

VALVO

brief

BAUELEMENTE FÜR DIE GESAMTE ELEKTRONIK

15. OKTOBER 1973

Einfacher Thermostat

Im folgenden wird ein einfacher, ohne mechanische Kontakte arbeitender Thermostat beschrieben, dessen Temperaturkammer aus einer Bohrung besteht, die sich in einem Metallklotz aus Kupfer oder Aluminium befindet. Der Thermostat kann kleine elektronische Bauelemente, z. B. Quarzkristalle, aufnehmen, die bei konstanter Temperatur betrieben oder gemessen werden sollen. Die Temperatur des Metallklotzes wird bei Änderungen der Umgebungstemperatur im Bereich von 0 bis 40 °C und bei Änderungen der Versorgungsspannung im Bereich von 8 bis 16 V mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ K konstant gehalten.

Schaltungsbeschreibung

Die Schaltung des Thermostaten zeigt Bild 1. Die Widerstände R_1 und R_2 bilden den einen, der einstellbare Widerstand R_3 und der NTC-Widerstand R_4 (Bestell-Nr. 2322 640 90004) den anderen Zweig einer Brücke. R_4 arbeitet als Temperaturfühler, der in unmittelbarer Nachbarschaft des als Heizelement arbeitenden Transistors BD 132 fest mit dem Metallklotz verbunden ist. Wählt man $R_1 = R_2$ und stellt R_3 auf den Widerstandswert ein, den R_4 bei Solltemperatur hat, dann tritt Brückengleichgewicht ein, wenn sich der Metallklotz und damit R_4 auf Solltemperatur befinden. Die Spannung zwischen den Punkten A und B, die die Differenzeingangsspannung des Operationsverstärkers TBA 221 bildet, ist in diesem Fall Null Volt.

Kleinste Abweichungen von der Solltemperatur bewirken, daß durch eine Änderung des Widerstandswertes von R_4 das Brückengleichgewicht gestört wird und zwischen den Verstärkereingängen eine Spannung auftritt. Diese hat wegen der hohen Verstärkung schon bei Werten von

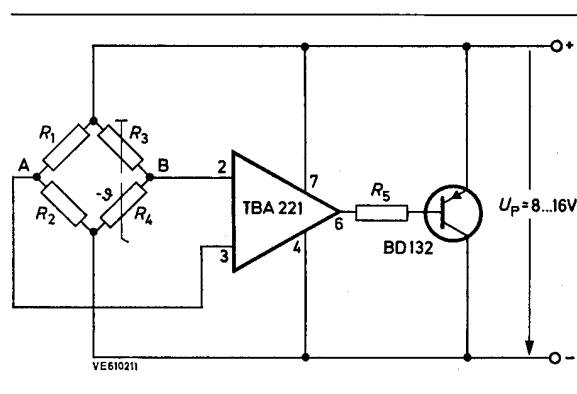


Bild 1. Schaltung des Thermostaten

weniger als 1 mV eine Übersteuerung des Verstärkers in der einen oder anderen Richtung zur Folge. Der nachfolgende Transistor BD 132 arbeitet daher praktisch im Schalterbetrieb, und sein Arbeitspunkt befindet sich wechselweise im Sperr- oder Sättigungsbereich.

Beim Einschalten des kalten Thermostaten hat der NTC-Widerstand R_4 zunächst einen relativ hohen Widerstand. Punkt B liegt daher gegenüber Punkt A auf einem positiven Potential, und die Ausgangsspannung am Anschluß 6 des Operationsverstärkers sinkt auf einen Wert von etwa +1,3 V ab. Der Transistor wird in den Sättigungsbereich gesteuert und heizt mit der entstehenden Verlustleistungswärme den Metallklotz auf. Zusammen mit dem Metallklotz erwärmt sich der NTC-Widerstand R_4 , dessen Widerstandswert dabei laufend abnimmt. Bei $R_4 = R_3$ ist der Temperatursollwert erreicht. Überschreitet die Temperatur diesen Wert geringfügig, wird also $R_4 < R_3$, dann wechselt die Polarität der Eingangsspannung zwischen den



Anschlüssen 2 und 3 des Operationsverstärkers, und der Arbeitspunkt des Transistors verschiebt sich in den Sperrbereich, womit die Heizperiode endet. Die nun einsetzende Abkühlung läßt den Wert von R_4 wieder ansteigen. Sobald die Solltemperatur unterschritten wird, beginnt die nächste Heizperiode und der geschilderte Vorgang wiederholt sich. Die Temperatur pendelt sich mit abnehmender Amplitude auf den Sollwert ein.

Der Basiswiderstand R_5 begrenzt den Basisstrom und damit die im Transistor entstehende Verlustleistung auf den zulässigen Maximalwert. Die sich entwickelnde Wärme wird zur Aufheizung des Metallklotzes benutzt. Ein zusätzlicher Heizkörper ist nicht erforderlich.

Dimensionierungshinweise

Bei der Dimensionierung der Brückenwiderstände geht man von dem als Temperaturfühler arbeitenden NTC-Widerstand R_4 aus. Dieser hat bei der für den Thermostaten vorgesehenen Temperatur, der Solltemperatur, einen bestimmten Widerstandswert, der dem in Bild 2 gezeigten Diagramm entnommen werden kann. Bei einer Temperatur von 65°C beträgt dieser Wert beispielsweise $2,7\text{ k}\Omega$. Die übrigen Brückenwiderstände R_1 , R_2 und R_3 werden nun gleich R_4 gewählt. Für R_3 ist es zweckmäßig, einen einstellbaren Widerstand zu verwenden, um die exemplarbedingten Streuungen der Widerstandswerte ausgleichen und eine genaue Einstellung der gewünschten Solltemperatur vornehmen zu können.

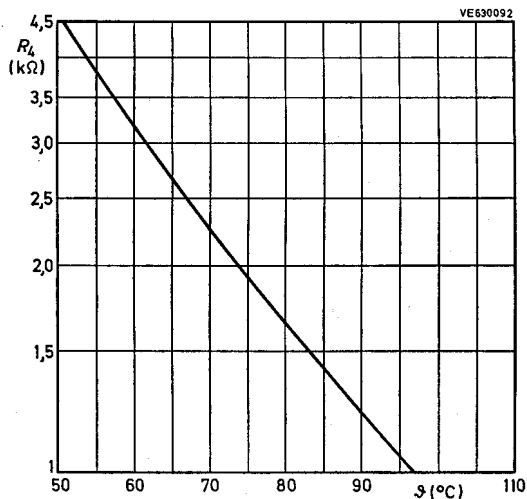


Bild 2. Abhängigkeit des Widerstandswertes von der Temperatur bei dem VALVO-NTC-Widerstand 2322 640 90004

Eine weitgehende Gleichheit aller vier Widerstandswerte ist erforderlich, um eine auch bei Temperatur- und Versorgungsspannungsänderungen wirksame Kompensation der Eingangsfehler des Operationsverstärkers erzielen zu können.

Ein weiterer Grund für die zumindest paarweise Gleichheit der Widerstände liegt darin, daß der Operationsverstärker auf einem Potential etwa in Höhe der halben Versorgungsspannung betrieben werden muß.

Der Basiswiderstand R_5 hat die Aufgabe, die im Transistor auftretende Verlustleistung zu begrenzen. Der Grenzwert P_{zul} errechnet sich aus der maximalen Sperrschichttemperatur $\vartheta_{J\max}$ des Transistors, dem Wärmewiderstand $R_{th\ G}$ zwischen Sperrschicht und Gehäuseboden, dem Übergangswiderstand $R_{th\ G/K}$ zwischen Gehäuse und Metallklotz sowie der Temperatur ϑ_S , mit der der Thermostat arbeiten soll (Solltemperatur des Metallklotzes):

$$P_{zul} = \frac{\vartheta_{J\max} - \vartheta_S}{R_{th\ G} + R_{th\ G/K}}$$

Für den Transistor BD 132 gilt:

$$\begin{aligned} \vartheta_{J\max} &= 125^\circ\text{C}, \\ R_{th\ G} &= 6\text{ K/W} \text{ und} \\ R_{th\ G/K} &= 1\text{ K/W}. \end{aligned}$$

Setzt man beispielsweise als Solltemperatur $\vartheta_S = 65^\circ\text{C}$ an, erhält man

$$P_{zul} = \frac{125^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{7\text{ K/W}} = 8,6\text{ W}.$$

Damit ist der maximale Kollektorstrom $I_{C\max}$ gegeben:

$$I_{C\max} = \frac{P_{zul}}{U_{CE\max}} \approx \frac{P_{zul}}{U_P}$$

Den maximalen Basisstrom $I_{B\max}$ erhält man über die Stromverstärkung B zu

$$I_{B\max} = \frac{I_{C\max}}{B}$$

Der Strom $I_{B\max}$ fließt, wenn der Transistor im Sättigungsbereich arbeitet. An R_5 liegt dann eine Spannung $U_{R5\max}$, die gleich ist der Versorgungsspannung U_P abzüglich der Spannung U_{BE} des Transistors ($\approx 0,7\text{ V}$) und der Sättigungsspannung des Operationsverstärkers ($\approx 1,3\text{ V}$). Es gilt also:

$$\begin{aligned} R_5 &= \frac{U_{R5\max}}{I_{B\max}} \approx \frac{(U_P - 0,7\text{ V} - 1,3\text{ V}) B}{I_{C\max}} \\ &\approx \frac{U_P (U_P - 2\text{ V}) B}{P_{zul}} \end{aligned}$$

Im vorliegenden Fall würde man, als Beispiel, mit

$$\begin{aligned} P_{zul} &= 8,6\text{ W}, \\ U_P &= 16\text{ V} \text{ und} \\ B &= 80 \end{aligned}$$

für R_5 einen Wert von

$$R_5 = \frac{16 \cdot (16 - 2) \cdot 80}{8,6} \Omega = 2080 \Omega$$

erhalten. Es wird der nächst größere Normwert $2,2\text{ k}\Omega$ gewählt.

Die Stromverstärkung B des verwendeten Transistors muß durch eine Messung ermittelt werden, da in den Datenblättern nur der untere Streuwert angegeben ist, der jedoch in diesem Fall für die Dimensionierung nicht verwendet

VALVO BRIEF
15. OKTOBER 1973
SEITE 2

werden kann. Bei einer Serienherstellung des Thermostaten ersetzt man R_5 zweckmäßigerweise durch einen einstellbaren Widerstand und gleicht auf $I_{C \max}$ ab.

Mechanische Ausführung

Bild 3 zeigt einen Schnitt durch ein Labormuster des Thermostaten. Es wurde ein Kupferwürfel mit einer Kantenlänge von 30 mm verwendet. Die Temperaturkammer bestand aus einer Bohrung mit einem Durchmesser von 10 mm. Mit Hilfe einer Messingscheibe und einer M3-Schraube wurden der NTC-Widerstand und der Transistor fest auf den Kupferklotz gepreßt. Unnötige Wärmeverluste konnten durch den Einbau der Anordnung in ein Styropor-Kästchen vermieden werden. Bei der praktischen Erprobung ergaben sich die in Bild 4 in Kurvenform dargestellten Meßergebnisse.

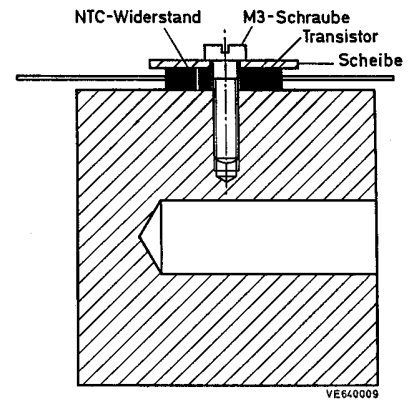


Bild 3. Schnittzeichnung des Thermostaten (Labormuster)

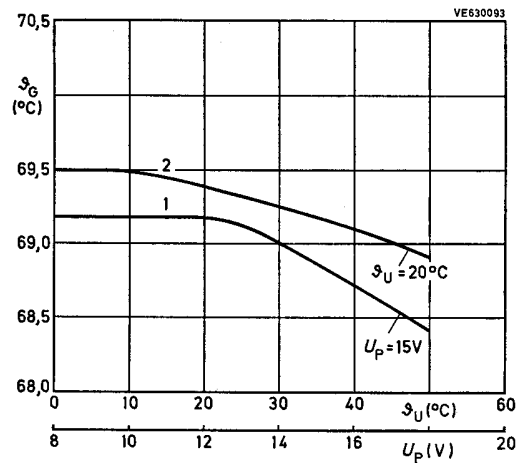


Bild 4. Abhängigkeit der Temperatur des Thermostaten von der Umgebungstemperatur (Kurve 1) und von der Versorgungsspannung (Kurve 2).

VALVO BRIEF
15. OKTOBER 1973
SEITE 4

Es wird keine Gewähr übernommen, daß die
in dieser Schrift angegebenen Schaltungen, Geräte, Maschinen,
Anlagen, Bauelemente, Baugruppen oder Verfahren
frei von Schutzrechten sind.

Ratschläge in den VALVO BRIEFEN
sind unverbindliche und keine Haftung begründende Empfehlungen.

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nicht gestattet.

Herausgeber:
VALVO GmbH
2000 Hamburg 1, Burchardstraße 19