

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Inbetriebnahme der Regler-Platine</b>	<b>4</b>
1.1 Aufgabenstellung . . . . .	4
1.2 Kontrolle der Versorgungsspannung . . . . .	4
1.3 Kontrolle der Testspannung . . . . .	4
<b>2 Kontrolle der Regeldifferenz</b>	<b>5</b>
2.1 Aufgabenstellung . . . . .	5
2.2 Kontrolle der Offset-Spannung . . . . .	5
2.3 Kontrolle des Subtrahierers . . . . .	5
<b>3 Aufnahme der Streckensprungantwort</b>	<b>6</b>
3.1 Aufgabenstellung . . . . .	6
3.2 Messaufbau . . . . .	6
3.3 Streckensprungantwort . . . . .	6
<b>4 Übertragungsfunktion der Strecke</b>	<b>7</b>
4.1 Aufgabenstellung . . . . .	7
4.2 Bestimmung der Messpunkte . . . . .	7
4.3 Messung der Messpunkte . . . . .	7
4.4 Bestimmung der Übertragungsfunktion . . . . .	7
4.5 Bodediagramm . . . . .	8
<b>5 Nachbildung der Strecke</b>	<b>9</b>
5.1 Aufgabenstellung . . . . .	9
5.2 Matlab-Code . . . . .	9
5.3 Erhaltener Graph . . . . .	9
5.4 Vergleich . . . . .	9
<b>6 I-Regler</b>	<b>10</b>
6.1 Aufgabenstellung . . . . .	10
6.2 Berechnung des Phasenrands . . . . .	10
6.3 Entwurf des I-Reglers . . . . .	10
6.4 Bodediagramm . . . . .	10
6.5 Bestimmung des I-Faktors . . . . .	11
<b>7 Überprüfung des Reglerverhaltens</b>	<b>12</b>
7.1 Aufgabenstellung . . . . .	12
7.2 Reglerverhalten in Matlab . . . . .	12
<b>8 Umsetzung des Reglers</b>	<b>13</b>
8.1 Aufgabenstellung . . . . .	13
8.2 Schaltung . . . . .	13
8.3 Berechnung der Bauteile . . . . .	13
8.4 Wahl der Bauteile . . . . .	13
<b>9 Test des Reglers</b>	<b>14</b>
9.1 Aufgabenstellung . . . . .	14
9.2 Positive Spannung . . . . .	14

<b>10 Test des Regelkreises</b>	<b>15</b>
10.1 Aufgabenstellung . . . . .	15
10.2 Bodediagramm . . . . .	15
10.3 Rechteckspannung . . . . .	16
10.4 Messung der Überschwingung . . . . .	16
10.5 Dreieckspannung . . . . .	17

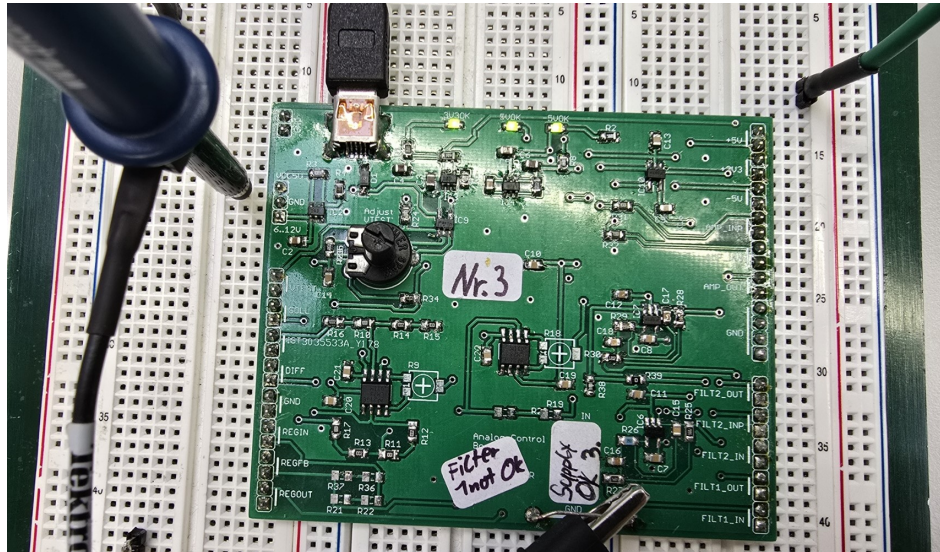
# 1 Inbetriebnahme der Regler-Platine

## 1.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll die Regler-Platine (Modul Nummer: 3) ohne Beschaltung in Betrieb genommen werden. Dabei sollen die Versorgungsspannungen sowie der Spannungsbereich von  $V_{test}$  überprüft werden.

## 1.2 Kontrolle der Versorgungsspannung

Um die Versorgungsspannung zu überprüfen, wurde die Regler-Platine über den USB-Port an 5V angeschlossen. Aus der Messung folgte ein Spannungswert von **5.08V**.



## 1.3 Kontrolle der Testspannung

Für die Messung des Bereiches der Testspannung wurde das Potentiometer, welches die Spannung des Punktes kontrolliert, an beide Limits eingestellt und es wurde gemessen, welche Spannungen somit maximal bzw. minimal eingestellt werden können. Dabei wurde ein Spannungsbereich von  $-1.68\text{ V} \dots +1.8\text{ V}$  gemessen.  $-1.68\text{V} \dots +1.8\text{ V}$





## 2 Kontrolle der Regeldifferenz

### 2.1 Aufgabenstellung

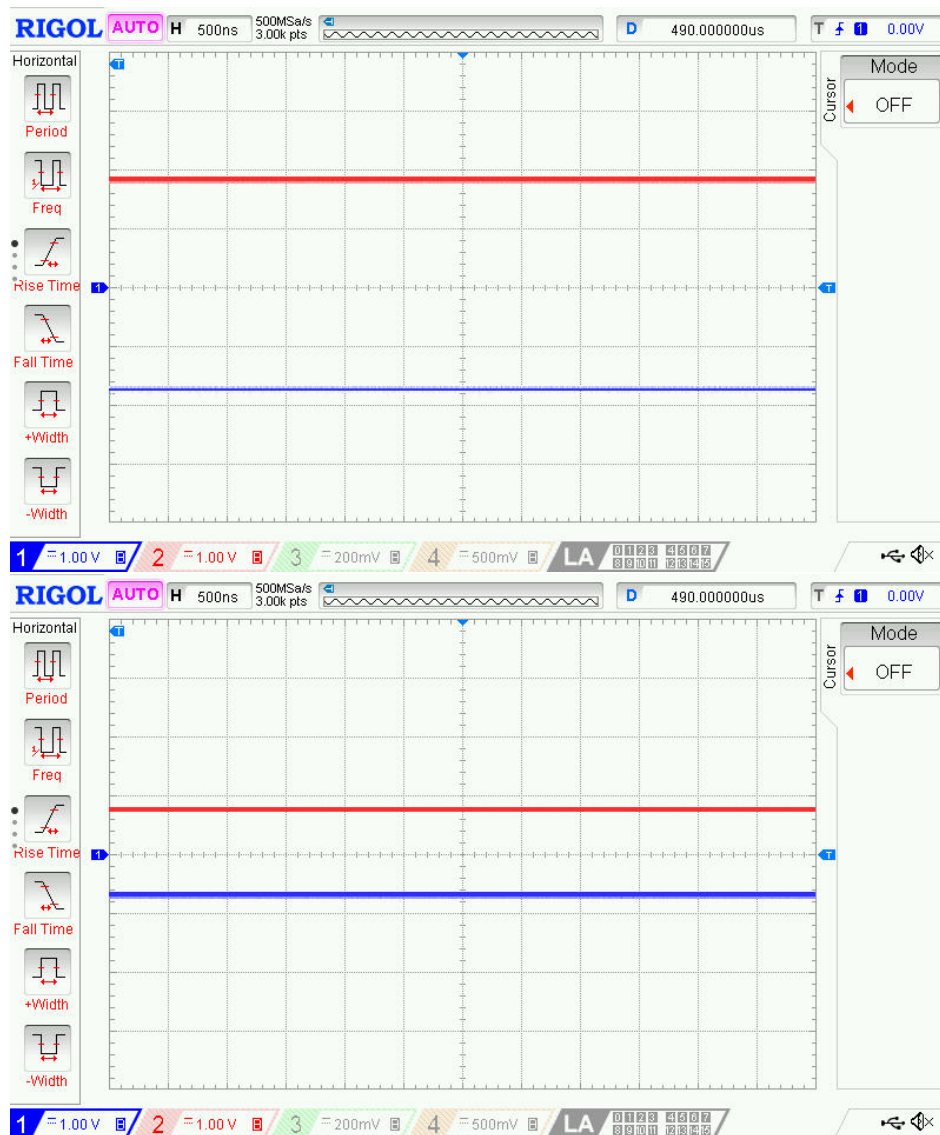
In dieser Aufgabe soll die korrekte Funktionsweise des Regeldifferenz überprüft werden. Dafür soll die Offset-Spannung aufgenommen werden und verschiedene Messpunkte zur Bestimmung der korrekten Funktionsweise.

### 2.2 Kontrolle der Offset-Spannung

Für die Messung der Offset-Spannung wurden beide Eingänge des Subtrahierers auf GND gelegt. Dabei wurde eine Offset-Spannung von ca. **2 mV** erfasst.

### 2.3 Kontrolle des Subtrahierers

Für die Messung der richtigen Funktion der Schaltung wurde ein Eingang auf GND und der andere Eingang auf  $V_{test}$  gelegt. Da das Ausgangssignal den negativen Wert der  $V_{test}$ -Spannung hatte, konnte die korrekte Funktion belegt werden. Dies wurde durch Messungen bei mehrere Spannungen bestätigt.

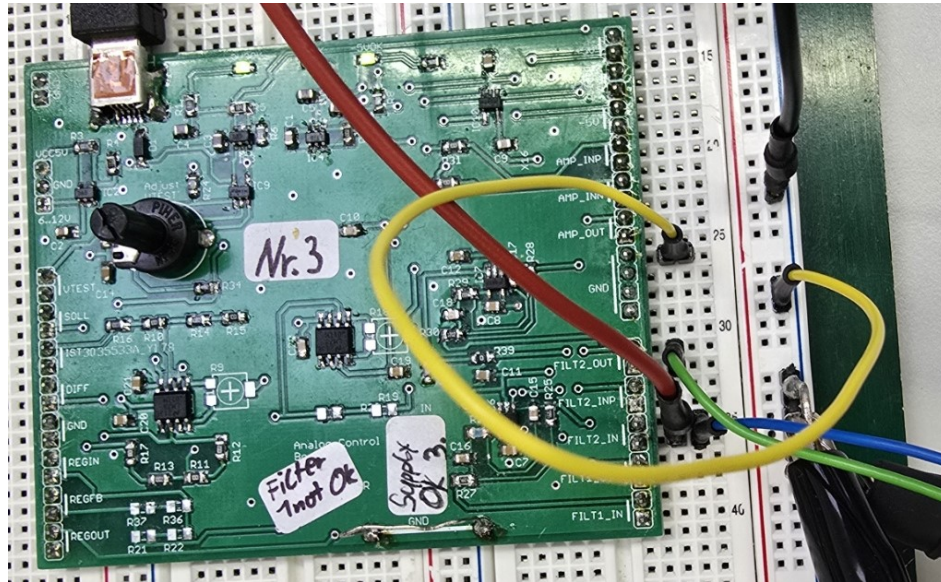


### 3 Aufnahme der Streckensprungantwort

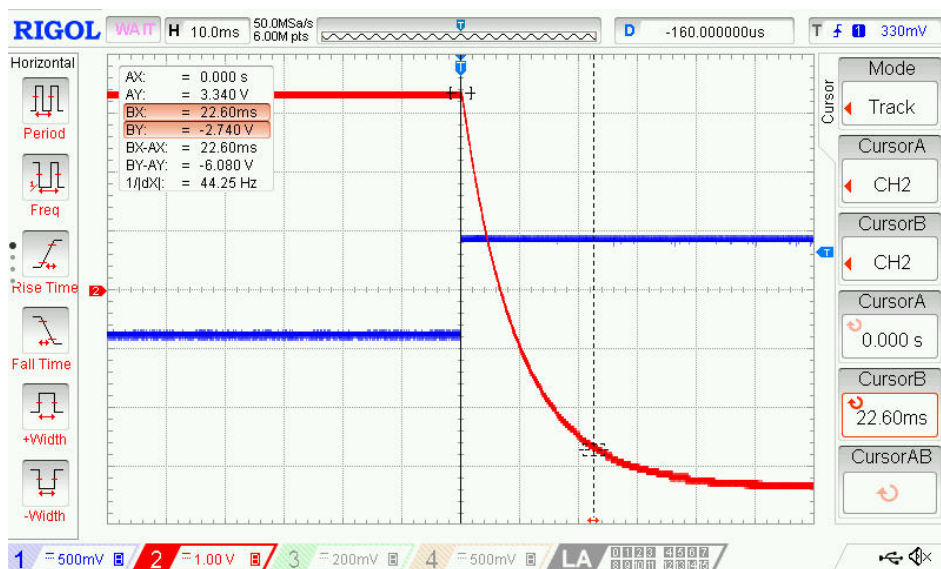
#### 3.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll die Sprungantwort der künstlichen Strecke messtechnisch aufgenommen werden. Dazu soll am Eingang der Strecke ( $FLT2_{IN}$ ) mit einem Funktionsgenerator ein Sprung (Rechtecksignal) angelegt werden. Die resultierende Sprungantwort kann anschließend mit einem Oszilloskop am Ausgang der Strecke ( $FLT2_{OUT}$ ) aufgenommen werden.

#### 3.2 Messaufbau



#### 3.3 Streckensprungantwort



## 4 Übertragungsfunktion der Strecke

### 4.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll die zuvor ermittelte Messung genutzt werden, um die Übertragungsfunktion ( $G(s)$ ) der Strecke zu bilden. Dafür müssen die drei Punkte  $t_{10}$ ,  $t_{50}$  und  $t_{90}$  aus der Sprungantwort abgelesen werden.

### 4.2 Bestimmung der Messpunkte

Die drei Messpunkte  $t_{10}$ ,  $t_{50}$  und  $t_{90}$  sind die Zeitpunkte, an denen das Signal 10%, 50% und 90% seines maximalen Wertes erreicht. Da die Sprungantwort von 3.35 V auf -3.38 V abfällt, ist die maximale Änderung der Sprungantwort -6.72 V. Der folgende Matlab-Code berechnet die gesuchten Spannungen für die Messpunkte:

```
dVa=-6.72;           % maximale Änderung der Sprungantwort

vt10=0.1*dVa         % Spannungänderung bei t10
vt50=0.5*dVa         % Spannungänderung bei t50
vt90=0.9*dVa         % Spannungänderung bei t90
```

### 4.3 Messung der Messpunkte

Über die zuvor bestimmten Spannungsänderungen konnten die Zeitpunkte für  $t_{10}$ ,  $t_{50}$  und  $t_{90}$  bestimmt werden.

```
t10    1.2 ms
t50    6.8 ms
t90    20 ms
```

### 4.4 Bestimmung der Übertragungsfunktion

Durch die gemessenen Zeitpunkte  $t_{10}$ ,  $t_{50}$  und  $t_{90}$  sowie die Verstärkung  $K$  der Sprungantwort kann die Übertragungsfunktion eines Systems ausgerechnet werden. Dafür müssen die Werte Alpha und Beta aus zwei Graphen bestimmt werden.

```
Alpha   28
Beta    3.4
```

Aus diesen Werten können die zwei benötigten Grenzfrequenzen berechnet werden.

```
fg2=Beta/t50
fg1=fg2/Alpha
```

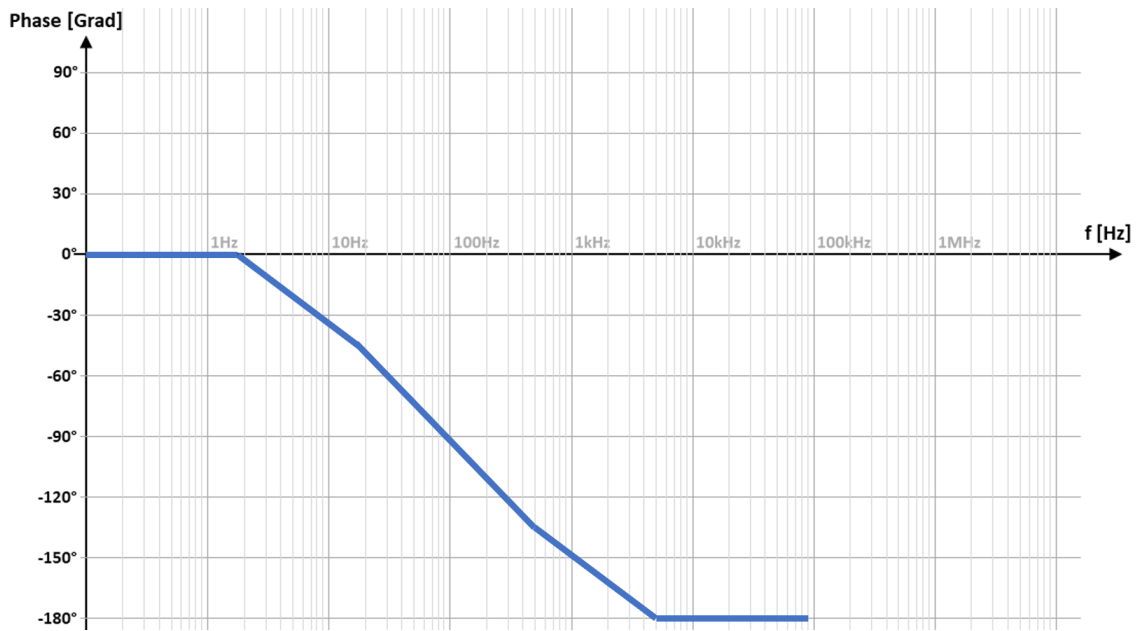
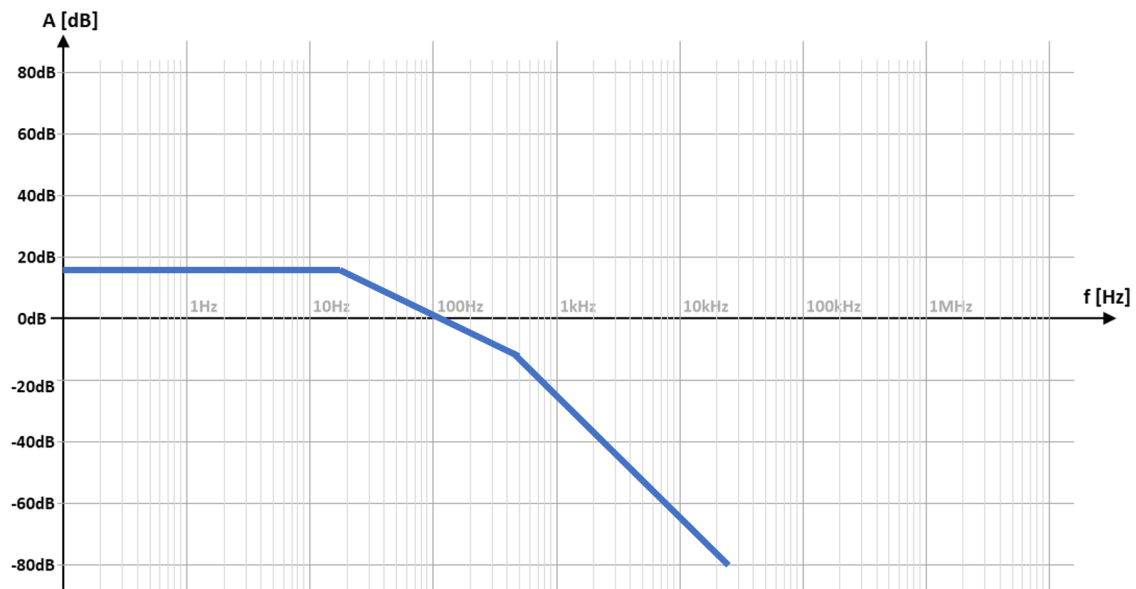
```
T1=1/(fg1*2*pi)
T2=1/(fg2*2*pi)
```

```
f_g1    500 Hz
f_g2    17.8571 Hz
T1       8.9 ms
T2      0.3183 ms
```

Somit lautet die Übertragungsfunktion der Strecke wie folgt:

$$G(s) = \frac{K}{\left(\frac{s}{f_{g1}} + 1\right) \left(\frac{s}{f_{g2}} + 1\right)} \quad (1)$$

## 4.5 Bodediagramm





## 5 Nachbildung der Strecke

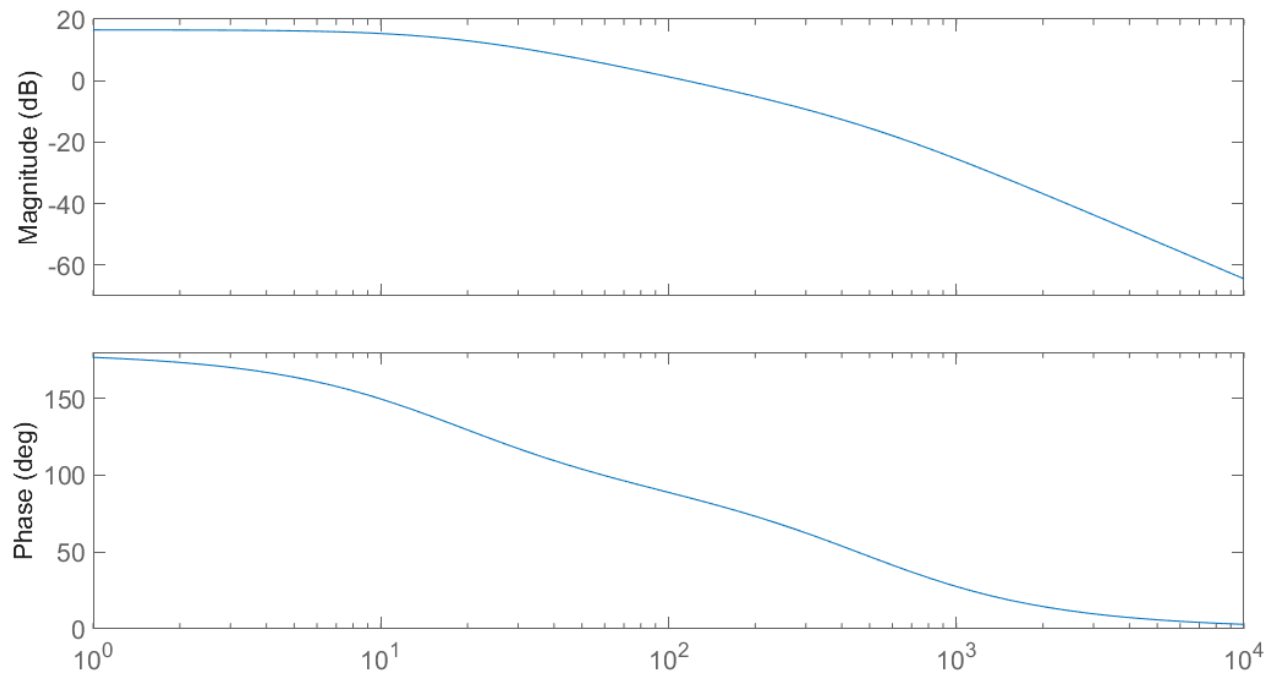
### 5.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll die zuvor berechnete Übertragungsfunktion der Strecke in Matlab nachgebildet werden.

### 5.2 Matlab-Code

```
s = tf('s')
Gs= K/((s/fg1+1)*(s/fg2+1))
bode(Gs)
```

### 5.3 Erhaltener Graph



### 5.4 Vergleich

Beim Vergleich der beiden Bodediagramme ist erkennbar, dass beide Graphen bei ca. 18 dB starten. Bei einer Frequenz von ca. 17.2 Hz ist die Verstärkung des Graphen um -3 dB vom Maximum gefallen. Zudem beträgt die Verstärkung der Simulation bei der Frequenz von 500 Hz ca. -14 dB. Dieser Wert passt sehr gut zu dem gezeichneten Graphen, bei dem bei 500 Hz eine Verstärkung von ca. -15 dB ausgelesen werden kann.

Auch die Phasengänge des gezeichneten und simulierten Bodediagramms passen gut zusammen, aber es kann eine leichte Abweichung zwischen den beiden Grenzfrequenzen festgestellt werden, da der Phasengang der Simulation an dieser Stelle flacher verläuft, wie im selbst gezeichneten Diagramm.

## 6 I-Regler

### 6.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabenstellung soll ein I-Regler entworfen werden, der nach dem Phasenrandkriterium ein Überspringen von 10% verursacht.

### 6.2 Berechnung des Phasenrands

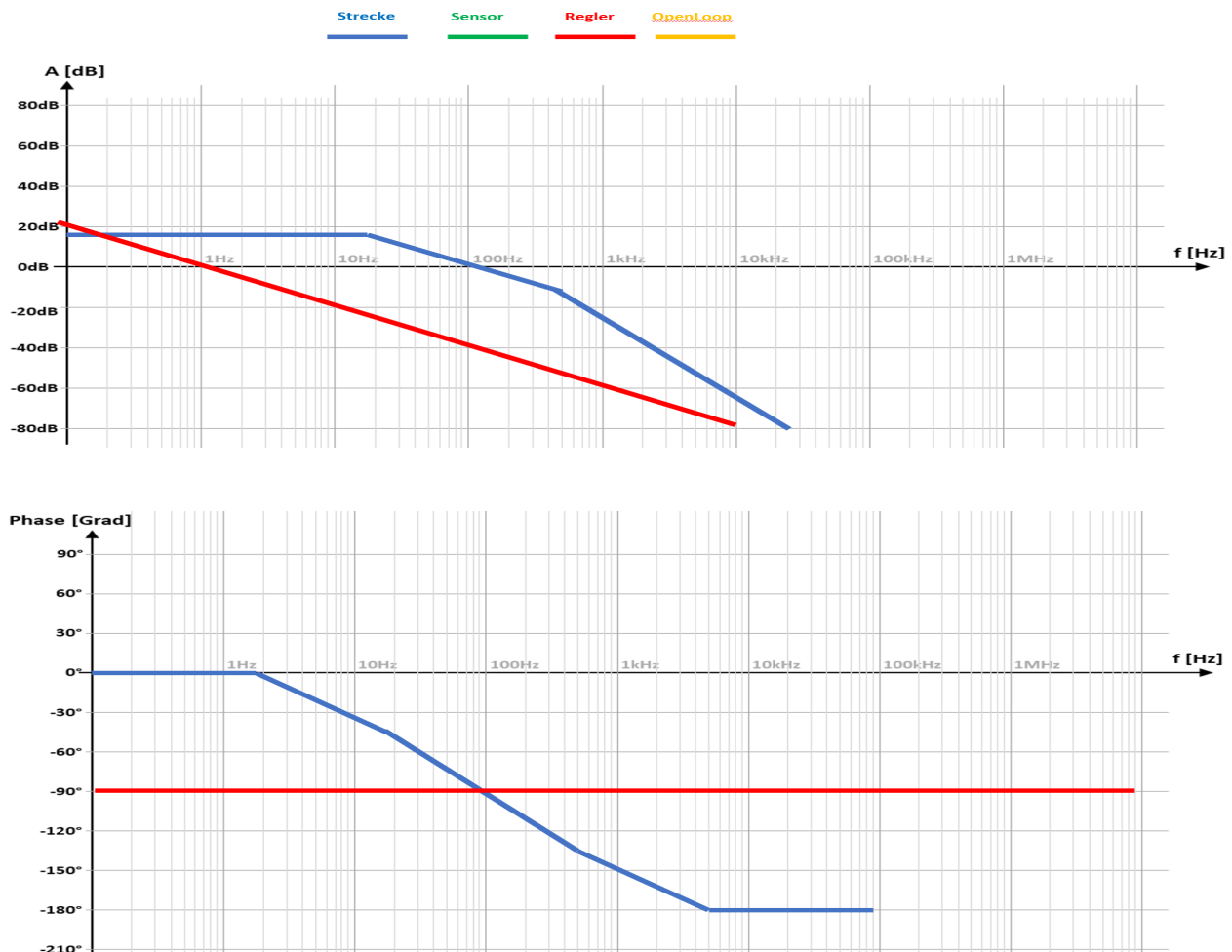
Um den I-Regler zu dimensionieren, muss zuerst der Phasenrand mithilfe des Überspringens berechnet werden.

$$\varphi_r = 70 - \ddot{u} = 70 - 10 = 60 \quad (2)$$

### 6.3 Entwurf des I-Reglers

Die Verstärkung eines I-Reglers fällt um 20 dB / Dekade und muss im Bodediagramm so platziert werden, dass beim Frequenzpunkt, an dem das Phasenrandkriterium erfüllt ist, die Summe des Reglers und der Strecke 1 (0 dB) ist. Somit ist die Verstärkung des I-Reglers am Punkt des Phasenrandkriteriums der Kehrwert (linear) bzw. der negative Wert (logarithmisch) der Strecke.

### 6.4 Bodediagramm



## 6.5 Bestimmung des I-Faktors

Für die Bestimmung des I-Faktors ( $K_i$ ) muss die Durchtrittsfrequenz des Reglers bestimmt werden. Laut dem Bodediagramm ist diese ca. 1 Hz.

$$K_i = 2 \cdot \pi \cdot f_x \quad (3)$$

### Berechnung über Matlab

```
fx = 1;           % Durchtrittsfrequenz
Gx = 1;           % Verstärkung bei der Frequenz
Ki = 2*pi*fx*Gx   % I-Faktor
```

Dabei wurde ein Ki-Wert von **6.2832** berechnet.

## 7 Überprüfung des Reglerverhaltens

### 7.1 Aufgabenstellung

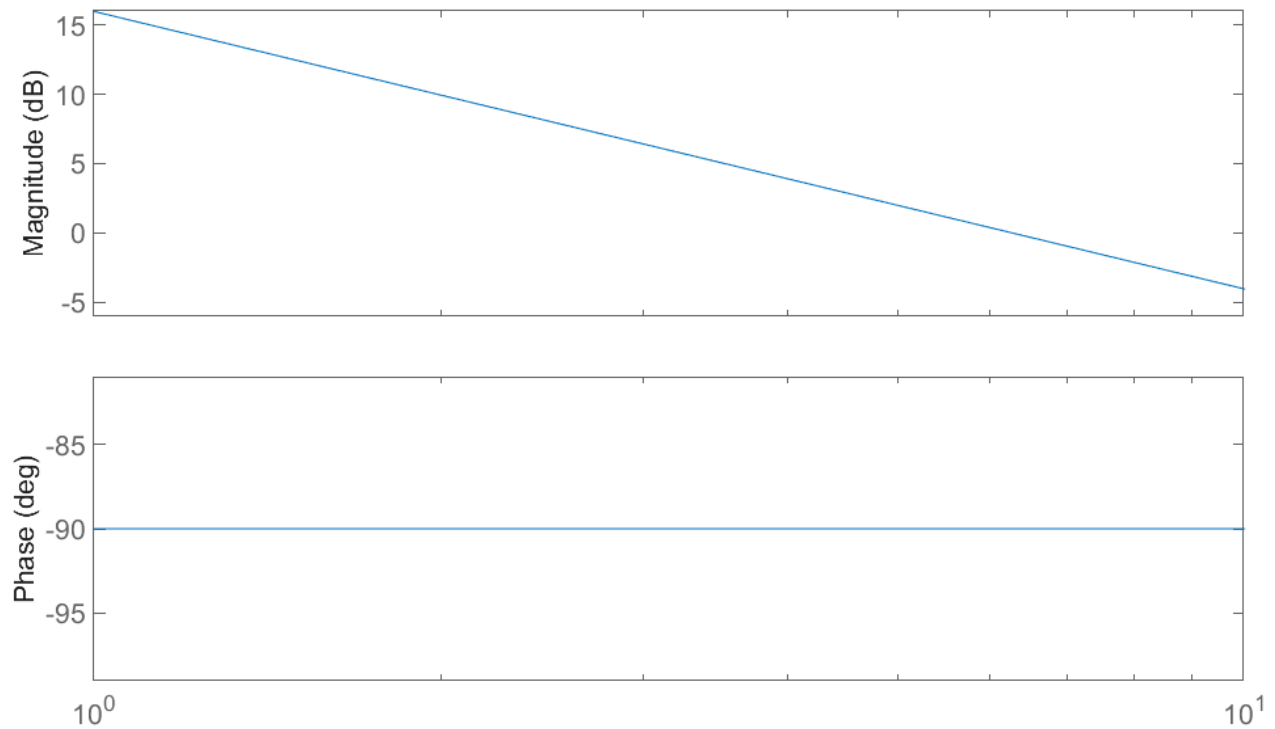
In dieser Aufgabe soll das Verhalten des erstellten I-Reglers mit Matlab überprüft werden.

### 7.2 Reglerverhalten in Matlab

```
%Reglerverhalten
```

```
Gr = Ki/(s)
```

```
bode(Gr)
```





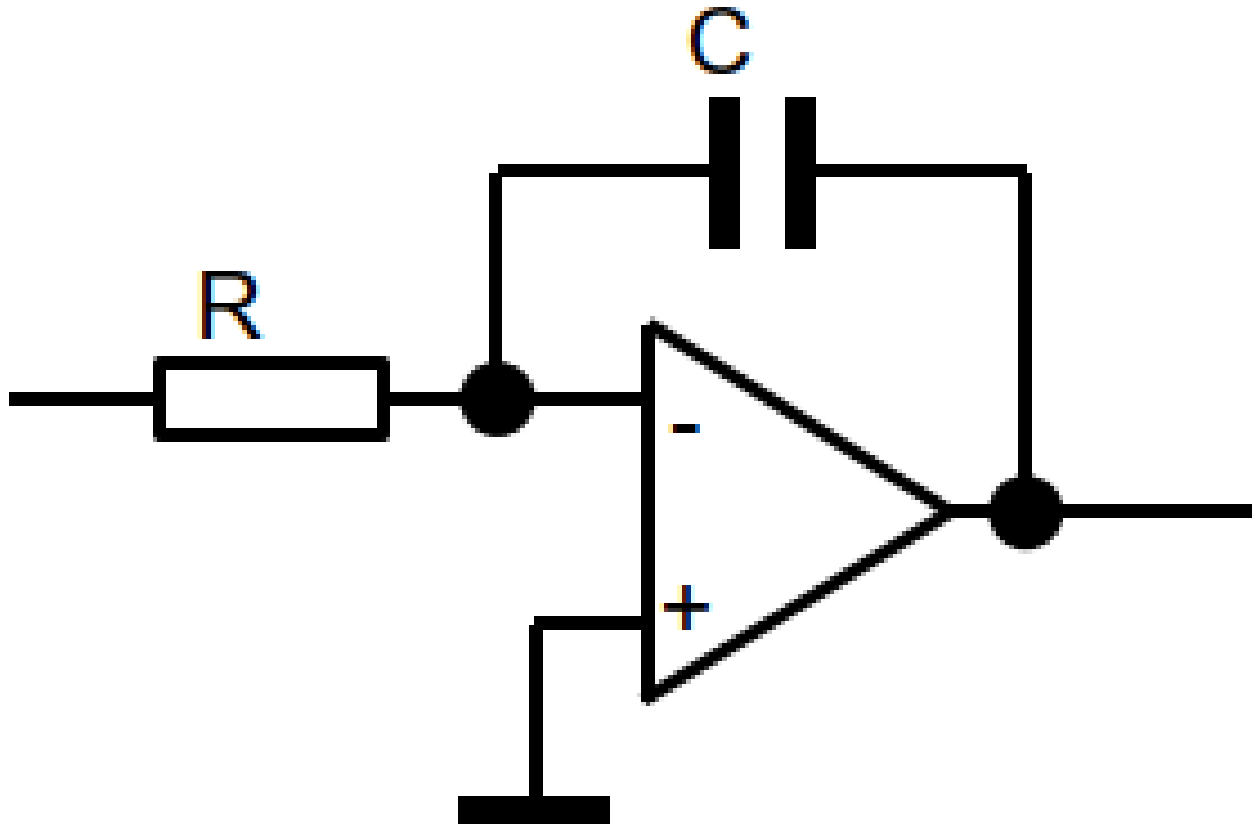
## 8 Umsetzung des Reglers

### 8.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll der Regler als Schaltung realisiert und aufgebaut werden.

### 8.2 Schaltung

Da ein I-Element ein Integrator ist, ist die Schaltung des I-Wandlers eine Integratorschaltung mit einem Operationsverstärker.



### 8.3 Berechnung der Bauteile

Für die Schaltung des I-Wandlers werden die Werte für R und C benötigt. Da es eine größere Auswahl an Widerständen als bei Kondensatoren gibt, wurde der Kondensatorwert als  $1\text{ }\mu\text{F}$  angenommen und der Widerstand wurde berechnet.

$$R = \frac{1}{K_i \cdot C} = \frac{1}{6.2832 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 159.15\text{ k}\Omega \quad (4)$$

### 8.4 Wahl der Bauteile

Da kein  $160\text{ k}\Omega$  verfügbar war, wurde ein  $150\text{ k}\Omega$  benutzt, um die Schaltung zu realisieren.

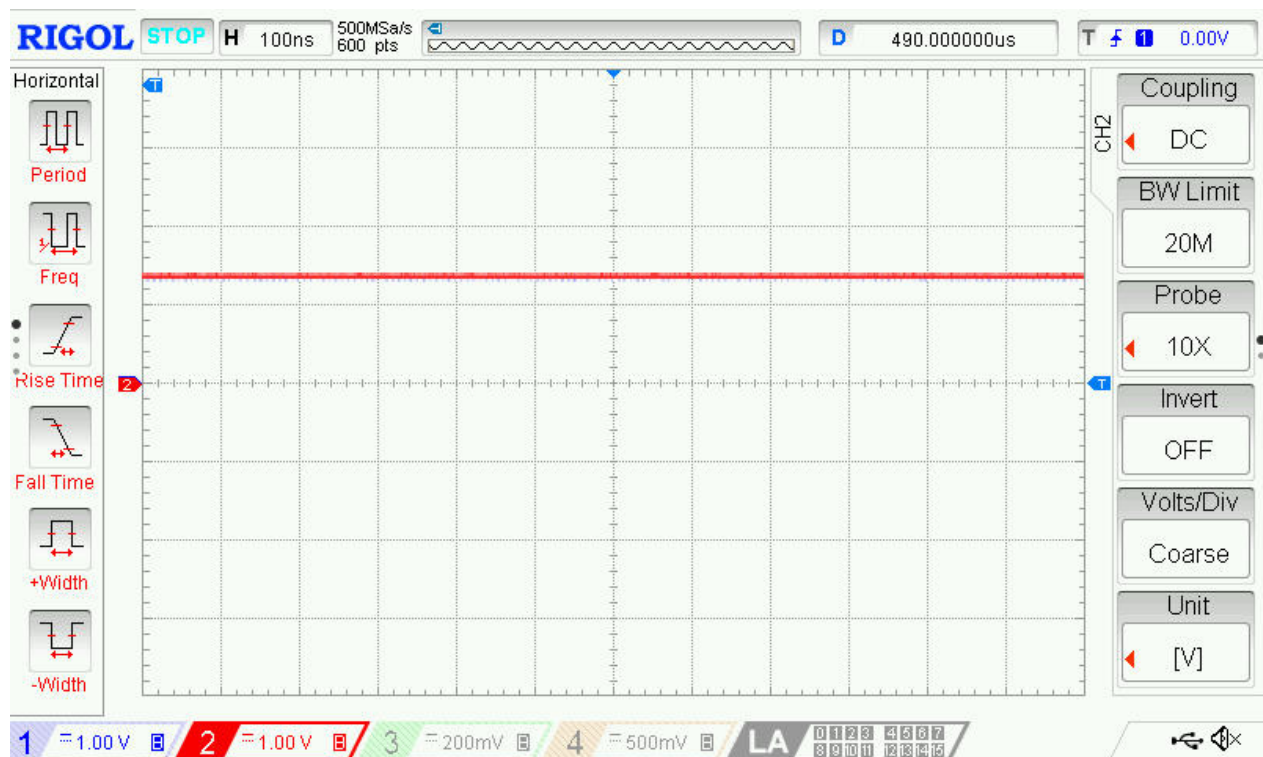
## 9 Test des Reglers

### 9.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe soll der I-Wandler ohne Beschaltung getestet werden. Dafür soll eine Spannung an den Eingang des Reglers angelegt werden. Bei einer positiven Spannung sollte der Regler an das positive Rail des OPs stoßen.

### 9.2 Positive Spannung

Beim Anlegen einer positiven Spannung steigt die Ausgangsspannung rasch auf und stößt anschließend auf einen Maximalwert, der das Rail des OPs darstellt. Da dies der Theorie entspricht, ist die korrekte Funktion des Wandlers bestätigt.

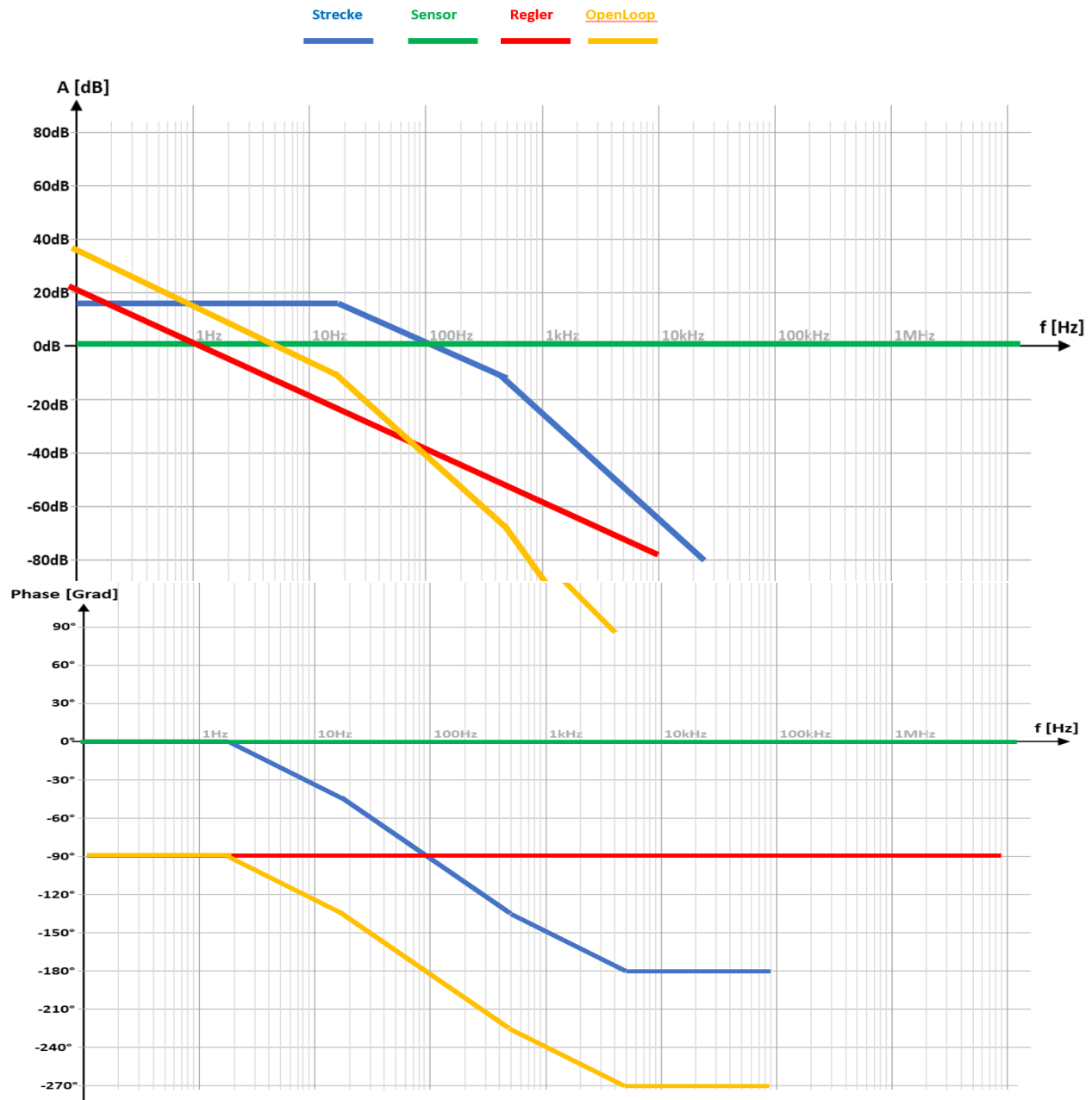


## 10 Test des Regelkreises

### 10.1 Aufgabenstellung

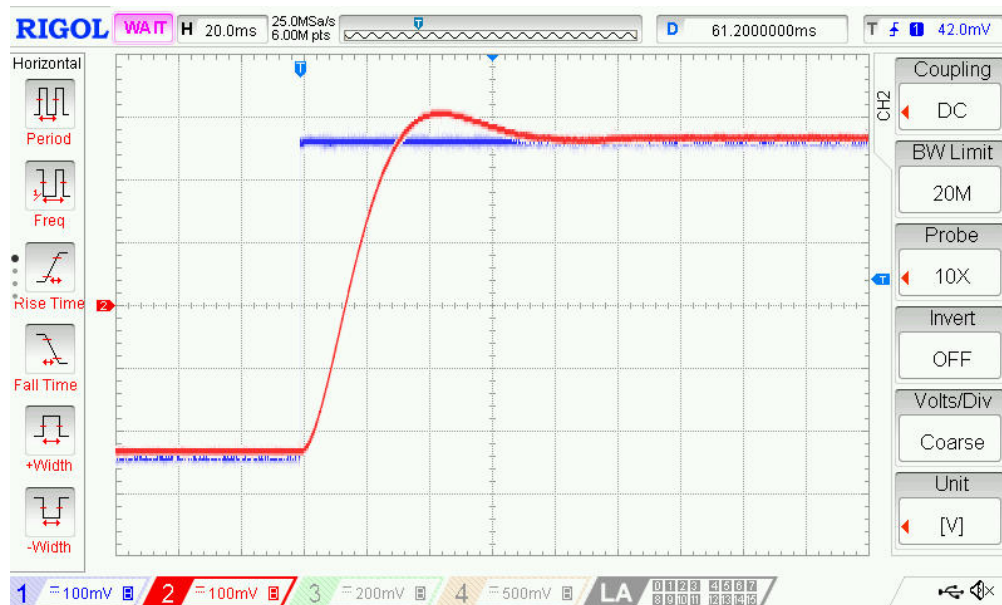
In dieser Aufgabe soll die Funktion des gesamten Regelkreises überprüft werden. Dafür wird am Eingang ein Rechtecksignal angelegt und das Ausgangssignal wird untersucht.

### 10.2 Bodediagramm



### 10.3 Rechteckspannung

Nach dem Anlegen einer Rechteckspannung konnte festgestellt werden, dass die Ausgangsspannung sehr linear ansteigt und den maximalen Wert der Eingangsspannung leicht übersteigt und sich anschließend auf diese einstellt.



### 10.4 Messung der Überschwungung

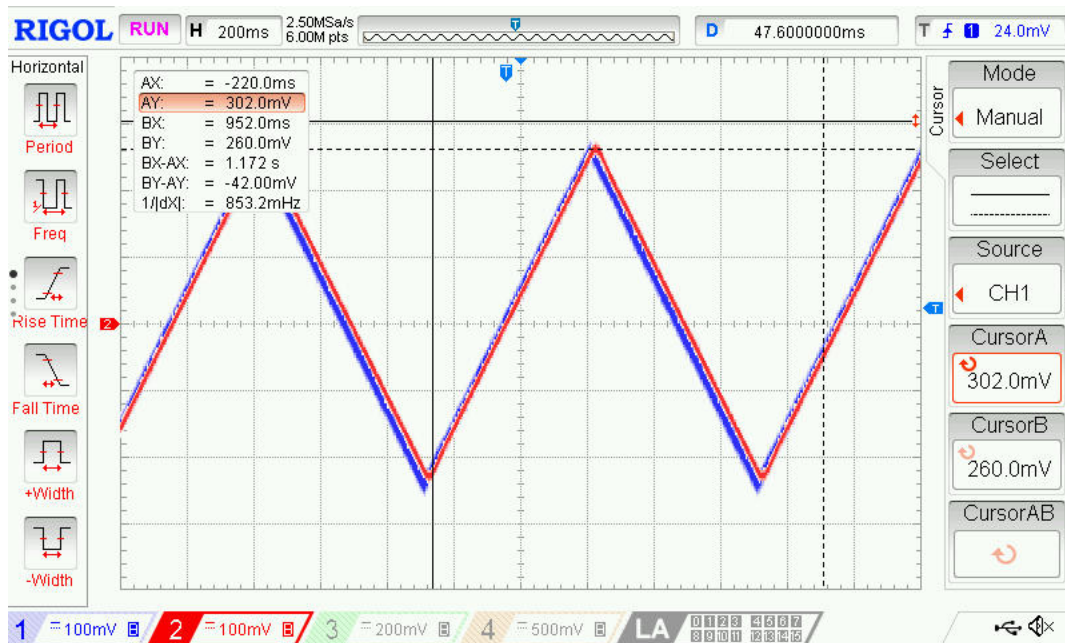
Die Spannung der Überschwungung beträgt ca. 42 mV. Da die maximale Änderung der Eingangsspannung 500 mV beträgt, ergibt dies einen Überschwinger von 8.4 %.





## 10.5 Dreiecksspannung

Beim Anlegen einer Dreiecksspannung wurde beobachtet, dass bei einer geringen Signalfrequenz die Ausgangsspannung ungefähr gleich der Eingangsspannung ist.



Wenn jedoch die Signalfrequenz erhöht wird, ähnelt die Form des Ausgangssignals einem Sinus.

