

Langzeit-Datensammler



Wasserdichter Temperatur-Datenlogger WTDL1

Wasserdicht verschlossen misst der WTDL1 mit einer Batterie bis zu 4 Jahre lang die Temperatur mit hoher Genauigkeit und speichert die nahezu konkurrenzlose Datenmenge von über 712.000 Datensätzen. Die Messwerte werden via USB ausgelesen und mit „LogView“ ausgewertet.

Technische Daten: WTDL1

Messbereich:	-20 °C bis + 70 °C
Auflösung:	0,0625 °C
Toleranz (typ./max.):	±0,0625 °C/±0,5 °C
Max. Aufzeichnungsdauer (jeweils 712.000 Messungen):	
3-Minuten-Intervall:	1460 Tage (48 Monate)
1-Minuten-Intervall:	490 Tage (16 Monate)
30-Sekunden-Intervall*:	247 Tage
10-Sekunden-Intervall*:	105 Tage
3-Sekunden-Intervall*:	24 Tage
1-Sekunden-Intervall*:	8 Tage
Schnittstelle:	USB
Zeitstempel (Echtzeituhr):	Minuten, Stunden, Tag, Monat, Jahr
Batterie:	Lithium, Tekcell SB-AA02 (3,6 V/1200 mAh)
Abmessung (ø x L):	33 x 95 mm

* Diese Modi können über die PC-Software gewählt werden und führen zu kürzerer Batterielebensdauer (siehe Abbildung 3).

Präziser Langzeit-Logger

Beim WTDL1 handelt es sich um einen wasserdichten Datenlogger, der Temperaturverläufe mit einer hohen Genauigkeit über sehr lange Zeiträume aufzeichnen kann. Selbst im 1-Minuten-Messintervall ist noch eine kontinuierliche Langzeitmessung von über 16 Monaten möglich – das entspricht über 712.000 Messwerten!

Durch den hier eingesetzten hochwertigen Temperatursensor von Texas Instruments (TMP275) sind sehr genaue Messungen möglich. Der typische absolute Fehler im Messbereich von -20 °C bis +70 °C beträgt lediglich ±0,0625 °C, während der maximale Fehler nur ±0,5 °C beträgt. Die Auflösung der Temperaturmessungen des WTDL1 beträgt fein abgestufte 0,0625 Grad.

Ein großer Daten-Speicher (Flash Memory) von 16 MBit reicht für eine Dauermessung von bis zu 16 Monaten im 1-Minu-

ten-Messintervall oder wahlweise sogar bis zu 48 Monate im 3-Minuten-Messintervall.

Die im Speicher des WTDL1 sicher abgelegten Messdaten, die auch ohne Batterie erhalten bleiben, können über eine USB-Verbindung ausgelesen und durch eine PC-Software grafisch als Temperaturverlaufskurve dargestellt werden. Das Auslesen der Messwerte, das Löschen des Datenspeichers und das Stellen der Echtzeituhr erfolgen sehr einfach über die kostenfrei erhältliche Software „LogView“, die wir bereits im „ELVjournal“ 3/09 vorgestellt haben [1]. Diese Software bietet unter anderem eine hervorragende grafische Visualisierung des Temperaturverlaufs.

Dank der im WTDL1 integrierten Echtzeituhr werden mit jeder Messung auch Zeit und Datum gespeichert. Die besonders energiesparende Uhr läuft sogar während eines Batteriewechsels noch mehrere Minuten weiter, weshalb die Uhr anschließend nicht neu gestellt werden muss.

Durch die geringen Geräteabmessungen und die wasserdichte Ausführung kann der WTDL1 sehr flexibel an unterschiedlichsten Orten eingesetzt werden. Mit einem um den Gehäuseschalters gelegten Kabelbinder kann der WTDL1 z. B. auch an Rohrleitungen montiert werden.

Das verwendete PET-Gehäuse ist sowohl wasserdicht als auch besonders stabil und bruchstark.

Da der WTDL1 schwimmfähig ist, sind auch Messungen im Pool oder Teich möglich (nicht schwimmend einfrieren lassen!).

Zur optimalen thermischen Kopplung des zu messenden Mediums an den Temperatursensor ist die Sensorplatte fest in die Gehäusespitze eingegossen. Eine isolierende Luftschicht wird dadurch eliminiert.

Jede Messung wird durch das kurze Aufblitzen einer roten Leuchtdiode signalisiert, so erhält man eine gute Funktionskontrolle.

Über einen DIP-Schalter kann der Datenlogger ein- und ausgeschaltet werden, wobei die Echtzeituhr weiterläuft. Über einen zweiten Schalter kann das gewünschte Messintervall (1 oder 3 Minuten) gewählt werden. Weitere Messintervalle sind per Software einstellbar, dazu später mehr.

Sobald der WTDL1 mit einem PC verbunden ist, wird die Schaltung über den PC versorgt, wodurch die Batterie entlastet wird.

Im autarken Betrieb liefert eine Hochleistungsbatterie (Tekcell, 3,6 V, 1200 mAh) die Betriebsspannung. Diese Batterie hat genug Kapazität für Dauermessungen von bis zu 16 Monaten im 1-Minuten-Messintervall. Im 3-Minuten-Messintervall ist voraussichtlich (da auf Hochrechnung basierend) eine Betriebsdauer von bis zu 4 Jahren möglich.

Die eher selten verwendete Spezial-Batterie „Tekcell SB-AA02“ (bei ELV: € 4,95, Best.-Nr. 482-84) wirkt zwar auf den ersten Blick teuer, senkt jedoch die Betriebskosten des Datenloggers, während die Laufzeit gleichzeitig maximiert wird. Alternative Batteriekonzepte hätten dem gegenüber zahlreiche Nachteile:

Die im WTDL1 verwendeten ICs benötigen eine Betriebsspannung zwischen 2,7 und 3,6 V. Da die 3 V von zwei in Serie geschalteten LR44-Batterien zu schnell auf unter 2,7 V fallen würden, müssten demzufolge drei LR44-Knopfzellen zum Einsatz kommen. Die daraus resultierende Batteriespan-

nung von 4,5 V müsste anschließend über einen Spannungsregler auf unter 3,6 V reduziert werden. Aufgrund der geringen elektrischen Ladungsmenge einer LR44-Knopfzelle von nur 110 mAh müssten also 10 Batteriesätze verwendet werden, um auf die Leistung einer einzigen Tekcell-Batterie zu kommen. Insgesamt wären damit 30 LR44-Zellen nötig (Kosten etwa € 7,50) – einmal ganz abgesehen von dem Nachteil, dass dann nur über deutlich kürzere Zeiträume durchgehend gemessen werden könnte.

Würde der Datenlogger mit einer leistungsfähigeren CR2032-Lithiumzelle betrieben werden, müsste zusätzlich ein Step-up-Spannungswandler integriert werden, da die verwendeten ICs mindestens 2,7 V benötigen, die die 3-V-Zelle nicht lange bereitstellen könnte. Verglichen mit der Tekcell-Batterie wären zudem ungefähr 5 Batterien nacheinander einzusetzen (Kosten etwa € 6,-), und wieder erreicht man nur verhältnismäßig kurze Messzeiträume ...

Dieser Vergleich zeigt, dass die Tekcell-Batterie langfristig die optimale Lösung für den WTDL1 darstellt.

Bedienung

Die komfortable Analysesoftware „LogView“ steht unter [2] zum freien Download zur Verfügung. Dieses Programm ist mit einer Vielzahl von Geräten unterschiedlichster Hersteller kompatibel – von Ladegeräten über Datenlogger bis hin zum ELV-Wetterdatenempfänger USB-WDE1. Da die private Entwicklung dieses Programms ausschließlich durch Spenden finanziert wird (Donationware), bitten die Programmierer Dominik Schmidt und Holger Hemmecke zur Abdeckung ihrer Kosten um eine freiwillige Spende in selbst bestimmbarer Höhe. Die Kommunikation mit dem WTDL1 ist bereits fest in „LogView“ integriert, so dass nach dem Download und der kurzen Installation des Programms nur noch der WTDL1 aus der Geräteliste gewählt werden muss und direkt begonnen werden kann (siehe Abbildung 1).

Weitere ausführliche Informationen zu „LogView“ finden sich im Artikel „USB-Wetterdatenempfänger USB-WDE1 und LogView“ in [1] und auf der „LogView“-Webseite [2]. Eine komplette Beschreibung der Darstellungs- und Analysefunktionen von „LogView“ würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, weshalb wir hier nur auf die grundlegenden Funktionen eingehen werden.

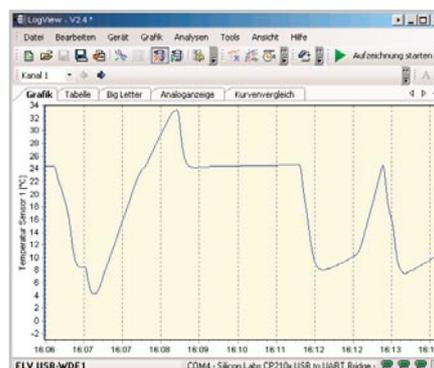


Bild 1: Screenshot der Analysesoftware „LogView“ mit Temperaturverlauf

Vor dem ersten Messeinsatz:

Die Inbetriebnahme beginnt mit dem polrichtigen Einlegen der Batterie (Pluspol zur Gehäuseöffnung) und dem darauf folgenden Einsetzen der Platine ins Gehäuse. Diese ist vorsichtig so hineinzuschieben, dass die Steckleiste genau in die Buchse des im Gehäuse vergossenen Temperatursensors passt.

Danach wird der WTDL1 über das mitgelieferte USB-Kabel mit dem PC verbunden (Abbildung 2). MS Windows erkennt das Gerät automatisch und installiert es ohne zusätzliche Treiber (HID).

Nun wird die Software „LogView“ gestartet. In der Menüleiste wählt man „Gerät“ und dann „Gerät und Port wählen“. Hier ist der WTDL1 auszuwählen und das Auswahlfenster wieder zu schließen. Es öffnet sich die WTDL1-Toolbox, über die jetzt die Uhrzeit eingestellt werden sollte.

Anschließend wird das PC-Kabel vorsichtig, ohne dabei die Platine mit aus dem Gehäuse zu ziehen, vom WTDL1 getrennt.



Bild 2: Der Anschluss des USB-Kabels am Datenlogger. Auch die Lage der DIP-Schalter ist hier gut zu sehen

Messwertaufnahme starten

Zuerst wählt man mit dem linken DIP-Schalter das Messintervall aus (Schalthebelstellung oben = 3-Minuten-Intervall, Schalthebelstellung unten = 1-Minuten-Intervall). Zum Starten der Messwertaufnahme ist nun der rechte DIP-Schalter in die untere Stellung zu bringen (Messwertaufnahme aktiv). Danach ist das Gehäuse mit dem Schraubdeckel fest zu verschließen. Besonders beim Einsatz in feuchten Umgebungen ist sorgfältig darauf zu achten, dass der Deckel absolut unbeschädigt und sauber ist, damit er das Gehäuse sicher verschließt!

Messwertaufnahme stoppen

Zum Stoppen der Messwertaufnahme ist der Deckel abzuschrauben und der rechte DIP-Schalter in die obere Stellung zu bringen (Messwertaufnahme deaktiviert).

Messdaten mit PC auslesen

Nach dem Abschrauben des Deckels und dem Stoppen der Messwertaufnahme wird der USB-Port des Datenloggers über das USB-Kabel mit dem PC verbunden. Nun startet man „LogView“, öffnet hier die WTDL1-Toolbox und ruft die Messdaten vom Datenlogger ab. Dies dauert je nach Anzahl der gespeicherten Messungen zwischen wenigen Sekunden bis hin zu 5,5 Minuten (wenn 712.000 Datensätze abgerufen werden). Sind die Daten auf dem PC ge-

sichert, kann der Speicher des Datenloggers gelöscht werden. Bei dieser Gelegenheit sollte man auch die Uhrzeit des Datenloggers prüfen und ggf. nachstellen. Anschließend erfolgen das Trennen der USB-Verbindung, ggf. eine neue Aktivierung der Messwertaufnahme und wieder das sorgfältige Verschließen des Gerätes.

Messperioden-Modus über Software umschalten

Neben den beiden Standard-Messmodi „3 Min./1 Min.“, in denen alle 3 Minuten bzw. jede Minute ein Temperaturwert aufgenommen wird, ist es über „LogView“ zusätzlich möglich, weitere Erfassungsintervalle auszuwählen. Im „30 Sek./10 Sek.“-Modus werden entweder zweimal oder sechsmal pro Minute Messungen durchgeführt. Im „3 Sek./1 Sek.“-Modus wird alle drei bzw. sogar jede Sekunde eine Messung aufgenommen. Dabei ist Abbildung 3 zu beachten, aus der entnommen werden kann, dass je nach Einstellung die maximale Messdauer und die Batteriebensdauer entsprechend abnehmen (im 1-Sekunden-Modus beträgt die Messdauer z. B. noch ca. 8 Tage).

Das auf Hochrechnung beruhende Diagramm gibt keine zugesicherten Eigenschaften an, sondern soll nur in etwa aufzeigen, in welcher Relation die unterschiedlichen Messmodi zueinander stehen. Auch unterschiedliche Einsatzbedingungen und Batteriechargen können hier zu Abweichungen führen. Der Messperioden-Modus wird direkt über die WTDL1-Toolbox in „LogView“ umgeschaltet. Mit dem linken DIP-Schalter am Datenlogger kann dann zwischen den 2 Einstellungen (3 Min./1 Min., 30 Sek./10 Sek., 3 Sek./1 Sek.) umgeschaltet werden. Mit der unteren Stellung wird also je nach Modus die 1-Min., 10-Sek.- oder die 1-Sek.-Einstellung gewählt.

Schaltungsbeschreibung

Abbildung 4 zeigt das Schaltbild des Datenloggers. Quasi als Herz der Schaltung arbeitet der Mikrocontroller IC 1, bei dem es sich um einen C8051F326 der Firma SiliconLabs handelt

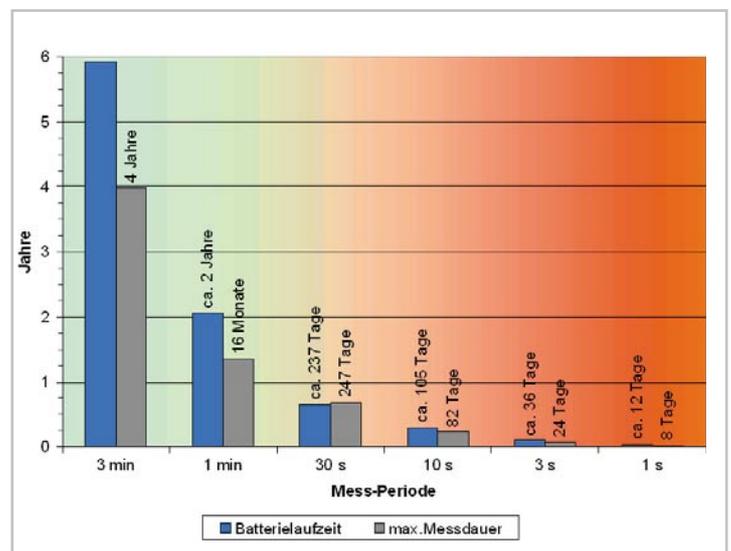


Bild 3: Maximale Messdauer bei unterschiedlichen Messperioden-Einstellungen (jeweils 712.000 Messwerte) und die geschätzte Batterie-Lebensdauer im jeweiligen Modus

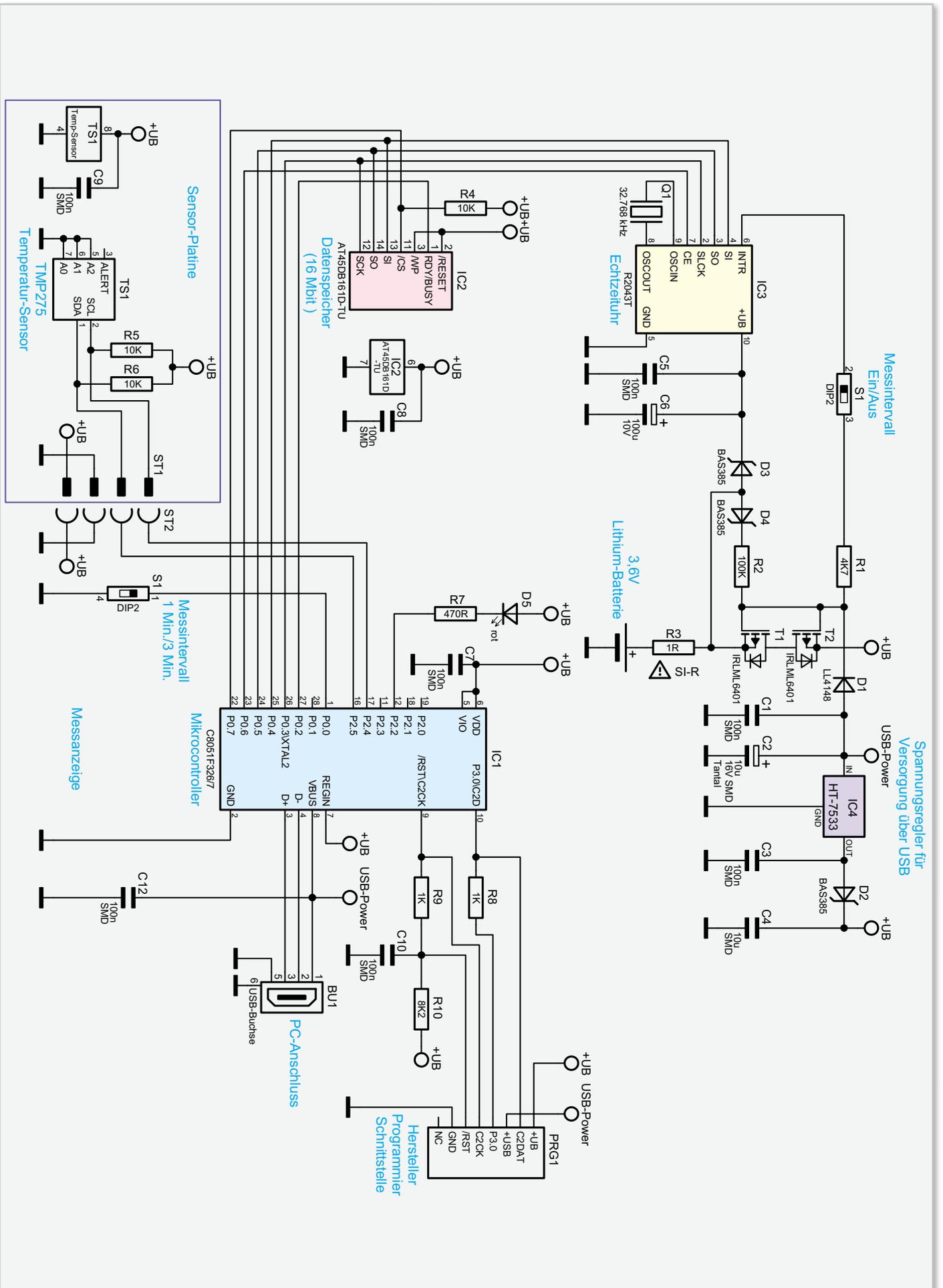


Bild 4: Das Schaltbild des WTDL1

– ein modernes Mitglied der 8051-Familie. Das „Moderne“ zeigt sich bereits daran, dass dieser 8-Bit-Mikrocontroller eine vollständige USB-Schnittstelle integriert hat. Für die Kommunikation mit einem PC benötigt der C8051F326 deshalb keine weiteren Bauelemente am USB-Bus.

Über zwei weitere Bussysteme angeschlossen sind die drei Peripherie-Bausteine IC 2, IC 3 und TS 1. Dabei handelt es sich bei IC 2 um einen 16-Megabit-Flash-Speicher von ATMEL mit der Typenbezeichnung AT45DB161D, bei IC 3 um die Echtzeituhr R2043T von Ricoh und bei TS 1 um den sehr präzisen digitalen Temperatursensor TMP275 von Texas Instruments. Sowohl der Uhren- als auch der Speicherbaustein sind über einen SPI-Bus mit IC 1 verbunden, während der Sensor TS 1 über einen I²C-Bus an IC 1 angeschlossen ist. Da der Sensor zusammen mit den Pull-up-Widerständen R 5, R 6 und dem Pufferkondensator C 9 auf einer kleinen separaten Platine im Gehäuse vergossen wird, ist die Platinenverbindung über eine 4-polige Steckleiste realisiert. Zum Austauschen der Batterie lässt sich die Hauptplatine von der Sensorplatine abziehen. Der Sensor ist fest vergossen, um eine gute thermische Kopplung mit dem Gehäuse zu gewährleisten.

Neben den hochintegrierten Komponenten IC 2, IC 3 und TS 1 sind weiterhin noch der DIP-Schalter S 1-1 zur Einstellung des Messintervalls und die rote Low-Power-Leuchtdiode D 5 als Messanzeige direkt mit IC 1 verbunden.

Ein sicherlich nicht auf Anhieb zu durchschauender Schaltungsabschnitt ist der Spannungsversorgungsteil des WTDL1. Dessen Versorgung kann auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen – entweder über einen PC oder über die Batterie.

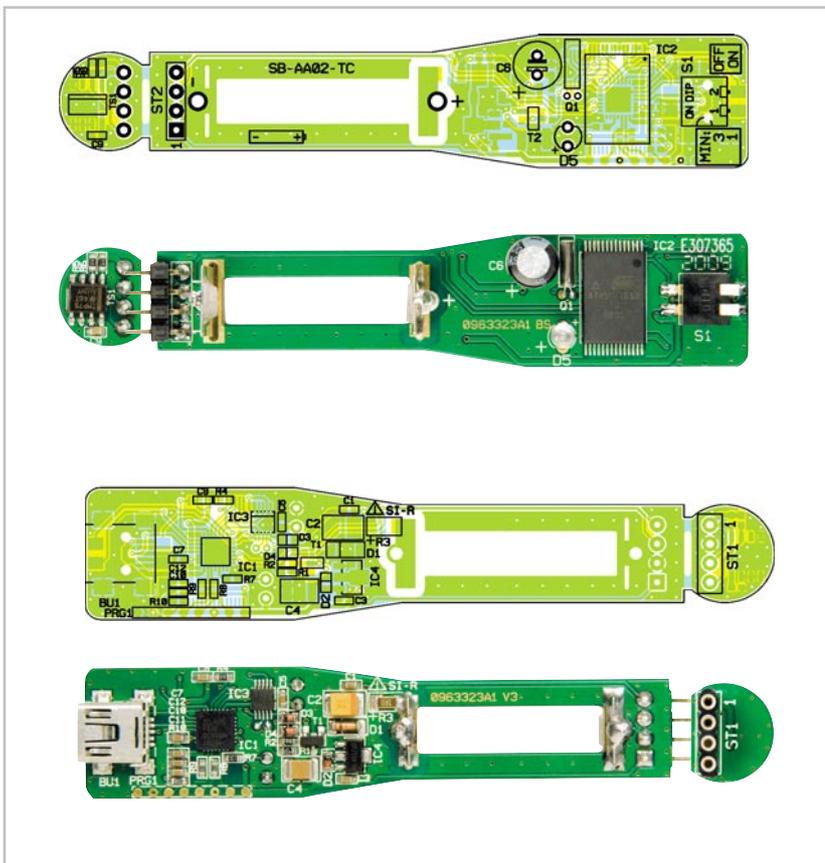
Sobald der Datenlogger über USB mit einem (eingeschalteten) PC verbunden ist, erhält die Schaltung ihre Energie auf diesem Wege. Dabei stellt der PC auf der VBUS-Leitung (USB-Power) eine Spannung von 5 V zur Verfügung, die über den Spannungsregler IC 4 auf 3,3 V reduziert wird. C 1, C 2, C 3, C 4 und C 12 dienen dabei als Pufferung bzw. zur Störunterdrückung. Die an „USB-Power“ anliegende Spannung steht über die Sperrdiode D 1 auch an den Gates der antiparallel geschalteten PMOS-Transistoren T 1 und T 2 an, wodurch diese sperren und die Batterie von der Betriebsspannung trennen. Lediglich die Echtzeituhr IC 3 wird weiterhin über die Diode D 3 aus der Batterie mit einem geringen Strom von ca. 0,5 μ A versorgt. Für den Betrieb der Uhr würde sogar eine Spannung von 1 V genügen, weshalb die Uhr auch mit einer „leeren“ Batterie noch eine ganze Weile weiterläuft. Nimmt man zum Auswechseln die Batterie ganz aus der Schaltung raus, so sorgt der Pufferelko C 6 dafür, dass die Uhr noch einige Minuten lang weiterlaufen kann (solange C 6 nicht vorzeitig durch eine Berührung entladen wird), so dass sie auch nach einem Batteriewechsel nicht neu gestellt werden muss.

Sobald die Versorgung über einen PC entfällt, geht die Betriebsspannung +UB gegen 0 Volt, da der Pluspol der Batterie über die Diode D 4 und den Widerstand R 2 mit den Gates von T 1 und T 2 verbunden ist. Die PMOS-Transistoren bleiben also gesperrt. Mit Ausnahme der Uhr hören alle Bausteine auf zu arbeiten und verbrauchen damit auch keine weitere Energie. Ein extrem sparsamer Betriebszustand ist erreicht.

Wie kann die Schaltung nun aber ihre Messaufgabe übernehmen? Dafür sorgt der Uhrenbaustein IC 3, dessen als Open-

Drain ausgeführter Interrupt-Ausgang jede Minute die Gates von T 1 und T 2 über R 1 auf Masse zieht. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn der rechte DIP-Schalter S 1-2 geschlossen ist. Dieser Schalter dient also zum Aktivieren/Deaktivieren des Messbetriebs. Ist er offen, bleibt die Mess-Schaltung abgeschaltet. Sobald die Gates von T 1 und T 2 auf Massepotential liegen, werden deren Source-Drain-Strecken niederohmig und +UB steigt auf Batteriespannung.

Der Mikrocontroller startet den Messvorgang und speichert anschließend den neuen Messwert zusammen mit Datum und Uhrzeit im Flash-Speicher. Danach gibt er dem Uhrenbaustein die Anweisung, dessen Interrupt-Ausgang wieder zurückzusetzen, wodurch die Spannung am Gate von T 1 steigt, die Batterie von +UB getrennt wird und IC 1, IC 2 und TS 1 abschalten. Im 3-Minuten-Messintervall schaltet der Mikrocontroller nach der 2. und 3. Minute die Schaltung gleich wieder ab, ohne zuvor eine Messung aufzunehmen, was sehr viel schneller geht.



Ansicht der komplett bestückten Platine des Datenloggers, oben die Oberseite, unten die Unterseite



Bild 5: Der komplett aufgebaute und ins Gehäuse montierte Datenlogger. Rechts ist deutlich die Vergussmasse mit dem darin vergossenen Temperatursensor zu sehen

Nachbau

Neben der Bestückung sämtlicher SMD-Bauteile wird beim WTDL1 aufgrund des relativ aufwändigen Vergießens der Sensorplatine dieser Fertigungsschritt bereits im Werk erledigt. Um die passgenaue Verbindung beider Platinen zu gewährleisten, werden dort zudem der Stecker-, die Buchsenleiste und die Batteriekontakte ebenfalls bestückt.

Für den Nachbau bleiben lediglich der Uhrenquarz Q 1, die Leuchtdiode D 5 und der Elko C 6. Sowohl beim Elko als auch bei der Leuchtdiode ist unbedingt auf die richtige Polung zu achten.

Zuerst sollte jedoch der längliche Quarz Q 1 mit seinen sehr filigranen Anschlussdrähten montiert werden. Dieser ist, wie im Platinenfoto zu sehen, mit relativ kurzen Drähten liegend einzulöten.

Die Leuchtdiode D 5 ist so einzusetzen, dass der längere Anschlussdraht, der die Anode der LED kennzeichnet, in die mit einem Pluszeichen markierte Bohrung gesteckt wird. Die LED-Anschlüsse sollten ganz durchgesteckt und von unten verlötet werden.

Zuletzt ist der Elko C 6 aufzulöten. Der auf dem Elko mit einem Minus-Symbol gekennzeichnete Anschluss wird in die Bohrung mit dem vollständig ausgefüllten Balken gesteckt, während der auf dem Elko nicht weiter gekennzeichnete Anschluss in die Bohrung gehört, die auf der Platine mit einem Plus markiert ist.

Nun ist nur noch die Batterie polungsrichtig (Pluspol zum Deckel) einzusetzen und die Platine vorsichtig richtig gedreht ins Gehäuse hineinzuschieben, bis die Steckleiste genau in die Buchse passt. Zuletzt ist das Typenschild außen auf das Gehäuse zu kleben.

Damit ist der Aufbau des WTDL1 abgeschlossen und der fertige Datenlogger (Abbildung 5) kann zur Konfiguration an einen PC angeschlossen werden. **ELV**

Literatur/Links:

[1] Mit LogView und USB-WDE1 ganz einfach Wetterdaten aufzeichnen, „ELVjournal“ 3/2009, S. 57

[2] www.LogView.info

Stückliste: WTDL1

Widerstände:

1 Ω /SMD/1206, Sicherungswiderstand	R3
470 Ω /SMD/0603	R7
1 k Ω /SMD/0603	R8, R9
4,7 k Ω /SMD/0603	R1
8,2 k Ω /SMD/0603	R10
10 k Ω /SMD/0603	R4–R6
100 k Ω /SMD/0603	R2

Kondensatoren:

100 nF/SMD/0603	C1, C3, C5, C7–C10, C12
10 μ F/16 V/SMD	C2
10 μ F/25 V/SMD/1210	C4
100 μ F/10 V/low leakage current	C6

Halbleiter:

ELV09893/SMD	IC1
AT45DB161D-TU/SMD	IC2
R2043T/SMD	IC3
HT7533/SMD	IC4
IRLML6401/SMD	T1, T2
LL4148	D1
BAS385/SMD/Vishay	D2–D4
LED, 3 mm, Rot, low current, klares Gehäuse	D5

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz, 8 ppm	Q1
USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelprint, liegend, SMD	BU1
Mini-DIP-Schalter, 2-polig, stehend, SMD, Piano-Typ	S1
TMP275AID/SMD	TS1
Präzisionsbuchsenleiste, 1 x 4-polig, print, gerade	ST1
Stiftleiste, 1x 4-polig, gewinkelt	ST2
2 Mikro-Batteriekontakte, print	BAT1
2 Lötstifte, \varnothing 1,5 x 20 mm	
2 g Wepuran-Vergussmasse	
1 Typenschild-Aufkleber WTDL1, Weiß	
1 PET-Flaschenrohling mit weißem Deckel, transparent	
1 Tekcell-Lithium-Batterie SB-AA02-TC	
1 USB-Kabel (Typ A auf Typ B mini), 2 m, Schwarz	