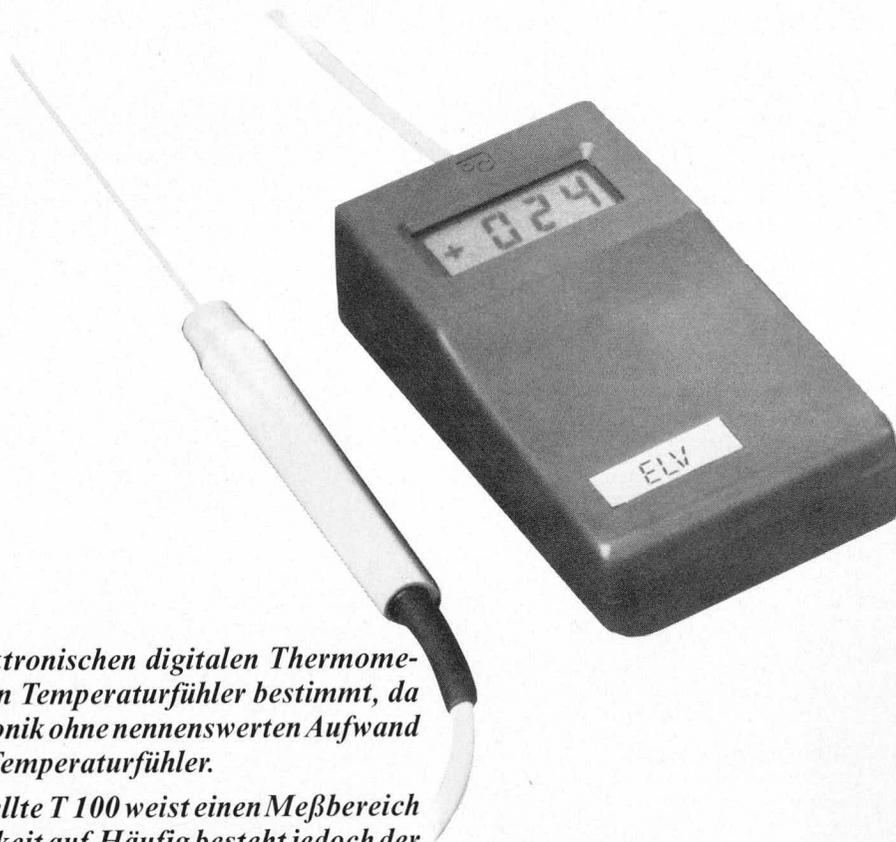


Elektronisches Digital-Thermometer T 500



Einsatzbereich und Qualität von elektronischen digitalen Thermometern werden im wesentlichen durch den Temperaturfühler bestimmt, da die zur Auswertung eingesetzte Elektronik ohne nennenswerten Aufwand erheblich besser ist als die meisten Temperaturfühler.

Das in unserer Ausgabe Nr. 17 vorgestellte T 100 weist einen Meßbereich von -50 bis $+125^{\circ}\text{C}$ bei guter Genauigkeit auf. Häufig besteht jedoch der Wunsch, niedrigere besonders aber auch höhere Temperaturen zu messen. Diesem Wunsch kommt unser neues T 500 nach, das einen Meßbereich von -200°C bis über $+500^{\circ}\text{C}$ aufweist und einen formschönen Fühlergriffel mit besonders schneller Ansprechempfindlichkeit besitzt.

Das Temperaturfühlerelement

Das Herz des Temperaturfühlers besteht aus einem Eisen-Constantan-Thermoelement. Es handelt sich hierbei um einen dünnen Eisendraht, der mit einem dünnen Constantan-Draht an der Spitze verbunden wird. Hierdurch wird eine sog. Thermospannung erzeugt, die von der Differenztemperatur der Verbindungsstelle der beiden Drähte zu den anderen beiden Drahtenden abhängig ist. Die Qualität und Linearität des Thermoelementes ist u. a. von der Art der Verbindung der beiden Drähte miteinander abhängig. In unserem Fall wird das Thermoelement mittels einer Plasmaschweißanlage hergestellt, die eine optimale Qualität sicherstellt.

Wie vorstehend bereits erwähnt, ist ein Thermoelement lediglich dazu geeignet, Differenztemperaturen zu messen, dies jedoch mit guter Qualität und Linearität, selbst bei sehr hohen Temperaturen. Die Zeitkonstante, d. h. die Ansprechempfindlichkeit eines Thermoelementes bei konstruktiv günstigem Aufbau ist extrem niedrig. Es lassen sich daher schnelle Temperaturmessungen durchführen.

Um nun zu einer Meßmethode der absoluten Temperatur zu kommen, ist es erforderlich, einen Absolut-Temperatur-Fühler mit heranzuziehen, der die Temperatur der beiden freien Drahtenden des Thermoelementes mißt.

Fragt man sich nun, warum überhaupt noch ein Thermoelement, so kann man sagen, daß an die Qualität des Absolut-Temperatur-Messers nur geringe Anforderungen gestellt werden, da dieser lediglich in einem kleinen Bereich die Temperatur zu messen braucht. Dieser Bereich ist dadurch vorgegeben, daß sich die beiden freien Drahtenden des Thermoelementes und somit auch der Absolut-Temperatur-Sensor im Handgriff des Fühlergriffels befinden, der einen Temperatur-Bereich von vielleicht 0° bis $+50^{\circ}$ überstreicht. Die über das Thermoelement gemessenen Temperaturen bewegen sich jedoch in wesentlich größeren Dimensionen.

Genauigkeitsbetrachtungen

Eine gute Genauigkeit von ca. $1\% \pm 1$ Digit des hier vorgestellten elektronischen Digital-Thermometers T 500 wird im Bereich von -40°C bis $+300^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Im Bereich von 300 bis 500°C liegt die Genauigkeit immerhin noch bei ca. 2% .

Aufgrund der Eigenschaften des verwendeten Thermoelementes bewegen sich die Abweichungen in positiver Richtung, d. h., daß der angezeigte Wert im oberen Temperaturbereich etwas zu groß ist, wobei die Abweichungen jedoch im vorgenannten Rahmen bleiben.

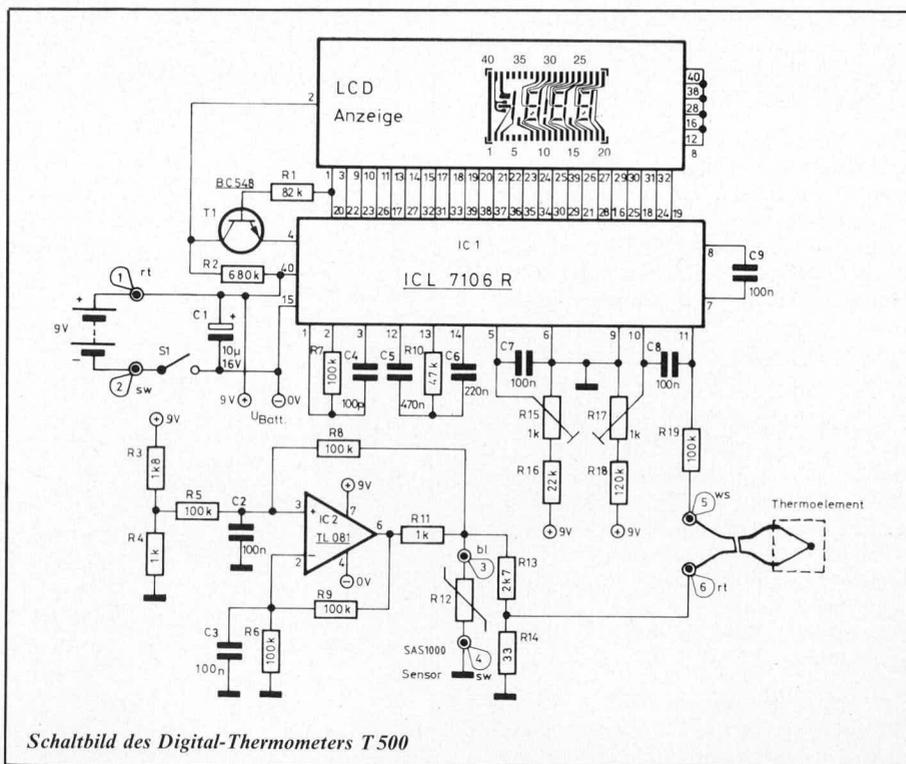
Bei Temperatur-Messungen unterhalb -40°C nimmt die Linearität des verwendeten

Thermoelementes stark ab. Es treten erhebliche Abweichungen des angezeigten Wertes vom tatsächlichen Temperaturwert auf, die jedoch aufgrund der abgedruckten Korrekturtabelle (Tabelle 1) leicht korrigiert werden können, so daß trotz des abweichenden Meßwertes recht zuverlässig auf den tatsächlich vorliegenden Temperaturwert geschlossen werden kann.

Tabelle 1

vom T 500 angezeigter Meßwert ($^{\circ}\text{C}$)	tatsächlicher Temperaturwert ($^{\circ}\text{C}$)
0	0
-10	-10
-19	-20
-29	-30
-38	-40
-47	-50
-56	-60
-64	-70
-73	-80
-81	-90
-89	-100
-96	-110
-103	-120
-110	-130
-117	-140
-123	-150
-129	-160
-135	-170
-141	-180
-146	-190
-152	-200

Korrektur-Tabelle des T 500 für Temperaturen unter 0°C (-40°C). Für positive Temperaturen ist keine Korrektur erforderlich.



Schaltbild des Digital-Thermometers T 500

Selbstverständlich könnte man schaltungstechnisch diese Korrekturen bereits mit erfassen. Dies hätte allerdings einen ganz erheblich größeren schaltungstechnischen Aufwand zur Folge, der das Gerät im Nachbau wesentlich verkomplizieren würde; vom Preis einmal ganz abgesehen. Wir meinen daher, mit der hier vorliegenden Version für unsere Leser ein Optimum geschaffen zu haben, das außerdem noch die Möglichkeit bietet, bei sehr niedrigen Temperaturen, über den Korrekturfaktor, gute Messungen durchführen zu können.

Zur 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 vorliegenden Schaltung wird der Typ ICL 7106 R eingesetzt. R steht für „Reserve“, 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 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 Ab-

schnitt bitte noch einmal ganz langsam lesen.)

Schaltungstechnisch wird dies mit Transistor T 1 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 T 1 ist als Inverter geschaltet, so daß an seinem Kollektor genau das invertierte Backplane-Signal erscheint.

Wie bereits an anderer Stelle dieses Artikels erwähnt, besteht das Herz des hier eingesetzten Temperaturfühlers aus einem Thermoelement, das eine der Temperatur proportionale Spannung abgibt, wobei zusätzlich noch ein Absolut-Temperatur-Sensor eingebaut wurde.

Das verwendete Thermoelement wird an die Klemmen 5 und 6 der Leiterplatte angeschlossen, während der Absolut-Temperatur-Sensor des Typs SAS 1000 (ähnlich SAK 1000, jedoch erhöhte Genauigkeit), der im Fühlergriffel mit eingebaut ist, an die Platinenanschlußpunkte 3 und 4 angelötet wird.

Der Sensor SAS 1000 gibt keine Spannung ab, sondern besitzt eine der Absolut-Temperatur proportionale Widerstandskennlinie. Aus diesem Grunde wird der SAS 1000 (R 12) mit einem Konstantstrom aus der Konstantstromquelle, im wesentlichen bestehend aus dem IC 2 mit Zusatzbeschaltung, versorgt. Damit die Steigung der so erzeugten temperaturabhängigen Spannung mit der des Thermoelementes übereinstimmt und außerdem eine entsprechende Linearisierung des SAS 1000 vorgenommen wird, sind die Widerstände R 13 und R 14 erforderlich, die in ihren Werten sehr genau stimmen müssen. Die auf diese Weise ge-

wonnene, über R 14 abfallende Spannung, wird zur Thermospannung des Thermoelementes addiert und dem Meßspannungseingang des IC 1 zugeführt. Der 2. Meßeingang dieses IC's (Pin 10) wird über R 17 auf eine feste Spannung gelegt, die den Nullpunkt realisiert. Mit dem Spindeltrimmer R 15 wird der 2. Abgleich, nämlich der des Skalenfaktors vorgenommen.

Aufgrund der hohen Präzision der Widerstände R 13 und R 14 ist eine Anpassung des SAS 1000 nicht mehr erforderlich.

Zum Nachbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau deshalb wie folgt vor:

Zuerst wird die noch unbestückte Platine in das Gehäuse eingepaßt. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. muß die Platine an den Kanten etwas nachgearbeitet werden, wobei darauf zu achten ist, daß die Platine nachher nicht zu eng im Gehäuse sitzt, aber doch groß genug bleibt, um auf dem im Gehäuse befindlichen Absatz noch einwandfrei aufzuliegen.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeigeeinheit kommen, werden noch das IC 2 sowie anschließend das IC 1 eingelötet.

Damit die LCD-Anzeigeeinheit einwandfrei in das Gehäuse eingepaßt werden kann, wird diese zunächst in die 40 Bohrungen gesetzt, ohne sie jedoch festzulöten.

Wichtig dabei ist, daß sich die Anzeige dabei auf der Leiterbahnseite und nicht wie sonst üblich auf der Bestückungsseite befindet.

Nun wird die Platine provisorisch in das Gehäuse eingesetzt. Man sieht sich die Position der Anzeige an, ob diese einwandfrei in der dafür vorgesehenen Aussparung sitzt. Nach Entfernen des Gehäuses sind ggf. entsprechende Korrekturen in der Höhe der Anzeige vorzunehmen.

Bevor die Anzeige festgelötet wird, ist zu kontrollieren, ob diese auch „richtig herum“ und nicht etwa versehentlich auf dem Kopf stehend eingesetzt wurde. Feststellen läßt sich dies, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Bei manchen LCD-Anzeigen führt die vorgenannte Methode des Erkennens der richtigen Einbaulage nicht immer zum Erfolg, so daß wir Ihnen eine weitere Möglichkeit des Erkennens der richtigen Einbaulage vorstellen wollen.

Bitte legen Sie hierzu die LCD-Anzeige vor sich auf den Tisch. Bei den von uns eingesetzten LCD-Anzeigen sind die Anschluß-

beinchen 1 und 40 miteinander leitend verbunden, so daß Sie die richtige Einbaulage auch dadurch kontrollieren können, indem Sie mit einem Ohmmeter den Widerstand der beiden linken gegenüberliegenden Anschlüsse (Pin 1 und Pin 40) messen. Ist hier keine leitende Verbindung feststellbar, so drehen Sie die Anzeige bitte um 180° und wiederholen die vorstehend beschriebene Messung. Die Anzeige liegt richtig herum, wenn sich die beiden miteinander verbundenen Anschlußbeinchen auf der linken Seite befinden. Die auf der anderen Seite liegenden beiden äußeren Anschlußbeinchen sind nicht miteinander verbunden.

Mit einem möglichst feinen LötKolben werden nun die vier Eckpunkte der Anzeige kurz angelötet. Nach erneutem Anpassen im Gehäuse können noch einmal Korrekturen des Sitzes der Anzeige vorgenommen werden.

Ist die Position einwandfrei, können alle Anschlußpunkte der Anzeige auf der Leiterbahnseite festgelötet werden.

Nachdem dies geschehen ist, wird die fertig bestückte Platine, vor Einbau in das Gehäuse, abgeglichen. Hierzu sind lediglich noch der Temperatursensor sowie die Batterie anzuschließen.

Der Abgleich

Bevor das Gerät eingeschaltet wird, sollte man noch einmal die Bestückung kontrollieren.

Nach Anschluß des Fühlers und einer 9 V Batterie (die übrigens für mehrere 100 Stunden Betrieb reicht) kann das T 500 abgeglichen werden.

Als erstes wird der Null-Punkt mit dem Trimmer R 17 eingestellt.

Hierzu wird der Temperaturfühler ca. 2 bis 3 cm in ein Glas eingetaucht, das mit einem Gemisch aus kleingestoßenen Eiswürfeln und Wasser gefüllt ist.

Es ist darauf zu achten, daß die Eiswürfel möglichst klein (wenige mm Durchmesser) gehackt sind und nur verhältnismäßig wenig Wasser (möglichst weniger als 50 %) in dem Glas ist, wobei natürlich alle Eisstückchen mit Wasser bedeckt sein müssen. Mit Hilfe des Fühlers wird das Eis-Wasser-Gemisch mehrere Minuten gründlich umgerührt, damit sich auch wirklich eine Temperatur von exakt 0°C einstellt.

Der Skalenfaktor wird mit dem Trimmer R 15 eingestellt. Dazu hält man den Sensor in kochendes Wasser, wobei man sich die Tatsache zunutze macht, daß kochendes Wasser eine Temperatur von 100°C aufweist, die lediglich geringfügig mit dem Luftdruck schwankt. Dieser Einfluß ist jedoch vernachlässigbar, sofern man sich nicht gerade auf der Zugspitze, also in sehr großer Höhe aufhält

Der Temperatur-Sensor wird in das kochende Wasser (muß richtig sprudelnd kochen, Vorsicht! Verbrennungsgefahr) mindestens 1 bis 2 cm tief (eher etwas tiefer) eingetaucht.

Wichtig ist hierbei, daß der Sensor nicht den Topfboden berührt, da dieser u. U. auch heißer sein kann und das Ergebnis dadurch verfälschen könnte.

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

Zum Schluß ist die fertig bestückte und abgeglichene Platine in das Gehäuse einzusetzen und mit einem Tupfen Klebstoff an jeder Ecke festzuheften.

Stückliste: Elektronisches Digital- Thermometer T 500

Halbleiter

IC 1 ICL 7106 R
IC 2 TL 081
T 1 BC 548

Kondensatoren

C 1 10 µF/16 V
C 2, C 3 100 nF
C 4 100 pF
C 5 470 nF
C 6 220 nF
C 7; C 8, C 9 100 nF

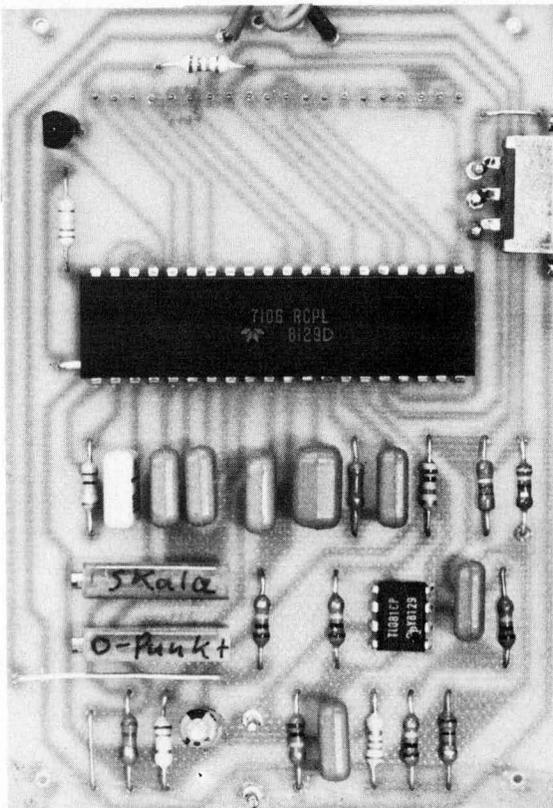
Widerstände

R 1 82 kΩ
R 2 680 kΩ
R 3 1,8 kΩ
R 4, R 11 1 kΩ
R 5-R 9, R 19 100 kΩ
R 10 47 kΩ
R 12* SAS 1000
R 13 2,7 kΩ
R 14 33 Ω
R 15, R 17... 1 kΩ Spindeltrimmer
R 16 22 kΩ
R 18 120 kΩ

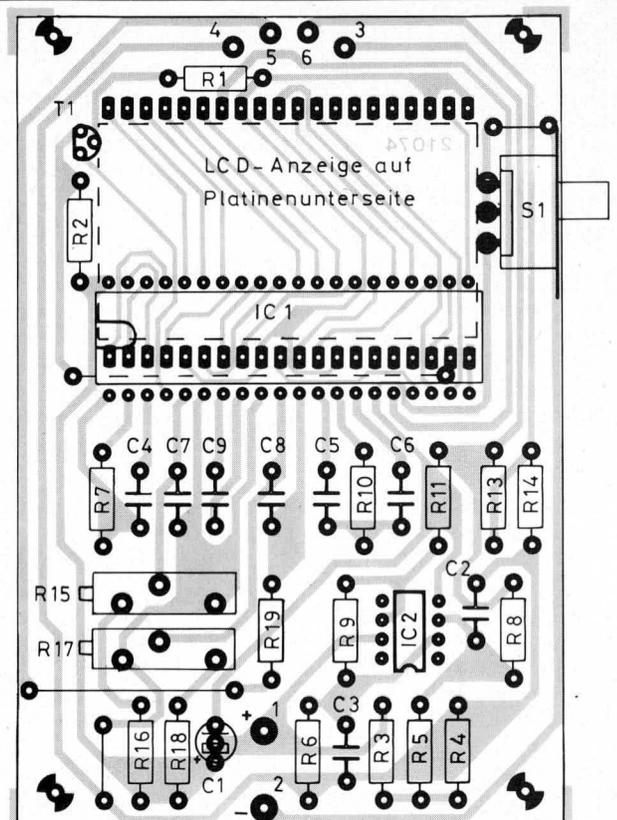
Sonstiges

1 LCD-Anzeige, 3 1/2-stellig
1 Schiebeschalter, S 1
1 Batterieclip
1 Temperaturfühler mit integriertem Thermoelement und bereits eingebautem Sensor R 12

* Der Sensor R 12 befindet sich mit im fertig aufgebauten Temperaturfühler



Ansicht der fertig bestückten Platine des T 500.
Die LCD-Anzeige wird auf der Rückseite angelötet.



Bestückungsseite der Platine