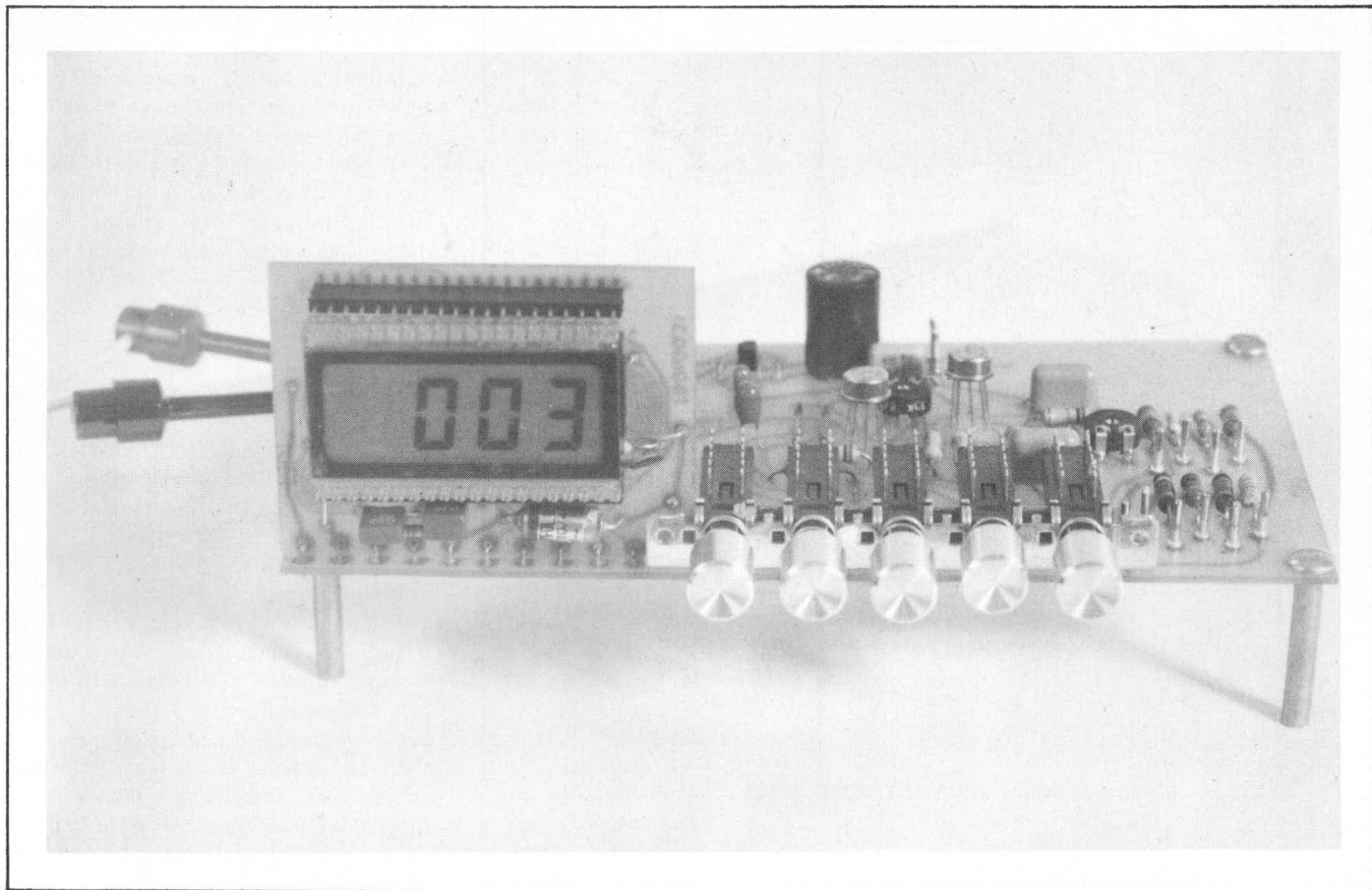


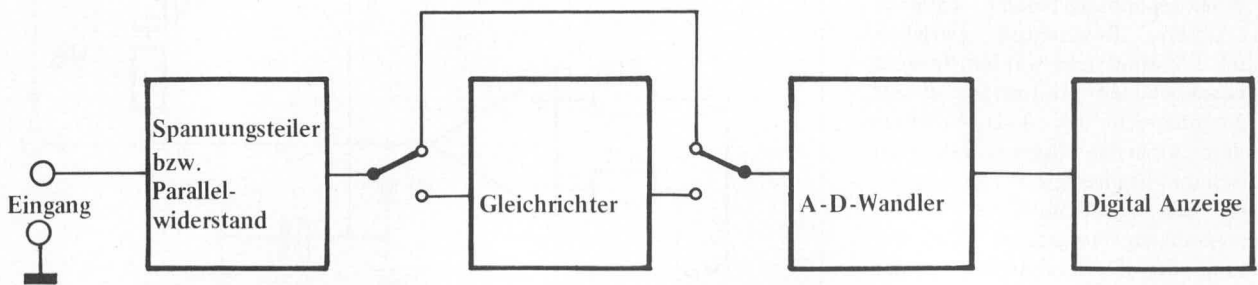
# Digitales Multimeter

*Mit dem hier beschriebenen Meßgerät mit 3 1/2 - stelliger digitaler Anzeige können Gleichspannungen, Wechselspannungen, Gleich - und Wechselströme sowie Widerstandsmessungen in 26 verschiedenen Bereichen durchgeführt werden. Nullpunktgleich und Polaritätsanzeige erfolgen automatisch.*

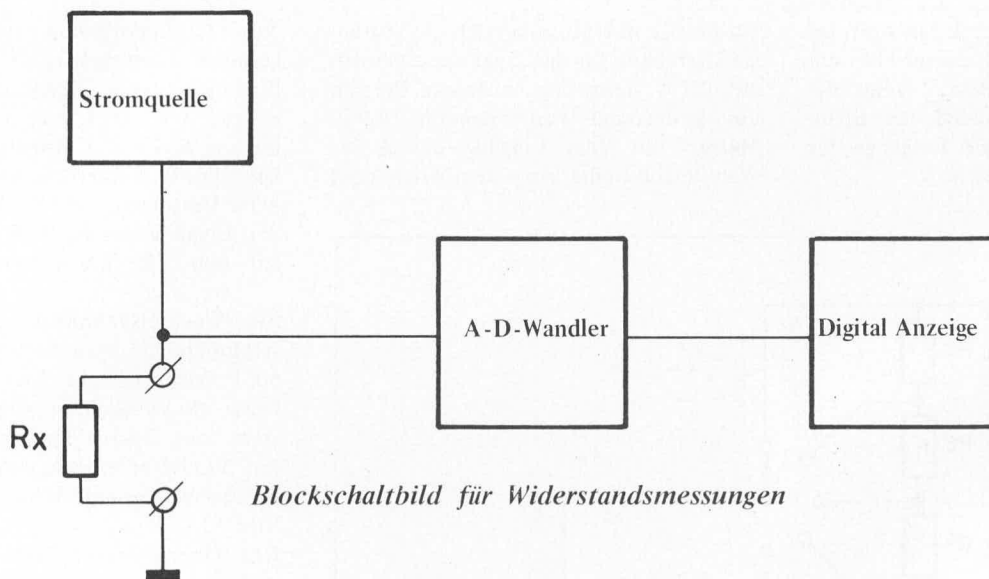
*Das Multimeter ist weitgehend mit modernen, teilweise hochintegrierten Bausteinen aufgebaut und wahlweise für Batterie oder Netzbetrieb einsetzbar.*

*Die Platinen sind so ausgelegt, daß der Verdrahtungsaufwand sehr gering bleibt.*





*Blockschaltbild für Strom- und Spannungsmessungen*



*Blockschaltbild für Widerstandsmessungen*

*Bild 1*

Da mittlerweile die integrierten Analog-Digital-Wandler (A-D-Wandler) preisgünstig angeboten werden, ist die Möglichkeit, ein digitales Multimeter aufzubauen, größer geworden.

Für den Selbstbau ist ein Multimeter mit digitaler Anzeige geeigneter als eines mit Analoganzeige, da man für ein analoges Multimeter selten ein Meßwerk mit mehreren Skalen bekommt und das Modifizieren einer Skalenscheibe meist zu einem unsauberen Meßgerät führt. Hinzu kommt, daß die Genauigkeit einer digitalen Anzeige mindestens um den Faktor 10 größer ist als bei einer Analoganzeige.

In dem hier beschriebenen Multimeter kommt der Analog-Digital-Wandler

von Intersil zum Einsatz. Dieses IC ist in einer LED- und in einer LCD-Version erhältlich. Die LCD-Version ist etwas teurer, hat aber auch einige Vorteile, die nicht ungenannt bleiben sollten. So ist der sehr geringe Stromverbrauch zu nennen, der auch einen Batteriebetrieb, z.B. mit einer kleinen 9 V-Batterie, erlaubt. Ein weiterer Vorteil ist die größere Genauigkeit, wenn das Gerät über einen längeren Zeitraum in Betrieb ist. Bei der LED-Version erwärmt sich durch den Strom der Anzeige das IC. Dies hat eine Drift der internen Referenz zur Folge.

Die integrierten Schaltkreise ICL 7106 bzw. ICL 7107 von Intersil arbeiten nach dem Dual-Slope-Verfahren, einem Analog-Digital-Wandlungsprinzip,

daß sehr häufig für Meßgeräte verwendet wird, weil bei diesem Verfahren der zeitliche Mittelwert angezeigt wird.

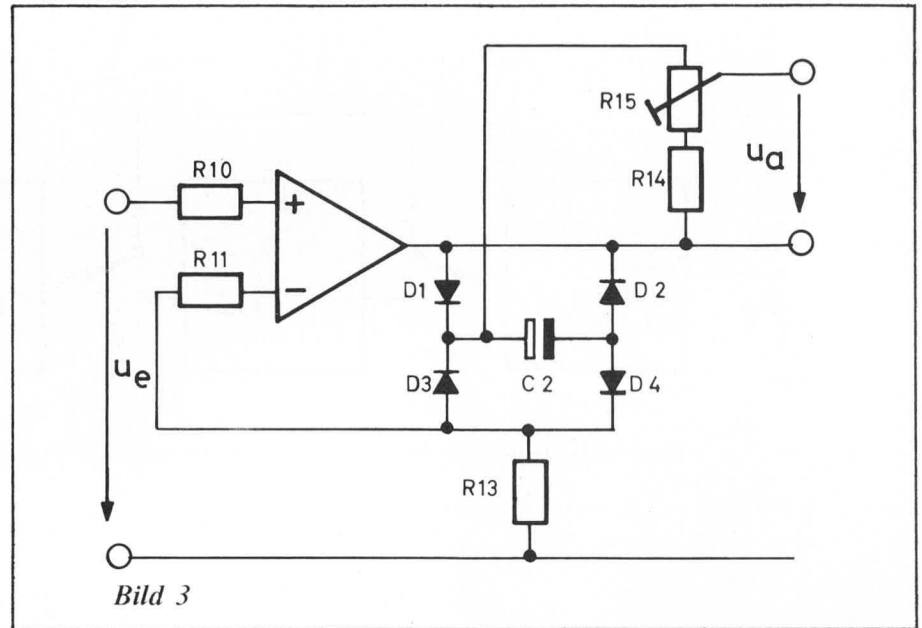
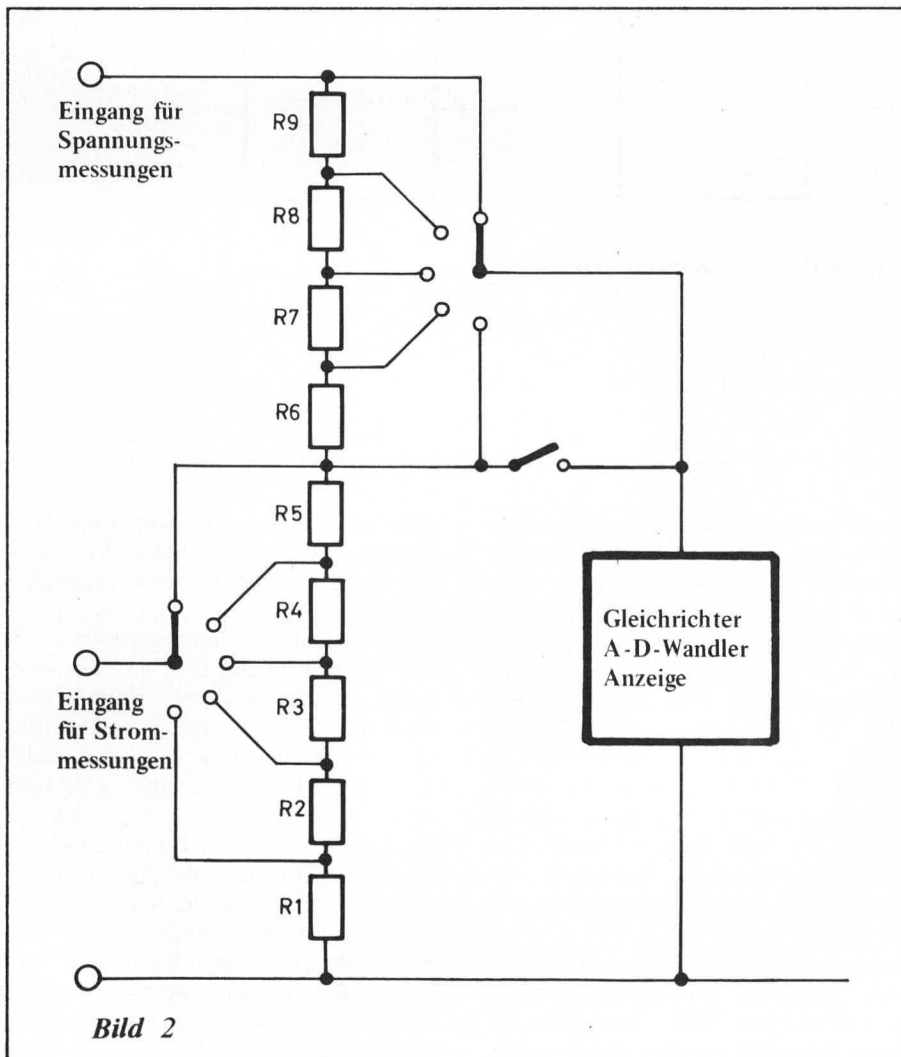
Wählt man das Integrationsintervall so, daß es einem Vielfachen der Periodendauer der Netzfrequenz (50 Hz; Periodendauer 20 ms) entspricht, so werden die Brummspannungen unterdrückt, die einer Gleichspannung überlagert sind.

Die Ausführung eines Differenzeinganges für das Analogsignal hat für ein Multimeter Vorteile beim Aufbau von Wechselspannungs- bzw. Wechselstrom- und Widerstandsbereichen. Es erlaubt den Betrieb mit nur einer Spannungsquelle, erfordert also nur eine Trafowicklung oder eine Batterie.

## Schaltungsbeschreibung

Das Herz des Multimeters besteht aus dem A-D-Wandler ICL 7106 und der dazugehörigen Flüssigkristallanzeige. Der Analogspannungsbereich kann je nach äußerer Beschaltung zwischen 0,2 und 2 V eingestellt werden. In dem hier beschriebenen Multimeter ist der Grundmeßbereich des A-D-Wandlers mit dem kleinsten Spannungsbereich identisch und beträgt 0,2 V. Der Analogeingang des A-D-Wandlers ist als Differenzeingang ausgeführt. Die Ansteuerung der Dezimalpunkte in der Flüssigkristallanzeige erfolgt über den CMOS-Baustein CA 4030.

Der Spannungsteiler am Eingang - neun Meßwiderstände, deren Summe bei der angegebenen Abstufung 10 MOhm ergibt - erweitert den Spannungsbereich auf 2 V, 20 V, 200 V oder 2000 V. Durch Umschalten des Eingangs auf die niederohmigen Widerstände des Spannungsteilers ergeben sich Strombereiche mit 0,2 mA bis 2 A Endwert. Im kleinsten Meßbereich entspricht ein Digit dann 0,1 uA. Bild 2 zeigt die Abgriffe in den verschiedenen Spannungsbereichen und die Eingänge für verschiedene Strombereiche.



Da im 0,2 mA Strombereich die Stufenschalterebene für den Spannungsbereich auf 0,2 V steht, liegt in diesem Bereich ein Widerstand von insgesamt 9,999 MOhm mit dem Eingang des A-D-Wandlers in Reihe. An einem Widerstand

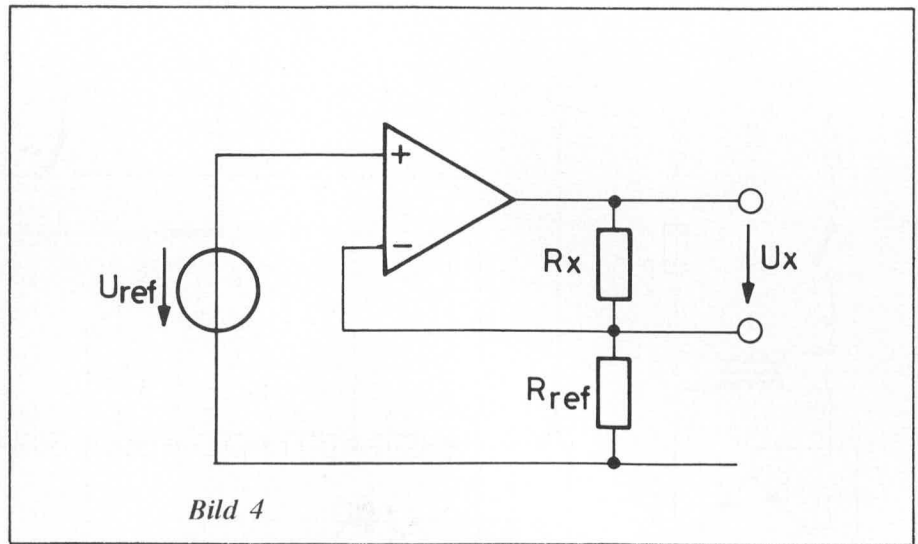
dieser Größenordnung bewirken die sehr geringen Eingangsströme der CMOS-Eingänge einen Spannungsabfall von einigen uV. Dies macht sich in der letzten Stelle der Anzeige bemerkbar. Um diesen Fehler zu vermeiden wird beim Umschalten auf die Strombereiche der Eingang des A-D-Wandlers direkt auf den 0,2 mA Eingang geschaltet.

Für Wechselspannungs- und Wechselstrombereiche wird dem A-D-Wandler ein Präzisionsgleichrichter vorgeschaltet. Diese aktive Gleichrichterschaltung besteht aus einem Operationsverstärker mit Feldeffekteingangsstufe und einer Brückengleichrichterschaltung (siehe Bild 3).

Der Operationsverstärker arbeitet als nichtinvertierender Verstärker, um einen hohen Eingangswiderstand zu erreichen. Erforderlich ist diese Maßnahme, damit der hochohmige Spannungsteiler am Eingang wenig belastet wird. Am Ausgang dieses Operationsverstärkers liegt eine Brückengleichrichterschaltung mit den Dioden D 1 bis D 4, in deren Brückendiagonalen der Elko C 2 als Siebelko liegt. Eine positive Halbwelle am Eingang des Operationsverstärkers bewirkt eine ebenfalls positivere Spannung am Ausgang und einen Stromfluß durch die jetzt leitenden Dioden D 1, D 4 und den Widerstand R 13. Dieser Strom lädt C 2 auf und bewirkt einen Spannungsabfall an R 13, der die Gegenkopplung über den invertierenden Eingang hervorruft. Negative Halbwellen laden über die Dioden D 2 und D 3 den Kondensator C 2 in gleicher Richtung auf. Die an diesem Kondensator anstehende Gleichspannung bewirkt einen Stromfluß durch die Reihenschaltung, bestehend aus dem Trimmer R 15 und

dem Widerstand R14. Der zeitliche Mittelwert dieses Stromes entspricht dem zeitlichen Mittelwert des Stromes durch R13 und ist somit dem Mittelwert der Eingangsspannung proportional. Um die Wechselspannungsanzeige in Effektivwerten für sinusförmige Spannungen kalibrieren zu können, muß der Widerstand der Reihenschaltung R14 und R15 einen Gesamtwiderstand ergeben, der mindestens um den Faktor 1,11 größer ist als R13. Der Effektivwert entspricht dem 0,707-fachen der Spitzenspannung, der Gleichrichtwert nur dem 0,64-fachen. Mit R15 kann eine Verstärkung des Mittelwertes der Eingangsspannung zwischen 1 und 2 eingestellt werden.

Zur Widerstandsmessung wird eine Konstantstromquelle benötigt, um eine dem zu messenden Widerstand proportionale Spannung zu erhalten. Bild 4 zeigt die Prinzipschaltung einer Stromquelle. Am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers liegt die Referenzspannungsquelle, am invertierenden Eingang die Spannung, die an Rref abfällt. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers wird sich nun so einstellen, daß an Rref eine Spannung in gleicher Größe wie Uref abfällt. Der Strom durch Rref,



der auch durch Rx fließt, beträgt nach dem Ohm'schen Gesetz

$$I = U_{ref} / R_{ref}$$

Dieser Strom ruft an Rx einen Spannungsabfall von

$$U_x = I \cdot R_x$$

hervor. Die Spannung Ux beträgt also

$$U_x = U_{ref} \cdot R_x / R_{ref}$$

Der Widerstand Rref beträgt je nach Bereich 100 Ohm bis 10 MOhm in dekadischen Stufen. Mit Uref = 0,1 V

ergibt sich für Ux eine Spannung von 0,1 V bei Rx = Rref. Damit hat man eine Zuordnung erreicht, die z.B. einem Widerstand von 1.000 Ohm einen Anzeigenwert von 1.000 Digit zuordnet.

Die Referenzspannung wird durch eine temperaturkompensierte Z-Diode erreicht und mit einem Spannungsteiler auf 0,1 V am nichtinvertierenden Eingang eingestellt. Den Referenzwiderstand

### Stückliste: Digitales - Multimeter

#### Meßwiderstände, 0,5 %

R 01	0,1 Ohm
R 02	0,9 Ohm
R 03	9 Ohm
R 04	90 Ohm
R 05	900 Ohm
R 06	9 KOhm
R 07	90 KOhm
R 08	900 KOhm
R 09	9 MOhm

#### Widerstände, 5 %

R 10	100 KOhm
R 11	100 KOhm
R 12	10 KOhm, Trimmer
R 13	47 KOhm
R 14	47 KOhm
R 15	50 KOhm, Trimmer
R 16	10 KOhm, Trimmer
R 17	100 KOhm
R 18	1 KOhm
R 19	100 KOhm
R 20	100 KOhm
R 21	1 MOhm

R 22	1 MOhm
R 23	1 MOhm
R 24	1 MOhm
R 25	1 KOhm, Wendelpoti
R 26	24 KOhm
R 27	47 KOhm
R 28	100 KOhm

#### Kondensatoren

C 01*	220 uF, 35 V
C 02	10 uF, 25 V
C 03*	2,2 uF, 25 V
C 04	0,1 uF, 63 V
C 05	0,1 uF, 63 V
C 06	100 pF, 63 V
C 07	0,22 uF, 63 V
C 08	0,47 uF, 63 V
C 09	10 nF, 63 V
C 10	100 pF, 63 V
C 11	0,1 uF, 63 V

#### Dioden

D 01	1N 4148
D 02	1N 4148
D 03	1N 4148

D 04	1N 4148
D 05*	1N 4148
D 06*	1N 4148
D 07*	1N 4148
D 08*	1N 4148
D 09	ZTK 3,3
D 10**	Z 5V6

#### IC's

IC 01	ICL 7106
IC 02	CD 4030
IC 03	CA 3160
IC 04	CA 3160
IC 05*	78 L 12

Anzeigendisplays . . . . . LCD

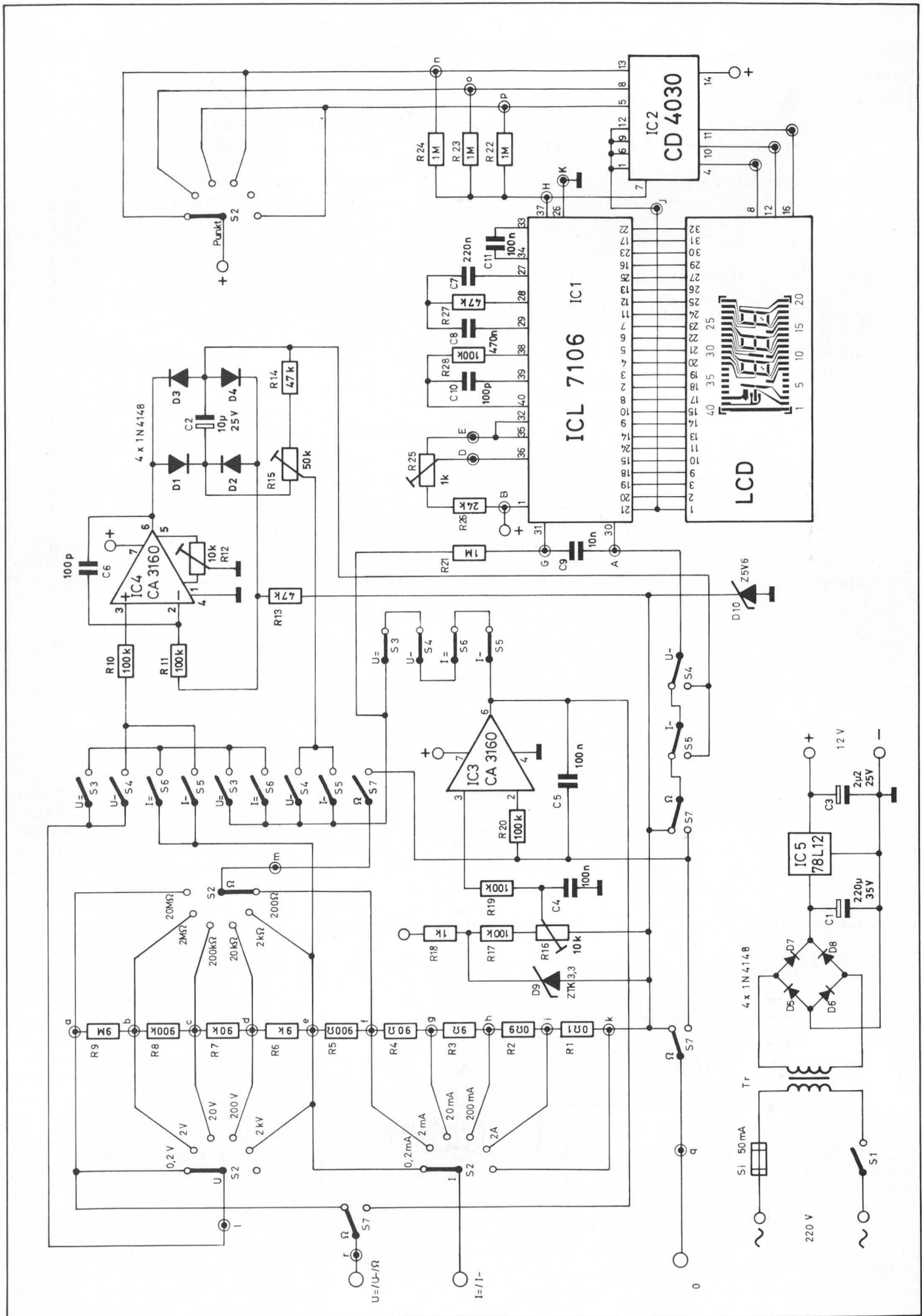
Stufenschalter . . . . . 4 x 6 Stufen

Tasten . . . . . Shadow Serie G  
(5 x 4 Um, Wechselrastung)

Sicherungshalter für Platine  
Transformator\* . . . . . 12 V, 0,1 A  
(KLF 1,5 VA)

\* Für Netzbetrieb erforderlich.

\*\* Bei Batteriebetrieb durch Z 3V3 ersetzen.





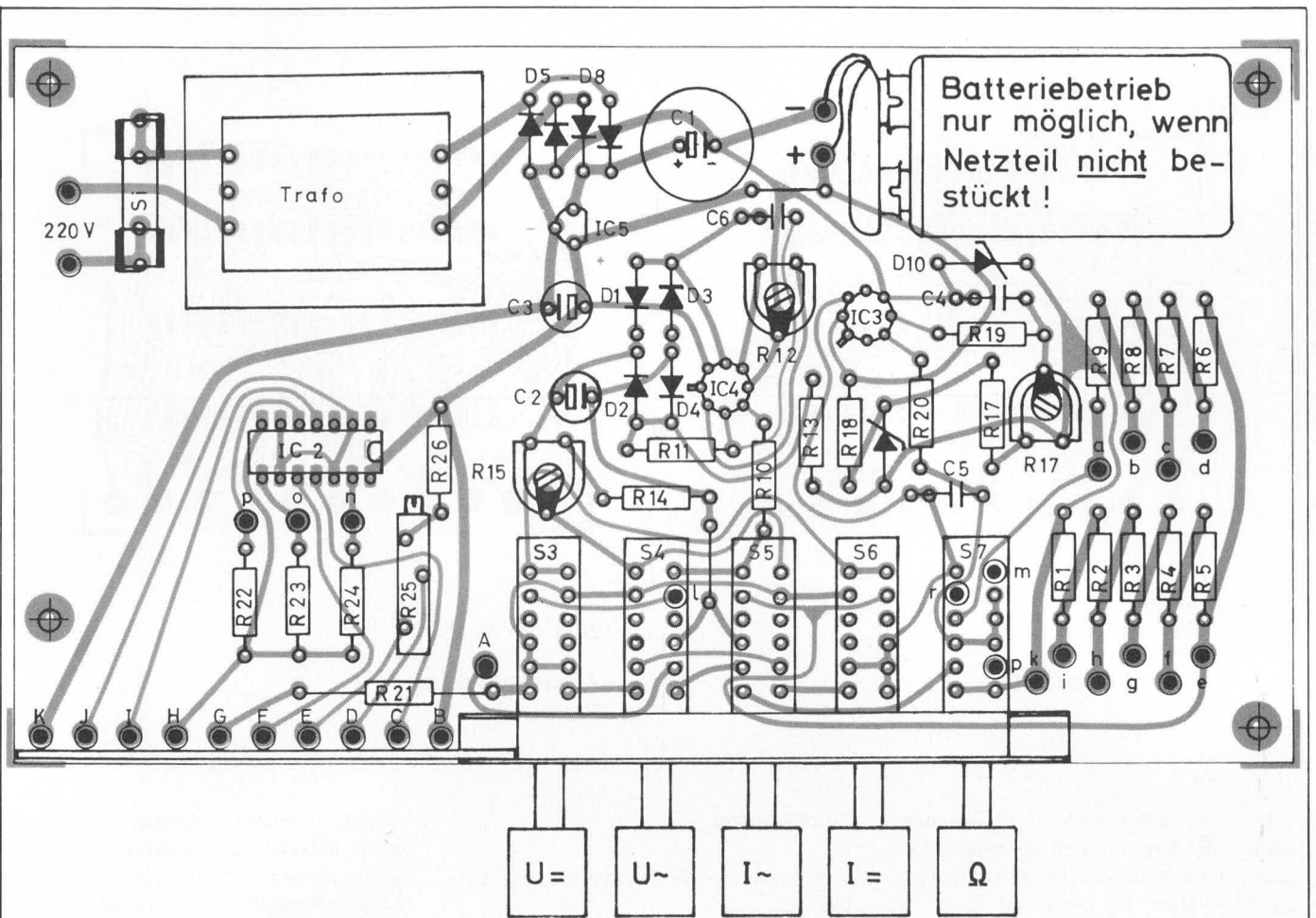


Bild 6 Bestückungsplan Platine 1

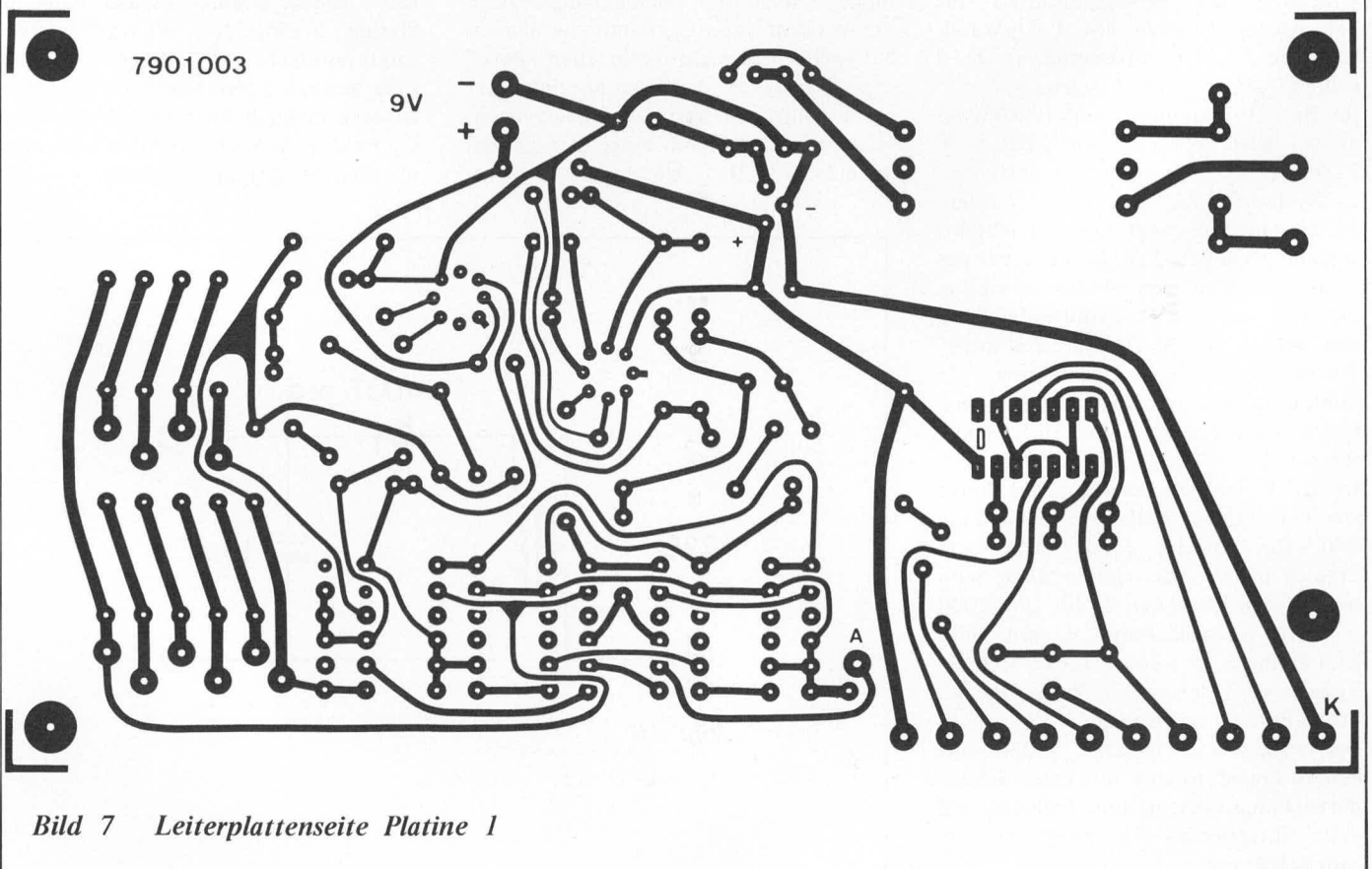


Bild 7 Leiterplattenseite Platine 1



Vom Drehschalter für die Bereichswahl führen mehrere Anschlüsse zum gleichen Punkt auf Platine 1. Es ist daher ratsam, diese Anschlüsse direkt untereinander am Drehschalter zu verbinden. Einige Anschlüsse des Drehschalters führen zum Tastenschalter. Der Mittenkontakt der Schalterebene für Strommessungen wird mit der hierfür vorgesehenen Eingangsbuchse verbunden.

### Eichung

Zur Eichung des Multimeters wird eine bekannte Spannungsquelle oder ein genaues Meßgerät benötigt. Eine Quecksilberzelle, deren Spannung 1,35 V beträgt, könnte z.B. dieses Problem lösen. Das Multimeter wird in diesem Fall im 2 V Gleichspannungsbereich mit R 25 auf 1,35 V eingestellt.

Damit sind alle Gleichspannungs- und Gleichstrombereiche kalibriert. Zum Eichn der Wechselspannungs- und Wechselstrombereiche wird zuerst zum Abgleichen des Nullpunktes auf Wechselstrom geschaltet. Mit dem Trimmer für den Spannungsoffset des Operationsverstärkers IC 4 wird die Anzeige nun auf 000 abgeglichen. Für den Abgleich der Verstärkung benötigt man einen Transformator mit Gleichrichter und Siebelko (siehe Bild 10).

Zuerst wird die Gleichspannung an C gemessen und daraus die Wechselspannung berechnet

$$U = 0,707 (U - 0,6 \text{ V}).$$

Von der Gleichspannung werden 0,6 V subtrahiert (Schleusenspannung der Diode), und dieser Betrag wird mit 0,707 multipliziert. Die Anzeige des Multimeters ist damit in Effektivwerten geeicht.

Die Eichung der Widerstandsmessbereiche erfordert einen möglichst bekannten Widerstand. Als Beispiel sei hier an 1 % Metallschichtwiderstände erinnert. Der bekannte Widerstand liegt am Eingang, und im entsprechenden Ohmbereich wird die Anzeige mit R 16 auf diesen Wert abgeglichen.

## Technische Daten:

### Gleichspannungsbereiche

Bereichsstufe	Bereich	Auflösung	Eingangswiderstand
0,2 V	0 .. 199,9 mV	100 uV	10 MOhm
2 V	0 ... 1,999 V	1 mV	10 MOhm
20 V	0 ... 19,99 V	10 mV	10 MOhm
200 V	0 ... 199,9 V	100 mV	10 MOhm
2000 V	0 ... 1999 V	1 V	10 MOhm

### Wechselspannungsbereiche

Bereichsstufe	Bereich	Auflösung	Eingangswiderstand
0,2 V	0 .. 199,9 mV	100 uV	10 MOhm
2 V	0 ... 1,999 V	1 mV	10 MOhm
20 V	0 ... 19,99 V	10 mV	10 MOhm
200 V	0 ... 199,9 V	100 mV	10 MOhm
2000 V	0 ... 1999 V	1 V	10 MOhm

### Gleichstrombereiche

Bereichsstufe	Bereich	Auflösung	Eingangswiderstand
0,2 mA	0 .. 199,9 uA	100 nA	1 KOhm
2 mA	0 .. 1,999 mA	1 uA	100 Ohm
20 mA	0 .. 19,99 mA	10 uA	10 Ohm
200 mA	0 .. 199,9 mA	100 uA	1 Ohm
2000 mA	0 .. 1999 mA	1 mA	0,1 Ohm

Spannungsabfall max. 0,2 V (an der Bereichsgrenze)

### Wechselstrombereiche

Bereichsstufe	Bereich	Auflösung	Eingangswiderstand
0,2 mA	0 .. 199,9 uA	100 nA	1 KOhm
2 mA	0 .. 1,999 mA	1 uA	100 Ohm
20 mA	0 .. 19,99 mA	10 uA	10 Ohm
200 mA	0 .. 199,9 mA	100 uA	1 Ohm
2000 mA	0 .. 1999 mA	1 mA	0,1 Ohm

Spannungsabfall max. 0,2 V (an der Bereichsgrenze)

### Widerstandsbereiche

Bereichsstufe	Bereich	Auflösung	Meßstrom
0,2 K	0 .. 199,9 Ohm	100 mOhm	1 mA
2 K	0 ... 1,999 K	1 Ohm	0,1 mA
20 K	0 ... 19,99 K	10 Ohm	10 uA
200 K	0 ... 199,9 K	100 Ohm	1 uA
2000 K	0 ... 1999 K	1 K	0,1 uA
20 M	0 ... 19,99 M	10 K	10 nA

Meßverfahren: . . . . . Mehrfachintegration

Meßfolge: . . . . . 3/sec

Nullpunkt Korrektur: . . . . . automatisch

Polaritätssteuerung: . . . . . automatisch