

Digitales, elektronisches Kfz-Außen-/Innen-Thermometer mit Eiswarner



Das hier vorgestellte digitale, elektronische Thermometer mit LED-Anzeige verfügt über zwei Meßstellen (Außen/Innen), deren Temperatur wahlweise zur Anzeige gebracht werden kann.

Ein zusätzlicher Eiswarner macht über eine akustische oder optische Anzeige auf für Autofahrer kritische Temperaturen aufmerksam.

Die Konstruktion der Schaltung ist so ausgeführt worden, daß sie in dem abgebildeten formschönen, mattschwarzen Kunststoffgehäuse Platz findet. Zur Befestigung dient ein eingebauter Magnet sowie eine zusätzliche Klebeplattform, die es gestattet, trotz Klebeverbindung das Gerät über den Magneten abzunehmen.

Dieses Foto zeigt die bestückten Platinen. Im eingebauten Zustand müssen die Bauteile nachher nach unten zeigen.

Wie schon Anfang dieses Jahres, als wir als einer der ersten den neuartigen Temperatursensor KTY 10 D in unserem Temperaturmesser mit LCD-Anzeige einsetzten, so sind wir auch heute mit unseren Entwicklungen ganz vorn, indem wir Ihnen einen neuen Temperatursensor vorstellen, der durch seine besondere Störsicherheit auch für den Kfz-Bereich hervorragend geeignet ist.

Der neue Temperatursensor, der von uns mit 3 m Anschlußkabel unter der Bezeichnung SAC 1000 geliefert wird, ist in seinen ausgezeichneten elektrischen Daten dem KTY 10 D sehr ähnlich. In einem wesentlichen Punkt, dem Nennwiderstand bei 25° C, liegt jedoch der gravierende Unterschied.

Durch eine Reduzierung des Nennwiderstandes auf 50 % sowie weiterer Einengung der Toleranzen ist er für

den Kfz-Bereich besonders geeignet da hier nachweislich hohe Störspannungen im Bordnetz vorhanden sind.

Der Gewinn an Störsicherheit durch die Erhöhung des Meßstromes bei gleicher Meßspannung liegt bei 100 %.

Der Einfluß der Leitungswiderstände liegt bei einer Zuleitung von ca. 3 m im Bereich von 0,01 % und ist somit vollkommen vernachlässigbar.

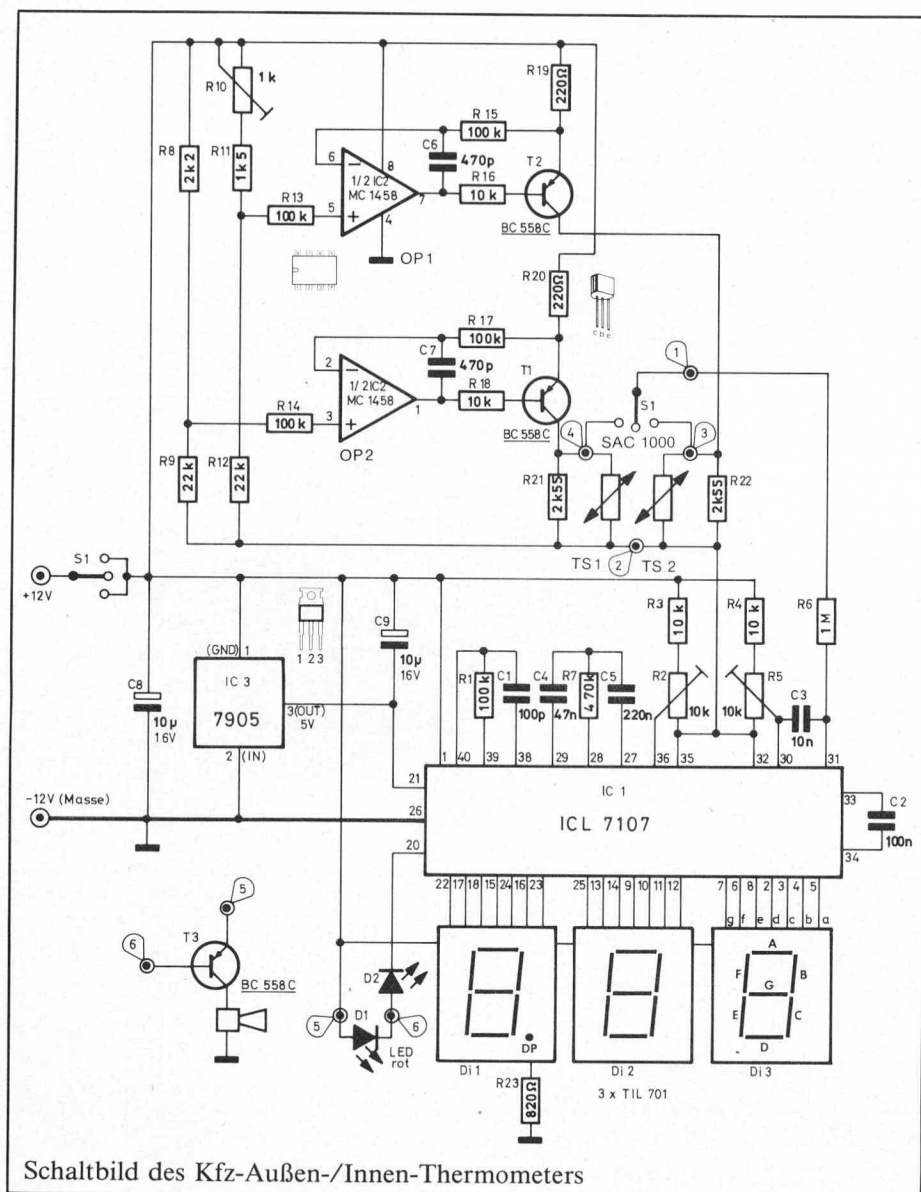
Um unseren Lesern den Nachbau weiter zu erleichtern, wird der Temperatursensor mit einem 3 m langen Anschlußkabel geliefert.

Die Verbindung zwischen Sensor und Kabel ist vergossen und zusätzlich mittels eines Schrumpfschlauches geschützt, so daß sichergestellt ist, daß das Meßergebnis nicht durch Kriechströme zwischen den Sensoranschlüssen (durch Feuchtigkeit verursacht) verfälscht wird.

Zur Schaltung

Einen wesentlichen Bestandteil der Schaltung des Temperaturmessers stellt der 3½stellige monolithische A/D Wandler des Typs ICL 7107 von Inter-sil dar. Alle notwendigen aktiven Elemente wie BCD-Sieben-Segment-Dekodierer, Treiberstufen für das Display, Referenzspannung und Takterzeugung sind auf dem Chip realisiert.

Der Schaltkreis ist eine gute Kombination von hoher Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit. Die hohe Genauigkeit wird erreicht durch die Verwendung eines automatischen Nullabgleichs bis auf weniger als 10 µV (dies entbindet allerdings nicht, den Temperaturmesser auf Null abgleichen zu müssen), die Realisierung einer Nullpunktdrift von weniger als 1 µV pro °C, die Reduzierung des Eingangsstromes auf 1 pA (!)



Schaltbild des Kfz-Außen-/Innen-Thermometers

und die Begrenzung des „Roll-Over“-Fehlers (Änderung der Anzeige bei Vorzeichenwechsel der Eingangsspannung) auf weniger als eine Stelle.

Mit dem Widerstand R1 und dem Kondensator C1 wird die Frequenz des internen Oszillators festgelegt.

Der Kondensator C2 ist der Referenzkondensator. Bei der angegebenen Dimensionierung bleibt der „Roll-Over“-Fehler kleiner als $\frac{1}{2}$ Digit.

Der Kondensator C3 dient der Eingangsspannungsstabilisierung, während C4 den „Auto-Zero“-Kondensator und C5 den Integrationskondensator darstellen.

Mit Hilfe des Wendeltrimmers R2 in Zusammenhang mit dem Vorwiderstand R3 wird der Skalenfaktor eingestellt (Festlegung der Beziehung zwischen Temperatursensor und Eingangsspannung des A/D Wandlers).

Der Wendeltrimmer R5 ermöglicht in Verbindung mit dem Vorwiderstand

R4 den Nullpunktgleich, der in diesem Anwendungsfall eine Verschiebung des Gleichspannungspotentials des Eingangs „IN LOW“ darstellt.

Über den Widerstand R6 wird das von dem Temperatursensor in Zusammenhang mit der Linearisierungsschaltung gewonnene Signal auf den Eingang „IN HIGH“ des A/D Wandlers geführt.

Die Linearisierungsschaltung, die für jeden der beiden Temperatursensoren separat erforderlich ist, besteht aus einem Stromkonstanter und einem Parallelwiderstand zum Sensor SAC 1000.

Um genaue Messungen in einem möglichst weiten Temperaturbereich durchführen zu können, ist diese zunächst aufwendig erscheinende Linearisierungsschaltung notwendig, wobei dem Wert des Parallelwiderstandes (R21 für den Sensor TS 1 und R22 für TS 2 des Typs SAC 1000) besondere Bedeutung zukommt.

Um in einem Bereich von -55°C bis $+125^{\circ}\text{C}$ gute Ergebnisse zu erzielen, ist ein Wert des Parallelwiderstandes von $2550\ \Omega$ erforderlich.

Daß es sich hierbei um hochwertige, temperaturstabile Meßwiderstände handeln muß, braucht wohl nicht extra erwähnt zu werden.

Der Stromkonstanter für den Sensor TS 1 besteht im wesentlichen aus dem Operationsverstärker OP 1 des Typs MC 1458 (2 OP's in einem Gehäuse), dem Transistor T 1 sowie der zugehörigen externen Beschaltung.

Über den Widerstand R14 liegt der nicht invertierende Eingang der OP 1 (Pin 3) auf einer festen Spannung, die ca. 220 mV unterhalb der positiven Versorgungsspannung liegt.

Der invertierende Eingang (Pin 2) des gleichen OP's erhält seine Spannung vom Spannungsabfall an R20.

Der Ausgang des OP 1 steuert über R18 den Transistor T 1 so an, daß der Spannungsabfall an R20 gleich dem Spannungsabfall an R8 ist.

Da die Spannung an R8 konstant ist und die Beziehung $I = U/R$ gilt, ergibt sich daraus ein konstanter Strom durch R20, der in unserem Fall bei 1 mA liegt.

Der Stromkonstanter für den Temperatursensor TS 2, der im wesentlichen aus dem OP 2, T 2 sowie Zusatzbeschaltung besteht, ist bis auf die Einstellmöglichkeit über den Cermet-Trimmer R10 nahezu identisch mit dem erstbeschriebenen Konstanter.

Diese zusätzliche Einstellmöglichkeit ist erforderlich, um Nennwiderstandsunterschiede zwischen den beiden Temperatursensoren TS 1 und TS 2 ausgleichen zu können. Näheres hierzu in dem Abschnitt „Abgleich“.

Zum Abschluß der Schaltungsbeschreibung sei noch auf eine Besonderheit hingewiesen:

Temperaturen von unter 0°C werden durch Aufleuchten der gelben LED gekennzeichnet. Es ist aber auch möglich, anstelle der LED einen Transistor einzubauen, der dann einen Summer treibt. Der Summer wird mit einem Anschluß an -12 V und mit dem anderen am Kollektor des Transistors angeschlossen. Steuert der Transistor durch (bei Minusgraden), so ertönt ein akustisches Warnsignal, das allerdings über einen zusätzlichen Schalter auszu-schalten sein müßte.

Aufbau

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. müssen die Platine und evtl. auch das Gehäuse und die rote Filterscheibe an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

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.

Die Halbleiter und hierbei insbesondere das große und wertvolle Haupt-IC werden zuletzt eingesetzt, wobei auf eine thermische Überhitzung der Bauelemente besonders zu achten ist. Zweckmäßigerweise legt man zwischen jede Lötung eine kleine Pause von vielleicht einer halben Minute ein. Nachdem beide Platinen fertig bestückt sind, können sie miteinander verlötet werden.

Es ist darauf zu achten, daß die Basisplatine so an die Anzeigenplatine angelötet wird, daß die Bestückungsseite der Basisplatine später beim Einbau in das Gehäuse nach unten zeigt (Bauteile stehen auf dem Kopf).

Bild 2 verdeutlicht diesen Arbeitsgang, indem die bereits verlöteten Platinen von hinten, oben gezeigt werden.

Bevor nun das Gerät in Betrieb genommen werden kann, ist noch der zweipolige Umschalter mit Mittelstellung (S1) zu verdrahten, und zwar so, daß das Gerät in der Mittelstellung ausgeschaltet ist und in den beiden anderen

Stellungen einmal TS 1 und einmal TS 2 mit dem Meßeingang (Punkt 1) verbunden ist.

Zwar wird das Gerät durch die Zündung automatisch ausgeschaltet, es sollte (durch die Mittelstellung) jedoch auch die Möglichkeit bestehen, während der Fahrt das Gerät zu deaktivieren, damit z.B. bei Dunkelheit die Anzeige nicht irritieren kann.

Kommen wir nun als nächstes zum Abgleich der Schaltung, der vorgenommen werden muß, bevor die Schaltung in das Gehäuse eingebaut wird.

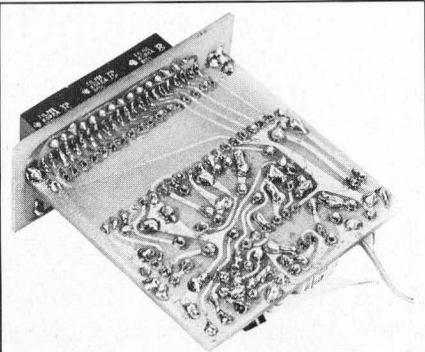
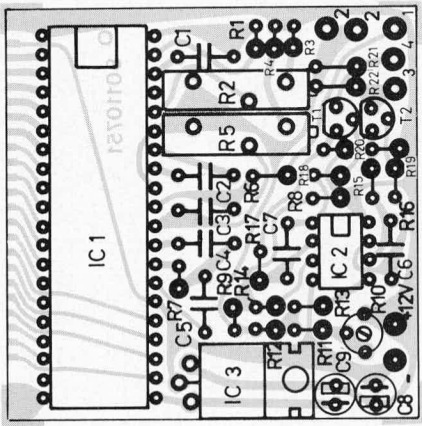
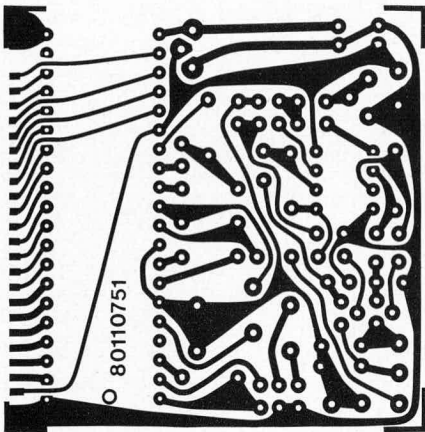
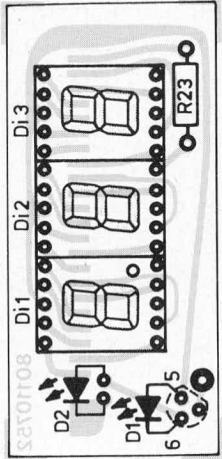


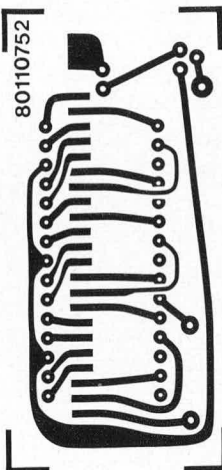
Bild 2



Bestückungsseite der Platinen



Leiterbahnseite der Platinen



Stückliste
Kfz-Temperaturmesser
Halbleiter

IC 1	ICL 7107
IC 2	MC 1458
IC 3	7905
T1, T2	BC 558 C
Di 1 bis Di 3	TIL 701
D1	LED, 3 mm, gelb
D2	LED, 3 mm, rot

Kondensatoren

C1	100 pF
C2	100 nF
C3	10 nF
C4	47 nF
C5	220 nF
C6, C7	470 pF
C8, C9	10 uF/16 V

Metallfilm-Widerstände, 1 %

R1	100 kΩ
R2	10 kΩ, Wendeltrimmer
R3, R4	10 kΩ
R5	10 kΩ, Wendeltrimmer
R6	1 MΩ
R7	470 kΩ
R8	2,2 kΩ
R9	22 kΩ
R10	1 kΩ, Cermet-Trimmer
R11	1,5 kΩ
R12	22 kΩ
R13 bis R15	100 kΩ
R16	10 kΩ
R17	100 kΩ
R18	10 kΩ
R19, R20	220 Ω
R21, R22	2,55 kΩ

Sonstiges

TS 1	SAC 1000
TS 2	SAC 1000
1 Gehäuse	
1 Filterscheibe	
S1 Kippschalter 2 x um mit Mittelstellung	

Der Abgleich

Nachdem die Schaltung noch einmal auf evtl. Bestückungsfehler hin untersucht und die beiden Sensoren angeschlossen wurden, kann das Gerät eingeschaltet werden.

Zum Abgleich stehen zwei getrennte, beides sehr genaue, Methoden zur Verfügung.

Der Nullabgleich, der zuerst durchzuführen ist, ist bei beiden Methoden gleich.

Nachdem das Gerät eingeschaltet wurde, wird der Temperaturfühler TS 1 in ein Glas, das mit einem Gemisch aus kleinstoßenen Eiswürfeln und Wasser besteht, eingetaucht.

Mit dem Wendeltrimmer R 5 wird nun die Anzeige auf 00.0 abgeglichen, da das Eis-Wasser-Gemisch exakt eine Temperatur von 0,0° C aufweist.

Es ist darauf zu achten, daß die Eiswürfel möglichst klein (wenige mm Durchmesser) gehackt wurden und nur verhältnismäßig wenig Wasser (möglichst weniger als 50 %) in dem Glas ist, wobei natürlich alle Eisstückchen mit Wasser bedeckt sein müssen.

Das Fühlerelement muß möglichst weit in das Eiswasser getaucht werden, damit der Temperatureinfluß über die beiden Versorgungsleitungen ausgeschaltet wird.

Hält man sich vor Augen, daß mit diesem Gerät Temperaturen mit einer Auflösung von 0,1° C gemessen werden, die man unter Einsatz des neuartigen Fühlerelementes dem Gerät auch weitgehend glauben kann, so ist der Temperatureinfluß über die Versorgungsleitungen des Fühlerelementes durchaus zu beachten und auszuschalten.

Sehr wesentlich ist es, noch anzumerken, daß die Anschlußdrähte des Temperatursensors einwandfrei isoliert werden müssen, damit nicht durch das Eintauchen in Wasser Kriechströme das Ergebnis verfälschen können.

Eine Isolierung erreicht man z. B. durch sauberes Anlöten der Anschlußlitze an die Sensorbeinchen bei anschließendem Rüberschieben der Isolierung bis zum Sensorkopf. Danach werden mit einem wasserfesten Klebstoff die Anschlußstellen abgedichtet. Durch zusätzliche Isolierung der Verbindungsstelle mittels eines speziellen, für hohe Temperaturen geeigneten

Schrumpfschlauches wird ein noch perfekterer Schutz vor Feuchtigkeit und Kriechströmen erreicht.

Der von uns gelieferte Temperatursensor SAC 1000 ist bereits in dieser Form mit einem 3 m langen Anschlußkabel verbunden.

Bei der Einstellung des Skalenfaktors können zwei verschiedene, in jedem Haushalt befindliche Vergleichsmöglichkeiten gewählt werden.

Erste Möglichkeit:

Man erinnert sich des hoffentlich wenig gebrauchten Fieberthermometers, das normalerweise nur eine Abweichung von höchstens $\pm 0,1^\circ \text{C}$ hat.

Nachdem sowohl Fieberthermometer als auch Temperatursensor desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur am besten im Mund mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir an, daß sich eine Anzeige von z. B. $36,9^\circ \text{C}$ einstellt. Der Temperatursensor wird dann in den Mund genommen. Nach 1 bis 2 Minuten kann die Anzeige mit dem Wendeltrimmer R2 auf diesen Wert eingestellt werden. Zu Kontrollzwecken kann gleichzeitig oder auch hinterher die Temperatur noch einmal mit dem Fieberthermometer überprüft werden.

Zweite Möglichkeit:

Man macht sich die Tatsache zunutze, daß kochendes Wasser eine Temperatur von 100°C aufweist, die lediglich geringfügig mit dem Luftdruck schwankt. Dieser Einfluß ist jedoch vernachlässigbar.

Der Temperatursensor 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 unter Umständen auch heißer sein kann und das Ergebnis dadurch verfälschen könnte.

Die Anzeige ist nun mit dem Wendeltrimmer R2 auf 100,0 abzugleichen.

Das digitale, elektronische Thermometer ist jetzt in $^\circ \text{C}$ kalibriert.

Welche Methode des Abgleichs man wählt, hängt im wesentlichen von dem späteren Einsatz ab.

Sollen überwiegend Temperaturen unter $+50^\circ \text{C}$ gemessen werden (in unseren Breitengraden), so ist die Fieber-

thermometer-Methode günstiger, da hierdurch diese Temperaturen besser abgedeckt werden.

Im Bereich um Null Grad C und im Bereich bis 40°C sind Genauigkeiten von $\pm 0,1^\circ \text{C}$ erreichbar.

Dies ist eine Genauigkeit, die selbst von sehr teuren, professionellen Temperaturmessern teilweise nur mit Mühe erreicht wird.

Wird hingegen gesteigerter Wert auf Genauigkeit der Messung bei Temperaturen von über 50°C gelegt (in unseren Breiten wohl kaum zu erwarten), so ist die 100°C -Methode vorzuziehen.

Hier sind nahezu über den gesamten Bereich Genauigkeiten von besser als 1 % (teilweise erheblich besser) vom Endwert zu erzielen.

Nachdem der Temperatursensor TS 1 auf diese Weise abgeglichen wurde, ist der Schalter S 1/S 2 in die andere Position zu bringen, in der der Temperatursensor TS 2 eingeschaltet ist.

Bei einer besonders markanten Temperatur (vorzugsweise 0°C im Eiswasser) wird nun mit Hilfe des Cermet-Trimmers R10 eine Übereinstimmung zwischen den beiden Sensoren herbeigeführt (bei 0°C muß also auch die Meßstelle TS 2 diesen Wert anzeigen). Damit ist der Abgleich des Gerätes durchgeführt. Die Methoden des Abgleichs sind deshalb so genau beschrieben, da diese eine ganz wesentliche Voraussetzung für ein genaues und erfolgreiches Arbeiten darstellen.

Bevor nun die fertig bestückte und abgeglichene Schaltung in das Gehäuse eingesetzt und mit einem Tupfen Klebstoff an jeder Ecke festgeheftet wird, ist der Schalter S 1/S 2 in den Sockel des Gehäuses einzubauen.

Zum Abschluß sei noch darauf hingewiesen, daß durch ungünstige Montage am Kfz sowie durch Bodenfrost und plötzliche Temperaturgefälle Glatteis auftreten kann, obwohl die Anzeige noch Plusgrade vortäuscht. Es ist deshalb besonders wichtig, daß auch bei Temperaturen, die noch bei einigen Grad Plus liegen, die nötige Vorsicht geboten sowie die Vorbereitung auf Glatteis getroffen wird.

Wir wünschen unseren Lesern viel Freude beim Nachbau und beim späteren Einsatz dieses vielseitigen digitalen, elektronischen Kfz-Thermometers.