

# Differenz-Thermometer-Vorsatz für Multimeter

*In der Technik ist vielfach nicht die Absolut-Temperatur, sondern eine Differenz zwischen zwei verschiedenen Meßpunkten von Bedeutung (z. B. Trafo-Umgebungsluft). Da durch lange Aufheiz- und Abkühlphasen eine sequentielle Messung zeitraubend sein kann, bietet dieses kleine Differenz-Thermometer gute Dienste.*

## Allgemeines

Nicht nur in der Leistungs-Elektronik, sondern auch in vielen Laborgeräten und im Bereich der Unterhaltungselektronik, wie z. B. in Verstärkern, spielt die Wärmeabfuhr eine wichtige Rolle. Nun ist bei der thermischen Untersuchung von Verstärkern, Netzteilen usw. häufig nicht nur die Absolut-Temperatur am Kühlkörper oder an der Trafowicklung, sondern auch eine Temperaturdifferenz zwischen zwei verschiedenen Meßpunkten (z. B. Kühlkörper-Umgebungsluft) zu ermitteln.

Eine sequentielle Messung zu verschiedenen Zeiten ist selbst unter gleichen Testbedingungen nur schwer reproduzierbar, da sich oft die thermischen Verhältnisse schon beim Öffnen des Gehäuses stark verändern. Zudem kann eine derartige Messung durch lange Aufheiz- und Abkühlphasen sehr zeitraubend sein.

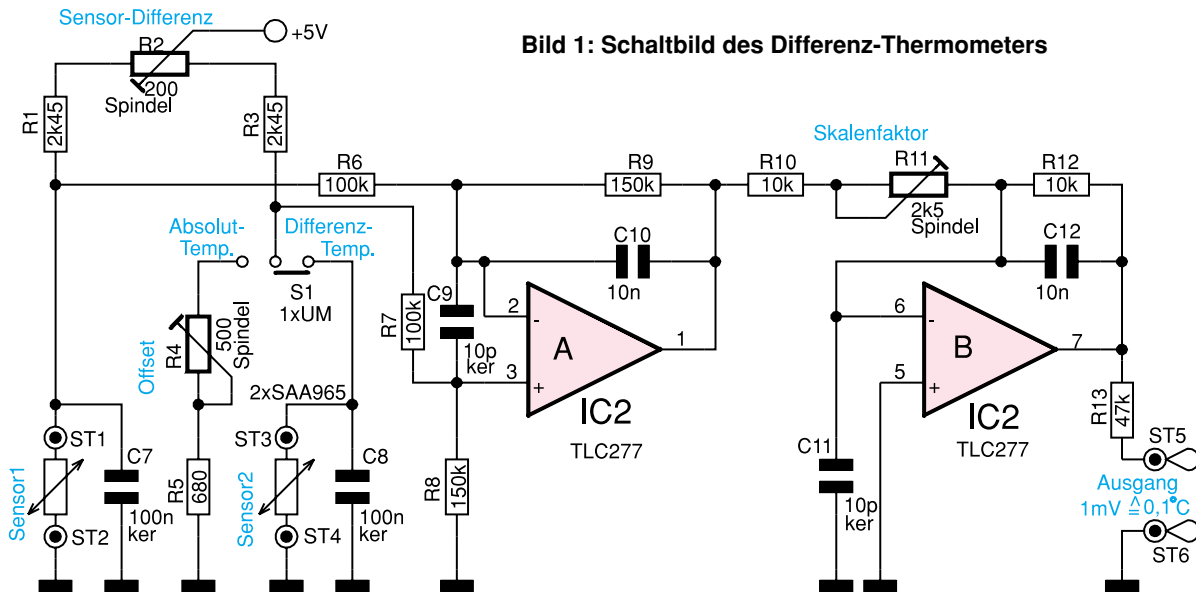
Der mit wenig Schaltungsaufwand realisierte Differenz-Thermometer-Vorsatz für Multimeter leistet besonders bei der thermischen Untersuchung von elektronischen Baugruppen gute Dienste.

Neben der Temperaturdifferenz ist auch die Absolut-Temperatur des Sensors 1 jederzeit meßbar.

### Technische Daten: Differenz-Thermometer-Vorsatz für Multimeter

Meßmöglichkeiten: ..... Temperatur-Differenz, Absoluttemperatur  
 Temperatur-Bereich: .. -20°C bis 125°C  
 Auflösung:  
 1mV-Ausgangsspannung  $\hat{=}$  0,1°C  
 Linearitätsfehler: ..... <0,2°K  
 (im Bereich von 0 - 100°C)  
 Versorgungsspannung: .... 11 V - 25 V  
 Stromaufnahme: ..... ca. 10 mA  
 Abmessungen (Platine): .. 61 x 49 mm

Bild 1: Schaltbild des Differenz-Thermometers



Die Spannungsversorgung der in einem kleinen Gehäuse mit den Abmessungen 79 x 50 x 27 mm (L x B x H) untergebrachten Schaltung erfolgt durch ein unstabiliertes 12V-Steckernetzteil (3,5mm-Klinkenbuchse). Ausgangsseitig liefert die Schaltung eine temperatur-proportionale Gleichspannung, wobei 1 mV einer Temperatur von 0,1°C entspricht.

**Schaltung**

Die Funktion der im wesentlichen mit einer wheatstoneschen Meßbrücke und einem Dual-Operationsverstärker aufgebauten Schaltung ist in Abbildung 1 zu sehen, während Abbildung 2 die zugehörige Spannungsversorgung zeigt.

Zum Betrieb benötigt die Schaltung eine stabile 5V-Spannung sowie eine negative Hilfsspannung, an die keine hohen Anforderungen gestellt sind.

Das mit zwei Temperatursensoren des Typs SAS 965 aufgebaute Differenz-Thermometer arbeitet, wie bereits erwähnt, nach dem Prinzip der wheatstoneschen Meßbrücke.

Für die Beschreibung der Funktionsweise gehen wir zunächst davon aus, daß sich der Schalter S 1 in der eingezeichneten Schalterstellung (Differenztemperatur) und der Trimmer R 2 zum Abgleich der

beiden Sensoren in Mittelstellung befinden. Des weiteren gehen wir für die theoretische Betrachtung von idealen Bauelementen aus, d. h. beide Temperatursensoren haben bei der gleichen Temperatur den gleichen Widerstandswert. In diesem Fall stellt sich eine Brückenspannung von 0 V ein.

Mit Hilfe des Spindeltrimmers R 2 sind Bauteiltoleranzen innerhalb der Brücke, und hier insbesondere der Temperatursensoren, ausgleichbar.

Steigt die Temperatur am Sensor 1 gegenüber der Temperatur am Sensor 2, so steigt auch dessen Widerstandswert. Dadurch steigt die Spannung an ST 1 gegenüber der Spannung an ST 3 um einen zur Temperatur proportionalen Spannungswert (7,35 mV/°C) an.

Steigt hingegen die Temperatur am Sensor 2 gegenüber der Temperatur am Sensor 1, so erhalten wir eine Differenzspannung mit umgekehrter Polarität.

Über den als Differenzverstärker arbeitenden Operationsverstärker IC 2 A gelangt die temperatur-proportionale Spannung auf den mit IC 2 B aufgebauten invertierenden Verstärker.

Mit Hilfe des Spindeltrimmers R 11 ist der Skalenfaktor so einzustellen, daß 0,1°C-Temperaturänderung 1mV-Spannungsänderung ergibt.

Die Kondensatoren C 10 und C 12 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung, und C 9, C 11 verhindern hochfrequente Störeinkopplungen auf die OP-Eingänge.

Befindet sich der Umschalter S 1 in der Schalterstellung „Absoluttemperatur“, so wird der Temperatursensor 2 durch die Reihenschaltung, bestehend aus dem Spindeltrimmer R 4 und dem Festwiderstand R 5, ersetzt. Der Spindeltrimmer R 4 ist so abzugleichen, daß sich bei 0°C am Sensor 1 eine Brückenspannung von 0 V einstellt.

Durch die Dimensionierung der Widerstände R 1 bis R 3 erfolgt gleichzeitig die Linearisierung der Temperatursensoren.

Die Auskopplung der temperatur-proportionalen Spannung zum Multimeter erfolgt über R 13 an ST 5.

Die von der Klinkenbuchse kommende unstabilierte Spannung gelangt zunächst auf den Puffer-Elko C 2 und den zur Entstörung dienenden Kondensator C 1. Der Minusanschluß der Klinkenbuchse stellt gleichzeitig die negative Versorgungsspannung dar, während mit der Z-Diode D 1 das Massepotential auf 3,9 V oberhalb der negativen Versorgungsspannung angehoben wird.

Der Spannungsregler IC 1 liefert, bezogen auf das Massepotential, eine stabilisierte Ausgangsspannung von +5V.

Die Elkos C 3 und C 4 sowie die Keramik-Kondensatoren C 5, C 6 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung und zur Entstörung.

**Nachbau**

Der praktische Aufbau dieser kleinen Laborschaltung ist besonders einfach und aufgrund der wenigen Bauelemente schnell erledigt.

Bei der Bestückung der einzelnen Bauteile halten wir uns genau an die Stückliste

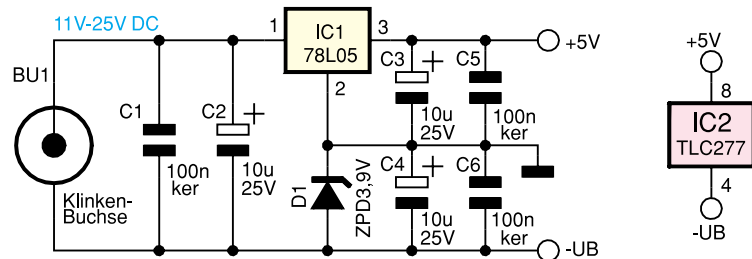


Bild 2: Schaltbild der Spannungsversorgung



**Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte**

und den Bestückungsplan. Zuerst werden 2 Drahtbrücken eingelötet.

Dann sind gemäß dem Rastermaß, d. h. ca. 2 mm hinter dem Gehäuseaustritt, die Anschlußbeinchen der 1%igen Metallfilmwiderstände abzuwinkeln und durch die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte zu führen. Nach dem Verlöten der Anschlußbeinchen werden alle überstehenden Drahtenden so kurz wie möglich abgeschnitten.

Im nächsten Arbeitsschritt sind 6 Lötstifte mit Öse zum Anschluß der Temperatursensoren und der Ausgangsleitungen stramm in die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte zu pressen und mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Die Keramik Kondensatoren werden mit möglichst kurzen Anschlußleitungen eingelötet, und bei den Elektrolytkondensatoren ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten.

Zur Aufnahme des Umschalters S 1 sind drei 1,3mm-Lötstifte einzupressen. Nach dem Festsetzen mit ausreichend Lötzinn wird der Schalter in liegender Position direkt an die Lötstifte angelötet.

Die Z-Diode D 1 ist an der Katodenseite durch einen Ring gekennzeichnet.

Der 2fach-Operationsverstärker IC 2 wird so eingesetzt, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt. Je nach Hersteller kann anstatt der Gehäusekerbe auch Pin 1 durch einen Punkt gekennzeichnet sein.

Danach wird der Miniaturspannungsregler (IC 1) eingelötet und die überstehenden Drahtenden abgeschnitten.

Beim Einlöten der 3 Spindeltrimmer und der 3,5mm-Klinkenbuchse ist unbedingt eine zu große Hitzeeinwirkung zu vermeiden.

Nachdem die Leiterplatte so weit bestückt ist, kommen wir zum Anfertigen von 2 identisch aufgebauten, abgesetzten Temperaturfühlern.

Stückliste: Differenz-Thermometer-Vorsatz für Multimeter 21  
05.1996

**Widerstände:**

- 680Ω R5
- 2,45kΩ R1, R3
- 10kΩ R10, R12
- 47kΩ R13
- 100kΩ R6, R7
- 150kΩ R8, R9
- Spindeltrimmer, 200Ω R2, R11
- Spindeltrimmer, 500Ω R4

**Kondensatoren:**

- 10pF/ker C9, C11
- 10nF C10, C12
- 100nF/ker C1, C5-C8
- 10µF/25V C2-C4

**Halbleiter:**

- 78L05 IC1
- TLC277 IC2
- ZPD3,9V D1

**Sonstiges:**

- Klinkenbuchse, 3,5mm, mono BU1
- Miniatur-Schiebeschalter, 1 x um S1
- Lötstifte mit Lötöse ST1-ST6
- 2 SAA965
- 3cm Schrumpfschlauch, 2mm ∅
- 6cm Schrumpfschlauch, 6mm ∅
- 3m einadrig abgeschirmte Leitung

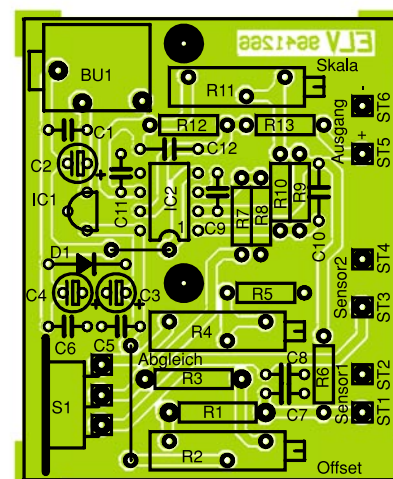
Die 1,5 m lange, 1adrig abgeschirmte Sensorzuleitung ist zuerst an beiden Enden auf ca. 1,5 cm Länge von der äußeren Ummantlung zu befreien. Das Abschirmgeflecht ist an beiden Enden zu verdrillen und zu verzinnen.

Danach werden die Innenadern auf 5 mm Länge abisoliert und ebenfalls verzinkt.

Die Sensorpins sind auf ca. 5 mm Länge zu kürzen. Nachdem über die Innenader ein Schrumpfschlauchabschnitt von 1 cm Länge und 2 mm Durchmesser geschoben wurde, ist diese an einen Sensorpin anzulöten. Alsdann wird der Schrumpfschlauchabschnitt so weit wie möglich über die Lötstelle geschoben und mit einem Heißluftfön oder einem Löt Kolben verschumpft.

Nach Anlöten der Abschirmung an den zweiten Sensorpin dient ein 4 cm langer Schrumpfschlauchabschnitt mit 6 mm Durchmesser zur Isolation.

Die Innenadern der von den Sensoren kommenden Zuleitungen, sind an ST 1, ST 3 und die Abschirmungen an ST 2, ST 4 anzulöten. Über eine 2adrige rot-schwarze Leitung von 30 cm Länge, die mit der roten Ader an ST 5 und mit der schwarzen Ader an ST 6 anzulöten ist, wird die Verbindung zum Spannungsmeßgerät (Multimeter) hergestellt. Die Leitungsen-



**Bestückungsplan des Differenz-Thermometers**

den sind jeweils mit einem Bananenstecker zu bestücken.

**Abgleich**

Der Abgleich des Differenz-Thermometers ist einfach mit wenig Aufwand möglich.

Im ersten Abgleichschritt sind beide Temperaturfühler auf exakt die gleiche Temperatur (z. B. Raumtemperatur) zu bringen. Um exakt die gleiche Temperatur sicherzustellen, ist es empfehlenswert, die Sensoren mechanisch zu koppeln (z. B. mit einer Krokodilklemme).

Der Umschalter S 1 muß sich beim ersten Abgleichschritt in der Schalterstellung „Differenz-Temperatur“ befinden.

Nach einer kurzen Stabilisierungsphase sind Sensordifferenzen mit dem Spindeltrimmer R 2 auszugleichen, indem die Ausgangsspannung an ST 5 auf exakt 0 V abgeglichen wird.

Danach werden die Sensoren auf eine genau bekannte Temperaturdifferenz gebracht und mit R 9 der Skalenfaktor so eingestellt, daß 0,1°C Temperaturdifferenz 1mV-Ausgangsspannung ergibt.

Im letzten Abgleichschritt ist der Umschalter in die Schalterstellung „Absoluttemperatur“ zu bringen, und der Sensor 1 in ein Gemisch aus klein gestoßenen Eiswürfeln und ca. 30 % Wasser zu tauchen. Wird dieses Eis-Wassergemisch kontinuierlich gerührt, so stellt sich eine Temperatur von genau 0,0°C ein. Durch Verändern des Spindeltrimmers R 5 wird nun die Ausgangsspannung an ST 5 wieder auf 0 V abgeglichen.

Nach erfolgreich durchgeführtem Abgleich ist die Leiterplatte in das dafür vorgesehene Universal-Kunststoffgehäuse einzubauen, und der Differenz-Thermometervorsatz für Multimeter kann seinem bestimmungsgemäßen Einsatz zugeführt werden.

