



## Pyro-Pointer PP 400 mit RGB-LED

Mit diesem in einem Handgehäuse untergebrachten Gerät können schnell und präzise Temperaturunterschiede aufgespürt und akustisch/optisch angezeigt werden. Die Messung erfolgt dabei berührungslos durch einen Thermopile-Sensor. Zusätzlich zur akustischen Anzeige ist eine optische Anzeige mit einer RGB-LED vorhanden. Temperaturänderungen werden somit auch durch Farbänderung dargestellt.

### Grundlagen und Anwendungen

Die berührungslose Temperaturmessung durch die Erfassung der Wärmestrahlung eines Messobjekts ist heute allgegenwärtig – ob als Infrarot-Fieberthermometer oder als einfach bis komfortabel ausgestattetes Handmessgerät, das Messprinzip ist überall das Gleiche. Diese Messgeräte ermöglichen die Temperaturmessung aus der (sicheren) Entfernung, sie sind dabei je nach eingesetztem Sensor unterschiedlich präzise in der Erfassung des Messpunktes (Spot). Diese Art der Temperaturmessung vermeidet viele Nachteile der Messung per Fühler wie Verfälschung durch die Wärmeableitung des Fühlers, Kontaktprobleme oder das Problem, sich bewegende oder unter Spannung stehende Teile zu messen. Und insbesondere in höheren Temperaturbereichen stoßen preiswerte Temperaturfühler an ihre Grenzen, ab ca. 250 °C wird

es hier teuer. Hingegen vermag ein berührungsloses Thermometer weite Temperaturbereiche zu messen.

Die Handhabung eines solchen Thermometers ist einfach – Messobjekt anpeilen und Messung auslösen.

Wie funktioniert das Ganze? Jeder Körper sendet eine natürliche Wärmestrahlung aus. Aus dieser Strahlung lässt sich bei bekanntem Emissionsfaktor des Messobjekts sehr genau auf dessen (Oberflächen-)Temperatur schließen. So genannte Thermopile-Sensoren wandeln diese Wärmestrahlung in eine von der Intensität der Wärmestrahlung abhängige elektrische Spannung um.

Den Erfassungsbereich des Sensors kann man sich als eine sich kegelförmig aufweitende Fläche vor der Linse des Sensors vorstellen – ähnlich einem Taschenlampenstrahl. Abbildung 1 zeigt diesen Bereich schematisch. Aus dieser Darstellung ist auch gut zu erkennen, dass sich auch die erfasste Fläche

che mit größer werdendem Abstand zum Sensor vergrößert. Ein Maß für diese Aufweitung ist der „D:S“-Wert. Er gibt das Verhältnis des Abstands zum Messobjekt ( $D = \text{Distance}$ ) zum Messfleckdurchmesser ( $S = \text{Spot}$ ) an. Bei einem Verhältnis von z. B. 6:1 ergibt sich also bei 60 cm Abstand zum Messobjekt ein Messfleck von 10 cm Durchmesser.

Der hier vorgestellte Pyro-Pointer hat genau dieses D:S-Verhältnis.

Was unterscheidet nun einen Pyro-Pointer von einem Infrarot-Thermometer? Vom Messprinzip her nichts. Nur die Art der Anzeige ist bei einem Pyro-Pointer anders. Während ein Thermometer die exakte Temperatur meist in einer Digitalanzeige darstellt, kommt es bei einem Pyro-Pointer darauf an, Veränderungen zu einem zuvor erfassten Referenzwert möglichst genau und schnell darzustellen. Das kann sowohl mit akustischen als auch optischen Signalen erfolgen. Unser neuer Pyro-Pointer realisiert beides. Er zeigt eine Temperaturabweichung mit einem Signalton variabler Tonhöhe sowie mittels der Farbveränderung einer RGB-Leuchtdiode an. Da hier die Wandlungszeit für eine Digital-Anzeige vollkommen wegfällt, ist eine sehr schnelle Lokalisierung möglich. Und die akustische Anzeigemethode erlaubt es auch, sich ausschließlich auf das Messobjekt zu konzentrieren, da man er-

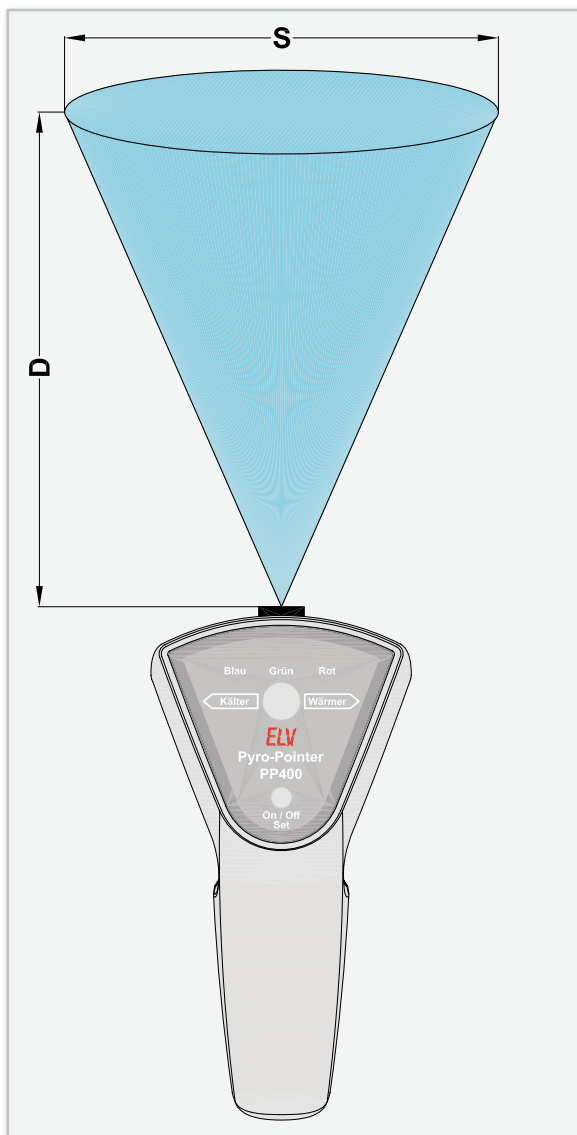


Bild 1: Erfassungsbereich des Sensors

## Technische Daten: PP 400

Spannungsversorgungsbereich:	1,6–4 V
Spannungsversorgung:	2 x Batterie Mignon (LR6/AA)
Stromaufnahme:	max. 200 mA
Messbereich:	-10 °C bis 300 °C
D:S-Verhältnis:	6:1
Umgebungstemperatur:	0 °C bis 40 °C
Abmessungen (Gehäuse)	108 x 86 x 45 mm

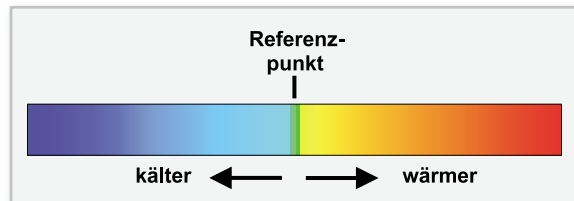


Bild 2: Farbverlauf der RGB-LED

wiesenermaßen per Gehör sehr feine Tonhöhenabstufungen registrieren kann.

Mit dieser Mess- und Anzeigemethode lassen sich, wie gesagt, sehr schnell und genau die heißesten und kältesten Punkte auf einer Oberfläche finden. Dabei kann die absolute Temperatur im Bereich von -10 °C bis +300 °C liegen. Ausschlaggebend für die Anzeige ist immer nur die Temperaturdifferenz zwischen Referenz- und folgend gemessener Temperatur.

Damit eignet sich der Pyro-Pointer für alle Aufgaben, wo es darauf ankommt, Temperaturabweichungen zu einer Referenztemperatur feststellen zu können. Da bietet sich natürlich die Suche nach Kältebrücken im Gebäude oder die nach wärmsten bzw. kältesten Punkten bei elektronischen Geräten, Bauteilen, Gehäusen usw. an.

## Bedienung

Die Bedienung ist kinderleicht, da das einzige Bedienelement ein Taster ist. Zum Einschalten des Gerätes ist der Taster länger als 2 Sekunden gedrückt zu halten. Das Aufleuchten der RGB-LED signalisiert dabei den Einschaltzustand. Das Ausschalten erfolgt auf gleiche Weise (Taste länger als 4 Sekunden betätigen).

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 (Set) der Referenz erfolgt durch kurzen Tastendruck mit dem Taster, wobei die aktuelle Temperatur im Erfassungsbereich gespeichert wird. Die RGB-LED leuchtet jetzt grün. Anschließend kann dann das Messobjekt „abgescannt“ werden, um den wärmsten oder den kältesten Punkt zu ermitteln.

Sobald die gemessene Temperatur ansteigt, ertönt das akustische Signal, dessen Frequenz mit zunehmender Temperatur ansteigt. Optisch wird dies durch einen Farbwechsel von Grün (Nullpunkt) ins „Rote“ angezeigt (siehe Abbildung 2). Ist die

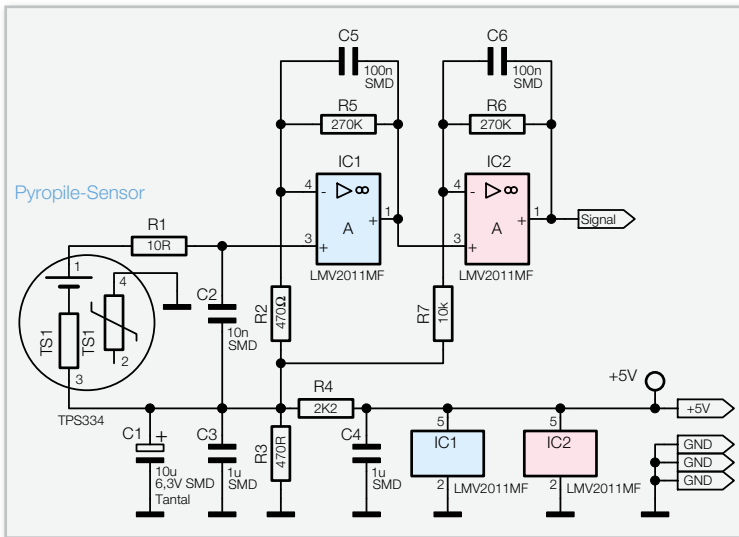


Bild 3: Schaltbild der Sensorplatine

gemessene Temperatur niedriger als der Referenzwert, sinkt die Signalfrequenz, und die Farbe ändert sich ins Blaue. Das Gerät verfügt über eine Batteriespannungsüberwachung (Low-Bat), die ein Absinken der Batteriespannung signalisiert. Sinkt die Spannung unterhalb von 2 V, blinkt die LED nach dem Einschalten dreimal kurz auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Batterien gewechselt werden sollten. Bei einer Spannung unterhalb von 1,6 V schaltet das Gerät selbstständig aus.

Außerdem gibt es eine „Auto-Power-off“-Funktion, die das Gerät ebenfalls ausschaltet, wenn innerhalb von 3 Minuten keine Messung stattgefunden bzw. der Messwert sich nicht verändert hat.

## Schaltung

Das Schaltbild des Pyro-Pointers ist unterteilt in zwei Schaltbilder. In Abbildung 3 ist der Thermopile-Sensor mit Vorverstärker und in Abbildung 4 ist die Auswerteschaltung dargestellt.

Betrachten wir zunächst die Vorverstärkerschaltung. Der Sensor TS 1 liefert zwischen seinen Anschlusspins 1 und 3 eine Ausgangsspannung, die von der Differenz zwischen der Eigen-temperatur des Sensors und der von der Linse auf die Sensorfläche geleiteten Wärmestrahlung abhängig ist.

Die 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.

Der Bezugspunkt (virtuelle Masse) für die nachfolgende Verstärkerstufe wird mit dem Spannungsteiler R 4 und R 3 auf 0,9 V festgelegt. Der Verstärker besteht aus den identisch aufgebauten OP-Stufen IC 1 und IC 2. Mit R 5 und R 2 sowie R 6 und R 7 wird der Verstärkungsfaktor festgelegt. Es findet hier eine Gesamtverstärkung um den Faktor 15.525 (575 x 27) statt, so dass am Anschluss „Signal“ eine zur gemessenen Temperatur proportionale Spannung anliegt.

Die Auswertung der Signalspannung findet mit dem in Abbildung 4 dargestellten Schaltungsteil statt. Diese Auswertung übernimmt ein Mikrocontroller (IC 1) vom Typ ATmega48. Über den Tiefpass R 9 und C 5 gelangt die Signalspannung an den Anschluss „ADC0“ (Pin 23), der zum internen Analog-Digital-Wandler gehört. Anhand der gemessenen Spannung steuert der Controller entsprechend den Signalgeber PZ 1 und die RGB-LED D 3 an. Da der Controller-Ausgang nicht in der Lage ist, einen entsprechenden Signalgeber direkt anzusteuern, bildet der Transistor T 3 eine Treiberschaltung für den recht niederohmigen Signalgeber PZ 1.

Zur Spannungsversorgung der Schaltung dienen zwei Mignon-Batterien mit einer Gesamtspannung von 3 V. Um die Funktionalität der Schaltung auch bei niedriger Batteriespannung zu gewährleisten, kommt ein leistungsfähiger Step-up-Wandler (IC 2) vom Typ TPS61070 zum Einsatz, der die Batteriespannung auf eine Spannung von 5 V herauftransformiert. Diese Ausgangsspannung bleibt selbst bis zu einer Batteriespannung von 1,3 V stabil, so dass die Kapazität der Batterien so weit wie möglich ausgenutzt wird.

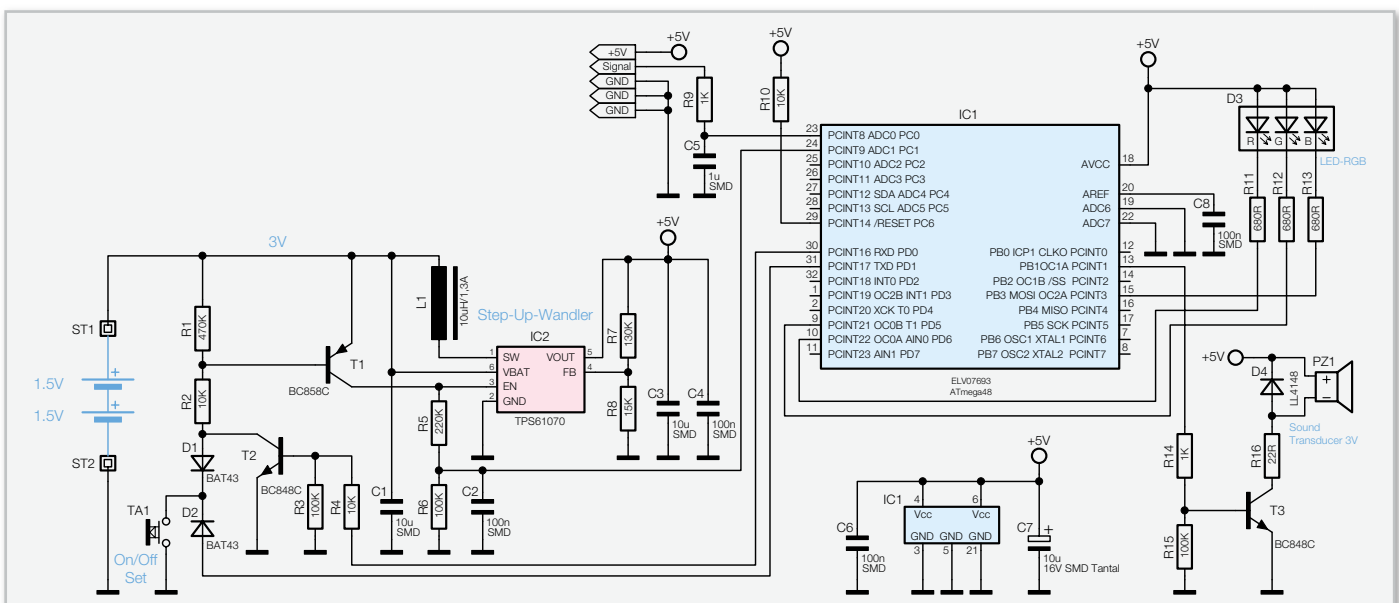
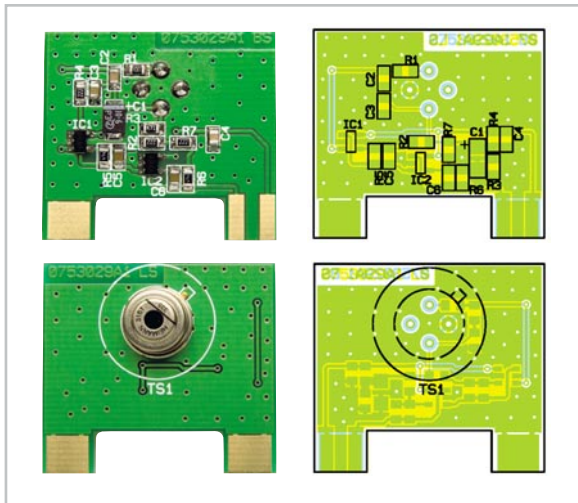


Bild 4: Schaltbild der Basisplatine



Ansicht der fertig bestückten Sensorplatine des PP 400 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite

### Stückliste: PP 400 Sensoreinheit

**Widerstände:**

10 Ω/SMD/0805	R1
470 Ω/SMD/0805	R2, R3
2,2 kΩ/SMD/0805	R4
270 kΩ/SMD/0805	R5, R6
10 kΩ/SMD/0805	R7

**Kondensatoren:**

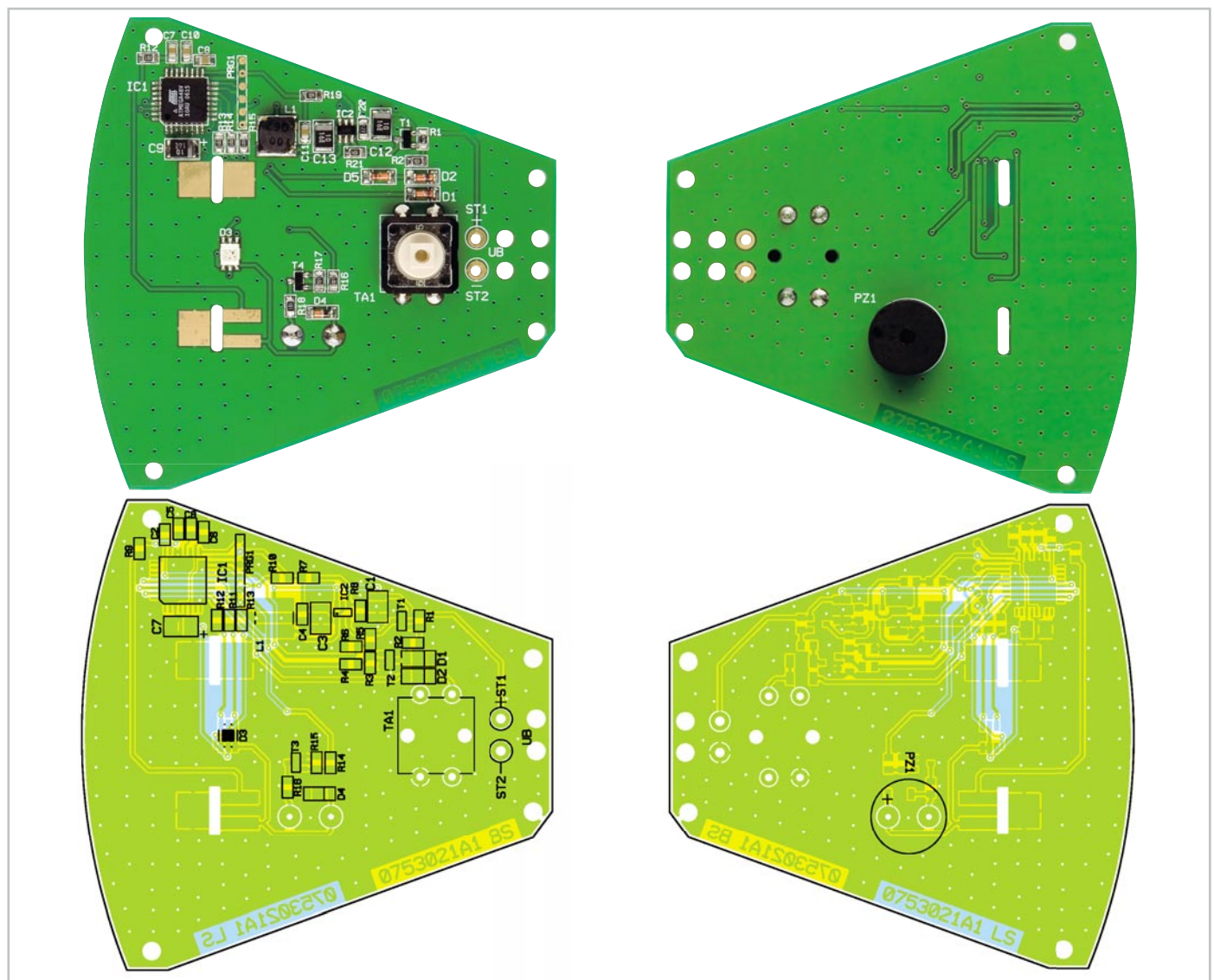
10 nF/SMD/0805	C2
100 nF/SMD/0805	C5, C6
1 µF/SMD/0805	C3, C4
10 µF/6,3 V/Tantal/SMD	C1

**Halbleiter:**

LMV2011/SMD	IC1, IC2
Sensor TPS334	TS1

**Sonstiges:**

Linsenträger, Schwarz	TS1
Fresnel-Linse	TS1
Linsen-Haltering	TS1



Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des PP 400 mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite

## Stückliste: PP 400 Basiseinheit

**Widerstände:**

22 $\Omega$ /SMD/0805	R16
680 $\Omega$ /SMD/0805	R11–R13
1 k $\Omega$ /SMD/0805	R9, R14
10 k $\Omega$ /SMD/0805	R2, R4, R10
15 k $\Omega$ /SMD/0805	R8
100 k $\Omega$ /SMD/0805	R3, R6, R15
130 k $\Omega$ /SMD/0805	R7
220 k $\Omega$ /SMD/0805	R5
470 k $\Omega$ /SMD/0805	R1

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD/0805	C2, C4, C6, C8
1 $\mu$ F/SMD/0805	C5
10 $\mu$ F/SMD/1210	C1, C3
10 $\mu$ F/16 V/SMD	C7

**Halbleiter:**

ELV07693/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD	IC2
BC858C	T1
BC848C	T2, T3
BAT43/SMD	D1, D2
LL4148	D4
RGB-LED/SMD	D3

**Sonstiges:**

Speicherdrossel, SMD, 10 $\mu$ H/1,3 A	L1
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Mini-Drucktaster, 1 x ein	TA1
Tastkappe, 10 mm, Grau	TA1
4 Kunststoffschrauben, 2,2 x 6 mm	
Schaumstoff, 30 x 15 x 10 mm	
Lichtleiterkappe	
Gehäuse	

L 1 stellt die typische Speicherspule für den Schaltregler dar. Da es sich bei IC 2 um einen Synchronwandler handelt, ist die sonst übliche externe Freilaufdiode hier nicht vorhanden. Mit dem Anschluss „Enable“ Pin 3 von IC 2 kann der Wandler aktiviert und somit die Schaltung ein- bzw. auch wieder ausgeschaltet werden. Das Einschalten erfolgt, indem man den Taster TA 1 länger als 2 Sekunden gedrückt hält. Der Funktionsablauf ist wie folgt: Sobald der Taster TA 1 betätigt wird, fließt ein Strom in die Basis von T 1, woraufhin dieser durchschaltet und den Anschluss „Enable“ auf High-Pegel (Batteriespannung) legt. Der Step-up-Wandler ist jetzt eingeschaltet, und am Ausgang ( $V_{out}$ ) steht eine Spannung von 5 V an. Nachdem der Prozessor (IC 1) einen Reset durchgeführt hat, läuft softwaremäßig ein Timer. Nach 2 Sekunden gibt der Controller an Pin 30 (PD 0) eine Spannung aus, wodurch Transistor T 2 leitend wird. T 2 ist jetzt praktisch der parallel liegende Ersatz für den Taster TA 1, der jetzt nicht mehr gedrückt gehalten werden muss. Solange der Controller die Spannung an Pin 30 aufrechterhält, bleibt die Schaltung aktiv.

Wird die Taste TA 1 erneut für einen Zeitraum von 4 Sekun-

den gedrückt, schaltet das Gerät aus. Das Betätigen des Tasters TA 1 registriert der Controller über Pin 31 (PD 1), weil über die Diode D 2 und TA 1 der Pegel auf „low“ wechselt. Eine automatische Abschaltung erfolgt in folgenden Fällen: Die Batteriespannung sinkt unterhalb von 1,6 V (Low-Bat) oder die Mess-Spannung hat sich für einen gewissen Zeitraum nicht mehr verändert (Auto-Power-off). Die zu messende Batteriespannung wird dem Controller über den Spannungsteiler R 5 und R 6 zugeführt.

**Nachbau**

Die Bestückung der Platine erfolgt gemischt mit SMD- und bedrahteten Bauteilen. Die SMD-Bauteile sind schon vorbe-stückt, so dass hier lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Löt-zinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig ist.

Wir beginnen mit der Bestückung der Basisplatine. Hier sind der Taster und der Signalgeber PZ 1 zu bestücken und zu ver-löten. Die Anschlussleitung des Batteriefaches wird auf eine Länge von 10 cm gekürzt und die Kabelenden abisoliert und verzinnt. Die Kabel werden, wie in Bild 8 erkennbar, durch die Platine gefädelt. Das rote Kabel (+) wird mit dem Anschluss-punkt ST 1 und das schwarze Kabel (-) mit ST 2 verlötet.

Auf der Sensorplatine ist lediglich der Sensor TS 1 zu bestü-cken. Hierzu muss das Thermopile-Element vorbereitet wer-den. Die einzelnen Komponenten sind in Abbildung 5 darge-stellt. Die Anschlüsse werden auf eine verbleibende Länge von 5 mm gekürzt. Anschließend ist an zwei Seiten des Sen-sors jeweils ein wenig Wärmeleitpaste aufzutragen. Abbildung 6 zeigt das fertig vorbereitete Thermopile-Element mit 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 vorn in den Linsenträ-ger eingelegt, dass die glatte Seite nach außen zeigt. Der danach einzusetzende Linsen-Haltering fixiert die Linse im Träger. Auch hier sollte die Linse als optisches Bauteil sehr



Bild 5: Einzelkomponenten des Linsensystems



Bild 6: Vorbereitung des Thermopile-Sensors

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-Element 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 7 ist die komplette, fertig montierte Linseneinheit dargestellt. Jetzt wird die Linseneinheit auf der Sensorplatine bestückt und auf der Platinenunterseite verlötet. Hierbei ist unbedingt die korrekte Polung sicherzustellen, die durch die „Nase“ am Sensor gekennzeichnet ist.

Nun kann die Sensorplatine, entsprechend der Abbildung 8, mit der Basisplatine verlötet werden. Hierbei ist unbedingt darauf zu achten, dass die Sensorplatine genau bis zum Anschlag senkrecht zur Basisplatine eingesetzt wird.

Zum Schluss erfolgt der Einbau in das Gehäuse. Die Lichtleiterkappe, die als Diffuser dient, wird rückseitig durch die Gehäusebohrung geführt. Die Unterseite der Lichtleiterkappe, die später auf der Platine liegt, wird mit etwas Haushaltskleber (kein Sekundenkleber!) benetzt. Nun ist die Platine mit vier Schrauben im Gehäuse zu befestigen.

Als Nächstes wird die Gehäuseunterschale so aufgesetzt, dass der Thermopile-Sensor vorn durch die Bohrung schaut. Mit zwei Schrauben sind beide Gehäusenhälften zu verschrauben. Die Frontplatte ist rückseitig bedruckt, weshalb man diese nicht mit einem aggressiven Kleber verkleben darf, da



Bild 7: Ansicht der fertig montierten Linse

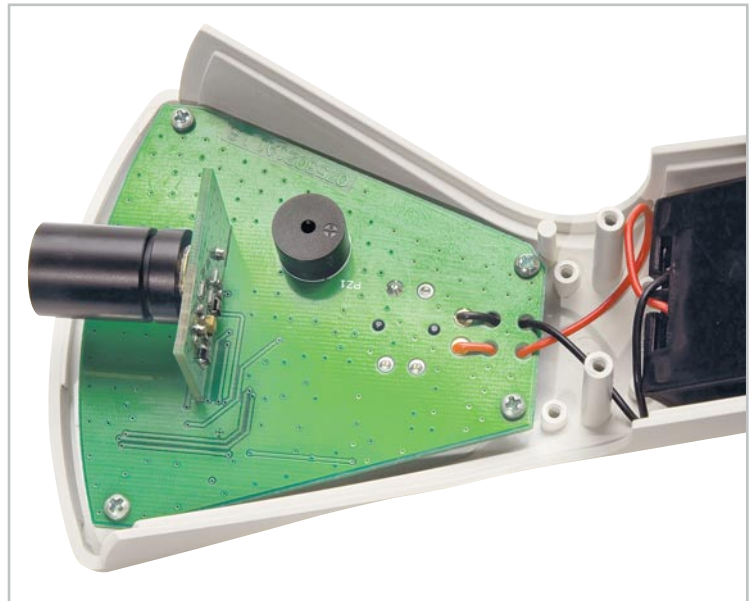


Bild 8: So wird die fertige Sensorplatine mit der montierten Linse auf die Basisplatine gesetzt

der Kleber die Farbe anlöst. Zum Befestigen werden doppel-seitige Klebestreifen verwendet, die an vier verschiedenen Stellen auf der Rückseite der Frontplatte angebracht werden. Nachdem man die Schutzfolie von den Klebestreifen entfernt hat, setzt man die Frontplatte in die Aussparung des Gehäuse-oberteils ein.

Das Batteriefach wird nun mit zwei Mignon-Batterien bestückt und, wie in Abbildung 9 zu sehen, in das Gehäuse eingesetzt. Um den Batteriehalter im geschlossenen Gehäuse zu fixieren, klebt man in den Batteriedeckel ein Schaumstoffstück ein. Nachdem man den Batteriedeckel eingesetzt und verschraubt hat, ist der Nachbau damit beendet. **ELV**



Bild 9: So werden die Batterien eingesetzt.