

# Low-Power-Thermostatmodul

**Zum Aufbau dieses universell einsetzbaren Thermostatmoduls ist nur ein integrierter Schaltkreis mit sehr geringer externer Beschaltung erforderlich. Sowohl der Temperatursensor als auch ein Referenz-Spannungselement sind im IC integriert, so daß kein Abgleich erforderlich ist.**

## Allgemeines

Zur Temperaturregelung werden in unterschiedlichen Anwendungen Thermostate eingesetzt, die je nach Bedarf Einheiten zum Heizen oder Kühlen steuern. Die Realisierung eines elektronischen Thermostates ist mit dem LM 56 von National Semiconductors besonders einfach und platzsparend möglich, da alle wesentlichen Komponenten, wie z. B. Spannungsreferenz- und Temperatursensor, integriert sind.

Mit drei externen Widerständen, welche die 1,250 V Referenzspannung des LM 56 herunterteilen, sind zwei stabile Temperaturschaltwerte mit jeweils 5°C Hysterese programmierbar. Zwei digitale Open-Kollektor-Ausgänge schalten entsprechend der programmierten Temperaturschwellwerte.

Aufgrund der Bauform im 8Pin-SO-Gehäuse (SMD) ist der LM 56 besonders gut für Lufttemperatur-Überwachungsaufgaben geeignet, wobei sich der Arbeitstemperaturbereich des ICs von -40°C bis +125°C erstreckt.

## Technische Daten: Low-Power-Thermostatmodul

- wahlweise Heiz- oder Kühlbetrieb
- potentialfreier Relais-Ausgang (Öffner oder Schließer)
- 2 voneinander unabhängige Digital-Ausgänge mit 5°C Hysterese
- Schaltschwellen mit nur 3 Widerständen frei programmierbar
- Temperaturbereich: .... -20°C bis 85 °C
- Betriebsspannung: 8 V DC bis 16 V DC (z. B. Steckernetzteil)
- Stromaufnahme: ..... ca. 1,5 mA (Relais nicht angezogen)
- ca. 40 mA (Relais angezogen)
- Abmessungen: ..... 25,5 x 25,5 mm

Abbildung 1 zeigt die interne Struktur des LM 56, wo neben der bereits erwähnten Spannungsreferenz und dem Temperatursensor zwei Komparatoren mit Hysterese und zwei Open-Kollektor-Treibertransistoren integriert sind.

Die Schaltschwellen der Komparatoren ( $V_{T1}$ ,  $V_{T2}$ ) werden durch Herunterteilen der an Pin 1 anliegenden Referenzspannung bestimmt. An Pin 5 wird die temperaturproportionale Spannung des Temperatursensors ausgegeben, die bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt  $395 \text{ mV} + 6,2 \text{ mV je } ^\circ\text{C}$  beträgt. Unterhalb des Gefrierpunktes beträgt die Spannung dementsprechend  $395 \text{ mV} - 6,2 \text{ mV je } ^\circ\text{C}$  negativer Temperatur.

Die höchste Genauigkeit der Referenzspannung wird laut Datenblatt erreicht, wenn Pin 1 mit ca.  $50 \mu\text{A}$  belastet wird.

Die beiden Diagramme in Abbildung 2 zeigen das Verhalten der digitalen Schaltausgänge in Abhängigkeit von den programmierten Schaltschwellen und der Spannung am Temperatursensor. Während in Abbildung 2a eine typische Kühlanwendung zu sehen ist, wird in Abbildung 2b, entsprechend des Spannungsverlaufs am Temperatursensor, ein Heizgerät gesteuert. In beiden Anwendungsfällen reicht ein Digitalausgang, wenn mit der fest vorgegebenen Schalthysterese von 5°C gearbeitet wird.

Soll hingegen die Hysterese größer als 5°C sein, so kann im oberen Beispiel (Küh-

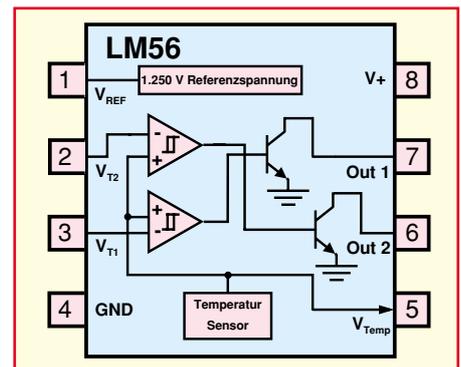
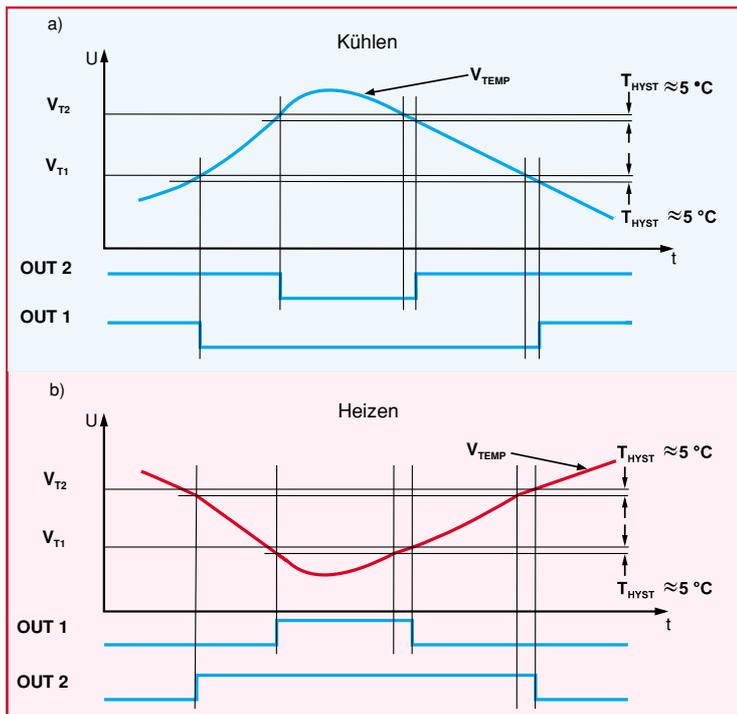


Bild 1: Interne Struktur des LM 56



**Bild 2: Das Verhalten der digitalen Schaltausgänge in Abhängigkeit von den programmierten Schaltschwellen und der Spannung am Temperatursensor**

nungen für die beiden Schaltschwellen berechnet.

#### Kühlen bei > 40°C

$$\begin{aligned} V_{T2} &= (6,2 \text{ mV/}^\circ\text{C} \cdot T) + 395 \text{ mV} \\ &= (6,2 \text{ mV/}^\circ\text{C} \cdot 40^\circ\text{C}) + 395 \text{ mV} \\ &= 643 \text{ mV} \end{aligned}$$

#### Heizen bei < 20°C

Hier ist zunächst zu berücksichtigen, daß aufgrund der Hysterese der Ausgang 5°C unterhalb der Schaltschwelle von  $V_{T1}$  (siehe Abbildung 2b) den logischen Zustand wechselt. Demzufolge ist in unserem Beispiel die Schaltschwelle  $V_{T1}$  statt für 20°C für 25°C zu berechnen.

$$\begin{aligned} V_{T1} &= (6,2 \text{ mV/}^\circ\text{C} \cdot T) + 395 \text{ mV} \\ &= (6,2 \text{ mV/}^\circ\text{C} \cdot 25^\circ\text{C}) + 395 \text{ mV} \\ &= 550 \text{ mV} \end{aligned}$$

Da das Miniatur-Thermostatmodul entweder zum Heizen oder zum Kühlen eingesetzt wird, ist der Spannungsteiler R 5 bis R 7 nur für die jeweils genutzte Schaltschwelle ( $V_{T1}$  oder  $V_{T2}$ ) genau zu berechnen. Die Spannung am zweiten, nicht genutzten Komparatoreingang kann vernachlässigt werden, sofern diese zwischen 0 V und der Referenzspannung liegt.

Betrachten wir zuerst anhand unseres Beispiels den Heizbetrieb, für den an R 7 eine Spannung von 550 mV abfallen muß. Ausgehend von 50 µA Spannungsteilerstrom (Last  $U_{ref}$ ) ist die Berechnung sehr einfach:

$$R 7 = \frac{V_{T1}}{50 \mu\text{A}} = \frac{550 \text{ mV}}{50 \mu\text{A}} = 11 \text{ k}\Omega$$

Da ein 11kΩ-Widerstand nicht in die Normreihe paßt, nehmen wir den nächsten Normwert, also 10 kΩ oder 12 kΩ. Um möglichst genau den gewünschten Spannungsabfall an R 7 einzustellen, ist dann bei 10 kΩ der Strom durch den Spannungsteiler, der keinesfalls genau 50 µA betragen muß, zu erhöhen, während bei 12 kΩ ein entsprechend geringerer Strom durch R 7 fließen muß. Ausgehend von 10 kΩ ist folgender Strom erforderlich:

$$I = \frac{V_{T1}}{10 \text{ k}\Omega} = \frac{550 \text{ mV}}{10 \text{ k}\Omega} = 55 \mu\text{A}$$

An der Reihenschaltung aus R 5 und R 6 haben wir dann einen Spannungsabfall, der der Differenz von  $U_{ref}$  und  $U_{R7}$  entspricht.

$$U_{R5, R6} = U_{ref} - U_{R7} = 1,25 \text{ V} - 550 \text{ mV} = 0,7 \text{ V}$$

Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung aus R 5 und R 6 beträgt nun:

$$R 5 + R 6 = \frac{U_{R5, R6}}{I} = \frac{0,7 \text{ V}}{55 \mu\text{A}} = 12,73 \text{ k}\Omega$$

len) mit der fallenden Flanke des Out2-Signals ( $V_{T2}$ ) ein Kühlgerät eingeschaltet und mit der fallenden Flanke des Out1-Signals ( $V_{T1} - 5^\circ\text{C}$ ) wieder ausgeschaltet werden.

Analog ist im unteren Beispiel die steigende Flanke des  $V_{T1}$ -Signals zum Einschalten und die steigende Flanke des Out2-Signals zum Ausschalten eines Heizgerätes zu nutzen.

Nach der soweit durchgeführten theoretischen Betrachtung kommen wir nun zu unserem kleinen Schaltungsbeispiel, das inklusive potentialfreiem Relaisausgang auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen 25,5 x 25,5 mm Platz findet.

## Schaltung

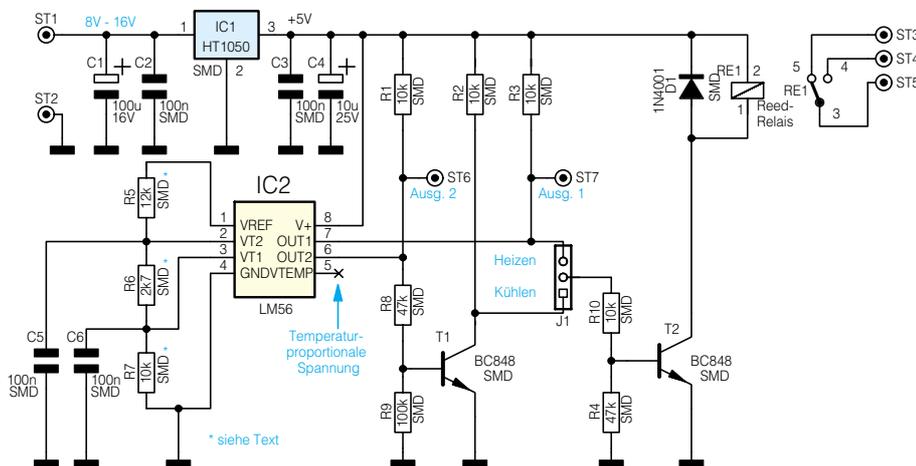
Die mit wenig Aufwand realisierte Schaltung unseres Miniatur-Thermostaten ist in Abbildung 3 zu sehen. Das Modul ist mit

einem potentialfreien Relais-Schaltausgang (Öffner oder Schließer) ausgestattet und kann wahlweise zum Kühlen oder Heizen genutzt werden. Die erforderliche Betriebsspannung der Schaltung darf zwischen 8 V und 16 V DC liegen.

Durch Dimensionierung der Widerstände R 5 bis R 7 sind die gewünschten Schaltschwellen programmierbar. Gleichzeitig stellt der Spannungsteiler die Last für die Referenzspannung dar, die etwa 50 µA betragen sollte. Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung aus R 5 bis R 7 muß somit ungefähr 25 kΩ ergeben.

In unserem Berechnungsbeispiel soll nun der Ausgang 2 (Pin 7) bei Erreichen von 40°C ein Kühlgerät und in einem weiteren Beispiel der Ausgang 1 (Pin 6) bei Unterschreiten von 20°C ein Heizgerät aktivieren. In beiden Fällen wollen wir die fest vorgegebene Hysterese von 5°C nutzen.

Im ersten Schritt werden nun die Span-



**Bild 3: Schaltbild des Thermostat-Moduls**

**Stückliste:  
Low-Power-Thermostat-  
modul**

**Widerstände:**

- 2,7kΩ SMD ..... R6\*
- 10kΩ SMD .... R1, R2, R3, R7\*, R10
- 12kΩ SMD ..... R5\*
- 47kΩ SMD ..... R4, R8
- 100kΩ SMD ..... R9

**Kondensatoren:**

- 100nF SMD ..... C2, C3, C5, C6
- 10µF/25V ..... C4
- 100µF/16V ..... C1

**Halbleiter:**

- 1N4001 SMD ..... D1
- BC848 SMD ..... T1, T2
- HT1050 SMD ..... IC1
- LM56 SMD ..... IC2

**Sonstiges:**

- Reed-Relais, 5V, 1xum ..... RE1
- Lötstift mit Lötöse ..... ST1 - ST7
- Stiftleiste, Irehig, 3polig ..... J1
- 1 Jumper

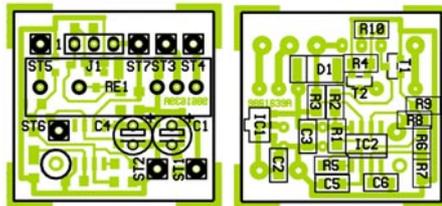
\* siehe Text

Wie bereits erwähnt wird im Heizbetrieb der Ausgang 2 nicht genutzt, so daß die Spannung an  $V_{T1}$  keine Rolle spielt. Um möglichst genau auf 12,73 kΩ zu kommen, wählen wir für R 5 und R 6 aus der Normreihe z. B. einen 10 kΩ und einen 2,7kΩ-Widerstand, wobei die Zuordnung der Werte zu den beiden Widerständen keine Rolle spielt.

Im zweiten Anwendungsbeispiel, dem Kühlbetrieb, ist die Spannung an  $V_{T2}$  zur Einstellung der korrekten Schaltschwelle ausschlaggebend, während die Spannung an  $V_{T1}$  jeden beliebigen Wert zwischen 0 und  $U_{ref}$  annehmen darf.



**Ansicht der fertig bestückten Platine des Mini-Thermostat-Moduls von der Löt- und Bestückungsseite mit zugehörigem Bestückungsdruck (unten)**



Bleiben wir bei unserem Beispiel von 40°C, so muß an der Reihenschaltung aus R 6 und R 7 eine Spannung von 643 mV abfallen. Der Spannungsabfall an R 5 beträgt dann:

$$U_{R5} = U_{ref} - (U_{R6} + U_{R7}) = 1,25 \text{ V} - 643 \text{ mV} = 607 \text{ mV}$$

Die Referenzspannung soll wieder mit 50 µA belastet werden, so daß R 5 einfach zu berechnen ist:

$$R 5 = \frac{U_{R5}}{I} = \frac{607 \text{ mV}}{50 \mu\text{A}} = 12,86 \text{ k}\Omega$$

Der nächste Normwert ist 12 kΩ, so daß für eine möglichst genaue Spannungseinstellung der Strom zu berechnen ist.

$$I = \frac{U_{R5}}{R 5} = \frac{607 \text{ mV}}{12 \text{ k}\Omega} = 50,6 \mu\text{A}$$

Jetzt fehlen nur noch die Werte für R 6 und R 7, an denen bei 50,6 µA ein Spannungsabfall von 643 mV entstehen muß.

$$R6 + R7 = \frac{V_{T2}}{I} = \frac{643 \text{ mV}}{50,6 \mu\text{A}} = 12,7 \text{ k}\Omega$$

Auch hier passen die Werte 10 kΩ und 2,7 kΩ aus der Normreihe.

Durch Verändern der drei Widerstände R 5 bis R 7 können die Temperaturschwellen an nahezu jede Temperatur zwischen -40 °C und +125 °C angepaßt werden. Wie das Beispiel gezeigt hat, ist die Berechnung einfach.

An Pin 6 und Pin 7 stehen beim LM 56 zwei Open-Kollektor-Transistorausgänge zur Verfügung, die jeweils mit einem 10kΩ-Pull-Up-Widerstand (R 1, R 3) beschaltet sind. Zusätzlich erfolgt mit T 1 eine Invertierung des an Pin 6 (Out 2) anstehenden Ausgangssignals, so daß grundsätzlich das Relais im aktiven Zustand anzieht.

Mit Hilfe der Stiftleiste J 1 und einer Kodierbrücke erfolgt die Auswahl zwischen Heiz- und Kühlbetrieb. Im Kollektorkreis des Transistors T 2 liegt die Spule des Ausgangsrelais mit Freilaufdiode D 1. Das Relais hat einen Umschaltkontakt, so daß wahlweise ein Öffner oder Schließer genutzt werden kann.

Für Anwendungen bei denen beide Schaltschwellen benötigt werden, stehen die Platinenanschlüßpunkte ST 6 und ST 7 zur Verfügung. In diesem Anwendungsfall sind die Widerstände R 5 bis R 7 so zu berechnen, daß an beiden Komparatoreingängen (Pin 2, Pin 3) die gewünschten Spannungen anstehen.

Zur Stromversorgung der Schaltung kann eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 8 V und 16 V dienen, die mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 anzuschließen ist. Nach der ersten Pufferung mit C 1 nimmt der Festspan-

nungsregler IC 1 eine Sabilisierung der Betriebsspannung auf 5 V vor. Während C 4 in erster Linie zur Schwingneigungsunterdrückung des Reglers dient, unterdrücken die Keramik-Kondensatoren C 2 und C 3 hochfrequente Störeinflüsse auf die Schaltung.

**Nachbau**

Eine Mischbestückung aus SMD- und konventionellen, bedrahteten Bauelementen ermöglicht bei unserem Thermostatmodul die bestmögliche Platzausnutzung. Die Abmessungen der Leiterplatte betragen nur 25,5 x 25,5 mm, so daß der Einbau in vielen unterschiedlichen Anwendungen möglich ist.

Aufgrund der winzigen SMD-Bauelemente erfordert der praktische Aufbau allerdings etwas Lötferfahrung.

Das wichtigste Spezialwerkzeug ist ein LötKolben mit dünner SMD-Lötspitze und eine Pinzette zum sicheren Fassen der Miniaturbauelemente. Für den Lötvorgang empfiehlt sich dünnes SMD-Lötzinn mit ca. 0,6 mm Durchmesser. Des weiteren kann eine Lupenleuchte das Arbeiten erheblich erleichtern.

Die Bestückung beginnt auf der SMD-Seite mit dem Auflöten des ICs. Dazu wird ein LötPad der Leiterplatte leicht vorverzinnt und danach das Bauteil mit der Pinzette exakt plaziert und am vorverzinnten LötPad angelötet. Wenn die Position des ICs exakt stimmt, sind die weiteren Anschlüsse zu verlöten.

Danach werden der Spannungsregler des Typs HT10 50 und die beiden SMD-Transistoren in der gleichen Weise verarbeitet, d. h. zuerst ein LötPad vorverzinnt, dann das Bauteil positioniert und verlötet.

Die SMD-Widerstände sind mit einem Aufdruck gekennzeichnet, wobei die letzte Ziffer die Anzahl der Nullen angibt.

Als dann sind die beiden nicht gekennzeichneten 100nF-Abblock-Kondensatoren aufzulöten. Danach fehlt auf der SMD-Seite nur noch die Diode D 1, die an der Katodenseite durch einen Ring gekennzeichnet ist.

Von den konventionellen Bauelementen wird zuerst das Reed-Relais bestückt und sorgfältig verlötet.

Es folgen die Stiftleiste J 1 und die sieben Lötstifte mit Öse.

Die beiden Elektrolyt-Kondensatoren C 1 und C 3 sind üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet und unbedingt polaritätsrichtig zu bestücken.

Je nach individuellem Einsatzfall ist der Kodierstecker J 1 in die Position „Heizen“ oder „Kühlen“ auf die Stiftleiste zu stecken. Dem Einsatz dieses vielseitig nutzbaren Moduls steht nun nichts mehr entgegen.

