

Universelles Thermo-Hygrometer-Modul UTH 100

Die Erfassung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist eine interessante Aufgabe innerhalb zahlreicher Elektronikanwendungen, doch es ist nicht ganz einfach, hinreichend genaue Werte zu ermitteln und auszugeben. Das sehr kompakte Thermo-Hygrometer-Modul UTH 100 stellt zwei zu den ermittelten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerten proportionale, analoge Spannungen zur weiteren Verarbeitung bereit. Zusätzlich erfolgt die Datenausgabe über ein digitales Interface.

Allgemeines

Für viele Schaltungen, z. B. in der Steuer- und Regeltechnik, ist eine genaue Erfassung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit erforderlich. Die Problematik besteht darin, dass die Luftfeuchtigkeit stark von der Umgebungstemperatur abhängt und damit nicht so einfach messtechnisch zu erfassen ist wie die Temperatur. Deshalb

wollen wir diesen Zusammenhang zunächst ausführlich betrachten.

Die absolute Luftfeuchtigkeit (F_{abs}) gibt den Anteil des Wassers in der Luft an (Einheit: g/m^3). Die Sättigungsfeuchte (F_{sat}), die stark von der aktuellen Temperatur abhängt, stellt dar, wieviel Wasser maximal in der Luft gelöst sein kann. Hat die absolute Luftfeuchtigkeit den Wert der Sättigungsfeuchte erreicht, kondensiert das Wasser. Der Quotient aus absoluter Luft-

Technische Daten: UTH 100

Betriebsspannung:	5 V =
Auflösung DA-Umsetzer:	8 Bit
Messbereich Temperatur:	- 40 - 80 °C
Genauigkeit Temperatur: ... typ.	± 1 °C
Messbereich Luftfeuchtigkeit:	20 - 90 %
Genauigkeit Luftfeuchtigkeit: typ.	± 8 %
U_{offset}	typ. 0,09 V
U_{max}	typ. 3,15 V
Abmessungen (L x B):	42 x 43 mm

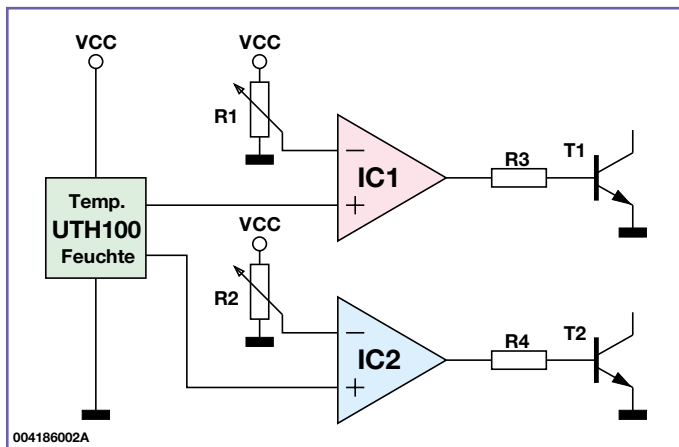


Bild 1:
Schwellwertschalter
des UTH 100

Tabelle 1: Betriebsmodi des Moduls		
CTRL 1	CTRL 2	Modus
0	0	Standby
0	1	- 40°C / 0 % F _{rel}
1	0	80°C / 100 % F _{rel}
1	1	Normalbetrieb

Bedienung und Funktion

Alle Anschlüsse des Moduls sind übersichtlich an einer Seite angeordnet. Die genaue Pinbelegung ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

Direkt nach dem Anschließen der Spannungsversorgung ist das universelle Thermo-Hygrometer-Modul einsatzbereit. Die Beschaltung der beiden Steuereingänge (CTRL1 und CTRL2) legt den Betriebsmodus des Moduls fest (Tabelle 1). Zum Abgleichen werden die Kalibriermodi verwendet (- 40°C/0 % F_{abs} und 80°C/100 % F_{abs}), bei denen jeweils die minimale bzw. maximale Spannung an den Ausgängen zur Ausgabe gelangen, da die Werte durch Bauteilstreuung und Betriebsspannung geringfügig abweichen können. Im Standby-Modus erfolgt keine Werte- bzw. Daten-Ausgabe.

Da die Ausgangsspannung direkt proportional zur Temperatur bzw. Luftfeuchtigkeit ist, kann man die Werte recht einfach berechnen:

$$T = \frac{(U_{akt} - U_{offset}) \cdot 120^\circ\text{C}}{U_{max}} - 40^\circ\text{C}$$

$$F_{rel} = \frac{(U_{akt} - U_{offset}) \cdot 100\%}{U_{max}}$$

- U_{akt}: aktuell ausgegebene Spannung
- U_{offset}: Spannung bei minimalem Messwert (- 40°C/0 %)
- U_{max}: Spannung bei maximalem Messwert (80°C/100 %)

U_{offset} und U_{max} werden in den Kalibriermodi ermittelt und sind für die Auswertung durch eine angeschlossene Schaltung zu berücksichtigen.

Mit der digitalen Schnittstelle des Moduls, die der Kommunikation mit einem Mikrocontroller dient, ist die exakte Auswertung der Signale etwas einfacher. Die Zahlenwerte der beiden Messgrößen wer-

feuchtigkeit und der Sättigungsfeuchte bildet die relative Luftfeuchtigkeit (F_{rel}), von der auch das körperliche Wohlbefinden abhängt und deren Wert wir täglich im Wetterbericht hören bzw. von unserer eigenen Wetterstation ablesen können.

$$F_{rel} = \frac{F_{abs}}{F_{sat}}$$

Zu dieser Temperatur-Feuchte-Beziehung kommt noch hinzu, dass die erforderlichen Sensoren eine nichtlineare Kennli-

Außerdem werden die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte über eine digitale Schnittstelle ausgegeben und sind somit auch durch einen Mikrocontroller weiter zu verarbeiten.

Anwendungsbeispiel

Eine einfache Anwendung des UTH 100 ist der in Abbildung 1 gezeigte Schwellwertschalter, der bei einer bestimmten, einstellbaren Temperatur bzw. Luftfeuchtig-

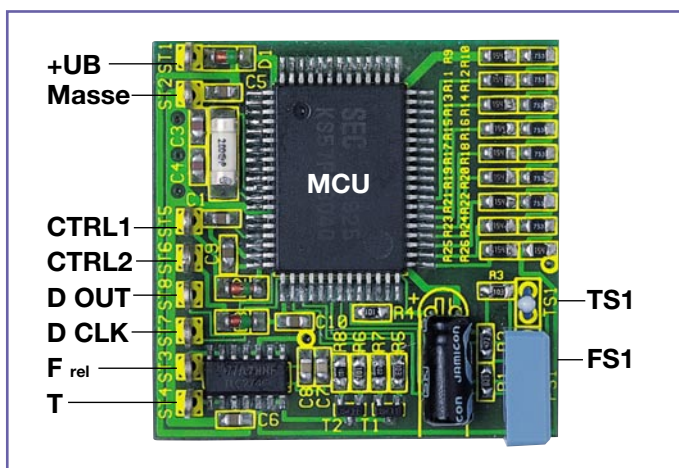


Bild 2:
Die
Pinbelegung des
UTH 100

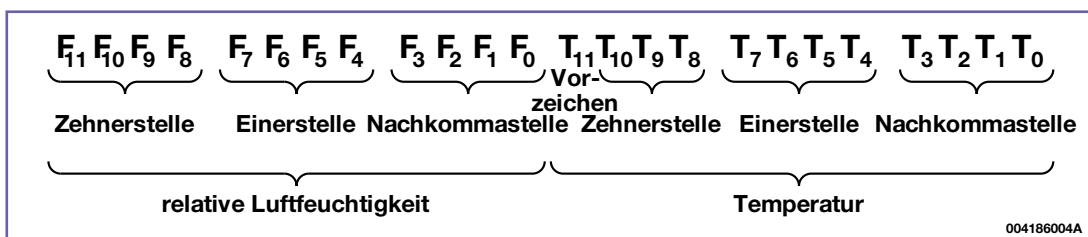
nie aufweisen und somit Linearisierungsmaßnahmen getroffen werden müssen, die in analoger Schaltungstechnik nur sehr aufwändig zu realisieren sind.

Mit der vorliegenden Schaltung werden die von den Sensoren für Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgenommenen Werte von einem Mikrocontroller erfasst, softwaremäßig linearisiert und berechnet. Die Ausgabe der Daten erfolgt über zwei zu den Messwerten proportionalen Spannungen, die dann leicht auswertbar sind.

keit etwa ein angeschlossenes Gerät ein- bzw. ausschaltet.

Über die Potis R 1 und R 2 kann man jeweils eine Spannung vorgeben, die einen bestimmten Temperatur- bzw. Feuchtigkeitswert repräsentiert. Die vorgegebene Spannung und die aktuellen Spannungen für die Messwerte werden über einen Komparator (IC 1 bzw. IC 2) verglichen. Bei Über- oder Unterschreiten der vorgegebenen Werte schalten die Transistoren (T 1, T 2) ein bzw. aus.

Bild 3:
Die Zahlenwerte der
Messgrößen



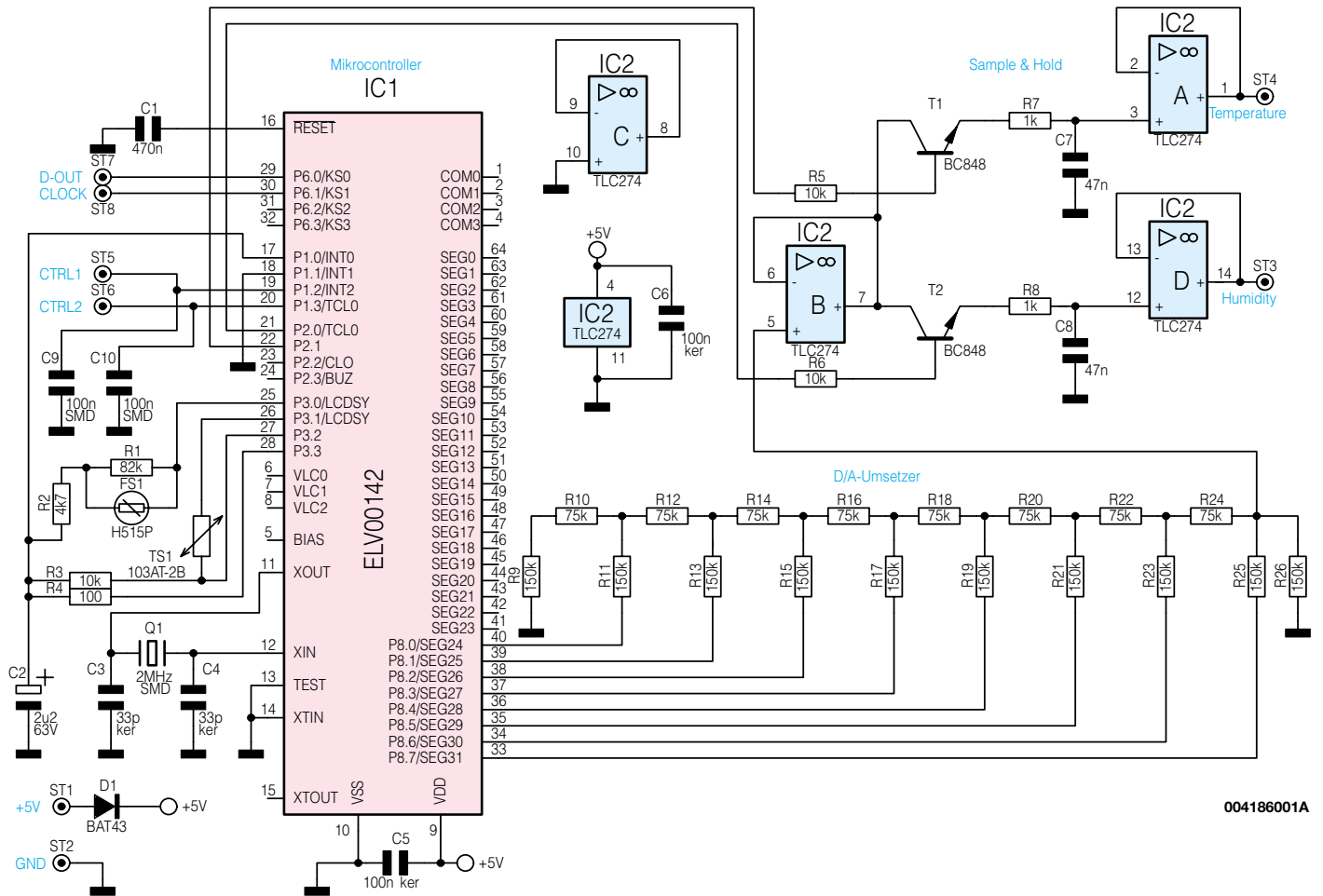


Bild 4: Schaltbild des UTH 100

den direkt, mittels eines überschaubaren Protokolls, übertragen (Abbildung 3).

Die Schnittstelle besteht aus zwei Signalleitungen, die das Datensignal (DOUT) und das Taktsignal (DCLK) führen.

Im Datensignal werden die einzelnen Bits der Messwerte seriell übertragen, beginnend mit dem höchstwertigstem Bit der Luftfeuchtigkeit, das Taktsignal gibt dabei mit jeder Flanke die Gültigkeit des aktuellen Bits an. Genauer betrachtet heißt das, dass bei jeder Flanke des Taktsignals das Datensignal abgetastet werden muss, um die Messdaten zu erhalten.

Schaltung

Die Schaltungstechnik des universellen Thermo-Hygrometer-Moduls ist recht einfach gehalten (Abbildung 4). Ein Mikrocontroller (IC 1, ELV00142), der alle relevanten Daten erfasst, die softwaremäßige Linearisierung der Messwerte vornimmt und die Datenausgabe durchführt, steuert die gesamte Schaltung.

Die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit werden über die entsprechenden Sensoren (TS 1 und FS 1) mit zugehöriger Messschaltung, die aus den Widerständen

R 1 bis R 4 und dem Elektrolytkondensator C 2 besteht, erfasst.

Für die analoge Ausgabe der Messwerte sorgt ein 8-Bit-DA-Umsetzer, der mit einem R2R-Netzwerk (R 9 bis R 26) und dem nachgeschalteten Impedanzwandler IC 2 B ausgeführt ist. Je nachdem, welche Bitkombination an den Eingängen des R2R-Netzwerkes anliegt, wird eine entsprechende Spannung an den Impedanzwandler ausgegeben. Dieser hat einen hohen Eingangswiderstand, damit der Ausgang des R2R-Netzwerkes nicht zu stark belastet wird, und einen niedrigen Ausgangswiderstand, damit die nachgeschalteten „Sample&Hold“-Glieder mit einem entsprechenden Strom aufgeladen werden können. Diese „Abtast- und-Halte-Glieder“ bestehen jeweils aus einer RC-Kombination (R 7 und C 7, R 8 und C 8), deren Kondensatoren über die Schalttransistoren T 1 und T 2 auf eine vorgegebene Spannung aufgeladen werden. Damit diese Spannung auch nach dem Abschalten der Vorgabespannung erhalten bleibt und der Kondensator durch eine angeschlossene Schaltung nicht entladen wird, ist jeweils ein als Impedanzwandler beschalteter Operationsverstärker (IC 2 A/D) nachgeschaltet. Diese Konstruktion arbeitet also wie ein analoger

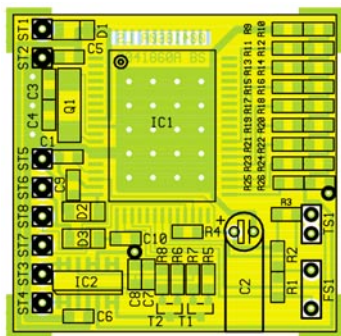
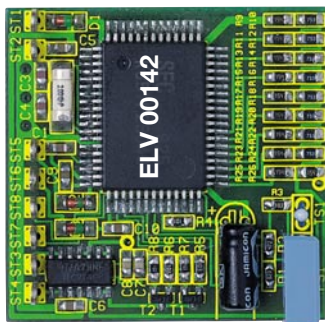
Spannungsspeicher. Die durch den DA-Umsetzer erzeugten Spannungen für Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden jeweils in einem „Spannungsspeicher“, der über die Transistoren T 1 bzw. T 2 vom Mikrocontroller freigeschaltet wird, abgespeichert.

Die Ausgänge der digitalen Schnittstelle, DOUT und CLOCK, sind direkt mit den zugehörigen Ports des Mikrocontrollers verbunden. Die Signale an den Steuereingängen werden direkt an den Mikrocontroller weitergeleitet.

Nachbau

Das universelle Thermo-Hygrometer-Modul ist fast ausschließlich in SMD-Technik ausgeführt, deshalb erfordert der Aufbau etwas Geschick und vor allem geeignetes Werkzeug.

Deshalb ist es notwendig, für die Bestückungs- und Lötarbeiten über einen temperaturgeregelten LötKolben mit sehr schlanker Spitze bzw. über einen SMD-LötKolben zu verfügen. Die Leistung des LötKolbens sollte bei 8 - 10 W liegen, das ist für die kleinen Lötstellen völlig ausreichend. Als Lötzinn kommt dünnes 0,5-mm-SMD-Lötzinn zum Einsatz. Ergänzt wird



Ansicht der fertig bestückten Platine des UTH 100 mit zugehörigem Bestückungsplan

die Ausstattung schließlich durch eine spitze bzw. feine Pinzette, idealerweise eine spezielle SMD-Pinzette, die auch das sichere Positionieren der kleinen SMD-Bauteile erlaubt.

Für das Absaugen versehentlich zuviel aufgetragenen Lötzinns ist weiterhin Entlötlitze hilfreich. Schließlich ermöglichen ein ausreichend hell beleuchteter Arbeitsplatz und eine Lupe die exakte Kontrolle der Arbeiten.

Der Aufbau erfolgt auf einer doppel-seitigen Platine mit den Abmessungen 42 x 43 mm.

Die Bestückung beginnt mit den SMD-Widerständen und Kondensatoren. Zum Bestücken dieser Bauteile versieht man zuerst ein Löt-pfad mit wenig Löt-zinn, fixiert danach das Bauteil mittels der Pinzette am Bestückungsplatz und lötet es an dem vorverzinnten Pad an. Jetzt wird die Position des Bauelements noch einmal kontrolliert, da zu diesem Zeitpunkt noch Korrekturen möglich sind. Ist die Lage des Bauelements exakt, erfolgt das Verlöten des zweiten Anschlusses mit dem entsprechenden Löt-pfad.

Die Bestückung wird nun mit den Dioden und Transistoren fortgesetzt. Die Dioden sind an der Katode mit einem Ring gekennzeichnet, dessen Lage mit der Markierung im Bestückungsdruck der Platine übereinstimmen muss. Die Lage der Transistoren ergibt sich ebenfalls aus dem Bestückungsdruck auf der Platine. Auch diese Bauelemente werden zunächst an einem Anschluss verlötet und die exakte Lage

kontrolliert, bevor man die restlichen Anschlüsse verlötet.

Für das nun folgende Bestücken der ICs versieht man ein Löt-pfad am zugehörigen Bestückungsplatz zunächst mit etwas Zinn (vorzugsweise ein Löt-pfad an einer der vier Ecken des ICs), setzt dann das IC in der richtigen Einbaulage (siehe Bestückungs-plan) auf und verlötet den Pin am vorbereiteten Löt-pfad. Die SMD-ICs sind entweder durch eine abgeschrägte Gehäusekante oder eine Farbmarkierung an Pin 1 gekennzeichnet (vergl. Platinenfoto).

Nach der Kontrolle über die exakte Einbaulage und evtl. einer letzten Ausrichtung wird nun der gegenüberliegende Pin verlötet. Damit hat das IC einen sicheren Halt auf der Platine, und man kann nun alle restlichen IC-Pins mit wenig Zinn verlöten. Sollte dabei versehentlich Löt-zinn zwischen die IC-Anschlüsse laufen, so entfernt man dieses durch Absaugen mit Entlötlitze. Sind die beiden ICs bestückt, erfolgt nun das Bestücken und Verlöten des Quarzes Q 1.

Damit sind alle SMD-Bauelemente aufgelötet, und wir wenden uns der Bestückung der konventionell bedrahteten Bauteile zu. Zunächst werden die Lötstifte mit Lötöse mit einer kleinen Zange vorsichtig in die zugehörigen Bohrungen gepresst und auf der Rückseite der Platine verlötet. Im Anschluss daran ist der Elektrolytkondensator C 2 liegend zu bestücken. Dabei achte man auf polrichtigen Einbau. Elkos sind üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet. Nach dem Verlöten werden die überstehenden Drahtenden mit einem Elektronik-Seitenschneider abgeschnitten.

Den Abschluss der Bestückungsarbeiten bildet das Bestücken und Verlöten der beiden Sensoren FS 1 und TS 1, die mit ihren Anschlüssen durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt und auf der Rückseite verlötet werden. Auch hier sind die überstehenden Drahtenden auf der Platinenrückseite abzuschneiden.

Damit ist der Nachbau beendet. Vor der nun folgenden Inbetriebnahme ist die gesamte Platine noch einmal sorgfältig auf Kurzschlüsse, Bestückungsfehler, richtige Bauelementepolung und fehlende Lötstellen zu kontrollieren.

Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme ist eine Gleichspannung von 5 V erforderlich, die an die Lötstifte ST 1 (Plus) und ST 2 (Minus) zu legen ist. Für die weiteren Messungen der analogen Ausgabewerte an den Lötstiften ST 3 (Luftfeuchte) und ST 4 (Temperatur) wird ein handelsübliches Multimeter mit Spannungsmessbereich benötigt (Messung jeweils gegen GND).

Stückliste: Thermo-/Hygrometer-Modul UTH 100

Widerstände:

100Ω/SMD	R4
1kΩ/SMD	R7, R8
4,7kΩ/SMD	R2
10kΩ/SMD	R3, R5, R6
75kΩ/SMD	R10, R12, R14, R16, R18, R20, R22, R24
82kΩ/SMD	R1
150kΩ/SMD	R9, R11, R13, R15, R17, R19, R21, R23, R25, R26

Kondensatoren:

33pF/SMD	C3, C4
47nF/SMD	C7, C8
100nF/SMD	C5, C6, C9, C10
470nF/SMD	C1
2,2μF/63V	C2

Halbleiter:

ELV00142/SMD	IC1
TLC274/SMD	IC2
BC848	T1, T2
BAT43/SMD	D1-D3

Sonstiges:

Quarz, 2MHz, SMD	Q1
Temperatursensor 103AT-2B	TS1
Feuchtefühler H515P	FS1
Lötstift mit Lötöse	ST1-ST8

Zunächst legt man beide Steuerepins (CTRL1, CTRL2) auf Masse. Solange dieses erfolgt, werden auch keine Spannungen bzw. Daten ausgegeben.

Sind beide Pins aber mit der Betriebsspannung + 5 V verbunden, erfolgt eine kontinuierliche Ausgabe der analogen Größen und der digitalen Daten, dieses ist die Einstellung für den normalen Betrieb.

Zur weiteren Kontrolle werden die minimale und die maximale Ausgabespannung durch entsprechende Beschaltung der Steuereingänge (siehe Tabelle 1 und die diesbezüglichen Erläuterungen am Beginn des Artikels) gemessen.

Die minimale Spannung muss etwa der in den technischen Daten angegebenen Spannung U_{offset} entsprechen, der maximale Wert muss im Bereich von U_{max} liegen. Die beiden Steuerepins müssen immer beschaltet sein.

Hat man auch diese Spannungen kontrolliert, ist das Modul betriebsbereit und in der eigenen Applikation einsetzbar. Hier ist lediglich zu beachten, dass das Modul eine stabilisierte Betriebsspannung von 5 V benötigt. **ELV**