Firmware – Beschreibung „Inkontinenz-Sensor“ mit Attiny 461A

- modifizierte Auskopplung aus Projekt Multisensorplattform (MSP) -

Eigenschaften, Zielsetzung

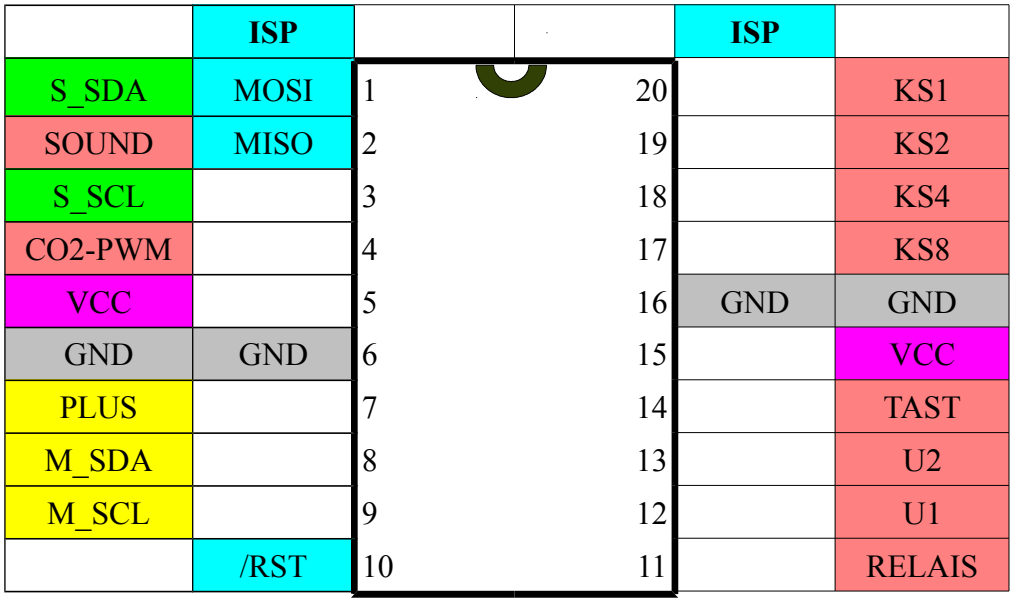
Die Firmware ist ausgelegt für einen preiswerten Inkontinenz-Sensor, der zusammen mit einer Inkontinenz-Sensormatte den Ausfall der Matte bzw. das Signal „Matte nass“ erzeugt. Eingebaut in eine Nachttischlampe erfolgt die Signalisation optisch und akustisch, als auch per Feldbusschnittstelle (I2C-Hausbus/B-Bus). Die dazu nötigen Informationen werden regelmäßig automatisch per I^2C-Schnittstelle bzw. spezialisierten Pins ausgelesen und an der B-Bus Schnittstelle inklusive Prüfsumme zur Verfügung gestellt. Per Kodierschalter sind 16 verschiedene B-Bus Adressen einstellbar, bzw. bis zu 16 Baugruppen gleichzeitig am B-Bus anschließbar.

Eigenschaften der Baugruppe:

- Messung von Temperatur. Als Sensoren werden selbstständig erkannt:
  - AM2315/AM2320/AM2321/AM2322 (nur Temperaturmessung und -Übertragung)
  - CO2- und Windsensor theoretisch möglich, wurden aber nicht getestet
- Feldbusschnittstelle: B-Bus/ HC-Bus/ I^2C/ TWI (Two-wire) mit einheitlichem Datentelegramm inklusive Prüfsummenübertragung. 16 Baugruppen mit unterschiedlichen Adressen (per Kodierschalter einstellbar) sind parallel am Bus einsetzbar. Zulässige Subadresse/Kodierung: 0..15. Bei Subadresse 0 wird der Bus-Watchdog abgeschaltet (notwendig für Standalone-Anwendungen). Bei Ausfall des Hausbusses (Subadresse 1..15) erfolgt aller 20..40s ein automatischer Neustart der Firmware – bereits abgeschaltete Hinweise werden damit auch erneut aktiviert.
- Die Stromversorgung der Baugruppe erfolgt normalerweise mit +12 V (bei B-Bus und HC-Bus bereits im Bus integriert), kann aber auch im Bereich +7..+18 V liegen. Die Datenansteuerung bei I^2C/ TWI kann in einem weiten Bereich (+2,0..+20 V) erfolgen. Der eingesetzte Mikrocontroller ATtiny 461A wird, je nach verwendeten I^2C-Sensoren, intern mit +3,3 V oder +5,0 V betrieben. Die Firmware selbst ist lauffähig bis herab zu 1,8 V bei einer Stromaufnahme von max. 2 mA (ohne Sensoren/Aktoren).
- Ansteuerung eines Relais über Treiber (bei Relais HF49FD-012 Schaltkontakt belastbar mit: 250VAC/1250VA). Mehrere Betriebsmodi:
  - Nach Tastenbetätigung (ca. 2,5s Dauer) Relais ein für 10 min (Schlummerlicht)
  - Bei Inkontinenz-Sensormatte = „nass“ → Relais ein (Nachttischlampen-Licht)
- Per Feldbusschnittstelle werden übermittelt:
  - Temperatur, U1, U2 (Messspannungen der Inkontinenz-Sensormatte)
  - Ausfall Inkontinenz-Sensormatte (Hinweissignal)
  - Inkontinenz-Sensormatte = „nass“ (Alarmsignal)
  - Relais-Zuschaltsignal
  - Zustand „LAMP“ (wird nicht weiter verwendet)

- Per Feldbusschnittstelle kann geschaltet werden:
  - Relais für wenige Sekunden ein (→ Licht abwechselnd ein/aus)
  - Alarmsignal für wenige Sekunden ein (→ Licht/Tonsignal abwechselnd ein/aus)
  - Hinweissignal für wenige Sekunden ein (→ Licht/Tonsignal abwechselnd ein/aus)
  - Signal „LAMP“ ein bzw. aus
- Soundausgabe mit unterschiedlichen Tönen (Ausfall Sensormatte/Matte „nass“), jederzeit per Taster abschaltbar; automatische Verringerung der Alarm-Lautstärke nach 3 min
- Eigenkontrolle und Reset der Baugruppe per Taster möglich
- Hohe Verfügungsrate, durch integrierten Watchdog und Ausfallerkennung des lokalen I²C-Sensors. Bei Bedarf werden die lokalen Sensoren automatisch per Spannungsabschaltung (Pin „PLUS“) neu gestartet.

Pin-Belegung Attiny 461A



- Master- I²C für lokale Sensoren
- Slave- I²C für Feldbus (B-Bus/ HC-Bus/ I²C/ TWI)
- ISP - Programmierschnittstelle
- Spezialisierte Ein- und Ausgabepins

Pin	Bezeichnung	Bedeutung	Eingang / Ausgang
1	S_SDA	B-Bus (Slave)/ISP-Signal MOSI	E/A [1)]
2	SOUND/MISO	Soundausgang/ISP-Signal MISO	E/A
3	S_SCL	B-Bus (Slave)/ISP-Signal SCK	E [1)]
4	PWM	CO2-Sensor-Eingang (1Hz-PWM) oder Frequenzmessung 47Hz (Windsensor)	E - „high“ aktiv [1)]
5	VCC	+1,8..+5,5V	Spannungsversorgung
6	GND	Masseanschluss	GND
7	PLUS	Stromversorgung Master- I^2C (lokalen Sensoren)	A - „high“ aktiv
8	M_SDA	Master- I^2C zum Auslesen der lokalen Sensoren	E/A
9	M_SCL	Master- I^2C zum Auslesen der lokalen Sensoren	E
10	/RST	ISP-Signal /RST	E
11	REL	Schalt-Ausgang für Relais	A - „high“ aktiv
12	U1	Analoger Eingang: U1, Kondensator 100nF gegen Masse notwendig!	E - +0 .. +VCC
13	U2	Analoger Eingang: U2, Kondensator 100nF gegen Masse notwendig!	E - +0 .. +VCC
14	TAST	Eingang für Taster	E - „low“ aktiv [1)]
15	VCC	+1,8..+5,5V	Spannungsversorgung
16	GND	Masseanschluss	GND
17	KS8	Kodierschalter Pin 8-wertig	E - „low“ aktiv [1)]
18	KS4	Kodierschalter Pin 4-wertig	E - „low“ aktiv [1)]
19	KS2	Kodierschalter Pin 2-wertig	E - „low“ aktiv [1)]
20	KS1	Kodierschalter Pin 1-wertig	E - „low“ aktiv [1)]

[1)] intern im Mikrocontroller zugeschalteter Pull-up Widerstand (10..20 kOhm)

Technische Daten der aktuellen Firmware mit Attiny 461A:

Allgemein

Arbeitstakt:	- 4 MHz	
Stromaufnahme:	- ca. 1,5 mA	
Max. zulässiger Feldbustakt:	- 100 kHz bzw. 10 µs minimale Impulsbreite	
Watchdogauslösung mit anschließendem IC bzw. Sensor-Reset:		
Stand-Alone:	- max. 2 s	(IC-Reset)
Ausfall Feldbus:	- max. 55 s	(IC-Reset)
Ausfall I^2C-Sensor:	- max. 24 s	(Sensor-Reset)

LED/Sound/Taster

Soundausgabe/LED

Alarm:	- ununterbrochen wechselnd 2 kHz/ 1 kHz
Alarm nach 3 min:	- Lautstärke reduziert
Lokaler Hinweis:	- kurzer Impuls 250 Hz, alternierend jede Sekunde
Externer Hinweis:	- kürzerer Impuls 250 Hz, alternierend jede Sekunde

Tastenfunktionen

<0,2 s gedrückt:	- aktuellen Sound ausschalten
>2-3 s gedrückt:	- Relais von Hand für 10min einschalten (Vorrang)
>6-7 s gedrückt:	- Alarm einschalten
>8-9 s gedrückt:	- IC-Zwangsreset

Funktionsweise

Die Slave- I^2C Funktion nutzt die interne TWI-Schnittstelle. Sie wird per Interrupt bedient und läuft selbständig. Daten werden per Tabelle im SRAM mit der Mainloop-Routine ausgetauscht. Eine Überwachung durch den Watchdog erfolgt per Adressanalyse.

In einer Mainloop, die auf 6 Sekunden eingestellt ist, erfolgt die Abfrage der I^2C-Sensoren am Master- I^2C Bus, die Datenauswertung und die Vorbereitung des Datentelegramms für die Übertragung per B-Bus/ HC-Bus/ I^2C /TWI. Auch eine zentrale Fehleranalyse für den Status der lokalen I^2C-Sensoren ist hier beheimatet. In der zentralen Zeit-Warteschleife ist der Watchdog zur Überwachung des Systems eingebettet.

Ein Datenpuffer speichert noch gültige Daten bei 2 kurzzeitigen Master- I^2C Ausfällen und überbrückt dann auch den folgenden Sensor-Reset im Zeitraum bis zu 4 x 6 = 24s.

Sollte ein Messwert trotzdem als fehlerhaft eingestuft werden, so wird das entsprechende Byte auf „255d“ bzw. „$FF“ gesetzt.

Als weitere Interruptroutinen gibt es:

- TIMER/Counter 1 Overflow aller 256µs – zur Steuerung aller Vorgänge an spezialisierten E/A Pins (Sound, Taster usw.). Dieser Interrupt ruft u.a. alle 4 ms jeweils eine Teilaufgabe zur Bearbeitung auf, sodass letztlich alle Steuerungsaufgaben im Sekundenrhythmus abgearbeitet werden können.
- TIMER/Counter 0 Overflow für

    - die Messung des PWM-Signals vom CO2-Sensor mit echter interner Synchronisierung auf +/- 0,5% der Signalperiodendauer (Subadresse 0..14)
    - die Messung einer Frequenz am Pin PWM (z.B. vom Windmesser) mit der Mikrocontroller-Taktgenauigkeit von 10% (Subadresse 15)
- PinChange-Interrupt – zur Erkennung des PWM-Signals vom CO2-Sensor

Wichtige Systemzustände werden in 2 Programmstatusregistern (PSR, PSR2) allen Routinen zur Verfügung gestellt.

Watchdog:

Die Firmware enthält einen mehrstufigen Watchdog ...

- Reset des ICs innerhalb von 2 s nach Absturz interner Prozesse
- Reset des ICs im Busbetrieb, wenn auf dem Bus innerhalb von ca. 50 s weder die Broadcastadresse 0x40, noch die aktuelle IC-Adresse erkannt wird (nur bei Subadresse 1..15 aktiv)
- Reset des Master- I^2C Anschlusses, inklusive Spannungsabschaltung des Master- I^2C (erfolgt direkt über PLUS), wenn der lokale I^2C-Sensor 4 mal nacheinander innerhalb der 6 s Haupt-Schleife sich nicht meldet (4 x 6 = 24 s)
- Reset des ICs von Hand per Tasten-Auslösung (> 8 s)
- Reset des ICs, wenn die Versorgungsspannung am IC < 1,7..2,0V (BODLEVEL 110)

I²C Digitalinterface

Adressierung per B-Bus/ HC-Bus/ I2C/ TWI

I2C-Adressen

Basis-Adresse ohne R/W		Basis-Adresse mit R/W		Basis-Adresse	.. + Subadr + R/W	ICs	HC	Ökobus
hex	dez (Turbo-Pascal)	hex (Assembler)	dez	bin				
0x00	0	0x00	0	0000	.. + xxx + R/W	reserviert		
0x08	8	0x10	16	0001	.. + xxx + R/W		BA „Deluxe“	E/S0-Block Typ B
0x10	16	0x20	32	0010	.. + xxx + R/W			ATtiny261 analog 8-F
0x18	24	0x30	48	0011	.. + xxx + R/W			ATtiny261 binär 8-F
0x20	32	0x40	64	0100	.. + xxx + R/W	PCF8574	PCF8574, Broadcastadress: Subadr=000	
0x28	40	0x50	80	0101	.. + xxx + R/W	MAX127	ATtiny461 0-7	ATtiny461A 0-7
0x30	48	0x60	96	0110	.. + xxx + R/W	MAX1236	ATtiny461 8-F	ATtiny461A 8-F
0x38	56	0x70	112	0111	.. + xxx + R/W	PCF8574A		
0x40	64	0x80	128	1000	.. + xxx + R/W			
0x48	72	0x90	144	1001	.. + xxx + R/W			
0x50	80	0xA0	160	1010	.. + xxx + R/W	PCF8591, LM75, DS1631	ATtiny26 analog 0-3, PCF8591, LM75, DS1631	ATtiny261 analog 0-7
0x58	88	0xB0	176	1011	.. + xxx + R/W	AM2320	ATtiny26 binär 0-7	ATtiny261 binär 0-7, E/S0-Block Typ A
0x60	96	0xC0	192	1100	.. + xxx + R/W			
0x68	104	0xD0	208	1101	.. + xxx + R/W			
0x70	112	0xE0	224	1110	.. + xxx + R/W			
0x78	120	0xF0	240	1111	.. + xxx + R/W	reserviert		

ATtiny261 analog: /A3 0 1 0 A2 A1 A0 R/W
ATtiny261 binär: /A3 0 1 1 A2 A1 A0 R/W

ATtiny461A: 0 1 0 1 A2 A1 A0 R/W
+A3

Als Basis-Adresse wurde für die Firmware 0x28 + Subadresse festgelegt:

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
0	1	0	1	A2	A1	A0	R/W	- Subadresse 0..7 (A3=0)
0	1	1	0	A2	A1	A0	R/W	- Subadresse 8..15 (A3=1)

Die Adress-Bits der Sub-Adresse A0 … A3 korrespondieren dabei mit den Pins KS1 …KS8. Allerdings sind die Eingänge KS-x wegen der Beschaltung des eingesetzten Kodierschalters negiert. Daraus ergibt sich auch die Subadresse 0 bzw. die Adresse 0101000+R/W, wenn kein Kodierschalter verwendet wird und nur die internen Pull-up Widerstände wirken → diese Adresse wird für die interne Stand-Alone Erkennung genutzt, kann aber trotzdem auch per Bus angesprochen werden.
Über die Anschlüsse A0 bis A3 können letztlich 16 der ICs gleichzeitig auf dem Bus adressiert werden.
Für 1-Pegel am Kodierschalter sind wegen der verwendeten internen Pull-Up keine externen Widerstände notwendig.

Bus-Ansteuerung:

Der IC kann per Bus vom Master aus sowohl schreibend als auch lesend angesprochen werden. Die Übertragung erfolgt gemäß I^2C-Protokoll mit den Elementen Start/Stop/ACK mit einer Taktfrequenz von maximal 100kHz. Ein Clock-Streching gibt es nicht. Die maximale Taktfrequenz beträgt 100 kHz bzw. 10 µs Impulslänge je Takt.

1. Schreibender Zugriff

Übertragung der Adresse mit ***nicht gesetztem*** R/W Bit und nachfolgender Bestätigung durch den Slave (ACK). Anschließend erfolgt die Übertragung per festgelegtem Datentelegramm vom Master zum Slave. Der Slave bestätigt nach jedem Byte mit ACK. Es ist nur eine 2 Byte Übertragung möglich.
Beispiel für eine Datenübertragung an die Subadresse „1“ (xxxxx = 01001), bzw. Adresse 0x29:

	Adressbyte			1. Datenbyte		2. Datenbyte		
Start	Slave Adress	R/W	ACK Slave	Steuerbyte (z.B. Relais ein)	ACK Slave	Prüfsumme (z.B. 3Ah)	ACK Slave	Stopp
S	0 1 x x x x x	0		0 0 0 1 0 0 0 0		0 0 1 1 1 0 1 0		P

Byte	Bedeutung	Bemerkungen
1. Datenbyte	Steuerbyte	Bit-weise Befehle, sie werden nach korrektem Empfang sofort ausgeführt
2. Datenbyte	Prüfsumme	PS = Adresse+Steuerbyte

Bitposition Steuerbyte	7	6	5	4	3	2	1	0
Bedeutung	Zustand LAMP einschalten	Externen Hinweis einschalten	Alarm einschalten	Relais einschalten	Zustand LAMP ausschalten	Hinweis ausschalten	Alarm ausschalten	Relais ausschalten

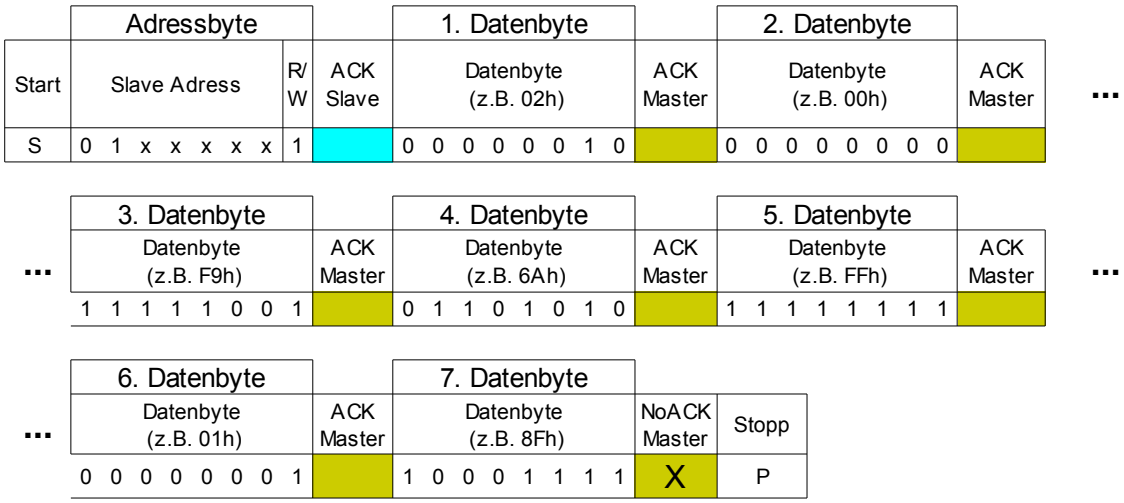
Zustand LAMP:

- nicht verwendet -

2. lesender Zugriff

Übertragung der Adresse mit ***gesetztem*** R/W Bit und nachfolgender Bestätigung durch den Slave (ACK). Anschließend erfolgt das Auslesen vom Slave durch den Master per festgelegtem Datentelegramm. Der Master bestätigt dabei jedes empfangene Byte (außer das letzte) mit ACK. Fehlt die Bestätigung so beendet die Firmware die aktuelle Datenübertragung.

Beispiel für eine Datenübertragung von Subadresse „1“ (xxxxx = 01001), bzw. Adresse 0x29:



Byte	Bedeutung	Bemerkungen	Beispiel
1. Datenbyte	Status-Byte	>223: Kein Sensor am lokalen- I²C erkannt	02h: AM23xx, „BM“ ein
2. Datenbyte	Temperatur High-Byte	255: Ausfall Temperaturmessung	00h: T-high=0
3. Datenbyte	Temperatur Low-Byte		F9h: T=(0*256+249)/10 T =24,9 °C
4. Datenbyte	Sensor-Spannung U2	U2	6Ah: U2 = 2,08 V
5. Datenbyte	interner CO2-Wert	255: Ausfall CO2-Messung	FFh: kein Sensor
6. Datenbyte	Sensor-Spannung U1	U1	01h: U1 = 0,004 V
7. Datenbyte	Prüfsumme		8Fh = 29h+02h+00h+.. ..+F9h+6Ah+.. ..+FFh+01h+1

3. Datenbereiche

Status-Byte (nur lesender Zugriff):

Bitposition	7	6	5	4	3	2	1	0
Kein I²C-Sensor erkannt	1	1	1	LAMP	REL	HINW	BM	Alrm
Sensor AM23xx erkannt	0	0	0	LAMP	REL	HINW	BM	Alrm

LAMP: - nicht verwendet -
REL: Relais eingeschaltet
HINW: Hinweis gesetzt (Inkontinenz-Sensormatte defekt)
BM: Inkontinenz-Sensormatte „nass“
Alrm: Alarm ist ausgelöst (Inkontinenz-Sensormatte „nass“). Ein vom Master per Bus gesetzter Alarm wird nicht angezeigt.

Temperatur (AM2320/1 -40,0..+80,0°C; Auflösung 0,1 °C; Genauigkeit +/- 0,7 °C):
Temperatur (AM2322 -40,0..+80,0°C; Auflösung 0,1 °C; Genauigkeit +/- 0,5 °C):
Hinweis: bitte die Temperaturabweichung dT beachten!
AM2320: ca. +0,45°C AM2322: ca. +1,2°C

- Berechnung: physikalischer Wert [°C] = (256* 2. Byte) + 3. Byte, Vorzeichen berücksichtigen!

ph.Wert	2. Byte High-Wert	3. Byte Low-Wert
+80,0°C	3	32
+76,8°C	3	0
+51,2°C	2	0
+25,6°C	1	0
+10,0°C	0	100
0°C	0	0
-10,0°C	128	100

Sensor-Spannungen U1, U2 (0..+5V; Auflösung 0,02 V):

- Berechnung: physikalischer Wert [V] = (4/6. Byte*5) / 256

ph.Wert	Kode-Wert
+5,0 V	255
0,02 V	1

Prüfsumme (PS):

- Berechnung: PS = Adresse + [1. Datenbyte] + [2. Datenbyte] +..+ [6. Datenbyte] + 1

Ergänzende Technische Daten Schaltkreise/Sensoren

Sensor	***Parameter****	***Stromversorgung****	***Bemerkungen***
ATtiny461A		+1,8..5,5 V < 3 mA	
AM2320 AM2321	T: -40..+80 °C, Auflösung: 0,1 °C Genauigkeit: ± 1 °C F: 0..99,9 % Auflösung: 0,1 % Genauigkeit: ±5 %	+3,1..+5,5 V < 1 mA	Instabile I^2C-Anbindung. Im Dauerbetrieb müssen Ausfälle durch Spannungsabschaltung behoben werden. T-Messwerte folgen der realen Lufttemperatur mit ca. 3°C/min (kein Zug) Zusätzliche interne Heizung → Fehler dT
AM2322	T: -40..+80 °C, Auflösung: 0,1 °C Genauigkeit: ± 0.7 °C F: 0..99,9 % Auflösung: 0,1 % Genauigkeit: ±3 %	+3,1..+5,5 V < 1 mA	T-Messwerte folgen der realen Lufttemperatur mit ca. 3°C/min (kein Zug) Zusätzliche interne Heizung → Fehler dT

* Die Angaben zu Genauigkeit und Stromaufnahme beruhen u.a. auf eigenen Vergleichsmessungen mehrerer gleichartiger Sensoren bei gleichen Bedingungen untereinander. Die Herstellerangaben sind z.T. Unvollständig oder geschönt.

Messungen zum Temperaturfehler wegen interner Heizung in den Sensoren AM23xx
Während der Entwicklungsarbeiten für die Firmware wurde eine stetige Fehlmessung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte durch die Sensoren der Baureihe AM23xx festgestellt. Interessanterweise war die Abweichung durch die eigentlich genaueren AM2322 höher als bei den AM2320. Methodische Messfehler z.B. durch äußere Einflüsse (Leiterplatte, andere Bauelemente) konnten ausgeschlossen werden. Dagegen spricht auch, dass die Streuung innerhalb des Sensortyps relativ gering ist. Dafür wurde eine ab und zu höhere Stromaufnahme der Sensoren unmittelbar nach der Datenübertragung per Oszi beobachtet.

Die einzig plausible Schlussfolgerung ist, dass die Sensoren AM23xx nach der Übertragung der Messwerte über den I^2C-Bus intern unregelmäßig ein Heizelement zuschalten, wahrscheinlich um einen Latch-up Effekt in der Messung der relativen Luftfeuchte zu verhindern. Die dabei zugeführte Energie wandelt sich in Wärme um und führt zu einer (positiven) Abweichung der gemessenen Temperatur. Die folgende Tabelle fasst zahlreiche Einzelmessungen an 10 Musterexemplaren bei einem festen Abfrageintervall der Sensoren von 6 s zusammen:

	AM2320	AM2321	AM2322
Dauer der Einschaltung der Heizung T_{Hzg}	390 ms		430 ms
Stromaufnahme der Heizung i_{Hzg} bei VDD = 5,0 V	16 mA		58 mA
Heizleistung $P_{Hzg} = i_{Hzg} * 5,0$ [W]	80 mW		290 mW
Heizenergie $E_{Hzg} = P_{Hzg} * T_{Hzg}$ [Ws]	31,2 mWs		125 mWs
Gemessene Anzahl Heizzyklen je Minute N_{Hzg}	5-10		5-7
Heizleistung (gemittelt je Minute) $P_{Hzg/min} = E_{Hzg} * N_{Hzg} / 60$ [W], bei $N_{Hzg} = 7$	3,64 mW		14,6 mW
Gemessene durchschnittliche	**+0,45 grd**		**+1,8 grd**

Temperaturabweichung dT [grd] bei 25°C nach 2 min			
Berechnete Eigenerwärmung K = dT / $P_{Hzg/min}$ [grd/mW]	+0,12 grd/mW		+0,12 grd/mW

Fazit: Die Angabe im Datenblatt von AOSONG „output has been calibrated“ ist nicht ganz korrekt. Für praktische Anwendungen muss die gemessene Temperatur um die Temperaturabweichung dT je nach Abfrageintervall und Sensortyp korrigiert werden. Der gemessene Temperaturfehler dT lässt sich sehr gut mit der Eigenerwärmung durch die interne Heizung erklären, die berechnete Eigenerwärmung K liegt in einem praktisch plausiblen Bereich: wie sie von z.B. vom Sensor SMT 160-30 bekannt ist: https://www.is-line.de/sensor/produkte/temperatur/smt172/eigenerwaermung-des-temperatursensor-smt-160-30-bei-ein-und-mehrkanalapplikationen/. Die Abweichungen der Feuchte-Messungen waren noch größer. Die Abweichungen sind zudem bei höheren Temperaturen größer als bei niedrigeren. Da auch der normale Strombedarf der Sensoren zu den Abweichungen beiträgt, sollten Messungen tatsächlich nur in größeren Abständen erfolgen und zwischenzeitlich die Stromversorgung zusammen mit den Datenleitungen abgeschaltet werden. Ab einem Abfrage-intervall von etwa 30 s sind Temperatur- und Feuchtemessung korrekt, wenn der Sensor isoliert von der Auswerte-Elektronik angebracht wird.

Ausblick

Die Messung von U1 und U2 erfolgt normalerweise ununterbrochen. Damit liegt über das Widerstandsnetzwerk auch ständig eine Spannung von +5V an der Sensormatte zwischen den Auswertedrähten an. Sollte das zu langfristigen Elektrolyse-Effekten an den (offenen) Drähten führen, sollte künftig die Versorgungsspannung des Widerstandsnetzwerkes nur kurz vor der Messung eingeschaltet und unmittelbar danach ausgeschaltet werden.

Versionsgeschichte Firmware

Datum	Version	Änderungen	Bemerkungen
12.10. 2019	I1.0	Erstes freigegebenes Release	Abfrageintervall AM23xx: 30s mit Spannungsabschaltung