

# Feuchte-Temperatur-Schaltsystem

## FTS 7000



*Eingebaut in ein Gehäuse der ELV-Serie 7000 werden auf 2 3stelligen Digitalanzeigen die aktuellen Meßwerte einer Feuchte- und einer Temperaturmeßstelle gleichzeitig angezeigt. Für jede Meßstelle kann unabhängig die Ein- und Ausschaltswelle in weiten Bereichen programmiert werden, wobei auch eine Verknüpfung der Meßstellen untereinander möglich ist. 3 Schaltausgänge stehen für Steuerzwecke zur Verfügung. Hierdurch erschließen sich dem Gerät eine Vielzahl unterschiedlichster Anwendungen im Bereich der Meß-, Überwachungs- und Regelungstechnik.*

### Allgemeines

Vielfach besteht der Wunsch, sowohl die Temperatur als auch die relative Luftfeuchte zu messen und anschließend die gewonnenen Daten zu Steuerungszwecken einzusetzen bzw. das Meßsystem selbst in einen Regelkreis einzubinden.

Bei der Temperaturmessung ist dies im allgemeinen kein Problem, hingegen ist eine qualifizierte Feuchtemessung schon bedeutend anspruchsvoller, besonders wenn man auf reproduzierbare und hinreichend genaue Meßergebnisse Wert legt. Hier zeichnet sich die bereits von ELV seit 1985 mit großem Erfolg eingesetzte mikroprozessorgestützte Meßsignallinearisation und -verarbeitung zur Auswertung der vom Feuchtesensor kommenden Signale aus. Dem zugrunde liegen aufwendige rund 2 Jahre andauernde Meßreihen und Untersuchungen, die das Verhalten der von ELV eingesetzten Feuchtesensoren analysieren. Durchgeführt wurde dies von der Arbeitsgruppe Ökochemie und Umweltanalytik der Universität Oldenburg.

Die so gewonnenen Erkenntnisse wurden in Daten umgesetzt, die es einem Mikroprozessor ermöglichen, aus den vom Feuchtesensor und vom zugeordneten Temperatursensor kommenden Meßwerten über eine entsprechende Verarbeitung die Anzeige des entsprechenden Meßwertes zu erzeugen. Im Rahmen der angegebenen Spezifikationen hat der Anwender eine hohe Sicherheit, daß die ausgegebenen Meßwerte im Bereich der zulässigen Toleranzen liegen.

Es ist naheliegend, zur präzisen und individuellen Regelung oder Steuerung ein Mikroprozessorsystem einzusetzen, bei dem nicht allein die Meßwerterfassung und -verarbeitung, sondern zusätzlich die Programmiermöglichkeiten der Schaltschwellen im Gesamtsystem integriert sind. Ein entsprechend komfortables und vielseitiges Feuchte-Temperatur-Meß- und Schaltsystem wurde im ELV-Labor entwickelt, und zwar auf der Basis der inzwischen seit mehreren Jahren bewährten Meßwerterfassung im Rahmen der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000.

Da sowohl die Einschalt- als auch die Ausschaltswellen von Feuchte- und Temperaturmeßstellen vollkommen unabhängig voneinander programmierbar sind, eröffnen sich dem System eine Vielzahl unterschiedlichster Anwendungen im Bereich der Meß-, Überwachungs- und Regelungstechnik.

### Bedienung und Funktion

Auf der Frontseite des Feuchte-Temperatur-Schaltsystems FTS 7000 befinden sich 2 Digitalanzeigen mit jeweils 3 Digit zur Anzeige der relativen Luftfeuchte sowie der Temperatur. Unter jedem Display sind 2 Taster zur Anwahl der oberen bzw. der unteren Schaltschwelle angeordnet.

Ohne die Betätigung einer Taste zeigen die beiden Displays die aktuelle Luftfeuchte sowie die aktuelle Temperatur an.

Wird eine der 4 Tasten für die obere bzw. untere Schaltschwelle kurz gedrückt, erscheint auf dem betreffenden Display der zugehörige Schaltschwellenwert. Durch erneute Betätigung desselben Tasters wird wieder der aktuelle Meßwert angezeigt bzw. automatisch ohne weitere Tastenbetätigung nach 20 Sekunden.

Zur Veränderung der Schaltschwellen wird zunächst ebenfalls eine der 4 Tasten für die obere bzw. untere Schaltschwelle kurz gedrückt. Mit den beiden rechts neben den Displays angeordneten Tastern „auf/ab“ ist jetzt eine Änderung des betreffenden Wertes möglich. Zwischen den einzelnen Tastenbetätigungen sollten die Pausen 20 Sekunden nicht überschreiten, da sonst die Anzeige wieder zum aktuellen Meßwert zurückkehrt.

Auf eine Besonderheit sei in diesem Zusammenhang hingewiesen:

Einzelne kurze Tastenbetätigungen lassen das betreffende Display jeweils um ein Digit (0,1% bzw. 0,1 K) aufwärts oder abwärts zählen. Sollen jedoch größere Änderungen durchgeführt werden, hält man die entsprechende Taste fest, wobei innerhalb von wenigen Sekunden die Zählgeschwindigkeit deutlich erhöht wird, so daß relativ schnell jeder beliebige im definierten Bereich liegende Wert angefahren werden kann.

## Mikroprozessorgesteuertes programmierbares Feuchte-Temperatur-Meß- und Schaltsystem

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, daß die obere Schaltschwelle auch tatsächlich einen um mindestens 0,1% bzw. 0,1 K höheren Wert als die untere Schaltschwelle aufweisen muß, wobei durch die Software des Mikroprozessors eine Fehlbedienung ausgeschlossen ist. Wurde z. B. als obere Schaltschwelle 26°C und als untere Schaltschwelle 25°C eingestellt, und soll dies geändert werden auf 21°C/22°C, so muß zunächst die untere Schaltschwelle von 25°C auf 21°C verschoben werden, bevor die obere Schaltschwelle von 26°C auf 22°C geändert werden kann. Würde hingegen zunächst versucht werden, die obere Schaltschwelle von 26°C auf 22°C zu senken bei noch unveränderter unterer Schaltschwelle von 25°C, so bliebe die Anzeige bei 25,1°C „hängen“, da eine Unterschreitung der unteren Schaltschwelle von der oberen Schaltschwelle softwaremäßig ausgeschlossen ist.

Zur besseren Veranschaulichung der weiteren Features wollen wir bei unserem Beispiel und den gewählten Temperaturen von 22°C (obere Schaltschwelle) und 21°C (untere Schaltschwelle) bleiben.

Als nächstes muß definiert werden, wann der betreffende Ausgang ein- bzw. ausschalten soll. Bei Heizungssystemen müßte beim Unterschreiten der unteren Schaltschwelle (21,0°C) der Ausgang einschalten, um beim Überschreiten der oberen Schaltschwelle (22°C) wieder auszuschalten. Dies wird erreicht, indem eine der beiden Tasten zur Temperaturschaltschwelleneingabe kurz betätigt wird und anschließend die links auf der Frontplatte im Schaltschwellendiagramm angeordnete Taste ein- oder zweimal gedrückt wird, bis die untere Temperatur-LED aufleuchtet (blinkt während der Programmierphase). Dies ist die Kennzeichnung dafür, daß der Temperatur-Schaltausgang beim Unterschreiten der unteren Schaltschwelle einschaltet.

Soll jedoch der Ausgang aktiviert werden beim Überschreiten der oberen Schaltschwelle (z. B. zur Steuerung von Kühlaggregaten), muß die obere LED aufleuchten.

Im Normalbetrieb (Anzeige der aktuellen Meßwerte) dienen die 4 links neben den Displays angeordneten LEDs zur Zustandsanzeige der betreffenden Schaltausgänge, d. h. die betreffende LED leuchtet dann auf, wenn der zugehörige Schaltausgang eingeschaltet ist.

Die Programmierung der Schaltschwellen und des Schaltverhaltens der relativen Luftfeuchte-Meßstelle erfolgt in analoger Weise.

Als nächstes kommen wir zu einer weiteren Besonderheit des FTS 7000, und zwar der Verknüpfungsmöglichkeit beider Schaltausgänge.

### Verknüpfung

Die beiden unabhängig voneinander nutzbaren Schaltausgänge der relativen Luftfeuchte- und Temperatur-Meßstelle können in 8 verschiedenen Varianten mit dem rechts auf der Frontplatte angeordneten Taster verknüpft werden.

Im Grundzustand sind die zugehörigen 8 Leuchtdioden ausgeschaltet, entsprechend einem nicht aktivierten dritten Schaltausgang (Verknüpfungsausgang).

Durch einmalige Betätigung des zugehörigen Tasters leuchtet die erste LED ( $F \wedge T$ ) auf, durch zweimalige Betätigung die zweite LED ( $\bar{F} \wedge T$ ) usw. Nachfolgend soll eine kurze Erläuterung der Verknüpfungsarten gegeben werden:

1.  $F \wedge T$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte- und Temperatur-Ausgang eingeschaltet sind
2.  $\bar{F} \wedge T$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte-Ausgang ausgeschaltet und Temperatur-Ausgang eingeschaltet ist
3.  $F \wedge \bar{T}$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte-Ausgang eingeschaltet und Temperatur-Ausgang ausgeschaltet ist
4.  $\bar{F} \wedge \bar{T}$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte- und Temperatur-Ausgang ausgeschaltet sind
5.  $F \vee T$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte- oder Temperatur-Ausgang eingeschaltet sind
6.  $\bar{F} \vee T$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte-Ausgang ausgeschaltet oder Temperatur-Ausgang eingeschaltet ist
7.  $F \vee \bar{T}$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte-Ausgang eingeschaltet oder Temperatur-Ausgang ausgeschaltet ist
8.  $\bar{F} \vee \bar{T}$ : Ausgang 3 ist eingeschaltet, wenn Feuchte- oder Temperatur-Ausgang ausgeschaltet ist

Das Schaltverhalten der Feuchte- und Temperatureausgänge selbst wird unabhängig von vorstehender Beschreibung mit den Tastern zur Eingabe der Schaltschwellen und mit dem zusätzlichen links neben den Displays im Schaltschwellendiagramm angeordneten Taster programmiert.

An den 3 Ausgängen liefert das Feuchte-Temperatur-Schaltssystem FTS 7000 eine Steuerspannung von 0 V bzw. +12 V (unstabilisiert) zur Ansteuerung von entsprechenden Leistungsrelais (z. B. Siemens-Kartenrelais). Darüber hinaus können auch die Schaltzusätze wie sie bei der ELV-Funkuhr-DCF 86 („ELV journal“ Nr. 45) eingesetzt werden, Verwendung finden. Hier befindet sich ein 12 V-Siemens-Kartenrelais mit Schutzdiode auf einer kleinen Platine in

einem Stecker-Steckdosengehäuse. Die Verbindung zum Schaltsystem erfolgt über eine 2adrige flexible isolierte Zuleitung, deren Verlegung besonders problemlos ist, da lediglich Kleinspannungen geführt werden.

Selbstverständlich können auch die Ausgangs-Schalttransistoren mit einer Belastbarkeit von maximal 0,1 A (kurzzeitig 0,2 A) zur direkten Ansteuerung weiterer digital arbeitender Systeme eingesetzt werden.

Aufgrund vorstehender Beschreibung sind die vielfältigen universellen Einsatzmöglichkeiten des FTS 7000 verdeutlicht worden, so daß wir nachfolgend zur detaillierten Schaltungsbeschreibung kommen wollen.

### Zur Schaltung

In Bild 1 ist das Komplettschaltbild des ELV-Feuchte-Temperatur-Meß- und Schaltsystems FTS 7000 dargestellt. Beginnen wir mit den Eingangsinformationen, die in mehr oder weniger komplexen Funktionsabläufen verarbeitet werden.

An dem 8-Kanal-Analog-Umschalter IC 2 des Typs CD 4051 liegen insgesamt 8 verschiedene analoge Eingangsspannungen an. Folgende Zuordnung ist hierbei gegeben:

1. An Pin 12 des IC 2 liegt die Signalspannung vom Temperatursensor an, die der Temperatur direkt proportional ist.
2. An Pin 1 des IC 2 liegt die Einstellspannung des Trimmers R 19 an, zur Offseteinstellung (Parallelverschiebung) des vom Feuchtesensor kommenden Signals.
3. An Pin 2 liegt die Einstellspannung des Trimmers R 20 an, zur Skalenfaktor-Einstellung (Steigung) des vom Feuchtesensor kommenden Signals.
4. An Pin 4 liegt die Einstellspannung des Trimmers R 21 an, zur Offsettingstellung (Nullpunkt) des Temperatursensors.
5. An Pin 5 liegt die Einstellspannung des Trimmers R 22 an, zur Skalenfaktor-Einstellung (Steigung) des Temperatursensors.
6. An Pin 14 liegt die Referenzspannung für den AD-Wandler an.
7. An Pin 15 liegt eine Kontrollspannung zur Linearisierungsüberprüfung des AD-Wandlers an.
8. An Pin 13 liegt Masse-Potential an, zur Kontrolle des Offset des AD-Wandlers.

Der Ausgang des 8-Kanal-Analog-Umschalters (Pin 3) ist über R 27 auf den Eingang (Pin 7) des AD-Wandlers gelegt, der als Spannungs-Frequenz-Umsetzer ausgeführt ist (IC 3 des Typs RC 4152 mit Zusatzbeschaltung).

Welcher der 8 Eingänge des IC 2 auf den Ausgang (Pin 3) durchgeschaltet wird, steuert der zentrale Mikroprozessor (IC 6) des Typs 8039 über seine Ausgangsleitungen (Pin 32, 33, 34), die auf die Steuereingänge (Pin 9, 10, 11) des IC 2 geschaltet sind.

Der Spannungs-Frequenz-Umsetzer (IC 3) erhält nun, von IC 6 vorgegeben und von IC 2 durchgeschaltet, nacheinander die entsprechenden Analog-Eingangsspannungen. An Pin 3 des IC 3 steht jeweils eine Ausgangsfrequenz an, die derjenigen Spannung direkt proportional ist, die an Pin 7 des IC 3 anliegt. Der Umsetzfaktor des IC 3 mit seiner Zusatzbeschaltung (R 27 bis R 31 sowie

C 6 bis C 9) beträgt ca. 5 kHz pro Volt. Der exakte Wert spielt hierbei keine Rolle, da die Schaltung so ausgelegt wurde, daß eine automatische Kompensation der entsprechenden Faktoren vom zentralen Mikroprozessor vorgenommen wird.

Der Ausgang des Spannungs-Frequenz-Umsetzers (Pin 3 des IC 3) ist über die Gatter N 3, N 4 auf den Eingang Pin 39 des Mikroprozessors (IC 6) geführt.

Der von ELV eingesetzte Feuchtesensor LFS 10 arbeitet in einer Oszillatorschaltung, an dessen Ausgang eine Frequenz im Bereich zwischen 200 kHz und 350 kHz ansteht, die der relativen Luftfeuchte proportional ist. Über das Teiler-IC 4 des Typs CD 4040 wird diese Frequenz durch 16 geteilt und steht anschließend am zweiten Eingang (Pin 8) des Gatters N 4 und damit an Pin 39 des IC 6 zur Verfügung. Welche der beiden Eingangsinformationen der Mikroprozessor an Pin 39 abfragen möchte (Frequenz vom Feuchtesensor oder Ausgangsfrequenz des Spannungs-Frequenz-Umsetzers) wird über Pin 31 des IC 6 vorgegeben. Ist der Pegel an diesem Anschluß „High“, ist das Gatter N 3 über Pin 5 gesperrt, und das IC 4 über das Gatter N 2 freigegeben — die Frequenz der Feuchtemeßstelle wird ausgewertet.

Führt hingegen Pin 31 des IC 6 „Low“-Potential (ca. 0 V), ist IC 4 gesperrt (Pin 11 des Gatters N 2 führt „High“-Potential), und das Gatter N 3 ist an Pin 5 freigegeben („Low“-Potential) — die Ausgangsfrequenz des Spannungs-Frequenz-Umsetzers wird ausgewertet.

Kommen wir als nächstes zum eigentlichen zentralen Mikroprozessor des Typs 8039.

Hierbei handelt es sich um eine romlose Version eines NMOS-Prozessors, bei dem das eigentliche Arbeitsprogramm in einem externen nicht flüchtigen Speicher abgelegt ist. In unserem Fall handelt es sich um das IC 8 des Typs ELV 8821.

IC 7 des Typs 74 LS 373 stellt in diesem Zusammenhang einen zusätzlich erforderlichen Adreßwischenspeicher dar, der an seinem Eingang (Pin 11) vom Prozessor (Pin 11 des IC 6) angesteuert wird. Außerdem wird gleichzeitig das Teiler-IC 9 des Typs CD 4040 an seinem Eingang (Pin 10) angesteuert, um an seinem Ausgang (Pin 14) dem Prozessor die Multiplexfrequenz für die Anzeigensteuerung vorzugeben.

Die Arbeitsfrequenz des Prozessorsystems wird mit Hilfe des integrierten Oszillators in Verbindung mit dem Quarz Q 1 sowie den Kondensatoren C 10 und C 11 erzeugt. Die Frequenz liegt bei 9,216 MHz.

Damit das System im Einschaltmoment in einen definierten Grundzustand übergeht, wird mit Hilfe von D 2, C 12, R 36 ein Reset-Impuls an Pin 4 des IC 6 erzeugt.

Kommen wir als nächstes zur Ansteuerung der Digitalanzeigen und zur Abfrage der 8 Taster.

An den Ausgängen Pin 28, 29, 30 des IC 6 steht die Information zur Ansteuerung der 8 Digit-Treibertransistoren über das Decoder-Treiber IC 10 an. Nacheinander werden T 4 bis T 11 durchgesteuert zur Aktivierung der entsprechenden Digits.

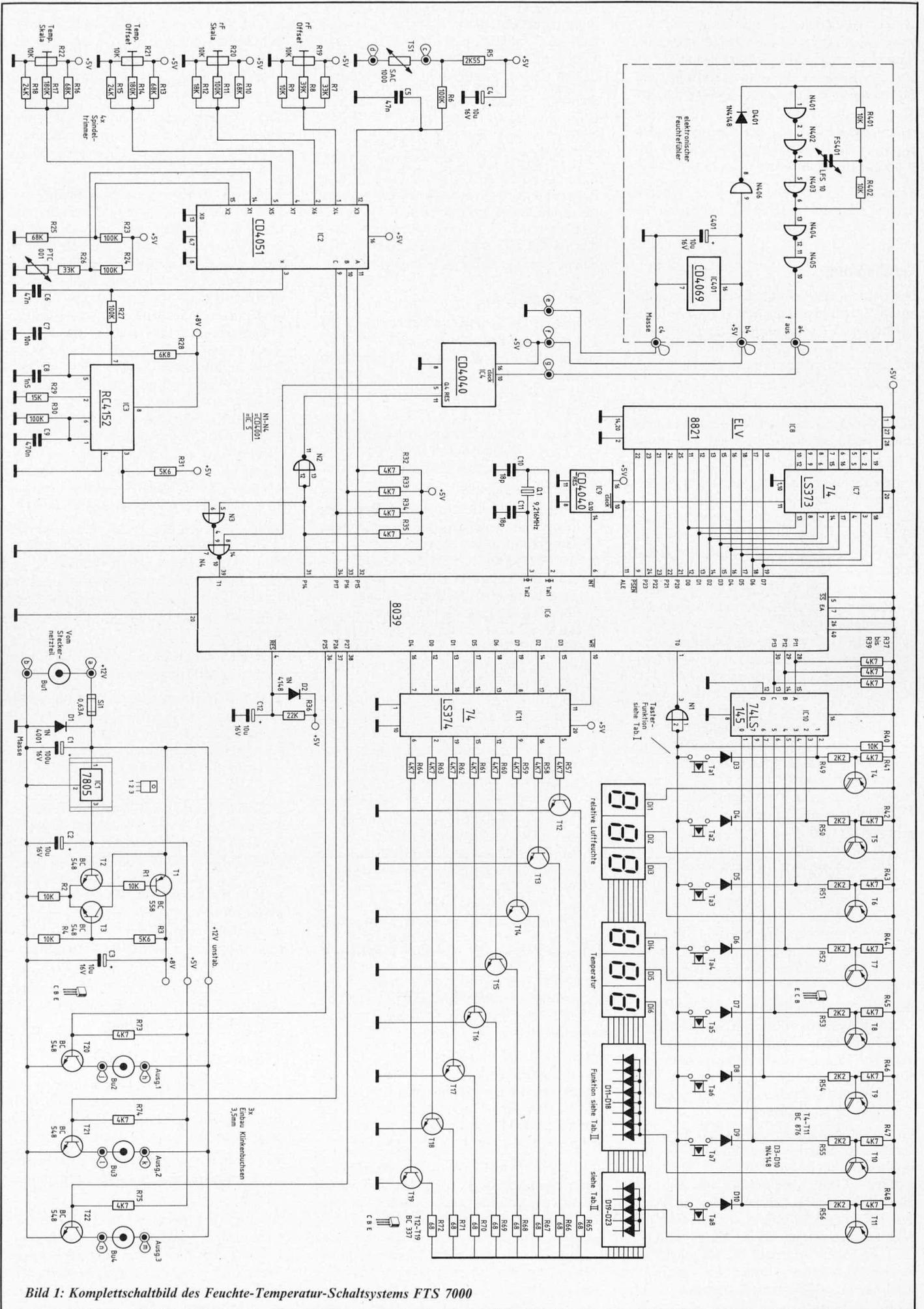


Bild 1: Komplettschaltbild des Feuchte-Temperatur-Schaltsystems FTS 7000

Die 8 einzelnen Segmente eines jeden Digits werden über die Treibertransistoren T 12 bis T 19 angesteuert, wobei die Widerstände R 65 bis R 72 zur Strombegrenzung dienen. Die Transistoren selbst erhalten ihre Ansteuerinformationen vom Treiber-IC 11. Bei diesem IC des Typs 74 LS 374 handelt es sich um ein 8-Bit-Register mit Tri-State-Ausgängen, das seine Steuerinformationen von den Prozessorausgängen Pin 12 bis Pin 19 erhält. Die Information zur Speicherübernahme erhält IC 11 an seinem Eingang Pin 11 vom Prozessorausgang Pin 10.

Zur Tastenabfrage werden die Digitsteuersignale jeweils über eine Entkoppeldiode (D 3 bis D 10) sowie eine der Tasten Ta 1 bis Ta 8 auf die Eingänge (Pin 1, 2) des als Inverter geschalteten Gatters N 1 gegeben, dessen Ausgang (Pin 3) seine Information dem Eingang Pin 1 des Prozessors zuführt.

| Tabelle II |   |
|------------|---|
| Taste      | Funktion                                    |
| Ta 1       | relative Luftfeuchte, obere Schaltschwelle  |
| Ta 2       | relative Luftfeuchte, untere Schaltschwelle |
| Ta 3       | Temperatur, obere Schaltschwelle            |
| Ta 4       | Temperatur, untere Schaltschwelle           |
| Ta 5       | Anzeige „ab“                                |
| Ta 6       | Anzeige „auf“                               |
| Ta 7       | Kombinationsmöglichkeiten                   |
| Ta 8       | Festlegung des Schaltausganges              |

| Tabelle I |         |  |
|-----------|---------|--|
| LED       | Segment | Funktion   |
| D 11      | g       | F $\wedge$ T   |
| D 12      | f       | $\bar{F}$ $\wedge$ T                                       |
| D 13      | b       | F $\wedge$ $\bar{T}$                                       |
| D 14      | a       | $\bar{F}$ $\wedge$ $\bar{T}$                               |
| D 15      | dp      | F v T  |
| D 16      | e       | $\bar{F}$ v T  |
| D 17      | d       | F v $\bar{T}$  |
| D 18      | c       | $\bar{F}$ v $\bar{T}$                                      |
| D 19      | b       | relative Luftfeuchte, obere Schaltschwelle überschritten   |
| D 20      | f       | relative Luftfeuchte, untere Schaltschwelle unterschritten |
| D 21      | a       | Temperatur, obere Schaltschwelle überschritten             |
| D 22      | e       | Temperatur, untere Schaltschwelle unterschritten           |
| D 23      | dp      | Minuszeichen für Temperaturanzeige                         |

Die Ausgänge Pin 36, 37, 38 des IC 6 steuern die Schaltausgangstransistoren T 20 bis T 22 direkt an. Ausgang 1 entspricht der Feuchtemeßstelle, Ausgang 2 der Temperaturmeßstelle, und Ausgang 3 stellt den Verknüpfungsausgang dar.

Die Stromversorgung des FTS 7000 erfolgt über ein 12 V/500 mA Steckernetzteil.

Die Versorgung des zentralen Mikroprozessors mit seiner Zusatzbeschaltung, des Temperatursensors einschließlich des Trimmer-Kalibrierfeldes sowie der beiden Feuchte-

meßschaltungen erfolgt über den Festspannungsregler IC 1 des Typs 7805.

Die Speisung des Spannungs-Frequenz-Umsetzers IC 3 erfolgt mit einer 8 V-Festspannung, die mit den Transistoren T 1 bis T 3 sowie Zusatzbeschaltung aufgebaut ist.

Insgesamt wurde die Stromversorgung so ausgelegt, daß Netzschwankungen von  $\pm 10\%$  ohne Einfluß auf die einwandfreie Funktionsweise des Gerätes bleiben. Teilweise können noch größere Schwankungen verkraftet werden.

D 1 dient zum Schutz der Schaltung vor Verpolung des Steckernetzteils, wobei eine falsche Polarität zum Ansprechen der Sicherung Si 1 führt.

### Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente mit Ausnahme der 4 Klinkenbuchsen sind auf 2 übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht. Dies trägt wesentlich zum einfachen Nachbau bei.

Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente entsprechend der beiden Bestückungspläne auf die Platinen gesetzt und verlötet. Begonnen wird zweckmäßigerweise mit dem Einsetzen der Brücken (22 Brücken auf der Basisplatine und 9 auf der Frontplatine), wobei unter dem IC 6 3 und unter dem IC 8 5 Brücken zu setzen sind.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet werden, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht. Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Anschließend kann der fertige Baustein in die Unterhalbschale des Kunststoffgehäuses gesetzt werden, wobei gleichzeitig die zuvor angesetzte Frontplatte in die entsprechende Gehäusenut der Unterhalbschale geführt wird. Entsprechend der Abbildung 2 werden in die Gehäuserückwand 4 3,5-mm-Klinkenbuchsen eingesetzt, von denen 3 mit den 3 Schaltausgängen und die vierte Klinkenbuchse mit den Platinenanschlußpunkten „a“ (+ 12 V) und „b“ (Masse) verbunden wird.

Für sämtliche Verbindungen werden flexible isolierte Zuleitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,4 mm<sup>2</sup> verwendet.

Abschließend wird auch die Rückplatte in die entsprechende Nut der Gehäuseunterhalbschale gesetzt, die Oberhalbschale darübergeführt und von der Gehäuseunterseite aus verschraubt.

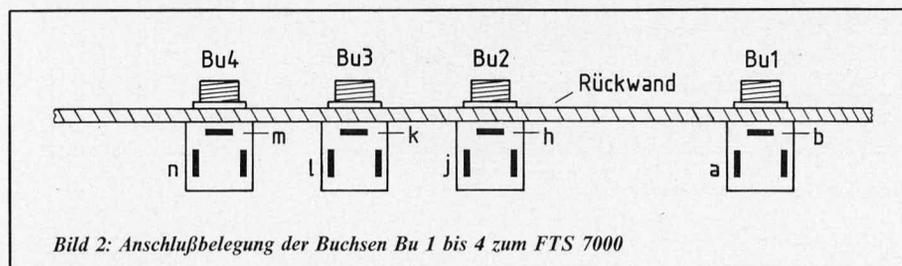


Bild 2: Anschlußbelegung der Buchsen Bu 1 bis 4 zum FTS 7000

## Stückliste: Feuchte-Temperatur- Schaltssystem FTS 7000

### Widerstände

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 68 $\Omega$ .....                    | R 65-R 72  |
| 2,2 k $\Omega$ .....                 | R 49-R 56  |
| 2,55 k $\Omega$ .....                | R 5  |
| 4,7 k $\Omega$ .....                 | R 32-R 35, R 37-R 39,<br>R 41-R 48, R 57-R 64, R 73-R 75 |
| 5,6 k $\Omega$ .....                 | R 3, R 31  |
| 6,8 k $\Omega$ .....                 | R 28   |
| 10 k $\Omega$ .....                  | R 1, R 2, R 4, R 9, R 40,<br>R 401, R 402                |
| 15 k $\Omega$ .....                  | R 29   |
| 18 k $\Omega$ .....                  | R 12   |
| 22 k $\Omega$ .....                  | R 36   |
| 24 k $\Omega$ .....                  | R 15, R 18   |
| 33 k $\Omega$ .....                  | R 7, R 26  |
| 39 k $\Omega$ .....                  | R 8  |
| 68 k $\Omega$ .....                  | R 10, R 13, R 16, R 25                                   |
| 100 k $\Omega$ .....                 | R 6, R 11, R 23, R 24,<br>R 27, R 30                     |
| 180 k $\Omega$ .....                 | R 14, R 17   |
| 10 k $\Omega$ , Spindeltrimmer ..... | R 19-R 22  |

### Kondensatoren

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| 18 pF .....            | C 10, C 11              |
| 1,5 nF .....           | C 8                     |
| 10 nF .....            | C 7                     |
| 47 nF .....            | C 5, C 6                |
| 470 nF .....           | C 9                     |
| 10 $\mu$ F/16 V .....  | C 2-C 4, C 12,<br>C 401 |
| 100 $\mu$ F/16 V ..... | C 1                     |

### Halbleiter

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| CD 4001 .....        | IC 5                |
| CD 4040 .....        | IC 4, IC 9          |
| CD 4069 .....        | IC 401              |
| CD 4051 .....        | IC 2                |
| RC 4152 .....        | IC 3                |
| 7805 .....           | IC 1                |
| 8039 .....           | IC 6                |
| ELV 8821 .....       | IC 8                |
| 74LS145 .....        | IC 10               |
| 74LS373 .....        | IC 7                |
| 74LS374 .....        | IC 11               |
| BC 337 .....         | T 12-T 19           |
| BC 548 .....         | T 2, T 3, T 20-T 22 |
| BC 558 .....         | T 1                 |
| BC 876 .....         | T 4-T 11            |
| 1N4001 .....         | D 1                 |
| 1N4148 .....         | D 2-D 10, D 401     |
| LED, 3 mm, rot ..... | D 11-D 23           |
| DJ700A .....         | Di 1-Di 6           |
| PTC .....            | PTC 001             |

### Sonstiges

|  |           |
|--|-----------|
| Quarz 9,216 MHz .....                                      | Q 1       |
| Feuchtesensor .....  | LFS 10    |
| Temperatursensor SAC 1000<br>mit 3 m Anschlußleitung ..... | TS 1      |
| Printttaster .....   | Ta 1-Ta 8 |
| Sicherung 0,63 A .....                                     | Si1       |
| Klinkenbuchsen 3,5 mm ...                                  | Bu 1-Bu 4 |
| 1 Platinensicherungshalter                                 |           |
| 13 Lötstifte   |           |
| 1 U-Kühlkörper SK 13                                       |           |
| 1 Schraube M 3 x 6   |           |
| 1 Mutter M 3   |           |
| 40 cm Silberdraht  |           |
| 40 cm flexible Leitung 2 x 0,4 mm <sup>2</sup>             |           |
| 3 m 2adrige abgeschirmte Leitung                           |           |
| 1 PG 9 Rohr  |           |
| 1 Beutel Silicagel   |           |



## Der Temperatursensor

Er befindet sich am Ende einer ca. 2,5 m langen isolierten und abgeschirmten Zuleitung. Der Sensor selbst ist hierbei wasserdicht über einen Schrumpfschlauch mit der Zuleitung verbunden.

Für die Messung der Innenraumtemperatur dürfte die Leitungslänge ausreichen, während für Außentemperaturmessungen eine Verlängerung ohne weiteres auf 10 Meter vorgenommen werden kann. Die Verbindungsstellen der beiden Zuleitungen (Sensorzuleitung und Verlängerungsleitung) müssen sorgfältig isoliert werden und unbedingt vor Kriechströmen geschützt sein.

Der Mittelleiter des Sensors für die Temperaturmeßstelle wird an den Platinenanschlußpunkt „c“ und die Abschirmung an den Platinenanschlußpunkt „d“ angelötet.

## Der Feuchtesensor

Der Aufbau der Feuchtemeßschaltungen ist etwas aufwendiger. Da der Feuchtesensor des Typs LFS 10 der Firma VALVO nur verhältnismäßig geringe Kapazitätsänderungen zur Auswertung der relativen Luftfeuchte besitzt, müssen die Zuleitungen vom Sensor zur Oszillatorschaltung so kurz wie möglich gehalten werden.

Aus diesem Grunde wird der Oszillator selbst auf einer kleinen Leiterplatte aufgebaut, die unmittelbar dem eigentlichen Feuchtesensor nachgeschaltet ist.

Die Bestückung der Leiterplatte wird anhand des Bestückungsplanes (Bild 3) in gewohnter Weise vorgenommen. Der Feuchtesensor des Typs LFS 10 wird mit seinen beiden nach hinten weisenden Anschlußstiften direkt an die beiden entsprechenden Leiterbahnen auf der Leiterbahnseite der Platine angelötet. Hierbei ist große Vorsicht geboten, da die Anschlußstifte leicht abbrechen können.

Vorher sind die nach links und rechts herausragenden „Kunststoff-Befestigungsschuhe“ am Sensorgehäuse abzukneifen, damit bei fertiggestellter Sensorschaltung das Kunststoff-Schutzröhrchen über die

ganze Anordnung einschließlich 5 mm des Sensorfußes geschoben werden kann. Vorher ist noch das Zuleitungskabel an die Platinenanschlußpunkte „a4“ (Ausgangsfrequenz), „b4“ (+ 5 V), „c4“ (Masse) anzulöten.

Hat die Schaltung einige Tage einwandfrei gearbeitet, empfiehlt es sich, die gesamte Anordnung mit Gießharz aufzufüllen. Das Schutzrohr einschließlich ca. 5 mm des Sensorfußes sollte vom Gießharz umschlossen sein. Hierbei muß man allerdings sorgfältig darauf achten, daß keinesfalls auch nur eine kleine Menge Gießharz an die Lüftungsschlitze des Feuchtesensors gelangen kann. Zweckmäßigerweise dichtet man zunächst den Endbereich des Schutzröhrchens (mit dem angelöteten Sensor) zum Beispiel mit Knetmasse ab und vergießt den hinteren Teil. Nachdem das Gießharz ausgehärtet ist, kann die Knetmasse entfernt und der vordere Sensorteil vergossen werden.

Ist man mit dem Umgang von Gießharz nicht so vertraut, reicht es u. U. auch aus, die Schaltung zunächst mit Löt- oder Schutzlack einzusprühen. Auch hier gilt aber, daß in das Lüftungsgitter des Luftfeuchtesensors keinesfalls Lack eindringen darf, da dies zur Zerstörung des Feuchtesensors führen könnte.

Auch für die Schaltung zur Messung der relativen Luftfeuchte gilt das gleiche wie für die Temperatursensoren hinsichtlich der Verlängerungsmöglichkeit. Im allgemeinen können die entsprechenden Zuleitungen ohne Genauigkeitsverlust bis auf 10 m verlängert werden. Größere Verlängerungen erfordern den Einsatz des im „ELV journal“, Nr. 46, beschriebenen Leitungstreibers.

Der Masseanschluß der Schaltung für die Feuchtemeßstelle wird mit dem Platinenanschlußpunkt „e“ verbunden, während die positive Versorgungsspannung von +5 V mit dem Platinenanschlußpunkt „f“ und die Ausgangsfrequenz (f aus) mit dem Platinenanschlußpunkt „g“ auf der Basisplatine verbunden wird.

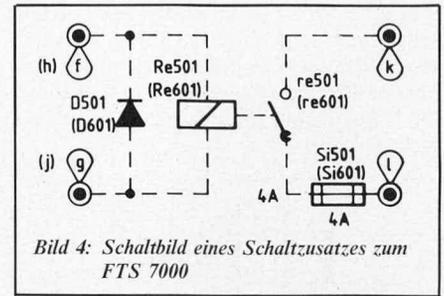


Bild 4: Schaltbild eines Schaltzusatzes zum FTS 7000

## Die Schaltzusätze

Die Schaltzusätze sind für alle 3 Ausgangskanäle identisch aufgebaut, wobei auch selbstverständlich nur ein Schaltzusatz eingesetzt werden kann. Die kleine Relaisplatine mit dem Sicherungshalter wird in ein Stecker-Gehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose eingebaut und in dem Gehäuse mit 2 Schrauben M 3 x 5 mm verschraubt. Die Verbindung von Schuko-Stecker zu Schuko-Steckdose erfolgt über flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup>. Der Schutzleiter (gelb/grün) wird direkt verbunden sowie ein Pol von Stecker und Steckdose. Der zweite Pol des integrierten Schuko-Steckers wird mit dem Platinenanschlußpunkt „k“ und der zweite Pol der Schuko-Steckdose mit dem Platinenanschlußpunkt „l“ verbunden. An die Platinenanschlußpunkte „g“ und „f“ wird eine 2adrige flexible isolierte Zuleitung gelötet, an deren Ende sich der 3,5-mm-Klinkenstecker befindet. Der korrekte Anschluß ist wichtig, da bei falscher Polarität die Schutzdiode D 501 einen Kurzschluß verursacht. In

### Stückliste:

#### Schaltzusatz zum FTS 7000

Halbleiter:

1 N 4001 ..... D 501

#### Sonstiges:

Siemens Kartenrelais, 12 V,  
stehend ..... Re 501  
Sicherung 4A ..... Si 501  
2 Sicherungshalterhälften  
4 Lötstifte  
2 Schrauben M 3 x 5 mm  
1 Platine Nr. 47352

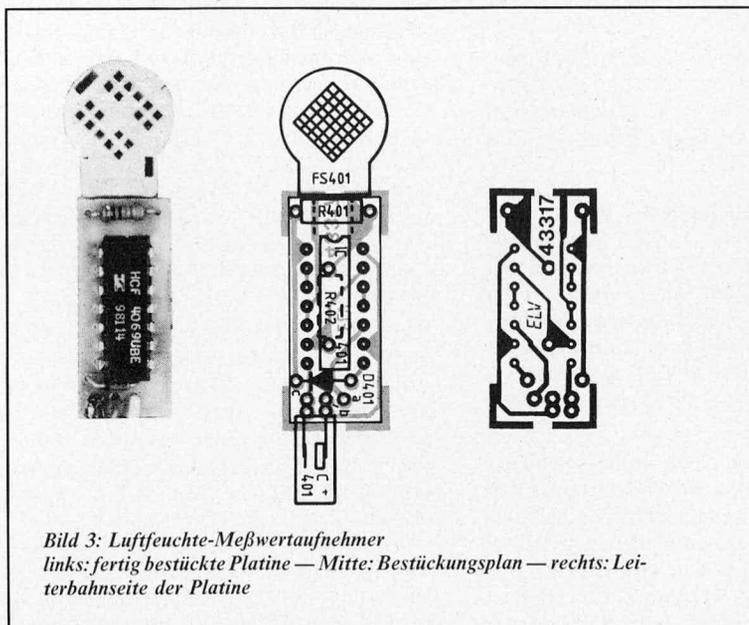
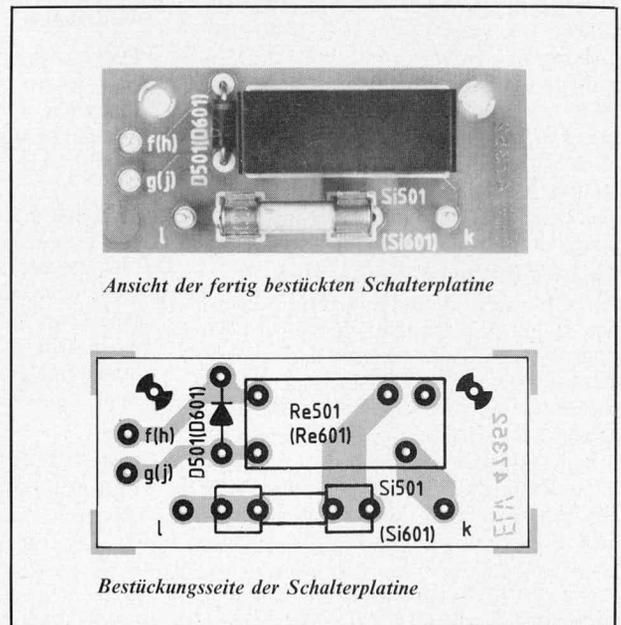
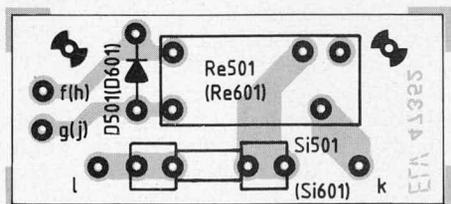


Bild 3: Luftfeuchte-Meßwertaufnehmer  
links: fertig bestückte Platine — Mitte: Bestückungsplan — rechts: Leiterbahnseite der Platine

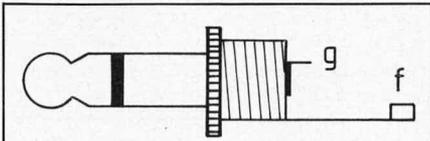


Ansicht der fertig bestückten Schalterplatine



Bestückungsseite der Schalterplatine

Bild 5 ist die Anschlußbelegung des Klinkensteckers aufgezeigt. Als Verbindungsleitung reicht hier eine flexible isolierte Zuleitung mit einem Querschnitt von 0,4 mm<sup>2</sup>. Die Länge kann ohne weiteres 10 m und mehr betragen.



**Bild 5: Anschlußbelegung des Klinkensteckers zum Anschluß eines Schaltzusatzes an das FTS 7000**

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu beachten, daß der Schaltzusatz nur dann in Betrieb genommen werden darf, wenn das Gehäuse ordnungsgemäß geschlossen und verschraubt wurde und die Berührungssicherheit zuverlässig gewährleistet ist. Die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten.



**Betriebsfertiger und ins Gehäuse eingebauter Schaltzusatz mit abgenommenem Gehäuseoberteil**

Nachdem das Gesamtsystem nochmals sorgfältig überprüft wurde, ist der im folgenden beschriebene Abgleich sorgfältig durchzuführen.

### Zur Kalibrierung

Bei dem FTS 1000 handelt es sich um ein komfortables Meß- und Schaltsystem, das aufgrund seiner technischen Konzeption in der Lage ist, eine hohe Präzision der ermittelten und angezeigten Meßwerte sicherzustellen. Damit die volle Leistungsfähigkeit des Gerätes aber auch tatsächlich erreicht werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung, d. h. Kalibrierung der beiden Meßwertnehmer von ganz wesentlicher Bedeutung. Diesen Punkten wurde daher bei der Entwicklung bereits Rechnung getragen. Das ELV Ingenieurteam hat daher eine Kalibrieranleitung ausgearbeitet, die mit einfachen Mitteln einen zuverlässigen Abgleich erlaubt. Nachfolgend sind die einzelnen Abgleichvorgänge der Reihe nach ausführlich beschrieben.

#### Abgleich der Temperaturmeßstelle

Als erstes wird für die Temperaturmeßstelle der Nullpunkt eingestellt. Hierzu wird eine Thermoskanne aus einem Gemisch von kleinsten Eiswürfeln und Wasser mindestens bis zur Hälfte gefüllt. Der Wasseranteil darf hierbei maximal  $\frac{1}{3}$  betragen, d. h. der Anteil der kleinsten Eiswürfel muß unbedingt überwiegen. Wird dieses Eis-Wasser-Gemisch kontinuierlich, d. h. nicht zu schnell gerührt, kann man davon ausgehen, daß sich eine Temperatur von genau 0,00°C einstellt. Voraussetzung ist allerdings, daß sowohl für die Eiswürfel als

auch für das hinzugefügte Wasser ausschließlich destilliertes Wasser verwendet wird. Zu schnelles Rühren ist zu vermeiden, da dies wiederum Reibung und Wärmezeugung bedeutet.

In diesem kontinuierlich gerührten Eis-Wasser-Gemisch wird nun der Temperatursensor mindestens 5 cm tief eingetaucht, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß er keinen direkten Kontakt zum Rand der Thermoskanne bekommt.

Nachdem der Sensor mindestens 20 Minuten eingetaucht war, kann mit dem Spindeltrimmer R 21 der Nullpunkt für die Temperaturmeßstelle exakt eingestellt werden.

Das Verdrehen des Spindeltrimmers sowie auch aller übrigen im weiteren Verlauf dieser Kalibrieranleitung beschriebenen Einstellungen muß in kleinen Schritten mit Pausen von mindestens 9 Sekunden erfolgen, da ein kompletter Meßzyklus eben diese Zeitspanne in Anspruch nimmt.

Der zweite Meßpunkt wird zur Einstellung des Skalenfaktors benötigt und wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Fieberthermometers durchgeführt, das im allgemeinen eine Genauigkeit von  $\pm 0,1$  K besitzt. Hierzu geht man wie folgt vor: Nachdem sowohl das Fieberthermometer als auch die Temperatursensoren desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur, am besten im Mund, mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir einmal an, daß sich eine Anzeige von 36,9°C einstellt. Der Temperatursensor wird dann in den Mund genommen. Nach ca. 3 Minuten kann die Anzeige für die Temperaturmeßstelle mit dem Spindeltrimmer R 22 auf diesen Wert eingestellt werden. Auch hier muß man sich langsam an die Anzeige „herantasten“, da eine veränderte Einstellung der Spindeltrimmer aufgrund der 9sekündigen Meßzyklusdauer erst verzögert angezeigt wird.

Zur Überprüfung kann man anschließend den Sensor nochmals in das Eis-Wasser-Gemisch einbringen und kontrollieren, ob sich der Nullpunkt wieder „sauber“ einstellt. Gegebenenfalls sind die Einstellungen von Nullpunkt und Skalenfaktor nochmals zu wiederholen.

Damit ist der Abgleich der Temperaturmeßstelle bereits beendet. Aufgrund der hohen Linearität und Meßwertproduzierbarkeit ist jetzt der gesamte Meßbereich von -40°C bis +99,9°C kalibriert.

#### Abgleich der Feuchtemeßstelle

Mit dem FTS 1000 ist die kontinuierliche Messung der relativen Luftfeuchte mit hoher Genauigkeit möglich. Für die erreichte typische Genauigkeit von 1% sind normalerweise sehr aufwendige und extrem teure Meßverfahren notwendig, die zudem in ihrer Bedienung meist kompliziert und langwierig sind.

In den ausgedehnten und sorgfältig von der Universität Oldenburg (Arbeitsgruppe Ökochenie und Umweltanalytik) durchgeführten Untersuchungen des hier eingesetzten Feuchtesensors haben gezeigt, daß sich eine hohe Meßwertproduzierbarkeit erreichen läßt, wobei allerdings die Kalibrierkurve,

d. h. der Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und elektrischem Meßsignal nicht linear ist. Im weiteren Verlauf der Meßreihen wurde eine sog. Nenn-Kalibrierkurve entwickelt, die dem Mikroprozessorsystem bereits implementiert ist. Durch Parallelverschiebung und Drehung der Kurve der Ausgangsfunktion der tatsächlich angeschlossenen Feuchtesensorschaltung kann diese mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf die Nenn-Kalibrierkurve zurückgeführt werden.

Auch wenn vorstehende Beschreibung etwas aufwendig erscheint, so bleibt als Endergebnis die Tatsache, daß mit nur 2 einfach durchzuführenden Abgleichpunkten eine hohe Genauigkeit des angezeigten Meßergebnisses über den gesamten Meßbereich von 0% bis nahezu 100% relativer Luftfeuchte erreicht werden kann.

Da für die angestrebte Genauigkeit der Temperaturgang der Feuchtesensoren nicht ausreichend ist, muß eine separate Temperaturkompensation vorgenommen werden. Auch dies ist bereits per Software berücksichtigt, d. h. daß die Temperaturkompensation automatisch vom Mikroprozessor vorgenommen wird. Voraussetzung hierfür ist lediglich, daß der Temperatursensor in räumlicher Nähe zum Feuchtesensor anzuordnen ist, d. h. beide Sensoren (Feuchte und Temperatur) müssen ungefähr die gleiche Temperatur besitzen.

Über die Temperaturmessung wird dann der vom Feuchtesensor kommende Meßwert automatisch im Mikroprozessorsystem umgerechnet, so daß der korrekte Meßwert der relativen Luftfeuchte auf der Anzeige erscheint.

Die erste Kalibrierung des Feuchtesensors erfolgt bei einer relativen Luftfeuchte von 75,5%.

Diese Luftfeuchte kann leicht in jedem Haushalt selbst hergestellt werden. Hierzu muß man lediglich wissen, daß sich über einer gesättigten Kochsalzlösung (NaCl) eine recht genaue und konstante relative Luftfeuchte von 75,5% einstellt.

Diese gesättigte Kochsalzlösung erreicht man, indem in ein Wasserglas 100 g Kochsalz sowie 100 ml destilliertes Wasser eingefüllt und gut umgerührt wird. 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 z. B. mit einer Alufolie möglichst luftdicht ab, wobei zuvor ungefähr in der Mitte der Luftfeuchtesensor hindurchgesteckt wurde. Da sich die in Haushaltsfachgeschäften erhältliche Alufolie allen Konturen gut anpaßt, kann der Feuchtesensor nahezu vollkommen luftdicht gegenüber der Außenwelt abgeschirmt werden. Sowohl die Kochsalzlösung als auch die Umgebungstemperatur sollten zwischen 20°C und 25°C liegen,

wobei sich der Temperatursensor in unmittelbarer räumlicher Nähe befindet (z. B. mit einem Gummiring am Glas befestigen).

Nach ca. 2stündiger Wartezeit wird sich der angezeigte Meßwert nicht mehr verändern ( $\pm 0,5\%$  sind zulässig).

Jetzt wird mit dem Spindeltrimmer R 19 die Anzeige der relativen Luftfeuchte auf  $75,5\%$  eingestellt.

Ist diese Einstellung, die zur Parallelverschiebung der Feuchtesensorkurve dient, durchgeführt, kann als nächstes die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. die Drehung der Kurven bei  $0\%$  relativer Luftfeuchte vorgenommen werden.

Hierzu bedient man sich einer körnigen, bläulichen Substanz, dem Silicagel, die Wasserdampf aus der Luft sehr effektiv bindet. In einem geschlossenen Gefäß (z. B. Wasserglas mit Alufolie abgedeckt) wird dadurch eine nahezu absolut trockene Luft mit einer relativen Luftfeuchte kleiner  $0,1\%$  erzeugt. Auch hierbei sollte die Umgebungstemperatur im Bereich zwischen  $20^{\circ}\text{C}$  und  $25^{\circ}\text{C}$  liegen und der zu dem betreffenden Feuchtesensor gehörende Temperatursensor in räumlicher Nähe angeordnet sein.

Ca. 2 Stunden, nachdem der Feuchtesensor zur Messung der relativen Luftfeuchte in dem Luftraum oberhalb des Silicagels eingebracht wurde, kann mit dem Spindeltrimmer R 20 die Anzeige auf einen Wert zwischen  $0,1\%$  und  $0,2\%$  eingestellt werden.

Auf  $0\%$  sollte die Anzeige nicht gestellt werden, da dies leicht zu einem Kalibrierfehler führen könnte, weil keine negativen Werte vom System angezeigt werden (eine Fehlkalibrierung von z. B.  $-5\%$  würde trotzdem auf der Anzeige „ $00.0\%$ “ ergeben).

Als Besonderheit wollen wir an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß anders als bei der Einstellung der Temperaturmeßstelle bei der Feuchtemeßstelle zuerst die Kalibrierung bei  $75,5\%$  relativer Luftfeuchte und im Anschluß daran als zweiter Kalibrierpunkt die  $0\%$  Einstellung vorgenommen wird.

Das jedem Feuchtesensorbausatz beigegefügte Silicagel ist weitgehend harmlos, sollte allerdings vor Kindern sicher aufbewahrt werden.

Achtung: Das Silicagel ist nur funktionsfähig, wenn es intensiv blau gefärbt ist. Tritt ein Farbton in der Richtung blaß-violett bzw. rosa auf, so muß das Silicagel vor der Messung regeneriert werden. Hierzu wird es im Backofen auf einem Stück Alufolie solange bei ca.  $200^{\circ}\text{C}$  erhitzt, bis die intensive blaue Färbung wieder vorliegt. Im Umluft-Backofen muß das Silicagel allerdings vor Wegfliegen gesichert werden. Nach der Regeneration kann das Silicagel wieder eingesetzt werden, bis erneut die Verfärbung nach violett die Notwendigkeit der Regeneration anzeigt.

Damit ist die Einstellung der Luftfeuchtemeßstelle bereits abgeschlossen.

Nach den von der Universität Oldenburg durchgeführten ca. zweijährigen Untersuchungen weisen die hier eingesetzten Luftfeuchtesensoren eine hohe Meßwertreproduzierbarkeit auf, wobei allerdings in den ersten 6 Monaten Alterungserscheinungen auftreten, die im Bereich von einigen Prozenten die Meßwerte verfälschen können. Es empfiehlt sich daher, nach ca. 6 bis 9 Monaten eine Neukalibrierung durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Alterungsprozeß nahezu vollständig abgeschlossen, so daß nach erfolgter Neukalibrierung die Luftfeuchtesensoren langfristig ihren Dienst tun, ohne daß eine weitere Kalibrierung erforderlich wird. Beim Einsatz in „rauh“ Umgebungsluft sollte aber trotzdem in regelmäßigen Abständen (ca. alle 2 Jahre) zumindest eine Überprüfung vorgenommen werden.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß der Feuchtesensor auch bei  $99,9\%$  Luftfeuchte einwandfrei arbeitet und selbst bei  $100\%$  bzw. einer Betauung keinen Schaden nimmt (nach Trocknen des Taus ist er wieder einsatzbereit). Vor Regen und Spritzwasser ist der Sensor jedoch sorgfältigst zu schützen, da bereits kleine Verschmutzung durch Rückstände im Spritzwasser zur irreparabel Zerstörung führen können.

Nach erfolgreichem Abschluß der Kalibrierung steht dem langfristigen Einsatz dieses Feuchte-Temperatur-Schaltsystems nichts mehr im Wege.