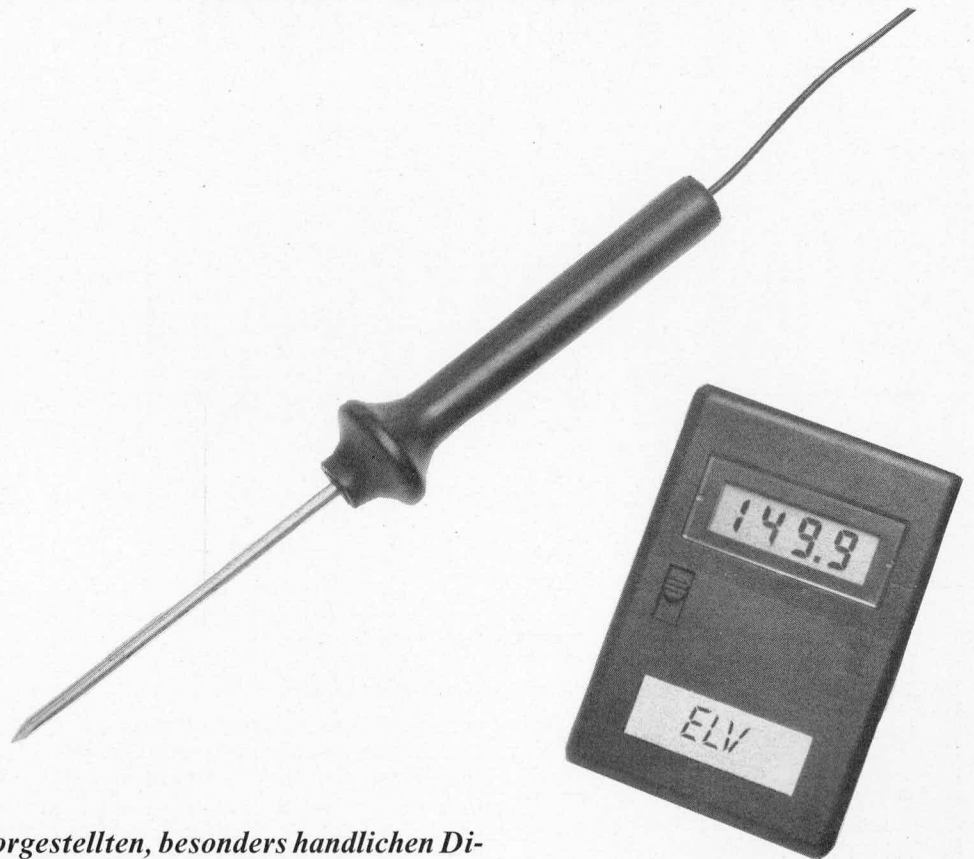


# Digital-Pocket-Thermometer T 150



*Die technischen Daten des hier vorgestellten, besonders handlichen Digital-Thermometers können sich sehen lassen. Nachfolgend die wesentlichen Merkmale in Kürze:*

- *Temperaturmeßbereich:  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+150^{\circ}\text{C}$*
- *Auflösung: 0,1 K*
- *Genauigkeit ( $-5^{\circ}\text{C}$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$ ): typ. 0,1 K (!)*  
*( $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+120^{\circ}\text{C}$ ): typ.  $\pm 0,3$  K*
- *Kompakte Abmessungen: 85 x 60 x 25 mm*
- *Fühlerlänge: 185 mm*
- *Edelstahl-Einstechfühler*

## **Allgemeines**

Digital-Thermometer zählen nach wie vor mit zu den interessantesten und begehrtesten Meßgeräten, zumal selbst ein recht hochwertiges Gerät, wie das hier vorgestellte, inzwischen günstig aufzubauen ist.

Dieses Digital-Pocket-Thermometer ist der Nachfolger des tausendfach bewährten, nunmehr vor fast sechs Jahren im „ELV journal“, Nr. 17, vorgestellten T 100.

Das neue T 150 zeichnet sich durch einen erweiterten Meßbereich, noch höhere Genauigkeit, kompaktere Abmessungen sowie einen professionellen Edelstahl-Einstechfühler aus — und das alles bei einem deutlich günstigeren Preis.

Der Edelstahlmeßfühler mit ergonomisch gut geformtem Kunststoffgriff ist vollkommen unempfindlich gegen fast alle gebräuchlichen Gase und Flüssigkeiten. Sogar aggressive Säuren und Laugen, sofern sie nicht allzu konzentriert sind, können dem Fühler nichts anhaben. Die Meßspitze ist als Einstechfühler ausgeführt, so

daß auch in entsprechend festeren Medien gemessen werden kann.

Als Eintauchtiefe sollten für die volle Meßgenauigkeit mindestens 30 mm gewählt werden. Vielfach reichen auch 10 mm aus, sofern man einige wenige zehntel Grad Abweichung zusätzlich in Kauf nimmt.

Der komplette Aufbau ist in kürzester Zeit durchzuführen, wobei auch der Abgleich ohne aufwendige Referenzinstrumente leicht möglich ist.

## **Zur Schaltung**

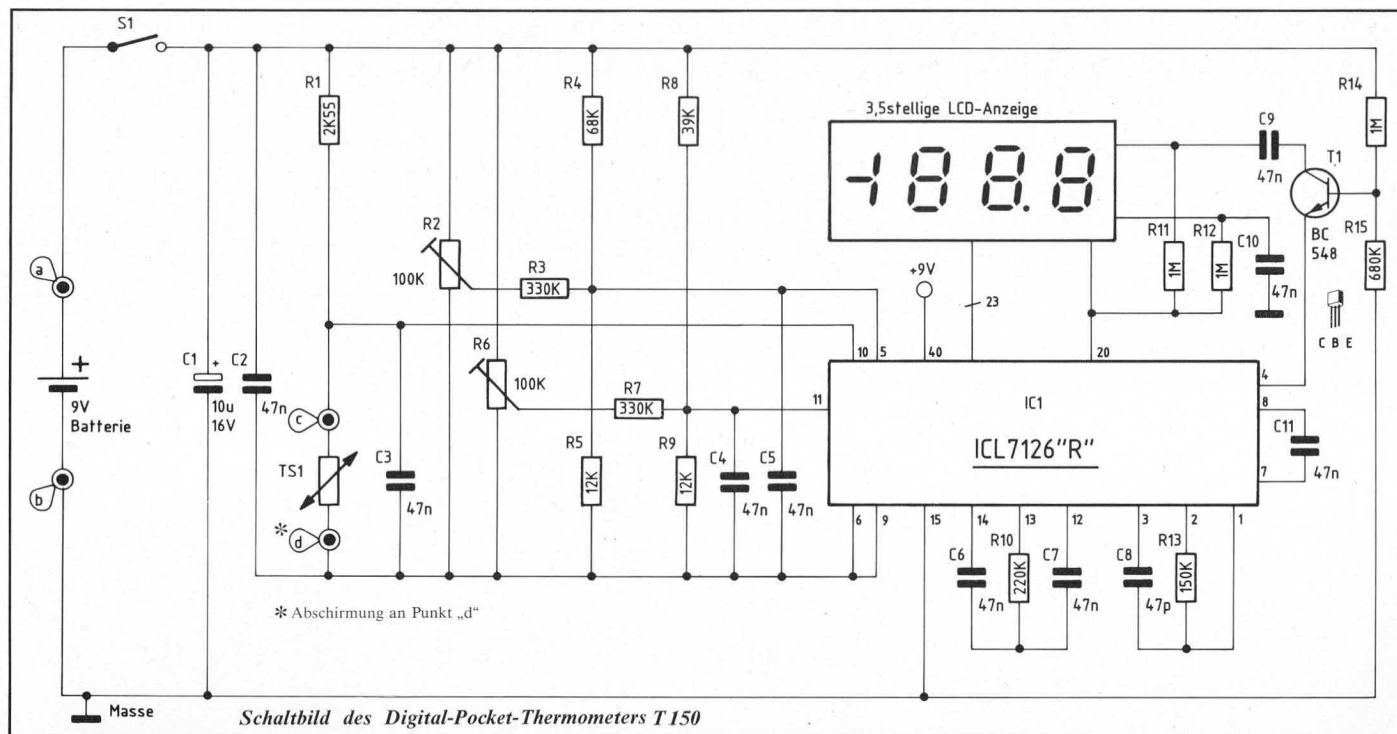
Als Meßwertaufnehmer dient ein industriell gefertigter Temperaturfühler. Hierbei handelt es sich um einen besonders temperaturstabilen Temperatursensor, der in einem besonderen Verfahren in ein Edelstahlrohr eingebaut und mit Griffstück und Zuleitung versehen wurde. Diese Einheit wird komplett montiert geliefert, da die Fertigung die Beherrschung besonderer Techniken erfordert (z. B. spezielle Einpressung usw.)

Der polarisierte Halbleitersensor setzt die Temperatur in einen Widerstand um, wobei der Widerstandswert leicht überproportional zur Temperaturerhöhung ansteigt.

In Verbindung mit dem Linearisierungsvorwiderstand R 1 wird die Sensorkennlinie linearisiert.

Die am Sensor TS 1 abfallende und der Temperatur direkt proportionale Spannung gelangt auf den positiven Meßeingang (Pin 10) des IC 1. Hierbei handelt es sich um den A/D-Wandler des Typs ICL 7126 R. Von diesem IC wird eine zwischen den Anschlußbeinchen 10 und 11 anliegende Gleichspannung in einen dazu proportionalen Digitalwert umgesetzt, der zur direkten Ansteuerung einer 3,5stelligen LCD-Anzeige geeignet ist.

Der negative Meßspannungseingang (Pin 11) des IC 1 liegt am Spannungsteiler R 8/R 9, dessen Mittenspannung über den Trimmer R 6 in Verbindung mit R 7 einstellbar ist. Durch diesen Schaltungsteil wird ein Teilbetrag der Referenzspannung



abgegriffen, der zur Nullpunkteinstellung dient.

Die Einstellung des Skalenfaktors erfolgt in gleicher Weise mit Hilfe der Widerstände R 2 bis R 5. Die damit generierte Spannung ist auf den positiven Referenzspannungseingang (Pin 5 des IC 1) geschaltet.

Der negative Referenzspannungseingang (Pin 6) liegt mit dem Referenz-Massepunkt des IC 1 (Pin 9) zusammen. Das hier anstehende Potential wird durch die interne, im IC 1 integrierte Referenzspannung immer ca. 2,7 V unterhalb der positiven Versorgungsspannung gehalten. Zwar kann der Absolutwert von IC zu IC zwischen 2,6 V und 3,2 V schwanken (gemessen zwischen Pin 40 und Pin 9), jedoch wird er aufgrund der guten Stabilisierungseigenschaften sehr konstant gehalten.

Sowohl die Versorgungsspannung des Temperatursensors TS 1 als auch die Gewinnung der Spannung zur Nullpunkteinstellung (mit R 6) sowie die Referenzspannung zur Skaleneinstellung (mit R 2) werden hieraus gespeist. Durch diese Maßnahmen werden Versorgungsspannungsschwankungen und sogar Langzeitveränderungen der IC-Referenzspannung weitgehend unterdrückt.

Über R 12/C 10 wird eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals erreicht, das zur Ansteuerung des erforderlichen Punktes vor der letzten Stelle geeignet ist.

R 11/C 9 bewirken ebenfalls eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals zur Ansteuerung der Unterspannungsanzeige (linker Dezimalpunkt). Dies jedoch nur, wenn der Transistor T 1 durchgesteuert ist. Bei ausreichend großer Versorgungsspannung ist T 1 über den Spannungsteiler R 14/R 15 gesperrt. Erst wenn die Batteriespannung auf zu geringe Werte absinkt, reicht die negative Vorspannung über R 15 nicht aus, und T 1 steuert über R 14 durch, so daß C 9 eine Phasenverschiebung bewirken kann. Der linke Dezimalpunkt erscheint im LC-Display.

### Zum Nachbau

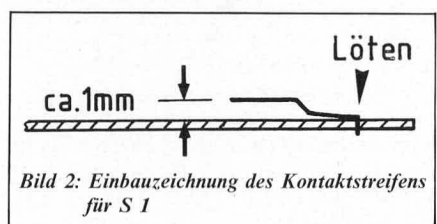
Als erstes fällt dem interessierten Hobby-Elektroniker sicherlich auf, daß die LCD-Anzeige weder Anschlußbeinchen noch einen Sockel besitzt. Sie wird, wie bei Großserienfertigung heutzutage vielfach üblich, über einen speziellen Leitgummistreifen mit der Leiterplatte verbunden. Hierzu später jedoch mehr.

Zunächst wird die Platine in gewohnter Weise bestückt. Die Stärke des Platinenmaterials beträgt nicht, wie sonst üblich, 1,5 mm, sondern lediglich 1,0 mm, da das für den späteren Einbau vorgesehene Gehäuse speziell auf dieses dünnere Leiterplattenmaterial ausgelegt ist.

Sämtliche Bauelemente finden auf der Bestückungsseite der Platine Platz, mit Ausnahme des Schalter-Kontaktstreifens (S 1) sowie der LCD-Anzeige.

Eine weitere Besonderheit der Schaltung liegt im Aufbau des Schalters S 1. Der zugehörige Schalterknopf befindet sich im Gehäuseoberteil und ist mechanisch nicht mit dem Kontaktstreifen verbunden. Vielmehr wird durch Betätigen (Verschieben) des Schalters der darunter auf der Leiterplatte angeordnete Kontaktstreifen nach unten gedrückt, wodurch sich die leitende Verbindung bildet.

Der elektrische Kontakt selbst besteht aus einem korrosionsbeständigen, federnden Metallstreifen, dessen ca. 1 mm abgewinkelte Seite in das Langloch auf der Leiterbahnseite eingesetzt und verlötet wird. Im Ruhezustand beträgt der Abstand zur Platine ca. 1 mm (Bild 2).



Als nächstes werden die beiden Adern des Batterieclips (rot entspricht Pluspol) sowie die beiden vom Temperatursensor kommenden Adern mit den entsprechenden Punkten auf der Platine verlötet. Auch beim Temperatursensor ist auf die richtige Polarität zu achten, da dieses Halbleiterbauelement ebenfalls gepolt ist. Bei versehentlichem Fehlschluß nimmt der Sensor keinen Schaden. Bemerkbar macht sich dies im allgemeinen erst bei Temperaturen über 100°C, indem der Widerstand in dem Temperaturbereich plötzlich wieder stark abnimmt, d. h. auch die Anzeige geht trotz steigender Temperatur auf deutlich kleinere Werte zurück. In diesem Fall ist die Polarität zu vertauschen und das Gerät neu abzugleichen.

Nachdem die bestückte und gelötete Platine nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die LCD-Anzeige in die dafür vorgesehene Aussparung ins Gehäuseoberteil lose eingelegt werden. Das Gehäuseoberteil liegt hierbei zweckmäßigerweise mit der Frontseite nach unten weisend auf der Arbeitsplatte. Die einseitige Kontaktierungsleiste des LC-Displays weist zur Gehäusestirnseite (entgegengesetzte Seite zum Batteriefach).

Nun legt man vorsichtig den Leitgummistreifen der Länge nach auf die Kontaktierungsleiste des LC-Displays, und zwar so, daß eine der beiden schmäleren Längsseiten auf dem LC-Display aufliegt. Im unteren Drittel des Displays wird zusätzlich ein Stückchen Schaumstoff aufgebracht, wodurch später über die Leiterplatte ein leichter Druck auf die Displayrückseite ausgeübt wird, damit es gut am Gehäuseoberteil anliegt.

Jetzt kann die Leiterplatte in das Gehäuseoberteil eingelegt und mit den 3 entsprechenden kleinen Knipping-Schrauben festgezogen werden. Zu beachten ist hierbei, daß sich der Leitgummistreifen nicht ver-

schiebt. Die zweite der beiden schmalen Längsstreifen dieses Leitgummistreifens drückt auf die Leiterbahnseite der Platine, und zwar genau an den Stellen, an denen sich die entsprechenden Ansteuerkontakte für das LC-Display befinden.

Zum besseren Verständnis muß hierzu noch gesagt werden, daß es sich bei dem Leitgummistreifen um ein verhältnismäßig kompliziertes, in Sandwich-Bauweise gefertigtes Gebilde handelt, das aus hauchdünnen Schichten sich abwechselnder, leitender und nicht leitender Schichten besteht, wodurch sich die Übertragung der Steuersignale von der Leiterplatte zum LC-Display ergibt (aus diesem Grunde sind entsprechende Leitgummistreifen verhältnismäßig teuer).

Sollte sich beim späteren Betrieb des Gerätes ein Ausfall einiger Segmente zeigen, so ist die Leiterplatte nochmals zu lösen und die LCD-Anzeige nachzuzustieren (etwas verschieben). Es schadet dem Leitgummistreifen nicht, wenn er mehrfach ein- und wieder ausgebaut bzw. neu positioniert wird.

Das Herausführen der Zuleitung zum Meßfühlergriffel erfolgt durch die auf der Gehäuserückseite eingebrachte Aussparung.

Abschließend wird das Gehäuseunterteil mit einer Knipping-Schraube an das Gehäuseoberteil geschraubt. Nach Einsetzen der Batterie und durchgeführter Kalibrierung ist das Gerät betriebsbereit.

Auf der Gehäuserückseite ist ein ca. 30 mm langer Aufstellbügel im Gehäuse integriert, der in den schmalen Schlitz über dem Batteriefach gesteckt eine schräge Aufstellung ermöglicht.

Außerdem befindet sich auf der Gehäuserückseite eine integrierte Aussparung, die über ein Kunststoffplättchen abgedeckt werden kann. Hier ist Platz zum Aufwickeln der Sensorzuleitung, sofern diese nicht in voller Länge benötigt wird.

## Kalibrierung

Für den Abgleich wird das Gerät mit S 1 eingeschaltet.

Zuerst wird der Nullpunkt mit dem Trimmer R 6 eingestellt.

Hierzu wird der Temperaturfühler ca. 5 cm

tief in ein Glas eingetaucht, das mit einem Gemisch aus kleinsten Eiswürfeln und Wasser gefüllt ist.

Es ist darauf zu achten, daß die Eiswürfel klein (wenige Millimeter Durchmesser) gehackt sind und nur verhältnismäßig wenig Wasser (weniger als 50 %) in dem Glas ist. Alle Eiswürfel müssen mit Wasser bedeckt sein. Mit Hilfe des Fühlers wird das Eis/Wasser-Gemisch mehrere Minuten kontinuierlich umgerührt, damit sich auch wirklich eine Temperatur von 0° C einstellt. Die Anzeige ist dann mit R 6 auf „000“ einzustellen.

Nachdem der Nullpunkt korrekt abgeglichen wurde, kann als nächstes der Skalenfaktor mit dem Trimmer R 2 eingestellt werden. Dazu taucht man den Sensor ca. 5 cm tief in kochendes Wasser (muß richtig sprudelnd kochen — Vorsicht! Verbrennungsgefahr). Wichtig ist, daß der Sensor nicht den Topfboden berührt, da dieser u. U. auch heißer sein kann und das Ergebnis dadurch verfälschen könnte.

Bei einem Luftdruck von 1013,25 mbar (entspricht ungefähr dem mittleren Luftdruck) ist die Temperatur des kochenden Wassers (Siedepunkt) genau 100,0° C. Aus der Tabelle I (Siedepunkt des Wassers in Abhängigkeit des Luftdruckes) kann die Temperatur des kochenden Wassers bei unterschiedlichen atmosphärischen Luftdrücken abgelesen werden. Auf den so ermittelten Wert wird anschließend die Digitalanzeige mit dem Trimmer R 2 eingestellt. Den genauen Luftdruck erfährt man zum Beispiel bei einem in der Nähe ansässigen Wetteramt oder Flugplatz. Da der Luftdruckeinfluß auf die Siedetemperatur nur einen geringen Einfluß hat, kann die Abgleichtemperatur immerhin noch in einem Bereich von ca. 1 % liegen, auch ohne Berücksichtigung des aktuellen Luftdruckes während des Abgleichs.

Der Abgleich ist damit beendet und das Gerät ist über den gesamten Bereich kalibriert.

Zu beachten ist noch, daß bei abgenommener Gehäuserückseite die Funktion der Schiebeschalter nicht mehr einwandfrei gewährleistet ist, da der Gegendruck des rückseitigen Gehäusesteges fehlt. Gegebenenfalls muß dann S 1 für die Zeit des Abgleichs extern überbrückt werden.

Tabelle I

Luftdruck in mbar	Siedetemperatur in ° C
950	98,2
960	98,5
970	98,8
980	99,1
990	99,3
1000	99,6
1010	99,9
1013,25	100,0
1020	100,2
1030	100,5
1040	100,7
1050	101,0

## Stückliste: Digital-Pocket- Thermometer T 150

### Widerstände

2,55 kΩ	..... R 1
12 kΩ	..... R 5, R 9
39 kΩ	..... R 8
68 kΩ	..... R 4
150 kΩ	..... R 13
220 kΩ	..... R 10
330 kΩ	..... R 3, R 7
680 kΩ	..... R 15
1 MΩ	..... R 11, R 12, R 14
100 kΩ, Trimmer, liegend	... R 2, R 6

### Kondensatoren

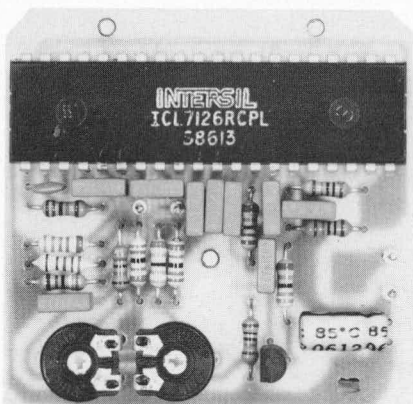
47 pF	..... C 8
47 nF	.. C 2-C 7, C 9, C 10, C 11
10 µF/16 V	..... C 1

### Halbleiter

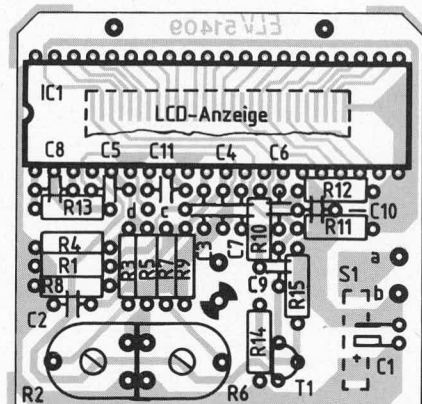
ICL 7126 R	..... IC 1
BC 548	..... T 1

### Sonstiges

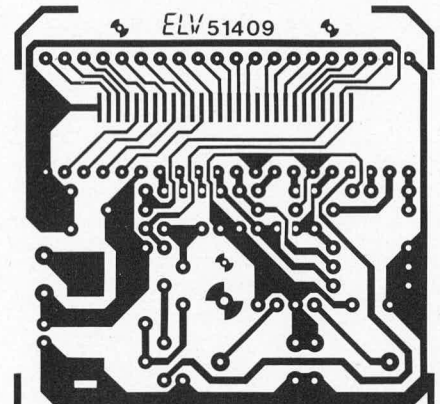
- 1 9 V-Batterieclip
- 1 Spezial 3½stellige LCD-Anzeige, einseitig kontaktiert
- 1 Temperaturfühler SAY 150, komplett mit Fühlergriff
- 1 Leitgummi
- 1 Federmetallstreifen
- 1 Gehäuse
- 3 Knippingschrauben 2,5 x 3



Ansicht der fertig aufgebauten Platine des Digital-Pocket-Thermometers T 150



Bestückungsseite der Platine des Digital-Pocket-Thermometers T 150



Leiterbahnseite des Digital-Pocket-Thermometers T 150