



OLED-Farbdisplay

Bis zu 260.000 Datensätze

Bis zu 180 Tage Aufzeichnungsdauer

MONTAGE
VIDEO

Kühlschrank

Feuchtraum



Gewächshaus

Weinkeller

Ausdauernder Datensammler

2-Kanal-Temperatur-Datenlogger

Teil 1

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 TD0200 durch das überarbeitete, handliche Schiebegehäuse SG2, wodurch sich beispielsweise der Batteriewechsel deutlich vereinfacht.

Bedienung

Beim TD0200 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 TD0200 werden auf dem Startbildschirm (Bild 2) die aktuellen Temperaturmesswerte der Kanäle eins und zwei dargestellt, sofern die entsprechenden Thermoelemente mit dem TD0200 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)



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

Geräte-Kurzbezeichnung:	TD0200			
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 TD0200 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 TD0200 verbunden sind (siehe Beispiel in Bild 2).

Ausgehend vom Hauptbildschirm oder der Live-Ansicht kann man das Hauptmenü des TD0200 (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 TD0200. 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 μ A 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 TD0200 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).

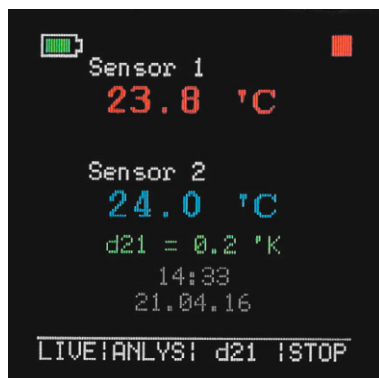


Bild 2: Der Startbildschirm des TD0200

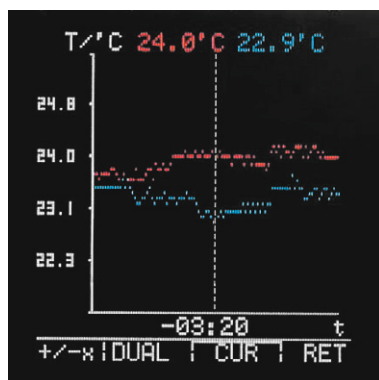


Bild 3: Die Grafikansicht lässt den unmittelbaren Vergleich von Temperaturverläufen auf dem Display zu.



Bild 4: Das Hauptmenü des TD0200



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 Spannungsversorgung 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 TD0200.

Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des TD0200 erfolgt wahlweise über zwei LR6/Mignon/AA-Batterien (BAT1, BAT2) oder via USB mittels der Mini-USB-Buchse BU3.

Für den normalen Betrieb des TD0200 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 TD0200 nicht neu einstellen.

In diesem Zustand wird das Gate des p-Kanal-MOSFETs T4 über den Widerstand R6 auf +U_{Bat}-Potential 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.

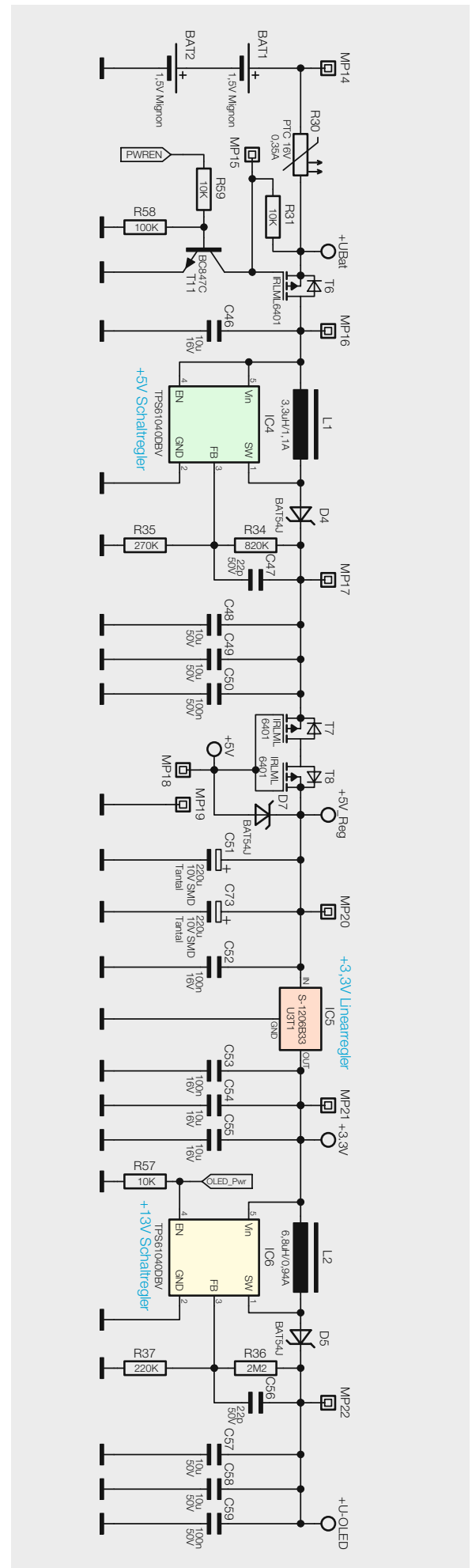


Bild 5: Die Spannungsversorgung des TD0200

Falls erforderlich, kann aus diesem Zustand heraus das Display des TD0200 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 TD0200 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 TD0200 mit erhöhter Wärmeentwicklung im Gerät zu rechnen, wodurch die Messergebnisse der Thermoelemente verfälscht werden können.

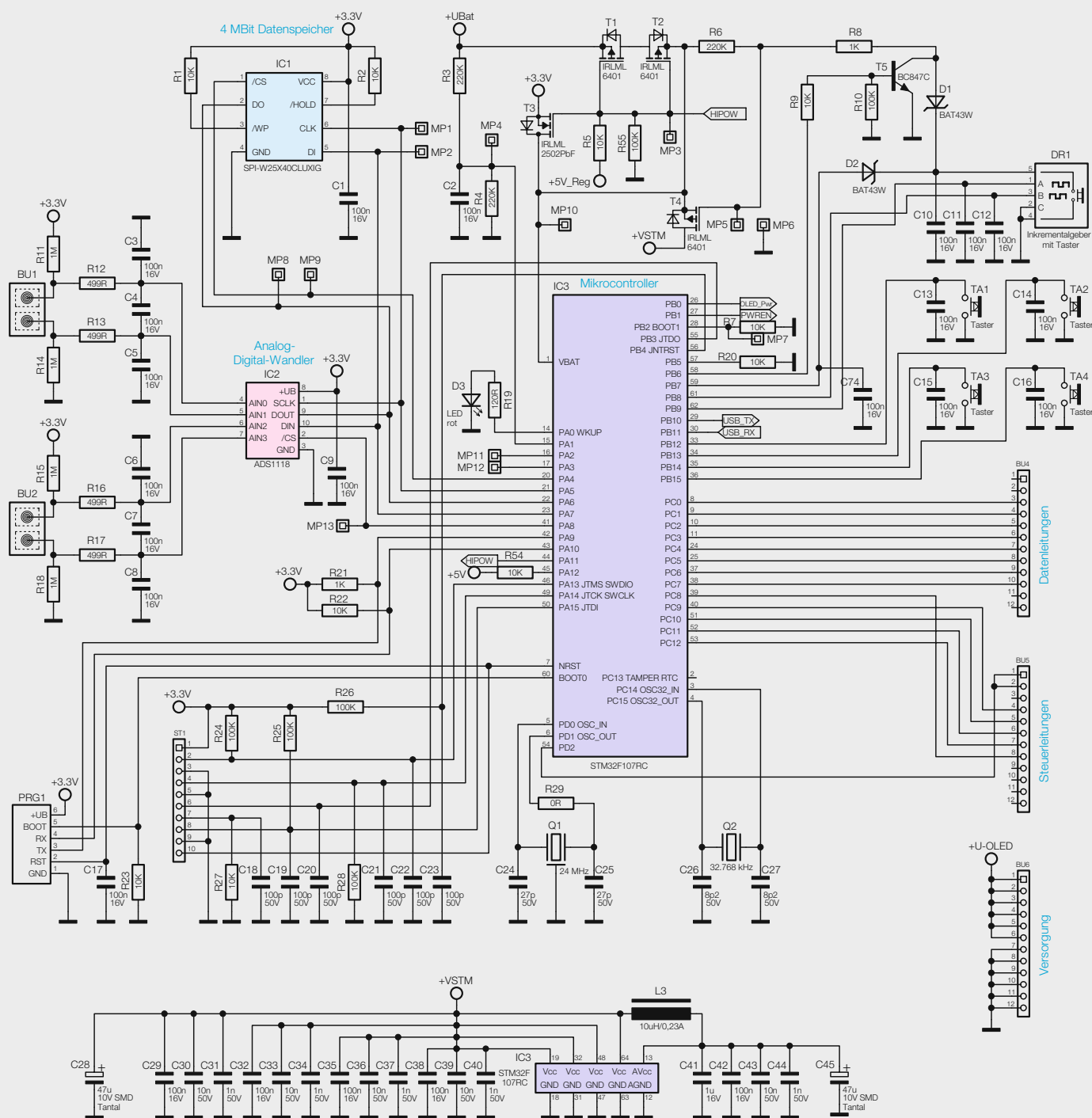


Bild 6: Das Schaltbild des TD0200 mit Mikrocontroller, ADC, Datenspeicher, Bedien- und Anzeigeelementen



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.

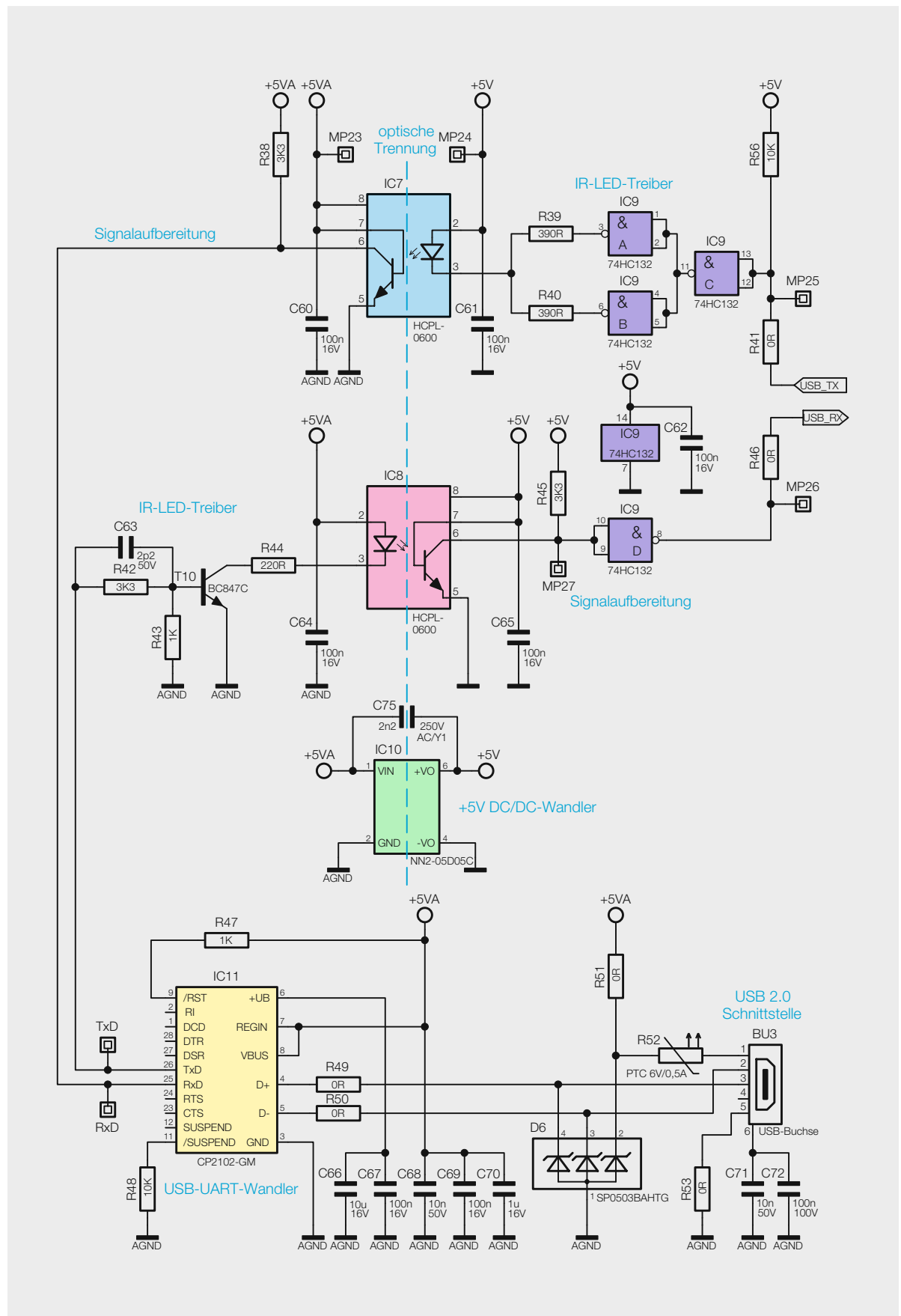


Bild 7: Das Schaltbild der USB-Schnittstelle des TD0200

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 Echtzeiteinheit 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($\Delta\Sigma$)-Analog-Digital-Wandler

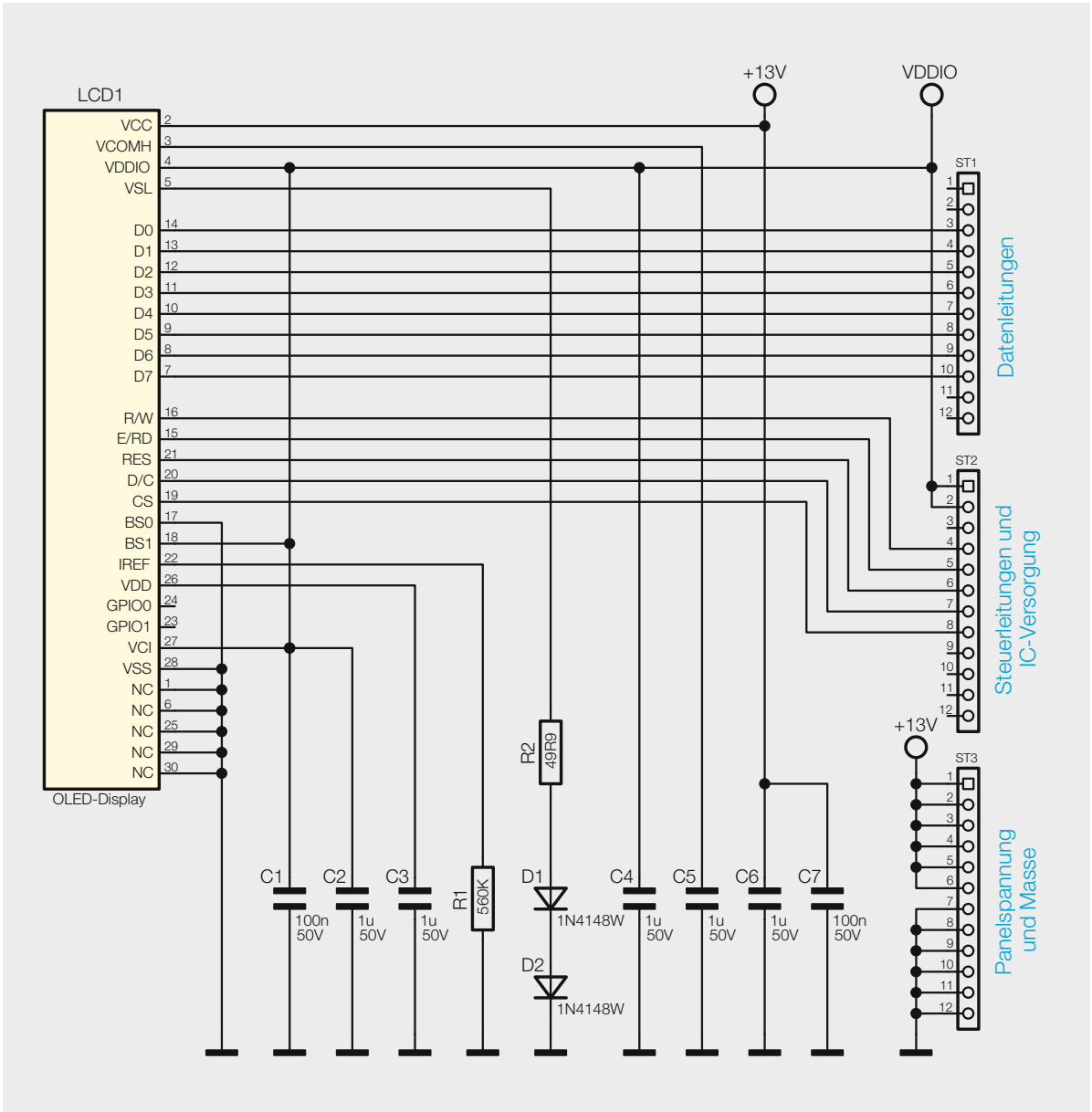


Bild 8: Die Schaltung des OLED-Moduls



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 $^{\circ}\text{C}$ sehr klein. Dadurch ist ein

ADC wie der ADS1118 mit hoher Auflösung und großer Genauigkeit erforderlich. Im „Elektronikwissen“ im nächsten Teil des Artikels 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.

Im nächsten Teil wenden wir uns dem Aufbau des Gerätes zu. **ELV**

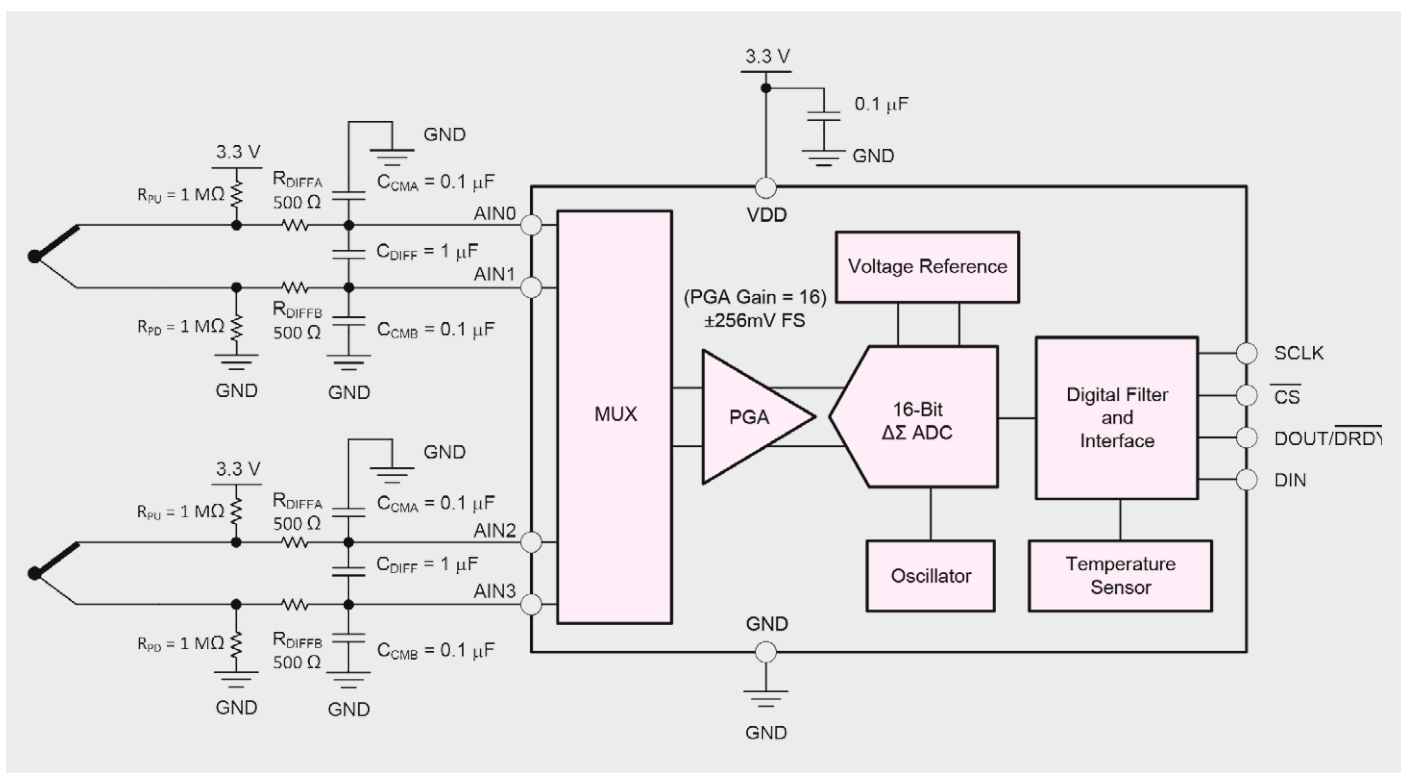


Bild 9: Auszug aus dem Datenblatt des ADS1118 zur 2-Kanal-Messung (Quelle: Analog Devices)

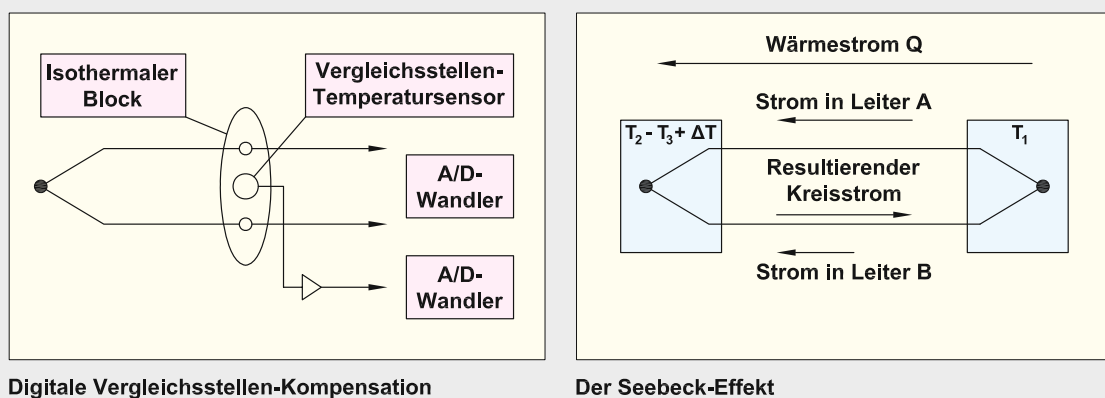


Bild 10: Digitale Kaltstellenkompensation und Seebeck-Effekt