

Report Wetterstation mit einem Einplatinenrechner

Oliver Siegemund

Dezember 2023

Dokumentation der Entwicklung und Auswertung einer Wetterstation basierend auf dem daisy seed Einplatinenrechnern und analogen Sensoren.

Contents

1	Einleitung	3
1.1	Aufgabenstellung [1]	3
2	Hardware	4
2.1	Einplatinenrechner	4
2.2	Sensoren	6

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung [1]

Du möchtest eine eigene Wetterstation bauen. Hierzu nutzt du einen Einplatinenrechner (z.B. Arduino) sowie zugehörige Sensoren.

- (a) Lege eine Schaltung zur Erfassung der beiden Messgrößen Temperatur und Luftfeuchtigkeit aus und setze diese als Hardware um.
- (b) Nehme mindestens 5 Messreihen bei unterschiedlichen Temperaturen und Luftfeuchtigkeitswerten auf (z.B. in verschiedenen Räumen oder Außenbereichen). Für jede Messreihe nehme dabei mindestens jeweils 100 Werte der beiden Messgrößen als Wiederholmessung auf.
- (c) Beschreibe allgemein die Quantisierungsabweichung der Datensätze, die mithilfe des Einplatinenrechners aufgenommen wurden und stelle diese als Funktion der Bit-Zahl dar. Ermittle diese Abweichung für deinen konkreten Anwendungsfall.
- (d) Ermittle die Messunsicherheit der Ausgangsgrößen Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf drei verschiedene Arten – gebe als Ergebnis jeweils ein 95
 - (i) Auf Basis der statistischen Analyse Ihrer Messreihen aus Teil b).
 - (ii) Auf Basis der Informationen der Datenblätter der beiden Sensoren (a priori Wissen). Nutze die im Datenblatt vorhandene Information, um eine Bilanz der Messunsicherheit unter Nutzung des Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) sowie der hierin vorgesehenen Abweichungsfortpflanzung abzuleiten.
 - (iii) Über eine Messung der Spannung. Nutze deinen Einplatinenrechner um Messreihen der Spannung des Sensors sowie der zugehörigen Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufzunehmen. Stelle auf Basis der in c) ermittelten Quantisierungsabweichung und anderer Einflüsse der Unsicherheit der Spannungsmessung eine Bilanz der Unsicherheit unter Nutzung des Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) sowie der hierin vorgesehenen Abweichungsfortpflanzung für die Ausgangsgrößen Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf. Stelle dabei das mathematische Modell der Messung als Taylor-Reihe zweiter Ordnung dar. Interpretiere und vergleiche das Ergebnis auf Basis der drei Methoden. Diskutiere die jeweiligen Vorteile und Nachteile der drei Methoden auf Basis der Ergebnisse.

Hinweise: Die Messung der Spannung kann entweder zeitgleich mit der Aufnahme der Ergebnisse von Temperatur und Spannung in Teil b) durchgeführt werden oder durch eine separate Messreihe. Die Unsicherheitsbilanzierung und Systemmodellierung müssen durch Implementierung als Programm-Code erfolgen. Die Aufgabenteile i)-iii) können unabhängig voneinander gelöst werden.

- (e) Modelliere den Wärmeübergang auf den Temperatur-Sensor aus der Umgebungsluft mithilfe einer Differentialgleichung 1. Ordnung und stelle das zeitliche Verhalten des Sensorsystems auf Basis der Sprungantwort und Impulsantwort eines PT1-Systems für jeweils ein selbst gewähltes Szenario dar. Diskutiere, welche Konsequenzen sich für die Wetterstation ergeben. Hinweise zur Thermodynamik: Der Widerstand kann als perfekter Zylinder angenommen werden. Von Interesse ist die Temperatur in seinem Kern. Der Wärmestrom $q(t)$ ist nach dem Fourier'schen Gesetz definiert als:

$$q(t) = \lambda \frac{A}{r} (\vartheta_u(t) - \vartheta_r(t))$$

Hierbei bezeichnen $\vartheta_u(t)$ die Umgebungstemperatur, $\vartheta_r(t)$ die Kerntemperatur des Widerstands, A seine Außenfläche, r seinen Radius und λ die materialabhängige Wärmeleitfähigkeit.

Die Temperatur des Widerstands sowie der Wärmestrom hängen wie folgt zusammen:

$$\frac{1}{c_{p,R}} \int q(t) dt = \vartheta_r(t)$$

$c_{p,R}$ ist die spezifische Wärmekapazität und hängt vom Material des Widerstands ab.

Die beiden Gleichungen können zu einer DGL 1. Ordnung für $\vartheta_r(t)$ kombiniert werden.

2 Hardware

2.1 Einplatinenrechner

Für die Aufgabenstellung wurde der daisy seed rev7 gewählt. Neben der Tatsache dass das Board verfügbar ist, hat es sowie der verbaute STM32H750IB sehr gute Eigenschaften [3] um Analoge Signale zu erfassen.

Eigenschaften	
Analog Digital Konverter	3 Wandler Kanäle mit bis zu 18bit Auflösung auf 11 Pins
Digital Analog Konverter	2 12-bit Digital / Analog Wandler mit bis zu 1 MHz
FPU	FPU mit doppelter Präzision

DAISY PINOUT

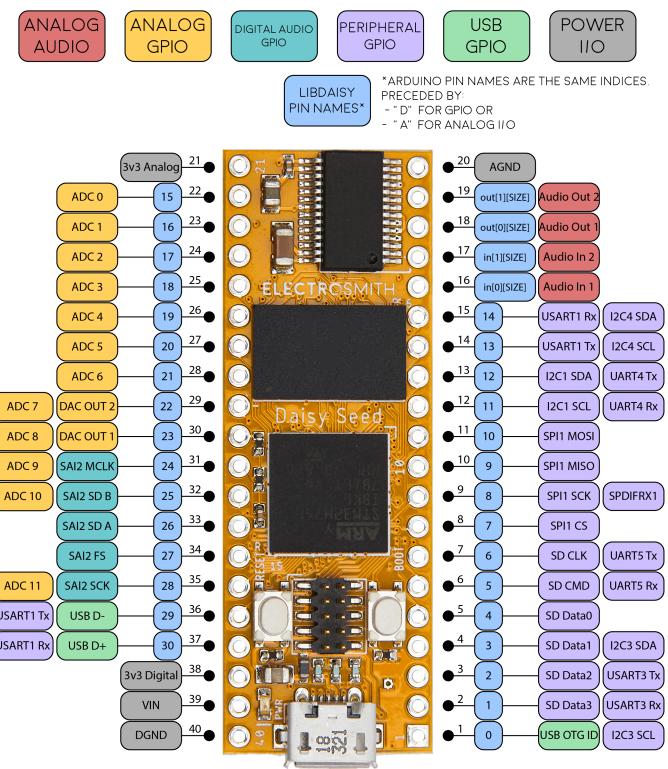
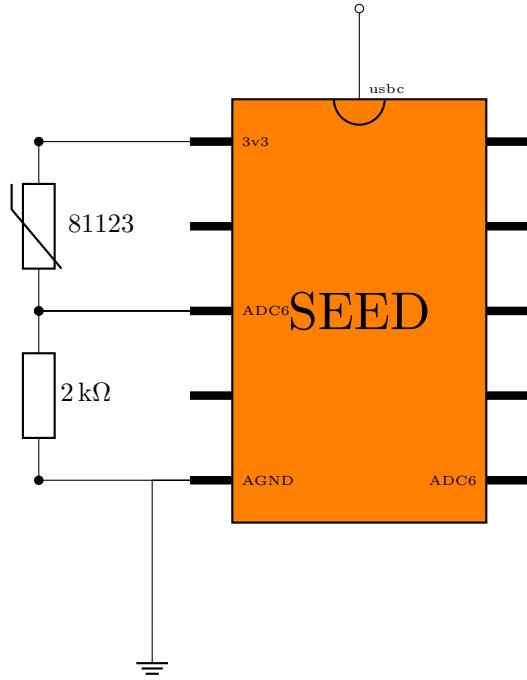


Figure 1: daisy seed - Pinout



2.2 Sensoren

References

- [1] Pruefungsamt (2023) - Hausarbeit, Aufgabenstellung zum Kurs: DL-BAETEM01 – Elektrische Messtechnik, Internationale Hochschule.
- [2] Electrosmith (2023) - daisy seed rev7 - Datasheet, https://static1.squarespace.com/static/58d03fdc1b10e3bf442567b8/t/63e2eb14c0085e36812cc1e0/1675815701844/Daisy_Seed_datasheet_v1.0.8.pdf.
- [3] STM (2023) STM32H750 - Datasheet, <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32h750ib.pdf>.