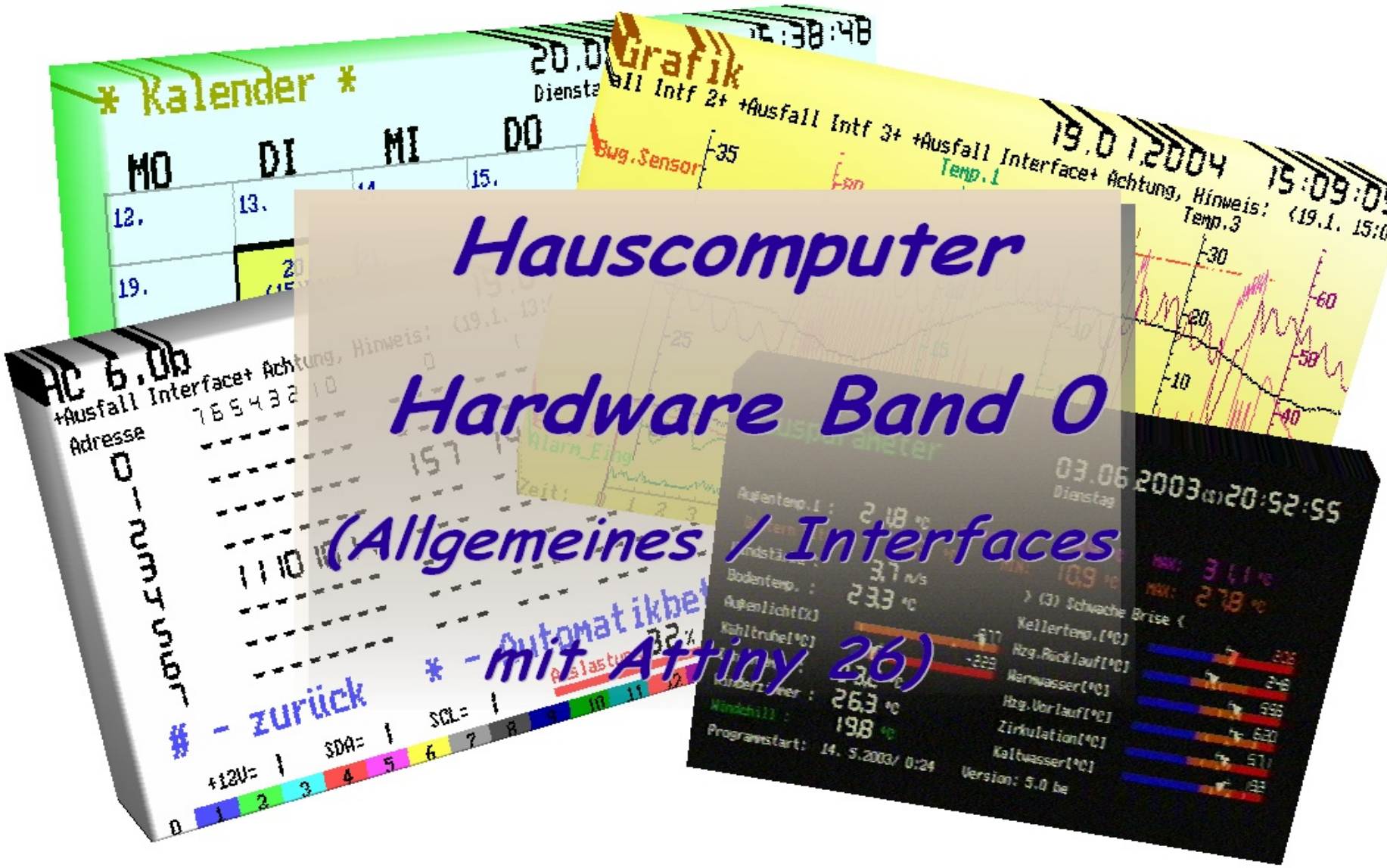


Hauscomputer Hardware Band 0 (Allgemeines / Interfaces mit Attiny 26)

Autor: Dipl.-Ing. Uwe Behrndt ubehrndt@web.de

Inhaltsverzeichnis

„Roter Faden“ — Stand 2021....6
1. Warum Hardware Band „0“, Ergänzungen zum Hardware Band 1....7
1.0. ergänzende Hinweise zum Hardware Band 1....7
1.1. Das erweiterte Hausbus - Konzept....8
1.2. Ein Bild von einem Testaufbau....12
1.3. Ein statischer Leitungssimulator....13
1.4. Betrachtungen zur Stromversorgung PC und Hausbus....14
2. Der AVR Mikrocontroller ATtiny 26....15
2.1. Die Programmierung des ATtiny 26....15
2.2. Die Alternative ATtiny 261/461/861(A)....16
2.3. Die praktische Verwendung des 10 Bit A/D Wandlers....17
3. Der universelle Busadapter (PC – Hausbus)....18
3.1. Schnittstellendefinition Hausbus an RJ45 (Netzwerktechnik)....20
3.2. Die Schaltung....22
3.3. Das Layout des Busadapters....23
3.4. Der Bestückungsplan....24
3.5. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT....25
4. Das analoge Universalinterface (auch die Eier-legende-Woll-Milch-Sau!)....26
4.1. Technische Daten....26
4.2. Die Schaltung....27
4.3. Funktionsweise....28
4.4. Hinweise zum Aufbau....29
4.4.1. Elektrische Sicherheit....29
4.4.2. Optionale Bestückungen....29
4.4.3. Kombination mit anderen Interfaces am Hausbus – Möglichkeiten....30
4.4.4. Gehäuseausführung IP 30 oder IP65?....30
4.4.5. Inbetriebnahme des Interfaces....31
4.5. Das Layout des analogen Interfaces (nächste Seite)....31
4.6. Der Bestückungsplan....33
4.7. Hinweise zur Nutzung, Kalibrierung....34
4.7.1a. Die Standardkalibrierung der Temperatursensoren (RN=3,3k)....34
4.7.1b. Die Standardkalibrierung der Temperatursensoren (RN=4,7k)....34
4.7.2. Kalibrierung mit Messwiderständen....34
4.7.3. Kalibrierung mit Vergleichsthermometer....37
4.7.4. Kalibrierung der PWM Ausgänge....38

4.7.5. Aktivierung und Kalibrierung des Frequenzmesskanals....38
4.7.6. Anschluss eines Windsensors an den Frequenzmesskanal....38
4.7.7. Temperatursensor mit erhöhter Genauigkeit....39
4.7.8. Nutzung der PWM Kanäle in der Betriebsart Ein/Aus....39
4.7.9. Aktivierung der Eingänge E1 bzw. E2....39
4.7.10. Praktische Erfahrungen mit Temperatursensoren....40
4.7.11. Mehrere Kontakte/Schalter an einem Analogkanal (ab Version 6.0.47)....41
4.8. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT....43
4.9. Optionales Gehäuse....46
4.10. Bohrschablone/ Beschriftung....46
5. Das binäre Universalinterface....48
5.1. Technische Daten....49
5.2. Die Schaltung....50
5.3. Funktionsweise....51
5.4. Hinweise zu Aufbau und Test des Interfaces....52
5.4.1. Aufbau und Inbetriebnahme....52
5.4.2. Elektrische Sicherheit....53
5.4.3. Optionale Bestückungen....53
5.4.4. Kombination mit anderen Interfaces am Hausbus....54
5.4.5. Gehäuseausführungen....54
5.4.6. Die Initialisierung in der *hauscomp.ini*....54
5.5. Das Layout des binären Interfaces (nächste Seite)....55
5.6. Der Bestückungsplan....57
5.7. Die Schaltkanäle – Anschlussmöglichkeiten....58
5.8. optionales Gehäuse....59
5.9. Die Bauteilliste und Bestellnummern für Reichelt....60
5.10. Möglichkeiten für die Erweiterung mit max. 8 digitalen Eingängen....62
6. Der Hausbustester – ein kleines praktisches Hilfsmittel....64
7. Das analoge Interface „Mini“....65
7.1. Technische Daten....66
7.2. Unterschiede der Schaltung zum analogen Universalinterface (Abschnitt 4)....66
7.3. Die Schaltung des Interfaces „Mini“....67
7.4. Hinweise zum Aufbau....68
7.5. Das Layout des Interface „Mini“ (nächste Seite)....68
7.6. Der Bestückungsplan....70
7.7. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT....71
8. Der universelle Busadapter „Deluxe“....73

8.1. Beschreibung, Technische Daten ... 73
8.2. Die Schaltung ... 75
8.3. Hinweise zum Aufbau ... 77
8.4. Inbetriebnahme/Initialisierung ... 78
8.5. Das Leiterplatten – Layout (nächste Seite) ... 79
8.6. Der Bestückungsplan ... 81
8.7. Die Gehäuse – Bohrschablone ... 84
8.8. Die Gehäuse – Beschriftung ... 85
8.9. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT ... 87
8.10. Nachträgliche Modifikation der Buswiderstände ... 90
9. T&F Sensor mit AM2320 (leider nicht für den Dauerbetrieb geeignet) ... 91
9.1. Beschreibung, Technische Daten ... 91
9.2. Die Schaltung ... 92
9.3 Leiterplatte und Bestückungsplan ... 92
9.4 Hinweise zum Aufbau und zur Inbetriebnahme ... 93
9.5. Die Bauteilliste und Bestellnummern A&F Sensor (REICHELT, e-bay) ... 94
10. Raumsensor/Außensensor/Multisensor und -Aktor, Busknoten ... 95
10.1. Beschreibung, technische Daten ... 95
10.2. Schaltplan Multisensor – Plattform ... 96
10.3. Bestückungsplan Multisensor – Plattform ... 97
10.4. Basisausstattung Raumsensor/Außensensor mit Hausbus/I²C-Bus und verschiedenen Optionen ... 98
10.5. Autonomer Sensor („Stand-Alone“ Version) ... 102
10.6. Probleme beim Aufbau, praktische Erfahrungen ... 103
10.7. Die Gehäusegestaltung und Installation ... 104
10.8. Initialisierung und Nutzung der Sensoren/Aktoren im Programm *hauscomp.exe* ... 106
10.9. Der Busknoten ... 107
10.10. Ein Wärmemengenmesser ... 108
10.11. Die Bauteilliste und Bestellnummern Raumsensor und Busknoten (REICHELT, e-bay, Autor) ... 111
11. Feuchtesensor/Inkontinenz-Sensor/eigene Erweiterungen ... 113
11.1 Inkontinenz-Sensor ... 113
11.2 Potentialfreie Spannungsmessung ... 114

weitere Dokumentation:

Hauscomputer Hardware Band 1 (Hausbus, Interfaces, Bussensoren)
Hauscomputer Hardware Band 2 (Sensoren, Schaltmodule)
Hauscomputer Hardware Band 3 (praktische Anwendungen)
Hauscomputer Hardware Band 4 (kombinierte Heizungssteuerung)
Hauscomputer Hardware Band 5 (I^2C-Wetterstation)
Programmhandbuch Hauscomp.exe
Hauscomputer und Linux
Spec_Multisensor_ATtiny461A.pdf (Beschreibung Firmware Raumsensoren)

Die jeweils aktuelle Version ist verfügbar unter http://www.hauscomputer.gmxhome.de/

© **Copyright:**

Diese Anleitung und die entsprechenden Schaltungsunterlagen unterliegen dem Copyright Schutz und Urheberrecht. Der Nachbau und die Vervielfältigung der Unterlagen im privaten Bereich und für den privaten Gebrauch sind gestattet. Darüber hinausgehende Vervielfältigung bzw. Veröffentlichung insbesondere die kommerzielle Nutzung, auch auszugsweise, bedarf der schriftlichen Einwilligung des Autors.

Uwe Behrndt



Achtung:

Aufgrund der in den nachfolgend beschriebenen Geräten z. T. frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE- Bestimmungen sind unbedingt zu beachten!

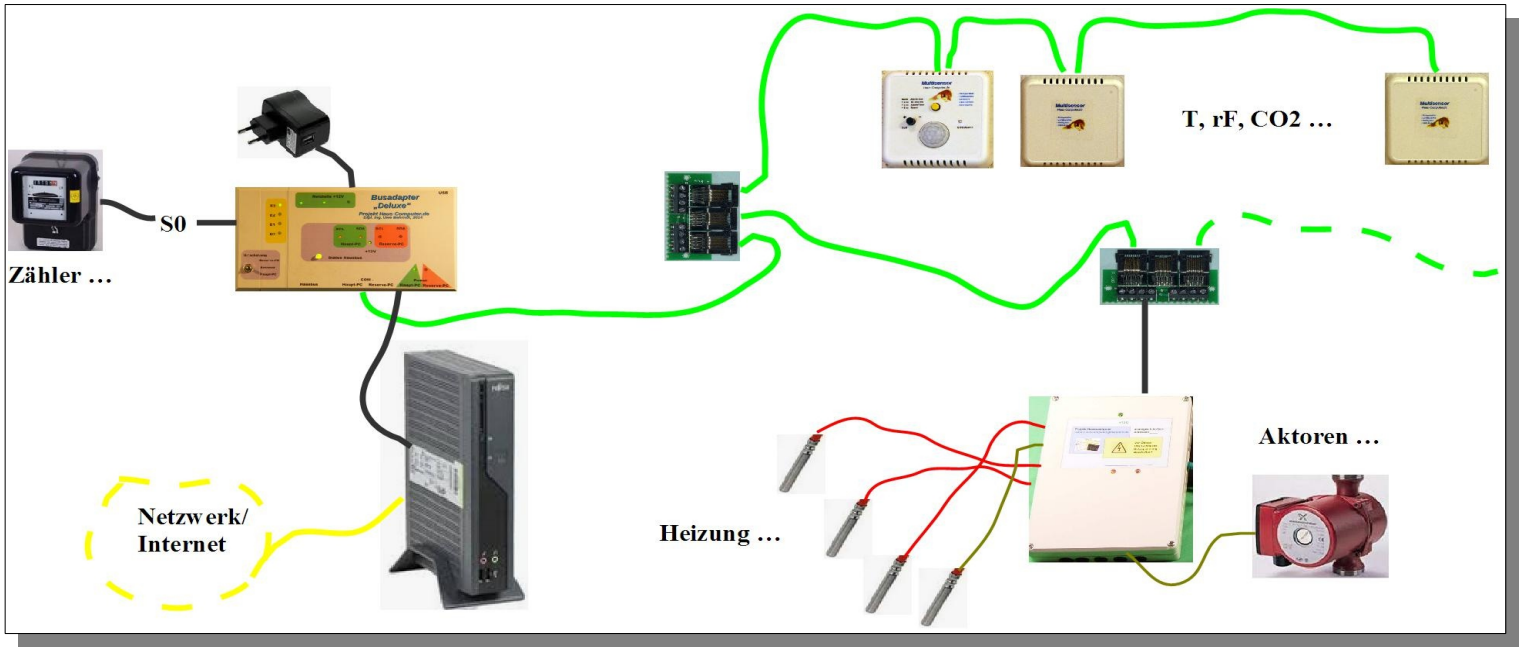
Der Autor übernimmt keinerlei Haftung über Schäden jeglicher Art, die direkt oder indirekt durch die aufgebauten Geräte verursacht werden.

„Roter Faden“ — Stand 2021

Das Projekt „Hauscomputer richtet sich an ambitionierte Elektronik-Bastler und ist vorrangig (aber nicht nur) auf die Automatisierung der Haustechnik eines Eigenheims optimiert. Ein zentraler Thin-Client steuert und überwacht dabei per selbst entwickeltem Hausbus auf Basis von I²C die verschiedensten Sensoren und Aktoren. Die entstehende Datenflut wird dabei per Linux-Scripte bewältigt [Hauscomputer und Linux]. Alle Bauanleitungen wurden über die Jahre mehrfach von verschiedenen usern aufgebaut und die Erfahrungen flossen in die Doku und in neue Projekte. Aktuell ist für Neueinsteiger folgende Konfiguration empfehlenswert:

- 1x Busadapter „Deluxe“ (Abschnitt 8) mit der Optimierung (Pkt. 8.10.)
- 1x zentraler Thin-Client FUTRO S450-2 mit 12V-Adapter und Linuxsoftware (HC_V2A), sowie eventuell 2. Thin-Client als „kalte“ Reserve
- Bis zu 16 Raumsensoren (Abschnitt 10) inkl. Busknoten
- Analoge und/oder binäre Universalinterface je nach Bedarf (Abschnitte 4/5/7)

Lesenswert sind aber zunächst der Abschnitt 1.1 (Das erweiterte Hausbus – Konzept), sowie die Linux Dokumentation.

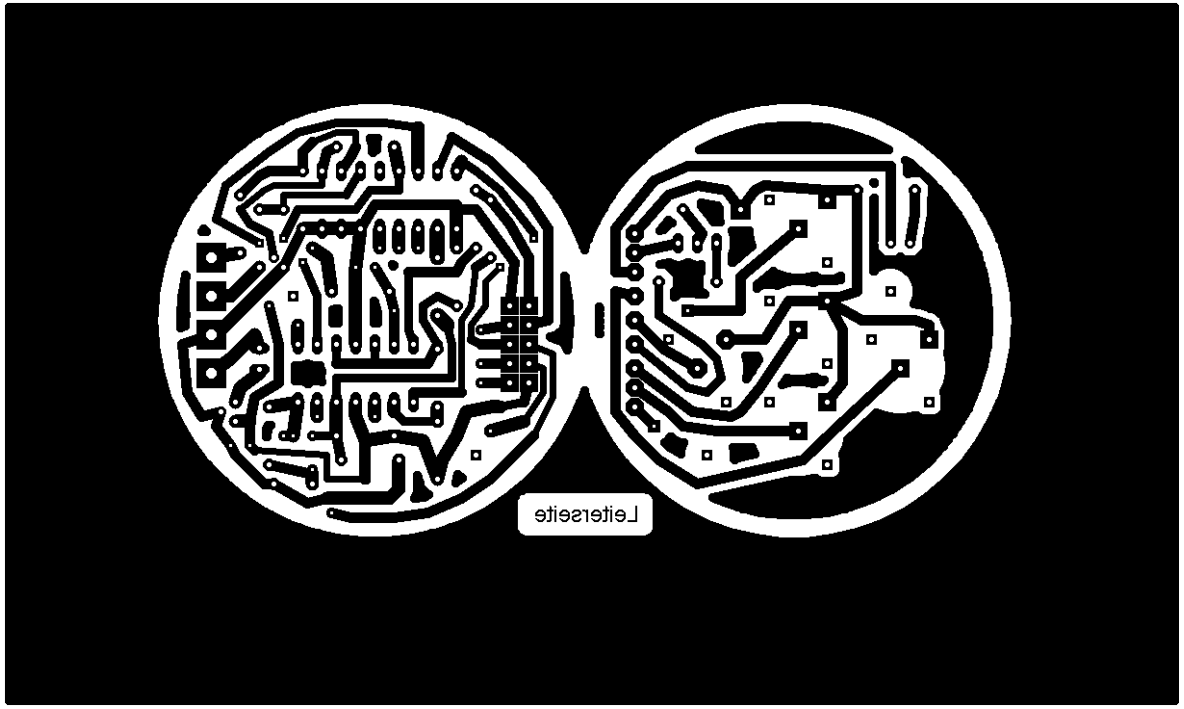


1. Warum Hardware Band „0“, Ergänzungen zum Hardware Band 1

Das Projekt Hauscomputer erstreckt sich zeitlich bereits über mehr als 10 Jahre. Während dieser Zeit wurden sehr viele Erfahrungen gesammelt, neue Bauelemente kamen auf den Markt. Der immer bestehende Wunsch nach Perfektionierung sowohl der technischen Parameter als auch die Senkung der Kosten führte zu immer neuen Ideen. Der Hardware Band 1, das eigentlich erste Handbuch der Reihe „Hauscomputer“, in dem die grundlegenden Interfaces beschrieben wurden, platzte dann folgerichtig aus allen Nähten. Hinzu kam, dass es unter Open Office 3.0 nicht mehr möglich war, diesen Band weiter fortzuführen. So fiel die Entscheidung, die neuesten Interface in einem „vorgelagerten“ Band „0“ unterzubringen. Die grundlegende Beschreibung des Hausbusses, die Funktion der Interface usw. verbleiben aber vorerst im Band 1. Ich bitte um Verständnis.

1.0. ergänzende Hinweise zum Hardware Band 1

- Beim Betrieb des A+D Interfaces (Abschnitt 7) kann es unter Umständen zu Problemen beim Anfahren der Software bei bereits eingeschaltetem Interface kommen. Zu erkennen ist dieser Zustand am „Relais klappern“ über mehrere Sekunden bis die Watchdog wieder grün zeigt. Ursache für diesen „Schluckauf“ sind Spannungsimpulse der Relais, die zum fehlerhaften Schalten der PCF ICs führen. Abhilfe: Einlöten eines zusätzlichen Keramik- Kondensators 470 nF zwischen +5V und Masse zwischen den beiden PCF ICs.
- Control Interface – neues, verbessertes Layout, C4 ist von 2,2µF auf 10µF zu erhöhen (sonst Fehlfunktion der Watchdog ab Version 6.0.38)



- Bei der Inbetriebnahme des Präzisionsinterfaces und des 8-Kanal Sensor Interfaces werden diese Interface von der Software nicht erkannt – solange

nicht mindestens 1 Sensor angeschlossen ist. Für Testzwecke kann man in dieser Phase anstelle der Sensoren einfach Kurzschlussbrücken einsetzen.

- Einschränkungen unter Linux:

  Das 220V Interface und das CI Interface aus Hardware Band 1 sind nur bedingt kompatibel mit Linux. Grund ist die Watchdog, die nur über einen Kondensator (C106 bzw. C104) den Hausbus auf Ausfall überwacht. Es können aber unter Linux, gerade beim LAN/WLAN Betrieb öfter mal sporadische „Busaussetzer“ auftreten. Kurzzeitiges Ansprechen der Watchdog ist die Folge. Diese Busaussetzer sind eigentlich nur eine verzögerte Signalausgabe auf dem Hausbus, es gehen dabei keine Daten verloren aber der Kondensator weiß das natürlich nicht. Selbst eine Vergrößerung des Kondensators auf 100µF löst das Problem nicht prinzipiell. Beim CI Interface führt dieser Effekt lediglich zum kurzzeitigen Aufleuchten der roten LED. Beim 220V Interface dagegen werden alle Last-Relais kurzzeitig abgeschaltet, mit möglicherweise fatalen Folgen für z. B. einen dort angeschlossenen Heizungsbrenner … Mit 100µF tritt der Effekt allerdings sehr selten auf und die Zeitspanne zum Detektieren eines wirklichen Ausfalls ist mit 5-6s immer noch ausreichend kurz.

  Mit dem analogen Universalinterface „Mini“ (Abschnitt 7) wird eine digitale Watchdog bereitgestellt, die das 230V Schaltinterface aus dem Hardware Band 1 kompatibel zu Linux macht. Weitere Hinweise dazu im Abschnitt 7.2.

- Der Auslösestrom der Polyswitch-Sicherung S1 sollte von PFRA 020 auf PFRA 030 vergrößert werden – mehr Stromreserve für gesteckte Module.

1.1. Das erweiterte Hausbus - Konzept

- **Stromversorgung/Erdung**

Das Kernstück des Projektes „Hauscomputer“, der Hausbus, basiert nach wie vor auf dem modifizierten I²C Bus unter Hinzuziehung von +12V als Stromversorgung. Die Praxis hat aber gezeigt, dass der Bus auch beim Ausfall eines oder mehrerer Interfaces stabil weiter funktionieren sollte. Das war bisher nicht so – ist ein Interface stromlos, so zieht es die SDA Leitung des Busses auf Masse und der Busverkehr insgesamt wird lahm gelegt. Das Interface musste dann manuell vom Bus abgezogen werden. Deshalb wurde die Stromversorgung jetzt prinzipiell zweigeteilt: einmal separat in den Interfaces als „Laststrom“ für größere Verbraucher wie z. B. Relais, zum Anderen als zentrale Stromversorgung des Busses und *aller* direkt daran angeschlossenen ICs. Mehrere lokalen Netzteile speisen die zentrale +12V Versorgung des Busses über Dioden – alternativ auch nur ein zentrales Netzteil über den Busadapter. Beide 12V-Netze sind somit getrennt und es ergibt sich eine Ausfallredundanz. Nachteilig ist jetzt nur, dass es nicht mehr so leicht ist, den Bus beim „Hängenbleiben“ von I²C - ICs stromlos zu bekommen, um ein Reset herbeizuführen, man muss schon Kabel abziehen. Das Problem des „Hängenbleibens“ ist bisher aber nur vom Temperaturfühler LM75 bekannt, deshalb sollte von seiner Verwendung in Zukunft Abstand genommen werden. Ein Praxistest mit einem Leitungssimulator für das neue Konzept ist im folgenden Abschnitt beschrieben. Bei den verwendeten Schalt-Netzteilen ist darauf zu achten, dass eine ausreichende Kapazität zwischen PE (Hausnetz) und HC_GND besteht (>5 nF), andernfalls können Störungen den Hausbus beeinträchtigen. Siehe auch Abschnitt 1.4.

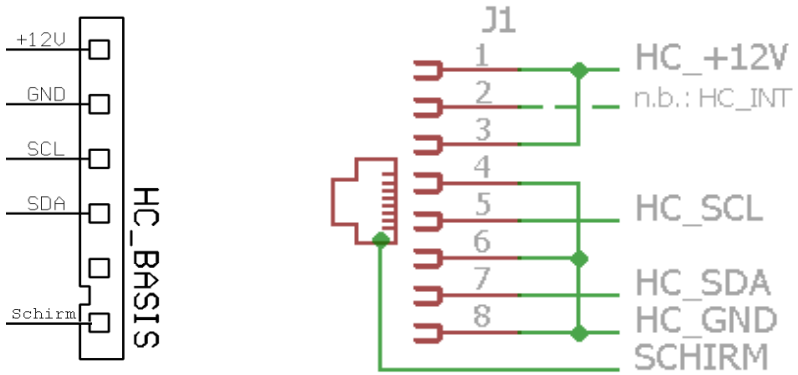
- **COM Schnittstelle**

Ein weiterer Aspekt ergab sich aus der Tatsache, dass PC Technik immer mehr zur Massenware geworden ist. Es wurden bereits die unterschiedlichsten PCs als Hauscomputer eingesetzt. Leider sind deren RS232 Schnittstellen genauso unterschiedlich in der Qualität ihrer Ausgangssignale. Ein definierter Standard wurde nötig, um die maximal zulässige Länge des Hausbusses zu garantieren. Der Kompromiss zwischen den verschiedenen Anforderungen und einem nicht allzu großem Aufwand ist der universelle Busadapter im Abschnitt 3 dieses Bandes, sowie der Busadapter „Deluxe“ im Abschnitt 8.

- **Verkabelung**

Nebenbei ist es nun auch möglich, die mittlerweile überall verfügbare Netzwerktechnik für den Hausbus einzusetzen. Als Verbindungsleitungen können Cat 5-7 Kabel und als Steckverbinder die entsprechende RJ45 Technologie verwendet werden. ***Hubs oder Switche funktionieren natürlich nicht am Hausbus***. Bei der Recherche für die Festlegung der Signalzuordnungen habe ich nur den Standard der Fa. Pond Electronics für I²C mit RJ45 gefunden. Es scheint also noch eine Standardisierungs-Lücke für den I²C-Bus zu geben. Die Zuordnung wurde deshalb von mir in Anlehnung an die Variante des Herrn Höschlers (Programmierer der Software für den ATtiny 26) neu festgelegt und sieht neben den Signalleitungen 3 Masseleitungen (ab Abschnitt 9: 4 Leitungen) und 2 Stromversorgungsleitungen vor, womit bei Cat- Kabeln ein Strom von mehreren 100 mA übertragbar wären.

Der maximale Bedarf für die zentrale Busversorgung mit +12V liegt bei geschätzt ca. 16 x 20 mA = 0,32 A und bei voll ausgebautem Bus (noch ohne Raumsensoren) ist damit erfüllbar. Erst bei zusätzlichem Einsatz von mehreren Raumsensoren mit bestückten CO2-Sensor erhöht sich der Strombedarf um max. 0,15 A je Raumsensor und könnte so bei längeren Leitungsabschnitten problematisch werden.



Links: Hausbus Signalbelegung an „Hutkragenstecker“

Rechts: Hausbus Signalbelegung an 8 pol. RJ45 Netzwerkstecker/Buchse

Natürlich sind auch andere abgeschirmte Leitungen mit mindestens 4 Adern einsetzbar. Nur, dass man dann die Kabelenden irgendwie anschließen muss. Ideal sind die für die Gebäudeautomatisierung entwickelten KNX/EIB Buskabel, mittlerweile preiswert bei < 0,40 €/m und gutem Leiterquerschnitt – vorzugsweise in grün. Für die Verbindung von Netzwerkkabeln mit herkömmlichen Kabeln auch in Verbindung mit Raumsensoren ist der Busknoten im Abschnitt 10 vorgesehen. Der Schirm ist separat zu führen und nur einseitig zu erden.

- **Schutz vor Überspannungen**

In der Praxis traten bereits kurzzeitige Spannungsspitzen auf dem Bus auf, die in einem Fall die COM Schnittstelle des PCs zerstört hatte (Unachtsamkeit) und in einem anderen Fall über Induktion zum Auslösen einer 16 A Sicherung führte (große induktive Last!). Dies sind natürlich die absoluten Ausnahmen und nicht die Regel. Trotzdem ist der Einbau von relativ billigen Schutzdioden vom Typ P6KE15CA, die die Spannung auf den Busleitungen auf ungefährliche +/- 15,6 V begrenzen, wünschenswert. Die dadurch leider auftretende Parallelkapazität von 1,5 nF zu den Datenadern hat praktisch keine Auswirkungen in diesem Projekt. Zur Verringerung von induktiven Spannungsspitzen sollten alle 230 V Verbraucher mit Varistoren (z. B. VDR-0,6 300 V von REICHELT), wie im Band 1 bereits hingewiesen, ausgestattet werden. Alle ICs sollten gesockelt werden, das beschleunigt nach Ausfällen Fehlersuche und Reparatur ungemein!

- **Signalpegel SDA/SCL**

Gegenüber dem I²C Standard als lokaler Bus auf Leiterplatten ist in diesem Projekt der I²C-Bus mit einigen Modifikationen zum Feldbus aufgewertet worden. Die Funktion bleibt dabei trotz der beachtlichen Vergrößerung der maximal möglichen Leitungslänge auf mehrere hundert Meter erhalten. Die maximale Leitungslänge umfasst dabei die Summe aller Teilsegmente des I²C-/Hausbusses. Folgende Modifikationen wurden umgesetzt:

1. Die Versorgungsspannung des Busses, sowie der „High-Level“ auf dem Bus beträgt einheitlich +12V. Da die I²C-Slaves mit VCC<=5V versorgt werden, ergibt sich so eine konstante (und damit bessere) Anstiegsgeschwindigkeit des Pegels (Low-->High) im Bereich 0..+5V. Das entspricht auch der Empfehlung von Philips bei hohen Leitungskapazitäten einen Stromtreiber neben dem Buswiderstand einzusetzen.
2. Als Feldbus ist ein Schutz der angeschlossenen Teilnehmer vor EMV notwendig. Das wird bei den Slaves durch eine Kombination von einem Reihenwiderstand von 110 Ohm in den beiden Signalleitungen und nachfolgenden Schutzdioden erreicht.
3. Aus Sicherheitsgründen (Schutz vor Ausfall) ist ein Clockstreching durch Slaves untersagt. Die Taktleitung wird so niemals durch Slaves nach „Low“ gezogen und kann vom Master niederohmig bedient werden, was der Störsicherheit zu gute kommt, da praktisch nur noch die Leitungskapazität umgeladen werden muss. Zusätzlich wird der „Low-Level“ auf beiden Datenleitungen vom Masters aus einer Quelle mit -7 V bedient.
4. Die Impulsbreite der Signale wird extrem vergrößert: von 1,25µs (400kHz) beim Standard I²C auf 160µs (3,1kHz) beim Hausbus. Erst damit wird die enorme Reichweitensteigerung erreicht.
5. Für Neuentwicklungen (z.B. Multisensorplattform/Raumsensoren) wird zusätzlich ein Pegelshifter eingesetzt. Er verhindert zuverlässig, dass alle Bussignale auf „Low“ gezogen werden, wenn bei einem Slave die Stromversorgung ausfällt.
6. Bei Teilsegmenten über 20 m, bzw. bei Strömen > 0,5 A ist für die Masseleitung ein größerer Leitungsquerschnitt als für die Signalleitungen vorzusehen → Bei Cat-Ltg. werden daher generell für die Masse 3 Adern verwendet und für die +12V Versorgung 2 Adern, das verringert einen störenden Pegelanstieg in der Bezugsmasse bei längeren Leitungen.

Weitere Rahmenbedingungen sind:

Die Firmware der ATtinys sind, bedingt durch die softwaremäßig emulierte I²C Schnittstelle, nur herab bis etwa 50 …60µs (Takt-) Impulsbreite funktionsfähig. Die Leitungskapazität von Buskabeln (z. B. gängiges Netzwerkkabel) liegt bei >50pF/m. Standard I²C-Slaves können die SDA-Leitung maximal mit 3 mA auf „Low“ ziehen [4]. Bei langen Leitungen begrenzt der Leitungswiderstand den Signalfluss, ein Optimum von $\mathbf{I_{Low_SDA}}$ ergibt sich im Bereich 5 …10 mA. Die letztlich erreichbaren maximalen Leitungslängen sind in der folgenden Tabelle gelistet, sie entsprechen auch den praktischen Erfahrungen – der Hausbus war bei 3 kHz bis fast 100 nF Leitungskapazität (mit zusätzlichen Kondensatoren getestet) auf 150 m noch funktionsfähig!

Was?	**I_{Low_SDA}**	**R_{Bus_SDA} [1]**	**R_{Bus_SCL} [1]**	**Maximale Leitungslängen Cat5e/6/7, KNX (ohne Störimpulse)**		
				Impulsbreite 1,25 µs (400kHz)	Impulsbreite 80 µs (6,2 kHz)	Impulsbreite 160 µs (3,1 kHz)
Standard I²C	≤ 3 mA	> 4 kOhm		> 8 m (bei 0,4 nF)	> 400 m (bei 22 nF)	> 815 m (bei 44 nF)
Hausbus:	2,55 mA	4,7 kOhm				
Universeller Busadapter			-			
Busadapter „Deluxe“			4,7 kOhm			
Optimierung (keine PCFs, LMs oder MAX mehr möglich. Nur noch ATTinys o. ä.) [4]	5 mA	2,4 kOhm (4k7 || 4k7)	1,8 kOhm (4k7 || 3k0)	> 15 m (bei 0,8 nF) [2]	> 815 m (bei 44 nF)	> 1000 …1600 m (bei 88 nF) [3]

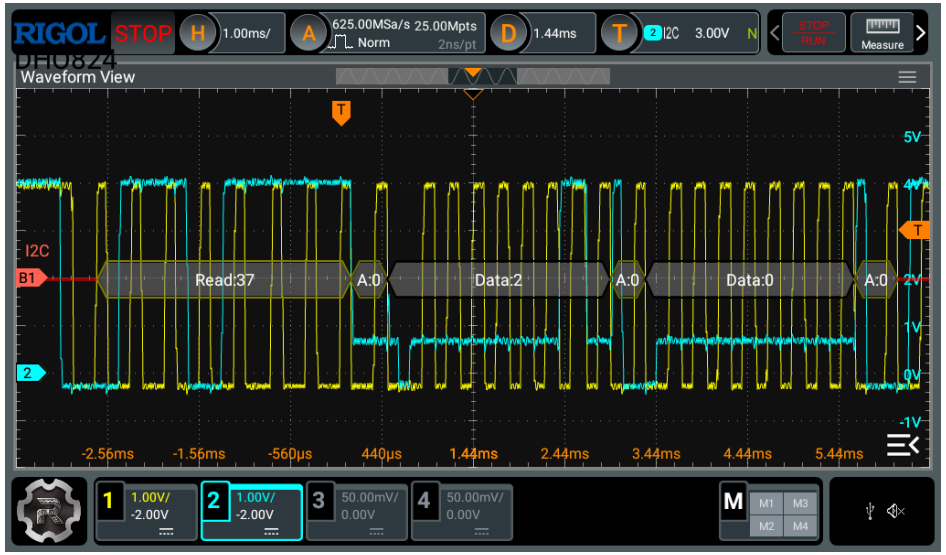
[1] VCC=+12V [2] zu schnell für ATTiny Firmware [3] begrenzt durch Leitungswiderstand (Cat5e/6/7: ca. 70 Ohm/km; KNX: ca. 40 Ohm/km)

[4] PCF8574/PCF8591 können mit bis zu 9 mA SDA auf „low“ ziehen, ATtinys bis zu 20 mA

Berücksichtigt man beim Hausbus auch mögliche eingekoppelte Störimpulse, so ergibt sich eine praktisch nutzbare maximale Leitungslänge des Hausbusses (grüne Felder) von 100 … 400 Metern je nach Stärke der Störungen. Das ist für ein Einfamilienhaus ein ausgezeichneter Wert. Werden im Gesamtsystem ausschließlich Komponenten aus dem „Hardware Band 0“ eingesetzt, so können die Buswiderstände gemäß „Optimierung“ weiter verringert und die Taktimpulsbreite auf 80 µs festgesetzt werden (siehe auch Abschnitt 8.10). Da der ansteuernde PC normalerweise zu ca. 40 % mit der Bus-Kommunikation beschäftigt ist, so erhöht sich dann durch die Halbierung des Bus-Taktes die restliche Rechner-Performance um etwa 33 %!

Anwendungsbeispiel aus der Praxis:

Ein Wettermast mit einem Außsensor (Adresse 55d bzw. 37h) ist über eine 45 m lange Leitung (Kombination je zur Hälfte KNX und CAT-5 Patchkabel) am Busadapter „Deluxe“ angeschlossen. Die Datenübertragung erfolgt im HC-Standard mit 160 µs Impulsbreite absolut fehlerlos.



Datenaustausch mit Raumsensor 15 (Wettermast), gemessen am Busadapter „Deluxe“: SCL: gelb, SDA: blau

Triggerpegel am Oszilloskop: 2 V hor. 3 V Trigger

Pegelbereich SCL/SDA: -0,28 … +4,01 V

Maximale „SDA-Low“ Spannung: 0,703 V

Impuls Anstieg/Abfallzeit SDA (Slave): 26 µs (entspricht 37 kHz)

Aufgrund der Messungen in diesem Beispiel könnte die Impulsbreite zugunsten der Rechengeschwindigkeit des PCs ohne Veränderung der Buswiderstände (Pull-ups) sogar bis unter 30 µs reduziert werden. Da die als Slaves am Hausbus eingesetzten ATtinys aber nicht so schnell sind, wären 70 µs optimal.

in der harware.ini wäre dann einzutragen:

```
Bustakt=70          /Impulsbreite am Hausbus wird auf 70µs festgelegt
```

1.2. Ein Bild von einem Testaufbau

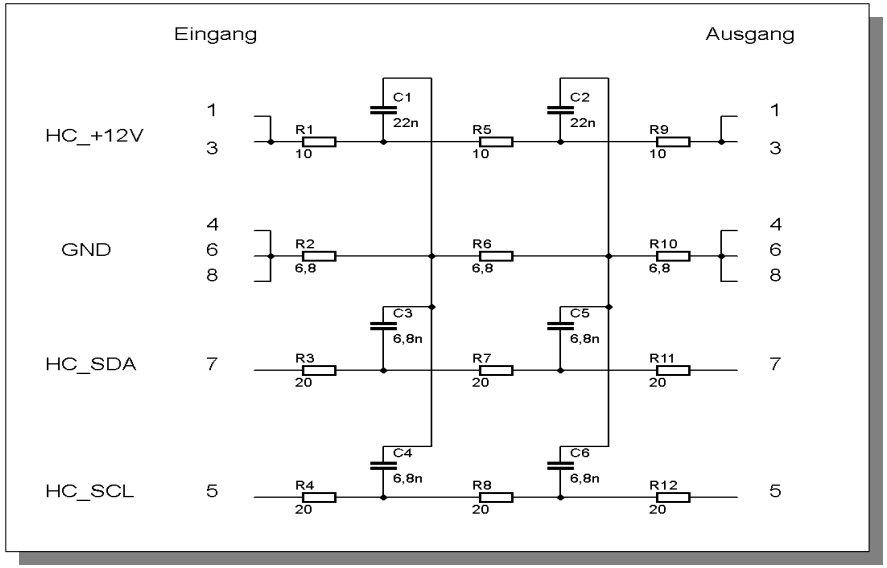


Testaufbau: Laptop mit hauscomp.exe, Busadapter, Leitungssimulator und analoges Interface. Nicht im Bild: notwendiges 12 V Netzteil.

1.3. Ein statischer Leitungssimulator

Um eine Aussage zur Signalqualität des Hausbusses bei Verwendung von gängigen Cat-5/6 Kabeln zu treffen, entstand auf einer kleinen Lochrasterplatine eine Simulationsschaltung für eine entsprechend lange Leitung. Als Randparameter wurden angenommen:

- Schleifenwiderstand bei Cat 3/5 Kabel: 40 Ohm je 100 m
- Schleifenwiderstand bei Cat 5e/6 Kabel: 25 Ohm je 100 m
- Leitungskapazität je Ader: 50 pF je lfd. m

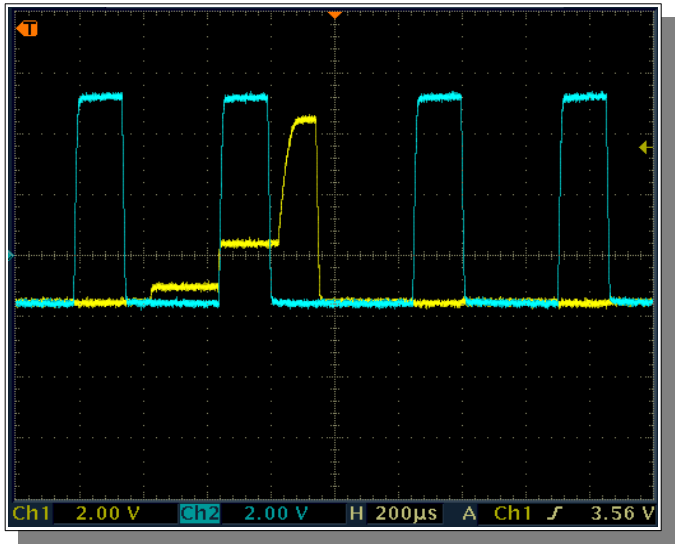


Daraus wurde folgende Schaltung realisiert:

Nach Umrechnung ergeben sich 60 Ohm Adernwiderstand bei einer Leitungslänge von 300 m unter Verwendung von Cat 3/5 Kabel, bzw. 480 m bei Cat 5e/6 Kabel. Die Leitungskapazität wurde mit 14 nF je Ader angenommen. Ausgeführt wurde das Ganze als Doppel Pi- Filter. Natürlich ist das sehr vereinfacht, könnte aber durchaus realistische Ergebnisse zeigen.

Projekt Hauscomputer
- Leitungssimulator -
Dipl. Ing. Uwe Behrndt Nov. 2009

R: 60 Ohm
C: 14 nF je Ader

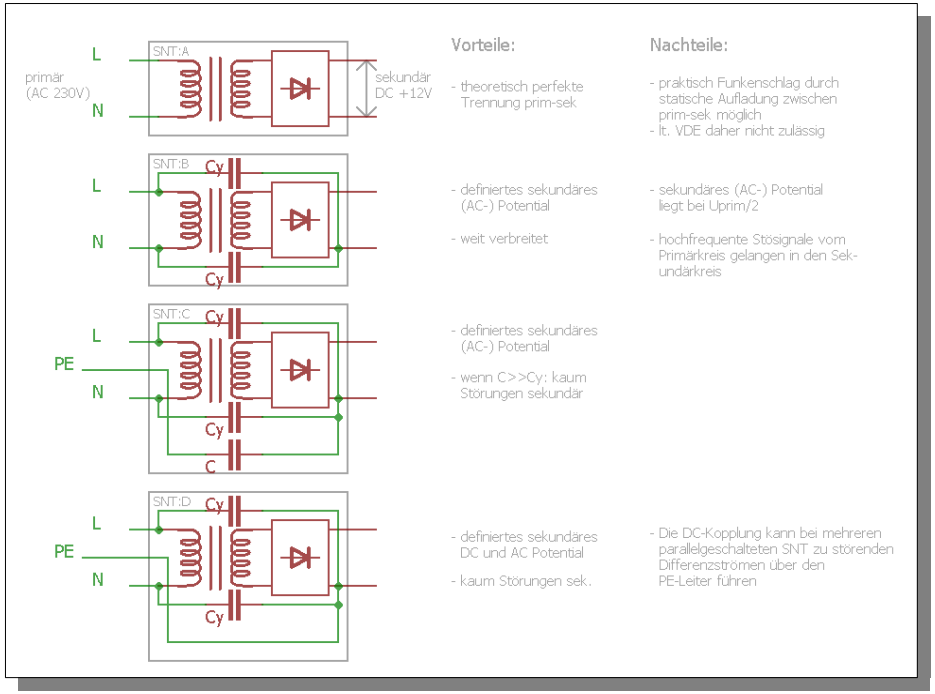


Bei einem Testaufbau, bestehend aus dem Busadapter und einem analogen Interface mit ATtiny26, das über den Leitungssimulator angeschlossen wurde, entstand das rechts dargestellte Oszillografenbild. Die blaue Linie ist das Signal HC_SCL, abgenommen am Interface; die gelbe Linie ist das Signal HC_SDA zwischen Busadapter und Leitungssimulator. Deutlich ist die Impulsantwort des ATtiny26 zu sehen (horizontaler gelber Abschnitt oberhalb der Nulllinie) und das anschließende Aufladen der SDA Leitung durch den Buswiderstand. Der Bustakt betrug 180 µs, das Interface hat sauber reagiert und es gab keine Fehlermeldungen. Der Einbruch der Stromversorgung lag im erwarteten Rahmen und betrug 1,3 V bei ca. 30 mA. Ein weiterer Test erfolgte unter gleichen Bedingungen aber mit stark verkürzten Impulsen (Bustakt=20 in *hardware.ini*). Dabei wurden nur noch ca. 20 % der Datenpakete richtig übertragen; die Fehleridentifikation im Programm arbeitete korrekt, es kam zu keinen Fehlsignalen.

Damit ist der vorläufige Nachweis erbracht, dass auch extrem lange, übliche Netzwerkkabel als Hausbus verwendet werden können.

1.4. Betrachtungen zur Stromversorgung PC und Hausbus

Der Hausbus und die entsprechende Elektronik werden mit DC +12V aus dem 230V-Stromnetz versorgt. Somit fällt das System „Hauscomputer“ selbst unter Sicherheitskleinspannung (SELV). Der Hausbus ist im Gegensatz zu differentiellen Protokollen (CAN) ein asymmetrischer Bus, dessen Masse (HC_GND) alle Komponenten verbindet. Das erlaubt deshalb auch beliebige Bus-Topologien, wie Sternverteilungen, die sonst so nicht möglich wären. Auf der anderen Seite reagiert der Hausbus daher auch empfindlich auf Störspannungseinträge in die Busleitungen, insbesondere HC_GND. Es gibt auch verschiedene Möglichkeiten der (12V) Stromversorgung, die unterschiedliche Auswirkungen auf den Störungseintrag vom 230V Hausnetz auf den Hausbus und dessen elektrische Sicherheit haben. Daher ist das komplexe Thema Stromversorgung sorgfältig zu planen, um keine bösen Überraschungen zu erleben!



Im Projekt Hauscomputer kommt immer ein PC zum Einsatz, dessen Gehäuse in der Regel mit dem Schutzleitersystem des Hauses verbunden ist. Somit sind die Folgekomponenten (serielle Schnittstelle, Busadapter, Hausbus) ebenso mehr oder weniger auf dem Potential des Schutzleiters verbunden. Wie genau, das hängt vom PC und von den verwendeten Schaltnetzteilen (SNT) ab.

Beim Einsatz von gängigen SNTs ohne eigenen Schutzleiteranschluss können elektrische Störungen in den Hausbus gelangen. Wenn dann noch mehrere dieser SNTs mit hohem Rippel dezentral eingesetzt werden, so sind Störspannungen in den (langen) Busleitungen leider die Folge. SNTs vom Typ „B“ (Bild links) sind daher problematisch, es sei denn, HC_GND wird an zentraler Stelle mit dem Schutzleiter verbunden – es reicht auch eine kapazitive Kopplung mit z.B. 47 nF und einer relativ hochohmige Verbindung von bis zu 5 kOhm.

Bei SNTs vom Typ „C“ werden hochfrequente Störungen vom Hausnetz bereits weitgehend intern im SNT auf den Schutzleiter (PE) abgeleitet, zugleich erlauben sie trotzdem eine DC-Entkopplung zwischen dem Schutzleiter und HC_GND, was die Gefahr von Ausgleichsströmen über den Hausbus bei längeren Leitungen verringert.

An zentraler Stelle kann man auch ein SNT vom Typ „D“ einsetzen, dessen „Minus“-Ausgang intern direkt mit dem Schutzleiter verbunden ist. Alle weiteren „entfernteren“ SNT sollten dann aber vom Typ „C“ sein.

In der Praxis bewährt hat sich die Serie „HLG-xx-12A“ von Mean Well (SNT Typ „C“) mit einstellbarer Ausgangsspannung bzw. -Strom. Auf der Sekundärseite und am Bus sind absolut keine Störungen messbar, obwohl als interne kapazitive Kopplung primär-sekundär ein Wert von nur wenigen nF ermittelt wurde: HLG-120H-12A: 18 nF; HLG-40H-12A: 1,8 nF. Auch die Welligkeit der Ausgangsspannung (Rippel) ist praktisch vernachlässigbar.

Beim Einsatz des binären Universalinterface ist zu beachten, dass es keine Verbindung zum Schutzleiter besitzt und daher ein Störeintrag über die kapazitive Koppelwirkung des verbauten Transformators (ca. 0,1 nF) aus dem 230V Netz möglich ist. Ein Mittel zur weiteren Reduzierung von Störsignalen ist der Einsatz von Netzfiltern vor den 230V Komponenten (z.B. Schaffner FN401-1,5/02 o.ä.). Das Programm hauscomp.exe liefert bei laufendem Betrieb auch eine Reihe von Informationen zur Signalqualität des Hausbusses die man nutzen kann.

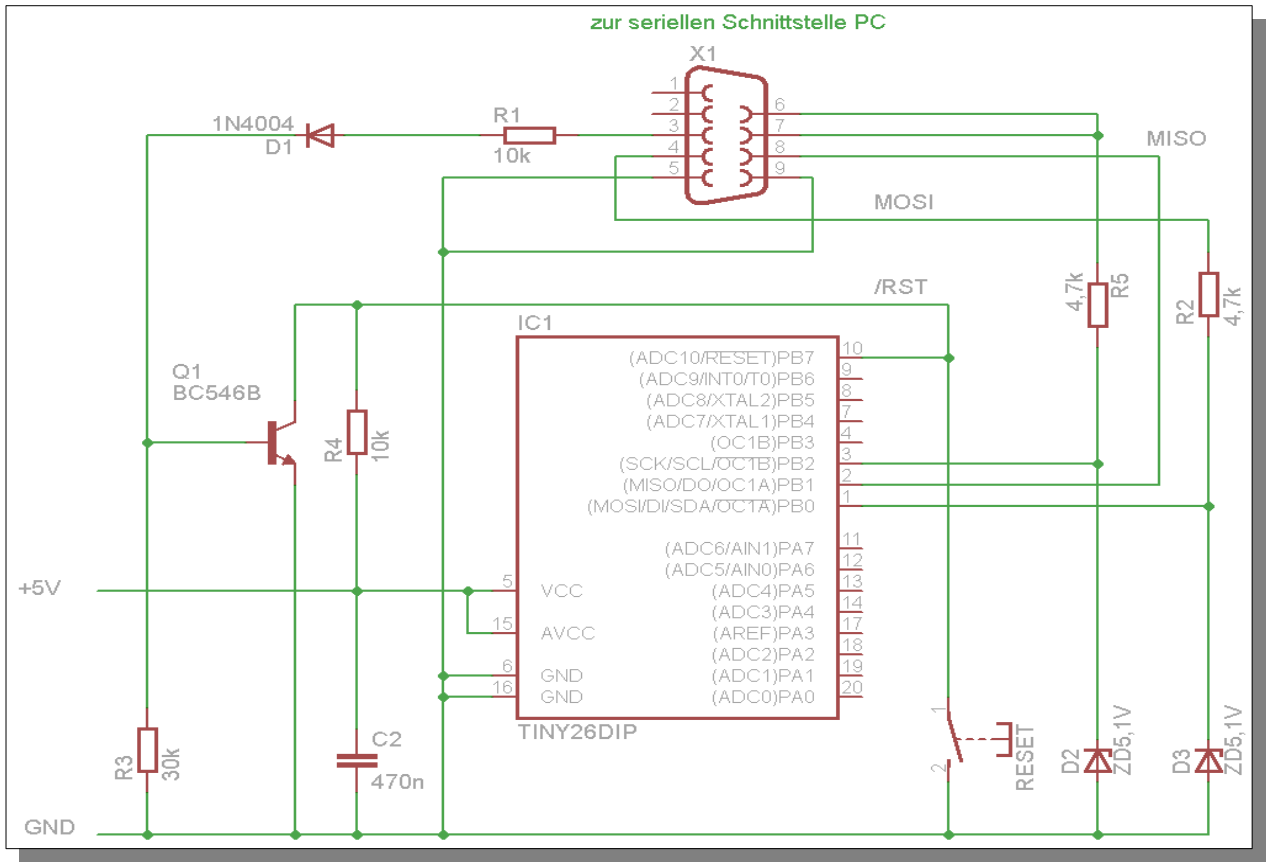
2. Der AVR Mikrocontroller ATtiny 26

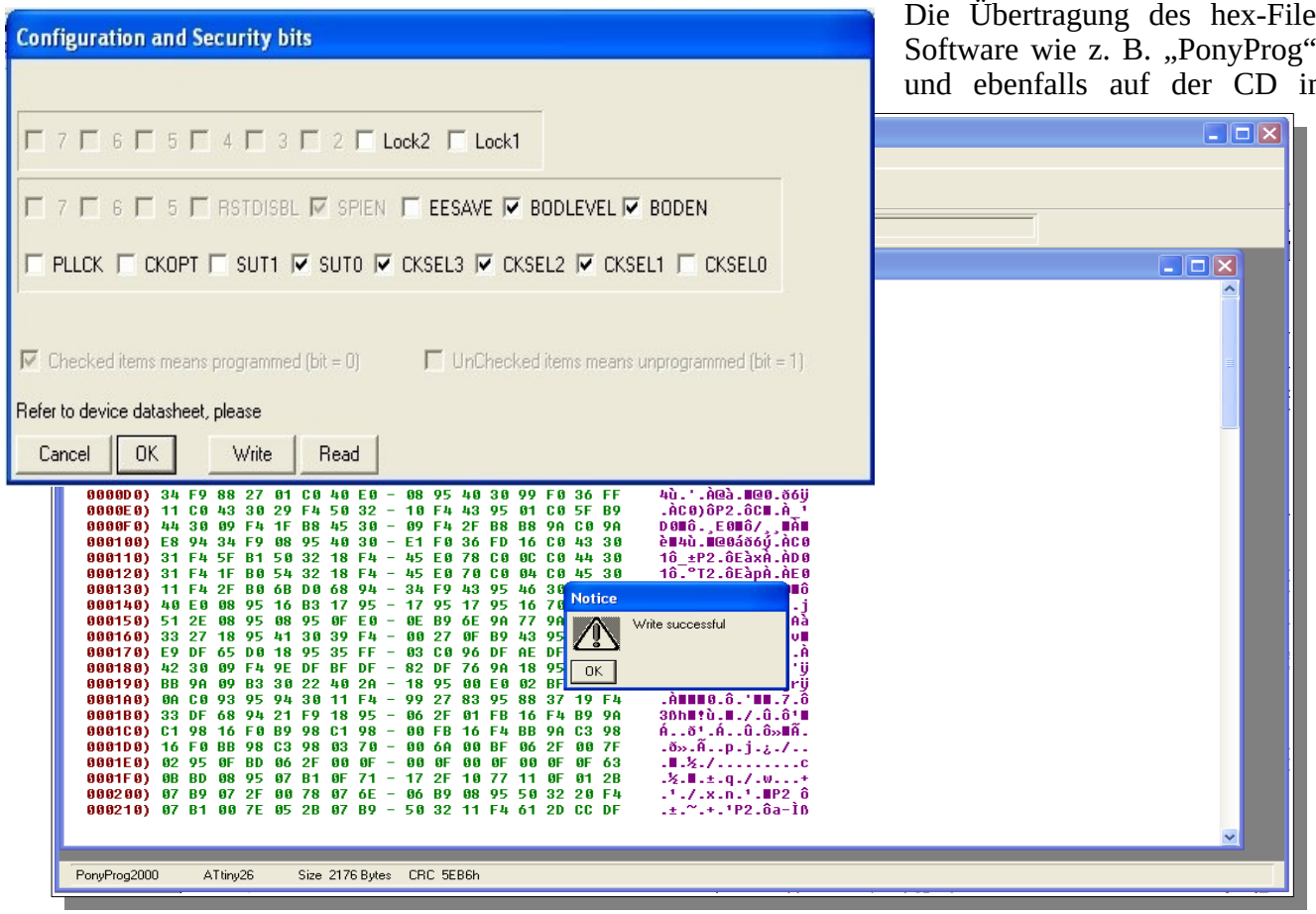
Seit 2004 gibt es mit dem Mikrocontroller ATtiny 26 von ATMEL ein programmierbares Bauelement, das hervorragend für Steuerungsaufgaben verwendet werden kann. So enthält der Baustein neben 16 frei ansteuerbaren Ein-/Ausgängen auch einen internen Takt, einen 10 Bit A/D Wandler und eine interne Struktur, die recht einfach PWM Ausgänge, sowie den I²C Bus realisieren kann. Auch Funktionen, wofür bisher zusätzliche Hardware notwendig war (z.B. Watchdog) können in den Chip verlagert werden. Voraussetzung ist ein spezielles Programm, das über ein SPI Anschluss eingespielt wird. Bei Bauteilkosten von ca. 2 € für den Controller und extreme Vereinfachung der Hardware lohnt es sich allemal hiermit Interfaces aufzubauen. Mittlerweile gibt es auch verschiedene Derivate des ATtin26. Die preiswertere Version Attiny261 eignet sich genauso für die hier vorgestellte Firmware.

2.1. Die Programmierung des ATtiny 26

Damit der Mikrocontroller weiß was er tun soll, muss er programmiert werden. Die Programme für die folgenden Anwendungen (auch Firmware genannt) liegen bereits fertig als sogenannte „hex“ – Files auf der CD im Verzeichnis ..\Programme\ATTiny26\vor.

Zum Einspielen ist spezielle Hardware notwendig. Die einfachste Lösung, die ich gefunden habe, ist die nebenstehende kleine Schaltung für ein SPI Interface. Sie ist schnell auf einer Lochraster-Platine aufgebaut. Der IC ist dabei natürlich zu sockeln! Neben der benötigten Versorgungsspannung von +5V ist das Ganze nur noch über eine serielle Schnittstelle mit dem PC zu verbinden. Der Reset Taster ist für die Programmierung an sich nicht erforderlich, aber bei eigenen Experimenten mit dem Controller durchaus nützlich.





Die Übertragung des hex-Files in den Controller überlässt man professioneller Software wie z. B. „PonyProg“ von Claudio Lanconelli. Die Software ist Freeware und ebenfalls auf der CD im Verzeichnis ..\Programme\ enthalten. Nach der Installation und dem Programmstart stellt man in den rechten Fenstern der Befehlszeile „AVR micro“ und „Attiny26“ ein. Dann öffnet man das gewünschte hex-File über „Open Device File ...“. Nun werden die Fuse-Bits gesetzt/überprüft: „Command“ und „Security and Configurations Bits..“ (linkes Bild).

Über „Command“ und „Write All“ wird dann die Programmierung gestartet. Nach einer automatischen Überprüfung der geschriebenen Daten sollte am Ende die Meldung „write successful“ erscheinen. Damit ist die Programmierung des ATtiny26 abgeschlossen und der IC kann nun in die Zielhardware eingesetzt werden.

2.2. Die Alternative ATtiny 261/461/861(A)

Als Weiterentwicklung des Attiny 26 gibt es mittlerweile preisgünstig die Attiny 261/461/861 mit verschiedenen EEPROM Kapazitäten. Leider haben sich die technischen Spezifikationen damit nicht nur verbessert. Die Eingänge reagieren jetzt empfindlicher auf negative Spannungen (die eigentlich nicht auftreten sollten). Während der Attiny 26 noch Spannungen bis zu – 0,9V klaglos akzeptierte, führen nun bereits -0,7V zu internen Querströmen und zu Fehlfunktionen. Praktische Auswirkung: Beim Anschluss des Hausbusses über die Standardbauelemente R=110 Ohm und Zehnerdiode 5,1V funktioniert der Attiny 26 ohne Probleme, der Attiny 261 dagegen eher selten!!! Abhilfen schaffen jeweils eine BAT48 parallel zur Zehnerdiode mit gleicher Polung. Nun werden negative Spannungen zuverlässig auf -0,3V begrenzt. Auch reduzieren sich die maximal zulässigen Ströme an den Pins auf die Hälfte. Die „A“ Versionen unterscheiden sich von ihren Vorgängern übrigends in der geringeren Stromaufnahme – Folge eines verbesserten Herstellungsprozesses.

2.3. Die praktische Verwendung des 10 Bit A/D Wandlers

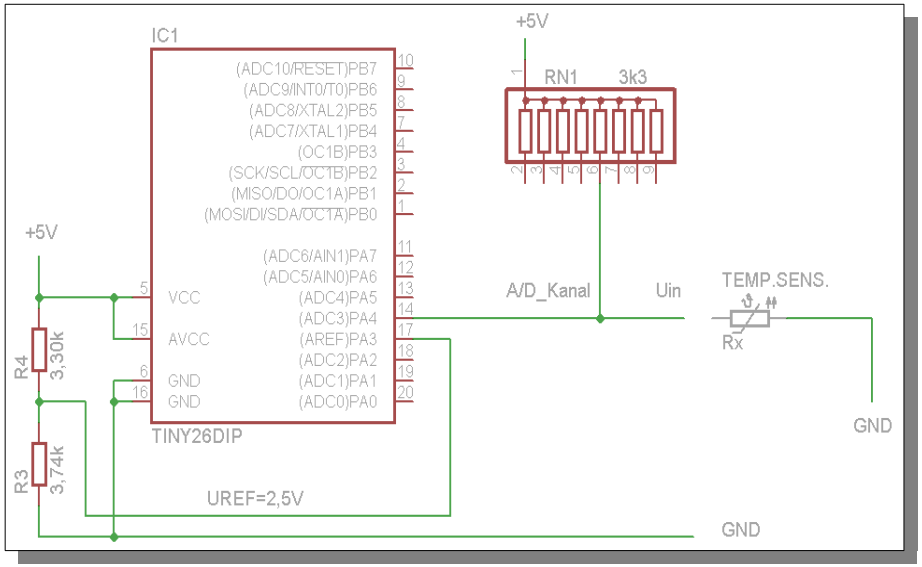
Im hex- File „I2CAx.x“ werden 8 pins des Attiny26 als analoge Messkanäle genutzt. Die an ihnen anliegende Spannung wird über einem Multiplexer mit dem internen 10 Bit Analog/ Digital Wandler umgesetzt und an den implementierten I²C Bus ausgegeben. Hardwaremäßig ist dazu die Beschaltung des Pins 17 (AREF) mit einer Referenzspannung notwendig. Die Wandlung erfolgt nach folgender Formel: $$ADC = \frac{V_{in} \cdot 1024}{V_{Ref}}$$. Da anzuschließende Temperatursensoren in der Regel auch über einen Festwiderstand mit Spannung versorgt werden müssen, ergab sich dann folgende, überaus einfache Lösung:

Die Spannungsversorgung für die Sensoren wird aus den gleichen +5 V abgeleitet, wie die Generierung der Referenzspannung (spezieller Spannungsteiler mit R3 und R4 – berücksichtigt auch den internen Pull- up von 28 k). Damit kürzt sich der Einfluss von Spannungsschwankungen in der Versorgungsspannung heraus und die Genauigkeit ist nur noch von RN1 und natürlich dem Sensor abhängig:

$$R_x = \frac{ADC \cdot R_1}{2048 - ADC}$$.

Für reine Spannungsmessungen dagegen bleibt die Abhängigkeit von der Versorgungsspannung erhalten:

$$U_{in} = \frac{+5V \cdot ADC}{2048}$$.

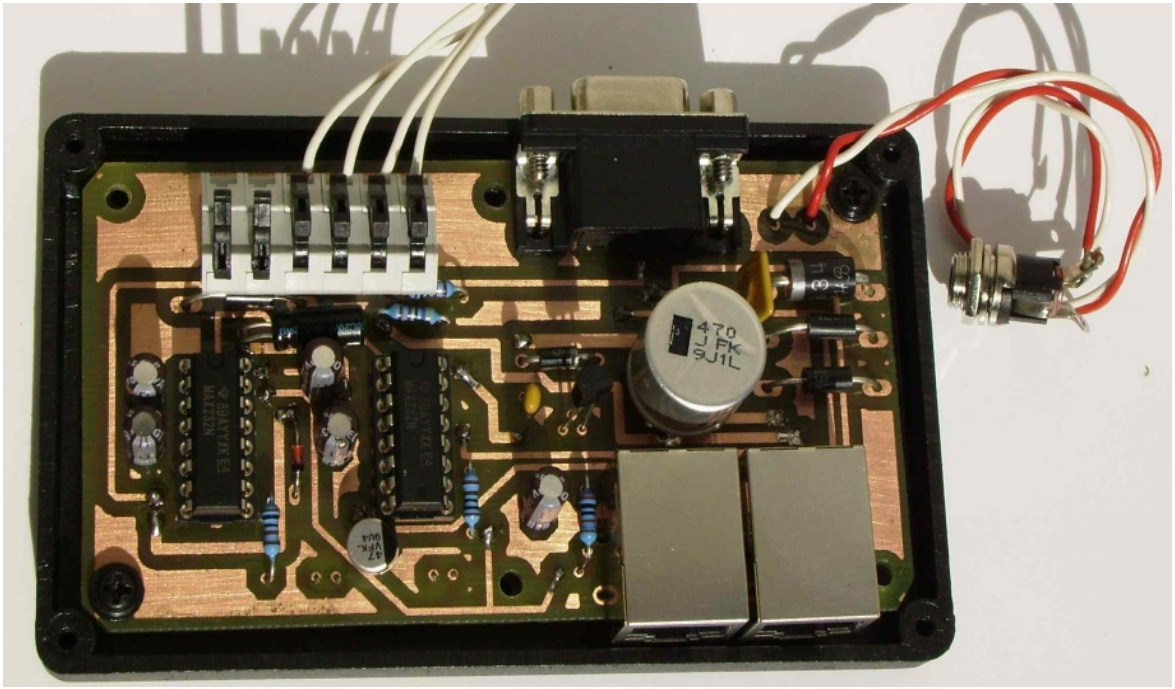


Der Hardwareaufwand beschränkt sich also auf wenige Bauteile, ein OPV ist auch nicht mehr erforderlich. Der Temperatur-Messbereich mit Sensoren vom Typ KTY81-122 erstreckt sich so auf den, nur noch vom Sensor begrenzten Bereich, von ca. -55 °C bis +150 °C. Das entspricht bei einer A/D Wandlung mit 10 Bit einer Auflösung der Temperatur bis auf ca. 0,37 °C. Damit kann man leben. Die Konvertierung und Linearisierung der ermittelten Kodewerte erfolgt wie gewohnt im Programm „Hauscomp.exe“. Hinweise dazu im Abschnitt „Die Kalibrierung“.

An die analogen Messeingänge können mittels eines zwischengeschalteten Operationsverstärkers natürlich auch beliebige andere Sensoren angeschlossen werden. Weiterführende Infos im Hardware Band 2 Abschnitt 1.7.1.ff. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass der analoge Messeingang nur im Bereich 0 .. +2,5V funktioniert.

3. Der universelle Busadapter (PC – Hausbus)

Der universelle Busadapter Adapter ist die Kombination der Busankopplung, des SDA Korrekturadapters sowie der Pegelanpassung mit MAX232 aus dem älteren Hardware Band 1. Zusätzlich wurden ein Schutz vor Überspannungen, eine Signalanzeige mit LEDs sowie 2 Netzwerkbuchsen RJ45 als neuer Hausbus - Standard integriert. Die Störsignalfestigkeit konnte deutlich erhöht werden. Leitungswiderstände bis zu 50 Ohm sind kein Problem, vermutlich kann der Hausbus damit fast 500 m lang werden. Leider stand bei der Erprobung kein soo langes geeignetes Kabel zur Verfügung. Für Testzwecke bzw. kurze Entfernungen sind natürlich auch die bisherigen Schaltungen geeignet.



Der PC wird über ein Adapterkabel 9 pol. SUB-D Buchse – Stecker an den Adapter angeschlossen. Die Einspeisung der +12V erfolgt über ein externes Netzteil bzw. aus dem PC heraus mittels Hohlstecker. Die Verbindung zum Hausbus erfolgt entweder direkt über die Federkraftklemmen (J2) und/oder mittels RJ45 Netzwerkstecker (J3, J4). Der Aufbau gestaltet sich einfach:

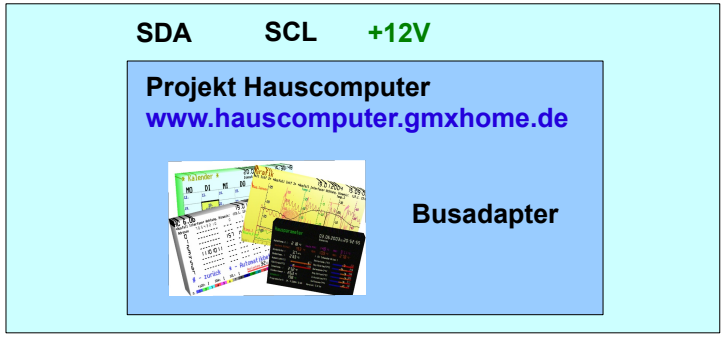
Es werden alle Bauelemente bestückt und die Durchkontaktierungen mit Drahtstückchen verlötet. Die MAX232 sollten gesockelt werden, damit sie nach extremen Überspannungen (z.B. Blitzschlag) leichter gewechselt werden können. Die drei LEDs werden von der Leiterseite bestückt – um später durch den Gehäusedeckel gesteckt zu werden. Als Gehäuse dient ein Standard Wandgehäuse 120 x 70 mit Befestigungswinkeln von REICHELT. Die Buchse für die 12V Stromversorgung wird im Gehäuse befestigt und über Kabel mit der Leiterplatte verbunden. Zur Befestigung der Leiterplatte kommen kurze Blechschrauben aus der PC Technik zum Einsatz. Vor der Inbetriebnahme sollte mit der Lupe alles nochmal auf Kurzschlüsse überprüft werden.

Dann 12V anschließen und überprüfen, dass die grüne LED leuchtet und D6 nicht heiß wird. Das könnte passieren, wenn das Netzteil deutlich über +12V liefert. Danach wird die Schaltung über ein 9 poliges SUB-D Kabel Buchse/Stecker (z. B. AK 230 von REICHELT) mit dem PC verbunden. Nach Programmstart der „Hauscomp.exe“ und richtiger Konfiguration der *hardware.ini* (siehe Programmhandbuch) müssen LED 1 und 2 flackern. Der Busstatus, sowie angeschlossene Hardware sollten dann auf der Seite „Hardwarestatus“ korrekt angezeigt werden.



Fertig aufgebauter Busadapter

Der Scriptbefehl „SDAKorrektur=on“ kann zusätzlich in der *hardware.ini* angegeben werden, ist aber von der Funktion her nicht mehr relevant, da die SDA – Signalkorrektur nun unabhängig von PC Signalen ist. Lediglich beim „Hardwarestatus“ erfolgt eine entsprechende Anzeige.



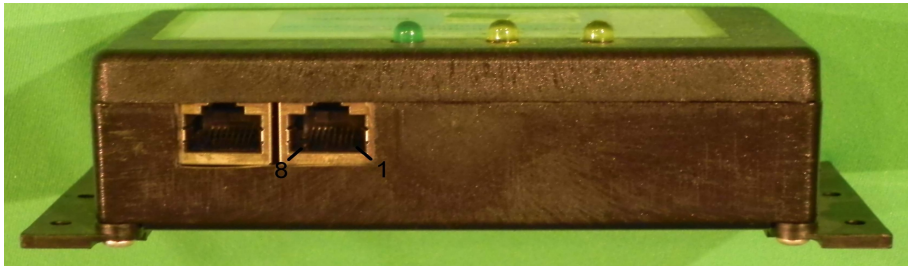
Vorschlag für eine Beschriftung des Busadapters

3.1. Schnittstellendefinition Hausbus an RJ45 (Netzwerktechnik)

a) Schnittstelle mit Netzwerkkabel

Neben der bisherigen Bus – Adaption mit Hutkragensteckern mit Lötstiften bzw. Schraubklemmen im 5,08 mm Raster werden als zusätzlicher Standard auch normal übliche Netzwerkbuchsen/Stecker RJ45 mit folgender Belegung festgelegt:

Pin Belegung des RJ45-Steckers/Buchse	*Signalbezeichnung*	*Beschreibung*	*Maximale elektrische Parameter*	*Elektrische Parameter bei Normalbetrieb (ca.)*
S	***HC_Schirm***	***Kabel - Abschirmung***	***k.A.***	***k.A.***
1	***HC_+12V***	***Zentrale Busversorgung***	***+11,5 V .. +14,5V / 0,5 A***	***+11,8 V .. +13,5 V / 0,1 A***
2	***n.b., ab Abschnitt 9.: HC_GND***	***Masseleitung***		
3	***HC_+12V***	***Zentrale Busversorgung***	***+11,5 V .. +14,5V / 0,5 A***	***+11,8 V .. +13,5 V / 0,1 A***
4	***GND***	***Masseleitung***		
5	***HC_SCL***	***Taktleitung Quelle: Master***	***-15,0 .. +15,0 V***	***-0,6 V .. +5,3 V***
6	***GND***	***Masseleitung***		
7	***HC_SDA***	***Datenleitung, unidirektional***	***-15,0 .. +15,0 V***	***-0,6 V .. +5,3 V***
8	***GND***	***Masseleitung***		



Ergänzende Festlegungen/ Hinweise:

- Die beiden +12V Leitungen sowie die drei Masseleitungen sind jeweils in den Interfaces miteinander zu verbinden.
- Die Abschirmung ist nur in einem Interface mit HC_GND zu verbinden (im Busadapter bereits realisiert)
- Es dürfen nur Patchkabel, niemals aber Cross-Over-Kabel verwendet werden (Vertauschen der Signalleitungen führt zum Kurzschluss!)
- Hubs bzw. Switche funktionieren nicht mit dem Hausbus

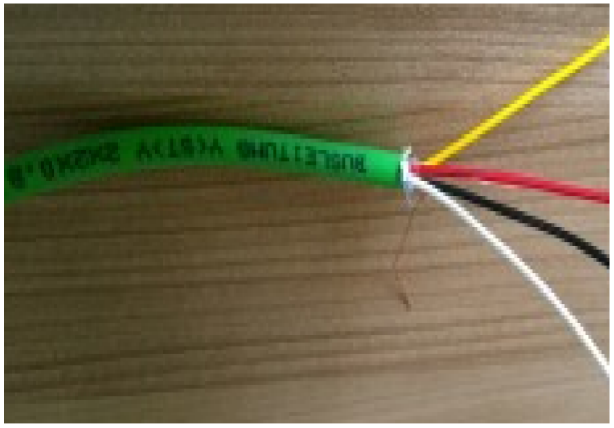
- Für die Einspeisung von +12V über externe Netzteile sollten entweder Schraubklemmen RM 5,0 mm oder Hohlstecker/Buchsen 5,5/2,1 mm eingesetzt werden.
- Vorrangig sollte grünes Netzwerkkabel eingesetzt werden

b) Schnittstelle mit KNX/EIB Buskabel

Hier kommt die übliche 4-Draht Schnittstelle zum Einsatz mit geschirmten Kabel. Ideal für dieses Projekt ist das grüne KNX/EIB-Buskabel, es hat 4 Adern je 0,8 mm Cu plus Schirmung, was für die Anbindung aktiver Sensoren (max. 1 A Stromversorgung) ausreichend ist. Zudem ist das Kabel mittlerweile sehr preiswert zu haben.



Im Gegensatz zu KNX, wo nur 2 Leitungen belegt sind (sw und rt) werden beim Hausbus alle Adern genutzt. Schwarz/rot dienen der Stromversorgung/Masse und gelb/weiß sind die Datenleitungen:



B_SCL

B_+12V

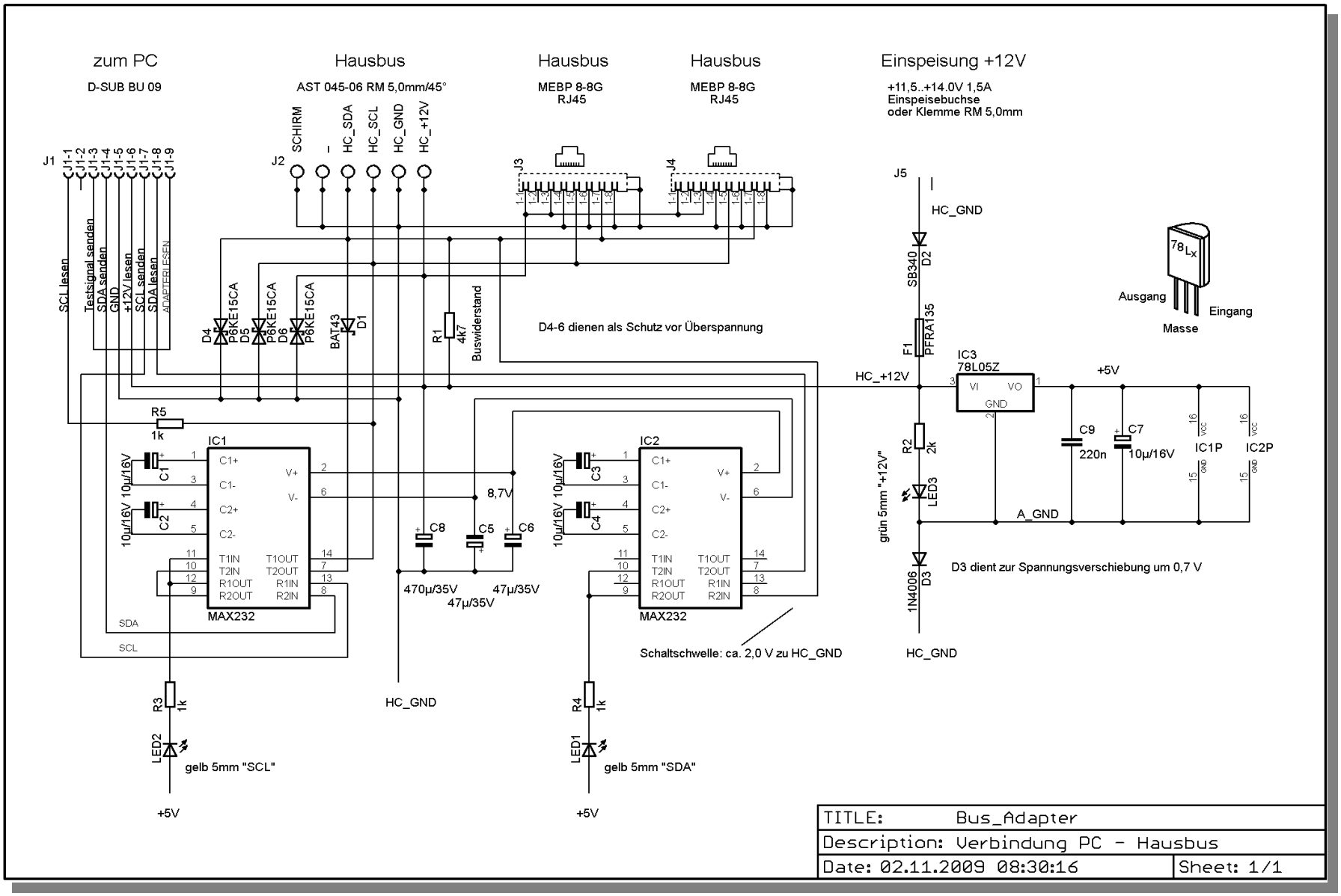
B_GND

B_SDA

Hinweis zur Kabel-Verlegung:

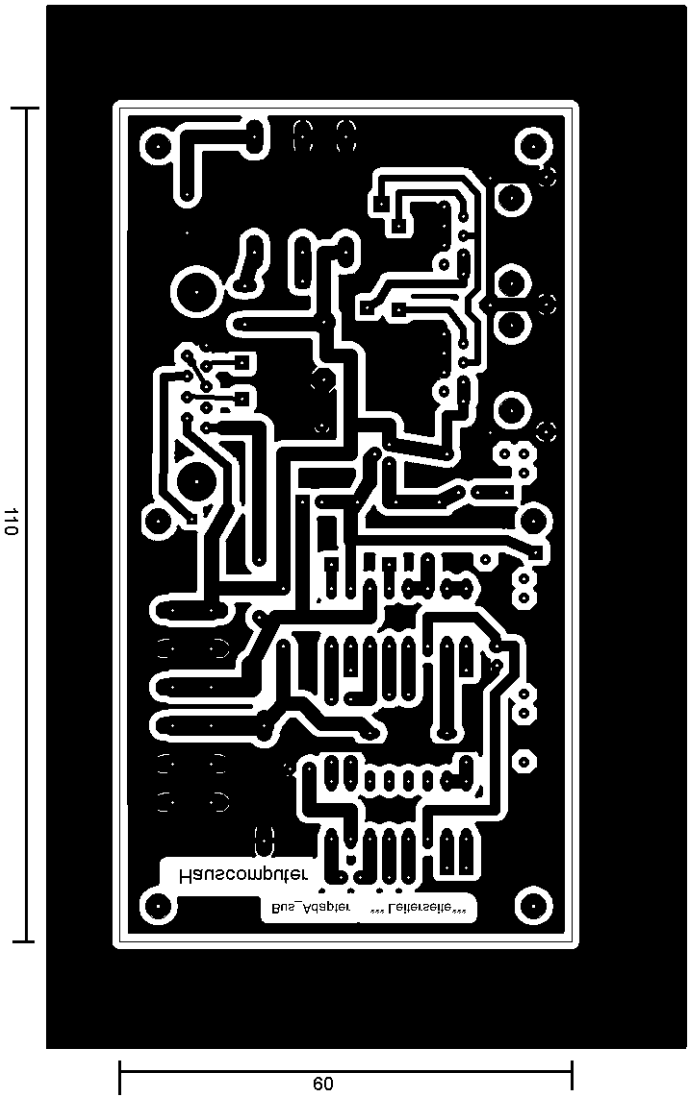
Beim Anschluss geschirmter Leitungen muss der (vom System nicht genutzte) Schirm unbedingt so an Masse gelegt werden, dass er einerseits Massepotenzial besitzt, aber anderseits über ihn kein Strom zu den Busteilnehmern fließt. Nur dann kann er die Abstrahlung höherfrequenter Signale aus dem Kabelinnern und Störeinstrahlungen von außen effizient verhindern. In der Praxis wird der Schirm daher vom Busadapter bis zum letzten Busknoten jeweils miteinander verbunden und lediglich im Busadapter an HC_GND angeschlossen. Beim Busteilnehmer (am Ende der jeweiligen Stichleitung) wird die Schirmung entsprechend „abgeknipst“.

3.2. Die Schaltung

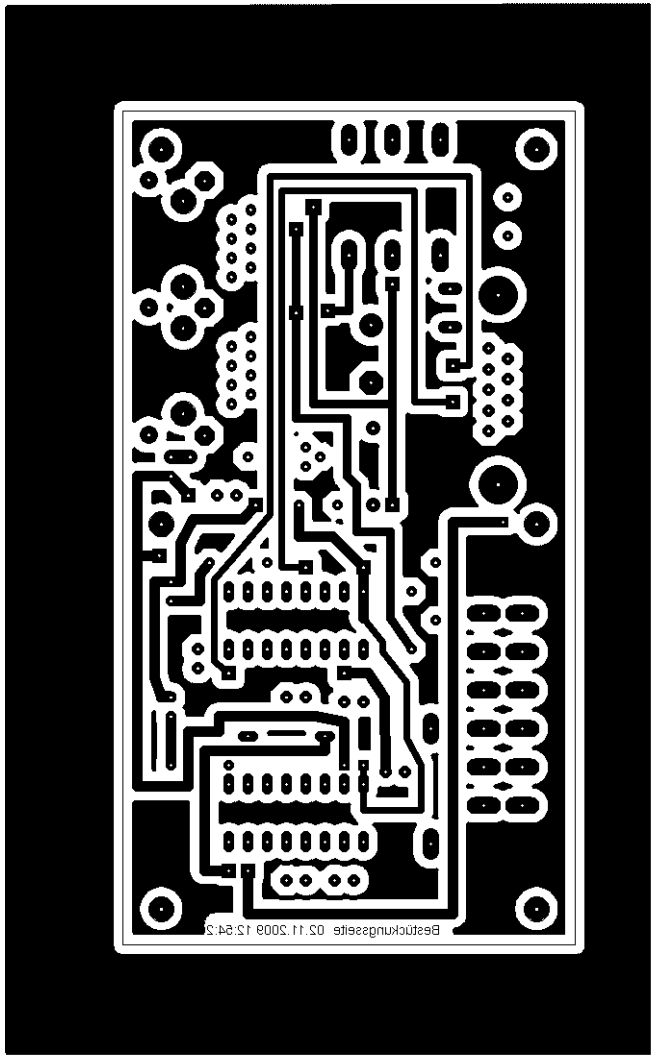


3.3. Das Layout des Busadapters

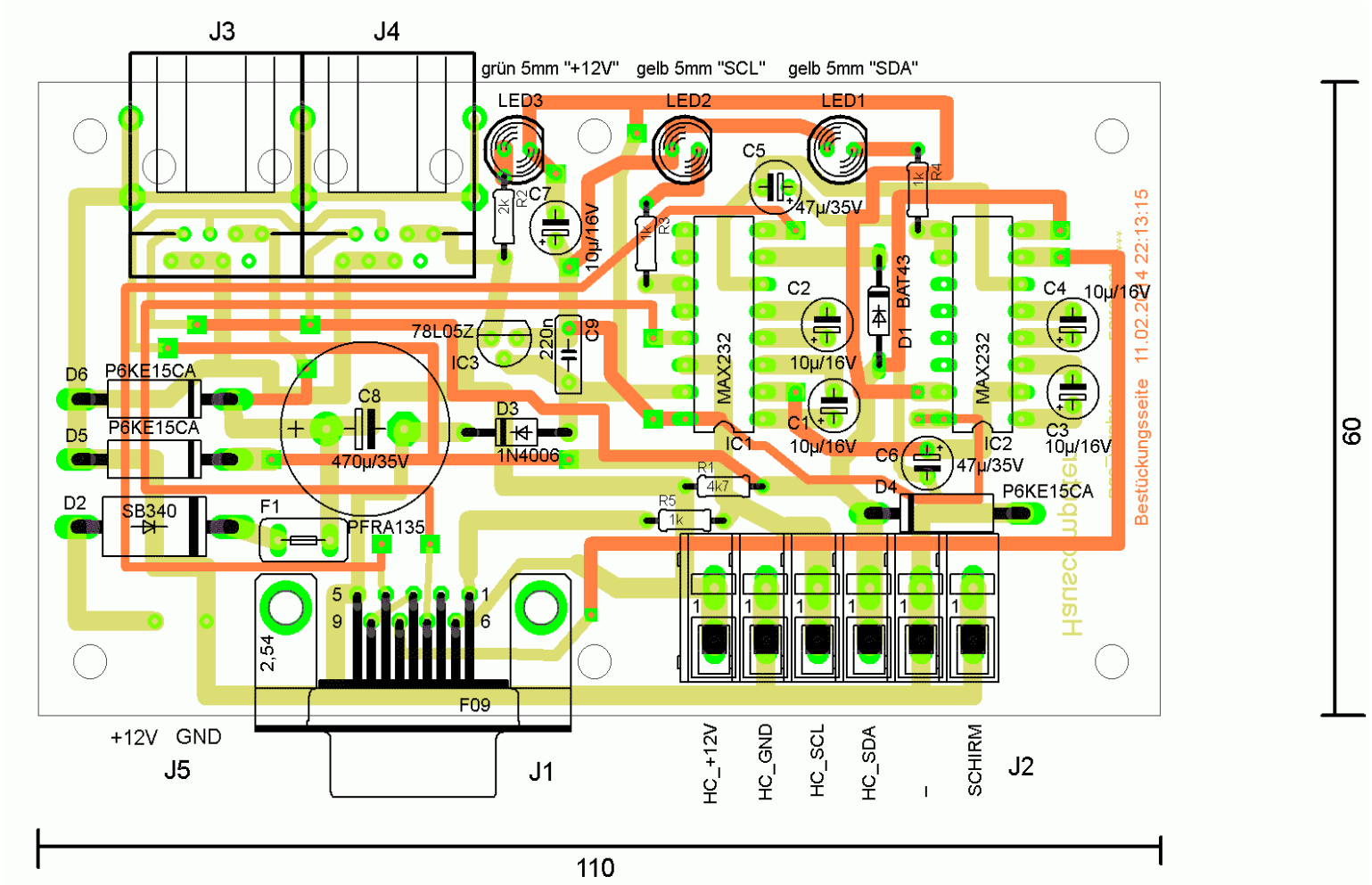
Leiterseite:



Bestückungsseite:



3.4. Der Bestückungsplan



3.5. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT

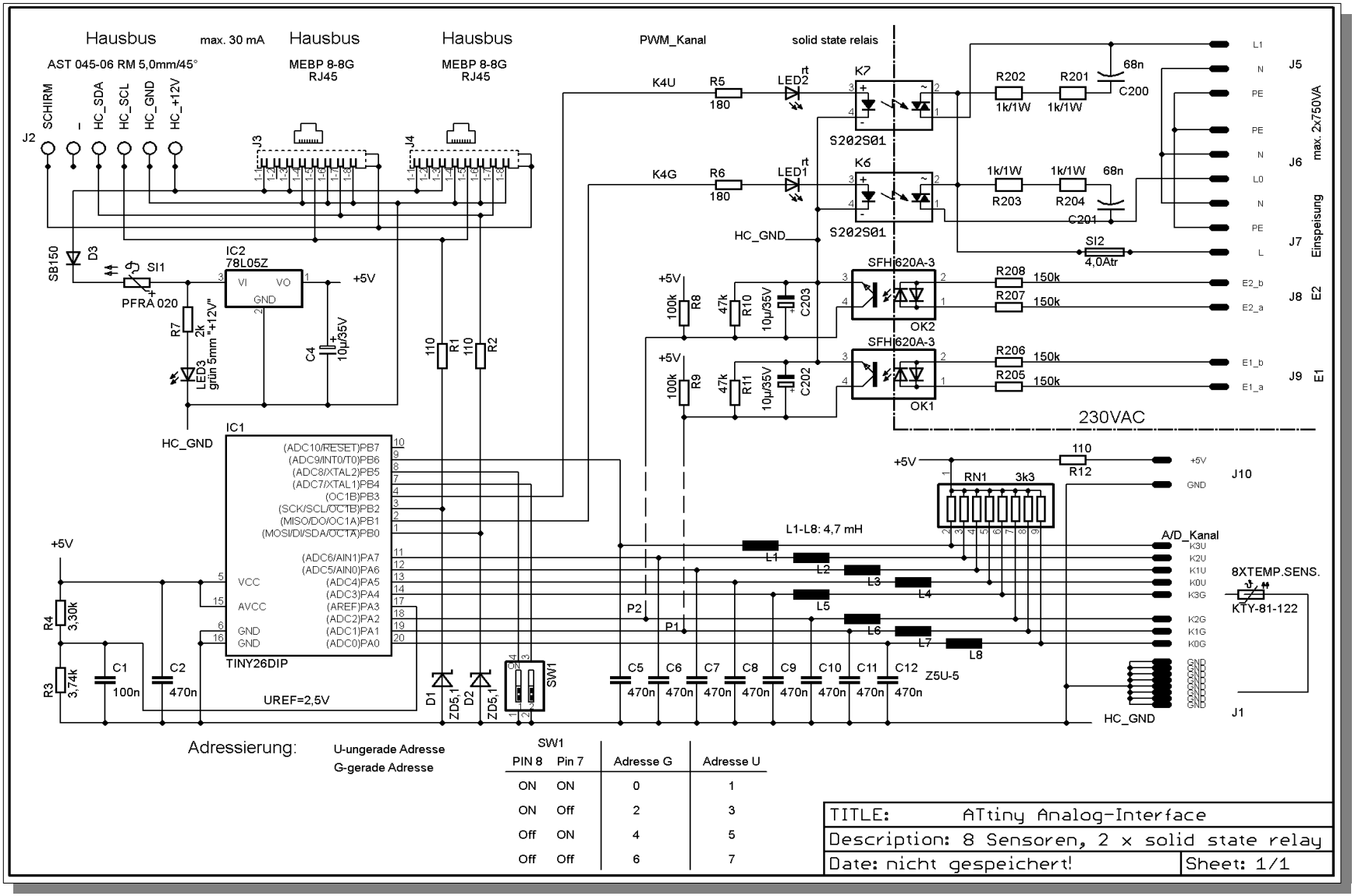
Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Sept. 2009)	Gesamt
C1..C4,C7	10 µF / 16V	5	RAD FC 10/50	0,10 €	0,50 €
C5, C6	47 µF / 35 V	2	RAD FC 47/50	0,11 €	0,22 €
C8	470 µF / 35 V	1	RAD FC 470/35	0,37 €	0,37 €
C9	220 nF	1	Z5U-2,5 220N	0,07 €	0,07 €
D1	BAT43	1	BAT43	0,10 €	0,10 €
D2	SB340	1	SB340	0,17 €	0,17 €
D3	1N4006	1	1N4006	0,02 €	0,02 €
D4..D6	P6KE15CA	3	P6KE 15CA	0,14 €	0,42 €
F1	Polymer PTC 2,7A	1	PFRA135	0,30 €	0,30 €
J1	D-SUB	1	D-SUB BU 09 EU	0,22 €	0,22 €
J2	Federkraftklemme	1	AST 045-06	1,20 €	1,20 €
J3, J4	RJ45	2	MEBP 8-8G	0,55 €	1,10 €
J5	Buchse 5,5/2,1 mm	1	HEBL 21	0,22 €	0,22 €
-	Stecker 5,5/2,1 mm	1	HS 21-9	0,19 €	0,19 €
IC1, IC2	MAX 232	2	MAX 232 CPE	0,41 €	0,82 €
IC3	µA78L05	1	MA 78L05	0,12 €	0,12 €
LED1	LED gelb 5 mm	2	SLH 56 GE	0,07 €	0,14 €
LED1	LED grün 5 mm	1	SLH 56 GN	0,06 €	0,06 €
R1	4k7	1	Metall 4,7k	0,08 €	0,08 €
R2	2k	1	Metall 2,0k	0,08 €	0,08 €
R3..R5	1k	3	Metall 1,0k	0,08 €	0,24 €
Gehäuse	120x70x35	1	GEH KSW 35	2,95 €	2,95 €
Leiterplatte	110x60 zweiseitig	1			0
IC Sockel	16 pol.	2	GS 16P	0,20 €	0,40 €
	Gesamt:				9,99 €

4. Das analoge Universalinterface (auch die Eier-legende-Woll-Milch-Sau!)

4.1. Technische Daten

I²C Bus Interface	*2x RJ45,1x 6pol. RM 5,0*
Einstellbare mögliche Adressen	*4 möglich Adresspaare: 0/1, 2/3, 4/5, 6/7*
Belegte Adressen	*2 aufeinander folgende analoge Adressen*
Analoge Messkanäle	*8*
Besonderheiten Anschluss	*incl. integrierter Pull- Up Widerstände: Temperatur Sensoren deshalb direkt anschließbar*
Spannungs – Messbereich	*0 .. +2,5 V*
Auflösung	*1024 Stufen a 2,44 mV*
Temperaturmessung mit KTY81-122	*-55 .. +150 °C Auflösung 0,35 °C (Rn = 3,3k)* *-55 .. +90 °C Auflösung 0,27 °C (2 Sensoren in Reihe)*
Temperaturmessung mit PT1000	*-55 .. +250 °C Auflösung 0,8 °C*
Frequenzmessung (Kanal 3U, alternativ zur analogen Messung)	*0 .. 3,2 kHz, Auflösung 0,1 Hz*
PWM Kanäle	*2*
Zykluszeit	*0,8 s (Standard-Firmware: I²C_A2.4.hex)* *0,2s (Firmware: I²C_A2.4_0.2s.hex* *0,1s (Firmware: I²C_A2.4_0.1s.hex)*
Auflösung	*191 Stufen*
Abschaltung bei Bus-/Softwareausfall	*Abschaltung/Setzen auf festgelegte PWM nach ca. 2 min (42s ab Firmware I²C_A2.4)*
Max. Last (230 V AC)	*2 x 350 VA; 3,0 A gesamt; nicht für Leuchtstoff-/Energiesparlampen geeignet!*
Max. Überspannung	*600 V*
Zusätzliche Funktionen	*Störsichere Datenübertragung (Prüfsummen)*
	Ein/Aus Betrieb der PWM Kanäle möglich
Stromversorgung	*+12V/ max. 30 mA*
Energiebedarf (ohne 230 V)	*max. 0,36 W*

4.2. Die Schaltung



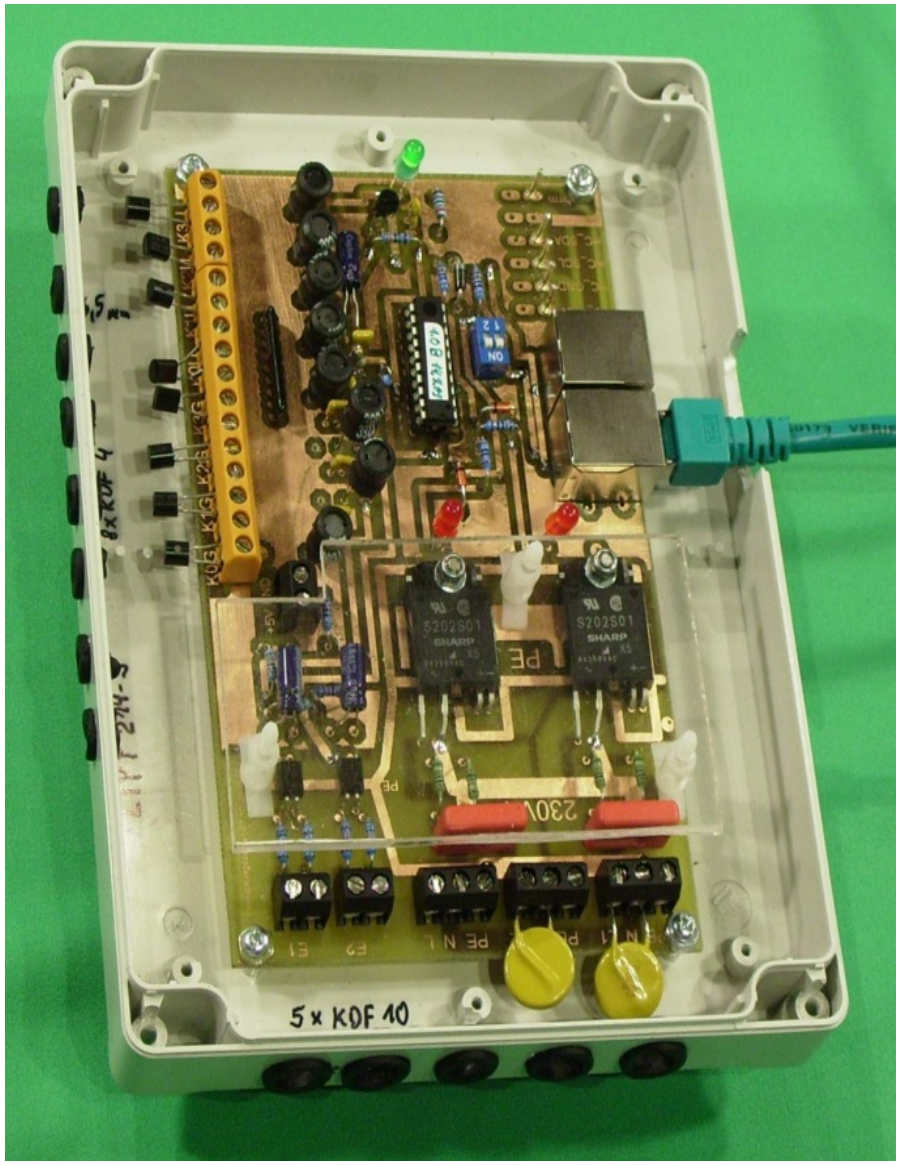
4.3. Funktionsweise

Dieses Interface stellt die Weiterentwicklung des 8-Kanal-Sensor-Interface mit PWM aus Hardware Band 1 dar. Es ist nun unabhängig vom 230V Schaltinterface und bietet eine höhere Auflösung der A/D Wandler, sodass in der Praxis selbst das 4-Kanal-Präzisionsinterface ersetzt werden kann. Das Funktionsprinzip ist ähnlich, allerdings werden Programm intern andere Treiber verwendet. Der Controller ATtiny26 benötigt die Firmware „I²C_Ax.hex“ aus dem Verzeichnis CD\Programme\ATtiny26\Analoges Universalinterface\.

Es gibt ATtiny26 mit verschiedenen maximalen Taktfrequenzen. In diesem Projekt ist das völlig belanglos, da der Controller nur mit den internen 1 Mhz betrieben wird. Der Controller belegt 2 aufeinander folgende, analoge Adressen, daher die Unterscheidung bei den Kanälen in U (ungerade), sowie G (gerade). Werden nur die geraden oder nur die ungeraden Kanäle für den ATtiny26 in der *hauscomp.ini* definiert, so können die jeweils anderen durch PCF8591 ICs in herkömmlicher Weise belegt werden. Damit ist eine Mischbestückung von Interfaces am Hausbus möglich.

Zusätzlich zu den bisherigen analogen Interfaces wurden zwei 230 V Eingangskanäle mit in die Schaltung aufgenommen, die alternativ zu den Sensoren bestückt werden können. Sie liefern letztlich ein EIN/AUS Signal. Die Abfragefrequenz dieser Kanäle ist, wie auch bei den Sensoren abhängig vom Scriptbefehl „Anzahl_PCF8591=..“ und beträgt längstens ca. 12 s. Der Kanal K3U kann, bei entsprechender Einstellung in der *hauscomp.ini* auch in der Betriebsart Frequenzmessung betrieben werden. Damit lassen sich unkompliziert Impulse von Hall – Gebern, wie z. B. dem im Hardware Band 1 vorgestellten Windsensor verarbeiten.

Die beiden möglichen D/A Kanäle sind softwaremäßig im ATtiny bereits fertig als PWM Kanäle mit 0,8 s Intervallzeit eingestellt (Alternativ gibt es noch Firmware mit 0,2s und 0,1s – benötigt im Abschnitt 2.8 Hardware Band 2). Sie sind aber auch in der Betriebsart Ein/Aus verwendbar. Eine interne Watchdog schaltet die Kanäle bei Ausfall des PCs bzw. des Hausbusses zuverlässig spätestens nach 2 min ab (42s ab Firmware A2.4).



Prototyp analoges Interface - noch ohne Sicherung für 230 V

4.4. Hinweise zum Aufbau

4.4.1. Elektrische Sicherheit

Achtung! Dieses Interface wird mit Netzspannung betrieben. Aufbau und Inbetriebnahme darf nur durch entsprechend ausgebildete Fachkräfte erfolgen. Die einschlägigen Vorschriften sind dabei zu beachten! Die elektrische Sicherheit dieser Schaltung beinhaltet u. a. folgende Auflagen:

- Die Abstände zwischen Netzspannung führenden Leitungen/Bauteilen und Niederspannung beträgt mehr als 7 mm.
- Es gibt Optokoppler vom Typ SFH620 die bereits die Norm VDE 0805 erfüllen (SFH620A-3-X006). Der Unterschied liegt in einem um 2,55 mm größeren Pin- Abstand. Die zum Einsatz kommenden „normalen“ SFH620 können aber entsprechend aufgebogen und damit ebenfalls verwendet werden.
- Alle netzspannungsseitig verwendeten Bauteile sind VDE zugelassen (außer Solid- State- Relais und mit Einschränkung die Optokoppler) und werden beim Bestücken in der Leiterplatte durch Aufbiegen der Anschlüsse unverlierbar (vor dem Löten) festgeklemmt.
- Die Anschlüsse der Solid- State- Relais S202S01 und die Optokoppler SFH 620 werden in besonderer Weise lt. Bestückungsplan gebogen, die Relais werden mit einer 2 mm dicken Unterlegscheibe o. ä. zwischen Leiterplatte und Relais angeschraubt.
- Die Sicherung Si2 darf auf keinen Fall mit einem größeren Wert als angegeben bestückt werden.
- Als Widerstände R201 – R208 werden 1 W Metalloxidwiderstände mit einer max. Dauerspannung von 350 V verbaut.
- Über dem 230 V Schaltungsteil wird mit den angegebenen Abstandshaltern eine stabile spannungsfeste Kunststoffplatte o.ä. als Berührungsschutz befestigt.
- Auf dem Gehäuse wird ein Gefahrenhinweis angebracht (z. B. W74403 von REICHELT)

4.4.2. Optionale Bestückungen

- Vor dem Bestücken der Platine sollte geklärt sein, ob die beiden 230 V Eingänge benötigt werden. L6 und L7 können dann wahlweise diese Eingänge oder die entsprechenden Sensoreingänge aktivieren. Werden auch die Solid- State- Relais nicht benötigt, kann man das gesamte Leistungsteil abtrennen. Auch die Art der Temperatursensoren kann mit Rn variiert werden (siehe Abschnitt 4.7.1a/b)
- Bei Verwendung des Kanals K3U als Frequenzzähler mit Frequenzen über 500 Hz sollte C5 durch 10 nF ersetzt werden. Beim Anschluss eines Windsensors ist das nicht notwendig.
- Bei Einsatz des ATtiny261 anstelle von Attiny 26 sind zwei Schottky Dioden BAT48 parallel zu D1 und D2 (gleiche Polung) zu löten.
- Die Bestückung von J2 ist variabel, je nach lokaler Auslegung des Hausbusses. L1-L8 können auch durch Drahtbrücken ersetzt werden.
- Als Netzwerkbuchsen (J3, J4) kann auch der Typ MEB 8-8 (mit ca. 7 cm Kabel) angelötet werden. Siehe auch unter Gehäuseausführung IP65.
- Wird ein reiner A/D Wandlereingang ohne Pull-Up Widerstand zum Beispiel für eigene Sensoren benötigt, so steht der Kanal K0G unter Trennung der Leiterbahn von L8 zu RN1 zur Verfügung. Die entsprechende zusätzliche Schaltung kann dann auch per Huckepack auf der Platine befestigt

werden.

- Zur Vermeidung induktiver Spannungsspitzen sollte parallel zur 230 V Last ein Varistor geschaltet werden.
- Zur Verbesserung der elektrischen Stabilität sollte am Eingang von IC2 ein Kondensator 47µF/35V (oder besser) gegen Masse geschaltet werden.

4.4.3. Kombination mit anderen Interfaces am Hausbus – Möglichkeiten

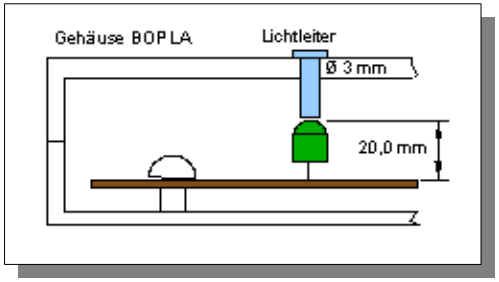
Analoges Universalinterface	*in Kombination mit*	*Besonderheiten*
Alle Funktionen können genutzt werden (Standardanwendung)	anderen analogen Universalinterfaces oder mit 8-Kanal-Interface	Max. 4 derartige Interface sind gleichzeitig am Bus möglich (4 verschiedene Doppeladressen mit DIP-Schalter einstellbar)
Nur gerade oder nur ungerade Sensor- Kanäle werden verwendet (andere Eingänge sind offen)	analoger Erweiterung	Es wird jeweils eine Adresse belegt, 8 Adressen sind möglich, entsprechend frei kombinierbar. D/A Ausgang bzw. PWM Ausgang nicht über Kreuz möglich; Frequenzmessung nicht möglich
Alle Funktionen, außer Frequenzmessung können genutzt werden. Es werden aber nicht alle 8 Kanäle verwendet (nicht verwendete Eingänge bleiben offen).	anderen analogen Universalinterfaces gleicher Adresse (!)	Mischbestückung der Sensoren möglich, kein Kanal darf aber zweimal verwendet werden. Z.B. Am Interface „A“ wird Kanal G0, G3, U3, am Interface „B“ G1, G2 sowie am Interface „C“ U0, U1, U2 verwendet. Die zwei möglichen PWM Ausgänge laufen an allen drei Interfaces synchron mit.

4.4.4. Gehäuseausführung IP 30 oder IP65?

Die Palette konkreter Anwendungen reicht vom Experimentalaufbau auf dem Schreibtisch bis zur professionellen Haussteuerung unter extremen Klimabedingungen. Wird das Interface in trockenen Räumen verwendet, so ist die Schutzart IP30 (Schutz gegen Berührung oder Fremdkörper >2,5 mm; kein Schutz gegen Wasser) sicherlich ausreichend. Das Gehäuse kann also offene Durchbrüche bis 2,5 mm aufweisen. Problematisch ist lediglich der Anschluss für die Netzwerkkabel – hier sollten, bedingt durch die notwendige große Gehäuseöffnung, die Kabeldurchführungen mit geeigneten Mitteln abgedichtet werden. Für die restlichen Kabel sind Bohrungen mit Kabeldurchführungen vorzusehen. Die angegebenen Kabeldurchführungen vom Typ KDF (einfache Gummiringe) sind zwar billig, sie sind aber auch wegen der Wandstärke des Gehäuses etwas schwierig einzusetzen und bieten keine Zugentlastung. Der Typ MBF(K) ist deshalb vorzuziehen.

Wird das Interface dagegen im Außenbereich betrieben, sollte ebenfalls ein ausreichender Schutz gegen Wasser/ Feuchtigkeit gegeben sein. Das empfohlene Gehäuse von BOPLA erreicht die Schutzart 65 (Staubdicht, Schutz gegen Strahlwasser aus beliebigem Winkel). Um diese Schutzart für das gesamte Interface beizubehalten sind folgende Dinge notwendig:

- Alle Kabel (auch der Hausbus!) müssen mit passenden Kabelverschraubungen durch das Gehäuse geführt werden (z.B. MBF 12 oder MBFK 12 REICHELT entspricht PG 7). Damit sind Kabeldurchmesser bis 7 mm möglich. Ein bisschen handwerkliches Geschick ist allerdings notwendig, da die Gehäusewand nur 19 mm hoch, die notwendigen Bohrungen dagegen 12,4 mm im Durchmesser sind. Die Gegenmuttern (MGM 12) sind an einer Seite somit entsprechend abzufeilen/ -schleifen. Für normales 230 V Installationskabel (NYM J 3x 1,5 mm²) sind hingegen MGM 16 mit einer Bohrung von 16 mm Durchmesser im Gehäuse notwendig. In diesem Falle muss ein größeres Gehäuse (z.B. BOPLA ET-223 mit 75 mm Gehäusehöhe) verwendet werden.
- Die Netzwerkbuchsen können auch abgesetzt von der Leiterplatte am Gehäuse angeklebt werden (REICHELT: MEB 8-8). Man erspart sich die problematische Kabeldurchführung für Netzwerkkabel. Dafür ist jedoch etwas handwerkliches Geschick vonnöten.
- LEDs im Deckel müssen mindestens IP65 tauglich sein oder ein entsprechender Lichtleiter (z. B. MEN 1282.1000) wird mit einem geeigneten Kleber (Kunstharz, UHU sofortfest/ endfest) in den Deckel eingesetzt. Sogenannte „Snap-In“ Montage bietet keinen Wasserschutz!
- Die umlaufende Dichtung im Gehäuse darf nicht beschädigt sein oder gar fehlen. Der Deckel ist fest anzuschrauben.
- Im Gehäuse dürfen keine unverschlossenen Öffnungen sein, die Befestigungsschrauben der Leiterplatte dürfen sich nicht durch die Rückwand bohren.



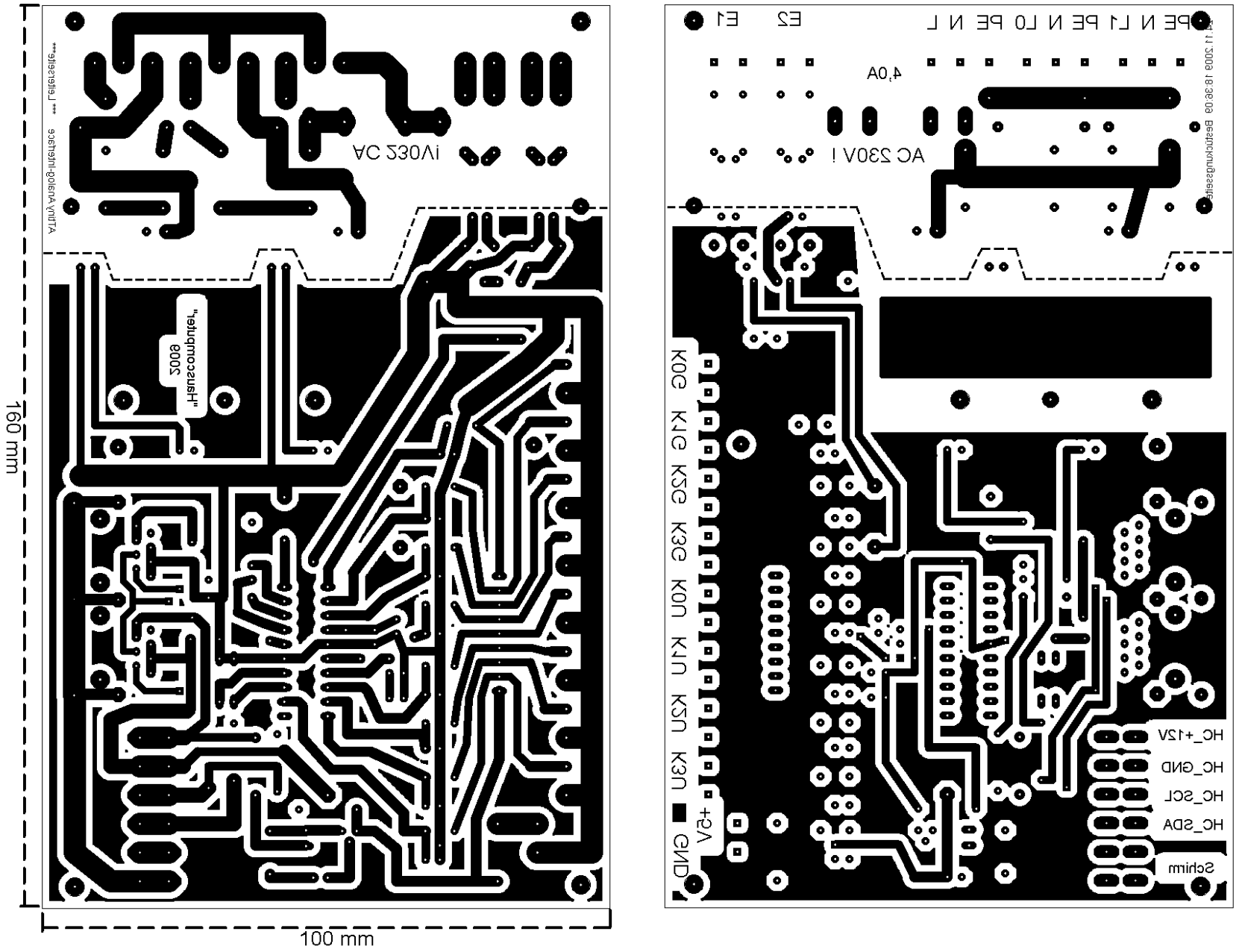
4.4.5. Inbetriebnahme des Interfaces

Die Inbetriebnahme ist einfach: Nachdem alle Bauelemente bestückt wurden und der programmierte ATtiny26 eingesetzt wurde, werden an allen Sensor - Eingängen entweder Messwiderstände oder Temperatursensoren angeschlossen. Zunächst werden beide DIP Schalter (SW1) in Stellung ON gestellt. Dann wird der Hausbus angeschlossen (z. B. über ein Patchkabel mit dem Hausbusadapter verbinden). Die grüne LED sollte leuchten. Danach wird das Testprogramm mit der *hardware.ini* und *hauscomp.ini* aus dem Verzeichnis \Beispiel_6.8\ gestartet. Nun sollten sich alle Sensoren mit gültigen Werten melden und auf dem Board die beiden roten LED blinken. Vor dem Anschluss von 230 V ist eine Sichtkontrolle des Leistungsteils unabdingbar. Danach können die Leistungs Ein- und Ausgänge je nach Bedarf angeschlossen und mit der Software getestet werden. Eine Besonderheit gibt es auf der Seite „I²C-Bus Analyse“: ein Interface zeigt dort je nach Stellung der beiden DIP Schalter nur die Adresse 0 – 3 an.

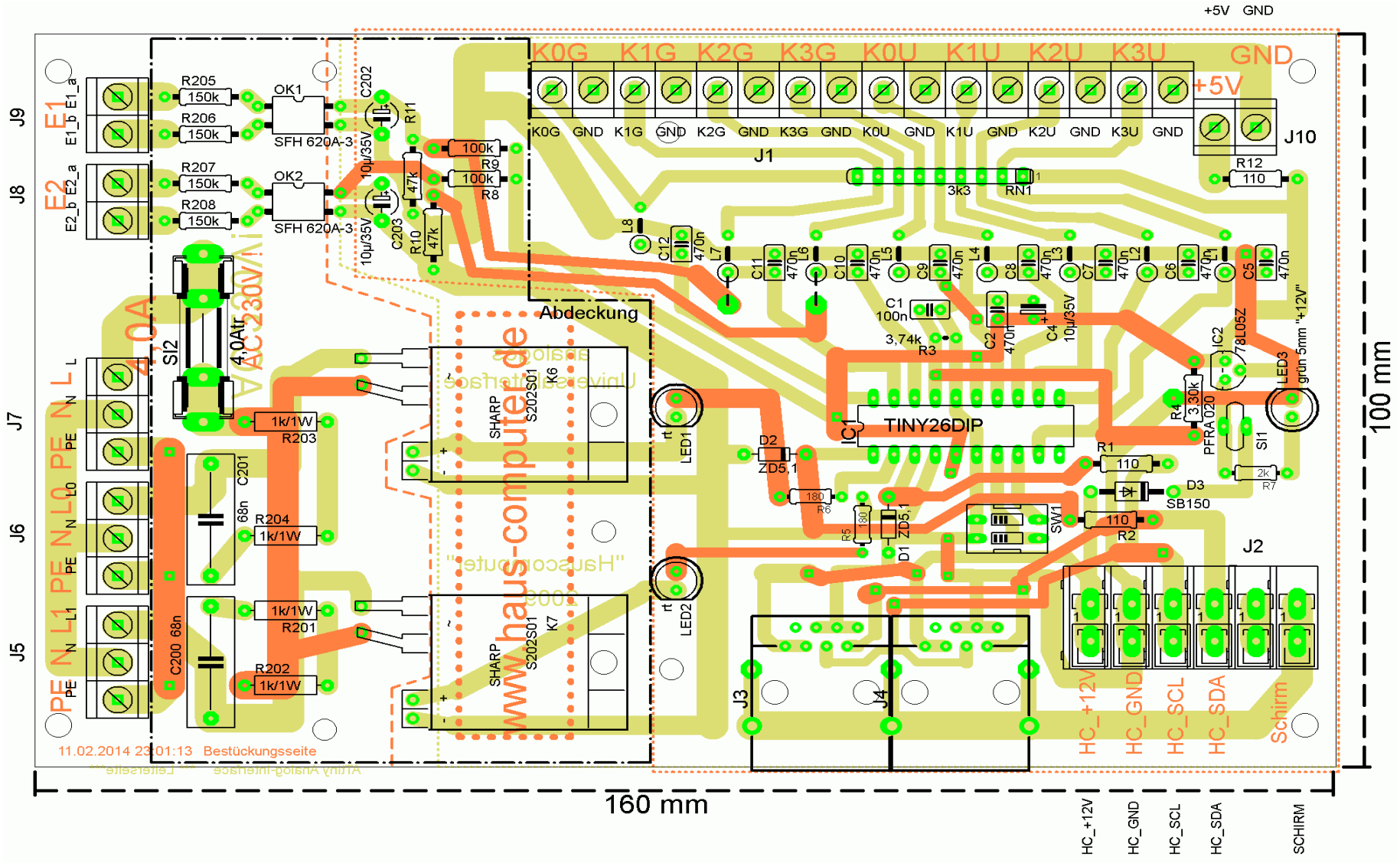
Sollten die 230 V Ausgänge trotz leuchtender roter LED nicht schalten, so ist der Steuerstrom zu überprüfen: bei leuchtender LED muss über R5 bzw. R6 eine Spannung von mindestens 1,35 V messbar sein (=7,5 mA). Im Musteraufbau habe ich 1,58 V (=8,7 mA) ermittelt, was sehr gut mit dem Datenblatt des S202S01 übereinstimmt, wo 8 mA gefordert werden.

Sollten während des Betriebes Probleme auftauchen, bzw. die Software des ATtinys sich „aufhängen“ (was hoffentlich nie geschehen wird), so muss man den Netzwerkstecker ziehen, bzw. die 12 V Bus Versorgung abschalten und wieder zuschalten. Einen extra Reset- Taster halte ich für überflüssig.

4.5. Das Layout des analogen Interfaces (nächste Seite)


160 mm
100 mm
"Hausconputer"
2009
AC 230V !
4,0A
E1 E2 PE N L0 PE N L1
K01 K02 K03 K04 K05 K06 K07 K08
GND
+5V
Schirm
HC_SDA
HC_SCL
HC_GND
HC_+12V

4.6. Der Bestückungsplan



4.7. Hinweise zur Nutzung, Kalibrierung

Bei diesem Interface wird mit einer analogen Auflösung von 2,54 V/1024 Stufen (10Bit) = 2,4 mV je Kode am A/D Wandler gearbeitet. Je nach Genauigkeit und Aufwand gibt es drei Möglichkeiten der Kalibrierung:

4.7.1a. Die Standardkalibrierung der Temperatursensoren (RN=3,3k)

Der einfachste Weg ist, ohne Messungen einfach eine Standard Kalibrierung für jeden der 8 Sensoren nach folgendem Schema zu verwenden:

1.PT1000 (-55..+250°C) Auflösung: ca. 0,8 °C Genauigkeit: ca. +/- 5 °C

```
SensorAt26=PT1000-x      °C  Adr Kan  60  +0.0   475   +77.65  576  +130.48  639
```

2.KTY81-122 (-55..+150°C) Auflösung: ca. 0,35 °C Genauigkeit: ca. +/- 2,5 °C

```
SensorAt26=KTY81-x       °C  Adr Kan  60  -0.8   407   +36.0   512  +108.6   721
```

Beispiel für einen Sensor KTY81 an Adresse 3, Kanal 0 :

```
SensorAt26=Innentemp.    °C  3 0  60  -0.8   407   +36.0   512  +108.6   722
```

4.7.1b. Die Standardkalibrierung der Temperatursensoren (RN=4,7k)

Der einfachste Weg ist, ohne Messungen einfach eine Standard Kalibrierung für jeden der 8 Sensoren nach folgendem Schema zu verwenden:

1.KTY10-6 bzw. KTY81-210 (-55..+150°C) Auflösung: ca. 0,3 °C Genauigkeit: ca. +/- 2,5 °C

```
SensorAt26=KTY10-x       °C  Adr Kan  60  -47.0   386   +11.0   563  +82.0   794
```

2.KTY81-122 (-22[1)]..+150°C) Auflösung: ca. 0,5 °C Genauigkeit: ca. +/- 3,5 °C

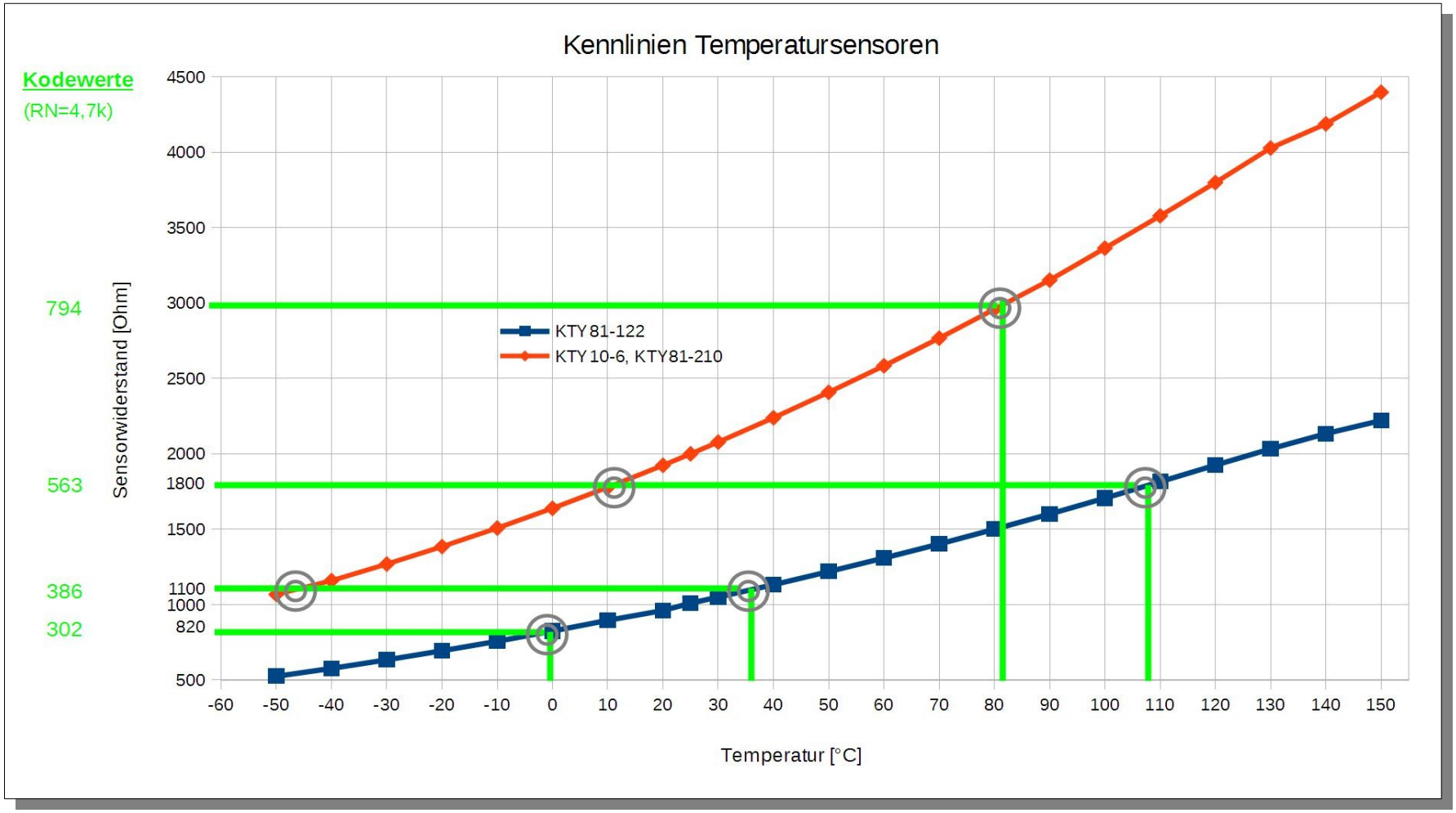
```
SensorAt26=KTY81-x       °C  Adr Kan  60  -0.8   302   +36.0   385  +108.6   563
```

Beispiel für einen Sensor KTY10 an Adresse 3, Kanal 0 :

```
SensorAt26=Innentemp.    °C  3 0  60  -47.0   386   +11.0   563  +82.0   794
```

4.7.2. Kalibrierung mit Messwiderständen

Bei dieser Methode werden anstelle der realen Temperatursensoren nacheinander 3 verschiedene Messwiderstände angeschlossen. Damit wird die Hardware praktisch gemäß der standardisierten Sensorkennlinien eingemessen. Zur Veranschaulichung habe ich das Ganze mal in einer Grafik für die beiden KTY Temperatursensoren und der alternativen Bestückung mit Rn=4,7k dargestellt:



Die blaue und rote Kennlinie sind die genormte Temperatur/Widerstandskennlinie für KTY Sensoren. Je nach Typ kann der tatsächliche Widerstandswert dabei etwas von der Norm abweichen (beim KTY81-122 bzw. KTY81-210 betragen die Abweichungen lediglich +1 %). Der Widerstand des Sensors ergibt zusammen mit Rn einen Spannungswert, der vom A/D Wandler des ATtinys in einen Kodewert umgewandelt wird. Im Programm *hauscomp.exe* kann man sich diesen Kodewert auf der Seite „/Funktionen/ADWandler..“ anzeigen lassen. Beim Kalibrieren (genauer gesagt: beim „Skalieren“) wird ein bekannter Bezugswiderstand an Stelle des realen Temperatursensors angeschlossen um die notwendigen Wertepaare (Temperatur und Kodewert) zu ermitteln. Es sind dabei drei „Stützstellen“ in ausreichendem Abstand notwendig, da es sich um nicht lineare Kurven handelt. Wird später der reale Temperatursensor angeschlossen, so wird die Temperatur nur noch mit dem (Herstellungs-) Fehler des Sensors gemessen. Eine aufwendige Messung mit Vergleichsthermometer ist nicht notwendig, wenn man mit diesem Fehler leben kann.

Zur Sicherheit aber bitte einmal nachmessen: Die Referenzspannung Uref (am Pin 17), die für die analog-digital Wandlung entscheidend ist, sollte in etwa stimmen – 2,55V. Abweichungen (±0,15V) können sich ergeben aus unterschiedlichen internen Widerständen des ATtinys, sie gehen als Fehlerfaktor bei der Standardkalibrierung direkt in die Messung mit ein. Bei der Kalibrierung über Messwiderstände wird eine Abweichung der Referenzspannung automatisch berücksichtigt. Als Messwiderstände werden 820 Ohm, 1,00 k, 1,10 k, 1,30 k, 1,80 k und 3.00 k mit einer Genauigkeit von 0,1 % (0,16 € bei REICHELT) verwendet. Das Wertepaar ergibt sich dann aus den angezeigten Kodewerte im Programm Hauscomputer (/Funktionen/ADWandler..) zusammen mit der zugehörigen Temperatur entsprechend der beiden folgenden Tabellen. Die optimalen 3 Temperaturen für die Stützstellenkalibrierung sind in den Tabellen farblich hervorgehoben:

RN=3,30k (normale Bestückung, Sensoren: PT1000 oder KTY81-122):

angeschlossener Widerstand	***zugehörige Temperatur (PT 1000)***	***zugehörige Temperatur (KTY81-122)***	***Spannung am A/D Wandler Eingang***	***ungefährer erwarteter Kodewert***
0			0 V	0
680		-22,0 °C	0,87 V	351
820	-45,67 °C	-0,8 °C	0,99 V	407
1,0 k	0°C	+23,0 °C	1,16 V	475
1,1 k	+25,67 °C	+36,0 °C	1,25 V	512
1,3 k	+77,56 °C	+59,1 °C	1,41 V	576
1,5 k	+130,48 °C	+80,0 °C	1,56 V	639
1,8 k	+211,28 °C	+108,6 °C	1,76 V	721
2,0 k	+266,2 °C	+127,0 °C	1,88 V	771
3,3 k			2,50 V	1023
offen			5,00 V	---

RN=4,70k (alternative Bestückung, Sensoren: KTY 10/ KTY81-210 oder KTY81-122):

angeschlossener Widerstand	***zugehörige Temperatur (KTY10-6/ KTY81-210)***	***zugehörige Temperatur (KTY81-122)***	***Spannung am A/D Wandler Eingang***	***ungefährer erwarteter Kodewert***
0			0 V	0
680		-22,0 °C [1)]	0,64 [1)]	257
820		-0,8 °C	0,75 V	302
1,0 k	-57,5 °C	+23,0 °C	0,89 V	357
1,1 k	-47,0 °C	+36,0 °C	0,96 V	386
1,3 k	-27,9 °C	+59,1 °C	1,09 V	440
1,5 k	-10,9 °C	+80,0 °C	1,22 V	492
1,8 k	+11,0 °C	+108,6 °C	1,40 V	563
2,0 k	+25,0 °C	+127,0 °C	1,51 V	608
2,7 k	+66,5°C		1,84 V	742
3,0 k	+82,0 °C		1,97 V	794
3,9 k	+124,5 °C		2,29 V	922
4,7 k			2,50 V	1023
offen			5,00 V	---

1) Der Sensorwiderstand darf am Eingang K0G nicht geringer als 650 Ohm bzw. 0,6 V am Sensoreingang werden, da sonst bereits die Watchdog auslöst (ab Firmware A2.4)

Die Wertepaare aus Temperatur und Kodewert werden anschließend in die entsprechende Zeile der *hauscomp.ini* nach dem Muster im vorangegangenen Abschnitt eingesetzt.

4.7.3. Kalibrierung mit Vergleichsthermometer

Siehe Hardware Band 1 Abschnitt 10.6.3.

4.7.4. Kalibrierung der PWM Ausgänge

Bei korrektem Aufbau der Schaltung ist kein Abgleich notwendig. Der Funktionsbereich der PWM Kanäle beginnt softwarebedingt bei 0 Kodewerten (= dauernd AUS) und endet bei 191 Kodewerten (= dauernd EIN). Bei Zwischenwerten taktet der Ausgang entsprechend in einem Zeitintervall von ca. 0,8 s (0,2s/0,1s je nach Firmware). Mit folgender Zeile wird einer Leistung von 0 % bzw. 100 % einem D/A Kodewert von 0 bzw. 191 zugeordnet und entsprechend das Halbleiterrelais angesteuert.

```
Analog=Pumpe_Hzg    %  Adr    30   50    0   0 100 191 100 191   /Adresse
Analog=Pumpe_FBH    %  Adr+1  30   50    0   0 100 191 100 191   /Adresse +1
```

Als „Adr“ bzw. „Adr+1“ ist die relative Bus-Adresse des Attinys einzusetzen (0-7). Die zweite Null in der Scriptzeile bezeichnet den physikalischen Startwert. Wird in diesem Beispiel „50“ angegeben, was also 50 % bedeuten würde, so schaltet der PWM Kanal mit einem Taktverhältnis von 50 % bei Programmstart aber auch bei Ausfall der ansteuernden Software über den Hausbus. Ein abschließender Funktionstest sollte alle Einstellungen bestätigen.

4.7.5. Aktivierung und Kalibrierung des Frequenzmesskanals

Der analoge Messkanal K3U kann auch in der Betriebsart Frequenzmessung betrieben werden. Dabei werden Signalwechsel am Eingang (Low < 2V, High > 3 V) in einem Ringzähler gezählt (0..65535). Die *hauscomp.exe* liest diesen Zähler aller 10 s aus und berechnet daraus die entsprechende Frequenz. Dabei beträgt die maximal messbare Frequenz ca. 3,2 kHz (abhängig vom Betriebssystem). Die folgende Kalibrierung ist gültig für eine reine Frequenzmessung ohne Umrechnung in einen anderen physikalischen Wert:

```
Frequenz26=test Hz  Adr+1    30    0     0  +100  1000 +200   2000 /Frequenzzähler 0 – 5,6kHz
```

Die entsprechende Zeile „SensorAt26=“ für den Kanal K3U muss dann selbstverständlich entfallen. Der Zugriff auf die Frequenz-Messwerte erfolgt dann in Anzeigen oder in Modulen der SPS genauso wie auf normale analoge Messwerte per Adresse und Kanal.

4.7.6. Anschluss eines Windsensors an den Frequenzmesskanal

- wurde nicht weiter verfolgt zugunsten der Wetterstation [Hardware Band 5] -

4.7.7. Temperatursensor mit erhöhter Genauigkeit

Aus den analogen Messeingängen kann man mit einem Trick noch mehr herausholen. Werden anstelle eines KTY 81-122 zwei dieser billigen Sensoren in Reihe angeschlossen, verbessert sich die Empfindlichkeit zuungunsten des Temperaturbereiches. Praktisch ergibt sich folgender Bereich:

-55°C .. +90°C ± 0,27°C

Allerdings machen sich auch eventuelle Leitungs-Störungen mehr bemerkbar. Der Eingangskondensator sollte auf 1 µF (kein Elko!) vergrößert werden. Die nachstehende Kalibrierung sollte zunächst grob funktionieren, besser wäre aber eine Kalibrierung mit Vergleichsthermometer, wegen der erhöhten Auflösung.

KTY81-122 (-55..+90°C) Auflösung: ca. 0,27 °C Genauigkeit: ca. +/- 4,5 °C

```
SensorAt26=KTY81-x      °C  Adr Kan  60  -50.0   495   0.0   684  +50.0   870
```

4.7.8. Nutzung der PWM Kanäle in der Betriebsart Ein/Aus

Die beiden PWM Kanäle sind vorgesehen für die quasianaloge Steuerung von Pumpen mit einer Zykluszeit von 0,8s. Darüber hinaus ist es aber auch möglich diese beiden Kanäle zum Schalten von Lasten, also im Ein/Aus Betrieb zu verwenden. Dazu ist sicherzustellen, dass in der Scriptzeile „Analog=“ der Startwert entweder 0 (entspricht AUS) oder der maximale physikalische Wert entsprechend der Kalibrierung steht (entspricht EIN). Geschaltet wird der Kanal dann ausschließlich über die SPS, die natürlich keine analogen Zwischenwerte liefern sollte. Als steuernder SPS-Modul Typ für den entsprechenden Kanal ist deshalb ausschließlich der Typ 33 zu verwenden.

4.7.9. Aktivierung der Eingänge E1 bzw. E2

Spätestens ab Version 6.0.40 muss jeder Sensor per Script initialisiert werden, da er ansonsten nicht mehr abgefragt wird. Die 230V Eingänge liefern im Leerlauf eine Spannung von ca. +1,6V an den A/D Wandler (etwa 652 Kodewerte) und beim Anlegen von 230V an die Optokoppler etwa +0,09V (38 Kodewerte). Sinnvollerweise kann man das im Zuge der Kalibrierung in einen Prozentwert umwandeln, wobei 100 % das Vorhandensein einer 230V Eingangsspannung entspricht.

Beispiel für die Initialisierung der Eingänge per Scriptzeile:

E1 an Adresse 3, Kanal 1 :

```
SensorAt26=ÖlBrenner    %  3 1  60  0   652    100 38
```

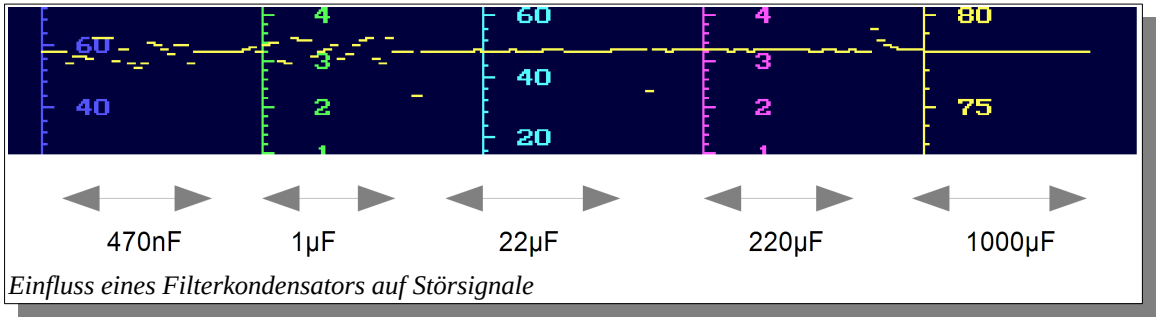
E2 an Adresse 3, Kanal 2 :

```
SensorAt26=ÖlBrenner    %  3 2  60  0   652    100 38
```

Die Auswertung der Eingangssignale in der SPS können mit dem Modultyp „3“ bzw. „-3“ mit einer Schwelle von 50% erfolgen.

4.7.10. Praktische Erfahrungen mit Temperatursensoren

Der Anschluss üblicher Widerstands-Temperatursensoren bereitet normalerweise keine Probleme, wenn die Zuleitung a) geschirmt, b) nicht allzu lang und c) nicht parallel zu störenden „Leistungsleitungen“ liegt. Extrem ungünstig ist also folgendes wahres Beispiel: In einer Anwendung wurde ein 2k Sensor über eine herkömmliche starre 230V Leitung ca. 20 m im Kabelkanal parallel zu anderen Versorgungsleitungen im Einfamilienhaus verlegt. Die daraus resultierenden Störungen ließen den Temperaturwert ständig um +/- 4 Kodeeinheiten schwanken. Die Störungen waren ausschließlich kapazitiv eingekoppelt. Das Ganze wurde im Labor simuliert: Die Leitungsphase wurde über einen Kondensator von 150pF (durchaus reale Leitungskapazität) auf den A/D Wandlereingang mit einem angeschlossenen Temperatursensor eingekoppelt. Im Folgenden wurden verschieden große Kondensatoren parallel zum Temperatursensor ausprobiert, um die Störungen möglichst klein zu halten. Das Ergebnis überraschte: erst ab ca. 22µF konnte die Messung ausreichend geglättet werden:

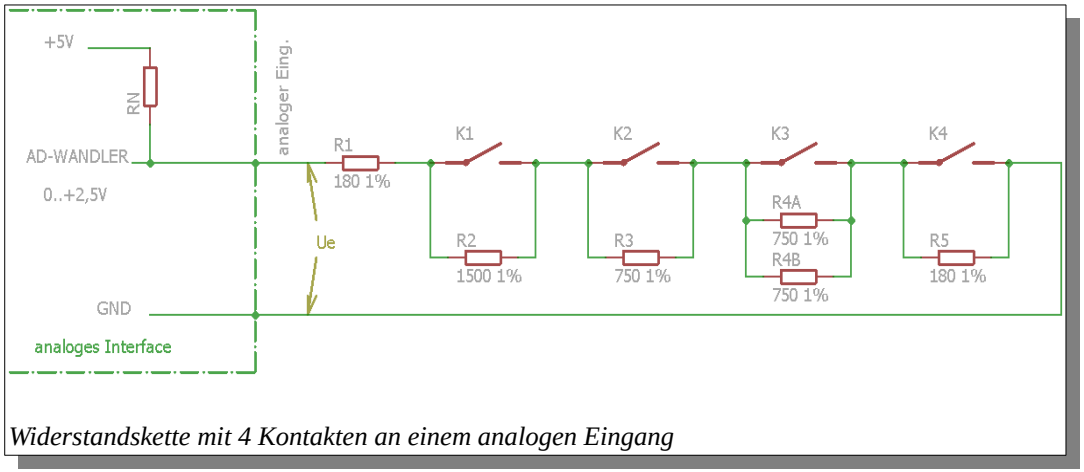


Einfluss eines Filterkondensators auf Störsignale

Offensichtlich sind es vor allem die 50Hz und ihre Oberwellen, die stören. Wenn es also zu Störungen kommen sollte, ist dem Sensor ein Kondensator von ca. 47µF im Interface parallel zu schalten. Die Induktivität in jedem Kanal zeigt in der Praxis dagegen wenig Wirkung, sie kann man aus Kostengründen auch durch eine Drahtbrücke ersetzen.

4.7.11. Mehrere Kontakte/Schalter an einem Analogkanal (ab Version 6.0.47)

An das analoge Universalinterface oder an das Interface „Mini“ kann man auch ohne Binärinterface bis zu 4 Schalter oder Kontakte anschließen und detektieren, und zwar unabhängig voneinander an jeweils einem analogen Eingang! Voraussetzung ist dafür eine besondere Schaltung mit einer Widerstandskette, bei der jeder Schalter mit einem doppelt so großen Widerstand gebrückt ist:



Widerstandskette mit 4 Kontakten an einem analogen Eingang

Mit dieser Schaltung hat man so die Möglichkeit, bis zu 4 x 8 = 32 Kontakte an einem analogen Interface (mit 8 analogen Eingängen) anzuschließen. Das ist z. B. für Fensterkontakte sinnvoll, zumal man nur 2 Leitungen bei der Installation zu den Kontakten verlegen muss. Ein Nachteil sei nicht verschwiegen: die Widerstände müssen sich in engen Toleranzen bewegen, damit das Ganze ohne Probleme funktioniert. Auch sollten die Kontakte im geschlossenen Zustand einen Widerstand < 10 Ohm aufweisen. Da jeder Kontakt einzeln und unabhängig von den anderen erkannt werden soll, muss die Schaltung zudem ziemlich linear sein, was mit folgender Initialisierung des analogen Kanals erfolgt:

a) Rn = 3,3k

```
SensorAt26 = GruppeA Bit  2     3     1     +42   106  +546  688  +991   969  /Widerstandskette an Adr. 2 Kanal 3 (3k3)
```

b) Rn = 4,7k

```
SensorAt26 = GruppeA Bit  2     3     1     +31   75   +543  534  +991   789  /Widerstandskette an Adr. 2 Kanal 3 (4k7)
```

Neben der Angabe von Adresse und Kanal werden mit der nachfolgenden „1“ die interne Sprungfilterung des Treibers abgeschaltet und die Bereichsgrenzen für die Widerstandskette im Treiber automatisch aktiviert. Die folgenden 3 Wertepaare linearisieren den Eingangsbereich und Spreizen ihn auf die notwendige spätere Bitmaskierung. Alle Werte sind an einem ATtiny26 ausgemessen, bitte auch nur so, je nach Rn übernehmen! Die maximale Toleranz der gesamten Messung mit den angegebenen Widerständen liegt bei ca. 4 % (bzw. 1/25), womit $1/2^4 = 1/16$, also maximal 4 Schalter frei detektierbar sind und noch etwas Reserve für korrodierte Kontakte bzw. den Leitungswiderstand bleibt.

Der linearisierte Wert wird in der SPS an einem Modul abgebildet (in diesem Beispiel wird der SPS-Bereich ab 400 verwendet)

```
z=400   78 Gruppe1   2     3     0          /linearisierten Analogwert von Adresse 2 Kanal 3 verwenden
```

Anschließend werden aus diesem Wert alle 4 Schalter per Bitmaskierung herausgefiltert. Der Zustand des entsprechenden SPS-Moduls ist dann „ein“, wenn der entsprechende Schalter geöffnet ist:

```
z=401   13   K1 8     400   7     0          /Detektierung K1
z=402   13   K2 8     400   6     0          /Detektierung K2
z=403   13   K3 8     400   5     0          /Detektierung K3
z=404   13   K4 8     400   4     0          /Detektierung K4
```

Möchte man umgekehrt eine Signalisation, also SPS-Modul „ein“, wenn der Schalter geschlossen ist, so schreibt man ein „-“ vor die entsprechende Bitposition – also z.B. „-6“ für K2.

Wenn alles sorgfältig aufgebaut wurde, so sollten sich die Werte entsprechend folgender Tabelle einstellen:

Schalter	Ue [V] Rn=3k3	Ue [V] Rn=4k7	AD-Wandler Rn=3k3 3) [Kodewert]	AD-Wandler Rn=4k7 3) [Kodewert]	f (z400) idealer Wert [Bit]	f (z400) Rn=3k3 2) [Bit]	f (z400) Rn=4k7 2) [Bit]	z401	z402	z403	z404
K1-K4 offen	2,38	1,935	969 ± 6	789 ± 6	991 ± 31	991	991				
K3, K4 geschlossen	2,12	1,699	865	691 ± 6	799 ± 31	811	806	ein	ein		
Nur K2 geschlossen	2,02	1,607	824	654 ± 5	735 ± 31	745	739	ein		ein	ein
nur K1 offen 1)	1,69	1,311	688 ± 5	534 ± 5	543 ± 31	546	543	ein			
nur K2 offen 1)	1,10	0,822	448 ± 4	334 ± 4	287 ± 31	270	273		ein		
nur K3 offen 1)	0,72	0,525	294 ± 3	214 ± 3	159 ± 31	143	146			ein	
nur K4 offen 1)	0,49	0,353	200 ± 2	144 ± 2	95 ± 31	85	84				ein
K1-K4 geschlossen	0,259	0,183	106 ± 2	75 ± 2	31 ± 31	42	31	ein	ein	ein	ein

1) alle anderen Schalter sind geschlossen

2) gemäß angegebener Skalierung unter a) bzw. b);

3) stimmt genau genommen nur für $\frac{URef}{U5} = 0{,}503$ (z.B. Ub = 5,00 V, URef = 2,516 V)

Sollten in der Praxis, trotz korrektem Aufbaus, die Daten nicht ganz stimmen, so kann man die Kalibrierung (grün hintelegte Zellen in der Tabelle) entsprechend auch anpassen, bis **alle** Werte in f(z400) den idealen lt. Tabelle entsprechen. Bei präziser Anpassung ließe sich theoretisch auch noch gerade so ein 5. Schalter detektieren …

4.8. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT

Standard:

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Nov. 2009)	Gesamt
C1	100 nF	1	Z5U-2,5 100N	0,04 €	0,04 €
C2, C5..C12	470 nF	9*	Z5U-5 470N	0,19 €	1,71 €
C4, C202, C203	10 µF / 35 V	3	RAD FC 10/50	0,10 €	0,30 €
C200, C201	68 nF	2	MKP-10-630 68N	0,24 €	0,48 €
D1, D2	Zehner Diode 5,1 V	2	ZD 5,1	0,07 €	0,14 €
D3	SB150	1	SB150	0,10 €	0,10 €
J2	Federkraftklemme	1	AST 045-06	1,20 €	1,20 €
J8 - J10	AKL 094-02	3	AKL 094-02	0,40 €	1,20 €
J1	AKL 101-08	2	AKL 101-08	0,70 €	1,40 €
J5 – J7	AKL 101-03	3	AKL 101-03	0,26 €	0,78 €
J3, J4	RJ45	2	MEBP 8-8G	0,55 €	1,10 €
Si1	Polymer PTC 0,2 A	1	PFRA 020	0,32 €	0,32 €
Si2	Sicherungshalter	2	PL 120000	0,05 €	0,10 €
-	Sicherung	10	TRÄGE 4,0A	0,07 €	0,70 €
SW1	Dip Schalter	1	NT 02	0,23 €	0,23 €
IC1	TINY26 DIP	1	ATTINY 26 DIP	1,30 €	1,30 €
IC2	µA78L05	1	µA 78L05	0,15 €	0,15 €
L1 - L8	Induktivität	8*	09P 5,6M	0,28 €	2,24 €
LED1, 2	LED rot 5 mm	2	LED 5MM ST RT	0,07 €	0,14 €
LED3	LED grün 5 mm	1	LED 5MM ST GN	0,07 €	0,07 €
R1, R2, R12	110 Ohm	3	Metall 110	0,08 €	0,24 €
R3	3,74k	1	Metall 3,74k	0,08 €	0,08 €
R4	3,3k	1	Metall 3,30k	0,08 €	0,08 €
R5, R6	180 Ohm	2	Metall 180	0,08 €	0,16 €
R7	2 k	1	Metall 2k	0,08 €	0,08 €

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Nov. 2009)	Gesamt
R8, R9	100 k	2	Metall 100k	0,08 €	0,16 €
R10, R11	47 k	2	Metall 47k	0,08 €	0,16 €
R201 - R204	1 k	4	1W 1k	0,15 €	0,60 €
R205 - R208	150 k	4	1W 150k	0,15 €	0,60 €
RN1	4,7 k (3,3 k)	1	SIL 9-8 4,7k (3,3k)	0,12 €	0,12 €
Gehäuse	200x150x37	1	BOPLA ET-232	17,95 €	17,95 €
K6, K7	Solid-State-Relais	2	S202S01	3,25 €	6,50 €
OK1, OK2	Optokoppler	2	SFH 620A-3	0,45 €	0,90 €
	Distanzhalter	3	AH 12,7	0,24 €	0,72 €
Leiterplatte	160x100 zweiseitig	1	BEL 160x100-2	2,10 €	2,10 €
IC Sockel	20 pol.	1	GS 20P	0,24 €	0,24 €
	Gesamt:				44,39 €

* siehe auch Abschnitt 4.7.10.

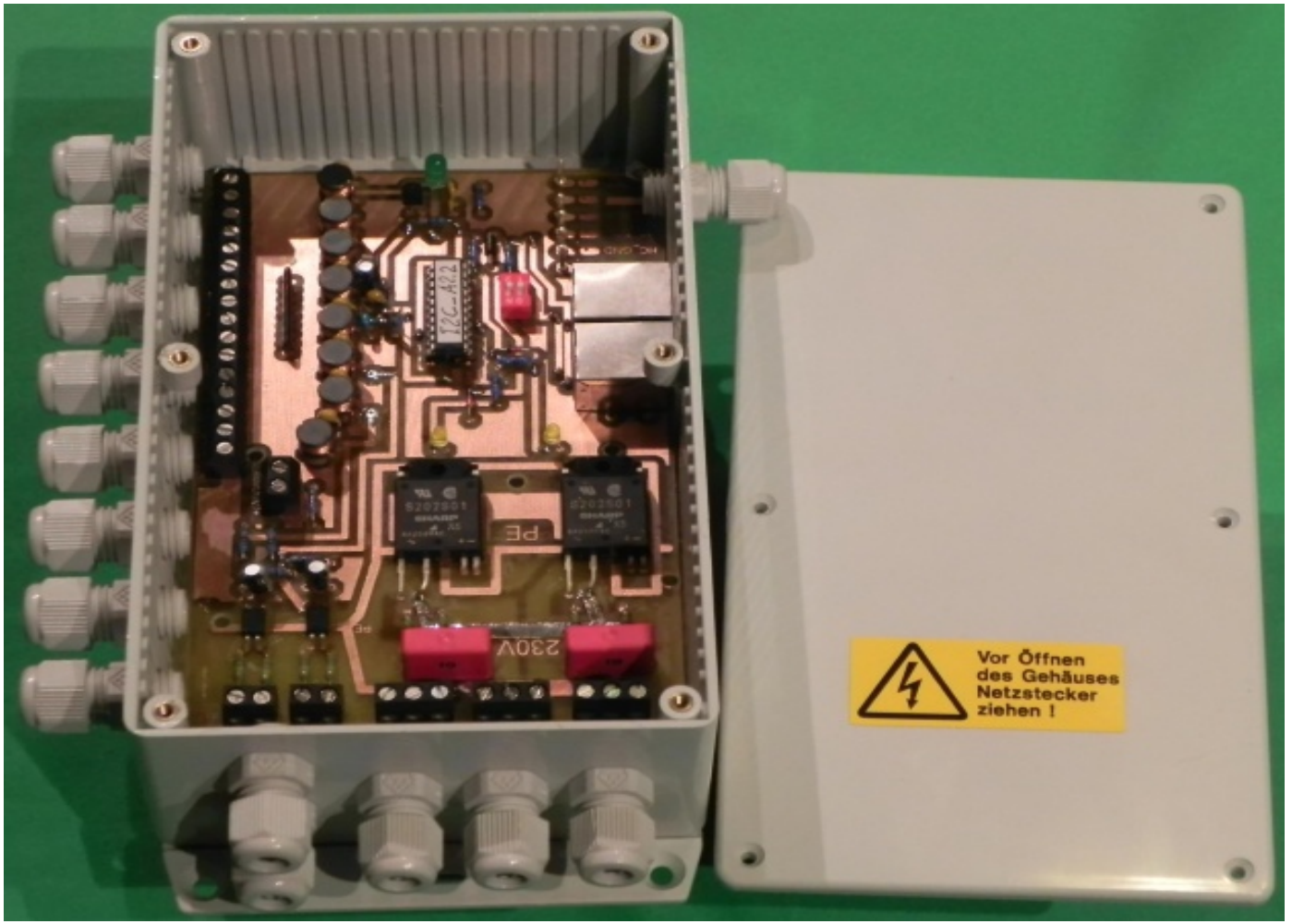
Optional (ohne Abschnitt 4.7.11):

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Sept. 2009)	Gesamt
ohne	Temp. Sensoren	8	KTY 81-122	0,62 €	4,96 €
			KTY 81-210		
ohne	Patchkabel	1	PATCHKABEL 05 GN	0,45 €	0,45 €
Gehäuse	200x150x75	1	BOPLA ET-223	20,70 €	20,70 €
ohne	Kabeldurchführung IP30 4 mm	8	KDF 4	0,08 €	0,64 €
ohne	Kabeldurchführung IP30 10 mm	5	KDF 10	0,09 €	0,45 €
ohne	Kabeldurchführung IP68 8-13mm	5	MBF 16	0,29 €	1,45 €
ohne	Kabeldurchführung IP68 3-7mm	15	MBF 12	0,24 €	3,60 €

ohne	Gegenmuttern IP68	5	MGM 16	0,08 €	0,40 €
ohne	Gegenmuttern IP68	10	MGM 12	0,07 €	0,70 €
ohne	Lichtleiter (für Gehäuse ET-232)	3	MEN 1282.2000	0,37 €	1,11 €
ohne	Lichtleiter (für Gehäuse ET-223)	3	MEN 1282.6000	0,37 €	1,11 €
ohne	Warnschild „Vor Öffnen des Gehäuses Netzstecker ziehen!“	1	W 74403	0,69 €	0,69 €
ohne	Widerstand 820 0,1%	1	MPR 820	0,41 €	0,41 €
ohne	Widerstand 1,0k 0,1%	1	MPR 1,0k	0,41 €	0,41 €
ohne	Widerstand 1,3k 0,1%	1	MPR 1,3k	0,41 €	0,41 €
ohne	Widerstand 1,1k 0,1%	1	MPR 1,1k	0,41 €	0,41 €
ohne	Widerstand 1,8k 0,1%	1	MPR 1,8k	0,41 €	0,41 €
C5	10 nF	1	Z5U-5 10N	0,03 €	0,03 €
ohne	Blechschrauben 2,9 mm 100 St.	1	SBL 29095-100	1,30 €	1,30 €
ohne	Bohrer 0,8 mm (3 St.)	1	PROXXON 28852	3,35 €	3,35 €
ohne	Kabel für Sensoren 10m	1	LIYY 214-10	1,80 €	1,80 €
ohne	Varistor	2	VDR-0,6 300 V	0,23 €	0,46 €
J3, J4	RJ45 Buchse	2	MEB 8-8	0,75 €	1,50 €
ohne	47µF/35V	1	RAD 105 47/35	0,04 €	0,04 €

4.9. Optionales Gehäuse

Rechts abgebildet ist das Interface in einem Gehäuse der Fa. Hammond Manufacturing Canada mit der Bezeichnung 1591EF2GY. Da es schmaler als das Bopla Gahäuse ist, kann man es platzsparender anbringen. Bei der Bestückung müssen aber die Klemmbuchsen für die Temperatursensoren um 180° gedreht eingelötet und später die Kabel von innen angeschraubt werden. Das Gehäuse kann über die Fa. Pbe ELECTRONIC GmbH (www.pbe-electronik.de; www.pbe-shop.de) Artikel Nr. **1591EGY** für 8,85 € plus Versand bezogen werden.



4.10. Bohrschablone/ Beschriftung

Die folgende Grafik wurde auf Zweckform Nr. 6119 (selbstklebende Etiketten A4) ausgedruckt und als Bohrschablone genutzt. Danach wurde das Beschriftungsfeld ausgeschnitten, um die fehlenden Angaben ergänzt und auf das Gehäuse geklebt. Wetterfest bekommt man die Papier- Oberfläche mit einem etwas größeren Stück durchsichtiger Selbstklebefolie (z.B. Transparent Stickers von CANSON.COM).

+12V
analoges Interface
Adressen ___
Projekt Hauscomputer
www.hauscomputer.gmxhome.de
Vor Öffnen
Des Gehäuses
Netzspannung
abschalten!

5. Das binäre Universalinterface



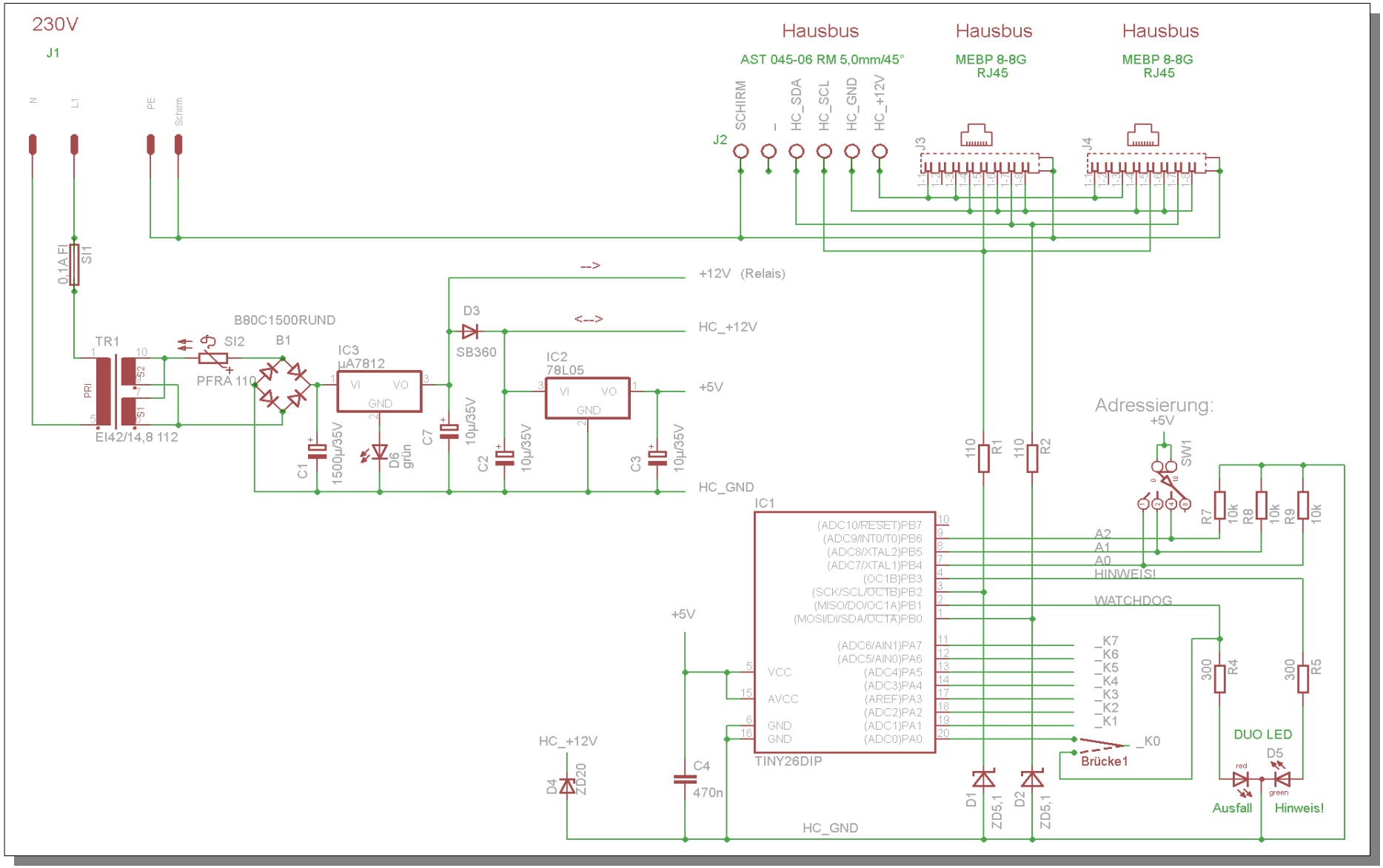
Der Prototyp des binären Universalinterfaces in einem Gehäuse der Fa. Unitec

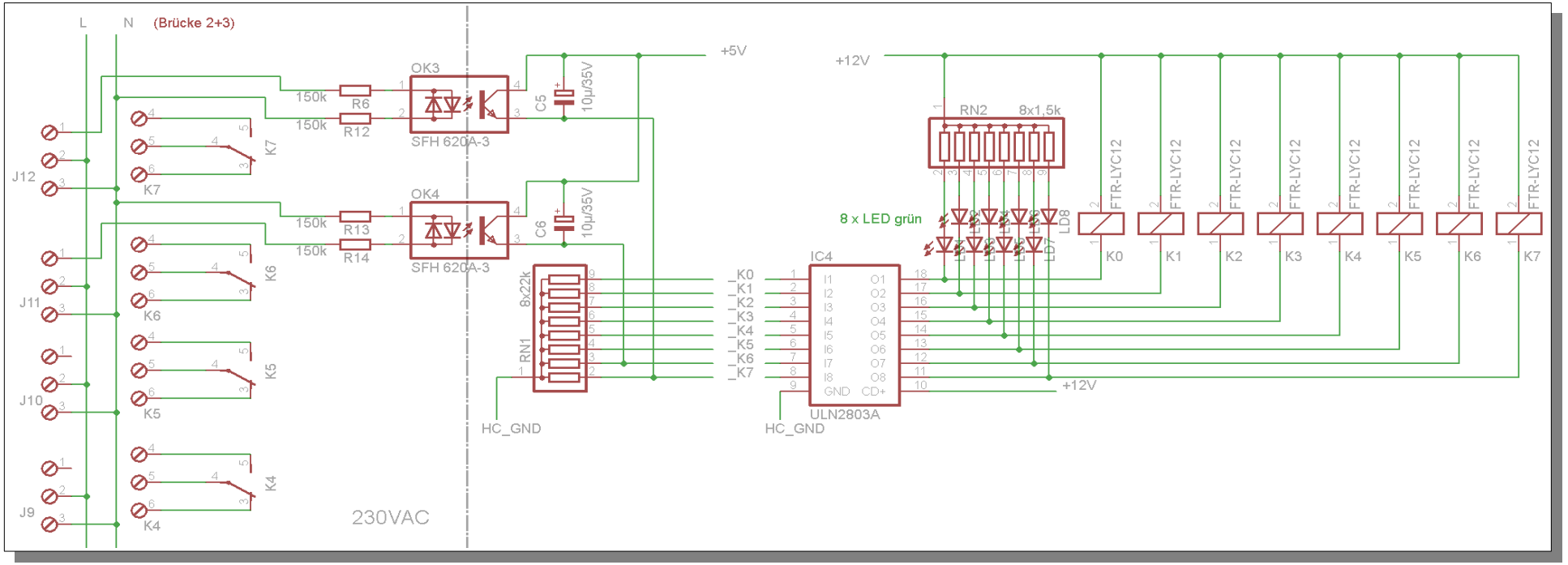
5.1. Technische Daten

I²C Bus Interface	
Einstellbare mögliche Adressen	***0..7***
Belegte Adressen	***1 binäre Adresse***
Binäre Ausgangskanäle	***8 Relais, je ein Umschalter***
Belastbarkeit Relais	***Bis zu 250 V AC, 6 A***
Belastbarkeit Leiterplatte (zwischen 230 V Einspeisung und Kontaktklemmen Relais)	***Gesamt Max. 3A ohne Zusatzmaßnahmen (Verzinnen bzw. Auflöten von Drähten)***
Binäre Eingangskanäle	***2 Optokoppler, AC geeignet***
	Messstrom: ca. 0,8 mA
Zusätzliche Funktionen	
Störsichere Datenübertragung	***durch integrierte Prüfsummen***
Abschaltung Relais bei Softwareausfall	***Auslösung nach 120 s (ab Firmware I2C_B2.4: 45 s), alle Relaiszustände ab Firmware I²C_B2.0 programmierbar***
Signalisation	***Status LED rot/grün***
Schutz vor Überspannung in der Stromversorgung	***Zehner Diode +20 V 1,3 W***
Stromversorgung/ Energiebedarf	
Eigenbedarf	***+12V maximal: 80 mA bzw. 1 VA minimal: 20 mA (alle Relais aus)***
Einspeisung in Hausbus	***+12 V max. 0,3 A möglich[1]***

[1] Bei der Einspeisung der Betriebsspannung +12V in den Hausbus wird eine Spannung von +14 V nicht überschritten. Mit zunehmender Last bricht diese Spannung zusammen (bei 0,3 A – 11,9 V), der Wechselspannungsanteil nimmt dabei zu und erreicht bei 300 mA ca. 0,33 V (100Hz). Ein binäres Interface kann damit alle 4 möglichen analogen Interface zuzüglich Busadapter mit Spannung versorgen.

5.2. Die Schaltung





5.3. Funktionsweise

Im Wesentlichen ähnelt die Schaltung des binären Universalinterfaces der des analogen. Über J2/J3/J4 wird die Verbindung des Attinys zum Hausbus hergestellt. Die Signale HC_SDL und HC_SDA sorgen für die I²C - Bus Kommunikation. Als Software ist die Firmware „I²C_B2.4“ aus dem Verzeichnis CD\Programme\ATtiny26\Binäres Universalinterface\ in den Mikrocontroller zu laden.

Neu sind die Duo LED D5 und der Wahlschalter SW1. Die Duo LED dient der Signalisation der Betriebsbereitschaft, der Wahlschalter zum Einstellen der binären Adresse des Interfaces (0..7). Adresse 0 sollte allerdings dem Control Interface aus Hardware Band 1 vorbehalten bleiben.

Betriebsarten von D5:

- Betriebsbereitschaft (grün)
- Ausfall des Hausbusses (rot)
- Signal „Hinweis!“ auf Binär-Adresse 0, Kanal 3 gesetzt (grün blinkend)

Das Netzteil, mit einem herkömmlichen Transformator ausgestattet, liefert nach einem Vorregler (IC3) ca. 13,5 V. In einer zweiten Stufe werden die üblichen

geregelten +5 V erzeugt. Der Vorregler ist notwendig, da die Leerlaufspannung des Trafos nach der Gleichrichtung knapp 20 V beträgt und damit außerhalb der Bus- Spezifikation liegt. Unter Last bricht diese Spannung natürlich zusammen und kann im normalen Betrieb auch unterhalb der geregelten 13,5 V liegen. IC3 ist also nur zur Begrenzung der Versorgungsspannung da. Die Verringerung der „+12V“ Spannung unter Last hat nebenbei einen Vorteil: werden mehrere Netzteile an einem Bus betrieben, so wird die Last gleichmäßiger auf alle Spannungsquellen aufgeteilt. Die grüne LED D6 erhöht die Ausgangsspannung des 7812 um 1,5 V und ist zugleich Anzeige für die Funktion des Netzteiles. Obwohl die Zeit längst reif für ein Schaltnetzteil ist, habe ich diese Schaltungsvariante gewählt, da sie nachbausicher und billig ist, aber vor allem keine zusätzliche Störstrahlung produziert.

Die Ausgänge der einzelnen Kanäle sind als schmale Netzrelais für 230 V ausgelegt, sie werden in positiver Logik über einen Treiberschaltkreis (IC4) angesteuert. Die Relais beinhalten einen Umschaltkontakt, der Schaltströme bis zu 6 A erlaubt. An den Kontaktklemmen sind für jeden Kanal zusätzlich die Versorgungsspannung verfügbar, damit das Interface für möglichst viele praktische Anwendungen verwendbar ist. Parallel zu den Relais gibt es für jeden Kanal eine LED als Zustandsanzeige. Die Kanäle 6 und 7 besitzen zusätzlich einen Schalt- Eingang für 230 V. Kernstück ist der bekannte AC kompatible Optokoppler SFH620. Wird an diesen Kanälen 230 V angelegt, so wird der entsprechende Pin des ATtiny26 aktiv und das Signal wird auf den Bus übertragen. Zugleich schalten die zugehörigen Signal- LEDs und Relais.

5.4. Hinweise zu Aufbau und Test des Interfaces

5.4.1. Aufbau und Inbetriebnahme

Bei der Bestückung sind zunächst die LEDs mit dem vorher zur Leiterplatte festgelegtem Abstand (Im Musteraufbau 18 mm) ein zulöten. Ein entsprechend zurecht geschnittenes Stück Karton, dass man zwischen Leiterplatte und LED Unterseite schiebt leistet dabei gute Hilfe. Die LED D6 kann ohne Abstand eingelötet werden, da sie später von außen nicht sichtbar sein muss. Sie zeigt lediglich (bis zum Einsetzen des ATtiny26) an, dass Spannung anliegt. Danach, wie gehabt, alle passiven Bauelemente bestücken und sorgfältig auf beiden Seiten der Platine festlöten. Die ICs sind zu sockeln. Vor der Inbetriebnahme die Hinweise zur elektrischen Sicherheit beachten! Nach Anschluss von 230 V leuchtet D6, es sind die Spannungen am Sockel des ATtiny26 zu überprüfen: 5V sollten stabil an Pin 5+15 anliegen. An den restlichen Pins darf keine Spannung größer +5V messbar sein! Dann Spannung aus, programmierten ATtiny26 einsetzen und einschalten – nach 0,2 s sollte die Duo LED rot aufleuchten, während alle grünen Kanal – LEDs ausbleiben. Im Anschluss erfolgt der Funktionstest am Hausbus mit dem ATtiny Testprogramm (siehe Punkt 6.8. im Programmhandbuch). Den Kodierschalter für die gewünschte Interface Adresse im Bereich 0..7 einstellen. Die Duo LED sollte nach Programmstart auf „grün“ wechseln und die Kanäle entsprechend schalten. Ist das Signal Hinweis! in der Form „Hinweis!=0 3“ in der *hauscomp.ini* programmiert und ein PCF8574 mit dem Befehl „Binär=“ auf Adresse 0 gesetzt, so blinkt die Duo LED grün, wenn das Signal Hinweis! aktiv ist (blinkendes Ausrufezeichen in der Statuszeile). Hinweis: Ab Version 6.0.36 wird auf dem genannten Kanal auch gesendet, wenn kein PCF8574 auf Adresse 0 programmiert bzw. vorhanden ist. Wird das Programm beendet, so schalten alle Kanäle nach 2 min (Watchdog) bzw. 45 s (I2C_B2.4) ab und die Duo LED wechselt wieder auf „rot“.

Das Netzteil des Interfaces liefert im Solobetrieb (nur das Interface und der Busadapter werden versorgt) eine Spannung im Bereich 12,3 – 13,6 V am Hausbus, je nachdem wie viele Relais gerade in Betrieb sind.

5.4.2. Elektrische Sicherheit

Achtung! Dieses Interface wird mit Netzspannung betrieben. Aufbau und Inbetriebnahme darf nur durch entsprechend ausgebildete Fachkräfte erfolgen. Die einschlägigen Vorschriften sind dabei zu beachten! Die elektrische Sicherheit dieser Schaltung beinhaltet u.a. folgende Komponenten:

- Abstände zwischen Netzspannung führenden Leitungen/Bauteilen und Niederspannung betragen mehr als 7 mm.
- Alle netzspannungsseitig verwendeten Bauteile sind VDE zugelassen und werden beim Bestücken in der Leiterplatte durch Aufbiegen der Anschlüsse unverlierbar (vor dem Löten) festgeklemmt.
- Auf die Leiterbahnen im Leistungsbereich (von der Einspeisung zu den Klemmen der Kanäle) wird zusätzlich Cu Draht 1,5 mm aufgelötet.
- Die Sicherung Si1 darf auf keinen Fall mit einem größeren Wert als angegeben bestückt werden.
- Als Widerstände R6, R12 – R14 werden 1 W Metalloxidwiderstände mit einer max. zulässigen Dauerspannung von 350 V verbaut.
- Auf dem Gehäuse wird ein Gefahrenhinweis angebracht (z.B. W74403 von REICHELT)
- Beim den Anschluß des Hausbusses ist sicherzustellen, dass HC_GND an zentraler Stelle galvanisch mit dem Schutzleiter verbunden ist.

5.4.3. Optionale Bestückungen

1. Mittels Brücke 1 kann Kanal 0 entweder als normaler Kanal oder als „Watchdog – Kanal“ betrieben werden. Bei letzterem schaltet das Relais K0, wenn die Duo LED „rot“ aufleuchtet, d.h. bei Ausfall des Interfaces. Damit lässt sich die Stromversorgung weiterer Baugruppen steuern oder eine leistungsstarke Warnleuchte betreiben. Kanal 0 kann dann allerdings nicht mehr über den Bus angesprochen werden.
2. Die Relais des Interfaces können auch andere Spannungen als 230V schalten (z.B. 12V oder 24V). In diesem Fall sind die Brücken 2+3 nicht zu bestücken. An J1 wird die entsprechende Spannung angeschlossen und der Trafo TR1 ist direkt mit 230 V zu verbinden (anstelle der Brücken). Die Widerstände R6, sowie R12 – R14 für die Eingänge der Optokoppler müssen dann nach folgender Formel neu dimensioniert werden:

   $R = \frac{U-2}{1{,}52}$ [kOhm], wobei U die künftige neue Schaltspannung ist.
3. Der Busanschluss J2 kann wie in allen bisherigen Interfaces nach eigenen Bedürfnissen bestückt werden.
4. Wird D3 nicht bestückt, so wird der ATtiny26 ausschließlich über den Hausbus mit Spannung versorgt, eine „Rück“ - Einspeisung des Netzteiles in den Hausbus findet nicht statt. Das ist bei Verwendung nur eines zentralen Netzteiles für den Hausbus, das zweckmäßigerweise am Busadapter angeschlossen ist, durchaus sinnvoll. Allerdings reicht das Netzteil auf der Platine auch für 4 zusätzliche analoge Interface mit ATtiny26 zzgl. Busadapter.
5. Ist in einem bestehendem Projekt bereits ein leistungsfähiges Netzteil vorhanden (das über den Hausbus ausreichend +12V verteilt) kann auch auf TR1, Si2 und B1 verzichtet werden. Anstelle von D3 ist dann eine Drahtbrücke einzusetzen.

6. Bei Einsatz von ATtiny261(A) anstelle des Attiny26 sind zwei Schottky Dioden BAT48 parallel zu D1 und D2 (gleiche Polung) zu löten. Als Firmware funktioniert nur die Version I2C_B2.4 (intern gab es relevante Registeränderungen).

5.4.4. Kombination mit anderen Interfaces am Hausbus

Binäres Universalinterface	*in Kombination mit*	*Besonderheiten*
Alle Funktionen genutzt, Adresse 1..7 (Standardanwendung)	anderen binären Universalinterfaces oder mit A+D Interface oder 230V Schaltinterface o.ä. mit PCF 8574	Max. 7 derartige Interface am Bus möglich, Signal „Hinweis!“ über ein Interface mit PCF 8574 Adresse 0 verfügbar. Damit bis zu 8 x 8 = 64 Kanäle für alle Interface insgesamt möglich.
I/O Funktion und Watchdog genutzt, Adresse 0	egal	Signal Hinweis! nicht verfügbar. Adresse 0 darf nicht gleichzeitig mit PCF 8574 belegt werden (Control Interface z.B. nicht möglich).
Nur Ausgangs – Funktionen (Relais) genutzt	anderen binären Universalinterfaces gleicher Adresse (!)	Eingänge nicht verfügbar, Mischbestückung (gleiche Adressen) mit binären Universalinterfaces ja, mit PCF 8574 auf der gleichen Adresse aber nicht möglich

5.4.5. Gehäuseausführungen

Als Gehäuse empfehle ich ein Aufputz- /Unterputzgehäuse der Fa. Unitec (40207L EV231-19204) für Elektroinstallationen. Ich fand es für 9,90 € im GLOBUS Baumarkt. Die Leiterplatte wurde mit 19 mm Polystyrol Abstandhaltern befestigt. Das Gehäuse ist groß genug, um alle Installationskabel übersichtlich im Gehäuse zu verlegen. Wegen der elektrischen Sicherheit bitte auf keinen Fall Abstandhalter aus Metall verwenden! Die Status LED sollte von außen sichtbar sein. Siehe auch Abschnitt 4.4.4.

5.4.6. Die Initialisierung in der *hauscomp.ini*

Um das Interface z.B. mit Adresse 1 in das Projekt Hauscomputer einzubinden, reicht es völlig, die folgenden Zeilen in die *hauscomp.ini* zu schreiben:

```
PCF8574P= B-Test0 meinInterface B-Test2 B-Test3 B-Test4 B-Test5 B-Test6 B-Test7
Binär26=Lampe_Außen       1 0  1   /Adresse 1, Kanal 0, Ein- und Ausgabe möglich
Binär26=Lampe2            1 1  1
Binär26=Brunnen           1 2  1
Binär26=Schaltdose1       1 3  1
Binär26=Schaltdose2       1 4  1
Binär26=Schaltdose3       1 5  1  0  1  /Dieser Kanal ist bei Ansprechen der Watchdog „ein“
Binär26=Bewegungsmelder   1 6  1
Binär26=Sirene            1 7  1
```

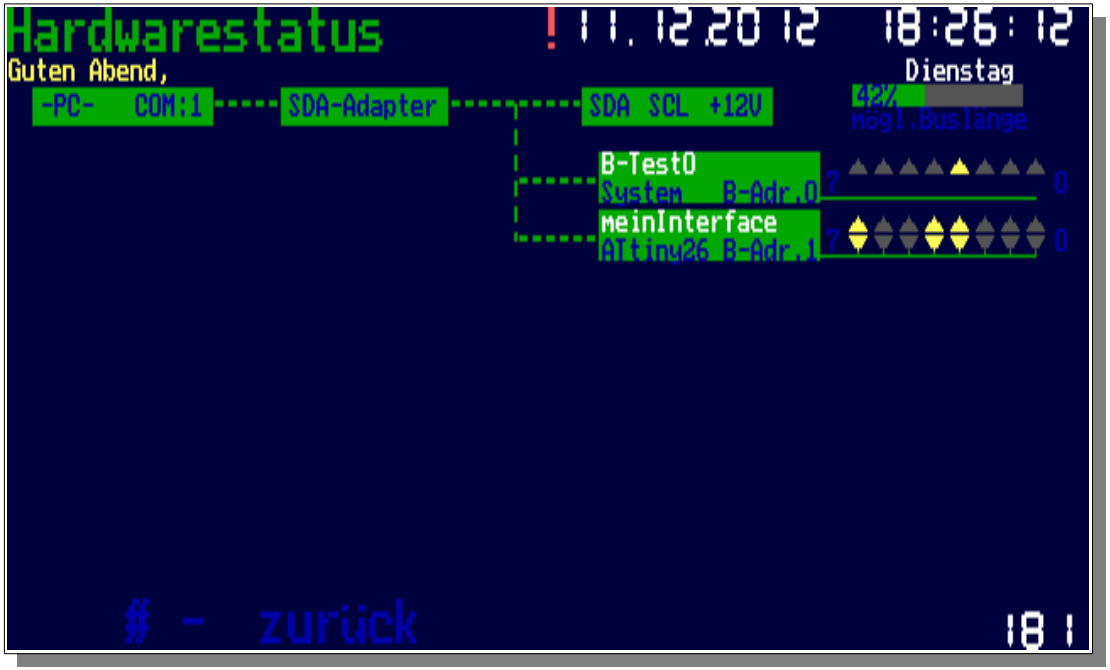
Die einzelnen Kanäle kann man dann entweder direkt aus dem Schalt-Menü heraus von Hand schalten (Hauptmenü, „Schalten...“ usw.) oder aber von der programmierten SPS aus. Dazu stehen eine Reihe von Scriptbefehle zur Verfügung. Im Beispiel 6.8. des Programmhandbuchs wird ein umfangreiches Testprogramm für die Interface mit ATtiny 26 vorgestellt, dessen Scriptbefehle für eigene Anwendungen genügend Ideen liefern.

Damit die Duo-LED korrekt arbeitet, muss die Hinweisfunktion des Programms *hauscomp.exe* auf Kanal 3 der Binäradresse 0 eingestellt sein. Dazu ist in der *hauscomp.ini* folgender Scriptbefehl aufzunehmen:

```
Hinweis!=0 3
```

Eine weitere Bedingung ist, dass an der Binäradresse 0 kein Binärinterface mit dem Scriptbefehl „Binär26=“ angemeldet sein darf. Wird jetzt das Signal HINWEIS! aktiv, wird auf der Adresse 0 vom System „blind“ gesendet und es blinkt die Duo-LED grün.

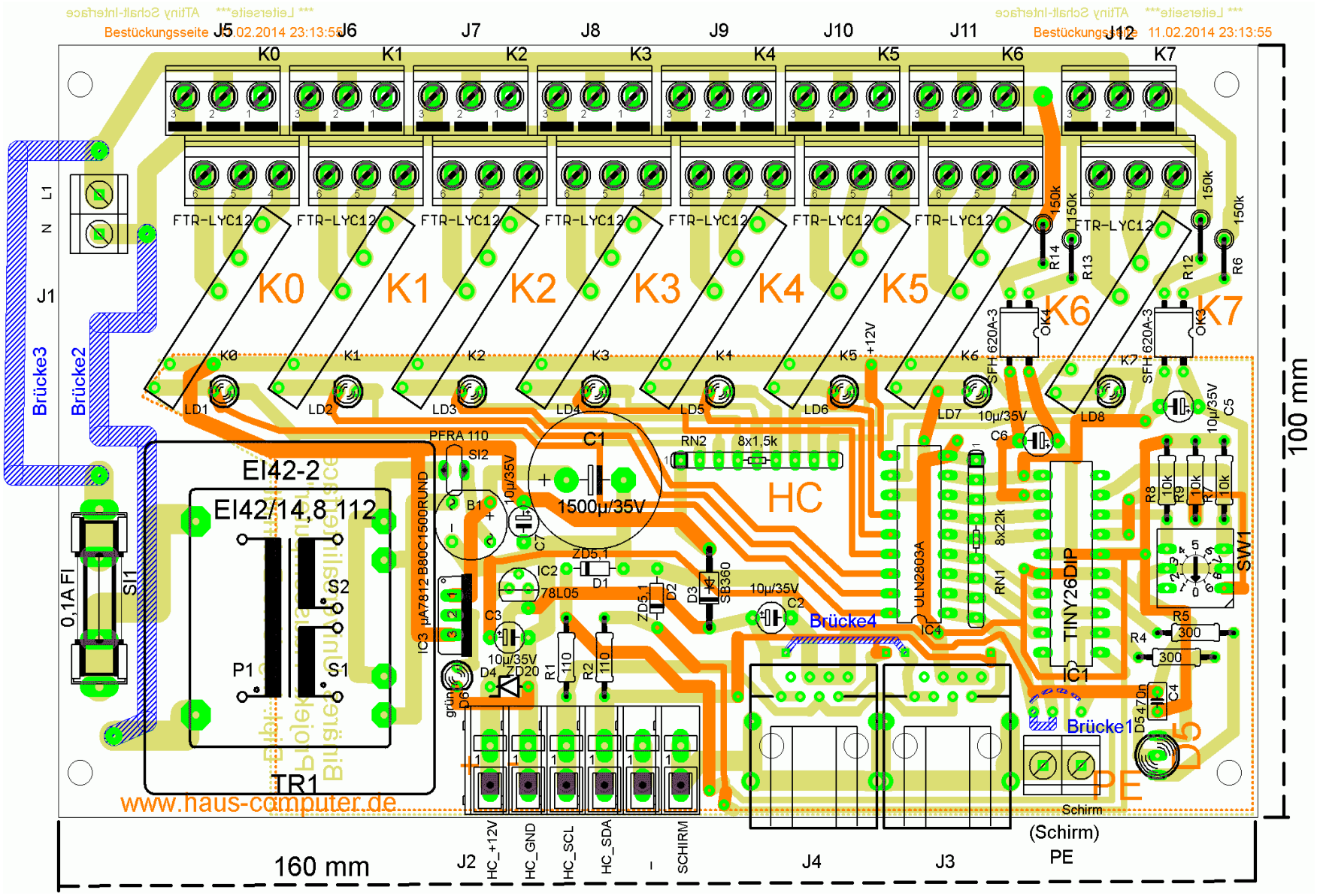
Ein, auf der Binäradresse 1 initialisiertes Binärinterface, sieht dann im Hardwarestatus folgendermaßen aus:



5.5. Das Layout des binären Interfaces (nächste Seite)

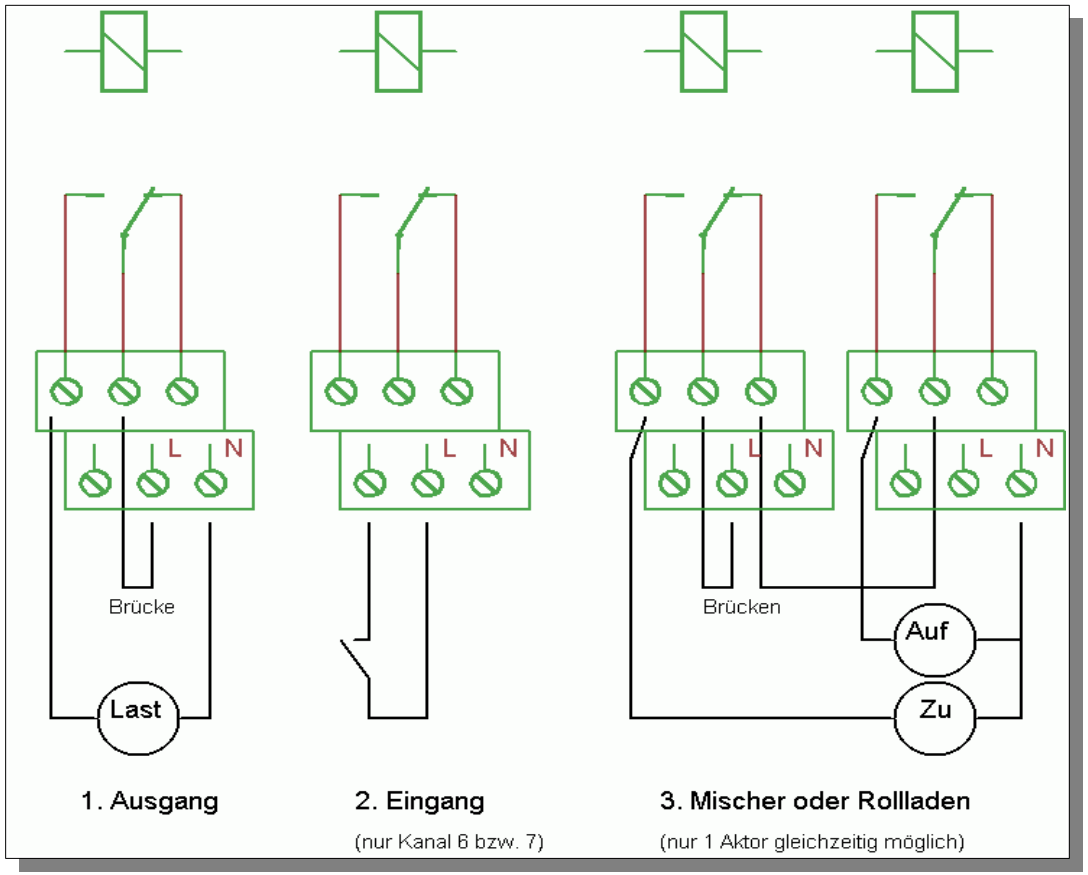
Bildstreifen Universalinterface
Projekt „Hausrobotik"
Dipl. Ing. Uwe Bernadt
160 mm
100 mm
K0
K1
K2
K3
K4
K5
K6
K7
HC
D2
BE

5.6. Der Bestückungsplan



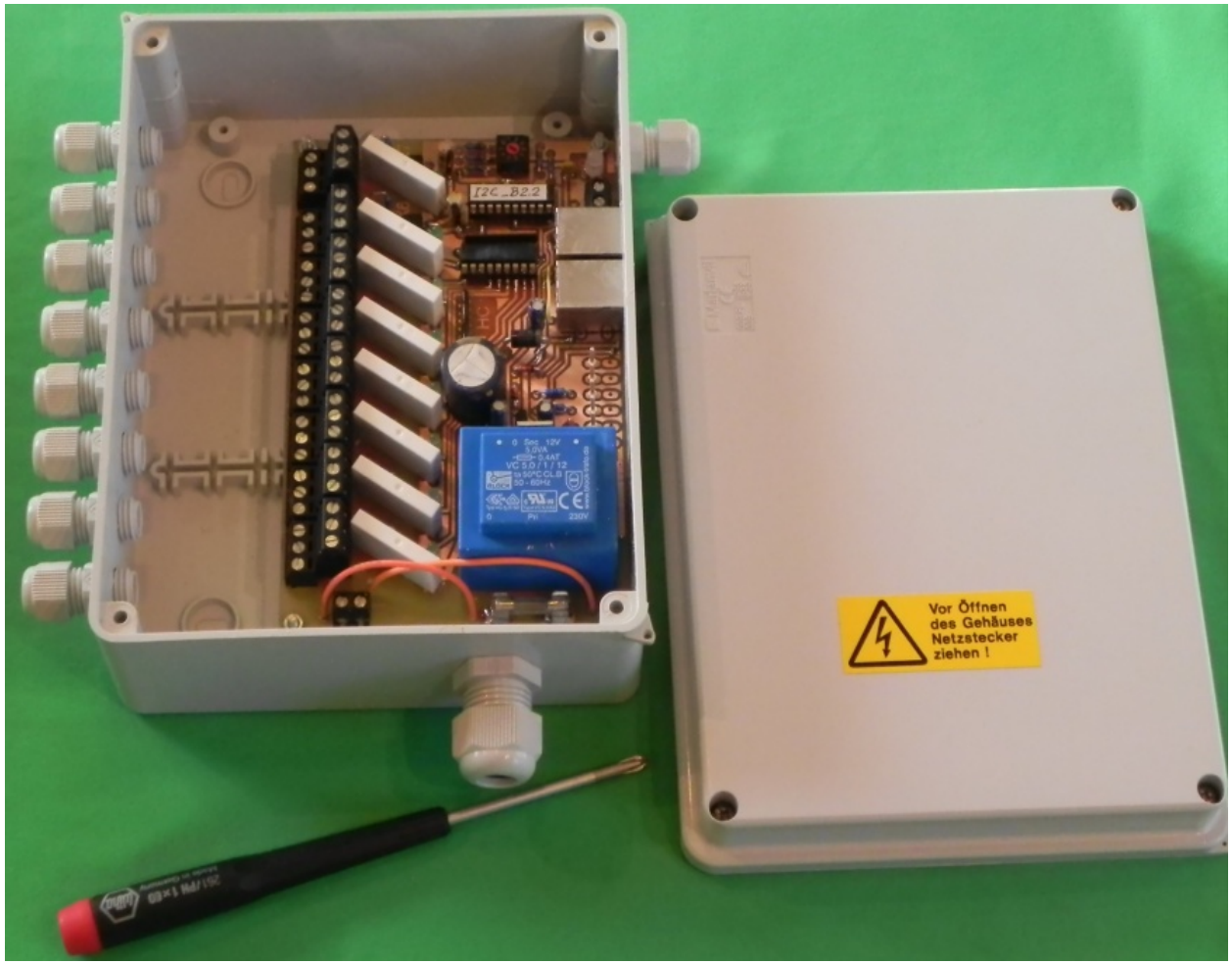
5.7. Die Schaltkanäle – Anschlussmöglichkeiten

Die nachstehende Zeichnung veranschaulicht die Möglichkeiten, Aktoren bzw. Schalter an das Interface anzuschließen. Dabei kann der Umschaltkontakt des Relais natürlich auch potentialfrei für völlig andere Anwendungen genutzt werden.



5.8. optionales Gehäuse

Nebenstehendes Bild zeigt ein Gehäuse der Fa. Marlanvil vom Typ 009.PL, dass mit entsprechenden Kabeldurchführungen versehen wurde. Die Gehäuseabmaße betragen 190x145x72 mm – also ausreichend Platz für Kabeldurchführungen und Verdrahtungen. Diese Gehäuse gibt es für 8,99 € bei Lüdecke Elektronic, Artikel Nr. 1248 (Stand Nov. 2011).



5.9. Die Bauteilliste und Bestellnummern für Reichelt

Standard:

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2010)	Gesamt
C1	1500 µF / 35V	1	RAD FC 1.500/35	0,96 €	0,96 €
C2, C3, C5..C7	10 µF / 35 V	5	RAD 105 10/63	0,04 €	0,20 €
C4	470 nF	1	Z5U-5 470N	0,19 €	0,19 €
B1	Gleichrichter, Graetz	1	B80C1500RUND	0,15 €	0,15 €
D1, D2	Zehner Diode 5,1 V	2	ZD 5,1	0,07 €	0,14 €
D3	SB360	1	SB360	0,25 €	0,25 €
D4	ZD20	1	ZD20	0,07 €	0,07 €
D5	Duo LED rot/grün	1	LED 5 RG-3	0,15 €	0,15 €
D6, LD1..LD8	LED grün 3 mm	9	LED 3MM ST GN	0,06 €	0,54 €
J1, Schirm/PE	Klemme 2 pol.	2	AKL 094-02	0,40 €	0,80 €
J2	Federkraftklemme	1	AST 045-06	1,20 €	1,20 €
J5 – J12	AKL 093-06	8	AKL 093-06	0,99 €	7,92 €
J3, J4	RJ45	2	MEBP 8-8G	0,55 €	1,10 €
Si2	Polymer PTC 2,0 A	1	PFRA 110	0,32 €	0,32 €
Si1	Sicherungshalter	2	PL 120000	0,05 €	0,10 €
-	Sicherung	1	TRÄGE 0,1A	0,46 €	0,46 €
SW1	Kodierschalter	1	KDR 10	1,50 €	1,50 €
IC1	TINY26 DIP	1	ATTINY 26 DIP	1,30 €	1,30 €
IC2	µA78L05	1	µA 78L05	0,12 €	0,12 €
IC3	µA 7812	1	µA 7812	0,26 €	0,26 €
IC4	Treiber ULN2803A	1	ULN2803A	0,28 €	0,28 €
K0..K7	Relais 12V 1 UM	8	FTR-LYCA 012V	1,75 €	14,00 €
R1, R2	110 Ohm	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €
R4, R5	300 Ohm	2	Metall 300	0,08 €	0,16 €
R6, R12..R14	150k	4	Metall 150k	0,08 €	0,32 €

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2010)	Gesamt
R7.. R9	10k	3	Metall 10,0k	0,08 €	0,24 €
RN1	8x22k	1	SIL9-8 22k	0,12 €	0,12 €
RN2	8x1,5k	1	SIL9-8 1,5k	0,12 €	0,12 €
TR1	Trafo 5 VA/ 12V	1	EI 42/14,8 112	3,45 €	3,45 €
OK3, OK4	Optokoppler	2	SFH 620A-3	0,45 €	0,90 €
Leiterplatte	160x100 zweiseitig	1	BEL 160x100-2	2,10 €	2,10 €
IC Sockel	20 pol.	1	GS 20P	0,24 €	0,24 €
IC Sockel	18 pol.	1	GS 18P	0,23 €	0,23 €
	Gesamt:				39,41 €

Optional:

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Sept. 2009)	Gesamt
ohne	Distanzbolzen	4	AHM4 19,1	0,26 €	1,04 €
ohne	Mutter M4	4	-		
ohne	Patchkabel 50 cm	1	PATCHKABEL 05 GN	0,45 €	0,45 €
Gehäuse	241x180x95 (Baumarkt)	1	-	ca. 10 €	ca. 10 €
ohne	Warnschild „Vor Öffnen des Gehäuses Netzstecker ziehen!“	1	W 74403	0,69 €	0,69 €
ohne	Bohrer 0,8 mm (3 St.)	1	PROXXON 28852	3,35 €	3,35 €
ohne	Kabeldurchführung IP68 8-13mm	10	MBF 16	0,29 €	2,90 €
ohne	Varistor	8	VDR-0,6 300 V	0,23 €	1,84 €
ohne	Gegenmuttern IP68	10	MGM 16	0,08 €	0,80 €
ohne	Lichtleiter für LEDs	9	MEN 1282.5000	0,37 €	3,33 €

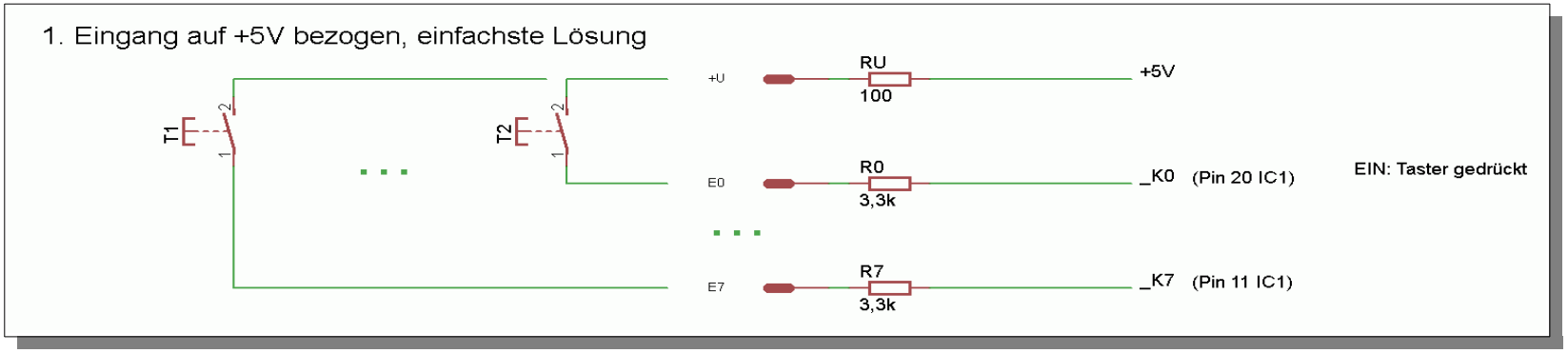
5.10. Möglichkeiten für die Erweiterung mit max. 8 digitalen Eingängen

Sollten für eine konkrete Anwendung die beiden optischen Eingänge des binären Interfaces nicht ausreichen, so kann man ohne Änderungen an der Platine unter Hinzuziehung zusätzlicher Bauelemente auf einer kleinen Zusatzplatine (Lochraster reicht völlig aus) die entsprechenden Funktionen nachrüsten. Die Schaltung des binären Interfaces ist bereits ausgelegt für die Verwendung aller 8 Kanäle nicht nur als Ausgänge, sondern auch als Eingänge. Notwendig ist dazu in der *hauscomp.ini* in der entsprechenden Zeile für den benötigten Kanal eine 0 (nur als Eingang) bzw. eine 1 (als Ein- und Ausgang verwendet) einzutragen. Im letzteren Fall kann der Kanal über die SPS auch aktiv (ein-) geschaltet werden, womit das Eingangssignal allerdings nicht mehr lesbar wäre (weil dauerhaft ein). Zu Testzwecken kann das aber durchaus auch nützlich sein.

```
Binär26=Adr2_K2    2 2  0   0 1
```

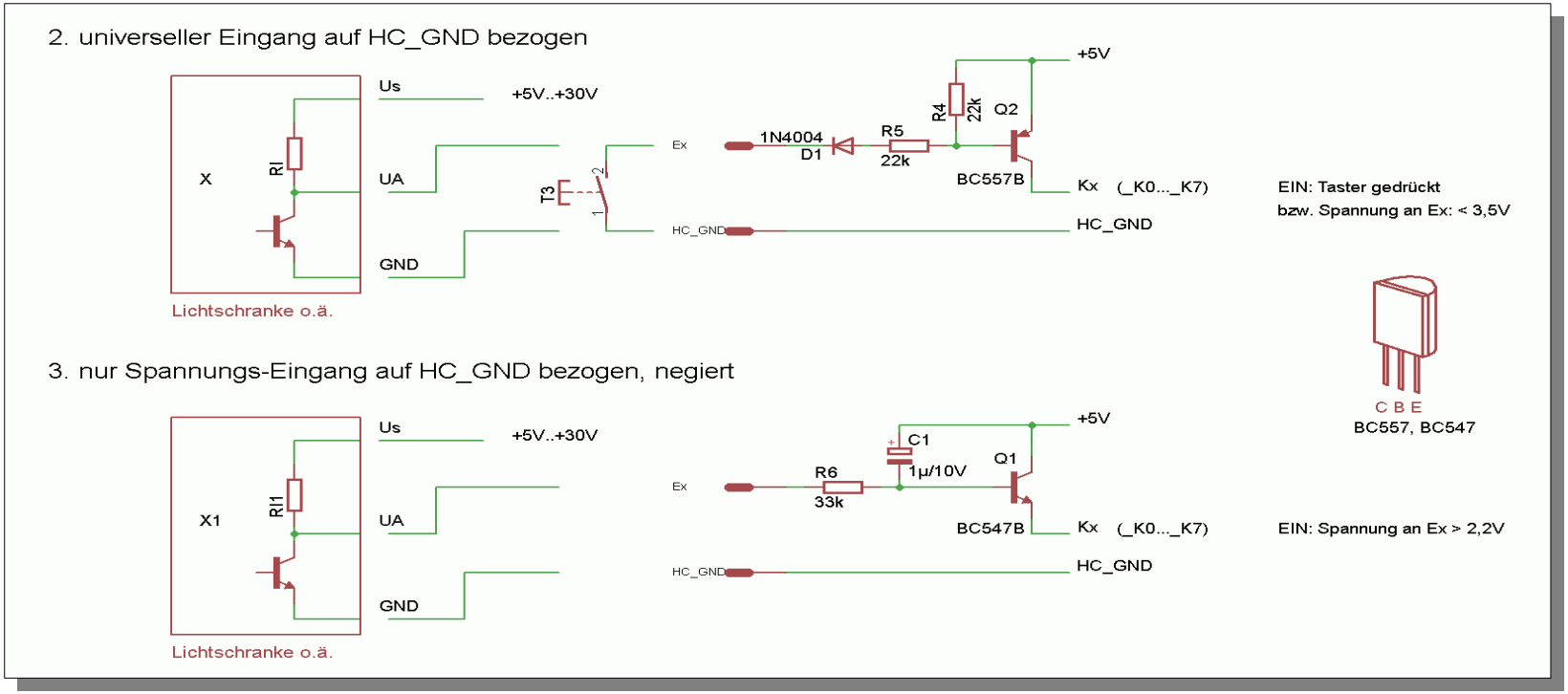
Für die Erweiterung werden benötigt: Das Signal HC_GND, +5V, sowie Drahtverbindungen zu den entsprechenden Kanälen. Eine Mischbestückung ist möglich. Die Anschlüsse erfolgen am Ausgang des ATtiny26 bzw. an RN1 bzw. IC4 in ähnlicher Weise wie die beiden Optokoppler. Im Unterschied zu diesen sind aber die nachfolgenden Anschlussvarianten **nicht für 230V** geeignet! Die Verkabelung ist auch unbedingt getrennt von 230V Leitungen zu verlegen!

Zunächst die Variante mit den wenigsten zusätzlichen Bauelementen. Für jeden verwendeten Kanal wird nur ein Widerstand benötigt, zusätzlich noch ein gemeinsamer Schutzwiderstand für die Bereitstellung der Versorgungsspannung:



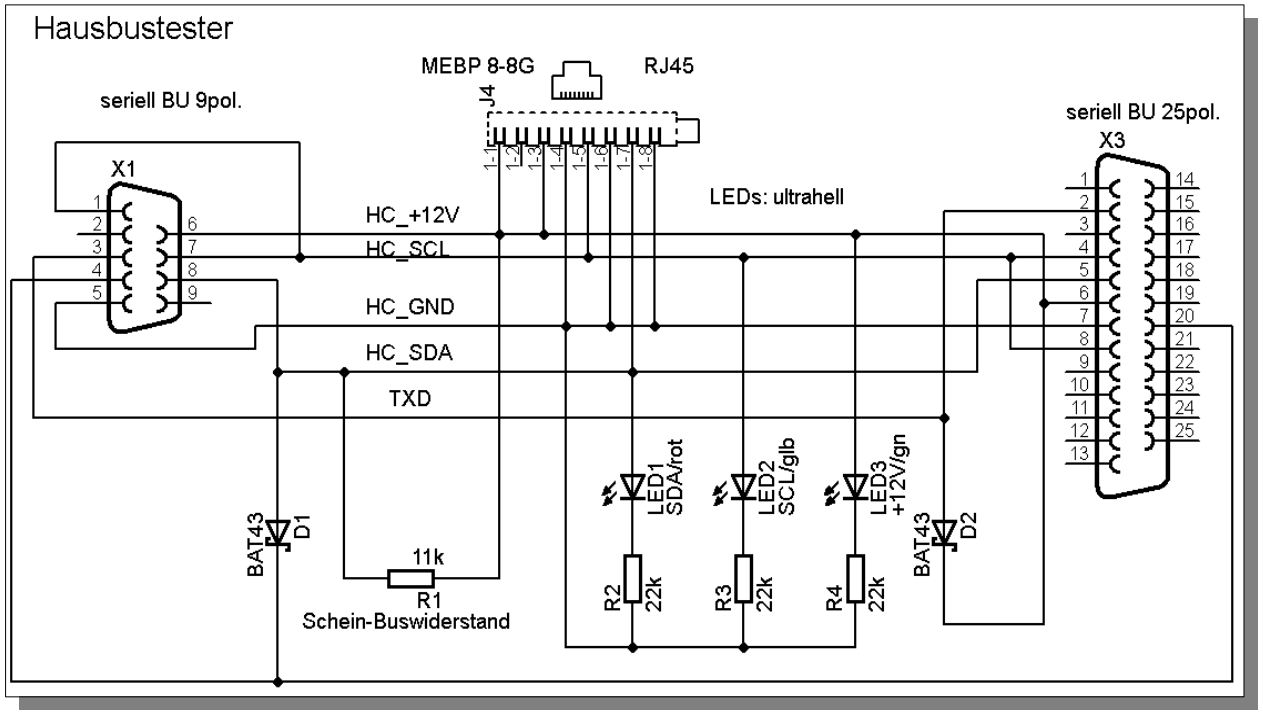
Der Nachteil dieser Schaltung ist, dass alle Schalter eine gemeinsame Verbindung zu +5V des Interfaces haben müssen und es keinen Bezug zur Masse (HC_GND) gibt. Das kann bei umfangreicheren Verkabelungen schnell unübersichtlich werden und zu Kurzschlüssen führen. Sollten die Eingänge sehr lange Zuleitungen (> 15 m) haben, so sollten (wie bei den Optokopplern) Elkos von 10µF zur Filterung von Störsignalen vorgesehen werden.

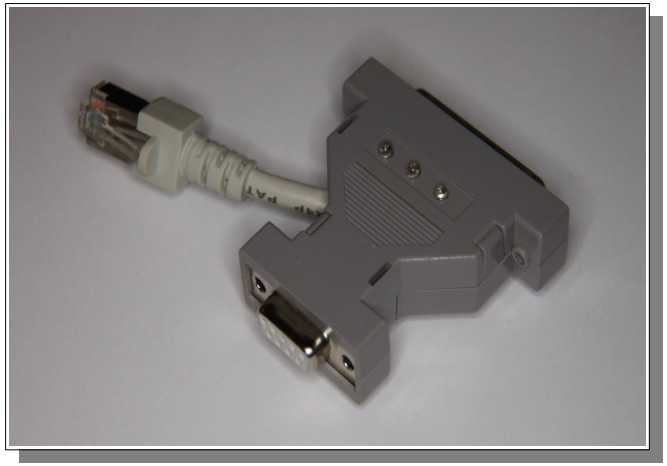
Eine bessere, aber aufwändigere Möglichkeit ist die Eingangsbeschaltung mit Transistoren. Ein Massebezug wird möglich und die Eingänge werden universeller einsetzbar. Im Folgenden sind 2 Möglichkeiten mit Anschlussbeispielen gezeigt. Einige Sensoren der Automatisierungstechnik besitzen z. B. ausgangsseitig einen low-aktiven Halbleiterausgang, der so natürlich wunderbar passt, selbst wenn die Versorgungsspannung des Sensors in Höhe oder Quelle vom Interface abweicht.


2. universeller Eingang auf HC_GND bezogen
Us
+5V..+30V
UA
GND
X
RI
T3
Ex
HC_GND
1N4004
D1
R5
22k
R4
22k
Q2
BC557B
+5V
Kx (_K0..._K7)
HC_GND
EIN: Taster gedrückt
bzw. Spannung an Ex: < 3,5V
Lichtschranke o.ä.
C B E
BC557, BC547
3. nur Spannungs-Eingang auf HC_GND bezogen, negiert
Us
+5V..+30V
UA
GND
X1
RI1
Ex
HC_GND
C1
1µ/10V
R6
33k
Q1
BC547B
+5V
Kx (_K0..._K7)
HC_GND
EIN: Spannung an Ex > 2,2V
Lichtschranke o.ä.

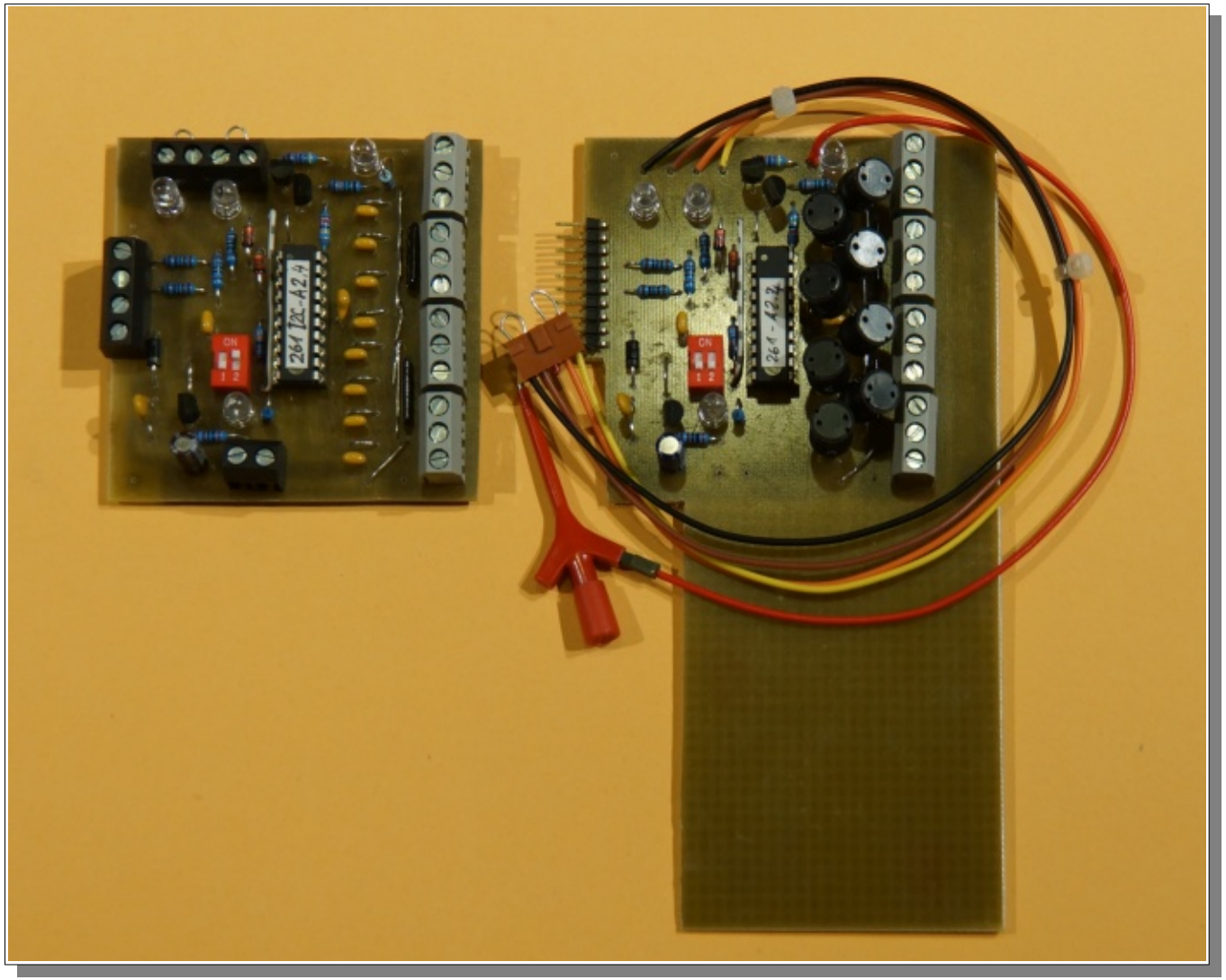
6. Der Hausbustester – ein kleines praktisches Hilfsmittel

Für den praktischen Einsatz ist es sinnvoll, auch ohne Hausbus – Hardware sowohl am PC die Hardware zu imitieren, als auch mal schnell zu sehen, ob die Signale SDA, SCL und +12V auch am letzten Interface noch ankommen. Der folgende Adapter erfüllt diese Anforderungen. Der Zusammenbau ist unkompliziert, nur wenige Bauelemente sind notwendig. Auf die serielle 25 polige Buchse kann auch verzichtet werden, PCs mit diesem Ausgang sind mittlerweile extrem selten. Die Funktion ist schnell erklärt: 3 ultrahelle LEDs sind über relativ hochohmige Widerstände an die drei Signalleitungen angeschlossen. Ein, ebenfalls relativ hochohmiger Buswiderstand dient zur Imitation eines Busses. Der Adapter kann damit auch parallel an einem vorhandenen Hausbus betrieben werden. Die beiden Dioden komplettieren die Schaltung, die letztlich alle statischen Busfunktionen simulieren und anzeigen kann.





7. Das analoge Interface „Mini“



Dieses Interface ist in Ergänzung zum analogen Universalinterface im Abschnitt 4 gedacht. Es verwendet im Wesentlichen die gleiche Schaltungsgestaltung und ist für folgende Anwendungen vorgesehen:

- In den Abmaßen 150 mm x 80 mm als Ersatz für das 8-Kanalinterface aus dem Hardware-Band 1 (Verbesserung der Genauigkeit des A/D Wandlers von 8Bit → 10Bit, Verringerung des Bauelemente-Aufwandes, digitale Watchdog usw.) oder auch als Experimentierboard mit zusätzlichen Lötinseln.
- In den Abmaßen 70 mm x 70 mm als kompakt aufgebautes Interface, dass auch in eine viereckige AP-Abzweigdose passt. Die Halbleiterrelais und die anderen 230V Bauteile sind extern anzuschließen.
- Die Bereitstellung eines digitalen Watchdog-Signals für andere Hardware (z. B. für das 230V Schaltinterface)
- Die kostengünstigere Fertigung des Interfaces (nur einseitige Platine). Damit wird die, von der Firmware gebotene Möglichkeit attraktiv, an örtlich entfernten Stellen nur wenige Sensoren an mehrere analoge Interface mit derselben Adresse anzuschließen.

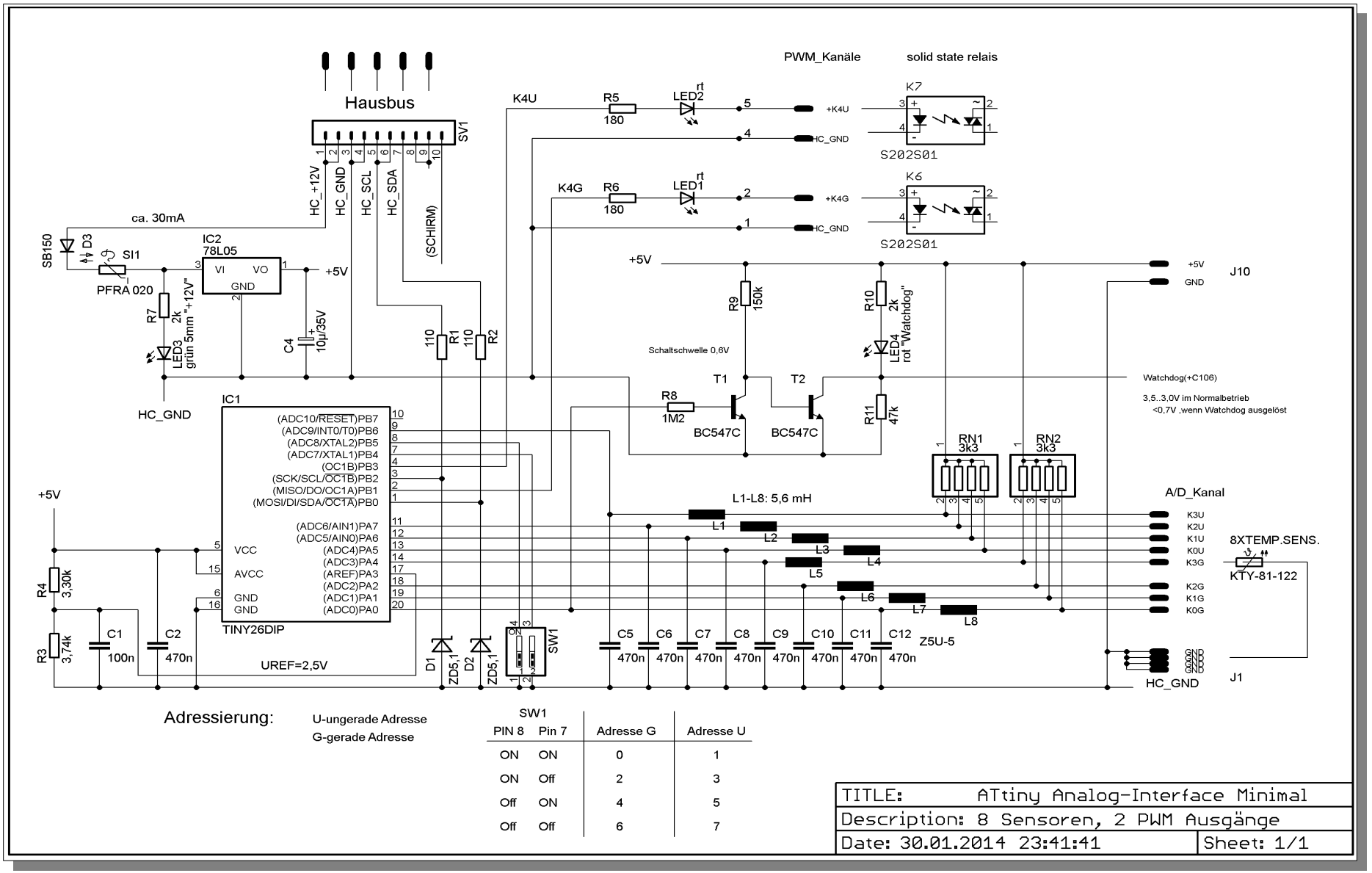
7.1. Technische Daten

Siehe analoges Universalinterface im Abschnitt 4.

7.2. Unterschiede der Schaltung zum analogen Universalinterface (Abschnitt 4)

- Herausführung des digitalen Watchdog-Signals aus dem ATtiny 26 über den Sensoreingang K0G. Eigentlich fehlt für diese Funktion ein Ausgangspin am ATtiny, aber durch einen Trick konnte es trotzdem realisiert werden: dabei wird die Besonderheit bei der Verwendung von Temperatursensoren genutzt, dass der Sensoreingang praktisch nie weniger als 0,9V führt. Beim Ansprechen der Watchdog (in der Firmware des ATtiny 26 realisiert) wird dieser Eingang dabei dauerhaft auf „Low“ geschaltet. Dieses Signal wird ausgewertet und steuert zum Einen eine rote LED. Zum Anderen kann mit diesem Signal über ein zusätzliches Kabel direkt zum 230V Schaltinterface aus dem Hardware-Band 1 die dortige (analoge) Watchdog überbrückt werden. Dazu ist der Ausgang Watchdog mit dem Pluspol des Kondensators C106 auf dem Schaltinterface zu verbinden. Die bisherigen spannungsmäßigen Umladevorgänge am Kondensators C106 werden jetzt durch die niederohmige Ankopplung ignoriert. Das ist Voraussetzung für den Einsatz eines Linux-basierten Masters mit diesem Interface. Der bisherige binäre Watchdogkanal (Adr. 0 Kanal 7) könnte dann theoretisch auch anderweitig verwendet werden, sofern keine weiteren CI-Module eingesetzt werden.
- Die 230V Bauteile (Halbleiterrelais usw.) können/müssen extern beschaltet werden.
- Das Widerstandsarray Rn wurde in 2 Arrays geteilt. So sind Mischbestückungen mit verschiedenen Temperatursensoren und Rn möglich.
- Der Hausbus ist über Schraubklemmen anzuschließen oder über verdrahtete Netzwerkstecker/-Buchsen. Aus Platzgründen wurde auf die RJ45 Netzwerkbuchsen auf der Leiterplatte verzichtet. Es kann aber auch für das Aufstecken im 230V Schaltinterface eine gewinkelte Stiftleiste eingelötet werden.
- Die Klemmen für den Anschluss der Temperatursensoren (J1) wurden verändert. Jetzt sind für jeweils 2 Kanäle nur noch eine Masseklemme vorhanden, das spart Platz. Zugleich wurde die lange Klemmleiste in „dreier“ Klemmen gegliedert, das verhindert Verwechslungen.

7.3. Die Schaltung des Interfaces „Mini“



7.4. Hinweise zum Aufbau

Siehe analoges Universalinterface im Abschnitt 4. und „Unterschiede der Schaltung zum analogen Universalinterface“ im Abschnitt 7.2.

Firmware für den ATtiny 26: ist grundsätzlich dieselbe, wie beim analogen Universalinterface. Damit aber die herausgeführte Watchdog (T1, T2) angesprochen wird, muss eine Firmware ab I²C_A2.4 im ATtiny einprogrammiert sein.

Optionale Bestückungen:

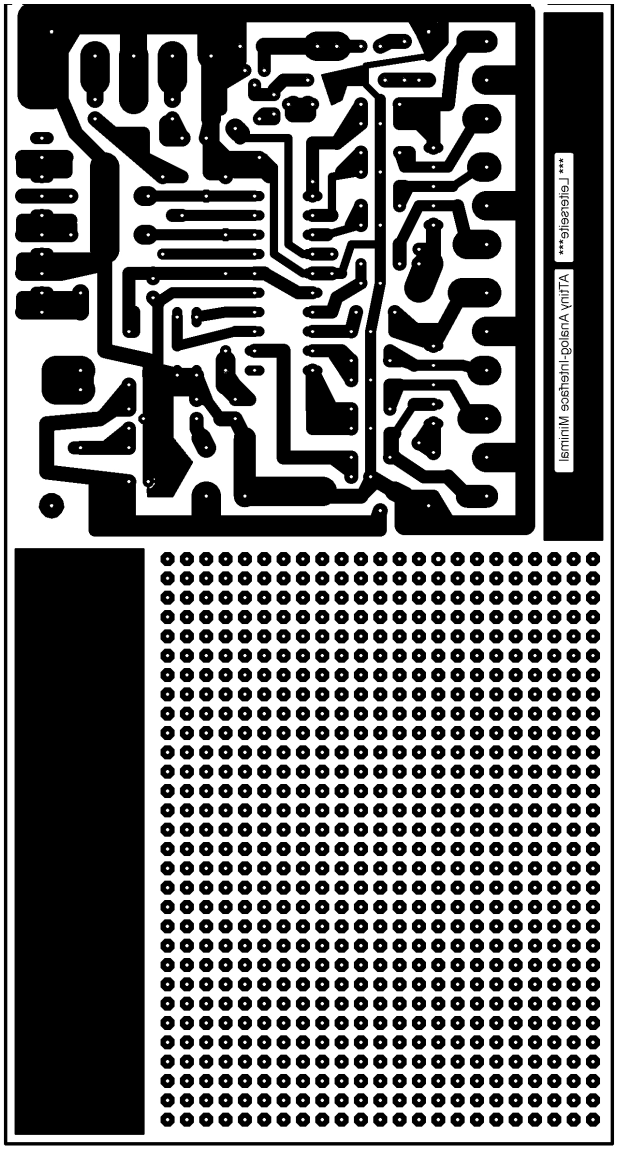
- Der Hausbusanschluss kann über Klemmen (Rastermaß 5 mm) ODER gewinkelte 10pol. Stiftleiste (Rastermaß 2,5 mm) ODER direktes Einlöten verdrahteter Netzwerkbuchse/Stecker erfolgen.
- Die Doppel-Klemme +5V und GND braucht nur bei Bedarf bestückt zu werden (die Stromversorgung erfolgt ohnehin über den Hausbus)
- Bestückung der Widerstandsnetzwerke RN1/RN2: 3k3 für Temperatursensoren KTY81-122 und PT1000; 4k7 für Temperatursensoren KTY10 (früher in Heizungsanlagen verbaut).
- Die Induktivitäten L1-L8 können durch Drahtbrücken ersetzt werden, wenn die Sensoren über verdrillte und/oder geschirmte Leitungen mit einer Länge von maximal 5 m angeschlossen werden.
- Beim Einsatz als Aufsteckplatine für das 230 Schaltinterface (wenn nicht, kann R11 entfallen!):

  Anstelle der 4 Klemmen für die Halbleiterrelais kann auch das entsprechende Anschlusskabel direkt eingelötet werden (REICHELT: PS 25/5G BR).

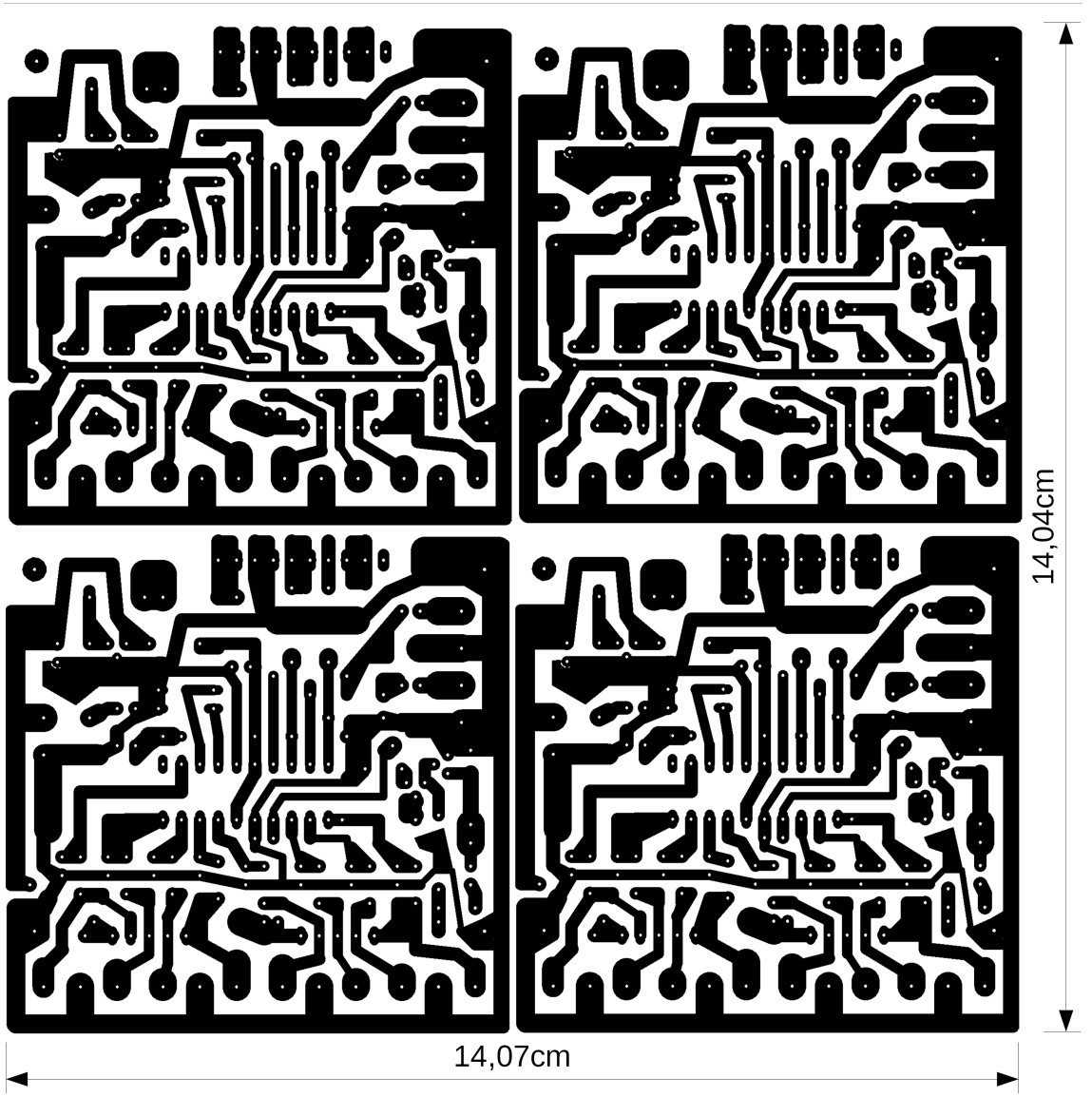
  Die nun neue digitale Watchdog kann über ein Kabel und einer Klemme direkt an den Pluspol von C106 im Schaltinterface angeklemmt werden. Die bisherige analoge Watchdog im Schaltinterface wird damit „überdrückt“. Im Schaltinterface braucht nichts verändert werden, es sei denn, man kommt nicht an den Pluspol heran.

  Die Platine muss in den Konturen wie das 8-Kanalinterface gesägt werden, sodass es aufgesteckt, auch passt.
- Soll das Interface später in einer Verteilerdose eingebaut werden, so kann man platzsparend alle Schraubklemmen auch nach „innen gerichtet“ auflöten. Die PWM-LEDs sind dabei leicht zur Seite gebogen, einzulöten. Die oberen beiden Ecken der Leiterplatte können abgeschrägt werden, dadurch gewinnt man etwas mehr Platz für Kabelverlegungen. Durch die Verteilerdose dürfen dann aber keine 230V Leitungen verlegt werden!

7.5. Das Layout des Interface „Mini“ (nächste Seite)

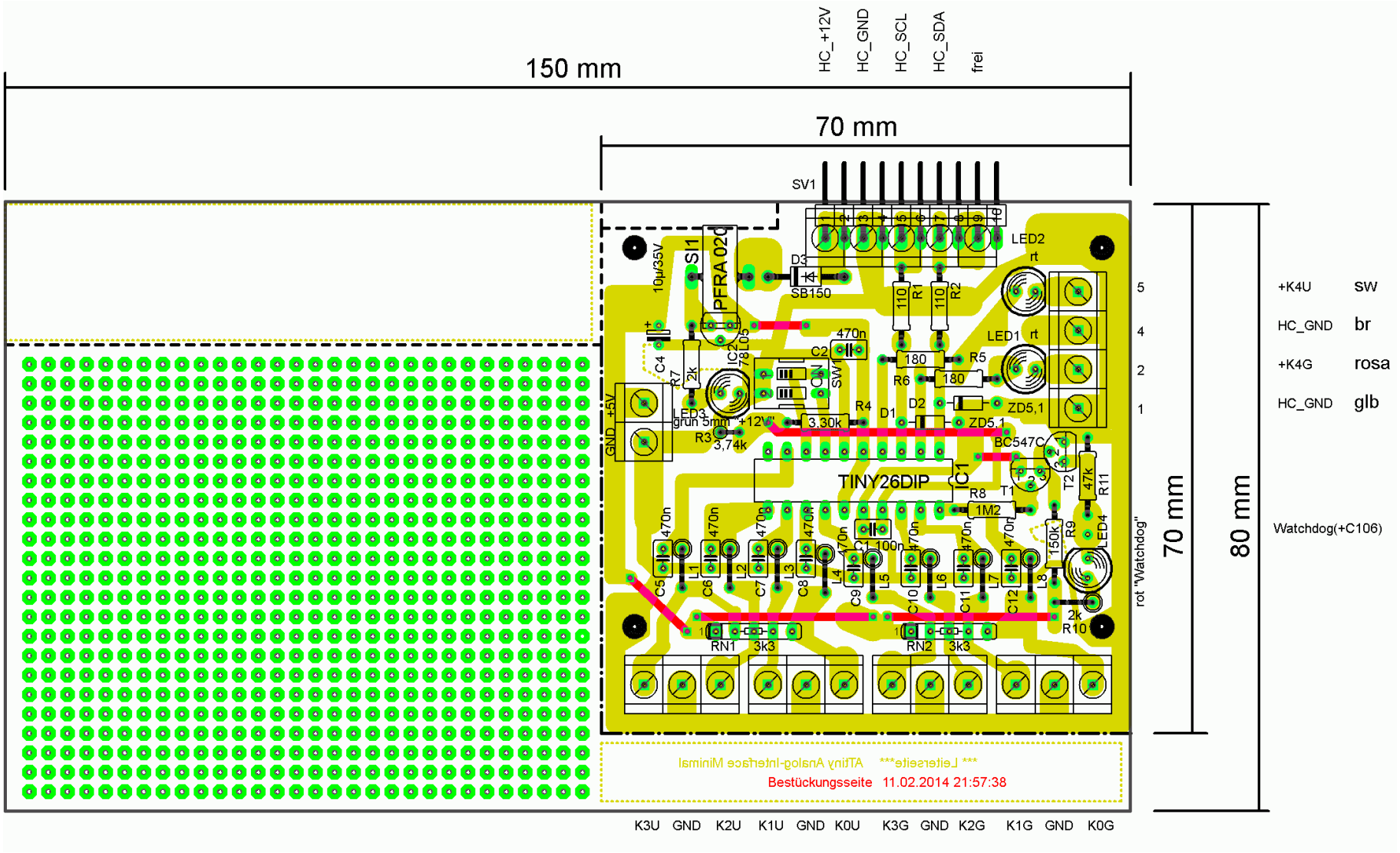


Layout „Mini“, mit den Maßen 150mm x 80mm



Vierfachlayout „Mini“, spiegelverkehrt jeweils in den Abmaßen 70mm x 70mm

7.6. Der Bestückungsplan



7.7. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT

Mindestens:

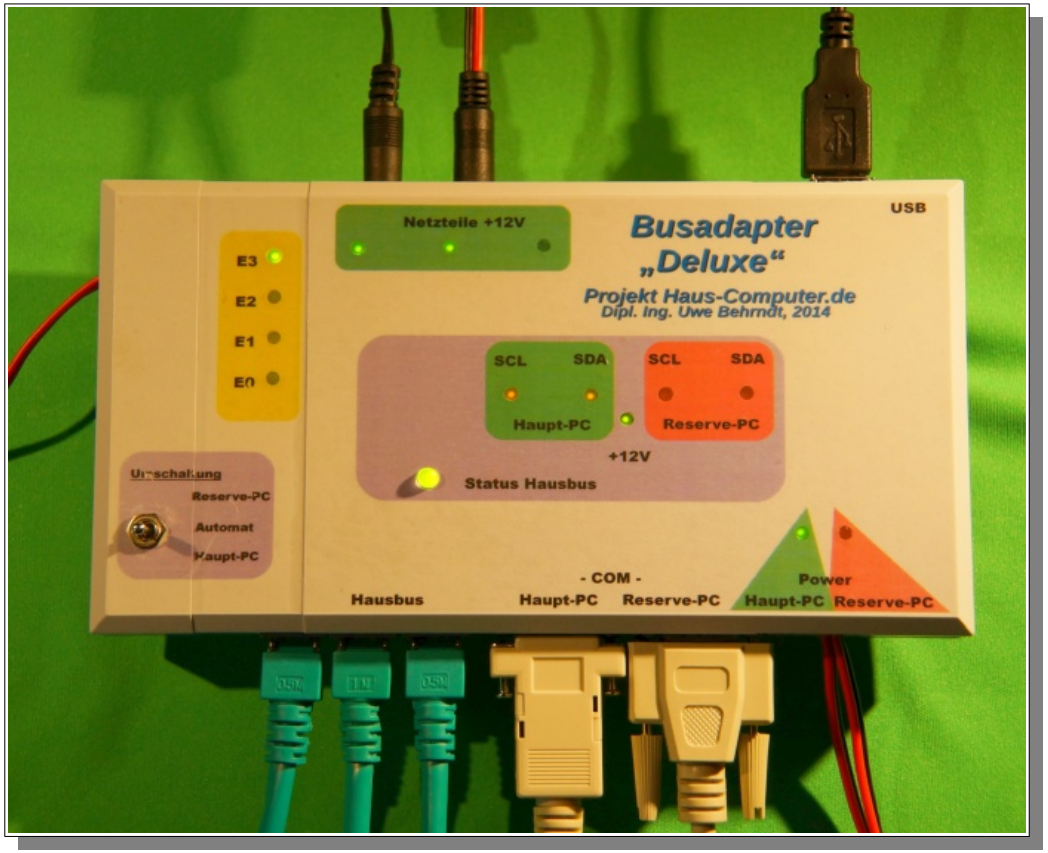
Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Jan. 2014)	Gesamt
C1	100 nF	1	Z5U-2,5 100N	0,04 €	0,04 €
C2, C5..C12	470 nF	9	Z5U-5 470N	0,20 €	1,80 €
C4	10 µF / 35 V	1	RAD FC 10/50	0,10 €	0,10 €
Si1	Polymer PTC 0,2 A	1	PFRA 020	0,32 €	0,32 €
D1, D2	Zehner Diode 5,1 V	2	ZD 5,1	0,06 €	0,12 €
D3	SB150	1	SB150	0,10 €	0,10 €
SW1	Dip Schalter	1	NT 02	0,28 €	0,28 €
IC1	ATINY261	1	ATINY261A-PU	1,45 €	1,45 €
IC2	µA78L05	1	µA 78L05	0,11 €	0,11 €
LED 1, 2, 4	LED rot 5 mm	3	LED 5MM RT	0,06 €	0,18 €
LED 3	LED grün 5 mm	1	LED 5MM GN	0,06 €	0,06 €
R1, R2	110 Ohm	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €
R3	3,74k	1	Metall 3,74k	0,08 €	0,08 €
R4	3,3k	1	Metall 3,30k	0,08 €	0,08 €
R5, R6	180 Ohm	2	Metall 180	0,08 €	0,23 €
R7, R10	2 k	2	Metall 2k	0,08 €	0,16 €
R8	1,20M	1	Metall 1,20M	0,08 €	0,08 €
R9	150k	1	Metall 150k	0,08 €	0,08 €
R11	47,0k	1	Metall 47,0k	0,08 €	0,08 €
T1, T2	BC547C	2	BC 547C	0,40 €	0,80 €
IC Sockel	20 pol.	1	GS 20P	0,26 €	0,26 €
J1	AKL 101-03	4	AKL 101-03	0,31 €	1,24 €
					0,00 €
	Gesamt:				7,81 €

Optional:

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Jan. 2014)	Gesamt
ohne	Temp. Sensoren	8	KTY 81-122	0,62 €	4,96 €
ohne	Kabel für Sensoren 10m	1	LIYY 214-10	1,80 €	1,80 €
J10	AKL 101-02	1	AKL 094-02	0,40 €	0,40 €
ohne	Anschluss für PWM	1	PS 25/5G BR	0,57 €	0,57 €
SV1, PWM	AKL 101-04	2	AKL 101-04	0,40 €	0,80 €
L1 - L8	Induktivität	8	09P 5,6M	0,28 €	2,24 €
RN1, 2	3,3 k	2	SIL 5-4 3,3k	0,08 €	0,16 €
RN1, 2	4,7 k	2	SIL 5-4 4,7k	0,08 €	0,16 €
Leiterplatte	150x250mm	1	BEL 250x150-1	4,35 €	4,35 €
IC1	TINY26 DIP	1	ATTINY 26 DIP	2,20 €	2,20 €
ohne	Klemme	1	KLEPS 3ST RT	2,90 €	2,90 €
ohne	Netzwerk-Einbaubuchse	1	MEB 8-8	0,96 €	0,96 €
ohne	Adapterleitung	1	MKL 0.64RT	2,30 €	2,30 €

8. Der universelle Busadapter „Deluxe“

8.1. Beschreibung, Technische Daten



Der Busadapter „Deluxe“ ersetzt den im Abschnitt 3 beschriebenen Adapter vollständig. Ziel der Neuentwicklung war, die Zuverlässigkeit des gesamten Hausbussystems signifikant zu steigern. Die problematischen Baugruppen sind bekanntlich die Schaltnetzteile für die Stromversorgung und ein PC ohne Watchdog. Der Kontron GX-1 hatte noch eine BIOS-Watchdog, die bei einem Hängenbleiben des Betriebssystems für einen automatischen Neustart sorgte. Bei der Verwendung komplexer Betriebssysteme, wie Windows oder Linux kann ein „Hängenbleiben“ der Software ja nicht mehr ausgeschlossen werden und spezielle Industrie-PC sind unbezahlbar. Die Praxis zeigt, dass es durchaus 1–2 Mal im Jahr zu derartigen Vorfällen kommt.

Das Ganze ist ein wenig umfangreich geraten, aber in Anbetracht der vielen Funktionen geht das durchaus in Ordnung.

Der neue Busadapter gestattet nun bis zu drei +12V Schaltnetzteile für den Hausbus und für den PC gleichzeitig zu betreiben, wobei die Hauscomputer-Software die Anzahl der noch funktionsfähigen Netzteile erkennen und einen Hinweis erzeugen kann, wenn nur noch ein Netzteil aktiv ist. Auch können jetzt 2 PCs angeschlossen werden, wobei der zweite PC mit identischer Software als „kalte“ Reserve dient. Er ist normalerweise ausgeschaltet und wird nur bei Bedarf mit Energie versorgt. Bei Thin Clienten, die es gebraucht für unter 30 € gibt, ist es sehr beruhigend zu wissen, dass für den Notfall vorgesorgt ist.

Eine Ausfallerkennung, die den Hausbus auswertet, fungiert als „Reset“ Einrichtung. Gibt es keinen Datenverkehr mehr auf dem Hausbus, so wird der Haupt-PC für einige Sekunden vom Netz getrennt und dann wieder mit Strom versorgt, somit neu gebootet. Es gibt insgesamt 2 dieser Versuche eines Neustarts. Sollte das System dann immer noch nicht laufen, so wird dauerhaft auf den Reserve-PC umgeschaltet. Mit einem 3-Stellungsschalter lässt sich der Funktionsmodus jederzeit manuell ändern. Sinnvoll ist der Anschluss der +12V Netzteile an verschiedene Phasen (falls mal eine Sicherung kommt).

Erstmalig sind jetzt auch vier S0-Schnittstellen integriert, über die Impulse von Energiezählern direkt ausgewertet werden können (E0..E3). Weiterhin wurde die Schaltschwelle für die SDA-Low Erkennung auf 3,0 V angehoben, die Busschnittstelle von 2 auf 3 RJ-45 Buchsen erweitert und ein 5V Schaltnetzteil für externe Zusatzbaugruppen integriert. Diverse Anschlussklemmen runden die Baugruppe ab. Die anzuschließenden Netzteile sollten gleichartig sein und jeweils den Gesamtstrombedarf von Hausbus, PC und evtl. Monitor abdecken (z. B. 12V/4-6A).

Schaltungsbeschreibung:

Die externen Netzteile versorgen über Dioden entkoppelt eine zentrale +12V Schiene. Diese interne Schiene (+12V Dauer), die immer Spannung führen sollte, versorgt sowohl den Hausbus, als auch die internen Baugruppen und liegt am Relais K1 an. Im Normalfall ist das Relais stromlos und der Haupt-PC wird über die Ruhekontakte mit Energie versorgt. Wird durch den ATtiny26 ein Ausfall des Hausbusses detektiert, so wird das Relais kurzzeitig betätigt (ca. 9 s) und durch den Spannungsausfall am PC ein Reboot ausgelöst. Ausgelegt ist diese Lösung für PCs mit 12V Stromversorgung, wie z. B. IGEL-5/4. Diese geschalteten +12V können aber natürlich auch für die Ansteuerung von externen 230V Lastschaltern, die ihrerseits die PCs schalten, weiterverwendet werden.

Es gibt zwei interne Schaltnetzteile – einmal für +5V, für die Versorgung des Attinys und für externe Geräte an den beiden USB Buchsen und ein Netzteil für die Erzeugung einer negativen Hilfsspannung von -7V für die optimale Ansteuerung des Hausbusses.

Die Steuerungszentrale ist ein ATtiny 261 mit entsprechender **Firmware** (im Ordner **..\Programme\ATTiny26\Busadapter Deluxe\..**), der als Timer fungiert, die S0 Schnittstellen bedient und zusätzlich für jede S0 Schnittstelle je einen internen 32Bit Zähler zur Verfügung stellt, die automatisch im Hintergrund an das Programm *hauscomp.exe* übertragen werden. Diese Zähler laufen normalerweise im internen SRAM und werden nur bei Stromausfall rechtzeitig im EEPROM gesichert. Damit wird die direkte Speicherung im EEPROM umgangen, die nur für etwa 100.000 Zyklen garantiert ist. Allerdings wird ebenso eine Erkennung des Spannungsausfalles notwendig. Dazu dient die Ausfallerkennung mit R26, D4 und OK1, die an PIN 2, der abwechselnd als Ein- und Ausgang betrieben wird, einen Interrupt auslöst. Fällt die interne 12V Stromversorgung aus, so wird der ATtiny noch einen Bruchteil einer Sekunde lang über C7 mit Strom versorgt – das reicht aus, um alle betroffenen Register zu sichern und bei einem späteren erneuten Start wiederherzustellen. Der Status der Signalleitungen wird ebenfalls an das Programm *hauscomp.exe* (ab Version 6.0.41) übertragen und dem Anwender aufbereitet in internen SPS Modulen zur Verfügung gestellt.

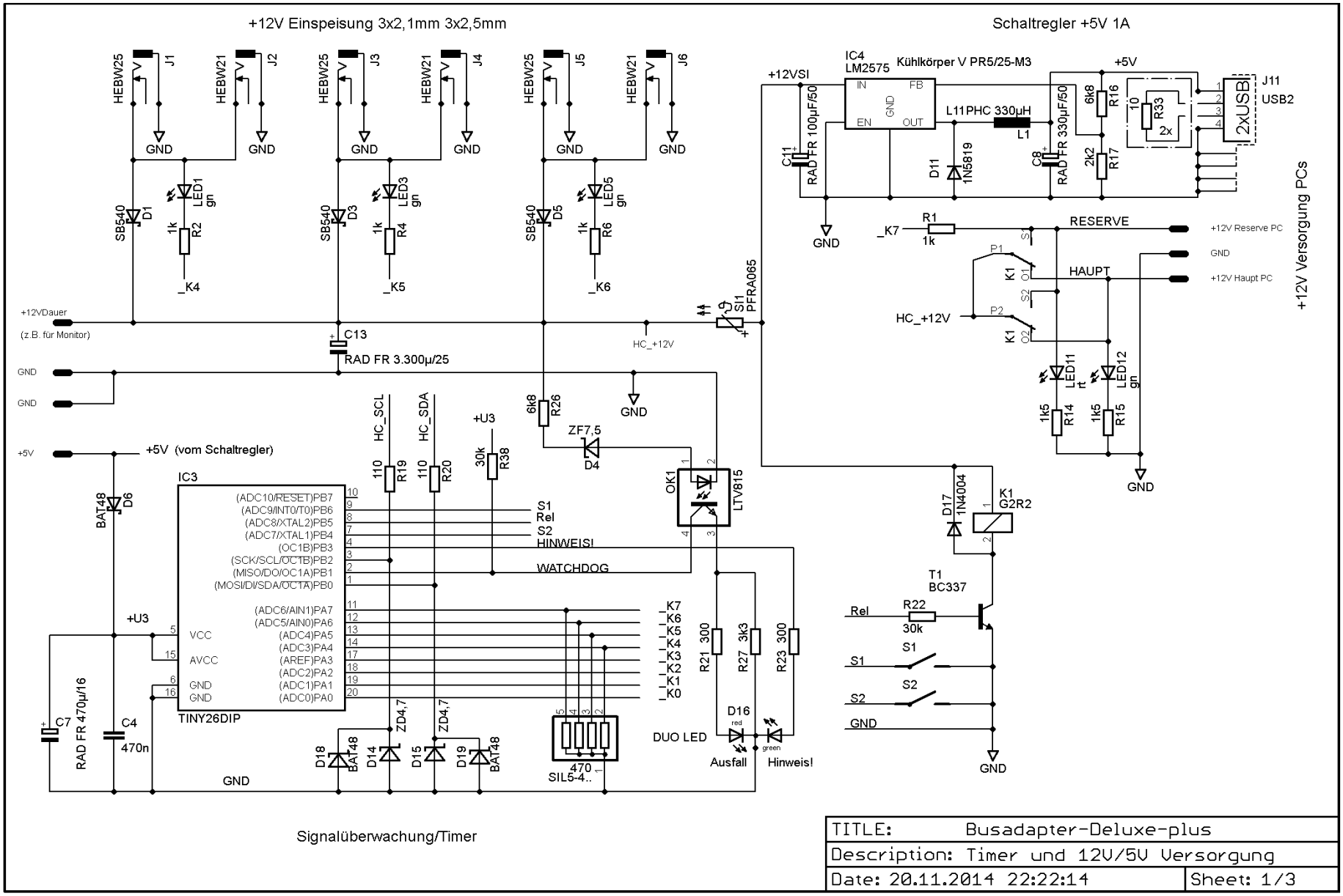
Die etwas ungewöhnliche Kombination der Z-Dioden D14/D15 mit jeweils einer Schotky Diode (D18/D19) verhindert negative Eingangssignale am Attiny. Der Attiny 261 reagiert bekanntermaßen empfindlich auf Eingangsspannungen < -0,5 V.

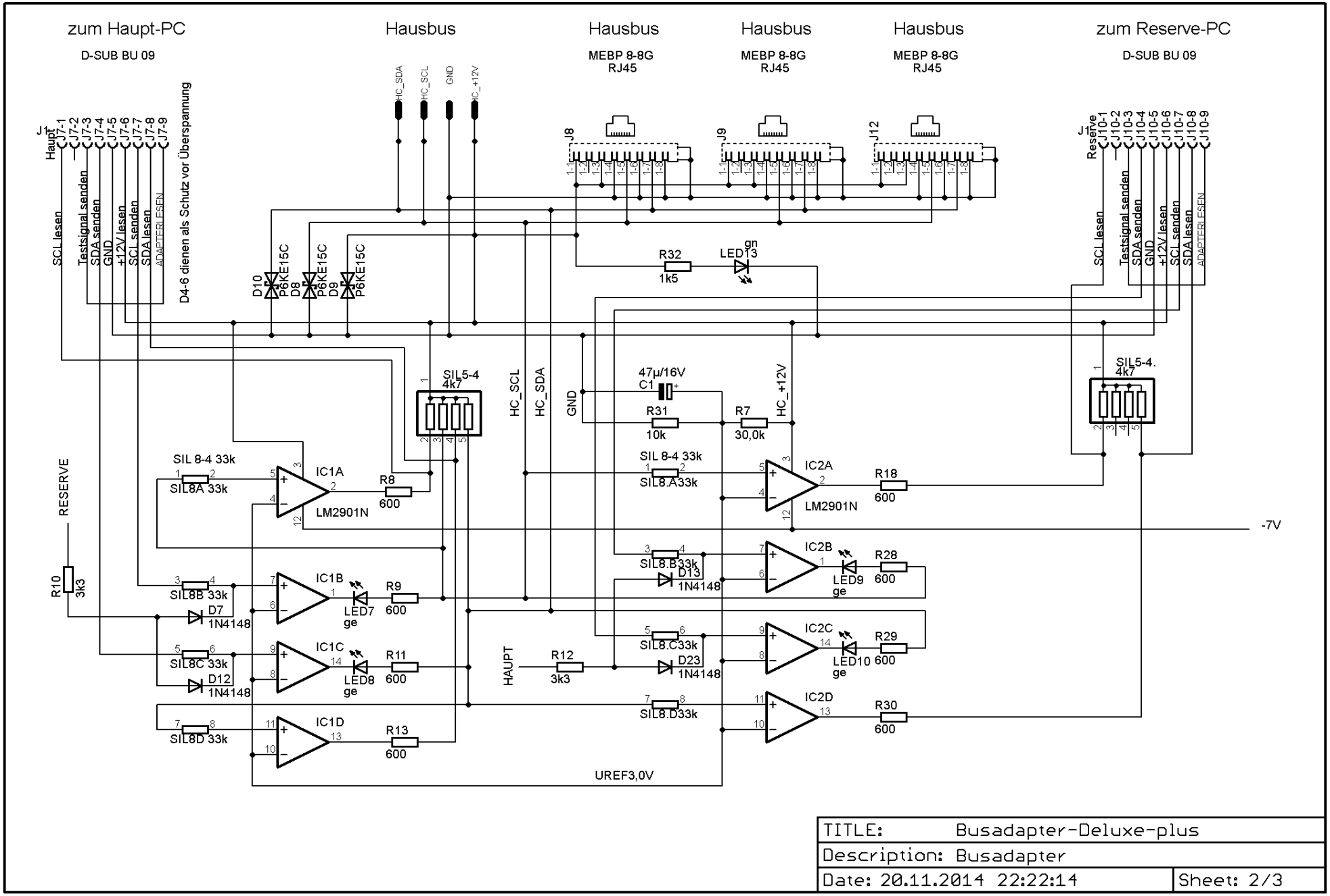
Die Wandler zwischen den seriellen PC-Schnittstellen und dem Hausbus sind dual ausgelegt und werden analog zum Relais elektronisch umgeschaltet. Durch die negative Hilfsspannung und die gewählten Verstärker beträgt die maximal erreichbare Länge des Hausbusses stabil mehrere 100 m. 3 Überspannungs-Schutzdioden vom Typ P6KE15C leiten Überspannung vom Hausbus sicher ab.

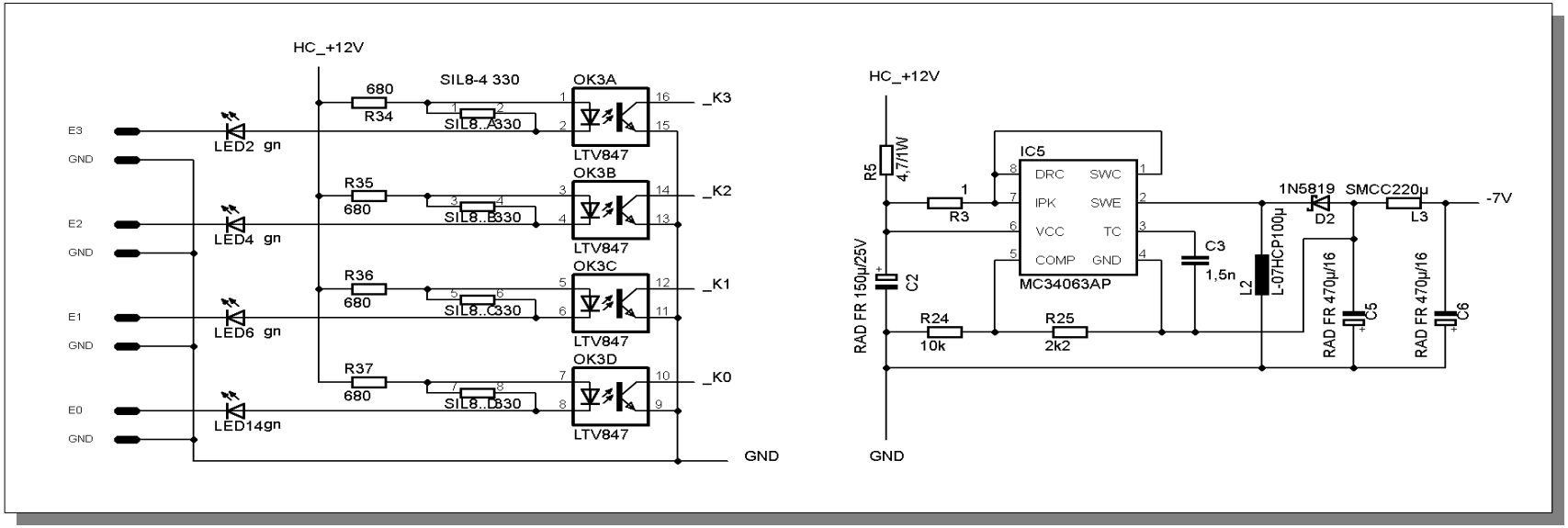
Technische Daten:

- externe Einspeisung: 12 V ± 1 V, max. jeweils 5 A
- interner Energieverbrauch (ohne Speisung Hausbus): max. 1 W (95 mA / 12 V)
- Stromentnahme vom Schaltnetzteil (an USB-Buchse): 5 V; max.1,5 A (=7,5 W) möglich
- Eingänge E0..E3 bzw. S0-Schnittstelle: aktiv, Zählen bei Verbindung gegen GND (3..12 mA); $f_{Zähl} \leq 21$ Hz
- Zeitfenster für die Ausfallerkennung: 2:46 min (+/- 5 % bzw. 2:38 … 2:54)

8.2. Die Schaltung




zum Haupt-PC
D-SUB BU 09
Hausbus
Hausbus
MEBP 8-8G
RJ45
Hausbus
MEBP 8-8G
RJ45
Hausbus
MEBP 8-8G
RJ45
zum Reserve-PC
D-SUB BU 09
HC_SDA
HC_SCL
GND
HC_+12V
J8
J9
J12
J1
Haupt
Reserve
SCL lesen
Testsignal senden
SDA senden
GND
+12V lesen
SCL senden
SDA lesen
ADAPTERLESEN
D4-6 dienen als Schutz vor Überspannung
D10
D8
D9
P6KE15C
R32
1k5
LED13
gn
SIL5-4
4k7
47µ/16V
C1
R31
10k
R7
30,0k
RESERVE
R10
3k3
SIL 8-4 33k
SIL8A 33k
IC1A
LM2901N
R8
600
SIL8B 33k
D7
1N4148
IC1B
LED7
ge
R9
600
SIL8C 33k
D12
1N4148
IC1C
LED8
ge
R11
600
SIL8D 33k
IC1D
R13
600
HAUPT
R12
3k3
SIL8.A33k
IC2A
R18
600
-7V
SIL8.B33k
D13
1N4148
IC2B
LED9
ge
R28
600
SIL8.C33k
D23
1N4148
IC2C
LED10
ge
R29
600
SIL8.D33k
IC2D
R30
600
UREF3,0V
TITLE: Busadapter-Deluxe-plus
Description: Busadapter
Date: 20.11.2014 22:22:14
Sheet: 2/3



8.3. Hinweise zum Aufbau

Bohren der Leiterplatte:

- Zunächst alle Löcher mit 0,8 mm vorbohren,
- Die Doppellöcher der Netzteilbuchsen mit 1,3 mm aufbohren und in Langlöcher verwandeln,
- 1,0 mm für R5, das Relais, IC4, C13, den SUB-D Buchsen, D8-D10, D17 (neben dem Relais),
- 1,3 mm Bohrer auch für die Klemmbuchsen und die drei SB540 Dioden verwenden,
- 1,5 mm für die Masse-Bohrungen an den Netzwerkbuchsen,
- 2 mm für die Masse-Bohrungen der USB-Buchse,
- Die großen Löcher der Netzwerkbuchsen, der SUB-D Buchsen und für die 4 Befestigungsschrauben mit 3 mm bohren,
- Besonderheiten beim Bestücken:
- Die Leiterplatte vorher blank schmirgeln und mit Lötlack (SK10) versehen – das erleichtert das Löten ungemein ;-)
- Mit 4 Durchkontaktierungen beginnen – möglichst in den Ecken, dann Platine auf ebene Fläche legen und in restliche Durchkontaktierungen einfach abgeschnittene Drahtstückchen stecken und verlöten.

- Vor dem Einsetzen der SUB-D Buchsen – die Durchkontaktierung unter/an den Buchsen nicht vergessen!
- Viele Bauelemente sind beidseitig zu verlöten – sorgfältig arbeiten, besonders bei den Elkos und den SILs, Pin 15 an IC3 nicht vergessen!
- Die maximale Bauhöhe auf der Bestückungsseite ist beachten, 16 mm dürfen nicht überschritten werden – d.h. kein Bauteil, außer der LEDs, darf höher als das Relais und die USB-Buchse sein. Elkos sind entsprechend liegend zu positionieren. Der Schaltregler LM2575 (IC 4) wird mit dem Kühlblech verschraubt und vorsichtig liegend eingelötet. Das Kühlblech kann die darunterliegende Kupferfläche berühren.
- Die SIL Widerstände müssen richtig herum eingesetzt werden – der aufgedruckte Punkt entspricht der Seite mit PIN „1“.
- Die LEDs wurden beim Mustergerät vor dem Einlöten an einem Schleifstein plan geschliffen, um später Löcher in der Beschriftungsfolie zu vermeiden. Für den exakten Abstand der LED-Unterkante von der Leiterplatte hilft ein Pappstreifen beim Einlöten – 15 mm für die so vorbehandelten LEDs (13 mm für D16), dann schloss die Oberkante der LEDs in etwa glatt mit dem Gehäuse ab.
- R33 sind 2 Widerstände, die manuell auf der Leiterseite an der USB Doppel-Buchse jeweils zwischen den beiden Datenleitungen gelötet werden. Sie simulieren ein Netzteil gemäß Protokoll zum Laden von Smartphones mit max. 500 mA.
- Das Widerstandsarray SIL 8-4 ~~330~~ 680 wird wegen Platzmangel direkt auf der Leiterseite an die eingangsseitigen 8 Pins des LTV 847 (OK3) angelötet. Die Orientierung spielt dabei keine Rolle. Diese 4 Widerstände verringern die Empfindlichkeit der Eingänge, sodass erst Ströme über ~~2~~ 1 mA den aktiven Zustand auslösen können. 330 Ohm funktionieren daher nur bei S0 Schnittstellen Klasse A, 680 Ohm dagegen bei Klasse A&B!
- Ergänzung 2022: Im Layout ist keine LED für die Funktion des 5V Schaltreglers vorgesehen, man kann aber zusätzlich noch eine grüne LED per Widerstand (600 Ohm) hinzufügen. Das gleiche gilt für die Erzeugung der -7 V (820 Ohm).

8.4. Inbetriebnahme/Initialisierung

Zunächst wird von den gesockelten ICs nur IC5 eingesetzt. Nach Anlegen von +12V an eine Eingangsbuchse wird kontrolliert, dass am PIN 12 von IC1 bzw. IC2 -7 V und an C8 +5V anliegen. Sollte R5 anfangen „zu rauchen“, so liegt ein Fehler bei der Erzeugung der negativen Hilfsspannung mit IC5 vor. Erst wenn beide Hilfsspannungen funktionieren, sind die restlichen ICs zu bestücken. Für einen kompletten Funktionstest sind dann:

- Alle Hohlbuchsen zu prüfen – die zugehörige grüne LED muss leuchten
- Mit dem Betriebsartenschalter das Relais und somit auch die LEDs 11/12 auf Funktion prüfen, Kontrolle, dass die rote LED „Status Hausbus“ leuchtet, Messung Stromaufnahme Interface: mit angezogenem Relais ca. 92 mA, sonst ca. 56 mA. 8 s nach der Umschaltung des Betriebsartenschalters „Reserve PC“ → „Automat“ sollte dass Relais wieder auf „Haupt-PC“ schalten und danach nach knapp 3 min erneut auf „Reserve-PC“ für ebenfalls 8 s.
- Mit einer Brücke an den Eingängen E0..E3 gegen Masse kontrollieren, dass die entsprechende LED aufleuchtet
- An die seriellen Schnittstellen einen PC mit *hauscomp.exe* (und *hauscomp.ini* vom Beispiel 6.8 aus dem Programmhandbuch) anschließen – die Duo LED „Status Hausbus“ sollte auf „grün“ wechseln und die entsprechenden SDA/SCL LEDs sollten gelb flackern. Zwischen den Schnittstellen kann man dabei manuell mit dem Schalter umschalten.
- Im Programm *hauscomp.exe* (ab Version 6.0.41) unter ..Funktionen/Hardwarestatus kontrollieren, dass der Busadapter angezeigt wird und der interne

SPS Modul Nr. 49 „ein“ ist.

Zum Abschluss wird ein PC komplett mit seriellem Anschluss und Stromversorgung als „Reserve PC“ angeschlossen, der Umschalter auf „Automat“ gestellt und +12 V angelegt. Nun erfolgt eine automatische Sequenz mit dreimaligen Umschalten des Relais und dem Versuch einen „Haupt PC“ neu zu starten, der aber nicht vorhanden ist. Nach spätestens 10 min wird dauerhaft auf „Reserve PC“ umgeschaltet. Jetzt sollte der „Reserve PC“ auch korrekt starten. Wichtig: die Stromversorgung des „Reserve PC“ muss vom Busadapter geschaltet werden – der PC darf also nicht dauerhaft „ein“ sein, da ansonsten die Ausfallerkennung nicht korrekt funktioniert. Der Test geht natürlich auch ganz ohne PC.

Mit der *hauscomp.ini* aus dem Ordner **..\Beispiel_6.8** kann man sich nun im Anwendermenü 116 (BA“Deluxe“) alle relevanten Informationen des Busadapters anzeigen lassen. Das Messintervall für die Anzeige der aktuellen Leistung dauert ca. 9 min, die erstmalige Anzeige nach Programmstart erfolgt nach ca. 11 min. Bei einem neu programmierten Attiny zeigen die Energiezähler einen sehr großen negativen Wert an (Alle EEPROM Zellen sind „high“). Dieser Wert verschwindet nach dem ersten Zählimpuls am entsprechenden Eingang. Für die folgende Anzeige war am Busadapter nur ein Netzteil angeschlossen, der PC lief als „Reserve PC“ und am Eingang E3 lag dauerhaft ein Signal mit ca. 21 Hz an:



Die Leistung berechnet sich intern folgendermaßen:

Differenz des Energiezählers je Zeiteinheit * Korrekturfaktor / Teiler, also bei einem Energiezähler, der z.B. 0,02136 kWh je Sekunde misst (E3):

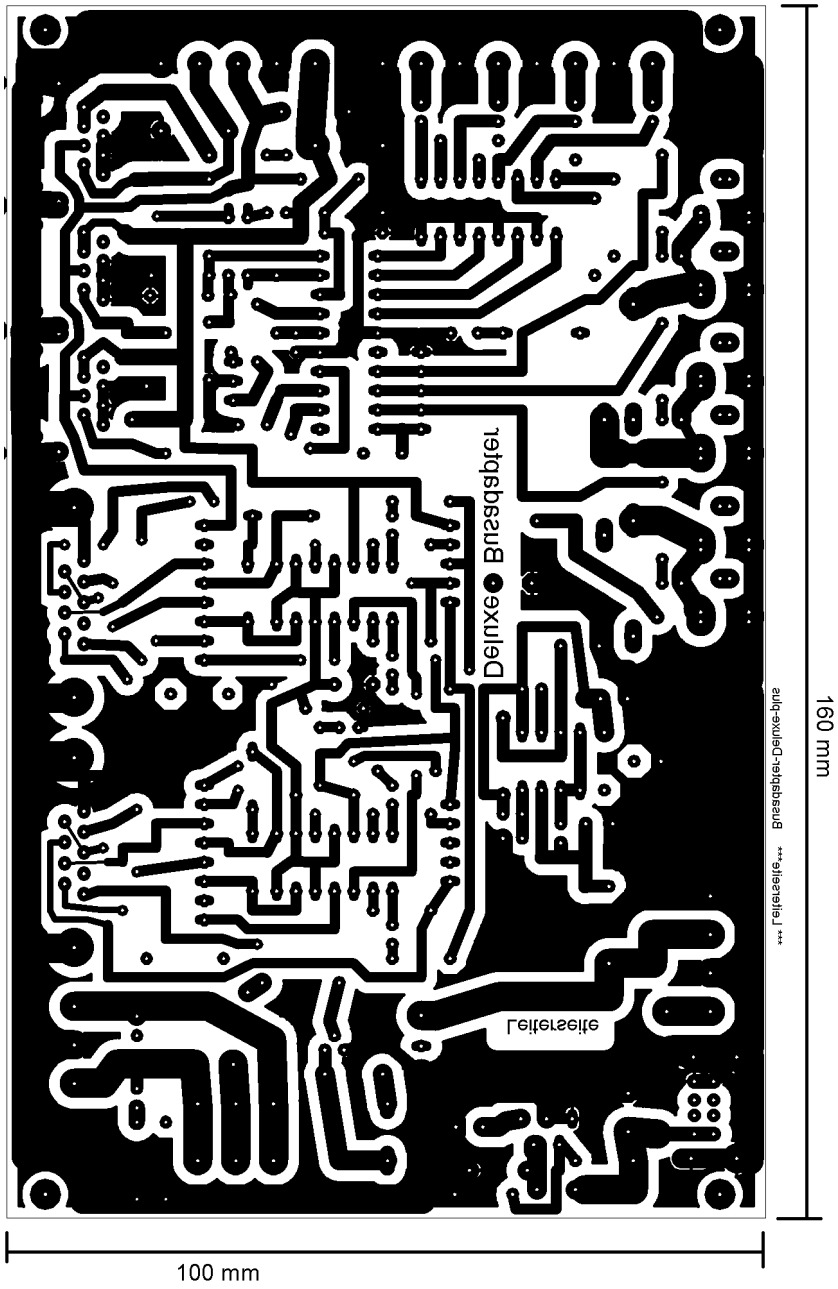
```
21,36 Impulse/s * 3600 s je Stunde /1000 = 76,91 kW
```

Bei laufendem Busadapter gibt man nun ein paar Impulse auf die S0-Eingänge. Nachdem korrekte Werte im PC angezeigt werden, entfernt man kurzzeitig für wenigsten 5 s die Stromversorgung vom Interface. Danach startet dann der PC mit der *hauscomp.exe* neu. Das Interface versucht natürlich wieder zunächst den „Haupt PC“ zu starten. Nach erfolgreichem Programmstart holt sich das Programm vom Interface die letzten gespeicherten Zählerwerte erneut. Stimmen sie mit den zuletzt angezeigten überein, so hat die Ausfallsicherung im Interface (Speicherung im EEPROM bei Spannungsausfall) funktioniert. Nun bleibt nur noch der Test der Hausbus-Anschlüsse mit einem beliebigen Interface/Raumsensor. Danach ist der Busadapter einsatzbereit.

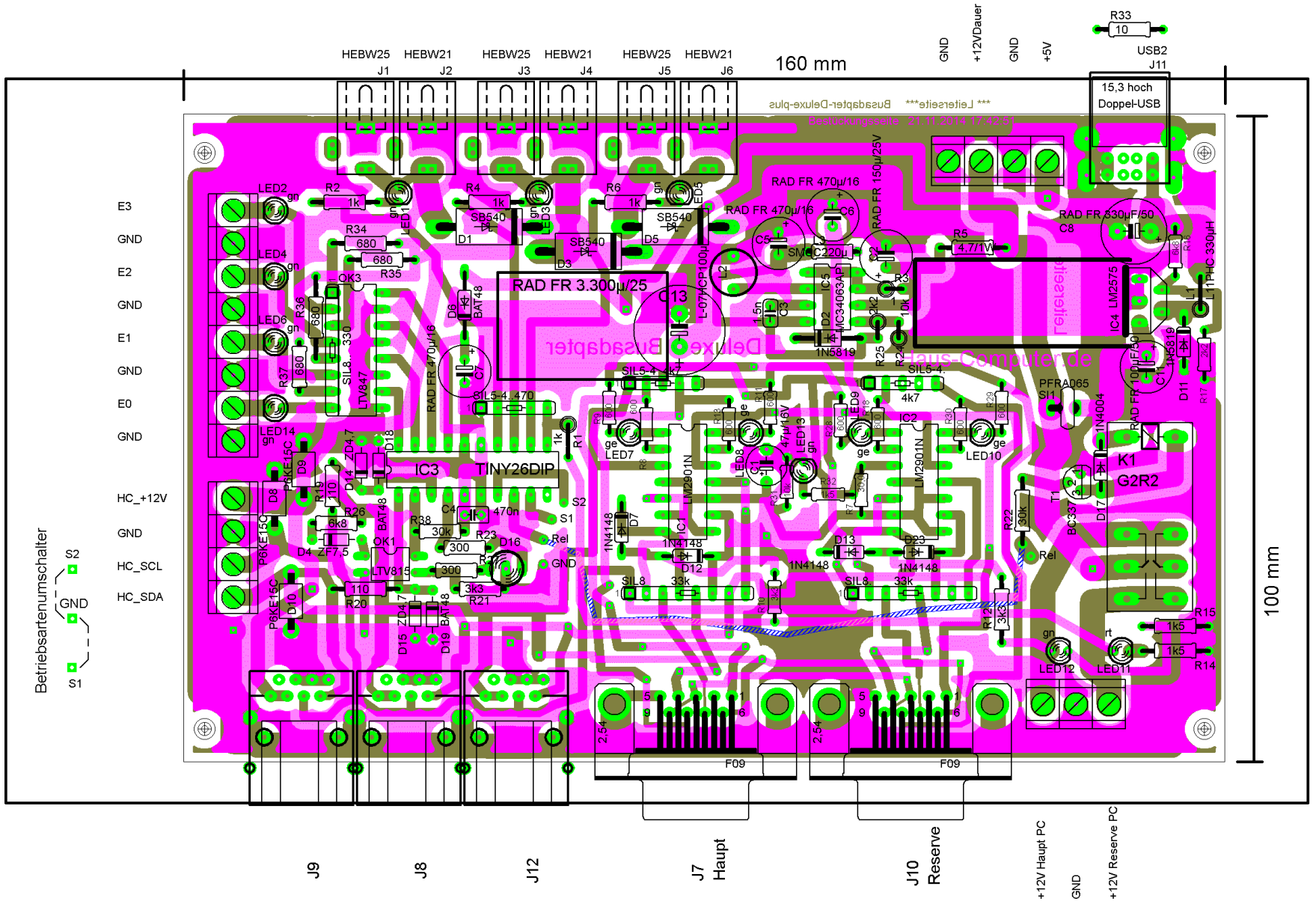
Die Programmierung der 4 S0-Eingangskanäle in der *hauscomp.ini* erfolgt selbsterklärend folgendermaßen:

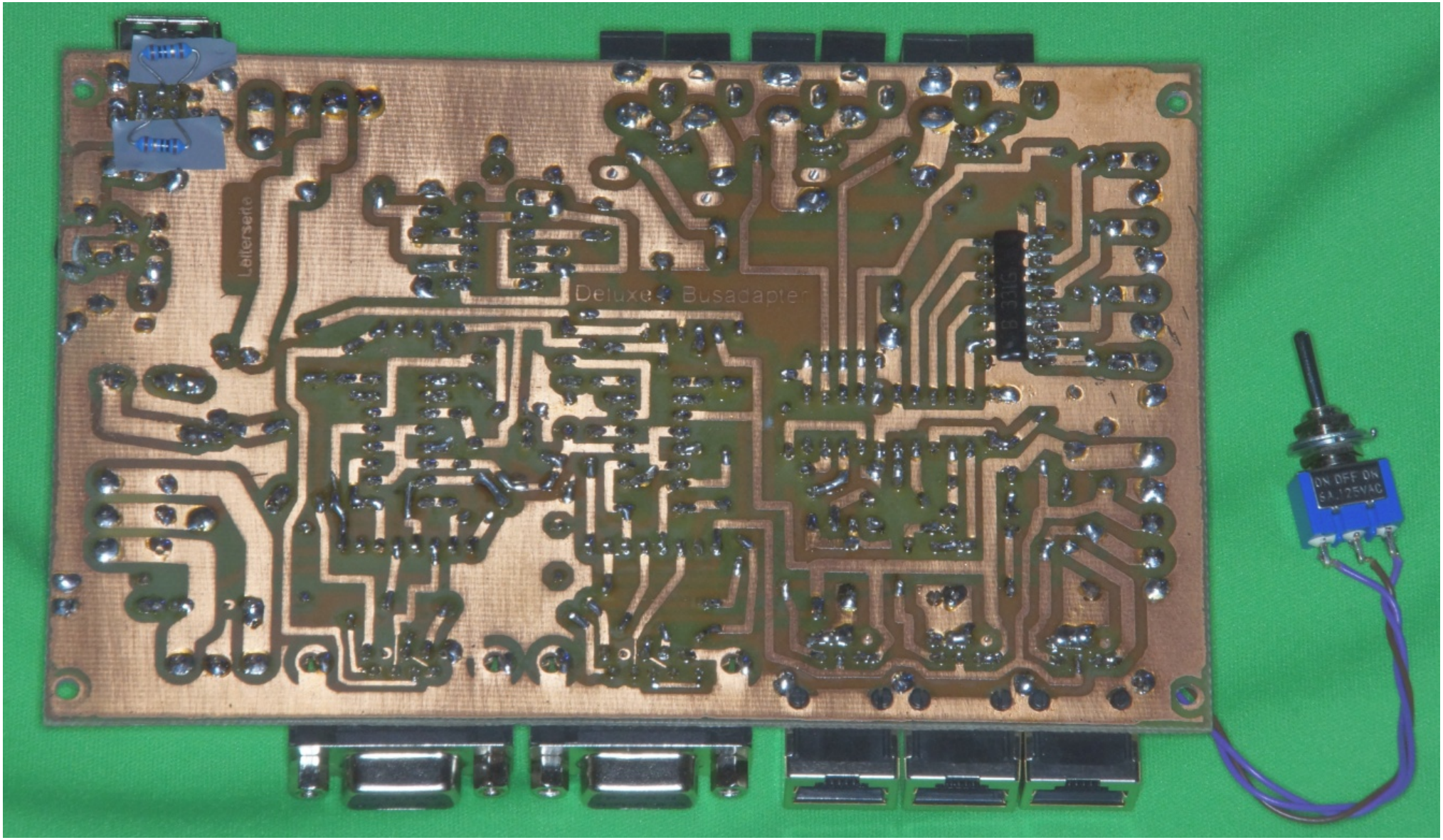
```
 ***S0-Zähler am Busadapter "Deluxe"***
  (Zählerdifferenz)      (Teiler) (Einheit Zähler) (Einheit Leistung)
S00=          0           1000        kWh          kW
S01=          0           1000        m3           m³/h
S02=          0           1000        l            l/h
S03=          0           1000        kWh          kW
```

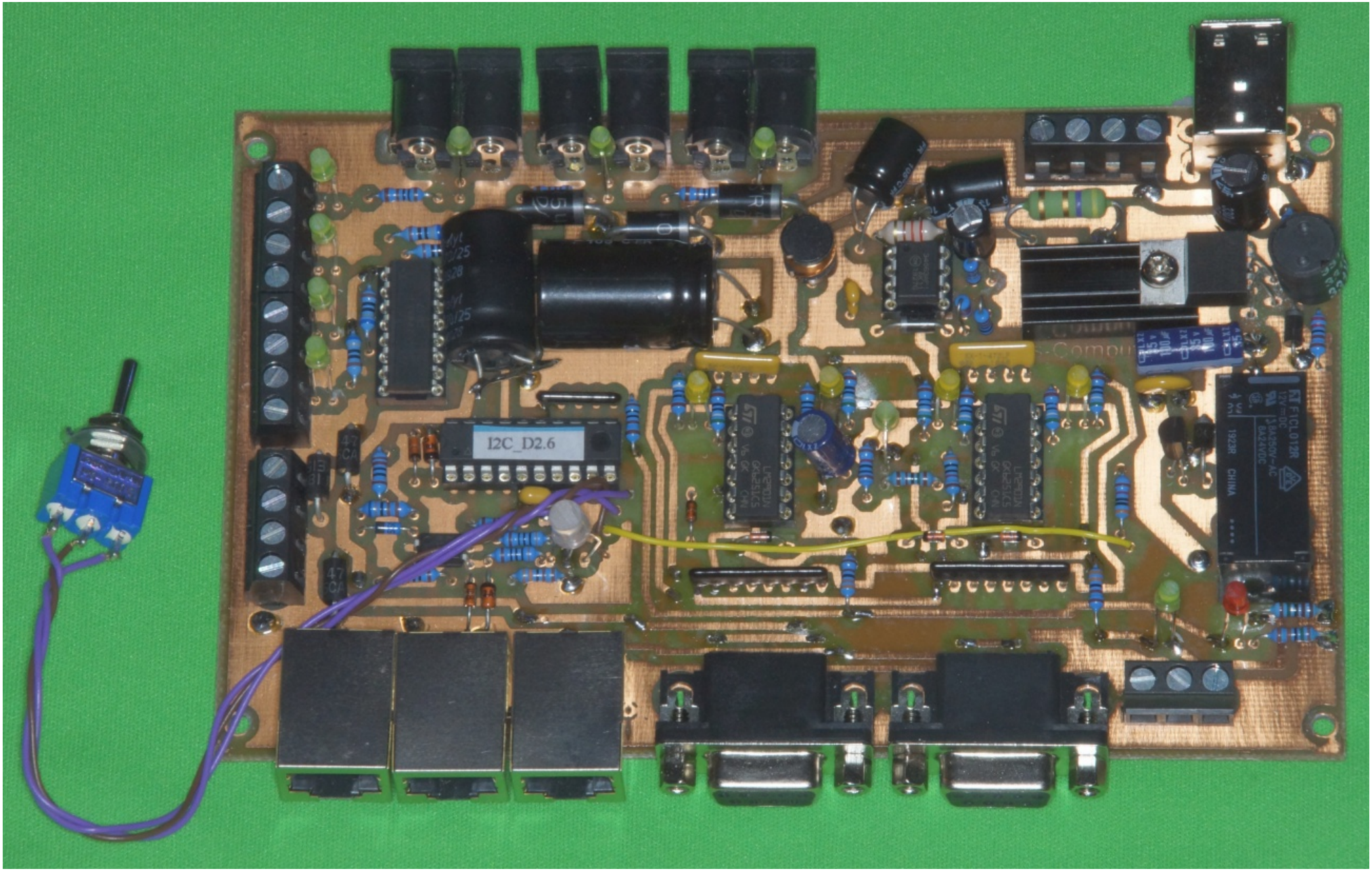
8.5. Das Leiterplatten – Layout (nächste Seite)


Leiterseite
Bestückungsseite
Haus-Computer.de
160 mm
100 mm

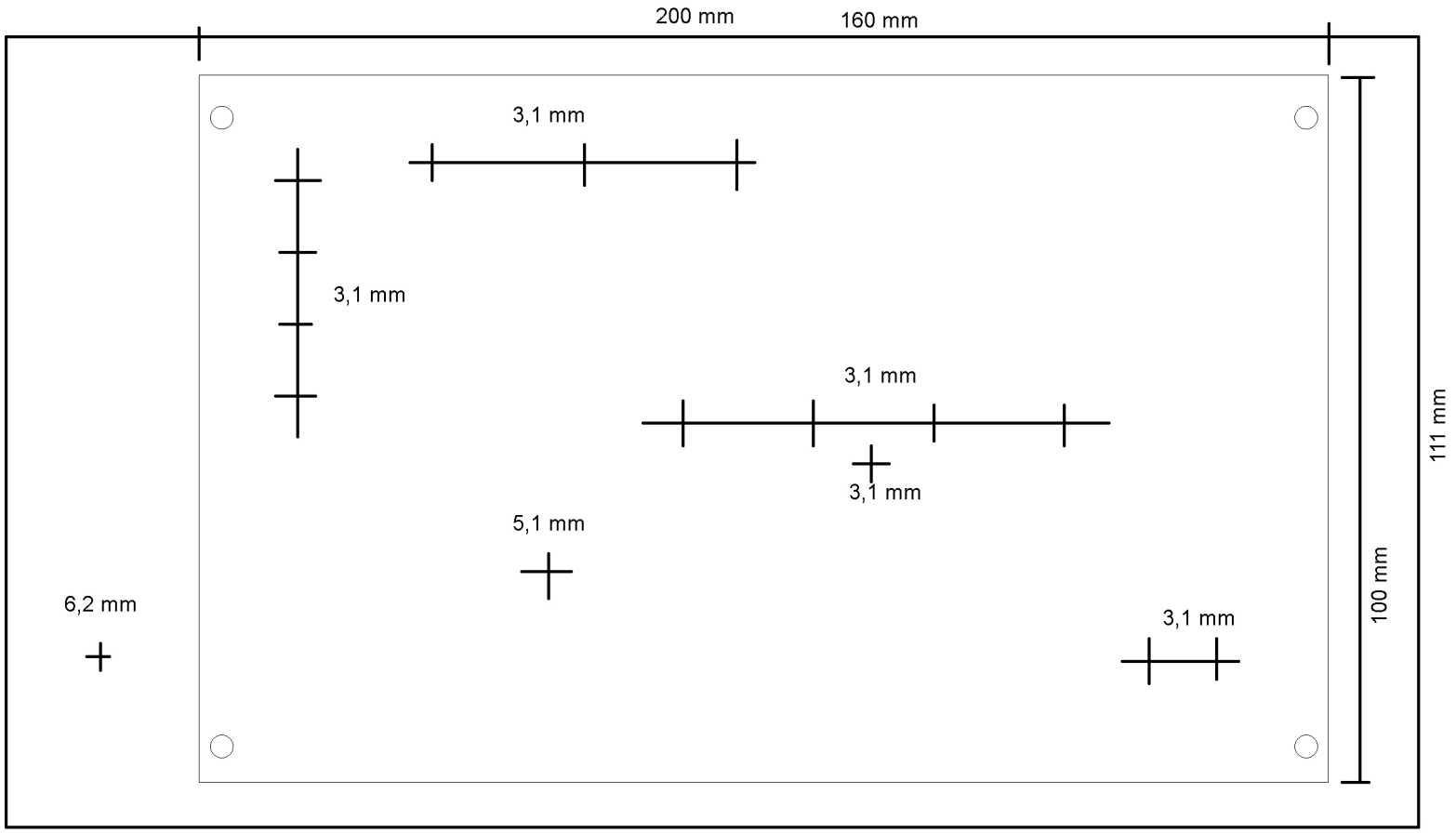
8.6. Der Bestückungsplan




Leiterseite
Deluxe Busadapter
ON OFF ON
5A 125VAC


I2C_D2.6

8.7. Die Gehäuse – Bohrschablone

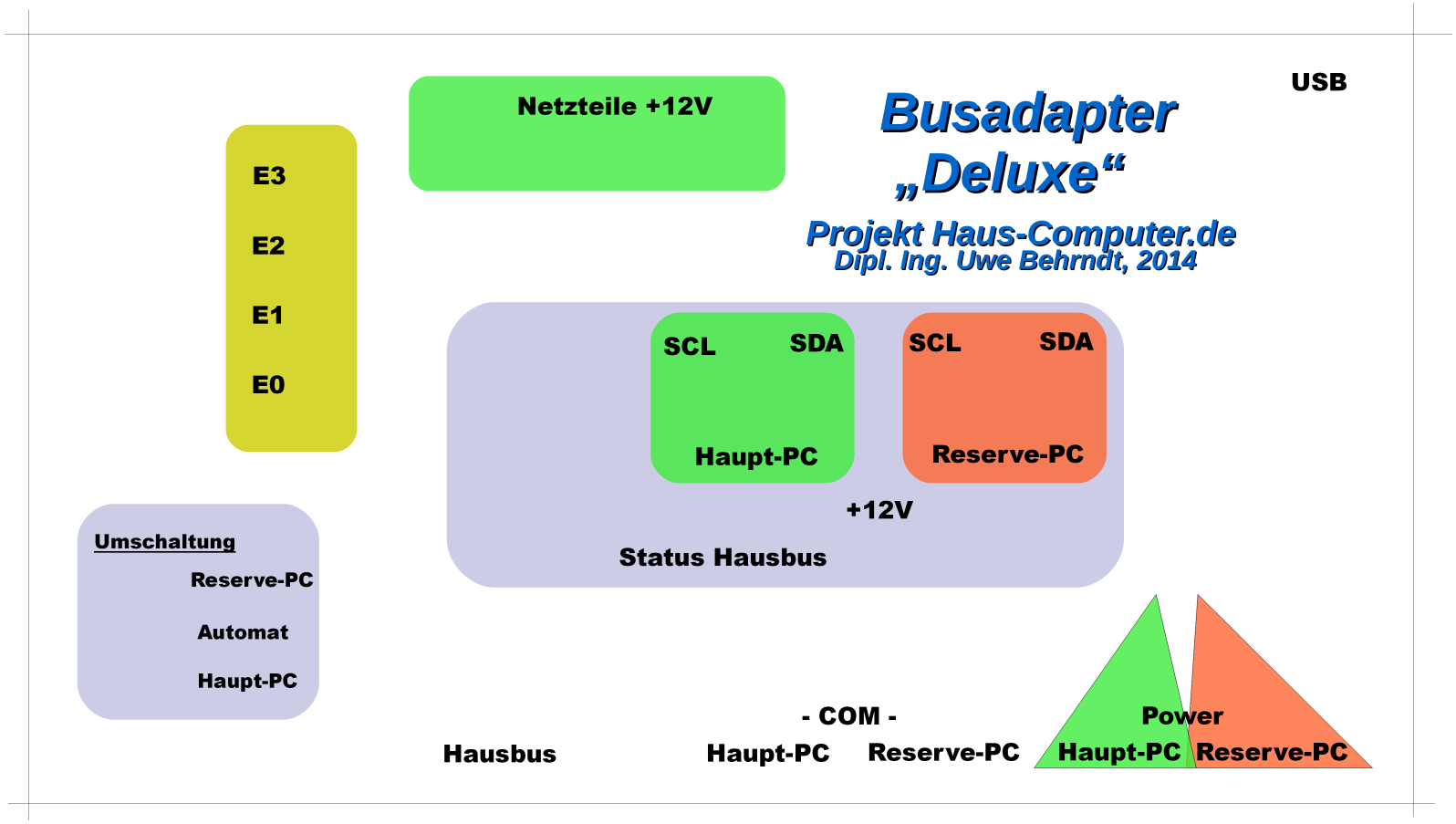


Es gibt natürlich keine 3,1 bzw. 5,1 mm Bohrer. Damit ist aber gemeint, dass die Löcher ruhig etwas größer beim Bohren „gefräst“ werden sollten, damit die Bauelemente später beim Aufsetzen des Deckels nicht klemmen. Hilfreich ist auch ein Anfasen der LED-Bohrlöcher mit einem Kegelsenker von der Innenseite des Deckels – so zentrieren sich die LEDs leichter beim Zusammenschrauben.

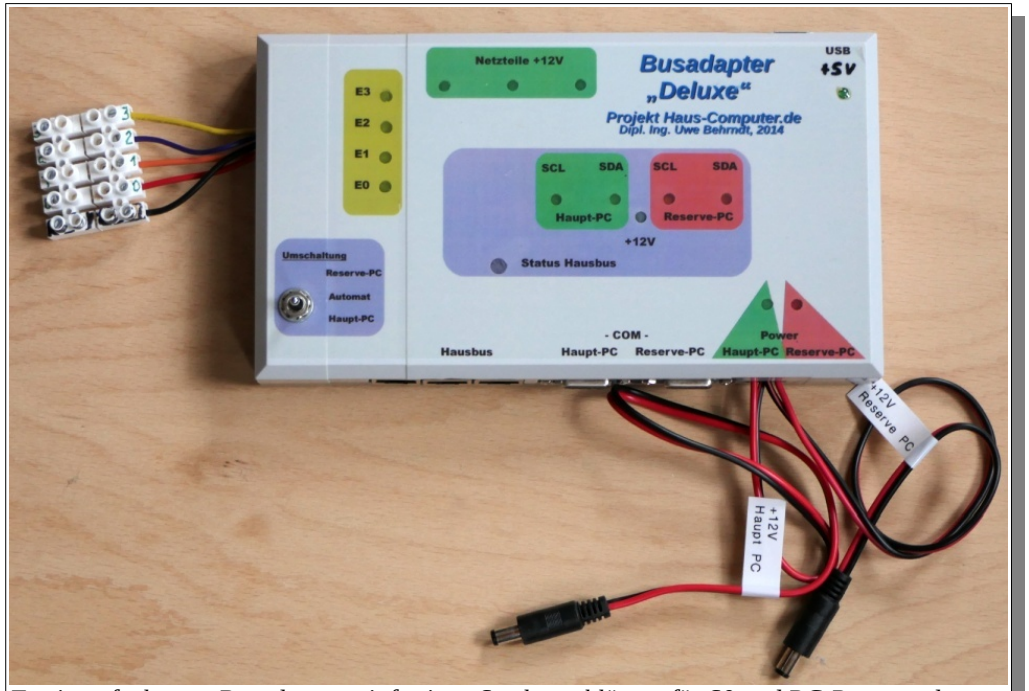
8.8. Die Gehäuse – Beschriftung

Diese Vorlage mit einem Kopierer/Laserdrucker auf durchsichtige Klebefolie drucken und auf das Gehäuse kleben …

Die Maße sind: 200 x 112



Eine mögliche Ergänzung sind zusätzliche grüne/blaue LEDs an +5 V (über einen 600 Ohm Widerstand) bzw. -7 V (über einen 820 Ohm Widerstand). Die Beschriftung ist dann entsprechend zu ergänzen.



Fertig aufgebauter Busadapter mit fertigen Steckanschlüssen für S0 und PC-Power – das Gehäuse braucht dann beim Einbau nicht mehr geöffnet werden.

Erinnert sei an dieser Stelle nochmal an die Optimierungsmöglichkeit aus dem Pkt. 1.1 (Das erweiterte Hausbuskonzept). Wenn also ausschließlich ATtinys am Hausbus hängen (keine PCFs, Lms, MAX usw.) können die beiden Buswiderstände von 4,7k auf 2,4k oder gar 1,8k verringert werden um die Störfestigkeit zu erhöhen: Dazu parallel zu +12V und SDA, bzw. SCL entsprechend 4,7k oder 3,0k zusätzlich anklemmen. Die maximale Busleitungslänge vergrößert sich, bzw. der Störabstand verringert sich deutlich. Ein Hinweis in der Beschriftung wäre auch hilfreich.

Als TVS bzw. Suppressor-Dioden (D8 – D10) kann mittlerweile auf den besseren unidirektionalen Typ 1,5KE16A zurückgegriffen werden.

8.9. Die Bauteilliste und Bestellnummern für REICHELT

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Juni 2014)	Gesamt
C1	47µ/16V	1	RAD FR 47/25	0,09 €	0,09 €
C2	150µ/25V	1	RAD FR 150/25	0,12 €	0,12 €
C3	1,5n	1	X7R-5 1,5N	0,07 €	0,07 €
C4	470n	1	Z5U-5 470N	0,20 €	0,20 €
C5, C6, C7	470µ/16V	2	RAD FR 470/16	0,16 €	0,32 €
C8	330µ/50V	1	RAD FR 330/25	0,21 €	0,21 €
C11	100µ/50V	1	RAD FR 100/50	0,21 €	0,21 €
C13	3300µ/25V	1	RAD FR 3.300/25	1,10 €	1,10 €
D1, D3, D5	SB540	3	SB540	0,26 €	0,78 €
D4	ZF 7,5	1	ZF 7,5	0,06 €	0,06 €
D2, D11	1N5819	2	1N5819	0,06 €	0,12 €
D6, D18, D19	BAT48	3	BAT48	0,05 €	0,15 €
D7, D12-13, D23	1N4148	4	1N4148	0,02 €	0,08 €
D8, D9, D10	P6KE15C	3	1,5KE16A	0,39 €	1,17 €
D14, D15	ZD 4,7	2	ZD 4,7	0,05 €	0,10 €
D16	Duo LED	1	LED 5 RG-3	0,18 €	0,18 €
D17	1N4004	1	1N4004	0,02 €	0,02 €
IC1, IC2	LM2901N	2	LM 2901 DIL	0,14 €	0,28 €
IC3	TINY26DIP	1	ATTINY 261A-PU	1,45 €	1,45 €
IC4	LM2575	1	LM 2575 T-ADJ	1,15 €	1,15 €
IC5	MC34063	1	MC 34063 AP	0,39 €	0,39 €
J1, J3, J5	Hohlbuchse 2,5mm	3	DC BU25 90	0,45 €	1,35 €
J2, J4, J6	Hohlbuchse 2,1mm	3	DC BU21 90	0,45 €	1,35 €
J7, J10	Buchse SUB-D	2	D-SUB BU 09EU	0,29 €	0,58 €
J8, J9, J12	Netzwerkbuchse	3	MEBP 8-8G	0,55 €	1,65 €

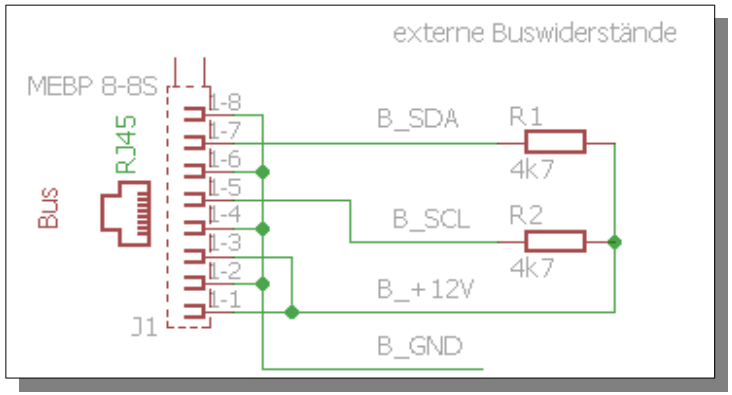
Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Juni 2014)	Gesamt
J11	USB Doppelbuchse	1	USB AW-2	0,28 €	0,28 €
K1	Relais	1	FTR F1CL012R	1,15 €	1,15 €
Kl	Klemme 4-pol.	4	AKL 094-04	0,79 €	3,16 €
Kl	Klemme 3-pol.	1	AKL 094-03	0,59 €	0,59 €
L1	330µH	1	L-11PHC 330µ	0,59 €	0,59 €
L2	100µH	1	L-07HCP 100µ	0,36 €	0,36 €
L3	220µH	1	SMCC 220µ	0,17 €	0,17 €
LED 1-6, 12, 14	LED grün	9	LED 3MM GN	0,06 €	0,54 €
LED 7-10, 13	LED gelb	4	LED 3MM GE	0,07 €	0,28 €
LED 11	LED rot	1	LED 3MM RT	0,06 €	0,06 €
OK1	LTV 815	1	LTV 815	0,36 €	0,36 €
OK3	LTV 847	1	LTV 847	0,54 €	0,54 €
R1, R2, R4, R6	1k	4	Metall 1,00K	0,08 €	0,33 €
R3	1 Ohm	1	Metall 1,00	0,08 €	0,08 €
R5	4,7 Ohm/1W	1	2W Metall 4,7	0,11 €	0,11 €
R7, R22, R38	30k	3	Metall 30,0K	0,08 €	0,24 €
R8, 9, 11, 13, 18, 28-30	600 Ohm	10	Metall 590	0,05 €	0,49 €
R10, 12, 27	3,3k	3	Metall 3,30K	0,08 €	0,24 €
R14, R15, R32	1,5k	3	Metall 1,50K	0,08 €	0,24 €
R16, R26	6,8k	2	Metall 6,80K	0,08 €	0,16 €
R17, R25	2,2k	2	Metall 2,20K	0,08 €	0,16 €
R19, R20	110	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €
R21, R23	300	2	Metall 300	0,08 €	0,16 €
R33	10 Ohm	2	Metall 10,0	0,08 €	0,16 €
R24, R31	10k	2	Metall 10k	0,08 €	0,16 €
R34-R37	680	4	Metall 680	0,08 €	0,32 €
S1/S2	3-pol. Schalter	1	MS 500C	1,85 €	1,85 €

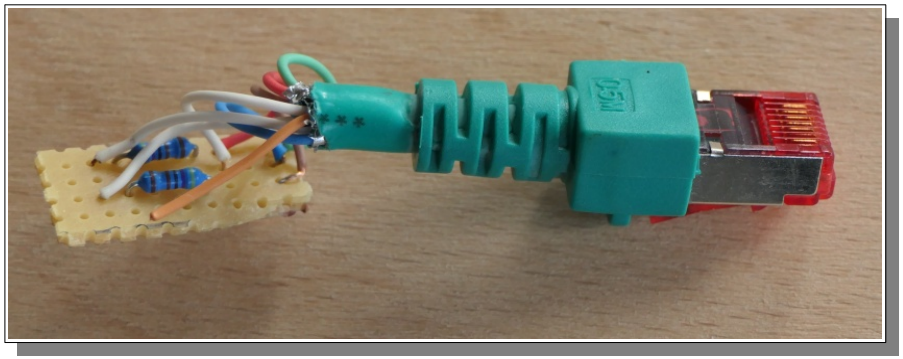
Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Juni 2014)	Gesamt
Si 1	Sicherung	1	PFRA065	0,31 €	0,31 €
SIL5-4 4k7	Widerstandsarray 4k7	2	SIL 5-4 4,7k	0,05 €	0,09 €
SIL 5-4 470	Array 470 Ohm	1	SIL 5-4 470	0,05 €	0,05 €
SIL 8-4 33k	Widerstandsarray 33k	2	SIL 8-4 33K	0,05 €	0,10 €
SIL 8-4 330	Widerstandsarray 330 Ohm	1	SIL 8-4 ~~330~~ 680	0,05 €	0,05 €
T1	Transistor BC337	1	BC337-40	0,04 €	0,04 €
ohne	IC Sockel 8pol.	1	GS 8P	0,17 €	0,17 €
ohne	IC Sockel 20pol.	1	GS 20P	0,26 €	0,26 €
ohne	IC Sockel 14pol.	2	GS 14P	0,28 €	0,56 €
ohne	IC Sockel 16pol.	1	GS 16P	0,29 €	0,29 €
ohne	Gehäuse	1	BOPLA EG-2030	13,95 €	13,95 €
ohne	Kühlkörper	1	V PR5/25-M3	0,58 €	0,58 €
Optional:				2,00 €	0,00 €
ohne	Hohlstecker 2,5 mm mit Kabel		HS AK 25	1,40 €	0,00 €
ohne	Hohlstecker 2,1 mm mit Kabel		HS AK 21	1,40 €	0,00 €
ohne	Anschlusskabel SUB-D 9-pol.		AK 2300	1,60 €	0,00 €
ohne	Leiterplatte		BEL 160X100-2	2,15 €	0,00 €
ohne	Blechschrauben 2,9 x 6,5 mm		SBL 29065-100	1,55 €	0,00 €
	Gesamt:				42,57 €

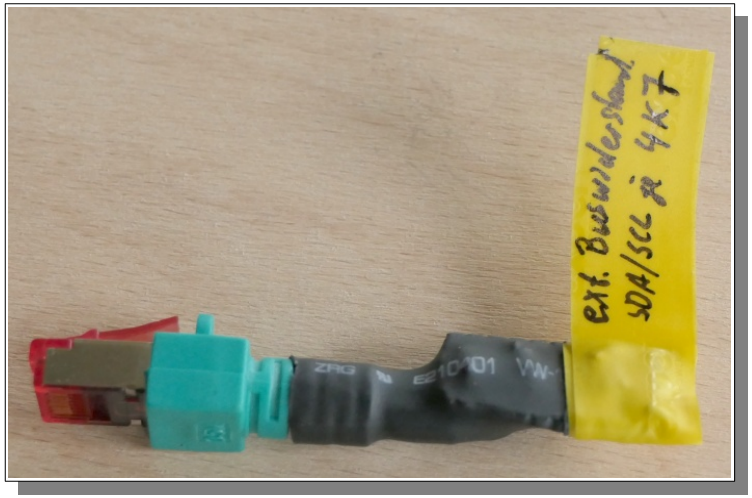
Warenkorb REICHELT (ohne optionale Bauteile): https://www.reichelt.de/my/1681862

8.10. Nachträgliche Modifikation der Buswiderstände

Der Busadapter „Deluxe“ hat intern 2 Buswiderstände (jeweils 4,7 k) für die beiden Signalleitungen B_SDA und B_SCL gegen B_+12V. Damit wird die I^2C Spezifikation von $i_{SDA/SCL}$ < 3 mA zuverlässig eingehalten. In Umgebungen mit starken elektromagnetischen Störungen (z. B. bei Parallelverlegung von ungeschirmten Hausbus-Kabeln und 230V Kabeln) kann es mitunter zu Störungen im Busverkehr kommen. Eine wirksame Maßnahme ist die Verkleinerung der Buswiderstände (siehe auch Abschnitt 1.1. ganz am Ende). Da die meisten I^2C ICs den erhöhten Strom ($i_{SDA/SCL}$ 2,5 → 5 mA) problemlos verkraften, ist ein steckbarer Dongle eine einfache Möglichkeit zur Verbesserung der Datenqualität. Die wirksamen Buswiderstände ergeben sich aus der Parallelschaltung von internen und externen Widerständen. Um auf einen (verringerten Gesamtwiderstand) von jeweils 2,4 k zukommen, werden nur 2 zusätzliche 4,7 k Widerstände und ein halbes Patchkabel benötigt:







Der Dongle wird einfach an einer freien Buchse am Hausbus (möglichst in der Nähe des Busadapters) eingesteckt.

Der Bus wird so niederohmiger und damit störungsunempfindlicher. Es erhöht sich natürlich der SDA-Low-Pegel bei Antworten der Slaves. Einfluss haben darauf (neben der Buswiderstände) auch die Stromaufnahme der Slaves, ihr Typ und der Leitungswiderstand. Praktische Messungen ergaben eine Erhöhung von 0,7 V auf 1,1 V bei einem 45 m entfernten Slave, gemessen direkt am Busadapter. Ein Unterschied zwischen PCF-ICs, MAX1236 und ATtiny-Slaves wurde nicht festgestellt. Da im Busadapter „Deluxe“ die „Low“/“High“ Erkennung bei 3V liegt, ist noch genügend Pegelreserve vorhanden.

9. T&F Sensor mit AM2320 (leider nicht für den Dauerbetrieb geeignet)

9.1. Beschreibung, Technische Daten


T&F Sensor geöffnet


T&F Sensor fertig

Seit einiger Zeit gibt es den digitalen Temperatur- und Feuchtesensor AM2320/AM2320 für wenig Geld zu kaufen. Er ist bereits fertig kalibriert und liefert bei korrekter Ansteuerung folgende Daten der umgebenden Luft:

Temperatur	Bereich:	-40 .. +80	°C
	Auflösung:	0,1	°C
	Genauigkeit:	+/-0,5	°C
relative Luftfeuchtigkeit	Bereich:	0 .. 99,9	%
	Auflösung:	0,1	%
	Genauigkeit	+/-3	%

Da der Sensor das I²C-Protokoll beherrscht und zudem eine Prüfsumme zur Übertragung nutzt (CRC-16 Modbus), ist er natürlich für das Projekt Hauscomputer der ideale Sensor. Leider gibt es auch ein paar Nachteile: Der AM2320/AM2321 besitzt eine feste Busadresse und kann daher nur einmal am Bus angeschlossen werden. Außerdem war der Sensor für die Integration in das Projekt Hauscomputer ein denkbar schlechter Kandidat – der Sensor „legt“ sich alle 3 Sekunden „schlafen“ und muss erst mühsam erweckt werden. Daher meldete sich der Sensor normalerweise nicht in der I²C -Übersicht (Hauptmenü → Funktionen → I²C-Bus Analyse). Außerdem kann der Sensor in 2 Modi betrieben werden: I²C und 1-Draht Modus. Welcher Modus eingeschaltet wird, entscheidet sich beim Anlegen der Stromversorgung – und beim Projekt Hauscomputer wird natürlich der verkehrte Modus aktiv.

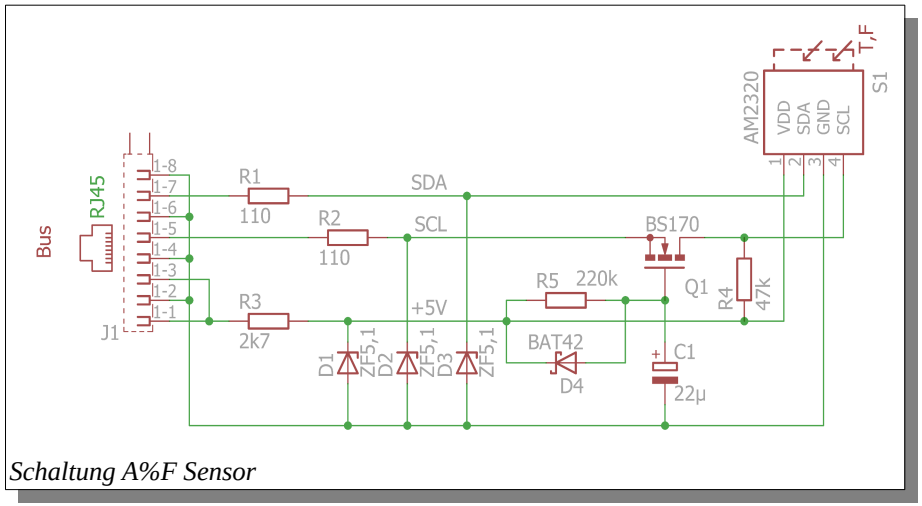
Letztlich sind aber in der folgenden Bauanleitung fast alle Probleme gelöst. Es reicht, den fertigen A&F Sensor an den Hausbus anzuschließen. Die gemessene Temperatur und Luftfeuchte werden dann automatisch an 2 SPS Modulen zur Verfügung gestellt. Zwei Einschränkungen gibt es: Der A&F Sensor belegt die gleiche Adresse am Hausbus wie ein binäres Universalinterface auf der Adresse 4. Es ist somit nur eine Baugruppe am Bus anschließbar. Normalerweise ist der Treiber für den A&F Sensor aktiviert, wird jedoch ein Scriptbefehl „Binär26= xxxx 4 …“ verwendet, so wird der Treiber für den A&F Sensor automatisch deaktiviert. Viel schlimmer ist aber folgendes: wird der Sensor längere Zeit am Bus mit anderen Baugruppen betrieben, so hört er nach einiger Zeit auf, sich zu melden (20 min bis 20 Stunden). Erst ein Ab- und Anstöpseln erweckt ihn wieder zum Leben. Ich hoffe, die Chinesen beseitigen irgendwann diesen Fehler (getestete Seriennummern: 1512177A0, 151217159, 15121794E). Eigentlich schade …

Der AM2321 unterscheidet sich vom AM2320 lediglich in den abgewinkelten Anschlussfahnen und ist ebenso verwendbar (allerdings nicht getestet).

Die interne Seriennummer des AM2320, sowie weitere interne Register des Sensors werden im Projekt Hauscomputer nicht ausgelesen.

9.2. Die Schaltung

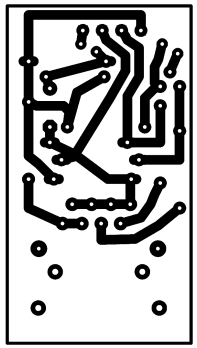
Die Funktion der Schaltung ist schnell erklärt: R1/R2/D2/D3 begrenzen die Signalpegel des Hausbusses auf die zulässigen I²C Pegel. R3/D1 liefert etwa 5V für die sparsame Stromversorgung des AM2320 (Stromaufnahme max. 2,5mA). Etwas komplizierter ist der Schaltungsteil um den Feldeffekttransistor BS170: Der Transistor sperrt für ca. 1,2 s nach Anlegen der Stromversorgung und organisiert so über R4 für diesen Zeitraum einen positiven Pegel an Pin 4 des Sensors. Damit wird der AM2320 zuverlässig im I²C-Modus gestartet. Danach ist C1 vollständig aufgeladen und der Transistor leitet dauerhaft die SCL Taktimpulse an den Sensor weiter. Die Diode D4 organisiert das zuverlässige Entladen des Kondensators bei kurzzeitigen Spannungsausfällen.

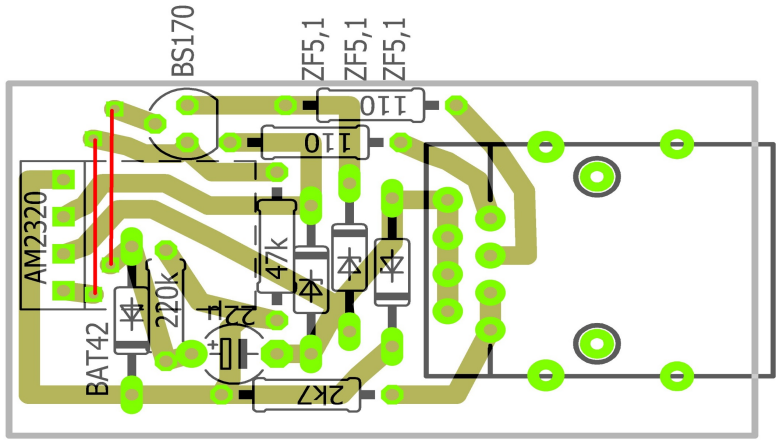


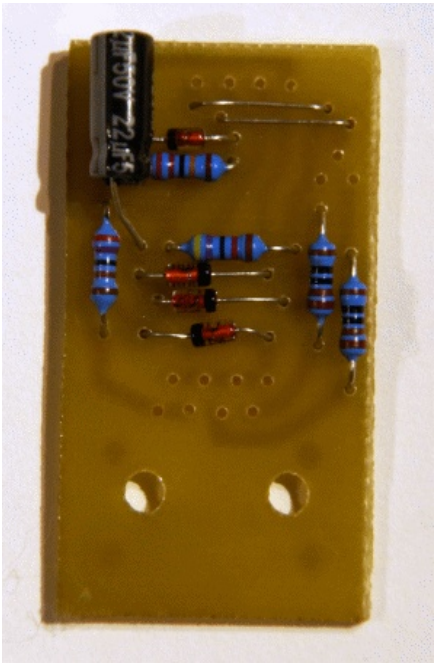
Schaltung A%F Sensor

9.3 Leiterplatte und Bestückungsplan

Die Abmaße der Platine betragen: 24,0 x 44,2 mm. Auf Befestigungsbohrungen wurde zugunsten einer minimalen Größe bewusst verzichtet. Alle Löcher wurden mit 0,8 mm gebohrt, die beiden Aufnahmelöcher für die Kunststoffnoppen der Netzwerkbuchse mit 3,2 mm.



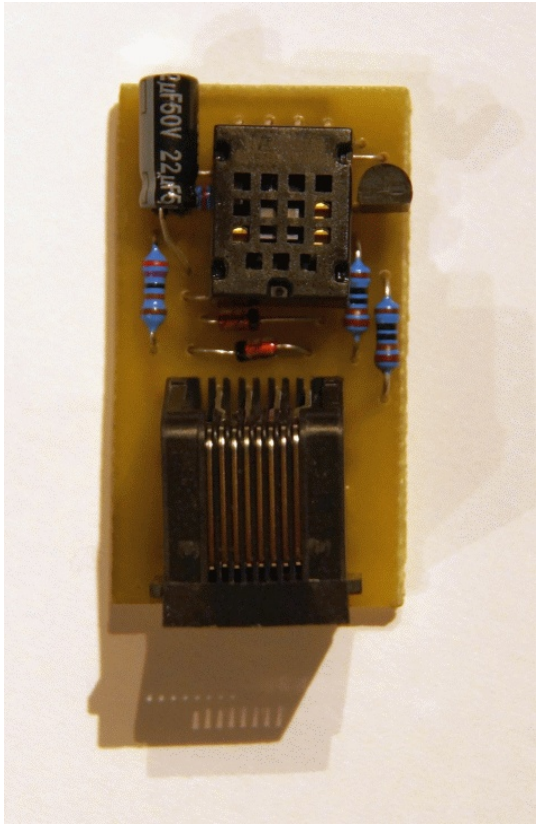




9.4 Hinweise zum Aufbau und zur Inbetriebnahme

Auch wenn nur wenige Bauelemente zu verlöten sind – der MOSFET BS170 ist unbedingt vor statischen Überspannungen zu schützen! Deshalb erst alle passiven Bauelemente bestücken und erst zum Schluss (bei geerdeter Arbeitsoberfläche und Lötkolben) den BS170 und den Sensor einsetzen. Beim Musteraufbau mussten 2 defekte BS170 wieder entfernt werden (war auch erkennbar am niederohmigen Widerstand von 150 Ohm zwischen R2 und +C1. Vielleicht waren die MOSFETs auch bereits vorgeschädigt (sie wurden von REICHELT ohne statischen Schutz (wie früher mal üblich), in einer Kunststofftüte geliefert).

Zum Schluss wird der Sensor eingelötet. Nach Anschluss des Hausbusses meldet sich der AM2320/AM2321 spätestens nach 1 Minute automatisch in der SPS (interne Module 57,58 werden grün):





Die Module liefern bereits die korrekte Temperatur und die korrekte relative Luftfeuchte, außerdem sind beide SPS-Ausgänge bei fehlerfreiem Zugriff EIN (grün), d. h. wenn die Prüfsumme vom Sensor stimmt. Zudem steht ab Version 6.0.44 der *hauscomp.exe* der Modultyp 101 (Klimaberechnungen wie absolute Feuchte u. a.) zur Verfügung. So lassen sich bequem Klimasteuerungen umsetzen.

Für den praktischen Einsatz empfiehlt sich ein formschönes Wandgehäuse mit seitlichen Öffnungsschlitzen, die die Luft ungehindert am Sensor zirkulieren lassen. Die Reaktionszeit des Sensors inklusive Softwareübertragung und Berechnung beträgt max. 12s.

9.5. Die Bauteilliste und Bestellnummern A&F Sensor (REICHELT, e-bay)

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (Februar 2016)	Gesamt
C1	22µF/50V	1	RAD FR 22/50	0,06 €	0,06 €
R1, R2	110 Ohm	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €
R4	47k	1	Metall 47,0k	0,08 €	0,08 €
R5	220k	1	Metall 220 k	0,08 €	0,08 €
D1-D3	Z-Diode 5,1V	3	ZF5,1	0,04 €	0,12 €
D4	Schottky-Diode	1	BAT 42	0,04 €	0,04 €
Q1	BS 170	1	BS 170	0,10 €	0,10 €
J1	RJ45 Buchse	1	MEBP 8-8S	0,40 €	0,40 €
					0,00 €
Optional:					0,00 €
Gehäuse	Halbschale	2	SD 10 GR HALB	0,62 €	1,24 €
					0,00 €
e-bay:	Sensor AM2320	1	AM2320	2,35 €	2,35 €
ohne	Leiterplatte				0,00 €
					0,00 €
	Gesamt:				4,63 €

10. Raumsensor/Außensensor/Multisensor und -Aktor, Busknoten



10.1. Beschreibung, technische Daten

Moderne Sensoren überschwemmen preiswert den Weltmarkt … Es wird Zeit, sie zu nutzen!

Die hier vorgestellte Multisensor-Plattform nutzt verschiedene Sensoren, um physikalische Parameter zu messen und in einem einfachen I²C-Protokoll für Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Zugleich kann die Plattform auch ohne I²C-Anbindung autonom (Stand-Alone) arbeiten und die internen Aktoren direkt schalten. Kernstück der Informationsverarbeitung ist ein ATtiny461A mit einheitlicher spezieller Firmware für alle Varianten (***/Programme/ATtiny461A/Multisensor/I²C_M1.3)***. So können bis zu 16 Raumsensoren/Außensensoren auf dieser Basis gleichzeitig am Bus betrieben und ausgewertet werden. Das Projekt Hauscomputer unterstützt dabei auch die Ansteuerung der integrierten Aktoren. Leider ist der Batteriebetrieb noch Utopie, die Stromversorgung (+12 V) erfolgt daher über den Hausbus. Die Stromaufnahme liegt inklusive Relais ohne CO2-Sensor unter 20 mA. Der CO2-Sensor benötigt kurzzeitig ca. 250 mA.

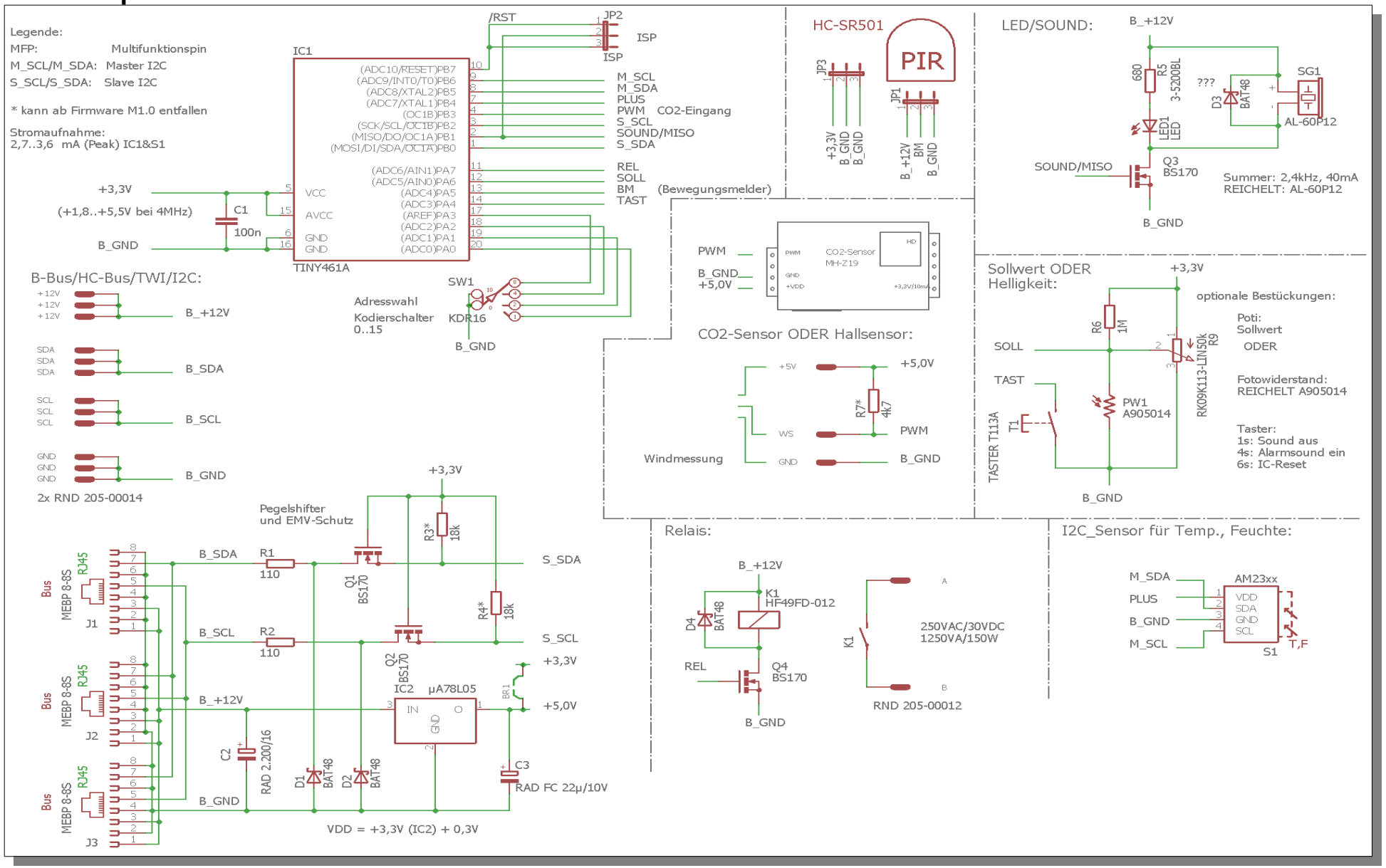
Detaillierte technische Daten zur Firmware und ihrer Funktionen sind im Dokument ***/Programme/ATtiny461A/Multisensor/-Spec_Multisensor_ATtiny461A.pdf*** enthalten. Ein ansprechendes Gehäuse steht ebenfalls zur Verfügung, sodass eigene Ideen schnell umgesetzt werden können! So ist es z. B. jetzt erst möglich, auf der Grundlage der Differenz der absoluten Feuchte in einem Gebäude zur Außenluft eine Lüftungsanlage adäquat anzusteuern, um so ohne energieintensive Klimaanlagen/Trockner die Luftfeuchtigkeit im Inneren zu verringern. Aber auch die Luftgütemessung (Co2-Gehalt) birgt ein interessantes Potenzial für Steuerungen und der Taster kann auch als Panikschalter genutzt werden …

Direkte Messung von:

- **Temperatur (AM23xx/SHT3x)**
- **relative Feuchte (AM23xx/SHT3x)**
- **Helligkeit (Fotowiderstand)**
- **Sollwert (Potenziometer)**
- **CO2-Konzentration (MH-Z19)**
- **Windgeschwindigkeit**
- **Bewegungsmelder**
- **Taster**

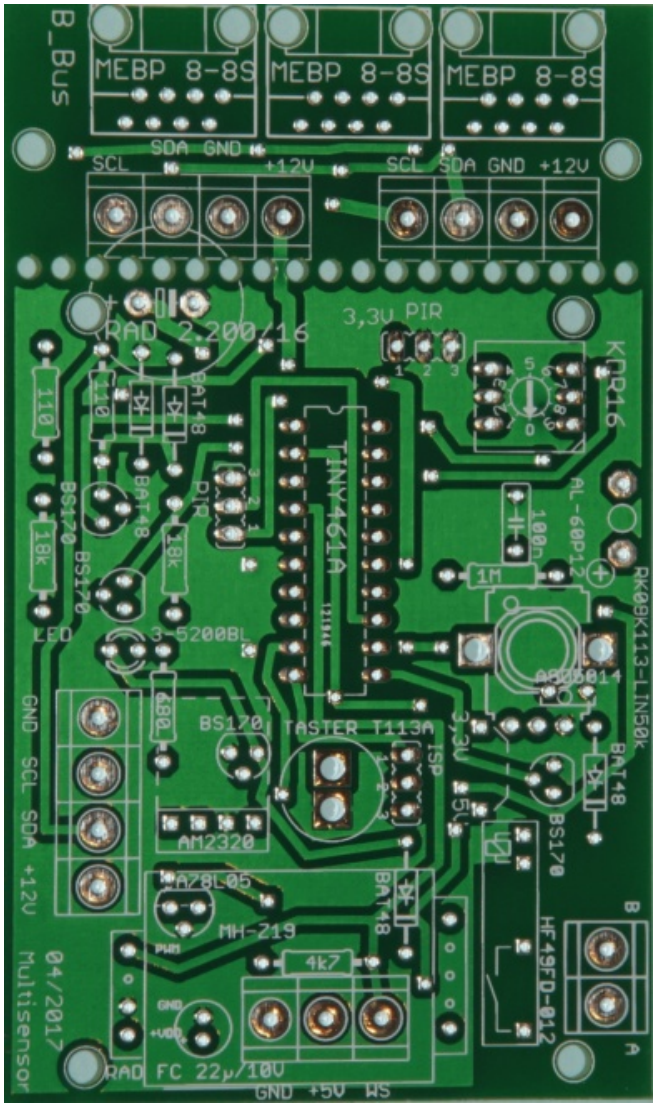
- **Direkte Ausgabe an:**
- **LED**
- **Summer (> 100 dB)**
- **Relais (Schaltleistung: 250 V, 1250 VA)**
- **Berechnete Werte (*hauscomp.exe*):**
- **Taupunkt**
- **absolute Feuchte**
- **Sättigungsdampfdruck**
- **Änderungsgeschwindigkeit von Parametern**
- **u.v.m.**

10.2. Schaltplan Multisensor – Plattform



10.3. Bestückungsplan Multisensor – Plattform

Für die Multisensor – Plattform wurde eine multifunktionale Leiterplatte entwickelt, die sowohl die Plattform als auch einen Busknoten vereint. Der Busknoten kann einfach abgebrochen werden, sodass beide Platinen einzeln und gemeinsam genutzt werden können.

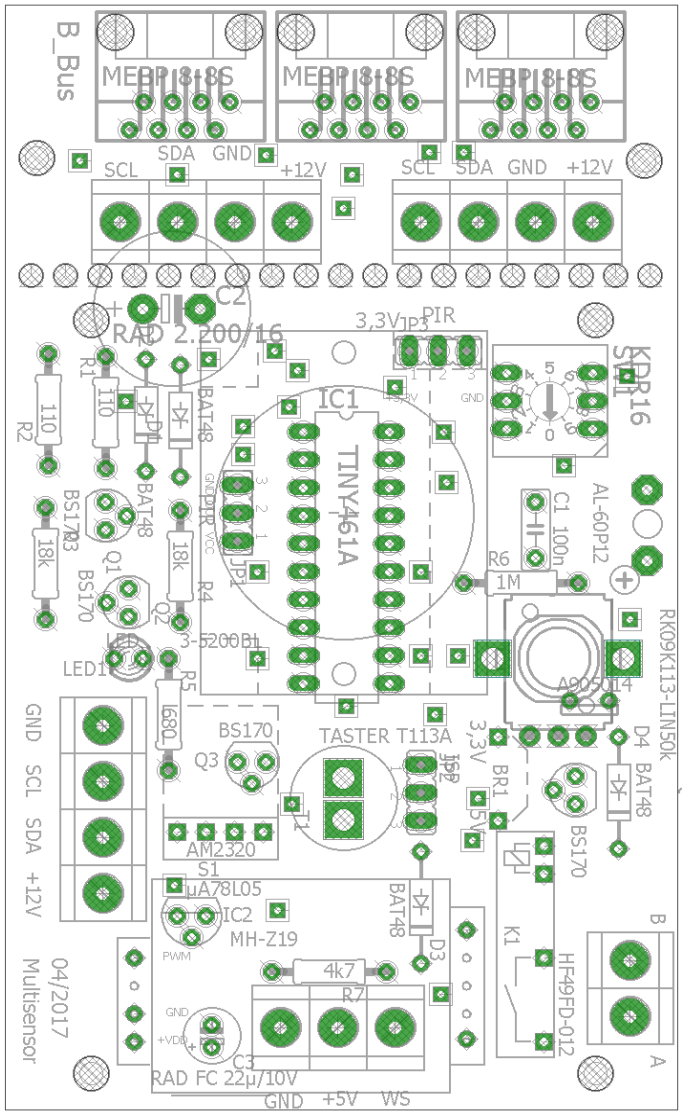


Die 2-lagige Platine ist bereits fertig durchkontaktiert, mit Beschriftung versehen und es werden keine SMD-Bauelemente verwendet, was für den Hobbybastler eine super Grundlage darstellt …

Die Abmaße sind:

75 x 60 mm für den Multisensor und 25 x 60 mm für den Busknoten. Die Multisensorplatine ist mit ihren Befestigungsbohrungen auf das Gehäuse CBRS01VWH des britischen Herstellers Cambdenboss abgestimmt, das man preiswert bei vielen Online-Händlern findet.

Im Folgenden werden nacheinander alle Teilbaugruppen mit ihren Bauelementen beschrieben. Aber natürlich sollten beim Zusammenbau bereits zu Beginn alle benötigten Widerstände, Dioden und Transistoren eingelötet werden. Später wird der Platz eng..



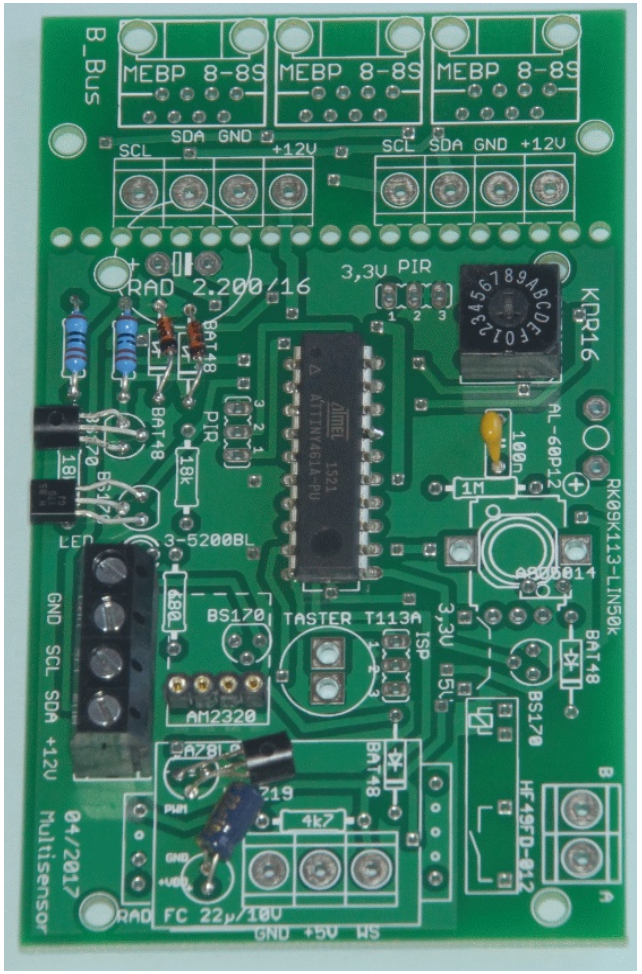
10.4. Basisausstattung Raumsensor/Außensensor mit Hausbus/I²C-Bus und verschiedenen Optionen

Busankopplung und Stromversorgung

Der Raumsensor wird über 2 Level-Shifter mit MOSFETs und Störunterdrückung (Q1, Q2, R1, R2, D1, D2) an den Hausbus angeschlossen. Zur Einspeisung kann zunächst (solange beide Platinen noch verbunden sind) ein RJ45 Anschluss auf der Buskopplerplatine genutzt werden. Für die spätere Installation ist die 4-polige Buchse vorgesehen. Über sie erfolgen auch die +12 V Stromversorgung. Die Spannung kann dabei in einem weiten Bereich (+8..+16 V) variieren. Die Levelshifter haben 2 Aufgaben: zum einen gewährleisten sie eine zuverlässige Funktion bei unterschiedlichen Pegeln auf dem Bus, zum anderen wird das SDA-low Signal im Unterschied zur direkten Kopplung etwas mehr bis auf „0“ V herabgezogen – was die mögliche Kabellänge und Störsicherheit der Übertragung vergrößert. Damit kann als Datenbus neben dem „Hausbus“ (mit -7..+12 V) auch ein normaler I²C Bus mit 5 V oder 3,3 V Pegelniveau angeschlossen werden → es ist somit Arduino tauglich!

Für die interne Stromversorgung dienen der µA78L05 (IC2) sowie die 2 Kondensatoren (C1, C3). So stehen +5 V für alle Komponenten über die Brücke 1 zur Verfügung. Wird ein Bewegungsmelder (HC-SR501) montiert, so wird dessen interne Stromversorgung von +3,3 V über JP3 mitgenutzt und die Brücke entfällt. Die dann zweifache Stromversorgung hat Vorteile beim Einsatz des stromintensiven CO2 Sensors. **Auf keinen Fall JP3 nutzen UND die Brücke einlöten!**

Die beiden Pull-Up Widerstände R3 und R4 werden nicht benötigt, da sie in der aktuellen Firmware im Controller bereits intern zugeschaltet sind. Bei der Bestückung (rechtes Bild) sind alle Bauelemente, wie zu sehen, dicht auf die Platine zu biegen. Beim Einlöten sind 350 °C Löttemperatur bei etwa 2–3 s Lötzeit optimal, bei Masseflächen etwas länger. Abschließend sollte man +12 V anlegen und überprüfen, dass am „5 V“- Punkt der Brücke auch +5 V anliegen.

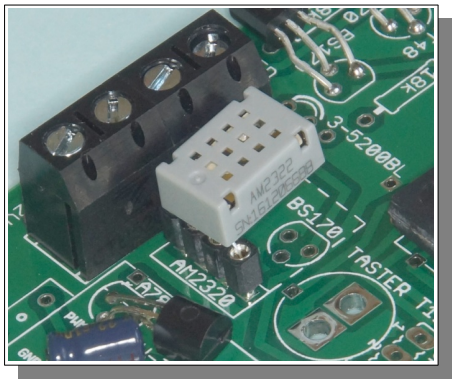


Basis-Bestückung Busbetrieb, bereits mit Sockel für T/F-Sensor

Mikrocontroller und Adresskodierung

Als Mikrocontroller wird ein 20-poliger ATtiny461A mit spezieller Firmware eingesetzt. Die Firmware organisiert den gesamten Datenaustausch und besitzt intern zahlreiche Überprüfungsroutinen. Die Details kann man in der Spec (***Spec_2I2C_ATtiny461A.pdf***) nachlesen. An den Pins 17-20 ist ein Kodierschalter für die Subadresse angeschlossen. Über ihn wird die Adresse des Controllers unmittelbar nach Reset im I²C-Adressraum festgelegt. Somit sind bis zu 16 dieser Baugruppen gleichzeitig am Bus anschließbar. Die Beschriftung am Kodierschalter „A“..“F“ steht dabei für die Subadresse 10..15. Erkennt der Controller die Subadresse „0“ (oder wenn kein Kodierschalter bestückt wird), so schaltet er in die Betriebsart „Stand-Alone“ mit einigen zusätzlichen automatischen Funktionen. Wird im System ein PT1000 Präzisionsinterface erkannt (gleiche I²C-Adresse), wird der Multisensor mit Subadresse 12 von der *hauscomp.exe* automatisch deaktiviert. Der Anschluss JP2 ist für die ISP-Programmierung vorgesehen und spielt hier keine weitere Rolle.

Temperatur- und Feuchtemessung



Als T/F-Sensor kommt ein I²C-Sensor der chinesischen Firma AOSONG aus der Baureihe AM23xx zum Einsatz. Diese Sensoren sind preiswert und messen die relative Luftfeuchte bis an die Betauungsgrenze. Ihre Zuverlässigkeit im I²C-Betrieb ist leider ein Problem (siehe Abschnitt 9). Aber alle Probleme wurden nun softwaremäßig gelöst: der Sensor (S1) ist nicht nur mit den beiden Datenleitungen am Mikrocontroller (IC1) angeschlossen, sondern auch mit seiner Stromversorgung. Erkennt der Controller, dass sich der Sensor nicht mehr meldet, oder seine Daten fehlerhaft sind, so wird der Sensor kurzerhand vom Netz genommen und nach einigen Sekunden neu gestartet. Durch dieses Prinzip können auch verschiedene Sensoren eingesetzt werden, solange ihre Charakteristik in der Firmware des Controllers hinterlegt ist. Ab M2.0 werden auch die hochgenauen Sensoren SHT3x erkannt. Der AM2320 passt direkt in die vorgesehenen Bohrungen, während die ebenso verwendbaren AM2321 und AM2322 kleiner sind und ihre Pins vorsichtig auseinander gebogen werden müssen. Der AM2322 ist der moderner und ist etwas genauer als die beiden anderen. Auf jeden Fall sollte vor der Bestückung eine 4-polige Buchsenleiste eingelötet werden – vorbeugend, es erleichtert ein Austausch des Fühlers ungemein. Ab jetzt kann die Baugruppe bereits mit der *hauscomp.exe* getestet werden.

Helligkeitssensor versus Sollwertgeber oder eigener Sensor





Die Spannung an Pin 12 am Mikrocontroller (IC1) wird von der Firmware regelmäßig per ADC ausgelesen und als 8-Bit Wert im Bus-Datentelegramm (Data 6) weitergegeben. Es sind zwei mögliche Anwendungen praktisch erprobt:

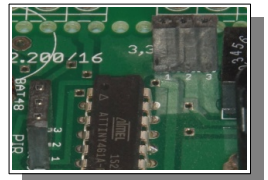
- Bestückung von R9 mit einem Potenziometer als Sollwertgeber oder
- Bestückung von R6 mit einem Fotowiderstand (PW1) als Helligkeitssensor. Zugegeben, diese Variante der Helligkeitsmessung ist nicht besonders präzise, zumal der Sensor sich später im Gehäuse befindet. Aber für die Signalisation „es ist im Raum zu dunkel“ bzw. „es brennt kein Licht“ kann er hervorragend eingesetzt werden, auch weil der Schwellwert erst in der Anwendung festgelegt wird. Der Helligkeitssensor sollte mit einem Abstand von etwa 5 mm zur Platinenoberfläche eingelötet werden – dann kann man ihn später noch etwas zum Licht biegen oder mit einem Stückchen Schrumpfschlauch abdunkeln.
- Anschluss eines eigenen Sensors (z.B. Drucksensor aus Hardware Band 2)

Für welche Bestückungsvariante man sich entscheidet, hängt von der späteren Verwendung ab.

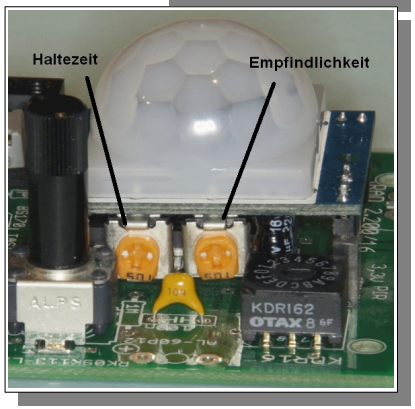
Optionaler Bewegungssensor (HC-SR501)

Den mit 1 € inklusive Versand extrem preiswerten chinesischen Bewegungssensor HC-SR501 gibt es derzeit in 2 Ausführungen: mit blauer und mit grüner Leiterplatte. Beide sind elektrisch gleichwertig, sie unterscheiden sich aber in den Anschlüssen: so fehlt bei der grünen Platine die Stiftleiste für den Betriebsart-Jumper. Für die Befestigung auf der Platine sind die 2 Buchsenleisten (JP1, JP3) einzulöten. Die blaue Ausführung des Bewegungssensors wird einfach aufgesteckt, die grüne Variante muss man vorher mit 2 Drahtstückchen modifizieren. Wer sich das nicht zutraut, verzichtet besser auf die 3,3 V Stromversorgung vom Bewegungsmelder und setzt die Brücke. Allerdings muss dann auch der Bewegungsmelder mit Heißkleber mechanisch befestigt werden, da die zweite Steckverbindung fehlt.

Direkt am Bewegungsmelder sind die Empfindlichkeit und Haltezeit mit 2 kleinen Trimmern einstellbar. Damit das Ganze später auch in das Gehäuse CBRS01VWH passt, ist die Bauhöhe zu überprüfen, notfalls muss man die Steckverbinder etwas abfeilen: von der Unterkante der Platine bis zur Oberkante des quadratischen Sockels der Kunststoff-Kuppel stehen nur 16,8-17,0 mm Platz zur Verfügung. Im Muster wurden 0,5 mm abgefeilt. Man kann auch Buchsen mit geringerer Bauhöhe nehmen – ist aber nicht so stabil.



Die Funktion ist denkbar einfach: wird eine (Infrarot-) Bewegung erkannt, so gibt es ein Signal, das über Pin 13 vom Mikrocontroller ausgewertet und in Echtzeit im Datentelegramm platziert wird. Zur Einstellung der beiden Trimmer: Die Empfindlichkeit kann man variieren, die Haltezeit soll sich am Abfrageintervall des Raumsensors orientieren. Beträgt das Abfrageintervall z.B. 90 s, so muss auch die Haltezeit am Bewegungsmelder mindestens 90 s betragen, um eine Auslösung sicher zu übertragen. Eine gute Einstellung ist: beide Potenziometer (wie im Bild sichtbar) auf Mittelstellung – sowohl in der Empfindlichkeit, als auch in der Haltezeit (ca. 100 s).



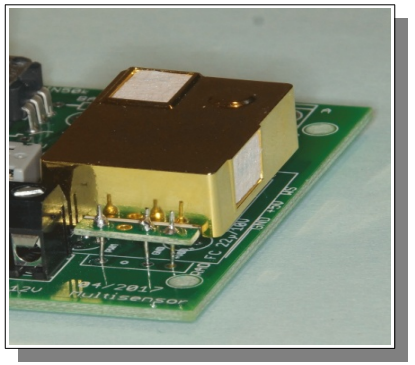
Auf die Besonderheit von JP3 bezüglich der Stromversorgung verweise ich auf den Unterpunkt „*Busankopplung und Stromversorgung*“.

<u>Optionaler Kohlendioxidsensor (MH-Z19)</u>

Der Sensor MH-Z19 ist ein CO2-Sensor der chinesischen Firma Winsen Electronics Technology Co., Ltd, der auf der Auswertung von Infrarotlicht beruht. Dazu wird intern aller 5 s ein Draht zum Glühen gebracht (was im Dunkel gut sichtbar ist) und das Licht gemessen. Der Sensor liefert präzise Daten zur CO2 Konzentration, hat aber auch seinen Preis. Die Lebensdauer ist mit > 5 Jahren angegeben – sie ist also begrenzt, wahrscheinlich durch die enorme thermische Wechselbeanspruchung des Drahtes …

Die Bedeutung der Messung der CO2-Konzentration in der Luft hat in den letzten Jahren zugenommen. In der Praxis sind es vor allem drei Anwendungen:

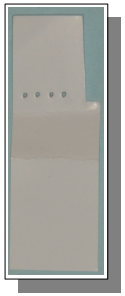
- Wenn viele Personen längere Zeit in einem Raum sind, muss gelüftet werden – der zuverlässigste Parameter ist dabei die CO2 Konzentration
- Normale Brandsignalisatoren messen die Rauchkonzentration – und sind gerade in der Küche völlig unbrauchbar. Ein CO2 Sensor hat diesen Nachteil nicht und kann deshalb sehr gut in Verbindung mit der Messung der Raumtemperatur auch zur Brandsignalisation eingesetzt werden.
- Überwachung der CO2-Konzentration in Gewächs- und Lagerhäusern



Der Sensor wird mit 5 Drahtstückchen mechanisch und elektrisch auf der Leiterplatte direkt oberhalb von IC2 und C3 platziert. Diese werden vorher möglichst flach heruntergebogen. Es macht Sinn, auch noch D4 einzulöten. Zusätzlich muss nun auch C2 bestückt werden, um den satten Strombedarf des Sensors wenigstens etwas in Grenzen zu halten. Auch hier alle störenden Bauelemente möglichst flach herunterbiegen. Die geballten 2.200 µF reduzieren die Impulsspitzen auf dem Bus von 600 mA auf unter 250 mA. Eigentlich müssten sogar 4.400 µF eingesetzt werden – dazu aber fehlt der Platz. Erstaunlich, dass der 78L05, durch den der Strom zum Sensor fließt, und der eigentlich nur für 100 mA ausgelegt ist, die Belastung mitmacht. Die +5 V brechen nur wenig ein, es hat auch keine Auswirkung auf die Funktion der Baugruppe. Deshalb ist ein Ersatz durch einen anderen Reglertyp auch nicht sinnvoll.

Ob ein MH-Z19 installiert ist oder nicht, wird von der Firmware automatisch erkannt, es muss nichts konfiguriert werden. Einzige Voraussetzung: Die Subadresse darf nicht „F“ bzw. „15“ sein. Durch einen messtechnischen Trick gelingt es der

Firmware, das PWM Signal des Sensors mit einer Genauigkeit von 0,5 % des Maximalwertes auszuwerten und auch einen Ausfall zuverlässig zu erkennen. Damit brauchen nur 3 Leitungen elektrisch an den MH-Z19 angeschlossen zu werden. Die restlichen beiden dienen der mechanischen Stabilität. Allerdings gibt es bei den CO2-Sensoren 2 Typen: 0 … 5000 ppm und 0 … 2000 ppm. Spätestens nach der Inbetriebnahme erkennt man den Unterschied – Die (unbelastete) Außenluft sollte zu einer Anzeige im Bereich 400 … 450 ppm führen. Sollte dagegen ein Wert von 1000 … 1200 ppm angezeigt werden, so ist in der hauscomp.ini anstelle des Scriptbefehls „Raumsensor=“ für die entsprechende Adresse der Scriptbefehl „Raumsensor2000=“ einzusetzen und die Firmware I2C_Mx.x**T** für den Attiny zu verwenden (entsprechend angepasste interne Hinweis- und Alarmauslösung).

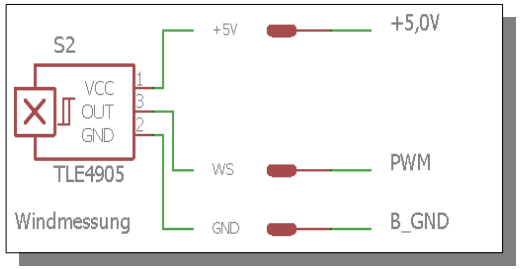




CO2 Sensor MH-Z19 mit C2 und Wärmeisolierung komplett bestückt

Einen negativen Einfluss auf die Temperaturmessung durch den AM23xx gibt es aber: Dadurch, dass der MH-Z19 immer recht warm wird und unterhalb des T/F Sensors liegt, misst der AM23xx in seiner unmittelbaren Nähe eine höhere Temperatur, als er eigentlich sollte. Um diesen Effekt zu verringern, sollte man den CO2 Sensor in diesem Bereich mit einem Stück Zeichenkarton (47 x 17 mm) abdecken, ohne seine Lüftungsschlitze zu verschließen. Der Sockel am T/F-Sensor hilft dabei super! Wer präziser messen will, verlegt den AM23xx mit einer Drahtverlängerung an eine andere Stelle im Gehäuse. Eine Korrektur im Auswerteprogramm ist zwar denkbar, löst das Problem aber nicht im gesamten Temperaturbereich.

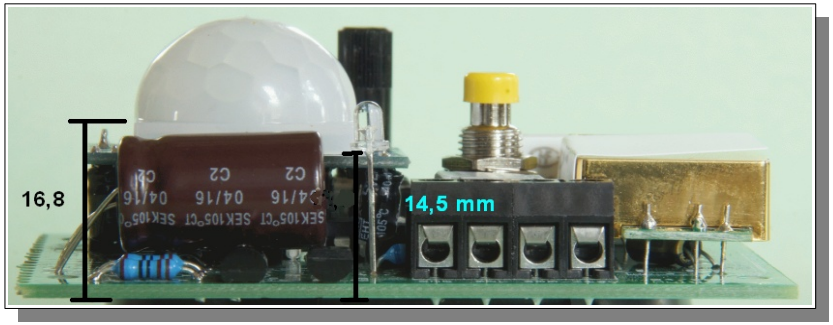
Optionaler Windsensor/Frequenzmessung



Alternativ zum CO2 Sensor kann an Pin 4 des Controllers auch eine Frequenz angelegt und im Bereich 0..42 Hz mit einer Auflösung von 0,2 Hz gemessen werden. Diese Funktion ist ausschließlich bei Subadresse 15 möglich. Die Subadresse 15 bzw. F bleibt deshalb einem Außensensor vorbehalten. Ein Windmesser mit Flügelrad hat typischerweise eine Drehgeschwindigkeit im genannten Frequenzbereich (welch Zufall ;-). Die verschleißfreie Messung kann dann direkt mit einem Hallsensor TLE 4905 erfolgen (siehe auch Hauscomputer Hardware Band 2 Pkt. 1.3). Es reicht, die 3-polige Buchse zu bestücken und den Hallsensor ohne weitere Bauelemente daran anzuschließen. R7 kann man weglassen, da im Controller ab der Firmware M1.0 bereits ein Pull-Up Widerstand zugeschaltet ist. Siehe auch Hardware Band 5 (Wetterstation).

Optionale LED, Summer und Taster

Die Firmware unterstützt auch den umgekehrten Weg der Daten: per Bus kann ein Hinweis oder ein Alarm ausgelöst werden. Dabei werden entsprechend gestaltete Rechtecksignale an Pin 2 des Controllers ausgegeben. Über Q3 (zzgl. R5, D3) gelangt das Signal an die LED und gleichzeitig an den Summer. Die notwendigen Einbauhöhen sind auf dem Bild (rechts) eingezeichnet. Die verwendete blaue „Super-LED“ ist sehr hell und der Summer mit > 85 dB relativ laut, sodass die Baugruppe durchaus als Signalgeber eingesetzt werden kann. Der Taster ist dann logischerweise obligatorisch – mit ihm können Licht und Sound vor Ort abgestellt werden.



Ist ein CO2-Sensor verbaut (nur Typen mit 5000 ppm funktionieren im Folgenden korrekt), so wird automatisch auch ein Hinweis in Form kurzer Signale gegeben, wenn die CO2-Konzentration etwa 1000 ppm überschreitet. Übersteigt die CO2 Konzentration dann noch 2000 ppm, so wird ein nerviger Alarm erzeugt, den man per Taster abschalten kann. Andrerseits kann man mit dem Taster auch durch längeres Drücken (6 s) einen Alarm erzeugen, der im Datentelegramm per Bus weitergeleitet wird, sofern man ihn nicht aus Versehen wieder löscht. Wird der Taster noch länger gedrückt (> 8 s), so wird ein Reset des Mikrocontrollers erzwungen. Beim Einbau des Tasters sind die Anschlussfahnen vorsichtig abzuwinkeln und beim Anlöten die senkrechte Montage zu überprüfen. Die notwendige Einbauhöhe ergibt sich dann von selbst.



komplett bestückte Multisensor – Plattform

<u>Optionales Relais</u>

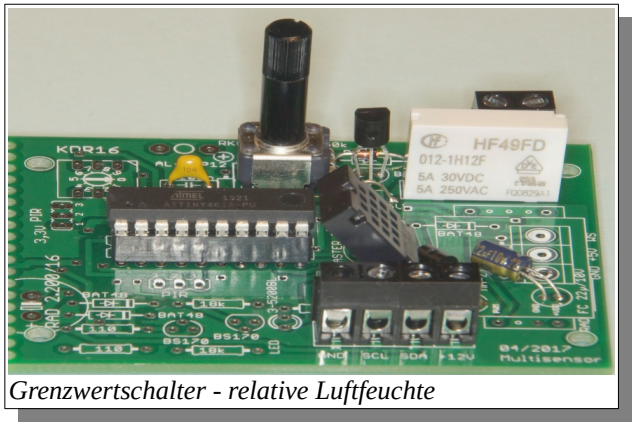
Sehr praktisch ist das optional einbaubare Relais. Es ist platzsparend und besitzt einen Schließer, der auch Lasten bis etwa 1 kW (AC) verträgt. Eine lokale steuerbare Beleuchtung oder ein Lüfter sind die klassischen Anwendungen. Man kann das Relais aber auch für ganz andere Zwecke einsetzen: mit dem potenzialfreien Kontakt lassen sich auch Signalzustände in anderen Anlagen auslösen (Alarmanlage, Heizungssteuerung usw.). Wird allerdings ein CO2-Sensor im Multisensor verbaut, so kann das Relais derzeit nur zum Einschalten eines Lüfters bei CO2-Werten über der Hinweisschwelle genutzt werden, da es noch ein Problem in der Firmware gibt (gelöst ab 2021 mit Firmware M1.2ff.).

Die Ansteuerung erfolgt mittels Q4 und D4 von Pin 11 des Controllers. Das Relais und die 2-polige Klemme sind für das Lichtnetz ausgelegt, die Kriechstrecke auf der Platine beträgt 6 mm. Damit ist der Aufbau der Busversion abgeschlossen und er kann getestet werden.

10.5. Autonomer Sensor („Stand-Alone“ Version)

Wird der Mikrocontroller mit der Subadresse „0“ initialisiert, gibt es interessante automatische Funktionen, die die Baugruppe auch ohne Busanbindung interessant machen:

- Grenzwertschalter für relative Luftfeuchte – für die Ansteuerung eines Lüfters im Bad
- Automatischer Lichtschalter mit Bewegungsmelder und Dämmerungssensor
- Grenzwertschalter für CO2-Konzentration – für die Ansteuerung eines Lüfters in Wohn- und Arbeitsräumen



Grenzwertschalter - relative Luftfeuchte

Bei allen Varianten ist neben der Relais-Verkabelung eine +12 V Spannungsversorgung der Baugruppe notwendig, die Zahl der benötigten Bauelemente kann aber auf das Notwendigste reduziert werden. Als Beispiel sei der Feuchteschalter beschrieben: Es reichen IC1, IC2, R9, C1, C3, D4, S1, Q4, das Relais K1 und die beiden Anschlussbuchsen. Nach Anlegen der Betriebsspannung schaltet das Relais, je nach eingestelltem Sollwert, automatisch im Bereich 75..100% relativer Luftfeuchtigkeit einen Lüfter ein und aus. Im Bild (rechts) war der Controller zusätzlich noch gesockelt. Genauere Infos zu den „Stand-Alone“ Möglichkeiten finden sich in der Firmware-Beschreibung (DVD\Programme\ATTiny461A\Multisensor\Spec_Multisensor_ATtiny461A.pdf).

10.6. Probleme beim Aufbau, praktische Erfahrungen

Eigentlich ist der Aufbau der Baugruppe problemlos möglich, es gibt aber ein paar kleine Fallstricke. Ärgerlich ist, wenn trotz korrekt bestückter Platine sich der Sensor nicht meldet – die Ursache ist dann zunächst unbekannt und man hat kaum Möglichkeiten sie zu finden. Das wichtigste Bauelement ist der Mikrocontroller IC1. Wenn die Spannung an Pin 7 IC1 (Signal PLUS) automatisch zwischen 0 und +VDD im Verlaufe von maximal 40s wechselt, dann ist IC1 in Ordnung. Die Busansteuerung lässt sich nur mit einem Oszi richtig bewerten, daher bleibt hier nur ein prophylaktischer Wechsel der BS170. Zur Sicherheit sollte auch ein T/F Sensor als Reserve bereitliegen.

Hier nun ein paar Erfahrungen aus der Praxis:

Symptom	Ursache	Abhilfe
Die Baugruppe meldet sich überhaupt nicht	Fehlerhafter T/F Sensor, nicht korrekt gelötet, BS170 (Q1/Q2) defekt, BAT48 (D1/D2) verkehrt herum eingelötet, Stromversorgung nicht korrekt, Mikrocontroller defekt	Entsprechend korrigieren, antistatische Handhabung der BS170 beachten (!) Bei SHT3x-Sensor: zusätzlichen Pull-up 10k M_SDA ⇔ PLUS einlöten
1. Die Baugruppe meldet sich überhaupt nicht, es ist ein AM2322 verbaut und die Stromversorgung läuft per Bewegungsmelder (+3,3V) 2. Auf Subadresse 0 wird das Relais (Pin11 IC1 → VDD) bei Bewegung und Signal Soll geschaltet (Pin 12&13 IC1 an VDD), d.h. es ist dunkel oder der max. Sollwert ist eingestellt	Der AM2322 zieht kurzzeitig einen größeren Heizstrom, die Spannung VDD (Signal PLUS) am Sensor bricht zu sehr ein. Einige AM2322 funktionieren, andere nicht.	- zwischen VDD und B_GND am AM2322 zusätzlich einen Kondensator 100 nF anlöten oder Stromversorgung auf +5V umstellen oder anderen T/F Sensor verwenden
Temperaturmessfehler größer als durch normale Eigenerwärmung der Baugruppe (durch 78L05: +1,5°C; durch 78L05 und CO2-Sensor: +3°C)	Fehlerhafter T/F Sensor, zu kleines Gehäuse/ keine Lüftung, Wärmestau, Wärmeleitung über Leiterzüge zu groß	- T/F Sensor per Kabel anschließen und an anderer Stelle positionieren
Feuchtigkeitswerte liegen immer bei 100% (z. B. Außensensor im November)	Kondensat im Sensor, Selbstentlüftung zu gering	T/F Sensor wechseln und an anderen Ort besser platzieren
CO2 Sensor meldet dauerhaft „2900 ppm“, ohne Ausfallmeldung	Sensor MH-Z19 nach ca. 5 Jahren ausgefallen	Sensor gewechselt

Als nützlich hat sich auch eine zusätzliche 1 A – Schottky-Diode zwischen +12 V und Baugruppe als Verpolschutz erwiesen. Sie kann man auf der Leiterseite direkt an die entsprechende Schraubklemme anlöten. Vorher ist der zugehörige Leiterzug natürlich zu durchtrennen.

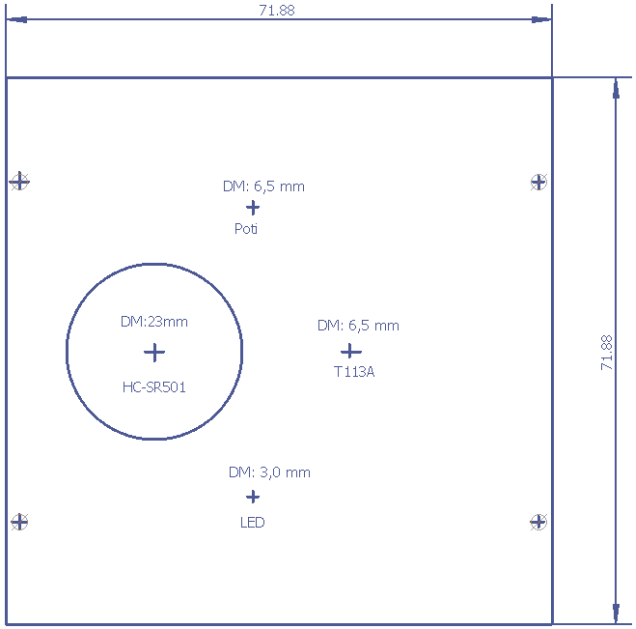
Die Begrenzung der Lebensdauer der CO_2 Sensoren auf ca. 5+ Jahre sollte beachtet werden.

Anstelle des Spannungsreglers 78L05 kann auch ein LDO-Regler LP2950A CZ5,0 verwendet werden – allerdings nur, wenn KEIN CO2-Sensor eingebaut werden soll! Die Strombegrenzung des LDO-Reglers führt sonst zur Fehlfunktion des Sensors. Für C3 ist dann ein Wert von 1-2,2 µF ausreichend.

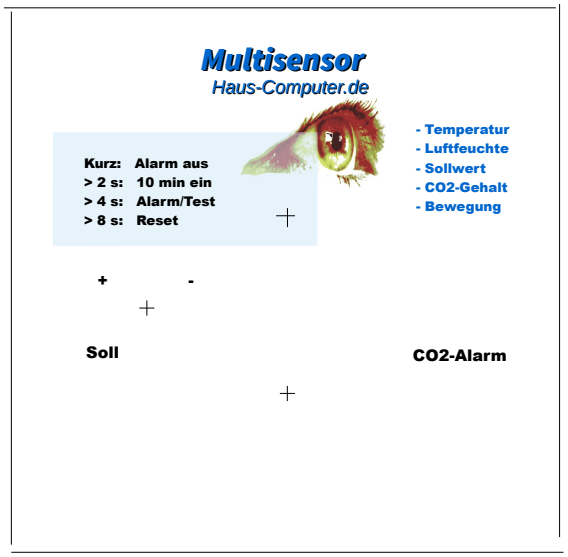
10.7. Die Gehäusegestaltung und Installation

Als Gehäuse kommt das CBRS01VWH von Cambdenboss zum Einsatz. Die Lüftungsschlitze sind optimal für alle Sensoren geeignet. Als Aufputzgehäuse für einen Innenraumsensor sind auch die Befestigungsmöglichkeiten des Gehäusebodens ideal: 2 Öffnungen im Abstand von 60,5 mm entsprechen dem von Standard-Schalterdosen. Auch lässt sich in der Mitte eine größere Öffnung für die Kabeldurchführung herausbrechen. Beim Einsatz als Außensensor empfiehlt sich aber die Lüftungsschlitze von innen mit Gaze, als Insektenschutz abzudecken und die ganze Baugruppe unbedingt zuverlässig gegen Niederschlag von oben zu schützen, ohne dabei den Luftdurchsatz zu behindern.





Bohrschablone Gehäusedeckel



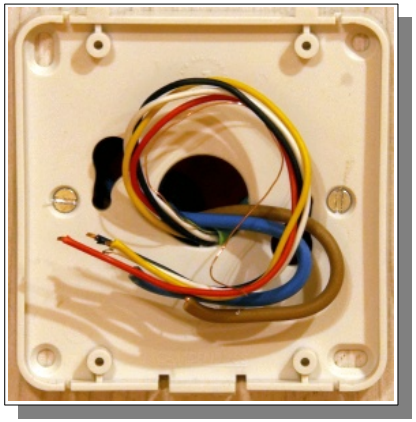
Vorschlag für die Gehäusebeschriftung

Die Bohrschablone wird ausgedruckt und mit Tesafilm so am Gehäusedeckel befestigt, dass sich die Lüftungsschlitze an der Seite der Befestigungsschrauben befinden. Danach werden die notwendigen Löcher möglichst präzise gebohrt. Besonders bei der großen Öffnung für den Bewegungssensor muss man darauf achten, dass sich der Bohrer nicht zur Seite verzieht. Im Muster wurde mit einem Forstnerbohrer 20 mm vorgebohrt und die Öffnung mit einem Schälbohrer auf 23 mm erweitert. Trotzdem verschob sich die Bohrung um fast 1 mm zur Seite. Die Öffnung für den Bewegungssensor wird dann mit einem scharfen Messer von innen konisch erweitert. Im Deckel muss dann noch an der Stelle, wo sich später der CO2-Sensor befindet, die Kunststoffbuchse entfernt werden und es ist auch zweckmäßig, wenn die beiden kurzen Befestigungsnasen am Gehäuseboden in der gleichen Form abgeschrägt werden, wie die lange Haltenase an der gegenüberliegenden Seite. Danach steht einem Zusammenbau nichts mehr im Wege. Die Beschriftung erfolgte beim Muster mit durchsichtiger selbstklebender Folie und einem Farblaser-Drucker.

Für die spätere Befestigung an der Wand gibt es eigentlich 2 Varianten: a) mit dem Bewegungsmelder im oberen Drittel und b) mit dem Bewegungsmelder im unteren Teil. Die Leiterplatte war eigentlich für Variante a) entworfen worden, diese Variante hat aber den Nachteil, dass der CO2-Sensor dann unterhalb des Temperatursensors liegt und dieser somit fehlerhaft misst. Variante b) nutzt dagegen die leichte Erwärmung des Luftstromes durch den CO2-Sensor für eine automatische Konvektion nach oben und gewährleistet so einen stabilen Zustrom der umgebenen Luft von unten zum T/F Sensor. Außerdem sieht Variante b) optisch besser aus, finde ich. Der einzige Nachteil ist dabei, dass das Potenziometer für den Sollwert mit seiner Markierung nun sinnwidrig den

unteren und nicht den oberen Drehbereich überstreicht. Der obige Vorschlag für eine Beschriftung entspricht Variante b). Bei der Installation gibt es weiter keine Besonderheiten, vom KNX-Buskabel mal abgesehen – die Farbkodierung ist aber unbedingt einzuhalten (siehe Abschnitt 3.1), damit es nicht zu internen Kurzschlüssen kommt!











Installation des Multisensors in einem Wohnraum, Bus-Kabel unter Putz



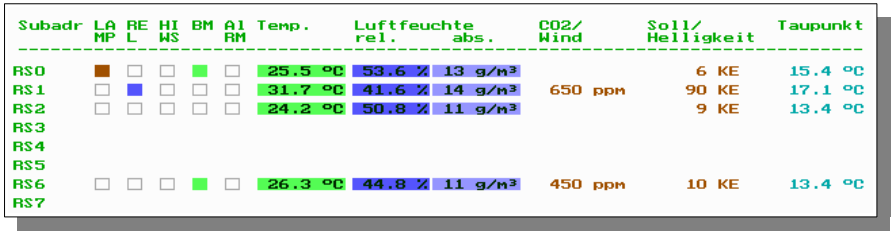
Installation eines anderen Multisensors ohne Sollwertgeber unter einer Treppe, Kabelzuführung durch die hölzerne Treppe

10.8. Initialisierung und Nutzung der Sensoren/Aktoren im Programm *hauscomp.exe*

Voraussetzung für den Test der Baugruppe ist ein Busankopplung, ausreichende Spannung am ATtiny461A (Pin 5&15: +3..+5 V) und ein funktionierender T/F-Sensor. Ist kein T/F-Sensor bestückt, so wird sich die Baugruppe nicht am Bus anmelden! Per Kodierschalter lassen sich 16 Baugruppen unabhängig voneinander auslesen. Eventuell kann man noch den Raumsensor mit einem Namen und einer Temperatur-Kalibrierung versehen:

```
Raumsensor= 1 RS_Flur -2.0 /Der Raumsensor mit der Subadresse 1 heißt „RS_Flur". Die Temperatur wird um 2 grd korrigiert.
```

Die Temperatur-Kalibrierung ist nicht unbedingt notwendig aber vorteilhaft, da sich der kompakte Aufbau der Elektronik thermisch bemerkbar macht.



Das war schon alles! Im Programm-Menü der *hauscomp.exe* kann man nun unter Funktionen/Raumsensoren (Menü-Seite 186) nach einer angemessenen Wartezeit die korrekte Anmeldung aller aktiven Baugruppen sehen. Für die erweiterte Anzeige von Parametern und ihre Verwendung in der SPS verweise ich auf das Beispiel 6.12. im Programmhandbuch.

Ab Version 6.0.59 unterstützt das Programm *hauscomp.exe* auch eine eigene Kalibrierung der Feuchtemessung. Idealerweise sollte dabei mit einem genauen Vergleichsgerät die relative Feuchte mit der vom T/F-Sensor gelieferten Daten verglichen werden. Die Messung sollte auch bei einer möglichst geringen relativen Feuchte erfolgen. Eine noch elegantere Möglichkeit ist die Kalibrierung mit einer gesättigten Salzlösung in einem verschlossenen Glas. Die Verwendung von Magnesiumchlorid-Hexahydrat mit ein paar Tropfen destilliertem Wasser erzeugt im Verlaufe von >30 min F_{rel} = 33 % bei 20…30°C.

```
Raumsensor=   1   RS_Flur -2.0 33.5 43.2 /wie oben, zusätzliche Feuchte-Kalibrierung mit MgCl2  bei 33,5%
```

Beispiele für die Datenbereitstellung des Multisensors in der SPS:

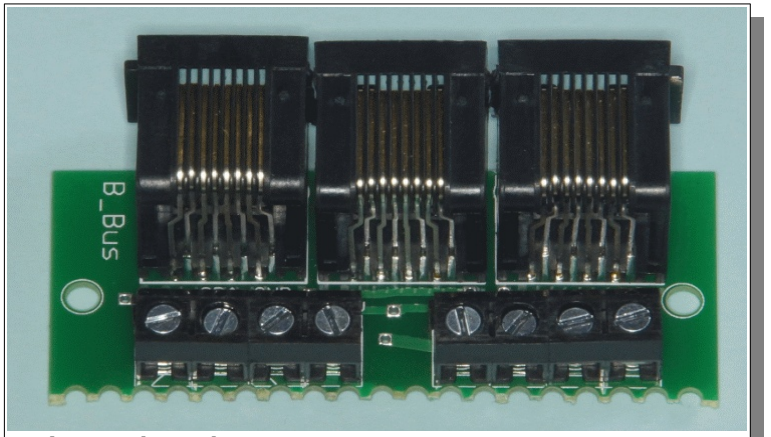
```
z=700 105 Innen_T   1     1                    /Raumsensor Flur Temperatur
z=701 105 Innen_rF  1     4                    /Raumsensor Flur relative Feuchte
z=702 105 Innen_aF  1     5                    /Raumsensor Flur absolute Feuchte
z=703 105 Innen_CO2 1     7                    /Raumsensor Flur CO2 ppm
z=704  80 Innen_CO2 hppm  703   1     8        /Raumsensor Flur CO2 ppm/100
z=705 105 Innen_Lux 1     9                    /Raumsensor Flur Helligkeit
z=706 105 Innen_TP  1     11                   /Raumsensor Flur Taupunkt
z=707 106 Innen_Alarm     1     1              /Raumsensor Flur Alarm gesetzt
z=708 106 Innen_BM  1     2                    /Raumsensor Flur Bewegungsmelder
z=709  65 Anwesend1h      708   0     2400     /Signal Anwesend: BM+40min
```

Beim Einsatz von CO2-Sensoren mit einem Messbereich von 0 … 2000 ppm ist der Scriptbefehl „Raumsensor2000=“ zu verwenden.

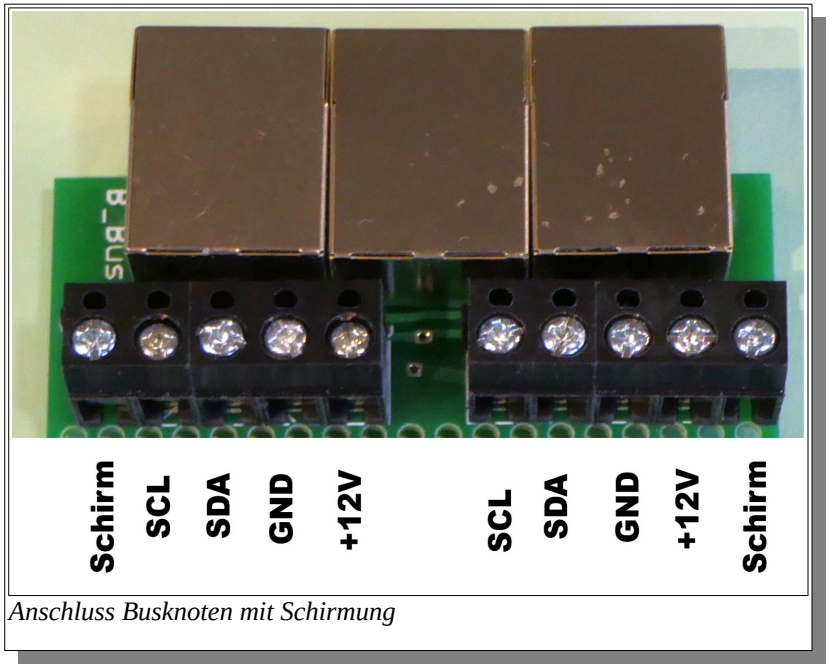
10.9. Der Busknoten

Die Verkabelung beim Projekt Hauscomputer beruht auf zwei Kabel-Varianten: zum einen herkömmliche mehradrige Kabel (sinnvollerweise das abgeschirmte KNX-Buskabel) und zum anderen normale Netzwerkkabel/Patchkabel mit angegossenen Steckern. Gerade letztere sparen eine Menge Zeit bei der Installation. Für die Verbindung beider Varianten und für die Realisierung von Abzweigen ist der Busknoten gedacht. Er ist platzsparend und kann bequem in vorhandene Gehäuse der Elektroinstallation oder in Kabelkanäle untergebracht werden. Da im Hausbus nur Niederspannung (0..+12 V) eingesetzt wird, ist ein zusätzliches Gehäuse nicht zwingend erforderlich, beugt aber der Kurzschlussgefahr und Verschmutzung vor. Die Befestigungsbohrungen können zur Fixierung des Busknotens genutzt werden.

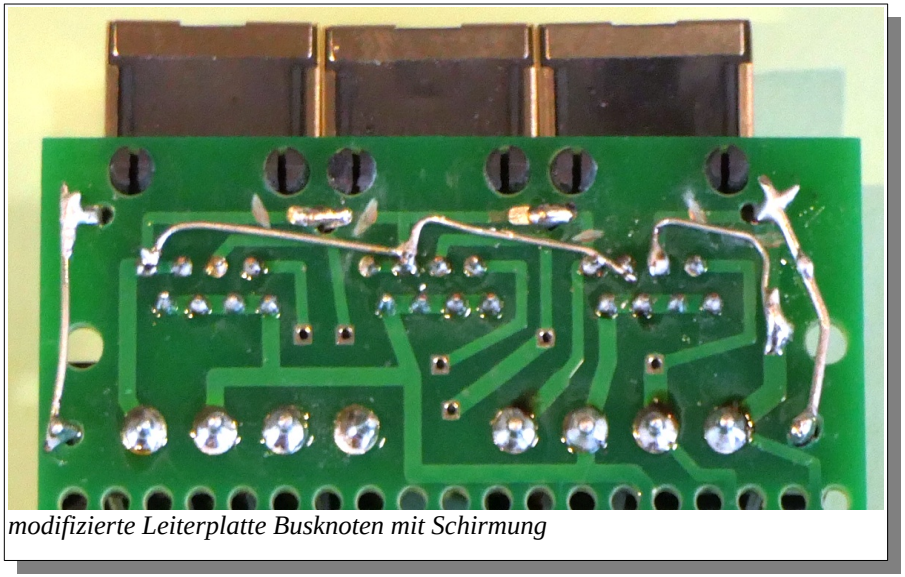
Hinweis: anstelle der (nicht metallisierten) RJ45-Buchsen MEBP 8-8S von REICHELT können auch MEBP 8-8G mit Schirmung und 5-pol. Kontakte verwendet werden. Die Leiterplatte ist dann entsprechend zu modifizieren:



Busknoten ohne Schirmung

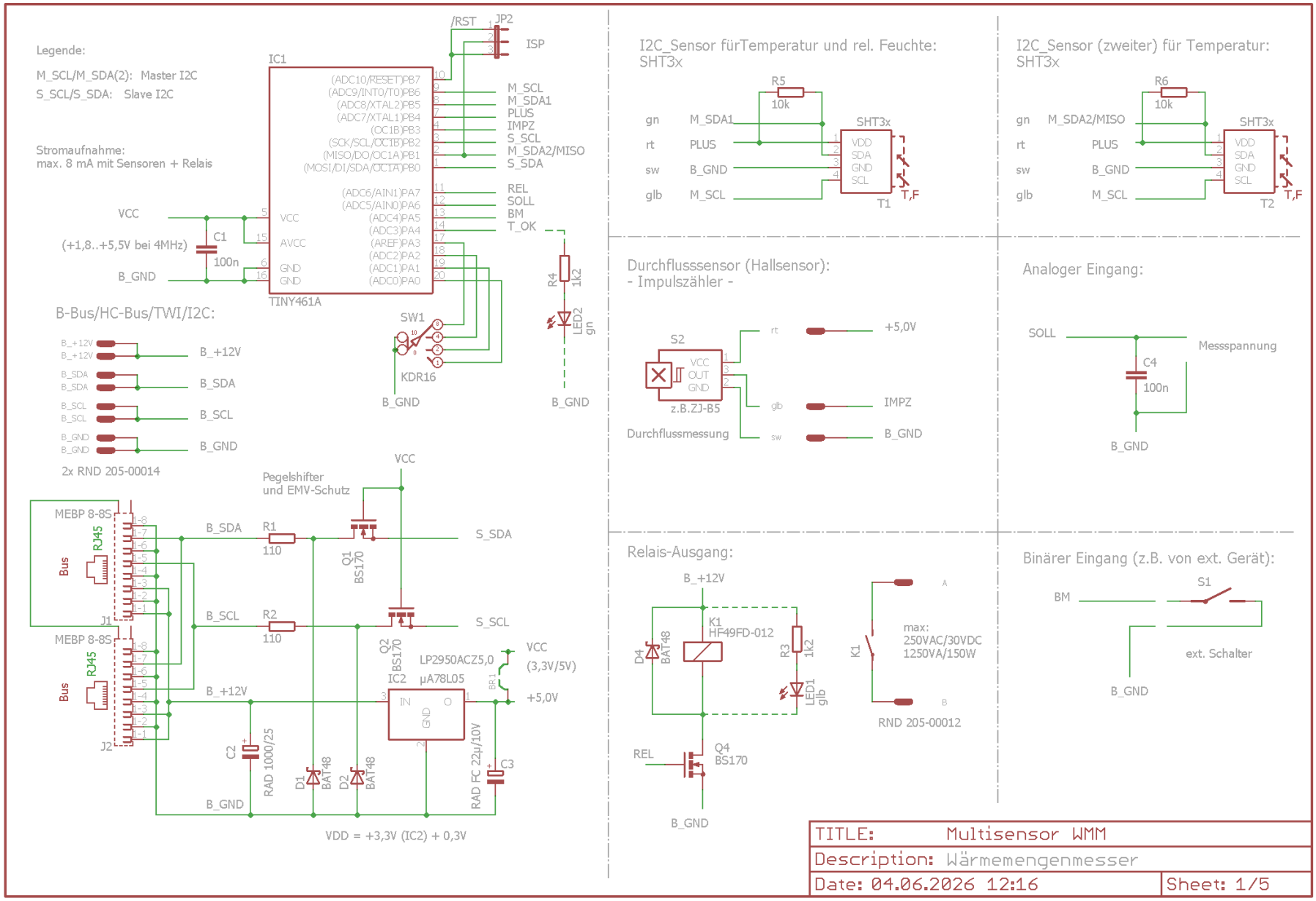


Anschluss Busknoten mit Schirmung



modifizierte Leiterplatte Busknoten mit Schirmung

10.10. Ein Wärmemengenmesser

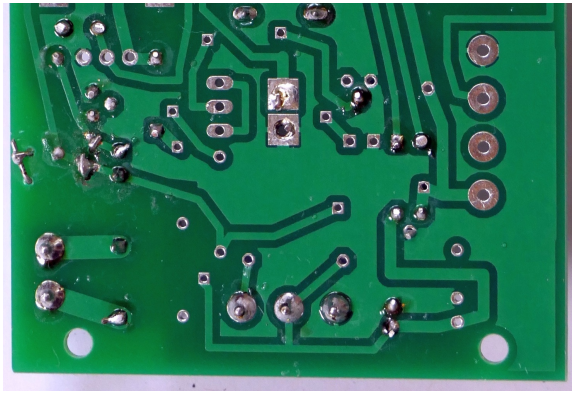


Auf der Basis des Multisensors wurde auch ein Wärmemengenmesser realisiert: 2 hochgenaue Temperatursensoren vom Typ SHT3x und ein Durchfluss-sensor auf Hall-Basis sind die Grundlage für die Ermittlung von Wärmemengen in Heizungen/Wärmepumpen oder ähnlichem. Zusätzlich gibt es noch einen potentialfreien Ausgang und zwei Eingänge, die für beliebige Anwendungen zur Verfügung stehen. Datenauswertung und -Ausgabe erfolgen wie gewohnt durch die ***hauscomp.exe*** (ab Version 6.0.60).

Eine spezielle Firmware steuert den ATtiny (***/Programme/ATtiny461A/Waermemengenmesser/I²C_WMM1.0)***. Der Aufbau gestaltet sich ähnlich, wie im Abschnitt 10.4 beschrieben, mit der Besonderheit, dass es nun anstelle von einem - zwei Master-I²C Busse gibt. Damit können für die beiden Temperatur-sensoren Typen mit der gleichen I²C-Adresse (0x44) verwendet werden. Die Palette reicht von SCC30 über SHT30/31 bis zum präzisen (aber auch teuren) SHT35. Da die Temperatursensoren nun auch per längerem Kabel an-geschlossen sind, müssen zusätzliche Pull-up Widerstände (je 10 kOhm) an die beiden Datenleitungen M_SDA1/M_SDA2 eingesetzt werden. Die internen Pull-up sind mit 30-60 kOhm leider zu hochohmig, sie garantieren nicht die geforderten Signalanstiegszeiten von > 3 V /6 µs in den Ausleseroutinen.

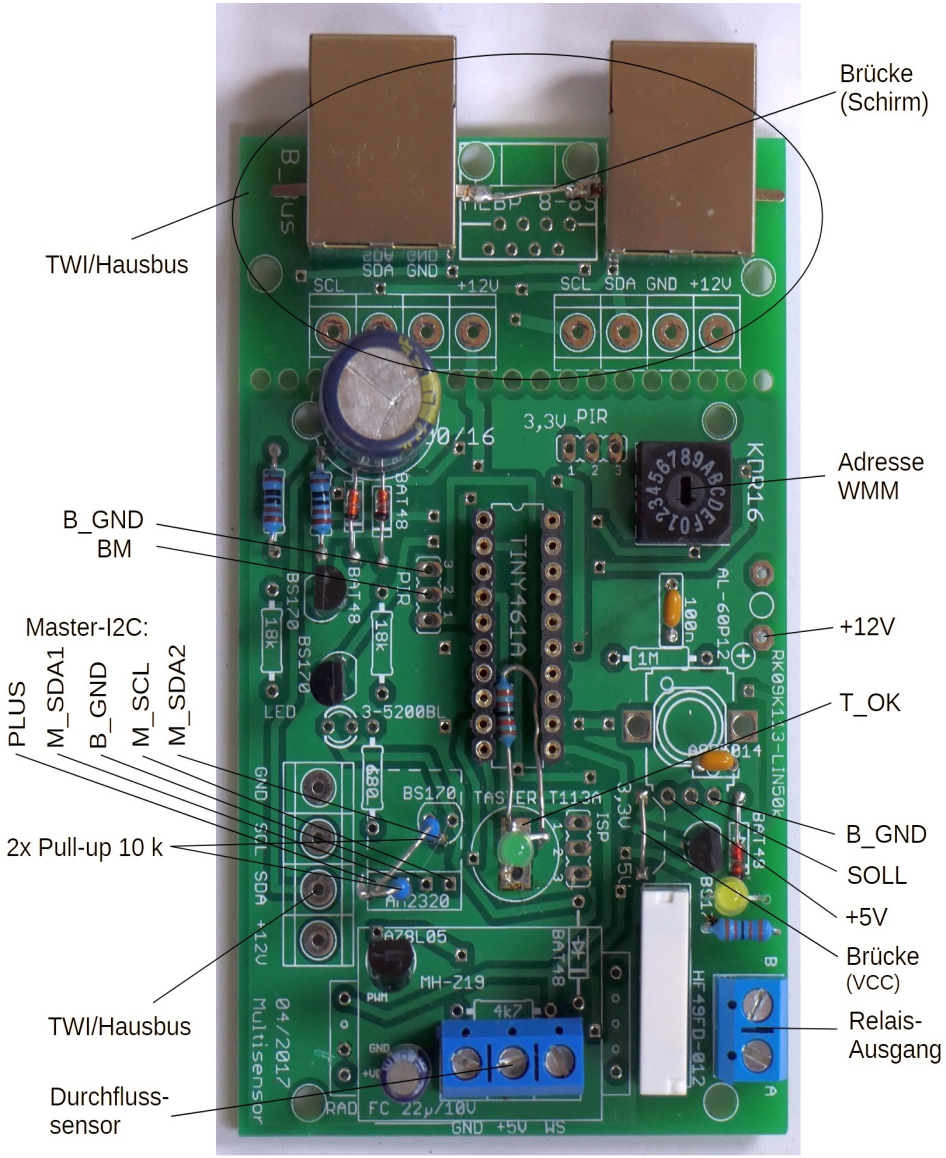
An Pin 14 des ATtinys, dem früheren TAST-Eingang, kann man nun eine LED anschließen: Sie signalisiert während des Betriebes, ob beide Temperatur-sensoren ordnungsgemäß ausgelesen werden. Dazu sollte sie unterbrechungs-frei leuchten. Blinkt sie, so gibt es ein Problem mit T1, ist sie ständig aus, dann ist T2 die Ursache. Blinkt sie einmal kurz aller 45 s, so ist der Hausbus nicht ordnungsgemäß angeschlossen und der Watchdog wird aktiv.

Eine weitere optionale LED nebst Vorwiderstand wurde neben dem Relais platziert. Sie signalisiert den Schaltzustand des Relais. Dazu müssen allerdings zusätzliche Löcher in die Platine gebohrt werden.

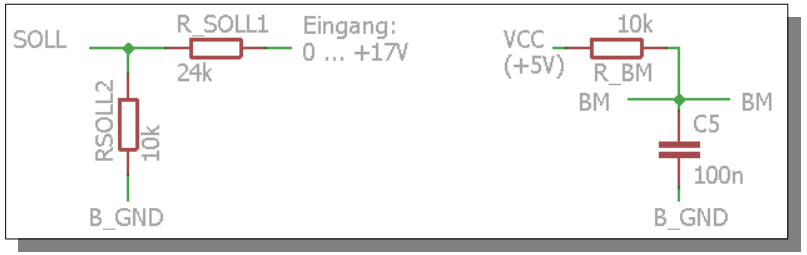


Verdrahtung zusätzlicher LEDs mit Vorwiderständen und Pull-ups, z.T. mit extra Bohrungen

Auf den Bewegungsmelder wurde verzichtet, damit wird VDD nun per Brücke einheitlich auf +5 V gesetzt. So ergibt sich dann auch der Messbereich am SOLL-Eingang zu 0 … +5 V. In der hier gezeigten Version sind 2



metallisierte Netzwerkbuchsen auf dem (nicht abgetrennten) Busknoten zum Durchschleifen des Hausbusses bestückt. Die Metallisierungen/ Abschirmungen sind per Drahtstückchen miteinander verbunden. Wenn soweit alles fertig bestückt ist, kann der programmierte Attiny461A (Firmware WMMx.x) eingesetzt und die beiden Temperatursensoren angelötet werden – oder aber auch über zusätzliche Kontaktklemmen auf einer Trägerplatine sauber in einem Gehäuse platziert werden. Sinnvolle Ergänzungen wären dann noch ein zusätzlicher Pull-up am BM-Eingang zur Verbesserung der Störsignalunterdrückung, sowie ein Spannungsteiler am SOLL-Eingang (Bild rechts).



Zum Test bietet sich die hauscomp.ini aus Beispiel 6.12 an. Dazu wird der Kodierschalter auf „C“ (Adresse 12) gestellt. Mit dem Anschluss an den Hausbus und Start der hauscomp.exe kann die Funktion des WMM überprüft werden. Ist alles korrekt angeschlossen, so liefern die beiden Temperaturfühler bereits plausible Werte:



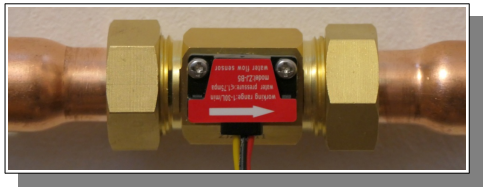
Die Abweichung zwischen den beiden Temperaturfühlern, wichtig für die Wärmemengenberechnung, kann man noch verringern – in der Scriptzeile

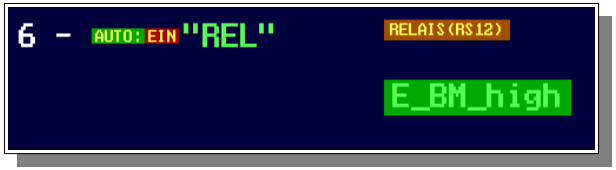
```
RaumsensorWMM=   12    WMM1  0.0   396   / …
```

wird anstelle von „0.0“ der negierte Wert von „T1-T2(Delta_T)“, im Beispiel also „-0.16“ eingetragen. Nach einem Neustart des Programms sollte die Temperaturdifferenz nahezu „0“ betragen, ein enger thermischer Kontakt der beiden Sensoren vorausgesetzt. Bei der späteren Nutzung sollte T1 an die wärmere (Vorlauf) und T2 an die kältere Stelle (Rücklauf) der zu messenden Leitung in gutem thermischen Kontakt befestigt werden. Nun geht es an die Spannungsmessung am Eingang „E:“. Ist ein Spannungsteiler (wie im obigen Bild) verbaut, so ist die Kalibrierung einfach: den Eingang „E:“ mit +12 V verbinden, die Spannung mit einem Multimeter nachmessen und den Wert von „data6“ notieren. Danach werden in der hauscomp.ini die beiden Zeilen entsprechend aktualisiert:

```
z=565   70 Kodex          Kode   158        / Kalibrierwert (Kode) vorgeben, hier: 158
z=566   70 Spannungx      V      10.47      / Kalibrierwert (V) vorgeben, hier: 10.47V
```

Die Kalibrierung des Durchflusssensors ist aufwändiger. Solange noch kein Impuls am Eingang IMPZ anlag, sind die entsprechenden Anzeigen inaktiv. Das kann man aber mit einem kurzen Brücken von GND und WS an der Platine ändern. Dann sollte bei IMPZ_Mess bzw. IMPZ_SPS Zahlen erscheinen und der Durchfluss wird berechnet. Zur eigentlichen Kalibrierung wird der spätere Durchflussmengenmesser angeschlossen und eine definierte Menge Wasser hindurchgeleitet – z.B. 3 Liter. Die Differenz von IMPZ vor und nach der Messung geteilt durch die Literzahl ergibt dann die Kenngröße „Impulse je Liter“, die dann in der Scriptzeile „RaumsensorWMM=“ eingetragen wird (im obigen Beispiel: „396“). Den eigentlichen Durchfluss, sowie die Wärmeleistung werden dann automatisch berechnet und angezeigt. Abschließend sei noch auf die Möglichkeit der Relaisansteuerung und der Signalisation des BM-Eingangs (Bild rechts) hingewiesen. Die entsprechenden Scriptzeilen im Beispiel 6.12 dienen auch als Anregung für eigene Anwendungen. Linkes Bild: Durchflusszähler ZJ-B5 mit Flügelrad und Hall-Sensor.





10.11. Die Bauteilliste und Bestellnummern Raumsensor und Busknoten (REICHELT, e-bay, Autor)

a) Raumsensor mit Basis-Ausstattung lt. 10.2 (T, F, Helligkeit, Hausbus; optional: Relais, CO2-Sens., Taster/LED/Summer u.a.)

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2017)	Gesamt
C1	100 nF	1	Z5U-5 100N	0,04 €	0,04 €
C2	2200 µF / 16 V	1	RAD 2.200/16	0,14 €	0,14 €
C3	22 µF / 10 V	1	RAD FC 22/10	0,09 €	0,09 €
R1, R2	110 Ohm	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €
R5	680	1	Metall 680	0,08 €	0,08 €
R6	1 M	1	Metall 1,00M	0,08 €	0,08 €
D1-D4	Bat-48	4	BAT 48	0,07 €	0,28 €
IC2	µA78L05 [2)]	1	µA 78L05 [2)]	0,11 €	0,11 €
JP1, JP3	3-pol. Buchse	2	MPE 094-1-003	0,13 €	0,26 €
	Klemme, 4-pol.	1	RND 205-00014 (oder CTB1202-5BK)	0,25 €	0,25 €
SW1	Kodierschalter	1	KDR 16	1,20 €	1,20 €
PW1	Fotowiderstand	1	A 905014 oder GL5539	1,10 €	1,10 €
Q1-Q4	MOSFET	4	BS 170	0,10 €	0,40 €
vom Autor:	IC1 [1)], Leiterplatte	1		7,80 €	7,80 €
e-bay:	Sensor AM2320/21 AM2322	1		3,00 €	3,00 €
	Gesamt:				**14,99**

[1)] fertig programmiert mit aktueller Firmware

[2)] siehe Abschnitt 10.6

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2017)	Gesamt
Optional:					
Distrelec/ Voelkner/farnell:	Gehäuse CBRS01VWH	1	z.B. Voelkner:„Axxatronic Universal-Gehäuse 86 x 86 x 25.50 ABS Weiß“	4,15 €	4,15 €

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2017)	Gesamt
	Blechschrauben 2,9x6,5mm	4	z.B. SBL 29065-100 (100 Stück)	1,65 €	1,65 €
e-bay:	MH-Z19(B,C) [2)] (CO2-Sensor)	1		27,00 €	27,00 €
e-bay:	Bewegungssensor HC-SR501 (blaue Platine)	1		1,00 €	1,00 €
SG1	Summer	1	SUMMER AL-60P12	0,55 €	0,55 €
K1	Relais 12V	1	HF49FD-012-1H	1,75 €	1,75 €
Für Windsensor	Hallsensor	1	TLE 4905L	0,67 €	0,67 €
Für Windsensor	Klemme, 3-pol.	1	RND 205-00013	0,28 €	0,28 €
Für Relais: A, B	Klemme, 2-pol.	1	RND 205-00012	0,19 €	0,19 €
LED1	Blaue LED	1	LED 3-5200L BL	0,24 €	0,24 €
T1	Taster	1	T 113A GE	0,47 €	0,47 €
(für S1)	Buchsenleiste	1	SPL 20	0,37 €	0,37 €
R3, R4	18k	2	Metall 18,0k	0,08 €	0,16 €
	1 A Schottky-Diode	1	RND 1N5817	0,03 €	0,03 €
R7	4,7 k	1	Metall 4,70k	0,08 €	0,08 €
Sollwertregler R9	Poti 50k lin	1	RK09K113-LIN50K	0,76 €	0,76 €

b) Busknoten (Kopplung Netztwerkkabel mit normalem 4-adr. Buskabel + ev. Schirm)

Bezeichnung	Wert	Anzahl	Bestellnummer Reichelt	Stück-Preis (April 2017)	Gesamt
J1, J2, J3	RJ45 Buchse	3	MEBP 8-8S/MEBP 8-8G	0,40 €	1,20 €
	Klemme, 4-pol. (oder 5-pol.)	2	RND 205-00014 (oder CTB1202-5BK)	0,25 €	0,50 €
	Gesamt:				**1,70 €**

11. Feuchtesensor/Inkontinenz-Sensor/eigene Erweiterungen

11.1 Inkontinenz-Sensor

Bei einem querschnittgelähmten Verwandten gibt es das Problem, dass ein Riss im Anschlussschlauch des Urinbeutels nachts zum unbemerkten Auslaufen in die Matratze führt – mit allen unangenehmen Auswirkungen. Derartige Risse sind manchmal herstellungsbedingt schon bei neuen Schläuchen vorhanden oder treten nach kurzer Nutzungszeit ein. Selbst wenn die Versicherung bezahlt, so ist der Aufwand die Sauerei zu beseitigen immens. So entstand die Idee für eine „Inkontinenz-Sensormatte“, die optisch und akustisch rechtzeitig auf ein derartiges Problem hinweist und deren Elektronik unspektakulär in einer handelsüblichen Nachttischlampe versteckt ist.

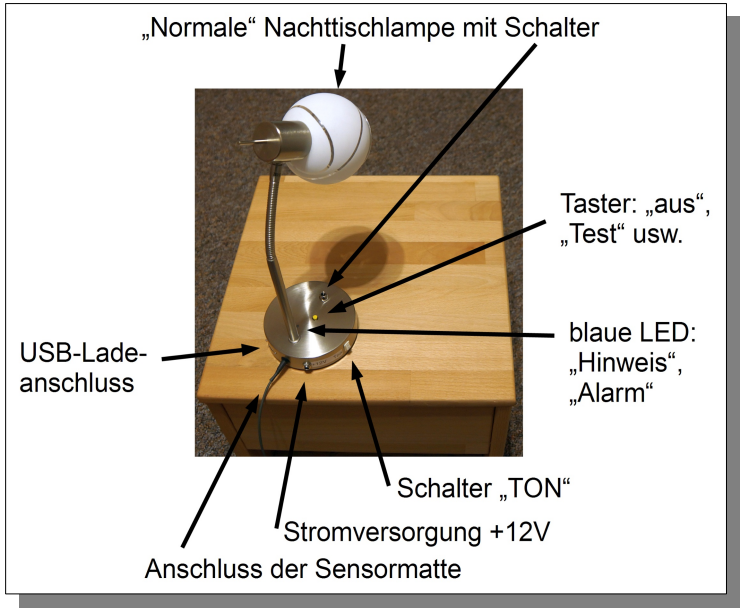
Als Sensoren dienen 2 parallel voneinander isoliert angebrachte Silber-Kupferdrähte, die in einen Matratzenschoner eingenäht wurden. Die Elektronik überwacht sowohl die Isolierung, als auch die Drähte selbst auf eventuellen Leitungsbruch. Bei Bedarf erfolgt ein Hinweis oder ein Alarm. Das Prinzip kann selbstverständlich auch auf andere Anwendungen übertragen werden.

Grundlage für die Auswerte-Elektronik ist eine modifizierte Multisensorplattform aus Abschnitt 10. Nun können am ATtiny 461A auch 2 externe Spannungen gemessen und über den Bus ausgewertet werden. Das macht die Firmware für weitere eigene Anwendungen interessant.

Die genauen Beschreibungen sowie die Firmware finden sich unter **DVD/Programme/ATtiny461A/Inkontinenzsensor/**.

Die Firmware arbeitet problemlos nicht nur als Stand-Alone Version (Subadresse 0 bzw. kein Kodierschalter bestückt), sondern auch unter den anderen Subadressen mit dem Programm *hauscomp.exehauscomp.exe* per Hausbus mit folgenden Besonderheiten zusammen:

- Anstelle der Luftfeuchte wird die zweite externe Spannung übertragen. Der Zugriff auf beide Spannungen erfolgt per SPS-Modultyp 105 über „Bus-Data 4/6“ (bzw. Art=17/19). Relative/absolute Feuchte und Taupunktberechnungen sind ungültig.
- Die Raumsensorzustände (SPS-Modultyp 106) 2 und 16 sind nicht verwendbar.
- Das Gesamtsystem ist dann über das System Hauscomputer geerdet (→ Schutzklasse I) – eine Verwendung als Bettunterlage ist somit nicht mehr möglich, da dann ein Schutz mit verstärkter Isolierung gefordert wäre (Schutzklasse II)!!!

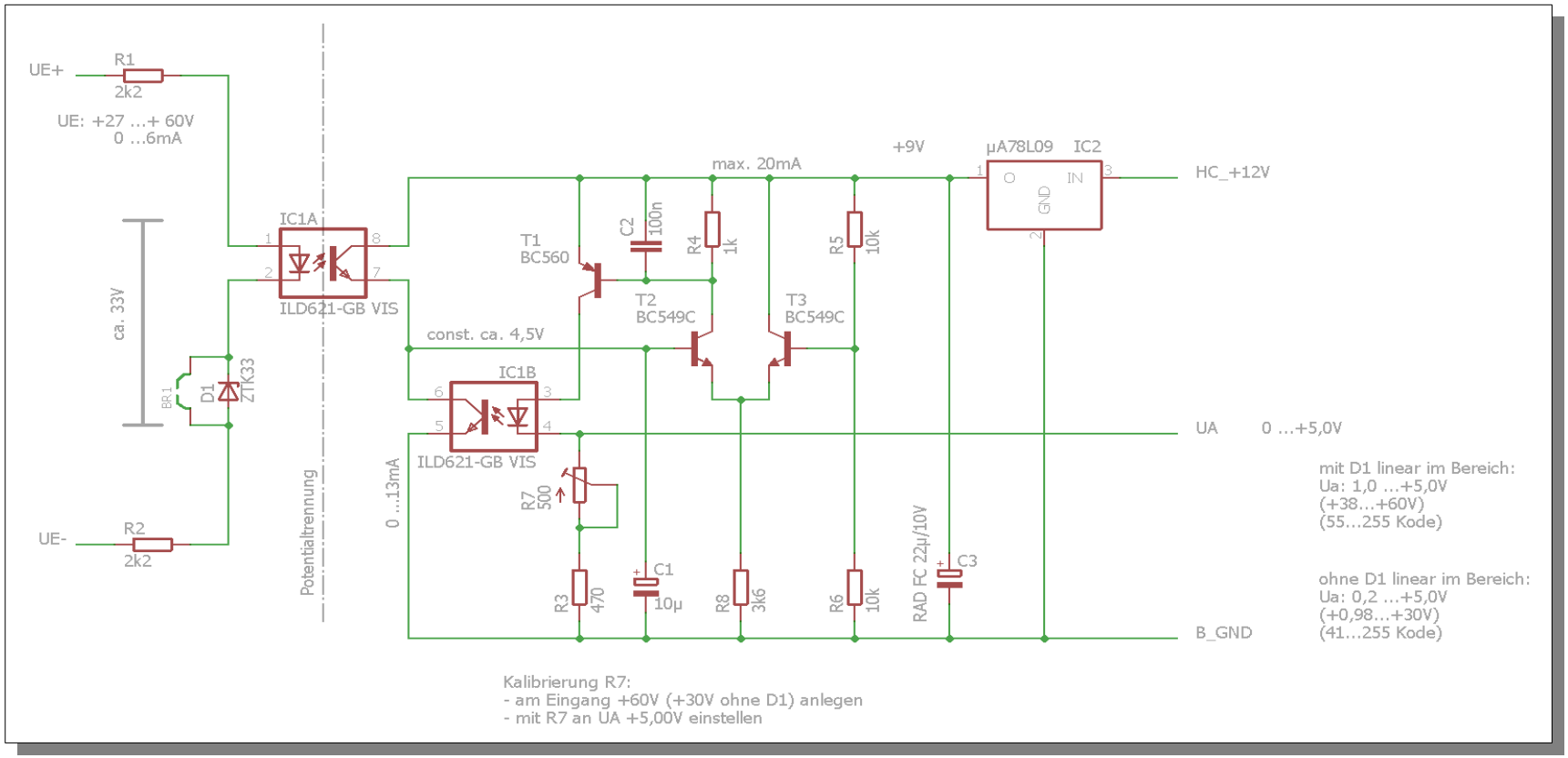




Sensormatte mit 2 in Schleifen verlegten Drähten

11.2 Potentialfreie Spannungsmessung

Die Aufgabe war, an einem Photovoltaik-Batteriemodul kontinuierlich die Spannung zu messen und langfristig zu loggen. Dabei ist die potential-getrennte Messung eine Herausforderung. Gewählt wurde eine analoge Lösung, die auch weitgehend unabhängig von Temperatur und Langzeitdrift ist:



Per Duo-Optokoppler wird die Spannung UE gemessen – der zweite „dubliert“ sozusagen den Eingangsstrom. Damit wird die Drift des Optokopplers kompensiert. Mit einer temperaturkompensierten Z-Diode am Eingang (D1) wird der Messpegel um ca. 30 V verschoben, sodass der gewünschte Messbereich +30 … +60 V für LiFePO4 (48 V) erreicht wird. UA wird an den „SOLL“- Eingang der Multisonsor – Plattform weitergereicht (Pin 12 IC1), den Rest erledigt die Software in der SPS. Wird anstelle von D1 eine Brücke eingesetzt, so reicht der Messbereich von 0 … +30 V. Der lineare Bereich ist ausreichend groß und dem Zweck angepasst. Die Abweichungen im unteren Messbereich beginnen: bei 38,5: +0,1 V; 38,0 V: +0,16 V; 36,0 V: +0,54 V – damit kann man leben.

Das Ganze ist auf einer Lochrasterplatine aufgelötet und zusammen mit der Multisensor – Plattform in einem Flansch-Gehäuse 1591GFLBK untergebracht.

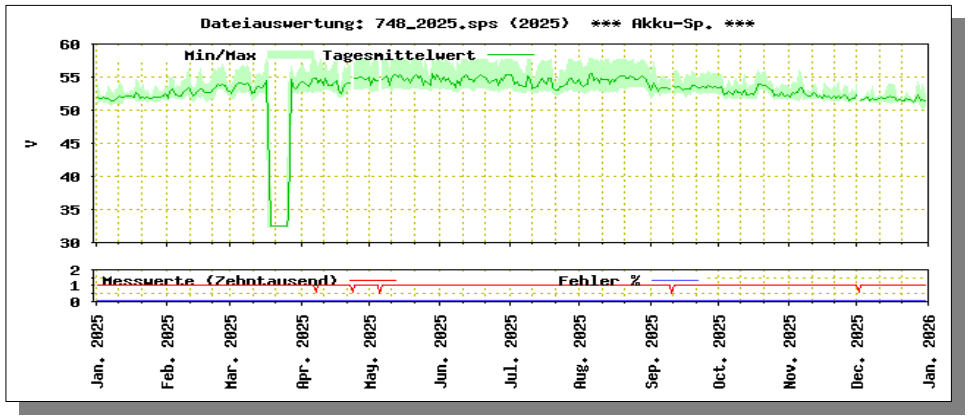
Die Temperaturabhängigkeit der Schaltung wurde bei 25 °C und bei 0 °C gemessen. Es gab nur Schwankungen von 1 Kodewert (5,00 V / 256 = 0,02 V). Die

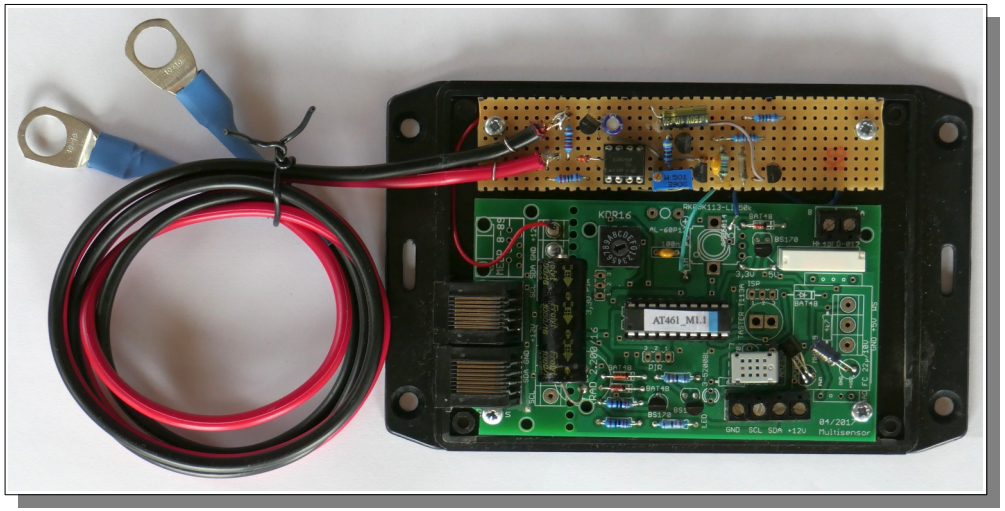
Langzeit drift wird sich erst noch zeigen, notfalls wird neu kalibriert.

In der hauscomp.ini sind lediglich folgende Zeilen erforderlich:

```
Raumsensor=7  Akku-Sol     +0.0  45    50    /Vorgabe Namen und Kalibrierdaten T/F Sensor
z=740 105 Akku-Kode 7      19                /Raumsensor Solar-Akku: "SOLL" Kodeeinheiten lesen
z=741  98 Spannung  V      740 70 40 255 60  /Skalierung, Spannungsberechnung U=Kode*0,108+32,5
z=742 -69 Akku-Ausfall     KE 740 50 60      /Signal „Ausfall", wenn weniger als 50 Kodeeinheiten (<38V) gemessen werden
z=743 -69 Akku_leer        KE 740 162  60    /Signal „leer", wenn weniger als 162 Kodeeinheiten (<50V) gemessen werden
z=744 110 Akku-t    741    1     0     3600  /Ausgabe mittlere Akkuspannung [V] im Messintervall 1 Stunde
z=745   5 Z0445-0500       04 45 05 00       /Zeitraum 04:45-05:00
z=746  58 Akku-5:00 744    745   0           /Einfrieren der Akku-Spannung von 05:00Uhr
z=747 102 Akku-5:00 746                      /Übernahme Akku-Spannung 05:00Uhr für Grafik
z=748 102 Akku-Sp.  744                      /Übernahme Akku-Spannung mit Min/Max/Tagesmittel für Grafik
```

Angebaut an einem Seplos-Speicher (LiFePO4) entsprach die Spannungsmessung der Anzeige des BMS. Der praktische Spannungsbereich lag dabei im gesamten Akku-Nutzungsbereich (15 … 100 %) im Bereich +49 … +54,5 V. Daraus auf die Kapazität zu schließen, ist wegen des geringen Spannungshubes äußerst ungenau. Für die Aussagen „leer“ und für die Mittelwertbildung im Tagesgang sollte es aber reichen. Ziel ist es ohnehin, im Verlaufe eines Jahres den Nutzungsbereich in etwa zu erkennen – im Winter fast immer „leer“ und im Sommer im Tages-Schnitt „halb voll“. Die konkreten Erträge gibt es ja über die Geräte-Apps und die Energiezähler. Außerdem wird nun die Temperatur am Solarspeicher langfristig geloggt.





Die Praxis nach einem Jahr der Nutzung zeigt eine deutliche Abnahme der gemessenen Akku-Spannung in den Wintermonaten (linke Grafik). Zudem ist ein längerer BMS-Ausfall im März dokumentiert: In der Grafik ist auch keine Langzeitdrift der Schaltung erkennbar. Der ursprüngliche Ansatz, die Spannung am Solar-Speicher nur zu loggen, hat nun eine neue Möglichkeit offenbart: Bei Abschaltungen des BMS im Speicher (im Fehlerfall) kann man nun über die SPS einen Hinweis bzw. auch eine Email auslösen.