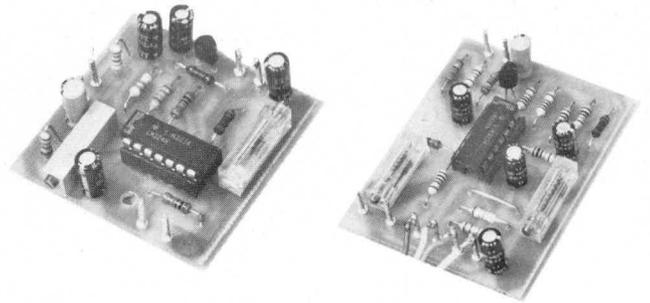


Temperatur-Meßvorsatz für Multimeter



Um mit bereits vorhandenen Multimetern – digital oder analog – möglichst genaue Temperaturmessungen durchführen zu können, wurden im ELV-Labor zwei Zusatzschaltungen entwickelt, die eine genaue Temperaturmessung in weiten Bereichen zulassen.

Allgemeines

Ein elektronisches Temperaturmeßgerät besteht im einfachsten Fall aus einem Temperaturopnehmer (ggf. mit Linearisierungsschaltung) mit Konstant-Spannungs- bzw. Stromversorgung sowie einem Spannungsmesser, der sowohl digital als auch analog aufgebaut werden kann.

Begnügt man sich mit einem Temperaturmeßbereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$, so läßt sich der Temperaturopnehmer mit Linearisierungsschaltung sehr preiswert aufbauen, und der Hauptkostenanteil entfällt auf den Spannungsmesser. Da dieser Spannungsmesser in den meisten Fällen in Form eines digitalen oder auch analogen Multimeters bereits vorhanden ist, haben wir zwei Zusatzschaltungen entwickelt, mit deren Hilfe jedes Multimeter, egal ob digital oder analog, zu einem Temperaturmeßgerät erweitert werden kann.

Es stehen zwei Schaltungen zur Verfügung:

1. Eine besonders preiswert nachzubauende Schaltung mit dem Temperaturfühler SAK 1000, die im Bereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ Messungen durchzuführen in der Lage ist.
2. Eine komfortablere Meßanordnung mit einem Meßfühler, der bereits in unserem beliebten T 500 (ELV journal Nr. 21) Anwendung fand. Dieser Temperaturfühler besteht aus einer Kombination eines Thermoelements (Eisen/Konstantan) sowie einem zusätzlich in den Fühlergriffel integrierten Absoluttemperaturfühler des Typs SAS 1000. Dieser ist erforderlich, da Thermoelemente lediglich Temperaturdifferenzen zu messen in der Lage sind und die Absoluttemperatur daher separat gemessen werden muß. Dies findet jedoch ebenfalls im Temperaturmeßfühlergriffel statt. Mit Hilfe dieses Fühlergriffels können Temperaturen von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ gemessen werden.

Erste Schaltung

In Bild 1 ist die erste Schaltung eines Temperatur-Meßvorsatzes für Multimeter für den Bereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ dargestellt.

Bei dem Meßwertopnehmer des Typs SAK 1000 handelt es sich um einen Miniatur-Temperaturfühler, dessen Widerstandswert sich mit der Temperatur ändert. In Verbindung mit dem Linearisierungswiderstand R 1 und einer Konstant-Spannungs-Versorgung fällt über dem Meßwertopnehmer (R 2) eine Spannung ab, die sich in weiten Bereichen linear mit der Temperatur ändert. Der OP 2 mit seiner Zusatzbeschaltung (R 3 bis R 5) verstärkt diese Spannung nun so, daß am Ausgang 10 mV/K anliegen.

Der beim Abgleich als erstes einzustellende Nullpunkt wird mittels R 7 justiert und über OP 1 gepuffert, während der Skalenfaktor mit dem Spindeltrimmer R 5 festgelegt wird.

Mit Hilfe des OP 3 in Zusammenhang mit

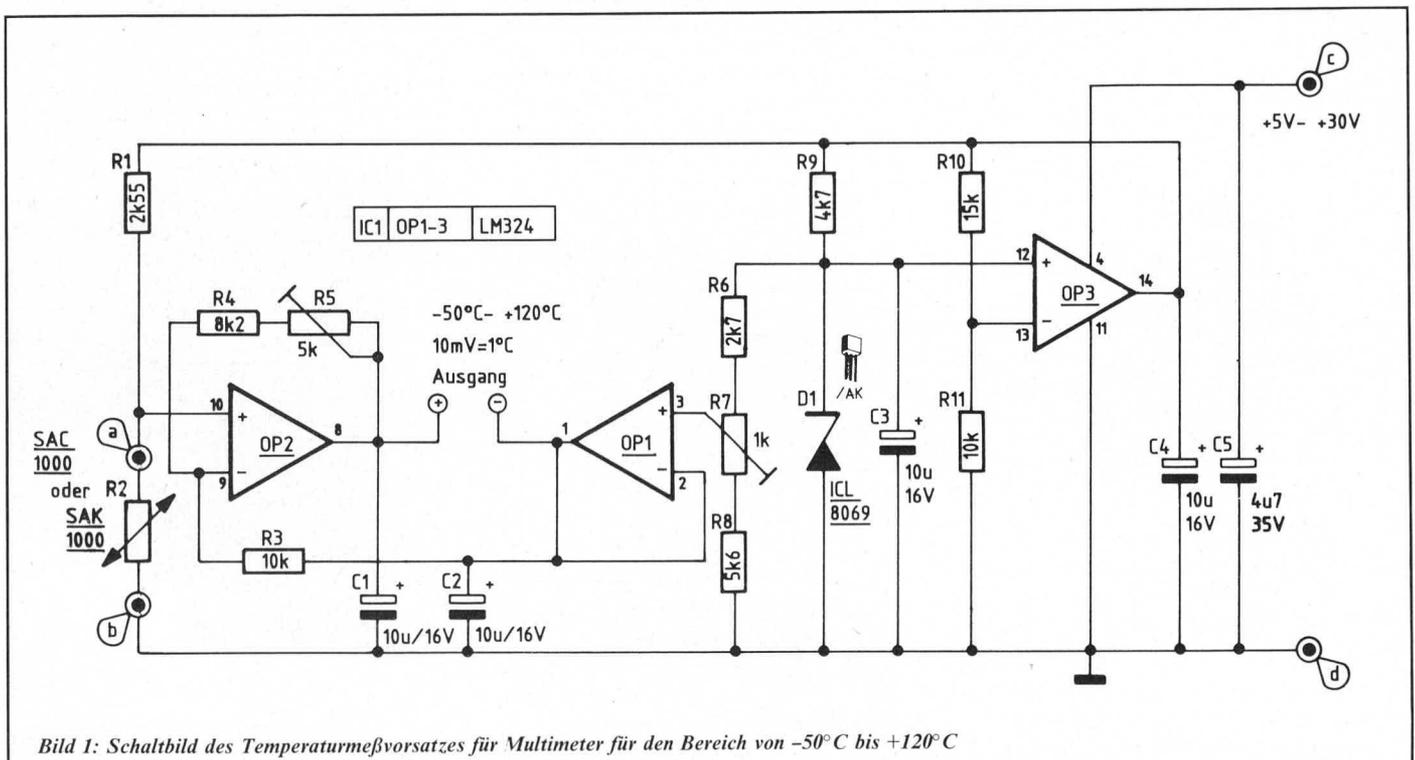


Bild 1: Schaltbild des Temperaturmeßvorsatzes für Multimeter für den Bereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$

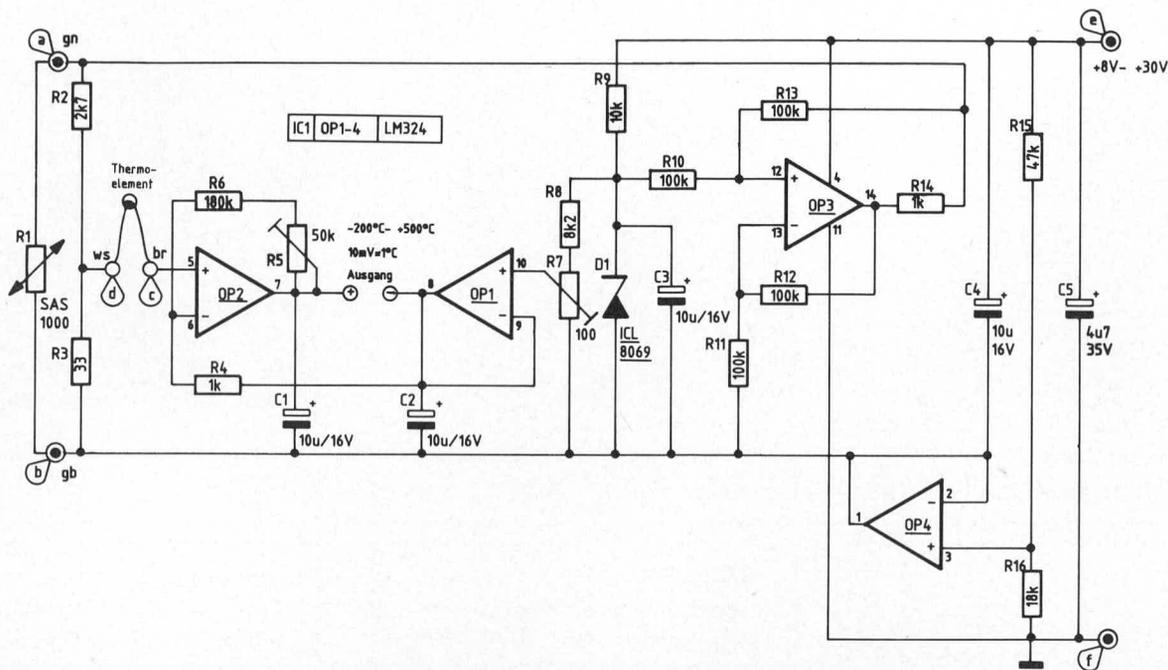


Bild 2: Schaltbild des Temperaturmeßvorsatzes für Multimeter für den Bereich von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$

R 9 bis R 11 sowie der temperaturkompensierten Z-Diode D 1, wird eine Konstantspannung von ca. 3 V erzeugt, zur Versorgung des Meßwertaufnehmers mit Linearisierungsvorwiderstand (R 1/R 2).

Die Schaltung arbeitet im Bereich von $+5\text{ V}$ bis $+30\text{ V}$.

Zweite Schaltung

Eine etwas komfortablere Schaltung eines Temperatur-Meßvorsatzes für Multimeter ist in Bild 2 dargestellt. Der weite Temperaturmeßbereich von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ wird durch den Einsatz eines speziellen Meßfühlers erreicht, wie vorstehend bereits näher beschrieben wurde.

Die Absoluttemperatur wird mit Hilfe des im Meßfühlergriffel integrierten Aufnehmers des Typs SAS 1000 durchgeführt. Mit Hilfe der Widerstände R 2 und R 3 wird R 1 linearisiert und gleichzeitig an das Thermoelement angepaßt. Bei dem Thermoelement, dessen plasmageschweißte Meßstelle sich in der Spitze des Meßfühlergriffels befindet, handelt es sich um ein Eisen/Konstantan-Thermoelement mit einer Abgabenspannung von $51\text{ }\mu\text{V/K}$. Hiermit sind Temperaturmessungen von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ möglich, wobei der lineare Bereich -40°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ überstreicht. Temperaturmessungen unterhalb der -40°C erfordern eine Korrektur, die aus Tabelle I hervorgeht, d. h., daß z. B. bei einem angezeigten Meßwert von -47°C die tatsächlich vorhandene Temperatur -50°C beträgt, während bei einem Anzeigewert von -152°C der tatsächliche Temperaturwert bereits -200°C beträgt. Da Temperaturmessungen unterhalb -40°C jedoch höchst selten vorkommen dürften, haben wir auf eine zusätzliche, sehr aufwendige Linearisierungsschaltung für diesen Temperaturbereich verzichtet.

Das vom Thermoelement kommende Meßsignal gelangt auf den nicht invertierenden Eingang des OP 2, dessen Verstärkungsfaktor mit R 4 bis R 6 so festgelegt wird, daß am

Ausgang eine Meßspannung von 10 mV/K ansteht.

Der Nullpunkt, der auch hier wieder als erstes einzustellen ist, wird mit R 7 festgelegt und über OP 1 gepuffert, während der Skalenfaktor mit R 5 festgelegt wird.

OP 3 stellt in Verbindung mit seiner Zusatzbeschaltung R 10 bis R 14 sowie der Konstantspannung (R 9/D 1) eine Konstantstromquelle dar, die das Absolut-Temperaturfühler-Element R 1 des Typs SAS 1000 mit seiner Linearisierungs- und Anpaßschaltung (R 2/R 3) versorgt.

Da die Schaltung eine $+/-$ - Versorgungsspannung benötigt, wird ein künstlicher Massepunkt erzeugt, der sich - in diesem Falle unsymmetrisch - zwischen der Versorgungsspannung befindet. Dieser künstliche Massepunkt wird mit Hilfe von R 15/R 16 in Verbindung mit OP 4 erzeugt. Hierdurch wird erreicht, daß die Schaltung nur mit einer Versorgungsspannung betrieben werden kann.

Zum Nachbau

Der Nachbau ist auf einfache Weise in gewohnter Reihenfolge durchzuführen, so daß hierauf nicht näher eingegangen werden soll.

Die Platinen sind bewußt klein ausgelegt worden, um einen evtl. Einbau in ein bereits vorhandenes Multimeter zu erleichtern.

Achtung: Beide Schaltungen benötigen unbedingt eine vollkommen getrennte Spannungsversorgung (z. B. separate 9 V-Batterie).

Vor dem Einbau in ein Gehäuse wird die fertig bestückte Platine abgeglichen. Hierzu ist 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 die Schaltung abgeglichen werden, wobei der Abgleich für beide Schaltungen identisch ist.

Als erstes wird der Nullpunkt mit dem Trimmer R 7 eingestellt.

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

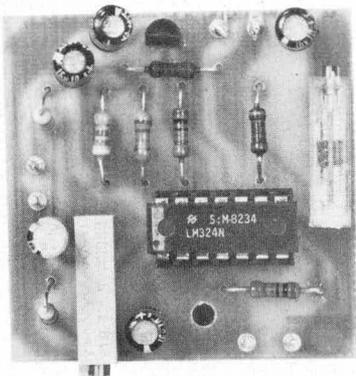
Es ist darauf zu achten, daß die Eiswürfel möglichst klein (wenige mm Durchmesser) gehackt sind und nur verhältnismäßig wenig Wasser (möglichst weniger als 50 %) in dem Glas ist, wobei natürlich alle Eisstückchen mit Wasser bedeckt sein müssen. Mit Hilfe des Fühlers wird das Eis-Wassergemisch mehrere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

Der Skalenfaktor wird mit dem Trimmer R 5 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.

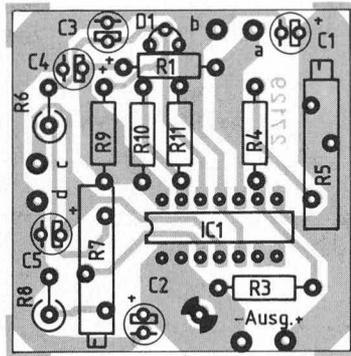
Der Temperatur-Sensor wird in das kochende Wasser (muß richtig sprudelnd kochen, Vorsicht! Verbrennungsgefahr) mindestens 1 bis 2 cm tief (eher etwas tiefer) eingetaucht.

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

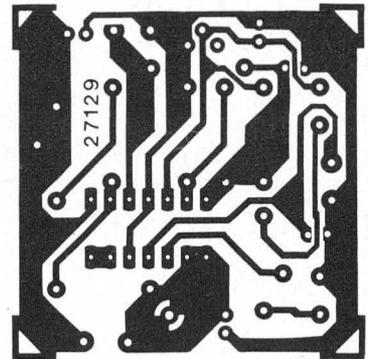
Der Abgleich ist damit beendet und das Gerät ist über den ganzen Bereich kalibriert.



Ansicht der fertig bestückten Platine des Temperaturmeßvorsatzes für den Bereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$



Leiterbahnseite der Platine des Temperaturmeßvorsatzes für den Bereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$



Bestückungsseite der Platine des Temperaturmeßvorsatzes von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$

Tabelle I

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 für die zweite Meßschaltung für Temperaturen unter 0°C (-40°C). Für positive Temperaturen ist keine Korrektur erforderlich.

Stückliste

Temperaturmeßvorsatz für Multimeter -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ Halbleiter

IC1 LM 324
D1 ICL 8069

Widerstände

R1 2,55 k Ω
R2 SAK 1000
R3 10 k Ω
R4 8,2 k Ω
R5 5 k Ω Spindeltrimmer
R6 2,7 k Ω
R7 1 k Ω Spindeltrimmer
R8 5,6 k Ω
R9 4,7 k Ω
R10 15 k Ω
R11 10 k Ω

Kondensatoren

C1-C4 10 $\mu\text{F}/16\text{V}$
C5 4,7 $\mu\text{F}/35\text{V}$

Sonstiges

6 Lötstifte

Stückliste:

Temperaturmeßvorsatz für Multimeter -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ Halbleiter

IC1 LM 324
D1 ICL 8069

Widerstände

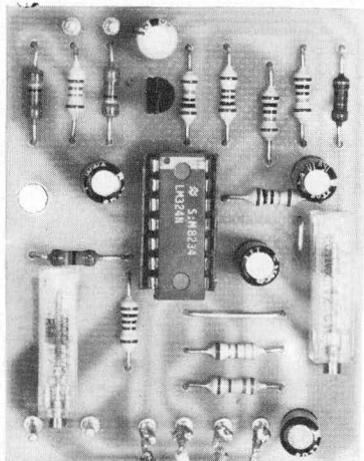
R2 2,7 k Ω
R3 33 Ω
R4 1 k Ω
R5 50 k Ω , Spindeltrimmer
R6 180 k Ω
R7 100 Ω , Spindeltrimmer
R8 8,2 k Ω
R9 10 k Ω
R10-R13 100 k Ω
R14 1 k Ω
R15 47 k Ω
R16 18 k Ω

Kondensatoren

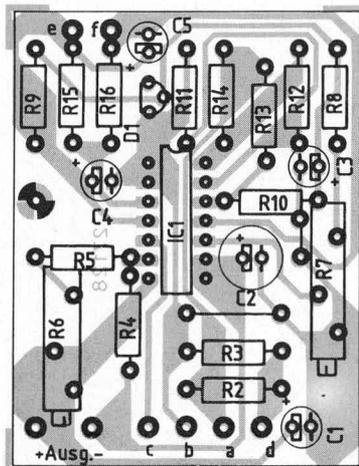
C1-C4 10 $\mu\text{F}/16\text{V}$
C5 4,7 $\mu\text{F}/35\text{V}$

Sonstiges

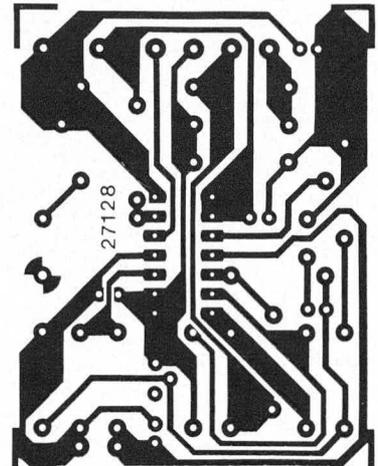
8 Lötstifte
1 Fühler mit Thermoelement und SAS 1000



Ansicht der fertig bestückten Platine des Temperaturmeßvorsatzes für den Bereich von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$



Bestückungsseite der Platine des Temperaturmeßvorsatzes für den Bereich von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$



Leiterbahnseite der Platine des Temperaturmeßvorsatzes für den Bereich von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$