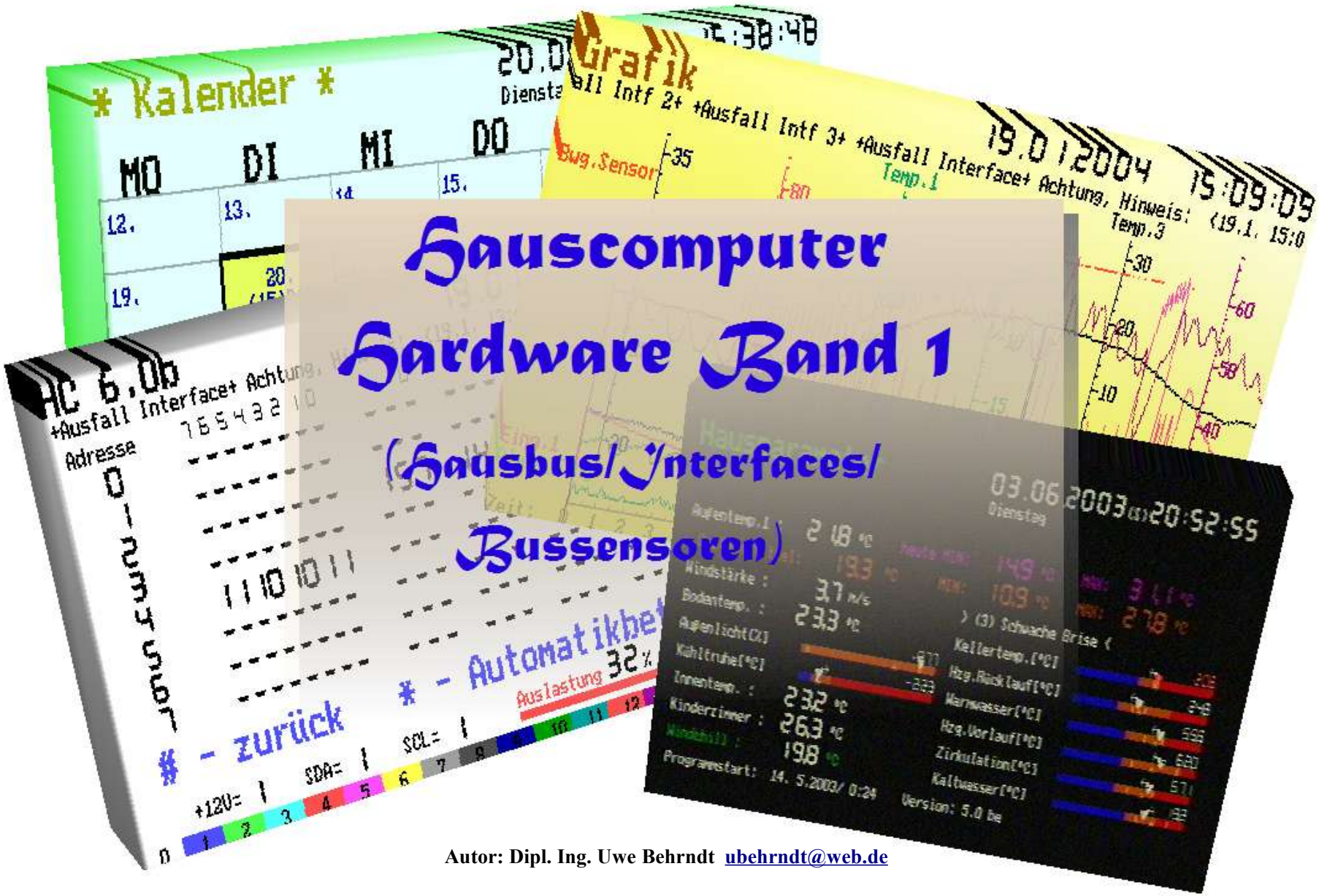


Autor: Dipl. Ing. Uwe Behrndt ubehrndt@web.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort....5
1. Hauscomputer Hardware....6
1.1. Übersicht verfügbarer Interfaces....6
1.2. Der Hausbus als Bindeglied....7
1.3. Die Struktur des Hausbusses....8
1.4. allgemeine Hinweise zum Aufbau der Interface....10
2. Die Busankopplung (notwendig, wenn kein A+D Interface oder Schaltinterface verwendet werden)....11
2.1. Signale auf dem Bus und etwas Theorie....12
2.2. Der Leitungsverstärker P82B715....15
2.3. Der SDA- Korrekturadapter....15
2.4. Hausbus an nicht RS-232 konformen Schnittstellen (z.B. Laptops)....16
2.5. Der Anschluss von Baugruppen der Firma Horter&Kalb....18
3. Die Analoge Erweiterung mit PCF8591....19
3.1. Die Schaltung....19
3.2. Die Leiterplatte....20
3.3. Das fertige Interface....21
4. Der Verteiler....22
5. Die Bussensoren....23
5.1. Die Schaltung mit LM75/ DS1631....23
5.2. Der praktische Aufbau....24
5.3. Der I2C Temperatursensor DS1631....25
6. Ein 3,5 stelliges, 4- Kanal Digitalmultimeter mit MAX1236....26
6.1. Die Hardware....26
6.2. Die Software....27
7. Das Analog + Digital Interface (A+D Interface) mit PCF8591 und zwei PCF8574....29
7.1. Die Funktionsweise....29
7.2. Aufbau des Interfaces....32
7.3. Test des Interfaces....33
7.4. Ansicht des funktionsfähigen A+D Interfaces ohne Gehäuse....36
7.5. Schaltplan Stromversorgung, I2C-Bus, Watchdog....37
7.6. Schaltplan Signalisation, Tastenanschlüsse....38
7.7. Schaltplan Schaltausgänge, binäre Eingänge....39

7.8. Schaltplan analoge Eingänge, A/D Wandler ... 40
7.9. Layout A+D Interface, Leiterseite (243 mm x 120 mm) ... 41
7.10. Layout A+D Interface, Bestückungsseite ... 42
7.11. Bohrschablone A+D Interface ... 43
7.12. Bestückungsplan A+D Interface ... 44
7.13. Übersicht Brücken A+D Interface ... 45
7.14. Stückliste A+D Interface ... 46
8. Das Control Interface (CI) ... 47
8.1. Die Schaltung ... 48
8.2. Die Schaltungsbeschreibung ... 49
8.3. Die Einbindung des CI in die Hardware.ini / Hauscomp.ini ... 49
8.4. Das Layout ... 51
9. Das 230V Schaltinterface ... 53
9.1. Technische Daten ... 54
9.2. Die Schaltungsbeschreibung ... 54
9.3. Das Platinenlayout ... 57
9.4. optionale Baugruppen, Bestellliste ... 61
10. Das 8-Kanal-Sensor-Interface ... 63
10.1. Die Schaltungsbeschreibung der Temperatur - Messumformer ... 63
10.2. Die Schaltungsbeschreibung der Puls-Weiten-Modulation (PWM) ... 66
10.3. Das Platinenlayout ... 67
10.4. Der Bestückungsplan ... 68
10.5. Die Bestellliste ... 69
10.6. Die Kalibrierung ... 70
10.6.1. Die Standardkalibrierung ... 70
10.6.2. Kalibrierung mit Messwiderständen ... 70
10.6.3. Kalibrierung mit Vergleichsthermometer ... 71
10.6.4. Kalibrierung der PWM Ausgänge ... 72
11. Das 4-Kanal PT1000 Präzisions-Interface (-40..+250 °C) ... 73
11.1. Die Schaltung ... 74
11.2. Das Platinenlayout ... 75
11.3. Der Bestückungsplan ... 76
11.4. Die Bestellliste ... 77
11.5. Die Kalibrierung ... 78

Vorwort

Das Projekt Hauscomputer bietet für versierte Bastler die Möglichkeit, ein universelles Steuer- und Regelungssystem aufzubauen. Dabei ist es egal, ob nur mal so zum Spaß die Temperatur in einem Wasserkocher auf 0,1°C genau geregelt oder in einem Eigenheim die komplette Steuerung der Heizung mit Solarkollektoren, Schichtenspeicher usw. inklusive Betriebsstunden- und Energiezählern realisiert werden soll. Notwendig als Kernstück ist dabei immer ein PC (alter/neuer PC/Laptop/Industrie-PC) mit einer seriellen Schnittstelle RS-232. An diesen werden so genannte Interfaces über einen modifizierten I^2C- Bus angeschlossen. Diese Interface Bausteine verbinden Sensoren, Aktoren o.ä. mit dem Steuerprogramm Hauscomp.exe. In diesem Band werden Interface für den Nachbau vorgestellt. Die Anleitungen sind erprobt und getestet aber natürlich nicht vor eventuellen Fehlern gefeit. Alternativ können aber auch fertige I^2C Baugruppen von z.B. ELV oder der Firma Horter&Kalb verwendet werden. Die Wahl der Interfaces und ihre Anzahl hängt natürlich von der gewünschten Anwendung ab. Als Minimum empfehle ich aber ein A+D Interface aufzubauen. Damit lassen sich bereits 4 verschiedene Temperaturen messen und bis zu 16 Aktoren oder Schalter anschließen. Zudem sind bereits eine zuverlässige Ausfallerkennung und Betriebsanzeige integriert. Die Layouts sind optimiert auf „normale Bastel-Löter“ und verzichten weitgehend auf SMD Bauelemente. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sollten alle ICs gesockelt, Metalloxyd Widerstände und 105°C Kondensatoren verwendet werden. Bei der Verkabelung von 230V sind die einschlägigen Vorschriften zu beachten, im Zweifelsfall ist eine Elektrofachkraft hinzuzuziehen! Die angegeben Projekte sind zum Teil seit über 15 Jahren zuverlässig im Einsatz, wenn also mal etwas nicht auf Anhieb funktioniert – Augen und Kopf einschalten und notfalls einen Beruhigungstee nehmen...

Dipl. Ing. Uwe Behrndt

WEITERE DOKUMENTATION:

PROGRAMMHANDBUCH HAUSCOMP.EXE
HAUSCOMPUTER HARDWARE BAND 2 (SENSOREN, SCHALTMODULE)
HAUSCOMPUTER HARDWARE BAND 3 (PRAKTISCHE ANWENDUNGEN)
HAUSCOMPUTER HARDWARE BAND 4 (KOMBINIERTE HEIZUNGSSTEUERUNG)
Die jeweils aktuelle Version ist verfügbar unter http://www.hauscomputer.gmxhome.de/

1. Hauscomputer Hardware

1.1. Übersicht verfügbarer Interfaces

Interface	*Eingänge*	*Ausgänge*	*Belegte Adressen [1]*	*Watchdog*	*Bemerkungen*
Analoge Erweiterung	4 x Analog (8-Bit) 0..+5V	1 x Analog 0..+5V (8-Bit)	1 x Analogadresse	-	Sensoranschlüsse über Aufsteckadapter
Bussensoren	1 x Temperatur	-	1 x Analogadresse	-	Auflösung: LM75: 0,5 °C DS1631: 0,0625 °C
4 Kanal Digitalmultimeter	4 x Analog (12 Bit) 0..+26,5V oder 0..+4,096	-	1 x Analogadresse	-	Standalone Interface mit MAX1236
A+D Interface	5 x binär 4 x Analog (8-Bit) 0..+5V / Temp.Sens.	10 x binär (Schließer max. 200 VAC, 15 W, 1 A)	1 x Analogadresse 2 x Binäradresse	ja	Je nach Bestückung frei wählbare Ein-/ Ausgänge. E+A = max. 16 Für 4 Temperatursensoren KTY 81 vorbereitet
Control Interface (CI)	5 Tasten	2 x Staus LED	1 x Binäradresse „0“	ja	Bedien- und Anzeigeterminal für „Hauscomputer“;
230 V Schaltinterface	2 x Binär 230 V 5 Tasten	6 x Relais 230 V/ 8 A 2 x solid state relais 230 V 1 x Relais 1 A 11 x Status LED	1 x Binäradresse „0“ 1 x Binäradresse 1-7	ja	Integrierter SDA Korrekturadapter; Ideal für Haustechnik in Kombination mit 8-Kanal Sensor Interface und PT1000 Präzisionsinterface im Reglergehäuse
8-Kanal Sensor Interface	8 x Analog (8Bit) für Temperatursensoren KTY81-122 und PT 1000 in 3 Temp. Bereichen	2 x PWM (0..100%) Zykluszeit 0,8 s für Ansteuerung solid state relais	2 x Analogadresse	Von Schalt-interface	Ideal für Haustechnik in Kombination mit 230 V Schaltinterface

Interface	*Eingänge*	*Ausgänge*	*Belegte Adressen* [1]	*Watchdog*	*Bemerkungen*
PT 1000 Präzisionsinterface	4 x PT 1000 (-30.. +250 °C)	-	1 x Analogadresse	-	Auflösung: 0,1 °C, Genauigkeit: 0,3°C Verwendung für Wärmemengenmesser (z.B. Solartechnik)

[1] Maximal sind 8 Analog- und 8 Binäradressen gleichzeitig an einem Hausbus möglich (d.h. max. 64 binäre E/A- und 40 analoge Kanäle)

1.2. Der Hausbus als Bindeglied

In diesem Projekt kommt ein einheitliches Bussystem zum Einsatz, dass alle Interfaces verbindet. Es basiert auf dem I²C Bus von PHILIPS und wurde für den Feldeinsatz modifiziert. Damit ist ein variables, ausbaufähiges Netzwerk in beliebiger Topologie mit einer Gesamtlänge von ca. 300 m möglich. Folgende 5 Signaladern sind definiert, müssen aber nicht immer verwendet werden:

- HB_GND (Signal Bezugspotenzial, normalerweise nur an einer Stelle mit Gehäuse oder Schutzleiter verbunden, immer notwendig)
- HB_SCL (Taktleitung, -12..+12V, immer notwendig)
- HB_SDA (Datenleitung, -12..+12V mit **einem** pull-up Widerstand von 4,7 k im ganzen Netz, immer notwendig)
- HB_+12V (Stromversorgung bei Bedarf)
- HB_Schirm (Einheitlicher Anschluss für alle Abschirmungen, mit Schutzleiter zu verbinden, bei Bedarf)

Alle Übergänge vom Hausbus zu den I²C Schaltkreisen sind in den Interfaces einheitlich mit 110 Ohm Widerständen und 5,1 V Zehnerdioden gestaltet. Als Bus-Kabel kann jedes abgeschirmte Kabel (auch CAT-5/6/7) verwendet werden. Einzige Einschränkung: Der Strom über die +12V-Leitung sollte bei CAT-Kabeln 100 mA nicht überschreiten, da bei den geringen Querschnittsabmessungen der Spannungsabfall zu groß wird.

Über das Steuerprogramm „Hauscomp.exe“ können bis zu 8 analoge und 8 binäre Adressen angesprochen werden. Damit sind insgesamt bis zu 64 verschiedene E/A Signale, 32 analoge Sensoren und 8 analoge Ausgänge möglich. Das System ist resistent gegen Störimpulse und arbeitet statisch mit Rückmeldungen, d.h. das System „fängt sich wieder“ bei Störungen. Ausfälle werden sicher detektiert und aufgezeichnet, betroffene Aktoren werden zuverlässig deaktiviert. Bei Bedarf ist eine Langzeitauswertungen von Sensoren oder berechneten Parametern wie z.B. Wärmemengen mit Excel o.ä. möglich. Eine integrierte, durch den Anwender frei konfigurierbare speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) erlaubt die Nutzung von bis zu 399 Modulen und damit die Realisierung umfangreicher Steuer- und Regelungsprojekte.

1.3. Die Struktur des Hausbusses

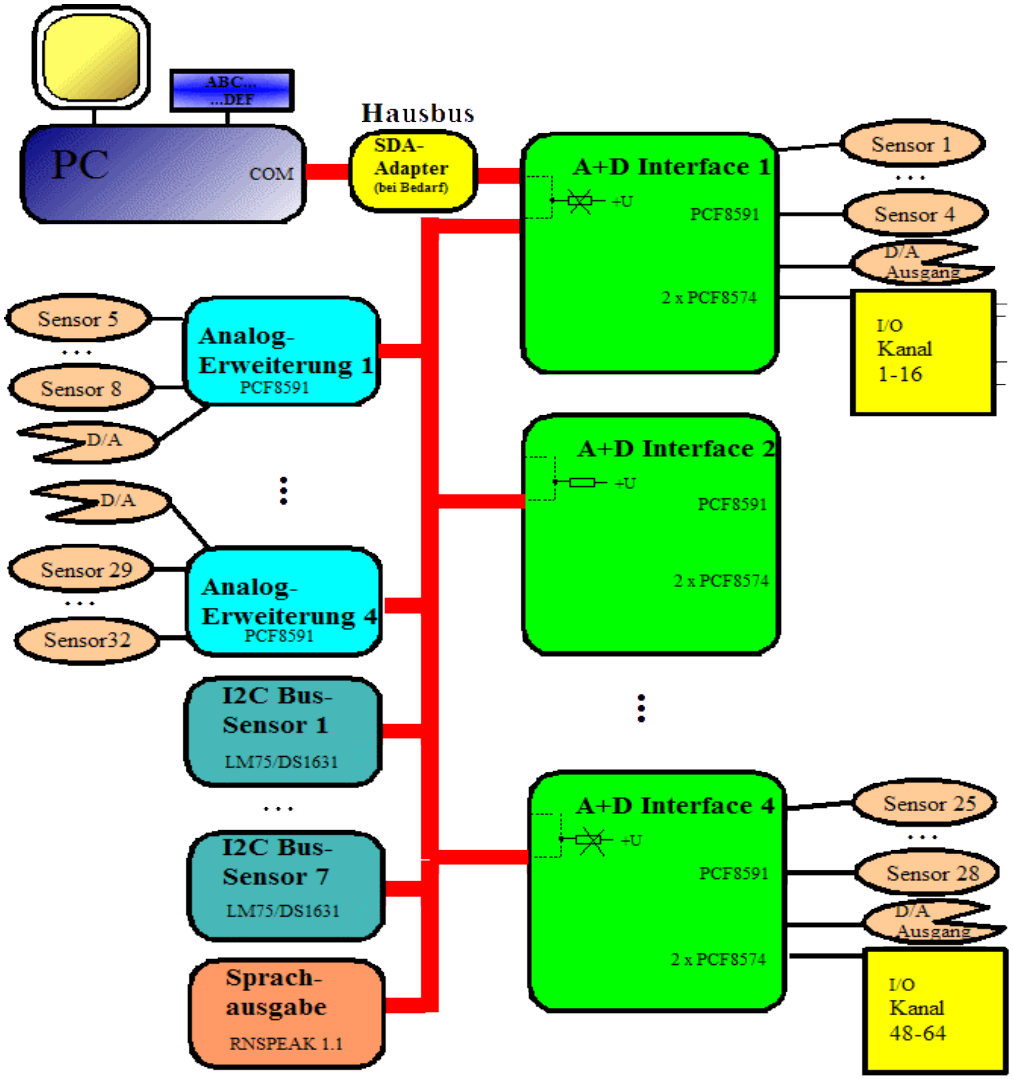


Abbildung 1 Struktur des Hausbusses, Möglichkeiten (1)

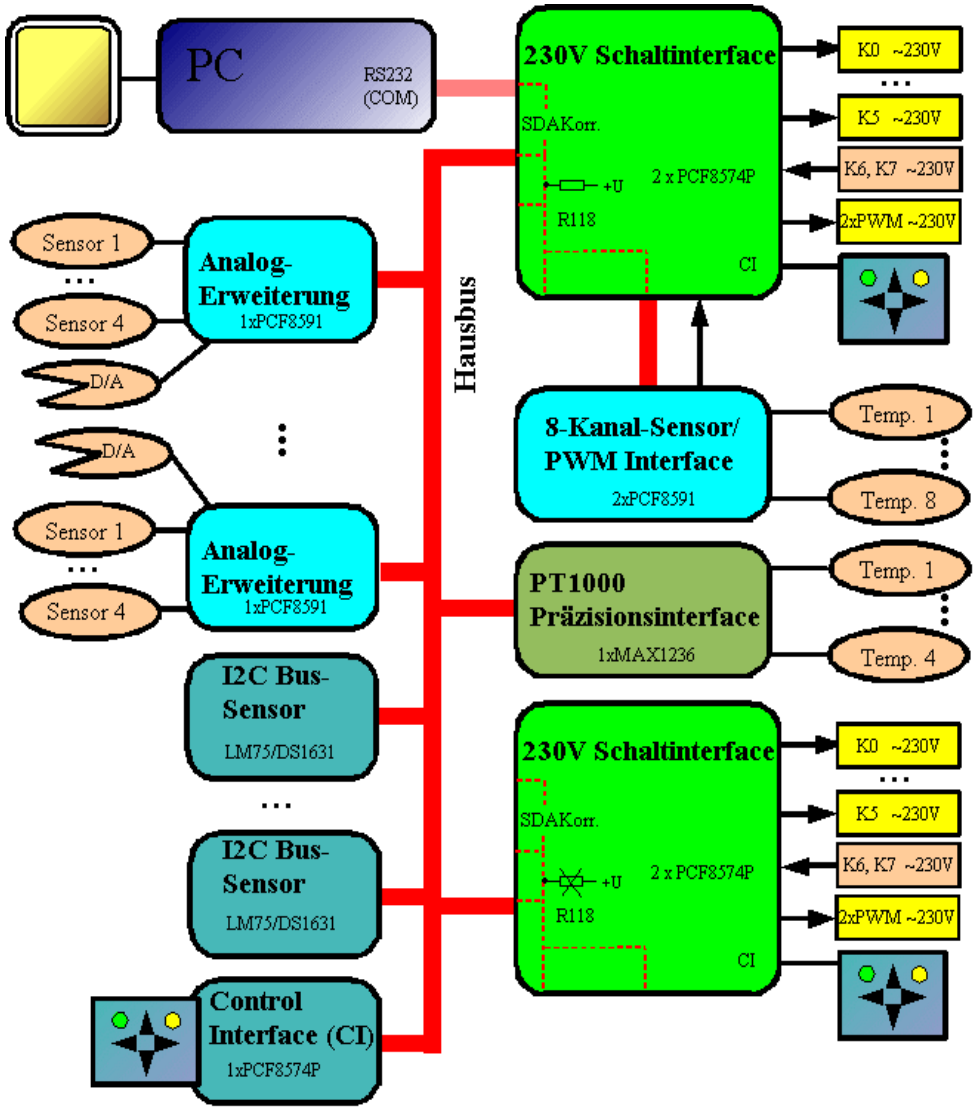


Abbildung 2 Struktur des Hausbusses, Möglichkeiten (2)

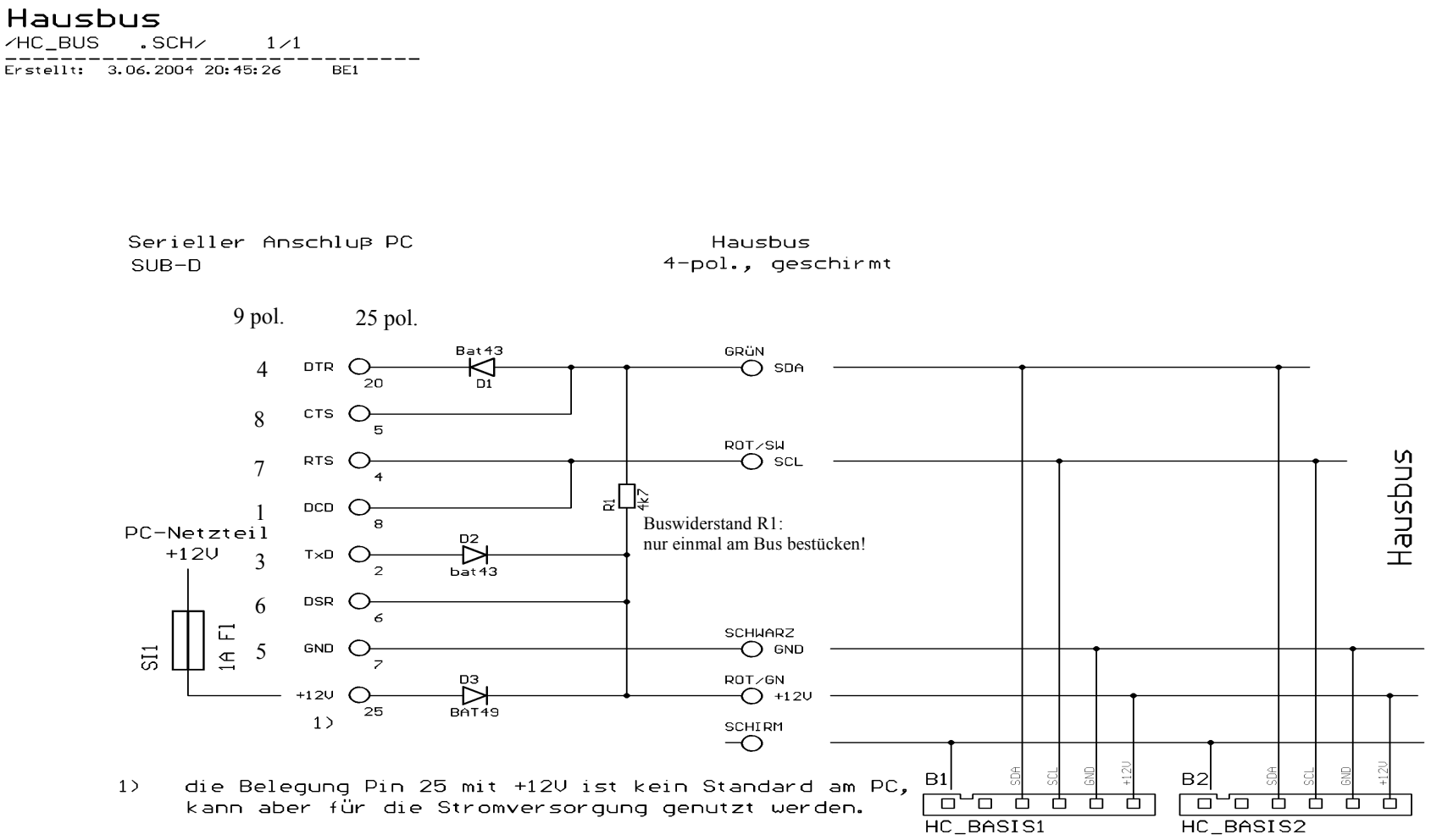
1.4. allgemeine Hinweise zum Aufbau der Interface

Der praktische Aufbau elektronischer/ elektrischer Komponenten erfordern ein Mindestmaß an (Schaltungs-) Verständnis und Erfahrung im Umgang mit elektronischen Bauelementen. Bei Arbeiten an spannungsführenden Baugruppen sind die einschlägigen Vorschriften zu beachten. Ausschließlich Elektrofachkräfte dürfen Arbeiten an Netzspannungen durchführen!

Die folgenden Bauanleitungen sind, obwohl mehrfach getestet, nicht garantiert fehlerfrei. Beim Nachbau kann es möglicherweise zu Kurzschlüssen oder zu Ausfällen von Bauelementen durch Überbeanspruchung kommen. Im Vorfeld kann man aber durch das Beachten einiger Regeln die Grundlage für die zuverlässige Funktion der Baugruppen legen. Gerade mechanische Kontakte sind die Hauptstörquellen im Verlauf der späteren Nutzung. Deshalb folgen hier einige Tipps für den sicheren Nachbau:

- nur unbeschädigte, intakte Bauelemente verwenden; Widerstände vor dem Einlöten in die Schaltung auf richtigen Wert nachmessen
- für ICs regelmäßig Sockel mit vergoldeten Kontakten verwenden
- vor dem Einsetzen von ICs: die Schaltung an die Spannungsquelle anschließen, die Stromaufnahme und an den IC- Sockeln die Spannungen prüfen
- nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Schaltung die Wärmeentwicklung an allen Bauelementen prüfen
- als Gehäuse nur zugelassene Polykarbonat- oder Metallgehäuse verwenden; Schutzkleinspannung von Netzspannung (230V) räumlich trennen!
- Zum Verbinden nur ausreichend isolierte Kabel verwenden, keine „Freiverdrahtung“ zulassen
- beim Einsatz von Relais in DC Kreisen immer Freilaufdioden vorsehen
- induktive Lasten (Motoren, Pumpen o.ä.) mit parallel geschalteten Varistoren zum Schutz vor induktiven Abschaltspitzen versehen
- In Netzteilen EMV berücksichtigen Netzfilter vor, Entstörfilter nach den Netzteilen (wenn möglich)
- Sicherungen nur mit den angegeben Werten verwenden
- Kaffee oder andere Flüssiggetränke immer im folgenden Abstand zur gerade laufenden Bastelarbeit abstellen: D [m] = Umax [V] / 100

2. Die Busankopplung (notwendig, wenn kein A+D Interface oder Schaltinterface verwendet werden)



Zeichnung 3 Schaltplan: Ankopplung des Hausbusses an den seriellen PC- Anschluss (COM). Die Signale SDA und SCL entsprechen den Signalen HB_SDA/HB_SCL und sind keinesfalls direkt an einen I2C Schaltkreis anzuschließen, da der Pegel +/- 12V beträgt!

2.1. Signale auf dem Bus und etwas Theorie

Der Normalverbraucher kann die folgenden Zeilen getrost überspringen. Ab Version 6.0.4 der Hauscomp.exe ist die Reichweite des Hausbusses mit der angegebenen Busankopplung bzw. der A+D Interfaces mehr als ausreichend. Je nach Schaltschwelle der RS-232 Schnittstelle können fehlerlos mehrere 100 m ohne zusätzliche Treiberstufen (P82B715) überbrückt werden. Sicherheitshalber kann man den SDA- Korrekturadapter zwischen schalten.

Theoretisch ist es zur Berechnung der maximalen Hausbuslänge notwendig, eine komplexe Leitungssimulation durchzuführen. An dieser Stelle verweise ich auf die Arbeit von Kurt Steudler, nachzulesen unter http://www.hta-be.bfh.ch/~steudler/Elektro/Uebt/Ulei.pdf. Die entscheidende Aussage ist, dass der Skin-Effekt in dieser Anwendung nicht auftritt, was die ganzen Rechnungen stark vereinfacht. Damit brauchen im Prinzip nur noch der Gleichstromwiderstand und die Summen- Parallelkapazität berücksichtigt werden. Da das SCL Signal ausschließlich vom PC erzeugt wird (sehr niederohmig!), reicht es, alle folgenden Betrachtungen auf das SDA- Signal zu beziehen.

Die Abbildung 4 zeigt das SDA- Signal auf dem Bus. Deutlich zu sehen ist, dass die PCF- ICs das Signal nicht ganz auf GND ziehen können. Dieser Neben- Effekt begrenzt die Reichweite des Hausbusses zunächst wegen des Leitungswiderstandes und des Serienwiderstandes am SDA-Eingang der PCF- ICs.

Der Serienwiderstand von 110 Ohm ist aus ESD- Gründen und wegen der Pegelbegrenzung auf positive Spannungen zusammen mit der Z- Diode notwendig. Die kritische Stelle ist die Pegeldifferenz zwischen der Schaltschwelle des CTS-Eingangs und der Spannung auf der SDA- Leitung des Hausbuses, wenn ein PCF- Schaltkreis ein Low- Signal sendet. Je nach PC kann die Schaltschwelle 0,7 bzw. 1,5V betragen. Bei 0,7 V wird es nach etwa 100m je nach Leitungstyp kritisch.

Mit dem SDA- Korrektur- Adapter kann dieser Effekt korrigiert werden. Der Adapter verschiebt den Spannungspegel am CTS Eingang um ca. 1,3V nach unten. Dazu notwendig ist Minuspotential am TxD Ausgang. Der Adapter wird ab Version 6.0.4. unterstützt. Gleichzeitig dient der Adapter für die automatische COM- Erkennung.

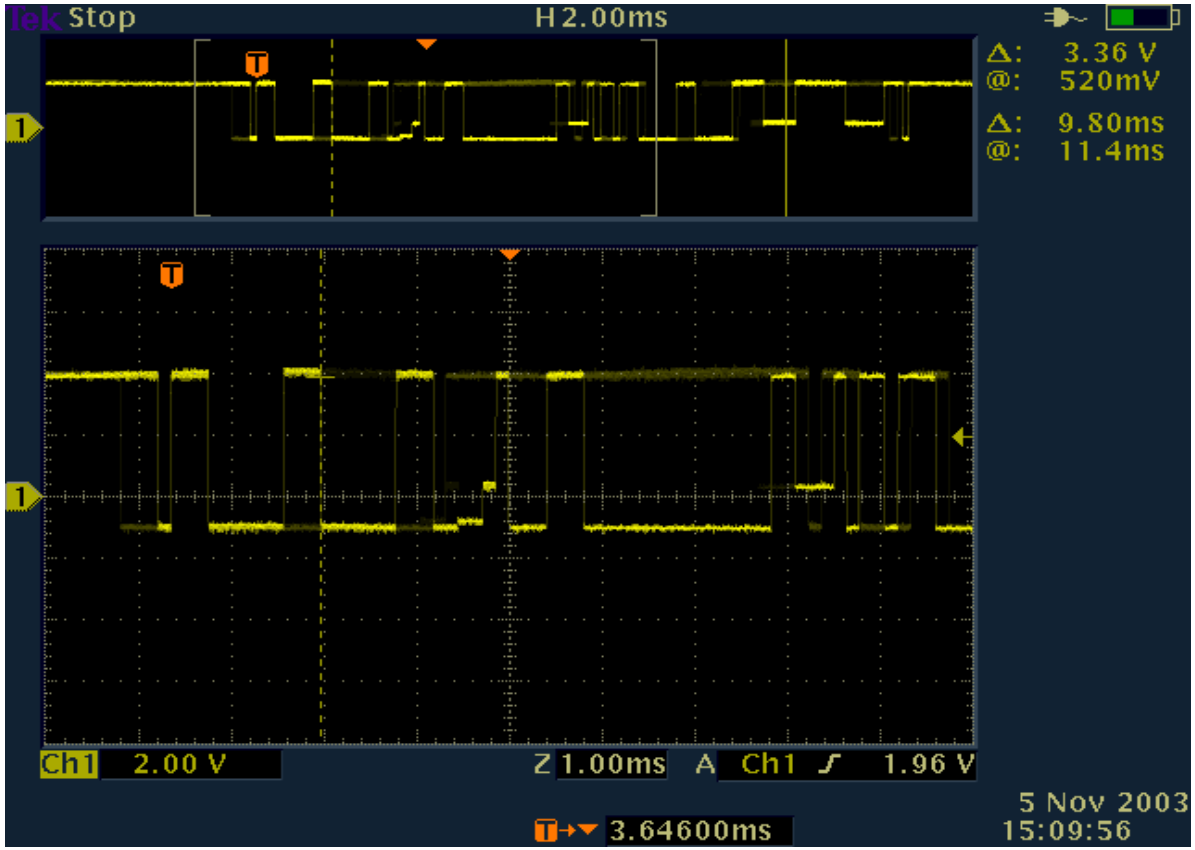


Abbildung 4 Oszillogramm SDA Signal Hausbus

Bei der Untersuchung von Bus- Problemen unter Windows

XP habe ich entdeckt, dass es im Unterschied zu Windows 98SE zwischen SDA und SCL im Betriebssystem zu einer Phasenverschiebung im µs- Bereich kommt. Ab Version 6.0.4. wurden diese Effekte berücksichtigt, so dass der Bus nun auch unter Windows XP fehlerfrei läuft.

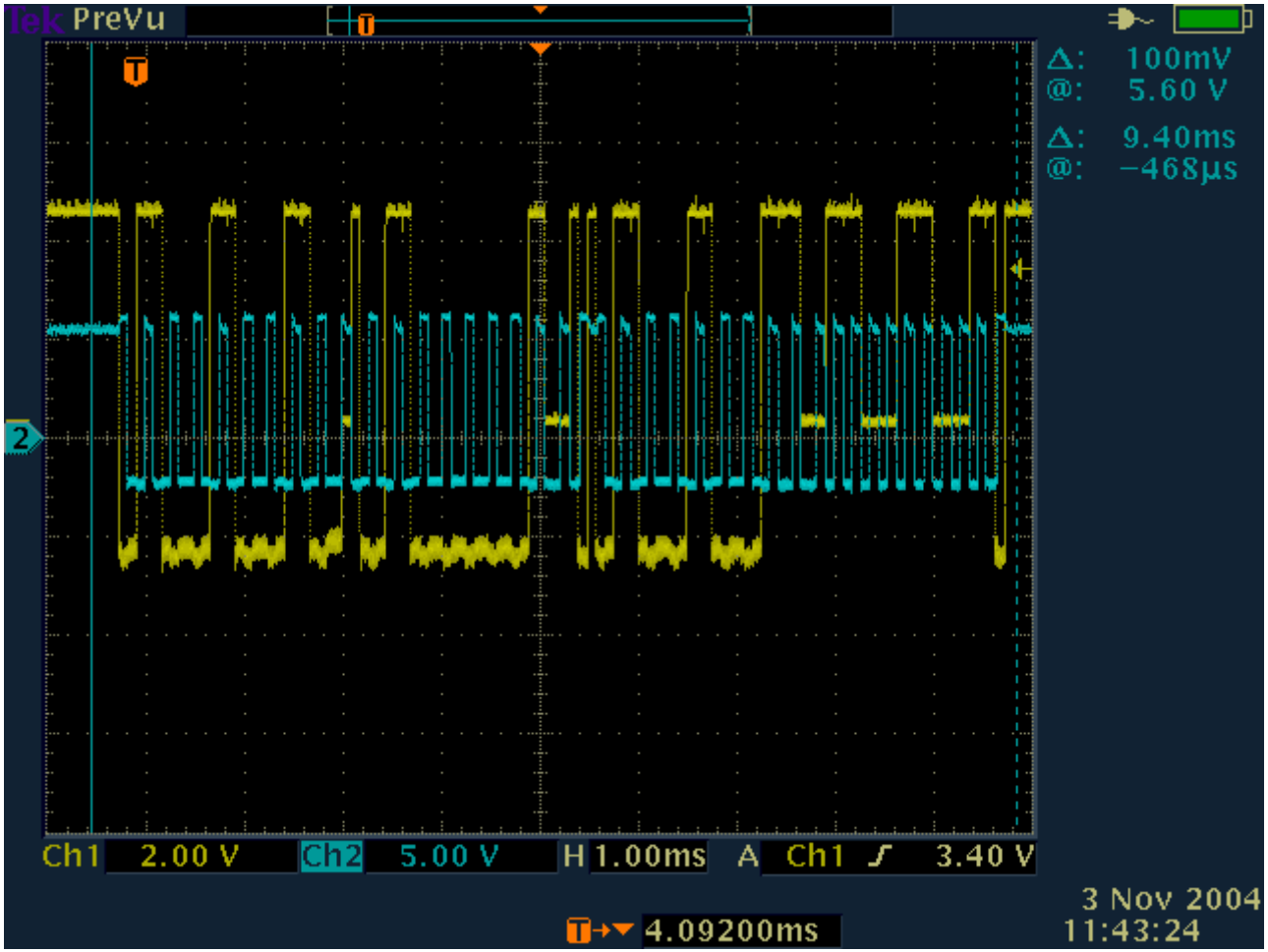


Abbildung 5 Oszillogramm SDA und SCL Signale ab V. 6.0.4. unter XP

Abbildung 5 zeigt die SDA(gelb) und SCL(blau) Signale für die Ansteuerung des 1. A/D Kanals eines PCF8591 mit Adresse 1 unter Windows XP ohne SDA-Korrektur- Adapter. Das Bus- Protokoll entspricht der Version 6.0.4. Zur besseren Darstellung ist das SCL- Signal im kleineren Maßstab

dargestellt. Sehr gut zu sehen ist die Signalantwort des PCF8591 oberhalb der 0V Linie.

Die maximal zulässige Leitungslänge des Hausbusses ist außer vom Gleichstromwiderstand auch von der Leitungskapazität abhängig. Über einen einfachen Leitungssimulator mit einer Parallelkapazität von 47nF (Abbildung 7) wurde zu Testzwecken eine zusätzliche Analog- Erweiterung angeschlossen.

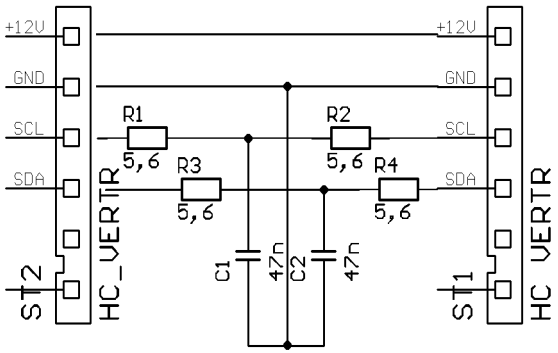


Abbildung 7Schaltung Leitungssimulation

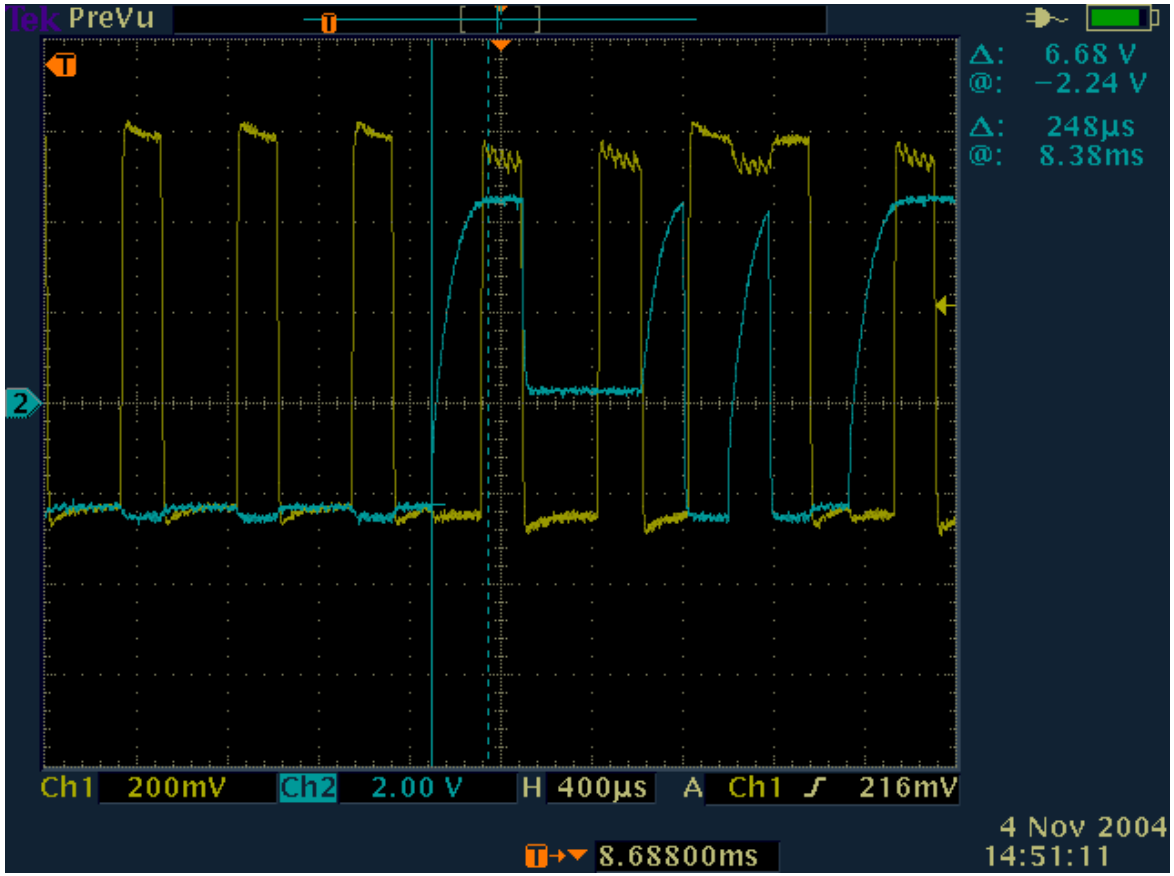


Abbildung 6 Oszillogramm SDA und SCL Signal mit Leitungssimulation

Das entsprechende Oszillogramm (Abbildung 6), das unmittelbar am PCF8591 gemessen wurde, zeigt wie erwartet eine Impulsdeformation ausschließlich beim SDA- Signal. Die Funktion der Schaltung war nicht beeinträchtigt. Aus den bisherigen Betrachtungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Eine Parallelkapazität von 47nF ist für den Hausbus zulässig. Das entspricht, bei einer angenommenen Leitungskapazität von 140pF/m etwa 330m maximale Bus- Länge.
2. Der Bus- Widerstand für das SDA- Signal sollte bei langen Leitungen in der Mitte des Netzes angeordnet werden um die Ladevorgänge der Leitungskapazitäten auf beide Schaltflanken zu verteilen.
3. Bei PCs mit einer Schaltschwelle kleiner 1V am seriellen Anschluss, bzw. bei Verwendung von langen Leitungen sollte ein SDA- Korrektur- Adapter zwischengeschaltet werden.

2.2. Der Leitungsverstärker P82B715

Bei vielen Projekten, die den I2C- Bus über Entfernungen von mehreren Metern einsetzen, wird ein Leitungsverstärker vom Typ P82B715 verwendet. Dieser IC vergrößert den Busstrom und damit die Reichweite. Jeweils nach dem Master und vor jedem Slave muss ein Verstärker eingebaut werden. In diesem Projekt wird er nicht verwendet, da der Trick mit der COM- Schnittstelle eine mehr als ausreichende Buslänge erlaubt. Selbstverständlich kann er aber bei Bedarf zusätzlich eingebaut werden. Achtung, der P82B715 darf maximal mit +12,0 V betrieben werden!

2.3. Der SDA- Korrekturadapter

Der SDA- Korrekturadapter dient zur Verbesserung der Anpassung des Hausbusses an die serielle PC- Schnittstelle (Abbildung 8). In der Regel ist er nicht notwendig. Sollten an einem System aber regelmäßig Störsignale auftreten (in der 24h Grafik sichtbar) so kann man mit seiner Hilfe den Störspannungsabstand deutlich vergrößern. Über die Funktion siehe 2.1.

Eine zweite Funktion des Adapters ist die automatische Erkennung des COM- Anschlusses. Dazu ist zwischen TxD und RI eine Brücke gesetzt. Diese Funktion wird ab Version 6.0.4. unterstützt. Aktiviert wird die automatische Erkennung, wenn in der Hardware.ini „COM=5“ eingetragen ist. Bei DOS-Betriebssystemen ist die volle Funktion gewährleistet. Leider verhindert Windows XP die Abfrage einer nicht vorhandenen COM- Schnittstelle durch eine Fehlermeldung. Man kann dann zwar auf „ignorieren“ drücken, aber ein automatischer Bootvorgang wird verhindert. So ist diese Funktion dort eher etwas zum Experimentieren.

Da TxD als einziger zur Verfügung stehender Ausgang bei Verwendung des Adapters nun dauerhaft Minuspotential führen muss, kann TxD nicht wie bisher +12V liefern um z.B. eine einfache Anwendung mit Spannung zu versorgen. Da bei einer Haussteuerung die Stromversorgung von +12V ohnehin von einer leistungsfähigen Quelle kommt, kann man diese Einschränkung sicher verschmerzen. Die entsprechende Spannungsumschaltung bei angeschlossenem Adapter erfolgt vollautomatisch durch die Software nach Programmstart, gleichzeitig wird die +12V Überwachung im Programm abgeschaltet, damit es nicht zu einer Fehlermeldung kommt.

Als Adapter hat sich die von REICHELT angebotene Jumper- Box hervorragend bewährt (25pol. COM972 für 1,25 € lt. Katalog 07/2004). Abbildung 9 zeigt eine praktische Realisierung.

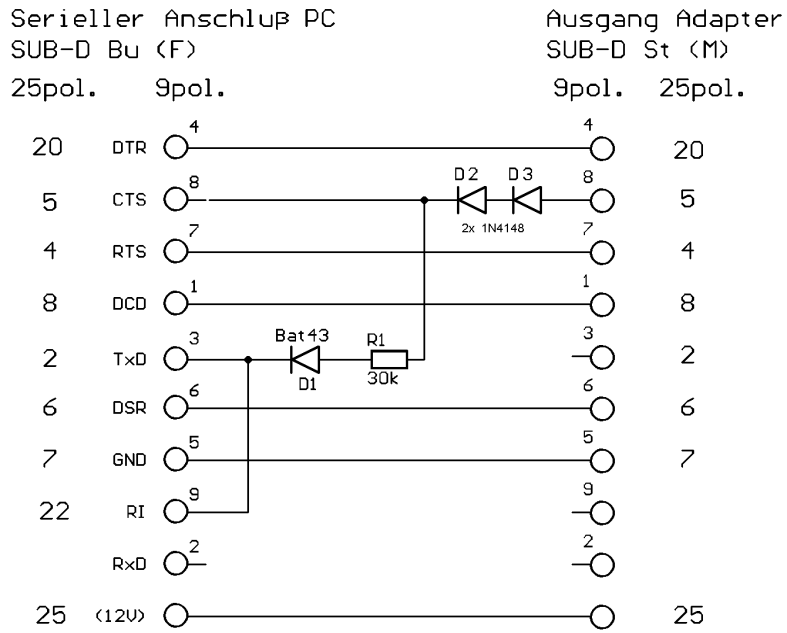


Abbildung 8 Schaltung SDA- Korrektur- Adapter

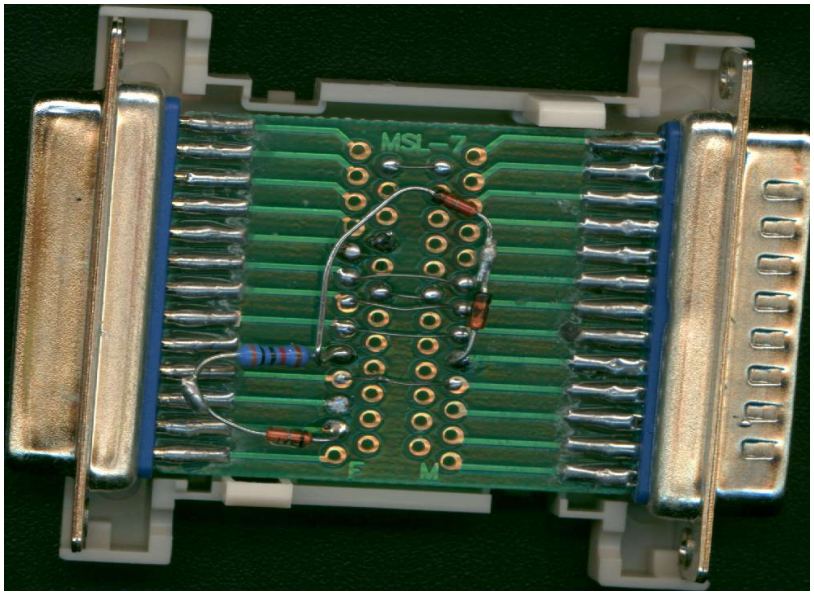


Abbildung 9 Ansicht eines geöffneten SDA- Korrektur- Adapters

2.4. Hausbus an nicht RS-232 konformen Schnittstellen (z.B. Laptops)

Die Entwicklungen in der IT Branche führen zuweilen zu einigen Merkwürdigkeiten. Dazu gehört auch die serielle Schnittstelle RS-232. Sie entwickelte sich aus dem EIA232 Standard in den 60iger Jahren. Der Spannungspegel betrug damals +/- 25V, der Laststrom durfte bei Kurzschluss 500mA nicht überschreiten. Der Schaltbereich lag innerhalb +/- 3V. Heute ist man froh, wenn die Leerlaufspannung an der Schnittstelle überhaupt noch +/-8V erreicht. Für die sichere Funktion der meisten peripheren Geräte sollte jede Leitung ca. 10 mA liefern können bzw. einen Spannungsbereich von +/- 10V besitzen. Bei einer großen Zahl batteriebetriebener Geräte, insbesondere bei Laptops sind die entsprechenden Leistungstreiber aber unter dimensioniert. Der Hausbus funktioniert dann nicht mehr richtig. Erkennen kann man diese Geräte durch einen einfachen Test: Hauscomp.exe (mit korrektem „COM=“ Befehl) starten und am 9-pol. COM- Anschluss zwischen Pin 3 und Pin 5 einen Widerstand von ca. 1,2 kOhm anschließen. Am Widerstand sollte eine Spannung von mindestens 5V bestehen bleiben. Ist das nicht der Fall, so müssen die beiden Signalausgänge DTR und RST mit einem Schnittstellentreiber verstärkt werden.

Ein Schaltungsvorschlag für die Schnittstellenanpassung liefert Abbildung 10. Der eigentliche Treiber besteht aus einem MAX232. Er liefert zwar auch nicht ganz die gewünschten Werte, benötigt aber im Gegensatz zu anderen Lösungen keine negative Gleichspannungsquelle. Die Leerlaufspannung beträgt mehr als 8V und beim Test mit dem Widerstand werden gerade so 5V erreicht. Ein Worst- Case- Test mit dem Verstärker (MAX232CWE), dem 300 m Leitungssimulations- Adapter (Abbildung 7), dem SDA Korrekturadapter, Bussensoren LM75 und DS1631 (doppelter Bustakt) sowie eine Sprachausgabe am Leitungsende, zwei PCFxx direkt am Master und das Ganze unter Windows XP (vierfacher Bustakt) führten zu folgendem Ergebnis: ca. 75% der Daten des LM75 und 25% des DS1631 waren korrekt. Damit ergibt sich eine geschätzte mögliche Leitungslänge für die fehlerfreie Funktion unter XP von ca. 100 m. Unter DOS verdoppelt sich die mögliche Entfernung auf 200 m und beim Verzicht auf den DS1631 auf mehr als 300 m.

Die Stromversorgung des Verstärkerbausteins kann sowohl über den Hausbus, als auch über eine externe Buchse (J1) erfolgen.

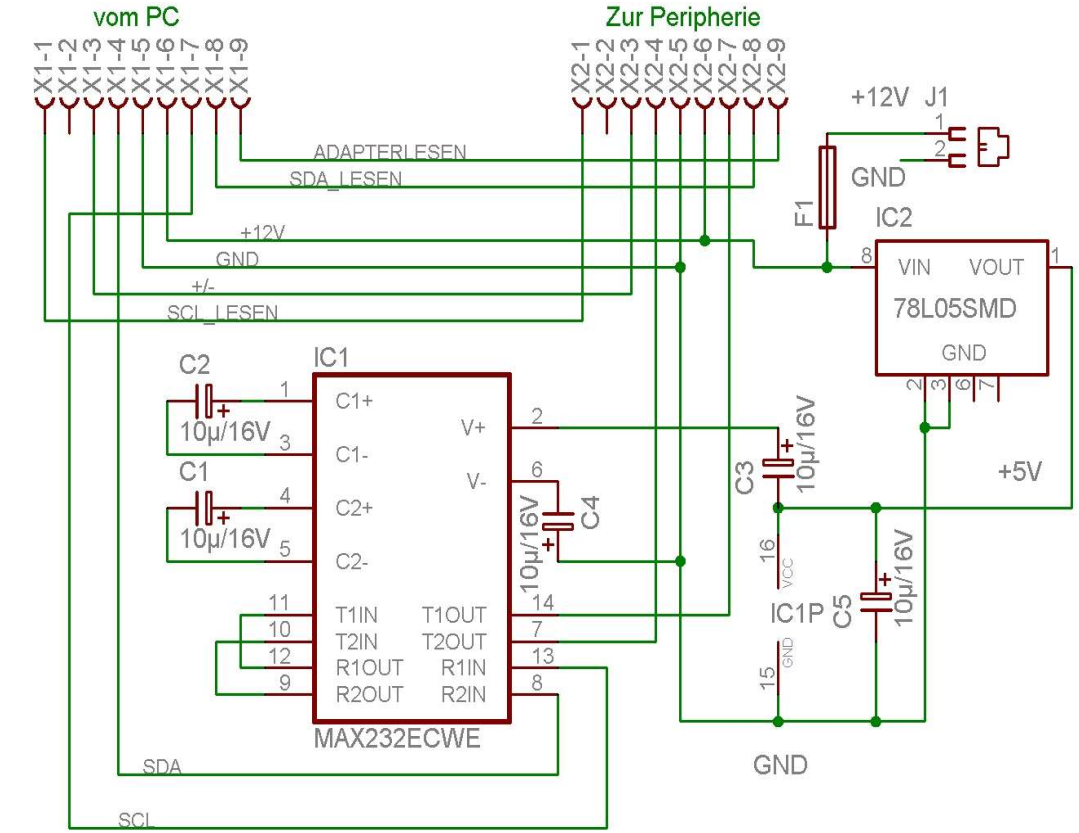
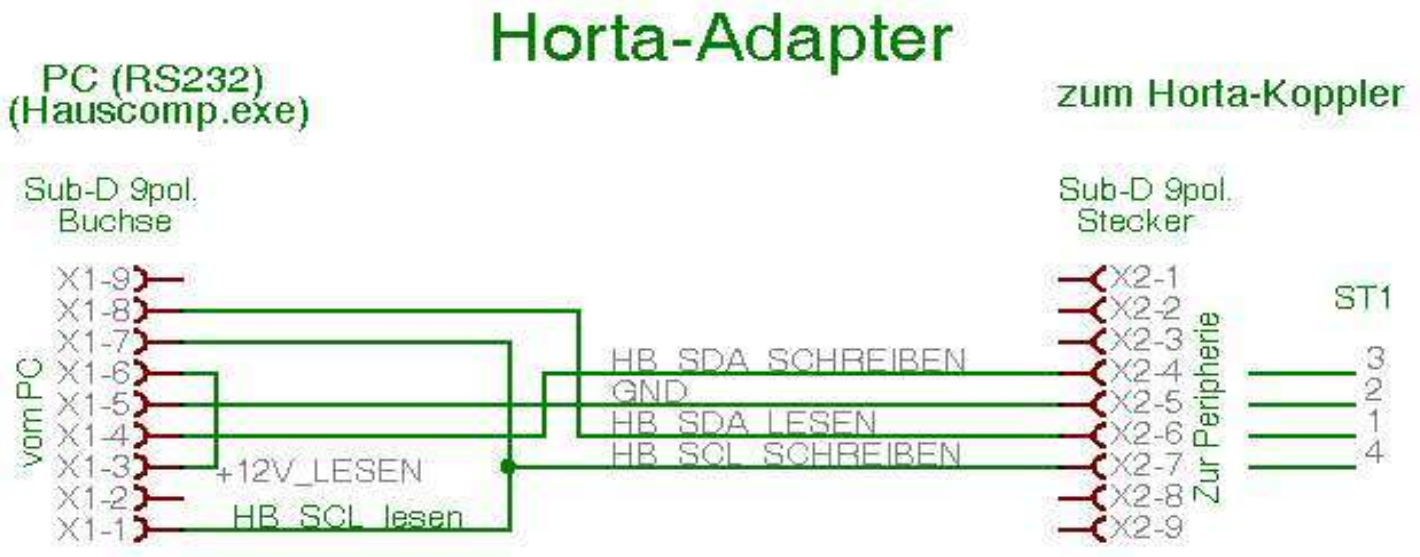


Abbildung 10 Schnittstellentreiber

2.5. Der Anschluss von Baugruppen der Firma Horter&Kalb

Die Firma Horter&Kalb vertreibt Bausätze für den I²C-Bus (http://horter.de/). Der Anschluss an den PC ist über einen speziellen Koppler an die serielle PC-Schnittstelle vorgesehen. Dabei werden allerdings andere Leitungen als beim Projekt „Hauscomputer“ verwandt. Mittels eines Adapters ist es aber möglich, den Koppler und die entsprechende Hardware auch mit der Software „Hauscomp.exe“ zu verwenden:

Hinweis: Die Bezeichnung „+12V_Lesen“ bezieht sich nur auf die Bezeichnung der Draht-Brücke, es wird dort keine Spannung angeschlossen!



Alternativ zum Koppler kann man die Horta-Hardware natürlich auch ohne Koppler an einem Adapter wie im Programmhandbuch beschrieben anschließen.

Bei der Verwendung eines dieser beiden Adapter kommt es aber zu folgenden Einschränkungen:

- die original von der Fa. Horter%Kalb mitgelieferte Software läuft nicht mehr,
- es können nur die I2C Bauteile PCF8574P (nicht aber PCF8574A !!!), PCF8591P, LM75, DS1631, MAX1236 erkannt und angesteuert werden,
- Die maximale Buslänge reduziert sich stark auf wenige Meter, wobei der Einsatz des Horta-Kopplers mit elektronischen Pufferung der I2C Bus Signale die Reichweite positiv beeinflusst,
- der SDA-Korrekturadapter kann nicht verwendet werden.

3. Die Analoge Erweiterung mit PCF8591

3.1. Die Schaltung

Die Analoge Erweiterung wird eingesetzt um zusätzlich 4 analoge Sensoren an den Hausbus anzuschließen. Das Interface besteht aus einer Leiterplatte mit den Bestandteilen Bus-Ankopplung, Stromversorgung und einem A/D Wandler vom Typ PCF8591. Dieses Interface dient als Erweiterung, wenn die A+D Interface nicht ausreichen oder nicht notwendig sind. Es sind daher maximal 8 dieser Erweiterung mit entsprechend unterschiedlichen Adressen anschließbar. Zusätzlich kann der analoge Ausgang zum Schalten einer Last genutzt werden. Eine Anwendung z.B. bei der Heizung: 1x Temp. Vorlauf, 1x Temp. Rücklauf, 1x Temp. Warmwasser, 1x Temp. Zirkulationsleitung, Last: Zirkulationspumpe. Die beiden Zehner Dioden D1 und D2 begrenzen zusammen mit den Widerständen R1 und R2 die Signalpegel SCL/SDA am IC1 auf den Bereich 0..+5V. Zugleich wird damit ein ausreichender Schutz vor Spannungs-einkopplungen auf den langen Busleitungen erreicht. Die Dioden D3 – D6 begrenzen die Sensoreingänge ebenfalls auf maximal +5 V.

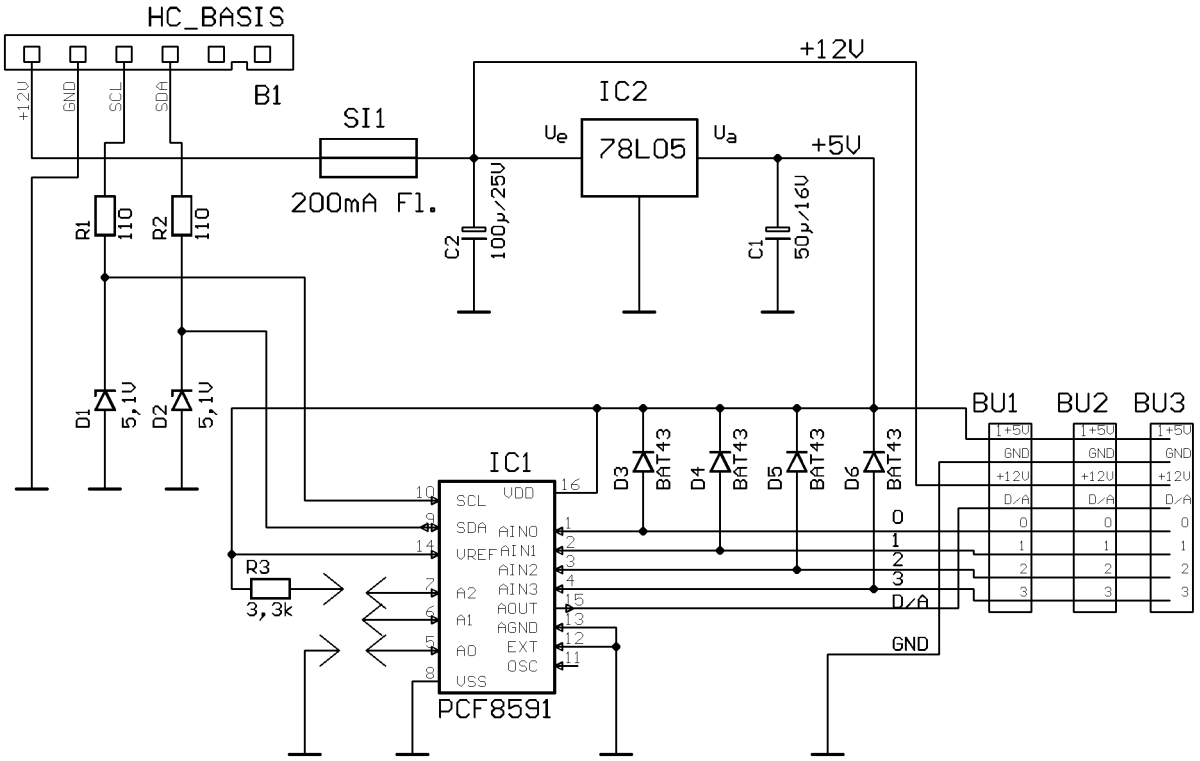


Abbildung 11 Schaltplan der analogen Erweiterung

3.2. Die Leiterplatte

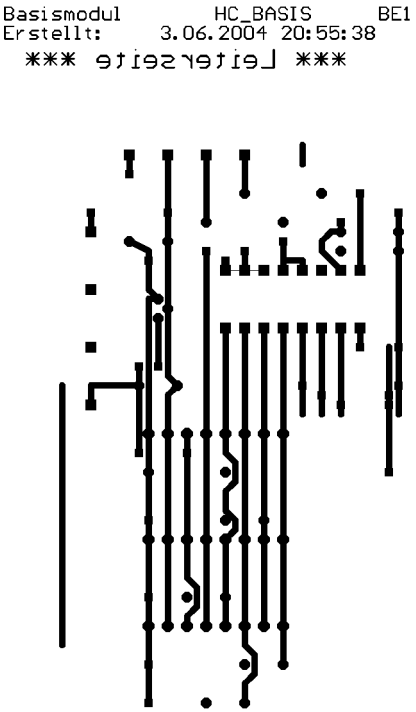


Abbildung 12 Leiterseite Analog Erweiterung

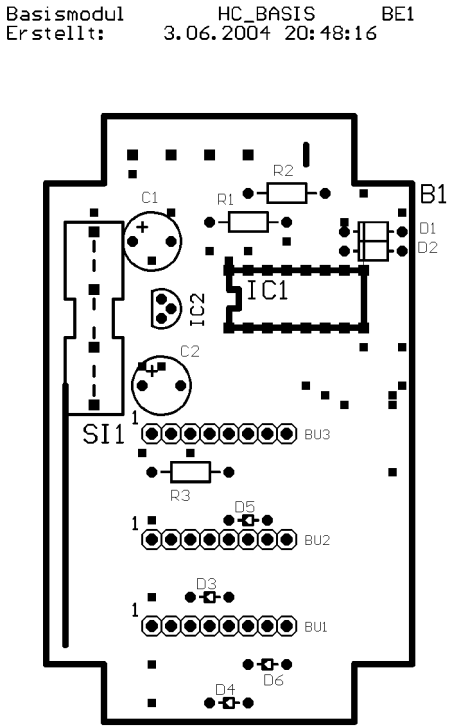


Abbildung 13 Bestückungsplan Analog Erweiterung

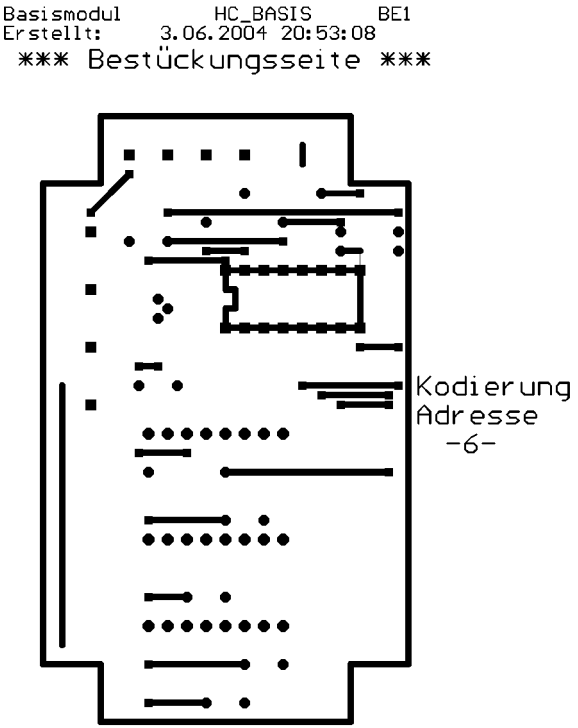


Abbildung 14Brücken Analog Erweiterung

3.3. Das fertige Interface

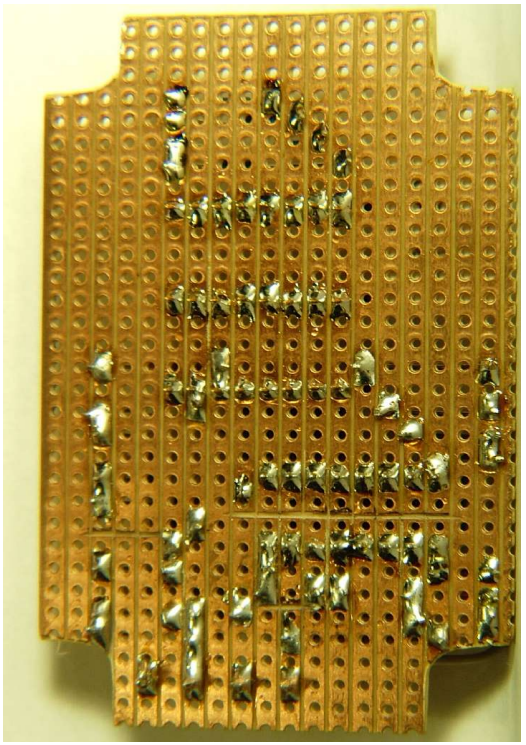


Abbildung 15 Ansicht Leiterseite

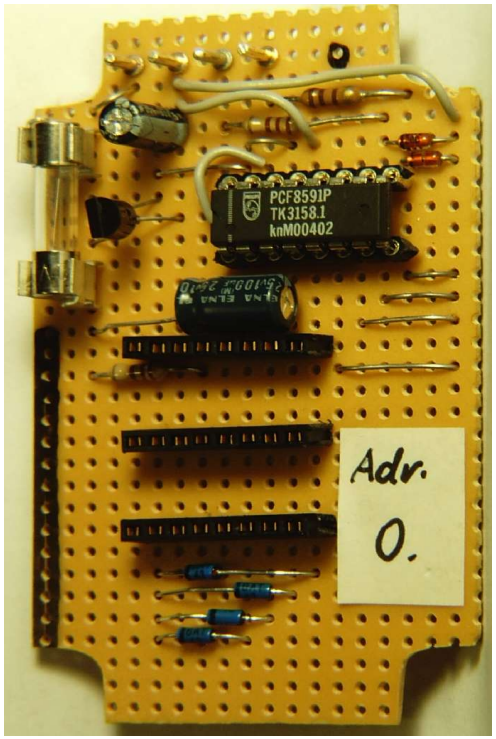


Abbildung 17 Ansicht Bestückungsseite

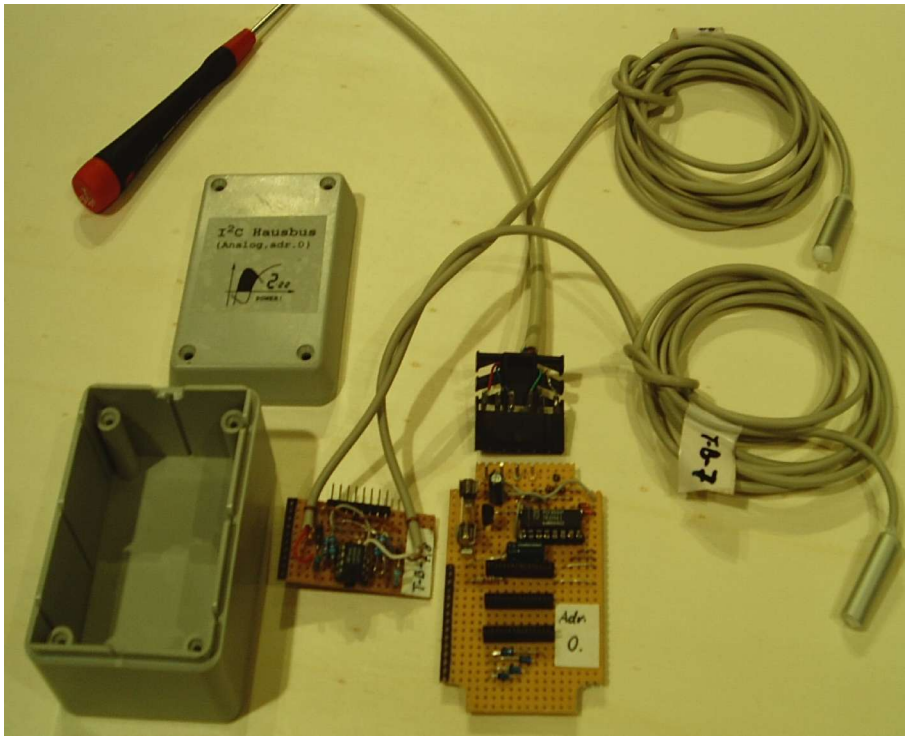


Abbildung 16 Analog Erweiterung mit Temperaturmodul und Gehäuse

4. Der Verteiler

Der Verteiler dient zum Verbinden verschiedener Bus- Stränge im Haus und ist im gleichen C- Gehäuse wie die Analog- Erweiterung untergebracht.

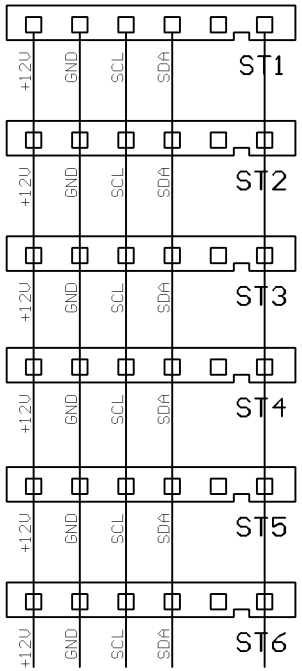


Abbildung 18 Schaltung Verteiler

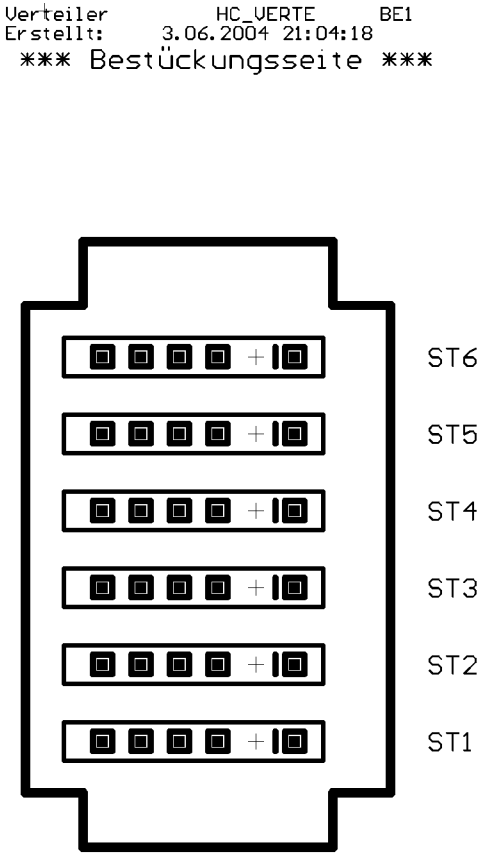


Abbildung 19 Bestückungsseite Verteiler

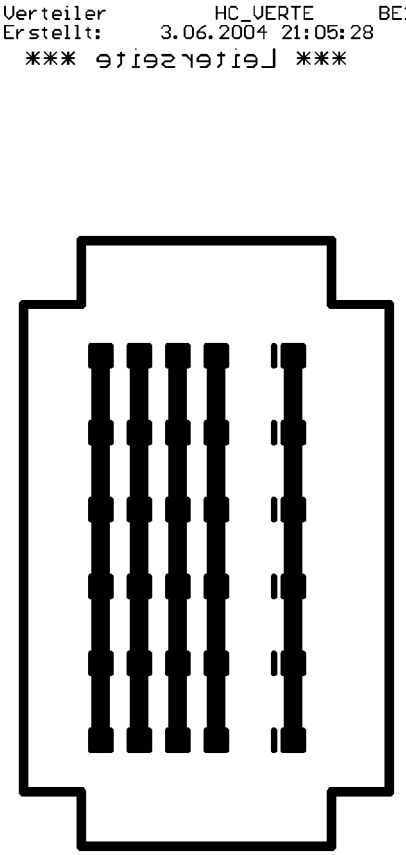


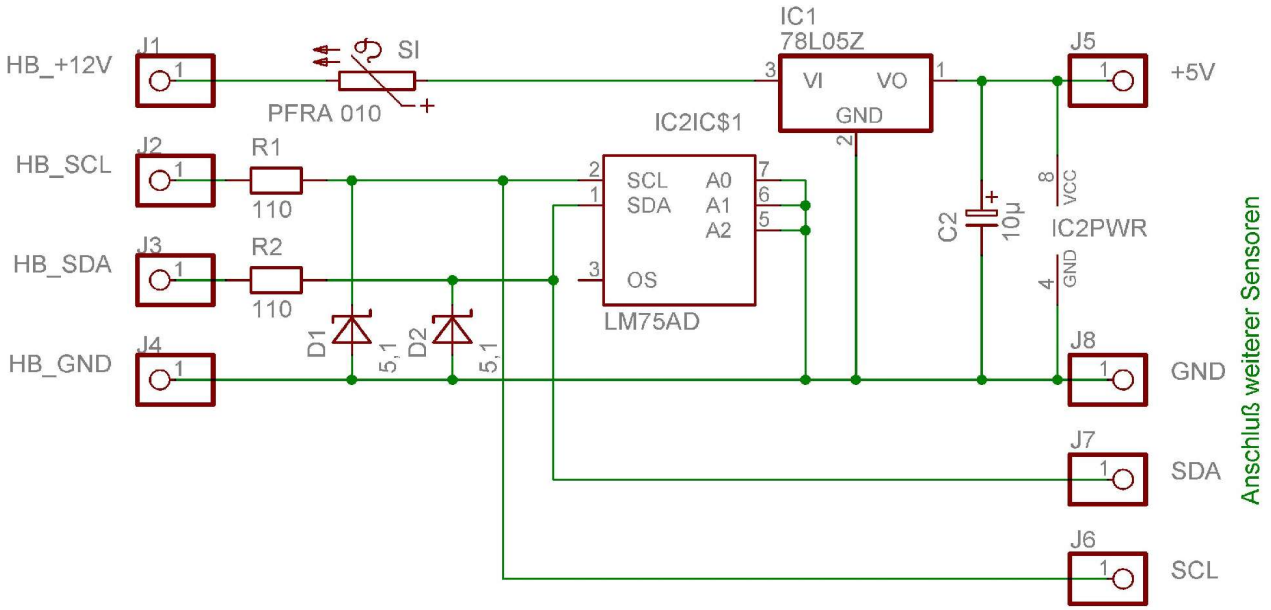
Abbildung 20 Leiterseite Verteiler

5. Die Bussensoren

Gegenüber analogen Temperatursensoren, die über einen Operationsverstärker an einen analogen Messeingang PCF8591 angeschlossen werden müssen, erlauben einige Temperatursensoren wie zum Beispiel der LM75 einen direkten Anschluss am I2C- Bus. Das Programm Hauscomp.exe unterstützt dabei den LM75 (9 bit) und den DS1631 (wird mit 12 bit initialisiert). Diese Schaltkreise (Bussensoren genannt) besitzen einen Thermostat Ausgang, er wird aber hier nicht verwendet. Der LM75 ist seit Dezember 2004 bei REICHELT ELEKTRONIK für ca. 2,50 € verfügbar.

5.1. Die Schaltung mit LM75/ DS1631

Die Schaltung ist relativ einfach. Da der DS1631 Pin- kompatibel mit dem LM75 ist, sei nur noch auf den LM75 verwiesen. Über die Sicherung S1 und IC1 werden 5V für die Stromversorgung des (oder mehrere) LM75 bereitgestellt. Die SDA und SCL Signale werden dem LM75 über die Begrenzer R1, R2, D1 sowie D2 zugeführt. Der Hausbus ist an J1- J4 angeschlossen. An J5- J8 können weitere LM75 angeschlossen werden. Die Adressen dieser IC's werden mit unterschiedlichen Potentialen an A0- A2 kodiert (siehe Tabelle 1).

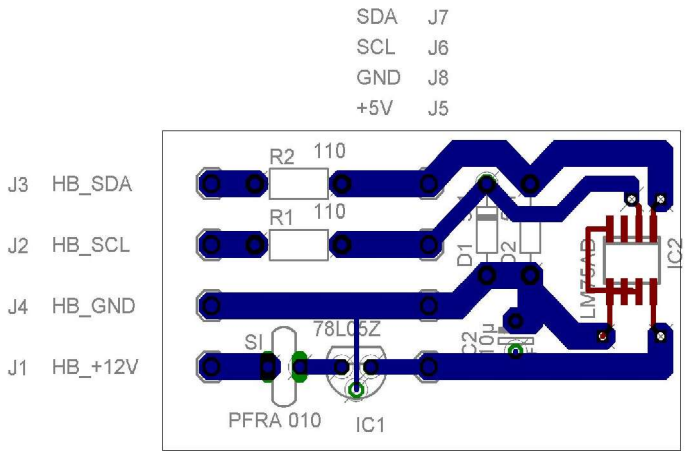


Adresse	*A2*	*A1*	*A0*
0	GND	GND	GND
1	GND	GND	+5V
2	GND	+5V	GND
3	GND	+5V	+5V
4	+5V	GND	GND
5	+5V	GND	+5V
6	+5V	+5V	GND
7	+5V	+5V	+5V

Tabelle 1 Adressen LM75 und DS1631

5.2. Der praktische Aufbau

Auf einer Lochrasterplatine wird der LM75 mit Komponentenkleber befestigt. Die restlichen Bauelemente werden wie rechts im Bild ersichtlich eingelötet und miteinander verbunden. An den Kontakten J5 bis J7 können weitere Sensoren angeschlossen werden. Hierbei sind aber alle Bussensoren mit unterschiedlichen Adressen zu versehen! Keine Adresse (auch nicht der analogen IC's PCF8591) darf zweimal vergeben werden!



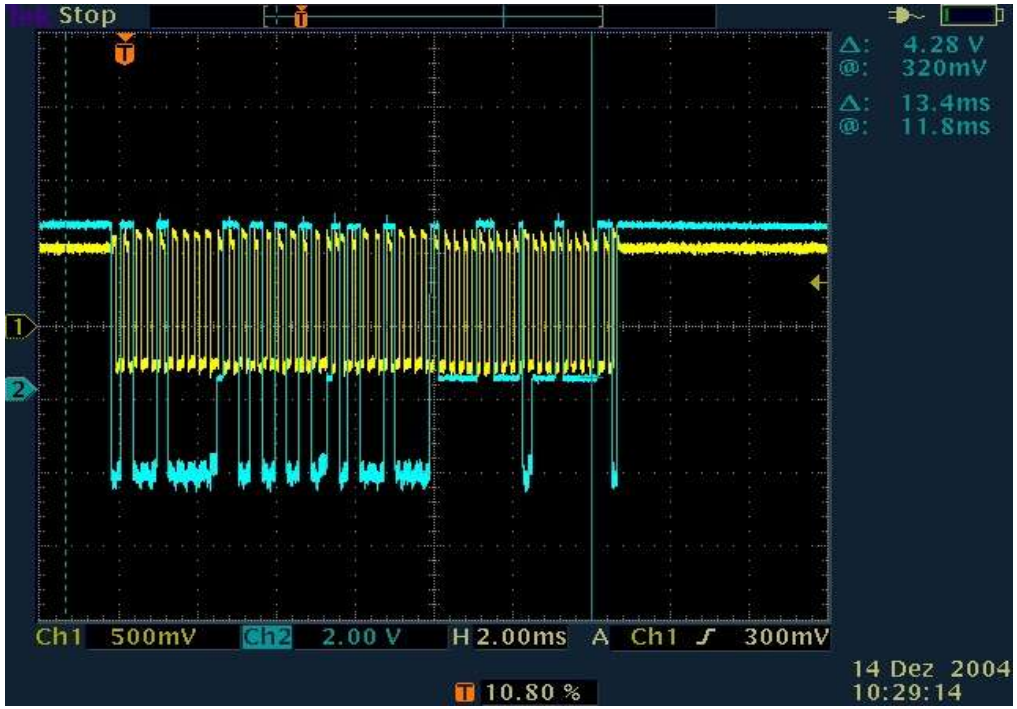
5.3. Der I²C Temperatursensor DS1631

Der DS1631 ist ein relativ neues Bauelement. Er kommt dem Wunsch der Anwender entgegen, die Temperatur in hoher Auflösung zu messen. Der Tribut, der dabei zu zahlen ist, ist die langsame Umsetzung und Bereitstellung der Daten je nach Auflösung. Das Programm Hauscomp.exe unterstützt dabei ausschließlich die höchste Auflösung von 0,0625°C (12bit) bei einem Temperaturbereich von -55°C bis +125°C. Die Genauigkeit der Temperaturmessung ohne zusätzliche Kalibrierung in der Hauscomp.ini beträgt in der vorliegenden Anwendung (5V) lt. Datenblatt:

±0,5°C - im Bereich 0°C - +70°C

Die Wandlungszeit bei dieser hohen Auflösung beträgt 750 ms. In den gängigen Anwendungen für eine Haussteuerung dürfte das aber keine Rolle spielen. Etwas problematisch ist die Programmierung. Der Anwender hat zwar damit nichts zu tun, aber Folgendes ist für das Verständnis notwendig zu wissen: Der DS1631 muss nach Anlegen einer Spannung grundsätzlich erst initialisiert werden. Während des Betriebes überwacht die Hauscomp.exe ständig den Status des Sensors. Wird ein Ausfall oder ein externer Reset des Sensors detektiert, wird der Sensor erneut softwaremäßig initialisiert. Die normale Leseabfrage erfolgt dann wieder im nächsten Zyklus. Eine weitere Besonderheit ist die vergleichsweise lange I2C Sequenz die benötigt wird, um im Normalbetrieb die Temperatur auszulesen. Deshalb wird der Bustakt beim Einsatz von mindestens einem DS1631 verdoppelt. Die maximale Länge des Hausbusses halbiert sich allerdings damit.

Nebenstehendes Oszillogramm zeigt die SDA (blau) und SCL (gelb) Signale während eines Ausleseprozesses. Deutlich zu erkennen sind die Signalantworten des DS1631 auf der SDA- Leitung in Höhe des Null- Pegels des SCL Signals.

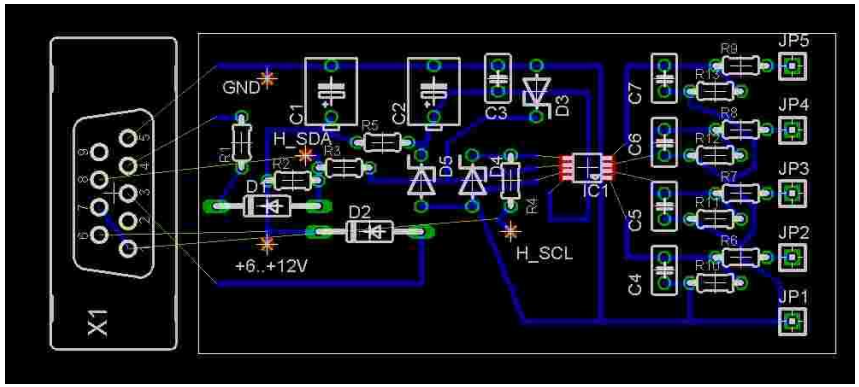


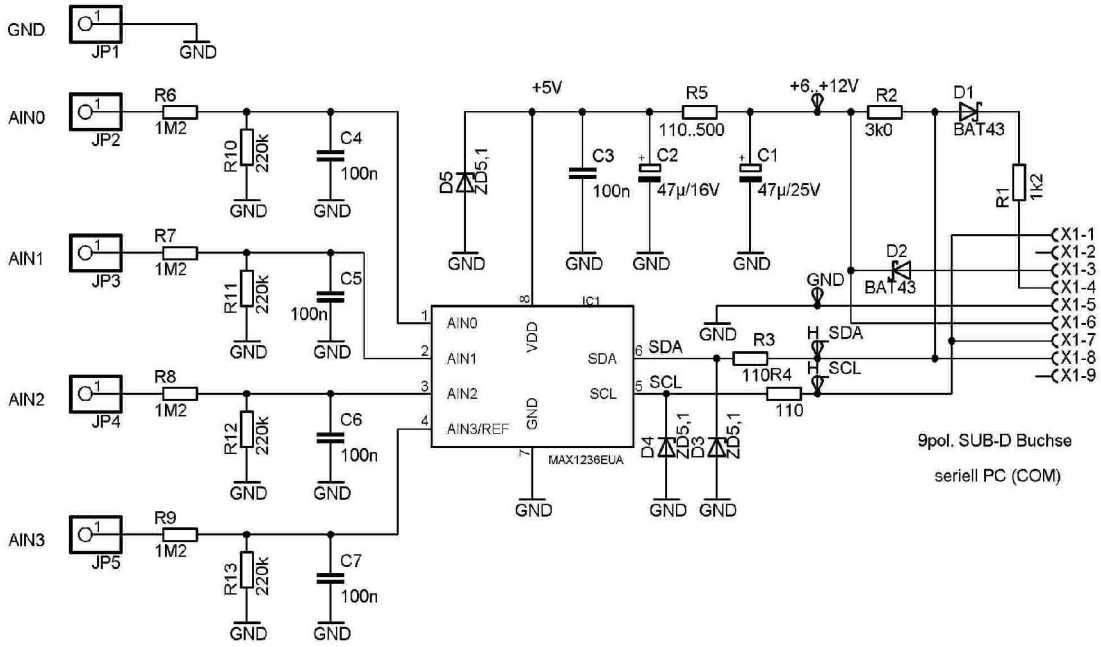
6. Ein 3,5 stelliges, 4- Kanal Digitalmultimeter mit MAX1236

6.1. Die Hardware

Der A/D Wandler MAX1236 bietet mit 12 Bit eine recht hohe Genauigkeit um ein einfaches digitales Multimeter an einem I2C- Bus aufzubauen. Zudem besitzt er 4 analoge Eingänge mit einem sehr hohen Eingangswiderstand. Eine relativ einfache Schaltung reicht aus, um in Verbindung mit dem Programm Hauscomp.exe und einem PC mit seriellem Eingang eine Reihe von Funktionen zu realisieren.

Die Eingänge AIN0- AIN3 sind über einen Spannungsteiler für eine Eingangsspannung von 0.. +26,5V konfiguriert. Wenn man R10..R13 weg lässt, beträgt der Messbereich 0..+4,096V. Die Kondensatoren C4.. C7 sind für die A/D Wandlung notwendig (Sample and Hold). Die Diode D2 quetscht aus dem seriellen Anschluss etwas Energie, um über R5 und der Zehnerdiode D5 dem Max1236 1,7 mA bei ca. 5 V zur Verfügung zu stellen. Für Laptops ist R5 auf 110 Ohm zu setzen. Die Zehnerdioden D3/4 verhindern negative und zu hohe Spannungen am Schaltkreis. R2 ist der Buswiderstand für das SDA Signal. Der Aufbau ist unspektakulär. Einzig der Max1236 mit seinem µSOP Gehäuse mit 0,65 mm Pin Abstand bedarf besonderer Sorgfalt.





Als Trägerplatine kann eine Lochrasterplatine verwendet werden. Für die Verbindung zum PC fand ich ein altes Modemkabel mit angegossener SUB-D Buchse in der Schublade. Die Beschaffung des MAX1236 bei SG-ELECTRONICS war etwas langwieriger, da die Amerikaner zu spät die Blei-Substitution angegangen sind. Der Stückpreis des MAX1236 lag bei etwa 6 € + Versand (2006).

6.2. Die Software

Der A/D Wandler MAX1236 wird vom Programm Hauscomp.exe automatisch im Modus unipolar, interne Referenz, Single- Ended Mode und interner Takt initialisiert und abgefragt. Es bleibt nur noch, die Werte zu kombinieren und die grafische Darstellung zu programmieren.

```
#Hardware.ini#
COM=5
Bustakt=50
 Laufschrift=off
SPSLog=on 5 51 52 53 54 59 61 /SPS Log aller 5s
Anzahl_PCF8574P=0
Anzahl_PCF8591=1
```

```
#Hauscomp.ini#
[GLOBAL]
Test=110   /nach Programmstart gleich S.110 anzeigen, automatische Umschaltung unterdrücken
** Norm=ANSI        (äöüÄÖÜß - Umlaute lesbar)**
** Norm=ASCII       (Ž™š„”   á - Umlaute lesbar)**
Norm=ANSI
Bundesland=11       (Meck-Pom)
Echtzeitmonitor=1    (Maßstab: 1min)

[HAUSBUS]
PCF8591=MAX1236
SensorMAX1236=Kanal_A  V   0    0   30     0    0  19.47  3004
SensorMAX1236=Kanal_B  V   0    1   30     0    0  19.47  3012
SensorMAX1236=Kanal_C  V   0    2   30     0    0  19.47  3008
SensorMAX1236=Kanal_D  V   0    3   30     0    0  19.47  3012

[SPS]
z=51 78 Kanal_A   0 0 0       /Kanal A lesen
z=52 78 Kanal_B   0 1 0       /Kanal B lesen
z=53 78 Kanal_C   0 2 0       /Kanal C lesen
z=54 78 Kanal_D   0 3 0       /Kanal D lesen
z=55 72 Diff_B/A  V 52 51 1    /Differenz Kanal B - Kanal A ermitteln
z=56 72 Diff_C/A  V 53 51 1    /Differenz Kanal C - Kanal A ermitteln
z=57 72 Diff_D/A  V 54 51 1    /Differenz Kanal D - Kanal A ermitteln
z=58 70 R       Ohm 1.5       /Strommesswiderstand parallel zwischen Masse und Kanal D = 1,5 Ohm
z=59 80 I_D       A 1  54  58   /I_D=U_D/R
z=60 70 T         s 3600       /Zeitkonstante T vorgeben (= 1h)
z=61 83 Kapazität Ah 0  60 59 0 9 /Kapazität aus Strom Kanal D ermitteln K=T*I
```

```
[Programmierung Grafik]
graph_a=1        0 0 10 -4 29
graph_a=2        0 1 11 -4 29
graph_a=3        0 2 13 -4 29
graph_a=4        0 3 14 -4 29

[Anzeigen Seite 110]
Menü11x= 110 Digitalmultimeter
text=   110  37 4 14 1 __Differenz_zu_Kanal_A:_______
text=   110  97 4 14 1 ____________________________
text=   110  37 6 14 1 __Strommessung_Kanal_D:_______
text=   110  97 6 14 1 ____________________________

      [S. Typ Adr Kan  X    Y  P1  P2  Min Max  Par]
Anzeige=110 18   0   0  000   1  04  04  -1  +26    0  /Spannung Kanal A anzeigen
Anzeige=110 18   0   1  160   1  02  02  -1  +26    0  /Spannung Kanal B anzeigen
Anzeige=110 18   0   2  320   1  14  14  -1  +26    0  /Spannung Kanal C anzeigen
Anzeige=110 18   0   3  480   1  15  15  -1  +26    0  /Spannung Kanal D anzeigen

Anzeige=110 13   8  55  246   5   8   3 -26  +26   02  /Differenzspannung Kanal B-A anzeigen
Anzeige=110 13   8  56  406   5   8   3 -26  +26   14  /Differenzspannung Kanal C-A anzeigen
Anzeige=110 13   8  57  566   5   8   3 -26  +26   15  /Differenzspannung Kanal D-A anzeigen
text=   110 64   5  02 1 V                        / "V" anzeigen
text=   110 104  5  14 1 V                         / "V" anzeigen
text=   110 144  5  15 1 V                         / "V" anzeigen

Anzeige=110  0   0   1   36   3   2   2  0   +26   12  /Maximalwert Kanal B anzeigen
Anzeige=110 18   8  59  382   8  15  15  0    +4    0  /Strom Kanal D anzeigen
Anzeige=110 18   8  61  525   8  15  15  0   +30    0  /Kapazität Kanal D anzeigen
```

In der Hardware.ini wird mit COM=5 die automatische Suche des COM- Anschlusses initiiert, Der I2C Bustakt wird minimiert und es wird nur der „erste“ analoge IC abgefragt. Außerdem wird das SPS-Log mit einer Aktualisierung aller 5s aktiviert. Die Hauscomp.ini ist übersichtlich in Sektionen geordnet. In [Hausbus] sind die Kalibrierungsdaten der 4 analogen Kanäle des MAX1236 gespeichert. Lässt man z:B. R12 weg, so muss man bei Kanal C die Kalibrierung ändern. Die SPS dient dazu, aus den gemessenen Spannungen andere Werte zu errechnen. Da die analogen Eingänge keine negativen Spannungen messen können, nutzt man einen Trick: GND wird an die negativste Spannung gelegt und Kanal A an das Massepotenzial der zu messenden Schaltung. In der Zeile „Differenz zu Kanal A“ wird die tatsächliche Spannung an den restlichen Kanälen angezeigt. Eine weitere Anwendung ist die Strommessung: zwischen GND und Kanal D wird ein Strommesswiderstand geschaltet. Im SPS Modul 58 muss dazu der korrekte Widerstandswert eingetragen werden. Auf dem Bildschirm wird unten der berechnete Strom, sowie das Stromintegral über die Zeit (Kapazität) angezeigt.



7. Das Analog + Digital Interface (A+D Interface) mit PCF8591 und zwei PCF8574

7.1. Die Funktionsweise

Das Interface besteht aus einer Leiterplatte mit den Bestandteilen Bus-Ankopplung, Stromversorgung, Watchdog, I/O Ansteuerung und dem analogen Schaltungsanteil. Die Bauelementekosten liegen bei etwa 75€ (REICHELT Katalog 4/2003). Da die tatsächliche Beschaltung je nach Anwendung variieren kann, wird im folgenden ein Musteraufbau für den Anschluss einer Rollladensteuerung, einer Alarmanlage, einem Lüfter, diversen Aktoren sowie der entsprechenden Sensoren beschrieben. Zusätzlich zum Interface sind als Hardware noch die entsprechenden Leistungsstufen für das Schalten von 240V notwendig.

Die Bus-Ankopplung hat zwei Aufgaben. Zum einen besteht die Möglichkeit, den notwendigen PC über ein Standard-Kabel (9 pol. SUB-D) an die Klemmen H1-H6 anzuschließen; zum anderen wird über HC_VERT die Parallelschaltung mit den anderen (soweit vorhanden) Bus-Komponenten einschließlich der Stromversorgung gewährleistet. Der PC braucht natürlich nur an einem Interface angeschlossen werden. Der Buswiderstand R127 darf dementsprechend auch nur einmal bestückt werden. Aus praktischen Gründen wird er sicherlich in dem Interface, welches an den PC gekoppelt ist, eingesetzt. Damit ließen sich die anderen Interfaces ohne Minderung der Funktion des ersteren zu Testzwecken abziehen. Unter Berücksichtigung einer maximalen Länge des Hausbusses wäre R127 aber eher in der Leitungsmitte einzubauen. Die Schnittstelle HC_VERT sollte mechanisch und elektrisch an allen Komponenten des Hausbusses gleich ausgeführt werden. Bei ELV wurden dazu Mini-DIN Buchsen/Stecker vorgesehen. Für die praktische Realisierung in einem Eigenheim sind sie aber problematisch, da die eingesetzten Kabel sehr unterschiedlich ausfallen können. Bewährt haben sich 6 polige Kragenbuchsen bzw. Modulbuchsen mit 1,3mm Lötstiften als Gegenstück auf der Leiterplatte. Sie sind allerdings nicht mehr bei CONRAD bzw. REICHELT verfügbar. Als Alternative habe ich Steckkomponenten von WAGO angegeben. Sie sehen gut aus, erfordern aber wegen ihrer Bauhöhe eine Öffnung im Gehäusedeckel und lassen sich nur schwer abziehen. Selbstverständlich können auch einfache Anschlussklemmen (wie z.B. bei X1) eingesetzt werden.

Der Schaltplan zeigt weiterhin die interne Stromversorgung, mit den Längsreglern V4 und V5, die +5V und +7V liefern. Eine Besonderheit ist die selbstrückstellende Sicherung Si 2 für die Stromversorgung anzuschließender externer Stromverbraucher, wie z.B. Halbleiterrelais.

Über den Eingang 12V_EXT wird das Interface mit Spannung von einem externen Netzteil versorgt. Das Netzteil sollte mit 2A belastbar sein und eine Spannung im Bereich +11,5V bis +15V liefern. Das Interface selbst benötigt zwar weniger als 250mA, aber zusätzlich können über die rückstellende Sicherung Si 2 bis zu 1A für externe Ansteuerungen bereitgestellt werden.

Die I/O Ansteuerung besteht aus zwei 8-Bit I/O Expander PCF8574 mit den im ersten Teil erwähnten Sonderbeschaltungen an den Eingängen SCL und SDA. Mit J18 und J19 werden die Busadressen der beiden PCF8574 gemäß Tabelle 1 eingestellt. V1 erhält dabei immer die gerade, V2 immer die ungerade Adresse. Die Signalbezeichnungen orientieren sich ebenfalls an dieser Zuordnung: G- für gerade, sowie U- für ungerade (z.B. GP0) Die Programmierung wird sich im weiteren auf die Adressen 2/3 beziehen.

J19	*J18*	*Adresse V1*	*Adresse V2*
off	off	6	7
off	**on**	**2**	**3**
on	off	4	5
on	on	0	1

Tabelle 1

J22	*J21*	*J20*	*Adresse V7*
off	off	off	7
on	on	on	0
off	**on**	**on**	**1**
on	off	on	2
off	off	on	3
on	on	off	4
off	on	off	5
on	off	off	6

Tabelle 2

Über V3 sowie den entsprechenden passiven Bauelementen ist eine Watchdog realisiert, die an den zugehörigen, vorher programmierten I/O-Ausgang (z.B. UP7) angeschlossen wird. Die Software liefert an diesem Ausgang ein Rechtecksignal das die Spannung am Kondensator C4 in der Schwebe hält. Solange seine Spannung im Bereich 1,3-3,9V liegt, zieht Rel.17, LED D37 leuchtet und über Rel.18 wird die Stromversorgung +7V für die Ausgangsrelais freigeschaltet. Fällt aus irgendeinem Grunde dieses Wechselsignal aus, wie z.B. bei einem Ausfall des PC, wird der Kondensator sich entweder vollständig auf- oder abladen. Die Stromversorgung der Ausgangsrelais wird nach spätestens 12s gesperrt und ein zufälliges Schalten von entsprechenden Haus-Aktuatoren zuverlässig verhindert. Leider ist es nicht so einfach, einen automatischen Reset des PC einzuleiten, was eine vollständige Watchdog auszeichnen würde. Für Testzwecke, oder wer auf diese Watchdog verzichten kann, setzt J17 auf ON und gewinnt einen I/O Kanal dazu. Über einen zweiten Kontakt von Rel.18 wird eine zweifarbige LED D132/D133 angesteuert. Sie leuchtet in der Regel grün, bei einem Ausfall aber rot. Wird Relais 18 mit

Fassung verbaut, können die entsprechenden Haus-Aktuatoren manuell durch Entfernen des Relais freigeschaltet werden. Natürlich sollte man nie auf die Watchdog aus Kostengründen verzichten, da ein „eingefrorener“ Relaiszustand praktisch zu spontaner Panik im Haushalt führen kann!

Beim Auftreten bestimmter programmierter „Softwareereignisse“ sollte sich der Hauscomputer irgendwie bemerkbar machen. Wie bereits angedeutet, gibt es noch keine weibliche Stimme, die aus einem Lautsprecher tönt. In solchen Fällen setzt die Software recht simpel auf einen vorprogrammierten I/O-Kanal ein Low-Signal. Über V6 (Abb. 2) wird die Duo-LED D132/133 zum Blinken angeregt. Hat der Hauscomputer also eine wichtige Nachricht, so blinkt die LED grün. Der Benutzer hat nun die Möglichkeit, nach dem Blick auf den Monitor, das Signal mit der Taste OK zu quittieren. Die Software löscht alsbald das Signal und die Duo-LED wird wieder in gleichmäßigen grünen Licht erstrahlen. Nach 5 min wird dann auch die entsprechende Meldungen in der Laufschrift auf dem Monitor gelöscht. Also noch ausreichend Zeit für einen zweiten Blick zum Monitor.

Die entsprechenden Anzeige- und Bedienelemente sind zweckmäßigerweise nicht auf der Leiterplatte platziert. Sie können sowohl in dem Deckel des verwendeten BOPLA-Gehäuses, aber auch abgesetzt als Fernbedienung angebracht werden. Das Potentiometer P1, die Schalter 1-3 sowie die Taster 1 und 2 können für eigene Anwendungen genutzt werden. Die entsprechende „Hardware“- Programmierung erfolgt über Brücken auf der Platine. So sind zur Funktion des Signals „Hinweis!“ im vorliegenden Beispiel die Kontakte _P3 und _11 zu verbinden. Selbstverständlich können alle I/O Kanäle nach eigenem Ermessen belegt werden, allerdings ist dabei aber immer auf gleiche „Beschaltung“ in der Software zu achten.

Zur einfachen Kopplung der I/O Kanäle mit den verschiedenen Sub-Systemen ist für jeden Kanal eine multifunktionale Kopplungsstufe vorgesehen. Je nach Bestückung mit einem Relais oder mit einem Widerstand und einer Brücke wird der entsprechende Kanal zu einer Ausgangs- oder Eingangsstufe. Für beide sind die LED D5 ff., die Diode D13 ff. sowie der DIP-Schalter J1 ff. gleich. Die LED zeigt den aktiven Zustand des Kanals an (EIN), der Schalter dient zum Einschalten des Kanals bei Aufbau, Test und Fehlersuche und die BAT43 Diode ist als Überspannungsschutz für den PCF8574 vorgesehen. Grundsätzlich könnten Leistungs- Halbleiterrelais auch direkt an den PCF8574 angeschlossen werden, allerdings sind dann die Widerstände und die Leistungsbilanz neu zu berechnen. Zudem ist keine Isolierung im Fehlerfall gewährleistet! Deshalb kommt hier das gute alte Relais zum Einsatz. Aber so alt sind die Printrelais SIL7271D nun doch nicht: ausgestattet sind sie bereits mit einer Schutzdiode und erlauben eine Leistungsverstärkung um das 300fache! Damit sind Lasten bis 15W (max. 200VAC oder 1A) direkt anschließbar. Die Beschaltung als Eingangsstufe ist recht simpel: parallel zum DIP-Schalter wird extern ein Relaiskontakt o.ä. angeschlossen.

Etwas komplizierter ist der analoge Schaltungsteil. Der PCF8591 hat 4 analoge Eingänge und einen analogen Ausgang mit jeweils 8-bit Wandlerbreite. Von den 4 möglichen Betriebsarten wird von der Software nur die so genannte „single ended inputs“ verwendet, wobei alle Eingänge getrennt arbeiten. Alle analogen Anschlüsse einschließlich der Stromversorgung sind auf die Buchsenleisten BU1 und BU2 geführt. Hier können Erweiterungen für Sensoren aufgesteckt werden. Da der klassische Sensor in der Regel aus einem veränderlichen Widerstand besteht, habe ich die entsprechenden OPV's zur Signalverarbeitung mit auf die Leiterplatte gebracht. Sie liefern eine dem Messsignal entsprechende Ausgangsspannung zwischen 0 und +5V. Die Eingangsbeschaltung ist als Brücke ausgelegt, wodurch eine Vielzahl von Anwendungen ermöglicht wird. Der Ausgangsspannungsbereich des LM358N liegt zwar mit minimal 0,12 etwas über 0V, dafür kann aber auf eine negative Versorgungsspannung verzichtet werden. Für die Anwendung als Temperatursensor wird an den Eingang Temp.x ein KTY81 gegen Masse geschaltet. Dieser Halbleitersensor ist preiswert und hat den Vorteil einer geringen Streuung. Leider ist die Widerstandskennlinie nicht linear. Die entsprechend notwendige Korrektur realisiert die Software. Aber dazu später. Mit der vorgestellten Schaltung ist es möglich, ohne zusätzliche Kalibrierung die Temperatur auf ca. 2-3°C genau zu messen. Weiterhin können, je nach Bedarf verschiedene

Temperaturbereiche gewählt werden. Die dazu notwendigen Widerstände Rn und Rb sind in Tabelle 3 gelistet. Da die A/D – Wandler nur mit 8 Bit Wandlerbreite arbeiten, ist ein Kompromiss zwischen Temperaturbereich und Auflösung notwendig. In etwa gilt: Auflösung = Temperaturbereich / 256. Die Kalibrierungsangaben in der Tabelle 3 sind für die Software bestimmt und werden zu einem späteren Zeitpunkt genauer beschrieben. Die max. Leitungslänge für den Sensor ist unkritisch, da etwaige Netzeinstreuungen mit C10x bedämpft werden. Trotzdem sollte für den Anschluss ein abgeschirmtes Kabel eingesetzt werden.

Temperaturbereich	***Auflösung (±1 bit)***	***Rn***	***Rb***	***Kalibrierung in Hauscomp.ini***
-25..+104°C	0,5°C	24k	2,1k	Sensor=T3 °C Adr Kan 30 0 63 +40 145 +80 217
-20..+50°C	0,27 °C	47k	1,82k	Sensor=T3 °C Adr Kan 30 -10 42 0 79 +25 170

Tabelle 3

7.2. Aufbau des Interfaces

Bevor mit den Arbeiten begonnen wird, sollte man sich über den späteren Standort des Interfaces im klaren sein. In der Regel wird das erste aufgebaute Interface zusammen mit dem Steuerungs- PC irgendwo im Haus untergebracht. Mit hoher Wahrscheinlichkeit aber nicht im Hausflur. Aber genau dort sollten die Taster und Schalter erreichbar sein. Deshalb sind die Befestigungslöcher auf der Leiterplatte auf das flache BOPLA-Gehäuse abgestimmt. Damit können die Bedienelemente abgesetzt in einem Wandgehäuse in der Nähe der Wohnungstür angebracht werden. Das eigentliche Interface wird in der Nähe der Leistungssteuerung (z.B. Schaltschrank) positioniert. Dafür reicht das billigere ET233 Gehäuse. Mit etwas Geschick lässt sich das Interface auch im Deckel des größeren ET240 befestigen. In das eigentliche Gehäuse passt dann die gesamte Leistungssteuerung und der Verkabelungsaufwand wird begrenzt. Allerdings müssen dann die entsprechenden DIN und EN Vorschriften beachtet werden, da mit Spannungen über 36V gearbeitet wird!

Die Leiterplatte ist als zweiseitige Platine ausgeführt. Das Layout habe ich bewusst übersichtlich und einfach gehalten um einerseits die Selbstanfertigung zu ermöglichen und anderseits die Funktion auch bei Feuchtigkeit zu gewährleisten. Die Maße der Platine betragen 24,0 cm x 11,7 cm; die Abstände zwischen den Eckmarkierungen 243 mm x 119 mm. Die Bohrdurchmesser für Rel18 und alle Kontakte betragen je nach Ausführung 1,0/1,3 mm, alle anderen Bauelemente 0,8 mm. Bis auf Pin 7 an IC 7 braucht an keinem IC-Sockel auf der Bestückungsseite gelötet werden.

Nun zum Aufbau. Grundlage ist der Bestückungsplan, zum Vergleich ist im Anhang ein fertig aufgebautes Interface dargestellt. Zunächst wird die fertig gebohrte Leiterplatte auf Haarrisse kontrolliert und notfalls mit etwas Lötzinn ausgebessert. Dann kann es mit dem Einsetzen der Bauelemente losgehen. Zuerst werden alle Durchkontaktierungen gelötet, dann die IC-Sockel, die Anschlussklemmen, die DIP-Schalter und die Brücken auf der Leiterplatte bestückt. Für den Einbau in das flache ET233 Gehäuse wird Relais 18 ohne Sockel eingelötet. Zwei Hinweise: die Anschlussklemmen bitte vor dem

Einsetzen zusammenstecken- sieht einfach besser aus, auch die IC-Sockel sollten richtig herum eingesetzt werden - so mancher Schaltkreis ist wegen einer solchen Kleinigkeit schon „gestorben“! Da es bei REICHELT keinen einzelnen DIP-Schalter gibt, kann für J17 notfalls auch ein 2-fach Schalter eingesetzt werden. Die Pins des zweiten Schalters werden einfach abgekniffen. Ähnliches gilt für die Buchsenleisten BU1 und BU2. Diese Leisten sind für spätere Sub-Platinen für andere (als Temperatur-) Sensoren vorgesehen. Die beiden 3-fach Anschlussklemmen sind bei „_1, _2, _11“ sowie bei X1 einzusetzen. Anschließend können alle passiven Bauelemente, sowie die LEDs eingelötet werden. R127 bitte nur beim ersten A+D Interface einsetzen. Für die Durchkontaktierungen eignen sich hervorragend abgekniffene Drahtenden von Widerständen. Bitte beachten: zur Vermeidung von unnötig vielen Durchkontaktierungen sind etliche Bauelemente beidseitig an zulöten! Einige Durchkontaktierungen an den Schaltkreisfassungen sind doppelt ausgeführt, da man bei einigen IC- Fassungen nicht an der Bestückungsseite löten kann – selbstverständlich reicht dann eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Leiterplattenseiten. Vor der ersten Inbetriebnahme sind noch alle Dioden entsprechend Bestückungsplan zu bestücken. Wer nach der Diode D3 sucht, wird keinen Erfolg haben – sie wurde durch die Brücke „0“ ersetzt. Beim Bestücken von Dioden bitte auf die Polung achten! Die im Bestückungsplan verstärkt geschwärzte LED-Seite entspricht der abgeflachten Seite einer LED bzw. der kürzeren Kathode. Nach dem Einlöten der Spannungsregler V4 und V5 wird die Versorgungsspannung von +12V (10V-15V) probehalber angeschlossen. Die LED D39 (gelb) sollte leuchten. Anschließend überprüft man an allen IC-Sockeln die anliegenden Spannungen auf Plausibilität. Alle DIP-Schalter sind auf OFF zu stellen, bzw. wie in Tabelle 1+2 angegeben. Jetzt können die IC's (richtig rum!) eingesteckt werden. Die externen Bauteile D132/D133, die Taster, Schalter, sowie das Potentiometer P1 werden im Gehäuse platziert und an X1 angeschlossen. Für notwendige Kabeldurchführungen sind die entsprechenden Verschraubungen einzusetzen und mit Gegenmuttern zu sichern. Nun müssen noch die funktionsabhängigen Brücken geschaltet werden. Diese Verbindungen sind natürlich vom konkreten Anwendungsfall abhängig. Trotzdem sollte immer die Watchdog angeschlossen werden und zusätzlich beim ersten Interface die Funktionen „HINWEIS!“ sowie „OK“:

- für die Aktivierung der Watchdog: UP7 mit PX verbinden (Brücke 8);
- für die Aktivierung der Blink- Funktion „HINWEIS!“ : 8 mit _11 verbinden;
- für den Anschluss des Tasters „OK“ bzw. „BESTÄTIGUNG“: X1_5 mit 9 verbinden;
- für die Nutzung der Temperaturfühler: T1 mit AIN0, T2 mit AIN1 usw. verbinden ;
- die Taster 1+2 sowie die Schalter S1 bis S3 (X1_..) werden bei Bedarf mit den entsprechenden E/A Kanälen verbunden. Dazu sind die zusätzlichen Bohrungen hinter den Anschlussklemmen vorgesehen.

Hinweis: werden später Relais an die E/A Kontakte angeschlossen, sind entsprechende Freilaufdioden vorzusehen!

7.3. Test des Interfaces

Als erstes wird die Watchdog überprüft. Nach Anschluss von +12V an den Eingang 12V_EXT leuchtet zunächst die DUO-LED rot auf. Nach ca. 2s schaltet diese LED auf grün, gleichzeitig leuchtet D37 grün auf. Nach weiteren 10s erkennt die Watchdog den fehlenden PC-Anschluss und schaltet erneut die DUO-LED auf rot, D37 erlischt. Nun werden die DIP-Schalter J1 bis J16 auf ON gestellt. Für ca. 20s leuchten die LED D5-D12, D21-D28, die DUO-LED blinkt

grün und D37 leuchtet erneut. Probeweise kann man J16 regelmäßig ein bzw. ausschalten – die Watchdog darf nicht ansprechen. Damit ist die Watchdog überprüft. Für die weiteren Tests ist ein PC anzuschließen. Dazu wird der Computer an XA angeschlossen. Als Anschlusskabel kann ein preisgünstiges PC Verbindungskabel verwendet werden, dessen nicht benötigter Stecker einfach abgeschnitten wird. Auf die richtige Kontaktbelegung ist zu achten. Der Steckverbinder ST1 dient zum Anschluss weiterer Interfaces. Wie bereits erwähnt, muss R127 genau einmal am Hausbus bestückt sein.

Nachdem der künftige Haus-PC mit dem Interface verbunden und die Stromversorgung +12V angeschlossen wurden, muss nur noch die Startdiskette eingelegt und der PC gebootet werden. Die Diskette wird wie folgt vorbereitet: Betriebssystem aufspielen (siehe liesmich.txt) und alle Dateien aus Verzeichnis „ADInterface_Test“ auf Diskette kopieren. Danach öffnet man die Datei Hardware.ini mit einem Texteditor. Darin sollten folgende Programmzeilen zu finden sein:

```
COM=1
Sommerzeit=auto
Seitenwechsel=10
Watchdog= 3 7
Laufschrift=on
```

Wichtig ist, dass der richtige COM-Port und die richtige Adresse bzw. Kanal der Watchdog angegeben sind. Notfalls werden sie geändert. Da das Hauptprogramm beim Laden der *.ini Dateien nur eingeschränkt die Syntax überprüft, müssen beim Editieren einige Regeln beachtet werden. Die Groß/ Kleinschreibung sollte genau eingehalten werden, als Trennzeichen zwischen verschiedenen Parametern bitte nur Leerzeichen und keine Tabulatoren oder Kommas o.ä. verwenden. Die Syntax ist detailliert im Programmhandbuch beschrieben.

Nach dem Booten des Rechners sollte das Programm Hauscomp.exe automatisch ohne Fehlermeldung starten. Ein „RUNTIME ERROR“ bedeutet Syntaxfehler in den ini – Dateien. Auf der ersten (Bildschirm-) Seite werden bei korrekt funktionierendem Hausbus innerhalb von 10s die aktuellen Werte aller 4 Temperaturfühler angezeigt. Gleichzeitig erfolgt die periodische Ansteuerung von D28 auf dem Interface und in der Folge die Zuschaltung des Interfaces über die Watchdog. Parallel dazu beginnt in der Software eine Testroutine zyklisch die restlichen 15 I/O Kanäle anzusteuern. Diese Routine ist in Form einer Programmierung der SPS-Engine in der Hauscomp.ini realisiert. Dafür zuständig sind die Zeilen z=.. . Dabei wird ein Zähler alle 2 Sekunden um Eins erhöht, 15 Vergleicher werten den Zählerstand ständig aus und übergeben das Ergebnis als Schaltsignal an entsprechenden Ausgangsstufen. In der Folge wird der jeweils aktive Kanal über den Hausbus angesprochen – die zugehörige grüne LED leuchtet auf. Überprüft werden auch die Kanäle, die als Eingang beschaltet sind, sodass eine komplette Funktionsüberprüfung des Interfaces erfolgt.

Mit diesem kleinen Testprogramm kann man sehr gut die Reaktionszeit des Hausbusses erkennen: die lauflichtartige LED-Ansteuerung erfolgt etwas unregelmäßig, etwa um ±1s schwankend. Das ist systembedingt und völlig normal. Es geht dabei kein einziges Bit verloren. Nun kann die I^2C - Monitorfunktion der Software genutzt werden. Über die Tastenkombination <1> und <8> wird auf dem Bildschirm der Datenfluß auf dem Hausbus angezeigt. Auf der linken Seite sind die Zustände aller binären E/A- Kanäle, auf der rechten Seite die Kodewerte der analogen Ein- und Ausgänge dargestellt.

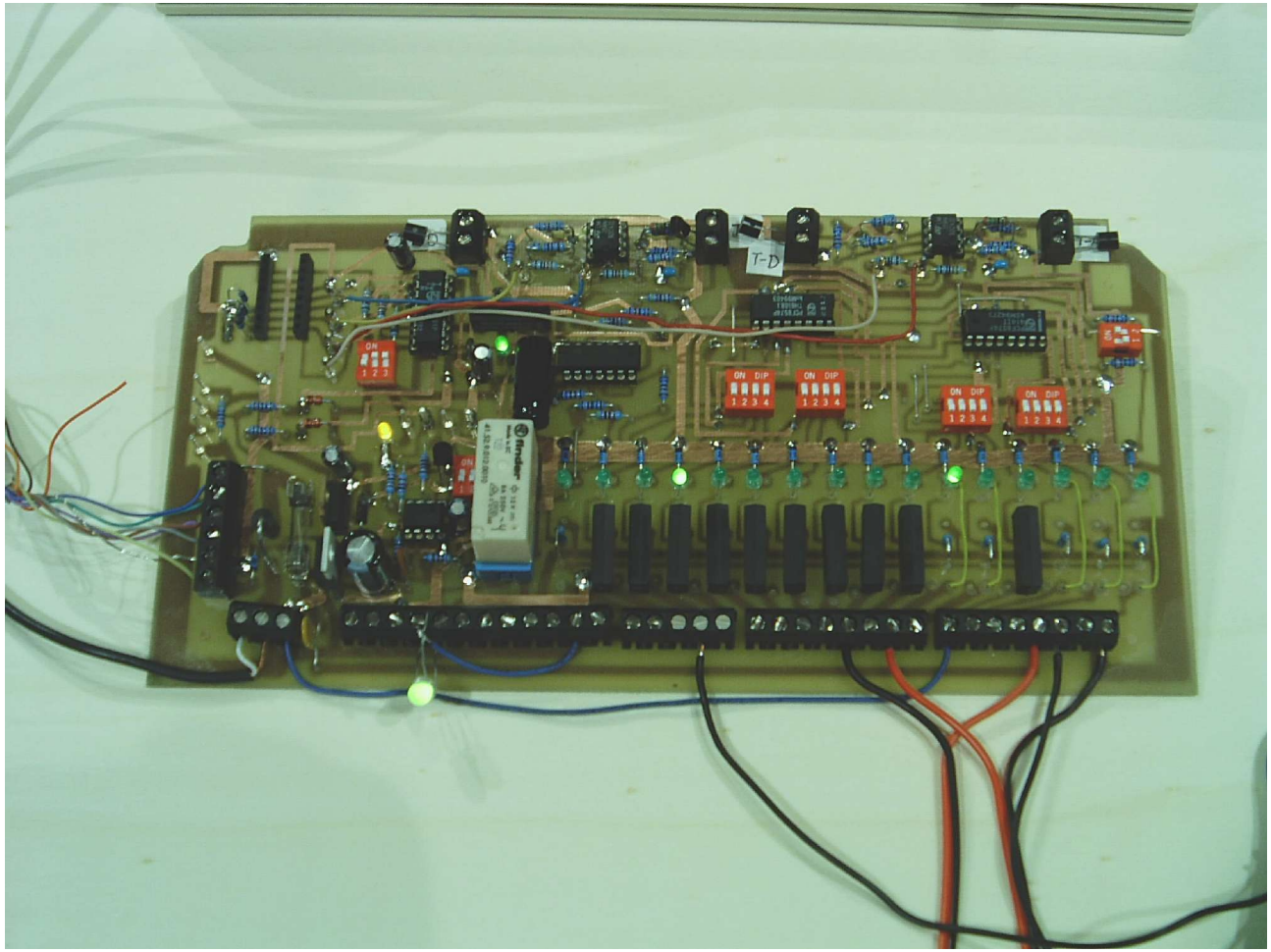
Die korrekte Funktion der Busleitungen erkennt man darunter jeweils in Form einer „1“ für die Signale SDA, SCL und +12V.

Wenn das Interface korrekt aufgebaut und angeschlossen wurde, erscheinen links 2x8 I/O Kanäle mit „0“ oder „1“ mit der Adresse 2 bzw. 3. Auf der rechten Seite sind die Kodewerte der Temperatursensoren unter der Adresse 1 zu sehen. Der DA – Wert ist auf Null gesetzt. Die Adressen lassen sich mit den entsprechenden DIP – Schaltern ändern. Alle Kanäle, die sich nicht am Bus anmelden, sind mit einem Strich gekennzeichnet.

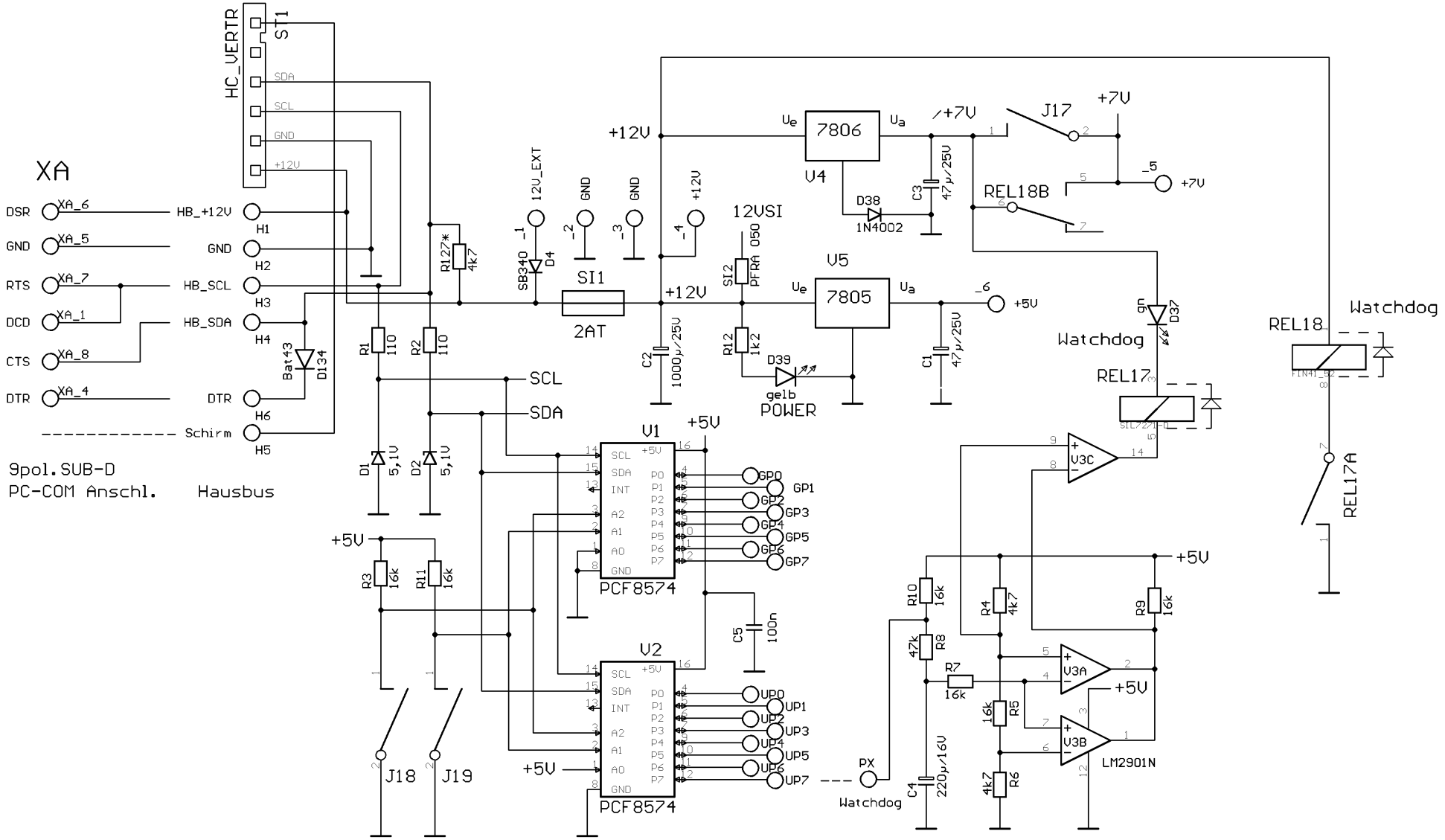
Die Anzeige „Auslastung“ bezieht sich auf den Zeitanteil, den die Hausbusansteuerung benötigt. Bevor Fragen auftauchen: Ab und zu springt die Auslastung auf einen relativ großen Wert- zu diesem Zeitpunkt wird das Grafiktablett der Bildschirmsteuerung umgetastet und die entsprechende BIOS-Routine wartet auf den Strahlrücklauf der Grafikkarte. Für den Anwender also völlig uninteressant. Wichtiger sind da schon die Zahlen im Farbbalken am unteren Bildschirmrand. Sie stehen für die entsprechenden Farben und werden in der Hauscomp.ini verwendet. Da wegen der Vielzahl verschiedener Grafikkarten ohne speziellen Treiber nur 16 Farben möglich sind, ist die gesamte Farbpalette somit einfach überschaubar. Die Farbe 12 ist als rotes Blinken programmiert und wird bei Überschreitungsanzeigen eingesetzt.

Mit der Taste <i> kann die aktuelle Farbdarstellung invertiert werden um z.B. eine druckbare Bildschirmcopy zu erzeugen. Es besteht auch die Möglichkeit andere Fabpaletten zu nutzen, an dieser Stelle aber wieder der Verweis auf das Programmhandbuch. Von der „Hausbus“ - Seite gelangt man mit der Rautentaste <#> zurück zum Hauptmenü. Wenn längere Zeit keine Taste betätigt wird, geht das Programm selbständig wieder in den automatischen Betrieb über. Mit <ALT><F4> kann man jederzeit das Programm beenden. Nach Programmende, bzw. wenn man den COM-Stecker trennt, muss die Watchdog nach kurzer Zeit die Relais entsprechend stromlos schalten. Bei wem bis hierher alles wie beschrieben funktioniert, hat es geschafft, der Grundbaustein für einen Hauscomputer ist fertig! Jetzt noch die Sensoren an passenden Stellen befestigen und nach wenigen Stunden hat man bereits eine graphische Übersicht über den Temperaturverlauf.

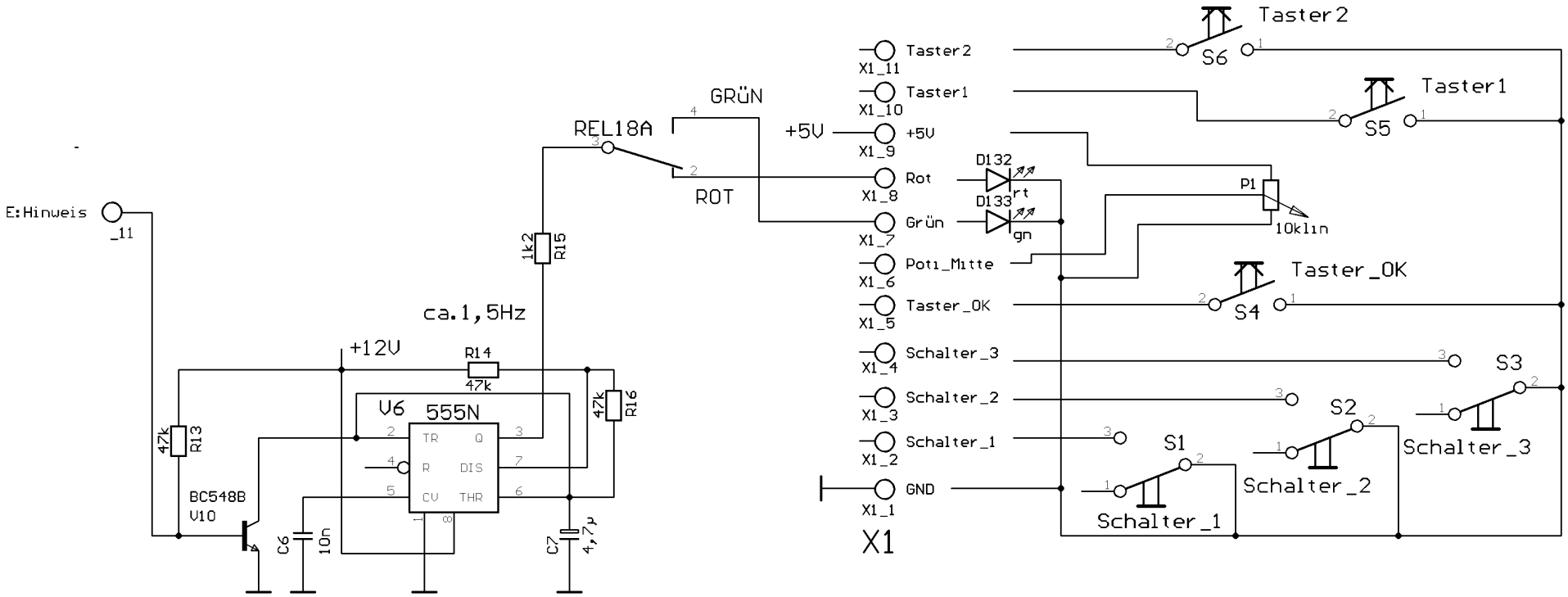
7.4. Ansicht des funktionsfähigen A+D Interfaces ohne Gehäuse



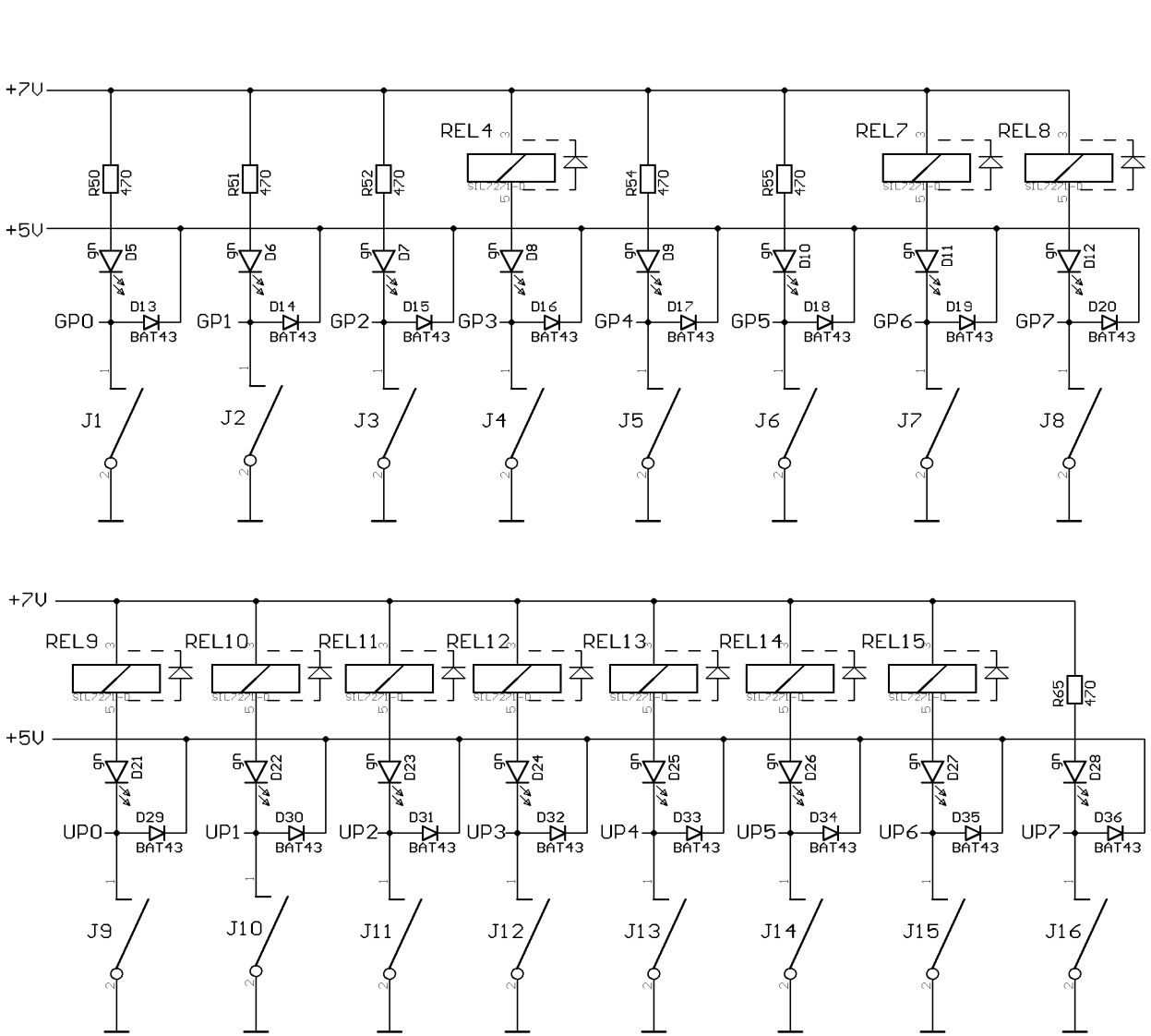
7.5. Schaltplan Stromversorgung, I2C-Bus, Watchdog

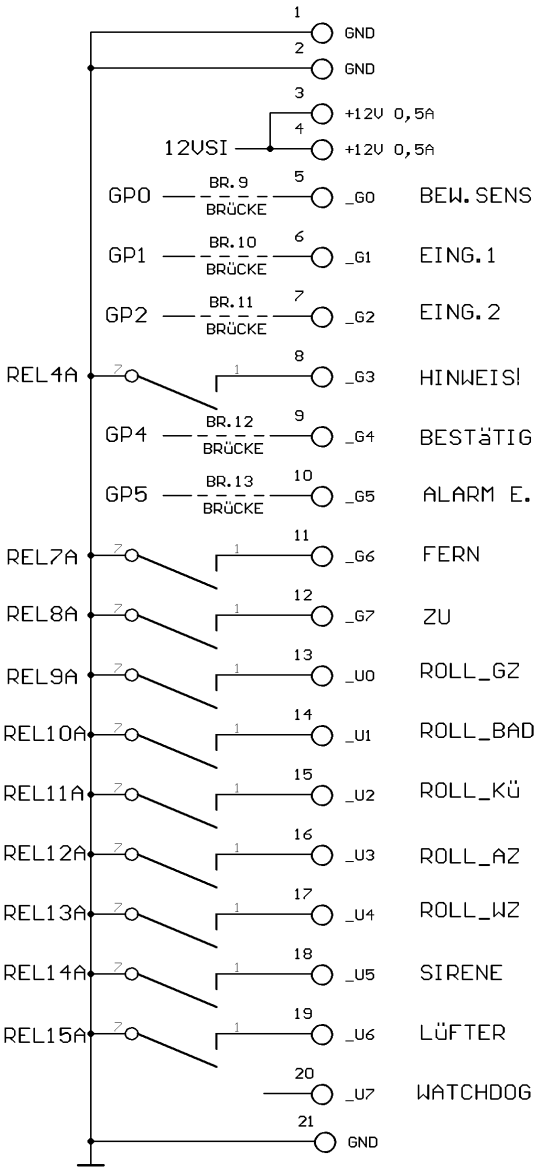


7.6. Schaltplan Signalisation, Tastenanschlüsse

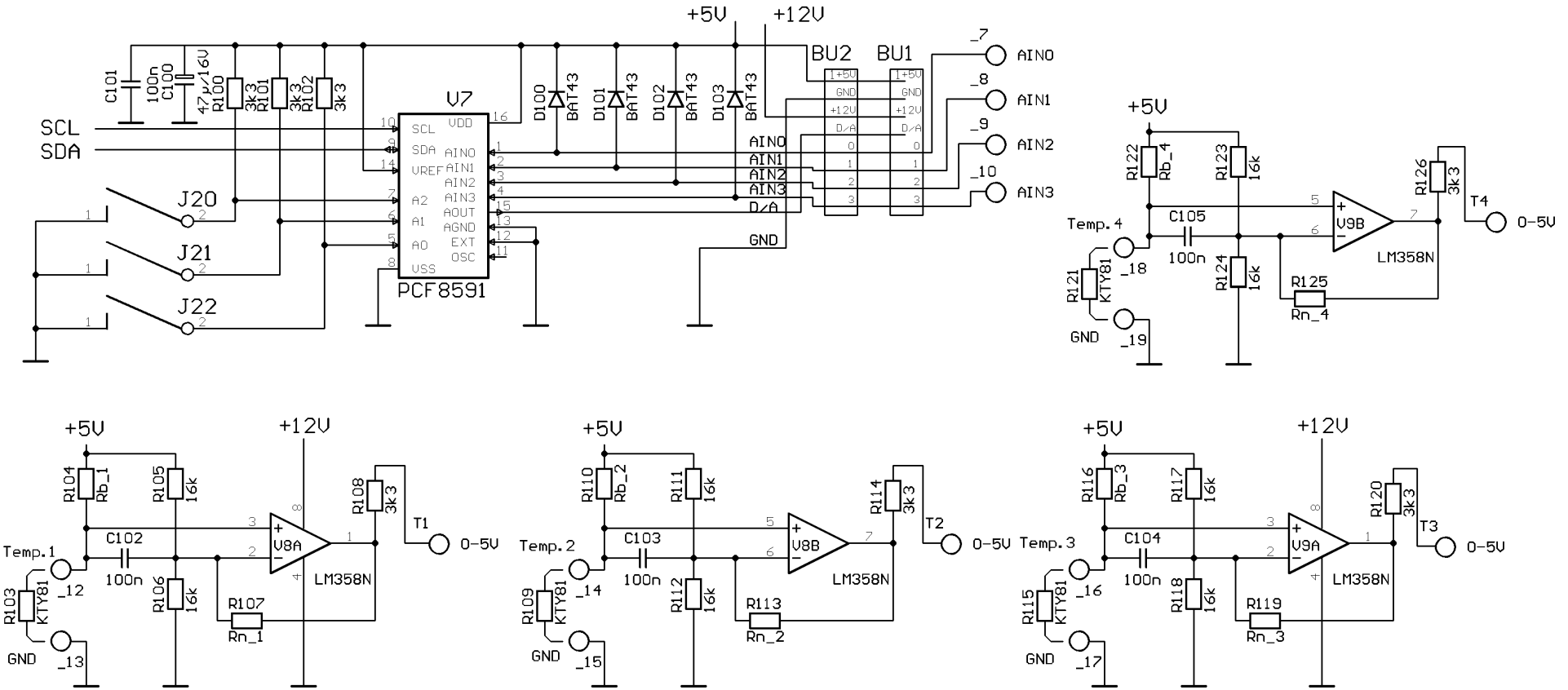


7.7. Schaltplan Schaltausgänge, binäre Eingänge

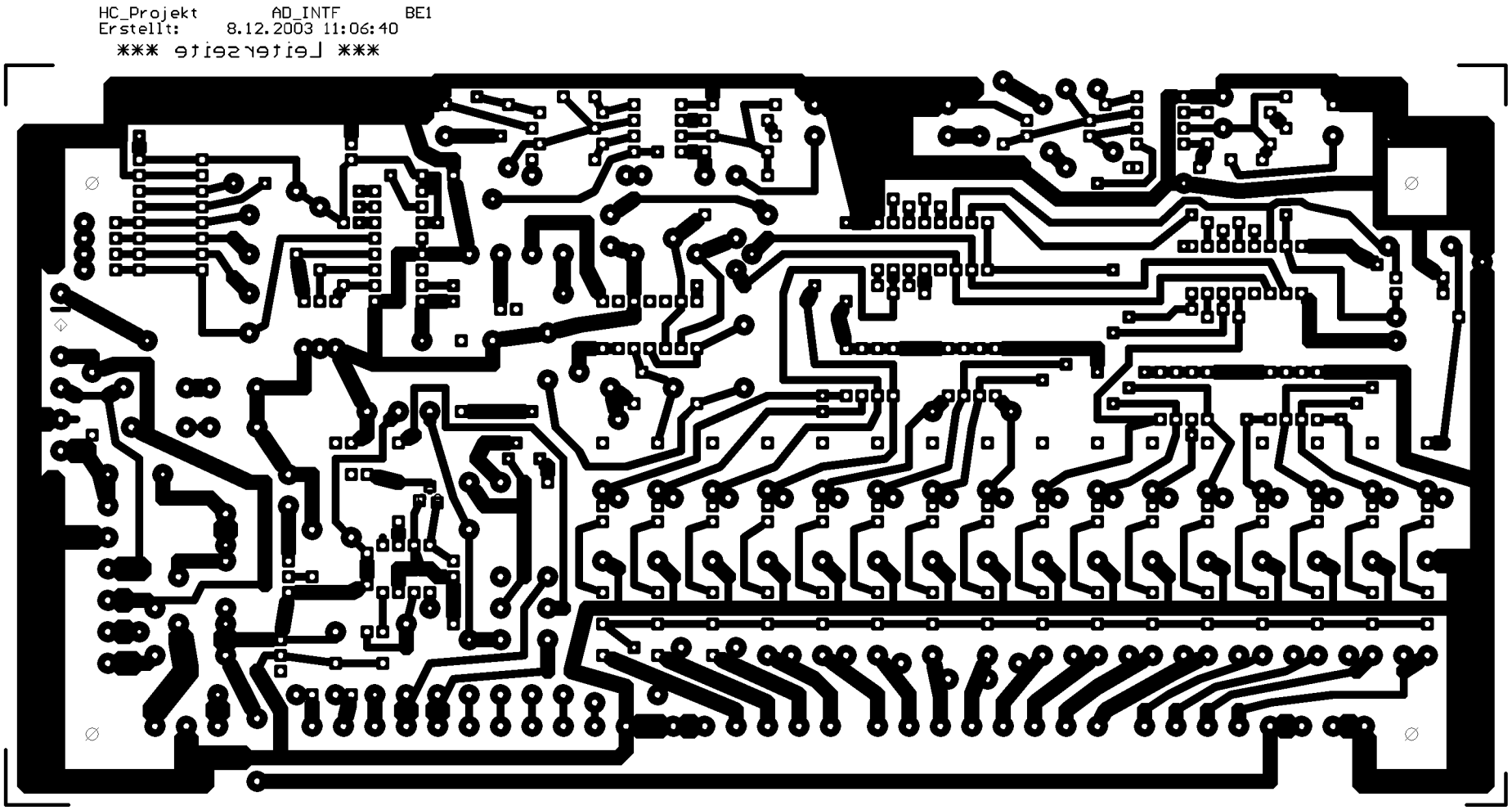




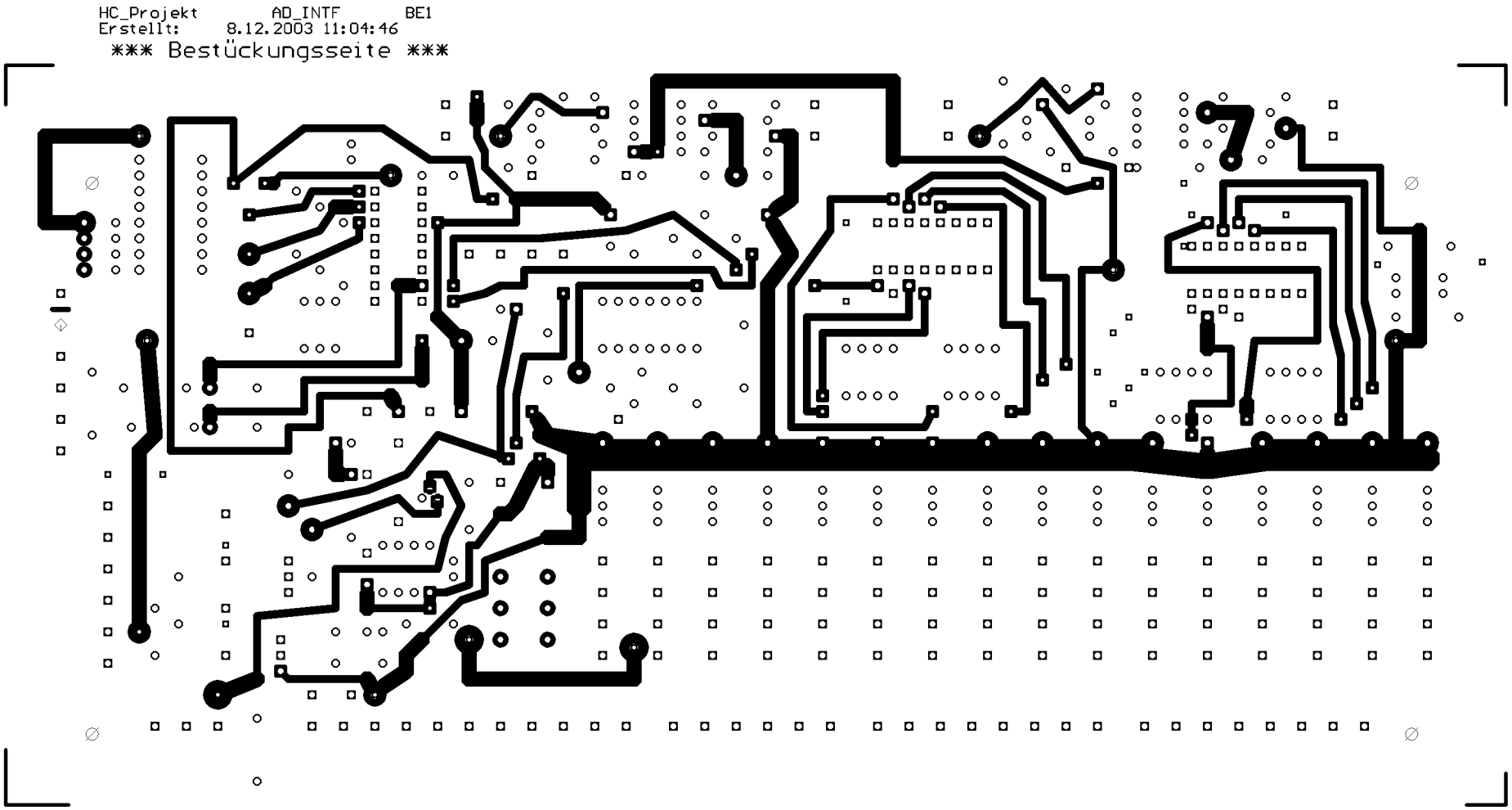
7.8. Schaltplan analoge Eingänge, A/D Wandler



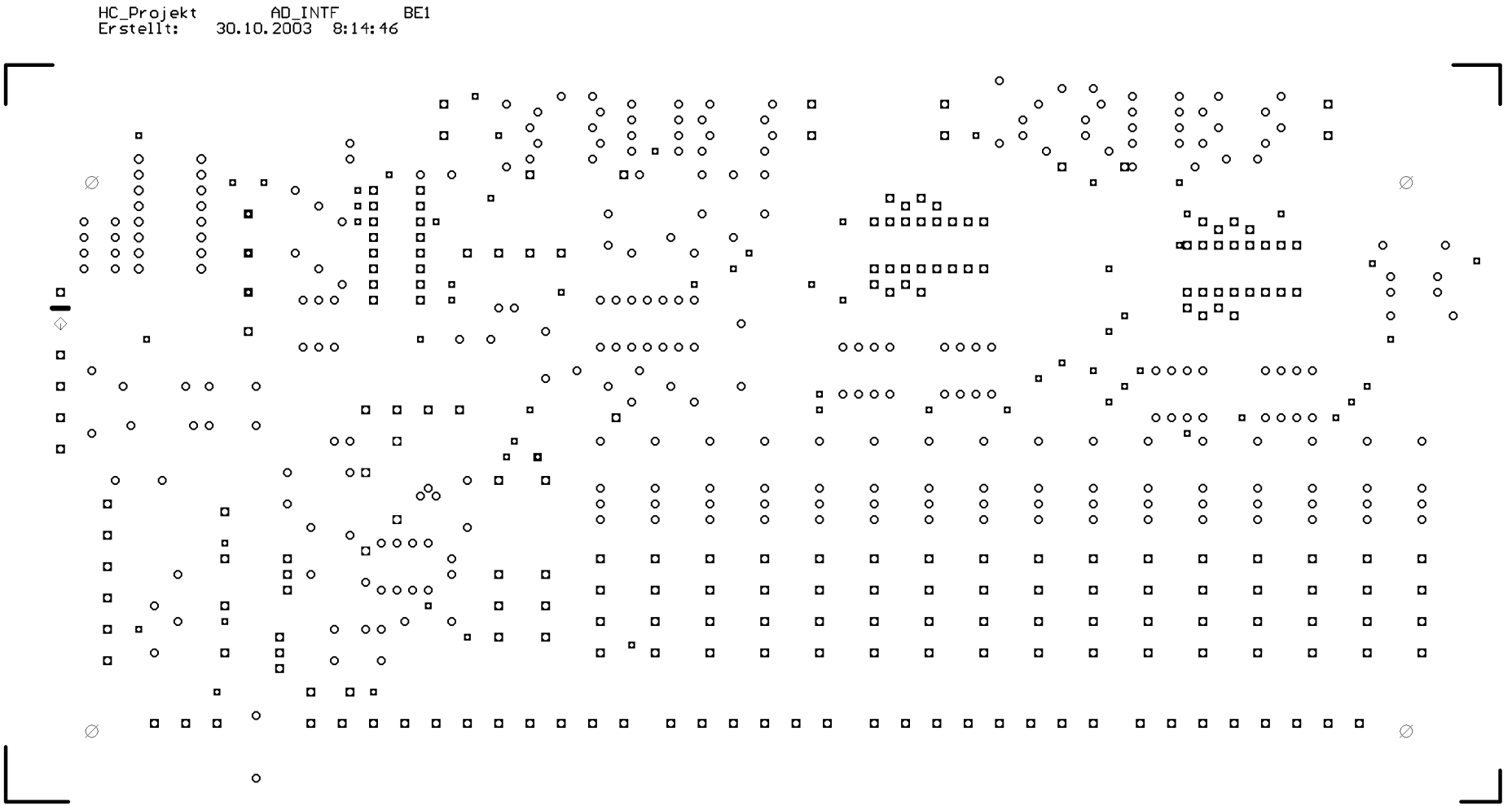
7.9. Layout A+D Interface, Leiterseite (243 mm x 120 mm)



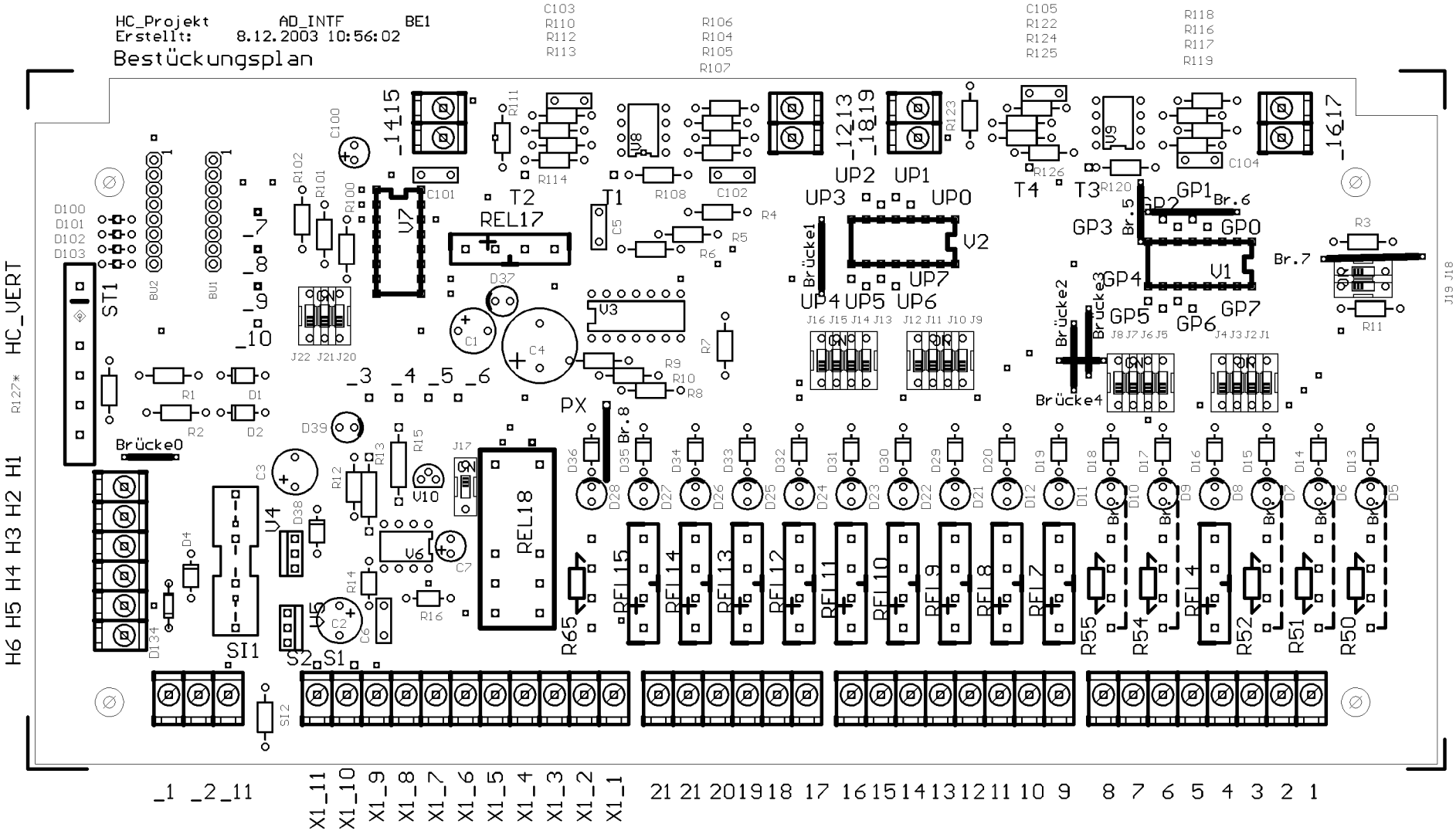
7.10. Layout A+D Interface, Bestückungsseite



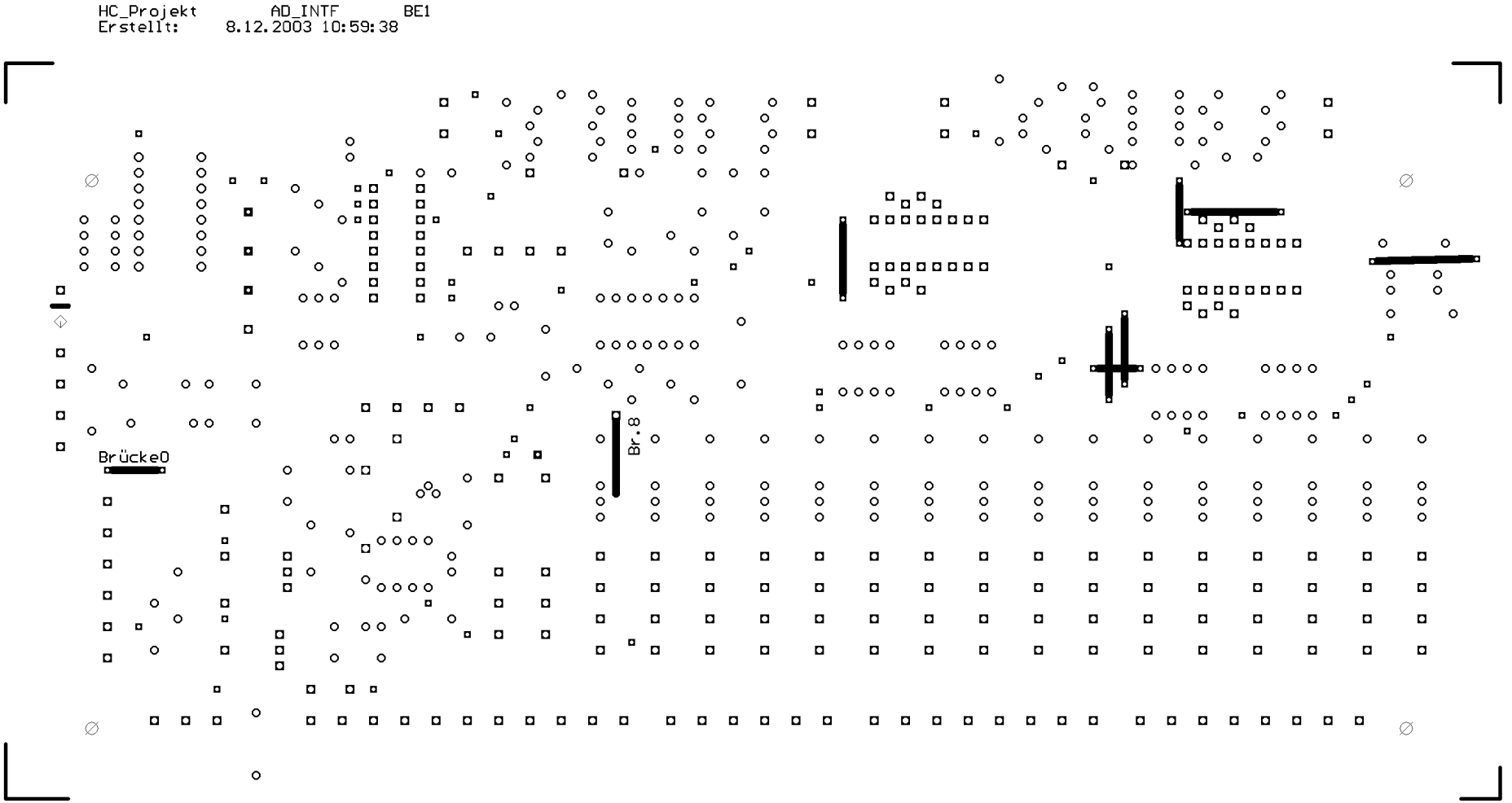
7.11. Bohrschablone A+D Interface



7.12. Bestückungsplan A+D Interface



7.13. Übersicht Brücken A+D Interface



7.14. Stückliste A+D Interface

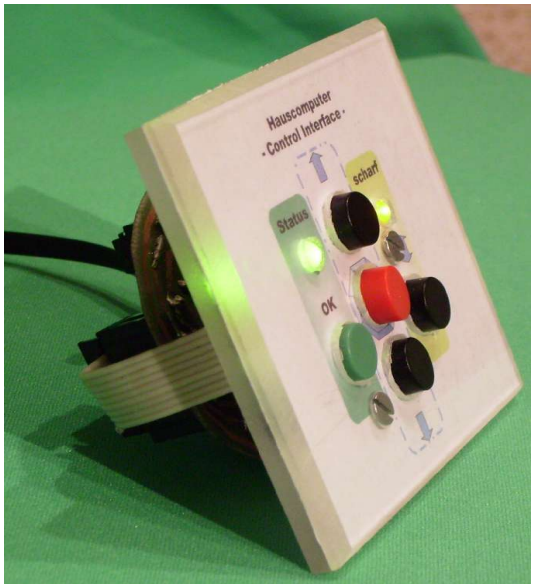
Bezeichnung	Typ	Anzahl	Bestellnr. (Reichelt)	Einzelpreis (Reichelt)	Gesamt	Bemerkungen
1-21; X1_4-X1_11; H1-H6; _12-_19; Kl_1-_2, _11	Klemme 2pol.	22	AKL 057-02	0,14 €	3,08 €	
X1_1-X1_3	Klemme 3pol.	2	AKL 057-03	0,20 €	0,40 €	
J1-J16	DIP-Schalter 4pol.	4	NT 04	0,51 €	2,04 €	
J17; J18-J19	DIP-Schalter 2pol.	2	NT 02	0,38 €	0,76 €	
J20-J22	DIP-Schalter 3pol.	1	NT 03	0,48 €	0,48 €	
Bu 1, Bu2	Buchsenleiste	2	Buchsenl.10G	0,65 €	1,30 €	
ST1; _3-_11; GP0-7;UP0-7; T1-T4; PX	Stift 1,3 mm	34				
ST1	Stiftleiste	0	WAGO 231-336	0,79 €	0,00 €	Bei Bedarf
	Federleiste	0	WAGO 231-306	2,30 €	0,00 €	Bei Bedarf
C1, C3, C100	Elko 47µ/25V	3	Rad 47/25	0,04 €	0,12 €	
C2	Elko 1000µ/25V	1	Rad 1000/25	0,24 €	0,24 €	
C4	Elko 220µ/16V	1	Rad 220/16	0,06 €	0,06 €	
C5, C101-C105	Keramik 100nF	6	Kerko 100n	0,07 €	0,42 €	
C6	Keramik 10nF	1	Kerko 10n	0,04 €	0,04 €	
C7	Elko 4,7µ/16V	1	Rad 4,7/35	0,04 €	0,04 €	
D1, D2	Z-Diode	2	ZD 5,1	0,06 €	0,12 €	
D4	Schottky Diode	1	SB 340	0,26 €	0,26 €	
D5-D12, D21-D28 D37, D13-D20, D29-D36	LED grün	17	LED 3mm gn	0,05 €	0,85 €	
D100-D103, D134	Schottky Diode	21	BAT 43	0,11 €	2,31 €	
D38	Diode	1	1N4002	0,02 €	0,02 €	
D39	LED gelb	1	LED 3mm gelb	0,05 €	0,05 €	
D132/D133	2farb-LED	1	LED 5RG-3	0,15 €	0,15 €	
R1, R2	Widerstand 110	2	Metall 110	0,08 €	0,16 €	
R3, R5, R7, R9-R11 R105, R106, R111, R112, R117, R118 R123, R124	Widerstand 16k	14	Metall 16k	0,05 €	0,67 €	
R4, R6, R127	Widerstand 4,7k	3	Metall 4k7	0,08 €	0,24 €	
R8, R13, R14, R16	Widerstand 47k	4	Metall 47k	0,08 €	0,32 €	
R12, R15	Widerstand 1k2	2	Metall 1k2	0,08 €	0,16 €	
R50-52,R54-55, R65 R100-R102 R108, R114, R120, R126	Widerstand 470	6	Metall 470	0,08 €	0,48 €	(6 Eingänge)
	Widerstand 3k3	7	Metall 3k3	0,08 €	0,56 €	
R103, R109, R115, R121	Temperatursensor	4	KTY 81-210	0,59 €	2,36 €	
R104, R110, R116, R122	Rb: 2,1k	4	Metall 2k1	0,08 €	0,32 €	
R107, R113, R119, R125	Rn: 24k	4	Metall 24k	0,08 €	0,32 €	
Rel4, 7-15	Relais 5V	11	SIL 7271-D 5V	1,15 €	12,65 €	(10 Ausgänge +1)
Rel17,18	Relais 12V 2UM	1	Fin 41.52.9 12V	1,75 €	1,75 €	
	Relais Fassung	0	Fin 95.15.1	1,40 €	0,00 €	Bei Bedarf
S1-S3	Schalter	3	MS500A	1,25 €	3,75 €	
S4	Taster	1	MS131sw	0,97 €	0,97 €	
Si1	Sicherung 2AT	1	Träge 2,0A	0,28 €	0,28 €	
	Sicherungshalter	2	PL12000	0,04 €	0,08 €	
Si2	Sicherung	1	PFRA 050	0,49 €	0,49 €	
V1, V2	PCF8574P	2	PCF8574P	2,40 €	4,80 €	
V3	LM2901N	1	LM2901DIL	0,18 €	0,18 €	
V4	7806	1	µA7806	0,21 €	0,21 €	
V5	7805	1	µA7805	0,23 €	0,23 €	
V6	555	1	NE555DIP	0,14 €	0,14 €	
V7	PCF8591P	1	PCF8591P	3,50 €	3,50 €	
V8, V9	LM358N	2	LM358DIP	0,14 €	0,28 €	
V10	BC548B	1	BC548B	0,04 €	0,04 €	
Sonstige:						
	IC-Fassung 16pol.	3	GS 16P	0,18 €	0,54 €	
	IC-Fassung 14pol.	1	GS 14P	0,17 €	0,17 €	
	IC-Fassung 8 pol.	3	GS 8P	0,09 €	0,27 €	
	Leiterplatte 240x117	1	BEL 250x150-2	6,85 €	6,85 €	
		1	BEL Ratgeber	0,25 €	0,25 €	
	Gehäuse	1	BOPLA ET233	15,80 €	15,80 €	Etwas flach
		0	BOPLA ET240	18,90 €	0,00 €	Dreifache Höhe, andere Befestigungslö
	Verschraubungen	8	BOPLA BF7	0,27 €	2,16 €	3-6,5mm Kabel Ø
		0	BOPLA BF11	0,35 €	0,00 €	5-10mm Kabel Ø
		8	BOPLA GM7	0,14 €	1,12 €	
		0	BOPLA GM11	0,15 €	0,00 €	
	PC-Anschlußkabel	1	AK 231	0,87 €	0,87 €	
	Präzisions-Potenziometer 5k	1	64W-5,0k	0,64 €	0,64 €	Für Kalibrierung Sensoren
			Gesamt:	76,35 €		

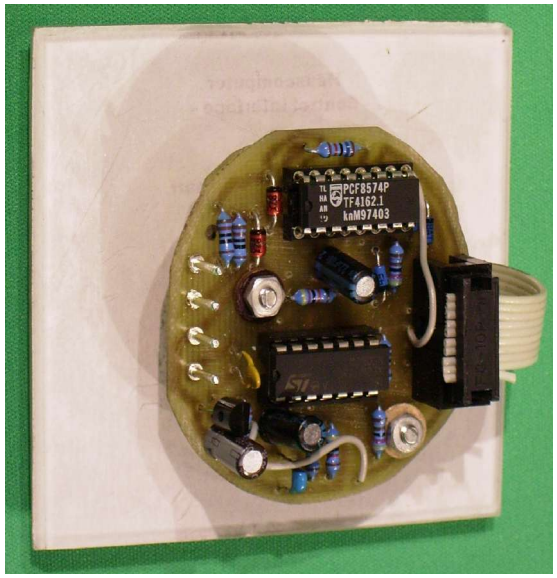
8. Das Control Interface (CI)

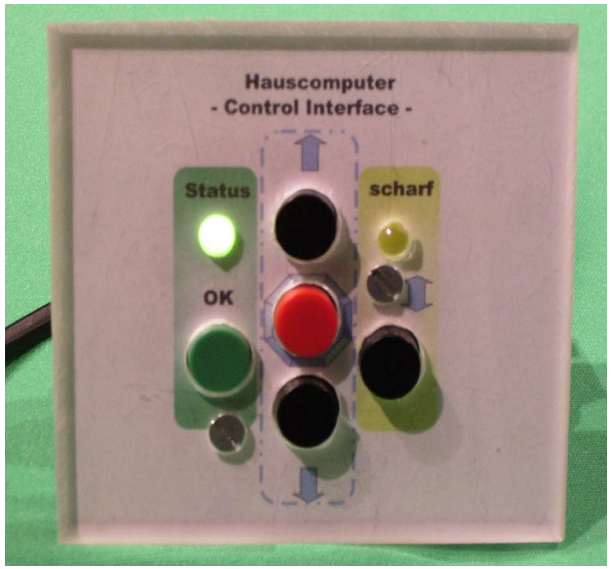
Das Projekt Hauscomputer als universelles Steuerungssystem benötigte bisher die PC Tastatur für die Menüführung. Für die Dauernutzung in einem Haus ist das natürlich etwas unbequem. So entstand die Idee einer Anwender freundlichen Eingabemöglichkeit: Das Control Interface (CI). Bereits seit Version 6.0.14 unterstützt das Programm so genannte „Bustasten“, d.h. Menütasten, die ihre Signale über den Hausbus zum PC senden und die gleiche Aktion wie entsprechende Betätigungen auf der PC Tastatur auslösen. Das Control Interface wurde so konstruiert, das es direkt an den Hausbus angeschlossen wird und zugleich nur wenige Bauelemente benötigt. Das CI kann somit in einer herkömmlichen Schalterdose platziert werden. Das CI belegt die binäre Adresse 0. Daraus ergeben sich zwei Vorteile: zum Einen ist die Reaktion des Programms auf einen Tastenbefehl sehr schnell, da das CI 9 mal je Sekunde abgefragt wird, zum Anderen können beliebig viele CIs gleichzeitig am Bus, bei voller Funktionalität, betrieben werden (!!!). Die manuelle Steuerung kann dann von verschiedenen Räumen erfolgen. Wenn das Programm Hauscomp.exe mit dem Hochfahren automatisch startet, wird die bisherige PC Tastatur praktisch überflüssig. Somit ließe sich eine Steuerung kompakt mit z.B. einem lüfterlosen Industrie-PC und einem A+D Interface in einem Gehäuse unterbringen.

Hinweis: Ein Control Interface sollte möglichst in der Nähe eines Hauscomputer-Bildschirms angeordnet werden!

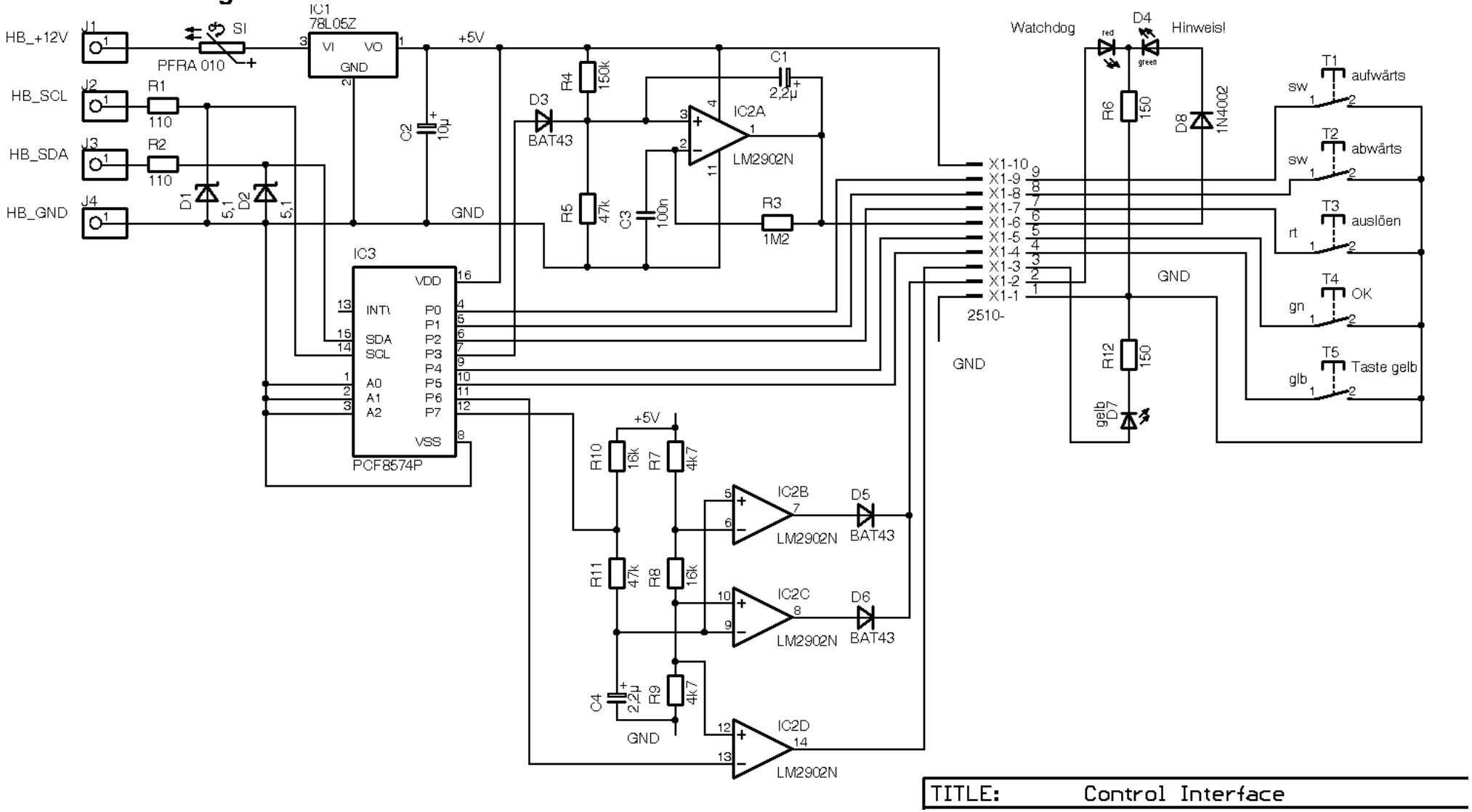
Das CI umfasst folgende Funktionen: Busankopplung mit Stromversorgung; Anschlüsse für Tasten und LEDs; eine Watchdog; ein Taktgenerator 3 Hz.







8.1. Die Schaltung



8.2. Die Schaltungsbeschreibung

Die gesamte Schaltung ist unkritisch. Die Stromversorgung erfolgt über den Hausbus. Es sind also nur die 4 Leitungen des Busses notwendig. Kernstück der Schaltung ist der bekannte I2C Baustein PCF8574. Dabei sind alle 8 Kanäle folgendermaßen belegt:

Adresse 0 Kanal 0: - Menütaste „aufwärts“

Kanal 1: - Menütaste „abwärts“

Kanal 2: - Menütaste „auslösen“

Kanal 3: - Ausgabe des Signals „Hinweis!“ - führt zum Blinken der grünen LED

Kanal 4: - Bestätigungstaste „OK“

Kanal 5: - frei belegbare Taste „gelb“

Kanal 6: - Ausgabe des frei programmierbaren Signals „Gelb!“

Kanal 7: - Ausgabe des Watchdogsignals vom PC – im Fehlerfall schaltet die Duo LED von grün auf rot.

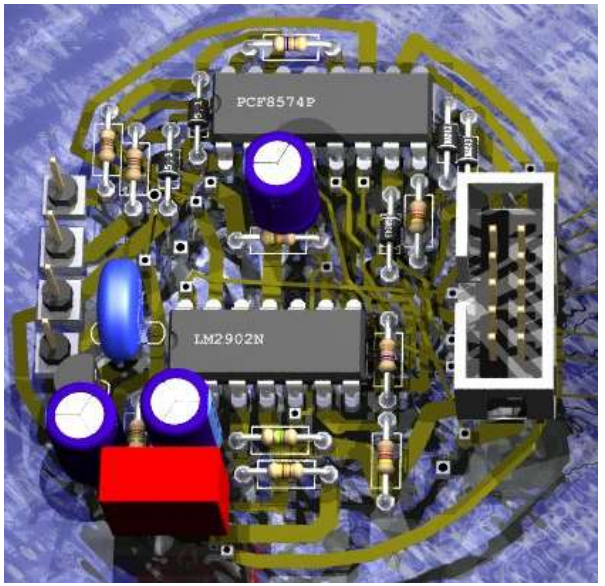


Abbildung 21 „coole“ 3D Darstellung

Die Bauelemente um IC2A bilden einen steuerbaren Blinkgeber, der die grüne LED in der DUO LED D4 ansteuert. Damit wird das Signal „Hinweis!“ abgebildet: blinkende bzw. konstant leuchtende grüne LED. Die Diode D8 ist notwendig, um beim Aufleuchten der roten LED die grüne zuverlässig zu blockieren.IC2B, IC2C bilden zusammen mit den entsprechenden Widerständen und den beiden Dioden einen Fensterdikriminator für die Spannung an C4. Beide sind so bemessen, das bei Ausfall des alternierenden Watchdogsignals innerhalb von 0,3s das rote Ausfallsignal gesetzt wird. Die gelbe LED ist zusammen mit der Taste „gelb“ für Anwendungen frei belegbar. Eine kompaktere Anordnung lässt wahrscheinlich selbst mit einem µPC nicht erreichen.

8.3. Die Einbindung des CI in die Hardware.ini / Hauscomp.ini

In der Hardware.ini wird lediglich der Watchdogkanal programmiert:

```
Watchdog= 0 7
```

Die Initialisierung des Control Interfaces beschränkt sich auf folgende Zeilen in der Hauscomp.ini:

```
Hinweis!=0 3
TasteOK= 0 4
Binär=hoch        0  0  0  72     /Signal "hoch"
Binär=runter      0  1  0  80     /Signal "runter"
Binär=Leertaste   0  2  0  32     /Signal "Auslösen"
Binär=Hinweis!    0  3  0  72     /Signal "Hinweis"
Binär=OK          0  4  0 111     /Signal "OK"
Binär=Taste_gelb  0  5  0         /Signal "Taste_gelb" – die Namen sind natürlich frei wählbar!
Binär=GELB!       0  6  1         /Signal "GELB!" – auch dieses „GELB!“ kann anders benannt werden!
```

Damit sind die Menütasten ausreichend beschrieben und praktisch verwendungsfähig. Einzig die frei verfügbaren Signale „Taste_gelb“, sowie „GELB!“ müssen irgendwo in der eigenen Anwendung eingebunden werden. Hier ein Beispiel für das Ein- bzw. Ausschalten der LED durch 5 s langes Betätigen der „Taste_gelb“:

```
  /Taste gelb abfragen und gelbe LED schalten
z=60  2 Taste_gelb    0   5  0   /Taste_gelb gedrückt
z=61  6 Geisterhaus! 60 -61 61 5 /Taste_gelb 5s gedrückt wechselnd EIN/AUS
z=62 31 LED_gelb     61  61 61 0   6   /gelbe LED schalten
```

Das SPS Modul 61 wird im obigen Beispiel durch die Tastenbetätigung umgeschalten und dient als Basis- Signal für eine zufallsgesteuerte Lampenschaltung bei Abwesenheit. Genauso gut ließe sich auch eine Alarmanlage scharf/ unscharf schalten.

Die Bestätigungstaste „OK“, mit der letztlich das Blinken abgestellt wird, kann natürlich auch mehrfach belegt werden – wenn die Taste längere Zeit betätigt wird, schaltet der Bildschirm auf verschiedene, frei programmierte Seiten. Eine sehr praktische Alltagsfunktion. Hier die Programmierung für den Aufruf von nacheinander acht verschiedenen (!!) Bildschirmseiten:

```
  /Taste OK Mehrfachbelegungen ab 2s
z=245  2 Taste_OK    0   4   2   /Taste_OK >=2s gedrückt
z=246 -94 OK_2s     11 245 245   /Anwenderseite (Seite 11) aufrufen wenn Taste OK >2s betätigt
z=247  2 Taste_OK    0   4   4   /Taste_OK >=4s gedrückt
z=248 -94 OK_4s    159 247 247   /Kalender (Seite 159) aufrufen wenn Taste OK >4s betätigt
z=249  2 Taste_OK    0   4   6   /Taste_OK >=6s gedrückt
z=250 -94 OK_6s     17 249 249   /Tagesinfo (Seite 17) aufrufen wenn Taste OK >6s betätigt
z=251  2 Taste_OK    0   4   8   /Taste_OK >=8s gedrückt
z=252 -94 OK_8s    156 251 251   /Sternenkarte (Seite 156) aufrufen wenn Taste OK >8s betätigt
```

```
z=253  2 Taste_OK    0   4  10   /Taste_OK >=10s gedrückt
z=254 -94 OK_10s    18 253 253   /Hausbus (Seite 18) aufrufen wenn Taste OK >10s betätigt
z=255  2 Taste_OK    0   4  12   /Taste_OK >=12s gedrückt
z=256 -94 OK_12s     1 255 255   /Hauptmenü (Seite 1) aufrufen wenn Taste OK >12s betätigt
z=257  2 Taste_OK    0   4  14   /Taste_OK >=14s gedrückt
z=258 -94 OK_10s   157 257 257   /Hausparameter (Seite 157) aufrufen wenn Taste OK >14s betätigt
z=259  2 Taste_OK    0   4  16   /Taste_OK >=16s gedrückt
z=260 -94 OK_12s   153 259 259   /Grafik (Seite 153) aufrufen wenn Taste OK >16s betätigt
```

Die drei Menütasten würde ich dagegen nicht mehrfach belegen. Die Bedienung des Programms könnte heikel werden.

8.4. Das Layout

Die praktische Ausführung des Control Interfaces besteht aus zwei Leiterplatten, die nach der Bestückung spiegelverkehrt gegeneinander geklappt zusammen mit der Frontplatte in einer Dose befestigt werden. Als Taster sind der Typ MTG ½ 1241.xx von REICHELT vorgesehen. Die ICs sollten gesockelt werden. Diese Tasten gibt es in verschiedenen Farben und Höhen.

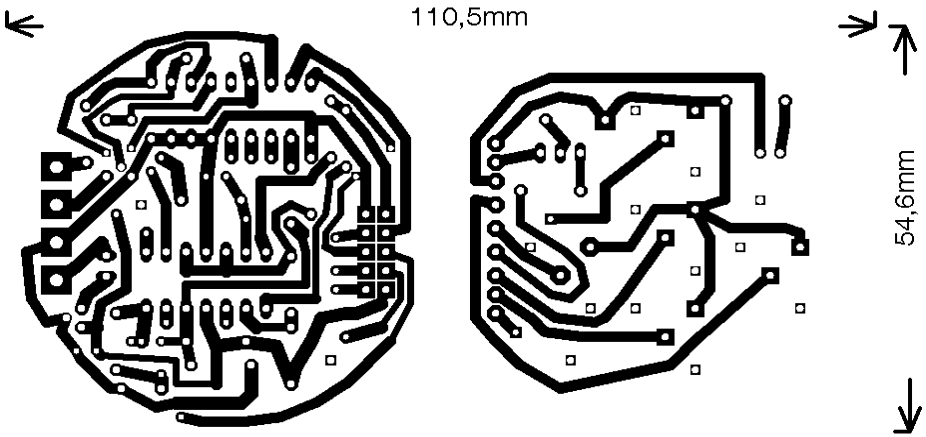


Abbildung 22 Platinenlayout Leiterseite, gespiegelt

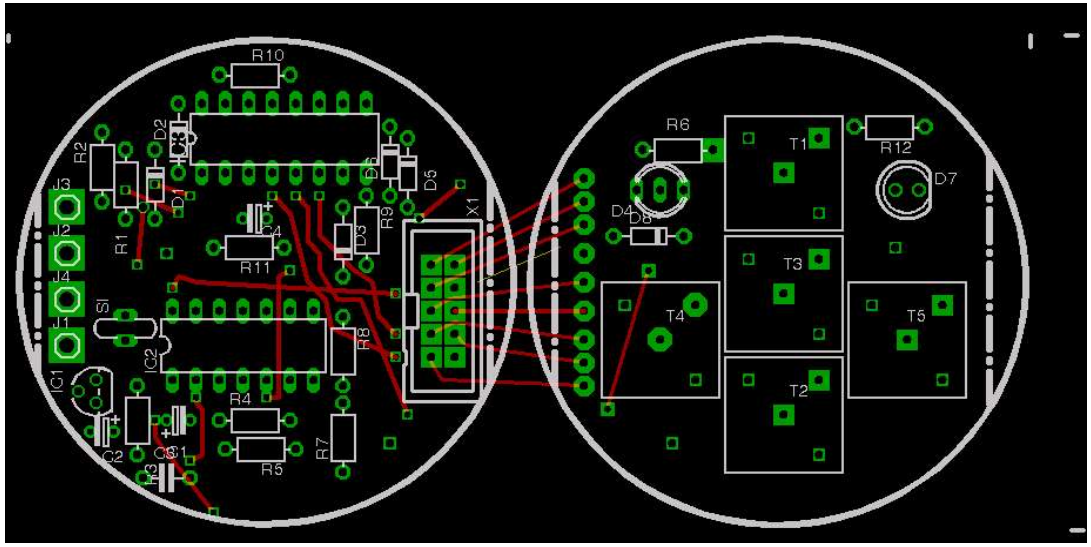


Abbildung 23 Bestückungsplan mit Brücken (rot)

Im Bestückungsplan ist die Verteilung der Komponenten ersichtlich: während die linke Platine im wesentlichen die ganze Elektronik enthält, muss die rechte Platine durch den Anwender nicht unbedingt in dieser Form genutzt werden. Beliebige Tasten und dementsprechend verschiedene Tastenlayouts sind denkbar. Sinnvoll wäre z.B. eine Anordnung der Tasten im Rahmen eines TFT- Bildschirms. Das obige Layout und die Frontplattengestaltung sind als Vorschlag gedacht. Das gesamte Projekt mit den zugehörigen Hardware.ini / Hauscomp.ini ist auf der Projekt CD im Verzeichnis

..Eagle_4.16_light_Projekte\projects\Control Interface

enthalten. Neben dem Frontplattenentwurf (Openoffice Zeichnung) findet man dort auch die originalen EAGLE *.sch/*.brd Dateien. In diesen Dateien sieht man auch etwas besser die beiden Befestigungsbohrungen auf den Leiterplatten.

9. Das 230V Schaltinterface

Da gute kommerzielle Steuerungen immer noch sehr teuer sind, entstand das folgende, auf Heizungssysteme optimierte Schaltinterface. Damit können in einem Gehäuse alle relevanten Baugruppen (bei Bedarf auch ein Industrie-PC!) untergebracht werden. Das Interface kann neben der Heizung natürlich weit mehr steuern, regeln oder Daten sammeln. **Vorsicht:** Da in diesem Projekt Netzspannungen von 230V auftreten, darf der Aufbau nur durch Fachkundige erfolgen! Deshalb ist die folgende Beschreibung auch recht knapp gehalten. Wer sich auskennt, dem reicht in der Regel auch nur der Schaltplan :-).

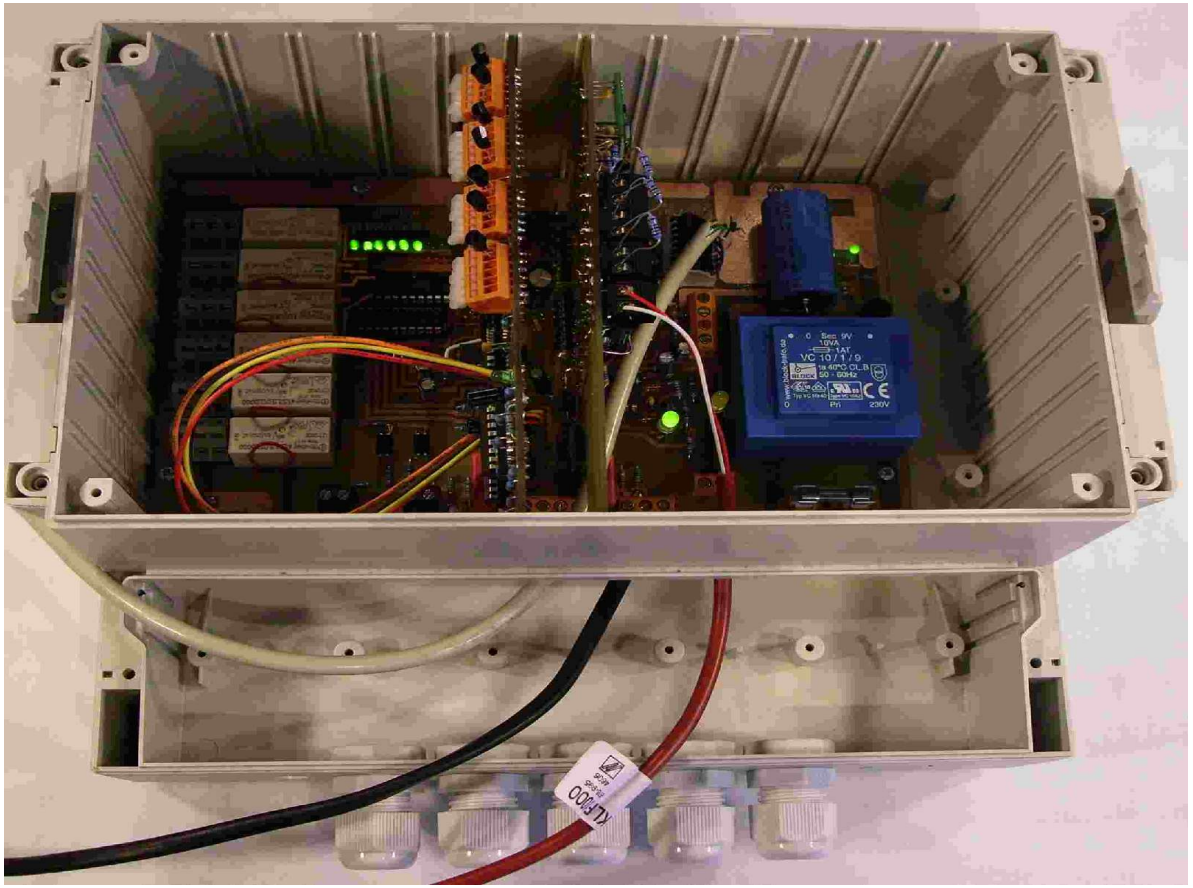


Abbildung 24Prototyp des Schaltinterfaces im Reglergehäuse mit 8-Kanal Temperatur/PWM-Interface und 4-Kanal PT1000 Präzisionsinterface

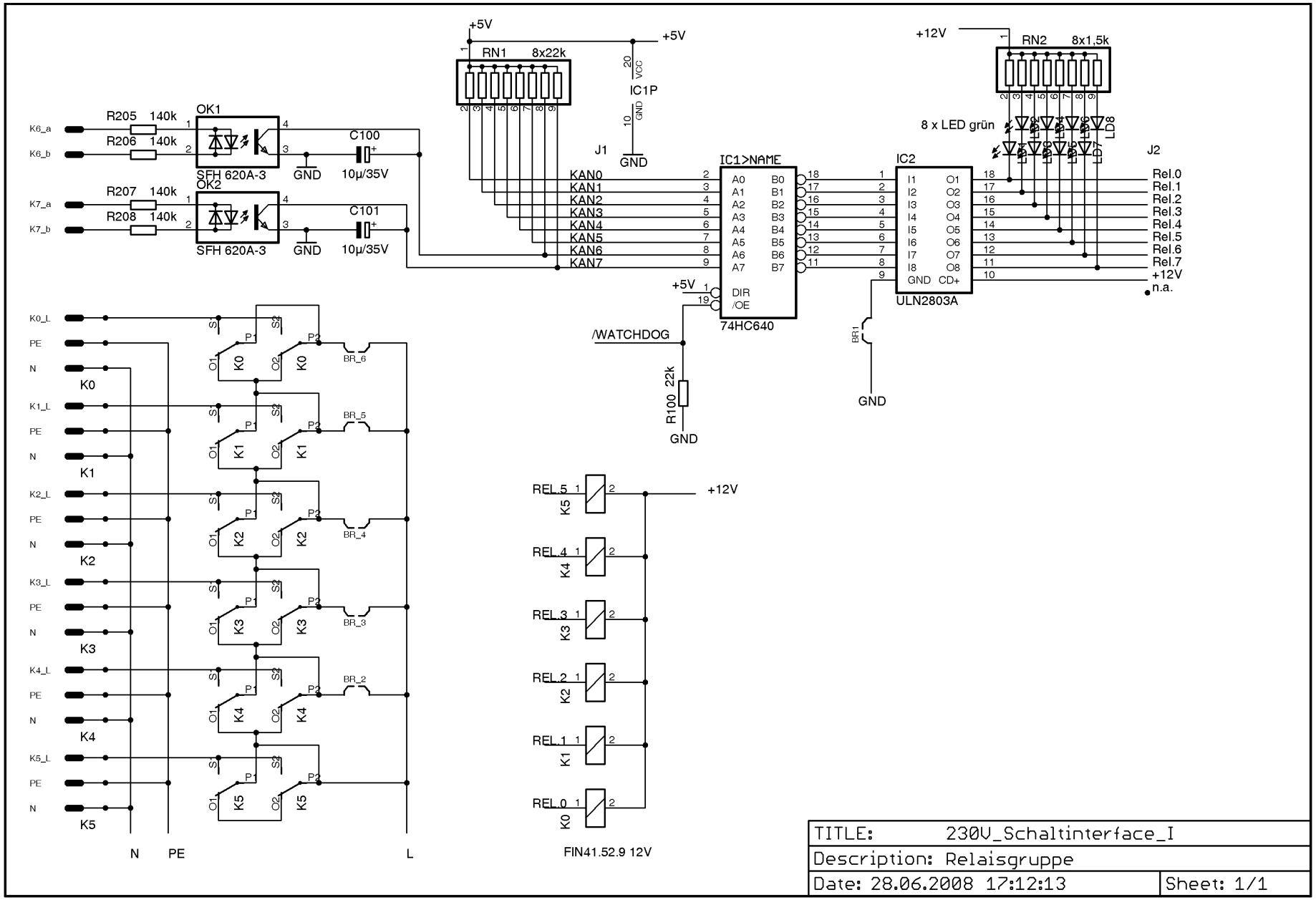
9.1. Technische Daten

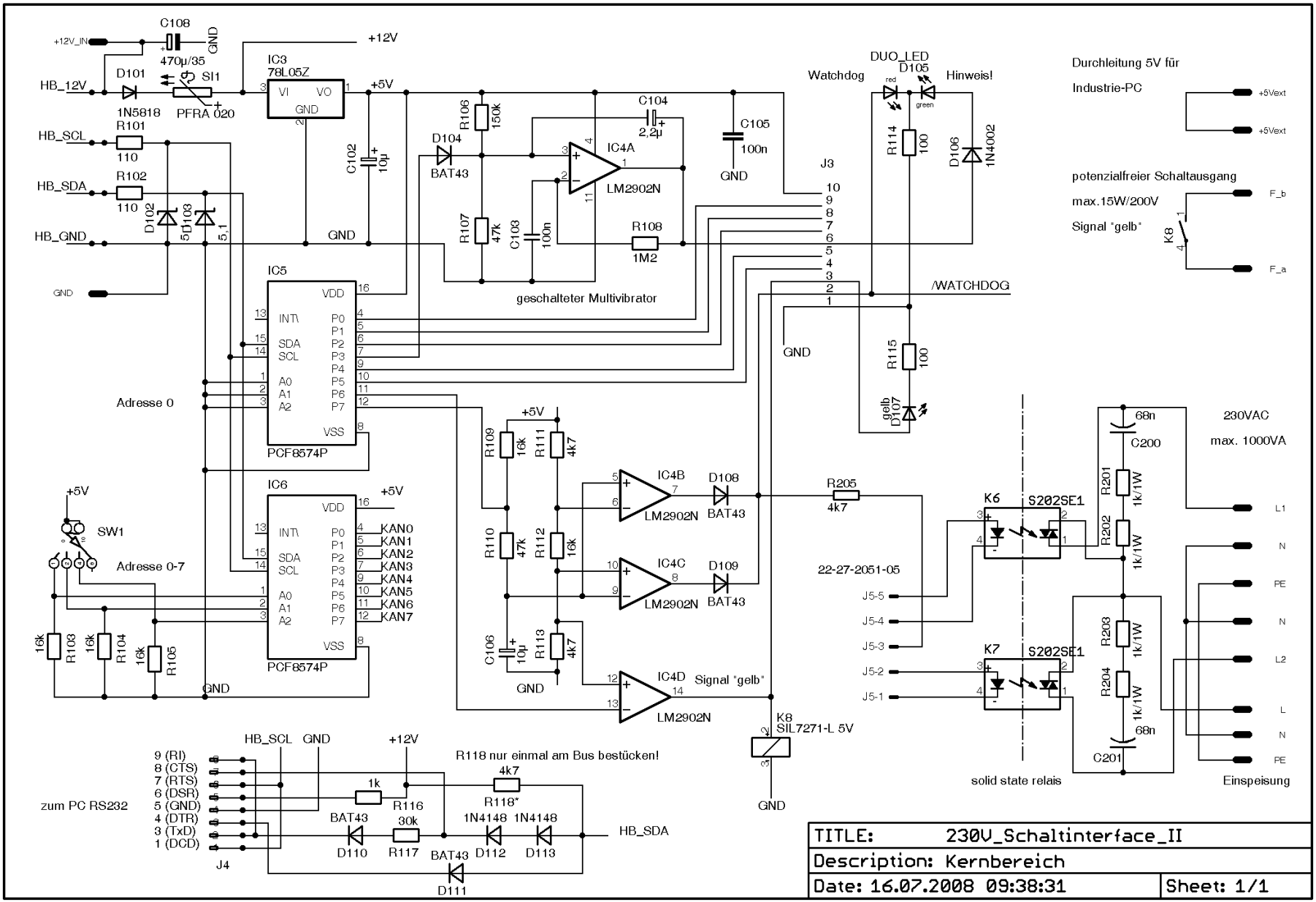
- 6 Relaisausgänge 230 V; 1000 VA max. Gesamtleistung (bei Verstärkung der entsprechenden Leiterzüge bis zu 6 x 2000 VA möglich).
- 2 potentialgetrennte 230 V Eingänge.
- PC Anschluss mit integriertem SDA-Korrekturadapter zur Vergrößerung der Reichweite des Busses.
- Hausbus-Verteilerfeld für den Anschluss weiterer Interface sowohl über Kabel, als auch direkt steckbar. Hinweis: der Pull-Up Buswiderstand R118 ist im Bus nur einmal einzusetzen!!!
- Binär Adresse 1 bis 7 einstellbar (damit bis zu 7 dieser Schaltinterface an einem Bus anschließbar).
- Integriertes Control Interface (CI) zur Bedienung der Software über Tasten. Das CI belegt immer die Binär Adresse „0“.
- Integrierte Watchdog zur vollautomatischen Blockierung der Relais bei Ausfall des PCs bzw. der Software; Erkennung und Sicherheitsabschaltung der Relais nach max. 1 s.
- Leiterplatte ist optimiert für den Einsatz in Gehäuse a) Bopla ET 240-(250x160x90mm) und b) Bopla RCP 3100 (Reglergehäuse 290x261x132mm).
- Integrierte 12V Stromversorgung für alle Interface (über Hausbus).
- Stromaufnahme der Elektronik (+12V): 38...240 mA je nach Schaltzustand der Relais (d.h. max. 3W). Selbstrückstellende Sicherungen im Elektronikteil, Feinsicherung für Netzteil. Kriechstrecken Elektronik – Leistungskreis von >8 mm (außer Solid State Relais: 5,8 mm)
- Absicherung des Leistungskreises bleibt Anwender überlassen: z.B. Kaltgerätesteckdose mit Sicherung oder zentraler Sicherungsautomat.
- Die Schaltung enthält bereits 2 Solid State Relais zur freien Verfügung. Das 8-Kanal-Interface nutzt sie für PWM- Steuerung von Pumpen.

9.2. Die Schaltungsbeschreibung

Die Ansteuerung der Relais und der Zustands-LEDs erfolgt über einen Inverter/Verstärker 74HC640. Zugleich blockiert er die Signale bei fehlendem Watchdogsignal. Ein Leistungstreiber ULN2803A schaltet die Relais und Kontroll-LEDs. Über den Anschluss J2 kann man zusätzliche LEDs (z.B. im Gehäusedeckel) zur besseren Übersicht anschließen. Diese müssen aber ebenfalls mit einem Vorwiderstand von 1,5 k betrieben werden. Die 230V Eingänge sind über 2 hochohmige Widerstände mit einem Wechselspannungs- Optokoppler verbunden. Die nachfolgenden Elkos glätten die übertragenen Halbwellen. Eine Besonderheit sind die Brücken 2..6 im Leistungskreis: sie sind immer zu bestücken, es sei denn, zwei gegenseitig ausschließende Lasten sollen geschaltet werden. Z.B. sollten bei einem Mischer-Motor nicht gleichzeitig beide Richtungen angesteuert werden. Angenommen, K0 und K1 steuern einen Mischer, so wäre die Brücke 5 dauerhaft zu entfernen. Die Last an K1 schaltet dann nur, wenn Relais K1 EIN ist und RelaisK0 AUS ist!

Hinweis: Beim Aufbau einer Heizungssteuerung kann es sinnvoll sein, die Relais für den Brenner und die Heizkreis-Pumpe umzulöten von Schließer – auf Öffnerbetrieb. Beim Ausfall der Steuerung geht dann der Brenner automatisch an (in den Grenzen des separaten Thermostatreglers für Handbetrieb). Werden induktive Lasten (Mischer, Pumpen) an die mechanischen oder Halbleiter- Relais angeschlossen, so sind unbedingt Varistoren mit einer Durchbruchspannung von 270..300V parallel zur Last zu schalten (z.B. VDR-0,6 300V von REICHELT)!

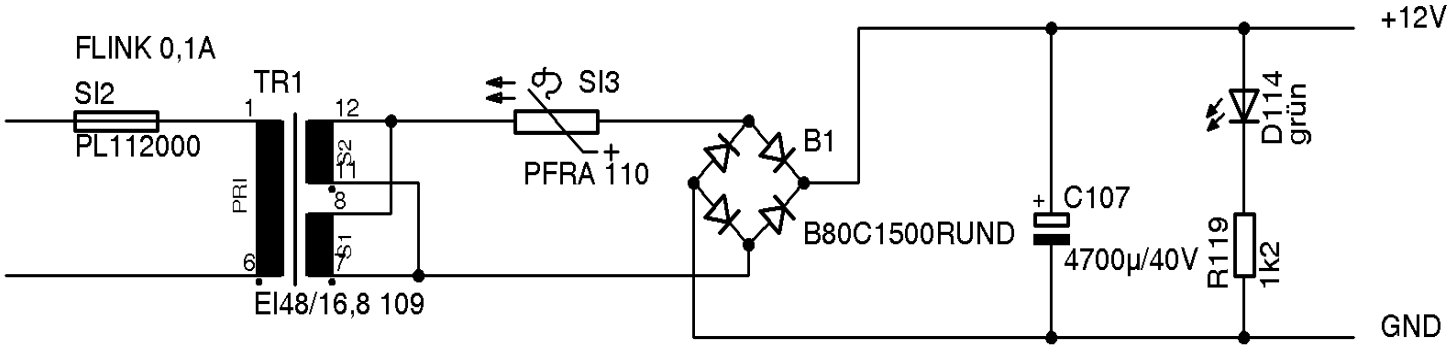

+5V
RN1 8x22k
IC1P
VCC
GND
J1
IC1>NAME
74HC640
DIR
/OE
/WATCHDOG
R100 22k
+12V
RN2 8x1,5k
8 x LED grün
LD1
LD2
LD3
LD4
LD5
LD6
LD7
LD8
J2
IC2
ULN2803A
Rel.0
Rel.1
Rel.2
Rel.3
Rel.4
Rel.5
Rel.6
Rel.7
n.a.
BR1
R205 140k
R206 140k
R207 140k
R208 140k
OK1
OK2
SFH 620A-3
C100
C101
10µ/35V
K6_a
K6_b
K7_a
K7_b
KAN0
KAN1
KAN2
KAN3
KAN4
KAN5
KAN6
KAN7
K0_L
K1_L
K2_L
K3_L
K4_L
K5_L
PE
N
K0
K1
K2
K3
K4
K5
BR_6
BR_5
BR_4
BR_3
BR_2
REL_5
REL_4
REL_3
REL_2
REL_1
REL_0
FIN41.52.9 12V
TITLE: 230V_Schaltinterface_I
Description: Relaisgruppe
Date: 28.06.2008 17:12:13
Sheet: 1/1


C108
470µ/35
+12V_IN
GND
D101
1N5818
SI1
PFRA 020
HB_12V
IC3
78L05Z
VI
VO
GND
+12V
+5V
C102
10µ
R101
110
HB_SCL
R102
110
HB_SDA
D102
5,1
D103
5,1
HB_GND
GND
R106
150k
D104
BAT43
C104
2,2µ
IC4A
LM2902N
C105
100n
R107
47k
C103
100n
R108
1M2
geschalteter Multivibrator
J3
DUO_LED
D105
Watchdog
Hinweis!
red
green
R114
100
D106
1N4002
/WATCHDOG
R115
100
gelb
D107
Durchleitung 5V für
Industrie-PC
+5Vext
+5Vext
potenzialfreier Schaltausgang
max.15W/200V
Signal "gelb"
K8
F_b
F_a
IC5
PCF8574P
INT\
SDA
SCL
A0
A1
A2
VDD
VSS
P0
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
Adresse 0
IC6
PCF8574P
KAN0
KAN1
KAN2
KAN3
KAN4
KAN5
KAN6
KAN7
Adresse 0-7
SW1
+5V
R103
16k
R104
16k
R105
16k
R109
16k
R111
4k7
R110
47k
R112
16k
R113
4k7
C106
10µ
IC4B
IC4C
IC4D
LM2902N
D108
D109
BAT43
Signal "gelb"
R205
4k7
22-27-2051-05
J5-5
J5-4
J5-3
J5-2
J5-1
K6
K7
S202SE1
R201
R202
R203
R204
1k/1W
68n
C200
C201
230VAC
max. 1000VA
L1
N
PE
N
L2
L
N
PE
Einspeisung
solid state relais
K8
SIL7271-L 5V
zum PC RS232
9 (RI)
8 (CTS)
7 (RTS)
6 (DSR)
5 (GND)
4 (DTR)
3 (TxD)
1 (DCD)
J4
HB_SCL
GND
+12V
R118 nur einmal am Bus bestücken!
1k
R116
30k
4k7
R118*
BAT43
D110
R117
BAT43
D111
1N4148
D112
1N4148
D113
HB_SDA
TITLE: 230V_Schaltinterface_II
Description: Kernbereich
Date: 16.07.2008 09:38:31
Sheet: 1/1

Die zentrale Elektronik setzt sich aus den bekannten Elementen Bus-Anschluss, SDA Korrektur, PCF8574P (IC6) für die Relais und Optokoppler, PCF8574P (IC5) und LM2902 (IC4) für das CI zusammen.

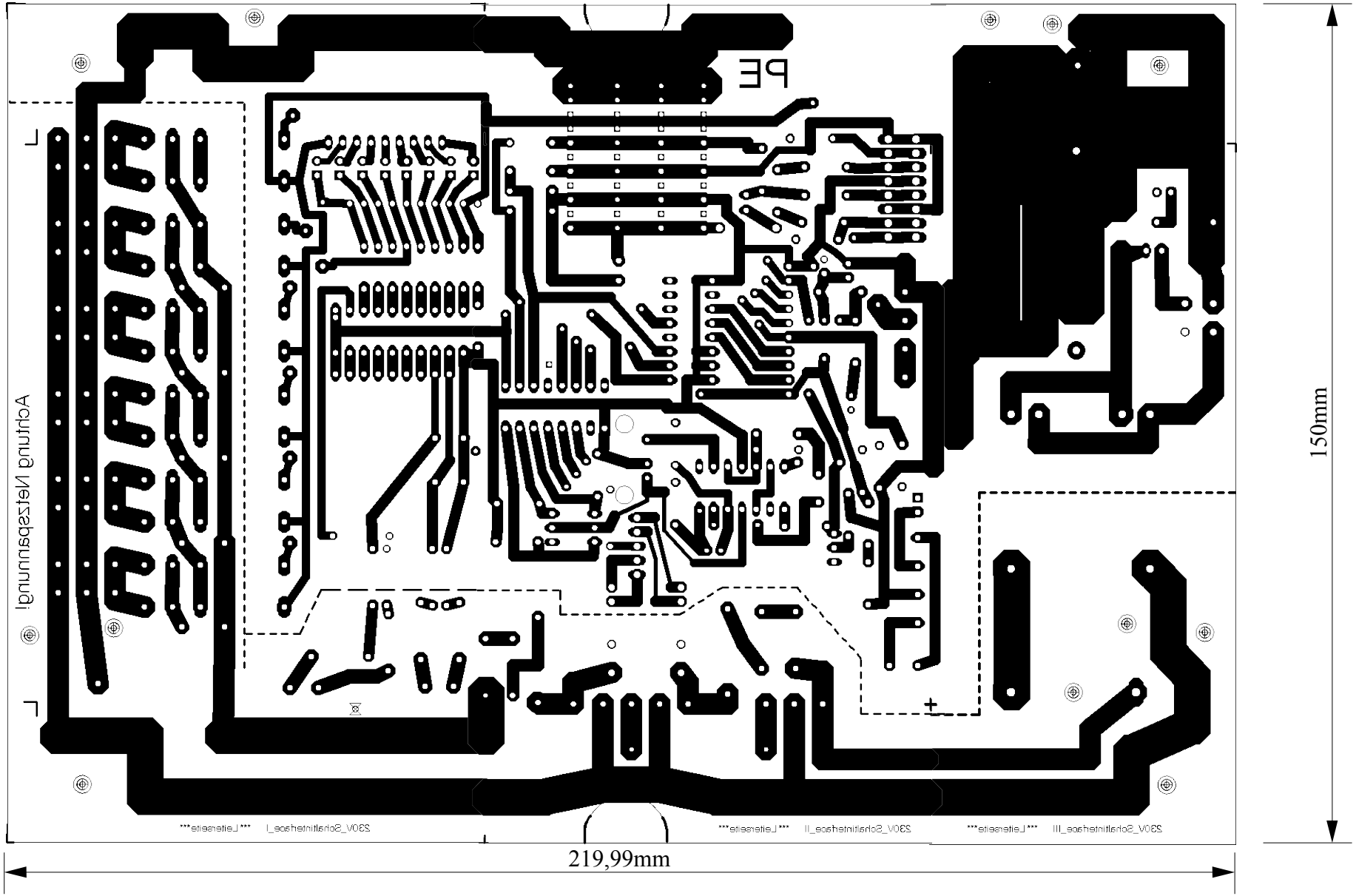
Zusätzlich wurden 2 Solid State Relais auf der Platine positioniert, die vom 8-Kanal-Interface über den Anschluss J5 angesteuert werden. Damit sind neben Schaltanwendungen auch PWM/Impulspaketsteuerungen möglich. Denkbar ist auch über Vorwiderstände der Anschluss als Relais 6/7 bei Verzicht auf die 230V Eingänge. Dazu sind J5-2 und J5-5 mit jeweils einem Widerstand 1,5k mit +12V zu verbinden und J5-1 und J5-4 an Pin 12 und 11 von IC anzuschließen. Über Pin 3 des J5 wird die Ausfallsignalisation (Watchdog) an das 8-Kanal-Interface zurück übermittelt, das dann die Solid State Relais sperrt.

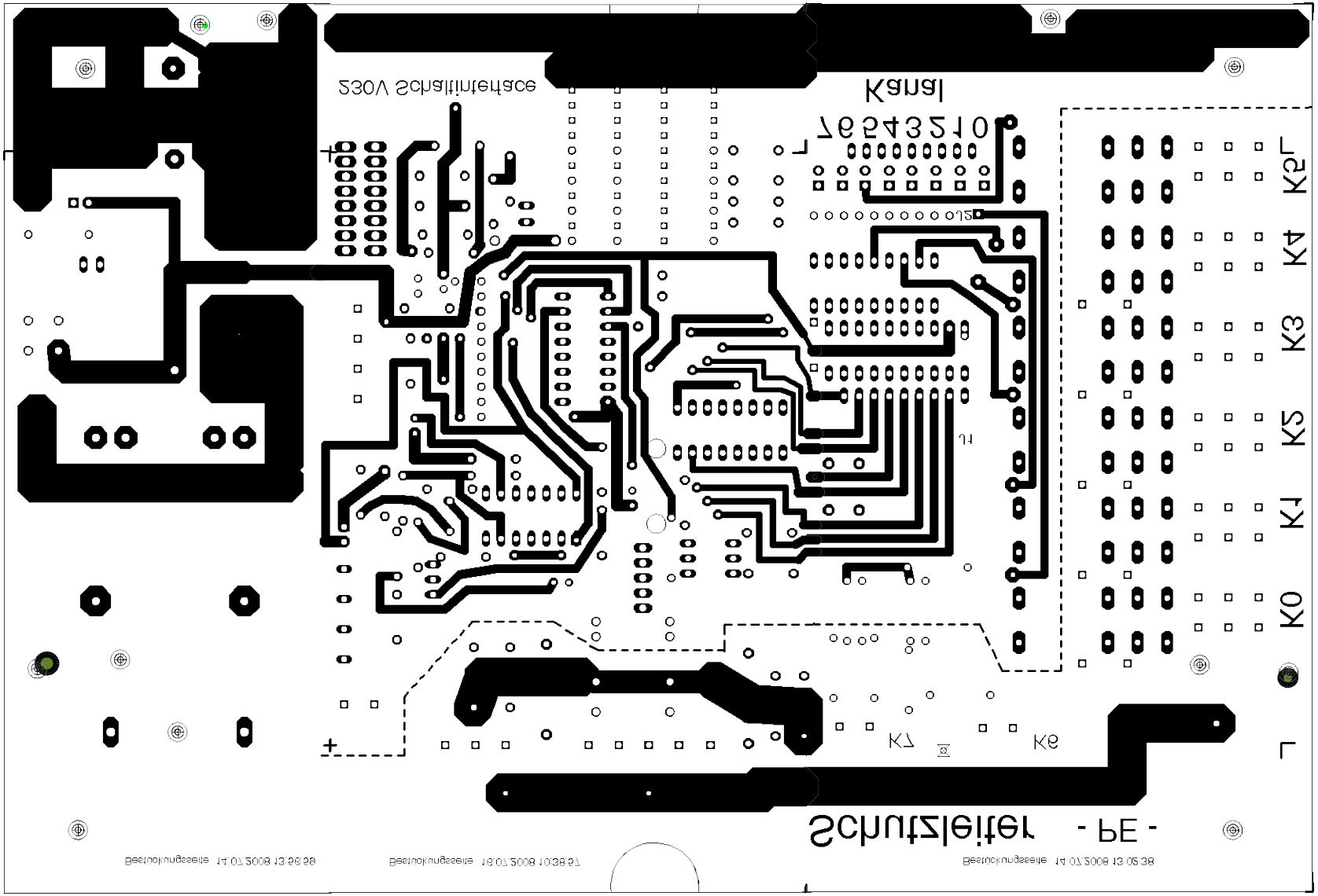
Die Spannungsversorgung erfolgt herkömmlich über einen Transformator mit Gleichrichtung und Sieb-Kondensator. Sie liefert ca. 1A bei +12V. Das sollte für den gesamten Hausbus reichen. Man kann diesen Leiterplattenteil auch unbestückt lassen. Dann ist ausreichend Platz für ein handelsübliches Schaltnetzteil. Für die Einspeisung dienen die Buchsen 5Vext., 12V_IN und GND. Die Variationsmöglichkeit dient dem Einbau eines Industrie-PCs, der +5V bei ca. 0,8A benötigt. Dabei ist sorgfältig auf entsprechende Wärmeabführung zu achten, da in einem geschlossenen Gehäuse maximal 7W Leistung „verbraten“ werden sollte. Z.B. bei 2 Schaltinterface mit 2 Gehäusen dient eines zur Aufnahme des PCs (3W Interface + 4W PC) und das andere zur Aufnahme des gemeinsamen Schaltnetzteiles (3W Interface + 4W Schaltnetzteil). Alternativ kann man das Netzteil auch außerhalb des Gehäuses anbringen.

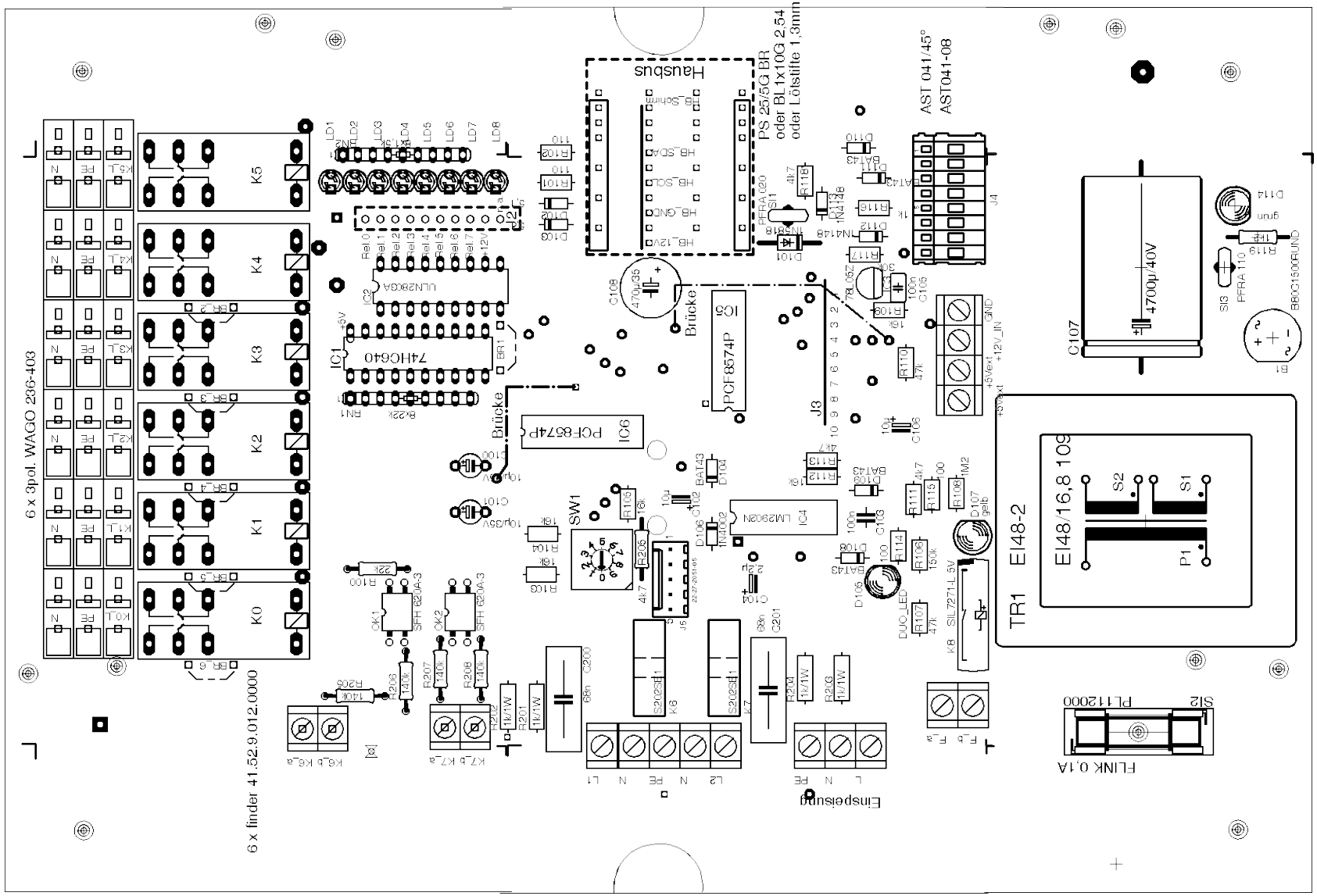


9.3. Das Platinenlayout

Auf den folgenden Seiten sind nacheinander die Leiterseite, die Topseite, und der Bestückungsplan gelistet. Das fertig aufgebaute Interface wird an den Einspeiseklemmen mit 230V verbunden. Der Schutzleiter- Anschluss dient zum Einen der höheren Sicherheit beim Betrieb des Interface. Eventuell auftretendes Schwitzwasser kann sonst Querströme in den Hausbus leiten. Zum Anderen ist oft auch an den anzuschließenden Aktoren ein Schutzleiter notwendig. Vor der Bestückung sind die Löcher für die Befestigungsschrauben zu bohren – beim Reglergehäuse sollten die Aufsteckplatinen auch in die Führungsschinen passen. Die Bohrungen für den Sicherungshalter Si2 sind bei Bedarf von Hand zu korrigieren. An Stelle der Solid-State-Relais S202SE1 können auch S202S01 verwendet werden. K6 ist dabei für die ungerade und K7 für die gerade Adresse zuständig.


PE
Achtung Netzspannung
150mm
219,99mm

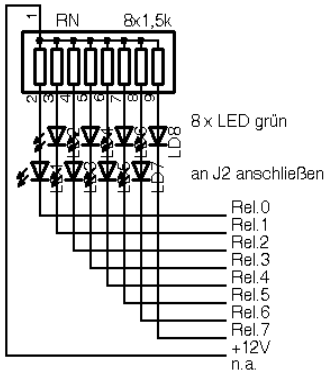



6 x 3pol. WAGO 236-403
6 x finder 41.52.9.012.0000
K0
K1
K2
K3
K4
K5
74HC640
ULN2803A
PCF8574P
LM2902N
Brücke
Hausbus
PS 25/5G BR
oder BL1x10G 2,54
oder Lötstifte 1,3mm
AST 041/45°
AST041-08
TR1 EI48-2
EI48/16,8 10g
S1
S2
P1
4700µ/40V
FLINK 0,1A
Einspeisung

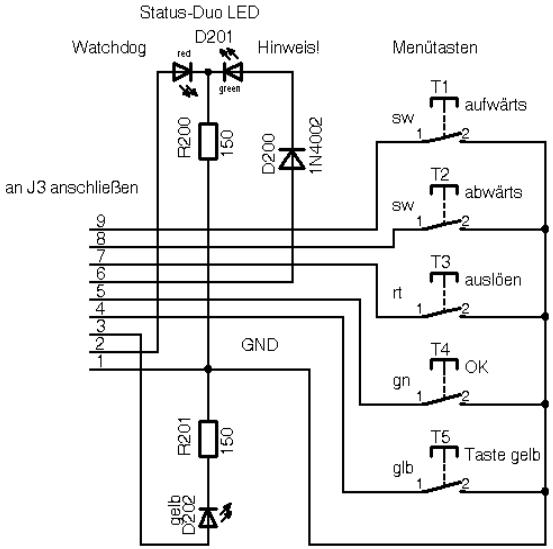
9.4. optionale Baugruppen, Bestellliste

An das Schaltinterface können die gleichen Bedien- und Anzeigeelemente wie am Control-Interface angeschlossen werden. Eine zusätzliche Kanalanzeige ist an J2 ansteckbar.

zusätzliche Kanalanzeige



Bedienteil des CI



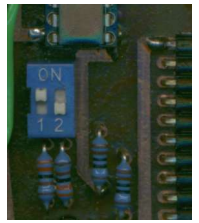
Bestellliste für Schaltinterface

Bestellnummer REICHELT	Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis (März 2008)	Gesamt
BEL 250x150-2	Basismaterial für Leiterplatte	1	4,70 €	4,70 €
RAD 10/35	Kondensator C100,101,102,106	4	0,04 €	0,16 €
RAD 2,2/63	Kondensator C104	1	0,04 €	0,04 €
Z5U-5 100n	Kondensator C103, C105	2	0,06 €	0,12 €
AX 4.700/40	Kondensator C107	1	2,10 €	2,10 €
RAD 470/35	Kondensator C108	1	0,14 €	0,14 €
MKP-10-630 68N	Kondensator C200, C201	2	0,49 €	0,98 €
74HC640	IC 1	1	0,56 €	0,56 €
ULN2803A	IC 2	1	0,41 €	0,41 €
_µA78L05	IC 3	1	0,10 €	0,10 €
LM2902DIL	IC 4	1	0,12 €	0,12 €
PCF8574P	IC 5, IC 6	2	1,85 €	3,70 €
B80C1500RUND	Gleichrichter B1	1	0,14 €	0,14 €
SFH 620A-3	Optokoppler OK1, OK2	2	0,56 €	1,12 €
LED 3MM GN	LED LD1-LD8	8	0,05 €	0,40 €
LED 5MM GE	LED D107	1	0,05 €	0,05 €
LED 5 RG-3	DUO LED D105	1	0,15 €	0,15 €
LED 5MM GN	LED D114	1	0,05 €	0,05 €
S202 S01	Solid-State-Relais K6, K7	2	3,75 €	7,50 €
1N5818	Schottky Diode 1A D101	1	0,06 €	0,06 €
BAT43	Schottky Diode D104, 108-111	5	0,09 €	0,45 €
1N4148	Diode D112,113	2	0,02 €	0,04 €
1N4002	Diode D106	1	0,02 €	0,02 €
ZD 5,1	Z-Diode D102, D103	2	0,06 €	0,12 €
PFRA 020	Polymer PTC 0,4A SI1	1	0,47 €	0,47 €
PFRA 110	Polymer PTC 1,1 A SI3	1	0,57 €	0,57 €
FLINK0,1A	Feinsicherung 0,1A SI2	1	0,28 €	0,28 €
PL 112000	Sicherungshalter 5x20	1	0,12 €	0,12 €
FIN 41.52.9 12V	Relais K0-K5	6	1,65 €	9,90 €
SIL 7271D 5V	Relais	1	1,40 €	1,40 €
SIL 9-8 22k	Widerstand RN1	1	0,12 €	0,12 €
SIL 9-8 1,5k	Widerstand RN2	1	0,12 €	0,12 €
Metall 140k	Widerstand	4	0,08 €	0,32 €
Metall 22k	Widerstand R100	1	0,08 €	0,08 €
Metall 110	Widerstand R101, R102	2	0,08 €	0,16 €
Metall 150k	Widerstand R106	1	0,08 €	0,08 €
Metall 47k	Widerstand R107, R110	2	0,08 €	0,16 €
Metall 1,2M	Widerstand R108	1	0,08 €	0,08 €
Metall 16k	Widerstand R109, R112, R103-R105	5	0,08 €	0,40 €
Metall 4,7k	Widerstand R111, R113, R118	3	0,08 €	0,24 €
Metall 1k	Widerstand R116	1	0,08 €	0,08 €
Metall 30k	Widerstand R117	1	0,08 €	0,08 €
Metall 100	Widerstand R114, R115	2	0,08 €	0,16 €
Metall 1,2k	Widerstand R119	1	0,08 €	0,08 €
1W 1k	Widerstand R201-R204	4	0,15 €	0,60 €
Metall 4,7k	Widerstand R207	1	0,08 €	0,08 €
KDR 10	Codierschalter SW1	1	2,00 €	2,00 €
EI 48/16,8 109	Trafo 9V/1,1A	1	4,85 €	4,85 €
BL 1x10G 2,54	Buchsenleiste J1, 2x Hausbus	3	0,70 €	2,10 €
PS 25/10G BR	Stift-u.Buchsenleiste J2, 2xHausbus	3	1,15 €	3,45 €
PS 25/10G WS	Stift-u.Buchsenleiste J3	1	1,25 €	1,25 €
AST041-08	AST041 J4	1	1,50 €	1,50 €
WAGO 236-403	Klemmleiste 3pol. K0-K5	6	0,53 €	3,18 €
AKL101-02	Klemmleiste 2pol.	3	0,13 €	0,39 €
AKL101-03	Klemmleiste 3pol.	1	0,21 €	0,21 €
AKL101-04	Klemmleiste 4pol.	1	0,28 €	0,28 €
AKL101-05	Klemmleiste 5pol.	1	0,34 €	0,34 €
PS 25/5G BR	Stift-u.Buchsenleiste J5	1	0,63 €	0,63 €
Bopla ET-240	Gehäuse	1	22,30 €	22,30 €
Bopla RCP2500	Alternatives Reglergehäuse	0	51,30 €	0,00 €
MBF 16	Kabelverschraubung 5-10mm	8	0,31 €	2,48 €
MGM 16	Gegenmutter, metrisch	8	0,14 €	1,12 €
Optional:				
SIL 9-8 1,5k	Widerstand RN3	1	0,12 €	0,12 €
MEN2632.8320	LED Array 3mm	1	2,50 €	2,50 €
Metall 150	Widerstand R200, R201	2	0,08 €	0,16 €
1N4002	Diode D200	1	0,02 €	0,02 €
LED 5MM GE	LED D202	1	0,05 €	0,05 €
LED 5 RG-3	DUO LED D201	1	0,15 €	0,15 €
Taster 1032.7	Taster T1-T3	3	0,90 €	2,70 €
Taster 1032.5	Taster T4	1	0,90 €	0,90 €
Taster 1032.6	Taster T5	1	0,90 €	0,90 €
	Gesamt:			92,39 €

10. Das 8-Kanal-Sensor-Interface

In der praktischen Anwendung des Projektes „Hauscomputer selbst gebaut“ zeigte sich, dass oftmals eine Vielzahl von Temperatursensoren an einem zentralen Ort (z.B. Heizung) gewünscht werden. Zugleich sollte die Möglichkeit einer PWM Steuerung von 230V – Lasten (el. Heizungen oder Pumpen), wie im Hardware Band 2 beschrieben, möglich sein. So entstand dieses Interface, dass auf das 230V Interface aufgesteckt oder über Kabel mit dem Hausbus verbunden wird. Es ist ausgelegt für die Messung von 8 Temperaturen, wahlweise mit Sensoren vom Typ KTY81-122 oder PT1000. Das Interface belegt 2 einstellbare analoge Adressen:

SW1 1-4	*SW1 2-3*	*Adresse IC6*	*Adresse IC7*
off	off	6	7
off	**on**	**2**	**3 -->**
on	off	4	5
on	on	0	1



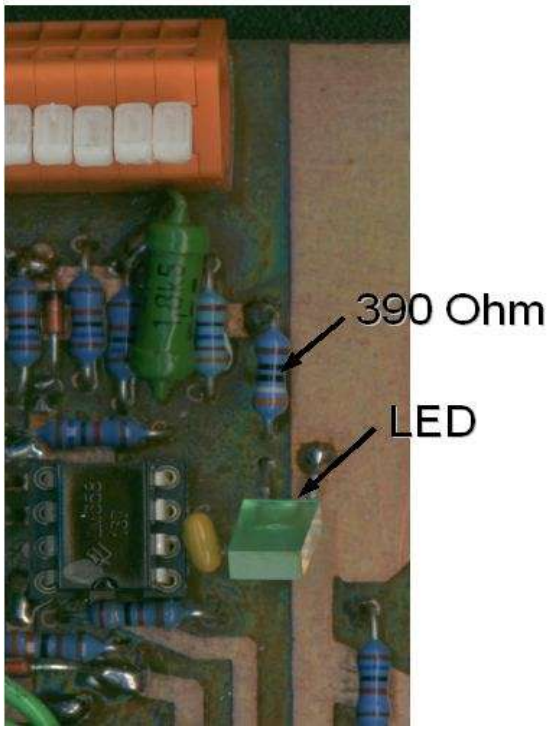
10.1. Die Schaltungsbeschreibung der Temperatur - Messumformer

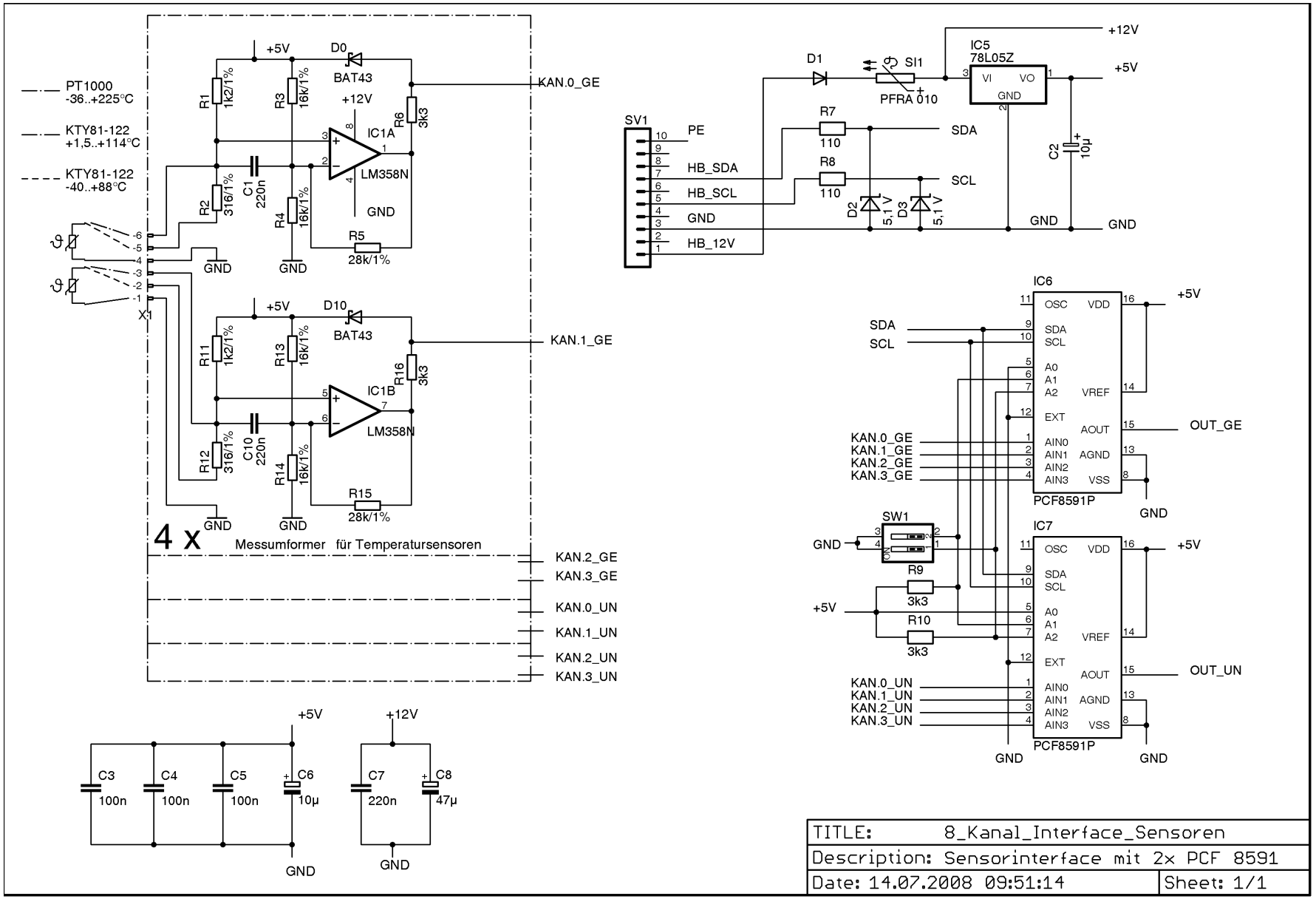
8 identisch aufgebaute Temperatur-Messumformer sorgen für die Umwandlung des Widerstandes der Temperatursensoren in jeweils eine Ausgangsspannung von 0,55..+5V. Leider kann der Bereich 0..+0,55V nicht genutzt werden, hier wurde auf die teureren „Rail to Rail“-OPVs verzichtet. 2 PCF8591P wandeln diese Spannungen mit einer Auflösung von 8 Bit digital um und stellen sie dem Hausbus zur Verfügung. Die Messumformer wurden einheitlich für 3 verschiedene Temperaturbereiche, je nach Anschluss des Sensors, ausgelegt - es müssen keine unterschiedlichen Widerstände bestückt werden:

Temperatursensor	*Angeschlossen an:*	*Temperaturbereich*	*Auflösung*	*Anwendungen*
KTY81-122	1-3 bzw. 4-6	+1,5...+114 °C	ca. 0,5 °C	Heizung, Warmwasser
KTY81-122	1-2 bzw. 4-5	-40...+88 °C	ca. 0,5 °C	Innen-/ Außentemperaturen
PT 1000	1-3 bzw. 4-6	-36...+225 °C	ca. 1 °C	Heizung, Sonnenkollektoren

Die Schaltungstechnik ist einfach – je ein Operationsverstärker verstärkt die Brückenspannung von drei festen Widerständen und dem Temperatursensor. Als Referenzspannung dient die 5V Spannungsversorgung. Der Ausgang des OPVs gelangt über R x6 zu dem 4- Kanal A/D Wandler PCF8591. Eine Schottkydiode D x0 verhindert Überspannungen am Wandlereingang. Mit 2 Dip-Schaltern kann dem Interface ein Analog- Adresspaar zugeordnet werden. So lassen sich bis zu 4 dieser Interfaces bzw. 32 Temperatursensoren gleichzeitig an einem Bus betreiben.

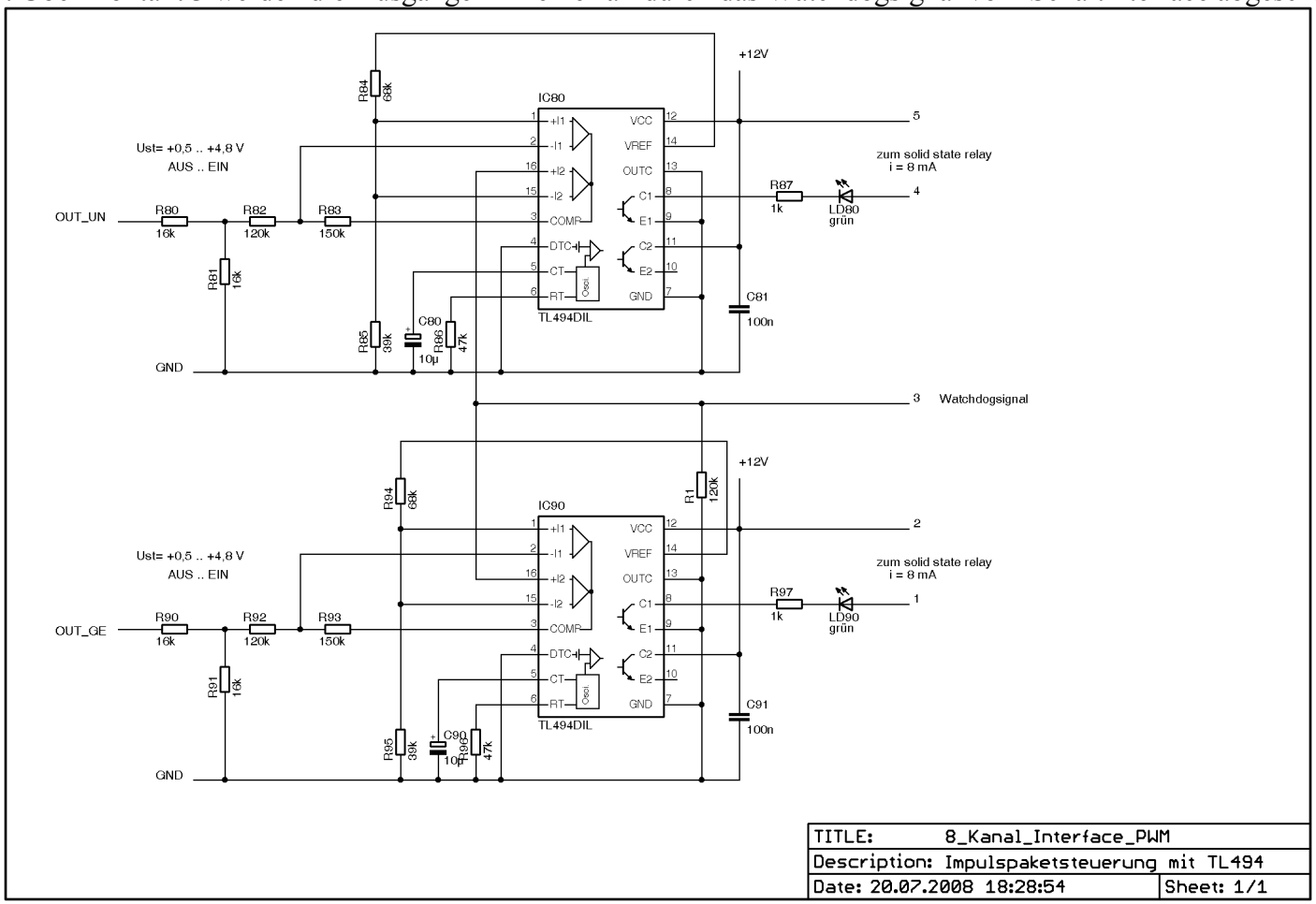
Achtung! Bei der Inbetriebnahme ist zu beachten, dass alle Temp. Sensoren angeschlossen sind. Ist dem nicht so, kann es im Extremfall dazu führen, dass die Versorgungsspannung der PCFs von 5V auf über 6,8 V ansteigt! Vorbeugend, bis zur Änderung dieser Bauanleitung empfehle ich, eine grüne LED mit einem Vorwiderstand von 390 Ohm zwischen +5V und Masse zu schalten. Nicht angeschlossenen Sensoren führen sonst zu +12V am OPV Ausgang. Die BAT43 Dioden leiten diese Überspannung in die 5V Stromversorgung ab. Das sind im Extremfall bis zu 10 mA zusätzlicher Strom, der der 5V- Referenzspannung aufgeprägt werden. Die zusätzliche LED leitet diesen Strom sicher wieder ab. Hier ein Vorschlag zum nachträglichen Einbau dieser beiden Bauelemente:



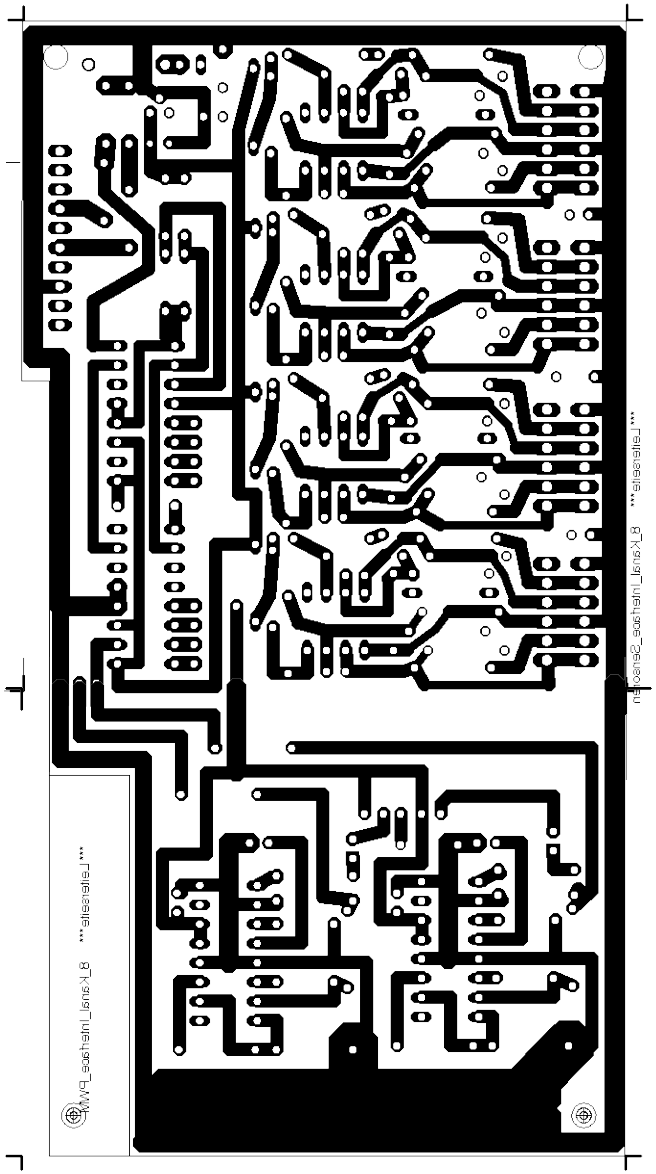

PT1000
-36..+225°C
KTY81-122
+1,5..+114°C
KTY81-122
-40..+88°C
X1
+5V
D0
BAT43
R1 1k2/1%
R3 16k/1%
R6 3k3
IC1A
LM358N
R2 316/1%
C1 220n
R4 16k/1%
R5 28k/1%
GND
KAN.0_GE
D10
R11 1k2/1%
R13 16k/1%
R16 3k3
IC1B
R12 316/1%
C10 220n
R14 16k/1%
R15 28k/1%
KAN.1_GE
4 x
Messumformer für Temperatursensoren
KAN.2_GE
KAN.3_GE
KAN.0_UN
KAN.1_UN
KAN.2_UN
KAN.3_UN
C3 100n
C4 100n
C5 100n
C6 10µ
+12V
C7 220n
C8 47µ
SV1
PE
HB_SDA
HB_SCL
HB_12V
D1
SI1
PFRA 010
IC5
78L05Z
VI
VO
R7 110
R8 110
SDA
SCL
D2 5,1V
D3 5,1V
C2 10µ
IC6
PCF8591P
OSC
VDD
SCL
A0
A1
A2
VREF
EXT
AOUT
AIN0
AIN1
AIN2
AIN3
AGND
VSS
OUT_GE
SW1
R9 3k3
R10 3k3
IC7
OUT_UN
TITLE: 8_Kanal_Interface_Sensoren
Description: Sensorinterface mit 2x PCF 8591
Date: 14.07.2008 09:51:14
Sheet: 1/1

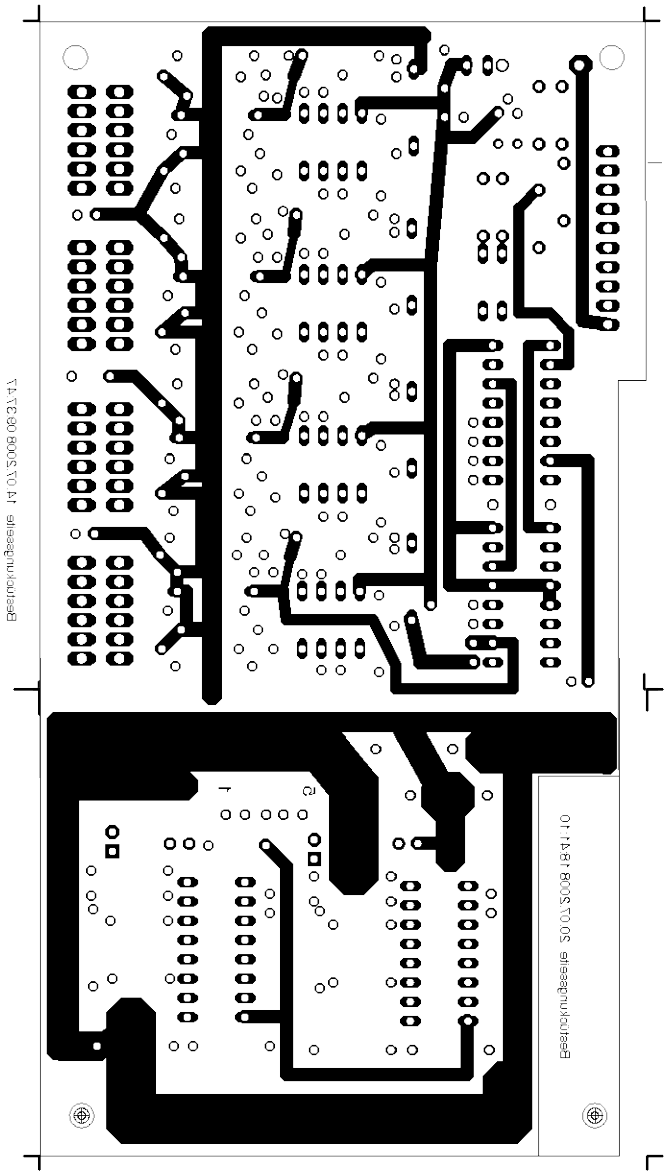
10.2. Die Schaltungsbeschreibung der Puls-Weiten-Modulation (PWM)

Das Interface enthält 2 identische PWM Stufen zur Ansteuerung von Heizungs-Umwälzpumpen. Die beiden PCF8591 liefern über ihren D/A Ausgang die notwendige Steuerspannung. Die TL494 formen daraus ein EIN/AUS Intervall von ca. 0,8 s Periodendauer. Bei einer Steuerspannung von <0,5 V ist der Ausgang dauerhaft AUS, bei >4,8 V ist der Ausgang dauerhaft EIN. Der Schaltungsausgang wird über ein 5poliges Verbindungskabel mit dem Anschluss J5 auf dem 230V Schaltinterface verbunden. Zu Testzwecken (Funktionskontrolle ohne solid state relais) können die jeweiligen Ausgangsleitungen kurzgeschlossen werden. Über Kontakt 3 werden die Ausgänge im Fehlerfall durch das Watchdogsignal vom Schaltinterface abgeschalten.

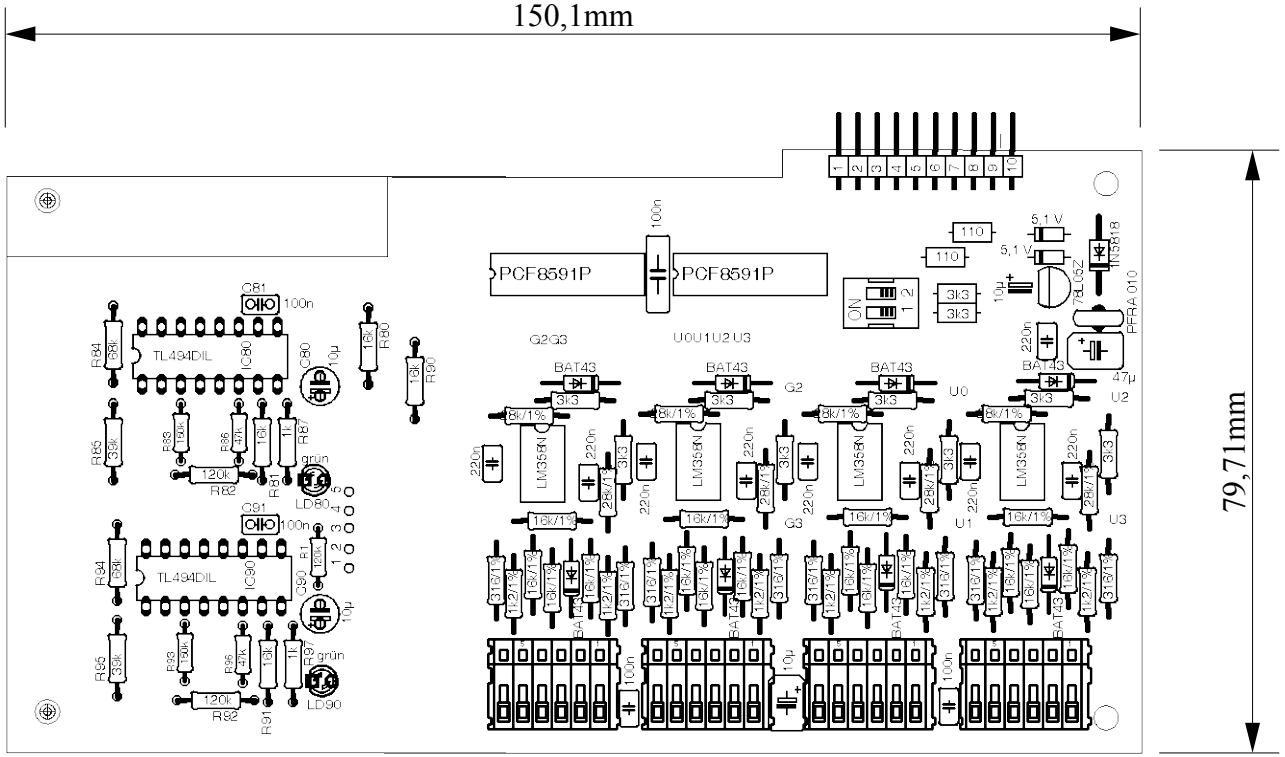


10.3. Das Platinenlayout





10.4. Der Bestückungsplan



10.5. Die Bestellliste

Bestellliste für 8-Kanal PWM Interface

Bestellnummer REICHELT	Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis (Juli 2008)	Gesamt
Z5U-5 100n	Kondensator C3-5, C81, C91	5	0,06 €	0,30 €
Z5U-5 220n	Kondensator C1,C7,C10-70	9	0,12 €	1,08 €
RAD 10/35	Kondensator C2, C6, C80, C90	4	0,04 €	0,16 €
RAD 47/35	Kondensator C8	1	0,04 €	0,04 €
BAT43	Schottky Diode D0, D10-D70	8	0,09 €	0,72 €
1N5818	Diode D1	1	0,06 €	0,06 €
1N4004	Diode D80, D90	2	0,02 €	0,04 €
ZD 5,1	Z-Diode D2, D3	2	0,06 €	0,12 €
LM358DIP	IC 1-4	4	0,09 €	0,36 €
_µA78L05	IC 5	1	0,10 €	0,10 €
PCF8591P	IC 6, IC 7	2	2,35 €	4,70 €
TL494DIL	IC 80, IC 90	2	0,25 €	0,50 €
Metall 110	Widerstand R7, R8	2	0,08 €	0,16 €
Metall 1,2k	Widerstand R X1	8	0,08 €	0,64 €
Metall 316	Widerstand R X2	8	0,08 €	0,64 €
Metall 16k	Widerstand R X3,X4,R80,81,90,91	20	0,08 €	1,60 €
Metall 28k	Widerstand R X5	8	0,08 €	0,64 €
Metall 3,3k	Widerstand R X6, R9, R10	8	0,08 €	0,64 €
Metall 120k	Widerstand R82, R92, R1(PWM)	3	0,08 €	0,24 €
Metall 150k	Widerstand R83, R93	2	0,08 €	0,16 €
Metall 68k	Widerstand R84, R94	2	0,08 €	0,16 €
Metall 39k	Widerstand R85, R95	2	0,08 €	0,16 €
Metall 47k	Widerstand R86, R96	2	0,08 €	0,16 €
Metall 1k	Widerstand R87, R97	2	0,08 €	0,16 €
LED 3MM GN	LED LD80, LD90	2	0,05 €	0,10 €
PFRA 010	Polymer PTC 0,2A SI1	1	0,47 €	0,47 €
SL 1x36W 2,54	Stiftleiste gewinkelt	1	0,28 €	0,28 €
NT 02	Mini Dip Schalter SW1	1	0,38 €	0,38 €
GS 16P	IC Sockel	4	0,18 €	0,72 €
GS 8P	IC Sockel	4	0,10 €	0,40 €
WAGO 233-506	Klemmleiste	4	1,55 €	6,20 €
BEL 200x150-2	Basismaterial für Leiterplatte	0,5	3,75 €	1,88 €
	Gesamt:			23,97 €

10.6. Die Kalibrierung

Da bei diesem Interface nur mit einer analogen Auflösung von 4,45V/256 Stufen (8Bit) = 17 mV am A/D Wandler gearbeitet wird, ist der Aufwand zur Kalibrierung überschaubar. Auf jeden Fall müssen bei der Kalibrierung alle Sensoren angeschlossen werden um eine zu starke Abweichung der Referenzspannung zu vermeiden. Je nach Genauigkeit und Aufwand gibt es drei Möglichkeiten:

10.6.1. Die Standardkalibrierung

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

1.PT1000 an 1-3/4-6 (-36..+225°C) Genauigkeit: ca. +/- 6 ,5 °C

Sensor=PT1000-x °C Adr Kan 60 +0.0 76 +77.65 151 +130.48 192

2.KTY81-122 an 1-2/4-5 (-40..+88°C) Genauigkeit: ca. +/- 3 ,5 °C

Sensor=KTY81-x °C Adr Kan 60 -0.8 112 +23.0 155 +59.1 213

3.KTY81-122 an 1-3/4-6 (+1,5..+114°C) Genauigkeit: ca. +/- 3 ,5 °C

Sensor=KTY81-x °C Adr Kan 60 +23.0 76 +59.1 151 +80.0 192

Beispiel für einen Sensor KTY81 an an 1-3 mit Adresse 3, Kanal 0 :

Sensor=KTY81-4 °C 3 0 60 +23.0 76 +59.1 151 +80.0 192

10.6.2. Kalibrierung mit Messwiderständen

Bei dieser Methode werden anstelle der realen Temperatursensoren nacheinander 3 verschiedene Messwiderstände angeschlossen. Damit wird die Hardware praktisch eingemessen. Da die Temperatursensoren Pt1000 und KTY81-122 eine Fertigungstoleranz von < 1% besitzen, kann eine hohe Genauigkeit erreicht werden: ca. +/- 3 °C für die Pt1000 und +/- 1,5 °C für die KTY81-122. Als Messwiderstände werden 820 Ohm, 1 k, 1,3 k und 1,5 k mit einer Genauigkeit von 0,1 % (0,41 € bei REICHELT) verwendet. Als Wertepaar ergibt sich dann jeweils der angezeigte Kodewert im Programm Hauscomputer (/Funktionen/A/DWandler..) mit der zugehörigen Temperatur nach folgender Tabelle:

Künftiger Sensor	*angeschlossener Widerstand*	*zugehörige Temperatur*	*ungefährer erwarteter Kodewert*
PT1000 an 1-3/4-6 (-36..+225°C)	1 k	0°C	76
	1,3 k	+77,56 °C	152
	1,5 k	+130,48 °C	193

Künftiger Sensor	*angeschlossener Widerstand*	*zugehörige Temperatur*	*ungefährer erwarteter Kodewert*
KTY81-122 an 1-2/4-5 (-40..+88°C)	820	-0,8 °C	112
	1,0 k	+23,0 °C	155
	1,3 k	+59,1 °C	213
KTY81-122 an 1-3/4-6 (+1,5..+114°C)	1,0 k	+23,0 °C	76
	1,3 k	+59,1 °C	151
	1,5 k	+80,0 °C	192

Die Wertepaare werden abschließend in die entsprechende Zeile der Hauscomp.ini nach dem Muster in 10.6.1. eingesetzt.

10.6.3. Kalibrierung mit Vergleichsthermometer

Diese Methode ist die genaueste, aber zugleich auch aufwendigste. Die erreichbare Genauigkeit liegt in der Nähe der Auflösung. Voraussetzung ist, dass der künftige Sensor an der zugehörigen späteren Hardware angeschlossen wird. Zur Kalibrierung werden die zu kalibrierenden Sensoren mit einem Vergleichsthermometer gebündelt (Kabelbinder) und in ein Gefäß mit 1 – 2 l Wasser gegeben. Das Wasser bringt man auf die gewünschte Temperatur, notiert die angezeigte Temperatur des Thermometers und die zugehörigen Kodewerte und gibt die Wertepaare in die Hauscomp.ini ein. Es sind immer alle 3 Wertepaare zu ermitteln. Eine Mischung mit Wertepaaren aus den vorangegangenen Abschnitten verfälschen das Ergebnis. Die drei notwendigen Mess-Temperaturen orientiert man am Temperaturbereich so, dass sich in etwa 4 gleiche Temperaturintervalle über den gesamten Messbereich ergeben. Für negative Temperaturen kann man den Kühlschrank oder die Tiefkühltruhe nutzen. Kältespray ist wegen der großen Änderungsgeschwindigkeit zu ungenau. Problematisch ist die Kalibrierung bei Temperaturen über 100 °C. Entweder man benutzt heißes Öl oder eine Kombination aus einem Wärmespeicher mit Wärmeisolierung und einer Wärmequelle (z.B. regelbarer Lötkolben o.ä.). Denkbar ist bei den PT1000 auch Nutzung der Stillstandstemperatur am Sonnenkollektor. Als Vergleichsthermometer diente bei mir ein E549B von Mingle Instr. Europe (13,99 € Nov. 2008 im ALDI) -40..+200°C, mit einer Auflösung von 0,1°C und einer Genauigkeit besser +/- 1 °C.

Eine nachträgliche Kalibrierung während des späteren Betriebes ist natürlich denkbar, aus der Praxis rate ich aber dazu ab – in der Regel wird dabei nur versucht, ein Wertepaar zu korrigieren. Das Ergebnis verschlechtert dann die bisherige Kennlinie, sodass die Genauigkeit sinkt.

Augenmerk ist auf den untersten Temperatur- und Kodewert zu richten: liegt der gemessenen Kodewert deutlich unter 50 Einheiten, so befindet sich die Hardware im nichtlinearen Teil des OPv's – eine Verfälschung der Kennlinie ist die Folge. Ebenso bei der Temperaturmessung mit einem korrekt kalibrierten Sensor in diesem Bereich – die angezeigte Temperatur wird zu niedrigen Werten hin immer stärker von der richtigen abweichen.

Abschließend startet man die Hauscomp.exe mit den neuen Kalibrierwerten und überprüft unter /Analogsensoren/... die Kennlinien auf Plausibilität.

10.6.4. Kalibrierung der PWM Ausgänge

Bei korrektem Aufbau der 2 PWM Kanäle (TL494) ist der Arbeitsbereich bereits optimal eingestellt. Es reichen die beiden folgenden Zeilen in der „Hauscomp.ini“:

```
Analog=Pumpe_Hzg    %  2  0  0    0   0   100   255   100   255  /Adresse 2
Analog=Pumpe_FBH    %  3  0  0    0   0   100   255   100   255  /Adresse 3
```

Damit wird einer Leistung von 0% (100%) eine D/A Ausgangsspannung von 0 V (+5,0 V) zugeordnet und damit entsprechend das Halbleiterrelais angesteuert.

Dessen ungeachtet kann die Software noch präziser an die konkrete Hardware angepasst werden. Man ermittelt zunächst mit obiger Einstellung den Moment, wenn die LED der PWM Schaltung gerade noch nicht einschaltet, bzw. den Moment, wenn die LED dauerhaft EIN ist. Dazu kann man den SPS-Typ 70 (Konstantenmodul) mit dem Typ 89 (IPS-Regler) koppeln und durch stückweise Veränderung der Leistung die Daten ermitteln. Nach Umrechnung der beiden Leistungsgrenzen in Kodewerte wird die bisherige Kalibrierung angepasst. Im Mustergerät ergaben sich für beide Kanäle:

```
Analog=Pumpe_Hzg    %  6  0  0    0  31   100   252   100   252
Analog=Pumpe_FBH    %  7  0  0    0  31   100   252   100   252
```

Damit ist die Kalibrierung abgeschlossen. Ein abschließender Funktionstest sollte die endgültigen Einstellungen bestätigen.

11. Das 4-Kanal PT1000 Präzisions-Interface (-40..+250 °C)

Für die Berechnung von Wärmemengen an Solaranlagen ist eine präzise Messung der entsprechenden Kollektor- Temperaturen in einem extrem großen Bereich notwendig. Hier nun das Ergebnis unter Verwendung möglichst einfacher Schaltungstechnik. Da die relativ hochohmigen Platin Temperatursensoren PT-1000 zum Einsatz kommen, kann auf die aufwändige 3- oder 4-Leitertechnik verzichtet werden.

Für eine hohe Auflösung bei der A/D Wandlung sorgt ein MAX1236. Er wurde auf einer kleinen Sub-Platine befestigt, da die extrem geringe, notwendige Leiterzugbreite mit Amateurmitteln nicht realisierbar ist. Die Messumformer besitzen mehrere großzügig bemessene Siebkondensatoren um Brumm-einstreuungen von der empfindlichen Elektronik fernzuhalten. R3 und R5 sorgen für eine Temperaturkompensation des OPVs und des Spannungsreglers. Letztlich führt eine Temperaturänderung auf der Leiterplatte von 50°C nur noch zu einer Änderung von ca. 1,5 °C in den Messkanälen. Da diese Änderungen zusammen mit dem Widerstandsrauschen und den Störfeldeinstreuungen statistisch gesehen in allen vier Kanälen gleichmäßig auftreten, kann man für den speziellen Fall der Wärmemengenberechnung aus Temperaturdifferenzen von einer physikalischen Auflösung von 0,1°C bei einer Genauigkeit von 0,3°C ausgehen. Entscheidend ist, dass bei der Kalibrierung die Differenz zwischen den verwendeten Temperaturpaaren kleiner 3 Kodewerte (bzw. 0,3° C) ist. In der praktischen Anwendung sollte zusätzlich die softwaremäßige Mittelwertbildung verwendet werden. Selbstverständlich sind auch „normale“ Temperaturmessungen möglich. Die dabei beobachtbaren unregelmäßigen Temperaturschwankungen liegen bei etwa 0,3 – 0,7 °C. Für einen aktiven Temperaturbereich von -30°C bis 250°C ist das ein ausgezeichneter Wert!

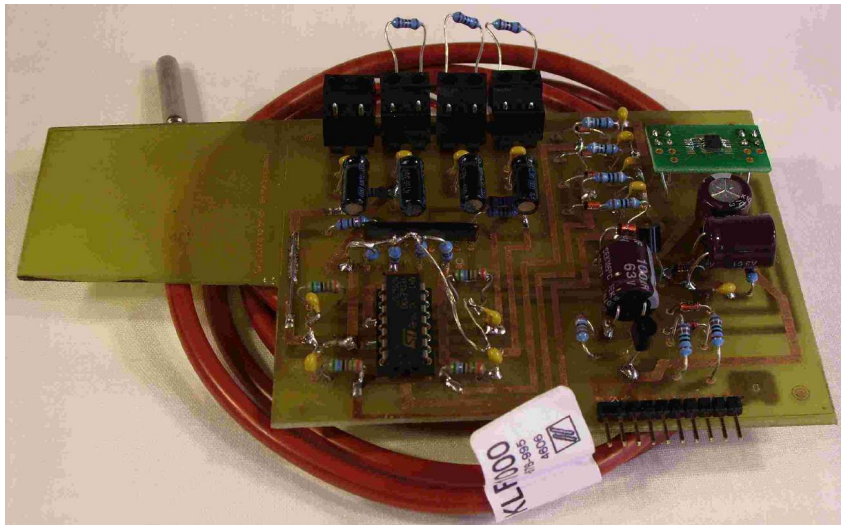
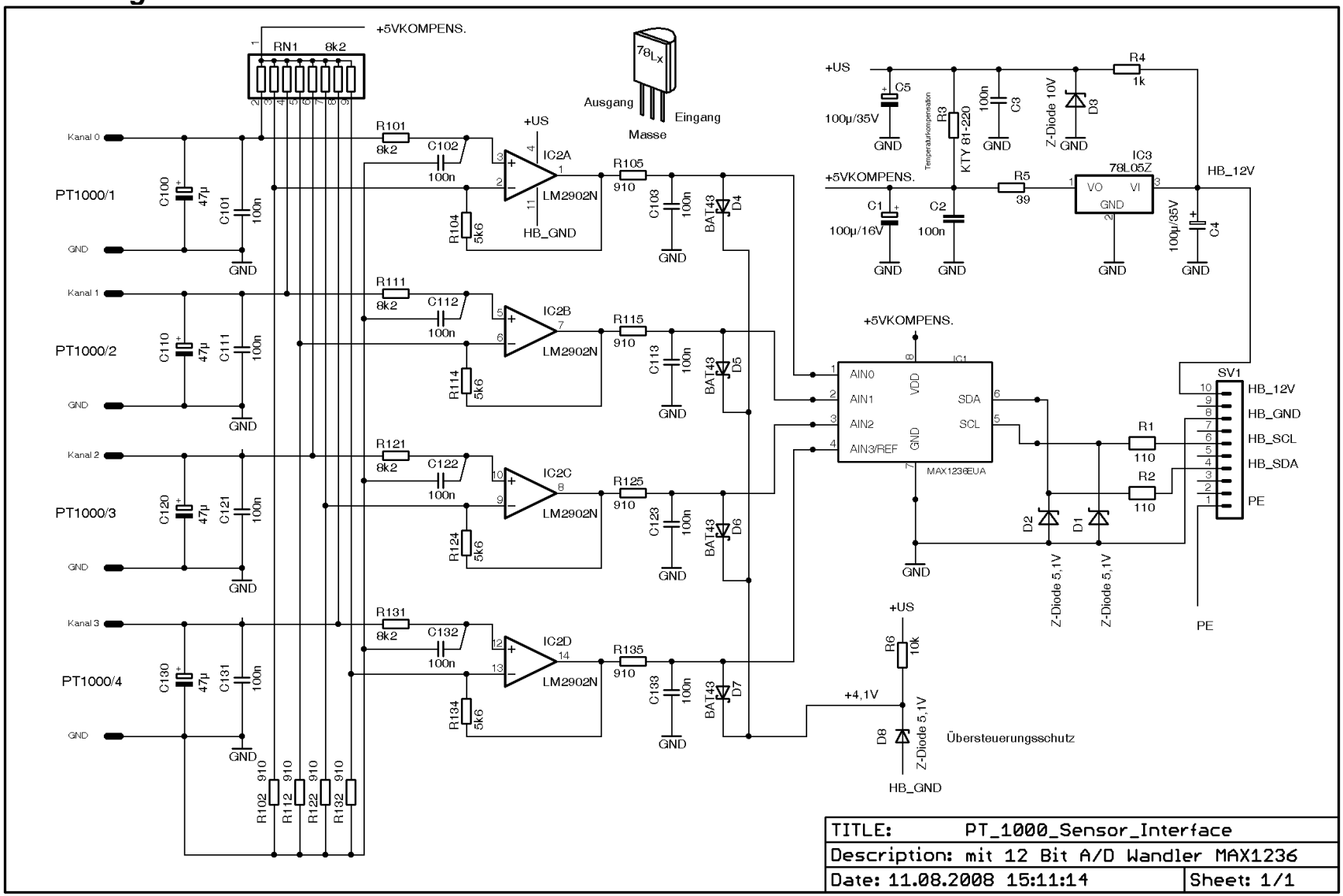
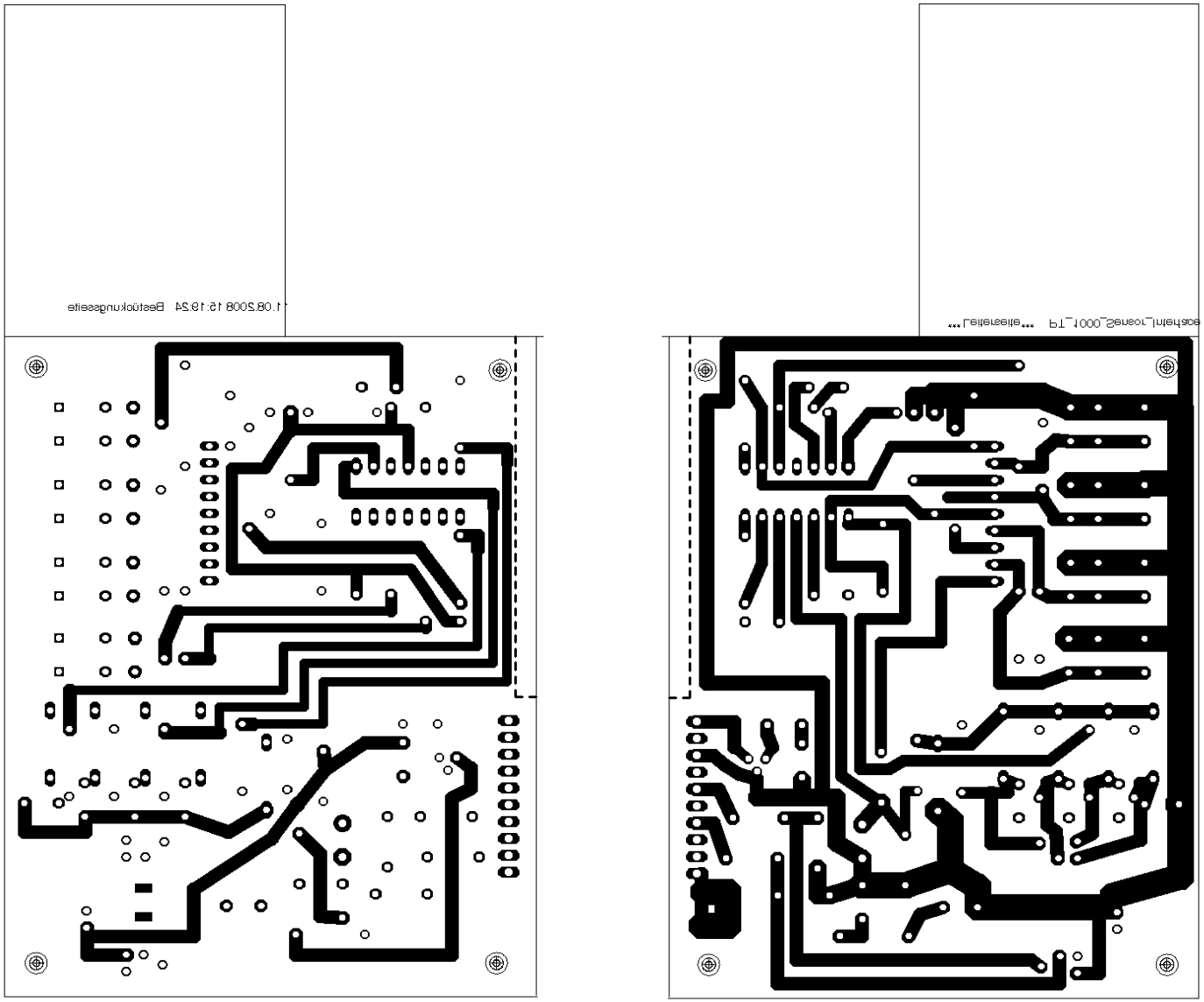


Abbildung 25Prototyp des PT1000 Präzisionsinterface. Deutlich erkennbar rechts oben die Sub-Platine mit dem MAX1236

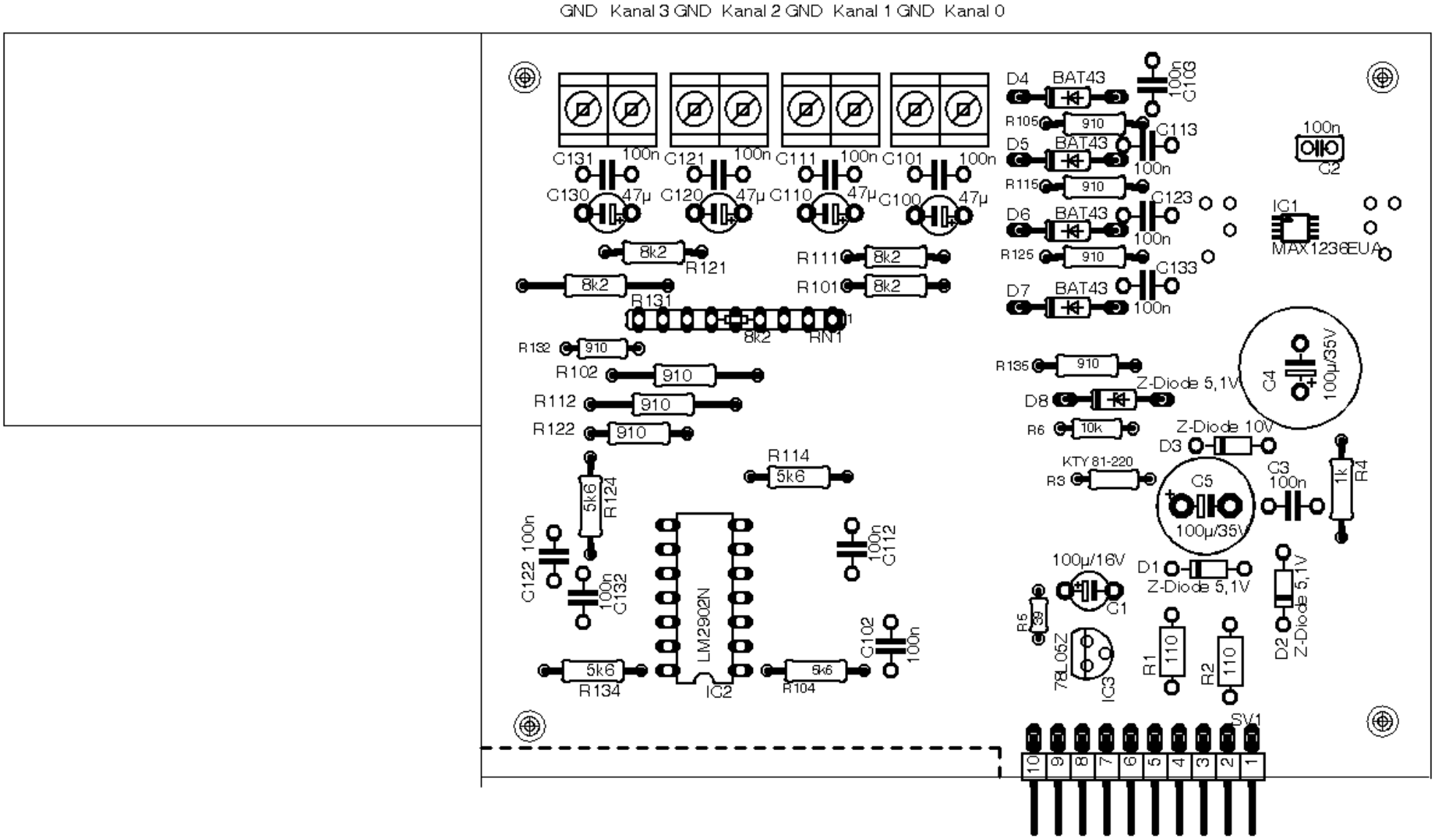
11.1. Die Schaltung



11.2. Das Platinenlayout



11.3. Der Bestückungsplan



11.4. Die Bestellliste

Wie in 6.1. bereits beschrieben, ist die Beschaffung des MAX1236 möglicherweise nicht ganz einfach. Sollten mehr als ein MAX1236 an einem Bus betrieben werden, so sind verschiedene IC Ausführungen notwendig (siehe Programmhandbuch). Die Temperatursensoren PT1000 gibt es für 12..25 € im Sanitärhandel oder auch bei CONRAD.

Bestellnummer REICHELT	Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis (Juli 2008)	Gesamt
Z5U-5 100n	Kondensator C2,3, C1x1, C1x2, C1	14	0,06 €	0,84 €
RAD 47/25	Kondensator C1x0	4	0,04 €	0,16 €
RAD 100/35	Kondensator C1, C4-5	3	0,07 €	0,21 €
BAT43	Schottky Diode D4-D7	4	0,09 €	0,36 €
ZD 10	Z-Diode D3	1	0,06 €	0,06 €
ZD 5,1	Z-Diode D1, D2, D8	3	0,06 €	0,18 €
LM2902DIL	IC 2	1	0,12 €	0,12 €
_µA78L05	IC 3	1	0,10 €	0,10 €
Metall 110	Widerstand R1, R2	2	0,08 €	0,16 €
KTY 81-220	Widerstand R3	1	0,44 €	0,44 €
Metall 1k	Widerstand R4	1	0,08 €	0,08 €
Metall 39	Widerstand R5	1	0,08 €	0,08 €
Metall 10k	Widerstand R6	1	0,08 €	0,08 €
SIL 9-8 8,2k	Widerstand RN1	1	0,12 €	0,12 €
Metall 8,2k	Widerstand R1x1	4	0,08 €	0,32 €
Metall 910	Widerstand R1x2, R1x5	8	0,08 €	0,64 €
Metall 5,6k	Widerstand R1x4	4	0,08 €	0,32 €
MPR 1k	Messwiderstand	1	0,41 €	0,41 €
MPR1,3k	Messwiderstand	1	0,41 €	0,41 €
MPR 1,8k	Messwiderstand	1	0,41 €	0,41 €
SL 1x36W 2,54	Stiftleiste gewinkelt	1	0,28 €	0,28 €
GS 14P	IC Sockel	1	0,17 €	0,17 €
AKL205-02	Anschlußklemme	4	0,24 €	0,96 €
FE2CU 160x100	Basismaterial für Leiterplatte	1	2,15 €	2,15 €
RE 931EP	SSOP-SMD-Multiadapter	0,1	11,70 €	1,17 €
	Gesamt:			10,23 €

Sonstige	Bezeichnung	Anzahl
PT-1000	Temperatursensor	4
MAX1236EUA	IC1	1

11.5. Die Kalibrierung

Der Einsatz von PT1000 in diesem weiten Temperaturbereich erschwert die Kalibrierung für präzise Anwendungen erheblich, da keine geeigneten Vergleichswerte zur Verfügung stehen. Geeichte industrielle Wärmemengenmesser kosten deshalb auch mehrere 100 €. Ziel in unserem Fall ist daher weniger die absolute Genauigkeit, als vielmehr ein möglichst präziser Gleichlauf zwischen den Temperatursensoren. Dazu wird Eisswasser als Fixpunkt bei 0°C und ein Vergleich der Anstiegskurven der verschiedenen Sensoren bei ca. 100 °C genommen. Die kalibrierten Sensoren weichen dann weniger als 0,2 °C im Bereich bis +100 °C und max. 0,5 °C im Bereich bis 250 °C voneinander ab. Für diese Kalibrierung mit Amateurmitteln empfehle ich folgende Vorgehensweise:

- Kompletter Aufbau des Präzisionsinterfaces und Langzeittest (mehrere Stunden) mit Testwiderstand anstelle der späteren Temperatursensoren, ob es nicht doch irgendeine Drift der Elektronik gibt.
- Beschaffung von PT1000 mit Kabelisolierung aus Silikon (kein PVC !) und Präzisionswiderstände 1 k, 1,3 k, 1,8 k (+/- 0,1%).
- Grobkalibrierung mit Messwiderständen wie im Abschnitt 10.6.2. beschrieben nach folgender Tabelle:

angeschlossener Widerstand	***zugehörige Temperatur***	***ungefährer erwarteter Kodewert***
1 k	0°C	867
1,3 k	+77,56 °C	1957
1,8 k	+211,28 °C	3619

Der Kodewert wird bei der Messung um ca. 3 Werte um einen Mittelwert schwanken. Der zu notierende Wert ist der Mittelwert.

- Damit ist das Interface auf ca. +/- 0,1 °C ohne PT1000 grob kalibriert.
- Anschluss der auf spätere Kabellänge bereits konfektionierten PT1000 in einem Bündel (Kabelbinder).
- Programmstart mit den bisher ermittelten Kalibrierdaten und Überprüfung der angezeigten Temperaturen auf Plausibilität (+/- 3 °C).
- Ablesen der Kodewerte für +100 °C (Kode_grob_100°C) für jeden Kanal aus der Sensorübersicht (/Analogsensoren../usw. und 2 x Entertaste).
- Ermitteln der 4 zugehörigen Kodewerte $Kode_{mess}$, wenn das Sensorbündel ca. 60 min in einer wärmeisolierten Schale mit Eiswasser liegt (Temperatur 0 ° C +/- 0,2 °C erforderlich!!!). Dazu ca. 1,5 Kg Eis mit ½ l kaltem Wasser mischen und das Ganze mit einer Decke abdecken. Die Sensoren sollten inklusive 20 cm Kabel im Wasser liegen. Regelmäßig gut durchrühren.
- Wiederholung der Prozedur mit kochendem Wasser (nur etwa 5 min., Temperatur nicht ganz so genau notwendig).
- Aus den ermittelten Daten werden nun die präzisen Kalibrierdaten für jeden Kanal errechnet:

  $d0 = (Kode_{_grobl_0°C} - Kode_{_Mess_0°C})$; $d100 = (Kode_{_grob_100°C} - Kode_{_Mess_100°C})$;

  $d77 = 77{,}56 * (d100 - d0)/100 + d0$; $d211 = 211{,}28 * (d100 - d0)/100 + d0$.

  Präziser Kodewert für 0,0 °C: $Kode_{_präzise_0°C} = Kode_{_mess_0°C}$

  Präziser Kodewert für +77,56 °C: $Kode_{_präzise_+77°56C} = Kode_{_grob_77,56°C} - d77$

  Präziser Kodewert für +211,28 °C: $Kode_{_präzise_+211,28°C} = Kode_{_grob_211,28°C} - d211$

Beispiel: Die Grobkalibrierung im Kanal „A“ ergab 861 Kodewert bei 1000 Ohm; 1951 bei 1,3 kOhm und 3615 bei 1,8 kOhm. Anschließend wurde folgende Zeile in die Hauscomp.ini eingetragen:

SensorMAX1236=Kanal_A °C 0 0 0 0.0 861 77.65 1951 211.28 3615

Nach Programmstart wurde folgender Wert für 100°C aus der Sensorübersicht ermittelt: 2245 Kodewerte.

Mit Eiswasser wurden 881 Kode und mit kochendem Wasser 2255 Kode gemessen.

Damit ergeben sich: d0 = 861-881 = -20 d100 = 2245-2255 = -10

d77 = 77.56*(-10+20)/100-20 = -12 d211 = 211,28*(-10+20)/100-20 = +1

Kodewert bei 0°C = 881

Kodewert bei 77,56°C = 1951+12 = 1963

Kodewert bei 211,28°C = 3615-1 = 3614 Damit ergibt sich folgende endgültige Zeile:

SensorMAX1236=Kanal_A °C 0 0 0 0.0 881 77.65 1963 211.28 3614

Abschließend wurden alle kalibrierten Sensoren zusammen mit einem Fieberthermometer am Körper auf Plausibilität getestet. Die Kalibrierung ist damit beendet. Sollten größere Abweichungen auftreten, sind garantiert methodische Messfehler im Spiel: Verfälschung der Werte durch Wärmeleitung durch die Zuleitungen, zu großer Wärmeübergangswiderstand in den Sensoren oder zu große Abweichung der Temperatur des Eiswassers/ kochende Wasser oder auch Störsignale durch elektrische Felder. Als Hilfe für die Berechnung dient die Datei „PT1000 Kalibrierung.ods“ (Tabelle für OpenOffice 2.4).