

ELV micro-line

Digitaler Luftfeuchtemesser



Sowohl eine angenehme Temperatur als auch die Einhaltung bestimmter Werte der relativen Luftfeuchte stellen für das menschliche Wohlbefinden wichtige Faktoren dar. Ob und in welchem Maße eine Regulierung der relativen Luftfeuchtigkeit erforderlich ist, kann mit Hilfe des hier vorgestellten Digitalen Luftfeuchtemessers festgestellt werden.

Die in einem Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaute Schaltung zeigt den jeweiligen Wert der relativen Luftfeuchte auf einem dreistelligen, hell leuchtenden LED-Display mit einer hohen Auflösung von 0,1 % an.

Allgemeines

Zu hohe oder zu niedrige Umgebungstemperaturen werden vom Menschen ohne jegliche fremde Hilfsmittel sofort bewußt registriert. Anders dagegen bei der relativen Luftfeuchtigkeit, die ebenfalls eine hohe Bedeutung für das menschliche Wohlbefinden besitzt. Eine zu niedrige relative Luftfeuchte bedeutet einen unnötig hohen Flüssigkeitsbedarf: trockene Haut, spröde Lippen usw., während eine zu hohe Luftfeuchte sich in Form von drückender Schwüle bemerkbar macht.

Diese Merkmale werden jedoch vom Menschen im allgemeinen nicht sofort erkannt, zumal wenn sie nicht so ausgeprägt sind. Dem menschlichen Wohlbefinden hingegen ist eine relative Luftfeuchte im Bereich von 50 bis 70 % am zuträglichsten, so daß die Erfassung und Anzeige dieses Wertes besonders sinnvoll ist, zumal eine Regulierung in Richtung höherer Luftfeuchtwerte mit einfachen Mitteln (Luftbefeuchter) möglich ist.

Auf die Begriffe und Definitionen in der Feuchtetechnik wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da eine entsprechende Beschreibung im ELV journal Nr. 20 anläßlich des Artikels der ELV Wetterstation 2000 (Seiten 40-48) erfolgt ist.

Zur Schaltung

Als Meßwertempfänger dient ein Feuchte-

sensor der Firma VALVO. Dieser besteht aus einem perforierten Kunststoffgehäuse, in das eine beidseitig mit einem Goldfilm bedampfte Spezialfolie eingespannt ist und das für die Montage auf einer Printplatte geeignet ist.

Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar, während die beiden Goldfilme die Elektroden bilden. Unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und damit die Kapazität des Kondensators.

Ein besonderer Vorteil dieses Feuchtesensors ist die verhältnismäßig große Kapazitätsveränderung in bezug auf die relative Luftfeuchte, während ein Nachteil in dem nichtlinearen Kurvenverlauf liegt. Eine direkte Meßwertanzeige erfordert daher eine Linearisierung der Anzeige durch schaltungstechnische Maßnahmen, auf die später noch näher eingegangen werden soll.

Mit den Gattern N 4 bis N 6 ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 300 kHz schwingt. Diese Frequenz ist jedoch von der Feuchtesensorkapazität abhängig. Ein weiterer Oszillator, der mit den Gattern N 1 bis N 3 desselben IC's aufgebaut ist, schwingt auf einer konstanten Frequenz, die als Referenz dient.

Der Ausgang des Festfrequenzoszillators (Pin 8 des Gatters N 3) steuert den Eingang eines der beiden im IC 6 des Typs CD 4520

Mit freundlicher Unterstützung von Herrn Günter Kramp im Hause VALVO, Hamburg.

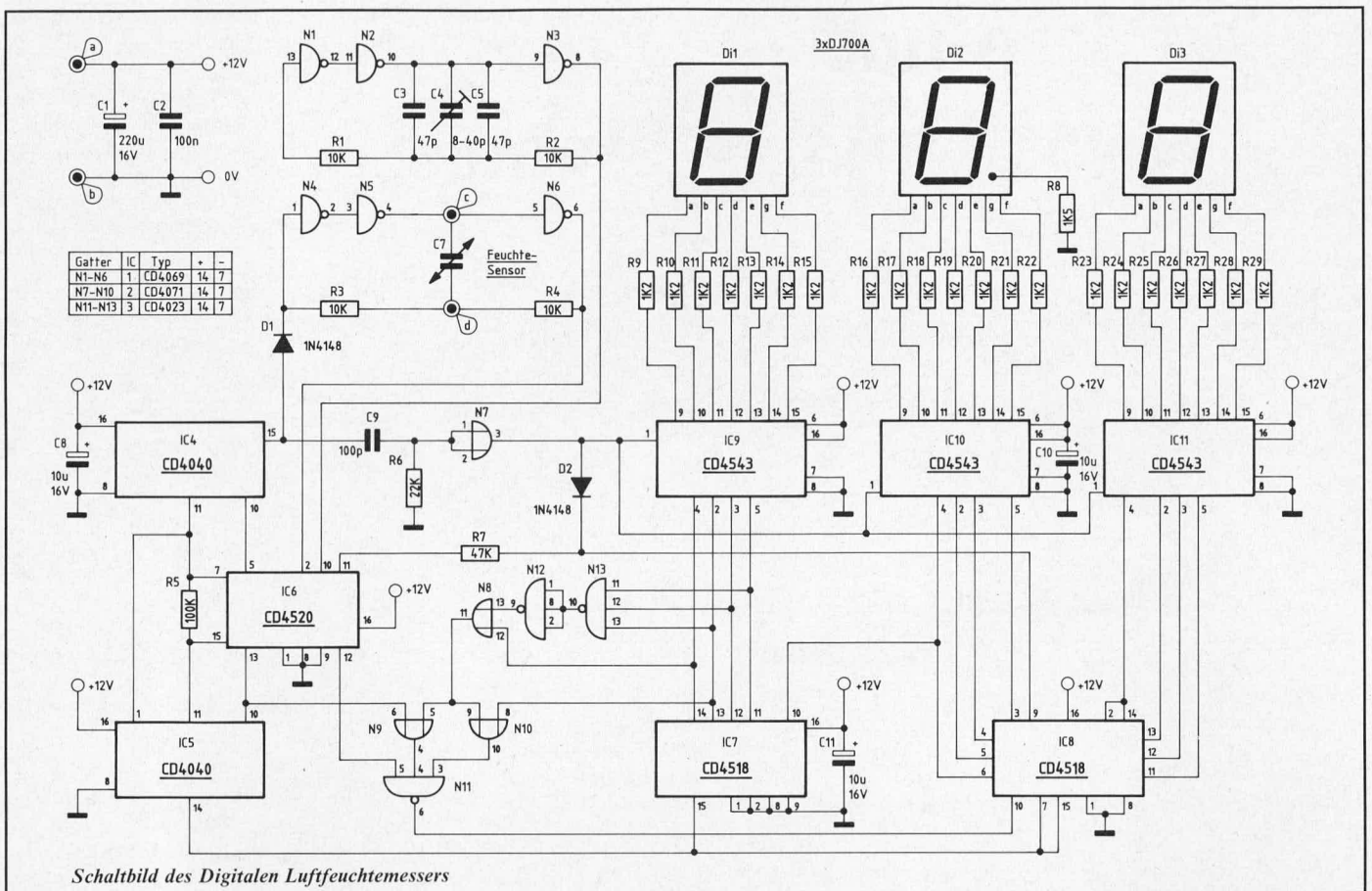
enthaltenen 4stufigen Binärteilers (Pin 10) an.

Der Ausgang der ersten Teilerstufe (Pin 11 des IC 6) ist über R 7 auf den Eingang Pin 9 des IC 8 geschaltet, so daß hier immer eine konstante Frequenz ansteht.

Die IC's 7 und 8 enthalten jeweils zwei (insgesamt also vier) Dekadenzähler, von denen jedoch nur drei benötigt werden. In Verbindung mit den IC's 9 bis 11, die als Zwischenspeicher, Dekoder und Anzeigentreiber dienen, wird ein kompletter Frequenzzähler aufgebaut. Die Anzeige erfolgt über drei hell leuchtende 7-Segment-Anzeigen des Types DJ 700 A.

Die Resetimpulse für den Zähler (IC 7 und 8) stehen nach weiterer Teilung der Festoszillatorfrequenz durch das IC 5 an dessen Ausgang Pin 14 zur Verfügung. Wir haben also einen Frequenzzähler aufgebaut, der mit einer Festfrequenz gespeist und in ebenfalls periodischem Rhythmus zurückgesetzt wird.

Ein Meßergebnis, das der relativen Luftfeuchte proportional ist, wird durch die richtige zeitliche Zuordnung des Speicherimpulses erreicht. Dieser sehr kurze, mit C 9, R 6 sowie N 7 geformte Speicherimpuls wird exakt in dem Moment auf den Speicherübernahmeeingang (Pin 1) der IC's 9 bis 11 gegeben, in dem der Zählerstand der IC's 7 und 8 einen Wert erreicht hat, wel-



Schaltbild des Digitalen Luftfeuchtemessers

cher der relativen Luftfeuchte proportional ist. Ein weiteres Heraufzählen der Zähler der IC's 7 und 8 bleibt ohne Wirkung, da der korrekte Stand in den Speichern der IC's 9 bis 11 erhalten und angezeigt bleibt.

Die richtige zeitliche Auslösung des Speicherimpulses an Pin 15 des IC4 erfolgt durch die Steuerung des Feuchtesensoroszillators, dessen Ausgangsfrequenz (Pin 6 des Gatters N6) zunächst mit Hilfe der zweiten Hälfte des im IC 6 integrierten Zählers und anschließend mit dem IC 4 entsprechend geteilt wird. Der Ausgang Pin 15 des IC 4 gibt dann im richtigen Moment ein Signal über C9 auf das Gatter N7.

Wird die Luftfeuchte größer, steigt die Kapazität des Feuchtesensors, so daß die Frequenz des entsprechenden Oszillators (Gatter N 4 bis N 6) sinkt. Da die IC's 6 und 4 lediglich eine Teilung vornehmen, wird zwangsläufig durch ein Sinken der Oszillatorfrequenz die Periodendauer an Pin 15 des IC 4 größer, wodurch der Speicherimpuls auf die IC's 9 bis 11 zeitlich später eintrifft. Der Zählerstand der IC's 7 und 8 hat zu einem späteren Zeitpunkt jedoch einen höheren Stand. Dies hat zur Folge, daß der in die IC's 9 bis 11 übernommene Wert größer ist. Eine geringere Luftfeuchte hingegen hat eine kleinere Sensorkapazität und somit eine größere Oszillatorfrequenz zur Folge. Dies wiederum bedeutet ein früheres Auftreten des Speicherimpulses und eine kleinere Anzeige.

Damit innerhalb eines Meßzyklus kein zweiter Speicherimpuls auftreten kann, wird gleichzeitig mit Erscheinen des entsprechenden Impulses an Pin 15 des IC 4 über die Diode D 1 der Feuchtesensoroszillator gestoppt und erst bei Beginn einer

neuen Periode durch Rücksetzung der IC's 4 bis 6 wieder freigegeben.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Linearisierung eingehen.

Mit Hilfe der Gatter N 8 bis N 13 wird eine Meßbereichsaufteilung vorgenommen. Überschreitet der Zählerstand 40,0, so wird IC 8 über Pin 10 bei jedem vierten Impuls gesperrt. Bei einer Überschreitung des Zählerstandes von 70,0 erfolgt eine Sperrung bei jedem zweiten Impuls. Um die Anzeige im Bereich von 40,0 bis 70,0 um 30,0 % zu erhöhen, sind daher 400 Impulse erforderlich, während im Bereich über 70,0 % für eine Erhöhung von 10,0 % 200 Impulse benötigt werden. Auf diese elegante Weise wird digital eine ausgezeichnete Linearisierung der gekrümmten Feuchtesensorkennlinie vorgenommen.

Zum Nachbau

Wie bei den meisten im ELV Labor entwickelten Schaltungen können auch hier sämtliche Bauelemente auf den Platinen untergebracht werden, so daß ein unnötiger Verdrahtungsaufwand entfällt. Das Layout ist so ausgelegt, daß die Schaltung in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden kann. Zunächst werden die beiden Platinen in noch unbestücktem Zustand probeweise ins Gehäuse eingepaßt und ggf. etwas nachgearbeitet.

Der Aufbau ist anhand der beiden Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen, wobei zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten sind.

Einige Widerstände sind, wie dies aus dem Bestückungsplan ebenfalls zu entnehmen ist, stehend einzubauen.

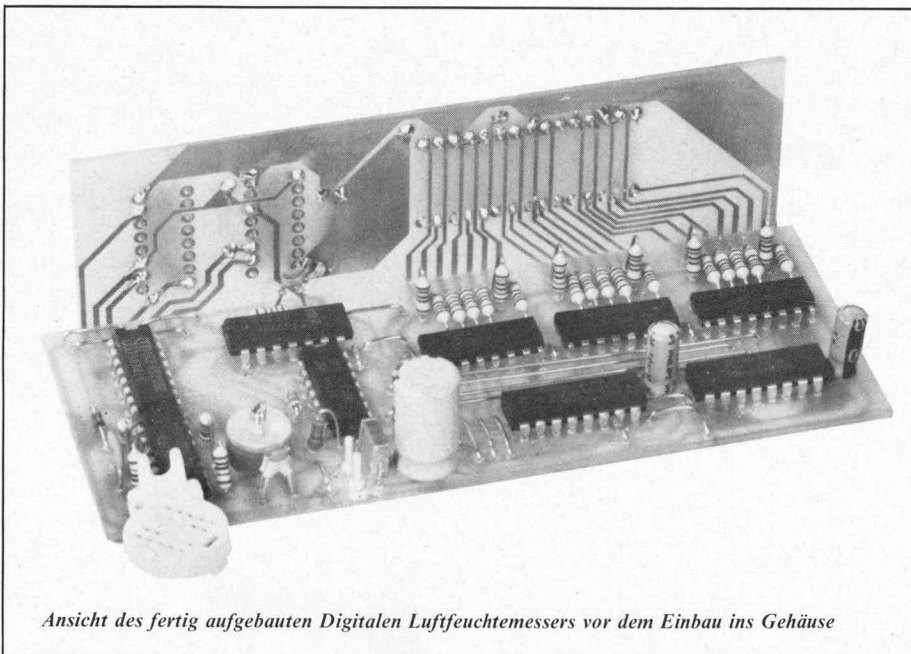
Als letztes Bauelement wird der Feuchtesensor an die beiden dafür vorgesehenen Lötstifte hinten rechts auf der Basisplatte angelötet und zwar so, daß er nach hinten weist, wie dies auch aus der Abbildung ersichtlich ist.

In die Gehäuserückwand ist an entsprechender Stelle ein waagerechter Schlitz mit den Abmessungen 6 x 16 mm einzuarbeiten, durch den später der Kopf des Feuchtesensors geführt wird.

Um die Ansprechempfindlichkeit und die Genauigkeit des Feuchtesensors voll auszuschöpfen, empfiehlt es sich, wie vorstehend erwähnt, den Sensorkopf außerhalb des Gehäuses anzuordnen. Grundsätzlich wäre auch eine Platzierung innerhalb des Gehäuses mit entsprechenden Lüftungsbohrungen möglich. Durch letztere Anordnung ist der Sensor zwar besser geschützt, die Ansprechempfindlichkeit und Genauigkeit durch den schlechteren Kontakt zur Außenluft hingegen beeinträchtigt.

Durch die Absolutkapazität des Feuchtesensors von 110 pF bis 140 pF ist es unbedingt erforderlich, daß der Sensor direkt an die beiden entsprechenden Stifte auf der Basisplatte angelötet wird ohne zusätzliches Verbindungskabel, da selbst kurze zusätzliche Leitungen Eigenkapazitäten aufweisen, die das Meßergebnis gravierend beeinträchtigen können.

Wird eine Anordnung des Feuchtesensors in einigen Metern Abstand vom Basisgerät gewünscht, so ist hierzu eine Schaltungs-konzeption wie in der ELV-Wetterstation 2000 aus der Ausgabe ELV journal Nr. 20 erforderlich, bei der der gesamte Oszillator „ausgelagert“ wurde. Bei der hier vorlie-



Ansicht des fertig aufgebauten Digitalen Luftfeuchtemessers vor dem Einbau ins Gehäuse

genden Konzeption wurde bewußt auf die dezentrale Anordnung des Feuchtesensors verzichtet, um das gelungene Design der formschönen Gehäuse der Serie ELV micro-line nicht durch verhältnismäßig starke Zuleitungskabel für externe Sensorplatinen zu beeinträchtigen.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und noch einmal sorgfältig überprüft wurde, können die beiden Platinen miteinander verlötet werden. Hierbei ist die Basisplatine im rechten Winkel an die Anzeigenplatine zu löten, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 2 mm unterhalb der Basisplatine hervorsteht. Besonders darauf zu achten ist in diesem Zusammenhang, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen an den Verbindungsstellen bilden.

Bei selbsterstellten Leiterplatten passiert es leicht, daß sich sehr feine Verbindungen an den Platinenrändern bilden, die mit dem Auge kaum sichtbar sind, jedoch die Funktion beeinträchtigen. Dies ist vor dem Zusammenlöten der Platine noch einmal sorgfältig zu überprüfen.

In die Gehäuserückwand ist noch eine 3,5 mm Klinkenbuchse zur 12 V Stromversorgung über ein Steckernetzteil einzubauen und mit flexiblen Leitungen mit den entsprechenden Punkten mit der Basisplatine zu verbinden.

Der Strombedarf der Gesamtschaltung liegt je nach Anzahl der gerade leuchtenden Segmente der LED-Anzeigen zwischen 40 mA und 100 mA.

Kalibrierung

Der Abgleich des Feuchtemessers beschränkt sich auf nur einen einzigen Abgleichpunkt.

Für die Kalibrierung ist eine Klimakammer mit geeichter relativer Luftfeuchte zweckmäßig. Steht diese nicht zur Verfügung, kann der Abgleich ersatzweise auch mit Hilfe einer gesättigten Kochsalzlösung in einem geschlossenen Gefäß erfolgen. Hiermit können durchaus exakte Werte erreicht werden.

Der an die funktionstüchtigen Leiterplatten angelötete Feuchtesensor wird in ein Wasserglas gehängt, wo er sich in der oberen Hälfte befindet. Von oben wird dann das Glas mit einer möglichst luftdicht schließenden, isolierenden Folie (z. B. Frischhaltefolie) abgedichtet, so daß sich nur der Feuchtesensor selbst in dem ansonsten leeren und trockenen Wasserglas befindet.

Zur Erzielung einer definierten relativen Luftfeuchte wird jetzt ein Wattebausch in den Behälter eingebracht, der mit einer gesättigten Kochsalzlösung getränkt wurde. Aufgrund physikalischer und chemischer Gesetzmäßigkeiten stellt sich bei einem konstanten Temperaturbereich zwischen plus 5°C bis plus 20°C eine relative Luftfeuchte von ziemlich exakt 76% ein. Wichtig ist die Temperatur-Gleichheit von Kochsalzlösung und der Luft in dem geschlossenen Gefäß. Eine Temperaturdifferenz von nur 1°C hat eine Abweichung von mehreren Prozenten der relativen Luftfeuchte zur Folge. Dagegen ist die gemeinsame Absoluttemperatur von Kochsalzlösung und Lufttemperatur in den vorstehend genannten Grenzen unerheblich. Es ist daher ratsam, die vorstehend beschriebene Anordnung über mehrere Stunden bei einer möglichst gleichbleibenden Raumtemperatur im Bereich zwischen plus 5° und plus 20°C zu belassen.

Der eigentliche Abgleich beschränkt sich dann lediglich auf die Einstellung des Trimmers C 7 auf einen Wert von 76,0%.

Eine gesättigte Kochsalzlösung stellt man auf einfache Weise selbst her, indem in ein halbes Glas Wasser soviel Kochsalz geschüttet wird, daß nach dem Umrühren sich nach einigen Minuten am Boden des Glases eine Ablagerung bildet. Jetzt taucht man einen Wattebausch bis zur Hälfte in das Glas, ohne mit dem am Boden abgelagerten Salz in Beführung zu kommen, um diesen Wattebausch dann anschließend in den geschlossenen Behälter einzubringen, in dem auch der zum Abgleich kommende Sensor sich befindet.

Bei dem vorstehend beschriebenen Abgleich gehen wir davon aus, daß die Steilheit der Feuchtesensorkennlinie bzw. der Skalenfaktor der Schaltung lediglich einer geringen Streuung unterliegt. In der Praxis konnte dieses bestätigt werden, da der Sensor als wesentliches Bauelement mit verhältnismäßig geringen Streuungen gefertigt wird. Daher genügt ein einziger Abgleichpunkt.

Untersuchungen des Applikationslaboratoriums der Firma VALVO in Hamburg haben bei einer vergleichbaren Schaltung (jedoch nur ganze Prozentauflösung) ergeben, daß der Meßfehler typ. $\pm 1,5\%$ der relativen Luftfeuchte beträgt, wobei an den Bereichsgrenzen im Bereich zwischen 10% bzw. 95% relativer Luftfeuchte der Fehler immer unter $\pm 3\%$ blieb.

Diese Messungen konnten im ELV Labor im wesentlichen bestätigt werden. Wir möchten jedoch anmerken, daß die Messung der relativen Luftfeuchte im allgemeinen verhältnismäßig aufwendig ist, besonders wenn man Temperaturdifferenzen, aggressive Dämpfe sowie Langzeitstabilität berücksichtigt.

Nach den vom ELV-Ingenieur-Team gewonnenen Erkenntnissen im Zusammenhang mit dem VALVO-Feuchtesensor, kann von einer realistischen Genauigkeit im mittleren Bereich in der Nähe des Abgleichpunktes von ca. 1% ausgegangen werden, die sich in Richtung der Bereichsgrenzen jedoch auf 5% und mehr erhöhen kann, im allgemeinen jedoch in der Größenordnung von 2% bleibt, so daß man bei dem vorliegenden Gerät ohne Übertreibung von einem Präzisions-Feuchtemesser sprechen kann.

Stückliste: Digitaler Luftfeuchtemesser

Halbleiter

IC 1	CD 4069
IC 2	CD 4071
IC 3	CD 4023
IC 4, IC 5	CD 4040
IC 6	CD 4520
IC 7, IC 8	CD 4518
IC 9—IC 11	CD 4543/CD 4056
D 1, D 2	1N4148
Di 1—Di 3	DJ 700 A

Kondensatoren

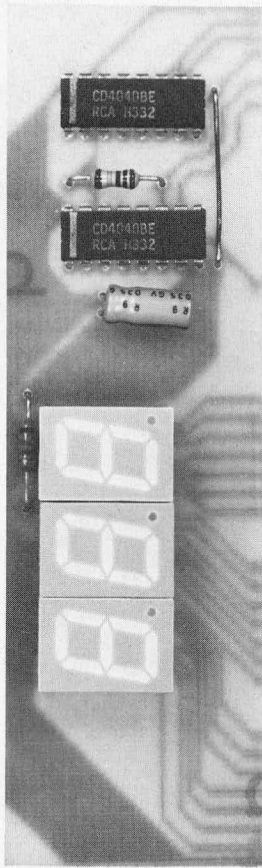
C 1	220 μ F/16 V
C 2	100 nF
C 3, C 5	47 pF
C 4	Trimmer 8—40 pF
C 7 ..	Valvo Luftfeuchtesensor LFS 10
C 8, C 10, C 11	10 μ F/16 V
C 9	100 pF

Widerstände

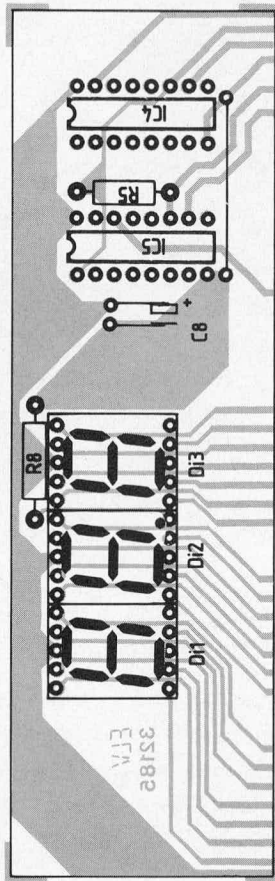
R 1—R 4	10 k Ω
R 5	100 k Ω
R 6	22 k Ω
R 7	47 k Ω
R 8	1,5 k Ω
R 9—R 29	1,2 k Ω

Sonstiges

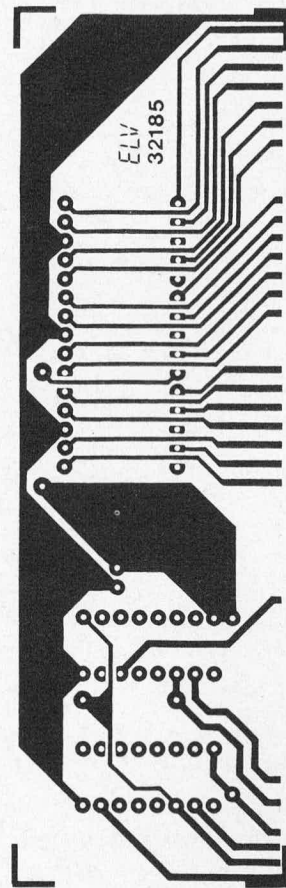
4 Lötstifte
1x3,5 mm Klinkenbuchse
10 cm Schalt draht
10 cm Silberdraht



oben: Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers



oben: Bestückungsseite der Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Bestückungsseite der Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers



oben: Leiterbahnseite der Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Leiterbahnseite der Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers

