

Homemade SMD Lötstation  
mit 2 LötKolben  
Firmware 1.xx

(c) DL4JAL, Andreas Lindenau

1. Oktober 2021



Fertige Lötstation. Beide Lötkolben laufen im Standby-Betrieb bei 80°C. Sind beide Lötkolben aktiv, werden nicht so viele Parameter angezeigt.



Ansicht des Displays, Nur Lötkolben links ist aktiv. L1=80°C (Lötkolbentemperatur Lk1, Standby-Temperatur), PwmT=3s (PWMmaxTimer beträgt 3 Sekunden) T1=310°C (gespeicherte Temperatur Taste 1), PWM=30 (Pulsweite Wert 30).



Ansicht des Lötkolbens RT1. Gesamtlänge 10 cm.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Die Steuerplatine</b>	<b>3</b>
1.1 Die ICs auf der Platine	4
1.1.1 IC1 PIC18F45K22	4
1.1.2 IC2 LTC1050	6
1.1.3 IC3 LTC1050	6
1.1.4 IC4 LM2675 5V	6
1.1.5 Q1 BSS123	6
1.1.6 Q2 TSM2N7002, Q3 TSM480P06	6
1.1.7 Q4 TSM2N7002, Q5 TSM480P06	6
1.2 Die Stecker auf der Platine	7
1.2.1 J1 Lautsprecher	7
1.2.2 J2 Tasten	7
1.2.3 J3 LED_loet1	7
1.2.4 J4 LED_loet2	8
1.2.5 J5 Lschranke1	8
1.2.6 J6 Lschranke2	8
1.2.7 J7 LCD1	8
1.2.8 J8 LCD2	9
1.2.9 J9 Programmer	9
1.2.10 J10 Drehgeber	9
1.2.11 CON3, CON2, CON9 LötKolben 1	10
1.2.12 CON6, CON5, CON8 LötKolben 2	10
1.2.13 CON7, CON1, CON4 Stromversorgung	10
<b>2 Die Firmware des PIC18F45K22 Mikrocontrollers</b>	<b>12</b>
2.1 Die Weller-LötKolben der RT Serie	12
2.1.1 Der Sensor der RT Serie	13
2.1.2 Die Heizung der RT Serie	13
2.2 Die Steuerung der Heizung des LötKolbens	14
2.3 Schutzfunktionen der Lötstation	14
2.3.1 Watchdog der Firmware	14
2.3.2 Überwachung der maximalen Temperatur	15
2.3.3 Überwachung der maximalen PWM-Aussteuerung nach Zeit	15
2.3.4 Überwachung des Sensors der LötKolben	15
2.4 Anzeige und Bedienelemente	15
2.4.1 LED Status LötKolben	16
2.4.2 Funktionen des <i>kurzen Tastendruckes und Drehgeber</i>	16
2.4.3 Funktionen des <i>langen Tastendruckes</i>	17

2.4.4	Funktion des <i>Drehgebers</i> im Normalbetrieb . . . . .	17
2.4.5	PowerON + Taste, <i>Test Baugruppe</i> . . . . .	17
2.5	Funktionen des FixMenu . . . . .	18
2.6	Funktionen des SETUP . . . . .	18
2.6.1	Abbruch . . . . .	18
2.6.2	Temp. Taste 1 . . . . .	19
2.6.3	Temp. Taste 2 . . . . .	19
2.6.4	Temp. Taste 3 . . . . .	19
2.6.5	Temp. Standby . . . . .	19
2.6.6	Loetk. T.Offset . . . . .	19
2.6.7	Loetk. T.Off V2 . . . . .	20
2.6.8	SET PWMmax Timer . . . . .	20
2.6.9	SET ADC-Control . . . . .	21
2.6.10	Test PICwatchdog . . . . .	21
2.6.11	SET Lschr.Trigg. . . . .	22
2.6.12	SET max Temp. . . . .	22
2.6.13	Lichtschr.ON/OFF . . . . .	22
2.6.14	Kalib.Temperatur . . . . .	23
2.6.15	Test Baugruppe . . . . .	23
2.7	Test Baugruppe, die Funktionen . . . . .	23
2.7.1	Tastentest . . . . .	23
2.7.2	Ton-Test . . . . .	23
2.7.3	LK1-PWM Test . . . . .	24
2.7.4	LK2-PWM Test . . . . .	26
2.7.5	LK1-Sensor Test . . . . .	26
2.7.6	LK2-Sensor Test . . . . .	26
2.7.7	Lichtschranke 1 . . . . .	26
2.7.8	Lichtschranke 2 . . . . .	26
2.7.9	LED-Test . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Schlusswort</b> . . . . .	<b>28</b>
3.1	PDF-Anhänge . . . . .	28

# Vorwort

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau).

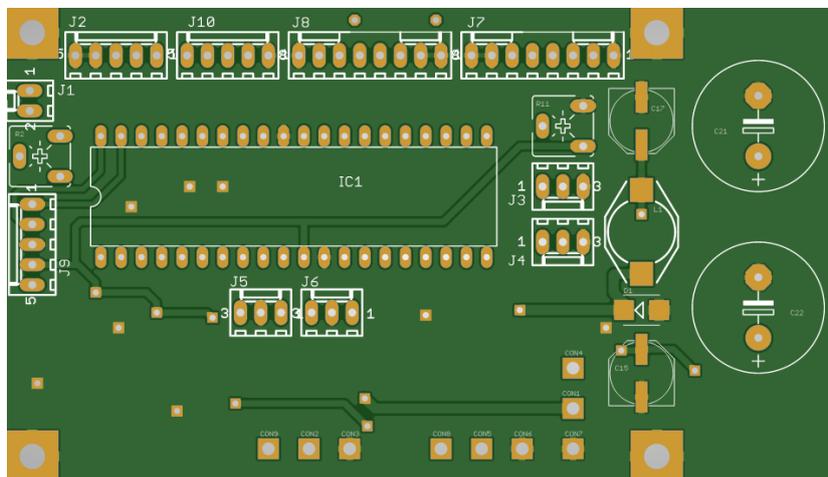
# Ganz wichtiger Hinweis!

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

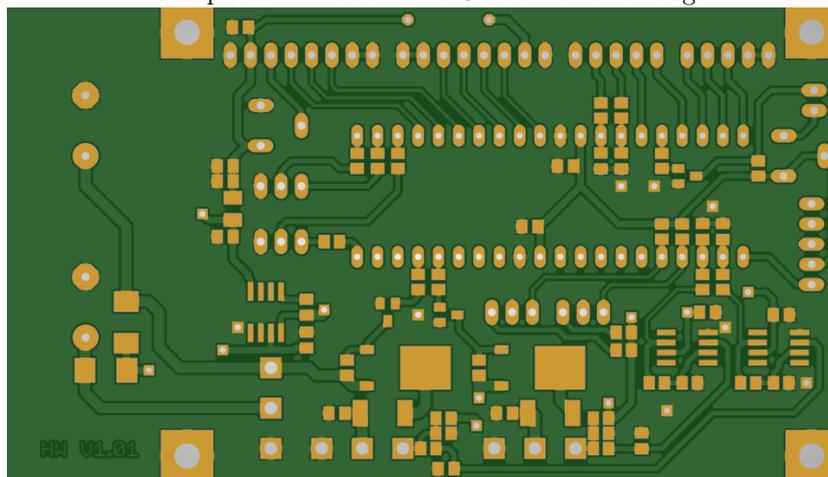
Immer erst ausschalten etwas warten bis die Elkos entladen sind und dann erst den LötKolben wechseln. Ich habe beim Experimentieren einen unbemerkten Kurzschluss erzeugt und **Q5 TSM480P06 ist mir kaputt gegangen**. Der LötKolben brennt innerhalb von Sekunden durch.

# Kapitel 1

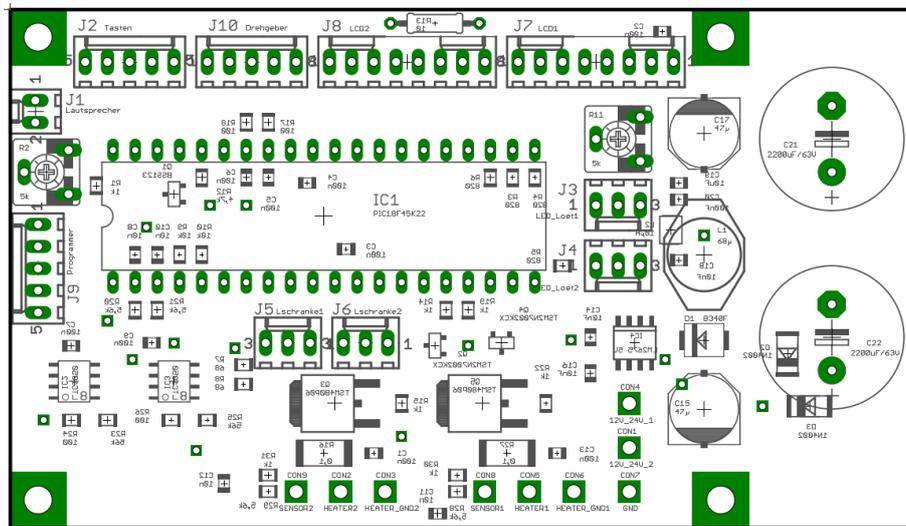
## Die Steuerplatine



Leiterplatte von oben. Mit Gerberviewer erzeugt

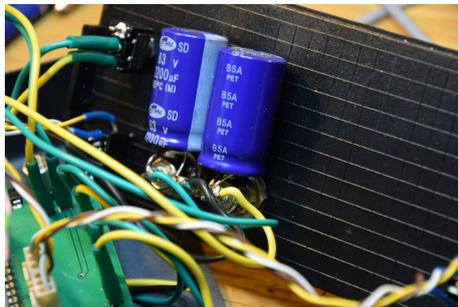


Leiterplatte von unten. Mit Gerberviewer erzeugt



Ansicht der Steuerplatine mit Eagle erzeugt.

Die Platine wurde neu entworfen. Bei der Musterplatine habe ich die Elkos 2200uF nicht mit vorgesehen. Die beiden Elkos sind aber notwendig. Die Heizungssteuerung und Sensorauswertung der Temperatur ist in doppelter Ausführung auf der Platine.



Beim Musteraufbau habe ich die Elkos an die Rückwand mit angelötet.

## 1.1 Die ICs auf der Platine

### 1.1.1 IC1 PIC18F45K22

Dieser IC spielt natürlich die Hauptrolle auf der Platine. Ich liste mal die einzelnen PINs auf und deren Funktion.

1. MCLR, für den Programmer
2. RA0 ADC Eingang, Ausgang vom IC2 OPV LTC1050 LötKolben 1 Sensor
3. RA1 ADC Eingang, Ausgang vom IC3 OPV LTC1050 LötKolben 2 Sensor
4. RA2 ADC Eingang, Auswertung der Lichtschranke LötKolben 1 für Stand-by

5. RA3 ADC Eingang, Auswertung der Lichtschranke LötKolben 2 für Standby
6. RA4 frei
7. RA5 frei
8. RE0 frei
9. RE1 frei
10. RE2 frei
11. VDD +5V
12. VCC GND, Masse
13. RA7 frei
14. RA6 frei
15. RC0 frei
16. RC1 PWM2, Pulse Weiten Modulation, Ansteuerung Heizung LötKolben 2
17. RC2 PWM1, Pulse Weiten Modulation, Ansteuerung Heizung LötKolben 1
18. RC3 frei
19. RD0 frei
20. RD1 LED LötKolben 2 grün, Signalisierung Standby EIN
21. RD2 LED LötKolben 1 rot, Signalisierung Heizung EIN
22. RD3 LED LötKolben 1 grün, Signalisierung Standby EIN
23. RC4 LED LötKolben 2 rot, Signalisierung Heizung EIN
24. RC5 LCD Ansteuerung RS
25. RC6 LCD Ansteuerung R/W
26. RC7 LCD Ansteuerung E
27. RD4 LCD Ansteuerung Datenbit 4
28. RD5 LCD Ansteuerung Datenbit 5
29. RD6 LCD Ansteuerung Datenbit 6
30. RD7 LCD Ansteuerung Datenbit 7
31. VSS GND, Masse
32. VDD +5V
33. RB0 Drehgeber Impulse

- 34. RB1 Drehgeber Drehrichtung
- 35. RB2 Drehgeber Taste 5
- 36. RB3 Taste 4 am Drehgeber Einzeltaste
- 37. RB4 Tonausgabe Piezo-Lautsprecher
- 38. RB5 Taste 1
- 39. RB6 Taste 2
- 40. RB7 Taste 3

### 1.1.2 IC2 LTC1050

Der Operationsverstärker „LTC1050“ ist für die Verstärkung der **Sensorspannung des Lötkolben 1** verantwortlich. Der Sensor am Lötkolben liefert bei 450°C eine Spannung von 7 mV. Die Spannung muss also sehr verstärkt werden. Ich habe den Verstärkungsfaktor auf 1:561 eingestellt. Die geringe Sensorspannung wird somit auf den Pegel 0 bis 3,927 V verstärkt.

### 1.1.3 IC3 LTC1050

Der Operationsverstärker „LTC1050“ hat die gleiche Funktion wie IC2, aber für den **Sensor Lötkolben 2**.

### 1.1.4 IC4 LM2675 5V

Für die Stromversorgung 5 V habe ich einen Niederspannungs-Schaltregler eingesetzt. Somit ist keine Wärmeentwicklung zu erwarten. Diesen IC habe ich schon mehrfach eingesetzt und gute Erfahrungen damit gemacht.

### 1.1.5 Q1 BSS123

Der kleine N-Kanal Mosfet dient der Ansteuerung des Piezo-Lautsprechers. Mit dem Einstellregler R2, 5k kann man die Lautstärke beeinflussen.

### 1.1.6 Q2 TSM2N7002, Q3 TSM480P06

Diese 2 Mosfets steuern die Heizung des Lötkolben 1 an. Q3 ist ein P-Kanaltyp (-60 V, 13 A).

### 1.1.7 Q4 TSM2N7002, Q5 TSM480P06

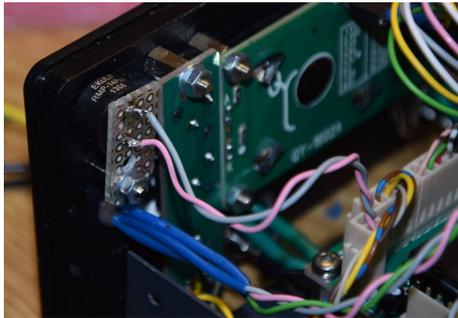
Diese 2 Mosfets steuern die Heizung des Lötkolben 2 an. Q5 ist ein P-Kanaltyp (-60 V, 13 A).

## 1.2 Die Stecker auf der Platine

### 1.2.1 J1 Lautsprecher

An „J1“ wird der Piezo-Lautsprecher RMP-14SP von EKULIT angeschlossen. Mit dem Einstellregler R2 die Lautstärke anpassen.

1. PIN RMP-14SP
2. PIN RMP-14SP



Den Piezolautsprecher habe ich auf eine Lochraster-LP gelötet und mit Abstandbolzen in die Frontplatte geschraubt. Darunter die 3 Isolierschläuche mit den angelöteten Litzen der Doppel-LED rot/grün.

### 1.2.2 J2 Tasten

An diesen Stecker wird die Platine mit den 3 Tasten angeschlossen. Die 3 Tasten sind separat auf einer Platine.

1. Taste 1
2. Taste 2
3. Taste 3
4. GND
5. GND

### 1.2.3 J3 LED\_loet1

Hier schließen wir eine zweifarbige LED mit gemeinsamer Katode an (L-59EGW). Der mittlere Pin wird mit GND verbunden. Die LED signalisiert das Heizen (LED rot) und Standby (LED grün) für den LötKolben 1.

1. LED grün kürzester Pin
2. LED rot zweitlängster Pin
3. GND mittlere, längster Pin

### 1.2.4 J4 LED\_loet2

Hier schließen wir eine zweifarbige LED mit gemeinsamer Katode an (L-59EGW). Der mittlere Pin wird mit GND verbunden. Die LED signalisiert das Heizen (LED rot) und Standby (LED grün) für den Lötkolben 2.

1. LED grün kürzester Pin
2. LED rot zweitlängster Pin
3. GND mittlere, längster Pin

### 1.2.5 J5 Lschränke1

Hier schließen wir die Lichtschranke (TCST2103 oder TCST1103) für den Standby-Betrieb des Lötkolben 1 an. Die Widerstände für den Betrieb sind alle auf der Leiterplatte schon enthalten.

1. Sender
2. GND, Masse
3. Empfänger

### 1.2.6 J6 Lschränke2

Hier schließen wir die Lichtschranke (TCST2103 oder TCST1103) für den Standby-Betrieb des Lötkolben 2 an. Die Widerstände für den Betrieb sind alle auf der Leiterplatte schon enthalten.

1. Sender
2. GND, Masse
3. Empfänger

### 1.2.7 J7 LCD1

Anschluss des LCD-Displays Pin 1 bis PIN 8. Mit dem Einstellregler R11, 5k wir der Kontrast des Displays eingestellt.

1. LCD Pin 1
2. LCD Pin 2
3. LCD Pin 3
4. LCD Pin 4
5. LCD Pin 5
6. LCD Pin 6
7. LCD Pin 7
8. LCD Pin 8

### **1.2.8 J8 LCD2**

Anschluss des LCD-Displays Pin 8 bis PIN 16. Achtung eventuell muss R13 10 Ohm etwas erhöht werden. Das ist die Hintergrundbeleuchtung. Diese sollte entsprechend des Displays angepasst werden.

1. LCD Pin 9
2. LCD Pin 10
3. LCD Pin 11
4. LCD Pin 12
5. LCD Pin 13
6. LCD Pin 14
7. LCD Pin 15
8. LCD Pin 16

### **1.2.9 J9 Programmer**

Für die Programmierung des PIC in der Leiterplatte ist dieser Stecker vorgesehen.

1. RB6 PGC
2. RB7 PGD
3. GND, Masse
4. +5 V
5. MCLR VPP

### **1.2.10 J10 Drehgeber**

Die Platine mit dem Drehgeber und der Einzeltaste wird hier angeschlossen. Der Drehgeber und die Taste 4 sind separat auf einer kleinen Platine. Den Drehgeber habe ich oben und die Einzeltaste unten.

1. GND
2. Drehgeber Impulse
3. Drehgeber Dir
4. Drehgeber Taste (Taste 5)
5. Taste 4

### 1.2.11 CON3, CON2, CON9 LötKolben 1

An diesen 3 Pins wird der LötKolben 1 angeschlossen. Ich habe Lötstifte 1,3 mm mit den dazu passenden Kabelsteckschuhen 1,3mm verwendet.

- CON3 GND, Masse LötKolben Stecker GND
- CON2 Heizung LötKolben Stecker Spitze
- CON9 Sensor LötKolben Sensor Stecker Mitte

### 1.2.12 CON6, CON5, CON8 LötKolben 2

An diesen 3 Pins wird der LötKolben 1 angeschlossen. Ich habe Lötstifte 1,3 mm mit den dazu passenden Kabelsteckschuhen verwendet.

- CON6 GND, Masse LötKolben Stecker GND
- CON5 Heizung LötKolben Stecker Spitze
- CON8 Sensor LötKolben Sensor Stecker Mitte

### 1.2.13 CON7, CON1, CON4 Stromversorgung

Jeder LötKolben hat seine eigene Stromversorgung. Es könnte ja sein, dass ein LötKolben mit 12 V betrieben wird (40W LötKolben) und ein LötKolben mit 24 V (150W LötKolben). Deshalb die Trennung der Stromversorgungen. Die beiden Dioden D2 und D3 versorgen, unabhängig von der Stromversorgung der LötKolben, den IC LM2675 Schaltregler mit Spannung für die Erzeugung der 5 V der Steuerplatine. Beide Stromversorgungen sind somit entkoppelt. Wird für beide LötKolben 12 V verwendet, können CON1 und CON4 verbunden werden. Ich habe eine Schalter an der Rückwand montiert der CON1 und CON4 verbindet, wenn ich nur einmal 12 V für beide LötKolben einspeise.

- CON7 GND Minuspols 12 V oder 24 V, je nach LötKolbentyp
- CON1 Stromversorgung LötKolben 1. Je nach LötKolbentyp 12 V oder 24 V.
- CON4 Stromversorgung LötKolben 2. Je nach LötKolbentyp 12 V oder 24 V.

Die beiden Elkos 2200uF/63V sorgen für einen stabilen Betrieb der Baugruppe. Die Stromimpulse der PWM sind ja sehr groß (etwa 3,5 A pro LötKolben). Die Elkos sollen die Spannung etwas puffern.



Die Lötstation von hinten. Links und rechts die Buchsen für die Lichtschranken (Standby-Betrieb). Die beiden getrennten SV-Eingänge. Und oben der Schalter für das Verbinden beider SV-Eingänge.

## Kapitel 2

# Die Firmware des PIC18F45K22 Mikrocontrollers

Die Anzahl der Pins des PIC18F25K22 haben für die neue Lötstation nicht ausgereicht, deshalb habe ich einen größeren PIC aus dieser Familie, den PIC18F45K22, verwendet. Die Taktfrequenz habe ich auf 64 MHz eingestellt. Dazu verwende ich den internen Takt 16 MHz der über die interne PLL vervierfacht wird. Software ist mit Assembler unter dem BS Linux entwickelt worden. Die aktuelle FW ist die Version 1.00. Für die Berechnungen verwende ich meine selbst geschriebene Gleitkomma-Bibliothek.

### 2.1 Die Weller-Lötkolben der RT Serie



Hier ein Bild des Weller Lötkolbens RT1. Die Länge von der Spitze des Kolbens bis zum Ende des 3,5 mm Klinkensteckers beträgt nur 100 mm.





Ich habe bei Bürklin eine neu Buchse in Vollmetall gefunden. Das ist jetzt meine Wahl.

Betrieben wird dieser LötKolben mit 12 V und hat eine Leistung von 40 Watt. Das ist beachtlich bei dieser Größe des LötKolbens. Es gibt auch noch LötKolben mit 150 Watt Leistung von etwa gleicher Größe. Die Lötspitze ist nur etwas stärker. Diese werden aber mit 24 V betrieben. Normalerweise müssten die LötKolben auch an dieser Lötstation funktionieren. Ich hab das so vorgesehen.

### 2.1.1 Der Sensor der RT Serie

Der Temperatursensor dieser LötKolbenserie liefert eine ziemlich geringe Spannung. Bei 450°C sollen 0,007 V am Sensor anliegen. Für die richtige Auswertung der Lötspitzentemperatur muss diese Spannung mit einem OPV verstärkt werden. Ich habe in dieser Schaltung den OPV LTC1050 verwendet. Dieser OPV kann mit Singelspannung von 5 V betrieben werden. Ich habe eine Verstärkung von 1:561 am OPV mit den Widerständen 100 Ohm/56k eingestellt.

$$0,007V * 561 = 3,927V$$

Der Eingangsspannungsbereich am A/D Wandler beträgt 0 bis 5 V. Somit lässt sich die Spannung des Sensor gut messen. Wird die Spannung am Sensor gemessen muss die Heizung des LötKolben deaktiviert werden. Ich habe eine Wartezeit von 10 mSek. eingefügt bevor die Messung beginnt. Das funktioniert gut.

### 2.1.2 Die Heizung der RT Serie

Bei einer Heizleistung von 40W und Betriebsspannung 12V fließen etwa 3,5A. Das können wir ohne Probleme mit einem Mosfet P-Kanal schalten. Ich habe dafür den Mosfet „TSM480P06“ heraus gesucht (-60 V 13 A). Da das ein P-Kanal Mosfet sein muss, kann ich den nicht direkt mit dem PIC ansteuern. Die Pegelwandlung übernimmt ein N-Kanal Mosfet vom Typ „TSM2M7002“. Der wird mit dem Pegel von 5 V durch gesteuert und schaltet den Leistungsmosfet mit durch.

Die Ansteuerung erfolgt mit einem Pin des PIC in **Pulse-Weiten-Modulation**. Für jeden LötKolben ist separat ein PWM-Ausgang vorgesehen. Jede PWM hat einen Einstellungsbereich von 10 Bit (0..1023). Am Drain des Power-Mosfet ist ein Schutzwiderstand 0,1 Ohm und ein Kondensator 100nF eingefügt. Der Kondensator soll eventuelle Radio-Störungen verringern. Es sind ja kräftige Schaltimpulse für die Heizung zu erwarten.

## 2.2 Die Steuerung der Heizung des Lötkolbens

In diesem Kapitel beschreibe ich die Software für die Ansteuerung der Heizwendel des Lötkolbens. Es gibt da einiges zu beachten. Die Heizwendel der Lötkolben reagiert sehr schnell. Das Aufheizen auf 350°C dauert keine 5 Sekunden. Durch Überhitzung geht der Lötkolben sehr schnell kaputt.

Ich habe das folgender Maßen gelöst:

**Messen der Lötkolbentemperatur** Die Heizung des Lötkolben wird abgeschaltet und 10 mSek. gewartet. Die Spannung des Sensors wird gemessen.

**Berechnen der PWM-Einstellung** Wir wissen die Temperatur des Lötkolbens und die Temperatur der Einstellung an der Lötstation.

$$\text{TemperaturDifferenz} = \text{SollTemperatur} - \text{Loetkolbentemperatur}$$

**TempDiff ist negativ** Die PWM wird auf 0 gestellt. Die Solltemperatur wurde überschritten.

**TempDiff ist positiv** Über zwei Tabellen wird je nach Größe des TempDiff Wertes die PWM eingestellt. Je größer TempDiff um so größer wird die PWM-Einstellung. Bei einer großen Differenz wird ein starkes Nachheizen erforderlich.

**LK-Temperatur größer 300°C** Jetzt greift die zweite Umrechnungstabelle für die PWM-Einstellung, denn schon bei einer geringen Differenz der Temperaturen wird ein starkes Nachheizen erforderlich. Das Lötzinn soll ja fließen!!

Durch diese Temperatur-Reglung funktioniert die Lötkolbenheizung sehr flott und auch genau.

## 2.3 Schutzfunktionen der Lötstation

Für den Betrieb der Lötstation habe ich verschiedene Schutzfunktionen programmiert. Das ist sinnvoll, da der Lötkolben sehr schnell kaputt geht, wenn die Heizung zu lange angeschaltet bleibt. Bei Auslösen einer der Schutzfunktionen ertönt auch ein **akustisches Alarmzeichen über den Piezo-Lautsprecher**.

### 2.3.1 Watchdog der Firmware

In der Konfiguration den Quelltexten der Software ist es möglich einen sogenannten „Watchdog“ zu aktivieren. Das habe ich getan. Das aktive *Watchdog* kann nicht deaktiviert werden. Er läuft immer. Zusätzlich muss man noch einen Zähler einstellen der pro Einheit eine Ablaufzeit von 4 mSek. hat. Ist das getan muss man im Ablauf des Source-Codes immer wieder den Assembler-Befehl *CLRWDT* einfügen. Dieser Befehl setzt den Zähler der Watchdog-Einheit wieder auf NULL. Angenommen die Software *verhakt* sich an irgend einer Stelle, dann läuft der Zähler über und es wird ein *RESET* der Software ausgelöst die Abarbeitung beginnt wieder an Adresse 0 wie bei PowerON. In BIT signalisiert mir aber, dass das kein *PowerON* war sondern ein *RESET* von *Watchdog*. Das kann ich auswerten und die Software wird in der Abarbeitung fortgesetzt.

So einen *Watchdog-RESET* kann man im *SETUP*, zum Testen, simulieren. Siehe Seite 21.

### 2.3.2 Überwachung der maximalen Temperatur

Eine weitere Sicherheitsfunktion ist die Überwachung der maximalen Temperatur. Einstellung im *SETUP*, siehe Kapitel 2.6.12 auf Seite 22. Wird der ADC-Wert überschritten schaltet der LötKolben mit einer Errormeldung „Temp.-max.-Error“ ab.

### 2.3.3 Überwachung der maximalen PWM-Aussteuerung nach Zeit

Die Sicherheitsfunktion der PWM-Aussteuerung funktioniert so. Ist die PWM „voll aufgedreht“ wird die Dauer überwacht. Siehe Einstellung *SETUP* Kapitel 2.6.8 auf Seite 20. Wird diese Zeit erreicht, schaltet der LötKolben mit einer Errormeldung „PWMmaxTim.-Error“ ab.

### 2.3.4 Überwachung des Sensors der LötKolben

Neu ist die Überwachung der Spannungsausgabe des Sensors im LötKolben. Ich habe zusätzlich am Sensoreingang auf der Leiterplatte einen Widerstand von 1 kOhm gegen Masse vorgesehen. Wird der LötKolben beheizt, muss am Sensor eine Spannung anliegen. Die Spannung ist ganz gering, darf aber nicht 0 Volt sein. Das überwache ich mit der Software. Wird geheizt und die Spannung am Sensor bleibt 0 Volt stimmt etwas nicht. Der LötKolben könnte durchbrennen. Nach 2 Sekunden schaltet der LötKolben mit einer Errormeldung „Sensor Error“ ab.

## 2.4 Anzeige und Bedienelemente

Als Anzeige verwende ich ein LCD-Display mit 2x16 Zeichen. 3 Fixtasten, Taste 1 bis Taste 3, dienen dem schnellen Temperaturwechsel (Temperatur einstellbar im *SETUP*). Die Taste 4 am Drehgeber hat eine mehrere Funktionen. Die Taste 5 ist die Tastenfunktion im Drehgeber. Bei der Tastenbedienung unterscheiden wir „kurzen Tastendruck“ mit einem Quittungston und „langen Tastendruck“ mit einem doppelten Quittungston.



Ansicht von vorn.

### 2.4.1 LED Status LötKolben

Für die Anzeige des Status der LötKolben habe ich eine Doppel-LED eingesetzt mit Rot/Grün.

**LED aus** LötKolben nicht aktiviert.

**LED grün** Der LötKolben ist im Standby-Modus

**LED rot** Der LötKolben wird beheizt.

### 2.4.2 Funktionen des *kurzen Tastendruckes und Drehgeber*

Im Betrieb der Lötstation wird mit den Tasten 1 bis 3 die Temperatur gewählt. Passt die Temperatur nicht kann mit der Taste im Drehgeber die Temperatur übernommen werden und mit dem Drehgeber angepasst werden. **Es reicht auch nur das Drehen am Drehgeber das die Temperatur übernommen wird** und geändert wird. Das ist noch einfacher.



Eingestellt war die Temperatur Taste 1 310°C. Mit dem Drehgeber habe ich die Temperatur per Hand erhöht auf 335°C.

**Taste 1** Fixtaste für Temperatur. Voreinstellung ist 310°C. Einstellung im SETUP.

**Taste 2** Fixtaste für Temperatur. Voreinstellung ist 350°C. Einstellung im SETUP.

**Taste 3** Fixtaste für Temperatur. Voreinstellung ist 370°C. Einstellung im SETUP.

**Taste 4** Zugang zum "FixMenue", siehe Kapitel 2.5.

**Taste 5 (Drehgeber)** Temperatur von „Fixtaste Temperatur“ wird zum Drehgeber übernommen. Die Temperatur kann mit dem Drehgeber in Schritten von  $5^{\circ}\text{C}$  verstellt werden. Aber auch das sofortige Drehen am Drehgeber übernimmt die Temperatur.

**Betätigung Drehgeber** Temperatur von „Fixtaste Temperatur“ wird zum Drehgeber übernommen. Die Temperatur kann mit dem Drehgeber in Schritten von  $5^{\circ}\text{C}$  verstellt werden. Das ist die gleiche Funktionsweise wie „Taste 5“.

### 2.4.3 Funktionen des *langen Tastendruckes*

Nach den „langen Tastendruck“ ertönt ein doppelter Quittungston.

**Taste 1** Umschalten LötKolben 1 EIN/AUS

**Taste 2** Umschalten LötKolben 2 EIN/AUS

**Taste 3** keine Funktion

**Taste 4** *Zugang zum SETUP* Siehe Kapitel 2.6 Seite 18.

**Taste 5 im Drehgeber** keine Funktion

Auch hier wird gespeichert welcher LötKolben aktiv ist.

### 2.4.4 Funktion des *Drehgebers* im Normalbetrieb

Im Normalbetrieb wird der Drehgeber ständig abgefragt, ob Drehimpulse angefallen sind. Wird am Drehgeber gedreht, übernimmt der Drehgeber die Solltemperatur und die Temperatur wird in Schritten von  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  geändert. Die Anzeige Zeile 2 links beginnt jetzt mit „Ha:“. Der gespeicherte Temperaturwert in den Tasten 1 bis 3 bleibt wie er ist.



```
L1: 80°C ADC 90
Ha: 335°C PWM 0
```

Die Solltemperatur wurde mit dem Drehgeber etwas erhöht. Der LötKolben ist in diesem Beispiel aber noch im Standby-Betrieb mit der Solltemperatur von  $80^{\circ}\text{C}$ . Erst wenn der LötKolben aus dem Ständer genommen wird, erhitzt sich der LötKolben. Das dauert nur 3 bis 5 Sekunden ist die Temperatur von  $335^{\circ}\text{C}$  erreicht.

### 2.4.5 PowerON + Taste, *Test Baugruppe*

Wird während des PowerON irgend eine Taste gedrückt kommt man sofort in den „Test Baugruppe“. Welche Tests abgearbeitet werden ist im SETUP, Kapitel 2.6.15 auf Seite 23 nachzulesen.

## 2.5 Funktionen des FixMenu

Durch einen „kurzen Tastendruck Taste 4“ kommen wir in das *FixMenu*. Das *Fixmenu* ist für schnelle Einstellungen gedacht. Das wären:

**PwmMaxTimer Edit** Die Einstellung dieses Timers sichert die schnelle Abschaltung des LötKolbens, bei einer ständigen PWM-Vollaussteuerung. Steht dieser Timer zum Beispiel auf 3 Sekunden, schaltet der LötKolben mit einer Error-Meldung ab, wenn 3 Sekunden lang ohne Unterbrechung die PWM voll angesteuert wird. Diese Überwachung kann passend zum RT-Typ verlängert werden.

```
==== FixMenu ===  
PwmMaxTimer Edit
```

**Loetkolben 1 EIN** Der LötKolben 1 linker Stecker wird aktiv. LötKolben 2 wird abgeschaltet.

```
==== FixMenu ===  
Loetkolben 1 EIN
```

**Loetkolben 2 EIN** Der LötKolben 2 rechter Stecker wird aktiv. LötKolben 1 wird abgeschaltet.

```
==== FixMenu ===  
Loetkolben 2 EIN
```

**Loetk. 1 u.2 EIN** Beide LötKolben werden aktiv. Im Display wird nicht mehr so viel angezeigt.

```
==== FixMenu ===  
Loetk. 1 u.2 EIN
```

Welcher LötKolben aktiv ist wird im Eeprom gespeichert, so dass bei PowerON auch wieder diese Konfiguration geladen wird.

## 2.6 Funktionen des SETUP

### 2.6.1 Abbruch

Führt zum Abbruch des SETUP.

```
==== SETUP ====  
Abbruch!
```

### 2.6.2 Temp. Taste 1

Einstellung der Temperatur für die Taste 1. Default ist 310°C

```
==== SETUP ====  
Temp. Taste1
```

### 2.6.3 Temp. Taste 2

Einstellung der Temperatur für die Taste 2. Default ist 350°C

```
==== SETUP ====  
Temp. Taste2
```

### 2.6.4 Temp. Taste 3

Einstellung der Temperatur für die Taste 3. Default ist 370°C

### 2.6.5 Temp. Standby

Einstellung der Temperatur für den Standby-Betrieb der LötKolben. Default ist 80°C

```
==== SETUP ====  Tast.4 Speichern  
Temp. Standby  By: 80°C  
== Save Daten ==  
== PIC Eeprom ==
```

### 2.6.6 Loetk. T.Offset

Die Temperaturmessung beginnt nicht genau bei Zimmertemperatur sondern ist etwas verschoben. Das liegt aber nicht am Thermoelement des LötKolbens, sondern an der Arbeitsweise des OPV LTC1050. Für den OPV ist es schwierig in der Nähe der negativen Spannung (GND) noch ordentlich zu arbeiten. Deshalb entsteht ein Offset bei der Messung der LötKolbentemperatur.

Diese Offset müssen wir erfassen, feststellen wie groß es ist und mit in die Berechnungen einfließen lassen.

In dieser Funktion wird einfach die Temperatur des LötKolbens bei Zimmertemperatur gemessen. Das Offset wird mit dem Drehgeber so lange verstellt, bis der LötKolben die Zimmertemperatur anzeigt.

Mit der Taste 4 speichern wir den Wert des Offsets in den Eeprom des PIC ab.

Es folgt noch eine weitere Variante der Ermittlung des Offsets mit Hilfe der Schmelztemperatur des Lötzinns.

```
==== SETUP ====  L1:- 0°C  
Loetk. T.Offset  Of:+ 30°C [T4 OK]
```

Diese Einstellung des Offset funktioniert nicht optimal. Ich würde empfehlen nur die folgende Funktion "Loetk. T.Off V2" zu benutzen.

### 2.6.7 Loetk. T.Off V2

Temperatur-Offset einstellen, Variante 2. Ich habe mir Gedanken gemacht, wie die Temperaturabweichung beim Messen der LötKolbentemperatur noch besser kalibriert werden kann. Da ist mir die Idee gekommen, die Schmelztemperatur vom sogenannten „Sickerlot (63 % Sn, 37 % Pb)“ zu verwenden. Diese beträgt 183°C.

1. Bestätigen den Beginn der Einstellung mit *Taste 4*. Als Zieltemperatur wird im Hintergrund 183 Grad fest eingestellt. In Zeile 1 sehen wir die gemessene Temperatur des LötKolbens. Den Wert der Offseteinstellung sehen wir in Zeile 2.
2. Mit dem Drehgeber verstellen wir die Offsettemperatur. Das Offset wird der Firmwarefunktion *Messung der LötKolbentemperatur* eingerechnet.
3. Die Anzeige der Temperatur im LCD Zeile 1 bleibt immer bei 183°C stehen aber der LötKolben ändert, je nach Offsetwert, seine Temperatur. Die Offsettemperatur verstellen wir mit dem Drehgeber so lange bis der Punkt gefunden ist, wo das LötZinn gerade beginnt zu schmelzen. *Je höher die Offsettemperatur um so kälter wird der LötKolben und umgekehrt. Zu sehen am ADC-Wert. ADC-Wert wird kleiner (LötKolben wird kälter), ADC-Wert wird größer (LötKolben wird wärmer)*
4. Ist der Offsetwert gefunden speichern wir mit *Taste 4* den Wert im Eeprom ab.
5. alle anderen Tasten bedeuten „Abbruch“.



```
==== SETUP ====      L1:183°C PwmT 3s
Loetk. T.Off U2      O:+ 30°C [T4 OK]
```

### 2.6.8 SET PWMmax Timer

Die Aufheizzeit des LötKolben ist unglaublich schnell. In etwa 5 Sekunden bis auf 350°C. Der LötKolben „RT1“ ist sehr klein und hat aber 40 Watt Heizleistung. Die Energiedichte ist bei diesem kleinen LötKolben sehr hoch. Ein vernünftige Ansteuerung kann man deshalb nur mit einer PWM (**P**uls-**W**eiten-**M**odulation) erreichen.

Natürlich entwickelt man der Ehrgeiz die Zeit noch etwas zu verringern. Mit diesem Ehrgeiz habe ich aber einen „RT1“ LötKolben zerstört. Die Energiedichte in der LötKolbenspitze ist so hoch, dass man auf keinen Fall die Heizung überbeanspruchen darf. Man kommt also ohne PWM im Leistungsteil nicht so richtig zurecht.

In der Firmware habe ich drei Schutzfunktionen programmiert. Eine Schutzfunktion ist die Überwachung der Dauer der vollen Durchsteuerung der PWM. Ist die PWM eine bestimmte Zeit voll durch gesteuert und regelt nicht zurück, läuft der PWMmax-Timer ab. Ist der PWMmax-Timer auf „NULL“ wird der LötKolben, die PWM, abgeschaltet. Es ist ja nicht normal, dass ständig voll die PWM läuft. Voreinstellung des Timers beträgt 5 Sekunden. In dieser SETUP-Funktion kann diese Zeit angepasst werden (2-30 Sek).

Bei Verwendung von RT LötKolben mit kräftiger Spitze, kann es sein das diese Zeit etwas höher eingestellt werden muss. Der LötKolben schaltet sonst laufend ab.

Diese Funktion kann auch im *FixMenu* ganz schnell aufgerufen werden. Siehe Kapitel 2.5 auf Seite 18.

```
==== SETUP ==== PWMmaxTimer[Sek]
SET PWMmax Timer Loetk.1: 3s
```

### 2.6.9 SET ADC-Control

Eine weiter Schutzfunktion ist die Kontrolle des maximalen ADC-Messwertes der LötKolbentemperatur. Diese Funktion erlaubt es die Schutzfunktion zu deaktivieren. **Es ist aber besser diese Schutzfunktion aktiv zu lassen!!!**

**Taste 1** LötKolben 1, ADC-Kontrolle EIN/AUS

**Taste 2** LötKolben 2, ADC-Kontrolle EIN/AUS

**Taste 4** Speichern der Änderung im Eeprom des PIC

**alle anderen Tasten** Abbruch der Funktion

```
==== SETUP ==== Lk1 [X] T1 T4 OK
SET ADC-Control Lk2 [X] T2
```

### 2.6.10 Test PICwatchdog

Der Befehlssatz des PIC besitzt in der Grundkonfiguration einen so genannten *Watchdog* (*Wachhund*). Ist der Watchdog einmal aktiviert kann er nicht mehr per Software gestoppt werden. Man muss beim Entwickeln der Software immer wieder das Watchdog-Register mit dem *Befehl CLRWDT* zurück setzen. Ich habe im Quelltext überall an zeitkritischen Stellen den *Befehl CLRWDT* eingebaut. Wird die Abarbeitung der Befehle durch einen Impuls oder anderen äußeren Einfluss gestört und die SW blockiert, fehlt im Ablauf der *Befehl CLRWDT*, der Watchdog läuft über und löst einen Warmstart (Reset) aus. Die Abarbeitung der Software beginnt von vorn. Der Resetzähler wird um eins erhöht.

So das war eine lange Erklärung. Mit dieser SETUP-Test-Funktion wird eine Endlosschleife erzeugt, in der der Befehl *Befehl CLRWDT* nicht vorkommt. Nach 1 Sekunde ist der Watchdog-Timer abgelaufen. Es erfolgt zwangsweise ein Warmstart. *Durch Abfrage des RCON-Registers Bit TO kann festgestellt werden ob der Watchdog das Reset ausgelöst hat oder war es ein einfaches PowerON.*

Dieser Test ist die Funktionsüberprüfung des Watchdogs im PIC. Der Resetzähler wird um eins erhöht.

```
==== SETUP ==== -- SW-Blockade -
Test PICwatchdog Endlos Schleife
- PIC-Watchdog -
Restarts:count
```

### 2.6.11 SET Lschr.Trigg.

Für jeden LötKolben ist eine Lichtschranke vorgesehen. Wird die Lichtschranke unterbrochen schaltet die Heizung des LötKolben auf die Standby-Temperatur (Default 80°C). Ich habe bei dieser Lötstation die Empfängerseite der Lichtschranke jeweils einem ADC-Wandlereingang gekoppelt. Das hat den Vorteil, das keine Triggerschaltung erforderlich wird.

Der Mittelwert der Spannung am ADC-Eingang zwischen Lichtschranke geschlossen und Lichtschranke geöffnet bildet den Trigger-Umschaltpunkt.

Mit dieser Funktion wird der Trigger-Umschaltpunkt berechnet. So kann der Zustand der Lichtschranke einfach durch messen der Spannung an R9 und R10 abgefragt werden.

```
==== SETUP ====   Ausw:Lk1 Taste 1
SET Lschr.Trigg.   Ausw:Lk2 Taste 2
- LS-Zustand 1 -   - LS-Zustand 2 -
L1:253 T4 Weiter   L1: 6 T4 Weiter
Trigger [T4 OK]
ADC: 129 (2,49U)
```

### 2.6.12 SET max Temp.

Eine weitere Schutzfunktion ist die Überwachung des maximalen ADC-Messwertes des LötKolben-Sensors. Diese Funktion legt fest bei welchem maximalen ADC-Wert der LötKolben sicherheitshalber abschalten soll.

Die Default-Einstellung ist 460°C. Das entspricht einem ADC-Wert von 6571.

Nach jeder ADC-Messung am LötKolben, im Ablauf der Software, wird die Überschreitung kontrolliert. Der ADC-Wert muss andauernd 2 Sekunden lang überschritten werden. Erst dann schaltet die Heizung dauerhaft ab. Somit werden „Ausreiser“ sicher ignoriert. Die Häufigkeit der Messungen sehen wir am Flackern der roten LED. Jedes Flackern ist ein Softwaredurchlauf.

```
==== SETUP ====   Temp,max.[T4 OK]
SET max Temp.     T:460°C AD:6571
```

### 2.6.13 Lichtschr.ON/OFF

In dieser Funktion kann die Lichtschranke deaktiviert werden, wenn keine vorhanden ist. Ein Standby-Funktion habe ich trotzdem mit in die Software integriert. Ich messen die Differenz zwischen LötKolbentemperatur und Solltemperatur. Bleibt die Differenz kleiner 3°C 20 Sekunden lang, schaltet der LötKolben in die Standby-Temperatur und bleibt auch dort. Durch einen kurzen Tastendruck auf die Temperaturwahltaste wird die Standby-Funktion deaktiviert. So kann man auch ohne Lichtschranke erst einmal die Lötstation nutzen. Mit der Lichtschranke ist aber noch besseres Arbeiten.

```

===== SETUP =====
Lichtschr.ON/OFF      Lichtschr[ ]
                       T1 on/off[T4 OK]
Lichtschr[X]
T1 on/off[T4 OK]

```

### 2.6.14 Kalib.Temperatur

Für die Offseteinstellung V2, siehe Kapitel 2.6.7 auf Seite 20, kann die Temperatur verändert werden. Sie beträgt ja wie schon erwähnt 183°C. Möchte man das Offset mit einer anderen Temperatur einstellen, ist diese Funktion gedacht.

```

===== SETUP =====
Kalib.Temperatur      Drehgeber[T4 OK]
                       T:183°C
Drehgeber[T4 OK]
T:183°C

```

Mit der Tastenfunktion im Drehgeber wird der Cursor auf die Zehnerstelle gesetzt, gedacht für Steps mit 10°C.

### 2.6.15 Test Baugruppe

Es bestand der Wunsch die Baugruppe vor der Inbetriebnahme in den einzelnen Funktionen zu testen. Ich habe mir Gedanken gemacht und die Funktion „Test Baugruppe“ programmiert. Diese Funktion kann über das SETUP aufgerufen werden oder über „PowerON + Taste“. Drückt man während PowerON eine Taste kommt man sofort in diese Funktion.

## 2.7 Test Baugruppe, die Funktionen

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

Hier im einzelnen die Testfunktionen. Die Funktion kann nicht verlassen werden, außer mit „PowerOFF“. Mit einem „langen Tastendruck“ kommt man immer zum nächste Test-Punkt.

### 2.7.1 Tastentest

Es kann jede Taste getestet werden. Ein kurzer Tastendruck blendet in Zeile 2 des LCD-Displays die Tastennummer ein. Auch die Taste im Drehgeber wird angezeigt.

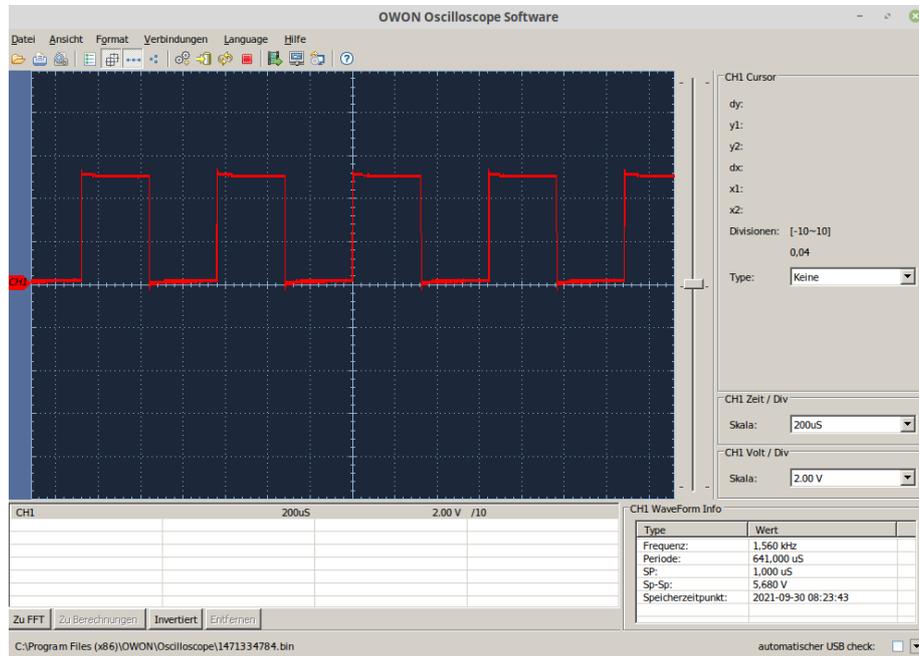
Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

### 2.7.2 Ton-Test

Getestet wird dir Tonausgabe des Piezo-Lautsprechers. Mit dem Oszi kann man am PIC Pin36 die Rechteckimpulse sehen.

- *Taste 1* Ton ein

- *Taste 2* Ton aus



Das Oszillogramm der Tonausgabe an Pin36.

Ein langer Tastendruck führt zur nächsten Funktion.

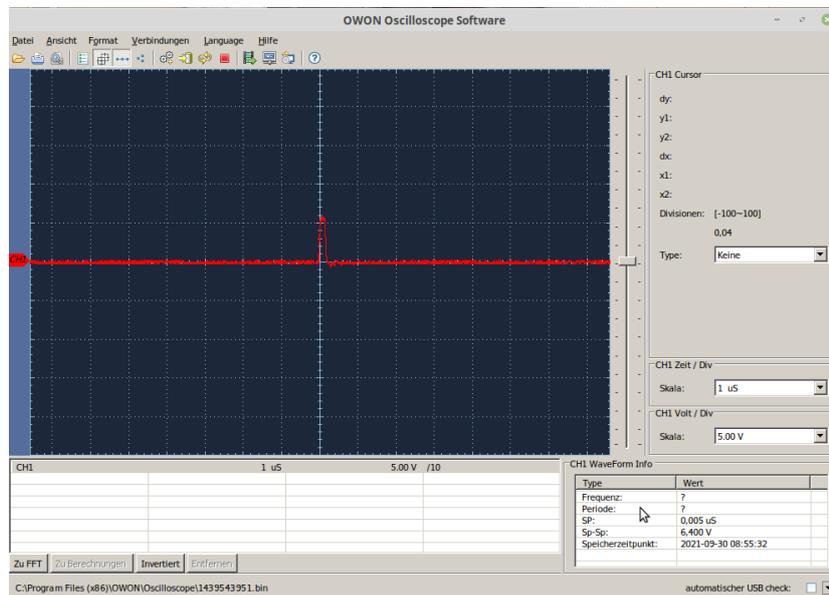
### 2.7.3 LK1-PWM Test

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

**Wichtig!!! Den LötKolben abziehen. Die Temperatur des LötKolben wird nicht überwacht! Der LötKolben könnte zu heiß werden.**

- *Taste 1* PWM1 ein, Impulse am PIC Pin17, 12 Volt an HEATER1.
- *Taste 2* PWM1 aus, keine Impulse am PIC Pin17, 0 Volt an HEATER1.

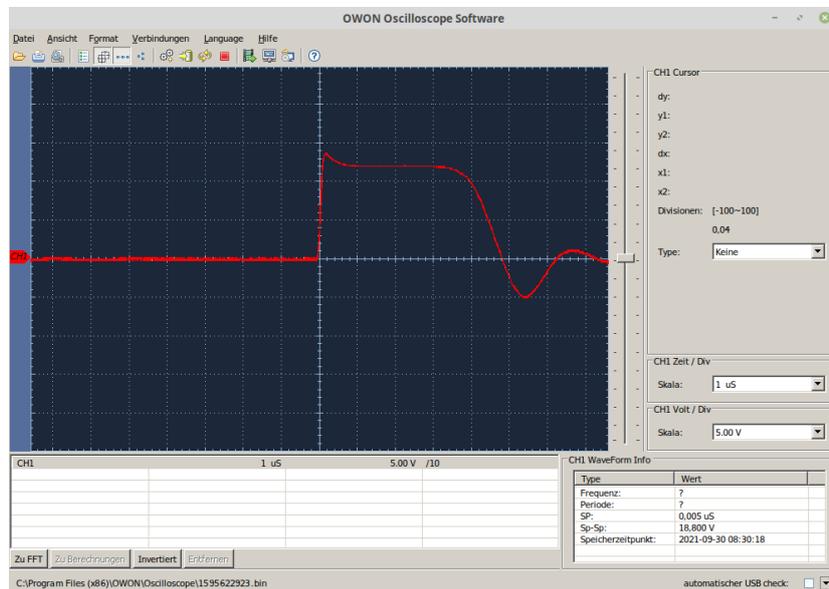
Die PWM-Ausgabe für den LötKolben 1 wird getestet. Am PIC Pin17 werden kurze HIGH-Impulse ausgegeben. PWM ein: Wir messen 12 Volt an HEATER1. **Achtung keinen Kurzschluss erzeugen Q5 TSM480P06 könnte kaputt gehen!**



Die Impulse am PIC Pin17 beim PWM-Wert 10.

### Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!

Sehen die Impulse so aus wie im Oszillogramm am PIC Pin 17, könnte man den LötKolben mal zum Testen anschließen. Mit Taste 1 kurz einschalten und mit Taste 2 gleich wieder ausschalten. Der LötKolben müsste warm werden.



Die gleichen Impulse PWM-Wert 10 direkt an HEATER1 gemessen. Der LötKolben ist angeschlossen. Die Nadelimpulse werden viel länger!

Ein langer Tastendruck führt zur nächsten Funktion.

#### 2.7.4 LK2-PWM Test

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

**Wichtig!!! Den LötKolben abziehen. Die Temperatur des LötKolben wird nicht überwacht!**

- *Taste 1* PWM2 ein, Impulse am PIC Pin16, 12 Volt an HEATER2.
- *Taste 2* PWM2 aus, keine Impulse am PIC Pin16, 0 Volt an HEATER2.

Die PWM-Ausgabe für den LötKolben 2 wird getestet. Am PIC Pin16 werden kurze HIGH-Impulse ausgegeben. Es entstehen die gleichen Oszillogramme wie beim LötKolben 1.

Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

#### 2.7.5 LK1-Sensor Test

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

Für diesen Test muss der LötKolben angeschlossen sein. Es wird ständig die Spannung am Sensor des LötKolben gemessen. Die Spannung am Sensor ist sehr gering und wird von OPV IC2 stark verstärkt. Zum Testen ist der LötKolben anzustecken. Mit einer Flamme wird die LötKolbenspitze erhitzt. Die Anzeige in Zeile 2 muss jetzt einen Wert anzeigen und beim Abkühlen wieder kleiner werden. Bei Zimmertemperatur geht der Wert wieder auf NULL.

Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

#### 2.7.6 LK2-Sensor Test

**Niemals den LötKolben wechseln, wenn die Lötstation eingeschaltet ist!!!**

Für diesen Test muss der LötKolben angeschlossen sein. Es wird ständig die Spannung am Sensor des LötKolben gemessen. Die Spannung am Sensor ist sehr gering und wird von OPV IC3 stark verstärkt. Zum Testen ist der LötKolben anzustecken. Mit einer Flamme wird die LötKolbenspitze erhitzt. Die Anzeige in Zeile 2 muss jetzt einen Wert anzeigen und beim Abkühlen wieder kleiner werden. Bei Zimmertemperatur geht der Wert wieder auf NULL.

Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

#### 2.7.7 Lichtschanke 1

Ist der Optokoppler der Lichtschanke angeschlossen kann ihre Funktion getestet werden. Fällt kein Licht auf den Optokoppler ist der Wert hoch, maximal 255. Fällt Licht auf die Fotozelle wird der Wert ganz niedrig.

Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

#### 2.7.8 Lichtschanke 2

Ist der Optokoppler der Lichtschanke angeschlossen kann ihre Funktion getestet werden. Fällt kein Licht auf den Optokoppler ist der Wert hoch, maximal 255. Fällt Licht auf die Fotozelle wird der Wert ganz niedrig.

Ein **langer Tastendruck** führt zur nächsten Funktion.

### 2.7.9 LED-Test

Zum Abschluss erfolgt noch der Test der beiden Dual-LEDs. Welche LED und Farbe steht in Zeile 2 des Displays.

Ein **langer Tastendruck** führt zu einem Neustart der Firmware. Beide LötKolben werden sicherheitshalber deaktiviert.

## Kapitel 3

# Schlusswort

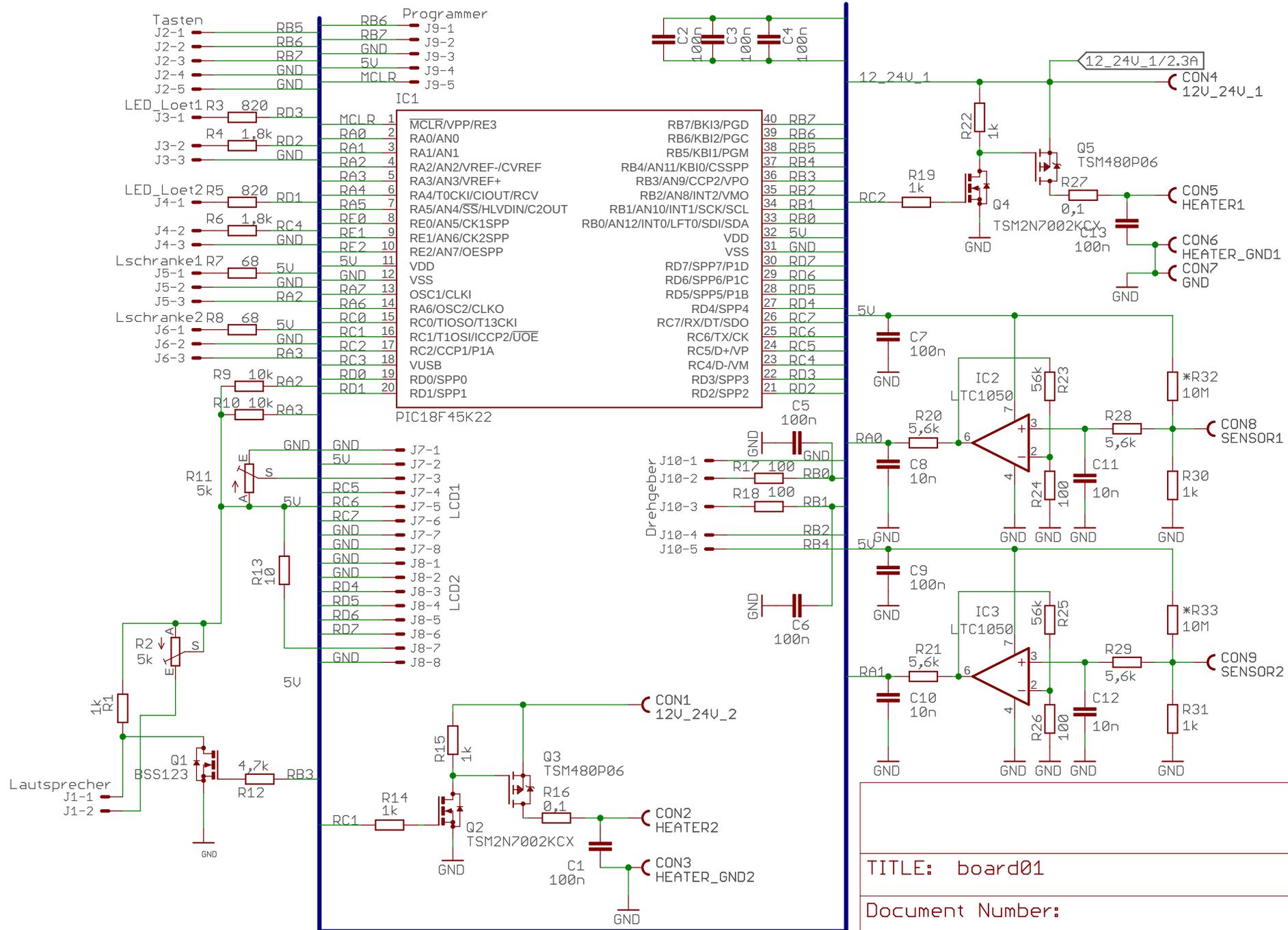
**Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau).** Ich wünsche viel Spaß beim Basteln und SMD-Löten.

vy 73 Andreas DL4JAL

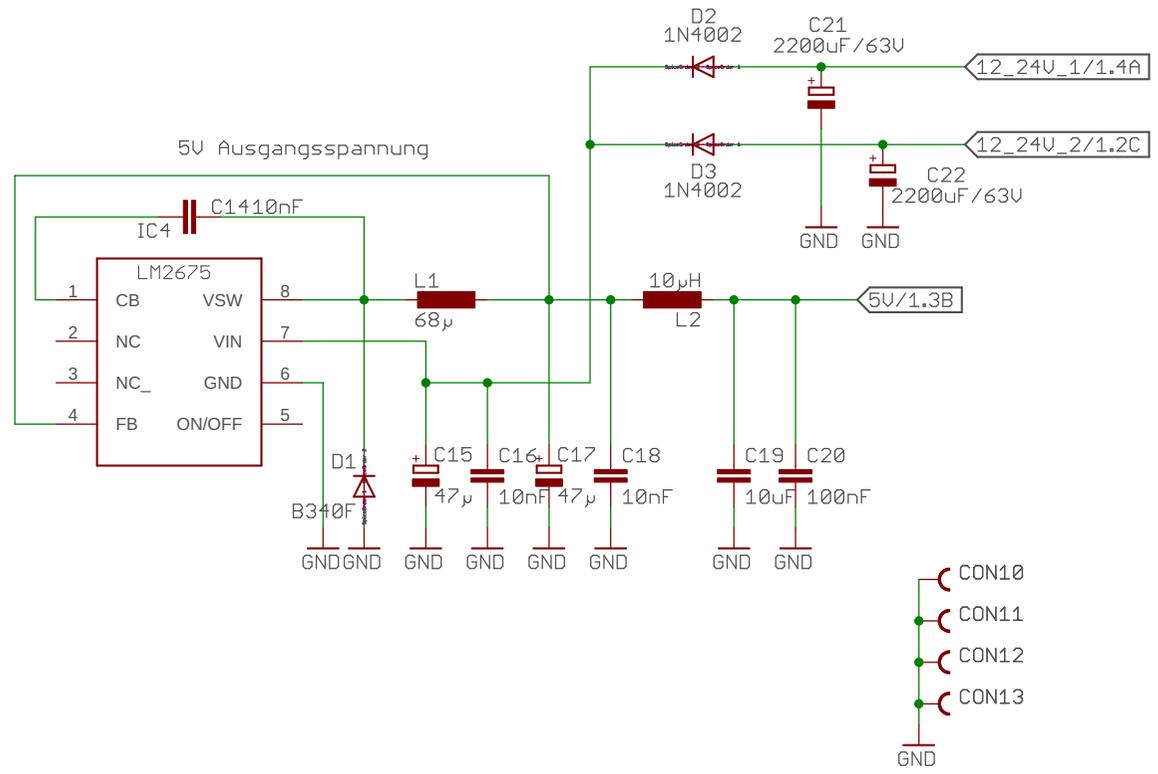
✉ DL4JAL@t-online.de

### 3.1 PDF-Anhänge

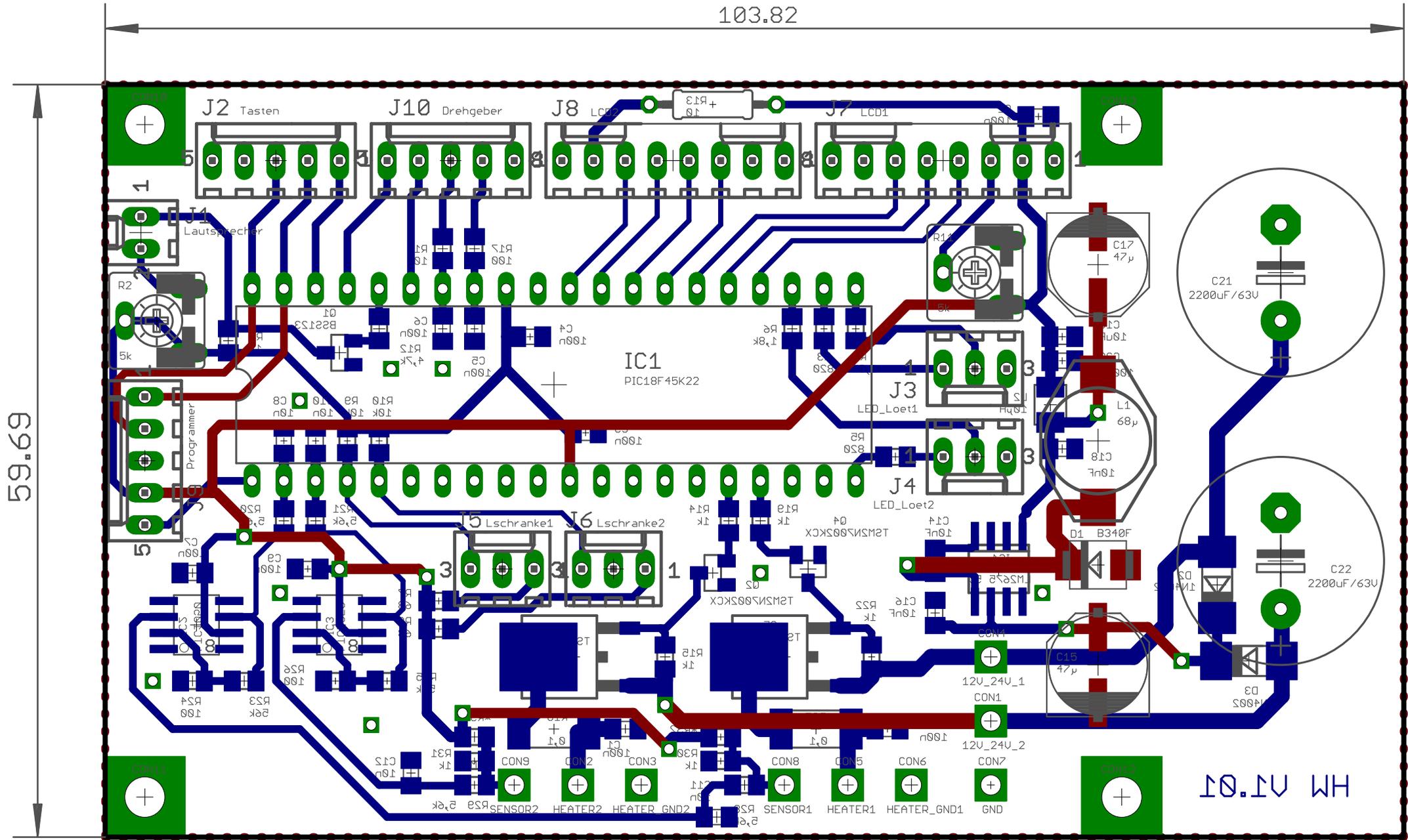
Anschließend zu diesem Dokument habe ich noch zusätzliche PDFs angehängt.

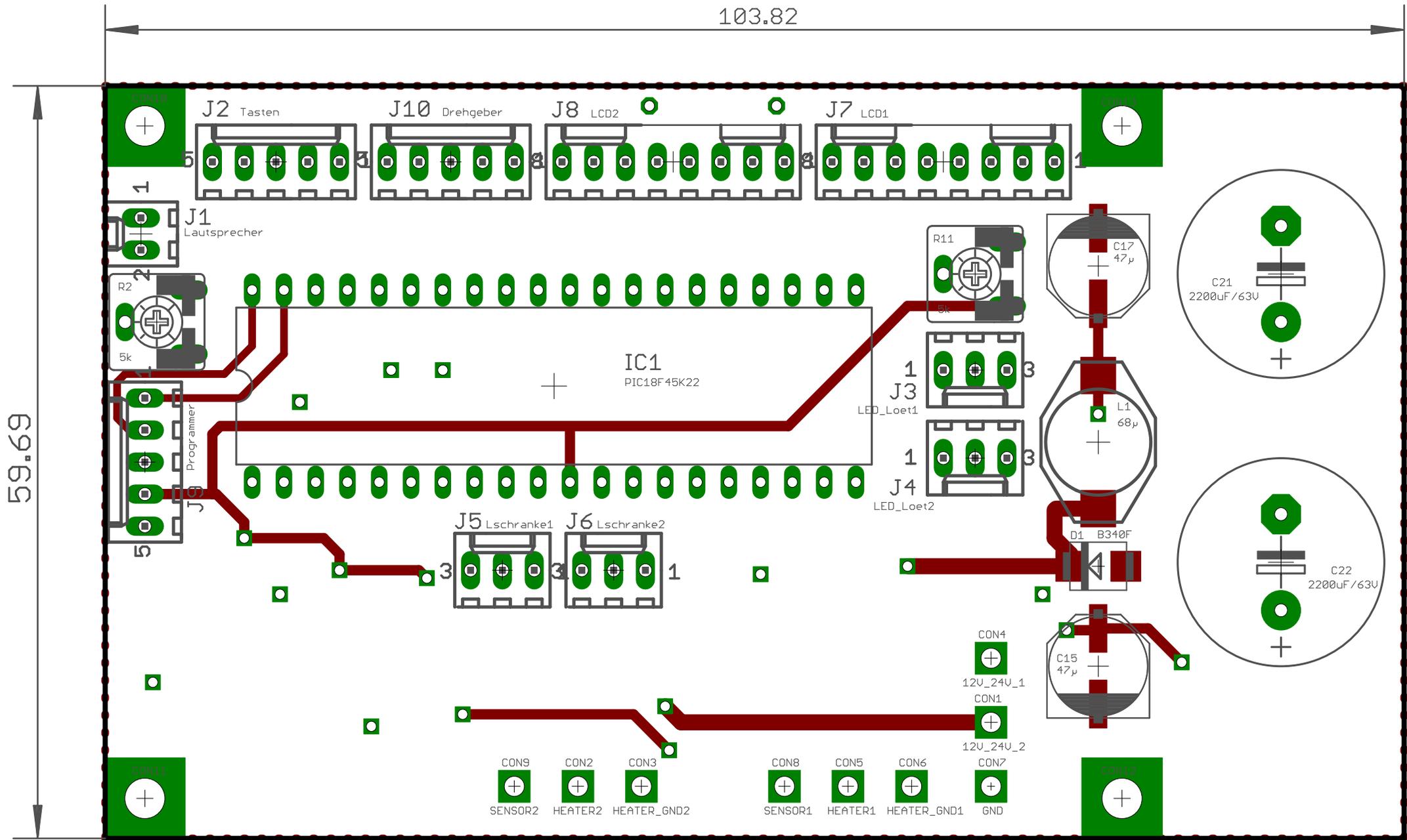


TITLE: board01	
Document Number:	REV:
Date: 17.02.21 08:57	Sheet: 1/2



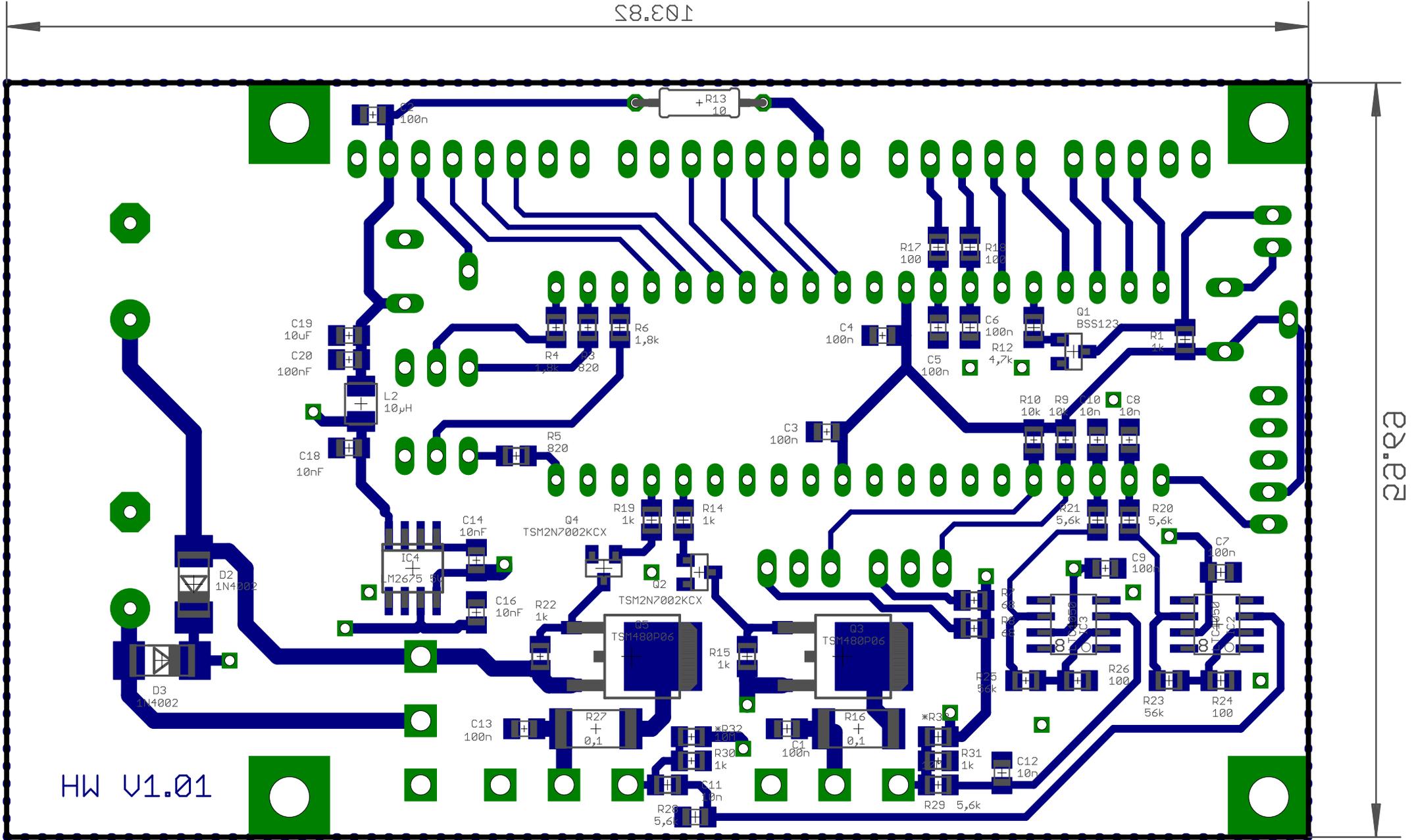
TITLE: board01	
Document Number:	REV:
Date: 17.02.21 08:57	Sheet: 2/2





03.851

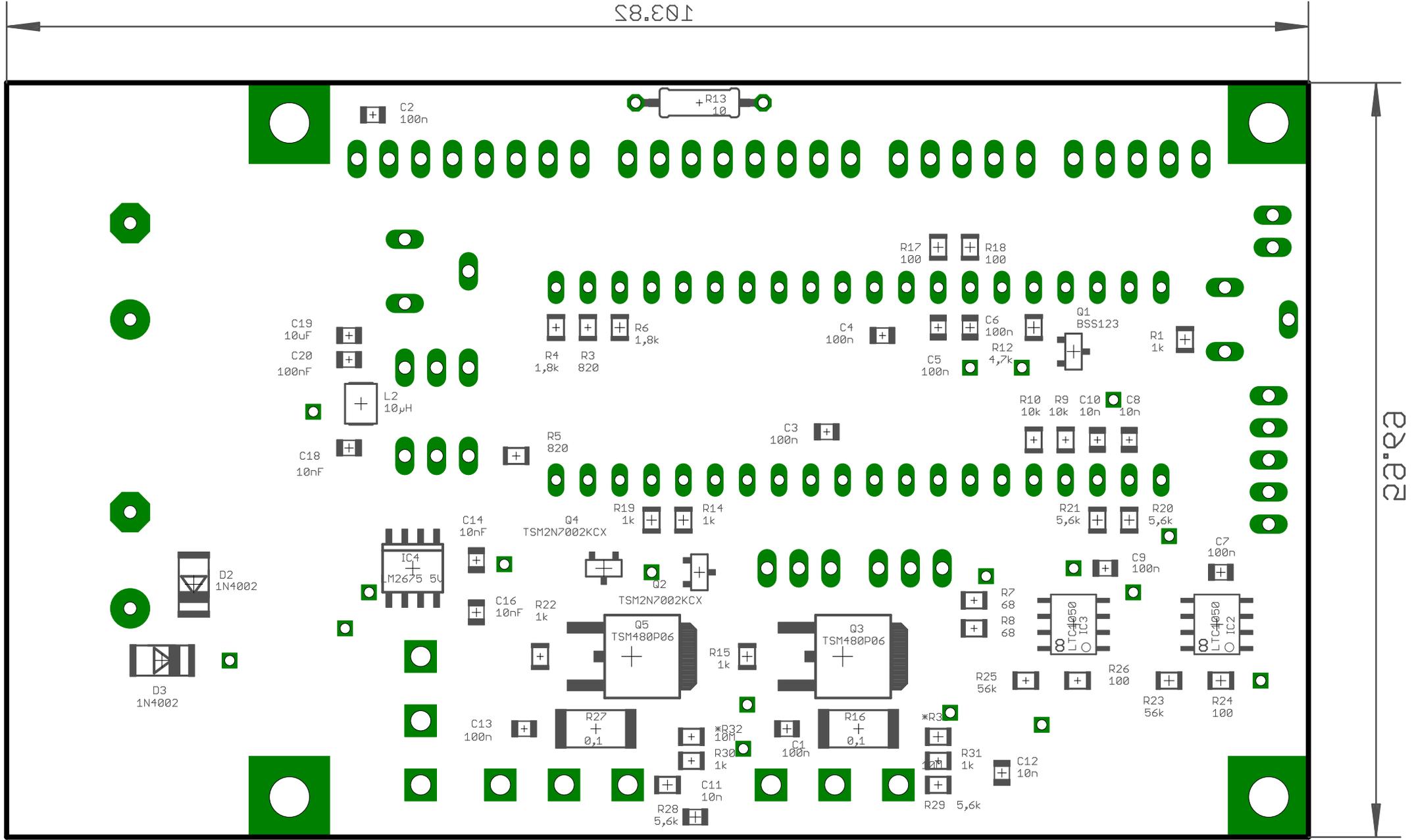
22.22

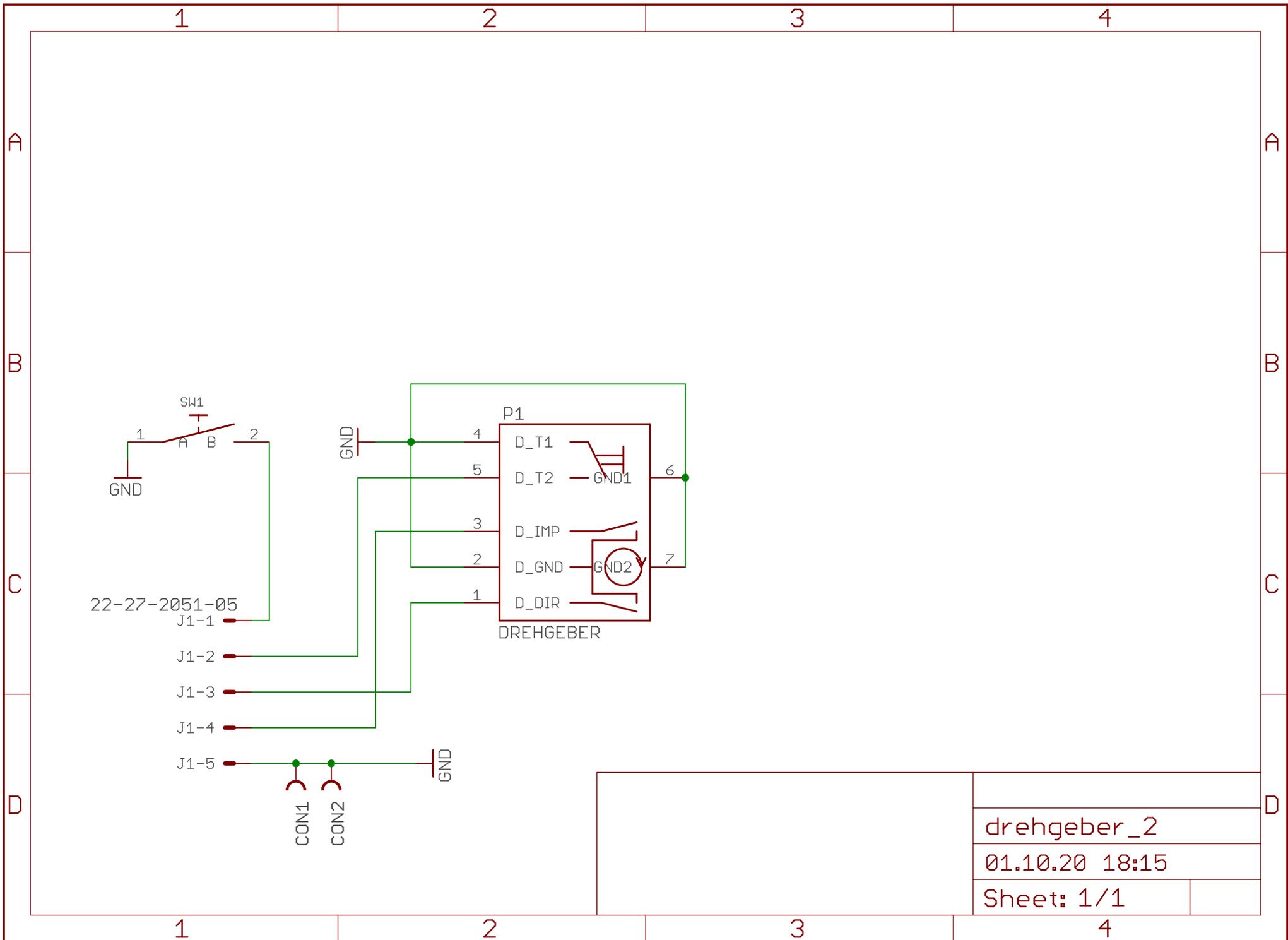


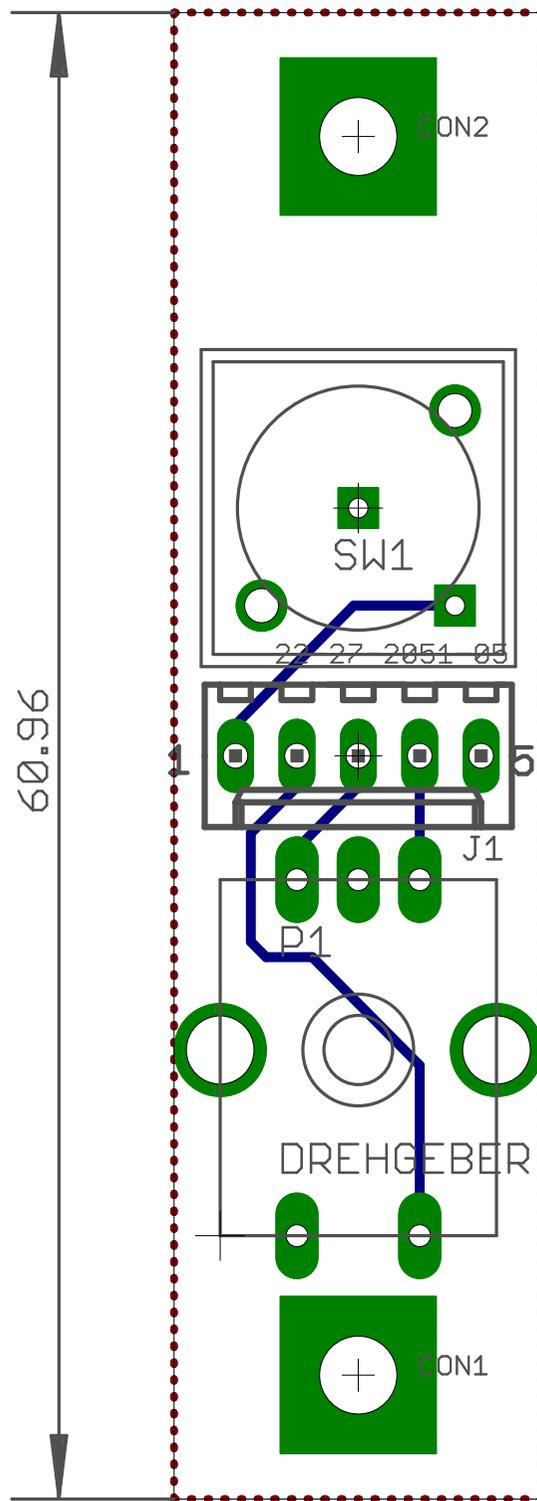
HW V1.01

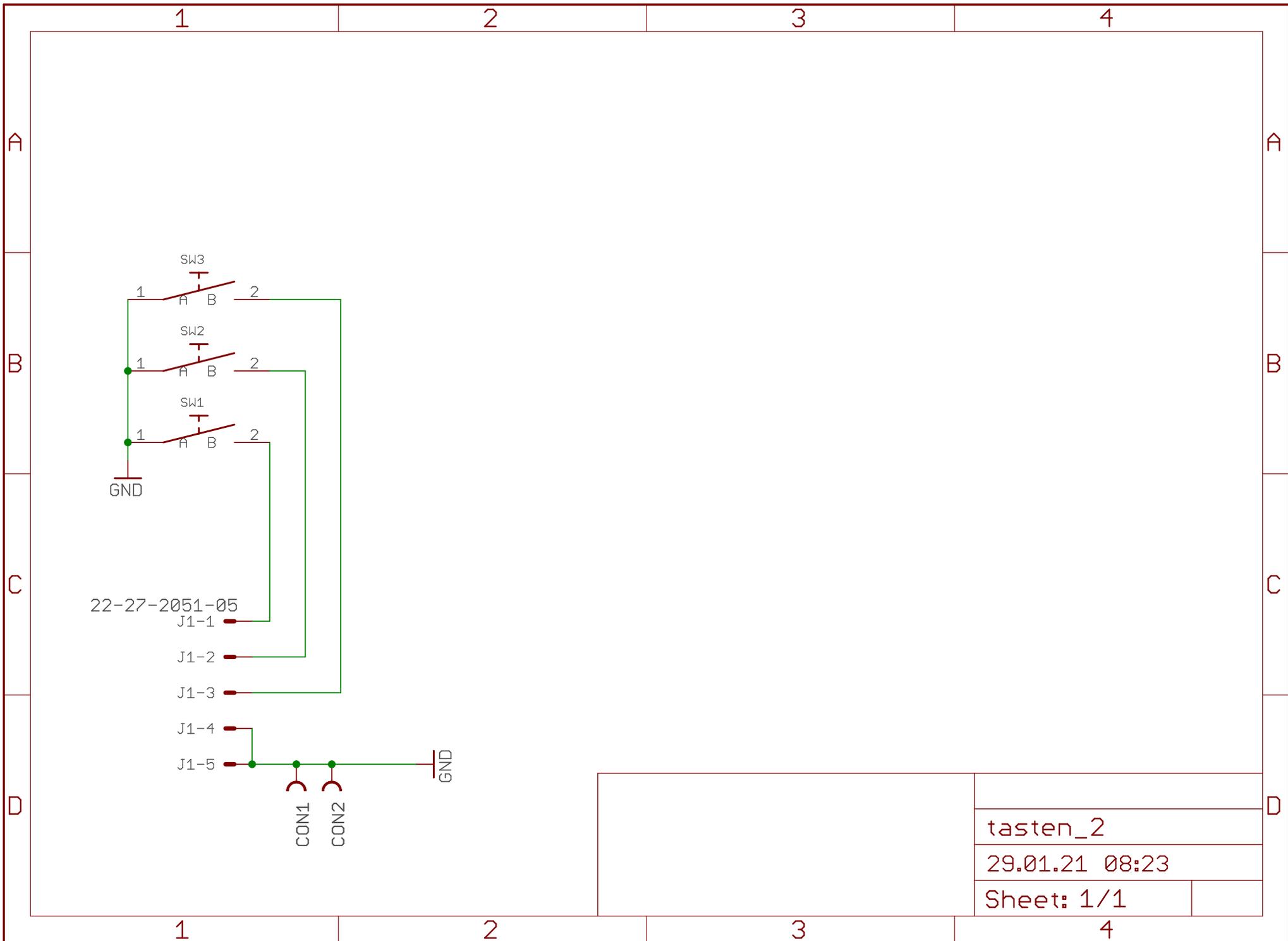
03.85

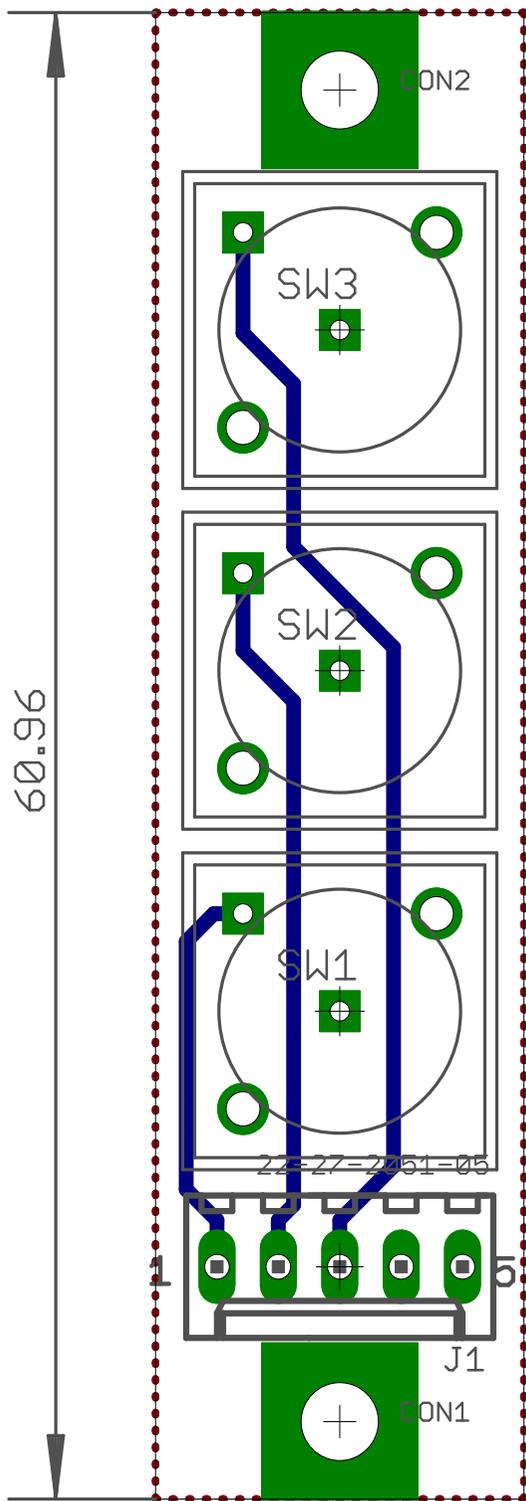
23.22











## board01\_werte

Qty	Value	Package	Parts	Beschreibung	Provider	Bestellnummer
2	10M	M0805	*R32, *R33	nicht bestücken		
9	100n	C0805K	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9, C13			
3	10nF	C0805K	C14, C16, C18			
2	47µ	PANASONIC_E	C15, C17	SMD-Elkos	Reichelt	ECC ZA630470MHA
1	10uF	C0805K	C19			
1	100nF	C0805K	C20			
2	2200uF/63V	E7,5-16	C21, C22		Reichelt	ELN RJH-35V222MJ
4	10n	C0805K	C8, C10, C11, C12			
1	12V_24V_2	PIN2_5	CON1	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
4		HOLE3	CON10, CON11, CON12, CON13	LP-Befestigung		
1	HEATER2	PIN2_5	CON2	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	HEATER_GND2	PIN2_5	CON3	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	12V_24V_1	PIN2_5	CON4	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	HEATER1	PIN2_5	CON5	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	HEATER_GND1	PIN2_5	CON6	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	GND	PIN2_5	CON7	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	SENSOR1	PIN2_5	CON8	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
1	SENSOR2	PIN2_5	CON9	Stift 1,3mm	Bürklin	1365E.61
	Kabelschuhe			Kabelsteckschuhe 1,3mm	Bürklin	1360.21
1	B340F	SMB	D1		Reichelt	B 340 F
2	1N4002	MELF-MLL41	D2, D3		Reichelt	1N 4002 SMD
1	PIC18F45K22	DIL40	IC1		Reichelt	PIC 18F45K22-IP
1	Fassung 40p	DIL40			Reichelt	
2	LTC1050	SO-08	IC2, IC3		Bürklin	41S6694
1	LM2675 5V	SOIC8	IC4		Reichelt	LM 2675 M5,0
1	Lautsprecher	6410-02	J1	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	Drehgeber	6410-05	J10	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	Tasten	6410-05	J2	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	LED_Loet1	6410-03	J3	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	LED_Loet2	6410-03	J4	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	Lschränke1	6410-03	J5	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	Lschränke2	6410-03	J6	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	LCD1	6410-08	J7	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....

## board01\_werte

Qty	Value	Package	Parts	Beschreibung	Provider	Bestellnummer
1	LCD2	6410-08	J8	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
1	Programmer	6410-05	J9	Stecker	Reichelt	PSS 254/.....
				Passende Buchsen zum PSS Stecker	Reichelt	PSK 254/.....
				Kontakte zu PSK-Buchsen	Reichelt	PSK-KONTAKTE
1	68μ	DO3316P	L1		Reichelt	L-PISM 68μ
1	10μH	L3230M	L2		Reichelt	LQH3N 10μ
1	BSS123	SOT23	Q1		Reichelt	BSS 123 SMD
2	TSM2N7002KCX	SOT23	Q2, Q4		Reichelt	TSM2N7002KCX
2	TSM480P06	TO252	Q3, Q5		Reichelt	TSM480P06CP
7	1k	M0805	R1, R14, R15, R19, R22, R30, R31			
1	4,7k	M0805	R12			
1	10	0207/10	R13	Abpassen an Hintergrundbeleuchtung		
2	0,1	R2512	R16, R27		Reichelt	CRA2512 R100E
4	100	M0805	R17, R18, R24, R26			
2	5k	CA6V	R2, R11			Trimmer 6mm
4	5,6k	M0805	R20, R21, R28, R29			
2	56k	M0805	R23, R25			
2	820	M0805	R3, R5			
2	1,8k	M0805	R4, R6			
2	68	M0805	R7, R8			
2	10k	M0805	R9, R10			
1	LCD-Anzeige		LCD 16x2 4Bit Ansteuerung	LCD-16x2		
1	Piezo-LP			Piezo-Lautsprecher	Bürklin	36M340
2	Dopple-LED	5mm			Reichelt	EVL 339-1SURSYGW
1	Drehgeber				Reichelt	STEC12E08
2	Lichtschranke				Reichelt	CNY 36
4	Tasten			Tasten	Reichelt	TASTER 1082.8
2				Buchsen für LötKolben	Reichelt	B 604
2				Stecker LötKolben	Reichelt	M 604
2				SV	Reichelt	LUM NEBJ 25C

## board01\_werte

Qty	Value	Package	Parts	Beschreibung	Provider	Bestellnummer
1				Bahar Enclosure 150*70*100 mm Metallgehäuse	Amazon	BDA 40004-A2 (W100)