



## PyroPointer PP 300

***Mit dem Auffinden heißer Stellen (hot spots) an Wänden, Türen, Fenstern usw. können z. B. Mängel in der Isolierung sehr einfach aufgedeckt werden. Dabei ist die absolute Temperatur meist nebensächlich – von Interesse ist nur, festzustellen wo der heißeste Punkt ist. Der PyroPointer erfasst berührungslos die abgegebene Wärmestrahlung und erzeugt einen von der Temperatur abhängigen Signalton.***

### Temperaturmessungen – Messprinzipien

Die Messung von Temperaturen gehört seit den Anfängen der Elektrotechnik zu den häufigsten Messaufgaben. Trotz der unzähligen Varianten an Messaufnehmern und Messverfahren gibt es prinzipiell zwei wesentliche Methoden, um die Temperatur eines Objektes zu messen: Die Kontaktthermetrie und die Strahlungsthermetrie.

Die Messung einer Temperatur mit ei-

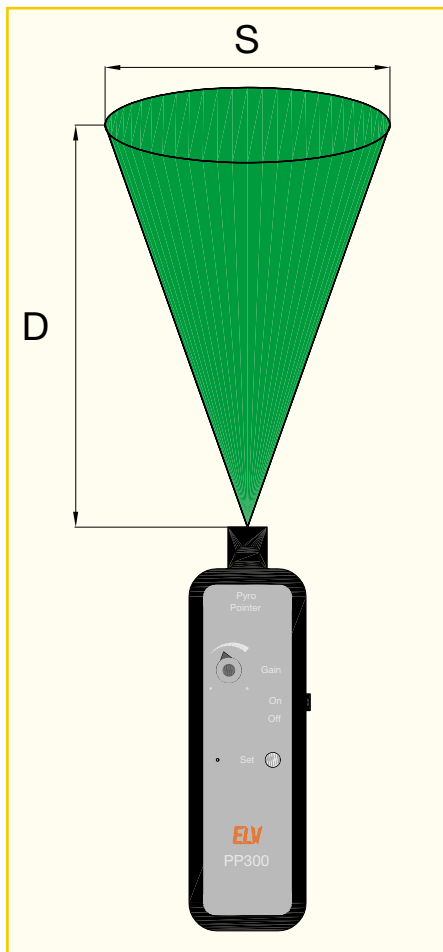
nem Messfühler, der in direktem Kontakt mit dem Messobjekt stehen muss, ist dabei die bisher am weitesten verbreitete Methode. Dieses Messprinzip ist relativ einfach zu handhaben. Der Messfühler wird mit der zu messenden Oberfläche in Verbindung gebracht und nimmt dessen Temperatur an. Die Temperatursensoren arbeiten dabei meistens auf der Basis der Widerstandsänderung unter Temperatureinfluss oder es sind Sensoren, die eine von der Temperatur abhängige Spannung abgeben. Die nachfolgende Signalverarbeitung setzt diese Parameteränderung des Sensors in

einen entsprechenden Temperaturwert um.

Seit einigen Jahren gewinnt die berührungslose Strahlungsthermetrie zuneh-

#### Technische Daten:

Messbereich: ..... -10 °C bis 300 °C  
Umgebungstemperatur: 0 °C bis 40 °C  
Erfassungsbereich (D:S): ..... 6:1  
(D:S = Abstand:  $\varnothing$  der Messfläche)  
Spannungsversorgung: ..... 9-V-Block  
(6LR61)  
Batterielebensdauer: ... ca. 50 Stunden  
Abmessungen: ..... 143 x 43 x 32 mm



**Bild 1:**  
**Erfassungsbereich**  
**des PyroPointers**

renden Messfühler eine gewisse Reaktionszeit. Erst wenn sich am Messfühler das thermodynamische Gleichgewicht wieder eingestellt hat, kann die Temperatur korrekt erfasst werden. Dies kann je nach Masse des Sensors weniger als eine Sekunde bis hin zu einigen Minuten dauern.

Da bei Pyrometern die Notwendigkeit, das Messobjekt direkt zu berühren, entfällt, erübrigen sich auch alle damit verbundenen Messfehler und Kontaktierungsprobleme. Somit gehören Temperaturverfälschungen durch die Wärmeableitung in den Messfühler genauso der Vergangenheit an, wie das Problem, sich bewegende Körper zu messen. Aber auch Messaufgaben an sehr empfindlichen Oberflächen, die nicht beschädigt werden dürfen, oder an Flüssigkeiten sind erst so mit vertretbarem Aufwand handhabbar.

Bei der Messung an gefährlichen Objekten, wie beispielsweise sehr heißen oder unter Spannung stehenden Körpern, ätzenden Flüssigkeiten usw., bietet der Einsatz eines Pyrometers durch das Anpeilen des Messobjektes aus sicherer Entfernung einen nicht zu unterschätzenden Sicherheitsgewinn. Und nicht zuletzt unter hygienischen Gesichtspunkten bringt ein berührungsloses Thermometer durch das Verhindern der Übertragung von Schmutz und sonstigen Stoffen von Messobjekt zu Messobjekt große Vorteile.

Nach diesem Messprinzip arbeitet beispielsweise auch das berührungslose Thermometer „ELV PyroScan PS 300“.

### **PyroPointer – Anwendungsbereich**

Der PyroPointer erfasst die Temperaturdifferenz zwischen einem programmierten Referenzwert (Referenztemperatur) und der von dem Messwertempfänger erfassten Temperatur. Die Ausgabe des Messwertes erfolgt über einen Signalton. Steigt die Tonhöhe an, so ist die derzeit gemessene Temperatur höher als der programmierte Referenzwert, fällt der Ton, so ist auch die erfasste Temperatur niedriger. Mit dieser Messmethode lassen sich sehr schnell und genau die heißesten oder kältesten Punkte einer Oberfläche finden. Dabei kann die absolute Temperatur irgendwo im gesamten Messbereich von  $-10\text{ °C}$  bis  $300\text{ °C}$  liegen. Ausschlaggebend für die Tonhöhenänderung ist immer nur die Temperaturdifferenz. So ist es genauso einfach möglich, einen  $280\text{ °C}$  heißen Punkt an einem  $250\text{ °C}$  heißen Rohr zu finden, wie das  $40\text{ °C}$  warme Heizungsrohr in einer  $25\text{ °C}$  warmen Wand.

Gegenüber einem nach gleichem Prinzip arbeitenden Thermometer mit Temperaturanzeige hat ein solcher akustischer HotSpot-Sucher den Vorteil der schnelleren Reaktionszeit und der einfacheren Maximumfindung. Der Messzeitvorteil resultiert dabei aus der einfachen Tatsache, dass in dem PyroPointer eine rein analoge Signalverarbeitung durchgeführt wird, sodass Totzeiten durch D/A-Wandlung etc. nicht entstehen.

Das Ausmessen eines Maximums bzw. eines Minimums ist mit Hilfe einer akustischen Signalisierung besonders einfach. Hier ist es nicht notwendig, ständig zwischen Anzeige und Zielobjekt hin und her zu schauen. Dieses Prinzip findet man bei Satellitenmessgeräten genauso wie bei Kurzschlussfindern etc. Da das Gehör selbst kleinste Unterschiede in der Tonhöhe sehr gut feststellen kann, ist die mit dieser Methode erzielte „Auflösung“ sehr viel feiner, als die, die mit vertretbarem Aufwand anzeigetechnisch umsetzbar ist.

### **Bedienung – Kältebrücken, Isolierungslücken einfach finden**

Die Bedienung des PyroPointers ist denkbar einfach. Ein Taster und ein Potentiometer sind neben dem Ein-/Ausrichter die einzigen Bedienelemente. Nach dem Einschalten des Gerätes mit dem seitlichen Schiebeschalter ist das Gerät sofort betriebsbereit.

Um einen Temperaturunterschied zwischen zwei Punkten ausmessen zu können, ist zunächst ein Temperaturwert als Referenzwert zu setzen. Auf diese Referenztemperatur beziehen sich dann die folgenden Vergleichsmessungen. Das Setzen der Referenz erfolgt mit der Taste „Set“, wobei die aktuelle Temperatur im Erfassungsbereich gespeichert wird. Anschließend kann dann das Messobjekt „abgescannt“ werden, um den wärmsten oder den kältesten Punkt zu ermitteln.

Den Erfassungsbereich des PyroPointers kann man sich als eine sich kegelförmig aufweitende Fläche vor der Linse vorstellen. Abbildung 1 zeigt diesen Bereich schematisch. Aus der Darstellung ist gut zu erkennen, dass sich auch die erfasste Fläche mit größer werdendem Abstand zum PyroPointer vergrößert. Ein Maß für diese Aufweitung ist der „D:S-Wert“, der beim PyroPointer bei ca. 6:1 liegt. Dieses technische Datum gibt das Verhältnis des Abstands zum Messobjekt ( $D = \text{Distance}$ ) zu Messfleckdurchmesser ( $S = \text{Spot size}$ ) an. Bei einem Verhältnis von 6:1 ergibt sich beispielsweise bei 60 cm Abstand ein Erfassungsbereich mit 10 cm Durchmesser. Dieser Parameter charakterisiert somit die Größe des Messflecks.

Mit der Vorstellung, der Thermopile-

mend an Bedeutung. Zunächst kannte man diese Geräte nur als Fieberthermometer. Mit verbesserter Technik setzt sich der Siegeszug dieses mit zahllosen Vorteilen behafteten Verfahrens auch in anderen Bereichen durch. Bei der Temperaturmessung nach dem Prinzip der Strahlungsthermometrie wird die Wärmestrahlung der Oberfläche des Messobjektes ausgewertet. Dabei handelt es sich um ein rein passives Verfahren, d. h. es wird keine Strahlung vom Messgerät ausgesendet, sondern nur die natürliche elektromagnetische Strahlungsenergie (Wärmestrahlung), die jeder Körper bei Temperaturen über dem absoluten Nullpunkt, d. h. über  $-273\text{ °C}$  besitzt, zur Messung ausgenutzt. Aus dieser Strahlungsenergie lässt sich bei bekanntem Emissionsfaktor des Messobjektes sehr genau auf dessen Temperatur schließen. Die Umwandlung der Strahlungsenergie in einen elektronisch auswertbaren Parameter geschieht mittels so genannter Thermopile-Sensoren. Diese geben eine Spannung ab, die in direkter Abhängigkeit zur einfallenden Wärmestrahlung steht.

Gegenüber „normalen“ Thermometern mit Messfühler besticht ein solches Pyrometer durch seine sehr einfache Handhabung. Aus sicherer Entfernung wird das Messobjekt angepeilt und die aktuelle Temperatur in Sekundenbruchteilen erfasst. Im Gegensatz dazu benötigen alle kontaktie-

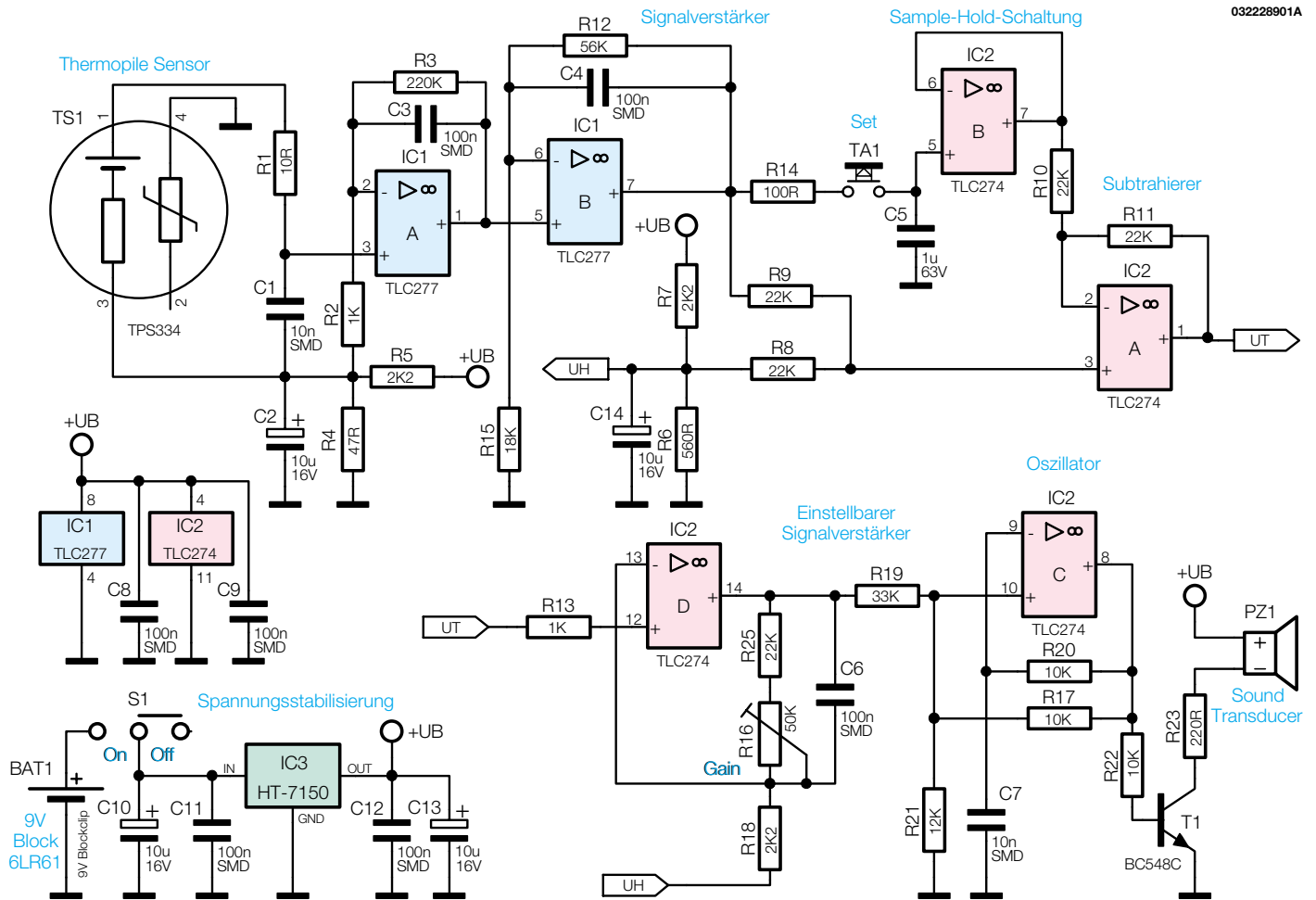


Bild 2: Schaltbild des PyroPointers

Sensor wäre eine Taschenlampe, die einen entsprechenden Leuchtfleck an die Wand wirft, kann man sich den Erfassungsbereich des PyroPointers sehr einfach vor Augen führen. Vor diesem Hintergrund sollte auch die Bewertung der Messergebnisse erfolgen.

Ist beispielsweise die wärmste Stelle an einer Wand zu ermitteln, so wird zunächst eine beliebige Stelle mit der Linse angepeilt. Mit einem Druck auf die „Set“-Taste wird diese Temperatur abgespeichert. Beim anschließenden „Abscannen“ der Wand (die gesamte Oberfläche der Wand wird in einem Abstand von 0,5 m bis 1 m abgesehen) werden Temperaturabweichungen gegenüber der vorher gesetzten Referenztemperatur als eine sich ändernde Tonhöhe des Signaltones hörbar. Die Abhängigkeit ist dabei proportional: Zeigt die Linse auf eine wärmere Stelle, wird der Ton höher, beim Anpeilen eines kälteren Punktes sinkt die Tonhöhe ab. Somit lassen sich im Innenbereich z. B. Kältebrücken aufgrund von Isolierungsfehlern sehr einfach finden. Auch umgekehrt werden wärmere Punkte an einer kalten Wand, die auf Mängel in der Isolierung hindeuten, sehr schnell lokalisiert. Die Praxis hat gezeigt, dass es meist einfacher ist, warme Punkte an einem küh-

leren Objekt zu finden als umgekehrt.

Da es sich bei der Messung mit dem PyroPointer um eine Extremwertsuche (minimale oder maximale Temperatur) handelt, ist ein stetiges Auffrischen des Referenzwertes notwendig. Während eines Messvorganges sollte der Referenzwert daher mindestens alle 30 Sekunden mit einem Druck auf die „Set“-Taste aufgefrischt werden.

Der „Gain“-Regler hat die Aufgabe die Empfindlichkeit zu verändern. Im Rechtsanschlag (Maximum) besitzt der PyroPointer seine maximale Empfindlichkeit. Dies bedeutet, dass bereits relativ kleine Temperaturänderungen große Unterschiede in der Tonhöhe hervorrufen. Wird die Verstärkung zurückgenommen, so verringert sich die Empfindlichkeit, d. h. die gleiche Temperaturdifferenz hat eine kleinere Tonänderung zur Folge. Für das Suchen von Wärmelecks, die meist nur eine kleine Temperaturdifferenz bilden, ist die Maximal-einstellung sinnvoll. Sollen extrem warme Punkte, wie z. B. eine Heißwasserleitung, exakt lokalisiert werden, muss die Empfindlichkeit zurückgenommen werden, damit der Aussteuerungsbereich der Tonhöhe zur Temperaturdifferenz passt.

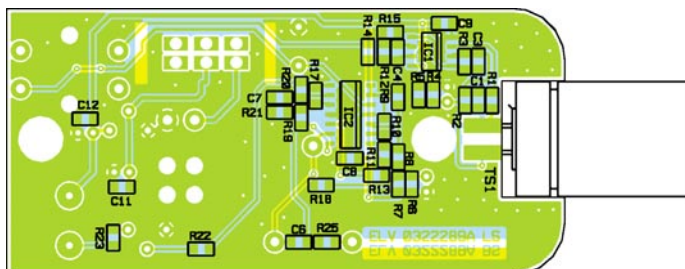
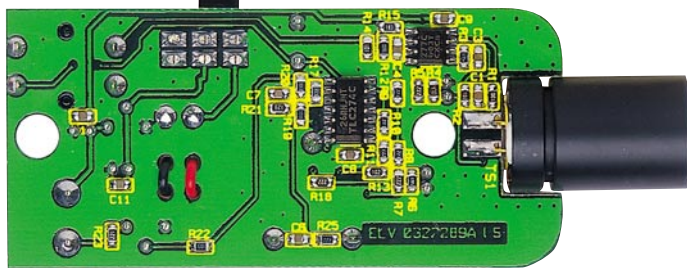
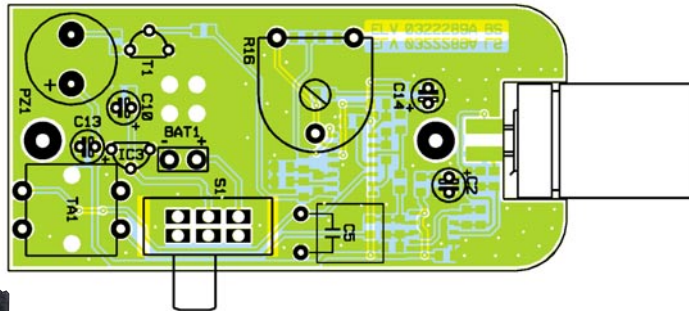
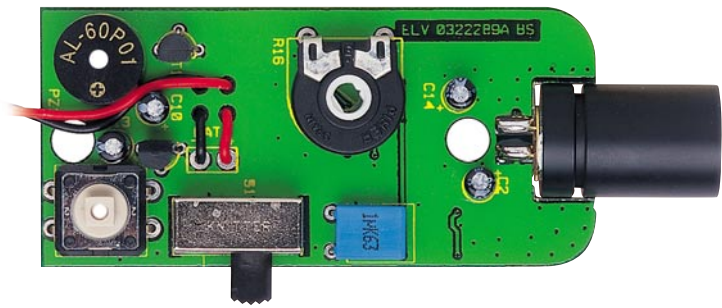
Bei maximaler Empfindlichkeit ent-

spricht der gesamte Aussteuerbereich über die Tonhöhe etwa 10 Kelvin Temperaturdifferenz. Bei minimaler Empfindlichkeit können ca. 40 Kelvin mit dem erzeugten Frequenzbereich überstrichen werden.

### Messunsicherheiten

Wie bei jedem Messsystem, sind auch hier einige Punkte zu beachten, um grobe Messfehler zu verhindern:

1. Es ist darauf zu achten, dass immer die Temperatur der gesamten Erfassungsfäche gemittelt wird. Ein extrem heißer aber kleiner Punkt kann somit das gleiche Messergebnis liefern wie eine nur leicht erwärmte Fläche, die den Erfassungsbereich komplett ausfüllt.
2. Das Messprinzip beruht auf der Erfassung der Temperaturdifferenz zwischen der Eigentemperatur des Sensors und der detektierten Wärmestrahlung. Veränderungen der gesamten Umgebungstemperatur, wie sie z. B. durch die Erwärmung des Gerätes in der Hand des Bedieners oder bei einem Raumwechsel auftreten können, verfälschen kurzzeitig die Messung. Erst wenn sich das Gerät nach wenigen Minuten akklimatisiert hat und sich Linse und Sensor



**Ansicht der fertig bestückten Platine des PyroPointers mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite**

wieder auf gleicher Temperatur befinden, lässt sich wieder einwandfrei messen. Dieses Phänomen ist im Allgemeinen nicht sehr ausgeprägt und fällt in der Praxis sicherlich kaum auf.

3. Eine Messung durch transparente Materialien (Glas, Plexiglas etc.) hindurch ist nicht möglich.
4. Die Messung von Lufttemperaturen ist nicht möglich.

## Schaltung

Die gesamte Schaltung des PyroPointers ist in Abbildung 2 dargestellt. Wichtigstes Bauelement ist hier der Thermopile-Sensor TS 1 in Verbindung mit der Linseneinheit. Das Thermopile-Element liefert zwischen seinen Anschlusspins 1 und 3 eine Ausgangsspannung, die von der Differenz zwischen der Eigentemperatur des Sensors und der von der Linse auf die Sensorfläche geleiteten Wärmestrahlung

abhängig ist. Die hier erzeugten Spannungen liegen im Bereich von einigen Mikrovolt pro Kelvin Temperaturdifferenz. Der Sensor liefert positive Spannungen, wenn die Wärmestrahlung größer ist als die Eigentemperatur, und negative Spannungen, wenn das im Erfassungsbereich liegende Objekt kälter ist als der Sensor selbst.

Um dieser bipolaren Aussteuerung am Sensor Rechnung zu tragen, ist der Bezugspunkt für den Sensor und den ersten Verstärker mit Hilfe des Spannungsteilers aus R 4 und R 5 auf einige hundert Millivolt hochgelegt. Da das Ausgangssignal des Sensors sehr gering ist, müssen die beiden als Gleichspannungsverstärker geschalteten Operationsverstärker IC 1 A und IC 1 B insgesamt eine Signalverstärkung von 59 dB (Faktor 908) aufbringen. Am Ausgang der beiden Verstärkerstufen liegt dann die zur erfassten Temperatur proportionale Messspannung an.

Diese Spannung geht anschließend auf

das Sample-Hold-Glied und gleichzeitig auf einen Subtrahierer. Die Sample-Hold-Schaltung besteht aus R 14, C 5, dem Taster TA 1 und dem Operationsverstärker IC 2 B. Mit diesem Schaltungsteil wird die aktuelle Temperatur gespeichert. Dazu lädt sich der Speicherkondensator C 14 beim Betätigen der Taste über R 14 auf die aktuelle Messspannung auf. Wird die Taste losgelassen, behält der Kondensator die Ladung – abgesehen von der Selbstentladung und dem Entladestrom über den extrem hochohmigen Operationsverstärkereingang. Der als Pufferverstärker zwischen geschaltete OP IC 2 B stellt dem nachfolgenden Subtrahierer die Messspannung der Referenztemperatur zur Verfügung.

Der mit IC 2 A aufgebaute analoge Subtrahierer bildet im Prinzip am Ausgang die Differenz zwischen der aktuellen Messspannung und der Messspannung der Referenztemperatur. Über R 8 wird hier zusätzlich eine mittels R 6 und R 7 erzeugte Hilfsspannung hinzuaddiert. Diese sorgt dafür, dass trotz der unipolaren Betriebsspannung („+UB“) des Operationsverstärkers die eigentliche Subtraktion sowohl ein positives als auch ein negatives Ergebnis liefern kann. Praktisch wird hiermit der OP-Ausgang auf einen bestimmten Gleichspannungswert ausgesteuert, auch wenn die Differenz zwischen aktuellem Messwert und Referenzwert null ist.

Um die unterschiedliche Empfindlichkeit des PyroPointers einstellen zu können, folgt im Signalweg nun ein einstellbarer DC-Verstärker (IC 2 D). Die hier vorliegende Dimensionierung lässt eine Verstärkungsvariation im Bereich von 21 dB bis 30 dB (Faktor 11 bis Faktor 33) zu. Am Ausgang dieses Verstärkers steht dann die zur Temperaturdifferenz proportionale und in der Empfindlichkeit einstellbare Signalspannung an. Zur Umsetzung dieser Spannung in eine Tonhöhe folgt dann ein spannungsgesteuerter Oszillator.

IC 2 C stellt einen solchen einfachen Oszillator dar, der mittels der an R 19 anliegenden Spannung in der Frequenz variiert wird. Die Schwingung bildet sich aufgrund der Mitkopplung über R 17 und der Ladezeit des RC-Gliedes R 20, C 7 aus. Im abgeglichenen Zustand, d. h. die Tem-

**Stückliste:  
PyroPointer PP 300**

**Widerstände:**

10Ω/SMD .....	R1
47Ω/SMD .....	R4
100Ω/SMD .....	R14
220Ω/SMD .....	R23
560Ω/SMD .....	R6
1kΩ/SMD .....	R2, R13
2,2kΩ/SMD .....	R5, R7, R18
10kΩ/SMD .....	R17, R20, R22
12kΩ/SMD .....	R21
18kΩ/SMD .....	R15
22kΩ/SMD .....	R8-R11, R25
33kΩ/SMD .....	R19
56kΩ/SMD .....	R12
220kΩ/SMD .....	R3
PT15, liegend, 50kΩ .....	R16

**Kondensatoren:**

10nF/SMD .....	C1, C7
100nF/SMD .....	C3, C4, C6, C8, C9, C11, C12
1µF/63V/MKT .....	C5
10µF/16V .....	C2, C10, C13, C14

**Halbleiter:**

TLC277C/SMD .....	IC1
TLC274C/SMD .....	IC2
HT7150 .....	IC3
BC548C .....	T1

**Sonstiges**

- Schiebeschalter, 2 x um,  
winkelprint .....
- S1
- Sensor TPS334 .....
- TS1
- Mini-Drucktaster, B3F-4050,  
1 x ein .....
- TA1
- Sound-Transducer ST2, print .....
- PZ1
- 9-V-Batterieclip .....
- BAT1
- 1 Tastkappe, 10 mm, grau
- 1 Steckachse, 4 mm ø x 27 mm
- 1 Drehknopf mit 4 mm Innendurchmesser,  
12 mm, grau
- 1 Kappe für Drehknopf, 12 mm, grau
- 1 Pfeilscheibe, 12 mm, grau
- 1 Gewindestift mit Spitze, M3 x 4 mm
- 1 Fresnel-Linse
- 1 Linsenträger, schwarz
- 1 Linsen-Haltering
- 1 Wärmeleitpaste
- 1 Tastkopf-Gehäuse, bearbeitet und  
bedruckt

peraturdifferenz ist null, stellt sich eine Oszillatorfrequenz von ca. 2,7 kHz ein. Wird die gemessene Temperatur kleiner, so wird auch die Steuerspannung für den Oszillator an R 19 kleiner. In diesem Fall geht die Tonfrequenz bis hin zu 700 Hz hinunter, bevor die Schwingung irgendwann u. U. ganz abreißt. Nach oben hin liegt die maximale Signalfrequenz etwa bei 4,2 kHz, was dann der Vollaussteuerung von IC 2 D entspricht.

**Bild 3:  
Einzelkomponenten  
des Linsensystems**



Da der Operationsverstärkerausgang nicht in der Lage ist, einen entsprechenden Signalgeber direkt anzusteuern, bildet der Transistor T 1 eine Treiberschaltung für den recht niederohmigen Sound-Transducer PZ 1.

Die Spannungsversorgung des Gerätes erfolgt über eine 9-V-Blockbatterie. Die Batteriespannung wird direkt vom Ein-/Aus-Schalter S 1 auf den integrierten Spannungsregler IC 3 gegeben. Dieser stabilisiert die Batteriespannung auf einen Wert von +5 V. Durch die Verwendung des Low-Drop-Out-Reglers, der nur einige hundert Millivolt Spannungsdifferenz zwischen Ein- und Ausgang benötigt, ist sichergestellt, dass die Schaltung bis zum Ende der gesamten Batterielebensdauer, die bei ca. 50 Stunden liegt, ordnungsgemäß arbeitet.

Für den interessierten Leser stehen zwei Schaltungsteile des PyroPointers als Spice-Simulation zur Verfügung. Diese entsprechenden Dateien stehen im Internet zum kostenlosen Download bereit. Mit Hilfe der dort auch kostenlos zur Verfügung stehenden Simulationssoftware „Switcher-CAD III“ des Halbleiterherstellers Linear Technology lassen sich dann die wesentlichen Parameter der Schaltungsteile auch theoretisch nachvollziehen. Zum einen wird das Verhalten der beiden Signalverstärker IC 1 A und IC 1 B untersucht. Hier interessiert im Wesentlichen die DC-Verstärkung, bzw. das Verhalten bei DC-Aussteuerung.

Dabei wird das Thermopile-Element mit einer Spannungsquelle nachgebildet, die äquivalent zum tatsächlichen Sensor seine Spannung ändert. Ein DC-Sweep zeigt den Aussteuerbereich.

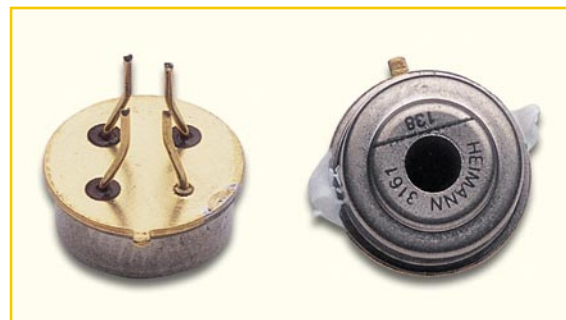
Des Weiteren wird die Funktion des Oszillators, der zur Erzeugung des Signaltones dient, simuliert. Hier ist die Signalform des Ausgangssignales am Sound-Transducer, der sich durch einen einfachen Widerstand nachbilden lässt, interessant.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen und es folgen im nächsten Abschnitt die Anweisungen zum Nachbau der Schaltung.

**Nachbau**

Damit die gesamte Schaltung in das kompakte Tastkopfgehäuse passt, ist der Großteil der Bauteile in SMD-Bauform ausgeführt. Da vor allem die Signalverarbeitung im Bereich der Ausgangsspannung des Thermopile-Sensors sehr kritisch ist, kommt auch dem Layout in diesem Bereich besondere Bedeutung zu. Die sehr kleinen Signalpegel machen es aus Gründen der Störsicherheit auch erforderlich, eine doppelseitige Platine zu verwenden. Die gesamte Schaltung findet auf der 35 mm x 74 mm messenden Platine Platz. Die Bestückung der Platine erfolgt anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes. Die beiden Platinenfotos geben vor allem beim Einbau des Linsenträgers hilfreiche

**Bild 4:  
Vorbereitung des  
Thermopile-Sensors**





**Bild 5:**  
Ansicht der  
fertig montierten Linse

#### Zusatzinformationen.

Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten sind die SMD-Widerstände und SMD-Kondensatoren auf der Lötseite einzulöten. Vor allem der Einbau der Kondensatoren erfordert besondere Aufmerksamkeit, da diese keinen Wertaufdruck besitzen. Anschließend sind die beiden SMD-ICs zu platzieren und zu verlöten. Hierbei ist die Polung zu beachten, die jeweils durch die abgeschrägte Kante am Bauteil und das entsprechende Symbol im Bestückungsdruck gekennzeichnet ist.

Nach den SMD-Bauteilen folgt auf der Bestückungsseite der Einbau der Elektrolyt-Kondensatoren. Diese sind stehend unter Beachtung der Polung einzusetzen. Anschließend folgen der Kondensator C 5, der liegend zu montieren ist, der Trimmer R 16, der Sound-Transducer PZ 1, der Taster TA 1 und der Schalter S 1. Die Polarität des anschließend zu bestückenden Transistors T 1 und des Spannungsreglers IC 3 ist durch die Pinanordnung festgelegt. Die Anschlussleitungen des Batterieclips müssen vor dem Anlöten an die entsprechenden Lötunkte durch die entsprechenden Bohrungen gefädelt werden, um eine Zugentlastung der Lötungen zu gewährleisten. Sind alle Bauteile soweit bestückt, fehlt zur fertigen Platine nur noch die Montage des Thermopile-Elementes.

Hier sind aber zunächst einige vorbereitende Arbeiten notwendig. Damit das Thermopile-Element korrekt arbeiten kann, ist in Verbindung mit der Linse ein quasi optisches System herzustellen. Die hierfür benötigten Komponenten sind in Abbildung 3 zu sehen: oben links der Linsenträger, daneben die eigentliche Fresnel-Linse, unterhalb des Linsenträgers der Thermopile-Sensor und daneben der Linsenhalter.

Im ersten Arbeitsschritt ist zunächst das

Thermopile-Element vorzubereiten. Dazu sind die Anschlussbeine auf eine verbleibende Länge von 5 mm zu kürzen. Anschließend sind die Anschlusspins so zu biegen, dass sie später von beiden Seiten auf der Platine aufliegen. Dabei ist die Polarität des Sensors, die durch die gut erkennbare „Nase“ gekennzeichnet ist, zu beachten. Anschließend ist an beiden Seiten des Sensors jeweils ein wenig Wärmeleitpaste aufzutragen. Abbildung 4 zeigt das fertig vorbereitete Thermopile-Element mit den korrekt gebogenen Pins und der angebrachten Wärmeleitpaste. Bei allen Arbeiten an und mit dem Thermopile-Element ist darauf zu achten, dass das Fenster im Sensor weder berührt noch sonstwie verschmutzt wird.

Anschließend ist die Linse im Linsenträger zu befestigen. Dazu wird zunächst die Linse so von vorne in den Linsenträger eingelegt, dass die glatte Seite nach außen zeigt. Der danach einzusetzende Linsenhalter fixiert die Linse im Träger. Auch hier sollte die Linse wie ein optisches Bauteil sehr vorsichtig behandelt und vor Verschmutzen geschützt werden.

Damit die Linse immer in exakt definierter Position vor dem Thermopile-Element positioniert ist, werden Linsenträger und Thermopile-Sensor miteinander verklebt. Das Thermopile-Element ist dazu in den Linsenträger einzusetzen, fest in seinen Anschlag zu pressen und dort mit zwei Tropfen Sekundenkleber, die von hinten auf die nicht mit Wärmeleitpaste versehenen Verbindungsstellen gegeben werden, zu befestigen. In Abbildung 5 ist die komplette, fertig montierte Linseneinheit dargestellt.

Den Abschluss der Bestückung stellt dann der Einbau des Thermopile-Sensors incl. Linseneinheit dar. Hierbei ist unbedingt die korrekte Polung sicherzustellen,


die durch die „Nase“ am Sensor direkt gekennzeichnet ist. Zum Einbau ist die Platine mit der Lötseite nach oben zu legen. Der Thermopile-Sensor wird dann so aufgesetzt, dass die Nase nach links zeigt, d. h. zu R 1 hin gerichtet ist. Der Sensor ist so weit wie möglich aufzuschieben, den Anschlag bildet dabei die Platine an sich. Anschließend werden zunächst die Pins auf der Lötseite, nach vorsichtigem Ausrichten der Linseneinheit auch die auf der Bestückungsseite, unter Zugabe von reichlich Lötzinn sorgfältig verlötet.

Damit sind die Bestückungsarbeiten abgeschlossen und es folgt der Einbau ins Gehäuse. Zuvor ist aber die Platine auf Bestückungsfehler und Lötzinnbrücken hin zu untersuchen.

Zum Einbau der Platine ist diese mit der Bestückungsseite voran in die Gehäuse-Oberhalbschale einzusetzen. Dabei ist zu beachten, dass die Leitung zum Batterieclip ordnungsgemäß zwischen C 10 und dem Sound-Transducer PZ 1 hindurchgeführt ist. Liegt die Platine korrekt in der Halbschale, kann die Batterie angeklemt und das Gehäuseunterteil aufgesetzt und verschraubt werden. Mit dem Kürzen der Potentiometer-Steckachse auf eine verbleibende Gesamtlänge von 18 mm, dem Aufstecken der Achse und dem Aufschrauben des Potentiometer-Knopfes sind die Aufbauarbeiten am PyroPointer PP 300 abgeschlossen.

#### Inbetriebnahme

Da das Gerät weder Abgleichpunkte besitzt noch besonders geprüft werden muss, beschränkt sich die Inbetriebnahme auf einen Funktionstest. Nach dem Einschalten des Gerätes mit dem Schiebeshalter S 1 muss ein Signalton zu hören sein. Anschließend ist die Verstärkung („Gain“) auf Maximum zu setzen und der PyroPointer auf eine Fläche konstanter Temperatur, z. B. auf den Fußboden zu richten. Mit der „Set“-Taste erfolgt dann die Speicherung dieses Messwertes. Danach sollte eine wärmere Fläche gemessen werden, z. B. die Hand des Bedieners oder der zum Aufbau benötigte LötKolben. Der Signalton muss dann höher werden.

Dieser simple Test genügt, um die korrekte Funktion des Gerätes zu testen. Anschließend steht dem Einsatz beim Suchen von Kältebrücken, heißen Heizungsrohren, Isolierungsmängeln usw. nichts mehr im Wege. 

#### Download:

- Spice-Simulation
- SwitcherCAD III

[www.elvjournals.de](http://www.elvjournals.de)