

Auftraggeber: ICT Berufsbildungscenter AG

Fachvorgesetzter: Marco Farine

Experten: Gerhard Eggimann, Daniel Zwygart

Autor: Armin Weinmann

Datum: 23.03.2021

Sensor Board

Individuelle Projektarbeit

Eine Hardware-Erweiterung für das PIC Board Advanced 7.

Version 1.0.0

Zusammenfassung

Das Sensor Board (im Dokument auch SB genannt) soll eine Erweiterung der Software-Technischen Möglichkeiten des PIC Board Advanced 7 (im Dokument konkret PBA7 genannt) bewerkstelligen. Dabei ist das PBA7 ein Entwicklungsboard, entwickelt vom ICT Berufsbildungscenter in Bern und ist massgeblich Bestandteil in der Ausbildung zum Elektroniker/EFZ.

Konkret sollten auf dem SB folgende Sensoren vorhanden sein: Ein Temperatursensor, ein Feuchtigkeitssensor, ein Ultraschall-Distanzsensor, sowie ein Beschleunigungs- und Gyrossensor. Zusätzlich zu der Sensorik müssen Touch-Buttons ebenfalls von der Partie sein. Die Evaluation gehört wie die Entwicklung und Realisierung der Schaltung zu der Arbeit und müssen folge dessen in dieser Arbeit dokumentiert werden. Da diese Dokumentation dem Anspruch gerecht werden muss, eine Grundlage für zukünftige Schulungsunterlagen zu bilden, ist es nötig auf die einzelnen Sensoren spezifisch einzugehen und ihr Messprinzip wie auch ihre Anwendung grob zu erörtern.

Resultat der geleisteten Arbeit ist eine teilweise funktionierende Leiterplatte und eine den Zweck erfüllende Testsoftware, welche den Ultraschall-Distanzsensor in Betrieb nimmt. Auf dem OLED-Display des PBA7 wird eine Distanzangabe periodisch aktualisiert und ist darauf ausgelegt Entfernungen von 2cm bis 100cm auszugeben, bei Distanzen ausserhalb dieses Bereiches wird die Nachricht «Out of Range» angezeigt.

Die gewählte Vorgehensweise ist wesensverwandt mit der IPERKA-Methode, heisst es wurde nach dieser Reihenfolge gearbeitet und typische Dokumente dieser Methode wie zum Beispiel eine Zeit- oder Arbeitsplanung erstellt. Informationsquellen sind primär Internet-Foren, Elektronik Fachzeitschriften und sonstige Websites. Bei Bedarf wurde bei einer Fachperson nachgefragt.

Alles in allem war dieses Projekt eine grosse Herausforderung und wie der Zufall es wollte, kamen auch oft Stolpersteine in den Weg und einhergehende Verzweiflung machte sich besonders gen Schluss breit. Zu der Inbetriebnahme der restlichen Sensoren ist es nicht gekommen daher kann auch keine Aussage über ihre Funktionalität getroffen werden. Die Touch Buttons konnten aufgrund von Hardware-Design Fehlern ebenfalls nicht in Betrieb genommen werden.

Inhaltsverzeichnis

[1 Einleitung 6](#_Toc67418605)

[1.1 Auftrag 6](#_Toc67418606)

[1.2 Ausgangslage 6](#_Toc67418607)

[1.3 Vorgehen (Konzept) 6](#_Toc67418608)

[2 Hardware 8](#_Toc67418609)

[2.1 Blockschaltbild / Übersicht 8](#_Toc67418610)

[2.2 Pulsgenerator und Sensor 9](#_Toc67418611)

[2.3 Sensor Simulation 10](#_Toc67418612)

[2.4 Weiterverarbeitung der Messung 11](#_Toc67418613)

[2.5 Balkenanzeige 12](#_Toc67418614)

[2.6 Speisung 13](#_Toc67418615)

[2.7 Port Expander 14](#_Toc67418616)

[2.8 Messprinzip und Anwendungsgebiet der Sensoren 15](#_Toc67418617)

[2.8.1 Beschleunigungssensor 15](#_Toc67418618)

[2.8.2 Gyroskop 16](#_Toc67418619)

[2.8.3 Temperatur- und Feuchtigkeitssensor 17](#_Toc67418620)

[2.8.4 Ultraschall-Distanzsensor 17](#_Toc67418621)

[3 Testsoftware 18](#_Toc67418622)

[3.1 Flussdiagramm 18](#_Toc67418623)

[4 Anpassungen und Verbesserungen 19](#_Toc67418624)

[5 Schlussbetrachtung 20](#_Toc67418625)

[5.1 Resultat der Arbeit 20](#_Toc67418626)

[5.2 Persönliches Fazit 20](#_Toc67418627)

[6 Literaturverzeichnis 21](#_Toc67418628)

[7 (Abkürzungsverzeichnis) 21](#_Toc67418629)

[A Anhang 23](#_Toc67418630)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Blockschaltbild 8

Abbildung 2 PBA7 Header 9

Abbildung 3 Kapazitive Touch Buttons und Ultraschall-Distanzsensor 10

Abbildung 4 Gyrosensor 11

Abbildung 5 Temperatur- und Feuchtigkeitssensor 12

Abbildung 6 Beschleunigungssensor 13

Abbildung 7 Port Expander 14

Abbildung 8 Schema 24

Abbildung 9 Bestückungsplan 25

Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1 Stückliste 4](file:///C:\Users\bweina\Desktop\zp2_smt\Dokumente\Technische_Dokumentation.docx#_Toc56513238)

Einleitung

Auftrag

Seit diesem Jahr kommt im Bbc (Berufsbildungscenter) ein neues Mikrocontrollersystem (PBA7) zum Einsatz. Als Zusatzboard für das PBA7 soll ein Sensor Board entwickelt werden. Das Sensor Board wird mittels Board-to-Board Headern aufs PBA7 gesteckt. Das Board soll über folgende Features verfügen:

|  |  |
| --- | --- |
| * Speisung direkt vom PBA7. Es stehen 3.3V oder 5V zur Verfügung. * Temperatursensor mit I2C oder SPI * Feuchtigkeitssensor mit I2C oder SPI * Ultraschall-Distanzsensor (Ansteuerung über I/Os) | * Beschleunigungssensor mit I2C oder SPI * Gyrosensor mit I2C oder SPI * Touch-Buttons (Kupferflächen, die an den ADC des PICs geführt werden) |

Zu den Hauptaufgaben gehört die Evaluation der einzelnen Sensoren, das zeichnen des Schemas, das designen des PCBs sowie die Inbetriebnahme von mindestens einem Sensor. Die Dokumentation soll später als Grundlage für Schulungsunterlagen zu den entsprechenden Sensoren genutzt werden, darum müssen Grundlagen zu den einzelnen Sensoren erläutert werden.

## Ausgangslage

Die Dimensionen der Leiterplatte sind durch das PBA7 bzw. Vorgängerprojekte wie das BT-Board auf 115 x 52cm festgelegt, sowie die Anordnung der einzelnen Header. Bbc interne Templates in Form von Altium- oder MPLAB Libraries stehen zur Verfügung und Dokumente wie das Gant-Diagramm (der Zeitplan), die Stückliste und sonstige zum Projekt dazugehörende Files wurden im Vorhinein als Vorlage erstellt und können in die Projekt-Struktur eingebunden werden.

## Vorgehen (Konzept)

Zu allererst wird auf der Website git.bbcag.ch ein sogenanntes Git-Repository (Verweise auf Glossar) erstellt. Dieses wird darauffolgend auf das sich im lokalen Netzwerk befindende Laufwerk ‘Lernende’ geklont. Dann werden alle absehbaren Ordner erstellt und alle für den Start benötigten Dateien in den entsprechenden Ordnern und Unterordner verteilt. Zuletzt wird der sogenannte initial commit (Glossar) durchgeführt. Somit ist die Einrichtung abgeschlossen und es kann mit der Zeitplanung begonnen werden.

Nach diesen Einzelschritten wird vorgegangen:

**I** Informieren; Recherche betreiben  
 P Planen; Lösungswege erdenken  
 E Entscheiden; Bauteile auswählen, Evaluation der Schaltung abschliessen  
 R Realisieren; Leiterplatte designen und fertigen, Testsoftware schreiben  
 K Kontrollieren; Inbetriebnahme durchführen, Testresultate mit Prüfkriterien überprüfen  
 A Auswerten; Resultate in Dokumentation erläutern, Fazit und Folgerungen darlegen

(*wie führst du dein Projekt durch, wie gehst du vor.)*

~~Grundlegende Ordner-Struktur und Git-Repository erstellen, dann das Altium-Projekt erstellen und auf GitLab sichern.~~

~~Um die Schaltung sukzessiv zu vervollständigen wurde eine Reihenfolge definiert:~~

1. ~~Die Funktionsweise des Sensors verstehen, das Schema erstellen und die Ansteuerung aufzeichnen.~~
2. ~~Den Integrierer und das Halteglied aufzeichnen.~~
3. ~~Die Simulation des Sensors konzeptionieren und anschliessend in das Schema einzeichnen.~~
4. ~~Zuletzt eine passende Balkenanzeige auswählen, die Betreibung jener erarbeiten und schlussendlich auch in das Schema einzeichnen.~~

~~Nach diesem Vorgehen kann die Dimensionierung einzelner passiver Bauelemente beginnen und die einzelnen Blöcke miteinander verbunden werden.  
Daraufhin sollten alle Bausteine bestellt werden, in der Zwischenzeit kann das Leiterplatten-Design beginnen. Zwischen den einzelnen Schritten wird die Technische Dokumentation mit den jeweiligen vollendeten Schritten ergänzt.~~

Hardware

Blockschaltbild / Übersicht

Abbildung 1 Blockschaltbild

*Gesamterklärung…………………………………*

## Pulsgenerator und Sensor

|  |
| --- |
| Abbildung 2 PBA7 Header |

*Spezifische Bauteile und Berechnungen dazu erklären.  
Was ist die Funktion von einzelnen Bauteilen, von welchen bekannten Schaltungen hast du Gebrauch gemacht?*

~~Der Sensor benötigt ein Triggersignal, welches hier mit einem Schmitt-Trigger gegeben ist.  
Für die Feinjustierung sind hier zwei Potentiometer gewählt; mit ist die Impulsdauer und mit die Pausendauer einstellbar. Die tiefste einstellbare Frequenz liegt bei etwa .  
Empfohlene Obergrenze liegt bei , da dies die gewählte Integrierzeit ist (Seite 4) und dementsprechend die höchst mögliche noch vollständig zu integrierende Frequenz eines Signal darstellt.  
Ausserdem ist im Datenblatt vom Sensor selbst eine maximale Anzahl von 50 Messungen pro Sekunde angegeben; heisst: in diesem kleinen Bereich von kann der Integrierer nicht ganz sein Werk verrichten, funktionieren tut die Schaltung dennoch.~~

## Sensor Simulation

|  |
| --- |
| Abbildung 3 Kapazitive Touch Buttons und Ultraschall-Distanzsensor |

*Spezifische Bauteile und Berechnungen dazu erklären.  
Was ist die Funktion von einzelnen Bauteilen, von welchen bekannten Schaltungen hast du Gebrauch gemacht?*

~~Die Simulation des Sensors beginnt ebenfalls mit einem Pulsgenerator, dieser Output hat rechnerisch betrachtet eine Frequenz von 28.3687 Hz. Nachfolgend wird von einem D-FlipFlop die positive Flanke erkannt was zur Folge hat, dass auf~~ *~~logisch high~~* ~~geht und solange dort bleibt, bis sich genug aufgeladen hat um durch den Reset auszulösen.~~

~~Sinn der Sache ist, durch das Potentiometer eine variable Impulsdauer am Ausgang zu erzeugen, welche der des Sensors ähnlich ist. (mehr dazu auf Seite 4)~~

## Weiterverarbeitung der Messung

|  |
| --- |
| Abbildung 4 Gyrosensor |

*Spezifische Bauteile und Berechnungen dazu erklären.  
Was ist die Funktion von einzelnen Bauteilen, von welchen bekannten Schaltungen hast du Gebrauch gemacht?*

~~Der Sensor gibt ein PWM-Signal aus, dieses wird vom Integrierer in ein stetiges negatives Level gewandelt. Da der Integrierer periodisch beim Beginn eines neuen Messzyklus zurückgesetzt wird benötigt es ein Halteglied, welches die Auswertung vom aktuellsten vollständigem Zyklus bis zum Ende des nächsten Zyklus auf dem gleichen Level hält. Somit hat man ein gut verwertbares Signal, welches im nächsten Block verarbeitet wird. Der Integrierer arbeitet mit einer Integrierzeit von und die Reset-Schaltung ist auf eine Zeit von ausgelegt, heisst: und werden jeweils für lang quasi kurzgeschlossen. Diese Zeit muss möglichst klein gehalten werden, dass der Reset nicht ganz kurze Messsignale zu lange auf etwa hält und keine Zeit mehr zum Integrieren vorhanden ist. Dennoch muss die Zeit aber genügend gross sein, sodass die langen Messsignale und die dazugehörenden grösseren Ladungen in den Kondensatoren auch vollständig entladen werden können.~~

## Balkenanzeige

|  |
| --- |
| Abbildung 5 Temperatur- und Feuchtigkeitssensor |

~~Das Signal, welches vom Halteglied weitergegeben wird, hat eine negative Amplitude und wird zuerst von einem invertierenden Operationsverstärker aufgegriffen, verstärkt und anschliessend mit einer Referenzspannung verglichen.~~

~~Um die~~ *~~Range~~* ~~einzustellen (mehr dazu auf Seite 4) wurde eine einstellbare Referenzspannung mit einem Potentiometer und Impedanzwandler gewählt~~.

## Speisung

|  |
| --- |
| Abbildung 6 Beschleunigungssensor |

~~Um die Speisung einfach und zuverlässig zu gestalten, wurden Festspannungsregler gewählt; Anschluss erfolgt über Bananenbuchsen 4mm.~~

## Port Expander

|  |
| --- |
| Abbildung 7 Port Expander |

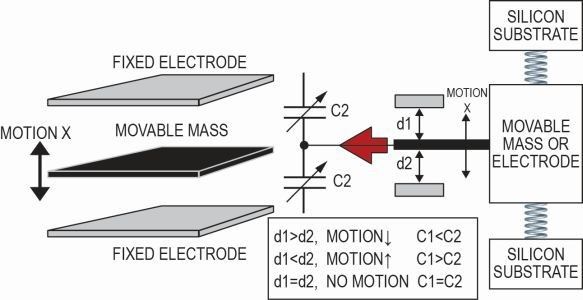
*Test der gesamten Hardware dokumentieren.*

## Messprinzip und Anwendungsgebiet der Sensoren

### Beschleunigungssensor

Die Beschleunigungssensoren lassen sich in hauptsächlich zwei Gruppen unterteilen – es gibt die Piezoelektrischen- und die MEMS Beschleunigungssensoren. Für spezifischere Anwendungen gibt es aber auch Sensoren, welche mit der magnetischen Induktion, Wirbelströmen oder Dehnungsmessstreifen arbeiten. Jedoch basieren grundsätzlich alle auf dem Aktionsprinzip:

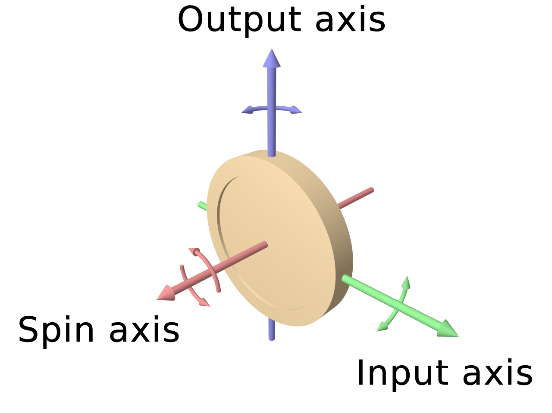
Das zweite Bewegungsgesetz (Aktionsprinzip) von Newton besagt, dass die Beschleunigung eines Körpers direkt proportional zu der auf den Körper wirkenden Kraft ist, dieselbe Richtung wie diese Kraft hat und umgekehrt proportional zu ihrer Masse ist. Wichtig ist die Tatsache, dass die Beschleunigung eine Kraft erzeugt, die von einem Beschleunigungssensor erfasst wird. Die vom Beschleunigungssensor gemessene Größe ist also eigentlich keine Beschleunigung, sondern eine Kraft.

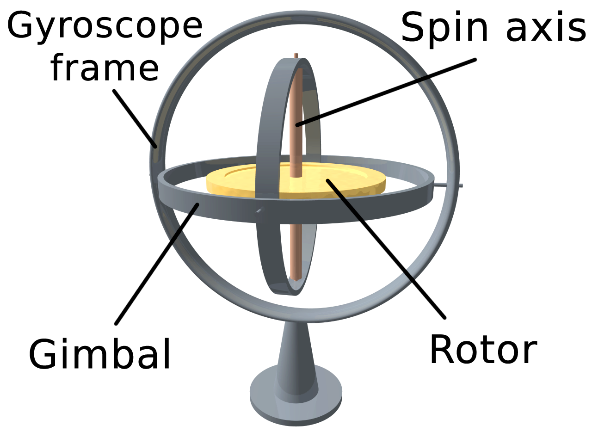
Nun befindet sich in dem in diesem Projekt verwendeten Sensor eine bewegliche Masse (eine Kondensatorplatte), welche mit mechanischen Federn zwischen Elektroden (weiteren Kondensatorplatten) angebracht ist. Wenn sich der Sensor, also die Masse im Innern jetzt in eine Richtung bewegt und die daraus entstehende Kraft die Masse näher zu einer Elektrode drückt ändert sich die Kapazität, gegeben aus folgender Formel: Denn wenn sich der Abstand verändert während die Fläche und das Dielektrikum gleich bleibt, muss sich rein rechnerisch eine andere Kapazität ergeben.

Indem nun durch eine Referenzspannung (auch 0g Spannung genannt) die Differenz der Kapazitäten zwischen den Platten ermittelt wird, kann der Sensor je nach Ausgabe-Typ, Analog den Spannungsanstieg oder Abfall ausgeben, oder Digital die hergeleitete Beschleunigung ausgeben. Wobei in der Praxis oft ein Teil oder das Vielfache der mittleren Erdbeschleunigung angegeben wird.

Je nach Empfindlichkeit, also wie viel es braucht um die Masse im Innern in Bewegung zu bringen, ergeben sich verschiedene Anwendungsgebiete. Bei hoher Empfindlichkeit ist der Sensor eher auf Vibrationen ausgelegt was im Bereich der Erdbeben-Überwachung, der Seismik, bei der optischen Bildstabilisierung oder bei gewissen Maschinen gebraucht wird aber auch in vielen anderen Gebieten. Bei tiefer Empfindlichkeit eignen sich solche Sensoren für Federungssysteme in Fahrzeugen und werden auch für die Auslösung von Airbags bzw. für die Erkennung der Notwendigkeit einer Auslösung benötigt. Generell wird diese Art von Sensor im Bergbau, bei Alarmanlagen, in Smartphones, in Festplatten, in der Satelliten- und Raketentechnik, in Fahrzeugen und Maschinen aber auch in Wecker verwendet.

### Gyroskop

Während ein Beschleunigungssensor lineare Beschleunigungen misst, misst das Gyroskop die Winkelgeschwindigkeiten. Das lässt sich so verstehen: ein Gyroskop besteht aus einem Kreisel, dieser Kreisel dreht sich mit konstanter Geschwindigkeit und somit wirkt eine sogenannte Winkelgeschwindigkeit. Sagen wir mal wir diese beträgt nun in einem Beispiel 360° pro Sekunde, das heisst der Kreisel macht eine ganze Umdrehung in einer Sekunde. Wenn nun aber eine äussere Kraft versucht die Achsenrichtung des Kreisels zu ändern, folgt dieser nicht dieser Kraft, sondern weicht *rechtwinklig* zu ihr aus. Er verändert seine Lage.

Wenn wir den Kreisel nun aber in solch einen Käfig setzen, dann behält der Kreisel seine Lage. Aber nur solange er dreht, denn durch die Reibung im Lager nimmt die Winkelgeschwindigkeit ab und der Kreisel kommt mit der Zeit zum Stillstand. Nun wollen wir aber wissen wie wir feststellen können, dass sich der Käfig oder je nach Anwendung zum Beispiel ein Flugzeug neigt. Da ist die einfachste Methode folgende: man setzt im Gehäuse des Gyroskops Referenzpunkte. Wenn das Gyroskop, welches seine Lage beibehalten will, jetzt durch eine äussere Kraft nach Links geneigt wird, dann wirkt die Output Axis auf den Gimbal bzw. den Frame. Dieser verändert seine Lage und diese kann dank den Referenzpunkten nun in eine Winkel-Änderung gedeutet werden.

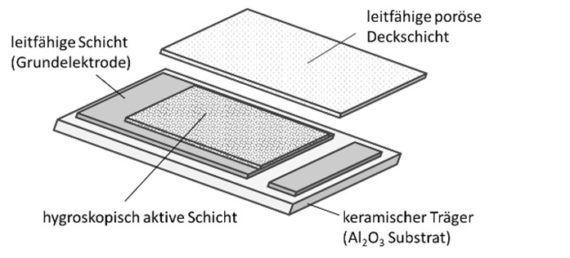
Zur Anwendung kommen Gyroskope, wie gerade kurz erwähnt, in Flugzeugen aber auch in anderen Navigationsanlagen wie zum Beispiel PKWs wo sie in Zusammenarbeit mit dem GPS arbeiten und eine Positionsbestimmung erlauben auch wenn das GPS-Signal kurz verloren geht, wie es zum Beispiel in einem Tunnel der Fall ist. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich in Eisenbahnwagen, ballistischen Raketen, Ferngläsern und Spielekonsolen. Wie bei den Beschleunigungssensoren gibt es auch bei diesem Sensor weitaus mehr Anwendungsgebiete, diese aber alle aufzulisten würde den Rahmen sprengen. Wenn das Prinzip dieses Sensors klar ist, erübrigen sich sämtliche Fragen bezüglich der Einsatzmöglichkeiten.

### Temperatur- und Feuchtigkeitssensor

Temperatursensoren gibt es viele, alle haben ein anderes Messprinzip. In diesem Abschnitt wird der Halbleiter-Temperatursensor erklärt, denn solch einer wurde in diesem Projekt auch eingesetzt. Ein Halbleiter-Temperatursensor ist ein Temperatursensor auf Basis von Halbleitermaterialien. Diese liefern proportional zur Temperatur einen Strom, eine Spannung oder ein digitales Signal. Kern dieser Schaltung ist eine Gleichung für ideale Dioden, welche die Beziehung zwischen Diodenstrom, Spannung und Temperatur definiert. Bei dieser idealen Diode beträgt die thermische Spannung bei Raumtemperatur etwa , daher gilt dies als ideale Referenz.

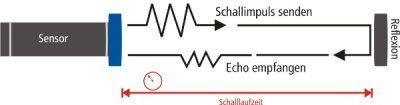
Reale Dioden hingegen haben aber kein lineares Verhalten und können deshalb nicht alleinig als Temperatursensor eingesetzt werden. Aus diesem Grund beinhalten solche ICs noch Linearisierungsschaltungen, welche den Nachteil realer Dioden ausgleichen. Diese Sensoren gaben ursprünglich in ihrer Anfangszeit bloss einen Strom aus aber mit zusätzlichen Komponenten erfolgte die Ausgabe einer zu der Temperatur proportionalen Spannung und anschliessende AD-Converter ermöglichten es ein digitales Interface anzuschliessen.

Halbleiter-Temperatursensoren werden heutzutage in Unterhaltungsgeräten, in der Heimelektronik, in der Industrie und dem Gewerbe eingesetzt, sind aber nicht auf äusserst hohe Temperaturen ausgelegt.

Neben dem Temperatursensor ist der Feuchtigkeitssensor auch Bestandteil des in diesem Projekt verwendeten Sensors. Es handelt sich um einen kapazitiven Feuchtigkeitssensor. Dieser besteht aus einem Träger, in der Regel ein Glassubstrat, einer unteren Elektrode, einem Polymerfilm und der wasserdampfdurchlässigen oberen Elektrode. Zur Funktionsweise: die in der Umgebungsluft enthaltene Feuchtigkeitsmenge durchdringt als Wasserdampf die obere Elektrode des Feuchtesensors und erreicht den Polymerfilm. Die in dem Film aufgenommene Wasserdampfmenge verändert die elektrischen Eigenschaften, das Dielektrikum, des Feuchtesensors derart, dass sich die Kapazität ändert. Die Kapazitätsänderung ist proportional zur Änderung der relativen Feuchte und wird durch weitere Elektronik mit Hilfe von Referenz-Kondensatoren bzw. Referenzspannungen ausgewertet und in ein Ausgangssignal umgeformt. Vorteil dieses Messp rinzips ist die hohe Genauigkeit und der breite Messbereich von 0 bis 100% RH.

Diese Sensoren werden ebenfalls wie die Temperatursensoren in allen möglichen Bereichen genutzt wie zum Beispiel in der Medizin, in Gebäuden, in der Fahrzeugtechnik usw.

### Ultraschall-Distanzsensor

Der Ultraschallsensor besteht aus einem Sender und einem Empfänger. Der Sender generiert durch einen Oszillator Ultraschallwellen, welche je nach Leistung eine gewisse Reichweite haben. Diese Wellen werden von einer Oberfläche reflektiert, was der Empfänger aufnimmt und je nach Bauart sogar über dieselben integrierten Wandler in einen Zeitwert, die Schalllaufzeit umformen kann. Diese Sensoren werden in der Entfernungsmessung, in der Informationsbearbeitung und –übertragung, in der Therapie, in der Verhaltungsforschung bei Tieren und in noch viel mehr Gebieten eingesetzt.

# Testsoftware

## Flussdiagramm

# Anpassungen und Verbesserungen

Schlussbetrachtung

Resultat der Arbeit

*Gemessene Resultate mit dem Pflichtenheft vergleichen und Fehler/Abweichungen beschreiben.  
Insgesamt eine kritische Beurteilung der Arbeit und eine Zusammenfassung der Resultate.  
Was ist erledigt und was bleibt offen.  
Empfehlungen für weiteres Vorgehen (offene Punkte Pflichtenheft, zusätzliche Möglichkeiten)*

~~Das PCB funktioniert nicht genau wie es gedacht war; das heisst, der Sensor reagiert nur auf grosse ebene Flächen, Hände erkennt er so gut wie nie und mit Menschen hat er auch Probleme. Schlussendlich ist die Leiterplatte aber ihrer Idee gerecht geworden, nur gewisse Unsicherheiten und Dinge, welche optimiert werden können sind vorhanden. Die dritte Version ist in Fertigung und die vierte ist schon definitiv aber noch nicht in Planung. Im PCB müssen neu dazugekommene Testpunkte ergänzt und Designatoren aus Gründen der Leserlichkeit angepasst werden~~.

## Persönliches Fazit

*Bist du zufrieden mit dem Produkt?  
Welche Fähigkeiten konntest einsetzen und was bereitete dir Probleme?  
Was hast du gelernt und was würdest du in Zukunft anders machen?*

~~Bei diesem Projekt konnte ich wirklich sehr viel lernen; mehr methodisches als fachliches.  
Das fachliche Wissen konnte ich vertiefen und ausbauen, bis auf das Halteglied ist nichts neues vorgekommen, dennoch bekam ich von den schon bekannten Gebieten ein Tiefenverständnis.  
Die Entwicklung hat mir Spass gemacht, die Inbetriebnahme nicht. Ich habe enorm viel Zeit gebraucht; zu viel Zeit. Verschiedenste Schritte hätte ich besser planen können, dann wäre viel Wartezeit weggefallen. Ausserdem hing ich bei der Entwicklung oft fest. Wenn ich die Coaches öfter und schneller nach Hilfe gefragt hätte, wäre mir dies ebenfalls erspart geblieben. Der Drang war aber gross es zum einen mir selbst zu beweisen und den Anderen zu zeigen, dass ich es nicht nur kann sondern auch sauber und richtig mache. Die Realität hat gezeigt, dass es doch nicht so einfach wie vorgestellt ist und mein pedantisches Tun nicht immer in Bezug auf die Qualität fördernd ist.~~

# Literaturverzeichnis

**KC, Karthikeyan. 2020.** Geekswipe. [Online] 4. 5 2020. https://geekswipe.net/science/physics/how-gyroscopes-work-intuitive-explanation/.

**Majid Dadafshar, Kristin Rinortner. 2014.** Elektronik Praxis. [Online] 5. 9 2014. https://www.elektronikpraxis.vogel.de/beschleunigungssensor-vs-gyroskop-a-458045/.

**Murphy, Chris. 2018.** All Electronics. [Online] 5 2018. https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/2018/05/A15981-Den-optimalen-MEMS-Beschleunigungssensor-auswaehlen.pdf.

**Quora.** Quora. [Online] https://www.quora.com/What-is-a-gyroscope-3?no\_redirect=1.

**Ryden, Bjorn. 2018.** Elektor Magazine. [Online] 11. 7 2018. https://www.elektormagazine.de/news/der-richtige-beschleunigungs-sensor-fur-jede-anwendung.

**Schwarz, Hans-Jürgen.** Salz Wiki. [Online] https://www.salzwiki.de/index.php/Kapazitives\_Messverfahren.

**Schweber, Bill. 2019.** Digi-Key. [Online] 29. 1 2019. https://www.digikey.ch/de/articles/effectively-sense-temperature-iot-applications--solid-state-technology.

**Shawn. 2019.** Seeed Studio. [Online] 24. 12 2019. https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/24/what-is-accelerometer-gyroscope-and-how-to-pick-one/.

**Tech, EXP. 2019.** EXP Tech. [Online] 3. 5 2019. https://www.exp-tech.de/blog/was-ist-ein-gyroskop-einfach-erklaert.

**Wikipedia.** Wikipedia. [Online] https://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsche\_Gesetze.

**—.** Wikipedia. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope.

**—.** Wikipedia. [Online] https://de.wikipedia.org/wiki/Kreiselinstrument.

**—.** Wikipedia. [Online] https://de.wikipedia.org/wiki/Halbleiter-Temperatursensor.

# (Abkürzungsverzeichnis)

*In einer Tabelle die Abkürzungen auflisten.*

|  |  |
| --- | --- |
| SB | Sensor Board |
| PBA7 | Pic Board Advanced 7 |
| RH | Relative Humidity (relative Luftfeuchtigkeit) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Anhang

Folgende Unterlagen entsprechen, bis auf das Schema, der aktuellsten Version und nicht der finalen Version.

* 1. Produktionsunterlagen
     1. Schema

Abbildung 8 Schema

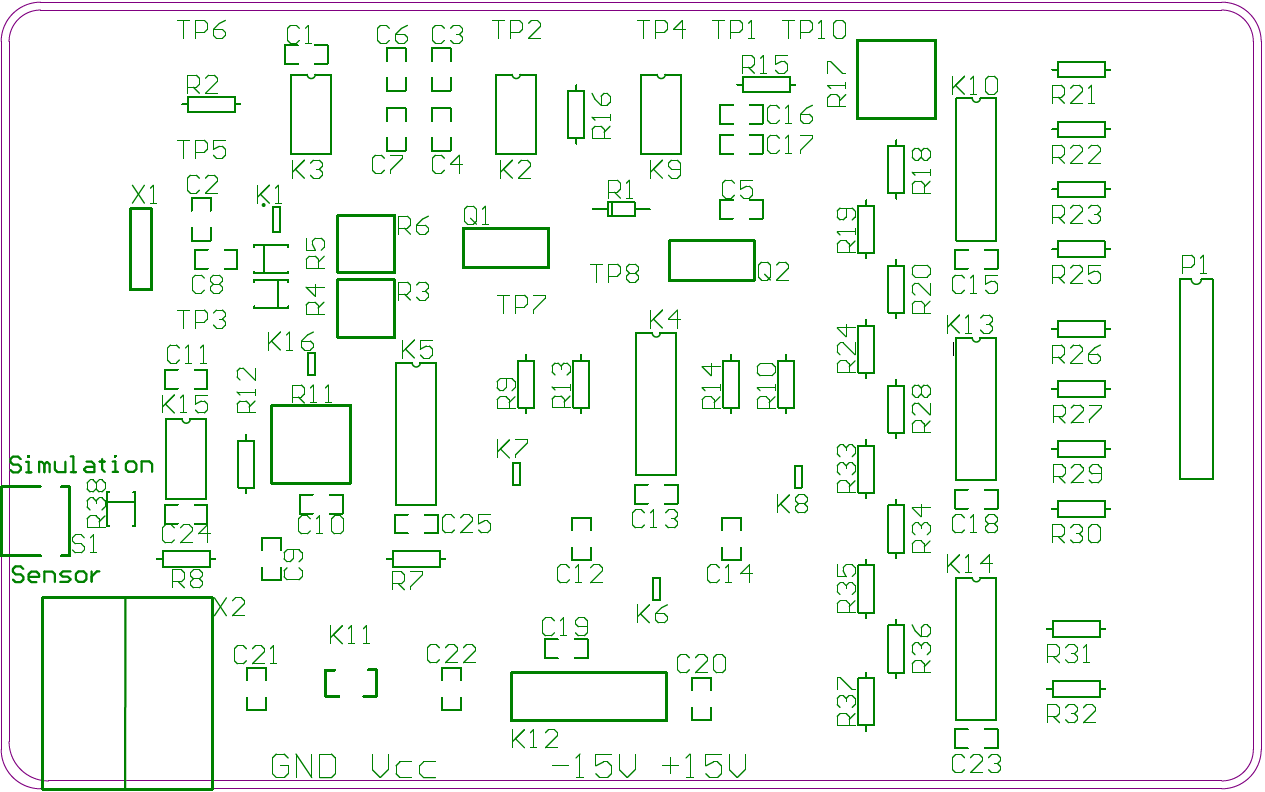
* + 1. Bestückungsplan

Abbildung 9 Bestückungsplan

* + 1. Stückliste

Tabelle 1 Stückliste

* + 1. Mechanikzeichnungen

......................................................................

* + 1. Montagezeichnungen

………………………………………………………

* 1. Bedienungsanleitung

*Erkläre schrittweise, wie man vorgehen muss und was man einstellen kann, wenn jemand ohne grosse Vorahnung dein Produkt in die Hände nimmt.*

* 1. Hardwarekorrekturen und Änderungen

*Am besten chronologisch auflisten, was du wann verändert hast. Nur kurz anschneiden, was du damit bezwecken willst.*

* 1. (Software)

*Hier sollten Sourcecode und umfangreiche Diagramme sein, welche im Hauptteil zu viel Platz einnehmen.*

* 1. Messprotokolle und/oder Testprotokolle
  2. Zeitplan
  3. Pflichtenheft

……………………………………………………………………….

1. Dateistruktur auf Laufwerk

(Wenn Git-Repository vorhanden, dann hier angeben; nebst Laufwerk-Pfad.)