

ELV micro-line

Digitaler Präzisions- Luftdruckmesser/ Barometer

Mit LCD-Anzeige
für Batteriebetrieb



Für den ELV Präzisions-Luftdruckmesser wurde mit Hilfe einer aufwendigen Technik im ELV-Labor eine völlige Neuentwicklung dieser hochwertigen Meßschaltung durchgeführt. Nachfolgend die herausragenden Daten in Kurzform:

- Luftdruckanzeige über ein großes LC-Display
- Batteriebetrieb für ca. 1 Jahr
- eingebaute Präzisionsspannungs-Referenz (20 ppm!)
- extrem hohe Genauigkeit von ca. 0,1 % (!) im Raumtemperaturbereich
- präzise Temperaturkompensation
- Quarzoszillator zur exakten Ablaufsteuerung

Allgemeines

Die vorstehend aufgeführten Leistungsdaten des ELV micro-line LCD-Barometers lassen erkennen, daß es sich hierbei um ein Präzisions-Meßgerät handelt. Im ELV-Labor wurde eine verhältnismäßig aufwendige Schaltung konzipiert, die trotz ihrer Komplexität sowohl im Nachbau als auch beim Abgleich weitgehend problemlos in der Handhabung ist.

Sämtliche Einstellarbeiten sind mit einfachen Hilfsmitteln leicht durchführbar.

In der Normalversion wird eine Genauigkeit von ca. 2 % erreicht, die in der Nähe des Abgleichpunktes allerdings deutlich besser ist. Diese Genauigkeit entspricht auch der LED-Version, die im ELV journal Nr. 31 veröffentlicht wurde.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, den Drucksensor des Typs KPY 10 auch in einer ausgemessenen Version einzusetzen, bei der die Offset-Spannung separat kompensiert wird. Es handelt sich hierbei um diejenige Spannung, die bei einem Druck von 0 mbar an den Brückenausgängen des Drucksensors anliegt. Da 0 mbar einem 100 %igen Vakuum entspricht, das praktisch nicht zu realisieren ist, kann der Wert der Offset-Spannung mit Hilfe von 2 Meßpunkten nur rechnerisch ermittelt werden.

Bei den ausgemessenen lieferbaren Drucksensoren des Typs KPY 10 ist der Wert der Offset-Spannung bei jedem Sensor individuell ermittelt und dem Sensor beigelegt.

Zur Schaltung

Wie man auf den ersten Blick erkennt, besitzt die LCD-Version des digitalen Luftfeuchtemessers mit der LED-Version aus dem ELV journal Nr. 31 überhaupt keine Ähnlichkeit.

Es handelt sich hierbei, vom Drucksensor einmal abgesehen, um ein vollkommen anderes Meßprinzip.

Die an den Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 10 anstehende, dem Luftdruck proportionale Brückenspannung, wird mit den OP's 2 bis 4 verstärkt, wobei der Temperatursensor TS 1 eine Kompensation des Temperaturanges des Drucksensors vornimmt. Eine genaue individuelle Anpassung wird durch die Einstellung durch R 6 erreicht.

Mit R 1 kann in Verbindung mit OP 1 und R 2/R 3 die Offset-Kompensation des Drucksensors vorgenommen werden.

R 12 dient zur Einstellung einer evtl. Höhenkorrektur.

An Pin 14 des OP 4 steht dann die auf Masse

bezogene, verstärkte und korrigierte Brückenspannung des Drucksensors an.

Über R 13 gelangt diese, dem Luftdruck direkt proportionale Meßspannung auf den Eingang des als Spannungs-/Frequenzumsetzer geschalteten IC 2 des Typs RC 4152. Am Ausgang (Pin 3 des IC 2) steht eine dem Luftdruck direkt proportionale Frequenz an.

Der Umsetzfaktor (Skalenfaktor) wird mit dem Spindeltrimmer R 15 eingestellt.

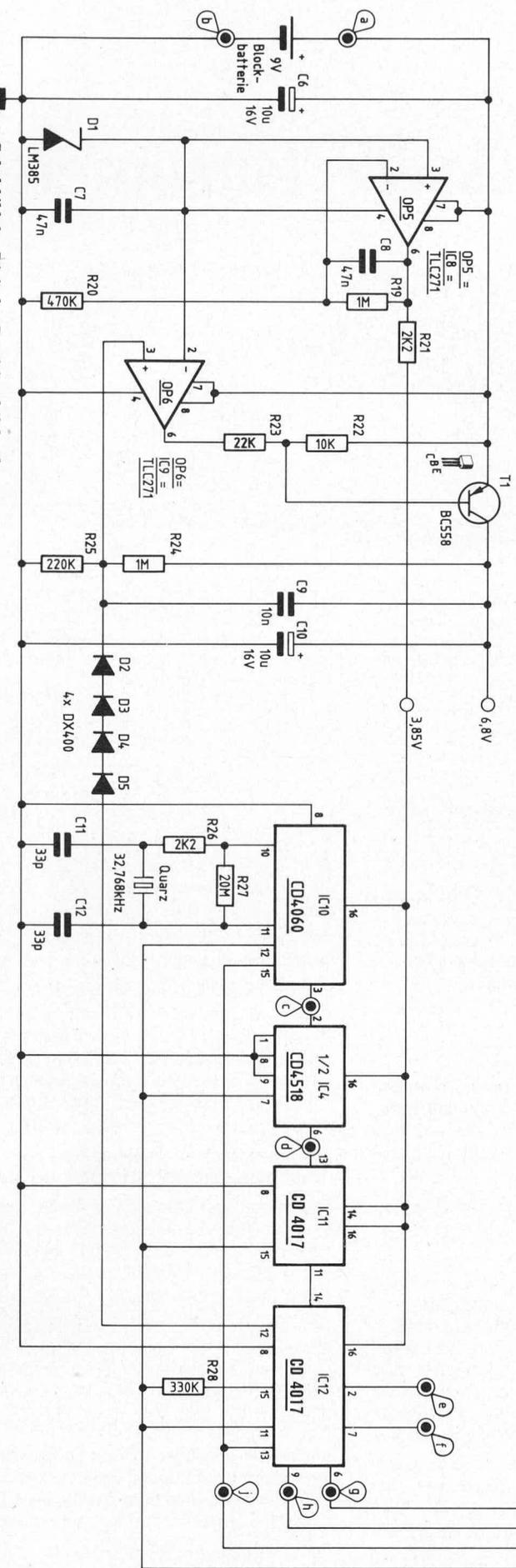
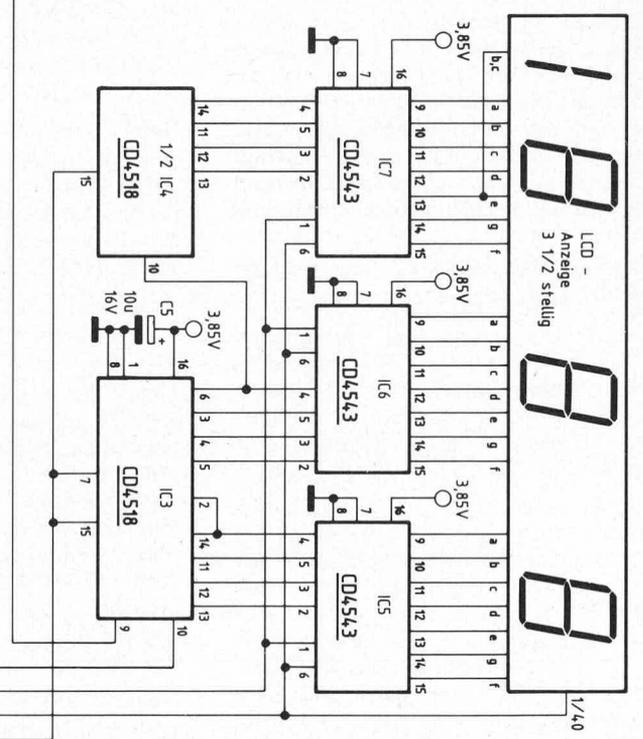
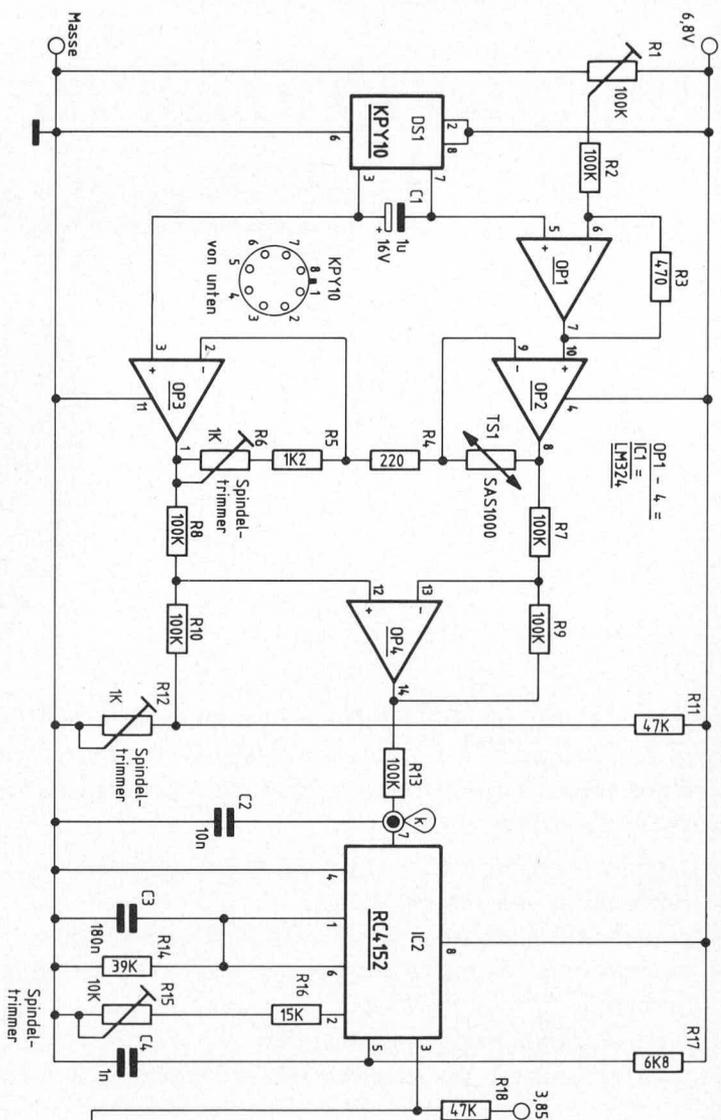
Die Ausgangsfrequenz des Spannungs-/Frequenzumsetzers gelangt auf den Zähler-eingang (Pin 9 des IC 3) der 3 Dekadenzähler, von denen jeweils 2 in einem IC des Typs CD 4518 integriert sind.

In Verbindung mit einer quarzgesteuerten Torzeit von 31,25 ms wird aus einer Ausgangsfrequenz des IC 2 von z. B. 32,384 kHz eine Luftdruckanzeige von 1012 mbar.

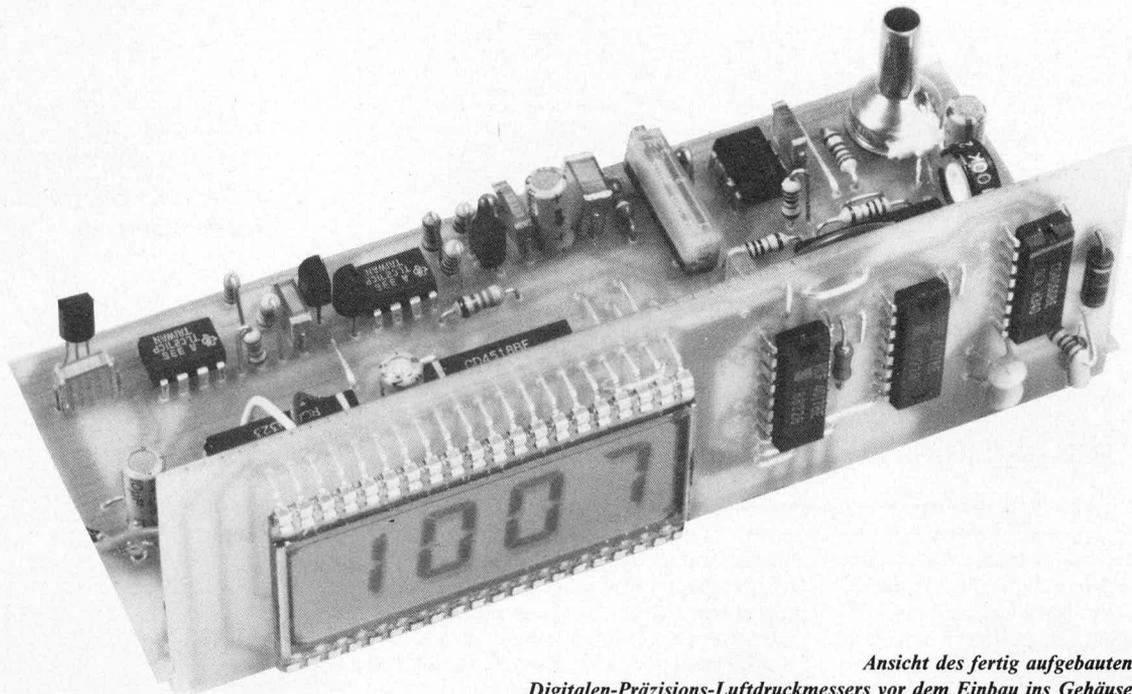
Die Torsteuerung erfolgt an Pin 10 des IC 3.

Die BCD-Ausgänge der drei Dekadenzähler steuern die Decoder/Speicher/Treiber-IC's 5 bis 7 an, deren Ausgänge die LCD-Anzeige treiben.

Die komplette Ablaufsteuerung mit der Erzeugung der Impulse für Tor, Speicher, Reset- und Backplane-Signale, erfolgt mit den IC's 10 bis 12 sowie $\frac{1}{2}$ IC 4.



Schaltbild des Digitalen Präzisionsstrommessers



*Ansicht des fertig aufgebauten
Digitalen-Präzisions-Luftdruckmessers vor dem Einbau ins Gehäuse*

Die Stromaufnahme der IC's 3 bis 12, einschließlich der Versorgung der LCD-Anzeige, liegt bei ca. 30 bis 40 μA .

In einer ganz anderen Größenordnung, nämlich bei ca. 7 mA, bewegt sich die Stromaufnahme des Drucksensors mit den nachgeschalteten Verstärkern (OP 1 bis 4) und dem Wandler-IC 2.

Da Luftdruckschwankungen nur sehr langsam ablaufen, wird dieser Schaltungsteil jedoch nicht ununterbrochen benötigt, sondern alle 45 Sekunden für eine kurze Meßphase von ca. 150 ms eingeschaltet. Durch diese Maßnahme ergibt sich eine mittlere Stromaufnahmenreduzierung um ca. den Faktor 300.

Zur Stromaufnahme der permanent eingeschalteten IC's 3 bis 12 (ca. 30 bis 40 μA) muß also noch die mittlere Stromaufnahme des alle 45 Sekunden eingeschalteten Meß- und Wandlerteiles von ca. 25 μA hinzuge-rechnet werden. Es ergibt sich daher eine mittlere Strombelastung der Versorgungsbatterie von ca. 60 μA . Beim Einsatz einer 9 V-Alkali-Mangan-Batterie bedeutet dies eine Betriebsdauer von ca. 1 Jahr bis zum nächsten Batteriewechsel.

Die IC's 3 bis 7 sowie IC 10 bis 12 werden mit einer stabilisierten Spannung von ca. 3,85 V versorgt. Zur Stabilisierung dient OP 5 (IC 8) in Verbindung mit der hochpräzisen Referenzdiode des Typs LM 385, deren Temperaturdrift bei lediglich 20 ppm/k liegt.

Auf eine schaltungstechnische Besonderheit soll in diesem Zusammenhang noch hingewiesen werden:

Als Versorgungsstrom für die Referenzdiode D 1 dient der Versorgungsstrom des IC 8. Auf diese Weise wird ein zusätzlicher Stromverbrauch eingespart. Ermöglicht wird dies dadurch, daß der Eingangsspannungsbereich des OP 5 des Typs TLC 271 bis etwas unter seine negative Versorgungs-

spannung, die an Pin 4 liegt, herunterreicht.

An die Stabilität der Versorgungsspannung für den Drucksensor sind besonders hohe Anforderungen gestellt. Aus diesem Grunde wird sowohl der Drucksensor als auch die nachgeschaltete Verstärker- und Wandler-schaltung (IC 1, IC 2) mit einer hochkonstanten Spannung betrieben. Als Bezugsspannung dient hierbei ebenfalls wieder die Präzisions-Referenzdiode des Typs LM 385. In Verbindung mit OP 6, T 1 sowie R 22 bis R 25 wird eine hochkonstante Versorgungsspannung von 6,8 V erzeugt.

Über Pin 12 des IC 12 und die Dioden D 2 bis D 5 ist diese Spannung für 45 Sekunden abgeschaltet. Lediglich für eine Meßzeit von ca. 150 ms dient diese Spannung zur Versorgung des Drucksensors mit den nachgeschalteten IC's 1 und 2.

Die Dioden D 2 bis D 5 dienen hierbei ebenfalls zur Reduzierung der Stromaufnahme, da zur Ausschaltung der 6,8 V Versorgungsspannung das Potential am nicht invertierenden (Pin 3) Eingang des OP 6 nur geringfügig über dem Potential am invertierenden (Pin 2) Eingang des OP 6 liegen muß. Ersetzt man 3 der 4 Dioden durch eine Brücke, so erhöht sich die Stromaufnahme um ca. 20 % (eine von 4 Dioden ist unbedingt erforderlich).

Zum Nachbau

Anhand der beiden Bestückungspläne ist der Aufbau in gewohnter Weise leicht durchführbar. Zuerst werden die passiven, dann die aktiven Bauelemente eingelötet.

Der Temperatursensor TS 1 ist in möglichst engem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor zu bringen. Der Sensorkopf sollte das Metallgehäuse des Drucksensors unmittelbar berühren. Durch Hinzufügen von etwas Wärmeleitpaste kann der wichtige thermische Kontakt noch verbessert werden.

Nachdem die im folgenden beschriebene Kalibrierung abgeschlossen wurde, kann die Platine in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden.

Kalibrierung

Zunächst werden die Spindeltrimmer R 1, R 6 und R 15 ungefähr in Mittelstellung sowie R 12 auf 0 Ω gebracht.

Die nachfolgend beschriebenen, auf einfache Weise durchzuführenden Einstellarbeiten sind jedoch unbedingt in der vorgegebenen Reihenfolge vorzunehmen.

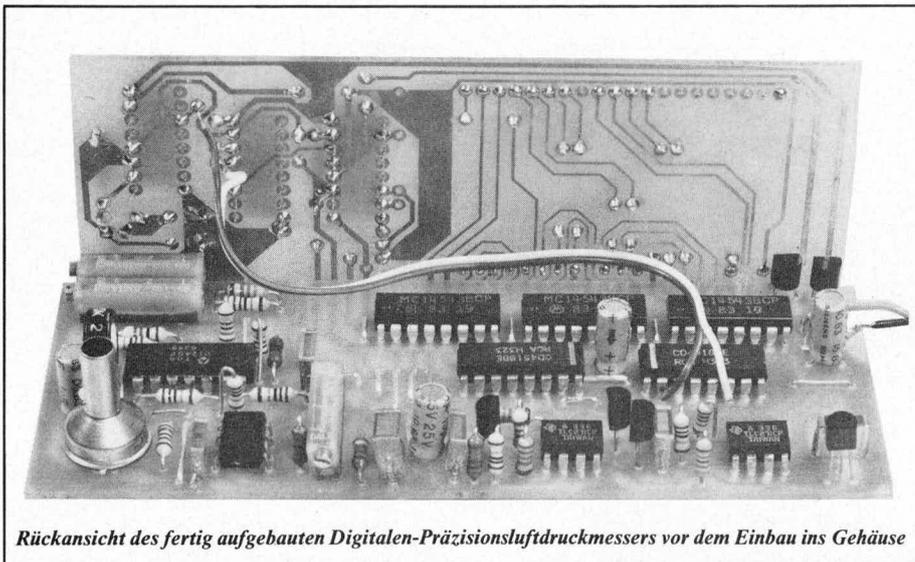
Als erstes wird die Einstellung der Offset-Kompensation des Drucksensors durchgeführt.

Der Minus- bzw. Masse-Anschluß eines hochohmigen Digital-Voltmeters mit einem 200 mV-Meßbereich, wird hierzu an den Ausgang (Pin 7) des OP 1 angeschlossen. Der Pluseingang ist an Pin 5 des OP 1 bzw. an Pin 7 des KPY 10 zu legen.

Bei nicht ausgemessenen Drucksensoren ist R 1 so einzustellen, daß auf der Anzeige des Digital-Voltmeters „0 V“ erscheint. Die Genauigkeit des Barometers liegt dann bei ca. 2 %.

Setzt man hingegen einen ausgemessenen Drucksensor ein, so ist zunächst der auf dem beigefügten Papier eingetragene Offset-Wert mit dem Betrag der Versorgungsspannung (ca. 6,8 V) zu multiplizieren. Den genauen Wert erhält man, indem man die Spannung über die Anschlußbeinchen 2 und 6 des KPY 10 mißt. Erhält man hier z. B. einen Wert von 6,85 V, so ist der auf dem beigefügten Papier eingetragene Wert (z. B. 1,4598 mV) hiermit zu multiplizieren (6,85 x 1,4598 mV = 10,9 mV).

Der auf diese Weise ermittelte Offset-Spannungswert des Drucksensors wird nun mit R 1 auf der Anzeige des Digital-Voltmeters



Rückansicht des fertig aufgebauten Digitalen-Präzisionsluftdruckmessers vor dem Einbau ins Gehäuse

eingestellt, das sich zwischen den Anschlußbeinchen 5 und 7 des OP 1 befindet. Auf die korrekte Polarität ist hierbei unbedingt zu achten. Ist der auf dem beigegeführten Papier des Drucksensors eingetragene Meßwert negativ, so muß auch mit R 1 ein negativer Offset-Wert eingestellt werden.

Die vorstehend beschriebene Offset-Einstellung für den Drucksensor ist, wie bereits erwähnt, unbedingt als erstes durchzuführen, wobei die Diode D 2 auszulöten ist, damit der Drucksensor ständig seine Versorgungsspannung erhält. Die nachfolgend beschriebenen Kalibriermaßnahmen beeinflussen die Offsettingstellung nicht mehr. D 2 ist nun wieder einzubauen.

Als nächstes ist die Temperaturkompensation des Drucksensors durch Einstellung des Spindeltrimmers R 6 vorzunehmen. Hierzu sind mehrere Temperaturzyklen (Kühlschrank-Raumtemperatur) vorzunehmen, wobei R 6 so einzustellen ist, daß sich der Anzeigenwert möglichst wenig (einige wenige Digit) ändert, wenn die Temperatur schwankt. Damit sich kein Kondenswasser bildet, ist es ratsam, das Gerät in einen durchsichtigen Gefrierbeutel zu legen.

Der Vorgang der Temperaturkompensation ist ausführlich bereits im ELV journal Nr. 31 (Seite 48) beschrieben, so daß wir uns an dieser Stelle auf die gemachten Ausführungen beschränken wollen.

Zur Kalibrierung des Skalenfaktors, dessen Einstellung als letztes durchgeführt wird, ist es erforderlich, den möglichst genauen Wert des gerade herrschenden Luftdruckes zu kennen, den man regelmäßig aus dem Radio erfährt.

Mit R 15 ist dieser Wert auf der Anzeige des digitalen Luftdruckmessers einzustellen.

Da die Werte für den Luftdruck im allgemeinen in Meereshöhe (NN = Normal Null) angegeben werden, ist der im Radio angesagte Wert um 1 mbar pro 8,33 m Höhendifferenz zu korrigieren. Befindet man sich z. B. in einer Höhe von 500 m, so beträgt die Druckdifferenz zwischen Meereshöhe und 500 m entsprechend $500 : 8,33 = 60$, gemessen in mbar. Die Anzeige ist deshalb um 60 mbar niedriger als der angesagte Wert in Meereshöhe einzustellen.

Möchte man hingegen den allgemein üblich verwendeten Luftdruckwert in Meereshöhe angezeigt bekommen, so kann nach abgeschlossenen Einstellarbeiten (einschl. der Einstellung des Skalenfaktors) die Höhenkorrektur mit R 12 durchgeführt werden, indem die Anzeige durch Verdrehen von R 12 auf den gewünschten Wert gebracht werden. Der Skalenfaktor verschiebt sich durch Verändern von R 12 nicht, so daß die volle Genauigkeit erhalten bleibt. Abschließend ist noch auf eine schaltungstechnische Besonderheit hinzuweisen:

Der mittlere statistische Luftdruck liegt in Deutschland bei ca. 1012 mbar, der Schwankungsbereich bewegt sich zwischen 960 mbar und 1050 mbar. Aus diesem Grund wurde auf eine separate Ansteuerung der linken Ziffer (1000) verzichtet und zur folgenden schaltungstechnischen Besonderheit gegriffen:

Die „1“ der linken Anzeigeziffer ist mit dem „e“-Segment der davor befindlichen Stelle verbunden („e“-Segment = links unten). Bewegt sich der angezeigte Meßwert im Bereich von 900 bis 990 mbar, so ist das „e“-Segment verloschen, ebenfalls die „1“. Ab 1000 mbar erscheint auf der Anzeige an der dritten Stelle von rechts eine „0“, wodurch auch das „e“-Segment angesteuert wird — die „1“ erscheint.

Durch vorstehend beschriebene Maßnahme konnte eine komplette Zähler- und Treiberstufe eingespart werden. Der Meßbereich erstreckt sich dadurch allerdings nur von 900 mbar bis 1099 mbar. Für den Druck in Meereshöhe ergeben sich hierdurch keinerlei Einschränkungen. Bei Aufstellorten in größeren Höhen ist dies allerdings zu berücksichtigen, da bei einer Anzeige von 890 mbar die linke Ziffer ebenfalls eingeschaltet wäre und die Anzeige „1890“ zeigte. Für Aufstellorte zwischen 0 und 500 m Höhe kommt diese Einschränkung jedoch nicht zum Tragen, da die max. auftretenden Luftdruckschwankungen zwischen 960 mbar und 1050 mbar liegen.

Abschließend soll noch der Zusammenhang zwischen der bisher gebräuchlichen Einheit zur Luftdruckmessung „mbar“ und der neuen Einheit „hPa“ (hekto-Pascal) angegeben werden: 1 mbar = 1 hPa.

Stückliste Digitales Barometer mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb

Halbleiter

IC1	LM324
IC2	RC4152
IC3, IC4	CD4518
IC5-IC7	CD4543
IC8, IC9	TLC271
IC10	CD4060
IC11, IC12	CD4017
T1	BC558
D1	LM385-Z1.235
D2-D5	DX400
DS1	KPY10
TS1	SAS1000

Kondensatoren

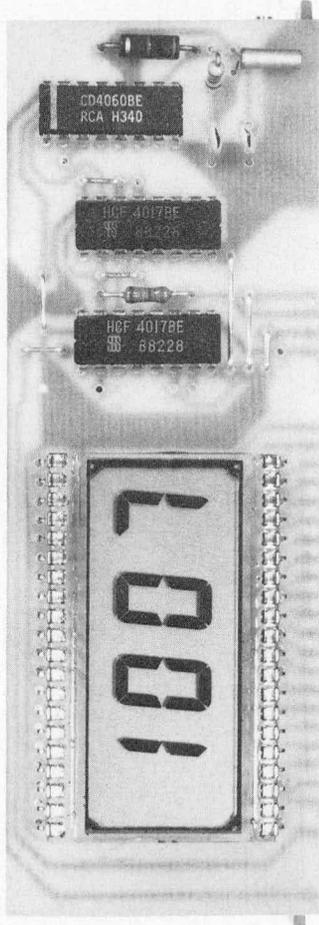
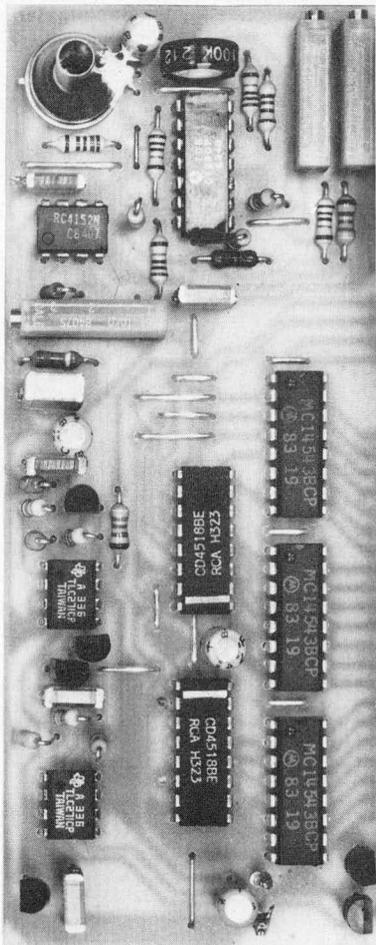
C1	1 µF/16 V
C2	10 nF
C3	180 nF
C4	1 nF
C5, C6, C10	10 µF/16 V
C7, C8	47 nF
C9	10 nF
C11, C12	33 pF

Widerstände

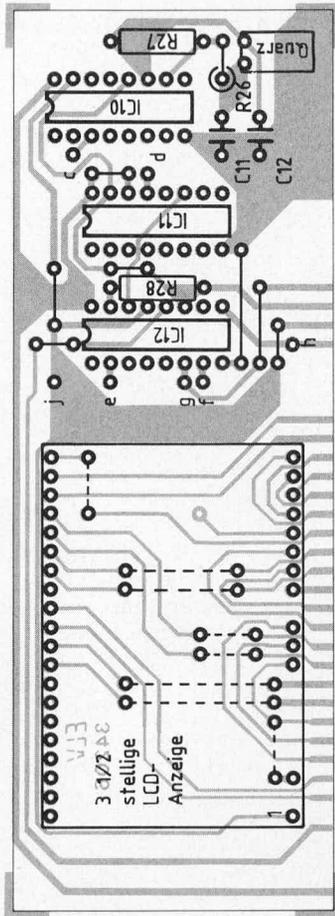
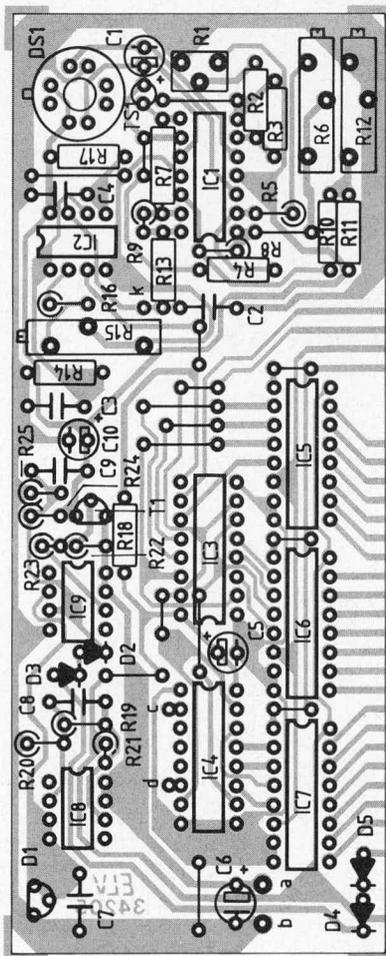
R1	100 kΩ, Trimmer, stehend
R2, R7-R10, R13	100 kΩ
R3	470 Ω
R4	220 Ω
R5	1,2 kΩ
R6, R12	1 kΩ, Spindeltrimmer
R11, R18	47 kΩ
R14	39 kΩ
R15	10 kΩ, Spindeltrimmer
R16	15 kΩ
R17	6,8 kΩ
R19, R24	1 MΩ
R20	470 kΩ
R21, R26	2,2 kΩ
R22	10 kΩ
R23	22 kΩ
R25	220 kΩ
R27	20 MΩ
R28	330 kΩ

Sonstiges

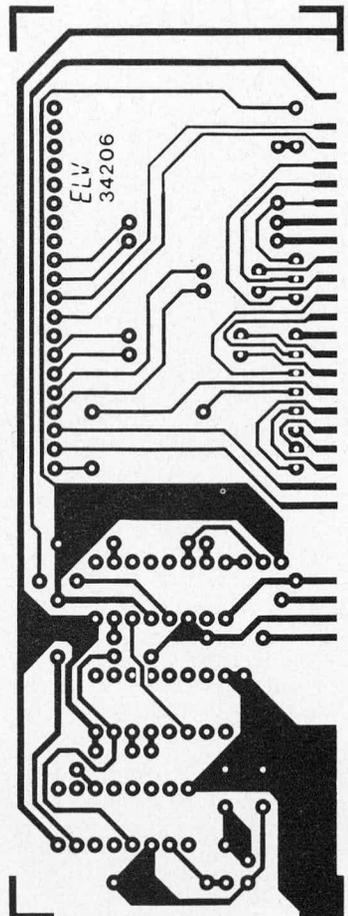
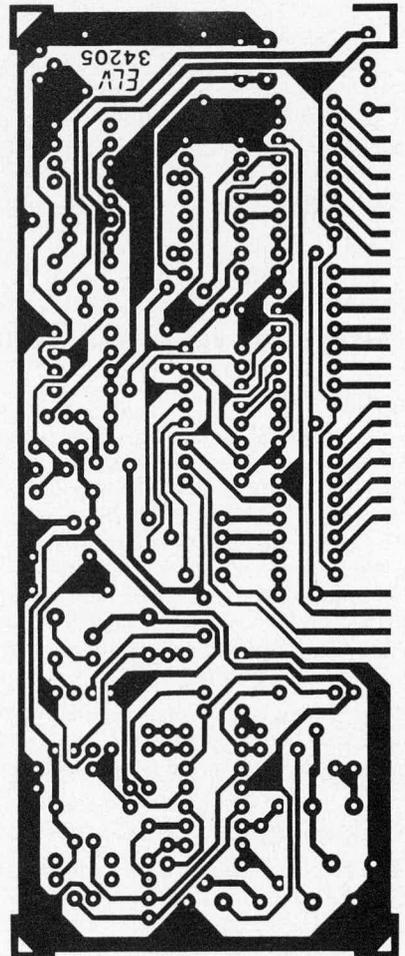
- 1 LCD-Anzeige 3½stellig
- 1 Quarz 32,768 KHz
- 1 9 V-Batterieclip
- 2 Lötstifte
- 20 cm Silberdraht
- 20 cm isolierter Schaltdraht.



oben: Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers
links: Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers



oben: Bestückungsseite der Anzeigenplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers
links: Bestückungsseite der Basisplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers



oben: Leiterbahnseite der Anzeigenplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers
links: Leiterbahnseite der Basisplatine des digitalen Präzisions-Luftdruckmessers