

# ***Digitale Lötstation mit ATtiny 84***

*Christoph Schwärzler, OE1CGS*  
*September 2017*

## Abstract

Manual soldering of surface mounted parts requires among other skills good tools. Unfortunately professional soldering stations for SMD come with a hefty price tag. However it is possible to build such a professional tool for little money. As M. Kumm, DC3MKB pointed out, Weller sells their professional soldering tips RT1 to RT4 as replacement parts for around 40 €<sup>1</sup>. They are connected by a standard 3.5 mm stereo plug, so it is possible to use those tips on top of a self-bred microcontroller based station.

In contrast to M. Kumm's original project the device presented in this article uses a LCD to provide detailed information such as actual, target and default temperatures. Three different default temperatures can be adjusted to one's own needs and stored permanently. Standby mode is indicated on the display and a buzzer sounds when the target temperature is reached for the first time. Despite these additional functionality there is less hardware required. For example the Arduino microcontroller is replaced by a simple ATtiny 84 using an internal oscillator.

Finally a bespoke casing is presented which allows for a convenient assembly of all parts. The casing can be printed on a standard 3D-printer.

## Zusammenfassung

Das manuelle Löten von SMD-Bauteilen stellt auch einige Anforderungen an das Lötwerkzeug. Leider sind professionelle SMD-Lötstationen nach wie vor relativ teuer. Wie M. Kumm, DC3MKB aufgezeigt hat, ist es allerdings auch möglich eine derartige Station mit vernünftigen Aufwand selbst zu bauen. Einen guten Ausgangspunkt dafür stellen die Lötspitzen RT1 bis RT4 von Weller dar, die als Verbrauchsmaterial auch einzeln für rund 40 € verkauft werden. Da sie über einen Standard 3,5 mm Stereostecker verfügen, können sie zusammen mit einer selbstgebaute, mikrocontroller-gesteuerten Basiseinheit betrieben werden.

In Ergänzung zu M. Kumm's Projekt verfügt das in diesem Artikel vorgestellte Gerät über eine LC-Anzeige für die IST- und SOLL-Temperatur sowie 3 definierbare Temperaturen. Deren Werte können dauerhaft gespeichert werden. Der Standby-Betrieb wird optisch und das erstmalige Erreichen der SOLL-Temperatur zusätzlich akustisch angezeigt. Dennoch sinkt der Hardwareaufwand sogar, denn an Stelle eines Arduino kommt hier ein einfacher, intern getakteter ATtiny 84 zum Einsatz.

Zur leichteren Montage der Komponenten wurde ein spezielles Gehäuse entworfen. Es lässt sich mit geringem Aufwand auf einem handelsüblichen 3D-Drucker herstellen.

## 1.) Aufbau

Das Konzept wird hier nur kurz beschrieben, da M. Kumm dieses schon in diversen Artikeln veröffentlicht hat<sup>1,2,3</sup>. Dort finden sich auch Schaltpläne für die Peripheriekomponenten.

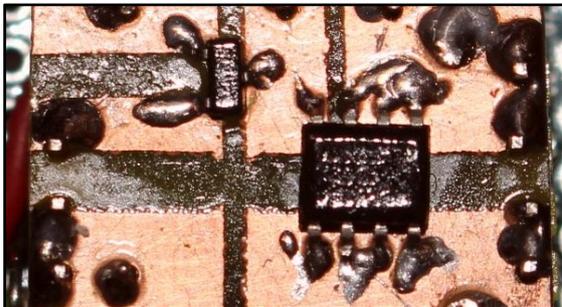
Die Lötstation versorgt die Lötspitze mit einer PWM-getakteten Gleichspannung von 12 V. Das Taktverhältnis bildet die Stellgröße einer PID-Regelung mit der Spitztemperatur als Regelgröße. Durch den bereits in die Lötspitze integrierten Sensor ist dieser Wert leicht zugänglich. Mittels Drehschalter und LCD kann der Benutzer wesentliche Daten ablesen, verändern und Voreinstellungen dauerhaft abspeichern. Zur Lötstation gehört auch eine Ablage für die Lötspitze mit integriertem Schalter. Dieser aktiviert bei nicht benutzter Spitze den Standby-Modus, welcher durch eine Absenkung der Solltemperatur auf 60°C eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer bewirkt. Bei Entfernung der Lötspitze aus der Ablage wird sofort wieder die ursprüngliche Solltemperatur angefahren und deren Erreichung auch akustisch angezeigt. Bild 1 stellt die gesamte Lötstation dar.



Bild 1: Digitale Lötstation inklusive Lötspitzenhalter

Die gesamte Steuerung der Lötstation erfolgt durch einen einfachen Mikrocontroller ATtiny 84 von Atmel<sup>4</sup>. Das zweizeilige LC-Display<sup>5</sup>, basierend auf dem HD44780 Controller mit 16 Zeichen pro Zeile verfügt über ein integriertes I2C Interface und kann daher mit nur zwei Datenleitungen angesprochen werden. Der Drehschalter<sup>6</sup> (2-bit Gray Code) weist 20 Rastungen pro Umdrehung sowie einen Drucktaster auf.

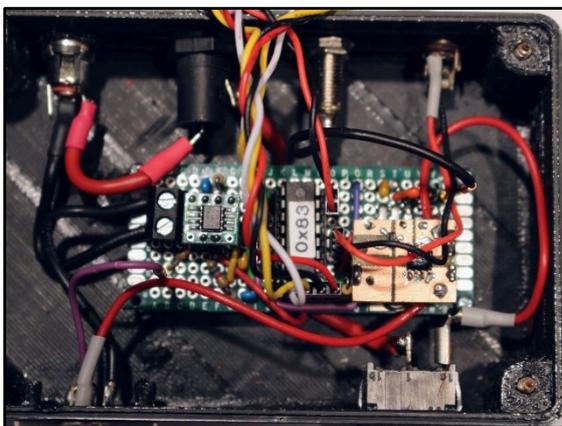
Als komplexe I/O-Erweiterungen für den Mikrocontroller kommen im Wesentlichen zwei Bausteine zum Einsatz. Einerseits ein Operationsverstärker vom Typ OPA 336V der so beschaltet wird, dass er mit einer 680-fachen Verstärkung die Ausgangsspannung des Temperaturfühlers der Lötspitze auf den A/D-Bereich von 0 bis 5 V des Controllers bringt. Andererseits wurde rund um einen Leistung-MOSFET vom Typ IRF 7416 die Endstufe zur Versorgung der Lötspitze mit der PWM getakteten Versorgung von 12 V und einem Strom von bis zu 10 A realisiert. Diese SMT-Bauteile sind auf eine einseitig kaschierte und geätzte Kupferplatine montiert (Bild 2). Dank der einfachen Strukturen genügt es dazu, vor dem Ätzen die zu erhaltenden Kupferflächen mit zugeschnittenem Isolierband abzudecken.



**Bild 2:** Einfache Platine mit gelöteten SMT-Bauteilen

Ein normal offener Taster zur Feststellung des Standby-Betriebs und ein Piezo-Schallwandler als akustisches Signal ergänzen die benötigten Komponenten.

Die gesamte Elektronik ist auf einer Lochrasterplatine realisiert, wobei die einzelnen Komponenten über 2,54 mm Steckerleisten angeschlossen werden (Bild 3). Der Mikrocontroller sollte mittels entsprechender IC-Fassung integriert werden.



**Bild 3:** Aufbau der Schaltung aus den Komponenten auf einer Lochrasterplatine

Die Station muss mit einer Gleichspannung von 12 V bis 14 V bei einer Strombelastbarkeit von 5 A versorgt werden. Sie kann daher z.B. direkt an einer Autobatterie betrieben werden. Für den stationären Einsatz empfiehlt sich ein externes 12V Netzgerät mit einer Leistung ab 50 Watt. Die Lötstation wird intern mit einer trägen 4 A Schmelzsicherung geschützt.



**Bild 4:** Rückseite mit den Anschlüssen (v.l.n.r.): Standby-Taster, Erdungsbuchse, Sicherungshalter, Versorgungsspannung

Auf der Rückseite des Geräts (Bild 4) befindet sich neben den Anschlüssen für die Stromversorgung und den Standby-Taster sowie dem Sicherungshalter auch eine Erdungsbuchse. Über diese kann als EMV-Maßnahme beim Lötten die Lötspitze auf das gemeinsame Massepotential gelegt werden. Der Anschluss erfolgt durch einen üblichen 4 mm Bananenstecker.

#### Gehäuse (optional)

Sowohl das Gehäuse für die Elektronik als auch die Lötspitzenhalterung wurden mit einem handelsüblichen 3D-Drucker mit PLA erstellt<sup>7</sup>. Sie bestehen jeweils aus 2 Teilen, die mit Schrauben aneinander befestigt werden. Der Unterteil der Lötstation verfügt bereits über Halterungen für die Montage einer 30x70 mm Lochrasterplatte und die Ausnehmungen für die Anschlüsse und den Sicherungshalter. Der Oberteil hat die Ausnehmungen und Montagemöglichkeiten für die LC-Anzeige und den Drehschalter. Die Halterung für die Lötspitze ist hohl und sollte zur Erhöhung der Stabilität über das vorhandene Loch z. B. mit Wasser befüllt werden. Die halbkugelförmige Halterung dient der Aufnahme einer Lötspitzenreinigung wie z.B. Messingwolle. In die eigentliche Halterung (Oberteil) wird der Mikroschalter für die Standby-Funktion sowie ein Schutz aus einem 45 mm langen Stück Edelstahlrohr mit 12 mm Durchmesser eingebaut.

## 2.) Firmware

Die Firmware wurde auf der Arduino IDE Version 1.6.12 für den ATtiny 84 entwickelt. Sie kann unter der GNU GPL genutzt werden und ist auf meiner Website verfügbar<sup>8</sup>. Zum Compilieren wurde der ATtiny Core von David Melles benutzt<sup>9</sup>. Um den Hardwareaufwand möglichst gering zu halten, wird der Mikrocontroller mit dem internen RC-Oszillator bei einer Taktrate von 1 MHz betrieben.

Für eine erfolgreiche Programmierung werden die drei folgenden Bibliotheken benötigt:

- TinyWireM.h
- LiquidCrystal\_I2C.h
- EEPROM.h

TinyWireM stellt einen I2C-Master zur Verfügung, welcher für die Ansteuerung des LC-Displays erforderlich ist. Für die Anzeigen auf dem Display stellt LiquidCrystal\_I2C viele Routinen bereit und EEPROM ist für das Schreiben und Lesen des nichtflüchtigen Speichers erforderlich.

Der Drehschalter wird interrupt-gesteuert als Zustandsmaschine nach dem Schema von Ben Buxton<sup>10</sup> interpretiert.

Die wesentlichen Funktionen der Firmware sind neben der Temperaturregelung der Lötspitze die dynamische Anzeige und Änderungsmöglichkeit der Betriebsparameter, die Erkennung und Umsetzung des Standby-Betriebs, die optionale akustische Information über die Betriebsbereitschaft sowie die Handhabung und dauerhafte Speicherung vordefinierter Temperaturwerte.

Die Temperaturregelung erfolgt nach dem PID-Verfahren in Intervallen von 200 Millisekunden. Die geregelte Größe ist die Pulsweite eines mit 492 Hz betriebenen PWM-Digitalausgangs, der über einen Leistungstransistor (MOSFET, IRF 7416) die Versorgung ein- und ausgetastet an die Lötspitze weiterleitet. Die Messgröße ist die Spannung des in die Lötspitze eingebauten Thermoelements mit einer 680-fachen Verstärkung über einen Operationsverstärker (OPA 336U). Die derart verstärkte Spannung ist im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 450°C annähernd proportional<sup>11</sup> der Temperatur und nimmt Werte von Null bis Versorgungsspannung (5V) an. Sie wird dem 10-bit A/D Wandler des Mikrocontrollers zugeführt.

Werden vom Temperatursensor keine sinnvollen Werte mehr erhalten (z. B. weil sich die Lötspitze

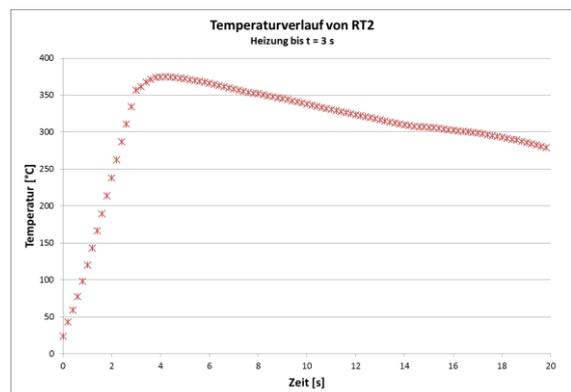
etwas aus der Buchse bewegt hat), so wird die Heizung innerhalb einer halben Sekunde abgeschaltet.

Die Firmware benötigt in der aktuellen Version 1.2 einen Programmspeicher von 6690 Byte (verfügbar: 8192 Byte) und einen Variablenspeicher von 258 Byte (512 Byte). Außerdem werden 7 Bytes des EEPROM-Speichers dazu benutzt, um die Einstellparameter auch nach einer Unterbrechung der Versorgungsspannung zu erhalten.

## 3.) Regelungsparameter

Um die Regelungsparameter zu optimieren, wurden an einer Lötspitze vom Typ RT2 umfangreiche Messungen durchgeführt. Beispielhaft zeigt Bild 5 den Temperaturverlauf während und nach einer 3 Sekunden langen Erhitzung durch Anschluss an 10,8 V.

Dabei wurde die Temperatur in Intervallen von 200 Millisekunden gemessen, zu welchem Zweck die Heizung für jeweils 10 ms ausgeschaltet wurde. Damit ergibt sich eine mittlere Heizdauer von 95%.



**Bild 5: Temperaturverlauf einer Lötspitze RT2 bei 95% Heizleistung für 3 Sekunden und anschließender passiver Abkühlung**

Diese und weitere Messungen dienen der Kalibrierung eines Simulationsmodells für das Regelverhalten. Eine wesentliche Schlussfolgerung aus den Simulationen war, dass zwar ein einfacher P-Regler für die Lötstation ausreichend wäre, ein PID-Regler aber speziell im Hinblick auf eine rasche Verfügbarkeit (Aufheizphase) überlegen ist.

Die, durch die Simulationen ermittelten Regelungsparameter wurden in die Firmware übernommen und danach im praktischen Einsatz noch etwas adaptiert. Damit benötigt die Spitze zur Aufheizung von Raumtemperatur auf 260°C nur 3,8 Sekunden; auf 300°C sind es 4,2 s. Die Regelung hält die Temperatur der unbelasteten Spitze zuverlässig innerhalb  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Beim Löten von

üblichen bedrahteten Bauteilen sinkt die angezeigte Temperatur nur extrem kurzfristig etwas ab und ist innerhalb einer Sekunde wieder auf der Solltemperatur.

#### 4.) Bedienung

Nach dem Einschalten erscheint auf der Anzeige für 2 Sekunden ein Begrüßungstext inklusive der Versionsnummer der aktuellen Firmware. Unmittelbar danach wechselt die Anzeige automatisch auf den Standardschirm (Bild 6).

Auf diesem wird in der oberen Zeile links die aktuelle Temperatur der Lötspitze in Grad Celsius angezeigt. In der Mitte erscheint ein Uhrensymbol sobald die Lötspitze in die Halterung gelegt und damit der Standby-Modus aktiviert wird. Im Standbybetrieb wird unabhängig vom gerade eingestellten Sollwert auf eine Temperatur von 60°C geregelt. Dies senkt den Stromverbrauch und erhöht vor allem die Lebensdauer der Lötspitze erheblich. Im rechten Teil der oberen Zeile wird hinter einem Pfeil die gerade gewählte Solltemperatur angezeigt. Unmittelbar nach dem Einschalten beträgt diese aus Sicherheitsgründen immer 60°C.

In der unteren Zeile leuchten drei Vorgabewerte für die Solltemperatur. Sie sind im Permanentspeicher der Lötstation abgelegt und bleiben daher auch nach dem Ausschalten erhalten.



*Bild 6: Anzeige mit aktueller Temperatur und Solltemperatur, Standby-Indikator und einer Auswahl an frei konfigurierbaren Solltemperaturen*

Die Auswahl einer dieser Vorgabewerte erfolgt sehr einfach durch Drehung des Drehschalters, wodurch eine Markierung (nach dem Einschalten unter der letzten Ziffer der Solltemperatur angezeigt) zwischen den drei Vorgabewerten und der Solltemperatur bewegt werden kann. Befindet sich diese Markierung unter dem gewünschten Wert, kann dieser durch einfaches Drücken des

Drehschalters als neuer Sollwert übernommen werden und die Regelung stellt sich sofort auf die neue Vorgabe ein.

Zusätzlich kann die aktuelle Solltemperatur in 1°C-Schritten auf jeden gewünschten Wert eingestellt werden. Dazu muss sich die Markierung unter der Solltemperatur befinden und der Drehschalter gedrückt werden. Wird nun bei weiterhin gedrücktem Drehschalter dieser nach links oder rechts bewegt, so wird die Solltemperatur gesenkt oder erhöht. Die Regelung folgt unmittelbar jedem neuen Wert. Bei Erreichen des gewünschten Sollwertes wird der Drehschalter losgelassen.

Die drei Vorgabewerte sind standardmäßig auf 220°C, 260°C und 300°C gesetzt, lassen sich aber vom Benutzer beliebig im Arbeitsbereich der Lötstation von 60°C bis 400°C festlegen. Dazu muss der Drehschalter während des Einschaltens der Station gedrückt gehalten werden. Er kann losgelassen werden, wenn nach wenigen Sekunden an Stelle des Standardschirms der Schirm für die Parametereinstellungen (Bild 7) erscheint.



*Bild 7: Anzeige zur Einstellungen der Parameter. Diese erscheint, wenn während des Einschaltvorgangs der Lötstation der Drehschalter gedrückt gehalten wird.*

Neben den 3 Vorgabewerten kann hier das akustische Signal ein- bzw. ausgeschaltet werden. Dazu wird die Markierung (Unterstreichung) auf den gewünschten Wert bewegt und dieser dann bei gedrücktem Drehschalter durch Schalterdrehung verändert. Nach dem Verlassen der Einstellungen durch Bewegung der Markierung unter das Rechts-Pfeil-nach-oben Symbol und Betätigung des Druckschalters gelangt der Benutzer zurück in das Standardmenü (Bild 6). Sämtliche Einstellungen werden bei Verlassen der Einstellungen in den nichtflüchtigen Speicher übernommen und stehen damit dauerhaft zur Verfügung, können jedoch auch jederzeit erneut geändert werden.

Bei einem Notstop durch fehlende Temperatursensordaten (siehe Abschnitt 2) wird ein akustisches Warnsignal ausgegeben und auf der Anzeige „WARNUNG Lötspitze“ dargestellt. Nach der Behebung der Fehlerquelle muss die Lötstation durch Aus- und Wiedereinschalten neu gestartet werden.

## 5.) Aufwand und Bauteileliste

Der Bauteilaufwand für die Lötstation selbst ist sehr gering und die Kosten dafür belaufen sich auf rund 10 bis 20 €. Für die Lötspitzen muss allerdings mit einem Preis von rund 40 € gerechnet werden.

Für den Aufbau auf eine Lochrasterplatine und vor allem für die umfangreichen Verkabelungen der Lötstation muss mit einem Arbeitsaufwand von rund 3 bis 5 Stunden gerechnet werden.

Der Einbau in die 3D-gedruckten Teile geht relativ rasch, einzig für die Lötspitzenhalterung sind einige kleinere Montagearbeiten erforderlich. So muss der Mikroschalter passend fixiert und das metallene Schutzrohr eingepasst und angeklebt (2-Komponenten) werden.

Die folgende Tabelle enthält die erforderlichen elektrischen/elektronischen Komponenten samt Bezugsquellen:

Bezeichnung	Art.Nr. Conrad	Art. Nr. Reichelt
Mikrocontroller ATtiny 84, DIP-14	-	ATTINY 84V-10-PU/3,02 €
LC-Display 2*16 mit I2C-Bus		Anmerkung 5 ca. 2,50 €
Drehschalter <sup>12</sup>		Anmerkung 11 ca. 1,70 €
Sicherungshalter	533788 1,99 €	PL 125000 0,52 €
Klinkenbuchse 3,5 mm Stereo, z. B.:	595223 1,59 €	KKMS 35 0,34 €
Transistor IRLML 2060	161185 0,23 €	IRLML 2060 0,21 €
Leistungs-MOSFET IRF 7416	162476 0,50 €	IRF 7416 0,43 €
Operationsverstärker OPA 336 UA	1011243 3,49 €	OPA 336 U 2,01 €
Lötspitze Weller RT1	588154 42,99 €	WELLER RT 1 39,73 €
Mikroschalter <sup>13</sup> 20x10x6 mm		Anmerkung 12 ca. 0,14 €
DC-Buchse 5,5/2,1mm	1582319 1,19 €	HEBL 21 0,27 €

Tabella 1: Bauteileliste

Die angeführten Preise sind nur zur Orientierung und entsprechen dem Zeitpunkt der erstmaligen Veröffentlichung.

<sup>1</sup> M. Kumm, DC3MKB „Preisgünstige Eigenbau-Lötstation mit SMD-Lötspitze von Weller“, Funkamateure 7/2014

<sup>2</sup> [http://www.martin-kumm.de/wiki/doku.php?id=Projects:SMD\\_Loetstation](http://www.martin-kumm.de/wiki/doku.php?id=Projects:SMD_Loetstation)

<sup>3</sup> M. Kumm, DC3MKB, Elektor Juli/August 2015

<sup>4</sup> [http://www.atmel.com/Images/Atmel-7701\\_Automotive-Microcontrollers-ATtiny24-44-84\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-7701_Automotive-Microcontrollers-ATtiny24-44-84_Datasheet.pdf)

<sup>5</sup> Bezugsquelle z.B.: <https://www.banggood.com/IIC-I2C-1602-Blue-Backlight-LCD-Display-Module-For-Arduino-p-950726.html>

<sup>6</sup> Standard-Drehschalter, Bezugsquelle z.B.: <https://www.banggood.com/Wholesale-12mm-Rotary-Encoder-Switch-with-Key-Switch-with-2-bit-gray-scale-p-41613.html>

<sup>7</sup> Die Druckmodelle können von <https://www.thingiverse.com/thing:2521885> oder von der Website des Autors ([www.oelcgs.at](http://www.oelcgs.at)) heruntergeladen werden

<sup>8</sup> In dem herunterladbaren .zip-File sind sowohl der Quellcode als auch ein direkt verwendbares .hex-File enthalten: [http://www.oelcgs.at/wp-content/uploads/2017/09/Loetstation\\_V12.zip](http://www.oelcgs.at/wp-content/uploads/2017/09/Loetstation_V12.zip)

<sup>9</sup> <https://github.com/damellis/attiny>

<sup>10</sup> <http://www.buxtronix.net/2011/10/rotary-encoders-done-properly.html>

<sup>11</sup> Obwohl für den Einsatzzweck nicht unbedingt erforderlich, wird die verbleibende Nichtlinearität durch die Firmware ausgeglichen.

<sup>12</sup> Bezugsquelle z. B.: <https://www.banggood.com/Wholesale-12mm-Rotary-Encoder-Switch-with-Key-Switch-with-2-bit-gray-scale-p-41613.html>

<sup>13</sup> Bezugsquelle z. B.: <https://www.banggood.com/10Pcs-Micro-Limit-Switch-Roller-Lever-5A-125V-Open-Close-Switch-p-945733.html>

Von diesen Schaltern müssen die Rollen durch Abzwicken entfernt werden.