



# Elektrische Messtechnik, Labor

## Messverstärker

Studienassistentin/Studienassistent	Gruppe	Datum	Note
Oliver Pischler	21	26. März 2015	1

Nachname, Vorname

Matrikelnummer Email

**Beachten Sie bitte:** In gezeichneten Diagrammen sind die Kurvenverläufe und Achsen zu beschriften. Bei Formeln und Schaltungsskizzen müssen alle vorkommenden Größen benannt und beschrieben werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Messung und Abgleich der Offsetspannung am Operationsverstärker <math>A_3</math></b>	<b>1</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.2	Schaltung . . . . .	1
1.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	2
1.4	Formeln und Berechnungsbeispiele . . . . .	2
1.5	Geräteverzeichnis . . . . .	3
1.6	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Ermittlung der Eingangsruhestrome</b>	<b>4</b>
2.1	Aufgabenstellung . . . . .	4
2.2	Schaltung . . . . .	4
2.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	4
2.4	Formeln und Berechnungen . . . . .	5
2.5	Geräteverzeichnis . . . . .	6
2.6	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ermittlung der Slew-Rate</b>	<b>7</b>
3.1	Aufgabenstellung . . . . .	7
3.2	Schaltung . . . . .	7
3.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	7
3.4	Formeln und Berechnungsbeispiele . . . . .	8
3.5	Diagramme . . . . .	8
3.6	Geräteverzeichnis . . . . .	9
3.7	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Aufnahme des Frequenzganges eines invertierenden Verstärkers</b>	<b>10</b>
4.1	Aufgabenstellung . . . . .	10
4.2	Schaltung . . . . .	10
4.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	10
4.4	Formeln und Berechnungsbeispiele . . . . .	11
4.5	Diagramme . . . . .	12
4.6	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Aufbau eines Integrators</b>	<b>14</b>
5.1	Aufgabenstellung . . . . .	14
5.2	Schaltung . . . . .	14
5.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	14
5.4	Formeln und Berechnungsbeispiele . . . . .	15
5.5	Diagramme . . . . .	16
5.6	Geräteverzeichnis . . . . .	17
5.7	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Temperaturmessung mit Pt100</b>	<b>19</b>
6.1	Aufgabenstellung . . . . .	19
6.2	Schaltung . . . . .	19
6.3	Messwerte und Tabellen . . . . .	19
6.4	Formeln und Berechnungsbeispiele . . . . .	20

6.5	Geräteverzeichnis . . . . .	20
6.6	Anmerkungen und Diskussion . . . . .	21

# 1 Messung und Abgleich der Offsetspannung am Operationsverstärker $A_3$

## 1.1 Aufgabenstellung

Verwenden Sie hierzu einen nichtinvertierenden Verstärker mit einer Verstärkung  $V$  von 40 dB. Mit Hilfe des Tasters am Übungsgerät kann das Abgleichpotentiometer vom OP getrennt und somit die wahre Offsetspannung  $U_{off}$  des OP bestimmt werden. Achten Sie darauf, dass im weiteren Verlauf der Übung der Abgleich nicht mehr verstellt wird. Vergleichen Sie den gemessenen Wert mit dem Wert aus dem Datenblatt. Was passiert, wenn zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des OP und Masse ein Widerstand  $R_3$  mit  $100\text{ k}\Omega$  geschaltet wird?

## 1.2 Schaltung

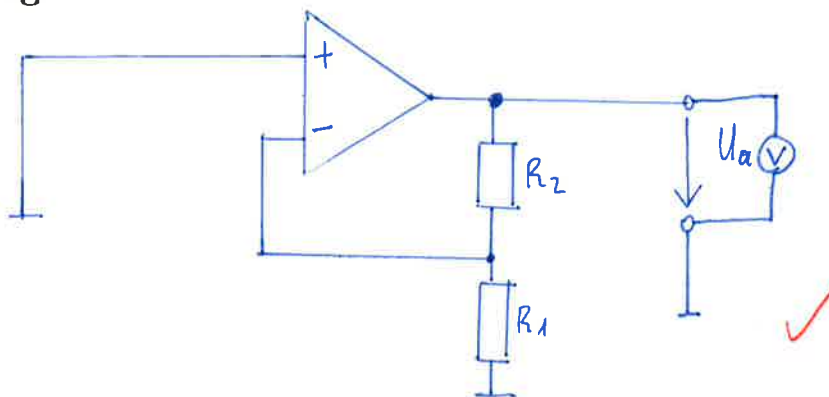


Abbildung 1: Ermittlung und Abgleich der Offsetspannung

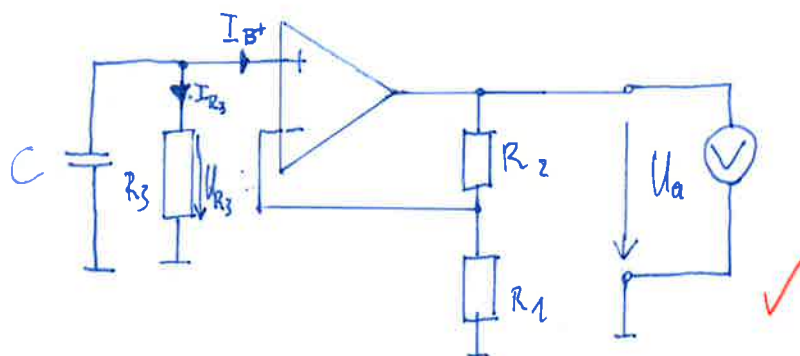


Abbildung 2: Schaltung zur Bestimmung des Eingangsruhestroms

### 1.3 Messwerte und Tabellen

Eingestellt		Gemessen	Berechnet	
$R_1$	$R_2$	$U_a$	V	$U_{off}$
k $\Omega$	k $\Omega$	mV	1	$\mu$ V
1	100	125	101	1237,6

Tabelle 1: Ermittlung und Abgleich der Offsetspannung

Eingestellt				Gemessen	Berechnet
$R_1$	$R_2$	$R_3$	C	$U_a$	$I_{B+}$
k $\Omega$	k $\Omega$	k $\Omega$	$\mu$ F	mV	nA
1	100	100	1	-1528	151,29

Tabelle 2: Ermittlung des Eingangsruhestromes

### 1.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der Werte für  $R_1, R_2$ .

$$40\text{dB} \stackrel{!}{=} V_{\text{dB}} = 20 \log(V) \Rightarrow V = 10^{\frac{V_{\text{dB}}}{20}} = 10^{\frac{40\text{dB}}{20}} = \underline{100}$$

$$V = \frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \stackrel{!}{=} 100 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \underline{99}$$

Praxisnäher:  $\frac{R_2}{R_1} \approx 100$  für bessere Bauteilwerte

gewählt:  $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$

Berechnung der Offsetspannung  $U_{\text{off}}$

$$U_{\text{off}} = \frac{U_a}{V} = \frac{125\text{ mV}}{101} = 1237,6\text{ }\mu\text{V}$$

## Berechnung des Eingangsruhestromes

$$\Rightarrow \bar{I}_{R3} = \frac{U_{R3}}{R3} = \frac{-15,129 \text{ mV}}{100 \text{ k}\Omega} = -151,29 \text{ nA}$$

$$U_{R3} = \frac{-1528 \text{ mV}}{101} = -15,129 \text{ mV}$$

$$I_{B^+} = -I_{R3} = 151,29 \text{ nA}$$

## 1.5 Geräteverzeichnis

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Multimeter	Fluke 79 III	-
Laborbox	-	mit OPV $\mu A 741$

## 1.6 Anmerkungen und Diskussion

- 1) • Allgemeine Diskussion zur Übung
- 2) • Beschreiben Sie in eigenen Worten die Begriffe Offsetspannung und Eingangsruhestrom.
- 3) • Wie verhalten sich die gemessenen Werte im Vergleich zu den Werten aus dem Datenblatt?

1) 40dB ergeben einen Verstärkungsfaktor  $V = 100$ , es wurde jedoch  $V = 101$  gewählt, um ein  $\frac{R2}{R1} = 100$  zu erhalten ( $\frac{R2}{R1} = 99$  schwer realisierbar)

3) berechnete Werte  $U_{off}$  u.  $I_{B^+}$  sind im Vgl. zum Datenblatt ungewöhnlich hoch.  
 $U_{off_{DB}} = 1 \text{ mV}$  vs.  $U_{off_{ber.}} = 1,23 \text{ mV}$       $I_{B^+_{DB}} = 80 \text{ nA}$  vs.  $I_{B^+_{ber.}} = 151 \text{ nA}$

2) Offset-Sp. ist jene Sp., die zwischen d. Eingängen angelegt werden muss ( $= U_{Diff}$ ), damit  $U_a = 0$ !  
 Der Eingangsruhestrom ist der Basisstrom der Bipolartransistoren der Eingangsstufe des OPV & z.W. (der Sperrstrom der FE-Transistoren u. Schutzdioden.)

## 2 Ermittlung der Eingangsruhestrome

### 2.1 Aufgabenstellung

Es sollten die beiden Eingangsruhestrome  $I_{B+}$  und  $I_{B-}$  messtechnisch erfasst werden. Die Messung basiert auf der Integration des Biasstroms im Kondensator  $C = 1 \mu\text{F}$  und der Messung der Ausgangsspannung des OP nach Ablauf einer frei wählbaren Messzeit  $T$ . Entfernen Sie zum Start der Messung den Kurzschlussbügel über dem Kondensator. Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit den Werten für Bias- und Offsetstrom aus dem Datenblatt. Ermitteln Sie außerdem die Stromrichtung des Biasstroms anhand der Messergebnisse.

### 2.2 Schaltung

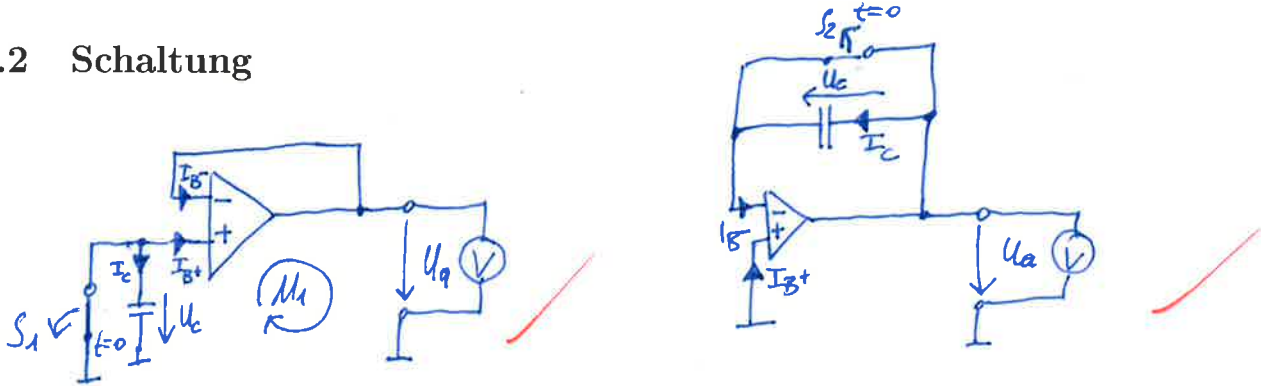


Abbildung 3: Schaltungen zur Messung der Eingangsruhestrome  $I_{B+}$  (links) und  $I_{B-}$  (rechts)

### 2.3 Messwerte und Tabellen

Eingestellt		Gemessen	Berechnet	
$C$	$\Delta t$	$\Delta U$	$I_{B+}$	
$\mu\text{F}$	s	V	nA	
1)	1	30	-4,8	160
2)	1	60	-9,4	156,6
3)	1	45	-7,1	157,7

Tabelle 3: Ermittlung des Eingangruhestromes  $I_{B+}$

Eingestellt		Gemessen	Berechnet
$C$	$\Delta t$	$\Delta U$	$I_{B-}$
$\mu F$	s	V	nA
1)	1	30	4,5
2)	1	45	6,8
3)	1	60	9,0

Tabelle 4: Ermittlung des Eingangruhestromes  $I_{B-}$

## 2.4 Formeln und Berechnungen

### Berechnung von $I_{B+}$

Wenden Sie dazu die Knoten und Maschenregel an

$K_1: I_{B+} = -I_c$        $i_c = C \frac{d u_c}{dt} \Rightarrow u_c = \frac{1}{C} \int_0^T i_c(\tau) d\tau + u_c(0)$

$I_c = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t} = 1 \mu F \cdot \frac{-9,4 V}{60 s} = -156,6 \text{ nA}$  ✓

$M_1: U_a = U_c$

$I_{B+} = -I_c = 156,6 \text{ nA}$  ✓

### Berechnung von $I_{B-}$

Wenden Sie dazu die Knoten und Maschenregel an

$M_2: U_a = U_c$  ✓

$K_2: I_B = I_c$  ✓

$I_c = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{9,0 V}{60 s} \cdot 1 \mu F = 150 \text{ nA}$  ✓

$I_{B-} = I_c = 150 \text{ nA}$  ✓



## 2.5 Geräteverzeichnis

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Multimeter	Fluke 78 III	
Laborbox		mit OPV $\mu A$ 741

## 2.6 Anmerkungen und Diskussion

- 1) • Allgemeine Diskussion zur Übung
- 2) • Warum werden Kurzschlussbügel in dieser Schaltung verwendet?
- 3) • Beschreiben Sie ob, und wenn ja warum, es Unterschiede zu den in Aufgabe 1 durchgeführten Messungen gibt.
- 4) • Wie kann das Vorzeichen der Biasströme interpretiert werden. Hat der vermessene Operationsverstärker eine Bipolar- oder eine FET Eingangsstufe?

1) 

2) damit  $U_c(0) = 0V$

3) Die Werte d. Eingangsruhestroms in dieser Messschaltung hängen nicht mehr von  $R_1$  u.  $R_2$  ab, dafür aber von  $C$  (große Bauteilwertschwankung). Durch die integrierende Schaltung werden Mittelwerte statt Momentanwerten gemessen.  
 $I_{B^+} = 156 \mu A$  u.  $I_{B^-} = 150 \mu A$  sind größer als  $I_{BDB} = 80 \mu A$  (Datenblatt)

4) pos. Biasströme  $\Rightarrow$  Bipolare Eingangsstufe (npn)  
 aus Größenordnung  $\uparrow$  aus Vorzeichen  $\uparrow$

### 3 Ermittlung der Slew-Rate

#### 3.1 Aufgabenstellung

Messung der Slew-Rate mit Operationsverstärker  $A_3$  als nichtinvertierender Verstärker mit der Verstärkung 2. Wählen Sie hierzu sinnvolle Werte für die Eingangssignalform und deren Frequenz bei einer Amplitude von  $U_e \geq 4 V_{SS}$ . Messen Sie sowohl die positive als auch die negative Slew-Rate. Skizzieren Sie die Oszilloskop-Darstellung der Slew-Rate. Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit dem Wert aus dem Datenblatt.

#### 3.2 Schaltung

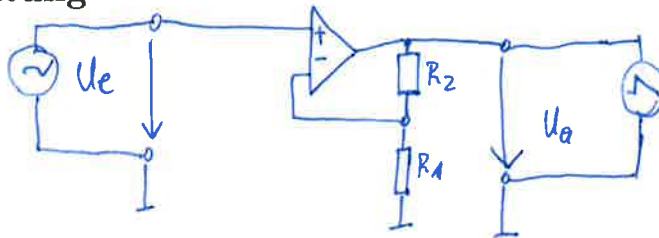


Abbildung 4: Schaltung zur Slew-Rate Messung

#### 3.3 Messwerte und Tabellen

Messung	Eingestellt		Gemessen				Berechnet			Datenblatt
	f	$U_{e,SS}$	$\Delta U$	Auflösung	$\Delta t$	Auflösung	$\Delta U$	$\Delta t$	SR	SR
	kHZ	V	Div	V/Div	Div	$\mu s/Div$	V	$\mu s$	V/ $\mu s$	V/ $\mu s$
1) positive SR	1	5					6,4	13	0,49	0,5
2) negative SR	1	5					6,0	13	0,46	0,5

Tabelle 5: Ermittlung der steigenden und fallenden Slew-Rate

### 3.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Bestimmung der Widerstandswerte

$$V = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 2 \Rightarrow R_1 = R_2 = 100k\Omega$$

Berechnung der Slew-Rate

$$S_R = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{6,4V}{13\mu s} = 0,49 \frac{V}{\mu s}$$

Messwert Nr. 1 aus Tab. 5

### 3.5 Diagramme

Skizzieren Sie das Oszilloskopbild des Slew Rate begrenzten Signals für mindestens einer Periodendauer. Beschriften Sie die Achsen und geben Sie den Maßstab an.

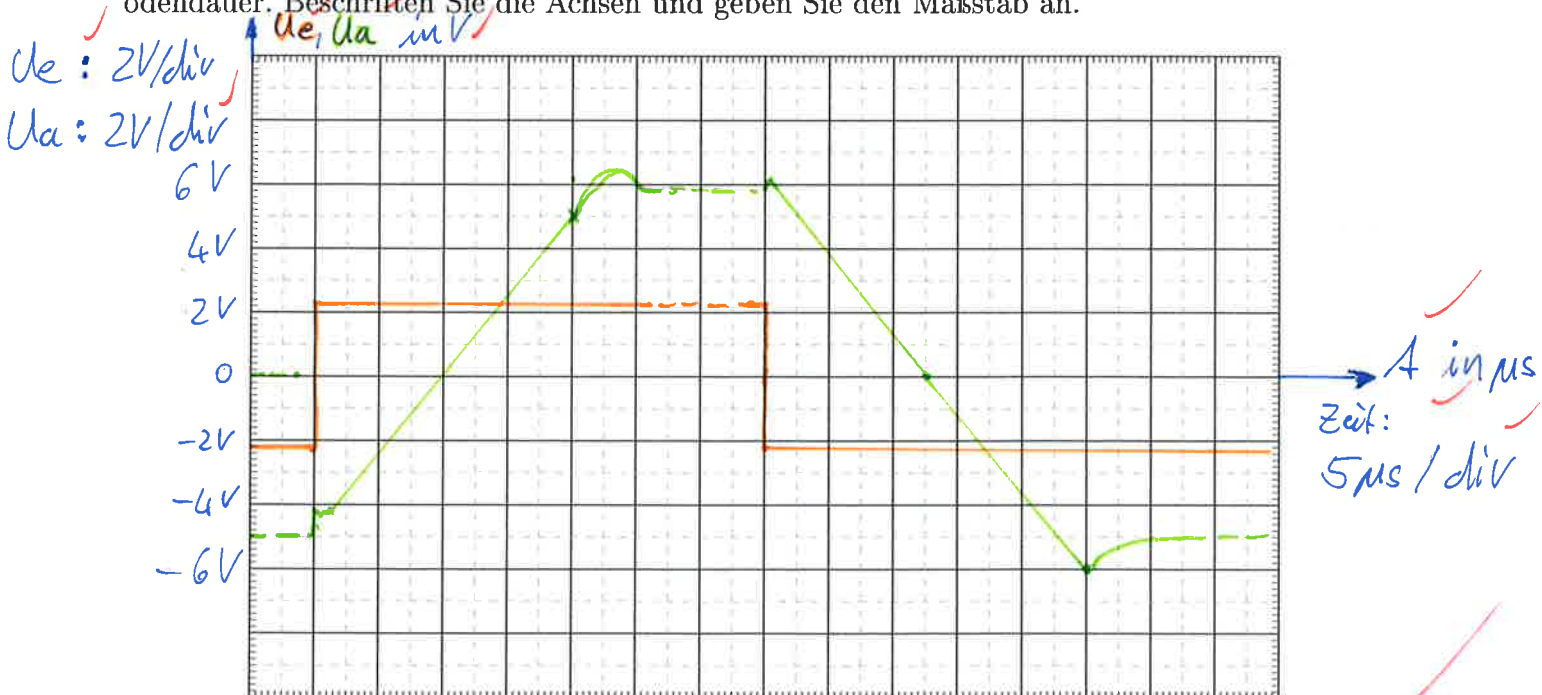


Abbildung 5: Slew Rate begrenztes Signal

### 3.6 Geräteverzeichnis

Tabelle 6: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
Laborbox		mit OPV $\mu A 741$
Oszilloskop	Rigol DS1074	
Funktionsgenerator	Tektronix CFG253	

### 3.7 Anmerkungen und Diskussion

- 1) • Allgemeine Diskussion zur Übung
  - 2) • Gibt es einen Unterschied zwischen fallender und steigender Slew Rate? Begründen Sie Ihre Antwort
  - 3) • Sind die gemessenen Werte besser oder schlechter als die Werte im Datenblatt?
- 1) Funktionsgen. musste Offset-abgeglichen werden.  
Es lässt sich eine Überschreitung zu den Schaltzeitpunkten messen. ✓
- 2) Ja, steigende SR ist etwas besser als fallende. ✓  
Grund: NPN bei steig. SR → NPN schaltet schneller als PNP in Ausgangsstufe ✓  
PNP bei fallender SR ✓
- 3) Die gemessenen Werte sind schlechter (geringer) als im Datenblatt  
 $0,49 \text{ V}/\mu\text{s}$  u.  $0,46 \text{ V}/\mu\text{s}$  zu  $0,5 \text{ V}/\mu\text{s}$   
 ↑ steigend ↑ fallend ↑  
 Datenblatt Datenblatt ✓

## 4 Aufnahme des Frequenzganges eines invertierenden Verstärkers

### 4.1 Aufgabenstellung

Aufbau eines invertierenden Spannungsverstärkers  $A_3$  mit der Spannungsverstärkung 40 dB und Aufnahme des Frequenzganges (Bodediagramm). Berechnen Sie hierzu die voraussichtliche Grenzfrequenz  $f_g$  des Verstärkers. Messen Sie dann Betrag und Phase der Verstärkung bei  $(0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10) \cdot f_g$ , außerhalb dieses Bereichs reichen 1 bis 2 Messpunkte pro Dekade. Die Frequenzen sind jeweils mit dem Oszilloskop zu bestimmen (die Angaben am Funktionsgenerator sind nur Richtwerte!). Versuchen Sie außerdem, die Transitfrequenz messtechnisch zu bestimmen. Vergleichen Sie den gemessenen Wert mit dem Wert aus dem Datenblatt.

### 4.2 Schaltung

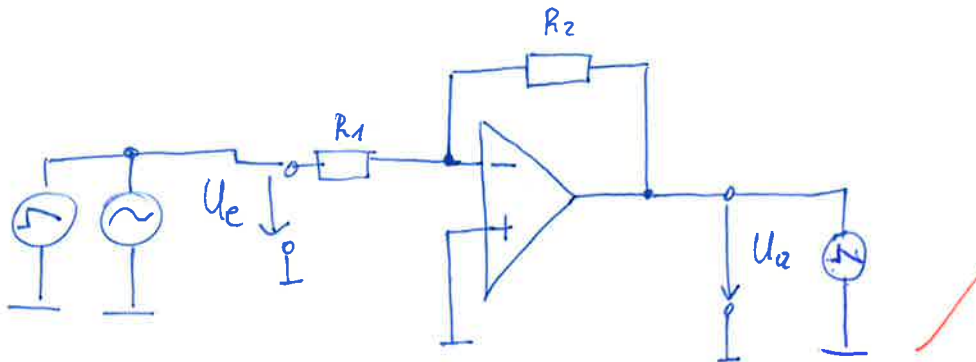


Abbildung 6: Invertierender Spannungsverstärker

### 4.3 Messwerte und Tabellen

eingestellt	
$R_1$	$R_2$
$k\Omega$	$k\Omega$
1	100

Tabelle 7: Eingestellte Werte

Nr.	Eingestellt	Gemessen									Berechnet			
	$U_{eSS}$	<del>T</del>			$U_{aSS}$			<del><math>\Delta t</math></del>			f	A	A	$\varphi$
	mV	<del><math>\mu s/Div</math></del>	<del>Div</del>	<del><math>\mu s</math></del>	V/Div	Div	V	<del><math>\mu s/Div</math></del>	<del>Div</del>	<del><math>\mu s</math></del>	kHz	1	db	$^\circ$
1	50						4,82				91	58,4	39,9	-186
2	50						4,84				1	96,8	39,7	-190
3	50						2,8				10	56	35	-240
4	50						3,48				6,75	69,6	36,8	-226
5	50						0,34				100	6,8	16,7	-270
6	50						0,07				500	1,4	2,9	-280
7	50						0,05				684	1,0	0	-300

Tabelle 8: Aufnahme des Frequenzganges

*mV wäre genauer*

#### 4.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der Widerstandswerte, Berechnung von f, A und  $\varphi$  und Berechnung der Grenzfrequenz

$$V = \frac{R_2}{R_1}$$

$$A = \frac{U_g}{U_e}$$

$$f_T = f_g \cdot A$$

$$f_{g_{DEAL}} = \frac{f_T}{A_{GK}} = \frac{1 \text{ MHz}}{100} = 10 \text{ kHz}$$

$$f_{T_{BER}} = f_g \cdot A = 6,75 \cdot 100 = 675 \text{ kHz}$$

*Messwert Nr. 4*

$$A_4 = \frac{U_{a4}}{U_{e4}} = \frac{3,48 \text{ V}}{50 \text{ mV}} = 69,6$$

$$A_{4, \text{dB}} = 20 \cdot \log(A_4) = 20 \cdot \log(69,6) = 36,8 \text{ dB}$$

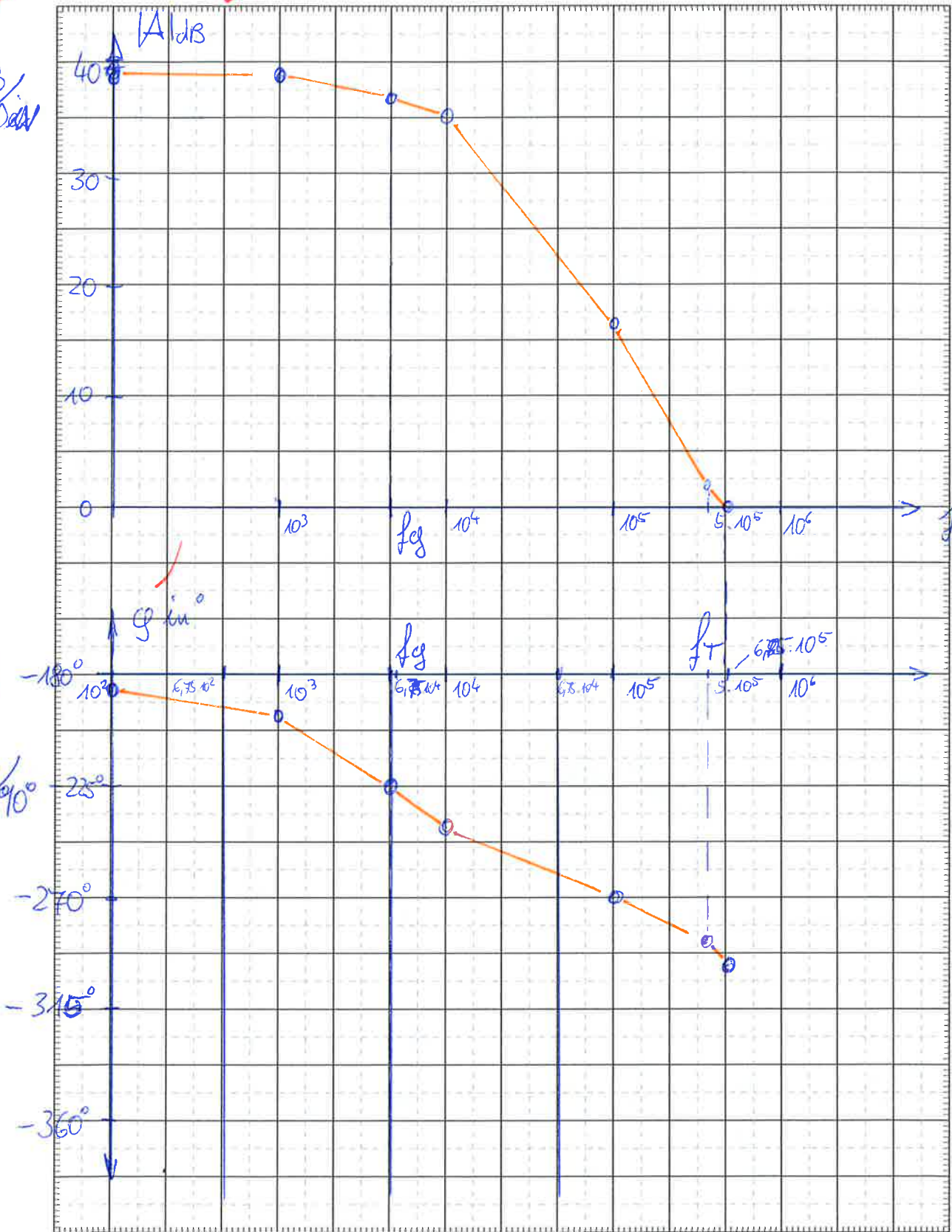
$$V_{\text{dB}} = 40 \text{ dB} \Rightarrow V = 10^{\frac{40 \text{ dB}}{20 \text{ dB}}} = 100 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 100$$

$\varphi$  wurde vom Oszilloskop abgelesen

# 4.5 Diagramme

5  
dB/Decade

4 div/90°



~~log(f)~~  
 $f$  in Hz ✓  
 3 div/Decade  
~~log(f)~~  
 $f$  in Hz  
 3 div/Decade

Abbildung 7: Bodediagramm





## 5 Aufbau eines Integrators

### 5.1 Aufgabenstellung

Aufbau eines Integrators und Demonstration der Funktionsweise durch Anlegen von Rechteck-, Sinus- und Dreiecksspannungen. Verwenden Sie als Bauteilwerte  $R = 1 \text{ k}\Omega$  und  $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ . Die Frequenz der Eingangsspannung soll ca. 100 Hz, die Amplitude  $U_{eSS} \approx 4 \text{ V}$  betragen. Skizzieren und beschreiben Sie die jeweiligen Ausgangskurvenformen im Protokoll. Ermitteln Sie außerdem bei sinusförmiger Eingangsgröße die Frequenz, bei welcher der Betrag der Verstärkung eins ist. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dieser Frequenz und den Bauteilwerten für R und C?

### 5.2 Schaltung

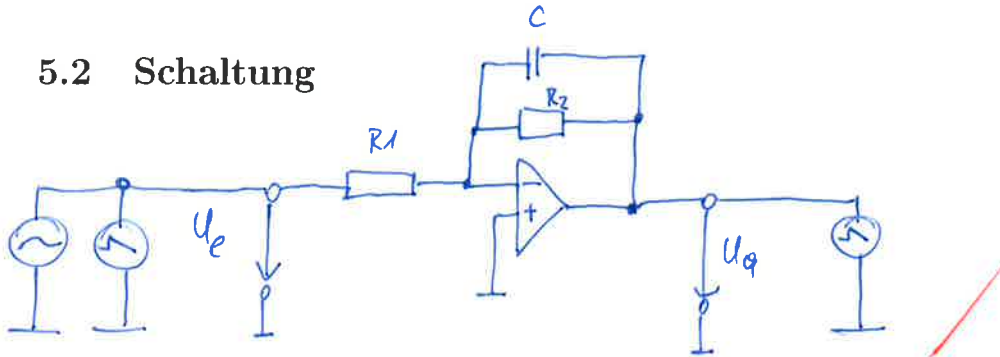


Abbildung 8: Integrator

### 5.3 Messwerte und Tabellen

Folgende Werte wurden für die Messung eingestellt und konstant gehalten:

eingestellt				
$f$	$U_{eSS}$	$R_1$	$R_2$	$C$
Hz	V	$\text{k}\Omega$	$\text{k}\Omega$	$\mu\text{F}$
100	4	1	100	1

Tabelle 9: Eingestellte Werte zur Aufnahme der Oszilloskopbilder

Weiters wurde die Transitfrequenz (Verstärkung 1) bestimmt.

gemessen		berechnet
T	Auflösung	$f_t$
Div	$\frac{ms}{Div}$	Hz
		159

Tabelle 10: Ermittelte Transitfrequenz

## 5.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnung der Grenzfrequenz (mit und ohne  $R_2$ ). Es sollen mehrere Werte für  $R_2$  probiert werden.

$$f_{gmR_2} = \frac{1}{2\pi R_2 C} = \frac{1}{2\pi \cdot 100k\Omega \cdot 1\mu F} = 1,59 Hz$$

$$f_{GdncR_2} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 C} = \frac{1}{2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 1\mu F} = 159 Hz$$

Berechnung der Transitfrequenz

$$f_T = \frac{1}{2\pi R_1 C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1k\Omega \cdot 1\mu F} = 159 Hz$$

## 5.5 Diagramme

Skizzieren sie das Verhalten des Integrators (Ein- und Ausgang) bei folgenden Eingangsgrößen: Sinus, Rechteck und Dreieck.

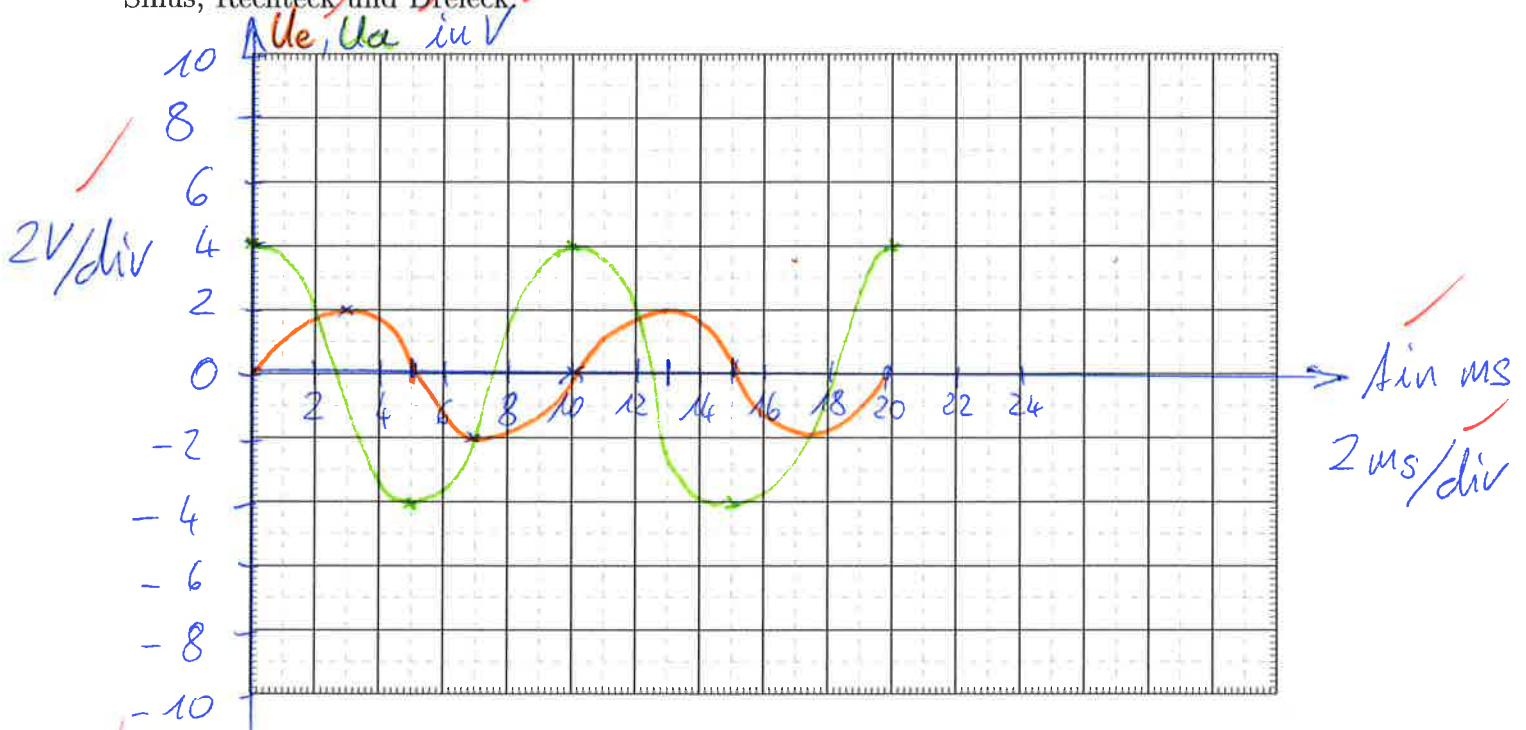


Abbildung 9: Sinus Signal

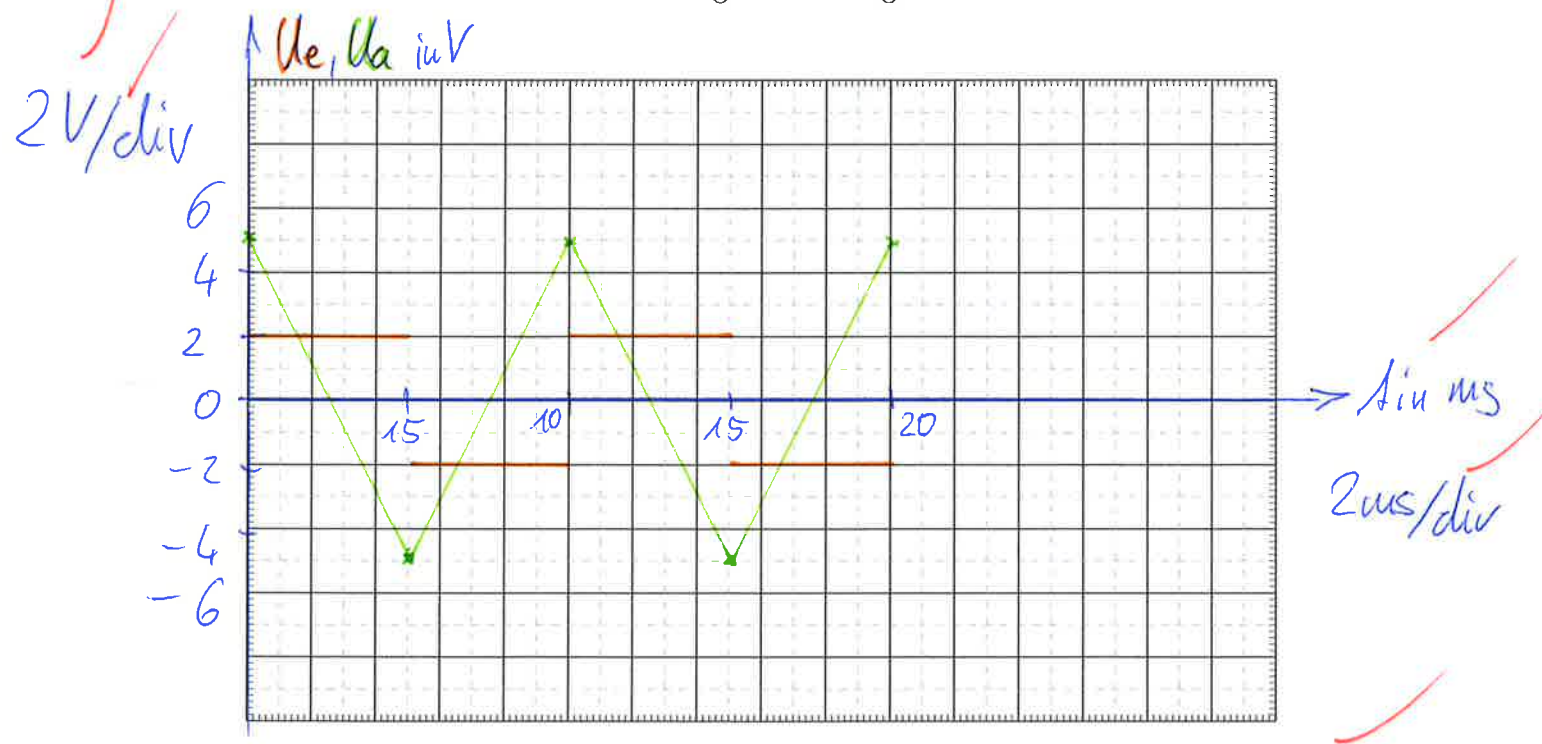


Abbildung 10: Rechteck Signal

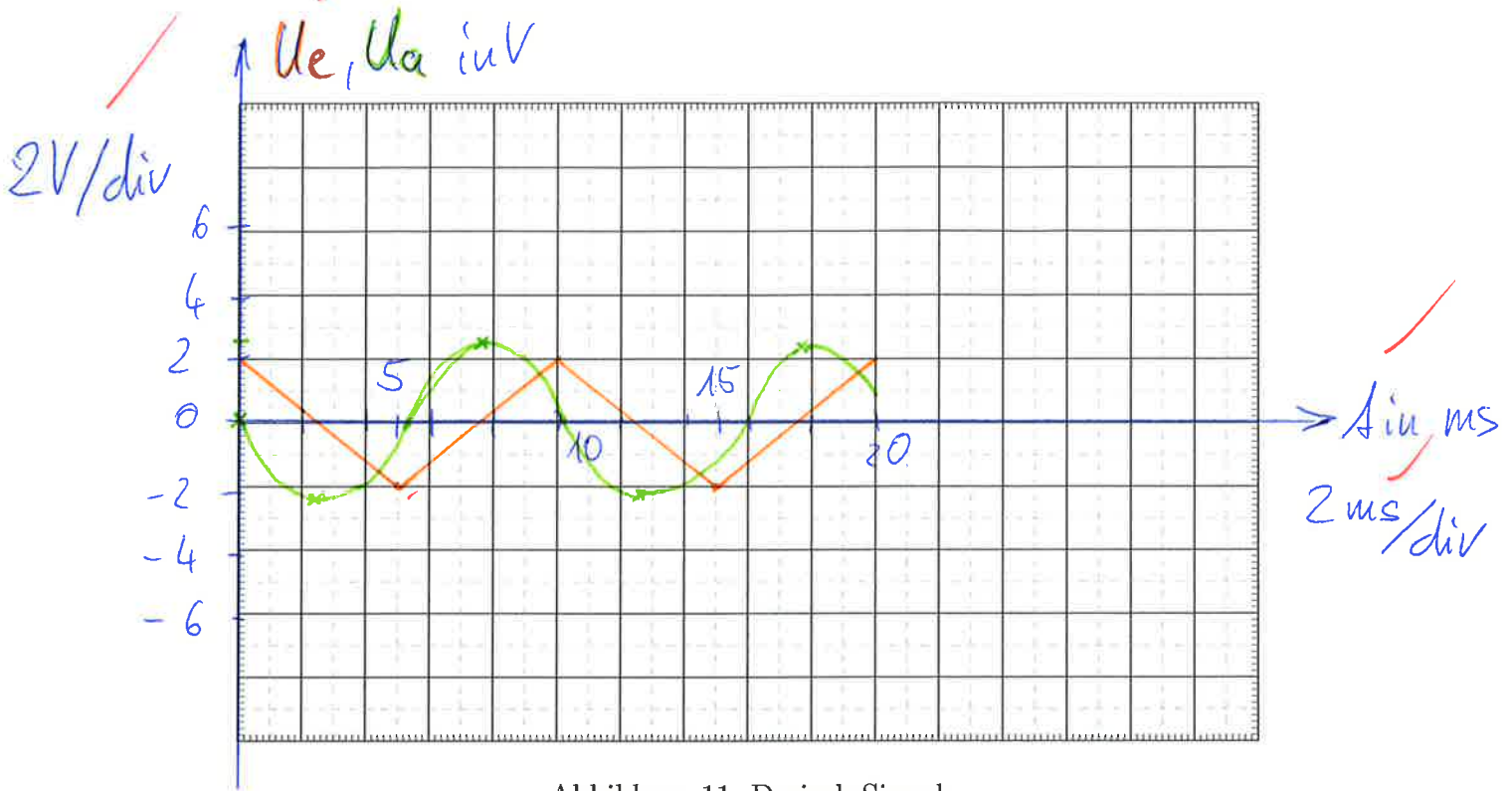


Abbildung 11: Dreieck Signal

## 5.6 Geräteverzeichnis

Tabelle 11: Verwendete Geräte und deren Eigenschaften.

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
LABORBOX	—	OPAMP $\mu A741$
OSZILLOSKOP	RIGOL DS1074	4Channel 70MHz 16s/s
FUNKTIONSGENERATOR	—//—	

## 5.7 Anmerkungen und Diskussion

- 1) • Allgemeine Diskussion zur Übung
  - 2) • Beschreiben Sie die Funktion von  $R_2$  in eigenen Worten. Gibt es einen Unterschied zwischen einem Tiefpass und einem Integrator?
- 2)  $R_2$  verhindert, dass eine Offset-Spannung mitaufintegriert wird.  
 $R_2$  begrenzt die Verstärkung der Gleichspannung.

Die Schaltungen sind gleich, die integrierende Wirkung setzt erst ab  $f_g$  ein.

- 1) Bei zu kleinem  $R_2$  beginnt der Kondensator, sich während des Integrierens über  $R_2$  zu entladen.

In den Diagrammen ist das korrekte Integral f. alle Signale erkennbar, durch den invertierenden Verstärker ist jedoch  $180^\circ$  Phasenverschiebung beobachtbar.

$$\int \sin(x) dx = \dots$$

$$\int 1 dx = \dots$$

$$\int x dx = \dots$$

## 6 Temperaturmessung mit Pt100

### 6.1 Aufgabenstellung

Es sollte mithilfe eines Pt100-Widerstandes die Temperatur im Labor gemessen werden. Für den Abgleich soll ein Pt-100 Simulator verwendet werden. Die Kennlinie ist so abzustimmen, dass  $0^{\circ}\text{C}$  einer Ausgangsspannung von 0 V entspricht und eine Temperatur von  $100^{\circ}\text{C}$  einer Ausgangsspannung von 10 V.

### 6.2 Schaltung

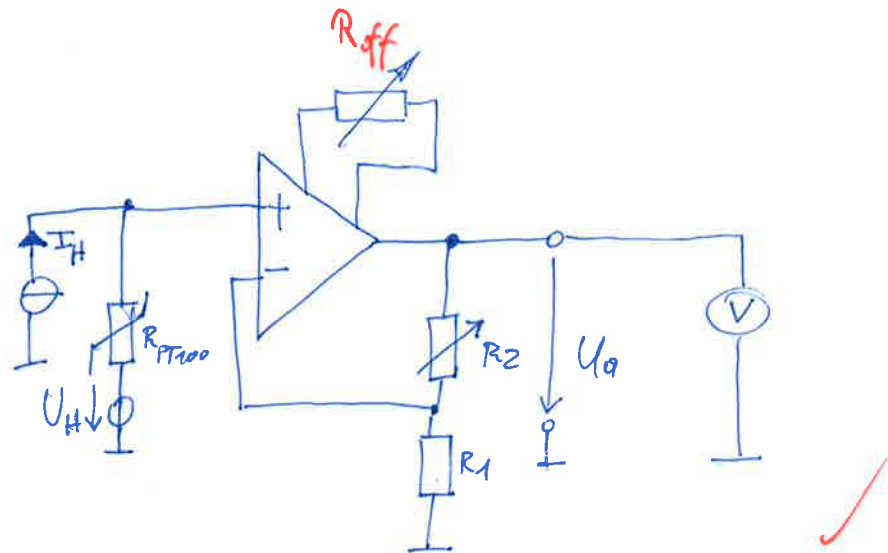


Abbildung 12: Temperaturmessung

### 6.3 Messwerte und Tabellen

eingestellt		
$R_1$	$R_2$	$U_H$
$\Omega$	$\Omega$	V
100	26280	-0,1

Tabelle 12: Eingestellte Werte

gemessen	berechnet
$U_a$	T
V	K
1) 2,32	296,35
2) 2,78	300,95
3) 8,13	354,45

Raumtemp.

Student Handel

PT<sub>100</sub>-Simulator (80°C)

Tabelle 13: Aufgenommene Temperatur

## 6.4 Formeln und Berechnungsbeispiele

Berechnen Sie  $U_H$ ,  $R_2$  und  $R_1$

$U_H = -100 \text{ mV}$  (gewählt) (Abgleich mit Eingangsspannungsgleich)

$$U_e = I_H \cdot R_{PT100} + U_H \stackrel{!}{=} 0 \text{ V (für } 0^\circ\text{C)}$$

bei  $100^\circ\text{C}$

$$U_e = I_H \cdot R_{PT100,100^\circ} + U_H = \frac{U_a}{A} \Rightarrow U_e = 1 \text{ mA} \cdot 138,5 \Omega - 0,1 \text{ V} = \underline{38,5 \text{ mV}}$$

bei  $100^\circ\text{C}$  soll  $U_a = 10 \text{ V}$  sein

$$\Rightarrow A_i = \frac{U_a}{U_e} = \frac{10 \text{ V}}{38,5 \text{ mV}} = 259 \text{ (ideal)}$$

$$\Rightarrow R_{PT100,100^\circ} = 138,5 \Omega$$

$$R_1 = 100 \Omega \text{ (gewählt)}$$

$$R_2 = 26,28 \text{ k}\Omega \text{ (gem.)}$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{26,28 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} = \underline{2638}$$

Berechnung der Temperatur

Messwert 1) aus Tab. 13

$$T = U_a \cdot 10 \frac{\text{K}}{\text{V}} + 273,15 \text{ K} = 2,32 \text{ V} \cdot 10 \frac{\text{K}}{\text{V}} + 273,15 \text{ K} = \underline{296,15 \text{ K}}$$

## 6.5 Geräteverzeichnis

Gerät	Type	Eigenschaft/Beschreibung
LABORBOX	—	MA741
PT100-Simulator	—	—
MULTIMETER	FLUKE 79	—

## 6.6 Anmerkungen und Diskussion

- 1) • Allgemeine Diskussion zur Übung.
  - 2) • Beschreiben Sie die Inbetriebnahme der Schaltung (speziell Abgleich).
  - 3) • Angenommen man möchte eine Temperatur zwischen  $20^{\circ}\text{C}$  und  $40^{\circ}\text{C}$  messen. Wie gehen Sie vor? Sollte die Schaltung adaptiert werden?
- 2)  $P_{T100}$ -Simulator auf  $0^{\circ}\text{C}$  (Verstärkung auf 300/MAX) ✓  
→ Abgleich mit Offsetabgleich bis  $U_a = 0\text{V}$  →  $P_{T100}$ -Simulator ✓  
auf  $100^{\circ}\text{C}$  →  $R_2$  einstellen bis  $U_a = 10\text{V}$  ✓
- 3) Ja, die Schaltung sollte adaptiert werden. Vorgehensweise gleich wie bei 2) mit dem Unterschied, dass der Offsetabgleich <sup>bei</sup>  $20^{\circ}\text{C}$  und die gewünschte maximale Ausgangsspannung bei  $40^{\circ}\text{C}$  eingestellt werden muss. ✓

## Literaturverzeichnis

G. Brasseur, *Skriptum zu Elektrische Messtechnik, Labor*, Sommersemester 2014  
Institut für Elektrische Messtechnik und Meßsignalverarbeitung, Technische Universität Graz

G. Brasseur, *Skriptum zu Elektrische Messtechnik, Vorlesung* Institut für  
Elektrische Messtechnik und Meßsignalverarbeitung, Technische Universität Graz,  
Wintersemester 2013.