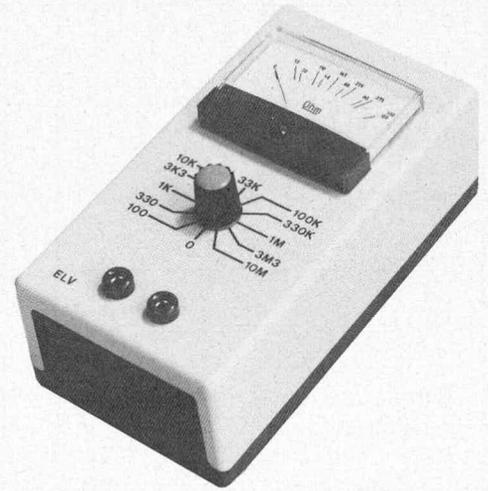


# Analog-Ohmmeter mit linearer Skala



*Diese kleine Schaltung zur Widerstandsmessung ist für den Anschluß eines preiswerten analogen Zeigerinstrumentes ausgelegt. Als Besonderheit ist neben einem großen Meßbereichumfang der lineare Skalenverlauf zu nennen.*

## Allgemeines

Diese Schaltung, die ausschließlich mit handelsüblichen und preiswerten Bauelementen zu realisieren ist, kann sowohl als eigenständiges komplettes Ohmmeter in Verbindung mit einem preiswerten Analog-Zeigerinstrument dienen sowie auch als Zusatzschaltung für ein vorhandenes Vielfachinstrument eingesetzt werden.

Die Aufteilung der Skala für die beiden Grundmeßbereiche (0–100 Ω bzw. 0 bis 330 Ω) ist in Bild 1 dargestellt. Erstgenannte ist im allgemeinen serienmäßig erhältlich, während die Einteilung von 0 bis 330 Ω ggf. zusätzlich mit wasserfestem Filzstift oder besser mit Rubbelbuchstaben aufzubringen ist.

Die prinzipielle Funktionsweise der Schaltung ist wie folgt:

Eine umschaltbare Konstantstromquelle speist den unbekanntem Widerstand  $R_x$ . Der Zusammenhang zwischen dem Spannungsabfall an  $R_x$  und der Widerstandsgröße ist vollkommen linear.

Damit die Widerstandsmessung, besonders in den hochohmigeren Bereichen, nicht durch den Strombedarf des analogen Anzeigeeinstrumentes verfälscht wird, muß unbedingt ein extrem hochohmiger Trendverstärker (Impedanzwandler) zwischen

dem auszumessenden Widerstand und Anzeigeeinstrument geschaltet werden.

## Zur Schaltung

T 1 stellt in Verbindung mit R 14, R 17 sowie D 4 eine Konstantstromquelle dar, die unabhängig von der Batterieversorgungsspannung die Z-Diode D 5 speist. Hierdurch wird eine gute Spannungskonstanz erreicht.

Mit Hilfe des Spannungsteilers R 15, R 16 wird über R 18 ein Teil dieser Referenzspannung auf den invertierenden (–) Eingang des OP 1 gegeben. Im Rückkopplungszweig liegt zur Schwingneigungsunterdrückung der Kondensator C 9.

Der nicht invertierende (+) Eingang des OP 1 erhält über R 19 die Spannung zugeführt, die am Referenzwiderstand R 1 abfällt (Schalterstellung von S 2 wie eingezeichnet). Hierbei gehen wir mit hinreichender Genauigkeit davon aus, daß ein zusätzlicher, am Schalterkontakt auftretender Spannungsabfall vernachlässigt werden kann, zumal die hier fließenden Ströme sehr gering sind.

Der Ausgang des OP 1 steuert nun über R 20 den FET T 2 des Typs BF 245 so an, daß die Spannungen an den beiden Eingängen des OP 1 genau gleich sind. Dies ist dann der Fall, wenn der Spannungsabfall an R 1 gleich ist mit dem Teilbetrag der Re-

ferenzspannung, der mit R 15, R 16 über R 18 dem invertierenden Strom durch R 1, da sowohl die Spannung U als auch der Widerstand R (R 1) konstant sind.

Nach der Formel  $I = U : R$  bedeutet dies einen konstanten Strom durch R 1, da sowohl die Spannung U als auch der Widerstand R (R 1) konstant sind.

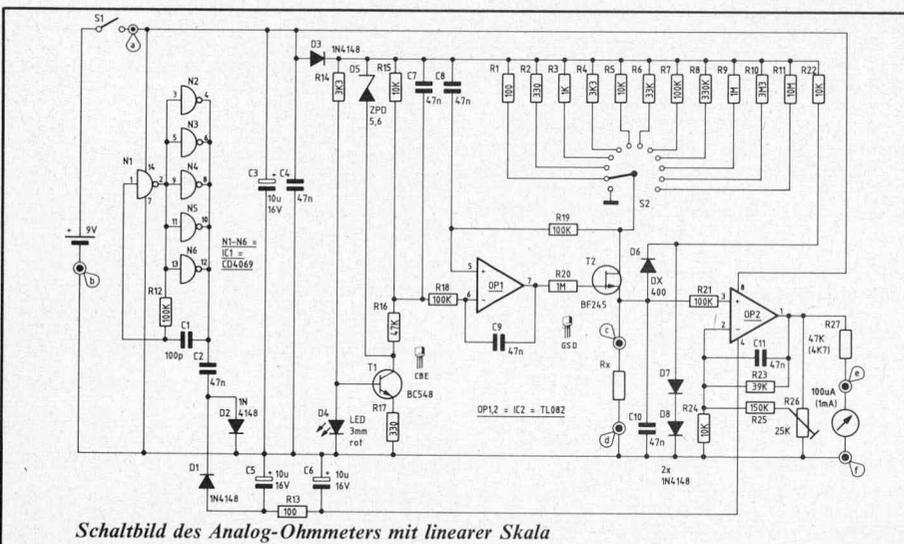
Da weder über R 19, R 20 noch über R 21 ein nennenswerter Stromabfluß erfolgt, muß somit der durch R 1 hindurchfließende Konstantstrom in voller Größe unverändert auch durch den auszumessenden Widerstand  $R_x$  hindurchfließen.

Dies bedeutet, daß bei größer werdendem auszumessendem Widerstand  $R_x$  auch der Spannungsabfall in genau gleichem Maße, d. h. linear, zunimmt (selbstverständlich nur im vorgesehenen Betriebsbereich der Schaltung).

Über R 21 wird der an  $R_x$  auftretende Spannungsabfall praktisch belastungsfrei auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 2 gegeben, der als Impedanzwandler und DC-Verstärker arbeitet. Mit R 26 kann eine geringfügige Korrektur des Skalenfaktors vorgenommen werden. Hierauf gehen wir jedoch zu einem späteren Zeitpunkt noch ein.

Die Dioden D 6 bis D 8 sorgen dafür, daß auch bei offenen Meßklemmen die Spannung nicht über 2 V ansteigt, um auch gefahrlos Messungen in Halbleiterschaltungen durchführen zu können. Für D 6 wurde der hochsperrende Typ DX 400 eingesetzt, damit auch im 10 MΩ-Bereich keine Meßwertverfälschung durch Parallelströme auftreten kann.

Da zur Ansteuerung des FET T 2 negative Spannungen erforderlich sind, wird mit Hilfe des IC 1 mit Zusatzbeschaltung aus der positiven 9 V-Batteriespannung eine zusätzliche negative Versorgungsspannung generiert. Die Gatter N 1 bis N 6 stellen in Verbindung mit R 12 und C 1 einen Oszillator dar, der auf einer Frequenz von ca. 100 kHz schwingt. Über C 2, D 2 wird die Amplitude auf die Schaltungsmasse (negativer Batterieanschluß) bezogen und über D 1/C 5 gleichgerichtet, so daß sich daraus die negative Versorgungsspannung von ca. –7 V ergibt. Über R 13, C 6 wird diese Spannung weiter geglättet, bevor sie auf



Schaltbild des Analog-Ohmmeters mit linearer Skala

den negativen Versorgungsspannungsanschluß des IC 2 (OP 1 und OP 2) gelangt. Der positive Versorgungsspannungsanschluß des IC 2 wird direkt über den Schalter S 1 auf den Plus-Batterieanschluß geführt.

Die Diode D 3 dient zur Erzeugung eines zusätzlichen Spannungsabfalles der Referenzspannung gegenüber der positiven Versorgungsspannung, damit die beiden Eingänge des OP 1 sich immer im zulässigen Arbeitsbereich befinden und nicht zu dicht an die positive Versorgungsspannung heranreichen.

Durch Umschalten von S 2 können insgesamt 11 verschiedene Referenzwiderstände eingeschaltet werden, woraus sich entsprechende Konstantströme herleiten, die sich im selben Verhältnis wie die Referenzwiderstände ändern. Dies beruht auf der Tatsache, daß die Referenzspannung unverändert bleibt.

### Zum Nachbau

Das Layout der Platine ist so ausgelegt, daß außer dem Meßinstrument und der Batterie sämtliche Bauelemente darauf untergebracht werden können. Hierdurch wird der Aufbau besonders erleichtert. Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen. Zuerst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet.

Als Referenzwiderstände R 1 bis R 11 sollten möglichst Metallfilmwiderstände mit einer Toleranz von 1 % und einem Temperaturkoeffizienten von 50 ppm (Tk 50) eingesetzt werden. Im allgemeinen ist dies auch bis einschließlich R 9 (1 M $\Omega$ ) problemlos möglich, da der Wertebereich der handelsüblichen Metallfilmwiderstände so weit reicht. Für R 10 (3,3 M $\Omega$ ) und R 11 (10 M $\Omega$ ) wird man sich mit 5%-Kohleschichtwiderständen begnügen.

Höhere Genauigkeiten anzustreben, steht in keinem Verhältnis zum übrigen Schaltungsaufwand und zur Genauigkeit der

meisten handelsüblichen Analog-Anzeigeeinstrumente. Letztere weisen meistens eine Genauigkeit von 2 % auf. Instrumente mit einer Genauigkeit von 1 % hingegen sind außerordentlich selten und erheblich teurer.

### Zum Abgleich

Die Einstellung des Skalenfaktors mit dem Trimmer R 26 erfolgt anhand eines bekannten Meßwiderstandes, der im Bereich zwischen 500  $\Omega$  und 100 k $\Omega$  liegen sollte.

Dieser Widerstand wird nun als „R<sub>x</sub>“ an die beiden Meßklemmen gelegt.

Mit S 2 wird der entsprechende Meßbereich eingestellt, wobei man sich in der oberen Hälfte des Meßbereiches bewegen sollte.

Mit R 26 wird nun der genaue Wert des angeschlossenen Meßwiderstandes auf dem Zeigerinstrument eingestellt.

Falls der Einstellbereich von R 26 nicht ausreicht, so kann der Wert von R 23 je nach Erfordernis vergrößert oder verkleinert werden.

Damit ist das Gerät bereits fertiggestellt, da alle übrigen Meßbereiche automatisch in den zulässigen Toleranzen liegen.

### Genauigkeit

Wie vorstehend erwähnt, weisen die meisten gängigen Zeigerinstrumente eine Genauigkeit von 2 % auf.

Da die Abweichungen aller übrigen Bauelemente, die einen nennenswerten Einfluß auf die Genauigkeit ausüben, unterhalb dieses Toleranzwertes liegen, kann man in den Meßbereichen von 100  $\Omega$  bis 1 M $\Omega$  eine typische Genauigkeit von 2,5 % erwarten. Lediglich in den beiden höchsten Ohm-Bereichen wird aufgrund der verwendeten Referenzwiderstände die Genauigkeit bei ca. 5 % liegen.

Die Schaltung besitzt keinen Unterspannungsindikator, daher sollte man sich von Zeit zu Zeit Gewißheit über die ausreichende Spannungshöhe der zur Versorgung dienenden Batterie verschaffen.

### Stückliste Analog-Ohmmeter mit linearer Skala Halbleiter

IC 1	.....	CD 4069
IC 2	.....	TL 082
T 1	.....	BC 548
T 2	.....	BF 245
D 1-D 3	.....	1 N 4148
D 4	.....	LED 3 mm rot
D 5	.....	ZPD 5,6
D 6	.....	DX 400
D 7, D 8	.....	1 N 4148

### Kondensatoren

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

### Widerstände

R 1, R 13	.....	100 $\Omega$
R 2, R 17	.....	330 $\Omega$
R 3	.....	1 K $\Omega$
R 4, R 14	.....	3,3 K $\Omega$
R 5, R 15, R 22	.....	10 K $\Omega$
R 6	.....	33 K $\Omega$
R 7, R 12, R 18	.....	100 K $\Omega$
R 8	.....	330 K $\Omega$
R 9, R 20	.....	1 M $\Omega$
R 10	.....	3,3 M $\Omega$
R 11	.....	10 M $\Omega$
R 16	.....	47 K $\Omega$
R 19, R 21	.....	100 K $\Omega$
R 23	.....	39 K $\Omega$
R 24	.....	10 K $\Omega$
R 25	.....	150 K $\Omega$
R 26	.....	25 K $\Omega$ Trimmer stehend
R 27	.....	47 K $\Omega$ /4,7 K $\Omega$

### Sonstiges

- 6 Lötstifte
- 1 Batterieclip 9 V
- 1 ITT Präzisionsdrehschalter 12.1 S
- 1 Schalter, 1 x um
- 2 Schrauben M3 x 6 mm
- 1 Spannzangendrehkopf 14 mm mit Deckel und Pfeilscheibe

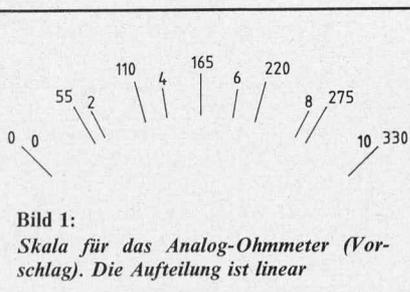
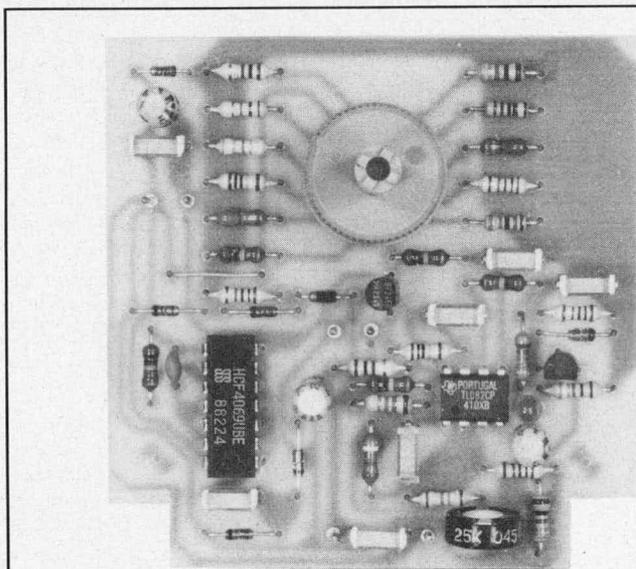
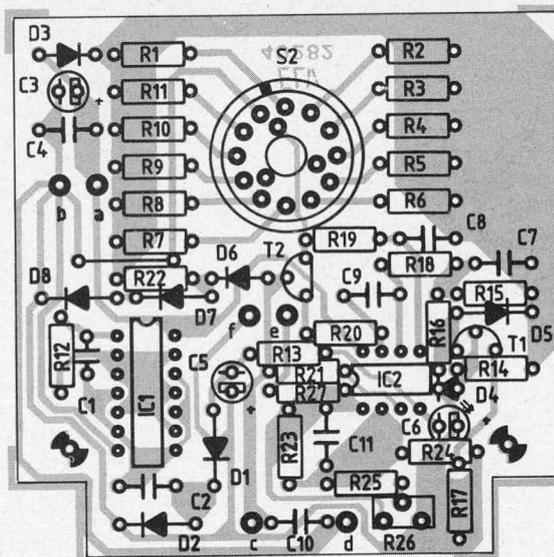


Bild 1:  
Skala für das Analog-Ohmmeter (Vorschlag). Die Aufteilung ist linear



Ansicht der fertig aufgebauten Platine des Analog-Ohmmeters mit linearer Skala



Bestückungsseite der Platine des Analog-Ohmmeters mit linearer Skala