

Fachbericht

Wetterstation mit Solar Energie

Windisch, 30. November 2018

Hochschule	Hochschule für Technik - FHNW
Studiengang	Elektro- und Informationstechnik
Autor/-en	Mischa Knupfer, Andres Minder
Betreuer	Prof. Dr. Taoufik Nouri
Auftraggeber	Prof. Dr. Taoufik Nouri
Version	1.0

Abstract

Inhaltsverzeichnis

1	Auftragsbeschreibung	2
2	Ziele	3
3	MCU	5
4	RTC	6
5	Sensoren	7
5.1	Messen der Lufttemperatur	7
5.2	Ermittlung der Niederschlagsmenge	7
5.3	Anemometer	10
5.3.1	Implementation in die Firmware	11
5.3.2	Validierung	11
5.4	Zählung der Sonnenstunden	12
6	Datenspeicherung	13
6.1	Breakoutboard	13
6.1.1	Verdrahtung	13
6.1.2	SPI (Serial Peripheral Interface)	14
6.2	μ SD-Karte	14
6.3	Implementation in die Firmware	15
7	Kommunikationsmodul	16
8	Konzeptvalidierung	17
	Literatur	18
A	Lastenheft	19

Einleitung

1 Auftragsbeschreibung

Das Wetter spielt eine wichtige Rolle in der Agronomie. Regnet es nicht genug, müssen Pflanzen bewässert werden. Trifft auf ein Ort nur wenig Sonnenlicht, so sollten dort nicht die Pflanzen, welche viel Sonnenlicht brauchen, angebaut werden. Windet es zu stark, können Pflanzen beschädigt oder gar zerstört werden. Ist es Tagsüber heiss, so benötigen die Pflanzen mehr Wasser. Hiesige Bauern besitzen den Luxus von guten Wettervorhersagen dank dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz). Dieser Luxus ist in anderen Ländern noch nicht gegeben. Prof. Dr. Nouri Taoufik ist aufgefallen, dass in tropischen Gegenden wie Südamerika oder teile Afrikas dieser Luxus ebenso fehlt.

Aus diesem Grund soll eine kostengünstige, erweiterbare und mobile Wetterstation entwickelt werden, welche diese Bauern unterstützt. Diese Wetterstation soll die Regenmenge, die Windstärke, die Lufttemperatur und die Sonnenstunden messen können. Ausserdem soll die Wetterstation mittels Photovoltaik unterstützt werden, und erhobene Daten via SMS abrufbar sein.

Im Nachfolgenden Dokument werden die Ziele dieses Projekts definiert, sowie das Gesamtkonzept näher erläutert.

2 Ziele

Die Ziele sind strikt aufgeteilt in die zwei Projekte 5 und 6. Darin enthalten sind die jeweiligen zu erreichenden Muss- und Wunschziele mit ihren quantifizierten Spezifikationen. Diese sind wichtig, da Ortsabhängig unterschiedliche Normwerte gelten und sich dieses Projekt grundsätzlich auf die Schweiz fokussiert.

Tabelle 2.1: Ziele P5

	Ziel	Messbereiche	Genauigkeiten	Einheiten
Mussziele P5				
Sensoren	Lufttemperaturmessung	[-20;60]	± 1	°C
	Windgeschwindigkeitsmessung	[10;25]	± 1	m/s
	Niederschlagsmenge	Wasser	± 100	ml/m ²
Datenspeicherung	Datenabfrage via PuTTY	≥ 9600		Bd/s
RTC	Implementation	Echtzeit	± 1	s/Jahr
Wunschziele P5				
Sensoren	Sonnenstunden Prototyp	Echtzeit		s

Tabelle 2.1 zeigt diverse Ziele im P5, unterteilt in Muss- und Wunschziele. Zu den Musszielen gehören die Lufttemperaturmessung, die Windgeschwindigkeitsmessung, die Niederschlagsmessung, die Implementation des RTC und die mögliche Datenabfrage via Putty vom Datenspeicher. Die Lufttemperatur soll zwischen -20 bis 60 °C ermittelbar sein, mit einer Genauigkeit von ± 1 °C. Die Windgeschwindigkeitsmessung soll vor allem stärkere Windgeschwindigkeiten erfassen, um vor Sturm warnen zu können, weshalb niedrigere Windgeschwindigkeiten vernachlässigt werden können. Die Windgeschwindigkeit soll zwischen 10 und 25 m/s auf ± 1 m/s genau gemessen werden. Die Niederschlagsmenge soll nur für Regenwasser bestimmt werden mit einer Genauigkeit von ± 100 ml/m². Als Wunschziel soll eine Möglichkeit getestet werden um Sonnenstunden zu detektieren, welche dann im P6 umgesetzt wird.

Tabelle 2.2: Ziele P6

	Ziel	Messbereiche	Genauigkeiten	Einheiten
Mussziele P6				
Speisung	Akkukapazität			
	Ladeschaltung Akku			
	Ladeschaltung Photovoltaik			
Kommunikationsmodul	GPS			
	Mobilfunk (SMS)			
Sensoren	Sonnenstunden			
Wunschziele P6				
Kommunikationsmodul	Mobilfunk (Website)			
Speisung	Akku austauschbar			

Tabelle 2.2 zeigt diverse Ziele im P6, unterteilt in Muss- und Wunschziele. Diese Tabelle ist unvollständig und wird im P6 nachgeführt. Generell kann gesagt werden, dass die Speisung, das Kommunikationsmodul mit GPS und Mobilfunk, sowie die Sonnenstunden-Sensorik implementiert werden sollen. Als Wunschziele sind ein austauschbarer Akku und eine Website zur Datensicherung und ggf. grafischen Darstellung aufgeführt.

3 MCU

4 **RTC**

5 Sensoren

5.1 Messen der Lufttemperatur

5.2 Ermittlung der Niederschlagsmenge

Dieses Unterkapitel befasst sich mit der Realisierung der Niederschlagsmessung. Diese soll nach einem Kipplöffelprinzip funktionieren und gemäss definierten Zielen eine Genauigkeit von $\pm 100 \text{ ml/m}^2$ aufweisen. Ausserdem soll als alternative zusätzlich ein Messbecher an der Wetterstation installiert werden, damit der Bauer die Niederschlagsmenge anhand einer Skala ablesen kann. In einem ersten Schritt soll das Kipplöffelprinzip näher erläutert werden. Darauf folgend sollen die Realisierung dieses Kipplöffels und anschliessend die Implementation in der Firmware thematisiert werden. Zu guter Letzt soll die Validierung des Teilsystems folgen.

Das Kipplöffelprinzip

Das Prinzip des Kipplöffels wird in Abbildung 5.1 graphisch dargestellt.

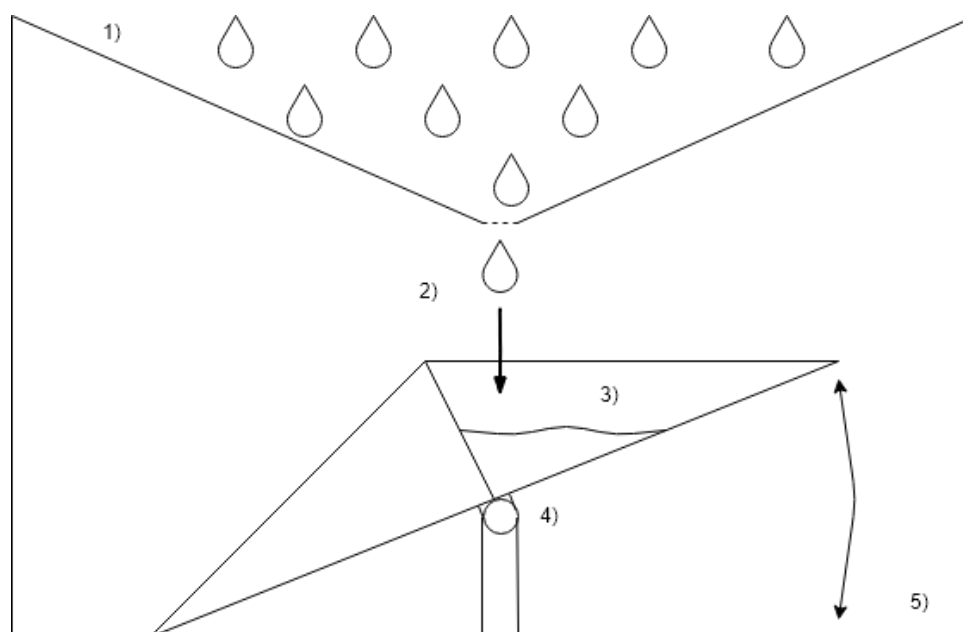


Abbildung 5.1: Darstellung des Kipplöffelprinzips

Abbildung 5.1 zeigt das Kipplöffelprinzip. Der Kipplöffel („3“) besteht im Grunde aus zwei Löffeln und ist in der Mitte drehbar mit dem Gehäuse befestigt („4“). Regenwasser wird über eine Öffnung im Gehäusedeckel (Trichter, „1“) zum Kipplöffel befördert („2“). Ist der Löffel mit Regenwasser gefüllt, so kippt dieser aufgrund des Gewichts und leert das Wasser über eine Öffnung im Gehäuseboden („5“) aus. Durch die Kippung wird der andere Löffel in die Ausgangsposition bewegt und kann sich nun mit Wasser füllen. Mit der Hilfe von Reedkontakten und Magneten wird die Anzahl der Kippbewegungen gezählt. Die Niederschlagsmenge ergibt sich aus der Anzahl Kippbewegungen, multipliziert mit dem Volumen des Kipplöffels.

Die Realisierung des Niederschlagsmengensensors

Der Niederschlagsmengensensor wird, wie im Pflichtenheft festgehalten, selbst erstellt. Die Erstellung kann in vier Etappen unterteilt werden. Die erste Etappe ist die Erstellung des Kipp-

löffels. Die zweite Etappe folgt mit der Erstellung der Drehbaren Lagerung. Als dritte Etappe folgt der Trichter und die vierte und letzte Etappe widmet sich dem Gehäuse.

Die Realisierung des Kipplöffels

Wichtig für die Erstellung des Kipplöffels sind die Dimensionierung und die Materialwahl.

Das Material soll wetterbeständig, einfach bearbeitbar und günstig sein und eine möglichst glatte Oberfläche haben. Die möglichst glatte Oberfläche ist notwendig, damit das Wasser im Kipplöffel sich nicht an der Oberfläche festhält und somit gut abfließt. Acrylglas erfüllt diese Bedingungen und ist in jedem Baumarkt erhältlich, weshalb es als Material gewählt wird.

Die Dimensionierung ist Abhängig von der gewählten Auflösung im Pflichtenheft. Damit eine Auflösung von $\pm 100 \text{ ml/m}^2$ erreicht werden kann, müssen beide Löffel des Kipplöffels bei genau 100 ml Fassungsvermögen kippen. Damit dies erreicht wird, kann man physikalisch die statische Gleichgewichtsbedingung aufstellen und daraus die Dimensionierung folgern. Dies ist jedoch ein sehr aufwändiger, komplizierter und zeitintensiver weg. Einfacher ist es, wenn der Kipplöffel extra zu gross dimensioniert und die Füllmenge im nachhinein justiert wird. Die Justierung erfolgt mittels einer in der Höhe verstellbaren Lagerung, sowie mit in der Höhe verstellbaren Schrauben im Gehäuseboden, welche die Neigung der Endposition des Kipplöffels beeinflusst. Ein weiterer Vorteil dieser Nachjustierung ist, dass auch eine andere Füllmenge einstellbar wäre.

Die Realisierung der drehbaren Lagerung des Kipplöffels

Die Drehbare Lagerung des Kipplöffels ist wichtig, damit der Kipplöffel auf beide Seiten kippen kann. Die Drehachse soll direkt unterhalb der Mitte des Kipplöffels befestigt sein um ein gleichmässiges Kippen zu ermöglichen. Die Höhe des Kipplöffels wird definiert durch die einstellbare Höhe der Drehachsenlagerung.

Die Drehachse wird aus einem Stück Holz und zwei Schrauben gefertigt, wobei das Holz direkt am Kipplöffel befestigt wird. Die zwei Schrauben werden auf einem höhenverstellbarem Gerüst gelagert, so dass ein drehen möglich ist. Dieses Gerüst wird auch aus Holz gefertigt und enthält eine Metallische Fläche an der Kontaktstelle der zuvor erwähnten Schrauben, um aufkommende Reibkräfte zu verringern. Ausserdem ist dieses Gerüst höhenverstellbar über zwei mit Muttern feststellbaren Gewinden (für jede Seite eine).

Die Realisierung des Trichters

Der Trichter sorgt dafür, dass der Regen, welcher auf die Trichterfläche fällt, über der Mitte des Kipplöffels in den Löffel fliesst. Die Trichterfläche stellt gleichzeitig die Referenzfläche dar, da die gesamte Regenmenge dieser Fläche über den Kipplöffel erfasst wird. Ist diese Fläche von 1 m^2 abweichend, so muss in der Firmware ein Skalierungsfaktor implementiert werden, damit die Regenmenge wie gewünscht gemäss Pflichtenheft ermittelt werden kann. Der Trichter wird aus demselben Material gefertigt wie der Kipplöffel, da hier die gleichen Anforderungen gelten.

Die Realisierung des Gehäuses

Das Gehäuse soll den Sensor vor ungewollten äusseren Einflüssen schützen, sowie umgebende Elektronik vor eventuellen Regenwasserspritzern. Ausserdem soll ein Schaltkreis mit Reedrelais implementiert werden, damit die Kippbewegungen von der Elektronik erfasst werden können.

Implementierung des Schaltkreises

Der Schaltkreis, welcher die Kippbewegungen feststellen soll, besteht im wesentlichen aus einem Reedrelais und einem Permanentmagneten. Das Reedrelais ist NO (Normally Open) und wirkt als stromkreisschliessender Schalter, sobald ein magnetisches Feld (z.B. das eines Permanentmagneten) sich in unmittelbarer Nähe befindet. Der Permanentmagnet wird auf dem Kipplöffel befestigt und das Reedrelais als Gegenstück an einem Fixpunkt in der Nähe. Wichtig dabei ist, dass das Reedrelais bei den Endpositionen des Kipplöffels nicht geschlossen ist, damit der

Stromkreis geöffnet ist und Strom gespart werden kann. Das Reedrelais benötigt einen seriellen Widerstand, damit bei einem schliessen des Stromkreises kein Kurzschluss auftritt. Die Speisespannung stellt den Pegel für ein schliessen des Reedrelais, und somit auch für eine Kippbewegung dar. Um die Kippbewegungen zu zählen, kann somit entweder jede steigende oder jede fallende Flanke des Signals gezählt werden.

Implentation in der Firmware

Validierung der Niederschlagsmessung

5.3 Anemometer

Für die Windgeschwindigkeitsmessung wurde ein Ersatz Anemometer von Froggit genommen (Abb. 5.2). Das Anschlusskabel hat einen vier poligen RJ-11 Stecker, dessen Signal über eine Buchse zum MCU geführt wird. Das Anemometer selbst hat allerdings nur zwei Anschlüsse, die Speisung (rot) und das durch einen mit einem Dauermagneten schließbaren Reedkontakt modulierte pulsformige Ausgangssignal (grün, Abb. 5.3). In der Abb. 5.4 ist ersichtlich, dass das Ausgangssignal über R1 abfällt und C1 als Spannungstabilisierung dient. Das daraus resultierende Signal ist in der Abb. 5.5 aufgezeigt. Die Windgeschwindigkeit ist nun aus der Anzahl Rechteckpulsen direkt interpretierbar:

Wenn über einen Zeitraum T die Anzahl Pulse A gemessen werden, dann kann auf die Winkelgeschwindigkeit ω nach

$$\omega = \frac{A}{T} \quad [s^{-1}] \quad (5.1)$$

geschlossen werden. Da allerdings verschiedene Faktoren wie das Trägheitsmoment des Schalenkreuzes, Reibungsverluste bei der Drehbewegung, Verfälschung bei wechselnder Windrichtung usw. zusätzlich auf das Anemometer wirken, wird es sehr komplex die Windgeschwindigkeit exakt zu berechnen. Deshalb wird nur ein Näherungswert ermittelt und mit einem Skalierungsfaktor SF korrigiert. Somit ergibt sich für die Windgeschwindigkeit v_{Wind} mit Radius r des Schalenkreuzes

$$v_{Wind} = \frac{A * r * SF}{T} \quad [m/s]. \quad (5.2)$$

Der Skalierungsfaktor SF wird mittels Referenzmessungen der Windgeschwindigkeit eines digitalen Anemometers eruiert.

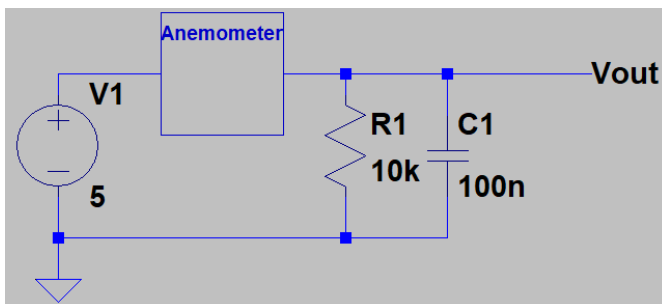


Abbildung 5.4: Beschaltung des Ausgangs des Anemometers.



Abbildung 5.2: Anemometer [1]

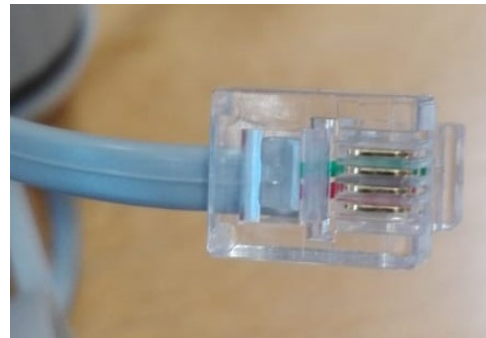


Abbildung 5.3: RJ-11 Stecker

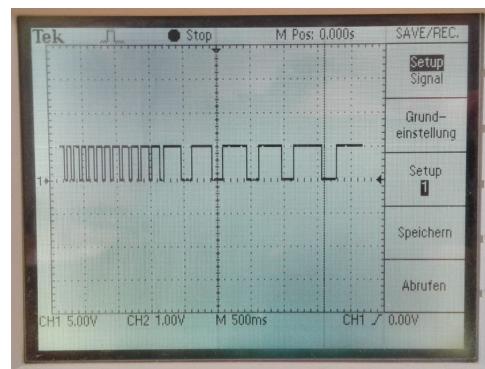


Abbildung 5.5: Ausgangssignal V_{out}

5.3.1 Implementation in die Firmware

Die Implementation wurde recht simpel gehalten. Der gesamte implementierte Code für das Anemometer ist im Headerfile "Anemometer.h" extern deklariert und im File Anemometer.cpp initialisiert. Das Signal V_{out} ist mit einem digital Pin des Atmega 2560 (Pinnummer 2 des Arduino Mega Boards) verbunden. Über einen Zeitraum von $5000ms$, auf die steigende Flanke getriggert, wird die Anzahl von Pulsen mittels Interrupt¹ gezählt. Dabei wird zuerst der Interrupt auf der Pinnummer 2 aktiviert, mit einem Delay von $5000ms$ gewartet, wobei bei jedem ausgelösten Interrupt die Funktion `countWind()` ausgeführt und somit bei jeder steigenden Flanke um eins inkrementiert wird. Zum Schluss folgt die Deaktivierung des Interrupts und die Berechnung der Windgeschwindigkeit nach der Gleichung 5.2.

5.3.2 Validierung

Über eine einigermaßen konstanten Windgeschwindigkeit eines Heizlüfters/Ventilators (mit verschiedenen Stärkestufen) wurden Messpunkte des Anemometers (Abb. 5.2), sowie auch des digitalen Anemometers (Abb. 5.7) erfasst. In der Abb. 5.6 sind diese Messwerte graphisch dargestellt.

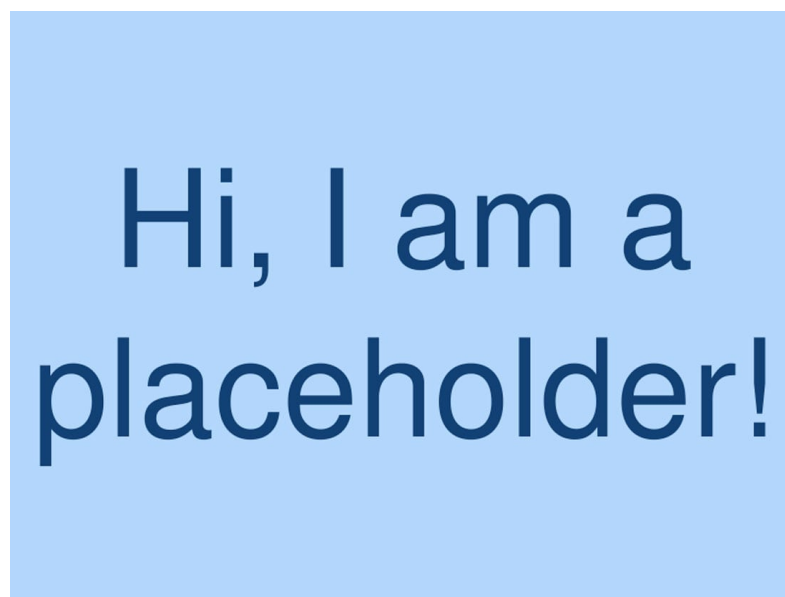


Abbildung 5.6: Graph der Messwerte



Abbildung 5.7: Digitales Anemometer (Benetech GM8908) mit einer Auflösung von $0.1m/s$ und einer Unsicherheit von $\pm 5\%$ [2]

Hier muss noch die Interpretation der gemessenen Werte geschrieben werden.

¹es handelt sich hierbei um *external Interrupts*.

5.4 Zählung der Sonnenstunden

6 Datenspeicherung

Als Speichermedium wird eine μ SD-Karte verwendet, welche direkt in ein Breakoutboard gesteckt wird. Als Kommunikationsprotokoll wird SPI verwendet.

6.1 Breakoutboard

Das Breakoutboard (siehe Abb. 6.1) kann wegen des intern implementierten *CD74HC4050 high-speed logic level translators*² mit 5V betrieben werden. Das Arduino Mega Board und das Breakoutboard werden über SPI (siehe Kapitel 6.1.2) nach dem Master-Slave Kommunikationsprinzip miteinander verbunden.

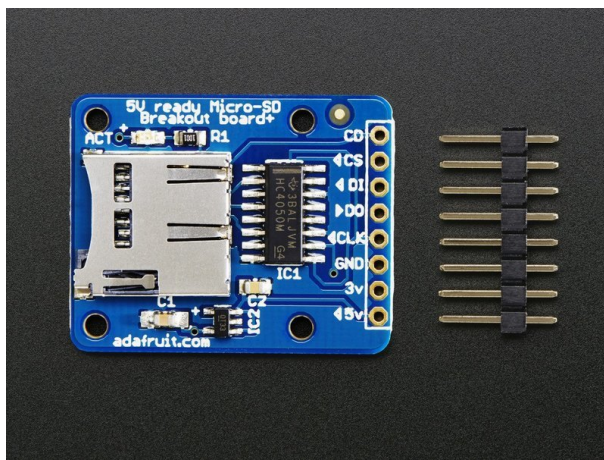


Abbildung 6.1: 254 μ SD-Breakoutboard von Adafruit [3]

6.1.1 Verdrahtung

SD-Karten erfordern viel Datenübertragung. Deshalb kann die beste Leistung erbracht werden, wenn sie an die Hardware-SPI-Pins eines Mikrocontrollers angeschlossen werden. Dabei wird es wie folgt miteinander verbunden: [3]

Hier vielleicht noch das Schema hinzufügen wie es Hardwaremässig implementiert wird.

- **5V** und **GND** Pins jeweils auf die **5V** und **GND** Pins des Arduino Mega Boards
- **CLK** auf die Pinnummer **52**
- **DO** auf die Pinnummer **50**
- **DI** auf die Pinnummer **51**
- **CS** auf die Pinnummer **53**

²konvertiert eine high-level logik in eine low-level logik

6.1.2 SPI (Serial Peripheral Interface)

Das *Serial Peripheral Interface* ist ein synchrones serielles Datenprotokoll (Datenbus) bestehend aus drei Datenleitungen zur Datenübertragung. Diese sind, wie in Abbildung 6.2 zu sehen, **MISO** (Master In Slave Out), **MOSI** (Master Out Slave In) und **SCLK** (Serial Clock). Auf dem Breakoutboard (Abb. 6.1) sind die Pins mit **DI** (Data In), **DO** (Data Out) und **CLK** (Clock) beschrieben. Zu den Datenleitungen wird noch eine **SS** (Slave Select) oder auch **CS**-Leitung (Chip Select) benötigt. Damit wird vom Master aus den zur momentanen Kommunikation nötigen Slave selektiert. Große Vorteile von SPI sind die Vollduplexfähigkeit und das Taktfrequenzen bis in den MHz-Bereich reichen. [4][5]

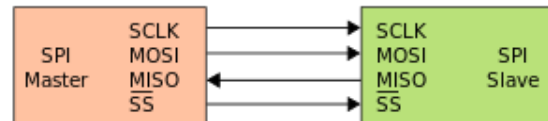


Abbildung 6.2: Einfacher SPI-Datenbus [5]

Möglicherweise noch die Taktfrequenz angeben, resp. die Einstellungen des SPI-Protokolls

6.2 μ SD-Karte



Abbildung 6.3: 16 GB μ SD-Karte [6]

Bei der μ SD-Karte muss auf die Kompatibilität mit dem Breakoutboard geachtet werden. Dafür sind folgende Kriterien zu beachten:

- Die μ SD-Karte muss FAT16 oder FAT 32 formatiert sein.
- Es sind nur die SD und SD High Capacity (SDHC) kompatibel.

Für die Umsetzung dieses Projektes wurde eine μ SD-Karte der SD-Familie SDHC I verwendet (siehe Abb. 6.3). SDHC sind Kapazitäten bis zu 32GB möglich und FAT32 formatiert. [7]

Es könnte noch auf die Anschlüsse der μ SD-Karte eingegangen werden. Gäbe aber nur Sinn wenn ein Print erstellt werden muss wo das Breakoutboard nachkonstruiert wird.

6.3 Implementation in die Firmware

Für die Implementation in die Firmware, um mit dem Breakoutboard über SPI zu kommunizieren und die μ SD-Karte zu beschreiben, resp. zu lesen, wurden direkt die bereits existierenden Librarys `<SPI.h>`³ und `<SD.h>` von Arduino inkludiert. In der Arduino IDE können bereits vorgefertigte Example-Codes (siehe Abb. 6.4) zur weiteren Interpretation, wie mit diesen Librarys μ SD-Karten gelesen und geschrieben werden können, verwendet werden.

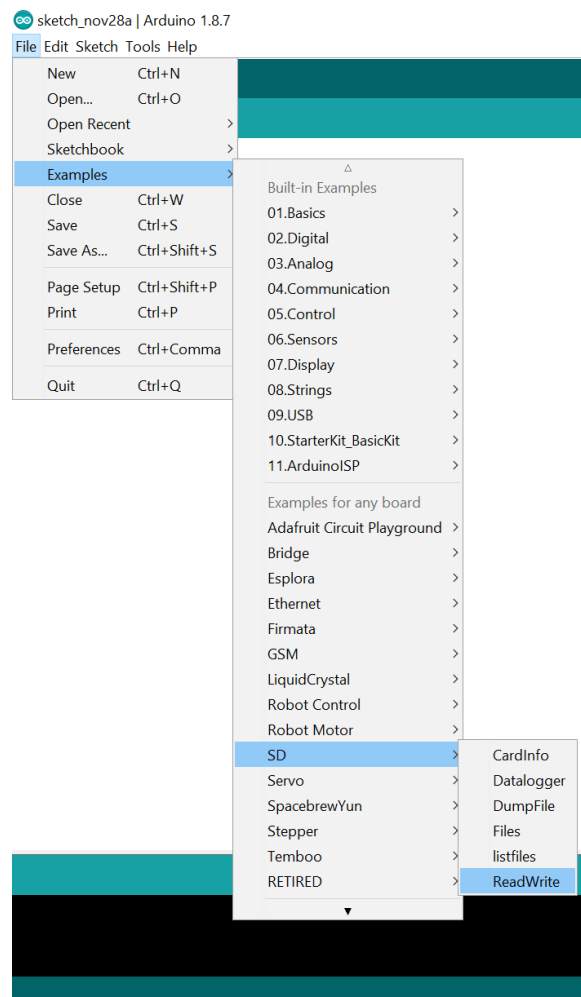


Abbildung 6.4: Example-Codes der Arduino IDE zum Lesen und Schreiben von SD-Karten.

Für eine übersichtlichere Programmstruktur und einfachere Handhabung wurden die Example-Codes für die korrekte Implementation angepasst und in Funktionen verpackt. Die Funktionen sind extern im Headerfile "SDCard.h"⁴ deklariert und im SDCard.cpp initialisiert.

- `void getCardInformations();`
- `void readFileSDCard(String filename);`
- `void writeFileSDCard(double value2save, String filename);`
- `void deleteFileSDCard(String filename);`

Funktionen könnten noch beschrieben werden. Noch Abklären, ob die Fußzeilen nötig sind!

³ `<*.h>` bezieht sich auf ein include-Verzeichnis unter dem Compiler-Installationsverzeichnis

⁴ `*.h` bezieht sich relativ auf das aktive Projektverzeichnis

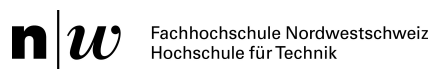
7 Kommunikationsmodul

8 Konzeptvalidierung

Literatur

- [1] Amazon. (keine Angabe). Ersatz Sensor Windgeschwindigkeit für Froggit WH1080 WH3080 WH1090, Adresse: https://www.amazon.de/Ersatz-Sensor-Windgeschwindigkeit-Froggit-WH1080/dp/B00GGM5HEA/ref=pd_rhf_eetyp_p_img_1?_encoding=UTF8&psc=1&refRID=4R5P7RRF8H7RC3A4KAHQ (besucht am 30. Nov. 2018).
- [2] —, (keine Angabe). Benetech GM8908 Digital Anemometer, Adresse: <https://www.amazon.com/Benetech-GM8908-Digital-Anemometer-10/dp/B074TDR5YQ> (besucht am 30. Nov. 2018).
- [3] Lady Ada, „Micro SD Card Breakout Board Tutorial“, Adafruit Industries, Bericht, 17. Sep. 2018. Adresse: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-micro-sd-breakout-board-card-tutorial.pdf?timestamp=1543256513> (besucht am 28. Nov. 2018).
- [4] mikrocontroller.net. (28. Nov. 2018). Serial Peripheral Interface, Adresse: https://www.mikrocontroller.net/articles/Serial_Peripheral_Interface (besucht am 28. Nov. 2018).
- [5] Wikipedia. (28. Nov. 2018). Serial Peripheral Interface, Adresse: https://de.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface (besucht am 28. Nov. 2018).
- [6] SanDisk. (keine Angabe). SanDisk microSDHC Speicherkarte, Adresse: <https://www.sandisk.de/home/memory-cards/microsd-cards/sandisk-microsd> (besucht am 27. Nov. 2018).
- [7] —, (keine Angabe). SD/SDHC/SDXC Spezifikationen und Kompatibilitäten, Adresse: https://kb-de.sandisk.com/app/answers/detail/a_id/8317/~sd%2Fsdhc%2Fsdxc-spezifikationen-und-kompatibilit%C3%A4ten (besucht am 27. Nov. 2018).

A Lastenheft



Ausschreibung Studierendenprojekt P5/P6 Studiengang Elektro- und Informationstechnik

Titel:
Wetterstation mit Solar Energie
Betreuer:
Prof. Dr. Taoufik Nouri (Institut für Mobile und Verteilte Systeme)
Auftraggeber:
Prof. Dr. Taoufik Nouri (Institut für Mobile und Verteilte Systeme)
Aufgabenbeschreibung:
<p>Ausgangslage:</p> <p>Wetterstation sind viele verlangt besonders im Gebiete ohne Strom. Wir schlagen solche Möglichkeit zu realisieren.</p> <p>Zielsetzung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diese Wetterstation misst Regen, Wind- Geschwindigkeit, -Richtung, Temperatur, Sonnenlicht, Feuchtigkeit, Zeit usw. 2. Sie ist dotiert mit verschiedener Kommunikation Module wie GPS, SIM Karte. 3. Sie ist fern abfragbar durch Handy 4. Sie speichert regelmässig die verschiedenen Parameter (Journal). 5. Sie ist komplett automatisiert z.B. Regenwasser wird automatisch ausgeleert. <p>Schlüsselwörter: Energie, Mikrokontroller, Programmierung, Elektronik</p>