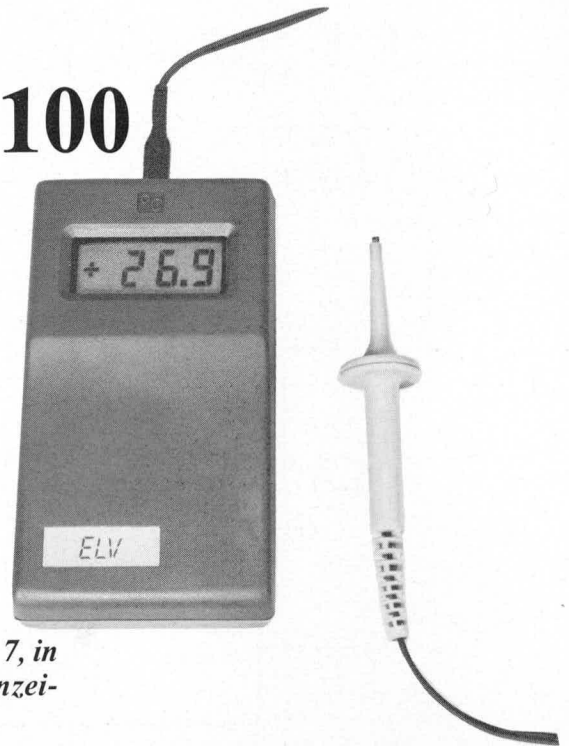


# Elektronisches Digitalthermometer T 100



*Sicherlich erinnern sich noch viele ELV-Leser an unsere Ausgabe 7, in der wir ein elektronisches Thermometer mit Flüssigkeitskristall-Anzeige beschrieben hatten.*

*Seither hat sich unser Leserkreis erfreulicherweise sehr stark erweitert, und aufgrund vieler Anfragen haben wir uns entschlossen, ein neues Modell zu entwickeln, das — wie wir meinen — in einigen Punkten noch wesentliche Verbesserungen aufweist.*

## Das Temperaturfühlerelement

Die Verbesserungen betreffen hauptsächlich den neuen Temperaturfühler. Besonders wichtig ist hierbei die Ansprechzeit des Temperatursensors. Sie soll so kurz wie möglich sein, um schnell richtige Meßergebnisse zu liefern.

Im Vorläufer des T 100 haben wir den Sensor KTY 10 verwendet, der in einem TO-92 Gehäuse eingebaut ist. Diese Gehäuseform ist jedem Elektroniker geläufig, sie entspricht derjenigen der Standard-Plastiktransistoren (z. B. BC 548). Der KTY 10 wiegt ca. 0,25 Gramm und hat eine recht kurze Ansprechzeit: Laut Datenblatt vier Sekunden in Öl. Allerdings zeigte sich in der Praxis, daß es bei Temperaturmessungen in Gasen, besonders in stehender Luft, doch mehrere Minuten dauert, bis sich der KTY 10 an seine Umgebungstemperatur angepaßt hat.

Hier bringt der neue Sensor, der SAK 1000, entscheidende Vorteile. Sein Gehäuse ist über zehnmals kleiner als das des KTY 10, deutlich kleiner als ein Streichholzkopf und wiegt nur 0,02 Gramm. Tatsächlich spricht dieser neue Sensor auch ca. zehnmals schneller an. Schon ein kurzes Antippen mit der Fingerspitze genügt, um eine Reaktion des Meßgerätes hervorzurufen.

Damit ist es jetzt auch möglich, schnelle und genaue Temperaturmessungen an Oberflächen vorzunehmen, z. B. an Kühlkörpern, Endstufentransistoren usw.

Eine wichtige Rolle spielt auch die Konstruktion des Fühlerhandgriffs. Viele der auf dem Markt befindlichen Fühler sind in einen Metallstab eingebaut, sogenannte

Tauchfühler, die, wie der Name schon sagt, für Messungen in Flüssigkeiten vorgesehen sind. Für Messungen in Luft und anderen Gasen sind sie zu träge und Temperaturmessungen an Oberflächen sind meistens gar nicht mit hinreichender Genauigkeit durchführbar.

Wir haben uns deshalb entschlossen, für den Fühlergriff Kunststoff zu verwenden. Kunststoffe sind sehr schlechte Wärmeleiter und weil zusätzlich noch der Sensorkopf ein Stück aus der Fühlerspitze herausragt, wird er von der Temperatur des Griffes so gut wie nicht beeinflusst. Eine wichtige Fehlerquelle scheidet damit aus.

Weiterhin hat der Kunststoffgriff im Gegensatz zu Metallstäben den Vorteil, daß er gegenüber aggressiven Flüssigkeiten und Gasen widerstandsfähig ist, wie z. B. Säuren und Laugen oder Entwickler- und Fixierflüssigkeiten usw.

Ein kleiner Nachteil sei nicht verschwiegen. Der Meßbereich des Handfühlers beträgt  $-40^{\circ}$  bis  $+100^{\circ}$  Celsius. Höheren Temperaturen darf der Fühlergriff nicht ausgesetzt werden, da er sich sonst verformen könnte. Der Meßbereich des Sensorkopfes selbst reicht bis  $+125^{\circ}$  Celsius. Kurzfristig können auch — z. B. für Oberflächenmessungen — bedenkenlos Temperaturen bis  $150^{\circ}$  C gemessen werden.

## Die Schaltung

Mittelpunkt der Schaltung (Bild 1) ist der bekannte Schaltkreis ICL 7106, der auf einem Chip A/D-Wandler, Segmentdekodierer, Treiberstufen, Takterzeugung und Referenzspannung enthält. In der vorlie-

genden Schaltung wird der Typ ICL 7106 R eingesetzt. R steht für „Reverse“, d. h. bei diesem Typ sind alle Anschlüsse spiegelverkehrt gegenüber dem 7106 angeordnet. Zum Beispiel entspricht dem Anschluß 1 des 7106 R der Anschluß 40 des 7106 usw. Die Verwendung des R-Typs führt zu einer günstigeren Leiterbahnführung auf der Platine, wenn wie im vorliegenden Fall, die Anzeige auf der gegenüberliegenden Seite der Platine aufgelötet wird. Das Meßprinzip beruht auf der Messung des Spannungsabfalls über dem Sensor. Der Sensor ist auf der einen Seite über R9 an 9 Volt (Batterie) angeschlossen, auf der anderen Seite an der Referenzspannung „Common“ des IC's (2,8 V). Diese Spannung ist stabilisiert. Erhöht sich jetzt der Widerstand des Sensors mit steigender Temperatur, steigt auch die über ihn abfallende Spannung, die dem Meßeingang des IC's (Pin 10 + 11) zugeführt wird. Die Anzeige erfolgt  $3\frac{1}{2}$ stellig, d. h., die Temperatur wird mit einer Auflösung von  $0,1^{\circ}$  C angezeigt.

Die Kennlinie des Sensors ist nicht ganz „gerade“, sondern leicht gekrümmt. Deshalb ist R9 erforderlich, der die Kennlinie linearisiert.

Der Nullpunkt der Schaltung wird mit dem Trimmer P2 eingestellt. Bei Null Grad Sensortemperatur wird mit diesem Trimmer die Anzeige auf „0“ abgeglichen. Der Abgleich des Skalenfaktors erfolgt mit Trimmer P1. Zum Beispiel Einstellung der Anzeige auf 100,0 bei einer Sensortemperatur von 100 Grad (kochendes Wasser). Der genaue Abgleich wird später noch näher beschrieben.

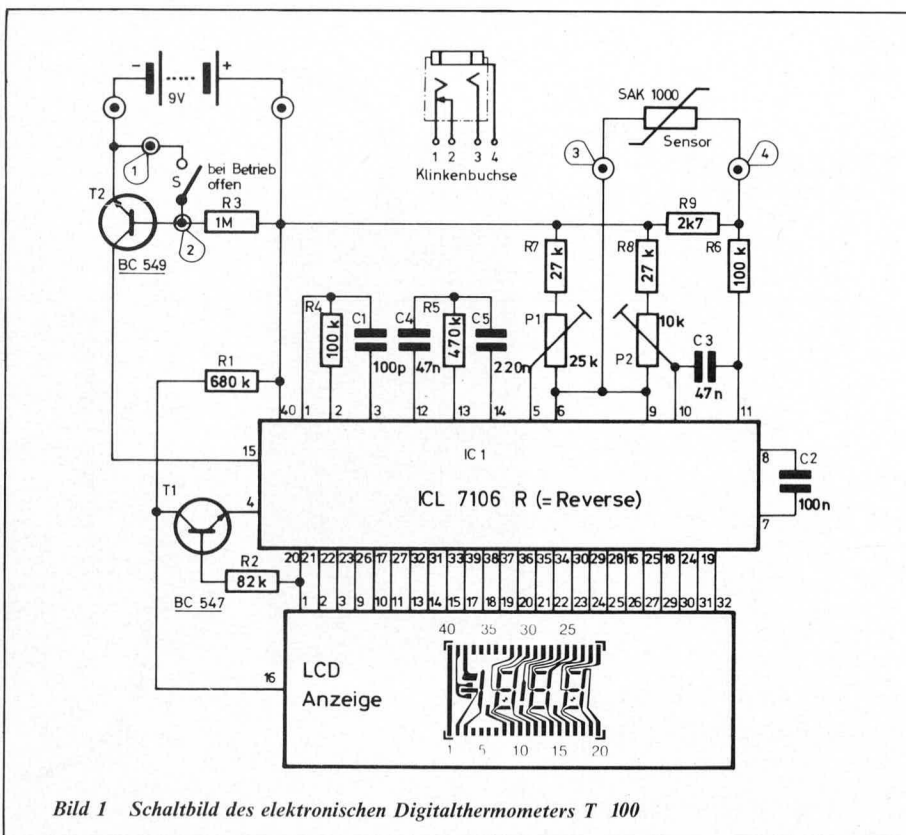


Bild 1 Schaltbild des elektronischen Digitalthermometers T 100

Das IC 7106 verfügt nur über ein „Minus“-Steuersignal. Das bedeutet, daß bei Minustemperaturen wohl das Minuszeichen in der Anzeige erscheint, bei Temperaturen über Null Grad aber kein Pluszeichen angezeigt wird. Diesen kleinen Schönheitsfehler kann man leicht beseitigen, indem man einfach die Meßeingänge des IC's umpolt. Dann erscheint das Minussignal nur bei Plusstemperaturen. Folgerichtig wird hiermit auch der Plusbalken in der Anzeige angesteuert und den Minusbalken läßt man dauernd leuchten. Je nach Temperatur hat man jetzt sowohl eine Minus- als auch eine Plusanzeige (Verstanden? Wenn nicht, den letzten Abschnitt bitte noch einmal ganz langsam lesen.)

Schaltungstechnisch wird dies mit Transistor T1 realisiert. Zuvor jedoch eine Bemerkung zur Arbeitsweise von LCD-Anzeigen. Sie benötigen zur Versorgung unbedingt eine Wechselspannung, „Backplane“ genannt. Die Segmente werden ebenfalls mit Wechselspannung angesteuert, die jedoch der Backplane-Spannung genau entgegengesetzt sein muß (180° Phasenverschiebung).

Transistor T1 ist als Inverter geschaltet, sodaß an seinem Kollektor genau das invertierte Backplane-Signal erscheint. Neben dem Minussegment ist hieran auch der Dezimalpunkt DP1 angeschlossen, der ja ebenfalls dauernd leuchten muß.

Der Fühler ist steckbar mit der Schaltung verbunden. Wir tragen hiermit dem vielfachen Wunsch Rechnung, bei Bedarf die Fühlerzuleitung leicht verlängern zu können. Wegen des günstigen Innenwiderstandes des SAK 1000 ist dies auch problemlos möglich. Bis zu einer Länge von ca. 30 Metern sind keine Abschirmungsmaßnahmen erforderlich.

Das T 100 benötigt keinen separaten Ein-

Ausschalter. Das Gerät wird mit dem Stecker des Fühlerkabels automatisch ein- bzw. ausgeschaltet. Deshalb wird für die Anschlußbuchse auch eine Stereoklinkenbuchse (3,5 mm) verwendet, da diese über einen potentialfreien Schaltkontakt (S1) verfügt. Bei Betrieb ist dieser Kontakt offen, so daß Transistor T2 durchgeschaltet ist und die Schaltung an Spannung liegt. Bei abgezogenem Fühler ist S1 geschlossen und T2 sperrt.

### Aufbau

Die Bestückung dürfte aufgrund des Bestückungsplanes kaum Schwierigkeiten bereiten. Nicht vergessen werden dürfen zwei Drahtbrücken: Eine unterhalb von IC 7106 R und eine oberhalb von T2. An der Schaltbuchse muß ein Kontakt abgeschnitten werden, bevor sie bestückt werden kann. Der vordere Kontakt wird um die Außenkante der Platine herum mit der Kupferseite verlötet.

Die beiden Anschlußkabel des Batterieclips werden erst von unten durch die beiden vorgesehenen Bohrungen der Platine gesteckt und dann mit den entsprechenden Anschlußpunkten verlötet.

Es ist unbedingt erforderlich, daß die LCD-Anzeige ganz zuletzt eingebaut wird. Sie wird von der Kupferseite der Platine her bestückt und sollte einen Abstand von ca. 2—3 mm zur Platine haben. Die Anzeige zunächst nur an zwei Stellen anlöten, damit der Sitz im Gehäuse notfalls korrigiert werden kann.

Die Platine wird mit nur einer Schraube im Gehäuse befestigt. Den anderen Befestigungspunkt bildet der Hals der Anschlußbuchse, für den eine Bohrung im Gehäuseoberteil angelegt werden muß.

Das kleine Sichtfensterchen zum Schutz

der LCD-Anzeige wird mit ein paar Tropfen Plastikkleber in den Gehäuseausschnitt eingeklebt.

Beim Zusammenbau des Handfühlers muß man besonders sorgfältig vorgehen. Am besten hält man sich an die nachstehende Reihenfolge und orientiert sich an Bild 2.

1. Der Handfühler besteht aus dem Griffstück und der Fühlerspitze, die mit einer Gewindehülse verschraubt werden. Die Gewindehülse schneidet sich beim späteren Zusammenbau ihr Gewinde selbst, es ist aber erforderlich, die beiden Kunststoffhälften ein wenig aufzubooren, entweder mit einem 5,5 mm Bohrer oder mit einer Reibahle. Danach wird die Gewindehülse in die Fühlerspitze etwa bis zur Hälfte eingeschraubt.
2. Jetzt wird das Griffstück auf das Anschlußkabel gesteckt. Hierbei handelt es sich um ein vorbereitetes 1,5 m langes Kabel mit fertig angespitztem Klinkenstecker. Von den beiden Hauptadern des Kabels wird nur die mit dem weißen Innenleiter benötigt. Die andere Hauptader wird der Zeichnung entsprechend gekürzt. Die verbliebene Hauptader wird anschließend durch die Fühlerspitze hindurchgeschoben und die schwarze Ummantelung auf ca. 3 cm abisoliert. Auf das weiße Kabel wird ein ca. 2 cm langes Stück Schrumpfschlauch aufgeschoben.
3. Von den beiden Anschlüssen des Sensors muß einer auf etwa 5 mm gekürzt werden. Welcher Anschluß spielt keine Rolle, da der Sensor ungepolt ist. Der verkürzte Anschluß wird mit dem weißen Kabel verlötet, der lange Anschluß mit der blanken Litze. Man muß dabei auf sehr feine Lötstellen achten, da anschließend der Schrumpfschlauch über die Lötstelle geschoben werden muß.
4. Der Schrumpfschlauch wird über die Lötstelle bis an das Gehäuse des Sensors geschoben und geschrumpft. Das geht am leichtesten mit dem LötKolben, indem man mit der Seite der Lötspitze vorsichtig über den Schrumpfschlauch streicht, bis er sich gleichmäßig zusammengezogen hat.
5. Danach wird ein weiteres Stück Schrumpfschlauch von oben über den Kopf des Sensors bis an den schwarzen Kabelmantel heran aufgeschoben und wie beschrieben geschrumpft. Der Sensoranschluß ist jetzt fertig und kann in die Fühlerspitze zurückgeschoben werden, so daß nur noch der Sensorkopf herausragt.
6. Bevor der Fühler endgültig zusammengeschraubt wird, sollte noch eine Kontrolle durchgeführt werden. Zwischen dem ersten und dritten Anschluß des Klinkensteckers (Steckerspitze + Masse) muß ein Widerstand von ca. 1 kΩ zu messen sein. Der mittlere Anschluß darf keine Verbindung zu den beiden anderen haben. Wenn alles in Ordnung ist, können die beiden Hälften zusammengeschraubt werden. Ein Tip: Damit bei plötzlicher Zugbelastung am Kabel der

Sensor nicht in die Fühlerspitze hineingezogen werden kann, empfiehlt es sich, das Gewindestück innen mit Klebstoff zu füllen, z. B. Pattex oder Uhu usw.

### Der Abgleich

Nach Anschluß des Fühlers und einer 9-V-Batterie (die übrigens für mehrere hundert Stunden Betrieb reicht) kann das T 100 abgeglichen werden. Als erstes wird der Nullpunkt eingestellt. Eine Temperatur von genau Null Grad kann man leicht erzeugen, indem man fein zerstoßene Eiswürfel mit Wasser mischt. Dieses Gemisch muß allerdings mehrere Minuten lang gründlich gerührt werden, damit sich auch wirklich eine Temperatur von Null Grad einstellt. Für den Nullabgleich ist Trimmer P2 zuständig.

Der Skalenfaktor wird mit P1 eingestellt. Dazu hält man den Sensor in kochendes Wasser und stellt die Anzeige auf 100,0 ein. Wer allerdings auf der Zugspitze wohnt, sollte bedenken, daß mit zunehmender Höhe der Luftdruck sinkt und Wasser dann schon bei weniger als 100 Grad siedet.

Etwas Sorgfalt beim Abgleich zahlt sich unbedingt aus, denn das T 100 erreicht ohne Schwierigkeit eine Meßtoleranz von unter 1%.

Gut geeignet ist auch der Vergleich mit einem Fieberthermometer, das zwar nur einen eng begrenzten Meßbereich hat, dafür aber sehr genau ist. Mit dieser Methode kann man das T 100 im Bereich von 0° bis 40° durchaus auf 1/10° genau abgleichen.

Viel Vergnügen beim Aufbau und viel Freude beim Einsatz wünscht Ihnen Ihre ELV-Redaktion.

### Stückliste:

#### LCD-Thermometer T 100

#### Halbleiter

T1 .....	BC 547 o. ä.
T2 .....	BC 549 o. ä.
IC1 .....	ICL 7106 R
1 3 1/2-stell. LCD-Display	
1 Sensor SAK 1000	

#### Kondensatoren

C1, .....	100 pF
C2 .....	100 nF
C3, C4 .....	47 nF
C5 .....	220 nF

#### Widerstände

R1 .....	680 kΩ
R2 .....	82 kΩ
R3 .....	1 MΩ
R4 .....	100 kΩ
R5 .....	470 kΩ
R6 .....	100kΩ
R7, R8 .....	27 kΩ 1% Metallfilm
R9 .....	2,7 kΩ 1% Metallfilm
P1 .....	25 kΩ Cermettrimmer
P2 .....	10 kΩ Cermettrimmer

#### Sonstiges

- 1 Printbuchse 3polig, 3,5 mm
- 1 9-V-Batterieclip
- 1 T 100 Platine
- 1 Handfühler, zweiteilig
- 1 Anschlußkabel mit 3,5 mm Klinckenstecker
- 1 Gewindehülse 6 mm
- 5 cm Schrumpfschlauch Ø ca. 1 mm
- 1 Thermometer-Gehäuse
- 1 Sichtfenster

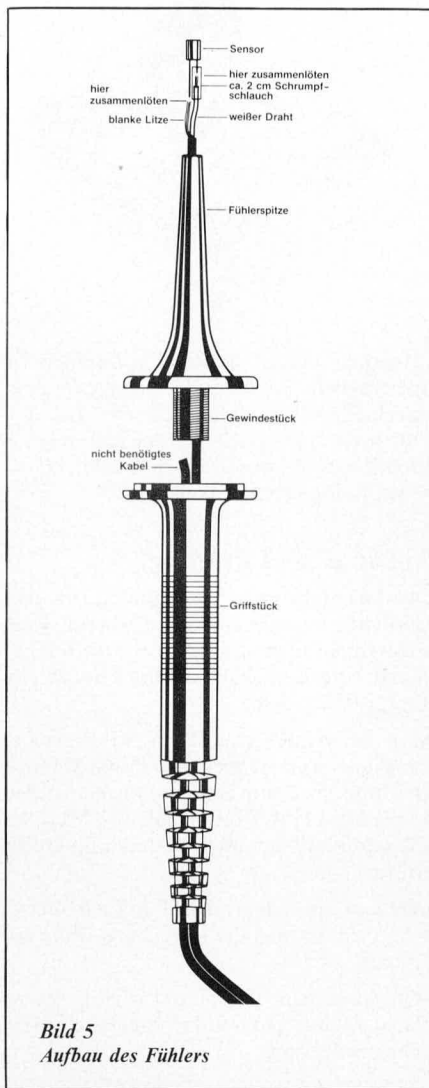
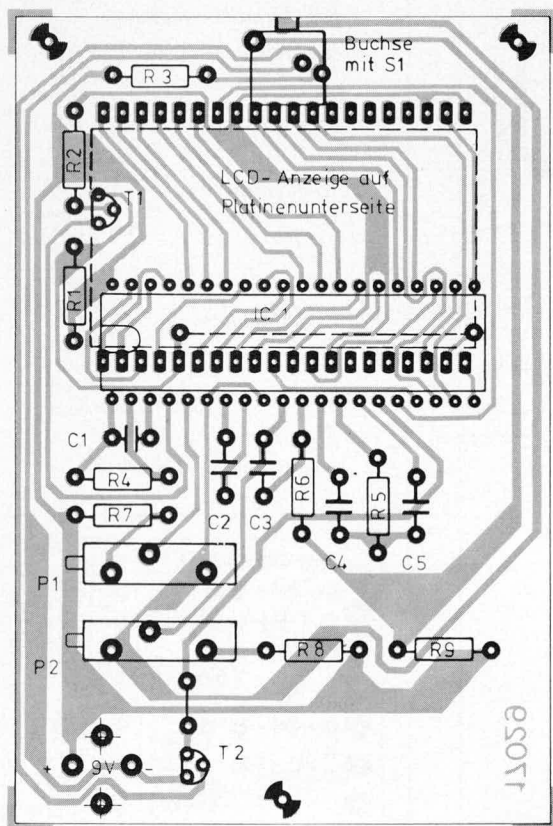
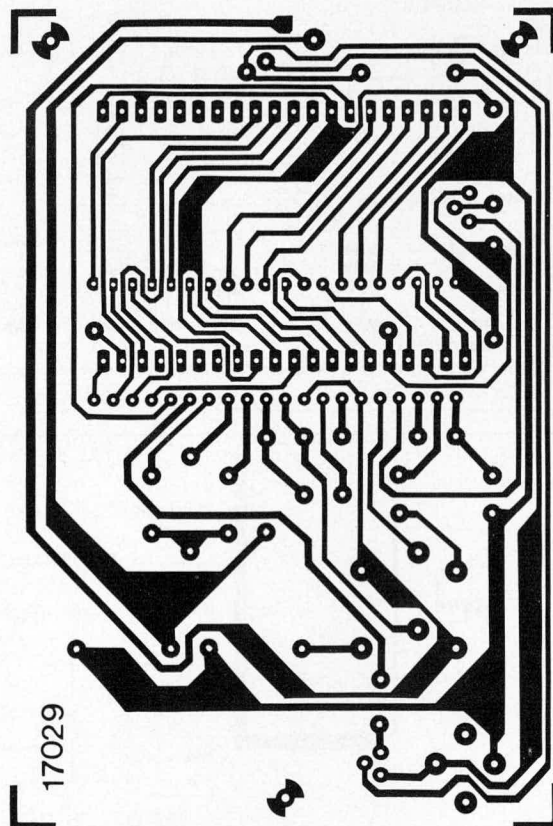


Bild 5  
Aufbau des Fühlers



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine