Beispiel A1: Name:

Strommessung mit Messwiderstand

Der Strom wird mit Hilfe des Spannungsabfalls an einem bekannten Strommesswiderstand bestimmt. Die Messung wird 14 mal durchgeführt (auf die Verwendung der Student-Verteilung wird verzichtet!) und liefert folgende Werte

$\mathbf{x_n}$ = 204,1mV; 198,9mV; 203,1mV; 200,7mV; 198,5mV; 204,4mV; 205,2mV; 202,0mV; 205,4mV; 201,3mV; 199,1mV; 203,2mV; 199,8mV; 197,3mV

Vierstelliges Multimeter im Messbereich 400,0 mV: Angabe der Messabweichung **± (0,1% vom Messwert + 1 Digit)** im Temperaturbereich von 0°C bis 50°C, Eingangswiderstand sehr groß, Eingangsstrom vernachlässigbar.

Strommesswiderstand: Kalibrierdaten bei 10 A und 22°C: **R = 0,03002 Ω**, die relative Messunsicherheit $2 \cdot \frac{s(R)}{R} = 5 \cdot 10^{-4}$ (Vertrauensniveau 95,45%), Temp.Koeff. $TK = 50 ppm / K$ im Intervall 15°C bis 30°C.

a) Schätzen Sie den Erwartungswert μ_x der Messgröße *x*

$\hat{\mu}_x =$ ____201.643mV______ (5 Pkte)

b) Schätzen Sie die Varianz $\sigma_x{}^2$ der Messwerte x_n

$\hat{\sigma}_x{}^2 =$ ___6.587 mV^2______ (5 Pkte)

c) Geben Sie die Varianz für den geschätzten Mittelwert der gemessenen Spannung an

$\hat{\sigma}_{\hat{\mu}_x}{}^2 =$ _0.507 mV^2____ (3 Pkte)

d) Geben Sie die Varianz für den Einfluß des Multimeters an (Annahme Rechteckverteilung)

s(Multimeter)^2 = ___0.03033 mV^2_____ (5 Pkte)

e) Geben Sie die Varianz für den Strommesswiderstand an

s(R)^2 = ___5.633E-11 Ω^2______ (3 Pkte)

f) Geben Sie die Varianz für den Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Strommesswiderstand im **Bereich 22°C ± 4°C** an (Annahme Rechteckverteilung)

s(T)^2 = __5.333 K^2________ (5 Pkte)

g) Geben Sie die Formel für die kombinierte empirische Varianz der Strommessung berechnet aus den Einzelvarianzen an

$$s(I)^2 = \frac{1}{R^2}\left(\text{Var\_MW}+\text{Var\_Multi}\right)+\frac{MW^2}{R^4}\text{Var\_R}+\frac{\text{MW}^2 \cdot \text{Var\_T} \cdot TK^2}{R^2} = 5.993 \cdot 10^{-4}\, mA^2$$ (5 Pkte)

h) Berechnen Sie die notwendigen Gewichtungsfaktoren (Angabe mit Dimension)

$\partial I / \partial U_e =$ 33.311 1/Ω (3 Pkte)

$\partial I / \partial R =$ -2.237E5 V/R^2___ (3 Pkte)

$\partial I / \partial T =$ __-0.336 A/K___ (3 Pkte)

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

Beispiel A2 **Name:**

Messung von Periodendauer bzw. Frequenz mittels Zähler

Gegeben ist ein dekadischer Multi-Counter mit einer internen Referenzfrequenz von 250MHz. Die Periodendauer eines Eingangssignales ist zu bestimmen, wobei Referenzfrequenz des Zählers und Eingangssignal nicht synchronisiert sind.

a) Welche Auflösung ΔT_{min} kann der Zähler bei einer Einzelmessung erreichen?

ΔT_{min} = ____________________ 4 ns [3]

b) Wieviele Meßwerte sind erforderlich, um durch Mittelung eine Auflösung von 100ps zu erreichen?

n = _____________________ 40 [3]

c) Welche Meßwerte MW sind bei der (Einzel-)Messung einer Periodendauer T von 41ns möglich?

$MW \in$ { ______________40ns, 44ns} [4]

d) Welcher Schätzwert $\hat{\mu}_T$ für T und welches zugehörige Vertrauensintervall $KIB_{2\sigma}$ ergeben sich aus folgender Meßreihe: 72 „80ns“ und 28 x „84ns“? Als Vertrauensniveau sind 95,5% zugrundezulegen, d.h. ein Bereich von $\pm 2\sigma$.

$\hat{\mu}_T$ = ________________ 81.12 ns [6]

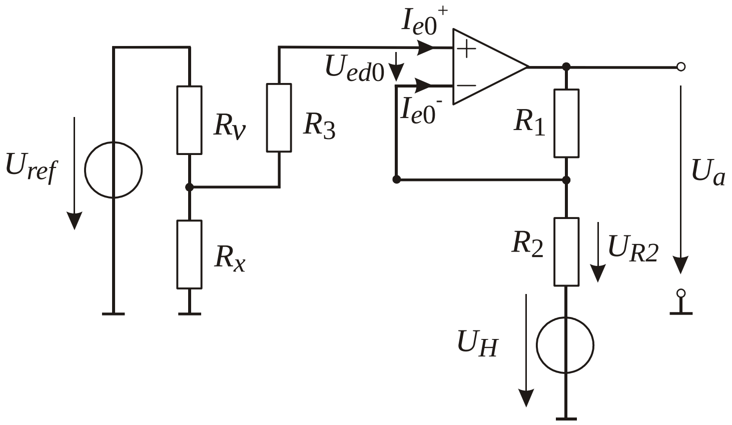
$KIB_{2\sigma}$ = ± _______________ ±0.361 ns [9]

e) Der Betriebsmodus des Zählers ist "Frequenzmessung", als Auflösung sind 100mHz gewählt. Als Ergebnis wird "783249,3 Hz" angezeigt. Wie lange hat dieser Meßvorgang mindestens gedauert (Torzeit)?

min. Torzeit = __________________ 10 s [5]

Beispiel A3 **Name:**

Temperaturmessung



$\mathbf{R_X(\vartheta)} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$,
$\alpha = 3{,}85 \cdot 10^{-3}$/K, $\mathbf{R_0} = 100\ \Omega$;

$\mathbf{U_{ref}} = 10$ V, $\mathbf{R_V} = 10$ kΩ.

R_X ist ein temperaturabhängiger Widerstand (Pt-100 Fühler).

1) **OPV ideal,** ϑ **=** 0 °C, $\mathbf{U_H} = 0$ V, $\mathbf{R_1} = 100$ kΩ, $\mathbf{R_2} = 1$ kΩ, $\mathbf{R_3} = 5$ kΩ.

Wie groß ist die Spannung an R_2? U_{R2} = ______ 99.01 mV [6]

Wie groß ist die Ausgangsspannung U_a? U_a = ______ 10 V [6]

2) **OPV ideal,** ϑ **=** 0 °C, $\mathbf{U_a} = 0$ V**,** $\mathbf{R_1} = 100$ kΩ, $\mathbf{R_2} = 1$ kΩ, $\mathbf{R_3} = 5$ kΩ.

Wie groß muss $\boldsymbol{U_H}$ gewählt werden, damit $\mathbf{U_a}$ bei ϑ=0°C gleich 0V ist?

$\boldsymbol{U_H}$ = ______ 100 mV [6]

3) **OPV ideal**, $\mathbf{U_H} = 99.99$ mV, $\mathbf{R_1}$= 40kΩ, $\mathbf{R_2}$= 400Ω, $\mathbf{R_3}$= 5kΩ, $\mathbf{U_a}$**(**0°C) = 0 V.

Wie groß ist $U_a(100°C)$? $U_a(100°C)$ = ______ 3.798 V [6]

4) ϑ **=** 0 °C, $\mathbf{U_H}$ = 99.99 mV, $\mathbf{R_1}$= 40kΩ, $\mathbf{R_2}$= 400Ω, $\mathbf{R_3}$= 5kΩ, $\mathbf{I_{e0}^{+}}$= 1µA, $\mathbf{I_{e0}^{-}}$= -1µA, $\mathbf{U_{ed0}}$= 1mV

Welche Abweichung ΔU_a ergibt sich beim realen OPV gegenüber dem idealen OPV, der in dieser Beschaltung U_a=0V liefern würde? ΔU_a = ______ -0.655 V [6]

Beispiel B2 **Name:**

Messung von Frequenz bzw. Zeit mittels Zähler

Gegeben ist ein dekadischer Multi-Counter mit einer internen Referenzfrequenz von 100Mhz und einer maximalen Torzeit von 10s. Die Frequenz eines Eingangssignales ist zu bestimmen, wobei Referenzfrequenz des Zählers und Eingangssignal nicht synchronisiert sind.

a) Welche Auflösung Δf_{min} kann der Zähler bei einer Einzelmessung erreichen?

Δf_{min} = ________________ 0.1 Hz 3

b) Wieviele Messwerte sind erforderlich, um durch Mittelung eine Auflösung von 1mHz zu erreichen?

n = __________________ 100 3

c) Welche Messwerte MW sind bei der (Einzel-)Messung einer Frequenz von 50,13 Hz bei maximaler Torzeit möglich?

$MW \in$ { ________50.1Hz, 50.2Hz} 4

d) Welcher Schätzwert $\hat{\mu}_f$ für f und welches zugehörige Vertrauensintervall $KIB_{2\sigma}$ ergeben sich aus folgender Messreihe: 82 x „50,6 Hz“ und 18 x „50,7 Hz“? Als Vertrauensniveau sind 95,5% zugrundezulegen, d.h. ein Bereich von $\pm 2\sigma$.

$\hat{\mu}_f$ = _____________ 50.618 Hz 6

$KIB_{2\sigma} = \pm$ ____________ 7.422 mHz 9

e) Der Betriebsmodus des Zählers ist "Zeitmessung", als Auflösung sind 10ms gewählt. Als Ergebnis wird "20,31 s" angezeigt. Wie lange hat dieser Messvorgang mindestens gedauert ?

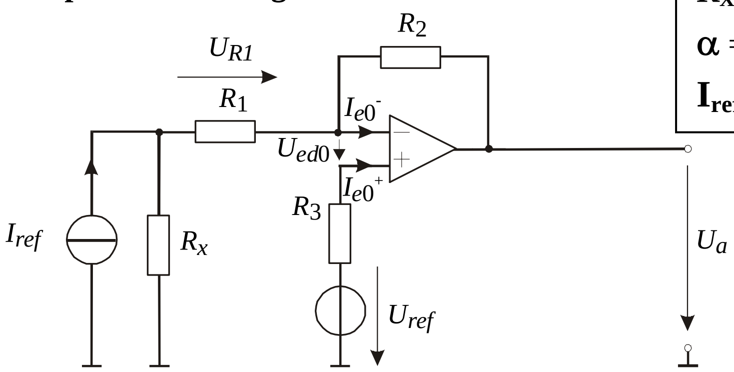
min. Messzeit = _____________ 20.31 s 5

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

Beispiel B3 **Name:**

Temperaturmessung

$\mathbf{R_X(\vartheta)} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$,
$\alpha = 3{,}85 \cdot 10^{-3}$/K, $\mathbf{R_0} = 100\ \Omega$;
$\mathbf{I_{ref}} = 1$mA



R_X ist ein temperaturabhängiger Widerstand (Pt-100 Fühler).

1) **OPV ideal,** $\boldsymbol{\vartheta} =$ 0 °C, $\mathbf{U_{ref}}$ = 0 V, $\mathbf{R_1}$ = 2 kΩ, $\mathbf{R_2}$ = 400 kΩ, $\mathbf{R_3}$ = 5 kΩ.

Wie groß ist die Spannung an R_1? U_{R1} = ______________ 95.238 mV [6]

Wie groß ist die Ausgangsspannung U_a? U_a = ________________ -19.048 V [6]

2) **OPV ideal,** $\boldsymbol{\vartheta} =$ 0 °C, $\mathbf{U_a}$ = 0 V**,** $\mathbf{R_1}$ = 2 kΩ, $\mathbf{R_2}$ = 400 kΩ, $\mathbf{R_3}$ = 5 kΩ.

Wie groß muss U_{ref} gewählt werden, damit $\mathbf{U_a}$ bei $\boldsymbol{\vartheta}$=0°C gleich 0V ist?

U_{ref} = ______________ 99.477 mV [6]

3) **OPV ideal**, $\mathbf{U_{ref}}$ = 98,81mV, $\mathbf{R_1}$= 1.1kΩ, $\mathbf{R_2}$= 100 kΩ, $\mathbf{R_3}$= 5kΩ, $\mathbf{U_a}$(0°C) = 0 V.

Wie groß ist $U_a(100°C)$? $U_a(100°C)$ = ________________ -3.106 V [6]

4) $\boldsymbol{\vartheta}$= 0°C, $\mathbf{U_{ref}}$ = 98,81mV, $\mathbf{R_1}$= 1.1kΩ, $\mathbf{R_2}$= 100kΩ, $\mathbf{R_3}$= 5kΩ, $\mathbf{I_{e0}^+}$= 1µA, $\mathbf{I_{e0}^-}$= -1µA, $\mathbf{U_{ed0}}$= 1mV

Welche Abweichung ΔU_a ergibt sich beim realen OPV gegenüber dem idealen OPV, der in dieser Beschaltung U_a=0V liefern würde? ΔU_a = ______________ -0.43733 V [6]

Beispiel A1 Matr.Nr.: Name:

Strommessung mit Messwiderstand

Der Strom wird mit Hilfe des Spannungsabfalls an einem bekannten Strommesswiderstand bestimmt. Die Messung wird 14 mal durchgeführt (auf die Verwendung der Student-Verteilung wird verzichtet!). Die Berechnung ergibt einen Mittelwert von $\overline{U_e} = 201,23mV$ und eine empirische Varianz der Messwerte von $s(U_e)^2 = 4,53 \cdot 10^{-8} V^2$

Vierstelliges Multimeter im Messbereich 400,0 mV: Angabe der Messabweichung **± (0,1% vom Messwert + 1 Digit)** im Temperaturbereich von 0°C bis 50°C, Eingangswiderstand sehr groß, Eingangsstrom vernachlässigbar.

Strommesswiderstand: Kalibrierdaten bei 22°C: **R = 0,03002 Ω**, Temp.Koeff. $TK = 50\,ppm/K$ im Intervall 15°C bis 30°C.

a) Geben Sie die Varianz für den geschätzten Mittelwert der gemessenen Spannung an

$s(\overline{U_e})^2 =$ ___3.236E-9_V²______ 10

b) Berechnen Sie einen Schätzwert für den gemessenen Strom

$\hat{I} =$ _____6.703A_____ 10

c) Geben Sie die Varianz für den Einfluß des Multimeters an (Annahme Rechteckverteilung)

s(Multimeter)² = ____3.025E-8_ V²_____ 10

d) Geben Sie die Varianz für den Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Strommesswiderstand im **Bereich 22°C ± 4°C** an (Annahme Dreieckverteilung)

s(T)² = ___1.202E-11 Ω²_____ 10

e) Geben Sie die Formel für die kombinierte empirische Varianz der Strommessung berechnet aus den Einzelvarianzen an

$$s(I)^2 = -\frac{1}{R^2}\left(s(U_e)^2 + s(Multi)^2\right) + \frac{MW^2}{R^4} s(T)^2 = 3.775 \cdot 10^{-5} A^2$$ ________ 10

Beispiel B1 Matr.Nr.: Name:

Leistungsmessung mit Normalwiderstand R0

Die Leistung P wird durch den Spannungsabfall U_e an einem Normalwiderstand R_0 bestimmt. Auf die Verwendung der Student-Verteilung wird verzichtet!

- Die Spannung U_e wird 20 mal gemessen. Die Berechnung ergibt einen Mittelwert von $\overline{U_e} = 105{,}24mV$ und eine empirische Varianz der Messwerte von $s(U_e)^2 = 1{,}27 \cdot 10^{-8} V^2$.
- Bei der Messung der Spannung wird ein **3½ - stelligen Multimeter im Messbereich 200 mV** verwendet:
  Messabweichung **±(0,025% vom Messwert + 0,01% vom Messbereich)**
  (Temperaturbereich 0°C bis 50°C), Eingangsstrom vernachlässigbar klein.
- Der Messwiderstand R_0=1.024Ω ist mit ± 0.5% dreickverteilt.

a) Geben Sie die Varianz für den geschätzten Mittelwert der gemessenen Spannung an

$s(\overline{U_e})^2 =$ _6.35E-10 V²____ 10

b) Berechnen Sie einen Schätzwert für die gemessene Leistung

$\hat{P} =$ ____10.18 mW______ 10

c) Geben Sie die Varianz für den Einfluß des Multimeters an (Annahme Rechteckverteilung)

$s(Multimeter)^2 =$ ___7.149E-10 V²_________ 10

d) Berechnen Sie die Varianz für den Einfluss des Messwiderstandes

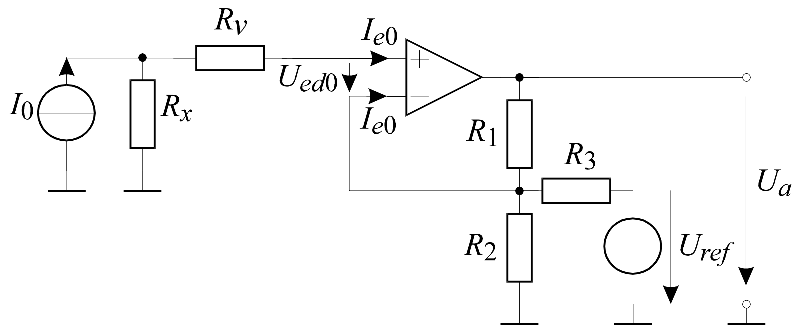
$s(R_0)^2 =$ __4.369E-6 Ω²_________ 10

e) Geben Sie die Formel für die kombinierte empirische Varianz der Leistungsessung berechnet aus den Einzelvarianzen an

$$s(P)^2 = \_\_\_ \frac{4Ue^2}{R^2}\left(s(Ue)^2 + s(Multi)^2\right) + \frac{Ue^4}{R^4} s(R_0)^2 = 5.445 \cdot 10^{-10} W^2 \_\_\_\_$$ 10

Beispiel A2 Matr.Nr.: Name:

Temperaturmessung



I_0 = 2 mA, U_{ref} = 1 V, $R_x = R_0 \cdot (1+\alpha\vartheta)$, $\alpha = 3.5\cdot 10^{-3}$ K^{-1}, $R_0(0^\circ C) = 150\Omega$

a) $\vartheta = 0^\circ C$, R_1 = 150 kΩ, R_2 = 1 kΩ, R_3 = 3 kΩ, R_v = 1 kΩ; OPV ideal:
Wie groß ist die Spannung an R_2?
Wie groß ist die Ausgangsspannung U_a?

U_{R2} = ____________ 0.3 V | 7

U_a = ____________ 10.3 V | 7

b) $\vartheta = 0^\circ C$, R_1 = 150 kΩ, R_2 = 1 kΩ, R_v = 1 kΩ; OPV ideal:
Wie groß muß R_3 sein, damit sich eine Ausgangsspannung von U_a = 0V ergibt?

R_3 = ____________ 2.318 kΩ | 9

c) R_2 = 1 kΩ, R_3 = 10 kΩ, R_v = 2 kΩ; OPV ideal:
Wie groß muß R_1 sein, damit sich eine Empfindlichkeit von 100mV/K ergibt?

R_1 = ____________85.671kΩ | 9

d) $\vartheta = 0^\circ C$, R_1 = 150 kΩ, R_2 = 1 kΩ, R_3 = 15 kΩ, R_v = 1 kΩ, $|U_{ed0}|$ = 1 mV:
Welche Abweichung der Ausgangsspannung $|\Delta U_a|$ gegenüber dem idealen OPV ergibt sich aus der Offsetspannung des OPV U_{ed0}?

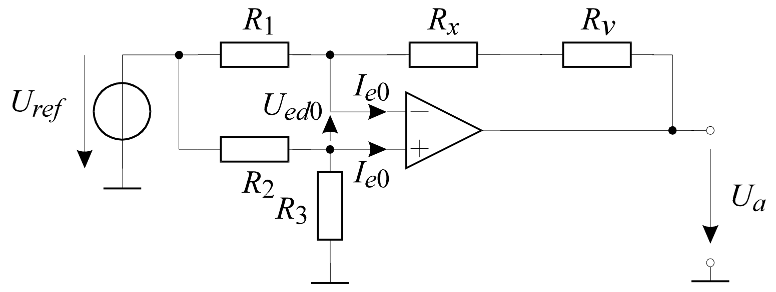
$|\Delta U_a|$ = ____________ 161 mV | 9

e) $\vartheta = 0^\circ C$, R_1 = 150 kΩ, R_2 = 1 kΩ, R_3 = 15 kΩ, I_{e0} = 20 µA:
Man berechne R_v so, daß der Eingangsstrom des OPV I_{e0} keine Abweichung der Ausgangsspannung ΔU_a gegenüber dem idealen OPV ergibt.

R_v = ____________ 781.677 Ω | 9

Beispiel B2 Matr.Nr.: Name:

Temperaturmessung



U_{ref} = 10 V, $R_x = R_{x0} \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$, $R_{x0}(0^\circ C) = 800\Omega$, $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$

---

a) R_1 = 9 kΩ, R_2 = 10 kΩ, R_3 = 1 kΩ, $\vartheta = 0^\circ C$, R_v = 1 kΩ, OPV ideal:
Wie groß ist die Spannung an R_3?
Wie groß ist die Ausgangsspannung U_a?

U_{R3} = ________________ 0.909 V [7]

U_a = ________________ -0.909V [7]

b) R_1 = 9 kΩ, R_2 = 10 kΩ, $\vartheta = 0^\circ C$, R_v = 1 kΩ, OPV ideal:
Wie groß muß R_3 sein, damit sich eine Ausgangsspannung von U_a = 0V ergibt ?

R_3 = ____________________2 kΩ [9]

c) R_2 = 10 kΩ, R_3 = 1 kΩ, R_v = 1 kΩ, OPV ideal:
Wie groß muß R_1 sein, damit sich eine Empfindlichkeit von -50 mV/K ergibt?

R_1 = _______________ 581.818 Ω [9]

d) R_1 = 9 kΩ, R_2 = 10 kΩ, R_3 = 1 kΩ, $\vartheta = 0^\circ C$, R_v = 1 kΩ, $|U_{ed0}|$ = 1 mV:
Welche Abweichung der Ausgangsspannung $|\Delta U_a|$ gegenüber dem idealen OPV ergibt sich aus der Offsetspannung des OPV U_{ed0}?

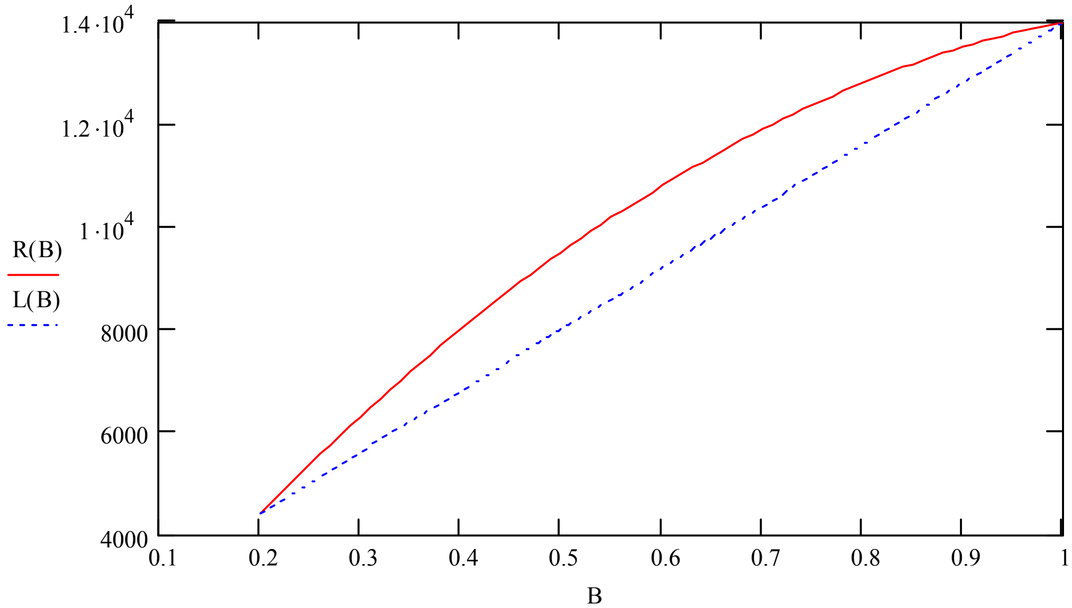
$|\Delta U_a|$ = __________________1.2 mV [9]

e) R_1 = 9 kΩ, R_2 = 10 kΩ, R_3 = 1 kΩ, $\vartheta = 0^\circ C$, I_{e0} = 1 µA:
Wie ist R_v zu dimensionieren, sodaß der Eingangsstrom des OPV I_{e0} bei $\vartheta = 0^\circ C$ keine Abweichung der Ausgangsspannung U_a gegenüber dem idealen OPV ergibt ?

R_v = _______________ 211.236 Ω [9]

Beispiel 1 **Name:**

Bei einer Feldplatte steigt der ohm´sche Widerstand R(B) (in Ohm) mit zunehmender Induktion B (in Tesla T) eines quer gerichteten Magnetfeldes. Es ergibt sich der grafisch dargestellte Zusammenhang. L(B) ist eine angenommene lineare Sollcharakteristik. Die Kurvengleichung von R(B) ergibt sich zu: $R(B) = \left(12 \cdot B - 5 \cdot B^2\right) \cdot 2000\Omega$. Lösen Sie das Beispiel grafisch oder algebraisch



Die Feldplatte wird als Messumformer zur Messung der Induktion verwendet, bei dem die Induktion B die Eingangsgröße, der ohm´sche Widerstand R(B) die Ausgangsgröße darstellt. Der Widerstand R(B) wird in dem dargestellten Bereich (mit unterdrücktem Nullpunkt) mit einer linear arbeitenden Messeinrichtung gemessen, deren Auflösung 8 bit beträgt.

a) Geben Sie die (physikalische) Größe des LSB der Ausgangsgröße an:

LSB = ___________37.6 Ω $\boxed{10}$

b) Schätzen Sie aus der grafischen Darstellung des Messumformers oder berechnen Sie die Auflösung der Eingangsgröße:

Mittlere Auflösung ________3.14 mT $\boxed{10}$

c) Schätzen oder berechnen Sie die maximale integrale Linearitätsabweichung.

Maximale integrale Linearitätsabweichung: __1.6 kΩ / 16.67% $\boxed{10}$

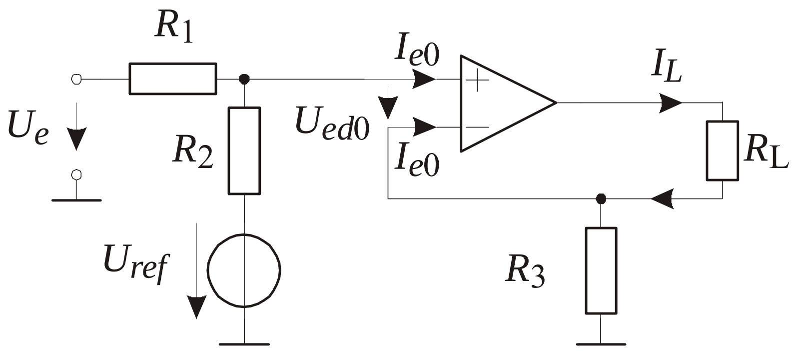
d) Schätzen, oder berechnen Sie die maximale differentielle Linearitätsabweichung. Wo tritt sie auf?

Max. diff. Lin.Abw.: Eingangsgröße _0.2, 1 , F_{DNL} _±66.67% $\boxed{10}$ $\boxed{10}$

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

Beispiel 2 **Name:**

Spannungs/Strom-Interface



a) $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_3 = 1000\ \Omega$, $U_e = 5$ V, $U_{ref} = 2$ V, OPV ideal:
Wie groß ist die Spannung an R_3?
Wie groß ist der Ausgangsstrom I_L?

U_{R3} = ____________________ 3.5 V [7]
I_L = __________________ 3.5 mA [7]

b) $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 20\ \text{k}\Omega$, OPV ideal:
Wie groß müssen der Widerstand R_3 und die Spannung U_{ref} sein, damit sich eine Umsetzung von $U_e = 0\ ..\ 5$ V auf $I_L = 4\ ..\ 20$ mA ergibt?

R_3 = _________________ 156.25 Ω [7]
U_{ref} = ___________________ 1.25 V [7]

c) $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_3 = 517.23\ \Omega$, OPV ideal:
Über welchen Ausgangsspannungsbereich [$U_{a,min}$ ... $U_{a,max}$] muss der OPV mindestens verfügen, damit ein Lastwiderstand $R_L = 500\Omega$ über den Strombereich von 4 bis 20 mA gespeist werden kann?

$U_{a,min}$ = _________________ 4.069 V [7]
$U_{a,max}$ = _________________ 20.345 V [7]

d) $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_3 = 1000\ \Omega$, $|U_{ed0}| = 2$ mV:
Welche Abweichung des Ausgangsstromes $|\Delta I_L|$ gegenüber dem idealen OPV ergibt sich aus der Offsetspannung des OPV U_{ed0}?

$|\Delta I_L|$ = ____________________ 2 µA [8]

Beispiel A1 Matr.Nr.: Name:

Spannungs/Frequenz-Konverter, Messung der Periodendauer

Gegeben ist ein Spannungs/Frequenz-Konverter mit einer geringfügig nichtlinearen Kennlinie. Mit diesem Konverter wird eine Eingangsspannung in eine annähernd proportionale Frequenz gewandelt. Die Periodendauer dieser Frequenz wird schließlich mit Hilfe eines Zählers mit einer internen Referenzfrequenz von 800 kHz gemessen. Referenzfrequenz des Zählers und Eingangssignal sind bei der Messung nicht synchronisiert.

Spannungs/Frequenz-Konverter:

Lineare Sollkennlinie $f_{Lin} = k \cdot U_e$ mit $k = 10kHz/V$ und $U_e = (0{,}01 \ldots 10)V$

Reale Ist-Kennlinie $f_{NL} = \dfrac{k \cdot U_e}{1 + a \cdot U_e}$ mit $a = 10^{-3} \cdot 1/V$ und $U_e = (0{,}01 \ldots 10)V$

a) Berechnen Sie die (maximale) integrale Linearitätsabweichung im Messbereich zwischen der Ist-Kennlinie und der gegebenen linearen Sollkennlinie

IntLA = -0.990099 kHz / -0.990099% 10

b) Berechnen Sie die maximale differentielle Linearitätsabweichung im Messbereich zwischen der Ist-Kennlinie und der gegebenen linearen Sollkennlinie

DiffLA = ____________-1.970395% 15

c) Welche Auflösung ΔT_{min} ergibt sich bei einer einzelnen Periodendauermessung?

ΔT_{min} = ________________ 1.25µs 3

d) Welche Ergebniswerte *EW* des Zählers sind bei der (Einzel-)Messung einer Periodendauer *T* von 4601µs möglich?

EW ∈ { _______ 4.6ms, 4.60125ms} 6

e) Welcher Schätzwert $\hat{\mu}_T$ für *T* und welches zugehörige Vertrauensintervall $KIB_{2\sigma}$ ergeben sich aus folgender Meßreihe: 72 „3002,5µs" und 28 x „3003,75µs"? Als Vertrauensniveau sind 95,5% zugrundezulegen, d.h. ein Bereich von $\pm 2\sigma$.

$\hat{\mu}_T$ = _____________3.00285ms 6

$KIB_{2\sigma}$ = ± ____________ ±0.112815µs 10

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

Beispiel B1 Matr.Nr.: Name:

Kapazitive Wegmessung, Messung der Frequenz

Gegeben ist ein kapazitiver Wegmesser mit einer geringfügig nichtlinearen Kennlinie. Mit diesem kapazitiven Sensor in einer Schwingkreisschaltung wird eine relative Wegänderung $x = \Delta d / d$ einer Kondensatorplatte in eine annähernd proportionale Frequenzänderung gewandelt, die als Differenzfrequenz gemessen wird. Zur Messung dieser Frequenz wird ein Zählers mit einer maximalen Messzeit von 200 ms verwendet. Referenzfrequenz des Zählers und Eingangsfrequenz sind bei der Messung nicht synchronisiert.

Kapazitiver Wegmesser:

Lineare Sollkennlinie $f_{Lin} = \frac{k \cdot x}{2}$ mit $k = 20MHz$ und $x = \Delta d / d = (0 \ldots 0{,}1)$

Reale Ist-Kennlinie $f_{NL} = k \cdot \left(\sqrt{1+x} - 1\right)$ mit k und x wie oben

a) Berechnen Sie die (maximale) integrale Linearitätsabweichung im Messbereich zwischen der Ist-Kennlinie und der gegebenen linearen Sollkennlinie

$IntLA$ = _-23.8230kHz / -2.382304% 10

b) Berechnen Sie die maximale differentielle Linearitätsabweichung im Messbereich zwischen der Ist-Kennlinie und der gegebenen linearen Sollkennlinie

$DiffLA$ = ______________-4.653741% 15

c) Welche Auflösung Δf_{min} kann der Zähler bei einer Einzelmessung erreichen?

Δf_{min} = ____________________5 Hz 3

d) Welche Ergebniswerte EW des Zählers sind bei der (Einzel-)Messung einer Frequenz von 712,13 Hz bei Messzeit Torzeit möglich?

$EW \in$ { __________ 710Hz, 715Hz} 6

e) Welcher Schätzwert $\hat{\mu}_f$ für f und welches zugehörige Vertrauensintervall $KIB_{2\sigma}$ ergeben sich aus folgender Messreihe: 82 x „935 Hz" und 18 x „940 Hz"? Als Vertrauensniveau sind 95,5% zugrundezulegen, d.h. ein Bereich von $\pm 2\sigma$.

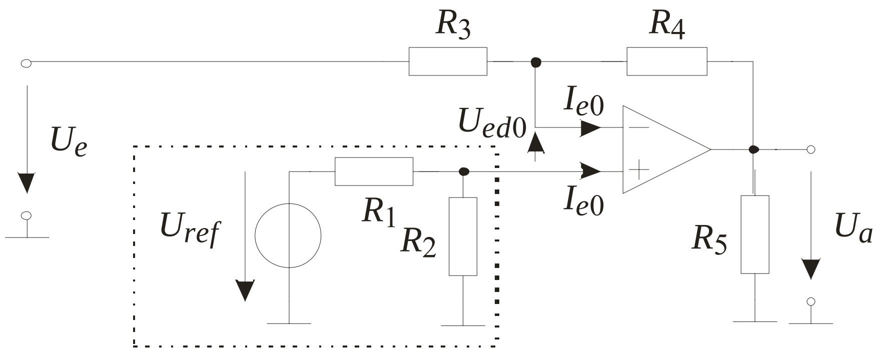
$\hat{\mu}_f$ = _______________ 935.9 Hz 6

$KIB_{2\sigma} = \pm$ ______________0.386123Hz 10

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

Beispiel A2 Matr.Nr.: Name:

Messverstärker



$R_1/R_2 = 2$, $R_3 = 1\ \mathrm{k\Omega}$, $R_5 = 1\ \mathrm{k\Omega}$, $U_{ref} = 5\ \mathrm{V}$

a) $|dU_a/dU_e| = 10$, $R_1 = 2\ \mathrm{k\Omega}$, OPV ideal:
Bestimmen Sie den Widerstand R_4.

R_4 = ____________________10 kΩ [6]

b) OPV ideal:
Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e und der Referenzspannung U_{ref} (Formel!).

U_a = __________ $U_{ref}\dfrac{R_2}{R_1+R_2}\dfrac{R_3+R_4}{R_3} - U_e\dfrac{R_4}{R_3}$ [10]

c) $R_1 = 2\ \mathrm{k\Omega}$, $R_3 = 1\ \mathrm{k\Omega}$, $R_4 = 15\ \mathrm{k\Omega}$, $|U_{ed0}| = 1\ \mathrm{mV}$:
Welche Abweichung der Ausgangsspannung $|\Delta U_a|$ gegenüber dem idealen OPV ergibt sich aus der Offsetspannung des OPV U_{ed0}?

$|\Delta U_a|$ = ___________________ 16 mV [10]

d) $R_3 = 1\ \mathrm{k\Omega}$, $R_4 = 15\ \mathrm{k\Omega}$, $I_{e0} = 20\ \mu\mathrm{A}$:
Man berechne R_1 und R_2 so, dass der Eingangsstrom des OPV I_{e0} keine Abweichung der Ausgangsspannung ΔU_a gegenüber dem idealen OPV ergibt.

R_1 = ________________ 2.812 kΩ [7]

R_2 = ________________ 1.406 kΩ [7]

e) $R_1 = 2\ \mathrm{k\Omega}$, $R_1/R_2 = 2$, OPV ideal:

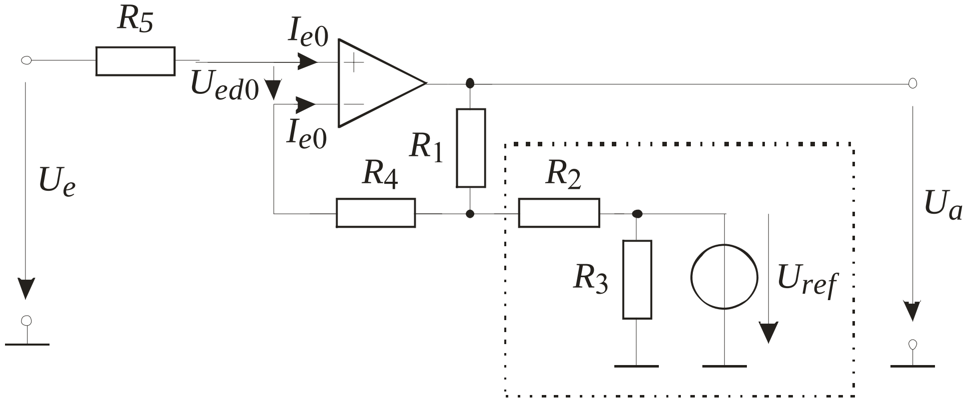
Bestimmen Sie für den markierten Schaltungsteil (U_{ref}, R_1, R_2) eine Ersatzstromquelle.

I_K = ___________________2.5 mA [5]

R_i = ____________________667 Ω [5]

Beispiel B2 Matr.Nr.: Name:

Messverstärker



R_1=1 kΩ, R_3=1 kΩ, R_4=1 kΩ, R_5=1 kΩ, U_{ref} = -5 V

a) R_2 = 500 Ω, OPV ideal:
Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e und der Referenzspannung U_{ref} (Formel!).

U_a = ____________ $U_e \dfrac{R_1+R_2}{R_2} - U_{ref}\dfrac{R_1}{R_2}$ 10

b) OPV ideal:
Bestimmen Sie den Widerstand R_2 so, dass sich am Ausgang eine Offsetspannung von 5 V (bei U_e=0) einstellt. Welche Verstärkung $v=dU_a/dU_e$ ergibt sich dadurch?

R_2 = ____________ 1 kΩ 5
v = ____________ 2 5

c) R_2 = 500 Ω, $|U_{ed0}|$ = 1 mV:
Welche Abweichung der Ausgangsspannung $|\Delta U_a|$ gegenüber dem idealen OPV ergibt sich aus der Offsetspannung des OPV U_{ed0}?

$|\Delta U_a|$ = ____________ 3 mV 10

d) R_2 = 500 Ω, I_{e0} = 20 µA:
Man berechne R_4 so, dass der Eingangsstrom des OPV I_{e0} keine Abweichung der Ausgangsspannung ΔU_a gegenüber dem idealen OPV ergibt.

R_4 = ____________ 667 Ω 10

e) R_2 = 500 Ω:
Bestimmen Sie für den markierten Schaltungsteil (U_{ref}, R_2, R_3) eine Ersatzstromquelle.

I_K = ____________ -10 nA 5

R_i = ____________ 500 Ω 5

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