Best.-Nr.: 14 22 46
Version: 1.0
Stand: März 2016

2-Kanal-Temperatur-Datenlogger

Geräte-Kurzbezeichnung: TD0200

Technischer Kundendienst
Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

ELV · Technischer Kundendienst · Postfach 1000 · 26787 Leer · Germany
E-Mail: technik@elv.de
Telefon: Deutschland 0491/6008-245 · Österreich 0662/627-310 · Schweiz 061/8310-100

Häufig gestellte Fragen und aktuelle Hinweise zum Betrieb des Produktes finden Sie bei der Artikelbeschreibung im ELV-Web-Shop: www.elv.de ...at ...ch

Nutzen Sie bei Fragen auch unser ELV-Techniknetzwerk: www.netzwerk.elv.de

---

Reparaturservice
Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instand gesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag.

Bitte senden Sie Ihr Gerät an: **ELV · Reparaturservice · 26787 Leer · Germany**

ELV Elektronik AG · Maiburger Straße 29–36 · 26789 Leer · Germany
Telefon 0491/6008-88 · Telefax 0491/6008-7016 · www.elv.de

Ausdauernder Datensammler

2-Kanal-Temperatur-Datenlogger

Infos zum Bausatz
im ELV-Web-Shop
#1436

Sehr weiter Temperaturmessbereich, 260.000 Datensätze, in weitem Bereich einstellbare Erfassungsintervalle, Aufzeichnungsdauer bis 180 Tage – der neue 2-Kanal-Temperatur-Datenlogger ist ein leistungsfähiges Datenerfassungsgerät für die genaue Temperaturerfassung und -speicherung über lange Zeiträume. Eine USB-Schnittstelle macht die Auswertung, Visualisierung und Archivierung der gesammelten Daten sehr komfortabel möglich.

Vielseitig, mit Top-Ausstattung

Es ist inzwischen 12 Jahre her, dass wir mit dem T1100 (Bild 1) einen damals innovativen und sehr erfolgreichen Temperatur-Datenlogger vorgestellt haben. Der war für die damalige Zeit sehr leistungsfähig und komfortabel, außerdem hatte er bereits eine USB-Schnittstelle zum Auslesen der Daten. Im Gegensatz zu industriell gefertigten, professionellen Geräten ist solch ein (Selbstbau-)Datenlogger ein sehr preiswertes Messgerät, das auch dem Privatanwender viele Möglichkeiten, vor allem Langzeitmessungen, eröffnet, seien es Messungen im Lebensmittelbereich, in der Elektronikpraxis, an Maschinen, in der Land- und Gartenwirtschaft. Bei vielen Nutzern ist der bewährte T1100 noch heute erfolgreich im Einsatz.

Der 2-Kanal-Temperatur-Datenlogger TDO200 ist der moderne Nachfolger des T1100 – voll auf dem Stand der heutigen Technik, ebenso einfach zu handhaben, dank moderner Displaytechnik noch informativer, mit großem Speicher um ein Vielfaches länger einsetzbar, mit erweitertem Temperaturmessbereich und immer noch preiswert und im Selbstbau erstellbar.

An den wahlweise batterie- oder USB-betriebenen TDO200 können bis zu zwei K-Type-Thermoelemente zur Temperaturmessung angeschlossen werden. Eine interne, elektronische Kaltstellen-Kompensation erübrigt mühsame Abgleicharbeiten und bringt eine höhere Messgenauigkeit. Die Messungen können in einstellbaren Intervallen von 1 bis 60 Sekunden gespeichert werden. Durch den integrierten 4-Mbit-Flash-Speicher ist es möglich, mehr als 260.000 Datensätze aufzuzeichnen. Es können somit Messwerte über einen Zeitraum von bis zu 90 Tagen (zwei Kanäle) bzw. 180 Tagen (ein Kanal) erhoben werden.

Wichtiger Hinweis!
Bei der Versorgung über USB ist mit erhöhter Wärmeentwicklung im Gerät zu rechnen, wodurch die Messergebnisse der Thermoelemente verfälscht werden können.

Um einen zügigen ersten Eindruck der Messung zu erhalten, kommt ein farbiges OLED-Display zum Einsatz. So ist eine grafische Analyse der Messwerte beider Kanäle direkt am Gerät schnell und einfach möglich. So kann man z. B. sofort den Differenztemperaturverlauf beider Messkanäle kontrollieren, ohne lange Tabellen studieren zu müssen.

Durch die simple Bedienung mittels vier Tasten und einem Inkrementalgeber mit Tastfunktion ist eine einfache Navigation durch die Daten und Funktionen sichergestellt.

Nach erfolgreichem Abschluss der Messungen können die Daten über die Mini-USB-Schnittstelle an einen PC übertragen und mittels der frei erhältlichen Datenlogger-Software „LogView Studio“ grafisch und tabellarisch dargestellt respektive exportiert werden.

Abgerundet wird der TDO200 durch das überarbeitete, handliche Schiebegehäuse SG2, wodurch sich beispielsweise der Batteriewechsel deutlich vereinfacht.

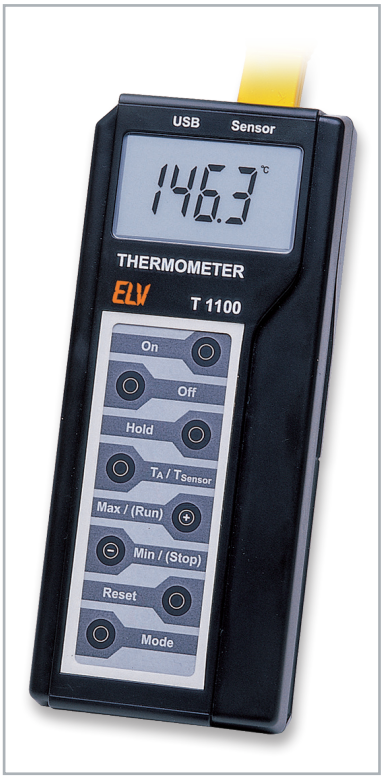


Bild 1: Erfolgreicher Vorgänger mit Geburtsjahr 2004: das Datenlogger-Thermometer mit USB-Schnittstelle T1100.

Bedienung

Beim TDO200 wurde versucht, durch den Einsatz des OLED-Displays, des Inkrementalgebers mit Tastfunktion und der vier Schnellwahltaster eine möglichst einfache und intuitive Bedienung zu ermöglichen. Nach dem Einschalten des TDO200 werden auf dem Startbildschirm (Bild 2) die aktuellen Temperaturmesswerte der Kanäle eins und zwei dargestellt, sofern die entsprechenden Thermoelemente mit dem TDO200 verbunden sind. Weiterhin werden das Datum und die Uhrzeit angezeigt. Mittels der vier Schnellwahltaster F1 bis F4, die als Softkeys fungieren, können unterschiedliche Menüs und Funktionen aufgerufen werden. Die Funktionen der Taster sind jeweils am unteren Rand des OLED-Displays abgebildet.

So wird die Darstellung der Temperaturmessung mit dem Taster F1 (LIVE) in die grafische Anzeige umgeschaltet, in der jeweils die letzten 100 Messungen der beiden Kanäle in einem Koordinatensystem aufgetragen und vergleichend dargestellt werden. In dieser Ansicht ist es ebenfalls möglich, mittels der Funktionstasten F2 (CH1) bzw. F3 (CH2)

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	TDO200			
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V (Mignon/AA) oder USB-powered			
Stromaufnahme:	max. 190 mA			
Batterielaufzeit (typ.):	Intervall	1 s	10 s	60 s
	1 Kanal	70 Tage	195 Tage	220 Tage
	2 Kanal	35 Tage	150 Tage	205 Tage
Aufzeichnungsdauer:	Intervall	1 s	10 s	60 s
	1 Kanal	3 Tage	30 Tage	180 Tage
	2 Kanal	1,5 Tage	15 Tage	90 Tage
Anzeige:	OLED-Farbdisplay mit 128 x 128 Bildpunkten, rote LED			
Bedienelemente:	4 Taster, Inkrementalgeber mit Tastfunktion			
Temperaturmessbereich:	max. -270 bis +1370 °C (abhängig vom angeschlossenen K-Type-Sensor)			
Auflösung:	0,1 °C			
Grenzabweichung:	abhängig vom angeschlossenen K-Type-Sensor, z. B. Toleranzklasse 2: min. ±2,5 °C bzw. ±0,75 % bei T > 0 °C, min. ±2,5 °C bzw. ±2,00 % bei T < 0 °C			
Gangabweichung der Echtzeituhr:	typ. < 20 ppm @ 25 °C			
Schutzart:	IP20			
Umgebungstemperatur:	5–35 °C			
Abmessungen Bausatz (B x H x T):	63 x 142 x 25 mm			
Gewicht:	192 g (inklusive Batterien), 145 g (ohne Batterien)			

den numerischen Messwert des entsprechenden Kanals anzuzeigen. Wie auch auf dem Hauptbildschirm ist es hier möglich, die Aufzeichnung der Messdaten mit dem Taster F4 (REC/STOP) zu starten bzw. zu stoppen.

Durch Betätigung des Tasters F1 (RET) kann zum Hauptbildschirm zurückgekehrt werden. Eine aktive Aufzeichnung wird durch das rote Aktivitätssymbol in der oberen rechten Ecke des OLED-Displays angezeigt. Zudem blinkt in diesem Betriebsmodus die rote LED im 10-Sekunden-Takt.

Wenn die Messungen abgeschlossen sind, können die Messdaten unter dem Schnellwahltaster „ANLYS" (F2) grafisch und statistisch analysiert werden. Die statistische Analyse bietet die Möglichkeit, das Maximum, das Minimum und den Mittelwert für die entsprechende Messreihe anzuzeigen.

Mit der grafischen Analyse (Bild 3) ist es möglich, sich die gesamte Messreihe in einem Koordinatensystem in verschiedenen Zoomstufen anzeigen zu lassen. Mit Hilfe des Inkrementalgebers können die Messdaten bequem durchgegangen werden. Mittels der Funktionstaster ist es auch hier möglich, mehrere Funktionen aufzurufen.

Nach einem Druck auf den Taster F1 (+/-) kann man durch Drehen des Inkrementalgebers die Zoom-Stufe anpassen. Im Ausgangszustand werden im Koordinatensystem 1000 Messwerte pro Kanal dargestellt. In der größten Zoomstufe (1:10) erfolgt die Darstellung von 100 Messwerten pro Kanal, was der Original-Darstellung der erhobenen Daten entspricht. Die Auflösung der y-Achse wird automatisch optimal an die Messdaten angepasst. Mit der Taste F2 (DUAL/CHAN1/CHAN2) kann man einzelne Kanäle ein- bzw. ausblenden, um sich die Daten bei Bedarf detailliert anschauen zu können.

Mit der Funktion „CUR" (F3) können die Messwerte Schritt für Schritt mit dem Inkrementalgeber als eine Art Cursor durchgegangen und zeitgleich der numerische Messwert und der Zeitpunkt relativ zum Ende der Messung angezeigt werden.

Mit „RET" (F4) erfolgt wieder der Rücksprung in das Analyse-Menü. In diesem Menü ist es auch möglich, die aufgezeichneten Messdaten zu löschen, wenn der Speicher voll ist oder die maximale Datensatzanzahl von 10 Messreihen erreicht ist.

Unter dem Menüpunkt „Exit" geht es wieder auf den Hauptbildschirm des TDO200 zurück. Auf diesem kann man ferner durch Betätigen des Tasters F3 (dOFF/d12/d21) die Differenzmessung der Kanäle CH1 und CH2 aktivieren bzw. den Bezugskanal je nach Bedarf umschalten. Der Differenzwert wird unterhalb der eigentlichen Temperaturmessung angezeigt, sofern beide Thermoelemente mit dem TDO200 verbunden sind (siehe Beispiel in Bild 2).

Ausgehend vom Hauptbildschirm oder der Live-Ansicht kann man das Hauptmenü des TDO200 (Bild 4) durch Betätigen des Tasters „Select/Menu" aufrufen. Die einzelnen Menüpunkte werden durch Drehen des Inkrementalgebers ausgewählt und durch den Taster „Select/Menu" bestätigt. Mit dem Menüpunkt „POWER OFF" erfolgt das Ausschalten des TDO200. Die einzige Komponente, die in diesem Betriebszustand aktiv bleibt, ist die Echtzeituhr-Einheit, solange die Batterien eingelegt sind. Dies hat den Vorteil, dass kein erneutes Einstellen der Uhrzeit bei einem Neustart des Gerätes erforderlich ist, die Stromaufnahme von ca. 1 µA ist dabei vernachlässigbar gering.

Ferner schaltet sich das Gerät automatisch nach 10 Minuten Inaktivität ab, sofern keine Messung gestartet wurde, damit die Batterien nicht unnötig belastet werden, falls eine ungewollte Aktivierung des TDO200 stattgefunden hat.

Die Uhrzeit sowie das Datum kann man bei Bedarf (beispielsweise nach der Erstinbetriebnahme oder nach Batteriewechsel) unter dem Punkt „SET DATE" einstellen.

Außerdem können im Hauptmenü die Parameter für die Temperaturmessungen unter „MEASURE CFG." festgelegt werden. Hier stellt man das Messintervall (Sampling-Rate: 1 Sekunde, 10 Sekunden, 1 Minute) ein. Unter „Select Sensor" wird gewählt, welcher der Sensorkanäle für die Messung verwendet werden soll (Kanal 1 und Kanal 2, nur Kanal 1 oder nur Kanal 2).

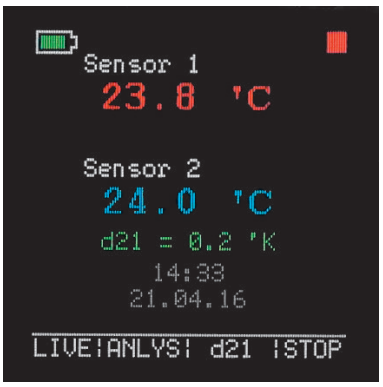


Bild 2: Der Startbildschirm des TDO200

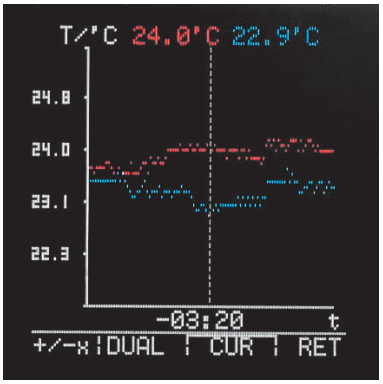


Bild 3: Die Grafikanzeige lässt den unmittelbaren Vergleich von Temperaturverläufen auf dem Display zu.

Bild 4: Das Hauptmenü des TDO200

Unter dem Menüpunkt „LCD TIMEOUT“ sind jeweils die Zeitspannen festlegbar, nach denen sich das Display im Batterie- bzw. USB-Betrieb deaktivieren soll, um Energie zu sparen.

Bei Bedarf kann man unter dem Menüpunkt „OFFSET CFG.“ individuell für jeden Kanal ein Temperatur-Offset von ±5 K voreinstellen.

Letztlich kann das Menü mit „EXIT“ wieder verlassen und zur vorherigen Ansicht zurückgekehrt werden.

Diese Einstellungen werden persistent gespeichert, sind also auch nach einem Geräteneustart oder einer Unterbrechung der Spannungszufuhr verfügbar.

Die Standardeinstellungen können durch das Ausführen eines Werksresets wiederhergestellt werden. Dazu müssen beim Einschalten des Gerätes die Funktionstasten F2 und F4 gedrückt gehalten werden, bis auf dem OLED-Display die Sicherheitsabfrage, ob der Werksreset tatsächlich durchgeführt werden soll, erscheint. Wird dies bestätigt, so werden die Standardeinstellungen wiederhergestellt und alle aufgezeichneten Messreihen werden unwiderruflich gelöscht.

Die erhobenen Messdaten können über die Mini-USB-Schnittstelle von einem PC ausgelesen werden. Für eine schnelle grafische Auswertung der Temperaturverläufe bietet sich das kostenlos zum Download erhältliche Programm „LogView Studio“ an. Darauf gehen wir später noch genauer ein.

Schaltung

Die Bilder 5 bis 8 zeigen die einzelnen Schaltungsteile des TDO200.

Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des TDO200 erfolgt wahlweise über zwei LR6/Mignon/AA-Batterien (BAT1, BAT2) oder via USB mittels der Mini-USB-Buchse BU3.

Für den normalen Betrieb des TDO200 gibt es mehrere Modi für die Spannungsversorgung:
- Gerät ist ausgeschaltet (Sleep-Modus)
- Gerät ist batterieversorgt im Messmodus
- Gerät ist batterieversorgt im aktiven Modus
- Gerät ist USB-versorgt

Im ausgeschalteten Zustand wird nur die Echtzeituhr-Einheit des Mikrocontrollers durch die Batterien mit Spannung versorgt, da die Gates der p-Kanal-MOSFETs T1 und T2 sowie des n-Kanal-MOSFETs T3 über den Widerstand R55 Massepotential annehmen. Somit muss man die Uhrzeit nach einem Neustart des TDO200 nicht neu einstellen.

In diesem Zustand wird das Gate des p-Kanal-MOSFETs T4 über den Widerstand R6 auf +UBat-Potenzial angehoben, wodurch dieser sperrt. Somit erfolgt ein Abschalten der Spannungsversorgung des Mikrocontrollers, mit Ausnahme der Echtzeituhr-Einheit.

Sobald man nun den Taster des Inkrementalgebers DR1 betätigt, liegt am Gate von T4 über den im Vergleich zu R6 niederohmigen Widerstand R8 Massepotential an. Hierdurch wird der MOSFET leitend und der Mikrocontroller mit der Batteriespannung versorgt. Da der Controller in diesem Moment seine Arbeit aufnimmt, steuert er die Basis vom Transistor T5 an, wodurch dieser leitend wird und als Selbsthaltung fungiert. Dies zieht das Gate des MOSFETs T4 auf Masse und die Batteriespannungsversorgung des Controllers ist sichergestellt.

Wenn nun zum Beispiel für das Ausführen einer Temperatur- oder Batteriespannungsmessung die geregelte 3,3-V-Versorgungsspannung benötigt wird, so kann der Mikrocontroller durch Ansteuern der Basis von Transistor T11 das Gate vom p-Kanal-MOSFET T6 auf Masse ziehen, wodurch der 5-V-Schaltregler IC4 seine Eingangsspannung erhält und eine 5-V-Spannung bereitstellt. Eine Anhebung der Spannung auf 5 V ist erforderlich, damit der 3,3-V-Linearregler sowohl bei USB- als auch bei Batterieversorgung immer vom gleichen Potential aus regeln kann.

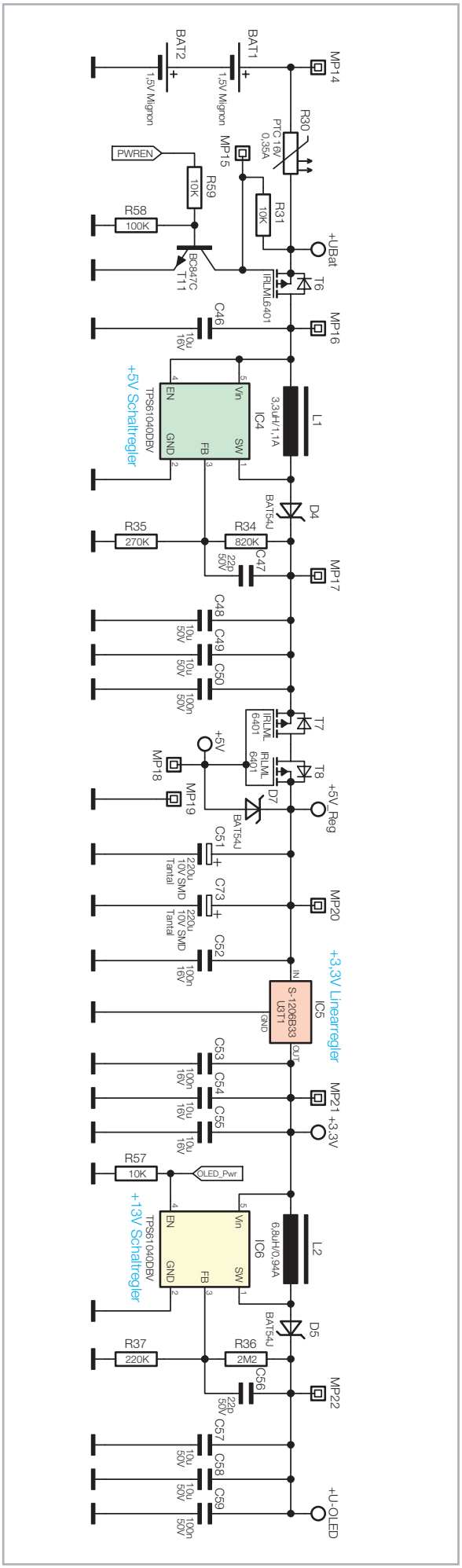


Bild 5: Die Spannungsversorgung des TDO200

Falls erforderlich, kann aus diesem Zustand heraus das Display des TDO200 zugeschaltet werden, um Informationen anzuzeigen. Hierfür muss der Controller den Enable-Pin des zweiten Schaltreglers (IC6) ansteuern, um diesen zu aktivieren und die 13-V-Spannungsversorgung für die Hintergrundbeleuchtung des OLED-Displays bereitzustellen.

Sobald man den TDO200 via USB mit Spannung versorgt, erkennt dies der Mikrocontroller über den 5-V-toleranten Eingang an Pin 45. Weiterhin sperren die beiden p-Kanal-MOSFETs T7 und T8 durch die am Gate anliegende 5-V-USB-Spannung und trennen den 5-V-Schaltregler vom weiteren Spannungspfad. Da der Mikrocontroller die anliegende USB-Spannung detektiert hat, kann dieser nun mittels des Transistors T11 den MOSFET T6 sperren. Folglich werden die Batterien nicht mehr belastet. Überdies wird der Mikrocontroller sowie die Peripherie permanent mit der geregelten 3,3-V-Spannung aus IC5 versorgt, da die USB-Versorgungsspannung über den Widerstand R5 an den Gates der MOSFETs T1 bis T3 anliegt. Folglich wird die Batteriespannung auch vom Mikrocontroller getrennt und die komplette Versorgung findet über USB statt.

Da bei der Versorgung über USB der DC/DC-Wandler IC10 zum Einsatz kommt, ist bei einer Versorgung des TDO200 mit erhöhter Wärmeentwicklung im Gerät zu rechnen, wodurch die Messergebnisse der Thermoelemente verfälscht werden können.

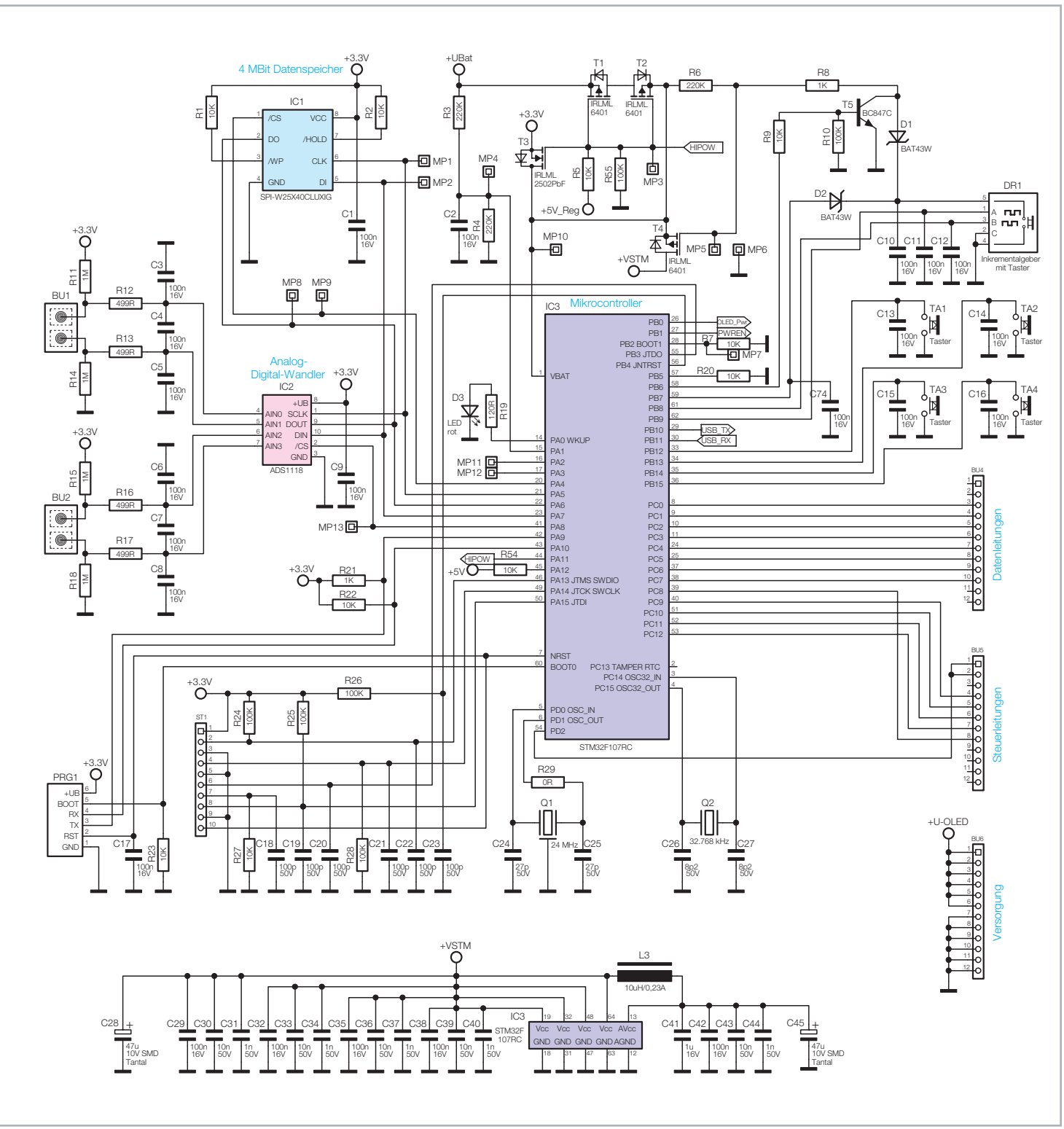


Bild 6: Das Schaltbild des TDO200 mit Mikrocontroller, ADC, Datenspeicher, Bedien- und Anzeigeelementen

Wie schon beim batteriebetriebenen Betrieb vorgestellt, schaltet der Mikrocontroller, sofern das Display aktiviert werden soll, den 13-V-Spannungsregler IC6 über den Enable-Pin zu, um die Hintergrundbeleuchtung des OLED-Displays einzuschalten.

Mikrocontroller

Der Mikrocontroller IC3 übernimmt die Steuerung und Überwachung der Schaltung. Beim TD0200 kommt hier der 32-Bit-Mikrocontroller STM32F107RC in ARM-Cortex™M3-Architektur zum Einsatz.

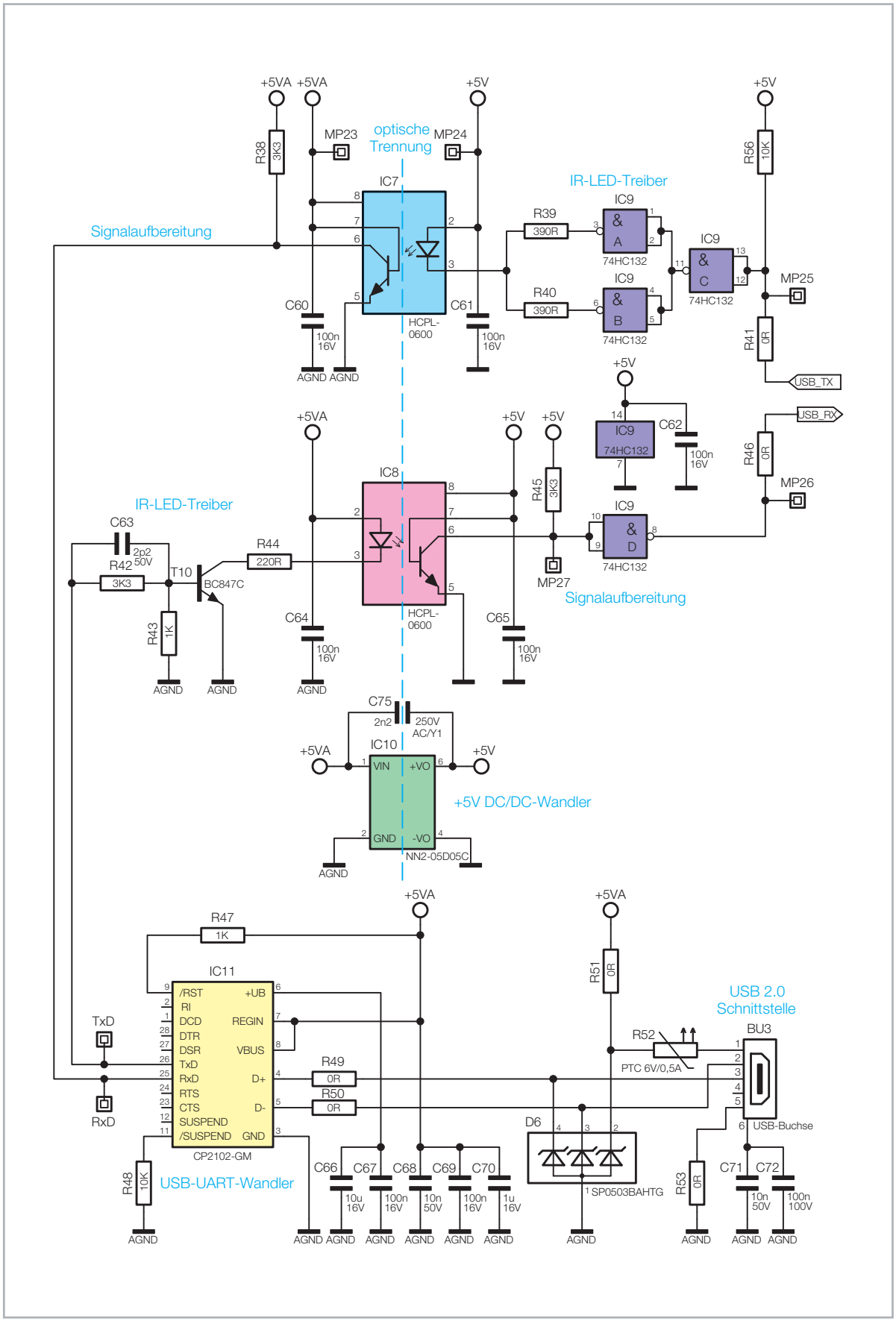


Bild 7: Das Schaltbild der USB-Schnittstelle des TD0200

Diese Komponente ist für den Betrieb mit einer 3,3-V-Versorgungsspannung ausgelegt. Mittels des externen 24-MHz-Quarzes Q1 wird der Grundtakt des Controllers erzeugt. Dabei erzeugt der Controller intern mittels PLL seinen 72-MHz-Arbeitstakt.

Durch den externen 32,768-kHz-Uhrenquarz (Q2) wird der Takt für die Echtzeituhr-Einheit vorgegeben, so ist im Sleep-Modus ein extrem stromsparender Betrieb möglich. Der 4-Mbit-Datenspeicher (IC1), in dem die Temperaturmesswerte persistent gespeichert werden, sowie der Präzisions-Analog-Digital-Wandler (IC2) zur Messung der Differenzspannungen der Thermoelemente werden über eine SPI-Schnittstelle vom Mikrocontroller angesprochen. Hierfür nutzen wir die Datenleitungen MOSI, MISO, SCLK sowie die jeweiligen Chip-Select-Leitungen.

Bedien- und Anzeigeelemente

Beim TD0200 stehen als Bedienelemente zum einen die vier separaten Taster (TA1 – TA4) und zum anderen der Inkrementalgeber mit Tastfunktion (DR1) zur Verfügung.

Zur Visualisierung sind ein farbiges OLED-Display und die rote LED (D3) vorgesehen. Das bereits aus Bausätzen wie dem DDS101 bekannte OLED-Modul wird auf die Buchsenleisten BU4 bis BU6 gesteckt und hierüber mit Daten sowie den erforderlichen Spannungen von 3,3 und 13 V versorgt. Bild 8 zeigt die Schaltung des OLED-Displaymoduls. Neben den 3,3 V für den Displaycontroller, welche über die Pins 1 und 2 der Buchsenleiste BU5 zugeführt werden, benötigt das OLED-Display eine zusätzliche 13-V-Spannung für das Panel. Diese „Panel-Spannung“ wird dem Display über die Pins 1 bis 6 der Buchsenleiste BU6 zur Verfügung gestellt.

Auf der Displayplatine befinden sich lediglich die zum Betrieb des OLEDs benötigten Bauteile sowie die drei Stiftleisten, die die Verbindung zur Basisplatine herstellen.

Präzisions-Analog-Digital-Wandler ADS1118

Zur Erfassung der sehr geringen Thermospannungen der K-Type-Thermoelemente wurde der sehr energieeffiziente Delta-Sigma(ΔΣ)-Analog-Digital-Wandler

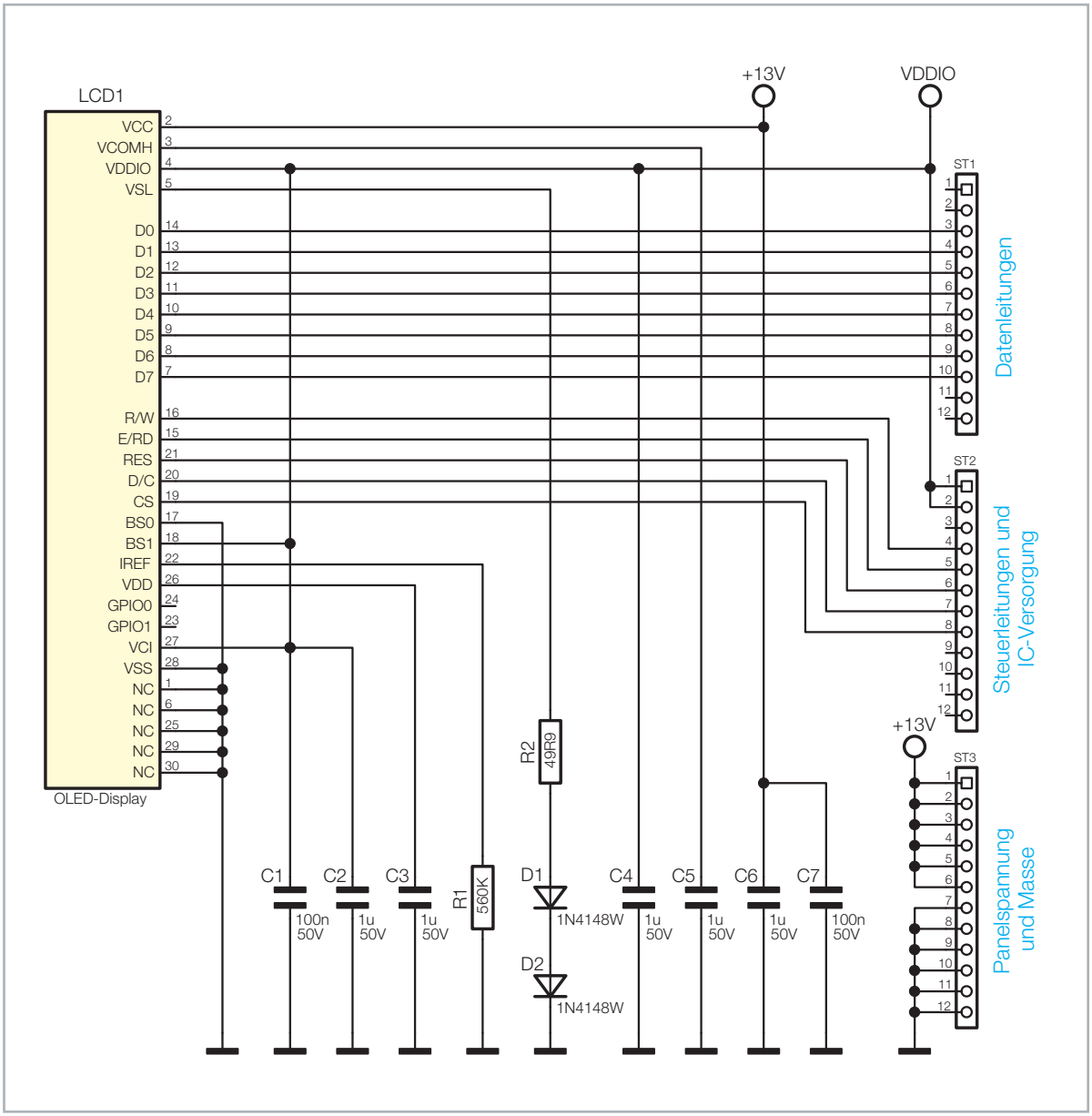


Bild 8: Die Schaltung des OLED-Moduls

ADS1118 mit einer Auflösung von 16 Bit der Firma Texas Instruments ausgewählt (Bild 9). Dieser Baustein verfügt neben zwei differenziellen Thermoelementeingängen über einen sehr genauen internen Referenztemperatursensor. Mit Hilfe dieses internen Sensors ist es möglich, eine sogenannte Kaltstellenkompensation (CJC) durchzuführen (Bild 10). Somit wird zum Beispiel die Verwendung eines Eiswasserbades als Referenztemperaturquelle überflüssig.

Thermoelemente nutzen zur Bestimmung der Temperatur den sogenannten Seebeck-Effekt aus. Dieser Effekt tritt in Erscheinung, wenn zwei unterschiedliche elektrische Leiter miteinander verbunden und deren Kontaktstellen auf unterschiedliche Temperaturen gebracht werden. Aus dieser Temperaturdifferenz resultiert eine elektrische Spannung. Bei einem K-Type-Thermoelement ist die Spannungsdifferenz mit ca. 40 µV pro 1 °C sehr klein. Dadurch ist ein ADC wie der ADS1118 mit hoher Auflösung und großer Genauigkeit erforderlich. Im „Elektronikwissen" finden sich vertiefende Ausführungen zur Funktion von Thermoelementen.

Der ADS1118 wurde sehr nah an den Anschlussbuchsen der K-Type-Thermoelemente auf der Platine platziert, um die Referenztemperatur für die Kaltstellenkompensation möglichst genau bestimmen zu können.

Da das digitale Filter des ADS1118 bereits hochfrequente Störungen sehr effektiv unterdrückt, wurde lediglich ein passiver RC-Filter erster Ordnung mit einer Grenzfrequenz von ca. 320 Hz vorgeschaltet, um das Messergebnis weiter zu optimieren.

Soviel zur Schaltungstechnik des Temperatur-Datenloggers.

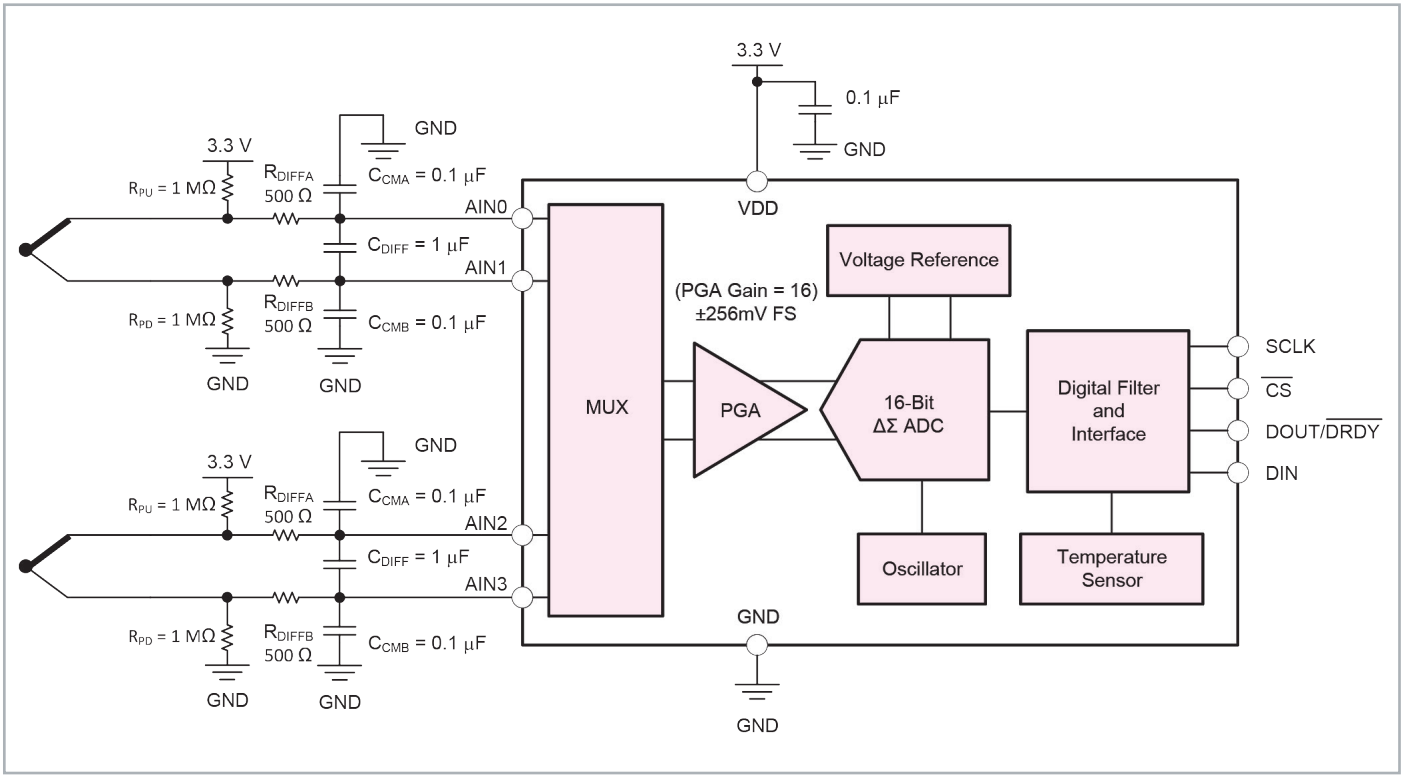


Bild 9: Auszug aus dem Datenblatt des ADS1118 zur 2-Kanal-Messung (Quelle: Analog Devices)

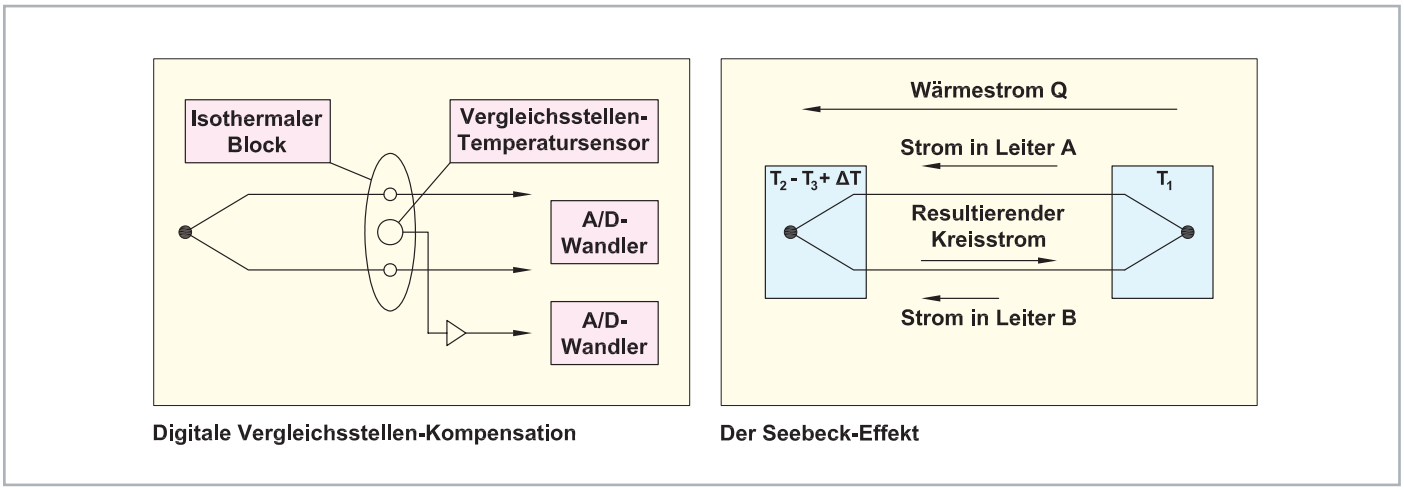


Bild 10: Digitale Kaltstellenkompensation und Seebeck-Effekt

Nachbau

Die im Bausatz des 2-Kanal-Temperatur-Datenloggers TD0200 eingesetzte Platine wird bereits mit bestückten SMD-Bauteilen geliefert, so dass nur noch die bedrahteten Bauteile bestückt und angelötet werden müssen. Um unnötige Probleme bei der Inbetriebnahme zu vermeiden, sollten die SMD-Bauteile vorweg auf exakte Bestückung und eventuelle Lötfehler kontrolliert werden. Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans, aber auch die dargestellten Platinenfotos (Bild 11) liefern hilfreiche Zusatzinformationen.

Nach der genauen Kontrolle der bereits vorgenommenen Bestückung kann das Bestücken der restlichen Bauteile beginnen.

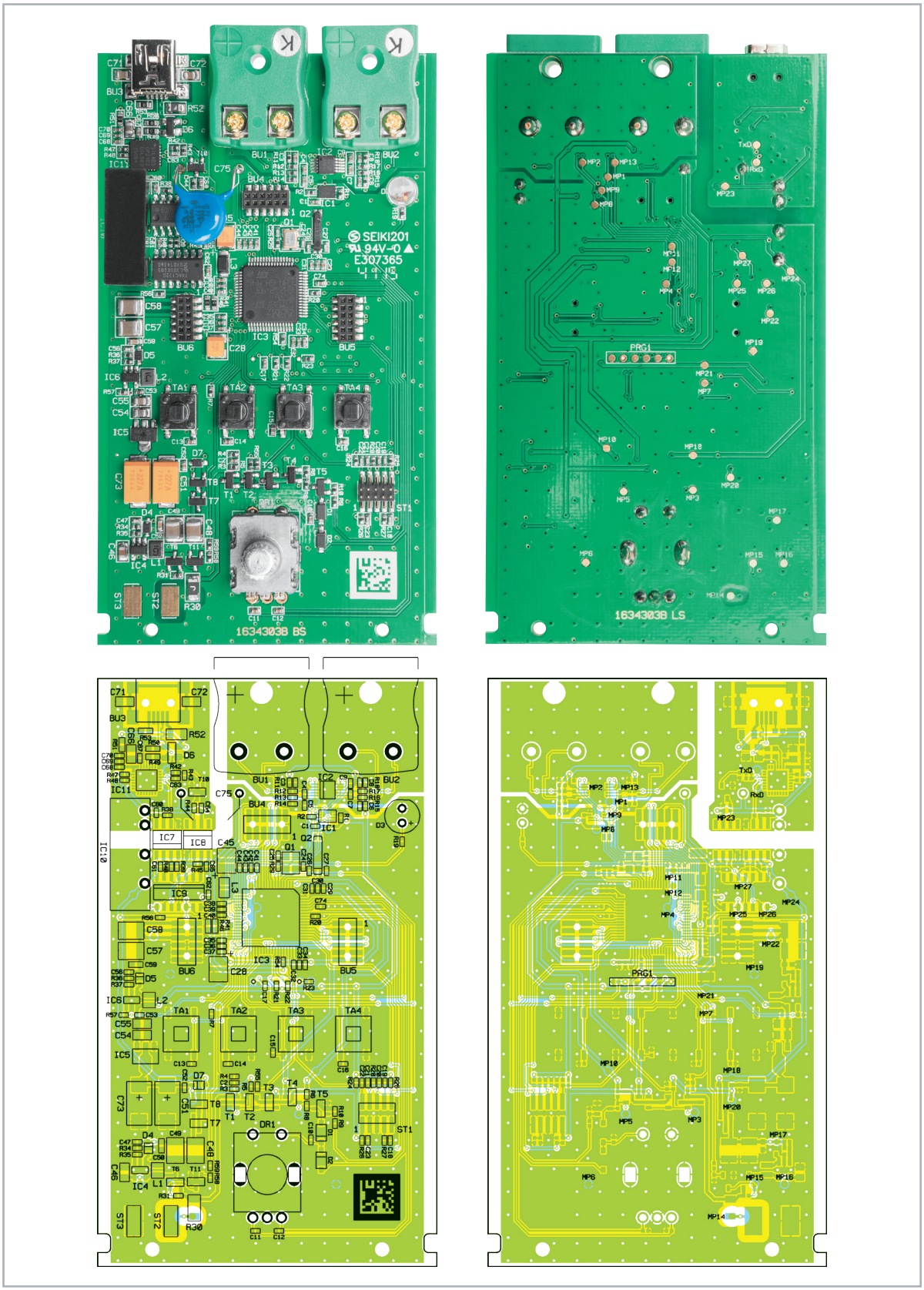
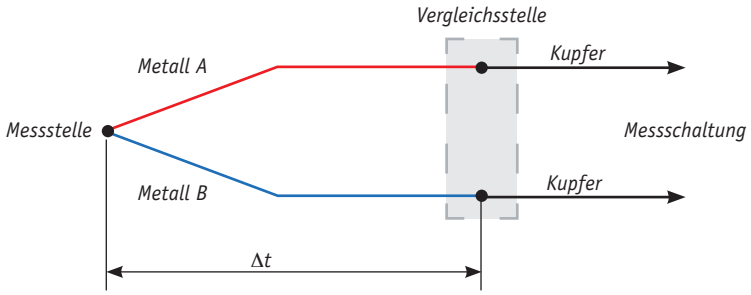
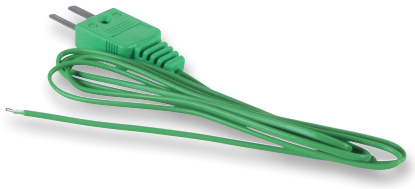


Bild 11: Die Platinenfotos und Bestückungszeichnungen des TD0200, links die Bestückungsseite, rechts die Lötseite

Wichtiger Hinweis zum ESD-Schutz:

Bei den verwendeten Bauteilen des 2-Kanal-Temperatur-Datenloggers TDO200 handelt es sich um elektrostatisch gefährdete Bauteile. Das bedeutet, dass sie bereits durch bloßes Anfassen, z. B. beim Einbau oder im späteren Betrieb, zerstört werden können, sofern man vorher elektrisch geladen war, was beispielsweise durch Laufen über Teppiche passieren kann. Vor dem Handhaben bzw. dem Berühren dieser Bauteile ist es ratsam, Maßnahmen anzuwenden, die einen entsprechenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen an diesen Bauteilen ermöglichen. Hierzu kann man sich z. B. mit einem Erdungsband erden oder zumindest ein Metallgehäuse eines Gerätes oder die Heizung anfassen.





Typischer K-Type-Fühler, dieser hier ist für den Bereich -50 bis +200 °C spezifiziert. (Best.-Nr. CH-11 47 54)

Das Thermoelement

Die Wirkungsweise eines Thermoelements beruht auf dem thermoelektrischen Effekt, nach dem Entdecker des Effekts auch Seebeck-Effekt genannt. Dieser äußert sich durch Auftreten einer Thermospannung, die durch ein Temperaturgefälle (Temperaturdifferenz, Δt) entlang eines metallischen Leiters zwischen Messstelle und Vergleichsstelle erzeugt wird. Dieser besteht aus zwei unterschiedlichen Metallen mit unterschiedlichem Temperaturverhalten, die am Messpunkt elektrisch verbunden sind. An den Enden dieser Leiter kann man nun eine Spannung messen, die die Differenz der Thermospannungen beider Metalle darstellt. Dabei stellen die Enden der Sensormetalle, die an die Messschaltung angeschlossen sind, den Punkt dar, der als Vergleichsstelle dient. Deren Temperatur muss genau bekannt sein, denn sie wird zur Ermittlung der realen Temperaturdifferenz herangezogen. Dies ist notwendig, da sich die jeweils eingesetzten Metalle des Sensors nichtlinear verhalten und für jede Materialkombination eine andere Kennlinie gilt.

Thermoelemente werden in verschiedenen Materialkombinationen hergestellt, die Werkstoffe hierfür sind in der DIN EN 60584-1 (Vergleichsstellentemperatur ist hier 0 °C) festgelegt und sind damit genormt. Die geeigneten Werkstoffe sind in der thermoelektrischen Spannungsreihe entsprechend ihren Thermospannungen und gegenüber einem Referenzmetall (Platin) angeordnet [1].

Mit am weitesten verbreitet ist der K-Type-Sensor, er hat einen sehr weiten Messbereich von -200 bis +1250 °C, ist preiswert herzustellen und weist ein schnelles Ansprechen (Zeitkonstante bis zum Erreichen von 63,2 % einer sprunghaften Temperaturänderung am Messpunkt) auf. Dabei kommt als Materialkombination Nickel-Chrom/Nickel (NiCr-Ni) zum Einsatz, die bei -200 °C eine Thermospannung von -6,458 mV und bei 1250 °C eine Thermospannung von 52,410 mV erreicht. Die dabei erreichten bzw. garantierten Fehlergrenzen (Grenzabweichung) sind in der Norm DIN EN 60584-2 in drei Gruppen definiert. Dabei betreffen die Angaben zu den Gruppen 1 und 2 den Temperaturmessbereich ab 40 °C, die der Gruppe 3 den Bereich unter 40 °C. Beim K-Type-Sensor beträgt die Grenzwertabweichung in der Gruppe 1 ±1,5 °C oder 0,004 x t (t = Temperaturwert, vorzeichenunabhängig), in der Gruppe 2 ±2,5 °C oder 0,0075 x t und in Gruppe 3 ±2,5 °C oder 0,0014 x t. Nach diesen Gruppen werden die Sensoren beim Hersteller selektiert und entsprechend angeboten.

Bei der Messung mit einem Thermoelement muss die Temperatur der Vergleichsstelle genau bekannt sein, um genaue Messwerte zu erhalten. Früher hat man hierzu bzw. zur Kalibrierung eines Sensors eine Eiswassermischung aus gestoßenem Eis und ständigem Entfernen des Tauwassers eingesetzt, um so den Null-Grad-Punkt als Referenz genau einzustellen. Heute setzt man in der Industriepraxis hochgenaue elektrische Eispunktthermostate ein, die neben der allgemein üblichen Null-Grad-Referenz auch andere Referenztemperaturen erzeugen können.

Zur Kaltstellenkompensation im Betrieb des Sensors, in dem die Vergleichsstelle ja unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt ist, wird eine genaue interne Temperaturreferenz, die durch einen möglichst nahe an der Kalt-/Vergleichsstelle platzierten Sensor wie einer Diode oder einem wie in unserer Schaltung intern im ADC vorhandenen Halbleitersensor gebildet wird, herangezogen.

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/
Thermoelektrische_Spannungsreihe

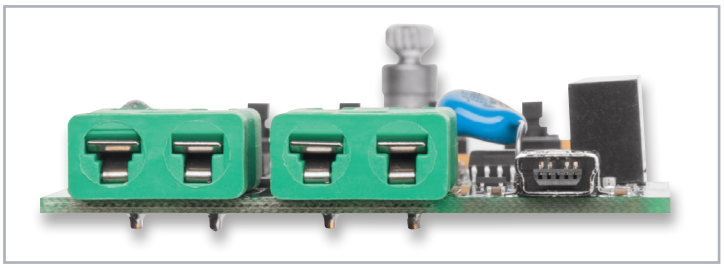


Bild 12: Die K-Type-Buchsen müssen plan auf der Platine liegen.

Montagevideo
#1440
QR-Code scannen oder Webcode im Web-Shop eingeben

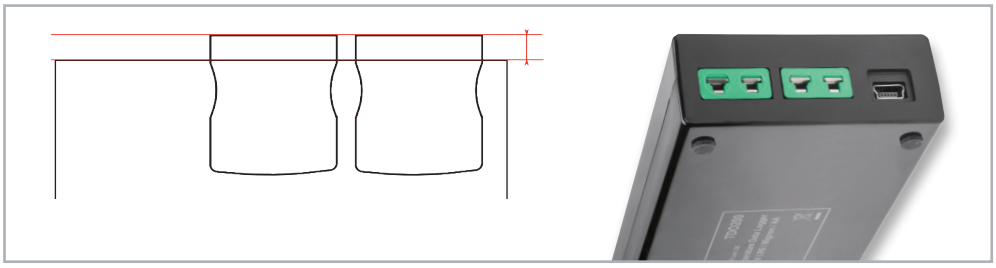


Bild 13: Die K-Type-Buchsen müssen vorn 3 mm überstehen, um später bündig in die zugehörigen Gehäuseausschnitte zu passen (rechts).

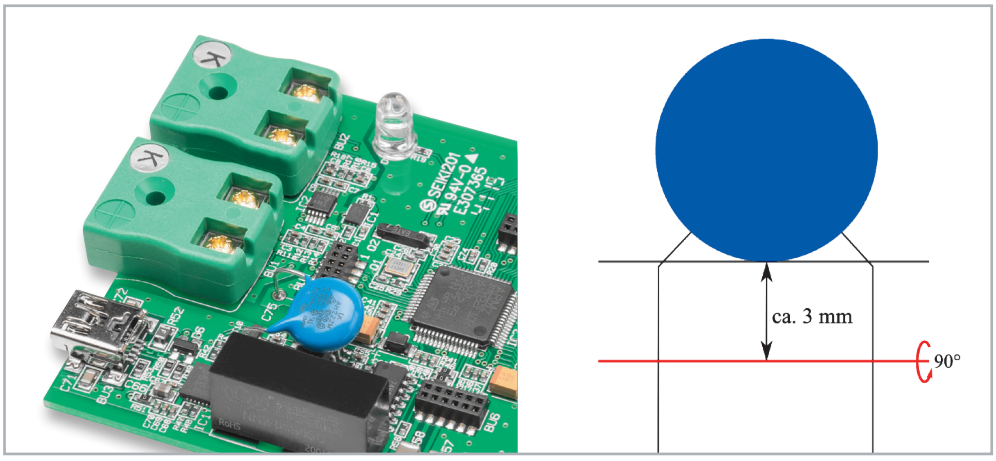


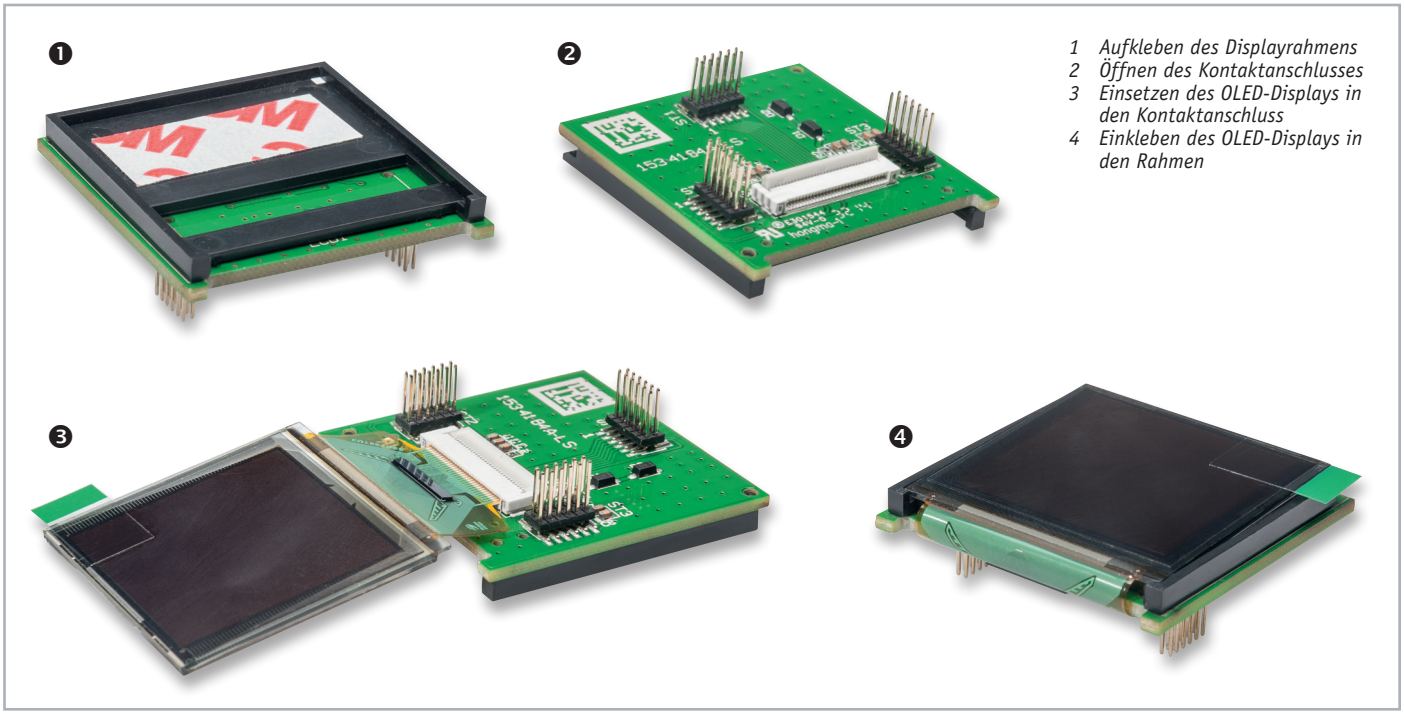
Bild 14: So ist der Entstör-Kondensator vorzubereiten und einzubauen.

Die Bauteile werden auf der Bestückungsseite (BS) in die dafür vorgesehenen Bohrungen eingesetzt und ihre Anschlüsse anschließend auf der Lötseite (LS) verlötet. Hierbei zeigt sich einer der Vorteile des neuen Schiebegehäuses SG2 – im Vergleich zu den alten Gehäusen ist auf der Unterseite deutlich mehr Platz. Daraus folgt, dass die überstehenden Drahtenden, falls erforderlich, lediglich auf eine maximale Länge von etwa 3 mm gekürzt werden müssen. Beispielsweise ist es nicht erforderlich, die sehr massiven Drahtenden der Thermoelementbuchsen oder die Masseanschlüsse des Inkrementalgebers zu kürzen. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte zur Bestückung der bedrahteten Bauteile vorgestellt.

Bestückung

Beginnen wir mit der Bestückung der K-Type-Thermoelementbuchsen (BU1 und BU2). Zunächst sollte geprüft werden, ob die Schrauben der Thermoelementbuchsen ordnungsgemäß festgezogen sind. Nach dem Verlöten der Buchsen ist ein Nachziehen der Schrauben nicht mehr möglich.

Die Buchsen müssen exakt ausgerichtet werden, damit die Platine später optimal in das Schiebegehäuse passt und sich nicht an



1 *Aufkleben des Displayrahmens*
2 *Öffnen des Kontaktanschlusses*
3 *Einsetzen des OLED-Displays in den Kontaktanschluss*
4 *Einkleben des OLED-Displays in den Rahmen*

Bild 15: Die einzelnen Montageschritte beim Zusammenbau des OLED-Displaymoduls

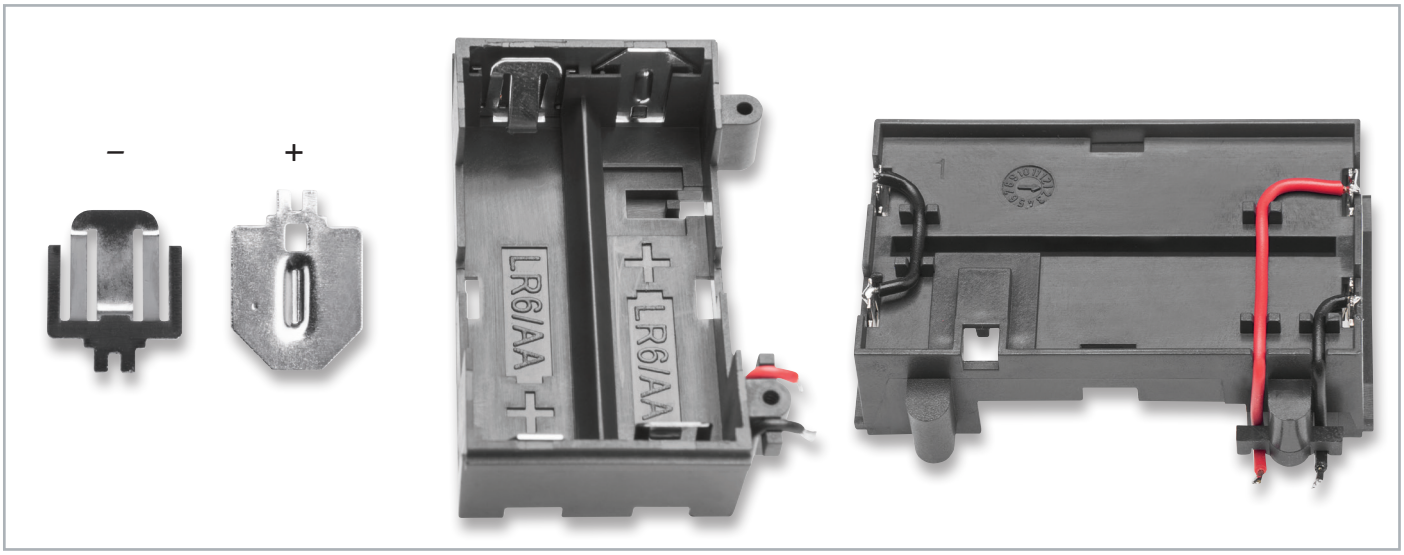


Bild 16: Der Batteriehalter ist mit den Batteriekontakten zu bestücken und mit den Verbindungs- und Anschlussdrähten zu versehen.

den Buchsen verkantet. Hierbei ist wichtig, dass die Buchsen plan auf der Platine aufliegen (Bild 12).

Da die Buchsen der Thermoelemente über die Platine hinausragen, um später durch die Gehäusewand geschoben werden zu können, muss die überstehende Kante parallel zur Leiterplattenkante ausgerichtet sein. Dies ist in Bild 13 schematisch dargestellt. Letztlich werden die Buchsen jeweils auf der Lötseite verlötet.

Der Einbau des Entstör-Kondensators C75 bedarf etwas Vorbereitung. Vor dem Verlöten des Bauteils auf der Lötseite müssen die Anschlussdrähte zunächst ca. 3 mm unterhalb der Gehäusekante um 90° abgewinkelt werden (Bild 14). Die überschüssigen Drahtenden auf der Unterseite der Platine können nach dem Verlöten abgekniffen werden.

Als Nächstes wird die Leuchtdiode D3 eingebaut. Hier ist auf den polungsrichtigen Einbau zu achten. Der etwas längere Anschluss stellt die Anode (+) der LED dar. Auch auf der Platine ist der Anodenanschluss durch den Aufdruck „+“ gekennzeichnet.

Beim Einbau des 5-V/5-V-DC/DC-Wandlers (IC10) muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass der Wandler plan auf der Platine aufliegt. Anschließend kann der Wandler an der Lötseite verlötet werden. Wie auch bei der LED können danach die überstehenden Drahtenden an der Unterseite der Platine abgeschnitten werden.

Das letzte fehlende Bauteil, welches noch auf der Platine bestückt werden muss, ist der Inkrementalgeber mit Tastfunktion (DR1). Dazu muss das Bauteil in die vorbereiteten Löcher gesteckt und verrastet werden, sodass das Bauteil ebenfalls plan auf der Platine aufliegt. Letztlich sind alle sieben Anschlusspins des Inkrementalgebers auf der Lötseite zu verlöten.

Das Display-Modul

Widmen wir uns nun dem Zusammenbau des Display-Moduls, dessen einzelne Schritte in Bild 15 zusammengefasst sind. Auch hier sind alle SMD-Bauteile vorbestückt und auf dem beiliegenden Displayrahmen sind bereits zwei Klebestreifen angebracht. Der Rahmen besitzt einige Rastnasen, die in die entsprechenden Öffnungen der Displayplatine passen, um somit ein falsches Montieren zu verhindern. Dies sollte im Vorfeld bereits einmal getestet werden, da ein nachträgliches Entfernen eines klebenden Displayrahmens sehr schwierig ist. Damit der Displayrahmen auf die Displayplatine montiert werden kann, muss zunächst der Schutzfilm von dem auf der Unterseite befindlichen Klebestreifen entfernt und der Rahmen anschließend unter Zuhilfenahme der Rastnasen auf die Oberseite des Moduls gedrückt werden.

Der nächste Schritt ist das Befestigen des eigentlichen OLED-Displays an dem Rahmen. Zunächst wird der Kontaktanschluss auf der Unterseite des Moduls geöffnet, indem der kleine Hebel umgelegt wird und damit senkrecht zur Platine steht. Nun kann die Kontaktfolie des Displays in den Anschluss gesteckt und der Hebel wieder heruntergedrückt werden.

Dabei ist in diesem Schritt unbedingt darauf zu achten, dass das Display nicht falsch herum eingesteckt wird. Anhand von Bild 15 kann man die korrekte Montage kontrollieren. Zuletzt wird nun der Schutzfilm des zweiten Klebestreifens entfernt und der Glaskörper des OLEDs mit leichtem Druck in den Rahmen geklebt.

Nachdem die Displayplatine fertig aufgebaut ist, kann diese auf die Basisplatine aufgesteckt werden. Hier ist besondere Sorgfalt angebracht, da die Stiftleisten sehr empfindlich sind und leicht verbiegen können. Man muss darauf achten, dass die Stiftleisten nicht versetzt aufgesteckt werden, dies könnte bei der Inbetriebnahme zur Fehlfunktion bzw. zur Zerstörung von Bauteilen führen.

Batteriehalterung und Endmontage

Als Nächstes muss die Batteriehalterung vormontiert werden. Dazu werden die vier Batteriekontakte polrichtig in die Batteriehalterung eingesetzt (Bild 16). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Kontakte ordnungsgemäß einrasten. Wie in Bild 16 rechts zu erkennen, müssen die Kontakte auf der linken Seite mit der beiliegenden Litze gebrückt werden. Die beiden noch freien Kontakte werden mit der beiliegenden Litze versehen, die durch die Leitungsführungen gelegt wird, wie ebenfalls in Bild 16 rechts dargestellt.

Abschließend ist der Batteriehalter mit den beiliegenden Schrauben mit der Platine zu verschrauben und die Litze an den vorgesehenen Lötpads ST2 und ST3 anzulöten. Wenn nun die Kappen für die Taster und das Drehrad für den Inkrementalgeber, wie in Bild 17 dargestellt, aufgesteckt sind, ist der Aufbau des TDO200 abgeschlossen.

Nach dem polrichtigen Einlegen der Batterien und dem Einlegen der Platine in das Schiebegehäuse sowie dessen Verschließen durch das Ineinanderschieben von Ober- und Unterteil kann das Gerät in Betrieb gehen.

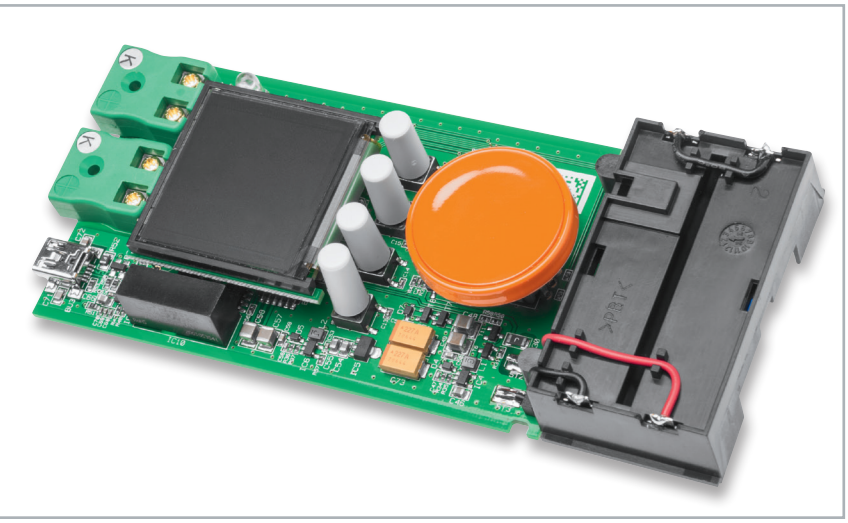


Bild 17: So bestückt und montiert, ist das Gerät bereit zur Gehäusemontage und Inbetriebnahme.

Beim Anstecken der K-Type-Temperatursensoren ist zu beachten, dass diese polrichtig anzuschließen sind und deshalb über einen verwechslungssicheren Stecker verfügen. Dieser ist nur in einer Richtung in die Buchsen einführbar – Vorsicht, nicht mit Gewalt einstecken! ELV

Hinweis:
Sollte während einer laufenden Aufzeichnung die Spannungsversorgung des TDO200 unterbrochen werden, sodass die Messung nicht ordnungsgemäß beendet werden konnte, wird die Messreihe automatisch beim Neustart des Gerätes in einen „Recovery"-Modus bis zu dem Zeitpunkt der Spannungsunterbrechung wieder hergestellt.

Stückliste

Widerstände:

0 Ω/SMD	R29
0 Ω/SMD	R41, R46, R49–R51, R53
120 Ω/SMD	R19
220 Ω/SMD	R44
390 Ω/SMD	R39, R40
499 Ω/SMD	R12, R13, R16, R17
1 kΩ/SMD	R8, R21, R43, R47
3,3 kΩ/SMD	R38, R42, R45
10 kΩ/SMD	R1, R2, R5, R7, R9, R20, R22, R23, R27, R31, R48, R54, R56, R57, R59
100 kΩ/SMD	R10, R24–R26, R28, R55, R58
220 kΩ/SMD	R3, R4, R6, R37
270 kΩ/SMD	R35
820 kΩ/SMD	R34
1 MΩ/SMD	R11, R14, R15, R18
2,2 MΩ/SMD	R36
PTC/0,5 A/6 V/SMD	R52
PTC/0,35 A/16 V/SMD	R30

Kondensatoren:

2,2 pF/50 V/SMD	C63
8,2 pF/50 V/SMD	C26, C27
22 pF/50 V/SMD	C47, C56
27 pF/50 V/SMD	C24, C25
100 pF/50 V/SMD	C18–C23
1 nF/50 V/SMD	C31, C34, C37, C40, C44
2,2 nF/250 Vac/Y1	C75
10 nF/50 V/SMD	C30, C33, C36, C39, C43, C68
10 nF/SMD	C71
100 nF/16 V/SMD	C1–C17, C29, C32, C35, C38, C42, C52, C53, C60–C62, C64, C65, C67, C69, C74
100 nF/50 V/SMD	C50, C59
100 nF/100 V/SMD	C72
1 µF/16 V/SMD	C41, C70
10 µF/16 V/SMD	C46, C54, C55, C66
10 µF/50 V/SMD	C48, C49, C57, C58
47 µF/10 V	C28, C45
220 µF/10 V	C51, C73

Halbleiter:

ADS1118/SMD	IC2
ELV151473/SMD	IC3
TPS61040DBV/SMD/TI	IC4, IC6
S1206B33U3T1	IC5
HCPL-0600-060E	IC7, IC8
74HC132/SMD	IC9
DC/DC-Wandler / 5 V/5 V	IC10
CP2102-GM	IC11
IRLML6401/SMD	T1, T2, T4, T6–T8
IRLML2502PbF/SMD	T3
BC847C/SMD	T10, T11, T5
BAT43W/SMD	D1, D2
BAT54J/SMD	D4, D5, D7
SP0503BAHTG/SMD	D6
LED/5 mm/rot/30.000 mcd/10°	D3

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 3,3 µH/1,1 A	L1
Speicherdrossel, SMD, 6,8 µH/0,94 A	L2
Speicherdrossel, SMD, 10 µH/230 mA	L3
Quarz, 24 MHz, SMD	Q1
Quarz, 32,768 kHz, SMD	Q2
Mini-Drucktaster TC-06106-075C, 1x ein, SMD	TA1–TA4
Inkrementalgeber mit Achse und Tastschalter, 20 Impulse/360°, 20 Schritte (18°)	DR1
Buchse für Temperatursensor, K-Type	BU1, BU2
USB-Buchse, Mini B, SMD	BU3
Buchsenleiste, 2x 6-polig, SMD	BU4–BU6
OLED-Display Modul ODM1-8.8	
Schiebegehäuse TDO200 mit Displayscheibe und LED-Scheibe, infrarot, bearbeitet und bedruckt	
Handdrehrad, glänzend orange mit Schutzlack lackiert	
Handdrehradkappe, glänzend orange mit Schutzlack lackiert	
Tastkappen	
Batteriehalterung für Schiebegehäuse SG2	
Minus-Batteriekontakte	
Plus-Batteriekontakte	
Gewindeformende Schrauben, 1,8 x 8 mm, TORX T6	
Gehäusefüße, 5x 1,6 mm, selbstklebend, weiß	
Flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm², rot	
Flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm², schwarz	

TDO200-PC-Software

Für den TDO200 steht eine PC-Software auf der Produktseite zum Download bereit [1]. Mit dieser Software können die mit dem Datenlogger erhobenen Messdaten ausgelesen, gelöscht bzw. im CSV-Format abgespeichert werden. Ferner ist es möglich, einen Werksreset oder ein Firmware-Update durchzuführen.

Die Installation der Konfigurationssoftware

Wie schon bei anderen Softwareentwicklungen wurde die PC-Software für den TDO200 in C# geschrieben, sie benötigt jedoch zum Arbeiten .NET Framework 3.5 von Microsoft. Für Systeme, auf denen .NET Framework 3.5 noch nicht installiert worden ist, muss das Framework von der Microsoft-Webseite heruntergeladen und installiert werden.

Aktivieren von .NET Framework 3.5 in der Systemsteuerung

Bei Systemen, die Windows 8, 8.1 oder 10 als Betriebssystem verwenden, ist die Installation von .NET Framework 3.5 über die Systemsteuerung erforderlich, dies setzt eine Internetverbindung voraus. Dazu ist .NET Framework 3.5 in der Systemsteuerung zu aktivieren, indem in der Systemsteuerung die Option „Programme und Funktionen“ und dort die Option „Windows Funktionen ein- oder ausschalten“ ausgewählt wird. In dem nun geöffneten Fenster aktiviert man dann das Kontrollkästchen .NET Framework 3.5 (enthält .NET 2.0 und 3.0). Die beiden untergeordneten Elemente für die HTTP-Aktivierung von Windows Communication Foundation (WCF) sind nicht auszuwählen, diese benötigen nur Entwickler für Skript- und Handlerzuordnung.

Systemanforderungen TDO200-PC-Software:

Betriebssystem:	Microsoft Windows Vista, 7, 8, 8.1, 10, .NET Framework 3.5, DirectX 9 oder höher
Bildschirmauflösung:	mindestens 800 x 600, empfohlen 1024 x 768
Arbeitsspeicher:	mindestens 1 GB, empfohlen 2 GB
Info:	Das für die PC-Software benötigte .NET Framework kann unter [2] online installiert werden.

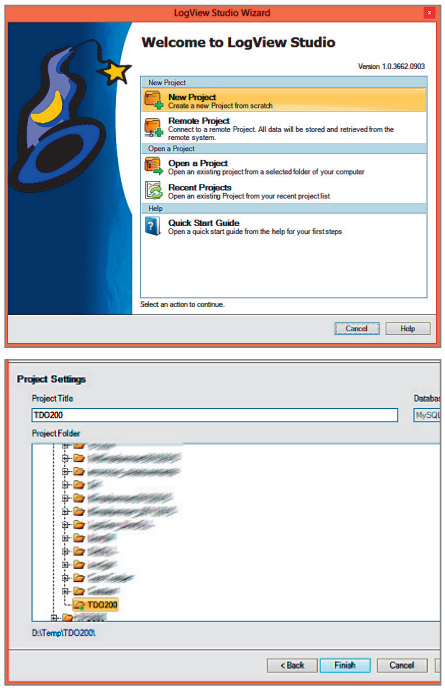


Bild 18: In LogView Studio ist zunächst ein neues Projekt anzulegen ...

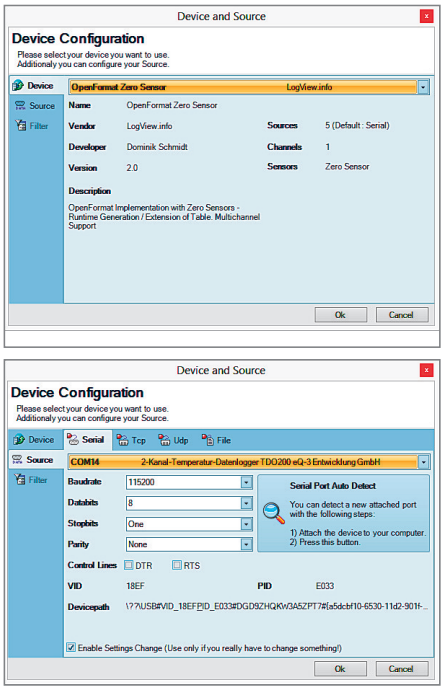


Bild 19: ... danach wählt man Format und Datenquelle aus.

Kurzanleitung zur Nutzung der Software „LogView Studio“

Mit der frei verfügbaren Software „LogView Studio“ können die Messdaten des TDO200 über die USB-Schnittstelle ausgelesen werden. Anschließend ist es möglich, die Daten komfortabel zu analysieren. Die aktuellste Version kann unter [1] heruntergeladen werden.

Nachdem die Software heruntergeladen und installiert ist, muss ein neues Projekt angelegt werden (Bild 18). Nachdem dies erfolgt ist, gelangt man in die „Device Configuration“, hier muss unter „Device“ das „OpenFormat Zero Sensor“ ausgewählt werden, welches mit dem TDO200 kompatibel ist. Anschließend wählt man unter „Source“ die Datenquelle aus.

Hierzu muss der TDO200 mit dem PC verbunden und eingeschaltet sein. Zudem muss hier die Checkbox „Enable Settings Change“ ausgewählt werden, um die Baudrate des TDO200 auf 115.200 Bps einstellen zu können (Bild 19).

Nachdem man die soeben getätigten Einstellungen bestätigt hat, können die Daten ausgelesen werden. Dazu ist die in Bild 20 rot markierte Checkbox zu aktivieren, um den Datentransfer zu starten. Nachdem alle Datensätze eingelesen wurden, kann der zu analysierende Datensatz mit einem Mausklick ausgewählt werden. Mit einem Klick auf den Reiter „Chart“ wird der Temperaturverlauf dargestellt, wie im Beispiel in Bild 20 zu sehen.

Detailliertere Informationen zu den Analyse- und Datenverarbeitungsmöglichkeiten können der Dokumentation von „LogView Studio“ [3] entnommen werden.

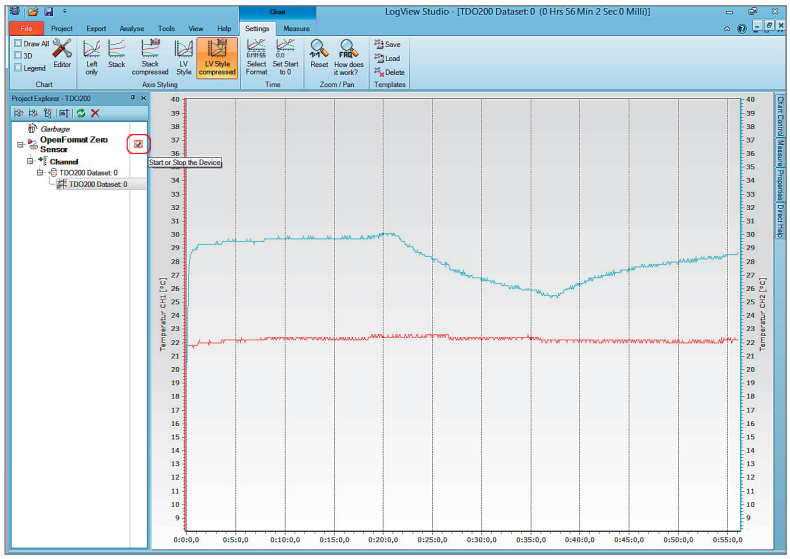


Bild 20: Die grafische Datenauswertung in LogView Studio

[1] Produktseite TDO200: www.elv.de: Webcode #1436
[2] http://msdn.microsoft.com/de-de/library/hh506443%28v=vs.110%29.aspx
[3] www.logview.info/lvstudio_doku/index.html

Informationen für den Nutzer

Der Hersteller und/oder Lieferant von ISM-Geräten muss entweder durch Anbringen eines Schildes oder durch entsprechende Angaben in den begleitenden Unterlagen sicherstellen, dass der Nutzer über die Geräteklasse und -gruppe informiert ist. In beiden Fällen muss der Hersteller die Bedeutung sowohl der Klasse als auch der Gruppe in den begleitenden Unterlagen zu einem Gerät erklären.

Der 2-Kanal-Temperatur-Datenlogger TDO200 entspricht der Gerätegruppe 1 und der Geräteklasse B.

Einteilung in Gruppen

Geräte der Gruppe 1: Die Gruppe 1 umfasst alle Geräte im Anwendungsbereich dieser Norm, die nicht als Geräte der Gruppe 2 eingestuft sind.

Geräte der Gruppe 2: Die Gruppe 2 umfasst alle ISM-HF-Anwendungen, in denen HF-Energie im Funkfrequenzbereich von 9 kHz bis 400 GHz absichtlich erzeugt und/oder in Form von elektromagnetischer Strahlung oder mittels induktiver oder kapazitiver Kopplung zur Behandlung von Material oder zu Materialprüfungs- oder -analysezwecken verwendet wird.

Unterteilung in Klassen

Geräte der Klasse A sind Geräte, die sich für den Gebrauch in allen anderen Bereichen außer dem Wohnbereich und solchen Bereichen eignen, die direkt an ein Niederspannungs-Versorgungsnetz angeschlossen sind, das (auch) Wohngebäude versorgt.

WARNHINWEIS – Geräte der Klasse A sind für den Betrieb in einer industriellen Umgebung vorgesehen. In den Begleitunterlagen für den Benutzer muss eine Aussage enthalten sein, die auf die Tatsache aufmerksam macht, dass es wegen der auftretenden leitungsgebundenen als auch gestrahlten Störgrößen möglicherweise Schwierigkeiten geben kann, die elektromagnetische Verträglichkeit in anderen Umgebungen sicherzustellen.

Geräte der Klasse B sind Geräte, die sich für den Betrieb im Wohnbereich sowie solchen Bereichen eignen, die direkt an ein Niederspannungs-Versorgungsnetz angeschlossen sind, das (auch) Wohngebäude versorgt.

Wichtiger Hinweis:

Eine Temperaturmessung innerhalb von Geräten ist nur gestattet, wenn diese keine direkte Verbindung zur Netzspannung haben (z. B. Geräte der Schutzklasse III [Betrieb mit Schutzkleinspannung] oder batteriebetriebene Geräte).

Entsorgungshinweis

Gerät nicht im Hausmüll entsorgen!

Elektronische Geräte sind entsprechend der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte über die örtlichen Sammelstellen für Elektronik-Altgeräte zu entsorgen!

Verbrauchte Batterien gehören nicht in den Hausmüll! Entsorgen Sie diese in Ihrer örtlichen Batteriesammelstelle!

Bevollmächtigter des Herstellers:
eQ-3 AG · Maiburger Straße 29 · 26789 Leer · Germany