



DMM-Testgerät DTG 402

Das Multimeter-Testgerät bietet die Möglichkeit, sehr einfach und komfortabel die grundlegenden Messfunktionen eines Multimeters zu testen. Mit dem DTG 402 lassen sich die Funktionen Gleichspannungs- und Gleichstrommessung, Wechselspannungs- und Wechselstrommessung, Widerstandsmessung und Kapazitätsmessung prüfen. Durch verschiedene in der jeweiligen Messfunktion zur Verfügung stehende Werte können auch die unterschiedlichen Messbereiche entsprechend kontrolliert werden.

Allgemeines

Ein Multimeter gehört zur elementaren Laborausstattung eines jeden Elektrotechnikers, auf dessen einwandfreie Funktion und Genauigkeit er sich „blind“ verlassen können muss. Wie jedes elektronische Gerät, fällt auch ein Multimeter gelegentlich aus. Bei bestimmungsgemäßem Umgang sind solche Defekte an Multimetern wohl eher selten, lassen sich aber auch

Technische Daten: DTG 402

Ausgangsgrößen (@ 25°C)

- DC-Ausgangsspannung: 0,1 V ±0,7 %, 1 V ±0,1 %, 10 V ±0,1 %
 - DC-Ausgangsstrom: -1 mA ±0,5 %, -10 mA ±0,5 %, -100 mA ±0,5 %
 - AC-Ausgangsspannung: 0,1 V ±1,5 %, 1 V ±1,5 %, 3 V ±1,5 %
 - AC-Ausgangsstrom: 1 mA ±2 %, 10 mA ±2 %, 100 mA ±2 %
 - Widerstand: 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ (alle Werte ±1 %)
 - Kondensator: 100 pF, 1 nF, 10 nF, 100 nF, 1 μF (alle Werte ± 5%)
- Spannungsversorgung: 13 V - 18 V / DC / 200 mA
 Abmessungen: 167 x 87 x 30 mm

nicht ganz ausschließen. Häufiger sind Schäden an Messgeräten nach Fehlbedienungen. So ist es sicherlich fast jedem Techniker schon einmal passiert, dass z. B. beim Messen nicht der richtige Messbereich eingestellt war oder dass sich das Messgerät bei einer Spannungsmessung noch im Widerstandsmessbereich befand. Oftmals bleiben solche Fehlbedienungen ohne Folgen, da die Schaltungsauslegung des Multimeters und interne Schutzmaßnahmen für einen gewissen Überlastschutz sorgen. Im schlimmsten Fall löst ggf. eine Sicherung aus, beispielsweise dann, wenn das Messgerät für eine Strommessung eingestellt ist, der Bediener aber eine Spannung mit niedrigem Innenwiderstand misst.

Auch eine Überschreitung der Messbereichsendwerte hat in gewissen Grenzen keinen schädigenden Einfluss. Eine größere Überschreitung stellt aber eine vom Hersteller nicht berücksichtigte Überlastung des Multimeters dar. Auch eine solche Fehlbedienung kommt schnell einmal vor, wenn beispielsweise der Fernsehtechniker an der Bildröhre die Katodenspannung messen möchte, er aber den falschen Pin erwischt und die Fokusspannung misst.

Kommt es bei einer solchen Stressbelastung des Multimeters zu einem Totalausfall, so wird dies vom Bediener recht schnell bemerkt. Versteckte Defekte, die beispielsweise die Messgenauigkeit betreffen, sind sehr viel schwieriger zu erkennen. Hier bleibt dann nur die Möglichkeit, mit einem entsprechenden Testtool, wie z. B. mit dem neuen ELV DTG 402, alle Funktionen des Multimeters zu überprüfen.

Ein falsch messendes Multimeter kann in der Praxis schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. So kann es vorkommen, dass ein Servicetechniker nach Fehlern in einem Gerät sucht, die es gar nicht gibt, sondern die nur auf sein defektes Multimeter zurückzuführen sind. Schwerwiegender wirkt sich ein ungenaues Messgerät bei Abgleicharbeiten aus. Dies kann dann unter Umständen größere Schäden nach sich ziehen. Ein falsch abgeglicher Arbeitspunkt in einer Audio-Endstufe führt dazu, dass Betriebsdaten wie Klirrfaktor und Ausgangsleistung nicht mehr erreicht werden, außerdem besteht die Gefahr einer thermischen Überlastung im „normalen“ Betrieb.

Um solchen unliebsamen Überraschungen vorzubeugen, sollte jedes Multimeter von Zeit zu Zeit auf Funktion und Genauigkeit geprüft werden. Professionelle Anwender, die auf korrekt arbeitende Messgeräte angewiesen sind, lassen ihr Mess-equipment mindestens einmal jährlich bei einem Kalibrierdienst kalibrieren. Hier kommen dann aber auch Multimeter der gehobenen Klasse z. B. von den Herstellern Fluke, Prema oder Agilent zum Einsatz. Diesen Aufwand zu treiben – die

Kalibrierung eines Multimeters kostet im Allgemeinen über hundert Euro – ist aber für den normalen Anwender überhaupt nicht notwendig. Hier reicht es aus, die Messgeräte von Zeit zu Zeit einem routinemäßigen Funktionstest zu unterziehen und die Genauigkeit in für den Anwender relevanten Größenordnungen zu testen. Hierzu ist das kompakte Multimeter Testgerät DTG 402 prädestiniert. Dieses stellt Vergleichswerte für alle relevanten Messfunktionen zur Verfügung und liefert auch unterschiedliche Werte, um die einzelnen Messbereiche der zugehörigen Funktion zu prüfen. So lässt sich zum Beispiel der Gleichspannungsmessbereich mit den Werten 100 mV, 1 V und 10 V überprüfen. Weiterhin stehen verschiedene Gleichströme, Wechselfspannungen und Wechselströme sowie Widerstands- und Kapazitätswerte zur Verfügung. Die hier realisierte Genauigkeit (siehe technische Daten) ist so gewählt, dass die korrekte Funktion „normaler“ Multimeter geprüft werden kann.

Bei hochgenauen Messgeräten, die üblicherweise regelmäßig kalibriert werden, ist der Einsatz eines solchen Testgerätes innerhalb des Kalibrierintervalles sinnvoll. Wurde beispielsweise ein solches Multimeter durch eine Fehlbedienung etc. gestresst, dann kann die Notwendigkeit einer Nachkalibrierung mittels des ELV Multimeter Testers abgeschätzt werden. So ist das neue DTG 402 ein unerlässliches Hilfsmittel, um die Funktion und Genauigkeit von Multimetern zu testen.

Bei der Entwicklung des Gerätes wurde darauf geachtet, dass das Gerät keine Abgleichpunkte besitzt, so dass auch der Nachbau für den Kunden einfach möglich wird. Die Genauigkeit ist nur von den verwendeten Bauteilen abhängig. Daher kommen in allen relevanten Bereichen hochpräzise Messwiderstände zum Einsatz. Ein Multimeter Testgerät mit für den Kunden durchzuführenden Abgleichschritten hat wenig Sinn, da dann das „Henne-Ei-Problem“ auftaucht: Der Anwender gleicht das Testgerät mit seinem ggf. defektem Multimeter ab, um dann später beim Test zu erfahren, dass sein Multimeter vermeintlich in Ordnung ist.

So stellt das ELV DMM-Testgerät alle Vergleichswerte für alle relevanten elektrischen Messgrößen mit entsprechender Genauigkeit kompakt vereint zur Verfügung, ohne auf die Genauigkeit externer Geräte angewiesen zu sein. Wobei die im Folgenden beschriebene Bedienung so einfach ist wie eine normale Messung mit einem Multimeter.

Bedienung

Das Multimeter Testgerät besticht durch

seine sehr einfache Bedienung. Als einziges Bedienelement befindet sich oben rechts der Ein-/Aus-Schalter. Zur Inbetriebnahme muss zunächst die Spannungsversorgung angeschlossen werden. Dies erfolgt über die DC-Eingangsbuchse auf der oberen Stirnseite. Hier ist eine Gleichspannungsquelle mit einer Nennspannung im Bereich von 13 V bis 18 V anzuschließen. Die Quelle muss dabei in der Lage sein, einen Strom von mindestens 200 mA zu liefern. Da keine stabilisierte Spannung gefordert ist, eignet sich auch ein entsprechendes Steckernetzteil. Standard-Steckernetzteile sind im Allgemeinen unstabilisiert, d. h. die Ausgangsspannung ist vom Laststrom abhängig und üblicherweise etwas höher als die angegebene Ausgangsspannung, wenn nicht der Nennlaststrom fließt. So ist es möglich, ein 12-V-Steckernetzteil mit 500 mA Laststrom zur Versorgung des DTG 402 zu verwenden. Solche unregelmäßigen Netzteile haben üblicherweise eine Ausgangsspannung von 14 V bis 15 V bei halbem Nennlaststrom.

Liegt die Versorgungsspannung an, so wird das Gerät eingeschaltet, indem der Schiebeschalter in Richtung „On“ geschoben wird. Die Power-LED zeigt den Betriebszustand an. Nach dem Einschalten liegen an allen Buchsen bereits die angegebenen Spannungs-, Strom-, Widerstands- und Kapazitätswerte an.

Alle Messgrößen sind auf den zugehörigen COM-Anschluss bezogen. Zu beachten ist, dass die COM-Buchsen **nicht** intern miteinander verbunden sind. Es ist unbedingt die zum jeweiligen Bereich zugehörige COM-Buchse zu verwenden. Die COM-Buchsen dürfen auch auf keinen Fall miteinander verbunden werden. Die Messgrößen können ohne weitere Bedienung direkt mit den Messspitzen des zu prüfenden Messgerätes an den Buchsen abgegriffen werden.

Zum Test eines Messgerätes ist wie folgt vorzugehen:

- DC-Spannung:

Das zu testende Messgerät ist in den DC-Spannungsmessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Spannungswerte 0,1 V, 1 V und 10 V an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen. Für einen kompletten Test sollte danach die Polung getauscht werden, d. h. mit der COM-Leitung des Multimeters werden die einzelnen Spannungswerte „abgefahren“, während die andere Messleitung mit der COM-Buchse verbunden ist. Das Messgerät zeigt dabei dann negative Spannungswerte an.

- DC-Strom:

Das zu testende Messgerät ist in den DC-

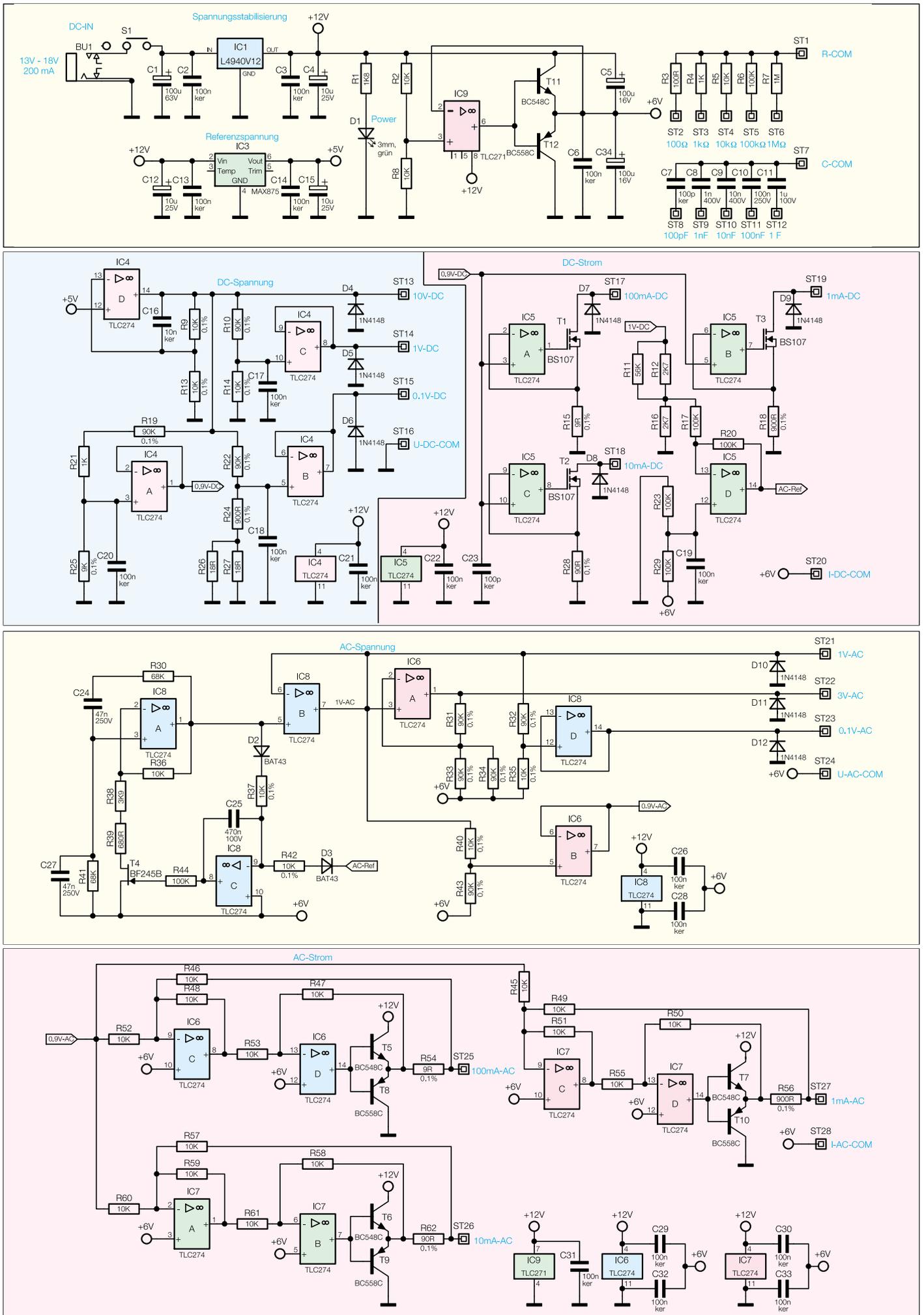


Bild 1: Schaltbild des DMM-Testgerätes

Strommessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind entsprechend anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Stromwerte -1 mA, -10 mA und -100 mA an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen. Für einen kompletten Test sollte danach die Polung getauscht werden, d. h. mit der COM-Leitung des Multimeters werden die einzelnen Stromwerte „abgefahren“, während die andere Messleitung mit der COM-Buchse verbunden ist. Das Messgerät zeigt dabei dann positive Werte für den DC-Strom an.

- AC-Spannung:

Das zu testende Messgerät ist in den AC-Spannungsmessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Spannungswerte 0,1 V, 1 V und 3 V an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen.

- AC-Strom:

Das zu testende Messgerät ist in den AC-Strommessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind entsprechend anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Stromwerte 1 mA, 10 mA und 100 mA an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen.

- Widerstand:

Das zu testende Messgerät ist in den Widerstandsmessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind entsprechend anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Widerstandswerte 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ und 1 MΩ an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen.

- Kapazität:

Das zu testende Messgerät ist in den Kapazitätsmessbereich zu bringen. Die Messleitungen sind entsprechend anzuschließen. Die Messspitze der COM-Leitung des Messgerätes ist in die zugehörige COM-Buchse des DTG 402 zu stecken. Anschließend sind mit der anderen Messleitung die Kapazitätswerte 100 pF, 1 nF, 10 nF, 100 nF und 1 μF an den entsprechend bezeichneten Buchsen abzugreifen.

Bei der Beurteilung der auf dem Multi- meter angezeigten Messwerte ist sowohl die Toleranz des Testgerätes als auch die

Messgenauigkeit des Multimeters zu berücksichtigen. Bei der Benutzung ist darauf zu achten, dass immer nur ein Test ausgeführt wird, d. h. immer nur ein Multi- meter angeschlossen ist. Außerdem dürfen die Messbuchsen, welche die Test- Spannungen zur Verfügung stellen, nicht kurzgeschlossen werden. Dies kann zu Schäden am Multi- meter-Testgerät führen.

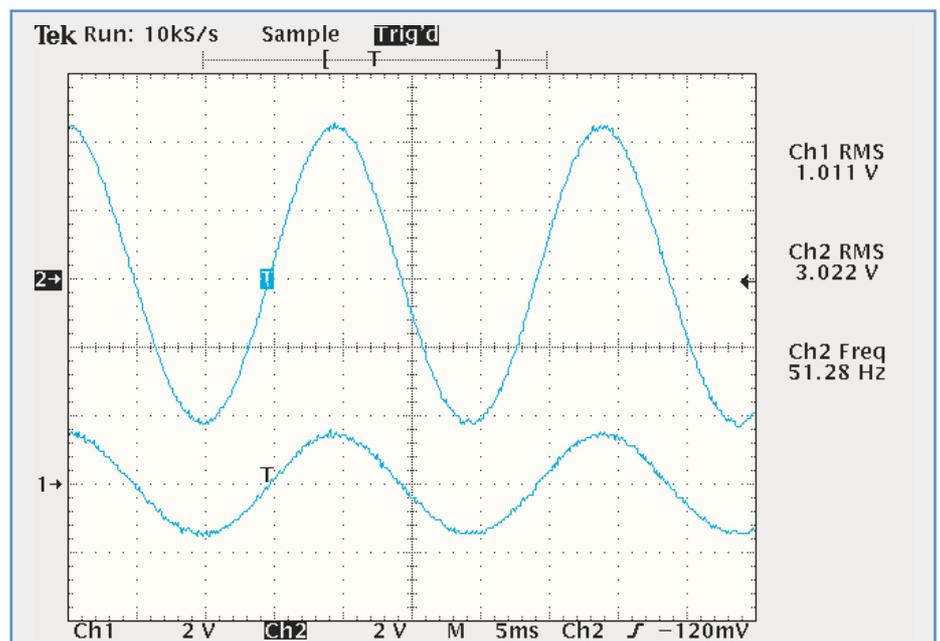
Schaltung

Die gesamte Schaltung des DMM-Test- gerätes ist in Abbildung 1 dargestellt. Herz- stück des DTG 402 ist die Spannungsrefe- renz IC 3. Auf der Basis der Ausgangs- spannung dieses Bauteiles werden alle weiteren Spannungen und Ströme gene- riert. Dieses Bauteil liefert eine 5-V-Aus- gangsspannung mit einer Abweichung von 0,06 % bei 25 °C. Aus dieser Referenz- spannung generiert IC 4 D mit Beschal- tung die 10-V-Ausgangsspannung. Über nachfolgende Spannungsteiler werden dann die weiteren Spannungen 1 V und 0,1 V erzeugt, die jeweils noch über einen Ope- rationsverstärker gepuffert sind. Alle für die Genauigkeit relevanten Widerstände sind hier, genauso wie in der gesamten übrigen Schaltung, als Präzisions-Mess- widerstände mit 0,1% Genauigkeit ausge- legt. Nur so lässt sich die in den techni- schen Daten angegebene Genauigkeit der Ausgangsspannungen und -ströme errei- chen.

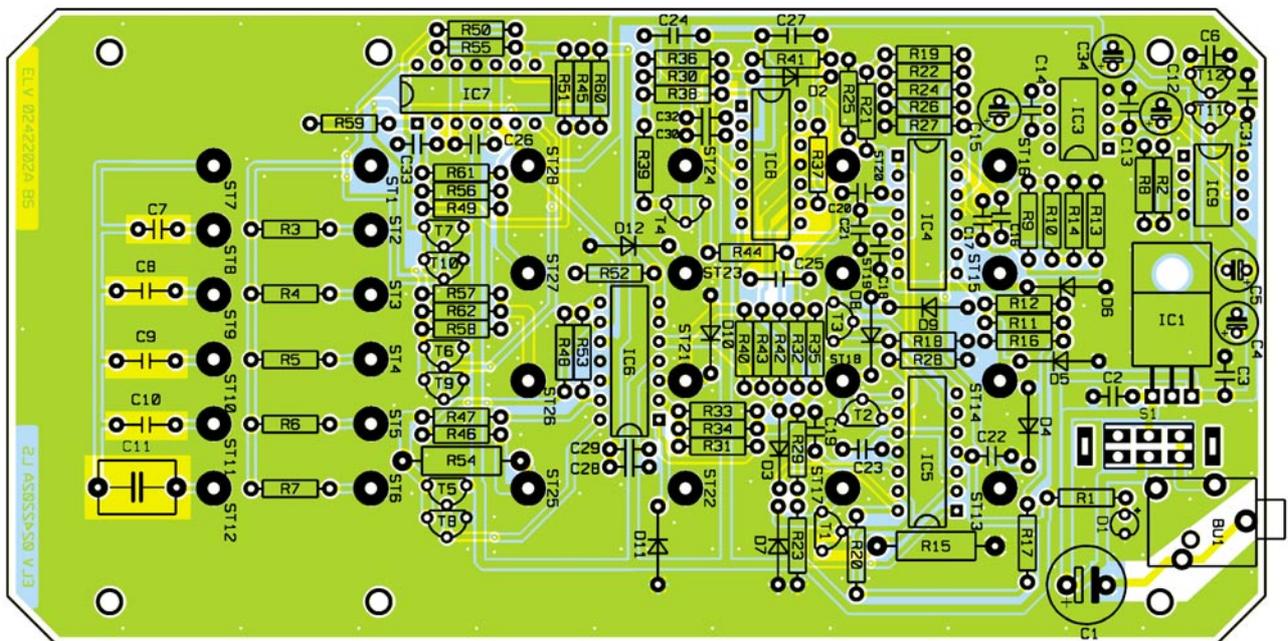
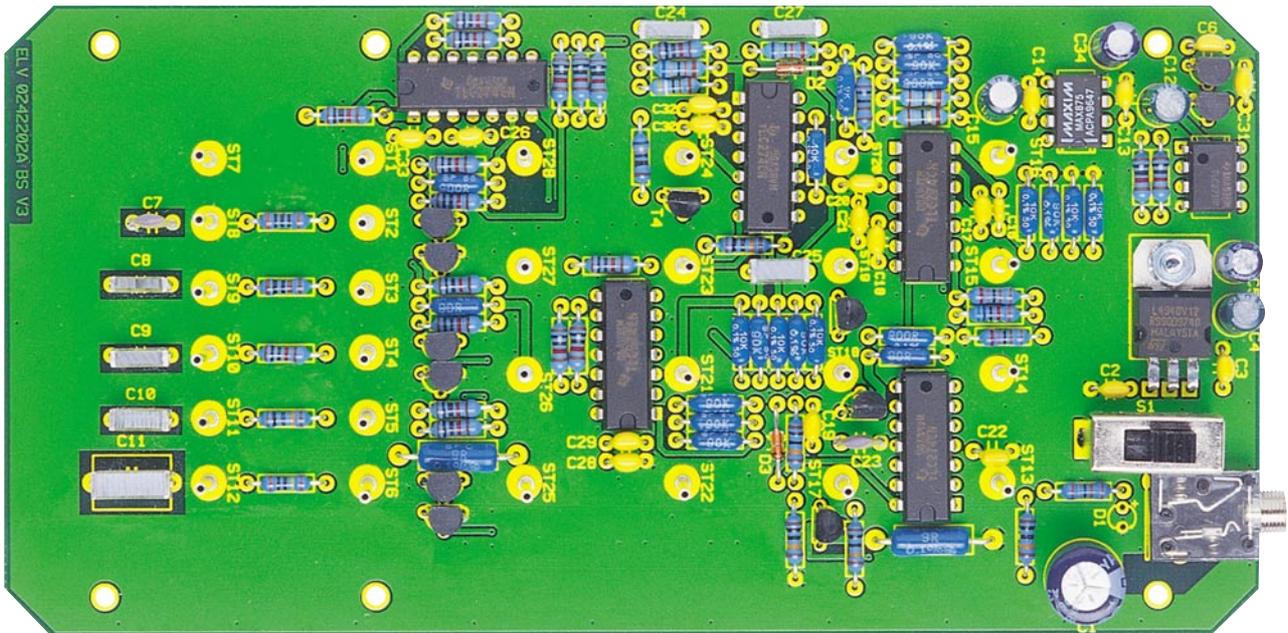
Die Erzeugung der Gleichströme erfolgt über die mit IC 5 und T 1 bis T 3 aufgebauten Konstantstromquellen. Als Vergleichswert wird hier ein aus der Referenzspannung erzeugter Wert von 0,9 V („0,9V-DC“) her- angezogen. Die Funktionsweise soll stell-

vertretend für die drei Konstantstromquel- len am 100-mA-Zweig erläutert werden. Wird der Ausgang ST 17 („100-mA-DC“) niederohmig mit dem als „I-DC-COM“ be- zeichneten Pin verbunden – (so wie es auch jedes Multi- meter bei einer Strommessung macht), dann fließt der Strom über den Feldeffekt-Transistor T 1 und über den Messwiderstand R 15 nach Masse. Der Tran- sistor arbeitet dabei als Stellglied in der Regelstrecke, denn hierüber wird der Strom auf genau 100 mA ausgeregelt. Sobald ein Strom fließt, fällt am Messwiderstand R 15 eine Spannung ab. Ist diese kleiner als 0,9 V, d. h. der Strom ist kleiner als 100 mA, dann steuert der Regler IC 5 A den Transistor noch weiter durch. Die Regelung ist erst dann eingeschwungen, wenn die am Rege- lereingang anstehenden Spannungen iden- tisch sind, d. h. wenn genau 100 mA fließen. Denn dann ergibt sich 0,9 V Spannungsab- fall über R 15 (und damit auch an Pin 2 von IC 5), die der Regler mit der Vergleichs- spannung von 0,9 V an Pin 3 von IC 5 vergleicht. Dies funktioniert bei den anderen beiden DC-Stromquellen genauso, nur ergeben sich hier andere Ströme aufgrund der angepassten Messwiderstandswerte (R 18 und R 28).

Um verschiedene Wechselfspannungen zur Verfügung stellen zu können, ist mit IC 8 A und C und der zugehörigen Beschal- tung zunächst ein 50-Hz-Oszillator aufge- baut. Dieser ist hier als klassischer Wien- Robinsion-Oszillator realisiert. Die Oszil- lation entsteht aufgrund der frequenzab- hängigen Mitkopplung an IC 8 A durch die beiden Kondensatoren C 24 und C 27 und die beiden Widerstände R 30 und R 41. Damit die Schaltung sicher anschwingt und in der Amplitude konstant bleibt, ist



Verzerrungsarme Sinussignale des AC-Spannungstestes



Ansicht der fertig bestückten Platine des DMM-Testgerätes mit zugehörigem Bestückungsplan

mit IC 8 C, T 4 und Beschaltung ein Pegelregler aufgebaut. Den Istwert, d. h. die Information über den aktuellen Ausgangspegel des Oszillators, erhält die Regelschaltung über den Gleichrichter D 2. Die Sollwertvorgabe ist die Spannung „AC-Ref“, die mit IC 5 D generiert wird, wobei die Einspeisung aus Gründen der Temperaturkompensation über die Diode D 3 erfolgt.

Diese Regelschaltung ist so ausgelegt, dass der Oszillator eine Ausgangsspannung von $1 V_{eff}$ liefert. Die weiteren AC-Ausgangsspannungen werden auch hier wieder über Präzisions-Spannungsteiler mit nachgeschalteten Pufferverstärkern erzeugt. Realisiert sind dabei 0,1 V, 1 V und 3 V (jeweils Effektivwert), wobei das Bezugspotential „U-AC-COM“ auf 6 V DC angehoben ist.

Die Erzeugung der Wechselströme ge-

schieht über drei spannungsgesteuerte Stromquellen, die mit IC 6 C und D sowie IC 7 A bis D aufgebaut sind. Der Ausgangsstrom folgt bei dieser Schaltung genau der Signalform der Eingangsspannung, d. h. er ist sinusförmig. Im 100-mA-Zweig beispielsweise arbeitet der Operationsverstärker IC 6 C als Umkehrdierer. Als Eingangssignale liegen hier der Vorgabewert „0,9V-AC“ und die Rückkopplung vom Messwiderstand R 54 an. Die Operationsverstärker-Schaltung regelt so aus, dass der Spannungsabfall über diesem Widerstand mit dem Vorgabewert übereinstimmt. Bei 0,9 V Vorgabewert muss hier also 0,9 V abfallen, was bei einem $9\text{-}\Omega$ -Widerstand einem Laststrom von 100 mA entspricht.

Die Widerstands- und Kapazitätswerte werden rein passiv erzeugt. Hier liegt an

den entsprechenden Pins jeweils ein entsprechender Widerstand (R 3 bis R 7) bzw. ein entsprechender Kondensator (C 7 bis C 11) an.

Die Versorgung des gesamten Gerätes erfolgt über die Eingangsbuchse BU 1. Die hier angeschlossene Versorgungsspannung muss im Bereich von 13 V bis 18 V liegen und minimal einen Strom von 200 mA liefern können. Mit dem Spannungsregler IC 1 erfolgt die Stabilisierung auf 12 V. Die zur Erzeugung der Wechselspannungen benötigte virtuelle Masse liegt hier auf einem DC-Potential von 6 V. Die beiden Transistoren T 11 und T 12 erzeugen, gesteuert vom Operationsverstärker IC 9, dieses Potential niederohmig.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen und es folgt die detaillierte Anleitung zum Nachbau.

Stückliste: DMM-Testgerät DTG 402

Widerstände:

9Ω/0,1%	R15, R54
18Ω	R26, R27
90Ω/0,1%	R28, R62
100Ω	R3
680Ω	R39
900Ω/0,1%	R18, R24, R56
1kΩ	R4, R21
1,8kΩ	R1
2,7kΩ	R12, R16
3,9kΩ	R38
9kΩ/0,1%	R25
10kΩ	R2, R5, R8, R36, R45-R53, R55, R57-R61
10kΩ/0,1%	R9, R13, R14, R35, R37, R40, R42
56kΩ	R11
68kΩ	R30, R41
90kΩ/0,1%	R10, R19, R22, R31-R34, R43
100kΩ ..	R6, R17, R20, R23, R29, R44

1MΩ R7

Kondensatoren:

100pF/ker	C7, C23
1nF/400V	C8
10nF/400V	C9
10nF/ker	C16
47nF/250V	C24, C27
100nF/ker	C2, C3, C6, C13, C14, C17- C22, C26, C28-C33
100nF/250V	C10
470nF/100V	C25
1μF/100V	C11
10μF/25V	C4, C12, C15
100μF/16V	C5, C34
100μF/63V	C1

Halbleiter:

L4940V12	IC1
MAX875ACPA	IC3
TLC274	IC4-IC8

TLC271	IC9
BS107	T1-T3
BF245B	T4
BC548C	T5-T7, T11
BC558C	T8-T10, T12
BAT43	D2, D3
1N4148	D4-D12
D2, D3	
LED, 3 mm, grün	D1

Sonstiges:

Klinkenbuchse, 3,5 mm, stereo, print	BU1
Schiebeschalter, 2 x um, hoch, print ..	S1
Lötstifte, 1,5 x 20 mm	ST1-ST28
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
4 Knippingschrauben, 2,2 x 6,5 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
4 Gehäusefüße, selbstklebend, 8 x 2,5 mm, schwarz	

Nachbau

Der Aufbau dieses Gerätes gestaltet sich aufgrund der ausschließlichen Verwendung von bedrahteten Bauteilen recht einfach und schnell. Die gesamte Schaltung findet auf einer 163 mm x 83 mm messenden Platine Platz, die später in das zugehörige Gehäuse eingesetzt wird. Der Nachbau wird anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes durchgeführt, wobei auch das dargestellte Platinenfoto hilfreiche Zusatzinformationen liefern kann.

Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten werden die Widerstände eingesetzt. Bei den im Schaltbild mit 0,1% markierten Typen handelt es sich um Präzisions-Messwiderstände. Anschließend können die Dioden eingebaut werden; hierbei ist die richtige Polung sicherzustellen. Der Kato denring auf dem Bauteil muss mit der Markierung im Bestückungsdruck übereinstimmen. Auch bei den dann einzubauenden Elektrolyt-Kondensatoren ist die richtige Polung zu beachten, die hier durch das Plus-Zeichen im Bestückungsdruck und dem gekennzeichneten Minusanschluss des Bauteiles gegeben ist. Bei den übrigen Kondensatoren handelt es sich um nicht gepolte Typen, so dass die Einbaurichtung unbedeutend ist.

Die Transistoren und MOSFETs sind wiederum polrichtig einzulöten. Hier gibt aber die spezielle Pinanordnung die unverwechselbare Einbauposition an. Beim Einbau der ICs ist zunächst der Spannungsregler IC 1 liegend zu montieren. Dazu sind zunächst die Anschlussbeine des Bauteiles im Abstand von 2,5 mm zum Bauteilkörper um 90° nach hinten abzuwinkeln. An-

schließend wird das Bauteil entsprechend des Bestückungsdruckes eingesetzt und mittels einer M3x8mm-Schraube, die von der Lötseite durchgesteckt wird, und einer M3-Mutter mit unterlegter Zahnscheibe auf der Oberseite der Platine verschraubt. Um mechanische Spannungen in den Lötstellen zu vermeiden, dürfen die Anschlussbeine erst nach dem Festschrauben verlötet werden.

Bei den anderen ICs handelt es sich um Typen im DIP-8- bzw. DIP-14-Gehäuse. Bei diesen Gehäuseversionen gibt die Gehäuseeinkerbung am Bauteil die Einbaurichtung vor. Diese ist auch im zugehörigen Symbol im Bestückungsdruck zu sehen.

Als letztes Halbleiterelement ist die LED einzusetzen, wobei auch hier die korrekte Polung sicherzustellen ist. Im Bestückungsdruck kennzeichnet das Plus-Zeichen die Anode, während am Bauteil das längere Anschlussbein der Anode entspricht. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass die LED mit einem Abstand von 20 mm zwischen Platine und Diodenkörperspitze eingebaut wird, damit sie später korrekt durch die entsprechende Gehäusebohrung schaut – außerdem muss die LED exakt senkrecht stehen.

Zum Abschluss der Platinenbestückung sind die Buchsen und der Schalter einzusetzen. Die Klinkenbuchse zur Spannungsversorgung ist an die Position von BU 1 einzusetzen. Die Hohlstifte (1,5 mm Durchmesser, 20 mm lang) werden in die Positionen ST 1 bis ST 28 eingelötet. Auch hier ist beim Einbau auf die korrekte Ausrichtung zu achten. Die Hülsen sind so weit in die Bohrungen der Platine einzupressen, dass der Ring plan auf der Platine aufliegt. Außerdem müssen die Stifte exakt senkrecht

stehen, da sich ansonsten die spätere Gehäuseendmontage schwierig gestaltet. Sind die Buchsen exakt ausgerichtet, werden sie unter Zugabe von reichlich Lötzinn verlötet.

Damit sind die Bestückungsarbeiten abgeschlossen. Da das Gerät keine Abgleichpunkte besitzt und auch sonst sehr übersichtlich aufgebaut ist, kann nach einer eingehenden Überprüfung der Platine hinsichtlich Lötzinnbrücken und korrekter Bestückung der Einbau ins Gehäuse erfolgen.

Zum Gehäuseeinbau wird die fertig bestückte Platine so in die Unterhalbschale gelegt, dass die DC-Eingangsbuchse in die zugehörige Gehäuseaussparung fasst. Mit 4 Knipping-Schrauben 2,2 x 6,5 mm wird die Platine fixiert. Beim folgenden Aufsetzen des Gehäuseoberteiles ist sorgsam darauf zu achten, dass alle Hohlstifte, der Schalter und die LED durch ihre zugehörigen Bohrungen fassen. Nach dem Schließen des Gehäuses wird der Deckel mit den zugehörigen Schrauben fixiert. Das Ankleben der 4 Gehäusefüße auf der Gehäuseunterseite schließt die Arbeiten zum Nachbau des Multimeter Testgerätes ab.

Die erste Inbetriebnahme gestaltet sich recht einfach, da keine Abgleicharbeiten durchgeführt zu werden brauchen. Somit beschränkt sich die Inbetriebnahme auf einen Funktionstest. Dazu wird das DTG 402 über die DC-Eingangsbuchse mit Spannung versorgt. Anschließend müssen alle Ausgangsspannungen und -ströme sowie die Widerstands- und Kapazitätswerte mit Hilfe eines Multimeters gemäß dem Abschnitt „Bedienung“ getestet werden. Nach erfolgreichem Test steht dem Einsatz des DTG 402 nichts mehr im Wege. 