



BUSSYSTEME UND SENSORIK

ENTWICKLUNG EINES HUBS ZUR ERFASSUNG UND
GRAPHISCHEN DARSTELLUNG VON SENSORDATEN

WINTERSEMESTER 2023/2024

Ausarbeitung von:

Lasse Kelling
123456

Fabian Schmalenbach
2514071

Abgabedatum: 24.06.2023

Prüfer: Prof. Dr. R. Fitz

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|-------------------------------|----------|
| 1 | Projektbeschreibung | 1 |
| 1.1 | Anforderungen | 1 |
| 2 | Systembeschreibung | 1 |
| 2.1 | Systemaufbau | 1 |
| 2.2 | Sensorik | 2 |
| 2.2.1 | BME280 | 2 |
| 2.2.2 | MHZ19C | 3 |
| 2.2.3 | DCF77 | 3 |
| 2.2.3.1 | MeteoTime | 4 |
| 2.3 | Kommunikation | 4 |
| 2.3.1 | Funkstrecke | 4 |
| 2.3.2 | Datenpakete | 4 |
| 3 | Modulbeschreibung | 4 |
| 3.1 | Sensormodul extern | 4 |
| 3.2 | Sensormodul intern | 4 |
| 3.3 | Grafikmodul | 4 |
| 4 | Aktueller Projektstand | 4 |

1 Projektbeschreibung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Sensorhubs, der Sensordaten erfasst und auf einem Display darstellt. Bei den Sensoren handelt es sich in erster Linie um Umweltdaten, die aktuelle Parameter der Umgebung erfassen. Das Projekt kann daher grob mit einer Wetterstation verglichen werden.

1.1 Anforderungen

Es wurden keine verpflichtenden Anforderungen gestellt, das Projekt soll thematisch aber zum Modul "Bussysteme und Sensorik" passen. Daraus lassen sich für das spezifische Projekt Anforderungen stellen bzw. ableiten:

- Verwendung eines oder mehrerer Bussysteme zur Kommunikation zwischen Mikrocontrollern
- Nutzung diverser Sensoren mit unterschiedlichen Anbindungen für Vielfältigkeit
- Analog zu herkömmlichen Wetterstationen, soll diese ebenfalls über einen Außensensor verfügen
- Die Wetterstation soll über eine Wettervorhersage verfügen
- Der Sensorhub soll skalier- und erweiterbar sein

Aus diesen Anforderungen lassen sich direkt Vorgaben für das Projekt ableiten:

- Nutzung mehrerer Mikrocontroller, die miteinander über ein Bussystem kommunizieren
- Verwendung digitaler Sensoren, die Standardprotokolle wie I2C, SPI oder UART unterstützen
- Entwicklung eines Außensensors, der drahtlos mit dem Sensorhub kommunizieren kann
- Anbindung des Sensorhubs ans Internet oder Empfang von Wettervorhersagen via Funk (DCF77)
- Nutzung ausreichend leistungsstarker Mikrocontroller, die genügend Leistungs- und Peripheriereserven haben, um weitere Geräte anzubinden

2 Systembeschreibung

2.1 Systemaufbau

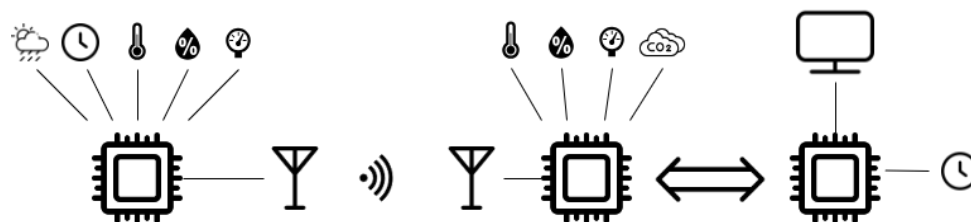


Abbildung 1: Übersicht der Systemkomponenten

Die obige Abbildung 1 zeigt abstrakt alle Komponenten des Systems. Die jeweiligen Komponenten über dem Mikrocontroller Symbol zeigen jeweils die angeschlossenen Sensoren bzw. Bildschirme. Ebenfalls ist grob die Kommunikation zwischen den Mikrocontrollern erkennbar.

Ganz links ist der Außensensor dargestellt, an den ein Sensor zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck angeschlossen ist. Außerdem verfügt dieser über eine Antenne, um das DCF77-Signal zu empfangen, welches die aktuelle Zeit und eine Wettervorhersage beinhaltet (siehe Abschnitt 2.2.3). Der Sensor sendet die empfangenen Daten zyklisch per 433 MHz Sender an den Sensorhub.

Der Sensorhub besteht aus zwei Mikrocontrollern, die über eine serielle Schnittstelle (UART) miteinander kommunizieren. Der in Abbildung 1 mittlere Mikrocontroller empfängt die Daten des Außensensors und leitet diese weiter an den verbundenen Mikrocontroller. Da die Daten zur Wettervorhersage verschlüsselt sind und der Außensensor möglichst wenig Energie verbrauchen soll, müssen die Daten vom Mikrocontroller entschlüsselt werden. Dazu werden die entsprechenden Datenpakete abgefangen, entschlüsselt und anschließend weitergesendet. Der Mikrocontroller verfügt außerdem wie der Außensensor über einen Sensor zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck (wobei der Luftdruck im Innenraum nicht gemessen wird). Zusätzlich ist ein CO₂ Sensor verbaut, der die Konzentration im Raum misst.

In der Übersicht ganz rechts ist der Mikrocontroller, der alle Daten empfängt und auf einem Touchdisplay darstellt. Da der Sensor über ein WLAN-Modul verfügt, wäre theoretisch zusätzlich die Übertragung der Daten per WLAN an einen Server o.ä. möglich, der alle Daten speichert und diese anderen Geräten zur Verfügung stellt.

2.2 Sensorik

Zur Erfassung der Umweltparameter werden aktuell zwei verschiedene Sensoren eingesetzt. Der BME280 erfasst Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck. Der MHZ19C wird zur Erfassung der CO₂ Konzentration im Raum eingesetzt. In den folgenden beiden Abschnitten werden die Sensoren beschrieben.

Das Außenmodul verfügt außerdem über eine 77,5 kHz Empfangsantenne, um das Zeitzeichensignal DCF77 zu empfangen. Daraus lässt sich die aktuelle Zeit ablesen, außerdem wird eine Wettervorhersage mit übertragen, die ausgewertet wird.

2.2.1 BME280

Beim BME280 handelt es sich um einen effizienten Sensor von Bosch, der zur Erfassung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck eingesetzt wird. Der Sensor verfügt über ein I2C und SPI Interface. Beim zyklischen Auslesen aller Sensordaten mit 1 Hz liegt die Stromaufnahme laut Datenblatt bei 3,6 μ A, weshalb sich der Sensor ideal für die Anwendung in Sensormodulen mit Batteriebetrieb eignet.

Der Sensor verfügt über die folgenden Messbereiche:

- Temperatur: -40°C - +85°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$)
- Luftfeuchtigkeit: 0 - 100% rel. Feuchtigkeit ($\pm 3\%$)
- Druck: 250 - 1250 hPa (± 1 hPa)

Mit diesen Spezifikationen eignet sich der Sensor für die Anwendung im Innen- und Außenbereich. Für das Projekt wird ein Sensorshield verwendet, welches nur den I2C Bus herausführt. Die Ansteuerung des Sensors erfolgt daher über I2C.

2.2.2 MHZ19C

Der MHZ-19C ist ein Infrarot CO₂-Sensor, der die CO₂ Konzentration mittels nicht-dispersiver Infrarot-Spektroskopie misst. Dabei wird zyklisch mit einer Infrarotlampe und einem Photosensor die CO₂-Konzentration anhand der Reflexion des Lichts durch CO₂ Partikel gemessen. Der Sensor verfügt über einen Messbereich von 400-5000 ppm, wobei die Genauigkeit $\pm 40\text{ppm} + 5\%$ des Messwerts beträgt. Da NDIR Sensoren zum Messwertdrift neigen, verfügt der Sensor über eine automatische Kalibrierung, die alle 24 Stunden erfolgt. Der Sensor ist daher für den Dauerbetrieb ausgelegt und sollte dauerhaft aktiv sein. Die Aufheizzeit des Sensors beträgt eine Minute.

Der Sensor ist über eine UART-Schnittstelle konfigurierbar und auslesbar, außerdem verfügt er über einen PWM Ausgang.

2.2.3 DCF77

Bei DCF77 handelt es sich um einen Zeitzeichensender in der Nähe von Frankfurt am Main, welcher mit einer Trägerfrequenz von 77,5 kHz ein Zeitsignal überträgt. Das Signal ist europaweit empfangbar und wird von den meisten Funkuhren als Referenzsignal verwendet.

Die Datenübertragung erfolgt durch einfache Amplitudenmodulation, indem die Amplitude für eine Dauer von 100 ms (Bit 0) oder 200 ms (Bit 1) auf 25% der Ausgangsamplitude abgesenkt wird. Damit wird eine Bitrate von 1 Bit pro Sekunde erreicht.

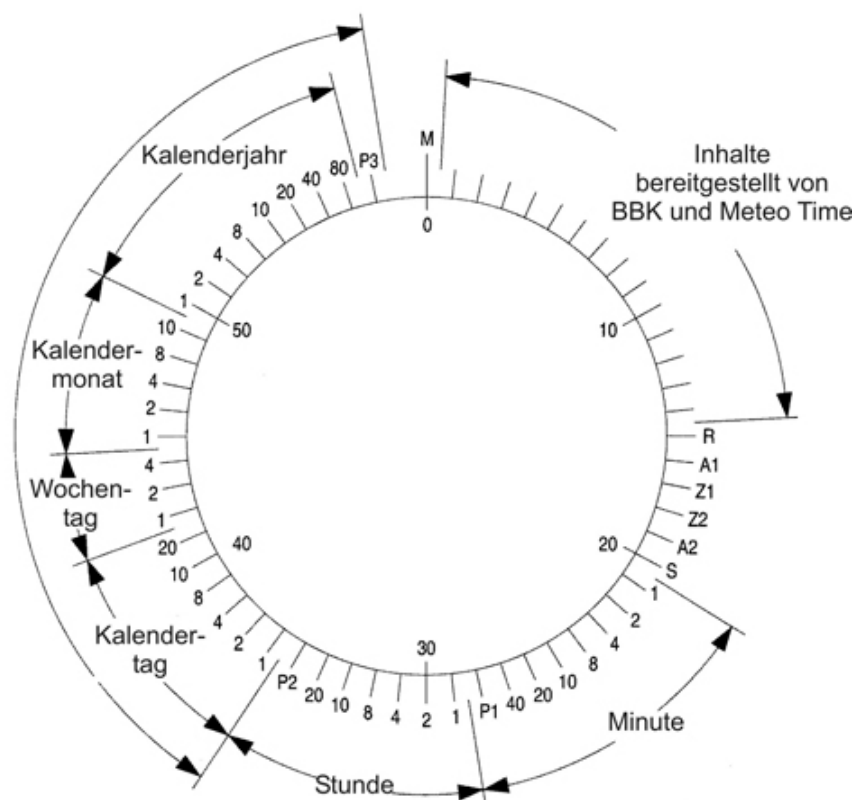


Abbildung 2: Kodierungsschema der DCF77 Zeitinformationen

<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag-442/verbreitung-der-gesetzlichen-zeit/dcf77/zeitcode.html>

Abbildung 2 zeigt die Kodierung aller Datenbits innerhalb einer Minute. Daraus ist erkennbar, dass ein Datenpaket 59 Bits lang ist und die Übertragung eine Minute dauert. Ein Paket beginnt

zu jeder neuen Minute. In der letzten Sekunde einer Minute erfolgt keine Absenkung des Trägers, sodass anhanddessen das Ende eines Pakets abgeleitet werden kann.

Die neue Minute beginnt mit dem nullten Bit, das immer den Wert null hat. Darauf folgen 14 Bits mit verschlüsselten Wetterinformationen der Firma MeteoTime. Diese werden im nächsten Abschnitt weiter beschrieben.

Bit 15 (R) ist ein Rufbit, dass zur Alarmierung der PTB Mitarbeiter dient, wenn Unregelmäßigkeiten vorliegen.

Bit 16 (A1) zeigt an, dass am Ende der Stunde ein Wechsel von Sommer- zu Winterzeit stattfindet.

Bit 17 (Z1) ist eine Flag für die Sommerzeit.

Bit 18 (Z2) ist eine Flag für die Winterzeit.

Bit 19 (A2) zeigt an, dass am Ende der Stunde eine Schaltsekunde eingefügt wird.

Bit 20 (S) markiert den Beginn der Zeitinformationen und hat den Wert eins.

Wie schon aus der Abbildung hervorgeht, werden in den restlichen Sekunden Informationen zu Zeit und Datum übertragen, Minute, Stunde und Datum haben jeweils ein Paritätsbit eingefügt, um Fehler erkennen zu können. Eine Fehlerkorrektur ist damit allerdings nicht möglich.

2.2.3.1 MeteoTime

2.3 Kommunikation

2.3.1 Funkstrecke

2.3.2 Datenpakete

3 Modulbeschreibung

3.1 Sensormodul extern

3.2 Sensormodul intern

3.3 Grafikmodul

4 Aktueller Projektstand