



1000°C-Datenlogger- Thermometer mit USB-Schnittstelle Teil 2

Das T 1100 ist ein mobiles Gerät zur genauen Messung von Temperaturen sowie zur Speicherung dieser Messdaten. Es erfasst Temperaturen im Bereich von -40 °C bis +1000 °C mit der Auflösung von 0,1 K. Zusätzlich lässt sich das Gerät als Datenlogger mit einstellbarem Aufzeichnungsintervall (Kapazität ca. 2000 Messungen, Intervall 1 Sek. bis 10 Min.) einsetzen. Die gespeicherten Werte sind mit der zugehörigen Windows-Software über die USB-Schnittstelle des T 1100 auslesbar. Nachdem wir im ersten Teil Funktion, Bedienung und Schaltung besprochen haben, kommen wir nun zur Aufbaubeschreibung und zur Vorstellung der Software.

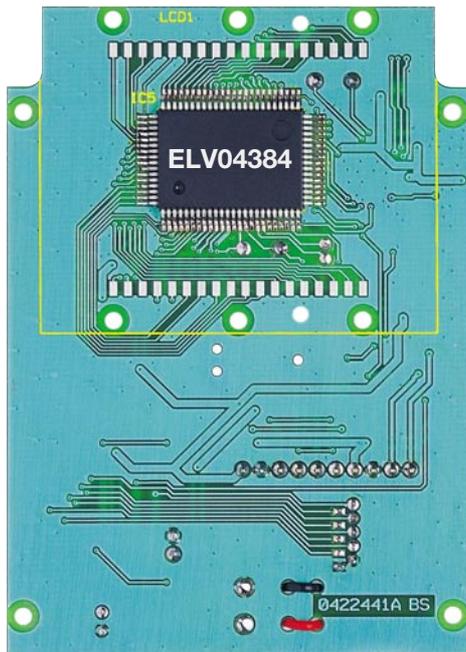
Nachbau

Beim Aufbau des T 1100 kommen vorwiegend SMD-Komponenten für die Oberflächenmontage zum Einsatz. Die Verarbeitung von SMD-Komponenten setzt jedoch Lötterfahrung und eine besonders sorg-

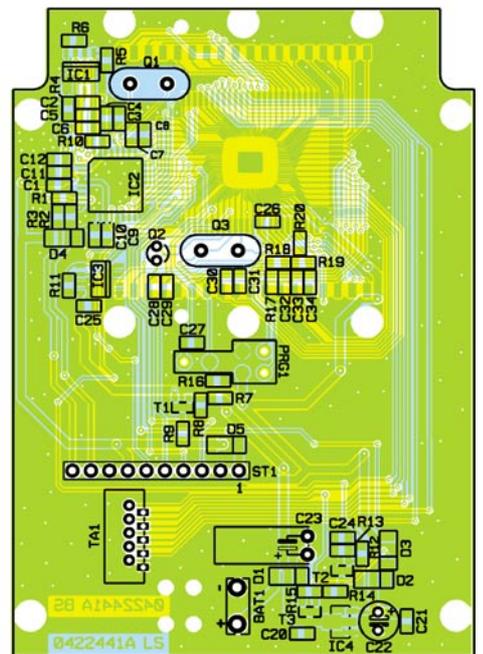
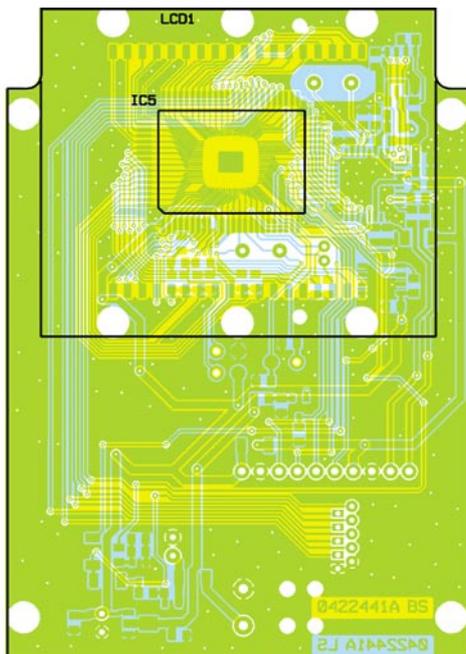
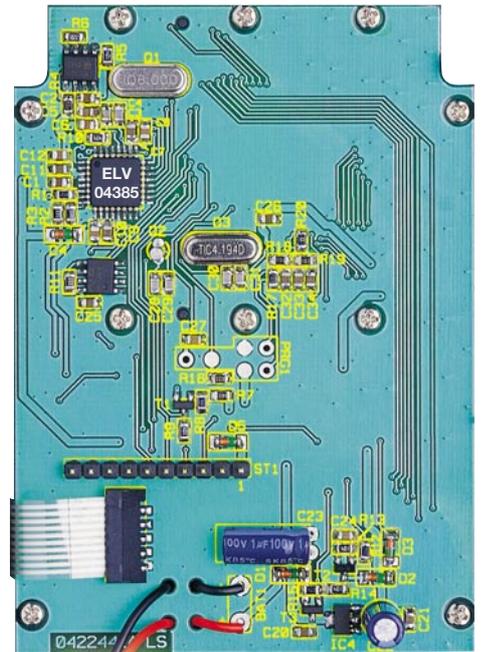
fältige Arbeitsweise voraus. Des Weiteren ist ein Minimum an Spezialwerkzeugen für die Verarbeitung der zum Teil winzigen Bauteile Voraussetzung. So sind ein LötKolben mit sehr feiner Lötspitze und eine gute Pinzette zum Fassen und Positionieren der kleinen Teile erforderlich. Außerdem sollten dünnes SMD-Lötzinn und

Entlötsauglitze nicht fehlen. Eine starke und möglichst beleuchtbare Standlupe leistet bei der genauen Positionierung und beim Verlöten gute Dienste.

Zur besseren Übersichtlichkeit wird die Bestückung parallel auf beiden Platinen begonnen. Dies hat den Vorteil, dass jeweils alle ICs, dann alle SMD-Widerstän-



Ansicht der fertig bestückten Digitalplatine mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite



de, dann alle SMD-Kondensatoren usw. auf die Platine bestückt werden und somit eine Verwechslung der Bauteile (SMD-Widerstände, SMD-Kondensatoren ...) vermieden wird.

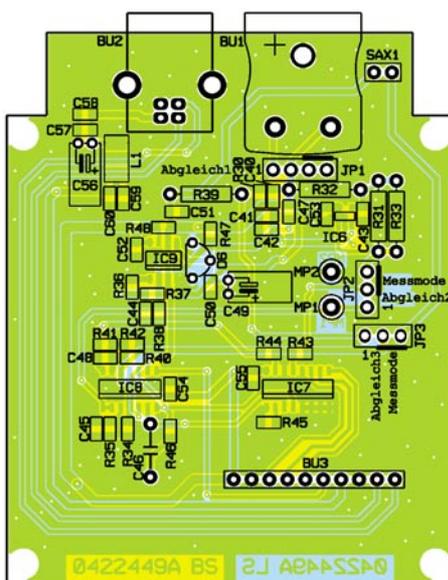
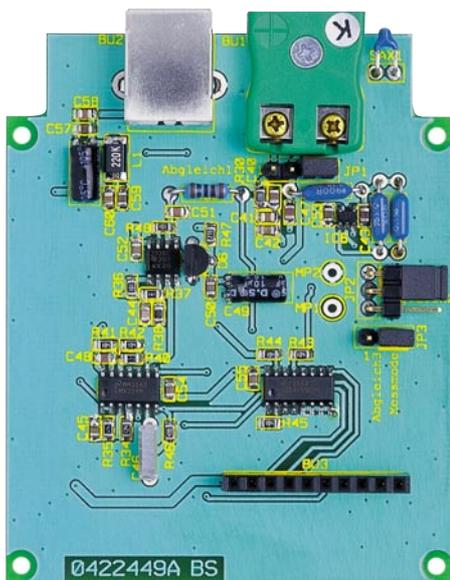
Beginnen wir die Bestückungsarbeiten auf der Platine „Digitalteil“ und hier mit dem einzigen Bauelement auf der Bestückungsseite (BS), abgesehen vom Display, dem Single-Chip-Mikrocontroller IC 5. Aufgrund der insgesamt 80 Anschlusspins und dem damit verbundenen geringen Pinabstand ist dieses Bauteil auch nicht ganz einfach zu verarbeiten. Ganz wichtig ist beim Mikrocontroller die Beachtung der korrekten Einbaulage. Es ist nahezu unmöglich, einen versehentlich mit falscher Polarität eingebauten Mikrocontroller wie-

der ohne Beschädigung von der Leiterplatte zu entfernen. Die Lage von Pin 1 (auf dem IC durch eine runde Vertiefung markiert) ist im Bestückungsdruck durch eine abgeschrägte Gehäuseecke zu erkennen.

Zuerst wird an einer beliebigen Gehäuseecke ein Lötpad der Leiterplatte vorverzinnt, dann der Prozessor polaritätsrichtig exakt positioniert und auf diesem Pad aufgelötet. Nach dem Verlöten eines weiteren, diagonal gegenüberliegenden Anschlusspins wird sorgfältig überprüft, ob alle weiteren Anschlüsse exakt mittig auf den zugehörigen Löt pads aufliegen. Ist dies der Fall, so werden alle weiteren Anschluss pins verlötet. Sollte dabei versehentlich Löt zinn zwischen die Prozessoranschlüsse laufen, so ist dieses überschüssige Löt zinn

am einfachsten mit Entlötlitze abzusaugen. Nach einer gründlichen Überprüfung mit einer Lupe oder Lupenleuchte wenden wir uns der weiteren Bestückung zu.

Auf der Lötseite (LS) des „Digitalteils“ und auf der Bestückungsseite (BS) des „Analogteils“ werden im nächsten Arbeitsschritt alle ICs, in der gleichen Arbeitsweise wie beim Prozessor beschrieben, aufgelötet. Die Polarität ist bei den SMD-ICs daran zu erkennen, dass die Pin 1 zugeordnete Gehäuseseite leicht angeschrägt oder mit einer Vertiefung markiert ist. Diese Gehäuseseite muss mit der Markierung im Bestückungsdruck (Doppellinie) übereinstimmen. Überschüssiges Löt zinn ist auch hier am einfachsten mit Entlötlitze wieder zu entfernen.



Ansicht der fertig bestückten Analogplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Auch bei den nun folgenden SMD-Komponenten wird jeweils ein Anschlusspin vorverzinnt, das Bauteil positioniert, und nach Kontrolle der korrekten Position werden die restlichen Pins bzw. Anschlüsse verlötet.

Nun sind die SMD-Transistoren und der Spannungsregler (IC 4) an der Reihe. Durch deren Pinanordnung ist ein Verpolen hier

kaum möglich. Sie sind so zu bestücken, dass die Beschriftung der Bauteile auch nach dem Auflöten lesbar bleibt.

Jetzt folgt die Bestückung der SMD-Widerstände, deren Wert direkt auf dem Gehäuse aufgedruckt ist. Die letzte Ziffer gibt grundsätzlich die Anzahl der Nullen im Wert an. Vorsicht ist bei den SMD-

Kondensatoren geboten. Diese Bauteile besitzen keinerlei Kennzeichnung und sind daher leicht zu verwechseln. SMD-Kondensatoren sollten deshalb erst direkt vor der Verarbeitung aus der Verpackung genommen werden.

Schließlich sind die SMD-Dioden zu bestücken. Diese sind an der Katodenseite

Stückliste: Datenlogger-Thermometer mit USB T 1100

Widerstände:

0 Ω/SMD	.....	R20
22 Ω/SMD	.....	R2, R3
47 Ω/SMD	.....	R46
100 Ω/SMD	.....	R36, R48
220 Ω/SMD	.....	R30
470 Ω/SMD	.....	R10
680 Ω/SMD	.....	R37
900 Ω/0,1 %	.....	R32
1,5 kΩ/SMD	.....	R1
2,2 kΩ/SMD	.....	R6
10 kΩ/0,1%	.....	R39
10 kΩ/SMD	.....	R4, R17–R19, R38
22 kΩ/SMD	.....	R16
27 kΩ/SMD	.....	R47
33 kΩ/SMD	.....	R11
47 kΩ/SMD	.....	R40
90 kΩ/0,1 %	.....	R31, R33
100 kΩ/SMD	.....	R5, R9, R13, R14, R41–R45
120 kΩ/SMD	.....	R34
220 kΩ/SMD	.....	R12, R15
330 kΩ/SMD	.....	R7
470 kΩ/SMD	.....	R35
1 MΩ/SMD	.....	R8

Kondensatoren:

22 pF/SMD	.....	C28–C31
33 pF/SMD	.....	C3, C4
100 pF/SMD	.....	C40, C43, C47, C48, C51
220 pF/SMD	.....	C44

1 nF/SMD	.....	C6, C8, C10, C12, C41, C58, C60
10 nF/SMD	.....	C42
33 nF/SMD	.....	C1
100 nF/SMD	.....	C2, C5, C7, C9, C11, C20, C21, C24–C26, C32–C34, C45, C50, C52–C55, C57, C59
330 nF/100 V	.....	C46
470 nF/SMD	.....	C27
1 µF/100 V	.....	C22, C23
10 µF/16 V	.....	C49, C56

Halbleiter:

ELV04385 (EEPROM)	.....	IC1
FT245BM	.....	IC2
FM24C64/SMD	.....	IC3
HT7150/SMD	.....	IC4
ELV04384 (Prozessor)	.....	IC5
LMV2011/SMD	.....	IC6
CD4051/SMD	.....	IC7
LMV324, SMD, National	.....	IC8
TLC272/SMD	.....	IC9
BC858C	.....	T1, T3
BC848C	.....	T2
BAT43/SMD	.....	D1–D5
LM385-2,5 V	.....	D6

Sonstiges:

LC-Display	.....	LCD1
Quarz, 6 MHz, HC49U4	.....	Q1
Quarz, 32,768 kHz	.....	Q2

Quarz, 4,194304 MHz,	.....	HC49U4	.....	Q3
SMD-Induktivität, 22 µH	.....	L1	.....
Temperatursensor 103AT-2	.....	SAX1	.....
9-V-Batterieclip	.....	BAT1	.....
Folientastatur, 8 Tasten,	.....		.....
selbstklebend	.....	TA1	.....
Buchse für Temperatursensor,	.....		.....
K-Typ	.....	BU1	.....
USB-B-Buchse, winkelprint	.....	BU2	.....
Buchsenleiste, 1 x 10-polig, print,	.....		.....
gerade	.....	BU3	.....
Stiftleiste, 1 x 10-polig,	.....		.....
gerade	.....	ST1	.....
Stiftleiste, 1 x 4-polig, gerade	.....	JP1	.....
Stiftleiste, 1 x 3-polig,	.....		.....
winkelprint	.....	JP2	.....
Stiftleiste, 1 x 3-polig,	.....		.....
gerade	.....	JP3	.....
Jumper, geschlossene Ausführung	.....		.....
1 Senkkopfschraube, M2,5 x 12 mm	.....		.....
1 Mutter, M2,5	.....		.....
1 Perlen-Temperaturfühler mit	.....		.....
Stecker, K-Typ	.....		.....
2 Leitgummis	.....		.....
1 Gehäuse, komplett, bearbeitet und	.....		.....
bedruckt	.....		.....
1 Folientastatur-Inlay, bedruckt	.....		.....
1 3,5"-Diskette mit Treiber-Software	.....		.....
T 1100	.....		.....
1 3,5"-Diskette mit Programm-Software	.....		.....
T 1100	.....		.....

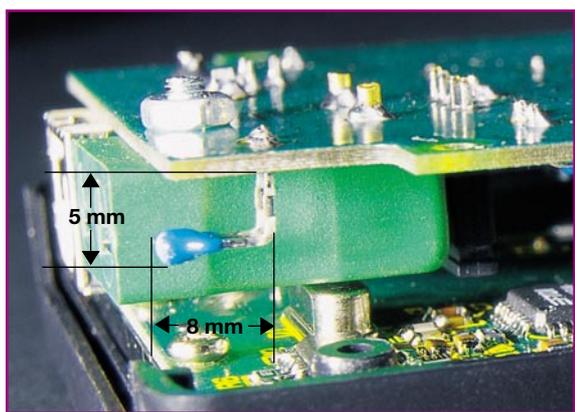


Bild 11: Einbau des Temperatursensors

(Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet, der mit der Markierung im Bestückungsdruck korrespondieren muss. Abschließend erfolgt die Bestückung der SMD-Spule.

Damit sind dann alle SMD-Komponenten bestückt. Eine gründliche Sichtkontrolle hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern ist bereits an dieser Stelle anzuraten – zumal der Mikrocontroller später unter dem Display liegt und ohne dessen Demontage nicht erreichbar und kontrollierbar ist.

Die jetzt noch fehlenden bedrahteten Bauelemente sind wesentlich einfacher zu verarbeiten. Nach dem Einlöten der Quarze Q 1, Q 2 und Q 3 sowie des Folienkondensators C 46 sind die Elektrolyt-Kondensatoren an der Reihe. Wichtig ist auch bei den Elkos die polrichtige Bestückung, sie sind üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet. Bei den Elkos C 23, C 49 und C 56 ist eine liegende Bestückung vorzuziehen, um später keine Probleme bei der Gehäusemontage zu bekommen. Anschließend sind die bedrahteten Präzisionswiderstände R 31 bis R 33 und R 39 an der Reihe. Deren Anschlussdrähte sind auf das jeweilige Rastermaß abzubiegen und dann die Widerstände zu bestücken. Der Temperatursensor für die Umgebungstemperatur SAX 1 ist wie in Abbildung 11 gezeigt abzuwinkeln, zu bestücken und zu verlöten.

Danach werden alle überstehenden Drahtenden abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen. Die K-Type-Buchse BU 1 ist zu bestücken und anschließend mit einer Senkkopfschraube (M2,5 x 12 mm) als Zugentlastung zu fixieren. Die USB-Buchse BU 2 und die Buchse für die Folientastatur müssen vor dem Verlöten der Anschlusspins plan auf der Leiterplattenoberfläche aufliegen. Die Anschlussleitungen des 9-V-Batterieclips sind vor dem Verlöten zur Zugentlastung durch die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte zu fädeln, wie es auf dem jeweiligen Platinenfoto zu sehen ist.

Daraufhin erfolgt die Bestückung der Stiftleisten für die Jumper (JP 1 bis JP 3).

Beim Jumper JP 2 ist eine abgewinkelte Stiftleiste zu wählen, die eine spätere Bedienung (siehe Abschnitt „Abgleich“) des Jumpers mit zusammengesteckten Platinen ermöglicht. Die Jumper sind jeweils auf die Position „Mess-Mode“ (markierte Position) zu stecken.

Die Verbindung des Digitalteils mit dem Analogteil wird mit einer 1x10-poligen Stift- bzw. Buchsenleiste hergestellt. Hierfür ist auf dem Digitalteil die 10-polige Stiftleiste und auf dem Analogteil die 10-polige Buchsenleiste zu bestücken.

Nun wenden wir uns wieder der Bestückungsseite des Digitalteils zu, wo das LC-Display zu montieren ist. Dazu wird das Display so in den Klarsicht-Halterahmen gelegt, dass die Glasverschweißung an der linken Displayseite (s. Abbildung 12) in die zugehörige Aussparung des Rahmens ragt. Dann ist der Befestigungsrahmen von der rechten Seite aufzuschieben und mit zwei Leitgummistreifen zu bestücken. Die Montage der zusammengebauten Displayeinheit auf den Digitalteil erfolgt durch vorsichtiges und gleichmäßiges Verschrauben mit sechs Knippingschrauben der Größe 2,0 x 6 mm. Nach dem Verschrauben befindet sich der Mikrocontroller unter dem Display.

Gehäusemontage

Jetzt ist die Folientastatur mit eingelegerter Tastaturbeschriftung an die richtige Position auf die Gehäuseoberhalbschale zu kleben und an die zugehörige Buchse der Leiterplatte „Digitalteil“ anzuschließen. Vier Knippingschrauben (M2,2 x 5 mm) dienen nun zur Montage des komplett fertig gestellten Digitalteils in das Gehäuseoberteil. Der Analogteil ist noch nicht in die Gehäuseunterschale zu montieren, da hier zunächst der Abgleich durchzuführen ist.

Abgleich

Zur Vorbereitung des Abgleiches sind die Jumper JP 1 und JP 3 auf die Position „Abgleich 1“ bzw. „Abgleich 3“ zu stecken (siehe Abbildung 13). Der Analogteil ist nun auf den in der Gehäuseoberschale montierten Digitalteil aufzustecken (siehe Abbildung 14). Nach Anschluss einer 9-V-Blockbatterie und Betätigung der Taste „On“ startet das Thermometer T 1100 und gibt auf dem Display einen Messwert aus.

Hinweis: Die Taste „On“ ist bis zur Anzeige eines Messwertes gedrückt zu halten.

Zwischen den Messpunkten MP 1 und MP 2 ist nun mit einem Multimeter die Spannung zu messen und zu notieren. (Beispielsweise: 3,929 V). Hierbei ist zu erwähnen, dass die Genauigkeit des T 1100 abhängig ist von der Genauigkeit des verwendeten Multimeters. Empfohlen wird ein Multimeter mit mehr als drei Stellen und einer Grundgenauigkeit von 0,3 %. Der ermittelte Spannungswert wird später zum Abgleich benötigt.

Jetzt ist das T 1100 mit der Taste „Off“ wieder auszuschalten und anschließend mit den gleichzeitig gedrückten Tasten „Reset“ und „Mode“ wieder einzuschalten.

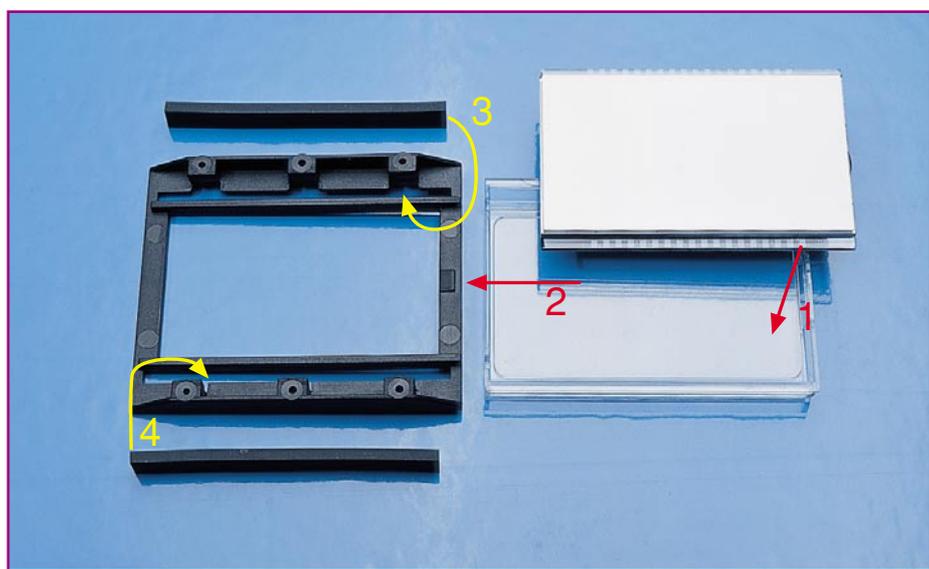


Bild 12: Montage des Displays

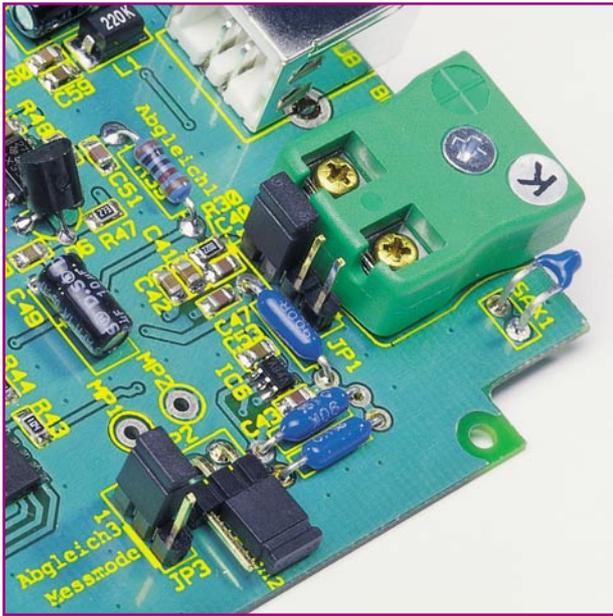


Bild 13:
Die Jumperstellungen
für den Abgleich- bzw.
für den Mess-Mode

Das T 1100 startet im Abgleich-Mode und zeigt dies auf dem Display mit einer Meldung (siehe Abbildung 15) an.

Durch einmalige Betätigung der „Mode-Taste“ startet der Abgleich und stoppt bei folgender Display-Meldung (siehe Abbildung 16). Nun ist der Jumper JP 2 vorsichtig mit einer Pinzette oder einem ähnlichen Werkzeug auf die Position „Abgleich 2“ umzustecken. Das T 1100 ist hierfür eingeschaltet zu lassen, und die Platinen müssen zusammengesteckt bleiben. Nach nochmaliger Betätigung der Taste „Mode“ erscheint der Wert 3,950 (Abbildung 17) auf dem Display. Mit den Tasten ⊕ und ⊖ ist hier nun die am Beginn des Abgleichs gemessene Spannung genau einzustellen. Eine weitere Betätigung der Taste „Mode“ beendet den Abgleich mit der Meldung „OK“, und das T 1100 schaltet sich ab.

Nun sind alle Jumper wieder in die Ausgangsstellung „Mess-Mode“ (markierte Po-

sition) zu setzen, und der Analogteil ist mit 4 Knippingschrauben (2,2 x 5 mm) in die Gehäuseunterschale zu montieren. Daraufhin ist das Gehäuse mit eingelegter Stirn- und Heckplatte zusammenzustecken, wobei die korrekte Zusammenführung der Stiftleiste ST 1 und der Buchsenleiste BU 3 zu beachten ist. Zur Verschraubung des Gehäuses werden 4 selbstschneidende Schrauben der Größe 2,5 x 8 mm benötigt. Schließlich ist die Batterie in das Batteriefach einzulegen und dieses mit dem Deckel zu verschließen.

Inbetriebnahme

Nach Fertigstellung des Gerätes kann das T 1100 in Betrieb genommen werden. Hierzu ist der beigelegte K-Type-Sensor in die K-Type-Buchse einzustecken und die Messperle mit dem Messobjekt zu verbinden. Eine bessere Wärmeübertragung lässt sich durch Verwendung von Wärmeleitpas-

te zwischen Messobjekt und Temperaturfühler erzielen.

Als Hinweis ist noch zu bemerken, dass der beiliegende K-Type-Tempersensor nur zur Oberflächen-Temperaturmessung im Bereich zwischen -40 °C und +250 °C zu verwenden ist. Eine höhere Messtemperatur führt zur Zerstörung des Sensors. Sollen jedoch Flüssigkeitstemperaturen oder höhere Temperaturen gemessen werden, so ist einer der optional angebotenen Tempersensoren einzusetzen.

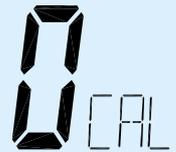


Bild 15: Anzeige beim Start des Abgleichs

Windows-Software

Für die Datenlogger-Funktion des T 1100 steht eine Windows-Software zum Auslesen der mit dem T 1100 aufgezeichneten Log-Daten zur Verfügung. Mit dieser Software werden die aufgezeichneten Temperaturwerte des Messobjektes und der Um-

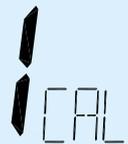


Bild 16: Anzeige des Displays bei Betätigung der „Mode“-Taste

gebungstemperatur zu einem über die USB-Schnittstelle angeschlossenen Windows-PC übertragen. Die Daten werden in einem Dateiformat (*.slk) abgespeichert, das mit den üblichen Tabellenkalkulationsprogrammen verarbeitet werden kann. Somit



Bild 17: Anzeige des Displays vor Einstellung der gemessenen Spannung

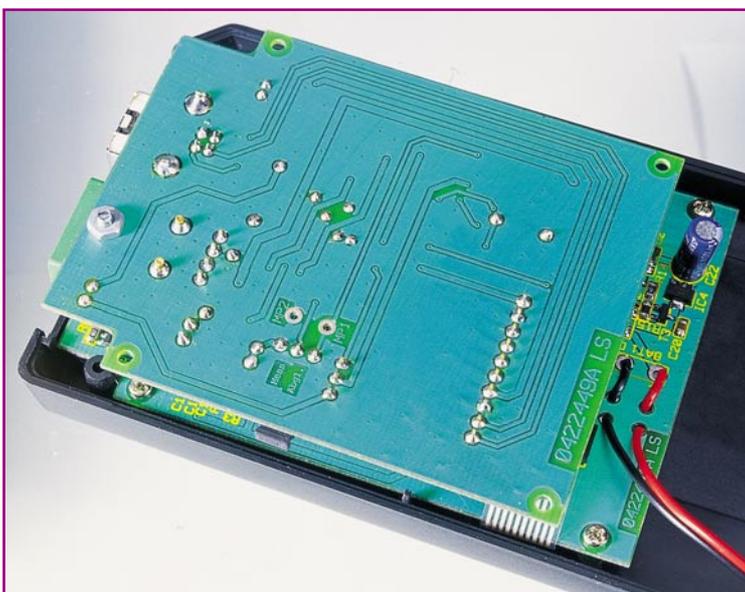


Bild 14: Die Montage von Digital- und Analogplatine

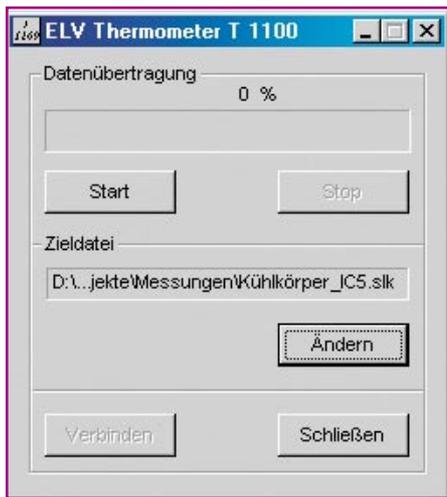


Bild 18: Das Grundmenü der T-1100-Windows-Software

ist es möglich, die gesammelten Daten zu speichern, auszudrucken oder in eine Kennlinie umzusetzen. Die Windows-Software und die Treiber-Software befinden sich auf den dem Bausatz beiliegenden Disketten.

Installation

Vor dem Starten der T-1100-Installations-Software ist das Thermometer T 1100 mit einem normalen USB-Verbindungskabel an eine freie USB-Schnittstelle anzuschließen. Das Messgerät startet, und auf dem Display wird „On USB“ angezeigt. Nun erkennt der PC das angeschlossene Thermometer und verlangt nach kurzer Zeit einen USB-Treiber. Dieser Treiber (ftd2xx.inf) befindet sich auf der mitgelieferten Treiber-Diskette.

Anschließend ist von der Software-Diskette die Installationsroutine (setup.exe) zu starten. Ein Installationsmanager führt durch die gesamte Installation der T-1100-Windows-Software. Die Readme.txt-Datei erklärt die Setup-Bedienung für das jeweilige Betriebssystem.

Bedienung

Nach erfolgreicher Installation der T-1100-Windows-Software startet diese. Es erscheint das Grundmenü der T-1100-Windows-Software (Abbildung 18). Beim Starten der T-1100-Software wird automatisch die Konfiguration der USB-Schnittstelle vorgenommen. Ein fehlerhafter Aufbau der USB-Verbindung wird durch eine Fehlermeldung signalisiert. In diesem Fall ist der USB-Stecker abzuziehen, erneut einzustecken und die Konfiguration der USB-Schnittstelle mit der Taste „Verbinden“ zu starten.

Wie bereits erwähnt, können die aufgezeichneten Logger-Daten mit Hilfe der T-1100-Windows-Software ausgelesen und abgespeichert werden. Mit der Taste „Ändern“ im Dialogfeld „Zielfile“ lässt sich ein Zielordner auswählen und ein Name für die Datei vergeben. Der ausgewählte Dateiname wird in dem Feld über der Taste „Ändern“ angezeigt. Durch Betätigung der Taste „Start“ wird die Übertragung gestartet. Der Fortschrittsbalken gibt den Stand der Übertragung an. Ein Übertragungsfehler oder das Ende der Übertragung wird

mit einer jeweiligen Meldung signalisiert. Die gesammelten Daten können dann mit einem üblichen Tabellenkalkulationsprogramm bearbeitet werden.

In der Abbildung 19 ist ein mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Excel“ geöffnete Datensatz dargestellt. In der Spalte „A“ ist die laufende Nummer verzeichnet. Die Spalte „B“ zeigt die fortlaufende Intervallzeit an, die im abgebildeten Beispiel auf 30 Sekunden eingestellt ist, d. h. alle 30 Sekunden wurde ein neuer Messwert aufgezeichnet. In der Spalte „C“ steht die am Messobjekt gemessene Temperatur. Die Spalte „D“ gibt die Umgebungstemperatur an.

Zur Ermittlung der realen Aufzeichnungszeit, beispielsweise um den Messwert von 15:17:00 Uhr zu ermitteln, ist in die Spalte „F“ die Logger-Startzeit einzugeben (Hinweis: Startzeit des Datenloggers bitte notieren!). Vorher sind die Zellen der Spalten „E“ und „F“ unter dem Menüpunkt „Zellen formatieren/Zahlen/ Benutzerdefiniert“ auf Uhrzeit/13:55:30 (Stunden:Minuten: Sekunden) zu formatieren. Die Startzeit ist in alle Zeilen zu kopieren. Daraufhin ist die Spalte „Startzeit“ (Spalte F) mit der Spalte „Intervallzeit“ (Spalte B) zu addieren und das Ergebnis in Spalte „E“ zu schreiben. Hier steht jetzt die Uhrzeit, an der die Messwerte aufgezeichnet wurden. Weiterhin lassen sich die Werte über die üblichen „Excel-Funktionen“ in Kennlinien umsetzen. **ELV**

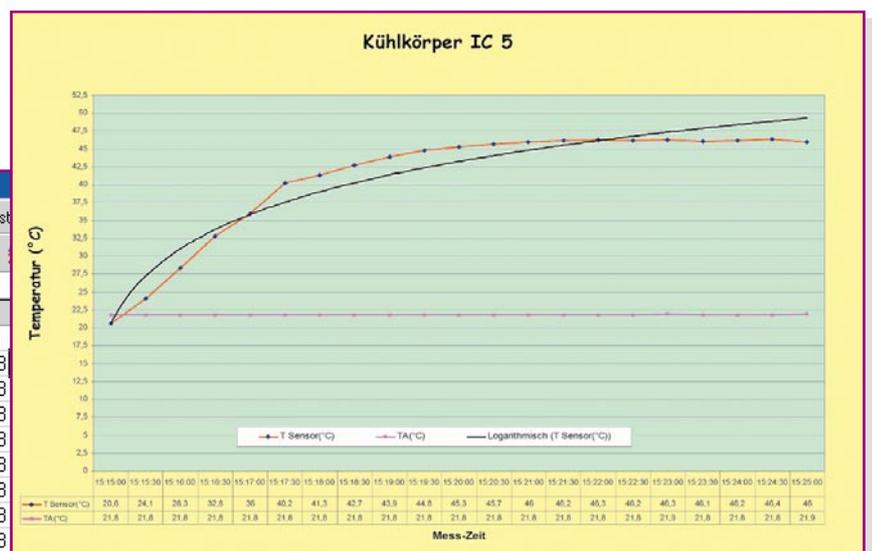
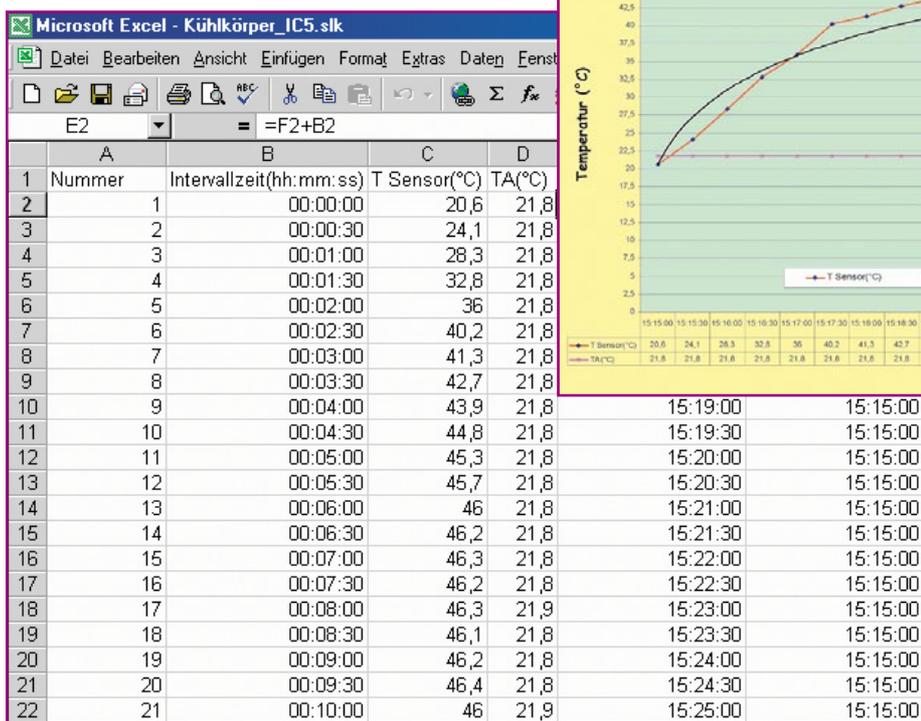


Bild 19: Ein mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel geöffnete Datensatz