

Präzisions-Digital-Hygro-Thermometer

0 bis 100 % rF
-40°C bis 100°C

Aufbau, Inbetriebnahme und Abgleich dieses Digitalmeßgerätes zur genauen Messung der relativen Luftfeuchte mit zusätzlichem Temperaturmeßbereich beschreibt dieser abschließende Beitrag.

Teil 2

Nachbau

Der im Hauptschaltbild (Teil 1) dargestellte Schaltungsteil findet auf einer 99 mm x 63 mm messenden Leiterplatte Platz. Die kleine Zusatzplatine für das Fühlergehäuse mit den Abmessungen 66 mm x 18 mm trägt den in Abbildung 2 gezeigten Schaltungsteil. Die Platine für das Handgehäuse ist doppelseitig und durchkontaktiert ausgeführt, während es sich bei der Zusatzplatine um eine „einfache“ einseitige Leiterplatte handelt.

Beide Platinen werden zunächst anhand der Bestückungspläne und der Stücklisten mit den entsprechenden Bauelementen bestückt. Zweckmäßigerweise beginnt man mit den niedrigen, passiven Bauelementen, wie Dioden, Widerstände und Kondensatoren, gefolgt von den Halbleiterbauelementen.

Der Widerstand R 105 der im Fühlergriff untergebrachten Wandlerelektronik wird auf der Leiterbahnseite der kleinen Zusatzplatine eingelötet.

In den folgenden Arbeitsschritten wird der Meßfühler fertiggestellt, da dieser für die weitere Montage der Hauptplatine bzw. deren Funktionskontrolle benötigt wird. Wir beginnen den Aufbau mit der Vormontage des Sensorträgers. Abbildung 3 zeigt den schematischen Aufbau dieser Einheit.

Zunächst werden die beiden Anschlußdrähte des Feuchtesensors durch zwei dicht beieinanderliegende Bohrungen des Sensorträgers gesteckt, so daß sich ein Abstand von ca. 5 mm zwischen Sensor-kopf und Austritt des Sensorträgers ergibt.

Die Anschlußdrähte des Temperatursensors besitzen nur eine Länge von 15 mm und müssen daher mit je einem Silberdrahtabschnitt auf die Anschlußdrahtlänge des Feuchtesensors von 50 mm verlängert werden, um anschließend den so vorbereiteten Fühler durch die beiden noch freien Bohrungen des Sensorträgers zu stecken. Auch hier bleibt ein Abstand zwischen Sensorkopf und Sensorträger von 5 mm bestehen.

Nun wird die fertig bestückte Platine des Meßwandlers mit der 5adrigen Verbindungsleitung versehen. Zuerst wird dabei die Gummi-Kabeldurchführung auf die Leitung aufgeschoben, anschließend ist die äußere Ummantelung der Zuleitung auf ca. 15 mm Länge zu entfernen.

Nachdem die einzelnen Adern auf ca. 3 mm Länge abisoliert und verzinkt sind, erfolgt das Anlöten gemäß Abbildung 2 (Teil 1) an die entsprechenden Platinenanschlußpunkte der Leiterplatte. Für die in den Schaltbildern 1 und 2 mit Masse bezeichneten Anschlußpunkte wird hierbei die grau isolierte Ader der Zuleitung verwendet. Nun lötet man die Anschlußdrähte der zuvor in den Sensorträger eingesetzten Sensoren gemäß dem Schaltbild (siehe Abbildung 2, Teil 1) an die kleine

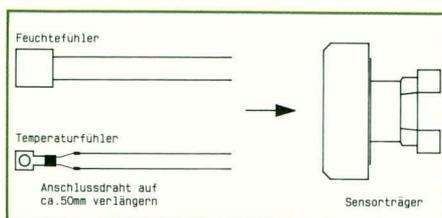


Bild 3: Skizze zur Montage der Meßfühlereinheit

Meßwandlerplatine an. Dabei ragen die Drähte nur wenig in die entsprechenden Platinenbohrungen hinein.

Die Gummi-Kabeldurchführung wird an die richtige Position auf der Zuleitung geschoben und diese einschließlich Kabeldurchführung in die Fühlerhalbschale mit den Führungszapfen für die Leiterplatte eingeklemmt. Alsdann wird die Leiterplatte eingesetzt, gefolgt vom Sensorträger.

Die unisolierten Zuleitungen der Sensoren werden jeweils rechts und links an den vorstehenden Kunststoffzapfen zwischen Leiterplatte und Sensorträger entlanggeführt (siehe Foto). Um ein Verdrehen des Sensorträgers zu verhindern, ist dieser mit einer kleinen „Nase“ versehen, zur Vorbeugung von Kurzschlüssen zwischen den Sensorzuleitungen.

Aufgrund der relativ beengten Platzverhältnisse sind in der zweiten nun aufzusetzenden Fühlerhalbschale die rechteckförmigen Kunststoffführungen zwischen den vier Führungszapfen für die Leiterplatte zu entfernen. Dieses geschieht am besten mit einem scharfen Elektronik-Seitenschneider.

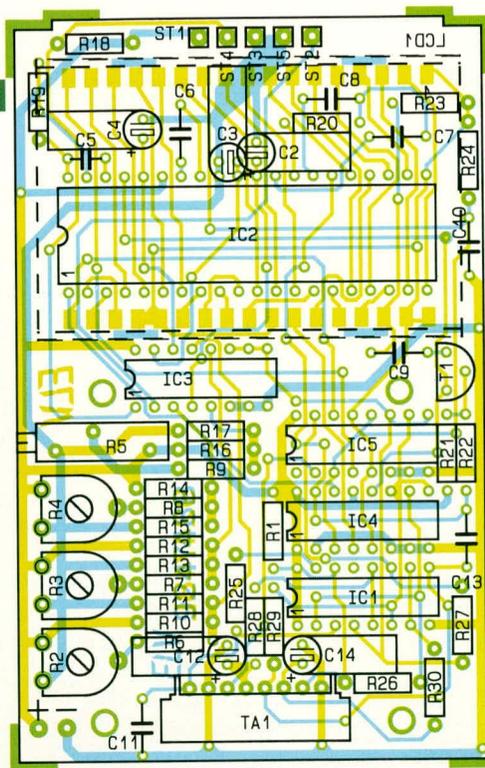
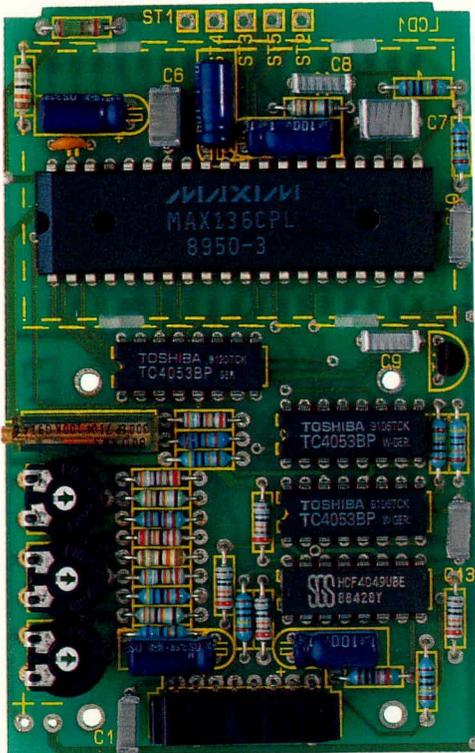
Es empfiehlt sich, den Aufbau nochmals zu prüfen, bevor die Fühlerhalbschale aufgesetzt und mit zwei 1,9 mm x 8 mm Knippschrauben festgezogen wird. Damit ist die Fühlereinheit fertiggestellt und wird mit der Hauptplatine des HT 100 verbunden. Zuvor ist allerdings noch die Gehäuselastplatte des Handgehäuses auf die Zuleitung aufzuschieben. Die Aussparungen (5 x 5 mm) dieser Kunststoffplatte zeigen später zur Gehäuseinnenseite. Auf die richtige Position ist daher genau zu achten.

Was die Abisolierung anbelangt, so wird an dieser Stelle genau wie bei der Kabelmontage in der Fühlereinheit verfahren. Die äußere Ummantelung der Zuleitung ist auf 15 mm zu entfernen. In Abbildung 1, Teil 1 (Hauptschaltbild) ist die farbliche Zuordnung der Adern zu den Lötstützpunkten angegeben.

In den folgenden Arbeitsschritten wenden wir uns der Montage des LC-Displays zu, welches auf der Leiterbahnseite der Platine montiert wird. Hierzu setzen wir das eigentliche Display in den Kunststoffträherrahmen ein, der mit der Stirnfläche auf der Arbeitsunterlage liegt (die vier Befestigungszapfen weisen nach oben).

Auf der Rückseite des Displays folgt der zweite Kunststoffrahmen mit den Aussparungen für die Leitgummis. Anschließend werden die Leitgummis selbst eingesetzt.

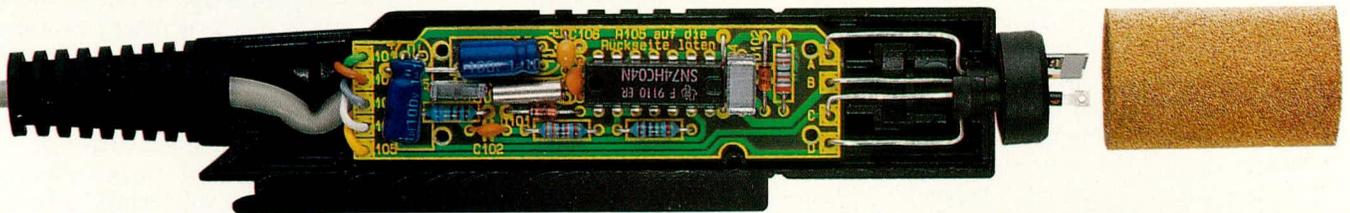
Auf die so vorbereitete LC-Displayeinheit ist die vormontierte Leiterplatte mit der Platinenunterseite voran aufzulegen. Dabei ist sicherzustellen, daß die Kontaktflächen des Leitgummis und der Leiterplatte sauber und fettfrei sind. Gegebenenfalls nimmt man eine Reinigung mit einem fusselfreien Tuch und etwas Alkohol vor.



Bevor das LC-Display endgültig mit der Leiterplatte verbunden wird, sind die Display-Funktionen zu überprüfen. Hierzu wird die Folientastatur in den vorgesehenen Stecksockel eingesteckt und anschließend die vormontierte Leiterplatte mit dem Display zusammen umgedreht, damit das Display sichtbar ist.

Die 9 V-Blockbatterie wird angeschlossen und das HT 100 für einen ersten Funktionstest eingeschaltet. Wird die Displayeinheit leicht gegen die

Links: Ansicht der fertigen Hauptplatine mit zugehörigem Bestückungsplan



Oben: Fertige Zusatzplatine, eingebaut in das Fühlergehäuse

Rechts: Bestückungsplan der Zusatzplatine

Stückliste : Präzisions - Digital - Hygro-Thermometer

Widerstände

2,55kΩ	.....	R 18
6,8kΩ	.....	R 103
10kΩ	.....	R 26
12kΩ	.....	R 15
18kΩ	.....	R 13
22kΩ	.....	R 104
33kΩ	.....	R 102
39kΩ	.....	R 14
47kΩ	.....	R 11
68kΩ	.....	R 105
100kΩ	.....	R 1, R 25, R 27, R 29
180kΩ	.....	R 19
220kΩ	.....	R 12
270kΩ	.....	R 16
330kΩ	.....	R 8, R 10, R 20
390kΩ	.....	R 7, R 17
470kΩ	.....	R 9, R 22
680kΩ	.....	R 6
1MΩ	.....	R 21, R 23, R 24, R 28, R 30
10MΩ	.....	R 101
Trimmer, PT10, 100kΩ	.....	R 2-R 4
Spindeltrimmer, 100kΩ	.....	R 5

Kondensatoren

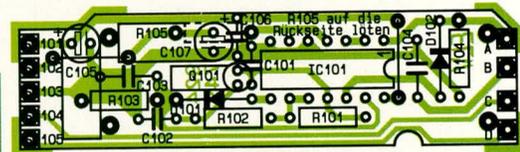
100pF	.....	C 101
470pF	.....	C 102
47pF	.....	C 5
1nF	.....	C 103
47nF	.....	C 8-C 11, C 13
100nF	.....	C 6, C 104
100nF/ker	.....	C 106
470nF	.....	C 7
1µF/100V	.....	C 2-C 4, C 12, C 14, C 105, C 107

Halbleiter

MAX136	.....	IC 2
CD4049	.....	IC 1
CD4053	.....	IC 3-IC 5
74HC04	.....	IC 101
LCD 3,5	.....	LCD 1
BC548C	.....	T 1
1N4148	.....	D 101, D 102

Sonstiges

Folientastatur	.....	TA 1-TA 4
1 Feuchtefühler (linear)		
2 Leitgummi		
1 Batterie-Clip, für 9V-Block-Batterie		
1 ANP Steckerleiste		
1 Fühlergehäuse (2 Teile)		
1 Sensorträger		
1 Gehäusevorderteil		
1 Gehäuserückteil		
1 Halterahmen für das Display		
1 Distanzrahmen für das Display		
1 Steckerplättchen		
1 Batteriefachdeckel		
1 Kabel-Durchführungsstülle		
1 Kabelbinder 80mm		
2 Knippingschrauben, 1,8mm x 10mm		
2 Knippingschrauben		
4 Senkkopf-Knippingschrauben		
100cm Leitung, 5adrig		
10cm Schaltdraht, blank, versilbert		
1 SAS 1000		
1 Quarz 100 kHz		
1 Sinter-Bronze-Filter		
1 Silicagel		



Leiterplatte gedrückt, müssen die entsprechenden Segmente und Anzeigen erscheinen. Durch entsprechendes Umschalten müssen auch die weiteren Funktionen wie „Hold“ und der Temperaturmeßbereich einwandfrei arbeiten. Zeigt das Display keinen eindeutigen Zahlenwert an, so kann dies am fehlenden Abgleich liegen (Anzeige im Überlauf). Bei Mittelstellung aller Abgleichtrimmer ist dieses jedoch in der Regel nicht der Fall. Gegebenenfalls sind die Trimmerpositionen zu ändern, um so eine definierte Anzeige zu erhalten.

Ist die Überprüfung zufriedenstellend verlaufen, folgt die Endmontage des Displays. Das wieder ausgeschaltete Gerät wird vorsichtig zusammen mit dem aufgelegten Display umgedreht, so daß die Leiterplatte wieder nach oben weist. Mit einem nicht zu heißen LötKolben sind die 4 auf der Bestückungsseite der Leiterplatte hervorstehenden Kunststoffzapfen des Displayrahmens so zu verformen, daß sich zwischen Display und Leiterplatte eine einwandfrei mechanische Verbindung ergibt. Bei diesem Vorgang wird die Leiterplatte fest auf die Displayeinheit gedrückt, bis die Kunststoffzapfen wieder abgekühlt sind und eine feste Verbindung gewährleisten. Vor der Endmontage und dem Gehäuseeinbau folgt nun der Abgleich.

Abgleich

Sowohl für den Temperatur- als auch für den Luftfeuchtemeßbereich ist die Einstellung von Offset und Skalenfaktor erforderlich. Wir beginnen den Abgleich mit den Einstellungen für den Temperaturmeßbereich. Hierfür wird die Fühlereinheit mit einer handelsüblichen, hauchdünnen Klarsichtfolie, wie sie im Haushalt zum Abdecken von Lebensmitteln verwendet wird, überzogen, um das Eindringen von Flüssigkeiten auszuschließen. Die so vorbereitete Fühlereinheit wird ca. 5 cm tief in eine mit einem Gemisch aus Wasser und kleinsten Eiswürfeln gefüllte Thermokanne eingetaucht. Die Eiswürfel sollten möglichst klein sein (wenige Millimeter Durchmesser) und nur rund 25 % der Gemischmenge ausmachen, damit eine Beschädigung der Folie durch zu großes „Eiswürfel-Gedränge“ in der Thermokanne vermieden wird. Durch die gute Isolierung der Thermokanne wird auch bei dem im vorliegenden Fall vergleichsweise geringen Eiswürfelanteil der Nullpunkt mit hinreichender Genauigkeit erreicht.

Mit dem Fühler wird das Eis-Wasser-Gemisch vorsichtig umgerührt, damit sich eine gute Temperaturverteilung und Einstellung auf 0°C ergibt.

Im eingeschalteten Temperaturmeßbereich wird nun mit dem Trimmer R 4 die Anzeige auf 00,0°C eingestellt. Im Anschluß an die Nullpunkt-Einstellung, die unbedingt zuerst auszuführen ist, folgt der Abgleich des Skalenfaktors. Hierfür ist als Referenzthermometer ein handelsübliches Fieberthermometer nützlich, da diese Geräte bekanntlich sehr genaue Werte liefern, wenn auch nur in einem vergleichsweise engen Temperaturbereich.

Aufgrund des Meßbereiches von Fieberthermometern sollte sich das in eine Thermokanne einzufüllende Wasser auf einer Temperatur von 36°C bis 42°C befinden. Das Wasser wird fortwährend mit dem Fieberthermometer umgerührt und die Temperatur genau gemessen, wobei die erforderliche Temperatur durch Zugabe von einer entsprechenden Menge warmem bzw. kaltem Wasser leicht zu erreichen ist.

Es ist dabei zu beachten, daß Fieberthermometer üblicherweise eine Maximum-Speicheranzeige besitzen. Wenn also die Temperatur des Wassers in der Thermokanne leicht abfällt, muß beim Fieberthermometer zunächst ein Reset vorgenommen werden, um anschließend den genauen Wert neu zu bestimmen.

Die Fühlereinheit des HT 100 wird dabei wiederum ca. 5 cm tief in das Wasser eingetaucht, immer noch mit der Folie umgeben.

Mit dem Trimmer R 2 wird die Anzeige

auf dem LC-Display genau auf den am Fieberthermometer abgelesenen Wert eingestellt. Die Verwendung einer Thermokanne ist dabei unbedingt erforderlich, da die relativ starke Abkühlung über ein nicht isoliertes Gefäß zu erheblichen Meßfehlern führen kann.

Damit ist der Temperaturmeßbereich des HT 100 bereits fertig abgeglichen, und wir können mit den Einstellungen im Feuchte-meßbereich beginnen. Hierzu wird nun die Folie vom Meßfühler entfernt.

Als erstes ist auch hier der Nullpunkt bei einer relativen Luftfeuchte von 0 % einzustellen. Dies ist vergleichsweise einfach und sehr genau möglich, da es eine Substanz gibt, welche der Luft ihren Feuchtigkeitsgehalt vollkommen entzieht. Wir bedienen uns hierzu dem mitgelieferten, körnigen, bläulichen Silicagel. In einem kleinen, geschlossenen Gefäß wird dadurch die Luftfeuchte auf weniger als 0,1 % reduziert. Das Silicagel wird in ein trockenes Gefäß (z. B. Wasserglas) gefüllt, die Fühlereinheit mit aufgesetztem Sinter-Bronze-Schutz hineingelegt und das Ganze mit Alufolie sowie einem Gummiring möglichst gut abgedichtet.

Nach ein bis zwei Stunden wird mit dem Trimmer R 5 (Spindeltrimmer) die Anzeige des HT 100 auf 00,0 % relative Luftfeuchte eingestellt. Durch leichtes Schütteln des Gefäßes kann geprüft werden, ob noch Schwankungen in der Anzeige auftreten, die größer als 2 Digit, entsprechend 0,2 %, sind. Gegebenenfalls ist dann noch etwas abzuwarten, bis sich die Anzeige hinreichend stabilisiert hat, um den Nullpunktgleich „sauber“ ausführen zu können. Die Kalibrierung des Skalenfaktors nehmen wir bei einer relativen Luftfeuchte von 75,5 % vor. Diese Luftfeuchte kann man leicht in jedem Haushalt herstellen. Hierzu muß man lediglich wissen, daß sich über einer gesättigten Kochsalzlösung (NaCl) eine relative Luftfeuchte von 75,5 % einstellt.

Die gesättigte Kochsalzlösung erreicht man, indem in ein Wasserglas 100 g Kochsalz sowie 100 ml destilliertes Wasser eingefüllt und gut umgerührt werden. Die genaue Dosierung ist von untergeordneter Bedeutung. Es muß sich lediglich um eine gesättigte Kochsalzlösung handeln. Dies erkennt man daran, daß sich nach einer gewissen Zeit am Boden des Wasserglases eine mehr oder weniger hohe Kochsalzschicht absetzt (bei ungesättigter Kochsalzlösung ist die gesamte Salzmenge gelöst und es wird kein Bodensatz sichtbar).

Nachdem die gesättigte Kochsalzlösung angerührt wurde, deckt man das Wasserglas wiederum mit einer Alufolie und einem darum herumgezogenen Gummiring möglichst dicht ab, wobei zuvor ungefähr in der Mitte die Fühlereinheit hindurchge-

steckt wurde. Da sich die in Haushaltsfachgeschäften erhältliche Alufolie gut allen möglichen Konturen anpaßt, kann der Feuchtesensor weitgehend luftdicht gegenüber der Außenwelt abgeschirmt werden.

Nach einer wiederum ein- bis zweistündigen Wartezeit haben sich die Meßwerte stabilisiert und es kann die relative Luftfeuchte von 75,5 % auf dem Display eingestellt werden. Diese Einstellung nehmen wir mit dem Trimmer R 3 vor.

Zu Kontrollzwecken empfiehlt es sich, anschließend nochmals den Nullpunktgleich zu wiederholen, um zum Abschluß den 75,5 %-Wert zu prüfen und eventuell nachzugleichen. Damit ist der Abgleich des HT 100 beendet, und die Endmontage kann beginnen.

Endmontage

Die Folientastatur ist wieder aus dem Stecksockel der Leiterplatte herauszuziehen und auf der Oberseite der Fronthalbschale des Gehäuses aufzukleben. Hierzu wird als erstes der Klebeschutz auf der Rückseite der Tastatur abgezogen, die Anschlußfahne durch die betreffende Gehäuseaussparung geführt und die Folientastatur an korrekter Position fest auf die Gehäusehalbschale aufgedrückt. Diese sollte sauber und fettfrei sein. Alsdann wird die Zuleitung der Fühlereinheit 2 mm vor dem Ende der äußeren Ummantelung mit dem beigelegten Kabelbinder umschlossen und das überstehende Kabelbinderende abgeschnitten. Hierdurch ist eine wirksame Zugentlastung gegeben.

In die mit der Folientastatur versehene Gehäusehalbschale ist nun die Leiterplatte zusammen mit der kleinen Gehäusestirplatte (17 mm x 54 mm großer Kunststoff-einsatz) einzusetzen und mittels vier 2,2 mm x 6,5 mm Knipping-Senkkopfschrauben an den vorgegebenen Gehäusezapfen anzuschrauben.

Nachdem die Folientastatur wieder in den vorgesehenen Stecksockel eingesteckt ist und die Batterieanschlüsse in der entsprechenden Gehäuseaussparung der Fronthalbschale liegt, wird das Gehäuse durch Aufsetzen der hinteren Halbschale verschlossen. Zunächst ist dazu die Gehäusehalbschale in die Gehäusestirplatte einzurasten und dann durch zwei 2,2 mm x 12,5 mm Knippingschrauben unter dem Batteriefachdeckel mit der Fronthalbschale zu verschrauben.

Abschließend wird der zum Schutz der hochwertigen Sensoren dienende Sinter-Bronze-Filter mit etwas Kleber versehen und auf den Sensorträger aufgeschoben.

Nachdem die 9 V-Blockbatterie eingesetzt und das Batteriefach verschlossen ist, steht dem Einsatz dieses wertvollen Meßgerätes nichts mehr im Wege. 