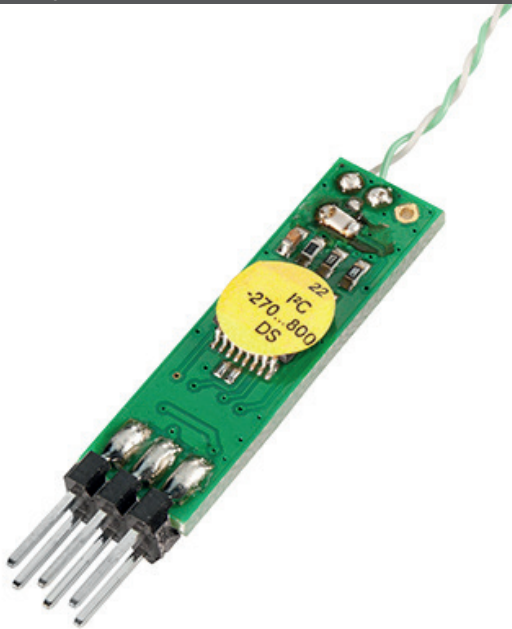


Temperatur-Modul Thermoelement mit Ausgang I²C

Beschreibung



Leistungsmerkmale

- Industrielles Temperatur-Messverfahren
- Weiter Messbereich, -270 bis +1370 °C
- Digitale I²C-Schnittstelle
- Einfache Anbindung an Mikrocontroller
- Lieferumfang mit Thermoelement, Typ K
- Kalibriert und einsatzbereit
- Miniaturisierte Abmessungen
- Optimales Preis-/Leistungsverhältnis
- Kundenspezifische Produktvarianten und OEM-Ausführungen möglich

Anwendungsgebiete

- Mikrocontroller
- Messtechnik
- CONRAD C-Control
- Kundenspezifische Produkte

Technische Daten

Thermoelement-Modul THMOD-I2C	
Messprinzip	Thermoelektrische Spannungsmessung (Seebeck-Effekt)
Signalverarbeitung	Digital im ASIC
Messbereich	Typ -300 -270 ... +300 °C Typ -800 -270 ... +800 °C Typ -1370 -270 ... +1370 °C
Temperatureinsatzbereich	-20...+80 °C (Elektronik)
Auflösung	14 bit
Temperatur-Messung Ausgleichsstelle	-32 ... +97 °C, Pt1000/B
Ansprechzeit Modul	< 30 msec.
Abmessungen Modul (LxBxH)	33 x 9 mm (ohne Stiftleiste)
Spannungsversorgung	Digital I ² C
Betriebsspannung	6...24 V DC oder 2,7...5,5 V DC
Stromaufnahme	< 6 mA
Ausführung	OEM-Modul
Anschluss	Stiftleiste, 6-polig, RM 2,54 mm
I2C-Interface	100 / 400 kHz, Adresse 0x78
CE-Konformität	2014/30/EU
EMV-Störaussendung	EN 61000-6-3:2011
EMV-Störfestigkeit	EN 61000-6-1:2007
Artikelnummer	THMOD-I2C... siehe Bestellnummernverzeichnis auf Seite 5

Eigenschaften

Thermoelemente sind in der Industrie weit verbreitet und gelten als Standardverfahren zur Messung von Temperaturen über einen weiten Messbereich. Mit preisgünstigen NiCr-Ni Thermoelementen lässt sich beispielsweise ein Temperaturbereich von -270 bis +1370 °C realisieren. Bei Verwendung von Thermoelementen in Verbindung mit einem Mikrocontroller muss die relativ geringe Thermospannung ausreichend verstärkt werden. Da Thermoelemente relativ zur Temperatur der so genannten Ausgleichsstelle messen, wird immer auch eine zusätzliche, absolute Temperaturmessung benötigt. Mit Hilfe dieses Thermoelemente-Moduls ist es mit einfachen Mitteln möglich, eine Temperaturmessung über einen weiten Messbereich mit einem Mikrocontroller zu realisieren. Das Modul übernimmt dabei sowohl die Messung der Thermospannung als auch die Bestimmung der Temperatur an der Ausgleichsstelle. Ein hoch auflösender, 14 Bit A/D-Umsetzer ist ebenfalls schon im ASIC integriert und beide Messwerte werden digital an der I2C-Schnittstelle bereit gestellt.

Der Aufwand im Mikrocontroller beschränkt sich daher auf die einfache Anwendung einer Berechnung. Da das Modul im Werk über die Thermospannung kalibriert ist, wird keine zusätzliche Kalibrierung durch den Anwender benötigt. Zur Vereinfachung der Produktentwicklung ist ein USB-I2C-Adapter inkl. PC-Software zur Anzeige und Datenaufzeichnung lieferbar. (siehe Bestellnummernübersicht)

Temperatur-Modul Thermoelement mit Ausgang I²C

Anwendungshinweise

Im Lieferumfang ist für Testzwecke ein Typ K Thermoelement enthalten, das im Bereich der Teflon-Isolation bis ca. 250°C geeignet ist. Für höhere Einsatztemperaturen muss die Isolation entfernt oder beispielsweise ein Mantel-Thermoelement eingesetzt werden.

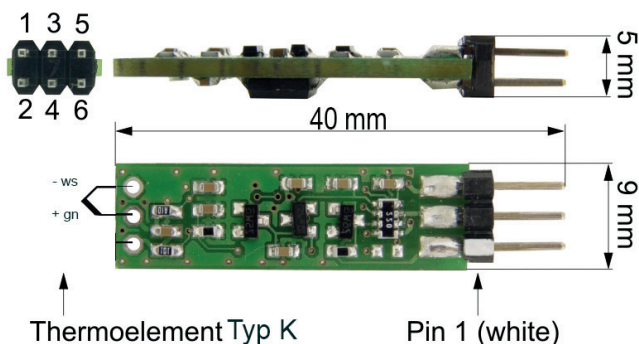
Die Betriebsspannung von 6 bis 24 V wird im Modul auf 5 V stabilisiert. Die interne 5 V Spannung dient als Bezugspegel für die digitale I²C-Kommunikation. Andere Ausführungen, z.B. mit 3,3 V oder 5 V Betriebsspannung sind als Sonderausführung möglich.

Bei Anschluss des Messfühlers über größere Strecken sollte der außerhalb des Gerätes verwendete I²C-Bus nicht auch intern benutzt werden, um Einkopplung von Störungen in die geräteinterne Kommunikation zu vermeiden. Die EMV-Richtlinien sind zu beachten, die Verwendung geschirmter Leitungen ist zu empfehlen.

Durch kurzzeitiges Unterbrechen der Betriebsspannung kann ein RESET des ASIC ausgelöst werden.

Anschlussbelegung des Steckers

Pin	Bezeichnung	Funktion
1 (white)	VDD	Betriebsspannung 6 ... 24 V
2	GND	Masse
3	SDA	Serielle Daten I ² C
4	SCL	Serieller Takt I ² C
5	---	unbelegt
6	---	unbelegt



I²C-Interface

Die Kommunikation entspricht dem I²C Protokoll. Die Adresse des Bausteins ist default 0x78, unter dieser Adresse ist der Baustein immer anzusprechen. Zusätzlich kann bei der Konfiguration im Werk eine zweite Adresse programmiert werden, unter welcher der Sensor angesprochen werden kann.

Ab der Adresse 0x78 können 4 Bytes gelesen werden. Es gilt folgende Zuordnung

Daten

0x78	Byte_0	MSB Thermospannung
	Byte_1	LSB Thermospannung
	Byte_2	MSB Ausgleichstellen-Temperatur
	Byte_3	LSB Ausgleichstellen-Temperatur

Skalierung der Messwerte

Byte 0 und 1 repräsentieren die Thermospannung und Byte 2 und 3 die Ausgleichsstellen-Temperatur. Sowohl die Thermospannung als auch die Ausgleichsstellen-Temperatur werden als 15 Bit Wert (Bit 0 - 14) übertragen. Das höchstwertige Bit (Bit 15, MSB) ist immer 0 und wird im Fall eines internen Fehlers auf 1 gesetzt.

Bei den Messwerten gilt folgende Skalierung:

Thermospannung	Typ -300
Numerischer Wert über I ² C Interface	0x 0000 ... 7FFF
Physikalischer Wert	dec. 0 ... 32767
Messbereich	-12,500 ... 20,268 mV
Auflösung	32,768 mV
	2 µV

Thermospannung	Typ -800
Numerischer Wert über I ² C Interface	0x 0000 ... 7FFF
Physikalischer Wert	dec. 0 ... 32768
Messbereich	-12,500 ... 53,036 mV
Auflösung	65,536 mV
	4 µV

Temperatur-Modul Thermoelement mit Ausgang I²C

Thermospannung	Typ -1360
Numerischer Wert über I2C Interface	0x 0000 ... 7FFF dec. 0 ... 32767
Physikalischer Wert	-12,500 ... 85,804 mV
Messbereich	98,304 mV
Auflösung	6 µV

Temperaturkanal	alle Ausführungen
Numerischer Wert über I2C Interface	0x 0000 ... 7FFF dec. 0 ... 32767
Physikalischer Wert	-32 ... 96 °C
Skalierung	T (°C)=V / 256 - 32

Bestimmung der Temperatur

Die Module sind universell zu verwenden und sind prinzipiell für alle Thermoelemente geeignet. Das mitgelieferte Thermoelement ist ein Typ K mit der Materialpaarung NiCr-Ni. Die folgenden Beispiele beziehen sich auf das Modul -T1 und das mitgelieferte Thermoelement. Der Anschluss des Thermoelements muss mit der richtigen Polarität erfolgen, ansonsten wird die Temperatur falsch gemessen. Der von den jeweiligen Modul-Varianten nutzbare Spannungsbereich ist so gewählt, dass sich der spezifizierte Temperatur-Messbereich sowohl mit Fe-CuNi Thermoelementen (Typ J), als auch mit NiCr-Ni Thermoelementen (Typ K) realisieren lässt. Da NiCr-Ni Thermoelemente eine geringere Seebeck-Spannung als Fe-CuNi (Typ J) Elemente aufweisen, ist der Messbereich mit NiCr-Ni Elementen größer, bei etwas geringerer Temperatur-Auflösung. Somit kann z.B. das Modul Typ-800 bei Verwendung von NiCr-Ni Elementen bis ca. 1200 °C eingesetzt werden. Der erste Kanal misst die Thermospannung. Die Skalierung ist so gewählt, dass 16 bit Integer-Arithmetik genutzt werden kann, um die Berechnungen und Tabelleninterpolationen auszuführen. Die Skalierung des Messwerts ist vom verwendeten Modul abhängig und linear zur Thermospannung. Der zweite Kanal misst die absolute Temperatur an der Ausgleichsstelle mittels eines Pt1000 Widerstandssensors. Die Skalierung ist auf die Integer-Verarbeitung im Mikrocontroller optimiert und linear zur Temperatur. Die zu messende Temperatur muss rechnerisch bestimmt werden, indem die beiden Kanäle miteinander verrechnet werden: Zuerst wird die Thermospannung gemessen, indem über den I2C-Bus an Adresse 0x78 die ersten zwei Byte gelesen werden. Das erste Byte ist das MSB, das zweite Byte das LSB. Das oberste Bit dient zur Fehlererkennung und wird nicht in die Berechnung einbezogen. Danach wird die Temperatur an der Ausgleichsstelle bestimmt, indem das zweite und dritte Byte gelesen werden. Das zweite Byte ist das MSB, das dritte Byte das LSB. Das oberste Bit dient zur Fehlererkennung und wird maskiert. Der Wert entspricht der Temperatur in 1/256 °C, wobei der Nullpunkt bei -32 °C liegt. Entsprechend der gemessenen Temperatur an der Ausgleichsstelle wird in Abhängigkeit von dem verwendeten Thermo-

ment ein Korrekturwert gebildet (für Typ K siehe Tabelle 1, rechte 3 Spalten). Danach wird der Korrekturwert zum numerischen Wert der Thermospannung addiert, womit die Temperatur an der Ausgleichsstelle quasi als Thermospannung auf die gemessene Thermospannung vorzeichenrichtig addiert wird. Mit dem Zwischenergebnis wird über Tabelle 2 die Temperatur der Messstelle durch Interpolation ermittelt.

Beispiel: Es handelt sich um ein Modul -300 mit NiCr-Ni Thermoelement (Typ K). Es werden 4 Byte I2C-Daten an Adresse 0x78 in HEX gelesen:

60 85 3E 00

Die Thermospannung (0x6085, dec 24709) beträgt 12,209 mV. Der Temperaturwert der Ausgleichsstelle (0x3E00, dec 15872), ergibt den Temperaturwert 30,0 °C (siehe Tabelle 1). Zu dieser Temperatur und zum Modul -300 beträgt der Korrekturwert 1203 digits. Addiert zum numerischen Wert der Thermospannung ergibt sich 25912 digits Thermospannung. Mit diesem Wert wird nun in der Tabelle 2 interpoliert und es ergibt sich der Messwert 330 °C an der Messstelle.

Korrekturwerte der Ausgleichsstelle

Digit	Temp.	mV	-300	-800	-1360
512	-30	-1,156	-1156	-578	-385
3072	-20	-0,778	-778	-389	-259
5632	-10	-0,392	-392	-196	-131
8192	0	0	0	0	0
10752	10	0,397	397	199	132
13312	20	0,798	798	399	266
15872	30	1,203	1203	602	401
18432	40	1,612	1612	806	537
20992	50	2,023	2023	1012	674
23552	60	2,436	2436	1218	812
26112	70	2,851	2851	1426	950
28672	80	3,267	3267	1634	1089
31232	90	3,682	3682	1841	1227

BEDIENUNGSANLEITUNG

Temperatur-Modul Thermoelement mit Ausgang I²C

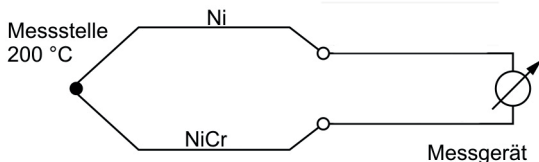
Skalierung der Thermospannung (Typ K)

Temp.	mV	-300	-800	-1360
-200	-5,891	6609	3305	2203
-100	-3,554	8946	4473	2982
-50	-1,889	10611	5306	3537
0	0	12500	6250	4167
50	2,023	14523	7262	4841
100	4,096	16596	8298	5532
200	8,138	20638	10319	6879
300	12,209	24709	12355	8236
400	16,397	28897	14449	9632
500	20,644	-	16572	11048
600	24,905	-	18703	12468
700	29,129	-	20815	13876
800	33,275	-	22888	15258
900	37,327	-	24913	16609
1000	41,276	-	26888	17925
1100	45,119	-	28810	19206
1200	48,838	-	30669	20446
1300	52,410	-	32455	21637
1370	54,819	-	-	22440

Der Thermoelektrische Effekt

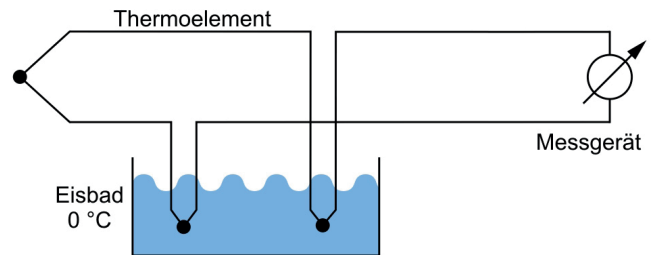
Die Temperaturmessung mittels Thermoelementen basiert auf dem Seebeck-Effekt: An der Berührungsstelle von zwei verschiedenen Metallen entsteht eine temperaturabhängige Kontaktspannung.

Ein Thermoelement oder Thermopaar besteht demnach aus zwei punktförmig miteinander verschweißten Drähten aus verschiedenen Metallen oder Metalllegierungen. Wird diese Kontaktstelle erwärmt, so kann an den Enden eine Spannung gemessen werden.



In der Praxis ist es nun aber nicht möglich, nur ein Thermopaar in einem Stromkreis zu haben. Es muss mindestens eine weitere Stelle geben, an der die Enden zusammengeführt sind oder an ein anderes Metall, z.B. die Kupferspule eines Drehspul-Instruments übergeht. Es sind somit weitere Thermopaare vorhanden, von denen sich die einzelnen Thermospannungen im Stromkreis addieren. In der Summe wird letztlich die Summe aller Thermospannen am Messgerät gemessen. Sorgt man nun dafür, dass der Übergang

am Kupfer des Messwerks an einer Stelle erfolgt, von der die Temperatur bekannt ist, so kann anhand der Temperatur der „Ausgleichsstelle“ und der Thermospannung die Temperatur am Thermoelement bestimmt werden. In Laboranwendungen kann die Ausgleichsstelle in Eiswasser temperiert werden. Damit entspricht die gemessene Thermospannung der Seebeck-Spannung des eingesetzten Thermoelements.



In der Regel wird die Ausgleichsstellen-Temperatur mittels eines absolut messenden Verfahrens bestimmt, beispielsweise mit einem Pt1000. Damit ist es möglich, die Temperatur der Ausgleichsstelle rechnerisch zu kompensieren. Der Anschluss von Thermoelementen erfolgt in der Praxis über Ausgleichsleitungen, die entweder aus dem gleichen Material bestehen oder, bei teuren Edelmetall-Elementen, aus einer Legierung die gleiche thermische Daten besitzt. Die Verlängerung erfolgt dann in der Regel bis zur Ausgleichsstelle, an der dann wieder über eine absolute Temperaturmessung die Temperatur kompensiert wird.

Nach der DIN IEC 584-1 (DIN EN 60 584-1) sind folgende Thermopaare genormt

Kennbuchstabe	Bezeichnung	Messbereich in °C	Thermospannung in µV
E	NiCr-CuNi	-200...+1000	-8825...+76373
J	Fe-CuNi	-210...+1200	-8095...+69553
K	NiCr-Ni	-200...+1372	-5891...+54886
N	NiCrSi-NiSi	-200...+1300	-3990...+47513
T	Cu-CuNi	-200...+400	-5603...+20872

Nicht-Edelmetall-Thermoelemente

Kennbuchstabe	Bezeichnung	Messbereich in °C	Thermospannung in µV
S	Pt10%Rh-Pt	-50...+1768	-235...+18694
R	Pt13%Rh-Pt	-50...+1768	-226...+21103
B	Pt30%Rh-Pt6%Rh	+250...+1820	-291...+13820

Edelmetall-Thermoelemente

Temperatur-Modul Thermoelement mit Ausgang I²C

Die jeweiligen Elemente sind aufgrund unterschiedlicher Legierungen nicht untereinander kompatibel. Die Elemente liefern verschiedene Thermospannungen. Das am häufigsten eingesetzte Thermoelement ist der Typ „K“, das aus der Metalllegierung NiCr-Ni gefertigt wird. Der Einsatztemperaturbereich dieses Typs reicht bis 1200 °C. Thermoelemente bestehen letztlich nur aus einem gekreuzten, verschweißten Leiterpaar, das beispielsweise aus dünnen Drähten hergestellt werden kann. Aufgrund der geringen thermischen Masse ist das Ansprechverhalten extrem schnell.

Bestellnummernverzeichnis

Thermoelement Modul, Lieferumfang: Modul + Thermoelement Typ K	Artikelnummer
Typ -300; -270...+300 °C	THMOD-I2C-300
Typ -800; -270...+800 °C	THMOD-I2C-800
Typ -1370; -270...+1370 °C	THMOD-I2C-1370

Zubehör	Artikelnummer
USB-I ² C-Anschlussadapter	USB-I2C-KAB
Adapterkabel	0554 9022

Lieferumfang siehe Bild unten

Grenzabweichung

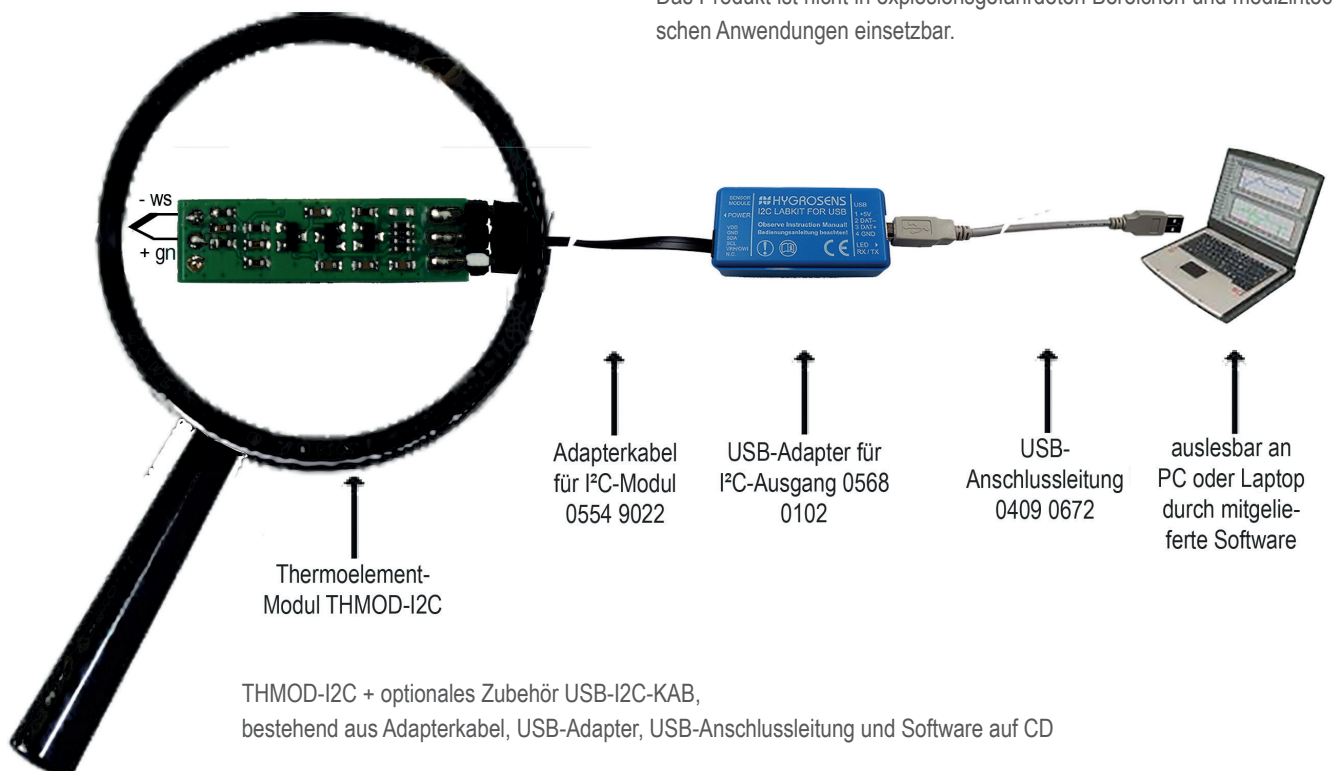
Nach der IEC 584 sind drei Toleranzklassen definiert, die für Thermopaare mit einem Durchmesser von 0,25 bis 3 mm im Auslieferungszustand gelten. Für die Toleranzen der einzelnen Thermopaare ziehen Sie bitte das jeweilige Datenblatt für das Thermoelement heran.

Je nach Material und Einsatztemperatur unterliegen die Thermoelementen einer gewissen Alterung durch Diffusion von Fremdstoffen. Der Verlauf der Thermospannung über die Temperatur ist nicht linear und muss von der Folgeelektronik oder per Software korrigiert werden. Die Elektronik übernimmt in der Regel auch die Messung und Kompensation der Ausgleichsspannung. Die mechanische Ausführung von Thermoelementen ist sehr vielfältig. Eine besondere Stellung nehmen die Mantel-Thermoelemente ein. Die Thermodrähte sind in einer Kompaktisolation aus Magnesiumoxid eingebettet und mit einem Mantel aus Edelstahl oder Inconel (Nickellegierung) umgeben. Mantel-Thermoelemente sind hermetisch dicht, biegsam und mechanisch sehr beständig. Die Kompaktisolation fixiert die Drähte völlig, so dass interne Kurzschlüsse praktisch ausgeschlossen sind.

Achtung

Extreme mechanische und unsachgemäße Beanspruchung sind unbedingt zu vermeiden.

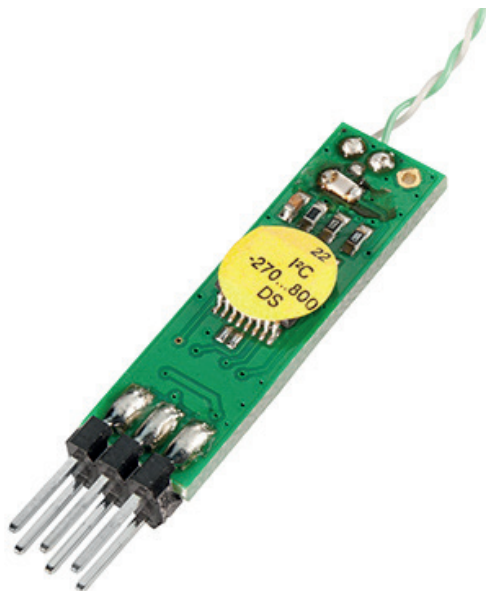
Das Produkt ist nicht in explosionsgefährdeten Bereichen und medizintechnischen Anwendungen einsetzbar.



THMOD-I2C + optionales Zubehör USB-I2C-KAB, bestehend aus Adapterkabel, USB-Adapter, USB-Anschlussleitung und Software auf CD

Thermocouple module with I²C output

Description



Characteristic features

- Industrial temperature measuring method
- Wide measuring range, -270...+1370 °C
- Digital I²C-interface
- Simple integration to micro-controller
- Scope of supply with thermocouple, Type K
- Calibrated and ready-to-use
- Miniaturised dimensions
- Optimum price performance ratio
- Customer specific product variants and OEM-models possible

Areas of application

- Micro-controller
- Instrumentation
- CONRAD C-Control
- Customer specific products

Technical data

Thermocouple module THMOD-I ² C	
Measuring principle	Thermoelectric voltage measurements (Seebeck-Effect)
Signal processing	Digital in ASIC
Measuring range	type -300 -270...+300 °C type -800 -270...+800 °C type -1370 -270...+1370 °C
Operatuin cinditions	-20...+80 °C (electronics)
Resolution	14 bit
Temperature measurement-connection point	-32...+97 °C, Pt1000/B
Module response time	< 30 msec.
Dimensions	33 x 9 mm without pin strip
Operating voltage	6...24 V DC or 2,7...5,5 V DC
Power supply	Digital I ² C
Current consumption	< 6 mA
Model	OEM-Module
Connection	Pin strip, 6-pin, RM 2.54 mm
I ² C-Interface	100 / 400 kHz, Adress 0x78
CE-conformance	2014/30/EU
EMV-noise emission	EN 61000-6-3:2011
EMV-noise withstanding	EN 61000-6-1:2007
Article no.	THMOD-I2C.... see ordering numbers on page 5

Features

Thermocouples are very widely used in industry and are considered as the standard method for measurement of temperatures over a wide measuring range. For example, with cheap NiCr-Ni thermocouples, a temperature range of -270...+1370 °C can be realised.

While using a thermocouple in combination with a micro-controller, the relatively low thermovoltage should be properly amplified. Since thermocouple measures relatively the thermoelectric voltage of the second pole, additionally absolute temperature measurement is also always required.

With the help of this thermocouple module, simple method is possible to realise a temperature measurement over a wide measuring range with a micro-controller. The module takes care of both the measurement of thermovoltage as well as determination of temperature at the connection point. A high resolution, 14 Bit A/D-converter is also already integrated in the ASIC and both measurements are made available at the I²C-interface.

Therefore, the processing in the micro-controller is limited to simple application of a calculation. Since the module is calibrated ex factory over thermo voltage, no additional calibration is required by the user.

To simplify the product-development, an USB-I²C-Adapter incl. PC-Software is available for the display and data recording. (see order numbers).

Thermocouple module with I²C output

Application notes

In the scope of supply, a thermocouple type K is included for test purposes, which is suitable in the range of Teflon insulation up to approx. 250 °C. For higher application temperatures, the insulation must be removed or for example, a metal sheathed thermocouple should be used.

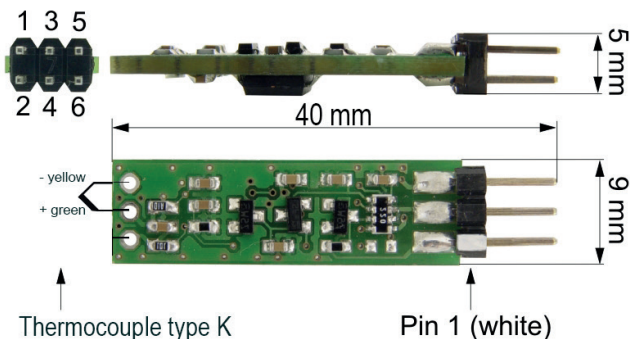
The operating voltage of 6 to 24 V is stabilised in the module to 5 V. The internal voltage of 5 V also serves as the reference level for the digital I²C-communication. Other options, for example, with 3.3 V or 5 V operating voltage are also available as special models.

While connecting the measuring probes over longer routes, the I²C-Bus, which is used externally out of the device, should not be used internally, in order to avoid coupling of interferences to the device internal communication. The EMV-guidelines are to be followed and application of shielded lines are to be recommended.

By short time interruption of operating voltage, a RESET of the ASIC can be caused.

Connection layout of the plugs

Pin	Title	Function
1 (white)	VDD	Operating voltage 6 ... 24 V
2	GND	Ground
3	SDA	Serial data I ² C
4	SCL	Serial counter I ² C
5	---	not used
6	---	not used



I²C-Interface

The communication corresponds to I²C protocol. The default address of the component is 0x78 and the component can always be communicated under this address. Additionally, a second address can also be programmed during configuration ex factory, through which the sensor can be addressed.

At the address 0x78, 4 Bytes can be read. The following assignment is applicable:

Data

0x78	Byte_0	MSB Thermovoltage
	Byte_1	LSB Thermovoltage
	Byte_2	MSB Connector temperature
	Byte_3	LSB Connector temperature

Scaling of measured values

Byte 0 and 1 represent the thermovoltage and byte 2 and 3 the connector temperature. The thermovoltage and as well as the connector temperature are transmitted as a 15 bit value (bit 0 - 14). The most significant bit (bit 15) is always 0 during normal operation and in case of error, bit 15 is set to 1.

The following scaling is applied for measured values:

Thermovoltage	Typ -300
Numeric value via I ² C Interface	0x 0000...7FFF dec. 0...32767
Physical value	-12,500...20,268 mV
Measuring range	32,768 mV
Resolution	2 µV

Thermovoltage	Typ -800
Numeric value via I ² C Interface	0x 0000...7FFF dec. 0...32768
Physical value	-12,500...53,036 mV
Measuring range	65,536 mV
Resolution	4 µV

Thermocouple module with I²C output

Thermovoltage	Typ -1360
Numeric value via I ² C Interface	0x 0000...7FFF dec. 0...32767
Physical value	-12,500...85,804 mV
Measuring range	98,304 mV
Resolution	6 µV

Temperature channel	all models
Numeric value via I ² C Interface	0x 0000 ... 7FFF dec. 0... 32767
Physical value	-32...96 °C
Scaling	T (°C)=V / 256 - 32

Determination of temperature

The modules are universal to use, and in principle, suitable for all thermocouples. The included thermocouple is a K type with material-combination NiCr-Ni. The following examples refer to the module -T1 and included thermocouple. The connection of the thermocouple must be done with the correct polarity, otherwise the temperature will be measured incorrectly. From the respective module variants, the usable voltage range is so selected that the specified temperature measuring range can be realised with Fe-CuNi thermocouple (type J), as well as with NiCr-Ni thermocouples (type K). Since the NiCr-Ni thermocouples produce a lower Seebeck voltage as compared to Fe-CuNi (type J) thermocouple, the measuring range is larger with NiCr-Ni thermocouples, with somewhat lower temperature resolution. Because of this, for example, the module type-800 with application of NiCr-Ni thermocouple can be used up to approx. 1200 °C. The first channel measures the thermovoltage. The scaling is defined, that 16 bit integer arithmetic can be applied for the calculations and table interpolations. The scaling of measured values depends on the used module and is linear to thermovoltage. The second channel measures the absolute temperature at the connection point with a Pt1000 resistance thermometer. The scaling is optimised on the integer processing in the micro controller and is linear to the temperature. The temperature is to be calculated mathematically. For this purpose, both channels must be calculated together. First the thermovoltage is measured, which is read over the first two bytes at address 0x78 over the I²C-Bus. The first byte is the MSB, and the second byte is the LSB. The uppermost bit is used for error detection and is not included into the calculation. Afterwards, the temperature is determined at the connection point, for which the second and third bytes are read. The second byte is the MSB, and the third byte is the LSB. The uppermost bit is used for error detection and is masked. The value corresponds to the temperature in 1/256 °C, with offset shift of -32 °C.

Corresponding to the measured temperature at the connection point and depending upon the used thermocouple, a correction value is worked out (for

type K see table 1, right 3 columns). Then the correction value is added to the numeric value of the thermovoltage, so that the temperature at the connection point is added with correct sign quasi as thermovoltage on the measured thermovoltage.

With the intermediate results as shown in table 2, the temperature of the measuring point is determined through interpolation.

Example: This is for a Module -300 with NiCr-Ni Thermocouple (Type K). The 4 Byte I²C-Data at the address 0x78 in HEX is read like this:

60 85 3E 00

The thermovoltage (0x6085, dec 24709) is 12.209 mV. The temperature value of the connection point (0x3E00, dec 15872), results in a temperature value 30.0 °C (see table 1). For this temperature and the Module -300, the correction value is 1203 digits. Added to the numeric value of the thermo voltage results in 25912 digits thermovoltage. With this value, one can now interpolate in table 2 and the measured value comes out as 330 °C at the measuring point.

Correction value of connection point

Digit	Temp.	mV	-300	-800	-1360
512	-30	-1,156	-1156	-578	-385
3072	-20	-0,778	-778	-389	-259
5632	-10	-0,392	-392	-196	-131
8192	0	0	0	0	0
10752	10	0,397	397	199	132
13312	20	0,798	798	399	266
15872	30	1,203	1203	602	401
18432	40	1,612	1612	806	537
20992	50	2,023	2023	1012	674
23552	60	2,436	2436	1218	812
26112	70	2,851	2851	1426	950
28672	80	3,267	3267	1634	1089
31232	90	3,682	3682	1841	1227

Thermocouple module with I²C output

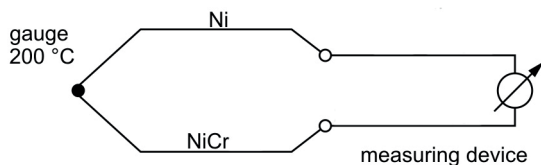
Scaling of thermo voltage (type K)

Temp.	mV	-300	-800	-1360
-200	-5,891	6609	3305	2203
-100	-3,554	8946	4473	2982
-50	-1,889	10611	5306	3537
0	0	12500	6250	4167
50	2,023	14523	7262	4841
100	4,096	16596	8298	5532
200	8,138	20638	10319	6879
300	12,209	24709	12355	8236
400	16,397	28897	14449	9632
500	20,644	-	16572	11048
600	24,905	-	18703	12468
700	29,129	-	20815	13876
800	33,275	-	22888	15258
900	37,327	-	24913	16609
1000	41,276	-	26888	17925
1100	45,119	-	28810	19206
1200	48,838	-	30669	20446
1300	52,410	-	32455	21637
1370	54,819	-	-	22440

The thermoelectric effect

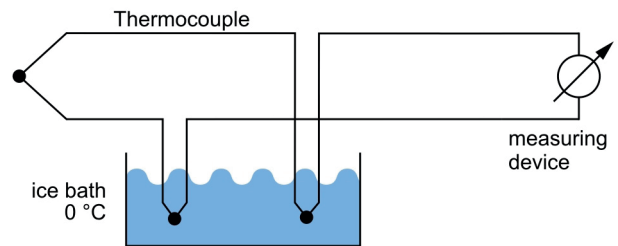
The temperature measurement with thermocouples is based on the Seebeck-Effect: At the junction point of two different metals, a temperature dependent contact voltage originates.

Therefore, a thermocouple or thermopair consists of two point shaped wires of different metals or metal alloys joined together. If this junction point is heated up, a voltage can be measured at the ends.



However, in practice, now it is not possible to have only one thermopair in a current circuit. There must be at least one more point at which the ends are brought together or another metal, e.g. a modified copper spool of moving coil instruments. It contains further thermopairs from which the individual thermo voltages are added in the current circuit. In the end, the sum is the total of all thermo voltages at the instrument. Now, if one takes care that transfer at copper of the measuring system is done at a point, for which the temperature is known, the basis of temperature of „connection point“ and thermo voltage at the temperature of the thermocouple can be determined.

In laboratory applications, the connection point can be created in ice water. In this case, the measured thermovoltage corresponds to the Seebeck-voltage of the used thermocouples.



Usually the temperature connection point is determined by means of an absolute measurement method, for example with a PT 1000. Then, it is possible to mathematically compensate the temperature of the connection point.

In practice, the connection of thermocouples is done over uniform leads, which are either of the same material or with expensive inert metal elements or from an alloy which has the same thermal data.

Then the extension is normally up to the connection point, where the temperature is again compensated over an absolute temperature measurement.

As per DIN IEC 584-1 (DIN EN 60 584-1), the following thermopairs are standardised.

Identification letter	Symbol	Measuring range in °C	Thermovoltage in µV
E	NiCr-CuNi	-200...+1000	-8825...+76373
J	Fe-CuNi	-210...+1200	-8095...+69553
K	NiCr-Ni	-200...+1372	-5891...+54886
N	NiCrSi-NiSi	-200...+1300	-3990...+47513
T	Cu-CuNi	-200...+400	-5603...+20872

Without inert metal thermocouple

Identification letter	Symbol	Measuring range in °C	Thermovoltage in µV
S	Pt10 %RH-Pt	-50...+1768	-235...+18694
R	Pt13 %RH-Pt	-50...+1768	-226...+21103
B	Pt30 %RH -Pt6 %RH	+250...+1820	-291...+13820

Inert metal thermocouple

Thermocouple module with I²C output

The respective elements are not compatible among each other because these are from different alloys. The elements deliver different thermo voltages. The most frequently used thermo medium is the type "K" that is manufactured from the NiCr-Ni metal alloy. The application temperature range of this type reaches up to 1200 °C.

Finally, thermocouples only consist of a twisted, welded conductor pair, which can be produced from thin wires as an example. Because of its low thermal mass, the response time is extremely fast.

Ordering numbers

Thermocouple module incl.	Article no.
Thermocouple, type K	
Type -300; -270...+300, °C	THMOD-I2C-300
Type -800; -270...+800 °C	THMOD-I2C-800
Type -1370; -270...+1370 °C	THMOD-I2C-1370
Accessories	
USB-I ² C-adapter incl.	USB-I2C-KAB
adapter cable	0554 9022
Scope of delivery: see picture below	

Tolerance limits

As per IEC 584, three tolerance classes are defined, which are valid for delivery condition of thermopairs with a diameter of 0.25 to 3 mm. As per material and application temperature, the thermocouples are subject to certain ageing through diffusion of foreign materials.

The characteristics of thermo voltage over the temperature is not linear and must be corrected with the subsequent electronics or software. The electronics normally also takes care of the measurement and compensation of the connection voltage.

The mechanical designs of thermocouples are very diverse. The metal sheathed thermocouples occupy a special position. The thermowires are embedded in a compact insulation of magnesium-oxide and housed in a metal sheath of stainless steel or Inconel (nickel-alloy). Metal sheath thermocouples are hermetically sealed, flexible and mechanical very robust. The compact insulation completely holds the wires so that internal short circuits are practically impossible.

Attention

Please avoid extreme mechanical and inappropriate exposure.

The device/product is not suitable for potential explosive areas and medical-technical applications.

