

**KEITHLEY**

**Multimeter 2000**

**Bedienungsanleitung**

aA

pV

pΩ

A

kV

pΩ

---

---

# Sicherheitsvorkehrungen

Die folgenden Sicherheitsvorkehrungen sollten vor der Inbetriebnahme des Multimeter 2000 beachtet werden.

Dieses Gerät ist für den Einsatz durch qualifiziertes Bedienungspersonal vorgesehen, das Gefahren durch Elektroschock erkennt und dem die Sicherheitsvorkehrungen vertraut sind, mit denen sich mögliche Verletzungen vermeiden lassen. Bitte lesen Sie das Handbuch sorgfältig durch, ehe Sie dieses Gerät einsetzen.

Gehen Sie äußerst vorsichtig vor, wenn an den Geräteeingängen gefährliche Spannungen anstehen. Nach Angaben anerkannter Normen-Institute (ANSI, IEC, VDE) sind alle Spannungspegel über  $30V_{eff}$  oder  $42V_{SS}$  als gefährlich anzusehen.

**Es hat sich als gute Sicherheits-Praxis erwiesen, vor der Messung von jedem unbekanntem Schaltkreis anzunehmen, daß er gefährliche Spannungen enthält.**

Inspizieren Sie die Prüfkabel auf möglichen Verschleiß, Risse und Bruchstellen, und zwar vor jedem Einsatz. Sind Beschädigungen festzustellen, ersetzen Sie die Prüfkabel.

Um ein Höchstmaß an Sicherheit zu erreichen, berühren Sie weder Prüfkabel noch Gerät, solange der zu prüfende Schaltkreis unter Strom steht. Schalten Sie die Stromversorgung aus und entladen Sie sämtliche Kondensatoren, ehe Sie das Gerät anschließen oder abklemmen. Entfernen Sie stets alle unbenutzten Prüfkabel vom Gerät.

Berühren Sie keine Gegenstände, die einen Strompfad zur Masse der zu prüfenden Schaltung oder zum Netz-Nulleiter herstellen könnten. Führen Sie Messungen stets mit trockenen Händen durch und stehen Sie dabei auf einer trockenen, isolierenden Oberfläche, die der zu messenden Spannung standzuhalten vermag.

Treffen Sie besonders sorgfältige Sicherheitsvorkehrungen, wenn Sie Hochenergie-Leistungsschaltkreise (Wechselstrom-Netz etc.) testen. Beachten Sie dazu auch die Hinweise im Absatz 2.4.4 „Sicherheitsvorkehrungen in Starkstromkreisen“.

Überschreiten Sie nie den höchsten erlaubten Eingangswert des Gerätes, der im Datenblatt und in den Betriebsanweisungen spezifiziert ist.

### Garantie

Keithley Instruments garantiert eine einwandfreie Funktion dieses Produkts für drei Jahre ab Rechnungsdatum. Während dieser Zeit werden wir, nach unserer Wahl, ein defektes Gerät kostenlos reparieren oder austauschen.

Senden Sie ein defektes Gerät frachtfrei an Keithley Instruments. Sie erhalten es dann nach erfolgter Reparatur frachtfrei zurück. Für reparierte Geräte besteht der dann noch verbleibende restliche Garantiezeitanspruch, mindestens aber 90 Tage nach erfolgter Reparatur auf die, von der Reparatur betroffenen Teile und Lohnkosten.

Diese Garantie gilt nicht für:

- a) Defekte, die aus unerlaubten Änderungen herrühren.
- b) Unsachgemäße Behandlung, z.B. durch Überspannung.
- c) Mechanische Schäden durch äußere Einwirkung.
- d) Sicherungen, Batterien oder Schäden durch ausgelaufene Batterien sowie andere Verschleißmaterialien.

### Grenzen der Garantie

Diese Garantie ersetzt alle anderen Garantien und Zusagen.

Eine Garantie für die Eignung eines Produktes für eine bestimmte Anwendung wird nicht übernommen.

Keithley Instruments ist nicht haftbar für indirekte, direkte, spezielle oder folgliche Schäden, die aus der Benutzung dieses Produktes herrühren.

### Kalibrierungszusage

Dieses Gerät wurde getestet und kalibriert in Übereinstimmung mit den publizierten Technischen Daten.

Die Genauigkeit und die Kalibrierung dieses Gerätes sind rückführbar auf die Standards des „National Bureau of Standards“.

Die Kalibrierung wird durchgeführt mit Geräten, die in regelmäßigen und angemessenen Abständen gegen zertifizierte Normalien verglichen und eingestellt werden.

### Sonstiges

Keithley Instruments hat alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in dieser Anleitung unterzubringen. Keithley Instruments übernimmt jedoch keine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen. Für die Mitteilung auftretender Fehler ist Keithley Instruments in jedem Fall dankbar. Dies gilt natürlich auch für Anregungen und Kritik.

Übersetzung und Satz: EBB, Dorsten

#### 3. Auflage 1997

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung von Keithley Instruments reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Copyright © 1995 Keithley Instruments GmbH, Germering

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Informationen</b>	<b>1-1</b>
1.1	Einleitung	1-2
1.2	Merkmale	1-2
1.3	Garantiehinweise	1-3
1.4	Handbuchergänzungen	1-3
1.5	Sicherheitssymbole und -hinweise	1-4
1.6	Auspacken und Überprüfen	1-4
1.7	Optionen und Zubehör	1-5
1.7.1	Umschalt-Karten	1-5
1.7.2	Meßspitzen für allgemeine Anwendungen	1-5
1.7.3	Thermospannungsarme Meßspitzen	1-6
1.7.4	Kabel und Adapter	1-6
1.7.5	Einbaurahmen	1-7
1.7.6	Tragetasche	1-7
<b>2</b>	<b>Inbetriebnahme</b>	<b>2-1</b>
2.1	Einleitung	2-2
2.2	Beschreibung der Vorderseite	2-3
2.3	Beschreibung der Rückseite	2-6
2.4	Einschalten	2-8
2.4.1	Anschluß an die Netzspannung	2-8
2.4.2	Einstellen der Netzspannung und Austauschen der Netzsicherung	2-10
2.4.3	Der Einschaltvorgang	2-11
2.4.4	Sicherheitsvorkehrungen in Starkstromkreisen	2-11
2.4.5	Einschalt-Voreinstellungen	2-12
2.4.6	GPIB-Adresse	2-15
2.4.7	Aufwärmphase	2-16
2.5	Anzeige	2-16
2.5.1	Status- und Fehlermeldungen	2-16
2.6	Spannungsmessungen	2-16
2.6.1	Anschlüsse	2-17

2.6.2	Crest-Faktor	2-18
2.6.3	Überlegungen bei kleinen Meßgrößen	2-19
2.7	Strommessungen	2-21
2.7.1	Anschlüsse	2-21
2.7.2	Austausch der AMPS-Sicherung	2-22
2.8	Widerstandsmessungen	2-23
2.8.1	Anschlüsse	2-23
2.8.2	Abschirmung	2-25
2.9	Messungen von Frequenz und Periodendauer	2-25
2.9.1	Trigger Level	2-26
2.9.2	Torzeit	2-26
2.9.3	Anschlüsse	2-26
2.10	Temperaturmessungen	2-27
2.10.1	Anschlüsse	2-28
2.10.2	Konfiguration	2-28
2.11	Mathematische Funktionen	2-29
2.11.1	$mX+b$	2-30
2.11.2	Prozent	2-31
2.11.3	dBm-Berechnung	2-32
2.11.3	dB-Berechnung	2-33
	Konfiguration	2-33
2.12	Durchgangsprüfung	2-34
2.12.1	Anschlüsse	2-34
2.12.2	Widerstandsschwellwert	2-35
2.13	Diodentest	2-35
2.13.1	Anschlüsse	2-35
2.13.2	Meßbereich	2-36
<b>3</b>	<b>Meßoptionen</b>	<b>3-1</b>
3.1	Einleitung	3-2
3.2	Konfiguration der Meßfunktionen	3-2
3.2.1	Meßbereich	3-2
3.2.2	Filter	3-3
3.2.3	Relative Meßwertbildung	3-5
3.2.4	Auflösung	3-6
3.2.5	Geschwindigkeit	3-7
3.2.6	Bandbreite	3-8

3.3	Triggerung	3-9
3.3.1	Trigger-Modell	3-9
3.3.2	Hold-Funktion	3-13
3.3.3	Externe Triggerung	3-13
3.4	Meßwertspeicherung	3-20
3.4.1	Speicherung von Meßwerten	3-20
3.4.2	Abrufen gespeicherter Meßwerte	3-21
3.4.3	Statistische Funktionen	3-22
3.5	Grenzwertprüfung	3-22
3.5.1	Setzen der Grenzwerte	3-23
3.5.2	Einschalten der Grenzwertprüfung	3-23
3.6	Meßstellenumschaltung	3-24
3.6.1	Überblick	3-24
3.6.2	Umschalt-Kontrolle über die Frontplatte	3-25
3.6.3	Die Verwendung der Tasten L und R	3-26
3.6.4	Die Verwendung der Tasten OPEN und CLOSE	3-26
3.6.5	Die Trigger-Modelle beim Umschalten	3-27
3.6.6	Die Umschaltkonfiguration mittels SHIFT-CONFIG	3-29
3.6.7	Umschaltbeispiele	3-30
3.7	Systemfunktionen	3-36
3.7.1	Selbsttest	3-36
3.7.2	Kalibrierung	3-36

## **4 Fernsteuerbetrieb 4-1**

4.1	Einleitung	4-2
4.2	Auswahl eines Interfaces	4-2
4.2.1	RS-232	4-2
4.2.2	GPIB-Bus	4-3
4.3	Auswahl einer Programmiersprache	4-4
4.3.1	SCPI	4-5
4.3.2	Digital Multimeter Modelle 196/199 von Keithley	4-5
4.3.3	Digital Multimeter Modelle 8840A/8842A von Fluke	4-5
4.4	RS-232-Betrieb	4-6
4.4.1	Senden und Empfangen von Daten	4-6
4.4.2	Wählen der Baud-Rate	4-6
4.4.3	Auswahl des Signal-Handshaking (Flußkontrolle)	4-7
4.4.4	Einstellung des End-Zeichens	4-8
4.4.5	RS-232-Anschluß	4-8

4.5	GPIB-Bus-Operation und Referenz	4-9
4.5.1	Einführung	4-9
4.5.2	GPIB-Bus-Standards	4-10
4.5.3	GPIB-Bus-Anschlüsse	4-10
4.5.4	Auswahl einer primären Adresse	4-12
4.5.5	Programmierung mit QuickBASIC 4.5	4-13
4.5.6	Allgemeine Bus-Befehle	4-15
4.5.7	GPIB-Operation über die Frontplatte	4-19

## **Anhang A: Spezifikationen** **A-1**

DC Charakteristiken	A-2
Berechnungen zur Genauigkeit	A-8
Optimierung der Meßgenauigkeit	A-11
Optimierung der Meßgeschwindigkeit	A-12



**1**

# **Allgemeine Informationen**

### 1.1 Einleitung

Dieses Kapitel enthält allgemeine Informationen über das Multimeter 2000. Es ist wie folgt gegliedert:

- 1.2 Merkmale
- 1.3 Garantiehinweise
- 1.4 Handbuchergänzungen
- 1.5 Sicherheitssymbole und -hinweise
- 1.6 Spezifikationen
- 1.7 Auspacken und Überprüfen
- 1.8 Optionen und Zubehör

Wenn Sie nach der Durchsicht dieses Handbuchs noch Fragen haben sollten, so setzen Sie sich bitte mit Ihrer Keithley Instruments-Niederlassung in Verbindung.

### 1.2 Merkmale

Das Multimeter 2000 ist ein Hochgeschwindigkeits-Multimeter mit  $6\frac{1}{2}$  Stellen. Es besitzt eine 90 Tage-Grundgenauigkeit von 0,002 % im Gleichspannungsbereich und 0,008 % im Widerstandsbereich. Das Multimeter liefert über den IEEE-488-Bus bis zu 50 getriggerte Meßwerte mit  $6\frac{1}{2}$  Stellen pro Sekunde. Diese Geschwindigkeit wird auf bis zu 200 Meßwerten mit  $4\frac{1}{2}$  Stellen gesteigert, wenn die Meßwerte in den internen Speicher geschrieben werden. Darüber hinaus besitzt das Multimeter 2000 große Meßbereiche:

- Gleichspannung von 0,1  $\mu$ V bis 1000 V
- Wechselspannung (RMS) von 0,1  $\mu$ V bis 750 V, 1000 V Spitzenwert
- Gleichstrom von 10 nA bis 3 A
- Wechselstrom (RMS) von 1  $\mu$ A bis 3 A
- Zwei- und Vier-Draht-Widerstandsmessung von 100  $\mu\Omega$  bis 120 M $\Omega$
- Frequenz von 3 Hz bis 500 kHz
- Temperaturen (über Thermoelemente) von -200 °C bis +1372 °C

Zusätzliche erweiterte Funktionen des Multimeter 2000 sind:

- Weitere Meßfunktionen - Zusätzlich zu den vorher aufgeführten Funktionen verfügt das Multimeter 2000 über weitere Meßfunktionen wie Periodendauer, dB, dBm, Durchgangsprüfung, Testen von Dioden,  $mX+b$  und Prozent-Kalkulation.
- Umschalten (optional) - Als Umschalt-Erweiterungen steht die interne Umschalt-Karte, Modell 2000-SCAN (eine 10 Kanal Umschalt-Karte für allgemeine Aufgaben) und die Umschalt-Karte Modell 2001-TCSCAN (eine 9 Kanal Thermoelement-Karte mit Temperatur-Referenz) zur Verfügung. Zum externen Umschalten ist das Multimeter 2000 kompatibel mit den Meßstellenumschaltern Modell 7001 und Modell 7002.
- Programmiersprache und Schnittstelle zur Fernbedienung - Das Multimeter 2000 bietet drei Programmiersprachen zur Auswahl an: SCPI, Keithley Modell 196/199 und Fluke 8840A/8842A. Weiterhin existieren zwei Schnittstellen zur Fernbedienung: IEEE-488/GPIB und RS-232C.
- Meßwert- und Konfigurationsspeicher - Bis zu 1024 Meßwerte und zwei Konfigurationsprofile (ein hersteller- und ein benutzerdefiniertes) können gespeichert und wieder gelesen werden.
- Kalibrierung mit geschlossenem Gehäuse - Das Multimeter 2000 kann über die Frontplatte und über eine Schnittstelle kalibriert werden.

### 1.3 Garantiehinweise

Die Garantiebedingungen sind vorne in diesem Handbuch abgedruckt. Sollte an Ihrem Multimeter 2000 ein Garantiefall eintreten, setzen Sie sich bitte mit Ihrer Keithley Instruments-Niederlassung in Verbindung. Sollten Sie das Gerät zurückschicken, so füllen Sie bitte das Serviceformular vollständig aus, das Sie hinter dem Anhang im englischsprachigem „User's Manual“ finden.

### 1.4 Handbuchergänzungen

Alle Ergänzungen oder Änderungen bezüglich dieses Handbuchs oder des Gerätes sind gegebenenfalls als Beilagezettel beigefügt. Bitte beachten Sie diese Erweiterungen oder Änderungen an den entsprechenden Stellen in diesem Handbuch.

### 1.5 Sicherheitssymbole und -hinweise

Die folgenden Sicherheitssymbole und -hinweise sind auf Ihrem Multimeter 2000 zu finden und werden deshalb auch in diesem Handbuch verwendet:

Das Symbol  auf dem Instrument zeigt an, daß der Anwender zu diesem Thema die Betriebshinweise in diesem Handbuch lesen sollte.

Das Symbol  zeigt an, daß ein hohes Potential an den Anschlüssen anliegen kann. Hierbei sollten die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen beachten werden, um eine Gefährdung des Anwenders auszuschließen.

Die Kennzeichnung **WARNUNG** in diesem Handbuch beschreibt Gefahrenquellen, die leibliche Schäden oder den Tod von Personen zur Folge haben können. Lesen Sie die entsprechenden Informationen in diesem Handbuch besonders sorgfältig, bevor Sie einen Arbeitsschritt durchführen, der mit diesem Warnhinweis gekennzeichnet ist.

Die Kennzeichnung **VORSICHT** in diesem Handbuch beschreibt Gefahrenquellen, die Schäden am Gerät hervorrufen können. Auftretende Schäden dieser Art sind von der Garantie ausgeschlossen.

### 1.6 Auspacken und Überprüfen

Das Multimeter 2000 wurde vor dem Versand sowohl elektrisch als auch mechanisch sorgfältig geprüft. Nach dem Auspacken überprüfen Sie den Lieferumfang auf offensichtliche Anzeichen mechanischer Beschädigungen, die auf dem Transportweg aufgetreten sein könnten. **Wichtig:** Melden Sie sämtliche Schäden sofort dem Transportunternehmen, da nur bei sofortiger Reklamation die Transportversicherung für die aufgetretenen Schäden aufkommt. **Anmerkung:** Auf der Displayabdeckung kann sich eine durchsichtige Folie befinden. Diese Folie dient dem Kratzschutz und kann von Ihnen entfernt werden. Heben Sie für spätere (Transport-) Zwecke die Originalverpackung sorgfältig auf. Zum Lieferumfang des Multimeter 2000 gehören folgende Teile:

- Multimeter 2000 inklusive Netzkabel.
- Meßleitungen Modell 1751
- Dieses deutsche Handbuch und die englischsprachigen Handbücher „User’s Manual“ und „Modell 2000 Calibration Manual“.

- Eine Diskette mit TestPoint Run-Time-Applikationen, TestPoint Libraries für GPIB- und RS-232C-Kommunikation und QuickBaisc-Programmbeispiele.
- Bestelltes Zubehör.

Sollten Sie weitere Handbücher benötigen, so setzen Sie sich mit Ihrer Keithley Instruments-Niederlassung in Verbindung.

## 1.7 Optionen und Zubehör

Für das Multimeter 2000 können bei Keithley folgende Optionen und Zubehörteile bestellt werden:

### 1.7.1 Umschalt-Karten

**Modell 2000-SCAN:** Dies ist eine 10-Kanal Meßstellenumschalter-Karte für den Einbau in das Multimeter 2000. Alle Kanäle sind für 2-poligen und für 4-poligen Betrieb konfigurierbar. Mitgeliefert werden zwei Kabelsätze zum Anschluß an die rückseitigen Eingänge des Multimeter 2000 (Keithley-Teile Nr.: CA-109).

**Modell 2001-TCSCAN:** Dies ist eine Thermoelemente-Karte für den Einbau in das Multimeter 2000. Sie stellt neun analoge Kanäle für höchstgenaue Messungen mit hoher Umschaltgeschwindigkeit zur Verfügung. Eine eingebaute Temperaturreferenz erlaubt kaltstellenkompensierte Mehrkanal-Temperaturmessungen über Thermolemente.

### 1.7.2 Meßspitzen für allgemeine Anwendungen

**Universal Meßkabelsatz Modell 1754:** Besteht aus zwei Meßkabeln (0,9 m), zwei Kabelschuhen, zwei Bananenstecker, zwei Haken und zwei Krokodilklemmen.

**Modulare Meßkabel Modell 8605:** Besteht aus zwei Hochspannungsfesten (1000 V) Meßkabeln. Die Meßkabel besitzen abgeschirmte Bananenstecker.

**Modularer Meßkabelsatz Modell 8606:** Besteht aus zwei Kabelschuhen, zwei Krokodilklemmen und zwei Haken. (Die Kabelschuhe und die Krokodilklemmen sind bis 30 V RMS, 42,4 V Spitzenwert zu verwenden.) Diese Klemmen sind für den Gebrauch mit den Meßkabeln (je einen Bananenstecker am Ende) wie Modell 8605 gedacht.

Die folgenden Meßleitungen und -spitzen sind bis 30 V RMS, 42,4 V Spitzenwert zu verwenden:

**Meßkabelsatz mit Kelvin-Spitzen Modell 5805 und 5805-12:** Dieser Satz umfaßt zwei Meßkabel mit Kelvin-Spitzen und Bananensteckerabschluß. Dieser Satz ist für die 4-Pol-Messung von Widerständen gedacht. Das Kabel Modell 5805 hat eine Länge von 0,9 m, Modell 5805-12 hat eine Länge von 3,6 m.

**Meßkabelsatz mit Kelvin-Klemmen Modell 5806:** Dieser Satz umfaßt zwei Meßkabel mit Kelvin-Klemmen (0,9 m Länge) und Bananensteckerabschluß. Dieser Satz ist für die 4-Pol-Messung von Widerständen gedacht. Ein Satz von acht Ersatz-Gummibändern für das Modell 5806 ist unter der Keithley-Teile Nr.: GA-22 erhältlich.

**SMD-Kabelsatz Modell 8604:** Dieser Satz umfaßt zwei Meßkabel (0,9 m) mit abgeschirmten Bananensteckern. An jedem Ende befindet sich ein SMD-Clip.

### 1.7.3 Thermospannungsarme Meßspitzen

**Thermospannungsarmer Kurzschlußstecker Modell 8610:** Kurzschlußstecker mit 4 im Quadrat angeordneten Bananensteckern. Erlaubt den Kurzschluß aller Meßeingänge.

**Thermospannungsarme Anschlußkabel Modell 8611:** Besteht aus zwei thermospannungsarmen Meßkabeln (0,9 m) mit abgeschirmten Bananensteckern. Diese Meßspitzen verringern die bei anderen Testleitungen auftretenden Thermospannungen.

**Thermospannungsarme Anschlußkabel Modell 8612:** Besteht aus zwei thermospannungsarmen Meßkabeln (0,9 m) mit Kabelschuhen und abgeschirmten Bananensteckern. Diese Meßspitzen verringern die bei anderen Testleitungen auftretenden Thermospannungen.

## 1.7.4 Kabel und Adapter

**Geschirmtes GPIB-Kabel Modell 7008-100 und 7008-200:** Digitalkabel zum Anschluß des Multimeter 2000 an den GPIB-Bus mit abgeschirmten Leitungen und Steckern zur Verringerung von elektromagnetischen Störungen (EMI). Das Kabel Modell 7008-100 hat eine Länge von 1 m, das Modell 7008-200 hat eine Länge von 2 m.

**Trigger Link Kabel Modell 8501-1 und 8501-2:** Anschlußkabel zur Verbindung des Multimeter 2000 an ein anderes Gerät mit Trigger Link-Anschlüssen (z.B. Modell 7001 Switch System). Das Kabel Modell 8501-1 hat eine Länge von 1 m, das Modell 8501-2 hat eine Länge von 2 m.

**Trigger Link BNC Adapterbox Modell 8502:** Erlaubt den Anschluß eines Multimeter 2000 über Trigger Link an andere Geräte, die lediglich Standard BNC (In/Out)-Anschlüsse zur externen Triggerung besitzen.

**Trigger Link Kabel DIN nach BNC Modell 8503:** Erlaubt den Anschluß des Multimeter 2000 über Trigger Link Line 1 (Voltmeter Complete) oder 2 (External Trigger) an andere Meßgeräte mit BNC Trigger-Anschlüssen. Dieses Kabel ist 1 m lang.

## 1.7.5 Einbaurahmen

**19 Zoll Einbausatz, einfach Modell 4288-1:** Erlaubt den Einbau eines Multimeter 2000 in ein 19 Zoll Gehäuse.

**19 Zoll Einbausatz, doppelt Modell 4288-2:** Erlaubt den Einbau zweier Geräte (Modelle 182, 428, 486, 487, 2000, 2001, 2002, 6517, 7001) nebeneinander in ein 19 Zoll Gehäuse.

**19 Zoll Einbausatz, doppelt Modell 4288-3:** Erlaubt den Einbau eines Multimeter 2000 und eines Multimeter 199 nebeneinander in ein 19 Zoll Gehäuse.

**19 Zoll Einbausatz, doppelt Modell 4288-4:** Erlaubt den Einbau eines Multimeter 2000 und eines 5¼-Zoll Gerätes (Modelle 195A, 196, 220, 224, 230, 263, 595, 614, 617, 705, 740, 775, etc.) nebeneinander in ein 19 Zoll Gehäuse.

## 1.7.6 Tragetasche

**Tragetasche Modell 1050:** Gepolsterte Tragetasche für das Multimeter 2000, inklusive Tragegriffe und Schultergurt.



**2**

# **Inbetriebnahme**

## 2.1 Einleitung

Dieses Kapitel enthält einleitende Informationen über die Arbeit mit dem Multimeter 2000. Es ist wie folgt gegliedert:

- 2.2 **Beschreibung der Vorderseite** – Dieser Abschnitt enthält eine Abbildung des Geräts und beschreibt alle Tasten und Anschlüsse der Vorderseite und die verschiedenen Anzeigen des Geräts.
- 2.3 **Beschreibung der Rückseite** – Dieser Abschnitt enthält eine Abbildung des Geräts und beschreibt alle Anschlüsse der Rückseite.
- 2.4 **Einschalten** – In diesem Abschnitt erfahren Sie wie Sie das Multimeter 2000 an die Stromversorgung anschließen, wie Sie das Gerät einschalten, etwas über die Aufwärmphase und über die herstellerseitigen Voreinstellungen.
- 2.5 **Anzeige** – Dieser Abschnitt beschreibt das Format der Anzeige und die Meldungen, die während der Meßprozesse auf der Anzeige erscheinen können.
- 2.6 **Spannungsmessungen** – Dieser Abschnitt beschreibt den Anschluß des Meßgeräts zur Gleich- und Wechselspannungsmessung und Überlegungen zur Messung von sehr kleinen Spannungen.
- 2.7 **Strommessungen** – Dieser Abschnitt beschreibt den Anschluß des Meßgeräts zur Gleich- und Wechselstrommessung und den Austausch der Meßkreissicherung.
- 2.8 **Widerstandsmessungen** – Behandelt 2-Draht- und 4-Draht-Widerstandsmessungen und Überlegungen zur Abschirmung.
- 2.9 **Messungen von Frequenz und Periodendauer** – Dieser Abschnitt beschreibt den Anschluß des Geräts zur Messung von Frequenzen und der Periodendauer.
- 2.10 **Temperaturmessungen** – Dieser Abschnitt behandelt die Verwendung von Thermoelementen zur Messung von Temperaturen.
- 2.11 **Mathematische Funktionen** – Dieser Abschnitt schildert die Anwendung der mathematischen Funktionen wie  $mX+b$ , Prozent, dBm und dB auf einzelne Meßwerte.
- 2.12 **Durchgangsmessung** – Erklärt die Konfiguration und die Durchführung von Durchgangsmessungen.
- 2.13 **Diodentester** – Dieser Abschnitt beschreibt das Testen von herkömmlichen und Zener-Dioden.

## 2.2 Beschreibung der Vorderseite

Die Vorderseite des Multimeter 2000 ist in Abbildung 2.1 gezeigt. In der Abbildung finden Sie auch Informationen in Kurzform, die Sie vor Verwendung des Meßgeräts lesen sollten.

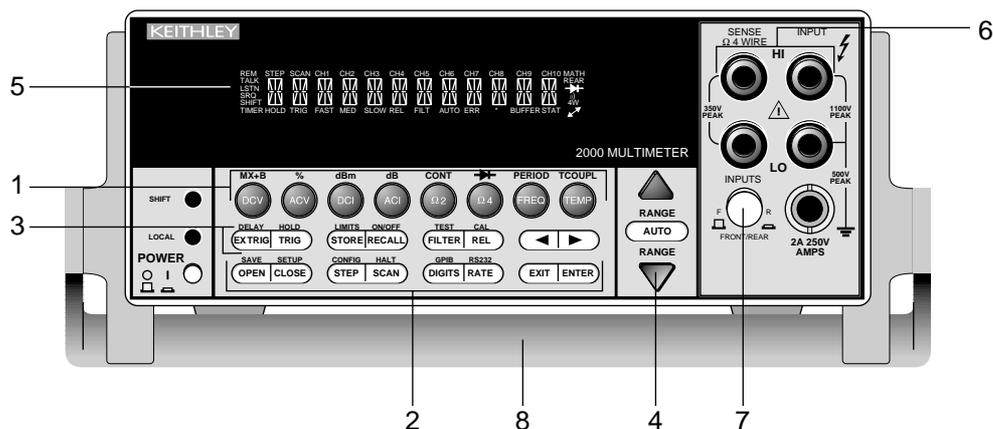


Abb. 2.1: Die Vorderseite des Multimeter 2000.

### 1 Funktionstasten (mit und ohne Shift-Funktion)

Wählt die Meßfunktion (Gleich- und Wechselspannung, Gleich- und Wechselstrom, 2-Draht- und 4-Draht-Widerstände, Frequenz, Periodendauer oder Temperatur mit Thermoelementen), die mathematische Funktion (mX+b, %, dBm oder dB) oder spezielle Funktionen (Durchgangsmessung oder Diodentest).

### 2 Operationstasten

- |          |  |
|----------|--|
| EXT TRIG | Wählt die externe Triggerung (über Frontplatte, Bus oder Trigger Link) als Trigger-Quelle.   |
| TRIG     | Startet die Messung.   |
| STORE    | Schaltet die Meßwertspeicherung ein.   |
| RECALL   | Zeigt die gespeicherten Meßwerte und die Speicherstatistik (Maximum, Minimum, Durchschnitt und Standardabweichung) an. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼ um innerhalb des Speichers zu blättern und die Tasten ◀ und ▶, um zwischen dem Meßwert und der Meßwertnummer umzuschalten. |
| FILTER   | Zeigt den Status des digitalen Filters für die aktuelle Funktion an und schaltet den Filter ein und aus.   |

REL	Schaltet die relative Messungen für die aktuelle Funktion ein und aus.
◀ und ▶	Wechselt zwischen Auswahlmöglichkeiten bei Funktionen und Operationen. Bei installierter Umschalt-Karte schalten diese Tasten zwischen den Kanälen um.
OPEN	Öffnet alle Kanäle der internen Umschalt-Karte und stoppt das Scannen.
CLOSE	Schließt den gewählten Kanal.
STEP	Schaltet auf den nächsten Kanal um und sendet nach dem Umschalten einen Trigger-Impuls.
SCAN	Scannt alle definierten Kanäle ab und sendet nach dem letzten Kanal einen Trigger-Impuls.
DIGITS	Stellt die Auflösung der Meßwerte ein.
RATE	Stellt die Meßgeschwindigkeit ein (fast, medium oder slow).
EXIT	Bricht eine Auswahl ab und kehrt zur Meßwertanzeige zurück.
ENTER	Bestätigt eine Auswahl, wechselt dann zur nächsten Auswahl oder kehrt zur Meßwertanzeige zurück.
SHIFT	Wählt bei mehrfach belegten Tasten die zweite Funktion (Shift-Funktion).
LOCAL	Schaltet den Remote-Modus (über IEEE-488-Bus) ab.

### 3 Funktionen die mit der SHIFT-Taste erreicht werden

DELAY	Definiert eine Wartezeit zwischen der Triggerung und der Messung.
HOLD	Hält den Meßwert fest, wenn eine gewählte Anzahl Messungen innerhalb eines definierten Toleranzbereiches liegen.
LIMITS	Setzt oberen und unteren Grenzwert für Meßwerte.
ON/OFF	Schaltet Grenzwerte ein und aus; Schaltet Signalton bei Grenzwertüber- und -unterschreitung ein und aus.
TEST	Führt Selbsttest des Geräts, Diagnosefunktionen und Selbsttest des Displays aus.
CAL	Leitet die Kalibrierung ein.
SAVE	Speichert die aktuelle Konfiguration als Einschalt-Voreinstellung.
SETUP	Stellt die herstellerseitigen oder anwenderspezifischen Voreinstellungen wieder her.
CONFIG	Definiert den ersten/letzten Umschalt-Kanal, den Timer und die Meßwertnummern für die Funktionen STEP/SCAN
HALT	Beendet die Funktionen STEP/SCAN
GPIB	Schaltet das GPIB-Interface (IEEE-488-Bus) ein/aus und wählt Adresse und Sprache.

RS232 Schaltet das RS-232-Interface ein/aus und wählt Baudrate, Datenflußkontrolle und Terminator.

#### 4 Bereichswahltasten

▲ Wechselt in den nächsthöheren Meßbereich, zur nächsten Auswahl oder erhöht eine Ziffernstelle.  
 ▼ Wechselt in den nächstniedrigeren Meßbereich, zur vorherigen Auswahl oder zählt um eine Ziffernstelle zurück.  
 AUTO Schaltet die automatische Meßbereichswahl ein/aus.

#### 5 Indikatoren

\* Meßwerte werden gespeichert.  
 Das Multimeter 2000 führt eine Diodentest-Funktion durch.  
 ))) Signalton für Durchgangsprüfung oder Grenzwertüberwachung eingeschaltet.  
 Zeigt an, daß weitere Auswahlen möglich sind.  
 4W Meßwert einer 4-Draht-Widerstandsmessung wird angezeigt.  
 AUTO Automatische Meßbereichswahl eingeschaltet  
 BUFFER Die gespeicherten Meßwerte werden angezeigt.  
 CH 1-10 Der angezeigte interne Kanal ist geschlossen.  
 ERR Der angezeigte Meßwert ist fragwürdig; ungültiger Kalibrierungsvorgang.  
 FAST Meßgeschwindigkeit „Schnell“ gewählt.  
 FILT Digitaler Filter eingeschaltet.  
 HOLD Das Meßgerät befindet sich im Hold-Modus.  
 LSTN Das Meßgerät befindet sich im „Listen“-Modus (über GPIB-Bus).  
 MATH Mathematische Funktion (mX+b, %, dBm oder dB) ist eingeschaltet.  
 MED Meßgeschwindigkeit „Mittel“ gewählt.  
 REAR Die Meßwerte werden von den Anschlüssen an der Rückseite aufgenommen.  
 REL Relative Meßwert-Anzeige.  
 REM Das Multimeter 2000 befindet sich im Remote-Modus „ Fernsteuermodus“ (über GPIB-Bus).  
 SCAN Das Meßgerät befindet sich im Scan-Modus (Meßwertumschaltung).  
 SHIFT Die Shift-Taste wurde gedrückt um bei einer mehrfach belegten Taste die Shift-Funktion zu wählen.  
 SLOW Meßgeschwindigkeit „Langsam“ gewählt.  
 SRQ Es wurde ein Service Request über den GPIB-Bus abgesetzt.  
 STAT Zeigt die statistischen Funktionen des Meßwertspeichers an.

STEP	Das Meßgerät befindet sich im Step-Modus (Meßwertumschaltung).
TALK	Das Meßgerät befindet sich im „Talk“-Modus (über GPIB-Bus).
TIMER	Zeitgesteuerte Meßwertumschaltung aktiv
TRIG	Zeigt an, daß externe Triggerung (über Frontplatte, Bus oder Trigger Link) eingeschaltet ist.

### 6 Anschlüsse

INPUT HI und LO	Diese Anschlüsse werden für Gleich- und Wechselspannungs- und für die 2-Draht-Widerstandsmessungen verwendet.
AMPS	Wird zusammen mit INPUT LO für Gleich- und Wechselstrommessungen verwendet. Enthält ebenfalls die Meßkreissicherung für Strommessungen (3 A, 250 V, flink, 5 x 20 mm).
SENSE $\Omega$ 4W HI und LO	Wird zusammen mit INPUT HI und LO für 4-Leiter-Widerstandsmessungen verwendet.

### 7 INPUTS

Mit diesem Schalter wählen Sie zwischen den Eingängen auf der Vorder- und auf der Rückseite.

### 8 Transportgriff

Ziehen Sie den Griff an den Gelenken etwas heraus und drehen ihn in die gewünschte Position.

## 2.3 Beschreibung der Rückseite

Die Rückseite des Multimeter 2000 ist in Abbildung 2.2 gezeigt. In der Abbildung finden Sie auch Informationen in Kurzform, die Sie vor Verwendung des Meßgeräts lesen sollten.

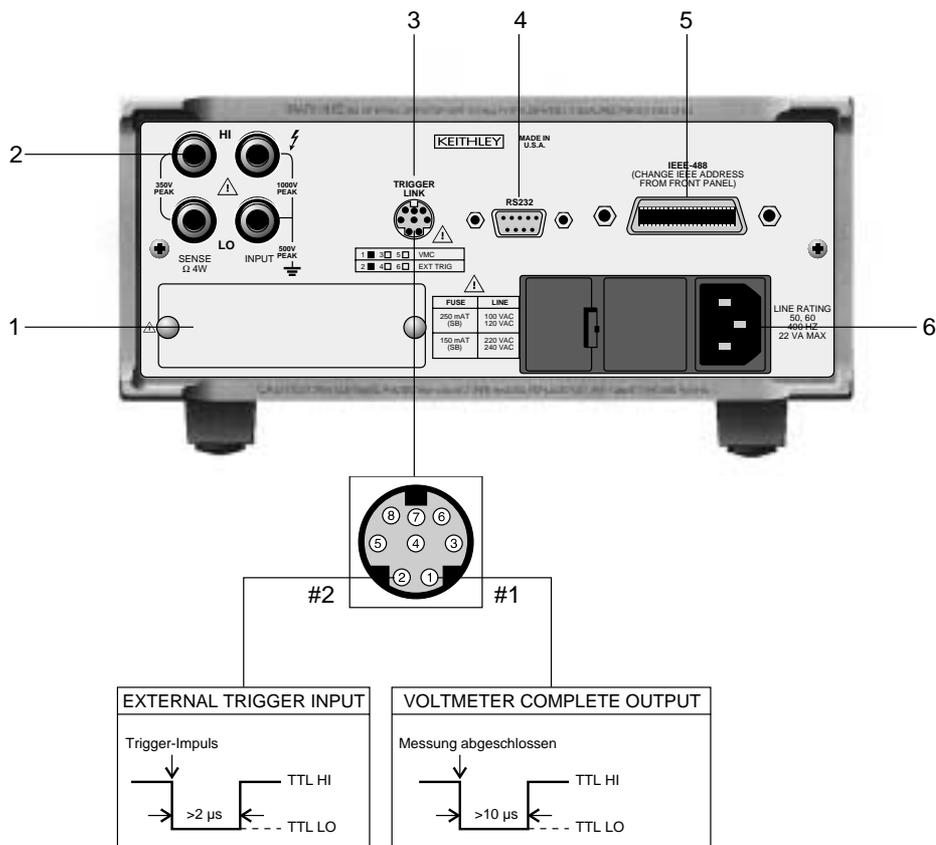


Abb. 2.2: Rückseite des Multimeter 2000.

## 1 Slot für Erweiterungskarte

In diesem Slot kann eine Umschalt-Karte (Modell 2000-SCAN oder 2001-TCSCAN) installiert werden.

## 2 Anschlüsse

**INPUT HI und LO** Diese Anschlüsse werden für Gleich- und Wechselspannungs- und für die 2-Draht-Widerstandsmessungen verwendet. Hier wird auch der Meßstellenumschalter angeschlossen.

**SENSE  $\Omega$ 4W HI und LO** Wird zusammen mit INPUT HI und LO für 4-Leiter-Widerstandsmessungen verwendet. Hier wird auch der Meßstellenumschalter angeschlossen.

### 3 Trigger Link

Ein 8 Pin Mini-DIN Anschluß zum Senden und Empfangen von Triggersignalen zu bzw. von anderen Geräten. Verwenden Sie dazu ein Trigger Link-Kabel Modell 8501-1, 8501-2, 8502 oder 8503.

### 4 RS-232

Serieller RS-232-Anschluß. Verwenden Sie zum Anschluß ein 1:1-Kabel mit DB-9-Anschlüssen (kein Nullmodem-Kabel).

### 5 IEEE-488 Anschluß

Verbindet das Multimeter 2000 mit dem IEEE-488- (GPIB-) Bus. Anmerkung: Nur abgeschirmte IEEE-488-Kabel wie Modell 7008-100 oder 7008-200 verwenden.

### 6 Netzanschluß

Enthält die Netzanschlußbuchse, die Netzsicherung und den Wahlschalter für die Eingangsspannung. Das Multimeter 2000 kann für 100 V / 120 V / 220 V / 240 V Wechselfspannung mit Frequenzen von 45 bis 66 Hz oder 360 bis 440 Hz konfiguriert werden.

## 2.4 Einschalten

### 2.4.1 Anschluß an die Netzspannung

Gehen Sie in der nachfolgend beschriebenen Reihenfolge vor, um das Multimeter 2000 an die Netzspannung anzuschließen:

1. Überprüfen Sie, ob die auf der Rückseite des Geräts gewählte Netzspannung (siehe dazu auch Abbildung 2.3) mit der Netzspannung in Ihrem Lokalbereich übereinstimmt. Falls nicht, lesen Sie bitte im Abschnitt „Einstellen der Netzspannung und Austauschen der Netzsicherung“ nach.

#### **ACHTUNG**

Der Betrieb des Multimeter 2000 mit einer falschen Netzspannungseinstellung kann das Gerät beschädigen und zum Verlust der Gewährleistung führen!

2. Bevor Sie das Gerät an die Netzspannung anschließen, stellen Sie sicher, daß der Netzschalter auf der Vorderseite des Geräts auf Off (0) steht.

3. Stecken Sie die Buchse des Netzkabels in den Netzanschluß auf der Rückseite des Multimeter 2000. Verbinden Sie nun das andere Ende des Netzkabels mit einer geerdeten Schutzkontaktsteckdose

### WARNUNG

Das mit dem Multimeter 2000 gelieferte Netzkabel besitzt einen einzelnen Schutzleiter. Bei korrektem Anschluß ist das Gehäuse des Meßgeräts über diesen Schutzleiter im Netzkabel mit dem Schutzleiter der Schutzkontaktsteckdose verbunden. Ein fehlerhafter Anschluß (zum Beispiel bei Verwendung von nicht geerdeten Steckdosen) kann zu Personenschäden und Tod durch elektrische Schläge führen!

4. Schalten Sie das Multimeter 2000 ein, indem Sie den Netzschalter auf der Vorderseite des Gerätes betätigen und damit in die Position On (1) bringen.

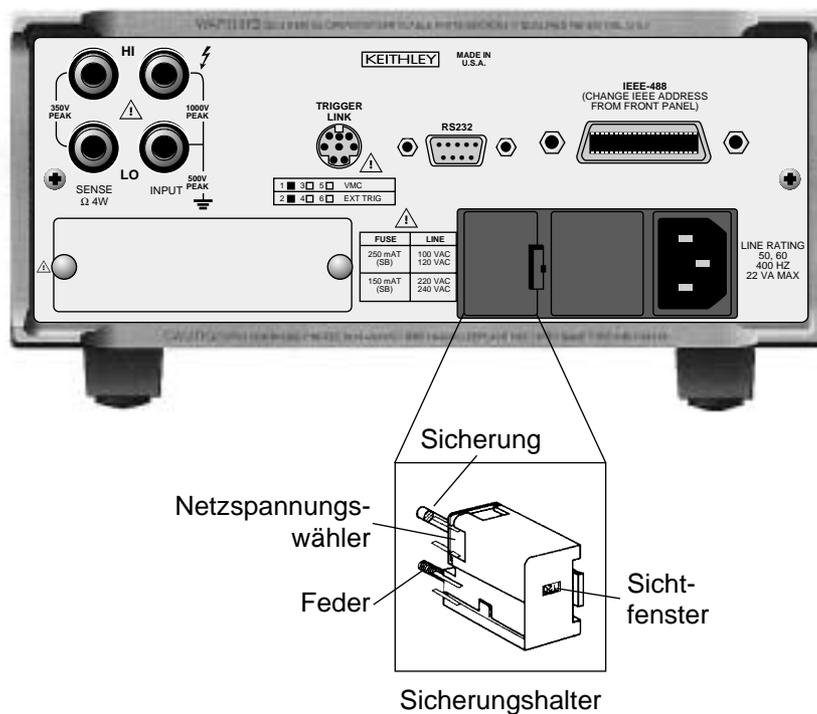


Abb. 2.3: Netzanschluß des Multimeter 2000.

## 2.4.2 Einstellen der Netzspannung und Austauschen der Netzsicherung

Eine Schmelzsicherung auf der Rückseite des Gerätes (neben dem Netzanschluß) schützt den Netzspannungseingang des Geräts. Sollten Sie die Netzspannungseinstellung verändern oder die Netzsicherung austauschen müssen, gehen Sie bitte wie folgt vor:

### WARNUNG

Stellen Sie sicher, daß das Gerät von der Netzspannung und von anderen Geräten getrennt ist, bevor Sie die Netzspannungseinstellung verändern oder die Sicherung austauschen!

1. Drücken Sie mit der Spitze eines Flachschaubenziehers auf die Raste des Netzspannungsmoduls und drücken diese leicht nach links. Wenn Sie den Schraubenzieher wegnehmen drückt eine Feder den Sicherungshalter heraus.
2. Ersetzen Sie die Netzsicherung durch eine neue mit in Tabelle 2.1 gezeigten Typ.

### ACHTUNG

Verwenden Sie ausschließlich Sicherungen des korrekten Typs zum Austausch, um das Gerät vor Schäden oder Brand zu schützen! Sollte das Meßgerät wiederholt die Sicherung zum Schmelzen bringen, suchen Sie zuerst die Ursache, bevor Sie eine neue Sicherung einsetzen. Im optionalen „Model 2000 Repair Manual“ können Sie Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung nachlesen.

3. Möchten Sie das Multimeter 2000 auf eine andere Netzspannung konfigurieren, so entfernen Sie aus dem Sicherungshalter den Stecker für die Netzspannungseinstellung und drehen ihn in die gewünschte Position. Wenn Sie diesen Stecker wieder einsetzen, erscheint die eingestellte Netzspannung auf dem Kopf stehend im kleinen Sichtfenster.
4. Stecken Sie den Sicherungshalter wieder in das Netzspannungsmodul bis er einrastet.

Netzspannung	Netzsicherung	Keithley P/N
100/120 V	0,25 A, träge, 5 x 20 mm	FU-96-4
220/240 V	0,125 A, träge, 5 x 20 mm	FU-91

Tab. 2.1: Mögliche Netzsicherungen.

### 2.4.3 Der Einschaltvorgang

Nach dem Einschalten führt das Multimeter 2000 einen Selbsttest für das EPROM und das RAM durch und läßt für einen Moment alle Segmente und Indikatoren des Displays aufleuchten. Falls dabei ein Fehler entdeckt wird, erscheint auf dem Display eine Fehlermeldung und der ERR-Indikator leuchtet auf. Anhang B des englischen „User's Manual“ enthält eine Aufstellung der möglichen Fehlermeldungen.

#### HINWEIS

Falls innerhalb der Gewährleistungsfrist ein Fehler auftreten sollte, schicken Sie es zur Überprüfung und ggf. Reparatur an die nächste Keithley Instruments Niederlassung.

Werden die Selbsttests erfolgreich durchgeführt, so wird die Version der Firmware auf dem Display angezeigt. Diese Anzeige sieht zum Beispiel wie folgt aus:

**REV: A01 A02**

wobei

A01 die ROM-Version der Hauptplatine und

A02 die ROM-Version der Display-Platine darstellt.

### 2.4.4 Sicherheitsvorkehrungen in Starkstromkreisen

Lesen Sie unbedingt die nachfolgenden Hinweise, um ein höchstes Maß an Sicherheit bei Messungen in Starkstromkreisen zu erreichen.

#### WARNUNG

Energiereiche und gefährliche Lichtbögen in Starkstromkreisen können Personenschäden oder Tod zur Folge haben. Wird das Multimeter mit Starkstromkreisen verbunden und in Strombereiche, kleine Widerstandsbereiche oder andere Bereiche mit geringer Impedanz geschaltet, ist der Meßkreis annähernd kurzgeschlossen. Es ist ebenso auf die Einhaltung von Sicherheitsabständen zwischen den Potentialen während der Spannungsmessung zu achten.

Verwenden Sie für Messungen in Starkstromkreisen nur Meßleitungen, die folgende Anforderungen erfüllen:

- Die Meßleitungen sollten vollständig isoliert sein.

- Verwenden Sie nur Meßleitungen, die über Krokodilklemmen oder Kabelschuhen berührungsfrei fest mit dem Meßkreis verbunden werden können.
- Verwenden Sie nur Meßleitungen mit ausreichendem Potentialabstand zum Schutz gegen Funkenbildung und Gefährdung.

Gehen Sie wie nachfolgend beschrieben vor, wenn Sie innerhalb von Starkstromkreisen Messungen durchführen:

1. Schalten Sie den Meßkreis spannungsfrei, in dem Sie den Hauptschalter betätigen oder auf andere Weise den Stromkreis unterbrechen.
2. Befestigen Sie die Meßleitungen an dem Meßkreis. Verwenden Sie dazu nur Meßleitungen, welche die entsprechenden Sicherheitsvorschriften erfüllen.
3. Stellen Sie am Multimeter die gewünschte Funktion und den gewünschten Meßbereich ein.
4. Setzen Sie den Meßkreis wieder unter Spannung und führen Ihre Messung durch, ohne das Multimeter vom Meßkreis zu trennen.
5. Schalten Sie nach Beendigung der Messung den Meßkreis nochmals spannungsfrei.
6. Entfernen Sie die Meßleitungen vom Meßkreis.

### **WARNUNG**

Die maximale Gleichtaktspannung (Spannung zwischen dem Eingang INPUT LO und dem Chassis) beträgt 500 V (Spitzenwert). Beim Überschreiten dieses Wertes ist die Isolation nicht ausreichend, das Gehäuse führt Spannung und bedeutet eine Gefahr für den Anwender.

## **2.4.5 Einschalt-Voreinstellungen**

Die Einschalt-Voreinstellungen sind die Einstellungen, die das Gerät besitzt, wenn es eingeschaltet wird. Das Multimeter 2000 besitzt zwei Möglichkeiten für die Einschalt-Voreinstellungen: Factory und User. Die Einschalt-Voreinstellungen sind die zuletzt gespeicherten Einstellungen. Mit den Tasten SELECT und SAVE können Sie die Einschalt-Voreinstellungen festlegen.

Gehen Sie wie folgt vor, um die aktuellen Einstellungen als User(Benutzer)-Konfiguration zu speichern:

1. Konfigurieren Sie das Multimeter 2000 nach Ihren Vorgaben.
2. Drücken Sie SHIFT und dann SAVE
3. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼ um YES oder NO auszuwählen, je nachdem ob Sie die Speicherung durchführen wollen oder nicht.
4. Drücken Sie die ENTER-Taste.

Gehen Sie wie folgt vor, um die FACTORY- oder USER-Konfiguration abzurufen:

1. Drücken Sie SHIFT und dann SETUP
2. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼ um FACTORY oder USER auszuwählen.
3. Drücken Sie die ENTER-Taste.

Alle Beispiele zu den Meßfunktionen in diesem Handbuch gehen von den herstellerseitigen Voreinstellungen (FACTORY) aus. Rufen Sie daher diese Einstellungen ab, wenn Sie die Beispiele Schritt für Schritt nachvollziehen möchten. In Tabelle 2.2 sind die herstellerseitigen Voreinstellungen aufgelistet.

<b>Einstellung</b>	<b>Herstellerseitige Voreinstellung</b>
Autozero	On
BufferNo effect	
Continuity	
Beeper	On
Digits	4½
Rate	Fast (0,1 PLC)
Threshold	10 W
Current (AC und DC)	
Digits (AC)	5½
Digits (DC)	6½
Filter	On
Count	10
Mode	Moving average
Range	Auto
Relative	Off
Value	0,0
Rate (AC)	Medium *
Rate (DC)	Medium (1 PLC)
Diode test	
Digits	6½

Einstellung	Herstellerseitige Voreinstellung
Range	1 mA
Rate	Medium (1 PLC)
Frequency and Period	
Digits	6½
Range	10 V
Relative	Off
Value	0,0
Rate	Slow (1 sec)
Function	DCV
GPIB No effect	
Address	16 (voreingestellt)
Language	SCPI (voreingestellt)
Limits	Off
Beeper	Never
High limit	+1
Low limit	-1
mX+b Off	
Scale factor	1,0
Offset	0,0
Percent	Off
Reference	1,0
Resistance (2-Draht und 4-Draht)	
Digits	6½
Filter	On
Count	10
Mode	Moving average
Range	Auto
Relative	Off
Value	0,0
Rate	Medium (1 PLC)
RS-232	Off
Baud	No effect
Flow	No effect
Tx term	No effect
Scanning	Off
Channels	1 – 10
Mode	Internal
Temperature	
Digits	5½
Filter	On
Count	10

Einstellung	Herstellerseitige Voreinstellung
Mode	Moving average
Junction	Simulated
Temperature	23 C
Relative	Off
Value	0,0
Rate	Medium (1 PLC)
Thermocouple	J
Units	C
Triggers	
Continuous	On
Delay	Auto
Source	Immediate
Voltage (AC und DC)	
dB reference	No effect
dBm reference	75 W
Digits (AC)	5½
Digits (DC)	6½
Filter	On
Count	10
Mode	Moving average
Range	Auto
Relative	Off
Value	0,0
Rate (AC)	Medium *
Rate (DC)	Medium (1 PLC)

\* = DETector: BANDwidth 30

Tab. 2.2: Herstellerseitige Voreinstellungen (FACTORY).

## 2.4.6 GPIB-Adresse

Die am Gerät eingestellte GPIB-Adresse muß mit der Adressierung in der Programmiersprache übereinstimmen. Die voreingestellte GPIB-Adresse des Multimeter 2000 ist 16. Sie können allerdings auch jede Adresse zwischen 0 und 30 einstellen. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

1. Drücken Sie die Tasten SHIFT und dann GPIB.
2. Wählen Sie mit den Tasten ▲ und ▼ den Menüpunkt ADDRess. Durch drücken der ENTER-Taste gelangen Sie auch automatisch zur Adressenauswahl.

3. Durch die Tasten ◀ und ▶ schalten Sie vom ADDRess-Menü auf die numerische Eingabe um.
4. Mit den Tasten ▲ und ▼ können Sie jetzt die gewünschte GPIB-Adresse einstellen.
5. Drücken Sie anschließend die ENTER-Taste.

Weitere Informationen zum Betrieb des Multimeter 2000 über den GPIB-Bus enthält Kapitel 4.

### 2.4.7 Aufwärmphase

Das Multimeter 2000 ist betriebsbereit, sobald der Einschaltvorgang (inklusive Selbsttest) abgeschlossen wurde. Um die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen, geben Sie dem eingeschalteten Meßgerät 1 Stunde Zeit zum Aufwärmen. Unterliegt das Multimeter 2000 extremen Temperaturschwankungen (z.B. nach Transport im Kfz) verlängern Sie die Zeit der Aufwärmphase entsprechend. So kann sich die Temperatur aller Baugruppen im Multimeter 2000 stabilisieren und das Meßgerät exakt arbeiten.

## 2.5 Anzeige

Die Anzeige (Display) des Multimeter 2000 stellt in der Regel die Meßwerte, die Einheiten und die Art der Messung dar. Weiterhin befinden sich Indikatoren oberhalb, unterhalb und rechts und links von den Meßwerten oder angezeigten Meldungen. Diese Indikatoren zeigen verschiedene Betriebszustände an. Abbildung 2.1 enthält eine komplette Auflistung der Indikatoren.

### 2.5.1 Status- und Fehlermeldungen

Status- und Fehlermeldungen werden kurzzeitig im Moment ihres Auftretens angezeigt. Beim Betrieb und bei der Programmierung des Multimeter 2000 werden eine Reihe von Meldungen auf dem Display angezeigt. Typische Status- und Fehlermeldungen sind im Anhang B des englischen „User's Manual“ aufgelistet.

## 2.6 Spannungsmessungen

Das Multimeter 2000 kann Gleichspannungsmessungen im Bereich von 0,1  $\mu\text{V}$  bis 1000 V und Wechselspannungsmessungen im Bereich von 0,1  $\mu\text{V}$  bis 750 V RMS, bzw. 1000 V Spitzenwert durchführen.

## 2.6.1 Anschlüsse

Ausgehend von den herstellerseitigen Voreinstellungen, gestaltet sich der Meßvorgang wie folgt:

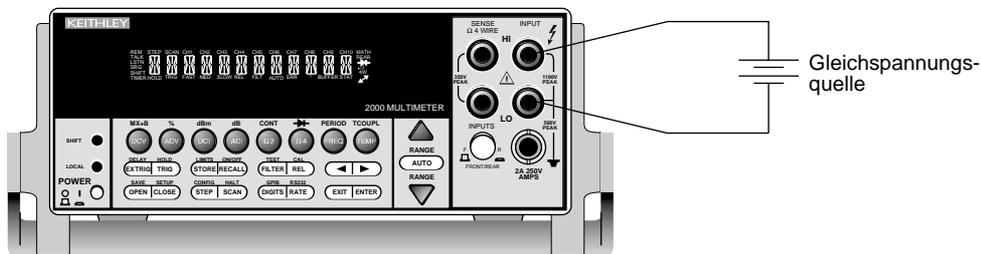
1. Verbinden Sie die Meßleitungen mit den Anschlüssen INPUT HI und LO. Sie können dabei die Anschlüsse auf der Vorder- oder Rückseite verwenden. Stellen Sie den INPUTS-Schalter in die richtige Position.
2. Wählen Sie die richtige Meßfunktion durch drücken der Taste DCV oder ACV aus.
3. Mit der Taste AUTO schalten Sie die automatische Meßbereichswahl ein. Der AUTO-Indikator in der Anzeige leuchtet dann auf. Möchten Sie den Meßbereich manuell wählen, verwenden Sie die Tasten RANGE ▲ und RANGE ▼, um den Meßbereich auf den erwarteten Spannungswert einzustellen.
4. Verbinden Sie die Meßleitungen mit der zu messenden Spannungsquelle wie in Abbildung 2.4 dargestellt.

### ACHTUNG

Geben Sie nie mehr als 1000 V (Spitzenwert) auf die Eingänge des Multimeter 2000! Das Gerät wird sonst beschädigt. Der Höchstwert der Eingangsspannung ergibt sich aus dem Produkt  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$ .

5. Beobachten Sie die Anzeige. Sollte die MELDUNG „OVERFLOW“ erscheinen, wählen Sie solange einen höheren Meßbereich, bis ein normaler Meßwert angezeigt wird. (Oder drücken Sie die AUTO-Taste für die automatische Meßbereichswahl.) Verwenden Sie den kleinstmöglichen Meßbereich, um die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen.
6. Lesen Sie den Meßwert von der Anzeige ab.

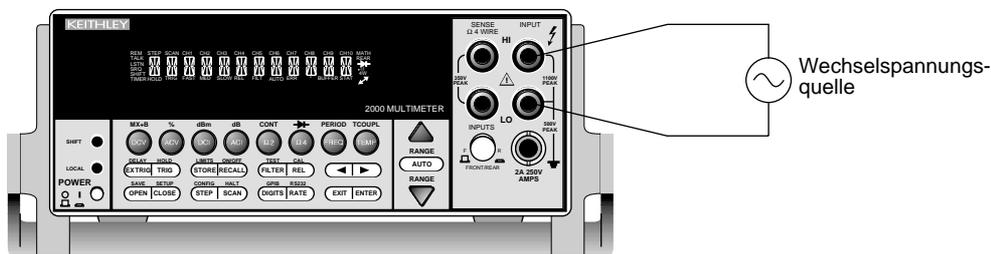
### Modell 2000



Eingangswiderstand = 10 MΩ im 1000 V- und 100 V-Meßbereich  
 > 10 GΩ im 10 V-, 1 V- und 100 mV-Meßbereich

**Achtung:** Maximale Eingangsspannung = 1000 V (Spitzenwert)

### Modell 2000



Eingangsimpedanz = 1 MΩ parallel zu < 100 pF

**Achtung:** Maximale Eingangsspannung = 750 V (RMS),  
 1000 V (Spitzenwert),  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$

Abb. 2.4: Gleich- und Wechselspannungsmessungen.

## 2.6.2 Crest-Faktor

Die Genauigkeit von Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen hängt vom Crest-Faktor (Scheitel-Faktor) der Kurvenform ab. Der Crest-Faktor gibt das Verhältnis des Spitzenwertes zum RMS(Effektiv)-Wert an. Tabelle 2.3 zeigt die gebräuchlichsten Frequenzen zusammen mit dem für genaue Messungen noch zulässigen Crest-Faktor.

Crest-Faktor	Frequenz
2	50 kHz
3	3 kHz
4 –5	1 kHz

Tab. 2.3: Grenzwerte des zulässigen Crest-Faktors.

### 2.6.3 Überlegungen bei kleinen Meßgrößen

Bei der Messung kleiner Größen bestimmen auch externe Gegebenheiten neben dem Multimeter 2000 die Genauigkeit. Nicht erkennbare Effekte beim Messen linearer Spannungen gewinnen im Microvolt-Bereich an Bedeutung. Da das Multimeter 2000 das Eingangssignal an dessen Eingangsklemmen verarbeitet, ist es wichtig, daß das Signal von der Quelle ohne Verfälschungen zum Meßgerät übertragen wird. Die folgenden Abschnitte beschreiben die äußeren Faktoren, die sich auf die Genauigkeit auswirken wie thermische Offsetspannungen und Störstrahlungen.

#### Abschirmung

Sehr große Wechselspannungen verglichen mit dem zu messenden Gleichspannungssignal rufen einen fehlerhaften Meßwert hervor. Um die Wechselspannungsinterferenzen zu minimieren, sollten die Meßleitungen abgeschirmt werden, wobei die Abschirmung mit dem Anschluß INPUT LO des Multimeters 2000 verbunden wird (speziell für kleine Meßgrößen). Eine fehlende oder falsche Abschirmung kann beim Multimeter 2000 folgende Auswirkungen haben:

- Unerwartete Offsetspannungen
- Widersprüchliche Meßwerte bei Wechsel des Meßbereichs
- Plötzliches „wandern“ der Meßwerte

Um den Einfluß von Störstrahlungen zu minimieren sollten Sie die Meßquelle und das Multimeter 2000 fern von starken Wechselstrom-Magnetfeldern halten. Die durch einen magnetischen Fluß induzierte Spannung ist proportional zur Kreisfläche, die durch die Meßleitungen gebildet wird. Sie sollten also die Kreisfläche der Meßleitungen minimieren und jedes Meßsignal an nur einem Punkt abgreifen.

#### Thermische EMFs

Thermische EMFs (thermoelektrische Potentiale) entstehen durch Temperaturunterschiede an elektrischen Verbindungen oder Kontaktstellen mit unterschiedlichen

Materialien (Metallen). Im Verhältnis zu den meßbaren Größen des Multimeter 2000 können diese unerwünschten Potentiale recht groß sein. Thermische EMFs können folgende Auswirkungen haben:

- Instabilität des Meßwerts oder verschobener Nullpunkt.
- Der Meßwert ist temperaturabhängig und reagiert entsprechend auf Temperaturschwankungen. Dieser Effekt kann durch Berühren des Meßkreises mit der Hand, oder durch Nahebringen einer Wärmequelle beobachtet werden. Der Meßwert reagiert auf äußere thermische Effekte wie Anspringen der Heizung, der Klimaanlage oder einfach auf Veränderung des einfallenden Sonnenlichts.

Um diesen Drifteffekt durch thermische EMFs zu minimieren, verwenden Sie Kupfermeßleitungen zum Anschluß des Meßkreises an das Multimeter 2000. Ein Bananenstecker erzeugt einige Mikrovolt. Eine Verbindung mit sauberen Kupfersteckern ist für diese Anwendung ideal. Je nach Bedarf können die Meßleitungen offen oder abgeschirmt sein. Lesen Sie dazu einen der vorherigen Abschnitte „Abschirmung“.

Starke Temperaturschwankungen innerhalb des Meßkreises können ebenfalls thermische EMFs begünstigen. Sie sollten deshalb beim Messen an größeren Systemen Temperaturschwankungen in einem Teil des Meßsystems verhindern. Ein über den Meßkreis gestülpter Karton kann Luftströme verringern und damit thermische EMFs herabsetzen.

Mit der REL-Funktion können Sie konstante Offsetspannungen aus der Messung eliminieren.

Beachten Sie, daß weitere thermische EMFs durch den optionalen Meßstellenumschalter (Steckkarte) hervorgerufen werden können.

### Offsetwechselspannung

Das Multimeter 2000 zeigt bei der Wechselspannungsmessung mit einer Auflösung von 5½ Stellen und bei kurzgeschlossenen Eingängen typischerweise 1,0 mV Offsetspannung an. Diese Offsetspannung wird von dem TRMS-Konverter hervorgerufen und beeinflußt spätere Meßgenauigkeiten in keinster Weise! Sie sollten diese Offsetspannung deshalb nicht mit der REL-Funktion auf Null setzen. Die folgende Gleichung zeigt wie die Offsetspannung ( $V_{\text{OFFSET}}$ ) zur Eingangsspannung ( $V_{\text{IN}}$ ) hinzuaddiert wird:

$$\text{Angezeigter Meßwert} = \sqrt{(V_{\text{IN}})^2 + (V_{\text{OFFSET}})^2}$$

Beispiel:    Meßbereich = 1 VAC  
               Offset = 1,0 mV  
               Eingang = 100 mV RMS

$$\begin{aligned} \text{Angezeigter Meßwert} &= \sqrt{(100\text{mV})^2 + (1,0\text{mV})^2} \\ &= \sqrt{(0,01\text{V}) + (1 \times 10^{-6})} \end{aligned}$$

Angezeigter Meßwert = 0,100005

Die Offsetspannung macht sich lediglich in der letzten Stelle (die nicht mehr angezeigt wird) bemerkbar. Somit kann der Offset vernachlässigt werden. Wenn Sie die REL-Funktion zum Nullen des Displays verwendet hätten, würden die 1,0 mV stets vom Meßwert abgezogen und so ständig für einen Fehler von 1,0 mV sorgen.

In Kapitel 3 „Meßoptionen“ finden Sie weitere Informationen zum Konfigurieren des Multimeter 2000 zur Messung von Gleich- und Wechselspannungen.

## 2.7 Strommessungen

Das Multimeter kann Gleichstrommessungen im Bereich von 10 nA bis 3 A und Wechselstrommessungen im Bereich von 1 µA bis 3 A RMS durchführen.

### HINWEIS

Beachten Sie besonders die Überlegungen zum Crest-Faktor, da er bei der Messung von Wechselspannung eine große Rolle spielt.

### 2.7.1 Anschlüsse

Ausgehend von den herstellerseitigen Voreinstellungen, gestaltet sich der Meßvorgang wie folgt:

1. Stecken Sie die Meßleitungen in die Anschlüsse AMPS und INPUT LO des Multimeter 2000. Dazu können Sie die Anschlüsse auf der Vorder- oder auf der Rückseite verwenden. Achten Sie dabei auf die richtige Position des INPUTS-Schalters (Frontseite).

2. Wählen Sie die richtige Meßfunktion mit der Taste DCI oder ACI.
3. Mit der Taste AUTO schalten Sie die automatische Meßbereichswahl ein. Der AUTO-Indikator in der Anzeige leuchtet dann auf. Möchten Sie den Meßbereich manuell wählen, verwenden Sie die Tasten RANGE ▲ und RANGE ▼, um den Meßbereich auf den erwarteten Stromwert einzustellen.
4. Verbinden Sie die Meßleitungen mit der zu messenden Stromquelle wie in Abbildung 2.5 dargestellt.

### ACHTUNG

Verwenden Sie den Meßeingang AMPS nur bis 3 A, 250 V, da sonst die Meßkreissicherung schmilzt.

5. Beobachten Sie die Anzeige. Sollte die MELDUNG „OVERFLOW“ erscheinen, wählen Sie solange einen höheren Meßbereich, bis ein normaler Meßwert angezeigt wird. (Oder drücken Sie die AUTO-Taste für die automatische Meßbereichswahl.) Verwenden Sie den kleinstmöglichen Meßbereich, um die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen.
6. Lesen Sie den Meßwert von der Anzeige ab.

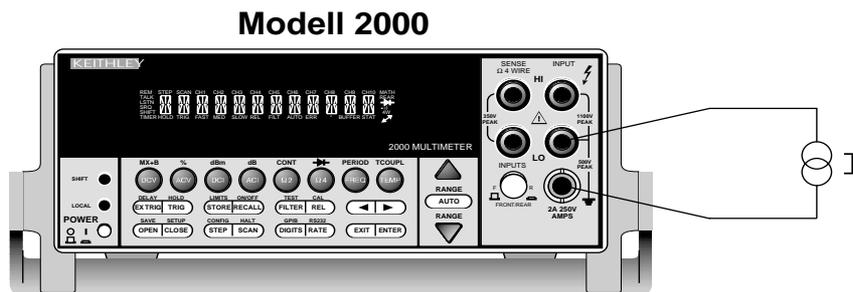


Abb. 2.5: Gleich- und Wechselstrommessungen.

## 2.7.2 Austausch der AMPS-Sicherung

### WARNUNG

Vergewissern Sie sich, daß das Meßgerät nicht an der Netzspannung oder an andere Geräte angeschlossen ist, bevor Sie die AMPS-Sicherung austauschen.

1. Schalten Sie das Meßgerät aus und trennen Sie die Verbindung zur Netzspannung und zum Meßkreis.
2. Drücken Sie bei der Sicherung auf der Vorderseite den Sicherungshalter mit Ihrem Daumen leicht nach innen und drehen ihn vorsichtig eine viertel Umdrehung entgegen dem Uhrzeigersinn. Wenn Sie Ihren Daumen nun wegnehmen, drückt eine eingebaute Feder den Sicherungshalter aus dem Gehäuse.
3. Entfernen Sie die defekte Sicherung und tauschen Sie gegen eine neue Sicherung gleichen Typs (3 A, 250 V, flink, 5 x 20 mm) aus. Die Keithley-Teile-Nr. für die Sicherung ist FU-99-1.

### ACHTUNG

Verwenden Sie niemals eine Sicherung höherer Stromstärke um Schäden am Gerät zu vermeiden. Sollte das Meßgerät wiederholt Sicherungen zum Schmelzen bringen, suchen Sie zuerst die Ursache, bevor Sie eine neue Sicherung einsetzen. Im englischen „Model 2000 Repair manual“ können Sie Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung nachlesen.

In Kapitel 3 „Meßoptionen“ finden Sie weitere Informationen zum Konfigurieren des Multimeter 2000 zur Messung von Gleich- und Wechselströmen.

## 2.8 Widerstandsmessungen

Das Multimeter 2000 kann 2-Draht- und 4-Draht-Widerstandsmessungen im Bereich von 100  $\mu\Omega$  bis 120 M $\Omega$  durchführen.

### 2.8.1 Anschlüsse

Ausgehend von den herstellerseitigen Voreinstellungen, gestaltet sich der Meßvorgang wie folgt:

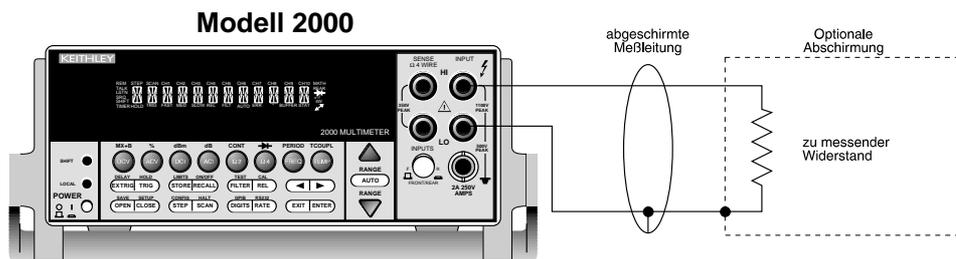
1. Stecken Sie wie folgt aufgeführt die Meßleitungen in die Eingänge des Multimeters 2000:
  - A. Für 2-Draht-Widerstände verwenden Sie die Eingänge INPUT HI und LO.
  - B. Für 4-Draht-Widerstände verwenden Sie die Eingänge INPUT HI und LO, sowie SENSE W4 WIRE HI und LO. Die Modelle 5805 und 5806 enthalten die benötigten Kelvin-Klemmen. Dazu können Sie wahlweise die Eingänge auf der Vorder- und auf der Rückseite verwenden; Sie müssen lediglich den INPUTS-Knopf in die richtige Stellung bringen.

2. Wählen Sie die richtige Meßfunktion mit den Tasten  $\Omega 2$  oder  $\Omega 4$ .
3. Mit der Taste AUTO schalten Sie die automatische Meßbereichswahl ein. Der AUTO-Indikator in der Anzeige leuchtet dann auf. Möchten Sie den Meßbereich manuell wählen, verwenden Sie die Tasten RANGE ▲ und RANGE ▼, um den Meßbereich auf den erwarteten Widerstandswert einzustellen.
4. Verbinden Sie die Meßleitungen wie in Abbildung 2.6 dargestellt mit dem zu messenden Widerstand.

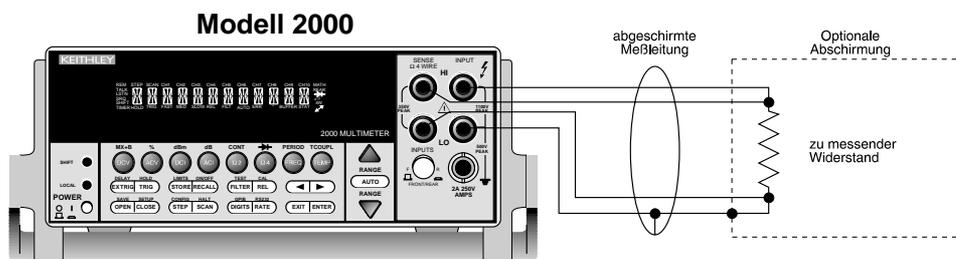
### ACHTUNG

Achten Sie darauf, daß die Spannung zwischen INPUT HI und LO nicht über 1000 V (Spitzenwert) ansteigt, sonst wird das Multimeter beschädigt.

5. Beobachten Sie die Anzeige. Sollte die MELDUNG „OVERFLOW“ erscheinen, wählen Sie solange einen höheren Meßbereich, bis ein normaler Meßwert angezeigt wird. (Oder drücken Sie die AUTO-Taste für die automatische Meßbereichswahl.) Verwenden Sie den kleinstmöglichen Meßbereich, um die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen.
6. Lesen Sie den Meßwert von der Anzeige ab.
5. Beobachten Sie die Anzeige. Sollte die MELDUNG „OVERFLOW“ erscheinen, wählen Sie solange einen höheren Meßbereich, bis ein normaler Meßwert angezeigt wird. (Oder drücken Sie die AUTO-Taste für die automatische Meßbereichswahl.) Verwenden Sie den kleinstmöglichen Meßbereich, um die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen.
6. Lesen Sie den Meßwert von der Anzeige ab.



**Hinweis:** Der Meßstrom fließt von INPUT HI nach INPUT LO



**Hinweis:** Der Meßstrom fließt von INPUT HI nach INPUT LO

*Abb. 2.6: 2-Draht- und 4-Draht-Widerstandsmessungen.*

## 2.8.2 Abschirmung

Sie sollten Widerstände größer  $100\text{ k}\Omega$  abschirmen, um stabile Meßwerte zu erhalten. Setzen Sie den zu messenden Widerstand in ein abgeschirmtes Gehäuse und verbinden das Gehäuse elektrisch mit dem Eingang INPUT LO des Multimeter 2000.

In Kapitel 3 „Meßoptionen“ finden Sie weitere Informationen zum Konfigurieren des Multimeter 2000 zur Messung von 2-Draht- und 4-Draht-Widerständen.

## 2.9 Messungen von Frequenz und Periodendauer

Das Multimeter 2000 kann Frequenzen im Bereich von 3 Hz bis 500 kHz bei Spannungsbereichen von 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V und 750 V durchführen. Messungen der Periodendauer können bei gleichen Spannungen im Bereich von  $2\ \mu\text{s}$  bis 333 ms durchgeführt werden.

Das Multimeter verwendet die Spannungseingänge zur Frequenzmessung. Der Wechselspannungsbereich kann mit den Tasten RANGE▲ und ▼ festgelegt werden. Die (frequenz-) zu messende Spannung muß größer als 10% des gewählten (Spannungs-) Meßbereichs sein.

### ACHTUNG

Die maximale Eingangsspannung wird durch das Produkt  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$  begrenzt!

## 2.9.1 Trigger Level

Bei Messungen der Frequenz und der Periodendauer wird der Nulldurchgang der Meßgröße zur Triggerung verwendet. Dies bedeutet, daß dann weitergezählt wird, wenn die Meßgröße die Nulllinie kreuzt. Das Multimeter 2000 verwendet eine reziproke Zähltechnik zur Messung von Frequenz und Periodendauer. Dieses Verfahren erzeugt eine einheitliche Auflösung für jede Eingangsfrequenz. Der Wechselspannungsmessungen durchführende Teil des Multimeter 2000 ist für die Verarbeitung des Eingangssignals verantwortlich.

## 2.9.2 Torzeit

Die Torzeit ist die Zeit, in der das Multimeter 2000 die Frequenz oder Periodendauer mißt, bevor dann daraus der richtige Einheitenwert (Hz bei Frequenz und s bei der Periodendauer) berechnet wird. Bei allen Werten für den Parameter RATE (FAST, MEDium oder SLOW) beträgt die Torzeit 1 Sekunde.

Das Multimeter 2000 beendet eine Frequenzmessung, beim ersten Nulldurchgang nachdem die Torzeit abgelaufen ist. Mit anderen Worten: Der Meßvorgang ist spätestens  $\frac{1}{2}$  Periode nach Ablauf der Torzeit beendet. Bei einer Torzeit von 1 s und einer zu messenden Frequenz von 3 Hz müssen Sie bis zu 3 s warten, bevor das Multimeter 2000 einen Meßwert liefert

## 2.9.3 Anschlüsse

Ausgehend von den herstellereitigen Voreinstellungen, gestaltet sich der Meßvorgang wie folgt:

1. Stecken Sie die Meßleitungen in die Anschlüsse mit den Bezeichnungen INPUT HI und LO. Dazu können die Anschlüsse auf der Frontplatte sowie auf der Rückseite verwendet werden. Der Schalter INPUTS muß in die richtige Position gebracht werden.

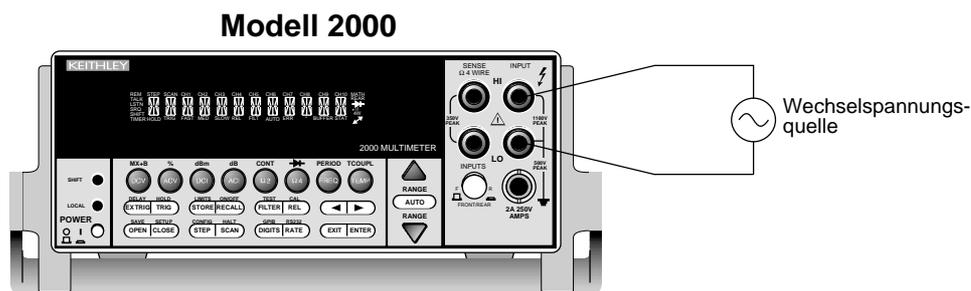
2. Wählen Sie die **FREQ-** oder die **PERIOD-**Funktion.
3. Verbinden Sie die Meßleitungen mit dem Meßkreis wie in Abbildung 2.7 gezeigt.

### ACHTUNG

Achten Sie darauf, daß die Spannung zwischen **INPUT HI** und **LO** nicht über 1000 V (Spitzenwert) ansteigt, sonst wird das Multimeter beschädigt.

4. Lesen Sie den Meßwert vom Display ab.

In Kapitel 3 „Meßoptionen“ finden Sie weitere Informationen zum Konfigurieren des Multimeter 2000 zur Messung von Frequenz und Periodendauer.



Eingangsimpedanz =  $1\text{ M}\Omega$  parallel zu  $< 100\text{ pF}$

**Achtung:** Maximale Eingangsspannung = 1000 V (Spitzenwert),  
 $8 \times 10^7\text{ V} \cdot \text{Hz}$

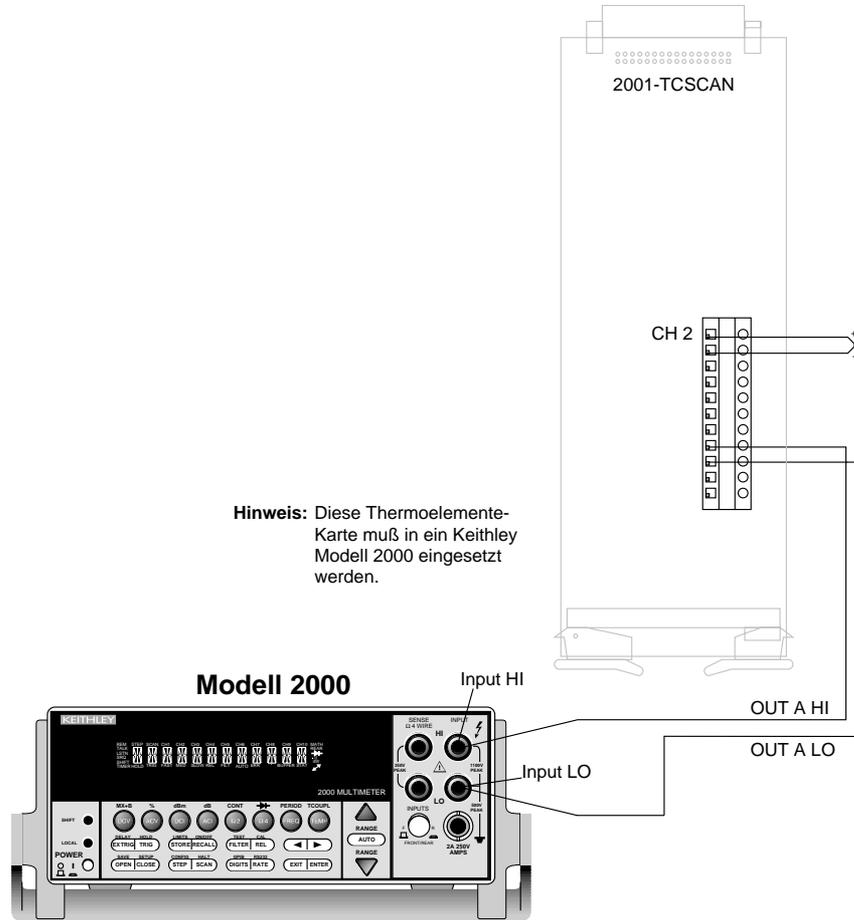
*Abb. 2.7: Messungen von Frequenz und Periodendauer.*

## 2.10 Temperaturmessungen

Das Multimeter 2000 mißt Temperaturen mit Hilfe von Thermoelementen. Die Temperatur-Meßbereiche hängen dabei von der Art der verwendeten Thermoelemente ab.

Die Thermoelemente können an die optionale Erweiterungskarte Modell 2001-TCSCAN (die im Erweiterungsschacht des Multimeter 2000 installiert wird) oder an externe Thermoelemente-Karten, wie die Modelle 7057A, 7402 oder 7014 angeschlossen werden. Externe Thermoelemente-Karten benötigen zum Beispiel einen Scanner der Modelle 7001/7002.

## 2.10.1 Anschlüsse



**Hinweis:** Die Eingänge der Vorder- und Rückseite können verwendet werden.

*Abb. 2.8: Temperaturmessungen mit Thermoelementen.*

## 2.10.2 Konfiguration

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfigurationsoptionen für Temperaturmessungen. Konfigurieren Sie die Messungen über Thermoelemente wie folgt:

Drücken Sie die Tasten SHIFT und TCOUPL. Daraufhin sind drei Möglichkeiten über die Tasten ▲ und ▼ anwählbar:

- UNITS – C, K, F (Grad Celsius, Kelvin und Fahrenheit). Dieser Parameter legt die Einheit für die angezeigten Meßwerte fest.
- TYPE – J, K, T (Art des Thermoelements).
- JUNC – SIM, CH1 (SIMuliert oder über Kanal 1). Normalerweise verwendet eine Thermoelemente-Karte einen Referenzpunkt. Das Multimeter 2000 kann diesen Referenzpunkt simulieren oder den „echten“ Referenzpunkt einer Meßstellenumschalter-Karte verwenden. Typische Temperaturen für Referenzpunkte sind 0 und 23 °C.

Eine simulierte Referenztemperatur ist die Temperatur des Punktes, bei der die Thermoelemente-Spannung erzeugt wird. Es ist die Raumtemperatur, sofern das Thermoelement über Bananenstecker korrekt an das Multimeter 2000 angeschlossen ist. Die Genauigkeit von Temperaturmessungen hängt von der Genauigkeit des Referenzpunkts ab.

## 2.11 Mathematische Funktionen

Die mathematischen Funktionen des Multimeter 2000 sind in vier Kategorien unterteilt:

- $mX+b$  und Prozent
- Berechnungen von dBm und dB
- Statistische Funktionen der gespeicherten Meßwerte
- Prüfen auf Grenzwerte

Die ersten beiden Kategorien werden an dieser Stelle behandelt. Die anderen beiden Kategorien – Statistische Funktionen der gespeicherten Meßwerte und das Prüfen auf Grenzwertüberschreitung – werden im Kapitel 3 „Meßoptionen“ beschrieben.

Die Prozedur, eine mathematische Funktion auszuwählen und zu konfigurieren, kann wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Drücken Sie SHIFT und anschließend die Taste der gewünschten mathematischen Funktion.
2. Konfigurieren Sie die Parameter für die gewählte mathematische Funktion. Drücken Sie danach die ENTER-Taste. (Mit SHIFT und der entsprechenden Taste für die gewählte mathematische Funktion können Sie diese wieder ausschalten.)

### HINWEISE

Haben Sie die mathematischen Berechnungen  $mX+b$  und Prozent für eine Meßfunktion eingeschaltet, bleiben sie auch aktiv, wenn Sie die Meßfunktion umschalten.

Das Multimeter 2000 verwendet bei mathematischen Berechnungen das IEEE-754- Fließkommaformat.

#### 2.11.1 $mX+b$

Diese mathematische Funktion erlaubt Ihnen, den angezeigten Meßwert (X) nach folgender Formel zu verändern:

$$Y = mX + b$$

wobei: „X“ der Meßwert

„m“ und „b“ die anwenderspezifischen Konstanten für Skalierfaktor und Offset sind.

„Y“ das angezeigte Ergebnis ist.

#### Konfiguration

Gehen Sie wie folgt vor, um eine  $mX+b$ -Berechnung zu konfigurieren:

1. Drücken Sie SHIFT und anschließend MX+B um den aktuellen Skalierfaktor anzeigen zu lassen:

**M: +1.000000 ^**

2. Geben Sie einen Wert und eine Einheit ein. Verwenden Sie dabei die Tasten ◀ und ▶, um die Dezimalstelle auszuwählen und die Tasten ▲ und ▼, um die gewählte Stelle zu verändern.

3. Drücken Sie die ENTER-Taste, um den „M“-Wert zu bestätigen und den „B“-Wert anzuzeigen:

**B: +00.00000 m**

4. Geben Sie auch hier (wie unter Punkt 2 beschrieben) einen Wert und eine Einheit ein.
5. Drücken Sie die ENTER-Taste, um den „B“-Wert zu bestätigen und die UNITS-Bezeichnung anzuzeigen:

**MXB**

6. Ändern Sie die Einheit gemäß Ihren Anforderungen ab und drücken anschließend die ENTER-Taste.

Das Multimeter 2000 zeigt nun das Ergebnis der mathematischen Berechnung an.

### 2.11.2 Prozent

Bei der prozentualen Berechnung können Sie einen Referenzwert für die gemessene Eingangsgröße vereinbaren. Das Multimeter 2000 zeigt von nun an die prozentuale Abweichung des Meßwerts vom eingestellten Referenzwert an. Die prozentuale Berechnung wird nach folgender Formel vorgenommen:

$$\text{Prozent} = \frac{\text{Meßwert} - \text{Referenz}}{\text{Meßwert}} \times 100\%$$

wobei: „Meßwert“ die unveränderte Eingangsgröße  
„Referenz“ die anwenderspezifische Konstante  
„Prozent“ das angezeigte Ergebnis ist

### Konfiguration

Gehen Sie wie folgt vor, um eine prozentuale Berechnung durchzuführen:

1. Drücken Sie SHIFT und anschließend die %-Taste, um den aktuell eingestellten Referenzwert anzuzeigen:

**REF: +1.000000^**

2. Geben Sie ein Vorzeichen, einen Referenzwert und eine Einheit ein. Verwenden Sie dabei die Tasten ◀ und ▶, um die Dezimalstelle auszuwählen und die Tasten ▲ und ▼, um die gewählte Stelle zu verändern.
3. Drücken Sie die ENTER-Taste.

Das Multimeter 2000 zeigt nun das Ergebnis dieser Berechnung an. Das Ergebnis ist positiv, wenn der Meßwert den Referenzwert übersteigt und negativ, wenn der Meßwert kleiner als der Referenzwert ist. Maßeinheiten werden im Wertebereich von 1 Nano bis 1000 Giga verwendet. Außerhalb dieses Bereiches wird die exponentielle Schreibweise verwendet.

### 2.11.3 dBm-Berechnung

Die Funktion dBm ist definiert als Dezibel unter bzw. über einer Referenz von 1 mW. Das Multimeter 2000 zeigt 0 dBm an, wenn die gemessene Spannung in einer vom Anwender programmierbaren Referenzimpedanz eine Verlustleistung von 1 mW erzeugt. Die Beziehung zwischen dBm, der Referenzimpedanz und der gemessenen Spannung ist in folgender Formel dargestellt:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{\left( V_{\text{IN}}^2 / Z_{\text{REF}} \right)}{1 \text{mW}}$$

wobei:  $V_{\text{IN}}$  das gemessene Gleich- oder Wechselspannungssignal  
 $Z_{\text{REF}}$  die vom Anwender festgelegte Referenzimpedanz ist.

#### HINWEIS

Verwechseln Sie Referenzimpedanz nicht mit Eingangsimpedanz. Die Eingangsimpedanz des Multimeter 2000 wird durch den dBm-Parameter nicht verändert.

Wenn die REL-Funktion zum Zeitpunkt der dBm-Konfiguration aktiv ist, wird bei den Messungen zuerst der dBm-Wert erzeugt und dann der REL-Wert berücksichtigt. Wenn REL nach der dBm-Konfiguration gewählt, dann wird zuerst der relative (REL-) Meßwert und damit der dBm-Wert gebildet.

#### Konfiguration

Gehen Sie wie folgt vor, um die Referenzimpedanz einzustellen:

1. Nach der Auswahl von dBm wird die aktuelle Referenzimpedanz angezeigt (1 – 9999  $\Omega$ ):

**REF: 0000**

2. Um die Referenzimpedanz zu verändern, wählen Sie mit den Tasten ◀ und ▶ die Dezimalstelle aus und verändern mit den Tasten ▲ und ▼ die gewählte Stelle. Denken Sie daran, nach der Änderung die ENTER-Taste zu betätigen.

#### HINWEISE

Die dBm-Funktion ist bei positiven und negativen Gleichspannungen möglich.

Die  $mX+b$ - oder Prozent-Funktion wird nach der dBm- oder dB-Berechnung durchgeführt. Dazu ein Beispiel: Ist bei der  $mX+b$ -Funktion  $m=10$  und  $b=0$ , wird bei einem Meßwert von 1 VDC auf dem Display 10.000 MXB angezeigt. Ist zusätzlich die dBm-Funktion eingeschaltet und eine Referenzimpedanz  $Z_{REF} = 50\Omega$ , dann wird auf dem Display 130MXB angezeigt.

### 2.11.3 dB-Berechnung

Die Angabe von Gleich- oder Wechselspannungswerten in dB ermöglicht es, Werte eines großen Bereiches in einem kleinen Zahlenbereich unterzubringen. Die Beziehung zwischen dB und Volt ist durch die folgende Gleichung festgelegt:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

wobei:  $V_{IN}$  das Gleich- oder Wechselspannungs-Eingangssignal  
 $V_{REF}$  der festgelegte Spannungsreferenzwert ist

Das Meßgerät zeigt 0 dB an, wenn der gemessene Spannungswert gleich dem festgelegten Referenzwert ist.

Wenn die REL-Funktion zum Zeitpunkt der dB-Konfiguration aktiv ist, wird bei den Messungen zuerst der dB-Wert erzeugt und dann der REL-Wert berücksichtigt. Wird REL nach der dB-Konfiguration gewählt, dann wird zuerst der relative (REL-) Meßwert und damit der dB-Wert gebildet.

## Konfiguration

Gehen Sie wie folgt vor, um die Referenzspannung einzustellen:

1. Nach der Auswahl von dB wird die aktuelle Referenzspannung angezeigt:

**REF: 0.000000**

2. Um die Referenzspannung zu verändern, wählen Sie mit den Tasten ◀ und ▶ die Dezimalstelle aus und verändern mit den Tasten ▲ und ▼ die gewählte Stelle. Denken Sie daran, nach der Änderung die ENTER-Taste zu betätigen.



## 2.12.2 Widerstandsschwellwert

Sie können als Schwellwert einen Widerstand im Bereich von  $1\ \Omega$  –  $1000\ \Omega$  festlegen. Die herstellerseitige Voreinstellung ist  $10\ \Omega$ . Gehen Sie wie folgt vor, um einen Widerstandsschwellwert festzulegen:

1. Drücken Sie die Tasten SHIFT und CONT.
2. Um den angezeigten Widerstandsschwellwert zu verändern, wählen Sie mit den Tasten ◀ und ▶ die Dezimalstelle aus und verändern mit den Tasten ▲ und ▼ die gewählte Stelle. Geben Sie einen Wert im Bereich von 1 bis 1000 an.
3. Drücken Sie die ENTER-Taste, um Ihre Änderungen zu bestätigen.

## 2.13 Diodentest

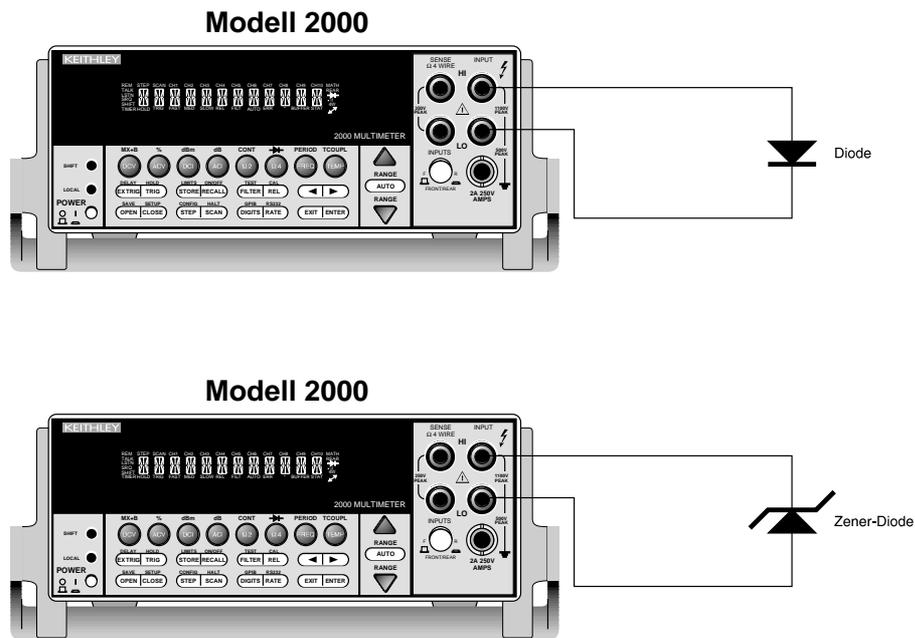
Mit dem Multimeter 2000 können Sie den Spannungsabfall einer Diode in Durchlassrichtung und die Zenerspannung einer Zenerdiode messen. Um Dioden zu testen, drücken SHIFT und , definieren den Bereich des Teststroms, schließen die Diode an das Multimeter 2000 an und lesen den Meßwert vom Display ab.

### HINWEIS

Die Diodentest-Funktion verwendet die (nicht veränderbare) Meßgeschwindigkeit MEDium (1 PLC).

### 2.13.1 Anschlüsse

Schließen Sie die zu testende Diode an die Eingänge INPUT HI und LO des Multimeter 2000 an. Der Teststrom fließt vom Eingang INPUT HI zum Eingang INPUT LO, wie in der Abbildung 2.10 angegeben.



**Hinweis:** Der Meßstrom fließt von INPUT HI nach INPUT LO

*Abb. 2.10: Testen von Dioden*

## 2.13.2 Meßbereich

Sie können den Bereich des Teststroms von der Frontplatte aus einstellen. Mögliche Bereiche sind 1 mA, 100  $\mu$ A und 10  $\mu$ A. Die herstellereitige Voreinstellung ist 1 mA. Um den Teststrom zu verändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie SHIFT und  $\square$ .
2. Wählen Sie mit den Tasten  $\blacktriangle$  und  $\blacktriangledown$  einen der drei Teststrombereiche aus.

Die Diodentest-Funktion verwendet den 3 V-Meßbereich bei 1 mA Teststrom und den 10 V-Meßbereich bei den Testströmen 100  $\mu$ A und 10  $\mu$ A. Liegt der Meßwert höher als 10 V, zeigt das Multimeter 2000 die Meldung OVERFLOW an.

**3**

# **Meßoptionen**

### 3.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt die Bedienung des Multimeter 2000 über die Frontplatte. Meßoptionen, die Sie im Remote-Modus erreichen können, werden in Kapitel 4 „Remote-Modus“ und in Kapitel 4 und 5 des englischen „User’s Manual“ behandelt. Dieses Kapitel ist wie folgt gegliedert:

- Konfiguration der Meßfunktionen – Beschreibt Meßbereiche, Filterung, relative Meßwertbildung, Auflösung und Meßgeschwindigkeit.
- Triggerung – Anhand eines Trigger-Modells werden Triggerarten und -quellen erklärt.
- Meßwertspeicherung – Beschreibt das Speichern von Meßwerten und die Ausgabe statischer Funktionen.
- Grenzwertprüfung – Behandelt das Setzen von Grenzwerten und die Prüfung von Meßwerten auf diese Grenzwerte.
- Meßstellenumschaltung – Dieser Abschnitt beschreibt die Möglichkeiten der internen und externen Meßstellenumschaltung.
- Systemfunktionen – Enthält Details zum Speichern und Laden des Setups, zur Wahl des Remote-Interfaces und zu Test- und Kalibrierungsfunktionen.

### 3.2 Konfiguration der Meßfunktionen

Der folgende Teil beschreibt die Konfiguration des Multimeter 2000 für die Durchführung der verschiedenen Meßfunktionen. In Anhang A finden Sie weitere Informationen, um das Meßgerät für höchste Genauigkeit oder größte Meßgeschwindigkeit zu konfigurieren.

#### 3.2.1 Meßbereich

Der gewählte Meßbereich beeinflusst bei Messungen sowohl die Anzahl der Dezimalstellen und damit die Genauigkeit der Messung, sowie den Maximalwert der zu messenden Größe. Der Meßbereich (automatisch oder von Hand gewählt) wird für jede Meßfunktion gespeichert, wenn Sie die Funktion umschalten.

### Größte Meßwerte

Die größtmöglichen Meßwerte in jedem Meßbereich liegen 20 % über dem gewählten Meßbereich, ausgenommen bei den Meßbereichen 1000 VDC, 750 VAC, 3 ADC, 3 AAC und den Meßbereichen zum Testen von Dioden. Höhere Meßwerte führen zur Anzeige „OVERFLOW“ im Display.

### Manuelle Meßbereichswahl

Drücken Sie einfach die Tasten RANGE ▲ und ▼, um einen manuellen Meßbereich zu wählen. Das Multimeter 2000 wechselt pro Tastendruck einen Meßbereich nach oben oder unten. Der gewählte Meßbereich wird für eine Sekunde auf dem Display angezeigt.

### Automatische Meßbereichswahl

Mit der Taste AUTO schalten Sie die automatische Meßbereichswahl ein. Wenn eingeschaltet, leuchtet der AUTO-Indikator im Display auf. Die automatische Meßbereichswahl stellt immer den optimalen Meßbereich für das anliegende Eingangssignal ein. Sie sollten die automatische Meßbereichswahl ausschalten, wenn die maximale Meßgeschwindigkeit gefordert ist.

Beachten Sie, daß das Multimeter 2000 in den nächsthöheren Meßbereich schaltet, wenn das Eingangssignal 120 % des aktuellen Meßbereichs überschreitet. In den nächstniedrigeren Meßbereich schaltet es, wenn das Eingangssignal 10 % des aktuellen Meßbereichs unterschreitet.

Um die automatische Meßbereichswahl auszuschalten, drücken Sie die AUTO-Taste oder einer der Tasten RANGE ▲ oder ▼. Bei der AUTO-Taste verbleibt das Multimeter 2000 dabei im aktuellen Meßbereich.

Die AUTO-Taste hat keinerlei Auswirkungen bei Temperaturmessungen, Durchgangsprüfung und Diodentestfunktionen.

### 3.2.2 Filter

Durch die Filter-Funktion können Sie verrauschte Meßwerte stabilisieren. Das Multimeter 2000 verwendet einen auf konvertierten Meßwerten basierenden, digitalen Filter. Der angezeigte, gespeicherte oder übertragene Meßwert ist der Mittelwert einer einstellbaren Anzahl (1 bis 100) von Eingangswerten.

Um einen Filtertyp auszuwählen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie FILTER einmal, wenn der Indikator FLT nicht leuchtet. Sollte FLT leuchten, drücken Sie FILTER zweimal.
2. Geben Sie die Anzahl der Meßwerte ein, die zur Filterung herangezogen werden sollen.
3. Wählen Sie nun die Art des Filters (MOVING, AVERAGE oder REPEAT) und drücken die ENTER-Taste.

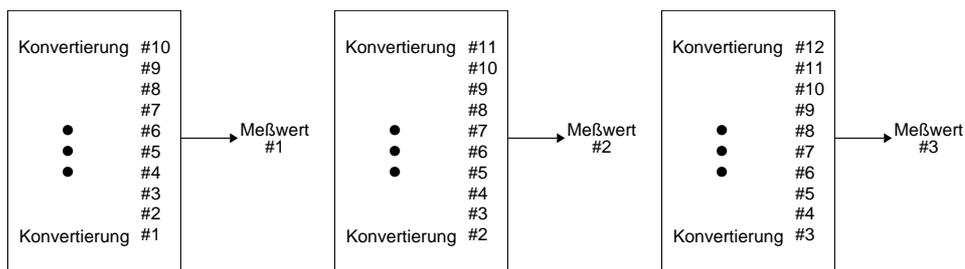
Der Indikator FLT leuchtet auf. Wenn die Filterung eingeschaltet ist, tritt die gewählte Konfiguration für die gewählte Meßfunktion in Kraft.

Das erneute Betätigen der Taste FILTER schaltet die Filter-Funktion wieder aus.

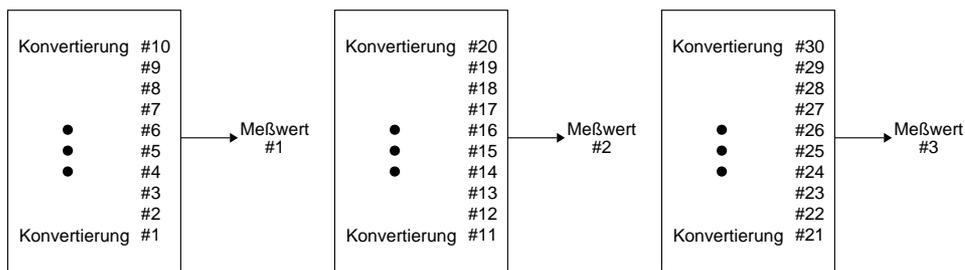
### Filterarten

Beim MOVING-, AVERAGE-Filter handelt es sich um einen first-in first-out Stack wobei der neueste Meßwert den ältesten ersetzt. Der Durchschnitt der auf dem Stack gespeicherten Einzelwerte ergibt dann den Endmeßwert. Nach der gewählten Anzahl von Meßwerten wird von jedem neu gemessenen Wert ein neuer Mittelwert ausgegeben.

Ein „wiederholender“ (REPEAT) Filter liest eine festgelegte Anzahl von Meßwerten, mittelt diese und gibt dann einen Endwert aus. Anschließend löscht er den Stack und beginnt von neuem. Wenn Sie diesen Filter in Zusammenhang mit Meßstellenum-schaltungen verwenden, werden immer nur Meßwerte eines Kanals zur Mittelwert-bildung herangezogen.



A. Typ - Average, Meßwerte = 10, Modus - Moving



B. Typ - Average, Meßwerte = 10, Modus - Repeat

Abb. 3.1: Die Filtertypen MOVING und REPEAT

### Reaktionszeit

Die Filterparameter beeinflussen die Meßgeschwindigkeit und -genauigkeit durch den Zeitbedarf zum Anzeigen, Speichern oder Ausgeben gefilterter Meßwerte. Der Mehrbedarf an Zeit zum Lesen der Meßwerte und zur Bildung des Mittelwertes geht zu Lasten der Genauigkeit und zur Reaktionszeit bei Eingangssignaländerungen.

### 3.2.3 Relative Meßwertbildung

Die REL- (Relativ) Operation nullt einen Offset oder subtrahiert einen Referenzwert von den aktuellen Meßwerten. Wenn Die REL-Operation eingeschaltet wird, verwendet das Meßgerät den aktuellen Meßwert als Referenzwert. Darauf folgende Meßwerte repräsentieren die Differenz zwischen der Eingangsgröße und dem Referenzwert.

Ein Referenzwert kann für jede Meßfunktion einzeln festgelegt werden. Wurde für eine Meßfunktion ein Referenzwert festgelegt, so gilt dieser Wert für jeden Meßbereich. Ein Referenzwert von 50 V im 100 V-Meßbereich gilt ebenfalls im 1000 V, 10 V, 1 V und 100 mV-Meßbereich.

Wenn Sie mit der REL-Operation eine Nullpunktkorrektur für die Meßfunktionen DVC,  $\Omega 2$  oder  $\Omega 4$  vornehmen, wird der angezeigte Offset als Referenzwert übernommen. Das Subtrahieren des Referenzwertes von der aktuellen Eingangsgröße nullt die Anzeige wie folgt:

$$\text{Eingangswert} - \text{Referenz} = \text{Angezeigter Meßwert}$$

Der Referenzwert der relativen Meßwertbildung kann vom Betrag her so groß wie der größte Meßbereich sein.

Paßt der Referenzwert nicht zum aktuellen Meßbereich, bedeutet dies kein Überlauf, erhöht aber auch nicht die maximale Eingangsgröße für diesen Meßbereich. Zum Beispiel erzeugt eine Eingangsspannung von 12 V einen Überlauf im 10 V-Meßbereich (auch wenn Sie von der Eingangsgröße 5 V abziehen).

Sie setzen einen Referenzwert, in dem Sie in dem Moment die REL-Taste betätigen, in der der gewünschte Referenzwert angezeigt wird. Der REL-Indikator leuchtet daraufhin auf. Durch nochmaliges Betätigen der REL-Taste schalten Sie die relative Meßwertbildung aus.

Einen Referenzwert können Sie auch per Handeingabe, mittels der  $mX+b$ -Funktion festlegen. Geben Sie für M den Wert 1 und für b den gewünschten Referenzwert ein. Durch drücken der REL-Taste übernehmen Sie den Wert für b als Referenzwert. In Kapitel 2 ist die  $mX+b$ -Funktion näher beschrieben.

### 3.2.4 Auflösung

Die Auflösung der Anzeige des Multimeter 2000 hängt von der Einstellung der Variablen DIGITS ab. Diese Einstellung beeinflußt nicht die Auflösung der Meßwerte, die über eine gewählte Schnittstelle (zum Beispiel IEEE-488) übertragen werden. Die Anzahl der angezeigten Stellen hat keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit oder die Meßgeschwindigkeit. Diese Merkmale werden durch die Einstellung von RATE bestimmt.

Gehen Sie wie folgt vor, um die Anzeigauflösung zu bestimmen:

1. Drücken Sie die Taste der gewünschten Meßfunktion.
2. Betätigen Sie anschließend die Taste DIGITS, bis die gewünschte Auflösung angezeigt wird (zwischen 3½ und 6½ Stellen).

#### HINWEIS

Frequenz- und Periodendauermessungen können mit einer Auflösung zwischen 4 und 7 Stellen durchgeführt werden.

### 3.2.5 Geschwindigkeit

Der Parameter RATE bestimmt die Integrationszeit des A/D-Konverters. Die Integrationszeit ist die Zeit, in der das Eingangssignal gemessen wird (auch Apertur genannt). Diese Zeit bestimmt die Auflösung, das Rauschen und die Anzahl Messungen, die das Multimeter pro Sekunde durchführen kann. Die Integrationszeit wird durch die Anzahl von Perioden der Netzfrequenz (NPLC) bestimmt. 1 PLC entspricht bei 60 Hz Netzfrequenz einer Zeit von 16,67 ms während 1 PLC bei 50 Hz und 400 Hz Netzfrequenz einer Zeit von 20 ms entspricht.

Ist die Meßgeschwindigkeit äußerst wichtig, so wählen Sie die Integrationszeit FAST (= 0,1 PLC bei der Eingabe über die Frontplatte und 0,01 PLC bei Festlegung über den Bus), wobei allerdings das Rauschen ansteigt und die mögliche Auflösung absinkt. Für das Erreichen höchster Gleichtakt- und Serientaktunterdrückung und genauester Meßwerte, verwenden Sie die längste Integrationszeit (10 PLC). Alle anderen Werte für die Integrationszeit können als Kompromiß zwischen Rauschen und Geschwindigkeit verwendet werden.

Der RATE-Parameter wird über drei mögliche Werte bestimmt:

- Die Einstellung FAST verwendet als Integrationszeit 0,1 PLC. Verwenden Sie diesen Wert, wenn höchste Meßgeschwindigkeit gefragt ist (auch wenn dabei das Rauschen des Meßwerts steigt und die nutzbare Auflösung sinkt).
- Der Wert MEDium setzt die Integrationszeit auf 1 PLC. Dies bedeutet einen Kompromiß zwischen Signalrauschen und Meßgeschwindigkeit.
- SLOW bedeutet eine Integrationszeit von 10 PLC. Hierbei wird ein geringes Rauschen durch niedrige Meßgeschwindigkeit erkaufte.

### HINWEIS

Die Integrationszeit kann bei fast jeder Meßfunktion bestimmt werden. Ausnahmen bilden Frequenz-, und Periodendauermessungen, Durchgangsprüfung (immer FAST) und das Testen von Dioden (immer MEDium). Bei Frequenz- und Periodendauermessungen wird diese Zeit als Torzeit oder Apertur bezeichnet.

Bei Wechselstrom- oder Wechselspannungsmessungen hat die Einstellung MEDium und SLOW keinen Einfluß auf die Anzahl der Netzfrequenzperioden (NPLC). Lesen Sie dazu auch den folgenden Abschnitt „Bandbreite“.

### 3.2.6 Bandbreite

Die Einstellung des Parameters RATE bestimmt bei Wechselstrom- und Wechselspannungsmessungen die Bandbreite:

- SLOW – 3 Hz bis 300 kHz
- MEDium – 30 Hz bis 300 kHz
- FAST – 300 Hz bis 300 kHz

Die Bandbreite definiert die kleinste verarbeitbare Frequenz. Bei den beiden niedrigen Einstellungen verwendet das Multimeter 2000 eine Sampling-Technik, um RMS-Messungen (RMS = Root Mean Square) durchzuführen. Der A/D-Konverter tastet das Eingangssignal mit einer Frequenz von 1 kHz ab und berechnet dann den RMS-Wert der Wellenform. Bei der Einstellung FAST gelangt das Eingangssignal zuerst auf den RMS-Konverter und wird anschließend vom A/D-Konverter des Multimeter 2000 gemessen.

Tabelle 3.1 zeigt die Integrationszeiten der verschiedenen Meßfunktionen. Die Indikatoren FAST, MED oder SLOW leuchten nur, wenn die in der Tabelle angegebenen Bedingungen vorliegen.

Funktion	FAST	RATE MEDIum	SLOW
DCV, DCI	NPLC=0,1	NPLC=1	NPLC=10
ACV, ACI	NPLC=1, BW=300	NPLC=X, BW=30	NPLC=X, BW=3
$\Omega 2W, \Omega 4W$	NPLC=0,1	NPLC=1	NPLC=10
FREQ, PERIOD	APER=0,01 s	APER=0,1 s	APER=1 s
dB, dBm (ACV)	NPLC=1, BW=300	NPLC=X, BW=30	NPLC=X, BW=3
dB, dBm (DCV)	NPLC=0,1	NPLC=1	NPLC=10
Durchgangsprüfung	NPLC=0,1	N/V	N/V
Diodentest	N/V	NPLC=1	N/V

Legende:

NPLC = Anzahl der Netzfrequenzperioden

BW = Untere Bandbreitengrenze (in Hz)

APER = Apertur in Sekunden

N/V= Nicht verfügbar

X = Einstellung wird ignoriert

Tab. 3.1: Werte der Meßgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Meßfunktion.

### 3.3 Triggerung

Die folgenden Abschnitte behandeln die Triggerung über die Frontplatte, die programmierbare Triggerverzögerung, die Meßwert-Hold-Funktion und die externe Triggerung.

#### 3.3.1 Trigger-Modell

Das Flußdiagramm in Abbildung 3.2 faßt die Triggerung zusammen, wie Sie von der Frontplatte aus gesehen wird. Es wird als Trigger-Modell bezeichnet, da es durchlaufen wird, nachdem durch einen SCPI-Befehl die Triggerung bestimmt wurde. Beachten Sie, daß das Trigger-Modell bei der Meßstellenumschaltung weitere Blöcke zu durchlaufen hat. Diese Blöcke werden später in diesem Kapitel (Abschnitt „Meßstellenumschaltung“) beschrieben

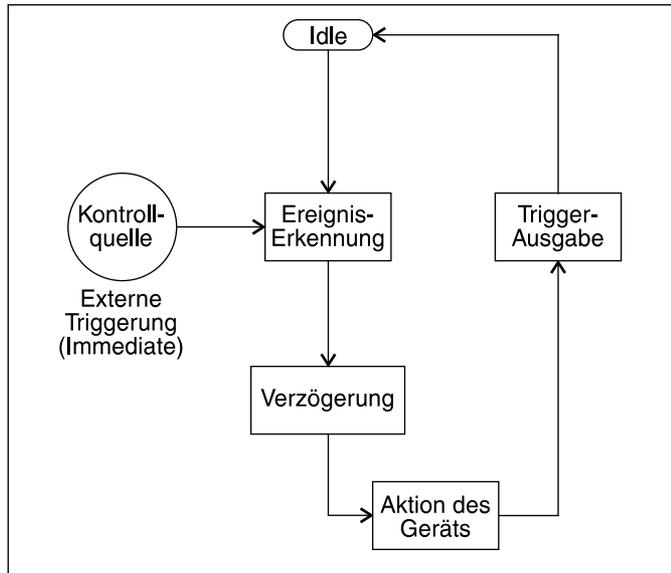


Abb. 3.2: Triggerung über die Frontplatte ohne Meßstellenumschaltung.

### Idle

Das Multimeter 2000 ist so entwickelt, daß es sich immer dann im „Idle“-Modus befindet, wenn es gerade keine Meß- oder Umschaltoperation durchführt. Von der Frontplatte aus gesteuert, wechselt das Multimeter 2000 nach der letzten Umschaltoperation (der letzte Meßwert wird angezeigt) in den Idle-Modus. Mit der Tastenkombination SHIFT-HALT können Sie die Triggerung wieder auslösen.

Sobald das Multimeter 2000 aus dem Idle-Modus wechselt, führt es anhand des Flußdiagramms die Meßfunktion durch.

### Triggerquelle und Ereigniserkennung

Die Triggerquelle blockiert die Meßfunktion des Multimeter 2000 solange, bis das programmierte Ereignis auftritt und erkannt wird. Die Triggerquellen können wie folgt beschrieben werden:

- Immediate – Bei dieser Triggerquelle ist die Ereigniserkennung immer positiv, so daß das Multimeter 2000 sofort mit der Meßfunktion fortfahren kann (Endloslauf).
- External – Die Ereigniserkennung wird erfüllt wenn:

- ein Trigger-Impuls über die Trigger Link-Leitung EXT TRIG empfangen wird.
- ein Trigger-Impuls über den Bus (GET oder \*TRG) empfangen wird.
- die Taste TRIG auf der Frontplatte betätigt wird. Das Multimeter 2000 muß zuerst den Fernsteuermodus verlassen (durch die Taste LOCAL, bzw. den Befehl LOCAL 716 über den Bus), bevor es auf die Betätigung dieser Taste reagiert.

### Verzögerung

Sie können nach der erfolgten Ereigniserkennung eine Verzögerung festlegen. Diese Verzögerung kann manuell oder automatisch gesetzt werden. Bei der automatischen Verzögerung wird die Verzögerungszeit durch die Meßfunktion und den Meßbereich bestimmt. Die Zeiten sind in Tabelle 3.2 aufgelistet.

Funktion	Meßbereich und Verzögerung						
	100 mV	1 V	10 V	100 V	1000 V		
DCV	1 ms	1 ms	1 ms	5 ms	5 ms		
ACV	100 mV	1 V	10 V	100 V	750 V		
	400 ms	400 ms	400 ms	400 ms	400 ms		
FREQ	100 mV	1 V	10 V	100 V	750 V		
	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms		
DCI	10 mA	100 mA	1 A	3 A			
	2 ms	2 ms	2 ms	2 ms			
ACI			1 A	3 A			
			400 ms	400 ms			
$\Omega$ 2W, $\Omega$ 4W	100 $\Omega$	1 k $\Omega$	10 k $\Omega$	100 k $\Omega$	1 M $\Omega$	10 M $\Omega$	100 M $\Omega$
	3 ms	3 ms	13 ms	25 ms	100 ms	150 ms	250 ms
Durchgangsprüfung	1 k $\Omega$						
Diodentest			3 ms				
		1 mA	100 $\mu$ A	10 $\mu$ A			
		1 ms	1 ms	1 ms			

Tab. 3.2: Werte der automatischen Triggerverzögerung.

Die Verzögerungsfunktion wird durch die Tastenkombination SHIFT-DELAY aufgerufen. Die aktuelle Einstellung für die Verzögerung (AUTO oder MANual) wird angezeigt. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼ zur Auswahl der Verzögerungsart. Wenn Sie die Verzögerungszeit manuell eingeben wollen (MANual), geben Sie anschließend die Verzögerungszeit ein. Die maximale Verzögerungszeit beträgt

**99H:99M:99.999S**

Drücken Sie dann die ENTER-Taste, um die Verzögerungszeit zu akzeptieren oder EXIT, um den Wert unverändert zu belassen.

Vereinbaren Sie für eine Meßfunktion die manuelle Zeitverzögerung (MANual), dann gilt diese Einstellung auch für alle anderen Meßfunktionen.

### Gerätefunktionen

Die primäre Funktion des Multimeter 2000 ist das Messen elektrischer Größen. Darüber hinaus können folgende Funktionen in der primären Funktion „Messen“ eingeschlossen sein:

- **Filterung** – Ist die wiederholende Filterung eingeschaltet, liest das Gerät eine bestimmte Anzahl von Meßwerten ein und bildet daraus einen gefilterten Meßwert. Bei ausgeschalteter Filterung wird nur ein Meßwert erfaßt und angezeigt. Beim MOVING-Filter wird der gefilterte Meßwert nach der programmierten Anzahl von Messungen gebildet. Der gefilterte Meßwert wird daraufhin angezeigt.
- **Hold** – Ist die Hold-Funktion eingeschaltet, liest das Multimeter 2000 zuerst einen Meßwert (den Initialwert) ein. Das Meßgerät führt nun weiter die programmierten (Meß-) Funktion aus und überprüft, ob die folgenden Meßwerte in den gewählten Abweichungsbereich (0,01%, 0,1%, 1%, 10%), bezogen auf den Initialwert, passen. Weicht der Meßwert vom Initialwert nicht mehr als angegeben ab, führt das Meßgerät weitere Messungen (und Überprüfungen) durch. Diese Wiederholungen werden solange durchlaufen, bis die angegebene Anzahl (2 bis 200) aufeinanderfolgenden Meßwerte in den spezifizierten Abweichungsbereich vom Initialwert paßt. Weicht nur ein Meßwert vom Toleranzbereich ab, so wird dieser Meßwert zum neuen Initialwert und der Prozeß beginnt von neuem.
- **Kanalumschaltung** – Bei der Umschaltung von Meßstellen öffnet (wenn geschlossen) der letzte Schritt des Befehlsablaufs den vorherigen Kanal (Meßstelle) und schließt den nächsten Kanal. Bei eingeschalteter Hold-Funktion stellt das Multimeter 2000 den Relais des Meßstellenumschalters eine Einschwingzeit zur Verfügung. Jedes Öffnen oder Schließen der Kanäle startet den Hold-Prozeß von neuem und der Meßwert eines jeden Kanals wird erst nach der gewährten Einschwingzeit ermittelt.

### Triggenerausgang

Nach Abschluß einer Meßfunktion stellt das Multimeter 2000 einen Trigger-Impuls am Trigger Link-Ausgang auf der Rückseite des Geräts zur Verfügung. Dieser Impuls

kann zur Triggerung eines anderen Geräts verwendet werden. So kann ein externer Meßstellenumschalter dadurch angewiesen werden, auf die nächste Meßstelle umzuschalten.

## Zähler

Das Trigger-Modell zur Meßstellenumschaltung enthält weitere Funktionsblöcke zur Zählung der Umschaltvorgänge und Triggerimpulse. Diese Zähler werden im Abschnitt „Meßstellenumschaltung“ später in diesem Kapitel beschrieben.

### 3.3.2 Hold-Funktion

Wenn bei eingeschalteter Hold-Funktion ein Initialwert eingelesen wird (wie im Abschnitt „Gerätefunktionen“ beschrieben), wird (sofern eingeschaltet) ein Signalton ausgegeben. Der eingelesene Initialwert wird als „echter Meßwert“ betrachtet. Dieser Meßwert wird solange auf dem Display angezeigt, bis ein neuer Meßwert nicht innerhalb des Abweichungsfenster liegt und dadurch die Hold-Funktion von neuem startet.

Wird das Meßgerät über den Bus gesteuert oder finden Umschaltvorgänge statt, so liest die Hold-Funktion einen neuen Initialwert ein, wenn der Meßwert stabil genug ist und gibt anschließend diesen Meßwert über den Bus frei. Bei der Steuerung über die Frontplatte wird solange kein neuer Initialwert eingelesen, bis die Hold-Funktion nicht mehr eingehalten wird (Toleranzfenster).

#### Beispiel für die Hold-Funktion

1. Schalten Sie HOLD ein, wählen ein Toleranzwert in Prozent und setzen den Zähler.
2. Verbinden Sie die Meßspitzen mit dem Signal. Sobald das Signal stabil genug für das Toleranzfenster ist, wird der Initialwert eingelesen und das Gerät gibt einen Signalton aus (sofern eingeschaltet).
3. Brechen Sie die Hold-Bedingung ab, indem Sie die Meßspitzen vom Meßsignal entfernen. Die Hold-Funktion sucht sofort wieder nach einem neuen Initialwert.

### 3.3.3 Externe Triggerung

Die Taste EXT TRIG vereinbart die Triggerung durch eine von zwei möglichen Triggerquellen: Durch Trigger Link oder der Taste TRIG. Sobald Sie die EXT TRIG-Taste betätigen, leuchtet der TRIG-Indikator auf und in der Anzeige des Multimeter

2000 erscheinen Striche um anzuzeigen, daß das Gerät auf einen Trigger-Impuls wartet. Von der Frontplatte aus können Sie durch Drücken der TRIG-Taste das Meßgerät zur Messung eines einzigen Wertes triggern. Durch erneutes Drücken der EXT TRIG-Taste schaltet das Gerät wieder auf kontinuierliche Triggerung um.

Das Multimeter 2000 verwendet zwei Leitungen des Trigger Link-Anschlusses auf der Rückseite als Eingang für die externe Triggerung (EXT TRIG) und Voltmeter Complete-Ausgang (VMC). Die Leitung EXT TRIG erlaubt es anderen Meßgeräten, das Multimeter 2000 zu triggern. Die VMC-Leitung wird dazu verwendet, weitere Geräte durch das Multimeter 2000 zu triggern.

In der Werkseinstellung wird Leitung 1 als VMC und Leitung 2 als EXT TRIG verwendet. (Die Änderung dieser Einstellung wird im optionalen „Model 2000 Repair Manual“ beschrieben) Die Pinbelegung des Anschlusses ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

### Externe Triggerung

Der EXT TRIG-Eingang benötigt die fallende Flanke eines TTL-kompatiblen Signals mit den in Abbildung 3.3 gezeigten Spezifikationen. Externe Trigger können im Allgemeinen dazu verwendet werden, Meßfunktionen zu steuern. Damit das Multimeter 2000 auf externe Trigger reagiert, muß es dafür konfiguriert werden.

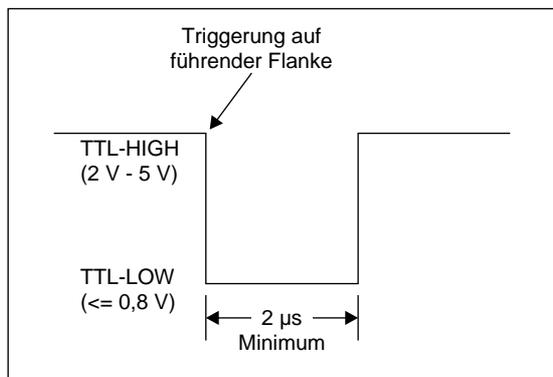


Abb. 3.3: Spezifikationen des externen Trigger-Eingang.

### Voltmeter Complete

Der Voltmeter Complete-Ausgang (VMC) stellt einen TTL-kompatiblen Impuls zur Verfügung, mit dem andere Geräte getriggert werden können. Die Spezifikationen für diesen Impuls sind in Abbildung 3.4 gezeigt. Normalerweise ist es gewünscht,

daß das Multimeter 2000 nach der Einschwingzeit einer jeden Messung einen Trigger-Impuls ausgibt.

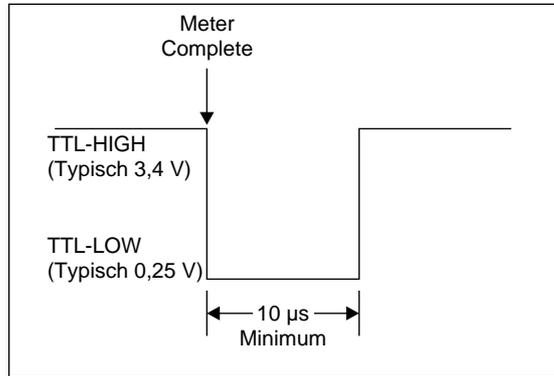


Abb. 3.4: Spezifikationen des externen Trigger-Ausgang VMC.

### Beispiel für die externe Triggerung

In einem typischen Testsystem ist es gewünscht, einen Kanal zu schließen und anschließend den am Kanal angeschlossenen DUT mit einem Multimeter zu messen. Solch ein Testsystem ist in Abbildung 3.5 dargestellt. Dort wird ein Multimeter 2000 dazu verwendet, zehn DUTs zu messen, die von einer Multiplexer-Karte Modell 7011 umgeschaltet werden, die in einem Meßstellenumschalter Modell 7001/7002 eingesetzt ist.

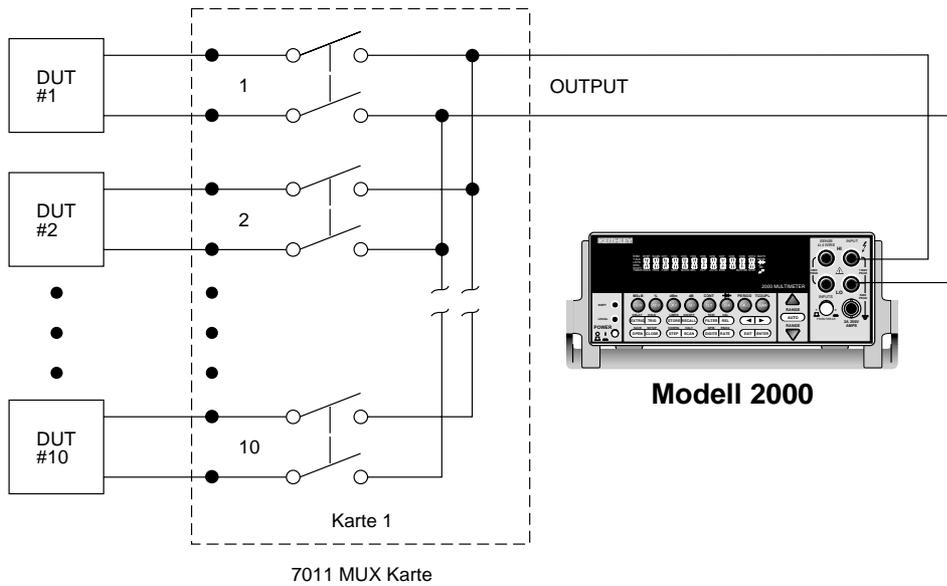


Abb. 3.5: DUT-Testsystem.

Die Trigger Link-Verbindungen für dieses Testsystem sind in Abbildung 3.6 zu sehen. Der Trigger Link des Multimeter 2000 ist mit dem Trigger Link (Ein- und Ausgang) des Meßstellenumschalters Modell 7001/7002 verbunden. Beachten Sie, daß bei der Werkseinstellung des Modells 7001/7002 die Leitung 1 als Eingang und die Leitung 2 als Ausgang definiert ist. Diese Einstellung ist mit dem Multimeter 2000 kompatibel.

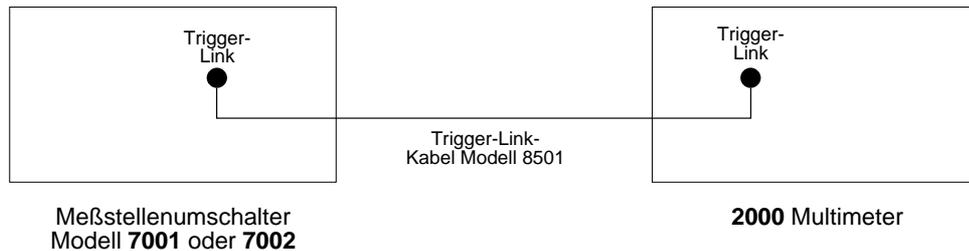


Abb. 3.6: Trigger Link-Verbindungen.

In diesem Beispiel sind die Geräte Modell 2000 und 7001/7002 wie folgt konfiguriert:

### **Modell 2000:**

- Werkseinstellung vorgegeben (programmiert über Tastenkombination SHIFT SETUP)
- Externe Meßstellenumschaltung, Kanäle 1 bis 10, kein Timer, 10 Meßwerte (programmiert über Tastenkombination SHIFT CONFIG)
- Externe Triggerung (programmiert über Tastenkombination EXT TRIG)

### **Modell 7001/7002:**

- Werkseinstellung vorgegeben
- Scan-Liste = 1!1-1!10
- Anzahl der Scans: 1
- Kanalumschaltung: Trigger Link

Um das Testsystem in Betrieb zu nehmen und die Meßwerte im Multimeter 2000 (für externe Triggerung konfiguriert) zu speichern, drücken Sie STEP oder SCAN. Das Multimeter 2000 wartet (mit leuchtendem Stern-Indikator) auf einen externen Trigger-Impuls vom Modell 7001/7002.

Drücken Sie STEP, um das Modell 7001/7002 aus dem Idle-Zustand zu holen und den Scan-Vorgang zu starten. Der Ausgangs-Impuls des Meßstellenumschalters triggert das Multimeter 2000 einen Meßwert zu ermitteln, ihn zu speichern und selbst einen Trigger-Impuls zu senden. Die folgende Beschreibung des Funktionsablaufs stützt sich auf das Ablaufdiagramm in Abbildung 3.7.

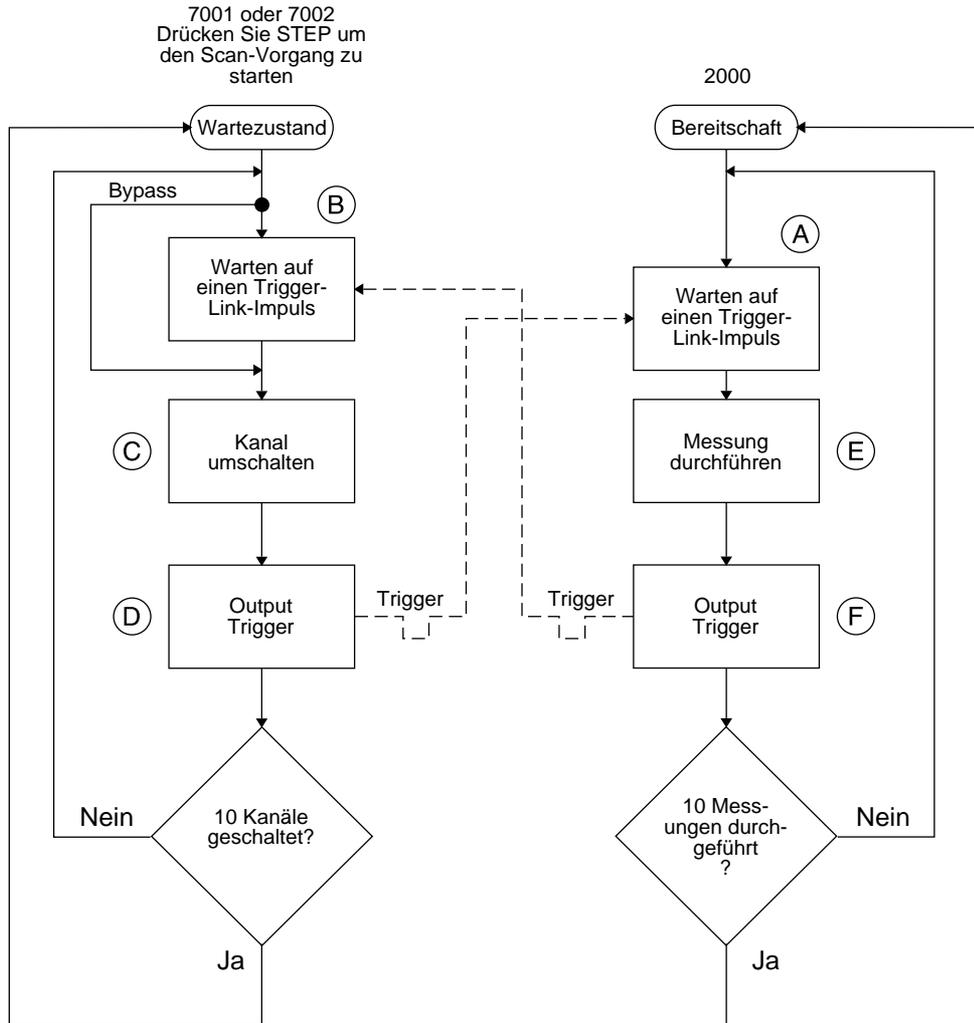


Abb. 3.7: Ablaufdiagramm des Trigger-Beispiels.

- A Durch Drücken der Taste EXT TRIG und anschließend STEP oder SCAN des Multimeter 2000, setzt den Funktionsablauf auf Punkt A im Ablaufdiagramm.
- B Die Betätigung der Taste STEP schaltet das Modell 7001/7002 aus dem Idle-Zustand und setzt den Funktionsablauf auf Punkt B im Ablaufdiagramm.
- C Beim ersten Durchlauf wartet der Meßstellenumschalter nicht am Punkt B auf einen Trigger-Impuls, sondern schließt den ersten Kanal.

D Nach der Relais-Einschwingzeit gibt das Modell 7001/7002 einen Impuls (Channel Ready) aus. Ist das Gerät auf das Umschalten von zehn Kanälen programmiert, kehrt die Operation zum Punkt B zurück, um auf einen weiteren Trigger-Impuls zu warten.

E und F Das Multimeter 2000 wartet immer noch an Punkt A auf einen Trigger-Impuls. Der (Channel Ready) Impuls des Modells 7001/7002 triggert das Multimeter 2000, um DUT #1 (Punkt E) zu messen. Nach der Messung gibt das Multimeter 2000 einen (Fertig) Impuls aus (Punkt F) und kehrt dann zu Punkt A zurück. Dort wartet es auf den nächsten Trigger-Impuls.

Der Trigger-Impuls des Multimeter 2000 an das Modell 7001/7002 schließt den nächsten Kanal im Umschaltvorgang. Dies triggert wieder das Multimeter 2000, den nächsten DUT zu messen. Der Vorgang wird solange wiederholt, bis alle zehn Kanäle einmal geschlossen und der Meßwert eingeholt wurde.

### Externe Triggerung über BNC-Anschlüsse

Zur Verbindung des Trigger Links (Micro-DIN) vom Multimeter 2000 mit anderen Geräten, die über BNC-Triggeranschlüsse verfügen, ist ein Adapterkabel erhältlich. Das Triggerkabel Modell 8503 hat einen Micro-DIN-Anschluß an einem Ende und am anderen Ende zwei BNC-Anschlüsse. Die BNC-Anschlüsse sind mit VMC (Trigger Line 1) und EXT TRIG (Trigger Line 2) gekennzeichnet.

Abbildung 3.8 zeigt, wie ein Meßstellenumschalter (Keithley Modell 706) mit diesem Adapterkabel an den Trigger Link des Multimeter 2000 angeschlossen wird. Dadurch kann der Umschalter Modell 706 für das Modell 7001/7002 in dem vorherigen Beispiel substituiert werden. Ist das Modell 706 auf externe Triggerung programmiert, wird die Messung durchgeführt, sobald der einfache Umschaltmodus gewählt und gestartet wird.

Wurde die herstellerseitige Trigger-Konfiguration, sprich die Pinbelegung, des Multimeter 2000 verändert, so muß der Adapter Modell 8502 zur Verbindung mit Meßgeräten verwendet werden, die über BNC-Anschlüsse verfügen. Dieses Kabel hat zwei Micro-DIN-Anschlüsse und sechs BNC-Anschlüsse (einen für jede Trigger-Leitung).

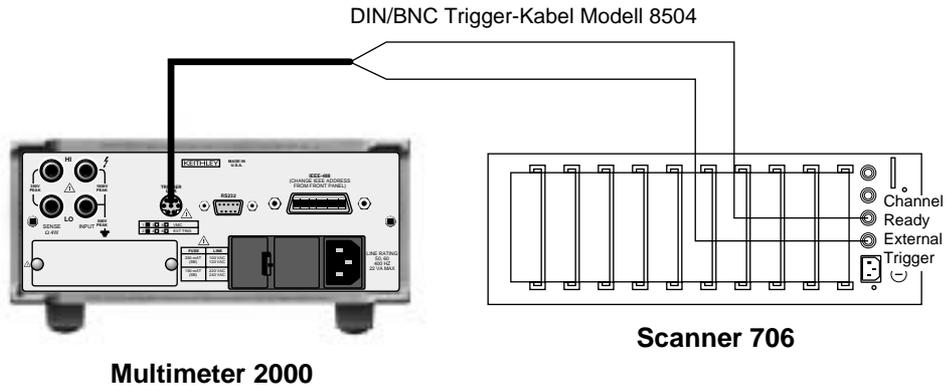


Abb. 3.8: DIN/BNC-Triggerkabel

## 3.4 Meßwertspeicherung

Das Multimeter 2000 besitzt einen Speicher, um zwischen 2 und 1024 Meßwerten mit Einheiten zu speichern. Es speichert ebenfalls bei Meßstellenumschaltungen die Kanalnummern und Meßwerte mit Bereichsüberlauf. Zusätzlich enthalten aus dem Speicher abgerufene Meßwerte statistische Angaben, wie Maximum, Minimum, Mittelwert und Standardabweichung.

Der Speicher wird mit der angeforderten Anzahl Meßwerten gefüllt und stoppt anschließend. Die Meßwerte werden in den Speicher geschrieben nachdem ggf. vereinbarte, mathematische Berechnungen durchgeführt wurden. Bei jeder neuen Meßwertspeicherung werden die alten Meßwerte im Speicher überschrieben. Der Meßwertspeicher ist ein flüchtiger Speicher; er bleibt nach einem Spannungsausfall nicht erhalten.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Speicherung und das Abrufen von Meßwerten

### 3.4.1 Speicherung von Meßwerten

Gehen Sie wie folgt vor, um Meßwerte zu speichern:

1. Stellen Sie am Multimeter 2000 die gewünschte Meßfunktion ein.
2. Drücken Sie die STORE-Taste.
3. Verwenden Sie die Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼, um die gewünschte Anzahl der zu speichernden Meßwerte einzustellen.

4. Drücken Sie nun die ENTER-Taste. Der Stern-Indikator (\*) zeigt an, daß im Moment Meßwerte gespeichert werden. Der Indikator erlischt, sobald die Meßwerterspeicherung abgeschlossen ist.

### 3.4.2 Abrufen gespeicherter Meßwerte

Führen Sie die folgenden Schritte durch, um die gespeicherten Meßwerte und die statistischen Werte zu sehen:

1. Drücken Sie RECALL. Der BUFFER-Indikator zeigt an, daß gespeicherte Meßwerte auf dem Display angezeigt werden. Der Pfeil-Indikator bedeutet, daß durch Betätigung der Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼ weitere Meßwerte eingesehen werden können.
2. Wie in Abbildung 3.9 gezeigt, können Sie mit den Cursortasten die Meßwertnummern, Meßwerte und statistischen Werte abrufen. Bei allen statistischen Werten (Maximum, Minimum, Mittelwert und Standardabweichung) leuchtet der STAT-Indikator auf.
3. Mit der EXIT-Taste gelangen Sie zur normalen Darstellung zurück.

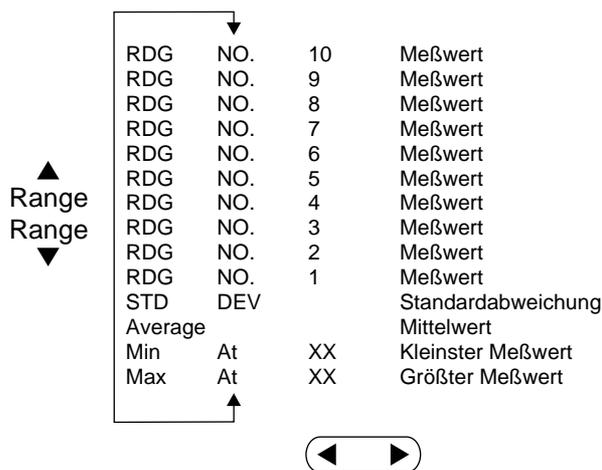


Abb. 3.9: Die Organisation der gespeicherten Meßwerte

### 3.4.3 Statistische Funktionen

Die Variablen MAX AT und MIN AT repräsentieren den Maximal- und Minimalwert im Speicher. Die Variable AVERAGE enthält den Mittelwert aller gespeicherten Meßwerte. Der Mittelwert wird nach folgender Formel berechnet:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

wobei  $x_i$  ein gespeicherter Meßwert  
n die Anzahl der gespeicherten Meßwerte ist

Die Standardabweichung der gespeicherten Meßwerte wird als STD DEV abgelegt. Die Standardabweichung wird wie folgt berechnet:

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2\right)}{n-1}}$$

wobei  $x_i$  ein gespeicherter Meßwert  
n die Anzahl der gespeicherten Meßwerte ist

#### HINWEIS

Für die mathematischen Berechnungen verwendet das Multimeter 2000 das IEEE-754-Format für Fließkommazahlen.

### 3.5 Grenzwertprüfung

Durch Grenzwertoperationen werden die Werte gesetzt und kontrolliert, die in darauffolgenden Messungen den HI-, IN- und LO-Status der Messungen bestimmen. Grenzwerte können für alle Meßfunktionen außer für die Durchgangsprüfung gesetzt werden. Der Test auf Grenzwerte wird anschließend an die mathematischen Funktionen wie  $mX+b$  oder Prozent durchgeführt. Einheitenumrechnungen werden vor dem Grenzwerttest vorgenommen, so zum Beispiel:

- Unterer Grenzwert = -1,0, Oberer Grenzwert = 1,0  
Der Meßwert 150 mV wird als 0,15 V (Testergebnis IN) angezeigt

- Unterer Grenzwert = -1,0, Oberer Grenzwert = 1,0  
Der Meßwert 0,6 kW wird als 600 W (Testergebnis HI) angezeigt

Sie können das Multimeter 2000 so konfigurieren, daß es einen Signalton ausgibt, wenn der Meßwert innerhalb oder außerhalb der Grenzwerte liegt.

### 3.5.1 Setzen der Grenzwerte

Führen Sie die folgenden Schritte durch, um die unteren und oberen Grenzwerte einzugeben:

1. Drücken Sie die Tastenkombination SHIFT-LIMITS, um den aktuellen oberen Grenzwert anzuzeigen:

**HI: +1.000000 ^**

Diese Angabe repräsentiert den absoluten Wert der Funktion.

2. Verwenden Sie die Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼, um den gewünschten Wert einzugeben. Bewegen Sie den Cursor zu der äußerst rechten Position und verändern den Dezimalpunkt mit den Tasten ▲ und ▼.
3. Durch die Betätigung von ENTER rufen Sie den aktuellen unteren Grenzwert auf:

**LO: -1.000000 ^**

Diese Angabe repräsentiert den absoluten Wert der Funktion.

4. Geben Sie nun den gewünschten unteren Grenzwert ein. Mit der ENTER-Taste gelangen Sie zur normalen Anzeige zurück.

### 3.5.2 Einschalten der Grenzwertprüfung

Schalten Sie die Prüfung auf Grenzwerte wie folgt ein:

1. Drücken Sie die Tastenkombination SHIFT-ON/OFF, um den aktuellen Status des Signaltons anzuzeigen:

**BEEP: NEVER**

2. Verändern Sie den Status (NEVER, OUTSIDE, INSIDE) mit den Tasten ▲ und ▼. Drücken Sie anschließend die ENTER-Taste.

Sobald das Multimeter 2000 zur Normalanzeige zurückkehrt, wird der Meßwert zusammen mit dem HI-, IN- oder LO-Status angezeigt. Sie schalten die Grenzwertprüfung wieder ab, indem Sie die Tastenkombination SHIFT-ON/OFF erneut drücken. Sie können die Grenzwertprüfung zum Beispiel dazu verwenden, wie in Abbildung 3.10 angedeutet, Widerstände zu sortieren.



Abb. 3.10: Sortieren von 100  $\Omega$  (10%) Widerständen mit der Grenzwertprüfung.

## 3.6 Meßstellenumschaltung

Das Modell 2000 kann mit einer internen Umschalt-Karte (Modell 2000-SCAN oder 2001-TCSCAN) oder mit mehreren externen Umschalt-Karten innerhalb eines Meßstellenumschalters betrieben werden (Modell 707, 7001 und 7002). In den folgenden Abschnitten finden Sie eine Beschreibung der unterschiedlichen Möglichkeiten, das Multimeter 2000 mit Umschalt-Karten zu verwenden.

### 3.6.1 Überblick

Ein Umschalter ist dazu da, zwischen mehreren Signalleitungen (Kanäle) umzuschalten und diese so nacheinander dem Modell 2000 für eine Messung zur Verfügung zu stellen. Die Möglichkeiten der Kanal-Steuerung und des Umschaltens hängen davon ab, ob Sie eine interne oder externe Umschalt-Karte verwenden, sowie von den Möglichkeiten der Umschalt-Karte selbst. Detaillierte Informationen zu den Verbindungsmöglichkeiten entnehmen Sie bitte der zur Umschalt-Karte mitgelieferten Dokumentation.

#### Einsatz einer internen Umschalt-Karte

Die optional erhältliche Umschalt-Karte Modell 2000-SCAN ermöglicht Ihnen das Schalten oder Umschalten zwischen max. zehn zweipoligen oder fünf vierpoligen Kanälen.

Mit dem Modell 2001-TCSCAN, Thermoelemente-/Allgemeine-Umschalt-Karte können Sie einen von neun zweipoligen oder einen von vier vierpoligen Kanälen multiplexen und das analoge Signal an das Multimeter 2000 weiterreichen. Sie können auch eine beliebige Kombination von zweipoligen und vierpoligen Signalen für den Multiplexer vereinbaren.

### Verwenden von externen Umschalt-Karten

Bei Einsatz von externen Umschalt-Karten übernimmt der externe Meßstellenumschalter das Schließen und Öffnen der Kanäle. Um die Messungen des Modells 2000 mit den Umschaltvorgängen der externen Kanäle zu synchronisieren, verbinden Sie den Trigger Link des Modells 2000 mit den entsprechenden Eingängen des externen Meßstellenumschalters. Sehen Sie dazu auch in den Abschnitt „Triggerung“ in diesem Kapitel um mehr über externe Triggerung zu erfahren.

### 3.6.2 Umschalt-Kontrolle über die Frontplatte

Zusätzlich zu den Tasten für die externe Triggerung, die Sie bereits kennengelernt haben, enthält die Frontplatte weitere Tasten, die Einfluß auf eine Umschalt-Karte nehmen:

- ◀ und ▶ – Mit diesen Tasten können Sie manuell zwischen benachbarten Kanälen der internen Umschalt-Karte wechseln.
- OPEN und CLOSE – Damit können Sie selektiv einzelne Kanäle der internen Umschalt-Karte öffnen bzw. schließen.
- SHIFT-CONFIG – Wählt internes oder externes Umschalten, verwaltet die Scan-(Umschalt-) Liste, stellt die Verzögerung zwischen den Umschalt-Vorgängen ein und bestimmt die Anzahl der Meßwerte.
- STEP – Startet die Umschalt-Operation zwischen aufeinanderfolgenden Kanälen, wobei das Multimeter 2000 jeweils einen Trigger-Impuls ausgibt, sobald ein Kanal geschlossen wurde.
- SCAN – Startet die Umschalt-Operation zwischen aufeinanderfolgenden Kanälen, wobei das Multimeter 2000 nach Abarbeitung der Scan-Liste nur einen Trigger-Impuls ausgibt.
- SHIFT-HALT – Stoppt den Umschaltvorgang und stellt das ursprüngliche Trigger-Modell wieder her.

### 3.6.3 Die Verwendung der Tasten ◀ und ▶

Die Tasten ◀ und ▶ können verwendet werden, um zwischen den Kanälen einer internen Umschalt-Karte zu wechseln. Sofern Sie eine Umschalt-Karte im Option-Slot Ihres Multimeter 2000 eingebaut haben, erhöht die ▶-Taste den Kanal um eins und mit der ◀-Taste wechseln Sie zum nächstniedrigeren Kanal. Dabei leuchtet der Indikator des gewählten Kanals entsprechend auf. Halten Sie eine dieser beiden Tasten fest, so schaltet die Karte kontinuierlich zwischen den Kanälen um. Mit der OPEN-Taste können Sie alle Kanäle gleichzeitig öffnen (vom Meßeingang trennen).

### 3.6.4 Die Verwendung der Tasten OPEN und CLOSE

Die Tasten OPEN und CLOSE kontrollieren nur die Kanäle einer internen Umschalt-Karte. Mit diesen Tasten können Sie

- einen (oder ein Kananlpaar zur 4-Leiter-Messung von Widerständen) gewünschten Kanal schließen.
- augenblicklich alle ggf. geschlossenen, internen Kanäle öffnen.

Bei installierter Umschalt-Karte wird folgende Meldung auf dem Display angezeigt, wenn die CLOSE-Taste betätigt wird:

**CLOSE CHAN:01**

Verwenden Sie die Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼, um den gewünschten Kanal (1 bis 10) einzustellen und drücken anschließend ENTER. Der Indikator des geschlossenen Kanals wird, zusammen mit einem Meßwert, auf dem Display angezeigt. Sollten Sie einen anderen, als den momentan geschlossenen Kanal wählen, so wird der aktuelle Kanal geöffnet und der Umschalt-Karte eine Einschwingzeit gewährt, bevor sie den gewählten Kanal schließt.

Die Relais der Kanäle werden entsprechend der gewählten Meßfunktion geschlossen. Ist die 4-Leiter-Widerstandsmessung eingeschaltet, so wird das Relais des gewählten Kanals und das des korrespondierenden Kanals geschlossen. Korrespondierende Relais für 4-Draht-Messungen sind

- 1 und 6 (nicht bei der Umschalt-Karte Modell 2001-TCSCAN)
- 2 und 7
- 3 und 8
- 4 und 9
- 5 und 10

Durch Betätigung der OPEN-Taste wird ein geschlossenes Relais (oder Relais-Pärchen bei 4-Draht-Widerstandsmessungen) sofort geöffnet.

### 3.6.5 Die Trigger-Modelle beim Umschalten

Wie im Abschnitt „Triggerung“ in diesem Kapitel erwähnt, besitzt das Trigger-Modell weitere Fähigkeiten bei der Einzel- (Stepping) und Reihen- (Scanning) Umschaltung. Diese Fähigkeiten werden nun beschrieben:

- Timer – Die Ereignis-Erkennung ist beim ersten Durchlauf sofort erfüllt und das Multimeter 2000 führt die erste Messung durch. Anschließend wird immer dann ein Triggerereignis erkannt, wenn das programmierte Zeitintervall des Timers (bis zu 99 Stunden, 99 Minuten und 99,99 Sekunden) abgelaufen ist.
- Meßwertzähler – Bei beiden Umschaltarten (Stepping und Scanning) kann der Meßwertzähler durch die Tastenkombination SHIFT-CONFIG konfiguriert werden. Dieser Zähler wird vom Bus aus auch als Trigger-Zähler bezeichnet. Der Meßwertzähler kann den Idle-Modus umgehen, so daß wieder auf das programmierte Triggerereignis gewartet wird.
- Kanalzähler – Bei der Reihenumschaltung (Scanning) wird die Länge der Scan-Liste (= letzter Kanal - Anfangskanal) dazu verwendet, die Triggerereignis-Erkennung zu umgehen und dadurch eine bestimmte Anzahl von Messungen zu ermöglichen. (Dieser Zähler wird vom Bus aus auch als Sample-Zähler bezeichnet.)

Diese Fähigkeiten sind in den Abbildungen 3.11 und 3.12 dargestellt. Die Verwendung des Timers, des Meßwertzählers und des Kanalzählers werden später in diesem Abschnitt beschrieben.

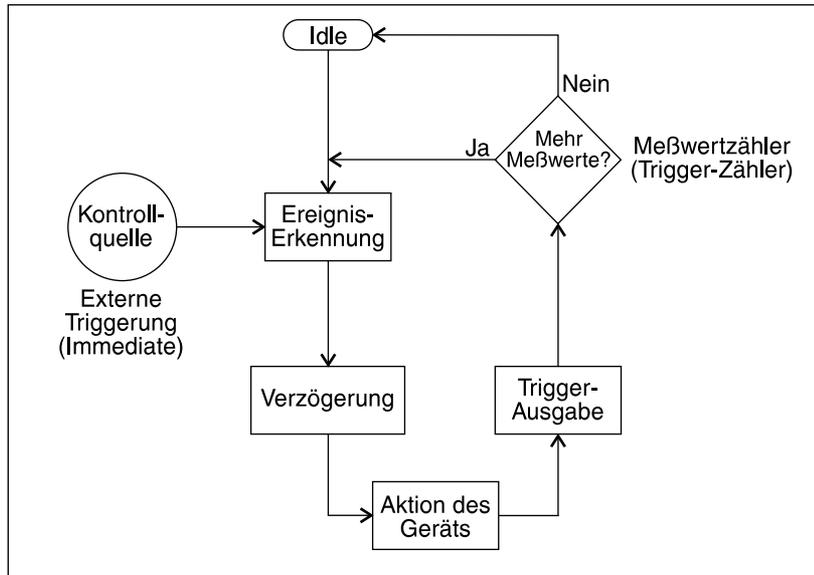


Abb. 3.11: Triggerung über die Frontplatte bei der Einzelumschaltung (Stepping).

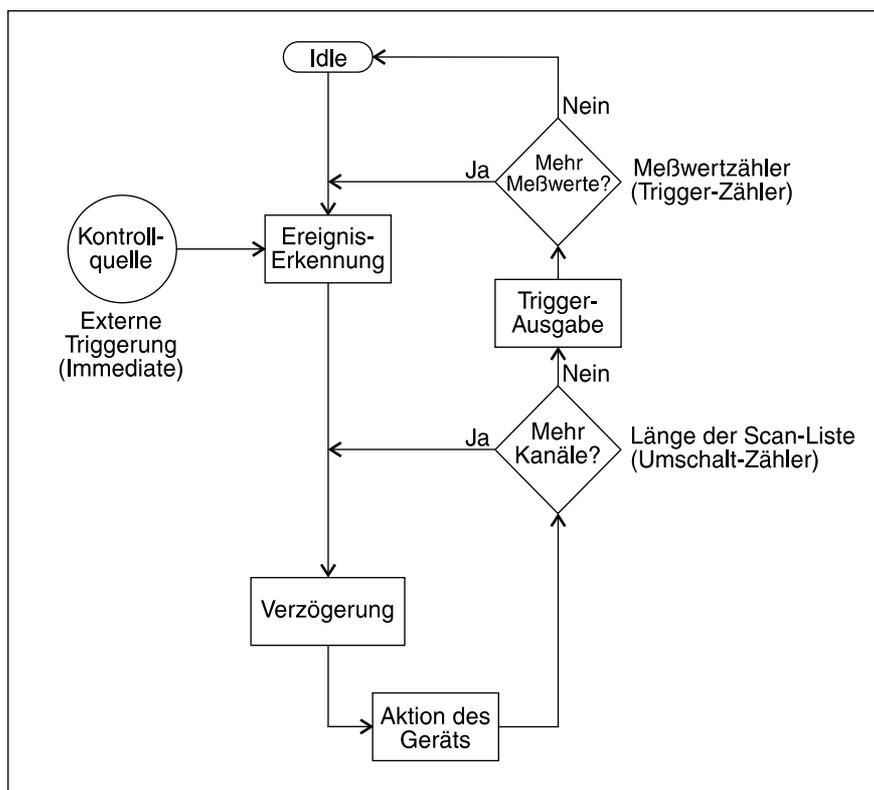


Abb. 3.10: Triggerung über die Frontplatte bei der Reihenumschaltung (Scanning)

### 3.6.6 Die Umschaltkonfiguration mittels SHIFT-CONFIG

Mit der Tastenkombination SHIFT-CONFIG gelangen Sie ins Konfigurationsmenü. Dort können Sie zwischen interner und externer Umschaltung wählen, den ersten und letzten Kanal in der Scan-Liste bestimmen, die Zeit zwischen den Umschaltungen festlegen und den Meßwertzähler programmieren.

Gehen Sie wie folgt vor, um eine Einzel- oder Reihenumschaltung zu konfigurieren:

1. Wählen Sie die gewünschte Meßfunktion.
2. Betätigen Sie die Tastenkombination SHIFT-CONFIG für das Umschalt-Konfigurationsmenü.

3. Wählen Sie mit den Tasten ▲ und ▼ die Art der Umschaltung (INTernal oder EXTernal) und drücken die ENTER-Taste.
4. Bestimmen Sie den ersten Kanal in der Scan-Liste (MINimum CHANnel) mit den Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼. Schließen Sie die Auswahl mit ENTER ab.
5. Bestimmen Sie den letzten Kanal in der Scan-Liste (MAXimum CHANnel) mit den Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼. Bestätigen Sie die Auswahl mit ENTER.
6. Nun konfigurieren Sie den Timer für Umschaltvorgänge. Dieser Timer kontrolliert die Ereigniserkennung des Triggers. Hier kann das Zeitintervall zwischen den Umschaltvorgängen programmiert werden. Wenn Sie diesen Timer auswählen, fragt Sie das Multimeter 2000 nach dem Zeitintervall:

**00H:00M:00.000S**

Stellen Sie mit den Tasten ◀, ▶, ▲ und ▼ das gewünschte Zeitintervall ein und drücken die ENTER-Taste.

7. Nun haben Sie die Möglichkeit, den Meßwertzähler (RDG CNT) zu programmieren. Dieser Zähler kann kleiner, gleich oder größer als die Länge der Scan-Liste sein (bis max. 1024). Dies ist die Anzahl der Meßwerte, die im Speicher abgelegt werden. Die Auswirkungen dieses Zählers werden etwas später in diesem Abschnitt („Umschaltbeispiele“) beschrieben.
8. Drücken Sie, nachdem Sie alle Einstellungen vorgenommen haben, die ENTER-Taste. Das Multimeter 2000 kehrt zur normalen Anzeige zurück. Beachten Sie, daß die Meßwerte (maximal bis zur Einstellung von RDG CNT) beim Umschalten im Speicher abgelegt werden.

### 3.6.7 Umschaltbeispiele

Die folgenden Beispiele beschreiben den Umgang mit dem Meßwertzähler, dem Umschalt-Zeitintervall, der Verzögerungsfunktion und dem externen Umschalten.

#### Zähler

Einer der Konfigurationsoptionen bei der Einzel- oder Reihenumschaltung ist der Meßwertzähler. Das Beispiel in Abbildung 3.13 demonstriert, welche unterschiedlichen Auswirkungen die Einstellungen für RDG CNT in bezug auf das Umschalten haben können:



**HINWEIS**

Läßt sich der Meßwertzähler nicht glatt durch die Länge der Scan-Liste teilen, so wird aufgerundet. So werden zum Beispiel bei einem Meßwertzähler von 15 und einer Länge der Scan-Liste von 10 bei der Reihenumschaltung zwei Triggerimpulse ausgegeben.

Die Unterschiede zwischen den Meßwertzählern bei der Einzel- und Reihenumschaltung in bezug auf Bus-Befehle sind in Tabelle 3.3 zusammengefaßt.

Operation	:SAMPLE:COUNT	:TRIGGER:COUNT
STEP	1	Meßwertzähler
SCAN	Länge der Scan-Liste	Meßwertzähler / Länge der Scan-Liste

*Tab. 3.3: Parameter der Bus-Befehle der Meßwertzähler bei der Einzel- und Reihenumschaltung.*

**Timer**

Eine weitere Konfigurationsmöglichkeit für Einzel- und Reihenumschaltung ist das Timing des Schließens von Kanälen. Das Beispiel in Abbildung 3.14 zeigt wie unterschiedlich die Einstellungen für TIMER und DELAY die Umschaltungen beeinflussen. Es sind die beiden Timer in den Blöcken „Ereignisquelle“ und „Verzögerung“ in den Abbildungen 3.11 und 3.12.

- Mit der Timer (ON) Einstellung 5 Sekunden und der AUTO Einstellung für DELAY werden bei der Einzelumschaltung die Kanäle im 5 Sekunden-Rythmus umgeschaltet und jeweils nach der Umschaltung ein Trigger-Impuls ausgegeben. Bei der Reihenumschaltung werden sofort alle zehn Kanäle nacheinander umgeschaltet und am Schluß ein Trigger-Impuls ausgegeben.
- Bei ausgeschaltetem Timer (OFF) und einem MANuellen Wert von 5 Sekunden für DELAY werden bei der Einzel sowie bei der Reihenumschaltung die Umschaltvorgänge in exakt der gleichen Zeit durchgeführt. Der einzige Unterschied liegt in der Ausgabe der Trigger-Impulse. Bei der Einzelumschaltung wird ein Trigger-Impuls nach jedem Schaltvorgang und bei der Reihenumschaltung nur ein Trigger-Impuls am Schluß ausgegeben.

Wenn beide Parameter (TIMER und DELAY) mit Werten gesetzt werden, so startet der Timer erst nach Ablauf der DELAY-Zeit. Beträgt zum Beispiel der Wert für TIMER 2 Minuten und der Wert für DELAY zehn Sekunden, so startet der Timer erst zehn Sekunden nachdem Sie die Taste SCAN betätigt haben. Von da ab wird die erste Umschaltung nach 2 Minuten, 10 Sekunden; die zweite Umschaltung nach 4 Minuten, 10 Sekunden usw. erfolgen.

Ist die gesamte Verzögerungszeit zwischen zwei Umschaltvorgängen (DELAY) größer oder gleich der Einstellung für TIMER, so ist die TIMER-Bedingung immer automatisch erfüllt. Mit anderen Worten: Die Einstellung für TIMER wird ignoriert.

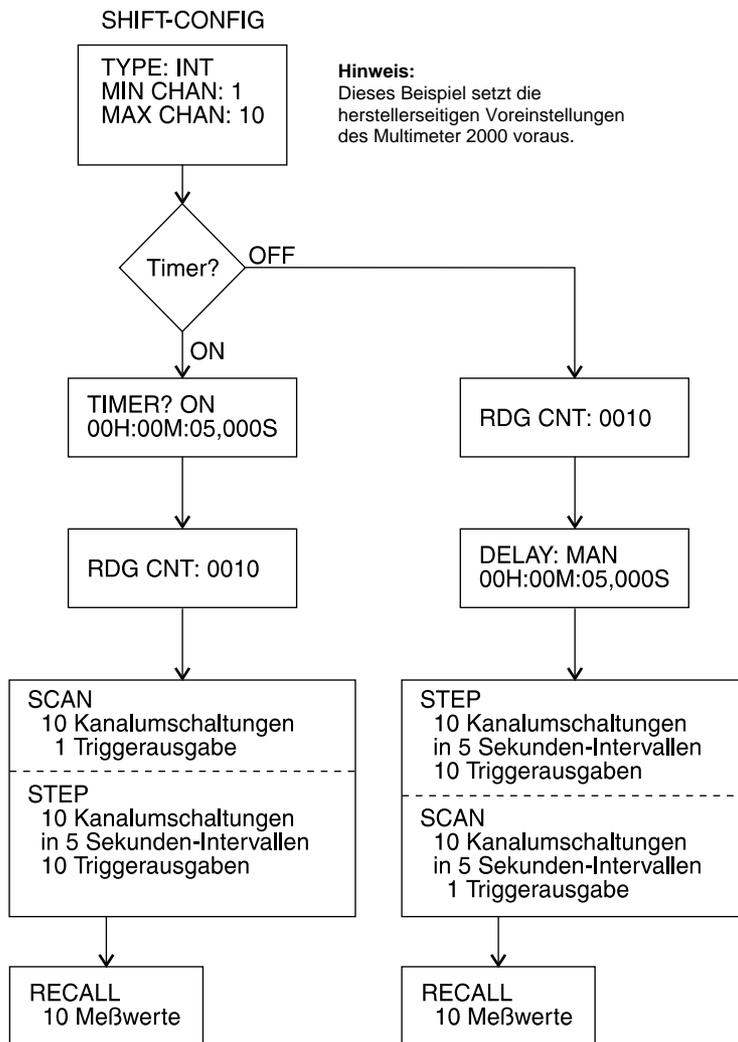


Abb. 3.14: Beispiel für internes Umschalten mit programmierten Optionen TIMER und DELAY.

### Externes Umschalten

Das Beispiel in Abbildung 3.15 zeigt die Operationen über die Frontplatte zum externen Umschalten. Die Trigger- und Signalverbindungen wurden bereits im Abschnitt „Triggerung“ in diesem Kapitel beschrieben. Dieses Beispiel setzt bei beiden Geräten (Multimeter 2000 und Meßstellenumschalter) herstellereitige Voreinstellungen voraus. Wählen Sie am Multimeter 2000 die gewünschte Meßfunktion.

- 1 Geben Sie am Meßstellenumschalter Modell 7001 eine Scan-Liste der Kanäle 1 bis 10 der Umschalt-Karte 1 ein.
- 2 Konfigurieren Sie das Gerät (Modell 7001) auf Triggerung über Trigger Link und einen Durchlauf der zehn Kanäle.
- 3 Konfigurieren Sie das Multimeter 2000 auf externes Umschalten und einen Durchgang mit zehn Kanälen.
- 4 Schalten Sie beim Multimeter 2000 die externe Triggerung durch Drücken der Taste EXT TRIG ein. Das Display des Geräts zeigt Striche an.
- 5 Drücken Sie am Multimeter 2000 nun STEP oder SCAN. Der Stern-Indikator und einer der Indikatoren STEP oder SCAN leuchten auf.
- 6 Drücken Sie am Meßstellenumschalter Modell 7001 die Taste STEP, um das Umschalten der Kanäle zu beginnen.
- 7 Nach dem Umschaltvorgang können Sie zehn Meßwerte aus dem Speicher des Multimeter 2000 abrufen.

### HINWEIS

Verwenden Sie eine externe Karte für Thermoelemente und darauf Kanal 1 als Temperaturreferenz, so erkennt das Multimeter 2000 Kanal 1 nur dann, wenn eine Einzel- (STEP) oder Reihen- (SCAN) Umschaltung vorgenommen wurde. Wenn Sie den Kanal 1 über den Meßstellenumschalter Modell 7001 oder 7002 manuell schließen, so interpretiert das Multimeter 2000 diesen Kanal nicht als Temperaturreferenz.

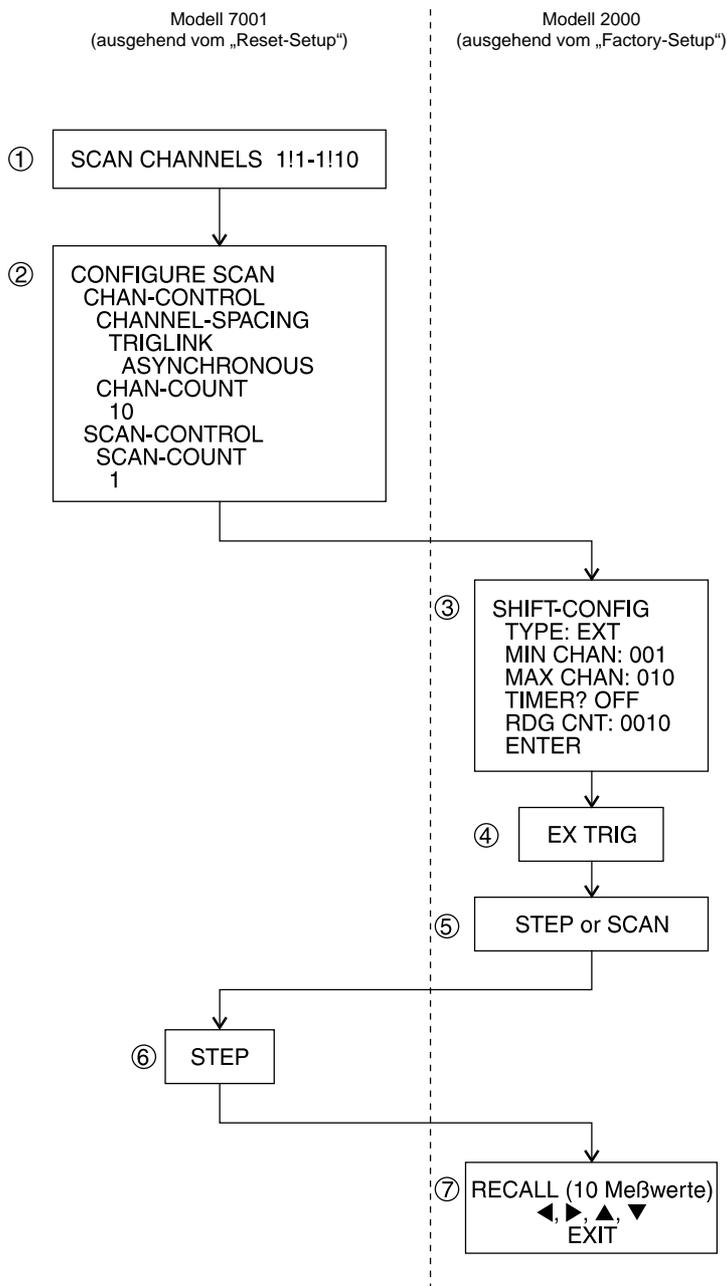


Abb. 3.15: Beispiel für externes Umschalten mit dem Meßstellenumschalter Modell 7001.

### 3.7 Systemfunktionen

Das Multimeter 2000 besitzt noch weitere Operationen, die über die Frontplatte gesteuert werden. Das Speichern und Abrufen von Voreinstellungen (SETUP) ist in Kapitel 2 „Inbetriebnahme“ beschrieben. Das Auswählen des Bussystems und die Programmiersprache ist in Kapitel 4 „Fernsteuerbetrieb“ erläutert.

#### 3.7.1 Selbsttest

Die Auswahl im Menü TEST ermöglicht die Fehlerdiagnose des Multimeter 2000. Informationen über die einzelnen Testprozeduren sind im optional erhältlichen „Model 2000 Repair Manual“ enthalten.

#### 3.7.2 Kalibrierung

Durch die Optionen im CAL-Menü können Sie das letzte und das nächste Kalibrierungsdatum einsehen, die Kalibrierung vornehmen und anzeigen lassen, wie oft das Multimeter 2000 bisher kalibriert wurde. Manche der Optionen sind passwortgeschützt, um unbeabsichtigte Änderungen der Kalibrierungskonstanten zu verhindern.

Um die Kalibrierungsdaten einzusehen, drücken Sie die Tastenkombination SHIFT-CAL und bei der Anzeige DATES die ENTER-Taste. Zuerst wird das Datum angezeigt, an dem das Multimeter 2000 zum letzten Mal kalibriert wurde. Unter NDUE wird das Datum angezeigt, an dem das Multimeter 2000 kalibriert werden sollte.

Die Kalibrierung des Multimeter 2000 ist passwortgeschützt. Das „Model 2000 Calibration Manual“ enthält weitere Details zur Kalibrierung.

Drücken Sie bei der Anzeige COUNT die ENTER-Taste um zu sehen, wie oft das Multimeter 2000 bisher kalibriert wurde.

**4**

# **Fernsteuerbetrieb**

## 4.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt die Bedienung des Multimeter 2000 im Fernsteuermodus. Dazu gehört

- Auswahl eines Interfaces
- Auswahl einer (Programmier-) Sprache
- RS-232-Betrieb
- Betrieb über den GPIB-Bus (und Referenz der GPIB-Befehle)

## 4.2 Auswahl eines Interfaces

Das Multimeter 2000 unterstützt zwei integrierte Schnittstellen:

- GPIB-Bus
- RS-232-Interface

Sie können immer nur eine Schnittstelle zur gleichen Zeit verwenden. Die herstellerseitige Voreinstellung aktiviert den GPIB-Bus. Nur von der Frontplatte ist eine Auswahl der Schnittstelle möglich. Diese Einstellung wird im nicht-flüchtigen Speicher des Multimeter 2000 abgelegt. Dies bedeutet, daß die Einstellung erhalten bleibt, selbst wenn das Gerät ausgeschaltet wurde oder über den Fernsteuer-Bus einen Reset-Befehl empfangen hat.

Bevor Sie eine Schnittstelle festlegen, sehen Sie sich die gewünschte Programmiersprache etwas genauer an. Die Festlegung der Programmiersprache wird ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben.

### 4.2.1 RS-232

An die RS-232-Schnittstelle des Multimeter 2000 können Sie einen Controller (Fernsteuerbetrieb) anschließen. Folgende Überlegungen spielen bei der Auswahl der RS-232-Schnittstelle eine Rolle:

- Sie müssen die Baud-Rate definieren
- Als Programmiersprache können Sie mit der RS-232-Schnittstelle lediglich SCPI verwenden.

Gehen Sie wie folgt vor, um RS-232 als Schnittstelle zu aktivieren:

1. Wechseln Sie in das RS-232-Konfigurationsmenü, in dem Sie SHIFT und anschließend RS232 drücken.

Ihre Anzeige lautet: RS232: OFF

2. Gehen Sie mit der ►-Taste zur ON/OFF-Auswahl.

Die Einstellung OFF blinkt.

3. Schalten Sie die RS-232-Schnittstelle durch Druck auf die Taste ▲ oder ▼ ein und betätigen daraufhin ENTER.

Mit EXIT können Sie das Konfigurationsmenü verlassen.

Der Abschnitt „RS-232-Betrieb“ enthält weitere Details über die Verwendung des Multimeter 2000 mit der RS-232-Schnittstelle.

#### 4.2.2 GPIB-Bus

Der GPIB-Bus wird auch als IEEE-488-Schnittstelle bezeichnet. Bei diesem Bus müssen Sie für das Multimeter 2000 eine eindeutige Adresse definieren. Die aktuelle Adresse wird beim Einschalten des Multimeter 2000 auf dem Display angezeigt. Die herstellerseitige Voreinstellung für die Adresse beträgt 16.

Da der GPIB-Bus herstellerseitig aktiviert wurde, brauchen Sie die folgenden Schritte nur dann durchzuführen, wenn Sie vorher RS-232 als Schnittstelle gewählt haben:

1. Wechseln Sie in das GPIB-Konfigurationsmenü, in dem Sie SHIFT und anschließend GPIB drücken.

Ihre Anzeige lautet: GPIB: OFF

2. Gehen Sie mit der ►-Taste zur ON/OFF-Auswahl.

Die Einstellung OFF blinkt.

3. Schalten Sie die GPIB-Schnittstelle durch Druck auf die Taste ▲ oder ▼ ein und betätigen daraufhin ENTER.

Wenn Sie die RS-232-Schnittstelle ausschalten, wird automatisch GPIB als aktive Schnittstelle für den Fernsteuerbetrieb vereinbart.

### 4.3 Auswahl einer Programmiersprache

Wählen Sie eine der drei folgenden Programmiersprachen, um das Multimeter 2000 zu steuern:

- SCPI (Abkürzung für „Standard Commands for Programmable Instruments“)
- Digital Multimeter Modelle 196/199 von Keithley
- Digital Multimeter Modelle 8840A/8842A von Fluke

Die herstellerseitige Voreinstellung ist SCPI.

Nur von der Frontplatte ist eine Auswahl der Programmiersprache möglich. Die Auswahl der Programmiersprache wird im nicht-flüchtigen Speicher des Multimeter 2000 abgelegt. Dies bedeutet, daß die Einstellung erhalten bleibt, selbst wenn das Gerät ausgeschaltet wurde oder über den Fernsteuer-Bus einen Reset-Befehl empfangen hat.

Tabelle 4.1 zeigt die möglichen Programmiersprachen in Abhängigkeit vom ausgewählten Interface:

Programmiersprache	GPIB	RS-232
SCPI	Ja	Ja
Keithley Digital Multimeter 196/199	Ja	Nein
Fluke Digital Multimeter 8840A/8842A	Ja	Nein

Tab. 4.1: Unterstützte Programmiersprachen.

Bedenken Sie bei der Auswahl der gewünschten Programmiersprache, daß Sie sich dadurch möglicherweise im Bereich der Gesamtfunktionen einschränken.

Gehen Sie wie folgt vor, um die gewünschte Programmiersprache zu vereinbaren:

1. Wechseln Sie in das GPIB-Konfigurationsmenü, in dem Sie SHIFT und anschließend GPIB drücken.

Ihre Anzeige lautet: GPIB: ON und GPIB blinkt.

2. Drücken Sie nun zweimal ENTER, um die Programmiersprache auswählen zu können:

Ihre Anzeige lautet: LANG: <Name>

3. Gehen Sie mit der ►-Taste zur Programmiersprachen-Auswahl.
4. Drücken Sie die Tasten ▲ oder ▼ bis die gewünschte Programmiersprache erscheint.

Folgende Anzeigen sind möglich: SCPI, 199 (für Keithley Modelle 196/199) und 8842 (für Fluke Modelle 8840A/8842A).

5. Bestätigen Sie Ihre Auswahl mit ENTER. Das Multimeter 2000 kehrt zur Meßbereitschaft zurück.

#### 4.3.1 SCPI

Die Programmiersprache SCPI wird von den Interfaces GPIB und RS-232 voll unterstützt. Sie sollten zum Kalibrieren des Multimeter 2000 ausschließlich die Programmiersprache SCPI verwenden.

#### 4.3.2 Digital Multimeter Modelle 196/199 von Keithley

Das Multimeter 2000 kann alle Befehle der Multimeter 196/199 interpretieren. Ausgenommen sind Befehle zum Selbsttest und zur Kalibrierung. Die Befehle sind in Anhang D des englischen „User’s Manual“ aufgeführt.

Die Handbücher der Digitalmultimeter 196/199 enthalten weitere Details zur Verwendung dieser Befehle.

#### 4.3.3 Digital Multimeter Modelle 8840A/8842A von Fluke

Das Multimeter 2000 kann alle Befehle der Multimeter 8840A/8842 von Fluke interpretieren. Ausgenommen sind Befehle zum Selbsttest und zur Kalibrierung. Die Befehle sind in Anhang D des englischen „User’s Manual“ aufgeführt.

Die Handbücher der Digitalmultimeter 8840A/8842A von Fluke enthalten weitere Details zur Verwendung dieser Befehle.

## 4.4 RS-232-Betrieb

### 4.4.1 Senden und Empfangen von Daten

Die Datenübertragung über das RS-232-Interface verwendet 8 Datenbit, 1 Stopbit und keine Parität. Vergewissern Sie sich, daß das Gerät, welches Sie an das Multimeter 2000 anschließen, die gleichen Übertragungsparameter verwendet.

Sie können Die Datenübertragung unterbrechen, in dem Sie das Zeichen ^C oder ^X (^steht für Control bzw. Strg) an das Multimeter senden. Dies beendet jede laufende Operation oder Ausgabe.

### 4.4.2 Wählen der Baud-Rate

Die Baud-Rate (Baud kann man in diesem Fall mit Bit pro Sekunde gleichsetzen) ist die Geschwindigkeit, mit der das Multimeter 2000 mit dem Datenterminal kommuniziert. Wählen Sie eine der folgenden Geschwindigkeiten (Baud-Raten):

- 19.200
- 9.600
- 4.800
- 2.400
- 1.200
- 600
- 300

Die herstellerseitig voreingestellte Geschwindigkeit beträgt 4800 Baud.

Wenn Sie eine Geschwindigkeit wählen, vergewissern Sie sich, daß das am Multimeter 2000 angeschlossene Gerät die gewählte Geschwindigkeit auch unterstützt. Beide Geräte müssen für die gleich Baud-Rate konfiguriert werden. Beim Multimeter 2000 wählen Sie die Baud-Rate wie folgt:

1. Wechseln Sie mit der Tastenkombination SHIFT RS232 in das RS-232-Konfigurationsmenü.

Ihre Anzeige lautet: RS232: ON (vorausgesetzt, RS-232 ist aktiviert)

2. Drücken Sie die ▼-Taste, um zur Geschwindigkeitsauswahl zu gelangen:

Ihre Anzeige lautet: BAUD: <Rate>

3. Durch Drücken der ►-Taste gelangen Sie zur Liste der möglichen Geschwindigkeiten. Die aktuelle Einstellung blinkt.
4. Scrollen Sie mit den Tasten ▼ und ▲ durch die Liste der möglichen Geschwindigkeiten, bis die gewünschte Baud-Rate angezeigt wird.
5. Bestätigen Sie Ihre Auswahl mit ENTER. Das Multimeter gibt Ihnen nun die Möglichkeit, das Signal-Handshaking festzulegen. Die folgenden Abschnitte enthalten Informationen über das Signal-Handshaking. Kehren Sie nun mit EXIT zum Normalmodus zurück.

### 4.4.3 Auswahl des Signal-Handshaking (Flußkontrolle)

Das Signal-Handshaking zwischen dem Terminal und dem Meßgerät erlaubt beiden Geräten eine Kommunikation untereinander. Jedes Gerät kann so dem anderen mitteilen, ob es bereit ist Daten zu empfangen oder nicht. Das Multimeter 2000 unterstützt kein Hardware-Handshaking (Hardware-Flußkontrolle).

Die Flußkontrolle per Software wird in Form der Sonderzeichen X\_ON und X\_OFF gesteuert, wenn im RS232-Flow-Menü XonXoff gewählt wurde. Füllt sich der Eingangspuffer des Multimeter 2000 um mehr als  $\frac{3}{4}$  der Gesamtkapazität, so sendet das Multimeter 2000 ein X\_OFF-Zeichen. Die sendende Stelle (Terminal oder anderes Meßgerät) stoppt sofort die Aussendung neuer Zeichen solange, bis das Multimeter 2000 ein X\_ON-Zeichen sendet. Dies geschieht, wenn die Belegung des Eingangspuffers unter 50% absinkt. Auch das Multimeter 2000 reagiert auf die X\_ON / X\_OFF-Zeichen. Bei einem X\_OFF stoppt das Multimeter 2000 die Aussendung von Zeichen solange, bis wieder ein X\_ON empfangen wird. Empfangene Befehle werden ausgeführt, sobald von der sendenden Stelle ein <CR>-Zeichen (Carriage Return) empfangen wurde.

Wurde als Flußkontrolle die Option NONE gewählt, so wird zwischen dem Multimeter 2000 und dem Terminal keinerlei Signal-Handshaking betrieben. Dabei gehen gesendete Daten verloren wenn sie auf einen Empfänger treffen, der nicht bereit ist die Daten zu verarbeiten.

Die Flußkontrolle können Sie wie folgt einstellen:

1. Betätigen Sie die Tasten SHIFT und RS232 um ins RS-232-Konfigurationsmenü zu gelangen.

Ihre Anzeige lautet: RS232: ON (vorausgesetzt Sie haben die RS-232-Schnittstelle vereinbart)

2. Schalten Sie mit der Taste ▲ oder ▼ auf Flußkontrolle um.

Ihre Anzeige lautet: FLOW: <Control>

3. Mit der ►-Taste gelangen Sie zur Auswahl der Flußkontrolle. Die Option beginnt zu blinken.
4. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼, um die gewünschte Flußkontrolle (NONE oder XonXoFF) einzustellen und drücken anschließend die ENTER-Taste. Daraufhin werden Sie aufgefordert, das End-Zeichen festzulegen. Der folgende Abschnitt beschreibt das End-Zeichen. Mit der EXIT-Taste gelangen Sie zum Meßmodus zurück.

### 4.4.4 Einstellung des End-Zeichens

Das Multimeter 2000 kann Meldungen, die an das Terminal gesendet werden, mit jeglicher Kombination aus den Zeichen <CR> (Carriage Return, zu deutsch „Wagenrücklauf“) und <LF> (Line Feed, zu deutsch, „Zeilenvorschub“) beenden. Die Einstellung ist wie folgt::

1. Betätigen Sie die Tasten SHIFT und RS232 um ins RS-232-Konfigurationsmenü zu gelangen.

Ihre Anzeige lautet: RS232: ON (vorausgesetzt Sie haben das RS-232-Interface vereinbart)

2. Schalten Sie mit der Taste ▲ oder ▼ auf End-Zeichen Auswahl um.

Ihre Anzeige lautet: TX TERM: <End-Zeichen>

3. Mit der ►-Taste gelangen Sie zur Auswahl der End-Zeichen. Die Option beginnt zu blinken.
4. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼, um das gewünschte End-Zeichen (LF, CR oder LF CR) einzustellen und drücken Sie anschließend die ENTER-Taste. Das Multimeter 2000 wechselt zum Meßmodus zurück.

### 4.4.5 RS-232-Anschluß

Der serielle RS-232-Anschluß des Multimeter 2000 wird durch ein 1:1-Kabel (beidseitig DB-9-Stecker) mit dem seriellen Anschluß eines Terminals (Computer) oder eines Druckers verbunden. Verwenden Sie kein Null-Modem-Kabel mit gedrehten Send-/Empfangsleitungen! Der Anschluß des Multimeter 2000 verwendet die Leitungen

„Senden“ (TXD), „Empfangen“ (RXD) und „Masse“ (GND) des RS-232-Standards. Abbildung 4.1 zeigt den seriellen Anschluß auf der Rückseite des Multimeter 2000 und Tabelle 4.2 zeigt die Pinbelegung des Anschlusses.

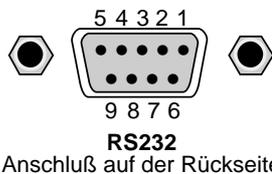


Abb. 4.1: Der RS-232-Anschluß.

Pin-Nummer	Beschreibung
1	Nicht angeschlossen
2	TXD, Sendedaten
3	RXD, Empfangsdaten
4	Nicht angeschlossen
5	GND, Masse
6	Nicht angeschlossen
7	CTS, Clear to send (*)
8	RTS, Ready to send (*)
9	Nicht angeschlossen

(\*) = CTS und RTS werden nicht ausgewertet!

Tab. 4.2: Pinbelegung des RS-232-Anchlusses.

In Anhang B des englischen „User’s Manual“ sind die möglichen RS-232-Fehlermeldungen aufgelistet.

## 4.5 GPIB-Bus-Operation und Referenz

### 4.5.1 Einführung

Dieser Abschnitt behandelt die Kommunikation des Multimeter 2000 über den GPIB-Bus (IEEE-488). Er ist wie folgt gegliedert:

- GPIB-Bus-Standards
- GPIB-Bus-Anschlüsse
- Auswahl einer primären Adresse

- Programmierung mit QuickBASIC 4.5
- Allgemeine GPIB-Bus-Befehle
- GPIB-Operation über die Frontplatte

### 4.5.2 GPIB-Bus-Standards

Ein GPIB-Bus ist der IEEE-488-Datenbus für Meßgeräte, der den ursprünglichen Hardware- und Programmierstandards des IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) von 1975 entspricht. Das Multimeter 2000 unterstützt die folgenden Standards:

- IEEE-488-1987.1
- IEEE-488-1987.2

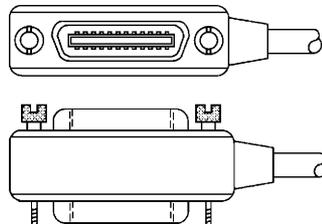
Dieser Standard definiert die Syntax zum Senden der Daten vom Meßgerät und zum Meßgerät hin. Weiterhin wird darin festgelegt, wie das Meßgerät die Daten interpretiert, welche Register es zur Statusanzeige gibt und es wird ein Satz allgemeiner GPIB-Bus-Befehle definiert.

- SCPI 1991 (Standard Commands for Programmable Instruments)

Dieser Standard ist eine Befehlssprache. Sie geht einen Schritt weiter als IEEE-488-1987.2 und definiert einen Standard-Befehlssatz, um jede programmierbare Funktion eines Meßgerätes ansprechen zu können.

### 4.5.3 GPIB-Bus-Anschlüsse

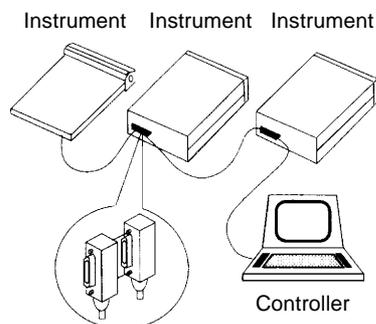
Um das Multimeter 2000 an den GPIB-Bus anzuschließen, verwenden Sie Kabel mit Standard IEEE-488-Anschlüssen (in Abbildung 4.2 dargestellt).



*Abb. 4.2: Der IEEE-488-Anschluß.*

Sie können die IEEE-488-Stecker übereinander stecken und dadurch mehrere Meßgeräte parallel schalten. An jedem Stecker befinden sich zwei Schrauben, mit denen Sie die Verbindung sichern können. Der aktuelle Standard legt metrische Gewinde für diese Sicherungsschrauben fest. Diese metrischen Schrauben sind an ihrer dunklen Farbe zu erkennen. Frühere Stecker besitzen andere Gewinde, deren Schrauben sind silberfarbig. Verwenden Sie keinesfalls solche älteren Stecker mit dem Multimeter 2000, da dieses Gerät metrische Gewinde besitzt.

In Abbildung 4.3 sehen Sie eine typische Verschaltung mehrerer Meßgeräte



*Abb. 4.3: Verbindung von Meßgeräten über den IEEE-488-Bus.*

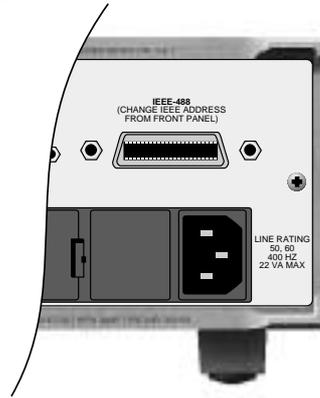
Um mechanische Beschädigungen zu vermeiden, stecken Sie nicht mehr als drei IEEE-488-Anschlüsse übereinander.

### HINWEIS

Verwenden Sie abgeschirmte IEEE-488-Kabel, um Störungen durch elektromagnetische Einflüsse zu vermeiden. Abgeschirmte IEEE-488-Kabel von Keithley sind die Modelle 7008-100 und 7008-200.

Gehen Sie wie folgt vor, um das Multimeter 2000 an den IEEE-488-Bus anzuschließen:

1. Verbinden Sie den Anschluß vom IEEE-488-Kabel mit dem IEEE-488-Anschluß des Multimeter 2000 auf der Rückseite des Geräts. Die Anschlüsse sind so entwickelt, daß eine Verbindung nur in einer Richtung möglich ist. Abbildung 4.4 zeigt die Rückseite des Multimeter 2000 mit dem IEEE-488-Anschluß.



*Abb. 4.4: Der IEEE-488-Anschluß auf der Rückseite des Multimeter 2000.*

2. Ziehen Sie die Schrauben fest. Aber achten Sie darauf, daß Sie sie nicht überdrehen.
3. Installieren Sie gegebenenfalls weitere IEEE-488-Stecker, um die Verbindung zu weiteren Meßgeräten zu schaffen.
4. Achten Sie darauf, daß das andere Ende des Kabels korrekt an das Terminal (Computer) angeschlossen ist. Die meisten Terminals sind mit einem IEEE-488-Anschluß ausgestattet. Einige wenige besitzen andere Anschlußarten. Sehen Sie auch in die Bedienungsanleitung des Terminals, um mehr über den korrekten Anschluß an den IEEE-488-Bus zu erfahren.

### HINWEIS

Inklusive Terminal (Controller) können Sie maximal 15 Geräte an den IEEE-488-Bus anschließen. Die maximale Kabellänge ist 20 Meter oder das Produkt aus 2 Meter x Anzahl der Geräte, je nachdem welcher Wert geringer ist. Die Nichtbeachtung dieser Grenze kann eine fehlerhafte Datenkommunikation zur Folge haben.

#### 4.5.4 Auswahl einer primären Adresse

Die herstellerseitig voreingestellte Adresse des Multimeter 2000 ist 16. Beim Einschalten zeigt das Multimeter 2000 die eingestellte Adresse kurz auf dem Display an. Sie können die Adresse im Bereich von 0 bis 30 frei definieren. Achten Sie darauf, daß Sie eine Adresse nicht zwei Geräten zuweisen, die an einem GPIB-Bus angeschlossen sind.

Gebräuchliche Adressen für Terminals sind 0 oder 21. Weitere Details entnehmen Sie bitte der Dokumentation Ihres Terminals. Stellen Sie sicher, daß die Adresse des Terminals die gleiche ist, die Sie auch in der Programmiersprache verwenden.

Gehen Sie wie folgt vor, um die primäre Adresse des Multimeter 2000 zu ändern:

1. Betätigen Sie die Tasten SHIFT und GPIB um ins GPIB-Konfigurationsmenü zu gelangen.

Ihre Anzeige lautet: GPIB: ON, wobei GPIB blinkt

2. Schalten Sie mit der Taste ▼ auf Adreßauswahl um:

Ihre Anzeige lautet: ADDR: 16

3. Mit der ►-Taste gelangen Sie zum numerischen Feld.
4. Verwenden Sie die Tasten ▲ und ▼, um die gewünschte Adresse im Bereich von 0 bis 30 einzustellen und drücken Sie anschließend die ENTER-Taste.
5. Mit der EXIT-Taste gelangen Sie in den Meßmodus zurück.

#### 4.5.5 Programmierung mit QuickBASIC 4.5

Die Programmbeispiele in diesem Abschnitt sind in Microsoft QuickBASIC 4.5 geschrieben. Als IEEE-488-Interface wurde das Keithley KPC-488.2 (oder Capital Equipment Corporation) IEEE-Interface verwendet. Als Treiber kam der HP-Style Universaltreiber (CECHP) zum Einsatz.

##### Installation des Universaltreibers

Bevor ein Programmbeispiel verwendet werden kann, muß zuerst der Universaltreiber geladen werden. Um diesen Treiber von der DOS-Eingabeaufforderung (DOS-Prompt) zu laden, geben Sie den folgenden Befehl ein:

```
cechp 
```

Wenn der Treiber automatisch beim Starten des Computers geladen werden soll, müssen Sie den Befehl in Ihre Datei AUTOEXEC.BAT schreiben.

## Die Programmfragmente

Die folgenden Programmfragmente haben zur Aufgabe, Ihnen die korrekte Programmsyntax zu verdeutlichen. Wie der Name sagt, sind nur relevante Teile des Programms abgedruckt, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden.

Am Anfang eines jeden Programms müssen (Treiber-) Dateien geöffnet werden. Das End-Zeichen für eingehende Daten sollte auf CRLF gesetzt werden:

```
OPEN "ieee" FOR OUTPUT AS #1
OPEN "ieee" FOR INPUT AS #2
PRINT #1, "interm crlf"
```

Ein typisches Programmfragment enthält einen OUTPUT- und einen ENTER-Befehl. Der OUTPUT-Befehl sendet eine Meldung (einen Befehl) an das Multimeter 2000. Wenn die Meldung einen Abfragebefehl enthält, so ist der ENTER-Befehl erforderlich, um die Antwort des Multimeter 2000 einzulesen. Der ENTER-Befehl versetzt das Multimeter 2000 in den Talk-Modus. Das folgenden Beispiel verdeutlicht die Verwendung der Befehle OUTPUT und ENTER. Beachten Sie bitte, daß dieses Beispiel von der herstellereitig voreingestellten Adresse 16 für das Multimeter 2000 ausgeht.

```
PRINT #1, "output 16; :func 'volt:ac; func?"
PRINT #1, "enter 16"
```

Wenn Sie die Antwort des Multimeter 2000 auf dem Computer sichtbar machen wollen, müssen Sie die Antwort einlesen und auf dem Monitor ausgeben:

```
LINE INPUT #2, A$
PRINT A$
```

Das folgende Beispiel zeigt, wie alle vorher beschriebenen Teile zusammenarbeiten. Dabei ist das eigentliche Programmfragment in Fettschrift markiert:

```
OPEN "ieee" FOR OUTPUT AS #1      ' Öffne Datenkanal
OPEN "ieee" FOR INPUT AS #2      ' Öffne Datenkanal
PRINT #1, "interm crlf"          ' CRLF-End-Zeichen
PRINT #1, "output 16; :func
    'volt:ac'; func?"            ' Wähle Meßfunktion ACV
                                ' und frage die gewählte
                                ' Funktion ab
PRINT #1, "enter 16"              ' Hole die Antwort vom
                                ' Meßgerät
LINE INPUT #2, A$                 ' Speichere die Antwort in
                                ' einem String (A$)
PRINT A$                           ' Gebe den String auf dem
                                ' Monitor aus
```

## 4.5.6 Allgemeine Bus-Befehle

### Allgemeine Bus-Befehle und zugehörige Statements

Allgemeine Bus-Befehle sind Befehle wie DCL, die immer die gleiche Bedeutung haben, unabhängig vom verwendeten Meßgerät. Tabelle 4.3 zeigt die allgemeinen Bus-Befehle zusammen mit den zugehörigen Statements, die das Keithley KPC-488.2 IEEE-488-Interface und den HP-Style Universal-Treiber verwenden. Beachten Sie, daß die Befehle die eine primäre Adresse benötigen, mit der herstellerseitigen Voreinstellung 16 angegeben sind.

Befehl	Statement	Wirkung auf das Multimeter 2000
REN	REMOTE 16	Schaltet das Gerät in den Listen-Modus
IFC	ABORT	Wechselt unabhängig vom Listen- oder Talk-Modus in den Idle-Zustand
LLO	LOCAL LOCKOUT	Die Taste LOCAL wird gesperrt
GTL	LOCAL 16	Beendet den Fernsteuerbetrieb; wechselt beim Multimeter 2000 zum Frontplattenbetrieb
	LOCAL	Beendet den Fernsteuerbetrieb; wechselt bei allen Geräten zum Frontplattenbetrieb
DCL	CLEAR	Setzt alle Geräte zurück
SDC	CLEAR 16	Setzt das Multimeter 2000 zurück
GET	TRIGGER 16	Löst einen Trigger-Impuls aus
SPE, SPD	S POLL 16	Führt am Multimeter 2000 einen serial Poll durch

Tab. 4.3: Allgemeine Bus-Befehle und zugehörige Statements.

#### REN (REmote Enable)

Der Befehl „Remote Enable“ wird an das Multimeter 2000 geschickt, um es in den Fernsteuerbetrieb zu schalten. Normalerweise sollten Sie das Multimeter 2000 zuerst in den Fernsteuerbetrieb schalten, bevor Sie es über den Bus programmieren. Nur durch den REN-Befehl wird das Meßgerät nicht komplett in den Fernsteuerbetrieb geschaltet. Dazu müssen Sie, nachdem Sie den REN-Befehl abgeschickt haben, das Multimeter 2000 in den Listen-Modus schalten.

Beachten Sie, daß sich das Multimeter 2000 nicht im Fernsteuerbetrieb befinden muß, um im Talk-Modus zu arbeiten.

### Programmfragment

```
PRINT #1, "remote 16"      ' Setzt das Multimeter 2000 in
                           ' den Remote-Modus; der REM-
                           ' Indikator leuchtet
```

Bedenken Sie, daß alle Tasten auf der Frontplatte (ausgenommen LOCAL und POWER) außer Funktion gesetzt sind, wenn sich das Multimeter 2000 im Fernsteuerbetrieb befindet. Sie können den normalen Frontplatten-Betrieb wieder herstellen, in dem Sie die Taste LOCAL betätigen.

### IFC (InterFace Clear)

Der Befehl IFC wird vom Terminal gesendet, um das Multimeter 2000 in den (Local) Idle-Modus zu schalten. Das Multimeter 2000 antwortet auf diesen Befehl, in dem die Indikatoren TALK oder LSTN auf der Frontplatte erlöschen, wenn das Meßgerät vorher in einem dieser Zustände war.

Beachten Sie, daß dieser Befehl den Status des Multimeter 2000 nicht beeinflußt. Die Einstellungen, Daten und Ereignisregister werden nicht verändert.

Um den IFC-Befehl zu senden, muß das Terminal die IFC-Leitung für nur 100 µs setzen.

### Programmfragment

```
PRINT #1, "output 16; *idn?"  ' Abfragebefehl senden
PRINT #1, "enter 16"         ' Daten lesen und TALK-
                              ' Indikator einschalten
SLEEP 3                      ' 3 Sekunden warten
PRINT #1, "abort"           ' In den Idle-Zustand des
                              ' Talk-Modus wechseln, TALK-
                              ' Indikator erlischt
```

### LLO (Local LOkout)

Verwenden Sie den LLO-Befehl, wenn Sie das Gerät vor Manipulationen über die Frontplatte schützen wollen. Nachdem das Multimeter 2000 diesen Befehl empfangen hat, sind alle Tasten (ausgenommen POWER und INPUTS) auf der Frontplatte außer Funktion. Die Betätigung der LOCAL-Taste in diesem Zustand wechselt nicht in den normalen Modus zurück. Der GTL-Befehl hebt diese Sperre wieder auf.

## Programmfragment

```

PRINT #1, "remote 16"           ' Multimeter 2000 in
                                ' Fernsteuerbetrieb schalten
PRINT #1, "local lockout"      ' Frontplatte außer Betrieb
                                ' setzen (inklusive der
                                ' Taste LOCAL)
SLEEP 6                         ' 6 Sekunden warten
PRINT #1, "local 16"          ' Multimeter 2000 in normalen
                                ' Betrieb schalten

```

**GTL (Go To Local)**

Dieser Befehl schaltet das Multimeter 2000 vom Fernsteuerbetrieb in den normalen Betrieb zurück. Der GTL-Befehl erlaubt auch wieder die Bedienung des Multimeter 2000 über die Frontplatte.

## Programmfragment

```

PRINT #1, "remote 16"           ' Multimeter 2000 in
                                ' Fernsteuerbetrieb schalten
SLEEP 3                         ' 3 Sekunden warten
PRINT #1, "local 16"          ' Multimeter 2000 in normalen
                                ' Betrieb schalten

```

**DCL (Device Clear)**

Verwenden Sie diesen Befehl, um das IEEE-488-Interface zu löschen und auf einen definierten Zustand zurückzusetzen. Der DCL-Befehl ist nicht adressiert, so daß alle angeschlossenen Geräte diesen Befehl simultan ausführen (sofern dieser Befehl unterstützt wird).

Wenn das Multimeter 2000 den DCL-Befehl empfängt, löscht es den Empfangs- und den Sendepuffer, bricht wartende Kommandos ab und löscht jedes Kommando, das die Ausführung weiterer Befehle verhindert. Der DCL-Befehl hat keinen Einfluß auf die Einstellungen des Multimeter 2000 und auf gespeicherte Meßwerte.

## Programmfragment

```

PRINT #1, "clear"              ' Alle Geräte zurücksetzen

```

### SDC (Selective Device Clear)

Der SDC-Befehl ist ein adressierter Befehl, der im Prinzip den gleichen Zweck erfüllt, wie der DCL-Befehl. Da das entsprechende Gerät adressiert werden muß, liefert der SDC-Befehl eine Möglichkeit, Geräte selektiv zurückzusetzen und nicht alle auf einmal, wie es beim DCL-Befehl der Fall ist.

Programmfragment

```
PRINT #1, "clear 16"           ' Nur Multimeter 2000
                               ' zurücksetzen
```

### GET (Group Execute Trigger)

Der Befehl GET ist ein GPIB-Trigger-Impuls, der als ARM-, Umschalt- und/oder Meßereignis verwendet werden kann, um den Operationsablauf zu steuern. Das Multimeter 2000 reagiert auf diesen Trigger-Impuls, wenn er die programmierte Ereignisquelle darstellt. Die Ereignisquelle wird im SCPI:TRIGger-Subsystem programmiert.

Ist das Multimeter 2000 auf einen GPIB-Trigger-Impuls programmiert und im Wartezustand, dann liefert das folgende Programmfragment den auslösenden Trigger-Impuls.

Programmfragment

```
PRINT #1, "trigger 16"        ' Triggert das Multimeter 2000
                               ' über den Bus
```

Dieses Beispiel sendet die IEEE-488-Befehle UNT UNL LISTEN 16 GET. Wenn der Befehl ausgeführt wurde, tritt das Trigger-Ereignis ein. Der Befehl TRIGGER alleine sendet nur den IEEE-488-Befehl GET. Dabei werden auch alle anderen Geräte getriggert, die sich im Listen-Modus befinden.

### SPE, SPD (Serial Polling)

Verwenden Sie die serielle Abfragesequenz, um das Serial Poll Byte des Multimeter 2000 auszulesen. Dieses Byte enthält wichtige Informationen über die internen Funktionen des Multimeter 2000 (Schauen Sie dazu auch in den Abschnitt „status structure“ des englischen „User’s Manual“). Normalerweise wird diese Abfragesequenz vom Terminal verwendet, um herauszufinden, welches der verschiedenen angeschlossenen Instrumente durch die SRQ-Leitung (Service ReQuest) auf sich aufmerksam machen wollte. Die serielle Abfragesequenz kann allerdings auch jederzeit durchgeführt werden, um den aktuellen Status des Multimeter 2000 abzufragen.

### Programmfragment

```

PRINT #1, "spoll 16"           ' Serielle Abfragesequenz
                                ' einleiten
INPUT #2, s                    ' Serial poll byte auslesen
PRINT s                        ' Dezimalen Wert des serial
                                ' poll bytes auf dem Monitor
                                ' ausgeben

```

## 4.5.7 GPIB-Operation über die Frontplatte

Dieser Abschnitt beschreibt Aspekte der Frontplatte, die Teile der GPIB-Operation darstellen, wie Meldungen, Statusindikatoren und die LOCAL-Taste.

### Fehler- und Statusmeldungen

In Kapitel 2 finden Sie eine Auflistung der bei der IEEE-488-Operation möglichen Fehler- und Statusmeldungen. Das Multimeter 2000 kann so programmiert werden, daß es einen SRQ (Service Request) sendet, sobald ein Fehler auftritt und spezielle Abfragebefehle können die Fehlerursache eingrenzen.

### GPIB-Status-Indikatoren

Die Indikatoren REM (Remote), TALK (Talk), LSTN (Listen) und SRQ (Service Request) zeigen den Status des GPIB-Bus an. Jeder dieser Indikatoren wird nachfolgend beschrieben:

- REM – Dieser Indikator zeigt an, daß sich das Multimeter 2000 im Fernsteuerbetrieb befindet. REM zeigt nicht den Status der REM-Leitung an; das Multimeter 2000 muß zuerst in den Listen-Modus geschaltet werden, bevor der REM-Indikator aufleuchtet. Befindet sich das Meßgerät im Fernsteuerbetrieb, so sind alle Tasten auf der Frontplatte (ausgenommen LOCAL und POWER) außer Funktion. Wenn der REM-Indikator erlischt, kehrt das Multimeter 2000 in den normalen Modus zurück und eine Bedienung über die Frontplatte ist wieder möglich.
- TALK – Dieser Indikator leuchtet, wenn sich das Multimeter 2000 im Talk-Modus befindet. Sie versetzen das Multimeter 2000 durch den korrekten MTA-Befehl (My Talk Address) in den Talk-Modus. Der TALK-Indikator ist ausgeschaltet, wenn sich das Meßgerät im (Talk-) Idle-Modus befindet. Diesen Modus können Sie erreichen, in dem Sie den Befehl UNT (Untalk) senden, das Multimeter 2000 in den Listen-Modus schalten oder den Befehl IFC (Interface Clear) verwenden.

- LSTN – Dieser Indikator leuchtet, wenn sich das Multimeter 2000 im Listen-Modus befindet. Sie versetzen das Multimeter 2000 durch den korrekten MLA-Befehl (My Listen Address) in den Listen-Modus. Der Listen-Indikator ist ausgeschaltet, wenn sich das Meßgerät im (Listen-) Idle-Modus befindet. Diesen Modus können Sie erreichen, in dem Sie den Befehl UNL (Unlisten) senden, das Multimeter 2000 in den Talk-Modus schalten oder den Befehl IFC (Interface Clear) verwenden.
- SRQ – Sie können das Multimeter 2000 so programmieren, daß es einen SRQ (Service Request) generiert, sobald eine oder mehrere Fehlerbedingungen auftreten. Leuchtet der SRQ-Indikator auf, so wurde ein Service Request erzeugt. Dieser Indikator leuchtet solange, bis das serial poll byte gelesen wurde oder alle Bedingungen verschwinden, die für den Service Request verantwortlich sind. Schauen Sie dazu auch in den Abschnitt „status structure“ des englischen „User’s Manual“.

### Die LOCAL-Taste

Die LOCAL-Taste beendet den Fernsteuerbetrieb und schaltet das Multimeter 2000 in den Frontplatten-Betrieb zurück.

Die Betätigung der LOCAL-Taste löscht auch den REM-Indikator und stellt die ursprüngliche Anzeige wieder her, wenn eine anwenderspezifische Meldung dargestellt wurde.

Ist der LLO-Befehl (Local Lockout) aktiv, dann ist die LOCAL-Taste außer Funktion.

# **Anhang A**

## **Spezifikationen**

## DC Charakteristiken

Bedingungen: MED (1 PLC)<sup>1</sup> oder SLOW (10 PLC)  
oder MED (1 PLC) mit Filterung 10

Genauigkeit:  $\pm$ (ppm des Meßwerts + ppm des Meßbereichs)  
(ppm = parts per million) (z.B. 10 ppm = 0,001%)

Funktion	Meßbereich	Auflösung	Teststrom oder Spannungsbürde	Eingangswiderstand	24 Stunden <sup>14</sup> 23°C $\pm$ 1°	90 Tage 23°C $\pm$ 5°	1 Jahr 23°C $\pm$ 5°	Temperaturkoeffizient 0°-18°C & 28°-50°C
Spannung	100,000 mV	0,1 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	30 + 30	40 + 35	50 + 35	2 + 6
	1,000000 V	1,0 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	15 + 6	25 + 7	30 + 7	2 + 1
	10,00000 V	10 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	15 + 4	20 + 5	30 + 5	2 + 1
	100,0000 V	100 $\mu$ V		10 M $\Omega$ $\pm$ 1%	15 + 6	30 + 6	45 + 6	5 + 1
	1000,000 V <sup>p</sup>	1 mV		10 M $\Omega$ $\pm$ 1%	20 + 6	35 + 6	45 + 6	5 + 1
Widerstand <sup>15</sup>	100,0000 $\Omega$	100 $\mu$ $\Omega$	1 mA		30 + 30	80 + 40	100 + 40	8 + 6
	1,000000 k $\Omega$	1 m $\Omega$	1 mA		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10,000000 k $\Omega$	10 m $\Omega$	100 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	100,00000 k $\Omega$	100 m $\Omega$	10 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	1,0000000 M $\Omega$	1 $\Omega$	10 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10,000000 M $\Omega$ <sup>11</sup>	10 $\Omega$	700 nA // 10 M $\Omega$		150 + 6	200 + 10	400 + 10	25 + 1
	100,00000 M $\Omega$ <sup>11</sup>	100 $\Omega$	700 nA // 10 M $\Omega$		800 + 30	1500 + 30	1500 + 30	150 + 1
Strom	10,000000 mA	10 nA	< 0,15 V		60 + 15	300 + 40	500 + 40	50 + 5
	100,00000 mA	100 nA	< 0,03 V		100 + 150	300 + 400	500 + 400	50 + 5
	1,0000000 A	1 $\mu$ A	< 0,3 V		200 + 15	500 + 40	800 + 40	50 + 5
	3,000000 A	10 $\mu$ A	< 1 V		1000 + 10	1200 + 15	1200 + 15	50 + 5
Durchgangsprüfung (2-Draht)	1 k $\Omega$	100 mA	1 mA		40 + 100	100 + 100	120 + 100	8 + 1
Diodentest	3,000000 V	10 $\mu$ V	1 mA		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10,000000 V	10 $\mu$ V	100 $\mu$ A		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10,000000 V	10 $\mu$ V	10 $\mu$ A		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1

## DC Operations-Charakteristiken<sup>2</sup>

Funktion	Stellen	Meßwerte /s
DCV (alle Meßbereiche)	6 $\frac{1}{2}$ <sup>3,4</sup>	4 (5)
DCI (alle Meßbereiche)	6 $\frac{1}{2}$ <sup>3,7</sup>	25 (30)
Ohm (Meßbereich < 10 M)	6 $\frac{1}{2}$ <sup>3,5</sup>	40 (50)
	5 $\frac{1}{2}$ <sup>3,7</sup>	230 (270)
	5 $\frac{1}{2}$ <sup>5</sup>	400 (500)
	5 $\frac{1}{2}$ <sup>5</sup>	850 (1000)
	4 $\frac{1}{2}$ <sup>5</sup>	1850 (2000)

## DC Systemgeschwindigkeiten<sup>2,6</sup>

Meßbereichswechsel<sup>3</sup>: 50 (50) / Sekunde  
 Funktionswechsel<sup>3</sup>: 45 (45) / Sekunde  
 Zeit für automatische Meßbereichswahl<sup>3,10</sup>: < 30 (30) ms  
 ASCII-Meßwerte zum RS-232-Interface (19,2 k Baud): 55 (55) / Sekunde  
 Maximale interne Trigger-Rate: 1850 (2000) / Sekunde  
 Maximale externe Trigger-Rate: 400 (500) / Sekunde

## DC Spezifikationen

**Linearität des 10 VDC-Meßbereichs:**  $\pm$ (2 ppm des Meßbereichs + 1 ppm des Meßbereichs)

**Eingangsschutz DCV,  $\Omega$ , Temperatur, Durchgangsprüfung, Diodentest:** 1000 V für alle Meßbereiche

**Maximaler 4W $\Omega$  Leitungswiderstand:** 10% des Meßbereichs pro Leitung für 100  $\Omega$  und 1 k $\Omega$

Meßbereich; 1 k $\Omega$  pro Leitung für alle anderen Meßbereiche.

**Gleichstrom-Eingangsschutz:** 3 A, 250 V Sicherung

**Shunt-Widerstand:** 0,1  $\Omega$  für 3 A, 1 A und 100 mA Meßbereich, 10  $\Omega$  für 10 mA Meßbereich

**Schwellwert für Durchgangsprüfung:** Einstellbar von 1  $\Omega$  bis 1000  $\Omega$

**Fehler des automatischen Nullabgleichs:** Plus  $\pm$ (2 ppm des Bereichsfehlers + 5  $\mu$ V) für < 10 Minuten und  $\pm$ 1 °C Temperaturwechsel

**Bereichsüberlauf:** 120 % des Meßbereichs ausgenommen 1000 V, 3 A und Diodentest

## Geschwindigkeit und Rauschunterdrückung

Geschwindigkeit	Meßwerte / s	Stellen	RMS Rauschen 10 V Meßbereich	NMRR <sup>12</sup>	CMRR <sup>13</sup>
10 PLC	5	6 ½	< 1,5 µV	60 dB	140 dB
1 PLC	50	6 ½	< 4 µV	60 dB	140 dB
0,1 PLC	1000	5 ½	< 22 µV	–	80 dB
0,01 PLC	2000	4 ½	< 150 µV	–	80 dB

## DC Anmerkungen

- Addieren Sie die folgenden Werte zu den Genauigkeitsangaben der einzelnen Meßbereiche hinzu: 1 V und 100 V, 2 ppm; 100 mV, 15 ppm; 100 Ω, 15 ppm; < 1 MΩ, 2 ppm; 10 mA und 1 A, 2 ppm; 100 mA, 20 ppm
- Angegebene Geschwindigkeiten sind für 50 (60) Hz Operation bei Hersteller-Voreinstellungen (\*RST), ausgeschalteter automatischer Meßbereichswahl, ausgeschalteter Anzeige, Trigger-Verzögerung = 0.
- Geschwindigkeiten schließen Messungen und transfer der binären Daten über den GPIB-Bus ein.
- Ausgeschalteter, automatischer Nullabgleich
- Meßwertzähler = 1024, ausgeschalteter, automatischer Nullabgleich
- Ausgeschalteter, automatischer Nullabgleich, NPLC = 0,01
- Ohm = 24 Meßwerte / Sekunde
- 1 PLC = 16,67 ms bei 60 Hz, 20 ms bei 50 Hz / 400 Hz. Beim Einschalten wird die Netzfrequenz automatisch gemessen
- Addieren Sie sicherheitshalber bei Meßgrößen > 500 V 0,02 ppm / V für den Betrag über 500 V hinzu.
- Addieren Sie 120 ms für Ohm
- Muß im Bereich von 10 % des Leitungswiderstandes zwischen INPUT HI und LO liegen.
- Für Netzfrequenz ±0,1 %
- Für 1 kΩ-Schwankungen im LO-Strang
- Relativ zur Kalibrierungsgenauigkeit
- Spezifikationen sind für 4-Draht- oder 2-Draht-Widerstände bei eingeschalteter REL-Funktion.

## Charakteristiken für TRUE RMS Wechselspannung und -strom

Genauigkeit<sup>1</sup>: ±(% des Meßwerts + % des Meßbereichs), 23 °C ±5 °C

Spannungsbereich	Auflösung	Kalibrierungszyklus	3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 20 kHz	20 kHz - 50 kHz	50 kHz - 100 kHz	100 kHz - 300 kHz
100,0000 mV	0,1 µV	90 Tage	0,35 + 0,03	0,05 + 0,03	0,11 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
1,000000 V	1,0 µV	90 Tage	0,35 + 0,03	0,05 + 0,03	0,11 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
10,000000 V	10 µV	1 Jahr	0,35 + 0,03	0,06 + 0,03	0,12 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
100,0000 V	100 µV	1 Jahr	0,35 + 0,03	0,06 + 0,03	0,12 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
750,000 V	1 mV	1 Jahr	0,35 + 0,03	0,06 + 0,03	0,12 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
		Temperaturkoeffizient <sup>8</sup>	0,035 + 0,003	0,005 + 0,003	0,006 + 0,005	0,01 + 0,006	0,03 + 0,01
Strombereich	Auflösung	Kalibrierungszyklus	3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 5 kHz			
1,000000 A	1 µA	90 Tage / 1 Jahr	0,30 + 0,04	0,10 + 0,04			
3,00000 A	10 µA	90 Tage / 1 Jahr	0,35 + 0,06	0,15 + 0,06			

### Zusätzliche Fehler bei hohem Crest-Faktor $\pm$ (% des Meßwerts)<sup>7</sup>

Crest-Faktor:	1-2	2-3	3-4	4-5
Zusätzlicher Fehler:	0,05	0,15	0,30	0,40

### AC Operations-Charakteristiken<sup>2</sup>

Funktion	Stellen	Meßwerte /s	Geschwindigkeit	Bandbreite
ACV (alle Meßbereiche)	6 ½ <sup>3</sup>	2s (2 s) / Meßwert	SLOW	3 Hz - 300 kHz
ACI (alle Meßbereiche)	6 ½ <sup>3</sup>	1,4 (1,4)	MED	30 Hz - 300 kHz
	6 ½ <sup>3</sup>	4,8 (4,8)	MED	30 Hz - 300 kHz
	6 ½ <sup>3</sup>	2,0 (2,2)	FAST	300 Hz - 300 kHz
	6 ½ <sup>3</sup>	30 (35)	FAST	300 Hz - 300 kHz

### Zusätzliche Fehler bei kleinen Frequenzen $\pm$ (% des Meßwerts)

	SLOW	MED	FAST
20 Hz - 30 Hz	0	0,3	–
30 Hz - 50 Hz	0	0	–
50 Hz - 100 Hz	0	0	1,0
100 Hz - 200 Hz	0	0	0,18
200 Hz - 300 Hz	0	0	0,10
> 300 Hz	0	0	0

### AC Systemgeschwindigkeiten<sup>2,5</sup>

Meßfunktions/-bereichswechsel<sup>6</sup>: 4 (4) / Sekunde

Zeit für automatischer Meßbereich: < 3 (3) s

ASCII-Meßwerte zum RS-232-Interface (19,2 k Baud)<sup>4</sup>: 50 (50) / Sekunde

Maximale interne Trigger-Rate<sup>4</sup>: 250 (300) / Sekunde

Maximale externe Trigger-Rate<sup>4</sup>: 250 (300) / Sekunde

### AC Spezifikationen

**Eingangsimpedanz:** 1 M $\Omega$   $\pm$ 2 % parallel mit < 100 pF

**Eingangsschutz ACV:** 1000 V<sub>p</sub>

**Maximaler Gleichspannungsanteil:** 400 V in jedem Meßbereich

**Wechselstrom-Eingangsschutz:** 3 A, 250 V Sicherung

**Bürdenspannung:** 1 A-Meßbereich: < 0,3 V rms, 3 A-Meßbereich: < 1 V rms

**Shunt-Widerstand:** 0,1  $\Omega$  für alle ACI-Meßbereiche

**AC CMRR:** > 70 dB mit 1 k $\Omega$  im LO-Strang

**Maximaler Crest-Faktor:** 5 bei vollem Meßbereich

Volt-Hertz-Produkt:  $\leq 8 \times 10^7$  V  $\cdot$  Hz

**Bereichsüberlauf:** 120 % des Meßbereichs ausgenommen 750 V und 3 A

## AC Anmerkungen

1. Spezifikationen sind für die Geschwindigkeit SLOW und Sinuswellen > 5 % des Meßbereichs
2. Angegebene Geschwindigkeiten sind für 50 (60) Hz Operation bei Hersteller-Voreinstellungen (\*RST), ausgeschalteter automatischer Meßbereichswahl, ausgeschalteter automatischer Nullung,, ausgeschalteter Anzeige und enthält die Zeit für den Transfer der binären Daten über den GPIB-Bus.
3. 0,01 % des Umschalt-Fehlers. Trigger-Verzögerung = 400 ms
4. Trigger-Verzögerung = 0
5. DETector: BANDwidth 300, NPLC = 0,01
6. Maximal verwendbares Limit mit Trigger-Verzögerung = 175 ms
7. Gültig für nicht sinusförmige Wellenformen > 5 Hz
8. Gültig im Bereich 0 ° – -18 °C und 28 ° – -50 °C

## Spezifikationen von Frequenz und Periodendauer <sup>1,2</sup>

ACV-Meßbereich	Frequenz-Meßbereich	Periodendauer-Meßbereich	Torzeit	Auflösung ± (ppm des Meßbereichs)	Genauigkeit 90 Tage / 1 Jahr ± (% des Meßbereichs)
100 mV bis 750 V	3 Hz bis 500 kHz	333 ms bis 2 µs	1 s (SLOW)	0,3	0,01

## Frequenz Anmerkungen

1. Spezifikationen sind für Rechteck-Eingangssignale > 10 % des ACV-Meßbereichs, ausgenommen 100 mV-Meßbereich. Im 100 mV-Meßbereich muß die Frequenz > 10 Hz sein, wenn die Eingangsspannung < 20 mV ist.
2. 20 % Meßbereichsüberschreitung, ausgenommen 750 V-Meßbereich

## Temperatur-Spezifikationen

Art	Meßbereich	Auflösung	Relativ zum Referenzpunkt	Thermoelemente <sup>2,3,4</sup>	90 Tage / 1 Jahr (23 °C ± 5 °C)
				Genauigkeit <sup>1</sup>	Bei Verwendung von 2001-TSCAN <sup>5</sup>
J	- 200 bis + 760 °C	0,001 °C	± 0,5 °C		± 0,65 °C
K	- 200 bis + 1372 °C	0,001 °C	± 0,5 °C		± 0,70 °C
T	- 200 bis + 400 °C	0,001 °C	± 0,5 °C		± 0,68 °C

## Temperatur Anmerkungen

1. Addieren Sie für Temperaturen < -100 °C ±0,1 °C und für Temperaturen > 900 °C ±0,3 °C hinzu.
2. Temperaturen können in °C, K oder °F angezeigt werden.
3. Genauigkeit basiert auf ITS-90.
4. Exklusiv für Fehler der Thermoelemente.
5. Spezifikationen gelten für die Kanäle 2 bis 6. Addieren Sie 0,06 °C/Kanal für jeden weiteren Kanal ab Kanal 7.

## Geschwindigkeit des internen Meßstellenumschalters (Scanner)

### Maximale interne Umschaltgeschwindigkeiten

Bereich: Kanäle / Sekunde

Trigger-Verzögerung = 0

DCV <sup>2</sup>	AVC <sup>2,3</sup>	2-Draht-Widerstände <sup>2</sup>	4-Draht-Widerstände <sup>2</sup>	Temperatur <sup>2</sup>
Alle: 110	Alle: 100	Alle: 105	< 10 MΩ: 42	Alle: 60

Trigger-Verzögerung = AUTO

DCV <sup>2</sup>	AVC <sup>2,3</sup>	2-Draht-Widerstände <sup>2</sup>	4-Draht-Widerstände <sup>2</sup>	Temperatur <sup>2</sup>
0,1 V: 105	Alle: 1,8	100 Ω: 85	100 Ω: 42	Alle: 60
1 V: 105		1 kΩ: 85	1 kΩ: 42	
10 V: 105		10 kΩ: 42	10 kΩ: 25	
100 V: 70		100 kΩ: 28	100 kΩ: 21	
1000 V: 70		1 MΩ: 8	1 MΩ: 7	
		10 MΩ: 5	10 MΩ: 5	
		100 MΩ: 3	100 MΩ: 3	

## Anmerkungen zur internen Umschaltgeschwindigkeit

1. Angegebene Geschwindigkeiten sind für 50 (60) Hz Betrieb bei Hersteller-Voreinstellungen (\*RST), ausgeschalteter automatischer Meßbereichswahl, ausgeschalteter automatischer Nullung, ausgeschalteter Anzeige und Meßwertzähler = 1024.
2. NPLC = 0,01
3. DETector:BANDwidth = 300

## Allgemeine Informationen

### Allgemeine Spezifikationen

**Netzspannung:** 100 V / 120 V / 220 V / 240 V ±10 %

**Netzfrequenz:** 45 bis 60 Hz und 360 Hz bis 440 Hz, automatisch beim Einschalten ermittelt

**Leistungsaufnahme:** 22 VA

**Umgebungsbedingungen Betrieb:** Temperatur 0 °C bis 50 °C, relative Luftfeuchtigkeit max. 80 % bei 35 °C

**Umgebungsbedingungen Lagerung:** Temperatur -40 °C bis 70 °C

**Gewährleistungsfrist:** 3 Jahre

**Sicherheitsprüfungen:** UL-1244, IEC-1010

**EMI:** Entspricht den Anforderungen Klasse B, VDE 0871, FCC Teil 15, CISPR22, EN-55022

**ESD:** Entspricht IEC 801-2

**Vibrationen:** MIL-T-28800E Type III, Klasse 5

**Aufwärmzeit:** 1 Stunde für ausgewiesene Genauigkeit

**Abmessungen:** Einbau: 89 mm (Höhe), 213 mm (Breite) und 370 mm (Tiefe), 3 1/2 in. x 8 3/8 in. x 14 9/16 in.  
Tisch-Betrieb (mit Griff und Füßen): 104 mm (Höhe), 238 mm (Breite) und 370 mm (Tiefe),  
3 1/8 in. x 9 3/8 in. x 14 9/16 in.

**Nettogewicht:** 2,9 kg (6,3 lbs)

**Versandgewicht:** 5 kg (11 lbs)

**Volt Hertz Produkt:** ≤8 x 10<sup>7</sup> V • Hz

## Triggerung und Speicher

**Meßwert-Hold Empfindlichkeit:** 0,01 %, 0,1 %, 1 % oder 10 % des Meßwerts

**Trigger-Verzögerung:** 0 bis 99 Stunden (1 ms Schrittweite)

**Externe Trigger-Verzögerung:** 200  $\mu$ s + < 300  $\mu$ s Jitter bei ausgeschalteter automatischer Nullung und  
Trigger-Verzögerung = 0

**Speicherkapazität:** 1024 Meßwerte

## Mathematische Funktionen

Rel, Min / Max / Average / StdDev (der gespeicherten Meßwerte), dB, dBm, Grenzwerttest, %, und mX+b  
mit anwenderspezifischen Einheiten

**dBm Referenzwiderstände:** 1 bis 9999  $\Omega$  (1  $\Omega$  Schrittweite)

## Standard Programmiersprachen

SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments)

Keithley 196/199

Fluke 8840A, Fluke 8842A

## Schnittstellen:

GPIB (IEEE-488.1, IEEE-488.2) und RS-232C

### Berechnungen zur Genauigkeit

Der folgende Abschnitt beschreibt wie Sie auf Basis der DC- und AC-Charakteristiken die Genauigkeit des Multimeter 2000 berechnen können.

#### Berechnung der DC-Genauigkeit

Die Genauigkeit im DC-Bereich ist wie folgt definiert:

Genauigkeit =  $\pm(\text{ppm des Meßwerts} + \text{ppm des Meßbereichs})$

Nehmen wir als Beispiel an, Sie messen eine Spannung von 5 V im 10 V-Meßbereich. Sie können die maximale Abweichung ausgehend von der (1 Jahr-) Genauigkeit wie folgt berechnen:

Genauigkeit =  $\pm(30 \text{ ppm des Meßwerts} + 5 \text{ ppm des Meßbereichs})$   
 $\pm[(30 \text{ ppm} \times 5 \text{ V}) + (5 \text{ ppm} \times 10 \text{ V})]$   
 $\pm(150 \text{ } \mu\text{V} + 50 \text{ } \mu\text{V})$   
 $\pm 200 \text{ } \mu\text{V}$

Der angezeigte Meßwert ist also 5 V  $\pm 200 \text{ } \mu\text{V}$ , bzw. liegt im Bereich von 4,9998 V bis 5,0002 V.

Die Genauigkeit von Gleichstrom- oder Widerstandsmessungen wird auf gleiche Weise kalkuliert, in dem Sie die entsprechenden Spezifikationen, Eingangsgrößen und Meßbereiche verwenden.

#### Berechnung der AC-Genauigkeit

Die Genauigkeit im AC-Bereich ist ähnlich wie die DC-Genauigkeit definiert:

Genauigkeit =  $\pm(\% \text{ des Meßwerts} + \% \text{ des Meßbereichs})$

Nehmen wir als Beispiel an, Sie messen eine Spannung von 120 V, 60 Hz im 750 V-Meßbereich. Sie können die maximale Abweichung ausgehend von der (1 Jahr-) Genauigkeit wie folgt berechnen:

Genauigkeit =  $\pm(0,06\% \text{ des Meßwerts} + 0,03\% \text{ des Meßbereichs})$   
 $\pm[(0,0006 \times 120 \text{ V}) + (0,0003 \times 750 \text{ V})]$   
 $\pm(0,072 \text{ V} + 0,225 \text{ V})$   
 $\pm 0,297 \text{ V}$

In diesem Fall ist der angezeigte Meßwert  $120 \text{ V} \pm 0,297 \text{ V}$ , bzw. liegt im Bereich von  $119,703 \text{ V}$  bis  $120,297 \text{ V}$

Die Genauigkeit von Wechselstrommessungen wird auf gleiche Weise kalkuliert, in dem Sie die entsprechenden Spezifikationen, Eingangsgrößen und Meßbereiche verwenden.

## Berechnung der dBm-Genauigkeit

Wir berechnen in diesem Beispiel die Abweichung einer 13 dBm-Messung mit einer Referenzimpedanz von  $50 \Omega$  und einem Eingangssignal von  $0,998815 \text{ V}$ . Der Zusammenhang zwischen der Spannung und dBm sei wie folgt definiert:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{V_{\text{IN}}^2 / R_{\text{REF}}}{1 \text{ mW}}$$

Aus dem letzten Beispiel können wir berechnen, daß ein Eingangssignal von  $0,998815 \text{ V}$  mit einer Ungenauigkeit von  $\pm 36,96445 \mu\text{V}$  angezeigt wird, das heißt die Anzeige zwischen  $0,998778 \text{ V}$  und  $0,998852 \text{ V}$  liegt, wenn man die (1 Jahr-) Bedingungen für den  $1 \text{ V}$ -Meßbereich berücksichtigt.

Drücken wir  $0,998778 \text{ V}$  als dBm aus:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{(0,998778 \text{ V})^2 / 50 \Omega}{1 \text{ mW}} = 12,99968 \text{ dBm}$$

Drücken wir  $0,998852 \text{ V}$  als dBm aus:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{(0,998852 \text{ V})^2 / 50 \Omega}{1 \text{ mW}} = 13,00032 \text{ dBm}$$

Der angezeigte Wert lautet also  $13 \text{ dBm} \pm 0,00032 \text{ dBm}$ .

Die Genauigkeit der dBm-Werte für andere Eingangsspannungen wird auf gleiche Weise kalkuliert, in dem Sie die entsprechenden Spezifikationen, Meßbereiche und Referenzimpedanzen verwenden.

### Berechnung der dB-Genauigkeit

Der Zusammenhang zwischen der Spannung und dB ist wie folgt definiert:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{REF}}}$$

Um die Genauigkeit der dB-Messung bei einer vorgegebenen Referenzspannung von 10 V zu berechnen, müssen Sie zuerst die mögliche Spannungsungenauigkeit kalkulieren und diese Werte in die obige Gleichung eintragen.

Nehmen wir bei einer Messung von -60 dB eine Referenzspannung von 10 mV RMS an. Beim 100 mV-Meßbereich, 1 Jahr-Spezifikationen, 10 Hz - 20 kHz Frequenzbereich und der Meßgeschwindigkeit SLOW ergibt sich folgende Spannungsungenauigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Genauigkeit} &= \pm(0,06\% \text{ des Meßwerts} + 0,03\% \text{ des Meßbereichs}) \\ &\pm[(0,0006 \times 10 \text{ mV}) + (0,0003 \times 100 \text{ mV})] \\ &\pm(6 \mu\text{V} + 30 \mu\text{V}) \\ &\pm 36 \mu\text{V} \end{aligned}$$

Der angezeigte Wert lautet also 10 mV  $\pm 36 \mu\text{V}$  oder liegt im Bereich von 10,036 mV bis 9,964 mV. Diese Werte tragen wir nun in die dB-Gleichung ein:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{10,036\text{mV}}{10\text{V}} = -59,96879\text{dB}$$

$$\text{dB} = 20 \log \frac{9,964\text{mV}}{10\text{V}} = -60,03133\text{dB}$$

Der angezeigte Wert lautet also -60 dB +0,031213 dB bzw. -60 dB -0,031326 dB

Die Genauigkeit der dB- -Werte für andere Eingangsspannungen wird auf gleiche Weise kalkuliert, in dem Sie die entsprechenden Spezifikationen, Meßbereiche und Referenzspannungen verwenden.

### Zusätzliche Meßfehler

In manchen Fällen müssen in den verschiedenen Genauigkeitsberechnungen zusätzlich Meßfehler berücksichtigt werden. Bei Gleichspannungen über 500 V muß zum Beispiel ein Meßfehler hinzuaddiert werden. Bevor Sie bei solchen Meßgrößen eine

Genauigkeitsberechnung vornehmen, sehen Sie sich die Spezifikationen dieser Meßfunktion genau an, ob dort weitere Meßfehler eine Rolle spielen.

### **Optimierung der Meßgenauigkeit**

Die unten aufgeführte Konfiguration geht beim Multimeter 2000 von den herstellerseitigen Voreinstellungen aus.

#### **Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessung**

- Wählen Sie 6½ Stellen, 10 PLC, Filter eingeschaltet (bis 100 Meßwerte), festen Meßbereich
- Verwenden Sie bei Gleichspannungs- und 2-Draht-Widerstandsmessungen die REL-Funktion
- Verwenden Sie für höchste Genauigkeit 4-Draht-Widerstandsmessungen

#### **Wechselspannungs- und -strommessungen**

- Wählen Sie 6½ Stellen, 10 PLC, Filter eingeschaltet (bis 100 Meßwerte), festen Meßbereich

### Temperaturmessungen

- Wählen Sie 6½ Stellen, 10 PLC, Filter eingeschaltet (bis 100 Meßwerte)

### Optimierung der Meßgeschwindigkeit

Die unten aufgeführte Konfiguration geht beim Multimeter 2000 von den herstellerseitigen Voreinstellungen aus.

### Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessung

- Wählen Sie 3½ Stellen, 0,01 PLC, Filter ausgeschaltet, festen Meßbereich

### Wechselspannungs- und -strommessungen

- Wählen Sie 3½ Stellen, 0,01 PLC, Filter ausgeschaltet, festen Meßbereich

### Temperaturmessungen

- Wählen Sie 3½ Stellen, 0,01 PLC, Filter ausgeschaltet

Schalten sie bei allen Messungen den automatischen Nullabgleich und das Display aus und stellen die Trigger-Verzögerung auf null. Verwenden Sie auch die Bus-Befehle :SAMPlE:COUNt und READ?.



**USA:** Keithley Instruments Inc., 28775 Aurora Road, Cleveland, Ohio 44139, ☎ (216) 248-0400, Telefax: (216) 248-6168

**Deutschland:** Keithley Instruments GmbH, Landsberger Str. 65, D-82110 Germering, ☎ (089) 849307-0, Telefax: (089) 849307-59

**Schweiz:** Keithley Instruments SA, Postfach 432, CH-8024 Zürich, ☎ (01) 821-9444, Telefax: (01) 820-3081