung von T erfolgt mit einem 100kHz-getakteten Zähler. Wie viele Bits benötigt der Zähler und wie genau kann die Zeit T gemessen werden? Welcher Auflösung des Eingangssignals entspricht dies? 4
- Anzahl der Bits = _____
 Messauflösung von T = _____
 $U_{C,LSB} = _____$ 4

Die Endergebnisse der schriftlich auszuführenden (!) Berechnungen UNBEDINGT auch auf dieser Seite eintragen

allgemein: R_2 und R_3 haben keinen Einfluss auf die Schaltungsfunktion. R_3 sieht sich jedoch auf I_A aus

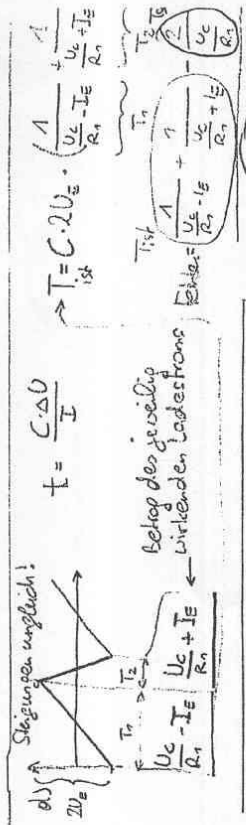


$R_1 = \frac{U_C}{|I_{A,max}| - \frac{U_{Emax}}{R_2}} = 2,143 k\Omega$



$U_C + 7\% : \frac{T'}{T} = \frac{1}{1+0,07} \Rightarrow (-6,54\%)$

$U_C - 7\% : \frac{T''}{T} = \frac{1}{1-0,07} \Rightarrow 7,53\%$



$T_{n,max} = U_{E,max} \cdot 25ms/V = 200ms$

Zählzeit $t_{count} = T_{n,max} \cdot f_{count} = 20.000$

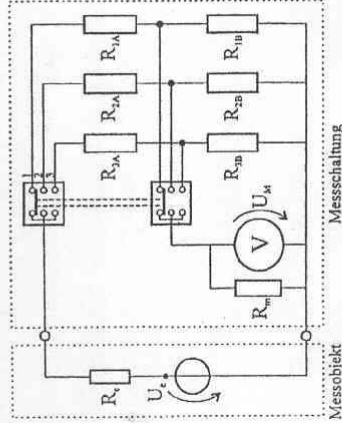
$\log_2(20.000) = 14,29 \Rightarrow 15 \text{ Bit}$

$\Delta T = \frac{1}{f_{count}} = 10ns$

$\Delta T_{rel} = \frac{\Delta T}{T} = (400\mu V)$

Beispiel A2 Matr.Nr.: _____ Name: _____

Passive Spannungsbereichserweiterung



$U_M = 1V$
 $R_{sA} = 400k\Omega$
 $R_{sB} = 100k\Omega$
 $MB_2 = 10V$
 $MB_3 = 20V$
 $R_v = 100\Omega$

a) $R_m = \infty$
 Berechnen Sie den Messbereich MB_1 der Messschaltung, sowie die Widerstandsverhältnisse R_{sA}/R_{sB} für die gegebenen Messbereiche MB_2 und MB_3 .
 $MB_1 =$ _____ $R_{sA}/R_{sB} =$ _____

b) Wie groß muss der Innenwiderstand R_i der gesamten Messschaltung mindestens sein, dass bei Messung der Leerlaufspannung des Messobjekts ein maximaler Fehler von $|f_U| = 0,1\%$ nicht überschritten wird?
 $R_i =$ _____

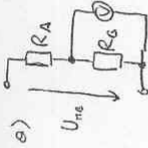
c) $R_m = \infty$: Bestimmen Sie die Widerstände R_{sA} und R_{sB} für den Messbereich MB_2 , derart, dass sich ein Innenwiderstand R_i der Messschaltung von $1M\Omega$ ergibt.
 $R_{sA} =$ _____ $R_{sB} =$ _____

d) $R_m = 10M\Omega$: Wie groß ist der relative Messfehler $F_{U,rel}$ im Messbereich MB_1 , der durch Verwendung eines realen Messwerkes mit einem Innenwiderstand R_m zustande kommt?
 $F_{U,rel} =$ _____

e) $R_m = 10M\Omega$: Bestimmen Sie die Widerstände R_{sA} und R_{sB} für die Messbereiche MB_2 derart, dass der durch das reale Messwerk zustande kommende Fehler vollständig kompensiert wird und man einen Innenwiderstand R_i von $1M\Omega$ erhält.
 $R_{sA} =$ _____ $R_{sB} =$ _____

Die Endergebnisse der schriftlich auszuführenden (!) Berechnungen UNBEDINGT auch auf dieser Seite eintragen

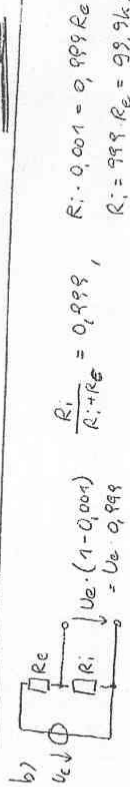
Messbereich: Voltmeter auf Vollauschlag $U_M = 1V$



$$U_M = \frac{R_G}{R_A + R_G} \cdot U_{MS} \quad \text{TB1: } U_M \cdot \frac{R_A + R_G}{R_G} = U_{MS} = 1V \cdot \frac{400 + 100}{100} = 5V$$

$$\text{TB2: } \frac{1V}{10V} = \frac{R_G}{R_A + R_G} \rightarrow \frac{R_A}{R_G} = 9$$

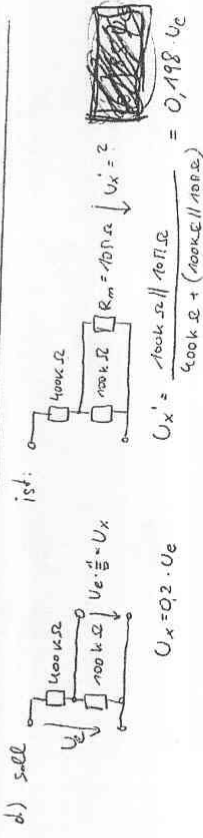
$$\text{TB3: } \frac{1V}{20V} = \frac{R_G}{R_A + R_G} \rightarrow \frac{R_A}{R_G} = 19$$



$$\frac{R_i}{R_i + R_G} = 0,999, \quad R_i \cdot 0,001 = 0,999 R_G$$

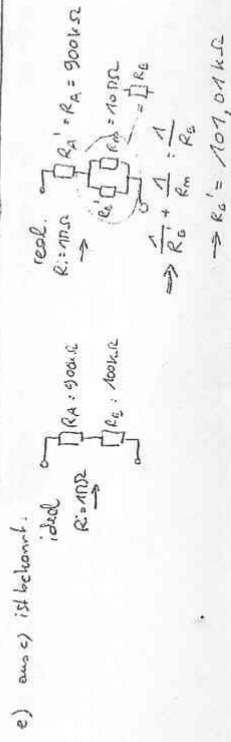
$$R_i = 999 R_G = 99,9 k\Omega$$

c) Aus a) $R_A/R_G = 9$
 $E_1 = R_A + R_G = 9R_G + R_G = 10R_G = 1M\Omega$
 $\rightarrow R_G = 100k\Omega$
 $R_A = 9R_G = 900k\Omega$



d) Soll: $U_G = 0,2 \cdot U_s$
 $U_x = \frac{U_G}{R_m} = \frac{0,2 \cdot U_s}{R_m} = \frac{0,2 \cdot U_s}{100k\Omega} = 0,198 U_s$

Frel = $\frac{U_x - U_x}{U_x} = -0,79\%$



e) aus c) ist bekannt:
 $R_i = 1M\Omega$
 $R_A = 900k\Omega$
 $R_G = 100k\Omega$
 $\rightarrow \frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_C}$
 $\rightarrow R_C = 101,01k\Omega$