

TU Berlin Fakultät IV  
Institut für Energie und Automatisierungstechnik  
Fachgebiet Elektronische Mess- und Diagnosetechnik  
Praktikum Messdatenverarbeitung

# **Praktikum Messdatenverarbeitung**

## **Termin 1**

Özgü Dogan (326 048)  
Timo Lausen (325 411)  
Boris Henckell (325 779)

3. Mai 2012

Gruppe: G1 Fr 08-10

Betreuer: Jürgen Funk

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbereitungsaufgaben</b>	<b>1</b>
1.1	Stellen Sie Ihre Implementierung des Interruptgesteuerten ADUs fertig. . . . .	1
1.2	Aufbau digitale Messkette . . . . .	1
1.2.1	Signalkonditionierung . . . . .	1
1.2.2	Anti-Aliasingfilter . . . . .	2
1.2.3	Abtast-Halte-Glied . . . . .	2
1.2.4	ADU . . . . .	2
1.3	Berechnung der Abtastfrequenz bei einem Butterworth-Tiefpass 2.Ordnung . . . . .	2
1.4	Berechnung der Abtastfrequenz bei einem Butterworth-Tiefpass 8.Ordnung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Spektralanalyse</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Versuch</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5</b>

## 1 Vorbereitungsaufgaben

### 1.1 Stellen Sie Ihre Implementierung des Interruptgesteuerten ADUs fertig.

siehe Protokoll vom Termin 1

### 1.2 Aufbau digitale Messkette

Eine Digitale Messkette dient dem Zweck ein analoges Signal mit Hilfe eines Sensors zu erfassen und in ein Digitales Signal umzuwandeln.

Konkret werden für die Messkette folgende Bauteile benötigt:

- Sensor
- Signalkonditionierung
- Anti-Aliasingfilter
- Abtast-Halte-Glied
- Analog-Digital-Umsetzer

Diese bearbeiten nacheinander das Eingangssignal.

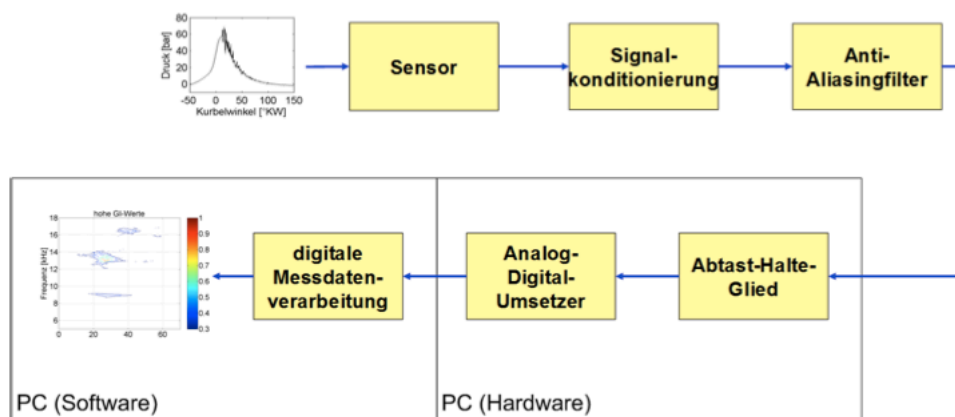


Abbildung 1: Digitale Messkette  
[1]

Wir betrachten einige dieser Bauteile etwas genauer:

#### 1.2.1 Signalkonditionierung

Die Signalkontitionierung hat das Ziel das Signal des Sensors an den Aussteuerbereich des Messsystems anzupassen. Das kann bedeuten, dass das Signal verstärkt, gedämpft, gefiltert, linearisiert oder konvertiert werden muss.

### 1.2.2 Anti-Aliasingfilter

Beim Abtasten eines Signals entsteht ein periodisches Spektrum. Der Anti-Aliasingfilter hat die Aufgabe alle Frequenzen die größer als die halbe Abtastfrequenz sind zu unterdrücken.

$$\omega > \frac{\omega_0}{2} \quad \text{mit} \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

Hierzu werden alle zu hohen Frequenzen von ihrer Amplitude auf einen Wert unterhalb des Least significant bits gedämpft.

Würden diese Frequenzen nicht gefiltert werden würde es zu dem sogenannten Aliasing kommen bei dem höhere Frequenzanteile fälschlicherweise als kleinere Frequenzen interpretiert werden. Als Folge würde das Originalsignal verfälscht weitergeleitet.

Da ein abgetastetes Signal umso mehr dem Originalsignal ähnelt je höher die Abtastfrequenz ist, ist in diesem Sinne eine möglichst hohe Abtastfrequenz erstrebenswert. Eine hohe Abtastfrequenz hat jedoch zur Folge, dass ein steilerer Anti-Aliasingfilter notwendig ist um das Aliasing zu verhindern. Außerdem ist die Schaltungstechnische Umsetzung bald sehr herausfordernd.

Des Weiteren begrenzt der Analog-Digital-Umsetzer die minimale Abtastfrequenz, da der ADU eine gewisse Zeit benötigt um ein Signal umzuwandeln. Es ergibt keinen Sinn ein Signal häufiger abzutasten als der ADU umwandeln kann.

### 1.2.3 Abtast-Halte-Glied

Ein Abtast-Halte-Glied hat die Aufgabe einen Wert abzutasten und für die Zeit zu halten die der ADU benötigt um aus dem abgetasteten analogen Wert ein digitalen Wert zu konvertieren.

### 1.2.4 ADU

Der Analog-Digital-Umsetzer ermittelt aus dem abgetasteten analogen Signal das dazupassende Digitale Signal.

In dem praktischen Aufbau werden der Sensor sowie die Signalkonditionierung durch die Spannungsquelle realisiert. Die externe Wandler-Box übernimmt die Aufgabe des Anti-Aliasingfilters. Auf dem Micro-Controller selbst ist das Abtast-Halte-Glied sowie der Analog-Digital-Umwandler integriert.

## 1.3 Berechnung der Abtastfrequenz bei einem Butterworth-Tiefpass 2.Ordnung

Gegeben ist ein Tiefpass 2.Ordnung mit einer  $3dB$ -Grenzfrequenz von  $f_g = 3,1 kHz$ . Wir wählen einen Butterworthtiefpass und erstellen den Frequenzgang. Die Übertragungsfunktion eines Tiefpasses 2. Ordnung lautet:

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{2}}{f_g 2\pi} j\omega + \frac{1}{(f_g 2\pi)^2} (j\omega)^2}$$

Daraus ergibt sich folgender Frequenzgang:

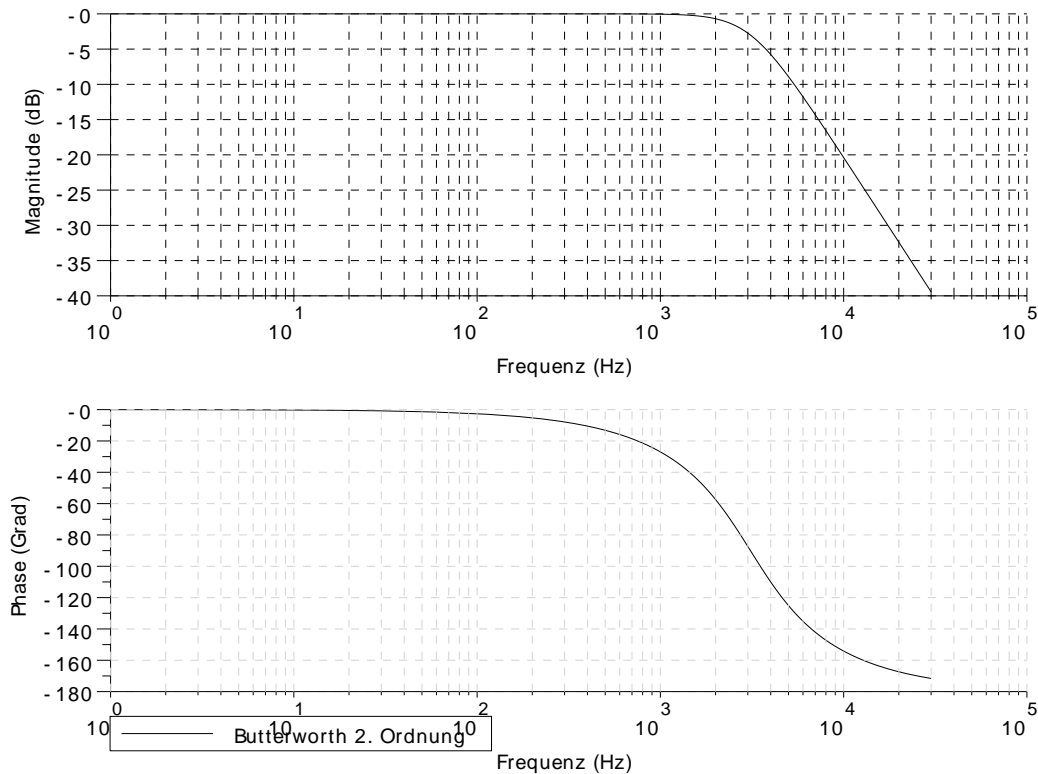


Abbildung 2: Frequenzgang Butterworthtiefpass 2. Ordnung

Als nächstes berechnen wir die benötigte Dämpfung, die das Aliasing verhindert. Dazu dämpfen wir die maximal mögliche Amplitude auf einen kleineren Wert als  $U_{LSB}$ . In unserem Fall ist der Spannungsbereich von  $-7V$  bis  $+7V$  bei einem  $10\text{Bit}$  ADU. Daraus ergibt sich folgendes least significant bit

$$U_{LSB} = \frac{(7V - (-7V))}{2^{10} - 1} = \frac{14}{1023}$$

Daraus ergibt sich, dass eine maximale Amplitude von  $+7V$  um einen Wert von  $\frac{2}{1023}$  bzw.  $10\text{Log}(\frac{2}{1023}) = -27\text{dB}$  gedämpft werden muss.

An dem Frequenzgang sehen wir, dass alle Frequenzen die größer sind als  $20\text{kHz}$  um mehr als  $-30\text{dB}$  gedämpft werden. Aus diesem Wissen ergibt sich, dass die Abtastfrequenz  $f_0 = 40\text{kHz}$  betragen soll.

### 1.4 Berechnung der Abtastfrequenz bei einem Butterworth-Tiefpass 8. Ordnung

Die neue Übertragungsfunktion  $H_2$  des Tiefpasses 8. Ordnung

$$H_2(j\omega) = H^4(j\omega)$$

Daraus ergibt sich nun der folgende Frequenzgang:

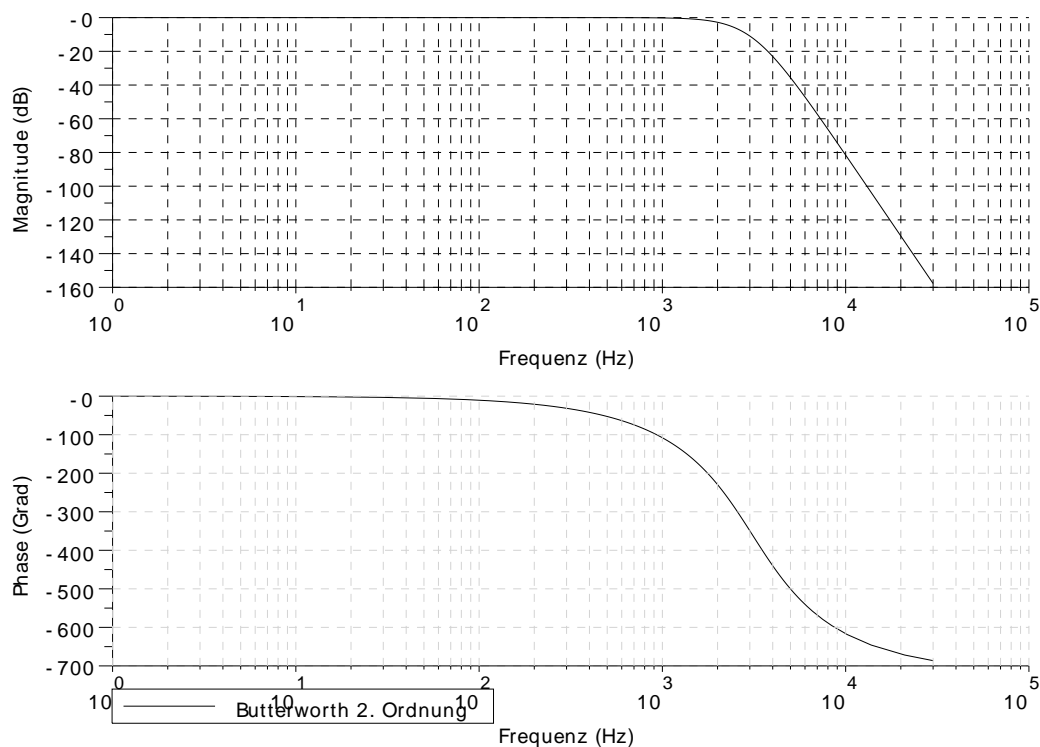


Abbildung 3: Frequenzgang Butterworthtiefpass 8 Ordnung

Da sich die Bedingung der Dämpfung nicht geändert hat kontrollieren wir ab welcher Frequenz bei diesem aktuellen Frequenzgang eine Dämpfung von mindestens  $-27dB$  erreicht wird.

Bei Frequenzen größer als  $5kHz$  ist die Dämpfung größer als  $-36dB$ . Daraus ergibt sich eine neue Abtastfrequenz von  $f_0 = 10kHz$ .

## 2 Spektralanalyse

Um ein  $2kHz$  Signal abzutasten, würde eine Abtastfrequenz von wenigstens  $4kHz$  ausreichen. Allerdings würde hierbei Aliasing auftreten, da der Tiepassfilter eine

Grenzfrequenz von  $3,1\text{kHz}$  hat.  
Aus diesem Grund benutzen wir die in der vorigen Aufgabe ausgerechnete Abtastfrequenz von  $10\text{kHz}$ .

### **3 Versuch**

### **4 Ergebnisse**

### **Literatur**

[1] Prof. Dr.-Ing. Gühmann, Clemens: MDVScript\_01, S.5