

# Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit 4stelliger LCD-Anzeige

Universell einsetzbare, berührungsfreie, digitale Drehzahlmessung von 10 Upm bis 100 000 Upm (!).



*Die hier vorgestellte im ELV-Labor entwickelte Schaltung ist zur berührungsfreien Drehzahlmessung von Modellflugzeugmotoren gedacht.*

*Aufgrund des riesigen Meßumfanges von 10 Upm bis 100 000 Upm sind jedoch auch über den Modellbereich hinaus Drehzahlmessungen an z. B. hochoberigen Bohr- und Schleifmaschinen, die z. T. mit über 80 000 Upm laufen, möglich.*

*Durch die berührungsfreie Messung wird dem Meßobjekt keine Leistung entzogen, was besonders bei kleinen Maschinen sehr wesentlich ist.*

## Allgemeines

Die besonderen Vorteile dieses Modellflugzeug-Drehzahlmessers wurden bereits vorstehend angesprochen.

Bevor wir jedoch zur Schaltungsbeschreibung kommen, soll noch ein weiterer Vorzug aufgezeigt werden.

Die Lichtschwankungen, die vom sich drehenden Propeller hervorgerufen werden, wertet die Schaltung aus und zeigt die entsprechende Drehzahl direkt auf dem Display in Umdrehungen pro Minute (Upm) an.

Ein zweiflügeliger Propeller erzeugt zwei Impulse, ein dreiflügeliger hingegen drei Impulse pro Umdrehung.

Normalerweise müßte man sich nun entscheiden, für welche Propellerart das Gerät eingesetzt werden soll und die Einstellung des Wendeltrimmers entsprechend so vornehmen, daß eine direkte Anzeige der Drehzahl in Upm erfolgt.

Bei der hier vorliegenden Schaltung besteht jedoch die Möglichkeit, durch einfaches Umschalten sowohl bei 2- als auch bei 3flügeligen Propellern eine direkte Anzeige zu erhalten, ohne daß der angezeigte Wert durch 2 oder 3 geteilt werden muß.

## Funktionsprinzip

Die Funktionsweise der Schaltung beruht auf Lichtschwankungen, die vom routierenden Propeller erzeugt werden. Auch wäre es denkbar, daß die Lichtschwankungen von einer weißen Linie, die auf dem sich drehenden Teil eingebracht wird, hervorgerufen werden.

Hält man die Fotodiode des Typs BPW 34 in die Nähe eines Propellers, werden diese Lichtschwankungen in Spannungsschwankungen an der Fotodiode umgesetzt.

Ein nachgeschalteter Verstärker setzt diese Spannungsschwankungen in Rechteckimpulse um. Über einen nachfolgenden Digital-Frequenzzähler werden die Rechteckimpulse ausgezählt und zur Anzeige gebracht.

Die Torzeit des Zählers ist umschaltbar und wird so eingestellt, daß auf dem Anzeigedisplay direkt die Drehzahl in Upm für 2- bzw. 3flügelige Propeller angezeigt wird.

## Zur Schaltung

Die Diode BPW 34 setzt, wie vorstehend bereits beschrieben, die Lichtschwankungen in Spannungsschwankungen um.

Die Polung der Diode, auf die normalerweise geachtet werden muß, ist hierbei unwichtig, da nur die Spannungsschwankungen weiter verarbeitet werden und der Gleichspannungsanteil über C 1 eliminiert wird.

Die so über C 1 auf den FET T 1 gelangten Spannungsschwankungen werden von der Drain-Source-Strecke (d-s) mehr oder weniger abgeschwächt, je nach Vorspannung am Gate (g) dieses Transistors und gelangen dann auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des OP 1.

D 2, R 2 und C 3 stellen die Rückkopplungsbeschaltung dieses Operationsverstärkers dar und dienen im Zusammenhang mit der Drain-Source-Strecke (d-s) von T 1 zur Verstärkungseinstellung.

Ist das Eingangssignal groß, würde am Ausgang von OP 1 (Pin 1) eine große negative Spannung anstehen, die über D 3 das Gate von T 1 in Verbindung mit R 1/C 2 sehr weit negativ ansteuert, so daß die Drain-Source-Strecke von T 1 hochohmig wird.

Dadurch werden die Eingangsschwankungen abgeschwächt, bzw. die Verstärkung von OP 1 sinkt und das an

Pin 1 zur Verfügung stehende Signal wird kleiner.

Steht hingegen nur ein kleineres Eingangssignal zur Verfügung (kleine Eingangsspannungsschwankungen), so wird das Gate von T 1 weniger negativ angesteuert und die Verstärkung von OP 1 steigt — ebenfalls das Signal an Pin 1.

Wir sehen, daß sich so auf einfache Weise eine wirkungsvolle automatische Verstärkungsregelung aufbauen läßt, die unsere Schaltung von quasi statischen, d. h. langsamen Lichtschwankungen, weitgehend unabhängig macht.

Die zweite Hälfte des IC 1, der OP 2, setzt das über OP 1 verstärkte Signal in Rechteckimpulse um.

Hierzu wird über R 4/C 4 an Pin 5 des OP 2 eine automatische Gleichspannungseinstellung vorgenommen.

Über R 3 gelangt das verstärkte Signal auf den positiven Eingang (Pin 6) des OP 2. Am Ausgang (Pin 7) steht nun ein entsprechendes Rechtecksignal zur Verfügung.

Die Widerstände R 5/R 6 dienen zur Pegelanpassung an die nachfolgenden C-MOS Schaltkreise.

Das Gatter N 2 erfüllt hierbei die Aufgabe des Tors.

Der eine Eingang (Pin 6) erhält die von OP 2 kommenden Rechteckimpulse, während der zweite Eingang (Pin 5) die Torzeitimpulse zugeführt bekommt, die von IC 3 mit entsprechender Zusatzbeschaltung erzeugt werden.

Die Wendeltrimmer R 7 und R 8 dienen zur Einstellung der Torzeit für 2- bzw. 3flügelige Propeller, auf die im Kapitel „Einstellung“ noch näher eingegangen wird.

Das als Monoflop geschaltete IC 4 dient in Verbindung mit den Gattern N 1, N 3 und N 4 zur Erzeugung der Speicher- und Resetimpulse für das Zähler-IC des Typs ICM 7224 (IC 2).

Dieser hochintegrierte Baustein beinhaltet einen 4stelligen Dekadenzähler mit Speichern und kompletter LCD-Ansteuerung.

Damit die Anzeige in 1000 Upm direkt abgelesen werden kann, dient T 2 zu Ansteuerung des mittleren Punktes der 4stelligen LCD-Anzeige.

Das IC 6 dient zur Erzeugung einer gegenüber +9 V stabilisierten Spannung, die 5 V unter der positiven Batteriespannung liegt.

## Zum Aufbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau wie folgt vor:

Zunächst sind auf der Innenseite des Gehäuseoberteils die das Fenster der LCD-Anzeige einrahmenden Stege zu entfernen.

Danach kann die Platine in das Gehäuse eingepaßt werden. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. muß die Platine an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeigeeinheit kommen, werden noch das IC 1 sowie anschließend das IC 2 eingelötet.

Damit die LCD-Anzeigeeinheit einwandfrei in das Gehäuse eingepaßt werden kann, wird diese zunächst in die 40 Bohrungen gesetzt, ohne sie jedoch festzulöten.

Wichtig dabei ist, daß sich die Anzeige auf der Leiterbahnseite und nicht wie sonst üblich auf der Bestückungsseite befindet.

Nun wird die Platine provisorisch in das Gehäuse gesetzt. Man sieht sich die Position der Anzeige an, ob diese einwandfrei in der dafür vorgesehenen Aussparung sitzt. Nach Entfernen des Gehäuses sind ggf. entsprechende Korrekturen in der Höhe der Anzeige vorzunehmen.

Bevor die Anzeige festgelötet wird, ist zu kontrollieren, ob diese auch „richtig herum“ und nicht etwa versehentlich auf dem Kopf stehend eingesetzt wurde. Feststellen läßt sich dies, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Mit einem möglichst feinen LötKolben werden nun die vier Eckpunkte der Anzeige kurz angelötet. Nach erneutem Anpassen im Gehäuse können noch

einmal Korrekturen des Sitzes der Anzeige vorgenommen werden.

Ist die Position der Anzeige einwandfrei, können alle Anschlußpunkte der Anzeige auf der Leiterbahnseite festgelötet werden.

Nachdem dies geschehen ist, wird die fertig bestückte Platine in das Gehäuse eingesetzt und mit einem Tupfen Klebstoff in jeder Ecke festgeheftet.

Kommen wir nun zum Einbau der Fotodiode, die als einziges Bauelement nicht direkt auf die Platine gesetzt wird.

Die Fotodiode wird in ein ca. 2—3 cm langes Röhrchen eingebaut, wobei das Licht durch das Röhrchen hindurchtreten muß, um auf die Fotodiode zu gelangen. Durch diese Maßnahme wird die Empfindlichkeit der Schaltung erhöht, da das Fotoelement nun verstärkt nur die zu messenden Lichtschwankungen zur Auswertung „serviert“ bekommt.

Das Röhrchen wird dann an der Stirnseite des Gehäuses angeklebt.

Soll die Fotodiode über ein Kabel mit der übrigen Schaltung verbunden werden, so ist aus Sicherheitsgründen ein Röhrchen von mindestens 10 cm Länge zu verwenden, damit die Finger nicht versehentlich mit dem Propeller „Bekanntschaft“ machen. Der Abstand Fotodiode—Rohröffnung sollte auch hier 2—3 cm betragen.

## Einstellung

In der Schaltung des Modellflugzeug-Drehzahlmessers sind lediglich zwei einfach einzustellende Abgleichpunkte — die Wendeltrimmer R 7 und R 8 vorhanden.

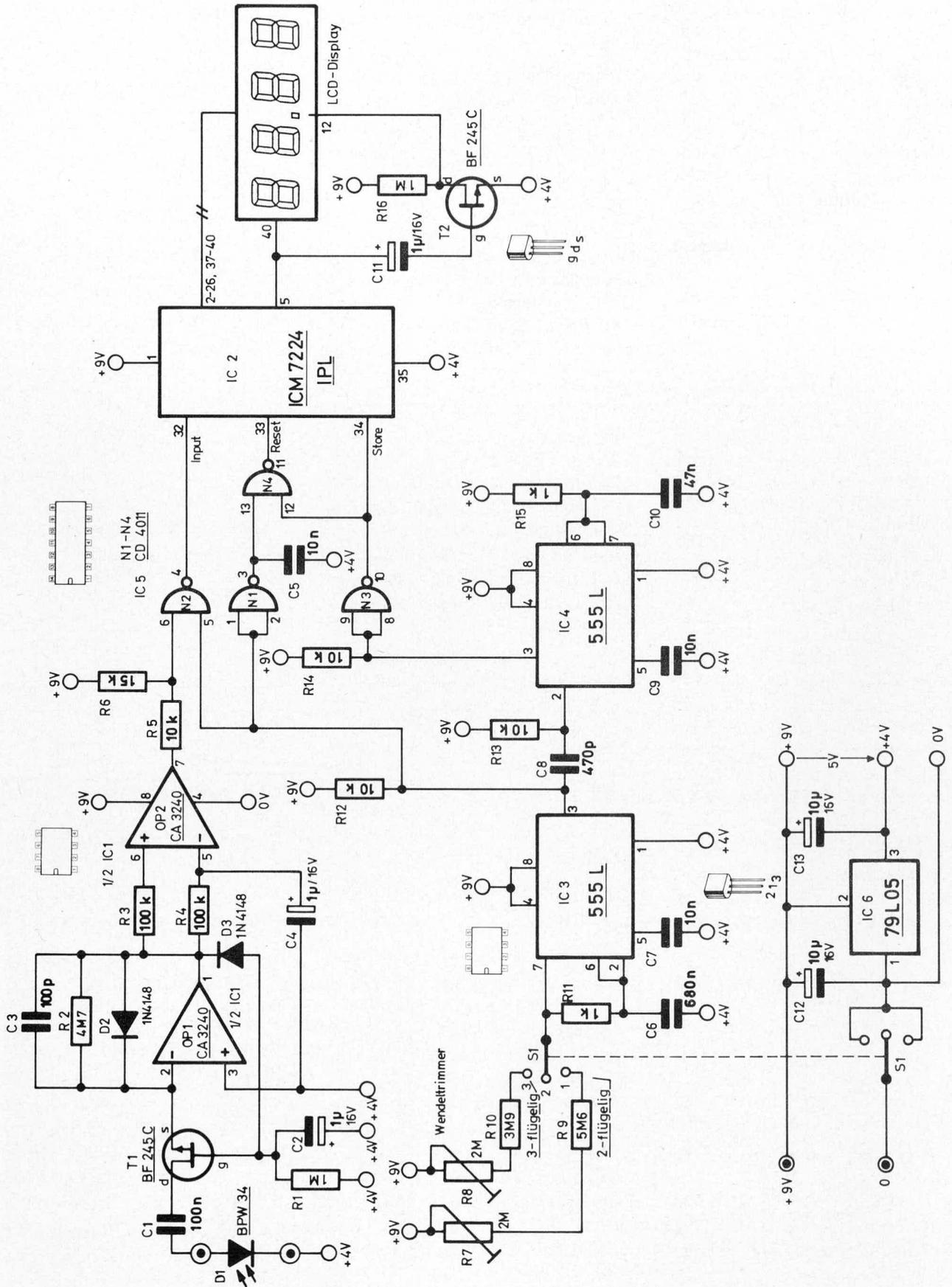
Mit R 7 wird die Einstellung für 2- und mit R 8 die Einstellung für 3flügelige Propeller durchgeführt.

Hierzu geht man wie folgt vor:

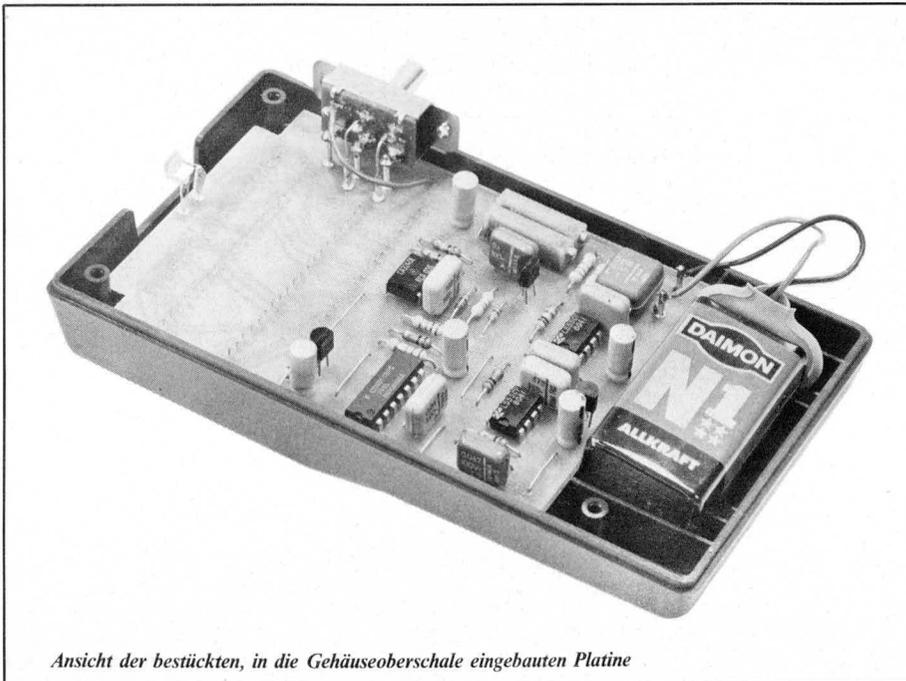
In einem vom Tageslicht leicht abgedunkelten Raum hält man die Fotodiode vor eine Glühbirne (keine Leuchtstoffröhre).

Die durch die Netzwechselspannung in der Glühlampe auftretenden Lichtschwankungen haben eine Frequenz von 100 Hz entsprechend 6000 Einzelschwankungen pro Minute.

Wollen wir nun die Einstellung unseres Modellflugzeug-Drehzahlmessers für 2flügelige Propeller vornehmen, so ist die Anzeige mit dem Wendeltrimmer R 7 auf 3000 einzustellen, nachdem der Schalter in die entsprechende Position gebracht wurde.



Schaltbild: Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit 4stelliger LCD-Anzeige



Ansicht der bestückten, in die Gehäuseoberschale eingebauten Platine

Bringen wir den Schiebeschalter in die entgegengesetzte Position, müssen wir mit R 8 die Anzeige nun auf 2000 einstellen, wodurch der Meßbereich für 3flügelige Propeller eingestellt ist.

Die Einstellung ist damit beendet.

### Zur Genauigkeit

Im Raumtemperaturbereich dürfte die Genauigkeit der Schaltungen in der Größenordnung von ca. 1 % liegen.

Da eine Überprüfung der Genauigkeit jederzeit leicht an einer von der Netzspannung versorgten Glühbirne vorgenommen werden kann, ist die Langzeitstabilität des Gerätes nur von sekundärem Interesse, da ein Nachabgleich, sollte er einmal erforderlich werden, innerhalb von Minuten durchzuführen ist.

Wir wünschen Ihnen viel Freunde mit diesem interessanten Meßgerät.

### Stückliste:

#### Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit LCD-Anzeige

#### Halbleiter

IC 1 .....	CA 3240
IC 2 .....	ICM 7224 IPL
IC 3, IC 4 .....	555 L
IC 5 .....	CD 4011 (N 1-N 4)
IC 6 .....	79 L 05
T 1, T 2 .....	BF 245 C
D 1 .....	BPW 34
D 2, D 3 .....	1 N 4148

#### Kondensatoren

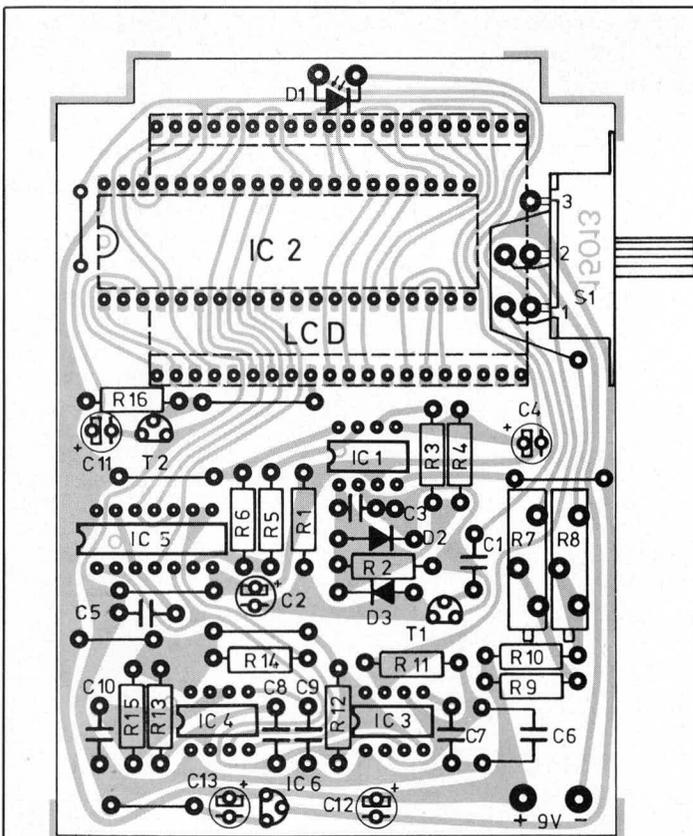
C 1 .....	100 nF
C 2, C 4, C 11 .....	1 $\mu$ F/16 V
C 3 .....	100 pF
C 5, C 7, C 9 .....	10 $\mu$ F
C 6 .....	680 $\mu$ F
C 8 .....	470 pF
C 10 .....	47 nF
C 12, C 13 .....	10 $\mu$ F/16 V

#### Widerstände

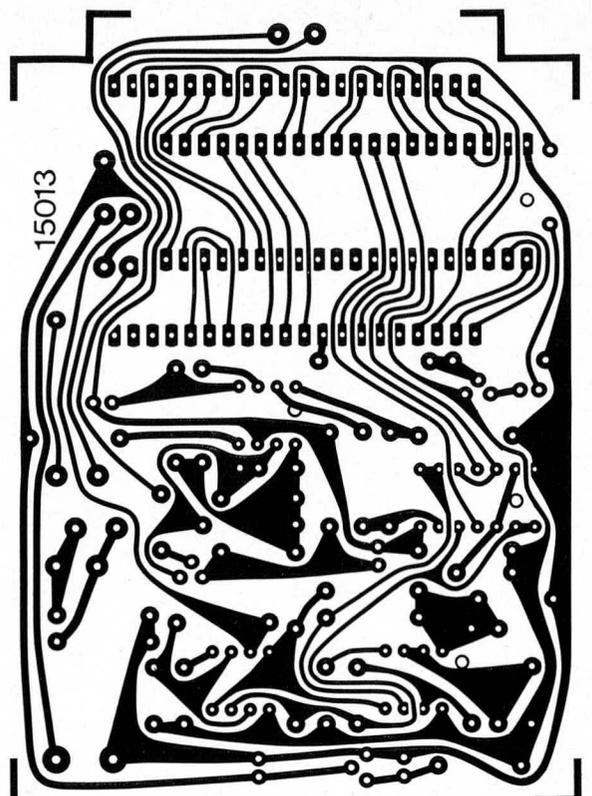
R 1, R 16 .....	1 M $\Omega$
R 2 .....	4,7 M $\Omega$
R 3, R 4 .....	100 k $\Omega$
R 5, R 12, R 13, R 14 .....	10 k $\Omega$
R 6 .....	15 k $\Omega$
R 7, R 8 .....	2 M $\Omega$ , Wendeltrimmer
R 9 .....	5,6 M $\Omega$
R 10 .....	3,9 M $\Omega$
R 11, R 15 .....	1 k $\Omega$

#### Sonstiges

- 1 LCD-Anzeige, 4stellig
- 1 Schiebeschalter, 2polig mit Mittelstellung
- 1 Batterieclip
- 1 Kunststoffröhrchen, 30 mm lang
- 4 Lötstifte



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine