



Milliohm-Meter-Vorsatz MOM 100

Das Messen kleiner Widerstände stellt selbst hochwertige Multimeter vor große Probleme, so daß sie aufgrund der gebotenen Auflösung und Genauigkeit für diese Meßaufgabe weniger gut geeignet sind. Das MOM 100 ist eine kleine Zusatzschaltung, die es ermöglicht, kleine Widerstände von unter 10 mΩ mit einer Genauigkeit $\leq 0,3\%$ zu messen.

Allgemeines

Die Messung kleiner Widerstände im Bereich von einigen Ohm und kleiner ist bei der Verwendung der Widerstands-Meßfunktion eines Digital-Multimeters (DMM) mit einer großen Unsicherheit behaftet. Die Ursachen für diese Ungenauigkeit ist die mangelnde Auflösung und im verwendeten Meßprinzip begründet. Mit dem ELV-Milliohm-Meter-Vorsatz wird der Meßbereich eines Standard-DMMs um mindestens 3 Dekaden (Faktor 1000!) nach unten verschoben, so daß Widerstände im Bereich von einigen Milliohm exakt meßbar sind.

Der kleinste Meßbereich eines „norma-

len“ Digital-Multimeters liegt meist bei 200Ω-Endausschlag. Somit hat ein $3\frac{1}{2}$ -stelliges Multimeter eine Auflösung von 100 mΩ. Eine typische Angabe für die Genauigkeit bei der Widerstandsmessung ist z. B. $\pm 0,8\% + 4$ Digit. Bei diesen Werten kann sich z. B. bei der Messung eines 1Ω-Widerstandes ein Anzeigewert von 1,4 Ω einstellen, wobei hier der Anzeigefehler von 4 Digit ausschlaggebend ist. Somit läßt sich anhand der Messung nicht einmal feststellen, welcher Wert der E12-Reihe korrekt ist. Alle Werte im Bereich von 1 Ω bis 1,8 Ω können diesen Meßwert erzeugen. Die Ungenauigkeit bei der Zuordnung zur E12-Reihe, speziell in diesem Beispiel, liegt dann bei 80 % (!).

Die mangelnde Genauigkeit und die ge-

ringe Auflösung sind aber nicht die Hauptfehlerquelle bei der Messung kleiner Widerstände. Viel gravierender ist der prinzipielle Fehler aufgrund der verwendeten Meßmethode.

Nahezu alle DMMs arbeiten nach dem Zweileiter-Meßverfahren. Dieses Verfahren ist für die Messung kleiner Widerstände nicht geeignet, da sich hierbei die Anschluß- und Leitungswiderstände auf die Messung auswirken. Abbildung 1 zeigt das Prinzip dieses Meßverfahrens. Der Konstantstrom I_{const} fließt dabei über den zu messenden Widerstand $R_{Meß}$ und über die Anschluß- und Leitungswiderstände (in $R_{parasitär}$ zusammengefaßt). Der resultierende Spannungsabfall, aus dem letztlich mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes der Wi-

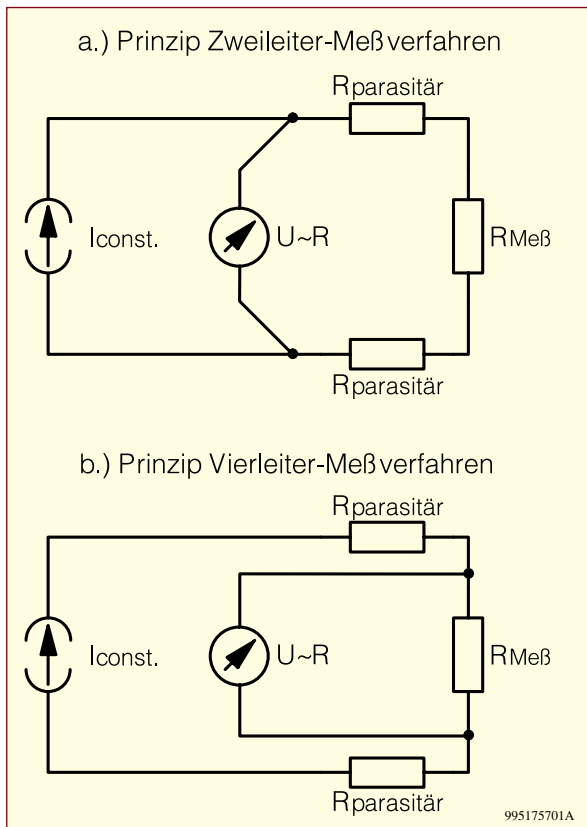


Bild 1: Prinzip der unterschiedlichen Meßverfahren

derstandswert berechnet wird, wird über die Reihenschaltung aus Meßwiderstand und parasitären Widerständen gemessen. Wenn nun der Wert der parasitären Widerstände in die Größenordnung des zu messenden Widerstandes kommt, steigt der Meßfehler extrem an.

Neben diesem absoluten Fehler ist auch die mangelnde Reproduzierbarkeit der Messung ein Problem. Da sich die Übergangswiderstände, z. B. von der Meßbuchse zur Meßleitung, mit jedem Einstecken verändern, können zwei Messungen mit identischem Equipment unterschiedliche

Ergebnisse hervorbringen. Auf diese Weise können leicht absolute Fehler von 300 mΩ bis 400 mΩ auftreten. Bei einem 1Ω-Widerstand bringt dies dann einen zusätzlichen relativen Fehler von 30 % bis 40 % mit sich. Werden noch kleinere Widerstände gemessen, so steigt der relative Fehler entsprechend stark an.

Wie das obige Beispiel zeigt, eignen sich DMMs bei Widerstandswerten unter 40 Ω nur noch zur „defekt/nicht defekt“-Erkennung. Widerstandserhöhungen aufgrund kurzzeitiger Überlastungen oder das genaue Ausmessen von Widerständen ist mit normalen digitalen Multimetern nicht möglich.

In vielen Fällen ist es jedoch zwingend erforderlich einen kleinen Widerstandswert exakt zu bestimmen. So ist z. B. bei der Strommessung mittels Shunt die Kenntnis des genauen Widerstandswertes unabdingbar, da der Spannungsabfall direkt in den entsprechenden Stromwert umgerechnet

wird. Um so genauer der Widerstandswert des Shunt bekannt ist, desto genauer ist auch die Bestimmung des fließenden Stromes. Da ein solcher Shunt normalerweise einen Wert im mΩ-Bereich besitzt, ist die Messung mittels DMM nicht möglich, da vor allem Übergangs- und Leitungswiderstände einen großen Meßfehler erzeugen. Diese Fehlerquellen lassen sich mit dem im Milliohm-Meter MOM 100 angewandten Vierleiter-Meßverfahren ausschließen.

Das Prinzip des Vierleiter-Meßverfahrens ist in Abbildung 1 b dargestellt. Auch hier fließt der Konstantstrom $I_{const.}$ sowohl über den zu messenden Widerstand als auch über die in Reihe dazu liegenden parasitären Widerstände - bis dahin besteht kein Unterschied zum Zweileiter-Verfahren. Der Vorteil der Vierleiter-Methode ist, daß die Messung des Spannungsabfalls über separate Leitungen direkt am Meßobjekt, d. h. direkt über dem zu messenden Widerstand, erfolgt. Mit Hilfe dieser Sense-Leitungen werden alle relevanten Übergangs- und Leitungswiderstände als Fehlerquelle für die Messung eliminiert. Die parasitären Widerstände, die diese Messung noch beeinflussen, sind die Leitungs- und Übergangswiderstände zum Spannungsmeßgerät. Diese fallen aber nicht ins Gewicht, da sie, im Vergleich zum Innenwiderstand des Spannungsmeßgerätes der im allgemeinen im Bereich von 10 MΩ liegt, zu vernachlässigen sind.

Somit ist bei diesem Meßverfahren die

Genauigkeit der Messung nur von der Genauigkeit der Stromquelle $I_{const.}$ und der Spannungsmessung abhängig. Da diese beiden Parameter relativ exakt vorgegeben werden können, liefert diese Methode bei der Widerstandsmessung sehr gute Ergebnisse. Bei der Messung kleiner Widerstände im Bereich kleiner 10 Ω ist dieses Verfahren dann unverzichtbar. Die Anwendung des Zweileiter-Verfahrens der digitalen Multimeter kann hier nicht mehr als Messung angesehen werden, sondern ähnelt von der Genauigkeit her eher einer Schätzung. Ein Meßgerät nach der Vierleiter-Meßmethode ist somit für die Messung kleiner Widerstände unumgänglich.

Aufgrund der Seltenheit einer solchen Widerstandsmessung ist es nicht sinnvoll, ein komplettes Meßgerät nur für diese spezielle Meßaufgabe anzuschaffen. Im allgemeinen genügt es, mit einer entsprechenden Zusatzschaltung das bestehende Multimeter zu erweitern.

Das ELV-Milliohm-Meter ist ein Vorsatz, mit dem ein normales Digital-Multimeter in die Lage versetzt wird, kleine Widerstände bis in den Milliohm-Bereich sehr genau zu messen. Beim MOM 100 wird die Anzeige des DMM genutzt, um den Wert anzuzeigen und um vor der Messung den Meßstrom genau vorzugeben. Neben einem DMM ist weiterhin noch ein separates, stabilisiertes 5V-Netzteil erforderlich, um den Milliohm-Meter-Vorsatz einsetzen zu können.

Das ELV-MOM 100 besitzt 3 Meßbereiche: 0,2 Ω, 2 Ω und 20 Ω mit den zugehörigen Meßströmen 1 A, 100 mA und 10 mA. Der Meßstrom im 0,2Ω-Bereich von 1 A macht es auch erforderlich, zur Spannungsversorgung ein externes stabilisiertes Netzgerät zu verwenden. Die Vorgehensweise bei der Messung ist sehr einfach: Zunächst wird der Meßbereich gewählt und die beiden Meßeingänge sind kurz zu schließen, um den Meßstrom exakt einzustellen. Dazu ist die Kalibrierfunktion einzuschalten und mit dem Drehregler wird die Anzeige des angeschlossenen Spannungsmeßgerätes auf 100 mV abgeglichen. Nachdem der Kalibriermodus verlassen wurde, ist das Meßobjekt an die 4 Meßbuchsen anzuschließen. Auf dem DMM wird jetzt der Spannungsabfall über dem Widerstand angezeigt - dieser ist aufgrund der vorherigen „Eichung“ der Spannungsanzeige in den zugehörigen Widerstandswert überführbar.

Die Genauigkeit bei dieser Messung ist nur (!) von der Genauigkeit der internen Referenzwiderstände abhängig. Wichtig ist dabei, daß die Spannungsmessungen bei der Kalibrierung und bei der späteren Messung mit dem gleichen Meßgerät durchgeführt werden. Dann, und nur dann, geht die Ungenauigkeit des Spannungsmeßgerätes

Technische Daten:	
Milliohm-Meter-Vorsatz MOM 100	
Meßbereiche: 0,2 Ω, 2 Ω, 20 Ω
Genauigkeit: besser 0,3 %
max. zulässige Meßbereichsüberschreitung: . 2 x Meßbereichsendwert	
Meßprinzip:	Vierleiter-Meßverfahren
Meßwertanzeige:	über externen Multimeter
Anschlüsse:	
- Meßbuchsen:	4mm-Telefonbuchsen
- externes Multimeter:	4mm-Telefonbuchsen
- Spannungsversorgung:	4mm-Telefonbuchsen
Spannungsversorgung:	
5 V bis 7 V DC (stabilisiert) / 1,2 A	
Abmessungen (B x H x T):	
..... 140 x 35 x 130 mm	

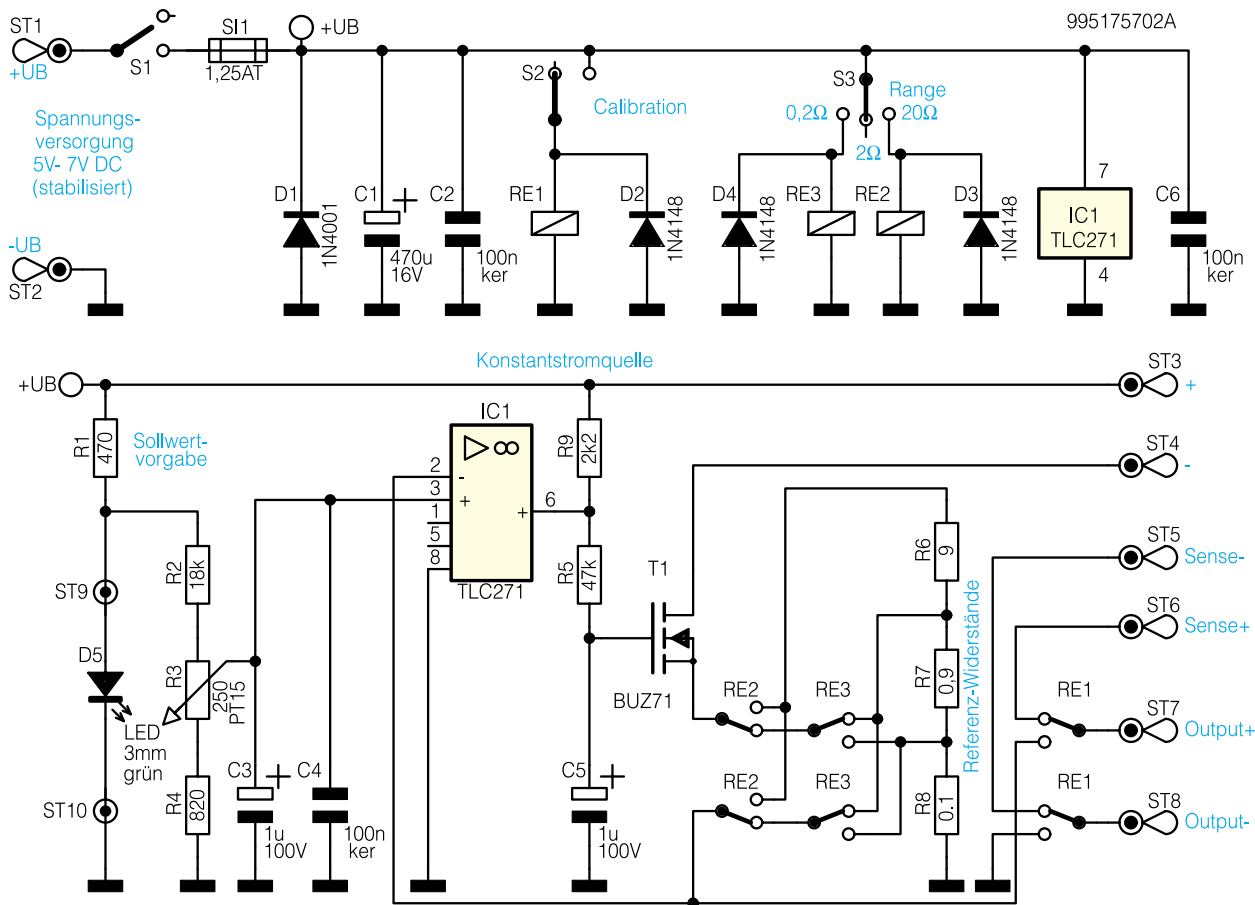


Bild 2: Schaltbild des MOM 100

nicht in die gesamte Meßgenauigkeit ein. Aufgrund dieser Tatsache ist die an dieses Meßgerät gestellte Anforderung bezüglich der Genauigkeit auch nicht so hoch. Einzig die Linearität im gewählten Meßbereich beeinflusst das Meßergebnis. Hinsichtlich Genauigkeit und Auflösung reicht ein einfaches $3\frac{1}{2}$ stelliges Digital-Multimeter vollkommen aus.

Da sich nur die Referenzwiderstände auswirken, ist die prinzipbedingte Genauigkeit der Messung mit $<0,1\%$ (0,2Ω-Bereich) extrem gut. Um den schaltungs-technischen Aufwand für dieses Gerät bei der gegebenen Genauigkeit möglichst klein zu halten, wird soweit wie möglich auf die grundlegende Ausstattung eines jeden Elektroniklabors zurückgegriffen. Um mit der im folgenden näher beschriebenen Schaltung exakt messen zu können, ist dabei nur ein stabilisiertes Netzgerät für 1,2A-Laststrom und ein Spannungsmessgerät erforderlich.

Schaltung

Die gesamte Schaltung des ELV-Milliohm-Meters MOM 100 ist in Abbildung 2 dargestellt. Zentrales Element ist eine abgleichbare Konstantstromquelle. Als Regелеlement dient dabei der Operationsverstärker IC 1. An seinem nicht-invertierenden Eingang (Pin 3) liegt die Sollwertvorgabe an. Hier ist während des Abgleiches

mit Hilfe des Potentiometers R 3 ein Wert von 100mV vorzugeben. Damit diese Spannungsvorgabe eine zusätzliche Stabilisierung erfährt, wird die Potentiometerspannung über der Leuchtdiode D 4 abgenommen. Diese LED fungiert dabei zum einen als optische Einschaltkontrolle, zum anderen arbeitet sie als Spannungsstabilisierung.

Der Regler IC 1 bekommt an seinen invertierenden Eingang Pin 2 die Information über den derzeit fließenden Strom, der als Spannungsabfall über die Referenzwiderstände vorliegt. Der MOS-FET T 1 arbeitet als Stellglied dieser Regelstrecke. Über die Gate-Spannung, die vom Regler IC 1 geliefert wird, wird beim MOS-FET die Breite des Drain-Source-Kanals gesteuert. Diese steht in direktem Zusammenhang mit dem resultierenden Drain-Source-Widerstand. Werden bei der Messung bzw. beim Abgleich, die Meßleitungen „+“ und „-“ (ST 3 und ST 4) kurzgeschlossen, so fließt ein Strom über T 1 und, je nach gewähltem Meßbereich, über die Widerstände R 6 bis R 8. Der Spannungsabfall über die Referenzwiderstände geht als Istwert auf die Regelung, die diesen auf Sollwert-Potential ausregelt. Bei 100mV-Sollwert stellt sich auch ein Istwert von 100 mV ein. Je nachdem welcher Widerstand aktiv ist, variiert auch der zugehörige Meßstrom I_{const} .

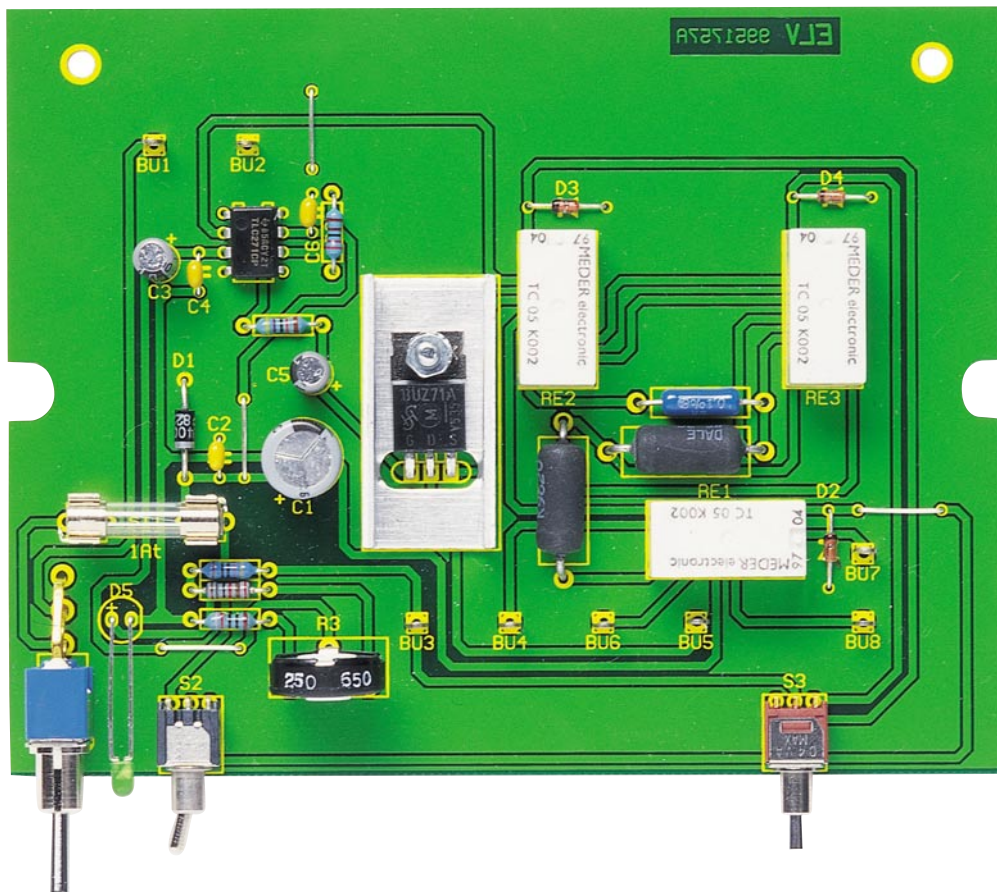
Mit dem Schalter S 3 erfolgt die Meßbe-

reichswahl. In der eingezeichneten Mittelstellung sind die beiden Referenzwiderstände R 7 und R 8 aktiv. Um über diese Reihenschaltung mit einem Summenwiderstand von $1\ \Omega$ einen Spannungsabfall von 100 mV zu erzeugen, ist ein Strom von 100 mA notwendig. Dies ist der Meßstrom im 2Ω-Bereich.

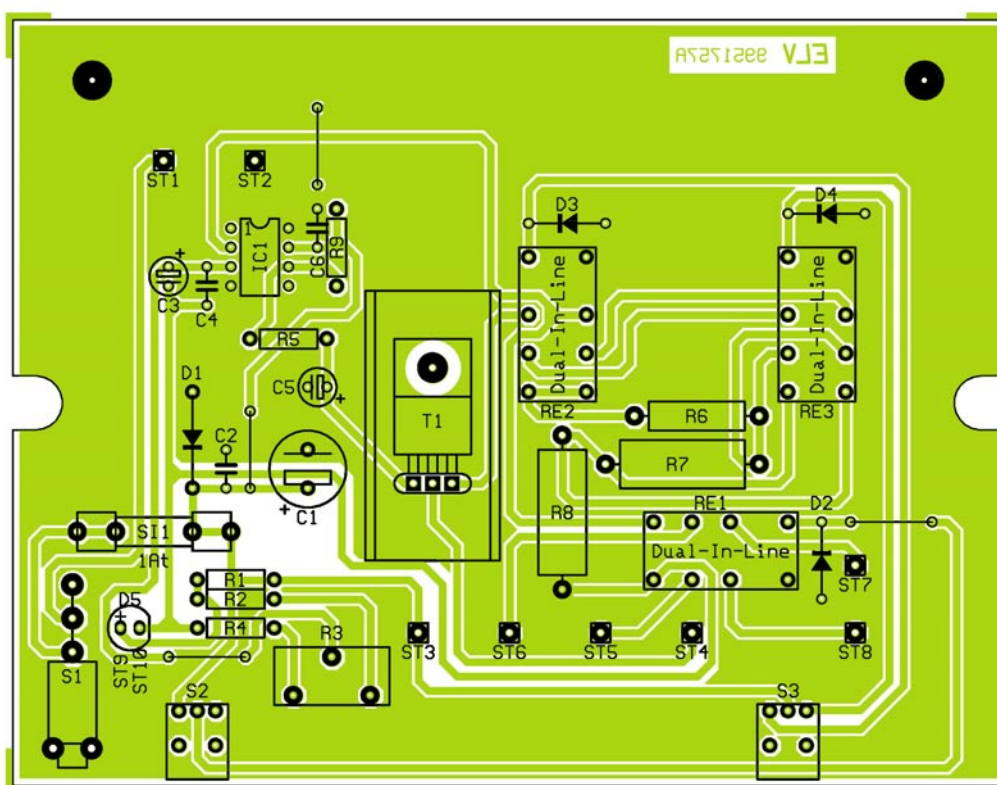
Ist der Schalter S 3 nach links gestellt, so befindet sich nur R 8 (0,1 Ω) im Stromzweig. Bei diesem Widerstandswert wird dann auf den in diesem 0,2Ω-Meßbereich fließenden Strom von 1 A ausgeregelt. Ist über S 3 das Relais RE 2 (20Ω-Bereich) angesteuert, so wirkt die Reihenschaltung R 6 bis R 8 als Referenzwiderstand für die umschaltbare Stromquelle. Hiermit stellt sich dann der Meßstrom von 10 mA ein.

Um einen komfortablen Wechsel zwischen Kalibriermode und Meßmode zu erreichen, erfolgt die Umschaltung zwischen diesen beiden Betriebsarten mit dem Relais RE 1, das über den Umschalter S 2 aktiviert wird. Im Kalibriermode wird mit RE 1 das an ST 7 und ST 8 anzuschließende Spannungsmessgerät an den resultierenden Referenzwiderstand gelegt. Nach dem Umschalten in den Meßmodus, sind diese Buchsen direkt mit den Sense-Buchsen ST 5 und ST 6 verbunden - der Spannungsabfall über dem Meßwiderstand gelangt so auf das angeschlossene DMM.

Um im 0,2Ω-Meßbereich einen störungsfrei meßbaren Spannungsabfall über dem



Ansicht der fertig bestückten Platine des Milliohm-Meters MOM 100 mit zugehörigem Bestückungsplan



Meßwiderstand zu erzeugen, ist ein Strom von 1 A notwendig. Da aber ein geregeltes Netzgerät, wie z. B. das ELV PS 7330 (Best.Nr.: 55-291-11), zur Grundausstattung eines jeden Elektroniklabors gehört, wurde im ELV-Milliohm-Meter-Vorsatz auf ein teures integriertes Netzteil verzich-

tet. Die Spannungsversorgung erfolgt daher über eine an den Buchsen „+U_B“ und „-U_B“ (ST 1 und ST 2) anzuschließende, stabilisierte Gleichspannung von 5 V. Die Sicherung SI 1 sorgt in Verbindung mit der Diode D 1 für den Verpolungsschutz. Damit ist die Schaltungsbeschreibung abge-

schlossen und wir wenden uns den Erläuterungen zum Nachbau des MOM 100 zu.

Nachbau

Die gesamte Schaltung des ELV-Milliohm-Meter-Vorsatzes MOM 100 findet

**Stückliste:
Milli-Ohm-Meter MOM 100**

Widerstände:

0,1Ω/0,1%	R8
0,9Ω/0,1%	R7
9Ω/0,1%	R6
470Ω	R1
820Ω	R4
2,2kΩ	R9
18kΩ	R2
47kΩ	R5
PT15, stehend, 250Ω	R3

Kondensatoren:

100nF/ker	C2, C4, C6
1µF/100V	C3, C5
470µF/16V	C1

Halbleiter:

TLC271	IC1
BUZ71A	T1
1N4001	D1
1N4148	D2-D4
LED, 3mm, grün	D5

Sonstiges:

Lötstift mit Lötöse	ST1-ST10
Miniatur-Kippschalter, 1 x um, gewinkelt, print	S1
AME-Schalter, 1 x ein, gewinkelt, print	S2
AME-Schalter, 1 x um, mit Mittel- stellung, gewinkelt, print	S3
Miniatur-Relais, 5V, 2 x um	RE1-RE3
Sicherung, 1,25A, träge	S11
1 Platinsicherungshalter (2 Hälften)	
1 LED-Montage-Clip, 3mm	
1 Kunststoff-Steckachse, ø 4 x 27mm	
1 Drehknopf mit 4mm-Innendurch- messer, 12mm, grau	
1 Knopfkappe, 12mm, grau	
1 Pfeilscheibe, 12mm, grau	
1 Gewindestift mit Spitze, M3 x 4mm	
1 Kühlkörper, SK13	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8mm	
2 Knippingschrauben, 2,9 x 6,5mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
4 Telefonbuchsen, 4mm, rot	
4 Telefonbuchsen, 4mm, blau	
15cm flexible Leitung, 0,5mm ² , rot	
15cm flexible Leitung, 0,5mm ² , blau	
12cm Schaltaht, blank, versilbert	

auf der 132 x 102 mm messenden Platine Platz. Bei allen Meßgeräten liegt ein wesentlicher Parameter für das Erzielen einer hohen Genauigkeit im optimierten Platinenlayout. Hier ist eine durchdachte Leiterbahnführung notwendig, um alle parasitären Spannungsabfälle zu eliminieren. Etwaige Unzulänglichkeiten im Layout gehen sofort zu Lasten der Genauigkeit.

Der Aufbau dieser Schaltung gestaltet sich recht unkompliziert und läßt sich, aufgrund der ausschließlichen Verwendung bedrahteter Bauteile, in kurzer Zeit durchführen. Die Bestückung der Platine erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsdrucks, wobei auch das dargestellte Platinenfoto hilfreiche Zusatzinformationen liefern kann.

Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten sind die Drahtbrücken anzufertigen und an den entsprechenden Positionen einzulöten. Anschließend kann mit dem Einbau der Widerstände fortgefahren werden. Bei den Referenzwiderständen R 6 bis R 8 handelt es sich um spezielle Meßwiderstände mit einer sehr kleinen Toleranz von nur 0,1 %.

Im nächsten Schritt sind die Dioden unter Beachtung der richtigen Polarität zu bestücken. Als dann können die Kondensatoren eingelötet werden, wobei auch hier unbedingt die korrekte Polung der Elektrolyt-Kondensatoren sicherzustellen ist.

Nach dem Einsetzen der Lötstifte mit Öse in die dafür vorgesehenen Bohrungen ST 1 bis ST 10 wird der Regler IC 1 positioniert. Auch hierbei ist unbedingt auf die richtige Einbaulage zu achten. Als Orientierungshilfe dient die Gehäusekerbe am IC, die genau mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmen muß.

Der MOS-FET T 1 wird in liegender Position auf dem SK13-Kühlkörper befestigt. Zur Montage muß zunächst der Kühlkörper mit der M3x8mm-Schraube auf der Platine festgeschraubt werden. Danach sind die Anschlußbeine des Transistors in 2,5 mm Abstand zum Gehäuse um 90° nach hinten abzuwinkeln, um anschließend den Transistor zu positionieren und mit einer M3-Mutter und unterlegter Fächerscheibe zu fixieren.

In die im folgenden Arbeitsschritt einzulötenden Sicherungshalter-Hälften ist die zugehörige 1,25A-Sicherung gleich einzusetzen. Nach dem Einbau der Signalrelais RE 1 bis RE 3 folgt die Bestückung der Schalter. Beim Einbau der Kippschalter ist unbedingt sicherzustellen, daß diese Bauteile exakt positioniert sind und auf der Platine aufliegen, da sonst bei der späteren Gehäuseendmontage Schwierigkeiten auftreten können.

Ist der Aufbau soweit fortgeschritten, kann der Einbau ins Gehäuse vorbereitet werden. Hier sind zunächst die Leitungsenden an die zu montierenden Telefonbuchsen anzulöten. Dazu sind jeweils 5 rote und 5 blaue Leitungsstücke mit je 3 cm Länge anzufertigen, die auf beiden Seiten jeweils 5 mm von der Ummantelung zu befreien sind. Die roten Enden werden anschließend an die roten Telefonbuchsen angelötet, während die blauen entsprechend an den blauen Buchsen befestigt werden.

Tabelle 1: Zuordnung der Buchsen zu den Lötstützpunkten

Buchse	Lötstützpunkt
+ U _B	ST 1
- U _B	ST 2
+	ST 3
-	ST 4
Sense +	ST 6
Sense -	ST 5
Output +	ST 7
Output -	ST 8

Zu beachten ist dabei, daß das Gewinde der Buchsen nicht beschädigt wird und die Kunststoff-Ummantelung der Buchse nicht zu heiß wird. Sicherheitshalber kann man beim Anlöten der Kabelenden die Isolierhülsen abschrauben.

Sind die Buchsen vorbereitet, erfolgt deren Einbau in die Front- und Rückwand. Beginnend mit der Rückwandbearbeitung ist hier in die mit „+U_B“ bezeichnete Bohrung eine rote Telefonbuchse einzuschrauben, während die mit „-U_B“ gekennzeichnete Bohrung eine blaue Buchse aufnimmt. Ähnlich ist beim Einbau in die Frontplatte vorzugehen. Hier nehmen die Bohrungen „Output +“, „Sense +“ und „+“ jeweils eine rote Buchse auf, die übrigen Bohrungen sind anschließend mit den blauen Buchsen zu bestücken.

Zum Einbau der Buchsen sind zunächst beide Muttern abzuschrauben und die hintere Isolierhülse abzunehmen. Anschließend werden die Buchsen von vorne durch die entsprechenden Öffnungen in der Alublende gesteckt. Mit der von hinten aufzusteckenden Isolierhülse und den beiden Muttern erfolgt dann die Befestigung.

Vor dem nun folgenden Einbau der Komponenten ins Gehäuse sollte die Bestückung nochmals gewissenhaft überprüft werden. Hat diese Prüfung keine Fehler hervorgebracht, kann mit dem Aufbau fortgefahren werden. Hierzu müssen zunächst alle vier inneren Befestigungsdomen in der Gehäuseunterhalbschale mit einem scharfen Messer entfernt werden. Zusätzlich sind an der Gehäusevorderseite auch die beiden äußeren zu entfernen, so daß nur noch die beiden hinteren äußeren Dome übrig bleiben.

Nach dem Aufsetzen der Frontplatte auf die hervorstehenden Schalter wird das Chassis ins Gehäuseunterteil eingesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß die Front- und Rückwand in die Führungsnuten einpassen. Anschließend wird die Platine mit den beiden Knipping-Schrauben (2,9 x 6,5 mm) im Gehäuse fixiert.

Zur Vervollständigung der Frontansicht ist nun die LED einzusetzen. Nach dem Kürzen der LED-Anschlußdrähte auf eine Länge von ca. 10 mm, sind die Anschlußdrähte mit den verbleibenden vorgefertig-

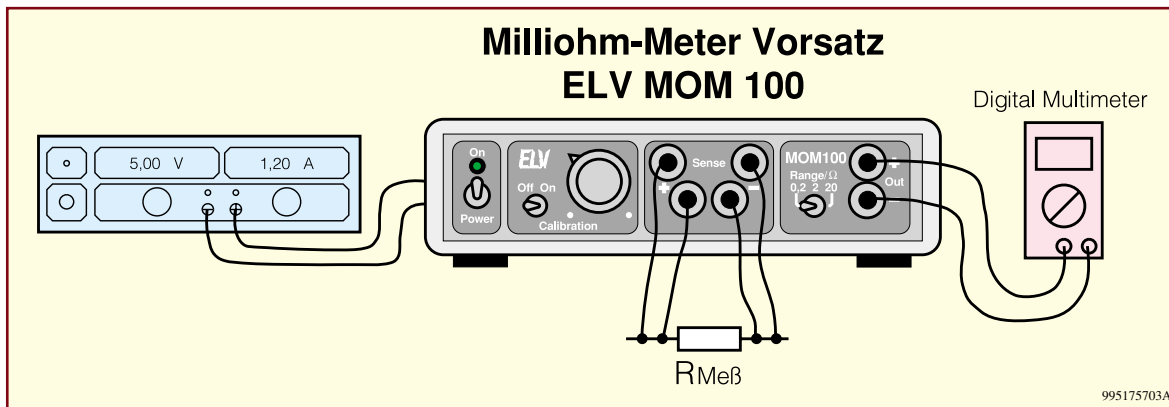


Bild 3: Widerstandsmessung mit dem MOM 100

ten Leitungsstücken auf die erforderliche Länge zu verlängern. Zur Befestigung der LED dient der Montageclip, der von vorne durch die Bohrung oberhalb des Kippschalters gesteckt wird. Anschließend kann die LED von der Rückseite bis zum Einrasten in den Clip eingeschoben werden. Beim nun folgenden Anlöten der beiden verlängerten Anschlußbeine der LED an die zugehörigen Lötösen ist folgende Polung unbedingt sicherzustellen: Der Anodenanschluß der LED, der durch das längere der beiden Anschlußbeine gekennzeichnet ist, muß mit ST 9 verbunden werden, während die Katode an ST 10 angeschlossen wird.

Zum Abschluß der Lötarbeiten sind die übrigen Verbindungen zwischen Buchsen und Platine herzustellen. Dazu ist in Tabelle 1 die genaue Zuordnung aufgeführt. Abschließend ist die Potentiometer-Steckachse aufzustecken und mit dem zugehörigen 12mm-Drehknopf, inkl. Pfeil und Dekkel, zu versehen. Damit sind die Bestückungsarbeiten bereits abgeschlossen und wir wenden uns der ersten Inbetriebnahme zu.

Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme muß zunächst an die Spannungsversorgungsanschlüsse auf der Rückseite des Gerätes eine stabilisierte 5V-Gleichspannung angeschlossen werden. Nach dem Einschalten gibt das Leuchten der LED eine erste Funktionskontrolle. Anschließend muß an die „Out“-Buchsen ein Digital-Multimeter im Spannungsmeßbereich 200 mV angeschlossen werden. Spätestens jetzt sollte man sich für die vier Meßbuchsen kurze Meßleitungen anfertigen, hervorragend geeignet sind Miniatur-

Abgreifklemmen in Verbindung mit 5 cm Meßleitung und Bananenstecker.

Nach dem Kurzschließen der Meßbuchsen „+“ und „-“ ist der 0,2Ω-Meßbereich zu wählen und der Kalibriermodus einzuschalten. Auf dem DMM muß jetzt eine Spannung im Bereich von 80 mV bis 110 mV abzulesen sein, die mit Hilfe des Drehreglers auf exakt 100 mV abzugleichen ist. Nach dieser Kalibrierung sollte zu Testzwecken z. B. ein 0,18Ω-Widerstand an die Meßeingänge angeschlossen werden. Nach dem Umschalten aus dem Kalibriermodus in den normalen Meßmodus mit dem Schalter S 2, muß am DMM eine Spannung von ≈180 mV anstehen. Dieser Funktionstest sollte dann für die beiden anderen Meßbereiche mit entsprechenden Widerständen wiederholt werden. Hat das Gerät seine Funktion unter Beweis gestellt, wird abschließend das Gehäuseoberteil aufgesetzt und mit den zugehörigen Schrauben befestigt. Damit ist der Nachbau komplett abgeschlossen und es folgt die Beschreibung von Anschluß und Bedienung.

Anschluß und Bedienung

Zur exakten Messung kleiner Widerstände ist ein Vierleiter-Meßverfahren unumgänglich. Mit dem ELV-Milliohm-Meter-Vorsatz und einem einfachen Digital-Multimeter ist es möglich, Widerstandswerte im mΩ-Bereich zu messen, wobei sich die im folgenden beschriebene Bedienung recht einfach gestaltet.

Zum Anschluß des Gerätes ist an die hintere Betriebsspannungszuführung eine stabilisierte 5V-Gleichspannung anzuschließen. Die Darstellung der Meßwerte erfolgt auf einem Spannungsmeßgerät im

200mV-Meßbereich, das an den mit „Out“ bezeichneten Buchsen kontaktiert wird.

Um die Genauigkeit des MOM 100 in optimierter Weise nutzen zu können, sollte vor jeder Messung eine Kalibrierung durchgeführt werden. Dazu sind zunächst die Meßbuchsen „+“ und „-“ miteinander zu verbinden und der Kalibriermodus einzuschalten – falls der erforderliche Meßbereich bekannt ist, so sollte auch dieser bereits hier gewählt werden.

Anschließend muß mit Hilfe des Einstellreglers auf einen Anzeigewert von 100 mV abgeglichen werden. Ist dies geschehen, so wird der Kalibriermodus verlassen und der zu messende Widerstand angeschlossen. Dieser wird einseitig mit den Buchsen „+“ und „Sense +“ verbunden, an den anderen Anschluß sind die Meßleitungen der „-“ und „Sense -“ Buchse anzuschließen. Auf dem DMM wird dann der Spannungsabfall angezeigt, der aufgrund der vorherigen Kalibrierung direkt in den zugehörigen Widerstandswert überführbar ist. Tabelle 2 gibt die Zuordnung zwischen Anzeige- und Widerstandswert an.

Folgendes Beispiel verdeutlicht die Umrechnung nochmals: Wird bei einer Messung im 2Ω-Bereich eine Spannung von 90 mV abgelesen, so entspricht dies einem Widerstandswert von:

$$R = 90mV \cdot 10 \frac{m\Omega}{mV} = 900m\Omega$$

Die angegebenen Meßbereiche stellen jeweils den Meßbereichsendwert dar. Mit Abstrichen in der Genauigkeit ist eine Überschreitung des Endwertes um den Faktor 2 möglich, d. h. im 20Ω-Bereich lassen sich auch noch Widerstände bis 40 Ω messen.

Um die angegebene Genauigkeit unter allen Umgebungsbedingungen erreichen zu können, ist es notwendig, daß die Länge aller Anschlußleitungen kürzer als 3m ist. Somit lassen sich mit diesem Milliohm-Meter-Vorsatz MOM 100 Widerstände im Bereich von einigen mΩ bis hin zu 40Ω mit hoher Genauigkeit auf einfache Weise messen.



Meßbereich	angezeigter Meßwert	entsprechender Widerstandswert	Umrechnungsfaktor
0,2Ω-Bereich	1 mV	1 mΩ	1 mΩ/mV
2Ω-Bereich	1 mV	10 mΩ	10 mΩ/mV
20Ω-Bereich	1 mV	100 mΩ	100 mΩ/mV