



Kalibrierzertifikat Nr. 130391-02

in Toleranz

Gegenstand	Digitalmultimeter Keithley 2000
Seriennummer	123456
Auftraggeber	Muster AG Musterstr. 1 12345 Musterstadt
esz ID	130391
Prüfmittelnummer	654321
Inventarnummer	n.a.
Bestellnummer	Kunden-BK-Muster
Auftragsnummer	BK-Muster
Rückführbarkeit	Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf das internationale Einheitensystem (SI, Système international d'unités). Qualitätsmanagementsystem, Grundsätze und Verfahren der Kalibrierung entsprechen der DIN EN ISO/IEC 17025. Die Kalibrierung erfüllt die Anforderung nach DIN EN ISO 9001 ff. oder vergleichbarer QM-Richtlinien.
Kalibrierdatum	2023-02-01
Nächste Kalibrierung	2024-02 Für die Festlegung und Einhaltung von Fristen zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
Freigabe durch	Katharina Schwarzenbrunner am 2023-02-02
Laborleiter	Bearbeiter

Philip M. Fleischmann

Andreas Böck

1. Kalibriergegenstand

Hersteller: Keithley
 Modell: 2000
 Modelltyp: Digitalmultimeter
 Applikation(en): AC
 DC
 Bauform: Tischgerät
 Konnektor(en): 4 mm Buchse
 Prüfmittelnummer: 654321
 Inventarnummer: n.a.

Alle aufgeführten Mess- und Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den oben genannten Gegenstand.

2. Kalibrierverfahren

- Direktmessverfahren an festen Normalen oder einer variablen AC/DC-Quelle gemäß esz QMH III.1
- Frequenzsynthese an einem intern synchronisiertem Generator gemäß esz QMH VIII.1.2

Kalibriermaster: Version 2.1, freigegeben am 2017-09-11 durch Wilhelm Sandmeier

Verwendete Kalibriereinrichtungen:

Prüfmittel	Hersteller Modellname	Gegenstand	Rückführung	Kal.-Nr.	letzte Kal.	nächste Kal.
000395	Fluke 5500A	Kalibrator	D-K-15019-01-00	000395-16	2022-04	2023-04
022984	Fluke 5700A	Kalibrator	D-K-15019-01-00	022984-15	2022-08	2023-08
116398	esz 4-Wire-Cu Short	Kurzschlussbrücke	D-K-15019-01-00	116398-01	2016-01	2026-01

3. Umgebungsbedingungen

Temperatur (22,5 bis 22,6) °C ±1 K
 Relative Luftfeuchte (54 bis 59) % ±3 %
 Barometrischer Luftdruck (951 bis 954) mbar ±5 mbar

4. Messbedingungen

Anschlussseite: Frontseite
 Auflösung: 6,5 Digit
 Aufwärmzeit bei Betrieb: 1 h
 Einstellung(en) vor Beginn der Kalibrierung: maximale Auflösung
 maximale Genauigkeit
 Mittelwertbildung
 Messwerverfassung: teilautomatisiert
 MetCal Prozedur: 2000 (5700/33120 R 2.1)
 Remote-Einstellung(en) im Anlieferungszustand: GPIB Adresse: 01

Dem Kalibriergegenstand angemessene Aufbewahrungszeiten unter Umgebungsbedingungen und Aufwärmzeiten bei Betrieb wurden eingehalten.

5. Ort der Kalibrierung

Max-Planck-Straße 16
 82223 Eichenau
 Deutschland

esz AG calibration & metrology

Max-Planck-Str. 16 🔌 D-82223 Eichenau 🔌 +49-8141-88887-0 🔌 info@esz-ag.de 🔌 www.esz-ag.de

6. Messunsicherheiten (MU)

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M: 2022 ermittelt und setzt sich zusammen aus den Messunsicherheiten des Kalibrierverfahrens und denen des Kalibriergegenstandes während der Kalibrierung. Ein Anteil für die Langzeitstabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall. Dimensionslose Messunsicherheiten beziehen sich auf den Kalibrierwert (Kalibrierung von Messgeräten) bzw. auf den Messwert (Kalibrierung von Quellen oder Normalen).

7. Methode der Lageberechnung

Die Lage im Toleranzfeld (%TOL) wurde relativ zum Spezifikationsbereich berechnet und prozentual angegeben.

8. Durchgeführte Zusatzarbeiten

Abgleich Reparatur Funktionstest Reinigung

9. Auswertung

Alle spezifizierten Messwerte liegen innerhalb der genannten Spezifikationen. Die Spezifikationen wurden mit dem Auftraggeber auf Basis der Herstellerangaben oder Anwendungsanforderungen vereinbart. Die Berücksichtigung der Messunsicherheit und die Bewertung auf die Übereinstimmung (PASS) oder Nichtübereinstimmung (FAIL) mit den in der Spalte "Spezifikation" benannten Spezifikationen erfolgt jeweils anhand der Entscheidungsregel "ILAC-Auswertung Keine".

Für Messwerte ohne Spezifikationen entfällt die Konformitätsbewertung. Nähere Erläuterungen zu Begriffen, Legende und Entscheidungsregeln stehen als Download unter www.esz-ag.de/Begriffe.pdf bereit.

Die Spezifikationen wurden anhand folgender Quelle(n) abgeleitet:

Dateipfad(e): K:\Dokumentation Hersteller\Keithley\2000\2000_repairmanual.pdf

10. Anmerkungen

keine

11. Messwerte:

Die Auswahl der Messpunkte und Festlegung des Kalibrierumfangs erfolgte unter Berücksichtigung der Messmöglichkeiten und der technischen Infrastruktur des Laboratoriums anhand folgender Quelle(n):
Dateipfad(e): N:\AA0097-Kalibrierumfang-Multimeter.doc

Als Dezimaltrennzeichen wird das Komma verwendet.

Gleichspannung
Messgeschwindigkeit-Slow (10 PLC), Filter-ON

Bereich	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm									
								-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3			
100 mV	0,0000 mV	0,0003 mV	±35 ppmFS	0,0003 mV	9 %	$0,068 \cdot 10^{-3}$ mV											
100 mV	-100,0000 mV	-99,9996 mV	±50 ppm; ±35 ppmFS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	5 %	$12 \cdot 10^{-6}$											
100 mV	100,0000 mV	100,0004 mV	±50 ppm; ±35 ppmFS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	5 %	$12 \cdot 10^{-6}$											
1 V	-1,000000 V	-0,999996 V	±30 ppm; ±7 ppmFS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	11 %	$4,0 \cdot 10^{-6}$											
1 V	1,000000 V	1,000003 V	±30 ppm; ±7 ppmFS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	8 %	$4,0 \cdot 10^{-6}$											
10 V	-10,00000 V	-9,99998 V	±30 ppm; ±5 ppmFS	$2,0 \cdot 10^{-6}$	6 %	$3,7 \cdot 10^{-6}$											
10 V	4,00000 V	4,00005 V	±30 ppm; ±5 ppmFS	$12,5 \cdot 10^{-6}$	29 %	$3,4 \cdot 10^{-6}$											
10 V	6,00000 V	6,00005 V	±30 ppm; ±5 ppmFS	$8,3 \cdot 10^{-6}$	22 %	$3,5 \cdot 10^{-6}$											
10 V	8,00000 V	8,00005 V	±30 ppm; ±5 ppmFS	$6,3 \cdot 10^{-6}$	17 %	$3,6 \cdot 10^{-6}$											
10 V	10,00000 V	10,00002 V	±30 ppm; ±5 ppmFS	$2,0 \cdot 10^{-6}$	6 %	$3,7 \cdot 10^{-6}$											
100 V	-100,0000 V	-99,9998 V	±45 ppm; ±6 ppmFS	$2,0 \cdot 10^{-6}$	4 %	$4,2 \cdot 10^{-6}$											
100 V	100,0000 V	100,0004 V	±45 ppm; ±6 ppmFS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	8 %	$4,2 \cdot 10^{-6}$											
1000 V	-1000,000 V	-999,998 V	±45 ppm; ±6 ppmFS	$2,0 \cdot 10^{-6}$	4 %	$6,5 \cdot 10^{-6}$											
1000 V	1000,000 V	1000,003 V	±45 ppm; ±6 ppmFS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	6 %	$6,5 \cdot 10^{-6}$											

Wechselspannung, Sinus, effektiv

Bereich	Bedingung 1	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm								
									-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3		
100 mV	10 Hz	100,0000 mV	100,0004 mV	±0,06 %; ±0,03 %FS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,063 %										
100 mV	50 Hz	100,0000 mV	100,0003 mV	±0,06 %; ±0,03 %FS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,018 %										
100 mV	400 Hz	100,0000 mV	100,0003 mV	±0,06 %; ±0,03 %FS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,018 %										
100 mV	1 kHz	100,0000 mV	100,0001 mV	±0,06 %; ±0,03 %FS	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,018 %										
100 mV	50 kHz	100,0000 mV	100,0001 mV	±0,12 %; ±0,05 %FS	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,036 %										
1 V	50 Hz	1,000000 V	1,000004 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$										

esz AG calibration & metrology

Bereich	Bedingung 1	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm									
									-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3			
1 V	400 Hz	1,000000 V	1,000003 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
1 V	1 kHz	1,000000 V	1,000002 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$2,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
1 V	10 kHz	1,000000 V	1,000001 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
1 V	50 kHz	1,000000 V	1,000000 V	±0,12 %; ±0,05 %FS		0 %	0,013 %											
1 V	100 kHz	1,000000 V	1,000001 V	±0,6 %; ±0,08 %FS	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,028 %											
10 V	50 Hz	10,00000 V	10,00000 V	±0,06 %; ±0,03 %FS		0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
10 V	400 Hz	10,00000 V	10,00004 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
10 V	1 kHz	10,00000 V	10,00010 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$10 \cdot 10^{-6}$	1 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
10 V	10 kHz	10,00000 V	10,00004 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$4,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$71 \cdot 10^{-6}$											
10 V	50 kHz	10,00000 V	10,00013 V	±0,12 %; ±0,05 %FS	$13 \cdot 10^{-6}$	1 %	0,013 %											
100 V	50 Hz	100,0000 V	100,0000 V	±0,06 %; ±0,03 %FS		0 %	$78 \cdot 10^{-6}$											
100 V	400 Hz	100,0000 V	100,0001 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$1,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	$78 \cdot 10^{-6}$											
100 V	1 kHz	100,0000 V	100,0000 V	±0,06 %; ±0,03 %FS		0 %	$78 \cdot 10^{-6}$											
100 V	10 kHz	100,0000 V	100,0000 V	±0,06 %; ±0,03 %FS		0 %	$78 \cdot 10^{-6}$											
100 V	50 kHz	100,0000 V	100,0003 V	±0,12 %; ±0,05 %FS	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0 %	0,023 %											
750 V	50 Hz	700,000 V	699,996 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$-5,7 \cdot 10^{-6}$	1 %	$75 \cdot 10^{-6}$											
750 V	400 Hz	700,000 V	699,996 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$-5,7 \cdot 10^{-6}$	1 %	$75 \cdot 10^{-6}$											
750 V	1 kHz	700,000 V	700,002 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	$2,9 \cdot 10^{-6}$	0 %	$75 \cdot 10^{-6}$											

Wechselspannung, Sinus, effektiv
Linearität

Bereich	Bedingung 1	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm						
									-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3
10 V	400 Hz	2,00000 V	1,99997 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	-15 • 10 ⁻⁶	1 %	68 • 10 ⁻⁶								
10 V	400 Hz	4,00000 V	4,00001 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	2,5 • 10 ⁻⁶	0 %	80 • 10 ⁻⁶								
10 V	400 Hz	6,00000 V	5,99997 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	-5,0 • 10 ⁻⁶	0 %	75 • 10 ⁻⁶								
10 V	400 Hz	8,00000 V	8,00001 V	±0,06 %; ±0,03 %FS	1,3 • 10 ⁻⁶	0 %	73 • 10 ⁻⁶								

Gleichstromstärke

Bereich	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm							
								-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3	
10 mA	0,00000 mA	0,00000 mA	±80 ppmFS		0 %	0,0099 • 10 ⁻³ mA									
10 mA	10,00000 mA	9,99996 mA	±500 ppm; ±80 ppmFS	-4,0 • 10 ⁻⁶	1 %	48 • 10 ⁻⁶									
10 mA	-10,00000 mA	-10,00000 mA	±500 ppm; ±80 ppmFS		0 %	48 • 10 ⁻⁶									
100 mA	100,0000 mA	100,0000 mA	±500 ppm; ±800 ppmFS		0 %	58 • 10 ⁻⁶									
100 mA	-100,0000 mA	-100,00003 mA	±500 ppm; ±800 ppmFS	-3,0 • 10 ⁻⁶	0 %	58 • 10 ⁻⁶									
1 A	1,000000 A	0,999997 A	±800 ppm; ±80 ppmFS	-3,0 • 10 ⁻⁶	0 %	90 • 10 ⁻⁶									
1 A	-1,000000 A	-1,000002 A	±800 ppm; ±80 ppmFS	-2,0 • 10 ⁻⁶	0 %	90 • 10 ⁻⁶									
3 A	2,00000 A	1,99996 A	±1200 ppm; ±40 ppmFS	-20 • 10 ⁻⁶	2 %	0,012 %									
3 A	-2,00000 A	-2,00004 A	±1200 ppm; ±40 ppmFS	-20 • 10 ⁻⁶	2 %	0,012 %									

Wechselstromstärke, Sinus, effektiv

Bereich	Bedingung 1	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm						
									-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3
1 A	1 kHz	1,000000 A	0,999997 A	±0,1 %; ±0,04 %FS	-3,0 • 10 ⁻⁶	0 %	0,059 %								
1 A	5 kHz	1,000000 A	0,999999 A	±0,1 %; ±0,04 %FS	-1,0 • 10 ⁻⁶	0 %	0,073 %								
3 A	1 kHz	2,00000 A	2,00003 A	±0,15 %; ±0,06 %FS	15 • 10 ⁻⁶	1 %	0,057 %								

esz AG calibration & metrology

Max-Planck-Str. 16 D-82223 Eichenau +49-8141-88887-0 info@esz-ag.de www.esz-ag.de

Gleichstromwiderstand

4-Draht-Technik, Messgeschwindigkeit-Slow, Filter ON

Bereich	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	Bem.	Diagramm										
							-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3				
100 Ω	0,0000 Ω	-0,0002 Ω	±40 ppmFS	-0,0002 Ω	5 %												
100 Ω	100,0072 Ω	99,9999 Ω	±100 ppm; ±40 ppmFS	$-73 \cdot 10^{-6}$	52 %												
1 kΩ	1,000015 kΩ	0,999996 kΩ	±100 ppm; ±10 ppmFS	$-19 \cdot 10^{-6}$	17 %												
10 kΩ	9,99989 kΩ	10,00003 kΩ	±100 ppm; ±10 ppmFS	$14 \cdot 10^{-6}$	13 %												
100 kΩ	100,0008 kΩ	99,9997 kΩ	±100 ppm; ±10 ppmFS	$-11 \cdot 10^{-6}$	10 %												
1 MΩ	0,999966 MΩ	1,000002 MΩ	±100 ppm; ±10 ppmFS	$36 \cdot 10^{-6}$	33 %												

Gleichstromwiderstand

2-Draht-Technik, Messgeschwindigkeit-Slow, Filter ON

Bereich	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	Bem.	Diagramm										
							-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3				
10 MΩ	9,99914 MΩ	10,00001 MΩ	±400 ppm; ±10 ppmFS	$87 \cdot 10^{-6}$	21 %												
100 MΩ	100,0145 MΩ	99,9997 MΩ	±1500 ppm; ±30 ppmFS	-0,015 %	10 %												

Frequenz

Rechtecksignal, rate - Slow

Bereich	Bedingung 1	Kalibrierwert	Messwert	Spezifikation	Abweichung	%TOL	MU	Bem.	Diagramm								
									-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,3		
100 kHz	1 V	75,00000 kHz	75,00003 kHz	±0,01 %	$0,40 \cdot 10^{-6}$	0 %	$10 \cdot 10^{-6}$										