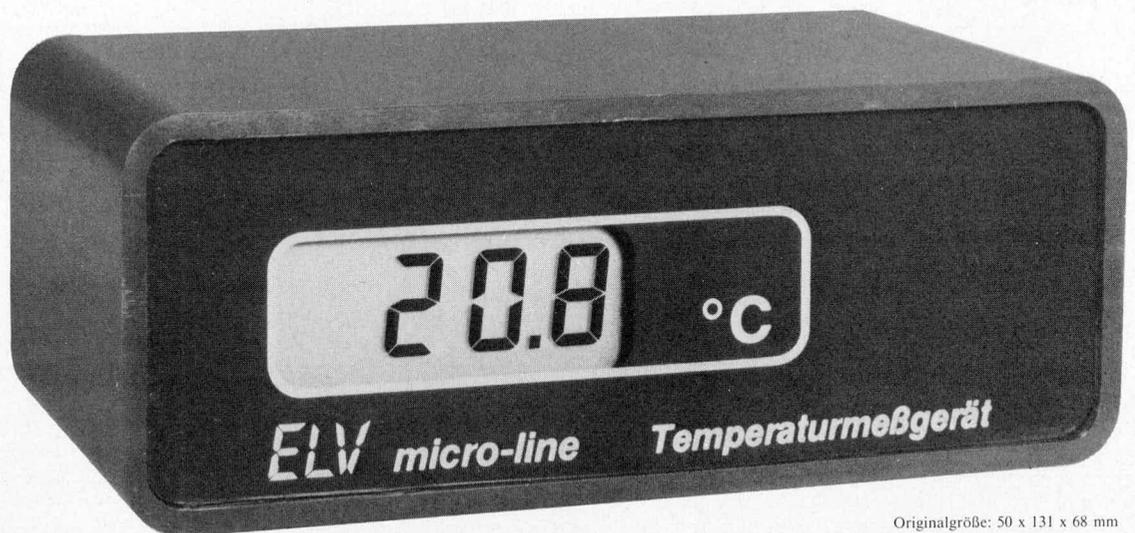


# ELV-Serie micro-line Digital-Thermometer

Mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb



Originalgröße: 50 x 131 x 68 mm

*Zur Messung und direkten digitalen Anzeige auf einem LC-Display ist dieses Temperaturmeßgerät konzipiert. Durch eine neue präzise und dabei sehr stromsparende Meßaufnehmerschaltung, ist dieses kostengünstig aufzubauende Digital-Thermometer für Dauerbetrieb mit handelsüblichen Trockenbatterien geeignet.*

## Allgemeines

Die in diesem Artikel vorgestellte Schaltung eines 3 $\frac{1}{2}$ -stelligen Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige, ist zum Einbau in ein formschönes Gehäuse aus der ELV-Serie micro-line konzipiert.

Der Meßbereichsumfang reicht von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis über  $+120^{\circ}\text{C}$ . Dieser Bereich kann jedoch nur voll ausgenutzt werden, wenn der Meßfühler über ein Zuleitungskabel von max. 5 m Länge für externe Messungen benutzt wird. Bei Raumtemperaturmessungen ist die max. mögliche Meßtemperatur vom Arbeitsbereich der gesamten Schaltung abhängig, die bei den hier verwendeten Bauelementen im Bereich von 0 bis  $+70^{\circ}\text{C}$  liegt.

Eine auf den verwendeten Temperaturfühler abgestimmte besondere Linearisierungstechnik läßt eine Genauigkeit von  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  im Bereich von 0 bis  $100^{\circ}\text{C}$  erreichen. Hierauf wird im Verlauf der Schaltungsbeschreibung noch näher eingegangen.

Durch den Einsatz des besonders stromsparenden A/D-Wandlers des Typs ICL 7126 in Verbindung mit einer low-power-Temperaturmeßwertaufnehmerschaltung,

kommt das fertige Gerät mit einem Strom von ca. 0,1 mA aus. Dies bedeutet eine Batterielebensdauer von fast 1 Jahr Dauerbetrieb, bei Speisung aus einer handelsüblichen 9 V-Alkali-Mangan-Blockbatterie.

Eine zu niedrige Batteriespannung und damit der fällige Batteriewechsel, wird durch einen Pfeil oder ein „B“ im Display automatisch angezeigt.

## Zur Schaltung

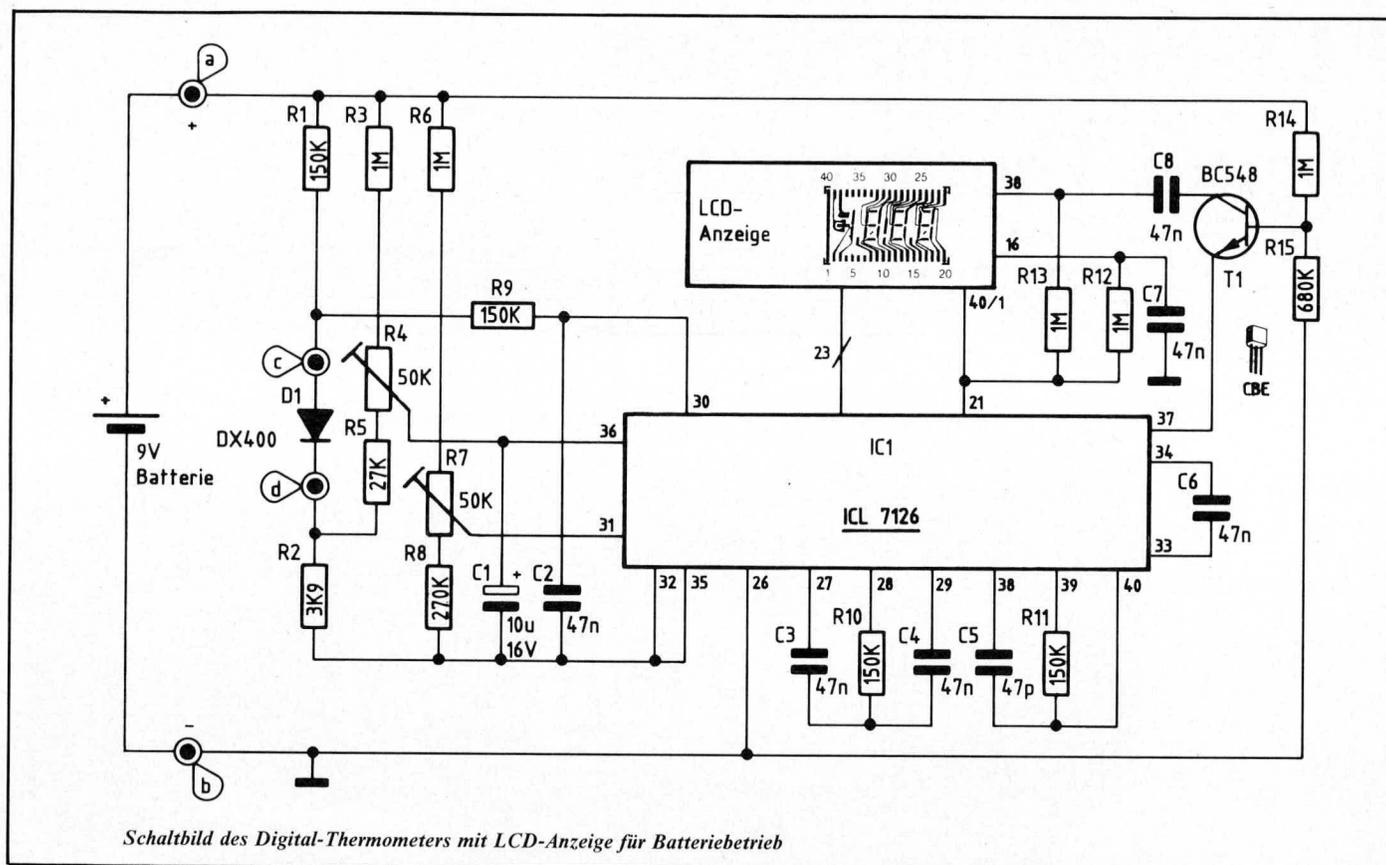
Die wesentlichen Bestandteile der Schaltung sind zum einen die Meßwertaufnehmerschaltung, der wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch etwas mehr Raum widmen wollen und zum anderen der A/D-Wandler des Typs ICL 7126. Dieses IC setzt eine analoge Eingangsspannung in ein Digital-Signal um, das direkt zur Ansteuerung einer LCD-Anzeige geeignet ist. Auf die detaillierte Beschreibung dieses Systems wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da die Arbeitsweise mit dem hinreichend bekannten IC des Typs ICL 7106 weitgehend identisch ist. Lediglich die Stromaufnahme des hier verwendeten Schaltkreises ist deutlich geringer und liegt typ. bei 0,08 mA.

Über R 12/C 7 wird eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals erreicht, das zur Ansteuerung des erforderlichen Punktes vor der letzten Stelle geeignet ist.

R 13/C 8 bewirken ebenfalls eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals, zur Ansteuerung der Unterspannungsanzeige (Pfeil). 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 8 eine Phasenverschiebung bewirken kann. Der Pfeil erscheint im LC-Display.

Kommen wir nun zur Meßwertaufnehmerschaltung.

Als Temperatursensor dient im vorliegenden Fall eine hochsperrende Siliziumdiode des Typs DX 400. Zur eigentlichen Temperaturmessung wird der Halbleitereffekt einer Diode genutzt, deren Flußspannung sich mit ca.  $-2,12\text{ mV/K}$  ändert. Dieses Verhalten von PN-Übergängen ist vielen Lesern sicherlich bekannt. Hierzu muß je-



Schaltbild des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb

doch ergänzend gesagt werden, daß die entsprechende Temperatur-Spannungs-Kennlinie keineswegs so linear ist, wie man sich dies wünscht. Ganz im Gegenteil weist die Kennlinie eine mehr oder weniger starke Krümmung auf, die ein Temperaturmessen nur in einem verhältnismäßig kleinen Bereich ermöglicht und dazu mit größeren Abweichungen. Ohne eine zusätzliche Linearisierung würden sich bei Messung im Bereich von 0 bis 100° Abweichungen von 20° C und mehr ergeben können.

Durch eine besonders fein abgestimmte Dimensionierung in Verbindung mit einer wirkungsvollen Linearisierungstechnik, konnte eine Genauigkeit im gesamten Bereich von  $\pm 0,2$  K erreicht werden. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Die Meßwertaufnehmerdiode des Typs DX 400 erhält einen Meßstrom über den Vorwiderstand R 1, an dessen Verbindungspunkt mit der Anode der Diode D 1 die eigentliche Meßspannung über R 9 abgegriffen und auf den einen Eingang des IC 1 geführt wird. Der zweite Eingang des IC 1 liegt am Mittelabgriff des Trimmers R 7 zur Nullpunkteinstellung.

Die Katode von D 1 ist nicht direkt auf den Fußpunkt der internen Referenzspannung geführt (Pin 32 des IC 1), sondern über R 2. Am Verbindungspunkt der Katode von D 1 mit dem Widerstand R 2 ist der Fußpunkt der Referenzspannungseinstellung angeschlossen. Die Einstellung der Referenzspannung selbst erfolgt mit dem Trimmer R 4, dessen Mittelabgriff auf den positiven Referenzspannungseingang (Pin 36 des IC 1) geführt ist. Der zweite Referenzspannungseingang liegt auf dem Fußpunkt der internen Referenzspannung (Pin 32 des IC 1).

Bei steigender Temperatur am Temperaturfühler D 1, nimmt die Flußspannung im Mittel um ca. 2,12 mV pro K ab. Hierdurch steigt in gewissem, genau berechneten Maße der Strom durch R 1/R 2, wodurch der Spannungsabfall an R 2 geringfügig zunimmt. Dies wiederum bedeutet eine Zunahme der Referenzspannung an Pin 36 des IC 1.

Aus vorstehend beschriebenem Verhalten ist leicht zu erkennen, daß sich nicht nur die eigentliche Meßspannung über R 9 an Pin 30 des IC 1 mit der Temperatur verändert, sondern darüber hinaus auch die Referenzspannung. Durch eine sorgfältige Schaltungsberechnung und Auslegung, die exakt auf die hochsperrende Siliziumdiode des Typs DX 400 zugeschnitten ist, konnte eine so präzise Linearisierung des Gesamtsystems erreicht werden, daß die Genauigkeit im Bereich von 0 bis 100° C bei  $\pm 0,2$  K liegt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Stromaufnahme der gesamten Meßwertaufnehmerschaltung einschließlich Referenzspannungseinstellung von 0,02 mA.

Grundsätzlich arbeitet die Schaltung auch mit anderen hochsperrenden Siliziumdioden, wobei zusätzliche Fehler, die leicht im Bereich von 1–2 K liegen können, möglich sind, sofern die Kenndaten der Diode von denen der DX 400 abweichen. Gibt man sich mit noch geringeren Genauigkeitsanforderungen zufrieden, kann grundsätzlich auch eine „ganz normale“ Siliziumdiode (z. B. 1N4148 o. ä.) eingesetzt werden, die aufgrund ihres verhältnismäßig hohen (im Vergleich zur DX 400) Reststromes größere Verfälschungen des Meßwertes, insbesondere hinsichtlich der Langzeitstabilität,

hervorrufen kann. Jedoch auch hier sind Genauigkeiten von 2 bis 3 K durchaus zu erreichen. Möchte man hingegen lediglich im Raumtemperaturbereich zwischen 15 und 30° C messen, sind Werte von  $\pm 0,5$  K auch mit einer Diode des Typs 1N4148 realistisch (jedoch bei eingeschränkter Langzeitkonstanz). Wir sehen, daß die von uns vorgeschlagene Diode des Typs DX 400 eine rund 10fach bessere Genauigkeit erreichen läßt, ohne nennenswerten zusätzlichen Kostenaufwand.

### Zum Nachbau

Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes eingelötet.

Zu beachten ist hierbei zum einen, daß einige der Bauelemente aus Platzgründen auf der Rückseite (Leiterbahnseite) der Platine anzulöten sind und zum anderen, daß die LCD-Anzeige als letztes über das IC 1 gesetzt und mit der Platine verlötet wird.

<sup>1</sup>Soll das Gerät zur Messung von Raumtemperaturen eingesetzt werden, empfiehlt es sich, an geeigneter Stelle in der Frontplatte oder aber auch an der Seiten- oder Rückwand des Gerätes eine kleine Bohrung anzubringen, hinter der die zur Temperaturmessung dienende Diode D 1 angeordnet wird.

Soll die Temperatursensordiode zu externen Messungen herangezogen werden, so empfiehlt es sich, eine einadrige abgeschirmte isolierte Leitung von max. 5 m Länge zu verwenden, an deren Ende D 1 angelötet wird. Da die gesamte Schaltung hochohmig aufgebaut ist, sollte die Diode anschließend berührungssicher mit Schrumpfschlauch überzogen werden.

Zum Einbau ins Gehäuse empfiehlt es sich, an den Innenseiten des micro-line Gehäuses genau 15 mm von der Frontkante entfernt einige Kunststoff- bzw. Leiterplattenstückchen einzukleben, an die anschließend die senkrecht hinter der Frontplatte angeordnete Platine angelehnt wird, damit sie nicht in den hinteren Gehäusebereich hineinrutschen kann. Von vorn wird die Leiterplatte durch die Frontplatte selbst gehalten. Kleine Schaumstoffstückchen (z. B. Tesamoll) bewirken zusätzlich einen sicheren Sitz.

### Kalibrierung

Hierfür ist es erforderlich, daß der Meßwertempfänger sorgfältig isoliert wird, damit keine Meßwertverfälschung durch evtl. auftretende Kriechströme hervorgerufen wird.

Zunächst wird der Nullpunkt sorgfältig eingestellt, indem der Meßwertempfänger in Eiswasser eingetaucht wird. Anschließend erfolgt die Einstellung des Skalenfaktors z. B. durch Vergleich mit einem Fieberthermometer bei z. B. 37° C. Auch ist der Abgleich mit kochendem Wasser bei 100° C möglich.

Eine detaillierte Kalibrieranweisung wurde bereits mehrfach im ELV beschrieben, u. a. auch anlässlich des Artikels der LED-micro-line-Thermometerversion im ELV journal Nr. 30, Seite 24, so daß wir an dieser Stelle hierauf nicht weiter eingehen wollen.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und späteren Einsatz dieses interessanten, kostengünstig aufzubauenden Digital-Thermometers viel Erfolg.

### Stückliste

#### Digital-Thermometer mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb

#### Halbleiter

IC1 ..... ICL 7126  
T1 ..... BC 548  
D1 ..... DX 400

#### Kondensatoren

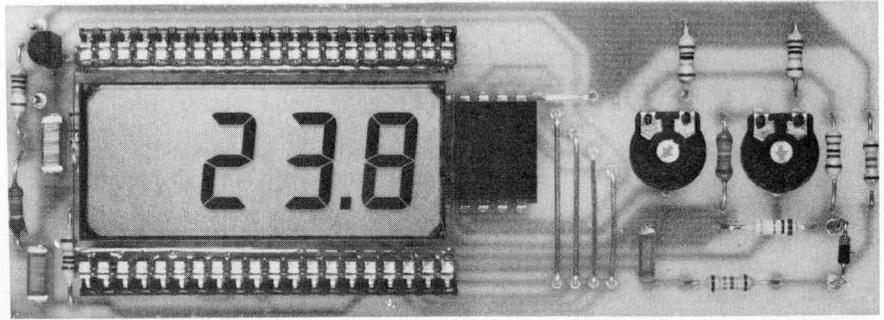
C1 ..... 10 µF/16 V  
C2, C3, C4 ..... 47 nF  
C5 ..... 47 pF  
C6, C7, C8 ..... 47 nF

#### Widerstände

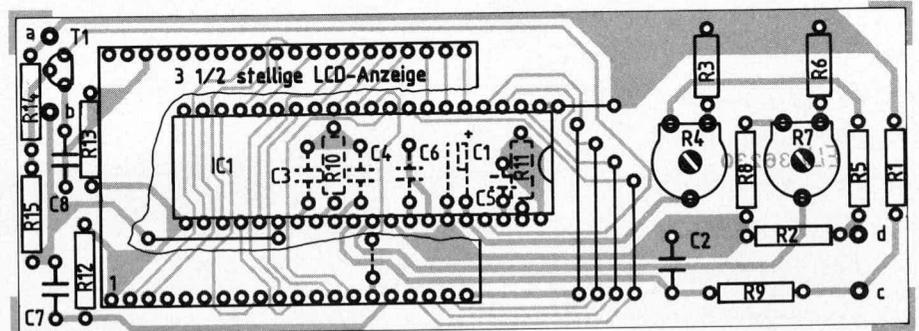
R1, R9 ..... 150 kΩ  
R2 ..... 3,9 kΩ  
R3, R6 ..... 1 MΩ  
R4, R7 ... 50 kΩ, Trimmer liegend  
R5 ..... 27 kΩ  
R8 ..... 270 kΩ  
R10, R11 ..... 150 kΩ  
R12, R13, R14 ..... 1 MΩ  
R15 ..... 680 kΩ

#### Sonstiges

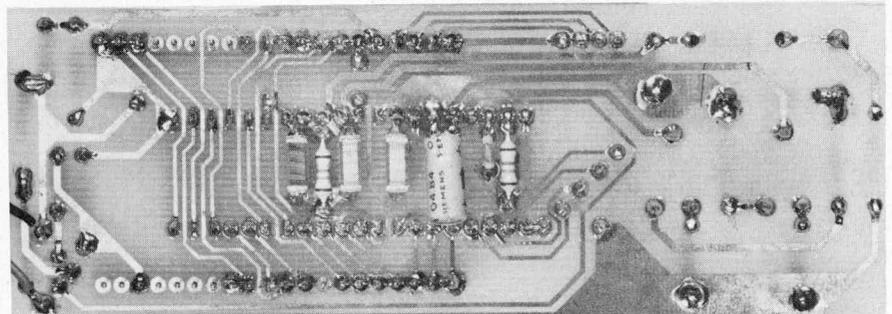
1 LCD-Anzeige 3½stellig  
1 9 V-Batterieclip  
4 Lötstifte  
20 cm Silberdraht



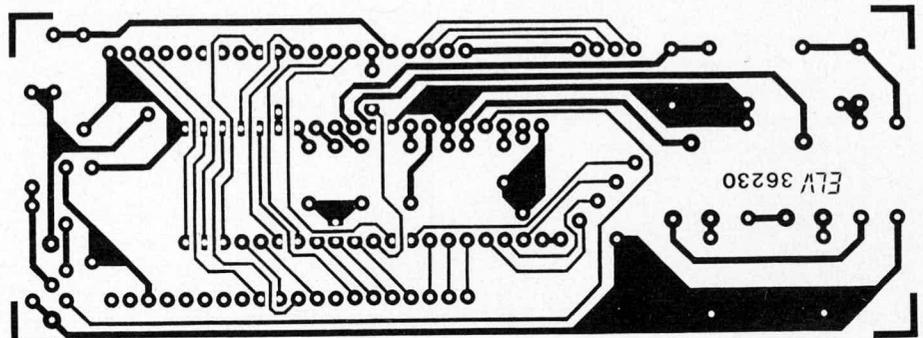
Ansicht der fertig bestückten Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige (Bestückungsseite)



Bestückungsseite der Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige



Rückansicht der fertig bestückten Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige (Leiterbahnseite)



Leiterbahnseite der Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige