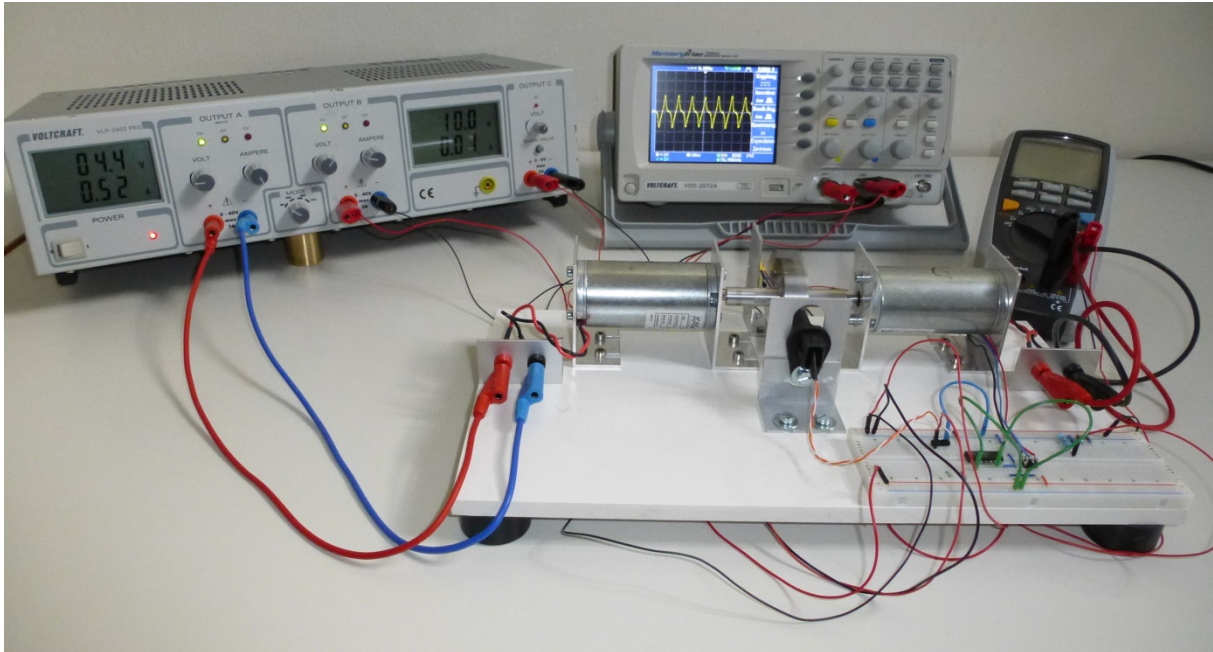


Versuch 1: Drehzahlmessung



1. Ziele:

- Messen von Drehzahlen eines Elektromotors mit drei Messmethoden: Induktiver Sensor, Hallensensor, Generator.
- Untersuchung der Weiterverarbeitung von Sensorsignalen mit einem Schmitt-Trigger.

2. Grundlagen:

- Induktiver Sensor, Hallensensor, Generator zur Drehzahlmessung:
 - Entsprechendes Kapitel aus der Vorlesung „Sensorik“.
 - Datenblatt zum induktiven Drehzahlsensor von Bosch.
 - Datenblatt zum Hallelement SS411A.
- Verhalten eines Schmitt-Triggers:
 - Entsprechende Kapitel aus den Vorlesungen „Elektronik und Messtechnik“ und „Sensorik“.
 - Datenblatt zum verwendeten Baustein mit Schmitt-Trigger-Eingängen: MC34151.

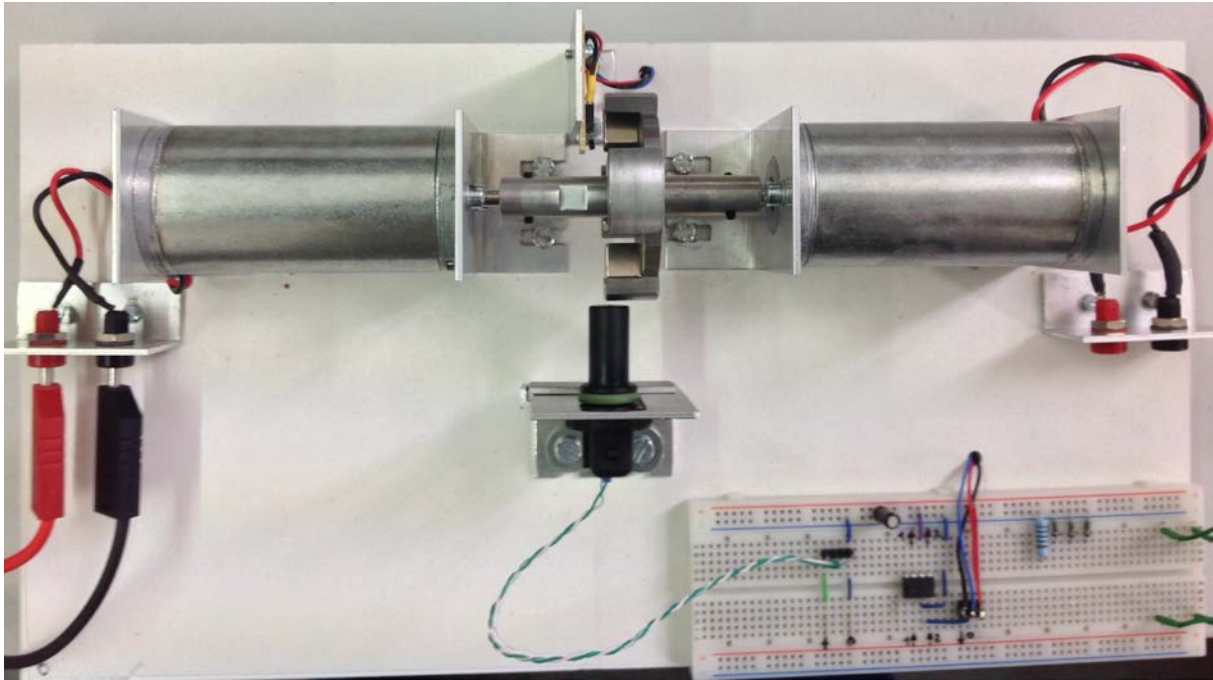


3. Zum Ablauf

- Bereiten Sie den Versuch zu Hause vor:
Verschaffen Sie sich einen Überblick!
Bearbeiten Sie vorab zu Hause die in den einzelnen Kapiteln gegebenen Aufgaben.
Diese Ausarbeitung müssen Sie namentlich kennzeichnen und abgeben!
- Bringen Sie einen eigenen, leeren USB-Stick zum Abspeichern von Oszilloskopbildern mit. Oder aber eine gute Digitalkamera zum Abfotografieren des Bildschirms.
(Erfahrungsgemäß reichen die Kameras günstiger Smartphones oder Handys nicht aus.)
- Führen Sie die Versuche während der Laborveranstaltung durch.
- **WICHTIG 1: Vor jeder Inbetriebnahme einer Schaltung den Aufbau durch den Laborbetreuer abnehmen lassen! Nach jeder Messung den Betreuer gegenzeichnen lassen.**
- **WICHTIG 2: Das Netzgerät (und auch das Oszilloskop) bleibt während der Versuche eingeschaltet. Beim Umbauen wird die Spannung auf null Volt eingestellt.
GRUND: Ständiges EIN- und Ausschalten schadet den Geräten.**
- Schreiben Sie im Nachgang einen Versuchsbericht, in dem Sie die geforderten Aufgaben bearbeiten. Abgabe spätestens eine Woche nach Durchführung des Labors.
Die von Ihnen ermittelten Messwerte (Tabellen aus diesem Skript) sind als Anhang mit abzugeben.
- **WICHTIG 3:**
 - Maßeinheiten, physikalische Größen, Zahlenwerte z.B. in Tabellen sind normgerecht nach DIN 22 / DIN 1301 / DIN 1338 anzugeben. Siehe gegebene Unterlagen.
 - Grafische, quantitative Diagramme sind normgerecht nach DIN 461 darzustellen. Siehe z.B. Wikipedia: „DIN 461“.

4. Geräte- und Materialliste

4.1 Versuchsträger mit Motor, Generator, Zahnkranz mit 4 Zähnen, Sensoren, Steckbrett

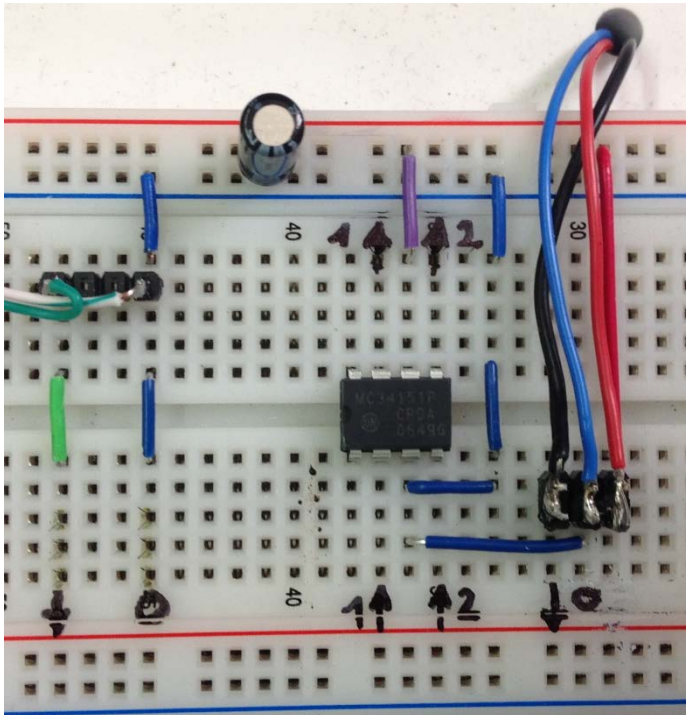


Versuchsträger:

- Motor (links, gibt die Drehzahl vor)
- Zahnrad, 4 Zähne. An jeden Zahn ist ein Magnet für den Hallsensor befestigt.
- Generator (rechts)
- Induktiver Drehzahlsensor („Impulsgeber“, Bildmitte), Bosch.
- Hallgeber Honeywell SS411A (Bildmitte oben).
- Als Ergänzung zum Hallsensor: jeweils ein Magnet pro Zahn des Zahnrades.
- Steckbrett mit aufgebauter Schaltung sowie diversen Widerständen..



4.2. Steckbrett



- Anschusselement für den induktiven Sensor (links).

Anschluss GRÜN (links): Signal

Anschluss WEISS (rechts): Masse 0V

- Anschusselement für den Hallsensor SS411A (rechts):

Anschluss ROT: Betriebsspannung U_{HB}

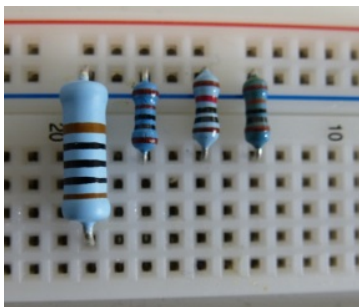
Anschluss BLAU: Masse 0V

Anschluss SCHWARZ: Signalausgang U_H

- Schmitt-Trigger und Hallsensor sind bereits an Spannungsversorgung und Masse angeschlossen.

- Generator-Lastwiderstände R_L auf dem Steckbrett zu finden
(erfüllen zunächst keine Funktion):

$R_L = 0,1 \text{ k}\Omega, 1,0 \text{ k}\Omega, 10 \text{ k}\Omega, 100 \text{ k}\Omega$





4.3 Spannungsversorgung: Dreifach-Labornetzteil



Spannungsversorgung:

- OUTPUT A:** Motorspannung $U_{\text{Motor}} = 0\text{V}$ bis 15V (am Motor)
- OUTPUT B:** Betriebsspannung Hallsensor: $U = 7\text{V}$ bis 12V
(untere rote Schiene des Steckbretts)
- OUTPUT C:** Betriebsspannung Schmitt-Trigger: $U = 6\text{V}$ (maximaler Bereich)
(obere rote Schiene des Steckbretts)
- 0 Volt:** Bezugspotenzial aller Betriebsspannungen:
(wird gelegt auf die obere **und** untere blaue Schiene des Steckbretts)

4.4. Sonstiges

- 1 Digitales Speicheroszilloskop
- 1 Digitalmultimeter
- Diverse Messkabel, Verbindungsdrähte
- 1 **eigener** USB-Stick zum Speichern der Screenshots /
oder Digitalkamera zum abfotografieren.



5. Aufgaben

5.1. Drehzahlmessung mit dem induktiven Sensor als Impulsgeber

5.1.1. Vorbereitung (schriftlich vorab, müssen Sie dem Betreuer zeigen und abgeben!)

- Klären Sie folgende Fragen (handschriftlich, d.h. zum Beispiel mit Text, Zeichnung etc.):
 - a. Wo befindet sich der induktive Sensor im Versuchsaufbau?
 - b. Wo befindet sich der Anschluss für den Sensor auf dem Steckbrett?
 - c. Wo befinden sich am Baustein MC34151 die Anschlusspins für die Versorgungsspannung ($V_{cc}=6V$), Masse, Schmitt-Trigger-Eingang 1 (PIN 2), Schmitt-Trigger-Ausgang 1 (PIN 7). Wie schließt man dort den Sensor an?
 - d. Wie regelt man hier die Motordrehzahl?
 - e. In den folgenden Versuchen muss eine Motordrehzahl n_{MOTOR} bzw. Motorfrequenz f_{MOTOR} eingestellt werden. Am Oszilloskop kann aber nur die Periode T_{SENSOR} des Sensorsignals (bzw. darüber dessen Frequenz f_{SENSOR}) abgelesen werden. Wie hängen die Größen T_{SENSOR} , f_{SENSOR} , n_{MOTOR} zusammen? Stellen Sie eine Tabelle mit den zugehörigen Werten auf, die für diesen Laborversuch benötigt werden.
 - f. Zeichnung/Bild: Wo auf dem Steckbrett werden die beiden Oszilloskopkanäle bzw. die Spannungsquelle(n) angeschlossen?

5.1.2 Durchführung und Auswertung

5.1.2.1.

- Schließen Sie den Ausgang des Induktiven Impulsgebers (farbiges Anschlusskabel) an CH1 des Oszilloskops an. Der zweite Anschluss des Gebers (weißes Anschlusskabel) ist schon auf 0V (Masse) gelegt.
- Erstellen Sie Aufnahmen der Signalverläufe bei sechs verschiedenen Motordrehzahlen n_{MOTOR} zwischen 3600 1/min und 600 1/min (Screenshots auf dem USB-Stick oder mit einer Fotokamera).
- Bestimmen Sie die (positiven) Amplituden \hat{u}_{Sensor} der Signale (in gegebene Tabelle 1 eintragen).

Auswertung:

- Versuchsbeschreibung: Erstellen Sie eine aussagefähige, schematische Skizze der Messanordnung/Messkette (für 5.1.2.1 und 5.1.2.2)
- Stellen Sie die Screenshots dar und erklären Sie das beobachtete Verhalten.
- Ermitteln Sie aus einem gemessenen Spannungsverlauf, wie sich der Magnetische Fluss Φ im Sensor im Verlauf einer Periode T_{Sensor} über die Zeit verändert (qualitativ). Fertigen Sie eine Skizze zum zeitlichen Verlauf des Flusses Φ während einer Periode an.



- Tragen Sie die gemessenen Amplituden \hat{u}_{Sensor} in einem Diagramm über der Drehzahl auf, erklären bzw. interpretieren Sie das Ergebnis.
- Erklären Sie: Wieso kann das erzeugte Signal nicht ohne weiteres zur elektronischen Drehzahlbestimmung verwendet werden?

5.1.2.2

- Schließen Sie zusätzlich den Ausgang des induktiven Sensors an den Eingang des Schmitt-Trigger-Bausteins an (Pin 2, grünes Kabel). Der Ausgang des Schmitt-Trigger-Bausteins (Pin 7) wird an CH2 des Oszilloskops angeschlossen.
- Erstellen Sie Screenshots bei $n_{\text{MOTOR}} = 3600 \text{ 1/min}$ und $n_{\text{MOTOR}} = 600 \text{ 1/min}$.
- Ermitteln Sie an Hand des Schirmbildes die minimale Motordrehzahl n_{min} (also die untere Grenzfrequenz), die dieser Impulsgeber zuverlässig detektiert (Tabelle 2).

Auswertung:

- Stellen Sie die Screenshots dar und erklären Sie das beobachtete Verhalten.
- Erklären Sie, wie Sie die minimale Motordrehzahl ermittelt haben.
- Beschreiben Sie die von Ihnen beobachteten Eigenschaften des Schmitt-Triggers.
- Erklären Sie: Mit welcher Maßnahme könnte man die untere Grenzfrequenz verringern?



n_{MOTOR} in 1/min	f_{MOTOR} in Hz	f_{Sensor} in Hz	T_{Sensor} in ms	\hat{U}_{Sensor} in V
3600				
600				

Tabelle 1

n_{MOTOR} in 1/min	f_{MOTOR} in Hz	f_{Sensor} in Hz	T_{Sensor} in ms
$n_{\text{min}} =$			

Tabelle 2

Betreuer:



5.2. Drehzahlmessung mit dem aktiven Hallsensor als Impulsgeber

5.2.1. Vorbereitung (schriftlich vorab! müssen Sie dem Betreuer zeigen und abgeben!)

- Klären Sie folgende Fragen (handschriftlich, d.h. zum Beispiel mit Text, Zeichnung etc.):
 - a. Wo befindet sich der Hallsensor im Versuchsaufbau?
 - b. Wo befindet sich der Anschluss für den Hallsensor auf dem Steckbrett?
 - c. Wo befinden sich am Baustein MC34151 die Anschlusspins für die Versorgungsspannung ($V_{cc}=6V$), Masse, Schmitt-Trigger-Eingang 2 (PIN 4), Schmitt-Trigger-Ausgang 2 (PIN 5). Wie schließt man dort den Sensor an?
 - d. Wie lautet hier (d.h. bei Nutzung eines Hall-Sensors) der Zusammenhang zwischen gemessener Sensorfrequenz bzw. Periode und der Motordrehzahl?
 - e. Zeichnung/Bild: Wo auf dem Steckbrett werden die beiden Oszilloskopkanäle bzw. die Spannungsquelle(n) angeschlossen?

5.2.2 Durchführung und Auswertung

5.2.2.1

- Schließen Sie den Signalausgang des Hallgebers (schwarzes Anschlusskabel) an CH1 des Oszilloskops an.
- Bestimmen Sie die maximalen Hallspannungen \hat{u}_{SENSOR} des Hallgebers für zwei Motordrehzahlen $n_{\text{MOTOR}1,2}$ und mehrere Betriebsspannungen U_{HB} (Tabelle 3).
- Erstellen Sie exemplarisch zwei Screenshots: Dieselbe Betriebsspannung, unterschiedliche Drehzahl.

Auswertung:

- Versuchsbeschreibung: Erstellen Sie eine aussagefähige, schematische Skizze der Messanordnung/Messkette (für 5.2.2.1. und 5.2.2.2)
- Stellen Sie die beiden Screenshots dar und erklären Sie den Verlauf der Hallspannung. Was ist diesbezüglich das Besondere beim Hallsensor.
- Erklären Sie: Woran liegt es, dass das vom Hallgeber gelieferte Signal nicht exakt rechteckförmig ist? Wodurch entsteht die Signalform?
- Erklären Sie: Wie ist der Zusammenhang zwischen Sensoramplitude \hat{u}_{SENSOR} und Drehzahl? Warum ist das so?
- Erstellen Sie ein Diagramm der maximalen Hallspannung über der Betriebsspannung. Erklären Sie den Kurvenverlauf.



5.2.2.2

- Stellen Sie die Betriebsspannung des Hallsensors (OUTPUT B: auf $U=7V$. Schließen Sie zusätzlich den Geberausgang (schwarzes Anschlusskabel) an den Eingang 2 des Schmitt-Triggers (Pin 4) an (grünes Kabel). Der Ausgang 2 des Schmitt-Triggers (Pin 5) wird an CH2 des Oszilloskops angeschlossen.
- Erstellen Sie Oszilloskop-Screenshots der Signalverläufe für zwei Drehzahlen.
- Messen Sie die ausgegebene Signalamplitude \hat{u}_{Sensor} für zwei unterschiedliche Drehzahlen (Tabelle 4).
- Versuchen Sie, eine minimale Motordrehzahl n_{min} ermitteln, die dieser Impulsgeber zuverlässig detektiert. Angabe Ihres Ergebnisses in letzter Zeile der Tabelle 4.

Auswertung

- Versuchsbeschreibung: Erstellen Sie eine aussagefähige, schematische Skizze der Messanordnung/Messkette.
 - Erklären Sie den Signalverlauf mit Schmitt-Trigger anhand der Screenshots.
 - Erklären Sie die Ergebnisse der obigen Tabelle.
 - Erklären Sie die ermittelte minimale Motordrehzahl.
-
- Außerdem: Vergleichen Sie (in tabellarischer Form) die wichtigsten Eigenschaften der beiden bisher untersuchten Sensoren („Impulsgeber“).



U_{HB} in V	n_{MOTOR1} in 1/min	\hat{U}_{SENSOR} in V	n_{MOTOR2} in 1/min	\hat{U}_{SENSOR} in V
12	3600		600	
11	3600		600	
10	3600		600	
9	3600		600	
8	3600		600	
7	3600		600	

Tabelle 3

n_{MOTOR} in 1/min	\hat{U}_{Sensor} in V
3600	
300	
$n_{min} =$	

Tabelle 4

Betreuer:

--



5.3. Drehzahlmessung mittels Generator

5.3.1. Vorbereitung (schriftlich vorab! müssen Sie dem Betreuer zeigen und abgeben!)

- Klären Sie folgende Fragen (handschriftlich, d.h. zum Beispiel mit Text, Zeichnung etc.):
 - a. Wo greifen Sie die Generatorspannung ab?
 - b. Wie schließen Sie die verschiedenen Lastwiderstände an, ohne Sie aus Ihrer gegebenen Position im Steckbrett zu entfernen?
 - c. Mit welchem Messgerät messen Sie am besten die Generatorspannung?
 - d. Zeichnung/Bild: Wo schließen Sie wie was an?

5.3.2. Durchführung und Auswertung

5.3.2.1

- Messen Sie die Generatorspannungen U_G für mehrere Motordrehzahlen und Lastwiderstände R_L (die Lastwiderstände werden dazu parallel zu den Eingängen des Messgerätes geschaltet). Angabe der Ergebnisse in Tabelle 5. Benutzen Sie dabei zur Drehzahlbestimmung das Oszilloskop mit dem Ausgangssignal eines Sensors.

Auswertung:

- Versuchsbeschreibung: Erstellen Sie eine aussagefähige, schematische Skizze der Messanordnung/Messkette.
- Zeichnen Sie ein Diagramm der Spannungs-Drehzahl-Kennlinie $U_G=f(n)$ für beide Lastwiderstände.
- Interpretieren Sie die Ergebnisse.

5.3.2.2

- Stellen Sie am Motor die Drehzahl $n_{\text{MOTOR}} = 3000 \text{ 1/min}$ mit $R_L = 100\text{k}\Omega$ ein.
- Variieren Sie dann den Lastwiderstand R_L . Bestimmen Sie mit Multimeter und Oszilloskop die sich einstellende Generatorspannung U_G und Motordrehzahl n . Angabe der Ergebnisse in Tabelle 6.

Auswertung

- Interpretieren Sie die Ergebnisse!
- Welchen Lastwiderstand R_L würden Sie für den Anschluss des Generators an einer Messstelle wählen? Erklären Sie Ihre Wahl!



n_{MOTOR} in 1/min	U_G in V (bei $R_L = 100 \text{ k}\Omega$)	U_G in V (bei $R_L = 100 \Omega$)
3600		
3000		
2400		
1800		
1200		
600		

Tabelle 5

R_L in Ω	n_{MOTOR} in 1/Minute	U_G in Volt
100 k	3000 (voreingestellt)	
10 k		
1 k		
100		

Tabelle 6

Betreuer: