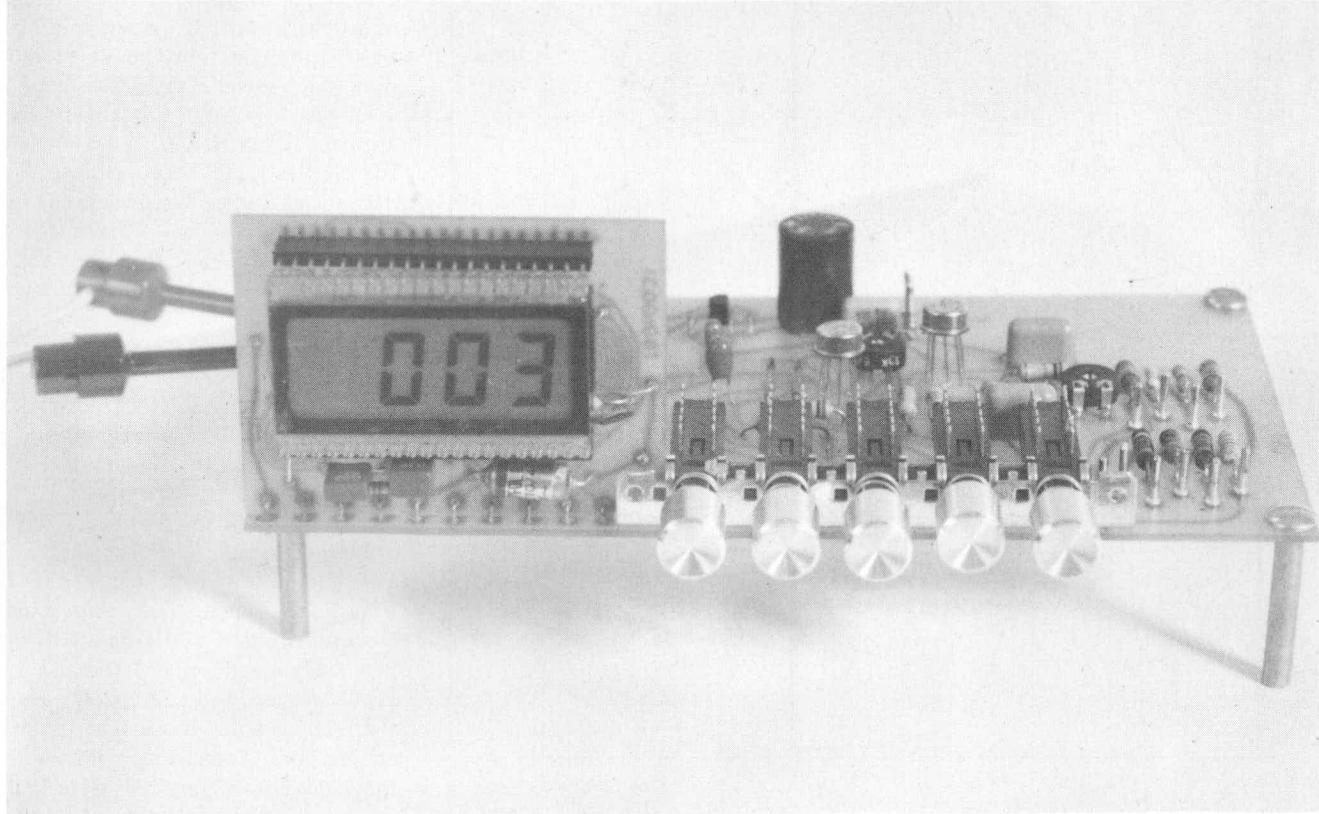


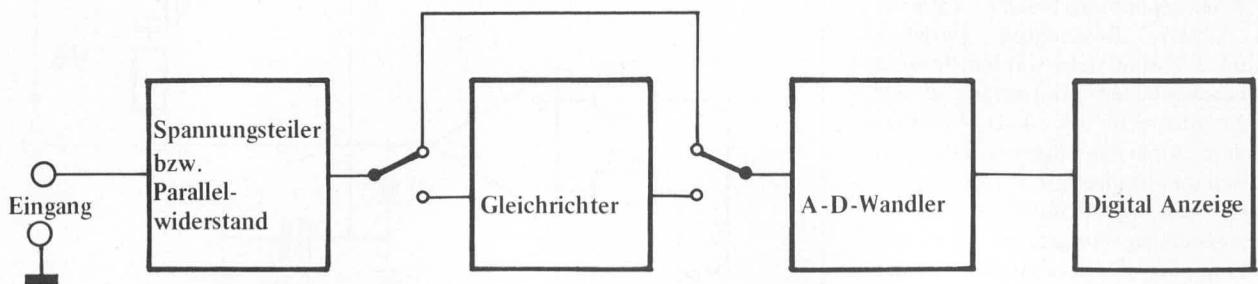
Digitales Multimeter

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. Nullpunktabgleich 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

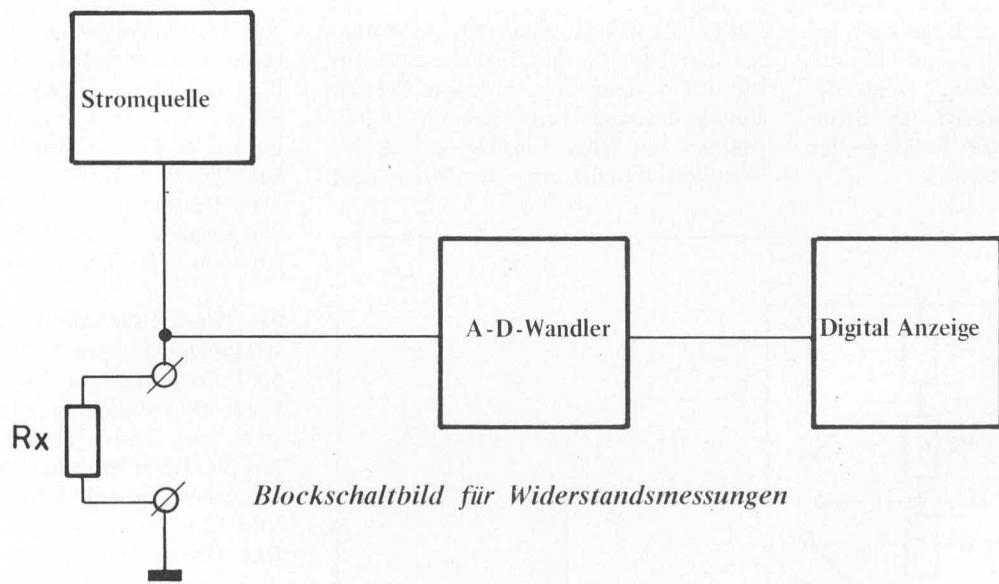


Bild 1

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 MΩm ergibt - erweitert den Spannungsmessbereich 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 µA. Bild 2 zeigt die Abgriffe in den verschiedenen Spannungsbereichen und die Eingänge für verschiedene Strombereiche.

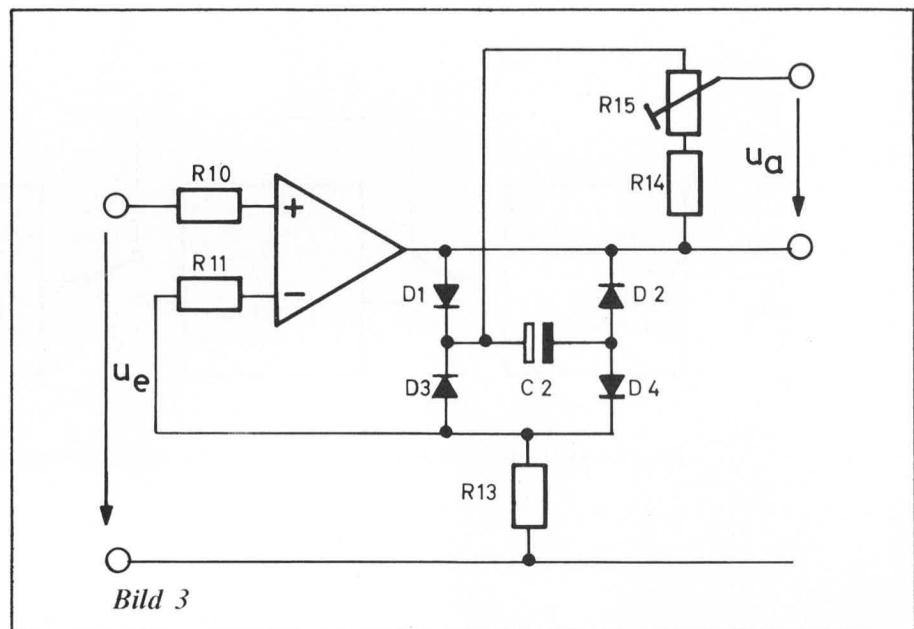


Bild 3

Da im 0,2 mA Strombereich die Stufen schalterebene für den Spannungsbereich auf 0,2 V steht, liegt in diesem Bereich ein Widerstand von insgesamt 9,999 MΩm 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 µV. 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.

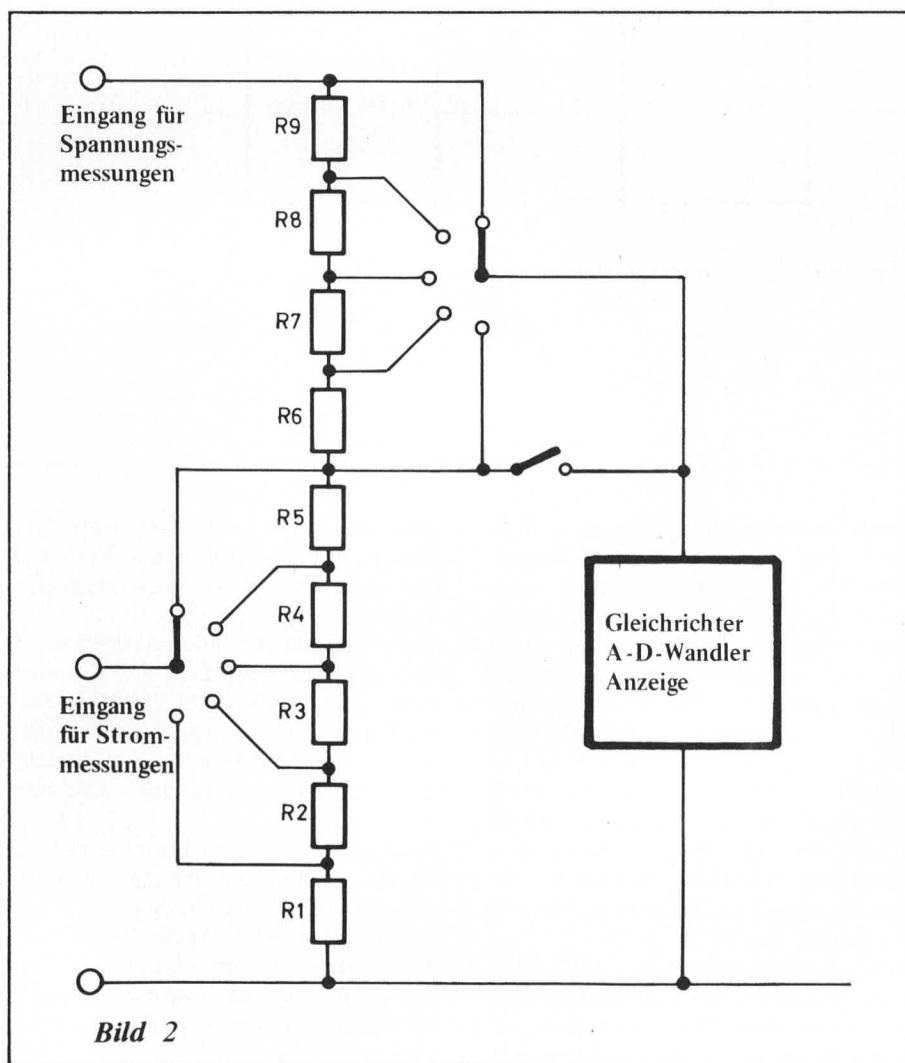


Bild 2

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 R 14. Der zeitliche Mittelwert dieses Stromes entspricht dem zeitlichen Mittelwert des Stromes durch R 13 und ist somit dem Mittelwert der Eingangsspannung proportional. Um die Wechselspannungsanzeige in Effektivwerten für sinusförmige Spannungen kalibrieren zu können, muß der Widerstand der Reihenschaltung R 14 und R 15 einen Gesamtwiderstand ergeben, der mindestens um den Faktor 1,11 größer ist als R 13. Der Effektivwert entspricht dem 0,707-fachen der Spitzenspannung, der Gleichrichtwert nur dem 0,64-fachen. Mit R 15 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,

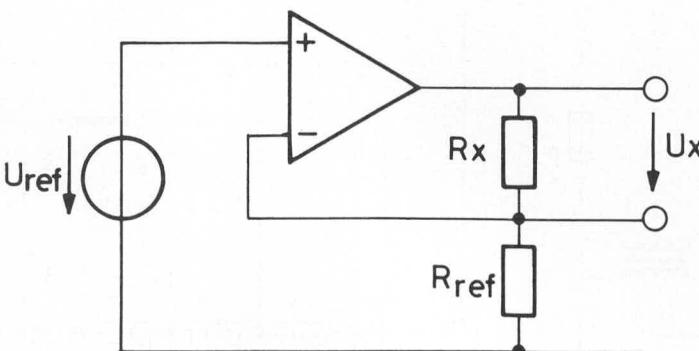


Bild 4

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

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

Dieser Strom ruft an Rx einen Spannungsabfall von

$$U_x = I \cdot R_x$$

hervor. Die Spannung Ux beträgt also

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

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

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

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

IC's

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

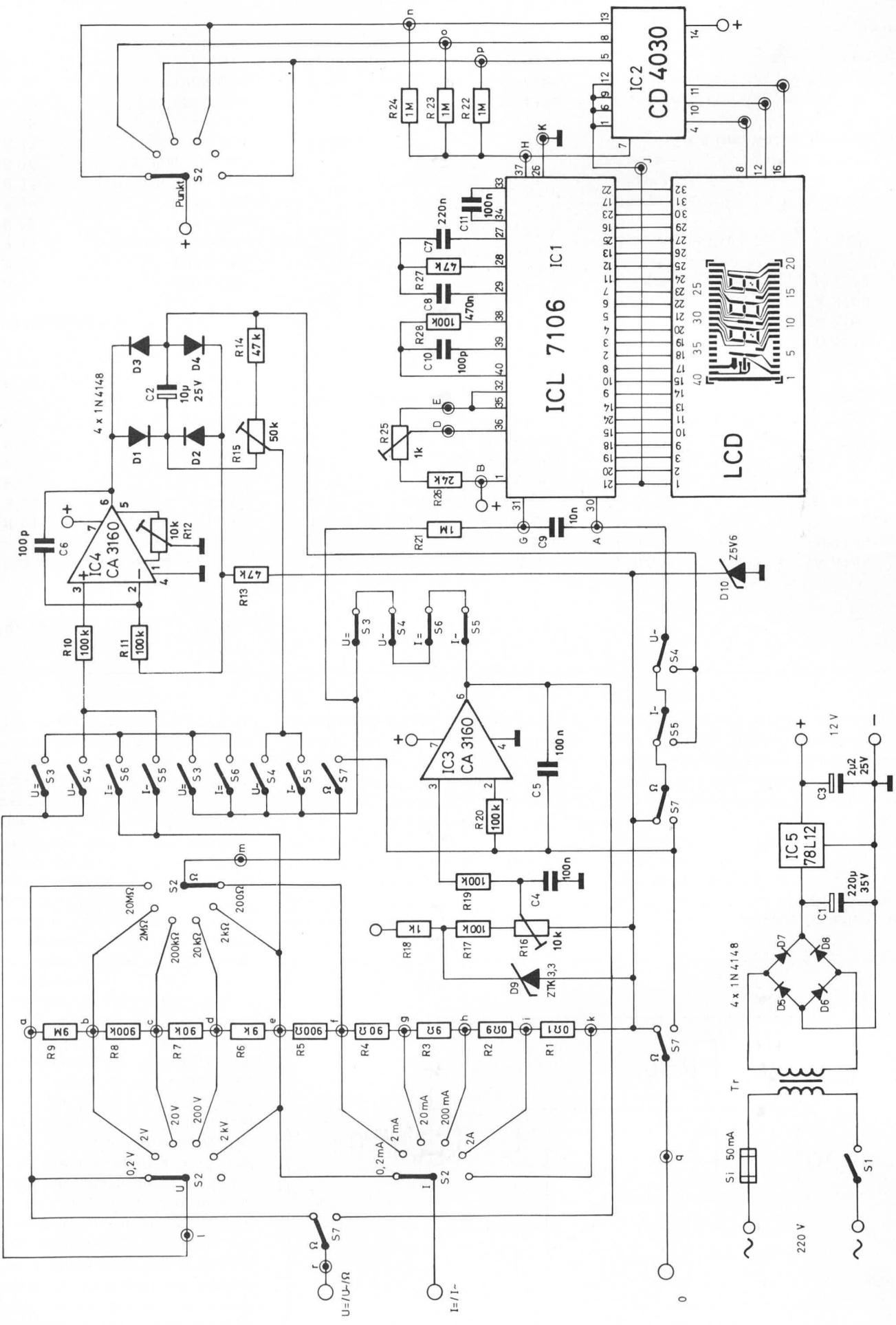
Dioden

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

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

* Für Netzbetrieb erforderlich.

** Bei Batteriebetrieb durch Z 3V3 ersetzen.



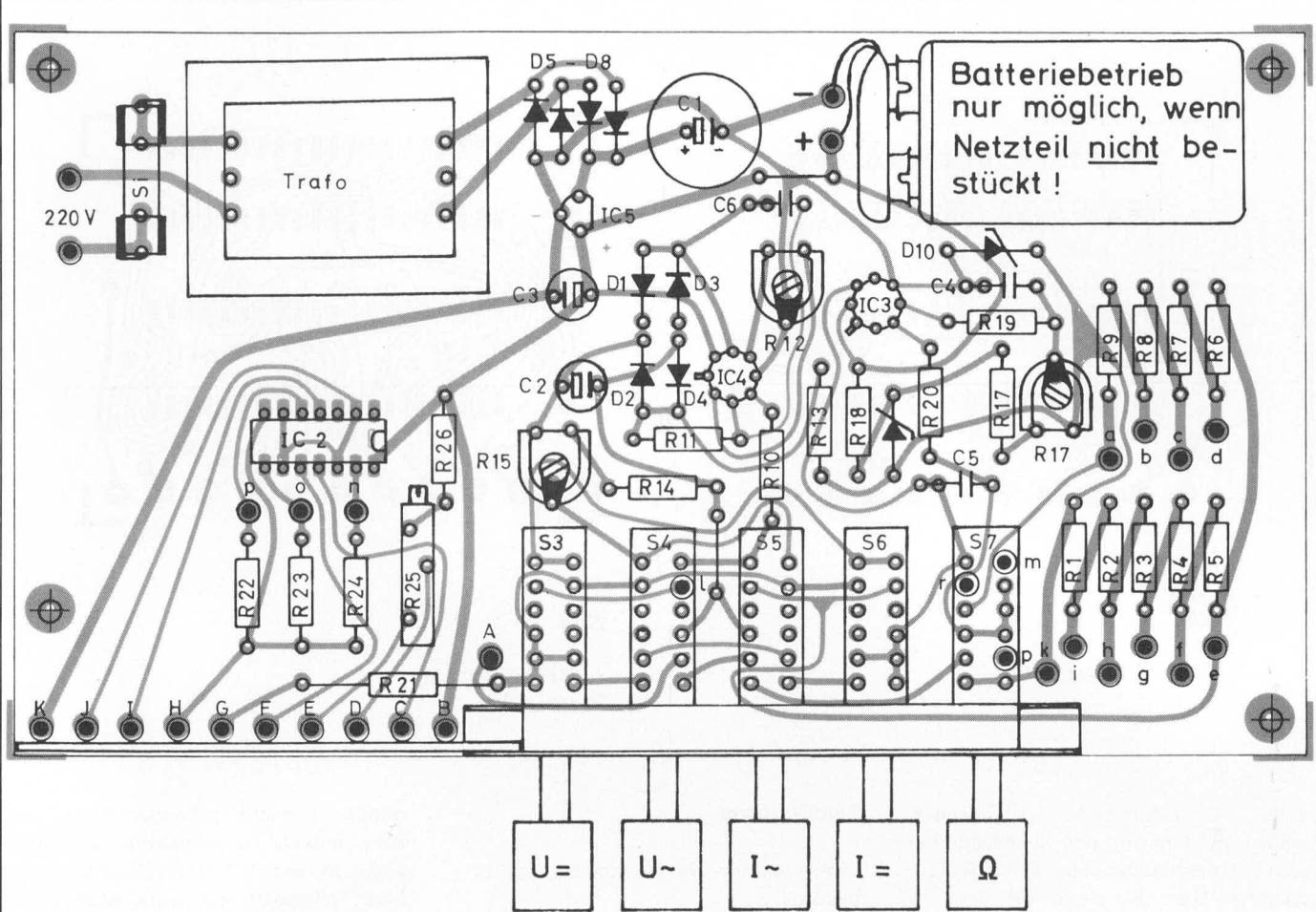


Bild 6 Bestückungsplan Platine 1

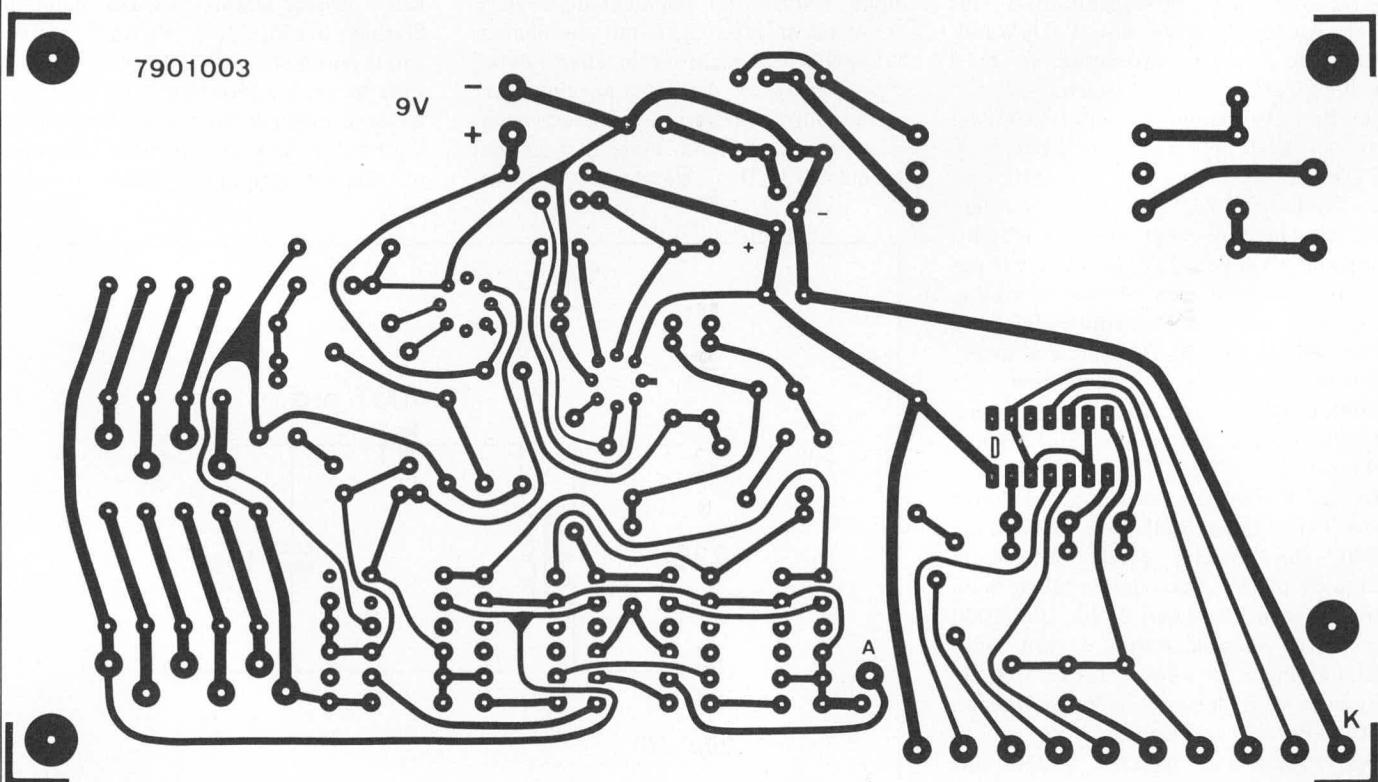


Bild 7 Leiterplattenseite Platine 1

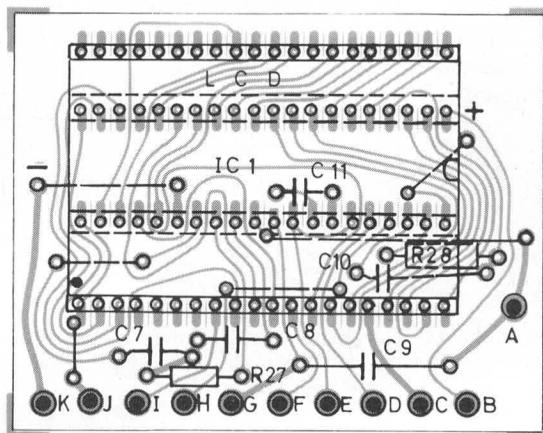


Bild 8

**Bestückungsplan
Platine 2**

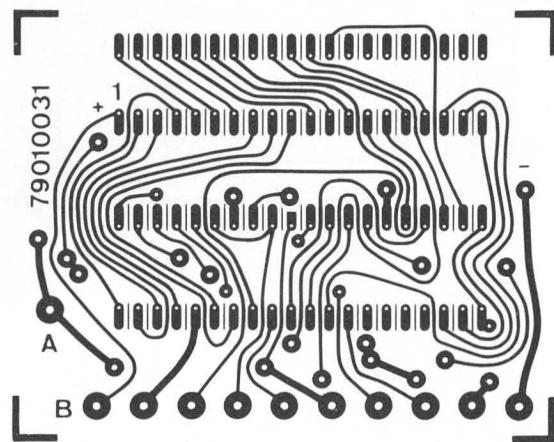


Bild 9

**Leiterbahnseite
Platine 2**

bilden die Widerstände des Eingangsteilers mit dem für den jeweiligen Bereich entsprechenden Abgriff des Stufenschalters. Über Rx wird die dem zu messenden Widerstand proportionale Spannung mit dem in dieser Schaltung potentialfreien Differenzeingang des A-D-Wandlers gemessen.

Mit der Z-Diode D10 wird eine Verschiebung des Bezugspotentials für den Analog-Eingang des A-D-Wandlers erreicht. Die Spannung an D10 sollte möglichst bei 6 V liegen.

Bei Betriebsspannungen unter 12 V, wie es bei Batteriebetrieb mit einer 9 V Zelle der Fall ist, muß für D10 eine Z-Diode Z 3V3 eingelötet werden. In diesem Fall liegt eine Gleichtaktspannung von ca. 3 V, bezogen auf das Analogpotential, am Differenzeingang, die mit der Gleichtakunterdrückung von 86 dB des A-D-Wandlers unterdrückt wird. Die Ansteuerung der Punkte im Display erfolgt mit der noch freien vierten Ebene des Stufenschalters.

Im 0,2 V-Bereich erscheint der Punkt vor der letzten Stelle wie in Stellung 200. Die Anzeige erfolgt in diesem Bereich in mV, uA oder in Ohm, während in den Bereichen 2, 20, 200, 2000 je nach Tastenstellung V, mA oder KOhm angezeigt werden. Im 20 MOhm-Bereich wird der gleiche Punkt wie im 20 V-Bereich angesteuert.

Das vorgesehene Netzteil besteht aus einem Transformator mit einer Sekundärwicklung, Gleichrichter, Siebelko und einer integrierten Spannungsstabilisierungsschaltung.

Zum Nachbau

Der Nachbau des Multimeters ist problemlos.

Die Anschlüsse der integrierten Schaltkreise, besonders die des A-D-Wandlers, der in CMOS-Technik aufgebaut ist, sollten jedoch möglichst nicht berührt werden.

Beim Einbau der Flüssigkristallanzeige ist Vorsicht geboten, damit die dünnen Glasplättchen nicht zerbrechen. Bevor das Display in die Fassung eingesetzt wird, sollte man sich davon überzeugen, daß es richtig herum eingebaut ist. Bei manchen LCD-Gehäusen ist der An-

schluß 1 nicht gekennzeichnet, man kann jedoch die Segmente einer nicht angeschlossenen Anzeige im reflektierten Licht erkennen und so die richtige Einbaulage bestimmen.

Beide Platinen werden über die Anschlüsse A-K miteinander verbunden. An Platine 2 werden Kupferdrähte auf die Anschlüsse der Leiterbahnseite gelötet. Diese Drähte werden dann in Platine 1 eingelötet. Platine 2 steht somit senkrecht auf Platine 1.

Eine getrennte Montage beider Platinen ist auch möglich. In diesem Fall müssen die Punkte A-K über flexible Leitungen miteinander verbunden werden.

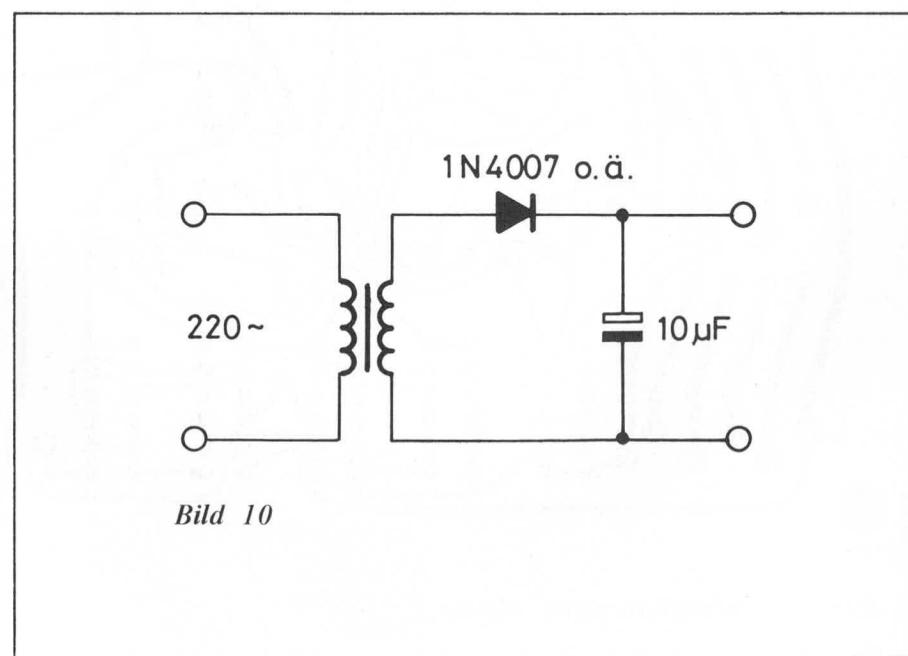


Bild 10

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 Eichen 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 Ohm-Bereich 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