**Baumappe «digitale Lötstation»**

**(Danke an *Christoph Schwärzler, OE1CGS)***

[**https://github.com/OE9SAU/Digitale-Loetstation**](https://github.com/OE9SAU/Digitale-Loetstation)

**1.) Aufbau**Die Lötstation versorgt Lötspitzen der RT-Serie von Weller mit einer PWM-getakteten 12V-Gleichspannung. Das Taktverhältnis wird über die Stellgrößen einer PID-Regelung und der Lötspitzentemperatur, als Regelgröße, gebildet. Der in die Lötspitze integrierte Sensor ermöglicht eine schnelle und direkte Temperaturmessung.

Ein Drehschalter und ein 16x2-LCD mit I2C-Schnittstelle dienen zur Bedienung und Anzeige. Eine Lötspitzenhalterung mit Micro-Schalter aktiviert den Standby-Modus (60°C), um die Lebensdauer der Spitze zu erhöhen. Beim Entnehmen kehrt die Solltemperatur sofort zurück, was auch akustisch signalisiert wird.

Die Steuerung erfolgt über einen ATtiny84. Ein OPA 336V verstärkt die Sensorspannung (680-fach) auf 0 bis 5V für den Mikrocontroller. Der IRF 7416 MOSFET mit einem IRLML2060 als Gate-Treiber, versorgt die Lötspitze mit dem PWM-Signal.

**NIEMALS DIE LÖTSPITZE OHNE J8 BETREIBEN!**

Die Station benötigt **12V DC bei 3-4A** und kann mobil (z. B. Autobatterie) oder stationär mit einem **12V/50W**-Netzteil betrieben werden. Eine 4A-Schmelzsicherung bietet Schutz.

**2.) Firmware**Die Firmware wurde mit der Arduino IDE für den ATtiny84 von ***OE1CGS*** entwickelt. Der Mikrocontroller läuft mit dem internen 1-MHz-RC-Oszillator.

Benötigte Bibliotheken:

* TinyWireM.h (I2C-Master für LCD)
* LiquidCrystal\_I2C.h (Display-Steuerung)
* EEPROM.h (Speicherung von Einstellungen)

Der Drehschalter wird Interrupt-gesteuert und als Zustandsmaschine nach Ben Buxton interpretiert.

Funktionen:

* Temperaturregelung per PID (Intervall: 200ms, PWM mit 492Hz)
* Dynamische Anzeige und Einstellung von Parametern
* Standby-Erkennung und automatische Aktivierung
* Speicherung vordefinierter Temperaturen
* Sicherheitsabschaltung bei fehlerhaften Sensordaten (z. B. gelockerte Lötspitze)

**3.) Regelungsparameter**Um die Regelungsparameter zu optimieren, wurden an einer Lötspitze vom Typ RT2 umfangreiche Messungen durchgeführt. Dabei wurde die Temperatur in Intervallen von 200 Millisekunden gemessen, zu welchem Zweck die Heizung für jeweils 10 ms ausgeschalten wurde. Damit ergibt sich eine mittlere Heizdauer von 95%.

Diese und weitere Messungen dienten 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 +/-2°C. Beim Löten von bedrahteten Bauteilen (THT) sinkt die angezeigte Temperatur nur kurzfristig etwas ab und ist innert einer Sekunde wieder auf der Soll-Temperatur.

**4.) Bedienung**

Nach dem Einschalten zeigt das Display kurz einen Begrüßungstext und wechselt dann zum Standardschirm. Dort werden die aktuelle Lötspitzentemperatur, der Sollwert und ein Standby-Symbol angezeigt. Im Standby-Modus wird die Temperatur auf 60°C geregelt, um Energie zu sparen und die Lebensdauer der Lötspitze zu verlängern.

Die Solltemperatur kann über drei voreingestellte Werte (220°C, 260°C, 300°C) oder manuell in 1°C-Schritten angepasst werden. Änderungen erfolgen durch Drehen und Drücken des Drehschalters. Die Vorgabewerte lassen sich im Bereich von 60°C bis 400°C individuell speichern.

Beim Einschalten können durch Gedrückt halten des Drehschalters zusätzliche Parameter wie die Vorgabewerte und das akustische Signal angepasst werden. Nach dem Verlassen des Einstellungsmenüs bleiben alle Änderungen im Speicher erhalten.

Bei einem Notstopp durch fehlende Sensordaten erfolgt eine Warnung, und die Lötstation muss neu gestartet werden.

Auf der Rückseite des Geräts befindet sich neben den Anschlüssen für die Stromversorgung und den Standby-Taster sowie dem Sicherungs-halter auch eine Erdungsbuchse. Über diese kann beim Löten die Lötspitze auf das gemeinsame Massepotential gelegt werden. Der Anschluss erfolgt durch einen üblichen 4 mm Bananenstecker.

**Schaltplan:**

Ein Bild, das Diagramm, Plan, Text, Rechteck enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

**Bestückungsplan**

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Schwarzweiß enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

**Stückliste:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bezeichner** | **Stückzahl** | **Bezeichnung** |
| R4,R12,R10,R8,R9,R14,R20,R11,R13 | 9 | 10k |
| C3,C5,C1,C4 | 4 | 10nF |
| R3,R18 | 2 | 5K6 |
| R15 | 1 | 27R |
| R17 | 1 | 750R |
| J2 | 1 | I2C |
| R21 | 1 | 0R |
| R5 | 1 | 1K |
| Q2 | 1 | IRLML2060 |
| R19 | 1 | 100k |
| J8 | 1 | PROG-JUMP |
| J4 | 1 | Buzz |
| J7 | 1 | ISP |
| U6 | 1 | MCP1703Ax-120xxTT |
| U5,U4 | 2 | LM317L\_SO8 |
| J1 | 1 | 12V POW |
| U2 | 1 | OPA336Ux |
| Q1 | 1 | IRF7416 |
| J10 | 1 | 5V/50mA |
| R7,R6 | 2 | 4k7 |
| C7,C8,C6 | 3 | 1uF |
| R2 | 1 | 68k |
| R1 | 1 | 100R |
| D1,D2 | 2 | LED |
| R16 | 1 | 240R |
| J3 | 1 | Std.by |
| U1 | 1 | ATtiny84-20SS |
| J5 | 1 | Conn\_01x05\_Pin |
| J6 | 1 | Tip |
| C2 | 1 | 100nF |
| J9 | 1 | PROG-JUMP2 |
| **Rückseite** |  |  |
| LS1 | 1 | CPT-9019S-SMT |

**Bilder Aufbau:**

0.65m Kabel LiYY 4x0.25 (UNITRONIC AMAZON)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Funktion | 4x0.25 | Buchse  4polig | PCB  Solder TIP Plug |
| Sensor | gelb | 1 | 1 / gelb |
|  |  | 2 | 2 / leer |
| GND | weiss | 3 | 3 / schwarz |
| HEATER | braun/grün | 4 | 4 / braun |
|  |  |  | 5 / leer |

Ein Bild, das Verbindungsstück, Kabel, Elektrische Leitungen, Schrumpfschlauch enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

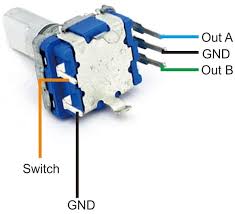
4 1 3 2

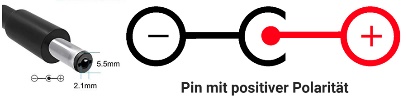
Ein Bild, das Kabel, Elektrische Leitungen, Schrumpfschlauch, Verbindungsstück enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

Ein Bild, das Werkzeug, Im Haus enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.



Ein Bild, das Kabel, Hebel enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

Ein Bild, das Kabel, Elektrische Leitungen, Verbindungsstück, Im Haus enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

Wichtig: Brücke

Ein Bild, das Elektronik, Elektrisches Bauelement, Elektronisches Bauteil, Schaltung enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

Ein Bild, das Elektrische Leitungen, Datenübertragungskabel, Verbindungsstück, Kabel enthält.

KI-generierte Inhalte können fehlerhaft sein.

Quellen:

<http://www.oe1cgs.at/wp-content/uploads/2017/09/Loetstation.pdf> (Publikation von Christoph OE1CGS)

<https://www.thingiverse.com/thing:2521885> (Original STL-Files von Christoph OE1CGS)

<https://github.com/OE9SAU?tab=repositories> (Programmcode u. STL-Files von OE1CGS, Gerber-Files von Martin OE9SAU)